

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

TOMÁŠ WIDHOLM



Klasické a alternativní pohony motorových vozidel
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Josef Filípek, CSc.

Vypracoval:
Tomáš Widholm

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:.....

.....
..vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Tomáš Widholm**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Provoz techniky
Název tématu: **Klasické a alternativní pohony motorových vozidel**
Rozsah práce: 30 – 40

Zásady pro vypracování:

1. Energie využitelné k pohonu vozidel
2. Konstrukční řešení motorů
3. Vliv alternativních pohonů na životní prostředí.



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Josefu Filípkovi, CSc. za podněty, konzultace a cenné rady, jež mi při psaní poskytl. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, že mi umožnili studovat na Mendelově univerzitě v Brně. Mé díky patří i všem ostatním, jejichž poznatky a zkušenosti mi pomohly při zpracování tohoto tématu.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na klasické a alternativní pohony motorových vozidel. První část se zabývá historií a současností klasických spalovacích motorů. Další část je zaměřena na vliv klasických a alternativních pohonů na životní prostředí. Poslední část bakalářské práce je zaměřena na konkrétní alternativní pohony. První jsou pohony na plyn, vodík a palivové články. Dále se práce věnuje elektromobilům a na závěr hybridním pohonům, protože ty jsou v současnosti nejrozšířenější. Kapitoly popisují princip fungování a seznamuje s nezbytnými komponenty. Konec kapitol obsahuje klady a zápory pohonu, společně s jejím zhodnocením. Konec bakalářské práce obsahuje několik příkladu sériově vyráběných hybridů, společně s jejich parametry.

Klíčová slova: klasický pohon, alternativní pohon, pohon na plyn, vodíkový pohon, palivový článek, elektromobil, hybridní pohon

Abstract

This thesis is focused on the classic and alternative drives of cars. First part of the thesis deals with history and present of classic combustion engines. Next part is focused on the environmental effect of classic engine cars and alternatively driven cars. The end of this thesis is focused on concrete alternative drives. First part are gas drives, hydrogen drives and fuel cells. Further the thesis deals with electromobility and finally hybrid drives, because they are widespread today. These chapter describes their functions and introduces the necessary components. The end of the chapters includes positives and negatives of each drive, together with its valuation. The end of the thesis includes some examples of production hybrids, together with their parameters.

Key words: classic drive, alternative drive, gas drive, hydrogen drive, fuel cell, electromobile, hybrid drive.

OBSAH:

1 ÚVOD	8
2 CÍL PRÁCE	9
3 HISTORIE KLASICKÝCH POHONŮ VOZIDEL	10
3.1 Parní stroj	10
3.2 Spalovací motor	10
3.3 Spalovací vznětový motor	11
4 KLASICKÝ POHON MOTOROVÝCH VOZIDEL	12
4.2 Zážehový motor	12
4.3 Čtyřdobý zážehový motor	13
4.3.1 Čtyřdobý spalovací motor pracuje ve čtyřech pracovních cyklech:	13
4.4 Průběh spalování u zážehového motoru	14
4.4.1 Výhody čtyřdobého motoru oproti dvoudobému motoru	15
4.5 Dvoudobý zážehový motor	15
4.5.1 Dvoudobý spalovací motor pracuje ve dvou pracovních cyklech:	16
4.5.2 Výhody oproti čtyřdobému spalovacímu motoru:	17
5 VLIV KLASICKÝCH POHONŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	17
5.1 Omezení obsahu škodlivin u zážehového motoru	17
5.2 Omezení obsahu škodlivin u vznětového motoru	18
6 ALTERNATIVNÍ POHONY MOTOROVÝCH VOZIDEL	20
6.1 Pohon vozidel na LPG (Liquefiedpetroleumgas)	20
6.1.1 Popis LPG	20
6.1.2 Ohodnocení pohonu na LPG	24
6.1.3 Kdy se plyn u automobilů vyplatí?	24
6.2 Pohon vozidel na CNG (Compressed Natural Gas)	24
6.2.1 Popis CNG	24

6.2.2 Plnicí stanice CNG	26
6.2.3 Porovnání spotřeby a výkonu vybraných vozidel na CNG	27
6.2.4 Ohodnocení pohonu na CNG	27
6.3 Palivové články a vodík	28
6.3.1 Vodík.....	28
6.3.2 Výroba vodíku	28
6.3.3 Popis palivových článků.....	29
6.4 Rozdělení palivových článků	29
Tankování vodíkového paliva	32
6.4.1 Ohodnocení pohonu na vodík:.....	33
6.5 Elektromobily	33
6.5.1 Pohon elektromobilů	35
6.5.2 Akumulátory.....	36
6.6 Hybridy	41
6.6.1 Popis hybridu	41
6.6.2 Uspořádání hybridů.....	41
6.6.3 Druhy hybridních pohonů	43
7 VLIV ALTERNATIVNÍCH POHONŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	46
7.1 Porovnání emisí bionafty s motorovou naftou	47
7.2 Porovnání LPG s motorovou naftou	47
7.3 Shrnutí vlivu alternativních pohonů na životní prostředí	48
8 ZÁVĚR	49
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
10 SEZNAM OBRÁZKŮ	52
11 SEZNAM TABULEK.....	53

1 ÚVOD

Alternativní pohony automobilů dostávají častěji do popředí zájmu a jedná se tak o jedno z nejrychleji rozvíjejících se odvětví automobilového průmyslu. Význam alternativních pohonů roste hlavně s ubývajícími zásobami ropy a zvyšujícím se objemem nebezpečných emisí v ovzduší. Spalovací motory, nebo doprava obecně stojí za jedním z velkých zdrojů znečištění ovzduší. Jsou to automobily, které jsou zdrojem miliony tun oxidu uhličitého a dalších škodlivin ohrožujících lidské zdraví. Právě alternativní pohony mají zaručit, že doprava ze světa nevymizí a řeší otázku nahrazení spalovacích motorů v budoucnu.

Alternativní pohony existují už delší dobu. Využívané konvekční pohony s alternativními palivy. Při určitých úpravách spalovacího motoru lze spalovat i biopaliva o větší koncentraci např. palivo E85. U nás nejvíce rozšířená přestavba spalovacího motoru na motor spalující zemní plyn (CNG, LNG) a propan-butan známý pod zkratkou LPG. Spalovací motor lze upravit a použít na spalování zkapalněného, či stlačeného vodíku. Větší perspektivu do budoucna představují použití vodíku v palivových článcích. Kategorie hybridů kombinují spalovací motor a elektromotor. Automobil s hybridním pohonem lze používat čistě na elektromotor (full hybrid), nebo jen spalovací motor s pomocí elektromotoru (mild hybrid). Elektromobil má před sebou velkou budoucnost, ale největší problém jsou jeho baterie a dobíjení.

Na všechny tyto alternativní pohony se podrobněji podíváme v mé bakalářské práci. Prezentuji zde alternativní pohony motorových vozidel, které jsou jak současnosti využívané, tak v budoucnu je čeká určitě velké masové rozšíření.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zpracování klasických spalovacích motorů a jednotlivých typů alternativních pohonů. Seznámení s koncepcí a rozdělení pohonů. Porovnání klasických a alternativních pohonů. V závěru každého pohonu je věnována pozornost k ohodnocení kladů a záporů. Dalším cílem bakalářské práce je porovnat vliv klasických a alternativních pohonů na životní prostředí.

3 HISTORIE KLASICKÝCH POHONŮ VOZIDEL

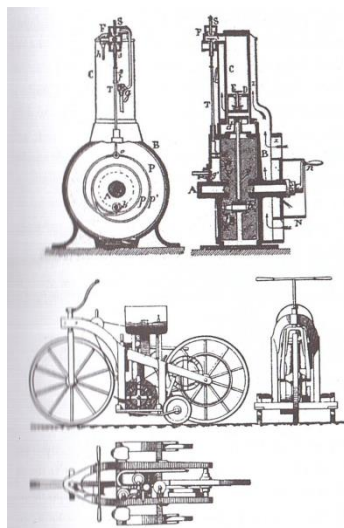
3.1 Parní stroj

James Watt sestrojil samočinný parní stroj, který poskytl dalším vynálezům stroj vhodný k pohonu dopravních prostředků. V roce 1769 francouzský voják Nicolas Joseph Cugnot sestrojil jednočinný tříkolový parní stroj, který pojmenoval parní valník. V druhé polovině 19. Století se parní stroj využíval na železnici, v lodní dopravě a prosadil se i v zemědělské výrobě jako tzv. lokomobila. Lokomobila se nemohla pohybovat vlastní silou, ale byla mobilní. Jako silniční vozidlo se nejdéle zachoval u parních válců, tam byla výhodou jeho velká hmotnost.

3.2 Spalovací motor

V roce 1864 získal Nikolaus August Otto se svým společníkem Eduardem Langenem patent na plynový motor. V roce 1867 představil zdokonalený Lenoirův motor, který pojmenovali výbušný atmosférický motor systému Otto - Langen. Dvoudobý pracovní cyklus byl velmi primitivní. V roce 1876 Otto upravil pracovní cyklus na čtyřdobý. Motor byl velmi stabilní a měl nahradit parní stroje. První spalovací motor na kapalném palivu byl jednoválcový čtyřdobý motor Otto – Langen. U firmy Otto – Langen pracovali Carl Benz a Gottlieb Daimler. Daimler, který pracoval u firmy Otto – Langen 10 let a měl praxi z Anglie, spolupracoval s Wilhelmem Maybachem. V roce 1885 zabudoval motor, kterému říkal „stojací hodiny“ do dvoukolky (motocyklu).

S Maybachem použili tento motor do drezíny, člunu, vzducholodi, ale především do kočáru. V roce 1886 se tak definitivně zrodil automobil a byly položeny základy společnosti Daimler.



Obr. 1 Motor Gottlieba Daimlera z roku 1886 a motocykl [1]

V roce 1893 získal Maybach patent na rozprašovací karburátor, který nahradil původní odpařovací karburátor a v roce 1886 získal patent na vozidlo s plynovým motorem. V Německu v roce 1890 Wilhelm Maybach se svým čtyřdobým čtyřválcovým motorem o výkonu 5 koňských sil při 620 min^{-1} . Směr vývoje spalovacích motorů pro pohon vozidla byl určen.

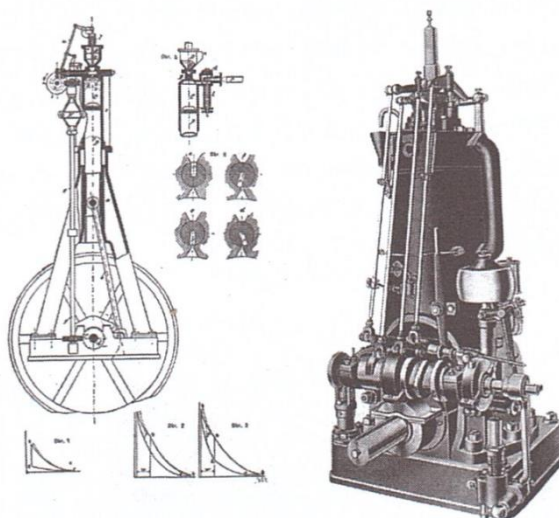
3.3 Spalovací vznětový motor

Za vynálezce vznětového motoru je považován Němec Rudolf Diesel, který se zabýval na univerzitě v Paříži jako asistent profesora Lindeho praktickou termodynamikou. Pracovní oběh vznětového motoru se blíží teoretickému oběhu ideálního tepelného stroje (tzv. Carnotův cyklus), který dosahuje nejvyšší účinnosti přeměny tepelné energie paliva na mechanickou práci. Principem odlišující vznětový motor, od motoru zážehového je vznícení paliva kompresním teplem, bez použití zapalovací soustavy.

Po prvních pokusech s uhelným prachem postavil Diesel v továrně Maschinenfabrik v Ausburgu (později MAN) vznětový motor spalující petrolej. Diesel si ověřil, že dosažení Carnotova cyklu není možné a motor nelze fungovat delší dobu bez chlazení.

V roce 1897 přihlásil patent na tepelný stroj spalující kapalně či jiné palivo při konstantním tlaku a rozběhl tzv. „Dieselův“ motor s výkonem 17,8 koňských sil při otáčkách 150 min^{-1} s měrnou spotřebou $238 \text{ g/k}\cdot\text{h}$, v té době to představovalo neuvěřitelně velkou účinnost 26,2 %. Vznětový motor mohl, nahradit všechny stávající

motory, které byly používány k pohonu strojů, zařízení v budovách, k pohonu lodí a lokomotiv. V roce 1900 byl motor oceněn Velkou cenou na světové výstavě v Paříži [1]



Obr. 2 Vznětový motor Deutz Diesel [1]

4 KLASICKÝ POHON MOTOROVÝCH VOZIDEL

Klasické pohony motorových vozidel se dělí na zážehový motor spalující benzín nebo plyn a motor vznětový spalující naftu. Motory spalující benzín nebo plyn se dále dělí na čtyřdobé a dvoudobé motory. Nyní se podrobněji podíváme na čtyřdobý zážehový motor. [2]

4.2 Zážehový motor

- **Provoz** - na benzín nebo plyn
- **Vnější tvorba směsi** – Směs paliva se tvoří mimo válec v sacím potrubí nebo směs paliva a vzduchu se tvoří rozprašováním v karburátoru.
- **Vnější tvorba směsi** – Během doby sání se do válce nasává pouze vzduch. Směs paliva vzduchu se tvoří vstřikováním paliva do válce během doby sání nebo komprese
- **Zapalování jiskrou** (cizím zdrojem)
- **Spalování při stálém objemu** – Spalování se koná při téměř konstantním objemu spalovacího prostoru
- **Kvantitativní regulace** – Podle polohy škrtkové klapky je regulované množství směsi paliva a vzduchu a tím je regulovaný výkon motoru.

