

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ANALÝZA VLIVU HROMADNÉHO NASAZENÍ ELEKTROMOBILŮ A PLUG-IN HYBRIDŮ NA ELEKTRICKOU SÍŤ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

ONDŘEJ PŘIKRYL

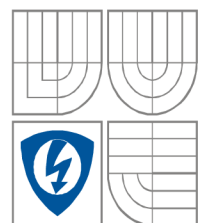
AUTHOR

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

**ANALÝZA VLIVU HROMADNÉHO NASAZENÍ
ELEKTROMOBILŮ A PLUG-IN HYBRIDŮ NA
ELEKTRICKOU SÍŤ**

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF ELECTROMOBILES AND PLUG-IN HYBRIDS COLLECTIVE
EMPLOYMENT ON DISTRIBUTION NETWORK**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

Abstrakt

Tato práce se zabývá analýzou vlivu hromadného nasazení elektromobilů a plug-in hybridů do běžného provozu a jeho dopad na charakter elektrické sítě. Je v ní proveden rozbor a zhodnocení těchto vozidel v rámci současné rozvodné sítě a v rámci chytrých sítí, jakož i výpočty vlivu nasazení elektromobilů a plug-in hybridů.

Abstract

This work deals with the analysis of influence of electromobiles and plug-in hybrids collective employment into normal operations and its impact on the character of current distribution grid. It contains an analysis and evaluation of these vehicles within the current grid and the smart grid networks, and the calculations of deployment and the influence of electromobiles and plug-in hybrids.

Klíčová slova

elektromobil; plug-in hybrid; infrastruktura; elektromotor; baterie; spalovací motor; dobíjení; stanice; dojezd; spotřeba; příkon; predikce;

Keywords

electromobile; plug-in hybrid; infrastructure; electric motor; battery; internal combustion engine; recharging; charging station; range; consumption; power input; prediction

Bibliografická citace

Přikryl O., Analýza vlivu hromadného nasazení elektromobilů a plug-in hybridů na elektrickou síť, Brno: FEKT VUT v Brně, 2012. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Rostislav Huzlík.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Analýza vlivu hromadného nasazení elektromobilů a plug-in hybridů* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Rostislavu Huzlíkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

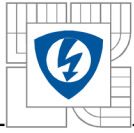
V Brně dne

Podpis autora



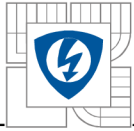
OBSAH

ÚVOD	11
1 AKTUÁLNÍ SITUACE V OBLASTI ELEKTROMOBILITY	12
1.1 PŘEDNOSTI ELEKTROMOBILITY	12
1.2 NEDOŘEŠENÉ A DOŘEŠENÉ NEDOSTATKY ELEKTROMOBILITY.....	13
1.2 EKOLOGIE EM.....	14
1.3 LITHIUM-VZDUCHOVÁ BATERIE – IBM BATTERY 500	15
1.4 KONDENZÁTORY OBSAHUJÍCÍ POLYMERY PVDF A CTFE.....	16
2 TYPY DOBÍJENÍ A POTŘEBNÉ PŘÍKONY	17
3 PREDIKCE POČTU EM.....	19
4 PREDIKCE VZRŮSTU SPOTŘEBY EE V NEJBLIŽŠÍCH DESETILETÍCH	20
4.1 SPOTŘEBA VÝROBNÍ SFÉRY	20
4.1.1 PŘEDPOKLADY VÝVOJE.....	20
4.2 SPOTŘEBA SFÉRY DOMÁCNOSTÍ	20
5 VLASTNOSTI REFERENČNÍHO ELEKTROMOBILU A PLUG-IN HYBRIDU.....	23
5.1 ŠKODA OCTAVIA GREEN E LINE.....	23
5.2 TOYOTA PRIUS III.....	24
6 VÝPOČET POTŘEBNÉ ENERGIE PRO NABÍJENÍ VE STEJNÉM ČASE	25
7 KDY A KDE DOBÍJET?	27
8 VYUŽITÍ BATERIÍ EM VE „SMART GRIDS“ SÍTÍCH	28
9 SITUACE KOLEM EM VE SVĚTĚ	30
9.1 NĚMECKO	30
9.2 VELKÁ BRITÁNIE	30
9.3 FRANCIE	30
9.4 USA	31
9.5 ČÍNA	31
ZÁVĚR	32
POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	33



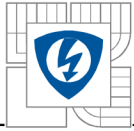
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mapa dobíjecích stanic v ČR k březnu 2012 [10].....	18
Obrázek 2: Časový vývoj spotřeby elektřiny v ČR.....	22
Obrázek 3: Škoda Octavia Green E Line	23

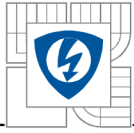


SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Srovnání časů a výkonů potřebných pro dobití [9].....	17
Tabulka 2: Počet vozidel se spalovacími motory v ČR k 31 .12 .2011 [11]	19
Tabulka 3: Predikce počtu EM v ČR do roku 2030 [12],[20]	19
Tabulka 4: Předpokládané hodnoty spotřeby EE v ČR dle OTE [13]	21
Tabulka 5: Základní vlastnosti Toyoty Prius [14]	24

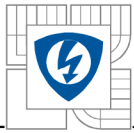
**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ITC	informační a komunikační technologie
OTE	operátor trhu s elektřinou
TNS	tuzemská netto spotřeba
EE	elektická energie
EM	elektromobil
HV	hybridní vozidlo
OZE	obnovitelné zdroje energie
AC	alternative current (střídavý proud)
DC	direct current (stejnoseměrný proud)
ČR	Česká republika
MHD	Městská hromadná doprava
HPH	hrubá přidaná hodnota – ekonomická kategorie pro posuzování
EEN	elektroenergetická náročnost
DS	distribuční soustava
PS	přenosová soustava
PVDF	polyvinylidene difluoride
CTFE	chlorotrifluoroethylene (chlorofluorocarbon)
ERU	Energetický regulační úřad



ÚVOD

V této Bakalářské práci se budeme zabývat hypotézou hromadného nasazení elektromobilů a plug-in hybridů do oběhu a dopad na elektrizační síť. Dozvíme se odpověď na otázku predikce vzrůstu celkové spotřeby elektrické energie v důsledku nasazení elektromobilů (dále jen EM) od současnosti až po blížká desetiletí a zjistíme, jestli je reálné celkové nahrazení vozů se spalovacími motory. Probereme hodnoty potřebných příkonů vzniklých v důsledku nabíjení baterií pro jedno a více vozidel v reálném čase. Provedeme simulace a výpočty vlivu nasazení elektromobilů a plug-in hybridů a rozbor možností těchto vozidel v rámci současné rozvodné sítě a v rámci chytrých sítí.



