

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hybridní automobily

**vedoucí práce: Ing. Petr Řezáček, Ph.D.
autor: Martin Vojáček**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin VOJÁČEK**
Osobní číslo: **E09B0207P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Hybridní automobily**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte přehledovou studii týkající se hybridních automobilů

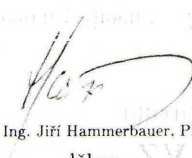
1. Sestavte přehled možností pohonu hybridních automobilů.
2. Sestavte vývoj produkce těchto typů automobilů v segmentu osobních automobilů a dodávek do 1,0t užitkové hmotnosti.
3. Proveďte porovnání na základě dostupných údajů (hmotnost, spotřeba, cena...)

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. Internetové zdroje

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Řezáček, Ph.D.**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Práce se zabývá problematikou hybridních automobilů a jejich pohonů. Součástí práce je srovnání hybridních automobilů do 1 t užitkové hmotnosti, které jsou v současné době k dostání na trhu.

Klíčová slova

Hybridní automobil, hybridní pohon, sériový pohon, paralelní pohon, kombinovaný pohon, Li-ion, NiCd, NiMh, Li-Pol, LiFePo₄, superkapacitor

Abstract

The theses deal with the principles of the hybrid cars and hybrid drives. Part of the theses is compare hybrid cars which are on the market and which are maximum 1t usefull weight.

Key words

Hybrid car, hybrid drive, seriál drive, parallel drive, combined drive, Li-ion, NiCd, NiMh, Li-Pol, LiFePo₄, supercapacitor

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 4.6.2012

Martin Vojáček

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Řezáčkovy, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

ÚVOD	9
1 HISTORIE HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ	9
2 HYBRIDNÍ POHON	12
3 ROZDĚLENÍ HYBRIDNÍCH POHONŮ	12
3.1 SÉRIOVÝ HYBRIDNÍ POHON	12
3.2 PARALELNÍ HYBRIDNÍ POHON	14
3.3 KOMBINOVANÝ HYBRIDNÍ POHON	15
3.3.1 <i>Kombinovaný hybridní pohon s mechanickým dělením výkonu</i>	16
3.3.2 <i>Kombinovaný hybridní pohon s elektrickým dělením výkonu</i>	17
4 AKUMULÁTORY ELEKTRICKÉ ENERGIE	19
4.1 OLOVĚNÉ BATERIE	19
4.2 NiCd (Níkl-kadmiový)	19
4.3 NiMH (Níkl-metal-hydrid)	20
4.4 Li-ION (Lithium-ion)	20
4.5 Li-POL (Lithium-polymer)	20
4.6 LiFePO ₄	21
4.7 SUPERKAPACITOR	21
5 VÝVOJ PRODUKCE HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ	22
5.1 PRODUKCE MEZI ROKY 1898 A 1965	22
5.2 PRODUKCE 1997	23
5.3 PRODUKCE 2001	24
5.4 PRODUKCE 2003	25
5.5 PRODUKCE 2006	26
5.6 PRODUKCE 2009	27
5.7 PRODUKCE 2010	27
5.8 PRODUKCE 2011	34
5.9 PRODUKCE 2012	38
5.10 PRODUKCE V NÁSLEDUJÍCÍCH LETECH	42
6 POROVNÁNÍ HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ	43
ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	50

Úvod

Již od prvních technických pokroků člověk začal znečišťovat životní prostředí, ať už chemickými látkami vypouštěnými do volné přírody, smogem nebo vytvářením špatně se rozkládajícího odpadu. Bylo tedy nutné, aby se začali dodržovat některá pravidla a zákony, která měla tuto situaci změnit. Jedním z prvních velkých znečišťovatelů životního prostředí se stal automobilový průmysl a bylo tedy třeba začít přemýšlet více ekologicky a ekonomicky. První takový pokus byl elektromobil, na který se na několik let soustředil automobilový průmysl. S nástupem lepších vozovek již neměl dostačující výkonnostní parametry jízdy a spolu s malým dojezdem vrátily tyto pohony zpět do vývoje. Proto se hledal kompromis, který by snížil emise spalovacích motorů na co nejnižší úroveň a zároveň se nějakým způsobem využilo výhod elektrických pohonů. Tímto chytrým mezikrokem se stal hybridní pohon, ten pomohl automobilům jezdit „zeleněji“ a motoristům úsporněji.

I přes výhody těchto pohonů jsou však stále nejvíce rozšířené klasické spalovací motory. Jedním z hlavních důvodů je fakt, že přestavba starších vozů na hybridní pohon je náročná nebo zcela neproveditelná. Navíc první hybridní automobil, s lepšími jízdními vlastnostmi, přišel na svět roku 1997. [1]

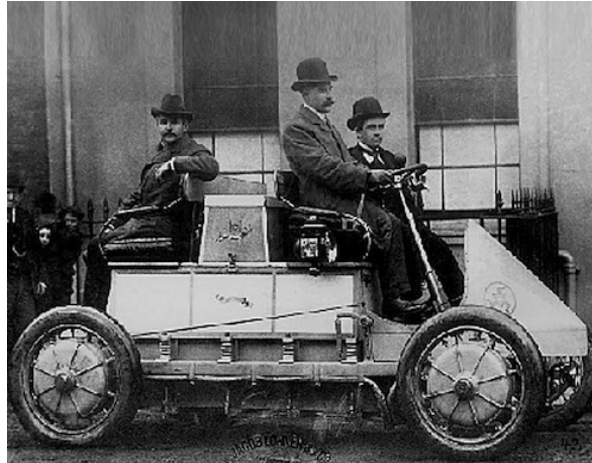
Pravý význam slova hybrid se překládá z latiny jako vzniklý křížením, smíšením, kříženecký, míšený. To naprosto přesně jedním slovem vystihuje tento pohon, neboť hybridní pohon je „kříženec“ spalovacího motoru a elektromotoru. V dnešní době se význam slova hybrid bere především jako zařízení poháněné více než jedním druhem pohonu.

Tato práce se tedy zaměřuje především na popis, co to vlastně znamená hybridní pohon, jaké jsou způsoby řazení spalovacího motoru a elektrického motoru. V druhé části práce je seznam dostupných hybridních osobních vozů a dodávek do 1t užitkové hmotnosti a jejich vzájemné porovnání.

1 Historie hybridních automobilů

První nápad hybridního automobilu přišel mezi roky 1665 a 1680, kdy Ferdinanda Verbiesta napadla myšlenka, sestrojít parní pohon pro císařský kočár, který byl poháněn parou a zároveň koňmi. Prakticky tento způsob pohonu již splňoval myšlenku hybridního pohonu, jako ho známe dnes, neboť byl kočár poháněn více než jedním druhem pohonu. Dalším z důležitých vynálezů, který byl předzvěstí pravého hybridního automobilu, byl například první elektromobil, který vynalezl Robert Anderson v letech 1832 až 1839 nebo elektromobil, který v roce 1970 vynalezl Sir David Solomon. Nicméně elektromobil Roberta

Andersona se velice těžko nabíjel a dojezd byl malý a elektromobil Sira Davida Solomona měl těžké baterie. Oba tyto elektromobily tedy potřebovaly vylepšit, nicméně položily základy pro další vývoj elektromobilů a hybridních automobilů. [2]



Obr. 1.1 Hybridní vůz Semper Vivous [3]

Vynálezcem prvního pravého hybridního automobilu s názvem Semper Vivous, byl konstruktér a rodák z českých Vratislavic Ferdinand Porsche ve svých osmnácti letech. Ten velice důmyslně využil zážehový motor o síle 2,6kW pro pohon dynama, kterým se dobíjelo 44 akumulátorů s napětím 90V. Energie z akumulátorů pak byla rozvedena do elektromotorů umístěných v předních kolech. Vyřešil tak problém na tehdejší dobu velice pokrokovým způsobem. Jelikož auto nepotřebovalo žádnou převodovku ani řetěz, nedocházelo k velkým ztrátám, a tak auto dosahovalo vysoké účinnosti. Hybridní automobil váží 1700 kg, jede maximální rychlostí 35km/h a maximální dojezd má 200km na jedno natankování. Nová verze tohoto hybridního automobilu měla elektromotory umístěné ve všech čtyřech kolech a dosahovala rychlosti lehce přes 100km/h. Ferdinand Porsche tak vytvořil princip hybridního motoru, který se s drobnými úpravami využívá ještě dnes. [3]

Hybridní automobily se staly velmi oblíbeným dopravním prostředkem a v roce 1915 přišla společnost Woods Motor Vehicle s novým systémem pohonu tzv. „Dual Power“. Byl to hybridní pohon využívající v nízkých rychlostech elektromotor a ve vyšších rychlostech zážehový motor. Po pár letech však klesla cena ropy na minimum, došlo k vylepšení spalovacích motorů a vynálezu elektrického startéru, což pozastavilo vývoj dalších hybridních automobilů na dlouhou dobu. V 60. letech se znečištění ovzduší v Americe dostalo na tak vysokou úroveň, že bylo třeba zavést první zákony na ochranu životního prostředí, které by měli situaci zlepšit. První hybridní automobil, který se měl postarat o zlepšení smogové situace roku 1965, byl GM 512 od společnosti General Motors. Toto vozidlo mělo

dvouválcový zážehový motor a alternativní elektromotor s bateriemi. Automobil se však nikdy na trh nedostal. Vozidlo dosahovalo nejvyšší rychlosti 60km/h a netěšilo se příliš velké oblibě u motoristů. V 70 letech přišel další impuls rozvoje hybridních automobilů se schválením nového federálního zákona, takzvaný „Clean Air Act“ na jehož dodržování dohlížela Organizace pro ochranu životního prostředí. Největší rozvoj hybridních pohonů zaznamenal rok 1973, kdy přišla první ropná krize. [3],[4]



Obr. 1.2 Automobil GM 512 [7]

Victor Wouk, zabývající se problematikou elektromobilů, se stal nejvýznamnějším vynálezcem této doby. Společně s Kalifornskou technickou univerzitou pracovali na bateriích pro elektromobily s větší kapacitou. NiCd baterie, původně vyráběné pro letectvo, byly obrovský přínos pro elektromobily. Victor Wouk se svým kolegou Charliem Rosennem založili Petro-Electric Motors a zabývali se dalším vývojem hybridních automobilů. [3],[4]

V roce 1979 David Arthurs přestavěl svůj Opel GT na hybridní pohon a poprvé v historii automobilového průmyslu byla použita rekuperace (využití brzděné energie z elektromotoru pro dobíjení akumulátorů nebo další spotřebě). Těmito úpravami dokázal David Arthurs snížit spotřebu na 3,1 l/100km. [4]

Nejúspěšnějším hybridním automobilem v historii se stal v roce 1997 automobil s názvem Toyota Prius. Do roku 2010 se prodalo přes 2 miliony vozů, a proto se stále řadí mezi nejprodávanější hybridní automobily. V únoru 2011 představila Toyota nový Prius páté generace. [4]

Díky stále se zvyšujícím cenám pohonných hmot a plnění emisních norem (EPA, EURO), nastal největší rozmach hybridních automobilů počátkem 21. století. Téměř všechny

automobilky se pokouší ve svých nových modelech využít hybridní pohon, aby tak snížili spotřebu paliva, nebo alespoň zachovaly spotřebu, avšak zároveň zvýšily výkon vozidla. [4]

2 Hybridní pohon

Jedná se o mezikrok od automobilu se spalovacím motorem k automobilu s elektrickým motorem. Nespornými výhodami elektrického pohonu jsou prakticky nulové škodlivé emise, dobrá výkonová charakteristika. Nevýhodami naopak jsou omezený dojezd, vyšší cena při koupi nového vozu. Výhodou ale zároveň i nevýhodou elektromobilu je velice tichý chod. To může být vítanou změnou v rušných částech města, ale takovéto vozidlo může být velice nebezpečné chodcům, jelikož chodce před blížícím se automobilem neupozorní hluk motoru. Elektromobil ke svému provozu potřebuje velký prostor pro uložení akumulátorů, což negativně ovlivní konečnou váhu vozidla a rozložení váhy na nápravy. Při použití neuzavřených akumulátorů s kyselinou mohl nastat problém u starších vozů, kde mohla kyselina začít unikat. Samotný elektrický pohon vozu zatím není ideální.

