



SYSTÉMY VARIABILNÍHO ČASOVÁNÍ VENTILŮ SPALOVACÍHO MOTORU

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Martin Mocek**
Vedoucí práce: Ing. Pavel Brabec, Ph.D.



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Brabcovi, PhD., vedoucímu bakalářské práce, za odborné vedení, vstřícný přístup a cenné podněty a rady, které měly vliv na celkovou podobu práce.

Děkuji také své rodině a blízkým za podporu během mého studia.

Anotace

Bakalářská práce s názvem Systémy variabilního časování spalovacího motoru se zabývá nejčastěji využívanými typy systémů s variabilním časováním ventilů spalovacích motorů. V první části jsou vysvětleny důvody jejich vzniku, obecný princip jejich funkce a přínos jejich zavedení. Dále je zmapováno jejich základní rozdělení z konstrukčního hlediska a následně popsány jednotlivé typy nejčastěji využívaných systémů variabilního časování ventilů pro čtyřdobé spalovací motory. Závěr práce představuje vývojové tendence některých společností a komplexně zhodnocuje výhody a nevýhody jednotlivých systémů.

Klíčová slova

Variabilní časování ventilů, vačková hřídel, vačka, vahadla, sací ventil, výfukový ventil

Abstrakt

Bachelor thesis entitled System variable timing engine deals with the most commonly used types of systems with variable timing combustion engine valves . The first part explains the reasons for their establishment , the general principle of their function and their contribution to implementation . Furthermore, mapped the distribution of basic structural point of view and then describes the different types most commonly used systems of variable timing valves for four-stroke engines. Finally, the work represents development the tendency of some companies and comprehensively evaluates the advantages and disadvantages of poison individual systems .

Key words

Variable valve timing, camshaft, cam, rocker, intake valve, exhaust valve

1 Obsah

2	Úvod	8
3	Cíl práce	9
4	Historie variabilního časování ventilů	9
5	Význam variabilního časování ventilů	10
6	Princip funkce variabilního časování ventilů	11
7	Základní rozdělení systémů	13
7.1	Jednotlivé typy využívaných systémů	14
7.1.1	CVVT (Continuously Variable Valve Timing)	14
7.1.2	MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control systém)	15
7.1.3	Systém V-TEC / VTEC (Variable Valve Timing and Lift Elektronick Control)	16
7.1.4	Systém Vanos (Variable NockenwellenSteuerung)	28
7.1.5	VVT-i (Variable Valve Timing – intelligent)	33
7.1.6	VarioCAM	35
7.1.7	Fiat MultiAir	39
8	Vývojové tendence	41
8.1	VTEC – DI	41
8.2	VTEC Turbo	41
8.3	Elektromagnetické ovládání ventilů	42
8.4	Elektrohydraulické ovládání ventilů	43
9	Závěrečné zhodnocení	44
10	Zdroje	45
11	Seznam obrázků	48

2 Úvod

Když byly na konci 18. století realizovány první úspěšné pokusy s vozidly poháněnými parním strojem, nikdo zřejmě netušil, jakou roli v budoucnu budou pozemní dopravní prostředky hrát. Přepravu osob, zvířat či různorodého zboží zajišťovaly po parních strojích prostředky se spalovacími motory, později vznětovými motory. Automobily poháněné benzinem či naftou se ve dvacátém století staly nejvýznamnějším dopravním prostředkem. Dnes se stále častěji setkáváme s elektromobily. Dříve byl automobil považován pouze za výstřednost vyšších tříd společnosti, v současné době je považován za samozřejmost.

Už od vzniku prvního automobilu se člověk snažil o stále nové zdokonalení konstrukce motoru, aby mu poskytoval vyšší výkon a zároveň i nižší spotřebu. Tyto snahy vedly k tomu, že docházelo ke špatnému spalování paliva, ztrátě výkonu při vyšších otáčkách, ale také k vypouštění většího objemu škodlivých výfukových plynů do ovzduší. V současné době proto začal být kladen důraz nejen na vyšší výkon či nižší spotřebu paliva, ale také na snížení škodlivých látek vzniklých během procesu spalování. Konstrukteři moderních motorů vyvinuli variabilní časování ventilů, které má tyto drobné, leč zároveň podstatné nedostatky odstranit, nebo alespoň výrazně zredukovat.

Má práce ukáže, že ač se na první dojem může zdát, že motorů, jež splňují výše popsané nároky, existuje velké množství, ve skutečnosti bližším zkoumáním jejich konstrukce či jejich provedení zjistíme, že většina z nich pracuje na stejném nebo velice podobném principu, i když jim každá automobilka dala kvůli své obchodní propagandě jiné tovární nebo lépe řečeno obchodní označení.

3 Cíl práce

Cílem práce je představit současný stav využívání systému variabilního časování ventilů spalovacího motoru, přiblížit nejdůležitější důvody jeho využití v praxi a dohledat a podrobně zmapovat, a to včetně konstrukčního provedení, uskutečněné a reálně provedené aplikace. Získané informace budou vyhodnoceny, budou představeny a posouzeny výhody a nevýhody jednotlivých systémů a nastíněn, v rámci možností, směr budoucího vývoje.

4 Historie variabilního časování ventilů

- ✓ V roce 1975 si automobilová společnost General Motors patentovala („variabilní“) systém zdvihu ventilů pro snížení emisních hodnot. Kvůli nedostatečnému zdvihu ventilů však od tohoto projektu odstoupila.
- ✓ Píše se rok 1983 a společnost Honda představuje motocykl *Honda CBR400* s prvním motorem obsahující variabilní časování ventilů.
- ✓ V roce 1983 společnost Honda pouští na trh první sériově vyráběný vůz *Intergra XSi/RSi* a *CRX* vybavený proměnlivým časováním ventilů s továrním označením VTEC. Motor se zdvihovým objemem 1 595 ccm dosahoval výkonu 118 kW při 7 600 ot/min.
- ✓ V roce 1986 představuje společnost Nissan systém variabilního časování ventilů s továrním označením VVT a NVCS (Nissan Valve-Timing Control Systém).
- ✓ V roce 1992 přišly na automobilový trh hned tři společnosti s novými systémy variabilního rozvodu, a to společnost Porsche s modelem Porsche 968 s továrním označením variabilního rozvodu VarioCam, společnost Mitsubishi s modelem Mitsubishi Mirage a Mitsubishi Lancer s motory o objemu 1 597 ccm a výkonem 107 kW při 7 000 ot/min, které nesly tovární označení MIVEC, a společnost BMW s modelem BMW M50 s továrním označením Vanos.
- ✓ Továrna BMW neustrnula ve vývoji, neboť si na svých motorech velice zakládá, a v roce 1997 představuje Double Vanos, který je schopen nejen ovládat vačky sacích ventilů, ale i vačkový hřídel výfukových ventilů.
- ✓ Taktéž společnost Porsche představuje v roce 1999 svůj vylepšený systém s názvem VarioCam Plus, který díky dělené vačce umožňuje změnu zdvihu sacích ventilů.



- ✓ V roce 2001 opět společnost BMW představuje svoji novinku s označením Valvetronic, kterou umístila do modelu *BMW 316 Compact* (čtyřválcový šestnáctiventilový zážehový motor o objemu 1,8 l a výkonu 85 kW).
- ✓ Přestože se systém variabilního časování ventilů vyskytuje především u benzinových motorů, šla společnost Mitsubishi opačným směrem a v roce 2010 představila první naftový motor s touto technikou, který měl označení Mitsubishi 1.8 DI-D MIVEC.

5 Význam variabilního časování ventilů

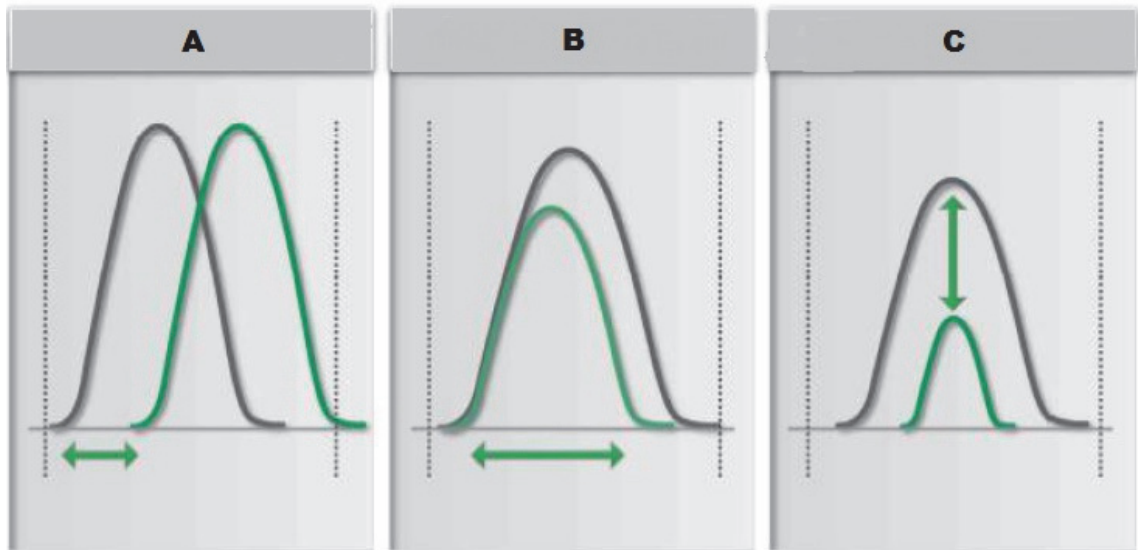
Hlavní význam variabilního časování ventilů především u čtyřtákních spalovacích motorů spočívá v přesném plnění válců směsí pro celé spektrum provozních otáček (od volnoběhu až po maximální otáčky).

U motorů s klasickým ovládním ventilů pomocí vačkové hřídele dochází ke správnému plnění válců směsí pouze při určitých otáčkách, při nichž je dosaženo zároveň nejvyššího výkonu i krouticího momentu. Díky tomu vozidlo dosáhne největší hnací síly. Pokud budeme i nadále zvyšovat otáčky, výkon sice ještě nepatrně poroste až na maximální hodnotu, ale dojde k výraznému poklesu krouticího. Tento pokles krouticího momentu je zapříčiněn nedostatečným zdvihem sacího ventilu, který by umožnil přísun potřebného množství směsi. To redukuje systém variabilního časování ventilů tím, že umožňuje sací ventil nechat déle otevřený, čímž zaručí, že se do válce dostane potřebné množství směsi, které je úměrné otáčkám, a nedochází tak k výraznému poklesu krouticího momentu.

Naopak při nízkých otáčkách dochází k nepravidelnému chodu motoru překrýváním ventilů, zároveň je snížena hybnost vstřikované směsi, což má za následek zvýšení spotřeby paliva, snížení výkonu při nízkých otáčkách a především zvýšení množství škodlivých výfukových plynů. Toto redukuje variabilní časování ventilů tím, že sací ventil otevře jen z části, čímž se zmenší otvor pro vstřik, a tím vlastně dojde k potřebnému zvýšení hybnosti vstřikované směsi ve vysokém směšovací poměru (tzv. chudá směs). [2], [3]

6 Princip funkce variabilního časování ventilů

Celkový průběh vstřikování směsi a odvodu škodlivin ve formě výfukových plynů z ekologického i ekonomického hlediska jsou přímo ovlivňovány časováním a zdvihem ventilů a proto existují různé koncepty jak těchto požadavků dosáhnout při určitých režimech provozu. A to například fázováním, změnou velikosti zdvihu ventilu nebo dobou trvání zdvihu ventilů (viz obr. 1).



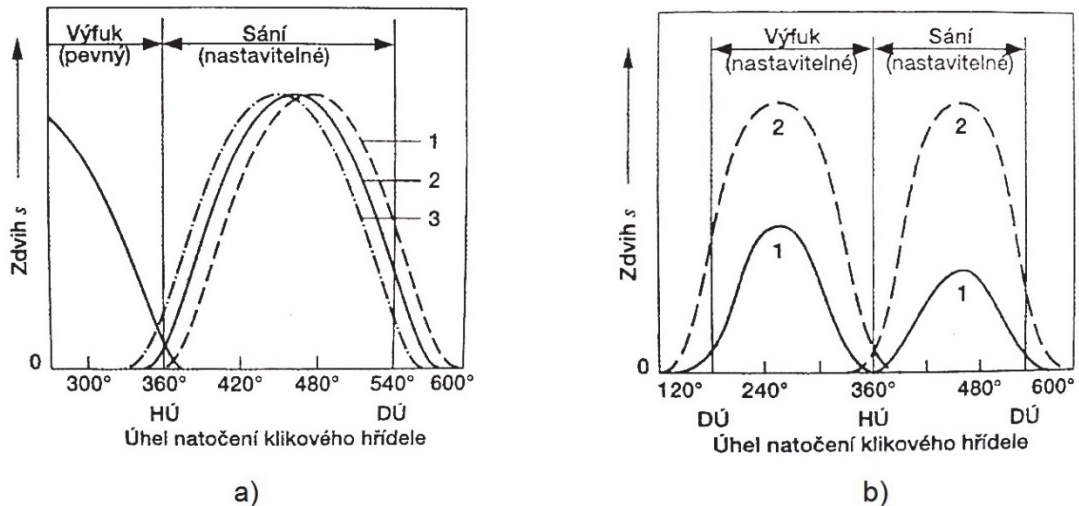
Obr. 1. A) Fázování, B) Doba trvání zdvihu, C) Změna velikosti zdvihu

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 přídavného 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 měnící se podle aktuálních podmínek chodu motoru. Nejčastěji používaným způsobem je natáčení vačkové hřídele sacích

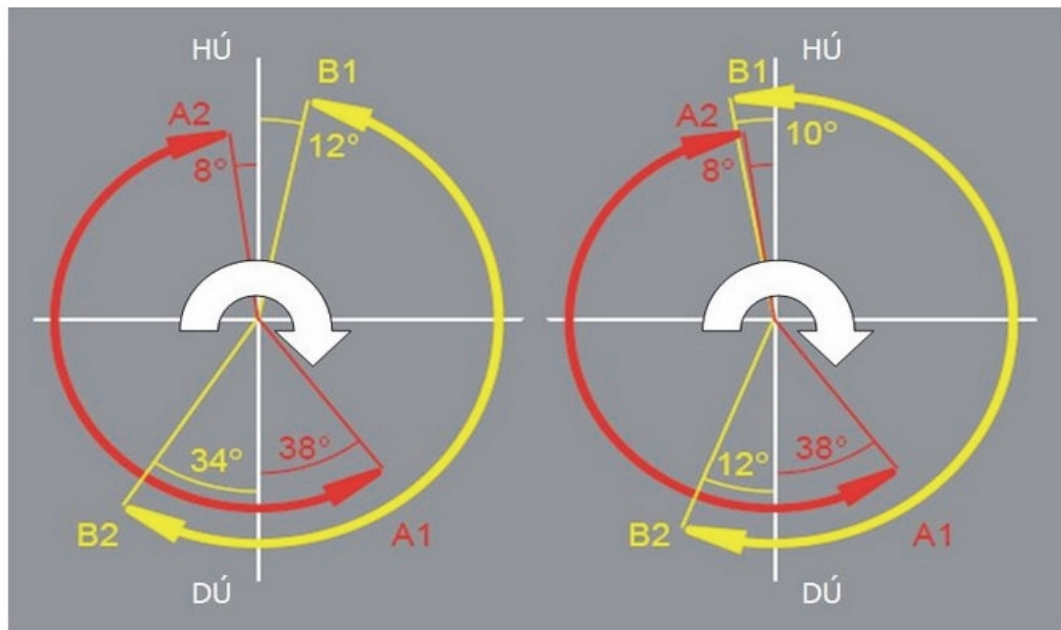
ventilů vůči klikové hřídeli. Natáčením vačkové hřídele se dá posouvat fáze sání a tedy překrytí ventilů („střih“). Zdvih a doba otevření ventilů zůstává neměnná. Vačkový hřídel výfukových ventilů zůstává ve stejné poloze, viz obr. 2a.



