

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Hybridní pohony automobilů

bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Macháček

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Boleslav Kadleček, Csc.

PRAHA 2009

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: vozidel a pozemní dopravy	Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Macháček**

Studijní obor: Silniční a městská automobilová doprava

Studijní zaměření:

Název práce: **Hybridní pohony automobilů**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Popsat současné a výhledové konstrukční vlastnosti hybridních a elektrických vozidel

Osnova práce:

1. Historický vývoj hybridních pohonů
2. Současný stav konstrukce motorových vozidel s hybridním pohonem
3. Vývojové trendy nekonvenčních pohonů vozidel
4. Doporučení, závěr

Metodika práce:

- prostudovat základní literaturu, předpisy a normy
- vyhledat a kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- provést vlastní rozbor a uvést své názory, příp. nové teoretické předpoklady
- navrhnout doporučení

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Cenek, M. a kol.: Akumulátory – od principu k praxi. FCC Public, 2003.
2. Kameš, J: Alternativní pohony automobilů. Technická literatura, Praha: BEN, 2004.
3. Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství F. Vlk, 2004
4. Scientist American – speciální číslo leden-únor 2007
Energie budoucnosti

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2007

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 04. 2009


Doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

vedoucí katedry


prof. Ing. Jiri Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 23. 1. 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing. Boleslava Kadlečka, Csc. s použitím uvedené literatury.

V Praze dne 9. dubna 2009

.....

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Boleslavu Kadlečkovi, Csc. za věcné rady a doporučení při řešení této bakalářské práce. Poděkování patří také Ing. Jiřímu Hromádkovi, Ph.D. za poskytnuté informace o dané problematice z Ministerstva životního prostředí a mé rodině.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je seznámení s automobily používajícími hybridní pohon, jakožto jeden z existujících alternativních pohonů automobilů. V kapitole „Historický vývoj hybridních pohonů“ je stručný přehled nejdůležitějších a nejvýznamějších automobilových značek a jejich modelů, které se v minulosti vývojem hybridních automobilů zabývaly. Kapitola „Současná konstrukce vozidel s hybridním pohonem“ se zabývá jednotlivými možnostmi uspořádání hybridních pohonů, jejich možnou konstrukcí a popisem součástí, které k hybridnímu pohonu bezprostředně patří. V dalších dvou kapitolách této práce je přehled modelů dostupných v České republice, jejich prodej na území ČR a také celkový prodej hybridních vozidel po celém světě. Poslední kapitola stručně pojednává o jednotlivých základních normách, vyhláškách a předpisech týkajících se automobilů.

Klíčová slova: automobil, hybridní pohon, energie, spalovací motor, elektromotor

The hybrid engines of automobiles

Summary: It has been an aim of this bachelor thesis to introduce automobiles which use hybrid drive as one of existing alternative car propulsions. In chapter “ Historical Development of Hybrid Drives”, there is a brief overview of the most important and the most significant car manufacturers and their models, which were dealing with hybrid automobile developmemnt in the past. Next chapter ”Recent Construction of Vehicles with Hybrid Drive” is about individual possibilities of hybrid drive organization, about their possible konstruktions and it also describes components belonging to the hybrid drive necessarily. Later, there is an overview of automobile models available in Czech Republic in next two chapters, followed by its sales in Czech territory and overall sales of hybrid cars in the world. Last chapter briefly deals with basic standards, notices and regulations regarding to automobiles.

Key words: automobile, hybrid drive, energy, combustion engine, electric engine

Obsah

Úvod	1
1 Historický vývoj hybridních pohonů	3
2 Současná konstrukce vozidel s hybridním pohonem	7
2.1 Uspořádání hybridních pohonů	7
2.1.1 Sériové uspořádání	7
2.1.2 Paralelní uspořádání	8
2.1.3 Smíšené uspořádání	9
2.2 Měniče energie	10
2.3 Zásobníky energie	11
2.3.1 Baterie	11
2.3.2 Vysoko energetické kondenzátory (superkondenzátory)	13
2.3.3 Mechanický akumulátor energie (setrvačnick)	15
2.3.4 Jednotka KERS	16
2.4 Děliče výkonu	18
2.5 Rekuperace kinetické energie	20
3 Hybridní automobily na trhu v ČR	22
3.1 Toyota Prius	22
3.2 Honda Civic	22
3.3 Lexus RX 400h, GS 450h, LS 600h	23
3.4 Porovnání těchto modelů	25
4 Celkový prodej hybridních automobilů	26
5 Předpisy a normy	29
5.1 Emisní předpisy	29
5.2 Vyhláška č. 192/1995 Sb.	30
5.3 Homologační předpisy EHK	30
5.4 Normy a zkušební metodiky uplatňované v rámci vyhlášky č. 102/1995 Sb.	30
Závěr	31
Seznam použité literatury a internetových zdrojů	33
Seznam obrázků	36
Seznam tabulek a grafů	36

Úvod

Intenzivní vývoj alternativních pohonů automobilů má v současné době dvě příčiny a to neúměrný nárůst škodlivých emisí výfukových plynů a zvyšující se technologická a finanční náročnost těžby ropy a s tím spojený růst cen pohonných hmot..

Přes stále se zpřísnující legislativní předpisy je roční nárůst produkovaných vozidel potažmo dopravních výkonů takový, že celková suma emisí v ovzduší má neustále rostoucí tendenci. Největším problémem je přitom CO₂ (oxid uhličitý), který způsobuje skleníkový efekt se všemi negativními důsledky – především oteplování klimatu [1].

Světová zásoba ropy je diskutovaným problémem. Její těžba je stále finančně náročnější z důvodů těžby na místech, která byla v minulosti finančně i technologicky nedostupná. Ropa se podílí asi 40 % na světové spotřebě energie a v současnosti je nejdůležitějším nosičem energie světového hospodářství. Celkový potenciál ropy je podle různých geologických odhadů asi 350 miliard tun. Tento celkový potenciál lze dle odhadů přibližně dělit na: 40 % již vytěženého podílu, 40 % rezerv (známá naleziště při dnešní technologii hospodárně těžena) a 20 % ještě nenalezených zásob [1].

Automobil je jedním z nejvýznamnějších vynálezů v dějinách lidstva, a proto se začaly před dvaceti lety hledat alternativní zdroje energie. Šlo o energii, která bude méně škodit životnímu prostředí. V automobilovém průmyslu se může využít několik druhů alternativních pohonů. Jedním z nich je hybridní pohon [1].

Ve snaze vyřešit problém omezeného dosahu může být elektromobil vybaven elektrickým motorem a spalovacím generátorem (tzv. hybridní automobil). Na malé vzdálenosti a v nenáročných jízdních režimech jezdí vůz na elektřinu. Spalovací motor se použije teprve v náročnějších podmínkách a na větší vzdálenosti. Tím se výkon a dosah spojují s efektivitou, šetrností k životnímu prostředí, nehlučností a nízkými náklady. Cílem je takové jejich propojení, aby se využilo co nejvíce z jejich specifických předností. Zatímco donedávna se jednalo o studie nebo prototypy ukazující na možnosti realizace různě řešených projektů, dnes už si hybridní automobily našly cestu i do výroby. Hybridní vůz by se v budoucnu mohl stát velmi kvalitní alternativou, pokud bude vyvinut vyhovující zdroj energie elektromotoru, tj. akumulátor. Hybridní vozidla zachovávají výhody benzinových

(naftových) motorů a elektromobilů a zároveň potlačují jejich nevýhody. V závislosti na okolnostech jízdy automobil využívá nejvýhodnější režim. Protože dochází k průběžnému dobíjení baterií v průběhu jízdy, baterie mohou být menší a také levnější než u klasických elektromobilů [1].

Je zřejmé, že bude žádoucí přistoupit k užívání vozidel speciálně konstruovaných pro určitý druh provozu a určitou oblast, např. elektromobily pro městská centra, resp. další ekologicky citlivé oblasti, hybridní pro periferie a vozidla s klasickými spalovacími motory pro dálkovou dopravu [1]. Všechny tyto tři režimy umí hybridní pohon obstarat. Na trhu je k dispozici již několik modelů hybridních automobilů, ale otázkou zůstává, zdali pozitivní vlastnosti těchto pohonů převládají nad vlastnostmi negativními a výrobcům se tento druh pohonu podaří prosadit. Je jisté, že hybridní pohon je jedním z alternativních pohonů motorových vozidel a jen čas ukáže, zdali bude plnohodnotnou náhradou klasického spalovacího motoru.

1 Historický vývoj hybridních pohonů

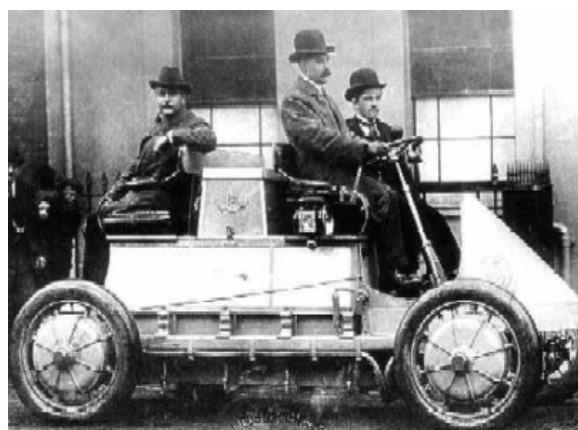
První hybridní automobily se v podstatě vyvíjely již od počátku automobilizmu. Vůbec prvním vozem kombinující více pohonů byl Lohner-Porsche z roku 1899 (viz. obr. 1.1). Spalovací motor poháněl generátor vyrábějící elektrickou energii pro elektromotory umístěné v nábojích přední poháněné nápravy [2]. Na obr. 1.2 je pozdější verze 4×4 se čtyřmi elektromotory.

Obr. 1.1 Lohner-Porsche



Zdroj: [3]

Obr. 1.2 verze 4×4 se čtyřmi elektromotory



Zdroj: [2]

Ruku k dílu přiložil několika koncepty také General Motors (dále jen GM). Jednalo se o experimentální hybrid představený v roce 1969. Automobil byl koncipován jako malý 3-dveřový hatchback (typ karoserie viz. obr. 1.3) pro přepravu osob na kratší vzdálenosti. Jako materiál karoserie byl použit sklo-laminát. Svým designem připomínal například později představený Ford Pinto. Jako pohon sloužil dvouválcový benzinový motor o objemu 575cm³ a elektromotor. Elektřina byla čerpána ze šesti 12V baterií uložených u zadní nápravy s možností dobíjení ze sítě. Čistě elektrický pohon byl možný pouze do rychlosti 16km/h, kombinovaný umožňoval až 100km/h. První plně hybridní systém GM nabídl v městských autobusech. Čistě elektrický vůz byl k dispozici k pronájmu v roce 1996, typ GM EV1. V roce 1998 na Detroitském autosalonu představil GM další čtyři prototypy využívající platformy EV1. Byl to diesel-elektrický paralelní hybrid, sériový hybrid s plynovou turbinou pohánějící vysokorychlostní generátor s permanentními magnety, CNG verze na stlačený zemní plyn a samozřejmě byla i verze s palivovými články [2].

