



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

VENTILOVÉ ROZVODY MODERNÍCH SPALOVACÍCH MOTORŮ

VALVE TRAIN OF MODERN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR POHOŘELSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV PIŠTĚK, DrSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Pohořelský

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:

Ventilové rozvody moderních spalovacích motorů

v anglickém jazyce:

Valve train of modern internal combustion engines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kriticky zhodnotit mechanismy ventilových rozvodů moderních spalovacích motorů.

Cíle bakalářské práce:

Soustředit dostupné podklady o mechanismech ventilových rozvodů moderních spalovacích motorů, zejména s variabilním časováním.

Analýzovat jednotlivé systémy a kriticky zhodnotit jejich přednosti a nedostatky.

Seznam odborné literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HEISLER, Heinz. Advanced Engine Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 1-56091-734-2.

KÖHLER, Eduard. Verbrennungsmotoren. Berechnung und Auslegung des Hubkolbenmotors. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2002. ISBN 3-528-23108-4.

Firemní literatura.

Internet.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 12.11.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

V bakalářské práci jsem se soustředil na princip činnosti týkající se rozvodových mechanismů moderních spalovacích motorů se zaměřením na variabilní časování ventilů. Práce je pojata jako rešerše dostupných elektronických zdrojů, odborné literatury a článků z odborných periodik. V práci je uveden princip, popis činnosti a stručná historie spalovacích motorů. Hlavní část je věnována specifikaci, která se týká variabilního časování ventilů a přehled systému používaných u dnešních moderních vozidel.

Závěr práce obsahuje kritické zhodnocení, kde jsou uvedeny výhody a nevýhody této problematiky.

KLÍČOVÁ SLOVA

ventilové rozvody, spalovací motor, variabilní časování ventilů

ABSTRACT

In my bachelor's thesis I was concentrated on a principle of an activity, which is related to timing mechanisms of modern combustion engines, with a focus on variable valve timing. The thesis is conceived as a research of available electronic resources, professional literature and articles from professional periodicals. In the thesis there are introduced the principle, description of the activity and a brief history of combustion engines. The main part is focused on a specification, which is related to variable valve timing, and a summary of systems, which are used in today's modern vehicles. The conclusion contains a critical evaluation, in which there are written advantages and disadvantages of this problem.

KEY WORDS

valve gear, the internal combustion engine, variable valve timing





BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POHOŘELSKÝ, P. *Ventilové rozvody moderních spalovacích motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 46 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Václav Píšťek, DrSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Pištěka, DrSc. s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 14. května 2014

.....

Jméno a přímení



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Václavu Pištěkovi, DrSc. za trpělivost, vstřícné jednání a odborný dohled nad mojí prací.





OBSAH

Úvod.....	13
1 Čtyřdobý spalovací motor.....	15
1.1 Historie spalovacího motoru	15
1.2 Princip spalovacího motoru.....	15
1.3 Popis činnosti spalovacího motoru	16
1.3.1 Zážehový motor.....	16
1.3.2 Vznětový motor	17
1.4 Pracovní oběh čtyřdobého spalovacího motoru	17
2 Druhy ventilových mechanismů	20
2.1 Ventilový rozvod OHC	20
2.1.1 SOHC.....	21
2.1.2 DOHC	21
2.2 Ventilový rozvod SV	21
2.3 Ventilový rozvod OHV	21
2.4 Desmodromický rozvod (nucený ventilový rozvod)	22
3 Variabilní časování ventilů	23
3.1 Princip funkce.....	23
3.2 Nastavení ventilů	24
4 Druhy variabilních systémů	25
4.1 Změna natočení vačkových hřídelů	26
4.1.1 Systém BMW Vanos	26
4.1.2 VarioCAM	28
4.1.3 Systém CVVT	29
4.2 Změna zdvihu ventilů	31
4.2.1 Systém VTEC.....	31
4.2.2 MultiAir	33
4.3 Změna zdvihu a změna natočení vačkových hřídelů	34
4.3.1 Valvetronic	34
4.3.2 Systém Mivec	35
4.3.3 I-VTEC.....	36
4.3.4 VarioCAM-Plus.....	37
Závěr	39
Seznam použitých zkratk a symbolů	44
Seznam obrázků	45





ÚVOD

V dnešní době je automobil nepostradatelnou součástí běžného každodenního života. Asi si jen těžko dokážeme představit svět bez spalovacích motorů. Automobily využívají spalovací motory, které jsou významným zdrojem energie. Tu dokážeme přeměnit a použít na přepravu osob, objemných nákladů, zemědělskou produkci, výrobu elektrické energie. Na Zemi narůstá počet automobilů, kterých je dle některých zdrojů již provozováno více než bilion. Nicméně přináší s sebou i řadu celosvětových závažných ekonomických, společenských i environmentálních důsledků. Setkáváme se s nimi každý den a v současné době za ně neexistuje odpovídající náhrada.

V této práci se budu hlouběji zabírat všeobecně ventilovým rozvodem s moderním variabilním časováním, jeho funkcí a poukázat na výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Text se převážně zabývá variabilními rozvodovými mechanismy, které výrobci využívají k optimalizaci parametrů motorů, čímž dosahují nižší spotřeby a vyšších výkonů.

Cílem této bakalářské práce je seznámit s moderními ventilovými mechanismy, tj předvést specifikaci variabilního časování ventilů, které jsou v současné době používány v osobních automobilech. Následně porovnat a kriticky zhodnotit jejich základní parametry, určité nedostatky se zaměřením na současný stav a vývojové tendence. Práce obsahuje 5 kapitol. A to na všeobecné poznání čtyřdobého spalovacího motoru (kap.1), předvedení jednotlivých druhů ventilových mechanismů (kap.2), Technologie variabilního časování a její technické řešení (kap.3), specifikace variabilního časování jednotlivých automobilů, které tuto technologii využívají (kap.4) a v poslední řadě závěr a kritické zhodnocení uvedených mechanismů (kap.5).

Práce má především rešeršní charakter. Z doporučených zdrojů a dostupné literatury, pojednávající o ventilových rozvodech a o jejich postupných krocích ve vývoji.





1 ČTYŘDOBÝ SPALOVACÍ MOTOR

Čtyřdobý spalovací motor, neboli často také nazýván čtyřtaktní motor, je pístový motor pracující ve čtyřech cyklech. Vynález spalovacího motoru byl převratem a dal impuls odbytu a zpracování ropy.

1.1 HISTORIE SPALOVACÍHO MOTORU

Počátkem 19. století došlo k zásadnímu zlomu ve vývoji techniky. To mělo veliké důsledky nejen pro tehdejší populaci, ale i pro současnost. Za takový obrat můžeme poděkovat anglickému inženýru Jamesi Wattovi, který nejdříve vynalezl způsob jak přeměnit přímočarý pohyb na otáčivý a potom zdokonalil parní stroj svých předchůdců tak, že byl již schopen širšího uplatnění. Z technického pohledu docházelo v parním zařízení při spalování paliva k předávání uvolněného tepla páře, která byla odvedena do parního stroje, kde se teplo obsažené v páře měnilo na mechanickou energii. V roce 1816 sestrojil Robert Stirling externí spalovací stroj, jenž používal jako nosiče energie vzduch místo páry. Tento stroj, kterému dnes říkáme teplovzdušný nebo Stirlingův motor, prošel v Anglii a v Americe dalším vývojem a těšil se značné oblibě. Vývoj rychle pokračoval s vynálezem prvního použitelného benzinového motoru v roce 1878. Protože byl benzin a plynový olej v tehdejší době pouhým odpadním produktem ropného průmyslu, způsobilo užitečné využití benzínu stagnaci Stirlingova motoru. V roce 1892 sestrojil Rudolf Diesel motor, který používal jako palivo plynový olej. Jeho „dieselmotor“ spolu s benzinovým motorem se v současné době používá nejčastěji. [1]

1.2 PRINCIP SPALOVACÍHO MOTORU



Pístové spalovací motory přeměňují chemickou energii paliva na mechanickou práci. Ve válci takového motoru se spaluje směs paliva a vzduchu vhodného poměru (tzv. stechiometrický poměr), aby po zapálení rychle a podle možnosti beze zbytku shořela. Vlivem takto uvolněné tepelné energie prudce stoupne tlak a objem plynů ve válci motoru a vzniklý tlak plynů tlačí na píst. Podle způsobu zapálení směsi dělíme motory na zážehové a vznětové. U zážehových motorů se zápalná směs zapaluje elektrickou jiskrou vytvořenou mezi kontakty zapalovací svíčky. Nutná podmínka je, aby teplota ve válci po stlačení směsi byla nižší než teplota samozápalu. Tohoto způsobu zapalování se používá u benzinových či plynových motorů. Zážehový čtyřtaktní motor byl vynalezen německým konstruktérem Nicolausem Ottou roku 1876.

Obr. 1 *Spalovací motor*[2]



Princip vznětových motorů je v tom, že se zápalná směs vzněcuje vlivem teploty vzniklé stlačením náplně ve válci, která je vyšší než teplota samozápalu paliva. Za uvedení tohoto principu v činnost vděčíme Rudolfovi Dieselovi. Vznětové motory mohou mít i kombinovaný způsob zapálení směsi, kdy se nejprve zapálí malé množství směsi umělým zdrojem a dále se směs vzněcuje sama.

Pístové motory můžeme rozdělovat i podle druhu použitého paliva na benzínové, naftové a plynové. Benzínové se používají jako pohonné jednotky pro osobní automobily a jiná menší silniční vozidla, některé lehčí pracovní stroje nebo pro pohon různých pomocných zařízení. Naftové motory najdeme v nákladních automobilech, traktorech, zemědělských strojích a v dnešní době čím dál častěji v automobilech osobních. Plynové spalují nejčastěji jako palivo propan-butan, zemní plyn nebo vodík. Snahou jejich použití je alternativa k motorům benzínovým a naftovým. Čtyřdobý spalovací motor je pístový motor, jehož pracovní cyklus se odehrává během čtyř pohybů pístu, tedy sání, komprese, expanze a výfuk. [3]

1.3 POPIS ČINNOSTI SPALOVACÍHO MOTORU

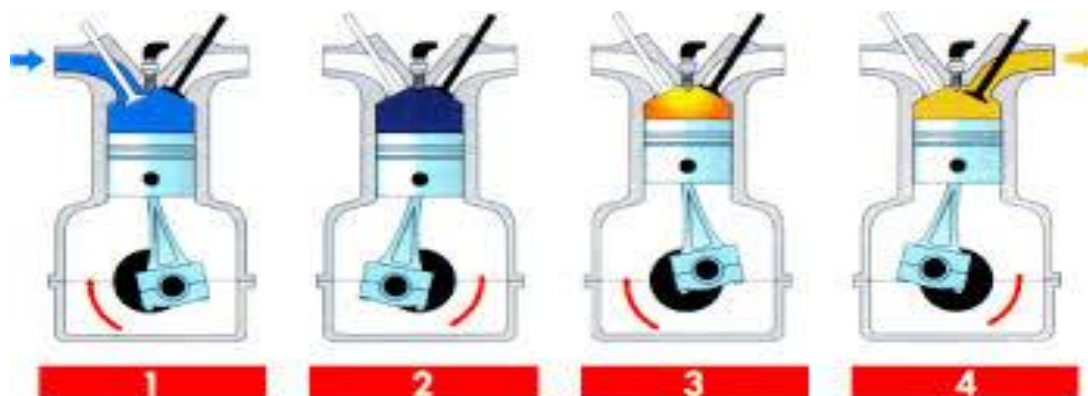
1.3.1 ZÁŽEHOVÝ MOTOR

Sání – Píst se pohybuje k dolní úvratí a během této doby přes otevřený sací ventil nasává směs paliva a vzduchu. Výfukový ventil je zavřený.

Komprese – Píst se pohybuje směrem do horní úvratí. Oba ventily jsou zavřené. Objem nasávané směsi se zmenšuje, roste teplota a tlak. U zážehových motorů je směs těsně před horní úvratí zapálena jiskrou.

Expanze (pracovní doba) – Oba ventily jsou stále zavřené. Zapálená směs hoří a vlivem toho se v pracovním prostoru prudce zvýší teplota a tlak. Píst je tlačěn ke spodní úvratí a koná práci.