Lepší alternativa, řešící částečně nevýhody samostatného elektrického pohonu či pohonu pouze spalovacím motorem, je hybridní pohon, což je pohon vozidla více než jedním poháněcím zdrojem. Hybridní pohon je obvykle myšlen jako kombinace spalovacího motoru a elektromotoru tak, aby převládaly výhody. Elektromotor umožňuje rekuperaci, takže při brzdění a jízdě z kopce částečně získává vydanou energii zpět a ukládá ji do akumulátoru. U klasických spalovacích motorů se energie během brzdění odvádí do okolí jako teplo. Hybridní automobil tedy dokáže ještě využít energii, která by se u jiných automobilů ztratila sáláním do okolí. Elektromotory, pokud to řídící elektronika umožňuje, pomáhají při náročnějších rozjezdech automobilu a tím snižují emise spalovacího motoru.

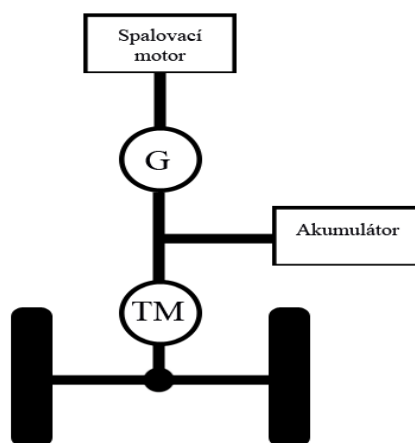
3 Rozdělení hybridních pohonů

Zhoršující se ropná situace a snaha o zlepšení životního prostředí velmi podpořila rozvoj v oblasti hybridních pohonů. Dá se říci, že každý vyvinutý hybridní pohon je jiný, ale myšlenka samotná zůstává zachována. Nejdůležitějším dělením je podle uspořádání systému, podle míry hybridizace nebo podle zdroje energie.

3.1 Sériový hybridní pohon

Sériový pohon se obvykle využívá, pokud není cílem vysoký jízdní výkon. Takto navržený pohon má velmi blízko ke klasickým čistě elektrickým automobilům. Energie dodávaná spalovacím motorem pohání generátor (G), tím se dobíjí akumulátor a zásobuje energií

elektromotor (TM), který přes diferenciál pohání kola vozidla. Spalovací motor nemá žádnou mechanickou vazbu s trakčním motorem a tím je umožněna samostatná práce obou motorů. Spalovací motor nemá vliv na rychlost jízdy a je možné nastavit jeho pracovní režim v nejhospodárnějších otáčkách, a tak docílit velkého nárůstu účinnosti spalovacího motoru 35-40% a to i při časté změně rychlosti jízdy, protože tyto změny nemají vliv na kvalitu spalovacího procesu motoru. Moderní elektromotory mohou pracovat ve velkém rozsahu otáček, a tak odpadá nutnost použití převodovky, řetězů a dalších mechanických částí pohonu, kde by jinak zbytečně vznikaly ztráty účinnosti. V případě správného a přesného řízení je možné použít i vícemotorové uspořádání bez mechanické vazby. Dobrý nápad, se kterým přišel již Ferdinand Porsche, je využití kolových elektromotorů s vysokou účinností. Použitím kolových elektromotorů a pohonu všech čtyř kol, dává konstruktérům vozidla velké možnosti a možnost využití místa, které by jinak bylo využité trakčním motorem. [6],[8]



Obr. 3.1 Schéma sériového pohonu [5]

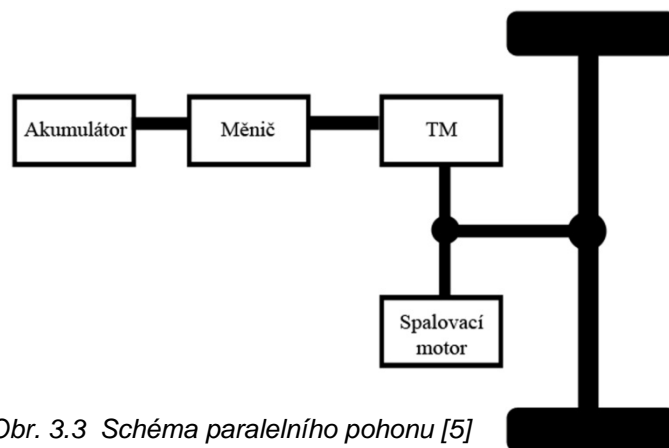
Při provozu sériového hybridního automobilu je v činnosti spalovací motor v případě kdy je třeba dobíjet akumulátor nebo při rychlém rozjezdu automobilu, aby mohl potřebnou energii dodávat i generátor. Pro běžnou jízdu je vhodné odebírat potřebnou elektrickou energii z akumulátoru, ztráty v takovém případě vznikají pouze na měniči, který ze stejnosměrného napětí baterie dělá střídavé. Pokud je akumulátor vybitý a musí se elektrická energie vyrábět generátorem, vznikají ztráty na měniči usměrňujícím střídavé napětí generátoru na stejnosměrné, kterým se nabíjí akumulátor a na druhém měniči, který stejnosměrné napětí opět mění na střídavé. [6],[8]



Obr. 3.2 Startér-Generátor [66]

3.2 Paralelní hybridní pohon

Na obrázku 3.2 je blokově znázorněný princip paralelního hybridního pohonu. Základní rozdíl od sériového pohonu je spojení trakčního motoru a spalovacího motoru mechanicky, čímž oba motory mají nepřetržitě stejné otáčky a nastává problém s nejvýhodnějším pracovním bodem obou motorů. Většina paralelních hybridních pohonů je doplněna o mechanickou spojku na hřídeli a mohou pracovat v čistě elektrickém režimu nebo se elektromotor může odpojit a automobil může pohánět jen spalovací motor. Takovéto řazení hybridního motoru je nejpoužívanější a velkou výhodou je jednoduchost řešení. [6],[8]



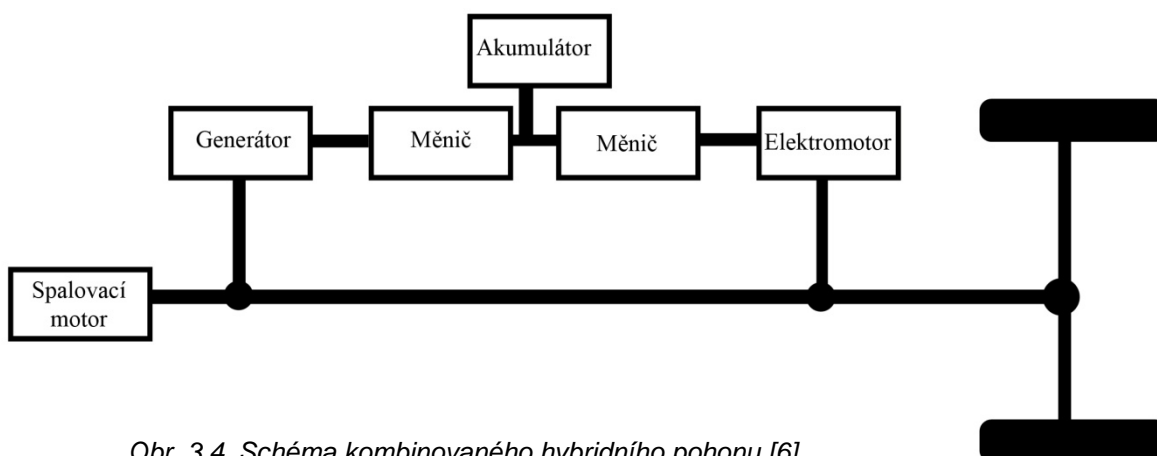
Obr. 3.3 Schéma paralelního pohonu [5]

Z paralelního řazení se vypustil startér spalovacího motoru i alternátor a byl nahrazen elektromotorem, který plní funkci startéru a generátoru. Elektromotor a spalovací motor jsou namísto hřídele spojeny diferenciálem doplněným o další mechanické spojky, o vhodné přepínání režimu pohonu se pak stará řídicí elektronika. [8]

Automobily využívající tento způsob spojení elektromotoru a spalovacího motoru obvykle při zastavení vozidla vypínají spalovací motor a při rozjezdu ho opět nastartují, v případě

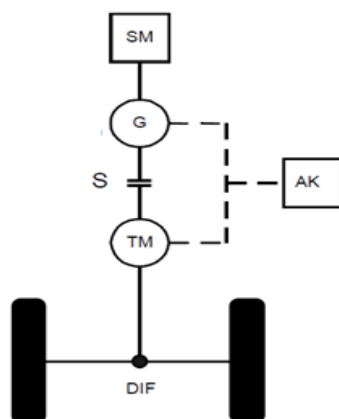
pomalého rozjezdu a udržování nižší rychlosti, jako je popojíždění v koloně nebo ve městě, pohon zůstane pouze v elektrickém režimu a spalovací motor se nenastartuje. Pokud je třeba vysoká akcelerace pro rozjezd automobilu, nastartuje se spalovací motor a moment motoru se na hřídeli sčítá s momentem elektromotoru. Akcelerace vozidla je vysoká i s použitím spalovacího motoru o menším objemu. Při jízdě z kopce je využita rekuperace a získaná energie je uložena do akumulátoru. [6],[8]

3.3 Kombinovaný hybridní pohon



Obr. 3.4 Schéma kombinovaného hybridního pohonu [6]

