

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Koncepce pohonu elektrovozidel

bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Autor práce: Jan Krafek

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Krafek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Koncepce pohonu elektrovozidel

Název anglicky

Electromobile powertrain concept

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se koncepcí pohonu elektrovozidel.

Metodika

1. Prostudovat základní literaturu v dané oblasti.
2. Vlastní rozbor problematiky pohonu elektrovozidel.
3. Předpokládaný vývoj v dané oblasti.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran formátu A4

Klíčová slova

elektropohon, vozidlo, alternativní pohon, akumulátor

Doporučené zdroje informací

Hromádko, J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Nakladatelství Grada, Praha, 2012, ISBN 978-80-247-4455-1

Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů. Nakladatelství BEN, Praha 2004. ISBN 80-7300-127-6

Rand, D. A. J., Woods, R. Dell, R. M.: Batteries for electric vehicles. Research Studies Press Ltd., England, 1998. ISBN 086380 205 2

Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Nakladatelství a zasilatelství Vlk, Brno, 2004. ISBN 80-239-1602-5

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 17. 2. 2015

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Koncepce pohonu elektrovozidel“ napsal samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na konci práce.

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Miroslavu Růžičkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je popsat a porovnat problematiku umístění elektromotorů a akumulátorů v elektricky poháněných vozidlech. Začátek práce znázorňuje jednotlivé základní koncepce uložení, jejich výhody a nevýhody. Následující kapitola ukazuje uspořádání pohonu na jednotlivých elektrovozidlech, která jsou vybrána tak, aby se každé vozidlo lišilo použitou koncepcí pohonu. U každého vozidla jsou uvedeny jeho základní charakteristiky, poté následují údaje o použitém elektromotoru a akumulátoru. Dále pak zhodnocují použitý pohon a umístění ve vozidle, včetně názorné tabulky. Následující kapitola je zaměřena na druhy nabíjení elektromobilů, kde jsou detailně popsány tři momentálně používané druhy nabíjení a následně porovnány z několika hledisek. Poslední kapitola je zaměřena na budoucnost elektromobility.

Klíčová slova: Pohon, elektromobil, koncepce, nabíjení

Electromobile powertrain concept

Summary: The aim of this Bachelor thesis is to describe the various placement options of electric motors and batteries in electrically powered vehicles and discuss their advantages and disadvantages. The first part of this work describes the various placement options and the characteristics associated with each. The next chapter shows the effect of electric motor and battery placement on the powertrain in different electric vehicles; the combinations are selected randomly so that each vehicle will have a unique powertrain configuration. The characteristics for each vehicle will be evaluated and comparative data on the usage and efficiency achieved will be presented graphically for each. The next chapter will discuss the types of recharging systems used in electric vehicles, focusing on three current methods of charging and their relative merits. The final chapter discusses the future of electromobility.

Key words: Powertrain, electromobile, concept, charging

Obsah

Úvod	1
1 Cíl a metodika práce	2
2 Historie elektrovozidel	3
3 Koncepte pohonu elektrovozidel	5
3.1 Obecné koncepte pohonu elektrovozidel	7
3.2 Výhody a nevýhody jednotlivých koncepcí.....	7
4 Koncepte pohonu elektromobilů jednotlivých značek	9
4.1 Škoda Octavia Green E Line.....	9
4.2 Audi R8 e-tron	11
4.3 Audi F12	12
4.4 Mercedes-Benz A-Klasse E-cell	14
4.5 Mercedes-Benz SLS AMG E-cell.....	15
4.6 Mercedes-Benz Vito E-cell.....	17
4.7 Tesla Model S P85D	19
4.8 Mitsubishi Colt EV	20
4.9 Lightning GT	21
4.10 Rolls-Royce 102EX	22
5 Koncepte pohonu elektrobusů jednotlivých značek	26
5.1 SOR EBN.....	26

5.2 Škoda Perun	27
5.3 Ekova Electron.....	29
6 Nabíjení elektromobilů	31
6.1 Pomocí nabíjecích kabelů	31
6.2 Indukční nabíjení	34
6.3 Výměna akumulátorů.....	36
7 Budoucnost elektrovozidel.....	38
Závěr.....	42
Seznam použité literatury.....	44
Seznam použitých obrázků.....	49
Seznam tabulek.....	50

Úvod

Zatímco v minulých letech se o budoucnosti elektromobilů hovořilo především se souvislostí vysoké ceny a nedostatku ropy, dnes se situace trochu změnila. Můžeme uvést příklad, kdy v roce 2008 stál barel ropy až 140 amerických dolarů, dnes na začátku roku 2017 je to pouze 57 dolarů. Poptávka po ropě se snižuje, s tím i její těžba. Nicméně počet automobilů se neustále zvyšuje, což nutí k zpřísnování emisních norem výfukových plynů. Někteří výrobci automobilů tak pomalu ustupují od vznětových motorů, protože jednoduše nebudou schopni splňovat normy emisí oxidů dusíku. Nejedná se ovšem jen o vznětové motory. Evropská unie nařídila, že v roce 2020 automobily se spalovacím motorem musí produkovat max. 95 g/km emisí oxidu uhličitého (CO₂), což bude tlačit na výrobce vozidel, aby co nejvíce snižovali spotřebu paliva. Jen pro názornost, 95 g CO₂/km odpovídá 3,54 litrům nafty či 4,06 litrům benzínu na 100 km.

Zmíněné problémy v poslední době hodně nahrávají právě elektricky poháněným vozidlům. Tato práce se zabývá především koncepcí jejich pohonů a to pouze u elektrovozidel, které mají energii určenou pro pohon vozu uloženou v akumulátorech. Díky tomu lze prezentovat základní druhy umístění elektromotorů a akumulátorů, následně jsou tyto druhy znázorněny přímo na jednotlivých elektromobilech. V dnešní době se velké oblibě těší také elektrobusy, kde zvolená koncepce může podstatně ovlivnit velikost prostoru pro cestující. Všechna zmíněná elektricky poháněná vozidla se od sebe svou koncepcí pohonu liší, díky tomu můžeme porovnat jejich vlastnosti, výhody a nevýhody.

Pokud se bavíme o umístění akumulátorů ve vozidle, je dobré také zmapovat jejich nabíjení, což je aktuálně velké téma. V současnosti používané metody nabíjení jsou probrány ze spousty hledisek, je tak opět možné jejich porovnání. Elektrovozidlům se predikuje velká budoucnost, proto je také vhodné si detailněji rozebrat největší nevýhody elektricky poháněných vozidel s následným výhledem do budoucna.

1 Cíl a metodika práce

Cílem této bakalářské práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se koncepcí pohonu elektrovozidel, objasnit používané druhy koncepcí pohonů elektromobilů a popsat jejich základní výhody a nevýhody. Dále je cílem ukázat přímo na jednotlivých elektricky poháněných vozech, jaká konkrétně používají uložení elektromotorů a akumulátorů a následně je mezi sebou porovnat. Mezi elektrovozidla nepatří jen osobní elektromobily, ale také v dnešní době se rozšiřující elektricky poháněné autobusy. Dalším cílem je tedy i jejich porovnání z hlediska použité koncepce pohonu. Do koncepce pohonu zapadají akumulátory, cílem práce je zmapování druhů a způsobů nabíjení a jejich následné porovnání.

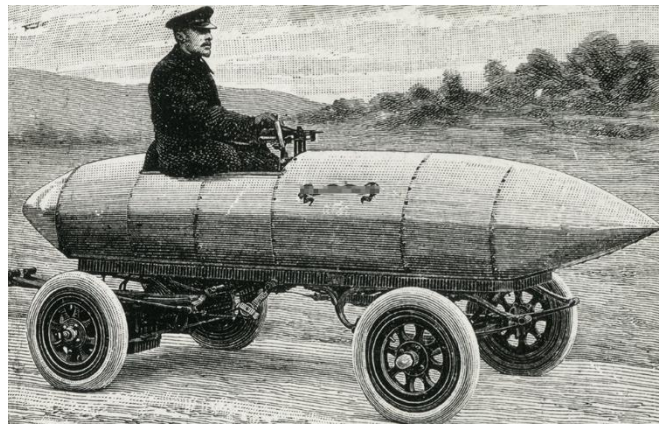
Tato bakalářská práce je vypracována na základě prostudované literatury, a to jak odborných knih a článků, tak i internetových zdrojů. Získané informace jsou sepsány do kapitol a podkapitol, které jsou uvedeny v obsahu práce.

2 Historie elektrovozidel

V zahraničí

Profesor Sibrandus Stratingh z Holandska již v roce 1835 navrhl malý elektromobil, avšak první silniční vozidlo na elektřinu, které prokazatelně překonalo rychlost 100 km/h, byl elektromobil Belgičana Camilla Janatzeho v roce 1899 (obr 2.1). V té době byly ve Vídni běžně k vidění kočáry s elektrickým pohonem. Tyto vozy často stávaly před známou Sachrovou cukrárnou, kde nabíjely své akumulátory ze zásuvek, které byly instalovány v plůtku na chodníku. [1]

Obr. 2.1 Elektromobil Belgičana Camilla Janatzeho z roku 1899



Zdroj: [1]

V USA jezdilo v roce 1900 více elektromobilů než vozů se spalovacím motorem (přes 50 tisíc) a dosahovaly velké obliby pro jednoduchost ovládání. Hlavně nebylo nutné fyzicky náročné startování klikou. V tomto roce bylo vyrobeno o třetinu víc elektromobilů než automobilů. V Evropě se začaly elektromobily rozšiřovat hlavně na západě, kdy například v roce 1914 jezdilo v Německu 1691 a v Anglii téměř 300 elektricky poháněných vozidel. Zásadní zvrat přinesl velký Fordův nápor zavedením sériové výroby modelu „T“, který ihned ovládl trh pro svou krásu, jednoduchost a spolehlivost. Tím byl elektromobil na dlouho dobu vytlačen z výroby i dalšího vývoje. [1] [52]

Na našem území

Na našem území postavil první elektromobil v roce 1895 slavný elektrotechnik Ing. František Křižík. Jednalo se o dvoumístný vozík, který měl stejnosměrný elektromotor o výkonu 3 kW a poháněl tuhoun zadní nápravu s diferenciálem pomocí redukčního ozubeného převodu. Nápravy byly upevněny k rámu, od něhož byla pomocí listových per odpružena otevřená karoserie. V ní bylo 42 olověných akumulátorů umístěných nad zadní nápravou. V krátkém časovém období za ním následovaly další dva jeho vozy, z nichž jeden měl poháněcí

elektromotory vestavěné do kol a druhý elektrický a spalovací motor v hybridním uspořádání. [2]

Později, konkrétně počátkem 70. let 20. století bylo Výzkumným ústavem elektrotechnických strojů (VÚES) v Brně a katedrou spalovacích a motorových vozidel FS VUT v Brně vyvinuto několik funkčních vzorků elektromobilů EMA (elektrický městský automobil). Vozidla označená jako EMA 1 byla vyrobena jako malé osobní automobily, vozidla označená jako EMA 2 představovala užitková vozidla [2]

V dnešní době působí v oblasti elektromobilů v České republice například Škoda ELCAR s.r.o., dceřiná společnost Škody a.s. Plzeň. Elektrická vozidla označena Beta EL jsou určena pro dodávkové služby v centrech měst, lázeňských oblastech, přírodních parcích a všech ostatních místech, kde je znečištění ovzduší výfukovými plyny závažným problémem. Elektromobil je vybaven nikl-kadmiovými bateriemi. Jejich životnost je 1500 nabíjecích cyklů a nabíjení palubním nabíječem z klasické domovní zásuvky 230 V/16 A trvá nabíjení úplně vybitého akumulátoru 10 hodin. Při použití nabíjecí stanice je možné akumulátor nabít na 75 % kapacity za 30 minut. Energie slouží k pohonu asynchronního motoru o výkonu 40 kW a vůz dosahuje rychlosti až 100 km/h. Dojezd vozidla se pohybuje od 70 km do 115 km, dle zatížení. Někteří další čeští výrobci elektricky poháněných vozidel jsou zmíněny v následujících částech práce. [2]

3 Koncepce pohonu elektrovozidel

S čím dál přísnějšími limity na emise CO₂ produkujícími vozidly se spalovacími motory se přímo nabízí výroba a používání elektromobilů. Elektromobily mají spoustu nevýhod oproti automobilům, ty jsou částečně probrány v kap. 7, avšak dalším úskalím je samotné navržení elektromobilu z hlediska bezpečnosti, designu, komfortu jízdy, rozložení hmotnosti a samotných jízdních vlastností. [31]

Obr. 3.1 Rozdíl v konstrukci vozidel



a) se spalovacím motorem, b) s elektrickým motorem

Zdroj: [31]

Jak můžeme vidět na obr. 3.1, konstrukce vozidel se spalovacím motorem (obr. 3.1a) a s elektrickým motorem (obr. 3.1b) je dost rozdílná. Konstrukteři musí při vývoji zohledňovat spoustu faktorů. Základní informací je samotné použití elektromobilu, zda se bude jednat o vůz určen primárně pro městský a příměstský provoz, meziměstskou a dálkovou jízdu, nebo elektromobil pro sportovní účely. [31]

Po tomto rozhodnutí musí být jako hlavní vypočítání a simulace jízdních situací pro navržení výkonu elektromotoru a kapacity akumulátorů. Z těchto údajů rozhodneme o velikosti, hmotnosti a hlavně o umístění celého pohonného ústrojí. Druhy nejpoužívanějších koncepcí jsou uvedeny v následující kapitole 3.1. Následně je důležité přesné umístění nosných částí karoserie tak, aby chránily a bezpečně nesly pohonné ústrojí, ale zároveň, aby byla zachována deformační zóna v přední a zadní části vozu. Důležitou a složitou součástí je u elektromobilů podlaha, kde jsou u většiny modelů umístěny akumulátory. Podlaha může být buď sendvičová

(dvojitá podlaha) a akumulátory umístěny přímo v ní, nebo umístění akumulátorů ve středovém tunelu. [31]

Dále je třeba se zaměřit na vnitřní a vnější rozměry vozu, celkové provedení karoserie (3 nebo 5 dveřová), prostor pro posádku a zavazadlový prostor. Dle těchto rozměrů se volí vhodný rozchod kol, rozvor náprav a také průměr ráfků kol. Všechny elektromobily, stejně jako automobily se spalovacím motorem, musí splňovat ty nejpřísnější předpisy na ochranu bezpečnosti posádky i chodců. [31]

