



Využití baterií elektromobilů k ukládání obnovitelné energie

Bakalářská práce

Studijní program:

B2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Strojní inženýrství

Autor práce:

Jiří Koller

Vedoucí práce:

Ing. Petr Novotný, CSc.

Katedra energetických zařízení





Zadání bakalářské práce

Využití baterií elektromobilů k ukládání obnovitelné energie

Jméno a příjmení: Jiří Koller
Osobní číslo: S18000055
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojní inženýrství
Zadávací katedra: Katedra energetických zařízení
Akademický rok: 2021/2022

Zásady pro vypracování:

Rešerše

Baterie elektrických vozidel s technologií V2X

Vliv elektromobility na elektrizační soustavu

Využití baterie zaparkovaného automobilu pro potřeby provozovatele energetické soustavy

Vhodné elektromobily, nabíjecí stanice, potřebné normy

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

Dle potřeby
30 stran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

Novák Stanislav: Ekonomické aspekty sdílení autobaterií v distribuční síti, DP ČVUT Praha, 2021

Vedoucí práce:

Ing. Petr Novotný, CSc.
Katedra energetických zařízení

Datum zadání práce:

1. listopadu 2021

Předpokládaný termín odevzdání:

30. dubna 2023

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

doc. Ing. Petra Dančová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

23. června 2022

Jiří Koller

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Novotnému CSc. za odborné vedení a cenné připomínky. Dále děkuji Ing. Magdě Vestfálové Ph.D. za organizační poznámky. Velký dík patří i mé rodině a blízkým za podporu a trpělivost, bez kterých bych nebyl schopen práci dokončit.

Abstrakt

Tato práce se zabývá možnostmi využívání baterií elektrických vozidel s technologií V2X, jakožto systém pro ukládání obnovitelné energie. Úvodní kapitoly jsou zaměřeny na elektrická vozidla obecně, samotnou technologii V2X a způsoby akumulace obnovitelné energie. Následující kapitola je věnována bateriím elektromobilů. Jsou zde popsány typy vhodných lithiových akumulátorů, jejich degradace a způsoby využití vysloužilých kusů. Další části poukazují na efekt neřízeného nabíjení, respektive řízeného obousměrného toku energie bateriemi elektrických vozidel a jeho vlivy na elektrizační soustavu. Zmíněny jsou přínosy V2X a obousměrného toku energie jak pro uživatele vozu, tak pro účely provozovatele energetické soustavy včetně ekonomické výhodnosti. Poslední část nabízí popis a přehled konkrétních elektrických vozů a infrastrukturních prvků pro V2X, které jsou na trhu nabízeny v roce 2022.

Klíčová slova

Elektromobil, V2X, obnovitelná energie, akumulace, lithiová baterie, výkonová špička

Abstract

This thesis focuses on the options using electric vehicle batteries supporting V2X technology as a medium for storing renewable energy. The first chapters of the thesis describe electric vehicles in general, V2X technology and renewable energy storage methods. The next part is devoted to the batteries of electric vehicles, types of convenient lithium batteries, their degradation and specific uses of degraded ones. The following chapters point out to the effect of unmanaged and managed charging in the case of bidirectional energy flows through electric vehicle batteries to the electrical system. Benefits of V2X and bidirectional energy flow for electric vehicle users and energy system operator are mentioned, economical aspects are included. In the final part, a general overview of electric vehicles and infrastructure subjects which are suitable and offered for V2X in 2022, are described and given.

Key words

Electric vehicle, V2X, renewable energy, accumulation, lithium batteries, peak power

Obsah

1. Úvod	9
2. Elektromobilita s V2X.....	10
2.1. Vozidla s elektrickým agregátem	10
2.1.1. Elektromobily	11
2.1.2. Plug-in hybridy (PHEV).....	12
3. Vehicle To Everything (V2X)	13
3.1. Pohled z hlediska energetiky	13
3.1.1. Vehicle To Grid (V2G).....	14
3.1.2. Vehicle To Building / Home (V2B, V2H)	15
3.1.3. Vehicle To Load (V2L).....	15
3.2. Komunikace V2X.....	16
4. Způsoby akumulace energie	17
4.1. Přecherčovací vodní elektrárna (PVE)	17
4.2. Elektrárny se stlačeným vzduchem	17
4.3. Lithiové baterie.....	18
5. Baterie elektrických vozidel	19
5.1. Lithium – iontové baterie	19
5.2. Lithium – polymerové baterie	20
5.3. Lithium – křemíkové baterie	21
5.4. Snižování kapacity baterií	21
5.4.1. Dobíjecí cykly a degradace.....	22
5.5. Využití akumulátorů se sníženou kapacitou	22
5.5.1. Recyklace.....	22
5.5.2. „Second-life“	23
5.6. Energetická náročnost výroby lithiových baterií.....	23
6. Vliv elektromobility na elektrizační soustavu	24
6.1. Zvyšující se spotřeba energií	24
6.2. Zvýraznění výkonových špiček	26
7. Využití V2X	28
7.1. Pro majitele vozu	28

7.2.	Pro provozovatele energetické soustavy.....	28
7.3.	Ekonomické aspekty využití.....	30
8.	Vhodné vozy a infrastruktura pro V2X.....	31
8.1.	Elektromobily V2X.....	31
8.2.	Nabíjecí stanice.....	32
8.3.	Nabíjecí standardy.....	35
8.4.	Komunikační standardy.....	36
9.	Závěr.....	37
	Seznam použitých zkratk.....	38
	Seznam obrázků.....	39
	Seznam tabulek.....	40
	Seznam použitých zdrojů a literatury.....	41

1. Úvod

Vyspělý svět se pomalu, ale jistě, uchyluje do doby, kdy automobily budou poháněny výhradně elektrickou energií. Důvodem masivní výroby elektromobilů je zajistit především bezemisní provoz, který je součástí požadavků kontroverzního Green dealu. Aby byla splněna podmínka zelené osobní automobilové dopravy, nezbytně nutná je bezemisní výroba elektrické energie, kterou budou baterie elektromobilů nabíjeny.

Mezi tzv. zelené zdroje energie se řadí právě obnovitelné zdroje. Nejčastějšími způsoby získávání obnovitelné energie jsou energie sluneční, větrná a vodní. Obrovský problém obnovitelných energií tkví v nepravidelnosti a nestálosti výroby. K efektivnímu využívání zelené energie je nezbytná její akumulace. Pokud ostatní zdroje pokrývají alespoň aktuální spotřebu a současně povětrnostní podmínky nahrávají obnovitelným zdrojům, je výhodné, aby obnovitelná energie byla akumulována do úložišť. Bateriová úložiště mohou být stacionární – nabíjecí boxy složené z nových lithiových článků nebo z použitých baterií elektrických vozidel, kterých bude nepochybně přibývat. Druhý způsob využití baterií EV pro akumulaci energie představují samotné elektromobily za podpory V2X. Je to ekonomicko-energetický model, který dovolí majiteli EV využít naakumulovanou energii v baterii několika způsoby. K vlastnímu provozu, napájení spotřebičů, domácností, budov, i elektrické sítě. Detailnější popis těchto metod je součástí práce.

V současné době jsou vozy nabíjeny převážně bez jakéhokoliv řízení. Neřízené nabíjení současně s přibývajícím počtem EV zvyšují potřebný výkon sítě k uspokojení poptávky po elektrické energii. Tento jev je nejpatrnější během výkonových špiček v denním diagramu. Špičky, které jsou v určitých denních dobách již tak dost výrazné, nabydou na své signifikantnosti ještě více. K částečnému vyhlazení těchto extrémů a může pomoci řízené nabíjení a účelné vybíjení baterií EV pro potřeby majitele nebo provozovatele energetické soustavy. Elektromobilita s těmito parametry může napomoci stabilitě sítě, prozatím spíše na lokální úrovni.

V bakalářské práci je kladen důraz na energetický sektor a udržitelnost elektromobility. Byl proveden rozbor zvyšující se spotřeby energií, který je způsoben stávajícím elektrickým vozovým parkem, i tím budoucím. Zvyšování spotřeby má přímý vliv na zatížení elektrizační soustavy. Cílem bakalářské práce je představení současného stavu technologie V2X, způsoby, jakými může V2X prostřednictvím baterií elektrických vozů přispět k akumulaci obnovitelné energie a stabilitě energetické soustavy.

2. Elektromobilita s V2X

Vývoj elektromobility zažil v posledních letech boom. Z velké části za to mohou orgány Evropské Unie, kterými byl navržen a členskými státy EU schválen Green deal. Ačkoliv názor obyvatel jednotlivých evropských států na elektromobilitu se může výrazně lišit, absolutní počet prodaných elektromobilů kontinuálně narůstá.

Za rok 2021 bylo globálně prodáno 10,5 milionu elektrických a plug-in hybridů, což představuje meziroční nárůst o 78 %. To tvoří 19 % veškerých prodaných automobilů. Necelou polovinu z toho připadá na čistě elektrické vozy. [1]

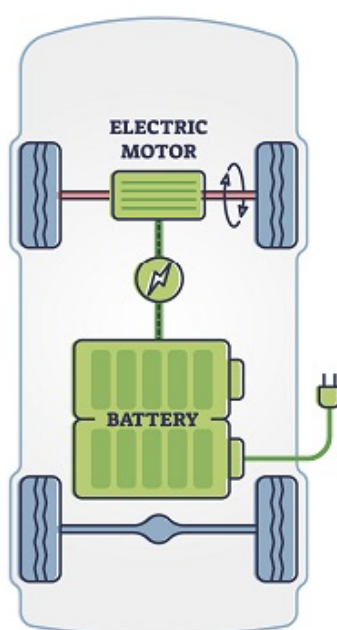
Aby se elektromobilový park dále rozšiřoval, je silně podporován dotacemi na každý vůz. Dotace ale nejsou jediný nástroj, jak uměle přitáhnout více zájemců o tyto vozy. Mnoho evropských měst zavedlo tzv. nízkoemisní zóny, které omezují vjezd aut v závislosti na jejich emisní třídě s cílem zlepšit kvalitu ovzduší. Zvýhodnění představuje i např. levnější dálniční kupony a řada dalších. Průměrný občan zohledňuje především stránku praktickou a ekonomickou. Nevyhovující doba nabíjení, dojezd vozů a jejich cena jsou nejpodstatnějšími ukazateli. Dále pro každodenní využívání EV je nutno výrazně rozšířit síť veřejných dobíjecích stanic. Současná vybudovaná infrastruktura nabízí pouze jednosměrné dobíjecí stanice, které disponují různými nabíjecími rychlostmi. Ale ani to nestačí. Automobilky se soustředí na využívání naakumulované elektrické energie, na které je postavena technologie V2X. Drtivá většina EV v dnešním provozu funkci obousměrného toku energie nepodporují. V případě, že elektromobil, nabíjecí stanice a energetická síť je přizpůsobena obousměrnému toku elektrické energie, může být tento proces ekonomický pro uživatele i provozovatele energetické sítě.

