



Rozvody spaľovacích motorov a časovanie ventilov

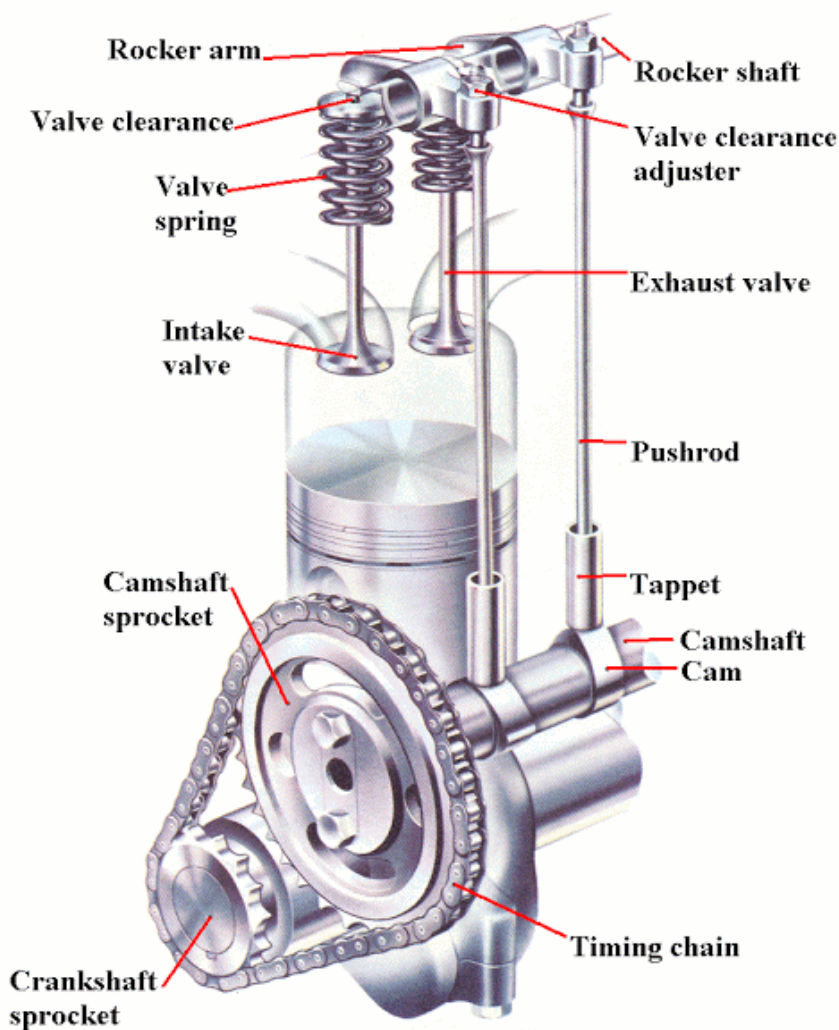
Valve timing chart

Rozvody spaľovacích motorov musia zabezpečiť čo najdokonalejšie vyprázdenie a naplnenia kompresného priestoru valca. Tento proces predieha v presne definovaných časových okamihoch - vzhľadom na pootočenú kľukového hriadeľa (a polohy piesta). Moderné spaľovacie motory požadujú premenlivé časovanie ventilov, ktoré reaguje na zaťaženia motora.

Rozvody spaľovacích motorov sa konštrukčne delia na:

- ventilové
- kanálové
- posúvačové
- kombinované.

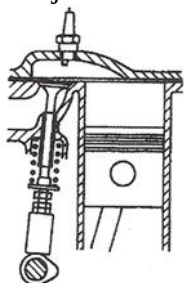
Hlavné časti ventilových rozvodov



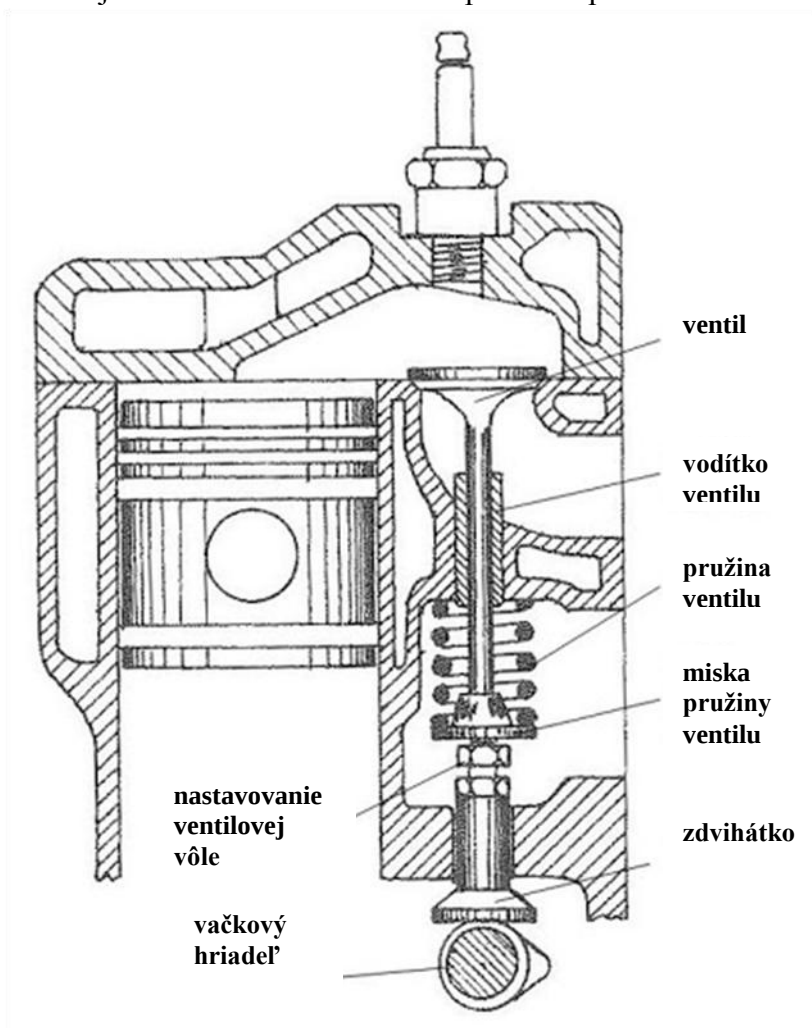


Základné druhy ventilových rozvodov

SV (Side Valves) – vačkový hriadeľ je umiestnený v bloku motora, ventily sú v bloku motora na jednej strane.



Historický prvým druhom ventilových rozvodov bol typ SV. Jednalo sa o konštrukčne veľmi jednoduché riešenie, s malým počtom častí. Nevýhodou je komplikovaný prístup k jednotlivým častiam rozvodu. Najväčšou nevýhodou však je komplikovaný tvar spaľovacieho priestoru, ktorý umožňuje dosahovanie nízkeho kompresného pomeru.





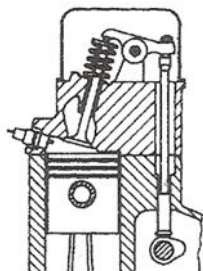
Konštrukcia automobilov

Blok č: 2

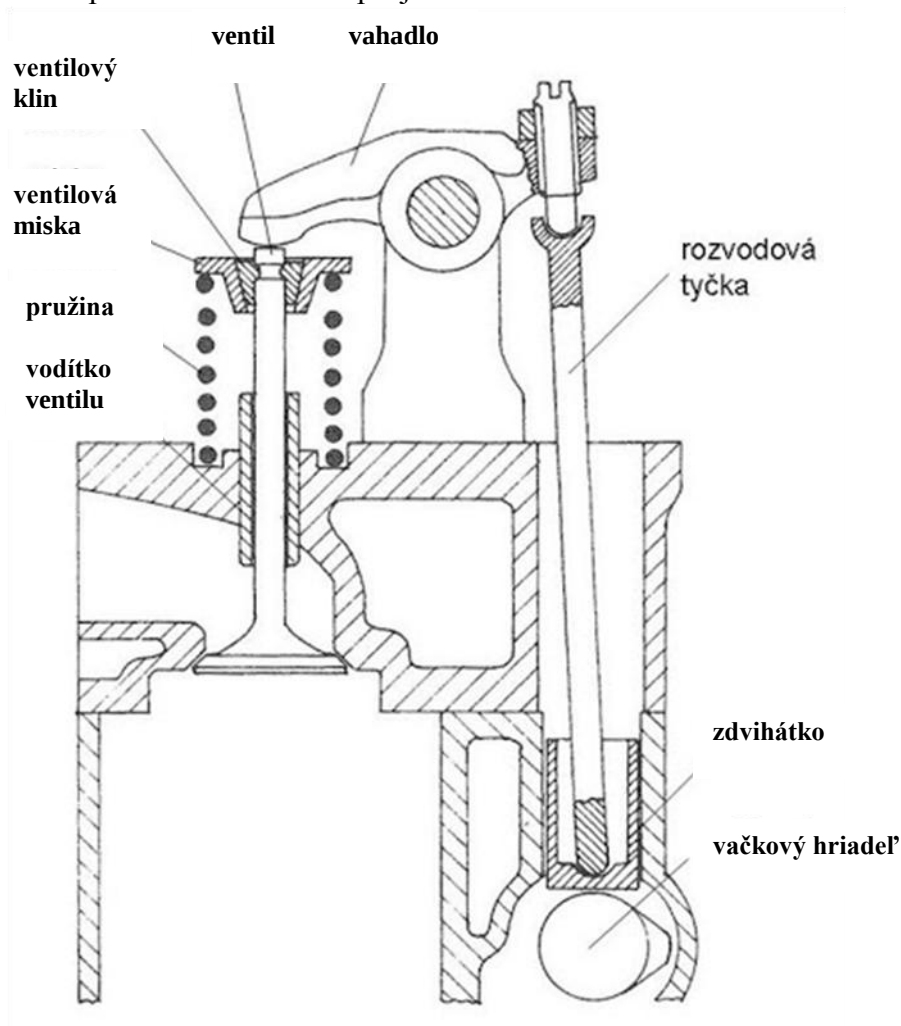
Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

IOE (Inter Over Exhaust) (naš **F** rozvod) – vačkový hriadeľ je umiestnený v bloku motora, sací ventil je umiestnený a ovládaný ako u OHV, výfukový ventil ako u SV.

