

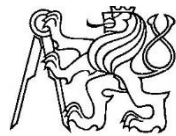
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možné využití a vliv elektromobility na distribuční soustavu ČR



Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a pouze s použitím uvedené literatury.

V Praze dne

.....

Miloslav Majer

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu této práce Ing. Petru Marečkovi za cenné rady a postřehy při konzultacích a za čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat za informace o projektu IMPROVE doc. Ing. Pavlu Mindlovi, CSc. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia a při psaní této práce.

Možné využití a vliv elektromobility na distribuční soustavu ČR

vypracoval: Miloslav Majer

vedoucí práce: Ing. Petr Mareček

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky

Abstrakt:

Tato bakalářské práce se zabývá možnými dopady různých scénářů rozvoje elektromobility na distribuční soustavu České republiky. Porovnává různé režimy nabíjení a ukazuje v jakém případě bude nejvhodnější určitý režim použit. Dále mapuje projekty týkající se elektromobility v České republice a ve světě. Práce také hodnotí ekonomický vliv na uživatele elektromobilu.

Abstract:

This bachelor thesis discusses the possible impacts of different scenarios of development of electromobility to the distribution system of the Czech Republic. It compares different charging modes and shows the most suitable mode, which will be the best to use in the specific case. It also maps the projects relating to electromobility in the Czech Republic and in the world. The thesis also evaluates the economical impact on users of electric vehicle.

Obsah

0 Úvod.....	1
1 Elektromobil.....	2
1.1 Historie.....	2
1.2 Druhy elektromobilů.....	2
1.2.1 Akumulátorové elektromobily.....	2
1.2.2 Hybridní automobily.....	3
1.2.3 Elektromobily s palivovými články.....	4
2 Elektrizace soustavy České republiky.....	5
2.1 Historie.....	5
2.2 Struktura elektrizační soustavy ČR.....	5
2.2.1 Přenosová soustava.....	5
2.2.2 Distribuční soustava.....	6
2.3 Smart Grids.....	6
3 Nabíjení.....	7
3.1 Režimy nabíjení.....	7
3.1.1 Režim 1.....	7
3.1.2 Režim 2.....	7
3.1.3 Režim 3.....	7
3.1.4 Režim 4.....	8
3.2 Zásuvkové spojení.....	8
3.2.1 Typ 1 SAE J1772 – 2009.....	8
3.2.2 Typ 2 VDE – AR – E 2623 – 2 – 2.....	8
3.2.3 Typ 3 EV Plug Alliance.....	9
3.2.4 Rychlé nabíjení.....	9
3.3 Typy připojení.....	9
3.4 Induktivní nabíjení.....	9
4 Projekty vztahující se k elektromobilitě v ČR.....	10
4.1 Elektromobilita ČEZ.....	10
4.2 E – mobilita.....	10
4.3 Elektromobilita E.ON.....	11
4.4 Škoda Auto.....	11

5 Projekty týkající se elektromobility ve světě	12
5.1 Evropa	12
5.1.1 Green eMotion.....	12
5.1.2 IMPROVE	12
5.1.3 P – MOB.....	12
5.1.4 LIVE.....	13
5.2 Asie.....	13
5.3 Amerika.....	14
6 Vliv elektromobilů na distribuční soustavu	15
6.1 Očekávané přínosy a negativa.....	15
6.2 Simulované scénáře	15
6.3 Simulace vlivu elektromobilů na distribuční soustavu.....	17
7 Ekonomické zhodnocení elektromobility.....	24
8 Závěr.....	26
Seznam zkratk	27
Bibliografie:	28

0 Úvod

Počet automobilů na světě stále roste. V roce 2010 poprvé přesáhl počet vozidel jednu miliardu. Z tohoto počtu je naprostá většina konvenčních automobilů se spalovacími motory, které produkují výfukové plyny. Ty jsou označovány jako jeden z významných prvků znečištění ovzduší. Znečištění vede ke skleníkovému efektu a ten přispívá ke globálnímu oteplování. Naopak elektromobil, využívající baterie, neprodukuje žádné emise, pomineme-li emise, které vznikají při výrobě elektrické energie, hybridní vozy pak produkují minimální množství plynů. Důležité také je, že emise, vznikající při výrobě elektrické energie jsou produkovány mimo hustě obydlené oblasti, takže s vyšším počtem elektromobilů selepší ovzduší ve velkých městech. Dalším důležitým faktorem rozvoje elektromobilů je snaha snížit závislost na ropě. Světové zásoby ropy nejsou neomezené, navíc její ložiska se často nacházejí v politicky nestabilních oblastech. S horší dostupností ropy poroste její cena a bude třeba hledat alternativy pro pohon automobilů a v tomto případě se elektřina nabízí jako výborné řešení. Výhodou elektromobilu je také to, že elektromotor má větší účinnost než motor spalovací a vyžaduje menší údržbu. Navíc elektromobil je v porovnání s klasickým automobilem méně hlučný. Tyto skutečnosti vedou k tomu, že elektromobily se stávají stále více populárními. V roce 2012 jezdilo po světě 180 000 elektromobilů, v prosinci 2013 to bylo 380 000 a ke konci roku 2014 se počítá s počtem 700 000 elektromobilů.

Tento nárůst počtu elektromobilů bude mít zcela jistě vliv na distribuční soustavu. Tato práce se zabývá možnými scénáři, které by mohli v případě většího rozvoje elektromobility nastat a navrhuje, jak by bylo možné minimalizovat negativní dopady na distribuční soustavu.

1 Elektromobil

1.1 Historie

Historie elektromobility sahá téměř až k objevu elektřiny. V roce 1831 Michael Faraday objevil elektromagnetickou indukci, čímž dal prostor pro vznik prvních elektromotorů. V 1834 byl zkonstruován elektromobil s nedobíjitelnými bateriemi. V roce 1866 Werner von Siemens vynalezl dynamoelektrický stroj a v 70. letech se dynamy stala používanými zdroji stejnosměrného elektrického proudu. V roce 1900 bylo prodáno 4200 automobilů, z čehož bylo 40% poháněných parou, 38% elektřinou a 22% bylo vozidel se spalovacími motory. Elektromobily dosáhly svého vrcholu v roce 1912, kdy bylo registrováno 34 000 elektromobilů oproti 17 000 automobilů se spalovacími motory. Následně ale přišel úpadek. Vynález startéru v roce 1911 umožnil snadnější startování spalovacích motorů. Navíc Henry Ford přišel s masovou produkcí automobilů, což vedlo ke snížení jejich ceny. Dalším důvodem bylo stále malé pokrytí elektrické sítě a s tím spojený problém s dobíjením baterií.

V šedesátých letech dvacátého století začaly vyvíjet elektromobily společnosti General Motors a Ford. V srpnu roku 1968 proběhl za velkého zájmu veřejnosti závod elektromobilů, kde soupeřily vozy Caltech a MIT. Velký zájem o alternativní zdroje energie přišel na podzim roku 1973 v souvislosti s ropným embargem. Největším posunem ve vývoji elektromobilů byl vývoj polovodičových součástek a mikroprocesorů v 80. a 90. letech. A také vývoj nových baterií.

V českých zemích sestrojil první elektromobil František Křížík v roce 1895, který byl napájen olověným akumulátorem se 42 články. V roce 1971 byl v Československu vyvíjen elektromobil Ema, jehož vývoj byl později zastaven. V devadesátých letech se pak na vývoji podílel přidružený závod Škody Plzeň – Škoda Elcar, který vyrobil několik stovek vozidel Eltra.

1.2 Druhy elektromobilů

Elektromobily se dělí podle zdroje elektrické energie. Ta může být uložena elektrochemicky v akumulátorech, pak mluvíme o akumulátorových elektromobilech, jejím zdrojem může být spalovací motor, jako tomu je u hybridních automobilů, nebo může být generována v palivovém článku.

1.2.1 Akumulátorové elektromobily

Jak již bylo zmíněno, elektrická energie je u tohoto druhu elektromobilu uložena v akumulátorech. K nabíjení musí být elektromobil připojen do sítě. Největším omezením jsou rozměry a hmotnost akumulátorů. Jedním z nejpoužívanějších typů akumulátorů jsou olověné akumulátory. Elektrolytem je roztok kyseliny sírové, elektrody jsou na bázi olova. Největší výhodou olověného akumulátoru je především nízká cena, která vyplývá z dobré dostupnosti používaným materiálů a snadné výroby. Jeho měrná kapacita je ale relativně nízká, z čehož vyplývá nutnost použití větších a tím pádem těžších akumulátorů. Velmi slibným se jevil článek sodík – síra (NaS). Má velkou měrnou kapacitu, ale jeho nevýhodou je nutnost ohřevu na pracovní teplotu, případně stálé zatěžování, tím pádem není použitelný pro elektromobily. Velkou skupinou akumulátorů jsou alkalické akumulátory. Elektrolyt je roztok

hydroxidu draselného KOH, který se někdy doplňuje další přísadou. Dělí se podle materiálu aktivních elektrod. Velmi rozšířené jsou nikl – kadmiové články (NiCd). Kladnou elektrodu tvoří v nabitém stavu oxid niklitý ve vybitém stavu hydroxid nikelnatý. Aktivním materiálem záporné elektrody je kadmium a po vybití hydroxid kademnatý. Tento typ akumulátoru je velmi starý a má malou měrnou kapacitu. Velkou překážkou je také toxicita kadmia. Posloužil však, spolu s nikl - železnými akumulátory, jako výchozí bod pro vývoj nikl – metalhydridového akumulátoru. Ten se od svých předchůdců liší materiálem záporné elektrody. Používané jsou slitiny TiFe, Mg₂Ni a různé další kombinace, které většinou výrobce nezveřejňuje. Tento akumulátor má poměrně velkou měrnou kapacitu, což z něj činí dobrý zdroj energie a konkurenta pro lithiové akumulátory. Ty se vyskytují obvykle ve dvou variacích. Lithium – iontové (Li – ion) mají tekutý elektrolyt, například tetrafluoroboritan lithný (LiBF₄), zápornou elektrodu většinou z oxidu kobaltolithitého (LiCoO₂), případně z ekologických důvodů z oxidu manganičitolithného (LiMn₂O₄). Kladná elektroda je pak z grafitu nebo amorfního uhlíku. Lithium polymerové (Li – polymer) akumulátory mají elektrolyt v gelové formě, který je spojen s porézním polymerem. Nevýhodou těchto akumulátorů je nižší životnost, než mají akumulátory Li – ion.

Tab. 1: Měrné kapacity některých akumulátorů

typ akumulátoru	měrná kapacita [Wh/kg]
olověný	35 - 50
NaS	150 - 300
NiCd	35
NiMH	60 - 100
Li - ion	100 - 265
Li - polymer	130 - 200

1.2.2 Hybridní automobily

Hybridní automobil je automobil, který má alespoň jeden pohon využívající elektrickou energii a má alespoň dva zdroje této energie, z toho alespoň jeden na palubě. Obecně jsou hybridní automobily považovány za kompromis mezi konvenčním automobilem, který znečišťuje ovzduší a bezemisním elektromobilem, který má ale omezenou dojezdovou vzdálenost. Hybridní automobily jsou vybaveny jak elektromotorem, tak spalovacím motorem. S příchodem hybridů stoupla složitost konstrukce elektromobilů, kvůli součástem, které potřebuje spalovací motor a kvůli řízení toků elektrické energie ze dvou zdrojů. Což ale zvyšuje hmotnost vozidla a snižuje úložný prostor. Hybridy jsou považovány za krátkodobé řešení, dokud nebudou vyřešeny problémy krátkého dojezdu a dobíjecí infrastruktury pro elektromobily, nicméně mnoho výrobců tato vozidla vyvíjí a prodává. Hybridy se vyrábějí ve dvou základních konfiguracích: se sériovým a paralelním pohonem. Sériový pohon je konstrukčně jednodušší. Spalovací motor pohání generátor, který dodává energii elektromotoru a dobíjí baterie. O pohon kol se stará výhradně elektromotor. U paralelního pohonu jsou spalovací motor a elektromotor připojeny ke hnací hřídeli pomocí spojek. Hybrid s paralelním pohonem poskytuje výkon a komfort téměř jako konvenční automobil, ale produkuje méně emisí. Hyb-

ridní automobily se také vyrábějí jako takzvané plug – in hybridy, které mají možnost dobíjení baterií z elektrické sítě.

