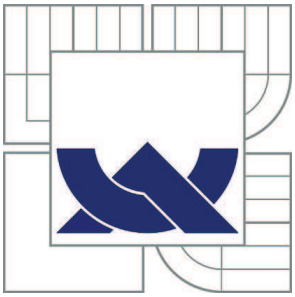


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONCEPCE ELEKTROMOBILU

CONCEPT OF ELECTROMOBILE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — MICHAL MELOUNEK

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. PETR PORTEŠ, Dr.

SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Michal Melounek

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

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

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

Koncepce elektromobilu

v anglickém jazyce:

Concept of electromobile

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše zahrnující jak vývojové studie vozidel elektromobilů, tak i vozidla již uvedená nebo připravovaná na trh.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vypracovat rešerši koncepčních řešení elektromobilů se zaměřením na následující oblasti:
- konstrukce pohonu (typ a počet motorů)
- systémy nabíjení a údržby baterií
- elektrické systémy na vozidle

Seznam odborné literatury:
Časopis Automotive Engineer

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Porteš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 21.11.2009

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

ANOTACE

Cílem bakalářské práce je vytvoření rešerše zkoumající situaci a problémy v oblasti elektromobilů. Počátek práce je věnován základním myšlenkám a historii elektromobilismu. Druhá část popisuje elektrický systém a používané koncepce umístění elektromotoru. V další části jsou popsány zdroje energie a možnosti dobíjení. Konec práce obsahuje některé modely elektromobilů, které se chystají do sériové výroby.

Klíčová slova: elektromobil, elektromotor, akumulátor, alternativní pohon, solární automobil, elektrobus, EV1, MiEV, Tesla, Volt.

ANNOTATION

The object of the bachelor thesis is to create a research in field of electromobile. The project outset is devoted to the main ideas and to the history of the electromobilism. The second part describes electric system and used conceptions of the electric motor placing. The following part describes the sources of energy and the ways to recharge. The end includes some electro mobiles that are going to be a stock car.

Key words: electro mobile, electric motor, battery, alternative drive, solar car, electro bus, EV1, MiEV, Tesla, Volt.

Bibliografická citace mé práce

MELOUNEK, M. *Koncepce elektromobilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Porteš, Dr.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Koncepce elektromobilu* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Porteše, Dr. a uvedl v seznamu všechny zdroje.

Michal Melounek V Brně dne 28. května 2010…….

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mně byli při psaní mé bakalářské práce nápomocni. Zvláštní poděkování za velkou ochotu, vřelou podporu a věcné připomínky při zpracování práce patří vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Portešovi, Dr.

Obsah

Úvod 9
Základní myšlenky elektromobilismu 10
1 Historie 11
2 Elektrický systém 16
3 Umístění elektromotoru 17
3.1 Elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu 17
3.2 Elektromotor uložený uprostřed / vzadu pohánějící zadní nápravu 17
3.3 Elektromotory uložené přímo v nábojích kol 18
4 Zdroje energie 19
4.1Současné akumulátory 19
4.1.1 Nikl-metal hydridové akumulátory (Ni-MH) 19
4.1.2 Lithium-iontové (Li-Ion), Lithium-polymerové akumulátory (Li-Pol) 20
4.2 Vyvíjené akumulátory 20
4.2.1 Nikl-vodíková akumulátory (Ni-H2) 20
4.2.2 Olověné kyselinové akumulátory 20
4.2.3 Lithium-vzduchové baterie (Lithium-oxygen) 21
4.3 Další zdroje energie 21
4.3.1 Superkondenzátory 21
4.3.2 Solární panely 22
4.3.3 Spalovací motor jako generátor 23
5 Cesta k nabitému akumulátoru 24
5.1 Připojením do elektrické sítě – nabíječkou 24
5.2 Dobíjecí stanice 25
5.3 Napájení bez drátů 25
5.4 Pronajímání baterii 26
6 Jednotlivé elektromobily 27
6.1 Dodge Circuit EV 27
6.2 eRUF Model A (elektrické Porsche 911) 28
6.3 General Motors EV1 29

6.4 Chevrolet Volt 32
6.5 Lightning GT 33
6.6 Mercedes-Benz SLS e-Drive 34
6.7 Mini E 35
6.8 Mitsubishi Colt EV 36
5.9 Smart ForTwo Electric drive 36
6.10 Nissan Leaf 37
6.11 Tesla Roadster / Roadster Sport 38
6.12 Tesla Model S 39
7 Zhodnocení situace 40
8 Závěr 42
9 Seznam použitých zdrojů 43
10 Seznam použitých obrázků 46

Úvod

Elektromobil je automobil poháněný elektrickou energií. V nedávné době existovaly elektromobily jen ve sci-fi představách filmových scénáristů nebo těch největších snílků. S elektromobily se však experimentovalo již na konci 19. století, jenže nedostatečné technologie baterií zapříčinily brzké přerušení vývoje. Až vývoj a nové poznatky v oblasti akumulátorů, zmenšující se zásoba fosilních paliv a také ekologické myšlení opět probudily snahu znovu vyvíjet elektromobily, a to nejen u velkých automobilek, ale i u řady malých firem a dokonce i u domácích kutilů.

Současný stav na poli elektromobilů stále není zcela růžový, ať už se jedná o vysoké pořizovací náklady nebo stále nízký dojezd na jedno nabití ve srovnání s vozy se spalovacím motorem a s tím související nedostatečná síť dobíjecích stanic. Nicméně i v dnešní době jsou elektromobily schopné pokrýt denní potřeby většiny lidí při dojíždění za prací, dosahované rychlosti většinou také odpovídají běžným automobilům a kromě nákupu nového elektromobilu se stále častěji objevuje i levnější varianta, kterou představuje přestavba konvenčního vozu na elektromobil. Nižší cena za nový elektromobil samozřejmě přijde i s větší produkcí těchto vozů a už dnes v některých zemích stát podporuje elektromobily, ať už přímo státní dotací nebo různými daňovými úlevami.

Cílem bakalářské práce je zmapovat současný stav na poli elektromobilů, současné i vyvíjené technologie v oblasti pohonu, zdrojů energie a možností získání energie. V druhé části je pak uvedeno několik zajímavých současných modelů elektromobilů či elektromobilů, které jsou těsně před uvedením na trh.

Základní myšlenky elektromobilismu

[35] Myšlenka vyrobit vozidlo, které bude poháněno elektřinou, pochází už z poloviny 19. století. Již tehdy existovalo několik důvodů, proč vyvíjet elektromobil a ne vozy se spalovacími motory. Konstrukce elektromotoru byla a stále je mnohem jednodušší, vyžaduje mnohem menší údržbu, elektromotor je mnohem tišší, nevyžadoval komplikované řazení převodových stupňů a také nebylo třeba startovat klikou, což pro jemné ženy a slabé muže tehdy mohlo představovat vážnou překážku v užívání automobilů se spalovacím motorem.

Dnes již samozřejmě nastartování spalovacích motorů ani řazení nečiní žádný problém, navíc existují i plně automatické převodovky nebo převodovky s plynulou změnou převodového poměru, avšak stále zůstává velká komplikovanost v konstrukci spalovacích motorů. Elektromotory se oproti tomu skládají z mnohem menšího množství součástek, a tak je jejich údržba mnohem jednodušší. Samotný elektromotor také váží méně než spalovací motor, avšak tento rozdíl vyrovnává hmotnost použitých akumulátorů.

Hlavní výhody a přednosti elektromobilů jsou:

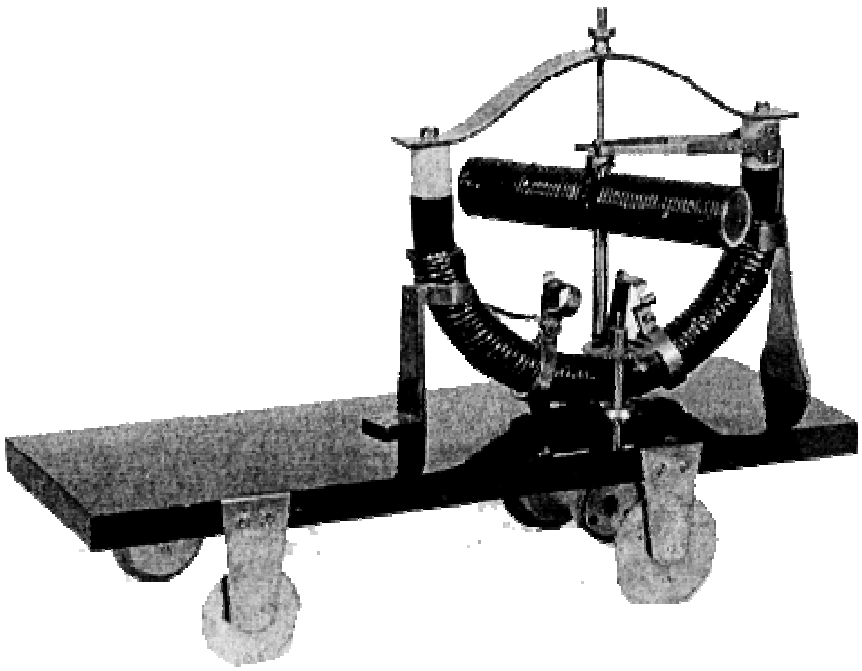
- nulové přímé emise, což může výrazně zlepšit situaci ve velkých městech,
- nízké nepřímé emise závislé na zdroji energie. Pokud se bude využívat pouze obnovitelných zdrojů (solární, větrné, vodní elektrárny) k dobíjení akumulátorů, pak i nepřímé emise budou nulové,
- možnost okamžitého maximálního výkonu a tedy lepší akcelerace,
- schopnost rekuperace energie – využití energie brzdění,
- vysoká účinnost elektromotoru, která je oproti spalovacímu motoru až 4x vyšší,
- absence vibrací a hluku, což zvyšuje cestovní komfort,
- nezávislost na neobnovitelných zdrojích energie – omezené zásoby ropy nezpůsobí dopravní kolaps, až ropa dojde,
- mnohem nižší provozní náklady ve srovnání se spalovacím motorem.