OHV (Over Head Valves) – ventily sú umiestnené v hlave motora, vačkový hriadeľ je umiestnený v bloku motora.



Komplikovanosť spaľovacieho priestoru bola odstránená použitím ventilov v hlave. Rozvod má však viacero pohybujúcich sa častí, čo spôsobuje veľké zotrvačné sily, ktoré tieto rozvody obmedzujú otáčkovo. Zvislé ventily sú spravidla umiestnené v hlave pozdĺžne s osou motora. Šikmé prevedie ventilov zlepšuje ovládanie ventilov.



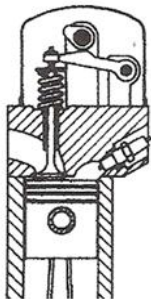


Konštrukcia automobilov

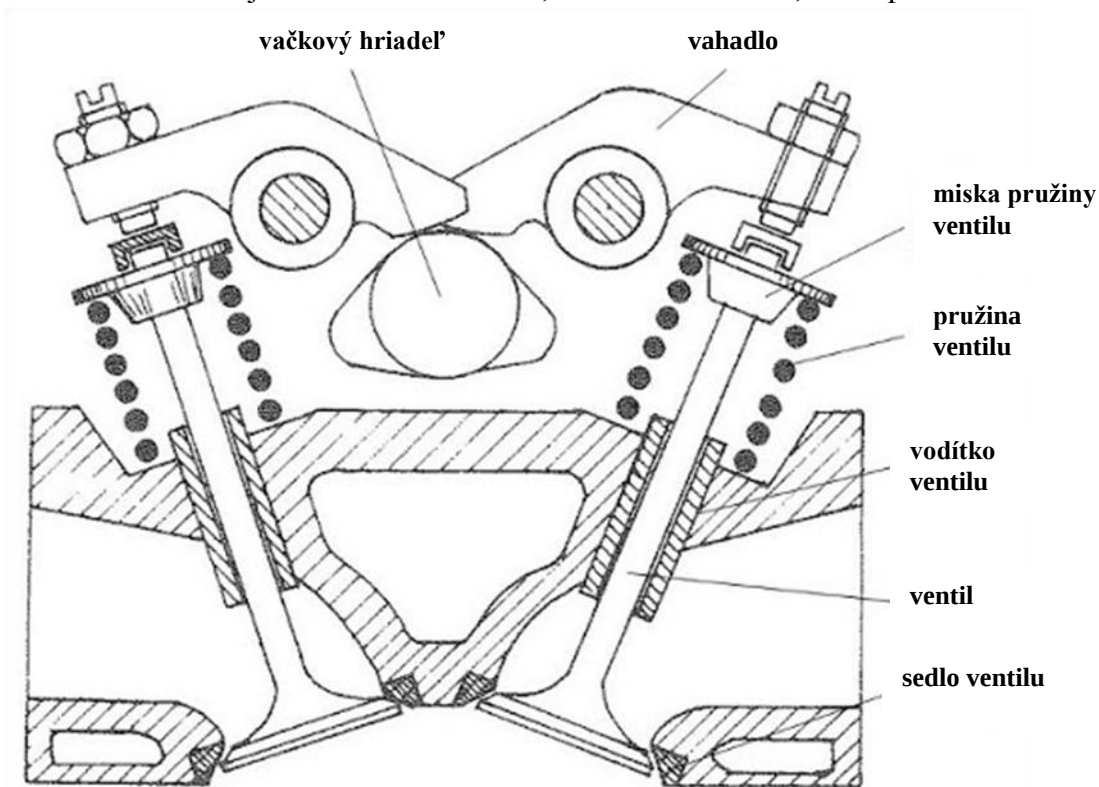
Blok č: 2

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

OHC (Over Head Camshaft) – vačkový hriadeľ je umiestnený na hlave, ventily sú umiestnené v hlave motora.



Nevýhoda OHV rozvodu je eliminovaná umiestnením vačkového hriadeľa priamo v hlave. Vačkový hriadeľ môže ovládať ventily priamo, alebo prostredníctvom váhadiel. tento rozvod je náročnejší na zabezpečenie prenosu presnej tvarovej väzby medzi kľukovým a vačkovým hriadeľom. Používajú sa roavodové reťaze, rozvodové remene, alebo priamo ozubené kolesá.



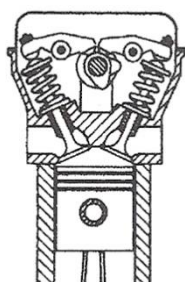
Rozvod OHC umožňuje aj rôznu variáciu počtu a umiestnenie vačkovej hriadele a ventilov. Na základe týchto variácií vznikajú potom ďalšie typy rozvodov.

Umiestnenie vačkového hriadeľa nad ventilmi umožňujú variácie SOHC a DOHC.

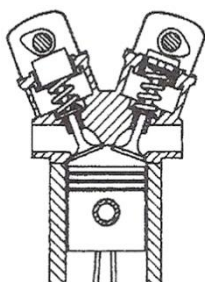
Umiestnenie vačkového hriadeľa pod ventilmi umožňuje variácia CIH.

SOHC (Single Over Head Camshaft) – vačkový je umiestnený na hlave, ventily sú umiestnené po oboch stranách v hlave motora.

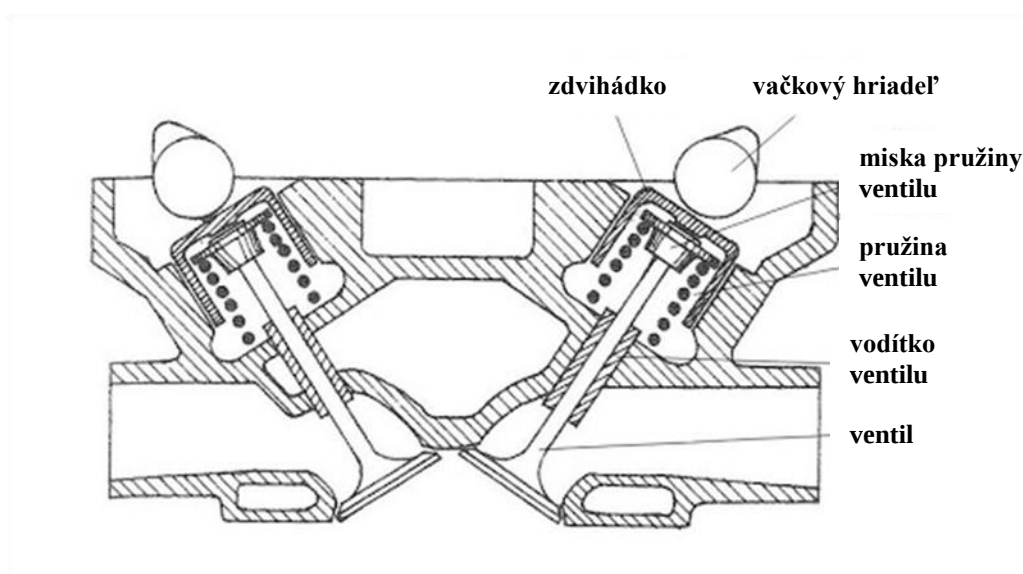
DOHC (Double Overhead Camshaft) – dva vačkové hriadele sú uložené na hlave a ventily sú v hlave.



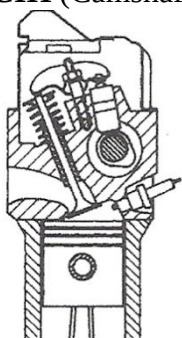
SOHC



DOHC



CIH (Camshaft In Head) – vačkový hriadeľ je uložený v hlave pod ventilovými vahadlami.

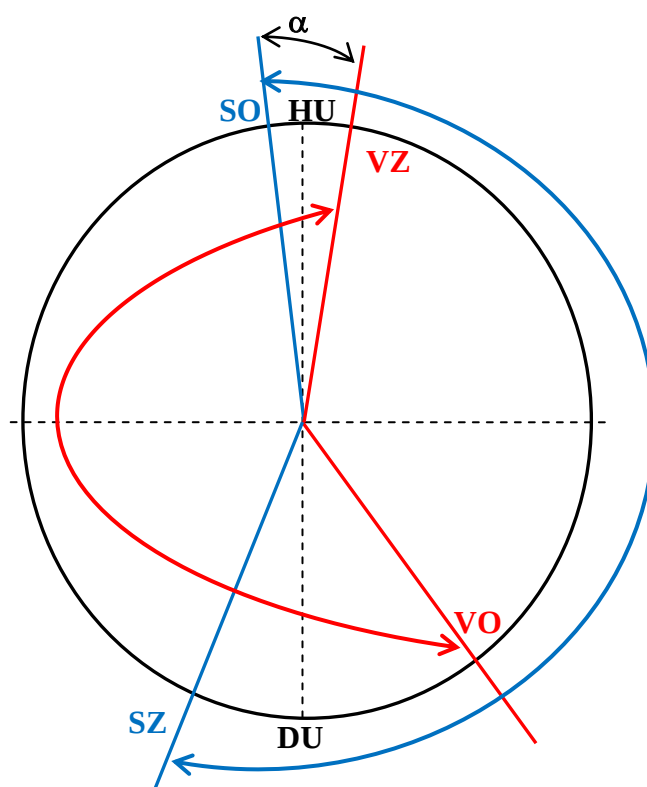
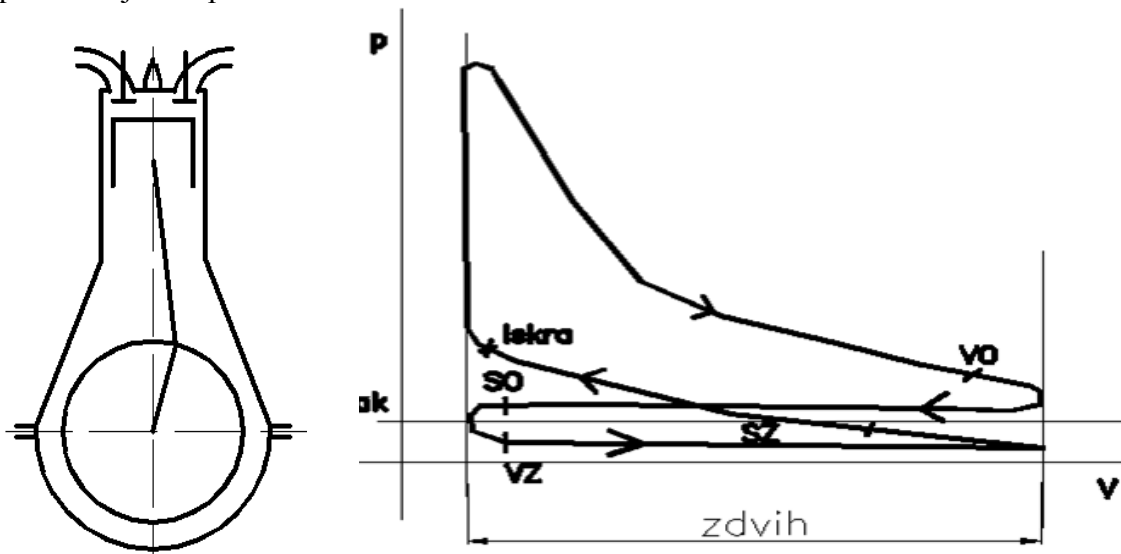




