



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Vybrané moderní trendy v oblasti spalovacích motorů

Vypracoval: Jakub Rejthar
Vedoucí práce: Mgr. Pavel Černý

České Budějovice 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách. A to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 30. 4. 2018

(Rejthar Jakub)

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Pavlovi Černému za cenné rady a připomínky poskytnuté při psaní mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat i své rodině a přítelkyni za podporu při celém studium.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zaměřuje na spalovací motory konkrétně na čtyřdobé zážehové spalovací motory a na jejich současné moderní trendy jako je downsizing, proměnné časování ventilů, systém start-stop, hybridní a vodíkový pohon v automobilovém průmyslu. V první části práce je krátce popsána historie spalovacích motorů, jejich základní rozdělení a klíčové části, ze kterých je motor zkonstruován spolu s chladicí, elektrickou a sací soustavou. V druhé části jsou popsány moderní trendy, jejich využití a následná aplikace v osobních automobilech.

Klíčová slova: Spalovací motor, časování ventilů, vodíkový pohon, hybridní automobil, start-stop, downsizing.

ANNOTATION

This bachelor thesis focuses on combustion engines especially on four-stroke spark-ignition engines and their current modern trends such as downsizing, variable valve timing, start-stop system, hybrid and hydrogen drive in the automotive industry. The first part of the thesis is a brief description of the history of combustion engines, their basic distribution and key parts which the engine is designed together with a cooling, electric and suction system from. The second part describes modern trends, their use and subsequent application in passenger cars.

Key words: Combustion engine, variable valve timing, hydrogen drive, hybrid car, start-stop system, downsizing.

Obsah

Úvod	6
Cíle práce	7
1 Literární přehled	8
1.1 Zážehový motor	8
1.1.1 Rozdělení zážehových motorů	9
1.1.1.1 Dvoudobý zážehový motor	9
1.1.1.2 Čtyřdobý zážehový motor	9
1.1.2 Ottův cyklus	10
1.1.2.1 Ideální cyklus	10
1.1.2.2 Skutečný cyklus	11
1.1.2.3 Ideální a skutečný cyklus	11
1.1.3 Části spalovacího motoru	12
1.1.3.1 Blok motoru	12
1.1.3.2 Vačkový hřídel	12
1.1.3.3 Hlava válců	13
1.1.3.4 Válce	13
1.1.3.5 Ventily	14
1.1.3.5.1 Uspořádání a druhy ventilových rozvodů	14
1.1.4 Systém zavádění vzduchu	17
1.1.4.1 Atmosférické plnění	17
1.1.4.2 Přetlakové plnění	17
1.1.5 Chlazení motorů	18
1.1.5.1 Chlazení vzduchové	18
1.1.5.2 Chlazení kapalinové	19
1.1.6 Elektrické součásti	20
1.1.6.1 Alternátor	20
1.1.6.2 Startér	21
1.1.6.3 Zapalovací cívka	21
1.1.6.4 Akumulátor	21
1.2 Moderní trendy v oblasti spalovacích motorů v praxi	22
1.2.1 Downsizing	22
1.2.2 Proměnné časování ventilů	24
1.2.2.1 Funkce	25
1.2.2.2 Nastavení ventilů	26
1.2.2.3 Druhy	26
1.2.2.3.1 Valvetronic	26
1.2.2.3.2 MultiAir	27
1.2.2.3.3 VTEC	27
1.2.2.3.4 VTEC – E	29
1.2.3 Hybridní pohon	30
1.2.3.1 Princip	30
1.2.3.2 Části	31
1.2.3.2.1 Spalovací motor	31
1.2.3.2.2 Elektromotor	32
1.2.3.2.3 Zásobník energie	32
1.2.3.2.4 Akumulátor	32
1.2.3.2.5 Elektronika	33
1.2.3.3 Výhody	33

1.2.3.4	Nevýhody	33
1.2.4	Vodíkový pohon.....	34
1.2.4.1	Vlastnosti vodíku a jeho výroba.....	34
1.2.4.2	Využití energie z vodíku	34
1.2.4.3	Palivové systémy.....	35
1.2.4.4	Výkon motoru	36
1.2.4.5	Skladování vodíku.....	37
1.2.4.6	Přehled prototypů	37
1.2.5	Systém start a stop.....	38
1.2.5.1	Nevýhody	39
1.2.5.2	Výhody.....	40
1.2.5.3	Trvalé odpojení systému	40
2	Komparace vybraných automobilů	42
	Diskuze.....	45
	Závěr	48
	Pedagogický přínos práce	49
	Literatura	50

Úvod

Psal se rok 1678 a Francouz Hautefeuille přišel s nápadem, že jako zdroj na užitečnou práci by mohl využít tepelnou energii za pomoci střelného prachu. Nebyl však sám. Touto myšlenkou se zabývala řada osobností té doby, jako třeba Francouz Papin, ale všechny jejich návrhy na tyto motory zůstaly nezrealizovány.

Jako první motor se tedy dá považovat turbína, kterou na konci 18. století navrhl Angličan Barber. S prvním pístovým motorem se přišlo o něco málo dále, ale toho samého století. Zasloužil se o to Angličan Street. Všechny tyto vynálezy měly vždycky ale nějaký problém, hlavně co se týče paliva, proto přišel na řadu svítíplyn. Sestrojení fungujícího spalovacího motoru trvalo řadu let až v roce 1860 Francouz Lenoir postavil motor na svítíplyn, který uplatnil i po praktické stránce. Přišel i s myšlenkou, že by se dala použít místo plynu kapalná paliva. Téhož roku se popsala činnost čtyřdobého motoru díky Francouzi Beau de Rochasi. Následovaly roky 1867, 1873, 1878 ve kterých proběhla řada modifikací díky slavným osobnostem, jako třeba díky panu Ottovi, který představil svůj čtyřdobý spalovací motor na svítíplyn, který připomínal už i naše současné motory. Dalším jméno, které má na vývoji spalovacích motorů své zásluhy je Diesel. Velký podíl na následné zrychlení vývoje má i nalezení dobrých zdrojů paliv z ropy, které byly na svoji dobu velmi levné. Jedním z nich byl benzín, který se dřív považoval za bezcenný odpad. V dnešní době se bez něj skoro neobejdeme.

Vývoj jde samozřejmě dál. Vše se zdokonaluje a bude zdokonalovat. Jak už jsem se snažil naznačit, spalovací motor figuruje v řadě odvětvích, ať už v automobilovém průmyslu, tak i třeba v leteckém. Spalovací motor je v řadě našich každodenních pomocníků.

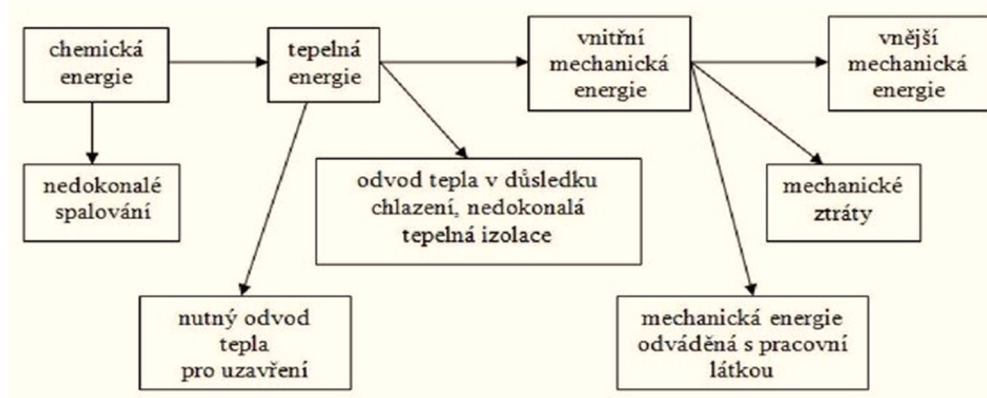
V současné době je možno vyzorovat mnoho moderních trendů v oblasti spalovacích motorů. Moje práce se těmito trendy bude zabývat v úzkém spojení s automobilovým průmyslem, kde je celá sada trendů jako je třeba downsizing, časování ventilů nebo systém start-stop a řada dalších.

Cíle práce

- Přinést čtenáři ucelený přehled teoretických poznatků o zážehových spalovacích motorech v teoretické části práce.
- Vyhledat a zpracovat aktuální literaturu týkající se moderních trendů v oblasti zážehových spalovacích motorů a přinést čtenáři ucelený přehled z této oblasti.
- Vypracovat stručnou komparaci vybraných automobilů za účelem demonstrace vývoje technologií v automobilovém průmyslu na konkrétních vozech.
- Koncipovat bakalářskou práci takovým způsobem, aby byla použitelná jako podpůrný učební text v předmětu Stroje a zařízení (KFY/SZA) vyučovaném na KAFT PFJU.

1 Literární přehled

Spalovací motor je stroj, který spalováním paliva získá tepelnou energii a využitím vhodného plynného činitele ji převede na mechanickou práci. Energie plynného činitele se využívá jako energie potenciální (tlak spalin) u pístových spalovacích motorů, nebo jako energie kinetická (rychlost proudu spalin) u spalovacích turbín. Na obrázku níže je uveden postup transformace chemické energie, která je součástí paliva na mechanickou práci spalovacího motoru [1].



Obrázek 1.1: Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru [1].

1.1 Zážehový motor

Švýcar Issac de Rivaz získal v roce 1807 patent na vozidlo, které je poháněné výbušným motorem. Vozidlo sestavil a veřejně zkoušel, ale nakonec se jeho práce stala pouze jako historická epizoda. Prvního opravdového úspěchu dosáhl až Francouz Jean Joseph Etienne Lenoir (začátek 19. století), kterého lze považovat za tvůrce výbušných motorů, neboť jako první je přivedl ke stavu dokonalosti. Bylo možné je opravdu prakticky využít. V roce 1859 získal Lenoir výlučné právo na využití motoru poháněným svítiplymem a již v roce 1860 postavil vůz poháněný plynovým motorem. Spolu s ním začíná s plynovými motory taky německý vynálezce N. A. Otto, který ve spolupráci se zámožným inženýrem E. Langenem založil první továrnu na motory na světě. Bylo to v roce 1864 v Kolíně. Spolu společně rozvíjeli představu čtyřtakového motoru, na jehož princip N. A. Otto přišel. N. A. Otto v roce 1876 vyrobil čtyřtakový motor se zvýšeným kompresním poměrem a v roce 1877 si ho právně ochránil. Tento typ motoru se stal základem pro stavbu budoucích spalovacích motorů. Tento čtyřdobý motor však nebyl ještě ani zdaleka dokonalý. Nevýhodou Ottových motorů byla vysoká hmotnost a hodně malý výkon. Gottlieb Daimler (1834-1900) se snažil o navýšení výkonu spalovacích motorů zvýšením otáček motorů. Zjistil, že problém je v elektrickém zapalování. Řešení našel v zapalování pomocí žhavicí trubičky. Další zvýšení otáček nastalo v roce 1894 pomocí bateriového odtrhovacího zapalování, které vynalezl francouzský hrabě de Dion (1856-1946).

V České republice se jako prvním vyrobeným automobilem stala v roce 1897 Tatra Präsident [1,2].

1.1.1 Rozdělení zážehových motorů

1.1.1.1 Dvoudobý zážehový motor

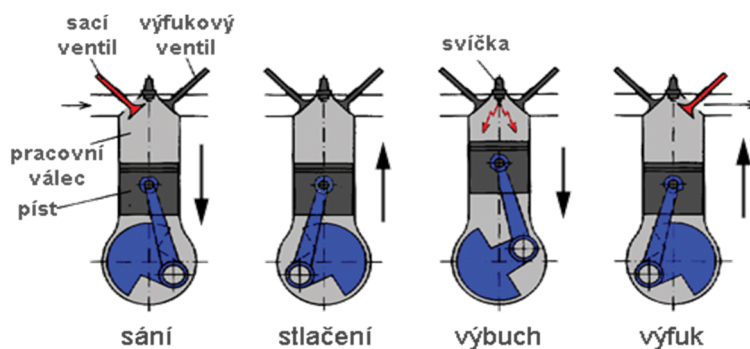
Pracovní oběh dvoudobého zážehového motoru proběhne během dvou zdvihů pístu a jedné otáčky klikové hřídele.

Dvoudobý spalovací motor je pístový spalovací motor, jehož pracovní cyklus proběhne za jednu otáčku klikové hřídele. Na rozdíl od čtyřtaktního motoru u dvoutaktního nenajdeme žádné ventily ani rozvody. Mazání obstarává olej rozpuštěný v benzínu [1,3].

1.1.1.2 Čtyřdobý zážehový motor

U spalovacích motorů se energie tepelná mění na energii mechanickou v pracovní části válce. Pracovní část je prostor mezi hlavou válce a pístem. Píst je poháněn plyny, které vzniknou hořením paliva. Ve válci se píst pohybuje přímočarým vratným pohybem, který je pomocí klikového mechanismu (píst, ojnice, klika) převeden na rotační pohyb. Sání a výfuk je řízen sacím a výfukovým ventilem ovládaný vačkami. Vačky se nachází na vačkovém hřídeli, který je poháněn převodem z klikového hřídele. Pracovní oběh čtyřdobého zážehového motoru proběhne během 4 zdvihů pístu a 2 otáček klikové hřídele [1,3].

První doba se nazývá zdvih – sání. Píst se pohybuje z horní úvratě do dolní. U zážehových motorů je při otevřeném sacím ventilu do prostoru nad pístem nasávaná výbušná směs. U vznětových motorů se jedná o čistý (čistý vzduch je do válce nasáván také u zážehových motorů s přímým vstřikem paliva). Výfukový ventil je uzavřen. Druhá doba je nazývána zdvih – stlačení (komprese). Píst se pohybuje od dolní úvratě k horní. Oba dva ventily jsou zavřené. Tímto pohybem je směs paliva se vzduchem, přesněji řečeno vzduch, stlačován. Před horní úvratí dojde ke vzplanutí směsi, respektive ke vstřiku paliva. Nastává hoření směsi díky elektrické jiskře a píst se pohybuje od horní úvratě k dolní. Třetí doba se nazývá zdvih – expanze. Směs hoří a rozpínající se zplodiny tlačí píst dolů. V této době píst koná užitečnou práci. Oba dva ventily jsou zavřené. Po třetí době následuje fáze – výfuk, která se označuje dobou čtvrtou. Píst se pohybuje od dolní úvratě k horní a při otevřeném výfukovém ventilu jsou z válce vytlačovány zplodiny hoření. Sací ventil je zavřený. Po této době následuje doba první a cyklus se celý znovu opakuje [3,4].

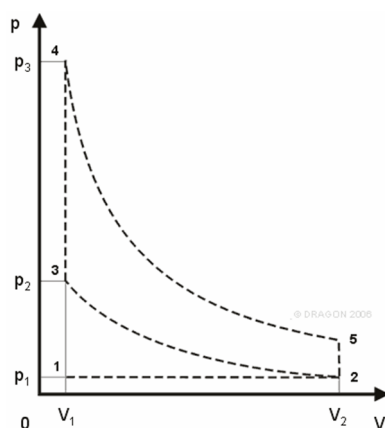


Obrázek 1.2: Pracovní cyklus čtyřdobého zážehového motoru [5].

1.1.2 Ottův cyklus

P-V diagram, jinak řečeno Ottův cyklus zážehového motoru nám znázorňuje závislost tlaku a objemu pracovní látky v průběhu jednoho cyklu.

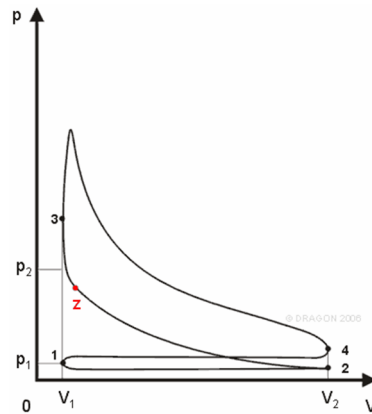
1.1.2.1 Ideální cyklus



Obrázek 1.3: Ideální cyklus [6].