Výfuk – píst se pohybuje směrem do horní úvratí. Výfukový ventil je otevřený. Spaliny z pracovního prostoru válce jsou vytlačovány do výfukového potrubí. [4]



Obr. 2 Činnost čtyřdobého spalovacího motoru-zážehový motor[5]



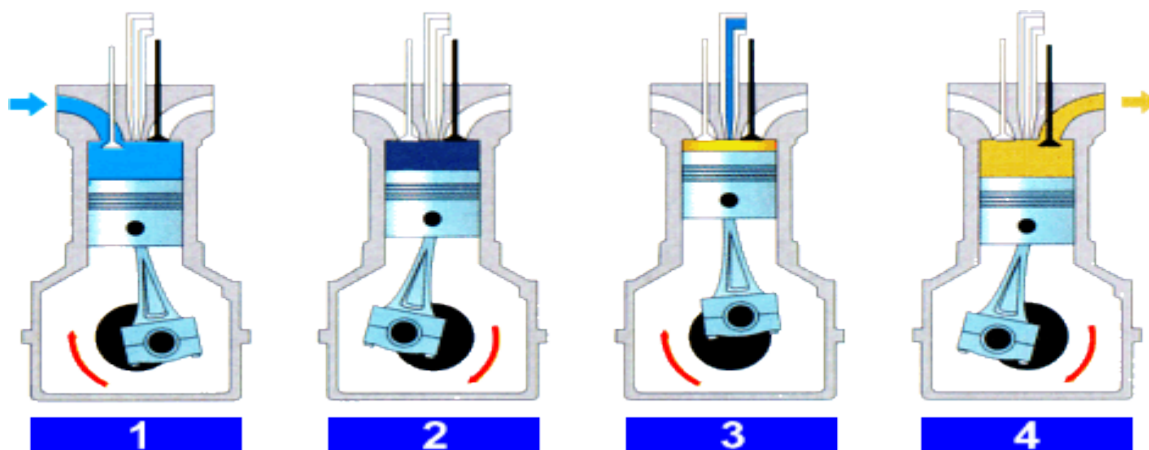
1.3.2 VZNĚTOVÝ MOTOR

Sání – píst se pohybuje směrem do dolní úvrati, přes sací ventil je nasáván vzduch.

Kompresa – píst se pohybuje směrem do horní úvrati. Oba ventily jsou uzavřené. Nasátý vzduch zmenšuje svůj objem, zvětšuje tlak a teplotu. Těsně před horní úvrati je do válce vstříknuto palivo.

Expanze – oba ventily jsou uzavřené. Směs paliva a vzduchu zapálená samovznícením shoří. V pracovním prostoru válce se prudce zvýší teplota i tlak vzniklých plynů. Ty expandují a během pohybu pístu směrem dolů konají práci.

Výfuk – píst se pohybuje směrem do horní úvrati. Výfukový ventil je otevřený. Spaliny z pracovního prostoru válce jsou vytlačovány do výfukového potrubí. Výfuk je rozdělen na dvě části: výfuk volný nastává ještě před dolní úvrati, kdežto výfuk nucený vzniká vytlačováním spalin při pohybu pístu vzhůru. [4]



Obr. 3 Činnost čtyřdobého spalovacího motoru-vznětový motor[5]

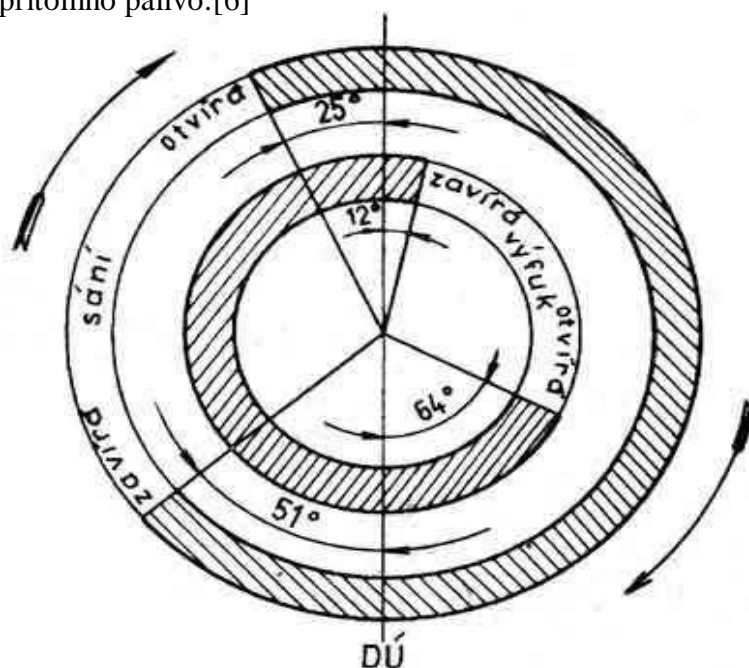
1.4 PRACOVNÍ OBĚH ČTYŘDOBÉHO SPALOVACÍHO MOTORU

Pro zpřesnění je zde stručně popsán pracovní oběh čtyřdobého motoru s důrazem na činnost ventilů. Čtyřdobý cyklus probíhá během čtyř zdvihů pístu (pohybů z úvrati do úvrati), tedy během dvou otáček klikového hřídele. Popis je proveden na zážehovém motoru se dvěma ventily na válec, začíná okamžikem zážehu stlačované směsi před koncem kompresního zdvihu před horní úvrati (HÚ). Sací i výfukový ventil je uzavřen. Stlačovaná směs je zažehuta přeskočením elektrické jiskry mezi elektrodami zapalovací svíčky. Úhel natočení klikového hřídele před HÚ, kdy je směs zažehuta, se nazývá předstih zážehu. Dále v této části uváděné úhly jsou úhly natočení klikového hřídele. Předstih zážehu se dle aktuálních podmínek chodu motoru (zejména v závislosti na otáčkách) pohybuje od 0° do 45° tak, aby bylo dosaženo nejvyššího tlaku krátce za HÚ. Následuje expanzní (pracovní zdvih), během kterého se píst pohybuje z HÚ do dolní úvrati (DÚ). Před DÚ, 35° až 90° , se začíná otevírat výfukový ventil. Vlivem stále ještě velkého tlaku ve válci (asi 0,25 až 0,40 MPa)



unikne většina spalin ještě před dosažením DÚ. Po dosažení DÚ se píst začíná pohybovat k HÚ a vytlačuje zbylé spaliny s přetlakem asi 0,20 MPa. Motor je tak „brzděn“ méně, než kdyby byl výfukový ventil otevřen až v DÚ, ztrátová práce je menší. Ještě v průběhu výfukového zdvihu, 0° až 40° před HÚ, je otevírán sací ventil. Po nějakou dobu okolo HÚ jsou tedy otevřeny oba ventily, sací se otevírá a výfukový zavírá. Toto se označuje jako stříh (překrytí) ventilů. Vlivem zpomalování pístu před HÚ (díky klikovému mechanismu) vytvářejí z motoru proudící spaliny podtlak a dochází tak k nasávání směsi (vzduchu a paliva) do spalovacího prostoru (při vyšších otáčkách). Dochází k tzv. výplachu, který má pozitivní vliv na naplnění pracovního prostoru čerstvou směsí (účinnost plnění) a odstraňuje poslední zbytky spalin, zároveň dochází k ochlazení spalovacího prostoru. 0° až 30° za HÚ je výfukový ventil zcela uzavřen, píst se pohybuje k DÚ, probíhá sací zdvih. Přestože se píst v DÚ na okamžik zastaví a následně se pohybuje k HÚ, tedy proti proudu nasávané směsi, je sací ventil stále otevřen. Vlivem setrvačnosti proudí směs do válce i proti pohybu pístu (při vyšších otáčkách). Sací ventil je zcela uzavřen 35° až 90° za DÚ a probíhá stlačování směsi (komprese). Stlačovaná směs je zažehnuta s daným předstihem před HÚ a celý děj se opakuje.

Pracovní oběh vznětového motoru se liší v několika bodech. Nasáván je pouze vzduch (to platí i pro zážehový motor s přímým vstříkáním), do kterého je s určitým předstihem (předvstřík, obdoba předstihu zážehu) vstříkováno palivo (motorová nafta), které se vzněcuje od komprese ohřátého vzduchu (kompresní poměr je větší než u motorů zážehových). Během stříhu ventilů je možné nechat vniknout část vzduchu do výfukového kanálu, ochladit tak výfukový ventil a dokonale odvést všechny spaliny. Ke zhoršení emisí nemůže dojít, protože ve vzduchu není přítomno palivo.[6]



Obr. 4 Kruhový diagram časování rozvodu[1]

Uváděné úhly otevírání a zavírání ventilů jsou orientační a v literatuře se liší, mají sloužit k vytvoření představy o skutečném oběhu čtyřdobého spalovacího motoru. Tyto úhly se vynášejí do diagramů (časovací diagramy), tvoří časování rozvodu (časování ventilů), obr. 4. Velikost



úhlů zpoždění a předstihu otevírání a zavírání ventilů vůči úvratí (a průběh zdvihů ventilů) mají významný vliv na naplnění pracovního prostoru, je vypláchnutí a dosahované parametry motoru (výkon, spotřeba paliva, emise). Plně vyhovují pouze v úzkém rozsahu otáček, závisí na druhu a rychloběžnosti motoru, vycházejí z celkového řešení sacího a výfukového systému motoru. Časování ventilů (časování rozvodu) je u motorů s „pevným časováním ventilů“ kompromisem. Tento problém částečně nebo úplně řeší variabilní rozvodové mechanismy (rozvodové mechanismy s proměnným časováním, případně i zdvihem ventilů), které jsou popsány v následující části této práce.[6,7]

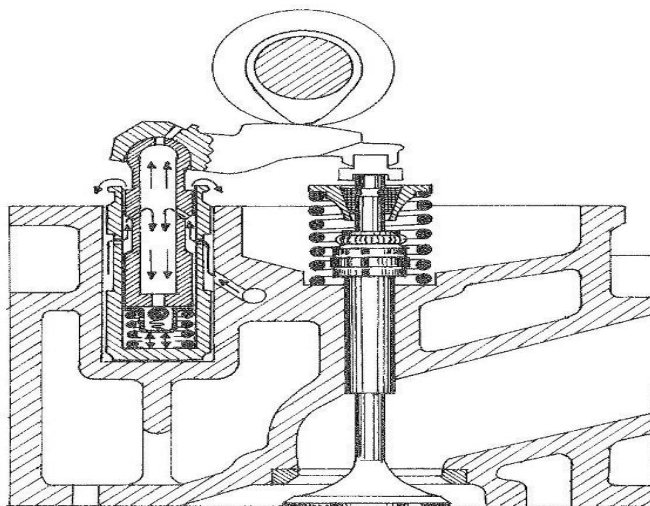


2 DRUHY VENTILOVÝCH MECHANISMŮ

Ventilový rozvod je mechanické zařízení řídicí výměnu obsahu válců. To znamená, že ovládá otvírání a zavírání ventilů včetně jejich načasování. Naše pozornost bude věnována motorům čtyřdobým, protože dvoudobé až na výjimky ventily nepoužívají. Rozvod je poháněn z klikové hřídele pomocí řemene, řetězem nebo ozubenými koly. Hnanou částí je vačková hřídel, která řídí otevírání a zavírání sacích a výfukových ventilů a to buď přímo nebo nepřímo přes vahadla, tyčky nebo zdvihátka. Z principu čtyřdobých motorů vychází, že na čtyři takty (čtyři otáčky klikové hřídele) připadají dvě otáčky vačky. Dle konstrukce rozdělujeme ventilové rozvody na SV, OHV a OHC (DOHC).[8]

2.1 VENTILOVÝ ROZVOD OHC

Někdy označováno také jako SOHC. Vačková hřídel i ventily jsou umístěny v hlavě motoru. Vačková hřídel je stejně jako u ostatních konstrukcí poháněna z klikové hřídele s tím, že je potřeba pohon přenést k hlavě. To bývá řešeno ozubeným řemenem, řetězem nebo ojedinele ozubeným převodem. U všech těchto typů je splněna podmínka, že musí být přesně definována poloha vačky vůči klikové hřídeli, aby bylo zajištěno správné časování. Pokud to umožní uspořádání, je použito jen vhodné zdvihátko přímo na vačku, což zaručí tuhost, nízkou hmotnost mechanismu a tedy i menší setrvačné síly na pružinu. Nevýhodou je komplikovanější konstrukce hlavy válců.[9]



Obr. 5 Rozvodový mechanismus OHC [9]

Výhodou tohoto rozvodu je nízká hmotnost pohybujících se částí, a proto je vhodný pro vysokootáčkové motory. Další výhodou je vyšší tuhost systému, což umožňuje zvýšit zdvih ventilů a taky zvýšit jejich zrychlení. Výhodou je menší počet stykových ploch, to vede k menší ztrátě třením. Oproti OHV je jednodušší a blok motoru má menší hmotnost. Nevýhodou je větší výška hlavy válců, složitější provedení pohonu vačkového hřídele a těžší nastavení ventilové vůle (řešením je použití vahadel nebo hydraulicky nastavitelných zdvihadel, avšak logicky je vyšší cena).