Časovanie ventilového rozvodu (Valve Timing Chart)

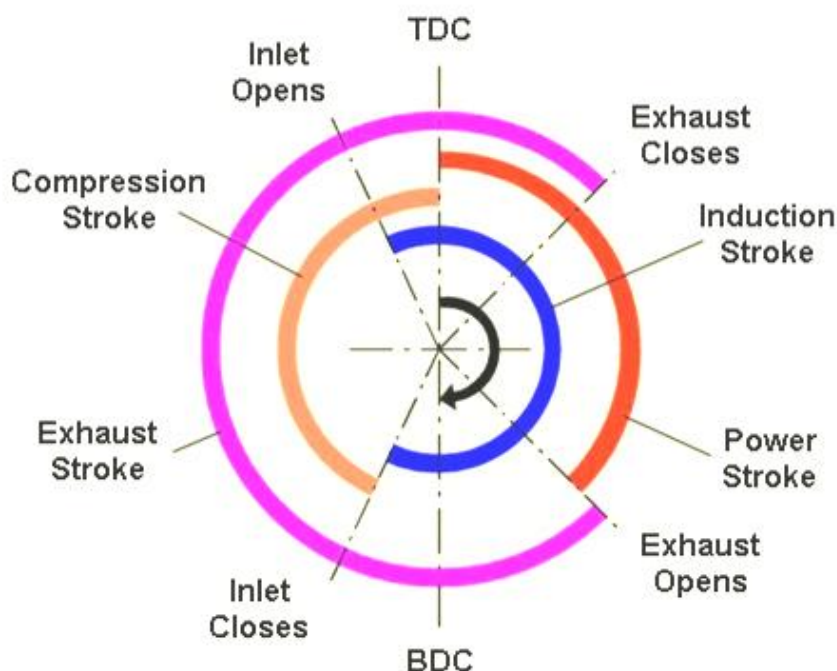
Časovanie ventilového rozvodu, teda otváranie a zatváranie ventilov sa uskutočňuje vzhľadom na pootočenú kľukového hriadeľa. Pre vyjadrenie vzájomnej polohy kľukového hriadeľa a stavu otvorenia resp. zatvorenia ventilov je vhodné použiť kruhový diagram časovania ventilov obr.

Najvrchnejší bod kružnice zodpovedá hornej úvrati HU (TDC - top ..) a spodný bod kružnice predstavuje dolnú úvrať DÚ (BDC - bottom ...). Pracovný cyklus štvordobého motora sa realizuje počas dvoch pootočení kľukového hriadeľa, a teda aj kruhový diagram časovania rozvodu predstavuje dve pootočené kľukového hriadeľa.





VALVE TIMING CHART



Medzi kľukovým a vačkovým hriadeľom je prevodový pomer 1:2 (do pomala), vzhľadom na charakter výmeny obsahu valca štvordobého motora.

Orientačné hodnoty časovania rozvodov sú:

SO - (10°-50°) pred hornou úvratľou

SZ - (40°-80°) za dolnou úvratľou

VO - (40°-80°) pred dolnou úvratľou

VZ - (10°-50°) za hornou úvratľou

α - uhol prekrytia ventilov (strihanie ventilov), teda stav kedy sú oba ventily otvorené.

Rozvinutý diagram časovania - Diagram vačky

Tvar vačky je prispôsobený tomu, aby mal motor najlepšie plnenie v rozsahu najpoužívanejších otáčok. Najlepšie plnenie je predpokladom najnižšej spotreby, najvyššieho výkonu, resp. najvyššieho krútiaceho momentu. Vačkové hriadele sa vyrábajú ako odliatky z liatiny, napr. 422306 alebo výkovky z legovanej ocele Mn-Cr, napr. 14 220. Funkčné plochy vačkových hriadeľov sú cementované, kalené a brúsené.

Otváranie a zatváranie ventilov zabezpečuje svojím tvarom vačkový hriadeľ. Tvar vačky však neumožňuje plné otvorenie ventilu v okamihu ako to definuje kruhový diagram časovania rozvodov. Vačky vačkového hriadeľa je možné konštruovať ako spojité alebo nespojité. Výhodou spojitých je, že priebeh kinematických veličín ako zdvihu, rýchlosti a zrýchlenia má spojitý priebeh. Nevýhodou je, že nie je možné použiť klzných zdvíhatok. Nespojité vačky sú konštrukčne jednoduchšie, vyhotovujú sa ako kruhové oblúky, majú však nespojitý priebeh kinematických veličín čo má negatívny dopad na



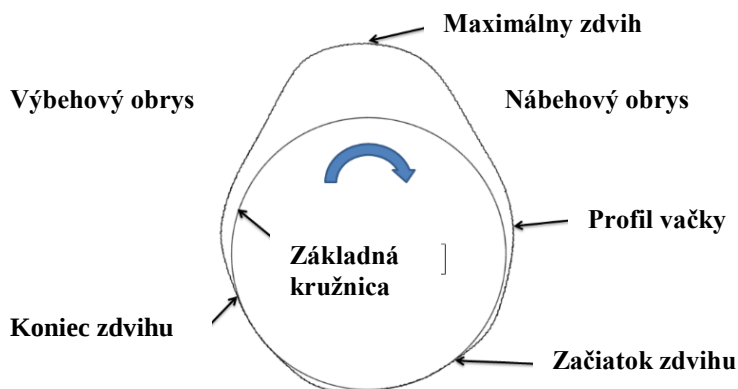
Konštrukcia automobilov

Blok č: 2

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

vlastnosti rozvodu ako celku. Môžu však využívať kľzne zdvihátka, bez výrazného dopadu na životnosť kľznej dvojice.

Základný princíp a tvar vačky je na obr.

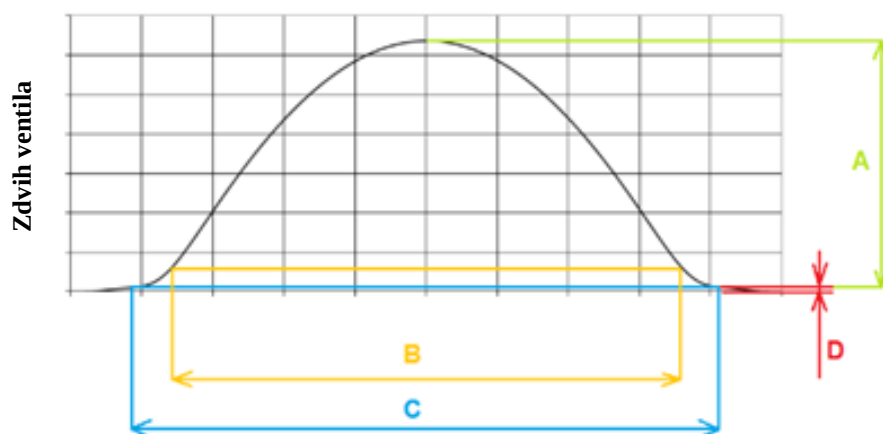


Na základnej kružnici, je vyznačený podľa diagramu časovania uhol pre otvorenie a uzatvorenie ventilu. Ďalej je naznačená výška zdvihu ventilu. K tejto požiadavke sú prispôsobené nábehový profil a výbehový profil boku vačky. Pre zobrazenie základných parametrov vačky a dizajnovanie jej tvaru je vhodné použiť diagram profilu vačky obr.