Obr. 2. Grafické znázornění zdvihu na úhlu natočení hřídele [9]

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. Viz obr. 3.

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. [1],[2],[9],[18]



sací ventil uzavírá **později**

sací ventil uzavírá **dříve**

A1 – výfukový ventil otevírá

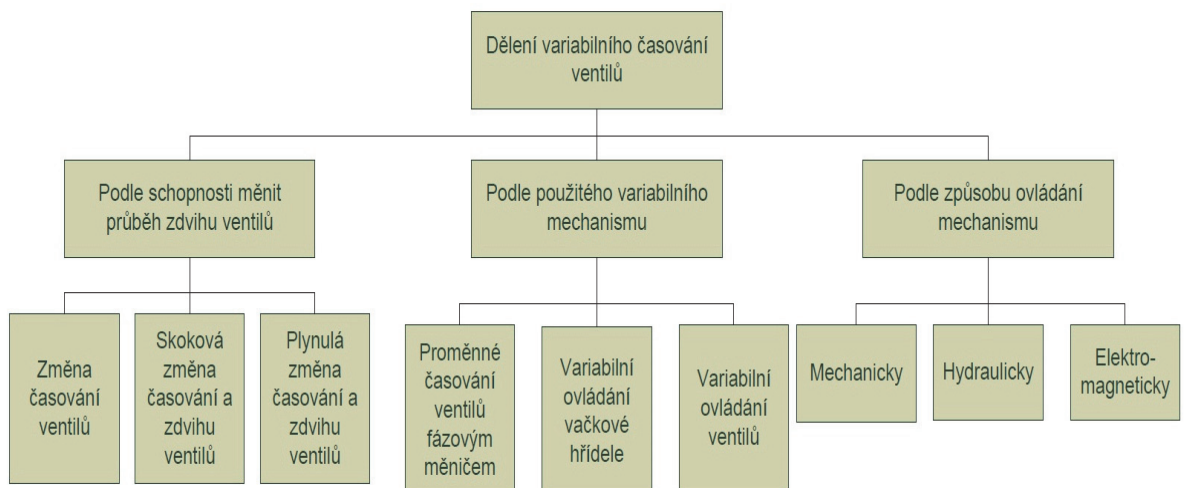
B1 – sací ventil otevírá

A2 – výfukový ventil zavírá

B2 – sací ventil zavírá

Obr. 3. Kruhový diagram variabilního časování

7 Základní rozdělení systémů



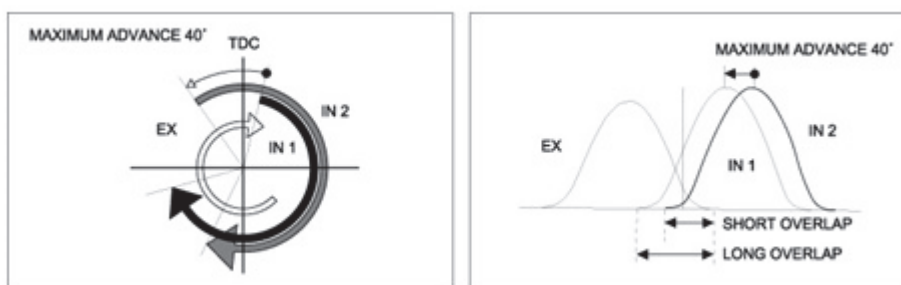
Obr. 4. Schéma základního rozdělení systému variabilního časování ventilů

7.1 Jednotlivé typy využívaných systémů

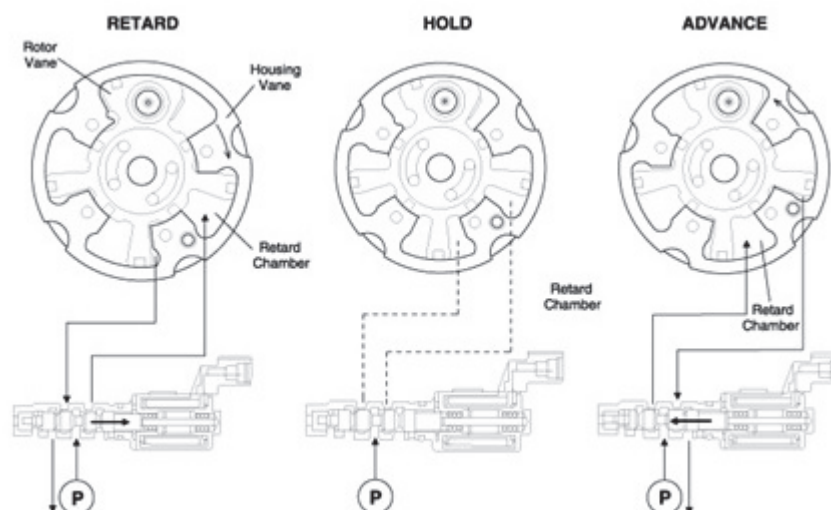
7.1.1 CVVT (Continuously Variable Valve Timing)

Tento systém variabilního časování ventilů můžeme najít v motorech automobilek jako Volvo, Hyundai nebo KIA. Jedná se o systém, který optimalizuje proces týkající se plnění válců spalovacího motoru. Tato optimalizace je řešena natáčením vačkových hřídelů a je přímo závislá na otáčkách a zatížení motoru, podle nichž se upravuje okamžik otevření a uzavření sacích a výfukových ventilů.

Na obr. 5 je zřetelně znázorněno posunutí křivky, při kterém dochází k otevření sacího ventilu, jenž ovlivňuje dobu, při níž bude zároveň otevřen sací i výfukový ventil a bude docházet k plnění válce. Tomuto okamžiku se říká tzv. stříh.



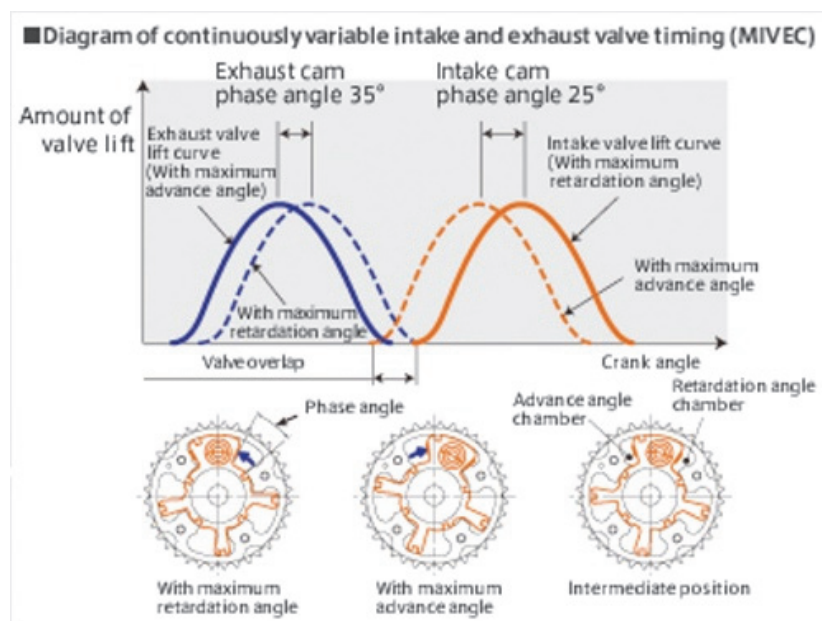
Obr. 5. Fázové posunutí systém CVVT



Obr. 6. Zobrazení mechanického posouvání vačkového hřídele

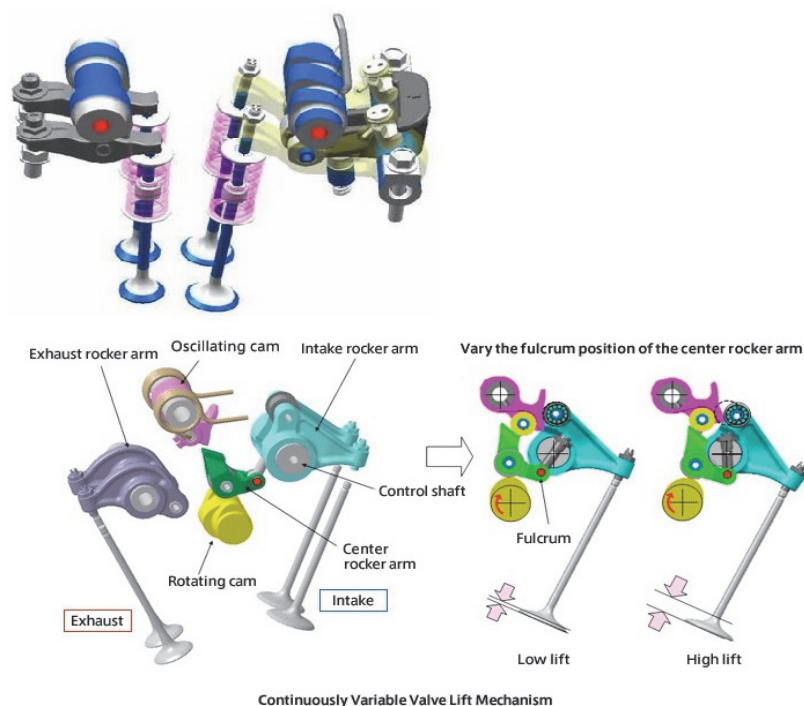
7.1.2 MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control systém)

Systém MIVEC byl automobilovou společností představen poprvé v roce 1992 v modelech Mitsubishi Mirage a Mitsubishi Lancer s šestnácti ventilovými motory o objemu 1 597 cm³ s rozvodem DOHC, který dosahoval při 7 000 ot/min výkonu 107 kW.



Obr. 7. Zobrazení fázového posunutí systému MIVEC [9]

Tímto systémem společnost Mitsubishi vybavila své vznětové i zážehové motory. Jedná se o systém, který svým variabilním časováním ovládá sací i výfukové ventily.

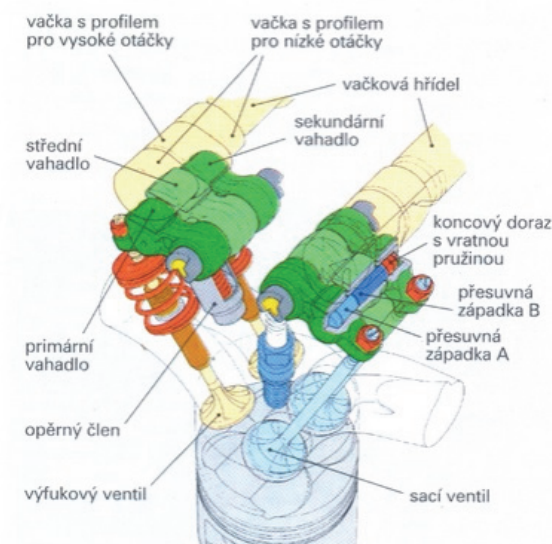


Obr. 8. Konstrukční provedení systému MIVEC [9]

7.1.3 Systém V-TEC / VTEC (Variable Valve Timing and Lift Elektronick Control)

Automobilová společnost Honda je všeobecně považována za průkopníka zavádění variabilního časování do sériově vyráběných vozů. Jelikož Honda dlouhou dobu vyráběla kvalitní přeplňované motory pro formule F1, kde s nimi slavila velké úspěchy, zjistila o těchto motorech takřka úplně vše. Díky nabytým znalostem inženýři společnosti Honda zjistili, že přeplňované motory jsou vzhledem ke své vysoké spotřebě velice nevýhodné pro využití mimo závodní trať. Proto se jejich hlavním cílem stalo zkonstruovat motor, který by byl vhodný pro běžnou sériovou výrobu a především splňoval jimi požadované parametry na malý objem při zachování vysokého výkonu bez použití turbodmychadla.

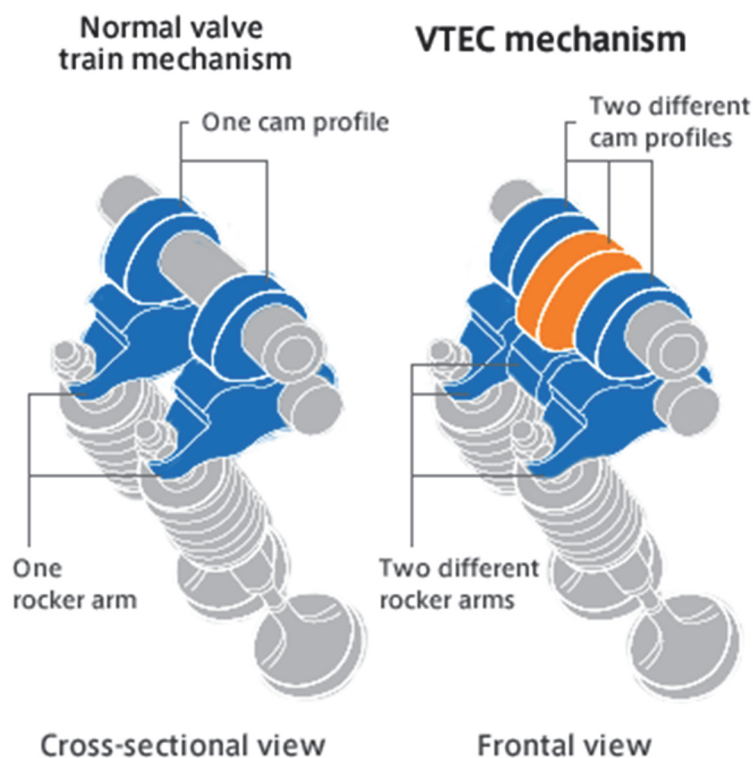
Jejich požadavky se ukázaly být poměrně náročné, jelikož museli optimalizovat dva základní parametry, a to výkon ve vysokých otáčkách a dostatečný krouticí moment při



Obr. 9. Variabilní systém VTEC společnosti Honda [21]

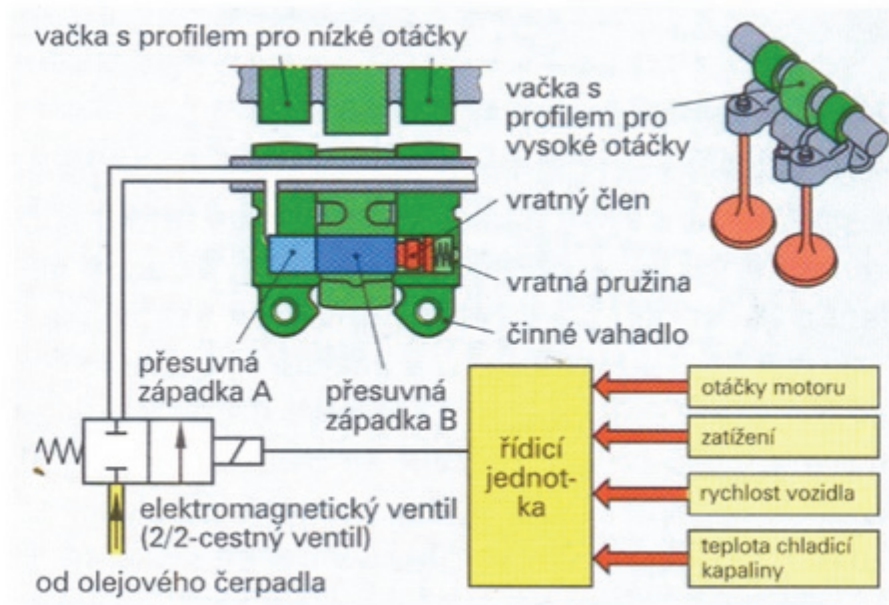
nízkých otáčkách. Zjistili, že pokud dosáhnou vysokého výkonu při vysokých otáčkách, bude jim chybět potřebná tažná síla při nízkých otáčkách. Ověřili si, že oba zmíněné parametry budou vyžadovat odlišné plnění válců. Po letech vývoje inženýři společnosti Honda konečně dospěli k vytouženému výsledku a v roce 1983 představili svou největší chloubu v odvětví variabilního časování ventilů, systém VTEC.

