

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ALTERNATIVNÍ POHON AUTOMOBILŮ

ALTERNATIVE DRIVE OF AUTOMOBILE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ DUBSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK KAPLAN, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jiří Dubský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Alternativní pohon automobilů**

v anglickém jazyce:

### **Alternative Drive of Automobile**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem práce je přehled alternativních pohonů určených především pro pohon silničních vozidel.

Cíle bakalářské práce:

Vypracujte přehled alternativních pohonů určených pro pohon automobilů včetně uvedení jejich charakteristických vlastností, výhod a nedostatků.

Seznam odborné literatury:

Kameš, J. Alternativní pohon automobilů

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 21.10.2008

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou alternativních pohonů pro silniční automobily s užším zaměřením na hybridní pohony. Uvádí stručný přehled a popis možných alternativ pro pohon automobilů. Dále je zaměřena na vozy s hybridním pohonem a na problematiku tohoto nekonvenčního pohonu s uvedením charakteristických vlastností, výhod a nedostatků.

**Klíčová slova:** automobil, alternativní, pohon, hybridní, spalovací, motor, elektromotor

## **Annotation**

This bachelor work deal with problems alternative drive for automobile with narrower intent on hybrid drive. Features run - down and description possible options for drive cars. Further is focused on cars with hybrid drive and on problems hereof unconventional drive with presentation characteristic feature, advantages and disadvantage.

**Key words:** automobile, alternative, drive, hybrid, combustion, engine, elektromotor

## **Bibliografická citace**

DUBSKÝ, J. Alternativní pohon automobilů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

### **Čestné prohlášení**

Čestně prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré zdroje, z nichž jsem čerpal informace pro tuto práci.

V Brně dne 29.5. 2009

Dubský Jiří .....

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Kaplanovi, CSc. za vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě mé práce.

<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Alternativní pohony pro automobily</b> .....	<b>11</b>
1.1 Druhy alternativních pohonů .....	11
1.2 Vybrané typy alternativních pohonů pro automobily .....	12
1.2.1 Vozidla spalující CNG, LPG a bioplyn .....	12
1.2.2 Vodíkové motory .....	15
1.2.3 Elektromobily .....	16
1.2.4 Vozidla využívající palivový článek .....	18
<b>2 Hybridní automobily</b> .....	<b>20</b>
2.1 Historie a první hybrid .....	20
2.2 Koncepce a uspořádání hybridního pohonu .....	23
2.2.1 Sériové uspořádání .....	23
2.2.2 Paralelní uspořádání .....	24
2.2.3 Srovnání sériového a paralelního hybridu .....	25
2.2.4 Části hybridního pohonu .....	26
2.3 Působení hybridního pohonu na životní prostředí .....	32
2.4 Hybridní pohon .....	33
2.5 Současný stav hybridních vozů na trhu .....	34
<b>Závěr</b> .....	<b>35</b>
<b>Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>36</b>



## **Úvod**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou alternativních pohonů pro automobily. Budou v ní uvedeny možné alternativy nahrazení klasického benzinového či naftového spalovacího motoru, ale také jeho použití v kombinaci s dalšími pohony. Dále budou uvedeny hlavní důvody zavádění těchto technologií.

Na začátku práce budou představeny základní koncepce, které jsou vyvíjeny, či již v praxi zaváděny. U některých budou stručně charakterizovány jejich vlastnosti, základní princip činnosti a porovnány jejich výhody a nevýhody.

V další části se budu zabývat podrobněji hybridními pohony, jejich druhy, vlastnostmi a základními komponenty. Na úvod této kapitoly uvedu krátký přehled prvních kroků v oblasti hybridních pohonů. Dále budou stručně popsány jednotlivé části tohoto systému. V závěru práce uvedu problematiku hybridů na trhu a možný postoj ropných společností i široké veřejnosti. A jak tento postoj ovlivňuje objektivní posuzování hybridních pohonů vzhledem ke stávajícím konvenčním vozidlům a možný směr, kterým se budou hybridní pohony ubírat.

# 1 Alternativní pohony pro automobily

Pokud se zabýváme alternativou k nějakému stávajícímu systému, je nutné znát odpovědi na tři základní otázky. V případě alternativních pohonů (dále jen AP) pro automobily jsou tyto otázky rovněž položeny. První otázkou je, k jakému druhu pohonu bude alternativa zavedena. Druhou otázkou jsou důvody, proč se takové alternativy vůbec hledají a zavádějí. Za třetí, jaké alternativy si lze představit jako náhrady stávajících pohonů.

## Alternativa k čemu?

K nejběžnějšímu pohonu vozidel, který je v současnosti nejčastěji využíván. Tím je klasický čtyřdobý spalovací motor.

## Proč jsou zaváděny?

Mezi nejdůležitější faktor patří hlavní nedostatky spalovacích motorů. Hlavním nedostatkem jsou pohonné hmoty, které motory používají. Ty jsou z největší části produkty ropy a té je omezené množství. Dále to jsou:

- produkce škodlivých a nebezpečných látek,
- nízká účinnost,
- hlučnost a vibrace.

## Možné alternativy

Odpovědi na tuto otázku je věnována následující podkapitola.

### 1.1 Druhy alternativních pohonů

Možností, jak nahradit klasický spalovací motor nebo ho použít v kombinaci s jiným pohonem, či pomocí vhodných úprav docílit příznivějších provozních hodnot, je několik:

- dvoudobý motor,
- přeplňovaný motor,
- motory spalující plyn (zemní plyn, propan butan, vodík),
- motor s krouživým pístem,
- spalovací turbína,
- Stirlingův motor,
- parní stroj,
- elektromotor.

Zvláštním druhem alternativy jsou vozidla poháněná lidskou silou (HPV – Human powered Vehicles). Jde o využití síly lidských svalů jako hnací síly převodového mechanismu. Vhodnou konstrukcí lze dosahovat velice dobrých výsledků. Je zde však omezení přepravy jednotlivých osob a fyzických schopností, také jsou limitní možnosti

přepravy zavazadel. Pro přesun na krátké vzdálenosti jednotlivých osob jsou tyto stroje velice výhodnou alternativou ke spalovacím motorům. Jde však o velice specifický způsob využití a tudíž tento systém nemůže plně nahradit ve všech směrech spalovací motor.

Dvoudobý motor lze z hlediska svých výkonových parametrů považovat za AP. Vyšší měrný výkon, jednodušší konstrukce, menší počet pohyblivých částí, v tom všem převyšuje čtyřdobý motor. Avšak vedle těchto výhod jsou jeho emisní charakteristiky oproti čtyřdobému spalovacímu motoru horší, a proto ho z tohoto hlediska nezařazují mezi AP.

Přeplňováním čtyřdobého motoru lze docílit příznivějších hodnot, vyššího výkonu, menší měrné spotřeby a také menší zátěže emisemi. Z hlediska používané pohonné látky však, stejně jako dvoudobý motor, stále neřeší hlavní otázku, proč AP zavádíme.

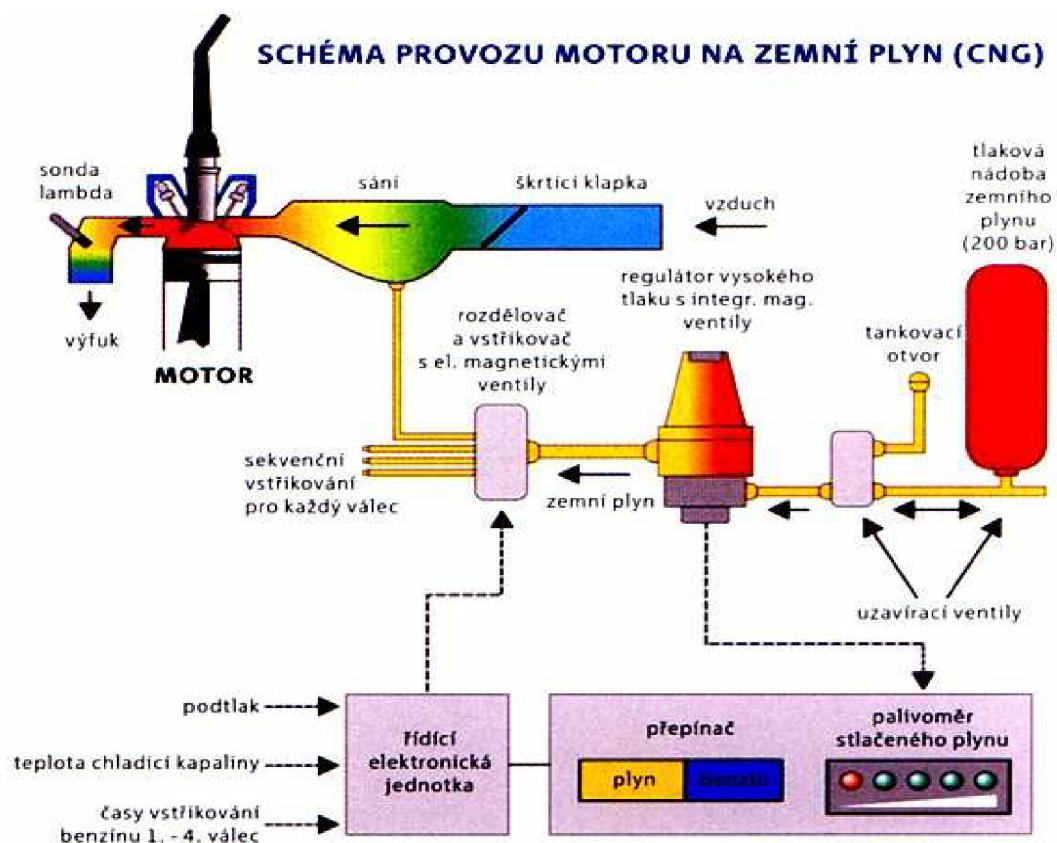
## 1.2 Vybrané typy alternativních pohonů pro automobily

Mezi vybrané druhy AP jsem zařadil takové, které se v současné době již používají nebo jsou vyvíjeny. A uvažuje se, že by se v krátkém časovém období mohly stát nástupci konvenčních spalovacích motorů. Mezi takové patří například systém využívající palivový článek či hybridní pohony, které patří pod elektromobily. Automobily s modifikovaným spalovacím motorem, či vozidla schopná spalovat biogenní paliva, lze také zařadit mezi vozidla využívající AP. Jsou to vozidla schopná spalovat bionaftu, LPG (liquid petrol gas) kapalný propan-butan, či CNG (compressed natural gas) stlačený zemní plyn.