U elektromobilu není třeba měnit olej, spojku, výfuk, svíčky, rozvody, brzdové obložení se opotřebovává mnohem méně (pokud vůbec elektromobil k brzdění používá klasické brzdy) a i samotná elektřina je mnohem levnější.

[3] Přepočteme-li náklady na ujetí 1km, tak s benzínovým motorem se spotřebou 8l/100km při ceně 30Kč/l stojí 2,40Kč/km. Naftový motor se spotřebou 5l/100km při ceně 28Kč/l vyjde na 1,40Kč/km. U elektromobilu se spotřebou 15kWh/100km při ceně 5Kč/kWh přes den stojí 0,75Kč/km, při ceně 2Kč/kWh přes noc stojí 0,30Kč/km.

1 Historie

[24] Historie elektromobilů začíná v 19. století. Za vynálezce elektromotoru je považován maďarský vynálezce Ányos Jedlik, který elektromotor sestrojil pro zkoumání elektromagnetického pole. V roce 1828 pak sestavil první model elektrického vozidla (Obr.1.1). Vynález elektromobilu je však zásluhou více lidí, např. kovář Thomas Davenport, profesor Sibrandus Strating, Robert Davidson nebo Robert Anderson. Ke zlepšení technologie baterií potom přispěl objevy z roku 1865 Francouz Gaston Plante a později i jeho krajan a následovník Camille Faure. Tyto objevy vedly v Evropě k velkému rozvoji elektrických vozidel a většímu využívání elektrické energie v dopravě. Anglický vynálezce Thomas Parker, který má na svědomí např. elektrifikaci londýnského metra, vyvinul v roce 1884 vlastní fungující elektromobil. Na přelomu 19. a 20. století elektromobily byly rovnocenným soupeřem k vozům se spalovacím motorem, účastnily se různých závodů bok po boku. 29. dubna 1899 pak elektromobil řízený Camille Jenatzym jako první vůz překročil hranici 100km/h, když mu byla naměřena rychlost 105,88km/h.



Obr.1.1 Model prvního elektrického vozidla od Ányose Jedlika z r. 1828 [36]

Amerika se o elektromobily nezajímala až do roku 1895, kdy A. L. Riker přivezl elektrickou tříkolku do USA (Obr.1.2). V roce 1897 elektromobily získaly první komerční využití, a sice jako vozy taxi služby v New Yorku. Počátkem 20. století se výrobou elektromobilů zabývaly společnosti Anthony Electric, Baker, Columbia, Anderson, Edison, Studebaker, Riker a další.

V roce 1917 byl sestrojen první hybridní vůz kombinující spalovací motor s elektromotorem, a to společností Woods Motor Vehicle Company z Chicaga, ale nezískal si velkou oblibu kvůli vysoké ceně a složité údržbě.

Obr.1.2 Riker Tricycle [34]

Navzdory nízkým dosahovaným rychlostem měl elektromobil řadu výhod. Nevydával žádný hluk, nevytvářel výfukové zplodiny a nevibroval na rozdíl od vozů se spalovacími motory. U spalovacích motorů bylo třeba komplikovaně měnit převodové stupně, u elektromobilů tato nutnost odpadla. A elektromotor se také nemusel startovat klikou, jako tomu bylo u spalovacích motorů. Elektromobily se staly oblíbeným dopravním prostředkem bohatých lidí, kteří jej používali ve městech, kde nebyl krátký dojezd takovým problémem.

Ve 20. letech 20. století začínají elektromobily po počátečním úspěchu ustupovat vozidlům se spalovacím motorem. Toto je způsobeno objevem značných ložisek ropy v různých oblastech USA a tedy snížením ceny za litr, dále byl vynalezen elektrický startér (Charles Kettering, 1912), což zvýšilo komfort při startování, a také zavedením pásové výroby Henry Fordem, pořizovací cena u takto vyrobeného automobilu byla až 4x nižší, než u ekvivalentního elektromobilu. Navíc byl elektromobil stále limitován krátkým dojezdem

a nízkou maximální rychlostí. To vše způsobilo velký ústup a nakonec úplné zmizení elektromobilního průmyslu.

Roky plynuly a vývoj elektromobilů stagnoval, až v roce 1947 se objevem bodového tranzistoru otevřely nové možnosti. Začaly se využívat polovodičové součástky a došlo ke zlepšení baterií. Po dalších deseti letech vývoje tranzistoru společnost Henney Coachworks spolu s výrobcem baterií Exide produkuje první elektromobil založený na tranzistorové technologii. Vůz dostal název Henney Kilowatt (Obr.1.3) a byl to vlastně elektrický Renault Dauphine. Navzdory zlepšení dojezdu i výkonu se vůz nesetkal s příznivými reakcemi, a to hlavně díky vysoké pořizovací ceně. Nakonec roku 1961 byla výroba ukončena. Technologie použité ve voze však byly využity při sestrojování lunárního vozidla Lunar Rover, které společnosti Boeing a Delco Electronics vybavily stejnosměrnými elektromotory na každém kole a dvěma 36V stříbro-zinkovými nenabíjecími bateriemi.

Obr.1.3 Henney Kilowatt, první elektromobil založený na tranzistorové technologii [21]

Teprve až na začátku 90. let 20. století se zájem o elektromobily opět zvyšuje a různé společnosti se znovu snaží o vývoj technologie elektromobilů. Prvním moderním elektromobilem byl koncept Impact americké automobilky GM, ze kterého se později vyvinul produkční model EV1 (Obr.1.4; kap.6.3). Na počátku 90. let byl v americké Kalifornii vydán zákon, který nařizoval automobilkám, aby část produkovaných vozů tvořily vozy s nulovými přímými emisemi, a to až k finálnímu podílu 10% v roce 2003. Z důvodu drahého vývoje i vysokých výrobních nákladů elektromobilů se automobilky postavily proti tomuto nařízení

a uměle vytvářely nezájem zákazníků o tato auta. Nakonec došlo ke zrušení zákona a automobilky opět upustily od vývoje elektromobilů. Stávající vozy v provozu byly většinou staženy zpět k automobilkám a později sešrotovány. Zatímco velké automobilky se vývojem alternativních pohonných jednotek zabývaly velmi málo, a když, tak šlo převážně o vývoj hybridních vozů, některé malé společnosti chtěly zaplnit mezeru na trhu. Například společnost REVE Electric Car Company založená v Indii roku 1994. Výsledkem indicko-britské spolupráce je vůz REVAi (v Británii známý jako G-Wiz) představený v roce 2001. Další společnosti zabývající se vývojem elektromobilů pak byly např. Tesla Motors nebo Miles Electric Vehicles.

Obr.1.4 GM EV1 (kap.5.3) [12]

Energetická krize na počátku 21. století dala opět impuls k usilovnějšímu vývoji alternativních pohonných jednotek. Po vzoru Toyoty Prius, která se dobře prodávala nejen v USA, automobilky vyvíjí vlastní hybridní automobily, kombinující většinou benzínový motor a elektromotor. Ekonomická recese pak zapříčinila pohyb a vývoj hlavně v oblasti vozů typu SUV, které zpravidla měly velkou spotřebu paliva. Kombinací s elektromotorem se výrazně snížila právě spotřeba. Jedním z nejviditelnějších počinů na poli elektromobilů je výtvor automobilky Tesla, model Roadster (Obr.1.5; kap.6.11), který přišel na trh v roce 2007 jako první „masově“ vyráběný sportovní elektromobil. Dalším milníkem v oblasti elektromobilů pak může být Chevrolet Volt (kap.6.4) / Opel Ampera, jehož elektromotor je napájen bateriemi, jejichž kapacita umožňuje dojezd okolo 60km, a po vybití startuje spalovací motor fungující jako generátor elektrické energie (kap.4.3.3). Do třetice jmenujme

první pětidveřový rodinný hatchback Nissan Leaf (kap.6.10), na nějž už teď má automobilka více než 50.000 závazných objednávek.

Obr.1.5 Tesla Roadster (kap.6.11) [23]

2 Elektrické systémy

[11] První automobily obsahovaly pouze několik elektrických součástek. Jak se však automobilový průmysl vyvíjel, vyvíjely se také elektrické systémy, a tak jsou moderní vozy vybaveny sofistikovaným a komplexním elektrickým systémem. Ten produkuje a ukládá elektrickou energii a také se stará o její dopravení k jednotlivým součástkám. Základ elektrického systému tvoří baterie, startér, alternátor nebo generátor, regulátor napětí a pojistková skříň.

Základním prvkem elektrického systému je akumulátor. V běžném automobilu produkuje olověný akumulátor napětí 12V a dodává tak do systému potřebnou energii pro všechna elektrická zařízení, např. autorádio, autoalarm, ale také uchovává energii potřebnou k nastartování vozidla. Na baterie elektromobilů jsou kladeny jiné požadavky, proto jsou i jejich vlastnosti odlišné (kap.4).

Alternátor při chodu motoru vytváří elektrickou energii, kterou následně dodává do elektrického systému. Tím udržuje akumulátor nabitý a napomáhá chodu elektrických zařízení.

Další důležitou součástí elektrického systému je startér. Přestože je použit jen párkrát za den, spotřebovává největší část elektrické energie z celého elektrického systému. Startér otáčí klikovou hřídelí motoru, ve válcích tak začíná proces sání a následného zažehnutí. Tímto se tedy celý motor dostává do chodu.

Poslední hlavní součástí je pojistková skříň. Každé elektrické zařízení je vedením připojeno k pojistkové skříni, která zabraňuje zkratu nebo přetížení těchto zařízení. Mezi další elektrická zařízení patří autorádio, alarm, světlomety a směrová světla nebo klimatizace.

3 Umístění elektromotoru

3.1 Elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu

Tato varianta je podobná klasickým vozům se spalovacím motorem vpředu. Využívá ji mnoho dnešních elektromobilů, například Mini E (Obr.3.1; kap.6.7).