Na konci 80. let se stala evropským průkopníkem automobilka Audi. Její hybridní koncept byl představen v březnu 1990 na Ženevském autosalónu. Jednalo se o vůz Audi Duo (viz. obr. 1.4) postavený na základu 100 Avant (C3). Zadní kola poháněl elektromotor Siemens o výkonu necelých 9,7 kW. energii mu dodávaly nikl-kadmiové baterie dobíjené ze sítě. Přední kola měl na starosti tehdy klasický 5-ti válec o objemu 2300 cm³. Řidič mohl volit mezi čistě elektrickým pohonem ve městě či na spalovací motor za městem, kde měl vůz paradoxně větší spotřebu danou nárůstem hmotnosti instalací baterií. Druhá generace Duo už nabídla systém quattro (pohon 4x4) na bázi modelu 100 Avant (C4). Elektromotor (22 kW) sice stále poháněl kola zadní nápravy, ale vypomáhal mu i spalovací motor (2000 cm³ benzin) prostřednictvím mezinápravového diferenciálu „Torsen“. V roce 1997 se představilo Audi Duo III, které se dostalo do sériové výroby (základní cena 60 000 DM). Vůz postavený na základě A4 Avant (B5) využíval osvědčený naftový motor 1.9 TDI (67 kW) v kombinaci s elektromotorem (22kW/60Nm). Olověné baterie (hmotnost 320kg) mohly být dobíjeny jednak během jízdy či ze sítě. Řidič opět mohl volit čistě elektrický pohon. Nakonec bylo vyrobeno pouze 60 kusů, přesto se jedná o první evropský hybrid, který byl nabízen veřejnosti [2].

Obr. 1.3 General Motors hybrid



Zdroj: [4]

Obr. 1.4 Audi Duo



Zdroj: [2]

V roce 1993 byl na frankfurtském autosalónu IAA Frankfurt představen prototyp hybridního automobilu Daihatsu DASH 21. Hnací agregát je složen ze spalovacího motoru, generátoru, elektromotoru s automatickou čtyřstupňovou převodovkou a akumulátoru. Spalovací motor je zážehový tříválec uložený v přídě vozu podélně s generátorem, provozní otáčky jsou konstantní, tedy i točivý moment je konstantní a zajišťuje pohon generátoru na výrobu proudu pro nabíjení akumulátoru. Tím je spotřeba optimální a škodlivé emise výfuku minimální. Motor pracuje s velmi chudou směsí, a proto dosahují emise výfuku 2 – 4 g/kWh

HC, 3 – 4 g/kWh CO a 1 – 2 g/kWh NO_x. Motor se uvádí automaticky do provozu, je-li potřeba akumulátor dobíjet. Zdvihový objem motoru je 660 cm³ se vstřikem paliva do válce. Nejvyšší rychlost automobilu je 120 km/h a jízdní dosah 450 km při rychlosti 40 km/h. Nádrž paliva má obsah 15 litrů a hmotnost automobilu je 1310 kg [1].

V roce 1999 byl na Americkém trhu představen hybridní vůz jiné japonské automobilky. Byla jím Honda Insight (viz. obr. 1.5). Malý dvoumístný automobil se splývající záďí, který svou siluetou připomínal EV1 od GM. Cílem bylo dosáhnout lehké konstrukce. Vůz využíval ve větší míře hliník a plasty, čímž se docílilo hmotnosti jen 891 kg. Tato verze získala díky nízké spotřebě (kombinovaná jen 3,4 l/100 km) a emisím hodnocení SULEV (*Super Ultra Low Emission Vehicle*), jež označuje vozy, které mají o 90% nižší produkci škodlivin než je průměr vozů s klasickým spalovacím motorem v daném roce. Pohon zajišťovala jednotka IMA (*Integrated Motor Assist*, obr. 1.6), litrový celohliníkový 3-válec s výkonem 52 kW a elektromotor (9,7 kW) umístěný přímo na výstup klikového hřídele motoru, tedy mezi motor a převodovku. Ni-MH akumulátory byly v zadní části vozu. Vůz měl také velice dobrou aerodynamiku, koeficient čelního odporu vzduchu C_x jen 0.25. Insight používal první generaci systému IMA, který neumožňoval jízdu pouze na elektromotor, ten sloužil co by startér (při stání se motor vypínal) či asistent při akceleraci [2].

Obr. 1.5 Honda Insight



Zdroj: [5]

Obr. 1.6 Honda Insight IMA



Zdroj: [5]

Prvenství s opravdu masově vyráběným hybridem drží zcela jiná automobilka. Je jí Toyota se svým Priusem (viz. obr. 1.7). Jeho prodej začal v roce 1997 (pro srovnání s Audi Duo III byla cena Priusu poloviční, tedy 30 000 DM). Nejdříve byl nabízen pouze pro Japonský trh. Vůz byl vyvíjen celkem tři roky a do prodeje se dostal na podzim 1997. Hlavním problémem se stala výdrž baterií (nyní až 10 let). Technologie byla plně připravena na export do USA a

Evropy až v roce 2001 [2]. V roce 2003 se představila druhá generace modelu Prius, vybavená inovovaným systémem pohonu Toyota Hybrid System II, který se vyznačuje vyšším výkonem i ještě větší ohleduplností k životnímu prostředí.

Obr. 1.7 Toyota Prius první generace druhá generace



Zdroj: [6]



Zdroj: [7]

2 Současná konstrukce vozidel s hybridním pohonem

Jak již bylo zmíněno v úvodu, elektrický pohon automobilů prakticky neprodukuje žádné škodlivé emise, pomineme-li emise z výroby elektrické energie, má nízkou hladinu hluku a příznivou výkonovou charakteristiku, avšak také menší jízdní výkon, omezený dojezd, vyšší cenu pro zákazníka, případně větší nebezpečí při havárii. Zásobník energie je dosud značně rozměrný a těžký oproti obvyklým palivovým nádržím a negativně ovlivňuje zavazadlový prostor jeho hmotností. Kvůli nedostatečnému výkonu není tedy zatím samotný elektrický pohon ideálním řešením [1].

Možné řešení nabízí hybridní pohon, což je pohon vozidla s více než jedním poháněcím zdrojem. Účelné řešení je v kombinaci vždy dvou různých systémů pohonu tak, aby převládaly výhody při rozdílných provozních stavech vůči zvýšenému technickému nákladu hybridního pohonu. Nejvhodnější kombinací je spalovací motor a elektromotor, který umožňuje městský provoz bez emisí, spalovací motor mimo město umožňuje dobré jízdní výkony a velké dojezdy [8].

2.1 Uspořádání hybridních pohonů

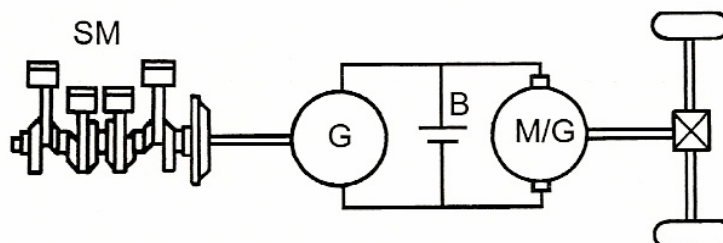
Hybridní pohon je mezičlánkem v pohonu automobilu klasickým spalovacím motorem a elektromotorem. Velký význam mají dosud provedené hybridní pohony skládající se z kombinace spalovacího motoru a elektrického pohonu napájeného z akumulátoru. Nezávisle na různém uspořádání převodu a spojek lze podle toku a spojek rozdělit hybridní pohon na tři základní koncepce. Hlavní rozdíl různých systémů tvoří sériové, paralelní nebo smíšené uspořádání [1].

2.1.1 Sériové uspořádání

Sériový hybridní pohon (schéma viz. obr. 2.1) se v mnohém podobá vozu s čistě elektrickým pohonem. Spalovací motor pohání generátor, není tedy přímo spojen s poháněnými koly. Generátor má dvě funkce, buď slouží k dobíjení baterií nebo dodává energii pro elektromotor pohánějící kola vozu. Při požadavku maximálního výkonu je potřebná energie dodána jak z baterií, tak z generátoru. Převodovka není potřeba, elektromotor je účinnější v širším rozsahu otáček než spalovací motor. Elektromotorů může být ve voze několik, buď podle počtu poháněných náprav, nebo je lze umístit do nábojů poháněného kola (viz již Lohner-Porsche 1899). Sériový hybrid může být dále vybaven

superkondenzátory či setrvačnickem jako akumulátoru kinetické energie. Tato struktura sériového hybridu se úspěšně využívá u lokomotiv [9].

Obr. 2.1 Sériové uspořádání hybridního pohonu



SM-spalovací motor, G-generátor, B-baterie, M/G-motor/generátor

Zdroj: [8]

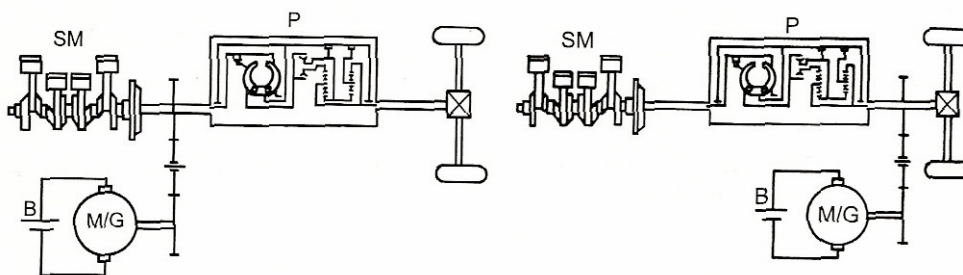
Hlavní výhodou sériového hybridu je, že otáčky spalovacího motoru nejsou závislé na otáčkách kol. Spalovací motor se tedy pohybuje v okolí návrhového bodu (prakticky konstantní otáčky), ve kterém má nejvyšší účinnost, tedy nejpříznivější spotřebu paliva. Klasický spalovací motor může být nahrazen plynovou turbínou či lineárním motorem. Pokud jsou elektromotory umístěny v nábojích kol, není třeba používat převodovku, diferenciál či hnací hřídele. Dalším záporem při odstranění mechanického spojení spalovacího motoru s poháněnými koly prostřednictvím spojky, převodovky, diferenciálu a hnacího hřídele, je pokles účinnosti pohonu. Mechanická cesta má výrazně vyšší účinnost než elektrická cesta přes generátor a měnič do elektromotoru. V porovnání s paralelním hybridem, o kterém se zmíním dále, je jeho efektivita vyšší při pomalé přerušované jízdě ve městě, naopak s rostoucí rychlostí se projeví výhody paralelního pohonu [9].