4.3 Čtyřdobý zážehový motor

Čtyřdobý zážehový motor spalováním paliva mění chemickou energii na tepelnou energii a tepelnou energii mění tlakem na píst na mechanickou energii.

Ve válci má uzavřenou výměnu plynů, proto potřebuje pro jeden pracovní cyklus 4 pístové zdvihy tzn. 2 otáčky klikové hřídele. [2]

4.3.1 Čtyřdobý spalovací motor pracuje ve čtyřech pracovních cyklech:

1. *Sání*

Píst se pohybuje směrem dolů a díky tomu vzniká v prostoru nad pístem rozdíl tlaků (0,001-0,003 MPa) oproti vnějšímu tlaku. Tlak mimo motor je větší než ve válci, je nasáván vzduch do sacího systému. Zápalná směs vzduchu a paliva se tvoří buď přímo ve válci vstříkem paliva, nebo v sacím kanálu. Pro dosažení co největšího naplnění válce nasávaným vzduchem nebo směsí paliva a vzduchu se otevírá sací ventil již až 45° před horní úvratí a zavírá se teprve 35° až 90° úhlu kliky za dolní úvratí.

2. *Komprese*

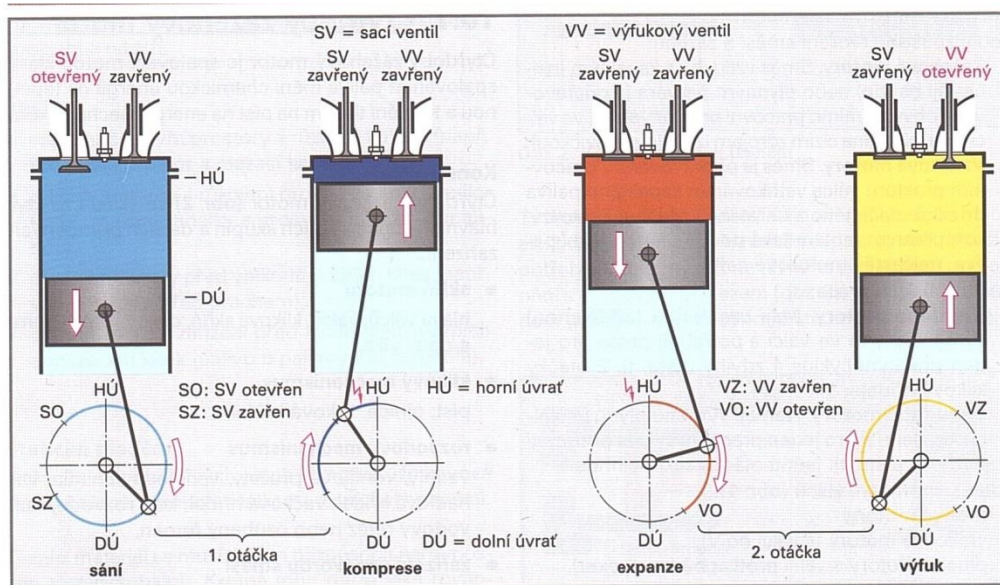
Píst se pohybuje směrem nahoru a směs paliva a vzduchu se stlačuje na $\frac{1}{7}$ až $\frac{1}{12}$ původního objemu válce. U přímého vstřikování se stlačí vzduch a okamžik vstřiku začíná krátce před horní úvratí. Plyn se zahřívá na 400 °C až 500 °C. Vzduch při tak vysoké teplotě se nemůže rozpínat, proto se zvyšuje tlak na konci komprese až na 1,8 MPa. Vysoký tlak zlepšuje zplynování paliva a vytváří homogenní směs se vzduchem. Během komprese je sací i výfukový ventil zavřen.

3. *Expanze*

Spalování začíná výbojem přeskocení zážehové jiskry mezi elektrodami zapalovací svíčky. Čas od přeskocení jiskry až k plnému rozvoji čela plamene činí asi $\frac{1}{1000}$ s při rychlosti spalování 20 m.s⁻¹. Jiskra musí přeskočit v závislosti na počtu otáček motoru, 0° až 40° před horní úvratí, aby byl čas pro nárůst spalovacího tlaku na 3 až 6 MPa, dosahujícího maxima krátce za horní úvratí. Expanze horkých plynů s teplotou až 2500 °C tlačí píst směrem dolů a tím dochází k přeměně tepelné energie na mechanickou energii.

4. Výfuk

Výfukový ventil se otevírá před dolní úvratí, čímž se zlepšuje odvod výfukových plynů. Velmi horké výfukové plyny až 900 °C proudí vysokou rychlostí z válce. Zbývající výfukové plyny jsou tlačeny pístem směrem k horní úvratí. Pro zlepšení odtékání výfukových plynů se výfukový ventil uzavírá až za horní úvratí, zatímco je již otevřen sací ventil. Úhel otevření obou ventilů se označuje jako tzv. překrytí ventilů. Podporuje nejen vyplachování válce, ale i vnitřní chlazení spalovacího prostoru, to zlepšuje plnění.



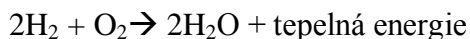
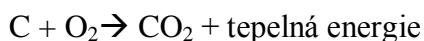
Obr. 3 Čtyřdobý pracovní cyklus zážehového motoru [2]

4.4 Průběh spalování u zážehového motoru

Pro spalování směsi paliva a vzduchu je k dispozici pouze malý časový úsek, musí být ve stlačené směsi molekuly paliva a kyslíku těsně vedle sebe. Potřebný kyslík ke spalování se získává z nasávaného vzduchu. Ve vzduchu je obsaženo pouze asi 20 % kyslíku, musí se k palivu přidávat poměrně hodně vzduchu. Teoretická potřeba vzduchu činí na 1 kg benzínu asi 14,8 kg vzduchu. V palivu obsažený uhlík se spaluje s kyslíkem na oxid uhličitý (CO_2), obsažený vodík se spojuje s kyslíkem a vytváří vodní páru (H_2O). Při vysokých teplotách a tlacích spalování se tvoří jedovaté oxidy dusíku (NO_x). [2]

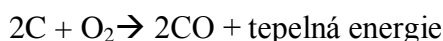
Dokonalé spalování

Chemická energie paliva se přeměňuje na tepelnou energii.



Jestli je na 1 kg benzínu k dispozici např. 13 kg vzduchu, tak je směs paliva a vzduchu příliš bohatá (1:13). Protože je málo kyslíku, spaluje se část uhlíku pouze na jedovatý oxid uhelnatý (CO)

Nedokonalé spalování



Jestli je na 1 kg benzínu např. 16 kg vzduchu, tak je směs paliva a vzduchu příliš chudá (1:16). Může dojít k dokonalému spalování, ale protože je k dispozici malé množství paliva, které se může odpařovat, tak není chlazen vnitřní prostor válců a může dojít k přehřátí motoru.

4.4.1 Výhody čtyřdobého motoru oproti dvoudobému motoru

- Lepší plnění
- Menší emise, nižší hodnoty nespálených uhlovodíků CH
- Nižší tepelné zařízení
- Lepší chování při volnoběhu vzhledem k zbytkům výfukových plynů ve válcích
- Nižší měrná spotřeba paliva a oleje

4.5 Dvoudobý zážehový motor

Pracovní cyklus probíhá u dvoudobého zážehového motoru pouze během jedné otáčky klikové hřídele (360°). Výměna obsahu válců je většinou řízena pístem a kanály ve stěně válce. Není nutné používat rozvodový mechanismus, jako u čtyřdobých motorů.

Stejně jako u čtyřdobého motoru tvoří pracovní cyklus u dvoudobého motoru, sání, komprese, expanze a výfuk. Průběh pochodů se však časově liší. Aby se u dvoudobého motoru omezil pracovní cyklus jen na dva zdvihy, musí cyklus probíhat ve válci nad pístem a v klikové skříně pod pístem. [2]

Tab. 1 Pracovní oběh dvoudobého motoru [2]

Pracovní oběh dvoudobého motoru	
Pochody ve válci (nad pístem)	Přepouštění (vyplachování) Komprese Expanze Výfuk
Pochody v klikové komoře (pod pístem)	Podtlak ve skříní Sání Částečné stlačení Přepouštění (vyplachování)

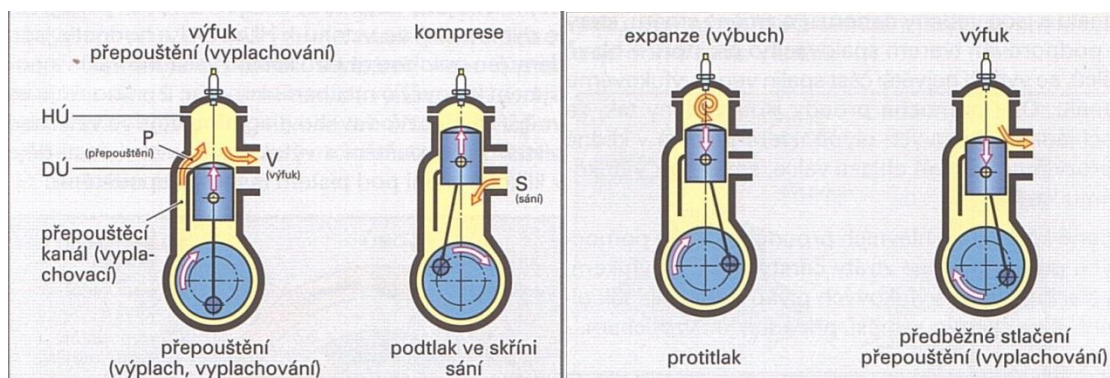
4.5.1 Dvoudobý spalovací motor pracuje ve dvou pracovních cyklech:

1. Sání a komprese

Píst se pohybuje od dolní úvratě směrem k horní úvratí. V klikové skříní vznikne podtlak a nasaje do klikové skříně zápalnou směs. Píst se stále pohybuje směrem nahoru a uzavírá výfukový a přepouštěcí kanál. Dříve během druhé fáze byla připravena směs v prostoru nad pístem, která se stlačuje, nastává komprese a pod pístem zároveň důsledkem podtlaku probíhá sání.

2. Expanze a výfuk

Kousek před horní úvratí přeskočí jiskra a nastává zážeh a poté expanze. Píst je expanzí tlačěn směrem k dolní úvratí. Spodní hrana pístu uzavírá sací kanál a směs se pohybem pístu v klikové skříní stlačuje. Horní hrana pístu při dalším pohybu otevírá výfukový kanál a hned poté otevírá horní hrana pístu i přepouštěcí kanál. Stlačená směs začne vytlačovat zbytky plodin a dostává se do prostoru nad píst.



Obr. 4 Pracovní cyklus dvoudobého spalovacího motoru, první a druhá doba [2]

V důsledku stálého zpřísnování emisních norem počet dvoudobých motorů klesá. I moderní dvoudobé motory splňují maximálně normu Euro 2. [2]

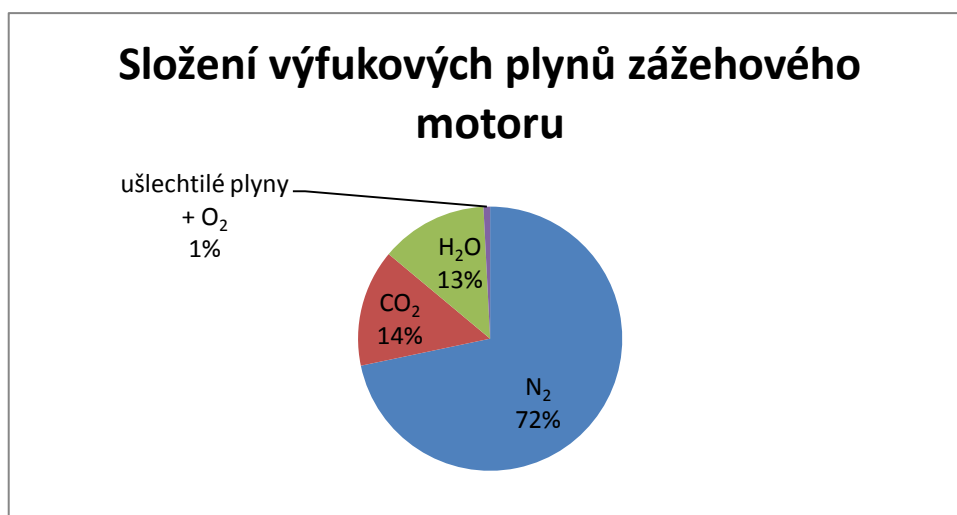
4.5.2 Výhody oproti čtyřdobému spalovacímu motoru:

- Méně pohyblivých částí, jednoduchá konstrukce (ojnice, píst, kliková hřídel)
- Rovnoměrný točivý moment
- Kompaktní konstrukce
- Klidnější chod při stejném počtu válců, menší vibrace
- Nízké náklady na výrobu
- Velmi kompaktní konstrukce
- Vysoký objemový výkon, nízká výkonová hmotnost motoru

5 VLIV KLASICKÝCH POHONŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V dnešní době je nutnost radikálního omezení znečišťování ovzduší výfukovými plyny ze silniční dopravy. Legislativa předepisuje nejvyšší povolený obsah škodlivin obsažených ve výfukových plynech. Při dokonalém spalování uhlovodíků s kyslíkem ze vzduchu, vzniká oxid uhličitý, vodní páry, dusík a vzácné plyny. Velké množství oxidu uhličitého v ovzduší je považováno za příčinu skleníkového efektu.