1.2.3 Elektromobily s palivovými články

Palivový článek je moderním zdrojem elektrické energie, který má do budoucna velký potenciál v elektromobilitě. Na článku je malé napětí, proto se pro použití v elektromobilech skládá více článků do série. Podobně jako akumulátory má článek anodu a katodu. Jako palivo se používá vodík a kyslík. Vodík přichází na anodu ve formě molekuly H_2 . Vlivem chemické reakce se rozpadne na čtyři části. Dva kladné ionty vodíku a dva volné elektrony. Katalyzátor urychluje reakci a umožní iontům vodíku dosáhnout katody. Mezitím volné elektrony protečou vnějším okruhem a produkují elektrickou energii. Reakce se dokončuje na katodě, na kterou je přiváděn kyslík. Tam se nejprve molekula kyslíku rozdělí, kladně nabitě části se spojí s elektrony z vnějšího okruhu a záporně nabitě ionty kyslíku se sváží s kladně nabitými ionty vodíku a vznikne voda.

V elektromobilech se používá několik druhů palivových článků. Základní předpoklad je, aby článek pracoval při nízkých teplotách, zhruba do $100^{\circ}C$. Prvním je článek s alkalickým elektrolytem. Jako elektrolyt se používá hydroxid draslíku. Dosahují účinnosti až 60% a jako palivo se využívá čistý vodík. Dalším je článek s polymerní membránou. Ten využívá pevný polymerový elektrolyt, například Nafion. Tyto články sice nemají tak vysokou účinnost, jen kolem 40%, ale jejich výhodou je jejich jednoduchá konstrukce a schopnost tolerovat nečistoty v palivu. Třetím druhem palivového článku je metanolový článek. Pracuje podobně jako článek s polymerovou membránou, akorát při vyšších teplotách. Vychází z pokusů nahradit vodík metanolem. Jeho účinnost je kolem 30%. Tento druh palivového článku je ale stále ve vývoji, protože se stále hledá vhodný katalyzátor, který by zvýšil účinnost metanolu a snížil množství kyslíku v reakci.

2 Elektrizační soustava České republiky

2.1 Historie

Se zaváděním elektřiny v českých zemích je spojován František Křižík. Narodil se v roce 1847 v Plánici u Klatov. Absolvoval České učení technické a poté začal pracovat u rakouské dráhy. Jedním z prvních využití elektrické energie bylo osvětlení Staroměstského náměstí jeho obloukovými lampami. Ty využívaly stejnosměrný proud, který vyráběla plynová turbína. V roce 1891 se v Praze konala Zemská jubilejní výstava a císař František Josef I. udělil Františku Křižíkovi koncesi na stavbu a provoz elektrické dráhy. Ta byla 800 metrů dlouhá a vedla od horní stanice lanové dráhy na Petříně ke vstupu do Královské obory. Používala kladkový sběrač proudu a elektromotor o výkonu 8 koňských sil. Zdrojem proudu bylo dynamo poháněné lokomobilou umístěné na Petříně. V roce 1897 byly zřízeny Elektrické podniky královského města Prahy. Ty měly za úkol provozovat elektrickou dopravu, elektrárny a rozvádět elektrickou energii po městě. Zároveň byly schváleny plány na výstavbu vodní elektrárny v Holešovicích s třífázovými generátory. První byl uveden do provozu v roce 1900. Po první světové válce bylo elektrifikováno 11% měst a obcí v Československé republice a přístup k elektrické energii tak mělo 34% obyvatel. Zákon o státní podpoře při zahájení soustavné elektrizace č.438/1919 Sb. určil, že jmenovitá frekvence bude 50 Hz, síťové napětí 3x380/220 V a napětí primárních sítí 22 kV a 110 kV. Ke konci dvacátých let se stavěly první velké elektrárny a přístup k elektrickému proudu mělo již 70% obyvatel, o deset let později to bylo 90%. Z důvodů zapojení do válečného průmyslu rostl počet elektráren i během války, jejich stav byl však špatný. Válkou také bylo poškozeno elektrické vedení. Po válce byly zřízeny Československé energetické závody a energetika přešla na plánované hospodářství. V padesátých letech se rozvíjelo spojení se sousedními státy a byla budována Vltavská kaskáda, nicméně se stávalo, že spotřeba převyšovala výrobu a docházelo k vypínání proudu v domácnostech. V šedesátých a sedmdesátých letech byly stavěny velké uhelné elektrárny a v roce 1978 byla zahájena výstavba jaderné elektrárny Dukovany a poté v osmdesátých letech i Temelín. Problémem sedmdesátých a osmdesátých let byla politika levné elektřiny, která byla kompenzována dotacemi a vedla k plýtvání. Snaha toto omezit pomocí norem nebyla úspěšná. Po sametové revoluci byly energetické podniky rozděleny a zprivatizovány, došlo k přepracování plánů jaderné elektrárny Temelín či k odsíření uhelných elektráren. V roce 1997 byla česká elektrizační soustava připojena do evropského systému UCTE.

2.2 Struktura elektrizační soustavy ČR

Do elektrizační soustavy (ES) patří elektrárny, přenosová a rozvodná zařízení a elektrické spotřebiče. Tato zařízení jsou centrálně řízena a mají společnou výkonovou rezervu. Hlavním úkolem elektrizační soustavy je dodávat dostatečné množství elektrické energie v dohodnuté kvalitě koncovým zákazníkům. Podrobnější popis výroby není pro problematiku této práce nutný, proto se dále zaměřím pouze na přenos a rozvod elektrické energie.

2.2.1 Přenosová soustava

Do přenosové soustavy (PS) jsou zahrnuta vedení a zařízení o napětí 400kV, 220 kV a vybraná vedení a zařízení 110 kV. Je zapojena jako okružní síť. Do této soustavy je připojena

většina elektráren a je jí propojeno celé území České republiky a také jsou připojeny přenosové soustavy sousedních států. Provozovatelem je ČEPS a.s., jedná se o přirozený monopol, který je regulován energetickým zákonem a Energetickým regulačním úřadem. Licence na provoz přenosové soustavy je jediná a její majitel nesmí být majitelem licence pro distribuci ani pro výrobu. Provozovatel přenosové soustavy (PPS) smí nakupovat elektřinu pouze za účelem krytí ztrát. Provoz přenosové soustavy se řídí Kodexem přenosové soustavy. Ten navrhuje a připravuje ČEPS, schvaluje ho ERÚ a odpovídá směrnicím Evropské Unie. Kodex se zabývá pravidly pro připojování do přenosové soustavy, pro provoz, obsahuje plány pro rozvoj přenosové soustavy. Dále popisuje zařízení v soustavě, určuje pravidla pro havárie a poruchy nebo pro měření a poskytování informací. Provozovatel přenosové soustavy má povinnost připojit každého, kdo splní podmínky kodexu. Dále se zabývá také dispečerským řízením přenosové soustavy.

2.2.2 Distribuční soustava

Distribuční soustava obsahuje zařízení a vedení o napětí 110 kV, která nepatří do PS a dále zařízení a vedení nižšího napětí. Pro napětí 110 kV, 35 kV a 22 kV se jedná o okružní, paprskovou nebo dvoupaprskovou síť, pro napětí 6 kV a 0,4 kV pak většinou paprsková, případně průběžná nebo mřížová. Jejím účelem je distribuce elektrické energie v regionu. Elektřinu odebírá z přenosové soustavy a malých elektráren. Provozovateli distribuční soustavy jsou ČEZ, PRE, E.ON a mnoho dalších malých lokálních distributorů. Licence se uděluje na vymezené území a její majitel může mít i licence na výrobu a obchod, ale ne na přenos. Podobně jako přenosová soustava má i distribuční soustava svůj kodex, který obsahuje zásady pro distribuci elektrické energie.

2.3 Smart Grids

Smart grid je inteligentní elektrická síť, která je schopna se sama řídit. Svou strukturou bývá přirovnávána k počítačové síti. Princip spočívá v tom, že neustále probíhá měření v odběrných místech a síť podle toho reguluje toky energie. To umožňuje efektivnější využívání zdrojů. Dále je pak snadnější regulovat napětí v síti, omezovat přetížení sítě, či nedostatek výkonu, nebo omezovat nesouměrné zatížení. Koncept smart grids počítá se zapojením konečných zákazníků. Aby bylo možné odečítat aktuální odběry, musí být tato místa vybavena chytrými elektroměry. Ty pak kromě odečítání aktuálních hodnot pomáhají řídit spouštění elektrospotřebičů v domácnosti ve chvílích, kdy je menší spotřeba a tím pádem i přebytky elektrické energie. První a největší výhodou pro zákazníka tak bude finanční úspora z důvodů výhodných tarifů. Další výhodou pro zákazníka může být sledování aktuální spotřeby, případně spotřeby za zúčtovací období. Smart grids přinesou výhody i distributorům. Jednou z nich je již zmiňovaný dálkový odečet spotřeby. Pracovník distributora tak nemusí obcházet jednotlivá odběrová místa. Zjednoduší se také odpojení neplaticích zákazníků nebo kontrola nelegálních odběrů.

3 Nabíjení

Rozvinutá infrastruktura nabíjecích stanic je klíčová pro rozvoj elektromobility a to podobně, jako jsou pro konvenční automobily nepostradatelné čerpací stanice. Nicméně v případě nabíjení elektromobilů se vyskytují odlišnosti. Nabíjení baterií trvá mnohem déle než tankování paliva. Na druhou stranu je možné nabíjet elektromobil doma, například přes noc. Veřejné nabíjecí stanice v obchodních centrech, administrativních budovách nebo na veřejných parkovištích pak mohou sloužit pro doplnění kapacity baterií potřebné pro další cestu.

Aby bylo možné síť nabíjecích stanic rozvíjet a plně využívat, je nutné stanovit základní standardy pro výrobce elektromobilů i nabíjecích stanic. Ty řeší především normy Mezinárodní elektrotechnické komise IEC 62196 a IEC 61851. Tyto normy definují čtyři režimy nabíjení, různé provedení zástrček nebo konstrukční provedení přívodního kabelu.

3.1 Režimy nabíjení

3.1.1 Režim 1

Režim 1 počítá s nabíjením elektromobilu z běžné domácí zásuvky, střídavým proudem do 16 A. U tohoto režimu je důležité vzít v úvahu bezpečnost, která závisí na ochranách v rozvodu, jako jsou nadproudá relé, správně provedené uzemnění a proudový chránič. V zemích, kde instalace proudových chráničů je na odpovědnosti uživatele, je tento režim zakázán nebo omezen jen na soukromé využití. V zemích, kde je tento režim povolen, se jedná o velmi rozšířený režim nabíjení. S proudovou ochranou je zcela bezpečný a nevyžaduje investici do nabíjecího zařízení. Nicméně z bezpečnostních důvodů se výrobci elektromobilů od používání tohoto režimu odklání.

