



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ELEKTRICKÝ POHON AUTOMOBILU

CARS ELECTRIC DRIVETRAIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radoslav Guráň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Radoslav Guráň
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.
Akademický rok:	2015/16

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:

Elektrický pohon automobilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem práce je studium alternativních pohonů motorových vozidel se zvláštním zaměřením na pohon elektřinou.

Cíle bakalářské práce:


Cílem závěrečné bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled moderního přístupu k elektrickému pohonu osobního automobilu s vlastním hodnocením jednotlivých aspektů.

Seznam literatury:

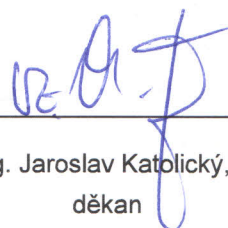
Kámeš J.: Alternativní pohony automobilů, BEN-Technická literatura, 204, 231 s., ISBN 80-7300-127-6

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 1. 12. 2015



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan



ABSTRAKT

Táto bakalárska práca je odbornou rešeršou a pojednáva o elektrických pohonoch osobných automobilov. Práca je rozdelená na sedem základných častí. Prvá časť rozoberá alternatívne pohonné hmoty. Druhá časť rozdeľuje elektrické pohony na jednotlivé odvetvia a zaoberá sa históriou vzniku elektrického vozidla. Tretia časť je zameraná na elektrické vozidlá s batériou a rozoberá používané elektromotory a energetické zásobníky. Obsahom štvrtej a piatej časti sú elektrické vozidlá s palivovými článkami a vozidlá s hybridným pohonom. Šiesta časť je venovaná vývojovým trendom. Posledná časť pojednáva o ekológii vozidiel s elektrickým pohonom.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

Elektrický pohon, elektrická energia, elektromobil, elektromotor, stator, rotor, batéria, akumulátor, rekuperácia, alternatívny pohon

ABSTRACT

This bachelor`s thesis is a specialized research, focused on electric drive units of personal vehicles. The thesis is divided into seven main parts. The first part deals with alternative fuels. The second part divides electric drive units into various sections and describes the history of an electric vehicle. The third section focuses on electric vehicles with a battery and analyzes electric motors and energetic power banks. The fourth and fifth part of the thesis focuses on electric vehicles with fuel cells and vehicles with a hybrid drive. The sixth chapter is devoted to the developing trends. The last section discusses the ecology of vehicles with an electric drive.

KEYWORDS

Electric drive, electric power, electric car, electric motor, stator, rotor, battery, accumulator, recuperation, alternative powertrain



BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

GURÁŇ, R. *Elektrický pohon automobilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 54 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.



ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim vlastným výtvorom, pracoval som na nej samostatne pod vedením doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. s využitím odbornej literatúry, ktorú som uviedol v zozname použitých zdrojov.

V Brne dne 27. mája 2016

.....

Radoslav Guráň



POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Zdeňku Kaplanovi, CSc. za jeho odborné vedenie, ďalej by som rád poďakoval všetkým pedagógom, ktorí ma na VUT v BRNE vyučovali. V neposlednej rade patrí vďaka rodine a priateľom za podporu a poskytnutie tých správnych podmienok pre štúdium.



OBSAH

Úvod	10
1 Alternatívne pohonné hmoty	11
1.1 LPG – Skvapalnený ropný plyn	12
1.2 CNG,LNG – zemný plyn	13
1.3 Bio palivá	14
1.3.1 Bio nafta	14
1.3.2 Bio etanol	14
1.4 Elektrický prúd	15
1.5 Vodík	15
2 Elektrický pohon	16
2.1 História elektrického pohonu	17
3 Elektrické vozidlá s batériou	19
3.1 Elektromotory	19
3.1.1 Asynchrónny motor	20
3.1.2 Synchronný motor	21
3.1.3 Jednosmerný motor s cudzím budením	21
3.1.4 Jednosmerný motor bez komutátoru	22
3.1.5 Paralelný motor	22
3.2 Uloženie elektromotoru vo vozidle	23
3.3 Akumulátorové systémy a energetické zásobníky	25
3.3.1 Olovený akumulátor	26
3.3.2 Nikel-kadmiový akumulátor	27
3.3.3 Nikel-metal-hybridný akumulátor	28
3.3.4 Lítium-iónový akumulátor	29
3.3.5 Lítium-ión-fosfátový akumulátor	30
3.4 Uloženie akumulátorovej batérie v elektromobile	30
3.5 Dobíjanie batérie	31
3.5.1 Externé nabíjanie	32
3.5.2 Interné nabíjanie	33
3.5.3 Koncovky nabíjačiek	33
3.6 Technické parametre vybraných elektrických vozidiel s batériou	35
3.6.1 Tesla model S	35
3.6.2 Volkswagen e-Golf	36
3.6.3 Porovnanie nákladov za pohonné hmoty u elektrických vozidiel s batériou a vozidiel zo spaľovacím motorom	36



4	Elektrické vozidlá s palivovými článkami.....	38
5	Vozidlá s hybridným pohonom	40
5.1	Full hybrid.....	40
5.1.1	Plug-in systém	41
5.2	Mild hybrid	41
5.2.1	Sériový mild hybrid	41
5.2.2	Paralelný mild hybrid	41
5.3	Micro hybrid	41
6	Vývojové trendy	43
6.1	Rekuperácia energie.....	43
6.1.1	Elektromagnetické rekuperačné brzdy	43
6.1.2	Zotrvačnikové rekuperačné brzdy	43
6.1.3	Inteligentné rekuperačné tlmiče.....	44
6.1.4	Elektromechanické rekuperačné tlmiče.....	44
6.2	Lítium-iónový akumulátor s nanotechnológiou.....	45
6.3	Softvér vozidla.....	45
6.3.1	Autonómne riadenie	45
7	Ekológia vozidiel s elektrickým pohonom	46
7.1	Ekológia pohonných systémov	46
7.2	Ekológia získavania pohonných látok	46
	Záver.....	48
	Zoznam použitých skratiek.....	54



ÚVOD

V modernej spoločnosti si dokážeme len ťažko predstaviť život bez možnosti rýchlej a pohodlnej prepravy osôb. Dospeli sme do éry v ktorej je pomaly nemysliteľné, aby niekto nevlastnil automobil. Avšak s pribúdajúcim počtom automobilov rastie aj množstvo vyprodukovaných emisií. Neprehliadnuteľné problémy vznikajú najmä vo veľkomestách, v ktorých je doprava každodenne vysoko frekventovaná a vozidlá stojace v zápchach alebo čakajúce na semaforoch produkujú veľké množstvo škodlivín. Z ekologických dôvodov spoločnosť vyvíja veľký tlak na výrobcov automobilov zavádzaním rôznych noriem, ktoré nútia automobilky vyrábať vozidlá produkujúce čoraz menšie množstvo emisií. Požiadavky kladené zo strany zákazníka sú; obmedzenie produkcie škodlivých emisií počas chodu vozidla pri zachovaní komfortu a jazdných vlastností. Podobným problémom boli v minulosti uzavreté či slabo vetrané priestory (haly, továrne), v ktorých vozidlá produkujúce výfukové plyny vytvárali nedýchatelné prostredie. S týmto problémom sa firmy vysporiadali zavedením vozidiel s elektrickým pohonom, čo zabezpečilo skvalitnenie podmienok v takto uzavretých priestoroch.

K aktuálnemu problému vo veľkomestách sa teda ponúka podobné riešenie. Jednalo by sa o zavedenie vozidiel využívajúcich elektrický pohon buď ako primárny pohon (elektromobily), alebo ako sekundárny pomocný pohon (hybridy). Automobilky sa snažia uspokojiť širokú verejnosť, a preto sa tento pohon pokúšajú čoraz častejšie zakomponovať do svojich vozidiel. Keďže sa človek už v súčasnosti stretáva s elektrickým pohonom takmer všade navôkol, napríklad v mestskej hromadnej doprave (metro, električka, trolejbus), vníma ho ako spoľahlivý a ekologický.

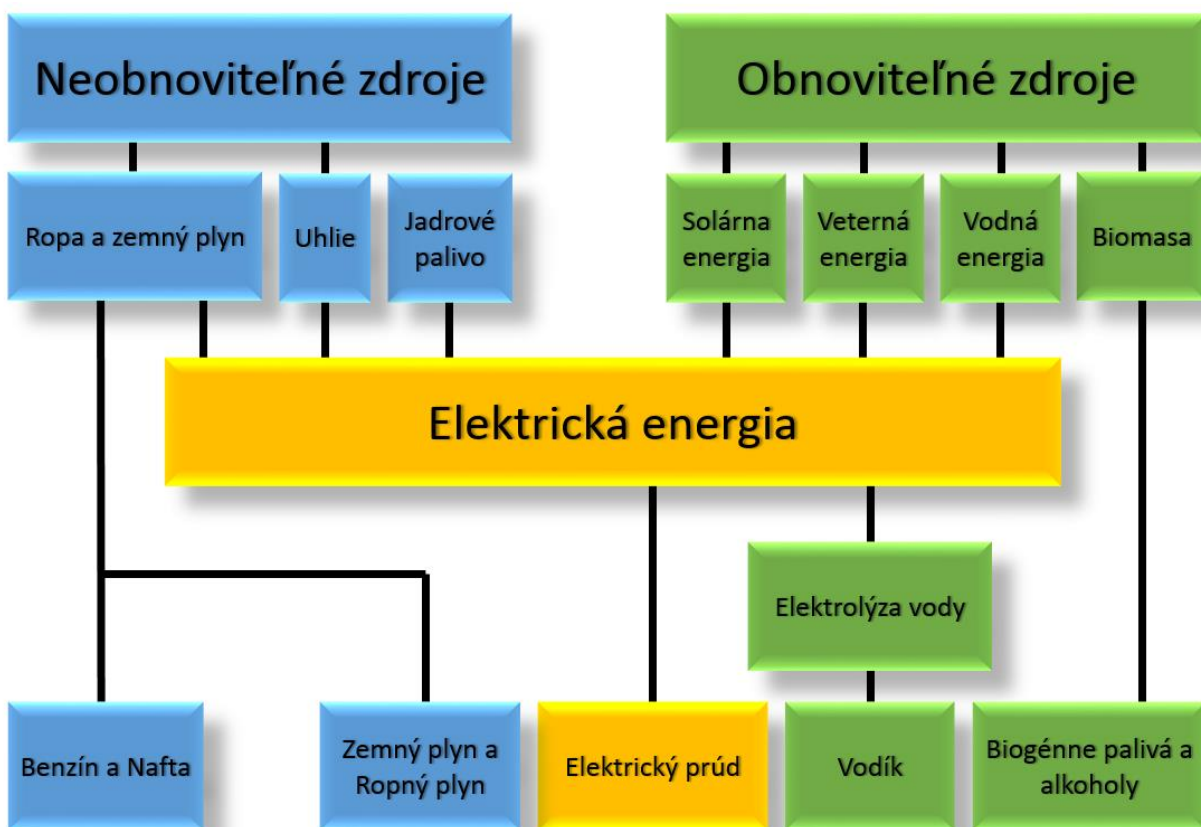
Prihliadajúc na problémy, ktoré boli vyššie spomenuté, ponúkajú vozidlá s elektrickým pohonom vhodnú alternatívu s pozitívnym znížením emisií. Táto bakalárska práca si za cieľ stanovuje objasnenie problematiky elektrického pohonu osobného automobilu a odhad ďalšieho vývoja v tejto oblasti.



1 ALTERNATÍVNE POHONNÉ HMOTY

V dnešnej dobe sú najrozšírenejšími pohonnými hmotami motorových vozidiel, s ktorými sa každodenne stretávate v cestnej premávke, vozidlá využívajúce automobilový benzín s percentuálnym podielom vozidiel 65 % a motorovú naftu s podielom 32 %. V nemalej miere sa vyskytujú taktiež automobily využívajúce LPG s podielom 1,5 % a vozidlá na CNG s približným 1,3 %. Avšak inak alternatívne poháňané vozidlá tvoria iba zostávajúcich 0,2 %. Z toho vyplýva že z približne 1,2 miliardy vozidiel na celom svete, je len 2,4 milióna z nich vybavených iným ako spaľovacím motorom [34].

Alternatíva k týmto dnes hromadne využívaným riešeniam je hľadaná kvôli znižovaniu spotreby surovín potrebných na výrobu klasických uhl'ovodíkových palív a produkcie emisií do ovzdušia. To všetko ale musí spĺňať požiadavky zákazníka, takže sa musí zachovať výkon a točivý moment vozidla v čo najširšom rozsahu otáčok motora [34].



Obr.1.1 Rozdelenie zdrojov pohonných hmôt (vlastný obrázok autora)



1.1 LPG – SKVAPALNENÝ ROPNÝ PLYN

Skvapalnený ropný plyn, ktorý môžete poznať pod skratkou LPG (Liquefied Petroleum Gas), vzniká ako vedľajšia zložka pri ťažbe zemného plynu a v rafinériách pri spracovávaní ropy. Toto palivo je zložené zo zmesi propánu a butánu, pričom pomer týchto dvoch zložiek často kolíše v závislosti na teplote cieľového prostredia, v ktorom sa bude používať. Využíva sa ako palivo pre vykurovanie objektov, ale taktiež našiel využitie v automobilovom priemysle, kde slúži k pohonu motorových vozidiel. Zmes propánu a butánu je bezfarebný plyn bez zápachu, a preto sa do tejto zmesi pridáva extra látka ktorá má špecifickú vôňu, aby bolo možné reagovať v prípade úniku [3].

Plynný pohon využívajúci LPG palivo už nie je problém namontovať do akéhokoľvek automobilu so zážihovým motorom. Taktiež je možná montáž do vozidla so vznietovým motorom, ale tento variant nie je moc populárny z dôvodu dlhej návratnosti potrebnej investície na prestavbu. Tento pohon je podporovaný taktiež výrobcami automobilov a z toho dôvodu je na trhu čo raz väčšia možnosť zakúpenia nového automobilu s už vstavaným LPG pohonom. Taktiež ďalším dôležitým aspektom je cena LPG, ktorá je takmer polovičná oproti benzínu [2].

VÝHODY LPG PALIVA

- Menšie množstvo výfukových emisií
- Užívateľ neplatí spotrebnú daň za palivo
- Má o 5-10 % vyššie oktánové číslo než benzín, vďaka čomu má motor väčšiu účinnosť
- Vysoká výhrevnosť
- Menšia hlučnosť a kludnejší chod motora
- Možnosť použitia takéhoto pohonu zároveň s benzínovým

NEVÝHODY LPG PALIVA

- Môže dôjsť k zníženiu výkonu motora
- Zväčšenie celkovej hmotnosti vozidla a zmenšenie batožinového priestoru umiestnením nádrže na plyn
- Zákaz vjazdu do podzemných garáží a podobných priestorov, z dôvodu že LPG je ťažšie ako vzduch a tak sa usadzuje dolu pri podlahe

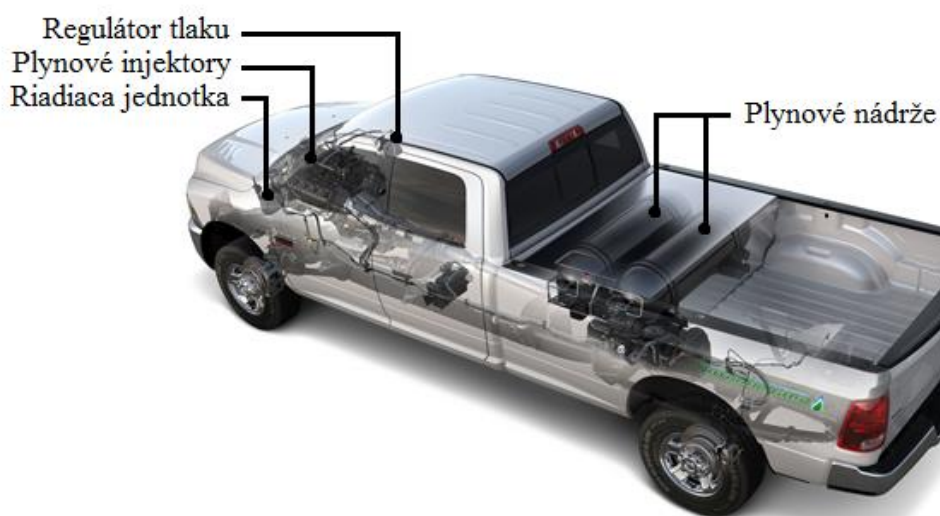


Obr. 1.2 Systém využívajúci LPG palivo vstavaný do benzínového automobilu [35]



1.2 CNG,LNG – ZEMNÝ PLYN

Zemný plyn sa skladá prevažne z 85 % metánu, pričom zvyšných 15 % tvoria vyššie uhľovodíky s malou prímiesou inertných plynov. I skrz fakt, že zemný plyn je taktiež fosílné palivo, tak pri jeho spaľovaní vzniká vďaka veľkému množstvu obsahu metánu, omnoho menej škodlivých látok než pri spaľovaní nafty či benzínu [4]. Sú dve možné varianty použitia zemného plynu ako paliva do automobilov. Líšia sa vo forme skupenstva, v ktorom je tento plyn uskladnený. CNG je skratka pre stlačený zemný plyn (Compressed Natural Gas), uskladnený v nádrži pri tlaku 200 barov. LNG alebo inak (Liquefied Natural Gas), je skvapalnený zemný plyn, ktorý je nutné uskladňovať v nádrži pri teplote $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Schladenie na takúto teplotu síce zmenší objem asi šesťnásobne, avšak nutnosť skladovania nádrže pri tak nízkej teplote je užívateľsky nepraktická, a preto je tento spôsob veľmi málo využívaný [36].



