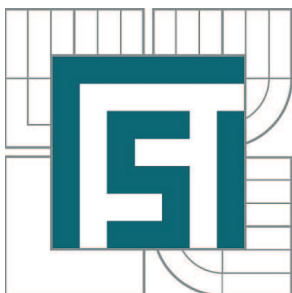


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

SACÍ TRAKTY ČTYŘDOBÝCH NEPŘEPLŇOVANÝCH MOTORŮ

INTAKE MANIFOLD OF FOUR-STROKE NATURALLY ASPIRATED ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR PLAŠIL

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): Petr Plašil

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:

Sací trakty čtyřdobých nepřehřovaných motorů

v anglickém jazyce:

Intake manifold of four-stroke naturally aspirated engines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte rešerži sacích traktů nepřehřovaných motorů od historie až po současnost porovnejte mezi sebou vybrané konstrukční řešení a zhodnoťte jejich výhody a nevýhody. Naznačte trend vývoje v dané problematice.

Cíle bakalářské práce:

Získání přehledu o zadané problematice. Rozbor jednotlivých konstrukčních řešení a jejich výsledné zhodnocení.

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], 2010, poslední revize 12.10.2010.

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

L.S.



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan



ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je rešerže sacích traktů čtyřdobých nepřepřňovaných motorů od historie až po současnost. V práci jsou uvedeny jednotlivé části sacího traktu od čističů vzduchu, přes systémy tvoření směsi po vliv sacího potrubí na plnění válců pomocí dynamického přepřňování a jednotlivé konstrukční řešení, jejich výhody a nevýhody. Na konci práce jsou také popsány systémy variabilních ventilových rozvodů, které mají také velký vliv na plnění válců.

KLÍČOVÁ SLOVA

sací trakty čtyřdobých nepřepřňovaných motorů, čistič vzduchu, karburátor, elektronické vstřikování, dynamické přepřňování, rezonanční přepřňování, variabilní ventilové rozvody

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the glossary topic of intake manifold of four-stroke naturally aspirated engines from the past to the present. This paper list contain information about the intake manifold of four-stroke naturally aspirated engines through the air cleaner, systems of creation fuel mixture across the influence of intake manifold on amount of air in the cylinder using dynamic supercharging, their advantages and disadvantages. There are also described effects of variable valve train systems on charging at the end.

KEYWORDS

intake manifold of four-stroke naturally aspirated engines, air cleaner, carburettor, electronic fuel injection, dynamic supercharging, resonance supercharging, variable valve train



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PLAŠIL, PETR. Sací trakty čtyřdobých nepřepřňovaných motorů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Beran.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2011

.....

Petr Plašil



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Beranovi za věcné připomínky, rady a podporu při tvorbě této práce.



OBSAH

Úvod	6
1 Sací trakt	7
1.1 Čističe vzduchu	7
1.1.1 Druhy čističů vzduchu	8
1.1.2 Filtrační vložky	9
1.2 Systémy přípravy palivové směsi	11
1.2.1 Motory s karburátory	12
1.2.2 Systémy elektronického vstřikování	14
1.2.3 Centrální vstřikování (CFI = Central Fuel Injection)	15
1.2.4 Vícebodové vstřikování (MPI = Multi Point Injection)	17
1.2.5 Přímé vstřikování (GDI = Gasoline Direct Injection)	18
2 Dynamické přepřňování	20
2.1 Pulzační přepřňování kmity v potrubí	20
2.2 Sací potrubí s variabilní délkou	21
2.2.1 Proměnná délka sacího potrubí	21
2.2.2 Vícestupňové sací potrubí	22
2.2.3 Vypínání jednotlivých sacích trubic u vícenásobných sacích systémů	23
2.2.4 Přepřňování na různé objemy sběrného potrubí	24
2.3 Rezonanční přepřňování	24
2.4 Kombinace rezonančního přepřňování a přepřňování tlakovými kmity	25
3 Sací kanály	27
3.1 Tangenciální sací kanál	27
3.2 Spirálový (vířivý) sací kanál	28
4 Ventilové rozvody	29
4.1 Sací ventil	30
4.2 rozvody ventilů	31
4.2.1 Proměnné časování ventilů	31
4.2.2 Variabilní ovládání vačkového hřídle	32
4.2.3 Variabilní ovládání ventilů	33
4.2.4 Plně variabilní ovládání ventilů	33
Závěr	35
Seznam obrázků	38



ÚVOD

Čtyřdobý spalovací motor sestrojil v roce 1876 německý inženýr Nicolaus Otto, od té doby je nedílnou součástí téměř každého automobilu a jistě tomu tak zůstane ještě nějaký čas. I když v poslední době jsou vyvíjeny alternativní pohony, jako je elektromotory (ovšem kombinované se spalovacími motory, kvůli nedostačující kapacitě akumulátorů), nebo vodíkové palivové články, stále je klasický spalovací motor dominantní, poměrně výkonný pohon dnešních automobilů.

Úkolem této bakalářské práce je rešerše sacích traktů čtyřdobých nepřepřlňovaných spalovacích motorů od historie až po současnost, porovnání vybraných konstrukčních řešení a zhodnocení jejich výhod a nevýhod. Nepřepřlňované motory jsou sice dnes vytlačovány přepřlňovanými motory, které mají při stejném objemu motoru větší výkon, ale stále se objevují v nových modelech vozů téměř u všech výrobců automobilů.

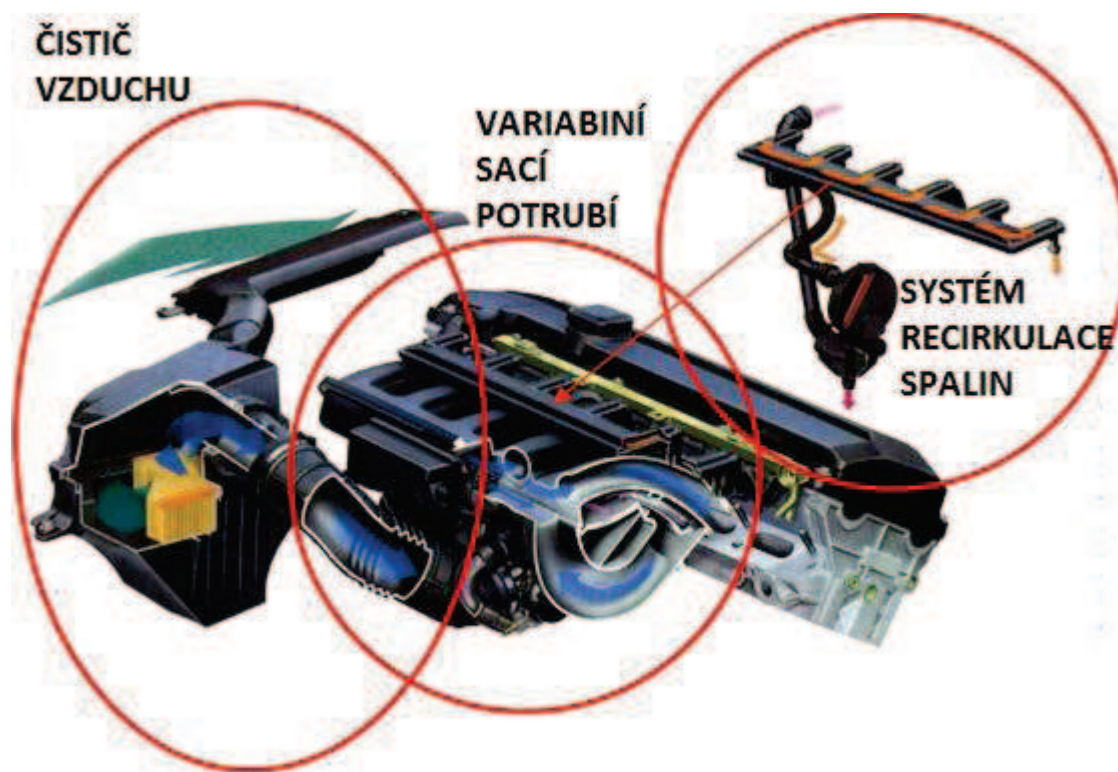
Přívod vzduchu případně směsi paliva a vzduchu nám zajišťuje sací systém motoru. Pro dosažení co nejmenšího odporu proudícího vzduchu při vysokých rychlostech proudění je snaha o vytvoření plynulých obrysů a odstranění náhlých změn směru proudění. Nasávaný vzduch může být ohříván kapalinou z chladícího oběhu motoru, vzduchem nasátým z oblasti výfukového potrubí nebo výfukovými plyny pomocí systému recirkulace spalin pro zlepšení odpařování paliva.

Hlavní parametry při konstrukci motoru jsou jak vysoký jmenovitý výkon při maximálních otáčkách, tak vysoký točivý moment při nízkých otáčkách. Průběh točivého momentu lze velmi ovlivnit tvarem a délkou sacího potrubí, kdy můžeme ovlivnit přepřlňování využitím dynamiky nasávaného vzduchu. Platí, že krátké potrubí nám dává vysoký výkon při vyšších otáčkách (výkonové potrubí) a delší potrubí zvyšuje točivý moment při nízkých otáčkách (momentové potrubí).

1 SACÍ TRAKT

Sací trakt je poměrně složitý systém, obsahující mnoho důležitých částí a prvků, které zajišťují přívod kvalitní palivové směsi do spalovacího prostoru motoru. Má velký vliv na výkon, točivý moment a zajišťuje správný chod motoru.

Části sacího traktu se liší v závislosti na systému tvoření směsi. Hlavní části sacího traktu jsou vzduchový čistič a sací potrubí. U dnešních nepřepřehovaných motorů sací trakt obsahuje i systém tlumení hluku sání, rezonanční sací potrubí s variabilní délkou a systém recirkulace spalin. Dále moderní sací trakt obsahuje různé senzory a snímače teploty, tlaku, průtoku nasávaného vzduchu nebo mezichladiče nasávaného vzduchu.



Obrázek 1.1 Sací trakt nepřepřehovaného motoru [28]

1.1 ČISTIČE VZDUCHU

Vzduchový filtr je důležitou součástí sacího traktu, která chrání motor před nečistotami nasávanými z okolního vzduchu. Hlavní funkce spočívá v oddělení nečistot ze vzduchu a zajišťuje přívod co nejčistšího vzduchu dále do motoru, jelikož čistota nasávaného vzduchu výrazně ovlivňuje nejen spolehlivost a životnost motoru, ale i jeho výkon.

Průměrné množství prachu v ovzduší na zpevněné vozovce se pohybuje okolo 1 mg/m^3 , ovšem při jízdě v prašném prostředí se může toto číslo vyšplhat až na 50 mg/m^3 . Při tomto množství prachových částic by motor nasál za 1000 km asi 50 g prachu, který by se dostal do mazacího systému a v oleji by působil jako brusivo, zanášel olejové filtry a mazací kanálky. [1]

Nekvalitní nebo zanesený filtr může propouštět větší množství prachových a jiných částic do motoru, čím snižuje výkon motoru, zhoršuje emisní parametry a klesá i jeho životnost. Může způsobit poškození váhy vzduchu a v nejhorším případě mohou tyto faktory způsobit až zadření motoru. Proto jsou na filtrační zařízení v poslední době kladeny vysoké nároky. Správný vzduchový filtr musí být funkční, s vysokou spolehlivostí a životností a je zde i kladen důraz na komfort zákazníka, to znamená delší výměnné lhůty. Klade se ovšem i důraz na šetrnost k životnímu prostředí. [1]

Vzduchový čistič také reguluje teplotu. Řízená teplota nasávaného vzduchu je velmi důležitá pro správné provozní chování motoru, může lišit při různém zatížení motoru, působí pozitivně na přípravu a rozdělení palivové směsi, zlepšuje hodnoty výkonu a spotřeby paliva a má vliv i na emisní hodnoty výfukových plynů, na které jsou v poslední době kladeny stále větší požadavky. Na vstup do čističe je přiváděn přes klapkový mechanismus, jak nasávaný studený vzduch z okolí, tak i teplý vzduch odebírán z oblasti výfuku. Teplotní regulace je pak prováděna většinou samočinně pneumaticky (podtlakem v sacím potrubí ovládaného tlakovými krabicemi), nebo pomocí prvků z roztažného materiálu.

1.1.1 DRUHY ČISTIČŮ VZDUCHU

Vzduchové čističe se vyrábějí v různých tvarech a konstrukčních provedeních v závislosti na požadavcích zákazníka. Pro optimální vlastnosti motoru jako jsou např. výkon, spotřeba paliva a hlučnost musí být vzduchový čistič naladěn podle každého motoru zvlášť. Automobilový čistič vzduchu je většinou tvořen plastovým krytem a filtrační vložkou. Tato filtrační vložka musí mít minimální odpor vůči protékajícímu vzduchu, rovnoměrnou pórovitost, dostatečnou tuhost a odolnost vůči protržení a promáčení. Z tohoto důvodu bývají filtrační vložky impregnovány. [1]

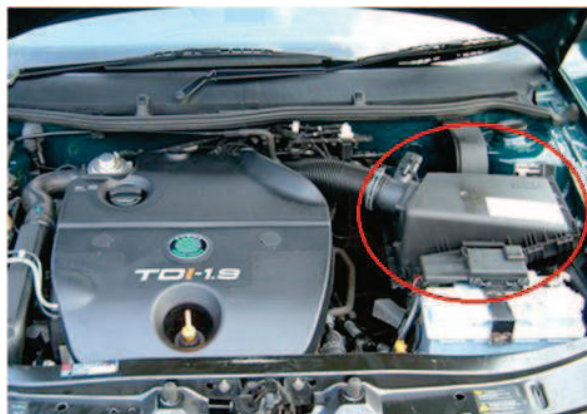
U dnešních osobních automobilů se můžeme setkat s třemi základními konstrukcemi čističů vzduchu. Skříňové (podběhové), centrální a čističe zabudované v horním krytu motoru.

SKŘÍŇOVÉ (PODBĚHOVÉ) ČISTIČE VZDUCHU

Jak název napovídá, u podběhových filtrů bývá spodní díl skříně s filtrační vložkou umístěn na podběhu kola. Tento typ čističů vzduchu se používal např. u motoru 1,6 l 74 kW AEH montovaného např. do automobilu SKODA OCTAVIA 1. generace.



Obrázek 1.2 Skříňový (podběhový) čistič



Obrázek 1.3 Skříňový čistič vzduchu (ŠKODA OCTAVIA)

CENTRÁLNÍ ČISTIČE VZDUCHU

Centrální filtry se dnes již moc nepoužívají. Filtrační vložka je kruhová a je umístěna v plastovém krytu nad motorem.



Obrázek 1.4 Centrální čistič vzduchu



Obrázek 1.5 Centrální čistič vzduchu ŠKODA FAVORIT

ČISTIČE VZDUCHU ZABUDOVANÉ V HORNÍM KRYTU MOTORU

Tento způsob umístění čističů vzduchu se u dnešních automobilů používá asi nejčastěji a to díky schopnosti tlumit hluk motoru.