1 AKTUÁLNÍ SITUACE V OBLASTI ELEKTROMOBILITY

Nasazení elektromobilů a plug-in hybridů do provozu a postupné nahrazení vozů se spalovacími motory vozidly poháněnými elektrinou nebo kombinací elektromotoru a spalovacího motoru (plug-in hybridů) je v současnosti velmi aktuální téma jak pro světové automobilky, které investují do jejich výzkumu, vývoje a výroby, tak pro vlády a společnosti zabývající se energetikou a rozvojem energetické soustavy a dobíjecí infrastruktury.

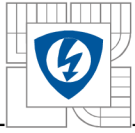
Elektromobilita totiž slibuje velký obchodní potenciál jak pro energetické společnosti, z důvodu zvýšení spotřeby elektriny a její ekonomičtější využití převážně v nočních hodinách, tak pro státní, respektive městskou kasu, protože tyto organizace odvádějí spoustu peněz na dani z příjmu právnických osob. Například dominantní hráč v České republice na poli energetiky, v oblasti rozvoje dobíjecí infrastruktury, Smart Grid sítí a elektromobility, společnost ČEZ a.s., se každoročně umísťuje na prvních pozicích, navíc 70ti procentním vlastníkem společnosti je Ministerstvo financí.

ČEZ a.s., má plně připraven projekt FUTUR/E/MOTION, jenž představí v roce 2012 pilotní elektromobilové projekty v Praze a Ostravě, kde vybuduje síť dobíjecích stanic, tzv. E-pump a do roku 2015 pilotní projekt „Smart Region“, který má za úkol implementaci nejpokročilejších distribučních technologií s vazbou na decentralizovanou výrobu.

1.1 Přednosti elektromobility

Snížit používání vozidel poháněných fosilními palivy znamená snížit závislost na dovozech ropy z politicky nestabilních oblastí, jejíž světové zásoby pozvolna klesají a cena téměř neúnosně roste. Pokud použijeme ropu, plyn či uhlí pro výrobu elektrické energie (dále je EE) v elektrárnách, účinnost jejich přeměny v energii bude vyšší s nižšími emisemi, než u klasických spalovacích motorů s přímočarým pohybem pístu, kde i se započtením ztrát způsobených převody pracujeme s účinností cca 15-30% energetického potenciálu paliva, což znamená, že se 100 litrů paliva zužitkuje jen na cca 20 litrů. S ohledem na klesající zásoby ropy, jakožto velmi cenné a potřebné suroviny, je na místě s ní zacházet co nejšetrněji.

Účinnost elektromotorů v EM je 90% a více, čehož dosáhneme bez místních emisí oxidu uhličitého a jiných skleníkových plynů a s podstatnou regulací velmi škodlivých mikročasticí prachu z brzdových destiček, protože EM při brzdění přeměňuje kinetickou energii dopravního prostředku na energii elektrickou, jenž ukládá zpět do akumulátoru a snižuje tak energetické ztráty a opotřebení brzdových destiček.



Provozní náklady jsou u elektromobilu díky podstatně jednodušší konstrukci a velmi nízké poruchovosti pouhým zlomkem provozních nákladů auta se spalovacím motorem, který je složen ze stovky precizně přesných pohyblivých dílů. Elektromotor má jen jeden pohyblivý díl a tím je rotor.

EM nepotřebuje ke své činnosti olej, má nízkou poruchovost, nevydává žádný hluk, zrychlení je dynamické s okamžitým záběrem motoru s velkým kroutícím momentem v kterékoli rychlosti, zpravidla bez nutnosti řazení.

Pro energetické firmy elektřina v dopravě znamená možnost efektivněji využít potenciál obnovitelných zdrojů energie (dále jen OZE) a rovnoměrněji rozložit zatížení distribuční sítě.

Velkou výhodou EM bude zpočátku velmi levný provoz. Podle současných tarifů (4,5-4,8 Kč/kWh) by 100 km (tedy cca 12kWh) vyšlo zhruba na 50-60 Kč, s počáteční podporou ještě méně. Ve srovnání s benzínovým autem s průměrnou spotřebou 8 l/100 km a cenou 37 Kč za litr (ve výsledku cca 300 Kč) majitel EM ušetří 250 Kč/100 km! Pokud ovšem započteme opotřebování drahých baterií, rozdíl bude menší.

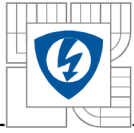
1.2 Nedořešené a dořešené nedostatky elektromobility

Mezi zatím nedořešené nevýhody EM jsou v současnosti řazeny vysoká pořizovací cena EM, hlavně tedy jeho baterií, krátký akční rádius, nedostatek dobíjecích míst, dlouhá dobíjecí doba a poměrně krátká životnost baterií.

Vysoká cena samotného vozu a baterií by měla být v budoucnu eliminována sériovou výrobou a zvýšenou konkurencí mezi automobilkami.

Rychlost dobíjení se při dobíjení DC proudem pohybuje v rozmezí 15-30 minut. Otázkou je, jestli je vůbec možné dobíjecí časy regulovat. Rychlonabíjení totiž zkracuje životnost baterií a přenos tak velkých výkonů v krátkém čase je náročný na distribuční (dále jen DS) a přenosovou soustavu (dále jen PS).