Obr. 1.3 Systém využívajúci CNG palivo vstavaný do automobilu

VÝHODY CNG PALIVA

- Užívateľ neplatí spotrebnú daň za palivo
- Menšie množstvo výfukových emisií
- Má o 5-10 % vyššie oktánové číslo než benzín, vďaka čomu má motor väčšiu účinnosť
- Pri úniku paliva, zemný plyn nekontaminuje pôdu
- Menšia hlučnosť a kludnejší chod motora

NEVÝHODY CNG PALIVA

- Zníženiu výkonu motora
- Zväčšenie celkovej hmotnosti vozidla a zmenšenie batožinového priestoru umiestnením nádrže na plyn



1.3 BIO PALIVÁ

1.3.1 BIO NAFTA

Takúto naftu je možné vyrobiť z rôznych rastlinných olejov, ale najviac využívanými sú repkový, palmový, slnečnicový a sójový olej. Výroba prebieha chemickým procesom nazývaným esterifikácia, pričom sa substitúciou metylalkoholu za glycerín mení olej na metylester oleju, ktorý má podobné vlastnosti ako nafta [2].

Používanie bio nafty však vyžaduje mierne úpravy motoru, pretože takéto palivo poškodzuje všetky gumené súčiastky, ako sú napríklad tesnenia alebo prívody paliva.

VÝHODY BIO NAFTY

- Výborná horľavosť
- Dobré mazacie vlastnosti
- Nižší podiel oxidu uhličitého v spalinách
- Pri úniku paliva nedochádza ku kontaminácii pôdy
- Nižšia cena oproti motorovej nafte

NEVÝHODY BIO NAFTY

- V značnej miere spôsobuje koróziu
- Drahý výrobný proces a krátka doba skladovania
- Upcháva ústrojenstvo

1.3.2 BIO ETANOL

Bio etanol je vyrábaný fermentáciou, čo je alkoholové kvasenie biomasy. K výrobe sa prevažne využívajú rastliny s väčším obsahom škrobu, ako sú napríklad zemiaky, kukurica, obilie, alebo cukrová repa a trstina [2].

Motory využívajúce spaľovanie takéhoto paliva sú samozrejme mierne odlišné od tradičného spaľovacieho motoru. Zmeny sa nachádzajú napríklad v palivovom systéme, kde komponenty ako filtre, čerpadlo alebo samotné trúbky, musia byť vyrobené z materiálu odolnému korózii. Spaľovací priestor motoru má mierne odlišný tvar a iné valce motoru. Takýto systém musí byť vybavený dodatočným predhrievaním a taktiež radiacou jednotkou, ktorá reguluje dobu vstrekovania paliva [2].

VÝHODY BIO ETANOLU

- Vyšší výkon a otáčky motoru
- Nižší podiel oxidu uhličitého v spalinách

NEVÝHODY BIO ETANOLU

- Kvôli nízkej výhrevnosti veľká spotreba paliva
- Nadväzuje na seba vodu, čím podporuje koróziu



1.4 ELEKTRICKÝ PRÚD

Pri výrobe električky sa jedná o premenu iného druhu energie na elektrickú energiu. Energie ktoré sme schopný premieňať rôznymi spôsobmi na elektrickú energiu sú napríklad mechanická energia, chemická energia, slnečná energia. Výroba prebieha z pravidla v elektrárňach, ktoré podľa typu primárneho zdroja vstupnej energie rozlišujeme na niekoľko rôznych druhov. Najčastejšie využívané elektrárne sú vodné, tepelné, jadrové, veterné a iné. Z elektrární je elektrická energia ďalej rozvádzaná a distribuovaná pre verejnosť prostredníctvom elektrických rozvodných sietí [37].

Automobily využívajúce k svojmu pohonu elektrický prúd sú poháňané elektromotorom, ktorý najčastejšie čerpá elektrickú energiu z nabitého akumulátoru. Takéto automobily sa nazývajú Elektromobily. Taktiež poznáme prevedenia vozidiel v ktorých nie je použitý čisto pohon elektrinou, ale využíva sa kombinácia elektrického a iného pohonu. Vozidlá obsahujúce kombináciu dvoch systémov sa nazývajú hybridy [14].

1.5 VODÍK

V prírode sa obvykle vyskytuje naviazaný na iné prvky, takže primárne je nutné ho odseparovať od týchto zlúčenín. Vodík je možné vyrábať mnohými spôsobmi, avšak medzi tie najvyužívanejšie patrí výroba z fosílnych palív parciálnou oxidáciou uhl'ovodíkov, parnou reformáciou zemného plynu, alebo elektrolýzou vody [1].

Pri spaľovaní vodíku v konvenčnom spaľovacom motore je možné dosiahnuť približne polovičného výkonu v porovnaní s procesom spaľovania benzínu. Z toho plynie, že pre dosiahnutie potrebnej dynamiky je nutné použiť spaľovací motor s dostatočne veľkým zdvihovým objemom. Taktiež nemalým problémom z hľadiska skladovania vodíku je jeho malá atómová veľkosť, ktorá spôsobuje neustále unikanie zo skladovacích nádrží [2].

VÝHODY VODÍKU

- Veľká výhrevnosť
- Pri spaľovaní vzniká vodná para

NEVÝHODY VODÍKU

- Vysoké náklady na výrobu
- Silne výbušný v zmesi so vzduchom



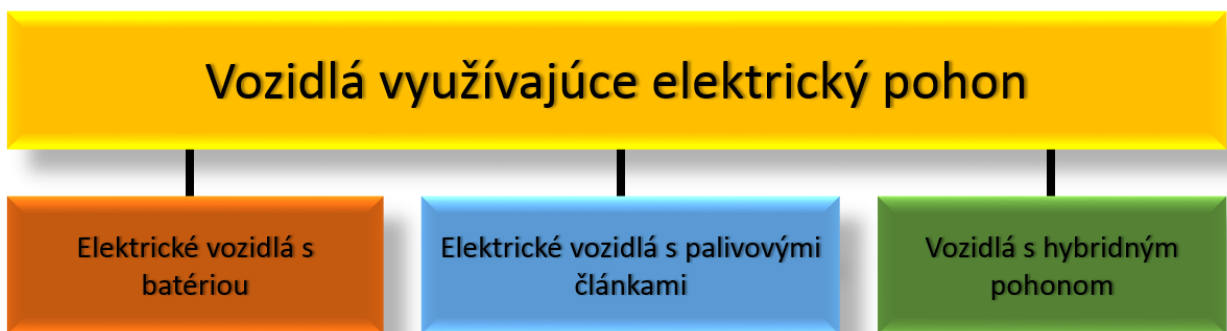
2 ELEKTRICKÝ POHON

Termín elektrický pohon sa definične používa pre technické zariadenia, ktorých pohyb je vykonávaný za pomoci elektrickej energie. Z pravidla pomocou elektromotoru, ktorí v takomto zariadení tvorí základnú časť. Dôležitými prvkami elektrického pohonu sú napríklad zariadenia napájacieho, regulačného, ovládacieho, riadiaceho a signalizačného systému, ktoré prakticky zabezpečujú premenu vstupnej elektrickej energie z vonkajšieho zdroja na mechanickú energiu požadovaných parametrov. Takýmto zdrojom bývajú napríklad napájacie elektro rozvodné siete alebo batérie. Súčasťou pohonu je teda vo výsledku celá rada iných elektrických strojov a prístrojov, ktorými sú napríklad meracie prístroje, usmerňovače elektrického prúdu, signalizátori, ističe alebo ovládací počítač [21].

Technológia elektrického pohonu je do budúcnosti jednou z alternatívnych variant po vyčerpaní ropných zásob. Takmer každý automobilový koncern sa popri výrobe štandardných automobilov poháňaných spaľovacím motorom zaoberá aj vývojom elektrického pohonu a jeho aplikáciou v automobilovom priemysle [1].

Elektrický pohon sa v automobiloch využíva v kombinácii s iným pohonom, alebo taktiež samostatne. Vozidlá s hybridným pohonom disponujú dvomi rôznymi systémami pohonu a to kombináciou spaľovacieho motoru a elektromotoru. Elektrické vozidlá sú zase vozidlá využívajúce k svojmu pohybu čisto elektrický pohon a rozdelíme ich do dvoch kategórií podľa druhu zásobníku, z ktorého automobil čerpá energiu, na vozidlá s batériou a vozidlá s palivovými článkami [1].

S elektrickým pohonom sa ďalej môžeme každodenne stretnúť takmer všade vôkol nás. Využíva sa vo veľkomestách v mestskej hromadnej doprave z dôvodu zníženia emisii napríklad na poháňanie metra, električiek alebo trolejbusov.



Obr. 2.1 Rozdelenie vozidiel využívajúcich elektrický pohon (vlastný obrázok autora)



2.1 HISTÓRIA ELEKTRICKÉHO POHONU

Myšlienka poháňať vozidlo elektrickou energiou je veľmi stará a siaha až na počiatok 18. storočia [16]. Za historicky prvé vozidlo poháňané elektrickou energiou sa považuje vozidlo zostrojené v roku 1835, holandským profesorom Sibrandusom Stratinghemom a jeho asistentom Christopherom Beckerom, čo je približne 50 rokov pred prvým automobilom využívajúcim spaľovací motor vid' obr. 2.2 [14]. Následne v roku 1865 začali zlepšovať technológie batérie Francúz Gaston Plante a jeho krajan a nasledovník Camille Faure. Ich objavy viedli v Európe k veľkému rozvoju elektrických vozidiel a zároveň väčšiemu využívaniu elektrickej energie v doprave [15].



Obr.2.2 Elektrické vozidlo zostrojené profesorom Sibrandusom Stratinghemom a jeho asistentom Christopherom Beckerom v roku 1835 [38]

Na prelome 19. a 20. storočia boli elektromobily rovnocenným súperom vozidiel zo spaľovacím motorom a v roku 1899 Belgičan Camille Jenatton prekonal s elektromobilom La Jamais Contente ako prvý na svete rýchlosť 100 km/h vid' obr. 2.1 [14].



Obr. 2.3 La Jamais Contente [13]



Ich veľká popularita začiatkom 20. storočia bola spôsobená tým, že elektromobily na rozdiel od klasických automobilov poskytovali komfort a jednoduché ovládanie. Klasické automobily sa museli v tej dobe štartovať roztočením kľuky, boli veľmi hlučné a taktiež zložité na údržbu. Avšak všetko sa zmenilo vynálezom elektrického štartéru a následným spustením sériovej výroby modelu T od Henryho Forda, ktorý bol spoľahlivejší, lacnejší a hlavne mal väčší dojazd ako vyrábané elektromobily [14].



Obr. 2.4 Thomas Edison pri aute s elektrickým pohonom v roku 1913 [39]

Roky plynuli a vývoj elektromobilov upadal. Až v roku 1947 sa elektromobilom otvorili nové možnosti objavom bodového tranzistoru. Začali sa viacej používať polovodičové súčiastky a batérie už boli lepšie a kvalitnejšie ako pred rokmi. Avšak cena elektromobilu bola oproti vozidlu so spaľovacím motorom vysoká a preto si ho ľudia nekupovali [15].

Začiatkom 90. rokov 20. storočia sa záujem o elektromobily opäť začal zvyšovať z dôvodu že v americkom štáte Kalifornia bol v roku 1990 vydaný zákon, ktorý prikazoval automobilovým spoločnostiam aby istá časť áut ktoré vyprodujú boli vozidlá s nulovými emisiami. Tento krok dohnal automobilky k tomu, aby sa začali snažiť o vývoj technológií pre elektromobily a ich komponenty. Avšak netrvalo dlho a automobilkám sa takéto nariadenie prestalo páčiť z dôvodu drahého vývoja a vysokých výrobných nákladov elektromobilov. Firmy sa postavili proti tomuto nariadeniu a všetkými silami sa snažili vytvoriť nezáujem zákazníkov o elektromobily. Nakoniec svojim snažením docielili zrušenie tohto zákona a prerušili vývoj a výrobu elektromobilov [15].

Zatiaľ čo sa veľké korporácie zaoberali alternatívnymi pohonmi veľmi zriedka, tak niektoré menšie spoločnosti, ako boli napríklad Tesla Motors, REVE Electric Car Company alebo Miles Electric Vehicles, sa rozhodli vybrať práve týmto smerom a vyrábať elektromobily [14].

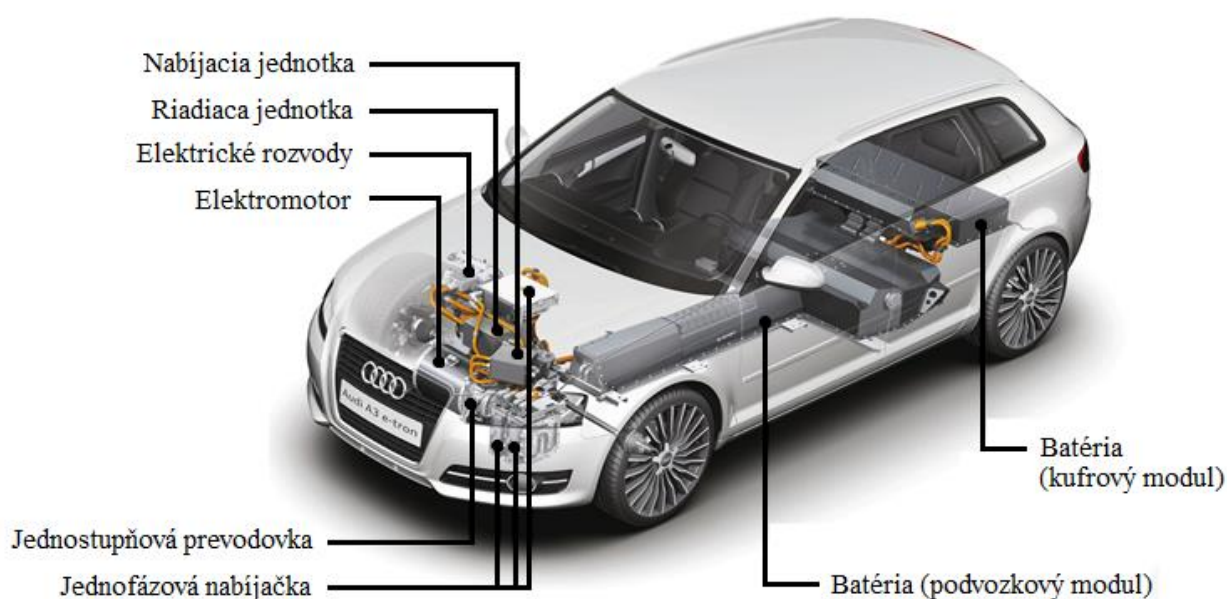
Energetická kríza na začiatku 21. storočia dala svetu jasne najavo že je treba začať vyvíjať nové alternatívne pohony. Automobilky začali vyrábať hybridné vozidlá ktoré kombinujú pohon spaľovacím motorom a elektromotorom. Toto bol významný krok pre budúcnosť elektromobilov, keďže veľké firmy znovu zaviedli výskum a vývoj elektromotorov a batérií. Vďaka tomu sa v roku 2013 dostávajú elektromobily opäť na scénu a ich predaj začína postupne rásť [14].



3 ELEKTRICKÉ VOZIDLÁ S BATÉRIOU

Takéto dopravné prostriedky na rozdiel od štandardných vozidiel, disponujú nie tradičným spaľovacím motorom, ale elektromotorom. Sú teda poháňané čisto elektrickým pohonom a potrebnú elektrickú energiu čerpajú z batérie. Batéria je paralelné, prípadne sériové spojenie akumulátorových alebo galvanických článkov [2].

Elektromobily pri svojom chode nevykazujú priame emisie. Pokiaľ zanedbáme vstupnú investíciu, tak v porovnaní s tradičným spaľovacím motorom je užívanie elektromobilu na 1 km lacnejšie a celkovo menej náročné na údržbu. Elektromotory majú aj pri nízkych otáčkach vysoký krútiaci moment a vo väčšine prípadov nemusí byť použitá prevodovka [1].



Obr. 3.1 Koncept elektrického vozidla s batériou [33]

3.1 ELEKTROMOTORY

Elektromotor je elektrický stroj, ktorý slúži k premene elektrickej energie na mechanickú prácu. Obecne rozdeľujeme elektromotory na komutátorové a bezkomutátorové, pričom k pohonu elektromobilu sa najčastejšie používajú bezkomutátorové motory, pretože na komutátorových motoroch je hlavným problémom a veľkým zdrojom porúch samotný komutátor. Tento prepínač je mechanicky značne namáhaný a zariadenie je nutné pre udržanie funkčnosti pravidelne kontrolovať a prípadne vymeniť niektoré súčiastky [1]. Elektromotory sú výhodné tým, že na rozdiel od spaľovacieho motoru, ktorý dodáva dostatočný krútiaci moment až pri vyšších otáčkach, dokážu naopak takmer od nulových otáčok poskytnúť pomerne vysoký krútiaci moment.