1.1.2 FILTRAČNÍ VLOŽKY

Nejčastěji používaný materiál je speciální filtrační papír, ale vyrábějí se také filtrační vložky z termicky nebo chemicky propojené netkané textilie nebo vpichované textilie, které mohou být napuštěny aktivním uhlím odfiltrávající škodlivé látky, jako jsou těžké kovy nebo jiné jedovaté plyny. Tyto textilie mají sice menší odpor vůči protékajícímu vzduchu, ale nemají tak dobré filtrační vlastnosti jako papírové vložky a proto se používají spíše, jako kabinové filtry kde je kladen důraz právě na ochranu před jedovatými látkami.

PLOCHÉ FILTRY

Plochý filtr je asi nejjednodušší varianta filtru a skládá se pouze z filtračního rouna umístěného do nosného rámu. Materiál na výrobu těchto filtrů se používá termicky nebo chemicky propojené netkané textilie, nebo vpichované textilie. Tyto tkaniny mohou být také napuštěné aktivním uhlím, které dále zlepšují vlastnosti filtru, především odfiltrování škodlivých látek jako jsou těžké kovy a jedovaté plyny vzniklé spalováním pohonných látek.

Tyto filtrační vložky se používají spíše jako kabinové filtry díky schopnosti odfiltrovat jedovaté látky.

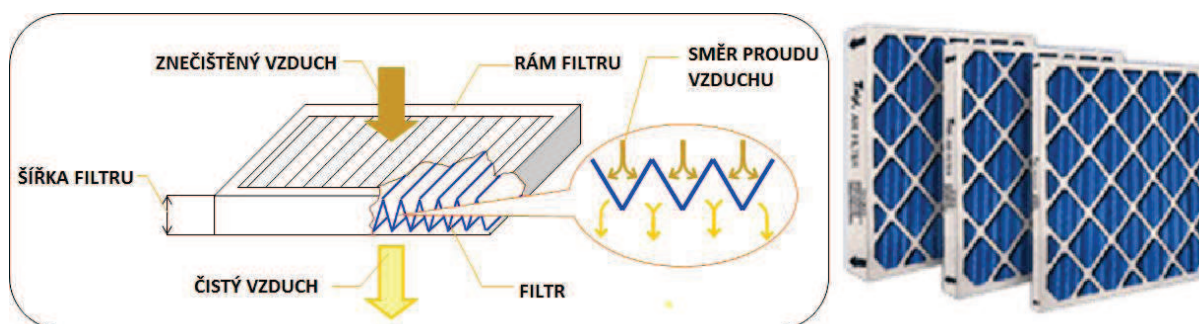


Obrázek 1.6 Plochý filtr[8]

SKLÁDANÉ FILTRY

Tento druh filtrační vložky se používá u osobních automobilů nejčastěji a je výrazně účinnější a efektivnější než ploché filtry díky zmenšení tlakového spádu pomocí skládaného tvaru. Skládaný filtr je nejčastěji vyroben z filtračního papíru, který má vysoký stupeň zbavení prachu, ale může být vyroben i z lisované netkané textilie nebo naplavované vrstvy ze syntetických nebo skleněných vláken které mají podobnou tuhost jako papír.

Tyto vložky se jednoduše vyměňují v čističi vzduchu v intervalech předepsaných výrobcem vozidla.

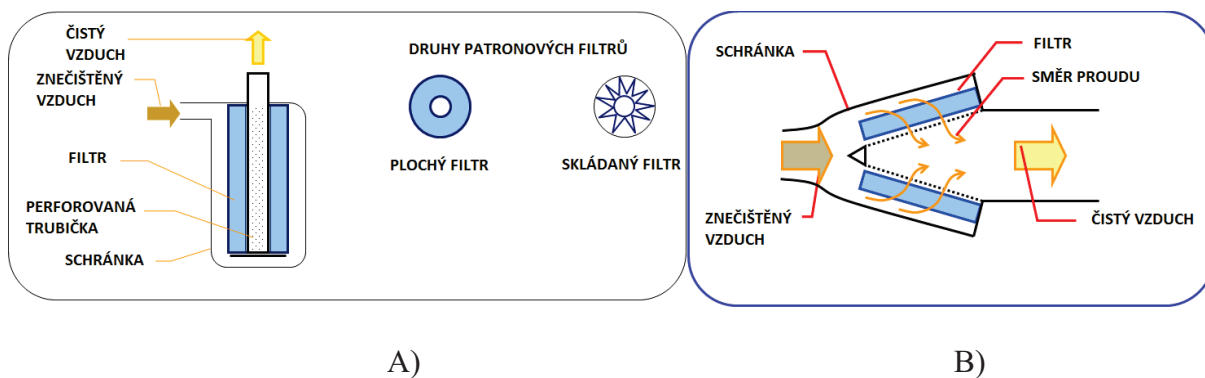


Obrázek 1.7 Skládaný filtr [27]

PATRONOVÉ FILTRY

Patronové filtry se vyrábí v různém provedení, základem je perforovaná dutinka, na které je navinutý plochý nebo skládaný filtr. Hlavní výhodou je velká filtrační plocha při malých rozměrech celého filtru. Zvláštní typ patronového filtru je konický filtr. Využitím tohoto tvaru získáváme ještě větší povrch a menší zakřivení proudnic vzduchu.

Při sportovních a tuningových úpravách se dnes s oblibou používá náhrada sériového papírového filtru nebo celého čističe vzduchu za sportovní. Papírová filtrační vložka bývá nahrazena za textilní za předpokládaného zvýšení výkonu díky menšímu odporu vůči protékajícímu vzduchu, také se sníží tlumící schopnost vložky a zvýší se hlučnost motoru. Ovšem u sériových motorů dochází spíše ke snížení výkonu. Zároveň textilní vložka je více propustná k prachovým částicím.



Obrázek 1.8 Patronový filtr [27]: A - klasický, B - kónický



A)

B)

Obrázek 1.9 Různé druhy filtrů [7]: A - Skládané filtry, B - Sportovní kónický filtr

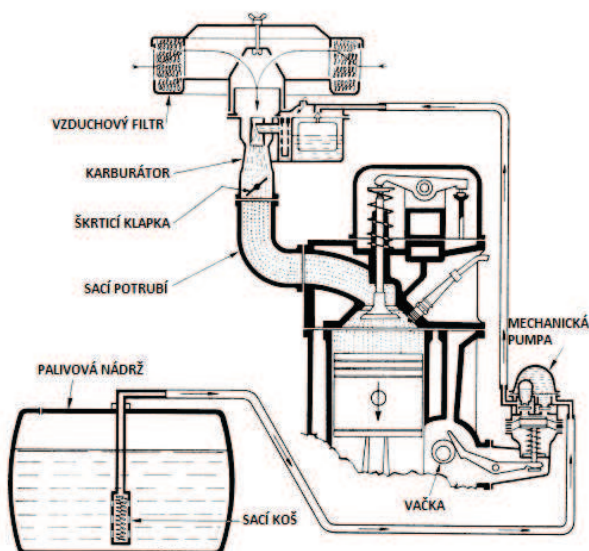
1.2 SYSTÉMY PŘÍPRAVY PALIVOVÉ SMĚSI

Ke správnému chodu spalovacího motoru je potřeba co nejkvalitnější směs vzduchu a paliva, složení této směsi se liší podle zatěžování a otáček motoru. Příprava palivové směsi je velmi důležitý děj ve spalovacím motoru a ovlivňuje nejrůznější parametry, jako jsou výkon, spotřeba, emise a točivý moment.

Do nedávna se k přípravě této směsi používal karburátor, dnes jej nahradili moderní elektronické vstřikovací systémy. Největší pozitivum těchto vstřikovacích systémů jsou řízené dávkování paliva s ohledem na zatížení motoru, provozní stav a okolní vlivy. Toto řízené dávkování může významným způsobem ovlivnit výkonové schopnosti, jízdní vlastnosti, spotřebu paliva a obsah škodlivých látek ve výfukových plynech, aby byly splněny stále se zpřísňující emisní normy.

1.2.1 MOTORY S KARBURÁTORY

Před zavedením moderních elektronických vstřikovacích systémů byla palivová směs připravovaná v karburátorech, karburátor je přímá součást sacího traktu, kde palivové čerpadlo dodává palivo do palivové komory karburátoru. Palivo se dodává pomocí trysek do sacího potrubí a je v difuzoru strháváno proudem vzduchu tvořícím podtlak a rozptylováno ve směs vzduchu a paliva. Množství paliva a proudícího vzduchu je závislý na poloze škrticí klapky a otáčkách motoru.



Obrázek 1.10 Sací trakt motoru se spádovým karburátorem [18]



Obrázek 1.11 Spádový karburátor WEBER

Nevýhodou tvoření směsi v karburátoru je, že spotřebovává pohybovou energii vzduchu proudícího sacím potrubím a tím pádem zmenšuje činitel plnění válců a snižuje výkon motoru i při zcela otevřené škrticí klapce (zvětšuje zápornou práci sacího zdvihu), rozdíl oproti vstřikovacím systémům je 10-15%. Použití karburátoru také zvyšuje spotřebu paliva. I přes tyto na první pohled zřetelné nevýhody byl karburátor dlouho využíván díky své nízké ceně. Jeho nahrazení vstřikovacími systémy zapříčinili stále zvyšující se cena paliva a přísné emisní limity.

Příprava směsi závisí hlavně na rychlosti proudění vzduchu v difuzoru, ta se ovšem mění ve velkém rozmezí chodu motoru. Při startování studeného motoru s karburátorem dochází ke kondenzaci paliva na stěnách sacího potrubí, to způsobí ochuzení palivové směsi a problémy s nastartováním motoru. Pro odstranění těchto problémů se používá sytič. Sytič přidá další palivo do sacího potrubí a tím obohatí směs.

Jelikož se karburátor používal velmi dlouhou dobu, bys stále zdokonalován, vyvinuly se nové typy, původně zcela mechanický karburátor byl vylepšován různými elektronickými prvky, které stále zdokonalovaly přípravu směsi.

PRINCIP KARBURÁTORU

Karburátor pracuje na principu Venturiho trubice. Venturiho trubice se skládá z potrubí zúženého v jednom místě (difuzoru), zúžení musí být pozvolné, aby se zamezilo vzniku turbulencí zvyšujících odpor vzduchu. Principem Venturiho trubice je, že se v difuzoru zvyšuje rychlost proudícího vzduchu za současného snížení tlaku. Pokud v místě

zúžení vytvoříme otvor, propojený s otevřenou nádobou obsahující kapalinu o dostatečně nízké viskozitě, okolní atmosférický tlak se bude snažit o vyrovnání tlaku a bude kapalinu tlačít otvorem do difuzoru a vznikne tzv. sací efekt.

DĚLENÍ KARBURÁTORŮ

Karburátory pro spalovací motory se vyrábějí v různých konstrukčních provedeních podle toho, pro jaký typ motoru a v jaké pozici se používají.

Podle montážní polohy můžeme karburátory rozdělit na spádový a horizontální karburátor.

- **Spádový karburátor** se používal u většiny sériových motorů. Nasávaný vzduch proudí přes filtr a dál shora dolů karburátorem, kde se vzduch mísí s palivem a dále pokračuje do motoru. Tento způsob je z hlediska efektivity nejlepší řešení, jelikož kapičky paliva, které se nestačí vypařit, ulpívají na stěnách potrubí a vlivem gravitace stékají dolů směrem k motoru. Důležité je, aby v sacím potrubí nebyly prohlubně, ve kterých by se mohly kapičky paliva shromažďovat a tvořit tzv. bazénky. Toto větší množství paliva by se mohlo najednou dostat do spalovacího prostoru a při hoření poškodit spalovací prostor nebo výfukový systém.
- **Horizontální karburátor** se používal především u závodních motorů. Závodní motor běží ve vysokých otáčkách a je potřeba co nejkratší vzdálenost k sacím ventilům. Pro čtyřválcový motor se používala konstrukce dva dvojité karburátory vedle sebe.



Obrázek 1.12 Dvojité horizontální karburátor Weber 4 DCOE [26]

Dále můžeme karburátory rozdělit podle počtu, konstrukce a funkce směšovacích komor.



- **Jednoduchý karburátor** má jednu směšovací komoru
- **Dvojitý karburátor** má dvě směšovací komory se společnou plovákovou komorou a současném otevírání škrticích klapek
- **Dvoustupňový karburátor**, který má také dvě směšovací komory, které se ale zapojují postupně
- **Karburátor s proměnným difuzorem** Změna průřezu difuzoru je řízena podtlakem mezi šoupátkem a škrticí klapkou tak, aby výsledný podtlak v tomto prostoru byl pokud možno konstantní. Řídící podtlaková komora musí být opatřena tlumičem proti kmitání ze sacích cyklů. Tvarem regulační jehly se dá jednoduše regulovat množství paliva, pro obohacení v nízkých otáčkách se přestaví hlavní tryska (nebo okraj kanálu) opačným směrem, než se otvírá šoupátko (zvětší se průtokový průřez). Posun trysky nahrazuje funkci sytiče při spouštění studeného motoru. Karburátor je fyzicky menší a má menší počet částí než srovnatelný klasický dvoukomorový, jeho provozní vlastnosti jsou výrazně lepší v celém rozsahu otáček a hlavně v přechodových režimech.
- **Elektricky řízené karburátory** jsou poslední vývojový krok karburátorů, ty obsahují různé elektronicky řízené součástky, které dále zlepšují přípravu směsi. [10]

1.2.2 SYSTÉMY ELEKTRONICKÉHO VSTŘIKOVÁNÍ

V porovnání s karburátorem je elektronické vstřikování bezesporu výhodnější způsob tvoření směsi, která je podstatně lépe rozdělena pro jednotlivé válce díky přesnému geometrickému sacímu potrubí. Palivo je vstřikováno v přesných dávkách a u vícebodového vstřikování a přímého vstřikování má každý válec svoji vstřikovací trysku. Tento způsob nám také minimalizuje plnicí rozdíly mezi válci. Kdybychom chtěli tohoto stavu dosáhnout pomocí karburátoru, museli bychom použít karburátor pro každý válec zvlášť.

Nezanedbatelná výhoda při dnešních cenách pohonných je také samozřejmě snížení spotřeby paliva. Při brzdění motorem s karburátorem vysychá sací potrubí a zvyšuje se nasávací účinek ze systému chodu na prázdno, zatímco u elektronického vstřikování se jednoduše přerušuje dodávka paliva.

Další výhoda u použití elektronického vstřikování je při spouštění studeného motoru, kdy můžeme dávkovat libovolně velké množství paliva, a na rozdíl od karburátoru nám odpadá problém kondenzace paliva na stěnách sacího potrubí.

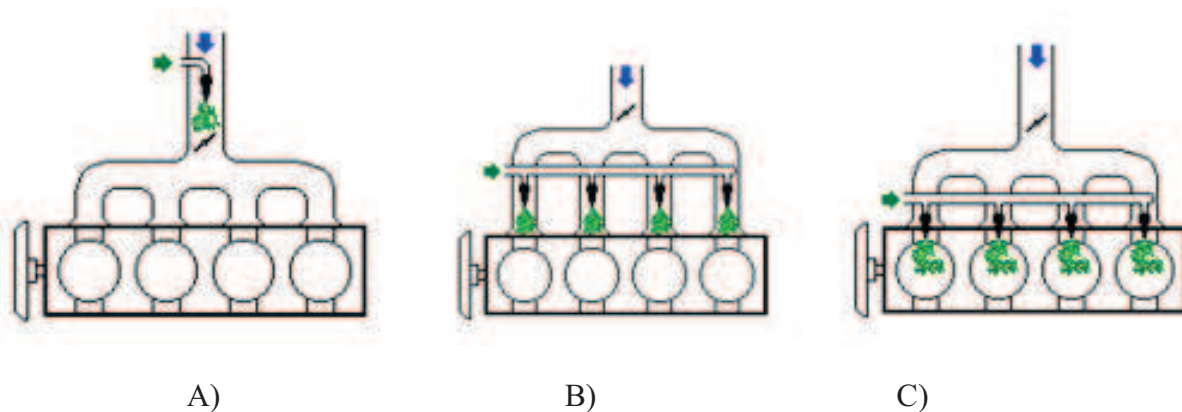
Konstrukce elektronického vstřikovacího systému se většinou skládá ze dvou funkčních systémů.