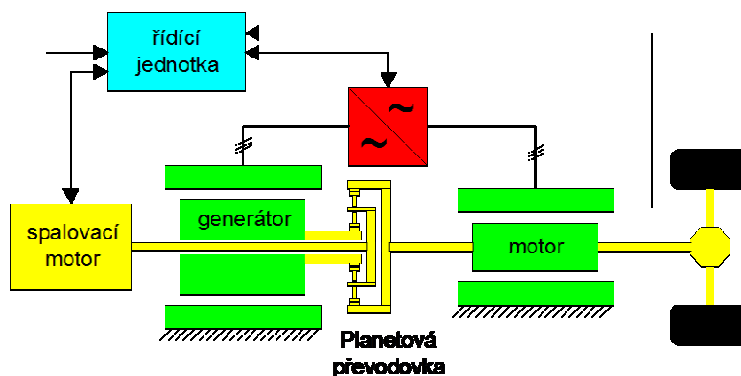
Vozidlo s kombinovaným pohonem může pracovat jako paralelně řazený nebo sériově řazený hybrid v závislosti na tom jaký typ je pro danou situaci vhodnější. Komponenty jsou propojeny pomocí spojek a vhodným přepínáním se volí řazení pohonu. Na obrázku 3.4 je blokově znázorněno základní řazení kombinovaného hybridního pohonu. V případě, že je spojka sepnuta, spalovací motor je spojen mechanicky na hřídeli s elektromotorem a celý pohon se tak chová jako paralelní, momenty obou motorů se sčítají. Pokud se spojka rozpojí, spalovací motor dodává hnací energii pouze generátoru, ten poté dodává elektrickou energii trakčnímu motoru a dobíjí akumulární jednotku, kterou opět může být baterie nebo superkapacitor. Kombinované hybridní pohony lze rozdělit do tří základních poddruhů, tj. přepínatelný kombinovaný hybridní pohon, hybridní pohon s mechanickým dělením výkonu a hybridní pohon s elektrickým dělením výkonu. [6],[8]



Obr. 3.5 Základní schéma kombinovaného pohonu [5]

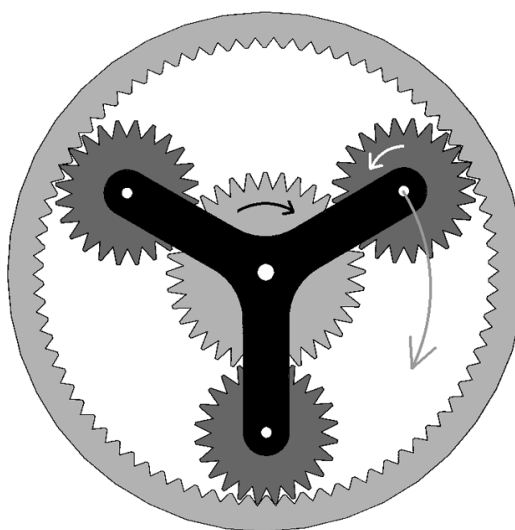
3.3.1 Kombinovaný hybridní pohon s mechanickým dělením výkonu

Tento druh hybridního pohonu vychází z koncepce kombinovaného hybridního pohonu v kapitole 3.3, s jedním zásadním rozdílem. U kombinovaného hybridního pohonu bylo možné využívat buď výhod sériového hybridního pohonu nebo paralelního hybridního pohonu. Takto navržený pohon, zvláště u osobního automobilu, však nevystihuje často se měnící režimy jízdy a není proto nejefektivnější možností. Tento problém byl vyřešen dělením výkonu. Výkon ze spalovacího motoru je po hřídeli přiváděn na dělič výkonu, kterým může být planetová převodovka. Výkon spalovacího motoru se převodovkou rozdělí na část, která pohání kola a zbytek výkonu pohání generátor. Energie vyrobená generátorem se použije pro napájení akumulátoru nebo se jí budí elektromotor. Poměr, kterým se rozděluje výkon na planetové převodovce je pevně daný soukolím převodovky. Takto sestavený motor se svým principem funkčnosti nachází mezi sériovým a paralelním pohonem a mnohem efektivněji pracuje ve všech režimech jízdy. Změnou poměru dělení výkonu se tak dá navrhnout automobil, který se bude více či méně podobat například sériovému pohonu. Je tedy možné sestavit vozidlo přesně podle požadavků na provoz každého zákazníka. [9], [5]



Obr. 3.6 Kombinovaný hybridní pohon s mechanickým dělením výkonu [5]

Planetová převodovka dělí výkon na základě rozdílné obvodové rychlosti jednotlivých ozubených kol. V případě, že planetová převodovka má pouze jeden stupeň volnosti, pouze mění rychlost otáčení hřídele, aby dělila výkon a chovala se jako diferenciál, musí mít převodovka dva stupně volnosti. V hybridním automobilu se využívá planetová převodovka se dvěma stupni volnosti. Na prostřední mezikruží je připojena hřídel od spalovacího motoru. Výkon se pak dělí pomocí planetových kol, které jsou vzájemně pospojována a připojena ke generátoru. Zbýlý výkon je přenášén pomocí vnějšího prstence na hřídel, spojující planetovou převodovku a trakční motor. [10]

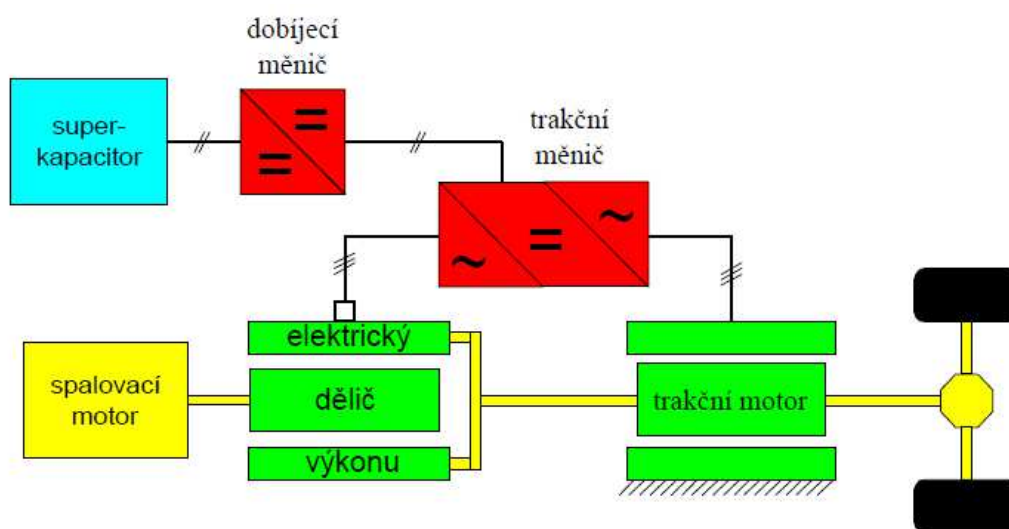


Obr. 3.7 Planetová převodovka [11]

3.3.2 Kombinovaný hybridní pohon s elektrickým dělením výkonu

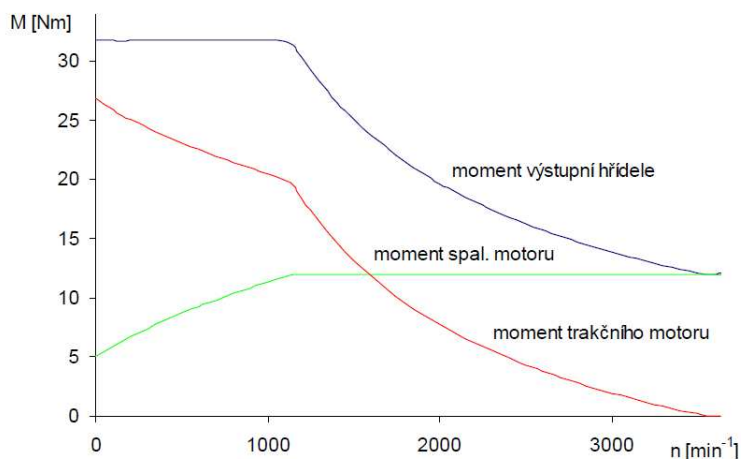
Elektrický dělič je speciální elektrický stroj, jehož rotor i stator rotují. „Rotor je spojen s hřídelí spalovacího motoru a jeho hnací moment se přes vzduchovou mezeru přenáší elektromagnetickými silami na stator. Klasický stroj zachytává tento moment patkami na statoru a vlastního pohonu se nijak neúčastní. 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 [5].“ Poměr dělení výkonu je závislý na otáčkách a není pevně daný, jako tomu bylo u mechanického dělení výkonu. Když automobil stojí a stojí tedy i kola vozu, nemůže být poháněn stator generátoru a veškerý výkon spalovacího motoru je přeměněn na elektrickou energii, kterou se dobíjí akumulátor a budí trakční motor. V tomto režimu pracuje jako sériový pohon. Se vzrůstající rychlostí vozu se přičítá moment spalovacího motoru k momentu trakčního motoru. Zvyšují se otáčky statoru generátoru a stále

více výkonu je přenášeno elektromagnetickými silami z rotoru generátoru na stator a hnací hřídel. Elektrický výkon generátoru se vzrůstajícími otáčkami statoru klesá a tím klesá i výkon trakčního motoru. V okamžiku kdy se otáčky trakčního motoru a spalovacího motoru vyrovnají, je přenášén výkon pouze spalovacího motoru. V tomto režimu se chová kombinovaný hybridní pohon jako paralelní pohon. [5]



Obr. 3.8 Kombinovaný hybridní pohon s elektrickým dělením výkonu [5]

Na grafu 3.1 jsou znázorněné průběhy momentu spalovacího motoru a trakčního motoru. Je zde vidět, že při nízkých otáčkách se o dodávaný moment stará zejména trakční motor a jeho moment se vzrůstajícími otáčkami klesá. Naopak moment dodávaný spalovacím motorem od nízkých otáček roste. Momenty obou pohonů se sčítají a na hnací hřídel vozu se již dostává součet obou momentů. [5]



Graf 3.1 Výkonové charakteristiky [5]

4 Akumulátory elektrické energie

Akumulace elektrické energie je problém prakticky všech automobilů, avšak nejlépe je tento problém vidět na elektromobilech. Kvůli nízké efektivitě ukládání elektrické energie mají malý dojezd, a tak se více vývoj přiklání k výrobě hybridních automobilů. Když pomíneme uchovávání elektrické energie u hybridních automobilů, stále zůstávají problémy, jako jsou váha a velikost baterie, nabíjecí a vybíjecí výkon, životnost baterie, spolehlivost, udržovací náklady. Při návrhu akumulátoru se rovněž musí vzít v úvahu umístění baterie ve vozidle, protože životnost baterie je nižší v porovnání s životností automobilu. [12]

Další výběr baterie můžeme rozdělit podle provozu, do kterého je baterie určena, typu hybridního pohonu, velikostí vozidla, náročnosti terénu.