Striedavé motory, sa delia na synchronne a asynchronne podľa toho či sa rotor otáča synchronne alebo asynchronne s krútiacim magnetickým poľom [2]. Tieto dva typy sa odlišujú najmä konštrukciou rotoru a fungujú na princípe krútiaceho magnetického poľa, ktoré vzniká v statore. Ten tvoria vzájomne posunuté cievky (pri trojfázovom motore o 120°). Z toho teda plynie, že aby tento motor fungoval je potrebný striedavý prúd alebo iný spôsob regulácie [1].



3.1.1 ASYNCHRÓNNY MOTOR

Podstatná výhoda trojfázového asynchrónneho motoru je v tom, že nepotrebuje vinutie kotvy, ani kolektor. Navyše obiehajúcemu rotoru väčšinou nemusí byť privedený žiadni prúd, pretože je vytváraný krútiacim magnetickým poľom [2]. Hlavnými výhodami asynchrónneho motoru je jednoduchá konštrukcia, možnosť veľkého preťaženia, minimálna údržba a tým aj vysoká spoľahlivosť [1]. Oproti jednosmernému motoru je asynchrónni motor pri rovnakom výkone podstatne menší a ľahší [2].

Tento motor býva často nazývaný taktiež ako indukčný motor, kvôli tomu že medzi statorom a rotorom prebieha tok energie len za pomoci elektromagnetickej indukcie [1].

PRINCÍP ČINNOSTI ASYNCHRÓNNEHO MOTORU

V statore je vytvorené krútiace magnetické pole pomocou striedavého trojfázového prúdu. Vplyvom tohto poľa, sa v rotore indukuje napätie a vzniknutý prúd vyvoláva magnetický tok. Tento magnetický tok je úzko spriahnutý so statorom, čím vyvoláva silové pôsobenie na rotor a má za následok jeho otáčanie [1].

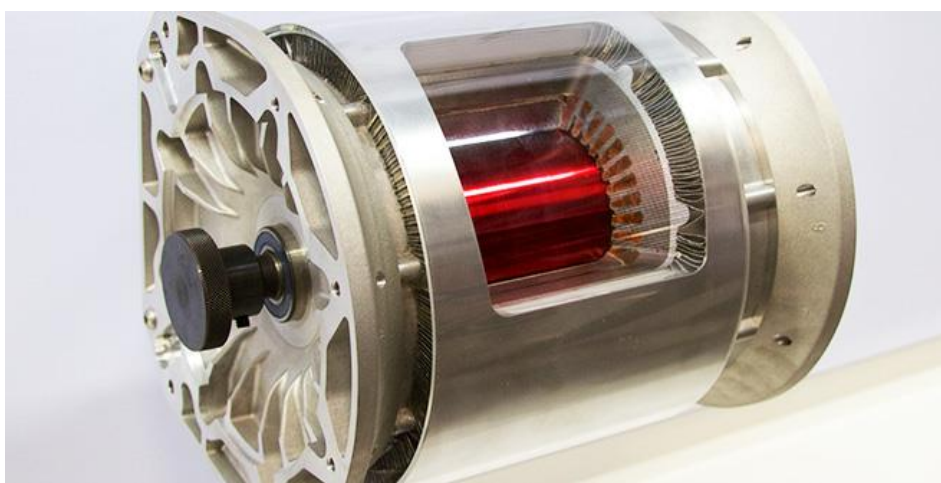
Rotor asynchrónneho motoru je dostupný v dvoch rôznych variantoch a to ako krúžkový rotor, alebo klieťkový rotor. Krúžkový rotor je vybavený vinutím, ktorým preteká prúd privádzaný z vonku krúžkami a uhlíkmi. Pri tejto variante ležia odpory za vinutím rotoru, a tak je možné meniť pracovné podmienky. Klieťkový rotor sa skladá z hrubých spolu pospájaných hliníkových, medených alebo bronzových tyčí [2].

VÝHODY ASYNCHRÓNNYCH MOTOROV

- Jednoduchá konštrukcia
- Možnosť veľkého preťaženia
- Minimálna údržba
- Vysoká spoľahlivosť

NEVÝHODY ASYNCHRÓNNYCH MOTOROV

- Vysoká cena



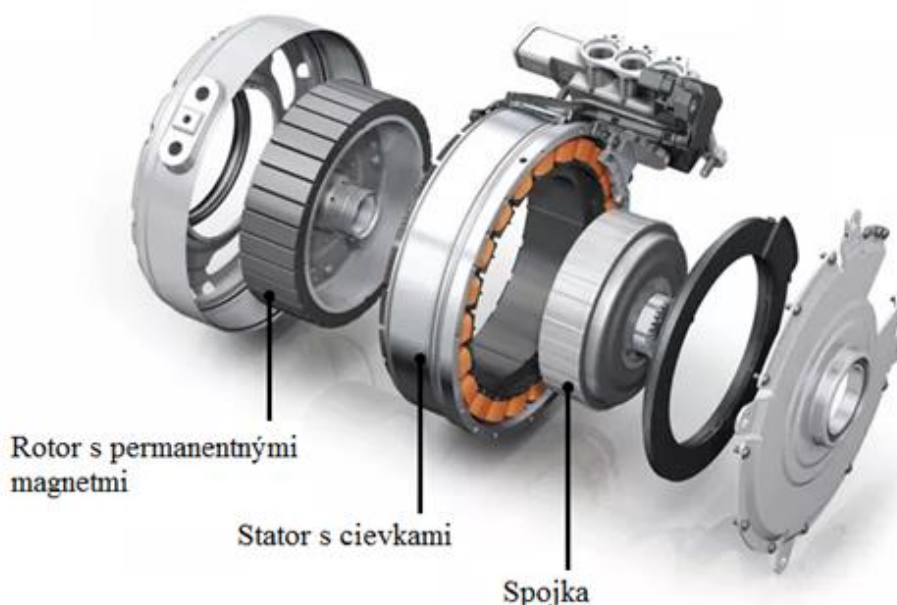
Obr. 3.2 Asynchrónny motor automobilu Tesla model S [11]



3.1.2 SYNCHRÓNNY MOTOR

Najviac využívaný synchronný motor je typ PMSM, ktorý má v rotore aplikované permanentné magnety. Najčastejšia konštrukcia PMSM motoru je trojfázové statorové vinutie v drážkach magnetického obvodu. Rotor s permanentnými magnetmi je uložený vo vnútri. Na zníženie hmotnosti je možné do rotoru vytvoriť dutiny [1].

Materiály z ktorých sa vyrábajú tieto permanentné magnety sú väčšinou zliatiny SmCo (Samarium-Kobaltu) alebo NdFeB (Neodym-Železo-Bóru) ktorých magnetická indukčnosť v porovnaní s bežne používaným Feritom je až trojnásobná. Vďaka tomu že magnetický tok je až trojnásobný, tieto motory nemusia byť veľké. Pracovná teplota magnetov môže dosiahnuť až 200°C, avšak nemali by dlhodobo presahovať hodnotu 80°C pretože to znižuje ich životnosť [1].



Obr. 3.3 Synchronný motor automobilu Audi Q5 hybrid quattro [12]

3.1.3 JEDNOSMERNÝ MOTOR S CUDZÍM BUDENÍM

Jednosmerný motor s cudzím buđením vykazuje zvlášť výhodné ťahové charakteristiky, jednoduchú reguláciu otáčok v širokom rozsahu a je schopný plynulého prechodu z jazdy na brzdenie. Prúd do otáčajúceho sa vinutia rotoru je privedený cez kefky a komutátor, ktorý zaisťuje periodickú zmenu prúdu do cievky kotvy, takže kotva rotuje vo vonkajšom magnetickom poli. Pričom točivý moment pôsobí stále vo smere rotácie [2].

Pre pohon elektrických vozidiel je z týchto motorov najviac využívaný paralelný elektromotor. Je to typ s paralelným zapojením kotvy a budiaceho vinutia. Pri tomto usporiadaní klesá točivý moment pomaly a lineárne s otáčkami [2].



VÝHODY JEDNOSMERNÝCH MOTOROV S CUDZÍM BUDENÍM

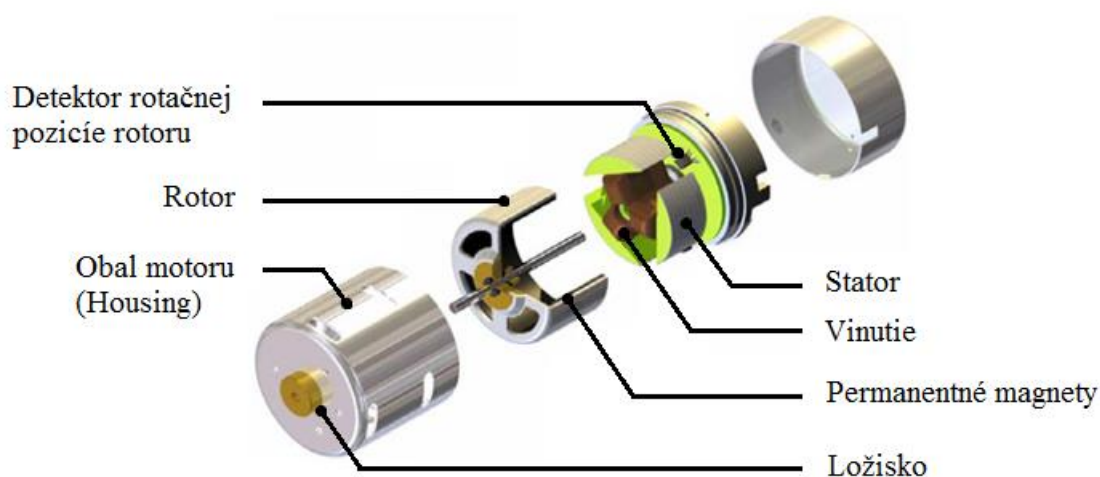
- Jednoducho ovládateľné
- Cenovo výhodné

NEVÝHODY JEDNOSMERNÝCH MOTOROV S CUDZÍM BUDENÍM

- Komutátor a kefky sú náchylné na poruchy
- Maximálna obvodová rýchlosť je obmedzená rotačnou frekvenciou cca na 7000 min^{-1}
- Účinnosť a hustota výkonu je menšia ako u striedavých motorov

3.1.4 JEDNOSMERNÝ MOTOR BEZ KOMUTÁTORU

Jednosmerný motor bez komutátoru má v porovnaní s konvenčným permanentne budeným jednosmerným motorom, vymenené umiestnenie statoru a rotoru. Vo vonkajšom statore kde sú inak uložené permanentné magnety, je umiestnené vinutie a permanentné magnety sa nachádzajú v rotore. Stavba tohto motoru je teda veľmi podobná permanentne budenému synchronnému motoru [2]. Pri tomto motore nepoužívame komutátor, pretože statorom vybudené magnetické pole je riadené elektronicky.



Obr. 3.4 Jednosmerný motor bez komutátoru [22]

3.1.5 PARALELNÝ MOTOR

Pri takomto type motoru je prúd privádzaný do rotoru v obvodovom smere a magnetický tok statoru nie je kolmý, ale paralelný k ose statoru [2]. Tieto motory sú všeobecne známe tým, že ich výroba je veľmi komplikovaná a tým pádom aj príliš nákladná. To je jedným z dôvodov prečo sa tento motor veľmi málo používa. Avšak mnohé univerzity a firmy na svete sa aktívne ďalej zaoberajú skúmaním a zdokonaľovaním motorov s priečnym magnetickým tokom [3].

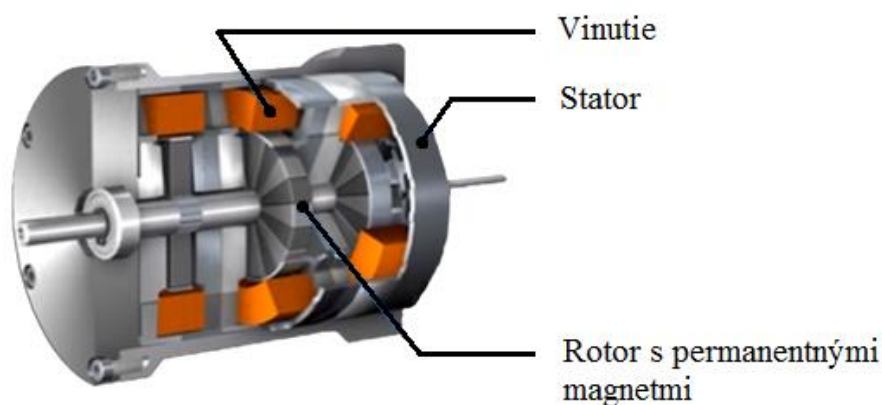


VÝHODY PARALELNÝCH MOTOROV

- Veľmi dobre technicky vyvinuté
- Minimálna údržba a robustná stavba
- Umožňujú otáčky až 15 000 min⁻¹
- Majú účinnosť vysokú tak ako jednosmerné motory

NEVÝHODY PARALELNÝCH MOTOROV

- Cena



Obr. 3.5 Paralelný motor [23]

3.2 ULOŽENIE ELEKTROMOTORU VO VOZIDLE

Teoreticky dokáže elektrický motor poháňať elektromobil tak jednoducho, ako hračkársky vláčik a to bez prevodovky, a zložitých prevodov, ktoré sú za potreby pri vozidlách zo spaľovacím motorom. Avšak kolesá auta sa pri zatáčaní do zákruty pohybujú po rôznych krivkách. To znamená, že kolesá na vonkajšom oblúku sa pohybujú po krivke s väčším rádiusom než kolesá pohybujúce sa po vnútornom oblúku. Toto všetko prebieha v rovnakom čase, čo znamená, že jedny kolesá majú mierne rýchlejšie otáčky ako druhé. Na rozdiel od malých hračiek, kde je tento jav príliš malý a tak ho nestíhame spozorovať, pri skutočných automobiloch musíme používať zložité prevody a diferenciály, ktoré umožnia jednému páru kolies ísť trochu inou rýchlosťou ako druhému. To isté sa deje aj v elektromobile, keď prechádza zákrutou. Takže pri navrhovaní motoru do automobilu musíme vylúčiť jednoduché varianty, ako sú napríklad použitie iba jedného elektromotoru poháňajúceho obidve kolesá na jednej ose [2], [1].

Jedným z možných riešení je umiestnenie elektromotoru do prednej časti automobilu na pozíciu tradičného spaľovacieho motoru, odkiaľ pomocou hnacieho hriadeľa a diferenciálu bude prenášať krútiaci moment na kolesá. Druhým možným riešením je umiestniť elektromotor do prednej, alebo zadnej časti vozidla a zabezpečiť pohon danej nápravy za použitia prevodovky spolu s diferenciálom [2], [1].



Tretím riešením je použitie dvoch elektromotorov (s už nie nutným použitím prevodovky) na prednej alebo zadnej náprave automobilu, kde každý z motorov nezávisle na druhom poháňa iba jedno koleso. Posledným v poradí štvrtým možným riešením je mať dva alebo štyri nábojové elektromotory, čo sú motory zabudované do samotných kolies. Tieto elektromotory taktiež nezávisle na sebe poháňajú každý iba jedno koleso z jeho náboja, bez použitia prevodovky alebo diferenciálu [2], [1].

Množstvo variant uloženia a počtov motorov, vyvolávajú otázku, ktorá z nich je ideálnym riešením. Napríklad pri zakomponovaní až štyroch motorov bude mať auto väčšiu hmotnosť, ale každý z nich bude musieť generovať iba štvrtinu celkového výkonu vozidla.



Obr. 3.6 Ukážka spôsobov uloženia elektromotoru vo vozidle. Na obrázku môžete vidieť a) uloženie vpredu, b) uloženie vzadu, c) uloženie v nábojoch kolies [24], [25], [26]



3.3 AKUMULÁTOROVÉ SYSTÉMY A ENERGETICKÉ ZÁSOBNÍKY

Akumulátor je technické zariadenie, ktoré slúži k opakovanému ukladaniu energie a v paralelnom alebo sériovom spojení s ďalšími akumulátormi tvorí celok nazývaný batéria. Takéto batérie naplnené elektrickou energiou môžu pracovať ako zásobníky energie na rôznych princípoch. Najčastejšie používané akumulátory v automobilovom priemysle sú elektrochemické akumulátory, ale firmy sa snažia testovať a vyvíjať aj mechanické akumulátory [1].

Elektrochemické akumulátory fungujú na princípe využívania premeny elektrickej energie na chemickú energiu a naopak. Princíp fungovania takejto premeny spočíva v tom že prúd prechádzajúci elektrochemickým akumulátorom vyvoláva vratné chemické zmeny, ktoré sa ďalej prejavujú rozdielnym elektrochemickým potenciálom na elektródach. Takéto články sú združované do akumulátorových batérií [1].