Stárnutí článků vlivem častého dobíjení souvisí s výrazným poklesem jejich kapacity. Životnost akumulátorů v následujících letech nebude delší než 8 let, přičemž po 5ti letech bude dojezd EM podstatně kratší (záleží na frekvenci a způsobu dobíjení). V baterii se kapacita snižuje zcela kontinuálně po každém nabití – vybití. Hrubým odhadem lze říct, že po tisíci plných vybití a nabití se dostaneme na 80 – 85 % původní kapacity. Cena průměrné baterie přitom přesahuje dvěstětisíc korun a tvoří podstatnou část ceny EM, který by po této době mohl být prakticky nepoužitelný. Klesnout by mohla na polovinu během 5ti až 6ti let.



Akční rádius, čili dojezd EM, je u každého uživatele individuální. Průzkum dopravních návyků společnosti Nissan v USA, jenž od konce roku 2010 prodala po celém světě přes 15000 EM Nissan Leaf s dojezdem cca 160 km, týkající se 1500 dotazovaných a 14 podrobně sledovaných zákazníků uvádí, že 72% řidičů denně neujede více než 65 km a 95% více než 160 km. Dále je zajímavá skutečnost, že auto je často využíváno jako primární i tam, kde už je jedno auto na fosilní palivo a 90% uživatelů jej dobíjí doma ze zásuvky.

Výrobce EM Tesla Roadster uvádí dojezd 400km. Velmi stylový rodinný EM Model S od stejného výrobce s dojezdem 250 km lze v USA s dotací pořídit za 860 000 Kč, z čehož plyne, že dojezd EM bude pro běžné každodenní použití dostačující.

Nedostatek dobíjecích míst bude eliminován realizací dobíjecí infrastruktury, kdy v rámci pilotního projektu Elektromobilita plánuje Skupina ČEZ vybudovat jen do konce roku 2013 200 dobíjecích stanic.

1.2 Ekologie EM

EM jsou sami o sobě považovány za ekologické řešení dopravy, což samo o sobě závisí zejména na struktuře výrobních zdrojů v oblasti. Pokud se EM opravdu mají stát zelenou alternativou dopravy, je potřeba omezit podíl uhlí v palivovém mixu produkce EE ve prospěch jádra a OZE, nebo se musí vyvinout čistší technologie spalování uhlí, jenž emituje více znečišťujících látek ohrožujících lidské zdraví než ropné uhlovodíky.

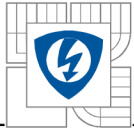
Velmi energeticky a ekologicky náročná je také výroba samotného EM, zejména tedy baterií obsahujících Lithium, k jehož získání se odebírá solný roztok (podzemní voda s vysokou koncentrací minerálu), jenž se přečerpá do odpařovací nádrže.

„Primární zásoby Lithia se nacházejí v takzvaném “lithiovém trojúhelníku”, ke kterému patří Bolívie, Argentina a Chile. Vezme-li v potaz hypotézu, že 2 bilióny vozidel na planetě nahradíme EM, potřebovali bychom 6 milionů tun Lithia, což je méně než 25% světově známých rezerv.”

[1]

„Při porovnání emisí vozidel poháněných různými technologiemi produkuje provoz elektromobilu o více než 40 % méně emisí CO₂ než provoz srovnatelného automobilu spalujícího fosilní paliva.

Charakter výrobních zdrojů prochází evoluční proměnou. Dochází k odstavování nejstarších bloků uhelných elektráren, nebo jejich modernizace a vybavení aktuálními technologiemi, což zvyšuje jejich účinnost.



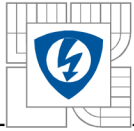
Dá se předpokládat, že v roce 2020 klesne emisní faktor přibližně na polovinu oproti roku 2008. Na jednu vyrobenou MWh tak v budoucnu připadne méně emisí škodlivin, za předpokladu plánovaného spuštění nových bloků JE Temelín (okolo roku 2020), což posílí významný zdroj levné a téměř bezemisní elektřiny v ČR.” [2]

1.3 Kondenzátory obsahující polymery PVDF a CTFE

Kondenzátory vynalezené vědci z North Carolina State University obsahující speciální polymery PVDF (polyvinylidene difluoride) a CTFE (chlorofluorocarbon) mohou mít zhruba sedmkrát vyšší kapacitu než ty doposud běžné. Jejich fungování je prozatím ověřeno pouze simulacemi a případná sériová výroba je dost vzdálená.

Můžeme je velmi rychle nabíjet a vybíjet. Skladují totiž přímo elektrický náboj a uchování a uvolnění EE není časově tolik omezeno. Mohly by tedy krátkodobě poskytovat podstatně vyšší výkony než současné baterie. Problém s uchováním potřebné v malém prostoru by dle vědců z univerzity měl být odstraněn.

EM s běžnými Li-ion bateriemi dokáže rekuperovat EE, ale jen omezené množství, což nestačí k plnému brzdnému účinku. Brzdný účinek u těchto kondenzátorů by byl prakticky neomezený. Auta by pak nepotřebovala klasické brzdy, vše by se dalo ubrzdit pomocí elektromotoru v režimu generátoru. Kromě elektromobilů by takto mohly fungovat i hybridní automobily. Rozdíl mezi chováním baterií a kondenzátorů je vidět u fotoaparátů. Jejich blesk se nabíjí poměrně pomalu, protože baterie uvolňují energii postupně. Tu převádí do kondenzátoru, který je naopak schopen uvolnit energii prakticky okamžitě. Samotný princip elektromotorického brzdění dopravním prostředkům vůbec není cizí. Využívají ho například tramvaje, trolejbusy nebo soupravy metra, i když nikoli do úplného zastavení. [29]



1.4 Lithium-vzduchová baterie – IBM Battery 500

Baterie EM procházejí evolucí ve snaze zvýšit jejich výkonovou kapacitu. Jsou přitom použity nejmodernější techniky související zejména s nanotechnologiemi.