- **Systém zásobování palivem**, který obsahuje palivové čerpadlo, vstřikovač, regulátor tlaku paliva, ovladač škrticí klapky a elektromagnetický vstřikovací ventil.
- **Systém měření provozních veličin** a zpracování údajů. Hlavní část tohoto systému je elektronická řídicí jednotka, která sbírá hlavní vstupní veličiny, jako jsou poloha škrticí klapky, otáčky motoru a množství nasávaného vzduchu. Další vstupní veličiny mohou být např. teplota motoru a nasávaného vzduchu nebo zbytkové množství kyslíku ve výfukových plynech.

Elektronické vstřikování benzínu se může provádět několika způsoby.

- **Simultánní vstřikování** je způsob vstřikování všech vstřikovacích ventilů v jeden okamžik, který je přesně dán a opakuje se dvakrát za cyklus (dvakrát za otáčku vačkového hřídele příp. jednou za otáčku klikového hřídele).
- **Skupinové vstřikování** pracuje na principu dvou skupin vstřikovacích ventilů. Každá se skupin vstřikuje jednou za cyklus při časovém rozdílu jedné otáčky klikového hřídele. Tímto způsobem vstřikování máme již určitou možnost načasování okamžiku vstřiku v závislosti na provozních podmínkách a odstraňuje, ve vzdálených rozsazích pole charakteristik, nepatřičné vstřikování před otevřený ventil.
- **Sekvenční vstřikování** je vstřikování, kdy jsou vstřikovací ventily ovládány nezávisle na sobě ve stejný okamžik, vztaženo na příslušný válec. Okamžik vstřiku je volně programovatelný a lze jej přizpůsobit na příslušná optimalizační kritéria. [1]

Podle konstrukce sacího potrubí, počtu a umístění trysek můžeme elektronické vstřikování dělit na nepřímé centrální, vícebodové a přímé vstřikování.

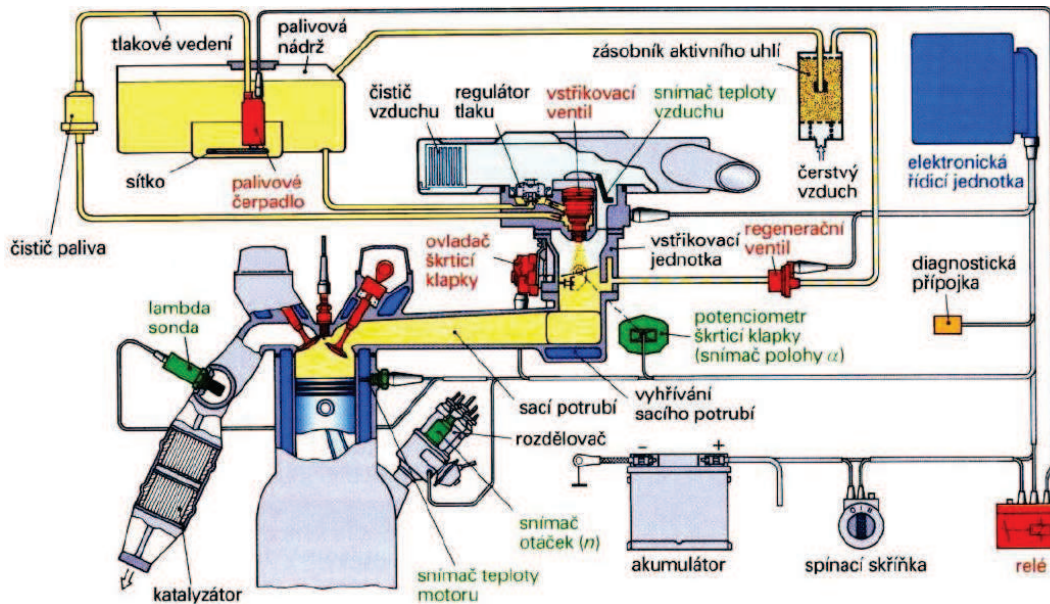


Obrázek 1.13 Typy elektronického vstřikování [19]: A) centrální vstřikování, B) vícebodové nepřímé vstřikování, C) přímé vstřikování

1.2.3 CENTRÁLNÍ VSTŘIKOVÁNÍ (CFI = CENTRAL FUEL INJECTION)

Tento způsob je založený na řízeném elektronickém vstřikování paliva elektromagnetickým ventilem, umístěným na centrálním místě nad škrticí klapkou. Toto místo odpovídá poloze karburátoru a je společné pro všechny válce. Rozdělení paliva do jednotlivých válců je prováděno sacím potrubím. Centrální vstřikování neumožňuje moc volnosti při konstrukci sacího potrubí, protože k jednotlivým válcům putuje už směs vzduchu a paliva, která potřebuje k rovnoměrnému rozdělení směsi vzduchu s palivem krátká a pokud možno stejně dlouhá potrubí. Centrální vstřikování je vhodné pro nejvíce čtyřválcové motory do výkonu 80kW. Systém centrálního vstřikování od firmy BOSCH může být Mono - Jetronic a Mono – Motronic. U těchto systému jsou hlavní sběrné veličiny poloha škrticí klapky a otáčky motoru.

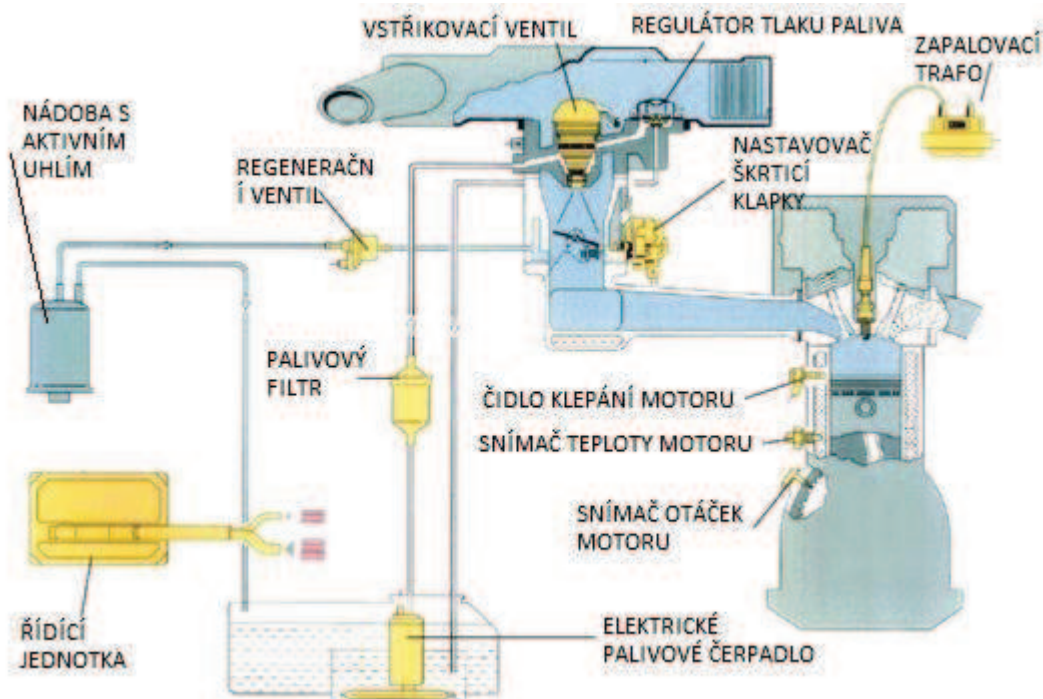
- **Mono – Jetronic**
Je elektronicky řízený nízkotlaký centrální vstřikovací systém, kde je palivo vstřikováno přerušovaně do sacího potrubí, který vhodný pro osobní automobily menších a středních tříd.



Obrázek 1.14 Vstřikovací systém MONO – JETRONIC od firmy BOSCH [4]

- **Mono – Motronic**

Tento systém centrálního vstřikování byl použit např. u vozidel Škoda Favorit >93 a Škoda Felicia <96 (motory 1.3, mimo vývozních karburátorových verzí). Je to elektronický systém centrálního vstřikování s integrovaným elektronickým zapalováním. Řídicí jednotka zpracuje vstupní signály ze snímačů a vypočte dobu vstřiku a okamžik zážehu (úhel předstihu zážehu). [10]



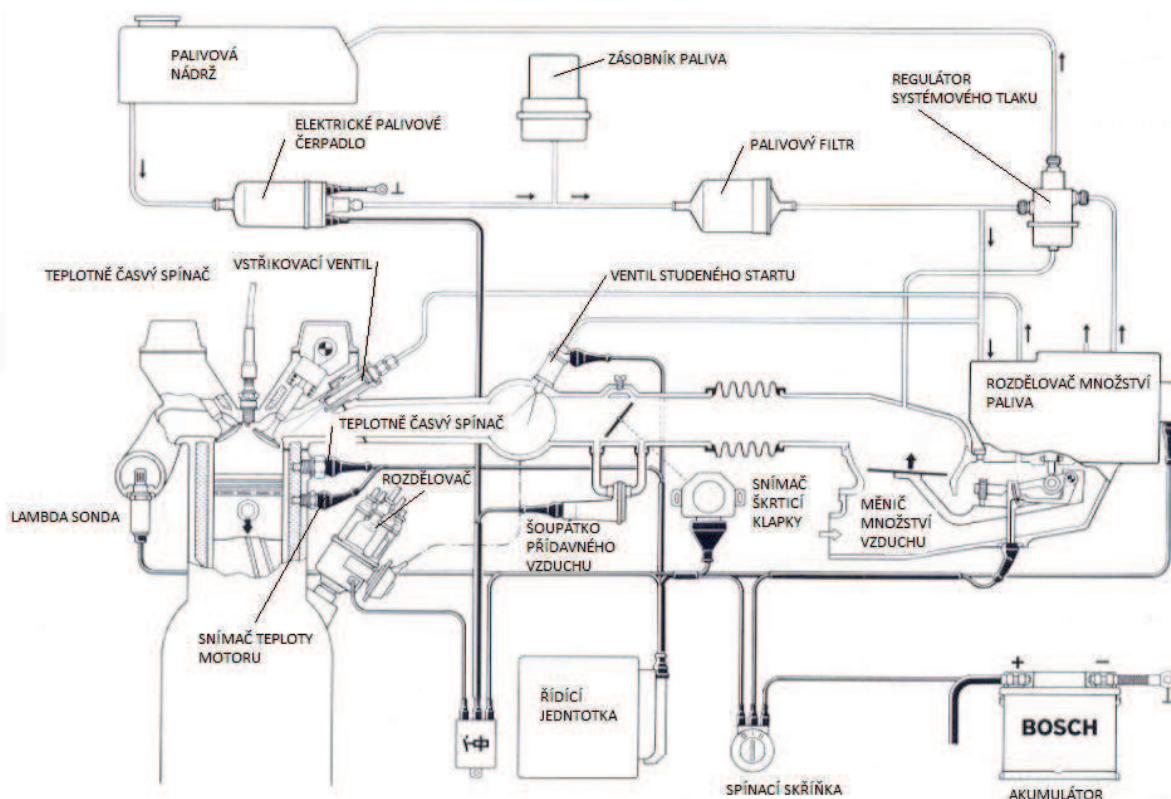
Obrázek 1.15 Vstřikovací systém MONO – MOTRONIC od firmy BOSCH [10]

1.2.4 VÍCEBODOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ (MPI = MULTI POINT INJECTION)

Konstrukce vícebodového vstřikování přiděluje každému válci jeden vstřikovací ventil. Tento ventil kontinuálně nebo přerušovaně vstřikuje palivo přímo před sací ventil příslušného válce, které je ihned strháváno proudem nasávaného vzduchu, a vířivé proudy zabezpečují tvorbu dobře zapalitelné směsi. Tento systém umožňuje rovnoměrné plnění válců a zabraňuje kondenzaci paliva na stěnách sacího potrubí při studeném startu. Vícebodové vstřikování nám dává možnost různých typů a délek sacího potrubí, jelikož sacím potrubím proudí samotný vzduch. Tento typ vstřikování může být KE – nebo L – Jetronic a jejich varianty.

- **KE – Jetronic**

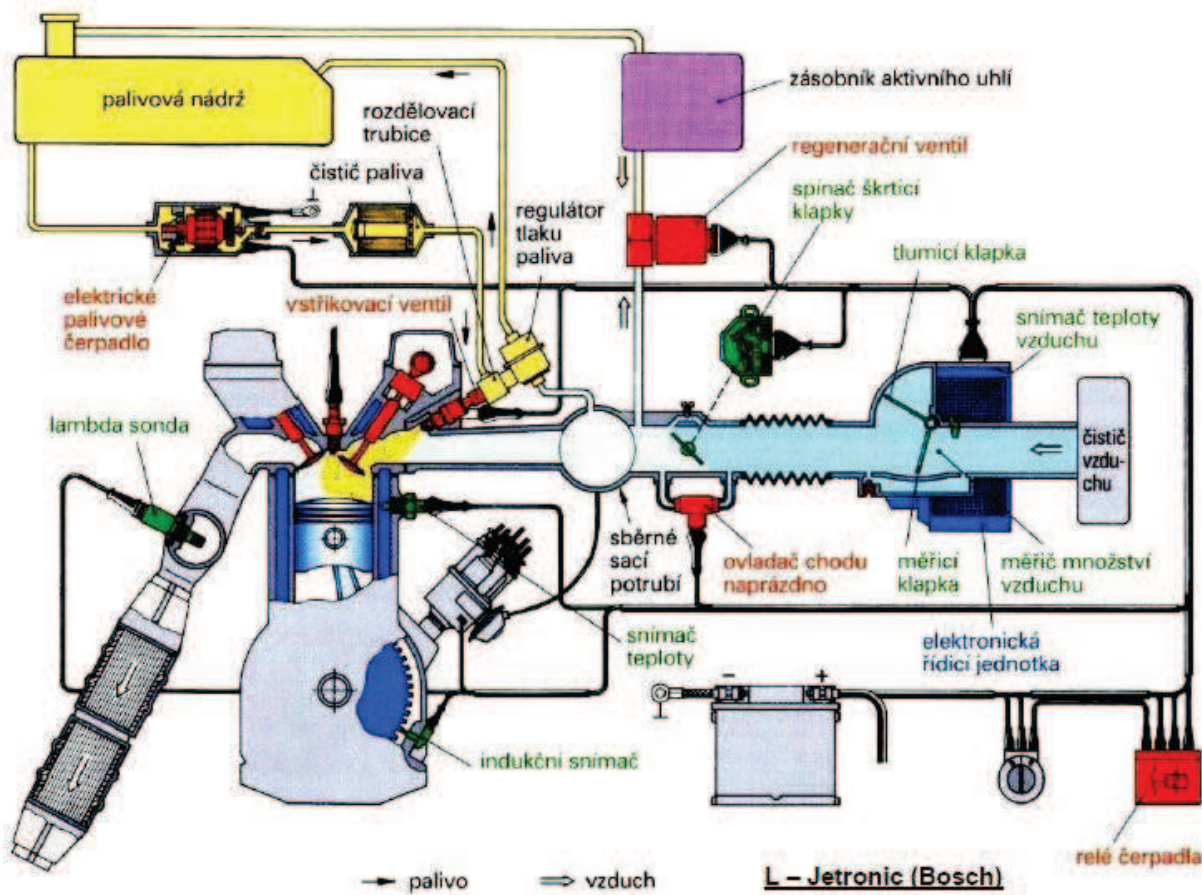
Základ vícebodového vstřikování tvoří mechanicko-hydraulický vstřikovací systém spolu s elektronickou řídicí jednotkou. Vstřikovací ventily vstřikují palivo před sací ventily kontinuálně. Hlavní vstupní veličina množství nasávaného vzduchu. Řídicí jednotka řídí elektro-hydraulický nastavovač tlaku, který vstřikované množství paliva přizpůsobuje různým provozním stavům. Hlavní výhodou je nižší spotřeba paliva díky řídicí jednotce, která přesně určuje kolik paliva je potřeba pro dané provozní podmínky. [2]