Homologace elektromobilů

Homologace je certifikační systém řízený ministerstvem dopravy. V České republice smí být uvedena do provozu na pozemních komunikacích jen vozidla, která vyhovují požadavkům na homologaci jako celku i na homologaci příslušenství. Homologační zkoušky se provádějí v laboratořích autorizovaných ministerstvem, které mají právo vydávat příslušná osvědčení o homologaci. [45]

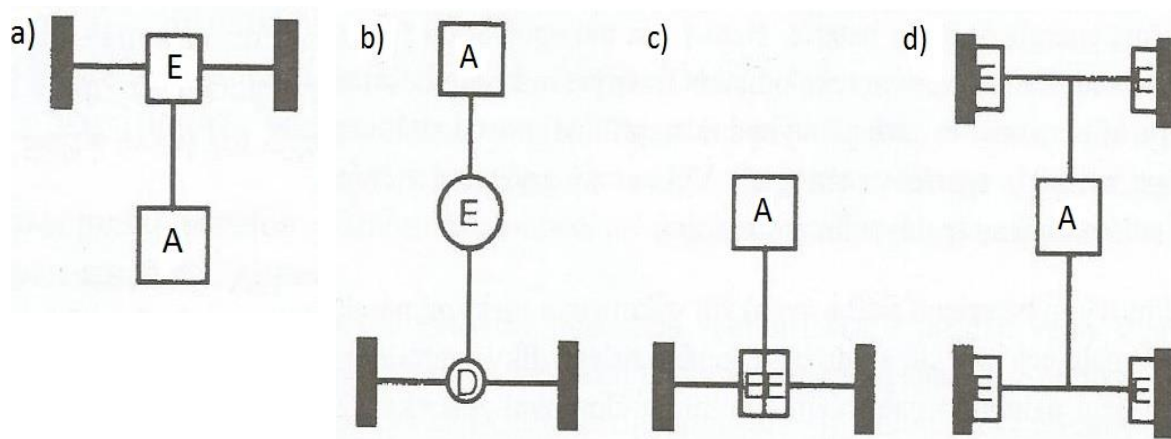
Homologace silničních vozidel na elektrický pohon je podle předpisu Evropské hospodářské komise OSN č. ECE 100 a ověřují se vozidla z hlediska konstrukční a funkční bezpečnosti. Podle tohoto předpisu se zkouší např. elektrická pevnost, izolační stav, ochrana před dotykem živých částí nebo nabíjecí a vybíjecí vlastnosti. Předmětem zkoušek je i samotný akumulátor, na který muselo být v průběhu sedmi dnů před testovací zkouškou ujetu nejméně 300 km. Akumulátor je testován z hlediska emisí vodíku. Dále je kontrolováno, zda je výrobce schopen zaručit, že systém tepelné stabilizace akumulátoru není porušen a jeho kapacita je v předepsaných mezích. [45]

Elektromobil je stroj, ve kterém vzniká silné elektromagnetické rušení. Zároveň obsahuje citlivá elektrická zařízení, jejichž funkce může být rušena již poměrně slabým vyzařováním. Proto se testuje, jak dobře vozidlo odolává elektromagnetickému rušení přicházejícímu zvenčí a současně nesmí být zdrojem elektromagnetického rušení takové intenzity, aby rušilo provoz elektrických zařízení v okolí. V případě, že jsou splněna všechna kritéria, je přidělena příslušná homologační značka a vozidla smí být uvedeno do provozu. [45]

3.1 Obecné koncepce pohonu elektrovozidel

Koncepce pohonu neboli uspořádání pohonného ústrojí je v každém elektromobilu různá. Nejpoužívanější jsou následující čtyři varianty umístění akumulátorů a elektromotorů ve vozidle (obr. 3.2). Tyto čtyři varianty koncepcí si označíme písmeny **A**, **B**, **C** a **D** (jak je na obrázku 3.2) a budu se na ně odkazovat při detailnějším popisování jednotlivých elektromobilů. V této bakalářské práci se věnuji pouze elektrovozidlům, které mají energii určenou pro svůj pohon uloženou v akumulátorech, protože právě akumulátory jsou jednou z nejdůležitějších součástí elektrovozidel a jejich umístění může ovlivnit spoustu vlastností. [2]

Obr. 3.2 Uspořádání hnacího ústrojí elektromobilů



A — akumulátor, E — elektromotor, D — diferenciál

a) přední pohon, b) centrální pohon, c) tandemový pohon, d) pohon v nábojích kol

Zdroj: [2]

3.2 Výhody a nevýhody jednotlivých koncepcí

Výhody a nevýhody v uspořádání hnacího ústrojí elektromobilů jsou nejčastěji v rozložení hmotnosti a velikosti či využití zavazadlového prostoru. Je třeba brát v potaz na jaké používání je vozidlo určeno, zda se jedná o malý městský elektromobil, užitkové vozidlo, či sportovní vůz.

A) Elektromotor uložený vpředu, pohon předních kol

Tato varianta zobrazená na obrázku 3.2a) se podobá většině vozů s klasickým spalovacím motorem. Její výhodou dobré rozložení hmotnosti, protože akumulátory jsou většinou uloženy v podlaze zadní části vozů. Nevýhodou je menší objem zavazadlového prostoru vzadu. [2]

B) Centrální elektromotor, pohon zadních kol

Tento způsob uložení je typický spíše pro nákladní vozidla nebo elektrobusy. Elektromotor je umístěn uprostřed, akumulátory mohou být vpředu nebo na střeše a poháněna jsou zadní kola, viz obr. 3.2b). [2]

C) Elektromotor umístěný vzadu a pohon zadních kol

Toto řešení uspořádání pohonu obr. 3.2c) se také shoduje s některými vozy s klasickým spalovacím motorem. Výhodou tohoto uspořádání je možnost využití jak zadního, tak i předního zavazadlového prostoru. Nevýhodou, pokud nejsou akumulátory umístěny zcela v podlaze, může být vzniklý středový tunel uvnitř vozidla. [2]

D) Elektromotory uložené přímo v jednotlivých kolech

Tato varianta, kterou vyznačuje obrázek 3.2d) není příliš častá, nicméně objevila se už u vůbec prvních elektromobilů. Konkrétně u vozů Porsche, vyráběných v letech 1900 – 1905 [3]

Výhodou této koncepce je, že odpadá ústrojí přenášející točivý moment z motoru na nápravu, jednoduchost a využitelnost obou zavazadlových prostorů v celém rozsahu. Nevýhodou je větší neodpružená hmotnost, která zhoršuje jízdní vlastnosti vozu a také nutnost speciálních kol (pneumatik i ráfků) viz obr. 3.3. [4]



Obr. 3.3 Elektromotory uložené v nábojích kol od firmy Protean Electric

Zdroj: [4]

4 Koncepce pohonu elektromobilů jednotlivých značek

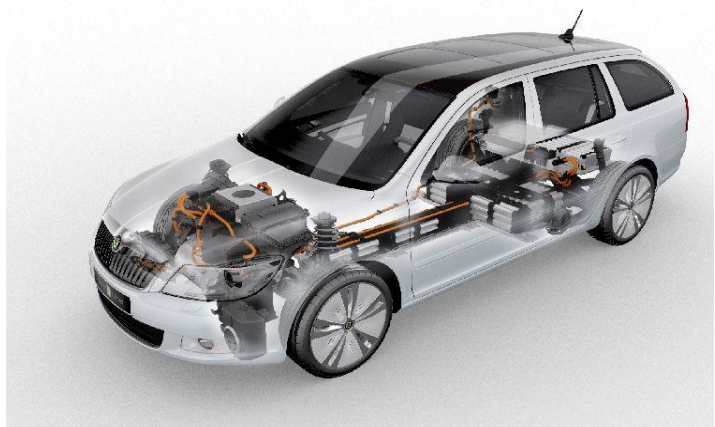
V následujících podkapitolách jsou elektromobily různých značek. U každého vozu jsou jeho základní informace, následně popsáno jejich hnací ústrojí, umístění ve vozidle, výhody a nevýhody. Vybrány byly vozy, které se od sebe liší uspořádáním elektromotorů a akumulátorů tak, aby bylo možné jejich porovnání a zhodnocení.

4.1 Škoda Octavia Green E Line

Novinka uvedená jako překvapení na pařížském autosalonu v roce 2010, je prvním elektromobilem značky Škoda, vyvinutým po převzetí mladoboleslavské automobilky koncernem Volkswagen. Po dlouhých měsících testování a schvalování se na české silnice dostala v roce 2012. Škoda Octavia Green E Line, jak zní plný název konceptu, využívá modulární podvozkové stavby klasického typu Octavia Combi, která usnadňuje montáž sady akumulátorů do zadní části vozu a elektroniky s trakčním elektromotorem dopředu (obr. 4.1). Provoz je dimenzován na krátké vzdálenosti s dojezdem 140 kilometrů, což splňuje požadavky většiny Evropanů na denní jízdy. Systém umožňuje zvolit tři úrovně rekuperace, která vrací energii do lithium-iontových (Li-Ion) akumulátorů, jejichž sada o hmotnosti 315 kg je uložena ve střední a zadní části pětimístného vozu tak, že minimálně omezuje objem zavazadlového prostoru (zmenšil se o 115 l). [12]

Moderní akumulátory typu Li-Ion s kapacitou 26,5 kWh se dobíjejí z běžné sítě systémem Plug-In (do zásuvky), při napětí 230 V na plnou kapacitu zpravidla za osm hodin, při využití vyššího napětí 400 V se tato doba zkrátí na polovinu. Přípojky pro dobíjecí kabel jsou jak na boku (pod víčkem chybějící palivové nádrže), tak vpředu v prohlubni masky chladiče po odklopení znaku Škoda.

Obr. 4.1 Škoda Octavie Green E Line – umístění elektromotoru a akumulátorů



Zdroj: [12]

Trakční elektromotor pohánějící přední kola nabízí trvalý výkon 60 kW, resp. maximální 85 kW po dobu šedesáti sekund, točivý moment od nulových otáček je 255 Nm po šedesát sekund, resp. 270 Nm po čtyři sekundy. Největší otáčky synchronního elektromotoru činí $12\,000\text{ min}^{-1}$, využívá se redukční převod bez obvyklé převodovky. [12]

Použitá koncepce u tohoto vozu:

Elektromotor — vpředu napříč uložený trakční synchronní elektromotor o trvalém výkonu 60 kW (největším 85 kW po dobu 60 s); točivý moment 270 Nm [12]

Výhoda těchto elektromotorů je velká technická vyzrálost, bezúdržbový provoz, vysoká účinnost, vysoké otáčky až $15\,000\text{ min}^{-1}$ (není nutná převodovka). Nevýhodou je pak nákladná a složitější elektronika řízení motoru a také vyšší cena. [1]

Akumulátor — Octavia Green E Line používá lithium-iontové (Li-Ion) akumulátory o kapacitě 26,5 kWh, které jsou využívány u většiny dnešních elektromobilů. [12]

Nevýhodou toho druhu akumulátoru je jeho vysoká cena. Také se musí dbát na to, aby akumulátor nebyl přebíjen, proto nabíjení nad 80 % kapacity je pomalejší, to znamená delší dobu nabíjení na plnou kapacitu. [1]

Koncepce uložení — jak už bylo napsáno v textu, Škoda Octavia Green E Line má elektromotor umístěný vpředu, pohon předních kol a akumulátory umístěny v zadní části vozu. Koncepce je tedy podle vzoru **A** (kap. 3.1). Autor článku (Petr Hanke), který tento vůz provozoval, objevil u této koncepce pohonu, u tohoto konkrétního vozu ještě nevýhodu v tom, že hmotnost u elektrické Škodovky je přesunuta více dozadu a kvůli tomu mají přední kola horší trakci. [12] [13]

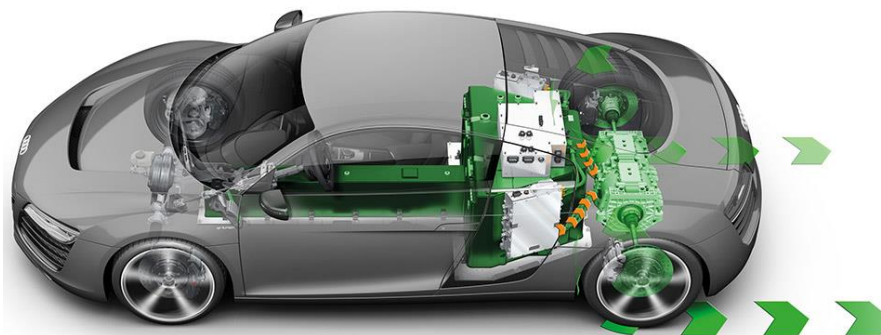
Tuto koncepci jen s lehce rozdílnými parametry elektromotorů a akumulátorů používají „kolegové“ z koncernu Volkswagen a to **Audi A3 e-Tron, Volkswagen e-Up! a e-Golf**. Od uvedené Škody Octavie Green E Line se koncepcí pohonu neliší.

4.2 Audi R8 e-tron

Už samotné Audi R8 se spalovacím motorem se velmi liší od běžně vyráběných vozů. Automobil technicky na nejvyšší úrovni, který spadá do kategorie sportovních, v některých konfiguracích spíše závodních vozů. Je tedy jasné, že ve verzi e-tron, tedy s pohonem pouze na elektřinu, musí být koncepce pohonu zcela odlišná od běžných vozidel.