Obr.3.1 Mini E (kap.6.7) s elektromotorem vpředu [17]

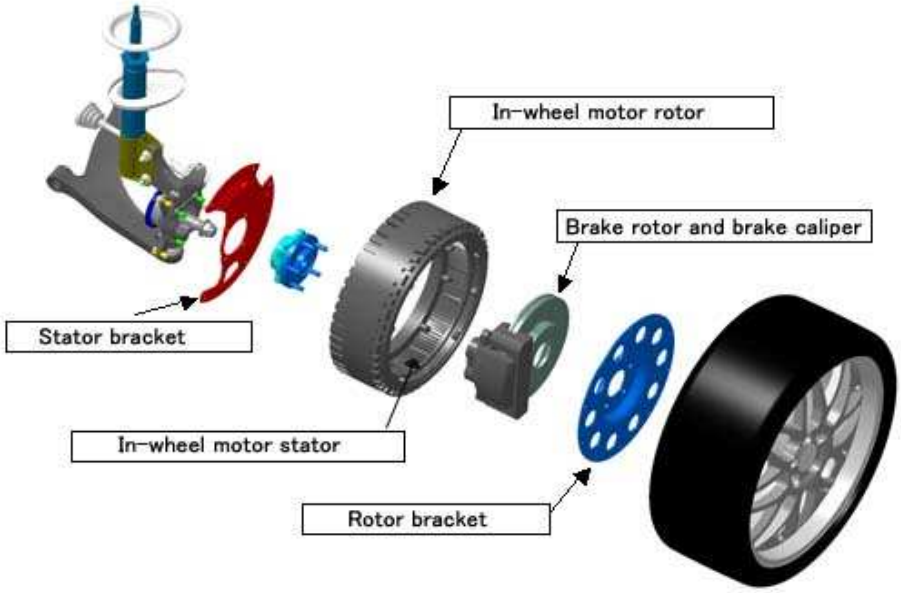
3.2 Elektromotor uložený uprostřed / vzadu pohánějící zadní nápravu

Také poměrně běžné řešení, opět podobné klasickým vozům se spalovacím motorem. Toto řešení nalezneme např. ve vozech Tesla Roadster (motor uprostřed; kap.6.11) nebo BMW ActiveE (motor vzadu; Obr.3.2), eRuf 911 (motor vzadu; kap.6.2).

Obr.3.2 BMW ActiveE s elektromotorem vzadu [9]

3.3 Elektromotory uložené přímo v nábojích kol

[23] Zatím poměrně vzácné řešení. Na rozdíl od předešlých řešení zde odpadá nutnost jakéhokoliv převodu z motoru na nápravu. Nevýhodou je naopak větší neodpružená hmotnost automobilu a tedy o něco horší jízdní vlastnosti. Elektromotory v nábojích nalezneme například ve voze Lightning GT (elektromotor v každém kole; kap.6.5) nebo u Mitsubishi – – systém MiEV (Obr.3.3), ať už ve 2 kolech u Mitsubishi Colt EV (kap.6.8), nebo ve všech 4 kolech u Mitsubishi Lancer MiEV (Obr.3.4).



Obr.3.3 Systém MiEV po jednotlivých částech [27]

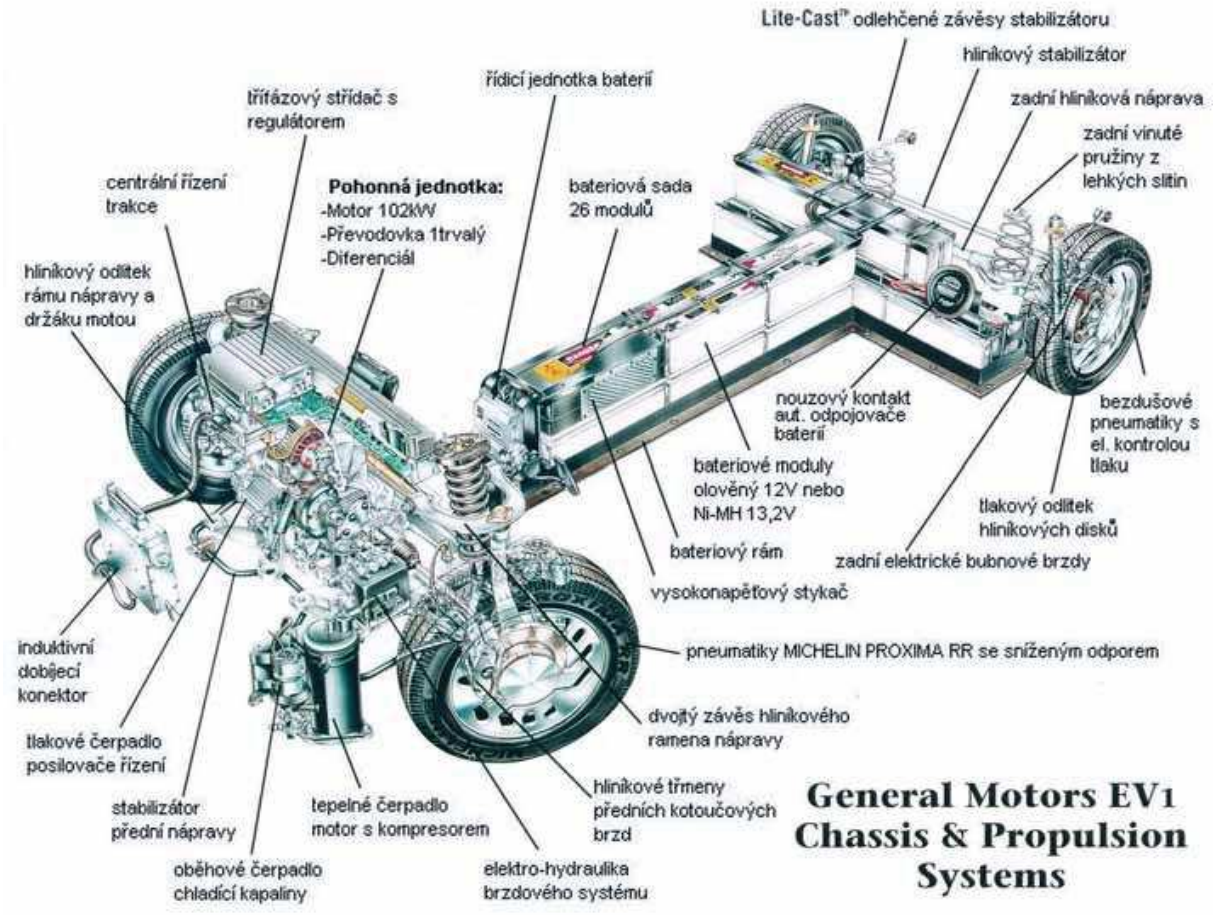
Obr.3.4 Celkový pohled na systém MiEV v náboji Lanceru [33]

4 Zdroje energie

4.1Současné akumulátory

4.1.1 Nikl-metal hydridové akumulátory (Ni-MH)

[6] Ni-MH akumulátory navázaly na původní Ni-Cd baterie a do jisté míry je nahradily. Hlavním důvodem je to, že jsou ekologičtější. Jejich provozní teploty se pohybují jen v rozpětí -10 °C až +40 °C a při teplotách pod bodem mrazu se jejich výkon rychle snižuje. Kapacitu však tento jev nesnižuje, po návratu do teplejšího prostředí se výkon baterie obnoví. Záporná elektroda je tvořena speciální kovovou slitinou, která s vodíkem vytváří směs hydridů neurčitého složení. Tato slitina je většinou složena z niklu, kobaltu, manganu, případně hliníku a některých vzácných kovů – lanthanu, ceru, neodymu, praseodymu. Kladná elektroda je z oxid-hydroxidu niklitého – NiO(OH) a elektrolytem je vodný roztok hydroxidu draselného. V dnešní době se již v elektromobilech moc nepoužívají, nejvýznamnější elektromobil vybavený Ni-MH bateriemi je GM EV1 (Obr.4.1; kap.4.3).



Obr.4.1 Uložení NiMH baterií ve voze GM EV1 (kap.6.3) [5]

4.1.2 Lithium-iontové (Li-Ion), Lithium-polymerové akumulátory (Li-Pol)

[6] V současnosti nejpoužívanější typy akumulátorů v elektromobilech, a to kvůli poměrně vysoké energetické hustotě (přibližně 3x větší než Ni-MH), čímž lze dosáhnout relativně menších rozměrů a hmotností ve srovnání s ostatními konvenčními typy baterií. Anoda je vyrobena z uhlíku, katoda je oxid kovu a elektrolyt je lithiová sůl v organickém rozpouštědle. Li-Ion mají elektrolyt uvnitř obalu z organické látky, zatímco Li-Pol mají obal z polymerů.

[23] V současnosti některé společnosti (např. Nissan, Panasonic, Sanyo, Hitachi a další) pracují na vylepšení Li-Ion baterií, hlavně na zvýšení energetické hustoty, a to pomocí různých změn materiálu elektrod, např. nikl-mangan-kobaltové katody (NMC), případně místo kobaltu používají hořčík, a samozřejmě využitím nanotechnologií. Důsledkem zavedení do sériové výroby elektromobilů bude snížení hmotnosti při zachování stejného dojezdu.

4.2 Vyvíjené akumulátory

4.2.1 Nikl-vodíková akumulátory (Ni-H2)

[6] Nikl-vodíkové články užívají plynného vodíku reagujícího s uhlíkovou elektrodou (využívá princip odvozený od palivového článku) a nikl hydroxidovou katodou (kladnou). Tyto články mají napětí 1,2V. Tento typ baterií se už desítky let využívá ve vesmírném průmyslu. [23] Výhodou Ni-H2 baterií je, že vydrží až 20 000 nabíjecích cyklů, mohou být 100% vybity a zase nabity jako by nic, nemají žádný paměťový efekt. Hlavním důvodem, proč se dosud nevyužívaly v elektromobilech nebo hybridech, byla nízká energetická hustota, a tedy i velká hmotnost. Běžná NiH2 baterie má kapacitu 1/2 až 3/4 běžné Li-Ion baterie. Texaská společnost Erra, Inc., jež nedávno koupila právě na inovaci těchto baterií, však tyto problémy dokázala vyřešit. Svůj nový produkt nazvala YESS. Společnost má v plánu vyrábět širokou paletu baterií od tužkových až po velké energetické aplikace v energetickém průmyslu. Plánovaná výroba se má rozběhnout koncem roku 2010.