Obrázek 1.16 Systém KE-Jetronic s lambda regulací (BOSCH) [2]

- **L – Jetronic (obr.12)**

Je to elektronický vstřikovací systém bez pohonu s přerušovaným vstřikováním. Spojuje v sobě přednosti přímého měření množství nasávaného vzduchu se specifickými možnostmi elektroniky. Hlavními výhodami jsou také nižší spotřeba paliva a spaliny s nízkými emisními hodnotami. [3]



Obrázek 1.17 Systém L-Jetronic s lambda regulací (BOSCH) [3]

1.2.5 PŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ (GDI = GASOLINE DIRECT INJECTION)

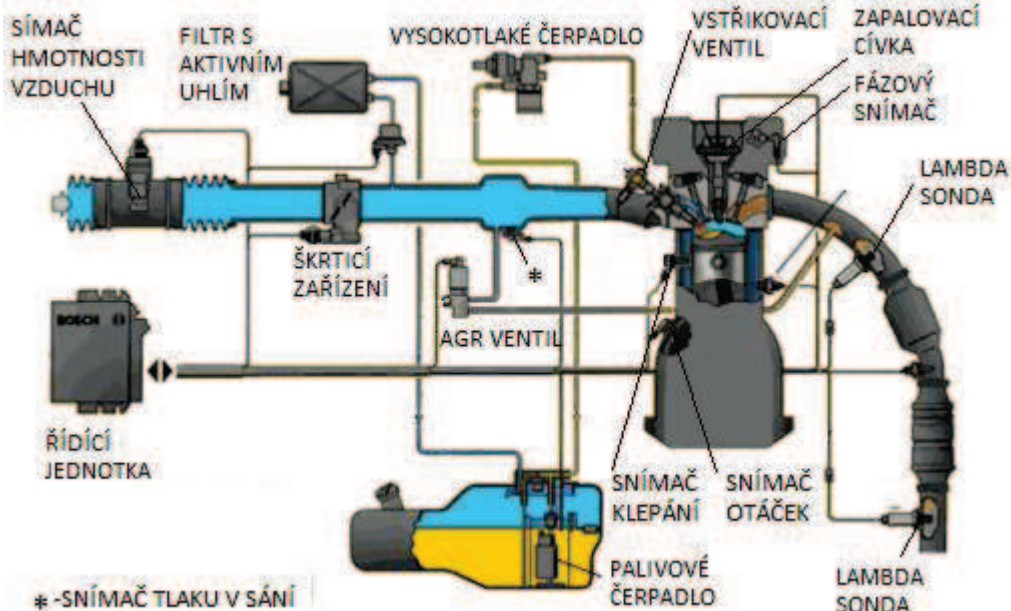
U přímého vstřikování vstřikovací ventily vstřikují palivo pod vysokým tlakem (50 - 200 bar) přímo do spalovacího prostoru. Jako první přišla na trh s tímto systémem firma MITSUBISHI (1997), v roce 2000 přišla firma BOSCH se systémem FSI (Fuel Stratified Injection). Od té doby se tento systém začal zavádět do většiny motorů. Systém přímého vstřikování ve srovnání s nepřímým vícebodovým vstřikováním v závislosti na zatížení a otáčkách může ušetřit 5 - 40% paliva při trvalém snížení emisí.

U přímého vstřikování benzínu je vysokotlaký okruh napájen z vysokotlakého čerpadla, které přivádí palivo pod požadovaným tlakem rozdělovače paliva. Na rozdělovači paliva jsou namontované vysokotlaké vstřikovací ventily, které dávkuje a rozprašují palivo ve velmi krátkých časech. Vstřikovací ventily musí splňovat vysoké požadavky s ohledem na podmínku jeho umístění, na krátké doby vstřiku, na vysoký rozsah linearity a výpočtu tvaru vstřikovacího paprsku. [1]

Stejně jako u nepřímého vícebodového vstřikování proudí sacím potrubím samotný vzduch, což umožňuje různé možnosti konstrukci sacího potrubí, jako jsou systémy s variabilní délkou nebo sací systémy s rezonančním přeplňováním.

Při přímém vstřiku paliva je velmi nutné přesné odměření potřebného paliva, určení správného okamžiku vstřiku paliva a vyvinutí požadovaného tlaku. Tento tlak, okamžik a množství určí řídicí jednotka z velkého množství vstupních proměnlivých řídicích veličin.

Systém přímého vstřikování BOSCH MED Motronic (obr. 1.18) je vybaven tlakovým zásobníkem (společné rozdělovací palivové potrubí), kde je palivo plněno vysokotlakým čerpadlem až na tlak 12MPa (120 barů) a poté elektromagnetickými ventily vstříknuto přímo do spalovacího prostoru. Množství nasávaného vzduchu se reguluje pomocí škrticí klapky. Správné složení směsi je kontrolováno pomocí dvou lambda sond před a za katalyzátorem.



Obrázek 1.18 Systém MED Motronic od firmy BOSCH[12]



2 DYNAMICKÉ PŘEPLŇOVÁNÍ

Tvar sacího potrubí spojen s jeho funkčností, správným tvarem sacího potrubí lze dosáhnout jevu, kdy se využije dynamika nasávaného vzduchu, a válce se začnou vlivem přetlakových vln v potrubí přeplňovat. Tomuto jevu říkáme dynamické přeplňování.

V sacím potrubí vzniká činností zdvihávání válce periodické kolísání tlaku, které umožňuje zvětšit plnění směsí nebo vzduchem a dosáhnout tak co nejvyššího točivého momentu, protože průběh točivého momentu je úměrný hmotnosti nasátého vzduchu v závislosti na otáčkách motoru. Dynamickým přeplňováním je možno také dosáhnout zvýšení výkonu, úspory paliva a snížení emisí.

Dynamické přeplňování má největší význam u motorů s přímým nebo nepřímým vícebodovým vstřikováním, jelikož sacím potrubím proudí pouze vzduch, naskytá se zde možnost různých úprav sacího potrubí. Naproti u centrálního vstřikování proudí sacím potrubím už směs vzduchu a paliva a ta potřebuje k rovnoměrnému rozdělení směsi kratší a stejně dlouhá potrubí. Obvykle se sací potrubí skládá ze samostatných sacích potrubí a sběrného potrubí se škrticí klapkou. Obecně platí, že vysoký výkon ve vyšších otáčkách dostaneme větší délkou sacího potrubí, zatím co vyšší točivý moment při nízkých otáčkách způsobí kratší délka sacího potrubí. Další význam může mít velký objem sběrného sacího potrubí, který vyvolá při určitých otáčkách tzv. rezonanční efekt, který zlepšuje plnění. Rezananční efekt se může ovšem projevit i negativně odchylkami ve složení směsi při rychlých změnách zatížení. [1]

Přepínání délek sacího potrubí v závislosti na zatížení, otáčkách a natočení škrticí klapky nám umožňuje získat téměř ideální průběh točivého momentu. Přepínání sacího potrubí můžeme provádět pomocí změnou délky sacího potrubí, přepínání mezi různými délkami a průměry sacích potrubí, vypínání jednotlivých potrubí u systému s vícenásobným sacím potrubím nebo přepínání na různé objemy sběrného potrubí.

Dynamické přeplňování můžeme podle konstrukce sacího potrubí rozdělit na dva způsoby a tyto způsoby vzájemně kombinovat:

- **PULZAČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ KMITY V POTRUBÍ**
- **REZONANČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ**

2.1 PULZAČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ KMITY V POTRUBÍ

Při pulzačním přeplňování se využívá dynamiky nasávaného vzduchu, kdy každý válec má samostatné sací potrubí o délce l , které je připojeno ke sběrnému potrubí, přičemž objem sběrného potrubí je větší než zdvihový objem válce.

Při otevření sacího ventilu se pohybuje píst motoru směrem dolů a ve spalovacím prostoru vzniká tak podtlak, který začne nasávat vzduch ze sacího potrubí a tím vzniká podtlaková vlna, která se šíří rychlostí zvuku sacím potrubím až k zásobníku vzduchu. Zde je přibližně stejný tlak jako atmosférický. Jakmile dorazí tato podtlaková vlna k zásobníku, odrazí se a vrací se zpátky, tentokrát už jako přetlaková vlna vzduchu ze zásobníku, k sacímu ventilu. Zde mohou nastat dvě možnosti.

- Při nižších otáčkách je doba otevření sacího ventilu dostatečně dlouhá aby se tlaková vlna vrátila včas a prošla skrz sací ventil do pracovního prostoru. Tedy dráha, kterou



vlna musí urazit je rovna dvojnásobku délky sacího potrubí od sacího ventilu k zásobníku vzduchu a doba otevření sacího ventilu je nepřímo úměrná otáčkám motoru, tzn. čím větší otáčky, tím kratší doba otevření pístu.

- Při vyšších otáčkách může být doba otevření sacího ventilu i několikrát kratší. To by znamenalo, že vracející se tlaková vlna by narazila na uzavřený sací ventil a došlo by k nedostatečnému plnění válců. Rychlost tlakové vlny ani dobu otevření sacího ventilu ovlivnit nelze. Z toho nám vyplívá jediná možnost zkrácení dráhy, kterou musí tlaková vlna urazit. Systémy s proměnnou délkou sacího potrubí se nazývají **sací potrubí s variabilní délkou**.

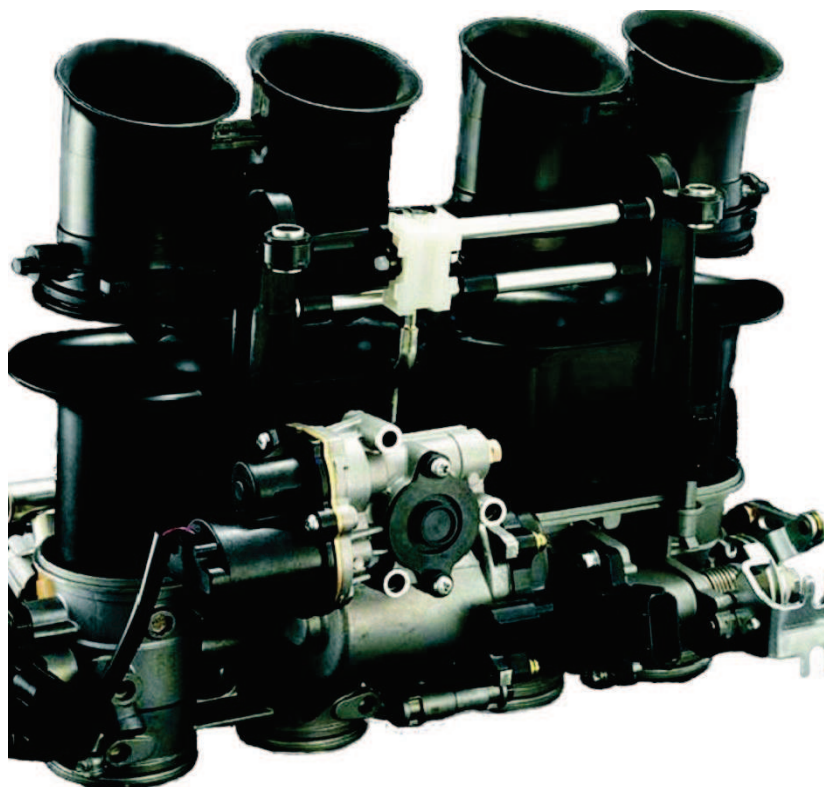
2.2 SACÍ POTRUBÍ S VARIABILNÍ DÉLKOU

U dnešních nepřeplňovaných motorů se systém sacího potrubí s variabilní délkou hojně používá díky svému pozitivnímu efektu na výkon a točivý moment motoru. Změnu délky zajišťují různé elektromagnetické ventily, klapky, šoupátka a jiné pohyblivé mechanismy. Tyto zařízení musejí být nějak řízeny a jako u vstřikovacích systémů je tato činnost řízena elektronickou řídicí jednotkou. Zde jsou hlavní vstupní informace především otáčky motoru a hmotnost nasávaného vzduchu.

Změnu délky sacího potrubí můžeme realizovat několika způsoby.

2.2.1 PROMĚNNÁ DÉLKA SACÍHO POTRUBÍ

Délku sacího potrubí se dá regulovat např. podle obr. 18, kdy posuvné zařízení se zvyšujícími se otáčkami zkrátí délku sacího potrubí tím, že oddálí pomocí posuvného mechanismu nastavující nátrubky. Sací potrubí se zkrátí alepší se plnění válců.