3.1.2 Režim 2

Režim 2 také využívá k nabíjení střídavou síť i běžné zásuvky, je ale doplněn o přídatnou ochranu. Jedná se o kontrolní zařízení uvnitř kabelu, které v tomto případě zjišťuje, jestli je elektromobil připojen a jestli je správně funkční uzemnění. Tento režim byl navržen jako přechodné řešení pro země, kde není povolen režim 1. Největší nevýhodou tohoto režimu je, že kontrola chrání kabel a elektromobil, ale ne samotnou zástrčku i když ta je velmi náchylná k poškození při nabíjení.

3.1.3 Režim 3

Třetí nabíjecí režim také zahrnuje nabíjení ze střídavé sítě, ale na rozdíl od předchozích dvou řeší využití specializovaného nabíjecího zařízení. Režim 3 se týká jak soukromých, tak veřejných nabíjecích stanic. Podobně jako předchozí režim je nabíjecí stanice vybaveno kontrolním zařízením s řídicím vodičem, který je připojen přes rezistor ke kostře elektromobilu. Protéká jím malý proud, který se vrací do nabíjecí stanice přes zemní vodič. Pokud proud teče správně, je stykač v nabíjecí stanici sepnutý a zařízení je v provozu. Pokud není elektromobil připojen, je zásuvka vypnuta. Toto zařízení poskytuje důležitou ochranu obzvláště u veřejných nabíjecích stanic. Při připojování elektromobilu je první připojeno uzemnění a řídicí vodič nakonec, při odpojování se nejprve odpojí řídicí vodič a jako poslední uzemnění.

Tento postup zajišťuje, že proud je přerušen na stykači v nabíjecí stanici a ne na zástrčce. Což zamezuje vzniku elektrického oblouku a prodlužuje životnost nabíjecího zařízení. Kontrolní zařízení s řídicím vodičem také umožňuje nastavení úrovně nabíjení.

K tomuto zařízení existují i jiné alternativy například bezdrátový přenos dat nebo přenos signálu po elektrické síti. Řídicí signál na nosné frekvenci 110 kHz, který generuje elektromobil je přenášen na zemnicí vodič. Filtrační obvody zabraňují nechtěnému přenosu mimo nabíjecí systém. Systém je schopen všech řídicích funkcí s využitím trojžilového kabelu. Tato jednoduchá ochrana může být snadno implementována a je také vhodná pro malé elektromobily, motocykly a elektrokola. Tento systém také umožňuje komunikaci nabíjecího zařízení s distribuční soustavou a usnadňuje tak účtování a umožňuje inteligentní nabíjení, nebo zapojení konceptů smart grid a vehicle to grid (V2G).

Inteligentní nabíjení ve spojení s konceptem vehicle to grid umožňuje provozovateli distribuční soustavy zabránit přetížení a snáze rozložit denní zatížení. Systém funguje tak, že uživatel při připojení elektromobilu k nabíjecí stanici nastaví po jaké době chce odjet a jakou úroveň nabití požaduje. Inteligentní nabíjení pomocí dat od operátora a ostatních nabíjených elektromobilů rozloží nabíjení do hodin, kdy je zatížení soustavy menší. Vehicle to grid naopak umožní čerpat energii z elektromobilů připojených například na firemních parkovištích. Soustava plně, nebo téměř plně nabitých elektromobilů představuje nezanedbatelné množství energie, která je dostupná pro soustavu. Provozovatel soustavy pak může snížit špičky diagramu denního zatížení. Uživatel z tohoto systému může profitovat například slevou na odebranou energii, nebo poplatkem za dodanou jednotku energie. Využití těchto konceptů by mělo být znatelnější v rámci menších území, než v kontextu celé distribuční soustavy.

3.1.4 Režim 4

Režim 4 je definován jako nepřímé spojení elektromobilu se střídavou sítí, kdy je nabíjecí konektor a řídicí systém pevnou součástí nabíjecí stanice. To se týká zejména stejnosměrných nabíjecích stanic používaných pro rychlé nabíjení. Protože je řídicí zařízení součástí stanice a není na palubě elektromobilu, je nutné, aby byla stanice informována o typu a úrovni nabití akumulátorů, aby mohla dodávat správnou úroveň napětí a proudu.

3.2 Zásuvkové spojení

Pro nabíjení střídavým proudem jsou definovány tři typy zástrček a dále typy pro rychlé nabíjení.

3.2.1 Typ 1 SAE J1772 – 2009

Jedná se o zástrčku pro jednofázové nabíjení střídavým proudem. Má pravidelný kruhový tvar a pět kolíků. Dva z nich pro silové vodiče, jeden pro zemnicí vodič a dva pro přenos signálu, řídicího prvku nabíjení. Standard předepisuje použití tohoto typu pro napětí a proud od 120V a 12A / 16A do 240V a 32A / 80A.

3.2.2 Typ 2 VDE – AR – E 2623 – 2 – 2

Tento typ byl vyvinut německou firmou Mennekes a slouží k trojfázovému nabíjení střídavým proudem. Jako předchozí typ má dva signální kolíky, zemnicí vodič a čtyři kolíky

pro fáze a neutrální vodič. Jedná se nejběžnější zástrčku používanou v Evropě a do roku 2017 je s ní počítáno, ve spolupráci s režimem 3, jako s uniformním řešením nabíjecích stanic v Evropské Unii.

3.2.3 Typ 3 EV Plug Alliance

Jedná se o typ zástrčky často používaný v malých elektromobilech, elektrokolech a motocyklech na elektrický pohon. V provedení 3A se používá pro jednofázové nabíjení, v provedení 3B pro trojfázové. Provedení 3B je nicméně ještě ve vývinu. Kolíky jsou zakryty, aby nemohlo dojít k doteku s částmi pod napětím.

3.2.4 Rychlé nabíjení

Pro rychlé nabíjení se nejčastěji využívá standardy CHAdeMO, i přesto že tento typ byl komisí IEC uznán jako mezinárodní standard pro stejnosměrné dobíjení až v lednu 2014. Je označován jako Systém A. Pro rychlé nabíjení dále existuje čínský GB / T, označovaný jako Systém B a Systém C, který zahrnuje zástrčky COMBO 1 a COMBO 2.

3.3 Typy připojení

Spojení elektromobilu a nabíjecí stanice může být realizováno třemi konstrukčními provedeními kabelu, které jsou definovány v normě IEC 61851 - 1. Typ A se používá u malých elektromobilů. Kabel je zde napevno připojen k elektromobilu. Typ B znamená, že kabel se musí připojit jak k autu, tak k nabíjecí stanici. Tato typ je nejrozšířenější. Typ C je spojena především s Režimem 4, neboli s rychlým nabíjením a používá se ve veřejných nabíjecích stanicích. Výhodou je, že uživatel nemusí vozit kabel s sebou, ale je zde riziko krádeže, nebo poškození kabelu.

3.4 Induktivní nabíjení

Při induktivním nabíjení je elektrická energie přenášena ve formě elektromagnetických vln. Výhodou je, že je zde eliminováno riziko úrazu elektrickým proudem, ale na druhou stranu je instalace nabíjecího zařízení finančně náročnější. Princip je založen na dvouvinutovém transformátoru. Primární vinutí je připojeno k síti a sekundární je instalováno v elektromobilu. První pokusy o vývoj proběhly v 90. letech minulého století, kdy s nabíjecím systémem přišli General Motors. Sekundární vinutí bylo nainstalováno v autě a primární vinutí na přenosném modulu se zasunulo do zásuvky u nabíjecí stanice. Nicméně nepodařilo se dotáhnout do konce snahy o standardizaci modulu, ani obecné požadavky pro nabíjecí stanice a v roce 2000 byl projekt zastaven. Druhým pokusem je systém s automatickým připojením, který by bylo možné realizovat na parkovací místech vyhrazených pro toto dobíjení. Elektromobil a nabíjecí zařízení musí být ve správné pozici. Zájem o toto dobíjení by mohl být například v automatických půjčovnách elektromobilů.

Induktivní nabíjení by mohlo být zajímavým řešením v budoucnosti, ale v současnosti je limitováno náročností na budování infrastruktury, takže jeho využití je možné pouze ve specifických případech.

4 Projekty vztahující se k elektromobilitě v ČR

Projektům týkajícím se elektromobility se v České republice věnují zejména větší distributoři ČEZ, PRE a E.ON. Důvodů proč tomu tak je, se nabízí několik. Nabízí se například možnost využití elektromobilů v distribuční soustavě v rámci konceptu Smart Grids. Dalším důvodem je potřeba unifikovat nabíjecí stanice, aby si uživatel mohl, ale nemusel vybírat stanici podle provozovatele, případně výrobce elektromobilu. Nezanedbatelný vliv mají také finance. Pro větší společnost nebude investice do elektromobility taková zátěž. Navíc mohou tyto společnosti oslovovat stávající zákazníky a pouze jim případně nabízet rozšíření současné smlouvy. V následujících podkapitolách budou shrnuty projekty týkající těchto distributorů.

4.1 Elektromobilita ČEZ

Projekt vznikl v roce 2010 a cílem je rozvoj elektromobility v České republice. V roce 2011 pak Skupina ČEZ spustila provoz deseti dobíjecích stanic v Praze. V prosinci 2013 bylo v provozu již 35 dobíjecích stanic i mimo Prahu, z toho jedna pro ultrarychlé dobíjení o výkonu 50 kW, která se nachází u centrály Skupiny ČEZ. Tato stanice je schopna dobít 80% kapacity akumulátorů zhruba za 20 minut. Tyto stanice se nacházejí většinou u nákupních center nebo u administrativních budov. Do konce roku 2015 plánuje společnost rozšíření na 150 stanic zejména v krajských městech a kolem hlavních silničních tahů.

Aby mohl zákazník využívat tyto dobíjecí stanice, musí mít uzavřenou platnou smlouvu na službu Elektromobilita. Po uzavření smlouvy dostane zákazník čip, který okamžitě může začít využívat. Vyúčtování obdrží zákazník každé tři měsíce. Každý zákazník má svůj RFID (Radio Frequency Identification) kód. Po příjezdu k nabíjecí stanici přiloží čip ke čtecímu zařízení. Tím se stanice odemkne. Uživatel poté připojí kabel do zásuvky, a pokud je zapojení v pořádku začne nabíjení. Po odhlášení se stanice opět uzamkne.

S projektem Elektromobilita ČEZ souvisí také další projekt Smart region Vrchlabí. Skupina ČEZ spustila tento projekt v roce 2010 s cílem otestovat chytré sítě pro jejich použití v jiných částech České republiky. V září 2012 byly ve Vrchlabí zprovozněny dvě nabíjecí stanice.

4.2 E – mobilita

Jedná se projekt Pražské energetiky (PRE). V rámci tohoto projektu se PRE zaměřuje na různé oblasti elektromobility. Jednou z nich je budování sítě nabíjecích stanic, ePointů. V současné době PRE provozuje 17 nabíjecích stanic ePoint STANDART s jednofázovou přípojkou, ePoint PLUS, který má jednofázovou i trojfázovou přípojkou a rychlonabíjecí stanici ePoint EVO, která je schopna nabít elektromobil z 20% kapacity na 80% za 15 minut. Tyto nabíjecí stanice běží v pilotním provozu do 30.4.2014 a uživatelé je do tohoto data využívat zdarma. K obsluze je potřeba RFID karta, kterou je možno zapůjčit v Centru energetického poradenství PRE. Podmínkou je doložit vlastnictví nebo provozování elektromobilu. S touto kartou lze nabíjet pouze elektromobily. Připojením jiného zařízení se karta zablokuje.