- Vozidla spalující CNG, LPG a bioplyn,
- vodíkové motory,
- elektromobily,
- vozidla využívající palivový článek,
- hybridní automobily.

### 1.2.1 Vozidla spalující CNG, LPG a bioplyn

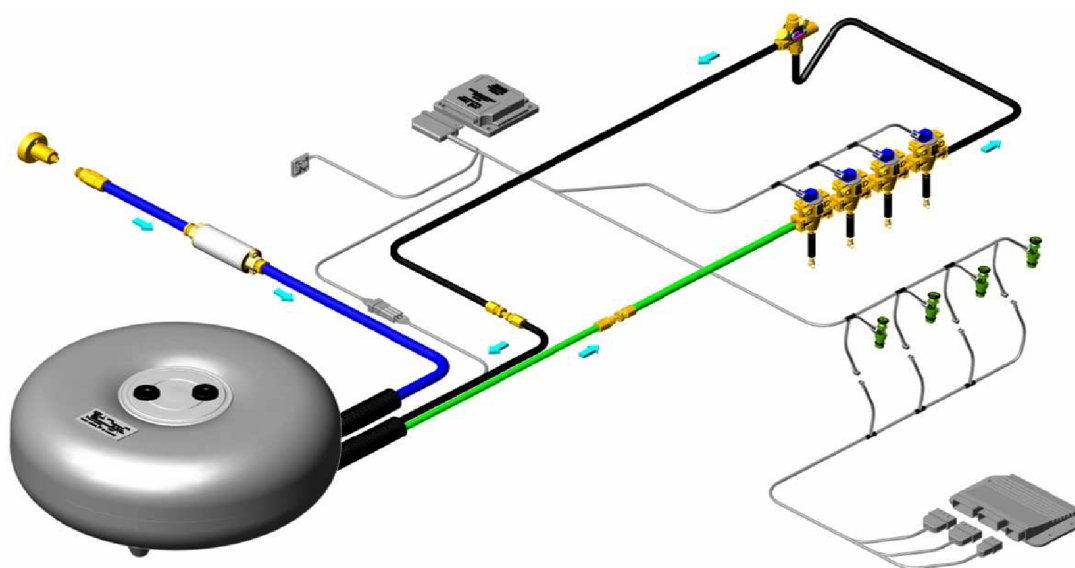
Další alternativou pro pohon automobilů je využití přírodní biomasy, zemního plynu a propan butanu. Biomasa je získávána záměrně nebo jako vedlejší produkt zpracováním odpadů zemědělské a potravinářské činnosti. Zpracováním biomasy vzniká bioplyn, který lze získat několika způsoby: methanovým kvašením nebo termochemickým způsobem (zplynováním biomasy). Po zvýšení podílu methanu, se bioplyn vyrovná kvalitě zemního plynu. Spalováním biomasy se neprodukuje žádný přídatný  $\text{CO}_2$ , jelikož při spalování se uvolní pouze tolik plynu, kolik biomasa během růstu rostlin přijala ze vzduchu. Zemní plyn se nachází při ložiscích ropy. Využívá se buď ve formě stlačené (CNG – compressed natural gas) nebo kapalné (LNG – liquid natural gas). Té se využívá v menší míře, jelikož její výrobní technologie je oproti CNG značně složitější. [1]



Obr.1 Schéma systému vozidla spalující zemní plyn [2]

LNG je využíván hlavně v USA. Dále rozlišujeme monovalentní a bivalentní provedení. Bivalentní provedení umožňuje provoz jak na plyn, tak na benzín.

LPG – liquid petroleum gas, je směsí zkapalněných rafinérských plynů, převážně obsahující propan butan a vzniká při rafinaci ropy nebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu.



Obr.2 Schéma provedení vozidla spalující LPG [3]

Oba druhy zemního plynu jsou oproti LPG technologicky náročnější na výrobu, proto je LPG systém v praxi poměrně dost rozšířen, k tomu také dopomohlo rychlé zavedení sítě čerpacích stanic.

### **LNG**

*Výhody:*

- nízké emise,
- krátká doba plnění,
- menší nádrž oproti CNG.

*Nevýhody:*

- nákladnější a složitější technologie oproti CNG,
- uchovávání za velmi nízkých teplot,
- chybí síť čerpacích stanic,
- zmenšení zavazadlového prostoru.

### **CNG**

*Výhody:*

- nízké emise,
- nízké náklady na provoz.

*Nevýhody:*

- náklady na přestavbu,
- řídká síť čerpacích stanic,
- zmenšení zavazadlového prostoru,
- snížení výkonu (cca 5%).

### **LPG**

*Výhody:*

- nízké emise,
- nízké náklady na provoz,
- široká síť čerpacích stanic,
- zvětšení dojezdu vozidla.

*Nevýhody:*

- náklady na přestavbu,
- snížení výkonu (cca 5%),
- zmenšení zavazadlového prostoru,
- zvýšení spotřeby (cca 10%).

Velkou výhodou je, že pro využívání těchto druhů paliva není přestavba automobilu náročná a umožňuje využívat vedle zmíněného paliva i palivo stávající. Tím se rapidně zvyšuje užítost tohoto systému i přes počáteční investici do zabudování přestavby. Bioplyn je využíván hlavně ve Švédsku, Švýcarsku, Francii a na Islandu.

## 1.2.2 Vodíkové motory

Vedle palivových článků může být vodík použit i jako přímé palivo. Takové využití vodíku má prozatím význam v provedení bivalentním, jelikož chybí infrastruktura čerpacích stanic. Tento systém je dále vyvíjen, ale zatím není výrazně prosazován jako hlavní AP pro automobily. Hlavním aktérem v této oblasti využití vodíku je německá automobilka BMW, která na zmíněném systému pracuje více než 20 let. V roce 1999 byl touto automobilkou představen vůz BMW 750 hl, využívající jako palivo právě vodík. Dále byla vyrobena omezená série řady 7, opět na vodík. Za tímto účelem byla také vybudována první veřejná plně automatizovaná plnicí stanice.



Obr. 3 Bivalentní motor BMW Hydrogen 7 [4]

O použití vodíku se také uvažuje v městské dopravě. Firma MAN upravila benzinový motor ke spalování vodíku. Vzhledem k uchování vodíku při teplotách  $-200^{\circ}\text{C}$  musel být autobus vybaven speciálními nádržemi. Další automobilkou zabývající se tímto systémem je Ford, který rovněž vyvíjí bivalentní motory spalující vodík.

### Výhody:

- nižší emise oproti běžným spal. motorům,
- zvětšení dojezdu vozu,
- relativně nevyčerpatelné zásoby vodíku.

### Nevýhody:

- absence sítě čerpacích stanic,
- větší zástavba systému,
- vyšší nároky na bezpečnost,
- technologicky náročnější.

V současnosti vyvíjejí motory spalující přímo vodík i jiné automobilky. Spalováním vodíku je dosaženo nižších hodnot škodlivých plynů  $\text{CO}_2$  a  $\text{CO}$ , ostatní plyny jsou srovnatelné se stávajícími spalovacími motory. Sériová výroba vozidel spalujících vodík nebyla zavedena z důvodu absence sítě čerpacích stanic. Pokud by se v městské aglomeraci taková síť vytvořila, dá se předpokládat využití vodíku jako paliva pro městskou hromadnou dopravu a v druhé řadě i pro osobní přepravu.