2.1. Vozidla s elektrickým agregátem

Na trhu je nabízeno široké spektrum vozidel využívajících elektrickou energii ke svému pohonu. Ne všechny typy EV jsou pro technologii V2X vhodné. V2X vyžaduje připojení vozidla k elektrické síti pomocí nabíjecího kabelu a nabíjecí stanice. Kabelové připojení nesplňují hybridní vozidla, která své baterie nabíjí energií získanou z práce, konanou spalovacím motorem. Dále jsou to EV s bezdrátovým dobíjením. Technologii bezdrátového nabíjení vyvíjí automobilky Volvo, Nissan a další. Pro V2X ale nejsou vhodné ze stejného důvodu. Lze bezdrátově napájet baterii ze sítě, ale v dnešní době (2022) neexistují akumulátory, které by byly schopny inverzní operace. Toto kritérium splňují čistě elektromobily a plug-in hybridy s konvenčním nabíjením.

2.1.1. Elektromobily

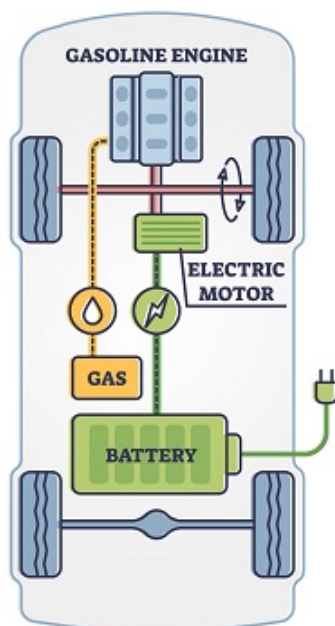
Elektrické vozy jsou poháněna elektrickou energií prostřednictvím nabitě baterie. Baterie akumuluje elektrickou energii, kterou získává z elektrické sítě po připojení kabelem k nabíjecí stanici. Nabitý akumulátor dodává energii elektromotoru (obr. 1), který pracuje na základě elektromagnetických jevů. Elektromotor je mimo jiné schopen vykonávat funkci generátoru. Při zpomalování dokáže vracet elektrickou energii do akumulátoru a opětovně ji využít. Vzhledem k faktu, že hnací ústrojí výrazně menší počet mechanických součástí, lze je prohlásit za méně údržbové. Disponují nulovými emisemi během provozu. Nevýhodou může být stále poněkud vyšší pořizovací cena.



Obrázek 1 Schéma hnacího ústrojí elektromobilu [2]

2.1.2. Plug-in hybridy (PHEV)

Plug-in hybridy dávají uživateli možnost využívat pohonu z agregátu elektrického i spalovacího (obr. 2). Oba způsoby lze mezi sebou kombinovat, ale také těžit z jednoho bez závislosti na druhém. Na rozdíl od hybridů je nutno baterii PHEV dobíjet nabíjecí stanicí. Konvenční nabíjení přináší PHEV možnost být součástí V2X (při obousměrném toku proudu). Kapacita baterií bývá zpravidla nižší než u plně elektrických vozů. Tím je zkrácena doba jeho nabíjení. V neprospěch PHEV spadá stálá závislost na spalovacím motoru. Dojezd vozu na elektrický pohon vzhledem ke kapacitě baterie nebývá vysoký.



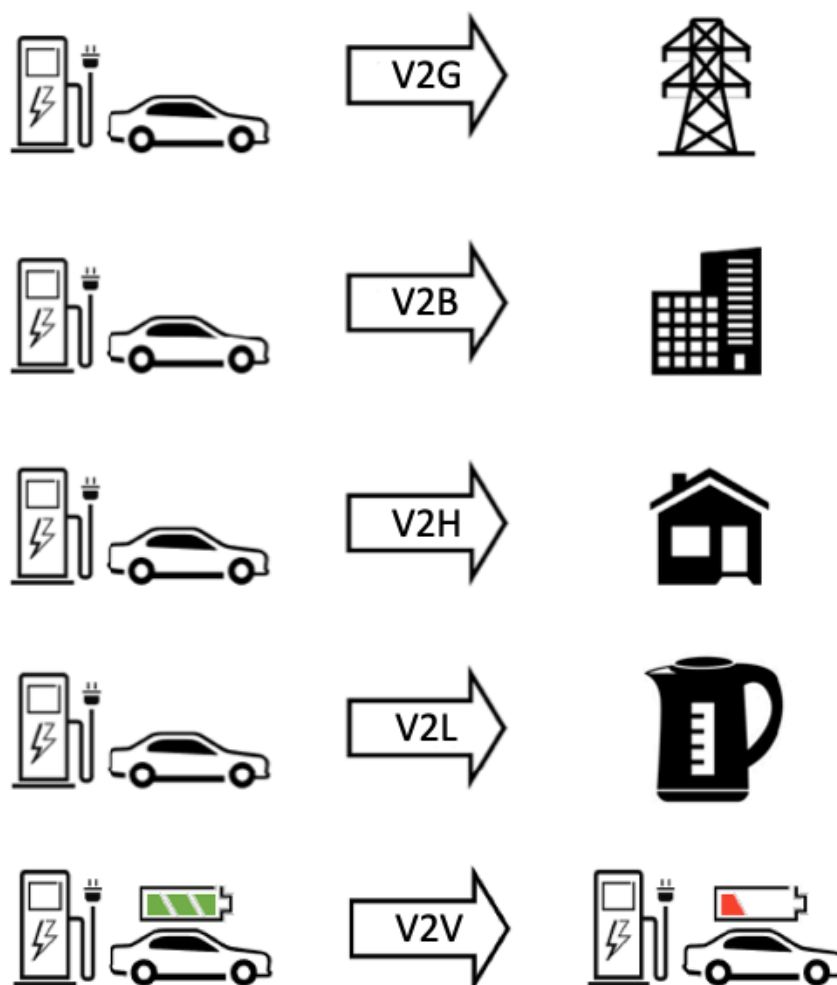
Obrázek 2 Schéma hnacího ústrojí plug-in hybridu [2]

3. Vehicle To Everything (V2X)

Vehicle To Everything je v současném světě elektromobility často užívaný termín. Jedná se o energeticko-ekonomický a komunikační systém, kdy baterie EV mohou být využívány nejen k jejich pohonu, ale i ke zpětnému čerpání elektrické energie z nich pro širokou škálu účelů. Již dnes některé vozy těmito prvky disponují.

3.1. Pohled z hlediska energetiky

Z hlediska energetiky V2X představuje funkci obousměrného toku elektrické energie skrze baterii EV. Rozumí se tím možnost použít nabitou baterii použít k vlastnímu pohonu vozu i k dodávání energie do energetické sítě (V2G), budov (V2B), domácností (V2H), spotřebičů (V2L) či jiných vozidel (V2V) (obr. 3). V současné době existují vozy disponující těmito funkcemi, avšak baterie není jediná komponenta potřebná k těmto funkcím.



Obrázek 3 Přehled možností využití V2X [3], upraveno

Energetické odvětví si tímto slibuje vytvořit nezávislost na fosilních zdrojích elektrické energie. Fosilní zdroje budou postupně nahrazovány zdroji obnovitelné energie. Obnovitelné zdroje energie jsou ovšem ze své podstaty nestabilní. K zefektivnění jejich funkce je nezbytné tuto energii dokázat v co největší možné míře uchovávat. Ke skladování mohou sloužit bateriová úložiště z nových či použitých baterií (viz kap. 4.3. a 5.5.2.) nebo baterie vozidel. Efektivní nakládání s energiemi úzce souvisí s jejími cenami, nejedná se o téma čistě energetické, ale i ekonomické.

Z obr. 3 je patrné, že úplně implementovaná V2X přináší řadu funkcí. Podrobněji budou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1. Vehicle To Grid (V2G)

Technologie Vehicle to Grid (V2G) je způsob přenosu elektrické energie v oblasti elektromobility. V2G, přeloženo do češtiny, znamená „z vozidla do elektrické sítě“. Zřídka bývá využíváno také zkratky G2V (Grid to Vehicle). To už ale vyjadřuje běžné konvenční nabíjení elektromobilu z elektrické sítě. Pokud by technologie G2V fungovala i inverzním směrem, potom je řeč o systému, kde kromě nabíjení elektrického vozidla je možné také posílat elektrickou energii z nabitého akumulátoru elektromobilu do elektrické sítě. Tento proces je možný v případě, že elektromobil i dobíjecí stanice technologii V2G podporují. Potom lze tyto elektromobily použít obdobným způsobem jako bateriová úložiště. [3] [4] Odběr elektrické energie ze sítě je proces, který je přirozený jak pro odběratele, tak pro „druhou stranu“, na které stojí provozovatel energetické sítě nebo distributor. Posílání elektřiny do sítě je komplikovanější, a proto je nezbytná spolupráce obou stran. [3]

V2G má velký potenciál k dalšímu rozšiřování. Technologie je přínosná jak pro uživatele elektromobilu, tak přináší výhody i pro provozovatele energetické soustavy. (viz. kap. 7.3.) Čím více vozidel a dobíjecích stanic bude schopno obousměrného toku elektřiny, tím vyšší bude kapacita elektrické energie v síti. Automobily, jako pojízdné baterie, lze využívat k vyrovnávání zatížení sítě, nebo jako výkonová záloha. Baterii lze dobít v časech, kdy je nižší odběr elektrické energie ze sítě a v době výkonových špiček ji prostřednictvím dobíjecí stanice nabídnout k využití, kdy je výkupní cena vysoká (viz v dalších kapitolách). [3]

3.1.2. Vehicle To Building / Home (V2B, V2H)

V2B a V2H jsou v podstatě systémy čerpání energie z baterie, které provádí totožnou operaci. Nashromážděná energie v baterii EV může být využita v budovách a domácnostech, a to ve dvou případech. Nabití baterie z domácích obnovitelných zdrojů (fotovoltaické panely, větrné elektrárny), popřípadě za nižší cenu ze sítě a následné čerpání v dražší tarifu, nebo v případě výpadku proudu. V2B a V2H tak mohou snížit spotřebu energie odebírané energie ze sítě v „dražších“ denních dobách. (viz. kap. 7.1.) Za poskytování služby V2B jsou majitelé nemovitostí ochotni zaplatit nemalé částky a uživatelé EV profitují. [5]

3.1.3. Vehicle To Load (V2L)

Napájení konkrétních spotřebičů elektrickým vozidlem je do jisté míry spíše „outdoorovou“ technologií. Vůz Hyundai IONIQ 5 disponuje přímým výstupem na běžný 230 V konektor. Popřípadě automobilka nabízí redukci Type 2 – 230 V (obr. 4). Vozidlo je schopno sdílet střídavý proud se stejnými parametry, jako domácí elektrická zásuvka. Výrobce doporučuje napájení spotřebičů s nižším příkonem (do 200 W). [6] Elektromobil Honda e uvádí možnost připojení spotřebiče s příkonem až 1,5 kW. [7]



Obrázek 4 Redukce Type 2 - 16 A/230 V Hyundai IONIQ 5 [30]

3.2. Komunikace V2X

Kromě zmíněných pokročilých technologií, které přinesou nové možnosti energetickému sektoru a uživatelům EV, představuje V2X rozsáhlý komunikační systém. V budoucnu zajistí spojení mezi všemi subjekty dopravy. Systém stojí na sdělování informací mezi vozidly, chodci, cyklisty a veškerou dopravní infrastrukturou. V2X, jako forma umělé inteligence, dokáže samostatně reagovat na potřeby všech účastníků provozu a tím zvýšit bezpečnost, plynulost a úsporu energie. [2]

Mezi dílčí komunikační systémy se řadí V2P, V2D a V2I. Ke zvýšení bezpečnosti chodců a cyklistů v provozu jsou uzpůsobeny V2D (Device) a V2P (Pedestrian). Přinesou vysokorychlostní bezdrátové sdílení informací a automatické přizpůsobení dopravních podmínek k zajištění nejvyšší možné bezpečnosti. Pokud chodci a cyklisté budou ochotni využívat moderních technologií svých „smart“ zařízení, po naplánování trasy v navigační aplikaci, bude provoz vozidel i jim přizpůsoben. Tak, aby při přiblížení k semaforu byla ihned a plně automaticky rozsvícena „zelená“, nebo ve vzdálené časové budoucnosti přistaven autonomní vůz.