Při středním zatížení a středních otáčkách je podíl škodlivin ve výfukových plynech u zážehového motoru zahřátého na provozní teplotu asi 1 % z celkového množství výfukových plynů. [2]



Obr. 5 Složení výfukových plynů [autor]

5.1 Omezení obsahu škodlivin u zážehového motoru

Evropské společenství a zákony evropské hospodářské komise stanovují maximální povolené hodnoty obsahu škodlivin ve výfukových plynech, pro udělení

všeobecného povolení u typové zkoušky, tak při emisních kontrolách škodlivin vozidel v provozu.

Tab. 2 Mezní hodnoty škodlivin pro osobní automobily se zážehovým motorem v Evropě (EHK 83) [2]

M1 (<2,5t, < 6 sedadel)	CO ($\frac{g}{km}$)	HC ($\frac{g}{km}$)	NO _x ($\frac{g}{km}$)
Euro II homologace 1996	2,20	0,50 (HC + NO _x)	
Euro III homologace 2000	2,30	0,20	0,15
Euro IV homologace 2005	1,00	0,10	0,08
Euro V homologace 2009	1,00	0,10	0,06
Euro IV homologace 2014	1,00	0,10	0,06

Výfukové škodliviny lze snížit použitím vhodného paliva (bezolovnaté, nízko sirnaté), technickými opatřeními v motoru nebo další úpravou výfukových plynů (katalyzátor, systém sekundárního vzduchu).

Kvalitu výfukových plynů lze zlepšit technickými opatřeními v motoru:

- Vhodná konstrukce motoru - (optimalizaci kompresního poměru a spalovacího prostoru, sací potrubí s proměnlivou délkou; variabilní časování ventilů).
- Druh a kvalita tvorby v složení směsi – (vnitřní a vnější tvorba směsi; plnění ve vrstvách)
- Zpětné vedení výfukových plynů (recirkulace) – (vnější recirkulace systémem zpětného vedení výfukových plynů; vnitřní recirkulace překrytím ventilů)
- Systém řízení motoru – (regulace plnicího tlaku; selektivní vypnutí válců; kontrola funkce konstrukčních prvků, které mají vztah ke spalinám jako je např. katalyzátor, lambda sondy; řízení zapalování s více parametrou charakteristikou vstřikování).
- Turbodmychadlo s chlazením stlačeného vzduchu – (Zvyšování výkonu při současném snížení maximální teploty spalovacího prostoru. Tím se snižuje tvorba NO_x)

5.2 Omezení obsahu škodlivin u vznětového motoru

Výfukové plyny u vznětových motorů obsahují kromě kyslíku O₂ a dusíku N₂ jako součástí zbytků vzduchu také různé produkty uhlíku C, vodíku H, kyslíku O a dusíku N.

Spalování u vznětových motorů se dělí na dokonalé spalování a nedokonalé spalování.

- Dokonalé spalování – Za optimálních podmínek (nedosažitelných u motorického spalování) se spalují uhlovodíkové sloučeniny (CH sloučeniny) na oxid uhličitý (CO₂) a vodu (H₂O).
- Nedokonalé spalování – U vznětového motoru vznikají následující škodliviny: oxid uhelnatý (CO), nespálené uhlovodíky (CH), a pevné částice (skládají se ze sazí usazenými nečistotami, např. oxidy kovů).

Další látky, které mají původ v nečistotách nebo přísadách do paliv a maziv, např. sloučeniny kovů a síry. Oxidy dusíku NO_x (oxid uhelnatý NO a oxid uhličitý NO₂) vznikají při nejvyšších teplotách spalování, vysokých tlacích při spalování a vysokých rychlostech. Při přebytku vzduchu u volnoběhu a částečném zatížení přitom dochází k vyšším emisím NO_x. [2]

Tab. 3 Mezní hodnoty škodlivin pro osobní automobily se vznětovým motorem v Evropě (EHK 83) [2]

	CO ($\frac{g}{km}$)	CH+NO _x ($\frac{g}{km}$)	NO _x ($\frac{g}{km}$)	Pevné částice
Euro II homologace 1996	1,0	0,7	-	0,08
Euro III homologace 2000	0,64	0,56	0,5	0,05
Euro IV homologace 2005	0,50	0,30	0,25	0,025
Euro V homologace 2011	0,50	0,23	0,18	0,005
Euro VI homologace 2014	0,50	0,17	0,08	0,005

Pro dosažení hodnot Euro IV a Euro V je nutno optimálně sladit opatření uvnitř a vně motoru.

- Opatření uvnitř motoru – regulace doby žhavení; regulace plnicího tlaku; optimalizace začátku vstříku a množství vstřikovaného paliva; optimalizace spalovacího prostoru; řízení sacích kanálů; optimalizace začátku vstříku a množství vstřikovaného paliva.
- Opatření vně motoru – zpětné vedení výfukových plynů; filtr pevných částic; zásobník katalyzátoru NO_x; oxidační katalyzátor. [2]

6 ALTERNATIVNÍ POHONY MOTOROVÝCH VOZIDEL

6.1 Pohon vozidel na LPG (Liquefiedpetroleumgas)

6.1.1 Popis LPG

LPG vzniká v rafineriích při zpracování ropy a získává se jako vedlejší produkt při těžbě ropy a zemního plynu. Je to směs zkapalněných uhlovodíkových plynů a skládá se z propanu a butanu. Propan i butan jsou v plynném skupenství těžší než vzduch. Propan a butan jsou vysoce výhřevné plyny, které se snadno zkapalňují při poměrně nízkém tlaku a běžné teplotě. Při zkapalnění propanu a butanu dochází ke zmenšení objemu v poměru 250:1 (z 250 l plynné fáze získáme 1 l kapaliny).

V porovnání s benzínem má LPG lepší antidetonační vlastnosti, avšak jeho objemová výhřevnost je poněkud nižší a to způsobuje při nezměněném kompresním poměru nárůst spotřeby paliva o cca 20-30 %. [3]

Tab. 4 Vlastnosti propanu, butanu a benzínu [3]

Parametr	Propan	Butan	Benzín
Teplota varu °C	-42,6	-0,6	30-225
Oktanové číslo	97	89	85-87
Výhřevnost hmotnostní MJ.kg ⁻¹	46,37	45,78	44,03
Výhřevnost objemová MJ.l ⁻¹	23,28	26,51	32,3

Jak se vyvíjeli motory pro automobily, tak se museli přizpůsobovat i systémy na přestavbu těchto motorů na plyn. Hlavním problémem byla nedostačující technická úroveň těchto systémů, které přestavbou moderních motorů se zastaralým zařízením vznikaly. Všechny komponenty pracují s LPG pod tlakem vyšším než 0,08 MPa podléhají homologačnímu schválení podle předpisu EHK 67 R 01 (do roku 2001 67 R 00). Kapalný propan butan se tankuje na čerpací stanici pomocí přípojky dálkového plnění vysokotlakým potrubím do tlakové nádrže. Nádrž je uzavřena víceúčelovým ventilem, který zajišťuje následující provozní a bezpečnostní funkce:

Provozní funkce:

- Ukazatel stavu paliva v nádrži
- Uzavírá nádrž při vypnutém zapalování
- Odebírání pohonné hmoty z nádrže

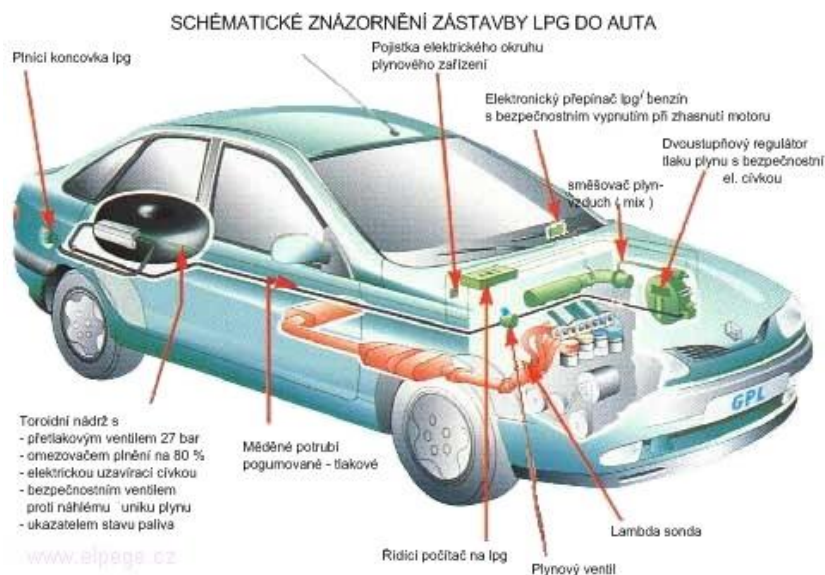
Bezpečnostní funkce

- Nádrž se plní maximálně na 80% obsahu
- Vypouštění plynu při přetlaku nad 2,7 MPa
- Ruční uzavření přívodu plynu do nádrže a k přípojce dálkového plnění
- Pojistka, která v případě požáru odpustí plyn z nádrže
- Zastavení průtoku paliva při porušení potrubí a úniku paliva nad šest litrů za minutu

Tlakové nádrže se dělí podle tvaru a použitého materiálu na válcové, toroidní, ocelové a kompozitní. Ventily a nádrž je osazena plynotěsnou schránkou a soustavou odvětrávání hadic, které odvádí palivo při úniku mimo prostor vozidla. LPG se z nádrže dopravuje vysokotlakým potrubím do motorového prostoru, konkrétně do regulátoru tlaku. V regulátoru tlaku se vlivem působení horkovodního okruhu odpařuje kapalným propan butan na plynný propan butan. V plynné fázi se plynný propan butan přivádí ke směšovači, kde se mísí s nasávaným vzduchem, který prochází vzduchovým filtrem. Směs je sacím potrubím přiváděna do prostoru motoru. V případě systému vstřikování je propan butan přiváděn k jednotlivým válcům do blízkosti benzínových vstřikovačů. [3]

Regulace bohatosti směsi:

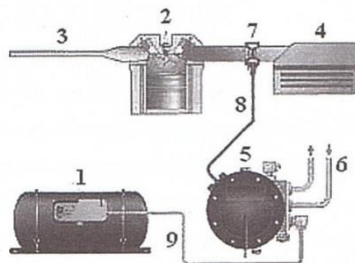
1. Škrtecím šroubem (vozidla s karburátorem). Pro správnou funkčnost a plnění emisních norem je potřeba nastavit optimální polohu. Poloha je nastavena pro volnoběžné otáčky i pro zátěž motoru a nelze ji při jízdě měnit.
2. Servomotorem ovládaným samostatnou řídicí jednotkou (vozidla se vstřikováním benzínového paliva). Pro správnou regulaci bohatosti směsi je nutné zajistit správnou funkčnost řídicí jednotky LPG. Vyhodnocuje signály motoru RPM, TPS, MAP senzor, lambda sondu a další.
3. Elektrické vstřikovače ovládané samostatnou řídicí jednotkou (vozidla se vstřikováním plynného i benzínového paliva). Je potřeba zajistit 100% správnou funkčnost benzínové řídicí jednotky, stejně jako u vozidel se servomotorem.



Obr. 6 Schématické znázornění zástavby LPG do auta [8]

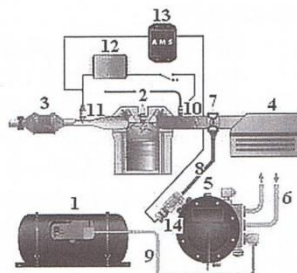
Propanbutanovou směs využívá ještě několik systémů a můžeme je rozdělit následovně:

- a) Automobily s karburátorovým motorem (Škoda Favorit, Škoda 120 atd.) se směšovací systém na přípravu směsi plynu se vzduchem (Škoda Favorit, Škoda 120 atd.). Cena této přestavby se pohybuje okolo 10 000 Kč.