V elektromobile sú zakomponované dva druhy batérií, štartovacia a trakčná. Trakčná batéria je jednou z najviac vyvíjaných a najdôležitejších častí elektromobilu. Veľmi dôležitá je cena akumulátoru pri požiadavkách na jeho parametre. Parametre ktoré sa najčastejšie regulujú pri takýchto akumulátoroch sú napríklad kapacita, rýchlosť nabíjania, počet cyklov pri úplnom nabití, rozmery, alebo hmotnosť. V dnešnej dobe sú požiadavky na životnosť batérie cca. 10 rokov alebo najazdenie až 150 000 km a taktiež energetická hustota akumulátoru by mala dosahovať približne 200 Wh/kg [2].

Tab. 3.1 Prehľad parametrov jednotlivých typov akumulátorov [2]

Typ batérie	Hustota energie		Výkonová hustota		Životnosť		cena Euro, kW ⁻¹
	Wh . kg ⁻¹	Wh . l ⁻¹	W. kg ⁻¹	W. l ⁻¹	Cyklů	Let	
Olovo	30-50	70-120	150-400	350-1000	50-1000	3-5	100-150
Nikl-kadmium	40-60	80-130	80-175	180-350	>2000	3-10	225-350
Nikl-metalhydrid	60-80	150-200	200-300	400-500	500-1000	5-10	225-300
Sodík-niklchlorid	85-100	150-175	155	255	800-1000	5-10	225-300
Lithium-iontová	90-120	160-200	300	300	1000	5-10	275
Lithium-polymer	150	220	300	450	>1000	-	<225
Zinek-vzduch	110-220	120-150	100	120	-	-	60
Cílové hodnoty	80-200	135-300	75-200	250-600	600-1000	5-10	90-135

Väčšina veľkých koncernov sa intenzívne venuje vývoju nových technológií pre svoje elektromobily. To má za následok, že každá značka využíva inú technológiu, iné materiály a kladie dôraz na rozdielne parametre vozidla. Preto sa nedá s istotou povedať, ktorá z tohto množstva variant akumulátorov v budúcnosti na trhu prevládne [1].



3.3.1 OLOVENÝ AKUMULÁTOR

Tieto akumulátory majú zápornú elektródu z olova a kladnú elektródu z oxidu olovičitého. Olovené akumulátory sú naplnené elektrolytom, čo je vodou zriedená kyselina sírová, a jej koncentrácia je pri plne nabitom akumulátore zhruba 35% celkového objemu. Elektrolyt býva väčšinou nasiaknutý do sklenej vaty, alebo z technických dôvodov zahustený do formy gélu. Vybíjaním akumulátoru sa aktívna hmota na obidvoch elektródach premieňa na síran olovnatý čím obohacuje elektrolyt o vodu a zároveň ho oberá o kyselinu sírovú [1]. Pri nabíjaní akumulátoru vzrastá koncentrácia elektrolytu, a naopak pri jeho vybíjaní koncentrácia elektrolytu klesá.

Akumulátory je nutné stále udržiavať v nabitom stave. Pokiaľ olovený akumulátor zotrúva dlhšiu dobu v čiastočne alebo úplne vybitom stave, tak na jeho elektródach dochádza k sulfatácii. Sú to prevažne nevratné zmeny ktoré výrazne znižujú kapacitu akumulátoru [1].

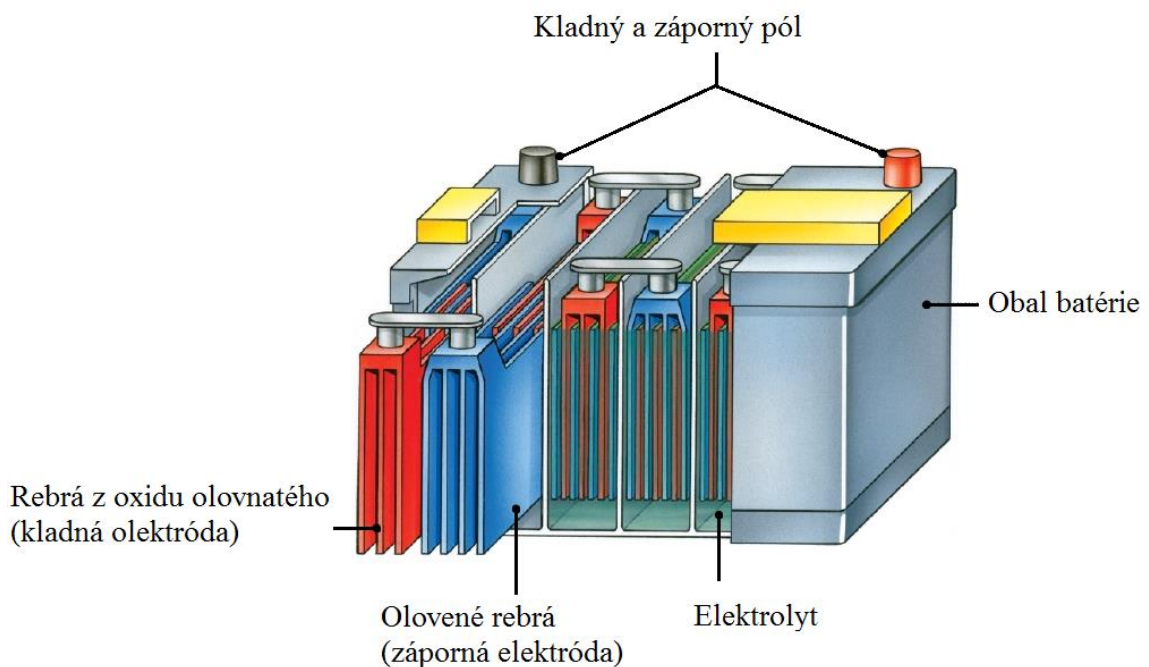
Tieto akumulátory sú ideálnou variantnou pre štandardné automobily, vďaka svojej nízkej cene a zároveň schopnosti odovzdať vysoký prúd. Avšak z ekologického pohľadu sú olovené akumulátory spolu s NiCd akumulátormi tou najhoršou variantou, pretože sú veľmi toxické [1].

VÝHODY OLOVENÝCH AKUMULÁTOROV

- Veľmi výhodná cena
- Schopnosť odovzdať vysoký prúd

NEVÝHODY OLOVENÝCH AKUMULÁTOROV

- Malá hustota energie
- Nižšia účinnosť dobíjania (70-92 %)
- Menší počet dobíjacích cyklov (500-1000)
- Potrebná ekologické zlikvidovanie



Obr. 3.7 Olovený akumulátor [7]



3.3.2 NIKEL-KADMIOVÝ AKUMULÁTOR

NiCd akumulátor [jedná sa o skratku, ktorá je registrovaná ako ochranná známka spoločnosti SAFT Corporation], je druh galvanického článku. S pomerne nízkym vnútorným odporom môže nikel-kadmiová batéria dodávať vysoké prúdy. Svojimi vlastnosťami sa veľmi podobá na nikel-metal-hybridný akumulátor [1].

Takémuto akumulátoru nevádi skladovanie vo vybitom stave, no v porovnaní s NiMH a Li-ion akumulátormi, majú nikel-kadmiové akumulátory relatívne nižšiu mernú kapacitu, čo je nevýhodné. Medzi nevýhody patrí taktiež jedovaté kadmium, z ktorého je vytvorená jedna z elektród a pamäťový efekt, čo je stav pri ktorom batéria postupne stráca svoju maximálnu kapacitu počas opakovaného dobíjania pri čiastočnom vybití [1].

VÝHODY NIKEL-KADMIOVÝCH AKUMULÁTOROV

- Nevadí im dlhodobé úplné vybitie
- Dostačujúci počet dobíjacích cyklov (cez 2000)
- Možnosť nabíjania vyšším prúdom

NEVÝHODY NIKEL-KADMIOVÝCH AKUMULÁTOROV

- Menšia hustota energie na kilogram (40-60 Wh/kg)
- Nižšia účinnosť dobíjania (66-90%)
- Nákladná výroba a teda aj vyššia cena
- Pamäťový efekt
- Rýchle samo vybíjanie (až 20 % za mesiac)
- Toxické komponenty, nutná ekologická likvidácia



Obr. 3.8 Nikel-kadmiový akumulátor spoločnosti SAFT [8]



3.3.3 NIKEL-METAL-HYBRIDNÝ AKUMULÁTOR

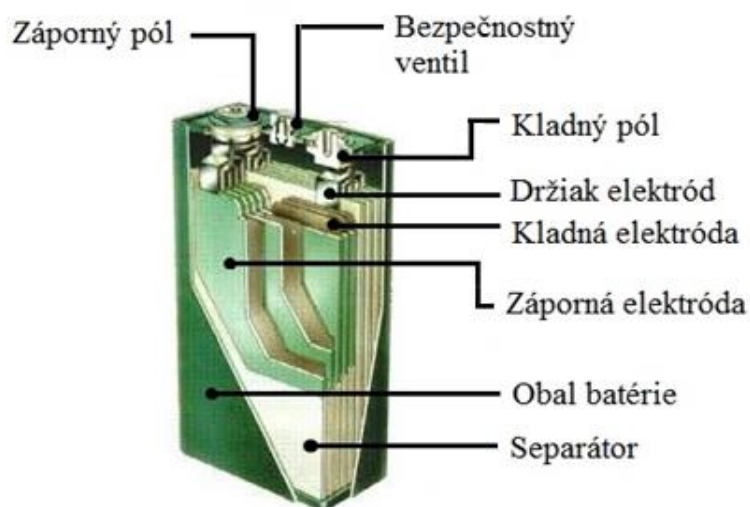
NiMH akumulátor je druh galvanického článku ktorý je v dnešnej dobe jedným z najčastejšie používaných akumulátorov. Medzi hlavné dôvody jeho veľkého rozšírenia patrí značne veľká kapacita a schopnosť dodávať pomerne veľký prúd. V porovnaní s NiCd akumulátorom má približne dvojnásobnú až trojnásobnú kapacitu. Akumulátor si taktiež udržuje garantované napätie takmer až do úplného vybitia batérie [1].

VÝHODY NIKEL-METAL-HYBRIDNÝ AKUMULÁTOROV

- Nízka cena
- Rozumne ekologické
- Udržanie garantovaného napätia takmer až do úplného vybitia
- Veľká kapacita

NEVÝHODY NIKEL-METAL-HYBRIDNÝ AKUMULÁTOROV

- Menšia hustota energie na kilogram (60-80 Wh/kg)
- Nižšia účinnosť dobíjania (66 %)
- U niektorých typov rýchle samo vybíjanie (až 20 % za mesiac)
- Menší počet dobíjacích cyklov (500-1000)
- Pamäťový efekt



Obr. 3.9 Nikel-metal-hybridný akumulátor [9]



3.3.4 LÍTIUM-IÓNOVÝ AKUMULÁTOR

Li-Ión akumulátor je typ nabíjacieho akumulátoru, v ktorom sa lítium-ióny pohybujú medzi anódou a katódou. Tieto akumulátory majú na rozdiel od NiCd a NiMH akumulátorov, vyšší vnútorný odpor a preto z nich nie je možné získať tak vysoký prúd [1].

Lítium-iónové batérie sú v dnešnej dobe jedny z najobľúbenejších typov batérií pre prenosné elektrické prístroje a bežne sa používajú napríklad v mobiloch, alebo športovej elektronike. Majú taktiež výborný pomer energia/hmotnosť, žiadny pamäťový efekt a pomalé samo vybíjanie. Avšak nesprávne zaobchádzanie s týmito batériami (prebíjanie, skratovanie) môže spôsobiť ich explóziu [1].

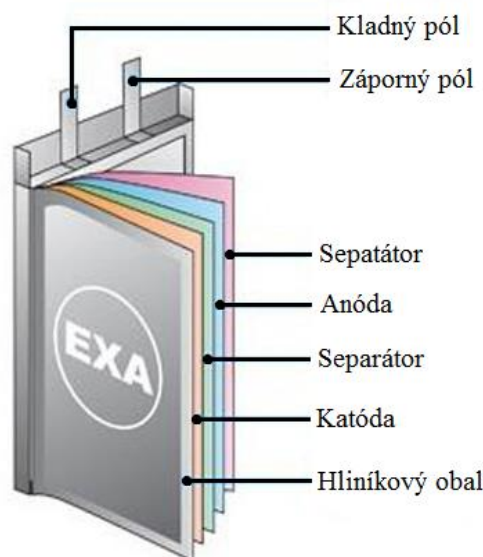
Tieto akumulátory majú mnoho vlastností ktoré obmedzujú ich použitie v elektromobiloch. Veľkou nevýhodou je ich starnutie, teda výrazné znižovanie kapacity nezávisle na používaní. Pri skladovaní batérie pri teplote 20 °C sa bude kapacita tejto batérie znižovať o 20 % za rok, pri teplote 40 °C by bola trvalá ročná strata až 40 %. Naopak pri teplote 4 °C by sa kapacita batérie za jeden rok znížila iba o 4 % [1].

VÝHODY LÍTIUM-IÓNOVÝCH AKUMULÁTOROV

- Veľmi vysoká hustota energie (160 Wh/kg)
- Nemajú pamäťový efekt
- Málo toxické
- Možnosť vytvárať batériu podľa svojich požiadavkou
- Malé samo vybíjanie
- Vysoké nominálne napätie
- Dobrá dobíjacia účinnosť (80-90 %)

NEVÝHODY LÍTIUM-IÓNOVÝCH AKUMULÁTOROV

- Starnutie batérie (životnosť iba 2-3 roky, znižovanie kapacity o 20 % / rok pri 20 °C)
- Pri nesprávnom zaobchádzaní (skratovanie, prebíjanie) je batéria explozívna
- Pri úplnom vybití je veľmi ťažké ju oživiť



Obr. 3.10 Lítium-iónový akumulátor [10]



3.3.5 LÍTIUM-IÓN-FOSFÁTOVÝ AKUMULÁTOR

Medzi ďalšie typy lítium-iónových akumulátorov patria LiFePO_4 akumulátory. Majú katódu vyrobenú z lítium-železo-fosfátu. Anóda je rovnako ako u ostatných li-ión batériách vyrobená z uhlíku. Na rozdiel od klasických li-ión akumulátorov majú schopnosť dodávať vyšší prúd a pri extrémnych podmienkach nemajú tendenciu vybuchnúť. Nevýhodou je však nižšie napätie a taktiež nižšia hustota energie. Pozornosť si tieto akumulátory získali vďaka svojej ekologickosti, dobrej teplotnej stabilite, vysokej kapacite a veľmi dobrému elektrochemickému výkonu [1].

VÝHODY LÍTIUM-IÓN-FOSFÁTOVÝCH AKUMULÁTOROV

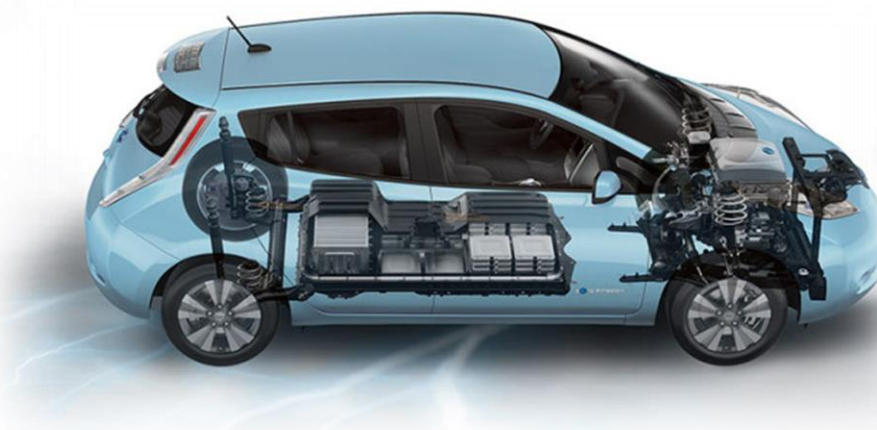
- Vysoký počet dobíjajúcich cyklov (2000-3000)
- Nemajú pamäťový efekt
- Netoxické
- Bezpečné voči výbuchu
- Vysoká životnosť (3-10 rokov)
- Výborná dobíjacia účinnosť (95 %)
- Vyššia hustota energie (80-120 Wh/kg)
- Nízka cena oproti ostatným li-ión batériám

NEVÝHODY LÍTIUM-IÓN-FOSFÁTOVÝCH AKUMULÁTOROV

- Rýchle dobíjanie znižuje životnosť akumulátoru
- Možnosť predčasného zlyhania pri vyššom počte hlbokých cyklov (vybitie pod 33 %)

3.4 ULOŽENIE AKUMULÁTOROVEJ BATÉRIE V ELEKTROMOBILE

Akumulátorové batérie sa ukladajú väčšinou do podvozku vozidla. Je to kvôli tomu, že keď sú takéto ťažké batérie umiestnené čo najnižšie a v ideálnom prípade medzi nápravami, tak má auto zvýšenú stabilitu vďaka dobrej polohe ťažiska vozidla. Takéto uloženie má taktiež výhodu v tom, že je k nej v prípade potrebnej výmeny jednoduchý prístup [2].