K plynulému provozu má také přispět V2I (Infrastructure). Vozidla, nezávisle na řidiči, přizpůsobí průběh jízdy svislým a horizontálním dopravním značkám, světelným signalizačním zařízením, dopravním omezením, dostupnému parkování a s tím souvisejícím veřejnému systému nabíjení V2G. Dnešní vozidla disponují některými autonomními funkcemi, jako je úprava jízdních podmínek v závislosti na dopravním značení, nebo udržování vozidla v jízdním pruhu. Nejsou schopna ale sdílet úmysly řidičů mezi sebou.

4. Způsoby akumulace energie

S elektrickou energií lze nakládat různými způsoby. Je jí možné přenášet na dlouhé vzdálenosti, přeměňovat na jiné formy energie. Problémem zůstává její lokální akumulace ve větším množství. Nižší množství energie uchovají běžné baterie. Dokážou napájet většinou jen konkrétní přístroje, které akumulátorem disponují. Aby mohly být obdobným způsobem napájeny například městské části po delší dobu, je nezbytné najít řešení v podobě velkokapacitního úložiště. [8]

I přes fakt, že Česká republika je plně elektrifikovaná, dochází k případům, kdy jsou obyvatelé z předvídatelných i nepředvídatelných důvodů odpojeni od elektřiny. Tím mohou být různé problémy elektrické sítě nebo přírodní pohromy. Jedná se spíše o lokální záležitosti a přispět k řešení by mohla právě lokální akumulace obnovitelné energie. [8]

4.1. Přečerpávací vodní elektrárna (PVE)

PVE disponuje dvěma nádržemi. Jedna z nich je umístěna v níže položeném místě. Nádrže jsou spojeny spádovým potrubím (přivaděčem), které disponuje reverzní Francisovou turbínou. Při malém množství výkonu v elektrické síti (ve špičkách) je spuštěn tzv. turbínový cyklus, kdy z horní nádrže proudí přivaděčem voda směrem k turbíně. Tím dochází k předávání potenciální energie vody na kinetickou energii turbíny, která prostřednictvím generátoru produkuje elektrickou energii. Přebytek energie v síti aktivuje čerpadlový cyklus. Reverzní turbína v tomto režimu vykonává činnost čerpadla a z dolní nádrže je voda hnána zpět do horní.

Ve světě se nachází stovky PVE. V České republice jsou vybudovány 3 důležité PVE. Řadí se mezi ně Štěchovice II (45 MW), Dalešice (celkem 480 MW po čas 2 hodin) a nejvýznamnější z nich PVE Dlouhé Stráně (celkem 650 MW po čas 6 hodin). Všechny zmíněné pracují na denním cyklu. Znamená to, že během 24 hodin proběhne jednou cyklus turbínový a jednou čerpadlový. Pro potřeby energetické soustavy by byly výhodné PVE s více cykly za den nebo naopak vícedenní cykly. [8]

4.2. Elektrárny se stlačeným vzduchem

Vzduch je kompresorem stlačován do zásobníků, které mohou být nadzemní i podzemní. Nadzemními se rozumí tlakové nádoby. Podzemní mohou být v podobě dobře utěsněných podzemních prostor, i uměle vytvořených. V době přebytku energie v síti kompresor stlačuje

vzduch v komoře až na tlak 8 MPa. Naopak při nedostatku energie v síti se vzduch uvolňuje z komory a turbíny pohání generátor elektrické energie.

Se stlačováním vzduchu souvisí i jeho ohřev. Proto je nejvýhodnější vzduch stlačovat adiabaticky, při kterém se vzduch v komoře nezahřívá. Vzduch je uměle ochlazován během vhánění do komory. Tepelné akumulátory vznikající teplo uchovávají pro následnou expanzi vzduchu, při které je generována elektrická energie. Proud expandujícího vzduchu může mít velmi nízkou teplotu, a tak bývá zpětně ohříván prostřednictvím tepelného akumulátoru. Příliš chladný vzduch může způsobit poškození lopatek turbíny. [8] [9]

Vzduch může být stlačován i izotermicky, avšak za vylučování vodního kondenzátu, který má vysokou tepelnou kapacitu a při expanzi může být vzduch ohříván tímto kondenzátem. Tento proces se vyznačuje vyšší účinností. [10]

4.3. Lithiové baterie

Lithiové baterie představují v budoucnu velmi perspektivní lokální zdroj naakumulované obnovitelné energie. Využívat se mohou odlišnými způsoby a jejich použití se může lišit v závislosti na jejich stavu. V současném světě (2022) je v praxi kladen větší důraz na úplně nové baterie, zatím. Jako malé zdroje elektrické energie pro konkrétní zařízení je již dlouho znám. Baterie s vyšší kapacitou se pro akumulaci ve větším měřítku skládají do bloků, které tvoří bateriové úložiště. Nespočet společností, zabývajících se obnovitelnou energetikou, nabízí bateriová úložiště ke svým produktům.

Pro domácí podmínky jsou úložiště nabízena mnoha menšími podniky. Slibují snížení závislosti na dodavatelích energií, uchovávání přebytečné energie např. z fotovoltaických elektráren pro případy výpadků energie nebo zvýšené poptávky. [11] Kapacita těchto úložišť se pohybuje v jednotkách až desítkách kilowatthodin. Ceny se pohybují ve stovkách tisíc korun.

Bateriová úložiště pro potřeby energetické soustavy implementují také velké korporace např. E-ON. V České republice provozuje několik takových zařízení s kapacitou i přes megawatthodinu každého z nich. Často se instalují jako součást fotovoltaických parků.

Další možností akumulace pomocí lithiových baterií je sestavování bateriových úložišť z vysloužilých akumulátorů z elektrických vozidel. (viz. kap. 5.5.2.)

Technologie V2G představuje vytvoření bateriového úložiště prostřednictvím akumulátorů EV a nabíjecí stanice. (viz. kap. 3.1.1.)

5. Baterie elektrických vozidel

Baterie je nejdůležitější komponenta elektromobilu, která slouží k uchování elektrické energie a zároveň odlišuje vozy elektrické od vozů se spalovacím motorem. Ačkoli baterie představuje neodmyslitelnou součást EV, současně je to součást nejnákladnější a tvoří nejdiskutovanější téma. Důvody, proč kritici odsuzují elektromobilitu je právě krátká životnost baterií, nízká dojezdová vzdálenost, zátěž životního prostředí při výrobě, nebo problémy s využitím dosluhujících kusů.

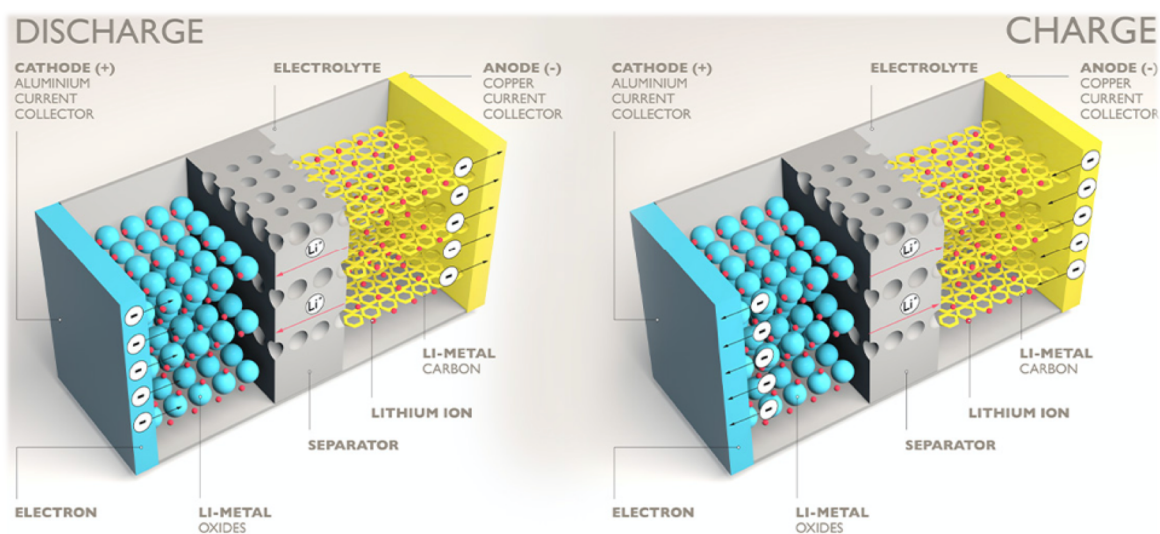
Automobilky instalují do EV lithiové baterie, které mohou být složeny z odlišných materiálů.

5.1. Lithium – iontové baterie

V dnešním světě jsou stále nejrozšířenější lithium-iontové elektrolytické baterie. Využívány jsou v řadě elektrotechnických i energetických odvětvích včetně elektromobility. Li-Ion akumulátory se vyznačují vysokou energetickou účinností, rychlostí nabíjení, kapacitou a dlouhou životností (ve srovnání se staršími typy akumulátorů např. olověnými) a nízkým samovybíjením. [1]

Baterie je složena ze čtyřech hlavních částí (obr. 5):

- katody (negativní elektroda)
- anody (pozitivní elektroda)
- elektrolytu
- separátoru



Obrázek 5 Princip vybíjení a nabíjení Li-Ion baterie [12]

Lithium-iontové baterie fungují na principu přesunu lithiových iontů. Katoda je tvořena vrstveným materiálem bohatým na lithium. Anoda je nejčastěji grafitová a dokáže výborně vázat lithiové ionty. Obě elektrody jsou spojeny vodičem, který umožňuje přemísťování elektronů mezi katodou a anodou. [13]

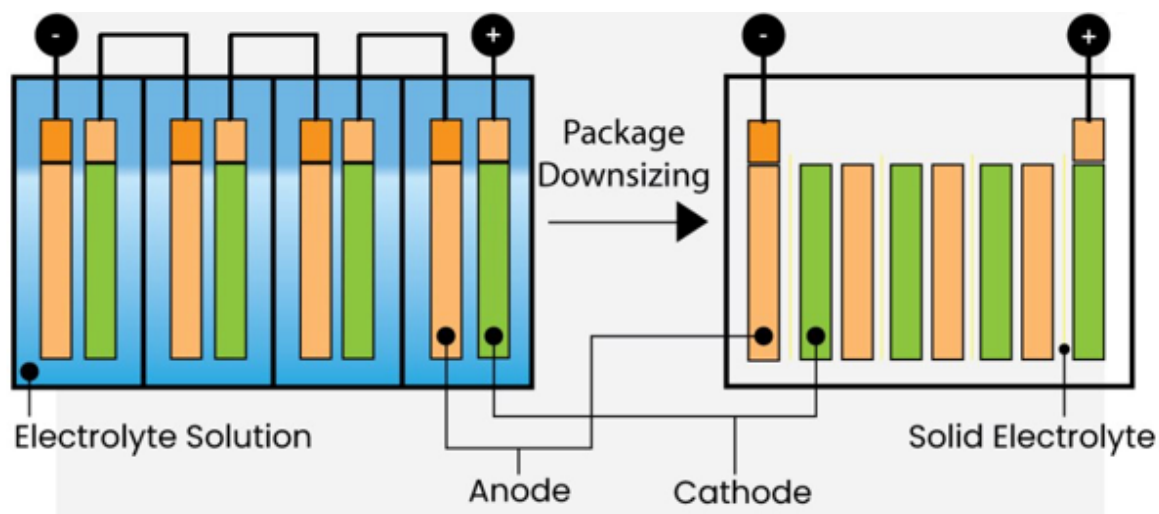
Při nabíjení baterie se elektrony pohybují vodičem od katody k anodě. Současně lithiové ionty za pomoci elektrolytu (lithiové soli) rozpuštěné v organickém rozpouštědle a separátoru se vylučují na grafitové anodě. To je možné pouze do chvíle, kdy grafit není schopen už více lithiových iontů přijmout.