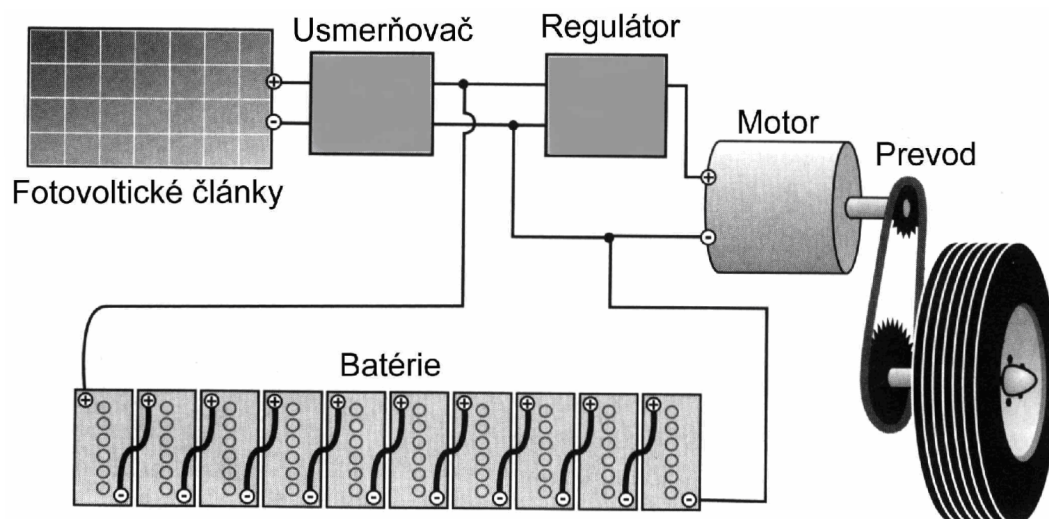
### 1.2.3 Elektromobily

Elektromobily jsou známy více než 150 let. První automobil, který překonal hranici 100 km/h byl právě elektromobil postaven Belgičanem Camilla Jenatzym. Konstrukční nevýhody a nástup spalovacích motorů měly za následek, že se dále elektromobily nevyvíjely tak rychle. Elektromobil se dále vyvíjel pozvolna a čekal na nové technologie a materiály, které by dokázaly eliminovat jeho hlavní problém. Tím byla potřeba velkého množství těžkých akumulátorů, které v tehdejších dobách stačily na několik desítek minut jízdy. Dnes se již o elektromobilech opět hovoří jako o možné alternativě stávajících spalovacích motorů.



Obr. 4 Camill Jenatzy s svým elektromobilem *Jamais Contente* [5]

Základní konstrukce spočívá v elektromotoru a zásobníku energie. Elektromobily mohou ve spojení se solárními panely využívat i sluneční energii. Na obr. 5 je zobrazeno schéma takového elektrického pohonu. Elektromotor je napájen z baterie nebo přímo pomocí fotovoltaických článků. Jde o názorné schéma elektromobilu s využitím slunečního záření jako dodatečného zdroje energie.



Obr. 5 Schéma konstrukce pohonu elektromobilu [6]

Dále může být elektromotor napájen z trolejové sítě. Na tomto principu pracuje převážná část městské dopravy ve velkých městech. Elektromobily lze tedy rozdělit podle toho, jakým způsobem je zajištěn přívod elektrické energie k samotnému elektromotoru.

- Trolej,
- palivový článek,
- sluneční energie,
- akumulátor (elektrický, tepelný, tlakový, setrvačníky),
- hybridní pohon.

#### **Druhy elektromotorů:**

- stejnosměrný s cizím buzením,
  - paralelní elektromotor,
  - sériový elektromotor,
- asynchronní motor,
- transversální motor,
- řízený reluktanční motor.

#### **Akumulátory:**

- olověný akumulátor (technologie spirálových článků),
- nikl – kadmiové akumulátory,
- nikl – metalhydridové akumulátory,
- lithium iontové akumulátory,
- vysokoteplotní akumulátory.

#### *Výhody:*

- nulové místní emise,
- tichý provoz,
- využití ve městech a uzavřených prostorech,
- jednoduchá konstrukce.



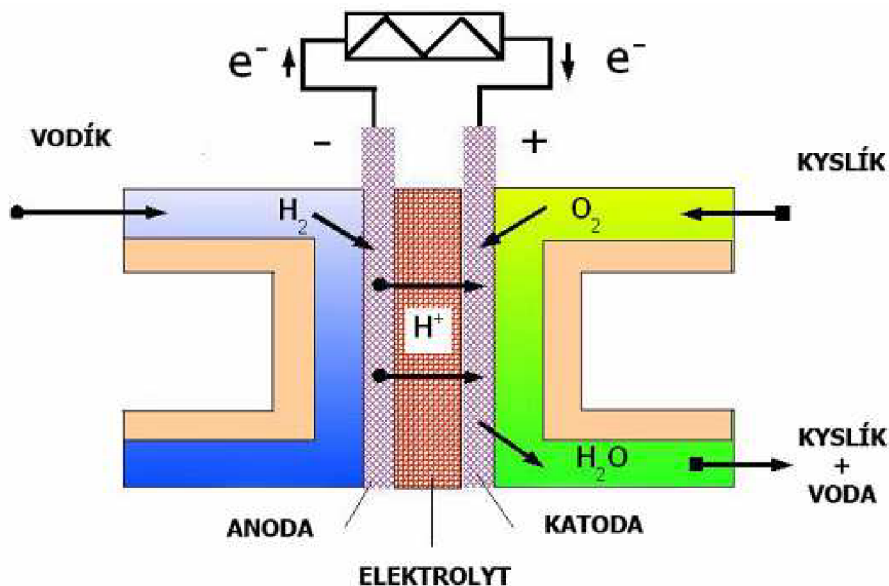
Nevýhody:

- vysoká cena ve srovnání se spalovacími motory,
- krátký dojezd,
- delší doba dobíjení.

Velký problém jsou právě zásobníky energie - akumulátory. Ty byly v minulosti hlavní brzdou ve vývoji elektromobilu. Jejich nevýhodou byla krátká životnost, velká hmotnost, malá kapacita a dlouhá doba nabíjení. Nové technologie již dokážou tyto nevýhody eliminovat.

### 1.2.4 Vozidla využívající palivový článek

Použití palivového článku v automobilu řeší hlavní problém všech elektromobilů - stálý přísun elektrické energie. Tato technologie umožňuje výrobu vozidla s nulovými emisemi s poměrně vysokou účinností a nezávislostí na fosilních palivech. Palivový článek, na rozdíl od akumulátoru, dokáže pracovat nepřetržitě. To je oproti akumulátorům nezměrná výhoda. Odpadá zde čas potřebný na dobíjení, palivo je tankováno podobně jako zemní plyn. Palivem použitým pro palivový článek může být vodík, zemní plyn či methanol.



Obr. 6 Schéma palivového článku [7]

Palivové články se liší od akumulátorů tím, že aktivní chemické látky nejsou součástí anody a katody, ale jsou k nim průběžně přiváděny. Elektrody tedy působí jako katalyzátor chemických přeměn. Během činnosti se elektrody téměř neopotřebovávají a jejich chemické

složení se nemění. Pokud zaručíme stálý přísun paliva a oxidantu, může reakce probíhat bez časového omezení. [7]

Palivových článků je více druhů, všechny však pracují na stejném principu. Liší se pouze v použitých materiálech elektrod a ve vstupujících látkách.

**Druhy palivových článků:**

- polymer-elektrolyt článek,
- přímo-methanolový článek,
- alkalický článek,
- palivový článek s kyselinou fosforečnou,
- palivový článek s roztavenými uhlíčitany.

*Výhody:*

- nulové emise,
- vyšší účinnost (téměř dvojnásobná spalovacího motoru),
- rychlé doplnění paliva.

*Nevýhody:*

- vysoká výrobní cena,
- chybí síť čerpacích stanic,
- vyšší nároky na prostor celého systému.

Systémem palivových článků se již některé automobilky zabývají. Podařilo se úspěšně sestavit funkční prototypy, avšak ty se sériové výroby zatím nějaký čas nedočkají. To je způsobeno nejen rychlejším vývojem a uváděním na trh ostatních AP, ale také technickou a hlavně finanční náročností.

## 2 Hybridní automobily

Veškeré dosud uvedené alternativní pohony mají dosud značné nevýhody, a proto nejsou celoplošně zaváděny. Je potřeba najít systém, který by eliminoval krátký dojezd, dlouhé doby tankování a který nebude závislý na řídké síti čerpacích stanic. Možné řešení nabízí hybridní pohon. Ten lze definovat jako pohon s více než jedním zdrojem a zásobníkem energie. Přitom se vychází z koncepce, kdy jsou použity dva odlišné systémy pohonu tak, aby se využilo jejich pozitivních vlastností při různých provozních stavech. Zatím nejvhodnější kombinací je spalovací motor a elektromotor. Toto spojení umožňuje vozidlu v případě potřeby jak bez emisní provoz, tak i dobrý jízdní výkon a dojezd, pokud je požadován. Vhodnou kombinací dvou pohonných systémů lze docílit značné úspory paliva a tím snížit množství emisí výfuku. Takto koncipovaný pohon je zvláště vhodný pro vozy nízké a střední třídy.

### 2.1 Historie a první hybrid

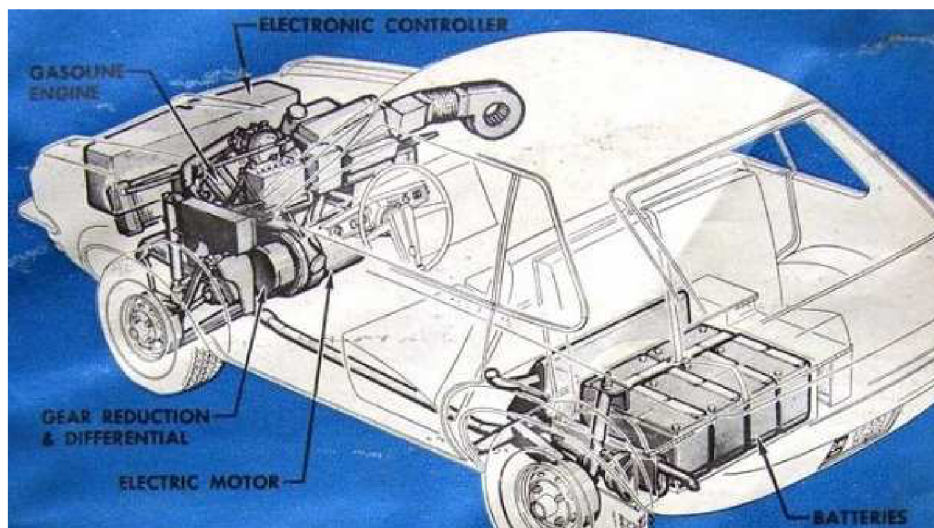
V roce 1898 navrhl Ferdinand Porsche první hybridní kočár. Ten měl spalovací motor, generátor elektrické energie a elektromotory umístěné v kolech. V roce 1900 na světové výstavě v Paříži způsobil tento rakouský automobil rozruch a stal se senzací. Bylo vyrobeno přes 300 kusů, vozy se staly populární díky své jednoduché obsluze (absence řazení) a vysoké rychlosti, až 56 km/h. [8]



Obr. 7 Muzejní exponát Lohner-Porsche Mixte [8]

S rozvojem těžby ropy a vývojem motorů spalujících fosilní paliva značně ustal další vývoj v oblasti hybridních pohonů. V průběhu 20. století byla vyrobena řada vozů, avšak jejich rozvoji a sériové výrobě bránil vedle výše jmenovaných příčin i slabý technický pokrok v oblasti akumulátoru elektrické energie.