Obr. 3.11 Umiestnenie akumulátorovej batérie v elektromobile [6]



V elektromobiloch sú dnes veľmi populárne cylindrické Li-ion akumulátory, ktoré sú veľké približne ako baterka do notebooku. Takéto menšie segmenty sú naskladané vedľa seba v batterypacku (boxe) a pospájané do siete. Box tvorí horná a spodná škrupina. Horná je vytvorená z plastu a z dôvodu elektromagnetickej kompatibility je vybavená hliníkovým poťahom. Spodná škrupina je kovová. Súčasťou spodnej škrupiny sú upevňovacie lišty dvojíc článkov akumulátoru a nárazový priečnik, ktorý chráni batérie v prípade nehody. Horná a spodná škrupina sú navzájom zošraubované a vodotesne zlepené. Vyrovnanie potenciálu skrine voči vozidlu zaisťujú dva kostrové prípoje [1].

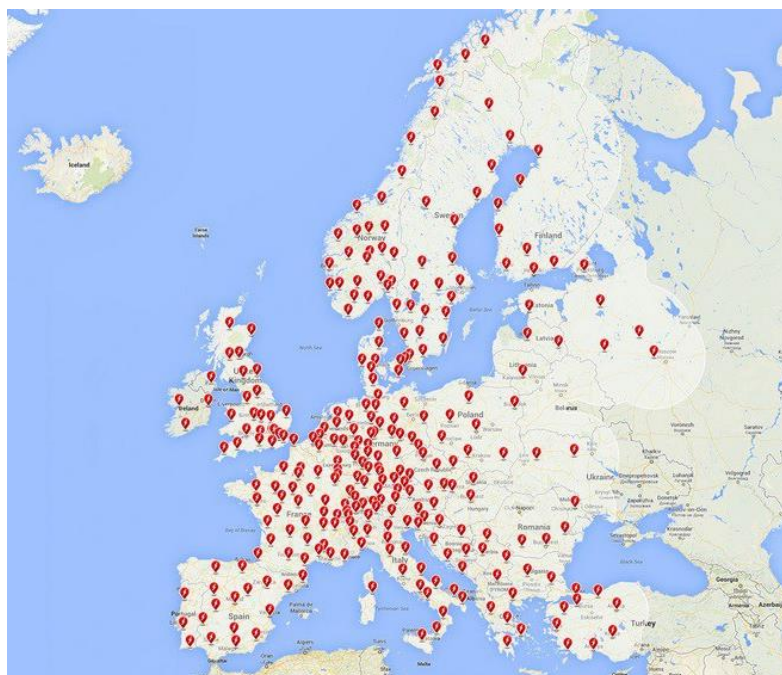


Obr. 3.12 Vysokonapäťový box akumulátoru [5]

Okrem samotných segmentov batérií je v batteryboxe umiestnený ešte takzvaný teplotný a výkonový management. Teplotný management obsahuje napríklad tepelné senzory, ktoré kontrolujú teplotu segmentov. Je to z dôvodu že batérie sa zahrievajú ako pri nabíjaní, vybíjaní, tak aj pri samotnom chode. Pri dosiahnutí vysokej teploty, dochádza k samo-vybíjaniu, starnutiu batérie a v extrémnych prípadoch môže viesť aj k výbuchu samotného akumulátoru. V niektorých oblastiach sveta, kde je priemerná teplota okolia vyššia, sa používajú špeciálne ventilátory zabudované priamo na batériách. Výkonový management kontroluje a zároveň reguluje proces nabíjania a vybíjania batérie. Kontroluje napätie jednotlivých článkov, vyrovnáva ho, a tým zaručuje rovnomerné nabitie akumulátoru. Riadiaca jednotka vozidla následne spracováva údaje ako z teplotného, tak z výkonového managementu, a v prípade vyhodnotenia akejkoľvek poruchy článku je schopná ho okamžite odpojiť [2].

3.5 DOBÍJANIE BATÉRIE

Moderné elektromobily sú vybavené vstavanou navigáciou, ktorá sleduje aktuálnu polohu vozidla a informuje vodiča o rozmiestnení verejných dobíjajúcich staníc v jeho blízkosti. Spolu s informáciami z riadiacej jednotky o aktuálnom stave nabitia batérie a plánovanej trase, vozidlo určí zostávajúci dojazd a pomáha šoférovi plánovať potrebné prestávky slúžiace na dobitie batérie [1]. V niektorých prípadoch sa batérie nedobíjajú, ale vymieňajú kus za kus. Týmto spôsobom sa dá radikálne znížiť doba nabíjania. Tento systém je zaujímavý tým, že majiteľ vozidla si nekupuje novú batériu, ale má predplatenú výmenu batérie za nabitý kus.



Obr. 3.13 Plán výstavby rýchlo-nabíjajúcich staníc spoločnosti Tesla Motors ktoré majú byť spustené do konca roku 2016 [53]

3.5.1 EXTERNÉ NABÍJANIE

Označované často taktiež ako rýchlo-nabíjačka. Takéto zariadenie slúži na priame nabíjanie akumulátoru. Použitie je veľmi jednoduché a podobá sa normálnemu tankovaniu paliva, akurát koncovkou nie je plniaca pištoľ na palivo ale pripájacia koncovka. Vďaka veľkému výstupnému prúdu je možné batérie nabíjať mnohonásobne rýchlejšie než pomocou internej „domácej“ nabíjačky. Toto zariadenie je schopné nabíjať rýchlosťou až (3*126 A) [1].



Obr. 3.14 Ukážka ponuky modelov rýchlo-nabíjajúcich stojanov od firmy ABB [19]



3.5.2 INTERNÉ NABÍJANIE









Interná nabíjačka slúž na nabitie batérie zo sieťového napätia 230 V. Rýchlosť nabíjania je daná maximálnym prúdom okruhu, na ktorý je pripojená, a tak isto výkonom nabíjačky. Pre dosiahnutie maximálneho nabíjacieho prúdu by sa mal používať samostatný istič. Taktiež by sa nemal používať žiadny predlžovací kábel, pretože pokiaľ vodiče nie sú dostatočne dimenzované, tak pri takto veľkých prúdoch a námahe sa môžu príliš zahrievať [1].



Obr. 3.15 Domáca nabíjačka elektromobilu [20]

3.5.3 KONCOVKY NABÍJAČIEK

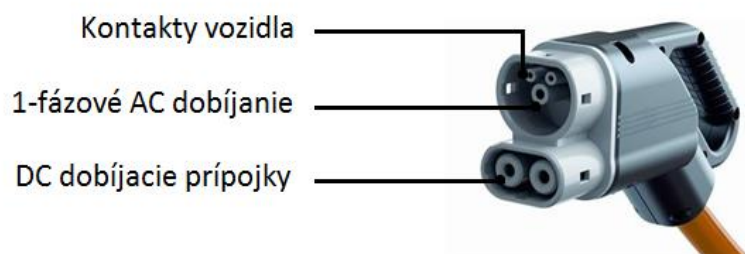
Podľa krajiny a výrobcu sa koncovky slúžiace na dobíjanie elektromobilov podobne ako pri koncovkách elektrických spotrebičov môžu líšiť. Avšak užívatelia elektromobilov majú snahu tieto normy zjednotiť, kvôli univerzálnosti dobíjajúcich staníc čím by sa samozrejme zvýšili aj možnosti majiteľov elektromobilu [1].

	Type 1 / USA	Type 2 / Europe	GB / China
AC	 SAE J1772 / IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB part 2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB part 3 / IEC 62196-3
Combined AC/DC Charging System	 SAE J1772 / IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

Obr. 3.16 Koncovky dobíjajúcich zariadení [40]



Najviac používanou koncovkou nabíjacej stanice v Európskej únii je doposiaľ CCS kombinovaná zástrčka vid' obr. 3.17. Avšak ako je možné vidieť na obrázku 3.13 tak spoločnosť Tesla Motors sa v roku 2016 chystá vybudovať sieť približne 500 rýchlo-nabíjajúcich staníc, ktoré budú vybavené originálnou koncovkou pre automobily Tesla [17], [53].



Obr. 3.17 CCS – kombinovaná zástrčka [17]

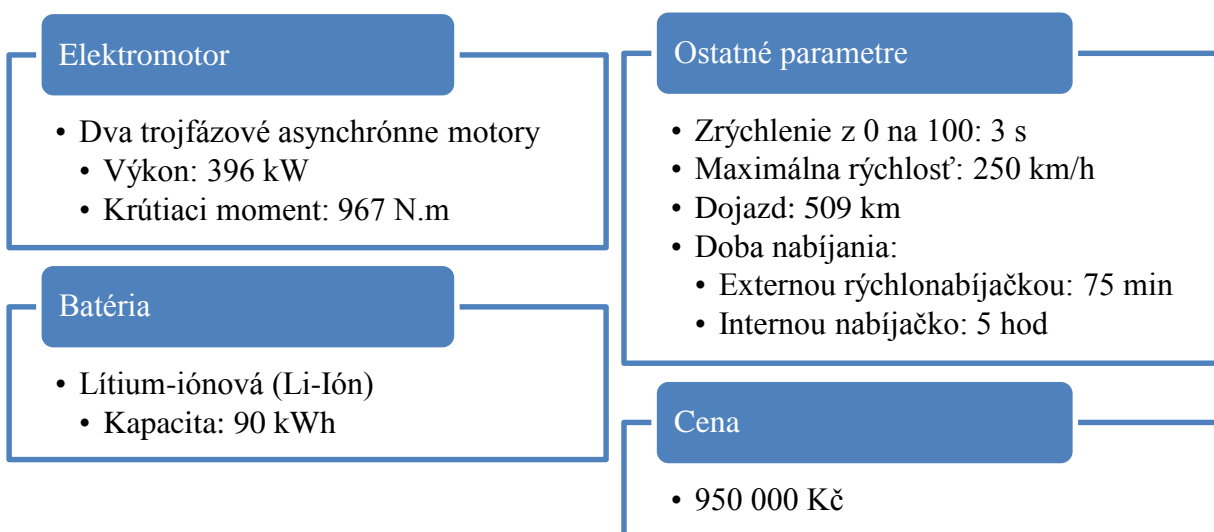


3.6 TECHNICKÉ PARAMETRE VYBRANÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL S BATÉRIOU

3.6.1 TESLA MODEL S

Elektromobil Tesla model S je aktuálnou špičkou vyššej triedy medzi elektrickými vozidlami s batériou. Medzi týmito vozidlami zastáva prvé miesto ako v maximálnej rýchlosti, tak aj v úžasnom dojazde ktorý je v porovnaní s ostatnými elektromobilmi viac než dvojnásobný. Pričom jeho cena nie je radikálne odlišná od ostatných predávaných vozidiel.

Tab. 3.2 Technické parametre automobilu Tesla model S vo výbave P 90 D [48]



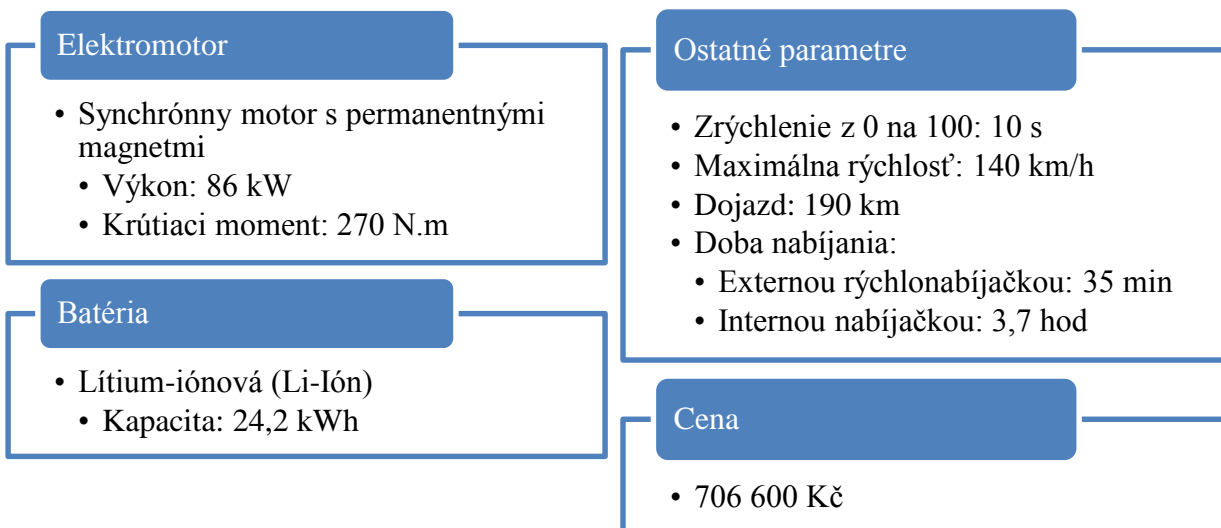
Obr. 3.18 Automobil Tesla model S [48]



3.6.2 VOLKSWAGEN E-GOLF

Tento automobil je z hľadiska parametrov priemerným vozidlom vyššej triedy medzi elektrickými vozidlami s batériou.

Tab. 3.3 Technické parametre automobilu Volkswagen e-Golf [49]



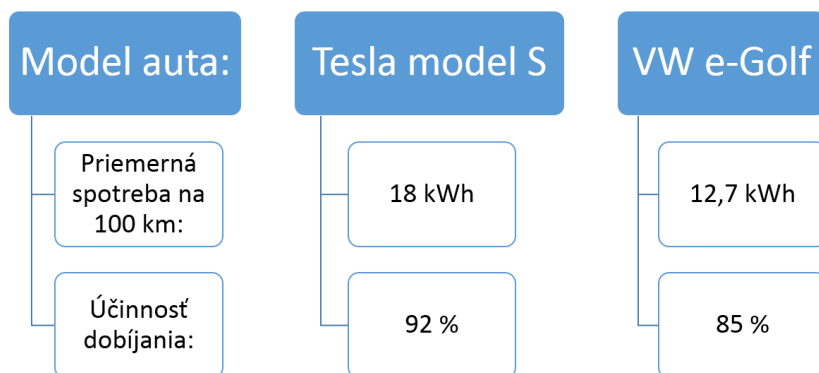
Obr. 3.19 Automobil Volkswagen e-Golf [49]

3.6.3 POROVNANIE NÁKLADOV ZA POHONNÉ HMOTY U ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL S BATÉRIOU A VOZIDIEL ZO SPAĽOVACÍM MOTOROM

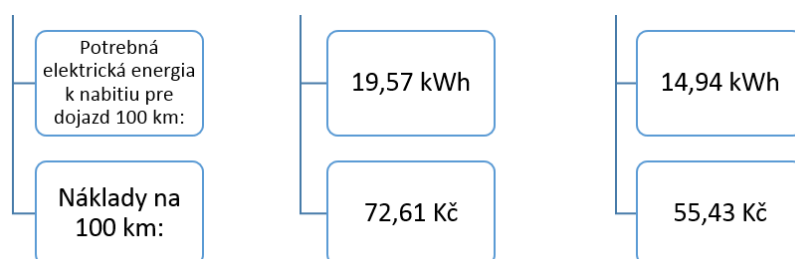
Jedným z najväčších marketingových lákadiel výrobcov vozidiel s elektrickým pohonom sú jednoznačne nízke náklady na prevádzku či údržbu. Preto si uvedieme malý modelový príklad ceny elektrickej energie slúžiacej k pohonu elektrického vozidla s batériou v porovnaní s vozidlami využívajúce spaľovacie motory.



Tab. 3.4 Parametre vybraných vozidiel [48], [49]



Pričom priemerná cena elektrickej energie pre rok 2016 je 3,71 Kč za 1 kWh [50].



K porovnaniu zo spaľovacím motorom, máme na výber z veľmi širokej škály vozidiel a motorov. Preto uvedieme dva modelové typy vozidiel a to:

- Zážihový (benzínový) motor s kombinovanou spotrebou 8 litrov/100 km
- Vznetový (naftový) motor s kombinovanou spotrebou 5 litrov/100 km

Pričom priemerná cena benzínu pre dátum 08.05.2016 je 28,54 Kč a priemerná cena nafty 26,65 Kč. Takže náklady na trasu dlhú 100 km by využívaním modelového vozidla zo zážihovým motorom boli 228,32 Kč a pre modelové vozidlo zo vznetovým motorom 133,25 Kč [51].