Ventilový rozvod OHC ještě existuje v několika variantách:

2.1.1 SOHC

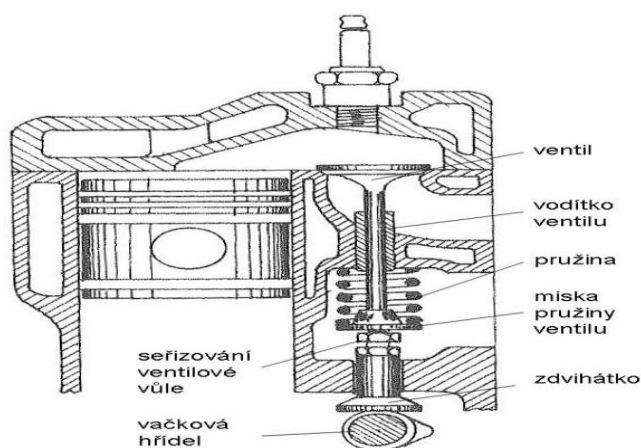
Jde o rozvod OHC, který je použitý v motorech s více ventilovým rozvodem, kde je vačka uložena mezi ventily a ovládá je pomocí vahadel.

2.1.2 DOHC

U tohoto rozvodu se používají dvě vačkové hřídele v hlavě válců nad každou řadou ventilů. Jeden vačkový hřídel ovládá sací a druhý výfukové ventily.

2.2 VENTILOVÝ ROZVOD SV

Uspořádání s postranními ventily umístěnými v bloku motoru. Jsou poháněny zespodu vačkovou hřídelí. V automobilovém průmyslu se přestaly používat pro nevyhovující tvar spalovacího prostoru. Další nevýhodou je nemožnost korekce kompresního poměru. Na druhou stranu pro tento rozvod hovoří levná výroba a nízká hmotnost. Mezi přínosy také patří to, že se při poruše rozvodu nepotkají ventily s pístem.[9,10]

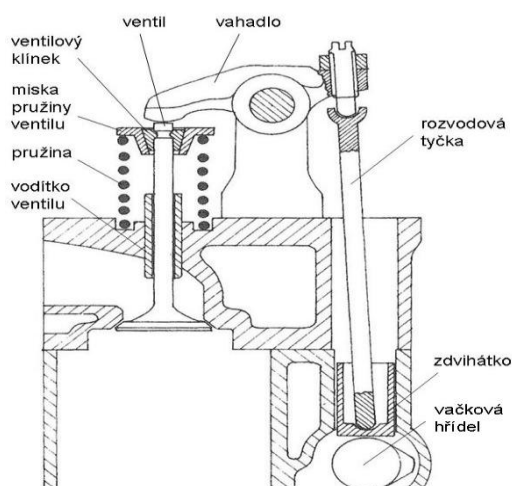


Obr. 6 Rozvodový mechanismus SV [9]

Výhodou tohoto rozvodu je jednoduchost, spolehlivost, poměrně tichý chod a nízká cena. Naopak nevhodný tvar spalovacího prostoru je nevýhodný. Směs při proudění musí totiž změnit svůj směr o 180°. Další nevýhodou je nízký kompresní poměr vlivem nevhodného kompresního prostoru, menší výkon a účinnost = vyšší měrná spotřeba. Problémem je i obtížné nastavení vůle z důvodu špatné přístupu k zdvihátkům.

2.3 VENTILOVÝ ROZVOD OHV

Jedná se o konstrukci, u které jsou ventily v hlavě válců a vačková hřídel v bloku motoru. Mechanický přenos mezi vačkou a ventilem je proveden pomocí zdvihátka, zdvihací tyčky a vahadla. Mechanismus je díky velkému počtu dílů méně tuhý. S počtem dílů souvisí i další nevýhoda, protože ty zvyšují hmotnost pohyblivých částí, které pružina vrací zpět. Díky tomu, že je vačková hřídel poblíž hřídele klikové, její pohon je jednodušší v provedení většinou ozubením nebo řetězem. OHV rozvod se nehodí pro vysokootáčkové motory, což také přispělo k tomu, že se u dnešních automobilů většinou nevyskytuje.

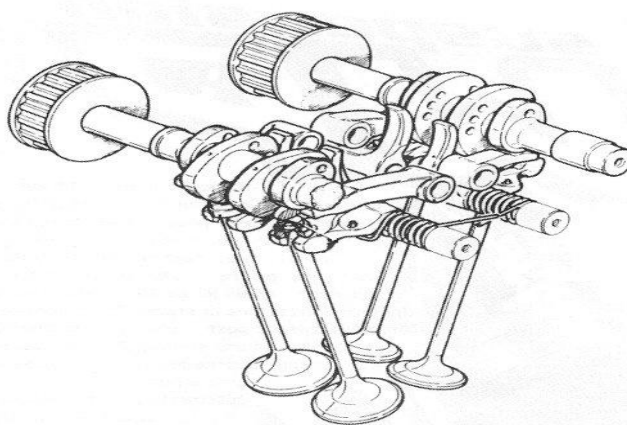


Obr. 7 Rozvodový mechanismus OHV [9]

Výhodou tohoto rozvodu je jeho poměrná jednoduchost, nižší hlava motoru a lehké nastavení ventilové vůle. U této konstrukce je složitější blok válců, vyšší hlučnost, značná hmotnost a teda i setrvačnost pohybujících se částí, z čeho vyplývá nevýhodné použití pro vysokootáčkové motory. [10]

2.4 DESMODROMICKÝ ROZVOD (NUCENÝ VENTILOVÝ ROZVOD)

Desmodromický rozvod je druh rozvodu, který byl navržený speciálně pro vysokootáčkové motory. Zavírání a otvírání ventilu se ovládá pomocí otvíracích a zavíracích vahadel ovládaných vačkovým hřídelem s otvíracími a zavíracími vačkami. Ventily nejsou u tohoto rozvodového mechanismu vybavené pružinami (kromě malých pomocných pružin). Tento fakt umožňuje extrémní otáčky motoru oproti konvenčnímu zavírání pomocí vinutých pružin. Desmodromický rozvod si může dovolit extrémně ostré časování, pro které je až hranicí pevnost materiálu. Další výhodou je relativně malá spotřeba paliva. Tento typ rozvodu používá např. firma Ducati ve svých motocyklech. [11]



Obr. 8 Rozvodový mechanismus Desmodromický [11]



3 VARIABILNÍ ČASOVÁNÍ VENTILŮ

Proměnné časování ventilů je technologie využívaná u čtyřdobých spalovacích motorů. Výrobci využívají proměnného časování ventilů k optimalizaci parametrů motorů, čímž dosahují nižší spotřeby či vyšších výkonů. Přestože vycházejí ze stejného principu, různí výrobci používají více či méně rozdílné mechanismy pro změnu časování a také rozdílné obchodní označení u svých motorů s variabilním časováním.

V čem spočívá hlavní výhoda moderních motorů s proměnlivým časováním ventilů? Variabilní rozvody jsou používány ke zdokonalení výměny náplně válců pístového spalovacího motoru. Konstrukteři se snaží pomocí proměnného časování docílit co nejlepších provozních vlastností, ať už se jedná o vysoký výkon, vysoký krouticí moment v širokém rozsahu otáček, nižší spotřebu paliva, nebo nižší emise výfukových plynů.

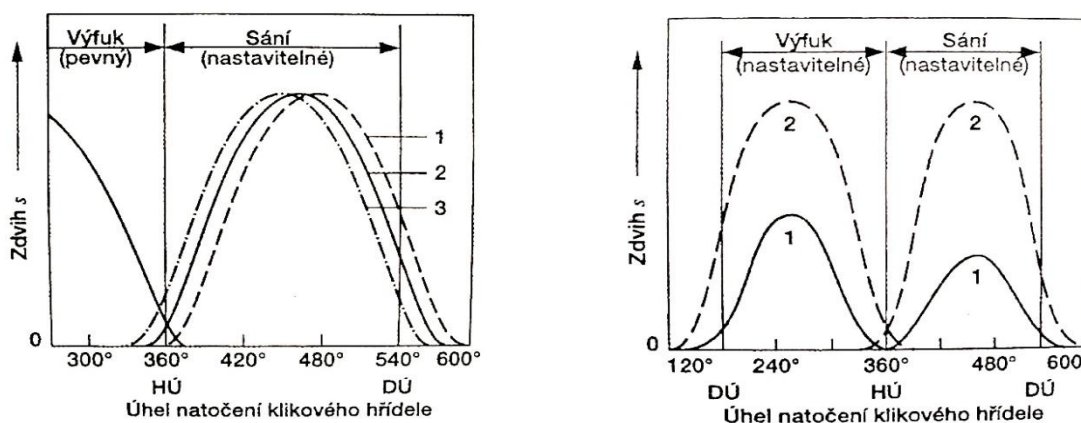
Proměnné časování je častěji využíváno u benzínových motorů. Zážehové motory pracují s větším rozsahem otáček, a proto je využití takového systému větší a logičtější. V honbě za technicky dokonalejšími a ekologicky čistšími motory se variabilní rozvody prosazují i do oblasti vznětových motorů. Prvním naftovým představitelem využívajícím tuto techniku byl v roce 2010 motor automobilky Mitsubishi 1.8 DI-D MIVEC. [12]

3.1 PRINCIP FUNKCE

Průběh výměny plynů v motoru a množství škodlivin ve výfukových plynech jsou výrazně ovlivňovány časováním a zdvihem ventilů. Klasické rozvodové mechanismy se stejným zdvihem a konstantním časováním ventilů (otevírání i zavírání je neměnné a závislé na pohybu pístu) jsou vždy určitým kompromisem, plně vyhovujícím pouze v určitém úzkém rozmezí otáček motoru. Spalovací motor však pracuje s poměrně širokým rozsahem provozních otáček.

Okamžik uzavření sacího ventilu výrazně ovlivňuje kvalitu naplnění válce v závislosti na otáčkách motoru. Sací ventil je uzavírán až za dolní úvratí pístu po sacím zdvihu, díky setrvačnosti sloupce čerstvé směsi se proto dosáhne přídatného plnění válce. Plnění je tím větší, čím rychleji plyn (směs) proudí, tedy čím jsou vyšší otáčky motoru. Naopak při nižších otáčkách motoru je výhodnější dřívější uzavření, aby nedocházelo k vytlačování směsi zpět do sacího potrubí.

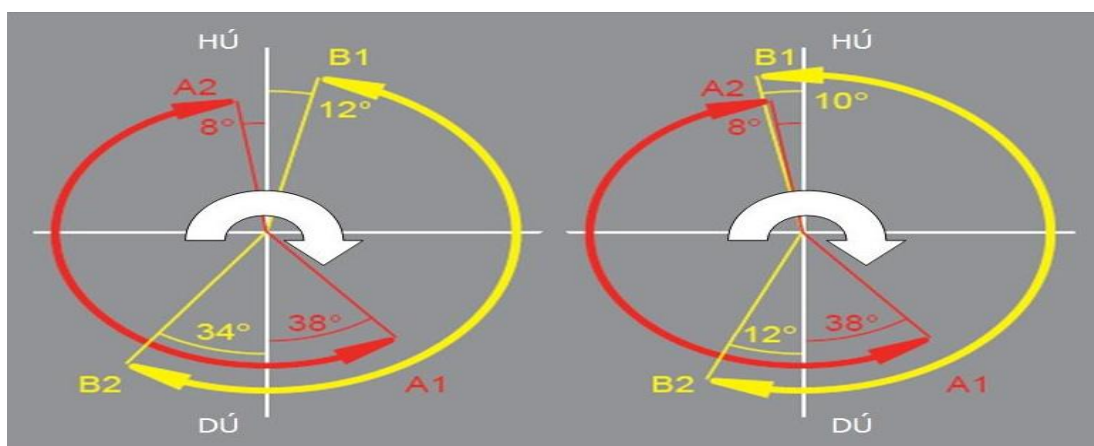
Sladit tyto dva protichůdné požadavky (vysoký výkon a vhodný průběh točivého momentu) znamená zavést variabilní časování ventilů měnící se podle aktuálních podmínek chodu motoru. Nejčastěji používaným způsobem je natáčení vačkové hřídele sacích ventilů vůči klikové hřídeli. Natáčením vačkové hřídele se dá posouvat fáze sání a tedy překrytí ventilů („střih“). Zdvih a doba otevření ventilů zůstává neměnná. Vačkový hřídel výfukových ventilů zůstává se stejné poloze, viz obrázek 9.[12,13]