4.2.2 Olověné kyselinové akumulátory

[23] Klasické olověné akumulátory používané běžně v automobilech se spalovacím motorem jsou pro použití v elektromobilech velmi těžké díky olověné mřížce. Pokud se však podaří snížit jejich hmotnost, může to přinést výrazné snížení cen elektromobilů. Jednou ze společností pracujících na zlepšení olověných akumulátorů je např. Firefly Energy Inc., která nahradila olověnou mřížku pěnou napuštěnou olovem, což značně snižuje hmotnost, omezuje chemické opotřebovávání mřížky a zvyšuje rychlost nabíjení.

4.2.3 Lithium-vzduchové baterie (Lithium-oxygen)

[23] Lithium-vzduchové baterie slibují několikanásobně vyšší kapacitu a nižší hmotnost, než v případě klasických Li-Ion akumulátorů. Zajímají se o ně např. IBM nebo General Motors. Díky použití malého množství zlata nebo platiny jako katalyzátoru v elektrodách vykazují elektrody mnohem vyšší účinnost, než běžné uhlíkové elektrody. Podle dosavadního výzkumu bude možné použít i jiné, levnější materiály jako katalyzátor. Je třeba ještě ujít velký kus cesty, nicméně první výsledky vypadají velice slibně.

4.3 Další zdroje energie

4.3.1 Superkondenzátory

[13] Téměř ve všech akumulátorech je elektrická energie ukládána prostřednictvím chemické vazby. Naproti tomu kondenzátor ji ukládá v podobě elektrického náboje. Oproti chemickým akumulátorům má superkondenzátor větší účinnost, krátkou doba nabíjení (Obr.4.2), schopnost okamžitě podat plný výkon, odolnost proti přebíjení i extrémnímu vybíjení, životnost počítající se na desítky let, odolnost vůči otřesům a dalším vnějším vlivům, mnohonásobně větší počet nabíjecích cyklů atd. Háček je jen jeden, zato pořádný - běžné kondenzátory mají pro tyto účely příliš malou kapacitu.

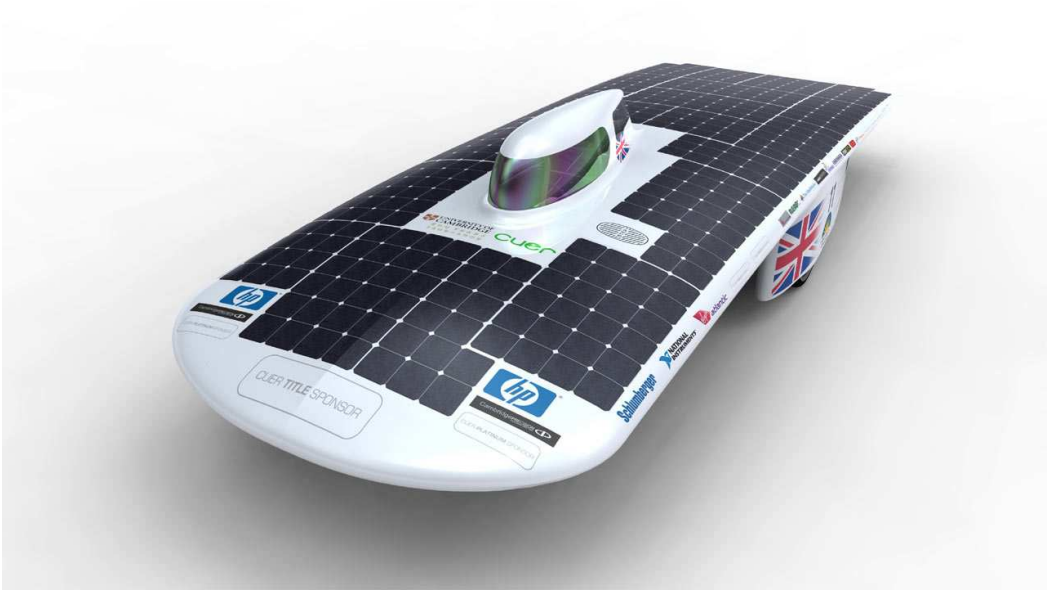
Obr.4.2 Sinautec Ultracap Bus se při dobíjení svých superkondenzátorů ve stanici zdrží pouze 2-3 minuty [32]

„Oproti stovkám mikrofaradů u běžných kondenzátorů zde kapacita dosahuje tisíců faradů, přičemž hustota energie je desetkrát až stokrát vyšší než u olověných akumulátorů. Počet nabíjecích cyklů se počítá ve statisících až milionech. Naproti tomu množství ampérhodin zatím nedosahuje hodnot běžných u tradičních akumulátorů. Malé superkondenzátory se proto používají zejména pro zálohování zdrojů v počítačích a dalších elektronických zařízeních. Obzvlášť skvělá budoucnost je ale předpovídána velkým jednotkám zejména v elektromobilech. Jejich vlastnosti je předurčují zejména pro pokrytí špičkového výkonu při prudké akceleraci, v těžkém terénu nebo stoupání, kdy běžný zdroj energie (baterie, palivový článek atd.) nestačí. Zlepšují také energetickou bilanci elektromobilu tím, že ukládají elektřinu generovanou při brzdění.“

4.3.2 Solární panely

[23] Solární články slouží k výrobě elektřiny pomocí slunečního záření. To je možné díky fotoelektrickému jevu v polovodičích. Základním kvalitativním ukazatelem u solárních článků je jejich účinnost, resp. stupeň účinnosti. Dnes se běžná účinnost článků pohybuje mezi 15% - 25% (to už spíše v laboratorních podmínkách). Propojením solárních článků vznikají solární panely. Články jsou v nich sériově propojeny tak, aby generovaly energii.

Využití solární energie je dnes běžné spíše v domácnostech nebo v solárních elektrárnách, kde se sluneční energie transformuje na elektrickou energii. V automobilním průmyslu výrobci zatím využívají solární panely spíše jako podpůrný zdroj energie pro pohon různých doplňkových zařízení, například klimatizace nebo autorádia. Ryze solární automobily se začaly objevovat od 80. let 20. stol. Současná technologie nedostačuje pro pohon běžných vozů, avšak speciálně vyvinutá vozidla (Obr.4.3), která se vyznačují velmi nízkou hmotností, již dosahují rychlostí i kolem 140 km/h a teoreticky neomezeným dojezdem.



Obr.4.3 Solární automobil Bethany vytvořený týmem Cambridge University Eco Racing [23]

4.3.3 Spalovací motor jako generátor

[23] Tento systém využívá Chevrolet Volt (Obr.4.4; kap.6.4) / Opel Ampera. Ve své podstatě se jedná o elektromobil, přestože ve voze je i spalovací motor, jelikož tento nikdy nepohání přímo kola, ale slouží jako generátor energie pro dobíjení baterií nebo přímo pro pohon elektromotoru. Výhodou je, že generátor pracuje v konstantních otáčkách a dá se tedy optimalizovat na minimální spotřebu. Koncern GM také vyvíjí systém kombinující elektromotor na baterie s vodíkovými palivovými články.

Obr.4.4 Chevrolet Volt (kap.6.4) vybavený spalovacím generátorem elektrické energie [10]

5 Cesta k nabitému akumulátoru

5.1 Připojením do elektrické sítě – nabíječkou

[23] Základní metodou k dobíjení akumulátorů je použití nabíječky (Obr.5.1). Většina dnešních elektromobilů vyžaduje každodenní připojení do elektrické sítě, bez ohledu na počet ujetých km za daný den. Uživatel prostě zaparkuje auto ve své garáži a automaticky ho zapojí do zásuvky. Výrobci často nabízí 3 typy nabíječek: domácí nabíječka, rychlonabíječku a cestovní nabíječku. Domácí slouží právě ke každodennímu nabíjení, dodává menší proud a většinou využívá nižší napětí 220V (v některých případech i 110V). Rychlonabíječka zpravidla dodává větší proud a velmi často pracuje s větším napětím 400V. Podle názvu se dá poznat, že čas potřebný k nabití akumulátorů je výrazně kratší. Cestovní nabíječka je většinou skladnější a lehčí a tedy i snadněji přenosná. Rychlost nabíjení je většinou podobná jako u základní nabíječky.

Obr.5.1 Napájení pomocí nabíječky [23]

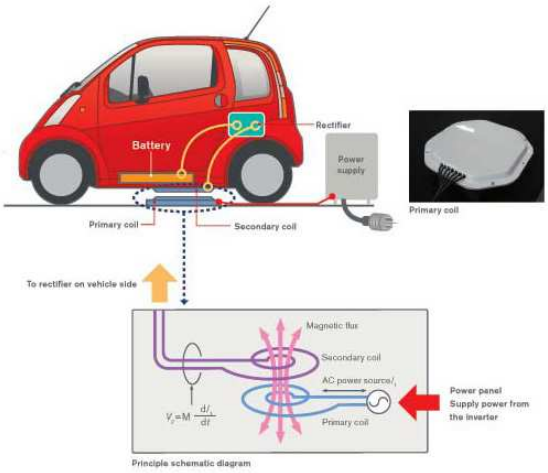
5.2 Dobíjecí stanice

[23] Dobíjecí stanice fungují obdobně jako čerpací stanice pohonných hmot, někdy to jsou dokonce stejné budovy se stojanem k tankování tekutých paliv a jiným stojanem k dobíjení baterií. Další variantou jsou domácí dobíjecí stanice. Současným trendem je stavění dobíjecích stanic například na velkých parkovištích, u obchodních řetězců nebo i u řetězců s rychlým občerstvením. Výhodou veřejných stanic je možnost využít obnovitelných zdrojů, např. sluneční (Obr.5.2) nebo větrné energie.

