

## Perspektívne alternatívne pohony automobilov

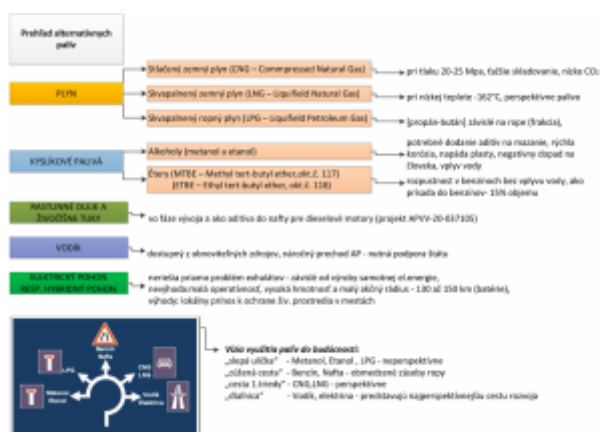
Matej Juraj · Elektrotechnika

01.08.2011



Klasické spaľovacie pohony sa v súčasnej dobe pokúšame nahradiť alternatívnymi pohonmi či uz zmenov paliva prípadne iným princípom pohonu. V tomto smere sú zaujímavou oblasťou hybridné pohony. Tento článok popisuje prehľad anternatívnych pohonov, ktoré by mohli byť využiteľné v blízkej budúcnosti.

Každý alternatívny pohon je naviazaný na palivo, ktoré pri svojej činnosti spotrebuva. Jedinú výnimku tvoria elektromobily napájané fotovoltaiickou energiou zo solárnych článkov. Náhradu za automobilové benzíny a motorové nafty predstavujú alternatívne palivá tj. ľubovoľné palivo neropného pôvodu znázornené na Obrázok 1.



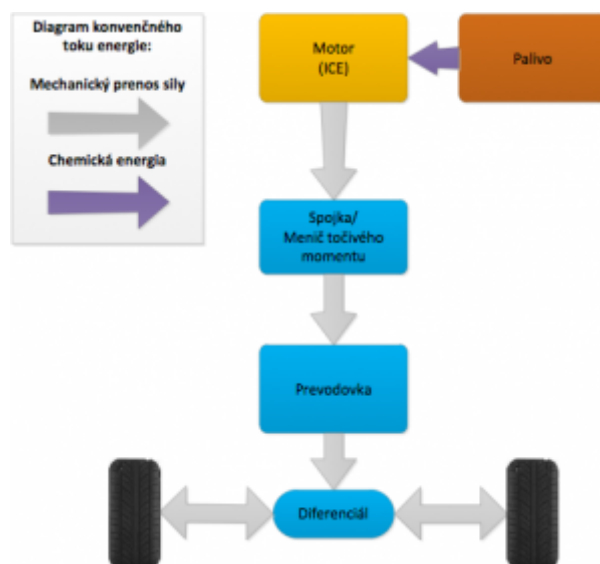
Obrázok 1: Prehľad alternatívnych palív [1]

Z prehľadu je zrejmé, s ktorým palivom a na ňom postaveným pohonom sa uvažuje do budúcnosti. Vodíkový pohon z palivových článkov či hybridný pohon majú v sebe potenciál obmedziť emisie skleníkových plynov a v dlhodobom horizonte ich úplne eliminovať. [1] Spojenie, najefektívnejšieho pohonu - len elektromotorom, s najefektívnejším spôsobom výroby elektrickej energie - jadrovou elektrárnou bez exhalátov a nadmerného znečisťovania prostredia, by bolo tým najekologickejším riešením. Väčšina alternatívnych pohonov vychádza z koncepcie konvenčného vozidla, ktoré počas svojej existencie prešlo najdlhším inovačným vývojom, pri konštrukcii nových trakčných systémov.

**Konvenčné vozidlo** využíva motor s vnútorným spaľovaním (ICE - Internal Combustion Engine) poháňajúci kolesá prostredníctvom prenosu točivého momentu hnacieho ústrojenstva, ako je znázornené na Obrázok 2. Správanie sa motora v

konvenčnom pohonnom ústrojenstve vozidla priamo nadväzuje na cestné zaťaženie vozidla. Otáčky motora sú väčšinou priamo úmerné rýchlosti jazdy (s výnimkou: prevodovka s plynule meniacim prevodovým pomerom - CVT alebo s hydrodynamickým meničom).