Základním principem mechanismu VTEC jsou vačky s rozdílnou geometrií (obr. 10) a jednoduchý hydraulicky ovládaný propojovací čep zakončený pružinovým mechanismem, který má za úkol vrátit čep do původní polohy (obr. 11).

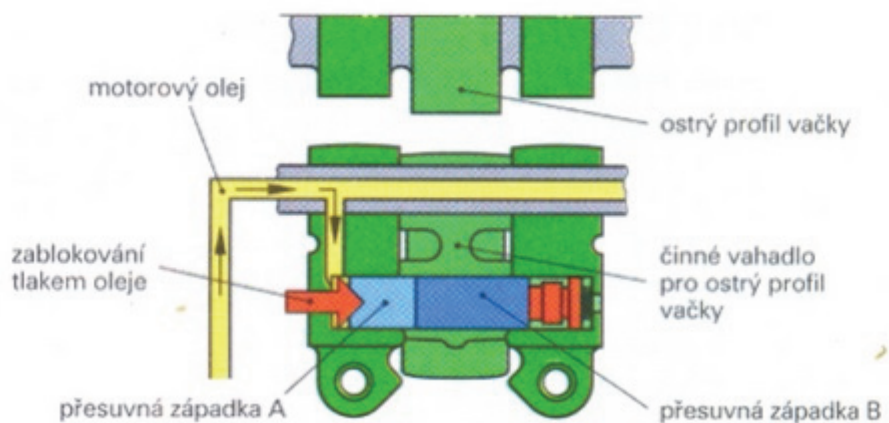


Obr. 10. Zobrazení VTEC mechanismu. Na levém obrázku jsou zobrazeny krajní vačky, na pravém obrázku je znázorněno prostřední vahadlo se strmějším náběhem.

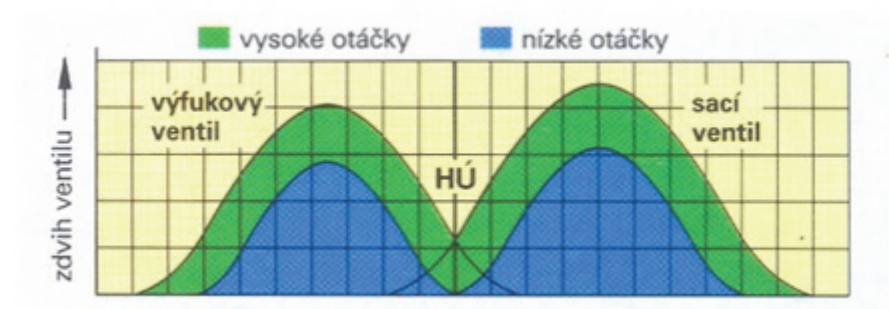
Jinými slovy – tlakový olej přepíná vahadla, která budou zrovna v záběru. Toto přepínání zajišťuje již zmíněný propojovací čep (obr. 12). Krajní vačky s pozvolnějším náběhem a nižším profilem zdvihu ovládají ventil v nízkých a středních otáčkách motoru. Pokud se motor dostane do vysokých otáček, hydraulicky ovládaný čep zajistí propojení krajních vahadel s prostředním vahadlem (strmější náběh pro vysoký zdvih), které motoru zaručí požadovaný vysoký výkon při vysokých otáčkách.



Obr. 11. Ovládání ventilů VTEC v nízkých otáčkách [21]



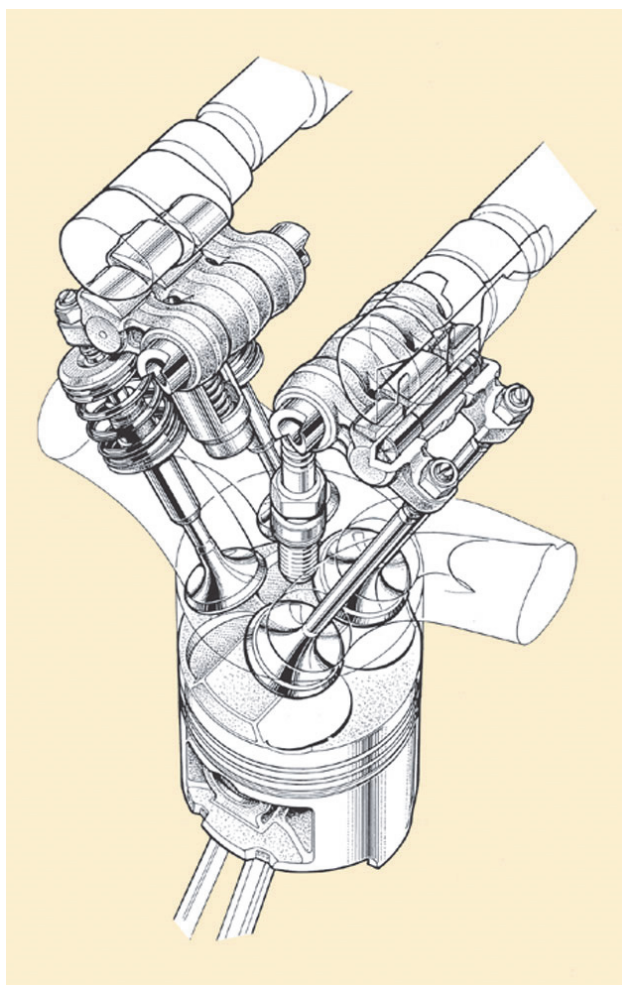
Obr. 12. Ovládání systému VTEC při vysokých otáčkách [21]



Obr. 13. Grafické znázornění zdvihu při nízkých a vysokých otáčkách [21]

7.1.3.1 DOHC VTEC (Double Overhead Camshaft VTEC)

Jedná se o elektronicky řízené variabilní časování ventilů, díky kterému je motor schopen dodávat vysoký výkon ve všech provozních oblastech. Nejspíše proto je motor s tímto systémem určen především pro „super sportovní“ automobily. Motory mají podle inženýrů společnosti Honda dosahovat svými vysokými otáčkami, a především svým vysokým výkonem, stejné úrovně jako motory závodních automobilů. Zřejmě i proto nepřekvapí, že se tímto systémem může chlubit například Honda S2000 nebo Civic Type R.



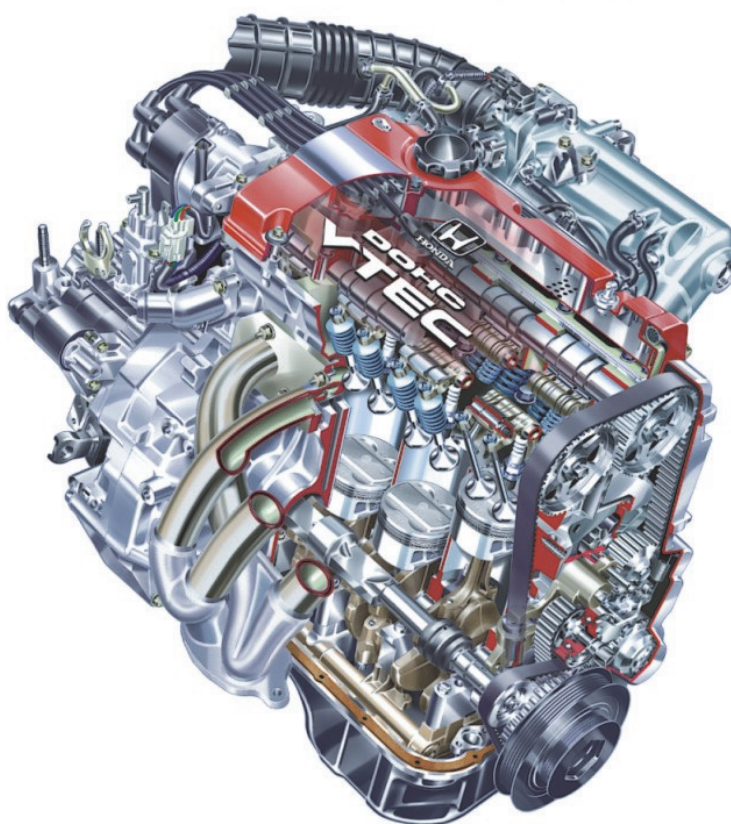
Obr. 14. Konstrukční řešení systému DOHC [15]

Tato dvouvačková verze (obr. 14) využívá kombinace spalování chudé směsi a unikátní konstrukce ventilových rozvodů. V režimu nízkých otáček zůstává jeden ze sacích ventilů téměř úplně uzavřený. Tím je zajištěn menší průchod do válce, což umožňuje rychlejší nasávání a lepší

promíchávání směsi. K lepšímu promíchávání směsi napomáhá také tvar spalovacího prostoru, který podporuje tzv. vířivý efekt.

Systém DOHC VTEC elektronicky ovládá časování a zdvih sacích i výfukových ventilů. Jak dokládá obr. 14, každá vačková hřídel (vztaženo na jeden válec) má tři vačky a tři oddělená vahadla. Jelikož systém vychází z původního systému VTEC, jsou i zde sací a výfukové ventily při nízkých a středních otáčkách řízeny dvěma krajními nízkoprofilovými vačkami, které zaručují nízký zdvih, a dvěma vnějšími vahadly. Pokud se ovšem motor dostane do vysokých otáček, hydraulický čep se zasune a dojde k propojení všech tří vahadel. Tím se do záběru dostane prostřední vačka, která díky své geometrii přebere řízení vahadel, a zaručí tak větší zdvih ventilů na delší dobu.

Hladký přechod mezi jednotlivými režimy zajišťuje elektronická řídicí jednotka motoru. Ta je aktivuje v závislosti na otáčkách, zatížení motoru nebo rychlosti jízdy vozidla. Výsledkem uvedeného způsobu řízení časování a zdvihu ventilů VTEC je poměrně vysoký výkon motoru a příznivý průběh točivého momentu, který je v širokém rozmezí od 2 100 až do 8 000 ot/min a neklesá pod 90 % svého maxima.[11]

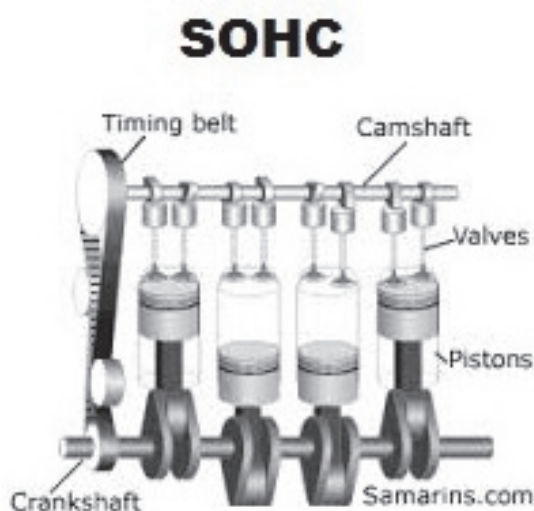


Obr. 15. Motor značky Honda f22b se systémem DOHC VTEC

7.1.3.2 SOHC VTEC (Single Overhead Camshaft VTEC)

I když se jedná o velice podobný systém systému DOHC VTEC, je SOHC VTEC oproti zmíněnému DOHC VTEC určen spíše pro klidnou jízdu než pro sportovní využití.

Základ systému tvoří čtyřventilový rozvod, ve kterém jsou ventily ovládány jednou vačkovou hřídelí (obr. 16). Pro každý válec jsou určeny tři vačky, kde krajní vačky s nízkým profilem opět ovládají ventily při nízkých a středních otáčkách. Prostřední vačka s vysokým profilem, která opět zaručuje maximální zdvih ventilu, se zapojuje v režimu vysokých otáček pro dosažení maximálního výkonu. Zapojení této vačky je opětovně realizováno pomocí hydraulicky ovládaného čepu.



Obr. 16. Konstrukční řešení SOHC [26]

Výhodou tohoto systému, oproti konvenčnímu systému se stejným zdvihovým objemem, je vyšší výkon s nižší spotřebou paliva. Plochá křivka krouticího momentu zaručuje univerzální využití systému, což vedlo k masovému komerčnímu rozšíření. O rozšíření se zasloužily hlavně modely Honda Civic, Accord a HRV.[8],[9]

7.1.3.3 SOHC VTEC – E

Tento systém se může zdát svým označením velice podobný předchozímu systému SOHC VTEC, ale je tomu právě naopak. Písmeno „E“ v tomto systému znamená Economy, což už samo o sobě může znamenat podstatné konstrukční odlišnosti.

Tento systém oproti předchozímu pracuje sice se třemi ventily, ale pouze se dvěma vačkami, což znamená, že motor s tímto systémem pracuje převážně v nízkých otáčkách. Jeden z každého páru sacích ventilů je prakticky vyřazen z funkce a profil vačky dovoluje pouze maximální zdvih 0,65 mm. Toto řešení vyvolává ve spalovacím prostoru víření, které umožňuje spalovat velmi chudou směs, jejíž směšovací poměr dosahuje hodnot 14,7-23,5 : 1. Dosahuje tak maximálního vrstvení, což znamená soustředění nejbohatší směsi v prostoru kolem zapalovací svíčky, a tím zvýšení její zápalnosti a efektivního využití. Právě toto vyjadřuje uvedené písmeno „E“ v názvu. Zároveň jde i o hlavní rozdíl tohoto systému oproti předchozímu systému SOHC VTEC.
[8]

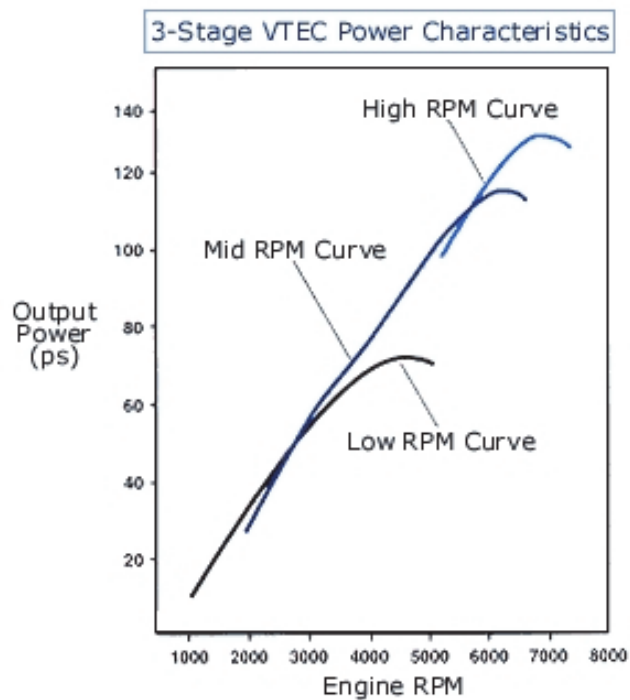
Pokud bude kladen požadavek na vyšší výkon, budou obě vahadla propojena opět pomocí hydraulického čepu, který aktivuje druhý sací ventil (do té doby pasivní). K zapojení druhého ventilu dochází v závislosti na zatížení motoru mezi 2700-3300 ot/min. Oba ventily pak dosahují stejného zdvihu 8 mm, jenž je určen profilem vačky druhého ventilu.[8]

Automobilová společnost Honda tímto systémem vybavila šestou generaci motorů vozů CIVIC. Tyto motory se zdvihovým objemem 1 493 cm³ byly na český trh dodány ve dvou výkonových variantách, a to s výkonem 66 kW, dosaženým při 5 500 ot/min, a s výkonem 84 kW při otáčkách 6 500 ot/min.

