

Česká zemědělská univerzita v Praze



Technická fakulta

Elektromobilita a infrastruktura dobíjecích stanic v ČR

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Veronika Hartová, Ph.D

Autor: Dušan Jína

Praha, 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dušan Jína

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Elektromobilita a infrastruktura dobíjecích stanic v ČR

Název anglicky

Electromobility and infrastructure charging stations in Czech Republic

Cíle práce

Hlavním cílem je definování elektromobility s návazností na infrastrukturu dobíjecích stanic v rámci České republiky.

Metodika

Bakalářská práce je tématicky zaměřena na elektromobilitu.

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Úkolem je provést detailní popis elektromobility. Dále se student zaměří na infrastrukturu dobíjecích stanic v rámci České republiky. Na základě rozboru teoretických poznatků budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 5 Závěr
- 6 Seznam použitých zdrojů
- 7 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 – 50 str. včetně obrázků, tabulek a grafů

Klíčová slova

elektromobilita, dobíjecí stanice, infrastruktura, elektromobil

Doporučené zdroje informací

BALÁK, R. – PROKEŠ, K. *Nové zdroje energie*. Praha: SNTL, 1984.

Energie 21 : časopis o alternativních zdrojích energie. Praha: ISSN 1803-0394.

VLK, F. *Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy : [EPS, DSC, AHS, PSM, VDC – elektronická stabilizace ASR, ASC, DTC, ETC, TCS – protikluzové systémy ABC, ACC, BAS, FLR, HDC, LDW ... a další systémy podporující řidiče]*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

VLK, F. *Automobilová elektronika. 2, Systémy řízení podvozku a komfortní systémy : [systémy ABS/ASR/ESP, elektronické brzdové systémy, zádržné systémy, osvětlení vozidla, komfortní systémy]*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.

VLK, F. *Automobilová elektronika 3, Systémy řízení motoru a převodů : [benzinové motory, dieselové motory, výkon vozidla, vstřikovací systémy, zapalování, snímání dat]*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7063-1.

VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 1*. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-7282-6.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Konzultant

Ing. Veronika Štekerová

Elektronicky schváleno dne 21. 1. 2019

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jíří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2020

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Elektromobilita a struktura dobíjecích stanic v ČR vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 2. 4. 2019

.....

Dušan Jína

Poděkování

Děkuji Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za vedení této bakalářské práce, za její ochotu, odborné rady a cenné připomínky, které mi během psaní práce poskytovala. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studia.

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá elektromobilitou v České republice. Cílem bylo definovat elektromobilitu s návazností na infrastrukturu dobíjecích stanic. Práce byla založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. První část práce je věnována elektromobilům jako takovým. Jsou zde shrnuty důvody zavádění elektrických vozidel, jejich druhy, technologie, akumulátory a nabíjení. Další část práce se zabývá dobíjecími stanicemi, kde jsou uvedeny jednotlivé druhy dobíjecích stanic, dále pak jejich infrastruktura a poskytovatelé v České republice. Dále je rozebrána státní podpora elektromobility v České republice a jiných evropských zemích. Na závěr jsou uvedeny výhody elektromobility, ale také důvody, které brání většímu rozšíření.

Klíčová slova: elektromobilita; dobíjecí stanice; infrastruktura; elektromobil

Electromobility and infrastructure of charging stations in the Czech Republic

Summary: The bachelor thesis deals with issues with electromobility in the Czech Republic. The aim of the work is defining electromobility and infrastructure of charging stations. The thesis is based on study and analysis of professional information sources. The first part is devoted to electric cars. It summarizes the reasons for implementation of electric vehicles, their types, technologies, batteries and charging. Another part is dedicated to charging stations. This section lists the types of charging stations, their infrastructure and providers in the Czech Republic. Furthermore, the government support of electromobility in the Czech republic and other European countries is analyzed. At the end the advantages of electromobility are mentioned, but also the reasons that prevent further expansion.

Key words: electromobility; charging station; infrastructure; electric vehicle

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Přehled řešené problematiky	2
3.1	Historie elektromobility	3
3.2	Elektromobily	4
3.2.1	Plný elektromobil.....	4
3.2.1.1	Hnací ústrojí elektromobilu	5
3.2.1.2	Pohony elektromobilů – elektromotory	7
3.2.2	Hybridní automobily	13
3.3	Akumulátory elektromobilů.....	15
3.3.1	Olověný akumulátor.....	16
3.3.2	Baterie nikl-kadmium	17
3.3.3	Baterie nikl-metalhydridová	17
3.3.4	Lithium iontová baterie.....	17
3.3.5	BMS (Battery Management System).....	18
3.4	Nabíjení.....	19
3.5	Druhy nabíjecích konektorů.....	21
3.6	Elektromobilita v České republice.....	23
3.6.1	Infrastruktura dobíjecích stanic.....	24
3.6.1.1	ČEZ	25
3.6.1.2	E.ON	26
3.6.1.3	PRE	27
3.7	Dopad na distribuční síť	28

3.8	Státní podpora elektromobility	30
4	Závěr.....	31
5	Seznam použité literatury.....	33
6	Seznam obrázků	37
7	Seznam tabulek	38

1 Úvod

Počet automobilů stále narůstá, což způsobuje celou řadu problémů, jako jsou dopravní kongesce, nedostatek parkovacích míst nebo znečištění ovzduší. Tyto problémy se projevují hlavně ve městech. Jelikož většina současných automobilů je poháněna spalovacím motorem, ať už benzinovým nebo dieselovým, tak se zejména větší města potýkají se špatnou kvalitou ovzduší. Právě nahrazení konvenčních automobilů elektromobily by pomohlo se zlepšením této situace. Přeprava po městě probíhá ve většině případů na krátké vzdálenosti, a tak odpadá problém s krátkým dojezdem elektromobilů. Na druhou stranu je zde stále problém s dobíjením. Protože většina lidí bydlí v bytových domech, tak nemají možnost nabíjení doma. Bylo by tedy nutné vybudovat dobíjecí stanice v blízkosti pracovišť, obchodních center, na parkovištích v obytných zónách apod. Další problém, který přispívá ke snaze nahrazení klasického spalovacího motoru jsou stále se zmenšující zásoby ropy. Té je omezené množství a je potřebná i v jiných oblastech než pro pohon automobilů. Právě pohon na elektřinu, získanou z obnovitelných zdrojů, by mohl být jistým řešením.

I když se elektromobilita jeví jako řešení, existuje stále mnoho problémů, které brání jejímu většímu rozšíření. Jedním z nich jsou baterie, které mají vysokou cenu, podle které se pak odvíjí i cena automobilu. Další problémy s bateriemi jsou pak kontroverzní těžba lithia a následná likvidace po skončení životnosti. Dále již zmíněný krátký dojezd, dlouhá doba nabíjení a nedostatečný počet dobíjecích stanic brání většímu rozšíření.

Největší světoví výrobci automobilů nebo energetické společnosti investují do vývoje elektromobility vysoké částky, a tak lze v budoucnu očekávat velký pokrok. Po vyřešení zmíněných problémů, snížení ceny elektromobilu a vybudování dostatečné infrastruktury dobíjecích stanic jistě dojde k masivnějšímu rozšíření.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je definování elektromobility s návazností na infrastrukturu dobíjecích stanic v rámci České republiky.

3 Přehled řešené problematiky

Vynález automobilu se spalovacím motorem je jeden z největších úspěchů moderních technologií. Ale právě velmi rozvinutý automobilový průmysl a stále se zvyšující počet automobilů způsobují vážné problémy životnímu prostředí. Zhoršující se kvalita ovzduší a globální oteplování se stávají vážnými hrozbami pro moderní život. Právě kvůli těmto problémům se zpřísnují emisní limity, díky kterým je větší snaha vyvinout čistší, bezpečnější a efektivnější automobil.[1]

Při řešení těchto výzev se elektrická energie jeví jako klíč k úspěchu, právě pokud jde o mobilitu. Vozy poháněné elektrickým pohonem (plně elektrické automobily, hybridy, automobily na palivové články atd.) se mohou výrazně podílet na ochraně životního prostředí snížením spotřeby paliva a následným snížením produkce CO₂. [2]

Podíl elektrických vozidel je stále nízký, hlavně díky vysoké ceně baterií, což způsobuje vyšší cenu elektromobilu vůči klasickému automobilu, krátkému dojezdu a také stále nedostačujícím počtem dobíjecích stanic. Ačkoliv se dobíjecí stanice budují, tak je jejich počet stále nedostačující pro kompletní nahrazení vozového parku. Výzkum a vývoj elektromobilů jde ale stále dopředu a v současné době se elektromobilita jeví jako nejslibnější řešení pro blízkou budoucnost. [2]

3.1 Historie elektromobility

Myšlenka pohánět automobil elektřinou není vůbec nová. První elektromobily vznikly v první polovině 19. století. V roce 1828 Ányos Jedlik vynalezl elektrický prototyp elektrického motoru. O šest let později, Thomas Davenport, postavil prototyp malého autíčka na kolejích. Tyto pokusy z důvodu malé kapacity a nemožnosti dobíjení skončily neúspěchem.[2][3]

Velká změna přišla v roce 1859, kdy Francouz Gaston Planté vynalezl olovenou baterii, která se používá dodnes. Její výhody oproti starším typům baterií byla vyšší kapacita, a hlavně možnost opětovného dobíjení, což poskytovalo dobrý základ pro větší rychlost a dojezd elektromobilů. Okolo roku 1900 bylo 38 procent z veškeré produkce automobilů v USA elektrických (z 4192 vyrobených vozů, 1575 elektrických).[3]

Elektrické vozy překonávaly i rekordy, když v roce 1899 vůz Jamais Contente překonal rychlost 100 km/h. Vůz měl 2 motory s výkonem 25 kW a karoserii tvořenou z prvků hořčíku a hliníku. Tato karoserie vážila pouhých 200 kg, ale s olovenými články a motory přesáhl vůz hmotnost 1000 kg.[4]

První český elektromobil vznikl v roce 1895 a zkonstruoval ho František Křížík. Byl poháněn stejnosměrným motorem o výkonu 3,6 kW, který byl napájen oloveným akumulátorem se 42 články. Jeho další vůz byl poháněn dvěma elektromotory, a navíc byl vybaven benzinovým agregátem, který vyráběl elektřinu pro baterie a zajišťoval větší dojezd. Jednalo se tedy o hybrid. Toto řešení používal i Ferdinand Porsche.[3][5][6]

I když se přelom 19. a 20. století zdál pro elektromobily slibný, tak představení Fordu model T mělo za následek jejich úpadek. Ford měl výhodu v dojezdu přes 200 km a rychlost 60 km/h. Rychlá výroba a levné součástky snižovaly cenu, která klesla z 850 dolarů na polovinu. Elektromobil podobných parametrů by stál 1700 dolarů.[3][4]

Další rána pro elektromobily přišla v podobě nalezení nových ložisek ropy a následným výrazným snížením ceny benzínu. V roce 1912 byl vynalezen elektrický startér, díky kterému odpadla další velká nevýhoda benzinového auta – nepohodlné, fyzicky náročné startování klikou. Nízká rychlost a krátký dojezd elektromobilů způsoboval malý zájem zákazníků. Na druhou stranu prodeje spalovacích motorů stále rostly a ceny klesaly. Velkou výhodou elektromobilů nadále byla tichost. To ale nebylo dostačující a elektromobily se

dostaly do pozadí až do Druhé světové války. V průběhu Druhé světové války nedostatek ropy vzbudil opět zájem o elektrická vozidla. Toto úsilí ale bylo pouze krátkodobé. [3]

Až v devadesátých letech začali velcí výrobci nabízet elektrické vozy. V letech 1980 až 1990, pracovala firma General Motors na uvedení elektromobilu na trh. V roce 1990 předvedli automobil EV1 a do roku 2002 se jich vyrobilo 1 117.