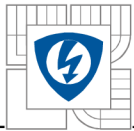
Společnost IBM, zabývající se informačními technologiemi, vyvíjí v rámci projektu Battery 500 ve spolupráci se čtyřmi americkými národními laboratořemi, obchodními partnery a výzkumným týmem z institutu v Almadenu, lithium-vzduchové baterie s 10x větší energetickou hustotou, než jak je tomu u Li-Ion baterií. Namísto kovových oxidů je v kladné elektrodě článků použit uhlík. Nejde o "uzavřený" systém, ale naopak otevřený, který podobně jako spalovací motor využívá vzdušného kyslíku.

„Kyslík ze vzduchu během vybíjení (jízdy) reaguje s lithiovými ionty tvořící lithiový peroxid na uhlíkové mřížce. Při nabíjení je kyslík vrácen zpět do atmosféry a lithium se vrací zpět k anodě.” [3]

Uhlík je navíc lehčí, než kovové oxidy, což umožní menší hmotnost baterie.

Pokud by byl vývoj úspěšný, mohly by první sériové automobily lithium-vzduchové akumulátory použít na počátku příštího desetiletí.

„Potenciál baterie je vysoký, ale celá záležitost není prozatím technologicky dořešená. Téměř polovina hmotnosti (oproti běžné Li-Ion baterii) tam není, místo toho je jen vzduch. Je těžké odhadovat, kdy a zda se to podaří dotáhnout k tomu, aby se výkonové vlastnosti blížily teoretickým předpokladům.” [4]



2 TYPY DOBÍJENÍ A POTŘEBNÉ PŘÍKONY

Kapacita baterií EM je kolem 20 kWh a poskytuje dojezd na cca 150 km. Plug-in hybrid má kapacitu 3 - 5 kWh a poskytuje dojezd na 20 až 40 km. Čas nabíjení elektrických vozidel závisí na použitém výkonu nabíječky, jmenovité kapacitě a stupni vybití akumulátoru.

Doba nabíjení [h]	Napájení-výkon	Napětí [V]	Max. proud [A]
6 – 8	1-fáz – 3.3 kW	230 V AC	16 A
2 – 3	3-fáz – 10 kW	400 V AC	16 A
3 – 4	1-fáz – 7kW	230 V AC	32 A
20 – 30 min.	3-fáz – 43 kW	400 V AC	63 A
20 – 30 min.	Trvale – 50 kW	400 – 500 V DC	100- 125 A
1 – 2	3-fáz – 24 kW	400 V AC	32 A

Tabulka 1: Srovnání časů a výkonů potřebných pro dobítí [9]

EM můžeme dobíjet metodou AC slow charging, tedy pomalým střídavým dobíjením. Nabíjecí výkon je zde zpravidla limitován proudem 16A s ohledem na jištění zásuvek v běžných garážích. Nabíjecí čas se pohybuje okolo 5 až 8 hodin s ohledem na jmenovitou kapacitu akumulátoru a stupeň jeho vybití.

Pokud EM obsahuje silnější nabíjecí jednotku (např. 32/64A), jedná se o AC fast charging, tedy rychlé střídavé dobíjení, u kterého je zkrácena dobíjecí doba a k dobíjení je nutno využít dostatečně dimenzovanou přípojku EE, tzv. AC pole.

U sériových EM se výrobci drží první metody, aby umožnili dobíjení z běžné zásuvky.

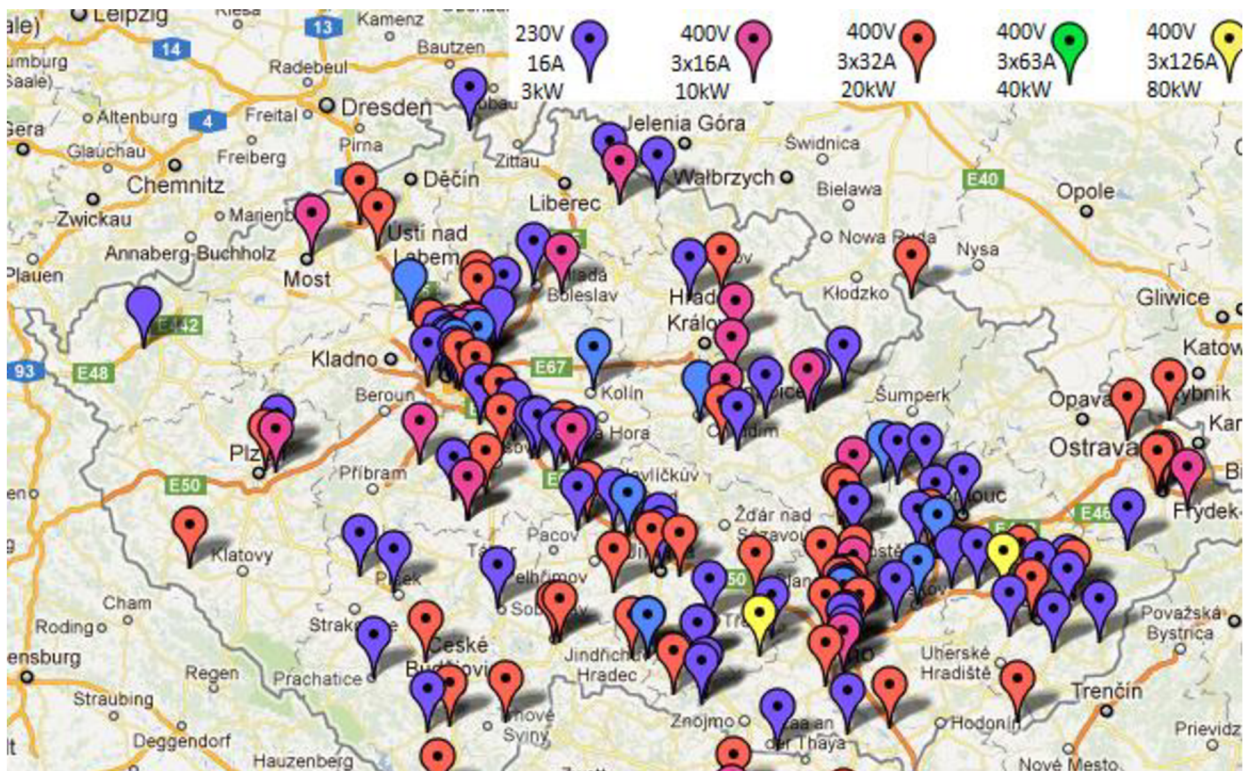
Další možností je DC fast charging, tedy rychlé stejnosměrné dobíjení, u něhož je technologie integrována do nabíjecí infrastruktury, nikoli do vozidla. Úlohu nabíjecí jednotky zabudované ve vozidle přebírá přebírá silná externí nabíjecí stanice s výkony 50-250kW. Interní nabíjecí systém je zde při nabíjení vyřazen a jeho úlohu přebírá externí nabíjecí stanice. Pokud dobíjíme menší EM stanicí ABB Hermes 1.0 o výkonu 50kW, pak kapacitu baterie z 25 na 80% dobijeme za 15 minut, dalších 50 minut budeme potřebovat pro dobytí na 100% kapacity, protože