Druhým projektem Pražské energetiky je půjčovna elektrokol PREkolo. Půjčovna se nachází Centru energetického poradenství PRE. Zde je možné si vypůjčit na předem dohodnutou dobu elektrocolo. Zákazníci Pražské energetiky mají 50% slevu.

4.3 Elektromobilita E.ON

Energetická společnost E.ON navázala v roce 2011 spolupráci s automobilku Mercedes – Benz. Společně začali provozovat 25 vozů Mercedes – Benz smart fortwo electric drive, což je malý elektromobil určený pro městský provoz. Tyto vozy využívají v rámci marketingové spolupráce například Zoo Praha, ekologický hotel Mosaic House nebo půjčovna automobilů SIXT, kde je možné si tento elektromobil půjčit, stejně jako skútr EON E - Max. Ten se vyrábí ve dvou variantách podle kapacity akumulátorů a je ho možné prostřednictvím společnosti E.ON zakoupit.

4.4 Škoda Auto

Česká automobilka Škoda Auto vyrobila deset kusů konceptu Škoda Octavia Green E Line. Vychází z vozu Škoda Octavia Combi, který byl vybrán z důvodů vhodné konstrukce podvozku, který umožňuje instalaci akumulátorového pole, elektromotoru a elektrického řízení.

Akumulátorové pole se skládá ze 180 článků Li – ion a váží 315 kg, což zvýšilo váhu oproti původní verzi se spalovacím motorem o 290 kg. Uloženy jsou pod zavazadlovým prostorem. Tím se nezměnila velikost kabiny, nicméně objem zavazadlového prostoru se zmenšil z 605 l na 490 l. Tato změna hmotnostních poměrů má negativní vliv na rozjezd, zejména při prudké akceleraci, kdy dochází k protáčení předních kol. Akumulátory mají kapacitu 26,5 kWh, což umožňuje dojezd zhruba 140 km. Při dobíjení z běžné domácí zásuvky se nabije za 8 hodin. Dále se dobíjí rekuperací při brzdění. Elektromotor má jmenovitý výkon 60 kW, maximální 85 kW. Maximální točivý moment je pak 270 Nm. Maximální rychlost vozu je omezena na 135 km/h. K dispozici jsou tři režimy provozu, které se liší výkonem i komfortem. Při nejúspornějším režimu klesne výkon motoru na 50 kW, maximální rychlost na 95 km/h a nefunguje klimatizace ani topení.

Koncept Octavia E Line nicméně nebyl projektován pro komerční využití a jeho účelem je spíše otestování technologií. Na testování vozu se podílela i společnost TÜV SÜD Czech, která prostřednictvím metody TÜV SÜD e-Car Cycle měří dojezd elektromobilů ve ztížených podmínkách a při reálném provozu za různých teplot. Počítá se s využitím topení či klimatizace. Simulována je jízda průměrnou rychlostí 60 km/h, trvající 60 minut. Trasa je složena ze silnic první a druhé třídy, z dálnice a městského provozu. Nejprve je trasa zdigitalizována a poté se testy realizují na válcové zkušebně, kde je možné opakovaně nastavit stejné podmínky.

Pro komerční využití uvažuje Škoda Auto spíše o vozech Citigo, které více vyhovují městskému provozu.

5 Projekty týkající se elektromobility ve světě

5.1 Evropa

V rámci Evropské unie sdružuje projekty vztahující se k elektromobilitě European Green Vehicles Initiative (EGVI), která v roce 2014 navázala na European Green Cars Initiative, jež působila v letech 2009 – 2013. Jedná se o smluvní partnerství mezi veřejným a soukromým sektorem, jehož cílem je urychlit výzkum a vývoj technologií umožňujících dostupné a efektivní využití „čisté“ energie na silnicích. Iniciativa je podporována programem evropské komise Horizont 2020. V současnosti EGVI podporuje 120 probíhajících nebo ukončených projektů týkajících se elektromobility. V následujících podkapitolách se budu věnovat několika vybraným projektům.

5.1.1 Green eMotion

Projekt odstartoval 31. března 2011 viceprezident Evropské komise Siim Kallas a ukončení je naplánováno na únor 2015. Vznikl v souvislosti s ambiciózním cílem Evropské unie snížit emise CO₂ o do roku 2050 o 60%. Na projektu spolupracuje 43 partnerů z průmyslu, universit nebo měst. Hlavním cílem projektu je umožnit rozvoj elektromobility v Evropě. K tomu využívá jak výzkumů svých partnerů, tak již známých výsledků předchozích projektů. Projekt se snaží například definovat celoevropské standardy jak pro výrobu elektromobilů, tak pro nabíjecí stanice.

Jedním z výsledků projektu je platební systém pro síť nabíjecích stanic. Tento systém vyvinula IBM ve spolupráci se společnostmi Enel, SAP a Siemens. Jmenuje se B2B Marketplace a je jakousi obdobou roamingu pro mobilní telefony. Uživatel může dobít elektromobil v jakémkoliv státu nehlédě na distributora. Provozovatelé zase mohou pomocí analytického softwaru získávat informace pro zlepšení svých služeb. Pomocí tohoto sběru dat je možné také určit na jakých místech se nejčastěji elektromobily dobíjí a jestli jsou víc využívány rychlonabíjecí stanice, nebo obyčejné. Na základě těchto dat se poté může síť nabíjecích stanic více přizpůsobit zákazníkům.

5.1.2 IMPROVE

Projekt byl zahájen 1.7.2013 a bude probíhat do června 2016. Kromě jiných partnerů na něm spolupracuje také České vysoké učení technické. Projekt se zaměřuje na zefektivnění užitkových elektromobilů. Cílem je snížit spotřebu energie pod 20 kWh na 100 km, snížit provozní náklady a optimalizovat nabíjecí čas. Výzkum probíhá na voze Fiat Dobló, ale předpokládá se, že technologie budou použitelné i v jiných vozech. Vozidlo by se mělo podle přání uživatele nastavit pro danou cestu a spočítat spotřebu energie a tím pádem by měl mít uživatel jistotu, že dojedie do cíle. Tato zlepšení mají posílit konkurenceschopnost užitkových elektromobilů ve srovnání s automobily se spalovacími motory.

5.1.3 P – MOB

Projekt, který se v roce 2013 stal projektem měsíce srpna iniciativy EGVI se zaměřuje na malé elektromobily, které váží bez baterií méně než 600 kg a jsou schopny dosáhnout

rychlosti vyšší než 100km/h. Cílem bylo vyvinout elektromobil s vlastními fotovoltaickými panely, které by poskytly energii potřebnou pro ujetí 20 km denně v zemích jižní Evropy.

Dvoumístný elektromobil má pohon na všechna čtyři kola, což zajišťují dva elektromotory zvlášť pro přední a zadní kola. Z nichž jeden je optimalizován pro provoz ve městě a jeden mimo město, pro dosažení optimální efektivity. Tento systém je využívám jednak z důvodů větší spolehlivosti, v případě poruchy jednoho motoru bude elektromobil stále plně ovladatelný, dále pak pohon všech čtyř kol zvyšuje ovladatelnost ve zhoršených povětrnostních podmínkách. Dalším důvodem je i úspora energie, která oproti pohonu s jedním motorem je 0,8%. Karoserie je z kompozitních materiálů a je navržena tak, aby byl vůz lehký, ale bezpečný a zároveň ekonomicky dostupný. Dále byl kladen důraz na aerodynamiku vozu, odpor vzduchu je o 30% menší než u jiných vozů stejné kategorie. Z tohoto důvodu jsou dveře pouze na jedné straně. Na voze jsou pak umístěny fotovoltaické panely z monokrystalického křemíku. Jejich povrch je 2,5 m². Cílem bylo dosáhnout denně 1,2 kWh. V červnu 2012 v Turíně bylo změřeno, že se do baterií ukládalo 1,6 kWh. Vůz je také možné dobíjet ze sítě jako běžný elektromobil, což zároveň umožňuje využití konceptu V2G.

Při plném zatížení váží elektromobil cca 800 kg. Měřením bylo zjištěno, že při konstantní rychlosti 50 km/h je spotřeba 48,37 Wh/km, při rychlosti 100 km/h pak 107,3 Wh/km. Elektromobil byl testován v testovacím areálu automobilky FIAT, kde byla změřena průměrná spotřeba 80 Wh/km a potvrdil se také vhodný design vozidla, které bylo velmi stabilní i v prudkých zatáčkách. Elektromobil byl předváděn v okolí Turína po celý rok a denní průměr dosáhl 20 km jen za použití solární energie.

5.1.4 LIVE

LIVE (Logistics for the Implementation of the Electric Vehicle) je projekt, který se snaží rozvíjet elektromobilitu v Barceloně a jejím okolí. Město zde provozuje 74 veřejných nabíjecích stanic. Dále je zde množství osobních stanic, které jsou spojeny vždy s konkrétním elektromobilem. Třetí skupinou jsou nabíjecí stanice vyhrazené například pro hotelové hosty nebo zákazníky restaurací. K provozu elektromobilu je potřeba identifikační karta. Díky ní, je možno dobíjet u veřejných nabíjecích stanic zdarma, ale karta má nastavený měsíční limit. Osobní nabíjecí stanice je možné si zakoupit nebo pronajmout. Za odebranou energii se pak platí v rámci běžného vyúčtování od distributora.

Kromě snížení hluku a znečištění ve městě sleduje projekt LIVE ještě další cíl. Okolí Barcelony je jedním z center evropského automobilového průmyslu. Nachází se zde přes 20% španělských automobilek. Barcelona tak slouží jako testovací místo pro nové technologie v elektromobilitě.

5.2 Asie

Jako zástupce projektů na rozvoj elektromobility v Asii jsem vybral čínsko – německý projekt. Čína se snaží snížit svoji závislost na dovážené ropě a redukovat znečištění životního prostředí. Jednou z cest jak toho dosáhnout má být zefektivnění využívání energie v přepravě. Vývoj elektromobilů tak byl v rámci dvanácté pětiletky zařazen mezi sedm strategických rozvíjejících se průmyslových odvětví. Na projektu spolupracuje Čína s Německou společností

pro mezinárodní spolupráci (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – GIZ). Projekt má čtyři součásti. První má za úkol zjistit podíl elektromobilů na trhu a vzít v úvahu podíl energie vyrobené z obnovitelných zdrojů. Na základě této analýzy bude vláda schopna nastavit regulační rámec, aby přínos elektromobility pro životní prostředí byl co nejvýznamnější. Druhá součást má za cíl zpracovat metodologické a právní standardy pro začlenění elektromobilů do dopravy. Třetí část projektu se zabývá efektivní recyklací akumulátorů. Důraz je kladen na šetření drahých materiálů a na ekologickou nezávadnost tohoto procesu. Čtvrtá součást projektu se zabývá možnostmi, jak začlenit elektromobily do multimodálního přepravního procesu, kde je většinou snaha silniční dopravu omezovat z důvodů znečištění, což u elektromobilů není nutné.

5.3 Amerika

Get Ready jsem vybral za zástupce amerických projektů, ten sdružuje v Severní Americe projekty na kterých se podílí 25 měst a dalších 40 partnerů. Projekt běží pod záštitou neziskové organizace Rocky Mountain Institute. Města prostřednictvím Get Ready spolupracují na překonávání překážek při rozvoji elektromobility. Motivací měst je dosáhnout čistšího ovzduší a menší hlučnosti. Tyto snahy jsou teprve v začátcích, většinou se jedná o provozování elektromobilů, které patří městům. Například v New Yorku jezdí šest elektromobilů Nissan Leaf jako taxi. Dále jsou instalovány první veřejné nabíjecí stanice především u veřejných budov jako jsou radnice, knihovny, univerzity a další. Z celkem 25 měst se dvě nachází v Kanadě. Jedná se o Toronto a Vancouver, který se chce do roku 2020 stát „nejzelenějším“ městem na světě.