První cyklus proběhne mezi čísly 1-2 a jedná se o sání. Znamená to, že do válce se nasává směs benzínových par (nebo plynu) se vzduchem. Následuje další cyklus mezi čísly 2-3 s názvem adiabatická komprese. Děj probíhá za dokonalé tepelné izolace. Směs je stlačována, aby konečná kompresní teplota byla nižší než teplota vznícení směsi. Mezi čísly 3-4 probíhá další cyklus, který nazveme izochronické zvýšení tlaku. Vše zde pracuje při stálém objemu. Před koncem komprese je směs zažehnuta elektrickou jiskrou, čímž dojde k rychlému zvýšení tlaku. Adiabatická expanze nastává mezi čísly 4-5. Plyn koná práci na úkor své vnitřní energie. Jeden z posledních cyklů je izochronický odvod tepla, který působí mezi čísly 5-2. Nakonec tu máme výfuk, který najdeme mezi 2-1. Znamená to, že zplodiny z válce jsou vyfouknuty ven. Tohle vše se děje u ideálního cyklu.

1.1.2.2 Skutečný cyklus



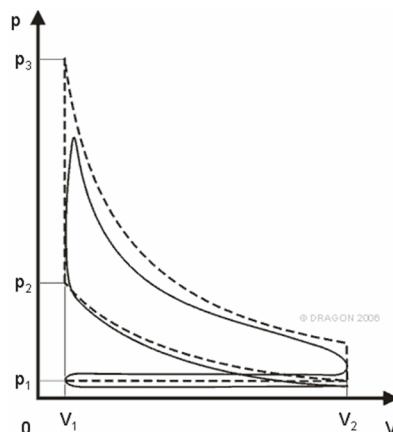
Obrázek 1.4: Skutečný cyklus [7].

Skutečný cyklus probíhá následovně. Jako první mezi čísly 1-2 proběhne sání, následuje komprese v rozmezí čísel 2-3, pak přichází expanze v rozmezí 3-4 a nakonec cyklus proběhne výfuk, který nám značí rozmezí čísel 4-1. Písmeno Z nám znázorňuje, kdy se elektrickou jiskrou zapálí směs.

1.1.2.3 Ideální a skutečný cyklus

Na dalším obrázku jsou zobrazeny dohromady ideální a skutečný cyklus. Jak je vidět, grafy se nám z části liší. Odlišnosti skutečného cyklu od ideálního jsou následující.

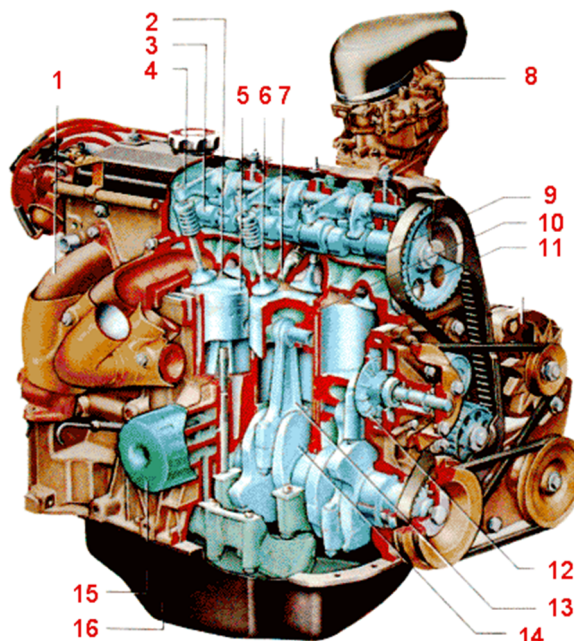
Komprese a expanze nejsou adiabatické, ale polytropické. K adiabatě se přibližují rychloběžné motory, kdy ke změně dochází v krátkém časovém okamžiku. Zvýšení tlaku při zapálení směsi není izochronické, jelikož spalování směsi není dokonalé, a hlavně to trvá nějakou určitou dobu [1,8,9,10,11,12].



Obrázek 1.5: Ideální a skutečný cyklus [13].

1.1.3 Části spalovacího motoru

1. výfukové potrubí
2. spalovací komora
3. vačkový hřídel
4. vahadlo
5. píst
6. ventil
7. zapalovací svíčka
8. karburátor
9. hlava válce
10. blok
11. rozvodový řemen
12. alternátor
13. vodní čerpadlo
14. ojnice
15. klikový hřídel
16. skříň motoru



Obrázek 1.6: Spalovací motor [14].

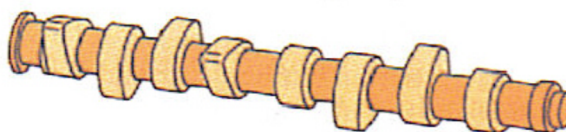
1.1.3.1 Blok motoru

Je nosnou a spojovací částí všech důležitých součástí motoru. Z velké většiny je tvořen odlitkem z legované litiny, nebo kvalitní lehké slitiny. Záleží na konstrukci a druhu motoru, jak se tato součást člení a co všechno obsahuje. U víceválcových motorů kapalinou chlazených jsou válce řazeny do bloku motoru, u kterého je blok válců odlit společně s vrchem klikové skříně.

Dále je v bloku uložena vačková hřídel a mazací otvory pro rozvod tlakového oleje. Je nutné věnovat zvýšenou pozornost jejich čištění. Pro přidělení všech ostatních součástí je v bloku motoru větší množství otvorů pro šrouby, otvorů se závity a otvorů, které se opatřují zátkami [3,12].

1.1.3.2 Vačkový hřídel

Vačkový hřídel slouží k otevírání ventilů ve správném pořadí a umožňuje uzavírání ventilů ventilovými pružinami [3,12].



Obrázek 1.7: Vačkový hřídel čtyřválcového motoru [3].

1.1.3.3 Hlava válců

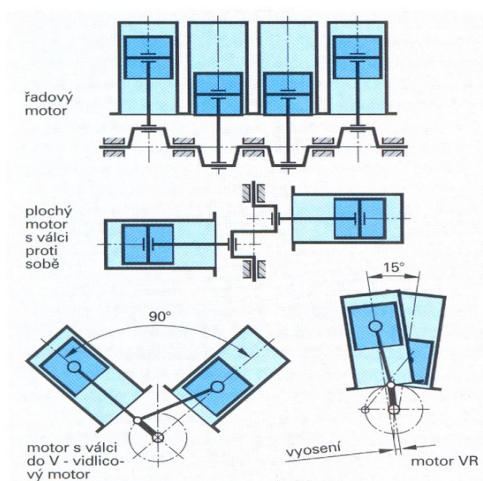
Hlava válců má za účel uzavírat pracovní prostor ve válci. Spolu s válcem a pístem vytvářet spalovací motor, a hlavně mají za účel rychle odvádět teplo do chlazení motoru. Hlava válce tvoří horní víko pracovního prostoru ve válci. Upevňuje se obvykle speciálními šrouby zavrtanými do bloku válců. Šrouby musí být všechny stejně utaženy, a to předepsaným momentem. Mezi hlavou válců a blokem válců se nachází těsnění hlavy válců. V hlavě válců je umístěna zapalovací svíčka a části ventilového rozvodu, jako např. sací a výfukové kanály zakončené ventilovými sedly, ventily, vodítka ventilů a další. Většinou obsahuje také hlavní část spalovacího prostoru. Hlava válců musí vždy odolávat vysokým tlakům při spalování směsi. Je také velmi značně tepelně namáhána a kvůli tomu musí být dobře chlazena [3,12].

1.1.3.4 Válce

Válce mají za účel zachycovat tlaky, které nastávají při pracovním oběhu. Společně s hlavou válců a pístem vytváří prostor pro spalování. Dále mají za úkol rychle odvádět teplo do chlazení motoru a vést píst při pracovním oběhu [3,12].

Na válce se kladou mimo jiné i speciální požadavky. Válce musí být dostatečně pevné při co největší těsnosti, odolné proti tepelnému namáhání, které se vytváří rozdílem vnitřní provozní teploty a vnější stěny válce, a to všechno při vysokém tlaku plynů. Dále by válce neměly podléhat korozi vůči zplodinám při hoření, nebo v případě kapalinového chlazení chladící kapalinou. Určitě musí mít dobré třecí vlastnosti a mít schopnost tvořit olejové vrstvy. Důležitá je i kvalitní tepelná vodivost [3,12].

Samotné válce se v motorech různě uspořádají. Uspořádání máme hned několik. Řádové, kde jsou válce v jedné řadě, následují ploché tzv. boxery, které jsou uspořádané zpravidla se dvěma řadami válců ve vodorovné rovině proti sobě a nakonec vidlicové, které jsou uspořádané nad klikovým hřídelem se dvěma řadami a skloněnými proti sobě do tvaru písmene V. Druhy uspořádání jsou znázorněny na následujícím obrázku [3,12].



Obrázek 1.8: Uspořádání válců [3].

Válce se dělí na chlazené kapalinou a chlazené vzduchem. Válce motorů chlazených kapalinou jsou obvykle konstruovány v jednom bloku. V bloku válců jsou vytvořeny kanály, které jsou určeny pro oběh chladicí kapaliny. Chladicí kapalina je vytlačována vodním čerpadlem do dolní části bloku válců, chladí vnější stěny válců a proudí dále do hlavy válců. Vnější, tenké stěny bloku válců se nazývají chladicí plášť. U kapalinou chlazených motorů je blok válců společně odlit s horní částí klikové skříně. V tomto případě mluvíme o bloku motoru. Je-li blok motoru vyroben jako odlitek z šedé litiny, která má dobré třecí vlastnosti a odolnost vůči opotřebení, mohou být válce vytvořeny přímo v bloku. U bloků motorů vyrobených z hliníkových slitin musí být použity vložené válce nebo vložky válců, popř. musí být třecí plocha válců speciálně upravena [3,12].

Válce chlazené vzduchem jsou vybaveny chladícími žebry, která rozšiřují místo pro odvod tepla z válce. U litinových válců se mohou žebra odlévat také do skořepinových forem. Takřka výlučně se používají samostatné válce, které jsou přidělány ke klikové skříně. Válce jsou hlavně odlity z legované hliníkové slitiny. V tomto případě se musí vnitřní povrch válce nezvykle upravit kvůli třecím vlastnostem a odolností proti opotřebení [3,12].

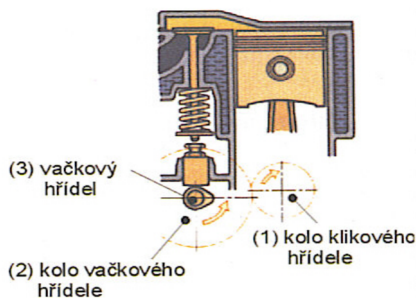
1.1.3.5 Ventily

Ventily mají záměr řídit plnění válců motoru směsí (u motoru zážehových) nebo vzduchem (u motoru vznětových) a mají za úkol ovládat odvod zplodin hoření z válců.

1.1.3.5.1 Uspořádání a druhy ventilových rozvodů

Rozvod s postranními ventily – SV (Side Valves)

Rozvod s postranními ventily má samotné ventily umístěny na jedné straně v bloku válce.

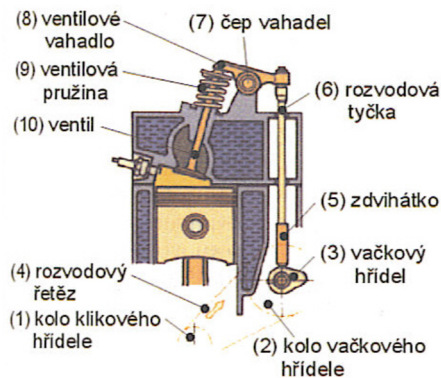


Obrázek 1.9: Rozvod SV (Side Valves) [3].

Toto uspořádání má své výhody, je jednoduché a má malou hmotnost. S tímto rozvodem se u motorů velmi obtížně buduje kompresní prostor s vyšším kompresním poměrem. Motory mají malou plnicí účinnost, protože směs nebo vzduch musí při sání změnit svůj směr proudění bezmála o 180°. V dnešní době se tento druh rozvodu už zdaleka nepoužívá [3,12].

Rozvod s visutými ventily v hlavě válců – OHV (Over Head Valves)

Rozvod s visutými ventily v hlavě válců má poměrně jednoduchou stavbu.

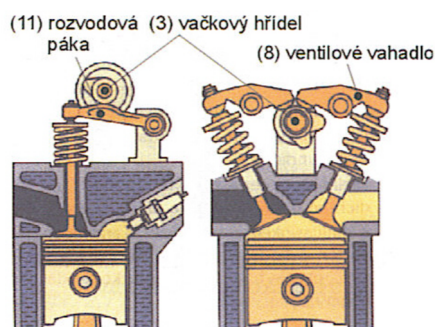


Obrázek 1.10: Rozvod OHV (Over Head Valves) [3].

Umístění ventilů je svrchu v hlavě válců, většinou v jedné řadě. Toto uspořádání umožňuje snadno vytvořit kvalitní spalovací prostor, a proto se to dá pokládat za výhodu. Vačkový hřídel se nachází v klikové skříně v blízkosti klikového hřídele nebo poblíž vrchní hrany bloku válců. Ventily se od vačkové hřídele ovládají ventilovými zdvihátky a rozvodovými tyčkami, které směřují blokem válců do hlavy, kde přes vahadla ovládají ventily. Vahadla se otočně ukládají na čep vahadel. Jako nevýhodu rozvodu OHV se dá brát velký počet součástí a jejich hmotnost. Tím se pak zvyšuje hlučnost a snižuje pevnost rozvodu. Při vyšších otáčkách motoru (nad 8000 min^{-1}) vzniká působením setrvačných sil k odskakování zdvihátek od vačky a k transformaci časování rozvodu [3,12].

Rozvod s ventily v hlavě válců a vačkovým hřídelem na hlavě válců – OHC (Over Head Camshaft)

Rozvod OHC je nejpoužívanější rozvod u motorů osobních automobilů.



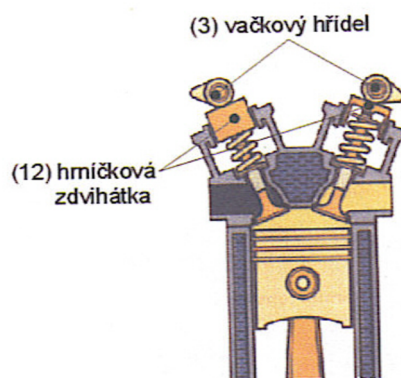
Obrázek 1.11: Rozvod OHC (Over Head Camshaft) [3].

Vačkový hřídel (3) je umístěn na hlavě motoru buď nad ventily, které ovládá rozvodovými pákami (11) nebo přímo přes hrníčková zdvihátka, nebo je umístěn mezi ventily, které pak ovládá pomocí vahadel (8). Rozvod OHC má malý počet pohyblivých

součástí a malý počet stykových ploch. Jednou z nevýhod rozvodu OHC je větší výška hlavy válců a složitější provedení pohonu vačkového hřídele. Vačkový hřídel pohání dvouřadý válečkový řetěz nebo ozubený řemen. Někdy se tento druh rozvodu označuje taky jako SOHC (Simple OHC). Tento název má své využití u motorů s více než dvěma ventily na válec [3,12].