V roce 2011 se Mitsubishi MiEV stalo prvním elektromobilem, kterého se prodalo více než 10 000 kusů. O pár měsíců později převzal toto prvenství Nissan Leaf a stal se tak vůbec nejprodávanějším elektromobilem. Úspěch Nissanu Leaf byl impuls pro další velké výrobce automobilů, aby začali vyrábět svá elektrická vozidla.[2]

3.2 Elektromobily

Jako elektromobil by se v nejširším smyslu dal klasifikovat jakýkoliv vůz, který ke svému pohonu využívá elektřinu. Elektromobily lze rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří elektromobily na baterie (plný elektromobil) a druhou hybridní automobily. Další alternativou by mohl být automobil s palivovými články (např. na vodík).[7]

3.2.1 Plný elektromobil

Plné elektromobily využívají elektromotory pro pohon a baterie pro skladování elektrické energie. Z baterií se pohání veškeré elektronické systémy v automobilu. Elektromobily mohou teoreticky mít nulové emise, ačkoliv většina elektrické energie se získává z uhelných elektráren.

Další výhodou elektromobilu je v jeho účinnosti. Zatímco automobilům se spalovacími motory může klesnout účinnost až na 15 %, tak u vozidel s elektrickým pohonem účinnost dosahuje alespoň 75 %. Elektromobily jsou také méně náročné na údržbu, jelikož mají méně mechanických částí.

Na druhou stranu jsou zde i nevýhody. Ačkoliv je výrazně levnější dobít baterie než dotankovat nádrž, tak dobíjení je stále pomalé (4-8 hodin z domácí zásuvky a minimálně 30 minut z dobíjecí stanice). Také dojezd na jedno nabití je stále krátký oproti klasickému automobilu. Další velká nevýhoda je velká hmotnost a vysoká cena baterií.[8]

3.2.1.1 Hnací ústrojí elektromobilu

Obecně se hnací ústrojí elektromobilu skládá z elektrického a mechanického modulu. V elektrickém modulu jsou zahrnuty trakční elektromotory, výkonová elektronika a baterie. Mechanický modul obsahuje převodovku (není nutné), diferenciál (není nutné) a hnaná kola.

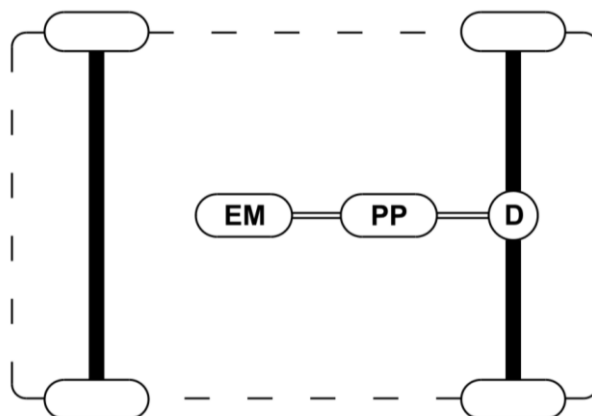
Hnací ústrojí je jednodušší než u automobilu se spalovacím motorem. Výkon je převáděn na kola pouze přes několik komponentů. Další výhodou elektromobilů je schopnost rekuperovat kinetickou energii, která vzniká při brzdění nebo jízdě z kopce a dobíjet tak baterii.

Existují dva typy elektrického hnacího ústrojí. V případě prvního typu se spalovací motor a palivová nádrž zamění za elektromotor a baterie, zatímco zbylé komponenty jako převodovka a diferenciál zůstávají stejné. Elektromotor a baterie jsou připevněny na podvozku a výkon se přenáší na kola pomocí převodovky. Tato vozidla mají velkou hmotnost a jsou složitá. Navíc je náročné předělání na pohon všech kol.

Na druhé straně jsou vozidla, jejichž konstrukce karoserie a podvozku je navržena tak, aby splňovala požadavky elektromobilů a využívá výhod flexibility elektrických pohonných systémů. Rozdělit se tato vozidla dají podle umístění elektromotorů na elektromobily s motorem vně kola a uvnitř kola. V prvním případě je motor připevněn na podvozku a pohání kola buď přímo nebo přes převodovku a diferenciál. V druhém případě jsou motory umístěny přímo v kolech a není tedy potřeba dalších mechanických částí. Dále jsou uvedeny některé z možných konfigurací.[8]

a) Motor vně kola, pohon zadních kol

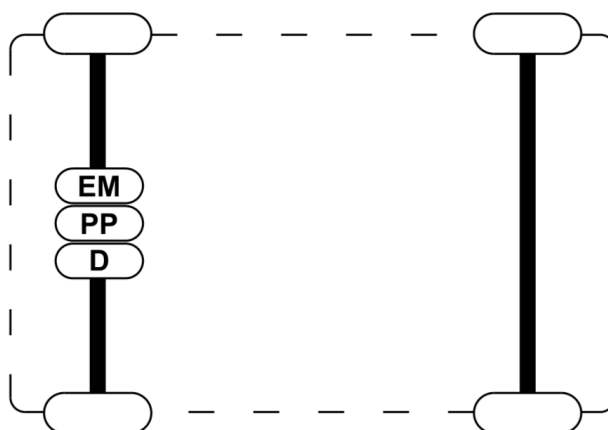
Toto uspořádání se skládá z elektromotoru, jednostupňové převodovky a diferenciálu. Převodovka je obvykle planetové soukolí s konstantním převodovým poměrem. Na rozdíl od konvenčních automobilů se spalovacím motorem lze s elektromotorem dosáhnout požadovaného kroutícího momentu a rychlosti za použití převodovky s pevným převodovým poměrem. Na následujícím obrázku 1 je schéma tohoto uspořádání (EM=elektromotor, PP=pevný převod, D=diferenciál).[8]



Obrázek 1 Motor vně kola, pohon zadních kol

b) Motor vně kola, pohon předních kol

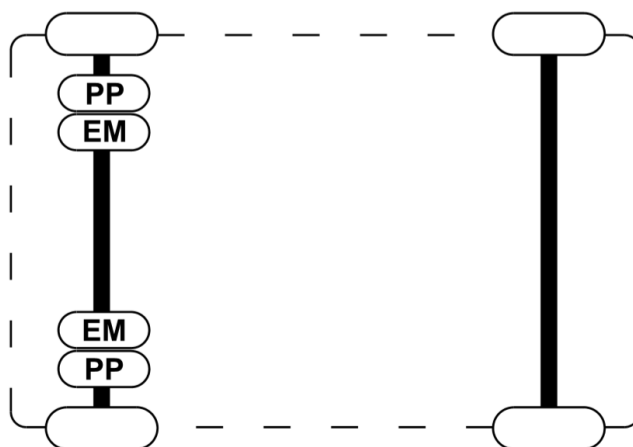
Toto upořádání se také skládá z elektromotoru, převodovky s konstantním převodovým poměrem a diferenciálu. Vše je ale integrováno do jedné soustavy a umístěno na přední nápravě. Názorně to lze vidět na následujícím obrázku 2 (EM=elektromotor, PP=pevný převod, D=diferenciál).[8]



Obrázek 2 Motor vně kola, pohon předních kol

c) Dva motory vně kola, pohon předních kol

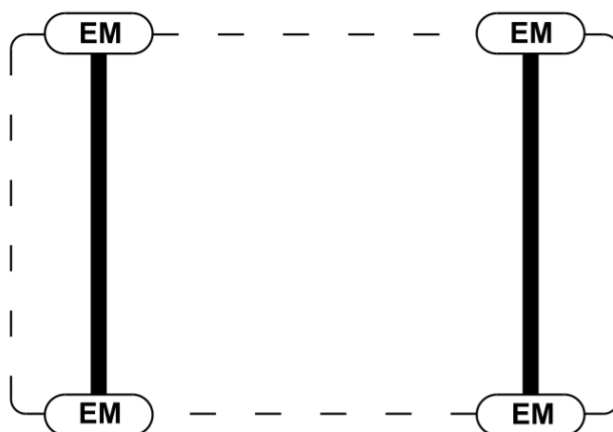
Ve výše uvedených konfiguracích je pohyb levého a pravého kola od sebe oddělen mechanickým diferenciálem. V tomto případě je vynechán diferenciál a kola jsou poháněna dvěma oddělenými elektromotory s převodovkou o konstantním převodovém poměru. Jelikož každý motor může pohánět jednotlivá kola nezávisle na sobě, tak je zajištěna lepší stabilita vozidla. Ačkoliv motor a převodovka navíc zvyšují celkovou cenu. Na obrázku 3 je vidět schéma tohoto systému (PP=pevný převod, EM=elektromotor).[8]



Obrázek 3 Dva motory vně kola, pohon předních kol

d) Motory uvnitř kola

Tato technologie může minimalizovat, nebo dokonce eliminovat mechanické komponenty z hnacího ústrojí elektromobilu. Elektromotory jsou buď s převodem nebo samostatně umístěny ve dvou nebo ve všech čtyřech kolech viz obrázek 4. Elektromotor přímo ovládá kroutící moment na kole a tím i rychlost vozidla. Na následujícím obrázku je uskupení pro pohon všech kol, avšak pouhým vypínáním motorů lze jednoduše přepínat i mezi pohonem zadních a předních kol. Navzdory těmto výhodám jsou kola s elektromotory těžká a to je nežádoucí ve vztahu ke stabilitě a dynamice vozu.[8]



Obrázek 4 Motory uvnitř kola, pohon všech kol

3.2.1.2 Pohony elektromobilů – elektromotory

Pro trakční elektromotory má velký význam hodnota momentu, menší význam má hodnota výkonu. Důležité je, aby konstrukce byla spolehlivá a zajišťovala dostatečný výkon ve velkém rozsahu otáček. Dále by elektromotor měl mít takovou konstrukci, aby zajišťoval vysokou účinnost při malé hmotnosti, krátkodobou přetížitelnost, nízkou hladinu hluku a malé

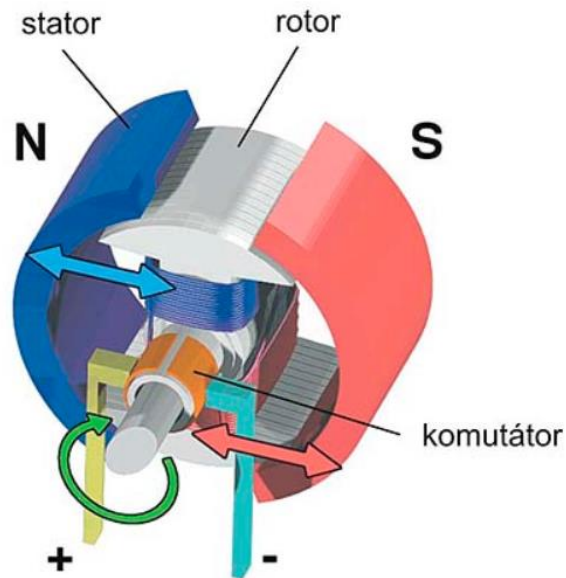
udržovací náklady za výhodnou cenu. Dále jsou uvedeny elektromotory používané v elektromobilech.[9]

a) Stejnoseměrný motor s cizím buzením

Tento motor disponuje velmi výhodnými tahovými charakteristikami, jednoduchou regulací otáček v širokém rozsahu otáček a kontinuální přechod z jízdy na brzdění. Jelikož mohou být napájeny přímo z baterie, tak jsou již dlouho dobu využívány v elektrických vozech.[10]

Stejnoseměrný motor je složen ze statoru, rotoru, komutátoru a kartáčů. Na statoru jsou k vytvoření magnetického toku umístěny hlavní póly. Ty jsou buzeny cívkami, kterými protéká proud. Rotor (kotva) tvoří křemíkové plechy s drážkami, ve kterých je umístěno vinutí. Jednotlivé cívky vinutí rotoru jsou připojeny k měděným, mezi sebou izolovaným, lamelám komutátoru, který funguje jako mechanický usměrňovač proudu. Na komutátor dosedají kartáče, které přivádějí proud do vinutí rotoru. Komutátor a kartáče tvoří sběrné ústrojí stroje.[8][11]