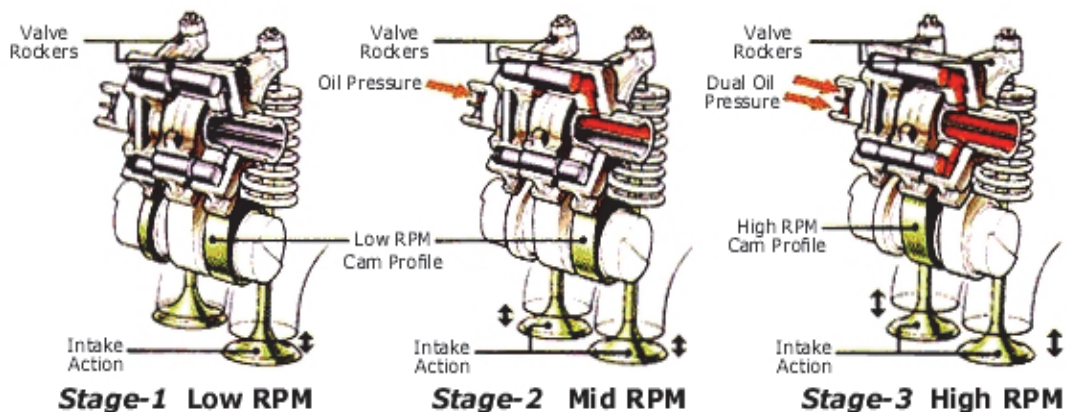
7.1.3.4 Třífázový VTEC

Jedná se o kombinaci systémů VTEC-E a SOHC VTEC. Již z názvu je patrné, že se jedná o motor, který má tři různá nastavení ventilů, což zaručuje maximální efektivitu v nízkých, středních i vysokých otáčkách a výrazně nízkou spotřebu paliva.

Motor, který se vyráběl pouze s objemem 1,5 l, má čtyři ventily, tři vačky (každá má jiný profil) a vahadla určená pro sací ventily. Tato vahadla mají dva hydraulicky ovládané čepy. První je umístěn nad vačkovou hřídelí a umožňuje propojení obou krajních vahadel sacích ventilů. Slouží k aktivaci sacího ventilu, jenž má v nízkých otáčkách prakticky nulový zdvih. Druhý čep slouží k propojení všech tří vahadel. Ventilový rozvod pak pracuje podle profilu „ostré“ vačky. Výfukové ventily mají stejně jako v systému SOHC VTEC pevný rozvod.[8]



Obr. 17. Graf závislosti výkonu na otáčkách pro jednotlivé fáze [9]



Obr. 18. Schéma funkce třífázového systému VTEC [9]

✓ 1. fáze (Stage-1)

V této fázi oba sací ventily motoru pracují nezávisle na sobě. Na obr. 18 – stage. 1 Low RPM je zřetelně vidět, že čep nepropojuje žádné ze tří vahadel. V režimu nízkých otáček ($0-2\,500\text{ min}^{-1}$) dochází k otevření a uzavření pouze jednoho sacího ventilu, zatímco druhý sací ventil pouze kopíruje téměř kulatý profil vačky. Takřka celý profil funkční vačky je určen k otevření ventilu a je natolik vysoký, aby zabraňoval shromažďování paliva nad ventilem. Po funkční stránce je celá tato první fáze podobná systému VTEC-E.

✓ 2. fáze (Stage-2)

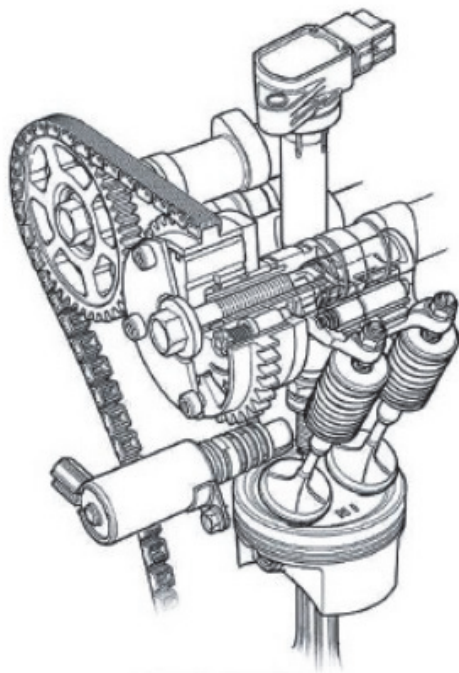
Ta nastává, pokud motor překročí $2\,500\text{ min}^{-1}$ a dojde k propojení krajních vahadel hydraulickým čepem (horní hydraulický čep – obr. 18- Stage 2 Mid RPM).

✓ 3. fáze (Stage-3)

Do ní se motor dostává, pokud dosáhne $6\,000\text{ min}^{-1}$. V tu chvíli dojde k zasunutí druhého hydraulického čepu (spodní hydraulický čep – obr. 18- Stage 3 High RPM), díky němuž dojde k propojení třetího vahadla, které má díky své geometrii největší zdvih a začne určovat zdvih sacích ventilů.

7.1.3.5 i – VTEC (*intelligent-Variable Timing and lift Electronic Control*)

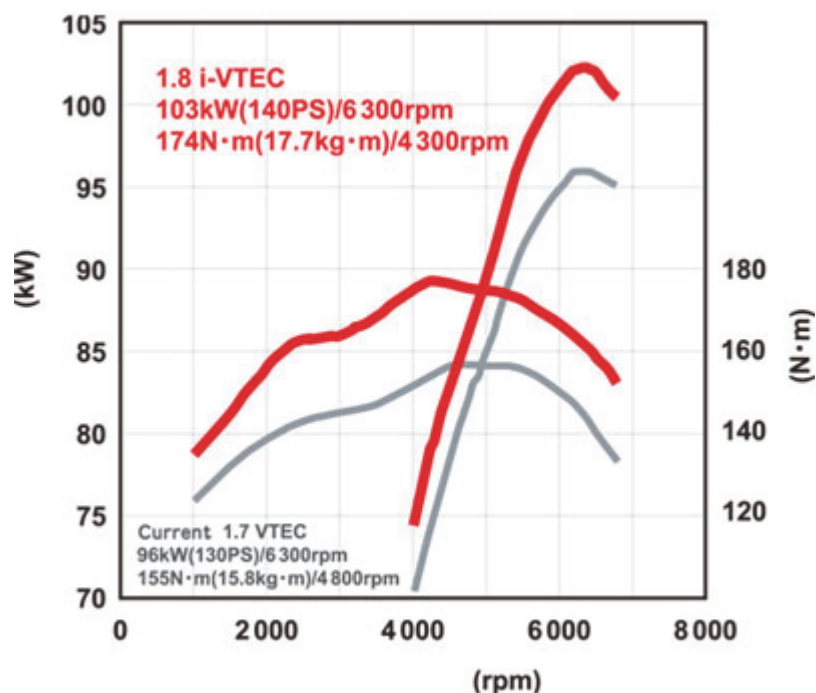
Jedná se o systém, kterým jsou vybaveny nejnovější generace motorů společnosti Honda. První motor, který využíval systém i-VTEC, byl využit v MPV modelu Steam a nesl tovární označení K20A. I když se nejedná o vysoce výkonný agregát typu B16Ax nebo F20C2, i přesto jde o motor s průlomovou konstrukcí variabilního rozvodu. Inženýři společnosti Honda se v tomto případě zaměřili především na spotřebu paliva, emisní limity a optimální průběh krouticího momentu než na dosažení vysokého



Obr. 19. Ukázka částečného konstrukčního řešení systému i-VTEC [16]

výkonu. Jelikož se jedná o poslední „dokonalou“ verzi systému VTEC, je zřejmé, že se v ní projeví prvky (principy) předchozích systémů/rozvodů, jako je VTEC-E, DOHC VTEC, a dokonce i VTC (z angl. Variable Timing Control). Díky kombinaci všech těchto systémů v jeden celek došlo ke vzniku ojedinělého agregátu, který se může chlubit svou výjimečnou úsporou a výkonem zároveň. Důkazem toho může být motor 2.0 DOHC i-VTEC, který v porovnání s běžným dvoulitrovým motorem vykazuje přibližně o jednu pětinu nižší spotřebu paliva, a dokonce má ještě o cca 10 % nižší hmotnost.

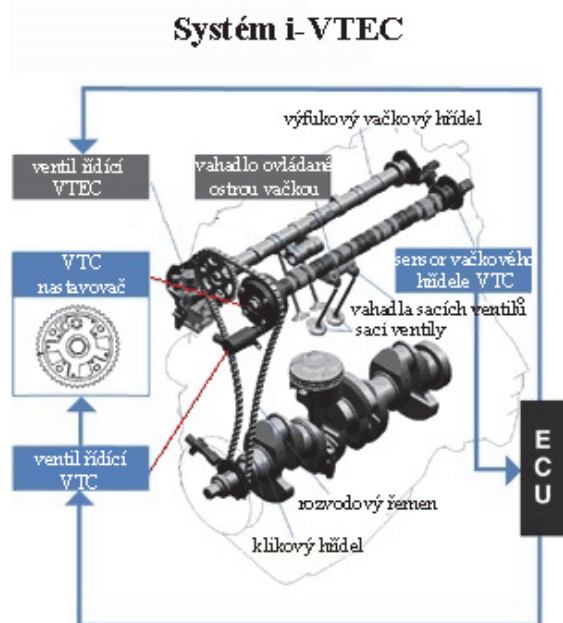
Zjednodušeně se vlastně jedná o rozvod DOHC VTEC, který je doplněný systémem VTC, jenž zajišťuje plynulé natáčení vačkového hřídele sacích ventilů. Zabudovaný VTC systém zároveň umožňuje měnit vzájemné překrytí (překrytí je doba, při které jsou současně otevřeny sací i výfukové ventily) sacích a výfukových ventilů, což je podstatné v momentě, kdy chceme dosáhnout vyváženého chodu motoru v nízkých a středních otáčkách (jedná se o malé překrytí ventilů). Pokud ale budeme chtít dosáhnout maximálního výkonu při maximálních otáčkách, budeme muset mít zajištěno větší překrytí ventilů, což bohužel povede k ne příliš klidnému chodu motoru.



Obr. 20. Porovnávací graf klasického VTEC a i-VTEC systému [16]

Natáčení vačkového hřídele zajišťuje rotační lamelové čerpadlo, které je umístěno na konci sacího vačkového hřídele. Toto čerpadlo je aktivováno řídicí jednotkou, která

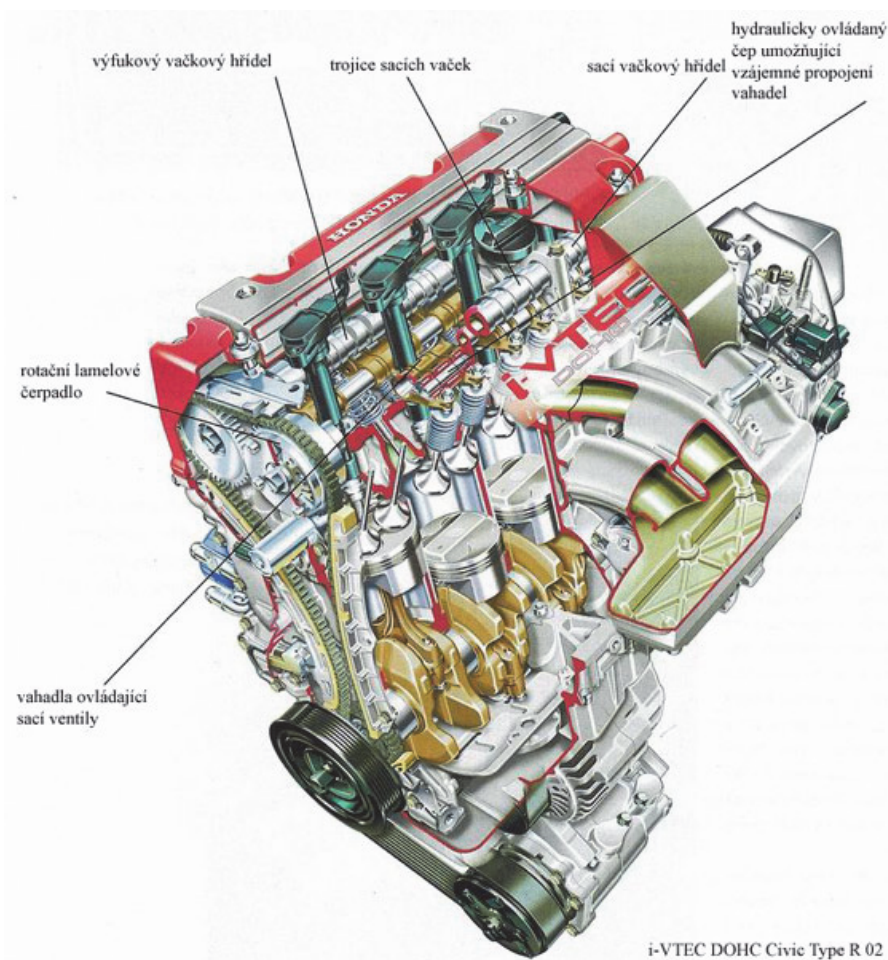
tak činí na podkladě informací z polohových čidel umístěných na obou vačkových hřídelích a klikové hřídeli. Pokud je vačková hřídel natáčena ve směru otáčení, zvyšuje se překrytí ventilů. Naopak při jejím natáčení proti směru otáčení se překrytí ventilů snižuje.