Rozvod se dvěma vačkovými hřídeli na hlavě válců – DOHC (Double Over Head Camshaft)

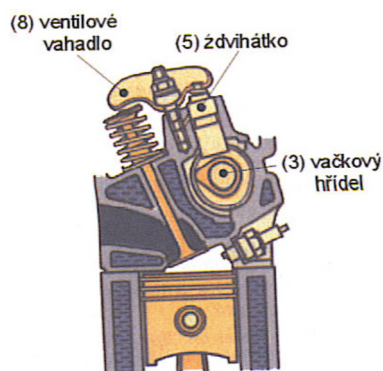
Tento rozvod se považuje za obdobu rozvodu OHC se dvěma vačkovými hřídeli (3) na hlavě válců a využívá se zejména u více ventilových rozvodů [3,12].



Obrázek 1.12: Rozvod DOHC (Double Over Head Camshaft) [3].

Rozvod s vačkovým hřídelem v hlavě válců – CIH (Camshaft In Head)

Vačkový hřídel se nachází v hlavě válců a ovládá ventily pomocí vahadel a ventilových zdvihátek [3,12].



Obrázek 1.13: Rozvod CIH (Camshaft In Head) [3].

Rozvod s protilehlými ventily – IOE (Inlet Over Exhaust)

U tohoto rozvodu je sací ventil visutý v hlavě válce jako u rozvodu OHV a výfukový ventil se nachází v bloku válce jako u rozvodu SV. Občas se tomuto provedení říká rozvod s F-hlavou. Tento typ rozvodu se výrazněji prosadil jen v Anglii někdy kolem třicátých a čtyřicátých let [3,12].

1.1.4 Systém zavádění vzduchu

1.1.4.1 Atmosférické plnění

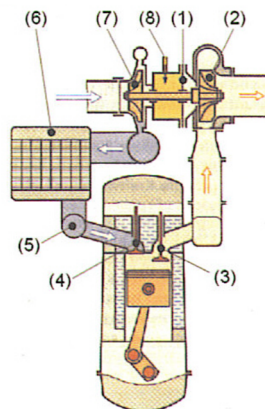
Atmosférické plnění je nepřepřňovaný druh motoru, kde se vzduch nebo zápalná směs dopravuje do válce pod tlakem výlučně nasávacím účinkem pístu. Nemá turbodmychadlo ani kompresor [1].

1.1.4.2 Přetlakové plnění

Přepřňováním se dostává na rozdíl od klasického způsobu větší množství vzduchu do pracovního prostoru, tím je možno zvětšit i množství paliva dodávaného na jeden pracovní oběh. To znamená, že přepřňováním lze buď zvýšit výkon motoru, nebo při tom samém výkonu zmenšit jeho rozměry [1].

Turbodmychadlo

V dnešní době je turbodmychadlo nejčastějším způsobem přepřňování. Přepřňování turbodmychadlem je založené na principu, kdy je vzduch před vstupem do válce částečně nebo plně stlačen. U automobilových motorů s turbodmychadlem je turbína poháněna výfukovými plyny, následně pak zmiňovaná turbína pohání dmychadlo, které nasává čerstvý vzduch a dopravuje ho do válců v motoru s určitým přetlakem. Mezi dmychadlem a motorem se obvykle umísťuje chladič (tzv. mezichladič), který má za úkol snižovat teplotu plnicího vzduchu [1,12].



Obrázek 1.14: Turbodmychadlo [3].

Popis obrázku: (1) Tepelně izolační vložka, (2) lopatkové kolo turbíny, (3) výfukový ventil, (4) sací ventil, (5) rozdělovací sací potrubí, (6) chladič plnicího vzduchu, (7) lopatkové kolo dmyhadla, (8) přívod mazacího oleje.

Výhody motorů přepřňovaných turbodmychadel

Motor přepřňovaný turbodmychadlem má oproti klasickému nepřepřňovanému (atmosférickému) motoru řadu technických a ekonomických výhod. První výhodou je poměr hmotnosti a výkonu (kg/kW), kterou má motor přepřňovaný turbodmychadlem lepší. Zastavěný prostor má přepřňovaný motor menší než ten nepřepřňovaný při stejném výkonu. Výfukové turbodmychadlo dokáže snížit emise ve výfukových plynech, a nakonec chování přepřňovaného motoru je oproti nepřepřňovanému výrazně lepší i ve vyšších nadmořských výškách [1,3,12].

Mechanické dmyhadla (kompresory)

Mechanické dmyhadla jsou poháněna motorem pomocí převodního ústrojí. Mechanická dmyhadla (kompresory) zaručují na rozdíl od turbodmychadel přímočarý přírůstek výkonu a velký točivý moment už při nízkých otáčkách motoru. Vzhledem k mechanické spojitosti mezi motorem a dmyhadlem zde v podstatě neexistuje prodleva odezvy motoru při změně polohy akceleračního pedálu. Nevýhodou kompresorů oproti turbodmychadlům je odběr konkrétního výkonu motoru, který je pro pohon dmyhadla nezbytný [1].

1.1.5 Chlazení motorů

Chlazení motoru má za záměr udržovat teplotu motoru, především některých jeho částí (písty, válce, hlavy válců) na takové úrovni, která je pro provoz nejvhodnější. Teplota motoru také působí na jakost a životnost oleje. Chlazení musí dále zajišťovat lepší plnění válců, vyšší tlaky, vyšší výkon při dobré spotřebě paliva a pravidelnou teplotu motoru. Na chlazení se kladou i určité požadavky, které musí splňovat. Musí mít vysoký chladičí výkon, pokud možno mít co nejmenší hmotnost. Musí pravidelně ochlazovat jednotlivé části a tím tak zamezit vzniku vnitřního pnutí, a nakonec zprostředkovat dobrý přestup tepla, aby bylo co nejméně ovlivněné znečištěním nebo usazením vodního kamene. Chlazení se dělí na vzduchové (náporové prouděním, s nuceným prouděním vzduchu) a kapalinové (samo oběžné, s nuceným oběhem chladičí kapaliny) [1,3,12].

1.1.5.1 Chlazení vzduchové

Vzduchové chlazení se aplikuje hlavně u motorů, které mají menší výkon. Je možné ho i použít pro motory v nákladních automobilech, případně i pro menší ustálené motory. U vzduchového chlazení má přebývající teplo namířeno přímo do okolního vzduchu. Za předpokladu dosažení co nejlepší tepelné vodivosti, jsou hlavy válců a samotné válce

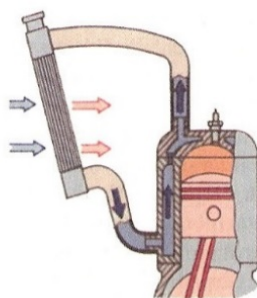
mnohdy odlity z legované lehké slitiny. Značný vliv na zlepšení přesunu tepla do okolí mají chladicí žebra, která rozšiřují účinnou chladicí plochu [1,3,12].

1.1.5.2 Chlazení kapalinové

Kapalinové chlazení má za účel udržovat teplotu motoru, obzvláště některých jeho konkrétních částí jako písty, válce, nebo hlavy válců na takové úrovni, která je pro provoz nejvhodnější. Mezi teplejší díly motoru a okolní prostředí se začleňuje teplosměnné médium, které to samotné teplo odevzdává do okolního prostředí pomocí tepelného výměníku (chladiče). Běžné teplosměnné médium je chladicí kapalina, nebo směs destilované vody s různými kapalinami zabezpečujícími, že tato kapalina vlivem nízkých teplot (pod 0 °C) nezamrzne. Za různých okolností byl i v některých případech použit pro přenos tepla motorový olej [1,3,12].

Samooběžné (termosifonové)

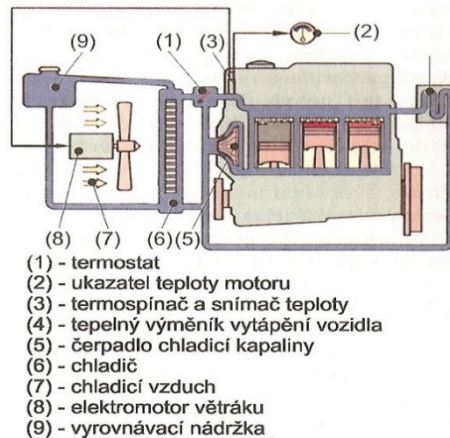
Princip je takový, že ohřátá kapalina stoupá a místo ní přichází chladnější kapalina z chladiče (obrázek). Takovýto způsob si našel použití u menších motorů. Oběh kapaliny je pomalý, chlazení má malou účinnost a samotný systém se domáhá dosti rozměrného chladiče. V dnešní době se samooběžné chlazení už nepoužívá [1,3,12].



Obrázek 1.15: Kapalinové samooběžné chlazení [6].

Chlazení s nuceným oběhem chladicí kapaliny

Chladicí kapalinu pohání čerpadlo, které se stará o její rychlý oběh. Kapaliny před vstupem do chladiče a kapalina, která z chladiče vystupuje má teplotní rozdíl 5–6 °C. To zaručuje, že uvnitř motoru je malé tepelné pnutí. U nezapřátého motoru dopravuje čerpadlo kapalinu do chladících míst kolem válců a otvory v těsnění do hlavy válců. Odtud kapalina směřuje do termostatu, který blokuje vchod do chladiče, zpátky na sací stranu čerpadla. Když se zapne vytápění vozidla, část chladicí kapaliny (podle polohy regulačního ventilu) směřuje do čerpadla přes tepelný výměník vytápění vozidla, tím vznikne tzv. malý chladicí okruh. Po získání vyžadované provozní teploty termostat otevře vstup do chladiče a kapalina se vrátí přes chladič zpět do čerpadla. Kapaliny proudí tzv. velkým chladícím okruhem [1,3,12].

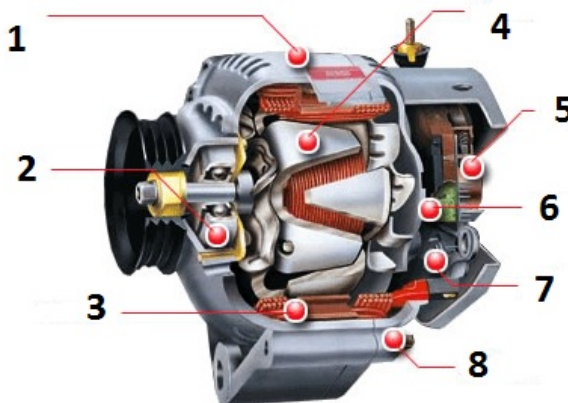


Obrázek 1.16: Chlazení s nuceným oběhem chladicí kapaliny [3].

1.1.6 Elektrické součásti

1.1.6.1 Alternátor

Alternátor je stroj, který za chodu motoru vyrábí elektrický střídavý proud. Jelikož se alternátor využívá i při nabíjení akumulátoru, je nutné jím vyrobený střídavý proud usměrnit. K usměrnění se používá usměrňovač, který je důležitou součástí alternátoru. Usměrněním střídavého proudu, které proběhne uvnitř alternátoru se stane usměrňovač zdrojem stejnosměrného proudu a jak už bylo řečeno, je důležitý zejména pro nabíjení akumulátoru. Základní kostra alternátoru je tvořena rotorem a statorem. Dříve se používala dynama, které v dnešní době alternátor nahrazuje [1,15,16].

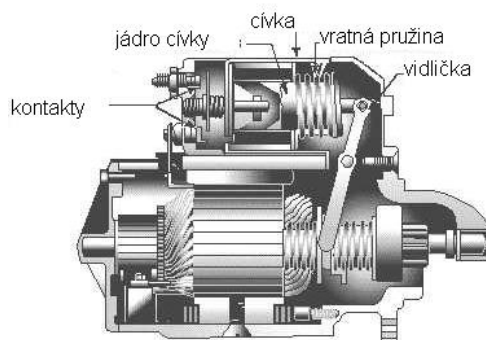


Obrázek 1.17: Alternátor [17].

Popis obrázku: (1) Obal; (2) řemenice; (3) stator; (4) rotor; (5) uhlíky; (6) regulátor; (7) diodový mostík; (8) držák.

1.1.6.2 Startér

Startér slouží k nastartování motoru. Jedná se o stejnosměrný motor, který výstupní hřídelí pomocí vysunutého pastorku roztočí v době startu klikový hřídel spalovacího motoru. Tím ho přivede k činnosti. Přivedením proudu na svorku elektromagnet přitáhne jádro, jehož součástí je vidlička. Vidlička vysune pastorek, který následně vklouzne do ozubení věnce na motoru. Jakmile nastane chvíle, kdy volnoběžka je vysunuta a jádro je naopak zasunuto ve spínači, zatlačí čep na pohyblivý kontakt spínače. Po spojení kontaktů spínací cívky se na držák uhlíků dostane proud. To způsobí roztočení nejen rotoru, převodovky a pastorku startéru, ale i k roztočení motoru celkově [16,18,19].



Obrázek 1.18: Startér [20].

1.1.6.3 Zapalovací cívka

Zapalovací cívka shromažďuje zapalovací energii a předává ji formou vysokonapěťových impulzů dál kabelům a nakonec svíčkám. Je tvořen z pouzdra, ve kterém je uložený plášť tvořený plechy, který ji magneticky uzavírá. Na lamelované železné jádro je navinuto sekundární vinutí, které je přes jádro elektricky spojeno s prostředním vývodem zapalovací cívky. Kvůli vysokému napětí, které leží na železném jádře, je jádro nahoře izolované víkem a na dně položenou izolační vložkou. Zapalovací cívka pracuje stejným principem jako transformátor a je hlavní součástí zapalování [1,21].

1.1.6.4 Akumulátor

Akumulátor (baterie), je chemický zdroj elektrické energie, který dokáže přijímat v průběhu nabíjení elektrickou energii z vnějšího zdroje a následně ji hromadit ve svých elektrodách jako energii chemickou. Když se akumulátor vybíjí, dodává elektrickou energii do spotřebiče. V tuto chvíli nastává změna v chemickém složení aktivních složek elektrod. Chemická energie v nich nahromaděná se mění na energii elektrickou.

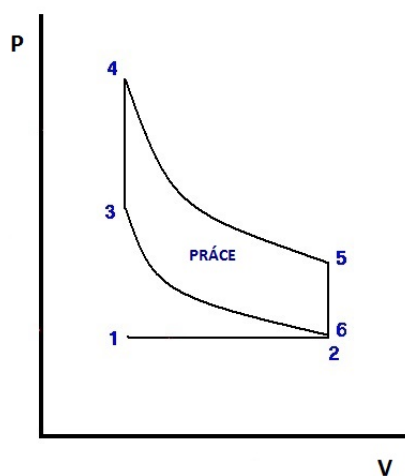
Akumulátor se bere jako nejpoužívanější sekundární zdroj elektrické energie spalovacích motorů [1,22].

1.2 Moderní trendy v oblasti spalovacích motorů v praxi

1.2.1 Downsizing

Downsizing je anglické slovo, které po přeložení znamená zmenšování. Základní myšlenkou downsizingu v automobilovém průmyslu je snaha o snížení objemu motoru, a to za předpokladu, že současný výkon motoru se zachová, dokonce by mohl být i větší. Jakmile by všechny tyto parametry nastaly, měly by se samozřejmě snížit i emise, které jsou velké téma v současnosti, co se nejen automobilů týče. Zmenšením motoru se myslí i menší motor. Menší motor má oproti většímu motoru logicky menší hmotnost, menší setrvačné hmoty, menší tepelné ztráty. Větší motor má hlavně větší odpor setrvačnosti, větší třecí odpory. Myšlenka downsizingu by toto všechno chtěla eliminovat. Všechny tyto věci by se ve finále promítly i do spotřeby automobilu, která by taky klesla. Downsizing je obecně zmenšení něčeho, nejen o změnu velikosti motorů nebo dalších zmíněných věcí. Může se jednat i o vynechání některých nadbytečných věcí, které jsou někdy spíše ke škodě než k užitku. Všechno toto pojednání hovoří ve prospěch downsizingu, ovšem realita může být vždy jiná. U atmosférického motoru se objem myslí jako množství směsi, kterou motor nasaje při sacím zdvihu motoru. Tento problém se dokáže vyřešit pomocí turbodmychadla, protože když se zvýší tlak vzduchu na vstupu směsi do motoru, motor pak nasaje daleko větší kvantum směsi. U zážehového motoru je to pak otázka zdokonalení přímého vstřikování paliva, které umožní následné lepší vyplachování válců. Tuto „technologii“ používá řada automobilek, třeba i automobilka BMW, o které se ví, že je naprosto oddaná výrobě atmosférických motorů. Jako příklad se dají uvést motory od automobilky Škoda s označením TSI, které se najdou ve verzích Fabia, Octavia, nebo Roomster. Dále i automobily od značky Volkswagen [12,23 - 25].