Dalším vozem, využívajícím vedle spalovacího motoru i elektromotor, byl vůz americké automobilky GM XP-883. Vůz byl koncipován jako malý, třídveřový hatchback pro 2 dospělé osoby + 2 děti. Byl představen jako experimentální plug – in (možnost dobíjení přímo ze sítě) hybrid v roce 1969. Vůz byl vybaven dvouválcovým benzínovým motorem o objemu 575cm<sup>3</sup> a přídatným elektromotorem napájeným akumulátorem. Vůz dosahoval rychlosti téměř 100 km/h, na elektromotor pak 16 km/h.



Obr. 8 Schéma vozu XP-883 [9]

Koncem 80. let se stala automobilka Audi průkopníkem v hybridní technologii. Na Ženevském autosalonu představila hybridní vůz Audi Duo, vycházející z modelové řady Audi 100 Avant (stala se tak prvním evropským výrobcem aut, využívajících hybridních pohonů). O konvenční pohon se staral 5 - ti válec s obsahem 2.3l. Elektromotor Siemens o výkonu 13 koní pak poháněl zadní nápravu. Ni – Cd baterie zásobovaly elektromotor v městském režimu. Řidič mohl dle potřeby volit tedy 2 různé druhy pohonu. Nárůst hmotnosti hlavně o baterie uložené v zadní části vozu přispěl k zvýšení spotřeby paliva.

V druhé generaci Audi Duo byl použit silnější elektromotor (29 HP) a dvoulitrový benzínový motor již mohl pomocí mezinápravového diferenciálu Torsen pracovat spolu s elektromotorem. Třetí generace představená v roce 1997 již využívala naftový motor 1.9 TDI o výkonu 90 koní v kombinaci s elektromotorem o výkonu 29 koní a maximálním kroutícím momentem 60Nm. Olověné akumulátory, o hmotnosti 320kg, bylo možné nabíjet systémem plug – in, ale nově také během jízdy pomocí spalovacího motoru. Bylo vyrobeno pouze 60 kusů, ale i přesto se jedná o první evropský hybrid, který byl nabídnut veřejnosti. [9]



Obr. 9 Podvozek vozu Audi DUO spolu s pohonnými agregáty [10]

Na obr. 9 je zřetelně vidět, že spalovací motor nebyl s elektromotorem nijak propojen, šlo opravdu o dva samostatné prvky. Na obr. 10 je vyfocen kompletní podvozek Audi Duo třetí generace, kde je patrné propojení obou systémů.



Obr. 10 Podvozek automobilu Audi Duo III [10]

Prvním, sériově vyráběným hybridem se stala Toyota Prius. Na Tokijském autosalonu se objevila ve fázi studie již v roce 1995. První generace Priusu s hybridním systémem THS – Toyota Hybrid Systém, byla k dostání již v roce 1997. Stála v přepočtu polovinu ceny vozu Audi Duo III. Prius se díky svým vlastnostem a relativně nízké ceně stal prvním nejprodávanějším hybridním automobilem. Motor o objemu 1,5 litru a výkonu 43 kW a točivým momentem 102 Nm při 4000 ot/min je dostatečnou motorizací. O ekologický pohon se stará elektromotor o výkonu 30 kW. Výhodou tohoto systému je, že oba motory mohou pracovat spolu, přičemž se výkon motorů sčítá nebo každý samostatně. Takto dosahuje Prius první generace průměrné spotřeby 3,6 l/100km. Nové generace dostaly oproti svému předchůdci motor 1,5 VVT-i s navýšeným výkonem na 53 kW při 4500 ot/min a točivým momentem 115 Nm a také nové bezúdržbové Ni-metalické baterie, které zabírají o 60% méně prostoru a váží o 30% méně.



Obr. 11 První generace automobilu Toyota Prius [11]

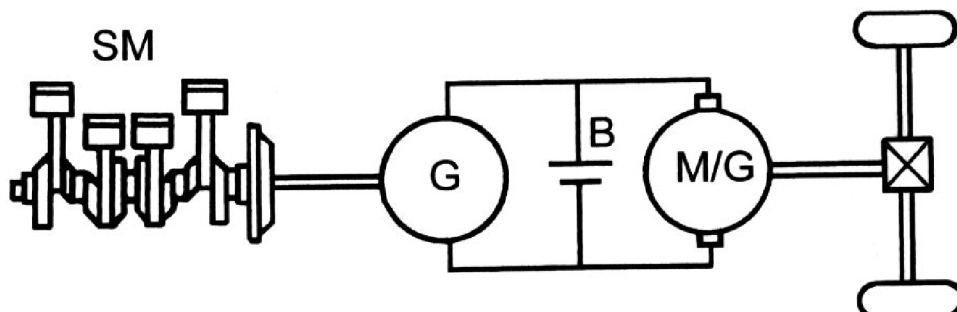
## 2.2 Koncepce a uspořádání hybridního pohonu

Hybridní vozy lze rozdělit na dvě základní skupiny, podle sériového nebo paralelního uspořádání. Tyto konstrukce se od sebe liší uspořádáním spalovacího motoru a elektromotoru. Tato dvě provedení umožňují dosahovat zcela odlišných jízdních vlastností. Také produkce emisí je odlišná.

### 2.2.1 Sériové uspořádání

Sériový hybrid používá k pohonu kol elektromotor. Jako zdroj má vedle akumulátoru také spalovací motor, který pomocí generátoru produkuje elektrickou energii, pokud jsou akumulátory vybity. Takto spalovací motor může být provozován v úzkém rozsahu otáček a odpadají nevhodná místa charakteristiky motoru, jako jsou volnoběh, či velmi nízké nebo naopak vysoké otáčky. Motor tak může být nastaven na pásmo určitých otáček, při kterých

má nejhospodárnější provoz a nezatěžuje okolí těžkými emisemi. Baterie tohoto hybridu nemusí být tak velká. Pokud je vyčerpána, spalovací motor se automaticky nastartuje a generuje energii jak pro motor, tak pro baterii. [1]

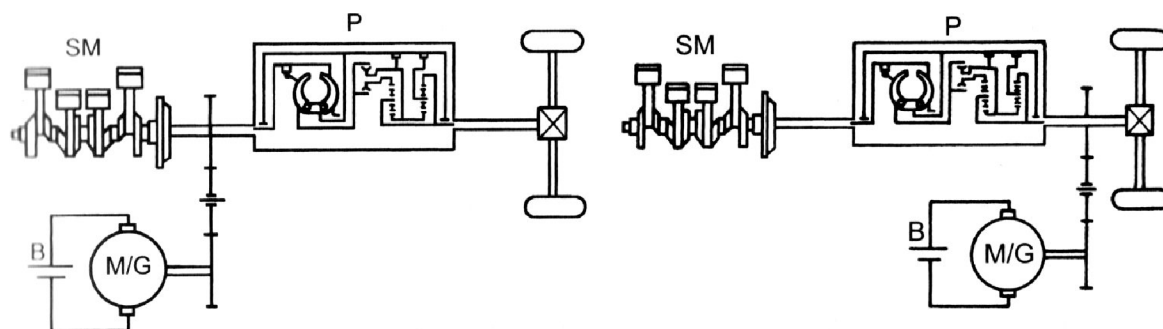


Obr. 12 SM – spalovací motor, G – generátor, B – akumulátor, M/G – motorgenerátor [1]

Toto uspořádání neumožňuje tak razantní dynamiku jízdy a vysoké rychlosti jako paralelní hybrid.