Vozidlo používa trecie brzdy, ktoré premieňajú energiu na teplo s cieľom spomaliť alebo zastaviť vozidlo. Skladovanie energie je riešené pomocou palivovej nádrže, ktorú zvyčajne garantuje dostatočný objem. Príslušenstvo v konvenčných vozidlách je napájané od motora cez alternátor a batériu, ktorá zabezpečuje 12V elektrický rozvod (24V u väčších vozidiel) aj v situáciách, keď sa vozidlo nepohybuje [2].



Obrázok 2: Hnacie ústrojenstvo konvenčného vozidla [2]

Automobil potrebuje na svoju prácu premieňať energiu z paliva, pričom ju musí účinne dodať na hnaciu nápravu (prípadne 2 a viac náprav) . Tento proces začína v konvenčnom automobile premenou chemickej energie obsiahnutej v palive benzínu, ktorá sa mení v ICE (s danou účinnosťou) na tepelnú energiu a následne na mechanickú, ktorá je distribuovaná mechanickými prvkami (spojka, prevodovka, rozvodovka) až na hnaciu nápravu. Automobil prekonáva na potrebnú jazdu jazdné odpory, pričom motor potrebuje vyvinúť silu, ktorá ich prekoná a len tak uvedie automobil do pohybu. Najväčšiu stratu účinnosti pohonu predstavuje ICE, preto jeho nahradenie elektromotorom má v sebe veľký potenciál úspor.

### Účinnosti distribuovania energie na hnacie kolesá:



Obrázok 3: Efektívnosť konvenčného automobilu pri mestskom cykle [3]



Obrázok 4: Efektívnosť konvenčného automobilu pri diaľničnom cykle [3]

## Rozdelenie hybridných automobilov

**Hybridné vozidlo** používa dva alebo viacero zdrojov mechanickej energie. Definícia „**hybridné motorové vozidlo**“ je vozidlo, ktoré má na účely pohonu vozidla najmenej dva rôzne meniče energie a dva rôzne systémy zásobníkov energie (vo vozidle); konkrétne: „hybridné elektrické vozidlo“ je hybridné vozidlo, ktoré na účely mechanickeho pohonu čerpá energiu z obidvoch týchto systémov zásobníkov energie vo vozidle:

- prevádzkového paliva,
- elektrického energetického zásobníkového zariadenia (napr. batéria, kondenzátor, zotrvačník/generátor atď.) [4]

Typické hybridné elektrické vozidlo používa elektrický motor a spaľovací motor na pohon vozidla. Hydraulické motory a systémy skladovania energie sú vo vývoji, ale nie sú komerčne uprednostňované. Použitie dvoch rôznych zdrojov energie umožňuje vozidlu byť navrhnuté tak, aby profitovalo z optimálneho kombinovaného chodu motorov. Hybridný automobil zvyšuje efektívnosť prostredníctvom lepšieho hospodárenia s energiou a energetického využitia skupiny motorov aj brzdenia. Vhodnou kombináciou obidvoch týchto agregátov sa dajú využiť ich prednosti a potlačiť ich nevýhody. Hybridná sústava nemusí mať samozrejme len jeden elektromotor.

Na palube každého hybridného vozidla sa nachádzajú aj dva zásobníky energie v podobe nádrže na kvapalné alebo plyné palivo (najčastejšie benzín) a väčšia či menšia súprava akumulátorov. Súčasťou výbavy hybridného vozidla je aj zariadenie na premenu mechanickej energie na elektrickú. Túto funkciu plní elektrický stroj, ktorý pracuje buď v režime motorickom (spotrebáva elektrickú energiu a mechanickou poháňa) či generátorickom režime (mení mechanickú energiu na elektrickú - dobíja akumulátory).

Prakticky pri všetkých hybridných systémoch tak zvyšuje účinnosť celého hnacieho ústrojenstva rekuperácia kinetickej energie pri brzdení alebo počas jazdy bez stlačeného plynového pedálu. Použitie hybridných elektrických vozidiel (HEV - Hybrid Electric Vehicle) je stále častejšie v automobilovom priemysle (AP). Úspora paliva sa stala prvoradou v celom odvetví AP, čo viedlo k rozvoju mnohých typov spomínaných vozidiel:

- Elektrické vozidlo na batériu (BEV - Battery Electric Vehicles, NEV - Neighborhood Electric Vehicle)
- Hybridné vozidlo s dobíjaním z elektrickej siete (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