Důležitou roli zde hraje výkon. Výkon je v překladu odvedená práce za jednotku času. Je to práce odevzdaná během jednoho cyklu zážehového motoru s vnitřním spalováním. To je dáno tzv. Ottovým cyklem (P-V diagramem).

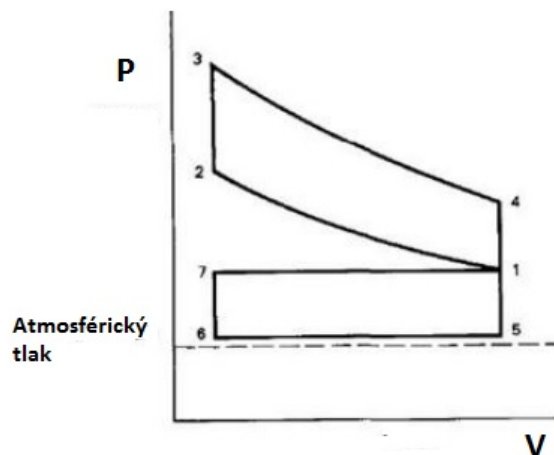


Obrázek 1.29: P-V diagram [26].

Z grafu je vidět, že na svislé ose je tlak nad pístem a na ose vodorovné objem válce. Ve finále se nacházejí objemy dva, jeden je ohraničený body 0-1-4 a je to prostor nad pístem v horní úvrati. Druhý objem se nachází v rozmezí 1-6-4 a nazýváme ho objemem pracovním. P-V diagram znázorňuje, jak je vykonaná práce dána plochou uvnitř uzavřené křivky. Diagram popisuje, co se děje v atmosférickém plněném motoru. V rozmezí bodů 1-2 se směs dostane do válce (píst je v dolní pozici, objem vzroste). Mezi body 6-1 se děje přesně pravý opak. Opakem je výfuk. Válec se nachází v otevřené pozici a to způsobí, že se tlak nebude měnit a bude stálý. V prostoru ohraničeným body 1-2-6 se žádné práce nedočkáme. Tuto fázi pojmenujeme tzv. nepracovní zdvih. Rozmezí bodů 2-5-4-3 nám vymezuje pracovní cyklus. Body 2-3 znázorňují kompresi, kde píst pracuje tak, že stlačuje palivo se vzduchem. Dál v rozmezí 3-4 dojde k zapálení směsi paliva. Píst se pohybuje v horní úvrati. Vzniká nám teplo po proměně chemické energie. Následně nám v rozmezí 4-5 koná práci plyn (spálená směs paliva se vzduchem), který má vliv svým tlakem na píst. Všechno se odehrává rychle, takže můžeme vypustit myšlenku o výměně tepla s okolím. Ve skutečnosti hraje velkou roli ještě setrvačnost vzduchu, ale z principu si vystačíme s tímto popisem [12,23 - 25].

V závěru tedy plyne, že jakmile se zvětší množství paliva se vzduchem, uvolní se tím víc chemické energie a tím pádem se plocha pod křivkou zvětší. Těchto okolností se dá dopracovat více cestami. Můžeme přiměřeně zvětšit válec, píst a zdvihový objem motoru. Dosáhneme tím většího výkonu motoru. Na obrázku se to promítne, že křivka by rostla směrem doprava. Dalším způsobem, jak se to dá zužitkovat je využití stlačitelnosti vzduchu a stlačit ho ještě před vstupem do válce. Proporce systému se zachovají [12,23 - 25].

Kdyby se do Ottova cyklu promítlo přeplňování, graf by se změnil do této podoby:



Obrázek 1.30: PV – diagram s přeplňováním [27].

Jelikož se plnění v rozmezí 7-1 uskuteční za vyššího tlaku, než tomu je u výfuku 5-6, vytvoří se další uzavřená křivka. Jinak řečeno nám to řekne, že se dodatečná práce vykonala v nepracovním zdvihu. Dalo by se toho za určitého předpokladu využít. Zařízení stlačující vzduch by muselo být poháněno odpadní energií, která by vznikla například z kinetické energie spalin. Jednalo by se tedy o turbodmychadlo. Mohl by to být i kompresor, ale že se až 20 % posune z horní křivky přesune do dolní a nevznikne z toho

žádná věc k užitku. Mohlo by to jít i jinou cestou. Mohl by se zvýšit kompresní poměr, tím křivka poroste nahoru. Bohužel se často objeví technický problém. Tím je myšleno pevnost hlav válců, jejího těsnění, nebo taky emise. Navíc by se auto chovalo jinak (hrubý chod) a pro řidiče by to nebyla vůbec žádná sranda. Jakmile se ale začneme koukat na výkon jako na práci odvedenou za čas, vykonáme také ve stejném čase více menších oběhů a tím tak zvýšíme otáčky motoru. Tento způsob se využíval hodně i v dřívějších letech [12,23 - 25].

Na downsizingové motory má každý motorista jiný názor. Vždy něco nového, něco, co se vidí jen zřídka, přinese jak řadu pozitiv, tak i negativ. Mezi pozitiva downsizingových motorů se řadí především zmenšení motoru. Motor se tak vyrobí s menší spotřebou surovin a nespotřebuje se na výrobu tolik energie a dalších věcí spojených s výrobou. Menší motor bude určitě i finančně méně nákladný než motor větší. Když je řeč o tom, že je motor menší, tak z toho plyne, že je i lehčí. Automobil je tak ve finále menší, má menší hmotnost a náklady na koupi klesají. Motor zabírá v automobilu méně prostoru. Setrvačné hmoty nebudou tak veliké k rozhýbání sebe sama. Ve finále i malý motor může být dost výkonný. Tím, jak je ale motor v menší velikosti, samozřejmě jeho výroba bude hodně náročná hlavně na přesnost. Downsizingové motory potřebují ke svému správnému fungování instalaci řadu přídatných systémů jako je turbodmychadlo, mezichladič a další. Jak to, tak je, tak ty přídatné systémy budou finančně nákladné, budou vyžadovat nějakou péči a určitě odbornou kontrolu v autorizovaném servisu. Klíčové systémy, jako třeba pístová pumpa přímého vstřikování benzínu odebírají hodně energie. To nejhorsí, co by mohlo nastat je tzv. nepovedený downsizing, kde zmenšený motor nebude dost výkonný a auto bude líné. I když by downsizing měl prosperovat menší spotřebou, měl by být ekologický, ekonomický. To vše nám prokazují testy, nebo doporučení, které výrobci automobilů s tímto motorem uvádí. Ovšem realita může být jiná. Auto s downsizingovým systémem bude ekonomické za předpokladu, že vlastník vozidla bude dodržovat řadu pravidel a nebude mít, jak se lidově říká těžkou nohu [12,23 - 25].

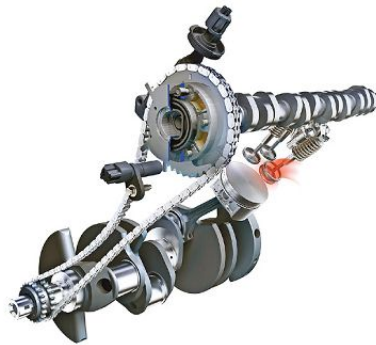
1.2.2 Proměnné časování ventilů

Proměnné časování ventilů je technologie, kterou disponují automobily s čtyřdobým spalovacím motorem. Je to technologie, která chce využít proměnné časování ventilů ke zlepšení parametrů motoru, ať už v oblasti snižování spotřeby, či zvýšení výkonu motoru. Proměnné časování vychází ze stejného principu funkce, ale spoustu výrobců této technologie využívají trochu odlišné mechanismy pro změnu časování a taky užívají jiné obchodní značení. Proč proměnné časování? Výhoda se opírá o variabilní rozvody. Ty se používají k vylepšení výměny náplně válců spalovacího motoru. Mechanik chce pomocí časování dojít k co nejlepšímu provoznímu vlastnostem, ať už jak bylo zmíněno v souvislosti se zvýšením výkonu, snížením spotřeby, nebo o vysoký kroutící moment s větším rozpětím otáček, či snížit emise výfukových plynů. Častěji se proměnné časování využívá u benzínového motoru, protože zážehové motory pracují ve vyšších otáčkách, takže je to logické vyústění. I přesto se ale v naftovém motoru objevil. Představil

ho v roce 2010 motor od výrobců značky Mitsubishi. Vůz nesl název Mitsubishi 1.8 DI-D MIVEC [12,23,28].

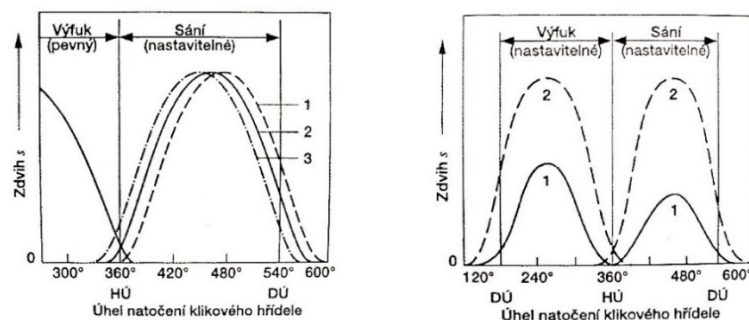
1.2.2.1 Funkce

Časování a zdvih ventilů jsou závislé na výměně plynů v motoru a množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Klasické rozvodové konstrukce se stejným zdvihem a časováním ventilů jsou vždy jakýmsi kompromisem vyhovujícím jen v určitém rozmezí otáček motoru. Spalovací motor ale funguje s širokým rozsahem otáček [12,23,28].



Obrázek 1.19: Schéma ventilového rozvodu [29].

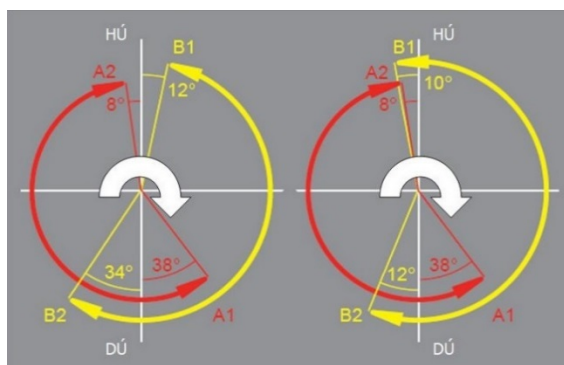
Kvalitu při plnění válce (proběhne se závislostí na otáčkách motoru) až dost ovlivňuje chvíle, kdy dochází k uzavření sacího ventilu. Sací ventil je uzavřen až ve chvíli, kdy opustí dolní úvrať pístu po sacím zdvihu, kde se pomocí setrvačnosti směsi dosáhne přídatného plnění válce. Plnění je větší, čím rychleji směs proudí, kdy tedy motor pracuje ve vyšších otáčkách. Při nižších otáčkách je naopak zase lepší co nejrychlejší uzavření, kvůli zpětnému vytlačování směsi do sacího potrubí. Zkoordinovat vysoký výkon a vhodný průběh točivého momentu znamená nainstalovat variabilní časování ventilů, které se podle současného chodu motoru mění. Nejčastěji se využívá způsob natáčení vačkové hřídele sacích ventilů vzhledem ke klikové hřídeli. Natáčením se oddalují fáze sání, tedy překrytí ventilů. Doba otevření a samotný zdvih ventilů setrvává stejný. Vačkový hřídel výfukových plynů zůstane na totožném místě, viz následující obrázek [12,23,28].



Obrázek 1.20: Grafy úhlů natočení klikové hřídele [23].

1.2.2.2 Nastavení ventilů

Nastavení vačkové hřídele se mění podle dříve nastavených vztahů otáček a zátěže. Při volnoběhu a vysokých otáčkách se vačkový hřídel nastaví tak, že se sací ventil uzavře později. Nedochází zde k překrytí s výfukovými ventily, a proto to pomáhá ve stabilním chodu motoru ve volnoběhu a v dobrém využití výkonu ve velkých otáčkách. Ve středních a nízkých otáčkách se vačkový hřídel sacích ventilů nastaví poněkud jinak a to tak, že se sací ventil uzavře dřív. Dosáhneme díky tomu většímu naplnění válců a k lepšímu točivému momentu [12,23,28].



Obrázek 1.21: Průběh časování ventilů [30].

Popis obrázku: Na levé straně je zobrazení sacího ventilu, který se zavírá později. Na pravé straně opak, kdy se zavírá dříve. A1 – výfukový ventil otevírá, A2 – výfukový ventil zavírá, B1 – sací ventil otevírá, B2 – sací ventil zavírá.

1.2.2.3 Druhy

Zhotovení variabilního časování používá každá automobilka odlišná řešení, která pak zprostředkovávají plynulou nebo skokovou změnu v časování. Různé jsou i styly variabilnosti časování. Nejvíce se používá již zmíněné natáčení vačkové hřídele (systém Vanos, CVVT, MIVEC), nebo úprava geometrie rozvodového mechanismu (V-TEC, Valvetronic, VarioCAM, Valvematic, Vti, VVL-i, MultiAir) anebo úplně bez mechanických vazeb [12,23].

1.2.2.3.1 Valvetronic

Tento typ používá automobilka BMW. U tohoto rozvodového mechanismu sacích ventilů je navíc mezivahadlo, které společně s běžným vahadlem vytvoří spojení mezi vačkou a ventilem. Pomocí pohybu excentrického hřídele je zdvih sacích ventilů závislý na mezivahadlu. Zásadou šnekového pohonu s elektromotorem se excentrický hřídel pohybuje. Způsob ovládání ventilového rozvodu je náročný hlavně v přesnosti výroby. Součástky rozvodu jsou vyráběny s maximální přesností (např. přípustná odchylka mezivahadla je pouze 0,008 mm). Nepravidelnost při otevření zdvihu ventilu smí být

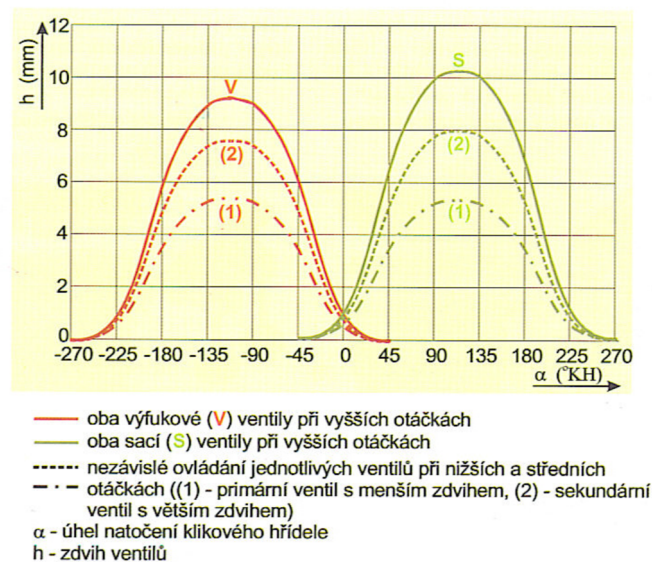
pouze +/- 10 %. Díky tomu je mezivahadlo a vahadlo rozděleno do klasifikačních tříd. Máme čtyři klasifikační třídy. Díly se značí laserem, do jaké klasifikace patří. Vačková a excentrická hřídel je spravována ve zvláštním lůžku, na kterém zajišťuje nastavení excentrické hřídele elektromotor. Lůžko je pak dále párováno s hlavou motoru a nesmí být jednotlivě vyměňováno (kvůli přesnosti) [12,31].