Při napájení vinutí kotvy stejnoseměrným proudem se kolem rotoru vytvoří magnetické pole. Rotace je způsobena tím, že jedna strana rotoru je přitahována a druhá odpuzována. Rotace pokračuje díky komutátoru. Ten řídí směr toku proudu a tím i směr magnetického pole. Když se rotor otočí a vodorovně vyrovná, oba kartáče se dotknou opačné strany komutátoru. Tímto způsobem se obrátí proud procházející rotorem a v důsledku toho je obráceno i magnetické pole. Tím se zajistí, že síla, která působí na póly rotoru má stále stejný směr. Tento proces se opakuje, dokud je stroj napájen. Schéma lze vidět na obrázku 5.[12][13]

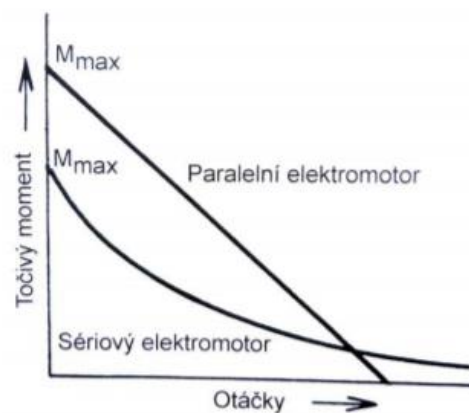


Obrázek 5 Schéma stejnosměrného motoru [13]

Dále je možné stejnosměrné elektromotory rozdělit na další kategorie podle toho, zda je kotva a budící vinutí zapojeno sériově nebo paralelně. Takto se rozeznává sériový nebo paralelní elektromotor.[9]

Sériový elektromotor vykazuje velký počáteční moment, avšak se stoupajícími otáčkami prudce klesá. Díky velkému točivému momentu při nízkých otáčkách nalezne využití například ve vlacích, tramvajích nebo metru.[9]

Kvůli prudkému poklesu točivého momentu u sériového motoru se ve většině elektromobilů používá motor paralelní. U tohoto motoru klesá točivý moment pomaleji lineárně s otáčkami viz obrázek 6.[9][10]



Obrázek 6 Charakteristiky paralelního a sériového elektromotoru [9]

Regulace těchto motorů je zajišťována elektronickou regulací napájení vinutí pomocí křemíkových tyristorů a pravouhlého průběhu napětí. Zvolená střední hodnota proudu se nastaví změnou frekvence a amplitudy. Regulace proudu kotvy probíhá při jízdě i při brzdění.[14]

Pro brzdění v rozsahu regulace pole postačuje zvýšení buzení pole. Napětí motoru stoupne nad napětí akumulátoru a tímto způsobem je přes diody dodávána energie zpět do akumulátoru.[14]

Tyto motory mají velkou přetížitelnost. Ta dosahuje 20 % při trvalém výkonu po dobu jedné hodiny a krátkodobě při rozjezdu až 100 %. Jsou schopny vyvinout otáčky přibližně 7000 min^{-1} a je tedy zapotřebí použít vícestupňovou převodovku.[14]

Výhoda těchto motorů je, že jsou technicky vyzrálé, jednoduše řízené a relativně levné. Na druhou stranu je nutné udržovat komutátor a kartáče, protože jsou náchylné k poruchám, mají nízkou obvodovou rychlost a menší účinnost oproti asynchronním motorům.[9]

b) Asynchronní motor

Střídavé elektromotory se u elektromobilů používají více než stejnosměrné. Stejně jako stejnosměrný motor, tak i střídavý tvoří stator a rotor. Rotor (kotva) se skládá z rotorových plechů, které jsou ve svazku nasazené na hřídeli a z vodičů v drážkách rotoru. Podle typu rotoru tyto vodiče tvoří hliníkové nebo měděné tyčky, které jsou na čelních stranách svazku spojeny nakrátko zkratovacími kroužky (klecový rotor) nebo vinutí, kterým protéká proud přiváděný uhlíky z vnějšku. Stator se skládá z krytu motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí, které je vyvedeno na svorkovnici.[10][15]

Princip je založen na vzájemném elektromagnetickém působení točivého magnetického pole statoru a proudů, vytvořených ve vinutí rotoru tímto magnetickým polem. Je tedy založen na indukci napětí a proudů v rotoru. Točivé magnetické pole se vytvoří ve statoru, kde vinutí jednotlivých fází jsou prostorově pootočena o 120° a kterými protéká trojfázový harmonický proud.[16]

K regulaci tahové síly a otáček motoru musí být proměnná frekvence i napětí, což vyžaduje vysoké náklady na výkonový obvod.[10]

Oproti stejnosměrným motorům mají střídavé výhodu větší efektivity, menších nákladů na provoz a menší hmotnosti. Motor je dále bezúdržbový, robustní, silně přetížitelný

a může dosáhnou otáček až $20\,000\text{ min}^{-1}$. Jejich hlavní nevýhoda použití v elektromobilu spočívá v nákladech na přeměnu stejnosměrného proudu, který produkuje baterie, na střídavý proud.[8][9]

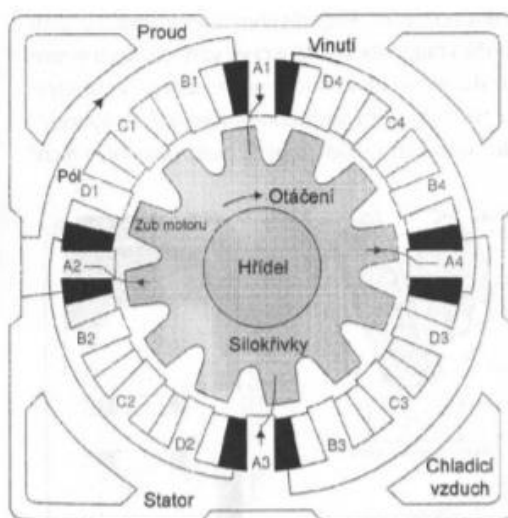
Zvláštní tvar střídavého asynchronního motoru je transversální motor, u kterého se proud přivádí v obvodovém směru a magnetický tok je paralelní s osou motoru.[9]

c) Řízený reluktanční motor

Je založen na technice reluktančních krokových motorů. I přes to, že jeho výroba je levná a jednoduchá, dlouho nebyl příliš využíván kvůli jeho nerovnoměrnosti (závislost točivého momentu na poloze rotoru). Tato vlastnost může být odpovídajícím řízením vyrovnána. Jedná se o zvláštní tvar střídavého motoru, jehož rotor nemá budící vinutí, ale je vyroben z měkkého železa s pólovými nástavci ve tvaru ozubeného kola viz obrázek 7.[10]

Otáčky a točivý moment lze výkonovou elektronikou velmi dobře ovlivnit. Reluktanční motor se rozbíhá asynchronně a pak běží synchronně. Díky bezhmotným mezerám zubů v rotoru má rotor velmi malý moment setrvačnosti a může tak dosáhnout velmi vysokého zrychlení.[9]

Mezi výhody těchto motorů patří vysoký točivý moment při nízkých otáčkách, robustní konstrukce, malé náklady na údržbu, stabilní chod motoru při výpadku jedné nebo více fází, vysoká přetížitelnost, malý ohřev, vysoká účinnost a výhodná cena. Na druhou stranu jejich moment není rovnoměrný a mohou nastat zvýšené emise hluku.[9]



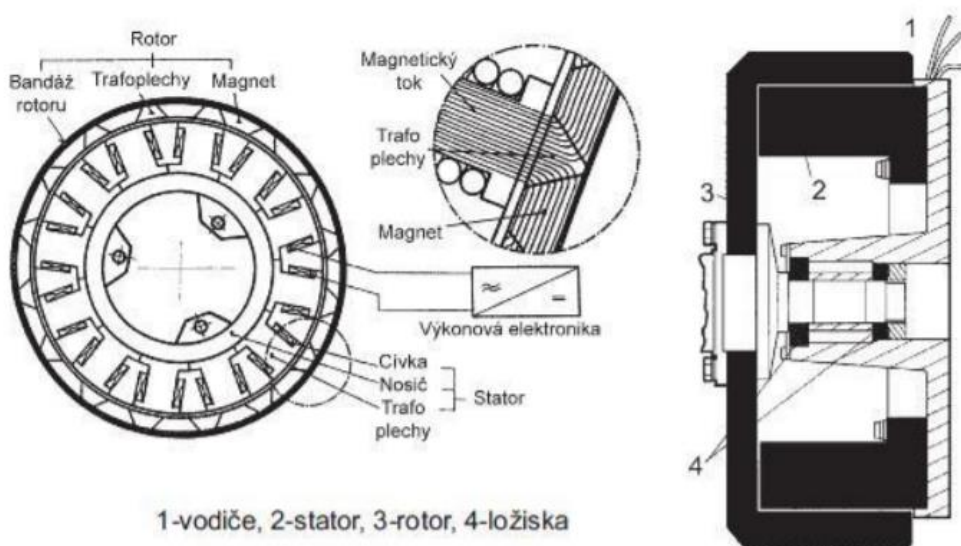
Obrázek 7 Řízený reluktanční motor [10]

d) Stejnoseměrný motor bez kartáčů

Stavba tohoto motoru je podobná permanentně buzenému synchronnímu motoru. Tento motor má zaměněná místa statoru a rotoru. Vinutí se tedy nalézá ve vnějším statoru a permanentní magnety jsou v rotoru.[10]

Napájení vinutí statoru pulsně modulovaným proudem je zajištěno komutátorem. Vinutí statoru je většinou složeno ze tří nebo čtyř svazků závitů, které jsou seřizeny tak, aby hustota toku statoru a rotoru byla přibližně fázově posunuta o 90° . Kromě dalšího vinutí výkonové elektroniky, také využití nových permanentních magnetických materiálů (neodym-železo-bor, samarium-kobalt) zvyšuje cenu těchto motorů.[10]

Motor neobsahuje žádné rotující elektrické části. Uvnitř je stator tvořen lisovanými elektroplechy a tvoří vysokopólové nosiče cívek. Cívky jsou spojeny s výstupem výkonové elektroniky a proud je do statorového vinutí komutován tak, že se motor chová jako stejnosměrný motor s cizím buzením. Regulace motoru je jednoduchá a dokonalá v celém rozsahu otáček. Jelikož je zde vysoké zvětšení výkonu, je nutné statorové vinutí chladit kapalinou. Schéma a řez motorem je znázorněn na obrázku 8.[10]



Obrázek 8 Schéma a řez stejnosměrným motorem bez kartáčů [10]

V následující tabulce 1, je porovnání nejvíce rozšířených trakčních elektromotorů (10=nejlepší).