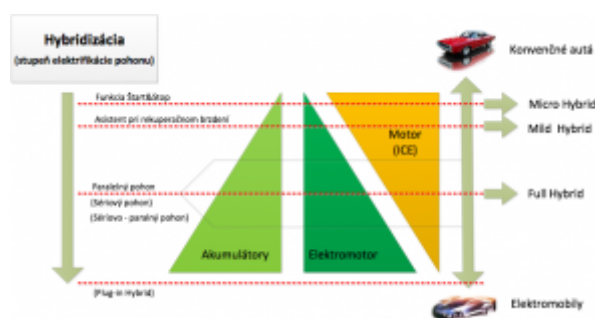
- Elektromobil s predĺženým dojazdom (EREV - Extended Range Electric Vehicle)
- Elektromobil na palivové články (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle)

Dopyt po zvýšení palivovej účinnosti priniesol niekoľko technológií pre zníženie spotreby pohonných hmôt, vrátane hybridizácie konvenčných pohonov na zlepšenie účinnosti paliva. Jeden z primárnych výhod hybridizácie spočíva v ich schopnosti využívať rekuperačné brzdenie. Hybridné elektrické vozidlá preukázali schopnosť výrazne znížiť spotrebu paliva a emisií [2].

Cesta hybridov založená na spolupráci elektromotora a spaľovacieho motora je prestupnou stanicou, kým technológie neumožnia plnohodnotnejšie uskladnenie elektrickej energie v akumulátoroch a využívanie výhradne elektromotora ako pohonného agregátu vozidla. Na začiatku zavádzania elektromotora do hnacej sústavy bola jeho úloha zanedbateľná vzhľadom na rozmery a aj miera jeho integrácie popri klasickom spaľovacom motore. Na základe stupňa elektrifikácie hnacieho ústrojenstva rozoznávame:

- **Micro Hybrid** - automobil vybavený systémom Start&Stop, kde sa celú dobu využíva na pohon kolies spaľovací motor a len predimenzovaný štartér umožňuje častejšie vypínanie a štartovanie motora podľa príkazov riadiacej jednotky (ECU - Electronic Control Unit), systémy 2. generácie obsahujú aj funkciu rekuperatívneho brzdenia.
- **Mild Hybrid** - je hybridný automobil, u ktorého sa elektromotor na pohybe nikdy nezúčastňuje sám. Elektromotor iba pomáha klasickému spaľovaciemu motoru pri rozjazde alebo pri akcelerácii automobilu. Sú vybavené funkciou rekuperácie brzdných energie, čo znamená, že štartér funguje pri brzdení ako alternátor a dobíja akumulátor.
- **Full Hybrid** - vyjadruje, že elektrická časť hybridnej sústavy je tak výkonná, že dokáže za istých okolností sama zabezpečovať pohon vozidla, zatiaľ čo spaľovací motor zostáva vypnutý.

Veľa odborníkov nepovažuje Mild a Micro Hybrid za skutočný hybrid. Úspory paliva u týchto hybridov sú minimálne. Full hybridy ponúkajú väčšiu úsporu paliva, ktorá môže dosahovať až 50 % v porovnaní s konvenčným pohonom. Spaľovací motor totiž môže byť výrazne menší, bez toho, aby nastalo zhoršenie dynamických vlastností vozidla. [5]



Obrázok 5: Hnacie ústrojenstvo - hybridizácia [6]

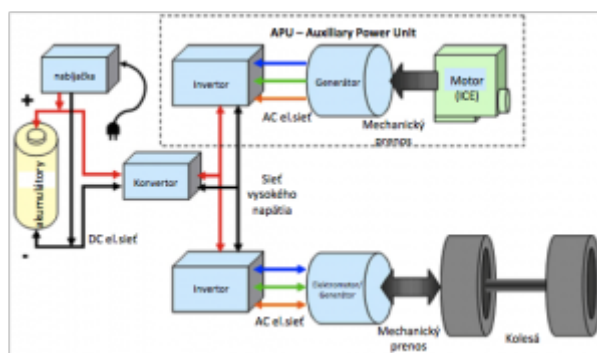
Hybridný typ vozidla môžeme klasifikovať podľa toku výkonu, usporiadania a prepojenia jednotlivých zdrojov energie v hnacom ústrojenstve. Táto kauzalita prenosu výkonu je určujúca v možnostiach režimov pohonu a celkovej prevádzky:

- Sériový hybrid (Serial)
- Paralelný hybrid (Paralell)

- Sériovo - paralelný hybrid (Combinated Serial - Paralell )

Prvky jednotlivých druhov hybridných systémov sa dajú vzájomne kombinovať, aby výsledná hybridná sústava dosahovala požadované vlastnosti.