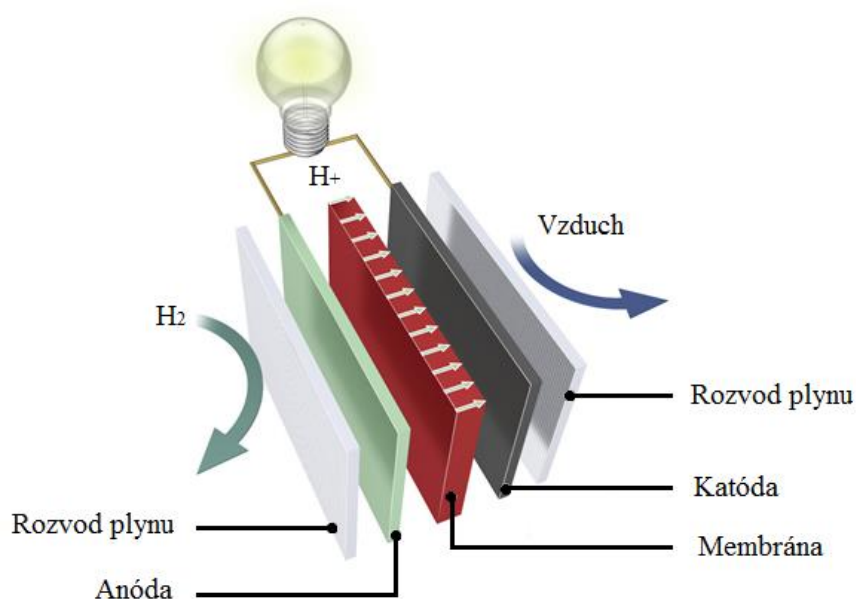
Obr. 3.20 Vyhodnotenie ceny paliva na 100 km pre vybrané modelové vozidla [48], [49], [50]

Porovnaním jednotlivých nákladov sme zistili, že majiteľ volkswagenu e-Golf zaplatí za pohonné hmoty 4 krát menej než majiteľ modelového vozidla zo zážihovým motorom a 2,4 krát menej než majiteľ modelového vozidla zo vznetovým motorom, takže nehľadiac na vstupnú investíciu pri nákupe vozidla tento vodič výrazne šetrí financie na pohonných hmotách.



4 ELEKTRICKÉ VOZIDLÁ S PALIVOVÝMI ČLÁNKAMI

Elektromotor ako hlavný zdroj mechanickej energie vozidla je poháňaný elektrickou energiou zo zásobníku. S prvou možnou variantou takéhoto zásobníku, akumulátorovou batériou, sme sa už oboznámili v predošlej kapitole. Druhou variantou takéhoto zásobníku energie je použitie palivových článkov. Tento spôsob pohonu je veľmi výhodný nielen z dôvodu vysokej účinnosti a výhodnej momentovej charakteristiky elektromotoru, ale taktiež vďaka nulovým emisiám [3].



Obr. 4.1 Schéma palivového článku PEMFC [28]

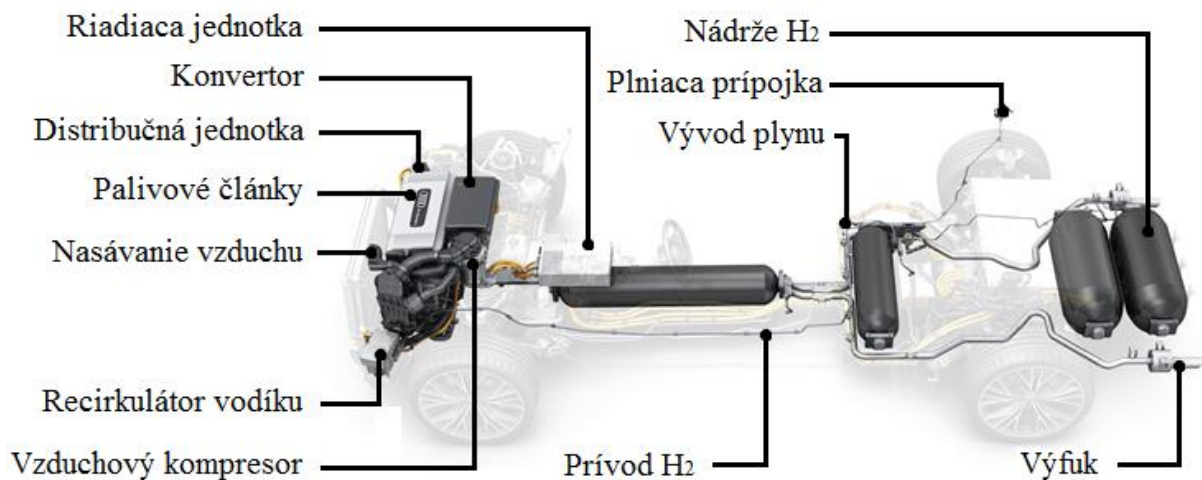
Kľúčovou technológiou vodíkového hospodárstva sú práve palivové články. Sú to zariadenia, ktoré plynule spracovávajú do nich privádzané palivo, a následne chemickými reakciami paliva s kyslíkom z okolia premieňajú jeho chemickú energiu na energiu elektrickú. Poznáme niekoľko typov palivových článkov, ktoré sa líšia napríklad použitým elektrolytom, svojou účinnosťou, alebo inými parametrami [27].

Tab. 4.1 Prehľad typov palivových článkov a ich použitia [27]

	Nosič náboje	Provozní teplota [°C]	Použití
AFC - Alkalický	OH^-	50-200	Vesmírné technológie – Apollo, Shuttle
PEMFC – Polymerní membrána	H^+	30-100	Dopravní prostředky, mobilní aplikace, malé CHP systémy
DMFC - Metanolový	H^+	20-90	Přenosná elektronika
PAFC – Kyselina fosforečná	H^+	220	CHP systémy o výkonu okolo 200kW
MCFC – Tavené uhličitany	CO_3^{2-}	650	Velká CHP zařízení o výkonech nad 1MW
SOFC – Keramické oxidy	O^{2-}	500-1000	Všechny velikosti CHP



K pohonu elektrických automobilov sú najvhodnejšie palivové články s polymérou elektrolytickou membránou, ktoré taktiež poznáme pod skratkou PEMFC. Základom takéhoto palivového článku je polyména membrána vložená medzi kladnú elektródu (katódu) a zápornú elektródu (anódu). Tento celok je vložený medzi rozvážacie dosky obsahujúce miniatúrne kanáliky, ktorými je k elektródam privádzané plynné palivo. Vodík privádzaný na anódu disociuje na kladné ióny (protóny) a elektróny. Vzniknuté protóny prechádzajú skrz membránu, ale elektróny sú nútené prechádzať externým okruhom, vďaka čomu konajú užitočnú prácu. Pomocou prívodu vzduchu na katódu dochádza k zlúčeniu dvoch kladne nabitých vodíkových iónov, dvoch elektrónov a atómu kyslíka, čím vzniká voda ktorá je obvykle z dôvodu vysokej teploty vo forme vodnej pary. Táto vodná para je následne odvádzaná preč cez kanáliky rozvážacej dosky [27].



Obr. 4.2 Koncept zabudovania systému s palivovými článkami do automobilu [29]

VÝHODY VOZIDIEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKAMI

- Tichý chod
- Nulové emisie pri použití vodíku ako paliva (produkurujú len vodnú paru)
- Vysoká účinnosť palivového článku
- Dlhá životnosť

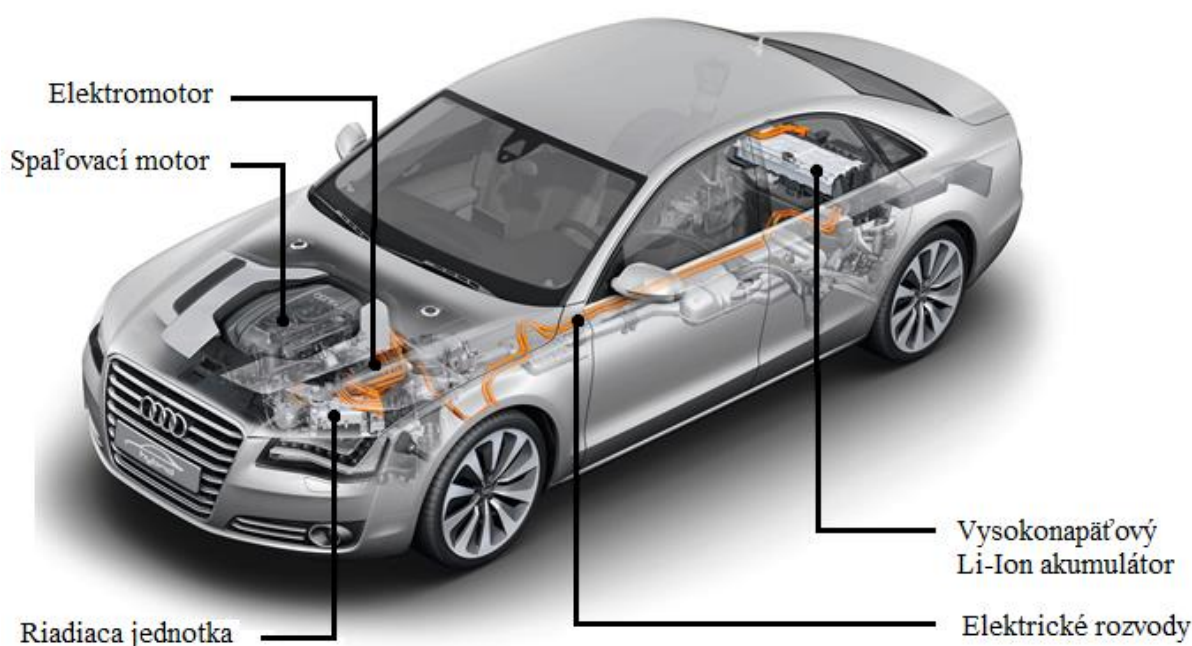
NEVÝHODY VOZIDIEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKAMI

- Náročná a nákladná výroba palivových článkov (drahšie než batérie)
- Zásobníky paliva sú v porovnaní s benzínovými oveľa väčšie a ťažšie
- Uvedenie do chodu môže trvať aj niekoľko minút
- Nutné udržiavanie vhodnej teploty a tlaku



5 VOZIDLÁ S HYBRIDNÝM POHONOM

Hybridný pohon je založený na kombinácii dvoch odlišných pohonných jednotiek. Medzi najčastejšie využívané varianty patrí použitie spaľovacieho motoru v kombinácii s elektromotorom a príslušnými zásobníkmi energie [1]. Spaľovací motor vykazuje najväčší krútiaci moment pri dosiahnutí približne 4000 ot/min. Naopak elektromotor je schopný dosiahnuť maximálny krútiaci moment už od nulových otáčok. Z toho vychádza, že pri využívaní elektromotoru pri nízkych otáčkach a spaľovacieho motoru pri vysokých, sme schopný efektívne využiť vrcholu krútiaceho momentu obidvoch agregátov. Navyše automobil s hybridným pohonom ma kvalitný dojazd, nízku spotrebu vozidla a nezaťažuje prostredie až tak veľkou hladinou hluku a emisii. Hybridný pohon rozdelujeme do troch skupín, a to na full hybrid, mild hybrid a micro hybrid [30].



Obr. 5.1 Koncept vozidla s hybridným pohonom [31]

5.1 FULL HYBRID

V tejto koncepcii je možné využiť najlepších vlastností ako elektromotoru, tak spaľovacieho motoru a vhodne ich kombinovať. Plne hybridná pohonná jednotka obsahuje elektromotor, spaľovací motor, prevodovku, prípadne rozdeľovač výkonu a vysokonapäťové akumulátory. Variant full hybrid dokáže používať k pohonu kolies všetky tri možné kombinácie, a to pohon buď len spaľovacím motorom, len elektromotorom, alebo pohon kombinovaný aj spaľovacím motorom a aj elektromotorom. Do plne hybridných vozidiel sa ako elektrická hnacia jednotka najčastejšie používa synchronný elektromotor vid' obr. 3.3, ktorí taktiež slúži ako generátor energie pre vysokonapäťové akumulátory. Ako zástanca spaľovacej pohonnej jednotky býva z pravidla zážihový alebo vznetrový motor [1].



5.1.1 PLUG-IN SYSTÉM

Tento systém môže byť použitý v technologických variantoch full hybrid alebo mild hybrid. Ak vozidlo obsahuje takýto systém, znamená to, že má možnosť dobíjania akumulátorov zo siete 230 V alebo 380 V. Vďaka tejto vymoženosti je automobil schopný využívať čisto len elektrický režim pohonu, a akumulátory si priebežne dobíjať z verejnej elektrickej siete, rovnako ako plne elektrické automobily. Používaním plug-in systému sa znižuje spotreba paliva a tým aj emisie vyprodukované spaľovaním [1], [2].

5.2 MILD HYBRID

Koncept mild hybrid obsahuje elektromotor, spaľovací motor a vysokonapäťové akumulátory. Niektoré modely majú možnosť byť dobíjané plug-in systémom. Rozdeľujú sa do dvoch skupín a to na sériové a paralelné mild hybridy [1], [2].

5.2.1 SÉRIOVÝ MILD HYBRID

Takýto hybrid je veľmi podobný elektromobilu s batériou, pretože jeho pohon je zabezpečený prostredníctvom elektromotoru ktorý čerpá elektrickú energiu k svojmu chodu z akumulátoru. Avšak rozdiel je v tom, že mild hybridné vozidlo dobíja elektrickú energiu do svojich vysokonapäťových akumulátorov prostredníctvom generátoru a spaľovacieho motora. Pokiaľ riadiaca jednotka zaznamená pokles napätia vo vysokonapäťových akumulátoroch, okamžite spustí spaľovací motor, ktorý začne dobíjať akumulátory, alebo sa začne priamo podieľať na dodávaní energie pre elektromotor. Výhodou je že spaľovací motor môže celú dobu pracovať vo svojich vysokých efektívnych otáčkach, pri ktorých dosahuje dobrú účinnosť, výkon a má pozitívny vplyv na spotrebu a emisie [1].

Elektromotor takéhoto vozidla tvorí s prevodovkou jeden celok odkiaľ poháňa kolesá pomocou diferenciálu a hnacích hriadel'ov s homokinetickými kĺbmi. Prevodovka takejto zostavy býva z pravidla jednostupňová [1].

5.2.2 PARALELNÝ MILD HYBRID

Skladá sa zo spaľovacieho motora, elektromotoru, prevodovky, výkonovej elektroniky a vysokonapäťových akumulátorov. Tento variant hybridného pohonu funguje na opačnom princípe ako sériový mild hybrid. Paralelný mild hybrid dokáže zapojiť elektromotor do prevádzky len súčasne so spaľovacím motorom, čo znamená že nedokáže fungovať čisto len na elektrický pohon. Takže elektromotor má za úlohu iba pomáhať spaľovaciemu motoru napríklad na dosiahnutie lepšieho krútiaceho momentu pri akcelerácii, a naopak na generovanie energie do akumulátoru pri decelerácii. Elektromotor v tomto koncepte taktiež zastáva úlohu štartéru a alternátoru [1].

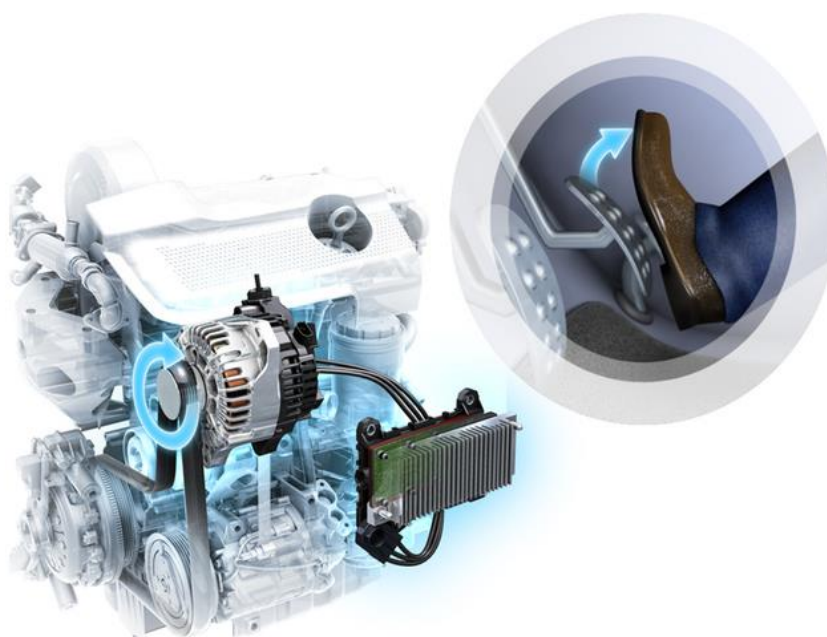
5.3 MICRO HYBRID

Pod pojmom mikro-hybridná technológia sa rozumie technológia využívajúca systém start-stop. Tento systém môže byť jemne odlišný v závislosti od výrobcu automobilu, avšak jednoduchá myšlienka start-stop systému je, že pokiaľ vozidlo v premávke stojí na mieste, tak nemusí byť naštartovaný spaľovací motor, čo má za následok chvíľkovú nulovú produkciu emisí [1]. Samozrejme aj počas zastavenia sú stále využívané rôzne komponenty, ako napríklad



svetlomety, riadiaca jednotka, klimatizácia apod., ktoré potrebujú dodávku elektrickej energie. Na tento účel slúži 12 V akumulátor, ktorý počas vypnutého motoru dodáva elektrickú energiu využívaným funkciám, a taktiež si uchováva rezervu slúžiacu na opätovné naštartovanie vozidla. Pre kompatibilitu so systémom start-stop sa najčastejšie používajú AGM akumulátory, ktoré využívajú 70 % svojej energie ako štandardný akumulátor automobilu, a 30 % svojej energie majú rezervnú len pre podporu systému start-stop. Akumulátor si túto rezervu dopĺňa pri brzdení vozidla [2].

