



Projekt CZ.1.07/2.3.00/09.0086
Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Hybridní pohony v automobilových aplikacích

Doprovodný učební text

Petr Barták

2010



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento produkt je spolufinancován
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky
v rámci projektu č. CZ.1.07/2.3.00/09.0086
Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Obsah

Obsah	- 1 -
Úvod	- 2 -
Hybridní pohon	- 2 -
Přínos pro zákazníka:	- 5 -
Přínos pro výrobce:	- 7 -
Proč právě hybrid?	- 8 -
Vymezení pojmů	- 10 -
Co je a co není Hybrid?	- 10 -
Historie hybridních vozidel	- 12 -
Rozdělení hybridního pohonu	- 15 -
Rozdělení podle stupně hybridizace	- 15 -
Podle uspořádání hybridního pohonu	- 17 -
Podle zdrojů energie	- 19 -
Podle cílového prostředku	- 20 -
Podle účelu	- 20 -
Podle způsobu navrhování	- 21 -
Základy navrhování	- 22 -
Podstata hybridního pohonu	- 22 -
Postup návrhy hybridního pohonu	- 23 -
Specifikace provozních vlastností a prostředí	- 23 -
Výběr uspořádání	- 23 -
Výběr akumulátorů	- 24 -
Dimenzování hybridního pohonu	- 24 -
Zástavba hybridního pohonu	- 24 -
Komponenty hybridního pohonu	- 25 -
Spalovací motor	- 25 -
Elektromotor	- 25 -
Akumulátor energie	- 26 -
Elektrická a elektronická výstroj	- 28 -
Aplikace hybridních pohonů v automobilových aplikacích	- 29 -
Kooperace a modulární řešení	- 29 -
Současné aplikace v automobilovém průmyslu- osobní vozy	- 31 -
Hybridní nákladní a užitková vozidla	- 40 -
Městské a příměstské autobusy	- 42 -
Současné aplikace- Shrnutí	- 48 -
Závěr	- 49 -
Použitá literatura	- 50 -

Úvod

V této kapitole bylo čerpáno z: [37] [25] [03] [15] [37]

Dopravní technika je jeden ze základních pilířů, který podpírá průmysl, infrastrukturu a ekonomiku celého Světa. Tento propletenec se valí současností a zasahuje takřikajíc veškerého dění kolem nás. Význam dopravní techniky, ať už pro koncové uživatele, nebo pro globální ukazatele je jednoznačný a nezpochybnitelný. Je nutné dbát na to aby se tato oblast techniky stále vyvíjela a uspokojovala aktuální potřeby. Stále více se dnes projevují „snahy o zlepšování“ životního prostředí na Zemi. Vzhledem k tomu, že vedle energetiky, je dalším hlavním „znečišťovatelem“ prostředí doprava, je nutné i zde tyto trendy následovat a věnovat zvýšené úsilí tomuto směru. Cesty ke zmenšování ekologického zatížení jsou různé. Základem může být snižování energetické spotřeby a využívání čistější energie.

Hybridní pohon

Slovní spojení *hybridní pohon* je v dnešní době synonymum ekologického smýšlení a součást celoplošného boje proti ekologickým „hrozbám“ v oblasti dopravní techniky. Mnohdy nelze přesně popsat co vlastně do boje proti ekologickým hrozbám patří ze svého principu, co je za to nazýváno, ač realita je zcela jinde a nebo zdali má boj těmito prostředky význam. A to je zde otázka jestli tento boj není pouhým bojem s „větrnými mlýny“.

Hybridní pohon, hybridní motor, hybrid a příbuzné výrazy, to jsou dnes v automobilovém průmyslu, a nejen v něm, často skloňovaná slova. V poslední době se stalo zvykem, že všechny významnější automobilky na autosalonech představují svoje „zelené“, „modré“ či jiné ekologické nebo ekologicky se tvářící modely a celé produktové řady založené zejména na drobných, nenákladných úpravách svých současných běžných modelů. Úpravy jsou především v oblasti pneumatik, aerodynamiky, převodových stupňů a řídicích jednotek motorů a automatických převodovek. To je na straně současnosti ekologických vozidel. Zároveň ale většina významných automobilek představuje svoje vize vozidla budoucnosti v podobě funkčních prototypů a funkčních demonstrátorů. A tady se dostáváme k hybridním vozidlům. Většina z těchto vizí je totiž buď čistě elektrická, hybridní nebo na alternativní paliva. V oblasti pohonu jsou největší měrou zastoupeny právě různé varianty hybridních pohonů. Proč tomu tak je otázka s mnoha možnými odpověďmi, ale jako jeden z nejbanálnějších může být i pouhá úvaha o obsahu tohoto slovního výrazu a o oblasti kterou může popisovat. Popisovaná oblast je opravdu rozsáhlá a obsahuje i věci, které by nás bez příslušného kontextu, do hybridní pohonů nenapadlo zařadit. I z historického hlediska se nejedná o žádnou převratnou novinku konce tisíciletí a postupuje s dopravní technikou od jejího počátku. Za dnešní obecně přijatý důvod aplikace hybridních pohonů je možné považovat takzvanou „ekologizaci“ dopravních prostředků, vyplívající se současných nálad společnosti. Pravý důvod bude zase skryt za mnoha malými neviditelnými potřebami výrobců, energetických gigantů, vlád a kdoví koho jiného. Ať je to tak či jinak, pro nás je podstatný především vzrůstající zájem a možnosti růstu v této oblasti. Proto je právě teď nutné se hybridním pohonům věnovat a dále se vzdělávat v této problematice. Prvním nutným krokem je získání dostatečného přehledu v dnešním řešení a zachycení vývojových trendů. Právě pro tyto účely byl stvořen tento text a měl by posloužit především k motivaci čtenářů či posluchačů k dalšímu studování popisované problematiky.

Zelený přístup

Pojmy jako „zelený přístup“, „zelené smýšlení“ jsou tahounem dnešních novinek v technické oblasti a zcela jednoznačně odrážejí tendence ve společnosti, ať již spontánně vzniklé, nebo nám někým vsugerované. Tento vliv je evidentní jak na portfoliu aktuálně dostupného zboží, tak na jejich prodejnosti v porovnání s „konvenčním zbožím“. Zákazník je dnes ochoten si připlatit za „zelenající“ se zboží i bez další přidané hodnoty. V automobilové praxi se vyskytuje ještě celá řada dalších aspektů, proč jsou zelené modely pro zákazníka atraktivní. Proto je poptávka po nich velká a prodejní potenciál je dostatečným tahounem vývoje ekologicky šetrných (zelených) vozidel. To že tomu tak je, má ale i další přínosy i důvody.

Ekologický aspekt

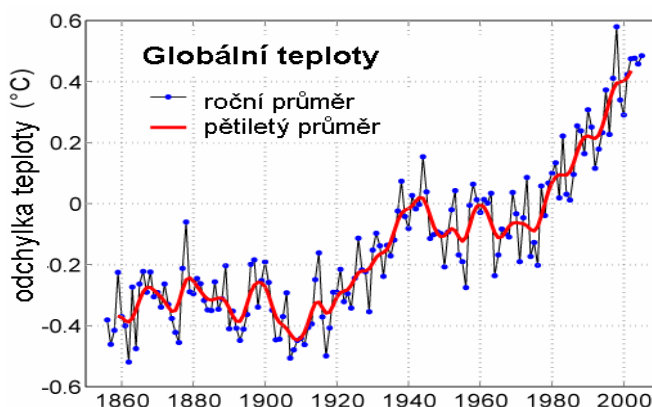
Problematika životního prostředí a jeho ovlivňování je dnes stále více zohledňovaným

kritériem hodnocení technických produktů a lidského činnosti obecně. Hlavním pojmem „ekologicky laděných myšlenek“ je bezesporu „Globální oteplování“. Globální oteplování je termín popisující nárůst průměrné teploty zemské atmosféry a oceánů, který byl pozorován v posledních dekádách. Je několik teorií, které se snaží tento efekt vysvětlit. Ač jsou často protichůdné, tak většina vědecké společnosti se přiklání k teorii, že

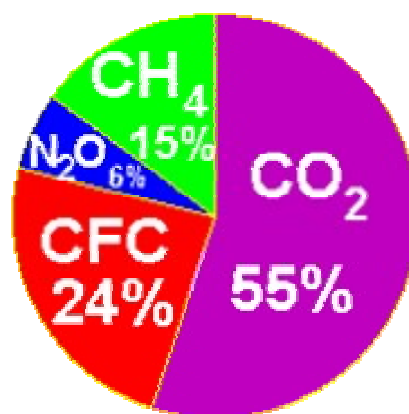
většinový vliv na tyto projevy má zvyšování skleníkových plynů v atmosféře. Skleníkové plyny způsobují skleníkový efekt, bez kterého by na zemi život zcela jistě nebyl, ale významný nárůst skleníkového efektu, má postupným vícenásobným odrazem slunečních paprsků za následek zvýšení teploty na Zemi. Alespoň tak je to většinově interpretováno.

Skleníkové plyny se skládají z oxidu uhličitého - CO_2 , methanu - CH_4 , freonů - CFC, oxidu dusného - N_2O a ozónu - O_3 . Vliv člověka na globální oteplování je právě přes tyto skleníkové plyny, nejvíce na zvyšování obsahu CO_2 , methanu i freonů, kde největší podíl ale tvoří právě CO_2 . S freonem si člověk již částečně poradil, nepřírozený methan vzniká zemědělstvím, ale jeho vliv není tak zásadní jako vliv CO_2 , i když procentuální nárůst objemu metanu v atmosféře je několikrát větší než nárůst CO_2 (první data se uvádějí pro rok 1780 (podle složení ledu na zemském ledovci).

To že se Země „otepluje“, že množství skleníkových plynů v atmosféře se stále zvětšuje, nebo že dochází k zaznamenaným změnám počasí je jednoznačný, změřený a zaznamenaný fakt. Do jaké míry je toto ale způsobeno lidskou činností a do jaké míry je přirozený děj Globálního ekosystému je do značné míry diskutabilní a ani experti v tomto oboru se na tom nemohou shodnout. Střídající se doby ledové s sebou vždy přinášely velmi výrazné změny



Obr. 1 – Vývoj průměrné teploty [37]



Obr. 2 – Složení skleníkových plynů [37]

složení atmosféry, a to takové, že dnešní podíl CO₂ je minimálně o řád menší než tomu bylo v ne tak dávné historii. O tom ale ekologičtí aktivisté zarytě mlčí. Nic to ale nemění na potřebě snižovat emise skleníkových plynů a chovat se ohleduplně k našemu životnímu prostředí.

Módní trend

Ať je to s ekologií jak chce, podstatný je většinový názor populace. A ten se čím dál více stáčí směrem „Ekologičnosti“ a přívětivému chování k přírodě, ať to už znamená cokoli. Eco-farmy, eco-materiály, eco-vozidla, eco-domy, eco-potraviny, prostě jsme ze všech stran „masírováni“ eco-výrobky, eco-přístupem. A vzhledem rozmachu těchto produktů je evidentní, že zájem opravdu je. Podíváme-li se kamkoli kolem nás, po ČR, po Evropě nebo do Severní Ameriky či Japonska, zjistíme že situace je obdobná, i když ne vždy ve stejné míře. Tento dominantní módní trend nás zasahuje v plné míře a každý kdo chce uspět před moderním zákazníkem, musí respektovat jeho názory snažit se vyhovět jeho potřebám a představám.

Globální versus lokální ekologie

Jestliže přímý či dlouhodobý vliv znečišťování ovzduší není v globálním měřítku jednoznačně prokazatelný nebo dostatečně známý, tak stejná situace v lokálním měřítku je zcela jednoznačná a průkazná. Pod pojmem lokální ekologie bychom si měli představit stav a vývoj životního prostředí v jedné malé význačné lokalitě. Pro náš případ se jedná tedy o stav ovzduší v městských aglomeracích, ať již velkoměst s milióny obyvatel, nebo relativně malých provinčních měst (stovky tisíc obyvatel). Menší města nejsou tolik ohrožená a je-li tomu tak, tak je způsobeno lokálním průmyslem a ne dopravou. Z pohledu dopravy je lokální



Obr. 3 – Smogová situace v Pekingu [37]

ekologie závažné téma. Mezi nejvýznamnější „lokální znečišťovatele“ patří místní průmysl, vytápění (dnes už spíše ne) a především doprava. Přímo katastrofální situace je v mnoha asijských městech, kde v některých obdobích je i pouhé větrání nebo dýchání ve venkovním prostředí přímo zdraví nebezpečné. Podobná, i když ne tak vážná, situace byla i v mnoha Evropských a severoamerických městech. Tato situace je ale řešitelná, a byla i v některých případech úspěšně vyřešena. Jako nejlepší příklad se zdá smogová situace v Athénách. V 90. letech byla situace velmi vážná a bylo ji nutné řešit. V přípravách na LOH 2004 byl tento plán zapracován a došlo k výraznému přepracování veřejné dopravy a redukci osobní silniční dopravy. Tím se situace radikálně zlepšila a Athény teď patří mezi čistá a pěkná města. Toto je typický příklad proč by naším cílem měly být ekologicky šetrná vozidla, a zejména ta, která se pohybují nejvíce v městském provozu (ve své podstatě všechna vozidla)....

Proč ne?

Současná technologická úroveň producentů osobních vozidel umožňuje relativně jednoduše snižovat emise a je pouze otázkou na úkor jakých jiných vlastností tomu bude. Jestli jsme schopni aplikovat „zelený přístup“ bez nějakých drastických omezení uživatelských vlastností výsledných produktů, nebo výrazného navyšování ceny, při výrobě koncových produktů, a za předpokladu, že zákazník bude ochoten takovéto výrobky kupovat, měli bychom být povinni jim takovou možnost poskytnout. Tak jestliže se můžeme vcelku bez problému chovat „Ecofriendly“, Tak proč ne?

Za každou cenu?

Musíme ale vždy vzít v úvahu co jsme my nebo naši zákazníci ochotni pro ekologizaci chování podstoupit a co už by bylo příliš. Některé snahy především na globální úrovni se zdají být zcela nepřijatelné a je nutné dát pozor aby se náhodou nepovedlo nějakým „zeleným zákonem“ nebo usnesením zabrzdit technologický vývoj v této oblasti z ekonomických důvodů. Katastrofických scénářů je celá řada a už z ekologického nebo ekonomického pohledu. Je nutné najít tu správnou hranici a držet se jí.

Přínos pro zákazníka:

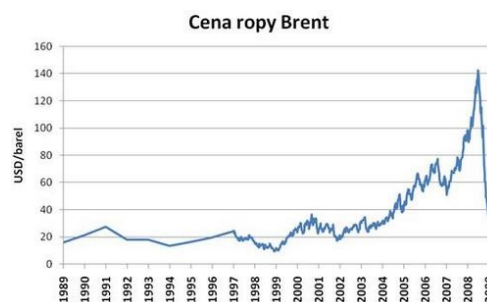
Ať je to s „vyššími cíly“ jak chce je nutné si uvědomit, že to co je podstatné pro výrobce automobilu jsou zisky generované z prodeje jejich výrobků. Proto primární snaha automobilek by měla být orientována na plnění potřeb a požadavků potenciálních zákazníků. Chceme-li prodávat ekologická vozidla koncovým zákazníkům, měli bychom být schopni dostatečně zákazníka motivovat k jeho nákupu, nebo znát jeho motivaci, abychom jim naši nabídkou byli schopni pokrýt jejich potřeby. Motivace pro zákazníka může být rozdělena na několik částí. Tou primární by mohla být ekonomická motivace, dále užité vlastnosti a také jakási „morální“ motivace.