4.1 Olověné baterie

První baterie používané v hybridních automobilech byly olověné. Využívaly se zejména díky své spolehlivosti, přijatelnou cenou a dobrým výkonem. První akumulátor zhotovil roku 1859 francouzský badatel Gaston Planté a do dnes se hojně využívají u běžných automobilů se spalovacím motorem. [13]

Akumulátor tvoří olověné desky (elektrody) ponořené do zředěné kyseliny sírové a jeden článek akumulátoru tvoří dvě elektrody. Jednotlivé články se řadí sériově a vzniká akumulátor. [13]

Při nabíjení se tvoří kyselina sírová a elektrolyt houstne, při vybíjení je proces opačný. Jelikož elektrolyt při zvětšujícím se náboji houstne, je tedy dobré při zjišťování stavu baterie, sledovat právě hustotu elektrolytu při dobíjení. [13]

4.2 NiCd (Nikl-kadmiový)

Nikl-kadmiový akumulátor je již v dnešní době příliš nepoužívá, nicméně znamenal výrazný pokrok ve srovnání s olověnými články. Výhodou je velká kapacita, odolnost proti špatnému zacházení, možnost nabíjení vysokými proudy a je možné jejich krátkodobé přetěžování. Za tyto výhody však musíme zaplatit daň ve formě vyšší hmotnosti a paměťového efektu, který snižuje kapacitu baterie. [14]

Článek se skládá z dvou elektrod, záporná je z kadmia a kladná z niklu, obě elektrody jsou ponořené do elektrolytu, kterým je hydroxid draselný. [15]

4.3 NiMh (Nikl-metal-hydrid)

Hlavní období výzkumu a vývoje baterií nikl-metal-hydrid začalo v osmdesátých letech minulého století, hlavně z důvodu nahrazení škodlivého kadmia lepším materiálem. Teprve v druhé polovině devadesátých let se začal NiMh akumulátor využívat komerčně. První kusy akumulátorů, které se začaly prodávat ztrácely funkceschopnost při delším skladování, akumulovaná energie se velmi rychle ztrácela a cena byla příliš vysoká. [16]

Vyvinuté jsou již baterie pro zvýšené teploty, stálé dobíjení, se sníženým samovybíjením nebo rychlé nabíjení, které je v dnešní době mobilních telefonů a mp3 přehrávačů nejvíce využíváno. [16]

4.4 Li-Ion (Lithium-ion)

První lithiové články byly sestaveny již v polovině šedesátých let minulého století. Dá se tedy říci, že jsou starší než NiMh akumulátory a přesto jsou dnes více využívány. Je to zejména kvůli dobrým parametrům, které dosáhly při testech. Lithiové články se vyznačují vysokou měrnou energií, kapacitou a velmi nízkým samovybíjením. Velkou výhodou lithiového článku byl fakt, že je možné vyrobit dobíjitelné akumulátory. [17]

V osmdesátých letech se začalo experimentovat s materiálem použitým na zápornou a na kladnou elektrodu. Zkoušeli použít na zápornou elektrodu sloučeniny LiWO_2 , $\text{Li}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$, Li_9MoSe_6 , které byly zdroj lithiových iontů Li^+ a na kladnou elektrodu sloučeniny titanu, wolframu, niobu, vanadia, molybdenu. Výsledky těchto změn však nebyly uspokojivé, protože články měly nízké napětí 1,8 V a 2,7 V. [17]

Při 4. Mezinárodním semináři o nabíjecích bateriích, který se konal v březnu roku 1990 v Deerfield Beach na Floridě, nastal velký pokrok lithiových akumulátorů, když firma SONY představila novou technologii Li-Ion baterií. Tato technologie využívala pro zápornou elektrodu směs grafitu obohaceného lithiem. [17]

Li-Ion akumulátory jsou citlivé na proudové špičky a velké přebíjení nebo podbíjení. To musí být ochráněno dodatečnou elektronikou. Nebezpečím při používání Li-Ion baterií je jejich možná výbušnost při extrémním přebití či mechanickému poškození. I přes tato svá negativa je velmi hojně využívána v hybridních automobilech. [17]

4.5 Li-Pol (Lithium-polymer)

Lithium-polymerové akumulátory se často označují jako další stupeň Li-Ion baterie, není to však zcela pravda. Li-Pol baterie jsou lepší než Li-Ion a dochází v nich při provozu k jiným

chemickým reakcím. Akumulátory nemají válcový tvar, ale většinou mají tvar plochého hranolu, na jehož kratší straně jsou vývody, které z důvodu obtížného pájení mají ještě nakontaktován materiál, který lze pájet snadno. [18]

Li-Pol vyniká především nízkou hmotností, výbornými provozními parametry, vysokou energetickou hustotou a cenově se dají srovnat s Li-Ion či NiMh. Životnost je velmi závislá na provozních podmínkách. Dosažením výborných provozních parametrů se životnost akumulátoru výrazně snižuje, ale pokud akumulátor neprovozujeme na hranici možností, životnost je prodlouží. [18]

Nabíjení článku musí být pomalé a nutné je dodržet minimální a maximální napětí na článcích baterie. Při vyšším přebití článku, stačí jen o desetiny V na článek, dojde k trvalému poškození článku a může dojít k výbuchu článku. Z toho důvodu je třeba na každém článku zvlášť měřit napětí a hlídat, aby nedošlo překročení maximálního napětí. [18]

4.6 LiFePo₄

Lithium-železo-fosfátový akumulátor funguje podobně jako Li-Ion, při provozu probíhají stejné chemické reakce, jen katoda je z LiFePo₄. Využívá výhod technologie Li-Ion a zároveň je bezpečnější a je možné ji rychleji nabíjet. Zvýšila se hranice maximálního odebíraného proudu až desetkrát, zvýšila se i životnost a účinnost cyklu. I navzdory vyšší pořizovací ceně jsou tyto akumulátory umisťovány do nových hybridních vozů. [19]

4.7 Superkapacitor

Superkapacitor v základu funguje stejně jako elektrolytický kondenzátor, vyrobený speciální technologií, díky které dosahuje stovek až tisíců Faradů. Tato technologie je založená na takzvané elektrochemické dvouvrstvě, proto se někdy superkapacity označují jako EDLC. V superkapacitoru je energie uložena stejným způsobem jako v klasickém elektrolytickém kondenzátoru, tedy elektrostaticky. [20]

Hlavní z komponent superkapacitoru představuje aktivní uhlíkový prášek, který se nanáší na vnitřní stranu elektrod z hliníkové fólie. Aktivní uhlík jsou velice drobné částičky uhlíku, které nanesením na hliníkovou fólii vytvoří pórovitý povrch a jeho výsledná plocha je podle údajů výrobců až 2000m² na gram prášku. Do budoucna se uvažuje o využití uhlíkových nanotubic, které ještě výrazně zvětší povrch. Mezi elektrodami superkapacitoru je separátor (polymerová fólie) a jsou v elektrolytu, který může být tekutý nebo gelový. Díky velmi malé tloušťce dielektrika (řádově 10⁻¹⁰m) a obrovské ploše dokáže superkapacitor uchovat velký

náboj. Vzhledem k vlastnostem elektrolytu je nevýhodou nízké provozní napětí, jinak by došlo k průrazu. [20]

V následujících letech bude pokračovat výzkum superkapacitorů, uvažuje se, že by do budoucna mohly nahradit i baterie v telefonech, v notebooku a ve spoustě dalších zařízení. Analytické společnosti očekávají, že se zvýší celosvětový obchod se superkondenzátory ze současných \$ 400 mil. na \$ 3 mld. v roce 2016. [21]

5 Vývoj produkce hybridních automobilů

První hybridní automobil, který si mohlo dovolit několik málo lidí, byl Semper Vivus, jehož vynálezce byl roku 1898 Ferdinand Porsche. Od tohoto roku je tedy možné brát počátek vývoje hybridních automobilů a jejich produkce. Přibližně od roku 1916 do roku 1965 byl vývoj hybridních automobilů pozastaven z důvodu levné ropy. S postupně se prohlubující ropnou krizí se však vývoj těchto pohonů stává neodvratný. [2]

5.1 Produkce mezi roky 1898 a 1965

V tomto období se vyskytuje velmi mnoho informací, které si protiřečí a jsou nejasné. Proto uvažujme všechny roky spíše orientační.

Semper Vivus

Jedná se o automobil se sériovým pohonem. Automobil má kolové elektromotory na přední nápravě. [2]

<i>Spalovací motor</i>	<i>2x zážehový De Dion-Bouton</i>
<i>Výkon spalovacího motoru</i>	<i>3,5 kW</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>2 kW na kolo</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Sériový</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>35 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>6,8 l/100km</i>
<i>Dojezd</i>	<i>200 km</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,7 t</i>
<i>Cena</i>	<i>- Kč</i>

Tabulka 5.1 Semper Vivus [3]

Mixte

Hybridní automobil, který vymyslel Ferdinand Porsche, se stal senzací na světové výstavě v Paříži roku 1900 a během chvilky se prodalo přes 300 automobilů. [2]

<i>Spalovací motor</i>	-
<i>Výkon spalovacího motoru</i>	- kW
<i>Výkon elektrického motoru</i>	1,9 – 2,6 kW na kolo
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Sériový
<i>Maximální rychlost</i>	50 km/h (2 kolové elektromotory) 110 km/h (4 kolové elektromotory)
<i>Spotřeba</i>	- l/100km
<i>Dojezd</i>	50 km při rychlosti 50 km/h
<i>Hmotnost</i>	1,5 t
<i>Cena</i>	-

Tabulka 5.2 Mixte [2]

GM 512

Výzkum a vývoj hybridních automobilů ani během období velmi levné ropy neustal, důkazem je hybridní automobil GM 512, který se na trhu ukázal koncem tohoto období.

<i>Spalovací motor</i>	zážehový dvouválec 197 cm ³
<i>Celkový výkon</i>	10,1 kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Paralelní
<i>Maximální rychlost</i>	- km/h
<i>Spotřeba</i>	- l/100km
<i>Dojezd</i>	240 km
<i>Hmotnost</i>	566 kg
<i>Cena</i>	-

Tabulka 5.3 GM 512 [22]

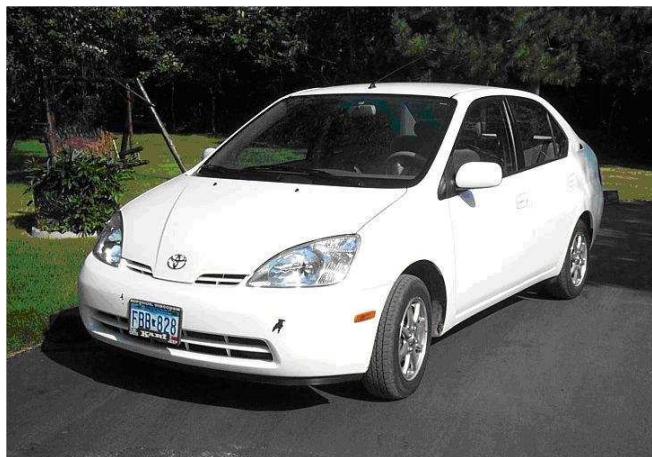
5.2 Produkce 1997

Toyota Prius I

Toyota konstruovala tento vůz v rámci projektu G21, který měl přinést do 21. století ekologický vůz. Automobil místo baterií používá jako akumulací prvek elektrické energie superkapacitor. Roku 1997 byl vůz představen na autosalonu v Tokiu a teprve roku 2000 se dostal na trh v Evropě. Toyota Prius 1 byl první sériově vyráběný hybridní automobil. [36]