6 Vliv elektromobilů na distribuční soustavu

6.1 Očekávané přínosy a negativa

Stoupající počet provozovaných elektromobilů se zcela jistě projeví v elektrizační soustavě. Není pravděpodobné, že by v blízké budoucnosti stouplo množství elektromobilů natolik, aby znatelně ovlivnilo zatížení přenosové soustavy, nicméně na zatížení distribuční soustavy se změny projeví. A to jak pozitivně, tak negativně. V zájmu provozovatele distribuční soustavy je samozřejmě minimalizovat negativní vlivy a co nejvíce využít přínosy, které elektromobily pro distribuční soustavu znamenají.

Mezi očekávané přínosy jednoznačně patří vhodné pokrývání diagramu zatížení. Pomocí služby Vehicle to Grid (V2G) je možné snížit špičky zatížení a pomocí inteligentního dobíjení je pak možné vykrýt sedla v diagramu zatížení a ustálit tak základní zatížení. Tím se sníží rozdíly mezi maximálním a minimálním zatížením, například v rámci velkého města. Na zatížení menší části distribuční soustavy se pravděpodobně projeví jen jedna část výše zmíněného konceptu. V oblasti, kde je více administračních budov a předpokládá se, že zde budou elektromobily zaparkovány v době odpolední špičky, bude mít smysl využít službu V2G. Naopak v rezidenční čtvrti, kde se elektromobily budou dobíjet přes noc má smysl pomocí inteligentního dobíjení vykrýt sedlo v nočních hodinách.

Zatímco efektivita přínosů počítá s inteligentním dobíjením, neboli Režimem 3, nabíjecí režimy 1 a 2 přináší pro distribuční soustavu negativa. Především v malém měřítku, což je například výše zmíněná rezidenční čtvrť o několika odběrech, znamenají příkony nabíjených elektromobilů velkou změnu zatížení. Největším problémem je v tomto případě zvýraznění špičky, pokud uživatel připojí elektromobil do sítě v okamžiku příjezdu, což je pravděpodobné. Zmírnit tento negativní vliv je možné například pomocí HDO nebo výhodnými tarify v pozdějších hodinách. Výhodný tarif v tomto případě počítá s určitou zodpovědností na straně uživatele. Dává mu možnost nabít si elektromobil, kdykoliv potřebuje, na druhou stranu nedá provozovateli distribuční soustavy jistotu, že ke snížení špiček skutečně dojde. Využití systému HDO dává distributorovi kontrolu nad časy připínání odběrů, ale omezuje koncového uživatele.

6.2 Simulované scénáře

Simulace vlivu elektromobilů na distribuční soustavu bude vycházet z možných scénářů, které jsem nastínil již v předchozí podkapitole. Výchozí data pochází z distribučního transformátoru rezidenční čtvrti velkého města s patnácti odběry. Data byla měřena v období od 20. ledna do 26. března 2014. Z diagramu zatížení za toto období jsem vybral týden od 10. do 16. února. V tomto týdnu nedošlo z pohledu zatížení k žádným extrémům odbírané energie. Z tohoto týdne jsem poté vybral středu 12. února a jako ukázkou volného dne sobotu 15. února.

Jako příklady reálných elektromobilů jsem vybral vozy, které budou popsány v této podkapitole. Každý má jinou kapacitu akumulátorů a jiný příkon při nabíjení. Což jsou základní parametry důležité pro tuto simulaci.

- a) Nissan Leaf
 - příkon: 3,6 kW nebo 6,6 kW (použito 3,6 kW)
 - kapacita akumulátorů: 24 kWh
- b) Mitsubishi iMiEV
 - příkon: 3 kW
 - kapacita akumulátorů: 16 kWh
- c) BMW i3
 - příkon: až 7,4 kW podle rozvodu (použito 7,4 kW)
 - kapacita akumulátorů: 18,8 kWh
- d) Tesla Model S
 - příkon: 1,4 kW a 10 kW (doporučeno 10 kW, použito 10 kW)
 - kapacita akumulátorů: 60 kWh nebo 85 kWh (použito 60 Wh)

V simulaci jsem uvažoval tři stupně rozšíření elektromobilů. V případě a jsem počítal s dvěma elektromobily, v případě b se čtyřmi a v případě c s osmi. Přičemž jsem předpokládal, že rozšířenější budou cenově dostupnější vozy Nissan Leaf a Mitsubishi iMiEV. Dále jsem počítal s různými časy příjezdů a zbývající energií v akumulátorech, což bude uvedeno v tabulkách pro příslušné dny, stejně jako složení provozovaných elektromobilů.

Kromě různých případů nárůstu počtu elektromobilů jsem porovnával tři základní varianty nabíjení. Varianta 1 počítá s nabíjecími režimy 1 a 2. Nabíjení není vůbec ovlivněno provozovatelem distribuční soustavy. Začíná v okamžiku, kdy uživatel přijede domů a připojí elektromobil k nabíječce. Nabíjecí proces končí až ve chvíli, kdy je elektromobil dobit na 100%. Varianta 2 počítá se stejnými režimy, ale nabíjení je kontrolováno pomocí systému HDO. Elektromobily jsem rozdělil do několika skupin a jejich nabíjení se spouští postupně. Varianta 3 reprezentuje nabíjecí režim 3. Zde je počítáno s inteligentním nabíjením. To může začít v okamžiku připojení elektromobilu do sítě, nebo opožděně a nabíječka neodebírání 100% svého příkonu. Na základě zatížení z předchozích dní, je tak systém schopen určit množství odebírané energie, aby výsledný odběr byl konstantní a co možná nejmenší. Pro tuto variantu je nastaveno pouze jedno omezení a to, aby všechny elektromobily byly dobity na 100% v 5:30 ráno. K tomuto omezení jsem se rozhodl z důvodu, aby uživatel měl brzy ráno k dispozici plnou kapacitu akumulátorů.

Kromě různých počtů elektromobilů a různých variant řízení nabíjení jsem v simulaci znázornil, jak by se projevila existence veřejné nabíjecí infrastruktury. V případě, že by uživa-

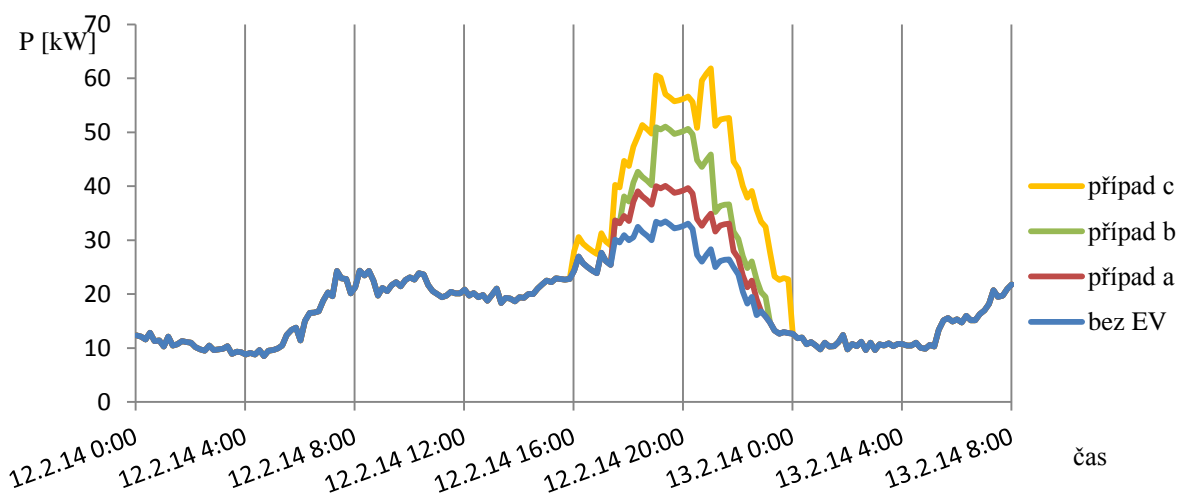
telé měli možnost dobít elektromobil v práci, nebo u veřejných nabíjecích stanic jsem uvažoval, že by se množství energie potřebné při dobíjení přes noc snížila o 50%.

6.3 Simulace vlivu elektromobilů na distribuční soustavu

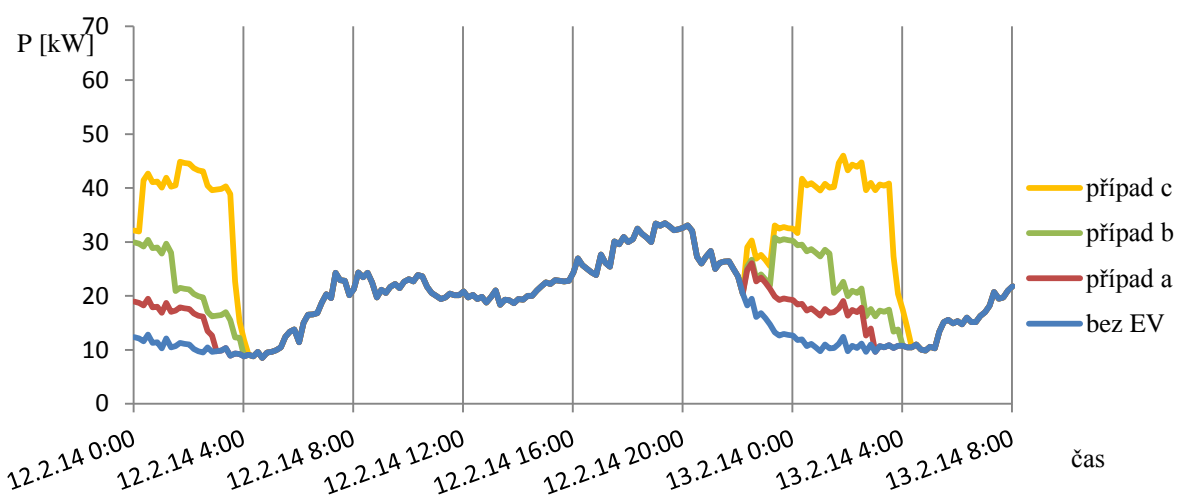
Časy příjezdů a stavy akumulátorů pro středu 12. 2. uvedeny v tabulce 2. Varianta 1 (var 1) reprezentuje scénář, kdy není dostupná veřejná nabíjecí infrastruktura. Těto variantě odpovídají obrázky 1 až 3. Varianta 2 (var 2) počítá s existencí veřejné nabíjecí infrastruktury a odpovídají jí obrázky 4 až 6.

Tab. 2: Výchozí podmínky pro středu 12. 2.