Kde:

- A - zdvih ventila,
- B- časovanie pri 1mm zdvihu,
- C -časovanie pri vymedzení ventilovej vôle,
- D - vôľa ventilov

Uhol pootočenia kľukového hriadeľa





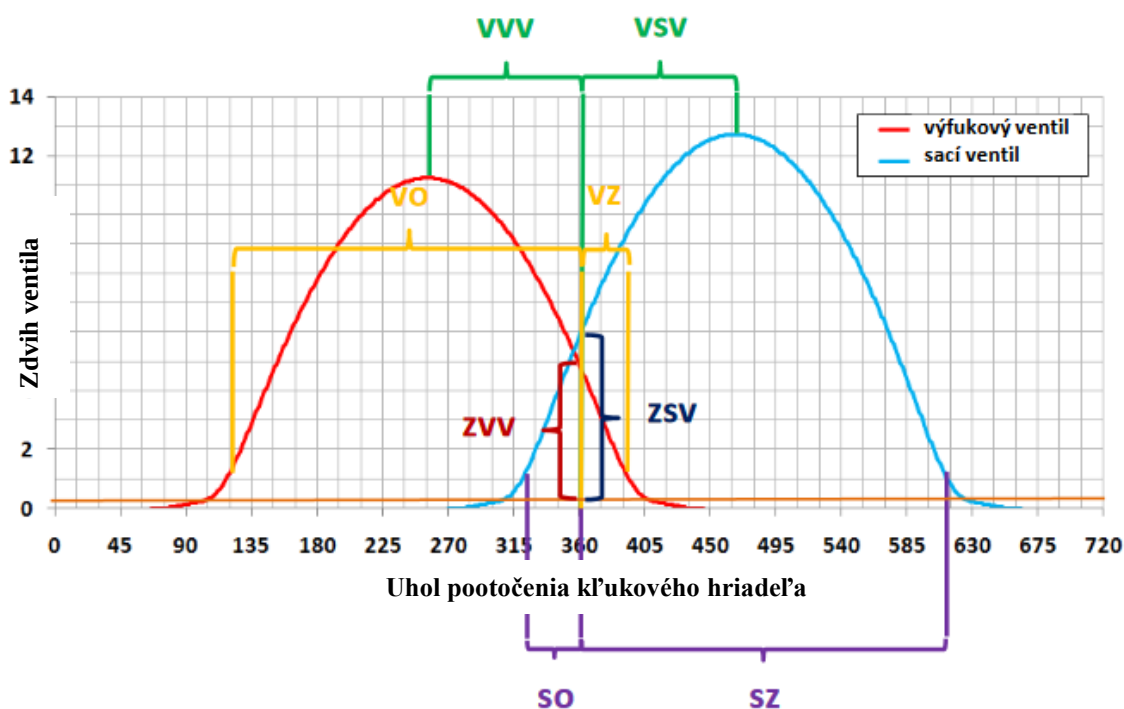
Kruhový diagram časovania rozvodov môžeme prekresliť do diagramu profilu vačky obr. V diagrame je vykreslená vôľa ventilov. Z diagramu je čitateľný priebeh otvárania ventilov, veľkosť otvorenia ventilov aj samotné prekrytie ventilov.

VVV - vrchol výfukovej vačky

VSV - vrchol sacej vačky

ZVV - zdvih výfukového ventilu v HU

ZSV - zdvih sacieho ventilu v HU



Z diagramu je čitateľná aj vzájomná poloha ventilov pri pohybe piesta, je možné odčítať prípadnú kolíziu ktorá môže nastať pri otvorení ventilov.

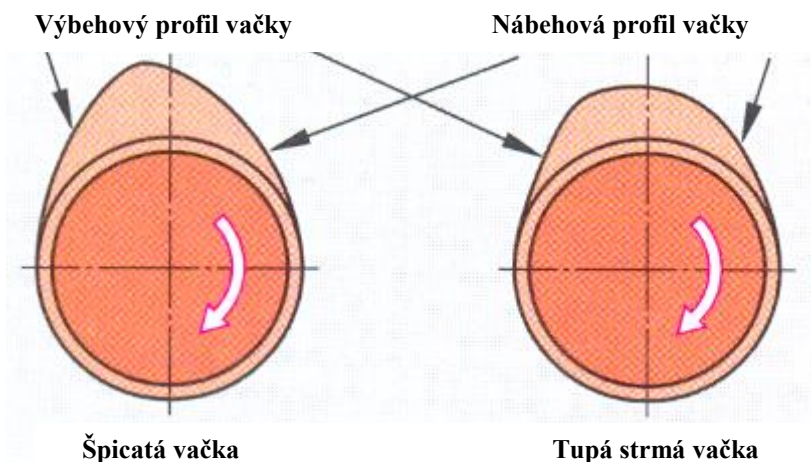


Konštrukcia automobilov

Blok č: 2

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Tvar vačky má výrazný vplyv na plnenie kompresného priestoru v určitom otáčkovom a prevádzkovom režime. Špicaté vačky majú sú vhodnejšie pre plnenie v oblasti vysokých otáčok. Nízke a strmé vačky sú vhodné pre nízke otáčky a vysoké zaťaženie motora v oblasti nízkych otáčok.



Rozvody s variabilným časovaním

Otváranie a zatváranie ventilov, nezodpovedá polohe hornej a dolnej úvrate, pretože výmena pracovnej náplne je dynamický dej. Snahou je dostať do valca čo najväčšie množstvo pracovnej náplne, nato je však k dispozícii len krátky časový okamžik. Snahou je preto tento časový okamžik efektívne upraviť pracovným podmienkam motora. V princípe sa očakáva, že pre lepšie plnenie valca sa bude používať kinetická energia plynov a súčasne vlnové účinky prúdiaceho média.

1. Zotrvačný efekt: pohybom piesta z HU do DU vzniká vo valci stĺpec zmesi ktorý má významnú kinetickú energiu. túto energiu je možné využiť pre dokonalejšie plnenie uzatvorením sacieho ventilu vo vhodnom okamžiku, kedy sa vplyvom zotrvačnosti prúdiacej zmesi dokonalejšie naplní priestor nad piestom. Obdobne je tomu aj v prípade výfukového potrubia.

2. Vlnový efekt: Pohybom piesta do DU vzniká nad piestom podtlak, ktorého vlna sa šíri rýchlosťou vzduchu v sacom potrubí. Vlna ktorá sa šíri sacím potrubím, sa v jeho ústi odrazí a na základe teórie šírenia vln, sa naspäť šíri ako pretlaková vlna. Cieľom je využiť pretlakovú vlnu na dodatočné doplnenie valca.

Oba efekty sú však účinné len v určitom otáčkovom a zaťažovacom režime, keďže dĺžka sacieho a výfukového potrubia je konštantná a časovanie ventilov je pevne definované. Aby bolo možné tieto oba efekty využívať v širšom rozsahu otáčok, je potrebné zabezpečiť meniteľnosť týchto parametrov.

Základné druhy variabilného časovania rozvodov:

1. **Premenlivé časovanie sacích ventilov** – stupňovitá zmena doby otvorenia ventilu.
2. **Variabilné ovládanie vačkových hriadeľov.**
3. **Plne variabilné ventilové rozvody** – zmena časovania aj veľkosti zdvihu ventilov.



Premenlivé časovanie sacích ventilov

– stupňovitá zmena doby otvorenia ventilu.

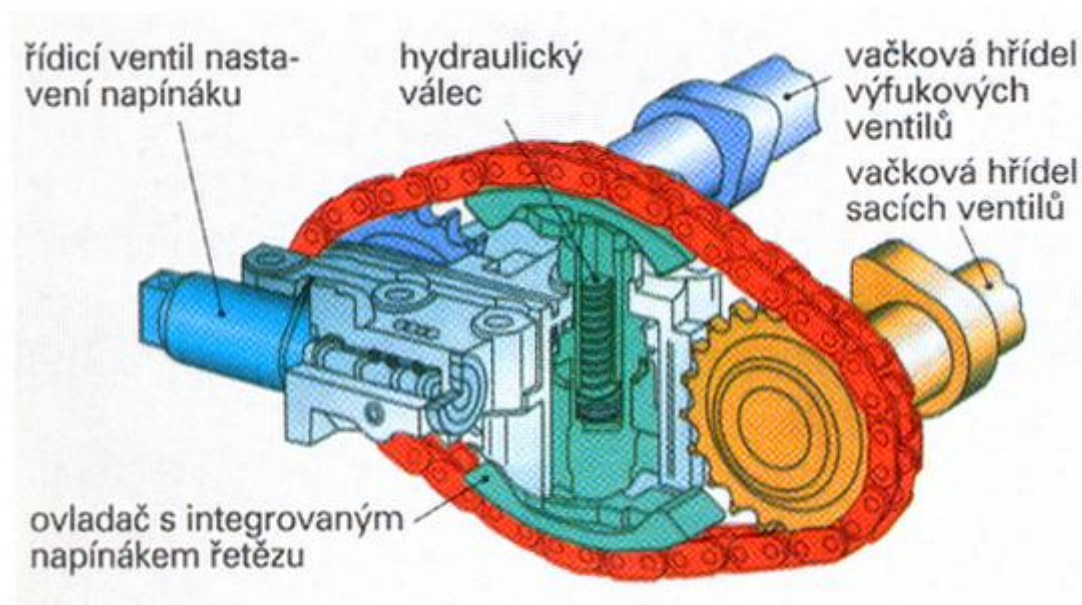
Mení sa pootočením vačkového hriadeľa sacích ventilov - voči vačkovému hriadeľu výfukových ventilov, typ rozvodu DOHC. Tým sa zmení okamžik otvorenia a uzatvorenia sacieho ventilu. Doba otvorenia, vyjadrená v stupňoch v kruhovom diagrame sa nemení. Regulácia je obvykle dvojstupňová a to: SV otvorený skôr alebo SV otvorený neskôr. Hlavným kritériom sú otáčky motora, vedľajšími kritériami sú teplota a zaťaženie motora.