<i>Spalovací motor</i>	1,5 l zážehový (43 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	30 kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	-
<i>Maximální rychlost</i>	- km/h
<i>Spotřeba</i>	5,1 l/100km
<i>Délka</i>	4275 mm
<i>Šířka</i>	1675 mm
<i>Výška</i>	1490 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	- l
<i>Hmotnost</i>	1,24 t
<i>Cena</i>	800 000 Kč

Tabulka 5.4 Toyota Prius I [35]



Obr. 5.1 Toyota Prius I [36]

5.3 Produkce 2001

Honda Civic Hybrid

Možná by někdo mohl mít pocit, že vypadá velmi podobně jako Toyota Prius. Jistá podoba tu je, kvůli pokusu o dosažení co nejlepší aerodynamiky vozu. Vůz se původně prodával pouze ve verzi se spalovacím motorem, po čase vznikla i verze s hybridním pohonem. [65]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,5 l zážehový (82 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>17 kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>- km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>- l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4503 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1753 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1430 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>295 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>- t</i>
<i>Cena</i>	<i>\$ 24 000 (487 000 Kč)</i>

Tabulka 5.5 Honda Civic Hybrid [64]



Obr. 5.2 Honda Civic Hybrid [65]

5.4 Produkce 2003

Toyota Prius II

Druhá generace hybridního automobilu byla představena na autosalonu v New Yorku. Oproti první generaci byla hlavní změna v doplnění vysokonapěťového okruhu a nevyužívání spalovacího motoru když je jeho účinnost nízká. První generace pracovala s napětím 274 V a druhá generace pracuje s napětím 500 V, tím se sníží ztráty v elektrickém vedení. Superkapacitory byly nahrazeny NiMh akumulátorem. [37]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,5 l zážehový (43 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>50 kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>170 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>4,2 – 5,1 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4450 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1725 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1490 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>408 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,3 t</i>
<i>Cena</i>	<i>\$ 22 000 (v roce 2004)</i>

Tabulka 5.6 Toyota Prius II [37], [38]



Obr. 5.3 Toyota Prius II [37]

5.5 Produkce 2006

Toyota Camry

Kdo toto vozidlo nezná, nepozná žádným způsobem, že se jedná o hybrid. Obtížné je to i pro lidi, kteří se s vozem již setkali, neboť do vozu je při koupi možné nechat umístit zážehový motor. [57], [58]

<i>Spalovací motor</i>	<i>2.4 L 2AZ-FXE I4 (celkový výkon 143 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>- kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>250 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>5,4 – 6,4 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4805 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1820 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1470 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>- l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>- t</i>
<i>Cena</i>	<i>\$ 27,500 (555 000 Kč)</i>

Tabulka 5.7 Toyota Camry [57], [58]



Obr. 5.4 Toyota Camry [57]

5.6 Produkce 2009

Toyota Prius III

Automobilů Toyota Prius se během první a druhé generace prodalo 1,2 mil. kusů, tím se z tohoto hybridního automobilu stává neúspěšnější hybridní vůz na světě. Do třetí generace přibyla možnost napájet baterie elektrického pohonu z klasické zásuvky. Automobil využívá elektronicky řízenou bezstupňovou převodovku s planetovým soukolím. Svou spotřebou 3,9 l/100km se stává neúspěšnějším automobilem na trhu a je schopné plnit normu Euro 6. [39]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,8 l zážehový (73 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>60 kW (synchronní motor)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>180 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>3,9 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4460 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1745 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1490 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>445 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,38 t</i>
<i>Cena</i>	<i>669 900 Kč</i>

Tabulka 5.8 Toyota Prius III [39], [40], [41]



Obr. 5.5 Toyota Prius III [39]

5.7 Produkce 2010

Chevrolet Volt

Automobil získal v několika magazínech titul automobilu roku 2011 a 2012. Vůz měl být poháněn elektromotorem a spalovací motor se měl zapnout, pouze když je třeba dobíjet baterie. Není tedy používán k pohonu kol, a popřípadě se může automobil zapojit do zásuvky a nabíjet baterie ze sítě. Ve vývoji je od roku 2006 a navržen je i typ s palivovými články. Do prodeje se však dostal automobil, u kterého se využívá motor i k pohonu kol pomocí planetové převodovky. [52], [53]

<i>Spalovací motor</i>	1,4 l (tříválcový turbomotor, 40 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	130 kW (maximální)
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Sériový
<i>Maximální rychlost</i>	192 km/h
<i>Spotřeba</i>	4,7 l/100km
<i>Délka</i>	4500 mm
<i>Šířka</i>	1790 mm
<i>Výška</i>	1440 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	- l
<i>Hmotnost</i>	1,7 t
<i>Cena</i>	800 000 Kč (přibližná cena amerického trhu)

Tabulka 5.9 Chevrolet Volt [52], [54]



Obr. 5.6 Chevrolet Volt [52]

Alfa Romeo Giulietta

Mezi hybridní automobily se Alfa Romeo Giulietta řadí jen díky funkci Start&Stop, která zhasíná motor v případě, že zrovna není potřeba, aby byl v chodu. Klasický spalovací motor je doplněn vylepšeným startérem, který je dimenzován na časté starty motoru a zároveň funguje jako alternátor. [23]

<i>Spalovací motor</i>	Zážehový 1,4 T (89,5 kW) Zážehový 1,4 T MultiAir (126,8 kW) Vznětový 1,6 TD (78,3 kW) Vznětový 2,0 TD (126,8 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	- kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Stop&Start
<i>Maximální rychlost</i>	186 km/h (1,4 T) 218 km/h (1,4 T MultiAir) 185 km/h (1,6 TD) 218 km/h (2,0 TD)
<i>Spotřeba</i>	4,6 l/100km (1,4 T) 3,7 l/100km (1,6 TD) 4,1 l/100km (2,0 TD)
<i>Délka</i>	4351 mm
<i>Šířka</i>	1798 mm
<i>Výška</i>	1465 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	350 l
<i>Hmotnost</i>	1,5 t
<i>Cena</i>	454 000 Kč

Tabulka 5.10 Alfa Romeo Giulietta [23], [24]



Obr. 5.7 Alfa Romeo Giulietta [23]

Volkswagen Touareg Hybrid

Automobil Volkswagen Touareg se již delší dobu prodává na trhu s čistě spalovacím motorem. V roce 2010 na autosalonu v Ženevě Volkswagen představil nový model ve verzi hybrid. Vůz kombinuje hybridní pohon a technologii Bluemotion a tím se spotřeba drží do osmi litrů na sto kilometrů. Překážkou vozu na trhu je vysoká hmotnost a cena. [26]

Bluemotion technologie je kombinace velmi úsporného TSI motoru a upravenou řídicí jednotku ECU. [27]

<i>Spalovací motor</i>	3,0 TSI hybrid (245 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	34,4 kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Kombinovaný
<i>Maximální rychlost</i>	240 km/h
<i>Spotřeba</i>	7,4 – 8,2 l/100km
<i>Délka</i>	4795 mm
<i>Šířka</i>	1940 mm
<i>Výška</i>	1709 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	497 l
<i>Hmotnost</i>	2,91 t
<i>Cena</i>	1 887 200 Kč

Tabulka 5.11 Volkswagen Touareg Hybrid [26]



Obr. 5.8 Volkswagen Touareg Hybrid [26]

BMW X6 Active Hybrid

Konstruktéři se rozhodli, že vyrobí auto disponující vysokým výkonem a ještě vyšším točivým momentem, ale bude mít „malou“ spotřebu. Automobil má spotřebu i více než 15 l/100km. Vůz je důkazem, že ne vždy hybridní musí znamenat i úsporný, jak si to v dnešní době většina lidí představuje. [29]

Automobil má tři pohony, jeden spalovací a dva synchronní elektrické motory. Když se automobil rozjíždí, stará se o pohon pouze jeden elektromotor a když je potřeba více výkonu, druhý elektromotor nastartuje spalovací motor a všechny tři motory dodají výkon pro rozjezd. Až když automobil jede vyšší rychlostí, pohon kol zajišťuje pouze spalovací motor a elektromotory jsou v generátorickém režimu. Motor tak dostává točivý moment neskutečných 780 Nm. [29]

<i>Spalovací motor</i>	<i>4,4l V8 TwinPower Turbo (300 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>67 kW a 63 kW (synchronní elektromotor)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>236 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>9,9 l/100km (udává výrobce, podle testu není možné dosáhnout)</i>
<i>Délka</i>	<i>4877 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1983 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1697 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>470 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>2,5 t</i>
<i>Cena</i>	<i>2 692 664 Kč</i>

Tabulka 5.12 BMW X6 Active Hybrid [29]



Obr. 5.9 BMW X6 Active Hybrid [29]

Lexus CT 200h

Japonská automobilka zaměřila spíše na interiér a pokusu o maximální snížení spotřeby. Nicméně alespoň se přiblížit tabulkovým hodnotám je obtížné. Automobil má 4 jízdní styly ECO, normal, sport a EV. [31]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,8l zážehový (kombinovaný výkon 100 kW)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>180 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>3,8 l/100km (podle testu 6,8 l)</i>
<i>Délka</i>	<i>4320 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1765 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1430 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>375 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,3 t</i>
<i>Cena</i>	<i>699 000 Kč</i>

Tabulka 5.13 Lexus CT 200h [31]



Obr. 5.10 Lexus CT 200h [31]

Lexus RX 450h

Japonští konstruktéři toto SUV navrhovali pro co nejnižší spotřebu paliva a komfortní jízdu. Také tabulkové hodnoty automobilu jsou takřka perfektní, ale realita je bohužel jiná. Automobil využívá tři motory, spalovací a dva elektrické motory. Jeden elektromotor a spalovací motor se starají o pohon přední nápravy, jako tomu je u jiných hybridních automobilů, a druhý elektromotor pohání zadní nápravu, a tak je zajištěn pohon všech čtyř kol. Vůz má více režimů, díky kterým můžeme jezdit ekologičtěji pouze na elektrický pohon, nebo na elektrický pohon společně se spalovacím v režimu ECO, který upravuje odezvu na plynový pedál, tak aby se snížily emise. Komfortu jízdy přispívá i bezstupňová převodovka, starající se o pohon kol. [30]

<i>Spalovací motor</i>	<i>3,5l zážehový (183 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>123 kW přední a 50 kW zadní</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>200 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>6,2 l/100km (podle testu 9,2 l)</i>
<i>Délka</i>	<i>4770 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1685 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1885 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>496 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>2,1 t</i>
<i>Cena</i>	<i>2 039 000 Kč</i>

Tabulka 5.14 Lexus RX 450h [30]



Obr. 5.11 Lexus RX 450h [30]

Porsche 911 GT3 R Hybrid

Hybridní automobil určený na závodní okruhy. Akumulátor byl nahrazen setrvačником, který dosahuje rychlosti až 40 000 ot/min. energii setrvačník získává při brzdění a například při výjezdu z otáčky vyrábí elektrickou energii pro pohon elektromotorů. Při vytrvalostním závodu rovněž šetří palivo. Dva elektromotory jsou umístěné na přední nápravě a zadní nápravu pohání spalovací motor. [32]