Zelená image

Jestliže zmiňujeme obecnou snahu o „ekologizaci“ naše činění, vyplyne z ní obecně kladný přístup k takovýmto snahám. Proto lze předpokládat že čím dál více lidí bude požadovat ekologická, nebo ekologicky se tvářící vozidla. A to z minimálně dvou důvodů. Prvním bude jistě vnitřní přesvědčení zákazníka o „správnosti“ a prospěšnosti takovýchto vozidel a tím druhým je bezpochyby snaha se takto „zeleně“ a zodpovědně prezentovat na veřejnosti, bez dalšího vnitřního přesvědčení. Obzvláště v případě velmi velkých luxusních vozů s hybridním pohonem bude pravděpodobně častou motivací „zelená póza“

Ekonomický přínos

V tomto bodě se již dostáváme k základním předpokladům pro významnější rozšíření alternativních pohonů a ekologických vozidel. Zákazník je také jenom člověk a jeho motivaci pro nákup vozidel s vyššími pořizovacími náklady při obdobných užitečných vlastnostech, což vozidla na alternativní pohon bezesporu jsou, budeme hledat dost obtížně. Jednou z hlavních přidaných hodnot



Obr. 4 – Vývoj cen ropy [25]

ekologických vozidel je snížení spotřeby paliva. Toto jedna z cest jak vyvolat poptávku po takových vozidlech. Prvním, pro alternativní vozidla, pozitivním faktorem je vzrůstající cena pohonných hmot. Trend je jednoznačný, ropa a tím i konečné palivo se stále a dlouhodobě zdražuje (když pomineme krátkodobé výkyvy). Proto možnost snížení přímých provozních nákladů snížením spotřeby paliva se zdá být velmi lákavou. Je ale otázkou pro jaká vozidla a jaké množství kilometrů je možné alternativní pohon považovat za rentabilní. Je dále nutné počítat s případnými vícenáklady na výměnu baterií, či údržbu. Z čistě ekonomického pohledu je nutné rozdělit vozidla na osobní vozy a užitkové vozy ve firemních flotilách. U osobních vozů není rentabilita současných alternativního pohonu zcela samozřejmá. V případě například městských autobusů nebo rozvozních nákladních automobilů bylo ale prokázáno, že návratnost investice do alternativních pohonů je velmi dobrá a také podíl hybridních/ alternativních vozidel v těchto odvětvích se stále zvětšuje. Do kalkulace je dále vhodné zahrnout i další náklady nebo úspory plynoucí z daňových zvýhodnění, nebo například z nižšího povinného pojištění a podobně.

Dotace a daňové zvýhodnění

S ekonomikou provozu alternativních vozidel jednoznačně souvisí možnost získávání různých dotací, úlev a jiné finanční podpory na pořízení a provoz vozidel na alternativní pohon. Poměrně často se po Světě objevují přímé dotace na pořízení takových vozidel. Jako nejlepší příklad je možné uvést situaci ve Spojených státech, kde je propracovaný systém dotací v řádu tisíců USD (přesné vyčíslení není zcela triviální záležitost, protože dotace se skládají z federálních dotací a dotací v jednotlivých státech, dále jsou různá pro konkrétní vozidla ještě se mění s časem) Dále existuje celá řada daňových zvýhodnění pořízení a provozování eco vozidel. A v neposlední řadě je možné uvažovat i nižší silniční daně a zákonné pojištění. V případě flotilových investic je výrazně větší pravděpodobnost získat dotaci na ekologicky šetrnou investici než na konvenční „špinavá“ vozidla

Přístup do center velkoměst

Pro běžné uživatele z velkých center nejen v Evropě se stává další důležitou motivací i zvýhodnění plynoucí z omezení přístupu konvenčních vozidel do center velkoměst. V mnoha velkých městech se zavádí restriktivní opatření, která zcela znemožňují, nebo výrazně omezují vjezd běžných vozidel do center. Tato opatření mají dvě formy. Výrazné zpoplatnění vjezdu odvozené od velikosti/ spotřeby vozidel a nebo přímou restrikci. Na druhou stranu jsou ale často zvýhodňované vozidla na alternativní pohon. Takováto situace je například v Paříži, Londýně, Berlíně, atd.



Obr. 5 – Zónové omezení v Berlíně [03]

Je to „něco nového“

Lidé mají od pradávna snahu objevovat pořád něco nového, prozkoumávat nové světy a vůbec „objevovat“. Pro koncového uživatele rekrutujícího se z běžných zákazníků osobních vozidel je určitě zajímavé vozidlo na „zcela nový pohon“ znamenající revoluci v automobilové technice, nebo alespoň tak jemu to stále prezentováno. A v kontrastu s mnoha desetiletími starým spalovacím nebo dieselovým motorem je alternativní pohon v podobě hybridního pohonu příjemnou změnou.

Přínos pro výrobce:

Pokud jsme schopni definovat motivaci zákazníka k nákupu hybridního vozidla, musíme být schopni mu poskytnout odpovídající nabídku, aby mohl být případný nákup eco-vozidla realizován. Produkce vozidel s hybridním nebo jiným alternativním pohonem znamená vždy mnoho komplikací pro producenta. V porovnání s konvenčními vozidly hybridní vozidlo představuje: delší, dražší a složitější vývoj, zavádění nových technologií do výroby, nákup dalších komponent a komplikace při legislativním ožiování modelů. Toto všechno má za následek větší výrobní i vývojové náklady. Tak proč by se vůbec měli výrobci snažit o hybridní vozidla?

Zelená image

Zelená image je pro výrobce podobně významná, jako pro zákazníky. Prostě je to dnes „in“ a zároveň je dnes podmínka k vnímání automobilky jako moderní a pokrokové v očích odborné i laické veřejnosti. Je otázka jestli „Zelenou image“ je možné považovat za přínos pro automobilku a nebo již nutnost.

Dotace na vývoj

Z důvodů popsaných v úvodu jsou automobilky pobízeny k zeleným projektům z dotačních fondů a podobných vládních zdrojů. Jednou z velkých pomoci je poskytování bezúročných půjček, státních záruk na půjčky a podobných nedotačních podpor. Přímé dotace na vývoj již nejsou tak časté, přesto se objevují a můžou značně zkonkurenceschopnit pokročilý hybridní pohon.

Demonstrace technologické vyspělosti (zaostalosti)

Když se oprostíme od všech ostatních přínosů, obtíží spjatých s hybridním pohonem, tak demonstrace technologického pokroku může fungovat plošně i pro ostatní modelové řady. A toho také automobilky často využívají. V době kdy se automobilky předhánějí v poměrně úzkých oblastech jako: o lépe naprogramovanou elektroniku s více funkcemi, o vyšší vstřikovací tlaky, lepší přeplňování, atd je demonstrace technologie v podobě zcela nového hybridního pohonu s výrazně menší spotřebou, s plně elektrickou jízdou nebo s plug-in režimem značný skok kupředu. A protože hybridu už nejsou doménou pouze prototypů nebo vozidel pro úzké skupiny zákazníků (eco nadšenci, nebo auta z top tříd), tak je třeba mít co nabídnout i běžnému zákazníkovi. Závodů o první opravdu hromadný hybrid jsou v plném proudu, zatím není jasné ani jaká míra hybridizace, nebo které uspořádání se ukáže jako nejlepší, možná že bude dobře se prodávajících cest více, ale již je jasné, že kdo do teď zaspal hybridní euforii bude mít asi už dost těžkou cestu s dobýváním hybridních trhů. Před několika lety bylo hybridní pohon možné považovat za ukázkou vyspělých technologií, dnes absence hybridních pohonů v portfoliu automobilky ukazuje na technickou zaostalost, což nikdo rád nevidí.

Poptávka

Základní podmínkou pro existenci automobilky jsou prodeje jejich vozidel. Podle všech ukazatelů poptávka po hybridních automobilech dlouhodobě roste, a proto je samozřejmé, že se automobilky snaží uspokojit tuto část zákazníků. Teprve pokud vyrábím žádané zboží, můžu myslet na úspěch podniku.

Ekonomický přínos

Všechny předcházející body je možné shrnout do jednoho jediného cíle. Tím je samozřejmě zisk a prosperita podniku. S hybridními pohony je to v tuto chvíli složitější otázka, protože výrobní a vývojové náklady jsou vysoké a prodejní cena nemůže příliš extrémně přesahovat konkurenční konvenční vozidla, protože by to znamenalo ztrátu zájmu většiny potenciálních kupců. Na věc je třeba nahlížet z dlouhodobějšího pohledu a finálním cílem je samozřejmě zvýšení zisku v krátkodobém, ale hlavně dlouhodobém horizontu. Což je ale analogie zavádění většiny nových „revolučních technologií“ v i jiných oborech.

Proč právě hybrid?

Především text pojednává o výhodách moderních alternativních pohonů a proč by mělo být výhodné se s nimi zabývat i v budoucnu. Alternativních pohonů je celá řada, od spalování alternativních paliv v konvenčních motorech, přes čistě elektrické pohony, po vodíkové články a celou řadu dalších futuristických řešení. Tak proč by měl být hybridní pohon tím vhodným řešením, o které se usilovně snažit a investovat do něj nemalé prostředky? To je samozřejmě složitá otázka a pokud by kladná odpověď měla být zcela jednoznačná, asi by se nikdo v této chvíli nezabýval řešením ostatních pohonů. Od zastánců konvenčních pohonů jsou často slyšet názory, které označují hybridní pohon za „slepou kolej automobilismu“, za přechodné řešení, nebo prostě za omyl. Ano i to je možné, o přechodnosti tohoto řešení se často mluví a je to obecně považované za pravděpodobný vývoj. Pro upřesnění se jedna o přechodné řešení mezi konvenčními vozidly a čistě elektrickými vozidly. Zní to pravděpodobně, ale je nutné si také uvědomit, že toto přechodné období je odhadováno na 20, 30 nebo i na 50 let. A to je dlouhá doba. To se vystřídá spousta generací než se hybridní pohon stane přežitým a začne upadat. A na další otázky se pokusí odpovědět následující odstavce.

Technická příbuznost s konvenčním řešením

Pro rychlý a relativně bezproblémový přechod k alternativním pohonům je třeba zvolit takovou cestu, která plynule naváže na současné automobily, technické a technologické možnosti automobilek a zároveň investice do vývoje bude tak vysoká, aby umožnila prodávat vozidla za konkurenčně schopné ceny. Dále je potřeba uvažovat i pohled zákazníka, který sice chce stále objevovat něco nového, přesto je do značné míry konzervativní a vozidla postavené a zcela odlišném základě by nemusela být přijata tak snadno jako moderní pokroková vozidla vycházející z dosavadní řešení. Dalším aspektem je provoz. Zákazník je navyklý cepovat palivo u benzínových stanic řádově několik minut, na jedno natankování ujet v průměru 500-1000 km atd. Ostatní potenciální technologie zatím takové možnosti nenabízejí. Pro automobilky zase platí, že mají zavedené a dlouho budované „motorárny“ a další provozy, které jsou v současnosti důležitým prvkem celé automobilky a nebylo by pro ně jednoduché ani výhodné je celé vyřadit z provozu. Hybridní pohon umožňuje různý stupeň hybridizace a tím i odchylnosti od konvenčního řešení, což umožňuje vytvářet moderní hybridní vozidla která se konvenčního vozidla liší jen v několika dílech, až po zcela odlišné řešení pohonu, které s sebou ale přináší výrazný pokrok v užitných vlastnostech. Tato variabilita založená stejném základu je velmi příjemnou vlastností která umožní snadno přizpůsobit nabídku aktuální poptávce a technologickým možnostem.

Náročnost vývoje

S předešlým bodem úzce souvisí i náročnost vývoje a náklady s tím spojené. Hybridní pohon je ve své postě velmi podobný konvenčnímu způsobu, i když některé varianty hybridního pohonu trochu vybočují. Proto je možné poměrně snadno postavit hybridní automobil stejně jako konvenční a pouze změnit vlastní pohon. V některých případech jde o změnu převodového ústrojí, jindy o prosté vložení elektromotoru mezi motor a převodovku a někdy se jedná o celkovou přestavbu pohonu. V případě použití pokročilého sériového motoru je možné navrhnout zcela nový koncept pohonu i celkového pojetí automobilu, protože takovéto uspořádání umožňuje daleko volnější přístup ke klasickému konceptu vozidla. Proto náklady a náročnost vývoje se mohou pohybovat mezi jednoduchou přestavbou a komplexní zcela novým návrhem.

Infrastruktura

Pro hybridní vozidla dále mluví i takové věci jako infrastruktura. Pro snadný a hromadný přechod je nutné využívat takové technologie, které nám umožňují poměrně snadnou asimilaci současných vozidel a i pro konzervativnějšího zákazníka neznamenají zásadní změny. Jednou z podmínek, je i možnost využívání současné infrastruktury, která je postupnou změnou možno přiohnout směrem potřebným v budoucnosti. Toto se týká dobíjecích stanic a pozvolného nástupu plug-in hybridů, který je výbornou cestou k vybudování rozsáhlé sítě dobíjecích stanic pro elektromobily. Ač existují další varianty úsporných vozidel, jako jsou vozidla na palivové články, stlačený vzduch atd., tak vybudování dostatečné infrastruktury pro komerční šíření takovýchto technologií je nepředstavitelně nákladné a složité. Vzhledem k tomu že běžný hybridní automobil vyžaduje zcela identickou infrastrukturu jako je ta současná a plug-in hybrid je možné a i žádoucí nabíjet „doma“ přes noc, tak se hybridní vozidla a tohoto pohledu jeví jako velmi vhodná.

„Zaručený výsledek“

Vzhledem k poměrně velkým nákladům na vývoj alternativního pohonu je nutné mít alespoň nějakou záruku výhodnosti takovéto investice. Hybridní pohony jsou v různé míře intenzity vyvíjeny již přibližně 20 let a sériově produkovány přibližně 10 let. Z toho lze již poměrně snadno odvodit efektivnost/ neefektivnost vlastního pohonu ale i vhodnost investice. V případě volby jednoduchého paralelního uspořádání je evidentní dosažení úspory paliva minimálně v jednotkách procent, častěji mezi 10-25%. U sofistikovanějších pohonů jsou úspory výraznější, ale potřebné investice jsou také vyšší a někdy výrazně vyšší. Přesto v porovnání s nějakou dosud neobjevenou cestou je riziko výrazně menší a nějaký lepší než konvenční výsledek je víceméně zaručen.

Legislativa

S podobností s konvenčními vozidly souvisí i výrazně jednodušší schvalování technické způsobilosti pro provoz. Vzhledem a podobnosti technického řešení základních uzlů konstrukce, je umožněno poměrně jednoduché schválení do provozu bez nutnosti složitého dokazování nových neznámých technologií a získávání jednotlivých certifikátů, homologací atd. Podobnost a jednoduchost se u hybridního automobilu samozřejmě liší v závislosti na úrovni hybridizace a použitých technologií.

Vymezení pojmů

V této kapitole bylo čerpáno z: [02] [03] [37]

Výraz „Hybrid, Hybridní“ pochází z latiny

V „hybridní době“ která, jak se zdá, právě nastává je vhodné si uvědomit co vlastně „hybridní“ znamená. Hybrid pochází z latiny a znamená: kříženec, míšenec, atd. Jedna se tedy o kombinace běžně nekombinovaných vlastností. Běžně se tyto výrazy používají i pro: Rostliny, tvorovy, výrazy, programy, hudbu, umění nebo sporty.

V dopravní technice se jedná zejména o pohon nebo koncepci vozidla. V případě koncepce vozidla se obvykle jedná o hybridní obojživelná vozidla, v pohonné sféře se jedná o hybridní pohony vozidel, ať již silničních, kolejových, lodních, atd.

Hybridní pohon je takový pohon, kde se na dodávání pohonné energie podílí dva a více různých zdrojů energie. Může se jednat o kombinaci stejných, nebo různých druhů energie a podstatný je způsob jakým se dodávání energie podílí. Dříve se hybridní pohon považovala jakákoliv kombinace dvou zdrojů energie. V moderním pojetí se říká, že obě složky energií by se na pohonu měly aktivně podílet, ne pouze „zprostředkovávat“. Tato definice odstraňuje z hybridních pohonů elektromechanický přenos výkonu, který býval delší dobu zařazen a znamenal mistifikaci základních vlastností pohonu.