Obr.5.2 Dobíjecí stanice využívající solární energii [23]

5.3 Napájení bez drátů

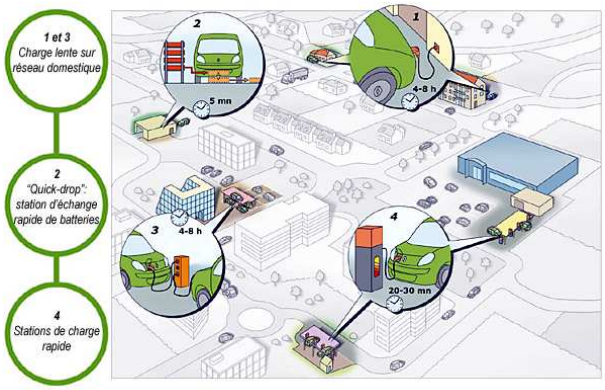
[31] Nissan vyvinul bezdrátovou technologii dobíjení akumulátorů (Obr.5.3). Základem technologie je elektromagnetická indukce – stejný princip využívá například elektrický zubní kartáček. Nissan zatím využívá dobíjení ve stacionárních blocích, nicméně smělé plány automobilky zvažují i vestavění dobíjecích modulů přímo do vozovky, aby bylo možné dobíjet elektromobil přímo za jízdy. Takový způsob dobíjení by jistě udělal každodenní používání elektromobilů ještě pohodlnější.



Obr.5.3 Bezdrátové dobíjení navržené automobilkou Nissan [23]

5.4 Pronajímání baterii

[22] Automobilka Renault má také smělé plány v oblasti elektromobilů. Již v roce 2011 chce mít na silnicích přes 10.000 elektromobilů a následující rok až 100.000. Kromě klasického způsobu dobíjení plánuje další možnost (Obr.5.4), jak mít plně nabitou baterii – pronajímat si ji. Řidič dojede do výměnné stanice a během několika minut mu technik vymění vybitou baterii za nově nabitou. Dále také samozřejmě plánuje vystavět síť rychlodobíjecích stanic. Systém pronajímání baterií nejen že výrazně zkrátí čekací dobu na nabitou baterii, ale umožní také ekologičtější způsob dobíjení baterií. Běžný uživatel využívá doma elektrickou energii ze všech druhů elektráren, tedy i tepelných, které vytvářejí zplodiny zhoršující stav ovzduší. U speciálních stanic, v nichž bude probíhat výměna baterií, může být umístěna malá větrná, vodní nebo solární elektrárna a pak bude elektromobil ještě ekologičtější.



Obr.5.4 Schéma možných cest k plně nabité baterii podle automobilky Renault [30]

6 Jednotlivé elektromobily

6.1 Dodge Circuit EV

[3] Americké vozy jsou často vybaveny velkoobjemovými motory s velkou spotřebou benzínu. Typickým představitelem a téměř ikonou USA je Dodge Viper se svým 8,3l desetiválcem. A právě Chrysler, pod jehož křídla spadá i značka Dodge, představil v roce 2009 hned 5 modelů využívajících kromě spalovacích motorů i elektromotory. Model Dodge Circuit EV (Obr.6.1) je jediný, který je vybaven pouze elektromotorem. Oproti hybridním vozům Chrysler / Dodge má baterie s větší kapacitou, které umožňují dojezd 240-320km. Designově se Circuit EV (Obr.6.2) odvolává na model Viper a svalnatá karoserie je posazena na podvozek anglického Lotusu Europa. Pohonná jednotka je uložena na místě původního spalovacího motoru, tedy za oběma sedadly před poháněnou zadní nápravou, a sestává z trakčního elektromotoru o výkonu 200 kW, jednostupňového redukčního převodu, elektronické řídicí jednotky a sady akumulátorů. Zrychlení z 0 na 100km/h proběhne do 5s a ručička tachometru se zastaví až na hodnotě 193km/h.

Obr.6.1 Dodge Circuit EV – pohled zepředu [3]

Obr.6.2 Dodge Circuit EV – pohled zezadu [3]

Motor: Elektromotor umístěný před zadní nápravou, poháněná zadní náprava
Výkon: 200kW/272HP
Krouticí moment: neuvedeno
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-ion, kapacita neudána
Dojezd: 240-320km
Zrychlení 0-96km/h: do 5s
Max. rychlost: 193km/h

6.2 eRUF Model A (elektrické Porsche 911)

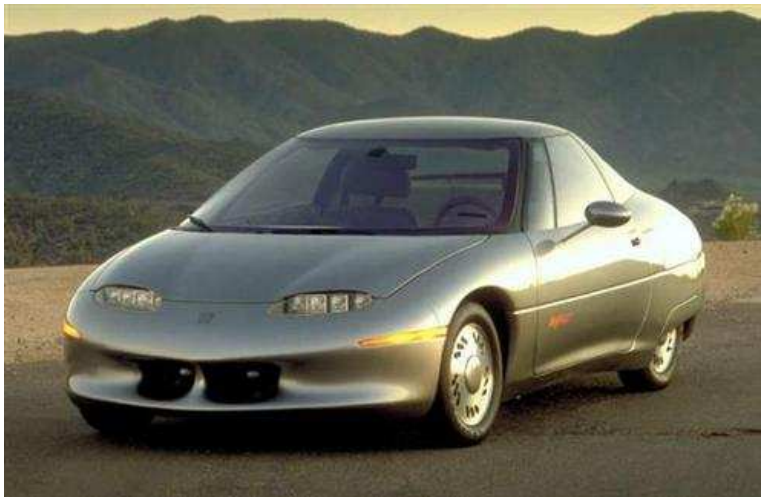
[8] Porsche 911 je legenda. Sportovní kupé s vytříbenými jízdními vlastnostmi, vysokými výkony a plochým benzinovým šestiválcem tradičně umístěným vzadu. Najdou se však lidé, kteří si myslí, že všechno se dá vylepšit. Jedním z nich je i Alois Ruf se svou malou rodinnou firmou. Jeho 911 často překračují hranici 330km/h, na 100km/h se rozjedou do 3 vteřin a také výkony se pohybují v říši snů. Koncem roku 2008 však RUF přichází s něčím zcela odlišným, s prvním Porsche s elektrickým pohonem (Obr.6.3). Tradiční umístění motoru zůstává, avšak přibyly baterie typu Li-ion, které byly umístěny i nad přední nápravu. Vozu dodávají dostatek energie na ujetí až 320km. Samotný motor pak disponuje výkonem 150kW a krouticím momentem 650Nm. Dynamické parametry nejsou sice tak oslnivé, z 0 na 100km/h za 7s to dnes dokáže kdejaký sportovní hatchback, ale v tomto případě se jedná o vývojový kousek, který má standardní 6stupňovou převodovku. Společnost RUF již pracuje na optimalizované převodovce se 2 rychlostními stupni. Ve vývoji je také elektrické SUV na bázi Porsche Cayenne. První zákazníci si eRUF mohou pořídit již na sklonku roku 2009 za cenu kolem 180.000 eur. Zdá se tedy, že elektromobily začínají být atraktivní už i pro ty, kteří chtějí skutečně prestižní automobil.

Obr.6.3 eRUF Model A – na první pohled klasická 911 řady 997 [15]

Motor: S permanentním magnetem, umístěný vzadu, poháněná zadní náprava
Výkon: 150kW/204HP
Krouticí moment: 650Nm
Převodovka: 6stupňová
Baterie: Li-ion, 48kWh
Dojezd: 320km
Zrychlení 0-100km/h: 7s
Max. rychlost: 225km/h

6.3 General Motors EV1

[19] Automobilka GM se v roce 1987 účastnila World Solar Challenge, závodu napříč Austrálií pro solární automobily. Získané poznatky a zkušenosti využili technici při výrobě prvního testovacího elektromobilu Impact (Obr.6.4). 18. dubna 1990 automobilka přislíbila sériovou výrobu tohoto elektromobilu. Díky nulovým přímým emisím se o vůz zajímala široká veřejnost i množství odborníků. Ve státě Kalifornia, kde byl stav ovzduší vůbec nejhorší v celých Spojených státech, byla dokonce vydána vyhláška, podle níž měla každá automobilka, která chce působit v Kalifornii, povinnost vyrábět ze 2% své produkce automobily s nulovými emisemi od roku 1998, 5% v roce 2001 a 10% v roce 2003. Ostatní automobilky proto také vyvinuly své prototypy s nulovými emisemi.



Obr.6.4 GM Impact [2]

V roce 1994 GM debutovalo 50 ručně vyrobenými modely Impact, určenými do běžného provozu u zákazníků, kteří budou součástí vývojového programu. Zájem o tento vůz mnohonásobně předčil očekávání i těch největších optimistů, v Los Angeles a New Yorku projevilo zájem přes 24.000 lidí prostřednictvím telefonní linky, která poté musela být zrušena kvůli nedostatečné kapacitě. V témže roce také modifikovaný Impact stanovil světový rychlostní rekord elektrických vozů hodnotou 295km/h. Automobil splňoval požadavky běžných uživatelů a ovládal se úplně stejně, jako běžně prodávané benzínové a dieselové automobily. Zdálo se, že elektrické vozy brzy zaberou důležitý podíl v prodejích General Motors. Ale někteří lidé automobilky si zřejmě uvědomili, že tento vývoj není žádoucí z hlediska peněz investovaných do spalovacích motorů, a proto sami začali podnikat kroky proti legislativě v Kalifornii. K těmto krokům se přidaly i ostatní automobilky, které rovněž argumentovaly například nepřipraveností koncových zákazníků na elektromobil a nebraly v úvahu velmi pozitivní ohlasy na právě testovaný Impact, ať už ze stran uživatelů, široké veřejnosti i automobilových odborníků. Poté, co byl ukončen vývojový program vozu Impact, všech 50 kusů bylo zničeno.

Nicméně elektrický program GM pokračoval a v roce 1996 se z Impactu vyvinul model EV1. Přestože vůz měl cenovku $34.000, GM jej nabízelo pouze k pronájmu a navíc jen ve státě Kalifornie. Zákazníci opět byli monitorováni a získané informace sloužily k dalšímu vývoji EV1. Auto bylo navrhováno s co nejmenším aerodynamickým odporem. Výsledkem je hodnota C_d 0,19. První generace EV1 byla vybavena olověnými kyselinovými bateriemi (Obr.4.1) s 53Ah a 312V, které poskytovaly dostatek energie pro ujetí 110-160km. Elektromotor (Obr.6.5) pohánějící přední nápravu dával výkon 102kW a točivý moment 149Nm, dost na to, aby 1.400kg dokázal rozjet z 0 na 80km/h za 6,3s a na 96 za necelých 8s. V letech 1996-1999 bylo pronajato celkem 660 vozů EV1 první generace.