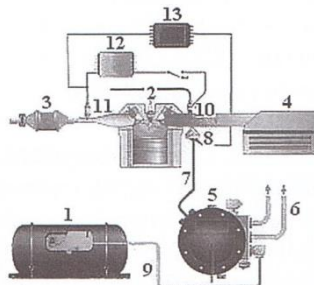
Obr. 7 Systém pro karburátorové motory [3]

- b) Systém vstřikování benzinového paliva se směšovací systém na přípravu směsi plynu se vzduchem (Škoda Felicie 1.3 BMM, Škoda Felicie 1.3 MPI). Cena přestavby se pohybuje okolo 18 000 Kč.



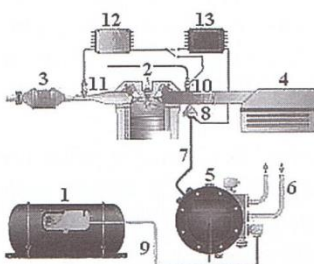
Obr. 8 Systém pro motory se vstřikování benzinu se směšovačem plynu [3]

- c) Systém vstřikování benzinového paliva bez systému palubní diagnostiky OEBD a OBD II. s paralelním systémem vstřikování plynného paliva. Cena přestavby se pohybuje okolo 30 000 Kč.



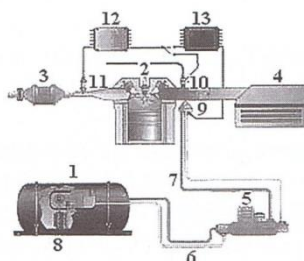
Obr. 9 Systém se vstřikováním benzínu a paralelním vstřikováním LPG [3]

- d) Systém vstřikování benzinového paliva se systémem palubní diagnostiky EOBD a OBD II. se seriovým vstřikováním plynného paliva. Cena přestavby se pohybuje okolo 30 000 Kč.



Obr. 10 Systém se vstřikováním benzínu a se sériovým vstřikováním LPG [3]

- e) Systém se vstřikováním kapalné fáze plynného paliva. U tohoto systému nedochází k odpařování propanbutanového paliva. Propanbutan se vstřikuje do válce v kapalném stavu. [3]



Obr. 11 Systém se vstřikováním kapalné fáze LPG [3]

6.1.2 Ohodnocení pohonu na LPG

Výhody pohonu na LPG:

- Nízké provozní náklady
- Vyšší životnost motoru (nevytvářejí se karbonové usazeniny)
- Mnoho čerpacích stanic v ČR
- Relativně velký dojezd (dvě nádrže, benzínová a LPG nádrž)
- Snížení hlučnosti motoru

Nevýhody pohonu na LPG:

- Snížení výkonu motoru
- Počáteční investice do pohonného systému a jeho schválení
- Zakázaný vjezd do podzemních garáží
- Zmenšení zavazadlového prostoru
- Pravidelné revize a kontroly plynového systému
- Zvýšení spotřeby paliva, ale při poloviční ceně LPG [3]

6.1.3 Kdy se plyn u automobilů vyplatí?

Při koupi automobilu si musíme dobře rozmyslet, jaký pohon zvolíme. Proto jsem udělal tabulku na porovnání pohonu na LPG, zážehového motoru a vznětového motoru. Jako příklad nám poslouží automobil Škoda Octavia, která se vyrábí ve všech třech verzích. [8]

Tab. 5 Kdy se plyn u octavie vyplatí? [8]

Verze	Průměrná spotřeba [l]	Požizovací cena [Kč]	Cena paliva [Kč/l]	Kolik stojí 1 Km? [Kč]	Kdy se vyplatí? [km]
Benzín 1.6/75 kW	7,0	334 900	36,25	2,47	Od počátku
LPG 1.6/72 kW	9,2	364 900	17,46	1,60	34 483
Diesel 1.6 TDI/77 kW	4,5	374 900	36,91	1,66	49 382

*Průměrné ceny paliv v ČR ve 4. týdnu roku 2012 podle ČSÚ

6.2 Pohon vozidel na CNG (Compressed Natural Gas)

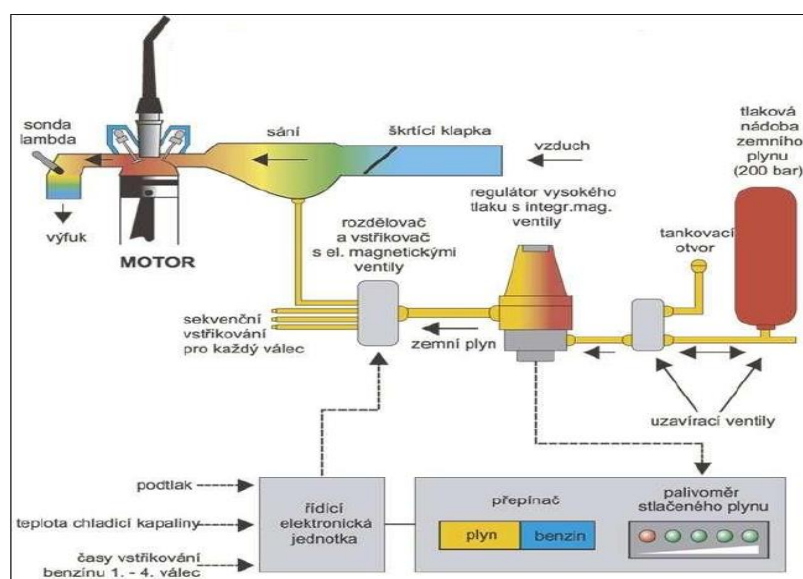
6.2.1 Popis CNG

„Zemní plyn je z více než 90 % čistý metan. Pod tímto označením byl také jako pohonné palivo pro osobní i nákladní vozy a autobusy úspěšně využíván už v

meziválečném období a také po druhé světové válce. Teprve v posledních desetiletích začal však být zemní plyn jako motorové palivo promyšleně využíván v opravdu masovém měřítku.“[8]

Zemní plyn se považuje za relativně nejčistější alternativu k benzínu a motorové naftě. Dokonce je o něco čistější než LPG, protože výroba CNG není závislá na ropě a to ani existenčně, ani ekonomicky [9]

Motor spalující zemní plyn nejčastěji používá zařízení pro vstřikování plynu do sacího potrubí, podobně jako u vícebodového vstřikování benzínu. Palivo v plynném skupenství nekondenzuje a díky jeho skupenství má jednodušší podmínky pro tvorbu směsi. Dochází tak k lepšímu spalování s nižší produkcí emisí. Směšovací poměr vzduchu k palivu pro $\lambda = 1$ je 17:1, tudíž menší množství paliva než u benzínových motorů, důsledkem toho je snížení výkonu motoru. CNG je ideální pro přepřehování a provoz na chudou směs. V provozu se CNG dostává pomocí vysokotlakého plynového potrubí do vysokotlakého regulátoru, tam je plyn redukován na potřebný provozní tlak. Na základě signálu řídicí jednotky redukuje tzv. krokový motorek optimální množství plynu do směšovače, kde se palivo mísí se vzduchem. U čtyřdobých motorů jsou potrubí plynu a vzduchu dimenzovány na střední průtokovou rychlost 60 – 120 m.s⁻¹. U dvoupalivových vozidel je integrován tzv. přerušovač vstřiku, který při přepnutí přepínače benzin-plyn přerušuje vstřikování benzínu a řídí dávkování plynu.



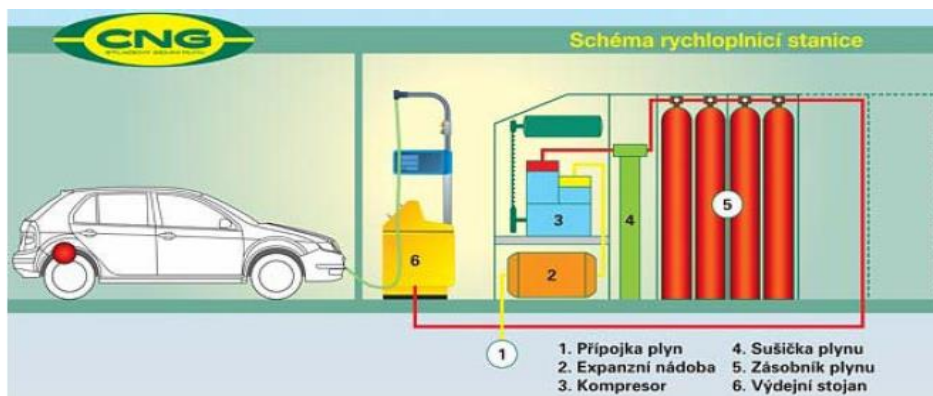
Obr. 12 Schéma provozu motoru na CNG[4]

Zemní plyn je v automobilech zabudován v ocelových tlakových nádržích při tlaku 20 MPa a objemu 70-100 l (osobní vozidla). U moderních automobilů jsou nádrže zabudované na spodku vozidel, takže nezabírají zavazadlový prostor. U přestavovaných vozidel bývají nádrže nejčastěji v zavazadlovém prostoru. [9]

6.2.2 Plnicí stanice CNG

Stanice pro rychlé plnění CNG

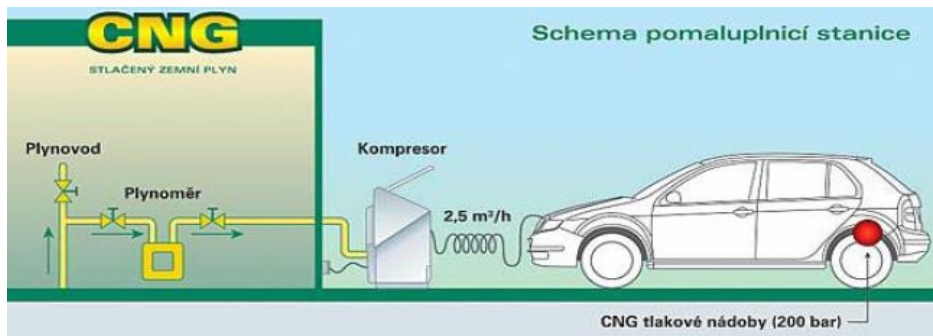
„Plnění vozidla spočívá v přepouštění CNG z tlakových zásobníků plnicí stanice do tlakové nádoby vozidla prostřednictvím výdejního stojanu. Plnicí konektor hadice je s plnicím ventilem vozidla propojen pomocí rychloupínacího systému. Doba plnění je srovnatelná s čerpáním benzínu a nafty (3 až 5 minut).“ [3]



Obr. 13 Stanice pro rychlé plnění CNG [10]

Stanice pro pomalé plnění CNG

Plnění probíhá bez použití tlakových zásobníků přímo z plynovodů pomocí malého kompresoru. Tento způsob plnění je vhodný zejména pro rodinné domky a firmy, protože plnění trvá 5-8 hodin. [3]



Obr. 14 Stanice pro pomalé plnění CNG [10]

6.2.3 Porovnání spotřeby a výkonu vybraných vozidel na CNG

Automobily spalující stlačený zemní plyn vyrábí celá řada automobilek. Pro porovnání jsem si vybral automobily značek VW, Citroen, Fiat a Opel. V tomto případě se jedná o bivalentní modely, spalující CNG i benzín. V případě vyčerpání zásoby plynu přepne řídicí jednotka motor automaticky na režim benzínu a dojde k rozsvícení kontrolky.[8]

Tab. 6 Porovnání spotřeby a výkonu vybraných vozidel na CNG [5]

Model	Opel Zafira 1,6 CNG		Fiat Multipla 1,6 Natural power		VW Touran 2,0 EcoFuel	
	CNG	Benzín	CNG	Benzín	CNG	Benzín
Výkon [kW]	70	68	68	75	79	74
Obsah nádrže [kg];[l]	19	14	26,5	38	18	13
Spotřeba na 100 km [kg];[l]	5,3	9,0	6,3	9,0	5,8	8,1
Dojezd [km]	350	150	420	420	310	160
Cena od [Kč]	578 900		485 000		639 400	

6.2.4 Ohodnocení pohonu na CNG

Výhody pohonu na CNG:

- Výrazné snížení emisí
- Při tankování nevznikají žádné ztráty paliva
- Od 1. Ledna 2009 nulová silniční daň pro vozidla, které jezdí na CNG
- Plynové motory mají tišší chod
- Zápalná teplota je oproti benzínu dvojnásobná
- Dvoupalivové systému, možnost užívání CNG i benzínu
- Nižší cena zemního plynu oproti naftě a benzínu
- Vysoké oktanové číslo zemního plynu

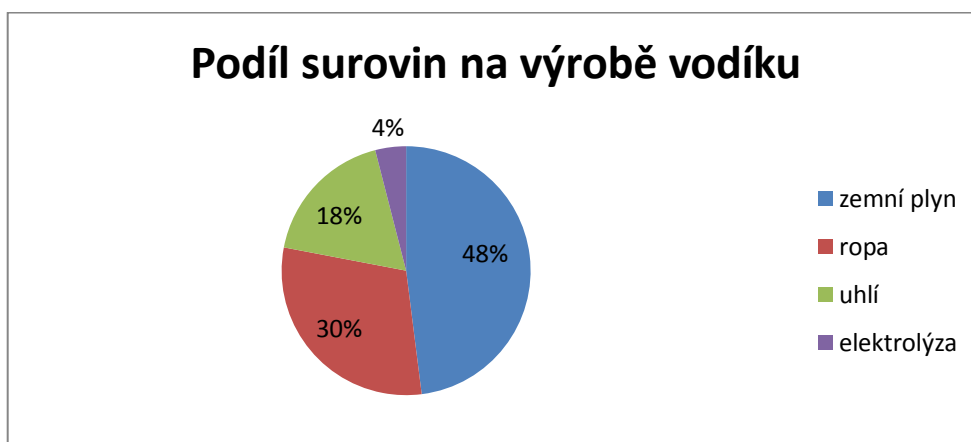
Nevýhody pohonu na CNG:

- Cena přestavby vozidel a sériově vyráběných vozidel
- Nutnost pravidelných kontrol
- Zmenšení zavazadlového prostoru
- Zvýšení hmotnosti automobilu
- Přísné bezpečnostní opatření (garáže, opravy atd.)
- Malá síť čerpacích stanic po ČR [5]

6.3 Palivové články a vodík

6.3.1 Vodík

Dříve se vodík jevil jako možná náhrada uhlovodíkových paliv pro pístové spalovací motory. Hlavní nevýhody vodíkového pohonu jsou zejména spojeny s výrobou a skladováním vodíku ve vozidle. Vodík se v přírodě samostatně nevyskytuje a musí se vyrábět. Většina světové produkce vodíku pochází z fosilních paliv. Vodík lze vyrábět i za pomoci energie z obnovitelných zdrojů, tento podíl je v současné době značně malý. [3]



Obr. 15 Procentuální podíl různých surovin na výrobě vodíku [autor]

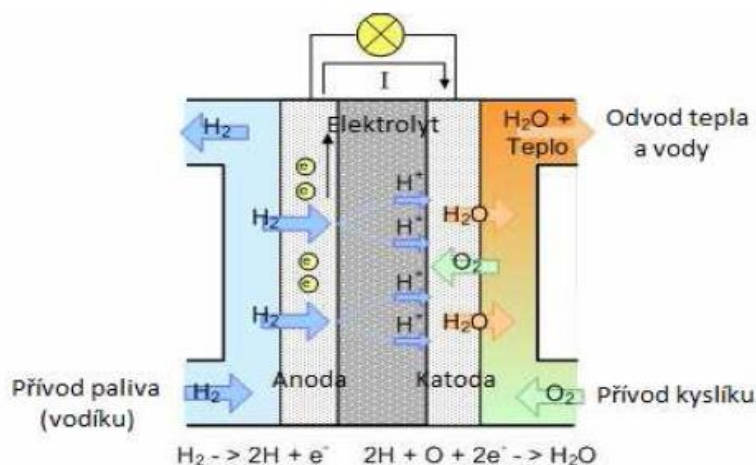
6.3.2 Výroba vodíku

Výroba vodíku se rozděluje do čtyř skupin. První skupinou je výroba z fosilních paliv, následující skupiny jsou výroba z biomasy, elektrolýzou a z alternativních zdrojů.

- Výroba s fosilních paliv – Parciální oxidace uhlovodíku, zplynováním plynu a parním reformováním zemního plynu se dá vyrobit vodík.
- Výroba z biomasy – Vodík se dá získat dvěma způsoby. Parním reformováním biomasy nebo biotechnologickými procesy.
- Výroba elektrolýzou – U výroby elektrolýzou se provádí disociace vody, účinkem stejnosměrného elektrického proudu, který prochází dvěma kovovými elektrodami.
- Výroba z alternativních zdrojů - Provádí se buď termochemickými cykly, nebo druhou variantou je vysokoteplotní elektrolýza. [3]

6.3.3 Popis palivových článků

Skládají se podobně jako baterie, z anody a katody, ale s tím rozdílem, že aktivní chemické látky (palivo) nejsou jejich součástí, nýbrž jsou k nim postupně přiváděny. Obě elektrody se neopotřebovávají a nemění se ani jejich chemické složení. Nejčastěji se jako oxidant využívá O_2 a jako palivo H_2 . Všechny palivové články mají stejný princip transformace energie, jednotlivé typy se však liší materiálem elektrod, pracovní teplotou, použitým elektrolytem a konkrétními chemickými reakcemi na anodě a katodě. Palivový článek je elektrochemické zařízení, které se skládá z porézních elektrod oddělených elektrolytem. Přeměňuje chemickou energii v palivu během oxidačně redukční reakce přímo v elektrickou energii. Podle typu paliva se teoretická účinnost může pohybovat okolo 60%. Dle typu a zaměření článku je reálná účinnost někde mezi 45% - 55%. Spalovací motor má účinnost motoru jen asi 40%. [11]



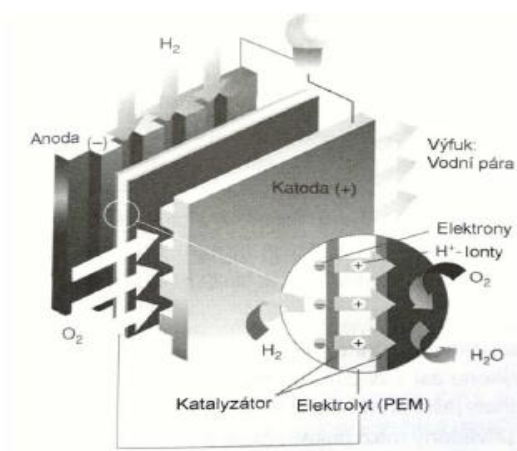
Obr. 16 Princip činnosti palivového článku [11]

6.4 Rozdělení palivových článků

Palivový článek polymer - elektrolyt (PEFC)

Tvořen je tenkou polymerovou membránou, která slouží jako výborný vodič vodíkových protonů, ale také jako elektronový izolátor. V tomto palivovém článku je elektrolytem tuhý organický polymer podobný teflonu, který snižuje nežádoucí jevy a nebezpečí koroze. Během provozu jej nelze nijak nahradit. Tyto články se vyznačují vysokou dynamikou v celém výkonovém rozsahu, vysokým výkonem a kompaktní stavbou. Výkon, jenž článek produkuje, bývá od 50 kW do 250 kW. Výhodou je vysoká

životnost, ve vozidlech dosahují okolo 5000-6000 hodin. Články mohou být provozovány i ve velmi nízkých teplotách do $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. [6]



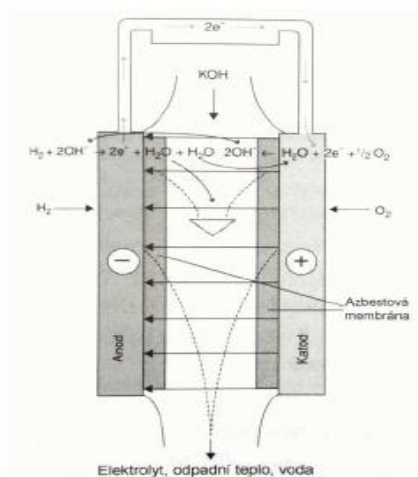
Obr. 17 Palivový článek polymer-elektrolyt PEFC [6]

Palivový článek pro přímou reakci metanolu (DMCF)

Elektrolytem je roztok vody, nebo fólie polymeru. Jedná se vlastně o palivový článek polymer-elektrolyt, jen s jiným palivem. V palivovém článku DMCF se jedná o metanol smíchaný s vodou. Oproti vodíku má značné výhody. Metanol je bezpečnější co se týká manipulace, technicky jednodušší a má vysokou energetickou hustotu.

Palivové články s alkalickým elektrolytem (AFC)

Nejvíce používané palivové články díky rozsáhlým zkušenostem. Hydroxid sodný tvoří elektrolyt tohoto článku. Článek AFC používá jako palivo vodík a redukční prostředek čistý kyslík. Mezi velké výhody patří vysoká účinnost článku až 70%. Hlavní nevýhoda článku jsou vysoké pořizovací náklady, protože elektrody jsou ze vzácné platiny. Vysoké požadavky jsou kladeny na čisté reakční plyny (vodík, kyslík), kvůli citlivosti na oxid uhličitý ve vzduchu. [6]



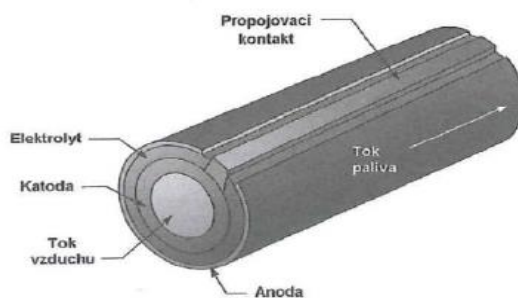
Obr. 18 Alkalický palivový článek AFC [6]

Palivový článek s kyselinou fosforečnou (PAFC)

Článek PAFC se stavbou podobá článku polymer-elektrolyt. Vysoce koncentrovaná kyselina fosforečná H_3PO_4 je zde elektrolytem. Jako palivo se může použít metanol, nebo zemní plyn. Tyto palivové články mohou být použity jako tepelná ohřívací zařízení, protože článek se vyznačuje pracovní teplotou asi 200 °C. Do elektromobilů se články nehodí, jejich vysoká pracovní teplota je nevhodná pro studené starty. Kyselina fosforečná požaduje korozi-vzdorné materiály. [6]

Palivový článek s pevným elektrolytem (SOFC)

Články SOFC využívají keramický elektrolyt, protože tento elektrolyt nezpůsobuje korozi. Jako paliva se používá plyných látek získaných zpracováním uhlí, obsahuje oxid uhelnatý, čistý vodík, nebo metan. Pracovní teploty tohoto článku jsou velmi vysoké kolem 1000 °C. Článek musí být velmi dobře izolován, což je nevýhoda a do vozidel se příliš nehodí. [6]



Obr. 19 Tubulární uspořádání SOFC [6]

Palivové články s uhličitanovou taveninou (MCFC)

Občas se můžeme setkat i s označením uhlíkový palivový článek. V tomto článku je elektrolytem směs roztavených uhličitánů. Malá část uhličitánů se může za provozu odpařit, ale nemá to žádný nepříznivý vliv. Pracovní teplota je asi 650 °C. Palivem pro článek je zemní plyn, který se vlivem vysokých teplot rozkládá za vzniku plynného vodíku. Speciální navržení elektrod umožňuje trvalou práci článku ve velmi agresivním korozním prostředí. Pro vozidla se tento článek příliš nehodí, protože díky jeho vlastnostem a složení článku může dojít ke zkratu. Jsou vhodné např. pro blokové elektrárny. Roztavené uhličitany použité ve článku, jsou vysoce korozivní a vyžadují ušlechtilé materiály.[6]

Tankování vodíkového paliva

Klasická čerpací vodíková stanice se skládá z velkoobjemového zásobníku a kompresorové stanice. Vodík je v zásobníku uschován při tlaku 45 barů a následně je odebírán kompresorovou stanicí do tlakových lahví. Zde se stlačuje na tlak 300 barů. Kompresorová stanice se skládá ze dvou částí. První část se skládá z hydrauliky a elektroinstalace. Druhá část se skládá z potrubních rozvodů a přístroje na stlačování vodíku. Před začátkem tankování se změří počáteční tlak v nádrži automobilu. Poté v závislosti na ohřátí plynu a teplotě okolí se dopočítá koncový tlak. Jakmile je dokončen správný postup, může začít plnění. Proces se automaticky ukončí, až je dosažen koncový tlak. Délka procesu tankování je asi 2 minuty. V dnešní době je na světě celkem 504 vodíkových stanic. V ČR je pouze jedna čerpací stanice na vodík v Neratovicích. [3]



Obr. 20 Čerpací stanice na vodík v Neratovicích [12]

6.4.1 Ohodnocení pohonu na vodík:

Výhody pohonu na vodík:

- Vodík je palivo budoucnosti
- Téměř žádné škodlivé emise
- Velmi nízká hlučnost
- Relativně větší dojezd

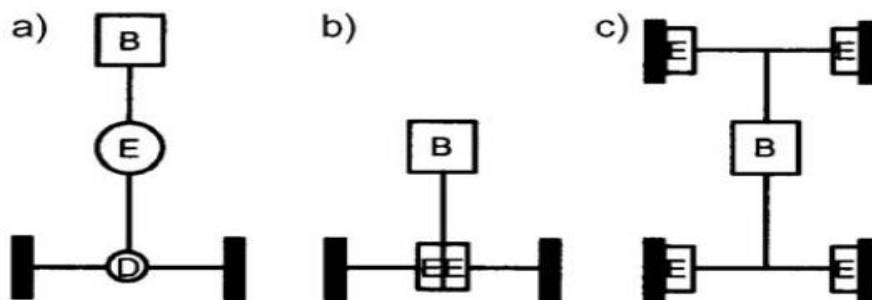
Nevýhody pohonu na vodík:

- Malé pokrytí čerpacích stanic
- Vysoká pořizovací cena palivových článků
- Vyšší náklady na výrobu palivových článků
- V případě havárie hrozí nebezpečí
- Špatná ekologičnost při výrobě [3]

6.5 Elektromobily

Vozidla s elektrickým pohonem lze rozdělit dle použití do dvou kategorií, na vozidla pro silniční dopravu a vnitropodniková vozidla. V posledních letech se silniční elektromobily výrazně rozšiřují zejména díky hybridním automobilům. Vnitropodniková vozidla jsou používána zejména v místech, kde jsou nežádoucí výfukové emise (sklady, areály podniků, letiště, pěší zóny, nádraží atd...). Vozidla vnitropodniková jsou používána přes 50 let a rychlost těchto vozidel je omezená na 50 km/h. [7]

V mnoha zemích světa dochází k rapidnímu růstu elektromobilů. Důvod nástupu elektromobilů je hlavně fakt, že se snažíme zlepšovat životní prostředí, zvláště ve městech. Automobilky představují neustále nové auta poháněné elektromotorem a snaží se využít moderních výrobních technologií a dosáhnout stále lepších parametrů. Elektromobil je tvořen stejně jako spalovací motoru hnacím ústrojím, motorem, převodovkou, hnacími hřídeli a diferenciálem s rozvodovkou.