### 2.2.2 Paralelní uspořádání

Toto uspořádání umožňuje využít spalovací motor stejně jako u konvenčních vozidel. Umožňuje tři jízdní režimy (elektromotor, spalovací motor a kombinace obou dvou). Systém se tak skládá ze spalovacího motoru, motorgenerátoru, baterie a konvenční převodovky. Elektromotor se může nacházet na společné hřídeli se spalovacím motorem (jednohřídelové uspořádání) nebo na samostatné hřídeli spojené s hřídelí od motoru pomocí řetězu, ozubeného kola apod. [1]

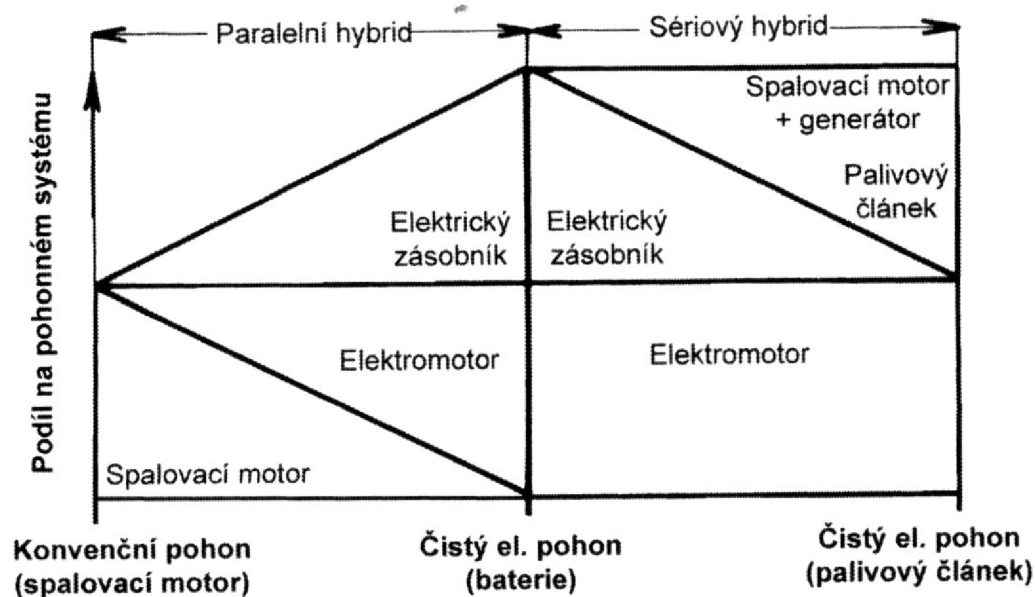


Obr. 13 SM – spalovací motor, G – generátor, B – akumulátor, M/G – motorgenerátor, P – převodovka [1]

Dále může být motorgenerátor před převodovkou nebo hned za ní, jak je vidět na obr. 13.

### 2.2.3 Srovnání sériového a paralelního hybridu

Oba systémy jsou jednoznačně přínosem pro zkvalitnění výsledných emisí výfuku. Systém hybridního pohonu může být použit pro automobily nižší třídy až po nákladní vozidla či autobusy. U větších vozidel lze použít elektromotory přímo v jednotlivých kolech. U autobusů a užitkových vozidel je v současné době používán naftový motor spolu s generátorem na výrobu proudu. Hmotnost baterií je v poměru k pohotovostní hmotnosti vozidla omezena na 16%. Z toho důvodu jsou baterie často velmi zatěžovány. Zvýšením zatížení dochází k velkým vnitřním ztrátám a je nutné vodní chlazení či odplyňování.

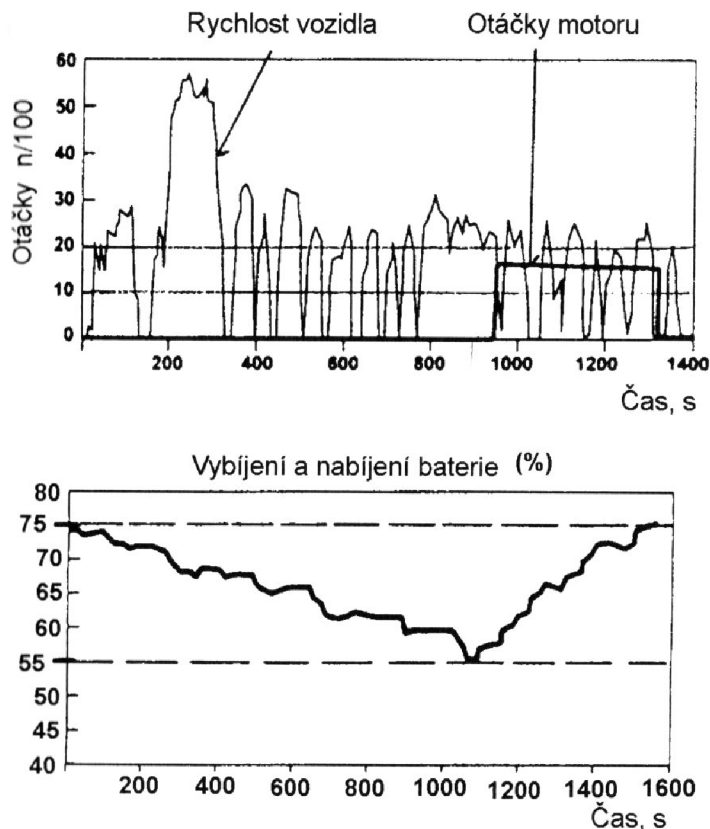


Obr. 14 Možné způsoby rozložení paralelního sériového hybridu podle rozdělení pohonných systémů [1]

Obecně je účinnost paralelního hybridu vyšší, ale také náročnější na provedení. Je však vhodnější pro projíždění úseků dráhy bez emisí. Sériový hybrid pak zvyšuje hodnotu typického elektromobilu. Předpokládá se u obou systémů využití kinetické energie při brzdění k dobíjení energetického zásobníku.

Na obr. 15 vidíme příklad zkoušky sériového hybridu s parametry: hmotnost 1930 kg, spalovací motor – 1,3l 52kW, generátor 11kW, elektromotor o maximálním výkonu 75kW, olověná baterie (800V/16 modulů každý po 48V a 9kg) a výkonová elektronika. Motor pracoval v ekonomickém režimu při 1500 ot/min a baterie pracovala v rozsahu vybíjení a nabíjení 55 – 75%. Z 25 minutového záznamu je vidět, že přibližně čas vybíjení a nabíjení je v poměru 2:3 ve prospěch nabíjecího cyklu. Dále je vidět, jak kolísají vybíjecí a nabíjecí křivky. To je zapříčiněno větším požadavkem výkonu nebo zpětným dodáním energie rekuperací při brzdění. [1]





Obr. 15 Závislost rychlosti vozidla, otáček motoru a stavu akumulátoru [1]

## 2.2.4 Části hybridního pohonu

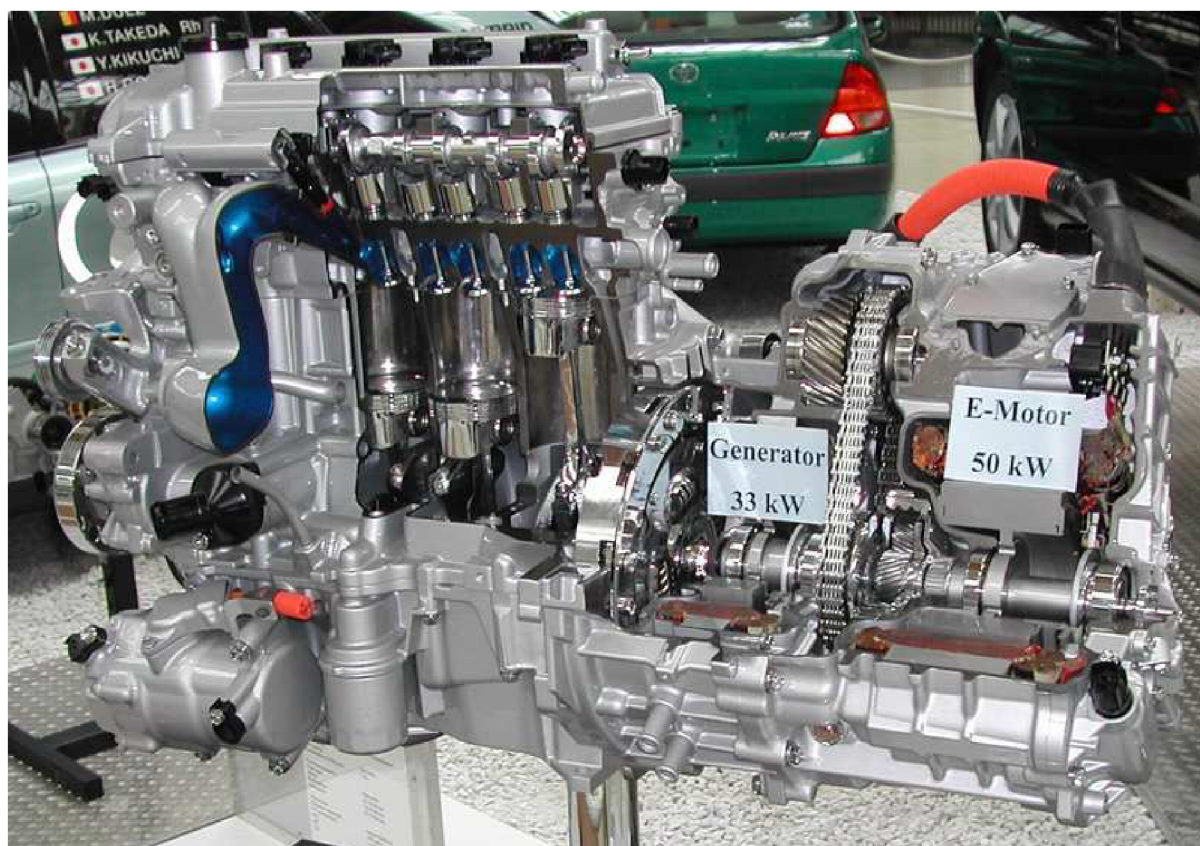
### Spalovací motor

Konvenční spalovací motory dosahují účinnosti okolo 35%, ta je však dosažena při určitých provozních bodech, v nichž motor běží pod vysokým zatížením v otáčkách v oblasti maximálního točivého momentu. Při menším zatížení a jiném rozmezí otáček motor ztrácí tuto účinnost. Na volnoběh pak dokonce motor pracuje, aniž by odvedl vnější výkon a jeho účinnost tak klesá na nulu. Při městském provozu pak při průměrné rychlosti 30 km/h bude jeho účinnost přibližně 6%. Při takovémto provozu se snižování koeficientu tření neprojeví a snížení hmotnosti má jen malý vliv. I přes tyto nedostatky je spalovací motor velice výhodný z energetického hlediska. Především jde o vysokou energetickou hodnotu paliva a jeho jednoduché tankování a skladování v nádrži s dojezdem až 1000km. Pro hybridní vozy jsou používány benzínové motory. Naftové motory se používají v menším měřítku, a to kvůli vyšším emisním hodnotám a větší hlučnosti. Oba typy motorů jsou obecně menší stavby. [1]