Tabulka 1 Porovnání různých trakčních elektromotorů [9]

motor	cena	účinnost	hmotnost	rozsah P_{konst}	přetížitelnost	spolehlivost	stav vývoje
stejnoseměrný	10	7	6	10	10	7	10
asynchronní	8	8	6	9	10	9	9
synchronní	8	10	7	10	10	9	8
transversální	7	10	8	8	10	10	7
řízený reluktanční	9	6	7	4	10	9	5
stejnoseměrný bez kartáčů	8	10	10	8	9	10	8

3.2.2 Hybridní automobily

Snaha snížit nevýhody elektromobilů (malý jízdní výkon, doba nabíjení, dojezd) a zajistit pro určité oblasti bezemisní provoz dala za vznik hybridním automobilům. Hybrid je vozidlo, které pro svůj pohon využívá kombinaci několika různých zdrojů energie.[8][14]

Hybridní automobily lze rozdělit dvěma způsoby. První způsob dělení je podle stupně hybridizace, který vypadá následovně.[7]

a) Micro hybrid

Jedná se o vozidlo, kde se elektřina využívá v systémech jako stop-start (vypnutí spalovacího motoru při zastavení) a rekuperační brzdění. Elektrická energie se tedy nevyužívá k pohonu vozidla, ale k dobíjení 12V akumulátoru, což vede ke snížení spotřeby paliva.[7][8]

b) Mild hybrid

Tato vozidla jsou vybavena elektromotorem, který je schopen pracovat jako motor i generátor. Kvůli nízkému výkonu není schopen pohánět automobil samostatně po delší dobu, ale jeho použití spočívá ve výpomoci spalovacímu motoru při rozjezdech, předjíždění nebo pokud by spalovací motor neběžel v ideálním režimu.[17]

c) Full hybrid

Tento hybridní automobil, dokáže jezdit prostřednictvím spalovacího motoru, čistě na elektrický pohon nebo jejich kombinací. Baterie je dobíjena rekuperačí nebo spalovacím motorem. Je možnost si vybrat jaký druh pohonu bude používán, avšak toto konstrukčně náročné řešení se odráží na ceně.[18]

d) Plug-in hybrid

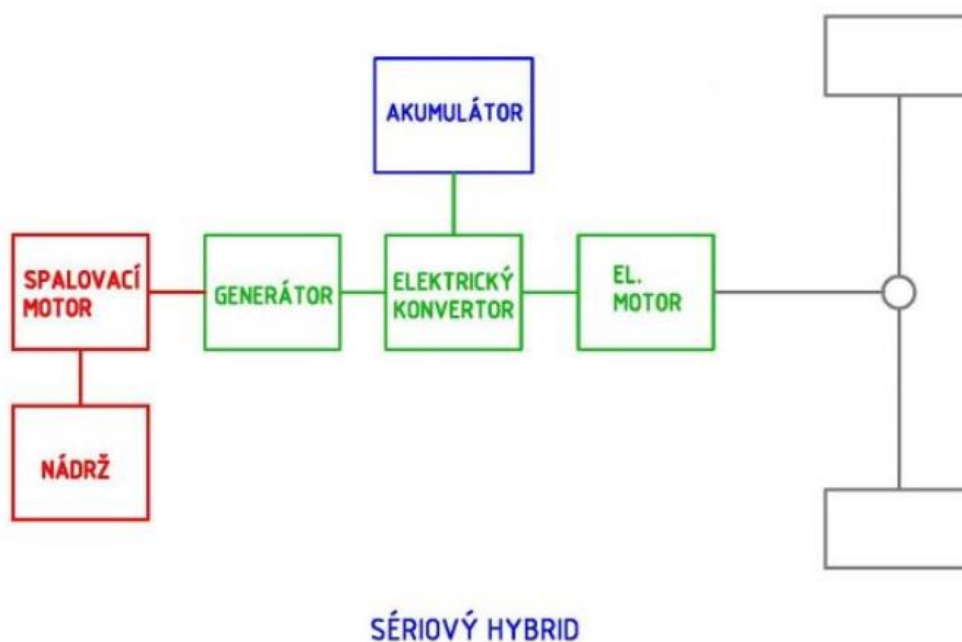
Plug-in hybrid je full hybrid, jehož baterie je možné dobít prostřednictvím kabelu z elektrické sítě. Výhoda je, že na kratší vzdálenosti lze provozovat pouze na elektrický pohon a při delších jízdách není závislý na dobíjecí infrastruktuře. Tento systém zvyšuje efektivitu motoru, což má za následek nižší spotřebu, zlepšuje dynamiku vozu, nabízí funkci rekuperace brzdné energie a snižuje emise výfukových plynů. Toto řešení má i své nevýhody, jako je vyšší hmotnost, složitější konstrukce a v důsledku toho vyšší cena.[7][8][19]

Další způsob dělení hybridů je na základě uspořádání hnacího ústrojí. Při tomto dělení se rozlišují dva druhy.

a) Sériový hybrid

Spalovací motor zde pohání generátor střídavého proudu. Ten jej dodává přes inverter do trakčního akumulátoru. Spalovací motor se tedy používá pro výrobu elektrického proudu a není přímo spojený s poháněnými koly. Pohon zajišťuje elektromotor, který pohání kola přes redukční převod. Uspořádání je zřejmé z obrázku 9.[20]

Velkou výhodou tohoto uspořádání je, že otáčky spalovacího motoru nejsou závislé na otáčkách kol. Spalovací motor tedy funguje v otáčkách, ve kterých má nejvyšší účinnost. Oproti paralelnímu uspořádání má vyšší efektivitu při pomalé přerušované jízdě.[21]



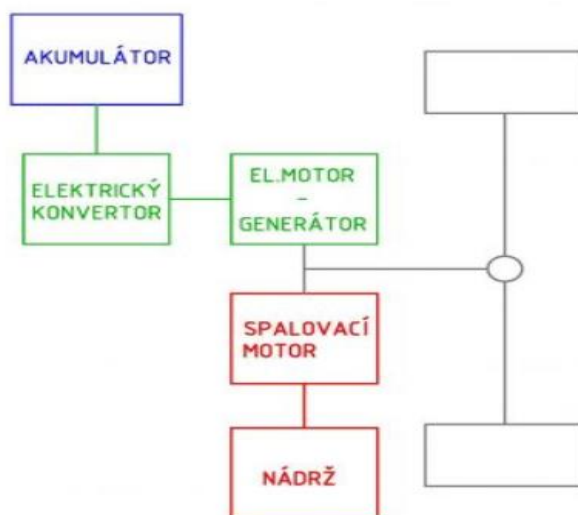
Obrázek 9 Sériový hybrid [21]

b) Paralelní hybrid

U většiny dnešních hybridů se používá toto uspořádání. Hlavní rozdíl oproti sériovému je v tom, že zde je možné použít spalovací motor přímo pro pohon vozidla. Spalovací motor a elektromotor jsou spojeny mechanickou převodovkou konvenčního typu.

Elektromotor/generátor je často umístěn mezi spalovací motor a převodovku viz obrázek 10. Elektrické prvky (např. posilovač řízení, klimatizace) jsou poháněny elektromotorem, a tím je zajištěna větší účinnost spalovacího motoru.[21]

Toto řešení umožňuje pohon čistě na elektřinu i pohon se spalovacím motorem. V kombinovaném provozu je spalovací motor zapnut trvale, teprve při velkém zrychlení se zapojí elektromotor a krátkodobě tak zvýší požadovaný špičkový výkon. Rovněž i při elektrickém provozu může zapnutí spalovacího motoru zlepšit jízdní dynamiku.[10]



Obrázek 10 Paralelní hybrid [21]

3.3 Akumulátory elektromobilů

Akumulátor je elektrochemický zdroj elektrické energie. Galvanický článek mění chemickou energii na elektrickou. Princip spočívá v tom, že dvě elektrody z různých materiálů jsou ponořené v elektrolytu (obvykle kyselina, zásada nebo rozpuštěná sůl), který obsahuje pohyblivé elektricky nabitě částičky. Takto je umožněno vodivé spojení mezi elektrodami. Elektrické napětí je určeno rozdílem elektrických potenciálů na elektrodách. Elektrický potenciál na elektrodách vznikne chemickou reakcí mezi elektrodou a elektrolytem.[10][22]

Zapojením galvanického článku do elektrického obvodu budou uvnitř článku probíhat chemické reakce, kterými se postupně snižuje elektrická energie uložená v článku (vybití). V případě primárního článku je tato reakce nevratná a napětí článku se po vybití nedá obnovit. U sekundárního článku (akumulátor) je tato reakce vratná, tudíž se dá znovu nabít.

Aby bylo na elektrodách dosaženo dostatečně velkého potenciálu a aby měl článek požadované vlastnosti (např. trvanlivost, kapacita), volí se takové kombinace chemických látek, aby byly tyto požadavky splněny.[22]

Jelikož jednotlivé galvanické články vytvářejí velmi malé napětí (desetiny až jednotky voltů), spojují se sériově do baterií. Napětí baterie je pak dáno jako součet jednotlivých propojených galvanických článků.[22]

Trakční baterie jsou centrálním komponentem elektropohonu. Jejich energetická hustota (obsah energie na jednotku hmotnosti) určuje dojezd a jejich výkonová hustota (odnímatelný elektrický výkon na jednotku hmotnosti) určuje rychlost a zrychlení vozidla.

Na trakční baterie je kladeno mnoho požadavků, jako je možnost rychlého nabíjení, dostatečná životnost, umožňovat jízdní výkon více než 50 000 km, dosahovat energetické hustoty alespoň 200 Wh/kg a hustoty výkonu 100 W/kg. Porovnání různých typů baterií je uvedeno v tabulce 2.[10]

Tabulka 2 Přehled údajů jednotlivých typů baterií [10]

Typ baterie	Hustota energie		Výkonová hustota		Životnost	
	Wh/kg	Wh/l	W/kg	W/l	cyklů	let
olovo	30-50	70-120	150-400	350-1000	50-1000	3-5
nikl-kadmium	40-60	80-130	80-175	180-350	>2000	3-10
nikl-metalhydrid	60-80	150-200	200-300	400-500	500-1000	5-10
sodík-niklchlorid	85-100	150-175	155	255	800-100	5-10
lithium-iontová	90-120	160-200	300	300	1000	5-10
lithium-polymer	150	220	300	450	<1000	-
zinek-vzduch	100-220	120-250	100	120	-	-

3.3.1 Olověný akumulátor

Katoda (záporná elektroda) je v nabitém stavu tvořena čistým olovem a anoda (kladná elektroda) kysličníkem olova. Elektrolyt tvoří zředěná kyselina sírová. Vybitím spolu reagují elektrody na síran olovnatý, elektrolyt je ochuzován o kyselinu sírovou a obohacován o vodu. Při nabíjení probíhá tato reakce opačně.

Výhodou olověného akumulátoru je hlavně jeho cena a dlouhodobé praktické zkušenosti. Na druhou stranu je velmi těžký a může akumulovat jen velmi málo energie.

V dnešní době se již olovený akumulátor pro elektrická vozidla nepoužívá. Použití má v běžných automobilech pro startování.[10]

3.3.2 Baterie nikl-kadmium

Lepší volba pro elektrická vozidla oproti oloveným bateriím by byla baterie nikl-kadmiová. Elektrody jsou zde tvořeny z vodivých vláken, které jsou vrstveny niklem. Elektrolyt tvoří vodní roztok hydroxidu draselného.

Vozidlo s těmito bateriemi dosáhne, oproti oloveným bateriím o stejné hmotnosti, delšího dojezdu až o 50 %. Nevýhodou je paměťový efekt a nutnost baterii pravidelně vybíjet, aby bylo dosaženo plné kapacity. Také použití jedovatého kovu kadmia je výhoda proti používání této baterie.[10]

3.3.3 Baterie nikl-metalhydridová

Je podobná baterii nikl-kadmiové. Anoda je na bázi sloučenin niklu, katoda ze slitiny pohlcující vodík. Elektrolyt tvoří zředěný roztok hydroxidu. Mezi tím je separátor naplněný elektrolytem (roztok vápenného nebo lithiového hydroxidu).