1.2.2.3.2 MultiAir

Motor MultiAir 1.4 vyjde s jedním vačkovým hřídelem, s rozvodem OHC. Sací ventily jsou řízené hydraulicky, ale výfukové ventily jsou vedené vačkou. Vačka generuje jen tlak oleje, jimž jsou přes píst přímo řízené sací ventily. Tlaku oleje je úměrná jak doba otevření ventilů, tak i jejich zdvih. Tlak oleje je ovládaný solenoidovým ventilem. Ty jsou čtyři. Každý válec má svůj. Skutečností (bonusem) je, že MultiAir nepotřebuje k proměnnému časování rozvodu elektrohydraulická variátor [12,31].

1.2.2.3.3 VTEC

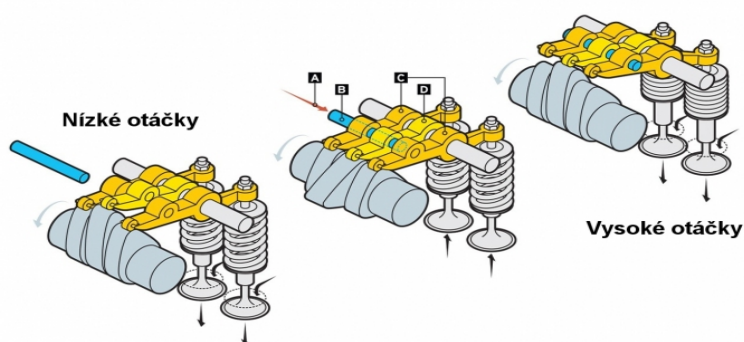
S proměnným časováním ventilů označením VTEC přišla automobilka Honda. VTEC je systém s elektronicky řízenou změnou časování a zdvihu ventilů, které jsou závislé na provozním režimu. Tento systém byl automobilkou vyvinut původně pro závodní vozy F1, aby kladl důraz na vynikající výkonové parametry. Později se nakonec rozhodla tento systém upravit i pro osobní automobily a hned v několika verzích sériových motorů. Dodnes je hojně populární a má i skvělé zastoupení u fanoušků [3,12].



Obrázek 1.22: Průběh otevírání ventilů rozvodu VTEC [3].

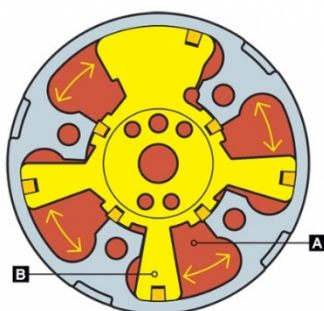
VTEC (Variable Timing and lift Electronic Control) pracuje na základě jednoduchých zákonitostech. Vačková hřídel je zkonstruována s různě ostrými vačky. V nízkých otáčkách jsou zapojeny do práce ty jemnější vačky. Ostřejší vačka má své

vahadlo, které v původním stavu není napojené na žádný ventil, takže se pohybuje naprázdno. V konkrétním okamžiku se vahadla ventilů spojí kolíčkem (B), který je díky tlakovému oleji posunut a orientován do správných kanálů elektronicky řízenými klapkami. Tím dojde k tomu, že na prázdno se pohybují jemnější vačky. V tomto okamžiku nastane chvíle, kdy to řidiče v ostrých modelech máčkne lehce do sedačky. V posledních letech pracují mechanici na systému VTEC jemněji, takže přechod mezi oběma režimy není až tak moc dramatický, ale pořád se odehrává a je znát. Ventily se potom víc a na delší dobu otevírají a díky tomu proudí více vzduchu a paliva do válců. To znamená, že samotný motor bude disponovat ve vysokých otáčkách větším výkonem. V nízkých otáčkách se ventily méně otevírají a dochází ke snížení spotřeby paliva [3,12,32].



Obrázek 1.23: Princip fungování variabilního časování [33].

Tento systém od automobilky Honda mění jak úroveň otevření, tak i trvání. Takový jev není zcela běžný. Více se setkáme s proměnlivým „jedině“ časováním ventilů. Míra otevření zůstává stejná. Mění se ale něco jiného. Mění se to, jakou dobu jsou ventily otevřeny, kdy se otevírají a zavírají. Většinou pracují na principu změny tlaku oleje ve zvláštních komorách (na obrázku písmeno A), které různě pracují s vačkovou hřídelí. Někdy se používají i elektromotorky, ale možností je celá řada [3,12,32].



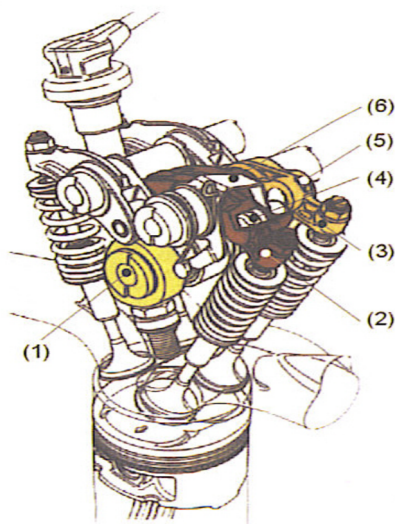
Obrázek 1.24: Systém natočení hřídele [34].

Je celá řada systému u Hondy. Jedna možností je natočení hřídele, kdy se při nízkých otáčkách otevírá pouze jeden ze dvou sacích ventilů. Dalším jednodušším systémem je systém variabilního fungování ventilů, kde sám systém pracuje primárně jen

s jejich otevřeným množstvím. Variabilní systém se zaměřuje i na válce. Tento systém se používá u motorů s osmi a více válci. Elektronika některé válce odpojí a tím zařídí, že se některé válce pohybují naprázdno, a to ve chvíli, kdy chcete po motoru jen malý výkon, např. při pomalé jízdě ve městě. Dalším systémem je odpojování válců motoru, kde by vlastně vačková hřídel byla eliminována. Motory by neměly třeba rozvodové řemeny. Vše by bylo poháněno jinak, třeba elektronicky nebo ozubenými koly. Těchto systémů a jejich inovací je celá řada, ale i tak se najde ještě jeden systém, který nese název VTEC-E a je prezentovaný v následující kapitole [3,12,32].

1.2.2.3.4 VTEC – E

Aby toho nebylo málo, tak byl firmou Honda vyvinut pro ekonomický provoz systém VTEC – E (Economy). V tomto systému se při nízkých otáčkách motoru jeden z dvou sacích ventilů vyřadí z provozu. Ventil, který se zapojuje, pracuje s klasickým zdvihem 8 milimetrů, kdežto druhý ventil se otevře pouze 0,65 milimetrů. Nezapojený ventil se pootevře hned z několika důvodů. Před ventily nevzniká přetlak, ventilová sedla se chladí, ale tímto se hlavně docílí, že dochází k vrstvení zápalné směsi. Význam je následovný. Nejbohatší směsi se shromažďují kolem zapalovací svíčky a tím se dosáhne jednoduššího zapálení směsi. Motory s tímto rozvodem pracují s velmi chudou směsí v nízkém zatížení. Ve vysokém zatížení, přesněji řečeno ve vysokých otáčkách vydá řídicí jednotka povel k propojení obou vahadel (2,3) díky dvoudílným propojovacím čepu (4). Oba dva ventily pak řídí hlavní vačka a zdvih není odlišný (8 milimetrů) [3].



Obrázek 1.25: Systém VTEC-E [3].

Popis obrázku: (1) – Vačkový hřídel; (2) – primární vahadlo; (3) – sekundární vahadlo; (4) – dvoudílný propojovací čep; (5) – koncový doraz s tlačnou pružinou; (6) – uzávěrka přepínání

1.2.3 Hybridní pohon

Hybridní pohon je druh technologie, která je vyvinuta v kombinaci několika zdrojů pro jediný účel a tím je pohon dopravního prostředku. Mnohdy se jedná o kombinaci elektrického a jiného pohonu. U osobního automobilu se jedná o kombinaci elektromotoru se spalovacím motorem. Hybridní motory nalezneme především v automobilovém průmyslu a v železniční dopravě. Hybridní pohon se nedá považovat za technologii současnosti. První zmínky se uskutečnily na přelomu 19. a 20. století, kdy měl samotný elektrický pohon mírně navrch oproti motorům spalovacím, hlavně ve vlastnostech a parametrech, nakonec vše dospělo k motorům spalovacím. I přesto se některé velké automobilové společnosti k hybridnímu pohonu přeci jen vrátily a prováděly řadu testů a studií zejména v 70. a 80. letech předešlého století. Za historicky první hybridní automobil se považuje Porsche Semper Vivus z roku 1900. Automobil zkonstruoval samotný zakladatel Automobilky Porsche pan Ferdinand Porsche. Vše tedy nasvědčuje, že hybridní automobily tu jsou už od 19. století [35,36].

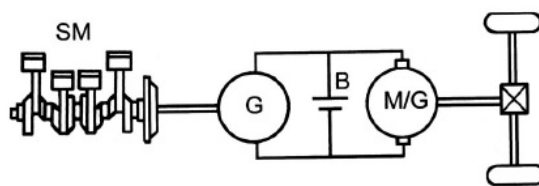


Obrázek 1.33: První hybridní automobil Porsche [37].

1.2.3.1 Princip

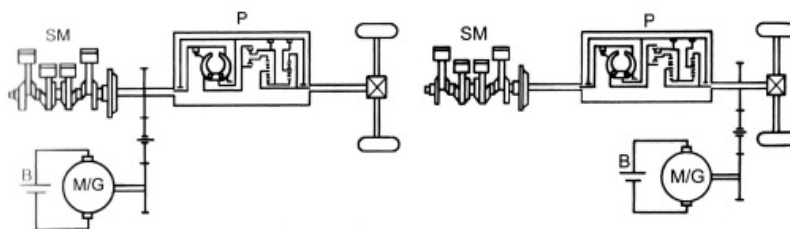
V současnosti se hybridní pohony dělí na sériové, paralelní a na jejich kombinaci. Sériový hybridní pohon našel své využití už o pár let dříve, a to u velkých dopravních prostředků, konkrétně u lokomotivy. Vše funguje následovně. Spalovací motor pracuje v ideálních otáčkách, tím pohání generátor a vznikne elektrický proud. Elektrický proud je pak určen k napájení trakčních motorů. Na pohonu kol se účastní jak elektrická energie z elektromotoru, tak i energie mechanické ze spalovacího motoru. Díky tomu se musí automobily speciálně vybavovat lepším převodovým ústrojím, které je k tomuto účelu stavěné. Jako nevýhodu se dá brát zrod ztráty při přeměně energie (chemická – mechanická – elektrická – mechanická) [38 - 40].

Sériové uspořádání má horší jízdní vlastnosti ať už v dynamice jízdy, nebo vysoké rychlosti jako paralelní uspořádání.



Obrázek 1.34: Sériový pohon (SM – spalovací motor, G – generátor, B – akumulátor, M/G – motorgenerátor) [39].

U paralelního hybridního pohonu se nepožaduje shromažďovat elektrickou energii. Paralelní pohon je vybaven zařízením přímo určené k hromadění elektrické energie. Zařízení je tvořeno akumulátory, nebo superkondenzátory. Jejich úloha je jednoduchá. Hromadí energii přebytečnou ze spalovacího motoru a energii z generátoru při brždění generátorem. Přítomná není ani klasická převodovka [38 - 40].



Obrázek 1.35: Paralelní pohon (SM – spalovací motor, G – generátor, B – akumulátor, M/G – motorgenerátor, P – převodovka) [39].

1.2.3.2 Části

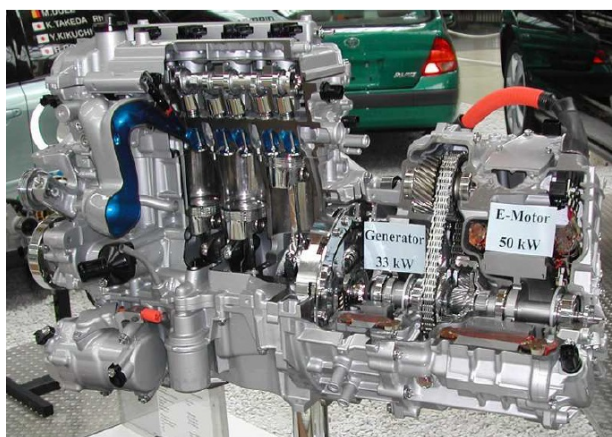
Hybridní pohon od (např. od Toyoty) je složen ze spalovacího motoru v kombinaci s elektromotorem. Hlavním úkolem elektromotoru je podpora spalovacího motoru ke zvýšení výkonu a snižování spotřeby. Elektromotor dále hromadí energii získanou jak při brždění, tak i nadbytečnou, která vzniká během jízdy při stálé rychlosti. Vše se ukládá do baterií pro pozdější využití. Celkově se oba pohony doplňují, aby se získalo lepší kvality jízdy a lepší hospodárnosti automobilu [38,39].

1.2.3.2.1 Spalovací motor

Spalovací motor se zaslouhuje svou účinností někde okolo 35 %, je to však zapříčiněno provozními body, ve kterých motor běží. Třeba při velkém zatížení ve vysokých otáčkách a v maximálním točivém momentu je to pochopitelné. Naopak při menším zatížení si o těchto procentech můžeme nechat jen zdát. Když motor pracuje v městském provozu, tak jeho účinnost je 6 % v průměrné rychlosti 30 km/h. I přes některé negativní vlastnosti se spalovací motor pokládá za zcela výhodný, ať už co se týče skladování směsi v nádrži s dojezdem něco okolo 1000 km. Hybridní vozy se vybavují především benzínovým motorem, protože nejsou tak hlučné a mají nižší emisní hodnoty [38,39].

1.2.3.2.2 Elektromotor

U elektromotoru je to s účinností někde úplně jinde. Zde účinnost dosahuje 90 %. Výhodou elektromotoru je hlavně fakt, že není hlučný, že se nemusí chladit a že při stání nespotřebuje žádnou energii. Nevýhodou je však hromadění a skladování energie v akumulátorech, které jsou dost nákladné, jejich nabíjení trvá dost dlouho, a hlavně kapacita baterií je omezená. Hlavní využití najdou asynchronní motory třífázové a stejnosměrné s permanentním buzením. Když se sjednotí výhody jak spalovacího motoru, tak elektromotoru se docílí universálního motoru i v oblasti ekologie. Na obrázku pod odstavcem je znázorněn částečný řez motoru od automobilky Toyota. Jedná se o hybridní motor, který je složen kombinací dvou zmíněných motorů. Generátor je vlivem práce spalovacího motoru poháněn, následně získaný proud se dodává do elektromotoru na souosu hřídel. Jednotky jsou uspořádané převodovým ústrojím ještě za pomoci řetězu a odděleny spojkou. Pak už záleží na situaci, jaký pohon se zvolí. Buď je automobil poháněn jen spalovacím motorem, jen elektromotorem anebo teda jejich kombinací [38,39].



Obrázek 8.20: Hybridní motor [41].

1.2.3.2.3 Zásobník energie

Do spalovacího motoru je energie dodávána díky benzínu či naftě z palivové nádrže. U elektromotoru tuto službu plní akumulátory, kondenzátory a setrvačnický, jejichž akumulovaná mechanická energie je díky generátoru přeměněna na energii elektrickou [39].