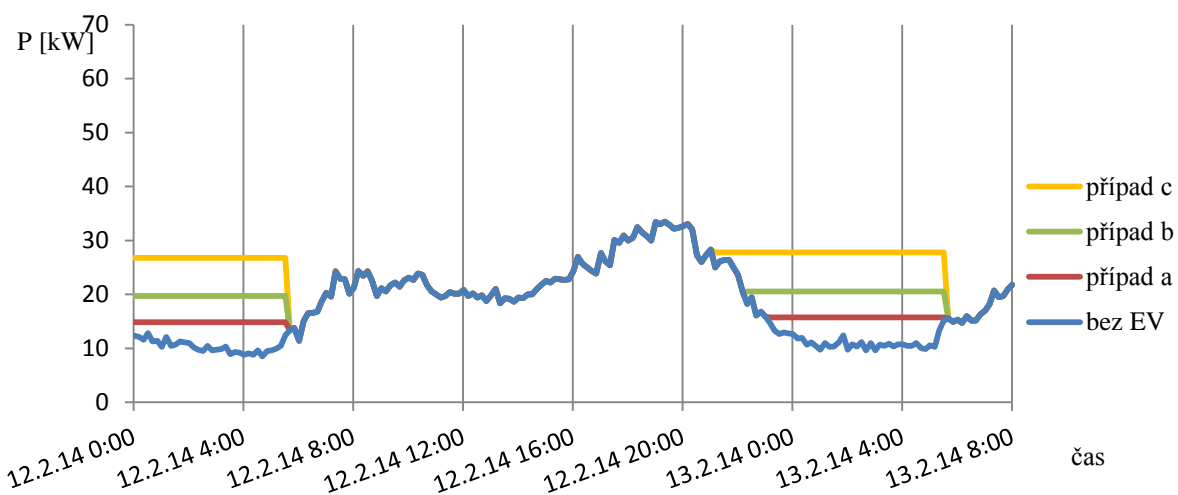
úroveň pokrytí	typ elektromobilu	čas příjezdu	stav nabití var 1	stav nabití var 2
případ a	Nissan Leaf	17:30	35%	68%
	Mitsubishi iMiEV	18:10	15%	58%
případ b	Nissan Leaf	17:30	35%	68%
	Nissan Leaf	17:50	20%	60%
	Mitsubishi iMiEV	18:10	15%	58%
	BMW i3	19:00	20%	73%
případ c	Nissan Leaf	17:30	35%	68%
	Nissan Leaf	17:50	20%	60%
	Nissan Leaf	16:00	50%	75%
	Mitsubishi iMiEV	18:10	15%	58%
	Mitsubishi iMiEV	18:30	10%	55%
	Mitsubishi iMiEV	17:30	20%	60%
	BMW i3	19:00	20%	73%
	Tesla Model S	20:40	45%	60%



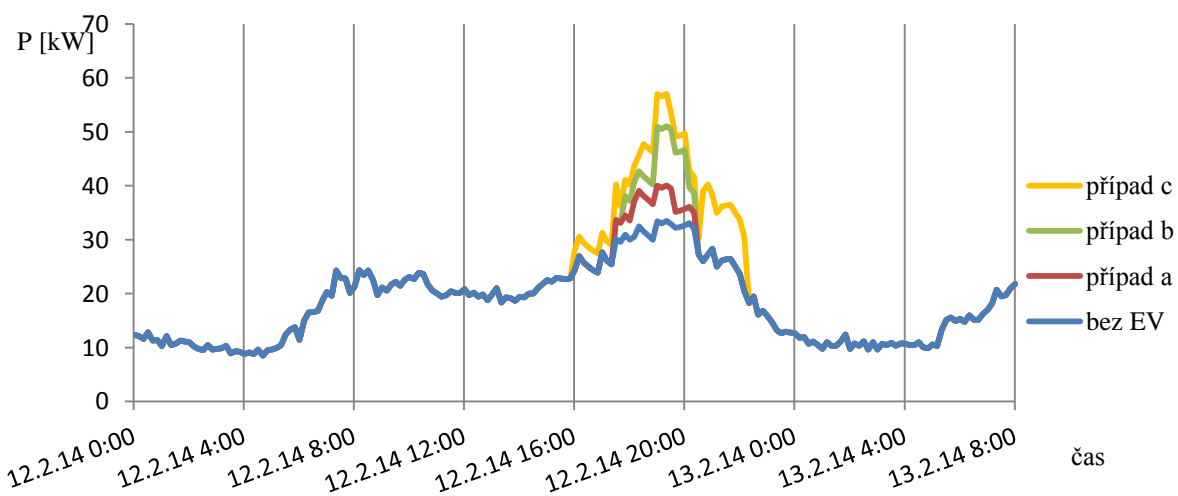
Obr. 1: Středa 12. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, neřízené nabíjení



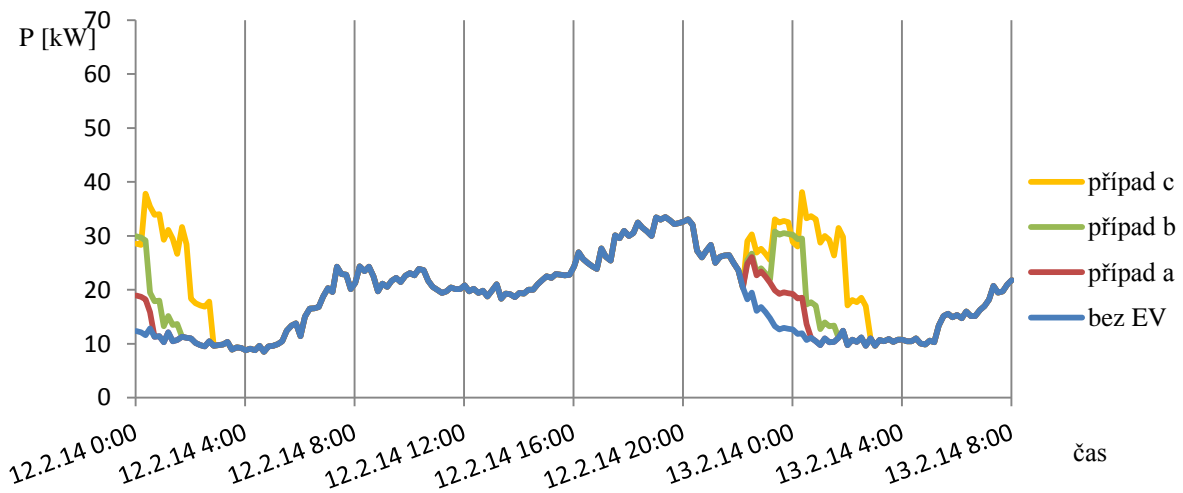
Obr. 2: Středa 12. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, zpožděné nabíjení pomocí HDO



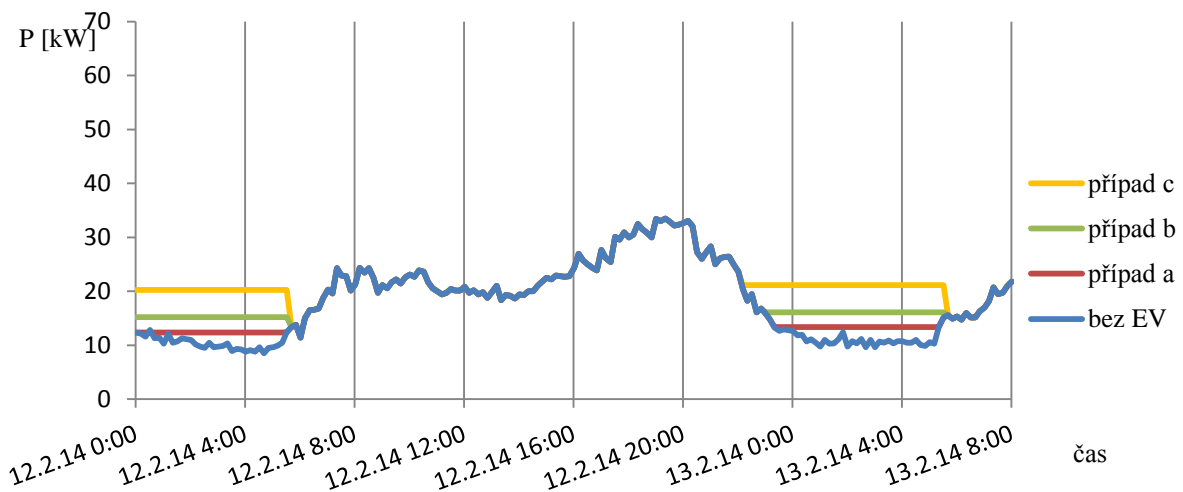
Obr. 3: Středa 12. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, inteligentní nabíjení



Obr. 4: Středa 12. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, neřízené nabíjení



Obr. 5: Středa 12. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, zpožděné nabíjení pomocí HDO



Obr. 6: Středa 12. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, inteligentní nabíjení

Nabíjení osmi elektromobilů, jak je tomu v případě c, znamená pro lokální distribuční soustavu značnou zátěž a to i v případě, kdy by uživatelé měli možnost nabíjet elektromobily přes den u veřejných nabíjecích stanic. V tom případě výkonová špička klesne a má kratší trvání, nicméně stále se blíží dvojnásobku zatížení bez elektromobilů. Tento režim nabíjení byl použitelný v případě malého počtu elektromobilů s malými příkony, jako je tomu v případě a.

Rozdělení elektromobilů do skupin pro HDO je uvedeno spolu s časy spouštění nabíjení v tabulce 3. Nabíjení se zpožděným začátkem má na zatížení pozitivní vliv, zejména v případě, že se elektromobily nabíjejí u veřejných nabíjecích stanic. V tomto případě je sice špička stále o něco vyšší, ale jen po velmi krátkou dobu. Na druhou stranu, zpožděné nabíjení v případě, že neexistuje veřejná nabíjecí struktura, nemá příliš velký vliv. Síť je zde poměrně značně zatíženo po dlouhou dobu, jak vyplývá z obrázku č. 2.

Tab. 3: Rozdělení do skupin pro HDO a časy připojení skupin

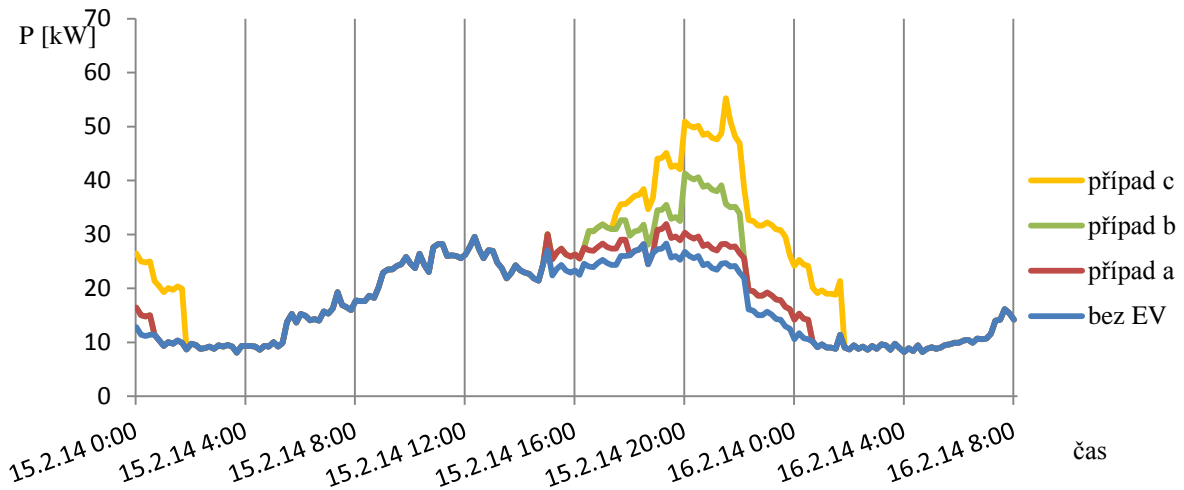
úroveň pokrytí	typ elektromobilu	skupina	čas připojení
případ a	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Mitsubishi iMiEV	skupina 1	22:20
případ b	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Mitsubishi iMiEV	skupina 2	23:20
	BMW i3	skupina 2	23:20
případ c	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Nissan Leaf	skupina 1	22:20
	Mitsubishi iMiEV	skupina 2	23:20
	Mitsubishi iMiEV	skupina 2	23:20
	Mitsubishi iMiEV	skupina 2	23:20
	BMW i3	skupina 4	1:40
	Tesla Model S	skupina 3	0:20

Inteligentní nabíjení vychází z provedených simulací jako ideální řešení. Ani velký počet elektromobilů soustavu zdatelně nezatíží, alespoň ne z pohledu zvýšení momentálního odběru.