z fyzikálního principu se baterie dobíjí rychleji na začátku, než v koncové fázi, tedy mezi 80 a 100%.

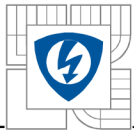
Stanice mohou samozřejmě dosahovat i vyšších výkonů (100, 200, 250kW) určených pro těžší vozidla (elektrobusy MHD).

Jak pro poskytovatele dobíjecích stanic, tak pro koncového zákazníka bude z komerčních a časových důvodů při dobíjení v terénu účinnější využít metodu DC fast charging.

Standartním způsobem dobíjení by se mělo stát AC slow charging praktikované v nočních hodinách, kdy je přebytek energie, což přispěje ke stabilizaci sítě (obzvlášť se vzrůstajícím podílem OZ na výrobě), protože EM umožňují elektřinu efektivně skladovat.



Obrázek 1: Mapa dobíjecích stanic v ČR k březnu 2012 [10]



3 PREDIKCE POČTU EM

V období do roku 2020 bude dominovat rozvoj počtu hybridních vozidel z důvodů jízdních vlastností s postupným rozvojem počtu EM v závislosti na vyřešení problémů s dojezdem, realizací dobíjecí infrastruktury a snížení cen baterií a samotných EM.

V následující tabulce je uveden počet dopravních prostředků v ČR v roce 2012.

Druh vozidla	Celkový počet k 31.12.2011
Motocykl	944 198
Autobus	19 699
Osobní užitkový automobil	4 582 903
Užitkové (nákladní, tahače, traktory)	838 804
Σ	6 385 604

Tabulka 2: Počet vozidel se spalovacími motory v ČR k 31.12.2011 [11]

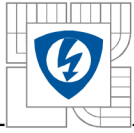
V této tabulce je uveden odhad počtu EM v následujících desetiletích provedený pracovníky Ministerstva průmyslu a obchodu v srpnu 2010 (v tabulce jsou to roky 2020-2030) a Ministerstva dopravy v roce 2011 (2010-2015).

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2021	2025	2030
Počet	71	100	150	230	400	700	10 000	110 000	250 000	400 000

Tabulka 3: Predikce počtu EM v ČR do roku 2030 [12],[20]

Širšímu rozmachu prozatím brání nedořešené nedostatky probrané v kapitole 1.2.

V současné době je v ČR kolem 120ti vozidel. Jejich počet přibývá v souvislosti s jejich počáteční nabídkou na trhu, například od automobilek PSA Peugeot Citroën, Renault a Mercedes-Benz a také v souvislosti s tím, jak je nakupují energetické firmy.



4 PREDIKCE VZRŮSTU SPOTŘEBY EE V NEJBLIŽŠÍCH DESETELETÍCH

Růst spotřeby EE je očekáván i při zahrnutí předpokladu úspor energie ve všech sektorech ekonomiky a domácnostech. Predikce spotřeby elektřiny je vytvářena odděleně pro dvě sféry spotřeby: výrobní sféru a sféru domácností. Základem výrobní jsou predikce ekonomického vývoje na makroekonomické úrovni, základem druhé jsou demografické projekce, zejména projekce počtu domácností.

4.1 Spotřeba výrobní sféry

Spotřeba výrobního sektoru je určena výkonností ekonomiky a elektroenergetickou náročností (EEN).

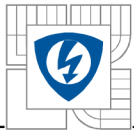
4.1.1 Předpoklady vývoje

- a) Podíl sektoru služeb na produkci hrubé přidané hodnoty (HPH) se bude v dlouhodobém časovém horizontu mírně zvyšovat, což bude působit na snižování EEN.
- b) Očekává se technická, ekonomická i ekologická obnova technologií za energeticky efektivnější.
- c) Dlouhodobě se neočekává zásadní změna struktury tvorby HPH, a tedy i spotřeby elektřiny výrobní sféry.

4.2 Spotřeba sféry domácností

Předpoklady související s predikcí spotřeby elektřiny maloodběru domácností shrneme do základních bodů:

- a) Průměrná spotřeba na domácnost bude v dlouhodobém horizontu narůstat na úroveň zemí E27.
- b) Předpokládají se výraznější úspory na vytápění díky snižování energetické náročnosti budov.
- c) Předpokládají se úspory související s obnovou elektrických spotřebičů, resp. navyšováním jejich energetické účinnosti.