2.1.2 Paralelní uspořádání

U většiny dnes prodávaných hybridů se používá právě tento systém. Vůz je vybaven spalovacím motorem a elektromotorem, které jsou s koly propojeny skrze mechanickou převodovku. Častým uspořádáním je umístění elektromotoru/generátoru mezi spalovací motor a převodovku nebo také umístění elektromotoru/generátoru mezi převodovku a hnanou nápravu (viz. obr. 2.2). Generátor plní funkci startéru a alternátoru. K akumulaci elektrické energie slouží baterie s výrazně větším napětím než je v běžných automobilech (12V). Kvůli

zvýšení účinnosti spalovacího motoru bývají “spotřebiče” jako posilovač řízení či klimatizace poháněny elektromotorem. Tím jsou jejich otáčky nezávislé na otáčkách motoru a navíc pokud zařízení nepracuje, není mu dodávána energie [9].

Obr. 2.2 Paralelní uspořádání hybridního pohonu



SM-spalovací motor, P-převodovka, B-baterie, M/G-motor/generátor

Zdroj: [8]

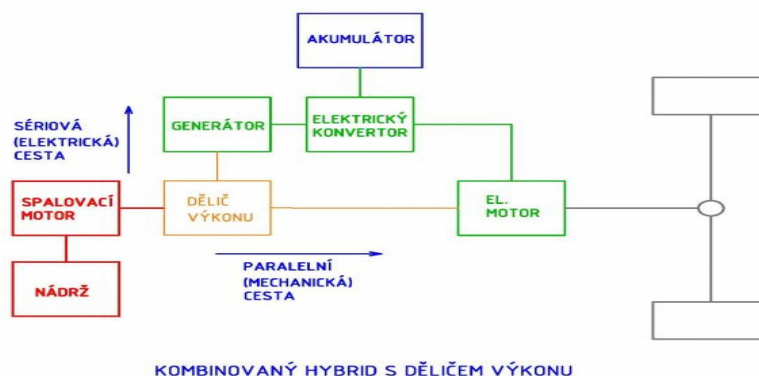
Dva zdroje energie jsou spojeny hřídelem a výsledný moment je dán součtem jejich okamžitých momentů. Pokud je tedy využíván pouze jeden motor, druhý rotuje s ním, aniž by dodával výkon (volnoběh), nebo může být odpojen přes spojku. U automobilů se častěji používá spojení přes planetovou převodovku. Obvyklým režimem paralelního hybridu je, že většinu výkonu dodává spalovací motor a elektromotor se zapojuje v případě akcelerace. Výhodou je možnost rekuperace [9].

2.1.3 Smíšené uspořádání

Nevýhody základních koncepcí paralelního a sériového uspořádání vedly k vývoji smíšeného hybridního systému (viz. obr. 2.3). Jeho vybavení spalovacím motorem, elektromotory, komponentami převodů, spojkou, volnoběžkami a brzdami je libovolně rozmanité. Například to může být sériový hybrid s propojovací spojkou spalovacího motoru ke kolu. Pokud vede tok výkonu spalovacího motoru paralelně po různých cestách ke kolu, hovoří se o principu větvení výkonu. Větvení výkonu se přitom může dít mechanicky diferenciallym nebo elektricky [1]. Tento dělič výkonu zajišťuje, aby tok výkonu spalovacího motoru šel ke kolům buď mechanickou cestou (paralelní hybrid) nebo elektrickou (sériový hybrid). O tom, kolik procent výkonu půjde mechanickou či elektrickou cestou, rozhoduje

režim, ve kterém se vůz nachází. Jsou to například akcelerace, jízda nízkou rychlostí (město), vysokou rychlostí (dálnice), prudká akcelerace, jízda z kopce, brzdění. Tímto systémem jsou vybaveny vozy Toyota a Lexus [9].

Obr. 2.3 Smíšené uspořádání hybridního pohonu



Zdroj: [9]

2.2 Měníče energie

Úkolem měničů energie je přeměna jednoho druhu energie v druhý. U hybridních motorů jsou nejpoužívanějšími měniči energie elektromotory a spalovací motory.

Vozidla s hybridním pohonem používají především elektromotory asynchronní třífázové a stejnosměrné s permanentním buzením. Jako spalovací motory se především používají benzínové motory nebo velmi úsporné naftové motory. Používané benzínové motory sice spotřebují o něco více paliva, avšak jednotlivé používané typy poháněcích motorů ve vozidlech pracují mimo nevýhodné částečné zatížení, takže tato nevýhoda není tak významná. Mimoto má většina naftových motorů vyšší emise částic a NO_x , a proto jsou o něco hlučnější. Motory jsou obvykle relativně malé stavby. Na základě zvláštních pracovních způsobů mohou být pro hybridní vozidla využity také další spalovací motory, které pro normální vozidla vzhledem k jejich vysoké spotřebě v rozsahu částečného zatížení nejsou optimální, např. motor Stirling nebo plynová turbína [8].

Stirlingův motor je pístový motor s vnějším spalováním a vnitřní regenerací tepla, do něhož se teplo přivádí výměníkem blízko „horkého“ prostoru. Pro realizaci procesu je zapotřebí tlakově vyvážený řídicí, lépe dopravní píst, který přemísťuje plyn z horkého do studeného prostoru a zpět [10].

2.3 Zásobníky energie

Energie pro spalovací motor je zpravidla přiváděna ve formě benzinového nebo naftového paliva z nádrže. Jako zásobník elektrické energie slouží baterie, vysoko energetické kondenzátory a také setrvačnick, jehož nahromaděná mechanická energie může být přeměněna pomocí generátoru na elektrickou.

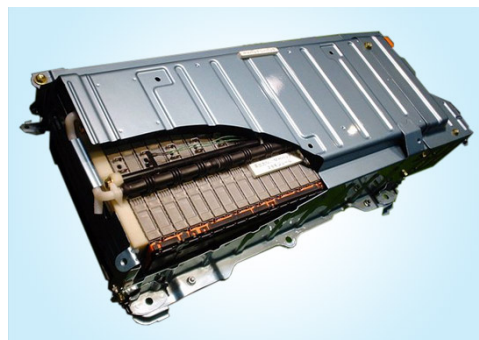
2.3.1 Baterie

Baterie tvoří dva nebo více elektrochemických článků, které jsou vzájemně propojeny a využívány jako zdroj elektrické energie [11].

Výzkumy posledních let ukázaly, že použití olověných akumulátorových baterií v elektrických vozidlech je problematické, mimo jiné z hlediska rychlého nabíjení, které má na olověné akumulátory negativní vliv. Větší nabíjecí proud, který se používá při rychlém nabíjení, má za následek menší proudy ve spodní části elektrod vlivem rozdílné koncentrace elektrolytu při vybitém a nabitým stavu olověných akumulátorů. Tím mohou články trpět nedostatečným nabíjením spodních částí elektrod. Bez rychlého nabíjení akumulátorových baterií ale elektrická vozidla nemohou konkurovat vozidlům se spalovacími motory [11].

U hybridních vozidel jsou zavedeny stejné typy baterií jako u bateriových elektrických vozidel. Je však třeba zohlednit to, že baterie hybridních vozidel (viz. obr. 2.4) jsou často nabíjeny a vybíjeny pouze částečně, než zásobník energie bateriových elektrických vozidel. Volba závisí především na struktuře a koncepci hybridního pohonu. Požaduje-li se vysoká hustota výkonu, je lepší nikl-kadmiová baterie nebo nikl-metalhydridová baterie. Pro vyšší dojezd jsou vhodnější baterie vysoké energetické hustoty [8]. Nejnovějším typem baterií jsou lithium – iontové baterie.

Obr. 2.4 Příklad baterie používané v hybridních automobilech



Zdroj: [12]

Baterie nikel-kadmiové (Ni-Cd) jsou dosud používány ve tvaru otevřených článků. Mají-li být pro elektrovozidlo vyrobeny jako bez údržbové, musí být vyvinuty v plynotěsné verzi. Baterie může být velmi rychle nabíjena. Vozidlo vybavené tímto typem baterií dosahuje větší dojezd o 50% než s olovenými akumulátory stejné hmotnosti. Za jistých podmínek vzniká paměťový efekt. K dosažení plné kapacity musí být baterie pravidelně cyklicky vybíjena. Baterie mají vyšší pořizovací náklady než olovené, dosahují životnosti 1500 cyklů při dojezdu 120 000 km. Nové typy těchto akumulátorů vynikají zejména vysokou proudovou zatížitelností, vysokým počtem cyklů (až 3000) a vysokou životností (20-25 let). Jedovatý těžký kov kadmium vede k výhradám proti zavádění tohoto zásobníku energie [8].

Podobná baterii Ni-Cd je baterie nikel-metalhydridová (Ni-MH), která je v moderních elektrovozidlech převážně používána. Akumulátory Ni-MH jsou neškodné prostředí a mají ve srovnání s Ni-Cd vyšší výkon i energetickou hustotu, nemohou ale být tak často nabíjeny a vybíjeny. U nich se také vyskytuje paměťový efekt a problémy jsou se stále vysokou cenou [8]. U Toyoty Prius se cena této baterie pohybuje okolo 50 000 Kč.

Baterie lithium-iontové (Li-ion) mají vysokou energetickou a výkonovou hustotu a asi stejnou cyklovou pevnost jako baterie Ni-MH. Měrná energie dosahuje 120 až 130 Wh/kg a životnost až 1000 cyklů. Jejich kapacita relativně silně závisí na teplotě, klesá rychle mimo optimální rozsah mezi 5 a 30 °C. Dalším problémem je stále ještě vysoká cena [8].

Vysokoteplotní baterie, také zvané vysoko energetické, potřebují pracovní teplotu mezi 250 a 330 °C. Ve stádiu prototypové vyspělosti se dosud nacházejí baterie sodík-síra (Na-S) a sodík-niklchlorid (Na-Ni-Cl). Sodík-niklchlorid je nazývána jako ZEBRA-baterie (Zero-Emission battery). U obou typů baterií katoda není pevná deska, ale tekutý sodík. Anoda zůstává z pevného niklchloridu nebo síry. Nevýhodou těchto baterií je, že pracovní teplota musí být stále udržována a životnost je relativně malá [8].