Obr. 21. Schéma kompletního řešení systému i-VTEC [8]

traktem. To však neplatí při vyšších otáčkách, kdy řídicí jednotka otevírá tento ventil a motor využívá účinnější kratší cestu sání.[17]

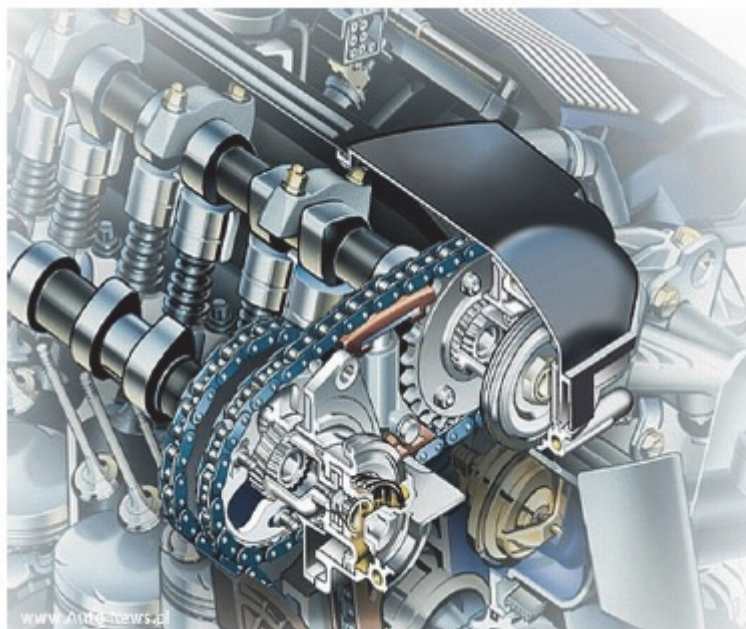
Princip i-VTEC lze rozdělit do čtyř fází. První tři fáze využívají nízkých profilů vaček ovládajících sací ventily a pouze čtvrtá fáze je řízena ostrou vačkou. Ve fázi 1-3 motor pracuje jako VTEC-E. Jeden sací ventil má tedy prakticky nulový zdvih, ten druhý pracuje s plným zdvihem. Toto rozdílné otevření ventilů vyvolává víření směsi a umožňuje motoru pracovat se směšovací poměrem 20 : 1 a více. Tím je dosaženo co nejeфекtivnějšího a neekonomičtějšího spálení směsi. V této fázi nastavuje VTC minimální překrytí ventilů. Ve druhé fázi nastavuje ECU směšovací poměr na hodnoty 14,7-12 : 1. Motor plně využívá recirkulace výfukových plynů, tím je snížen obsah NOx ve výfukových plynech. Ventily dosahují velkého překrytí. Ve fázi číslo tři ECU dynamicky mění překrytí ventilů v závislosti na zatížení motoru v nízkých otáčkách (jízda po dálnici konstantní rychlostí) a točivý moment dosahuje optimálních hodnot. Ve čtvrté fázi využívá motor všech čtyř ventilů. Zdvih ventilů je určován pomocí prostřední vačky, která ovládá prostřední vahadlo. VTC přizpůsobuje překrytí ventilů požadavku dosažení maximálního výkonu a točivého momentu.[17],[8]



Obr. 22. Motor značky Honda s využitím systému i-VTEC DOHC [17]

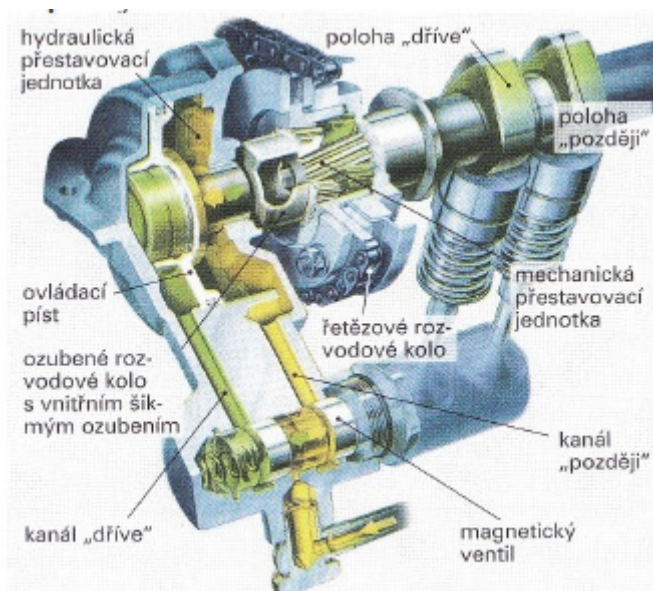
7.1.4 Systém Vanos (Variable NockenwellenSteuerung)

Jedná se o variabilní časování vačkové hřídele ve vozech značky BMW, které tato automobilka představila již v roce 1992, konkrétně v modelu BMW M50. Systém Vanos je kombinací hydraulicko-mechanického zařízení.



Obr. 23. Zobrazený systém Vanos od BMW [20]

Systém pracuje s mechanismem, který je schopen upravovat pozici vačkové hřídele

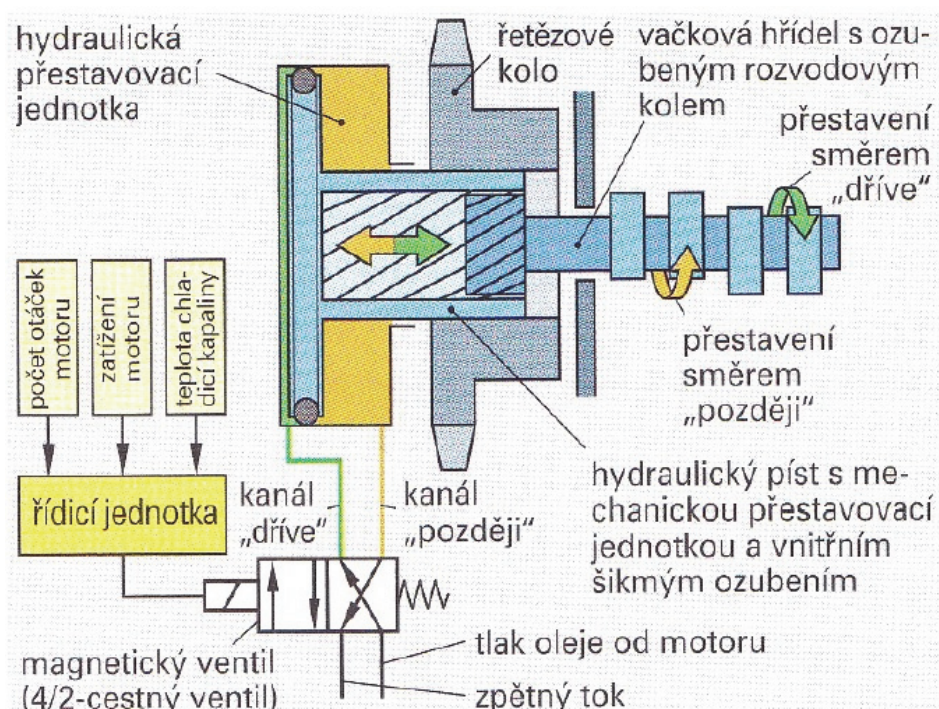


Obr. 24. Konstrukční řešení systému Vanos [20]

sacích ventilů vzhledem k otáčkám a poloze plynového pedálu, čímž dochází k posuvům sacích ventilů vůči klikovému hřídeli až o 42°. Nejpodstatnějšími částmi celého systému (obr. 24) je hydraulická přestavovací jednotka, mechanická přestavovací jednotka a magnetický ventil pro hydraulické ovládání.

Systém Vanos pracuje tak, že kliková hřídel pohání ozubené kolo na výfukové vačkové hřídeli.

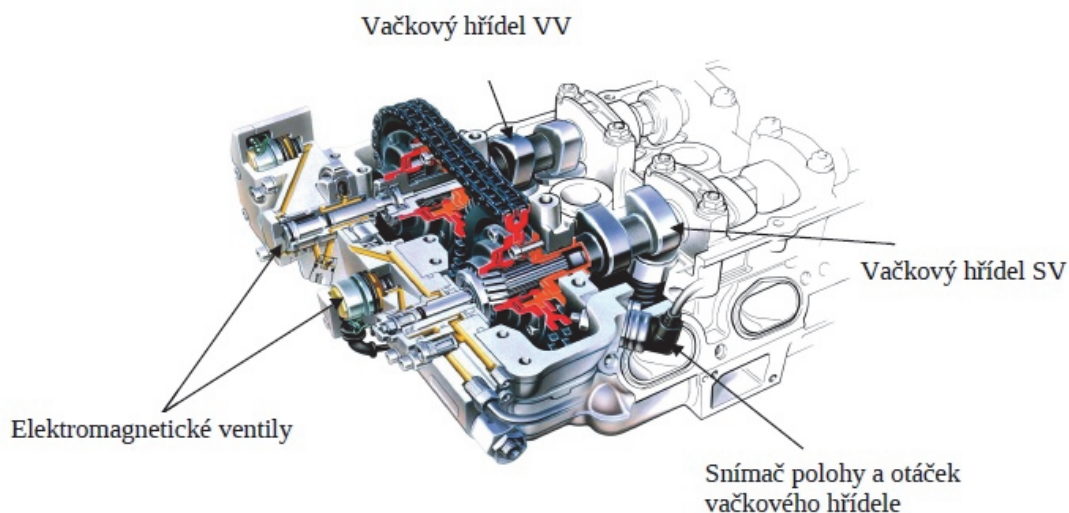
Zároveň druhá řada zubů pohání druhý řetěz, který vede přes vačkovou hřídel sacích ventilů. Velké ozubené kolo, které má vnitřní šikmé ozubení, je sice na sací vačkové hřídeli, ale není s ní pevně spojeno. Na konci vačkové hřídele je vnější šikmé ozubení, které má ovšem menší průměr roztečné kružnice, a nezapadá tak do přímého záběru s vnitřním ozubením velkého ozubeného kola. Vlastní spojení je provedeno malým kovovým mezikroužkem, který má šikmé ozubení na vnější i vnitřní straně a zabírá s vačkovou hřídelí i poháněcím kolem. Změna časování je prováděna axiálním pohybem mezikroužku, jenž je ovládán hydraulickým mechanismem řízeným řídicí jednotkou motoru. Při volnoběhu je časování vačkové hřídele zpoždováno. Při přechodu z volnoběžných otáček ovládá řídicí jednotka elektromagnetický ventil přívodu tlakového oleje. Jeho tlakem se ozubený mezikroužek posune a změní časování v průměru až o 12,5 stupně. [11]



Obr. 25. Funkční schématické celého systému Vanos [20]

7.1.4.1 Double Vanos BMW

Se systémem Double-VANOS přišla automobilová společnost BMW v roce 1997 a jedná se „pouze“ o vylepšený systém Vanos. Oproti klasickému systému Vanos, který ovládal pouze časování sacích ventilů, nový Double-Vanos ovládá jak hřídel sacích ventilů, tak i hřídel výfukových ventilů.



Obr. 26. Konstrukční schéma systému Double-Vanos společnosti BMW [20]

Oproti svému předchůdci má nový Double-Vanos podstatně větší rozmezí pro nastavení sacích i výfukových ventilů (30° proti 21° , tedy 60° proti 42° natočení klikového hřídele). Systém Double-Vanos je řízen řídicí jednotkou motoru prostřednictvím elektromagnetických ventilů.

Vačky jsou vybaveny elektro-hydraulickým mechanismem umožňujícím pootáčení vačky z její základní polohy podle potřeb řídicí jednotky prostřednictvím elektromagnetických ventilů, což umožňuje plynulou regulaci. Díky této plynulé regulaci dochází k výraznému nárůstu krouticího momentu v celém spektru provozních otáček a zároveň dochází i ke snížené spotřebě paliva a emisí.

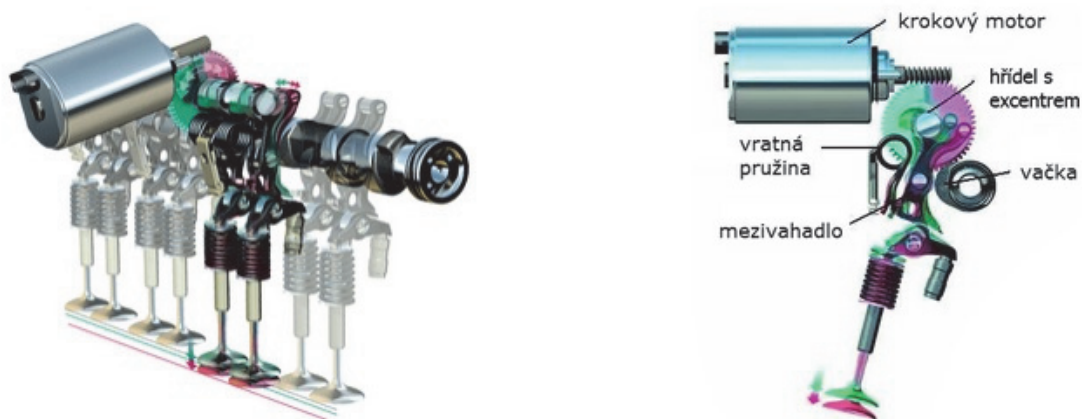
V režimu nízkých otáček dochází ke změně polohy vačkového hřídele, čímž se zpozdí otevření ventilů. Jakmile dojde k nárůstu otáček motoru, dojde zároveň k dřívějšímu otevření ventilů, a tím opět dojde k nárůstu krouticího momentu, snížení

spotřebovaného paliva i emisí. Pokud se ale motor dostane do režimu vysokých otáček, dojde k pozdějšímu otevření ventilů, protože bude vyžadována „plná“ dávka paliva.

Asi největší výhodou systému Double-Vanos je, že dokáže řídit množství výfukových plynů, které jsou přiváděny zpět do sacího potrubí, což umožňuje katalyzátoru rychleji dosáhnout ideální provozní teploty.

7.1.4.2 Valvetronic BMW

Jedná se o plně variabilní ventilový rozvod, který automobilová společnost BMW představila v roce 2001. A že je to opravdu kvalitní systém, dokazuje i fakt, že v tomtéž s ním společnost BMW vyhrála druhé místo na prestižní mezinárodní soutěži o motor roku. Díky plné variabilitě zdvihu ventilů si mohli konstruktéři společnosti BMW dovolit „odstranit“ škrticí klapku. Podle společnosti BMW tak došlo k úspoře 10 % (vztaženo na jízdní cyklus ECE) paliva. I když motory se systémem Valvetronic škrticí klapku stále ve své konstrukci mají, má tato pouze funkci jakési pojistky, kdyby došlo k nějakému selhání systému (jinak je stále otevřená). Díky tomu, že byla klapka nahrazena plnou variabilitou, docílilo se odstranění ztrát vzniklých turbulentním prouděním přes onu škrticí klapku. Dosáhlo se také rychlejší odezvy při sešlápnutí plynového pedálu. Nyní je pouze jediný faktor ovlivňující dodávání množství směsi do válců – zdvih sacích ventilů.



Obr. 27. Konstrukční řešení variabilního časování VALVETRONIC od BMW [9]

I když se má jednat o zcela nový druh systému, je Valvetronic kombinací systému Double-Vanos, kde právě Double-Vanos mění polohu vačkové hřídele vůči klikové hřídeli (a to až o 60°) a elektromechanického zařízení (krokový motor, obr. 27), které má za úkol plynule řídit zdvih sacích ventilů. Rychlost, s jakou dokáže měnit zdvih

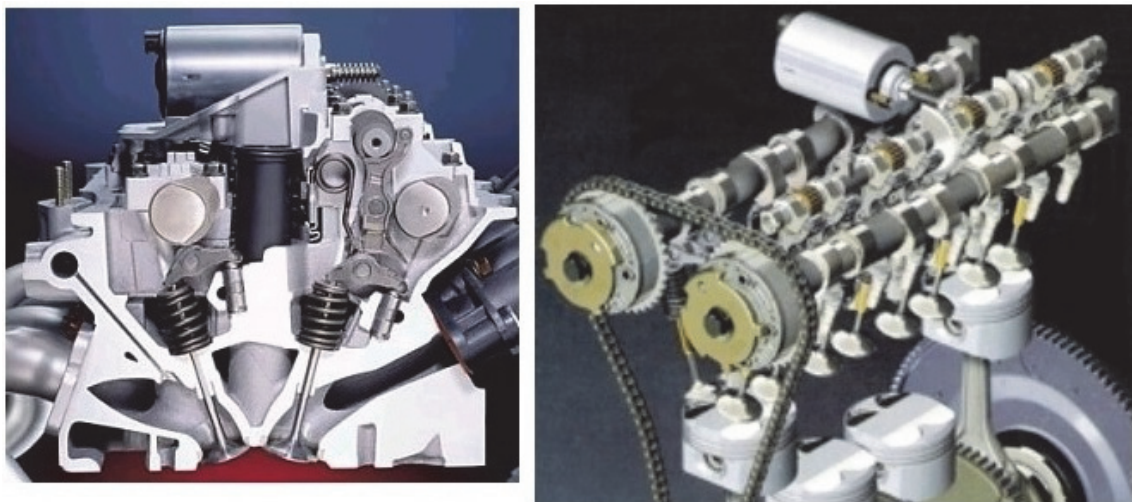
ventilů, je až ohromující. Změna nastavení z minimálního zdvihu, který je 0,3 mm, až na maximální zdvih 9,7 mm zvládne za pouhých 0,3 sekundy. Za ten samý okamžik dokáže změnit polohu i vačkové hřídele.