Vybíjení článku spočívá v pohybu iontů od anody ke katodě, což má za následek způsobení přesouvání elektronů stejným směrem. Pohyb elektronů je zdrojem elektrického proudu.

5.2. Lithium – polymerové baterie

Baterií typu Li-Pol využívají v nových EV automobilky Hyundai, Kia nebo Genesis.

Princip je z velké části shodný, jako v případě klasického Li-Ion článku. Elektrolyt z lithiové soli ale není součástí tekutého organického rozpouštědla, nýbrž polymerových vláken (obr. 6). Vlákná jsou složena z polyakrylonitrilu a oxidu polyethylenu. Výsledkem je polopevný gel, který disponuje vysokou vodivostí a výborně váže ionty lithia.



Obrázek 6 Rozdíl v uspořádání bateriových článků v modulu, s tekutým elektrolytem (vlevo) Li-Ion, s polopevným/pevným elektrolytem (vpravo) Li-Pol [14]

Vyznačují se vyšší hustotou energie a minimálním samovybíjením (asi 5 % za měsíc). Při nabíjení a vybíjení jednotlivých článků je nezbytné používat elektronickou ochranu. To z důvodu možného nevratného poškození článků při překročení výrobcem stanovených hodnot. Proto se důrazně doporučuje používat nabíječky určené k nabíjení Li-Pol. Polymerové baterie jsou vzhledem k jejich konstrukci křehké.

Chráněny jsou kovovým potahem, který zajišťuje alespoň částečnou protekci vůči mechanickému poškození a vznícení. [13] Bezpečná provozní teplota akumulátoru je - 20 až + 40 °C.

5.3. Lithium – křemíkové baterie

Tento typ baterií nemá prozatím v automobilovém průmyslu širšího využití. Technologie je stále ve vývoji a podílí se na něm také automobilka Porsche. V současné době automobilka využívá klasické Li-Ion akumulátory ve svých vozech. V dohledné době ale má v plánu Li-Ion úplně vytěsnit a nahradit je právě bateriemi na bázi křemíku.

Grafitová anoda bude nahrazena anodou křemíkovou. Díky tzv. nanopórům, které jsou do křemíkové struktury relativně jednoduše vyrobitelné, dokáže anoda absorbovat i několikanásobné množství lithiových iontů oproti uhlíkové anodě. Hustota energie může v porovnání s Li-Ion vzrůst i desetinásobně. Oproti tomu zůstává velkým problémem jejich „bobtnající“ efekt při nabíjení, což způsobí i trojnásobné zvětšení z původního objemu. To může vést k rychlému poškození anody.

5.4. Snižování kapacity baterií

K postupné implementaci V2X je nezbytné, aby akumulátorem mohly být napájeny domácí spotřebiče (V2L), domácnosti (V2H), popřípadě celé budovy (V2B). Klíčovou strategickou vlastností představuje schopnost akumulátoru vracet elektrickou energii zpět do sítě (V2G). Pro automobilový i energetický průmysl je vhodné, aby baterie měla co nejdelší možnou životnost a nejvyšší kapacitu. Na tyto parametry nahlíží i samotný spotřebitel. Opakováním nabíjecích cyklů baterie ztrácí své původní vlastnosti. (viz. v následující kapitole)

V2X bezesporu způsobí potřebu frekventovanějšího dobíjení akumulátoru EV a tím zvýšení počtu cyklů za jednotku času. Otázkou zůstává, jak významný a zda vůbec nějaký vliv bude V2X mít na životnost akumulátoru.

Existuje projekt [15], který potvrzuje, že vliv V2G na životnost baterií nebude nijak značný. Dokonce může mít i opačný následek. V2G se snaží o udržování nabití baterie na optimální úrovni, což částečně zabraňuje stárnutí. Životnost se tak může prodloužit, a to i o 10 %. [15] Jiným výzkumem se zjišťovalo totéž.

Potvrzena byla snížená míra degradace baterie o 12 %. [3] Prodloužení životnosti představuje argument, na který potencionální zákazníci EV s V2X mohou slyšet. Cena EV je ze značné části určena cenou akumulátoru, a tak majitelé se snaží o co nejšetnější zacházení s ním a udržovat jej v co nejlepší kondici. [3]

5.4.1. Dobíjecí cykly a degradace

Jeden cyklus nabíjení baterie znamená její úplně vybití do 0 % a následné nabití na 100 %. K dosažení jednoho celého cyklu není potřeba baterii vybit na hladinu 0 %. Vybití baterie ze 100 % na 50 % a její opětovné nabití na 100 % znamená dosažení jedné poloviny cyklu. Čím více cyklů baterie absolvuje, tím větší degradaci dochází, čímž se snižuje životnost. [13]

Důvodů snižování životnosti je více. Značný vliv na životnost má samotný uživatel (řidič elektromobilu). Uživatel může ovlivnit životnost svým chováním a péčí o baterii. Další důvod snižování životnosti, nezávisle na uživateli, vychází z chemického složení lithiových baterií, ve kterých dochází k řadě chemických mechanismů. Jedním z příkladů představuje ztráta pohyblivých lithiových iontů. Ke ztrátám dochází vzhledem k vedlejším reakcím, ke kterým dochází s elektrolytem za vzniku sloučenin, které volné lithium zachycují a tím se snižuje počet iontů, které se mohou mezi elektrodami pohybovat. Ztráta mobilních iontů snižuje maximální kapacitu oproti kapacitě původní. Ke zkrácení životnosti baterie také dochází při poškození elektrod strukturálními poruchami. K těm může dojít při cyklování v důsledku neustálého pohybu iontů lithia jedním a druhým směrem z elektrod. Tak může dojít ke snížení množství lithia, které může elektroda přijmout do své struktury a vyčerpává se tak kapacita lithiové baterie. [13]

5.5. Využití akumulátorů se sníženou kapacitou

Po dosažení 80 % své původní kapacity je již baterie hybridních a elektrických vozidel považována za nevhodnou. Vysloužilé baterie mohou být recyklovány anebo (častěji) použity jako stacionární bateriové úložiště energie.

5.5.1. Recyklace

Recyklace je proces, kterým lze zpětně získat strategickou surovinu. Opětovné užití recyklovaného materiálu šetří suroviny, které jsou nezbytné pro dlouhodobou udržitelnost Li-Ion baterií. V současné době je recyklování soustředěno spíše na ekonomickou hodnotu než na vývoj trhu elektromobilů, který by v budoucnu mohl být zpomalen právě nedostatkem materiálů.

Recyklace Li-Ion baterií je v současné době na nízké úrovni. To především z důvodu nedostatečné ekonomické motivace. Náklady na samotnou recyklaci totiž převyšují náklady na těžbu materiálů. V současné době, kdy stále relativně malé objemy baterií jsou pod

hranicí životnosti, se recyklování finančně nevyplácí. To se může změnit za několik let při větším množství vysloužilých baterií.

Lithiové baterie jsou složeny ze značného počtu materiálů. Pouze několik z nich ale může být recyklováno pro opětovné použití. Mezi ně patří kromě lithia například ocel, měď, kobalt a nikl. [13]

5.5.2. „Second-life“

Pojem „second life“, česky druhý život, vyjadřuje další využití baterie, která překročila mez vhodnou pro pohánění EV. Potřeba uchování obnovitelné energie a ekonomická nevýhodnost recyklace přiměly svět ke zpracování vysloužilých baterií EV formou úložišť. Vzhledem k faktu, že nevyhovujících baterií pro provoz elektromobilů zatím není značné množství, jedná se spíše o technologii několika následujících let. Se stárnoucím elektromobilovým parkem bude těchto kusů přibývat. Baterie jsou skládány do systémů s kapacitou i několika set kilowatthodin, které budou schopny napomáhat stabilitě energetické soustavy. Předpokládá se, že v takováto úložiště budou zprvu ve vlastnictví velkých energetických společností.

5.6. Energetická náročnost výroby lithiových baterií

Produkce akumulátorů elektromobilů jsou z hlediska ekologie nejproblémovějším prvkem. Průzkum švédského výzkumného ústavu IVL uvedl, že těžbou a zpracováním materiálů potřebných pro výrobu baterie se uvolní průměrně 70 kg oxidu uhličitého na každou kWh výsledné baterie. Samotná produkce akumulátorů představuje ale zátěž ještě větší. Na každou kWh musí být spotřebováno 586 MJ energie. „Čistota“ výroby je tím pádem závislá na způsobu získávání energií (energetickém mixu) státu, ve kterém jsou baterie vyráběny. [16]