V současné dopravní technice se pod pojmem hybridní pohon nejčastěji myslí kombinace spalovacího motoru a elektromotoru. I kdy již v současné době se objevují i další varianty hybridního pohonu, které můžou kombinovat i jiné zdroje energie:

Zdroje energie:

Mechanická:	Spalovací motor (palivo)...
	Setrvačnick
Elektrická:	Akumulátor ...
	Vnější zdroj energie
	Solární panel
	Vodíkový článěk

Atd.

Co je a co není Hybrid?

Proto se nám naskytuje otázka co vlastně mezi hybridní uspořádání patří s co ne.

Diesel-elektrická lokomotiva?

Zde je odpověď zcela jednoznační a podle předchozích definic je zcela evidentní, že zde se jedná pouze o elektromechanický přenos výkonu a podle současných definic hybridním pohon zcela jednoznačně být nemůže.

Tramvaj s rekuperací brzdné energie?

V tomto případě je otázka trochu složitější a záleží na tom jestli se energie rekuperuje zpět do sítě a nebo do vlastního akumulátoru energie. V případě, že se rekuperuje do sítě, tak se znovu nemůže jednat o hybridní pohon, protože energie používaná pro pohon je znovu pouze jedna a to ze sítě.

Trolejbus s akumulátory?

Trolejbus s akumulátory je druhou variantou předchozího případu. Zde se jedná ve většině případů o hybridní pohon, protože potřebná energie se v případě rozjezdu skládá z energie

dodávané akumulátory i energie z trolejí. To neplatí pro případ kde by baterie sloužily pouze pro pohon v úsecích bez trolejí.

Elektromobil s palivovým článkem?

Elektromobil s palivovými články sám o sobě hybridním vozidlem není, v praxi jsou ale vždy palivové články doplněny akumulátorem a pro pokrývání výkonových výkyvů a rekuperaci brzdě energie. Pro je vozidlo poháněné palivovými články ve většině případů i hybridním vozidlem.

Ferrari F60, McLaren MP4-24 (F1 s KERS)?

Monopost Ferrari pro sezónu 2009 je vybaven systémem KERS

Diesel-elektrická ponorka?

Dieseleelektrická ponorka je vybavena mohutnými bateriemi a dieselgenerátorem. Přesto se nejedná o hybridní pohon, protože dieselgenerátor, pokud je v provozu, tak zároveň plavidlo pohání i nabíjí akumulátory.

Historie hybridních vozidel

V této kapitole bylo čerpáno z: [03] [09] [20] [21] [30] [37] [40] [07] [16] [08]

Počátky

Historie hybridních vozidel je překvapivě zajímavá a její začátky sahají do doby kdy automobilový průmysl byl v prvopočátcích. Zajímavé je také, že v počátcích byla hybridní vozidla plně konkurenční ke spalovacím a především v dynamických parametrech nebo spotřebě a dojezdu byly o krok vpředu. Pouze komplikovanost a cena byla brzdou většího rozvoje.

Svoji konstrukční genialitu a viziionářství prokázal poprvé Dr. Ferdinand Porsche právě na hybridním vozidle. Není přípis známé, že počátky jeho tvorby a celkově značná část jeho konstruktérské kariéry byla věnována právě hybridním vozidlům a vozidlům s elektromechanickým přenosem kroučícího momentu. První hybridní vůz byl v roce 1898 představeny vůz MIXTE navržený Dr. Ferdinandem Porsche a realizovaný společností Lohner-Porsche. Neuvěřitelná invence byla prezentována nejen hybridním pohonem jako takovým ale i detaily jako je první náhon přední nápravy automobilu, elektromotor ve formě kolomotoru, atd. Hybridní pohon byl sériového uspořádání kola byla poháněna kolomotory a celý systém se vyznačoval velmi vysokou účinností přenosu výkonu, která dosahovala až 83% což je na svou i dnešní dobu výborná hodnota. Tato účinnost byla početně ověřena v nedávné době. S vozem Mixte se osobně Dr. Ferdinand Porsche účastnil i závodů a dokonce s ním i vyhrál v té době slavnou Exelberg Rally. S vozem Mixte také ustavil několik národních rekordů, například Rakouský rychlostní rekord. Následující model Mixte byl



Obr. 6 – Porsche Mixte –první hybridní automobil [03]



Obr. 7 – Porsche Mixte –na závodech [09]

představen v roce 1903 a byl znovu nositelem do té doby neznámých technologií. Byl první vůz s pohonem 4x4! Dosahoval maximální rychlosti 110km/hod. Tyto vozy byly na svoji dobu zcela převratné a jejich radikálnější rozvoj byl brzděn akumulátory, které přes malou kapacitu a výkonnost vážili stovky kg. Případě pokročilejších baterií bychom možná teď

nezažívali znovuzrození hybridních vozidel, ale byla by to možná majoritně zastoupená přirozená součást vozidlového parku. Na základě zde popsaných vozidel představil Dr. Porsche i několik dalších vozidel. Patřily mezi ně například městský autobus s pohonem 4x4, nebo dodávka a malý nákladní automobil. Mála nákladní vozidla s hybridním pohonem se vyráběla poměrně často v malých dílnách v kusových počtech a jejich výroba přetrvávala až do 30. let. Jako další významný a pokrokový výrobek od Dr. Porscheho byl „silniční vlak“. To bylo již v době kdy byl zaměstnancem firmy Daimler. Jednalo se generátorový vůz-lokomotivu a větší množství přívěsů. V prvním voze byl umístěn výkonný dieselgenerátor a jednotlivé vozy byly vybaveny trakčními motory. Není zcela jednoznačné jestli se jednalo o hybridní v

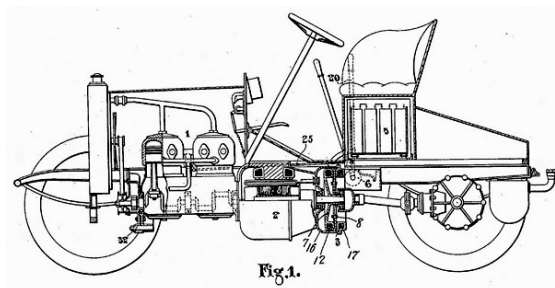
ozidlo podle definice, protože přítomnost akumulátorů je nejasná. Toto uspořádání vynikalo výbornou nosností i v těžším terénu, což představovalo v dané době nevídané schopnosti.

Tato jednotka byla vyvíjena pro armádu pro přepravu mohutných kanónů a houfnic. Podobné uspořádání se vrací do armády jako velmi moderní řešení návěsového typu.

Dr. Porsche nebyl ale jediným úspěšným konstruktérem hybridních vozidel. Mezi další významné konstruktéry patřil německý konstruktér zbraní Henri Pieper. Jeho hybridní automobil měl mnoho atributů moderních hybridů. Pohon měl patentované paralelní uspořádání byl technicky velmi propracovaný. Patentován byl v USA v roce 1905. O pohon se staral 3,5PS silný spalovací motor přepínání jednotlivých jízdních režimu se dělalo mechanickou pákou. Automobil se nízkých rychlostech pohyboval pouze na elektromotor a poté byl připínán spalovací motor. Automobil byl vybaven rekuperací energie. Za zajímavost lze jistě považovat údaj o zrychlení vozidla, které dosahoval



Obr. 8 – Porsche Mixte – první hybridní automobil [03]



Obr. 9 – Patent Henri Pieper [21]



Obr. 10 – Silniční vlak [20]

o 10s na 25 MPH (40 km/hod), což představovalo přibližně třetinu v té době běžné hodnoty. Posledním hybridním automobilem ranného automobilismu, který stojí za zmínku je Dual Power od společnosti Woods Motor Company konstruktéra a majitele v jedné osobě pana Wooda. Toto vozidlo bylo komerčně poměrně úspěšné, vyrobeno jich bylo více než 600ks což bylo na svou dobu velmi pozitivní číslo a v prvopočátcích představoval konkurenci pro Ford Model T. Netrvalo dlouho a byl díky výrazně vyšší ceně proti Fordu Model T odsunut do ústraní. Za zajímavost lze považovat průměrnou spotřebu, která prý dosahovala cca 4,9l/ 100km.



Obr. 11 – Woods Dual Power [03]

Moderní historie

Poslední hybridní pokusy staré éry doznívaly ve 30. letech 20. století a až do poloviny 60.let se s hybridním pohonem nikdo nezabýval. Za první vlnu nové vlny zájmu o hybridy lze považovat pokusný automobil GM 512H od General Motors. Uspořádání pohonu bylo paralelní. Jednalo se o pokusný vůz vyrobený v jednom exempláři s výkony a vlastnostmi, které nebyly zrovna výzvou k dalšímu vývoji. Dále je nutné i vnikl po boku čistě elektrické verze a verze s konvenčním pohonem a primárně o hybridní pohon nešlo. Po přibližně deseti letech se v roce 1973 objevil VW Taxi, hybridní vozidlo testované v USA. Vzniklo i několik čistě elektrických vozů, společně přezdívaných „Volkswagen“. První již „moderní vozidlo“ bylo představeno až v roce 1989. Bylo to testovací Audi DUO, což bylo Audi 100 Avant s 13 Ps motorem umístěným na zadní nápravě. První produkční vozidlo bylo až Audi DUO III v roce 1997. jednalo se p Audi A4 Avant 1.9 TDI s 29 Ps motorem na zadní nápravě. Efektivita pohonu byla spíše špatná a vyrobeno byla testovací série 60 kusů z nichž je ještě čist stále v provozu. Zlom ve vývoji přišel také v roce 1997, kdy byla v Japonsku představena první generace Toyoty Prius. Tento nevzhledný, nevykonný, malý a značně poruchový vůz si získal v Japonsku značnou oblibu a vyprovokoval konkurenci k vývoji podobných vozů. Za další zlom je možné považovat představení prvního hybridního vozu na USA trhu v roce 1999. Tímto vozem byla Honda Insign a ukázala, že trh v USA je pro další vývoj hybridních vozů zcela zásadní. V USA byla následována Toyotou Prius (2000), Hondou Civic Hybrid (2002) a především druhou generací Toyoty Prius II (2004), která znamenala prodejní boom a naplno odstartovala hybridní dostihy. První plnohodnotná adaptace hybridního pohonu do běžně prodáváného amerického vozu byl v roce 2004 Ford Explorer Hybrid.

Milníky hybridních automobilů

Rok 2007 znamenal velké komerční úspěchy a rapidní nárůst prodeje hybridních vozů. V USA bylo prodáno více než 45 000 hybridů za měsíc a celoroční prodej celosvětově překročil 350 000. Nutno podotknout, že jednoznačně největší podíl na tom měly Spojené státy, dále Japonsko a ostatní trhy lze zanedbat. Rok 2008 znamenal miliónový prodaný Prius! Rok 2009 znamenal úspěch v boji s konvenčními modely v Japonsku, kdy byl dubnu 2009 nejprodávanějším vozem měsíce Honda Insight. Poté celkové prodeje za rok 2009 v Japonsku ovládla Toyota Prius III a překonala všechny své konvenční konkurenty. Zajímavý je i údaj o podílu hybridních vozů ku celkově prodaným novým vozům, kterých v USA představuje více než 3% a v Japonsku dokonce 7,5%.

Rozdělení hybridního pohonu

V této kapitole bylo čerpáno z: [03] [05] [07] [18] [31] [37] [14] [41] [45]

Jak již bylo řečeno, „Hybridní pohon“ je pohon který spojuje více zdrojů energie k pohonu dopravního prostředku. Z toho plyne, že se jedná o značně obecnou definici a potenciálních řešení je neomezený počet. Pokud se chceme alespoň trochu v této problematice orientovat, musíme používat systematickou kategorizaci pohonů podle příslušných kritérií. Kritérií je možné určit celou řadu a ve výběru, nebo hodnocení hybridního pohonu nelze udělat správné rozhodnutí bez komplexního pohledu podloženého hodnocením několika základních obecných i podrobných, pro daný výrobek, konkrétní a významných vlastností. Mezi základní kritéria rozdělení nebo hodnocení hybridních pohonů patří především následující rozdělení:

- Podle stupně hybridizace
- Podle uspořádání hybridního pohonu
- Podle zdrojů energie
- Podle účelu
- Podle způsobu navrhování

Rozdělení podle stupně hybridizace

Rozdělení podle stupně hybridizace patří mezi základní kriteria, která nám zevrubně charakterizují hybridní pohon. Stupeň hybridizace je nejvíce zevrubná vlastnost, které nám určuje mnoho dalších vlastností hybridního pohonu. V obecné rovině se jedná a to jakou měrou se na pohonu podílejí jednotlivé složky hybridního pohonu. Stupeň hybridizace ovlivňuje i další vlastností, jako je například uspořádání hybridního pohonu, způsob navrhování, nebo míra podobnosti s konvenčním vozidlem.

- **Micro Hybrid:**

Micro hybrid je nejnižší stupeň hybridizace, který někdy nesplňuje základní definici pro hybridní pohon v bodu, že se obě nebo všechny složky pohonu aktivně podílejí na vlastním pohonu vozidla. Přesto se takřka vždy mezi hybridní pohony řadí a je značně rozšířený a některými automobilkami není ani za hybridní pohon označován. Ve své podstatě se jedná o zcela běžný automobil vybavený větším alternátorem/startérem a především pozměněnou řídicí jednotkou, která umožňuje microhybridní provoz pomocí efektivního řízení spotřeby a dobíjení elektrické energie. V první řadě se jedná o start/stop systém, dnes běžný u většiny velkých motorů, včetně sportovních automobilů. Punc hybridního pohonu mu dává efektivita dobíjení, kdy akumulátor je dobíjen pouze při brzdění vozidla, kdy běžně dochází k neefektivnímu běhu motoru s nulovým dodávaným výkonem. Při akceleraci je zase tok elektřiny omezen na minimum a většina aktuálně nepotřebných zdrojů je odepnuta o napájení alternátorem, případně baterií. Typický takovíto spotřebič je klimatizace, která je při akceleraci odepnuta a tím neodebírá přes alternátor výkon spalovacímu motoru, čímž je umožněno zlepšení dynamických vlastností vozidla při zachování, nebo snížení spotřeby paliva. Rozšířenost tohoto systému je značná a jsou automobilky které již podobný systém nabízejí ke všem svým vozům ale název hybridní pohon si ponechávají až pro vyšší stupeň hybridizace.

- **Mild Hybrid**

Mild hybrid je taková forma hybridizace, kde jeden ze zdrojů energie je výrazně dominantní nad druhým/ ostatními zdroji energie. U tohoto stupně je již umožněno výraznější přímé zlepšení dynamiky vozidla, solidní úspora paliva a také zlepšení chování motoru. V tomto uspořádání není umožněn samostatný pohon minoritním zdrojem energie. Přímá rekuperace brzdové energie je zde již umožněna a to s poměrně slušnou účinností. Uspořádání je výhradně paralelní a elektromotor dosahuje obvykle u osobních automobilů do 15 kW. Velikost akumulátorů je zpravidla v rozmezí 0,4-1,0 kWh. Zásadním nedostatkem je nemožnost čistě elektrické jízdy a poměrně malý výkon motoru, který se nemůže omezovat zlepšením dynamiky, i možnost rekuperované energie. Výhodou je možnost poměrně malých změn konvenčního pohonu v porovnání a full hybridem, relativně nízká cena a ještě přijatelný nárůst hmotnosti.