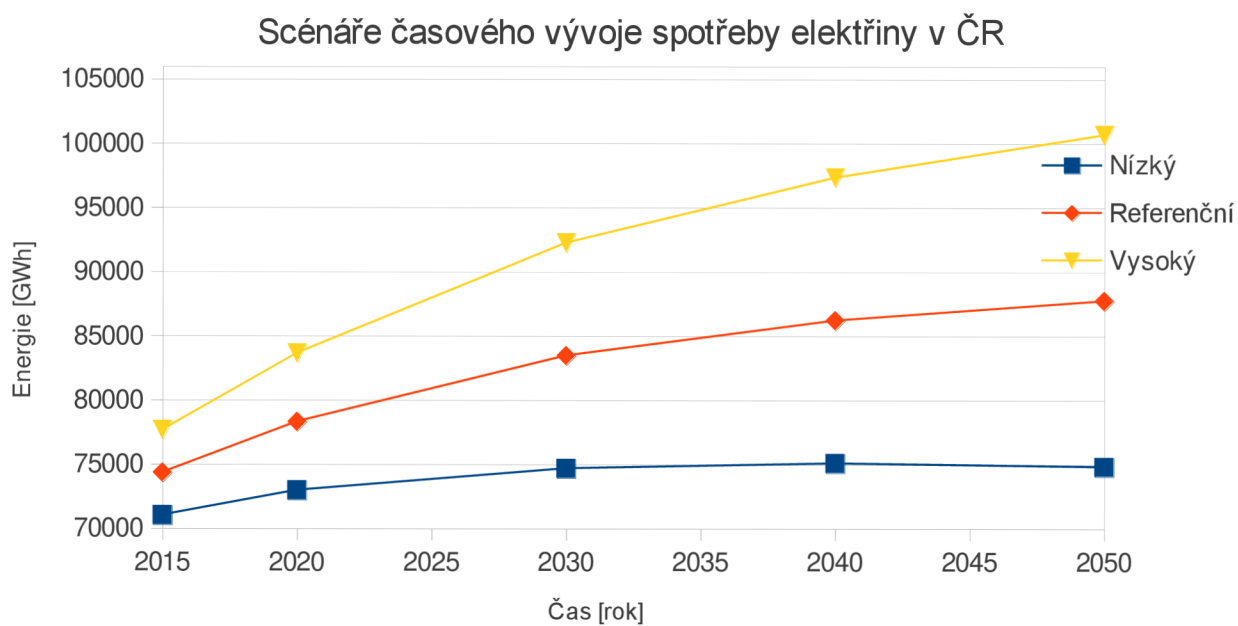
- d) Počet a využití spotřebičů v domácnostech trvale poroste, důsledkem bude zvýšení spotřeby EE.
- e) Pokles měrné spotřeby v sektoru elektrického vytápění o 22%
- f) Pokles měrné spotřeby v sektoru ohřevu teplé užitkové vody o 18%

Mezi hlavní tahouny růstu bude tedy patřit vyšší životní standart, zvýšená aktivita průmyslu, rozšíření ITC technologií, ekologické projekty, rozvoj nových oblastí spotřeby, z čehož se jako nejvýznamnější jeví právě spotřeba na provoz EM. Celkový nárůst spotřeby podle operátora trhu s elektřinou (dále jen OTE) je uveden v tabulce.

Rok			2015	2020	2030	2040	2050
Nízký scénář	Tuzemská netto	Spotřeba [GWh]	65372	68824	67185	69261	69072
	TNS včetně ztrát		71014	72954	74665	75071	74805
Referenční scénář	Tuzemská netto		68428	72101	76922	79527	81008
	TNS včetně ztrát		74333	78293	83450	86197	87731
Vysoký scénář	Tuzemská netto		71483	77017	85020	89792	92943
	TNS včetně ztrát		77652	83631	92235	97324	100658

Tabulka 4: Předpokládané hodnoty spotřeby EE v ČR dle OTE [13]

Hodnoty uvedeme přehledně v grafu.



Obrázek 2: Časový vývoj spotřeby elektřiny v ČR

5 VLASTNOSTI REFERENČNÍHO ELEKTROMOBILU A PLUG-IN HYBRIDU

5.1 Škoda Octavia Green E Line

Pro lepší přehled vlastností současného EM si jako referenční model zvolíme Škoda Octavia Green E Line. Vůz byl postavený z modelu se spalovacím motorem, je plně funkční a zhomologovaný k provozu. Jeho baterie je složena ze 180 lithium-iontových článků se životností 3000 nabíjecích cyklů, po nichž klesne kapacita na 80%.

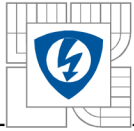
Pokud budeme počítat s průměrnou spotřebou 20 kWh/100 km a cenou 2-5 Kč za 1kWh, pak se náklady budou pohybovat v rozmezí 0,4-1 Kč/km.

Základní údaje EM Škoda Octavia Green E Line:

- Jmenovitý výkon 60 kW
- Maximální výkon 85 kW po dobu 60 vteřin
- Točivý moment 270 Nm (4 vteřiny.), resp. 255 Nm (60 vteřin.)
- Maximální rychlost 135 km/h
- Nabítí na 80 % kapacity 8 hodin při napětí 230 V, 2 hodiny při 400 V
- Dojezd 140 km
- Hmotnost akumulátoru 315 kg (lithium-iontová baterie)
- Energie akumulátoru 26,5 kWh



Obrázek 3: Škoda Octavia Green E Line



5.2 Toyota Prius III

Toyota Prius je doposud bezpochyby nejúspěšnější hybrid na světových silnicích. Je jedním z nejúspěšnějších aut na trhu a nejúspěšnějším osobním automobilem se zážehovým motorem vůbec.

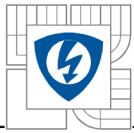
Zážehový agregát využívá technologii VVT-i (variabilní časování ventilů). Celkový výkon hybridního systému dosahuje 100 kW.