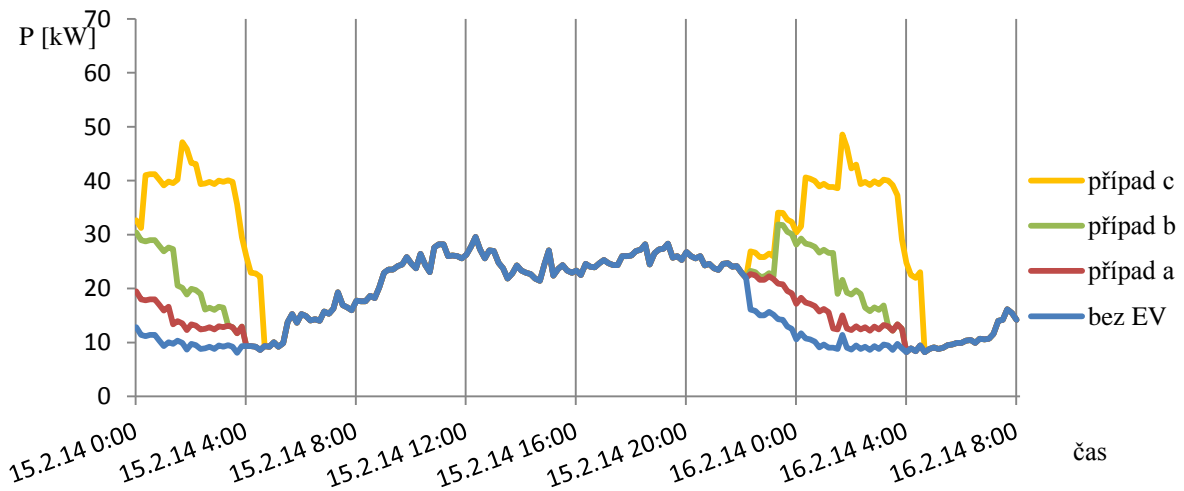
Tab. 4: Výchozí podmínky pro sobotu 15. 2.

úroveň pokrytí	typ elektromobilu	čas příjezdu	stav nabití var 1	stav nabití var 2
případ a	Nissan Leaf	19:00	15%	58%
	Mitsubishi iMiEV	15:00	45%	73%
případ b	Nissan Leaf	19:00	15%	58%
	Nissan Leaf	16:30	25%	63%
	Mitsubishi iMiEV	15:00	45%	73%
	BMW i3	20:00	20%	60%
případ c	Nissan Leaf	19:00	15%	58%
	Nissan Leaf	16:30	25%	63%
	Nissan Leaf	18:00	45%	73%
	Mitsubishi iMiEV	15:00	45%	73%
	Mitsubishi iMiEV	19:00	10%	55%
	Mitsubishi iMiEV	17:30	20%	60%
	BMW i3	20:00	20%	60%
	Tesla Model S	21:30	30%	65%

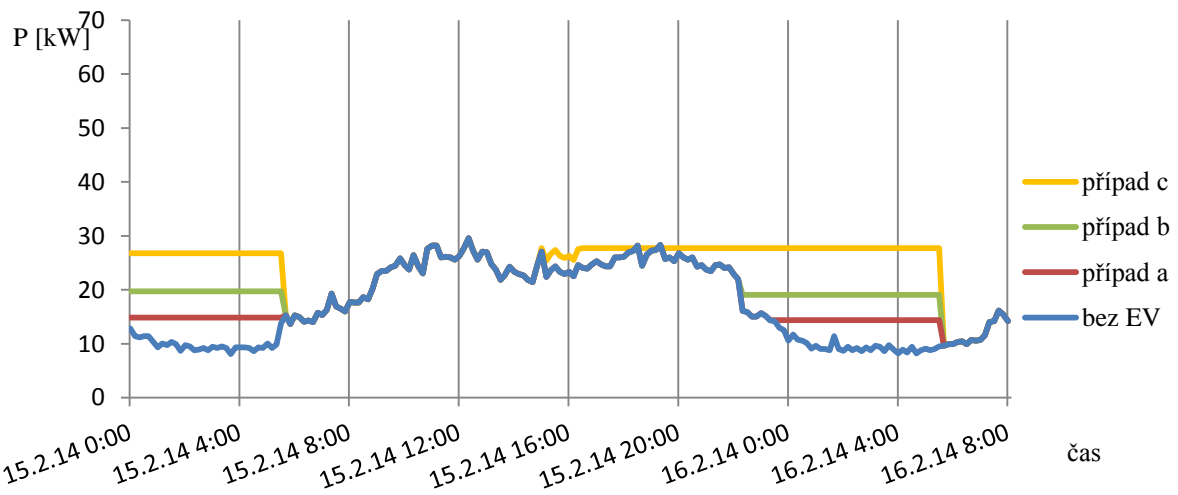
V tabulce 4 jsou uvedeny časy příjezdů elektromobilů a stavy jejich akumulátorů pro sobotu 15. 2. Jak časy příjezdů, tak požadovaná energie se mírně změnily, především pak rozložení zátěže. A to z důvodů, že ve volný den, je zatížení distribuční soustavy jiné než v pracovní den a jiná je i aktivita uživatelů elektromobilů. Nicméně skupiny pro HDO zůstaly zachovány, stejně tak podmínka, že inteligentní dobíjení musí skončit v 5:30. Tyto podmínky zůstaly zachovány z důvodu většího komfortu uživatelů. Na obrázcích 7 až 9 je uvedeno zatížení pro případ bez veřejné nabíjecí struktury, na obrázcích 10 až 12 je počítáno s veřejnou nabíjecí infrastrukturou.



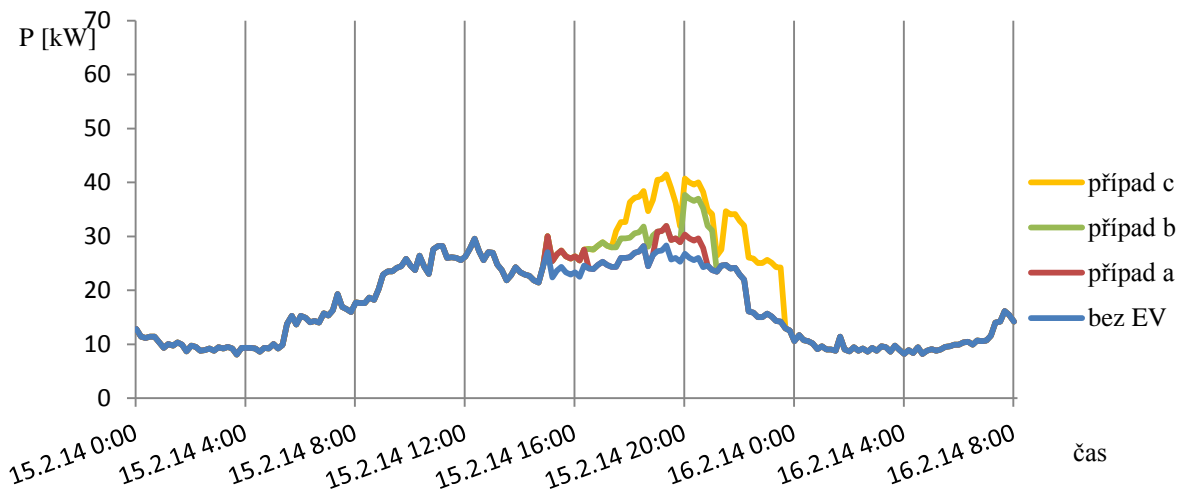
Obr. 7: Sobota 15. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, neřízené nabíjení



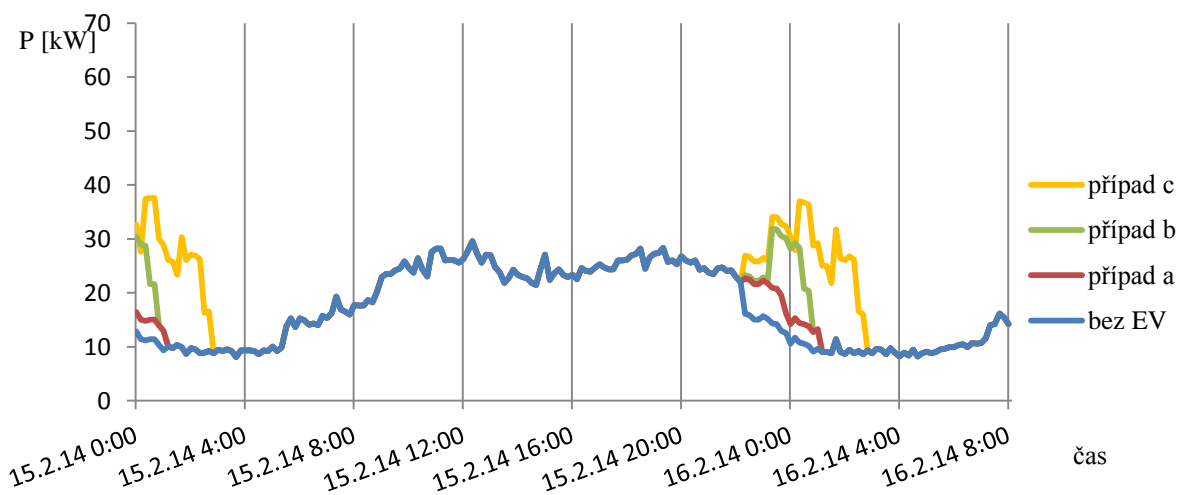
Obr. 8: Sobota 15. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, zpožděné nabíjení pomocí HDO



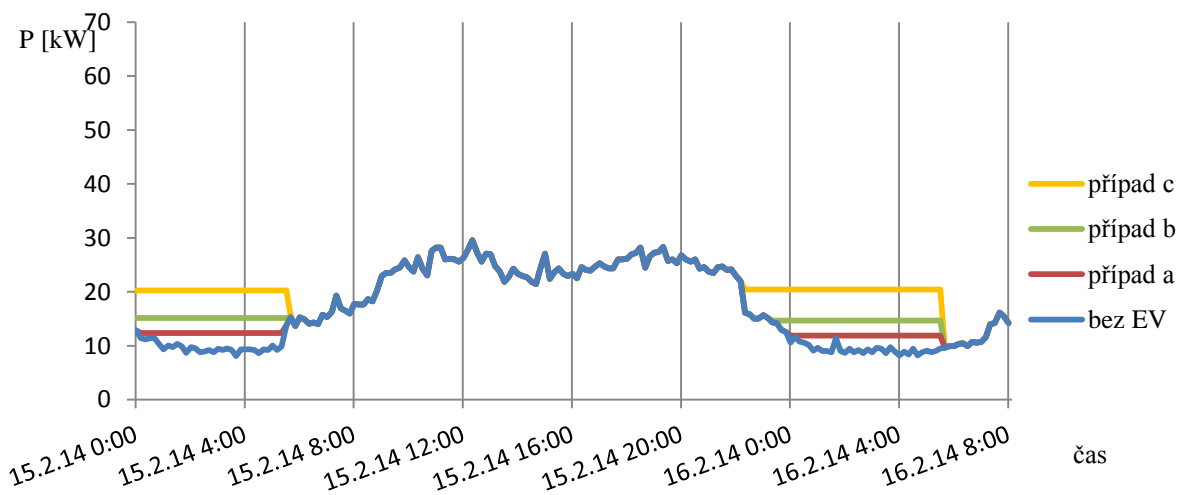
Obr. 9: Sobota 15. 2., bez veřejné nabíjecí infrastruktury, inteligentní nabíjení



Obr. 10: Sobota 15. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, neřízené nabíjení



Obr. 11: Sobota 15. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, zpožděné nabíjení pomocí HDO



Obr. 12: Sobota 15. 2., s veřejnou nabíjecí infrastrukturou, inteligentní nabíjení

Výkonové špičky ve volném dni nejsou tak vysoké, jako je tomu během pracovního dne. Zároveň se nepředpokládá, že by uživatelé připojovali elektromobily ve stejný čas. I přesto se maximum zatížení distribuční soustavy vlivem neřízeného nabíjení zvýší téměř na dvojnásobek. Naopak velmi znatelný je vliv veřejné nabíjecí infrastruktury, alespoň v tomto modelovém případě. I při velkém počtu elektromobilů v případě c není špička příliš vysoká. Na druhou stranu je nutno předpokládat, že o volném dni uživatelé veřejné nabíjecí stanice využijí méně, než v pracovní den, kdy je předpokládáno, že se elektromobily budou nabíjet například na firemních parkovištích.