- **Full Hybrid**

Tato míra hybridizace je řekněme vrcholnou formou hybridizace, protože je definována relativně rovnovážným poměrem jednotlivých zdrojů energie. Díky tomu umožňuje čistě elektrický provoz a v některých případech i čistě konvenční režim. V většině jízdních režimů spolu ale tyto zdroje kooperují s cílem dosažení nejvyšší efektivity provozu. Díky rozdělení potřebného výkonu mezi oba/ všechny zdroje energie umožňuje výrazné zmenšení primárního zdroje energie, tedy spalovacího motoru. Downsizing vede k úspoře hmotnosti i paliva. Následně dynamice vozidla se velkou měrou podílí elektromotor, který má zpravidla výkon větší než 20kW. Takovýto elektromotor umožňuje i rekuperaci daleko většího množství kinetické energie. Dále je možné hybridní pohon uspořádat do všech známých i neznámých uspořádání. Velikost akumulátoru je značně rozdílná a tím je i rozdílný čistě elektrický dojezd, který dosahuje od jednoho km do přibližně 5-10km. U některých automobilů je čistě elektrický dojezd omezen rychlostí kolem 30- 50 km/hod a slouží především k pohybu v po městě v kolonách. Jiná vozidla jsou schopna na elektrický dojezd dosahovat poměrně vysokých rychlostí. Od toho všeho se odvíjí i velikost akumulátorů, která se pohybuje přibližně od 1kWh výše. Mezi výhody full hybridu patří všechny předešlé vlastnosti, velký prodejní potenciál a výrazně lepší užité jízdní vlastnosti. Mezi nevýhody patří velké náklady na vývoj i výrobu a značný nárůst hmotnosti.

- **Plug-in Hybrid**

Plug-in hybrid je speciální forma full hybridu, který je vybaven rozměrným akumulátorem umožňujícím čistě elektrický dojezd v řádu desítek km a je schopen se dobít z vnějšího zdroje energie. Tento současný trend má několik příčin a vývoj se, jak se zdá, vydává tímto směrem. Základní myšlenkou plug-in hybridu, je že elektrická, nebo mechanická energie vyrobené v rámci miniaturního zdroje na palubě každého jednotlivého vozidla je výrazně dražší a „špinavější“ než energie vyrobená v rámci rozvodné sítě ve velkých elektrárnách. Další velkou výhodou je možnost vyrábět čistou energii pomocí jaderných elektráren, nebo obnovitelných zdrojů energie. Dále je zde možnost vyrábět si dostatečné množství energie pomocí lokálních zdrojů energie, jako jsou malé solární, větrné, vodní elektrárny. Toto jsou ale všechno důvody pro výrobu výrazně jednoduššího a levnějšího elektromobilu. Problém je ale v dojezdu takového elektromobilu a jeho bezmocnosti po vybití akumulátoru. Při pohledu do statistik, které říkají že 50% všech Občanů USA potřebuje na cestu do práce maximálně 10 mil a dokonce pro 80% Američanů je tato vzdálenost menší než 20 mil. Což představuje denní potřebu přibližně 40 mil naprosté většiny Američanů pro cestu z/do práce. Když zohledníme situaci v Evropě, tak to statistika je zde ještě

výrazně přijatelnější. Proto na běžné dojíždění do práce by nám stačil elektromobil. Do doby než člověk zařadí do programu dne nějakou další cestu, na nákup, za zábavou, atd. V tomto případě se ukážou obrovské výhody plug-in hybridu. První je možnost vlastnit jeden automobil na cestování do práce i na dovolenou, nebo delší cesty, možnost kombinovat toto bez nutnosti rozmyšlení se: „Pojedu dnes jen do práce, nebo ještě někam jinam?“. Možnost pohybovat se v městském provozu s nulovými přímými emisemi je ve velmi žádoucí především ve velkých městech se problémy s lokálním klimatem. Pohyb na dlouhé vzdálenosti s vlastnostmi typickými pro full hybrid je druhou výhodou. A vše v jednom vozu. Mezi nevýhody a řekněme i překážky pro masové šíření v dnešní dny je vysoká cena akumulátorů, problematická životnost, vysoká hmotnost a nemalé rozměry. Přesto se již objevují první sériové a před sériové vozy a zcela jednoznačně je to cesta kupředu.

Podle uspořádání hybridního pohonu

Tak jako je pro základní charakteristiku hybridního automobilu významný stupeň hybridizace, tak pro funkčnost a provozní vlastnosti hybridního pohonu je důležité znát jeho uspořádání. Předpokládáme-li že všechna moderní hybridní pohonná ústrojí jsou a nebo budou dosahovat úrovně full, nebo plug-in hybrid, tak se stane uspořádání nejdůležitějším kritériem pro rozlišování hybridních pohonů. Výsledná charakteristika je podle uspořádání výrazně odlišná a v některých vlastnostech zcela protichůdná. Volbě uspořádání je proto potřeba věnovat enormní pozornost a rozhodně ji nepodcenit. Kritéria která mohou rozhodovat při adekvátním výběru jsou velmi různorodá je nutné je vždy přizpůsobit konkrétní situaci, použití výrobním a technologickým možnostem, cílové skupině zákazníku, a podobně. Jedním z důležitých kritérií je účinnost pohonu, která je také závislá na konkrétním použití a značně se liší v jednotlivých jízdních režimech.

Paralelní hybrid

Paralelní uspořádání pohonu je nejjednodušší forma uspořádání hybridního pohonu která může zahrnovat všechny formy hybridizace a také je využívána napříč hybridním spektrem. Základními vlastmi paralelního uspořádání je mechanické propojení elektromotoru se spalovacím motorem, z čehož plynou další výhody a nevýhody. Základní nevýhodou která komplikuje efektivnost pohonu v porovnání s kombinovaným, nebo sériovým uspořádáním je přímá závislost otáček obou motorů, což znemožňuje efektivní provoz spalovacího motoru. Za výhodu je možné považovat možnost sčítání výkonů obou motorů. Zástavba je většinou velmi podobná nebo stejná jako konvenční zástavba.

Konkrétních forem uspořádání může být mnoho typů, ale jednoznačně nejrozšířenější je varianta, kde je elektromotor integrován do převodovkové skříně, nebo je vložen mezi spalovací motor a převodovou skříň. Elektromotor je od spalovacího motoru oddělen zpravidla spojkou, tak aby bylo umožněno provozovat pohon jako čistě elektrický. Toto uspořádání je výhodné pro poměrně malé nároky na otáčkový rozsah elektromotoru, protože i elektromotor pohání nápravu skrze převodovku, což ale má nevýhodu z hlediska účinnosti, kde účinnost elektromotoru je degradována konvenční převodovkou. A v případě rekuperace brzděné energie to platí dvojnásob, protože energie projde převodovkou tam a zpět. Toto řešení je velmi jednoduché a celkově výhodné, proto je také tak rozšířené. Další možností je umístění elektromotoru za převodovkovou skříň, což vede ke zefektivnění elektropohonu, ale zároveň to vyžaduje vyšší nároky na vlastní elektromotor. Mezi převodovkou a elektromotor je vhodné umístit spojku. Toto uspořádání ale není příliš rozšířené a setkat se s ním můžeme spíše výjimečně. Poslední variantou paralelního uspořádání hybridního pohonu je použití

dělicí převodovky, která umožňuje efektivněji kombinovat točivý moment obou motorů. Pro složitost a technickou zaostalost za kombinovaným uspořádáním je také toto uspořádání spíše raritou.

Sériový hybrid

Sériové uspořádání hybridního pohonu spočívá v oddělení spalovacího motoru od přímého pohonu vozidla elektrickou vazbou. Jednoduše se jedná generátorovou jednotku a elektromotor. Toto uspořádání pohonu je značně prověřené a ve své nehybridní formě je velmi rozšířené napříč dopravní technikou již mnoho let. Hybridizace sériového pohonu spočívá a v doplnění primárního zdroje energie (generátor) o další zdroj nebo akumulátor energie, tak aby bylo umožněno vzájemné kombinování zdrojů pro pohon vozidla. K vlastnímu pohonu slouží pouze elektromotor, spalovací motor slouží pouze k pohonu generátoru, proto nelze výkony elektromotoru a spalovacího motoru sčítat, což se na první pohled zdá být výraznější nevýhodou. Spalovací motor je provozován pouze v jednom režimu, kde dosahuje nejvyšší účinnosti. Požadovaný výkon je také poměrně nízký (pro osobní automobil se uvádí potřeba 15-30 kW), protože o všechny výkonové špičky se postarají akumulátory energie. Tyto nároky znamenají možnost použití velmi jednoduchého levného spalovacího agregátu o malých rozměrech a hmotnosti. Čím je potřeba přenášet větší kroutcí moment při menší rychlosti nebo při střídavém zatížení, tím je sériové uspořádání hybridního pohonu vhodnější. Ač elektromechanický přenos výkonu není tak efektivní jako čistě mechanický přenos, tak v kombinaci s vysokou efektivitou provozu spalovacího motoru dosahuje sériové uspořádání velmi dobrých výsledků. Mezi další výhody je možnost použití kolomotorů, které dále zlepšují efektivitu provozu takového vozidla, protože přímou aplikací kroutcího momentu na kola takřka zcela odstraňují mechanické ztráty. Zástavba takového uspořádání je také daleko flexibilnější a velmi dobře využitelná při konstrukci speciálních vozů, autobusů, ale i pro futuristické prototypy. Spalovací motor může být použit téměř jakýkoli a například pro těžké aplikace se zdá být výhodné použití spalovací turbíny, která umožňuje další zvyšování účinnosti pohonu.

Kombinovaný hybrid

Kombinované uspořádání pohonu znamená v podstatě principiální kombinaci obou předchozích uspořádání. Toto uspořádání vzniklo, tak aby těžilo výhody jak z paralelního tak sériového uspořádání a potlačilo jejich nevýhody. Kombinovaný hybrid se dokáže při nízkých rychlostech, akceleraci a střídavém zatížení chovat jako sériový hybrid s vysokou účinností spalovacího motoru a klidných chodem a při konstantní jízdě se chová jako paralelní hybrid s mechanickým přenosem výkonu, tedy s lepší účinností oproti elektromechanickému přenosu. Z této definice se zdá kombinovaný hybrid jako ideální řešení s vysokou účinností ve všech jízdních režimech. V praxi se to již tak jednoznačně neprojevuje.

Možností jak vytvořit kombinovaný hybrid je mnoho. Vždy se jedná o poměrně složité až velmi složité řešení s minimálně dvěma elektromotory/ generátory a soustavou spojek, případně dalších planetových soukolí. Jako nejjednodušší je spínaný kombinovaný hybrid, který se skládá ze spalovacího motoru, dvou elektromotorů a minimálně jedné spojky. Uspořádán je v nejjednodušší formě tak, že jeden elektromotor je spojen s spalovacím motor přímo, druhý elektromotor je spojen s kardanovou hřídelí a vlastním náhonem kol. Mezi elektromotory je vložena spojka. Ve fázi rozjezdu a střídavého zatížení je spojka rozpojena a přenos výkonu je obdobný jako u sériového uspořádání. V určité rychlosti a zatížení dojde k sepnutí spojky a přeměně pohonu na paralelní uspořádání, kde mechanický přenos výkonu

je zprostředkován přímo kardanovou hřídelí. Toto řešení je velmi jednoduché a principiálně se zdá správné. Omezení plyne z nutnosti stálého převodu mezi spalovacím motorem a koly v paralelním režimu, který je vhodný jen pro malé rozpětí rychlosti a striktně konstantní jízdu. Další variantou je využití dělicí převodovky, která umožňuje oddělit spalovací motor od přímého pohonu a plynule ho přepínat s libovolným převodovým poměrem. Toto řešení je teoreticky nejideálnější řešení protože umožňuje plně mechanickou vazbu i elektromechanickou vazbu a jejich kombinaci v libovolném poměru. Praktické provedení se skládá většinou z několika planetových soukolí, několika spojek a dvou až tří elektromotorů. Proto finální výrobek je velmi složitý, klade značné nároky na řízení a díky své mechanické složitosti přináší i dílčí mechanické ztráty. Přesto je mezi současnými hybridy značně rozšířený i když v poslední době se zdá že bude na ústupu. Poslední variantou kombinovaného uspořádání pohonu je varianta s elektromechanickým děličem výkonu. Tato varianta se skládá ze spalovacího motoru, elektromotoru a ze speciálního elektrického rotačního stroje, elektromechanického děliče, který má rotační rotor i stator. V dopravní technice se nejedná o nikterak zásadní novinku. Tento princip byl použit již ve 30. letech 20. století u vozu kolejového vozidla Slovenská Strela. Stator je pevně spojen s hřídelem spalovacího motoru a rotor je spojen se zbytkem pohonu, s kardanovou hřídelí. Hybridizace spočívá v dosazení dalšího elektromotoru na kardanovou hřídel. Tento speciální stroj umožňuje plynulý přenos výkonu ve všech režimech. V situaci kdy je potřeba velký výkon a malá rychlost je možné velkou část kroutícího momentu přenést elektrickou cestou, tak že se v měniči vygeneruje elektrická energie a přenesení se na elektromotor, který je schopen efektivně pracovat i v nízkých otáčkách. V současné době nejedí žádný sériový hybridní vůz s tímto pohonem, ale vědecké týmy pracují na výzkumu této alternativy a dle všeho se jedná o nadějnou cestu, jejíž potenciál ukáží následující roky.

Podle zdrojů energie

Stejně tak důležitým kritériem pro kategorizaci hybridního pohonu je rozdělení podle zdrojů energie, tedy podle zdrojů které se podílejí na pohonu soustavy. Ač pod pojmem hybridní pohon napadne každého kombinace běžného spalovacího motoru a elektromotoru, tak možností ze kterých se skládají, nebo mohou skládat hybridní pohony je mnoho. Rozhodně nejrozšířenější je kombinace zážehového motoru a elektromotoru pro malá hybridní ústrojí a kombinace vznětového motoru s elektromotorem pro velké hybridní pohony nákladních aut a autobusů. Vznětové motory se začínají objevovat i v osobních hybridních automobilech. Akumulátory energie mohou být a bývají všechny následující, pouze hydraulické akumulátory jsou výzkumnou výjimkou.

- **Spalovací motor**
 - Zážehový
 - Vznětový
 - Spalovací turbína
 - Na alternativní zdroje paliva
- **Hydraulický motor**
- **Elektrická energie**
 - Trolej
 - Generátor
 - Solární články
 - Palivový článek
- **Akumulátory energie**
 - Mechanický setrvačnick

- Baterie
- Ultrakapacitor
- Hydraulický vysokotlaký zásobník

Podle cílového prostředku

Hybridní pohon může být aplikovaný na celé řadě vozidel a dopravních prostředcích. Požadavky na pohon bývají zcela odlišné a možnosti pohonu také. Proto je vhodné zavést i dělení podle cílového prostředku.

- Osobní automobil (standardní, sportovní, terénní,...)
- Dodávkové vozidlo
- Nákladní vozidlo
- Autobus, trolejbus
- Vlák, tramvaj, příměstský vlak
- Vojenské vozidla
- Lodě
- Speciální vozidla (Tahače pro extrémní náklad, důlní vozidla, obojživelná vozidla)

Podle účelu

Stejně tak jako se předpokládá kombinace zážehového motoru a elektromotoru, tak se obecně očekává že hybridní pohon se používá pro snížení spotřeby paliva. Možností které motivují výrobce k návrhu a aplikaci hybridního pohonu může být celá řada a velmi záleží na tom o kterého výrobce se jedná a kdo jsou jeho zákazníci. V běžném automobilovém průmyslu je velkým motivem omezování emisí výfukových plynů, což je velký strašák i pro vyspělé automobilky.