Popis funkce [9]:

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, který je přímo napojen na krokový motor.

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.

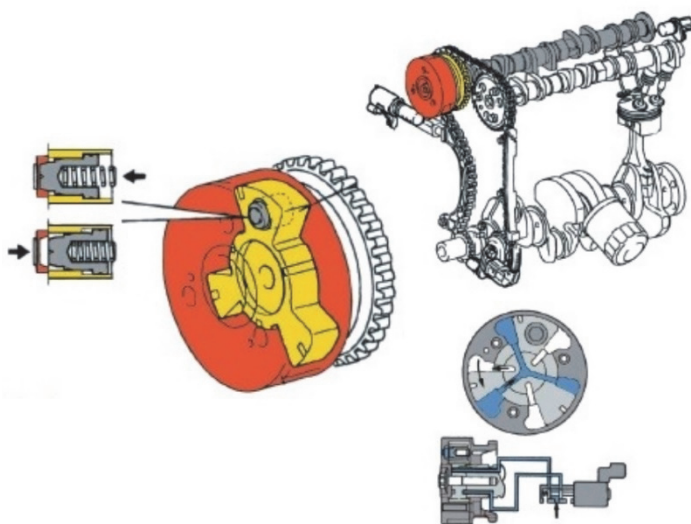


Obr. 28. Systém Double-Vanos a Valvetronic od BMW

7.1.5 VVT-i (Variable Valve Timing – intelligent)

Systém variabilního časování ventilů s továrním označením VVT-i využívá ve svých motorech automobilová společnost značky TOYOTA.

Systém VVT-i umožňuje nastavení vačkové hřídele v širokém rozsahu, a to až 60° na klikové hřídeli. Ovládací jednotka systému VVT-i je složena z tělesa poháněného rozvodovým řetězem a lamelovou částí spojenou s vačkovou hřídelí sacích ventilů. Přivedením tlakového oleje do komory pro uspíšení nebo zpomalení časování dochází k otáčení lamelové části, a tím k plynulé změně časování ventilů. Při vypnutí motoru dochází vlivem ztráty tlaku oleje a vnějších sil k otáčení vačkové hřídele do polohy největšího zpoždění. Pevná poloha pro další start je v tento okamžik zajištěna pomocí kolíku, který zamezí dalšímu pohybu lamelové části vůči poháněnému tělesu. Po



Obr. 29. Znáznornění celého systému VVT-i [11]

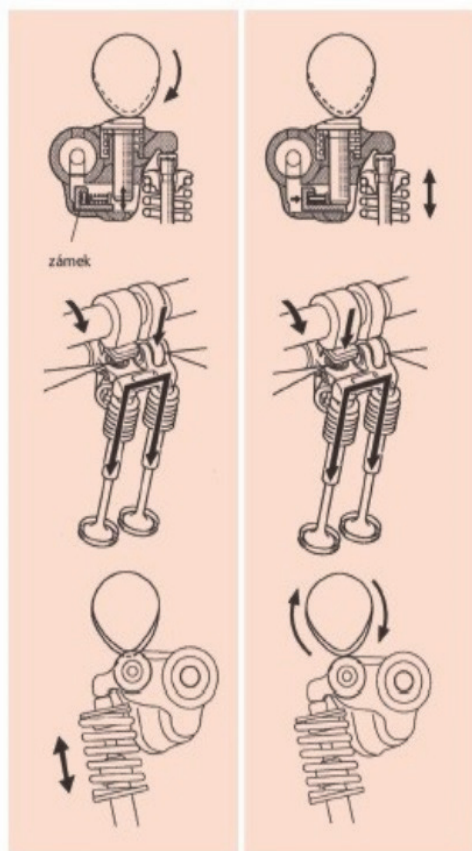
spuštění motoru je tento zajišťovací kolík odblokován tlakovým olejem. Vlastní řízení přívodu ovládacího oleje zajišťuje řídicí jednotkou ovládaný elektromagnetický rozváděč. Během volnoběžných otáček dochází ke zpožděnému otevření sacích ventilů, tím se omezuje překrytí, snižuje se profuk do sání, a tím dojde ke

stabilizování otáček. Při nízkém zatížení motoru dochází k regulaci snižováním překrytí ventilů. Zabezpečuje se tak stabilita chodu motoru. Při středním zatížení se naopak překrytí ventilů zvyšuje, čímž se zvyšuje i vnitřní recirkulace výfukových plynů. Při vysokém zatížení motoru a nízkých až středních otáčkách dochází ke zkracování doby, kdy jsou sací ventily otevřeny v okamžiku pohybu pístu do dolní úvratě. Zlepšuje se tak průběh krouticího momentu. Ve vysokých otáčkách a při velkém zatížení motoru se naopak doba otevření sacích ventilů při kompresním zdvihu prodlužuje. V tomto okamžiku se tak zlepšuje výkon motoru. [8], [10]

7.1.5.1 VVTL-i (Variable Valve Timing and Lift – intelligent)

Jedná se o systém, který přímo vychází z již zmiňovaného systému VVT-i, ale svým principem funkce velice připomíná systém variabilního časování ventilů společnosti

Honda VTEC. Rozdílem oproti VVT-i je, že systém VVTL-i umožňuje větší zdvih ventilů využitím druhé vačky s větším profilem.

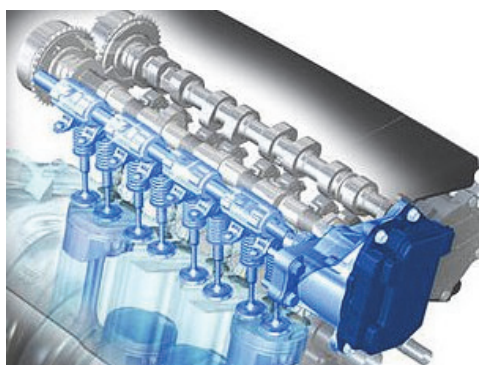


Obr. 30. Zobrazení funkce zámku vymezující vůli [11]

Při nízkých a středních otáčkách motoru (pod 6 000 ot/min) nedochází ke změně zdvihu ventilů, ale větší vačka i přesto funguje. Pouze dochází k tzv. stlačování naprázdno (volný pohyb vahadla). Pokud se motor dostane nad hranici 6 000 ot/min, což je systémem považováno za režim při vysokých otáčkách, je do stavěcího mechanismu vahadla přiveden tlakový olej, který zámkem vymezí vůli pod kolíkem (obr. 28) a větší vačka začne pohybovat celým vahadlem. Pokud naopak dojde k poklesu otáček pod zmíněnou hranici, tedy

zpět na režim středních, případně nízkých otáček, dojde k přerušení přívodu tlakového oleje a zabudovaná vratná pružina uvolní zámek.

Valvematic TOYOTA



Obr. 31. Systém Valvematic TOYOTA [9]

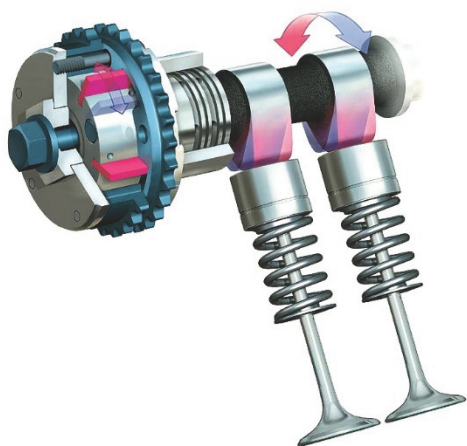
v konstrukci je, ale je nečinná.

Přestože se jedná o systém vyvinutý společností TOYOTA (2008), nejde si nevšimnout výrazné podobnosti se systémem Valvetronic od firmy BMW. Nepatrný rozdíl je v tom, že Valvetronic (BMW) nastavuje pozice sací vačky pomocí excentru, zatímco Valvematic (TOYOTA) tyto polohy sacího ventilu nastavuje pomocí druhé vačky (mělo by se tedy jednat o jednodušší konstrukční provedení). Co se týče škrticí klapky, stejně jako u BMW sice

7.1.6 VarioCAM

Jedná se o systém variabilního časování ventilů, který využívá automobilová společnost Porsche, ale dá se také najít v některých modelech společnosti Škoda (Škoda Octavia 1,8 I, 20V). Ačkoliv obě společnosti využívají stejný název pro systém variabilního časování ventilů, tak i přesto mají odlišnou konstrukci.

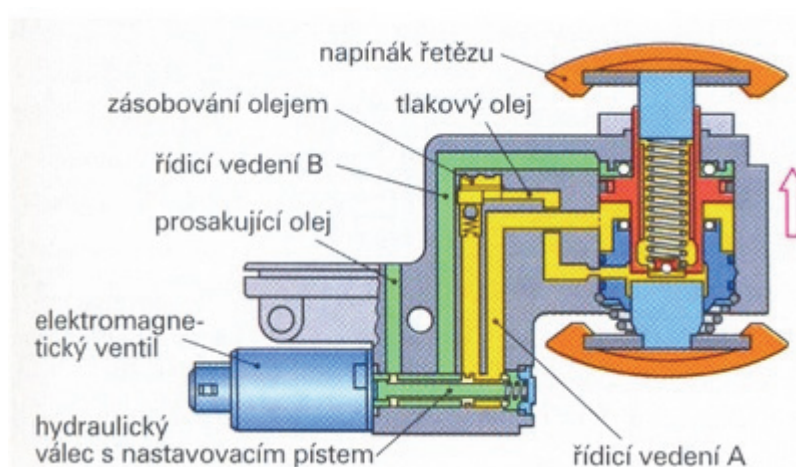
Variabilní časování ventilů systémem VarioCAM probíhá využitím fázového natočení vačkového hřídele sacích ventilů až o 30°. Toto natočení zajišťuje dvoustavový hydromotor se stavitelným napínákem řetězu. Využitím stavitelného napínáku je od klikového hřídele přímo poháněn vačkový hřídel výfukových ventilů.



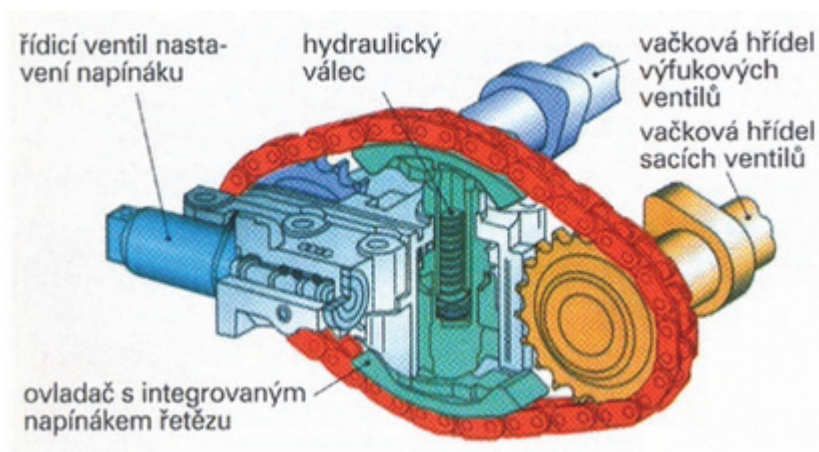
Obr. 32. Systém VarioCAM (Porsche) [9]

Obvykle z jeho zadní strany je krátkým řetězem přes stavitelný napínák poháněn vačkový hřídel sacích ventilů. Při nízkých otáčkách je řídicím vedením **A** (obr. 33) přiváděn tlakový olej pod píst a napínák je tlačěn nahoru do polohy „později“. Po přepnutí elektromagnetickým ventilem (např. při 2000.min⁻¹) je tlakový olej přesměrován do řídicího vedení **B** (obr. 33) a stlačí napínák dolů.

Dolní větev řetězu se prodlouží, horní zkrátí a vačkový hřídel sacích ventilů se pootočí do polohy „dříve“. [21]



Obr. 33. Hydraulické nastavení napínáku řetězu (Škoda auto) [21]



Obr. 34. Schéma stavitelného napínáku řetězu (Škoda auto)[21]

Systém časování ventilů VarioCAM nefunguje jako plynulá regulace otevírání ventilů, ale jedná se o stupňovitou změnu. Tato změna navíc probíhá ve třech předem definovaných fázích:

1) V oblasti nízkých otáček (do 2 000 ot/min)

Dochází tu k menšímu překrytí ventilů (sací ventil otevírá později) a poměrně malému návratu výfukových plynů zpět do sání.