Tyto baterie jsou neškodné pro životní prostředí. Mají vyšší výkon i energetickou hustotu než nikl-kadmiové, ale nemohou být tak často nabíjeny a vybíjeny.[10]

3.3.4 Lithium iontová baterie

Tyto baterie se v současnosti používají pro pohon veškerých elektromobilů na trhu. Lithium je nejlehčí kov a má velký elektrochemický potenciál a největší měrnou energii na jednotku hmotnosti. Baterie s kovovou lithiovou zápornou elektrodou jsou schopny poskytnout velmi vysokou energetickou hodnotu.[23]

Lithiové akumulátory využívají pro kladnou elektrodu několik kombinací, jako jsou například lithium-kobalt oxid, lithium-mangan oxid, lithium-nikl dioxid a další. Elektrolyt tvoří nejčastěji hexaflorofosfát v nepolárním organickém rozpouštědle a záporná elektroda je vyrobena z uhlíkového materiálu. Při nabíjení se ionty lithia přesouvají z kladné elektrody na zápornou a při vybíjení jsou opět uvolňovány.[10][24]

Při manipulaci s těmito bateriemi je třeba dbát na opatrnost, aby nedošlo k narušení těsnosti pláště, neboť lithium na vzduchu, zejména při styku s vlhkostí reaguje a degraduje. U novějších typů akumulátorů se používají méně reaktivní materiály, ale i přesto existuje riziko

požáru při propíchnutí článku nebo zkratu jednotlivých vrstev. Další nevýhodou je, že akumulátor postupně ztrácí kapacitu, i když není používán.[24]

Lithium iontových baterií existuje celá řada. Zde jsou uvedeny některé z nich.

a) Lithium kobalt oxid (LiCoO_2) – LCO

Pro svou velkou energetickou hustotu je tento typ využíván v mobilních telefonech, přenosných počítačích a digitálních kamerách. Katodu tvoří oxid kobaltu a anodu grafitový uhlík. Katoda má vrstvenou strukturu a vybíjení a nabíjení probíhá podle principu popsaného výše. Nevýhoda těchto baterií je poměrně krátká životnost, špatná teplotní stabilita a malé možnosti zatížení.[25]

b) Lithium mangan oxid (LiMn_2O_4) – LMO

Struktura minerálů je taková, že zlepšuje proudění iontů, a v důsledku toho se sníží vnitřní odpor. Výhoda je v lepší tepelné stabilitě a vyšší bezpečnosti. Na druhou stranu má menší životnost. Malý vnitřní odpor umožňuje rychlé nabíjení a vybíjení při vysokém proudu.

Využití mají v elektrickém nářadí, lékařských nástrojích, ale také v hybridních a elektrických vozidlech.[25]

c) Lithium nikl mangan kobalt oxid (LiNiMnCoO_2) – NMC

Jedním z nejúspěšnějších Li-ion systémů je právě katodová kombinace nikl-mangan-kobalt. Podstata spočívá v kombinaci niklu a manganu. Nikl má vysokou hustotu energie, ale špatnou stabilitu. Mangan má takovou strukturu, se kterou se dosáhne malého vnitřního odporu, ale nízké hustoty energie. Kombinací těchto prvků se zlepší pozitivní vlastnosti.

Kombinace katody je typicky jedna třetina niklu, jedna třetina manganu a jedna třetina kobaltu. Tato kombinace snižuje náklady na materiál díky snížení obsahu kobaltu. Baterie nachází využití v elektrickém nářadí, elektrokolech a v dalších pohonech.[25]

3.3.5 BMS (Battery Management System)

BMS je elektronické zařízení, které řídí celý bateriový systém. Tento systém zajišťuje, že všechny články v baterii fungují v bezpečných a spolehlivých hodnotách. BMS systém zpracovává vstupní informace, dělá logická rozhodnutí, kterými ovládá baterie a dále dává hlášení o provozním stavu prostřednictvím komunikačních výstupů. BMS vytváří z jednoduchých baterií inteligentní a účinnější bateriový systém. Implementace BMS prodlouží životnost baterií a dojezd vozidla.[2]

Hlavní funkce BMS jsou:

- **Monitorování baterie:** BMS monitoruje základní parametry jako jsou napětí, proud a teploty během nabíjení a vybíjení. Na základě těchto údajů BMS stanoví stav baterie. Informace, které jsou důležité pro řidiče odešle a zobrazí na přístrojové desce.
- **Energy management:** Hlavním cílem této funkce je zajistit napájení důležitých funkcí. Vozidlo se může nacházet v různých režimech, a pro každý z nich jsou prioritní jiné funkce. V jízdním režimu je důležité, aby fungovala veškerá zařízení, která ovládají vozidlo. Pokud je vozidlo zaparkováno, tak systém přepne do režimu spánku a vypne se. Po několika minutách se BMS znovu zapne a z bezpečnostních důvodů provede kontrolu důležitých parametrů baterie.
- **Optimalizace výkonu baterií:** BMS systém zajišťuje, že všechny články v baterii budou nabití na stejnou úroveň, aby byla zajištěna co největší kapacita.
- **Komunikace:** BMS komunikuje s ostatními systémy jako jsou management motoru, bezpečnostní systémy nebo klimatizace.
- **Kontrola nabíjení:** Omezení rychlosti, kterou je elektrický proud přiváděn nebo odváděn z každého článku, tak aby udržel baterii v bezpečné provozní oblasti. To zahrnuje přídatnou ochranu proti nadměrnému nabití, přepětí a hlubokému vybití.
- **Vyrovňávání článků:** V bateriích jsou mezi jednotlivými články malé rozdíly (výrobní tolerance, různé provozní podmínky). Tyto rozdíly mají tendenci se zvětšovat s každým nabíjecím cyklem. Slabší články budou přetížené a to způsobí, že budou ještě slabší, což může vést až k selhání. Tato funkce tomuto zabráňuje tím, že vyrovnává nabití všech článků v baterii.[2]

3.4 Nabíjení

Nabíjení elektromobilu je jeden z největších problémů. Jeho doba, která se může pohybovat od desítek minut až po hodiny, je oproti tankování stále velice dlouhá. Ačkoliv automobil není v provozu 24 hodin denně a právě čas, kdy automobil stojí, by mohl být využit pro nabíjení. S tím je ale spojená potřeba dobíjecích stanic u obchodních center, v obytných zónách apod.

Nabíjení elektromobilu je regulováno normami IEC 61851 a IEC 62196 a tím se definují různé režimy nabíjení a typy připojení potřebného pro nabíjení elektromobilu, které jsou uvedeny dále.[26]

a) Režim 1

Nabíjení probíhá pomalu střídavým proudem ze standardní zásuvky. U jednofázové sítě jsou povolena napětí do 250 V, u třífázové do 480 V. Nabíjení probíhá proudem maximálně 16 A. Vozidlo s nabíjecí stanicí nekomunikuje. Nutná je ochrana pojistkami a ochrana proti zemnímu spojení.[26][27]

b) Režim 2

Také pomalé dobíjení střídavým proudem ze standardní zásuvky, ale vedení je uskutečňováno systémem IC-CPD (In-Cable Control and Protection Device), který zajišťuje bezpečnost a komunikaci s vozidlem, a tak řídí proces nabíjení. Maximální nabíjecí proud dosahuje 32 A a výkon 22 kW.[26][27]

c) Režim 3

V tomto režimu nabíjení probíhá střídavým proudem u nabíjecí stanice nebo wallboxu, ve kterých již jsou zahrnuty ochranné prvky. Probíhá zde komunikace mezi vozidlem a stanicí. Maximální proud, kterým lze vozidlo nabíjet je 63 A.[27]

První tři režimy nabíjení probíhají střídavým proudem a převodník AC/DC, který přeměňuje střídavý proud na stejnosměrný, který je nutný k dobití baterie, se nachází ve vozidle.[27]

d) Režim 4

Na rozdíl od prvních tří režimů zde nabíjení probíhá stejnosměrným proudem, kterým je možnost přenášet velký výkon během krátké doby. Převodník AC/DC se nachází v dobíjecí stanici. Kontakty a vodiče jsou uzpůsobeny k přenosu nabíjecího výkonu až 250 kW. Nabíjení stejnosměrným proudem se nazývá rychlonabíjení. Pokud se integruje chlazení, je možné dosáhnout výkonu až 400 kW, což se nazývá ultrarychlé nabíjení.

Z důvodu vysokých nabíjecích výkonů jsou zavedené větší bezpečnostní požadavky.[27]

3.5 Druhy nabíjecích konektorů

V zásadě se rozlišují dvě velké skupiny typů konektorů, a to pro nabíjení střídavým nebo stejnosměrným proudem. Pro standardní nabíjení, tedy střídavým proudem, jsou používány tyto typy.

a) Typ 1 J1772, SAE J1772

Tento typ se používá v Severní Americe a Japonsku.

Má pět kolíků. Dva z nich jsou používány pro komunikaci mezi vozidlem a dobíjecí stanicí a určují velikost dobíjecího proudu a zabraňují vozidlu v pohybu, když je připojené. Zbývající tři kolíky se používají pro nabíjení a uzemnění viz obrázek 11.[28]



Obrázek 11 Nabíjecí konektor - Typ 1 [29]

b) Typ 2 IEC 62196, Mennekes

Standardní konektor pro celou Evropu.

Má sedm kolíků. Dva opět zajišťují komunikaci s vozidlem, další dva uzemnění a zbylé tři nabíjení. Právě díky tomu, že jsou pro nabíjení k dispozici 3 kolíky, umožňuje třífázové nabíjení viz obrázek 12.[28]



Obrázek 12 Nabíjecí konektor - Typ 2 [30]

Další skupinou jsou konektory pro rychlonabíjení, pro které je využíván stejnosměrný proud. Tyto konektory jsou uvedeny dále.

a) CHAdeMO

Název vznikl spojením slov „CHARGE de MOve“, což by se dalo volně přeložit jako nabití pro pohyb. Tímto systémem dokáže elektřina téct oběma směry, tudíž může být použit pro nabíjení vozidla, ale i opačně například jako zásobník energie pro jiné spotřebiče. Je používán japonskými výrobci automobilů Mitsubishi, Nissan a Toyota. Konektor lze vidět na obrázku 13.[28][31]



Obrázek 13 Nabíjecí konektor – CHAdeMO [28]

b) Typ CCS (Combined Charging System)

Tento typ vznikl kombinací s jinými konektory. Existují dva typy těchto konektorů. CCS typ 1 vznikl kombinací konektoru J1772 s přídatnými kolíky pro rychlonabíjení viz obrázek 14. Tento typ se využívá v Severní Americe. V Evropě se používá konektor CCS

typ 2, který kombinuje Typ 2 Mannekes s přídatnými kolíky viz obrázek 15. Je využíván výrobci jako Audi, BMW, Porsche a Volkswagen.

Tento systém je vytvořen tak, aby umožňoval nabíjení stejnosměrným i střídavým proudem.[32][33]



Obrázek 14 Nabíjecí konektor - CCS typ 1 [32]

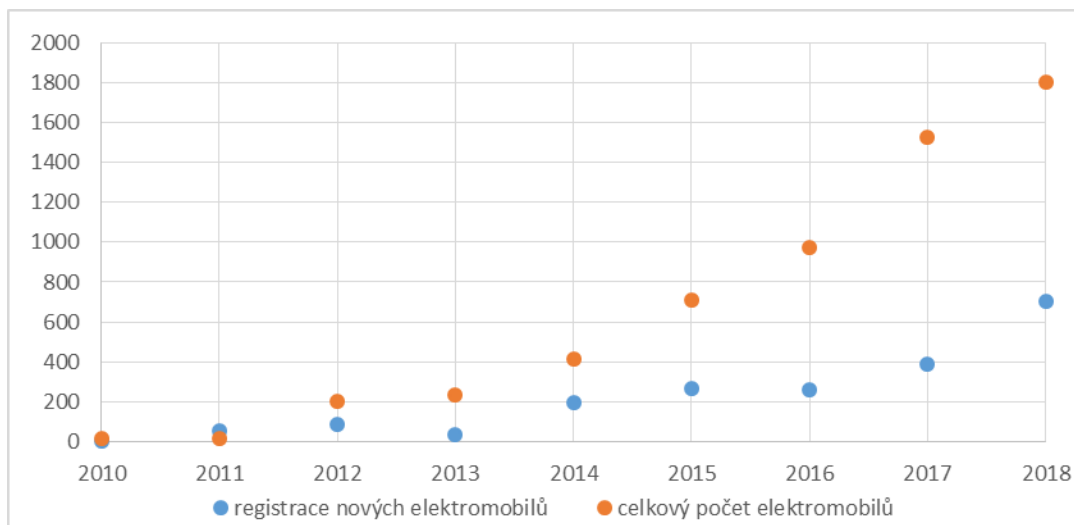


Obrázek 15 Nabíjecí konektor - CCS typ 2 [32]