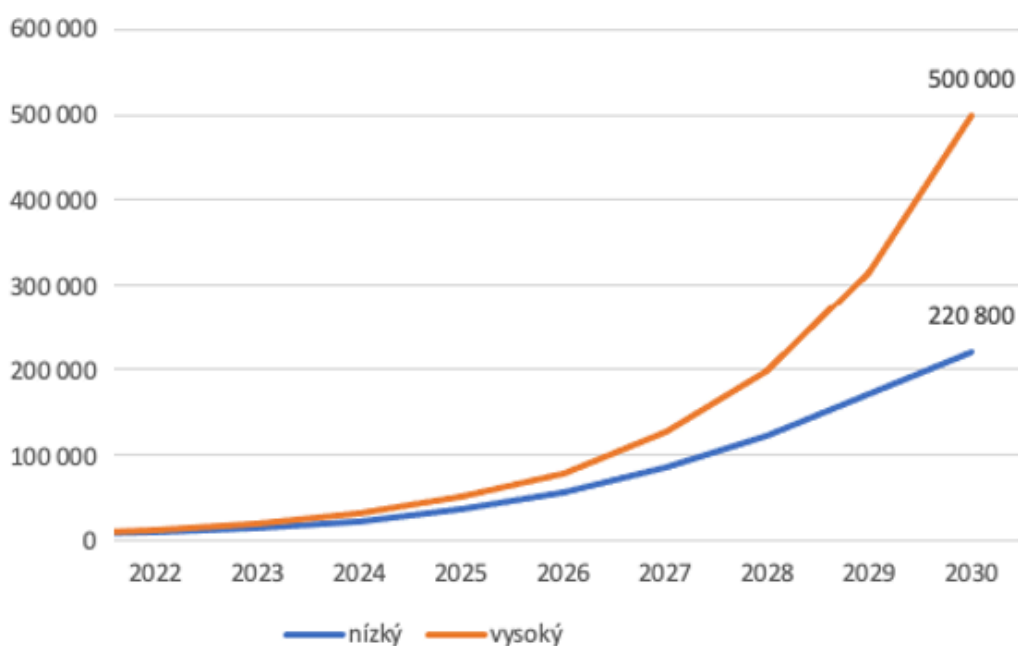
6. Vliv elektromobility na elektrizační soustavu

6.1. Zvyšující se spotřeba energií

Celková spotřeba se odvíjí od počtu elektromobilů v provozu. Přes fakt, že průměrné stáří automobilu v České republice dosahuje úrovně 15,6 roků [17], nelze očekávat masivní přechod uživatelů automobilů se spalovacím motorem na vozidla poháněná elektrickou energií. Počátkem roku 2022 bylo v České republice v provozu 10 000 osobních elektrických vozidel [18]

Jednotka spotřeby elektrického auta se vyjadřuje v kWh/100 km a je-li konkrétně známa tato hodnota, je možno vyčíslit absolutní a procentuální vzrůst spotřeby pro libovolný počet elektrických vozidel. U menších vozů se v běžném městském provozu pohybuje spotřeba v hodnotách okolo 15 kWh na 100 km. Na „okreskách“ tato hodnota běžně atakuje 20 kWh/100 km a dálniční jízda při 130 km/h může překročit i 25 kWh/100 km. U větších a těžších vozidel mohou být zmíněné hodnoty o 5-10 kWh vyšší. Průměrná reálná spotřeba se potom pohybuje okolo 20 kWh.

Při uvážení této spotřeby a 10 000 bateriových aut bylo vypočteno [19], že spotřeba energie v České republice absolutně vzrostla o 36 GWh. [19] Zatímco celková spotřeba energie je každým rokem více než 70 TWh [20], jedná se o nárůst 0,042 %. [19] Vzhledem k faktu, že v ČR je přihlášeno celkem 6 130 000 automobilů všech typů pohonu, dnešních 10 000 elektroaut tvoří asi 0,16 % z nich.



Obrázek 7 Předpokládaný vývoj počtu elektromobilů s výhledem k roku 2030 [21], upraveno

Podle diagramu Aktualizace národního akčního plánu čisté mobility (obr. 7) se do konce roku 2025 rozšíří podíl elektroaut na 1,1 % na celkový počet 68 200. [21] Takový počet zvýší celkovou roční spotřebu o 0,2 TWh. To odpovídá podílu 0,25 % veškeré vyrobené elektřiny v ČR. (viz tab. 1)

Koncem roku 2030 předpokládaný počet elektromobilů přesáhne 200 000. Jsou to asi 3 % veškerého vozového parku a celková roční spotřeba se zvýší o 1 %. Dvě stě tisíc elektrických vozidel do roku 2030 představuje dolní cíl národního akčního plánu čisté mobility. Reálný výsledek se potom očekává někde mezi horní a dolní hranicí scénářů.

Problém může nastat se zvyšujícím se podílem elektromobilů, respektive jejich počtem. Dokud se jejich počet pohybuje v řádu desítek nebo nižších stovek tisíc, celková spotřeba elektrické energie je teoreticky zanedbatelná, jelikož v řádu desetin procent se běžně liší rok, co rok veškerá roční spotřeba elektrické energie. Vyšší stovky tisíc elektroaut způsobí nárůst celkové spotřeby o jednotky TWh, což už zanedbatelná hodnota není.

V případě, že agregátové automobily budou v provozu kompletně nahrazeny elektromobily, roční spotřeba energie se zvýší o 22,4 TWh čili o 23,3 % veškeré spotřeby elektrické energie (tab. 1). Tato čísla představují ovšem pouze nahrazení osobní dopravy. Zahrnutím nákladních a užitkových vozidel a autobusů, budou statistiky ještě dramatičtější.

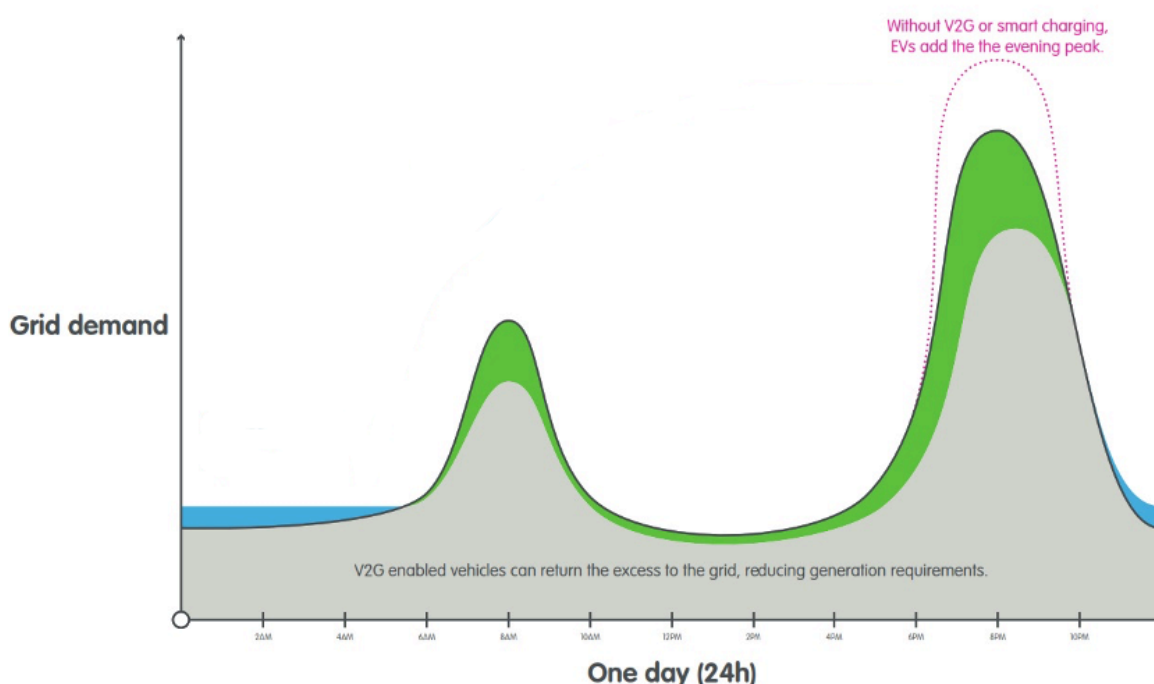
Podíl elektromobilů mezi automobily [%]	Absolutní počet elektromobilů [-]	Celková roční spotřeba způsobená elektromobilitou [TWh]	Podíl na veškeré spotřebě elektřiny [%]
0,5	30 750	0,1	0,125
1	61 500	0,2	0,25
2	123 000	0,4	0,5
5	307 000	1,1	1,5
10	613 000	2,2	2,9
25	1 533 000	5,6	7,0
50	3 650 000	11,2	13,2
100	6 130 000	22,4	23,3

Tabulka 1 Podíl na veškeré spotřebě elektřiny v ČR v závislosti na počtu elektromobilů, vlastní zpracování

6.2. Zvýraznění výkonových špiček

S nárůstem spotřeby energie souvisí zvyšování zatížení elektrických sítí. S předpokládaným vývojem elektromobility se objevují i rizika spojená s nárazovým nadměrným zatížením během částí dne, kdy uživatelé elektromobilů dobíjí v největší míře. [22]

Postupný nárůst zatížení sítě se očekává v čase od druhé hodiny odpolední, kdy se uživatelé vrací ze zaměstnání. Maximální počet připojených vozidel se očekává kolem sedmé hodiny večerní podle obr. 8. V tuto dobu je výkonová špička na svém denním maximu i bez zahrnutí nabíjení elektromobilů. Vlivem dobíjení lze očekávat špičku ještě výrazně vyšší. [22]



Obrázek 8 Denní průběh zatížení sítě způsobený neřízeným nabíjením [23], upraveno

Očekává se, že se zvyšujícím se počtem elektromobilů bude docházet k velkým nárazovým odběrům elektrické energie během dne. To může zapříčinit komplikace se stabilitou sítě. Především výkonnější rychlonabíjecí stanice vytváří nárazové odběry výkonu. Vytížení těchto stanic bude zároveň částečné a časově proměnné z důvodu potřeby většího počtu dobíjecích míst, aby uživatelé nečekali na dobití elektromobilu předchozího zákazníka. Zároveň je velmi pravděpodobné, že využívání veřejných dobíjecích stanic bude ve dne vyšší než přes noc. Stojany bývají často umístěny ve větším počtu do určité lokality a z toho důvodu je nezbytné zajištění odpovídajícího příkonu.

Odpovídající příkon není dostupný na všech místech, a tak je nutné vybudování nové, dostatečně dimenzované přípojky. V případě stanic dobíjecích běžnou rychlostí je možné průběh dobíjení lépe řídit a optimalizovat odebíraný elektrický příkon. Tento problém

mohou vyřešit aplikace řídicí dodávaný výkon na výstupu dobíjecí stanice podle aktuálního stavu výkonu v distribuční síti, ale jsou zároveň propojeny s vozidlem pomocí technologie V2G resp. V2X. Lze tak přizpůsobit průběh dobíjení, a to i z pohledu potřeb vozidla a stavu nabití akumulátoru. [24]

Větší část dobíjecích cyklů bude probíhat pomalu v soukromých dobíjecích stanicích. A to buď před noc v domácnostech nebo během dne v zaměstnání. Plynulé a pomalejší noční nabíjení by za využití bateriových úložišť mohlo částečně vyhladit denní průběh zatížení, což je přínosné pro elektrizační soustavu. Noční dobíjení připadá v úvahu především u obyvatel s vlastním nebo vyhrazeným parkovacím místem a tím i možnost zde dobíjet. Problém je i ve vyřešení dobíjení v hustě obydlených čtvrtích a sídlištích. Zde nebudou dostatečné možnosti pro dobíjení všech elektromobilů v jednom čase. [24]