Zvyčajne sú naprogramované tri režimy a to:

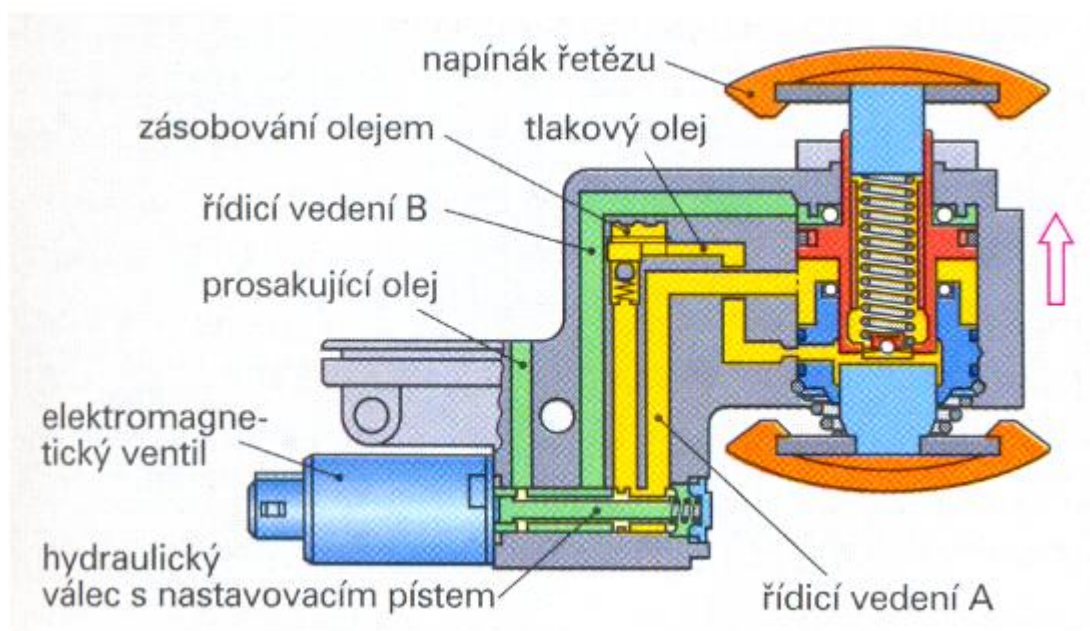
1. od voľnobežných otáčok do 2000 min^{-1} je nastavený režim – SV otvára „neskôr“. Prekrytie ventilov je zmenšené a vrátenie výfukových plynov do sania je veľmi malé. Zlepší sa priebeh spaľovania a krútiaci moment, voľnobežné otáčky sa môžu znížiť.
2. V oblasti stredných a vyšších otáčok, tj. od 2000 do 5000 min^{-1} , sa vačkový hriadeľ sacích ventilov pootočí napr. o 20° uhla kľukového hriadeľa do polohy „skôr“. Sacie ventily sa uzatvoria skôr za DÚ a piesty, ktoré sa pohybujú nahor, nevracajú do sania žiadnu zmes. V oblasti prekrytia ventilov, vďaka malej rýchlosti nasávanej zmesi, sa dostane do sania aj časť výfukových plynov. Ty sú potom nasávané do valca spolu s čerstvou zmesou a nastáva tzv. vnútorná recirkulácia výfukových plynov. Tá znižuje teplotu pri spaľovaní a tým i produkciu oxidu dusíku – NO_x . To je výhodné hlavne pre vznietové motory a zážihové motory s priamym vstrekom paliva.
3. Pri vysokých otáčkach, nad 5000 min^{-1} , sa vačkový hriadeľ sacích ventilov pootočí smerom „neskôr“. Sacie ventily sa zatvoria ďaleko za DÚ. Vzhľadom k vysokej rýchlosti prúdenia v saní za vysokých otáčok motora, prúdi vzduch alebo zmes do valca, aj keď sa piest pohybuje nahor v kompresnom zdvihu. Tým dochádza k preplňovaniu valca, čo má dopad na zvýšenie krútiaceho momentu a výkonu.

Systémy pre ovládanie potočenia vačkového hriadeľa:

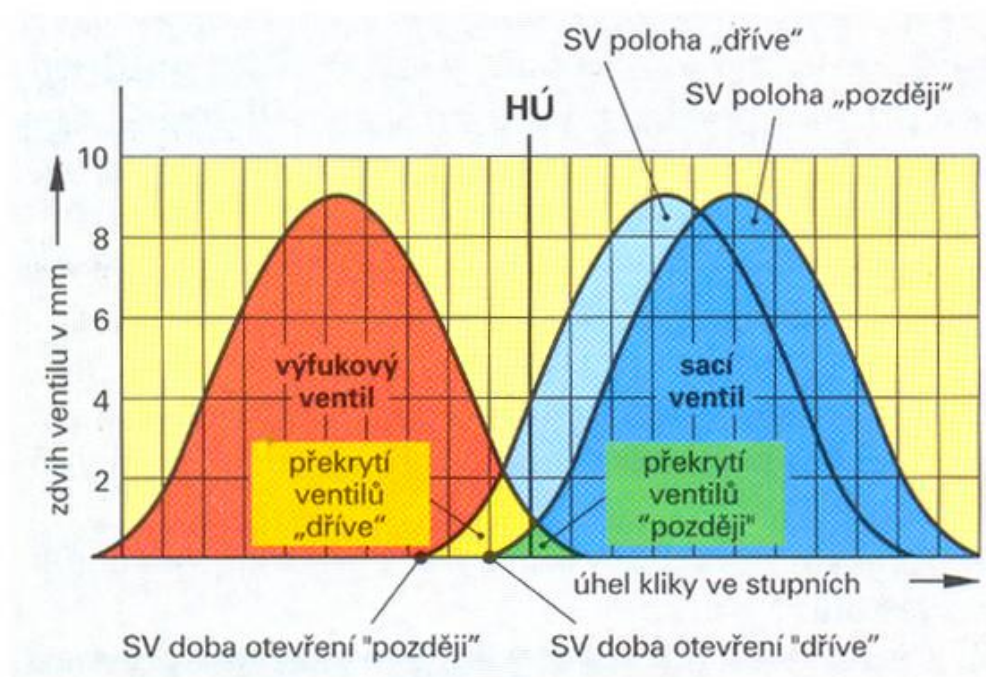
- nastaviteľný napínák rozvodovej reťaze - Škoda Octavia 1,8l, 20V,



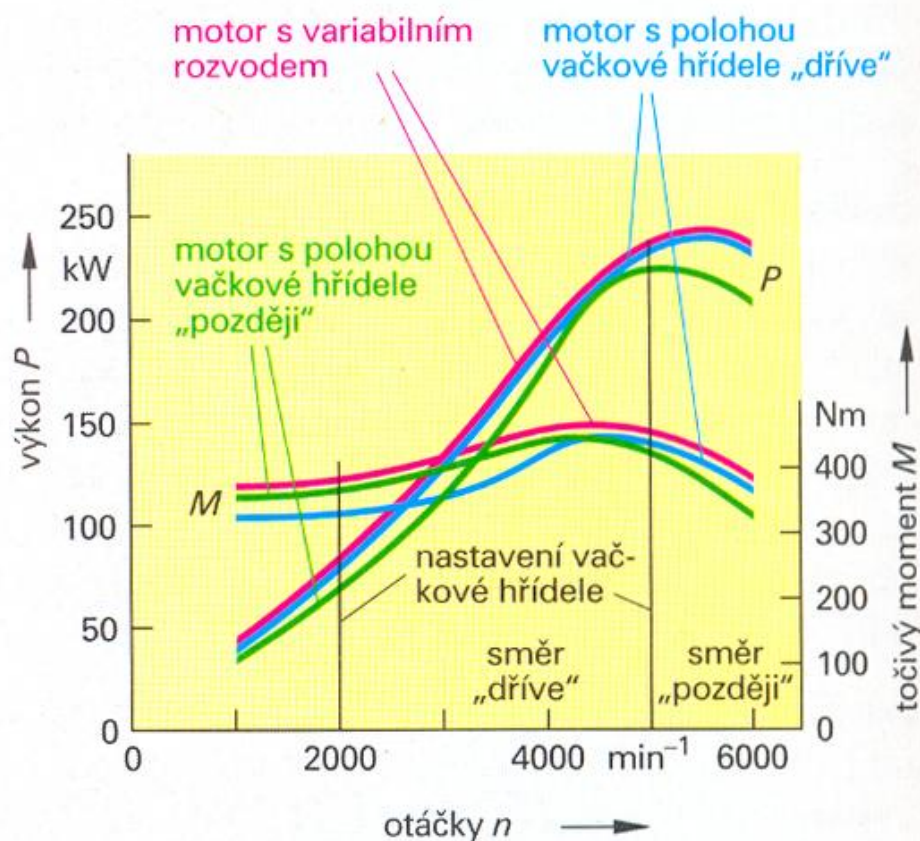
Nastaviteľný napínák rozvodovej reťaze - VarioCam



Hydraulické nastavovanie napínania reťaze „režim - neskôr“. [1]
A - režim neskôr (štandardné nastavenie), B - režim skôr (ladenie)



Obr. Graf časovania ventilov [1]



Obr. Charakteristika motoru.