System funguje taktiež pri odomknutí vozidla a následnom štartovaní. V takomto prípade, po zapnutí zapaľovania kontrolky zhasnú a auto je pripravené k chodu, avšak spaľovací motor sa uvedie do prevádzky až po zašliapnutí spojkového pedála. Samozrejme to či je systém start-stop aktívny alebo nie, je vodič informovaný kontrolkou na palubnej doske [1].



Obr. 5.2 Systém start-stop [32]



6 VÝVOJOVÉ TRENDY

V oblasti vozidiel poháňaných elektrickou energiou dochádza tak ako aj v iných odvetviach k stálym inováciám a zlepšeniam. Hlavnými úlohami vývojárov v tejto oblasti sú zvýšenie bezpečnosti na cestách, zníženie hmotnosti jednotlivých komponentov vozidla, zlepšenie ovládateľnosti vozidla, rekuperácia energie, zvýšenie dojazdu vozidla a samozrejme zníženie nákladov na výrobu. Najväčším problémom v riešení takýchto vývojových inovácií je fakt, že jednotlivé požiadavky sú spolu úzko späté. Najzásadnejšou dvojicou požiadaviek ktorá by sa mala spomenúť je určite bezpečnosť a cena, kde sa kompromisy robia najčastejšie.

6.1 REKUPERÁCIA ENERGIE

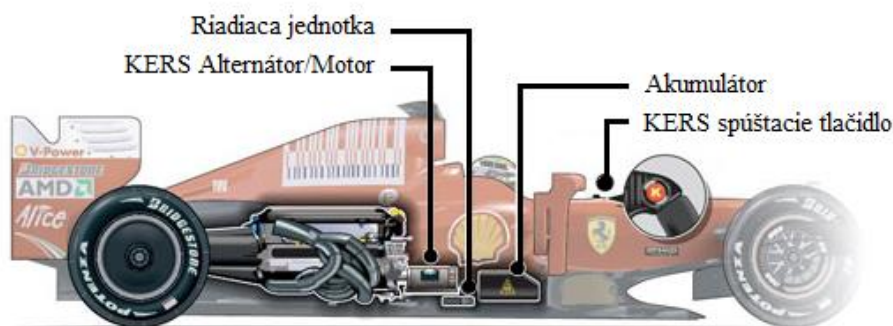
Rekuperácia je spätné získavanie energie vyprodukovanej vozidlom a jej následná premena na elektrickú energiu, ktorú je vozidlo ďalej schopné využiť vo svoj prospech. Výhodou vozidiel ktoré využívajú rekuperáciu, je znižovanie spotreby a zvyšovanie dojazdu. Avšak takéto úpravy zo sebou nesú taktiež nevýhody ktorými sú zvýšenie hmotnosti a pomerne vysoká cena.

6.1.1 ELEKTROMAGNETICKÉ REKUPERAČNÉ BRZDY

Princíp brzdenia klasických automobilov spočíva v plytvaní kinetickou energiou vozidla a premieňaním takto vyprodukovanej energie pomocou trecích brzd na energiu tepelnú. Elektromagnetické rekuperačné brzdy sú najpoužívanejším typom brzd, ktoré sa snažia túto strácanú energiu znova zužitkovať. Takáto brzda má generátor spojený s hnacím hriadeľom vozidla, pričom je magnetickým poľom vytváraný brzdný moment na rotor, a dochádza tak k výrobe elektrickej energie. Získaná elektrická energia sa spätné uchová v akumulátore, z ktorého môže byť neskôr využitá k pohonu vozidla [41].

6.1.2 ZOTRVAČNÍKOVÉ REKUPERAČNÉ BRZDY

KERS (Kinetic Energy Recovery System) je systém rekuperácie kinetickej energie, ktorý sa používa najmä v automobiloch s hybridným pohonom a je využívaný napríklad aj vo Formule 1. Celý systém funguje tak, že pri brzdení vozidla sa všetka užitočná kinetická energia vozidla prevádza na rotačnú kinetickú energiu zotrvačníka a následne pomocou elektrickej energie putuje cez generátor do akumulátora, či kondenzátora. Takto získaná energia sa využíva k zvýšeniu výkonu pri akcelerácii. Tento systém je veľmi populárny, a preto sa ho firmy snažia rozvíjať. Dokonca testujú aplikáciu podobného systému, pri ktorom sa na hriadeľ turbodúchadla umiestni generátor, a využívajú tak jeho prebytočné otáčky [1].



Obr. 6.1 Ukážka aplikovaného systému KERS vo Formule 1 [33]



6.1.3 INTELIGENTNÉ REKUPERAČNÉ TLMIČE

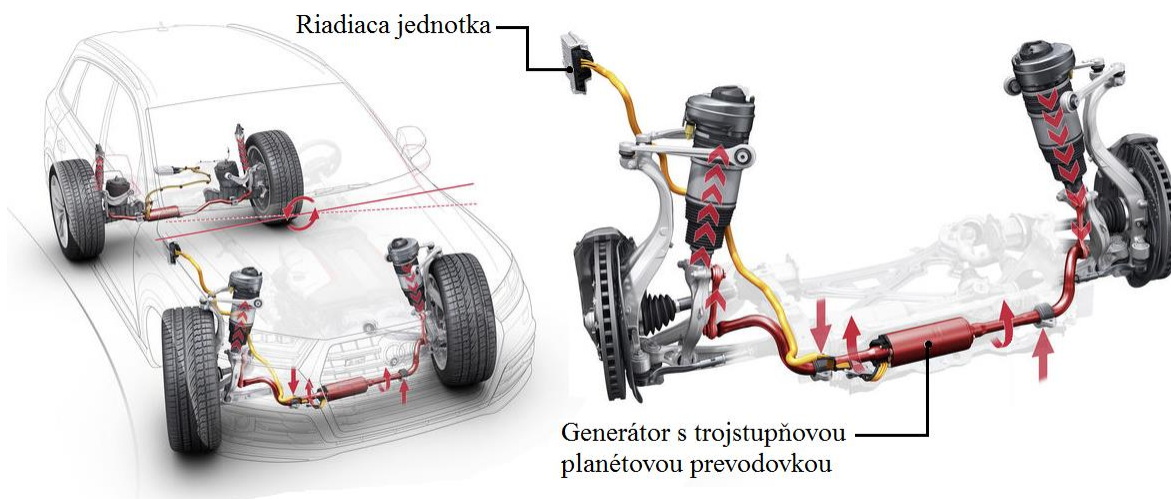
Pri prejazde vozidla cez nerovnosti využíva vozidlo na vyrovnanie svojej polohy a odolanie prípadnému nárazu tlmíče. Kinetická energia pružiacich tlmíčov sa však nijak nevyužíva a len tak sa stráca. Inteligentné rekuperačné tlmíče od firmy ZF sú vybavené malým elektro-generátorom s vlastnou riadiacou jednotkou a hydraulickým zubovým čerpadlom. Takýto riadený tlmíč dokáže nielen presne regulovať prietok oleja a prispôbovať jeho charakteristiku tlmenia podľa aktuálnych podmienok, ale taktiež využíva energiu tlaku piestu na kvapalinu v tlmíči k pohonu hydraulického čerpadla. To následne roztáča generátor, ktorý všetku privedenú kinetickú energiu premieňa na energiu elektrickú. Takto vyprodukovaná elektrická energia je prevádzaná do akumulátora, odkiaľ je znovu použitá k pohonu vozidla [42].



Obr. 6.2 Inteligentný rekuperačný tlmíč od firmy ZF [43]

6.1.4 ELEKTROMECHANICKÉ REKUPERAČNÉ TLMIČE

Ďalší spôsob rekuperácie energie pomocou tlmíčov je systém eROT (Electromechanical Rotary Damper) ktorý vyvíja firma Audi. Systém prevádza lineárny pohyb tlmíčov za pomoci ozubených kolies na rotačný pohyb generátora, ktorý vygenerovanú elektrickú energiu odvádza do batérie [44].



Obr. 6.3 Tlmiaci systém eROT od firmy Audi [44]



6.2 LÍTIUM-IÓNOVÝ AKUMULÁTOR S NANOTECHNOLÓGIU

Skúmajú sa nové typy batérií ktoré majú na svojej elektróde nanotrávu. Takáto zmena môže zväčšiť povrch tejto elektródy až na 300 násobok jej pôvodnej plochy. Vďaka väčším plochám elektród budú teda aj veľmi malé batérie schopné prenosu veľkých nabíjajúcich a vybíjajúcich prúdov [30].

6.3 SOFTVÉR VOZIDLA

Autá už nie sú naďalej iba hardvérová záležitosť, ale taktiež sú ukážkou ohromujúcich softvérov, ktoré majú často nakódovaných viacej riadkov ako bojové lietadlo alebo operačný systém, Windows 8, či Apple Tiger. Softvéry automobilov sa stále vylepšujú a programujú sa čoraz rozsiahlejšie procesy, ktoré je automobil schopný sám kontrolovať a následne vyhodnotiť [47].

6.3.1 AUTONÓMNE RIADENIE

Na vývoji áut jazdiacich bez nutnosti zásahu človeka sa dnes podieľajú takmer všetky popredné automobilové spoločnosti. Spoločnosť Tesla Motors vybavila svoje nové modely triedy S už koncom roku 2015 špeciálnym softvérom Tesla Version 7.0, ktorý obsahuje beta-verziu auto-pilota. Autá obsahujú množstvo kamier, radarov či ultrazvukových senzorov, ktoré dopomáhajú vozidlu k testovaniu autonómneho riadenia [46].

Táto verzia auto-pilota je však ešte len beta-verziou pre navnadenie zákazníka k nákupu vozidla. Program má stále množstvo nedostatkov a preto ešte nie je 100 % funkčný. Výrobca odporúča po celú dobu používania auto-pilota nespúšťať ruky z volantu, a používať ho výhradne len na diaľnici [46].



Obr. 6.4 Ukážka autonómneho riadenia modelu Tesla S [47]



7 EKOLÓGIA VOZIDIEL S ELEKTRICKÝM POHONOM

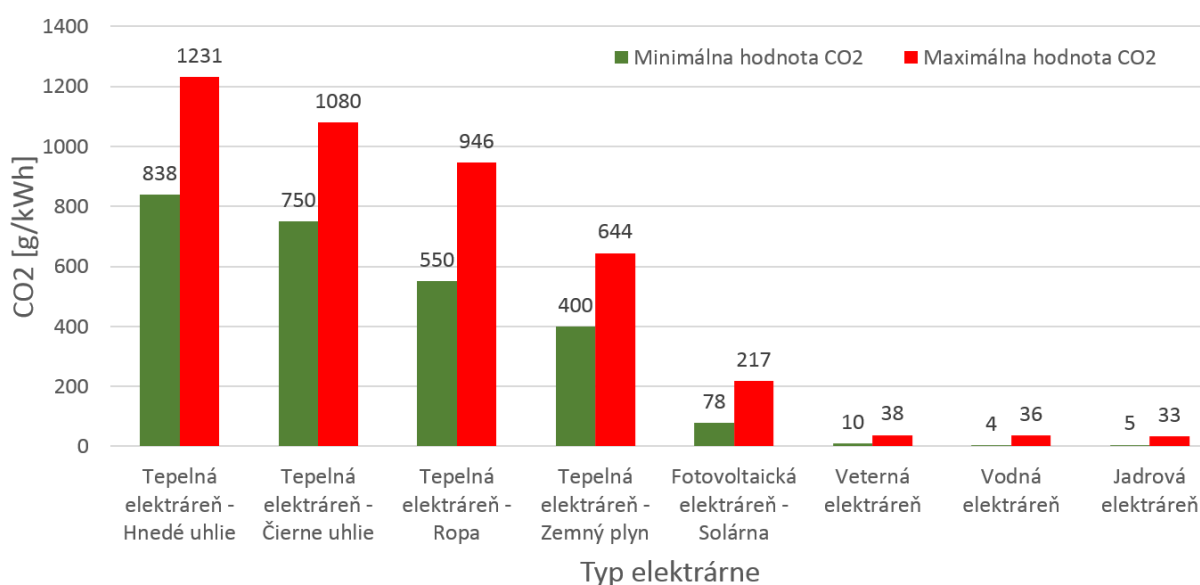
7.1 EKOLÓGIA POHONNÝCH SYSTÉMOV

Rozvoj vozidiel využívajúcich elektrický pohon je aktuálne v mnohých krajinách veľmi podporovanou záležitosťou. Dôvody prečo spoločnosť chce aby sa počet elektromobilov v každodennej cestnej premávke zvýšil je ten, že ľudia majú veľkú snahu zlepšovať životné prostredie a najmä svoje okolie vo veľkomestách, kde je veľký počet automobilov používajúcich spaľovací motor [3].

Pohonné systémy využívajúce spaľovací motor pomaly prestávajú spĺňať z hľadiska ekológie čoraz prísnejšie požiadavky 21. storočia. Všetky vozidlá zo spaľovacím motorom totiž ničia okolie spaľovaním fosílnych palív. Elektrické vozidlá s batériou vykazujú mnohé zlepšujúce výhody, ako sú napríklad nulové emisie počas chodu vozidla, či nízka hlučnosť oproti spaľovacím motorom. Avšak použitá batéria, ako zásobník elektrickej energie, má menšiu životnosť a jednotlivé druhy sa musia ekologicky ničiť pretože sú toxické. Ako alternatíva zásobníku energie do elektrického vozidla sa naskytuje použitie palivových článkov. Za použitia palivových článkov má elektrické vozidlo za chodu taktiež nulové emisie, a na rozdiel od batérií sa samotný článok nemusí meniť, pretože palivo sa tankuje externe [2].

7.2 EKOLÓGIA ZÍSKAVANIA POHONNÝCH LÁTOK

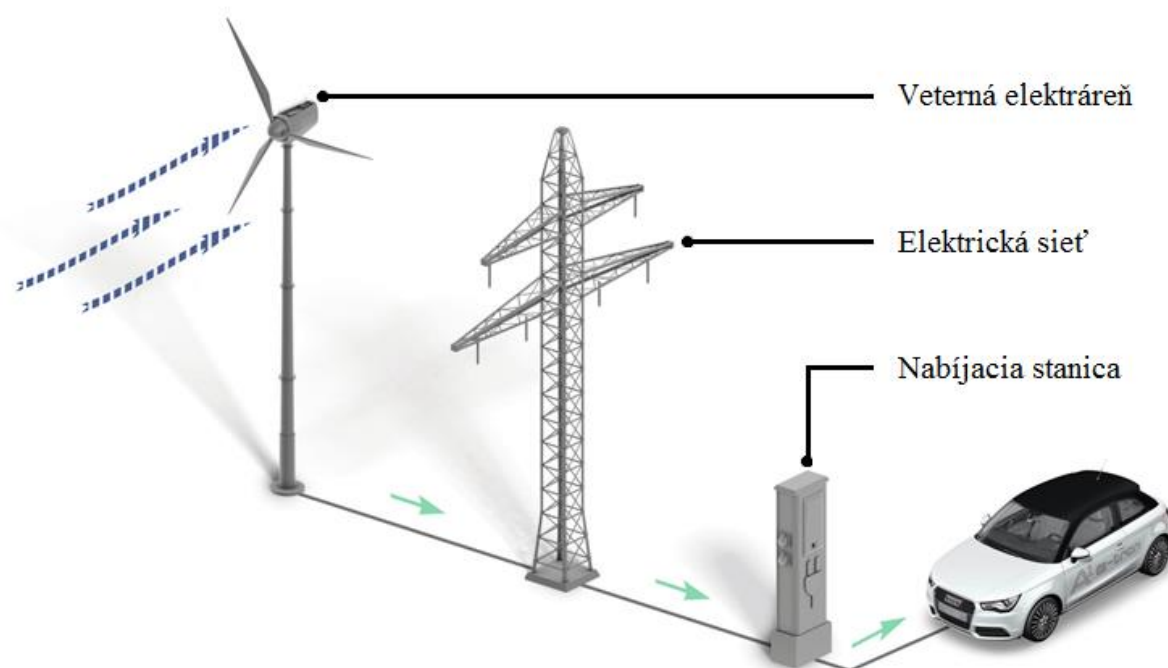
Vozidlá využívajúce elektrický pohon sú označované za vozidlá produkujúce nulové emisie (zero emission vehicles), čo sa vzťahuje na vozidlo za chodu, avšak v rôznych krajinách sa prehliada spôsob výroby elektrickej energie. Analýza Wheel to Wheel hodnotí celkovú spotrebu energie alebo účinnosť premeny energie a emisií vplyvom vozidla. Elektrický automobil je nutné nabíjať elektrickou energiou, ktorej spôsob získavania v elektrárnach nie je vo všetkých krajinách až tak ekologický, pretože väčšina elektrických elektrární produkuje veľké množstvo emisií vid' tab. 7.1 [45].