Obr.6.5 Vpředu uložený motor modelu GM EV1 [19]

Obr.6.6 II. generace modelu GM EV1 [1]

V roce 1999 přišla 2. generace EV1 (Obr.6.6). Hlavní změnou byly nové baterie. Namísto původních olověných akumulátorů byl elektromobil vybaven nikl-metal hydridovými bateriemi s 60Ah (18,7kWh) a 312V Panasonic. Brzy po uvedení však GM baterie Panasonic nahradilo jinými NiMH bateriemi, a to 77Ah (26,4kWh) a 343V značky Ovonics. Dalšími úpravami vozu bylo dosaženo snížení hmotnosti na 1.319kg a také tišším provozem. Díky všem změnám se dojezd na jedno nabití zvýšil na 160-240km. V letech 1999-2002 se k zákazníkům dostalo 457 EV1 druhé generace, všechny kusy opět pouze k pronájmu.

7. února 2002 automobilka GM oznámila všem pronajímatelům, že stáhne všechny EV1 z provozu a neumožní prodloužení nájemní smlouvy. To se pochopitelně nelíbilo spokojeným uživatelům, kteří okamžitě žádali prodloužení nájemních smluv i odkoupení jednotlivých kusů, nicméně GM trvalo na stažení všech kusů. Nakonec bylo pouze několik málo kusů věnováno univerzitám, avšak vozy byly znehodnocené a provozu neschopné. Valnou většinu EV1 potkal stejný osud jako vývojový Impact – skončily na vrakovišti a byly sešrotovány (Obr.6.7). Hlavními důvody těchto kroků byl podle představitelů automobilky GM malý zájem zákazníků, vysoké výrobní, provozní i servisní náklady, přehřívání baterií a také jejich nedostačující kapacita a v neposlední řadě i nepřipravenost napájecích stanic po státech USA. Přesto vše se našlo velké množství lidí, kteří toužili mít své vlastní EV1.

Elektrický pohon však nebyl jedinou technickou vymožeností. EV1 nabízelo mnohem víc. Karoserie s nízkým aerodynamickým odporem C_d 0,19 byla vytvořena z velké části z plastů, jednak kvůli snížení hmotnosti a jednak pro odolnost vůči korozi. Ke konstrukci rámu vozidla se používal hliník. Do sériových automobilů se rovněž dostal systém ABS a systém kontroly trakce, což zlepšovalo chování vozu. Mezi dalšími prvky jmenujme systém bezklíčového vstupu, speciální jednosměrné sklo zvyšující odolnost vůči horku ve slunných dnech, elektrický posilovač řízení nebo systém sledující tlak v pneumatikách.

Dodnes zůstává otázkou, zda GM skutečně nevidělo EV1 jako spolehlivé auto vhodné pro běžné užití, anebo spíše zapůsobil tlak ropných společností, automobilek i vnitřní tlak ve společnosti GM, které v EV1 viděly reálnou hrozbu pro ropný trh. Právě snaha zodpovědět tuto otázku je obsahem dokumentárního filmu z roku 2006, Who Killed the Electric Car (Kdo zabil elektromobil).

Obr.6.7 Smutný konec vozů GM EV1 [29]

Motor: Asynchronní, umístěný vpředu, poháněná přední náprava
Výkon: 102kW/137HP
Krouticí moment: 149Nm
Převodovka: 1stupňová
Baterie: olověné kyselinové (1.gen.), NiMH 18,7kWh/26,4kWh (2.gen)
Dojezd: 110-160km (1.gen), 160-240km (2.gen)
Zrychlení 0-96km/h: 8s
Max. rychlost: 130km/h (el. omezeno)

6.4 Chevrolet Volt

[23] Chevrolet dokončuje přípravu výroby svého Voltu (Obr.6.8), automobilu na pomezí mezi hybridem a elektromobilem. Vlastní elektromotor má výkon 110kW a krouticí moment 370Nm v celém spektru otáček. Samozřejmostí je schopnost rekuperace energie. Bezemisní provoz na baterie, tedy režim Electric, postačí na ujetí 64km, po vybití vůz přechází do režimu Extended Range a nastává to nejzajímavější u tohoto vozu – připojí se spalovací generátor elektrické energie, který pohání elektromotor (kap.4.3.3). Tímto způsobem lze ujet další stovky km a spotřeba generátoru se pohybuje na hranici 1l/100km benzinu nebo směsi benzinu a etanolu E85. Koncern GM hodlá tuto technologii využít i v mnoha dalších modelech, již teď automobilka představila koncept vozu typu MPV a kupé. V Evropě se setkáme spíše s Opelem Ampera, který s Voltem sdílí techniku pod kapotou. Automobilka také vyvíjí tento pohon kombinující elektromotor a palivové články.

Obr.6.8 Chevrolet Volt (pro rok 2011) [25]

Motor: elektromotor i generátor umístěný vpředu, poháněná přední náprava
Výkon: 110kW/147HP (elektromotor)
Krouticí moment: 370Nm (elektromotor)
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-on, 16kWh
Dojezd: 64km v režimu Electric + přes 400km v režimu Extended Range
Zrychlení 0-100km/h: neudáno
Max. rychlost: 160km/h

6.5 Lightning GT

[23] Rychlý jako blesk. Tak by se dal v jedné větě charakterizovat tento typicky britský sportovní vůz (Obr.6.9). Neznalý člověk by jistě pod kapotou hledal benzinový motor, avšak tady nalezne pouze akumulátory. Pohonné ústrojí je výrazně odlišné i od většiny ostatních elektromobilů. Hned čtveřice motorů, každý o výkonu 120 kW, se usadilo přímo v nábojích kol. Zároveň se také starají o zpomalování auta a přitom dochází k rekuperaci energie a tedy i zvyšování dojezdu. Klasická brzda pak zůstává pouze ta ruční, brzdicí zadní nápravu. Výrobce udává čas skvělých 10 minut pro plné nabití akumulátorů a dojezd až 300 km, avšak při plném využití potenciálu GT pravděpodobně bude tato hodnota nedosažitelnou metou.

Obr.6.9 Lightning GT s typickými proporcemi britského sportovního vozu [3]

Motor: 4x motor s permanentním magnetem, umístěny v každém kole, pohon všech kol
Výkon: 477kW/643HP
Krouticí moment: neudáno
Převodovka: žádná
Baterie: NanoSafe, 36kWh
Dojezd: 300km
Zrychlení 0-100km/h: pod 5s
Max. rychlost: 210km/h (el. omezeno)

6.6 Mercedes-Benz SLS e-Drive

[14] Německý výrobce Mercedes-Benz nedávno reinkarnoval svou legendu 300 SL Gullwing. Model SLS (Obr.6.10) je opravdovým supersportovním autem a s 6,3 litrovým motorem AMG se jedná o velmi výkonný vůz, který zaslouženě sklízí ovace. Mercedes však pracuje i na mnohem úspornější elektrické verzi, která by současně nabízela srovnatelné výkony. To znamená, že i e-Drive zrychlí z 0 na 100km/h za pouhé 4s. K pohonu vývojového kusu slouží hned čtveřice elektromotorů, na každé kolo jeden (Obr.6.11). Jednotlivé motory dávají autu 98kW/131HP. Energii pak dodávají Li-ion baterie, které postačují k ujetí 150-180km. Nabití trvá kolem 5 hodin v nejvýkonnějším nebo 8 v normálním režimu.

Obr.6.10 MB SLS se 6,3l motorem AMG [3]

Obr.6.11 MB SLS e-Drive [4]

Motor: 4x asynchronní motor, umístěny v každém kole, pohon všech kol
Výkon: 392kW/525HP
Krouticí moment: 880Nm
Převodovka: žádná
Baterie: Li-ion, 48kWh
Dojezd: 150-180km
Zrychlení 0-100km/h: 4s
Max. rychlost: 192km/h (el. omezeno)

6.7 Mini E

[7] BMW vyvíjí svůj elektromobil na základě modelu Mini One. Vozidlo se již testuje v běžném provozu, pět set exemplářů mají zákazníci k dispozici v USA k pronájmu. Motor poskytuje krouticí moment 220Nm, který je k dispozici, jak je u elektromotorů obvyklé, od 0 otáček za minutu, což vozu poskytuje dobrou akceleraci a mrštnost při proplétání se městem. Kvůli bateriím Mini přibralo na hmotnosti, přesto však zůstaly zachovány dobré jízdní vlastnosti, i díky rozložení hmotnosti 50:50 na obě nápravy. Přestavba si také vyžádala odstranění zadních sedadel (Obr.3.1) a ubrala ze zavazadlového prostoru 100 litrů. Mini E (Obr.6.12) využívá systém rekuperace kinetické energie, který jednak napomáhá zabrzdění vozidla, obzvlášť ve městě se postará až o 3/4 brzdění, ale hlavně zvyšuje dojezd na jedno nabití, a to až o 1/5. V laboratorních testech byla dosažena vzdálenost 250km na jedno nabití, v běžném provozu se pak pohybuje mezi 160-190km.

Obr.6.12 Mini E [3]

Motor: Asynchronní, umístěný vpředu, poháněná přední náprava
Výkon: 150kW/204HP
Krouticí moment: 220Nm
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-ion, 35kWh
Dojezd: 160-190km
Zrychlení 0-100km/h: 8,5s
Max. rychlost: 150km/h

6.8 Mitsubishi Colt EV

[3] Japonská automobilka Mitsubishi pracuje již od poloviny 90. let 20. století na vývoji elektromobilu. V současné době se soustředí na vývoj vozů s elektromobily umístěny přímo v kolech – systém MiEV (Obr.3.3; kap.3.3). Prvním představeným modelem je Colt, který má umístěny 2 elektromotory v zadních kolech, čímž odpadá potřeba převodovky, umožňuje plynulou regulaci točivého momentu pro každé kolo zvlášť a zároveň se elektromotor dá použít i k brzdění. Tento systém se dá velmi efektivně využít i u modelů Mitsubishi s pohonem všech 4 kol (Lancer, Pajero) a automobilka na jeho vývoji intenzivně pracuje. Malý Colt se dokáže rozjet až na 150km/h a dojezd je slušných 150km.