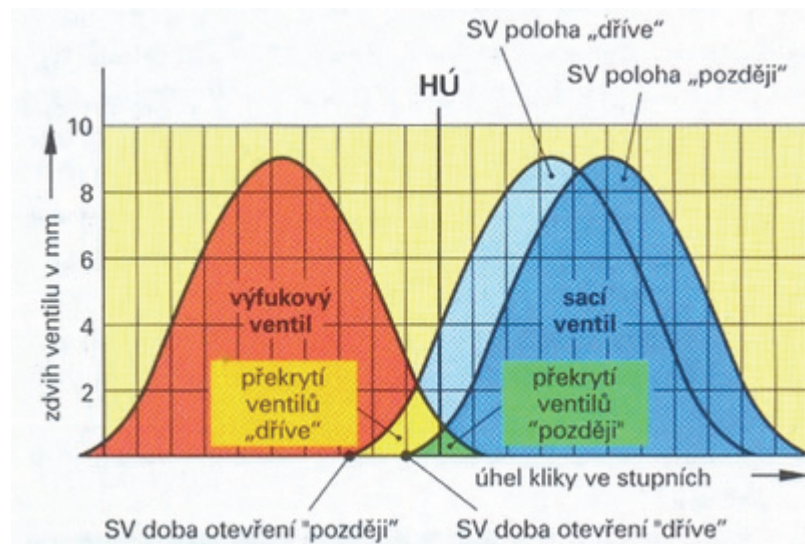
2) V oblasti středních otáček (od 2 000 do 5 000 ot/min)

Dojde k pootočení vačkového hřídele sacích ventilů o určitý úhel úhlu klikového hřídele do polohy „dříve“. Tím dojde k předčasnému uzavření sacích ventilů. Sací ventily se zavřou dříve za dolní úvrať a písty, které se pohybují nahoru, a nevracejí do sání žádný vzduch nebo směs. Točivý moment se výrazně zlepší. V oblasti překrytí ventilů, díky malé rychlosti nasávaných nebo vháněných plynů, se dostane do sání i část výfukových plynů. Ty jsou pak nasávány do válce a nastává tzv. vnitřní recirkulace výfukových plynů. Ta snižuje teplotu při spalování, a tím i k produkci oxidů dusíku – NOx. To je výhodné zejména pro vznětové motory a zážehové motory s přímým vstřikem paliva.[21]

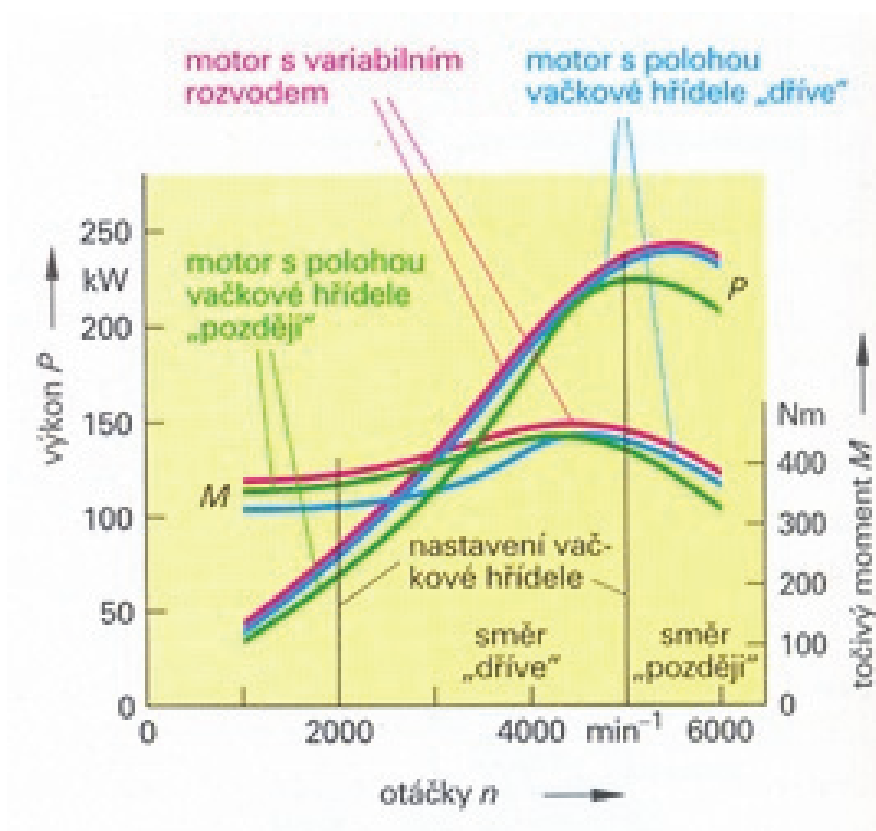
3) V oblasti vysokých otáček (nad 5 000 ot/min)

Vačková hřídel se pootočí směrem „později“. Tím dojde k uzavření sacích ventilů daleko za dolní úvrať. To v kombinaci s vysokými otáčkami způsobuje, že dochází k nárůstu rychlosti vzduchu nebo směsi při sání a to i přesto, že je píst v kompresním

zdvihu. Díky tomu všemu dochází ve válci k přeplňování, což vede k žádoucímu a potřebnému nárůstu výkonu i krouticího momentu v této provozní oblasti.



Obr. 35. Graf fázového posunutí ventilů (Škoda auto)[21]



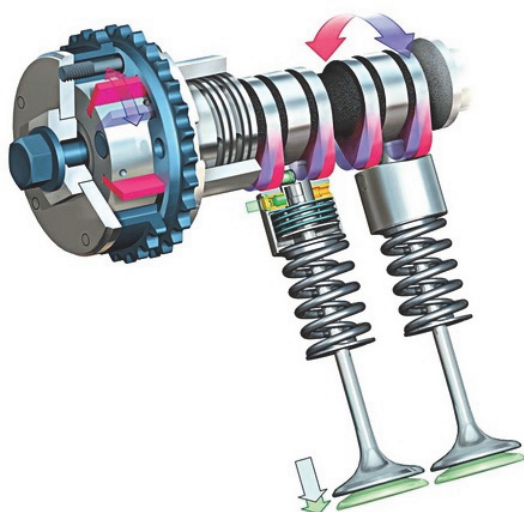
Obr. 36. Charakteristika motoru s VarioCAM (Škoda auto)[21]

7.1.6.1 VarioCAM – Plus

Jde o zdokonalený systém klasického systému VarioCAM. Tento systém navíc dovoluje změnu velikosti zdvihu sacích ventilů díky speciálně dělené vačce.

Při nízkých otáčkách motoru ventily otevírají střední vačky, a to se zdvihem 3 mm. Pokud se motor dostane do režimu vysokých otáček, o zdvih ventilů se starají krajní vačky a ventily se dostanou do maximálního zdvihu 10 mm. Tak dojde téměř k dvojnásobnému nárůstu krouticího momentu.

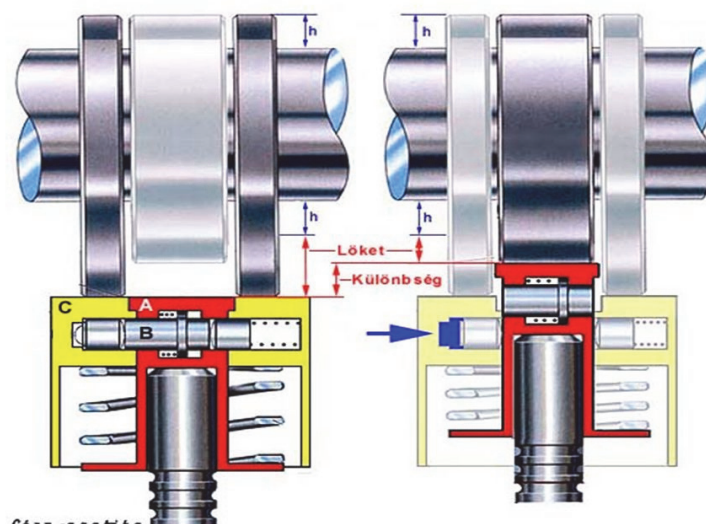
Přepínání probíhá nepozorovaně řídicí jednotkou, která se vyznačuje vysokým výkonem.



Obr. 37. Systém VarioCAM Plus (Porsche)[9]

Výsledek: spontánní zrychlení, vyvážený běh motoru. Systém změny zdvihu sacích ventilů je tvořen speciálními hrníčkovými zdvihátky, ovládanými elektrohydraulicky řízeným ventilem. Zdvihátka jsou tvořena dvěma samostatnými zdvihátky, vnitřním a vnějším, která lze vzájemně propojit čepem (obr. 38). Přitom sací ventily ovládá buď velká vačka působící na vnější zdvihátko, nebo malá vačka působící na vnitřní zdvihátko. Změna časování sacích ventilů probíhá plynule pomocí

lopatkového seřizovače polohy vačkového hřídele umístěného na čelní straně vačkového hřídele. Řízení probíhá přes elektrohydraulický regulační ventil.[22]



Porsche „Variocam Plus“

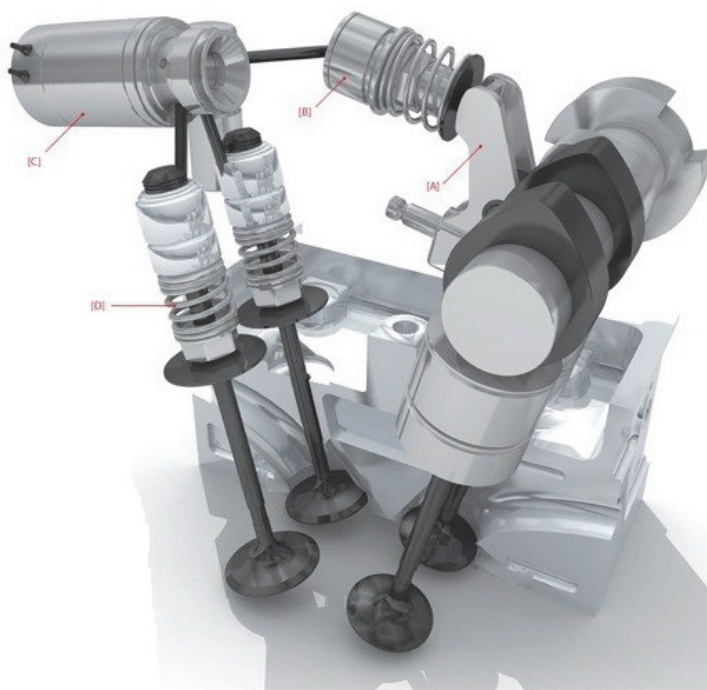
Obr. 38. Zdvihátka [31]

7.1.7 Fiat MultiAir

Jedná se o elektrohydraulický systém k ovládní sacích ventilů a přímého řízení sání a spalování vzduchu pro každý válec a jeho jednotlivé zdvihy.

Cílem bylo dosáhnout kýžené pružnosti otevírání sacích ventilů a řízení hmotnosti nasávaného vzduchu pro každý válec a jednotlivé zdvihy.

Elektrohydraulické variabilní časování ventilů vyvinuté Fiatem bylo použito pro svoji relativní jednoduchost, nízké energetické nároky, přirozené protiporuchové vlastnosti a nízké náklady.



Obr. 39. Systém MultiAir [30]

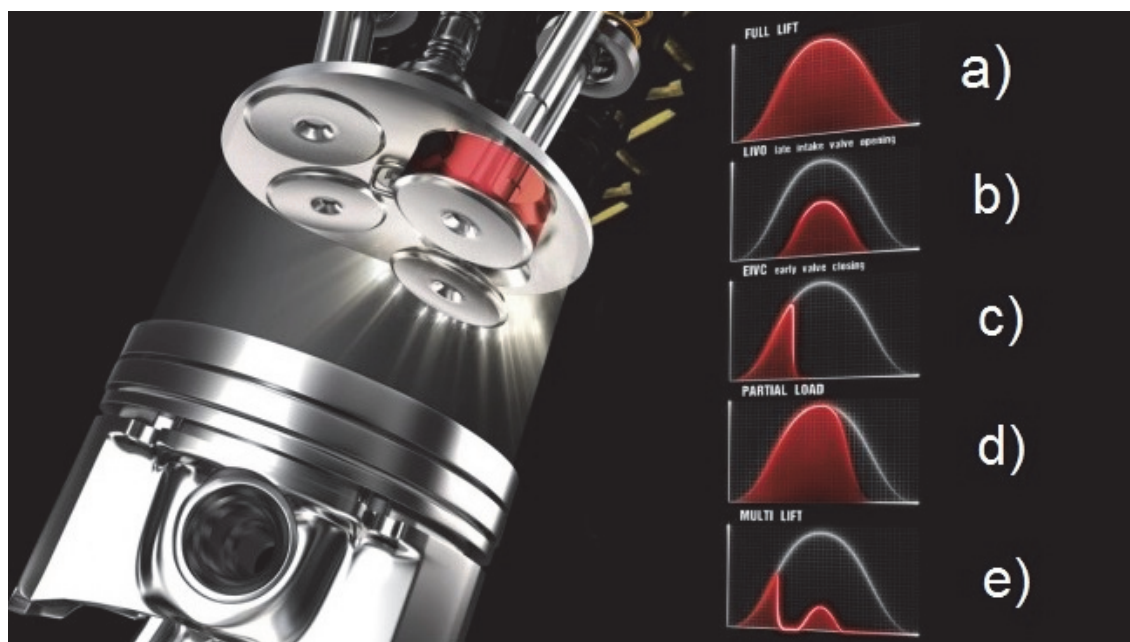
Technologie MultiAir je univerzální a snadno použitelná u všech zážehových motorů s budoucím uplatněním i ve vznětových motorech. MultiAir zajišťuje řízení plnění motoru vzduchem bez pomoci škrticí klapky s větší pružností v porovnání s konvenčními motory s mechanickým systémem

ovládání ventilů. Elektrohydraulický systém ovládní 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.[23]

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. Různé strategie (EIVC, Early Intake Valve Closing – dřívější zavírání sacích ventilů; LIVO, Late Intake Valve Opening – pozdější otevírání

sacích ventilů) mohou být použity pro optimalizaci účinnosti spalování s významným přínosem v oblastech výkonu, točivého momentu, spotřeby a emisí.[23]

Díky konstantnímu tlaku vzduchu v sacím potrubí a vysoké dynamice ovládání systému (z částečného zatížení do plného během jednoho cyklu) je odezva točivého momentu velmi rychlá, a to jak u atmosférických, tak přeplňovaných motorů.[23]



Obr. 40. Režimy sacích ventilů [27]

- a) Maximální otevření sacích ventilů pro dosažení maximálního výkonu
- b) Snížený zdvih ventilů v režimu volnoběhu
- c) Předčasné uzavření sacích ventilů pro režim nízkých otáček
- d) Částečné otevření ventilů pro standardní provoz
- e) Tzv. Multi lift – určeno pro úspornou jízdu ve městě

8 Vývojové tendence

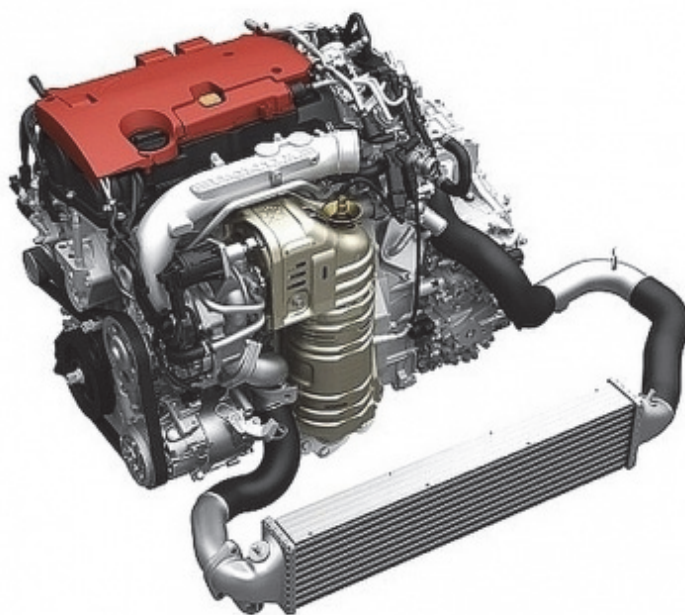
8.1 VTEC – DI

Jedná se systém od automobilové společnosti HONDA, který má být schopný přímého vstřikování benzínu a zároveň schopný spalovat extrémně chudé směsi v poměru až 65 : 1.

8.2 VTEC Turbo

Podle slov společnosti Honda, které pronesla na Detroitském autosalonu, se jedná o motory se systémem VTEC, které budou doplněny o turbodmychadlo. To má být podle všeho nastaveno tak, aby podporovalo motor především v nízkých a středních otáčkách, aby se motor pohyboval v oblasti s největším relativním výkonem.