Tab. 1 Porovnání různých systémů baterií

Systém baterie	Průměrná ztráta za den (km)	Dojezd ve městě (km)	Min. doba dobíjení pro 400 km (h)
Ni-Cd	0,5	50	3,5
Ni-MH	1,4	70	3,5
Na-S	15,3	100	5
Na-Ni-Cl	14,4	110	4,5

Zdroj: [8]

2.3.2 Vysoko energetické kondenzátory (superkondenzátory)

Superkondenzátor je perspektivním akumulátorem energie schopný rychle akumulovat a následně odevzdat velké množství elektrické energie. Bez problémů snáší opakované nabíjení a vybíjení vysokými proudy, má dlouhou životnost, nevedí mu nízké provozní teploty a nedochází u něj k paměťovému efektu [14].

Vysoko energetické kondenzátory uchovávají energii ve formě elektrostatické energie a vyrábí se různými technologiemi. Existují kondenzátory na bázi keramiky, klasické svitkové nebo metalické kondenzátory s různým dielektrikem pro střední frekvence do řádu 10^5 Hz. Pro nízké a střední frekvence se používají elektrolytické nebo tantalové kondenzátory. Vyrábějí se v různém výběru velikostí a provedení [8].

Nový typ kondenzátoru, tzv. superkondenzátor, (viz. obr. 2.5) má ve výrobním programu řada světových výrobců. V principu mohou zvýšit měrnou kapacitu o několik řádů. Jsou založeny na využití vlastností dvojvrstvy [8].



Obr. 2.5 Příklad superkondenzátorů

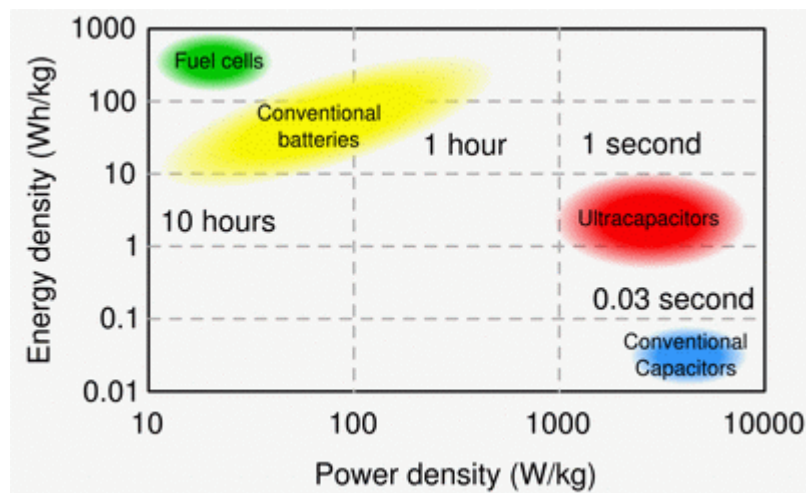
Zatímco dnešní akumulátory ukládají elektřinu v podobě chemické vazby, kondenzátory ji umějí uložit v podobě elektrického náboje. Hlavní výhodou kondenzátorů oproti běžným akumulátorům, které pravidelně používáme, je vysoká účinnost, schopnost podat okamžitě plný výkon, odolnost proti přebíjení i extrémnímu vybíjení, životnost několik desítek let, mnohonásobně větší počet nabíjecích cyklů a především krátká doba nabíjení [14].

Zdroj: [13]

Superkondenzátor je tak předurčen k nasazení v automobilové technice, kde je schopen pojmout brzdnou energii, která je následně využitelná ke startu spalovacího motoru nebo urychlení vozidla. Nejnovější vyvíjené superkondenzátory mají elektrody tvořené z pórovitého uhlíku. Tím dochází k mnohonásobnému nárůstu kapacity, která může být ještě zvýšena umístěním velkého množství uhlíkových nanotrubic do jednoho celku. Výše uvedené výhody těchto superkondenzátorů se začínají využívat především v automobilovém průmyslu. Elektromobily s tímto zdrojem energie by byly schopné mít dostatečný výkon při stoupání v těžkém terénu díky schopnosti podat maximální výkon během okamžiku, což by se projevilo i

na prudké akceleraci. To jsou oblasti, kde tento výkon klasické baterie ztrácejí, což je handicap elektromobilů [14].

Obr. 2.6 Porovnání hustoty energie na výkonové hustotě pro různé zdroje elektrické energie



Zdroj: [14]

Ukládání elektrické energie do superkondenzátoru má tyto:

Výhody:

- Velmi vysoké úrovně nabíjení a vybíjení
- Malá degradace v průběhu stovek až tisíců nabíjecích a vybíjecích cyklů
- Dobrá reverzibilita
- Vysoká účinnost (95% a více)

Nevýhody:

- Množství energie uložené na jednotku váhy je nižší než u elektrochemických článků (3-5 W.h/kg pro superkondenzátory v porovnání s 30-40 W.h/kg pro klasické baterie).
- Napětí se mění v závislosti na množství uložené energie (podobně jako u kondenzátorů) [14].

2.3.3 Mechanický akumulátor energie (setrvačnick)

Setrvačnick může být zásobníkem energie, aniž by potřeboval chemický proces. V praktickém použití ve vozidle je brzdící kinetická energie předávána setrvačnicku a později opět pomocí generátoru využita pro další jízdu [8].

Zpravidla je deskovitého tvaru jako rotační těleso. Zásobní kapacita závisí na maximálních otáčkách a rozdělení hmotnosti setrvačnicku. Naproti bateriím mají setrvačnick výhodu, že se snímá ve zlomku sekundy energie bez velkých ztrát a opět předává. Dále pracují bez opotřebení, bez chemikálií a mají vysokou životnost [8].

Rotační hmotnosti vyvolávají vysoké síly. Proto je sestaven z pevnostní oceli legované vysokohodnotným titanem a vláknitým spojovacím materiálem. Zvláštní požadavky jsou také na ložiska. Zavedením magnetických ložisek bez otěru a bez tření je možno výkonovou hustotu setrvačnicků značně zvýšit. Úspora energie může být až 30%. Setrvačnick je zaváděn jak u velkých vozidel (autobus, trolejbus), tak i u malých osobních vozidel, kde je umístěn na klikovém hřídeli, popřípadě pomocí převodů s hnací nápravou [8].

Setrvačnick jako mechanický zásobník energie byl poprvé použit před druhou světovou válkou pro pohon autobusu Oerlikon v kombinaci s elektrickým pohonem s externím přívodem energie (trolejový systém). Setrvačnick sloužil jako zásobník energie pro kratší bezdrátové úseky tratě. Roztáčení setrvačnicku se provádělo elektromotorem napájeným ze sítě po dobu stání autobusu ve stanici. Setrvačnick měl průměr 1m a byl umístěn ve střeše vozidla. V důsledku nevhodné konstrukce setrvačnicku i jeho umístění se tento způsob neosvědčil [8].

Přes uvedenou problematiku je v Basileji v současnosti v provozu 12 trolejbusů se setrvačnickovým akumulátorem energie. Elektrická energie pro elektromotory je odebírána jednak ze sítě a jednak ze setrvačnickového zásobníku. Dle testů odebírají trolejbusy o 25% až 30% méně energie ze sítě. Setrvačnickový zásobník energie zachycuje volnou brzdící energii. Proudový odběr při rozjezdu je o 50 % menší. Vysoko výkonný magneto-dynamický zásobník lze nabít výkonem 150 kW, což odpovídá energii 2,5 kW/h, takže umožňuje krátkodobý plný jízdní výkon. Po rovině umožňuje ujetí dráhy až 3 km. Úseky tratě trolejbusu jsou voleny tak, aby bylo dosaženo dokonalého využití zásobníku, který zachycuje volnou brzdící energii [8].

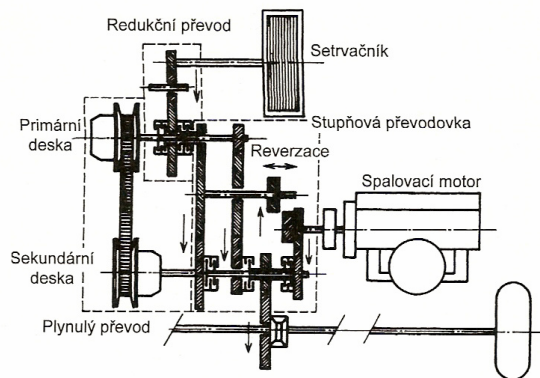
Zůstává však řada dalších problémů k řešení, a to:

- náplň plynu uzavřeného prostoru setrvačnicku
- chlazení vnitřního prostoru setrvačnicku
- utěsnění skříně setrvačnicku okolo hřídele
- technický problém regulace celého systému a vyřešení komplexního působení jednotlivých agregátů tohoto hybridního systému

Hybridní pohon pouze se spalovacím motorem a setrvačnickem (viz. Obr. 2.7) vyvinula Technická univerzita v Eindhoven. Setrvačnick o váze 19 kg je uložen ve vakuovém prostoru. Přenos energie na kola se provádí pomocí převodovky i^2 – CVT [8].

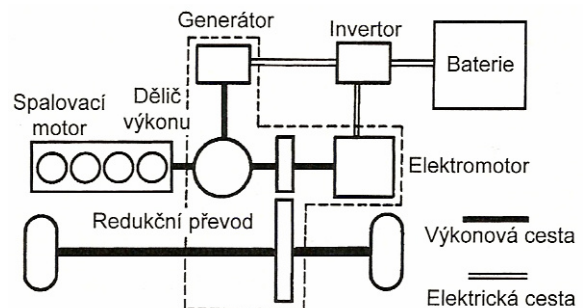
Další systém hybridního pohonu se setrvačnickem je na Obr. 2.8. Setrvačnick je konvenční nízkootáčkový se zabudovaným elektromotorem s velkým rotorem, který pracuje rovněž jako generátor nebo jako motor [8].

Obr. 2.7 Hybridní pohon se setrvačnickem a spalovacím motorem



Zdroj: [8]

Obr. 2.8 Hybridní pohon se spalovacím motorem, setrvačnickem a elektromotorem



Zdroj: [8]

2.3.4 Jednotka KERS

Od příštího roku se může ve formuli 1 používat takzvaný systém KERS (kinetic energy recovery system, viz. Obr. 2.9), který umožní znovu využít energii, která by se jinak ztratila při brzdění [15].

Právě systém schopný znovu využít energii, která by se bez užitku ztratila při brzdění automobilu, budou moci týmy formule 1 od příští sezony využívat. V současnosti tak probíhá čilý vývoj, aby byl tento systém pro nadcházející rok připraven k nasazení v závodech. Podle posledních informací to ale vypadá, že nebude trvat o mnoho déle a KERS si najde cestu také do běžných automobilů [15].