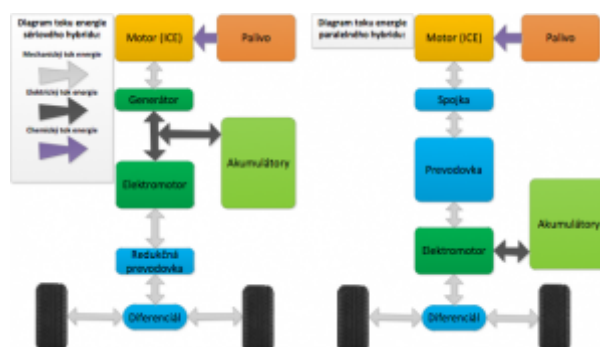
**Sériová hybridná sústava** má spaľovací motor, ktorý poháňa len generátor, ale s poháňanými kolesami nie je mechanicky spojený. Takto vyrábaná elektrická energia napája priamo trakčný elektromotor, zatiaľ čo prebytky elektrickej energie sa ukladajú do akumulátorov pre neskoršie využitie. Z toho je zrejmé, že vozidlo je poháňané len elektromotorom a spaľovací motor sa na pohone podieľa len nepriamo.



Obrázok 6: Schéma sériového hybridu s tokmi energie [7]

Výhodou je možnosť prevádzkovať spaľovací motor v úzkom rozsahu otáčok, kedy dosahuje najvyššiu účinnosť a vypínať ho v prípadoch, kedy je dostatočne nabitý akumulátor. Nevýhodou sériového usporiadania je okrem strát z viacnásobnej premeny energie (znižuje celkovú účinnosť sústavy) skutočnosť, že systém s vysokým výkonom by musel byť tvorený veľkým a výkonným spaľovacím motorom, ktorý by zaistil dostatočné napájanie elektromotora. Detailnejšie sa k celému systému ešte vrátíme.

V **paralelnom hybridnom systéme** je motor a elektromotor usporiadaný tak, aby sa obidva tieto zdroje mohli spoločne priamo podieľať na pohone vozidla. Paralelný hybrid môže mať oproti sériovému s rovnakým výkonom menší spaľovací motor i elektromotor. Aj tak však paralelný hybridný systém neponúka všetky možné kombinácie pohonu ani takú efektivitu prevádzky ako sériovo-paralelný systém.



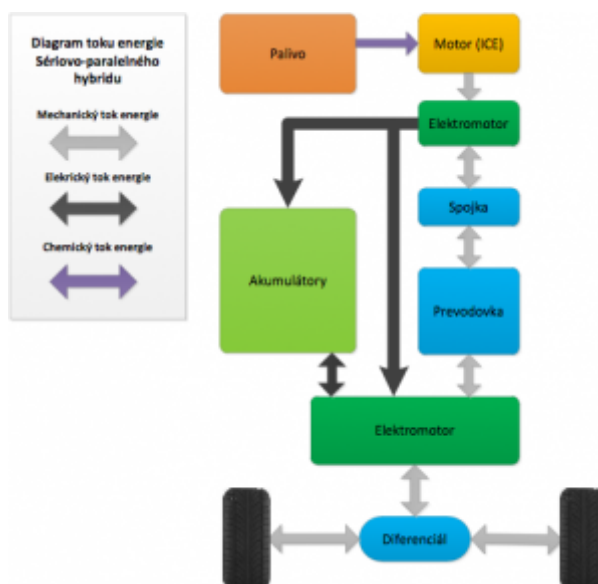
Obrázok 7: Porovnanie hnacieho ústrojenstva sériového a paralelného hybridu [2]

Sériovo-paralelná hybridná sústava predstavuje technicky najnáročnejšie, avšak z hľadiska minimalizácie spotreby paliva a škodlivých emisií najúčinnnejšie riešenie (napr. systém Lexus Hybrid Drive). Pri tomto systéme rozdeľuje hybridná prevodovka, pozostávajúca z planétového prevodu a dvoch elektromotorov, výkon z jednotlivých

zdrojov energie (spaľovací motor, elektromotory). Vďaka tomu je možné fungovanie len v režime spaľovacieho motora alebo samotných elektromotorov alebo ako spojenie oboch.