Audi R8 e-tron je osazena dvěma elektromotory na zadní nápravě a Li-Ion akumulátory ve tvaru „T“ umístěnými ve středovém tunelu a před zadní nápravou (obr. 4.2). Každý elektromotor pohání jedno zadní kolo a o rozdělování točivého momentu se stará systém torque vectoring. Audi R8 e-tron byla představena na podzim roku 2009, kdy první verze měla dojezd 215 km a zrychlení z 0 na 100 km/h za 4,6 sekundy. Facelift tohoto modelu na počátku roku 2015 měl díky větším akumulátorům a silnějším elektromotorům dojezd až 450 km a zrychlení z klidu na 100 km/h za 3,9 s. Tento elektromobil se může chlubit rekordem na severní smyčce Nürburgringu mezi elektromobily v roce 2012. [14] [15]

Obr. 4.2 Umístění pohonného ústrojí vozu Audi R8 e-tron



Zdroj: [16]

Použitá koncepce:

Elektromotory — vzadu umístěná dvojice synchronních elektromotorů pohánějících zadní kola. Při zpomalování oba pracují jako generátory a dodávají tak elektřinu zpět do akumulátorů. Zároveň výrazně usnadňují práci brzdám na zadní nápravě. První verze používala elektromotory o společném výkonu 280 kW a točivém momentu 820 Nm. U modernější verze

v roce 2015 přišla R8 e-tron na trh s elektromotory se zvýšeným výkonem a točivým momentem. Konkrétně na 340 kW a 920 Nm. [14] [15]

Akumulátor — jako zásobárnu elektrické energie Audi R8 e-tron využívá Li-Ion akumulátory. Akumulátory jsou ve vozidle umístěny ve tvaru písmena „T“ ve středovém tunelu a napříč před zadní nápravou. Kapacita akumulátorů v první generaci vozu byla 49 kWh, ve druhé potom 92 kWh. [14] [15]

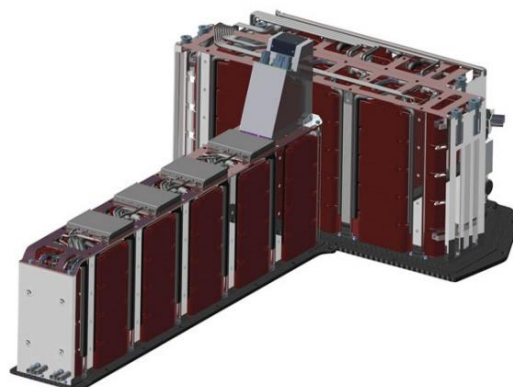
Koncepce uložení — rozložení pohonného ústrojí ve vozidle je podle vzoru C (kap. 3.1), tedy dva elektromotory vzadu, pohon zadních kol a akumulátory umístěné uprostřed. Důvod použití této koncepce u tohoto vozu je jasný. Sportovní vozy mají především pohon zadních kol, ať už kvůli lepší trakci při rozjezdu, tak i z důvodu lepšího ovládní. Díky umístění akumulátorů spíše vzadu je trakce zadních kol výborná, avšak Audi R8 e-tron může využít pouze přední zavazadlový prostor.[14] [15]

4.3 Audi F12

Audi F12 není sériově vyráběný elektromobil, nicméně jeho koncepce je hodně zajímavá a podle samotné společnosti Audi by tento vůz měl přinést modulární systém, jenž by bylo možné použít v celé škále elektrovozidel od městských vozidel přes vozy střední velikosti až po sportovně orientované modely. Tento model se vyjímá jak použitými a rozloženými akumulátory, tak skladbou elektromotorů. Konkrétně Audi F12 používá dělené Li-Ion akumulátory (obr. 4.3), které jsou odolné vůči nárazu a tři elektromotory. Každé z obou zadních kol je přes jednostupňový převod spojeno s vlastním asynchronní motorem a jejich řízení je opět přes systém torque vectoring, tedy záležitost bezpečné změny směru jízdy za vysokých rychlostí. Vpředu je potom umístěn synchronní motor, který přes dvoustupňovou převodovku a diferenciál pohání přední kola. [17] [14]

Celý tento systém je řízen chytrou elektronikou a je nastaven tak, že při běžné jízdě pracuje pouze synchronní motor vpředu, při rychlejší jízdě se připojují elektromotory na zadní nápravě. Jako hlavní výhody tohoto systému Audi řadí kromě možnosti přizpůsobení různým typům vozidel i možnost případné výměny samostatných Li-Ion článků, což přijde vhod zejména v případě nehody, přičemž je prostor pro akumulátory chráněn prvky z kovaného hliníku. [17]
[14]

Obr. 4.3 *Systém dvoudílného akumulátoru Li-Ion, který odolává následkům nárazu.*



Zdroj: [14]

Použitá koncepce:

Elektromotory — vpředu synchronní elektromotor o výkonu 55 kW a točivém momentu 148 Nm. Vzadu potom dvojice asynchronních elektromotorů o společném výkonu 100 kW a točivém momentu 400 Nm. [14]

Akumulátory — použity jsou Li-Ion akumulátory s kapacitou 38,9 kWh, umístěné ve středovém tunelu a napříč před zadní nápravou. Oproti modelu R8 jsou dělené a opatřené speciální konstrukcí. To vše má napomáhat odolnosti akumulátorů vůči následkům nárazu. [14]

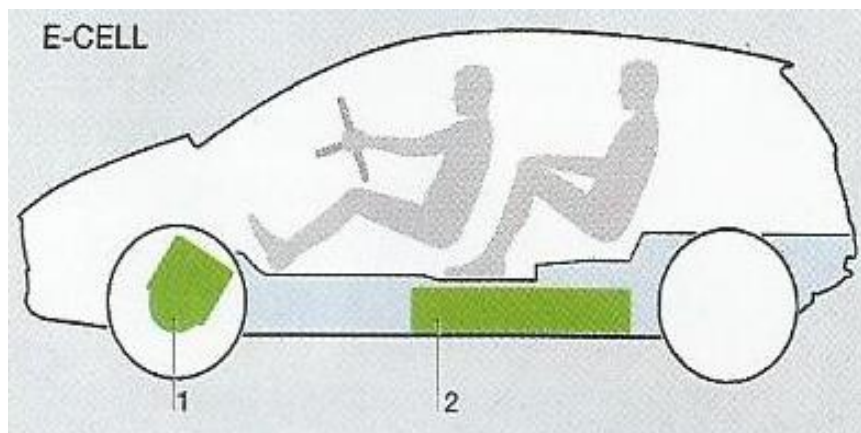
Koncepce uložení — Tato koncepce se zcela vymyká koncepcím u většiny běžných elektromobilů, hlavně díky použití tří elektromotorů. Dalo by se říct, že se jedná o spojení koncepcí vzoru **A** a **C** (kap. 3.1) Tato koncepce doplněná chytrou elektronikou, která inteligentně připojuje jednotlivé elektromotory, může být velice výhodná, nicméně Audi tuto koncepci představila už v roce 2012, ale od té doby se v žádném osobním voze v sériové výrobě neobjevila. To zapříčiňuje hlavně vyšší cena, kvůli použití tří elektromotorů a nákladné řídicí elektroniky. [14]

4.4 Mercedes-Benz A-Klasse E-cell

Mercedes-Benz má ve vývoji elektromobilů dlouhou tradici, avšak žádný jeho elektricky poháněný vůz se nikdy nedostal na úplnou špici prodejnosti a oblíbenosti mezi elektromobily. Nicméně v jeho nabídce můžeme nalézt poměrně zajímavou koncepci řešení pohonu. [5]

Pokud se zaměříme na elektrický model třídy A, e-cell, na první pohled běžný, spíše městský elektromobil s elektromotorem vpředu o výkonu 50 kW, Li-Ion akumulátory umístěnými uprostřed, zrychlením 0-100 km/h za 14,0 sekundy a dojezdem 250 km. Po podrobnějším prozkoumání zaujme hlavně uložení akumulátorů. Ty jsou umístěny ve speciálně vyrobené sendvičové konstrukci podlahy. Mercedes tuto konstrukci podlahy použil už u modelů se spalovacím motorem. Velkou výhodou tohoto řešení je vyšší pasivní bezpečnost hlavně při nárazu zepředu, ale vykazuje i značné zlepšení pro náraz z boku. Pro elektromobil je tato konstrukce zvláště vhodná, protože akumulátory pohodlně zaplní prostor v podlaze a nezmenšují vnitřní ani zavazadlový prostor (obr. 4.4). [6]

Obr. 4.4 Akumulátory umístěné v sedvičové konstrukci podlahy



1 – elektromotor, 2 – akumulátory

Zdroj: [6]

Použitá koncepce:

Elektromotor — synchronní elektromotor s permanentními magnety umístěný vpředu o výkonu 50 kW a točivém momentu 290 Nm. [6]

Akumulátor — Li-Ion akumulátory o kapacitě 36 kWh umístěné v sendvičové konstrukci podlahy. [6]

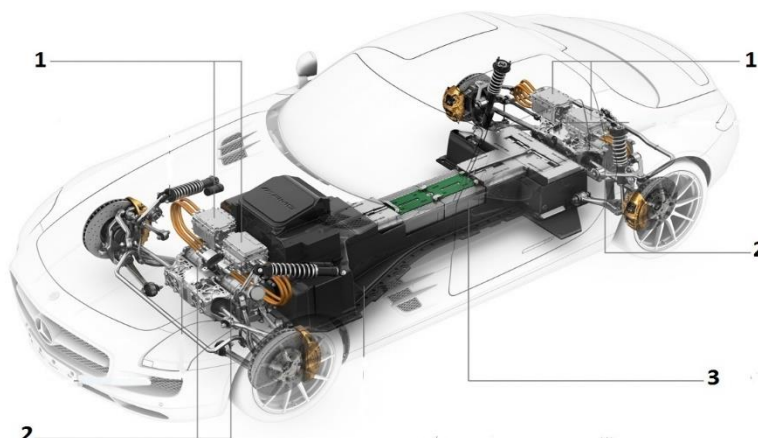
Koncepce uložení — koncepce je dle vzoru **A** (kap. 3.1), ale díky uložení akumulátorů uprostřed vozidla, je lépe rozložená hmotnost, dobrá trakce předních kol a stále stejně velký objem zavazadlového prostoru, konkrétně 435 l, resp. 1370 l po sklopení zadních sedaček. Nevýhodou je nákladnější výroba sendvičové konstrukce podlahy. [6]

4.5 Mercedes-Benz SLS AMG E-cell

V roce 2012 zahájil Mercedes-Benz prodej supersportovního elektromobilu SLS AMG e-cell. Vyrobeno bylo nakonec pouze 100 kusů, ale jednalo se o unikátní elektromobil se zcela odlišnou koncepcí. Jako prototyp z roku 2011 byl osazen hned čtyřmi elektromotory o celkovém výkonu 392 kW a točivém momentu 880 Nm. Při rozjetí sériové výroby byl ještě zvýšen výkon elektromotorů na 552 kW a maximální točivý moment na 1000 Nm. Li-Ion akumulátory s kapacitou 60 kWh jsou uspořádány do třech bloků, z nichž jeden se nachází před přední příčkou karoserie, druhý ve středním tunelu a poslední až za sedadly. Rozložení akumulátorů a elektromotorů znázorňuje obr. 4.5. [19] [18]

Elektromotory jsou umístěny těsně za hnacími hřídeli každého z kol a jsou k nim připojeny přes jednostupňový převod. Na rozdíl od motorů umístěných přímo v nábojích kol zvolené uspořádání nezvyšuje neodpruženou hmotnost. Čtyři elektromotory a čtyři kola to zajišťuje inteligentní a trvalý pohon všech kol, který garantuje nejvyšší úroveň jízdní dynamiky při současném zajištění nejlepší možné aktivní bezpečnosti. Tím je zaručena za všech povětrnostních podmínek dokonalá trakce čtyř poháněných kol. [19] [18]

Obr. 4.5 Koncepce pohonu vozu Mercedes-Benz SLS AMG e-cell.



1 – řídicí elektronika, 2 – elektromotory, 3 – Li-Ion akumulátory

Zdroj: [20]

Pod pojmem AMG Torque Dynamics rozumějí vývojáři individuální ovládání elektromotorů, které otvírá zcela nové možnosti v oblasti jízdních vlastností. AMG Torque Dynamics je trvale aktivní a umožňuje selektivní rozdělování hnací síly pro každé jednotlivé kolo. Inteligentní rozdělování hnací síly zlepšuje jízdní dynamiku, vlastnosti, bezpečnost a komfort. Každé kolo může být poháněno samostatně a v závislosti na jízdní situaci elektricky nejen brzděno, ale i poháněno. [19] [18]

Unikátní kupé s křídlovými dveřmi zrychlí z nuly na 100 km/h za 3,9 sekundy. Nejvyšší rychlost je elektronicky omezena na 250 km/h. Dobíjení modelu SLS AMG e-cell probíhá v ideálním případě prostřednictvím speciální nástěnné dobíječky. Tato technika umožňuje rychlonabíjecí funkci s výkonem 22 kW, což odpovídá dobíjecímu výkonu veřejných dobíjecích stanic. Silnoproudý kabel spojuje vozidlo s nástěnnou dobíječkou, která vůz dobije za tři hodiny. Bez nástěnné dobíječky trvá dobíjení přibližně 20 hodin. [18]

Použitá koncepce:

Elektromotory — čtyři synchronní elektromotory s permanentními magnety o celkovém výkonu 552 kW a maximálním točivém momentu 1000 Nm umístěné za hnacími hřídeli jednotlivých kol. Elektromotory disponují otáčkami až 13000 min^{-1} , proto není nutná převodovka, ale postačí jednostupňový převod. Každý elektromotor váží 45 kg. [19]

Akumulátory — lithium-iontové akumulátory o kapacitě 60 kWh umístěné do tří bloků po celé délce vozidla, které mají speciální systém vyhřívání (v zimním období) a chlazení (v letním období). [19]

Koncepce uložení — tato koncepce je zcela odlišná od běžných elektromobilů, hlavně díky použití čtyřech elektromotorů, které jsou umístěny za hřídeli jednotlivých kol. To je velká výhoda oproti umístění motorů přímo v nábojích kol, kde se výrazně zvyšuje neodpružená hmotnost vozu, která má za následek zhoršení ovládání vozidla. Velkou výhodou této koncepce je výborné rozložení hnacího momentu na jednotlivá kola a díky tomu skvělé trakční a jízdní vlastnosti. Další výhodou je umístění akumulátorů, které jsou rozmístěny prakticky po celé délce vozu a přispívají k rovnoměrnému rozložení hmotnosti. [19] [18]

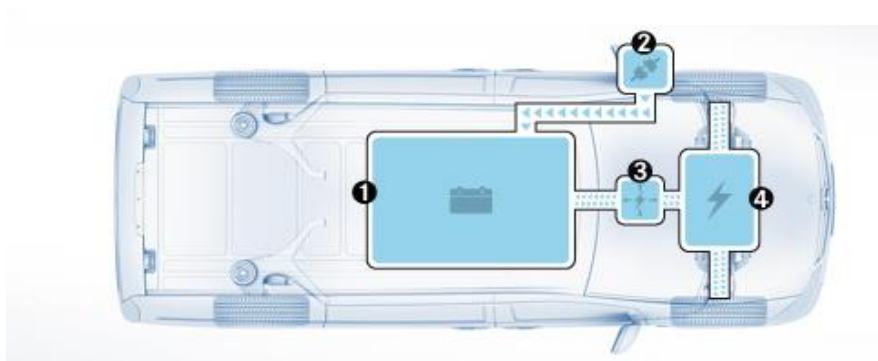
Nevýhodou je určitě složitost celého systému. Velký počet elektromotorů, velikost akumulátorů, složitost systému řízení jednotlivých elektromotorů. Z toho plyne cena, která konkrétně za tento super elektromobil činí 10,5 mil Kč. Nevýhoda je také v malém spektru využití této koncepce, která se hodí spíše jen na závodní okruhy než na běžné ježdění. [18]

4.6 Mercedes-Benz Vito E-cell

Pokud ještě zůstaneme u německé automobilové společnosti Mercedes-Benz, můžeme si ukázat, jakou používá koncepci pohonu u elektricky poháněných užitkových vozů. Jedná se konkrétně o model Vito e-cell, ale stejnou koncepci používají i ostatní výrobci u svých elektrických dodávek.