Pokud se Prius pohybuje v režimu elektromobilu (režim EV lze ručně navolit), ujede vzdálenost až dvou kilometrů při rychlosti do 50 km/h bez spálení jediného decilitru benzínu (Prius MY 2010), nová plug-in verze Prius MY 2012 ujede na elektřinu rychlostí i 100km/h až 15-20 km . Synchronní elektromotor s permanentním magnetem o výkonu 60 kW při brzdění zároveň funguje jako výkonný generátor elektřiny. Maximum točivého momentu 207 Nm leží v pásmu 0 až 13.000 min⁻¹. Dobíjení trvá cca 90 min.

V tabulce uvedeme základní vlastnosti.

Spalovací motor	Čtyřválec 1,8l	Elektromotor	Synchronní s perman. magnetem
Výkon SM	73kW při 5200 min ⁻¹	Výkon EM	60 kW při 207 Nm
Točivý moment SM	142 Nm při 4000 min ⁻¹	Akumulátor	Li-Ion (5,4kWh)
Homologovaná spotřeba (nejnižší hodnota)	2,1l/100 km	Emise CO ₂	89 g/km
Jízdní dosah na baterie	15-25 km	Max.rychlost	180 km/h

Tabulka 5: Základní vlastnosti Toyoty Prius [14]



6 VÝPOČET POTŘEBNÉ ENERGIE PRO NABÍJENÍ VE STEJNÉM ČASE

Budeme pracovat s hypotézou, že vozidla se spalovacím motorem, uvedená v tab. 2, nahradíme vozidly poháněné elektrickým motorem v závislosti na koeficientu soudobosti.

Koeficient soudobosti vyjadřuje procentní počet vozidel nahrazených vozidly elektrickými. Pohybuje se od 0-1, kde číslo 0 znamená žádné nahrazení a číslo 1 znamená, že všechna vozidla se spalovacím motorem nahradíme vozidly s elektrickým pohonem. Při výpočtu uvažujeme průměrnou spotřebu energie typickou pro daný typ vozidla. V následující tabulce uvedeme výsledek hypotézy.

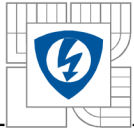
Koeficient soudobosti:			k				
			0,2	0,4	0,6	0,8	1
Druh vozidla	Počet vozidel	Energie [kWh]	Energie [GWh]				
Motocykl	944 198	6	1,33	2,27	3,4	4,53	5,67
Autobus	19 699	35	0,138	0,276	0,414	0,552	0,689
Osobní automobil	4 582 903	17,5	16,04	32,08	48,12	64,16	80,2
Nákladní automobil	838 804	35	5,87	11,74	17,61	23,49	29,36
Součet energie [GWh]:			23,378	46,37	69,544	92,73	115,919

Tabulka 6: Energie potřebná při současném nabíjení vozidel

Pokud tedy nahradíme 20% osobních automobilů se spalovacím motorem elektromobily a budeme všechny nabíjet současně, potřebovali bychom energii 16,04 GWh (ve skutečnosti nižší, protože baterie nejsou vybíjeny úplně).

Příklad výpočtu: $P = PV \cdot E \cdot k = 4582903 \cdot 17,5 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 16,04 \text{ GWh}$

Dojdeme tedy k závěru, že pokud nahradíme úplně všechna vozidla se spalovacím motorem vozidly s elektromotorem, budeme při jejich současném nabíjení potřebovat energii 115,92 GWh



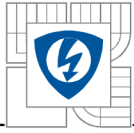
(skutečná hodnota by byla opět nižší). Tato situace by reálně ovšem nikdy nenastala. Síť by se přetížila i při menších odebíraných příkonech současně a došlo by k blackoutu.

U nákladních automobilů se předpokládá nahrazení jen u velmi malé části, např. u popelářských vozů, u kterých se často střídá rozjezd a zastavení, a u kterých se substitute spalovacího motoru za elektrický přímo nabízí.

Blíže k realitě je nahrazení 20ti % vozidel a jejich současné nabíjení vyžadující příkon 24,4 GWh. Celkový instalovaný výkon v roce 2010 ES ČR je podle [5] 20,097 GW_e, z čehož plyne, že pro udržení bezpečné dodávky a současné dobíjení všech EM není momentálně v ČR dostatek výrobní kapacity. Při postupném nasazování EM budou výrobní kapacity dostačující. Podle údajů ERU z roku 2009 byla celková netto vyrobená energie 79,99 TWh a netto spotřebovaná 57,111 TWh, z čehož plyne, že přebytek energie byl 18,88 TWh (vývoz činil 22,23 TWh). [30]

Podle výpočtů Michala Vojtíška z TU v Liberci, Katedry vozidel a motorů, by situace okolo spotřeby při současném hromadném dobíjení vypadala ovšem jinak:

„Spotřeba nafty 4,03 Tg (4030 tisíc tun) a benzínu 2,02 Tg (2015 ti. tun) v ČR v roce 2008 odpovídá, za předpokladu průměrné celkové účinnosti spalovacího motoru 20% přibližně 14 TWh na výstupním hřídeli motoru. Při přibližně polovičních ztrátách v řetězci přenosová soustava-baterie-elektř. systém vozidla-el. motor by byla spotřeba EE na dobíjení cca 28 TWh, což je přibližně jedna třetina spotřeby EE v ČR v roce 2008, 83 TWh.“ [6][7][8]



7 KDY A KDE DOBÍJET?

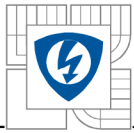
Většina nabíjení bude probíhat v podnicích a domácnostech, které budou EM vlastnit. Velká spousta potenciálních majitelů, kteří nebydlí ve vlastním domě a jsou bez garáže budou mít omezenou možnost svůj vůz dobít. Bez vybudované infrastruktury dobíjecích zásuvek na sídlištích jsou totiž možnosti omezené. Zde záleží na postoji distributora EE, jestli využije příležitost zvýšit svoje příjmy výhodným prodejem nočního proudu a vybuduje zásuvky s možností pomalého dobíjení. V tomto případě by bylo potřebné zvýšit ochranu před zneužitím.