Obr. 21 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily [7]

- a) Přední nebo zadní pohon;
- b) Tandemový pohon;
- c) Pohon v nábojích kol;

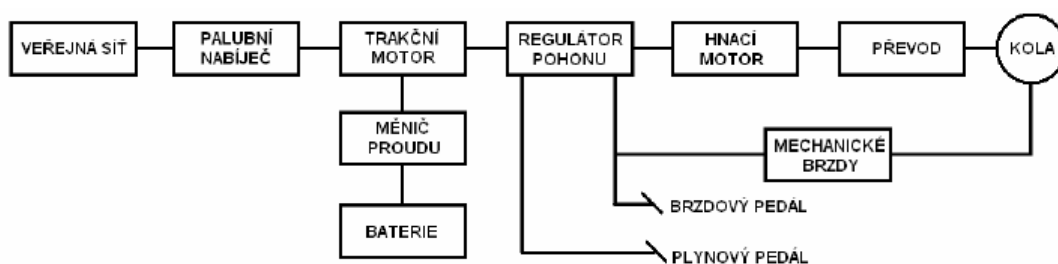
B – baterie; E – elektromotor a usměrňovač příp. převodovka; D – diferenciál [7]

Tab. 7 Rozdělení a porovnání typů elektromobilů [5]

Typ elektromobilu	S baterií	S palivovým článkem	Hybridní elektromobil
Trakční motor	Elektrický	Elektrický	Spalovací motor, Elektrický motor
Nosič energie	Baterie	Palivové články	Baterie, Superkapacitor, Spalovací motor
Zdroj energie	Elektrochemický	Vodík, Metanol, Etanol	Ropa Elektrická síť
Požadavky na infrastrukturu	Síť nabíjecích stanic	Síť prodeje paliva	Benzínové stanice, Elektrické nabíjecí stanice,
Vlastnosti	Žádné emise, Nezávislost na ropě, Nízký akční rádius, Vysoká cena, Obchodně přístupný	Téměř žádné emise, Vysoká účinnost, Nezávislost na ropě, Vyhovující akční rádius, Vysoký současná cena, Stále ještě ve vývoji	Nízké emise, Velký akční rádius, Závislost na ropě, Obchodně přístupný
Problémy	Baterie a její management, Doba nabíjení, Hmotnost, Nároky na prostor, Výkon, REKUPERACE	Ceny palivových článků, Dynamika, Řízení spalování, Nároky na prostor, Bezpečnost	Řízení více energetických zdrojů, Závislost na jízdním cyklu, Rozsah hybridizace, REKUPERACE

6.5.1 Pohon elektromobilů

Mezi nezbytné prvky pohonu elektromobilu jsou elektromotor, zdroj energie, regulátor výkonu a převodovka. V závislosti na stoupavosti vozidla se volí vysokootáčkový motor s mechanickou redukcí otáček a jednostupňový, případně vícešupňový.



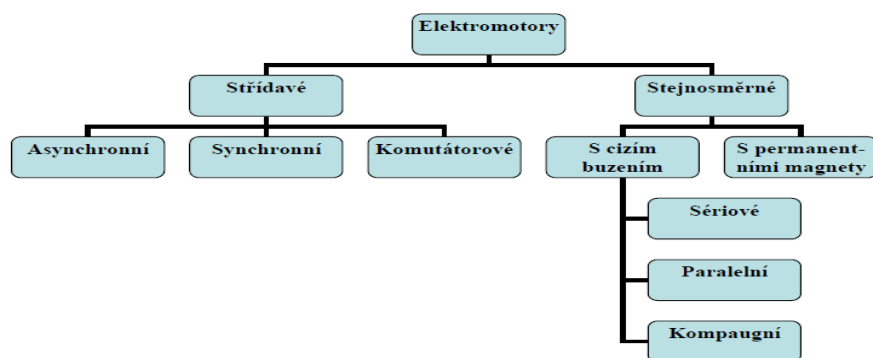
Obr. 22 Schéma pohonného ústrojí bateriového elektromobilu [5]

U elektromobilů rozlišujeme dvojí maximální výkon, dlouhodobý a krátkodobý. Krátkodobý výkon bývá omezen maximálním výkonem regulátoru výkonu. Půl hodinový výkon se udává místo dlouhodobého výkonu. Ten je omezen teplotou baterie a elektromotoru, schopností baterie dodávat potřebné množství energie a musí být nepřetržitě monitorován. Obvyklý poměr mezi půlhodinovým a krátkodobým výkonem bývá 1:3.

Pro pohon elektromobilů se používají tradiční principy, používané pro trakční motory. Jednou z důležitých hodnot je točivý moment, který je požadován co nejvyšší v širokém rozsahu otáček. Konstrukce motoru musí dosahovat vysoké spolehlivosti a účinnosti, kompaktnosti, nízké hlučnosti a to při malé hmotnosti a nízkých nákladech na údržbu. [5]

Elektromotory využívají těchto elektromechanických jevů:

- ✓ Elektromagnetické síly
- ✓ Piezoelektrické efekty
- ✓ Tepelné účinky při průchodu elektrického proudu



Obr. 23 Druhy elektromotorů [5]

Z obrázku je patrné, že k pohonu může sloužit více elektromotorů, které mají své výhody a nevýhody. Nejvýhodnější jsou stejnosměrné motory s cizím buzením. Mezi základní požadavky patří malé rozměry, nízká hlučnost, nízká hmotnost a cena. Porovnání jednotlivých typů udává tabulka 8. [5]

Tab. 8 Porovnání různých trakčních elektromotorů (1 - nejhorší, 10 - nejlepší) [5]

Motor	Cena	Účinnost	Hmotnost	Rozsah $P_{konst.}$	Přetížitelnost	Stav Vývoje
Stejnoseměrný	10	7	6	10	10	10
Asynchronní	8	8	6	9	10	9
Synchronní	8	10	7	10	10	8
Synchronní s PM	7	10	8	8	10	7
Reluktantní	9	6	7	4	10	5
Magnetický	8	10	10	8	9	8

6.5.2 Akumulátory

Akumulátor je zařízení, které slouží na opakované uchování elektrické energie. Mnoho akumulátorů jsou založeny na elektrochemickém principu. V elektrochemickém akumulátoru prochází proud, který vyvolá vratné chemické změny a projeví se rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách. Množství energie obsahující baterie se měří v ampérhodinách.

Svémi parametry a cenou jsou baterie asi jedinou limitující součástí elektromobilu, bránící jejich masivnímu nasazení na našich silnicích. Různá zařízení kladou na akumulátory stále vyšší požadavky (notebook, mobil, atd.), proto se poslední roky do jejich dalšího vývoje investují velké prostředky. U akumulátorů se kromě kapacity sledují další parametry, jako je cena, hmotnost, rozměry, rychlost dobíjení,

paměťový efekt, počet možných hloubkových dobíjecích cyklů, samovybití a mnohé další. Tyto parametry jsou jedním z klíčových ukazatelů, které ovlivňují budoucnost elektromobilů ve světě.

U elektromobilů se akumulátory nazývají tzv. trakční baterie. Jsou navrženy pro hluboké vybití oproti klasickým startovacím bateriím a mnohem lépe podléhají opotřebení elektrod při vybíjení a nabíjení. [13]

Olověný akumulátor

Při plném nabití aktivní hmotu záporné elektrody tvoří houbovitě olovo (Pb), u kladné elektrody to je oxid olovičitý (PbO_2). V olověných akumulátorech je elektrolytem zředěná kyselina sírová (H_2SO_4) o koncentraci přibližně 35% obj. u plně nabitého akumulátoru. Z technických důvodů může být tento roztok nasáknutý do vaty ze skelných vláken (AGM) nebo ztužený do formy gelu. Aktivní hmotu záporné a kladné elektrody se vybíjením mění na síran olovnatý (PbSO_4). Elektrolyt je obohacován o vodu (H_2O) a ochuzován o kyselinu sírovou (H_2SO_4). Při nabíjení koncentrace elektrolytu roste a naopak při vybíjení klesá.

Omezení akumulátoru je vtom, že když je delší dobu vybitý, tak na jeho elektrodách dochází k prakticky nevratným změnám tzv. sulfataci. Sulfatace výrazně snižuje kapacitu baterie. Olověný akumulátor je potřeba neustále udržovat v nabitém stavu. [13]

Výhody olověných akumulátorů:

- Nízká cena
- Schopnost dát velké proudy

Nevýhody olověných akumulátorů:

- Nízká účinnost dobíjení (70-92%)
- Malý počet dobíjecích cyklů (500-800)
- Nutnost ekologické likvidace
- Velmi malá hustota energie na kilogram (30-40 Wh/kg)

Nikl – kadmiové akumulátor

Nikl – kadmiový akumulátor (NiCd) je druh galvanického článku. Tyto články se vyznačují odolností vůči hlubokému vybití a skladování ve vybitém stavu. Ve srovnání s nikl – metalhydridovým a Li-ion akumulátorem má mnohem nižší měrnou kapacitu. Velkým problémem akumulátoru je jedovatost kadmia, z něhož se skládá jedna

z elektrod. Vlastnostmi se podobá novějšímu NiMH akumulátoru. Akumulátor NiCd s relativně nízkým vnitřním odporem může dodávat vysoké proudové přepětí.

NiCd a NiHM akumulátory mají oproti jiným bateriím ještě jednu nevýhodu a to je paměťový efekt. To je stav, kdy akumulátory postupně ztrácí svoji maximální kapacitu, jsou-li akumulátory dobíjeny jen po částem vybití. [13]



Obr. 24 Akumulátory Hoppecke FNC [13]

Výhody Nikl – kadmiových akumulátorů:

- Úplné a dlouhodobé vybití
- Dostačující počet cyklů (více jak 2000)

Nevýhody Nikl – kadmiových akumulátorů:

- Nutnost ekologické likvidace
- Rychlé samovybití (až 20%/měsíc)
- Paměťový efekt
- Nízká účinnost dobíjení (66-90%)

Nikl – metal hydridový akumulátor

Zkráceně NiMH je druh galvanického článku a dnes je jedním z nejpoužívanějších akumulátorů. Ve srovnání s NiCd akumulátorem má přibližně dvojnásobnou až trojnásobnou kapacitu. Hlavním důvodem jeho velkého rozšíření je velká kapacita, cena a schopnost dávat poměrně velký proud spolu s přijatelnou cenou. NiMH se vyznačuje udržením garantovaného napětí téměř až do úplného vybití.

Výhody nikl – metal hydridových akumulátorů:

- Cena
- Udržení napětí až do vybití
- Ekologičnost

Nevýhody nikl – metal hydridových akumulátorů:

- Nízká účinnost dobíjení (66%)
- Paměťový efekt
- Některé typy rychlé samovybíjení
- Nízká hustota na kilogram (30-80 Wh/kg)

Lithium – ion akumulátor

Zkráceně Li-Ion je typ nabíjecí baterie, ve kterém se lithium – ionty pohybují mezi anodou a katodou. Vysoká hustota energie k objemu se náramně hodí pro přenosná zařízení. Je to jeden z nejoblíbenějších typů baterií v dnešní době. Má úžasný poměr energie/hmotnost, žádný paměťový efekt a pomalé samovybíjení.