Obr. 9 Úhel natočení klikové hřídele v závislosti na zdvihu[14]

3.2 NASTAVENÍ VENTILŮ

Nastavení vačkového hřídele se mění podle předem definovaných vztahů zátěže a otáček. Při volnoběhu a při vysokých otáčkách je vačkový hřídel sacích ventilů nastaven tak, že sací ventil zavírá později. V tomto případě nedochází k překrývání s výfukovými ventily („střih“ ventilů), což napomáhá stabilnímu chodu motoru ve volnoběžných otáčkách a dobrému využití výkonu při vysokých otáčkách. Při nízkých a středních otáčkách je vačkový hřídel sacích ventilů nastaven tak, že sací ventil zavírá dříve (mírné překrytí ventilů). Dosahuje se tím většího naplnění válců a zlepšení točivého momentu. [14]



Obr. 10 Nastavení ventilů bez/s natočení/natočením [14]

sací ventil uzavírá **později**

sací ventil uzavírá **dříve**

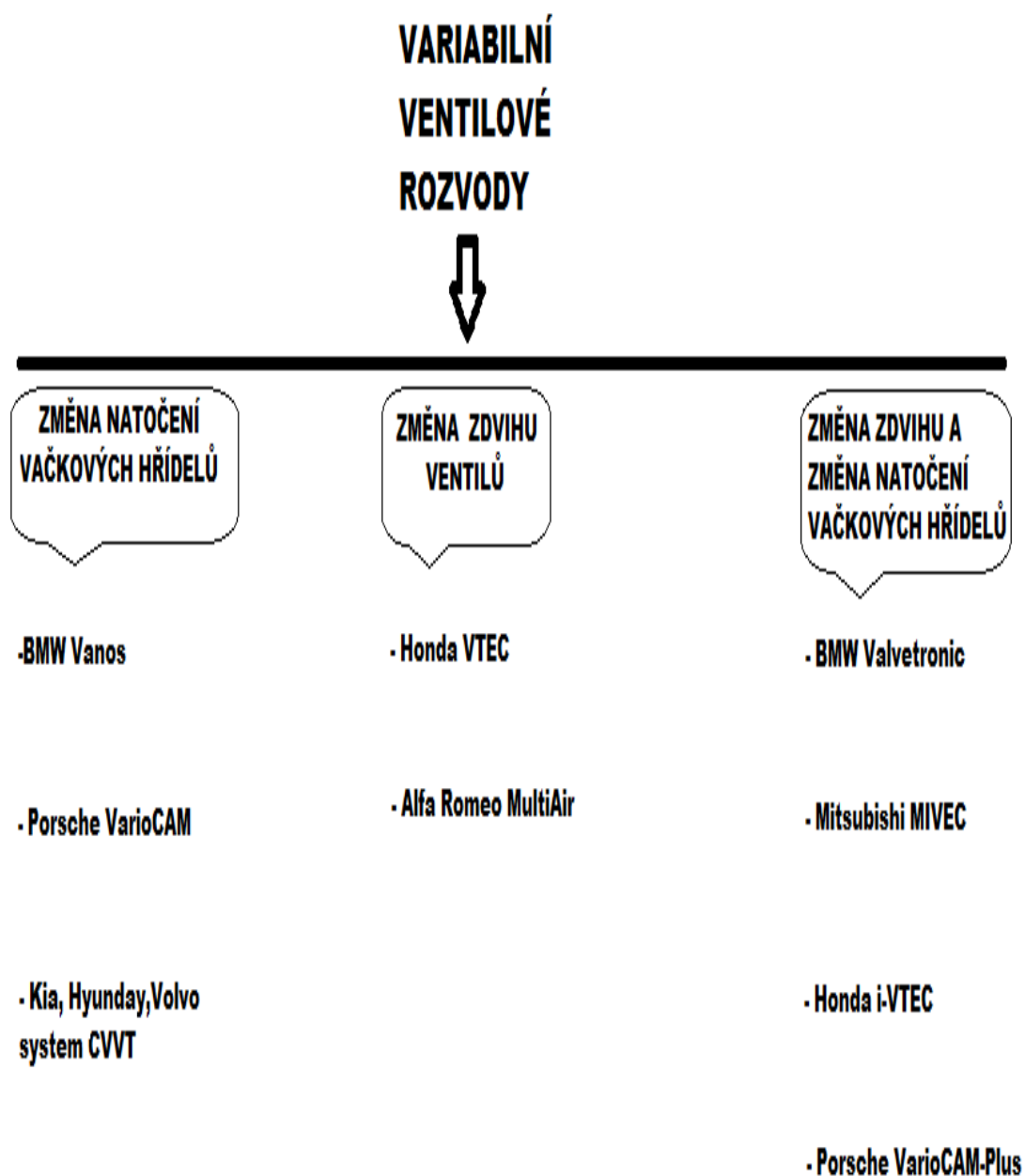
A1 – výfukový ventil otevírá
A2 – výfukový ventil zavírá

B1 – sací ventil otevírá
B2 – sací ventil zavírá



4 DRUHY VARIABILNÍCH SYSTÉMŮ

K realizaci variabilního časování využívají různé automobilky různá technická řešení, umožňující skokovou nebo plynulou změnu časování. Také způsoby dosažení variabilnosti časování jsou různé.



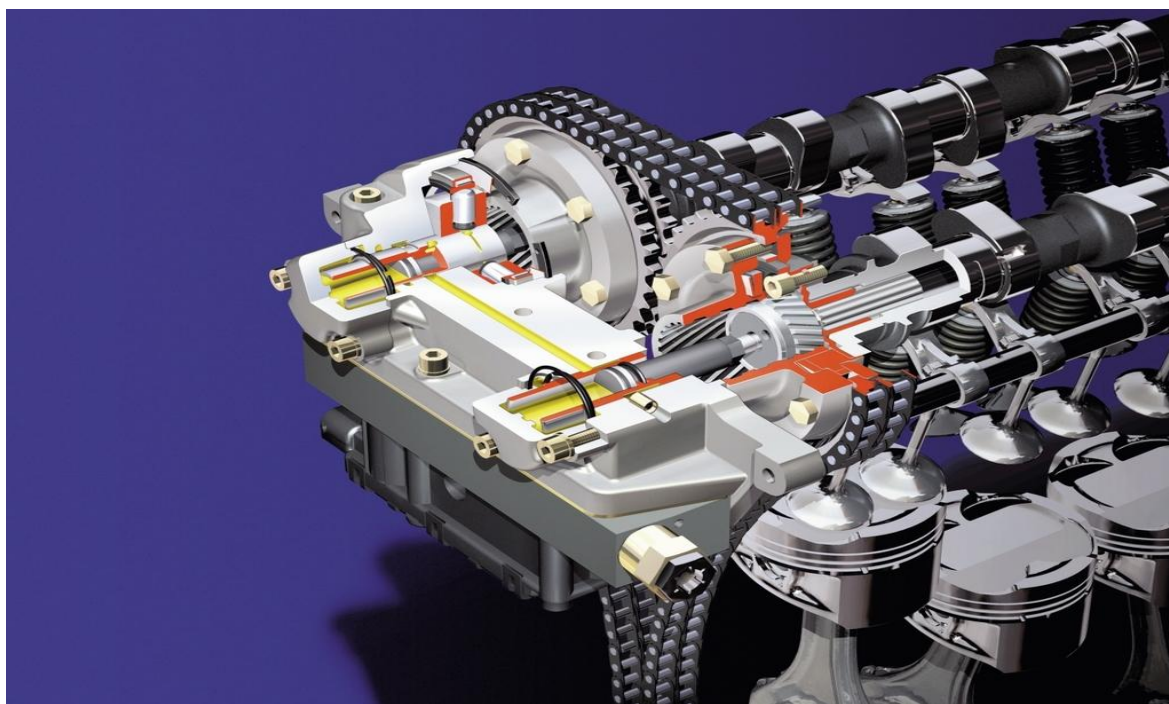
Obr. 11 *Technické řešení variabilních ventilových rozvodů [15]*



4.1 ZMĚNA NATOČENÍ VAČKOVÝCH HŘÍDELŮ

4.1.1 SYSTÉM BMW VANOS

Moderní benzinové motory automobilky BMW jsou vybaveny systémem Vanos. Jedná se o motory s variabilním ventilovým rozvodem. Variabilní rozvody jsou používány ke zdokonalení výměny náplně válců pístového spalovacího prostoru.



Obr. 12 *Systém variabilního časování Vanos [17]*

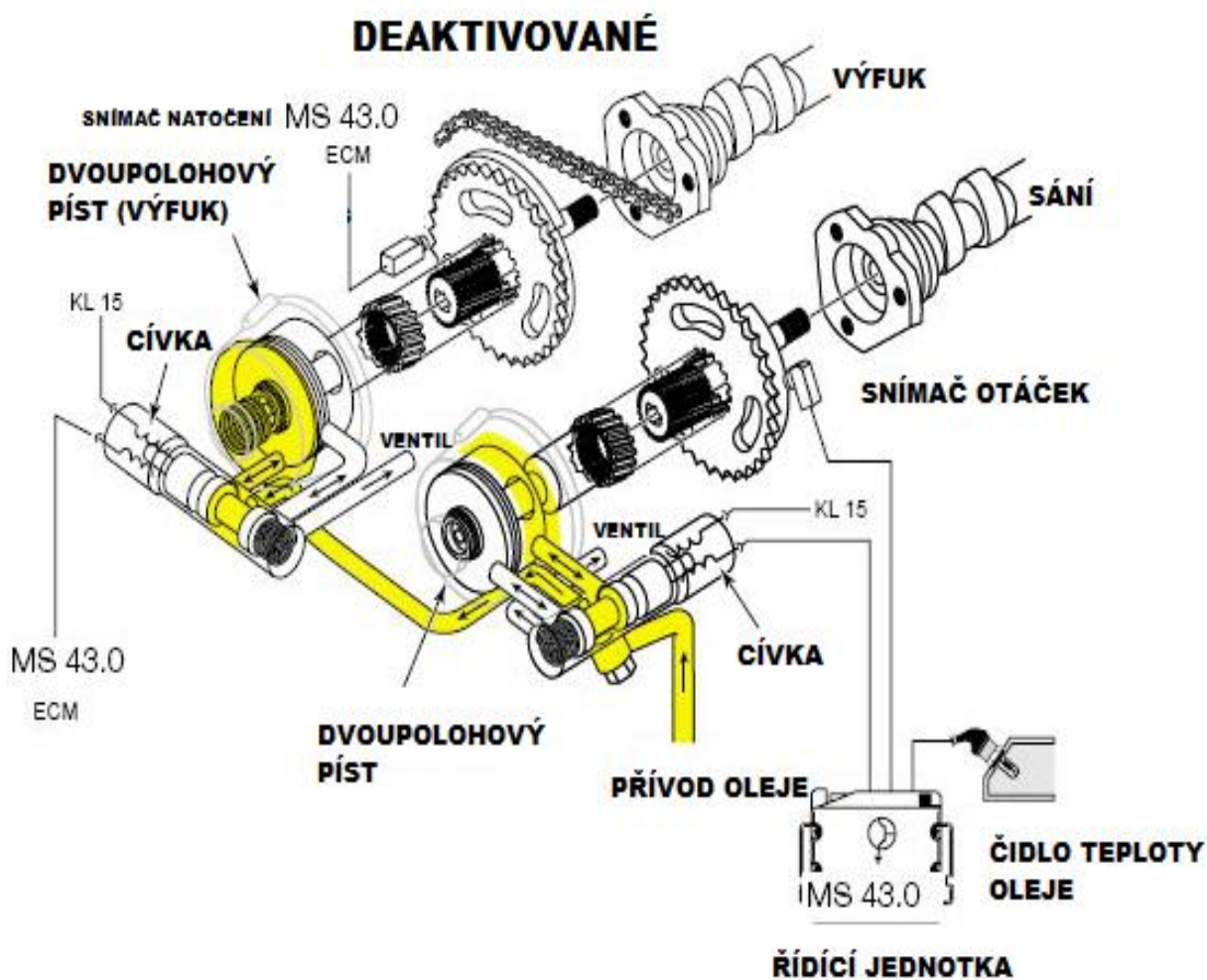
Jedná se o jedno z technických řešení umožňující změnu časování ventilů. Společnost BMW toto zařízení představila v roce 1992 u modelu BMW M50. Systém Vanos na základě údajů o otáčkách motoru a poloze plynového pedálu natáčí vačky sacích ventilů, čímž posouvá časování ventilů až o 42 ° vůči klikové hřídeli. V roce 1996 přišla automobilka s dalším vylepšením rozvodového mechanismu. Na rozdíl od klasického systému Vanos, který ovládal časování pouze sacích ventilů, ovládá nový systém „Double Vanos“ vačkový sací hřídel a navíc i vačkový hřídel výfukových ventilů.