Obrázek 2.1 Regulovatelná délka sacího potrubí pomocí posuvného zařízení (YCCI = Yamaha Chip Controlled Intake) [21]

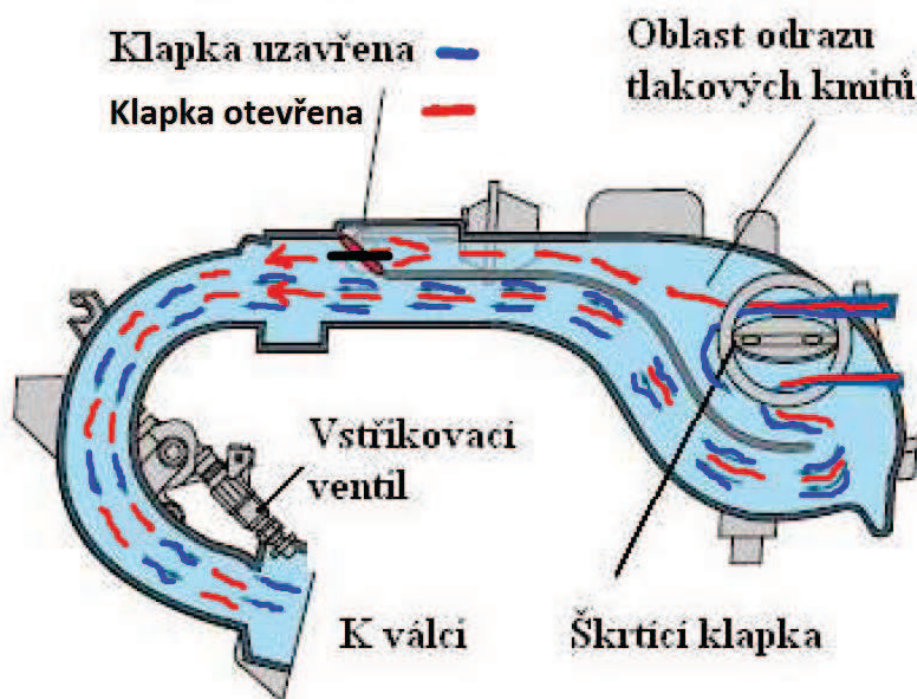


2.2.2 VÍCESTUPŇOVÉ SACÍ POTRUBÍ

Přepínání různých délek sacího potrubí je většinou realizováno pomocí zatočeného stupňovitěho sacího potrubí, ve kterém jsou umístěny podle počtu stupňů uzavíratelné klapky nebo rotační šoupátka. Ty se podle otáček uzavírají nebo otevírají a tím se mění délka sacího potrubí. Tento systém je často používán u motorů koncernu VW.

SACÍ SYSTÉM S DVOUSTUPŇOVÝM SACÍM POTRUBÍM

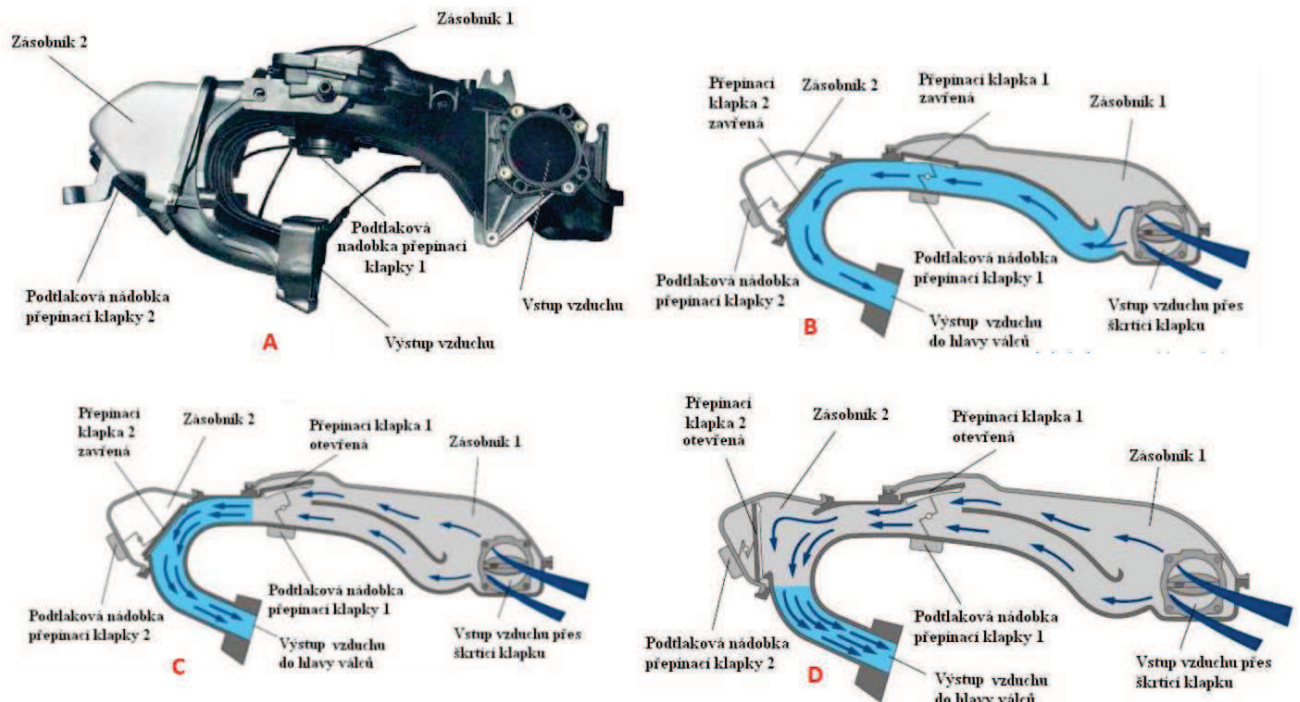
Tento systém variabilního sání (obr. 2.2) se skládá ze dvou sacích okruhů vedení, při nízkých otáčkách (do 4000ot/min) je spojovací klapka uzavřena a vzduch proudí delším potrubím (na obr. Vyznačeno modře). Při chodu za vysokých otáček (přes 4000) se otevře spojovací klapka a vzduch začne proudit kratším potrubím (červeně) a talkové vlny se odrážejí v místě za spojovací klapkou.



Obrázek 2.2 Sací systém s dvoustupňovým sacím potrubím[10]

SACÍ SYSTÉM S TŘÍSTUPŇOVÝM SACÍM POTRUBÍM

Tento systém (obr. 2.3) funguje obdobně jako systém dvoustupňový jen s tou obměnou, že je sací vedení složeno ze tří uzavíratelných okruhů. Tento systém je použit např. u motorů 2,0 l MPi AZJ koncernu VW. Tento motor byl dodáván např. do ŠKODY Octavie I. Generace, Fabie, Superbu, nebo VW Golf IV., Passat.

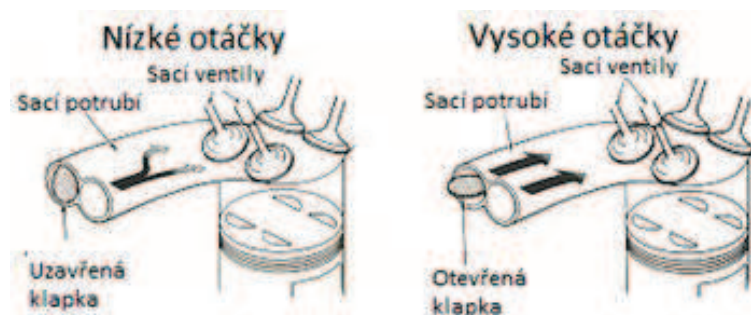


Obrázek 2.3 Třístupňový sací systém u motoru 2,0 l MPi AZJ [10]: A – sací potrubí, B – momentová poloha, C – dlouhá výkonová poloha, D – krátká výkonová poloha

Při nízkých otáčkách jsou přepínací klapky zavřeny, což znamená dlouhé sací potrubí a tím pádem vyšší točivý moment při nízkých otáčkách (do 4000). Při vyšších otáčkách se otevře první přepínací klapka a tím pádem se zkrátí délka potrubí, což se projeví na zvýšení výkonu. Při dále rostoucích otáčkách se otevře i druhá přepínací klapka aktivuje druhý zásobník, čímž se ještě více zkrátí dráha tlakových vln. To vede k ještě většímu zkrácení sacího potrubí a zvýšení výkonu. Třístupňový systém má výhodu ve větší plynulosti změny délky sacího potrubí.

2.2.3 VYPÍNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SACÍCH TRUBIC U VÍCENÁSOBNÝCH SACÍCH SYSTÉMŮ

Řízené uzavírání a otevírání sací trubice se používá u motoru s dvěma a více sacími ventily na jednom válci (např. šestnácti nebo dvacetiventilové čtyřválcové motory). K jednotlivým sacím ventilům vedou dva sací kanály, jeden bývá delší s menším průřezem (momentový) a druhý kratší a s větším průřezem (výkonový). Při nízkých otáčkách je kratší kanál se uzavřen klapkou, a vzduch proudí pouze delším kanálem. Kratší kanál se otevírá až při vyšších otáčkách. Tento systém má vliv jak na plnění válců, tak na přípravu směsi.

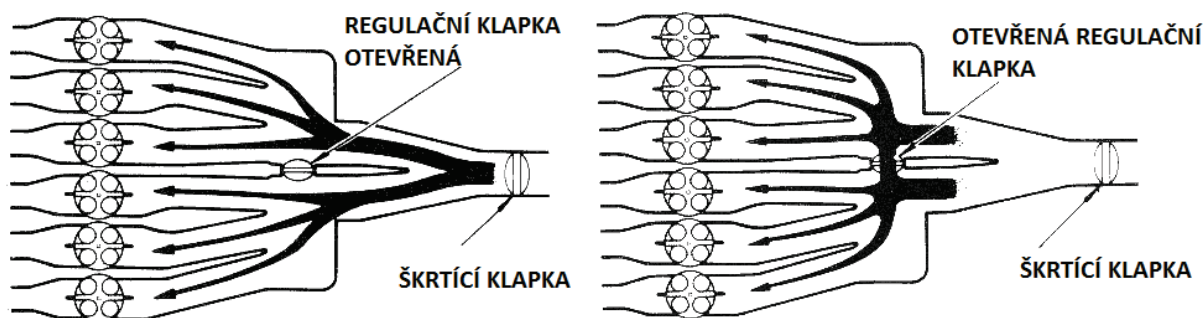


Obrázek 2.4 Systém řízeného uzavírání sacích kanálů [6]



2.2.4 PŘEPÍNÁNÍ NA RŮZNÉ OBJEMY SBĚRNÉHO POTRUBÍ

Přepínání různých objemů funguje tak, že v nádrži sběrného potrubí, ze které vedou jednotlivé sací potrubí, je umístěna rozdělovací klapka, která rozděluje nádrž na dvě poloviny. Tato rozdělovací klapka se otevírá a uzavírá podle otáček motoru a také podle polohy škrticí klapky. Při nízkých otáčkách je tato klapka otevřena, tím pádem je větší objem a délka sacího vedení delší. Klapka se uzavře při vysokých otáčkách, objem se zmenší a délka potrubí zkrátí. Tento systém variabilního sacího potrubí používá Toyota pod názvem ACIS. [25]



Obrázek 2.5 Systém ACIS od automobilky TOYOTA [25]

Dnes je nejvíce rozšířené dvou a třístupňové systémy a jejich kombinace s rezonančním přeplňováním, které pracuje na principu rezonančních frekvencí vzduchu ve sběrné nádrži.

2.3 REZONANČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ

Systém rezonančního přeplňování se skládá z rezonanční komory, propojené rezonančním potrubím s okolní atmosférou nebo sběrným zásobníkem, do které ústí krátké potrubí vedoucí k válcům motorů. Při rezonančním přeplňování je snaha, aby se frekvence sání, daná otáčkami motoru, shodovala s frekvencí kmitů vln ve sloupci plynu. K buzení rezonančních kmitů se provádí impulsy vyvolanými uzavíráním sacího ventilu a přeplňování se uskutečňuje využitím tlakové pulzace v sacím potrubí. Tím motor získává další dynamické zvýšení plnicího tlaku. Tento systém dynamického přeplňování se používá u šesti a dvanácti válcových motorů, kde jsou válce rozděleny na dvě skupiny a pro každou skupinu je jedna rezonanční komora. [1]



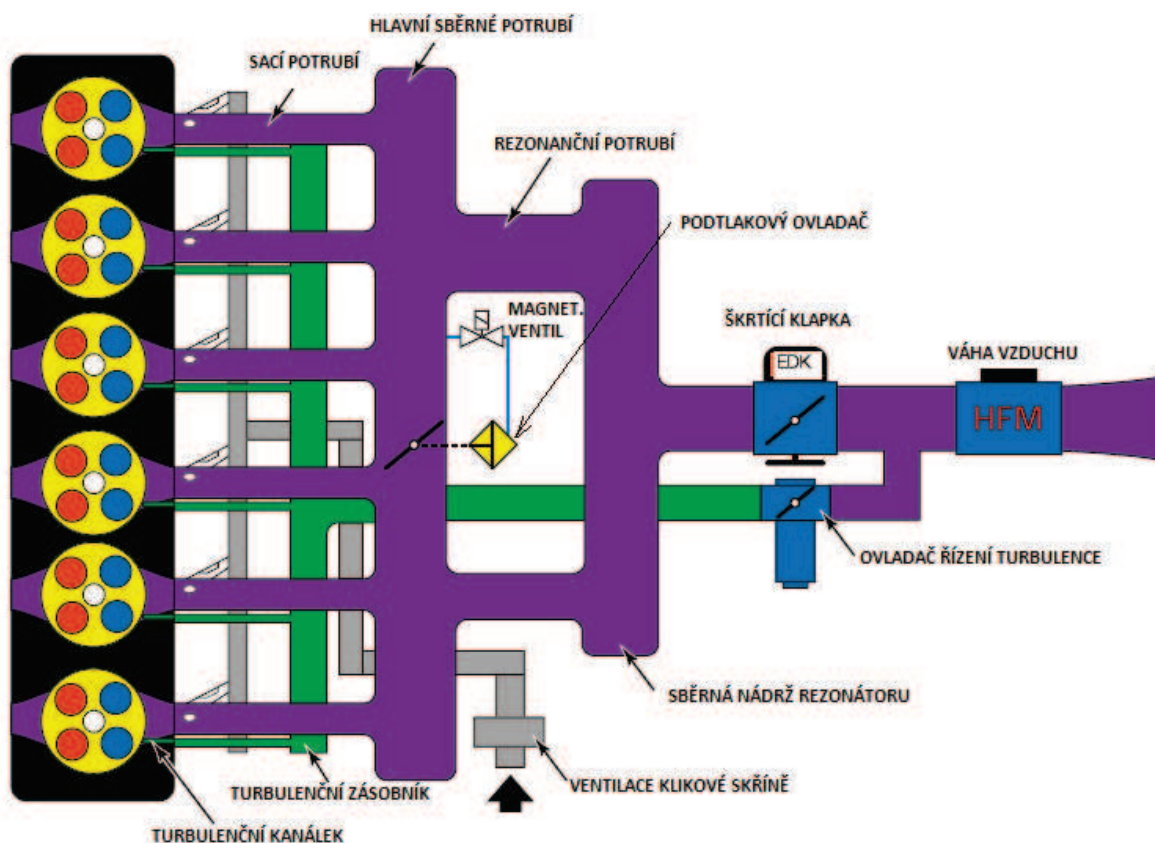
Obrázek 2.6 Uspořádání válců řadového šestiválcového motoru při rezonančním plnění a jeho vliv na stupeň plnění [1]



Pořadí zapalování a tedy i sání u řadového šestiválce probíhá v pořadí 1-5-3-6-2-4. Buzení přeplňovací tlakové vlny probíhá pomocí šíření podtlakové vlny, kterou vyvolá sání předcházejícího válce, tedy podtlaková vyvolaná sáním prvního válce vyvolá přetlakovou vlnu, která přeplní třetí válec, pátý válec vyvolá podtlakovou vlnu, která přeplní šestý atd. U motorů s uspořádáním válců do "V" probíhá rezonanční přeplňování obdobně. Rezonanční přeplňování se nepoužívá jen u zážehových motorů, ale využití dynamiky vzduchu se používá i u vznětových turbomotorů v oblasti nízkých otáček, kde turbodmychadlo není aktivní. [1]

2.4 KOMBINACE REZONANČNÍHO PŘEPLŇOVÁNÍ A PŘEPLŇOVÁNÍ TLAKOVÝMI KMITY

Kombinace těchto dvou způsobů dynamického přeplňování se u dnešních moderních motorů používá nejčastěji. Kombinuje výhody obou způsobů a dává motoru dobré a plynulé výkonové a momentové charakteristiky. Například u BMB vyvinuly systém DISA (Differenzierte Sauganlage), který ideálně kombinuje oba způsoby dynamického přeplňování (obr. 2.7).