Zpožděné nabíjení pomocí systému HDO má opět vliv především na délku trvání maximálních odběrů. Posun špičky do doby kdy je základní zatížení nižší pak sníží i danou špičku. Tento způsob nabíjení je vhodnější využít v případě, že je využívána veřejná nabíjecí infrastruktura, ale jak již bylo zmíněno, její vliv ve volný den se předpokládá minimální.

Pokud neuvažujeme existenci veřejných nabíjecích stanic znamená využití režimu 3 ve volný den, prakticky konstantní zatížení v časovém období od příjezdu prvního elektromobilu v 15:00 do 5:30, kdy musí být elektromobily plně nabity. Při využití veřejné nabíjecí infrastruktury je pak i během nabíjení v nočních hodinách v modelové distribuční soustavě výkonová rezerva.

7 Ekonomické zhodnocení elektromobility

Přesto, že rozvoj elektromobility ovlivňuje jak uživatele elektromobilu, tak i provozovatele distribuční soustavy, budu se v této kapitole zabývat pouze předpokládanými ekonomickými dopady na uživatele.

Požizovací cena a náklady na provoz elektromobilu jsou v současnosti klíčovým aspektem pro další rozvoj elektromobility. V této kapitole budu porovnávat tyto náklady s náklady na koupi a provoz automobilů se spalovacím motorem. Jako zástupce elektromobilů jsem vybral Nissan Leaf, který byl nejprodávanějším elektromobilem v Evropě v roce 2013. Jako zástupce konvenčních automobilů jsem vybral dva srovnatelné vozy, konkrétně Škoda Fabia a Hyundai i20. Jejich základní srovnání je uvedeno v tabulce 5.

Tab. 5: Základní údaje vybraných automobilů

vůz	Nissan Leaf	Škoda Fabia	Hyundai i20
typ karosérie	hatchback	hatchback	hatchback
počet dveří	5	5	5
max. výkon	85 kW	51 kW	62,5 kW
max. rychlost	143 km/h	163 km/h	168 km/h
zrychlení z 0 na 100 km/h	11,5 s	16,5 s	12,7 s
spotřeba	150 Wh/km	5,5 l/ 100 km	4,9 l/ 100 km
objem zavazadlového prostoru	370 l	315 l	295 l
pořizovací cena*	715 300 Kč	249 900 Kč	259 900 Kč

*Ceny udávané výrobcí k 10. 5. 2014, jedná se standardní výbavu

K elektromobilu Nissan Leaf je dále možnost dokoupit domácí nabíjecí stanici, která umožňuje inteligentní nabíjení s příkonem až 6,6 kW. Tato stanice stojí 24 800 Kč. Nicméně nejedná se o standardní výbavu, proto ji nebudu připočítávat k pořizovací ceně. Jak je vidět v tabulce 5, počáteční výdaje při pořízení elektromobilu jsou téměř trojnásobné v porovnání s konvenčním automobilem.

Podle ceníku společnosti ČEZ pro rok 2014 je cena za 1 kWh 4,94 Kč. Při spotřebě elektromobilu Nissan Leaf je cena za jeden ujetý kilometr 0,74 Kč. Pokud uvažuje domácí nabíjení. Při průměru 6880 km na obyvatele na rok v České republice jsou roční náklady na provoz 5095 Kč. V případě, že by uživatel využíval pouze veřejné dobíjecí stanice ČEZ a službu Elektromobilita byly by náklady pouze 1800 Kč, což je roční poplatek za tuto službu, bez ohledu na odebraný výkon. Nicméně je nutno podotknout, že těchto stanic je v České republice pouze 35 a většina jich je v Praze. Z toho vyplývá, že nabíjení z těchto stanic je pouze příležitostné.

K 10. 5. byla průměrná cena za jeden litr benzínu 36,17 Kč. Náklady na jeden ujetý kilometr s vozem Škoda Fabia je 1,98 Kč, s vozem Hyundai i20 pak 1,77 Kč. Roční náklady na provoz těchto automobilů by tedy byly 13 622 Kč se Škodou Fabia a 12 177 Kč s vozem

Hyundai i20. V případě, že neuvažujeme náklady na údržbu, které u konvenčních automobilů budou větší než u elektromobilu.

Z údajů uvedených v předchozích odstavcích je tedy patrné, že provoz elektromobilu je levnější, pořizovací náklady jsou naopak vyšší. Návratnost investice do elektromobilu je v současných cenových podmínkách v České Republice 55 let, případně 65 let viz tabulka 6.

Tab. 6: Návratnost investice při pořízení elektromobilu

vůz	Nissan Leaf	Škoda Fabia	Huyndai i20
pořizovací cena	715 300 Kč	249 900 Kč	259 900 Kč
rozdíl oproti elektromobilu		465 400 Kč	455 400 Kč
roční náklady na provoz	5 095 Kč	13 622 Kč	12 177 Kč
rozdíl oproti elektromobilu		-8 527 Kč	-7 082 Kč
návratnost investice		55 let	65 let

Z těchto údajů vyplývá, že v současné situaci se pořízení elektromobilu nevyplatí. Rozvoj elektromobility se bez finanční pomoci státu v dohledné době neobejde. Pomoc by mohla být ve formě snížené sazby DPH na elektromobily, případně různých dotací pro uživatele.

8 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit dopady rozvoje elektromobility na distribuční soustavu České republiky.

V rozvoji elektromobility Česká republika zaostává za státy západní Evropy. I přes značné výhody jaké elektromobil v porovnání s konvenčními automobily má, je jejich počet na českých silnicích nízký. Pro elektromobily sice hovoří lepší jízdní vlastnosti a nižší provozní náklady, které souvisí i s minimální potřebou údržby. Pořizovací cena je v současnosti zhruba třikrát vyšší, než je tomu u automobilu se spalovacím motorem a návratnost investice prakticky neexistuje. Tento problém by mohla vyřešit jiná sazba DPH na elektromobily, případně dotace pro uživatele, jako je tomu v některých evropských státech. Dalším důvodem, proč nejsou elektromobily tak populární, je málo rozvinutá nabíjecí infrastruktura. Jednou s příčin je zřejmě i to, že nabíjecí stanice dvou největších společností, které je u nás provozují, si navzájem konkurují. Uživatel si pak musí vybírat stanici podle svého distributora. Systém paušálního poplatku za nabíjecí služby také není příliš dobrým řešením, protože uživatel musí uzavírat smlouvu s každým provozovatelem nabíjecích stanic zvlášť. Vhodnější by byla platba za množství odebrané energie podobně jako u klasických čerpacích stanic.

Vliv rozvoje elektromobility na distribuční soustavu České republiky by byl značný a to především v situaci, kdy by si elektromobil pořídilo velké množství uživatelů v jednom místě. Příkony elektromobilů jsou poměrně velké, a pokud by domácí nabíjení nabylo nijak redukováno, elektromobily by distribuční síť velmi zatížily. Řešením je inteligentní dobíjení, které ale s sebou nese nutnost investice do domácích nabíjecích stanic. Kompromisem by, zejména při malém počtu elektromobilů, který je v dohledné době pravděpodobným scénářem, mohlo být zpožděné dobíjení pomocí systému HDO. Zde není nutnost žádných investic ze strany zákazníka. Nicméně, jak již bylo zmíněno, není jistota, že se jedná o trvalé řešení. Obecně platí, že efektivní a ekonomické domácí nabíjení elektromobilů bude záviset na spolupráci mezi zákazníkem a provozovatelem distribuční soustavy. V zájmu zákazníka je platit co nejméně za odebranou elektřinu, distributor má zase zájem na vyrovnaném diagramu zatížení. K tomu by mohl pomoci i systém V2G, který při velkém počtu připojených elektromobilů sníží výkonové špičky v dané soustavě. Nicméně k efektivnímu využití tohoto systému je potřeba přítomnost systému Smart Grid, který zatím v našich podmínkách není příliš rozvinutý.

Seznam zkratek

B2B – Business to business

ČEPS – Česká přenosová soustava

ČEZ - České energetické závody

DPH – Daň z přidané hodnoty

EGVI – European Green Vehicle Initiative

Enel - Ente Nazionale per l'Energia Elettrica

ERÚ – Energetický regulační úřad

ES – Elektrizační soustava

EV – Electric Vehicle

HDO – Hromadné dálkové ovládání

IEC - International Electrotechnical Commission

LIVE – Logistics for the Implementation of the Electric Vehicle

PPS – Provozovatel přenosové soustavy

PRE – Pražská energetika

PS – Přenosová soustava

RFID – Radio Frequency Identification

UCTE – Union for the Coordination of the Transmission of Electricity

V2G – Vehicle to Grid

Bibliografie:

1. Electric vehicles: 10 Predictions for 2014. Navigant Research
<http://www.navigantresearch.com/research/electric-vehicles-10-predictions-for-2014>
2. Husajn, I. Electric and Hybrid Vehicles design fundamentals. 2003
3. Cetl, T. Aplikace elektrochemických zdrojů. 2004
4. Přednášky ze stránky Powerwiki.
<http://www.powerwiki.cz/>
5. Web skupiny ČEZ.
<http://www.cez.cz/>
6. Web společnosti EGVI.
<http://www.egvi.eu/>
7. Web Evropské komise.
<http://ec.europa.eu/>
8. Web projektu P – MOB.
<http://eeepro.shef.ac.uk/p-mob/>
9. Web společnosti Škoda Auto
<http://www.skoda-auto.cz/>
10. Jak jezdí elektrická Škoda Octavia? auto.cz.
<http://www.auto.cz/skoda-octavia-green-e-line-test-64317>
11. Web projektu LIVE.
<http://w41.bcn.cat/>
12. Web společnosti Hyundai.
<http://www.hyundai.cz/>
13. Web společnosti Nissan.
<http://www.nissan.cz/CZ/cs/homepage.html>
14. Češi vůbec nejezdí autem – skoro nejméně z EU.
<http://www.autoweb.cz/cesi-vubec-nejezdi-autem-skoro-nejmene-z-eu/>