- **Snížení spotřeby paliva**
Snížení spotřeby paliva je zákaznický orientovaný cíl, který vychází z potřeb a požadavků zákazníka. Toto platí jak pro osobní automobily, tak především pro nákladní, dodávkové automobily a pro autobusy, kde úspora pohonných hmot vede k poměrně výraznému snížení provozních nákladů. U zákazníků provozujících flotily stejný a stejně provozovaných vozů se velmi snadno dokáže efektivita hybridního pohonu, u vozidel postavených po boku konvenčních vozidel. Zkušenosti z provozu jsou již mnohaleté a proto je efektivita bohatě prokázána. Pro osobní automobily to již neplatí tak jednoznačně, především kvůli dalším požadavkům na vozidlo, méně naježděným km a v mnoha různých režimech. Úspora provozních nákladů je prokazatelná, úspora celkových nákladů již ne tak snadno a nelze to říci obecně. Přesto je snížení spotřeby minimálně velkým psychologickým stimulem.
- **Snížení emisí**
Snížení emisí je významným efektem a možná významnějším než je samotné snížení paliva. Prioritní význam má pro výrobce, kteří jsou motivováni a nuceni legislativně snižovat emise svých produktů a nedodržování platných požadavků má, nebo bude mít značné ekonomické důsledky. Krátkodobé snižování emisí, nebo úsekové snižování emisí v případě plug-in hybridů je zase velmi žádané v městských aglomeracích.
- **Pro efektivnější přenos výkonu**

Toto kritérium se již vzdaluje od běžných osobních vozidel. Platí především pro účelové zlepšení trakčních vlastností pohonu a vlastní přenos výkonu, protože obecný pohled „zvyšování efektivity přenosu výkonu“ znamená zvýšení efektivity pohonu, což je obecné vyjádření které vede k výše popisovaným výhodám spotřeby a emisí. V tomto bodě nám jde o přenos a přesné plynulé dávkování vysokých kroutících momentů při malých rychlostech, které je pomocí klasických konvenčních pohonů komplikované a silně neefektivní. Typické aplikace jsou těžká terénní vozidla, vozidla pro speciální aplikace, atd. V Některých těchto aplikacích je využíván standardně diesel elektrický přenos, který po hybridním „vylepšení“ vede k úspoře paliva a emisí. Tyto vylepšení ale patří to předešlých bodů.

- **Pro klidnější, tišší provoz, teplotní emise**

Hybridní pohon také může být zvolen pro neoddiskutovatelně tišší a klidnější provoz. V některých případech se jedná o primární účel použití hybridního pohonu, v ostatních a častějších případech se jedná o druhotný, ale významný důvod. Klidnější a tišší provoz je žádoucí především ve vozidlech veřejné dopravy, nebo pro luxusní třídu osobních automobilů. Ve speciálních případech jako jsou vojenská bojová vozidla je možné klidný, tichý provoz bez teplotních emisí považovat za prioritu z důvodu snazšího utajení v cílové oblasti.

- **Pro provoz ve speciálních podmínkách**

Některé specifické aplikace kladou specifické požadavky pro pohonnou soustavu a mnohdy se zde provozní variabilita hybridních pohonných jednotek projevuje velmi kladně. K aplikaci hybridní pohonné soustavy mohou vést vlastnosti jinak obtížně dosažitelné.

- **Pro větší kreativitu řešení**

Při pohledu na některé a sofistikované sériově uspořádané hybridní pohony vniká myšlenka, jestli by takového řešení bylo možno dosáhnout nějakou konvenční cestou. Možnosti pohonu jednotlivých náprav návěsů velmi těžkých terénních souprav pomocí elektromotorů, tak jak to na začátku století navrhl Dr. Ferdinand Porsche, je dnes využíváno s velkými úspěchy. Pro designéry a tvůrce futuristických konceptů nekonvenčního vzhledu je velmi vhodný i nekonvenční pohonný systém, který tvůrce neomezuje tradičním rozložením pohonné jednotky.

Podle způsobu navrhování

Důležitým parametrem při kategorizaci hybridních pohonů je i způsob navržení, přesněji komplikovanost geneze vzniku návrhu a konečné konstrukce pohonu, potažmo celého vozidla. Rozpětí z tohoto pohledu může být velmi široké a s tím jsou samozřejmě spojeni finanční, časové i technologické nároky.

- **Rozšíření konvenčního vozidla**

Základní obtížností hybridizace vozidla je jednoduché rozšíření konvenčního vozidla bez zásahů do důležitých částí pohonu, bez změn na ostatní struktuře vozidla. Takto triviální hybridizace je přípustná pouze pro hybridizaci do stupně micro hybrid, případně jednoduché řešení mild hybridu. V principu jde o pouhou výměnu alternátoru, případně nahrazení palubního akumulátoru větším, přeprogramování palubního počítače.

- **Adaptace konvenčního vozidla**

Zde se jedná nejčastěji o zástavbu kupovaného nebo modulového řešení nejčastěji paralelního uspořádání hybridního pohonu. Výměna převodovky za převodovku s elektromotorem, vložení elektromotoru mezi stávající převodovku a motor s pouze drobnými změnami na ostatních dílech vozidla. Zástavba akumulátorů do zavazadlového, nebo motorového prostoru, atd.

- **Přestavba konvenčního vozidla**

Přestavba znamená již zásadnější změny pohonu vozidla, odlišnou, převodovku, dělič výkonu, jiný spalovací motor, nějaké drobnější změny karosérie pro zástavbu již rozměrných akumulátorů, změny na uložení motoru, kompletně nové řízení, a podobné citelné změny vozidla. Sem patří značná část hybridních vozidel s paralelním uspořádáním pohonu dodávaných paralelně s konvenčním pohonem. Dále toto zahrnuje i některé hybridy s kombinovaným uspořádáním.

- **Zástavba zcela odlišného pohonu spojená se zásadními změnami vozidla**

Zde se jedná zásadně přestavěné vozy s významnými změnami podvozku i karoserie vozu a kompletně novým pohonem. Pokročilé kombinované uspořádání s velkým elektrickým výkonem nebo sériové uspořádání často vyžaduje takovéto zásadní změny. Takováto zástavba znamená obvykle změny uložení i rozměrové změny v motorovém prostoru, změny náprav, přestavbu řízení. Je nutno vytvořit prostor pro rozměrné a těžké baterie, které vyvolají pozměněnou karoserii, jinou nádrž, atd.

- **Vývoj hybridního vozidla od prvních počátků**

Tato varianta dává úplnou volnost od konvenčních řešení konstruktérovy i designérovy. Možností je proto mnoho a výsledná vozidla mnohou být velmi dokonalá i neobvyklá, ale zároveň komplexní vývoj vozidla znamená drahý, dlouhý a komplikovaný proces. V současnosti se takto komplexní netradiční řešení neobjevuje příliš často. V případě zcela nového vozidla s hybridním pohonem je ostatní technika blízká současným generacím nebo přicházejícím generacím konvenčních vozidel. Přesto několik vozidel zcela odlišných od konvenčních řešení představilo a chystají se do prodeje.

Základy navrhování

V této kapitole bylo čerpáno z: [02] [03] [38] [39] [44] [37] [42] [18]

Návrh hybridního pohonu je velmi komplexní záležitost vyžadující značnou pozornost a dobré znalosti vstupních parametrů a požadavků. Jak již bylo řečeno v předchozích kapitolách, parametrů a požadovaných vlastností je velké množství, mnohdy jsou zcela protichůdné a parametry které ovlivňují výstupní vlastnosti je ještě více. Proto je jednoznačně nezbytné mít zcela jasnou představu o hybridním pohonem a vědět přesně co můžu očekávat a jak toho dosáhnout.

Podstata hybridního pohonu

Proč je vlastně hybridní pohon výhodný? Hybridní pohon je oproti konvenčnímu pohonu zpravidla výrazně složitější, větší, těžší a bezpochyby dražší, tak proč bychom se jím měli vůbec zabývat? Kromě všech možných dříve popsanych dílčích výhod je základním přínos hybridního pohonu úspora paliva a emisí škodlivin ve výfukových plynech. Oba tyto přínosy

mají pozitivní vliv na výši přímých i nepřímých provozních nákladů. Což má pro běžného uživatele osobních i nákladních vozidel zásadní význam. Jak může být úspornější pohon, který těžší a složitější, když primární zdroj energie je totožný? Maximální účinnost spalovacího motoru se pohybuje až na úrovni 40% (zážehový motor) až 45% (vznětový motor). To je ale pouze maximální účinnost při optimálních provozních podmínkách. V provozu se účinnost spalovacího motoru pohybuje v hodnotách do 20%, při nejméně výhodných režimech, jako je městský provoz o vysoké intenzitě a při zrychlování se účinnost nezdědka dostává pod 10%, někdy se uvádí i 5%. Průměrná účinnost městského provozu je kolem 12%. Hybridní pohon umožňuje zvýšení reálné účinnosti, tím že umožní spalovacímu motoru provoz v oblasti s vyšší efektivitou spalování.

Postup návrhy hybridního pohonu

V první řadě je nutné si udělat jasno v požadavcích na pohon, v provozních podmínkách a prostředí. Nejvhodnější cestou je přesná a podrobná specifikace požadavků na pohon i na celé vozidlo, specifikace požadavků na dynamiku vozidla a při konkrétních podmínkách a definovat extrémní podmínky do kterých se může vozidlo dostat a jeho chování v takové situaci. Vlastní postup návrhu se skládá z následujících kroků:

- Výběr uspořádání hybridního pohonu + stupeň hybridizace
- Výběr akumulátorů energie
- Dimenzování komponent hybridního pohonu
- Výběr konkrétních komponent
- Zástavba hybridního pohonu (kompletní návrh pohonu)

Specifikace provozních vlastností a prostředí

Specifikace provozních vlastností a prostředí je nedílnou součástí návrhu a pro hybridní vozidla má výrazně větší význam než je tomu u konvenčních vozidel. Mezi důležité parametry v této části patří specifikace dynamických vlastností které souvisí s následujícími kritérii. Základní a nejjednodušším parametrem skladba provozu, tedy poměr městského, mimoměstského a dálničního provozu, hustota provozu, dosahované rychlosti, množství rozjezdů, atd. Dalším parametrem může být zatížení vozidla, které má zásadní vliv pro vozidla pro hromadnou přepravu a nákladní vozidla. U zatížení musí znát jeho hodnoty, běžné, průměrné, extrémní a jejich variabilitu. Další významné vlastnosti provozu je míra jeho pravidelnosti, které se dá výborně využít například u městských autobusů provozovaných na stejných nebo podobných linkách a pohon je možné a vhodné dimenzovat na míru. S tím dále souvisí i kompetentnost uživatelů a případná náročnost obsluhy, která se může významně lišit a pro běžného uživatele musí dosahovat zcela intuitivního ovládání, narozdíl od vozidel určených profesionálním řidičům, kteří mohou být proškolení a jejich odbornost je na výrazně vyšší a kontrolovatelné úrovni. A v zcela neposlední řadě je nutné znát provozní prostředí a terén, kde především z hlediska dimenzování pohonu je znalost stoupání a celkově výškového profilu zcela zásadní a výrazně ovlivňuje jednotlivé komponenty. Podobně je tomu i u prostředí, kde nás zajímají vnější teploty, trakční podmínky, nebo například vlhkost a agresivita prostředí.

Výběr uspořádání

Výběr uspořádání přímo vychází z předchozí specifikace provozních vlastností a ovlivňuje výběr uspořádání pohonu s hlediska účinnosti pohonu, která má významný vliv na celkovou vhodnost uspořádání pro daný případ. Dalšími neméně podstatnými faktory je vývojová a

technologická náročnost a možnosti, zkušenosti v výrobce v dané oblasti, nebo přidané užité vlastnosti plynoucí z hybridního pohonu, jako čistě elektrická jízda, pohon více náprav a podobně.

Výběr akumulátorů

Výběr akumulátorů je důležitý, jak z technického hlediska konečných užitečných vlastností, tak i a především z ekonomických důvodů, protože cena akumulátoru tvoří zpravidla značnou část ceny hybridního vozidla (10-40%). V prvním kroku je nutné definovat nároky na kapacitu a výkony akumulátorů, protože v rozdílnost může být velmi značná (akumulátory plug-in hybridu vs mikrohybridu). Dále jsou to zástavbové možnosti jak z hlediska velikosti, tak hmotnosti, která může dosahovat u osobního automobilu i několika stovek kilogramů. V souladu by měla být i plánovaná užitečná životnost vozidla s životností akumulátorů. V úvahu je nutné brát i předpokládaný trend ceny akumulátorů, která může během zavádění vozidla do výroby i několikrát klesnout v porovnání s cenou v době vývoje a návrhu pohonu. V neposlední řadě je nutné uvažovat i bezpečnostní omezení jednotlivých technologií akumulátorů a náročnost na údržbu a dlouhodobý provoz.

Dimenzování hybridního pohonu

Pro dimenzování hybridního pohonu a jeho komponent musíme mít již splněné předešlé kroky a znovu je zpracovat do výpočtů. Základem by mělo být vytvoření věrohodného matematického modelu vozidla jeho chování při provozu, tak aby bylo možné simulovat jeho chování v jednotlivých fázích provozu, při různém zatížení a dalších vlivech. U matematického modelu je vhodné vyjít z již známého a vyzkoušeného, nebo model ověřit nějakým dílčím měřením a pojistit se dostatečnou rezervou. Rezerva se musí volit podle situace a konkrétního typu vozidla a aplikace. Jako zásadní parametr prostředí se projevuje stoupání a zatížení. Výpočty musí být provedeny pro průměrné jízdní zatížení při kterém bude vozidlo provozováno nejčastěji, ale také pro extrémní případy zatížení/ jízdního profilu při kterých jsou ještě kladeny požadavky na dynamiku jízdy. Dále pak je potřeba ověřit provozuschopnost i v extrémním stoupání, klesání, tak aby byla zaručena mobilita i nejméně výhodných případech (vybité akumulátory, atd.). Na hodnoty průměrného jízdního zatížení by měl být pohon navržen, tak aby dosahoval nejvyšší účinnosti, tak aby akumulátory byly zatěžovány optimálními hodnotami, spalovací motor aby byl provozován v optimálním spektru z hlediska spotřeby, aby hybridní pohonný systém byl schopen pojmout všechnu energii rekuperovanou při běžném provozním brzdění, atd. Maximální hodnoty jsou zase významné pro celkový výkon a kapacitu soustavy. Kapacita akumulátorů se volí jednak podle požadované kapacity, která vyplyne z předchozích výpočtů, tak i z požadavků na dodávaný a absorbovaný výkon. Pro každý typ uspořádání jsou zcela odlišné požadavky i postupy pro určování parametrů dílčích komponent pohonu. Proto nezle snadno zformulovat konkrétní postupy a kroky pro dimenzování pohonu a je potřeba postupovat ke každému řešení individuálně a svědomitě.

Zástavba hybridního pohonu

Zástavba hybridního pohonu má také svá specifika, protože se jedná o zástavbu několika poměrně rozměrných a hmotných komponentů se specifickými požadavky. Většina komponentů vyžaduje aktivní či pasivní chlazení, a proto je nutné zabezpečit přísun dostatečného množství vzduchu. Rozložení komponentů musí být logické i z hlediska výkonových toků, protože mezi jednotlivými komponenty proudí značné množství elektrické energie, tak je nutné dbát na minimální délku kabelového vedení pro omezení ztrát z přenosu. I samotné kabelové vedení pro tak velké výkony je poměrně velké, těžké i drahé, tak je

potřeba počítat s rozměry i cenou kabeláže. Zástavba paraleního a kombinovaného uspořádání je obdobná konvenčnímu řešení, ale sériové uspořádání nám umožňuje značnou variabilitu zástavby.

Komponenty hybridního pohonu

V této kapitole bylo čerpáno z: [01] [02] [03] [05] [10] [14] [18] [27] [37] [38]

Pro výrobu hybridních pohonů je potřeba poměrně velké množství konkrétních komponentů, samostatných celků, které jsou často přejímány z jiných průmyslových aplikací, nebo jsou vyvíjeny přímo pro použití v hybridních pohonech. Mezi základní skupiny komponentů patří:

- Spalovací motor
- Elektromotor
- Akumulátor energie
- Elektrická a elektronická výstroj

Spalovací motor

Spalovací motory vhodné pro hybridní pohony se značně liší podle konkrétních hybridních vozidel. Za vhodné lze považovat motory od malých zážehových motorů po mohutné vznětové agregáty nebo spalovací turbíny. Na výběr spalovacího motoru má značný vliv i uspořádání hybridního pohonu. Pro paralelní kombinované hybridy se zpravidla více hodí zážehové motory, především pro malá vozidla a malé výkony, kde pro využití start/stop funkce není malý vznětový agregát tak vhodný. Pro velká vozidla s paralelním nebo kombinovaným uspořádáním se hodí zase vznětové agregáty pro svoji vyšší termodynamickou účinnost. Pro sériové uspořádání se používají také vznětové a zážehové agregáty, ale velmi výhodné se zde zdají spalovací turbíny pro ještě vyšší termodynamickou účinnost a možnost vhodně využívat konstantní provozní režimy. Pro sériové pohony pro velká vozidla, autobusy, nákladní vozy se často používají diesel-elektrické agregáty průmyslově vyráběné a používané jako běžné dieselelektrické agregáty, protože se vyznačují slušnými parametry a jsou dostatečně prakticky ověřeny. Zážehové a vznětové jednotky se často používají převzaté z konvenčních vozů, ale speciálně vyvinuté agregáty přesně splňující požadavky hybridních aplikací nejsou výjimkou.