Užitková vozidla, jak už z názvu vypovídá, potřebují pro svůj účel velký ložný prostor pro přepravu nákladu. Jednou z nevýhod při konstrukci elektromobilů je právě problém umístění akumulátorů tak, aby nezmenšovaly tento prostor. Z tohoto důvodu je uložení akumulátorů a elektromotoru v přední části vozu a pohon předních kol. (obr. 4.6) [8]

Obr. 4.6 Mercedes-Benz Vito E-cell – rozložení pohonného ústrojí.



1 – akumulátor, 2 – zásuvka, 3 – řídicí elektronika, 4 – elektromotor

Zdroj: [9]

Mercedes-Benz Vito e-cell je vybaven Li-Ion akumulátory s kapacitou 36 kWh, synchronním elektromotorem s trvalým výkonem 60 kW, který dokáže dodávku rozpohybovat na 80 km/h. Udávaný dojezd je 130 km a užitečná hmotnost vozu 900 kg. Z těchto čísel je zřejmé, že elektromobil je vhodný spíše pro městský provoz [8]

Použitá koncepce:

Elektromotor — synchronní elektromotor s permanentními magnety o výkonu 60 kW a točivém momentu 280 Nm. Elektromotor je umístěn vpředu a pohání přední kola. [8]

Akumulátory — Li-Ion akumulátory s kapacitou 36 kWh umístěny pod podlahou v přední části vozu. [8]

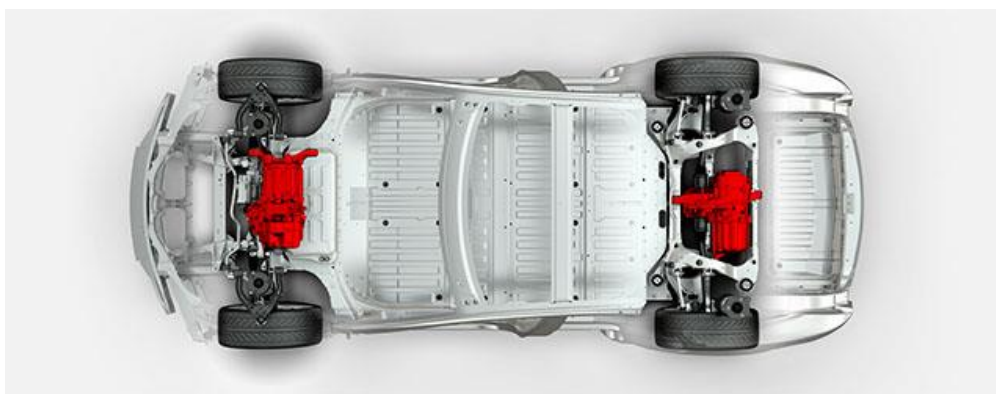
Koncepce uložení — koncepce je podle vzoru A (kap. 3.1), jen s tím rozdílem, že akumulátory jsou umístěny spíše vpředu pod podlahou na pomocném rámu. Díky tomu se nezmenšil prostor pro náklad. Rozložení hmotnosti je díky uložení akumulátorů ještě o něco lepší než v klasickém modelu Vito se spalovacím motorem. Malou nevýhodou je kromě jiného snížení světlé výšky kvůli pomocnému rámu, jenž nese akumulátory. [8]

4.7 Tesla Model S P85D

Americká automobilová společnost Tesla vyrábí pouze elektromobily. Její elektrické vozy jsou na špičkové úrovni nejen, co se týče dojezdu, jízdních vlastností, dobíjení, ale také ohromují svým luxusem a komfortem. Nejnovější modely značky používají systém autonomního řízení, kdy vůz zcela převezme kontrolu nad řízením. Díky tomu mají modely značky Tesla velké spektrum využití a lze je používat jak na závodních okruzích, tak i na jízdě po městě. [21]

Zaměřím se konkrétně na model Model S P85D, který má zajímavou koncepci pohonu. Dalo by se říci, že se podobá Mercedesu-Benz SLS AMG E-cell (kap. 4.5), rozdíl je v tom, že Mercedes používá na každé nápravě čtyři elektromotory, kdežto P85D pouze dva (obr. 4.7). Konkrétně vpředu pracuje elektromotor o výkonu 165 kW s vzadu 350 kW. Celkový výkon je tedy 515 kW a točivý moment dostupný prakticky už od nulových otáček je 930 Nm. Takto konfigurovaný vůz je vždycky s pohonem všech čtyř kol, a protože jsou motory napojeny rovnou na hřídele kol (distribuci točivého momentu řídí elektronika), není zde žádná převodovka. Jednoduché řešení minimalizuje třecí ztráty, zajišťuje lineární a ničím nepřerušovaný průběh zrychlení a šetří spoustu prostoru. Díky této obrovské síle zrychlí P85D z 0 na 96 km/h za 3,2 sekundy a dojezd tohoto 2,2 tuny vážícího elektromobilu je až 480 km. Rozložení hmotnosti vozu je přesně 50:50. [21] [22]

Obr. 4.7. Umístění elektromotorů (červeně) v Modelu S P85D



Zdroj: [23]

Použitá koncepce:

Elektromotory — vpředu umístěný asynchronní elektromotor o výkonu 165 kW a vzadu o výkonu 350 kW. Celkový točivý moment je 930 Nm. Elektromotory jsou umístěny mezi hřídeli kol, nezvyšují tak neodpruženou hmotnost vozu. [22]

Akumulátory — chlazené Li-Ion akumulátory o kapacitě 85 kWh umístěné v podlaze vozu. [22]

Koncepce uložení — uložení pohonného ústrojí je spojením vzorů **A** a **C** (kap. 3.1). Dvojice elektromotoru umístěných na nápravách, akumulátory v podlaze. Výhodou je výborné rozložení hmotnosti v poměru 50:50 a také možnost využití obou zavazadlových prostorů. [21]
[22]

4.8 Mitsubishi Colt EV

Tento elektromobil japonské automobilové společnosti spatřil světlo světa už v roce 2005. Z venku nikterak nápadný hatchback, který skrývá uvnitř velmi zajímavou koncepci pohonu. Jedná se totiž o elektrický vůz, který má dva synchronní elektromotory umístěné přímo v nábojích zadních kol (obr. 4.8). Elektromotory mají celkový výkon 20 kW, točivý moment 600 Nm a dokážou 1150 kg těžké vozidlo rozjet až k maximální rychlosti 150 km/h. Lithium-iontový akumulátor obsahuje 22 modulů a umožňuje Coltu EV dojezd 150 km. [10]

***Obr. 4.8** Elektromotor umístěný přímo v náboji kola*



Zdroj: [10]

Použitá koncepce:

Elektromotory — Colt EV používá dva synchronní elektromotory o souhrnném výkonu 20 kW a max. točivém momentu 600 Nm, umístěné přímo v nábojích zadních kol. [10]

Akumulátory — Li-Ion akumulátory umístěné před zadní nápravou. [10]

Koncepce uložení — koncepce pohonu je tedy podle vzoru **D** (kap. 3.1). Liší se jenom tím, že elektromotory jsou pouze na zadních kolech, což je u takhle malého, spíše městského vozu logické. Vozidlo má tedy pohon zadních kol, v zadní části jsou také umístěny akumulátory, tím je zajištěna dobrá trakce zadních kol. [10]

Velká výhoda této koncepce, kdy jsou motory napojeny přímo na jednotlivá kola (ať už dvě nebo všechna čtyři), spočívá v možnosti nezávislé regulace točivého momentu a brzdného účinku bez nutnosti instalace hnací hřídele a dalších složitých a těžkých mechanických částí. To rovněž přispívá k větší volnosti při konstrukci celého vozu nebo k ušetření místa pro akumulátory či jiné součásti. [10]

Nevýhoda takto použité koncepce je vlastně vždy stejná a to, že elektromotory umístěné přímo v nábojích kol zvyšují neodpruženou hmotnost vozu a zhoršují jeho jízdní vlastnosti. Nicméně pokud se použijí elektromotory pouze na zadních kolech, jako je to u Coltu EV, je vliv vyšší neodpružené hmotnosti na jízdní vlastnosti vozu prakticky neznatelný. [10]

Stejnou koncepcí jen elektromotory umístěné ve všech čtyřech kolech používá i sportovní model značky **Mitsubishi Lancer Evolution MIEV**. [10]

4.9 Lightning GT

S tímto britským elektromobilem se na českých silnicích nejspíš nesetkáme, ale jeho koncepce pohonu je opět velmi zajímavá a odlišná od ostatních. Tento sportovní vůz vyrobený v roce 2009 má totiž umístěny trakční elektromotory přímo v nábojích všech čtyř kol a speciální akumulátory rozmístěny ve vozidle tak, aby bylo dosaženo optimálního rozložení hmotnosti a nízké polohy těžiště. [7]

Oproti elektromobilu Mitsubishi Colt EV (kap. 4.8) se elektromotory v kolech starají také o zpomalování vozidla a to takovým způsobem, že odpadá použití konvenční brzdové soustavy, tedy s výjimkou ruční brzdy. Elektromotory ve voze Lightning GT byly zkonstruovány

s integrovanou elektronikou řízení, díky níž jsou o dvacet procent účinnější než konvenční systémy. Synchronní elektromotory s celkovým výkonem 480 kW zvládnou britský elektromobil rozhábat až na 209 km/h a zrychlení z 0 na 96 km/h za 5 s. [7]

Lightning používá NanoSafe akumulátory s kapacitou 36 kWh, které jsou vyrobeny speciální nanotechnologií. Výhoda je ve větší účinnosti. [7]

Použitá koncepce:

Elektromotory — v každém kole umístěn jeden synchronní elektromotor o společném výkonu 480 kW, se speciální funkcí rekuperace kinetické energie, která dokáže vůz brzdít tak, že nejsou potřeba klasické brzdy. [7]

Akumulátory — NanoSafe akumulátory skládající se z 30 článků rozmístěných různě ve vozidle. Kapacita akumulátorů je 36 kWh. [7]

Koncepce uložení — tato koncepce je podle vzoru **D** (kap. 3.1). Co se lehce liší, je umístění akumulátorů, které nejsou u sebe v jednom celku, ale různě rozmístěné po vozidle kvůli lepšímu rozložení hmotnosti. [7]

Výhodou tohoto použití pohonu je absence hnacích hřídelí a převodovky, ale konkrétně u tohoto modelu je to funkce, kdy elektromotory umí samy brzdít jednotlivá kola a tím zcela odpadá brzdová soustava. To je například rozdíl oproti jiným elektromobilům, které také umí využít brzdného účinku elektromotoru k dobíjení akumulátorů, ale vůz pouze zpomalují. Další výhodou je použití elektromotorů na každém kole a tím je zajištěn plně variabilní pohon všech čtyř kol. [7]

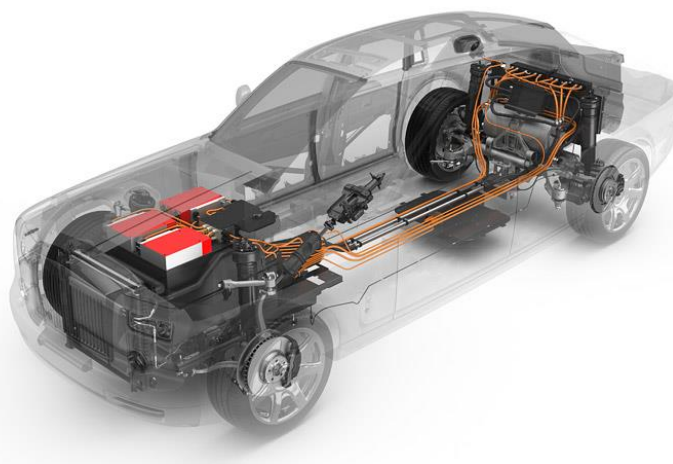
4.10 Rolls-Royce 102EX

Také britský výrobce luxusních limuzín Rolls-Royce se rozhodl rozšířit svou nabídku o elektromobily. Konkrétně model 102EX nabízí zajímavou koncepci pohonu, kdy Li-Ion akumulátory jsou umístěny pod přední kapotou a dva elektromotory pohánějí zadní kola (obr. 4.9). [11]

Akumulátory s kapacitou 74 kWh umožňují dojezd vozu až 200 km. Elektromotory, umístěné napříč v jednom bloku s převodným ustrojem, mají celkový výkon 290 kW a kroutící

moment 800 Nm. Díky tomu vůz zrychlí z 0 na 100 km/h za 8 sekund a vyvine maximální rychlost 160 km/h. Celá pohonná jednotka je spolu s měniči uložena vzadu v místech palivové nádrže a celkové uspořádání vozu zachovává rozložení hmotnosti na nápravy 50:50 %. Oproti většině zde zmiňovaných elektromobilů, Rolls-Royce 102EX může využít i bezdrátové (indukční) nabíjení svých akumulátorů, více v kapitole 7.2. [11] [39]

Obr. 4.9 Umístění pohonného ústrojí ve voze Rolls-Royce 102EX



Zdroj: [11]

Použitá koncepce:

Elektromotory — dva synchronní elektromotory s celkovým výkonem 290 kW a točivým momentem 800 Nm umístěny vzadu a pohánějící zadní nápravu. [11]

Akumulátory — Li-Ion akumulátory s kapacitou 71 kWh umístěny vpředu. Tato obrovská kapacita je díky velikosti akumulátoru, který se skládá z 96 článků. [11]

Koncepce uložení — dalo by se říci, že uložení pohonného ústrojí je dle vzoru **C** (kap. 3.1), avšak oproti ostatním elektromobilům s touto koncepcí pohonu se akumulátory nachází zcela vpředu a elektromotory nad zadní nápravou. [11]

Výhodou tohoto uspořádání je v rozložení hmotnosti, které výrobce udává v poměru 50:50 %. Nevýhodou je zmenšení zadního zavazadlového prostoru. [11]

Tab. 4.1 Srovnání výhod a nevýhod zmíněných elektromobilů

Elektromobil	Výhody	Nevýhody
Škoda Octavia Green E Line	Jízdní vlastnosti podobné většině automobilů.	Menší zavazadlový prostor. Horší trakce předních kol.
Audi R8 e-tron	Rozložení hmotnosti.	Pouze přední zavazadlový prostor.
Audi F12	Skvělé jízdní vlastnosti.	Vysoká cena. Složitá řídicí elektronika.
Mercedes-Benz A- Klasse E-cell	Rozložení hmotnosti (trakce předních kol). Stejný objem zavazadlového prostoru.	Nákladná výroba sendvičové podlahy.
Mercedes-Benz SLS AMG E-cell	Výborné rozložení hnacího momentu na všechna kola. Rozložení hmotnosti. Umístění motorů nezvyšuje neodpruženou hmotnost.	Velký počet elektromotorů (vysoká cena). Malé spektrum využití.
Mercedes-Benz Vito E-cell	Velký prostor pro náklad. Rozložení hmotnosti.	Nižší světlá výška.