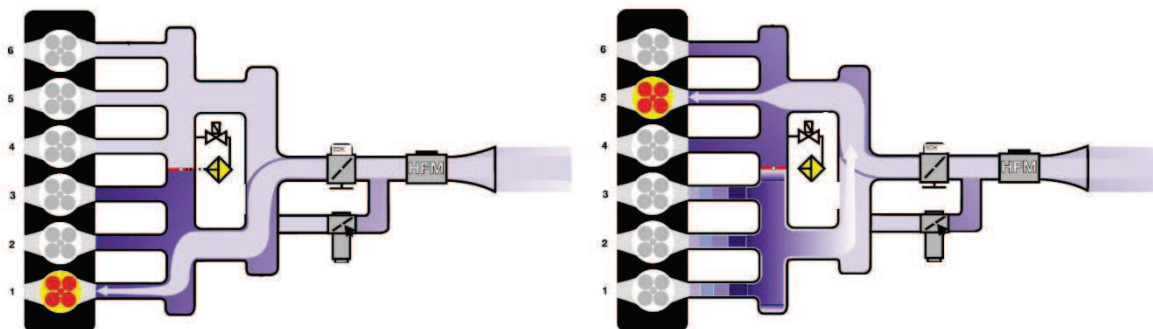
Obrázek 2.7 Variabilní sání DISA od BMW [17]

Tento sací systém je řízen řídicí jednotkou, která ovládá podtlakový ovladač, který uzavírá a otevírá klapku rozdělující hlavní sběrné potrubí. Princip rezonančního přeplňování při otevřené resp. uzavřené klapce je znázorněn na obrázku 2.8 resp. 2.9.

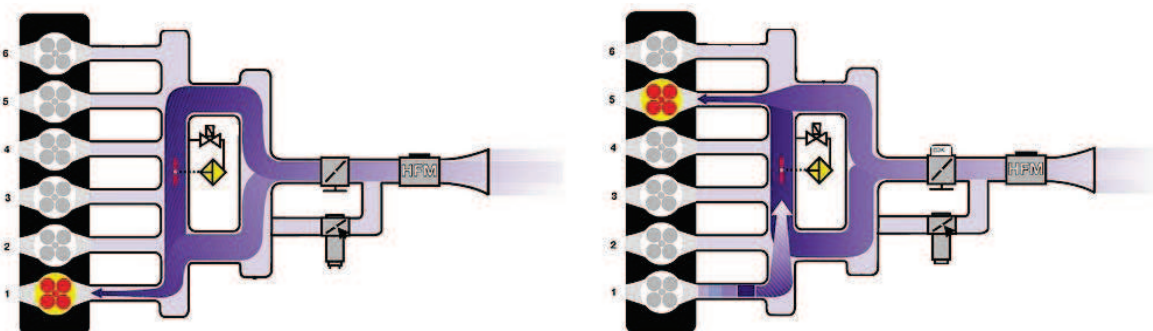
Při uzavřené regulační klapce musí vzduch urazit delší dráhu, tzv. momentová poloha a při otevřené regulační klapce je dráha kratší tzv. výkonová poloha. Na obrázcích 2.8 a 2.9 je také znázorněn systém rezonančního přeplňování, kdy při uzavřené klapce podtlaková vlna od



předcházejícího sání přeplňuje přes sběrnou nádrž rezonátoru válec, který je na řadě. Při otevřené klapce podtlaková vlna postupuje přes hlavní sběrné potrubí právě díky otevření regulační klapky. Dále je součástí motoru s variabilním sáním DISA systém řízení turbulence čerstvého vzduchu. Tento systém se řídí elektromagnetickým šoupátkem a přivádí další vzduch do válců motorů před vstřikovací trysky, čímž se vytváří turbulence při plnění válců a dochází tak k lepšímu rozprašení paliva a plnění válců.



Obrázek 2.8 Otevřená regulační klapka [17]



Obrázek 2.9 Uzavřená regulační klapka [17]

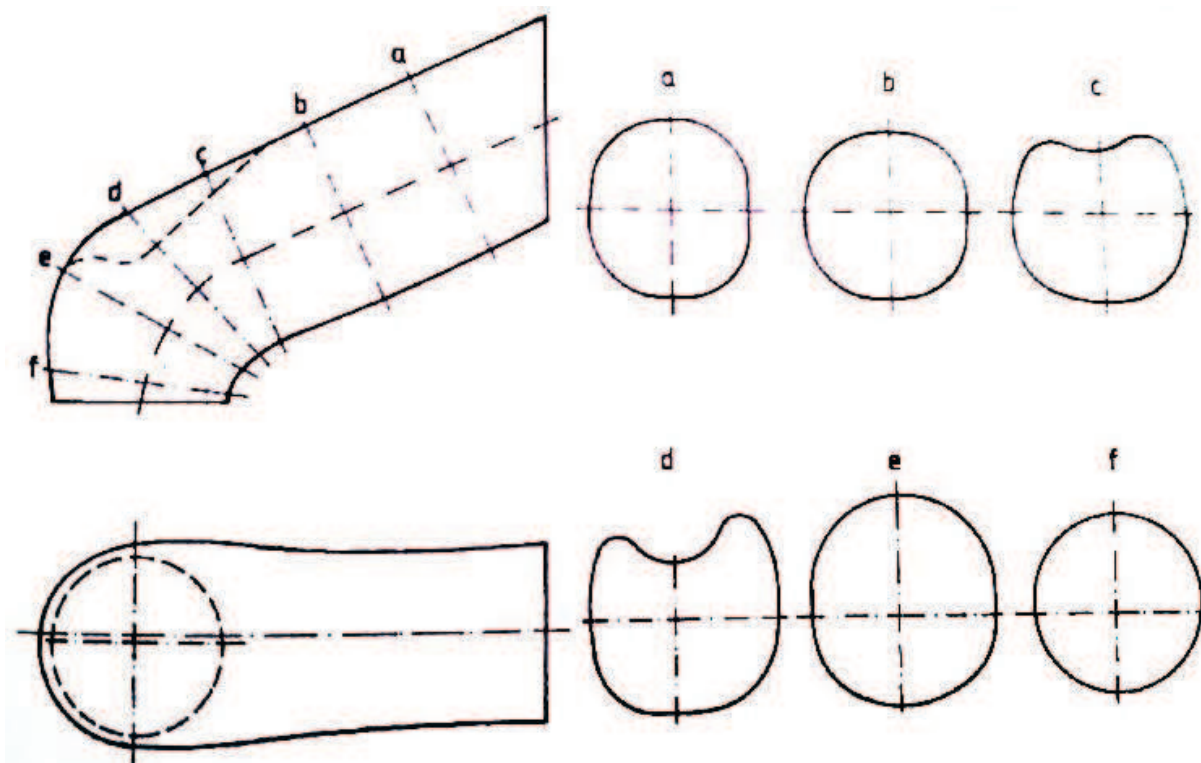
Hlavní výhodou tohoto systému je jeho jednoduchost díky použití dvoustupňového systému za použití pouze jedné regulační klapky ovládané podtlakovým ovladačem.



3 SACÍ KANÁLY

Vhodný tvar a průřez sacího kanálu má velký význam při plnění válce. Při plnění válce je snaha, aby se do válce přivedla co největší hmotnost vzduchu. Právě vhodnou volbou tvaru sacího kanálu můžeme dosáhnout zlepšení plnění a tvorby vířivých proudů, které napomáhají dokonalému mísení paliva se vzduchem a zlepšují plnění.

Sací kanál nemá díky nedostatku místa po celé své délce ideální kruhový průřez. Při výpočtech se tedy pracuje s hydraulickým průměrem, to je průměr, který by vznikl, kdyby skutečná plocha průřezu vznikla jako kruhová. [1]



Obrázek 3.2 Řezné roviny (průřezové plochy) sacího kanálu [1]

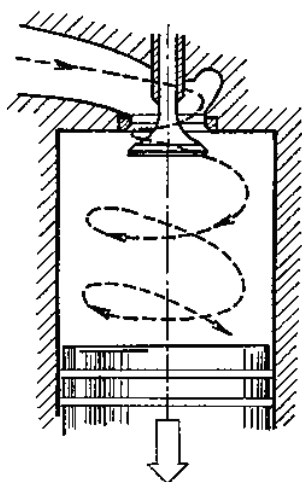
Hlavní parametry sacího kanálu jsou tedy průřez, tvar, povrch, délka a poloha vzhledem k ose válce. Všechny tyto údaje vysoce ovlivňují odpor proudění a tím pádem plnění válce. Strmí sací kanál, tzn. malá odchylka střednice kanálu od osy válce, tím menší je odpor od změny směru toku. Správně dimenzovaný sací kanál je velmi důležitý prvek v automobilovém motoru, jeho tvar se optimalizuje modelováním v programech a zkouší ve zkušebnách.



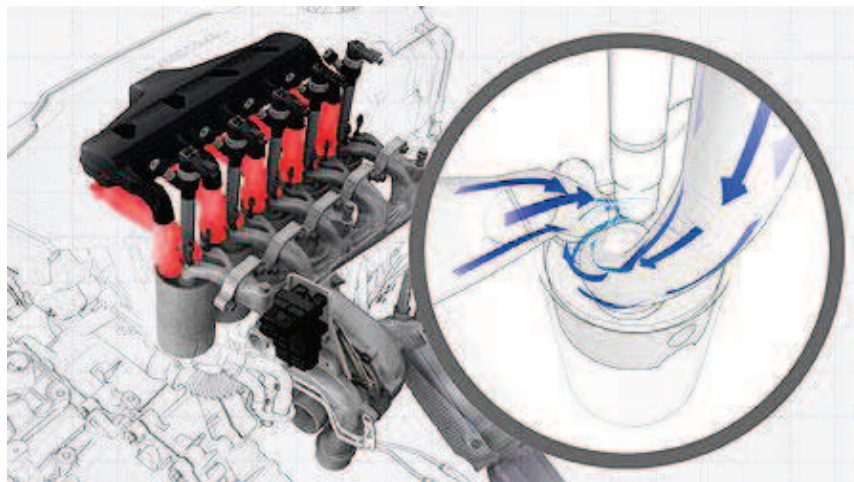
Obrázek 3.1 Počítačový model sacího kanálu[23]

3.1 TANGENCIÁLNÍ SACÍ KANÁL

Tangenciální provedení sacího kanálu je na obrázku 3.4. Vzduch je do válce veden tangenciálně a v pracovním prostoru se rozvíří podél stěny válce. Jeho plnicí účinnost je asi o 1% vyšší než u vířivého, ale je ovšem více citlivý na výrobní nepřesnosti.



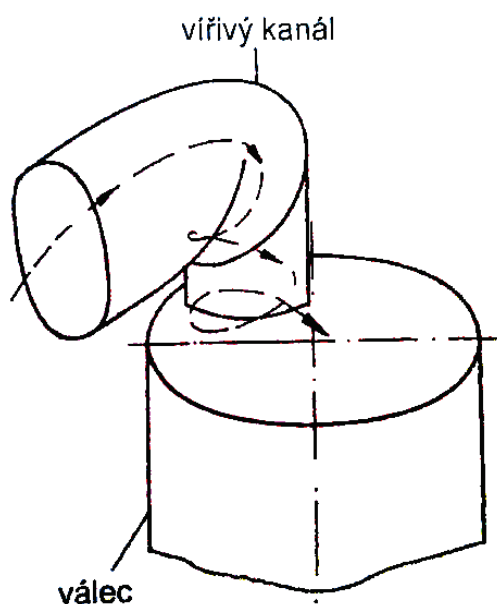
Obrázek 3.4 Princip tangenciálního víření [23]



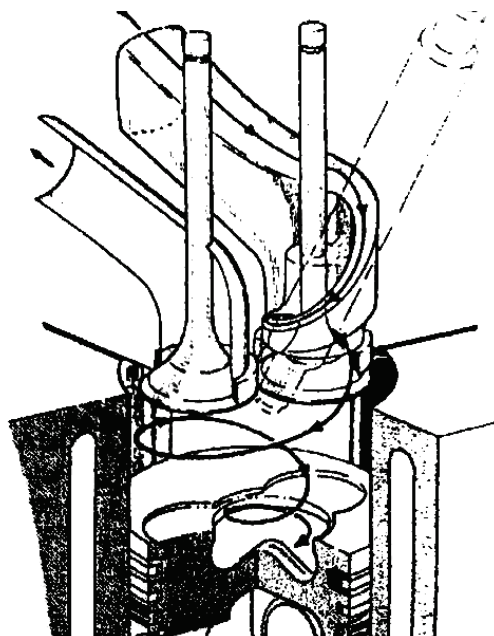
Obrázek 3.3 Tangenciální kanál u diesellového motoru VOLVO[14]

3.2 SPIRÁLOVÝ (VÍŘIVÝ) SACÍ KANÁL

Tento typ sacího kanálu (obr. 3.5) se používá častěji, jelikož je méně citlivý na výrobní tolerance při odlévání hlavy motoru. U spirálového sacího kanálu je víření začíná ještě v ústí sacího kanálu, který má výstup již spirálově tvarovaný. Rozvířený vzduch se postupuje dál do válce a napomáhá dobrému vytvoření směsi.



Obrázek 3.5 Tvoření vířivého proudu [1]



Obrázek 3.6 Spirálový sací kanál a proudění vzduchu ve válci [1]



4 VENTILOVÉ ROZVODY

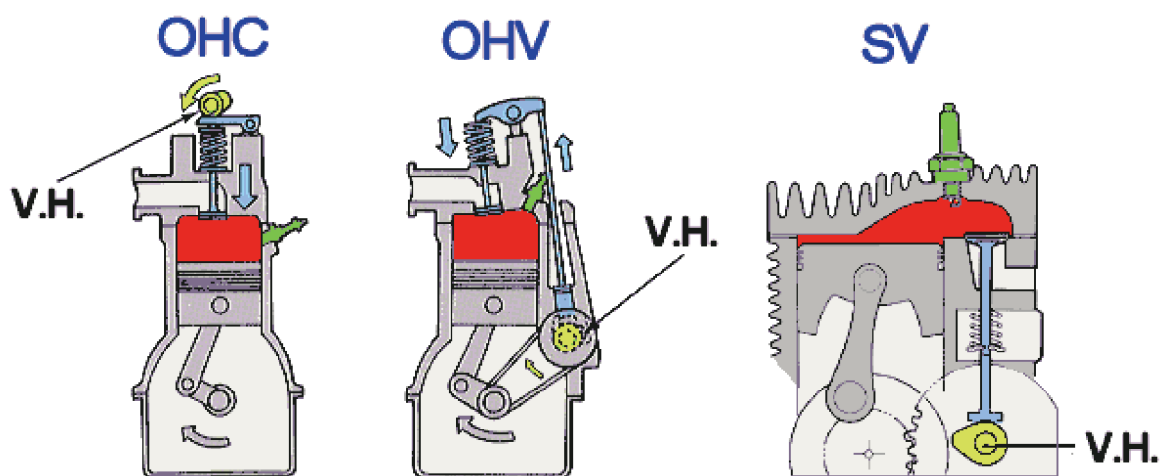
Ventilové rozvody jsou velmi důležitou součástí každého motoru, ventilové rozvody řídí uzavírání a otevírání sacích a výfukových ventilů a jsou realizované pomocí vačkového hřídele. Vačkový hřídel může být spojen s klikovým hřídelem několika způsoby. Ventilový rozvod může být realizován pomocí ozubených kol a ozubeného rozvodového řemene. Jeho nevýhoda je poměrně krátké výměnné doby. Jeho přetržení byla velmi závažná a finančně velmi nákladná porucha. Další možnost rozvodu může být pomocí ozubených kol se šikmými zuby, ozubená kola se používají u rozvodů OHV a u nákladních automobilů. V dnešní době se více používají rozvody řetězovými koly a válečkovým, pouzdrovým nebo ozubeným řetězem, kde je pohyb vačkové hřídele realizován pomocí řetězu a ozubených kol. Řetězové rozvody se používají u rozvodů typu OHC a jejich hlavní výhodou je dlouhá životnost. Nevýhodou by mohla být vyšší hlučnost řetězového rozvodu. Podle polohy vačkového hřídele můžeme ventilové rozvody dělit na několik základních systémů.