1.2.3.2.4 Akumulátor

Akumulátor u hybridního automobilu je dá se říct stejný jako u elektromobilů, akorát že cyklus u hybridního automobilu, co se týče vybíjení a nabíjení je kratší a taky nikdy nedojde k jejich úplnému vyčerpání. Máme na výběr mezi energetickou a výkonovou těsností. Nikl kadmiové, nebo taky nikl metalhydridové jsou baterie, které jsou lepší pro

vysokou těsnost výkonu, kdežto baterie s vysokou energetickou těsností např.: ZEBRA se používají pro delší dojezd. Baterie ovšem zabírají nějaké místo jak svým rozměrem, tak i svojí hmotností. Díky vývoji a novým technologiím se v budoucnu určitě tyto nevýhody eliminují [39].

1.2.3.2.5 Elektronika

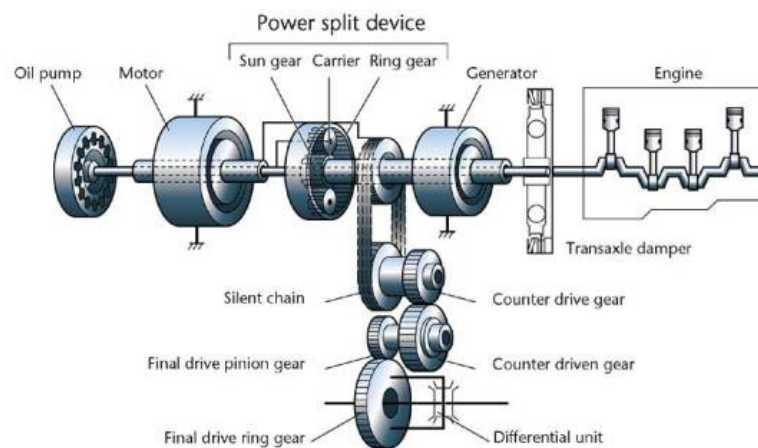
Hybridní automobil je navíc oproti klasickému automobilu vybaven větším množstvím elektroniky, která dohlíží, aby vše fungovalo tak jak má. Hraje svoji klíčovou roli, aby všechny funkce, kterými disponuje hybridní automobily byly sladění a byly ku prospěchu celé věci [39].

1.2.3.3 Výhody

Hybridní automobil disponuje nízkými emisemi, dokonce i možností fungovat bez emisního režimu. Další klíčová vlastnost hybridu je velmi nízká spotřeba paliva [38 - 40].

1.2.3.4 Nevýhody

Jelikož se jedná o novější a nákladnější technologii, tak zatím je hybridní automobil dosti nákladný. Požaduje se za něj vysoká cena ať už při koupi, při servisu anebo také při nakupování náhradních dílů. Všechny věci navíc se musí někam vejít, tím se ubere prostor pro posádku automobilu a ta technologie, co automobil využívá něco váží [38 - 40].



Obrázek 1.36: Jedno z uspořádání hybridního pohonu [42].

1.2.4 Vodíkový pohon

Vodíkový pohon je jedna z alternativních technologií v automobilovém průmyslu. Jeho spojení s náhradou klasického zážehového či vznětového motoru je velmi reálný. Tradiční palivo se snažíme nahradit nějakou méně nevyčerpatelnou alternativou a tím by právě mohl být vodík. Vodíkový pohon spadá do kategorie tzv. hybridních pohonů. Jde o to, že pracuje v kombinaci s dalším pohonem, třeba s elektromotorem. Elektromotor získává energii z palivových článků a akumulátoru. Vodík je zastoupený v mnoha podobách. Jedna z největších výhod je taková, že automobil (nebo dopravní prostředek) poháněn právě vodíkem se nepodílí na navyšování emisí. Kvůli tomuto problému, který je hlavním problémem na pořadu dne se celá řada firem zabývá projekty, jak vodíkový pohon zařadit do tradičních paliv [12,43].

1.2.4.1 Vlastnosti vodíku a jeho výroba

Vodík byl objeven roku 1776. Objevil ho pan Henry Cavendish. Vodík má řadu klíčových vlastností, které převyšují ostatní prvky. Jedná se například o vysokou výhřevnost, široký rozsah hořlavosti, lehkost, jednoduchost, rozšířenost, nízkou hustotu a další. Samotná výroba vodíku jde mnoha způsoby a z různých zdrojů. Nejvíce se zatím používá výroba z fosilních paliv (zemní plyn, ropa, uhlí), která je doplněna elektrolýzou vody. Elektrolýza je děj, kde stejnosměrný proud pomocí vodného roztoku štěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem. Další způsob výroby je pomocí jaderné energie nebo biomasy, nebo využití štěpení ve vodě s příspěvkem sluneční energie [12,43].

1.2.4.2 Využití energie z vodíku

Díky nárůstu automobilové dopravy, větší spotřebě ropných paliv a nárůstu emisí se neustále hledá obnovitelný zdroj, který by neprodukoval žádné emise. Ideální zdroj by právě mohl být vodík. Vodík se dá využít jak k naskladnění energie, tak i k jejímu dalšímu využití. Jsou dva typy přístupů, jak tuto energii získat. Jeden je takový, že vodík nahradí při spalování benzín v konvenčních spalovacích motorech, v angličtině to najdeme pod názvem hydrogen internal combustion engine (HICE). V druhém případě by se k získání energie využily palivové články. Řada odborníků je toho názoru, že v budoucnu se počítá právě s palivovými články už jen díky jejich vysoké účinnosti a nulovými emisemi při provozu. Automobilky vyrobily velké množství prototypů s touto technologií. Rozšíření ale brání neexistující odvětví čerpacích stanic. Ke spalování vodíku se používají upravené konvenční čtyřtákní zážehové pístové motory, kde motor pracuje v kruhovém ději a je popsán Ottovým cyklem. Oběh se skládá ze 4 fází. První fází je sání. Píst se pohybuje z horní do dolní úvratě. Jakmile píst dosáhne horní úvratě, výfukový ventil se zavře. Při pohybu do dolní úvratě je do válce pomocí sacího ventilu vpravena palivová směs. Následuje komprese. Při kompresi se píst pohybuje z dolní do horní úvratě. Při dosažení dolní úvratě, dojde k uzavření sacího ventilu. Před dosažením horní úvratě dojde k zapálení směsi svíčkou. Třetí doba je expanze. Píst

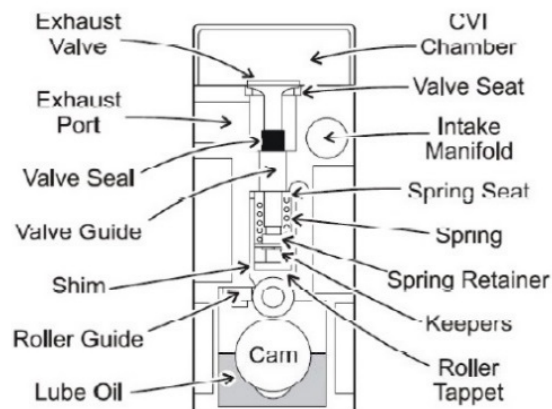
se pohybuje z dolní do horní úvratě, ale už za pomoci paliva. Píst vykonává určitou práci, kterou převede na klikovou hřídel. Před dosažením dolní úvratě se otevře výfukový ventil. Jako poslední nastává výfuk. Pohyb pístu je z dolní do horní úvratě a vytlačuje zplodiny do výfukového potrubí. V krátké době ještě před dosažením horní úvratě se otevře sací ventil a tím se pomůže odvodu spalin z válce [44 - 46].

1.2.4.3 Palivové systémy

Jedním z největších problémů, co vodík má je takový, že při použití vodíku jako paliva se předčasně vznítí kvůli nízké iniciační energii, širokým rozpětím hořlavosti a malou vzdáleností zhasnutí plamene. V případě benzínu dojde k zapálení směsi jiskrou od svíčky, u vodíku to tak není. Vodík se zapálí již dříve a má to špatný vliv na chod motoru. Díky palivovým systémům s vhodným sestrojením lze tuto závadu značně omezit [44 - 46].

Central injection

Dodávání vodíkového paliva je díky karburátoru nebo centrálnímu systému vstříků nejjednodušším způsobem. Vytvoření palivové směsi proběhne v jednom místě, a to v sacím potrubí při sací fázi cyklu motoru, tlak vstříkávání nemusí být velký a lze to navíc použít u stávajících benzínových motorů. Nevýhodou je tendence k brzkému zapálení směsi a poskytnutí zdánlivě malého výkonu [44 - 46].

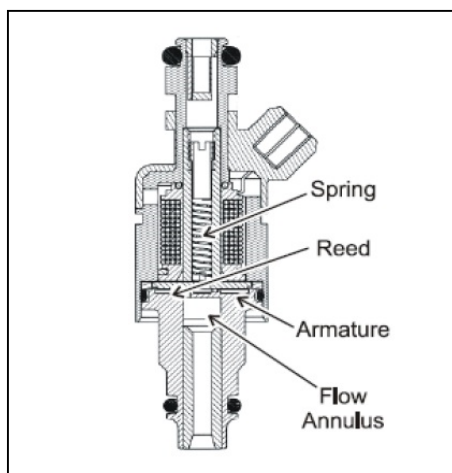


Obrázek 1.26: Constant volume injection (CVI) [46].

Port injection

Port injection je zdokonalení central injection. Vznik palivové směsi je zase v sacím potrubí, ale před každým sacím ventilem. Vytvoření směsi nastává chvíli po startu sacího zdvihu, aby mohl vzduch vypudit spaliny a zchladit určitá místa, aby se zabránilo předčasnému vznícení směsi. Vstupní tlak je vyšší. U port injection našli využití dva typy vstříkovačů:

- s neměnným objemem vstřiku (constant volume injection – CVI), kde množství paliva a čas jeho vstřiku pracuje na využití vačky
- s elektronicky ovládaným vstřikem (electronic fuel injection – EFI), které dokáže kolísavě vstřikovat určité množství paliva, a hlavně upravovat samotnou dobu vstřiku [44 - 46].



Obrázek 1.27: Electronic fuel injection (EFI) [46].

Přímé vstřikování

Se považuje za nejlépe propracovaný systém vstřikování paliva. Při kompresním zdvihu pístu dojde ke vstřiku směsi. Směs se dostane přímo do válce, protože sací ventil je uzavřen a tím se zamezí předčasnému zapálení směsi a ke zpětnému chodu. Výkon motoru je daleko vyšší (asi o 42%), než u benzínového motoru. Výhodou přímého vstřikování oproti předchozím metodám je fakt, že se palivo vstřikuje pod daleko větším tlakem. V tomto případě se musí dbát, aby směs byla stejnorodá a nedocházelo k nárůstu emisí [44 - 46].

1.2.4.4 Výkon motoru

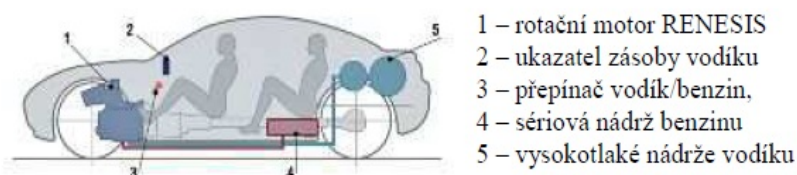
Největší hodnota motoru, který spaluje vodík je vázaná na A/F poměru a na aplikované metodě vstřikování paliva. Teoreticky perfektní hmotností A/F je poměr 34:1. V tomto poměru zabere vodík 29 % a vzduch 71 % prostoru ve válci. V porovnání s benzínem, který zabere asi 1-2 % a přesto se jedná o výkonnější motor než motor na vodík. Jedná se to ale v případě central injection a port injection. V případě přímého vstřikování je tomu jinak. Palivo se vstřikuje do válce po jeho plném naplnění vzduchem v době, kdy jsou sací ventily uzavřené. To má zásluhu na zvýšení maximálního výkonu až o 15 % než u benzínových motorů [44 - 46].

1.2.4.5 Skladování vodíku

Vodík se skladuje hlavně v plynném skupenství pod tlakem něco kolem 350 barů v ocelových nádobách bez švů, nebo pod vyšším tlakem kolem 700 barů v uhlíkových nádobách. Nejnáročnější je skladovat kapalný vodík. Samozřejmě že se vodík skladuje i v pevném skupenství, ale to už patří mezi technologie, se kterými se počítá v blízké budoucnosti [44 - 46].

1.2.4.6 Přehled prototypů

Hlavními novátory těchto motorů jsou automobilky Mazda, Ford a BMW. Tito výrobci už jakou dobu nám veřejnosti představují prototypy, kde je vidět výzkum, na kterém automobilky pracují. Chtějí ukázat, že vodíkový pohon je krůček od sériové výroby. Zmíníme se konkrétně automobilkou Mazda, která oproti ostatním používá k přestavbě Wanklerův motor. Jako jediná ho vyvíjí, inovuje a používá v sériových motorech [44,45,46]. Významným zlomem ve vývoji byl model, který Mazda představila v Tokijském autosalonu roku 2003. Vůz vycházel ze sportovního modelu a byl poháněn dvourotorovým Wanklovým motorem Renesis, který dosáhl ocenění International Engine of the year 2003. Mazda RX-8 Hydrogen RE dostala dvoupalivový systém Dual-Fuel a byly navíc přidány 2 vstřikovače vodíku přímo do rotorových komor. O rok později začaly jízdní zkoušky a proběhlo získání oprávnění pro provoz na běžné silniční komunikaci. Roku 2006 začal obchodní pronájem těchto automobilů [47].



Obrázek 1.28: Uspořádání Mazdy RX-8 Hydrogen RE [48].

Nejnovějším modelem je Mazda Premacy Hydrogen RE Hybrid, který využívá stejný motor jako model RX-8 Hydrogen RE. Jedná se o hybridní vozidlo (více v kapitole Hybrid), které je v kombinaci s elektrickým motorem. Vodíkový motor je určený k výrobě elektrické energie, kterou pak využívá elektrický motor k pohonu kol. Tento systém má výhodu k vyššímu dojezdu na 200 km oproti jeho předchůdci. V tomto případě se také uskutečnil obchodní pronájem a roku 2009 byly dodány první vozy. Mazda se tak díky tomu stala první automobilkou na světě, která obchodně pronajímá vodíkové hybridní vozidlo [47].

1.2.5 Systém start a stop

V současnosti se všude řeší snižování emisí CO₂. Automobilky se předhánějí s výzkumy, nebo kdo vymyslel technologii, která dokáže vyhovět všem požadavkům, ať už snížení spotřeby automobilu nebo hlavně snižování emisí CO₂. Jedním výsledkem je technologie START-STOP, nebo také nazváno Stop & Start, Stop & Go a podobně.

Technologie START-STOP se začala více objevovat v letech 2008–2010. Objevovala se ve výbavách u většiny automobilů různých továrních značek nejrůznějších motorizací, od menších aut až po velká auta SUV. Mezi prvními automobily, které tuto technologii začaly využívat byl už v roce 1980 např. Volkswagen Polo, o pár let později Volkswagen Golf Ecomatic nebo Volkswagen Lupo. Automobily značky BMW využívají tento systém ve vozech značky Mini. Fiat to předvedl v modelu Fiat 500 roku 2008, Volvo roku 2009 u vozu se jménem DRIVE. START-STOP systém využívají také automobily Alfi Romeo, Toyoty, Mazdy a třeba Citroënu, který tento systém předvedl ve vozech značky C2 a C3. V dnešní době to využívá řada značek automobilů, jako i naše značka Škoda [49 - 51].