## Elektromotor

Elektromotor dosahuje účinnosti okolo 90%, nemusí se chladit, téměř bezhlučný provoz, je relativně spolehlivý a při stání nespotebovává žádnou energii. V kombinaci s generátorem může zpětně využívat energii při brzdění. Na druhé straně je uskladnění energie v bateriích nákladné (kvůli ceně baterií), jejich nabíjení trvá podstatně déle a jejich kapacita je omezená. Ve srovnání se spalovacím motorem je uchování energie znatelně nákladnější. Pro srovnání je nutné započítat do účinnosti elektromotoru i výrobu elektřiny. Přímo z elektrárny přes motor až na kola elektromobilu docílíme 25% účinnosti. Tato hodnota se však s příchodem nových technologií bude spíše zvyšovat, a to je i cílem konstruktérů elektromobilu. Především jsou používány motory asynchronní třífázové a stejnosměrné s permanentním buzením.

Spojením výhod obou druhů pohonu a vzájemným pokrytím oblastí s horšími vlastnostmi, lze docílit universálního a pro ekologii přijatelného pohonu. Na obrázku je vidět částečný řez hybridním motorem od automobilky Toyota, který v sobě zahrnuje oba dva motory. Spalovací motor pohání generátor, který dodává elektromotoru proud na souosé hřídeli. Obě jednotky jsou seřazeny převodovým ústrojím pomocí článkového řetězu a odděleny spojkou. V případě potřeby je automobil poháněn spalovacím motorem, elektromotorem nebo v případě požadovaného vysokého výkonu oběma současně. [1]



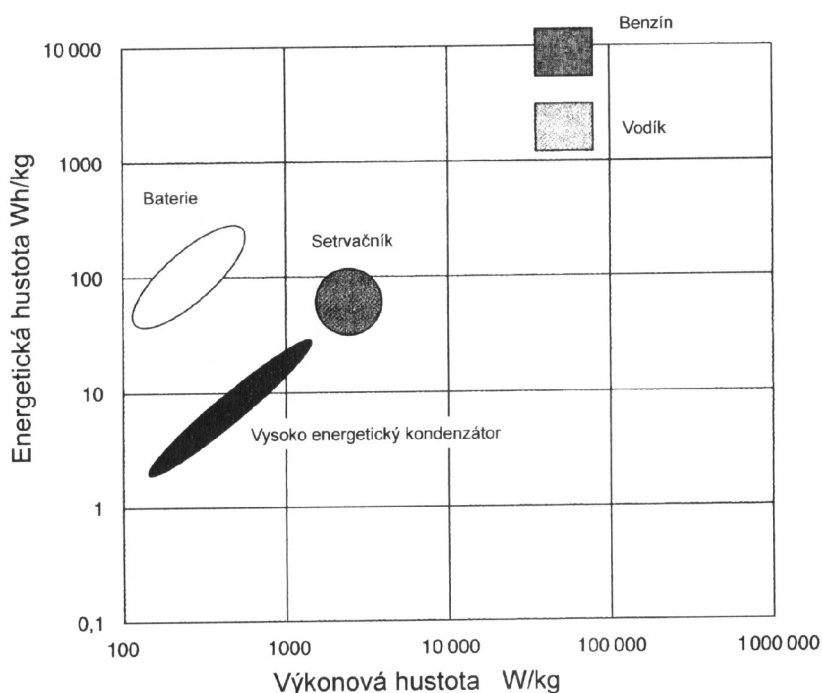
Obr. 16 Částečný řez motorem vozu Toyota Prius [9]

## Zásobníky energie

Pro spalovací motor je energie dodávána ve formě benzínu či nafty z palivové nádrže. Pro elektromotor to jsou akumulátory, vysoko energetické kondenzátory a setrvačníky, jejichž nahromaděná mechanická energie je zpětně pomocí generátoru přeměněna na elektrickou energii.

### Akumulátor

Akumulátory použité u hybridů jsou stejné jako u elektromobilů, avšak jejich cyklus vybíjení a nabíjení je kratší a také nedochází k jejich úplnému vyčerpání. Lze volit mezi energetickou a výkonovou hustotou. Nikl kadmiové, nebo nikl metalhydridové baterie jsou lepší pro vysokou hustotu výkonu, pokud je preferován spíše dojezd, jsou vhodnější baterie s vysokou energetickou hustotou, např.: ZEBRA baterie. Přestože zabírají větší část místa a mají značnou hmotnost, vývoj nových technologií a použitých materiálů může obě tyto nevýhody značně eliminovat. [1]



Obr. 17 Graf znázorňující energetické a výkonové hustoty různých zásobníků energie [1]

### Vysoko energetické kondenzátory

Tyto kondenzátory se vyznačují vysokou životností pro opakované nabíjení a vybíjení, čímž pokrývají výkonové špičky při akceleraci či velkém zatížení. Oproti bateriím mají výhodu vyšší výkonové hustoty a daleko menší hmotnosti. Naproti tomu jsou schopny

poskytovat přebytek energie po velmi krátkou dobu. Přesto jsou možnou alternativou baterií. Vysoko energetické kondenzátory uchovávají energii ve formě elektrostatiky. Existuje mnoho technologií, keramické, svitkové nebo metalické s různými dielektriky pro střední frekvenci do řádu 10 na 5 Hz a pro nižší jsou to elektrolytické nebo tantalové.

Nové tzv. super kondenzátory dosahují kapacit až 10 na 4 F. Využívají vlastností elektrické dvojvrstvy, EDLC (Elektrik Double Layer Capacitor). Ty obsahují speciální elektrody z porézního uhlíku mezi kterými je použito gelového či tekutého elektrolytu. Tento porézní uhlík poskytuje extrémně velký měrný povrch, až 2000m<sup>2</sup>/g. Velmi nízký odpor přírodních elektrod zaručuje vysokou rychlost procesu nabíjení a vybíjení. Ohmické ztráty za provozu jsou nízké a během cyklu se ztratí méně než 20% energie, zároveň průrazné napětí elektrické dvoj vrstvy je velmi nízké. Takovéto buňky kondenzátoru se mohou skládat v sérioparalelní uskupení. [1]

Tabulka č. 1 Porovnání klasického Pb - akumulátor a superkondenzátoru [12]

Criteria	Lead-Acid Battery 	Ultracapacitor 
Recharge Time	3 to 10 hours	3 seconds to 10 minutes ✓
Cycle Life	3,000 to 6,000 cycles	over 1,000,000 cycles ✓
Power Density	226 W/kg	1060 W/kg ✓
Energy Density	33 Wh/kg ✓	3.3 Wh/kg
Environmental Impact	contains heavy metals	no heavy metals ✓
Operating Temperature	-27 to 42 C	-40 to 65 C ✓

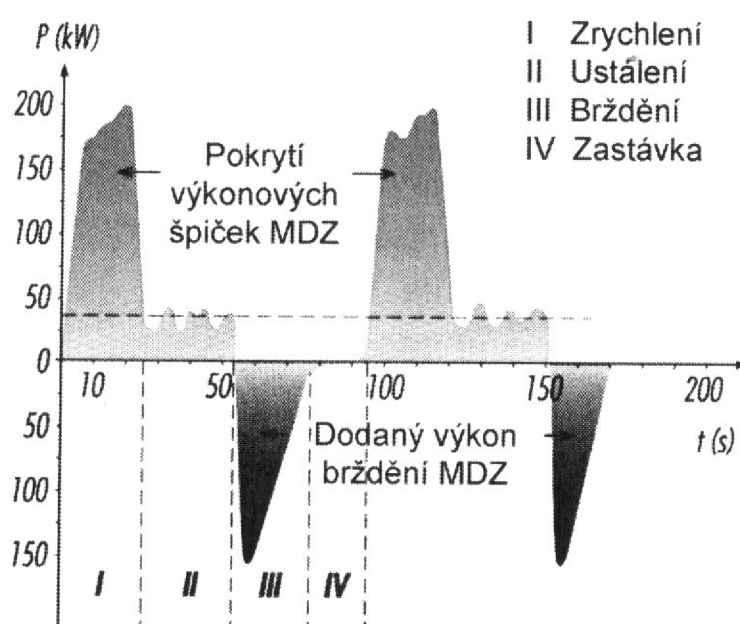
Například kondenzátor firmy Siemens/Matsushita o kapacitě 100F s vnitřním odporem 15 Ω a výkonovou hustotou 80 W/kg je schopen po dobu 5 sekund dodávat výkon 12,5 kW. V současné době se stále snaží dosahovat vyšších energetických a výkonových hustot. Prvenství v zavádění těchto nosičů energie do osobních automobilů nižších tříd drží Japonsko. [1]

### Mechanické akumulátory

Podobně jako super kondenzátory uchovávají elektrickou energii, mohou setrvačnický uchovávat mechanickou energii bez chemického procesu. Setrvačnický jsou využívány obdobně, při brzdění se roztáčejí a naakumulovanou energii předají generátoru a ta je dále využita při akceleraci. Většinou mají deskovitý rotační tvar. Kapacita zde závisí na maximálních otáčkách a rozdělení hmotnosti setrvačnicku. Oproti bateriím mají výhodu v rychlém přenosu bez větších ztrát a následném předání systému. Nedochází u nich k opotřebení bez chemických procesů a dosahují vysoké životnosti.