Vačky jsou vybaveny elektro-hydraulickým mechanismem umožňující pootáčení vačky z její základní polohy podle potřeb řídicí jednotky. V hlavě řetězového kola je šikmými drážkami vedené vložené pouzdro spojené posuvně vnitřním přímým drážkováním s vačkovým hřídelem. Pouzdro přidrží vinutá pružina. Zvýšením tlaku oleje dojde k posunutí pouzdra proti pružině a současně se s vačkovým hřídelem natáčí vzhledem k rozvodovému kolu. Tím se mění počátek i konec otevření ventilů. Starší varianty tohoto systému pracovaly dvou polohově, novější varianty již mají plynulou regulaci. [17]

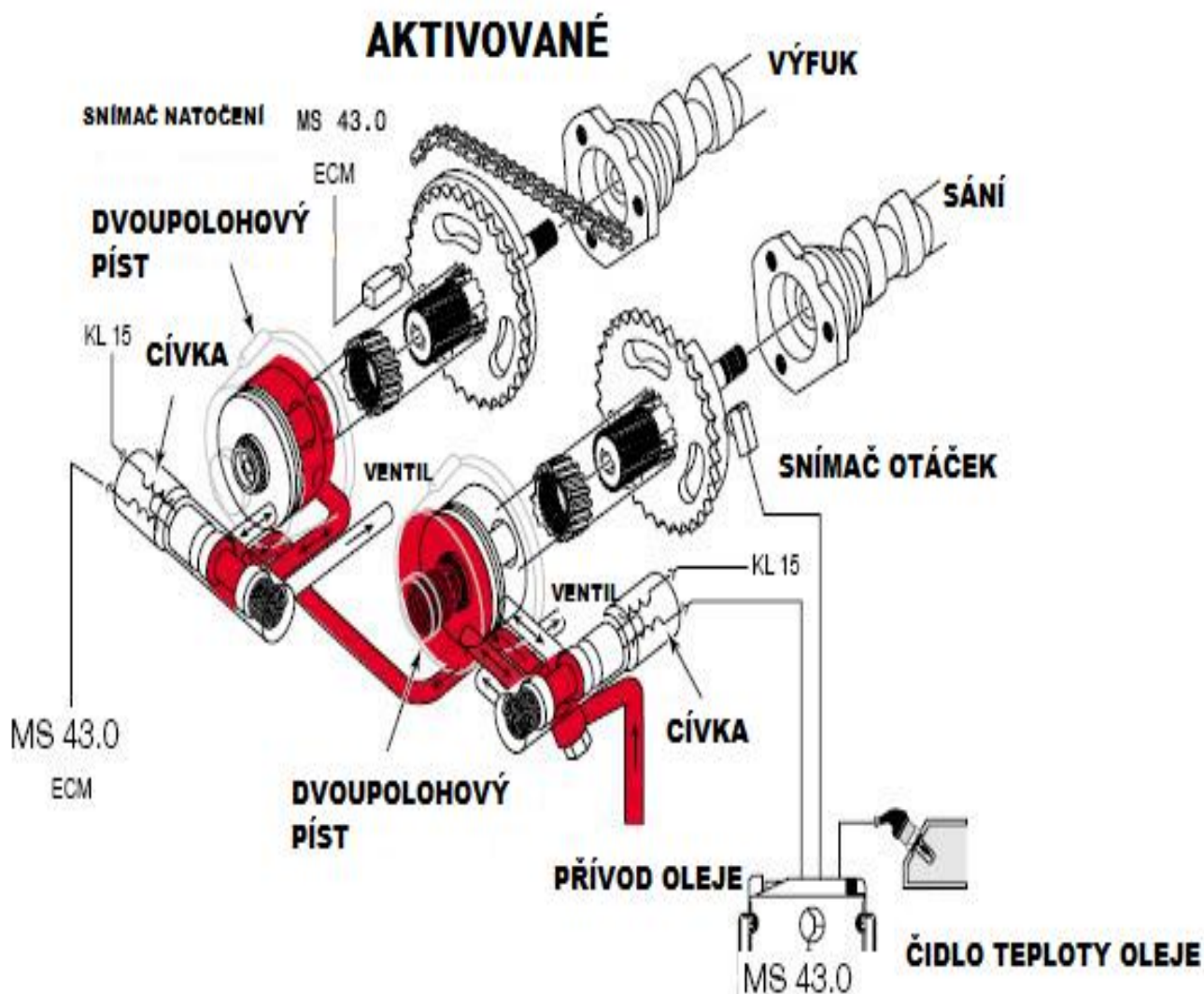


S DoubleVANOS je čas otevírání sacích ventilů prodloužen o 12 stupňů se zvýšením zdvihu ventilu o 0,9 mm, což je značnou výhodou. Vyžaduje velmi vysoký tlak oleje, aby bylo vačkové hřídele možné regulovat velmi rychle a přesně a zajistit tak lepší točivý moment při nízkých otáčkách a lepší výkon při vysokých rychlostech. Při snížení zbytkových plynů je lepší volnoběh motoru. Double - VANOS zlepšuje výkon při nízkých otáčkách, zplošťuje křivku točivého momentu a rozšiřuje pásmo výkonů pro danou sadu vačkových hřídelů.

I když se motor zahřívá, systém VANOS zlepšuje směs palivo / vzduch a pomáhá rychle zahřát katalyzátor na svou provozní teplotu. Když běží motor na volnoběh, systém udržuje volnoběžné otáčky hladké a konzistentní díky snížení výfukových plynů na minimum. Při plném zatížení systém přepne zpět do nízkého re-cirkulačního objemu a poskytne tolik kyslíku, jak je to jen možné.[17]



Obr. 13 Schéma systému Vanos-Deaktivované [18]

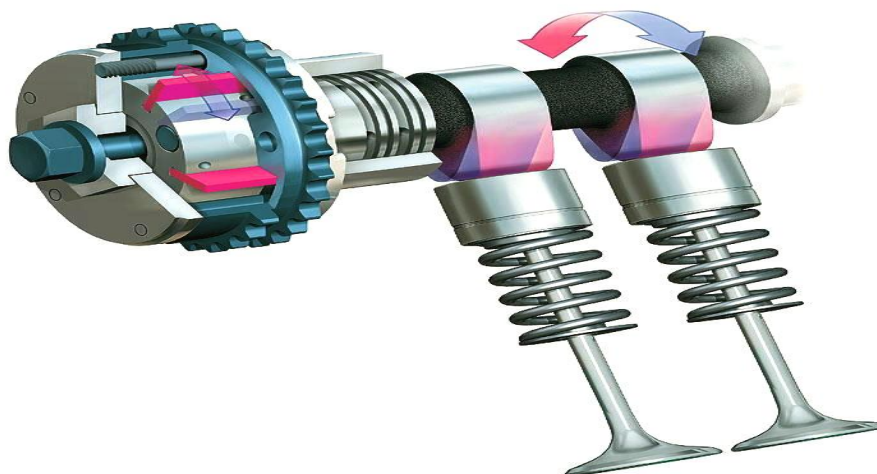


Obr. 14 Schéma systému Vanos-Aktivované [18]

4.1.2 VARIOCAM

Systémem VarioCAM jsou vybavené moderní benzínové motory automobilky Porsche. VarioCAM je jedno z mnoha technických řešení umožňující změnu časování ventilů. VarioCAM umožňuje fázové natočení vačkové hřídele sacích ventilů o 30° pomocí dvoustavového hydromotoru. Natáčením vačkové hřídele dochází k fázovému posunutí zdvihu ventilů.[19]

VarioCAM využívá nyní už vylepšenou verzi VarioCAM Plus a to v kombinaci variabilního časování ventilů a variabilního zdvihu ventilu, které bude následně popsáno v další kapitole.



Obr. 15 *Systém variabilního časování VarioCAM [20]*

4.1.3 SYSTÉM CVVT

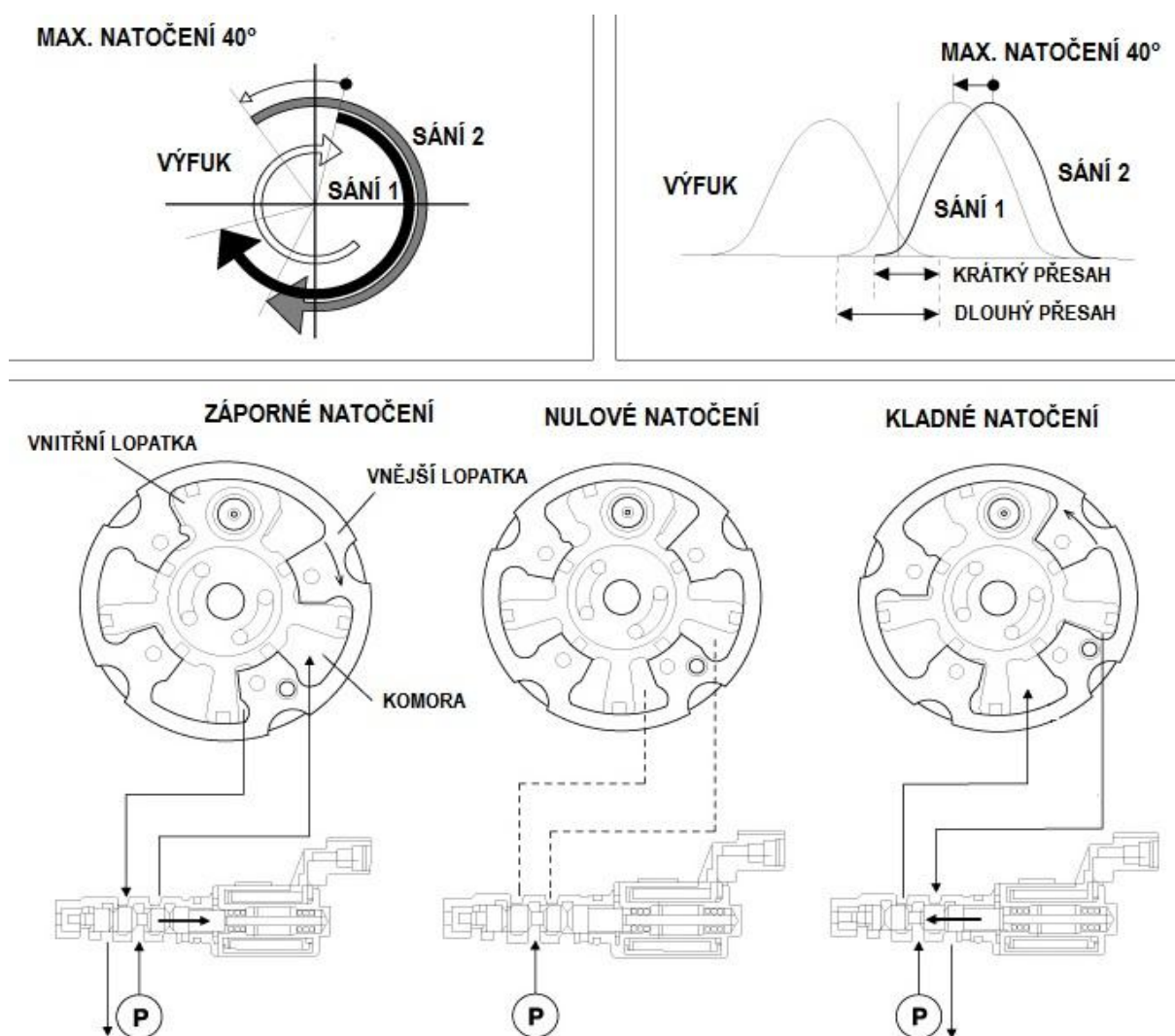
Motory automobilek KIA, Hyundai a Volvo s variabilním časováním ventilů nesou označení CVVT. Pomocí variabilního časování ventilů se optimalizuje proces plnění válců u pístového spalovacího motoru. Změna okamžiku otevírání a zavírání ventilů je u systému CVVT řešena pomocí natáčení vačkových hřídelí. Podle otáček a zatížení motoru lze upravovat tzv. časování ventilů, tedy okamžik kdy se otevírají a zavírají sací a výfukové ventily. Díky optimalizaci plnění, motory dosahují vyšších výkonů i nižší spotřeby. [21]



Obr. 16 *Systém variabilního časování CVVT [22]*



CVVT je založeno na principu průtoku oleje. Ten mění za pomoci tlaku polohu vačkových hřídelů prostřednictvím hydraulického řídicího ventilu. Na verzi Volvo S80 T- zde systém pracuje na vačce, která ovládá výfukové ventily s cílem snížit úroveň emisí ještě více a to zejména při studených startech. Otevírání a zavírání ventilů se nastavuje v závislosti na situaci (zatížení motoru, otáčky motoru a tak dále). CVVT zlepšuje celkové vlastnosti motoru. Vačky jsou poháněny ozubeným řemenem pro dlouhou a bezporuchovou životnost s přesným a tichým provozem. Mají plastové kryty s gumovým tlumením. Rozjezdy s CVVT jsou plynulé a při prudším sešlápnutí plynového pedálu překvapuje extrémním nárůstem výkonu v určitých fázích.[23]



Obr. 17 Schéma systému CVVT [23]

Na obr. 17 je znázorněno posunutí křivky otevření sacího ventilu, které ovlivňuje dobu překrývání ventilů (dobu, kdy je otevřen výfukový i sací ventil zároveň – tzv. stříh = overlap) a tedy i okamžik začátku plnění válce.