7. Využití V2X

7.1. Pro majitele vozu

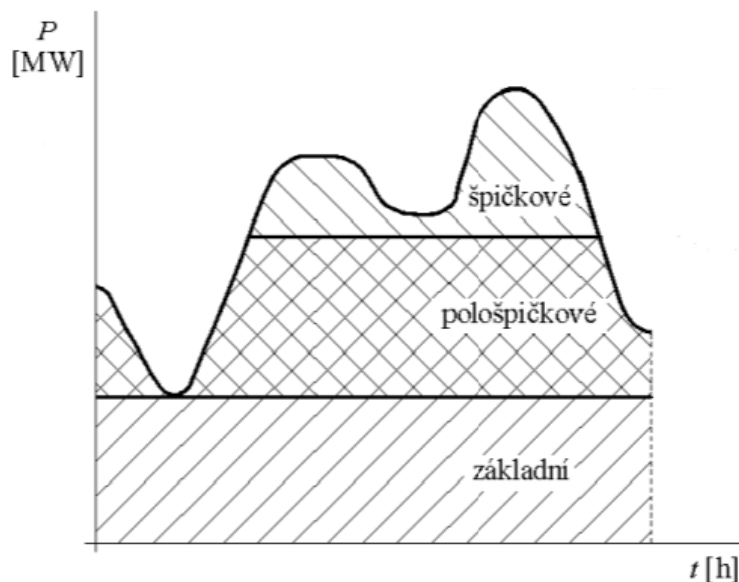
Hlavní motivací využívání technologie V2X uživatelem, se jeví možnost snížit náklady na provoz elektrického automobilu. Pokud vůz disponuje technologiemi V2G, V2B, V2H, nebo V2L, může naakumulovanou energii z baterie poslat nazpět do elektrické sítě, do domu, anebo přímo napájet jakýkoli spotřebič. V případě, že baterie elektromobilu je dobita v době nízkého tarifu (v noci) nebo z fotovoltaických panelů, následně ji může uživatel využít jako externí akumulátor. Během pozdního odpoledne, kdy je tarif nejvyšší, uživatel má možnost využít baterii EV, zatímco EV stojí v garáži. Majitel tímto dokáže omezit spotřebu elektrické energie ve chvílích, kdy výkonová špička dosahuje denního maxima. [4] [3] Baterie vozidla také může posloužit v případě výpadku proudu. Aby uživatel měl k těmto službám přístup, infrastruktura budovy musí k tomu být přizpůsobena v podobě nabíjecích wallboxů (viz. kap. 8.2.), které nabízejí automobilky ke svým vozům.

Uživatel se také může rozhodnout vracet elektrickou energii zpět do sítě. Záleží, jaké podmínky byly stanoveny mezi majitelem elektromobilu a „druhou stranou“. Podmínka může být například v podobě výkupní ceny za kWh v závislosti na denní době. [3]

7.2. Pro provozovatele energetické soustavy

Pro subjekty spojené s výrobou, distribucí a prodejem elektrické energie se elektromobilita dostává stále více do popředí. Je jasné, že zvyšující se počet elektrických vozů přináší i větší spotřebu elektrické energie. Technologie V2X ovšem přináší nové možnosti využití baterií elektromobilů jako energie. Provozovatel elektrizační soustavy může potom čerpat energii do sítě a využít ji podle svého uvážení. Může se jednat o služby výkonové rovnováhy. Na straně přenosové, což zajišťuje rovnováhu mezi výrobou a spotřebou. Tato služba umožňuje pomocí změny výkonu energetického zařízení regulovat frekvenci v síti (v ČR 50 Hz). Další možností, jak využít nabitě akumulátory, je při zvýšené potřebě sítě. Provozovatel energetické soustavy je schopen prostřednictvím čerpání energie z baterií pokrývat výrazné výkyvy zatížení elektrické sítě během dne, což způsobí částečné vyhlazení špiček (obr. 10).

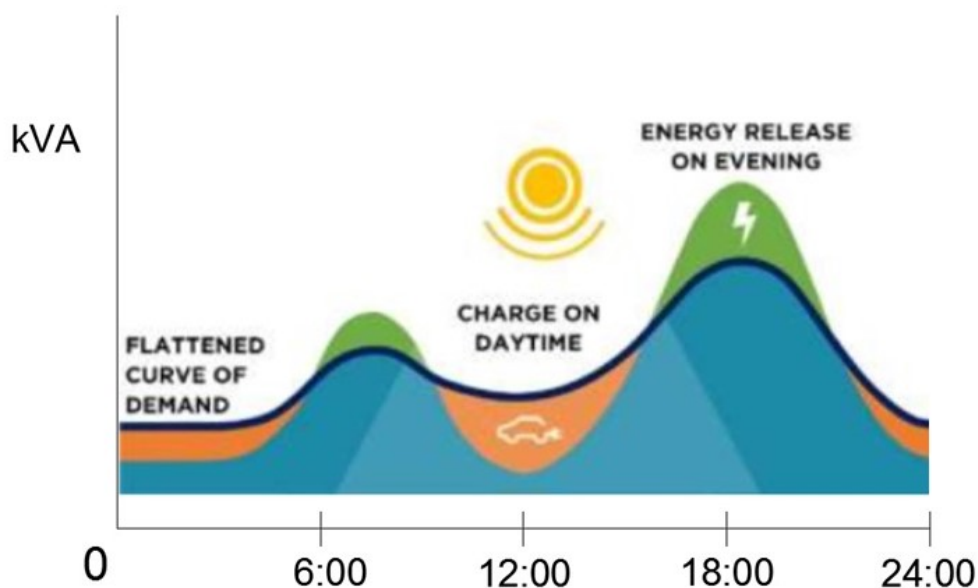
V denním diagramu se zatížení soustavy se jedná o pokrytí špičkového zatížení, kdy dochází k maximálnímu odběru elektřiny ze sítě. Špičkové zatížení je vrcholné zatížení v denním zátěžovém diagramu, které přichází v ranních hodinách a ustává večer.



Obrázek 9 Krytí výkonového diagramu různými typy zdrojů [25]

Špičky (obr. 9) jsou pokryty především zdroji, které se dají rychle regulovat. To splňují obnovitelné zdroje, ale i právě technologie V2G resp. V2X. Může jít o velice rychle regulovaný zdroj elektřiny, ovšem za předpokladu, že elektromobil je připojen k síti. Společnost, která má uzavřenou smlouvu s majitelem elektrického vozu a bude od něj odebírat elektrickou energii, může se získanou energií nakládat podle svého uvážení. Například ji nabízet na trhu.

Nepřímým způsobem mohou výrazně vyrovnat stabilitu sítě i V2B, V2H. Pokud je energie z baterií čerpána v době vysokého tarifu budovami a domácnostmi, lze omezit poptávku po elektrické energii zejména lokálně. Technologie V2X přináší zkrátka další možný zdroj energie, který může být prospěšný všem účastníkům na trhu.



Obrázek 10 Vyhlazení křivky poptávky po energiích při V2X [26]

7.3. Ekonomické aspekty využití

Zájem široké veřejnosti o elektrické vozy je stále nízký, v České republice zejména. Důvody jsou zmíněny v kapitole 2. Odvětví V2X elektromobility není pro běžné občany dostupné. K rozšíření technologie na úroveň, aby ji veřejnost byla ochotna využívat, budou nezbytné obrovské investice z veřejného i soukromého sektoru. Návratnost těchto investic se může pohybovat i v řádech desítek let. Klíčovým faktorem návratnosti nákladů na výstavbu veřejné infrastruktury je počet uživatelů. S rostoucím množstvím zájemců o V2X bude jeho efekt znatelnější. Za předpokladu, že V2X využívají desítky procent řidičů, křivka průběhu může být citelně vyhlazena (obr. 10). Co nejvýraznější zploštění křivky poptávky je v ekonomickém zájmu energetických společností, a ideálně nalézt vyvážení mezi nabídkou a poptávkou energií. Toho je možné dosáhnout při efektivní akumulaci obnovitelných energií.

Zavedení V2X do domácích podmínek bude vyžadovat nemalé počáteční investice. Dá se očekávat, že současně budou instalovány prvky k možnosti pokrývání spotřeby domácnosti (V2H). Vstupní investice mohou zahrnovat náklady na samotný elektromobil, domácí fotovoltaické panely, vhodnou nabíjecí stanici, stacionární bateriové úložiště a příslušenství k nim. Podle obr. 10, v čase nejintenzivnějšího slunečního svitu, se uživatelé nachází v zaměstnání, a EV nemůže být obnovitelnou energií z fotovoltaických panelů nabíjen. Tento problém může být vyřešen akumulací obnovitelné energie prostřednictvím domácího stacionárního bateriového úložiště.

V Číně existuje projekt konkurující V2X. Program čínského výrobce automobilů NIO je postaven na absenci nabíjecího procesu baterie v přítomnosti uživatele. Namísto nabíjení jsou vybité baterie měněny za nabité, a to v kompletních blocích za několik minut. K tomuto procesu jsou uzpůsobeny stanice Power Snap Station. Nevýhodou je prozatím velice vysoká cena, která dosahuje v přepočtu i několik set tisíc korun za jeden provedený cyklus. Vysoká cena odpovídá velmi nízkému zájmu veřejnosti o tuto službu. [41]





8. Vhodné vozy a infrastruktura pro V2X





8.1. Elektromobily V2X

Nabídka elektrických vozů na trhu disponující V2X v současné době (tab. 2) není příliš široká vzhledem k technologické náročnosti. Kromě běžného konvenčního nabíjení G2V se automobilky velmi soustředí na pokročilejší technologie. Již před několika lety byla V2G testována na vozech od různých výrobců. Testované vozy sice nabízí funkci vracení elektrické energie do sítě, ale ani po letech nemají v reálném provozu využití. Infrastruktura stále není dostatečně vyspělá.

K další možnosti rozšíření využívání baterie došlo na podzim 2021, kdy byla představena první auta s V2L. Napájení domácích spotřebičů není tolik náročné z hlediska infrastruktury a má v současné době využití.

Parametry uvedených modelů v Tabulce 2 jsou v základních – nejlevnějších konfiguracích.

	Nissan Leaf	Renault ZOE E-Tech
		
Pohonná jednotka	Elektro	Elektro
Baterie	Li-Ion	Li-Ion
Kapacita baterie [kWh]	40	52
Maximální dojezd [km]	270	395
Nabíjecí standard	CHAdeMO	CCS 2
Cena [Kč]	859 900	845 000
	Hyundai IONIQ 5	Kia EV6
		
Pohonná jednotka	Elektro	Elektro
Baterie	Li-Pol	Li-Pol
Kapacita baterie [kWh]	58	59
Maximální dojezd [km]	480	400
Nabíjecí standard	Type 2	Type 2
Cena [Kč]	1 119 900	1 180 980

	Mitsubishi Outlander PHEV 	Honda e 
Pohonná jednotka	Plug-in hybrid	Elektro
Baterie	Li-Ion	Li-Ion
Kapacita baterie [kWh]	13,8	35,5
Maximální dojezd [km]	-	222
Nabíjecí standard	CHAdeMO, Type 1	CCS 2 (Type 2)
Cena [Kč]	~ 850 000	899 900
	Genesis GV60 	Porsche Taycan 
Pohonná jednotka	Elektro	Elektro
Baterie	Li-Pol	Li-Ion
Kapacita baterie [kWh]	77,4	79,2
Maximální dojezd [km]	450	520
Nabíjecí standard	-	CCS 2 (Type 2)
Cena [Kč]	~ 1 390 000	2 295 000

Tabulka 2 Přehled elektrických vozů vhodných pro V2X, vlastní zpracování, Nissan Leaf [27], Renault ZOE E-Tech [28], Hyundai IONIQ 5 [29], Kia EV6 [31], Mitsubishi Outlander PHEV [32], Honda e [33], Genesis GV60 [34], Porsche Taycan [35]

8.2. Nabíjecí stanice

K základnímu dobíjení elektrických vozů způsobem G2V postačí běžné jednosměrné stanice, které jsou běžně k dostání za příplatek ke většině vozů přímo od výrobce. Pro technologie V2G, resp. V2X musí nabíjecí stanice umožnit obousměrného toku elektrické energie. Stanice k nabíjení elektrických vozidel se dělí podle rychlosti dobíjení. Mohou být tzv. „pomalé“ nebo „rychlé“. Do míst, kde není kladen důraz na rychlost nabíjení, se umisťují běžné (pomalé) nabíjecí stanice – nejčastěji ve formě wallboxů. Typicky se jedná o domácnosti, parkoviště sloužící rezidentům dané oblasti a zaměstnanecké parkoviště. Wallboxy dosahují výkonu jednotek kilowatt.