Motor: 2x synchronní, umístěné v nábojích zadních kol, poháněná zádní kola
Výkon: 40kW/54HP
Krouticí moment: 600Nm
Převodovka: žádná
Baterie: Li-ion,
Dojezd: 150km
Zrychlení 0-100km/h: neudáno
Max. rychlost: 150km/h

5.9 Smart ForTwo Electric drive

[3] Smart vstoupil na pole elektromobilů v roce 2007, kdy vzniklo prvních 100 aut s elektrickým pohonem. Ty byly vytvořeny ještě na staré platformě předchozí generace a jednalo se o vozy určené do testovacího programu v Londýně. Teď je tu nová generace elektromobilu, postavená na platformě aktuální verze Smart ForTwo. Tentokrát vzniklo v první fázi 1000 kusů, které jsou opět určeny do testovacího programu v Evropě a USA. Koncern Daimler-Chrysler, pod jehož křídla automobilka spadá, má také podíl ve společnosti Tesla Motors, a tak ve vývoji elektrického Smartu posloužily například Li-ion baterie Tesla Motors. Vozy Smart jsou určeny pro městský a příměstský provoz, proto dojezd 135km se zdá být více než dostatečný, stejně jako maximální rychlost omezená na 100km/h. Skutečná sériová výroba pro koncové zákazníky bude spuštěna nejpozději roku 2012.

Motor: Asynchronní, umístěný vzadu, poháněná zadní náprava
Výkon: 30kW/41HP
Krouticí moment: 120Nm
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-ion, 14kWh
Dojezd: 135km
Zrychlení 0-60km/h: 6,5s
Max. rychlost: 100km/h (el. omezeno)

6.10 Nissan Leaf

[28] Nissan představil v 2. polovině roku 2009 svůj první produkční elektromobil. Název vozu, Leaf (=list), poukazuje, že model je šetrný k přírodě. Cíl Nissanu byl jasný: vytvořit elektromobil srovnatelné užitné hodnoty, jako u běžných vozů se spalovacím motorem. Při vývoji se začalo pohonným ústrojím, kolem nějž vznikal zbytek vozu. Díky tomu má Leaf plnohodnotných 5 míst k sezení i zavazadlový prostor srovnatelný s benzinovou či naftovou konkurencí (Obr.6.13). Baterie jsou totiž umístěné pod zadními sedadly. Dojezd je na většinu jízd plně dostačujících 160km, nabití pak trvá zhruba 8 hodin na plnou kapacitu nebo v režimu rychlého nabití na 80% za 30 minut. Nissan navíc vybavil svůj Leaf centrálním systémem monitorujícím pohyb a trasu vozidla, aby řidič měl neustále přehled, zda mu baterie postačí na dojetí do cíle, případně systém umí pozměnit trasu tak, aby bylo možné cestou baterie dobít. Řidič má k dispozici motor o výkonu 80kW a krouticí moment činí 280Nm. Automobilka slibuje přijatelnou cenu a dodání prvních vozů k zákazníkům v první polovině roku 2010.

Obr.6.13 Nissan Leaf má karoserii jako běžný hatchback [3]

Motor: Asynchronní, umístěný vpředu, pohon předních kol
Výkon: 80kW/109HP
Krouticí moment: 280Nm
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-on, 24kWh
Dojezd: 160km
Zrychlení 0-100km/h: neudáno
Max. rychlost: přes 140km/h

6.11 Tesla Roadster / Roadster Sport

[20] Tesla Motors je americká společnost, která byla založena v červenci roku 2003. Původní záměr byl postavit výkonný, kompletně elektrický sportovní vůz. Jako základ konstruktéři použili sporťák s vyhlášenými jízdními vlastnostmi, Lotus Elise. Tesla však oproti Lotusu má pod kapotou mnohem výkonnější elektromotor (Obr.6.14), ale také je o více než 250kg těžší. I přes to však zůstaly jízdní vlastnosti na velmi dobré úrovni. Díky okamžité dostupnosti krouticího momentu 370Nm stačí k akcelerování na 100km/h pouhé 4s (u modelu Roadster Sport o 0,2s méně) a to i díky optimalizované jednostupňové převodovce, která nahradila původní dvourychlostní. Maximální rychlost je pak elektronicky omezena na 125mph (201km/h). Mohlo by se zdát, že s takovými výkony nemůže být dojezd elektromobilu nijak oslnivý, ale opak je pravdou. Tesla u svého Roadsteru (Obr.6.15) udává dojezd 390km v běžném provozu, k nabíjení pak je na výběr ze tří řešení, přičemž nejrychlejší cestou stačí k nabití 4 hodiny.

Obr.6.14 Elektromotor uložený uprostřed [23]

Obr.6.15 Tesla Roadster [23]

Motor: Asynchronní, umístěný uprostřed, poháněná zadní náprava
Výkon: 215kW/288HP (Roadster Sport)
Krouticí moment: 370Nm/400Nm (Roadster Sport)
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-ion, kapacita neudána
Dojezd: 390km
Zrychlení 0-96km/h: 3,9s/3,7s (Roadster Sport)
Max. rychlost: 201km/h (el. omezeno)

6.12 Tesla Model S

[23] Po úspěšném Roadsteru chce Tesla nabídnout také automobil, který uveze více pasažérů a zavazadel. Elegantní karoserie Modelu S (Obr.6.16) napovídá, že vůz bude hodně pohodlný a nabídne komfortní cestování až pro 5 dospělých a 2 děti. Výrobce udává, že dojezd se základními bateriemi je 256km, avšak k dispozici budou také větší, 70kWh baterie, s těmi pak posádka ujede velmi dobrých 480km. Nabití trvá okolo 4 hodin, v režimu QuickCharge pouhých 45 minut. Tesla plánuje s podporou vlády USA vybudovat stanice, kde budou baterie jednoduše vyměněny v 5-8 minutách za plně nabité. Zájemci o Model S (Obr.6.17) si však budou muset ještě počkat, do provozu se nedostane dříve než ve 3. čtvrtletí roku 2011.

Obr.6.16 Elegantní tvary vozu Tesla Model S [23]

Obr.6.17 Tesla Model S nabízí prostorný interiér [23]

Motor: Asynchronní na střídavý proud
Výkon: neudáno
Krouticí moment: neudáno
Převodovka: 1stupňová
Baterie: Li-ion, 42kWh/70kWh
Dojezd: 256km/480km (v závislosti na použité baterii)
Zrychlení 0-96km/h: 5,6s
Max. rychlost: 192km/h (el. omezeno)

7 Zhodnocení situace

Dnešní doba ekonomické krize a různých ekologických myšlenek skutečně nahrává elektromobilům (i dalším alternativním pohonům). V zahraničí, hlavně v USA, Japonsku, Velké Británii, ale i Německu a Francii se vlády snaží podporovat elektromobily (nebo i další alternativní možnosti) a rozvoj elektromobilismu vůbec. Poskytují různé výhody řidičům elektromobilů (dotace na pořízení elektromobilu, daňové úlevy, vjezdy zdarma do jinak zpoplatněných míst atd.), automobilkám (dotace na vývoj nových technologií) a také podporují výstavbu sítě dobíjecích stanic. V těchto zemích si již dnes člověk může pořídit elektromobil přímo od automobilky nebo se zapojit do testovacího programu některého elektromobilu (např. Mini E – kap.6.7; Smart ForTwo Electric drive – kap.6.9).

V České republice zatím trh s elektromobily není na takové úrovni, že by se sem automobilky se svými elektromobily „hrnuly“, nicméně i u nás může člověk jezdit na elektřinu. Síť veřejných komerčních dobíjecích stanic se teprve začíná budovat, prozatím je schválena výstavba 4 dobíjecích stanic v Praze, kde chce společnost ČEZ spustit testovací program 50-100 elektromobilů, které plánuje pořídit do roku 2012. Elektromobilista tedy zatím musí využívat dobíjecích míst různých eko a elektro příznivců (Obr.7.1) anebo dobíjet v garáži u sebe nebo u svých známých.

Obr.7.1 Síť dobíjecích míst v ČR [26]

Snadnější cestou k elektromobilu u nás je přestavba běžného automobilu. Přestavby tzv. „nakoleně“ mají zpravidla problém s homologací a tedy legálním provozem. Homologované přestavby u nás nabízí několik společností, většinou využívající vozy koncernu PSA či VW. Příkladem může být společnost EVC Group, která nabízí zákazníkům přestavby vozů Peugeot Partner, Škoda Roomster (Obr.7.2) / Praktik nebo vyvíjí přestavbu pro Škodu Superb.

Obr.7.2 EVC R7 – přestavba Škody Roomster [18]

Česká vláda zatím výrazněji nepodporuje elektromobily, výhodou pro kupujícího tak zůstává velmi levné povinné ručení a nízké provozní náklady, nevýhodou zatím stále vysoká pořizovací cena. Dokonce i dotační program na obnovu vozového parku MHD bohužel neumožňuje využít dotaci na pořízení elektroautobusů (Obr.7.3), které vyvinula česká společnost ČAS-Service za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu, a tak dopravní podniky raději pořídí běžný moderní autobus s dotací, než elektrobus od českého výrobce bez.

Obr.7.3 Elektrobus vyvinutý společností ČAS Service [16]

8 Závěr

Přestože myšlenka elektromobilu existuje již více než 100 let, je zde stále obrovský prostor k novým a inovativním technologiím. Obzvláště zlepšení akumulátorů bude obrovským přínosem. Větší dojezd nebo rychlejší nabíjení jistě přiláká nové uživatele a snížení hmotnosti přispěje k lepším jízdním vlastnostem. Dalším současným problémem je nedostatečná propagace ze stran výrobců a nízká znalost problematiky běžných lidí, kteří často ani neví o možnostech elektromobilů a očekávají stejné vlastnosti, jaké jim nabízí běžné automobily, a přestože by jim současné technologie stačili k pokrytí 90% svých potřeb (dojíždění do práce, na nákupy, do sousední obce), tak odmítají mj. právě kvůli nízkému dojezdu na jedno nabití.