<i>Spalovací motor</i>	<i>4 l boxer V6 (353 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>60 kW každý</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>- km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>- l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>- mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>- mm</i>
<i>Výška</i>	<i>- mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>- l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>590 kg</i>
<i>Cena</i>	<i>- Kč</i>

Tabulka 5.15 Porsche 911 GT3 R Hybrid [32]



Obr. 5.12 Porsche 911 GT3 R Hybrid [32]

Opel Ampera

Opel Ampera je v podstatě upravený Chevrolet Volt. Dokáže na čistě elektrický pohon urazit více než 70 km a pokud se zapne benzinový agregát, dojde vůz více než 550 km. Pohon je navržen jako kombinovaný přepínatelný hybrid, tím se spíše hodí do městského provozu. [50]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,4 ECOTEC (63 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>111 kW (špičkový v režimu sport)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>161 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>6 - 7 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4498 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>2126 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1439 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>310 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,73 t</i>
<i>Cena</i>	<i>1 080 000 Kč</i>

Tabulka 5.16 Opel Ampera [50], [51]



Obr. 5.13 Opel Ampera [50]

5.8 Produkce 2011

Peugeot 3008 Hybrid4

PSA Peugeot-Citroen vytvořili první hybridní diesel na světě. Hybrid za označením slova není třeba vysvětlovat a 4 je spjaté s pohonem kol. Plnohodnotně se sice elektromotor na zadní nápravě využije až při nižší rychlosti, ale náhon všech čtyř kol se využívá spíše v náročném terénu, kde vůz musí jet pomalu. [47]

<i>Spalovací motor</i>	2,0 HDi (121,5 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	24 kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Kombinovaný
<i>Maximální rychlost</i>	189 km/h
<i>Spotřeba</i>	4,1 l/100km
<i>Délka</i>	4365 mm
<i>Šířka</i>	2113 mm
<i>Výška</i>	1610 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	420 l
<i>Hmotnost</i>	1,66 t
<i>Cena</i>	£26,995 (855 900 Kč)

Tabulka 5.17 Peugeot 3008 Hybrid4 [47], [48], [49]



Obr. 5.14 Peugeot 3008 Hybrid4 [47]

Audi Q5 hybrid quattro

Automobil se svou hmotností stává jedním z nejlehčích SUV. Hmotnost vozidla s hybridním pohonem je 1910 kg. Řidič má možnost přepínání ze tří režimů jízdy. Režim EV je přednastavený především do města, automobil upřednostňuje elektrický motor, D kombinuje oba typy motorů, tak aby byla spotřeba co nejnižší a S je sportovní režim, pro rychlou jízdu. Na volnoběh se spalovací motor odpojuje od převodovky až do rychlosti 100 km/h. [25]

<i>Spalovací motor</i>	<i>2,0 TFSI hybrid (180 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>40 kW (synchronní elektromotor)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>225 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>6,9 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4629 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1898 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1625 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>460 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,91 t</i>
<i>Cena</i>	<i>1 020 700 Kč</i>

Tabulka 5.18 Audi Q5 hybrid quattro [25]



Obr. 5.15 Audi Q5 hybrid quattro [25]

Toyota Auris HDS

Toyota se již delší dobu řídí pravidlem, dostat hybridní pohon do každého svého pohonu. Toyota Auris HDS je jedno z těchto vozů určených pro širokou veřejnost. Exteriér ani interiér vozu ničím nepřipomíná hybrid. Pohon má tři režimy, čistě elektrický pohon, ECO, sport, při čistě elektrickém režimu je možné dosáhnout ve městě spotřebu 0 l/100km. [33]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,8 l (celkový výkon vozu 101,5 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>60 kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>180 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>3.8 l/100km (test 5,1 l/100km)</i>
<i>Délka</i>	<i>4245 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1760 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1515 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>279 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,37 t</i>
<i>Cena</i>	<i>549 900 Kč</i>

Tabulka 5.19 Toyota Auris HDS [33]



Obr. 5.16 Toyota Auris HDS [33]

Peugeot 308 e-HDI (Citroen C4 e-HDI)

Peugeot a Citroen jsou motorově a výbavou identická auta, liší se pouze karoserií. Automobil má dieselový přeplňovaný motor doplněný technologií Stop&Start, nazývanou u koncernu PSA Peugeot-Citroen e-HDI. Zdokonalená technologie e-HDI u vozu vylepšila starty vznětového motoru, které řidič téměř nepocítí. Úspora paliva je pomocí technologie e-HDI (Stop&Start) podle výrobce 15%. Auto s dieselovým motorem je spíše přizpůsobeno na delší cesty a hlavně na dálnice, kde má spotřebu 3,8 l/100km. [34]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,6 TD (výkon vozu 82 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>- kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Stop&Start</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>192 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>3.8 - 6 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4276 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1821 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1519 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>348 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,5 t</i>
<i>Cena</i>	<i>409 900 Kč</i>

Tabulka 5.20 Peugeot 308 e-HDI [34]



Obr. 5.17 Peugeot 308 e-HDI [34]

Toyota Highlander Hybrid

Toyota toto SUV představila již koncem roku 2010, ale modelová řada je určena až pro rok 2011. Prodává se s náhonem na přední kola a náhon na všechna kola je k dostání pouze za příplatek. Náhon zadních kol je vyřešen druhým elektromotorem na zadní nápravě. Stejně jako ostatní hybridní automobily má možnost provozu pouze na elektrický pohon. [62]

<i>Spalovací motor</i>	3,5 l (výkon vozu 201 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	- kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Kombinovaný
<i>Maximální rychlost</i>	- km/h
<i>Spotřeba</i>	8,4 l/100km
<i>Délka</i>	4714 mm
<i>Šířka</i>	1826 mm
<i>Výška</i>	1750 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	- l
<i>Hmotnost</i>	1,71 t
<i>Cena</i>	\$ 43,800 (888 000 Kč)

Tabulka 5.21 Toyota Highlander Hybrid [63]



Obr. 5.18 Toyota Highlander Hybrid [62]

5.9 Produkce 2012

Porsche Cayenne S Hybrid

Cílem Porsche bylo vytvořit takový hybridní automobil, který se na venek bude jevit jako běžný Porsche Cayenne, ovšem s nižší spotřebou. Elektromotor u tohoto vozu nepomáhá při rozjezdu, ale při akceleraci a udržování rychlosti. Když automobil nepotřebuje akcelarovat a je již v pohybu, vypne spalovací motor a udržuje rychlost elektromotorem. Aby při akceleraci elektromotor nebyl zátěží a naopak při udržování rychlosti spalovací motor nezpomaloval automobil, je pohon vybaven spojkami, které odepínají elektromotor nebo spalovací motor podle potřeby vozu. Interiér automobilu je výborně odhlučněn a v kombinaci se skvělými tlumiči, nabízí vysoký jízdní komfort. [28]

<i>Spalovací motor</i>	3,0 TFSI (279 kW)
<i>Výkon elektrického motoru</i>	35 kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	Kombinovaný
<i>Maximální rychlost</i>	242 km/h
<i>Spotřeba</i>	8,2 l/100km
<i>Délka</i>	4846 mm
<i>Šířka</i>	1939 mm
<i>Výška</i>	1705 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	580 l
<i>Hmotnost</i>	2,24 t
<i>Cena</i>	2 141 000 Kč

Tabulka 5.22 Porsche Cayenne S Hybrid [28]



Obr. 5.19 Porsche Cayenne S Hybrid [28]

Toyota NS4 Plug-in Hybrid Concept

Toyota navrhla tento automobil s pokusem vytvořit citový vztah mezi majitelem vozu a jeho řidičem. Zajímavostí automobilu jsou upravená skla, z vnějšku jsou potažena hydrofobní vrstvou, uvnitř jsou okna potažena vrstvou na bázi pryskyřice, která zabraňuje zamlžování oken. Třetí vrstva by měla pohlcovat až 99 % UVA a UVB záření a poslední čtvrtá vrstva má za úkol odrážet sluneční paprsky a snížit tak teplotu ve vozidle. O hybridním automobilu se však Toyota zmiňuje velmi skromně. A technické parametry nejsou doposud dostupné, pouze slibují nízkou spotřebu a snížení velikosti pohonu. [42]



Obr. 5.20 Toyota NS4 Plug-in Hybrid Concept [42]

Peugeot 508 RXH

Automobil by měl být schopnou konkurencí například pro Audi A4 Allroad quattro. Jedná se o SUV určené i do náročnějších terénů, proto změnili světlou výšku automobilu o 50 mm a rozchod kol 40 mm. Automobil má dieselový motor pro pohon předních kol a elektromotor pro pohon zadních kol. Díky tomuto řešení pohonu má auto poháněná všechna kola. Svým vzhledem, výbavou a interiérem se řadí mezi luxusní „all road“ automobily, což se projevilo i na ceně. [46]

<i>Spalovací motor</i>	<i>2,0 l HDi (120 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>27 kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>213 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>4,3 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>4823 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>2068 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1525 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>423 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,77 t</i>
<i>Cena</i>	<i>Zatím neznámá</i>

Tabulka 5.23 Peugeot 508 RXH [45], [46]



Obr. 5.21 Peugeot 508 RXH [46]

Toyota Prius C

Automobil by měl lákat zejména mladší klientelu, jak svým vzhledem, tak svou výbavou. V USA se Prius C představil na autosalonu v Chicagu a již zhruba rok se prodává v Japonsku, kde si uživatelé automobil pochvalují. [55]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,5 l zážehový (54 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>45 kW</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>169 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>4,7 l/100km</i>
<i>Délka</i>	<i>3995 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1695 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1445 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>305 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,77 t</i>
<i>Cena</i>	<i>360 000 Kč</i>

Tabulka 5.24 Toyota Prius C [55], [56]



Obr. 5.22 Toyota Prius C [55]

Toyota Prius Plug-in Hybrid

Jedná se v podstatě o předchozí modely Priusu, doplněné o možnost dobíjení akumulátoru ze zásuvky. Automobilka nechala několik testovacích vozů jezdit kdekoliv po Zemi a shromažďovala informace, podle kterých pak dále zlepšovala jízdní režimy. [59]

<i>Spalovací motor</i>	<i>1,8 l zážehový (73 kW)</i>
<i>Výkon elektrického motoru</i>	<i>60 kW (synchronní)</i>
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	<i>169 km/h</i>
<i>Spotřeba</i>	<i>2,5 – 4,8 l/100km (podle režimu)</i>
<i>Délka</i>	<i>4460 mm</i>
<i>Šířka</i>	<i>1745 mm</i>
<i>Výška</i>	<i>1490 mm</i>
<i>Zavazadlový prostor</i>	<i>443 l</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>1,45 t</i>
<i>Cena</i>	<i>\$ 32 000 (646 000 Kč)</i>

Tabulka 5.25 Toyota Prius Plug-in Hybrid [59], [60], [61]



Obr. 5.23 Toyota Prius Plug-in Hybrid [61]

5.10 Produkce v následujících letech

Budoucí vize automobilů se od výrobců jen obtížně získávají a jsou spíše orientační.