Konštrukcia automobilov

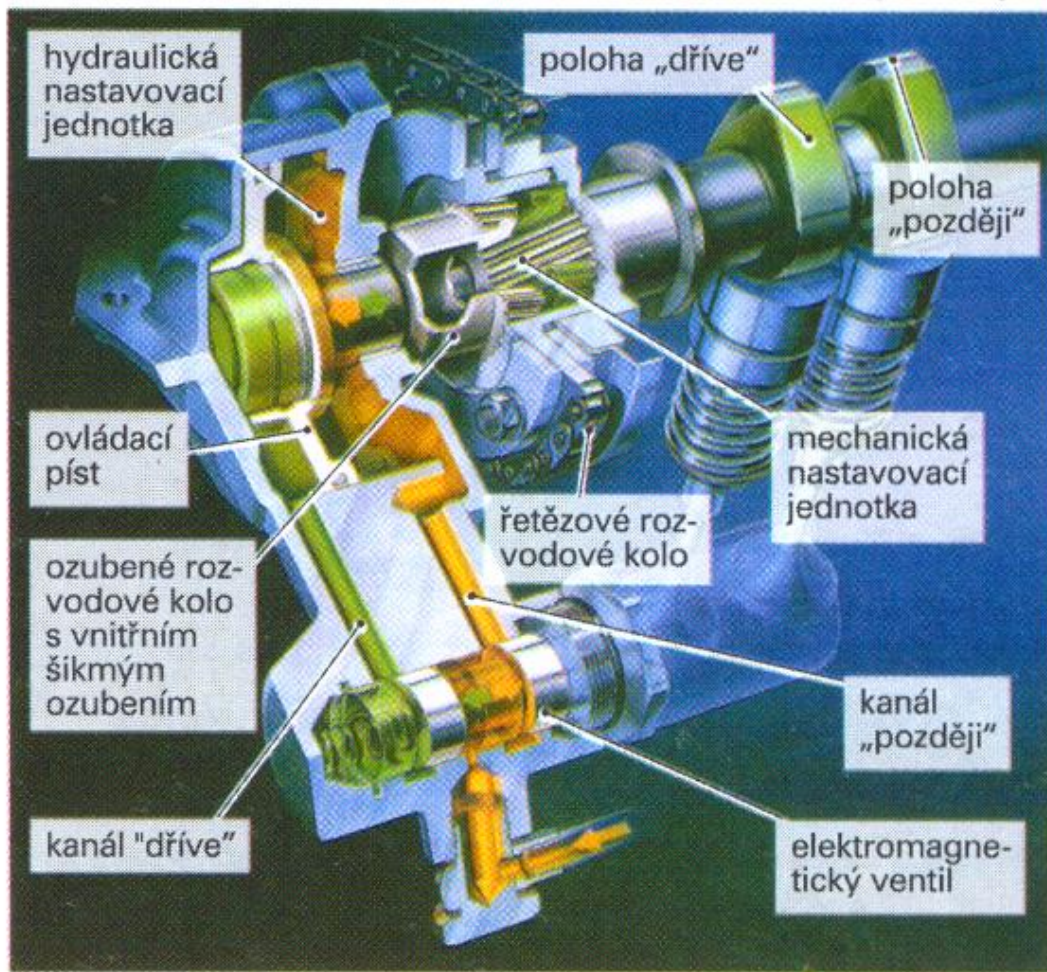
Blok č: 2

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

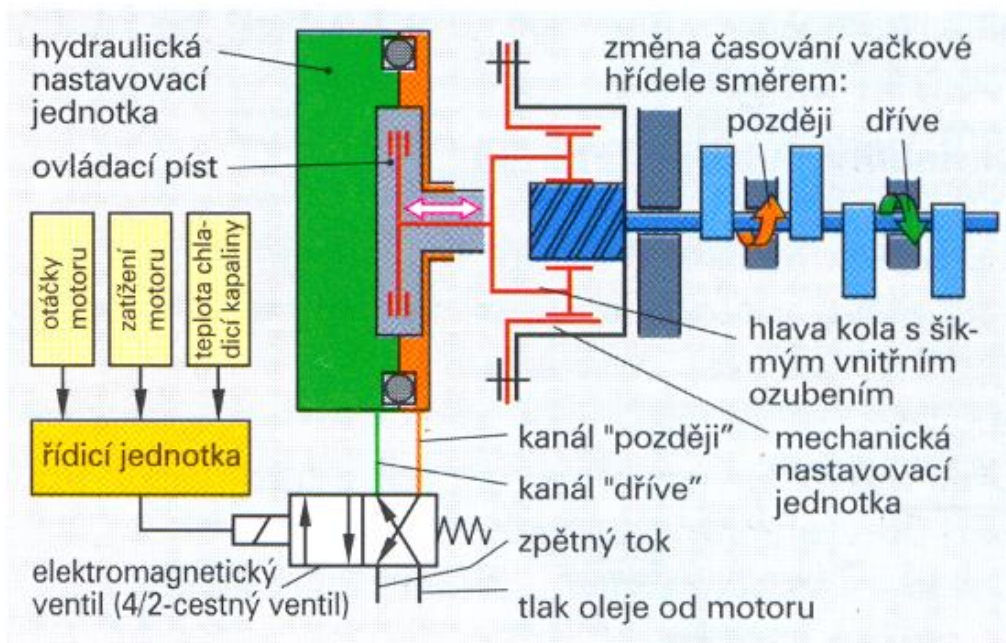
Variabilné ovládanie vačkových hriadeľov

- variabilné ovládanie vačkového hriadeľa (Vanos, CVVT-Volvo, Hyundai)

Vačkový hriadeľ sa plynulo otáča proti rozvodovému kolesu. Zabezpečuje to mechanická nastavovacia jednotka so zubovou spojkou s axiálnymi zubami. S posuvnou časťou zubovej spojky je spojený hydraulický piest nastavovacej jednotky. Tlakom oleja z mazacieho systému je ovládaný hydraulický piest. Zmena pootočenja je plynulá. Uhol pootočenja vačkových hriadeľov (SV až 60° natočenia kľukového hriadeľa, u systému VV až 40° - Double Vanos).

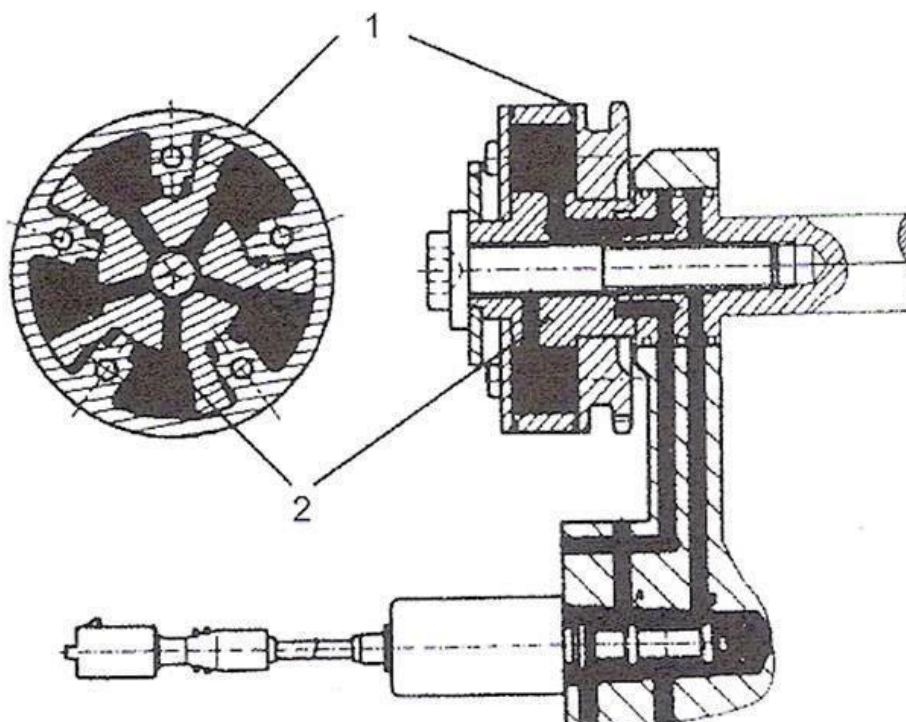


Obr. Kombinácia hydraulického a mechanického ovládania zmeny časovania vačkového hriadeľa – Vanos. [1]



Obr. Schéma činnosti pri zmenách časovania vačkového hriadeľa – Vanos. [1]

Na nasledujúcom obr. je systém plynulého nastavovania pootočenia vačkového hriadeľa pomocou otočného hydromotora. Používa sa pre oba typy vačkových hriadeľov. Vonkajšia časť hydromotora (1) je poháňaná reťazou alebo ozubeným remeňom. Vzájomné potočenie lamelového motora (2) je riadené tlakovým olejom. Výhodou tohto hydraulického systému (napr. CVVT) oproti ozubeným systémom je pomerne jednoduché a výrobné lacné prevedenie.



Obr. Nastavovač pootáčania vačkového hriadeľa otočným hydromotorom, poloha „skôr“ – CVVT [2]

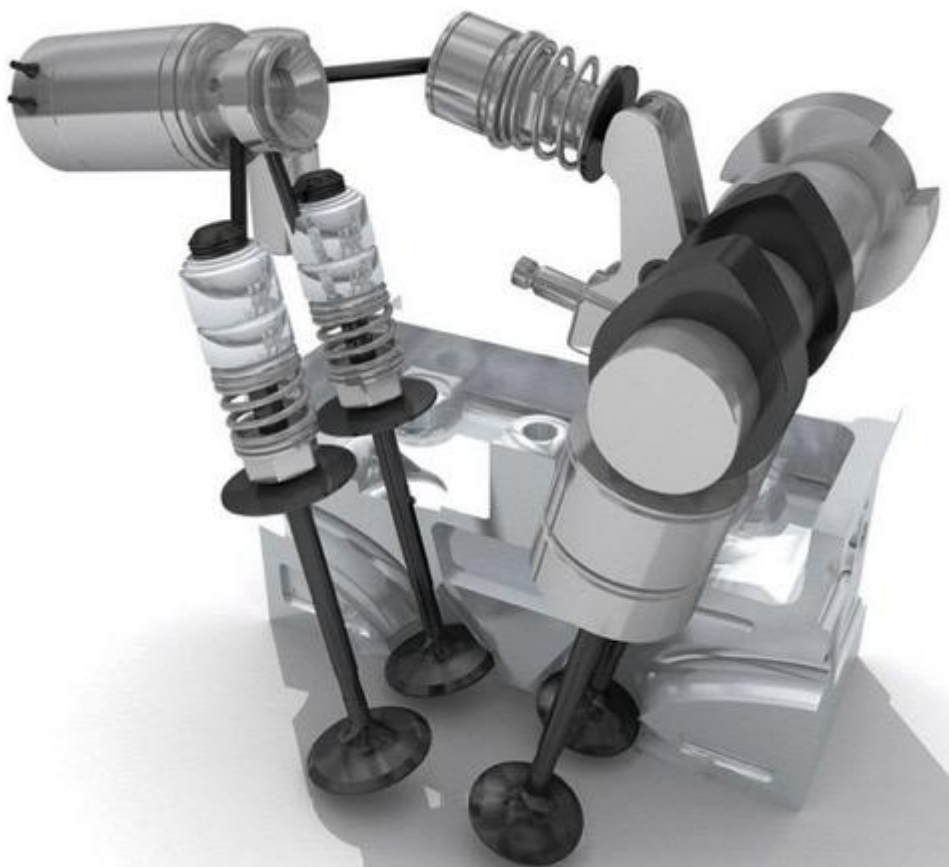


Konštrukcia automobilov

Blok č: 2

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

Na obr. je zobrazené elektrohydraulické ovládanie sacích ventilov motoru Twin Air. Vačkový hriadeľ ovláda len výfukové ventily. Od vačkového hriadeľa je tiež poháňané piestové čerpadlo, ktoré dodáva tlakový motorový olej do zásobníka elektromagnetických (solenoidových) ventilov. Tieto ventily sú riadené elektronicky prevádzkových podmienok motora. Elektrohydraulicky ovládané sacie ventily pracujú v systéme plynulého, premenlivého časovania rozvodu i s premenlivým zdvihom ventilov. Tento systém v porovnaní s konvenčným vykazuje až o 25% vyšší výkon pri znížení spotreby o 15 % a znížení emisií CO₂ o 30%.