Li – Ion baterie mají ovšem v mnoho vlastností, které omezují jejich použití. Mezi hlavní problémy patří stárnutí baterií, nezávislé na používání. Při skladování baterie při teplotě 20°C se bude kapacita baterie snižovat o 20% za rok. Oproti bateriím NiCd a NiHM mají baterie vyšší vnitřní odpor, proto není možné získat tak vysoký proud. [13]



Obr. 25 Lithium-iontové články vyvinuté pro Mitsubishi firmou Matsushita Electric (Panasonic) [14]

Výhody lithium – ion akumulátorů:

- Téměř vůbec toxické
- Vysoká hustota energie (160 Wh/kg)
- Nemá paměťový efekt
- Dobrá dobíjecí účinnost (80-90%)
- Tvarování baterií dle svých požadavků

Nevýhody lithium – ion akumulátorů:

- Rychlé stárnutí baterií
- Při špatném zacházení hrozí exploze
- Při úplném vybití téměř vždy zničená

Lithium – polymerový akumulátor

Dalším druhem lithium – ion akumulátoru jsou akumulátory postavené na lithium železo fosfátu (LiFePO₄). Anoda je vyrobená z hliníku a katoda z lithium železo fosfátu. Hlavní výhoda oproti lithium – ion akumulátorech jsou dodání vyššího proudu a při extrémních podmínkách nevybuchují. Lithium – polymerový akumulátor má o něco nižší napětí a také nižší hustotu energie. [13]

Výhody Lithium – polymer akumulátorů:

- Plochá křivka až do úplného vybití
- Zcela netoxické
- Nemá paměťový efekt
- Vysoká životnost
- Dobíjecí účinnost (95%)
- Nižší cena oproti jiným lithiovým bateriím

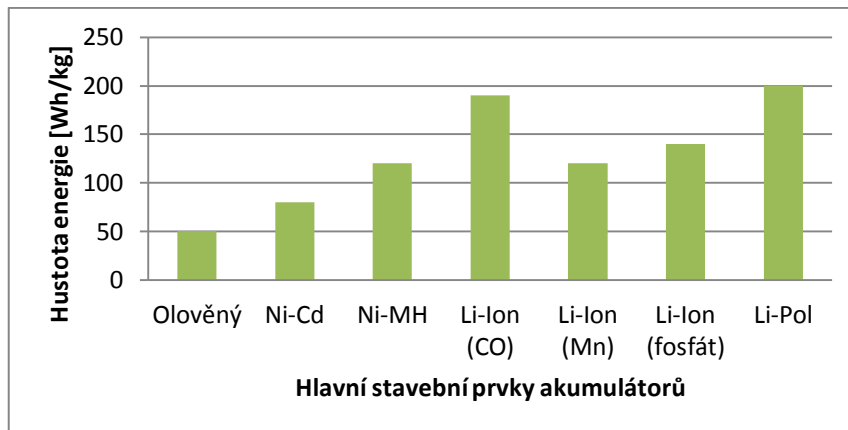
Nevýhody lithium – polymer akumulátorů:

- Rychlé dobíjení snižuje životnost
- Možné předčasné selhání při větším množství hlubokých cyklů [13]

Porovnání jednotlivých typů akumulátorů

Tab. 9 Porovnání parametrů typů akumulátorů [5]

	Olověný	Ni-Cd	Ni-MH	Li – Ion (CO)	Li – Ion (Mn)	Li – Ion (Fosfát)	Li – Pol
Hustota energie [Wh/kg]	30 - 50	45 - 80	60 - 120	150-190	110-120	95-140	130-200
Počet cyklů do dosažení 80% původní kapacity	200-300	1500	300-300	300-300	300-500	1000	>1000
Doba rychlodobíjení [hod]	8-16	1	2-4	1,5-3	<1	<1	<1
Samovybíjení/ Měsíc při 20°C	5%	20%	30%	3%			
Nominální napětí článku [V]	2	1,25	1,25	3,6	3,7-3,8	3,3	3,7
Provozní teplota (při vybíjení) [°C]	-20 až +60	-40 až +60	-20 až +60				
Toxicita	Vysoce toxické, nebezpečné pro životní prostředí			Nízká toxicita			



Obr. 26 Hustota energie vybraných typů akumulátorů [autor]

6.6 Hybridy

6.6.1 Popis hybridu

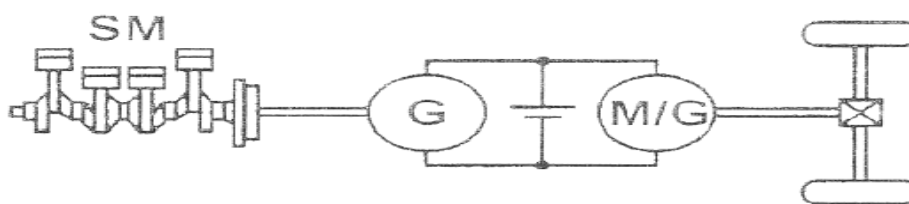
Označení hybridní pohon znamená, že dopravní prostředek využívá kombinaci několika zdrojů energie. Nejčastější kombinace je spalovací motor a elektromotor. Tato kombinace je nejvhodnější do městského provozu, protože elektromotor neprodukuje žádné škodlivé emise. Spalovací motor je používán hlavně mimo město, kde jsou jeho přednosti dostatečný výkon s elektromotorem, který mu vypomáhá s akcelerací a velký dojezd. Elektromotor dokáže přeměnit mechanickou energii na elektrickou energii, kterou akumuluje do akumulátorů. Důležitou roli na vývoji rozvoji hybridů je důsledek zmenšování zásob ropy. [15]

6.6.2 Uspořádání hybridů

Sériové uspořádání

Zdrojem energie jsou spalovací motor, který slouží jako generátor a akumulátory. Spalovací motor je použit na dobíjení akumulátorů a v případě kdy akumulátor nestačí dodávat potřebný výkon vozidlu.

„Výhodou spalovacího motoru je provoz při malém rozsahu otáček, kdy odpadá ne-hospodárný režim pracovní charakteristiky motoru, např. volnoběh. Motor je nastaven na optimální otáčky, kdy pracuje s nejvyšší účinností Nevýhodou tohoto uspořádání je vícenásobná přeměna energie a nízké mechanické účinnosti, která je zhruba 55 % mezi spalovacím motorem a hnanou nápravou.“ [7]



Obr. 27 Sériové uspořádání hybridního pohonu [7]

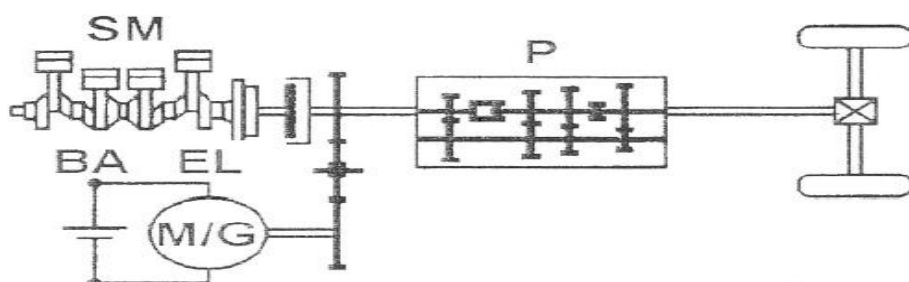
Paralelní uspořádání

Toto uspořádání umožňuje provoz na spalovací motor, nebo na elektromotor. Při využití spalovacího motoru je nutné klasické provedení převodovky a spojky, která je společná i pro elektromotor.

Při kombinovaném provozu je stále zapnut spalovací motor a elektromotor se zapojí pouze v případě, že je potřeba dodat na krátkou chvíli vozidlu vyšší výkon, např. při předjíždění. Díky tomuto převýšení se poskytuje velká výkonová rezerva, která je shodná s velkoobjemovými spalovacími motory. Ve městě je upřednostňován elektromotor a spalovací motor se zapne dle potřeby.

„Pro toto uspořádání se využívá elektromotor, který je nakrátko a má silné budící pole. Maximální otáčky elektromotoru a spalovacího motoru jsou shodné. Při současném provozu obou motorů, je zvýšená tažná síla při nízkých otáčkách.“ [7]

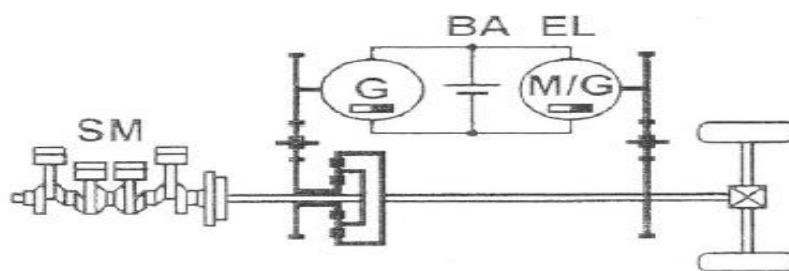
Největší nevýhodou se jeví příliš nákladné a těžké akumulátory. Cílem u těchto akumulátorů bude snížení hmotnosti a ceny. Zlepšením provozu může být použití vysokoenergetických kondenzátorů, nebo elektrostatické a magnet dynamické zásobníky energie.



Obr. 28 Paralelní uspořádání hybridních pohonů [13]

Smíšené uspořádání

Při smíšeném uspořádání může být spalovací motor, elektromotor, převodovka, spojka a generátor různě umístěny. Toto uspořádání bylo vytvořeno za účelem odstranění nevýhod předchozích uspořádání.



Obr. 29 Smíšené uspořádání hybridních pohonů [7]

6.6.3 Druhy hybridních pohonů

Plug-in hybrid

Jsou to automobily, u kterých lze akumulátory dobíjet z klasické zásuvky. Mohou být poháněny čistě elektromotorem, spalovacím motorem, nebo kombinací obou způsobů. Automobily s označením plug – in hybrid se zařazují mezi hybridy a elektromobily.[5]



Obr. 30 Plug-in hybrid Volvo V60 D6 AWD [16]

Tab. 10 Parametry plug-in hybridu Volvo V60 D6 AWD [autor]

	Volvo V60 D6 AWD
Výkon [kW]	206
Točivý moment [N*m]	640
Max. Rychlost [km/h]	230
Zrychlení z 0 km/h na 100 km/h [s]	6,1
Kombinovaná spotřeba [l/100 km]	1,8
Cena testovaného vozu[Kč]	1 948 000

Mild Hybrid

Vozidla s označením mild hybrid po celou dobu využívají k pohonu spalovací motor. Elektromotor pomáhá pouze v případech, jako je zrychlování, nebo rozjíždění. Automobil nemůže pohánět pouze elektromotor. Používá se v automobilech, ve kterých jsou předimenzovány startéry. Můžou kdykoliv vypnout motor např. při brždění, zastavení a opět uvést motor do chodu co nejrychleji. Tyto startéry umožňují rekuperaci energie. Dochází zde k minimální úspoře paliva a k minimálnímu snížení emisí. [5]



Obr. 31 Mild hybrid BMW 7 ActiveHybrid[17]

Tab. 11 Parametry BMW 7 ActiveHybrid [autor]

	BMW 7 ActiveHybrid
Výkon [kW]	125
Točivý moment [N*m]	700
Max. Rychlost [km/h]	250
Zrychlení z 0 km/h na 100 km/h [s]	4,9
Kombinovaná spotřeba [l/100 km]	9,4
Cena testovaného vozu [Kč]	3 163 600

Asistovaný hybrid

Je to pokročilá verze mild hybridu, u kterých je elektromotor používán jako asistent spalovacího motoru. Elektromotor dodává potřebný točivý moment a umísťuje se mezi převodovku a spalovací motor. Většinou stejně jako u mild hybridu to může být větší startér se stejnými vlastnostmi. [5]



Obr. 32 Asistovaný hybrid Honda Insight[18]

Tab. 12 Parametry asistovaného hybridu Honda Insight [autor]

	Honda Insight
Výkon [kW]	99
Točivý moment [N*m]	213
Max. Rychlost [km/h]	182
Zrychlení z 0 km/h na 100 km/h [s]	12,5
Kombinovaná spotřeba [l/100 km]	5,3
Cena testovaného vozu [Kč]	519 000

Plný Hybrid

Označení plný hybrid znamená to, že automobil může být poháněn čistě elektromotorem, nebo spalovacím motorem. Možnost kombinování těchto dvou pohonů dohromady. [5]



Obr. 33 Full hybrid Toyota Yaris Hybrid [19]

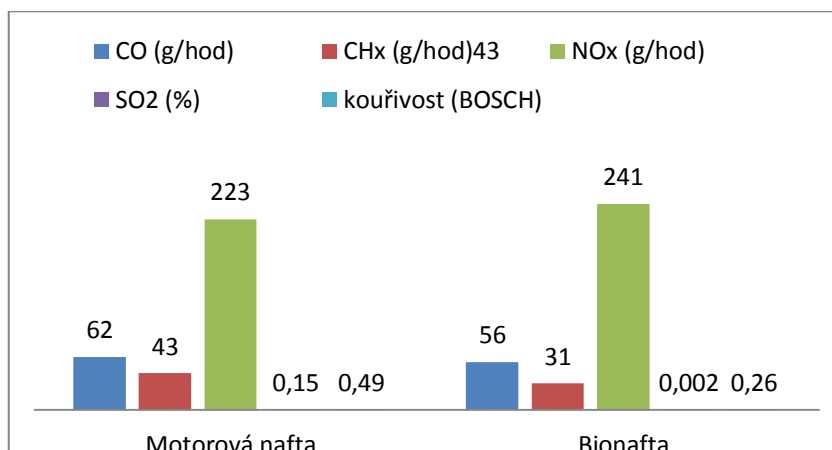
Tab. 13 Parametry Plný hybrid Toyota Yaris Hybrid [autor]

	Toyota Yaris Hybrid
Výkon [kW]	73
Točivý moment [N*m]	169
Max. Rychlost [km/h]	175
Zrychlení z 0 km/h na 100 km/h [s]	11,7
Kombinovaná spotřeba [l/100 km]	3,7
Cena testovaného vozu [Kč]	359 900

7 VLIV ALTERNATIVNÍCH POHONŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Životnost v současnosti ověřených zásob uhlí je odhadováno na více než 200 let, ale ropa a zemní plyn budou vyčerpány už kolem poloviny 21. století (ropa asi 40 let, zemní plyn 65 let). Je potřeba zvažovat negativní dopad fosilních zdrojů na životní prostředí. Vyčerpávání ložisek ropy způsobuje, že se spotřeba fosilních paliv přesouvá na méně ušlechtilé druhy s vyšším obsahem škodlivin ve spalinách. Rozvoj alternativních pohonných hmot je důležitý zejména pro blízkou i vzdálenou budoucnost naší planety. Chod světového hospodářství závisí na včasném vyřešení nových technologií pro dopravu, neboť emise z dopravy ohrožují budoucnost stejně jako blízký nedostatek ropy.