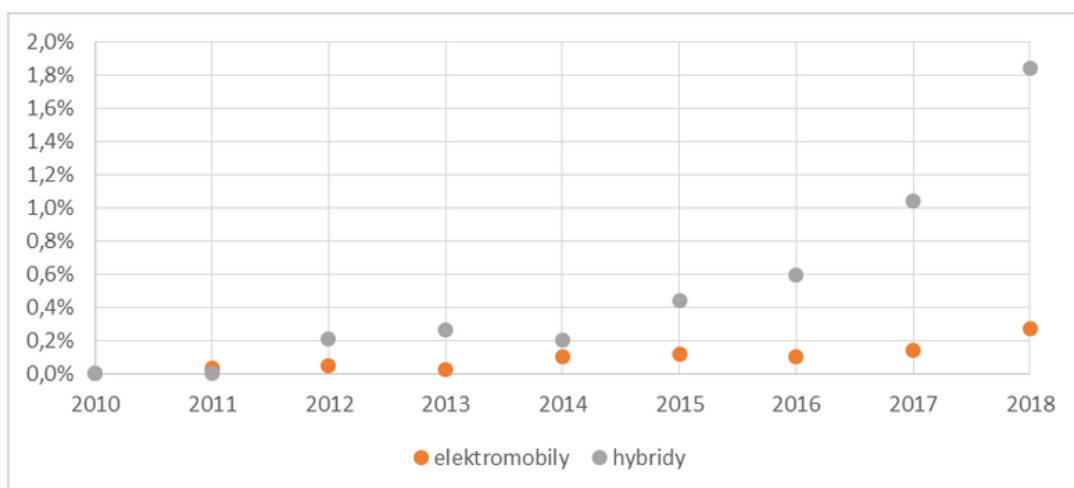
3.6 Elektromobilita v České republice

Počet osobních automobilů poháněných výhradně elektřinou v posledních letech roste. V roce 2019 bylo nově zaregistrováno 636 elektromobilů (přibližně 0,25 % ze všech osobních automobilů), což je znázorněno na obrázku 17, zatímco v letech 2010-2011 byly nově registrovány pouze jednotky. Velký nárůst oproti roku 2018 zaznamenaly hybridní vozy, kterých bylo nově zaregistrováno 8 346, což je o 73 % více (z toho 466 plug-in hybridů).

Na obrázku 16 lze pozorovat celkový počet osobních elektromobilů v porovnání s počty registrací nových osobních elektromobilů.[34][35]



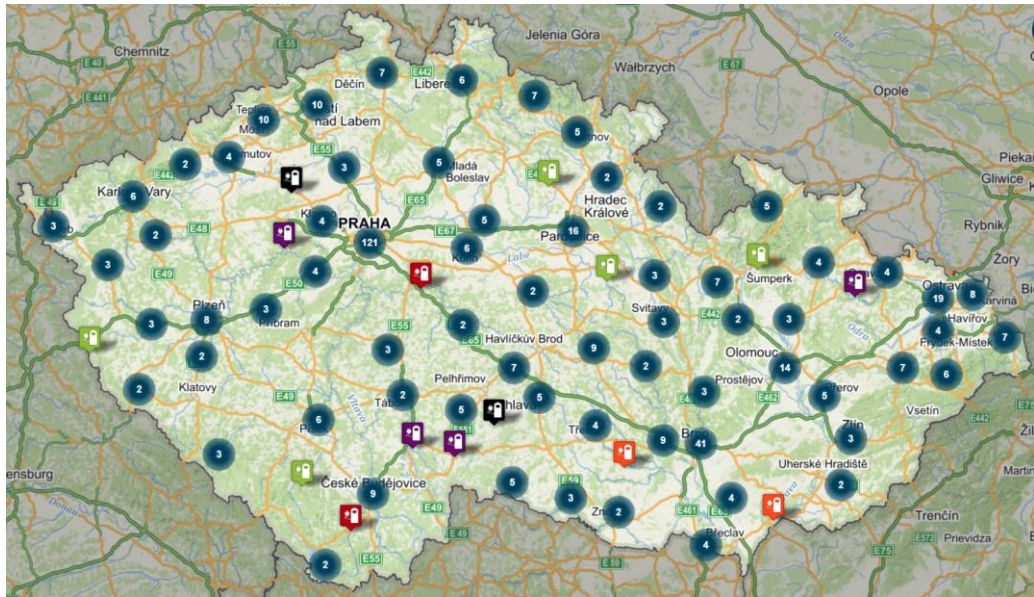
Obrázek 16 Graf celkových počtů osobních elektromobilů v ČR v porovnání s počty registrací nových osobních elektromobilů v letech 2010 až 2018 [34]



Obrázek 17 Graf podílů registrovaných nových osobních elektromobilů a hybridů na celkovém počtu všech registrací nových osobních automobilů v ČR [34]

3.6.1 Infrastruktura dobíjecích stanic

Aby se elektromobilita mohla dál rozvíjet, je klíčové zajistit kvalitní infrastrukturu pro dobíjení. V současné době je v České republice přibližně 400 veřejných dobíjecích stanic (rozmístění je na obrázku 18), ale jejich počet se bude i s podporou Ministerstva dopravy zvyšovat. Mezi provozovatele s nejrozsáhlejší sítí u nás patří společnosti ČEZ, E.ON A PRE. Na následujícím obrázku 18 je vidět současná vybudovaná síť.[36]



Obrázek 18 Mapa dobíjecích stanic v ČR [37]

3.6.1.1 ČEZ

Skupina ČEZ nabízí komplexní řešení elektromobility. V rámci jejich služby je možné si koupit elektromobil (na výběr z pěti vozů) a wallbox pro domácí nabíjení. Dále nabízejí kontrolu robustnosti elektroinstalace pro domácí nabíjení a čip pro dobíjení ve veřejných stanicích. Společnost ČEZ ESCO nabízí další služby pro firmy, městskou správu nebo kraje, jako je například návrh a instalace dobíjecích stanic na klíč, elektrifikace vozového parku, platformy pro dobíjení, pronájmy či prodeje elektromobilů atd.[34]

ČEZ je provozovatelem nejrozsáhlejší sítě veřejných dobíjecích stanic pro elektromobily v České republice. Síť veřejných dobíjecích stanic se začala budovat v roce 2012 a nyní je ČEZ provozovatelem více než 160 dobíjecích stanic (z toho 100 rychlodobíjecích).[38]

ČEZ nabízí několik typů dobíjení. Rychlodobíjecí stanice, které jsou vybaveny DC konektory s nabíjecími standardy CHAdeMO a CCS, umožňují nabíjení s výkonem až do 50 kW. Tímto způsobem je možné dobít baterii běžného vozidla na 80 % kapacity za 20 až 30 minut. Další možností rychlého nabíjení je AC nabíjení se standardním konektorem Mennekes, který umožňuje nabíjení s výkonem až do 22 kW. Takto nabíjení baterie trvá déle, 1-3 hodiny. Jako poslední jsou k dispozici stanice běžného dobíjení, které jsou vybaveny dvěma nezávislými zásuvkami se standardem Mennekes o parametrech dobíjení 32A/400V nebo 16A/400V.[39]

Na obrázku 19 je vidět struktura dobíjecích skupiny ČEZ. Oranžově jsou vyznačeny rychlodobíjecí stanice a šedě standardní stanice.



Obrázek 19 Mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ [40]

3.6.1.2 E.ON

E.ON v České republice provozuje více než 40 dobíjecích stanic (viz obrázek 20) a rychle se budují další. Má v provozu jak standardní nabíjecí stanice, tak rychlodobíjecí. E.ON má na českém území také ultrarychlou dobíjecí stanici, kterou lze standardní elektromobil dobít z nuly na 80 % kapacity přibližně za 10 minut, tedy o třetinu rychleji než pomocí klasické rychlodobíjecí stanice.[41]

E.ON buduje dobíjecí stanice i v rámci projektu Next-E, díky kterému se Česká republika zapojí do celoevropské sítě dobíjecích stanic a za podpory Evropské unie vznikne 252 nových dobíjecích stanic (z toho 30 ultrarychlých). Společnost taktéž nabízí firmám, které se rozhodnout do elektromobility investovat, pomoc s výběrem vyhovujícího řešení a instalací celého systému. K tomu je nabízen nepřetržitý servis.[42]

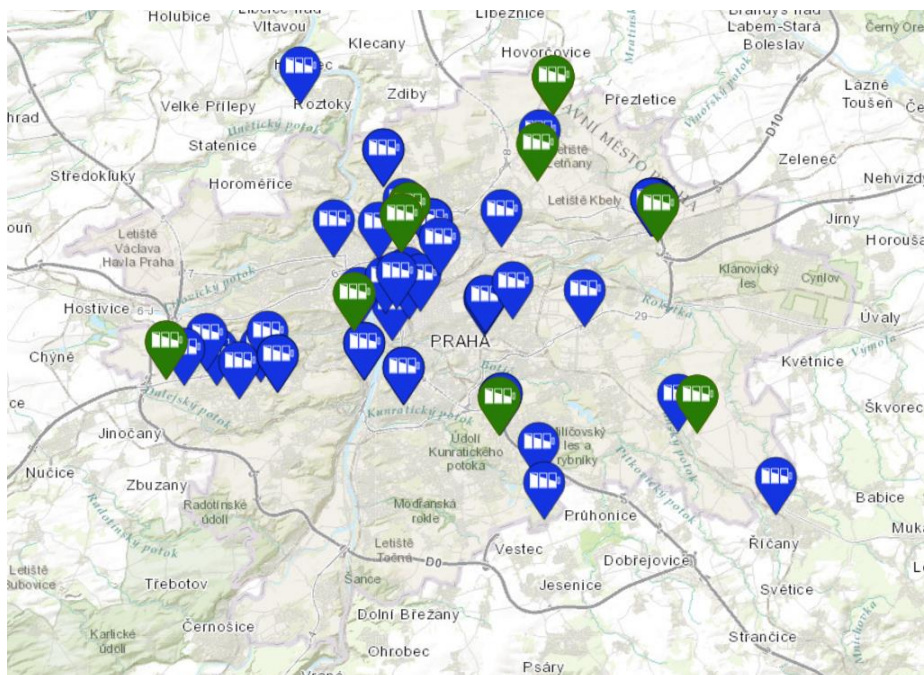


Obrázek 20 Mapa dobíjecích stanic E.ON [43]

3.6.1.3 PRE

Pražská energetika provozuje po Praze přes 90 dobíjecích bodů a dále se rozšiřuje. V centru Prahy se nachází standardní dobíjecí stanice, na kterých lze vozidlo nabít během tří až čtyř hodin. Na výjezdech z Prahy se pak nacházejí rychlodobíjecí stanice. Infrastrukturu dobíjecích stanic v Praze lze vidět na obrázku 21. PRE pro své dobíjecí stanice využívá elektřinu výhradně z obnovitelných zdrojů. Pražská energetika se ale nesoustředí pouze na Prahu. Pátevní síť PRE zajistí, že zejména v TEN-T koridoru (Transevropská dopravní síť) vznikne síť rychlodobíjecích stanic napříč ČR.[44][45]

Mezi další zajímavá řešení této společnosti patří takzvané chytré lampy. Jedná se o lampy veřejného osvětlení, ze kterých by byl vyveden konektor na dobíjení. Podle společnosti PRE je tato vize možným řešením, jelikož infrastruktura již existuje a není třeba zahlcovat město dalšími sloupky. Že je to možné se potvrdilo v rámci pilotního projektu, kde se na Praze 2 postavilo 6 chytrých lamp. Tyto lampy neposkytují pouze možnost nabíjení, ale také Wi-Fi a monitoring stavu životního prostředí.[45]



Obrázek 21 Mapa dobíjecích stanic PRE v Praze [46]

V České republice existují i jiní poskytovatelé, jako například společnost Ionity, která zde provozuje jednu ultrarychlou dobíjecí stanic, nebo Tesla, která zde provozuje 4 dobíjecí stanice Tesla supercharger a další dvě plánuje. U těchto stanic je ale možné nabíjet pouze vozidla značky Tesla.