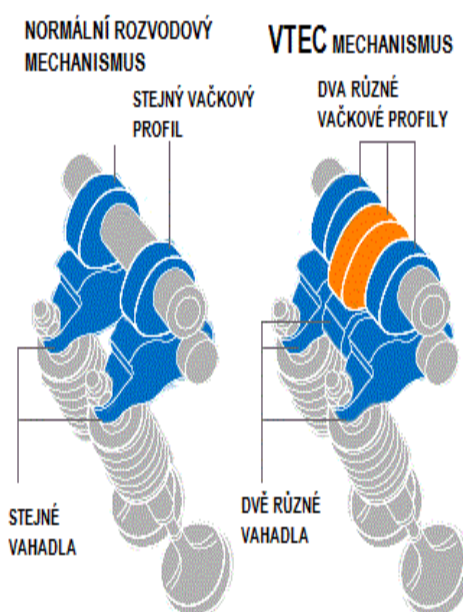


4.2 ZMĚNA ZDVIHU VENTILŮ

Změnu dosáhneme skokovou změnou zdvihu a změnou časování.

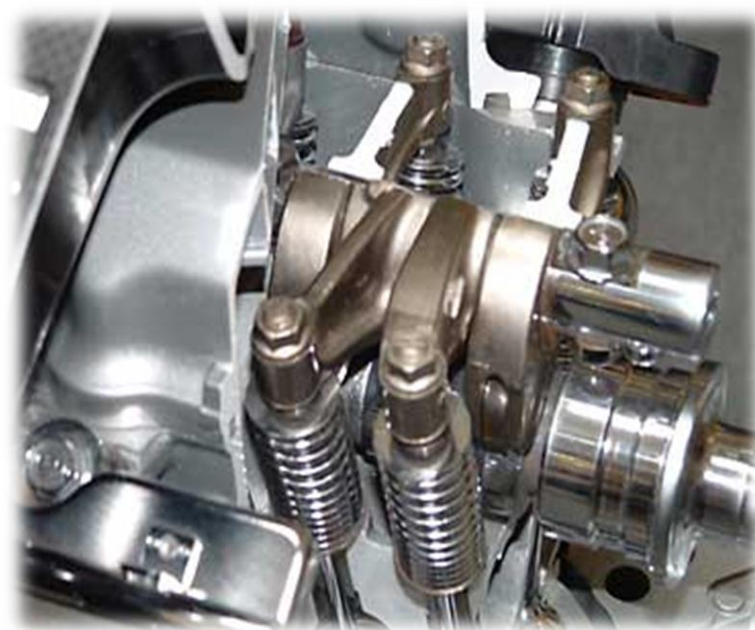
4.2.1 SYSTÉM VTEC

Zkratka VTEC označuje motory automobilky Honda s proměnným časováním ventilů. Automobilka Honda je považována za průkopníka v zavádění motorů s proměnným časováním ventilů do sériové výroby. V roce 1983 představila Honda první motor s touto technikou v motocyklu Honda CBR400. Až v roce 1989 uvedla na japonský trh i první automobil s motorem vybaveným proměnlivým časováním ventilů Integra XSi/RSi a CRX. Tento motor o zdvihovém objemu 1595 ccm dosahoval velmi slušného výkonu 118kW při 7600 min^{-1} . U nás jej známe z modelů Civic VTi a CRX. V současnosti je v nabídce automobilky Honda hned několik verzí motoru VTEC s rozvody SOHC i DOHC. Ve vývoji je dokonce systém VTEC-DI s přímým vstřikováním benzínu, schopný spalovat extrémně chudé směsi s poměrem až 65:1.



Obr. 18 Systém variabilního časování VTEC[24]

Ventilový mechanismus je vybaven více vahadly rozdílné geometrie. Tlakový olej přepíná vahadla, která budou zrovna zabírat. O zajištění se starají propojovací čepy. Krajní vačky s pozvolnějším náběhem a nižším profilem (zdvihem) ovládají ventily v nízkých a středních otáčkách. Při vysokých otáčkách hydraulicky ovládaný čep propojí vahadla a tím zapojí do práce prostřední vačku, která má strmější náběh a větší zdvih – vhodné pro vysoký výkon a otáčky. [25]



Obr. 19 *System variabilního časování VTEC SOHC[26]*

SOHC dvouvačková verze pracuje při nízkých otáčkách a s maximálním zdvihem pouze první ventil. Druhý ventil zůstává téměř zcela uzavřen (jeho zdvih je pouze 0,65 mm). Při nízkém zatížení motor pracuje s velmi chudou směsí. Ve vysokých otáčkách se propojí vahadla obou ventilů prostřednictvím hydraulických pístku. Po propojení pracují se stejným zdvihem.

SOHC trojvačková verze se chová při nízkých otáčkách stejně jako dvouvačková verze. Střední otáčky jsou signálem pro připojení prvního ventilu k druhému a pracují se stejným zdvihem. Při vysokých otáčkách se zapojuje ostrá vačka, která mění výšku, i dobu zdvihu sacích ventilů.

DOHC (2 profily vaček) mění časování jak sacích tak i výfukových ventilů. Každá vačková hřídel se skládá ze tří vaček na válec a ze tří oddělených vahadel. Pomocí nízko profilových vaček a 2 vnějších vahadel jsou při nízkých a středních otáčkách sací a výfukové ventily řízeny se stejným zdvihem. Při vysokých otáčkách hydraulický pístek spojí tři vahadla v jedno a ventily jsou následně řízeny vysoko profilovanou vačkou.

DOHC (tři profily vaček) má vačkové hřídele, které mají po třech vačkách na válec a tři vahadla. V nízkých a středních otáčkách jsou sací i výfukové ventily ovládány nízko profilovanými vačkami s rozdílným zdvihem a dvěma vnějšími vahadly. Při vysokých otáčkách hydraulický pístek spojí tři vahadla v jedno a ventily jsou následně řízeny vysoko profilovanou vačkou. Oproti předchozí verzi je rozdíl ve zdvihu ventilů při nízkých a středních otáčkách.[27]



4.2.2 MULTI AIR



Obr. 20 Časování zdvihu ventilů MultiAIR [28]

System ovládání sacích ventilů je realizován pomocí vložené vysokotlaké komory, naplněné olejem, mezi vačku a sací ventil. Tlak v komoře může být nastaven pomocí solenoidového ventilu ovládaného řídicí jednotkou motoru. Takovým způsobem může být profil zdvihu sacího ventilu libovolně měněn v závislosti na požadavku naplnění motoru vzduchem, při libovolné zátěži a bez penalizace ve formě vyšší spotřeby. Díky konstantnímu tlaku vzduchu v sacím potrubí a vysoké dynamice ovládání systému je odezva točivého momentu velmi rychlá, a to jak u atmosférických tak přeplňovaných motorů, což zvyšuje radost z jízdy. Součinnost těchto technologií povede k vyšším výkonům zážehových motorů spolu se snížením spotřeby, aby dokázaly plnit budoucí emisní normy EURO VI. [28]

MultiAir zajišťuje řízení plnění motoru vzduchem bez pomoci škrtecí klapky s větší pružností v porovnání s konvenčními motory s mechanickým systémem ovládání ventilů. Elektrohydraulický systém ovládání sacích ventilů je realizován pomocí vložené vysokotlaké komory, naplněné olejem, mezi vačku a sací ventil. Tlak v komoře může být nastaven pomocí solenoidového ventilu ovládaného řídicí jednotkou motoru. [28]



Obr. 21 Pracovní Režimy MultiAir [28]



4.3 ZMĚNA ZDVIHU A ZMĚNA NATOČENÍ VAČKOVÝCH HŘÍDELŮ

Změny dosáhneme buď plynulou změnou časování ventilů a skokových změn zdvihu ventilů nebo plynulou změnou časování a plynulou změnou zdvihu.

4.3.1 VALVETRONIC

Některé moderní benzínové motory automobilky BMW jsou vybaveny systémem Valvetronic. Tyto motory mají variabilní zdvih sacích ventilů. Obvykle je ale systém Valvetronic kombinován se systémem Double-Vanos, tedy s variabilním časováním ventilů.[29]



Obr. 22 Systém variabilního časování Valvetronic [29]

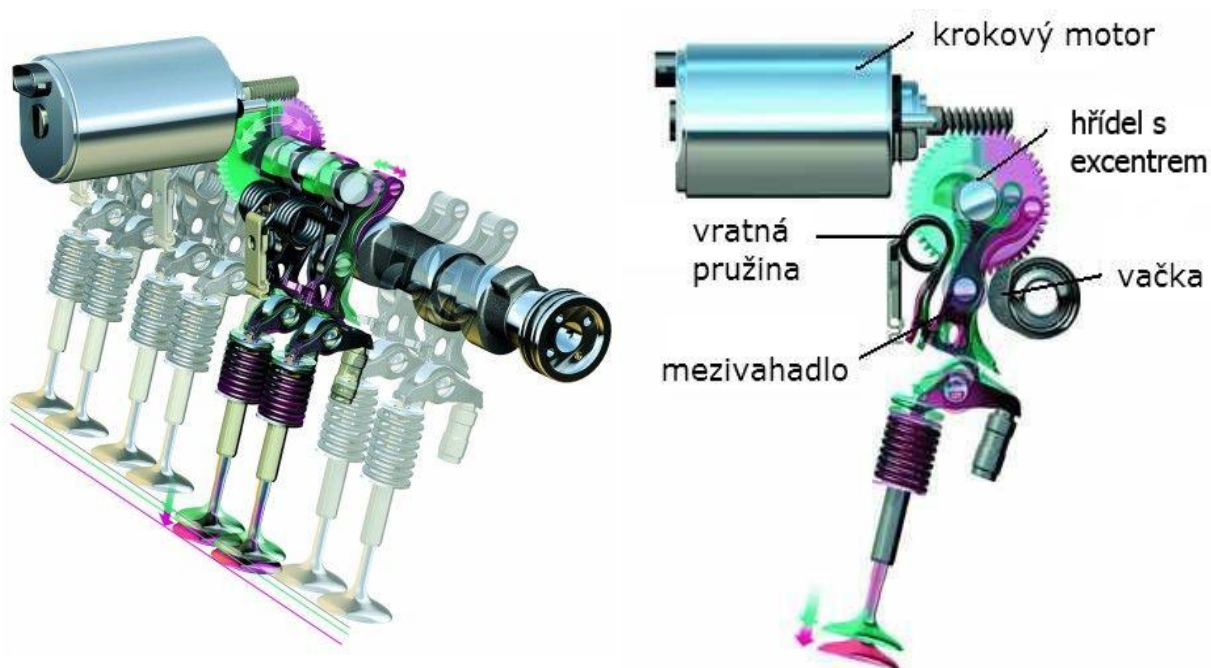
Variabilní rozvody (proměnné časování i zdvih) slouží ke zdokonalení výměny náplně válců pístového spalovacího motoru. Plně variabilní zdvih ventilů umožňuje konstruktérům nahradit funkci škrtkové klapky. Motory se systémem Valvetronic sice klapku ještě mají, ale pouze pro nouzový režim, jinak je klapka stále otevřena. Nahrazením škrtkové klapky se tak podařilo odstranit ztráty vznikající turbulentním prouděním vzduchu škrtkové klapkou. Určujícím faktorem množství směsi, které se dostává do válců, je velikost zdvihu sacích ventilů. Odstraněním škrtkové klapky se podle BMW uspoří až 14 % paliva.