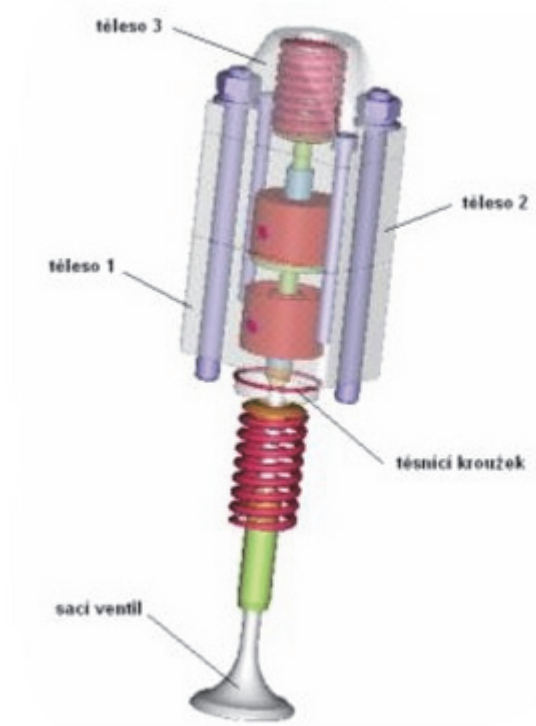
Bohužel společnost Honda k tomuto tématu nebyla až natolik vstřícná, aby se dalo zjistit více technických informací. Mluvčí společnosti Honda ovšem dodali, že by se tento motor měl objevit na trhu již v roce 2016.



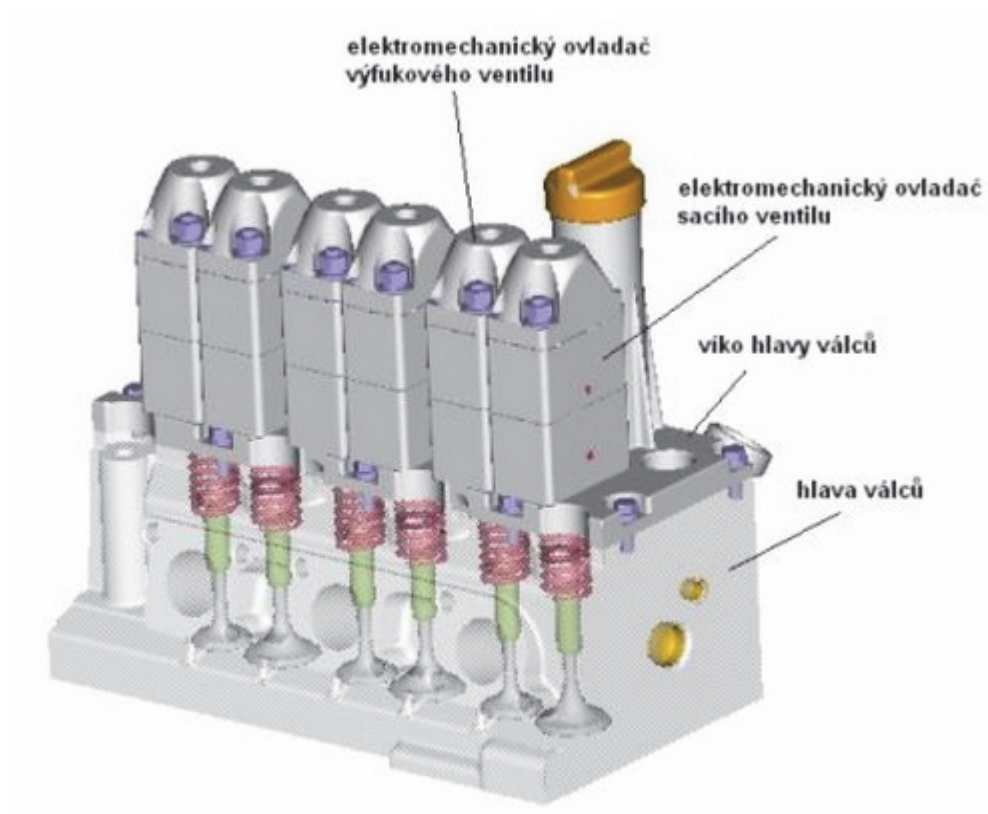
Obr. 41. Motor VTEC Turbo společnosti Honda [25]

8.3 Elektromagnetické ovládání ventilů

Ani v případě tohoto řešení není použito vačkové hřídele. Pohyb ventilu řídí elektromagnety (např. systém EVA – Elektromagnetic Valve Actuator). Ventil, jenž je opatřen pružinami, je posouván elektromagnety. Ty působí na jádro spojené s ventilem. V závislosti na podmínkách chodu motoru řídí elektronika dobu otevření a zdvih ventilu. Uvedený systém je méně náročný na prostor a má široké možnosti nezávislého řízení jednotlivých ventilů. V sériové výrobě se systém zatím neobjevil, protože je problematické přesné umístění ventilu. Nevýhodou je také velký napájecí proud, okolo 42 V.



Obr. 42. Elektromagnetická jednotka [29]



Obr. 43. Elektromagnetický systém [29]

8.4 Elektrohydraulické ovládání ventilů

Uvedený systém, který pracuje bez vačkového hřídele, vyvinula firma DaimlerChrysler. Pomocí elektronicky řízeného elektrohydraulického systému jsou sací i výfukové ventily ovládány samostatně a nezávisle, čímž se může spotřeba paliva snížit až o 10 %. Zároveň dochází ke snížení obsahu škodlivin ve výfukových plynech a možnosti účinnějšího brzdění motorem. Umožňuje vypínání válců vzhledem k provozním podmínkám.



9 Závěrečné zhodnocení

Ačkoli původní záměr práce byl detailně zmapovat veškeré systémy variabilního časování ventilů, ukázalo se, že jich existuje takové množství, že na jejich podrobné zpracování by bylo zapotřebí nejen mnohem více času, ale práce by zároveň svým rozsahem a encyklopedickým charakterem zájemce o danou problematiku spíše odradila. Proto práce přibližuje pouze vybrané systémy variabilního časování ventilů spalovacího motoru.

Ventilové rozvody jsou složitou problematikou. Bližší zkoumání ukázalo, že spousta systémů pracuje na velmi podobném principu při takřka totožné konstrukci. Na spalovací motory jsou kladeny stále vyšší požadavky – ať už v oblasti spotřeby paliva, výkonu či vytvářených emisí jako vedlejšího produktu.

Mezi výhody systémů variabilního časování ventilů patří především dosažení vysokého výkonu i krouticího momentu, výrazná úspora paliva, výrazné snížení škodlivin ve výfukových plynech díky přesnému dávkování směsi v určitých provozních režimech (otáčkách).

Jednoznačnými nevýhodami jsou mnohdy složitá konstrukční řešení, jejichž výsledkem jsou vysoké ceny, a obrovské náklady na vývoj kvalitnějších systémů. Přesto vývoj variabilních systémů neustále pokračuje. V budoucnosti se totiž díky plnění emisních limitů mohou stát nutnou součástí spalovacích motorů.

Nelze s jistotou předvídat, jak rychle bude vývoj v oblasti bezvačkových rozvodových mechanismů pokračovat. Je pravděpodobně záležitostí několika let, než se rozjedeme sériově výroba. A to i přes jednoznačné výhody – spolehlivost, ekonomičnost a dlouhověkost systémů.

10 Zdroje

- [1] HEISLER, H.: *Advanced Engine Technology*. SAE International, First edition, 1995. ISBN 1-56091-734-2.
- [2] DRÁPAL, L.: *Variabilní ventilové rozvody*. VUT, Brno 2007
- [3] Gscheidler, R. K.: *Příručka pro automechanika*. Praha 2007, 3. vydání
- [4] Vlk, F.: *Příslušenství vozidlových motorů*. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2002.
- [5] Richard van Basshuysen, Fred Schäfer: *Internal Combustion Engine Handbook - Basic, Components, Systems, and Perspectives*. Vieweg Verlag, Germany 2002. ISBN 0-7680-1139-6.
- [6] MACEK, J., SUK, B.: *Spalovací motory I*. ČVUT, Praha 1994.
- [7] BEROUN, S., PÁV, K.: *Vybrané statě z vozidlových spalovacích motorů*. Liberec 2013.
- [8] [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z:
<<http://www.hondaclub.cz>>
- [9] [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z:
<<http://www.autolexicon.net/cs/articles/vtec-variable-valve-timing-and-lift-electronic-control/>>
- [10] [online]. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z:
<http://www.b18c5eg.com/VTEC/3stagevtec.html>
- [11] [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z:
<http://www.spsvitkovice.cz/texty/texty/PRA/Diagnostika_II.%204.%20ro%C4%8Dn%C3%ADk_zkratky%204-UT.pdf>
- [12] [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=zA_19bHxEYg>
- [13] [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z:
<http://www.bmw.cz/cz/cs/insights/technology/technology_guide/articles/mm_valvetronic.html?article=mm_valvetronic&source=intro&>
- [14] [online]. [cit. 2015-06-04]. Dostupné z:
<<http://world.honda.com/CIVIC/technology06/>>
- [15] [online]. [cit. 2015-06-04]. Dostupné z:
<<http://asia.vtec.net/spfeature/vtecimpl/vtec1.html>>

- [16] [online].[cit. 2015-06-05]. Dostupné z:
<<http://enginesecret.blogspot.cz/2011/07/sohc-i-vtec-vs-dohc-i-vtec-info-and.html>>
- [17] [online].[cit. 2015-06-05]. Dostupné z:
<<http://www.procivic.ru/honda/dohc-i-vtec-vtc-technology/>>
- [18] RAUSCHER, J.: *Spalovací motory*. VUT, Brno 1996 (elektronický text), str. 197
- [19] Štengl, M., Šíma, M.: Svět motorů, roč. 2003, č. 21, str. 8
- [20] [online].[cit. 2015-06-05]. Dostupné z:
<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=25&ved=0CEMQFjAEOBQ&url=http%3A%2F%2Fcoptel.coptkm.cz%2Freposit.php%3Faction%3D0%26id%3D43828%26revision%3D-1%26instance%3D4&ei=hRKUVfGHF8qtswGW9LyQBQ&usg=AFQjCNEuDcT8srHDX4x1660MaRTVIHLKiA&sig2=h_cqcWfvKLzK4s3AMq3IqA>
- [21] Gscheidle, R. a kol. : *Příručka pro automechanika*. SOBOTÁLES, Praha 2001, ISBN: 80-85920-76-X. str. 629
- [22] [online].[cit. 2015-06-10]. Dostupné z:
<<http://auto.porsche.cz/o-porsche/porsche-a-zivotni-prostredi/technologie/variocam-plus>>
- [23] [online].[cit. 2015-06-15]. Dostupné z:
<<http://www.fiat.cz/technologie/multiair/popis/>>
- [24] [online].[cit. 2015-06-15]. Dostupné z:
<http://www.google.cz/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2Fwww.alfaromeo.dk%2Fdk%2Fmodeller%2Fmito%2Fmotorer%2Ftwinair-turbo-85hk&ei=OKSUVbyAFcWdsAHDtbBo&psig=AFQjCNFQnCE6ElaPsTPMCnh3DkUSj_PIEA&ust=1435891066884613>
- [25] [online].[cit. 2015-06-28]. Dostupné z:
<<http://www.autoforum.cz/predstaveni/honda-avizovala-prichod-motoru-vtec-turbo-dorazi-jeste-letos/>>
- [26] [online].[cit. 2015-06-28]. Dostupné z:
<http://3.bp.blogspot.com/-zd6HEbuTQDc/Ugj8auwwyPI/AAAAAAAAAHw/INZq8ROjCZs/s1600/sohc_dohc.jpg>
- [27] [online].[cit. 2015-07-05]. Dostupné z:
<<http://ifaster.cz/totalni-kontrola-nad-vzduchem/>>

- [28] DENĚK, Jan a Bronislav ŽĎÁNSKÝ. *AUTOMOBILY 3: Motory*. 5. vydání. Brno: Advid, spol. s. r. o., 2008. ISBN 978)80)87143)06)3
- [29] [online].[cit. 2015-07-06]. Dostupné z:
< <http://old.kvm.tul.cz/studenti/prezentace/big/JasanskyV.jpg> >
- [30] [online].[cit. 2015-07-06]. Dostupné z:
<<http://www.caranddriver.com/features/fiats-multi-air-valve-lift-system-explained>>
- [31] [online].[cit. 2015-07-06]. Dostupné z:
<http://images.slideplayer.hu/8/2146976/slides/slide_35.jpg>

11 Seznam obrázků

Obr. 1. A) Fázování, B) Doba trvání zdvihu, C) Změna velikosti zdvihu	11
Obr. 2. Grafické znázornění zdvihu na úhlu natočení hřídele [9]	12
Obr. 3. Kruhový diagram variabilního časování	13
Obr. 4. Schéma základního rozdělení systému variabilního časování ventilů	13
Obr. 5. Fázové posunutí systém CVVT	14
Obr. 6. Zobrazení mechanického posouvání vačkového hřídele	14
Obr. 7. Zobrazení fázového posunutí systému MIVEC [9]	15
Obr. 8. Konstrukční provedení systému MIVEC [9].....	15
Obr. 9. Variabilní systém VTEC společnosti Honda [21]	16
Obr. 10. Zobrazení VTEC mechanismu.....	17
Obr. 11. Ovládání ventilů VTEC v nízkých otáčkách [21].....	18
Obr. 12. Ovládání systému VTEC při vysokých otáčkách [21].....	18
Obr. 13. Grafické znázornění zdvihu při nízkých a vysokých otáčkách [21].....	18
Obr. 14. Konstrukční řešení systému DOHC [15]	19
Obr. 15. Motor značky Honda f22b se systémem DOHC VTEC.....	20
Obr. 16. Konstrukční řešení SOHC [26]	21
Obr. 17. Graf závislosti výkonu na otáčkách pro jednotlivé fáze [9]	23
Obr. 18. Schéma funkce třífázového systému VTEC [9].....	24
Obr. 19. Ukázka částečného konstrukčního řešení systému i-VTEC [16].....	25
Obr. 20. Porovnávací graf klasického VTEC a i-VTEC systému [16].....	26
Obr. 21. Schéma kompletního řešení systému i-VTEC [8]	26
Obr. 22. Motor značky Honda s využitím systému i-VTEC DOHC [17]	27
Obr. 23. Zobrazený systém Vanos od BMW [20]	28
Obr. 24. Konstrukční řešení systému Vanos [20].....	28
Obr. 25. Funkční schématické celého systému Vanos [20].....	29
Obr. 26. Konstrukční schéma systému Double-Vanos společnosti BMW [20]	30
Obr. 27. Konstrukční řešení variabilního časování VALVETRONIC od BMW [9]	31
Obr. 28. Systém Double-Vanos a Valvetronic od BMW	32
Obr. 29. Znázornění celého systému VVT-i [11].....	33
Obr. 30. Zobrazení funkce zámku vymezující vůli [11]	34

Obr. 31. Systém Valvematic TOYOTA [9]	34
Obr. 32. Systém VarioCAM (Porsche) [9]	35
Obr. 33. Hydraulické nastavení napínáku řetězu (Škoda auto) [21]	35
Obr. 34. Schéma stavitelného napínáku řetězu (Škoda auto)[21]	36
Obr. 35. Graf fázového posunutí ventilů (Škoda auto)[21]	37
Obr. 36. Charakteristika motoru s VarioCAM (Škoda auto)([21]	37
Obr. 37. Systém VarioCAM Plus (Porsche)[9]	38
Obr. 38. Zdvihátko [31]	38
Obr. 39. Systém MultiAir [30]	39
Obr. 40. Režimy sacích ventilů [27]	40
Obr. 41. Motor VTEC Turbo společnosti Honda [25]	41
Obr. 42. Elektromagnetická jednotka [29]	42
Obr. 43. Elektromagnetický systém [29]	43