Takto rotující hmotnosti vyvolávají vysoké síly a proto musí být setrvačnick vyroben z vysoko pevnostní oceli vysoce legované titanem a vláknitým materiálem. Obzvláště náročné požadavky jsou kladeny na ložiska. Tyto nároky jsou schopny splnit magnetické ložiska bez otěru a bez tření. Tímto lze docílit vyšší výkonové hustoty. Úspora energie může dosáhnout až 30%. Setrvačnick jsou zaváděny jak v osobních automobilech tak i u trolejbusů a autobusů.

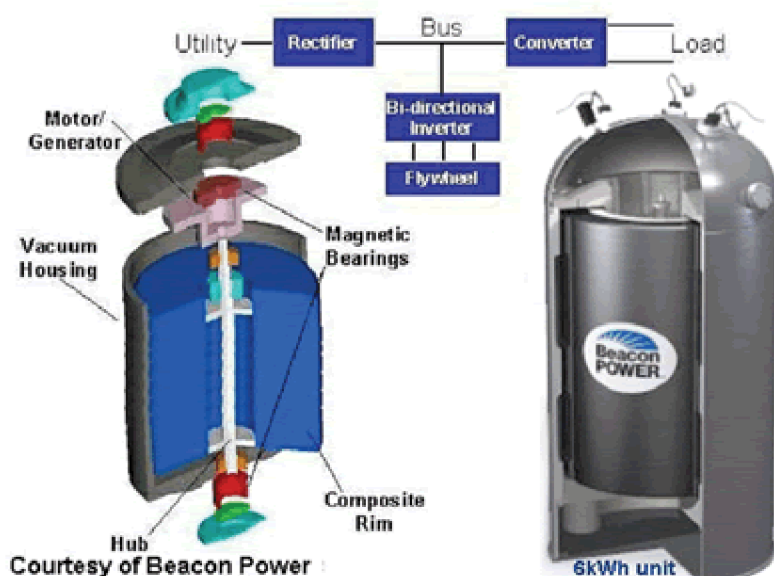
Jako první autobus využívající setrvačnick byl Oerlikon vyroben před druhou světovou válkou. Autobus jej využíval v kombinaci s trolejovým systémem. Setrvačnick měl v průměru 1m a byl roztáčen elektromotorem a sloužil pro překonání úseku bez vedení. Nevhodnou konstrukcí a umístěním se tento způsob neosvědčil. Ve Švýcarsku je v provozu několik trolejbusů využívajících setrvačnickový akumulátor. Podle provedených testů je úspora až 30% odebírané energie a při rozjezdech klesá odběr až o 50%. Plně nabitý setrvačnick akumuluje až 2,5kWh a umožňuje tak ujet dráhu až 3 km.



Obr. 19 Diagram výkonu/času trolejbusu [1]

Pokusy prováděné na univerzitách v USA dosahují příznivějších výsledků. Setrvačnick je uložen v evakuované skříni o tlaku 10 až 1 kPa a dosahuje otáček až 20 000  $\text{min}^{-1}$ . Vlivem jízdy dochází ke změně osy rotace a vznikají dynamické jevy (precese a nutace). Proto jsou setrvačnick umístěny tak, že osa prochází napříč vozidlem.

V kombinaci se spalovacím motorem a elektromotorem, případně bateriemi lze dosáhnout příznivých výsledků. Při klidu vozidla je setrvačnick udržován na určitých otáčkách, to umožňuje po vyšlápnutí spojky zrychlit a nastartovat motor. Tím nevniká zpožděná reakce u systému start – stop. Tím klesne spotřeba paliva na volnoběh až o 75%. [1]



Obr. 20 Magnetodynamický zásobník energie [13]

Americká společnost AFS Trinity (American Flywheel Systems) použila moderní typ setrvačnicku ve svém hybridním voze, jde o prototyp SUV XH-150. Vedle klasického spalovacího motoru disponuje vůz bateriemi, elektromotorem, motorgenerátorem a setrvačnickem. Dále je vůz vybaven systémem plug – in, který umožňuje dobíjení baterií přímo ze sítě. V bez emisním provozu vůz dosahuje rychlosti až 140 km/h a jeho maximální dojezd je přibližně 64 km. Výrobce dokonce udává, že lze dosáhnout spotřeby až 1 galonu na 150 mil. To je v přepočtu přibližně 1,6l na 100km. Tato spotřeba je však trochu zavádějící, této spotřeby dosahuje vůz s plně nabitými bateriemi a pouze po několik prvních stovek kilometrů. Pokud by vůz jel delší trasu, již by spotřeba stoupala. I přes tento malý propagační nedostatek, je vůz dalším krokem kupředu ve směru hybridních vozů. V blízké době by mohl být uvolněn k prodeji, zatím absolvuje reklamní kampaň po Amerických městech. [15]

## Elektronika

Hybridní vozy jsou také oproti běžným vozům vybaveny elektronikou, která se stará o veškeré řízení výkonu a procesy mezi oběma pohony. Tato část je důležitá, neboť její správná funkce přímo ovlivňuje faktory pro hybridy tak důležité: rychlou reakci, zpracování informací a schopnost řídit výkon vozu. To vše rozhoduje o tom, zda jsou jednotlivé režimy sladěny na maximální efektivitu a výsledný jízdní profil plně využívá možností celého systému.

**Výhody:**

- nízké emise
- možnost bez emisního provozu
- zlepšení dynamiky jízdy
- nižší spotřeba paliva

**Nevýhody:**

- vyšší cena
- stále závislost na fosilních palivech
- složitější technologie
- vyšší hmotnost a požadavek na prostor

### **2.3 Působení hybridního pohonu na životní prostředí**

Hybridní vozy jsou pro svou nízkou hodnotu emisí přínosem pro životní prostředí. Byť nejsou zcela bez emisí v celém rozsahu jízdy. Nemají problém plnit nejpřísnější emisní normy a dokonce vyhovují i normám které jsou zatím v návrhu. Přes to je nutné zohlednit i náklady na výrobu. Stávající technologie výroby vozů se dostala díky téměř více jak 100 letému vývoji na hranici, kdy lze výrobní náklady snížit a vyrobit vůz za velice levně. To neplatí v případě hybridů. Ty jsou komplikovanější o celý jeden systém pohonu. Tedy náročnější na množství použité technologie a materiálů, které doposud nebyly v automobilovém průmyslu používány vůbec, nebo jen v omezeném měřítku. Tímto příkladem jsou akumulátory. Dosažením větší kapacity, životnosti, a celkových lepších vlastností má za následek zatížení na použitý materiál. Výroba takových akumulátorů je tedy bezesporu náročnější a může více zatěžovat životní prostředí. Tímto mnohdy oponují odpůrci elektromobilů a hybridů. Je však nutné rozlišit celkový dopad. Vyplatí se snížit celkové vypouštěné emise do ovzduší za cenu zvýšení místního zatížení životního prostředí? Nevede tato snaha paradoxně k opačnému výsledku a následnému většímu nárůstu škodlivin v celkovém měřítku? Řešením je zpřísnit výrobní postupy. Snížit možná rizika při výrobě i těžbě a navrhnout veškeré postupy tak, aby nevznikaly žádné škodlivé látky navíc. V tomto hraje velkou roli i následné obnovení místního přírodního rázu krajiny. Je jistě snazší zabývat se úpravou zplodin místních, než-li čelit emisím vypouštěných v menších dávkách, avšak po daleko větším území.

Toto je jistě cesta, kterou se bude ubírat průmysl po přechodné období, než bude vyvinuta technologie čistší již od základu. Prozatím je trend snížení znečištění ve velké oblasti na úkor zvýšení místních exhalací. Ty jsou pak snáze zachytávány regulovány a následně se s nimi lze lépe vypořádat.

#### **Emisní normy**

Doprava je jedním z největších producentů škodlivých emisí. Jelikož se stále zvyšují nároky na dopravu a počet dopravních prostředků roste, dochází k zvyšování koncentrace a nárůstu produkce těchto nežádoucích emisí. Zavedením emisních norem je nutný krok k snížení vypouštěných emisí do ovzduší. Od roku 1992 jsou v Evropě platné tzv. emisní normy EURO a zpravidla každé 4 roky jsou vydány nové zpřísnující emisní normy. Tyto normy se týkají nově vyrobených vozidel. Spalovací motory produkují také hlavní skleníkový

plyn CO<sub>2</sub>, ten však není v EURO normách uváděn. Ty jsou zaměřeny hlavně na nebezpečné a škodlivé výfukové emise.