Rozvodový mechanismus sacích ventilů má navíc mezivahadlo, tvořící spolu s běžným vahadlem spojení mezi vačkou a ventilem. Prostřednictvím pohybu excentrického hřídele ovlivňuje mezivahadlo zdvih sacích ventilů. Excentrický hřídel se pohybuje díky šnekovému pohonu s elektromotorem. Tento způsob ovládání ventilového rozvodu je velice náročný na přesnost výroby. Všechny díly rozvodu jsou vyráběny s velkou přesností (např. tolerance mezivahadla je pouze 0,008 mm). Odchylka otevření zdvihu ventilu smí činit pouze $\pm 10\%$. Proto jsou navíc mezivahadlo (mezipáka) a vahadlo rozděleny do 4 klasifikačních tříd.

Toto označení je na dílech vypáleno laserem. Minimální zdvih (0,3 mm), je navíc ve výrobě měřen a popřípadě dvojice mezivahadla a vahadla je nahrazena jinou klasifikační třídou. Vačková hřídel a excentrická hřídel je vedena ve speciálním lůžku, na kterém je



zachycen i elektromotor zajišťující nastavování excentrické hřídele. Toto lůžko je párováno s hlavou motoru a z důvodu zachování přesnosti nesmí být jednotlivě vyměňováno. [30,31]



Obr. 23 Systém variabilního časování Valvetronic[21]

4.3.2 SYSTÉM MIVEC

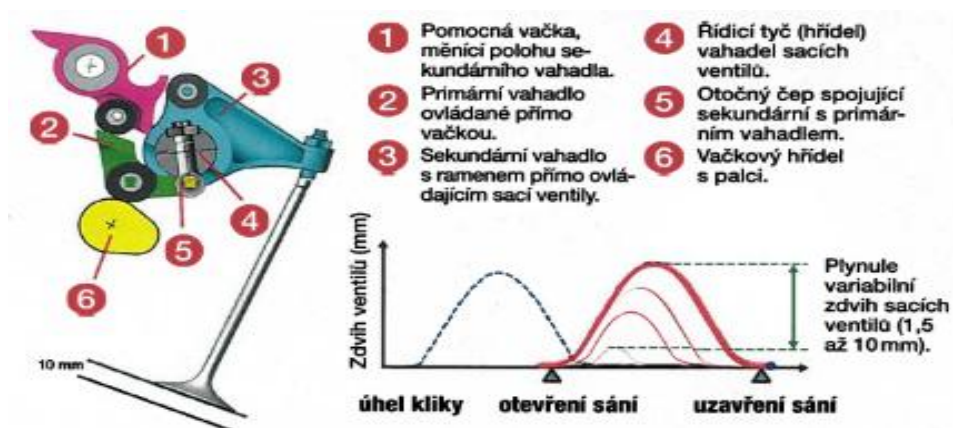


Obr. 24 Motor Mitsubishi Mivec Turbo[32]

Úplně poprvé byl nasazen v roce 1992 na motoru 4G92. Od této doby se MIVEC dočkal různých modifikací. MIVEC umožňuje plynule měnit zdvih sacích ventilů (od 1,5 mm při volnoběhu až po 10 mm při plném plynu), čímž supluje jinak u zážehového motoru nezbytnou



škrtkovací klapku. Při tom se také mění časování rozvodu, neboli doba, během níž jsou současně otevřeny sací a výfukové ventily (stříhání ventilů). Samotné sací ventily jsou ovládány složitým mechanismem vahadel. Není bez zajímavosti, že v případě závady se mění jako celek. Samotné ovládání vahadel je za pomoci řídicí tyče. Na ní je nasazeno šnekové kolo tvaru kruhové výseče, do něhož je přímo vsazen pastorek ovládacího elektromotoru. Ten je dokonce třífázový, tedy napájený střídavým proudem, což znamená, že proud přiváděn přes tzv. měnič, jenž je součástí VLC. Na opačné straně je řídicí tyč vsazena do snímače polohy. Natáčením řídicí tyče vahadel se mění poloha ramena vahadel a tím i zdvih ventilů.[33]

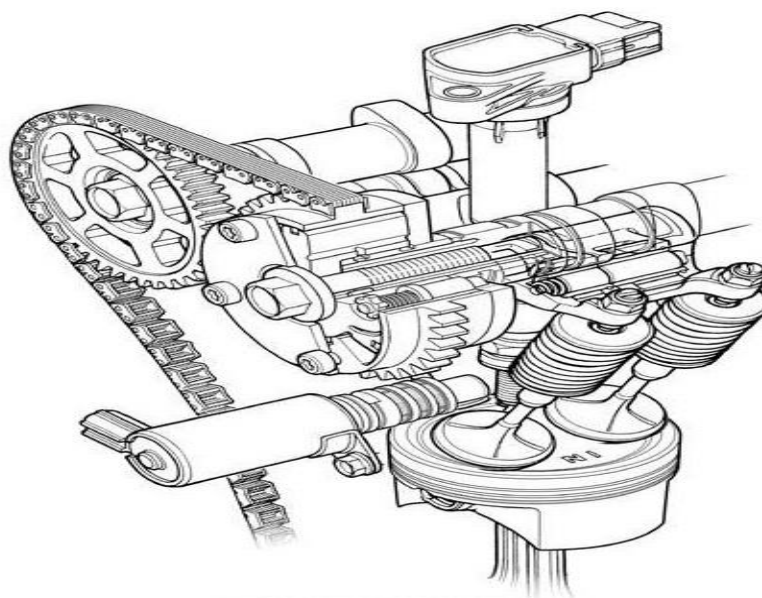


Obr. 25 Schéma systému Mivec[34]

Mitsubishi Motors stala první značkou, která do svých osobních vozů začala montovat vznětové motory s proměnlivým časováním a zdvihem ventilů. Motor s označením 4N13 byl vyvíjen společnostmi Mitsubishi (MMC) a Mitsubishi (MHI) od roku 2006. Výsledkem společného vývoje byl motor 1.8 DI-D MIVEC s výkonem 110 kW při 4000 min⁻¹ a točivým momentem 300 Nm při 2000-3000 min⁻¹. Motor se vyznačoval proměnným časováním a zdvihem ventilů, nízkou spotřebou a emisemi.[34]

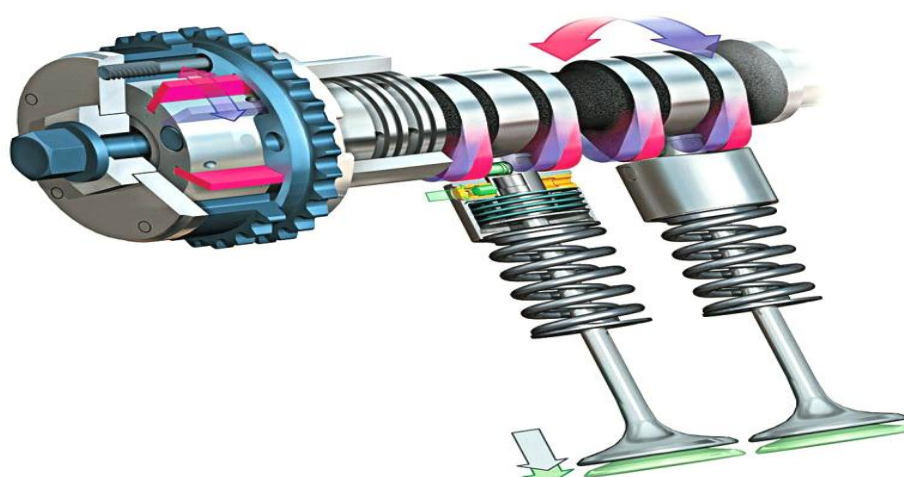
4.3.3 I-VTEC

Posledním stupněm VTEC ve vývoji motorů s proměnlivým časováním a zdvihem je motor i-VTEC. Systém i-VTEC slučuje výhody všech dosavadních vývojových stupňů proměnného časování a zdvihu motorů Honda (VTEC-E, DOHC VTEC a VTC) do jednoho celku. První motor s technologií i-VTEC byl použit u modelu Stream. Agregát u tohoto modelu sice nevynikal výkonem, ale přesto znamenal značný vývojový krok v konstrukci variabilního rozvodu. Více než o maximální výkon se konstruktéři snažili o nízkou spotřebu paliva, optimální průběh točivého momentu a nízké emise. [35]

Obr. 26 *Systém i-VTEC [36]*

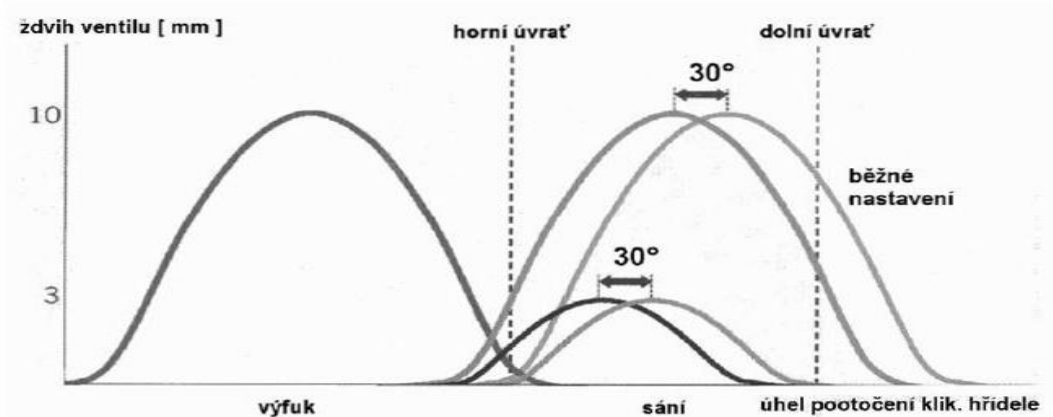
4.3.4 VARIOCAM-PLUS

VarioCAM-Plus je zdokonalený systém VarioCAM, který navíc umožňuje změnu zdvihu sacích ventilů. Změnu zdvihu sacích ventilů umožňuje speciální dělená vačka. V nízkých otáčkách motoru a jeho malém zatížení jsou ventily otvírány střední vačkou se zdvihem pouhé 3 mm, viz obrázek. Při vyšších otáčkách a zatížení motoru jsou použity vačky se zdvihem 10 mm. Přepnutí z mírných vaček na ostré okamžitě způsobí víc než dvojnásobný nárůst točivého momentu, proto musí zasáhnout řídicí jednotka a upravit polohu škrticí klapky a míry recirkulace výfukových plynů, aby tento přechod byl plynulý a zůstal řidiči utajen.

Obr. 27 *Systém variabilního časování VarioCAM-Plus [37]*



Přepnutí umožňuje hydraulicky řízené dělené zdvihátko. Při požadavku na malý zdvih ventilu umožňuje spojovací čep rozdělení zdvihátka. Obě vnější vačky stlačují menší slabší pružinu a o zdvih se stará střední vačka. Pokud dojde k propojení vnějšího a vnitřního zdvihátka o zdvih se starají obě vnější vačky, které již nestlačují pouze slabou pružinu ve zdvihátku, ale stlačují velkou pružinu a definují zdvih sacího ventilu. [37]



Obr. 28 Průběh časování VarioCAM-Plus [37]

Vstupní veličiny, ovlivňující nastavení jsou otáčky motoru, poloha pedálu plynu, teplota motorového oleje a zařazený převodový stupeň. Při dlouhém zdvihu jsou obě zdvihátka spojena jisticím kolíkem ovládaným proti vratné pružině tlakem oleje dávkovaným elektromagnetickým ventilem. V druhém případě na ventil účinně působí jen prostřední zdvihátko ovládané vačkou s krátkým zdvihem, vnější zdvihátko se pohybuje naprázdno. [38]



ZÁVĚR

Tato bakalářská práce poskytuje všeobecný přehled o tom, co je to spalovací motor, na jakém principu je založena jeho technická stránka a samotná činnost. Popisuje konstrukční řešení se zaměřením na ventilové rozvody a průběh časování ventilů. Ukazuje různé druhy ventilových mechanismů, které nám umožňují dopravu směsi či vzduchu do spalovacího prostoru a uskutečňují tak výměnu náplně válců pístových spalovacích motorů. Zásadně ovlivňuje množství škodlivin ve výfukových plynech časování a zdvih ventilů. V důsledku snižování emisí a zvyšování konstrukčních nároků u některých vozidel dochází k použití variabilního časování, které je samotnou specifikací této práce. Nejsou však zahrnuty všechny druhy, ale jen ty nejzajímavější.