OHV (OVER HEAD VALVE)

S rozvodů OHV jsou ventily umístěny v hlavě válce motoru a vačkový hřídel je umístěn v bloku motoru. Pohyb od vačkového hřídele je realizován pomocí zdvihátek, které přenášejí pohyb na ventilovou tyčku a na vahadlo, které přímo ovládá ventil. Výhodou této konstrukce je možnost umístění většího množství ventilů a tím zlepšení plnění. Nevýhodou je větší počet dílů, tím pádem vyšší poruchovost, vyšší setrvačné síly a vyšší cena.

OHC (OVER HEAD CUMSHAFT)

Tento systém ventilových rozvodů se u současné produkce automobilů uplatňuje u většiny spalovacích motorů i přes poměrně složitou konstrukci hlavy motoru, ve které jsou umístěny ventily, a nad hlavou je uložen vačkový hřídel. Jelikož vačkový hřídel přímo ovládá ventily, tak zde dochází ke snížení hlučnosti a zpřesnění a zkrácení doby ovládání ventilů. Uzavírání ventilů u všech typů rozvodů zajišťuje vratná, tlačná pružina. Další rozvoj tohoto rozvodového systému přetvořil spalovací prostor a umožnil použití 5 a více ventilů. Při použití dvou vačkových hřídelů zvláště pro sací a zvláště pro výfukové ventily hovoříme o systému DOHC. Tento ventilový rozvodový systém se uplatňuje při technologii variabilních rozvodů ventilů.



Obrázek 4.1 Typy ventilových rozvodů [13]

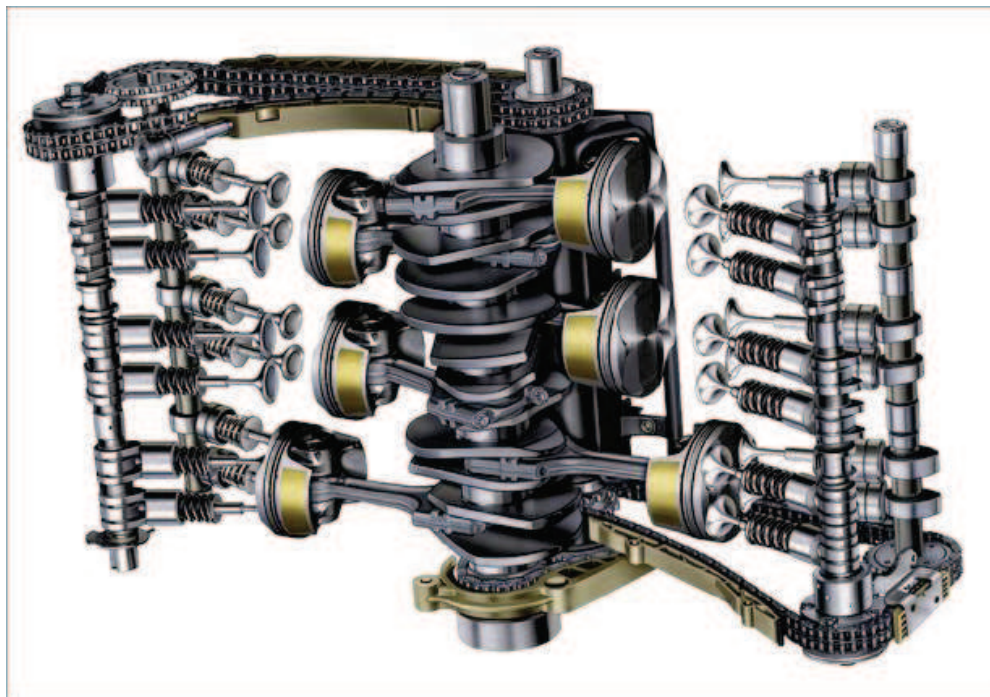


SV (SIDE VALVE)

Ventily jsou umístěny na straně válce a vačkový hřídel je stejně jako u rozvodu OHV v bloku motoru. Tento konstrukční způsob je nejstarší a hlavní nevýhoda je spalovací prostor mimo válec, čímž nemůže dosahovat dnešních požadovaných výkonů. Jediná výhoda by mohla být jednoduchost.

CIH (CUMSHAFT IN HEAD)

V hlavě válců jsou umístěny jak ventily, je zde i uložen vačkový hřídel.



Obrázek 4.2 Ventilový rozvod DOHC u motoru boxer od POSCHE [15]

4.1 SACÍ VENTIL

Sací ventil (obr. 4.3) je velmi důležitý prvek v sacím traktu spalovacího motoru. Jeho hlavní funkce je periodické otevírání sacího kanálu a vpouštění vzduchu (přímé vstřikování) nebo palivové směsi (nepřímé vstřikování) do pracovního prostoru motoru. Ventil je stále uzavírán vratnou pružinou přes miskou a klínek. Jeho otevírání má na starost vačka, umístěná na vačkovém hřídeli, která tlačí na miskou ventilu a tím ho otevírá. Tvarem vačky je přesně definován průběh i doba otevření ventilu. Uzavírání probíhá vratnou pružinou přes miskou a klínek. Jelikož se ventily přímo nacházejí ve spalovacím prostoru, musejí splňovat vysoké nároky na pevnost, tvrdost, lomovou houževnatost a to hlavně při vysokých teplotách okolo 800 °C, při kterých běžně pracují. Nejčastěji se vyrábí z chromo-křemičité oceli pomocí kování, následném obrábění a broušení.



Obrázek 4.3 Sací ventil

4.2 ROZVODY VENTILŮ

U motorů s pevnými ventilovými rozvody je zajištěno správné plnění válců jen při určitých otáčkách. Toto správné plnění nám dává vysoký točivý moment. Při vyšších otáčkách sice dostáváme maximální hodnotu jmenovitého výkonu, ale díky zhoršujícímu se plnění válců se snižuje točivý moment. Lepší průběh točivého momentu můžeme dosáhnout právě použitím variabilních ventilových rozvodů. Podmínka použití variabilních rozvodů je rozvod DOHC, kdy je pro sací ventily samostatný vačkový hřídel, který právě ovládá zdvih sacích ventilů. Hlavní výhody variabilních rozvodů jsou tedy vyšší výkon a lepší průběh točivého momentu při určitých otáčkách, snížení spotřeby paliva a lepší tvorba směsi, což má za následek také snížení emisních hodnot spalin a menší hlučnost motoru. [1]

Variabilní rozvody můžeme rozlišit podle provedení systému na rozvody s proměnným časováním ventilů, variabilní ovládní vačkového hřídele a plně variabilní rozvody ventilů.

4.2.1 PROMĚNNÉ ČASOVÁNÍ VENTILŮ

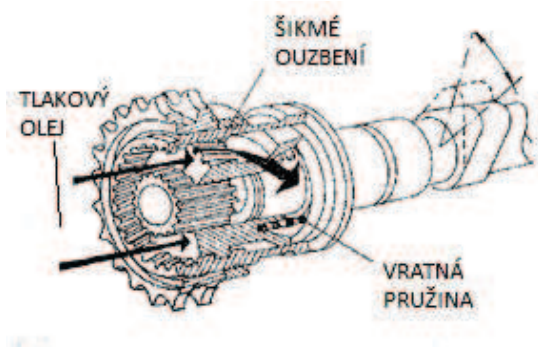
Při použití tohoto systému je možná stupňovitá změna doby otevření ventilu, která je rozhodujícím faktorem při plnění válce. Proměnné časování ventilů mění polohu vačkového hřídele sacích ventilů vůči vačkovému hřídeli výfukových ventilů. Tato vzájemná poloha nám určuje okamžiky otevření a uzavření ventilů a také jejich překrytí. Přitom doba otevření a výška zdvihu ventilu se nemění.

Hlavním řídicím parametrem při nastavování polohy jsou otáčky motoru, při kterých hydraulický nebo elektrický nastavovač natočí vačkový hřídel do polohy „později“ nebo do polohy „dříve“. Při nízkých otáčkách a při chodu naprázdno je vačkový hřídel sacích ventilů natočen do polohy později, což má za následek snížení zpětného proudění výfukových plynů,



lepší plnění, vyšší točivý moment a nižší spotřebu paliva. Při středních otáčkách se hřídel natočí do polohy dříve. Sací ventil se zavře hned po dosažení dolní úvratě a vzduch není vytlačován zpět do sacího potrubí. Vzhledem k nízkým rychlostem proudění vzduchu a překrytí ventilů se do sání dostanou i výfukové plyny, které jsou při dále opět nasávány do válce (tzv. vnitřní recirkulace výfukových plynů). Tím se snižují emisní hodnoty oxidů dusíku. Při vyšších otáčkách se natočí hřídel opět do polohy později a sací ventily se uzavírají, když už se píst pohybuje nahoru. Ovšem díky velké rychlosti proudění vzduchu se nasátý vzduch nevytlačuje zpět, nýbrž svojí dynamikou způsobuje přeplňování, které zvyšuje výkon a točivý moment motoru. [1]

Tato změna časování ventilu se může provádět fázovým měničem (obr. 4.4), nebo stavitelným napínákem řetězu (obr. 4.5).



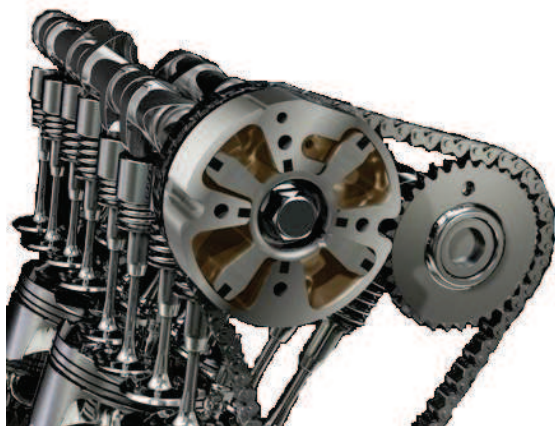
Obrázek 4.4 Proměnné časování fázovým [1]



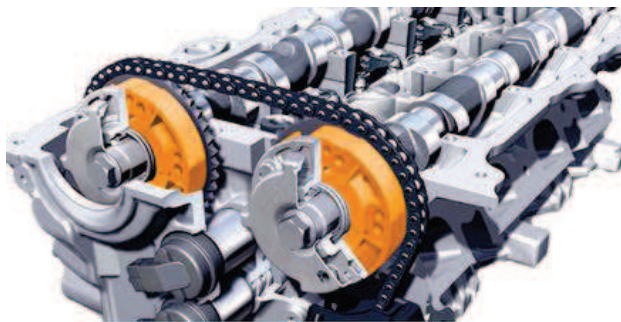
Obrázek 4.5 Systém VarioCam (Porsche) [22]

4.2.2 VARIABILNÍ OVLÁDÁNÍ VAČKOVÉHO HŘÍDELE

Variabilní ovládání vačkového hřídele je další vývojový stupeň proměnného časování ventilů, kde je se vačkový hřídel sacích i výfukových ventilů natáčí vůči svému rozvodovému kolu, tato změna je plynulá a je ovládána řídicí jednotkou motoru. Přenastavení polohy hřídele může být realizováno například použitím otočného hydromotoru, kde vnitřní část je spojena s vačkovým hřídelem a vnější část s pohánějícím ozubeným kolem. Úhel natočení se řídí tlakem oleje v před a za lopatkami rotoru elektromagnetickým ventilem.



Obrázek 4.6 Nastavovač vačkového hřídele s otočným hydromotorem [20]



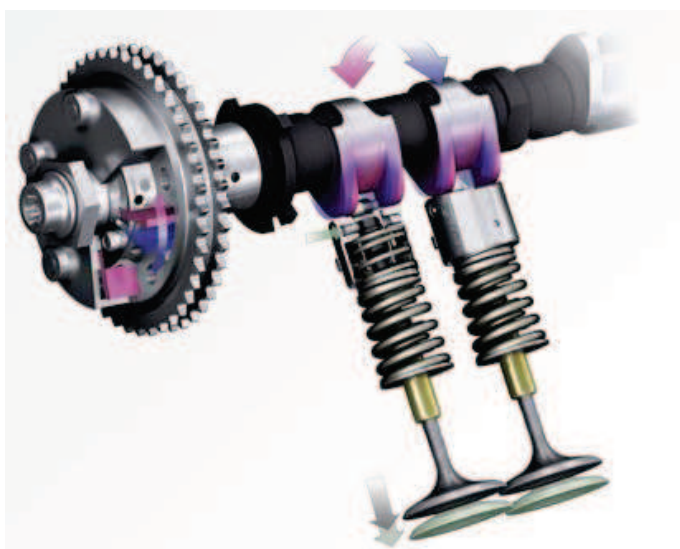
Obrázek 4.7 Systém Double Vanos od BMW [16]



4.2.3 VARIABILNÍ OVLÁDÁNÍ VENTILŮ

Při variabilním ovládnání ventilů, se nám naskýtá možnost měnit nejen dobu okamžik otevření a uzavření, ale také jeho zdvih. Různé zdvihy ventilů umožňují ještě lepší optimalizaci parametrů motoru při změně otáček. Různá výška zdvihu ventilu může být řízena např. prostorovým profilem vačky a posuvným vačkovým hřídelem.