Systém START-STOP se využívá v souvislosti se snížením emisí CO₂, nebo ke snížení spotřeby paliva. Je to technologie, která má za úkol šetřit palivo způsobem, že vypne motor v případě, kdy není potřeba, aby běžel. Není to ovšem v případě, kdy je automobil v pohybu. Je to třeba např. při čekání na křižovatce na zelenou nebo při postávání v koloně. Především v městském provozu je systém výhodný. START-STOP se samočinně spustí po nastartování motoru pomocí klíče. Upozorní nás na to kontrolka, která se rozsvítí na přístrojové desce automobilu. Všechny součásti systému pracují automaticky. Systém zohledňuje ještě několik málo věcí např. okolní teplotu, zapnuté spotřebiče, úroveň nabití akumulátoru a spoustu dalších. Jak snadno se systém zapíná, tak jde snadno i vypnout. Je k tomu vyhrazené tlačítko, které když se před každým nastartováním automobilu zapne, systém START-STOP je nečinný a automobil nebude vypínat motor. U většiny aut se systém po odemčení a nasednutí do automobilu zase zapne. Výrobci při výrobě tyto systémy kombinují jak s manuální, tak i s automatickou převodovkou. U manuální převodovky to funguje následovně. Jakmile řidič snižuje rychlost, nebo přibrzdí (uvádí se, že se motor vypne při snížení rychlosti pod 20 km/h) a následně rychlostní stupeň vyřadí, po uvolnění spojkového pedálu se motor vypne. Když chceme motor zase nastartovat, musíme opětovně sešlápnout spojkový pedál a motor naskočí. U automatické převodovky je to řešené podobně. Motor se vypne po zastavení, když řidič stojí na brzdovém pedálu a motor opět naskočí, když se noha uvolní z brzdového pedálu. Při zastavení se motor automaticky vypíná u obou typů převodovky. Systémy v automobilu jako např. rádio, osvětlení apod. fungují dočista normálně. Přechodně ale přeci jen může dojít třeba k zmenšení otáček ventilátoru, nebo k snížení velké hlasitosti autorádia [49 - 51].



Obrázek 1.31: Palubní počítač s kontrolkou [52].



Obrázek 1.32: Tlačítko START-STOP [53].

1.2.5.1 Nevýhody

Jako každý jiný systém, nebo technologie, tak i START-STOP má své vlastnosti. Jsou to jak kladné stránky, tak i stránky záporné. V tomto případě se jedná spíše o řadu negativních věcí, které vyplývají jak z různých testů, názorů v odborných článcích, nebo v časopisech o automobilech.

Větší opotřebení klíčových součástí

Řada mechaniků a dalších odborníků řekne, že systém START-STOP výrazně škodí motoru, akorát se to zatím nedokázalo prokázat. Každý ale aspoň trochu tuší, že časté startování a vypínání neprospívá pohonné jednotce. V okamžiku, kdy se motor roztáčí nebo dobíhá, je v chodu taky olejové čerpadlo. To pohání kliková hřídel a kvůli tomu dojde ke snížení tlaku oleje v mazací soustavě. Jakmile se ale motor zastaví, zastaví se vačkový a klikový hřídel a to způsobí, že olej přijde o nezbytný tlak. Kluzná ložiska na hřídelích vlastně fungují na zákonitosti hydrodynamického klínu oleje, který nutně vyžaduje k udržení olejové vrstvy vymezející vůli u ložiska s hřídelí určité otáčky. Tím při neustálém zastavování motoru olej vyteče a při následném nastartování se hřídel vymáhá po ložisku, dokud se znovu nevytvoří olejový klín.

Výrobci motorů naopak argumentují tím, že se používá řada kvalitních olejů s nízkou viskozitou. To způsobí, že se olej v krátkém časovém úseku dostane do míst, kde plní svojí hlavní roli. Teoreticky by tomu mělo tak skutečně být, protože v úrovni olejů se zaznamenal obrovský pokrok. Tento argument ale vyvrací fakt, že interval

servisních kontrol je někdy až dost dlouhý. Myslet si, že po 30.000 ujetých kilometrech má olej stejné kvalitní vlastnosti, se dá pokládat za šílenství.

Časté startování a vypínání motoru nesevřdí dalším součástem, jako třeba v případě turbodmychadla. Patří sem také dvouhmotnostní setrvačníky, gufera nebo volnoběžky spouštěčů a alternátorů [51,54 - 57].

Cena a hmotnost

Všechny součásti nezbytné k nainstalování systému (kvalitnější akumulátor, alternátor, snímače, řídicí jednotky...) jsou cenově celkem nákladné. Toto všechno, a ještě řada dalších věcí se musí v ceně automobilu řádně promítnout [51,54 - 57].

1.2.5.2 Výhody

Mimo vytoženou úsporu paliva a relativní snížení množství emisí CO₂ disponují automobily se systémem START-STOP ještě poněkud nečekaně jednou výhodou. Každému z nás se už jistě stalo, že při rozjezdu pustil spojkový pedál moc rychle a auto mu lidově zdechlo. U systému START-STOP stačí sešlápnout spojkový pedál a motor naskočí. Je to relativně rychlejší, než ruční vypínání a zapínání klíčku v zapalování a znovu automobil nastartovat. Tohle všechno funguje i v případě, když je tlačítko START-STOP zapnuté [51,54 - 57].

1.2.5.3 Trvalé odpojení systému

Najdou se řidiči, kterým systém v autě vyhovuje, jsou sním nadmíru spokojeni a jsou třeba i za něj rádi. Pak se najdou tací, kterým vadí časté startování motoru, zdržení při rozjezdu, výhrady v komfortní výbavě a další nevýhody s tím spojené. Osobně si myslím, že údajné šetření paliva není tak velké a nestojí to zato. Vypínání systému tlačítkem je další nevýhoda, která může hodně vadit. Kvůli těmto věcem existuje řada témat a článků, jak systém natrvalo vypnout. Možnosti, jak systém trvale vypnout pramení z nedodržení podmínek, které jsou důležité pro správné fungování systému START-STOP. Dá se říct, že neexistuje konkrétní návod na odpojení, který by fungoval u každé značky automobilu. I samotné odpojení má vliv na řadu dalších funkcí v činnosti vozidla. To, co může fungovat u jednoho typu, z pravidla nebude fungovat u druhého a je to zapříčiněné výrobci, kteří nechtějí, aby se systém dal natrvalo a jednoduše vypnout. Nutno podotknout, že trvalé vypnutí je zásah do vozidla, který není v souladu s homologací automobilu, a proto to autorizovaný servis nemůže provádět. Jako jedna z možností je odpojit řídicí jednotku stavu akumulátoru, a to vytažením pojistky, která systému přísluší z pojistkové skříně, nebo odpojení snímače neutrálu či spojkového pedálu a spousta dalších možností jak na to. Existuje ale i možnost, která by nebyla skoro poznat (až na tlačítko k vypnutí). Dá se využít ale jen u konkrétních automobilech. Jedná se o nárůst teploty chladící kapaliny, při které je systém uveden mimo provoz. Ještě

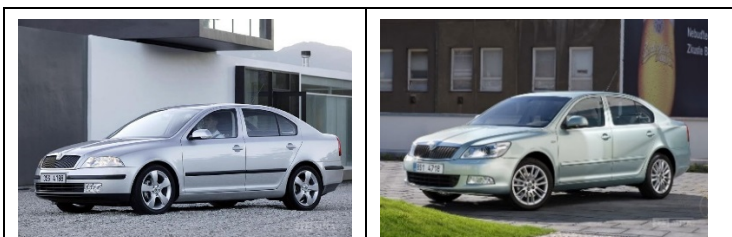
jednou možností by to šlo, a to pomocí spínacího relé pod tlačítko pro vypnutí systému. U této možnosti je ale nutný složitý hardwarový zásah a elektronická zručnost [54 - 57].

2 Komparace vybraných automobilů



Název (rok)	VW Golf IV (2003)	VW Golf V TSI (2008)
Objem motoru	1390 cm ³	1390 cm ³
Výkon (koně)	55 kW (75)	103 kW (140)
Poměr výkon/hmotnost	0,049 kW/kg	0,083 kW/kg
Točivý moment	126 Nm	220 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Šestistupňová manuální
Zrychlení z 0–100 km/h	14,0 s	8,8 s
Maximální rychlost	171 km/h	205 km/h
Spotřeba průměrná:	6,6 l / 100 km	7,0 l / 100 km

Tabulka 2.1: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem přeplňovaným o stejném objemu motoru a stejné značky automobilu [58 - 61].



Název (rok)	Škoda Octavia II (2004)	Škoda Octavia III TSI (2009)
Objem motoru	1390 cm ³	1390 cm ³
Výkon (koně)	55 kW (75)	90 kW (122)
Poměr výkon/hmotnost	0,045 kW/kg	0,072 kW/kg
Točivý moment	126 Nm	200 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Šestistupňová manuální
Zrychlení z 0-100 km/h	15,5 s	9,7 s
Maximální rychlost	170 km/h	203 km/h
Spotřeba průměrná:	6,9 l / 100 km	6,6 l / 100 km

Tabulka 2.2: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem přeplňovaným o stejném objemu motoru a stejné značky automobilu [62 - 65].



Název (rok)	Škoda Fabia (2007)	VW Polo TSI (2014)
Objem motoru	1390 cm ³	1197 cm ³
Výkon (koně)	63 kW (85)	66 kW (90)
Poměr výkon/hmotnost	0,060 kW/kg	0,065 kW/kg
Točivý moment	132 Nm	160 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Pětistupňová manuální
Zrychlení z 0–100 km/h	12,3 s	10,8 s
Maximální rychlost	174 km/h	184 km/h
Spotřeba: kombinovaná	6,5 l / 100 km	4,7 l / 100 km

Tabulka 2.3: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem přeplňovaným se stejným výkonem a jiné značky automobilu [66 - 69].



Název (rok)	Ford Focus 1.8i (2001)	Honda Civic VIII (2008)
Objem motoru	1798 cm ³	1798 cm ³
Výkon (koně)	84 kW (115)	103 kW (140)
Poměr výkon/hmotnost	0,074 kW/kg	0,088 kW/kg
Točivý moment	158 Nm	174 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Šestistupňová manuální
Zrychlení z 0–100 km/h	10,3 s	10,9 s
Maximální rychlost	170 km/h	205 km/h
Spotřeba průměrná:	7,1 l / 100 km	7,6 l / 100 km

Tabulka 1.4: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem s proměnným časováním ventilů o stejném objemu motoru [70 - 73].



Název (rok)	Peugeot 207 SW (2007)	Toyota Prius III (2009)
Objem motoru	1390 cm ³	1797 cm ³
Výkon (koně)	70 kW (95)	73 kW (99)
Poměr výkon/hmotnost	0,058 kW/kg	0,054 kW/kg
Točivý moment	136 Nm	207 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Automatická
Zrychlení z 0–100 km/h	11,8 s	10,4 s
Maximální rychlost	185 km/h	180 km/h
Spotřeba průměrná:	6,3 l / 100 km	4,0 l / 100 km

Tabulka 2.5: Porovnání automobilu s klasickým motorem a s hybridním pohonem o stejném výkonu a jiné značky automobilu [74 - 77].



Název (rok)	Mazda RX-8 (2003)	Mazda RX-8 Hydrogen RE (2006)
Objem motoru	1308 cm ³	2x654 cm ³
Výkon (koně)	141 kW (192)	80 kW (109)
Poměr výkon/hmotnost	0,101 kW/kg	0,054 kW/kg
Točivý moment	220 Nm	140 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Čtyřstupňová samočinná
Zrychlení z 0–100 km/h	7,2 s	8,0 s
Maximální rychlost	223 km/h	130 km/h
Jízdní dosah	550 km (10,8 l / 100 km)	100 km

Tabulka 2.6: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem na vodík stejné značky [78 - 81].



Název (rok)	Alfa Romeo Mito (2008)	Alfa Romeo Mito (2013)
Objem motoru	1390 cm ³	1368 cm ³
Výkon (koně)	58 kW (78)	103 kW (140)
Poměr výkon/hmotnost	0,054 kW/kg	0,089 kW/kg
Točivý moment	120 Nm	230 Nm
Převodovka	Pětistupňová manuální	Šestistupňová manuální
Zrychlení z 0–100 km/h	12,1 s	8,2 s
Maximální rychlost	180 km/h	209 km/h
Spotřeba průměrná:	5,9 l / 100 km	5,4 l / 100 km

Tabulka 2.7: Porovnání automobilu s klasickým benzínovým motorem a s motorem s technologií start-stop o stejném objemu motoru a stejné značky automobilu [82 - 85].

Diskuze

Ve výše uvedených tabulkách bylo provedeno porovnání 2 konkrétních typů automobilů, které byly vybrány na základě určitých parametrů.

V tabulce 2.1 jsou porovnány automobily značky VW se zážehovým motorem a s motorem přeplňovaným. Porovnání proběhlo na základě stejného objemu motoru. Automobil s přeplňovaným motorem disponuje zmenšením objemu motoru (např. z 2.0 na 1.4), nárůstem výkonu a snížením spotřeby paliva. Lze si všimnout, že spotřeba automobilů se moc neliší, dokonce automobil s přeplňovaným motorem má spotřebu o trochu vyšší. To ovšem kompenzuje značný nárůst výkonu až o 87 %. Zlepšilo se i zrychlení z 0 – 100 km/h o 37 %. Změnila se i hodnota maximálního výkonu. Všechny tyto parametry se ovšem dají ovlivnit naladěním řídicí jednotky (výkon), počtem převodových stupňů (maximální rychlost) a moderní technologií vzhledem k věkovému rozdílu automobilů.

V tabulce 2.2 jsou porovnány automobily značky Škoda se zážehovým motorem a s motorem přeplňovaným. Porovnání proběhlo na základě stejného objemu motoru. Automobil s přeplňovaným motorem disponuje zmenšením objemu motoru (např. z 2.0 na 1.4), nárůstem výkonu a snížením spotřeby paliva. Lze si všimnout, že spotřeba obou automobilů se moc neliší. Spotřeba automobilu je ve prospěch přeplňovaného motoru. Výkon je opět na straně přeplňovaného motoru a je o 63 % větší, a to platí taky u zrychlení, které je o 37 % lepší, než u klasického automobilu se zážehovým motorem. Všechny tyto výsledky mohou být ovlivněny moderní technologií (věkový rozdíl), naladěním řídicí jednotky (výkon) a počtem převodových stupňů (maximální rychlost).

V tabulce 2.3 jsou porovnány automobily značky Škoda a VW. Škoda disponuje zážehovým motorem a VW přeplňovaným motorem. Porovnání proběhlo na základě

stejného výkonu. Automobil s přeplňovaným motorem disponuje zmenšením objemu motoru (např. z 2.0 na 1.4), nárůstem výkonu a snížením spotřeby paliva. Lze si všimnout, že se projevila změna objemu motoru. Další naplněný předpoklad je určitě spotřeba, která je o 28 % lepší než u automobilu s klasickým zážehovým motorem. Zlepšilo se i zrychlení a to o 12 %. Všechny tyto výsledky mohou být ovlivněné moderní technologií (věkový rozdíl), naladěním řídicí jednotky (výkon).

V tabulce 2.4 jsou porovnány automobily značky Ford se zážehovým motorem a Honda s proměnným časováním ventilů. Porovnání proběhlo na základě stejného objemu motoru. Automobil s proměnným časováním ventilů disponuje nárůstem výkonu a sníženou spotřebou. Je zde zřejmé, že hodnoty v tabulce jsou ve prospěch motoru s proměnným časováním ventilů. Výkon je o 23 % větší než u klasického zážehového motoru, spotřeba je o něco málo větší vzhledem k velikosti výkonu. Kdyby se porovnávalo na základě stejného výkonu, spotřeba by byla určitě menší. Lepší je i maximální rychlost. Všechny tyto údaje se mohou být ovlivněné moderní technologií (věkový rozdíl), naladěním řídicí jednotky (výkon) a počtem převodových stupňů (maximální rychlost).