Obr. 2.9 Jednotka KERS



Zdroj: [15]

Pokud budeme přesní, tak KERS již dnešní automobily využívají. Ve své podstatě totiž zkratka označuje prakticky jakýkoli druh pohonu, který získává energii z brzdění. A tu dokážou do baterií ukládat prakticky všechny dnešní hybridní automobily, energii z brzdění dokáže také ukládat i systém EfficientDynamics od BMW. Ten však ukládá elektrickou energii pouze do standardní automobilové baterie a motoru tak odlehčuje od nutnosti jejího dobíjení [15].

V podstatě se dnes uvažuje o dvou způsobech využití energie. Ten první je podobný dnešním klasickým hybridům a stejně jako ony používá elektromotor a alternátor v jednom. Rozdíl je pouze v tom, že různé týmy formule 1 zkouší různé způsoby uchování elektrické energie – někdy jde o klasické baterie, jinde se zkouší vysokokapacitní kondenzátory a jinde zase setrvačníky [15].

Druhý princip KERS, pro který se několik týmů F1 rozhodlo, je čistě mechanický a setrvačnický zde neslouží k uložení energie, která se posléze přemění na elektrickou. Setrvačnický je v tomto případě samotným zásobníkem mechanické energie, která se přímo použije k urychlení vozidla. Zdánlivě celá záležitost funguje relativně jednoduše – přes převodovku s plynule proměnným převodem (CVT) je setrvačnický napojen na hnací hřídel. Jakmile začne vůz brzdít, setrvačnický se začne roztáčet (a díky tomu bude vlastně vůz brzdít). V ideálním případě se bude setrvačnický točit rychlostí až 60 000 otáček za minutu. Při potřebě využití energie z takového systému pak převodovka opět sepne a roztočený setrvačnický začne pohánět hnací hřídel. Tento systém v současnosti vyvíjí společenství firem Xtrac, Torotrak a Flybrid a podle všeho si jej zvolily již dva týmy F1. Co je možná ale ještě důležitější, je fakt, že zároveň se počítá s přenesením této technologie do běžných osobních vozů [15].

V automobilech nebude systém KERS klást tak vysoké nároky na svou nízkou hmotnost (verze pro F1 váží 6,5 kilogramu) a zástavbové poměry a rovněž nebude omezen výkonem. Na druhou stranu bude klást daleko vyšší nároky na rozsah CVT převodovky. Pokud se má setrvačnický točit otáčkami 60 000 1/min, znamená to, že pro použití v automobilech musí být rozsah převodovky zhruba v rozmezí 1:10 až 1:80 [15].

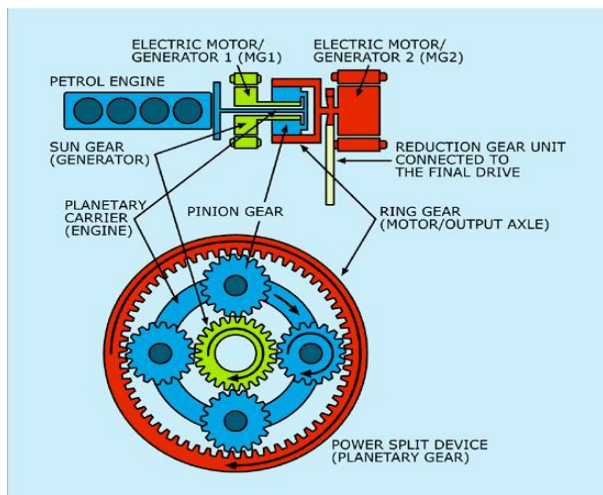
Setrvačnický KERS by se měl v podobě pro sériové automobily objevit do dvou let. Navíc výše zmíněné firmy jistě nejsou jediné, které na vývoji obdobného systému pracují. A tak možná opravdu není příliš daleko doba, kdy budeme jezdit auty, kterým bude při zrychlování pomáhat setrvačnický [15].

2.4 Děliče výkonu

Jako děliče výkonu se běžně používá planetová převodovka diferenciální (viz. Obr. 2.10 a 2.11), tedy se dvěma stupni volnosti, která dělí výkon spalovacího motoru na část, která se přenáší mechanicky s vysokou účinností na hnací kola, a na druhou část pro pohon generátoru. Ten pak podle potřeby napájí buď akumulární prvek nebo trakční motor mechanicky spojený s hnacími koly vozidla. V tzv. nadsynchronním režimu je funkce obou elektrických strojů zaměněna, trakční motor pak pracuje jako generátor napájející druhý elektrický stroj, popřípadě akumulární prvek. Jako děliče výkonu lze použít i elektrického stroje s rotujícím rotorem i statorem. Výhodou systému s dělením výkonu je zachování

optimálního pracovního bodu spalovacího motoru a oproti sériovému přenosu snížení ztrát při přenosu energie z prvotního motoru (část výkonu se totiž přenáší mechanicky s malými ztrátami) [15].

Obr. 2.10 Schéma planetové převodovky



Zdroj: [12]

Obr. 2.11 Příklad planetové převodovky



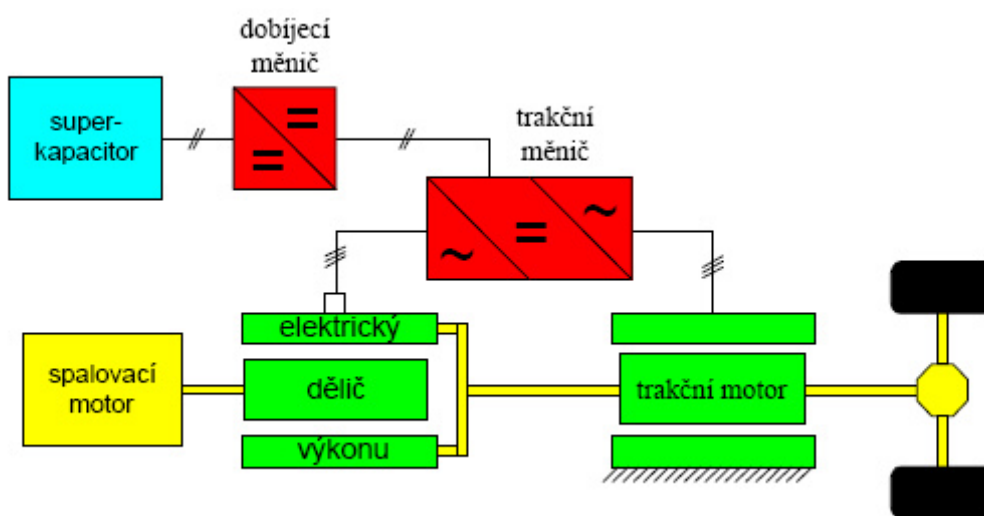
Zdroj: [12]

Planetová převodovka je tvořena centrálním kolem, satelity, unašečem satelitů a korunovým kolem. Centrální kolo, korunové kolo a unašeč satelitů mají společnou osu. Satelity jsou uloženy na unašeči a jsou v záběru v centrálním i korunovém kole. Spojením více planetových převodů dostaneme vícestupňovou planetovou převodovku [16].

Jak už bylo uvedeno v předcházející kapitole, existuje vedle mechanického děliče výkonu v podobě planetové převodovky i elektrický dělič. Uspořádání celého pohonu se střídavými stroji je na Obr. 2.12. Vlastní dělič výkonu je tvořen speciálním elektrickým strojem s rotujícím statorem a rotorem. Rotor je spojen s hřídelí spalovacího motoru a jeho hnací moment se přes vzduchovou mezeru přenáší elektromagnetickými silami na stator. Klasický stroj zachytává tento moment patkami na statoru a vlastního pohonu se nijak neúčastní. U děliče výkonu je tomu jinak, rotující stator je spojen s trakčním motorem a s výstupní hřídelí a moment spalovacího motoru se tak přičítá k hnacímu momentu trakčního motoru. Při rozjezdu vozidla, když je jeho rychlost ještě nulová, se celý výkon spalovacího motoru přeměňuje v dělič výkonu na elektrickou energii, kterou se napájí trakční motor. Funkce tohoto systému odpovídá sériovému hybridnímu pohonu s tím rozdílem, že výstupní moment na hřídeli za trakčním motorem je větší o moment spalovacího motoru. V okamžiku, kdy se vozidlo začne pohybovat, klesnou rozdílové otáčky mezi rotorem a statorem děliče a

v důsledku toho se sníží i elektrický výkon děliče a trakčního motoru. Zbývající část výkonu spalovacího motoru se elektromagnetickými silami přenáší přes vzduchovou mezeru na stator a dále na výstupní hřídel pohonu. S narůstající rychlostí jízdy se zvyšuje část přenášená mechanicky, zatímco elektricky přenášená část úměrně tomu klesá. Výsledkem je snižování ztrát v elektrických strojích [15].

Obr. 2.12 Pohon s elektrickým děličem výkonu



Zdroj: [15]

2.5 Rekuperace kinetické energie

Rekuperace je proces přeměny kinetické energie dopravního prostředku zpět na využitelnou elektrickou energii při elektrodynamickém brzdění. Tato energie se buď ukládá do akumulátorů přímo v dopravním prostředku, nebo se vrací do napájecí soustavy. Výhodou rekuperace je úspora energie a snížení ztrát, neboť se energie spotřebovaná na uvedení vozidla do pohybu částečně získává zpět [17].

U automobilů s hybridním pohonem může být při jízdě ze svahu spalovací motor vypnutý a rekuperovaná část energie se využívá k dobíjení baterií. Běžný provoz tedy nevyžaduje externí zdroj elektrické energie. U hybridního elektrického pohonu s externím přívodem energie (trolejový systém) se používá mechanický zásobník energie jako krátkodobý zásobník pro bezdrátové úseky sítě [1].

Další možností jsou systémy rekuperace hydraulické energie včetně systémů od firmy Parker. Díky systému rekuperace energie od firmy Parker lze snižovat spotřebu paliva a hladiny emisí u vozidel prostřednictvím ukládání kinetické energie vozidla při brzdění do formy energie tlakové. Během akcelerace se tato energie opět využívá. Toho lze docílit pomocí hydrostatického převodu vybaveného hydraulickou jednotkou napojenou na kola vozu, která během brzdění funguje jako hydraulické čerpadlo a během akcelerace jako hydraulický motor. Práce prováděná hydraulickou jednotkou na kolech při zpomalování vozidla se ukládá ve formě stlačené tekutiny (plynu) v akumulátoru. Během akcelerace tato stlačená tekutina pohání hydraulickou jednotku a zrychluje pohyb vozidla. Další hydraulická jednotka je namontována na primárním zdroji energie (obvykle spalovací motor). Tato jednotka obvykle pracuje jako čerpadlo a přenáší energii z motoru do hydraulických jednotek na kolech vozidla, případně do akumulátoru [18].