Zásadním problémem v dnešní době je procento škodlivin, které jde do ovzduší a při množství využívání spalovacích motorů také spotřeba paliva. Variabilní časování poskytuje částečné řešení jak s tímto problémem naložit. Snaží se eliminovat nedostatky pevného časování ventilů. Pro jakékoliv otáčky motoru lze přizpůsobit vhodné nastavení časování ventilů a jejich vzájemné překrytí. V nízkých otáčkách motoru je potřeba kratší doba otevření ventilů a kratší doba jejich vzájemného překrytí nebo vůbec žádné překrytí. Naopak při vysokých otáčkách je žádoucí delší doba otevření a i překrytí ventilů. Taková regulace nesmí být stupňovitá, ale plynulá, která se už doopravdy dokáže přesně přizpůsobit daným otáčkám motoru. Některé automobilky na základě stejného principu, používají téměř rozdílné mechanismy pro změnu časování. Výrobci také u proměnného časování svých motorů ve většině případů používají i jiné obchodní označení. Častěji je tato technologie využívána u benzínových motorů, ale prosazuje se i do oblastí vznětových motorů. Zážehové motory pracují v širším pásmu otáček, a proto je využití takového systému mnohem efektivnější. Způsob jak docílit optimalizace točivého momentu a zvýšit výkon lze pomocí natočení vačkové hřídele, změnou zdvihu ventilu nebo jejich kombinací.

Významně využívají natáčení vačkových hřídelů motory moderní automobilky BMW. Jedná se o označení Vanos a další vývojový stupeň Double Vanos. Vanos dokáže na základě otáček motoru a poloze plynového pedálu plynule regulovat natočení vačkové hřídele sacích ventilů a tímto se dosahuje mnoha výhod. Motor se systémem Vanos dokáže ušetřit 2-3litry paliva na 100 km v průměru oproti motoru bez tohoto systému a výkon je příznivější už od nižších otáček. Další výhodou je, že systém řídí tok horkých výfukových plynů do sacího potrubí jednotlivě za všech provozních podmínek pomocí tzv. "vnitřní" výfuková re – cirkulace. Dochází tak k jemnému dávkování recyklovaných spalin a tím k snížení emisí. Nevýhodou je složitá konstrukce a vysoká cena. Na podobném principu pracují také starší modely Porsche, Kia, Hyundai a Volvo.

Samotná změna zdvihu ventilů. To byl problém, se kterým si dokázaly poradit automobilky Honda a Alfa Romeo. Honda se svým systémem V-TEC vylepšuje použitelnost motoru v nejčastěji používaných otáčkách při praktickém provozu. Velice spolehlivý systém. Nevýhodou je cena a konstrukční složitost. Alfa Romeo a systém MultiAir je univerzální a snadno použitelná technologie. Elektrohydraulické variabilní časování ventilů vyvinuté FIATem bylo použito pro svoji relativní jednoduchost, nízké energetické nároky, přirozené protiporuchové vlastnosti a nízké náklady. Využívá se u všech zážehových motorů s budoucím uplatněním i ve vznětových motorech. S MultiAir se zvýšil výkon díky plnějšímu tvaru sací vačky. Pomocí dřívějšího zavírání sacích ventilů dochází k zvýšení točivého momentu. Další výhodou je snížení spotřeby paliva oproti atmosférickým i přeplňovaným motorům stejného objemu. Při správném řízení ventilů během zahřívání motoru a vnitřní



recirkulace výfukových plynů je snížení emisí až o 40%. Nevýhodou je úbytek energie při přečerpávání vzduchu z nižšího tlaku v sacím potrubí na atmosférický ve výfukovém. Vozidla používající systém MultiAir tak vykazují velkou spolehlivost.

Kombinací zdvihu ventilů a natočení vačkové hřídele plně využívá automobilka BMW, Honda a Mitsubishi. Právě zdvih sacích ventilů umožňuje regulovat chod motoru stejně jako škrticí klapka. Jejím nahrazením se významně snižují čerpací ztráty v sacím traktu, které vznikají právě kolem částečně otevřené škrticí klapky konvenčního motoru. Použití téhle kombinace je zatím nejefektivnější v řízení ventilového mechanismu.

Tyto systémy už zdaleka ovládly dnešní funkci ventilových mechanismů. Přináší to, ale sebou mnoho již zmíněných výhod, které k situaci 21. století velice přispívají. Nesmíme, ale také zapomínat na nedostatky, které i přesto přetrvávají. Znečišťování životního prostředí a také vyčerpání zdrojů paliva je velikým problémem. Je tedy potřeba objevit nové zdroje energie a s nimi spojené nové motory. Do té doby ale spalovací motory vykonají ještě mnoho záslužné práce.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KOVAŘÍK, L., FERENCEY, V., SKALSKÝ, R., ČÁSTEK, L. *Konstrukce vozidlových spalovacích motorů*. Naše vojsko, První vydání, Praha, 1992. ISBN 80-206-0131-7.
- [2] *Obrázek motoru mitsubishi* [cit.2014-02-22] Dostupné z WWW: <http://www.mitsubishiclub.cz/vozidlo/mitsubishi-lancer-evolution-570>
- [3] Spalovací motor [cit. 2014-02-23] <http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/1-ctyrdoby-spalovaci-motor.html>
- [4] STONE, Richard. *Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition*. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.
- [5] *Obrázek funkce motoru* [cit.2014-03-8] Dostupné z WWW: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=2.2
- [6] HEISLER, Heinz. *Advanced engine technology*. Great Britain by Arnold , 1995. ISBN 1-56091-734-2.
- [7] *Obrázek časování rozvodu* [cit.2014-03-8] Dostupné z WWW: http://kotamuda.humlak.cz/navody_manualy/127/HTM/HTM2/motor/vackovy.htm
- [8] STONE, Richard. *Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition*. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.
- [9] HEISLER, Heinz. *Vehicle and engine technology*. Great Britain by Arnold , 1999. ISBN 0-34069-1867.
- [10] Ventilové rozvody [cit. 2014-03-10] <http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/36-ventilove-rozvody-zakladni-rozdeleni.html>
- [11] Desmodromický rozvod [cit. 2014-03-12] <http://desmomania.wz.cz/desmomania/desmodromic.htm>
- [12] SAIDL, Jan. [Http://cs.autolexicon.net/](http://cs.autolexicon.net/). [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/cvvt-continuously-variable-valve-timing/>
- [13] SAIDL, Jan. Variabilní časování ventilů. [Http://jalopnik.com/how-variable-valve-timing-works-500056093](http://jalopnik.com/how-variable-valve-timing-works-500056093) [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/variabilni-casovani-ventilu/>
- [14] SAIDL, Jan. Variabilní časování ventilů. [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/variabilni-casovani-ventilu/>
- [15] *Obrázek časování vanos* [cit. 2014-03-25] Dostupné z WWW: <http://www.bimmerscan.com/bmw-vanos-test/>



- [16] Vanos. [online]. [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-chysta-svolavaci-akci-system-casovani-vanos-80225>
- [17] BMW Vanos. [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/vanos-double-vanos/>
- [18] *Obrázek funkce vanos* [cit.2014-04-01] Dostupné z WWW: <http://www.bimmerfest.com/forums/showthread.php?t=435931&page=3>
- [19] Porsche VarioCam Plus. [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://homepage.virgin.net/shalco.com/variocam_plus.htm
- [20] *Obrázek funkce VarioCAM Plus* [cit.2014-04-03] Dostupné z WWW: <http://www.panix.com/~clay/cayenne/variocam.html>
- [21] SAIDL, Jan. Variabilní časování CVVT. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/cvvt-continuously-variable-valve-timing/>
- [22] *Obrázek systém CVVT* [cit. 2014-04-06] Dostupné z WWW: <http://www.motorcycle-usa.com/63/Motorcycle-Photo-Gallery/2008-Kawasaki-Concours-14.aspx>
- [23] SAIDL, Jan. Princip CVVT. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/cvvt-continuously-variable-valve-timing/>
- [24] *Obrázek VTEC mechanismus* [cit.20014-04-08] Dostupné z WWW: <http://cs.autolexicon.net/articles/vtec-variable-valve-timing-and-lift-electronic-control/>
- [25] SAIDL, Jan. Variabilní časování VTEC. [online]. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/vtec-variable-valve-timing-and-lift-electronic-control/>
- [26] *Obrázek VTEC SOHC mechanismus* [cit.2014-04-12] Dostupné z WWW: <http://www.reaa.ru/cgi-bin/yabb/YaBB.pl?num=1297417988/30>
- [27] Verze SOHC a DOHC. [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://www.ebay.com/gds/DOHC-SOHC-OHV-valvetrains-whats-the-difference-/10000000002220885/g.html>
- [28] *Obrázek MultiAir* [cit.2014-04-16] Dostupné z WWW: <http://www.alfaromeo.cz/technika/motory/technologie-multiair/>
- [29] Technologie MultiAir. [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.alfaromeo.cz/technika/motory/technologie-multiair/>
- [30] Systém Valvetronic. [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_valvetronic.html
- [31] *Obrázek Valvetronic* [cit.2014-04-23] Dostupné z WWW: <http://cs.autolexicon.net/articles/valvetronic/>



[32] *Obrázek Valvetronic mechanismus* [cit.20014-04-24] Dostupné z WWW: <http://cs.autolexicon.net/articles/valvetronic/>

[33] *Obrázek Mivec* [cit.2014-04-26] Dostupné z WWW: http://www.importtuner.com/tech/impp_1009_forced_induction_engine_swap_question_it/photo_01.html

[34] SAIDL, Jan. *Mivec Mitsubishi*. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/mivec-mitsubishi-innovative-valve-timing-electronic-control-system/>

[35] SAIDL, Jan. *I-VTEC*. [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/vtec-variable-valve-timing-and-lift-electronic-control/>

[36] *Obrázek I-VTEC* [cit.2014-04-29] Dostupné z WWW: <http://icrixs.wordpress.com/pend-otomotif/mesinengine/mekanisme-katup/i-vtec/>

[37] *Obrázek VarioCAM Plus* [cit.2014-04-30] Dostupné z WWW: <http://cs.autolexicon.net/articles/variocam-variocam-%E2%80%93-plus/>

[38] SAIDL, Jan. *VarioCAM Plus*. [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/variocam-variocam-%E2%80%93-plus/>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

DÚ	dolní úvrat'
HÚ	horní úvrat'
SV	side valves - boční ventily
OHV	overhead Valve - rozvod s visutými ventily v hlavě válců
OHC	over head camshaft - vačka nad hlavou válců
SOHC	single over head camshaft - jedna vačka nad hlavou válců
DOHC	double over head camshaft - dvě vačky nad hlavou válců
CVVT	continuously variable valve timing – variátor časování ventilů
VTEC	variable valve timing and lift electronic control - variabilní časování ventilů s elektronickým ovládním
i-VTEC	intelligent - variable valve timing and lift electronic control – inteligentní variabilní časování ventilů s elektronickým ovládním
MIVEC	mitsubishi innovative valve timing electronic control systém – mitsubishi - inovativní časování ventilů s elektronickým ovládním
BMW	bayerische motoren werke – bavorské motorové práce
VLC	variable lift controller – variabilní regulace zdvihu
MMC	mitsubishi motors corporation – společnost motory mitsubishi
MHI	mitsubishi heavy industries –těžký průmysl automobilky mitsubishi



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1. Spalovací motor.....	15
Obr.2. Činnost čtyřdobého spalovacího motoru-zážehový	16
Obr.3. Činnost čtyřdobého spalovacího motoru-vznětový	17
Obr.4... Kruhový diagram časování rozvodu.....	18
Obr.5. Rozvodový mechanismus OHC.....	20
Obr.6. Rozvodový mechanismus SV	21
Obr.7. Rozvodový mechanismus OHV	22
Obr.8. Rozvodový mechanismus Desmodromický.....	22
Obr.9. Úhel natočení klikové hřídele v závislosti na zdvihu	24
Obr.10. Nastavení ventilů bez natočení/s natočením	24
Obr.11. Technické řešení variabilních ventilových rozvodů	25
Obr.12. Systém variabilního časování Vanos.....	26
Schéma systému Vanos-Deaktivované	27
Obr.14. Schéma systému Vanos-Aktivované	28
Obr.15. Systém variabilního časování VarioCAM	29
Obr.16. Systém variabilního časování CVVT	29
Obr.17. Schéma systému CVVT	30
Obr.18. Systém variabilního časování VTEC	31
Obr.19. Systém variabilního časování VTEC SOHC	32
Obr.20. Časování zdvihu ventilů MultiAIR	33
Obr.21. Pracovní Režimy MultiAir	33
Obr.22. Systém variabilního časování Valvetronic	34
Obr.23. Systém variabilního časování Valvetronic.....	35



Obr.24. Motor Mitsubishi Mivec Turbo	35
Obr.25. Schéma systému Mivec	36
Obr.26. Systém i-VTEC	36
Obr.27. Systém variabilního časování VarioCAM-Plus	37
Obr.28. Průběh časování VarioCAM-Plus	38