V situáciách, kedy spaľovací motor beží neekonomicky, napr. pri rozjazde a pomalej jazde, poháňa vozidlo len elektromotor a spaľovací motor je vypnutý. Pri normálnej jazde väčšou rýchlosťou optimalizuje riadiaca jednotka účinnosť systému reguláciou podielu výkonu spaľovacieho motora a elektromotora. Prebytok výkonu spaľovacieho motora sa ukladá do akumulátorov pre neskoršie použitie, napr. pri akcelerácii, kedy je činnosť spaľovacieho motora podporená točivým momentom elektromotora.

Kedykoľvek keď nie je pre beh vozidla spaľovací motor potrebný, riadiaca jednotka (ECU) ho okamžite vypne. V tomto ohľade je prínosnou novinkou systém rekuperácie tepelnej energie z výfukových plynov, ktorý mal premiéru v novom modeli Lexus RX 450h. Vďaka obehu chladiacej kvapaliny jednotkou za katalyzátorom sa motor ohrieva rýchlejšie na prevádzkovú teplotu, takže ho riadiaca jednotka môže vypínať skôr, častejšie a na dlhšiu dobu. [5]



Obrázok 8: Hnacie ústrojenstvo sériovo-paralelného hybridu [2]

Optimálny dizajn pre hybrid by mal zahŕňať posúdenie rekuperačného brzdzenia a jeho energetického využitia v bežnom reálnom riadení motorových vozidiel. Možné sú aj zapojenia iných komponentov do hybridného pohonu:

- spaľovací motor + elektromotor + akumulátor + ultrakapacitor
- spaľovací motor + elektromotor + externý prívod elektrickej energie (trolej)
- spaľovací motor + zotrvačník
- plynová turbína + generátor + akumulátor + elektromotor

## Podakovanie

Tento článok bol vypracovaný s podporou projektu v rámci Programu na podporu mladých výskumníkov na rok 2011 č. 7043

## Použitá literatúra

1. MORAVČÍK, Ľubomír. Alternatívne pohony cestných motorových vozidiel. Doprava a spoje : elektronický časopis Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline [online]. 20.5.2010, 2010, č. 1, [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://fpedas.uniza.sk/dopravaaspoje/2010/1/moravcik.pdf>>. ISSN 1336-767.
2. CONLEY, John Jason. The Role of Power and Energy Demands in Hybrid Vehicles [online]. Morgantown, West Virginia : Department of Mechanical and Aerospace Engineering, 2002. 100 s. Diplomová práca. West Virginia University. Dostupné z WWW: <  
[http://wvuscholar.wvu.edu:8881/exlibris/dtl/d3\\_1/apache\\_media/L2V4bGlicmlzL2R0bC9kM18xL2FwYWNoZV9tZWRpYS82MzU4.pdf](http://wvuscholar.wvu.edu:8881/exlibris/dtl/d3_1/apache_media/L2V4bGlicmlzL2R0bC9kM18xL2FwYWNoZV9tZWRpYS82MzU4.pdf)>.
3. KASSERIS, Emmanuel P. Comparative analysis of automotive powertrain choices for the near to mid-term future[online]. Massachusetts Institute of Technology : Department of mechanical engineering, 2006. 185 s. Diplomová práca. Massachusetts institute of technology. Dostupné z WWW: <  
<dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/36239/77225214.pdf>>. ISBN 0-309-09421-6.
4. SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2007/46/ES z 5. septembra 2007,
5. Toyota Motor Slovakia. [Http://www.motornews.sk](http://www.motornews.sk) : Automobilový priemysel v súvislostiach [online]. Bratislava : AKTUELL, spol. s r.o, 2011 [cit. 2011-04-03]. Hybridné autá dobíjajú svet. Dostupné z WWW: <  
<http://www.motornews.sk/content/hybridn%C3%A9-aut%C3%A1-dob%C3%ADjaj%C3%BA-svet>>.
6. STAŇÁK, Vladimír. [Http://aladin.elf.stuba.sk](http://aladin.elf.stuba.sk) [online]. Bratislava : Katedra mechaniky (Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky), 2010 [cit. 2011-03-31]. Delenie vozidiel a ich základné vlastnosti. Dostupné z WWW: <  
<http://aladin.elf.stuba.sk/Katedry/KMECH/slovakversion/Predmety/SA/1.pdf>>
7. Vehicle Technologies Program : Vehicle Technologies Program [online]. 2011, 02/28/2011 [cit. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <  
<http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/technologies/electronics/index.html>>.