Elektrohydraulické ovládanie sacích ventilov Fiat Multiair - VVA

Konštrukcia automobilov

Blok č: 2

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

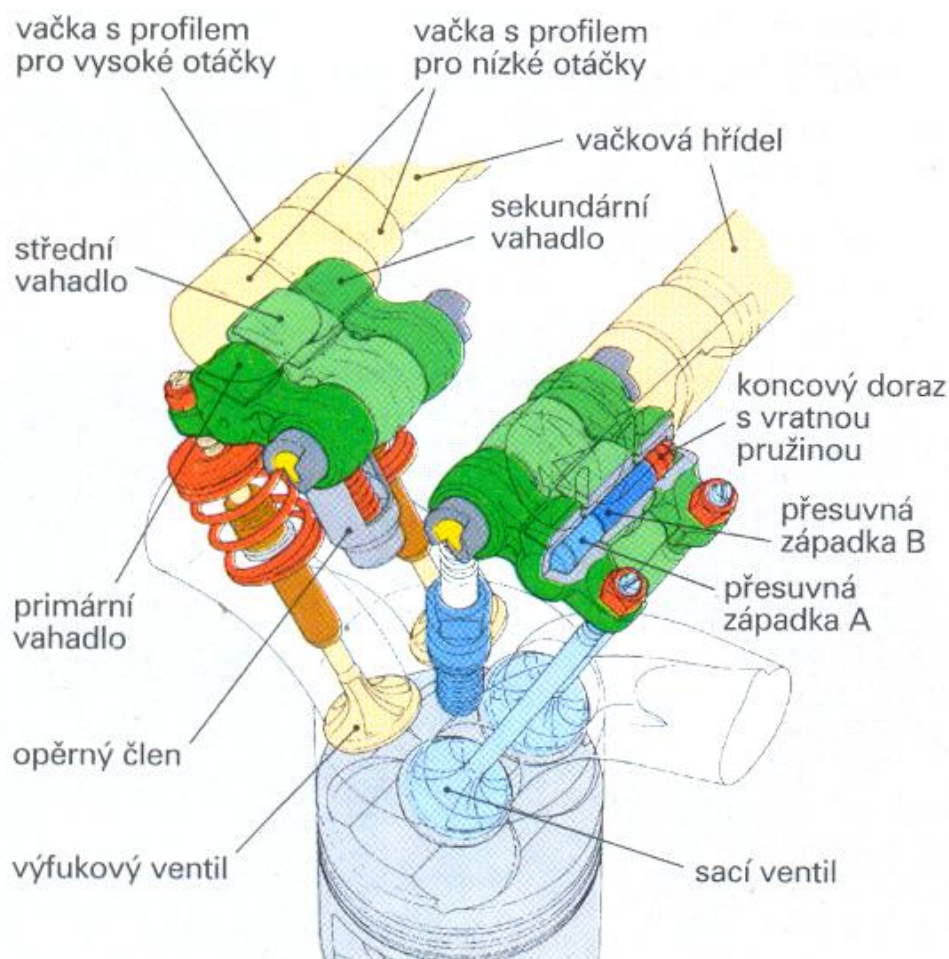
Plne variabilné ventilové rozvody

– mení sa časovanie aj zdvih ventilov.

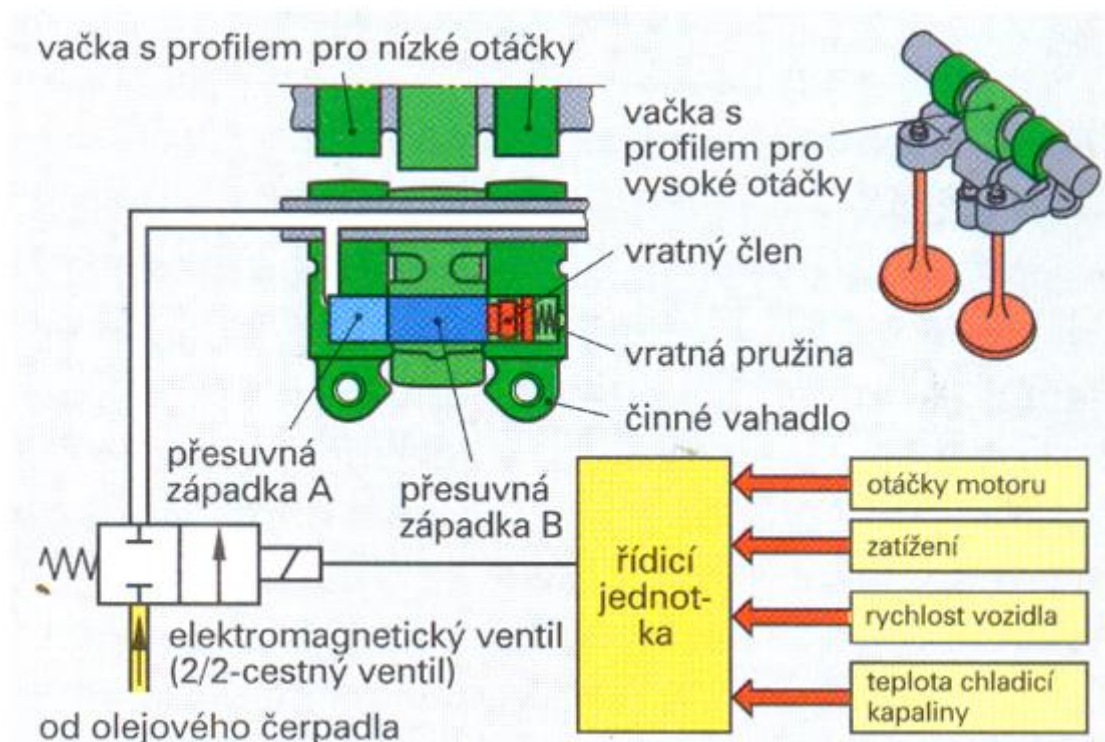
V súčasnosti existuje viacero systémov plne variabilných rozvodov ventilov. Prvou spoločnosťou s touto technikou bola Honda v roku 1989 so sériovo vyrábanymi motormi VTEC. Predchádzal tomu 5 ročný výskum a aplikácia v motoroch F1.

U systému VTEC sú na strane vačkového hriadeľa použité tri vahadla. Každé vahadlo je ovládané odlišným profilom vačky. V režime nižších a stredných otáčok sú sací aj výfukový ventil ovládaný pomocou krajných vahadiel. Zaujímavosťou je, že každý ventil má vďaka rozdielnym profilom vačiek iný zdvih, napr. sacie 5 a 8 mm a výfukové 4,5 a 7,5 mm. Tento stav spôsobí intenzívne vírenie plniaceho aj výfukového média, čo má priamy vplyv na dokonalosť horenia. Umožňuje tiež spaľovať chudobnú zmes. Vo vahadlách sú vložené presuvné západky (A, B). V okamžiku, keď riadiaca jednotka udelí pokyn na prepnutie, dôjde pomocou elektromagnetického ventilu ku skokovitému navýšeniu tlaku mazacieho oleja v hriadieli vahadiel, tlak oleja presunie západky (A, B) a tie mechanicky spoja vahadla v jeden funkčný celok. Tým sa stane funkčnou len stredná a najväčšia vačka s ostrým profilom SV napr. na 10,4 mm a u VV na 9,4 mm.

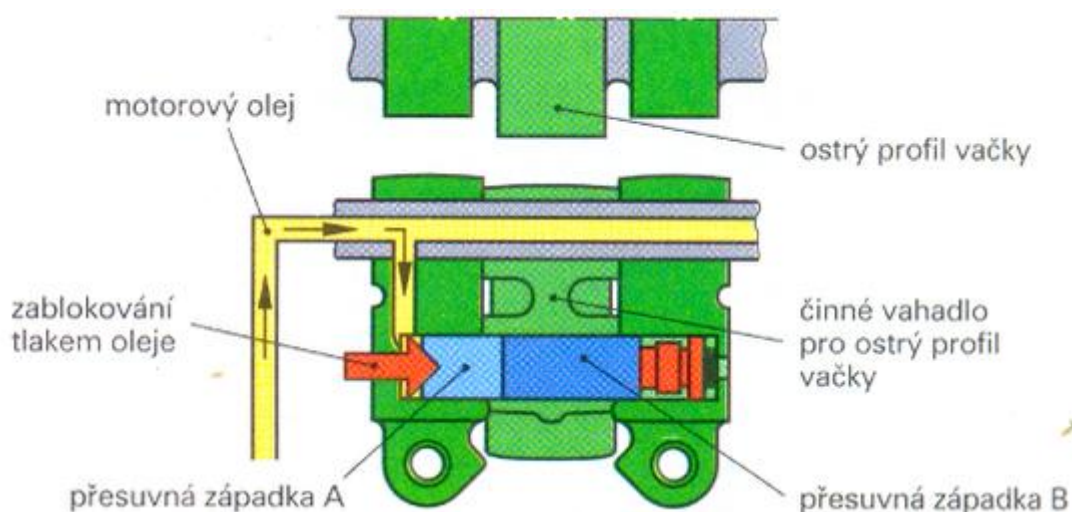
Pri znížení otáčok a riadiaca jednotka udelí pokyn na zníženia spätná pružina vráti západky (A, B) do základnej krajnej polohy. Vahadla sa rozpoja a ventily sú ovládané pomocou menších vačiek. Tieto zmeny trvajú 0,02sec.