7.1 Porovnání emisí bionafty s motorovou naftou



Obr. 34 Porovnání emisí bionafty s motorovou naftou [autor]

Z grafu lze vyčíst, že bionafta má kromě hodnoty NO_x všechny ostatní hodnoty menší, z čehož plyne, že bionafta je méně škodlivá pro životní prostředí než motorová nafta.

7.2 Porovnání LPG s motorovou naftou

LPG obsahuje méně síry než benzín a nafta, což má kladný vliv na snížení emisí oxidu siřičitého. U limitovaných složek jako je oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x) a uhlovodíky (HC) uvádí hodnoty následující tabulka. [20]

Tab. 14 Srovnání emisních hodnot plynového motoru s limity EHK [20]

	CO	HC	NO_x	PM
Motor LIAZ ML 636 (LPG)	0,554	0,262	3,717	0,036
Euro III	2,5	0,7	5,0	0,1

Při spalování nafty jsou kritické emise pevných částic, na které se sorbují polutanty s nepříznivými zdravotními účinky (polycyklické aromatické uhlovodíky – PAH). Z následující tabulky je zřejmé, že LPG má jasný ekologický přínos. Spalováním LPG vzniká 10x méně pevných částic oproti klasické naftě.

Tab. 15 Naměřené hodnoty pevných částic a polyaromatických uhlovodíků [20]

Motor	PM [g*kWh ⁻¹]	PAH [μg*kWh ⁻¹]	PAH _{KARC} [μg*kWh ⁻¹]
Motor LIAZ ML 636 (LPG)	0,022	82	0,15
Motor LIAZ ML 636 (nafta)	0,33	810	2,9

7.3 Shrnutí vlivu alternativních pohonů na životní prostředí

V současnosti je stále aktuálnější otázka použití alternativních pohonů a to nejen z důvodu zmenšujících se zásob fosilních paliv, ale hlavním důvodem je zhoršující se životní prostředí. Nejideálnější pohon, který je šetrný k životnímu prostředí se jeví pohon na elektrickou energii nebo vodík. U těchto alternativních pohonů nedochází k žádnému vytváření škodlivých plynů při spalování a také není ohroženo životní prostředí. Vývoj tohoto pohonu je ještě stále nákladný (pohon na vodík), nebo jeho nevýhodou je příliš krátký dojezd vozidla (elektromobil s použitím baterií). V dnešní době je snaha nahradit klasická stávající paliva (benzín, nafta) méně škodlivými palivy (bionafta, zemní plyn), které v podstatě méně znečišťují okolí. Do budoucna se nejlépe jeví palivové články, které značně vylepšují vlastnosti klasických elektromobilů. Palivové články jednoznačně zvyšují mobilitu vozidla.

8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit přehled klasických a alternativních pohonů motorových vozidel. Práce popisuje automobily používající klasické pohony spalovacích motorů, ale taky automobily používající alternativní pohony jako je pohon na plyn (LPG, CNG), vodíkový pohon, pohon na elektřinu a hybridní pohon. U každého z pohonů je na konci kapitoly ohodnocení kladů a záporů.

Pohon na plyn je známý na světě už několik desítek let. Plyn v automobilu je výhodnější hlavně vtom, že má nižší náklady na provoz, vyšší životnost motoru (nevytvářejí se karbonové usazeniny) a relativně velký dojezd (2 nádrže).

Vodíkový pohon podle mého názoru v budoucnu bude nejvyužívanější. Výhodou je hlavně výroba vodíku. Lze jej vyrobit několika způsoby, ale hlavně se vyrábí z biomasy. Pohon na vodík má srovnatelný výkon jako elektromobil a hybrid, což je další výhoda. Navíc vodík neobsahuje žádné emise. Naopak nevýhodou je drahá výroba těchto palivových článků. Při odstranění nedostatků se vodík jeví jako jeden z nejlepších alternativních pohonů.

Elektromobily nejsou v současné době příliš oblíbené, hlavně kvůli jejich krátkému dojezdu, dobou nabíjení a vysokou pořizovací cenou. Krátký dojezd může být přijatelný pro lidi jezdící krátké vzdálenosti. Pořizovací cena hraje však hlavní roli. Vysoká cena elektromobilu je hlavně skrz jeho akumulátory. Největší výhodou jsou nízké provozní náklady. Pokud budou akumulátory levnější a výkonnější, tak se elektromobil stane zajímavějším pro zákazníky.

Hybridní automobily jsou přijatelnější řešení, než elektromobily. Výhoda je jejich relativně nižší pořizovací cena. Však největší výhoda je delší dojezdová vzdálenost, nízká spotřeba paliva a snížení emisí. V dnešní době jsou hybridy nejvíce se rozšiřujícím pohonem automobilů. Nedostatky klasických hybridů odstraňují plug-in hybridy, které jsou velice zajímavé. Akumulátory těchto hybridů lze nabíjet doma ze sítě, ale hlavní nevýhoda je cena a kapacita baterie stejně jako u elektromobilů.

Vozidla s alternativním pohonem se prosazují v automobilovém průmyslu každý rok víc a víc. Vývoj těchto vozidel se podle mého názoru ubírá správným směrem. Hlavně z pohledu snižování škodlivých látek, které automobily produkují.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. REMEK B., 2012: *Automobil a spalovací motor*. Grada Publishing, a.s., Praha, 160 s. ISBN 978-90-247-3538-2
2. GSCHEIDLE R., 2004: *Průručka pro automechanika*. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7
3. HROMÁDKO J., 2012: *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Grada Publishing, a.s., Praha, 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1
4. NOVOSÁD J., *Alternativní možnosti řešení pohonných jednotek v budoucnosti*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007.
5. NOVOSÁD J., *Alternativní pohon automobilů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství Ústav automobilního a Dopravního inženýrství, 2009.
6. KAMEŠ J., 2004: *Alternativní pohony automobilů*. BEN, Praha, 232 s. ISBN 80-7300-127-6
7. VLK F., 2004: *Alternativní pohony automobilů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství Ústav dopravní techniky

INTERNETOVÉ ZDROJE:

8. Auto.cz: *Pravda a mýty o LPG*. [online] [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/lpg-pravdy-myty-jak-vybrat-vhodne-auto-prestavbu-65943>>
9. lpg-cng.ochranamotoru.cz: *Základní informace o CNG*. [online] [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <<http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>>
10. CNG-stlačený zemní plyn. [online] [cit. 2014-11-13] Dostupné z: <<http://www.cng.cz>>
11. Dlouhý, P. Janík, L. *Palivové články*. [online] [cit. 2014-11-22]. Dostupné z: <<http://hytep.cz/?loc=article&id=5>>
12. Karpíšková, D. *První vodíková čerpací stanice v ČR*. [online] [cit. 2014-11-28]. Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/prvni-vodikova-cepaci-stanice-v-cr-zatim-jivyuzije-jen-jeden-autobus.aspx>>
13. Elektromobil.vseznamu.cz. [online] [cit. 2015-1-9]. Dostupné z: <<http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>>
14. Electroauto.cz. [online] [cit. 2015-1-19]. Dostupné z: <<http://www.electroauto.cz/mitsubishi.html>>

15. Nazeleno.cz.[online][cit. 2015-1-10]. Dostupné z:
<<http://www.nazeleno.cz/hybridni-pohon.dic>>
16. Deník.cz.[online][cit. 2015-1-15]. Dostupné z:
<<http://www.denik.cz/autosalon/test-hybridni-volvo-v60-umi-stovku-za-sest-sekund-a-taky-jezdit-skoro-zadarmo-20.html>>
17. Autoweb.cz. [online] [cit. 2015-1-15]. Dostupné z:
<<http://www.autoweb.cz/bmw-activehybrid-7/>>
18. Hybrid.cz. [online][cit. 2015-1-15]. Dostupné z:
<<http://www.hybrid.cz/testy/honda-insight-2010>>
19. Hybrid.cz. [online][cit. 2015-1-20]. Dostupné z: < <http://www.hybrid.cz/toyota-yaris-hybrid-prvni-dojmy>>
20. CHOLAVA R., DUFEK J., MERTL A., Druhy pohonných hmot z hlediska perspektivy a produkce (emise) znečišťujících látek [online][cit. 2015-2-16]. Dostupné z:< <http://ct.upce.cz/ph/cholava.doc>>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Motor Gottlieba Daimlera z roku 1886 a motocykl [1]	11
Obr. 2 Vznětový motor Deutz Diesel [1]	12
Obr. 3 Čtyřdobý pracovní cyklus zážehového motoru [2]	14
Obr. 4 Pracovní cyklus dvoudobého spalovacího motoru, první a druhá doba [2].....	16
Obr. 5 Složení výfukových plynů [autor]	17
Obr. 6 Schématické znázornění zástavby LPG do auta [8]	22
Obr. 7 Systém pro karburátorové motory [3]	22
Obr. 8 Systém pro motory se vstřikováním benzínu se směšovačem plynu [3].....	22
Obr. 9 Systém se vstřikováním benzínu a paralelním vstřikováním LPG [3].....	23
Obr. 10 Systém se vstřikováním benzínu a se sériovým vstřikováním LPG [3].....	23
Obr. 11 Systém se vstřikováním kapalné fáze LPG [3]	23
Obr. 12 Schéma provozu motoru na CNG[4]	25
Obr. 13 Stanice pro rychlé plnění CNG [10]	26
Obr. 14 Stanice pro pomalé plnění CNG [10]	26
Obr. 15 Procentuální podíl různých surovin na výrobě vodíku [autor].....	28
Obr. 16 Princip činnosti palivového článku [11]	29
Obr. 17 Palivový článek polymer-elektrolyt PEFC [6].....	30
Obr. 18 Alkalický palivový článek AFC [6].....	31
Obr. 19 Tubulární uspořádání SOFC [6].....	31
Obr. 20 Čerpací stanice na vodík v Neratovicích [12]	32
Obr. 21 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily [7]	34
Obr. 22 Schéma pohonného ústrojí bateriového elektromobilu [5].....	35
Obr. 23 Druhy elektromotorů [5].....	36
Obr. 24 Akumulátory Hoppecke FNC [13]	38
Obr. 25 Lithium-iontové články vyvinuté pro Mitsubishi firmou Matsushita Electric (Panasonic) [14]	39

Obr. 26 Hustota energie vybraných typů akumulátorů [autor].....	41
Obr. 27 Sériové uspořádání hybridního pohonu [7].....	42
Obr. 28 Paralelní uspořádání hybridních pohonů [13].....	42
Obr. 29 Smíšené uspořádání hybridních pohonů [7].....	43
Obr. 30 Plug-in hybrid Volvo V60 D6 AWD [16]	43
Obr. 31 Mild hybrid BMW 7 ActiveHybrid[17].....	44
Obr. 32 Asistovaný hybrid Honda Insight[18]	45
Obr. 33 Full hybrid Toyota Yaris Hybrid [19]	46
Obr. 34 Porovnání emisí bionafty s motorovou naftou [autor].....	47

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Pracovní oběh dvoudobého motoru [2]	16
Tab. 2 Mezní hodnoty škodlivin pro osobní automobily se zážehovým motorem v Evropě (EHK 83) [2].....	18
Tab. 3 Mezní hodnoty škodlivin pro osobní automobily se vznětovým motorem v Evropě (EHK 83) [2].....	19
Tab. 4 Vlastnosti propanu, butanu a benzínu [3]	20
Tab. 5 Kdy se plyn u octavie vyplatí? [8].....	24
Tab. 6 Porovnání spotřeby a výkonu vybraných vozidel na CNG [5]	27
Tab. 7 Rozdělení a porovnání typů elektromobilů [5]	34
Tab. 8 Porovnání různých trakčních elektromotorů (1 - nejhorší, 10 - nejlepší) [5]	36
Tab. 9 Porovnání parametrů typů akumulátorů [5].....	40
Tab. 10 Parametry plug-in hybridu Volvo V60 D6 AWD [autor].....	43
Tab. 11 Parametry BMW 7 AciveHybrid [autor)	44
Tab. 12 Parametry asistovaného hybridu Honda Insight [autor]	45
Tab. 13 Parametry Plný hybrid Toyota Yaris Hybrid [autor].....	46
Tab. 14 Srovnání emisních hodnot plynového motoru s limity EHK [20]	47
Tab. 15 Naměřené hodnoty pevných částic a polyaromatických uhlovodíků [20].....	47