3.7 Dopad na distribuční síť

Kromě útlumu výroby elektrické energie z fosilních paliv, nástupem obnovitelných zdrojů a dalších bezemisních zdrojů, tak i masivní rozšíření elektromobility způsobí, že odvětví výroby, rozvodu a skladování elektrické energie bude muset projít významnou transformací.[47]

Česká republika je čistým vývozcem elektrické energie (za rok 2017 vyvezla 13 TWh elektrické energie). Podle odhadů společnosti Deloitte by mělo v roce 2030 na českých silnicích jezdit asi 8 % elektromobilů. Toto množství elektromobilů společně s plug-in hybridy spotřebují (při průměrné spotřebě 18 kWh na 100 km a ztrátách při nabíjení 15 %) 1,6 TWh. Což jsou asi 2 % čisté výroby elektřiny v ČR.[47]

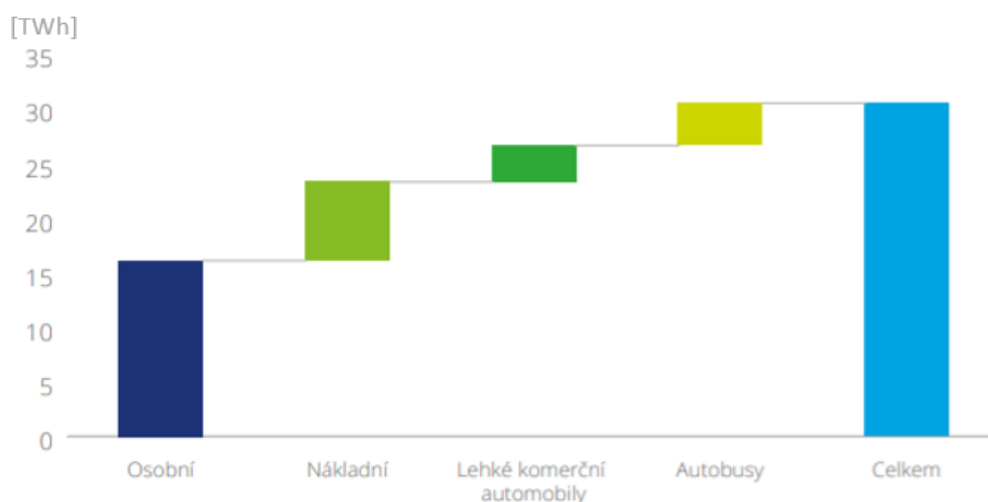
Pokud by došlo ke kompletní elektrifikaci současného vozového parku ČR (podle Pařížské klimatické dohody by k tomu mělo dojít okolo roku 2050), významně by vzrostla spotřeba elektřiny. Podle výpočtů Deloitte by se po kompletní elektrifikaci současného vozového parku zvýšila spotřeba elektřiny o 30,5 TWh (38 % čisté výroby v ČR), tedy o

234 % současného přebytku energetické bilance. To by znamenalo, že bez instalace nových výrobních kapacit, by se musela elektrická energie do ČR dovážet. Navíc z důvodu klimaticko-energetických cílů EU bude muset ČR vyřadit několik uhelných elektráren.[47]

Na druhou stranu je předpoklad, že řada majitelů elektromobilů bude instalovat fotovoltaické panely na střechy svých rodinných domů a využívat elektřinu z nich a jen málo ze sítě. Navíc se velká část elektromobilů bude dobíjet přes noc, kdy je obvykle převis výroby nad poptávkou. Kvůli decentralizaci výroby energií se zvýší nároky na přenosovou a distribuční síť a pružnost velkých zdrojů vykrývat výkyvy ve spotřebě a výrobě.[47]

Při průměrné spotřebě 18 kWh / 100 km, ztrátách při nabíjení 15 % a ročním nájedzu 12 000 km by 5,3 mil. osobních automobilů (podle průměrné penetrace osobními automobily EU) mělo čistou spotřebu elektřiny 16,1 TWh, což je 123 % současného přebytku energetické bilance. Roční spotřeba energie lehkých užitkových vozů by při průměrné spotřebě 27 kWh / 100 km a ročním nájedzu 16 000 km vycházela po nahrazení všech 547 000 lehkých užitkových vozidel na 3,3 TWh (25 % ročního přebytku). V případě nahrazení 20 000 autobusů, při spotřebě 90 kWh / 100 km a ročním nájedzu 150 000 km by spotřeba činila 3,8 TWh ročně (29 % ročního přebytku). Při nahrazení nákladních automobilů vychází spotřeba na 7,3 TWh.[47]

Na obrázku 22 lze vidět jaká by byla spotřeba elektrické energie v TWh po kompletním nahrazení vozového parku elektromobily (včetně dodávek, autobusů a nákladních automobilů).



Obrázek 22 Graf spotřeby elektrické energie po kompletním nahrazení všech automobilů se spalovacími motory elektromobily [47]

Důsledky rychlého masového rozšíření elektromobility jsou vidět například v Norsku, kde se díky vládním dotacím elektromobility poměrně rychle masově rozšířila. Kromě pozitiv jako například výrazné snížení produkce skleníkových plynů, přinesla i negativa, a to proudové nárazy v distribuční soustavě elektřiny, které způsobují poklesy v síti.[48]

Díky pomalému rozvoji elektromobility v České republice mají energetické společnosti příležitost připravit distribuční síť na masové rozšíření. V rámci těchto příprav bylo společností E.ON provedeno měření zpětného vlivu nabíjení elektromobilů. Měření probíhalo na nabíjecím stojanu, který poskytuje rychlé i pomalé nabíjení. Stanice se nachází přímo u distribučního transformátoru a je zapojena na samotné vývodové pole. Měření probíhalo měsíc a za celou dobu nedošlo k vychýlení fázových napětí mimo povolenou toleranci. Síť je tedy v tomto místě dostatečně tvrdá a proudové rázy při sepnutí nabíjení s napětím nepohnuly. Ukázalo se tedy, že pokud je stanice umístěna v blízkosti dostatečně výkonného transformátoru, nedojde k žádné větší výchylce.[48]

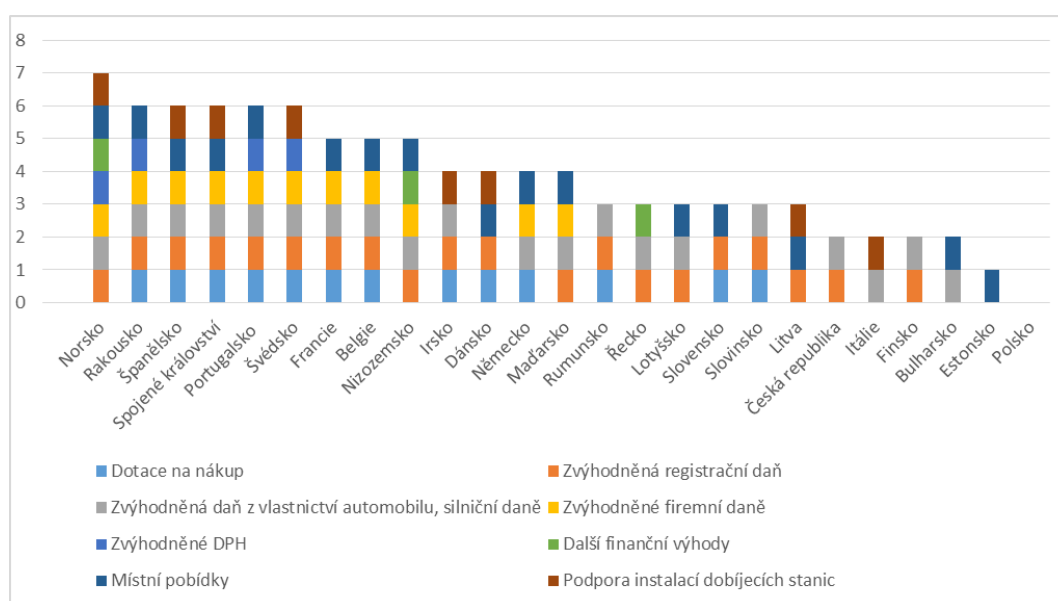
3.8 Státní podpora elektromobility

Největšími podporovateli elektromobility jsou severské země, hlavně pak Norsko. Právě tam je elektromobilita nejvíce rozšířená a zásluhy jsou za to přičítány, kromě jiného, mnoha státním podporám, jako jsou například úlevy z placení mýtného a trajektů, daní na pořízení nového automobilu a DPH, nízká silniční daň, parkování ve městech zdarma, možnost využívat pruhy pro autobusy, 50 % snížení daně na firemní auta a výjimka z placení 25 % DPH na leasing, veřejná podpora organizací, které mohou poskytnout spotřebitelům o elektromobilech relativní informace. Také veřejné podpory na rozvoj výstavby infrastruktury dobíjecích stanic zvyšují poptávku po elektromobilech.[34]

Další způsob podpory je takzvaný systém bonus-malus, který zavádí daň či poplatek na pořízení nebo registraci vozidla méně čistého a na druhé straně poskytuje dotace či daňový kredit na poskytnutí čistší technologie. Tento systém je uplatňován v části Belgie a ve Francii, kde je nákup elektromobilu podpořen určitou částkou, zatímco nákup automobilu s vysokými emisemi je penalizován.[34]

Dalším významným politickým nástrojem k rozšíření elektromobility je podpora budování dobíjecích stanic, dále podpora vývoje a výzkumu. Jelikož s dostatečně kvalitní infrastrukturou míst pro dobíjení, zkrácení doby nabíjení a prodloužení délky dojezdu zvýší zájem o elektromobil.[34]

Na následujícím obrázku 23 jsou vidět druhy podpor různých států EU.



Obrázek 23 Graf druhů podpor elektromobility v jednotlivých státech EU [34]

V České republice není žádná forma dotací na elektromobily pro fyzické osoby, ale pouze pro firmy. Ty mohou získat podporu na rozšiřování nabíjecí infrastruktury a pořízení elektromobilu. Míra podpory se odvíjí od velikosti podniku. Na pořízení osobních vozidel kategorie M1 je 30 % pro malé, 25 % pro střední a 20 % pro velké podniky ze způsobilých výdajů. Na kategorie vozidel L, M2, M3, N1, N2 je pak podpora 40 % pro malé, 35 % pro střední a 30 % pro velké podniky ze způsobilých výdajů.[49]

I když fyzické osoby nemají v České republice žádné přímé dotace, stále zde existují nějaké výhody. Majitelé elektromobilů mají od roku 2020 dálniční známku zdarma. Dále existují výhody na městské úrovni, kdy například v Praze mají elektromobily parkování v modré zóně zdarma.

4 Závěr

Nulové lokální emise a následné snížení ekologické zátěže je jedním z hlavních důvodů zavádění elektromobility. Dále ji posouvají do popředí stále se zpřísnující emisní standardy nebo hrozící nedostatek ropy.

Elektromobil má mnohé výhody, jako je například levnější provoz. Dále pak také levnější údržba díky celkově jednodušší konstrukci elektromobilu. Přes mnohé výhody existuje i mnoho nevýhod, které brání masivnějšímu rozšíření elektromobilů. Mezi ně patří například krátký dojezd a s ním spojená dlouhá doba nabíjení, která se nemůže srovnávat

s rychlostí tankování. Jedním z největších problémů, který brání rozvoji elektromobilů je baterie, zejména pak její cena. S lithiovými bateriemi, které se v elektromobilech využívají, se pojí i další problémy, jako je například těžba samotného lithia, kterého je pouze omezené množství.

Elektromobilita do budoucna dává smysl, avšak většímu rozvoji v současnosti brání hlavně infrastruktura dobíjecích stanic, doba nabíjení a nepřipravenost distribučních sítí. Další problém, který omezuje rozšíření je cena samotného elektromobilu, která je mnohem vyšší než u konvenčního automobilu se spalovacím motorem.