Yaris Hybrid

Základní návrhy byly zveřejněny na Ženevském autosalonu. [43]

Toyota FT-Bh

Na Ženevském autosalonu představila Toyota svůj nový automobil, váží pouhých 786 kg. První návrhy, ze kterých však byly jasné pouze základní křivky, byly k vidění již v lednu 2012. [44]

<i>Spalovací motor</i>	-
<i>Výkon elektrického motoru</i>	- kW
<i>Typ hybridního pohonu</i>	<i>Kombinovaný</i>
<i>Maximální rychlost</i>	- km/h
<i>Spotřeba</i>	2,1 l/100km
<i>Délka</i>	3990 mm
<i>Šířka</i>	1700 mm
<i>Výška</i>	1400 mm
<i>Zavazadlový prostor</i>	- l
<i>Hmotnost</i>	- t
<i>Cena</i>	- Kč

Tabulka 5.26 Toyota FT-Bh [44]

6 Porovnání hybridních automobilů

Značka	Motor	Spotřeba [l/100km]	Výkon [kW]	Zavazadlový prostor [l]	Velikost [mm]	Váha [t]	Cena [Kč]
Semper Vivus	2x zážehový	6,8	3,5+2	-	-	1,7	-
Mixte	-	-	0+(1,9-2,6)	-	-	1,5	-
GM 512	Zážehový 197 ccm	-	10,1	-	-	0,566	-
Toyota Prius	Zážehový 1,5 l	5,1	43+30	-	4275x1675x1490	1,24	800 000
Honda Civic Hybrid	Zážehový 1,5 l	-	82+17	295	4503x1753x1430	-	487 000
Toyota Prius II	Zážehový 1,5 l	4,2-5,1	43+50	408	4450x1725x1490	1,3	446 156
Toyota Camry	Zážehový 2,4 l	5,4-6,4	143+0	-	4805x1820x1470	-	555 000
Toyota Prius III	Zážehový 1,8 l	3,9	73+60	445	4460x1745x1490	1,38	669 900
Chevrolet Volt	Zážehový 1,4 l	4,7	40+130	-	4500x1790x1440	1,7	800 000
Alfa Romeo Giulietta	Zážehový 1,4 T Zážehový 1,4 T MultiAir Vznětový 1,6 TD Vznětový 2,0 TD	4,6(1,4 T) 3,7(1,6TD) 4,1(2,0TD)	89,5+0 126,8+0 78,3+0 126,8+0	350	4351x1798x1465	1,5	454 000
Volkswagen Touareg Hybrid	3,0 TSI	7,4-8,2	245+34,4	497	4795x1940x1709	2,91	1 887 200
BMW X6 Active Hybrid	4,4 l V8	9,9 l	300+130	470	4877x1983x1697	2,5	2 692 664
Lexus CT 200h	Zážehový 1,8 l	3,8	100	375	4320x1765x1430	1,3	699 000
Lexus RX 450h	Zážehový 3,5 l	6,2	183+173	496	4770x1685x1885	2,1	2 039 000
Porsche 911 GT3 R Hybrid	Zážehový 4 l	-	353+120	-	-	0,59	-
Opel Ampera	Zážehový 1,4 l	6-7,1	63+111	310	4498x2126x1439	1,73	1 080 000
Peugeot 3008 Hybrid4	2,0 HDi	4,1	121,5+24	420	4365x2113x1610	1,66	855 900
Audi Q5 hybrid quattro	2,0 TFSI	6,9	180+40	460	4629x1898x1625	1,91	1 020 700
Toyota Auris HDS	Zážehový 1,8 l	3,8	101,5+60	279	4245x1760x1515	1,37	549 900
Peugeot 308 e-HDI (Citroen C4 e-HDI)	1,6 TD	3,8-6	82	348	4276x1821x1519	1,5	409 900

<i>Toyota Highlander Hybrid</i>	<i>Zážehový 3,5 l</i>	8,4	201	-	4714x1826x1750	1,71	888 000
<i>Porsche Cayenne S Hybrid</i>	<i>3,0 TFSI</i>	8,2	279+35	580	4846x1939x1705	2,24	2 141 000
<i>Toyota NS4 Plug-in Hybrid Concept</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peugeot 508 RXH</i>	<i>2,0 HDi</i>	4,3	120+27	423	4823x2068x1525	1,77	-
<i>Toyota Prius C</i>	<i>Zážehový 1,5 l</i>	4,7	54+45	305	3995x1695x1445	1,77	360 000
<i>Toyota Prius Plug-in Hybrid</i>	<i>Zážehový 1,8 l</i>	2,5-4,8	73+60	443	4460x1745x1490	1,45	646 000

Tabulka 6.1 Srovnání hybridních automobilů

Rodinné auto

V případě rodinného auta je rozhodující bezpečnost, velikost, praktičnost a spotřeba. Každý řidič má jiný vkus a požadavky, ale nejlepší hybridní automobil, z výše uvedených, by nejspíše byl Peugeot 3008 Hybrid4. Sice nás bude stát více, ale automobil je prostorný s nízkou spotřebou a bezpečnější než malá osobní auta.

Pro začínající řidiče

Začínající řidič preferuje nízkou spotřebu, malé zákonné pojištění, zajímavý vzhled a dobrou výbavu interiéru. Do takových kritérií se nejlépe hodí Toyota Prius C. Každého zaujme krásným oranžovým lakem, vybavením interiéru, v neposlední řadě spotřebou a velmi nízkou cenou mezi hybridními automobily.

Sportovní svezení

Doposud nejvýkonnější sériově vyráběný hybridní automobil je BMW X6 Active Hybrid. Má velký přeplňovaný V8 motor s twin power turbem a dva silné elektromotory. I když má na hybridní automobil velkou spotřebu, mezi sportovními vozy bude mít jednoznačnou výhodu se svými 780 Nm točivého momentu.

Městský automobil

V městském provozu se nejvíce uplatní co nejmenší automobil, s co nejnížší spotřebou a malými emisemi. Do městského provozu by proto byl vhodný automobil Toyota Auris HDS, kvůli nízké spotřebě a slušnému výkonu. Nicméně ve městě není třeba takového výkonu a spíše se vyplatí větší zavazadlový prostor, v tom případě je vhodnější Toyota Prius C i díky své nízké pořizovací ceně. Ve spotřebě obou automobilů není téměř rozdíl.

Závěr

V prvním bodu práce jsem vypracoval způsob pohonu hybridních automobilů. Sériový a paralelní hybridní pohon se v dnešní době příliš nevyužívá, je to způsobeno nároky kladenými na hybridní automobil, aby byl schopen provozu při různých jízdních režimech s co nejvyšší účinností. Proto konstruktéři spojili oba způsoby řazení dohromady, aby tak využili ze sériového i paralelního řazení výhody při různých režimech jízdy. Vznikl kombinovaný hybridní pohon, který je použit prakticky ve všech typech hybridních automobilů. U několika málo modelů hybridních automobilů sice výrobce uvažoval o sériovém řazení, ale nakonec automobily vždy dostaly kombinovaný pohon.

Druhý bod práce je zaměřen na vývoj produkce hybridních automobilů na trhu, který jsem provedl od automobilu Semper Vivus 1898, až do dnes. Roku 1997 se na trh dostal, dnes už velmi známý automobil, Toyota Prius, který se stále řadí mezi nejprodávanější hybridní automobily.

Nalézt podrobnější informace o hybridních automobilech není příliš snadné, protože automobilky z důvodu konkurenčního boje informace neposkytují.

Při porovnávání hybridních automobilů jsem postupoval zejména, pro jakou věkovou skupinu by byl vůz určen a podle toho co řidič od svého vozu očekává, vysoký výkon, nízkou spotřebu nebo hledá rodinný automobil.

Seznam použité literatury

- [1] Wikipedia.org: Toyota Prius. [online]. 2012-04-18 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius
- [2] Hybrid.cz: Historie hybridních aut, 1. díl. HORČÍK, Jan. [online]. 2009-09-30 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/historie-hybridnich-aut-1-dil>
- [3] Porsche: Prof. Ferdinand Porsche Created The First Functional Hybrid Car. [online]. [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://press.porsche.com/news/release.php?id=642>
- [4] Hybrid.cz: Historie hybridních aut, 2. díl. HORČÍK, Jan. [online]. 2009-10-01 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/historie-hybridnich-aut-2-dil>
- [5] HYBRIDNÍ POHONY AUTOMOBILŮ A VÝZKUMNÉ PRACOVÍŠTĚ HYBRIDNÍCH POHONŮ. [online]. [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/k314-SYMEP.pdf>
- [6] BARTÁK, Petr. Hybridní pohon autobusu/trolejbusu. 2009. BORDPO8438. Diplomová práce. Západočeská univerzita. Vedoucí práce Doc. Ing. Jaromír Horák, CSc.
- [7] Schutt.org: GM512. [online]. 2010-01-05 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://schutt.org/blog/2010/01/gm-512-hybrid/>
- [8] Wikipedia.org: Hybrid electric vehicle. [online]. 2012-04-24 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_electric_vehicle
- [9] Elektromobily a hybridní elektromobily. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://motor.feld.cvut.cz/www/materialy/A1M14PO2/PREDNASKY_4a.ppt
- [10] Praktická dílna. [online]. 2007 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://www.skolahostivar.cz/DownloadPF/04_dilna%20planetové%20automat.%20převodovky%20s%20hydraulickým%20měničem.pdf
- [11] Google. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: google.com, heslo planetary gearbox
- [12] Vědeckotechnický sborník ČD č. 25/2008. MAŠEK, Zdeněk, Stanislav GREGORA, Jan MICHL a Karel DVOŘÁK. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.cdmail.cz/VTS/CLANKY/vts25/2511.pdf>
- [13] Olověné akumulátory. HAMMERBAUER, Jiří. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf>
- [14] Abeceda baterií a akumulátorů. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/nicd-akumulatory>
- [15] SAFT. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://www.saftbatteries.com/technologies_nickel_nicd_293/language/en-us/default.aspx
- [16] Abeceda baterií a akumulátorů. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/nimh-akumulatory/zakladni-charakteristiky>
- [17] Abeceda baterií a akumulátorů. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/li-akumulatory>
- [18] Model-shop.cz. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.model-shop.cz/stranka/Li-pol---zasady-pouz/7>