Elektromotor

Požadavky na elektromotory pro hybridní vozidla jsou podobné jako požadavky na konvenční elektromobily a podobné aplikace elektromotorů. Tak trend elektromotorů kopíruje obecné trendy v elektro průmyslu. Dříve hojně využívané stejnosměrné elektromotory jsou na ústupu a postupně přes střídavé asynchronní motory se přechází k synchronním motorům. Jako nejlepší, plošně se prosazující řešení se jeví třídavý synchronní elektromotor s permanentními magnety. Používány jsou permanentní magnety ze vzácných kovů, což způsobuje vysokou efektivitu pohonu, malou hmotnost a rozměry ale zároveň jsou tyto motory poměrně drahé. Samostatnou kapitolou jsou kolomotory, tedy elektromotory integrované do náboje kola. Především pro aplikace, kde zvýšené neodpružené hmoty nejsou až tak zásadní, se velmi hodí a těží především z velmi vysoké mechanické účinnosti a minimálních zástavbových rozměrů.

Akumulátor energie

Akumulátory energie jsou důležitou součástí hybridního pohonu. Mají poměrně zásadní vliv na celkové užité vlastnosti i na provozní a pořizovací náklady. Technologií používaných v hybridních vozech je celá řada, v současné době se prosazují především modernější varianty, které jsou parametry ve velké výhodě, ale cenově jsou značně náročné. Protože akumulátory jsou jednou ze zásadních slabin současných hybridů a především plug-in hybridů a zároveň skýtají velkou odbytovou příležitost pro jejich výrobce, tak je vývoje toho odvětví investováno mnoho peněz a úsilí, a proto lze očekávat značné zlepšení vlastností v následujících letech. V současné produkci hybridních vozů se stále ještě prosazují NiMH akumulátory, které jsou ale poměrně zastaralé, leč cenově výhodné. Podle posledních novinek se ale zdá, že již v blízké době budou plně nahrazeny modernějšími akumulátory, především Li-Ion a Li-FePO₄ se zdají být aktuálně optimálním akumulátorem.

Pb

- Dříve používané hojně
- Dnes zastaralé a pro pohon nevhodné
- Těžké, velké
- Malá životnost
- Značné samovybíjení
- Malá výkonnost a příliš pomalé nabíjení

NiCd

- Nástupce Pb akumulátorů, používány v polovině 90. let
- Dobrá životnost, komplikovanější údržba
- Paměťový efekt
- Poměrně robustní
- Omezení výroby (EU)

Ni-Mh

- Stále používané pro přijatelnou cenu
- Zlepšená životnost, přesto neideální
- Špatná výkonnost při nízkých teplotách
- Paměťový efekt (v menší míře než u NiCd, přesto citelný)
- Velké samovybíjení

Li-Ion

- Počátek Li-xxx generace akumulátorů, výrazný krok „vpřed“
- Dobré výkonové parametry
- Rychlonabíjení
- Žádný paměťový efekt
- Dostupná cena

Li-PO

- Výkonné
- Velmi citlivé
- Forma gelových „pytlíků“
- Problematická bezpečnost provozu

- Problematická životnost
- Dobrý výkon, vysoká účinnost cyklu, malá hmotnost

LiFePO₄ a LiFeYPO₄

- Nová generace akumulátorů
- Výborné nabíjecí i vybíjecí proudy
- Vysoká životnost
- Vysoká účinnost cyklu
- Zatím vysoká cena
- Současný trend a blízká budoucnost

NaNiCl a NaAlCl₄

- Vyžaduje zahřátí elektrod na cca 270°C
- Vysoká životnost a účinnost
- Vhodné pro vlaky a další velká vozidla

Utrakapacitor

- Speciální „kondensátor“ o velké kapacitě
- Umožňuje nabíjet a vybíjet velmi velkým proudem
- Velká účinnost cyklu, zanedbatelné samovybíjení
- Malá kapacita, velká cena
- Ideální pro rekuperaci energie

NiH₂

- Až 20 000 cyklů a 100% cykly

Setrvačnick

- Mechanický akumulátor energie
- Setrvačnick o velmi vysokých otáčkách (až 160 000 ot/min)
- Problematika umístění (moment setrvačnosti)
- Převládá Elektrický přenos energie, flexibilnější
- Mechanická vazba je složitější (trvale připnutý variátor), ale účinnější
- Využití F1 (KERS)

Významné parametry

- Objemový, hmotnostní výkon, kapacita
- Samovybíjení
- Účinnost cyklu
- Životnost v cyklech a letech
- Cena vztažená na kapacitu

Vývoj cen akumulátorů

- Cena akumulátoru tvoří významný podíl z ceny vozidla
- Nutno počítat s vývojem ceny akumulátoru

Elektrická a elektronická výstroj

Elektrická výstroj hybridního vozidla nenápadně tvoří objemově, hmotnostně i cenově značnou část výsledného vozidla. Proto je nutno s ní uvažovat od počátku návrhu vozidla.

Řídící výkonná elektronika trakčního motoru a generátoru

- Vysokofrekvenční a napěťový měnič
- Přímé řízení a napájení elektromotoru
- Nezanedbatelné rozměry a hmotnost
- Zpravidla vyžadují aktivní chlazení
- Mohou být samostatné nebo integrované s ostatní elektronikou

Elektronika pro akumulátor

- Má na starost nabíjení a vybíjení akumulátoru a jeho ochranu
- Pro některé akumulátory obsahuje napěťový měnič (Ultrakapacitory)
- Některé je nutno aktivně chladit
- Mnohdy se jedná o integrovanou součást akumulátorového modulu

Hlavní řídící elektronika

- Hlavní elektronika, která se stará o řízení všech součástí pohonného systému
- Vhodné rozdělování energetického toku, spouštění a vypínání generátoru
- Zásadní význam pro hospodárnost a efektivnost pohonu

Kabelové vedení

- Přenos velkých výkonů
- Výkonové vodiče by měli být co nejkratší (velké, těžké, ztráty)
- Logické uspořádání jednotlivých komponent

Konektory

- Unifikovaný konektor pro dobíjení (absolutní nutnost)
- Od roku 2009 dohoda GM, VW, BMW, Fiat, Toyota, Mitsubishi, RWE, EoN, atd.
- Pro napětí do 400 V (rychlónabíjení)

Elektrifikace podpůrných systémů

- Nahrazení mechanických, pneumatických pohonů některých systémů elektromotorem
- Klimatizace, ovládání dveří, větrání, chlazení, atd.

Aplikace hybridních pohonů v automobilových aplikacích

V této kapitole bylo čerpáno z: [03] [02] [37] [36] [42] [18] [08] [28] [15] [22] [31] [14] [13] [16] [12] [17] [32] [23] [01] [21] [29] [36] [10] [34] [40] [35] [06] [42] [43] [30]

Jak již bylo několikrát řečeno, hybridní vozidla zažívají v současné době opravdový „boom“ a jedním z důkazů může být jejich nabídka. Ještě před několika lety bylo množství nabízených hybridních modelů, nebo představených studií velmi malé a v podstatě existoval jen jeden model Japonské Toyoty a dva modely Hondy. Dnes toto množství exponenciálně roste a každý autosalón představuje celou řadu hybridních novinek. Již prodávané nebo v blízké době do prodeje uvedené hybridní vozidla dosahují několika desítek modelů a studií, vizí a předprodejních prototypů jsou již stovky modelů. Následující přehled představuje neúplný výčet představených hybridních vozů k listopadu 2009.

Audi 100 Duo	Cadillac Escalade	Audi A1
Toyota Prius	Chevrolet Tahoe	Proton Gen-2 EVE Hybrid
Audi A4 Duo	Chevrolet Silverado	Volkswagen Touareg TSI
Honda Insight	Dodge Durango	hybrid
Toyota Estima	GMC Sierra Hybrid	Honda Fit Hybrid
Mazda Demio	GMC Yukon Hybrid	Honda CR-Z
Dyna Diesel Hybrid	Honda FCX Clarity	Toyota Auris Full Hybrid
Honda Civic Hybrid	Roewe 750	Toyota Sienna
Renault Kangoo	Saturn AURA Green Line	Peugeot 307 CC Hybride HD
Suzuki Twin	Toyota Crown	Daihatsu Hijet Cargo Hybrid
Toyota Alphard	BYD F3DM	Ford hybrid car
Honda Accord Hybrid	BMW X6 ActiveHybrid	Kia Rio
Ford Escape Hybrid	Mercury Milan Hybrid	Hyundai Accent hybrid
Chevrolet Silverado	Honda Insight	Opel Astra Diesel Hybrid.
Hybrid	Toyota Prius	Porsche Panamera
Lexus RX 400h	Lexus RX 450h	Saab
Mercury Mariner hybrid	Lexus HS 250h	Toyota Corolla
Toyota Highlander	Mercedes S400 BlueHybrid	Mahindra hybrid
Hybrid	Mercedes ML450 Hybrid	Toyota FT-HS
Lexus GS 450h	Fisker Karma	Porsche Cayenne hybrid
Saturn Vue Green Line	Phoenix MotorCars	BMW Concept X6
Toyota Estima	Aptera Motors' Aptera 2h	ActiveHybrid Mild hybrid
Lexus LS600hL	BMW 7-series	Ženeva 2010: desítky
Mazda Tribute	ActiveHybrid	hybridních modelů, verzí,
Nissan Altima	Chevrolet Volt	prototypů a studií
Saturn Aura Green Line		
Hybrid		

Kooperace a modulární řešení

Vývoj i výroba hybridního pohonu představuje zpravidla značné náklady a investice, které se vzhledem k relativně nízkým prodejům v porovnání s konvenčními verzemi automobilů těžko umocňují, a výsledné reálné ceny hybridů by je zcela odstavily od komerčních úspěchů.

Zejména proto se v hybridních automobilech velmi dobře uplatňuje kooperace mezi výrobcí a modulární přístup. Na současném trhu lze vypořádat spolupráci i mezi přímými konkurenty a to jak na konkrétním součástech pohonu, tak i na úrovni obecného vývoje a formulace nejlepší cesty pro budoucí vývoj. Zdá se že tato cestě je pro hybridizaci běžných automobilů klíčová, protože značně urychluje dostupnost hybridních automobilů pro koncové zákazníky. Další cestou je forma zástavbových systémů. Ve své podstatě to znamená nákup a adaptaci hybridních systémů a poměrně snadnou zástavbu do vyráběných produktů. Tím je možné v poměrně krátké době, za poměrně nízké inicializační náklady nabídnout funkční hybridní vůz na dobré technické úrovni. A jako další výhodu tohoto řešení je možné považovat poměrně jistý výsledek, který je dobře prověřený v podobných aplikacích. Tato cesta je ideální pro menší série hybridních vozidel.

Hybrid Synergy Drive – HSD

- Toyota, Lexus, Nissan (cca 10 modelů)
- Full hybrid, kombinované uspořádání
- 2 Elektromotory a dělič výkonu
- III. Generace v prodeji

Global Hybrid Cooperation – Two-mode hybrid, ASH2

- BMW, Daimler, GM, Chrysler LLC
- Rozsáhlý komplet řešení od osobních aut po velké autobusy a nákladní vozidla
- 2 nebo 3 planetové soukolí a 4 spínané spojky
- 2 až 3 elektromotory

Belt Alternator Starter – BAS

- GM, Mild hybrid
- Start-Stop systém
- Nejlevnější a nejjednodušší cesta k hybridu
- Allison EP 40, 50 -Drive System

Global Hybrid Cooperation

- Pro městské a příměstské autobusy
- Podoba běžné převodovky, snadná zástavba
- Již přes 1 500 autobusů, především Severní Amerika
- Přes 150 milionů km v provozu

BAE HybriDrive System

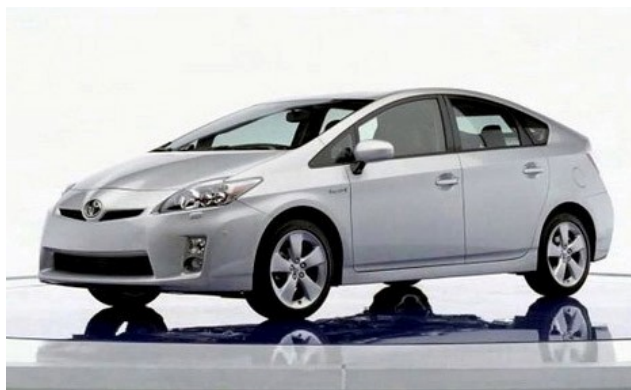
- Sériový hybrid pro městské autobusy
- Přes 2 000 jednotek v Severní Americe a Evropě
- Ušetřil 20 milionů litrů nafty

Současné aplikace v automobilovém průmyslu- osobní vozy

Toyota Prius

Toyotu Prius lze zcela jednoznačně označit za průkopníka masového rozmachu hybridních vozů. V současné době se prodává již třetí generace, která překonává necnosti prvních dvou a dle reakcí zákazníků se stane oblíbeným a dobře prodávaným vozem nejen v USA ale po celém Světě

- **Generace 1997-2003**
 - Zážehový- 58(70) PS
 - Elektrický- 40(44) PS
 - Spotřeba 5,7 l/100 km
- **Generace 2004–2009**
 - Zážehový- 86 PS
 - Elektrický- 67 PS
 - Spotřeba 5,2 l/100 km
- **Generace 2009+**
 - Zážehový- 98 PS
 - Elektrický- 85 PS
 - Spotřeba 4,9 l/100 km
- Kombinovaný hybrid
- HSD platforma
- Ni-Mh akumulátor 1,3 kWh
- Plug-in verze:
- Sériová v přípravě, 20km
- Několik dodavatelských řešení
- Celkový prodej 1,3 mil vozů (červen 2009)
- Mnoho mezinárodních ocenění a velmi dobré uživatelské hodnocení
- Prodejní cena v USA - 22 500+ USD
- Prodejní cena v ČR – 660 - 900 tis. Kč



Obr. 12 – Toyota Prius [18]



Obr. 13 – Toyota Prius [18]



Obr. 14 – Toyota Prius [18]

Honda Insight

- **Generace 2000-2006**
 - Zážehový- 70 PS
 - Elektrický- 13 PS
 - Spotřeba 5,7 l/100 km
- **Generace 2010+**
 - Zážehový- 88 PS
 - Elektrický- 13 PS
 - Spotřeba 4,4-4,6 l/100 km
- Manuální (1.gen) nebo CVT převodovka
- Paralelní mild hybrid (IMA)
- První hybrid v USA
- Citelně menší cena než Prius (pod 20 tis. USD)
- Druhá generace je přímá konkurence Toyoty (3G)



Obr. 15 – Honda Insight [18]



Obr. 16 – Honda Insight [08]



Obr. 17 – Honda Insight [08]

Honda Civic Hybrid

- První sériové hybridizované auto
- 2. Generace v prodeji
- Zážehový motor 95PS + 20PS elektromotor
- Spotřeba 5,2 – 5,9 l/100 km
- NiMH akumulátor 0,72 kWh
- Mild hybrid
- CVT + IMA (Insight)



Obr. 18 – Honda Civic Hybrid[22]

Honda CR-Z

- 2007 Tokyo Auto Show
- Koncepční nástupce „legendy“ CRX
- Levný sportovní vůz nové generace
- Zima 2010- Prodej v Japonsku
- IMA elektromotor 14 PS
- Motor 1,5 l (114PS) a manuální 6 stupňová převodovka nebo CVT