V tabulce 2.5 jsou porovnány automobily značky Peugeot se zážehovým motorem a Toyoty s hybridním uspořádáním pohonu. Porovnání proběhlo na základě stejného výkonu. Hybridní pohon se skládá ze spalovacího motoru a elektromotoru. Hlavní předpoklad je nízká spotřeba a také díky elektromotoru šetří životní prostředí. Hodnoty spotřeby jsou výrazně pro hybridní automobil a to o 37 % lepší, a to i za předpokladu, že automobil s hybridním pohonem disponuje větším objemem motoru. Značnou roli ve spotřebě bude hrát hlavní fakt, že tato hodnota platí pro práci obou motorů (spalovacího a elektromotoru) současně. Hybridní automobil má i lepší zrychlení. Všechny tyto údaje mohou být ovlivněny naladěním řídicí jednotky (výkon), technologií (věkový rozdíl) a prací obou motorů (spotřeba), jelikož kdyby pracoval jenom spalovací motor, tak bude spotřeba už i z pohledu objemu motoru značně vyšší.

V tabulce 2.6 jsou porovnány automobily značky Mazda se zážehovým motorem a s vodíkovým pohonem. Porovnání proběhlo na základě totožného typu automobil, a to Mazdy RX-8. Vodíkový pohon je technologie, která by jednou mohla nahradit klasická paliva (benzín, nafta), neboť funguje v kombinaci s elektromotorem. Tento motor nedisponuje žádným CO₂! Hodnoty v tabulkách v oblasti výkonu a maximální rychlosti jsou ve prospěch klasické Mazdy RX-8. Překvapivá hodnota je u zrychlení, která je skoro totožná u obou typů automobilu. Šetření životního prostředí se výrazně projevuje i na ujeté vzdálenosti, kde Mazda RX-8 Hydrogen urazí o 82 % menší vzdálenost. Značný vliv na zavedení vodíkového pohonu automobilů má v současnosti zavedení čerpacích stanic.

V tabulce 2.7 jsou porovnány automobily značky Alfa Romeo se zážehovým motorem a s motorem, který disponuje systémem start-stop. Porovnání proběhlo na základě stejné hodnoty objemu motoru. Systém start-stop je technologie, která vypíná chod motoru při snížení rychlosti, případně při zastavení a díky tomu má šetřit spotřebu paliva. Hodnoty v tabulkách vypovídají mírně pro systém start-stop u spotřeby vozu. Auto se systémem dále disponuje vyšším výkonem o 78 %, vyšší maximální rychlostí a lepším zrychlením z 0–100 km/h. Důležitou roli bude hrát fakt, že automobil

se systémem start-stop má přeplňovaný motor. Všechny tyto údaje mohou být ovlivněné nastavením řídicí jednotky (výkon), počtem převodových stupňů (maximální rychlost) a technologickým vývojem.

Závěr

- Základní teoretické poznatky z oblasti zážehových spalovacích motorů byly zpracovány v přehledný ucelený text.
- Byla studována problematika moderních trendů v oblasti spalovacích motorů, zejména fenomém downsizingu, proměnného časování ventilů atp., přičemž poznatky byly shrnuty v samostatné kapitole.
 - Budoucnost downsizingových motorů je nejistá. Plošnému rozšíření příliš nedošlo. Tímto trendem se zabývala hlavně automobilka Volkswagen a Škoda, které teď údajně spekulují, že s motory 1.0 nebudou v budoucnu počítat a vrátí se ke klasickým větším motorům. Nelze tedy jednoznačně říci, jestli downsizing skončí, anebo se v něm bude pokračovat.
 - Proměnné časování je naopak oproti downsizingu plošnější záležitost. Počítá s ním řada velkých automobilek např. BMW, Honda, Fiat, atp.. Určitě se s tímto trendem budeme dále setkávat.
 - Hybridní pohony jsou velkým krokem vpřed v technologii. Určité plus se vidí v nevyčerpatelných fosilních palivech, a hlavně v minimálním znečišťování životního prostředí. V budoucnu bude stačit vyřešit pár klíčových záležitostí pro plošné využití.
- Byla provedena komparace vybraných automobilů s downsizingovým motorem a s motorem před érou downsizingu, dále porovnání automobilu s proměnným časováním ventilů a bez něho, automobilu s hybridním pohonem a se zážehovým motorem, automobilu s vodíkovým pohonem a bez něho a automobilu se systémem start-stop a bez něho.
 - Hodnoty v tabulkách u trendu downsizingu většinou potvrdily svůj předpoklad, a to zejména ve výkonu, který se zvýšil o 87 % a 63 %. Spotřeba se snížila se o 28 %.
 - Hodnoty pro proměnné časování zcela jasně dokazují svůj předpoklad a to konkrétně u výkonu, který je o 23 % vyšší.
 - Hodnoty pro hybridní systém potvrdily svoje předpoklady, a to konkrétně u spotřeby, která je o 37 % nižší i přesto, že automobil disponoval větším objemem motoru.
 - Pro vodíkový pohon je určitě zajímavé zrychlení, které má zanedbatelný rozdíl.
 - Systém start-stop mírně potvrdil svoji hlavní přednost, která má zaručit snížení spotřeby automobilu. Rozdíl je ale minimální.

Pedagogický přínos práce

- Kapitulu Literární přehled je možné použít jako rozšiřující učební text v odborných předmět vyučovaných na Středních školách se zaměřením na strojírenství, automobily atp.
- Kapitola o moderních trendech může představovat rozšiřující učební text v problematice spalovacích motorů v rámci předmětu Stroje a zařízení na KAFT PFJU s ohledem na aktuálnost tohoto předmětu.

Literatura

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [2] HEINZ, Vilém a Václav KLEMENT. *Z dějin automobilu*. V Mladé Boleslavi: Václav Klement, 1931.
- [3] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. (3), Motory. 8. vydání. Brno: Nakladatelství Avid, spol., 2016. ISBN 978-80-87143-37-7.
- [4] BARTŮNĚK, Filip a Petr BRABEC, 2012. Fyzika 007. *Www.fyzika007.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/struktura-a-vlastnosti-latek/tepelne-motory>
- [5] Pracovní cyklus čtyřdobého zážehového motoru. In: *Edu.techmania.cz*[online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HUacIu>
- [6] P-V diagram ideální cyklus. In: *Dragon.web2001.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HU9URU>
- [7] Skutečný cyklus. In: *Dragon.web2001.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2KhsWQj>
- [8] VONDRÁČEK, V., STŘEDA, I., MAMULA, V., HLINKA, M. *Mechanika IV - mechanika tekutin a termomechanika*. Praha: SNTL, 1977.
- [9] VACHEK, J. *Fyzika*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladatelství, 1979.
- [10] ŠIDÁK, J. *Stroje*. Praha: SNTL, 1975.
- [11] MITCHELL, J. *The illustrated Reference Book of Man and Machines*, Londýn, 1982.
- [12] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [13] Skutečný a ideální cyklus. In: *Dragon.web2001.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2qZlnWA>
- [14] Čtyřdobý zážehový motor - popis. In: *Dragon.web2001.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2vO25bx>
- [15] STANĚK, Petr, Automobilový alternátor. *Www.pietro-eshop.cz* [online]. Ostrava [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://www.pietro-eshop.cz/clanky-navody/_zobraz=automobilovy-alternator
- [16] ALTERNÁTOR, STARTÉR,NÁHRADNÍ DÍLY ALTERNÁTORU A STARTÉRU, 1998. *Www.mjauto.cz* [online]. Brno [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://www.mjauto.cz/alternator_starter.htm

- [17] JANCO, Marcel. Alternátor - autorubik. In: *Www.autorubik.sk* [online]. 2011 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2r1QHDb>
- [18] PRŮCHA, Zdeněk, Startér (spouštěč) – vlastnosti, funkce, závady. *Www.autoopravy.eu* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.autoopravy.eu/index.php?akce=2&id=56>
- [19] SLOTTA, Josef, Princip funkce startéru. *Www.automonti.cz* [online]. Heřmanův Měštec [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.automonti.cz/pdf/princip-funkce-starteru.pdf>
- [20] Starter - součásti. In: *Mjauto.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2r2WvfR>
- [21] Vše o zapalovacích cívkách, 2013. *Beru.federalmogul.com* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_cz_2014.pdf
- [22] Definice - Elektrické akumulátory, 2009. *Www.battex.info* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.battex.info/elektricke-akumulatory-obecne/definice>
- [23] VLK, František. *Příslušenství vozidlových motorů*. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-8755-6.
- [24] Downsizing motoru, 2003. *Www.novinky.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/downsizing-motoru>
- [25] Downsizing bez emocí, 2010. *Dfens-cz.com* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://dfens-cz.com/downsizing-bez-emoci/>
- [26] Ideal Otto cycle. In: *Www.grc.nasa.gov* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://go.nasa.gov/2FfV32Q>
- [27] Otto - turbo. In: *Dfens-cz.com* [online]. 2010 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HsNrvV>
- [28] SAJDL, Jan, Variabilní časování ventilů. *Www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/variabilni-casovani-ventilu/>
- [29] Variabilní časování 001. In: *Www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HzpgYk>
- [30] Variabilní časování 005. In: *Www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2vQAS8d>
- [31] VALVETRONIC – MOTOR S PROMĚNNÝM ZDVIHEM SACÍCH VENTILŮ, *Www.lpg-obchod.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.lpg-obchod.cz/caste-dotazy-lpg-faq/valvetronic-motor-s-promennym-zdvihem-ventilu/>

- [32] BEDNÁŘ, Marek, 2015. Jak funguje variabilní časování ventilů. *Www.autoforum.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/jak-funguje-variabilni-casovani-ventilu-par-schemat-odhali-tajemstvi/>
- [33] Variabilní časování ventilů 01. In: *Www.autoforum.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2qZJjrS>
- [34] <https://bit.ly/2JpX2A8>
- [35] HORČÍK, Jan, 2009. Historie hybridních automobilů. *Www.hybrid.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/historie-hybridnich-aut-1-dil>
- [36] HORČÍK, Jan, 2011. Autosalon Ženeva: Porsche Semper Vivus, hybrid z roku 1900. *Www.hybrid.cz*[online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/autosalon-zeneva-porsche-semper-vivus-hybrid-z-roku-1900>
- [37] Variabilní časování ventilů 02. In: *Www.autoforum.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2JpX2A8>
- [38] VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel : alternativní pohony : komfortní systémy : řízení dynamiky : informační systémy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
- [39] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN, 2004. ISBN 978-80-7300-127-8.
- [40] Princip funkce, 2010. *Www.hybrid-auto.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.hybrid-auto.cz/princip-funkce/>
- [41] Hsd-schnitt. In: *Upload.wikimedia.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2r2dApZ>
- [42] Uspořádání hybridního pohonu. In: *Http://vedmakalouskova.tripod.com*[online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2vMhwkm>
- [43] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.
- [44] Vodíkové pohony, *Www.vitejnazemi.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=vodikove_pohony&site=doprava
- [45] Vodíkový pohon, *Www.nalezeno.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vodikovy-pohon.dic>
- [46] Hydrogen and fuel cells, *Www.I.eere.energy.gov* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/tech_validation/h2_manual.html
- [47] Hydrogen Vehicle, *Www.mazda.com* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.mazda.com/en/innovation/technology/env/hre/>

- [48] Hydrogen vehicle. In: *Http://com.mazdacdn.com* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2FioahV>
- [49] SAJDL, Jan, E-HDI. *Www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/e-hdi/>
- [50] Start-stop základní princip, *Www.autobaterie-autodily.cz* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.autobaterie-autodily.cz/produkty/168/1347558516.pdf>
- [51] Štart stop systém: Ako funguje, *Autoride.sk* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://autoride.sk/start-stop-system-ako-funguje-ake-su-jeho-vyhody-nevahody/>
- [52] Palubní počítač. In: *Www.audembezpecne.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HTYbCG>
- [53] Tlačítko start-stop. In: *Www.milujirizeni.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HvA61P>
- [54] BEDNÁŘ, Marek, Start stop - trvalé vypnutí a další věci. *Www.autoforum.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zivot-ridice/vadi-vam-start-stop-ve-vasi-skode-ci-vw-jde-ho-vypnout-trvale-jako-i-dalsi-veci/>
- [55] Možnosti vypnutí systému Start stop, *Www.novinky.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/388633-system-start-stop-lze-trikem-trvale-vypnout-uplne-snadne-to-ale-neni.html>
- [56] Statistika poruchovosti: systém start-stop dělá potíže, 2013. *Auto.idnes.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/statistiky-spolehlivosti-aut-deq-/auto_ojetiny.aspx?c=A130510_145320_auto_ojetiny_fdv
- [57] VACULÍK, Martin, 2018. Nesmysl jménem stop-start: Věděli jste, že ničí autobaterie?. *Www.auto.cz* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/proc-stop-start-nici-autobaterie-tohle-byla-draha-uspora-113291>
- [58] Volkswagen Golf. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2r0EBdG>
- [59] Volkswagen Golf 2. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2r0osFY>
- [60] Volkswagen Golf 1.4 16V. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/volkswagen-golf-1-4-16v>
- [61] Volkswagen Golf 1.4 16V TSI 140hp Sportline. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/volkswagen-golf-1-4-16v-tsi-140hp-sportline>
- [62] Škoda Octavia. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HrLqzU>

- [63] Škoda Octavia 2. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2Fgo3Dy>
- [64] Skoda Octavia 1.4 16V Ambiente. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/skoda-octavia-1-4-16v-ambiente>
- [65] Skoda Octavia 1.4 TSI Ambition. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/skoda-octavia-1-4-tsi-ambition>
- [66] Škoda Fabia. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2JtoEnN>
- [67] Volkswagen Polo TSI. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HRMb4x>
- [68] Skoda Fabia 1.4 16V Classic. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/skoda-fabia-1-4-16v-classic>
- [69] Volkswagen Polo 1.2 TSI 90hp First Edition. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/volkswagen-polo-1-2-tsi-90hp-first-edition>
- [70] Honda Civic. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HSDuXP>
- [71] Ford Focus. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2FhUSjD>
- [72] Ford Focus 1.8i 16V Ambiente. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/ford-focus-1-8i-16v-ambiente>
- [73] Honda Civic 1.8i-VTEC Style Mode. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/honda-civic-1-8i-vtec-style-mode>
- [74] Peugeot 207. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HsQ8NR>
- [75] Toyota Prius. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2JrMy30>
- [76] Peugeot 207 SW Outdoor X-Line 1.4-16V VTi. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/peugeot-207-sw-outdoor-x-line-1-4-16v-vti>
- [77] Toyota Prius 1.8 HSD Aspiration. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/toyota-prius-1-8-hsd-aspiration>
- [78] Mazda RX-8. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2I0dzv4>
- [79] Mazda RX-8 Hydrogen RE. In: *Http://com.mazdacdn.com* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2qZHY4k>

- [80] Mazda RX-8 2003 - 2008. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/mazda/rx-8/2003-2008-coupe-4dverovy>
- [81] LÁNÍK, Ondřej. Mazda RX-8 Hydrogen RE. *Www.auto.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mazda-rx-8-hydrogen-re-zacala-jezdit-v-norsku-sit-vodikovych-stanic-vystavbe-4781/diskuse#p4a0a66714290c>
- [82] Alfa Romeo Mito. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2HS8E1m>
- [83] Alfa Romeo Mito 2. In: *123auta-katalog-902363.c.cdn77.org* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/2Htqi8p>
- [84] Alfa Romeo MiTo 2008 - 2013. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/alfa-romeo/mito/2008-2013-hatchback-3dverovy>
- [85] Alfa Romeo MiTo 2013. *Autonoto.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/alfa-romeo/mito/2013-hatchback-3dverovy>