Tesla Model S P85D	Rozložení hmotnosti. Využití obou zavazadlových prostorů.	
Mitsubishi Colt EV	Elektromotory napojené přímo na kola (nejsou nutné hnací hřídele).	Vyšší neodpružená hmotnost.
Lightning GT	Variabilní pohon všech kol. Není nutná klasická brzdová soustava.	Vyšší neodpružená hmotnost.
Rolls-Royce 102EX	Výborné rozložení hmotnosti.	Zmenšení zavazadlového prostoru.

Zdroj: [vlastní zpracování]

5 Koncepce pohonu elektrobusů jednotlivých značek

Elektrobusy ještě na rozdíl od elektromobilů nejsou tolik rozšířené. Je to jednak z důvodu, že výrobců elektrických autobusů není mnoho a kvůli tomu je jejich cena poměrně vysoká. Další důvody jsou v složitosti dobíjení elektrobusů, a proto městské dopravní podniky spíše využívají autobusy spalující stlačený zemní plyn (CNG). To je případ například města Ostravy, kde je tamější ovzduší značně zatíženo průmyslem. Proto zdejší dopravní podnik plánuje, že do roku 2020 nebudou jezdit žádné dieselové autobusy. Všechny téměř 300 vozů MHD nahradí z větší části pohonem na CNG (stlačený zemní plyn) a zhruba 40 bude na čistě elektrický pohon. [32]

Česká republika patří k velkým výrobcům městských autobusů a některé společnosti se zaměřují i na autobusy s elektrickým pohonem. Následující kapitoly ukazují tři české výrobce elektrobusů, jejich koncepci pohonu a následné porovnání.

5.1 SOR EBN

Tento výrobce především městských autobusů z Libchav patří mezi největší u nás. Do své nabídky zařadil také elektricky poháněné autobusy. Jedná se o městské elektrobusy různých velikostí, ale se stejnou koncepcí. [24]

Celý elektrobus pohání pouze jeden elektromotor. Jedná se o asynchronní šestipólový elektromotor, který musí být chlazen vodou a stejně jako Li-Ion akumulátory je umístěn vzadu za zadní nápravou. Typ EBN 11 (na obr. 5.1) s obsazeností 92 cestujících může na jedno nabití ujet až 160 km a běžným nabíjením (32 A) budou akumulátory nabity z nuly na plnou kapacitu za 8 hodin. V případě zrychleného nabíjení (250 A) se doba zkrátí na 1 hodinu. [24]

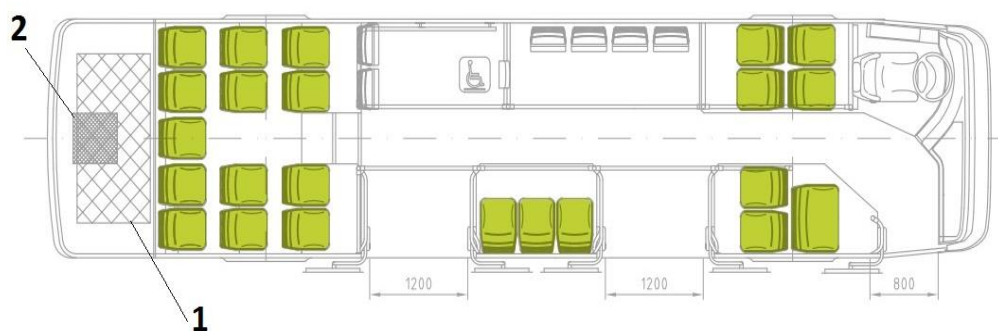
Použitá koncepce:

Elektromotor — asynchronní šestipólový o výkonu 120 kW a točivém momentu 968 Nm umístěný vzadu za zadní nápravou pohánějící zadní kola. Elektromotor je chlazen vodou a to přináší následující výhody: Nízkou hmotnost oproti vzduchem chlazeným elektromotorům (necelých 400 kg), nemusí být opatřen ventilátorem (nízká hlučnost), nepřehřívají se ložiska motoru, umožnění až dvojnásobné přetížitelnosti. [24] [25]

Akumulátory — Li-Ion akumulátory s kapacitou 172 kWh umístěné v zadní části vozu. [24]

Koncepce uložení — uložení pohonného ústrojí je podle vzoru C (kap. 3.1), kdy jak akumulátory, tak i elektromotor jsou uloženy vzadu za zadní nápravou a pohání zadní kola. Výhoda tohoto uložení je především díky tomu, že nezmenšuje prostor pro cestující a kapacita obsazenosti zůstává stejná jako u autobusu se spalovacím motorem. Nevýhodou může být nepoměrné rozložení hmotnosti, kdy na zadní nápravě je podstatně větší hmotnost než na přední. Jedná se však o městský elektrobuses, který nedosahuje vysokých rychlostí, takže tato drobná nevýhoda se dá zanedbat. [24] [25]

Obr. 5.1 Umístění pohonného ústrojí ve voze SOR EBN 11



1 – akumulátory, 2 – elektromotor

Zdroj: [24]

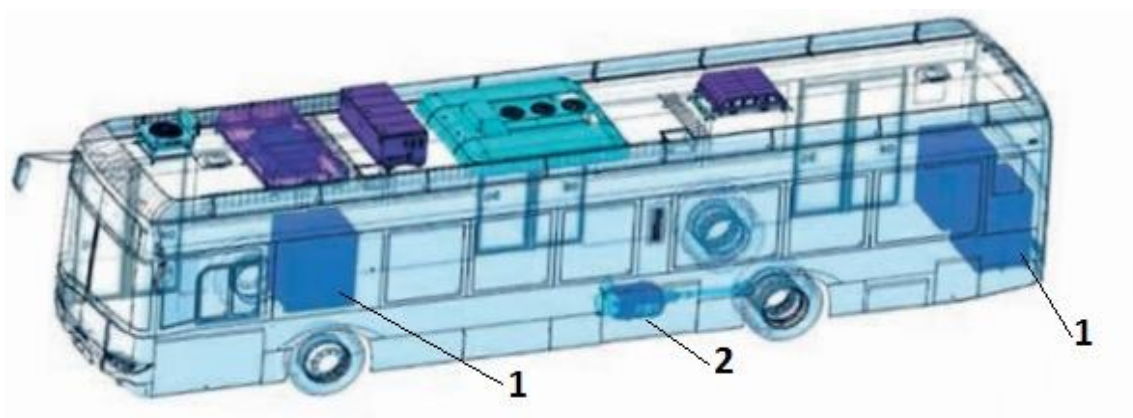
5.2 Škoda Perun

Plzeňský výrobce autobusů Škoda má ve své nabídce také dva elektrobuses. Jedná se o typy HE (high energy) a HP (high power). Oba typy mají konstrukčně stejnou koncepci pohonu. Elektromotor o výkonu 160 kW je umístěn uprostřed, před zadní nápravou a akumulátory jsou umístěny v zadním boxu a v prostoru za řidičem. [26] [27]

Typy HE a HP se od sebe liší pouze svým principem používání. Oba jsou primárně určeny pro městský provoz. Typ HE (obr. 5.2) je koncipován jako většina elektrobuses s dojezdem 150 km na jedno nabití, zatímco HP má dojezd pouze 30 km a je vhodný na linky, kde jsou na konečných zastávkách umístěny rychlonabíjecí stanice, které dokážou nabít Li-Ion

akumulátory už za 5 minut. Díky tomu mohou být ve vozidle i spotřebiče, které významně odebírají energii z akumulátorů a v klasických elektrobusech by výrazně snižovaly celkový dojezd. [26] [27]

Obr. 5.2 Umístění elektromotorů a akumulátorů ve vozidle Škoda Perun HE



1 – akumulátory, 2 – elektromotor

Zdroj: [27]

Koncepce pohonu:

Elektromotor — asynchronní elektromotor o výkonu 160 kW umístěný uprostřed před zadní nápravou pohánějící zadní kola, dokáže rozpoehybovat autobus až na 70 km/h. [26] [27]

Akumulátory — typ HP používá Li-Ion akumulátory o kapacitě 70 kWh. Typ HE využívá lithium-polymerové (Li-Pol) akumulátory o kapacitě 221 kWh. Oba typy mají akumulátory umístěny v zadní části vozu a jeden box akumulátorů je ještě vpředu za řidičem. [26] [27]

Koncepce uložení — upořádaní pohonného ústrojí ve vozidle můžeme označit podle vzoru **B** (kap. 3.1), rozdíl je pouze v tom, že akumulátory jsou rozmístěny více po vozidle. [26] [27]

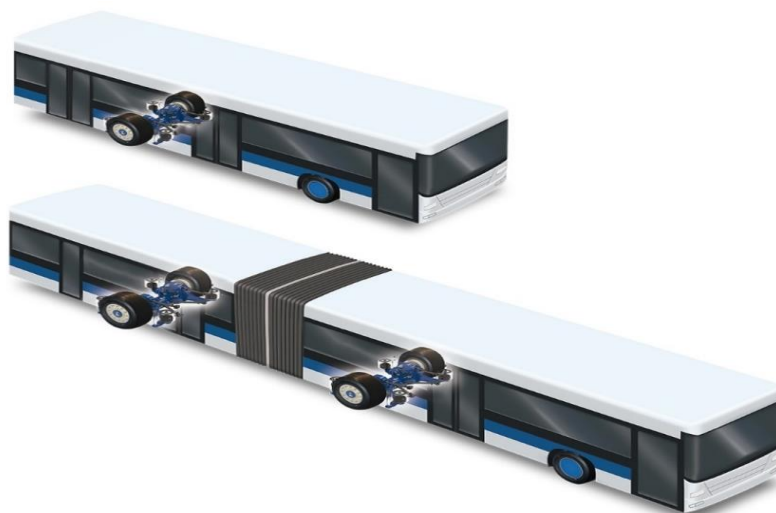
Výhoda oproti elektrobusem SOR je v rozložení hmotnosti, díky akumulátorům umístěným také v prostoru za řidičem. To je zároveň i nevýhodou, protože takto umístěné akumulátory omezují prostor pro cestující. [26] [27]

5.3 Ekova Electron

Tento ostravský výrobce tramvají a trolejbusů má ve své nabídce také jeden městský elektrobuses, který používá nejen město Ostrava, ale také další zahraniční města. [28]

Ekova nabízí hned několik zajímavých typů provedení modelu Electron. Jeden typ je klasický elektrobuses s centrálním motorem uprostřed, akumulátory umístěnými vzadu a na střeše vozu. Tato koncepce by se hodně podobala elektrickému autobusu Škoda Perun. Další typy se už ale svou koncepcí podstatně liší, jako například 12 m dlouhý dvounápravový vůz, který má elektromotory uložené přímo v kolech zadní nápravy. Dalším typem je 18 m dlouhý kloubový vůz, kde elektromotory v kolech jsou jak na druhé, tak i na třetí nápravě. Obě provedení zobrazuje obr. 5.3. [29] [30]

Obr. 5.3 Elektromotory přímo v kolech elektrobusesů Ekova Electron. Nahoře 12 m provedení s jednou hnací nápravou, dole kloubový vůz se dvěma hnacími nápravami.



Zdroj: [30]

Koncepce pohonu:

Elektromotory — první provedení, kde je motor uložen uprostřed, používá synchronní elektromotor o výkonu 155 kW, který je chlazen kapalinou. Pokud jsou elektromotory umístěny přímo v nábojích kol, používají se synchronní elektromotory o společném výkonu 226 kW. Jedná-li se o kloubové provedení se dvěma hnacími nápravami, je společný výkon elektromotorů 452 kW. [29] [28]

Akumulátory — akumulátory jsou typu Li-Ion s kapacitami 190 kWh a 265 kWh dle typu vozu. Jejich umístění je v zadním boxu a na střeše. [29] [28]

Koncepce uložení — provedení s centrálním elektromotorem je podle vzoru **B**. Provedení s motory přímo v nábojích kol je pak podle vzoru **D** (kap. 3.1). Takový způsob řešení je na rozdíl od běžného umístění elektromotoru sice o něco dražší, ale přináší s sebou hned několik jednoznačných výhod. Šetří místem, středová ulička mezi koly může být široká až 880 mm, větší je také celkový prostor pro cestující a v neposlední řadě je autobus ještě daleko tišší v celém prostoru v interiéru. Akumulátory jsou umístěny jak v zadním boxu, tak i na střeše vozu. Výhodou je, že jejich uložení nezmenšuje prostor pro cestující. Nevýhodou je vyšší těžiště a tím horší jízdní vlastnosti. [29] [28]

Tab. 5.1 Srovnání výhod a nevýhod zmíněných elektrobuseů

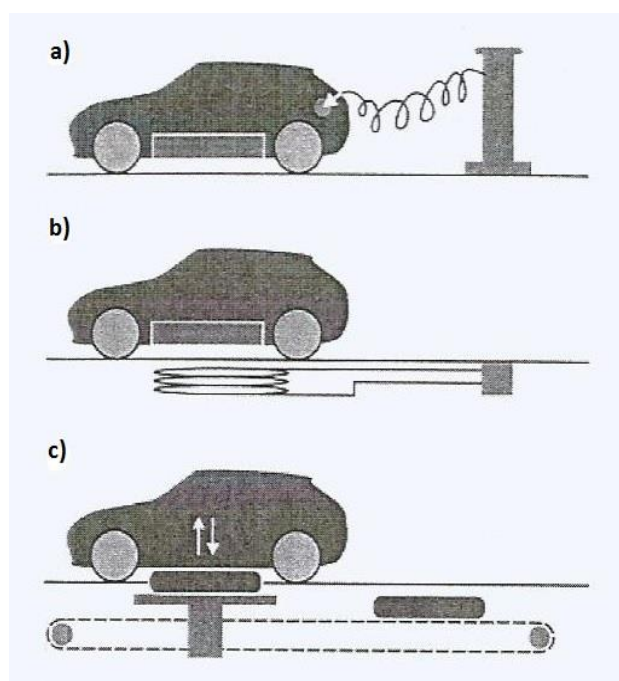
Elektrobus	Výhody	Nevýhody
SOR EBN	Nezmenšil se prostor pro cestující.	Rozložení hmotnosti
Škoda Perun	Rozložení hmotnosti	Omezení prostoru pro cestující.
Ekova Electron (provedení s elektromotory v kolech)	Větší prostor pro cestující. Tišší v interiéru. Široká středová ulička.	Vyšší cena. Vyšší těžiště.