3 Hybridní automobily na trhu v ČR

Na českém trhu nabízejí automobily s hybridním pohonem zatím pouze tři značky. Jsou jím Toyota, Lexus a Honda. Nejprodávanějším modelem na českém trhu je Toyota Prius. Letos od ledna do května prodala Toyota v Česku 53 těchto vozů proti 32 autům loni. U luxusní divize Toyoty, značky Lexus, tvořily letos hybridní vozy 64 procent všech prodaných aut. Na konci minulého roku to bylo 40 procent. Poslední z trojice výrobců Honda, která nabízí hybridní model Civic, prodala od roku 2006 v Česku 36 hybridních aut [19].

3.1 Toyota Prius

Na autosalónu v Detroitu byla představena nejnovější, v pořadí již třetí generace tohoto modelu Japonské značky. Tato generace by měla být podle představitelů automobilky výkonnější, úspornější, tišší a prostornější. Automobil se bude vyrábět za použití procesů, jejichž cílem je snížit míru znečištění v celém životním cyklu vozu, od výroby přes každodenní používání až po konečnou likvidaci. V ČR však zatím tento model není dostupný, a proto se zmíním o modelu předchozím.

Prius (Obr. 3.1) je poháněn čtyřválcovým zážehovým agregátem o objemu 1,5 l. Výkon motoru dosahuje dle technických údajů výrobce hodnoty 57 kW (76 k)/5000 ot/min, která na přední kola pomocí elektronicky řízené bezstupňové převodovky s planetovým soukolím přenáší 115 Nm točivého momentu při 4000 ot/min.

Zážehový agregát je podporován synchronním elektromotorem s permanentním magnetem o výkonu 50 kW (67 k) o největším točivém momentu 400 Nm. Elektromotor je zatím napájen NiMH bateriemi. Od roku 2012 budou moci zákazníci využívat výhody vyšší energetické hustoty Li-Ion akumulátorů (nižší hmotnost, vyšší kapacita). V souvislosti s tím se očekává, že výrazně vzroste dojezd na čistě elektrický pohon.

3.2 Honda Civic

Dalším výrobcem, který na českém trhu prodává automobil s hybridním pohonem, je Honda. Její hybridní Civic (Obr. 3.2) byl představen v roce 2006 a pro rok 2009 byl již představen Civic nový, který však také zatím není v ČR dostupný.

Civic je poháněn zážehovým řadovým čtyřválcem o objemu 1339 ccm s rozvodem OHC. Dle technických údajů uváděných výrobcem má spalovací motor výkon 70 kW (95 k) při 6000 ot./min a největšího točivého momentu 123 Nm dosahuje při 4600 ot./min. Spalovací motor je v hybridní soustavě podporován elektromotorem o výkonu 15 kW (20 k) při 2000 ot./min o maximálním točivém momentu 103 Nm.

Ve srovnání s konkurencí je hybridní systém od Hondy velmi nenápadný. Toyota či Lexus mají elektromotory několikanásobně výkonnější, v některých případech však akumulátory zabírají i polovinu zavazadlového prostoru. Honda svůj elektrický systém IMA (Integrated Motor Assist) od dob Insightu posílila jen na 15 kW, celé zařízení je však menší a vejde se do nevelkého prostoru za zadními sedadly. Akumulátory i s řídicí jednotkou váží 55 kilogramů a zabírají místo o objemu 59 litrů. Pro samotná zavazadla tak zbývá velkorysých 350 litrů [20].

Obr. 3.1 Toyota Prius



Zdroj: [7]

Obr. 3.2 Honda Civic Hybrid



Zdroj: [21]

3.3 Lexus RX 400h, GS 450h, LS 600h

Pohon Lexusu RX 400h (Obr. 3.3) funguje na podobném principu jako u Toyoty Prius s tím rozdílem, že Lexus místo jednoho elektromotoru používá pro pohon vozu hned dva. První je spojen s benzínovým šestiválcem stejně jako v Priusu, druhý pohání zcela samostatně zadní nápravu. Místo, aby celý hybridní systém poháněl všechna kola, starají se přední motory pouze o přední nápravu a zadní elektromotor pouze o nápravu zadní. Pohon zadních kol se připojí jen v případě potřeby [22].

Základem je bezesporu benzínový šestiválec, který má objem 3311 ccm a výkon 155 kW. Točivý moment dosahuje hodnoty 288 Nm při 4400 ot./min. Stejně jako v Priusu nemá ani zde benzínový motor startér nebo alternátor, protože funkci spouštění motoru zabezpečuje přední synchronní elektromotor. Ten má výkon špičkových 123 kW a nabízí točivý moment 333 Nm [22].

Obr. 3.3 Lexus RX 400h



Zdroj: [25]

Druhý elektromotor je umístěn nad zadní nápravou, což poněkud zvyšuje dno zavazadlového prostoru. Motor má sice výkon "jen" 50 kW a točivý moment 130 Nm, ale vzhledem k tomu, že jen sekunduje v případě nutnosti, není vyššího výkonu potřeba [22].

Na obr. 3.4 je Lexus GS 450h, který používá zážehový motor V6 o objemu 3456 ccm a kombinuje nový systém přímého vstřikování D-4S se dvěma vstřikovači s duálním inteligentním proměnným časováním ventilů Dual VVT-i [23].

Tento motor o výkonu 218 kW a s maximem točivého momentu 368 Nm je spojen s kompaktním, vysoce výkonným elektromotorem s permanentními magnety, který při rozjezdu z klidu dosahuje okamžitě výkonu 147 kW a točivého momentu 275 Nm [23].

Nový Lexus LS 600h (Obr. 3.5) je skutečným nositelem nových technologií. Začneme-li ústrojím pohonu, je nový model vybaven zcela novým vidlicovým motorem 5.0 V8 s maximálním výkonem 290 kW/6400 ot./min a točivým momentem 520Nm/4000 ot./min. Přímo na osmiválec je napojen elektromotor s výkonem 165 kW a točivým momentem 300 Nm. Výkon je přenášen přes diferenciál Torsen na obě nápravy, přičemž v normálním režimu připadá na zadní nápravu 60%, na přední pak 40% točivého momentu – tento poměr se pak může plynule měnit od 50:50 až po 70:30. Ve voze je instalována elektronicky ovládaná převodovka E-CVT, která svým projevem připomíná převodovku s plynule měnitelným převodem CVT [24].

Stejně jako u Toyoty Prius používají všechny modely Lexus vysokonapěťové akumulátory Ni-MH, které budou v budoucnu nahrazeny lithiovými.

Obr. 3.4 Lexus GS 450h



Zdroj: [26]

Obr. 3.5 Lexus LS 600h



Zdroj: [27]

3.4 Porovnání těchto modelů

Jednotlivé modely a jejich vybrané údaje nelze přímo společně porovnávat, protože se nejedná o automobily stejných tříd ani stejných výkonových parametrů. Z tab. 2 lze však usoudit, že Toyota Prius společně s Hondou Civic jsou nejvíce šetrné k životnímu prostředí a také ekonomicky nejvýhodnější jak jejich pořizovací cenou, tak jejich spotřebou paliva. Na druhou stranu jejich výkonové parametry, o kterých byla řeč v předešlé kapitole, jsou o poznání nižší, než u modelů Lexus. Civic a Prius se řadí do nižší střední třídy a modely Lexus do vyšší střední, až vysoké třídy, čemuž také odpovídají ceny jednotlivých modelů.

Tab. 2 Porovnání vybraných údajů jednotlivých modelů

	Toyota Prius	Honda Civic	Lexus RX 400h	Lexus GS 450h	Lexus LS 600h
Emisní norma	EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4
Emise CO₂ (g/km)	104	109	192	180	219
Spotřeba paliva Město (l/100 km)	5	5,2	9,1	9,1	11,3
Spotřeba paliva Mimo město (l/100 km)	4,2	4,3	7,6	7,1	8
Spotřeba paliva Kombinovaná (l/100 km)	4,3	4,6	8,1	7,9	9,3
Maximální rychlost (km/h)	170	185	200	250	250
Zrychlení z 0 na 100 km/h (s)	10,9	12,1	7,6	5,9	6,3
Základní cena (Kč)	639 900	539 000	1 700 000	1 679 000	2 890 000

Zdroje: [25,26,27,28,29]

4 Celkový prodej hybridních automobilů

Obliba hybridních automobilů postupně narůstá i v Česku. Počet těchto vozů na tuzemských silnicích se loni více než zdvojnásobil. Ve srovnání se světem je však zájem o hybridy stále ještě mizivý. Zatímco v jiných zemích se modely s hybridním pohonem prodávají po stovkách či tisících, v Česku se jejich prodej stále počítá v desítkách [30].

V roce 2007 si v České republice zákazníci pořídili 105 automobilů s hybridním pohonem. Celkem se jich na tuzemském trhu od roku 2000 prodalo na 160. Většímu zájmu zatím bránila nedostatečná podpora ekologických automobilů ze strany státu. To by se mělo napřesrok změnit. Ministerstvo životního prostředí do silničního zákona nově prosadilo osvobození hybridních automobilů, vozů na zkapalněný propanbutan, zemní plyn a etanol od silniční daně. To podpoří prodej hybridních vozů pro podnikání [30].

„Rostoucí zájem podnikatelů a firem už byl znát v loňském roce. Prodali jsme hybridní vozy několika velkým klientům jako jsou Ikea nebo autopůjčovna Hertz," uvedl mluvčí společnosti Toyota Motor Czech Tomáš Vaněk. V Evropě Toyota prodala přes 32 tisíc Priusů a čtyři tisícovky Lexusů, celosvětově prodala automobilka jen letos přes 400 tisíc hybridů. V Česku se podle Vaňka začíná dařit i hybridnímu Lexusu, na který se začíná tvořit pořadník [30].