Elektromobilita je stále na začátku svého vývoje a po vyřešení problémů s bateriemi a vybudováním dostatečné dobíjecí infrastruktury jistě zaznamená značné rozšíření.

5 Seznam použité literatury

- [1] EHSANI, Mehrdad, Yimin GAO, Stefano LONGO a Kambiz EBRAHIMI. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2018]. ISBN 978-1-4987-6177-2.
- [2] *Advanced hybrid and electric vehicles*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-319-26304-5.
- [3] *Historie elektromobilů: 1. díl – úsvit elektromobilů | fDrive.cz. fDrive.cz – Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti [online]. Copyright © 2020 24net s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>*
- [4] *Vědecké okénko: Na cestě do historie elektromobility, díl 1. aneb jak to všechno začalo - Elektrickévozy.cz. Elektrickévozy.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/vedecke-okenko-na-cestedo-historie-elektromobility-dil-1-aneb-jak-to-vsechno-zacalo>*
- [5] *Elektromobily jezdily po silnicích už před 100 lety, jejich čas ale přichází teprve nyní | Hybrid.cz. Hybrid.cz | Elektromobily, elektrokola, elektroskútry, auta na plyn CNG, LPG, testy [online]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/elektromobily-jezdily-po-silnicich-uz-pred-100-lety-jejich-cas-ale-prichazi-teprve-nyni>*
- [6] *První český elektromobil z roku 1895 měl hybridní pohon, který používá BMW i3 | ecoFuture. Magazín | ecoFuture [online]. Copyright © E.ON 2019 [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanky/prvni-cesky-elektromobil-vznikl-v-roce-1895-a-mel-hybridni-pohon-ktery-pouziva-bmw-i3>*
- [7] *Druhy elektromobilů – znáte je všechny? - ŠKODA Storyboard. [online]. Copyright © ŠKODA AUTO a.s. 2020 [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/mobilita/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>*
- [8] KHAJEPOUR, Amir, M. Saber FALLAH a Avesta GOODARZI. *Electric and hybrid vehicles: technologies, modeling, and control : a mechatronic approach*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley, 2014. ISBN 9781118341513.
- [9] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [10] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-127-6
- [11] STEJNOSMĚRNÉ STROJE. *Fei1.vsb.cz [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_stejnosmerne_stroje_bc.pdf*
- [12] How a DC motor works? *ElectricalEasy [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.electricaleasy.com/2014/01/basic-working-of-dc-motor.html>*

- [13] 1 OBSAH 2 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR. 2.1 Princip. *Docplayer* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11891771-1-obsah-2-stejnosmerny-motor-2-1-princip.html>
- [14] VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel : alternativní pohony : komfortní systémy : řízení dynamiky : informační systémy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
- [15] ASYNCHRONNÍ MOTORY. *Projekty.osu.cz* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://projekty.osu.cz/irp2016/Asynchronni%20motory.pdf>
- [16] ASYNCHRONNÍ STROJE. *Fei1.vsb.cz* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/Asynchronni%20stroje-FAST.pdf>
- [17] Hybridní systémy pro pohon automobilů. *OENERGETICE.CZ* [online]. 27. 10. 2015 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/elektromobilita/hybridni-systemy-pro-pohon-automobilu>
- [18] Full hybrid. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/full-hybrid/>
- [19] Plug-in hybrid. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/plug-in-hybrid/>
- [20] Není hybrid jako hybrid. Čím se jednotlivé systémy liší? | Auto.cz. Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/neni-hybrid-jako-hybrid-cim-se-jednotlive-systemy-lisi-100314>
- [21] Hybridní automobily 2 | baracudaj.blog.auto.cz. Blog.auto.cz [online]. Copyright © 2019 Copyright CZECH NEWS CENTER a.s. a dodavatelé obsahu. [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://blog.auto.cz/baracudaj/2008-08/hybridni-automobil-2/>
- [22] Proelektrotechniky.cz: elektrotechnika pro odborníky. *Proelektrotechniky.cz* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/17.php>
- [23] Lithium-based Batteries Information – Battery University. Basic to Advanced Battery Information from Battery University [online]. Copyright © 2020 Isidor Buchmann. All rights reserved. Site by [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/lithium_based_batteries
- [24] Lithiové akumulátory: Přehled základních typů a jejich vlastností, *Tzb-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/>
- [25] Types of Lithium-ion Batteries – Battery University. Basic to Advanced Battery Information from Battery University [online]. Copyright © 2020 Isidor Buchmann. All rights reserved. Site by [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/types_of_lithium_ion

- [26] Technické informace k nabíjecím stanicím | CIRCONTROL.CZ. Nabíječky elektromobilů Circontrol | CIRCONTROL.CZ [online]. Dostupné z: <https://www.circontrol.cz/technicke-informace/>
- [27] Režimy nabíjení. *Phoenix contact* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: https://www.phoenixcontact.com/online/portal/sk?1dmy&urile=wcm:path:/skcs/web/main/solutions/subcategory_pages/E_Mobility_charging_methods_charging_modes/a2fad0f3-f69e-442d-af9a-2f81eab201ea
- [28] Plug types. *JET CHARGE* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://jetcharge.com.au/resources/ev-guide/vehicle-plug-types>
- [29] How the J1772 charging standard for plug-in vehicles works. *EDN* [online]. 17. 9. 2013 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.edn.com/how-the-j1772-charging-standard-for-plug-in-vehicles-works/>
- [30] Manguera Cable Tipo 2: Tipo 2 Mennekes-Mennekes. *Efimarket* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.efimarket.com/cable-mennekes-iec-62196>
- [31] Charging point connector types: Explained. *Electric car home* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>
- [32] Plug wars: Which plug will your EV use? *Renew: Technology for a sustainable future magazine* [online]. 25. 10. 2017 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://renew.org.au/renew-magazine/electric-vehicles/plug-wars-which-plug-will-your-ev-use/>
- [33] Electric vehicle charging: Definitions and explanation. *Nklnederland* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: https://www.nklnederland.com/uploads/files/Electric_Vehicle_Charging_-_Definitions_and_Explanation_-_january_2019.p
- [34] Rozvoj trhu s elektromobily v České republice: veřejná podpora a zkušenosti ze zahraničí. *Tzb-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. 14. 5. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/19010-rozvoj-trhu-s-elektromobily-v-ceske-republice-verejna-podpora-a-zkusenosti-ze-zahranici>
- [35] KOMENTÁŘ KE STATISTICE VOZIDEL REGISTROVANÝCH V ČR V OBDOBÍ 1-12/2019. *Svaz dovozců automobilů* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: http://portal.sda-cia.cz/clanky/download/2020_01_tiskovka-2019-12.pdf
- [36] Dobíjecí stanice v Česku: Ultrarychlá stanice vyjde i na desetinásobek. *Elektrina.cz* [online]. 20. 11. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/dobijeci-stanice-v-cesku>
- [37] Mapa dobíjecích stanic pro elektromobily. *Nabijto.cz* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.nabijto.cz/>
- [38] SÍŤ RYCHLODOBÍJECÍCH STANIC ČEZ SE ZDVOJNÁSOBÍ. ZA PODPORY OPERAČNÍHO PROGRAMU DOPRAVA VZNIKNE DALŠÍCH 125 STANIC. *Skupina ČEZ* [online]. 1. 8. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/sit-rychlodobijecich-stanic-cez-se->

- zdvojnásobí.-za-podpory-operacního-programu-doprava-vznikne-dalsich-125-stanic-59599
- [39] TECHNOLOGIE DOBÍJECÍCH STANIC: Typy dobíjecích stanic sítě ČEZ. *EMobilita: Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/cs/technologie-dobijecich-stanic>
- [40] DOBÍJECÍ STANICE SKUPINY ČEZ. *EMobilita: Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/2019/12/cez_mapads_210x297mm_201912_cz.pdf
- [41] E.ON otevřel první ultrarychlou dobíjecí stanici elektromobilů v ČR s výkonem až 175 kW. *HYBRID.CZ* [online]. 30. 8. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/eon-otevrel-prvni-ultrarychlou-dobijeci-stanici-elektromobilu-v-cr-s-vykonem-az-175-kw>
- [42] Elektromobilita změní nejen energetiku, ale i celý automobilový průmysl. *Technika a trh* [online]. 2019, **2019**, 6-7 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://casopis.technikaatrh.cz/tt-technika-a-trh-special-elektromobilita-2019/e-on-elektromobilita-zmeni-nejen-energetiku-ale-i-cely-automobilovy-prumysl/>
- [43] Co je to eMobilita. *E.ON Elektromobilita* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/o-nas/energie-plus/emobilita/emobilita-informace#menu>
- [44] ELEKTRINA V NAŠICH DOBÍJECÍCH STANICÍCH JE Z ČISTÝCH ZDROJŮ. *Svět průmyslu* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://svetprumyslu.cz/2019/04/15/elektrina-v-nasich-dobijecich-stanicich-je-z-cistych-zdroju/>
- [45] Popovídali jsme si s Vojtěchem Friedem, který v PRE vede oddělení elektromobility. *FDrive.cz* [online]. 29. 07. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/popovidali-j sme-si-s-vojtechem-friedem-ktery-v-pre-vede-oddeleni-elektromobility-4076>
- [46] Mapa dobíjecích stanic PREpoint. *PREmobilita* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/mapa-dobijecich-stanic-prepoint/>
- [47] Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu. *Deloitte* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitte-analytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>
- [48] Jak e-mobilita ovlivní distribuční síť? *EcoFuture* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanky/jaky-vliv-bude-mit-elektromobilita-na-ceskou-distribucni-sit>
- [49] Firmy mohou získat podporu na rozšiřování nabíjecí infrastruktury a pořízení elektromobilů. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. 2. 12. 2019 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/aktualni-informace/firmy-mohou-ziskat-podporu-na-rozsirovani-nabijeci-infrastruktury-a-porizeni-elektromobilu--251128/>

6 Seznam obrázků

Obrázek 1 Motor vně kola, pohon zadních kol	6
Obrázek 2 Motor vně kola, pohon předních kol.....	6
Obrázek 3 Dva motory vně kola, pohon předních kol.....	7
Obrázek 4 Motory uvnitř kola, pohon všech kol.....	7
Obrázek 5 Schéma stejnosměrného motoru [13].....	9
Obrázek 6 Charakteristiky paralelního a sériového elektromotoru [9]	9
Obrázek 7 Řízený reluktanční motor [10]	11
Obrázek 8 Schéma a řez stejnosměrným motorem bez kartáčů [10]	12
Obrázek 9 Sériový hybrid [21]	14
Obrázek 10 Paralelní hybrid [21]	15
Obrázek 11 Nabíjecí konektor - Typ 1 [29]	21
Obrázek 12 Nabíjecí konektor - Typ 2 [30]	22
Obrázek 13 Nabíjecí konektor – CHAdeMO [28].....	22
Obrázek 14 Nabíjecí konektor - CCS typ 1 [32]	23
Obrázek 15 Nabíjecí konektor - CCS typ 2 [32]	23
Obrázek 16 Graf celkových počtů osobních elektromobilů v ČR v porovnání s počty registrací nových osobních elektromobilů v letech 2010 až 2018 [34].....	24
Obrázek 17 Graf podílů registrovaných nových osobních elektromobilů a hybridů na celkovém počtu všech registrací nových osobních automobilů v ČR [34]	24
Obrázek 18 Mapa dobíjecích stanic v ČR [37].....	25
Obrázek 19 Mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ [40].....	26
Obrázek 20 Mapa dobíjecích stanic E.ON [43].....	27
Obrázek 21 Mapa dobíjecích stanic PRE v Praze [46].....	28
Obrázek 22 Graf spotřeby elektrické energie po kompletním nahrazení všech automobilů se spalovacími motory elektromobily [47]	29
Obrázek 23 Graf druhů podpor elektromobility v jednotlivých státech EU [34].....	31

7 Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání různých trakčních elektromotorů [9].....	13
Tabulka 2 Přehled údajů jednotlivých typů baterií [10].....	16