Zdroj: [vlastní zpracování]

6 Nabíjení elektromobilů

Velkou překážkou většího rozvoje elektromobilů je nedostatečná síť potřebné infrastruktury. Elektrické vozy musí čerpat energii častěji než vozidla se spalovacím motorem a dalším hendikepem je, že nabíjecí technika není pro všechna vozidla stejná. Jestliže se podaří vybudovat potřebnou infrastrukturu dobíjecích stanic, bude také stoupat počet uživatelů, kteří si budou ochotni zakoupit automobil na elektrický pohon. Rozvíjejí se kromě klasických dobíjecích stanic i další druhy nabíjení či výměny akumulátorů. Ty jsou důkladněji popsány v následující kapitole a graficky je znázorňuje obrázek 6.1. [33] [34]

Obr 6.1 Používané druhy nabíjení elektromobilů



a) – pomocí nabíjecích kabelů, b) – indukční nabíjení, c) – výměna akumulátorů

Zdroj: [33]

6.1 Pomocí nabíjecích kabelů

Jedná se zatím o nejpoužívanější a nejrozšířenější způsob nabíjení elektromobilů, kdy k nabití akumulátoru není potřeba ani speciální nabíjecí stanice, ale lze nabíjet i z klasické domovní sítě. To je velká přednost tohoto druhu nabíjení. Malou nevýhodou oproti ostatním způsobům může být, že kabel s konektorem musíme vozit stále s sebou. Různé druhy nabíjecích stanic také mají odlišné druhy konektorů, proto je dobré zjistit, kde se jaký nachází, případně mít speciální redukce. K polovině roku 2016 je na našem území 250 veřejných a poloveřejných nabíjecích stanic. Nabíjecí infrastrukturu pro elektrická vozidla lze rozdělit podle přístupnosti a místa instalace [50]:

veřejné nabíjení – na veřejně přístupných místech nebo u silnic.

poloveřejné nabíjení – na soukromých plochách jako jsou parkovací objekty, obchodní střediska, hotelové parkoviště.

polosoukromé nabíjení – na soukromých plochách pro osoby dojíždějící za prací, služební a firemní vozidla na firemních pozemcích.

soukromé nabíjení – na soukromých pozemcích, například doma v garáži.

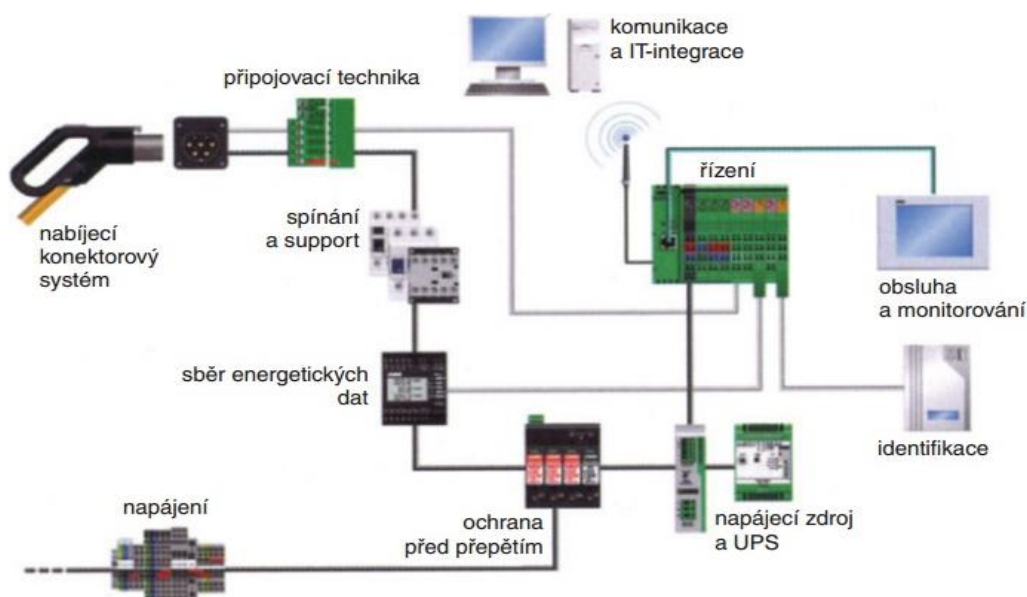
Konstrukce nabíjecích stanic

Nabíjecí stanice, která není soukromá, musí být vybavena údaji o spotřebované elektrické energii, které musí být ve shodě s cejchovním právem podle zvláštních smluv o trakčním proudu. Propojení s vozidlem je buď se zásuvkou a volným propojovacím nabíjecím kabelem, nebo kabelem, který je na jedné straně pevně připojen k nabíjecí stanici a na druhé straně má konektor pro připojení k vozidlu. Nabíjecí stanice by měla spolehlivě pracovat i při nepříznivých povětrnostních poměrech, jako např. za mrazu nebo přímého slunečního záření. [50]

Přes komunikační rozhraní je nabíjecí stanice spojena s informační technikou uvnitř objektu. Vítané jsou také dálková zobrazení dobitého množství elektrické energie na inteligentním telefonu nebo dálkový přístup prostřednictvím dodavatele elektrické energie, který posílá tarifní signály na nabíjecí stanici. Topologie nabíjecí infrastruktury je zobrazena na obrázku 6.2. Dále jednotliví provozovatelé veřejných nabíjecích stanic nabízejí další komfortní funkce, jako například wi-fi připojení, nebo možnost dobíjení notebooků a dalších elektronických zařízení. [50] [38]

Běžné nabíjení je prováděno střídavým napětím a nabíjecím proudem 16 A, to lze využít hlavně v domácnostech s ohledem na jištění zásuvek. Rychlejší nabíjení je poté z rychlonabíječek, ty nabíjí proudem 32/64 A. Dále někteří provozovatelé nabíjecích stanic nabízejí ještě další techniky dobíjení. [50]

Obr. 6.2 Topologie nabíjecí infrastruktury



Zdroj: [50]

Například energetická společnost **ČEZ**, s aktuálně 68 nabíjecími stanicemi, nabízí klasické nabíjení s hodnotami 16 A a 32 A/400 V, dále pak rychlonabíjecí stojany se střídavým napětím o výkonu 22 kW. Ještě možnost využití stejnosměrného napětí s použitím speciální DC konektorů, lze nabíjet výkonem až 55 kW. Průměrná doba nabíjení z nuly na 80 % kapacity je pak pouze 20-30 minut (záleží na kapacitě akumulátoru). [33] [35]

Další zajímavou technickou možností při nabíjení elektromobilů nabízí společnost **ABB**. Její dobíjecí stanice ABB Hermes 1.0 lze nabít akumulátor průměrného elektromobilu z 25 % na 80 % (v praxi nejběžnější situace) za pouhých 15 minut. To díky tomu, že po spojení stanice s vozidlem dojde k vyřazení interního nabíjecího systému vozu a jeho úlohu přebere externí nabíjecí stanice, která po celou dobu nabíjení spolupracuje s řídicí jednotkou vozidla. Nabíjecí stanice této společnosti se vyznačuje obrovským výkonem 50 až 250 kW. Dobíjecí stanice s výkonem 50 kW dokáže elektromobil nabíjet stejnosměrným proudem až 125 A. [51]

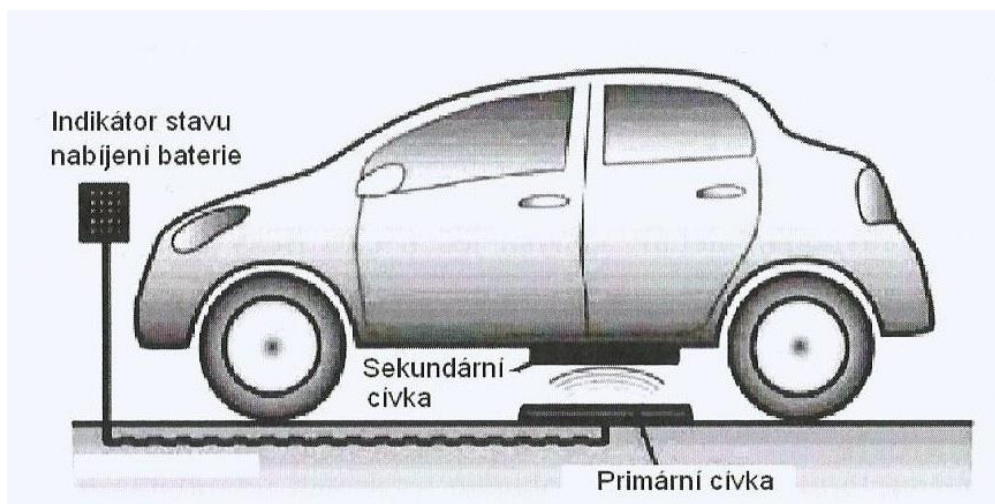
Dvě své nabíjecí stanice má už na našem území také společnost **Tesla**. Tato rychlonabíjecí stanoviště tzv. Superchargery se vyznačují vysokým výkonem až 135 kW. Pro představu, 224 km dojezdu vozu Tesla Model S dobije přibližně za 30 minut. Výhodou pro majitele vozů značky Tesla je bezplatné dobíjení na těchto stanicích (toto se nově netýká vozů vyrobených po 1. 1. 2017, kde po využití 400 kWh bude elektřina účtována). Cena za elektřinu je totiž podle

samotné Tesly zaúčtována v ceně vozu. Dále je pak využívána solární energie ze solárních panelů umístěných přímo na střeše nabíjecích stanic. K tomu Tesla většinou nabízí další doplňkové služby zdarma jako wi-fi připojení, možnost nabíjení elektroniky, káva, apod. [36] [37]

6.2 Indukční nabíjení

Indukční nabíjení už podle názvu využívá princip elektromagnetické indukce. Přenos energie je uskutečněn prostřednictvím dvou cívek, z nichž jedna je umístěna v povrchu parkovacího místa a druhá ve vozidle. Elektrický proud protékající primárním obvodem (ve vozovce) vybudí magnetické pole, které začne indukovat elektrický proud v sekundárním vinutí (ve vozidle) a ten bude dobíjet baterie umístěné ve vozidle. Graficky je indukční nabíjení zobrazeno na obrázku 6.3. Účinnost přenosu energie z rozvodné sítě přes všechny komponenty až k baterii je zhruba 90 procent. Magnetické pole, které přenos zajišťuje, se tvoří především v prostoru mezi cívkami. V okolí vozidla se má projevat indukci hluboko pod mezinárodně doporučenou bezpečnou hranicí 6,25 mikrotésla. Vzdálenost mezi oběma cívkami se na dobíjecích stanovištích pohybuje mezi 8 - 15 cm. [33] [40] [41]

Obr. 6.3 Schéma indukčního nabíjení elektromobilů



Zdroj: [33]

Výhodou tohoto typu nabíjení je jeho uživatelská jednoduchost, stačí jen najet vozidlem na vyhrazené místo. Tím, že nejsou potřeba žádné kabely ani konektory, vyhýbá se tato varianta nabíjení také útoku vandalů a zlodějů. Nevýhodou je nutnost konstrukčního zásahu do vozovky

i do samotného vozu, který musí mít sekundární cívku na spodní části podlahy. Také účinnost přenosu je o něco nižší než u nabíjení pomocí kabelu, konkrétně 90 %, kvůli tomu se lehce prodlouží čas dobítí akumulátoru. [39] [33] [52]

Při používání ve venkovních prostorech jsou nutné i další speciální funkce. Například prototyp indukčního nabíjecího systému Halo, navržen pro venkovní použití, je vybaven nezbytnými bezpečnostními funkcemi. Jednou z nich je i neustálý monitoring přítomnosti kovových předmětů mezi cívkami. Samozřejmostí je také hlídání nežádoucího úniku elektromagnetického záření. [39]

Tento způsob nabíjení zatím není tak rozšířený jako pomocí kabelů, nicméně predikuje se mu velká budoucnost. Nyní je indukční dobíjení v některých případech bráno až jako druhotný užitek. Jedná se například o stání taxi služby, kde při čekání na zákazníka se akumulátory dobíjejí. Někde se indukční cívky instalují do vozovky před křižovatky řízenými světelnými signalizačními zařízeními, kde se akumulátory mohou dobít při čekání na červené. V některých vyspělých státech jako třeba ve Švédsku se rozhodli pro větší využití bezdrátového nabíjení. Zejména se jedná o městské elektrobusy, které jezdí po určité lince a na ní jsou právě ve vozovce zabudované cívky a vedení pro indukční nabíjení. Díky tomu nemusí mít elektrobusy těžké a drahé akumulátory. Tato ušetřená částka může jít až do statisíců korun. Oproti trolejbusům dráty elektrického vedení nehyzdí krajinu a v případě náhlé objížd'ky nejsou závislé na trakčním vedení. [33] [40]

S jiným konstrukčním řešením přišli inženýři z německého Fraunhoferova institutu. Jedná se o změnu, kdy primární cívka není zabudovaná ve vozovce, ale v panelu na parkovišti. Tuto variantu smí používat jen speciálně upravený vůz, který má svoji sekundární cívku umístěnou v předním nárazníku. Při klasickém indukčním nabíjení z vozovky je vzdálenost obou cívek až 15 cm, kvůli tomu musí mít samotné cívky průměr téměř 80 cm. Právě díky tomu, že s vozidlem najedeme tak, že se přední nárazník (v němž je umístěna sek. cívka) dotýká panelu s primární cívkou, stačí když obě cívky mají průměr pouze 10 cm. Výhodou jsou tedy menší průměry cívek, tím i jejich nižší cena a také to, že není nutný stavební zásah do konstrukce vozovky. Nevýhoda je v nutné konstrukční úpravě vozidla (cívka v nárazníku). Dále si musí řidič dát pozor při najíždění k panelu, aby nedošlo k poškození vozu. K tomu slouží speciální senzory, jimiž musí být vozidlo vybaveno. Tento způsob nabíjení je možný pouze při stání vozu na parkovišti. [42]

6.3 Výměna akumulátorů

Tato metoda prodloužení dojezdu není zatím moc rozšířená. Na evropském kontinentu téměř vůbec, ale na tom severoamerickém už je několik stanic, kde vám v autě vymění vybitý akumulátor za plně nabitý. [43]