Obr. 19 – Honda IMA agregát [22]



Obr. 20 – Honda CR-Z[15]

Chevrolet Volt

- Sériové uspořádání!!
- Plug-in hybrid s dojezdem až 64 km
- Akumulátory Li-Ion 16 kWh (8,8 kWh využitelná kapacita), 170 kg
- Zážehový 4 válec 1,4 l, 72PS (předpokládají se různé variace)
- Elektromotor 149 PS
- Spotřeba 4,7-4,9 l/ 100km
- Výrazný krok kupředu
- Naděje pro GM



Obr. 21 – Chevrolet Volt [15]



Obr. 23,24 – Chevrolet Volt[31][46]

Chevrolet Tahoe Hybrid

- „Americká cesta k zákazníkovi“
- ASH2 platforma (Global hybrid cooperation)
- Spalovací motor: 6,0 l V8 - 332PS
- 2x elektromotor 81 PS
- Ni-MH akumulátor
- 2WD i 4WD
- Město 11,2 l/ 100km (2WD)



Obr. 25 – Chevrolet Tahoe Hybrid[14]

- Mimo město 10,8 l/ 100km
11,8 l/ 100km (4WD)
- Úspora paliva: 25% mimo město a až 40% ve městě
- 200 kg nárůst hmotnosti (pohotovostní 2500 kg)
- Cena 50 tis. USD



Obr. 26 – Chevrolet Tahoe Hybrid[14]

Lexus RX450h

- HSD platforma
- Spalovací motor 3,5l / 245 PS
- 2 synchronní elektromotory s permanentními magnety– 166PS+ 67PS
- Ni-MH akumulátory
- Čistě elektrický dojezd 5-7 km
- Spotřeba: Město 7,8l/ 100km,
mimo město 8,4 l/ 100km (testy 9-9,5 a až 12 l/ 100km)



Obr. 27,28 – Lexus RX450h [14]

Lexus LX600h

- HSD platforma
- Zážehový motor: 5.0l V8 / 438PS
- Spotřeba město 10,7 l/100km a mimo město 11,8 l/100 km
- 400 kg těžší než LS460!! (4WD)
- 70% menší emise než konkurence
- Znatelné snížení vibrací a hluku (nejtišší sedan)
- Cena 104 tis. USD (konvenční LS460 je o 47 tis. USD levnější!!)
- Roční prodej cca 6 000+ ks



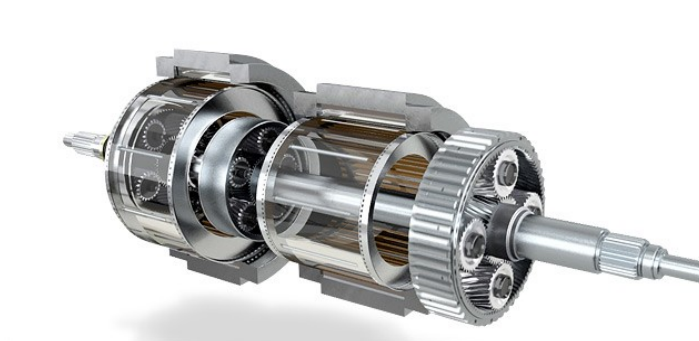
Obr. 29 – Lexus LX600h [14]

BMW X6

- ASH2 platforma (Global hybrid cooperation)
- Kombinovaný hybrid
- Spalovací motor: V8 4,4l / 407PS
- Elektromotory: 91PS a 86PS
- Čistě elektrický dojezd 2,5km (max. 60 km/hod)
- Akumulátory: NiMh (cena) 2,4kWh
- Úspora paliva cca 20% (9,9 l/ 100km)



Obr. 30 – BMW X6 [13]



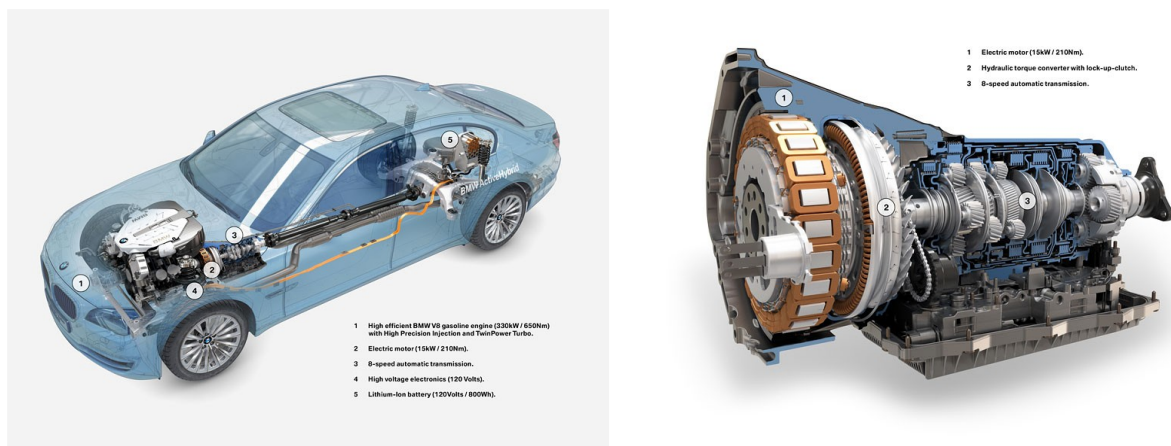
Obr. 31,32 – BMW X6 [14][21]

BMW ActivHybrid 7

- Mild hybrid
- Spalovací motor: V8 4,4l / 445PS
- Elektromotor: 20PS
- Akumulátor: 120V Li-Ion, 0,4 kWh
- Z 0-100 km/hod za 4,8s
- Průměrná spotřeba 9,4l/ 100km (15-20% úspora proti 750i)
- 100kg nárůst hmotnosti
- Kooperace s MB (MB S400 Hybrid)



Obr. 33 – BMW ActivHybrid 7 [08]



Obr. 34,35 - BMW ActiveHybrid 7 [21]

Rolls Royce Ghost

- Adopce ActiveHybrid7 (BMW)
- Zážehový motor: V12 6,2l / 563PS
- Elektromotor 27PS
- Akumulátor: Li-Ion / 0,6kWh
- Snížení spotřeby 15% a lepší dynamika a jízdní komfort



Obr. 36 – RR Ghost [18]

Mercedes-Benz S400 Hybrid

- Mild hybrid
- Kooperace s BMW (BMW ActiveHybrid 7)
- Spalovací motor: V6 3,5l / 279PS
- Elektromotor: 20PS
- Akumulátor: 120V Li-Ion, 0,7 kWh
- Z 0-100 km/hod za 7,2s
- Průměrná spotřeba 7,9l/ 100km, 22% úspora proti S350- V6/279PS
- 75kg nárůst hmotnosti



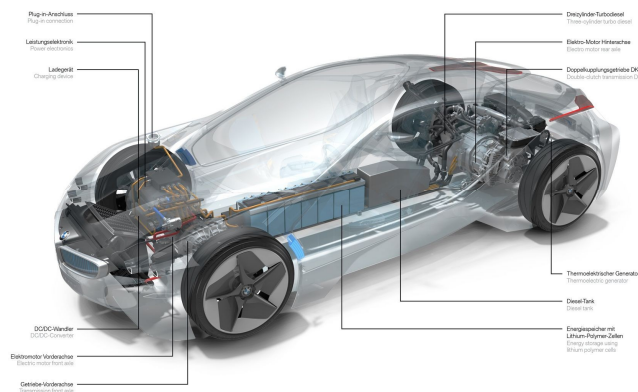
Obr. 37 – MB S400 Hybrid [18]

BMW Vision EfficientDynamic

- Technologická a designová vize
- Cíle: výkonnost M3 při minimální spotřebě
- Vznětový 3 válec 1,5l / 163PS
- Elektromotory: 2x80PS a 1x33PS
- Akumulátor Li-PO 10,8 kWh
- Čistě elektrický dojezd cca 50km
- Z 0-100 za 4,8s
- Spotřeba 3,75l/ 100km
- Nízká hmotnost, dobrá aerodynamika, pokročilé řízení



Obr. 38 – BMW Vision Efficient Dynamic [13]



Obr. 39,40 – BMW Vision Efficient Dynamic [13]

Fisker Karma

- Vize proměněná v realitu (možná)
- Plug-in sériový hybrid
- Zážehový motor: 2,0l 260PS
- Elektromotor: 2x 203PS
- Akumulátory Li-Ion, 22,6kWh
- Čistě elektrický dojezd 80 km
- Z 0-100 km/hod za 5,8s
- Pohotovostní hmotnost 2070kg
- Cena 87,5 tis. USD
- Oddalování výroby (aktuálně polovina 2010)
- Následuje Coupe a levnější sedan (47 tis. USD) vs Volt



Obr. 41 – Fisker Karma [18]

Porsche Cayenne S Hybrid

- Společně s VW Touareg a Audi Q7 (?)
- Full hybrid paralelní
- Zážehový motor V6 3,0l / 333PS
- Elektromotor: 52PS
- Čistě elektrický dojezd 2km (max 50 km/h)
- Zrychlení podobné jako Cayenne S
- Akumulátor Ni-Mh (1,2 kWh)
- +165kg
- Spotřeba kolem 9 litrů
- Vypínání motoru při jízdě z kopce do rychlosti až 160km/hod



Obr. 42 – Porsche Cayenne S Hybrid [16]

Ferrari Hybrid

- Do roku 2015 představí hybridní model
- Adaptace KERS z F1
- Patent na Hybridní 4WD
- Separace pohonů na jednotlivé nápravy
- Přední náprava elektrická, zadní spalovací
- Hybridní pohon primárně pro lepší výkonnost, ne pro ekonomičnost provozu (tvrdí Ferrari)



Obr. 43 – Ferrari Hybrid [13]

Jaguar XE hybrid

- Sériový plug-in hybrid
- Zážehový motor: pravděpodobně přepínaný benzínový tříválec
- Li-Ion akumulátory a čistě elektrický dojezd 50 km
- Pohon bude sdílet s modely XJ, XF



Obr. 44 – Jaguar Hybrid [13]

Hybridní nákladní a užitková vozidla

Nákladní a užitková vozidla určená pro městský provoz představují ekonomicky i funkčně výrazně vhodnější objekt pro hybridizaci než je tomu u běžných osobních vozidel. Vozidla používána jako rozvážkové prostředky pro zásobování v městských aglomeracích, vozidla pro poštovní a kurýrní služby, popelářská vozidla a jiná údržbová vozidla, to jsou všechno dopravní prostředky s ideálními provozními podmínkami, tak aby bylo možné plně využít výhod hybridního pohonu. První podmínkou je městský provoz plný rozjezdů a zastavování. Splňují bezesbytku. Dále je vhodné plné zatížení a pravidelný provoz, což je také do značné míry splněno. Další výhody v podobě přímých i nepřímých výhod plynoucích z nižších emisí, menšího hluku, většího dojezdu jsou také citelným přínosem. O úspěchu hybridního pohonu pro tyto vozidla budou zcela jednoznačně rozhodovat celkové náklady na vozidlo za životnost. Jak je již mnohokrát spočítáno a prokázáno, nejvyšší podíl na celkových nákladech tvoří provozní náklady a zejména náklady na pohonné hmoty. Úspora pohonných hmot v případě těchto aplikací snadno ověřitelná a prokazatelná díky velkému počtu vozidel vykonávajících podobnou činnost. Prokázaná úspora se pohybuje kolem 30%.

Renault Hybris

- Středně těžké nákladní vozidlo
- Paralelní full hybrid
- Vznětový motor: 320PS
- Elektromotor 95PS (135PS špičkově)
- Čistě elektrický dojezd 2km
- Do 20km/h elektrický pohon
- Úspora kolem 30%



Obr. 45 – Renault Hybris [15]

Mitsubishi Fuso Hybrid

- Paralelní full hybrid
- Vznětový motor: 127PS
- Elektromotor 47PS (synchronní s permanentními magnety)
- Li-Ion akumulátory
- V prodeji zatím pouze v Japonsku



Obr. 46 – Mitsubishi Fusio Hybrid [26]

Eaton Diesel-Electric Hybrid Truck

- CocaCola, Fedex
- Úspora paliva 37%
- Redukce „volnoběhu“ o 87%
- 40% nárůst pořizovací ceny
- Až 12 tis USD Federální dotace (USA)
- Testováno velkými odběrateli, což vedlo k objednávkám několika set kusů



Obr. 47 – Eaton Hybrid [21]

Městské a příměstské autobusy

Zde je situace obdobná jako je tomu u předchozích nákladních vozidel. Pouze pravidelnost provozu je zde na vyšší úrovni a umožňuje přesnější adaptaci pohonu konkrétní aplikaci a tím dále zvýšit efektivnost pohonu a celého systému.

New Flyer DE40LF, GE40LF...

- Modulový systém pohonu (možnost mnoha variant)
- Pro modely od 9 do 18 m
- Sériové i kombinované uspořádání (Allison, nebo ISE Siemens)
- Akumulátor: Ni-MH nebo Ultrakapacitor
- Lepší dynamika, nižší spotřeba
- Nižší vibrace
- Výrazné snížení poruchovosti vozů



Obr. 48 – New Flyer [29]

Orion VI, VII hybrid

- Nejprodávanější hybridní autobus (1500+, cca 60% podíl na trhu v severní Americe)
- Modulární BAE System, sériové uspořádání
- Vznětový motor 260PS, generátor 163PS, elektromotor 250PS
- LiFePO4 akumulátory
- 30% úspora paliva, cca 3x poruchovost (prokázáno testováním)



Obr. 49 – Orion VII Hybrid [36]

Volvo 7700

- Paralelní full hybrid
- Vznětový agregát: 5,0l/ 210PS
- Elektromotor 163PS (trvale 95PS)
- Li-Ion akumulátor umístěný ve střešních modulech (4,8 kWh)
- Úspora paliva je kolem 35% a snížení emisí je 50%
- 100kg nárůst hmotnosti vlivem hybridního pohonu



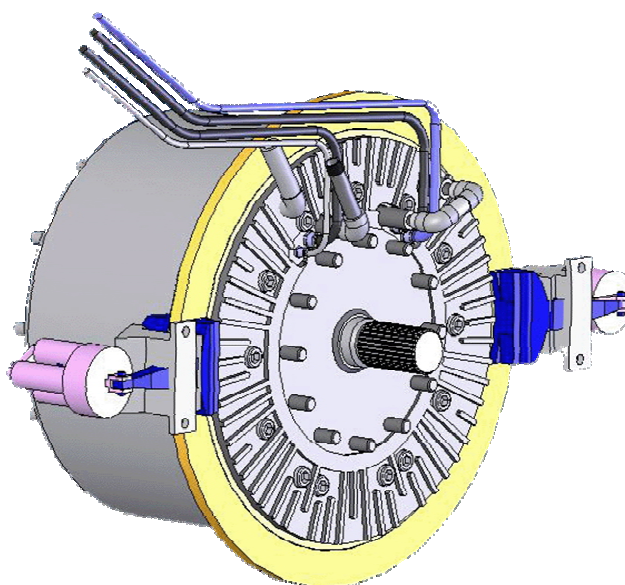
Obr. 50 – Volvo 7700 [03]

E-Traction Bus Whisper 3G

- První autobus s kolomotory
- Sériové hybridní uspořádání
- Plug-in hybrid
- První generace disky o průměru 715 mm, druhá generace již standardní 22,5“ (572 mm)
- Velké úspory oproti ostatním řešením (minimální mechanické ztráty, uváděno 40-70%?)
- Akumulátor: Li-Ion, kapacita 33,6 kWh



Obr. 51 – E-Traction Bus 3G [10]

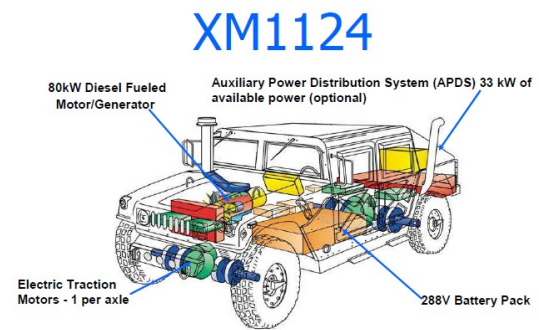


Obr. 52 – E-Traction Bus 3G [10]