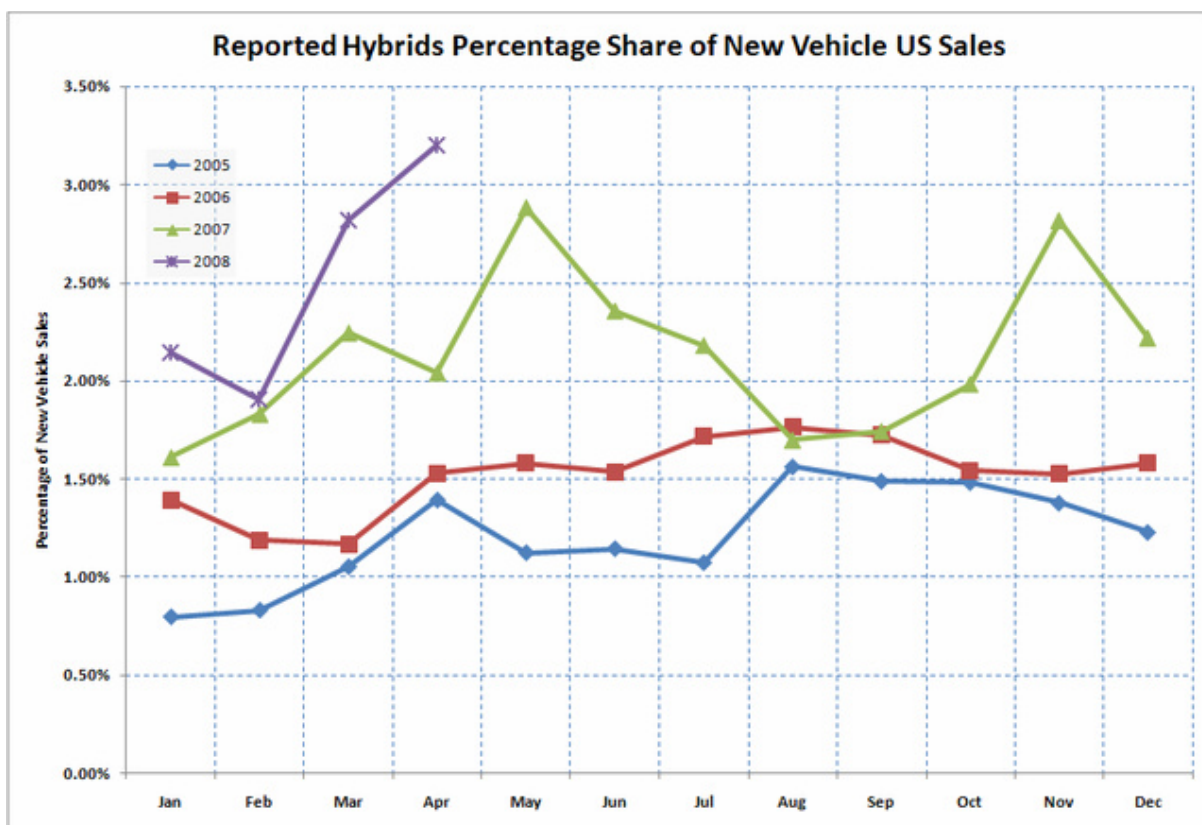
Prudký nárůst prodaných hybridů potvrzuje i Honda. Ta v Česku prodává hybridní Hondu Civic. Zatímco v roce 2006 si u Hondy koupili zákazníci tři vozy s hybridním pohonem, loni to bylo už 26 kusů. „Prodej se postupně zvyšuje," uvedla mluvčí automobilky Hana Holcová s tím, že Honda, stejně jako Toyota, neustává ve snaze přesvědčit vládu k větší podpoře ekologických vozů [30].

„Vedle osvobození od silniční daně zvažujeme i další možnosti podpory ekologicky šetrných automobilů," uvedl mluvčí ministerstva životního prostředí Jakub Kašpar [30].

Největší prodej hybridních automobilů zaznamenávají Spojené státy americké. Prodej hybridních automobilů v USA se během dubna 2008 zvýšil na 39 898 kusů, to jest o 46% více proti stejnému období roku 2007. Spolu se snížením prodejů lehkých osobních a užitkových automobilů to znamenalo zvýšení podílů hybridů na celkových prodejkách nových automobilů na 3,2% (viz. Graf 1). Toto číslo navíc nezahrnuje prodeje hybridů od General Motors. Nejúspěšnější byl opět model Toyota Prius, toho se během dubna prodalo 21 757 kusů.

Celkově už Toyota prodala 680 000 Priusů v USA. Automobilů Toyota Camry Hybrid se prodalo 6678 kusů, Toyota Highlander Hybrid pak 2578 kusů a luxusního Lexusu Rx 400h právě 1624 kusů. Honda Civic Hybrid pak zaznamenala 4324 prodaných kusů, což je zvýšení o 51% proti dubnu 2007, a toto číslo představuje 12,7% všech prodaných modelů Honda Civic. Na konci pelotonu je pak Nissan se svým modelem Nissan Altima Hybrid, kterého se prodalo 801 v omezené distribuci [31].

Graf 1 Podíl hybridů na celkových prodejích nových automobilů v USA



Zdroj: [32]

V posledních měsících roku 2008 však prodej hybridních automobilů zaznamenal pokles. Největší snížení poptávky po hybridech zaznamenal Ford, Honda a Toyota. V celkovém součtu v roce 2008 poklesl jejich prodej o 9,9% ve srovnání s rokem 2007. Jedinou automobilkou, která zaznamenala značný růst prodeje, bylo General Motors (dále jen GM), kterému se podařilo prodej hybridů téměř ztrojnásobit. Vzhledem k malému zastoupení GM na trhu, kdy Toyota ovládá 75% amerického trhu hybridů, ani tento úspěch GM celková čísla nezachránil.

Příčinou poklesu zájmu o hybridní automobily je zcela jistě v cena ropy, která v posledních měsících zaznamenala rapidní pokles. Když galon benzínu stál 4 dolary, lidé byli více motivováni vyhledávat úsporné technologie. V posledních měsících však cena pohonných hmot klesla na 1,5 dolaru, a to nikoho příliš nemotivuje.

V Evropě se od roku 2000 prodalo více než 73000 Priusů. Souhrnné prodeje hybridních automobilů Lexus v Evropě nyní překračují 27000 automobilů, včetně modelu LS 600h, který byl představen v červnu roku 2008. Auta těchto značek jsou v Evropě bezesporu nejprodávanějšími automobily s hybridním pohonem a jejich počet tedy již překročil 100 000 kusů.

Celkový prodej hybridních vozidel značek Honda a Toyota vzrostl v Japonsku o 51 758 automobilů v první polovině roku 2008, což je o 21,5% více než v první polovině roku 2007. Největší zastoupení má opět Prius, kterých se v tomto období prodalo 35 507, což je o 23,3% více než ve stejném období roku 2007. Tento počet představuje 69% z celkového prodeje v Japonsku. Dalšími prodávanými automobily s hybridním pohonem v Japonsku jsou Lexusy GS 450h, LS 600h, RX 400h, Toyota Highlander a další.

5 Předpisy a normy

Pro výrobu motorových vozidel jsou stanoveny určité normy a předpisy, které jsou sledovány a kterých se automobilový výrobci musí držet.

5.1 Emisní předpisy

Omezování škodlivých emisí výfukových plynů osobních vozidel bylo povinně zavedeno poprvé v roce 1968 v USA ve státě Kalifornia. Dnes existují v mnoha zemích předepsané testy emisí, které zajišťují, že nebudou překračovány stanovené hodnoty. Nejdůležitější a nejpřísnější předpisy pocházejí z USA, Japonska a Evropy [33].

Po vzniku Evropského společenství a následně Evropské unie existují v Evropě dva paralelní legislativní systémy. První systém představují předpisy Evropské hospodářské komise (EHK). Obecně předpisy EHK, tedy nejen ty emisní, vznikají v rámci jednotlivých komisí složených ze zástupců zainteresovaných zemí. Jejich konečné schválení a vydání zajišťuje OSN. I když předpis začne platit, neznamená to, že je pro všechny státy sdružené v EHK automaticky povinný. Přistoupení k předpisům EHK je dobrovolné a jednotlivé země se pro přijetí předpisu a termín jeho zavedení rozhodují na základě svých možností a své potřeby. Druhým systémem jsou tzv. směrnice Evropské unie, které jsou povinné pro všechny členské země EU [33].

Tab. 3 Zákonem povolená množství zplodin osobních vozidel v Evropské unii

Předpis	Datum zavedení	Druh motoru	HC + Nox g/km	CO g/km	Částice g/km
EURO 1	7/92	zážehový IDI DI	0,97 0,97 1,36	2,72	0,14 0,20
EURO 2	1/96	zážehový IDI DI	0,50 0,70 0,90	2,20 1,00 1,00	0,08 0,10
EURO 3	1/2000	zážehový vznětový	0,56	2,30 0,64	0,05
EURO 4	1/2005	zážehový vznětový	0,30	1,00 0,50	0,025

IDI = komůrkové vznětové motory DI = vznětové motory s přímým vstřikem

Zdroj: [33]

5.2 Vyhláška č. 192/1995 Sb.

Vyhláška č. 192/1995 Sb. o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích stanovuje podmínky pro schvalování technické způsobilosti, technické podmínky pro konstrukci a provedení vozidel, technické podmínky pro vozidla poháněná stlačeným nebo zkapalněným plynem, technické podmínky pro elektromobily a některá jiná vozidla [33].

5.3 Homologační předpisy EHK

Určité členské státy Evropské hospodářské komise OSN uzavřely Dohodu o přijetí jednotných podmínek pro homologaci a o vzájemném uznávání homologace výstroje a součásti motorových vozidel (Ženeva, 1958). Tato dohoda stanoví rámcové podmínky. Konkrétní technická témata jsou řešena jednotlivými Předpisy, které formálně jsou přílohami k Dohodě a jsou označeny signaturou skládající se z části označující Dohodu a z čísla přílohy o Dohodě. V průběhu platnosti Dohody k ní přistupovaly postupně další členské státy až do nynějšího počtu signatářů 33. Bývalé Československo k ní přistoupilo jako osmý stát v roce 1960 [33].

5.4 Normy a zkušební metodiky uplatňované v rámci vyhlášky č. 102/1995 Sb.

Na základě § 16 zákona č. 38/1995 Sb. o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích Ministerstvo dopravy ČR vydalo vyhlášku č. 102/1995 Sb. o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích (dále jen „vyhláška“), kterou se provádí citovaný zákon. Při schvalování technické způsobilosti jednotlivých výrobků, technických celků, příslušenství a výbavy vozidel i celých vozidel se kromě technických dokumentů přímo uvedených v zákoně nebo vyhlášce také přiměřeně aplikují jednotlivé normy a zkušební metodiky. Normy a zkušební metodiky se obdobně aplikují také při kontrole jednotlivých výrobků v průběhu jejich výroby nebo dovozu [33].

Závěr

Konstrukce hybridních pohonů používaných v automobilech prošla více než staletým vývojem. V současné době podporuje největší rozvoj tohoto alternativního druhu pohonu nejen snaha výrobců snížit spotřebu automobilů a jejich hlučnost, ale také zviditelnění svých značek v řešení problémů snižování emisí a ohleduplnosti k životnímu prostředí. Japonské značky Honda a Toyota bezesporu vynakládají největší úsilí a množství financí na vývoj těchto pohonů, přičemž Toyota se svým Priusem a luxusními modely Lexus vévodí trhu automobilů s hybridním pohonem po celém světě.