Tento systém má asi nejvíc propracovaná společnost Tesla, která ho představila v roce 2013. Uživatelsky velmi příznivý systém, kdy řidič elektromobilu najede na stanovené místo a dá pokyn k výměně baterie. Dále už řidič nedělá nic. Systém pracuje zcela automaticky, z prostoru pod vozidlem se vysune zařízení, odmontuje spodní kryt, vysune sadu akumulátorů a ta zmizí v prostoru pod vozidlem. Po pár sekundách se na jeho místě objeví nová sada nabitých akumulátorů, která se nasune do vozu, namontuje kryt a vozidlo může odjet s plným dojezdem. Při představení této metody Tesla porovnávala čas výměny akumulátorů s časem tankování plné nádrže automobilu se spalovacím motorem u čerpací stanice. Celá výměna vybitých akumulátorů za ty nabité trvala pouze 93 sekund, zatímco tankování plné nádrže u čerpací stanice trvalo přes 4 minuty. Za tu dobu se tedy pohodlně zvládne výměna akumulátorů u dvou elektromobilů. [43]

Druhou společností, která byla spojena s touto metodou, byla firma Better Place. Ta podobně stavěla výměnné stanice a to hlavně pro společnost Renault a jejich elektrický model ZOE. Rozdíl oproti Tesle je, že Renault ZOE uzpůsobený pro tento systém se prodával výhradně bez akumulátorů, ty se daly pouze pronajímat. Oproti Tesle je doba výměny o něco delší, zhruba 3 minuty. [44]

Výhodou tohoto systému, který je schematicky zobrazen na obrázku 6.1.c), je jeho uživatelská jednoduchost, kdy řidič nemusí ani vystoupit z vozu. Výhodou je také podstatně nižší cena při nákupu takto upraveného elektromobilu, protože akumulátor si uživatel vlastně jenom pronajímá (ne u všech modelů). [43] [44]

Nevýhodou je určitě nedostatečný počet takto vybavených nabíjecích stanic a také to, že za výměnu akumulátoru, dle údajů Tesly, uživatel zaplatí zhruba stejně, jako za plnou nádrž u vozů se spalovacím motorem, kvůli tomu se trochu ztrácí cenová výhoda elektromobilu. To je do určité míry také spojeno s vysokými náklady na vybudování a provoz takovýchto výměnných stanic. S výměnou akumulátoru mohou být spojeny ještě další poplatky. A to v případě, že se ke stanici nevrátíte a nenecháte si znovu do vozu umístit svůj starý akumulátor

(jen když si akumulátor zakoupíte už s vozem). Pak máte buď možnost Tesle doplatit rozdíl v ceně obou akumulátorů, nebo si jej nechat dopravit domů za poplatek. [43]

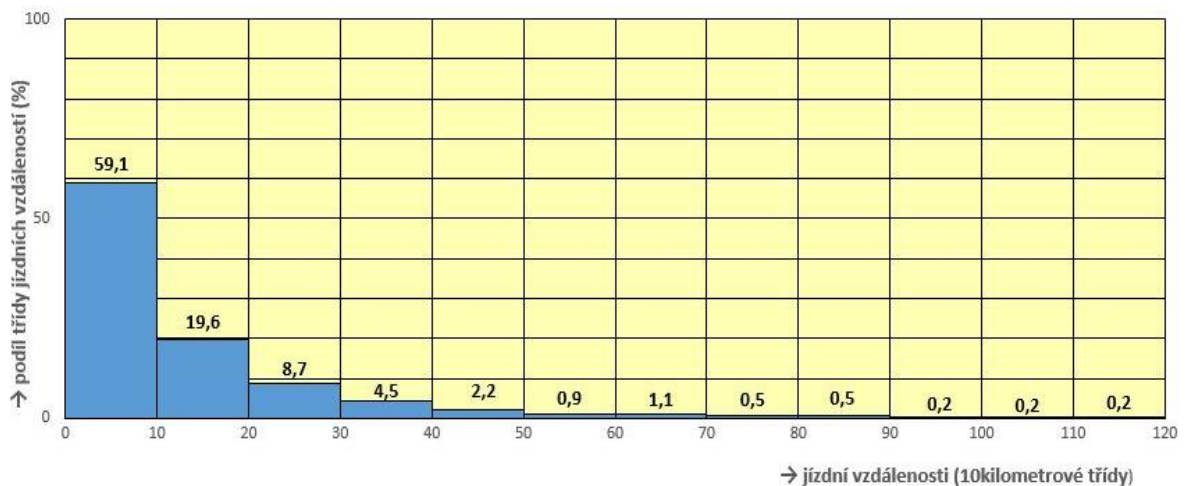
Z tohoto porovnání uživatelsky nejpřívětivěji vychází metoda s výměnou akumulátorů, kdy řidič nemusí vůbec vystupovat z vozu a celý proces trvá pár minut. Pokud by se vytvořila dostatečná infrastruktura právě tohoto druhu prodloužení dojezdu, je zcela jisté, že by vzrostla poptávka po elektromobilech, protože právě dlouhá doba čekání než se vozidlo nabije, je velkou slabinou elektricky poháněných vozidel. Proti jsou ovšem velké náklady na výstavbu takové stanice oproti ostatním, kdy třeba klasické kabelové nabíjecí stanice je možné postavit v místě současných čerpacích stanic a tím podstatně ušetřit náklady na výstavbu stanic a zázemí. Uživatelsky přívětivá je i metoda indukčního dobíjení, kdy bezdotykové stanice jsou téměř neviditelně začleněny do okolního prostředí. Plně automatizovaný systém bezkabelového dobíjení je možno využívat i při krátkých zastávkách například na křižovatkách. Problémem je opět nutný zásah do konstrukce vozovky a také složitější systém placení za odebranou energii. [33] [34]

7 Budoucnost elektrovozidel

Jestli bude budoucnost patřit výhradně elektromobilům, se prou jejich odpůrci i zastánci. Elektromobily mají spoustu výhod i nevýhod oproti vozům se spalovacím motorem. V této kapitole jsou podrobně zhodnoceny hlavní nevýhody elektrovozidel.

Největší nevýhodou je zřejmě **omezený dojezd na jedno nabití**. Tímto problémem se ohání snad všichni odpůrci elektricky poháněných vozidel, ale vůbec si neuvědomují počet kilometrů, které běžný řidič ujede v průměru za jeden den. Tento počet zobrazuje graf na obr. 7.1. [52]

Obr. 7.1 Statistika průměrných ujetých vzdáleností osobního vozu (pondělí až nedelě)



Zdroj: vlastní zpracování; [52]

Vyplývá z něj, že téměř 60 % všech denních jízd automobilem je uskutečněno na kratší vzdálenost než 10 km. Je tedy jasné, že na podobný počet ujetých kilometrů za den, moderní elektromobily s dojezdem přes 400 km, bohatě dostačují. Navíc na podobném stylu jízd například po městě nebo mezi městy je krásně vidět výhoda elektromobilů v ceně provozu. Při každodenním dojíždění na vzdálenost 10 km bude čistá jízdní doba v běžném městském provozu zhruba 15 minut, jak pro klasický automobil, tak i pro elektromobil (není třeba tankovat ani nabíjet). U vozidla se spalovacím motorem nás bude spotřebovaná cena paliva stát asi 24 Kč a v podobě elektřiny pouze 6 Kč (vzaty průměrné ceny a spotřeby energií). Ke konkrétní situaci lze ještě zmínit, že vozidlu se spalovacím motorem nebude za studena nějakou chvíli fungovat katalyzátor a bude do ovzduší produkovat škodlivé emise a také bude mít vyšší spotřebu paliva. Omezený dojezd na jedno nabití elektromobilů se tedy spíše týká

dálkových jízd, kdy je potřeba i kvalitnější infrastruktura nabíjecích stanic kvůli nutnosti častějšího dobíjení a také v zimním období, kdy se dojezd snižuje v důsledku vytápění interiéru. [34] [52]

Informace zmíněné v první části předchozího odstavce částečně vyvracejí nevýhodu **dlouhé doby nabíjení elektrovozidel**, protože při nejčastějším průměrném denním nájezdu kilometrů zmíněném v předchozím odstavci, bude i doba nabíjení velmi krátká. [52]

Co dost odrazuje od koupě elektromobilu je jeho **vyšší pořizovací cena**. Dá se předpokládat, že s rostoucí konkurencí na trhu s elektromobily se bude jejich cena snižovat. Pomocť může například i vláda, která může snižovat daň z přidané hodnoty z pořizovací ceny, nebo jinak cenově zvýhodňovat zakoupení elektromobilů. Co si ale spousta lidí neuvědomuje je fakt, že elektromobily nevyžadují téměř žádnou údržbu. Odpadají výměny: olejů, filtrů, chladicí kapaliny, zkorodované výfukové soustavy, opotřebované spojky, dílů motoru (svíčky, vstřikovací ventily, rozvody), atd. Díky rekuperaci kinetické energie jsou také méně opotřebovávány brzdy. Samotné elektromotory nevyžadují žádnou údržbu a tak spolu s nízkými provozními náklady se rozdíl v pořizovací ceně brzy vyrovná. [34]

Velkým tématem je také to, jestli se při přechodu na elektricky poháněná vozidla **vůbec sníží produkce CO₂** jako skleníkového plynu, který má vliv na globální oteplování. Z celkového hlediska určitě nesníží. Záleží totiž na způsobu výroby elektrické energie, kdy veškerá světová elektřina se z více než 70 % vyrábí z fosilních paliv, především pak z uhlí. Tuto situaci znázorňuje tabulka 7.1, kde jsou přepočteny průměrné spotřeby paliv a elektřiny na emise CO₂ vyprodukované na jeden kilometr. Z tabulky jasně vyplývá, že využívání obnovitelných zdrojů elektrické energie (vodní, větrné, solární elektrárny) výrazně snižuje celkovou produkci CO₂. [52]

Tab. 7.1 Přehled emisí oxidu uhličitého pro jednotlivé druhy paliv

Palivo	Normovaná spotřeba v provozu na 100 km	Emise CO ₂ (g/km)
benzín	6,2 l	147
nafta	4,7 l	125
zemní plyn	5,3 kg	118
elektřina z hnědého uhlí	19,6 Kwh	216
elektřina z černého uhlí	19,6 Kwh	176
obnovitelná elektřina	19,6 Kwh	8

Zdroj: vlastní zpracování; [52]

V této tabulce není uvedena hodnota CO₂ z produkce jaderné elektrárny, ale právě tyto zdroje elektrické energie jsou jedny z nejekologičtějších co do vzdušných emisí. V případě elektromobilů tak vlastně jen produkci oxidu uhličitého (a samozřejmě všech škodlivých látek) přesouváme z výfuku automobilu do elektrárny a jejího okolí. To je další důvod, proč jsou elektrovozidla vhodná zejména do městského provozu. [48] [49]

Kontroverzní je také téma **nedostatku elektrické energie** při používání elektromobilů. Podle odborníků, je ale u nás elektrická síť velmi silná a milion elektromobilů ji zatíží pouze jedním procentem. [34]

Že budoucnost může patřit právě elektromobilům, naznačuje Norsko. Tato v současnosti asi nejpokrokovější země co se týče prodeje a používání elektromobilů se může například pyšnit tím, že vozidla s elektrickým pohonem tvoří v Norsku už 29 procent všech nových registrací, což je bezkonkurenčně nejvíce na světě. Například v celé Evropské unii je průměr elektromobilů u nových prodejů lehce nad jedno procento. Za takto velký boom elektromobilu může norská vláda, která koupí a provoz elektromobilů podstatně zvýhodnila. Na tamější elektromobily se například nevztahuje daň z přidané hodnoty, silniční daň a mýtné na dálnicích. V Norsku elektricky poháněná vozidla také mohou jezdit zdarma trajekty přes fjordy, ve městech využívat pruhy pro autobusy, či zdarma parkovat. Řidiči mají v Norsku k dispozici už osm tisíc dobíjecích stanic, tamější vláda jich chce ale ještě více. Souvisí to i s ambiciózním plánem na kompletní elektrifikaci Norska. Už v roce 2020 by mělo být 70 procent všech nových vozů s akumulátory, do roku 2025 pak už všechny. Norsko má pro rozvoj elektromobility zásadní výhodu v podobě elektřiny z obnovitelných zdrojů, kde vodní elektrárny pokrývají 95 procent norské spotřeby. [46]

Vůbec severské země jsou v otázce elektromobility napřed oproti zbytku Evropy. Švédsko například testuje na některých úsecích autobusových linek systém dobíjecích pásů pro elektrobusesy, které pomocí indukčního nabíjení (kap. 6.2) dobíjejí akumulátory elektrických autobusů přímo za jízdy. Cílem projektu je otestovat životaschopnost technologie bezdrátového dobíjení v běžném provozu. [47]

Z těchto informací vyplývá, že momentálně jsou elektrovozidla vhodná výhradně pro městský, či příměstský provoz. Jednak díky nulovým emisím oxidu uhličitého v místě provozu vozidla, což může výrazně vylepšit smogové situace ve velkých městech, a také kvůli malému počtu nabíjecích stanic, které jsou ve městech přeci jen častější (parkoviště obchodních domů, velkých společností, atd.) Co se týče budoucnosti, dost záleží na postavené jednotlivých

státu a jejich podpoře elektromobility, jako příklad slouží právě Norsko. Dá se říct, že o vyspělosti státu může vypovídat i jeho přístup k elektromobilitě jako třeba kvalitní infrastruktura dobíjecích stanic. Z technického hlediska je asi právě největším problémem vyřešení doby nabíjení. Dnešní moderní elektromobily už mají dojezd na jedno nabití výborných 500 km, ale jejich nabití z nuly na plnou kapacitu akumulátorů trvá několik hodin, což je z uživatelského hlediska dost nevhodné. Budoucnost elektromobility je tedy hlavně ve vyřešení problematiky dobíjení, například pomocí indukčních dobíjecích pásů (Švédsko), nebo nějaké nově vynalezené technologie. [34] [46] [47]

Závěr

V této bakalářské práci jsem se věnoval problematice koncepcí pohonu u elektrovozidel. Nejprve jsem znázornil základní rozdělení koncepcí pohonu, následně podrobně zmapoval jednotlivé elektromobily a na nich popisoval a objasňoval jejich uložení elektromotorů a akumulátorů. V práci zmíněné elektromobily jsem vybral zcela náhodně s tím, aby se od sebe svojí použitou koncepcí lišily. Šlo mi hlavně o jejich vzájemné porovnání, vysvětlení zvolené koncepce pohonu včetně jejich výhod a nevýhod. Zmíněné výhody a nevýhody jednotlivých koncepcí jsou především v rozložení hmotnosti vozu, velikosti zavazadlového prostoru, trakci při rozjezdu a také v samotných jízdních vlastnostech. Váhu jednotlivých kladných, či záporných vlastností uvedených elektromobilů je třeba brát s ohledem na použití daného vozu, kdy třeba malý zavazadlový prostor nám u sportovního vozu příliš vadit nebude, naopak rozložení hmotnosti je v tomto případě zásadní. Podobně jako u elektromobilů jsem zhodnotil použitou koncepci i u elektricky poháněných autobusů, které se těší oblibě hlavně v severských státech. Městské elektrobusesy nemají zavazadlový prostor, a proto u nich akumulátory mohou zapříčinit snížení kapacity pro cestující a celkové omezení vnitřního prostoru.