Obrázek 11 Nabíjecí wallbox Indra – Vehicle-To-Grid Charger a Vehicle-To-Home Charger [36]

Rychlonabíjecí stanice se instalují tam, kde jsou využívány ke krátkodobému nabíjení vozidel. To je všude, kde se uživatelé nezdržují delší dobu – odpočívadla u hlavních silnic a dálnic, parkoviště nákupních center, čerpací stanice apod. Rychlonabíječka se zpravidla sestává ze samotného nabíjecího hubu a měniče napětí. Často označován jako DC Charger. K měniči může být připojeno několik nabíječek a každá z nich může disponovat výkonem 250 kW. [22]

Na dnešním trhu je nabídka jednosměrných stanic stále výrazně vyšší než obousměrných. Současně počet soukromých stanic převyšuje počet stanic veřejných. Trh s napájecími zařízeními pro EV s V2X je však stále omezený.

Mezi významné dodavatele nabíjecích stanic se řadí například korporát NUVVE, který prostřednictvím firmy Rhombus Energy Solutions uvádí na trh DC stanici RES-D2-CS20 (obr. 12) s výkonem až 250 kW, která je plně kompatibilní s měničem stejného výrobce. [35] Druhý typ DC RES-D3-CS20 (obr. 12), jejíž nejvyšší výkon může dosáhnout i 125 kW v závislosti na výkonu měniče. K tomu může být připojeno až 5 nabíječek. [37]

Společnost Princeton Power Systems nabízí dva typy nabíječek. Zákazník má k dispozici dvě výkonové verze 10 kW a 30 kW s označením CA-10 a CA-30. [38] Třiceti kilowattové obousměrné DC nabíječky produkuje také Coritech Services. [39] Dobíjecí wallbox podporující technologii V2X dodává firma Indra (obr. 11).








Model s označením „Vehicle-to-Grid Charger or Vehicle-to-Home Charger“ je určen k nabíjení nižší rychlostí zejména v domácnostech. Výrobce potvrzuje kompatibilitu s vozy značky Nissan. [36]



Obrázek 12 Nabíjecí stanice Rhombus RES-D2-CS20 a RES-D3-CS20 [37]

8.3. Nabíjecí standardy

K nabíjení elektromobilů existuje více typů rozhraní. Výrobci nabíječek nabízí konektory odlišných standardů vzhledem k parametrům stanic, zeměpisné poloze a značce automobilu (tab. 3).

Nabíjení	Typ proudu	Oblast		
		Evropa	USA	Japonsko
Pomalé	AC	 CCS 2 (Type 2)	 Type 1 (SAE J1772)	 Type 1 (SAE J1772)
Rychlé	DC	 CHAdeMO  CCS 2 (Type 2)	 CCS 1 (Type 1)	 CHAdeMO

Tabulka 3 Využívané nabíjecí standardy, vlastní zpracování, [40]

Elektrické vozy ve Spojených státech a Japonsku disponují standardy Type 1 a CCS 1. K tomu jsou uzpůsobeny nabíjecí stanice, které využívají stejných norem. Konektor Type 1 (SAE J1772) je vhodný pro pomalejší nabíječky, které jsou postaveny na střídavém proudu (AC). K rychlému nabíjení vozidel v USA slouží propojení skrze CCS 1.

Na evropský trh se dodávají stanice a wallboxy pro V2X nejčastěji s rozhraními CHAdeMO a CCS 2. Oba standardy jsou určeny výhradně k rychlému DC nabíjení. CCS 2 může být instalován ke stanici Coritech Services. Přestože wallbox společnosti Indra se neřadí mezi rychlodobíjecí stanice, přísluší mu norma CHAdeMO.

Standardy CCS, někdy Combo, dávají možnost nabíjení za AC i DC.

8.4. Komunikační standardy

Technologii V2X musí doprovázet normy, které umožní výměnu dat mezi vozidlem, provozovatelem nabíjecí stanice a provozovatelem energetické sítě. Nejvyužívanější standardy jsou ISO 15118 a CHAdeMO.

ISO 15118 je první evropský standard, který definuje komunikaci mezi EV a obousměrnou nabíjecí stanicí. Norma poskytuje funkci Plug & Charge. P&C umožňuje automatickou identifikaci vozidla a jejího majitele po připojení k nabíjecí stanici. Jedinou akcí, kterou musí řidič provést, je zapojení nabíjecího kabelu k vozidlu. O ostatní záležitosti se stará P&C. Vývoj byl krátkodobě zpomalen v letech 2019 a 2020, kdy se objevily technické problémy. Mezitím se rozšířil nový nezávislý standard CHAdeMO. [22]

CHAdeMO představuje hardwarové (viz. kap. 8.3.), tak softwarové rozhraní. Jako komunikační protokol umožňuje mimo jiné sledovat stav nabíjené baterie. Protokol nenabízí možnost identifikace nabíjeného vozu, což může mít vliv na bezpečnost systému V2X. Tato služba je k dispozici pouze po zaplacení poplatku. V Japonsku bývá tohoto standardu využíváno i pro výzkumné účely V2X. Předpokládá se, že konkrétní podoba CHAdeMO se bude ještě obměňovat v závislosti na legislativních a uživatelských požadavcích. [22]

9. Závěr

Práce je zaměřena na problematiku ukládání obnovitelné energie s využitím baterií elektrických vozů. Úvodní část podává obecné informace o elektromobilitě a typech vozidel, která mohou splňovat podmínky k implementaci V2X. Dále byla podrobně představena samotná technologie V2X a její vývoj. Způsoby akumulace obnovitelné energie byly zmíněny v následující kapitole. V krátkosti byl zmíněn princip zdrojů naakumulované energie, přes které se práce dostává k ukládání energie do baterií EV. Kapitola věnovaná bateriím detailně popisuje principy vhodných lithiových článků. Značná část se zabývá tématem degradací lithiových akumulátorů ve spojitosti s V2X. Zmíněny jsou příčiny degradace, možná recyklace a zejména ekonomicky výhodný model bateriových úložišť (second-life). Další části práce řeší vlivy současné a budoucí elektromobility na elektrizační soustavu. Na průběhy výkonových diagramů má stávající nabíjení i V2X výrazný vliv. V2X může denní průběh potřebného výkonu značně ovlivnit pomocí řízeného nabíjení a cíleného vybíjení baterie EV. Pokud bude majitel vozu ochoten poskytovat energii z baterie do sítě, ekonomičnost této služby se podepíše na straně majitele i provozovatele energetické soustavy. Poskytování EV, jako zdroj energie, může uživateli snížit provozní náklady a provozovatel energetické sítě současně „nakoupí“ elektrickou energii levněji v dražším tarifu. Zároveň byly zmíněny ekonomické nevýhody, včetně potřebných investic a příklad konkurenční služby „fungující“ v Číně.

Poslední kapitola podává přehled infrastrukturních prvků vhodných pro implementaci V2X v roce 2022. Na trhu je stále poměrně omezená nabídka EV a nabíjecích stanic umožňující obousměrné tečení energie, automobilky se snaží instalovat alespoň některé ze systémů k cílenému vybíjení baterií, které dokáží mírně ulevit síti v době výkonových špiček. Dílčí systémy sdílení energie nabitých baterií EV bývají již dnes do vozů instalovány, především V2L, V2H a V2B. Některé automobilky již přímo deklarují i použitelnost konkrétních vozů pro V2X. Snaha o naplnění představy o funkčním V2X systému ale není pouze na straně automobilek. Nezbytně nutné je pokračování v instalaci vhodné infrastruktury. Realita ve světě je taková, že bývá implementována pouze infrastruktura, umožňující pouze jednosměrný tok energie. V2X stojí na systému obousměrného toku energie, proto nabíjecí stanice musí tuto podmínku splňovat také. Prozatím se to nejpodstatněji odehrává nejčastěji ve specializovaných areálech, kde jsou instalovány veškeré prvky infrastruktury a probíhá testování jejich vhodnosti pro budoucí scénář elektromobility s V2X v běžném provozu.

Seznam použitých zkratek

AC	Střídavý proud (Alternating current)
CCS 1	Combined Charging System 1
CCS 2	Combined Charging System 2
DC	Stejnoseměrný proud (Direct Current)
EV	Elektrické vozidlo
G2V	Grid To Vehicle
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
P&C	Plug and Charge
V2B	Vehicle To Building
V2D	Vehicle To Device
V2G	Vehicle To Grid
V2H	Vehicle To Home
V2I	Vehicle To Infrastructure
V2L	Vehicle To Load
V2P	Vehicle To Pedestrian
V2V	Vehicle To Vehicle
V2X	Vehicle To Everything

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma hnacího ústrojí elektromobilu [2]	11
Obrázek 2 Schéma hnacího ústrojí plug-in hybridu [2]	12
Obrázek 3 Přehled možností využití V2X [3], upraveno	13
Obrázek 4 Redukce Type 2 - 16 A/230 V Hyundai IONIQ 5 [30]	15
Obrázek 5 Princip vybíjení a nabíjení Li-Ion baterie [12].....	19
Obrázek 6 Rozdíl v uspořádání bateriových článků v modulu, s tekutým elektrolytem (vlevo) Li-Ion, s polopevným/pevným elektrolytem (vpravo) Li-Pol [14]	20
Obrázek 7 Předpokládaný vývoj počtu elektromobilů s výhledem k roku 2030 [21], upraveno	24
Obrázek 8 Denní průběh zatížení sítě způsobený neřízeným nabíjením [23], upraveno	26
Obrázek 9 Krytí výkonového diagramu různými typy zdrojů [25]	29
Obrázek 10 Vyhlazení křivky poptávky po energiích při V2X [26]	29
Obrázek 11 Nabíjecí wallbox Indra – Vehicle-To-Grid Charger a Vehicle-To-Home Charger [36].....	33
Obrázek 12 Nabíjecí stanice Rhombus RES-D2-CS20 a RES-D3-CS20 [37].....	34