V České republice je počet prodaných vozidel s tímto pohonem zatím zanedbatelný. Celkový počet „hybridů“ jezdících po českých silnicích lze v současné době počítat ve stovkách. Dle mého názoru i názoru odborné veřejnosti brání většímu rozšíření nedostatečná podpora ekologických automobilů, mezi které můžeme zařadit i automobily s hybridním pohonem, ze strany státu. Jedinou současnou podporou pro hybridní automobily ze strany státu je zvýhodnění u silniční daně platné od 1.1.2009. Sazba daně se u vozidel snižuje o 48 % po dobu následujících 36 kalendářních měsíců od data jejich první registrace, o 40 % po dobu následujících dalších 36 kalendářních měsíců a o 25 % po dobu následujících dalších 36 kalendářních měsíců. Toto opatření určitě podpoří prodej hybridních automobilů pro podnikání. Bylo by však třeba inspirovat se jinými státy EU, které mají s tímto problémem větší zkušenosti a tuto podporu zvýšit.

Dalším problémem rozšíření vozidel s hybridním pohonem je dle mého názoru stále ještě vysoká pořizovací cena těchto modelů. V porovnání s automobily používající pouze spalovací motory je cena těchto automobilů nezanedbatelně vyšší. Je zřejmé, že pořizovací ceny nikdy nebudou a ani nemohou být nižší než u automobilů s klasickými spalovacími motory, protože složitost konstrukcí hybridních pohonů je mnohem větší. Postupný vývoj těchto pohonů by však mohl tuto cenu snížit. Vyšší pořizovací cenu by měla právě vykompenzovat již výše zmíněná podpora ze strany státu. Otázkou poté zůstává, zda má stát zájem na tom, aby prodej vozidel s hybridním pohonem v České republice stoupal. V protokolu Kyoto se Česká republika zavázala k omezení, případně redukcí emisí o 8 %, a tudíž by zájem ze strany státu na prodeji „hybridů“ být měl. Samozřejmě osobní automobily nejsou jediným zdrojem emisí produkovaných do ovzduší, je však třeba omezit emise ve všech oblastech a tedy i v oblasti silniční dopravy.

Některé názory se v tomto zcela neshodují. Samotný provoz hybridních automobilů je jistě šetrnější k životnímu prostředí. Kritici však upozorňují na složitější výrobu a poté také složitější ekologickou likvidaci těchto modelů, které určité snižování emisí nijak nepřidají. Toyota se podle informací při výrobě třetí generace Toyoty Prius zaměřila právě na použití procesů výroby, jejichž cílem je snížit míru znečištění v celém životním cyklu vozu, od výroby přes každodenní používání až po konečnou likvidaci.

Hybridní vozidla jsou krokem kupředu při snaze nalézt alternativní pohony motorových vozidel. Nejsou však plnohodnotnou náhradou spalovacích motorů, protože k jejich provozu je spalovací motor stále potřebný, i když v určitém omezení. Podle mého názoru je to přechodné období na cestě vývoje vozidel poháněných pouze elektromotorem bez spalovacího motoru. Vývoj hybridních pohonů ale určitě nedílnou součástí přispívá k vývoji elektromobilů, popřípadě jejich součástí, jako jsou například zásobníky energie, které jsou zatím jedním z velkých problémů u elektromobilů. Pokud se podaří u zásobníků elektrické energie snížit jejich hmotnost a velikost, tj. zvýšit jejich dojezd na jedno nabití včetně rychlosti jejich nabíjení, resp. času potřebného na nabití, začnou elektromobily nad automobily s hybridním pohonem převládat.

Hybridní pohon je pouze jedním z mnoha alternativních pohonů. Dalšími možnostmi jsou např. pohon ropným plynem LPG, pohon zemním plynem CNG a LNG, biopaliva, již zmiňované elektromobily a vodíkový pohon. Stále větší naděje se vkládají do pohonu vozidel pomocí vodíku, jak ve formě palivových článků nebo jeho přímého spalování. Ať už se v budoucnosti bude používat jakýkoli pohon, je zcela zřejmé, že bude snaha o to, aby neměl základ založený na fosilních palivech.

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

1. VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5
2. *Hybridní automobily – historie* [online]. Publikováno 3.8.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://baracadaj.blog.auto.cz/2008-08/hybridni-automobily-historie/#comment-28>
3. PAVLŮSEK, Ondřej. *Lohner-Porsche* [online]. Publikováno 13.11.2007. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://news.auto.cz/aktuality/lohner-porsche-z-roku-1900-se-predstavi-na-autosalonu-v-los-angeles.html>
4. SQUATRIGLIA, Chuck. *GM Builds a Plug-In Hybrid* [online]. Publikováno 16.8.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://blog.wired.com/cars/2008/09/priustoric---g.html>
5. *Honda Insight* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Honda_Insight
6. *Toyota Prius* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://toyota-prius.navajo.cz/>
7. *Toyota Prius* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: http://www.toyota.cz/cars/new_cars/prius/gallery.aspx
8. KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohony automobilů*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství BEN, 2005. 223 s. ISBN 978-80-7300-127-8
9. *Hybridní automobily 2* [online]. Publikováno 5.8.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://baracadaj.blog.auto.cz/2008-08/hybridni-automobil-2/>
10. KAMEŠ, Josef. *Speciální motorová vozidla - Část: Spalovací motory*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2002. 109 s. ISBN 80-213-0895-8
11. CENEK, Miroslav a kol. *Akumulátory od principu k praxi*. Praha: FCC PUBLIC, 2003. 248 s. ISBN 80-86534-03-0
12. *Hybridní automobily 3 – Jak funguje Toyota Prius* [online]. Publikováno 13.8.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://baracadaj.blog.auto.cz/2008-08/hybridni-automobily-3-jak-funguje-toyota-prius/>
13. *Electric double-layer capacitor* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Supercapacitor>
14. VOJÁČEK, Antonín. *Superkondenzátor – princip, vlastnosti, použití* [online]. Publikováno: 26.12.2006. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006122601>

15. ČEŘOVSKÝ, Zdeněk. *Hybridní pohony automobilů a výzkumné pracoviště hybridních pohonů* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/k314-SYMEP.pdf>
16. *Planetová převodovka* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Planetov%C3%A1_p%C5%99evodovka
17. *Rekuperace* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rekuperace>
18. Technický týdeník. *Rekuperace energie je aktuální téma současnosti* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1211&mark=>
19. *Zájem o hybridy v Česku roste, i tak tvoří zanedbatelné procento* [online]. Publikováno: 20.6.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/auto/143068-zajem-o-hybridy-v-cesku-roste-i-tak-tvori-zanedbatelne-procento.html>
20. *TEST: Honda Civic Hybrid* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: http://www.tipcar.cz/test_honda_civic_hybrid_-_neni_jen_autem_pro_vyvolene-2315.html
21. *Honda Civic Hybrid* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://moje.auto.cz/pepavasa/civik.html>
22. BROŽA, Petr. *Lexus RX 400h: spořivý letec* [online]. Publikováno: 17.1.2006. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/default.aspx?section=132&server=1&article=7342>
23. *Hybridní Lexus GS 450h za 1,7 miliónu korun* [online]. Publikováno 30.5.2006. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/auto/86708-hybridni-lexus-gs-450h-za-1-7-milionu-korun.html>
24. ŠUCH, Ondřej. *Lexus LS 600h – první jízdní dojmy* [online]. Publikováno: 3.7. 2007. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://news.auto.cz/dojmy/lexus-ls-600h-prvni-jizdni-dojmy.html>
25. *Technické specifikace Lexus RX 400h* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/rx/specification/index.aspx>
26. *Technické specifikace Lexus GS 450h* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/gs/specification/index.aspx>
27. *Technické specifikace Lexus LS 600h* [online]. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/ls/specification/index.aspx>
28. Toyota. *Technické specifikace Toyota Prius*
29. Honda. *Technické specifikace Honda Civic*

30. ZELENKA, Robert. *Prodej hybridů zvolna, ale jistě roste* [online]. Publikováno: 21.1.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.e15.cz/byznys/prodej-hybridu-zvolna-ale-jiste-roste-7987/>
31. HORČÍK, Jan. *Prodej hybridů v USA* [online]. Publikováno: 9.6.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/prodej-hybridu-v-usa-3-novych-automobilu>
32. Green Car Congress. *Reported US Sales of Hybrids in April Pass 3% Market Share of New Vehicles Sold* [online]. Publikováno: 5.5.2008. [cit. 2009-02-22]. Dostupné z: <http://www.greencarcongress.com/2008/05/reported-us-sal.html>
33. VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0

Seznam obrázků

<i>Obr. 1.1 Lohner-Porsche</i>	3
<i>Obr. 1.2 verze 4×4 se čtyřmi elektromotory</i>	3
<i>Obr. 1.3 General Motors hybrid</i>	4
<i>Obr. 1.4 Audi Duo</i>	4
<i>Obr. 1.5 Honda Insight</i>	5
<i>Obr. 1.6 Honda Insight IMA</i>	5
<i>Obr. 1.7 Toyota Prius</i>	6
<i>Obr. 2.1 Sériové uspořádání hybridního pohonu</i>	8
<i>Obr. 2.2 Paralelní uspořádání hybridního pohonu</i>	9
<i>Obr. 2.3 Smíšené uspořádání hybridního pohonu</i>	10
<i>Obr. 2.4 Příklad baterie používané v hybridních automobilech</i>	11
<i>Obr. 2.5 Příklad superkondenzátorů</i>	13
<i>Obr. 2.6 Porovnání hustoty energie na výkonové hustotě pro různé zdroje el. energie</i>	14
<i>Obr. 2.7 Hybridní pohon se setrvačником a spalovacím motorem</i>	16
<i>Obr. 2.8 Hybridní pohon se spalovacím motorem, setrvačником a elektromotorem</i>	16
<i>Obr. 2.9 Jednotka KERS</i>	17
<i>Obr. 2.10 Schéma planetové převodovky</i>	19
<i>Obr. 2.11 Příklad planetové převodovky</i>	19
<i>Obr. 2.12 Pohon s elektrickým děličem výkonu</i>	20
<i>Obr. 3.1 Toyota Prius</i>	23
<i>Obr. 3.2 Honda Civic Hybrid</i>	23
<i>Obr. 3.3 Lexus RX 400h</i>	24
<i>Obr. 3.4 Lexus GS 450h</i>	25
<i>Obr. 3.5 Lexus LS 600h</i>	25

Seznam tabulek a grafů

<i>Tab. 1 Porovnání různých systémů baterií</i>	12
<i>Tab. 2 Porovnání vybraných údajů jednotlivých modelů</i>	25
<i>Graf 1 Podíl hybridů na celkových prodejkách nových automobilů v USA</i>	27
<i>Tab. 3 Zákonem povolená množství zplodin osobních vozidel v Evropské unii</i>	29