Přednosti elektromobilů jsou nesporné, mnohem nižší provozní náklady a ekologičtější provoz. Současné vysoké pořizovací náklady jsou bezesporu daní za malý počet vyráběných elektromobilů. S velkosériovou výrobou a větší podporou ze strany vlády i propagací od výrobců si k elektromobilu najde cestu nepochybně mnohem více uživatelů.

9 Seznam použitých zdrojů

[1] *After Gutenberg* [online]. 2008-1-10 [cit. 2010-05-22]. E-flex Aerodynamics and Battery Mass. Dostupné z WWW: <http://jcwinnie.biz/wordpress/?p=2752>.

[2] *Astra Forum* [online]. 16-09-2008 [cit. 2010-05-22]. Happy 100th Anniversary for GM!. Dostupné z WWW: <http://www.astraforum.ro/forums/t/14402.aspx>.

[3] *Auto.cz* [online]. 1997 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <www.auto.cz>.

[4] *Autoblog Green* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Mercedes-Benz SLS eDrive. Dostupné z WWW: <http://green.autoblog.com/photos/mercedes-benz-sls-edrive/full/#2146530>.

[5] *Autoline Detroit : John's Journal on Autoline Detroit* [online]. August 11th, 2008 [cit. 2010-05-21]. AUTOMOTIVE INSIGHT: GM Should bring back the EV1. Dostupné z WWW: <http://www.autolinedetroit.tv/journal/?p=797>.

[6] *Bezbenzinu.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Baterie. Dostupné z WWW: <http://www.bezbenzinu.cz/?q=baterie>.

[7] BICKERSTAFFE, Simon. Mini E. *Automotive Engineer*. January 2009, Vol. 34, 1, s. 56.

[8] BICKERSTAFFE, Simon. Racing green. *Automotive Engineer*. November 2008, Vol. 33, 10, s. 37.

[9] *BMWCoop* [online]. Dec.21, 2009 [cit. 2010-05-21]. The Technology of BMW ActiveE. Dostupné z WWW: <http://www.bmwcoop.com/2009/12/21/the-technology-of-bmw-activee/>.

[10] *Car Body Design : automotive design & engineering* [online]. c2008 [cit. 2010-05-21]. Chevrolet Volt - Technical Cutaway. Dostupné z WWW: <http://www.carbodydesign.com/gallery/2007/01/10-chevrolet-volt-concept/13/>.

[11] *CarInsurance.com* [online]. Oct-24-2008 [cit. 2010-05-25]. Your Auto's Electrical System Explained. Dostupné z WWW: <http://www.carinsurance.com/Articles/content183.aspx>.

[12] *Cartype : a museum of automobile typography* [online]. c2010 [cit. 2010-05-22]. GM EV1 : 1997. Dostupné z WWW: <http://www.cartype.com/pages/854/gm_ev1__1997>.

[13] *Český rozhlas : Český rozhlas Leonardo* [online]. 22.3.2006 [cit. 2010-05-21]. Elektromobily pohání superkondenzátor. Dostupné z WWW: <http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/_zprava/233372>.

[14] Daimler puts power into electric plans. *Automotive Engineer*. September 2009, Vol. 34, 8, s. 4.

[15] DAVIS, Matt. *Inside Line* [online]. November 10, 2009 [cit. 2010-05-22]. 2010 Ruf eRuf Model A First Drive. Dostupné z WWW: <http://www.insideline.com/ruf/eruf/2010/2010-ruf-eruf-model-a-first-drive.html>.

[16] *EnviWeb* [online]. 27.11.2008 [cit. 2010-05-22]. Znojemský elektrobus. Dostupné z WWW: <http://www.enviweb.cz/clanek/obecne/73386/znojemsky-elektrobus>.

[17] *EV World* [online]. 2008 [cit. 2010-05-21]. Video: Driving the Mini-E. Dostupné z WWW: <http://evworld.com/evworld_tv.cfm?storyid=1740>.

[18] *EVC Group* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Osobní EVC R7. Dostupné z WWW: <http://www.evcgroup.cz/cz/automobily/evc-r7/>.

[19] General Motors EV1. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 23 July 2004, last modified on 19 May 2010 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1>.

[20] GRIFFITHS, James. Transatlantic alliance produces 'first performance electric' car. *Automotive Engineer*. September 2006, Vol. 31, 8, s. 8.

[21] *HealIsrael Blog* [online]. c2006 [cit. 2010-05-21]. Henney Kilowatt. Dostupné z WWW: <http://blog.healisrael.com/cgi-bin/weblog.pl?reply=37>.

[22] HONEYWILL, Tristan. Green dream. *Automotive Engineer*. September 2009, Vol. 34, 8, s. 31.

[23] *Hybrid.cz : Magazín o budoucnosti dopravy* [online]. 2006 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <http://www.hybrid.cz/>. ISSN 1802-5323.

[24] History of the electric vehicle. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2 September 2004, last modified on 19 May 2010 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle>.

[25] *Chevrolet.com : Electric car* [online]. c2010 [cit. 2010-05-22]. 2011Volt. Dostupné z WWW: <http://www.chevrolet.com/pages/open/default/future/volt.do>.

[26] *Mapy Google* [online]. 2. XI. 2007. [cit. 2010-05-22]. Dobíjení pro elektromobil. Dostupné z WWW: <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&om=1&oe=UTF8&msa=0&msid=103520311686628033712.00043df21388580885a31>.

[27] *Megawatt Motorworks* [online]. 8/24/2005 [cit. 2010-05-21]. Mitsubishi Motors to enter Lancer Evolution MIEV in Shikoku EV Rally. Dostupné z WWW: <http://www.megawattmotorworks.com/display.asp?dismode=article&artid=172>.

[28] Nissan unveils electric Leaf with 160km range. *Automotive Engineer*. September 2009, Vol. 34, 8, s. 5.

[29] *PriusChat* [online]. 04-24-2009 [cit. 2010-05-22]. Chevy Volt Deathwatch - DOE puts funds on hold. Dostupné z WWW: <http://priuschat.com/forums/prius-hybrid-news/60477-chevy-volt-deathwatch-doe-puts-funds-hold-8.html>.

[30] *Renault.com* [online]. c2010 [cit. 2010-05-22]. THE LITHIUM-ION BATTERY. Dostupné z WWW: <http://www.renault.com/en/innovation/vehicule-electrique/pages/electro-techno.aspx>.

[31] SCOLTOCK, James. Refuelling the debate. *Automotive Engineer*. September 2009, Vol. 34, 8, s. 35.

[32] *SINAUTEC, Automobile Technology, LLC* [online]. c2008 [cit. 2010-05-21]. Products. Dostupné z WWW: <http://www.sinautecus.com/products.html#bus>.

[33] *Tesla Motors Club* [online]. 06-19-2007 [cit. 2010-05-21]. Radical tire & wheel technology. Dostupné z WWW: <http://www.teslamotorsclub.com/showthread.php?t=338>.

[34] *TopFoto.co.uk* [online]. c2005 [cit. 2010-05-21]. All Pictures_. Dostupné z WWW: <http://www.topfoto.co.uk/fotoweb/Grid.fwx?SF_GROUP1_BOOLEAN=and&SF_FIELD1_MATCHTYPE=all&SF_FIELD1=rikev>.

[35] VEGR, Jaromír. Elektromobily - historie a současnost. *PRO-ENERGY magazín*. 2008, 3/2008, s. 44-50. Dostupný také z WWW: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/3.pdf>.

[36] *Wikimedia Commons* [online]. 2010 [cit. 2010-05-21]. File:Jedlik's electric-car.PNG. Dostupné z WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jedlik's_electric-car.PNG>.

10 Seznam použitých obrázků

Obr.1.1 Model prvního elektrického vozidla od Ányose Jedlika z r.1828
Obr.1.2 Riker Tricycle
Obr.1.3 Henney Kilowatt, první elektromobil založ. na tranzistorové technologii
Obr.1.4 GM EV1
Obr.1.5 Tesla Roadster
Obr.3.1 Mini E s elektromotorem vpředu
Obr.3.2 BMW ActiveE s motorem vzadu
Obr.3.3 Systém MiEV po jednotlivých částech
Obr.3.4 Celkový pohled na systém MiEV v náboji Lanceru
Obr.4.1 Uložení NiMH baterií ve voze GM EV1
Obr.4.2 Sinautec Ultracap Bus
Obr.4.3 Solární automobil Bethany vytvořený týmem CUER
Obr.4.4 Chevrolet Volt vybavený spalovacím generátorem elektrické energie
Obr.5.1 Napájení pomocí nabíječky
Obr.5.2 Dobíjecí stanice využívající solární energii
Obr.5.3 Bezdrátové dobíjení navržené automobilkou Nissan
Obr.5.4 Schéma možných cest k plně nabité baterii podle automobilky Renault
Obr.6.1 Dodge Circuit EV – pohled zepředu
Obr.6.2 Dodge Circuit EV – pohled zezadu
Obr.6.3 eRUF Model A – na první pohled klasická 911 řady 997
Obr.6.4 GM Impact
Obr.6.5 Vpředu uložený motor modelu GM EV1
Obr.6.6 II.generace modelu GM EV1
Obr.6.7 Smutný konec vozů GM EV1
Obr.6.8 Chevrolet Volt (pro rok 2011)
Obr.6.9 Ligtning GT s typickými proporcemi britského sportovního vozu
Obr.6.10 MB SLS se 6,3l motorem AMG
Obr.6.11 MB SLS e-Drive
Obr.6.12 Mini E
Obr.6.13 Nissan Leaf má karoserii jako běžný hatchback
Obr.6.14 Elektromotor uložený uprostřed
Obr.6.15 Tesla Roadster
Obr.6.16 Elegantní tvary vozu Tesla Model S
Obr.6.17 Tesla Model S nabízí prostorný interiér
Obr.7.1 Síť dobíjecích míst v ČR
Obr.7.2 EVC R7 – přestavba Škody Roomster
Obr.7.3 Elektrobus vyvinutý společností ČAS Service