- [19] Wikipedia.org. [online]. 2012-02-22 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-železo-fosfátový_akumulátor
- [20] Vědeckotechnický sborník ČD. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts25/2511.pdf>
- [21] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2010-11-29 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/superkondenzatory-byznys-za-3-mld-dolaru-v-roce-2016>
- [22] Automobil revue. HAN, Tom. [online]. 2011-03-24 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/historie/general-motors-heritage-center-vzacne-kousky_39982.html_39982.html
- [23] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2009-12-09 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/alfa-romeo-giulietta-preplnovany-motor-stopstart-funkce>
- [24] AlfaRomeo.cz. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.alfaromeo.cz/modely/giulietta/technologie/>
- [25] AUTO.CZ. BUREŠ, David. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/audi-q5-quattro-hybrid-podrobna-technicka-data-59795>
- [26] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2010-06-14 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/katalog-automobilu/volkswagen-touareg-hybrid>
- [27] Novinky.cz. SAJDL, Jan. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://tema.novinky.cz/bluemotion>
- [28] Ihned.cz. MARKOVIČ, Jan. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://life.ihned.cz/c1-51161290-test-porsche-cayenne-s-hybrid-prvni-ekolog-z-zuffenhausenu>
- [29] Týden.cz. [online]. 2010-06-28 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: http://www.tyden.cz/rubriky/auta/testy/bmw-x6-activehybrid-tri-motory-v-jednom-aute_173780.html
- [30] Ihned.cz. DITTRICH, Lukáš. [online]. 2009-10-12 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://life.ihned.cz/c1-38624580-test-hybridniho-suv-lexus-rx-450h>
- [31] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2011-02-23 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-lexus-ct-200h-prvni-dojmy-z-portugalska>
- [32] TopDrive. ČANDA, Tomáš. [online]. 2012-01-11 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.topdrive.cz/clanky/porsche-911-gt3-r-hybrid-opet-v-akci/>
- [33] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2011-01-04 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test/hybrid-toyota-auris-hsd>
- [34] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2011-07-19 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-peugeot-308-e-hdi-usporny-mikrohybrid>
- [35] Carfolio.com. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.carfolio.com/specifications/models/car/?car=230824>
- [36] Toyota-club.eu. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.toyota-club.eu/pod-model/toyota-prius-prius-i-nhw10-12>
- [37] Auto.cz. KUDĚJKA, Miroslav. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-prius-ii-jak-vlastne-pracuje-17792>

- [38] Buycar.co.uk. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.buycar.co.uk/toyota_prius_hatchback/car_15_vvti_t_spirit_hybrid_5dr_cvt_auto_41.jhtml
- [39] Auto.cz. VAVERKA, Lukáš. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-prius-treti-generace-2106>
- [40] HYBRID.CZ. HOŘÍK, Jan. [online]. 2009-12-08 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/testy/toyota-prius-hybrid-treti-generace-uvod>
- [41] Ženavautě.cz. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.zenavaute.cz/uvodni-strana/toyota-prius-jediny-plnohodnotny-hybrid>
- [42] Auto.cz. PAVLŮSEK, Ondřej. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-ns4-plug-in-hybrid-concept-novy-styl-designu-video-64213>
- [43] Auto.cz. BUREŠ, David. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-ft-bh-prvni-nakres-maleho-hybridu-64909>
- [44] Auto.cz. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-zeneva-zive-ft-bh-nevazi-800-kg-65419>
- [45] Ifaster.cz. [online]. 2012-02-27 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://ifaster.tiscali.cz/peugeot-508-rxh-dokonalny-crossover/>
- [46] AUTOREVUE.CZ. DITTRICH, Lukáš. [online]. 2011-08-30 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/peugeot-508-rxh-dalsi-podrobnosti-a-nove-fotografie_1
- [47] Autoforum.cz. MILER, Petr. [online]. 2011-09-19 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/bleskovky/peugeot-3008-hybrid4-prvni-naftova-hybridni-ctyrkolka-jde-konecne-do-prodeje/>
- [48] Carmagazine.co.uk. POLLARD, Tim. [online]. 2011-09-06 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.carmagazine.co.uk/Drives/Search-Results/First-drives/Peugeot-3008-Hybrid4-2011-CAR-review/>
- [49] Peugeot. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.peugeot.cz/novinky-zpravy-a-zajimavosti-ze-sveta-peugeot/peugeot-3008-hybrid4-crossover/>
- [50] Auto.cz. LÁNÍK, Ondřej. [online]. 2011-08-04 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/opel-ampera-prvni-jizdni-dojmy-60673>
- [51] Opel.cz. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.opel.cz/vozidla/prezentacni-mistnost/vozidla/ampera/specifikace/technicke-udaje.html>
- [52] Saabinfo.net. [online]. 2007-02-13 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://saabinfo.net/index.php?option=com_content&task=view&id=406
- [53] Autorevue.cz. DUCHOŇ, Jiří. [online]. 2010-10-13 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/chevrolet-volt-konecne-podrobne>
- [54] Wikipedia.org. [online]. 2012-05-24 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_Volt
- [55] Auto.cz. VEVERKA, Lukáš. [online]. 2012-01-16 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-prius-c-treti-party-priusu-64314>
- [56] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2012-02-09 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/toyota-prius-c-oficialni-ceny-spotreba>

- [57] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2007-04-15 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/toyota-camry-hybrid>
- [58] Wikipedia.org. [online]. 2012-05-15 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Camry_\(XV40\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Camry_(XV40))
- [59] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2012-02-08 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/prius-plug-hybrid-nabidne-spotrebu-248-1100-km>
- [60] Toyota.com. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.toyota.com/prius-plug-in/specs.html>
- [61] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2012-02-29 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/prius-plug-hybrid-ma-potvrzenu-spotrebu-21-1100-km-zname-cenu>
- [62] HYBRID.CZ. HORČÍK, Jan. [online]. 2010-10-05 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/toyota-highlander-hybrid-2011-280-koni-84-1100-km>
- [63] Wikipedia.org. [online]. 2012-05-16 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Highlander
- [64] Honda.com. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CJEBEBYwAA&url=http%3A%2F%2Fautomobiles.honda.com%2Fcivic-hybrid%2Fspecifications.aspx&ei=MSLCT7bRJ-TF0QWEmPm2Cg&usg=AFQjCNEsso2DyeBllO4AxTCtyXOLWphWSw>
- [65] Mojeauto.cz. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://moje.auto.cz/pepavasa/civik.html>
- [66] Atzonline.com. [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.atzonline.com/index.php;do=show/site=a4e/sid=15565161524fc88f0b82bc4775414648/alloc=3/id=10127>

Seznam tabulek a obrázků

OBR. 1.1 HYBRIDNÍ VŮZ SEMPER VIVOUS [3]	10
OBR. 1.2 AUTOMOBIL GM 512 [7].....	11
OBR. 3.1 SCHÉMA SÉRIOVÉHO POHONU [5]	13
OBR. 3.2 STARTÉR-GENERÁTOR [66]	14
OBR. 3.3 SCHÉMA PARALELNÍHO POHONU [5].....	14
OBR. 3.4 SCHÉMA KOMBINOVANÉHO HYBRIDNÍHO POHONU [6]	15
OBR. 3.5 ZÁKLADNÍ SCHÉMA KOMBINOVANÉHO POHONU [5]	16
OBR. 3.6 KOMBINOVANÝ HYBRIDNÍ POHON S MECHANICKÝM DĚLENÍM VÝKONU [5].....	16
OBR. 3.7 PLANETOVÁ PŘEVODOVKA [11]	17
OBR. 3.8 KOMBINOVANÝ HYBRIDNÍ POHON S ELEKTRICKÝM DĚLENÍM VÝKONU [5]	18
OBR. 5.1 TOYOTA PRIUS I [36]	24
OBR. 5.2 HONDA CIVIC HYBRID [65].....	24
OBR. 5.3 TOYOTA PRIUS II [37].....	25
OBR. 5.4 TOYOTA CAMRY [57].....	26
OBR. 5.5 TOYOTA PRIUS III [39]	27
OBR. 5.6 CHEVROLET VOLT [52]	28
OBR. 5.7 ALFA ROMEO GIULIETTA [23]	29
OBR. 5.8 VOLKSWAGEN TOUAREG HYBRID [26].....	29
OBR. 5.9 BMW X6 ACTIVE HYBRID [29]	30
OBR. 5.10 LEXUS CT 200H [31]	31
OBR. 5.11 LEXUS RX 450H [30].....	32
OBR. 5.12 PORSCHE 911 GT3 R HYBRID [32]	32
OBR. 5.13 OPEL AMPERA [50].....	33
OBR. 5.14 PEUGEOT 3008 HYBRID4 [47].....	34
OBR. 5.15 AUDI Q5 HYBRID QUATTRO [25].....	35
OBR. 5.16 TOYOTA AURIS HDS [33]	36
OBR. 5.17 PEUGEOT 308 E-HDI [34]	37
OBR. 5.18 TOYOTA HIGHLANDER HYBRID [62]	38
OBR. 5.19 PORSCHE CAYENNE S HYBRID [28]	39
OBR. 5.20 TOYOTA NS4 PLUG-IN HYBRID CONCEPT [42].....	39
OBR. 5.21 PEUGEOT 508 RXH [46].....	40
OBR. 5.22 TOYOTA PRIUS C [55]	41
OBR. 5.23 TOYOTA PRIUS PLUG-IN HYBRID [61]	42
GRAF 3.1 VÝKONOVÉ CHARAKTERISTIKY [5]	18
TABULKA 5.1 SEMPER VIVUS [3].....	22
TABULKA 5.2 MIXTE [2].....	23

TABULKA 5.3 GM 512 [22]	23
TABULKA 5.4 TOYOTA PRIUS I [35]	23
TABULKA 5.5 HONDA CIVIC HYBRID [64].....	24
TABULKA 5.6 TOYOTA PRIUS II [37], [38]	25
TABULKA 5.7 TOYOTA CAMRY [57], [58].....	26
TABULKA 5.8 TOYOTA PRIUS III [39], [40], [41]	27
TABULKA 5.9 CHEVROLET VOLT [52], [54].....	28
TABULKA 5.10 ALFA ROMEO GIULIETTA [23], [24].....	28
TABULKA 5.11 VOLKSWAGEN TOUAREG HYBRID [26].....	29
TABULKA 5.12 BMW X6 ACTIVE HYBRID [29]	30
TABULKA 5.13 LEXUS CT 200H [31]	31
TABULKA 5.14 LEXUS RX 450H [30].....	31
TABULKA 5.15 PORSCHE 911 GT3 R HYBRID [32]	32
TABULKA 5.16 OPEL AMPERA [50], [51]	33
TABULKA 5.17 PEUGEOT 3008 HYBRID4 [47], [48], [49].....	34
TABULKA 5.18 AUDI Q5 HYBRID QUATTRO [25].....	35
TABULKA 5.19 TOYOTA AURIS HDS [33]	36
TABULKA 5.20 PEUGEOT 308 E-HDI [34]	37
TABULKA 5.21 TOYOTA HIGHLANDER HYBRID [63]	38
TABULKA 5.22 PORSCHE CAYENNE S HYBRID [28]	39
TABULKA 5.23 PEUGEOT 508 RXH [45], [46]	40
TABULKA 5.24 TOYOTA PRIUS C [55], [56]	41
TABULKA 5.25 TOYOTA PRIUS PLUG-IN HYBRID [59], [60], [61].....	41
TABULKA 5.26 TOYOTA FT-BH [44].....	42
TABULKA 6.1 SROVNÁNÍ HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ	44