Zajímavý systém variabilního ovládnání ventilů přišel od firmy Porsche pod názvem VarioCam Plus (obr 4.8). Proměnného časování ventilů je řízeno hydromotorem. Dvě různé polohy zdvihu ventilu jsou řízeny dvěma vzájemně propojenými hrnečkovitými zdvihátky (vnitřní, vnější) ovládanými elektrohydraulicky řízenými ventily. Sací ventil tedy ovládá buď velká vačka, působící na vnější zdvihátko, nebo malá vačka, působící na vnitřní. Při nízkých otáčkách a malé zátěži je zdvih realizován pomocí malé vačky a naopak. [1]

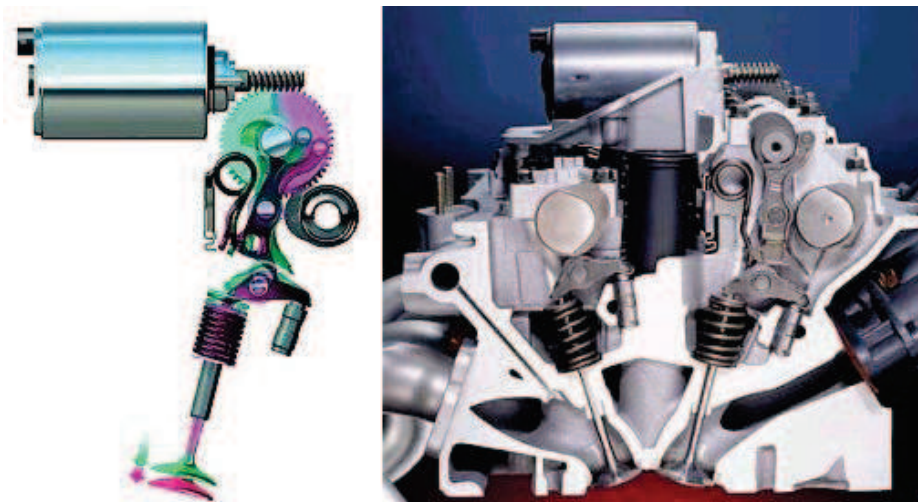


Obrázek 4.8 Variabilní ovládnání ventilů VarioCam Plus (Porsche) [18]

4.2.4 PLNĚ VARIABILNÍ OVLÁDÁNÍ VENTILŮ

Tento systém variabilního ovládnání ventilů je v poslední době nejprogresivnější. Jedná se o systém plynulé změny časování i zdvihu ventilu, kde odpadá nutnost použití škrticí klapky (škrticí klapka zůstává, je ovšem po celou dobu plně otevřená), která je součástí spalovacího motoru od jeho vzniku. Jelikož se spalovací motor po většinu svého chodu nachází v oblasti středních otáček, škrticí klapka je otevřená jen částečně a to způsobuje celkem velké ztráty v sacím potrubí.

Firma BMW přišla na trh se systémem Valvetronic (obr. 4.9), který kombinuje systém Double Vanos, který ovládá plynulou změnu časování ventilů s elektromechanickým systémem, který ovládá plynulý zdvih ventilu od 0,18 mm do 9,9 mm. Rozvodový mechanismus sacích ventilů je doplněn mezivahadlem (vloženou pákou), tvořícím spolu s běžným vahadlem spojení mezi vačkou a ventilem. S mezivahadlem pohybuje excentrický hřídel, uložený nad ním. Tento pohyb je právě zárukou odpovídajícího zdvihu ventilů. S excentrickým hřídelem pohybuje šnekovým převodem elektromotor. [19]



Obrázek 4.9 Plně variabilní rozvody ventilů Valvetronic od firmy BMW [19]



ZÁVĚR

Tato práce rozděluje sací trakt motoru do několika různých částí. Každá z těchto částí má nezanedbatelný vliv na správné chování motoru při různých otáčkách a zatěžování motoru. Čistič vzduchu zabraňuje nasátí prachových částic, které způsobují závažná poškození a snižují jeho životnost. Čistič vzduchu také předehřívá nasávaný studený vzduch na ideální provozní teplotu pomocí kapaliny z chladicího oběhu nebo nasává další vzduch z oblasti výfukového potrubí. Tvar sacího traktu se mění s použitím různých systémů tvorby palivové směsi. Při použití karburátorů, jakožto nejstaršího způsobu tvorby směsi, se sací trakt nemohl příliš vyvíjet, z důvodu, že v sacím potrubí proudila již palivová směs, zároveň také vytvářel velký odpor proudícímu vzduchu a snižoval výkon motoru.

Teprve po zavedení vícebodového a přímého vstřikování se začalo sací potrubí přetvářet, aby se využila co nejvíce dynamika nasávaného vzduchu a tím i dynamické přeplňování. Hlavním cílem bylo samozřejmě dosažení co nejlepších výkonových a momentových charakteristik motoru za současného snížení emisních hodnot ve výfukových plynech. Hlavní požadavky na spalovací motory jsou vysoký točivý moment při nízkých otáčkách a zároveň vysoký jmenovitý výkon při maximálních otáčkách. Těchto vlastností se dosahuje pomocí variabilního sacího potrubí, kdy si řídicí jednotka podle informací z různých snímaných hodnot, jako jsou otáčky, hmotnost nasávaného vzduchu, teplot, atd., přepne z jedné délky sacího potrubí na jinou. Nejčastěji používané konstrukční řešení je dvoj nebo tří stupňové sací potrubí. Při nízkých otáčkách je doba otevření ventilu relativně dlouhá, tedy je potřeba delšího sacího potrubí, aby se rázová vlna šířící se sacím potrubím od sacího ventilu ke sběrné nádrži a zpět, vrátila do válce motoru těsně před uzavřením sacího pístu. Naopak při vysokých otáčkách se doba otevření ventilu výrazně zkracuje, tím pádem se musí potrubí zkrátit, aby se rázová vlna nevrátila k uzavřenému ventilu. Nevýhoda těchto systémů je skoková změna délky sacího potrubí. Tyto skokové změny jsou odstraněny použitím plně variabilní délky sacího potrubí, kde se délka plynule reguluje otočným bubnem. Další využití dynamiky nasávaného vzduchu je rezonanční přeplňování. Zde se využívá rezonance v rezonančním sacím potrubí, které musí mít přesně naladěný tvar na daný motor. Zde je přetlaková vlna vyvolána vždy předcházejícím sáním, která přeplní následující válec. Nejčastěji se dnes využívá kombinace těchto dvou systémů jako např. u systému DISA od BMW.

Další důležitý konstrukční prvek při plnění válců je sací ventil, doba jeho otevření řídí množství nasátého vzduchu nebo palivové směsi do pracovního prostoru válce. Tato doba se dá regulovat pomocí variabilních ventilových rozvodů, kdy se natáčí vačkový hřídel o určitý úhel oproti normální poloze. Toto natočení způsobuje, že se ventily otevírají dříve nebo později a tím se dají opět zlepšovat vlastnosti motoru i snižovat emise. Nejvyšším vývojovým stupněm je plně variabilní ovládání sacích ventilů, kdy se může plynule měnit jak jejich načasování, tak i jejich zdvih. Zde odpadá použití škrticí klapky, která vytváří odpor protékajícímu vzduchu a tím snižuje výkon motoru.

Nepřeplňované motory jsou ovšem v dnešní době vytlačovány motory s turbodmychadly, které při stejném obsahu poskytují nesrovnatelně vyšší výkon za současného snížení spotřeby a tím pádem i emisních hodnot na které je v dnešní době kladen stále větší důraz.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

1. VLK, František. *Automobilová technická příručka*. 1. vydání. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 791 s. ISBN 80-238-9681-4.
2. *Bosch Systém vstřikování KE-Jetronic : Technická příručka*. 1. české vydání. Praha : [s.n.], 1998. 44 s.
3. *Bosch Systém vstřikování L-Jetronic : Technická příručka*. 1. české vydání. Praha : [s.n.], 1999. 44 s.
4. *Bosch Systém vstřikování Mono-Jetronic : Technická příručka*. 1. české vydání. Praha : [s.n.], 1999. 60 s.
5. VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vydání. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 578 s. ISBN 80-238-8756-4.
6. PREČ, Miroslav. *Rezonanční sací potrubí*. Brno, 2005. 14 s. Seminární práce. VUT v BRNĚ. Dostupné z WWW: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/opory/vozidlove_motory/seminarni_prace/pisemne_zpracovani/rezonanci_saci_potrubu.doc>.
7. *Tuning.as* [online]. c2009 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.tuning.as/>>.
8. *Filtrotech* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.filtrotech.cz/>>.
9. *Škoda Auto Česká republika* [online]. c2011 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.skoda-auto.cz/CZE/Pages/homepage.aspx>>.
10. *Škoda TechWeb* [online]. c2010 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://skoda.panda.cz/>>.
11. *Today tomorrow Toyota - homepage* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.toyoty.nolimit.cz/>>.
12. *Vstřikování benzínu u zážehových motorů* [online]. 17.03.2010 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://auto.amoskadan.cz/>>.
13. *Audi Klub* [online]. 2008 [cit. 2011-05-26]. Čtyřdobý zážehový motor. Dostupné z WWW: <<http://audiklub.cz/techwiki/ctyrdoby-zazehovy-motor>>.
14. *Auto Part* [online]. 04.09.2005 [cit. 2011-05-26]. Turbodiesel Volvo D5. Dostupné z WWW: <http://www.part.cz/part/buxus/generate_page.php3?page_id=7516>.
15. *Auto Porsche* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. VarioCam Plus. Dostupné z WWW: <<http://auto.porsche.cz/>>.



16. *BMW ČESKÁ REPUBLIKA* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. BMW Česká republika : BMW Technology Guide : Vanos/double-Vanos. Dostupné z WWW: < http://www.bmw.cz/cz/cs/insights/technology/technology_guide/articles/vanos_double_vanos.html >.
17. *BMW E39 DIY Mod Blog* [online]. c2008 [cit. 2011-05-26]. BMW Adjusting Unit for Intake Manifold (DISA) working principle. Dostupné z WWW: < <http://e39mod.blogspot.com/2010/10/bmw-adjusting-unit-for-intake-manifold.html> >.
18. SPILKA, David . *Datriware* [online]. c2010 [cit. 2011-05-26]. Teorie funkce karburátoru. Dostupné z WWW: < http://skoda.daves.cz/Teorie_karburatoru_DCOE >.
19. *Klikni.tk* [online]. c2007 [cit. 2011-05-03]. Vstříkování. Dostupné z WWW: < <http://jirkovodoupe.wz.cz/vstrikovani.html> >.
20. *Motorip* [online]. 2011 [cit. 2011-05-26]. 2011 Concours 14. Dostupné z WWW: < <http://www.motorip.com/2011-concours-14/> >.
21. *Motorkáři* [online]. © 2011 [cit. 2011-05-26]. Zkratky systémů motocyklů. Dostupné z WWW: < <http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/zkratky-systemu-motocyklu-4376.html> >.
22. *Porsche 968 UK* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. PORSCHE 968 – Setting the Camshaft Timing. Dostupné z WWW: < http://www.porsche968uk.co.uk/technical_tips/camshaft-timing-01.htm >.
23. *SOBRIETY* [online]. c2010 [cit. 2011-05-26]. Výpočty. Dostupné z WWW: < http://www.sobriety.cz/sluzby_vypocty.htm >.
24. *Steklý* [online]. c2000 [cit. 2011-05-26]. Rs.- Š.Favorit. Dostupné z WWW: < <http://stekly.wz.cz/plneni.html> >.
25. *TURBOMR2* [online]. 12.15.2006 [cit. 2011-05-26]. Toyota T-VIS System. Dostupné z WWW: < <http://turbomr2.com/MR2/Reference/TVIS/TVIS.htm> >.
26. *Tým motorsport* [online]. c2011 [cit. 2011-05-26]. Karburátor Weber DCOE. Dostupné z WWW: < http://www.tym-motorsport.cz/cz/Motory-a-prislusenstvi/Karburatory_a_prislusenstvi/Karburatory/Weber_DCOE/Karburator_Weber_DC OE >.
27. Automobilové filtry. In *Automobilové filtry* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: < http://www.ft.vslib.cz/depart/knt/web/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=52&Itemid=36 >.
- 28) Sání 4D motorů. In *Sání 4D motorů* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: < http://www.iae.fme.vutbr.cz/opory/vozidlove_motory/index.html >.



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Sací trakt nepřepřlňovaného motoru [28]	7
Obrázek 1.2 Skříňový (podběhový) čistič.....	8
Obrázek 1.3 Skříňový čistič vzduchu ŠKODA OCTAVIA.....	8
Obrázek 1.4 Centrální čistič vzduchu	9
Obrázek 1.5 Centrální čistič vzduchu ŠKODA FAVORIT	9
Obrázek 1.6 Plochý filtr [8]	10
Obrázek 1.7 Skládáný filtr [27].....	10
Obrázek 1.8 Patronový filtr [27]	11
Obrázek 1.9 Různé druhy filtrů [7].....	11
Obrázek 1.10 Sací trakt motoru se spádovým karburátorem [18]	12
Obrázek 1.11 Spádový karburátor WEBER	12
Obrázek 1.12 Dvojitý horizontální karburátor Weber 4 DCOE [26].....	13
Obrázek 1.13 Typy elektronického vstřikování [19]	15
Obrázek 1.14 Vstřikovací systém MONO – JETRONIC od firmy BOSCH [4]	16
Obrázek 1.15 Vstřikovací systém MONO – MOTRONIC od firmy BOSCH [10].....	16
Obrázek 1.16 Systém KE-Jetronic s lambda regulací (BOSCH) [2]	17
Obrázek 1.17 Systém L-Jetronic s lambda regulací (BOSCH) [3]	18
Obrázek 1.18 Systém MED Motronic od firmy BOSCH [12].....	19
Obrázek 2.1 Regulovatelná délka sacího potrubí pomocí posuvného zařízení [21].....	21
Obrázek 2.2 Sací systém s dvoustupňovým sacím potrubím[10]	22
Obrázek 2.3 Třístupňový sací systém u motoru 2,0 l MPi AZJ [10]	23
Obrázek 2.4 Systém řízeného uzavírání sacích kanálů [6]	23
Obrázek 2.5 Systém ACIS od automobilky TOYOTA[25].....	24
Obrázek 2.6 Uspořádání válců řadového šestiválcového motoru při rezonančním plnění a jeho vliv na stupeň plnění [1].....	24
Obrázek 2.7 Variabilní sání DISA od BMW [17]	25
Obrázek 2.8 Otevřená regulační klapka [17]	26
Obrázek 2.9 Uzavřená regulační klapka [17].....	26
Obrázek 3.2 Řezné roviny (průřezové plochy) sacího kanálu [1].....	27
Obrázek 3.1 Počítačový model sacího kanálu[23].....	27
Obrázek 3.4 Princip tangenciálního víření [23]	28
Obrázek 3.3 Tangenciální kanál u dieselového motoru VOLVO[14]	28
Obrázek 3.5 Tvoření vířivého proudu [1]	28
Obrázek 3.6 Spirálový sací kanál a proudění vzduchu ve válci [1].....	28
Obrázek 4.1 Typy ventilových rozvodů [13]	29
Obrázek 4.2 Ventilový rozvod DOHC u motoru boxer od POSCHE [15].....	30
Obrázek 4.3 Sací ventil	31
Obrázek 4.4 Proměnné časování fázovým [1]	32
Obrázek 4.5 Systém VarioCam (Porsche) [22].....	32
Obrázek 4.6 Nastavovač vačkového hřídele s otočným hydromotorem [20].....	32
Obrázek 4.7 Systém Double Vanos od BMW [16].....	32
Obrázek 4.9 Variabilní ovládání ventilů VarioCam Plus (Porsche) [18]	33
Obrázek 4.10 Plně variabilní rozvody ventilů Valvetronic od firmy BMW [19].....	34