V druhé polovině práce jsem prozkoumal problematiku nabíjení elektromobilů. Detailně jsem popsal tři používané způsoby nabíjení a podrobně zhodnotil jejich výhody a nevýhody z mnoha hledisek. V poslední kapitole se věnuji budoucnosti elektromobility. Hlavní nevýhody elektromobilů jsem zhodnotil z více hledisek a díky tomu lze říci, že hlavní zápory elektrických vozidel nemusí být až zase tak velké, jak je běžně uváděno.

U navrhování různých koncepcí pohonu elektromobilů je třeba brát hlavně v potaz to, na jaké účely bude vozidlo používáno. V dnešní době jsou kvůli málo rozvinuté infrastruktuře nabíjecích stanic elektromobily vhodné zejména do městského provozu. Jejich koncepce pohonu na to musí být tedy uzpůsobena. Co se týče dalšího vývoje a budoucnosti elektromobility je podle mě aktuální největší nevýhodou právě nízký počet nabíjecích stanic a příliš dlouhá doba nabíjení (vzhledem k času tankování paliva). Dnešní elektromobily už mají dojezd na jedno nabití i přes 500 km a díky větší kapacitě akumulátorů a lehčí konstrukci vozidla se tato hodnota může i zvyšovat. K čemu je ale platný velký dojezd, když nabití takového elektromobilu z nuly na plnou kapacitu je u většiny modelů v řádech hodin, což je z uživatelského hlediska zcela nevhodné. Řešením by mohlo být větší využití výměny samotných akumulátorů, které jsou popsány v kapitole 6.3, kdy samotná výměna vybitého

akumulátoru za plně nabitý trvá v řádu jednotek minut. Nicméně si myslím, že výměnné stanice jsou velmi nákladné na vybudování a o jejich rozšiřování se moc uvažovat nebude. V únoru 2017 naše vláda schválila podporu rychlonabíjecích stanic, mělo by jich být až 1200 a měly by vznikat i na místech, kde není příliš silný provoz, aby řidiči elektromobilů měli jistotu, že neuváznou někde bez proudu. Těmito pobídkami a dotacemi na koupi nového elektromobilu se jejich počet může zvýšit. Tyto kabelové rychlonabíjecí stanice nabíjí akumulátor z 0 na 80 % kapacity v řádu desítek minut (záleží na kapacitě akumulátoru). To už není tak dlouhá doba, avšak ve srovnání s dobou tankování paliva u vozidel se spalovacími motory je to delší doba a spoustu řidičů to může od koupě elektromobilu odradit. Dá se tedy s jistotou říci, že snížení doby nabíjení, kterou může přinést nějaká nová technologie nabíjení akumulátorů, podstatně zvýší počet elektrovozidel na našich silnicích.

Seznam použité literatury

- [1] 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.
- [2] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [3] *První hybridní vůz postavil Čech. Bud' Křižík nebo Porsche* [online]. [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: : [http://auto.idnes.cz/prvni-hybridni-vuz-postavil-cech-bud-krizik-nebo-porsche-
pey-/automoto.aspx?c=A091023_002851_automoto_vok](http://auto.idnes.cz/prvni-hybridni-vuz-postavil-cech-bud-krizik-nebo-porsche-
pey-/automoto.aspx?c=A091023_002851_automoto_vok)
- [4] *Přestavte si auto na elektrický pohon* [online]. 2012 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/protean-electric-bude-vyrabet-elektromotory-do-kol-fh0-
/automoto.aspx?c=A120805_193102_automoto_vok](http://auto.idnes.cz/protean-electric-bude-vyrabet-elektromotory-do-kol-fh0-
/automoto.aspx?c=A120805_193102_automoto_vok)
- [5] HYAN, Tom. Elektricky: Mercedes-Benz A Klasse E-CELL. *Automobil*. 2012, **56**(2), 56-57.
- [6] BISKUP, Pavel. Sendvičová konstrukce: Mercedes-Benz BlueZero. *Automobil*. 2009, **53**(3), 14-15.
- [7] HANKE, Petr. Elektrický blesk : Lightning GT. *Automobil*. 2009, **53**(2), 24-25.
- [8] HORSKÝ, Ondřej. Do zásuvky! : Mercedes-Benz Vito E-CELL. *Automobil*. 2010, **54**(11), 56-57.
- [9] E-CELL. „Elektrizující“ vyhlídky.. *Mercedes-benz.cz* [online]. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: [http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/van/home/vans_world/bl
ueefficiency/technologies/e-cell.html](http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/van/home/vans_world/bl
ueefficiency/technologies/e-cell.html)
- [10] Mitsubishi Colt EV: elektromobil z Japonska. *Auto.cz* [online]. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mitsubishi-colt-ev-elektromobil-z-japonska-15813>
- [11] HYAN, Tom. Elektrický Phantom : Rolls-Royce 102EX. *Automobil*. 2011, **55**(5), 58-59.

- [12] HYAN, Tom. Technika Škoda Octavia Green E Line - Elektrické premiéry. *Automobil* [online]. 2013 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: http://automobilrevue.cz/rubriky/technika/skoda-octavia-green-e-line-elektricke-premiery_39851.html
- [13] HANKE, Petr. Škoda Octavia Green E Line – Předskokan. *Automobil* [online]. 2012 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/testy/skoda-octavia-green-e-line-predskokan_40848.html
- [14] BISKUP, Pavel. Elektrické možnosti : Audi E-Tron. *Automobil*. 2013, **57**(1), 50-53.
- [15] Elektrické Audi R8 e-tron.. *Autorevue.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/elektricke-audi-r8-e-tron-ma-prodlouzeny-dojezd-a-920-nm>
- [16] E-tron Update.. *Fourtitude.com* [online]. 2012 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: http://fourtitude.com/features/Miscellaneous_Features_16/all-the-latest-on-the-facelifted-audi-r8-e-tron/
- [17] Audi F12 e Sport.. *Auto.cz* [online]. 2012 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/audi-12-e-sport-e-tron-70644>
- [18] Elektrický supersport Mercedes-Benz SLS AMG.. *Hybrid.cz* [online]. 2012 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/elektricky-supersport-mercedes-benz-sls-amg-electric-drive-stoji-10-560-000-kc>
- [19] BISKUP, Pavel. Také elektricky: Mercedes-Benz SLS AMG E-Cell. *Automobil*. 2011, **55**(1), 14-15.
- [20] MERCEDES-BENZ REVEALS.. *Mototrend.com* [online]. [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.motortrend.com/news/mercedes-benz-reveals-more-details-of-sls-amg-e-cell-electric-178261/>
- [21] Tesla Model S P85D.. *Auto.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/test-tesla-model-s-p85d-tohle-je-budoucnost-87792>

- [22] Tesla Model S P85D: Elektromobil s výkonem.. *Auto.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/tesla-model-s-p85d-elektromobil-pohonem-vsech-kol-vykonem-515-kw-83510>
- [23] Model S. *Tesla.com* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>
- [24] Městský elektrobus SOR EBN. *Sor.cz* [online]. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z <http://www.sor.cz/site/elektrobus-sor-ebn-105>
- [25] Elektrobus SOR EBN. *Dpo.cz* [online]. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.dpo.cz/o-spolecnosti/vozy/autobusy/220-sor-ebn-10-konstrukce.html>
- [26] ELEKTROBUS ŠKODA PERUN HP. *Skoda.cz* [online]. [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-a-hybridni-autobusy/elektrobus-skoda-hp-perun/>
- [27] ELEKTROBUS ŠKODA PERUN HE. *Skoda.cz* [online]. [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-a-hybridni-autobusy/elektrobus-skoda-perun-he/>
- [28] Expanze českých elektrobusů Ekova.. *Busepress.eu* [online]. 2016 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://www.buspress.eu/expanze-ceskych-elektrobusu-ekova-electron-do-zapadni-evropy/>
- [29] EKOVA ELECTRON - technická specifikace. *Ekova.cz* [online]. [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://www.ekova.cz/vyrobni-program/elektrobusy>
- [30] BUSWORLD 2015: Technologie ZAwheel Ziehl-Abegg.. *Busportal.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=12971>
- [31] New Approach for a Comprehensive Method for Urban Vehicle Concepts with Electric Powertrain.. and their Necessary Vehicle Structures. *Transportation Research Procedia* [online]. **2016**(14), 3686–3695 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214651630494X>
- [32] Ostrava od roku 2020: diesely zmizí.. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/ostrava-od-roku-2020-diesely-zmizi-nahradi-je-elektrobusy-cng-autobusy>

- [33] *Hybridní a elektrický pohon automobilů*. 2. Praha: Josef Kameš, 2015. ISBN 2013-11-14-1.
- [34] VEGR, Jaromír. Elektromobily? Proč ne? Proč ano? *Automa*. 2011, **17**(8-9), příloha 19.
- [35] Dobíjení na cestách. *Elektromobilita.cz* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeni-na-cestach.html>
- [36] Nabíjecí stanice pro elektromobily.. *Hybrid* [online]. 2014 [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stance-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-venaletet>
- [37] Tesla ukončí bezplatné používání svých dobíjecích stanic. *Auto.idnes.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/tesla-nabijeci-stance-zdarma-konec-d60-/automoto.aspx?c=A161108_152140_automoto_fdv
- [38] Řidiči elektromobilů Tesla se dočkali.. *E15.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/ridici-elektromobilu-tesla-se-dockali-u-humpolce-je-prvni-supercharger-1310065>
- [39] Indukční dobíjení vozidel – Bez kabelu. *Automobil* [online]. 2015 [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/indukcni-dobijeni-vozidel-bez-kabelu_44122.html
- [40] Nabíjení elektromobilů bez kabelů. *Osel.cz* [online]. 2011 [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/5650-nabijeni-elektromobilu-bez-kabelu.html>
- [41] Bezdrátové nabíjení elektromobilů zase o krok blíže. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/bezdratove-nabijeni-elektromobilu-zase-o-krok-blize/>
- [42] Bezdrátové nabíjení v nárazníku auta. *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/bezdratove-nabijeni-v-narazniku-auta>
- [43] Dojezd elektromobilů má zachránit blesková výměna baterie.. *Technet.cz* [online]. 2013 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/vymena-baterii-u-elektromobilu-dm9-/tec_technika.aspx?c=A130621_153520_tec_technika_mla

- [44] Vybité akumulátory z elektromobilu zmizí.. *Autembezpecne.cz* [online]. 2009 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: <http://www.audembezpecne.cz/cz/s40/c1461-Spodni-clanky/n1804-Vybite-akumulatory-z-elektromobilu-zmizi-v-podzemni-vymenne-stanici>
- [45] JANDURA, František. Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel. *Automa*. 2011, **17**(8-9), příloha 12.
- [46] Norský elektroboom: třetina nových aut jezdí .. *Idnes.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/rekordni-prodeje-elektromobilu-v-norsku-ffy-/eko-doprava.aspx?c=A170207_132705_eko-doprava_suj
- [47] Švédové připravují elektrické silnice. *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/svedove-pripravuji-elektricke-silnice>
- [48] Elektromobily produkci CO2 nesníží.. *Autobible.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://autobible.euro.cz/elektromobily-produkci-co2-nesnizi-dokud-se-bude-elektrina-vyrabet-hlavne-z-uhli/>
- [49] Emise CO2 u elektromobilů.. *Svetmobilne.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645-2>
- [50] KOŠŤÁL, Josef. Nabíjecí stanice pro domácnosti i firmy. *Automa*. 2011, **17**(8-9), příloha 10-12.
- [51] KUŽELKA, Miroslav. Nabíjecí stanice pro domácnosti i firmy. *Automa*. 2011, **17**(8-9), příloha 14-15.
- [52] KOŠŤÁL, Josef. Elektromobilita včera, dnes a zítra. *Automa*. 2011, **17**(8-9), příloha 4-9.

Seznam použitých obrázků

Obr. 2.1 Elektromobil Belgičana Camilla Janatzeho z roku 1899	3
Obr. 3.1 Rozdíl v konstrukci vozidel se spalovacím motorem a s elektrickým motorem	5
Obr. 3.2 Uspořádání hnacího ústrojí elektromobilů	7
Obr. 3.3 Elektromotory uložené v nábojích kol od firmy Protean Electric	8
Obr. 4.1 Škoda Octavie Green E Line	9
Obr. 4.2 Umístění pohonného ústrojí vozu Audi R8 e-tron	11
Obr. 4.3 Systém dvoudílného akumulátoru Li-Ion.....	13
Obr. 4.4 Akumulátory umístěné v sedvičové konstrukci podlahy	14
Obr. 4.5 Koncepce pohonu vozu Mercedes-Benz SLS AMG e-cell.....	16
Obr. 4.6 Mercedes-Benz Vito E-cell.....	18
Obr. 4.7. Umístění elektromotorů v Modelu S P85D.....	19
Obr. 4.8 Elektromotor umístěný přímo v naboji kola.....	20
Obr. 4.9 Umístění pohonného ústrojí ve voze Rolls-Royce 102EX.....	23
Obr. 5.1 Umístění pohonného ústrojí ve voze SOR EBN 11	27
Obr. 5.2 Umístění elektromotorů a akumulátorů ve vozidle Škoda Perun HE	28
Obr. 5.3 Elektromotory přímo v kolech elektrobusů Ekova Electron.....	29
Obr 6.1 Používané druhy nabíjení elektromobilů.....	31
Obr. 6.2 Topologie nabíjecí infrastruktury	33
Obr. 6.3 Schéma indukčního nabíjení elektromobilů	34
Obr. 7.1 Statistika průměrných ujetých vzdáleností osobního vozu	38

Seznam tabulek

Tab. 4.1 Srovnání výhod a nevýhod zmíněných elektromobilů	24
Tab. 5.1 Srovnání výhod a nevýhod zmíněných elektrobusů	30
Tab. 7.1 Přehled emisí oxidu uhličitého pro jednotlivé druhy paliv.....	39