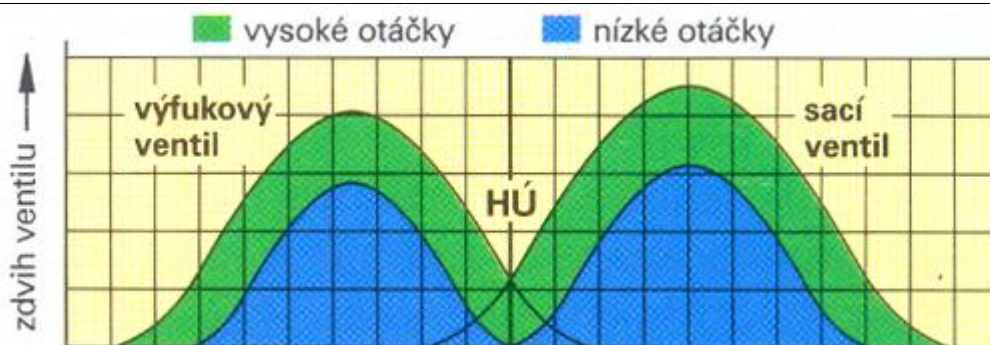
Obr. Variabilný systém VTEC [1]



Obr. Systém ovládania ventilov VTEC, pri nízkych otáčkach [1]

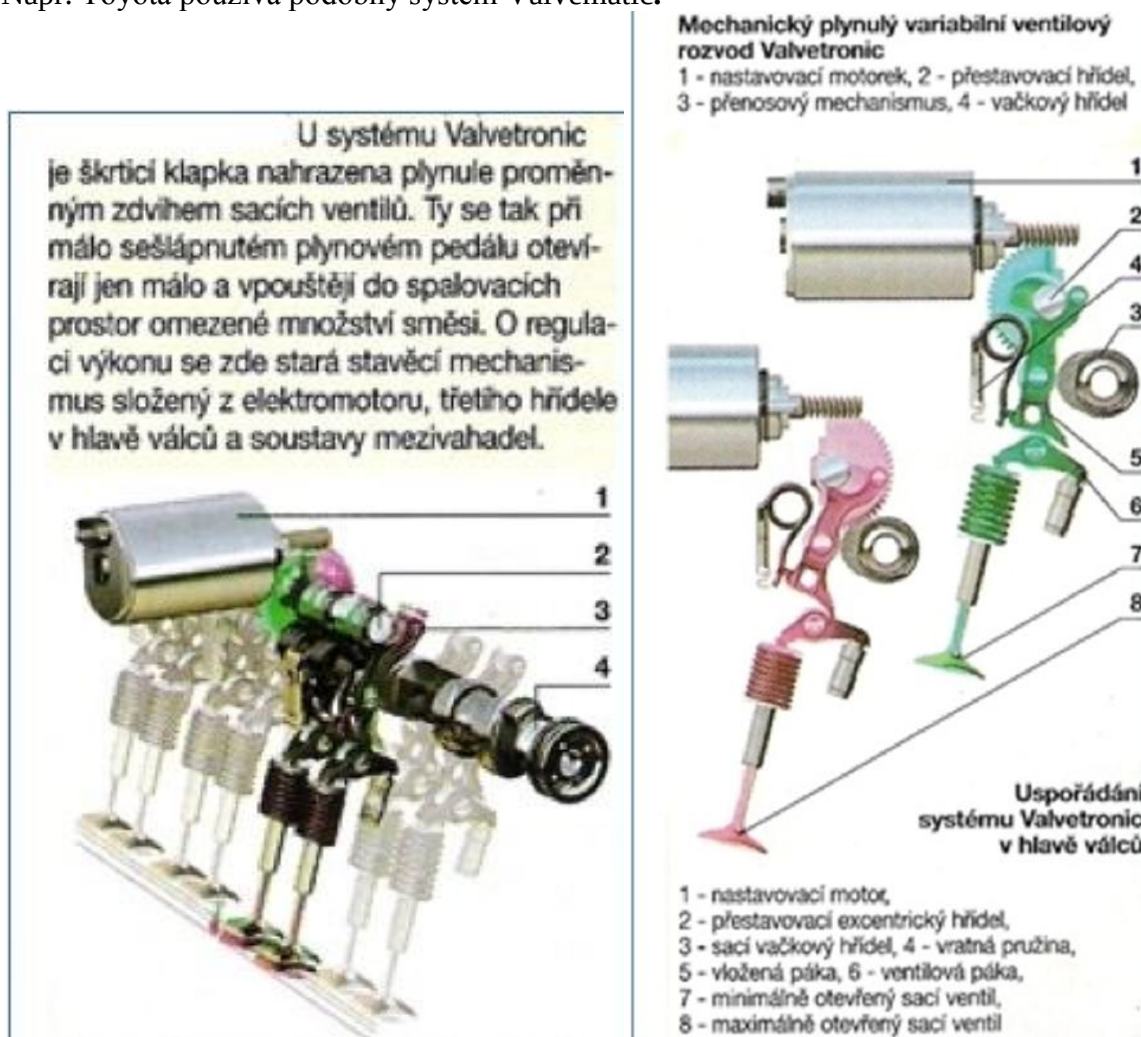


Obr. Ovládanie ventilov, stredným vahadlom - vysoké otáčky [1]

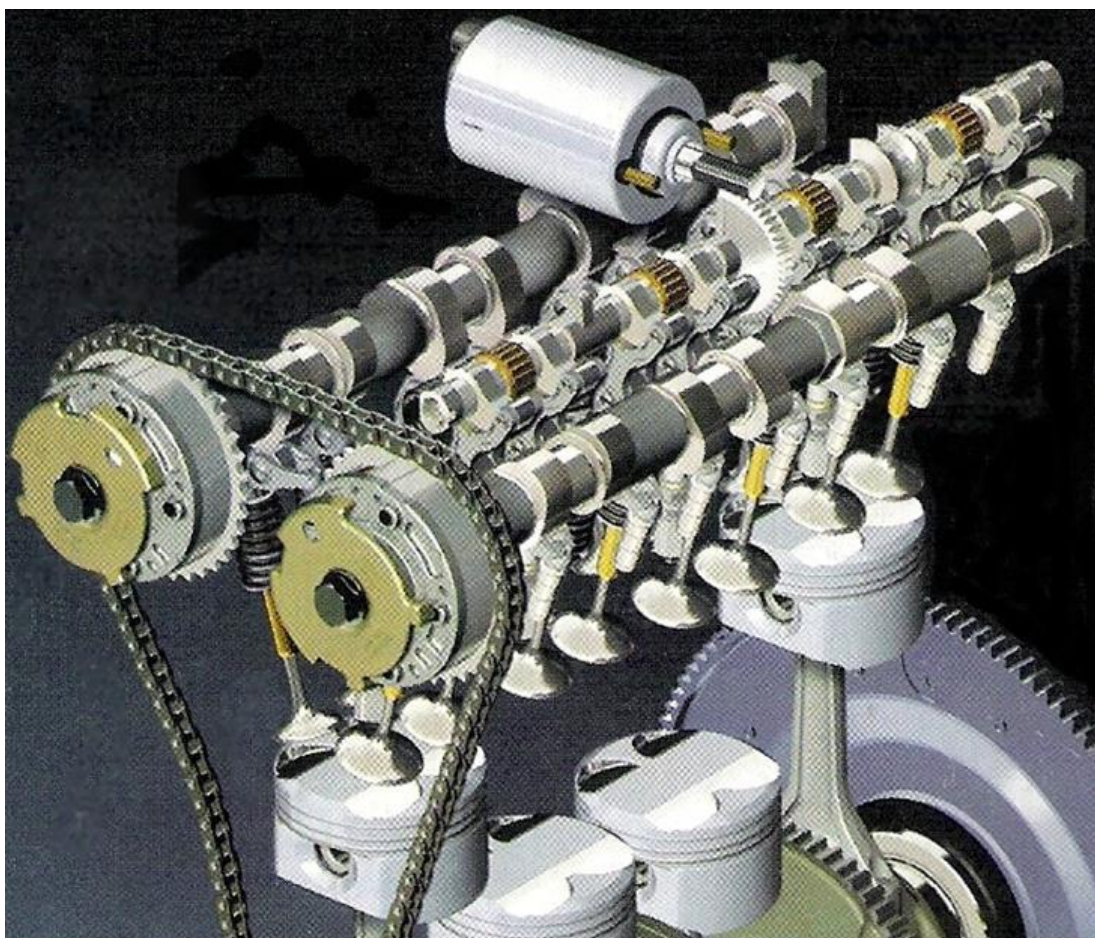


Obr. Graf zdvihu ventilov pri nízkych a vysokých otáčkach. VTEC [1]

Na ďalšom obr. je zobrazený a vysvetlený variabilný ventilový rozvod Valvetronic. Prestavenie z maximálneho zdvihu sacích ventilov 9,7 mm na 0 mm trvá 0,3s. Pootáčanie vačkových hriadeľov zabezpečuje systém Double Vamos. premenlivý zdvih ventilov umožnil odstránenie škrtiacej (akceleračnej) klapky so sacieho potrubia. Prispelo to k zníženiu aerodynamických strát v potrubí. Napr. Toyota používa podobný systém Valvematic.



Obr. Systém premenlivého nastavení zdvihu sacích ventilov – Valvetronic [16]



Obr. Pohľad na systém Valvetronic a Double Vanos – BMW

Odkazy na videa variabilných rozvodov:

<http://cs.autolexicon.net/articles/valvematic/>

<http://www.youtube.com/watch?v=YQahUtR6XPc>

<http://www.youtube.com/watch?v=H-ZhbnJ3ZTI>

<http://www.youtube.com/watch?v=ukJ7Az1FtF8>

<http://www.youtube.com/watch?v=hEfOxKmCstg>

<http://www.youtube.com/watch?v=vFvRwdKgGNU>

<http://www.youtube.com/watch?v=OtRlQrAc5IY>

<http://www.youtube.com/watch?v=eqcezELKa5o>

http://www.youtube.com/watch?v=hW_1CBoLUCQ

<http://autoasist.vachta.cz/index.php?right=slovník&lan=cs&sid>