Ostatní dopravní technika

XM1124 Hybrid Electric HMMWV

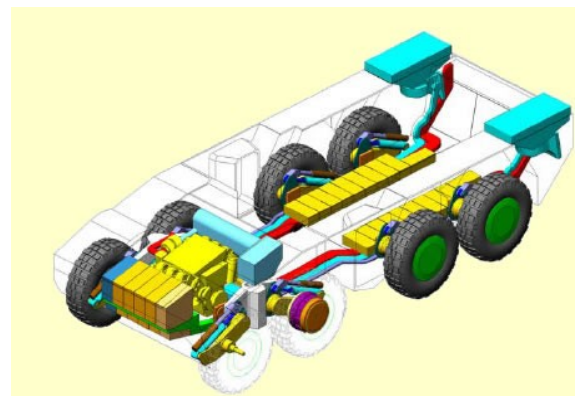
- Sériový full hybrid
- Diesel-generátor: 80kW
- Dva elektromotory, každý na jedné nápravě
- Několik testovacích variant akumulátorů
- 33 kW palubní elektrický zdroj
- Maximální rychlost je 135 km/h místo 110 km/h
- Zrychlení z 0 na 80km/h je 7 s místo 14 s !!!
- Poloviční spotřeba paliva!!!
- Možnost využití jako elektrocentrála
- Dojezd, teplotní emise, bezhlučný provoz



Obr. 52,53 – XM1124 Hybrid Electric [35][35]

HEMTT A3

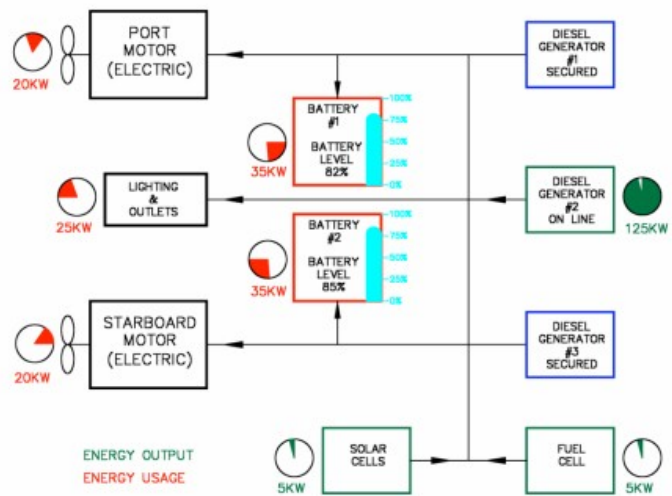
- Pohon ProPulse, sériový hybrid
- Vznětový motor a generátor: 470PS
- Elektromotory: Jeden pro každou nápravu s planetovou převodovkou
- Akumulátor energie: Ultrakapacitory (0,5 kWh)
- 20-40% úspora paliva, výrazné zlepšení jízdních vlastností
- Pohotovostní hmotnost 15,9 t
- Maximální hmotnost 32t /47 t
- Stoupavost až 60%!!



Obr. 54,55 – HEMMT A3 [42][43]

RiverQuest Explorer

- Experimentální hybridní výletní loď
- Délka 27m, kapacita 150 pasažérů
- Diesel-generátory na bionaftu, solární články, palivové články, větrné elektrárny a potřebné akumulátory
- Komplexní energetické řízení a optimalizace jednotlivých zdrojů
- Slouží k demonstraci možností a postupnému testování technologií



Obr. 56 – RiverQuest Explorer [30]

Ženeva 2010

Poslední velký autosalón prokázal aktuálnost hybridních vozidel. Ještě nikdy nebylo představeno tolik hybridních vozidel a studií najednou jako zde. I automobilky, které zůstávaly stranou od hybridního dění představily mnoho konceptů vizí i předprodukčních vozů. Lze očekávat že podobný trend bude udržován i na následujících autosalónech.

Hyundai i-flow

Ferrari 599 HY-KERS

Audi: A1 e-tron

A8 Hybrid

Q5 Hybrid

Infiniti M35 Hybrid

Porsche: Cayenne

Panamera

911 GT3 R Hybrid

Porsche 918 Spyder

BMW Concept 5 ActiveHybrid

Opel Ampera

Opel Flextrex GT/E Concept

I.DE.A Sofia

Volkswagen- změna strategie:

Jetta hybrid

Golf Hybrid

Passat Hybrid

Touareg Hybrid

Toyota Auris Hybrid

Lexus CT 200h

Lotus Evora 414E Hybrid

Mercedes-Benz F800

Giugiaro Proton Hybrid Concept

Kia Ray

Citroën DS High Rider

Peugeot 3008 Hybrid4

BMW Concept 5 ActiveHybrid

- Paralelní full hybrid
- Základ: BMW 535i – 3.0V6
220kW Twinturbo
- 8 stupňový automat s
elektromotorem
- Elektromotor 40 kW
- Úspora nejméně 10% paliva
- Pokročilé řízení spotřeby ve
spojení s GPS



Obr. 57 – BMW Concept 5 ActiveHybrid [15]

Audi A1 e-tron

- Sériový hybrid
- Synchronní EM 45kW/ 75kW
krátkodobý výkon
- Plug-in hybrid: 3 hodinové
nabíjení z 3 fázové zásuvky
- 380V Li-Ion akumulátor 12kWh,
váha 150 kg
- Wankelův motor 0,25l 15kW
- Celý generátor cca 70kg!
- Celková hmotnost 1190kg!
- Za 10,2s na 100km/h, spotřeba
1,9l/ 100km



Obr. 58 – Audi A1 e-Tron [08]

Mercedes-Benz F800

- Vize nového CLS
- Paralelní full hybrid
- Zážehový motor: V6 3,5l 220kW a 7G-tronic převodovka
- Elektromotor 80kW
- Plug-in hybrid
- Elektrický dojezd 30km, až 120km/hod
- Zrychlení 4,8s na 100 km/hod
- Spotřeba 2,9 l/100 km
- Kombinace s palivovým článkem o 100kW



Obr. 59,60 – MB F800 [08]

Lotus Evora 414E Hybrid

- Sériový plug-in hybrid
- 2 elektromotory: 414PS
- Z 0-100 km/hoh pod 4s
- Akumulátory Li-Pol 17 kWh
- Čistě elektrický dojezd 55 km
- Generátor: 3-válec 1,2l, 35kW a 85 kg



Obr. 61,62 – Lotus Evora 414E Hybrid [08]

Současné aplikace- Shrnutí

Osobní automobily

Po shlednutí a prozkoumání hybridních vozidel nabízených v současnosti na trhu, můžeme udělat jakési dílčí závěry o stavu hybridní techniky současnosti. Zprvu je nutné vyzdvihnout rozmach této oblasti techniky a její eskalaci v posledních měsících, ze které zle usuzovat významnost pro vozidla budoucnosti a rozmach elektrických a hybridních pohonů.

Velký podíl v současné produkci mají sofistikované formy kombinovaného uspořádání, ale jejich podíl v nových modelech a studiích budoucích modelů rapidně klesá. Překvapivě i u automobilek, které do vývoje kombinovaných uspořádání investovaly značné prostředky. Kombinovanému uspořádání zůstávají věrné hybridy od Toyoty a příbuzných automobilek. Paralelní hybridy začínou a začínají pokrývat značnou část trhu a to jak ve variantách mild-hybridů tak i full-hybridů včetně plug-in specifikace. Pokročilé sériové uspořádání je pravděpodobně uspořádání s velkým potenciálem především pro plug-in hybridy a sériově se ještě nevyrábí. Ve velmi blízké budoucnosti se ale dostanou na trh modely s velkým prodejním potenciálem, i modely se puncem exkluzivity poháněné sériovým uspořádáním. Tak jak se před několika lety zdál být sériově uspořádaný hybrid slepou uličkou, tak se v tuto chvíli jeví jako nadějná cesta a především pro plug-in hybridy velmi vhodná. Zároveň předpokládaný přechod na čistým elektromobilům bude sériovým uspořádáním značně zjednodušen a současné modely sériové plug-in hybridy mohou sloužit jako základ příbuzných elektromobilů. Pro všechny tyto úvahy se jako prvotním omezujícím kritériem zdá být dostupnost a cena pokročilých technicky vhodných akumulátorů.

V osobních automobilech lze vývoj rozdělit dvěma směry, a to na eco-vozidlo jako podstata a filozofie daného dopravního prostředku a na snadnou a zajímavou exkluzivitu pro drahé a luxusní vozy s přidáním užitnými vlastnostmi. V první kategorii jsou menší vozidla podřízená ekologickým tendencím, se snahou o co nejmenší spotřebu paliva a obecně je uplatňován zelený přístup. Do druhé kategorie patří většina luxusních hybridů, kde za hlavní přínos je možné považovat „zelenou image“, zlepšení dynamiky a komfortu vozidla při zachování nebo částečnému snížení spotřeby paliva. Ekonomický přínos luxusních hybridů je značně diskutabilní a zákazníkovi, který si takový automobil pořizuje, je to zřejmě také jasné a není to pro něj zásadní argument.

Autobusy

Pro autobusy určené pro městský a příměstský provoz je přínos hybridních pohonů zcela evidentní a dostatečně prokázaný. Pravděpodobně proto je hybridizace autobusové flotily celosvětově výrazně dál, než je tomu u osobních automobilů. Uspořádání zde zatím prosazují všechna tři a nejčastěji jsou kombinována se vznětovými agregáty. Prokázané úspory paliva se obvykle pohybují nad 30%. Dále hybridní autobusy vykazují zlepšenou dynamiku a výrazně vyšší spolehlivost. Dalším pozitivním bodem je výrazné snížení vybrací a hluku v prostoru pro cestující.

Nákladní vozidla

Nákladní vozidla jsou na tom velmi obdobně jako autobusy, s tím rozdílem, že prosazující se uspořádání je především paralelní nebo sériové. Ekonomická efektivnost je dostatečně prokázána pilotními projekty a rozmach u velkých společnostech je proto velmi pravděpodobný a mnohdy již započatý. Pošty, zásobování a zásilkové služby jsou ideálními objekty pro hybridizaci vozového parku.

Ostatní vozidla

Hybridní pohony se prosazují i v ostatních odvětvích dopravy. Dobré výsledky vykazují hybridizované vlaky v Japonsku, v lodní dopravě jezdí několik technologických demonstrátorů a letectví se bylo představeno několik prototypů, které demonstrují funkčnost i v této specifické oblasti. Oblastí s reálným nasazením v příštích několika letech je armáda. Nové generace armádních vozidel jsou z velké části hybridizované s velmi dobrými výsledky (XM1124, RSTV, AHED 8x8, FTTS, atd.). Těžká vozidla pro speciální aplikace jsou již delší dobu částečně elektrifikována elektromechanickým přenosem výkonu a jejich hybridizace spočívá v rekuperaci brzděné energie a případný krátkodobí plně elektrický provoz.

Závěr

Z posledních informací lze usoudit, že proroctví eco skeptiků, kteří tvrdili, že hybridy jsou zcela jednoznačně slepou uličkou a nikdy se neprosadí v konkurenci konvenčních vozidel, bylo liché a nadějná budoucnost pro úsporná hybridní vozidla je zcela otevřená. Aktualizované odhady prodejů v následujících letech jsou poměrně odlišné a přibližně se pohybují v rozmezí 15-50% podíl hybridních vozů v roce 2025, což je takový rozsah, že není příliš vypovídající. Lze ale usoudit předpokládaný značný rozmach hybridů. Příchod plug-in hybridů je omezen dostupností vhodných akumulátorů a jako reálný časový horizont je považován rok 2020, kdy začnou plug-in hybridy převládat nad klasickými hybridy. Pro města budoucnosti se počítá pouze s elektromobily a plug-in hybridy v čistě elektrickém módu. Víze zabívající se následným vývojem eco vozidel hovoří o pravděpodobném přechodu k čistým elektromobilům a palivovým článkům někdy v období kolem 2030-2050. V úvahy připadají hybridní vozidla se sériovým uspořádáním a palivovým článkem.

Přestože problematika hybridních vozidel je již poměrně značně prozkoumána, stále poskytuje značný prostor pro inovace a je velmi vhodné se jí nadále podrobně věnovat a získané znalosti přenášet do praxe. Pro naši generaci je zde připravena hybridní budoucnost, která bude pro další generace pouhou historií. Přesto je to nejschůdnější cesta jak vyrábět vysoce efektivní vozidla, pro které se zde rýsuje dostatečný prostor.

Použitá literatura

- [01] <http://auto.idnes.cz/>
- [02] <http://cs.wikipedia.org>
- [03] <http://en.wikipedia.org>
- [04] <http://evworld.com/guides>
- [05] <http://sport.idnes.cz/>
- [06] www.afcea.org
- [07] www.afdc.energy.gov
- [08] www.auto.cz
- [09] www.didik.com/ev_hist.htm
- [10] www.e-traction.com/
- [11] www.enovasystems.com
- [12] www.enviweb.cz
- [13*] www.globalsecurity.org
- [13] www.green.autoblog.com
- [14] www.greencar.com/
- [15] www.greencarcongress.com
- [16] www.greencarsite.co.uk
- [17] www.greenhybrid.com
- [18] www.hybrid.cz
- [19] www.hybrid-vehicles.net
- [20] www.hybrid-vehicle.org
- [21] www.hybridcars.com
- [22] www.hybridcenter.org
- [23] www.hybridconsortium.org
- [24] www.japanfs.org/
- [25] mesec.cz
- [26] www.mitsubishi-fuso.com
- [27] www.mpoweruk.com/battery_types.htm
- [28] www.novinky.cz/auto
- [29] www.newflyer.com
- [30] www.pittsburghvoyager.org
- [31] www.pluginamerica.org
- [32] www.qtw.com
- [33] www.reviews.cnet.com/car-tech-blog
- [34] www.rtri.or.jp/
- [35] www.usatoday.com/news/world/iraq/2006-02-13-humvee_x.htm
- [46] www.katalog-automobilu.cz

- [36] BAE Systems: BAE Systems Hybrid Propulsion Systems, California Energy Commission, 2009
- [37] Petr BARTÁK, Hybridní pohon autobusu/trolejbusu, diplomová práce, Západočeská Universita v Plzni, Katedra konstruování strojů, Plzeň 2009
- [38] Petr BARTÁK, Senzory a navigační systémy pro mobilní roboty, bakalářská práce, Západočeská Universita v Plzni, Katedra konstruování strojů, Plzeň 2009
- [39] N. Carlisle, J. Elling, and T. Penney: A Renewable Energy Community: Key Elements; Technical Report NREL/TP-540-42774, January 2008

- [40] Hokkaido Railway Company: The world's first environmentally-friendly "Motor-Assisted Hybrid Traction System" successfully developed!; Japan 2007
- [41] John M. Miller, P.E., PhD, J-N-J Miller, P.L.C., Design Services: Comparative Assessment of Hybrid Vehicle Power Split Transmissions, 54'th VI Winter Workshop Series, 2005
- [42] Oshkosh Corporation • 2307 Oregon Street, P.O. Box 2566: HEMTT A3 Brochure. 9/2009
- [43] Oshkosh Corporation • 2307 Oregon Street, P.O. Box 2566: HYBRID ELECTRIC DRIVE TECHNOLOGY
- [44] Aymeric Rousseau, Sylvain Pagerit, Argonne National Laboratory, David Gao, Tennessee Tech University: Plug-in Hybrid Electric Vehicle Control Strategy Parameter Optimization
- [45] Prof. Josip Zavada, Ph.D., Assist.Prof. Jasna Blašković Zavada, Ph.D., Tihomir Pleša, B.Eng.: HYBRID PROPULSION OF RAILWAY VEHICLES PROPULSE Brochure. 10/2003