Seznam tabulek

Tabulka 1 Podíl na veškeré spotřebě elektřiny v ČR v závislosti na počtu elektromobilů	25
Tabulka 2 Přehled elektrických vozů vhodných pro V2X, vlastní zpracování, Nissan Leaf [27], Renault ZOE E-Tech [28], Hyundai IONIQ 5 [29], Kia EV6 [31], Mitsubishi Outlander PHEV [32], Honda e [33], Genesis GV60 [34], Porsche Taycan [35].....	32
Tabulka 3 Využívané nabíjecí standardy, vlastní zpracování, [40].....	35

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] BARTOŠOVÁ, Jana. Ekonomický deník. *Ve světě se loni prodalo přes 10 milionů elektromobilů a hybridů. Dvě třetiny z nich v Číně - Ekonomický deník*. [online]. [cit. 2022-04-30] Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/ve-svete-se-loni-prodalo-pres-10-milionu-elektromobilu-a-hybridu-dve-tretiny-z-nich-na-trhu-v-cine-v-evrope-vladnou-modely-tesla/>
- [2] Transportation.gov, Electric Vehicle Types | US Department of Transportation. *Department of Transportation* [online]. [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/vehicle-types>
- [3] KOMÁREK, Mikuláš. *Technologie V2G a její možnost implementace v podmínkách Česka* [online]. Praha, 2021. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/95178/MU-DP-2021-Komarek-Mikulas-DP_2021_Komarek_Mikulas.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií, Institut ekonomických studií. Ing. Arnošt Klesla Ph.D.
- [4] TŘÍPÓL, V2G znamená Vehicle to Grid | Úvod | 3 pól - Magazín plný pozitivní energie [online]. Copyright © Třípól [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/2841-v2g-znamenava-vehicle-to-grid>
- [5] PEAK DRIVE, Making Electric Vehicles Affordable, *V2B Technology* | peakdrive.com | [online]. Copyright © 2019 by Peak Drive [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.peakdriveenergy.com/v2b-technology>
- [6] HYUNDAI, IONIQ 5 - Technologie | Hyundai. [online]. Copyright © 2020 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.hyundai.com/cz/modely/ioniq-5/technologie.html>
- [7] HONDA, *Honda e ceník, platnost od 1.2.2020* [online]. [cit. 2022-06-12] Dostupné z: https://www.honda.cz/content/dam/local/czech-republic/cars/katalogy-ceniky/CZ_cenik_Honda_e_20200301.pdf

- [8] ŽERT, František. *Strategie automobilky ve využití baterií z elektromobilu* [online]. Praha, 2020. Dostupné z https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82552/F3-DP-2019-Zert-Frantisek-Strategie_automobilky_ve_vyuziti_baterii_z_elektromobilu.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, Ing. Adéla Holasová
- [9] KABEŠ, Karel. Adiabatická tlakovzdušná akumulární elektrárna *Časopis Elektro – Odborné časopisy* [online]. Copyright © 2014 [2022-06-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/adiabaticka-tlakovzduzna-akumulacni-elektrarna--9983>
- [10] WAGNER, Vladimír. Využívané i perspektivní technologie akumulace energie. *oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky* [online]. [cit 2022-06-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/velky-prehled-vyuzivane-i-perspektivni-technologie-akumulace-energie>
- [11] TRI ENERGO BRNO, Kvalitní bateriové úložiště | *Fotovoltaické a solární panely* | *Tri energo Brno* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.trienergo.cz/bateriove-uloziste/>
- [12] GVS, Battery Cell Separator EV & ESS | *gvs.com* [online]. [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.gvs.com/en/catalog/battery-cell-separator-ev-and-ess>
- [13] BERGMANN, Petr. Věděli jste, proč vůbec degradují lithium-iontové baterie u elektromobilů? *Elektrickévozy.cz* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/proc-dochazi-k-degradaci-lithium-iontove-baterie-u-elektromobilu>
- [14] DE ROOIJ, Dricus. Solid-state Li-ion batteries. Manage risks and maximize ROI for your PV and energy storage projects [online]. Copyright © *Sinovoltaics Group Limited* [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: <https://sinovoltaics.com/learning-center/storage/solid-state-li-ion-batteries/>
- [15] CANEX, A Fresh Look at V2G Value Propositions, June 2020, | *Low Emission Vehicle Research & Consultancy, cenex.co.uk* [online]. Copyright © [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://www.cenex.co.uk/app/uploads/2020/06/Fresh-Look-at-V2G-Value-Propositions.pdf>

[16] SVĚT MOTORŮ, Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? | auto.cz. *auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy* [online]. Copyright © 2001 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>

[17] ČTK, Počet aut v ČR stoupl o 163.251 na 6,29 milionu. Máme pátý nejstarší vozový park v EU | auto.cz. *auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy* [online]. Copyright © 2001 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/pocet-aut-v-cr-stoupl-o-163-251-na-6-29-milionu-mame-paty-nejstarsi-vozovy-park-v-eu-142499>

[18] EKOVOZY, Počet registrovaných elektromobilů v České republice k 1. 1. 2022 | ekovozy.cz. *Počet registrovaných elektromobilů v České republice k 1. 1. 2022* | *ekovozy.cz* [online]. Copyright © 2020 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.ekovozy.cz>

[19] LÁZŇOVSKÝ, Matouš. KASÍK, Pavel. Kalkulačka: Kolik elektráren bude Česko potřebovat, až propadne elektrovozům? *Seznamzpravy.cz Elektroauta predikce*. [online]. Copyright © 1996 [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/kalkulacka-kolik-elektren-bude-cesko-potrebovat-az-propadne-elektrovozum-170398>

[20] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD | eru.cz - *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky 2020* [online]. Copyright © [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/import_files/Rocni_zprava_provoz_ES_2020.pdf

[21] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, *Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility* | [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/aktualizace-narodniho-akcniho-planu-ciste-mobility--254445/>

[22] NOVÁK, Stanislav. *Ekonomické aspekty sdílení autobaterií v distribuční síti* [online]. Praha, 2019. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82546/F3-DP-2019-Novak-Stanislav-](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82546/F3-DP-2019-Novak-Stanislav-Ekonomicke_aspekty_sdileni_autobaterii_v_distribucni_siti.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

[Ekonomicke_aspekty_sdileni_autobaterii_v_distribucni_siti.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82546/F3-DP-2019-Novak-Stanislav-Ekonomicke_aspekty_sdileni_autobaterii_v_distribucni_siti.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, prof. Ing. Oldřich Starý, CSc.

- [23] AL-FALAH, Monaaf. Could vehicle-to-grid accelerate the EV revolution? | Energy Networks Australia. *Representing Australia's Energy* | *Energy Networks Australia* [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: <https://www.energynetworks.com.au/news/energy-insider/2020-energy-insider/could-vehicle-to-grid-accelerate-the-ev-revolution/>
- [24] LINHART, Jan. *Vliv e-mobility na elektrizační soustavu* [online]. Praha, 2019. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/76108/F3-BP-2018-Linhart-Jan-Vliv%20e-mobility%20na%20elektrizacni%20soustavu.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra energetiky, doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.
- [25] Informační portál. *Informační portál* [online]. [cit. 2022-06-08] Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/zdroje-elektricke-energie>
- [26] FIDALGO, João. *CHAdEMO V2G Seminar, MAGNUM CAP Electrical Power Solutions* [online]. Copyright © [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/2021/05/CHAdEMO_V2G_Magnum_Cap.pdf
- [27] Nissan.cz, *Nové vozy – Nissan Leaf* [online]. [cit. 2022-05-28] Dostupné z: <https://www.nissan.cz/vozidla/nova-vozidla/leaf.html>
- [28] SURI, Ashvin. The All-Electric Renault Zoe E-Tech Hatchback: The Complete Guide For The UK - Ezoomed. *Ezoomed: Quotes and Comparison for Electric Cars* [online]. [cit. 2022-05-28] Copyright © 2022 e. Dostupné z: <https://www.ezoomed.com/blog/buy-new/renault-zoe-electric-car-price/>
- [29] Hyundai.com/cs/, *Skladové vozy – Hyundai IONIQ 5* [online]. [cit. 2022-05-28] Dostupné z: <https://www.hyundai.com/cz/skladove-vozy/vehicle>
- [30] NÝVLT, Václav. Hyundai IONIQ 5, *idnes.cz*, [online]. [cit. 2022-06-02] Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/v2l-vehicle-to-load-hyundai-ioniq-5.A210830_143125_software_nyv/foto/WEI8dd8e3_2021_09_03F145915_01.jpeg
- [31] ARVAL, Operativní leasing KIA EV6 | Arval CZ [online]. [cit. 2022-05-28] Dostupné z: <https://www.arval.cz/leasing-pro-podnikatele-a-zivnostniky/offer-ltr/kia/kia-ev6>
- [32] EVMOTIONS, Mitsubishi Outlander PHEV EV nabíjecí | *evmotions.cz* | *EV nabíjecí* | *EVSE* | *Type1* | *Type2* | *7 kW* | *11 kW* | *22 kW* [online]. Copyright © [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://evmotions.cz/evcars/mitsubishi/outlander-phev/>

- [33] f-drive.cz, Honda e fotoaparát a fotografie | *fDrive.cz – Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti* [online]. Copyright © 2022 24net s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/katalog/honda-e/fotografie>
- [34] Genesis.com, Genesis GV60 Build To Order (BTO) [online]. [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://www.genesis.com/kr/ko/models/luxury-suv-genesis/gv60/bto/result?code=BMBFF&packages=PP1VRF&place1=경기&place2=용인&installment=cash>
- [35] Edmunds.com, *Porsche of Ocala, 2021 Porsche Taycan* [online]. [cit. 2022-05-28] Dostupné z: <https://www.edmunds.com/porsche/taycan/2021/vin/WP0AB2Y15MSA43849/?radius=6000>
- [36] INDRA, Vehicle to Grid (V2G) Chargers. *The World's Smartest & Fastest EV Chargers* [online]. Copyright © INDRA Renewable Technologies Ltd [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.indra.co.uk/v2g>
- [37] RHOMBUS, Products. *Rhombus Energy Solutions* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://rhombusenergysolutions.com/products>
- [38] CHAdeMO, Princeton Power Systems (10kW, 30kW) | *CHAdeMO* [online]. Copyright © Copyrights CHAdeMO Association [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.chademo.com/products/v2g/princeton-power-systems>
- [39] CORITECH, Electric Vehicle DC V2G Fast Charger, *CORITECH VGI Series* [online]. Copyright © [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/58f9f5236b8f5b1ff6b6784b/t/5b5f6144352f5372a86f1d30/1532977477174/Coritech+DC+EVSE+Brochure.pdf>
- [40] Evexpert.cz, Typy konektorů pro nabíjení EV ve světě. *Vše pro nabíjení elektromobilů*. [online]. Copyright © 2021 [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/typy-konektoru-pro-nabijeni-ev-ve-svete>
- [41] BÁRTA, Martin. Čínský výrobce elektromobilů NIO umožní zákazníkům vystoupení z programu výměn baterií, přijde je to ale draho - *EnergoZrouti.cz*. *EnergoZrouti.cz* [online]. Copyright © 2019 [cit. 21.06.2022]. Dostupné z: <https://energozrouti.cz/z/cinsky-vyrobce-elektromobilu-nio-umozni-zakaznikum-vystoupeni-z-programu-vymen-baterii-prijde-je-to-ale-draho>