Tabulka č. 2 Emisní hodnoty uvedené v g/km [14]

Název	Platnost	CO	HC	NOx	HC+NOx	PM
<b>Diesel</b>						
Euro 1	od 1993	2,72	-	-	0.97	0.14
Euro 2	1996	1.0	-	-	0.9	0.10
Euro 3	2000	0.64	-	0.50	0.56	0.05
Euro 4	2005	0.50	-	0.25	0.30	0.025
Euro 5	od září 2009	0.50	-	0.18	0.23	0.005
Euro 6 (návrh)	od září 2014	0.50	-	0.08	0.17	0.005
<b>Benzín</b>						
Euro 1	od 1993	2,72	-	-	0.97	-
Euro 2	1996	2,2	-	-	0.5	-
Euro 3	2000	1,3	0.20	0.15	-	-
Euro 4	2005	1.0	0.10	0.08	-	-
Euro 5	od září 2009	1.0	0.075	0.06	-	0.005

Je nutné dále rozšiřovat stávající emisní normy a klást důraz na výrobce automobilů, aby se snižoval podíl vypouštěných emisí u nových modelů, oproti modelům stávajícím. Dalším krokem je snaha o snížení počtu starých modelů. Tyto snahy jsou však závislé na přístupu jednotlivých zemí a v plošném měřítku nemají zatím dostatečný efekt.

Pouhým zpřísněním emisních limitů nelze dosáhnout výrazného snížení či dokonce úplné eliminace vypouštěných emisí. Proto je nutné hledat možné nové řešení motorizace automobilů. Takové musí splňovat několik důležitých požadavků na provoz. Stávající motory poskytují široký výkonový potenciál, zajištěná síť čerpacích stanic, široká základna servisních středisek a v neposlední řadě obeznámení řidičů s vozidly. Toto jsou zřejmě největší překážky, s kterými se nové technologie budou muset vyrovnat..

## 2.4 Hybridní pohon

Ve společnosti převládají názory, že hybridní vozy jsou neohrabané, pomalé a nemohou se rovnat konvenčním vozům. Panuje tak nedůvěra a obava z nových nevyzkoušených technologií, které jsou relativně mladé. Je to také z části zapříčiněno jejich informovaností. Z dostupných médií jako je internet časopisy a televize, může uživatel nabyt rozporuplných dojmů, jelikož se mnohdy jedná o kusé informace, vytržené z kontextu nebo jsou přímo uváděny mylné skutečnosti, dosažené mnohdy neznalostí samotným autorem. Také samotný postoj autora může naprosto zvrátit skutečnosti a články se stávají neobjektivní.

Hybridní vozy mají i přes svou velkou nevýhodu (závislost na fosilních palivech) obrovskou výhodu. Tou je právě zmíněná závislost. Ve světě, kdy se hledají nové alternativní energie, panuje ze strany současných poskytovatelů zdrojů fosilních paliv značná averze vůči těmto novým zdrojům energie. Je to především boj o udržení poptávky na trhu. Hybridní vozy však fosilní palivo využívají a proto jsou pro ropné společnosti přijatelné. Jde tedy o jakýsi kompromis, který však v budoucnosti bude muset přejít v jednoznačný prospěch pro bez



emisní vozy. Automobilky v tomto případě nejsou brzdou v vývoji, právě naopak. Uvědomění si situace je nutí vyvíjet tyto vozy a hledat nová technická řešení. Je to také konkurenční boj. To vše se projevuje na koncových cenách pro spotřebitele.

## **2.5 Současný stav hybridních vozů na trhu**

V současnosti je na trhu dostupných několik modelů hybridních vozů od různých značek. Přitom trhu dominují dva modely, o než je stále větší zájem, jsou to nová Honda Insight a již v řadě třetí generace Toyota Prius. Vozy si jsou velice podobné po designové stránce a jejich parametry se také moc neliší, ale použité technologie jsou odlišné. S kombinovanou spotřebou lehce přes 4 litry benzínu a cenou okolo 500 tisíc se stávají konkurenci schopnými modely. Tyto Automobilky, jen dokazují, že hybridní vozy nejsou vzdálená budoucnost, nýbrž reálná přítomnost.

O hybridní vozy se úspěšně pokoušejí i další značky, Ford, Peugeot, Volvo, koncern VW, Hyundai a další. Současný stav poměru hybridů ku spalovacímu motoru je stále zanedbatelný. To by se však mohlo v několika příštích letech změnit. Dá se očekávat větší sériové výroby, zejména u korejských automobilek a rozšíření u stávajících modelových řad. To sebou přinese větší dostupnost pro koncové spotřebitele.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat přehled alternativních pohonů pro osobní automobily a určit jejich charakteristické vlastnosti a uvést jejich hlavní výhody a nedostatky. Jelikož je toto téma velice obsáhlé, pokusil jsem se o stručný přehled nejběžnějších druhů alternativních pohonů. U vybraných systému pohonu jsem se zaměřil především na ty, které lze považovat za nejpravděpodobnější náhrady konvenčního spalovacího motoru. Uvedl jsem stručný princip jak pracují a vypsals jejich hlavní výhody a nedostatky. Z největší části jsem se věnoval hybridním pohonům.

Hybridní vozy jsme si vybral proto, jelikož jsou podle mne jakýmsi mostem, mezi automobily využívající pouze fosilní paliva, jenž jsou na nich zcela nezávislé. Nelze v krátkém časovém období přejít zcela na vozy poháněné alternativními pohony. Takové kroky vyžadují několikaleté přípravy. V případě hybridů není nutno budovat nové, komplikované a finančně náročné sítě čerpacích stanic. Z hlediska uživatele, nepředstavují hybridy žádné velké omezení ve srovnání se současnými vozy. U všech ostatních alternativ, kromě motorů spalujících LPG, je překážkou zmíněná infrastruktura čerpacích stanic. U vozů, které nemají elektromotor, popřípadě motorgenerátor, se nepočítá s rekuperací brzdící energie. Proto se nezavádí konvenčních vozů. Přitom energie z brzdění není zanedbatelná.

Přesto, že se o AP hovoří poměrně nedávno, jedná se o velice rychle se rozvíjející odvětví automobilového průmyslu. Pokud se vybuduje síť čerpacích stanic, mohou se automobily na zemní plyn začít vyrábět ve větším množství. To samé platí u vozů využívající palivový článek. Jejich technologie je však složitější a jejich vývoj je stále ve fázi testování. U elektromobilů a vozů využívající energii ze slunce jde o individuální přístup ze strany zákazníka. Přesto mají z uvedených alternativních pohonů zřejmě největší budoucí potenciál. Hybridní vozy vycházejí jako nejpravděpodobnější náhrada stávajících spalovacích motorů. Experimentální pohony, jako jsou parní stroj, motor spalující vzduch a Stirlingův motor, jsou ve fázi vývoje.

Ve své práci uvádím nejběžnější AP. Lze však očekávat v důsledku neustálého vývoje v této oblasti další nové technologie a možnosti, jak nahradit stávající fosilní paliva coby současným hlavní zdrojem energie v oblasti automobilové dopravy.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] KAMEŠ, Josef. Alternativní pohony automobilů. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2005. 231 s. ISBN 978-80-7300-127-8
- [2] Www.auta5p.eu: [online]. [cit. 2009-4-20]  
Dostupné z: <<http://auta5p.eu/zajimavosti/cng/cng.htm>>
- [3] Www.australianlpgwarehouse.com.au: [online]. [cit. 2009-4-20]  
Dostupné z: <<http://www.australianlpgwarehouse.com.au/News/JTG-Liquid-Injection-is-here-NOW.aspx>>
- [4] Www.seriouswheels.com: [online]. [cit. 2009-4-20]  
Dostupné z:  
<<http://www.seriouswheels.com/2007/2007-BMW-Hydrogen-7-Engine-1920x1440.htm>>
- [5] Www.lefigaro.fr: [online]. [cit. 2009-4-25]  
Dostupné z:  
<<http://www.lefigaro.fr/conso/2007/11/06/05007-20071106DIAWWW00134-test-diaporama-guirec-.php>>
- [6] Www.seps.sk: [online]. [cit. 2009-5-2]  
Dostupné z: <<http://www.seps.sk/zp/fond/doprava/6.htm>>
- [7] Www.cs.autolexicon.net: [online]. [cit. 2009-5-2]  
Dostupné z: <<http://cs.autolexicon.net/articles/mea-membrane-electrode-assembly>>
- [8] Www.butzi.cz: [online]. [cit. 2009-4-20]  
Dostupné z: <<http://www.butzi.cz/porsche/modely/lohner-porsche-mixte.html>>
- [9] Www.baracadaj.blog.auto.cz: [online]. [cit. 2009-5-18]  
Dostupné z: <<http://baracadaj.blog.auto.cz/2008-08/hybridni-automobily-historie/>>
- [10] Www.motivemag.com: [online]. [cit. 2009-5-18]  
Dostupné z: <<http://forums.motivemag.com/zerothread?id=4371634>>
- [11] Www.tretipol.cz: [online]. [cit. 2009-5-2]  
Dostupné z: <<http://www.tretipol.cz/index.asp?clanek&view&728>>
- [12] Www.e2tac.org: [online]. [cit. 2009-5-7]  
Dostupné z:  
<<http://www.e2tac.org/ContentManager/index.cfm?ContentID=52&Step=Display>>
- [13] Www.ic.gc.ca: [online]. [cit. 2009-5-7]  
Dostupné z: <<http://www.ic.gc.ca/eic/site/rei-ier.nsf/eng/nz00177.html>>
- [14] Www.nazeleno.cz: [online]. [cit. 2009-5-18]  
Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/doprava/emise/euro-5-zdrazi-emisni-limity-automobily.aspx>>
-

[15] Ww.afstrinity.com: [online]. [cit. 2009-5-18]  
Dostupné z: <<http://www.afstrinity.com/index.htm>>