Obr. 7.1 Produkcia CO₂ v elektrárnach [52]



Celkovú mieru ekologickosti vozidla s elektrickým pohonom sme teda schopný určovať podľa druhu elektrárne z ktorej čerpá elektrickú energiu k svojmu pohonu. K tejto problematike si uvedieme dva extrémne prípady krajín, ktorých výroba elektrickej energie sa radikálne líši. Pokiaľ berieme do úvahy emisie vzniknuté výrobou elektrickej energie, tak v Nórsku, krajine ktorá je na špici produkcie elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov, produkuje elektromobil svojim používaním toľko emisií ako vozidlo zo spotrebou 1,21 litru benzínu na 100 km. Naopak v Indii, krajine kde väčšina elektrickej energie je vyrábaná z fosílnych palív, sa používanie elektromobilu rovná vozidlu zo spotrebou až 11,76 litru benzínu na 100 km [45]. Z čoho je zrejmé, že používanie elektromobilu je tak ekologické ako ho opisuje výrobca až vtedy, ak elektrická energia poháňaná toto vozidlo je získavaná taktiež čo najekologickejším spôsobom.



Obr. 7.2 Ukážka proces získavania elektrickej energie slúžiacej k nabíjaniu elektromobilov pomocou veternej elektrárne [18]



ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zhrnutie poznatkov v oblasti elektrického pohonu osobných automobilov, ukážka konštrukcie a zhodnotenie jednotlivých elektromotorov a energetických zásobníkov používaných v súčasných moderných elektromobiloch. Voľba cieľov práce sa odrážala od veľkého potenciálu využívania elektrického pohonu v automobilovom priemysle, vďaka ktorému spoločnosť zaznamenala v posledných rokoch rapidný progres rozrastajúceho sa výskumu a vývoja tejto oblasti.

Na oboznámenie čítajúceho s alternatívnymi pohonnými hmotami využívanými ako náhrada za automobilový benzín a motorovú naftu je určená prvá kapitola, v ktorej zároveň autor vyhodnocuje jednotlivé aspekty použitia týchto pohonných hmôt. Taktiež bolo potrebné zaviesť kapitolu pojednávajúcu o elektrickom pohone a rozdeliť vozidlá využívajúce tento druh pohonu do troch hlavných kategórií, ktoré autor v ďalšej časti práce jednotlivo rozoberá. Táto kapitola taktiež slúži k oboznámeniu čítajúceho s históriou vývoja elektrického pohonu od úplného počiatku približne pred 180 rokmi až po začiatok 21. storočia. V nasledujúcej časti práce autor dospel k názoru, že vozidlá využívajúce hybridné systémy sú istou formou dočasného riešenia pri prechode na elektromobily poháňané čisto elektrickou energiou, a z tohto dôvodu sa autor zameral najmä na elektrické vozidlá s batériou.

Ako najvhodnejšie sa v súčasnosti ukazuje použitie bezkomutátorových elektromotorov, ktoré majú jednoduchú konštrukciu a sú menej náchylné na poruchy. Z tejto skupiny sú medzi výrobcami elektromobilov najviac používané trojfázové asynchrónne motory a synchrónne motory s permanentnými magnetmi.

Akumulátory používané v elektromobiloch boli vždy pokladané za najkritickejšiu súčasť vozidla, ktorá odrádzala zákazníka od jeho kúpi z dôvodu krátkeho dojazdu (len približne 200 km) na jedno nabitie. Avšak v roku 2016 nastal veľký zvrat, keď automobilka Tesla Motors ponúkla svetu svoj nový model S, ktorý disponuje Litium-iónovým akumulátorom s dojazdom až 509 km. Autor práce predpokladá, že vďaka tomuto pokroku budú ostatné automobilky nútené udržať si konkurencieschopnosť a elektromobily ostatných značiek prejdú v blízkej dobe radikálnymi premenami.

Elektrické vozidlá s batériou pôsobia z laického pohľadu vďaka absencii priamych emisií ako „čisté“ vozidlá. Je pravdou, že počas chodu takéto vozidlo neprodukuje žiadne emisie, avšak elektrická energia, ktorá nabíja akumulátor sa musí niekde získať. V mnohých elektrárnach sa ale tento proces nedeje priam ekologickou cestou, pretože výstavba, údržba a prevádzka elektrárne vyžaduje veľké množstvo najrôznejších zdrojov energie a surovín, čo má mimo iného taktiež za následok vznik nežiadúcich emisií. Ekologická záťaž prostredia výrobou elektrickej energie záleží na type elektrárne ktorá ju produkuje. Elektromobil teda znečisťuje prostredie takým množstvom emisií, aké bolo vyprodukované výrobou elektrickej energie ním spotrebovanej. Autor práce dospel k názoru, že potreba elektrickej energie je našou každodennou rutinou, a či už si zaobstaráte elektromobil alebo nie bude sa naďalej vyrábať a spotrebovávať inou cestou. Preto autor zastáva stanovisko, že pokiaľ budú elektromobily napredovať spôsobom aký ukázala spoločnosť Tesla Motors zo svojim výkonným, komfortným, cenovo dostupným, modelom S ktorý disponuje vysokým dojazdom, tak bude v blízkej budúcnosti dochádzať k nahradzovaniu vozidiel zo spaľovacím motorom za elektromobily.



POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] FRYBERT, Jan. Alternativní pohony. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, 2015. ISBN 978-80-260-7548-6.
- [2] HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2168-7.
- [3] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [4] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0127-6. D
- [5] Battery pack. *Auto green magazine* [online]. London: AutoGreenMag.com, 2010 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://autogreenmag.com/wp-content/uploads/2010/01/nissan-battery-pack-cutaway-630.jpg>
- [6] Electric vehicle batteries. [Http://nissannews.com/](http://nissannews.com/) [online]. Franklin: nissannews.com, 2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/releases/nissan-and-4r-energy-partner-with-green-charge-networks-for-commercial-energy-storage-featuring-second-life-electric-vehicle-batteries/photos/2015-nissan-leaf-93>
- [7] SEKITAR PERMASALAHAN PADA MESIN MOBIL. [Http://kmgbi.org/](http://kmgbi.org/) [online]. KMGBI, 2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.howitworksdaily.com/wp-content/uploads/2013/04/12.jpg>
- [8] SBLE, SBM, SBH (BLOCK BATTERY). [Http://www.saftbatteries.com/](http://www.saftbatteries.com/) [online]. Bagnolet: Saft Corporate Communication, 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://www.saftbatteries.com/sites/default/files/_DSC0031medium_0.jpg
- [9] Inside the NiMH Battery. [Http://www.cobasys.com/](http://www.cobasys.com/) [online]. COBASYS, 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://www.cobasys.com/pdf/tutorial/InsideNimhBattery/inside_nimh_battery_technology_files/image008.gif
- [10] Baterijske ćelije. [Http://www.telit.co.rs/](http://www.telit.co.rs/) [online]. Telit Power, 2013 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.telit.co.rs/wp-content/uploads/2014/01/LiPo.jpg>
- [11] Elon Musk: Cooling, not power-to-weight ratio, is the challenge with AC induction motors. [Https://chargedevs.com](https://chargedevs.com) [online]. The Tech, 2014 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <https://chargedevs.com/wp-content/uploads/2014/10/Tesla-Model-S-Motor-Windell-Oskay-copy.jpg>
- [12] Audi Q5 quattro brings hybrid technology from concepts to the road. [Http://www.gizmag.com/](http://www.gizmag.com/) [online]. GIZMAG, 2010 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://img-3.gizmag.com/audiq5hybridquattro-1.jpg?auto=format%2Ccompress&ch=Width%2CDPR&fit=max&h=700&q=60&w=700&s=db0188dc8560fe76ddef3dfac26b1f5a>



- [13] Elektromobil. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Jamais_Contente_-_Compi%C3%A8gne_-_2011.JPG/1920px-Jamais_Contente_-_Compi%C3%A8gne_-_2011.JPG
- [14] Elektromobil. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromobil#Historie>
- [15] History of the electric vehicle. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle
- [16] Elektromobily minulosti a budoucnosti. *ASOCIACE ELEKTROMOBILOVÉHO PRŮMYSLU* [online]. Brno: CENTRUM INFORMAČNÍCH A VÝPOČETNÍCH SLUŽEB VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2009 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.elektromobily.org/w/images/6/6e/Elektromobily_minulosti_a_budoucnosti_v04_CZ.ppt.
- [17] Coming soon to a mall near you: 20-minute electric car charging. *Mother nature network* [online]. MNN.com, 2012 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: http://media.mnn.com/assets/images/2012/10/sae%20combo%20charger%20small.jpg.653x0_q80_crop-smart.jpg
- [18] Audi tron / alternative Drives. *Audi MediaCenter* [online]. Audi AG., 2015 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: https://audimediacybernetics.com/system/production/media/15576/images/af9c100fc7f488b6504d067f036552b9f617a157/AT110092_full.jpg?1439353777
- [19] ABB Broadens EV Fast Charging Portfolio with Combined Charging System (CCS). *ABB* [online]. United Kingdom: ABB, 2013 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://abbcloud.blob.core.windows.net/public/images/28480387-df75-4083-a40f-279fd7081327/presentation.jpg>
- [20] Bosch's \$449 electric vehicle home charger is a bargain. *The WERGE* [online]. United Kingdom: VOX media, 2013 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <https://cdn2.vox-cdn.com/thumbor/BGe42ucxGAb9YqYGiHJ2rnJRTsU=/0x10:998x675/1280x854/cdn0.vox-cdn.com/assets/2606321/powermax.png>
- [21] Elektrický pohon. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_pohon
- [22] Brushless Motors. *Nidec corporation* [online]. NIDEC, 2014 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.nidec.com/en-NA/technology/capability/brushless/~/_media/nidec-com/en-global/technology/capability/brushless/img_brushless_01



- [23] *New Generation Electric Motor with PM4EM®* [online]. Aachen: GKNGroup, 2013 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.gkn.com/sintermetals/products/mechatronics/transversal-flux-motor-generator-components/Pages/default.aspx>
- [24] Ford Focus Electric. *Zero emission motoring* [online]. zero emission motoring, 2011 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://b.img-zemotoring.com/media/news/2011/01/ford-focus-electric-22-1a.jpg>
- [25] 2016 Audi R8 e-tron. *CARICOS* [online]. Caricos.com, 2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: http://images.caricos.com/a/audi/2016_audi_r8_e-tron/images/1920x1080/2016_audi_r8_e-tron_23_1920x1080.jpg
- [26] THE VOLVO RECHARGE. *On electric cars* [online]. onelectriccars.com, 2010 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.seriouswheels.com/pics-2007/2007-Volvo-ReCharge-Concept-Drivetrain-1280x960.jpg>
- [27] Strategická výzkumná agenda rozvoje vodíkového hospodářství v ČR. *Česká vodíková technologická platforma* [online]. Husinec: Podpora vodíkových technologií v ČR, 2010 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1073648-Strategicka-vyzkumna-agenda-rozvoje-vodikoveho-hospodarstvi-v-cr.html>
- [28] Audi A7 Sportback h-tron quattro. *Audi MediaCenter* [online]. AUDI AG., 2014 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/media/21487/images/827f67cfc78d8e90cf1b5d57b2e5db202ba9ab44/A155255_full.jpg?1439214076
- [29] Audi A7 Sportback h-tron quattro. *Audi MediaCenter* [online]. AUDI AG., 2014 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/media/21485/images/41b83ef2915dbab7c0d3f43bab00f96cbbbf1dc/A155253_full.jpg?1439214075
- [30] Kdo nejezdí na elektřinu, nemá v Detroitu co pohledávat. *Http://auto.idnes.cz/* [online]. Praha: MAFRA, a. s., 2009 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/kdo-nejezdi-na-elektřinu-nema-v-detroitu-co-pohledavat-ppn-/automoto.aspx?c=A090121_130922_automoto_fdv
- [31] Audi A8 hybrid (2010). *Audi mediacycenter* [online]. AUDI AG., 2010 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/media/15685/images/af69c12f7c8c9afad13dfcebf89dd7fd5df3bb9/A8100113_full.jpg?1439354923
- [32] Start-Stop Micro-Hybrid Systems. *ICT Workshop Solutions* [online]. WordPress, 2013 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: http://ictworkshopsolutions.com/ict2014/wp-content/uploads/2013/02/psa-peugeot-citroen-to-introduce-new-stop-start-system-21282_1.jpg
- [33] Kinetic Energy Recovery System: Makes F-1 car so fast. *Innovatize.sk* [online]. Innovatize, 2011 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://4.bp.blogspot.com/-o69Vq15D_6E/UIQNjaVJcYI/AAAAAAAAAAXg/YZ3AZkpbuEQ/s1600/kers1.jpg



- [34] ALTERNATÍVNE POHONY CESTNÝCH MOTOROVÝCH VOZIDIEL. *Fpedas.uniza.sk* [online]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2010 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://fpedas.uniza.sk/dopravaaspoje/2010/1/moravcik.pdf>
- [35] VW Golf Plus BiFuel #12. *Better Parts* [online]. Better Parts LTD, 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://srv2.betterparts.org/images/vw-golf-plus-bifuel-12.jpg>
- [36] Co je zemní plyn. *Zemní plyn* [online]. Praha: GAS s.r.o., 2010 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>
- [37] Elektřina. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elekt%C5%99ina#Etymologie>
- [38] Autorace. *Elinea* [online]. elinea.nl, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.quizz.biz/uploads/quizz/370087/10_gw771.jpg
- [39] History of the electric vehicle. *Wikipedia* [online]. wikipedia, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/EdisonElectricCar1913.jpg>
- [40] Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět. *Hybrid.cz* [online]. Praha: Chamanne s.r.o, 2014 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.hybrid.cz/i/auto/elektromobil/021_prehled_zasuvek_dle_norem.jpg
- [41] Regenerative braking. *Energy Education* [online]. Calgary: University of Calgary, 2015 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://energyeducation.ca/encyclopedia/Regenerative_braking
- [42] ZF vyvíjí tlmiče, ktoré budú vyrábať elektrickú energiu. *Auto.pravda* [online]. P E R E X , a. s., 2013 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://auto.pravda.sk/novinky/clanok/293337-zf-vyviija-tlmice-ktore-budu-vyrabat-elektricku-energiu/>
- [43] ZF vyvíjí tlmiče, ktoré budú vyrábať elektrickú energiu. *Auto.pravda* [online]. P E R E X , a. s., 2013 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://img.mediacentrum.sk/gallery/600/1848937.jpg>
- [44] Elektromechanische aktive Wankstabilisierung (eAWS). *Audi MediaCenter* [online]. AUDI AG, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/media/29458/images/3e3b6263bd05b467ba5872d621ef1a261b884c5b/A161111_full.jpg?1456927026
- [45] Ekologická šetrnosť, alebo priemyslová lobby? *A2larm* [online]. A2 o.s., 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://a2larm.cz/2015/01/ekologicka-setrnost-nebo-prumyslova-lobby/>
- [46] Tesla Model S začne jazdiť autonómne. *Autobild.cas* [online]. Azet.sk, a.s., 2015 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://autobild.cas.sk/clanok/204097/tesla-model-s-zacne-jazdit-autonomne>



- [47] Autonómne riadenie je hudbou budúcnosti. Vývoj potrvá ešte roky. *Autobild.cas* [online]. Azet.sk, a.s., 2015 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://ipravda.sk/res/2016/01/24/thumbs/autonomne-riadenie-tesla-nestandard1.jpg>
- [48] Model S. *Teslamotors* [online]. Tesla Motors, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: https://www.teslamotors.com/en_EU/models
- [49] Volkswagen e-Golf. *Car and driver* [online]. Hearst Communications, Inc., 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/volkswagen/e-golf>
- [50] Aktuální průměrná cena 1kWh elektřiny. *Energie123* [online]. Srovnání cen elektřiny a plynu, 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [51] Vývoj ceny benzínu, nafty, aktuální cena a podrobný graf. *Kurzy.cz* [online]. Praha: Kurzy.cz, spol. s r.o., AliaWeb, spol. s r.o., 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena/>
- [52] Výroba elektřiny versus emise CO2, schizofrenie a broušení sekyry. *Idnes.cz* [online]. Praha: MAFRA, a. s, 2009 [cit. 2016-05-7]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=87497>
- [53] Prvi Teslini superpunjači u Hrvatskoj spremni za rad. *E-auto.guru* [online]. e-auto.guru @ EAG™, 2015 [cit. 2016-05-7]. Dostupné z: <http://i2.wp.com/www.e-auto.guru/wp-content/uploads/2015/01/europe-supercharger-2016.jpg>



Zoznam Použitých Skratiek

Skratka	Význam
CNG	Compressed Natural Gas
eROT	Electromechanical Rotary Damper
KERS	Kinetic Energy Recovery System
LiFePO ₄	Lítium-Ión-Fosfát
Li-Ion	Lítium-Ión
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
NdFeB	Neodym-Železo-Bór
NiCd	Nikel-Kadmium
NiMH	Nikel-Metal-Hybrid
PEMFC	Palivový článok s polymérnou elektrolytickou membránou
PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor
SmCo	Samarium-Kobalt
VW	Volkswagen