V současnosti můžeme, za předpokladu dobíjení v době parkování, uvažovat o čtyřech hlavních typech dobíjecích míst: doma, v práci a na veřejných místech.

Doma se předpokládá dobíjení z 220ti voltové zásuvky v noci za účelem využití nižších nočních tarifů elektřiny.

V práci se předpokládá dobíjení z 220 V zásuvky převážně dopoledne. Tato možnost je vhodná pro ty, co nemají k dispozici jinou možnost dobíjení.

Na veřejných místech se předpokládá dobíjení ve dne a kvůli kratšímu parkovacímu času (max. 3 hodiny) i vyšší dobíjecí rychlost.



8 VYUŽITÍ BATERIÍ EM VE „SMART GRIDS“ SÍTÍCH

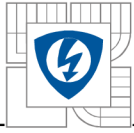
Smart grids, v češtině „inteligentní sítě“, jsou energetické a komunikační sítě umožňující regulaci výroby a spotřeby v reálném čase. Vtip je v obousměrné interaktivní komunikaci mezi výrobními zdroji a spotřebiteli týkající se výroby a spotřeby energie. Jedním z principů Smart grids by měla být dekomponovanost do malých oblastí, které mohou být soběstačné a případně se mohou úplně odpojit. Pak by tyto malé oblasti fungovaly zároveň jako zdroj i spotřebič, což změní podmínky v síti. Vyžaduje to daleko větší nároky na informační toky, ale snižuje nároky na transport energie mezi jednotlivými oblastmi.

K tomu, aby jak odběratel, tak distributor měli v reálném čase informace o spotřebě, je potřeba do domácností instalovat chytrá měřidla. Majitel si bude moci navolit způsob čerpání elektřiny tak, aby spotřebiče (pračka, elektromobil) byly napájeny např. nejlevnějším proudem nebo jen proudem z obnovitelných zdrojů. Chytrá síť by měla umět zužítkovat doplňkové zdroje elektřiny, jež zrovna nejsou využívány (baterie EM) tak, aby se co nejlépe hospodařilo s vyrobenou energií. Baterie zapojeného elektromobilu může během špičky pomáhat regulovat tok elektřiny v síti nebo napájet domácí spotřebiče (fce V2G-vehicle to grid).

Baterie e-mobilů a plug-in hybridů mohou fungovat i jako zásobárny přebytečné energie z obnovitelných zdrojů využitelné v distribučních sítích. Nabíjení baterií by totiž umožnilo skladovat energii z větru a slunce a také vyrovnávat zátěž a výrobu na správné frekvenci. Využívat by se zde daly vyřazené baterie z trakčních vozidel nebo zapojené v EM. Osobní auta pracují totiž výrazně méně než desetinu času. Tři desetiny času se mohou dobíjet a zbytek času sloužit jako rozprostřené zásobníky.

Je ovšem nutné si uvědomit, že každým nabitím a vybitím baterie ztrácí určitou životnost a tudíž i cenu. Nabízí se tedy otázka, zda-li je to ekonomicky výhodné. Vzhledem k relativně vysoké ceně cyklování baterií je tato možnost omezena spíše na extrémní maxima spotřeby, kdy okamžitá velkoobchodní cena elektrické energie může být až řádově vyšší než průměrná.

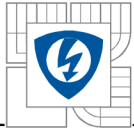
Při přebytku elektřiny, např. při větrném nebo slunečném počasí nebo v noci, bude cena elektřiny nízká. V opačném případě (bezvětrí, zataženo, doba špičky) cena elektřiny poroste a majitelé elektromobilů by mohly prodávat energii ze svých akumulátorů a dobíjet v noci levnějším proudem. Majitel vozu by tak částečně získal zpět peníze utracené převážně právě za nejdražší část elektromobilu-baterie. To by ovšem vyžadovalo inteligentní systém řízení nainstalovaný v každém autě, naprogramovaný řidičem určujícím plán denní cesty a přibližnou



ujetou vzdálenost. Dobíjecí infrastruktura by musela být řízena systémem fakturujícím spotřebovanou a dodanou energii.

V ČR se projekt chytrých sítí rozběhl instalací 4000 měřidel ve Vrchlabí v rámci projektu Smart region.

V celoevropském měřítku je postupně zaváděn projekt SET Plan (Strategic Energy Technology Plan). V rámci SET Planu se předpokládá činnost Evropské průmyslové iniciativy pro Smart Grids (EEGI).



9 SITUACE KOLEM EM VE SVĚTĚ

9.1 Německo

Spolková republika Německo je na nejlepší cestě stát se jedničkou na poli EM na světě. Je zde zavedeno osvobození EM od daně na motorová vozidla, v plánu je vybudování parkovacích míst, samostatných jízdních pruhů, dokončení technických standardů a integraci nových technologií do stávající energetické infrastruktury.

Podle tamní vlády měla mít na cestách cca 1 milion EM, v roce 2030 přes 5 milionů a v roce 2050 by EM měli množstevně předčit vozidla se spalovacími motory. SRN se stane první zemí s komplexní sítí servisů schopných obsloužit majitele EM.

9.2 Velká Británie

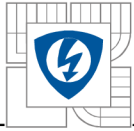
Ve Velké Británii platí do roku 2015 státní dotace na koupi EM do výše 25ti procent hodnoty vozidla, nejvýše však pět tisíc liber. EM musí mít dojezd delší než 70 mil (112 km), emise CO₂ nižší než 75 g/km a maximální rychlost musí přesáhnout 60 mph (96 km/h).

Elektrické dodávky jsou dotovány 20ti procentní dotací, maximálně do výše osmi tisíc liber. Podnikatelé navíc mohou pořízení akumulátorů zahrnout do nákladů.

I přes státní dotace a 1300 dobíjecích stanic v Londýně prodej EM ve VB stagnuje, ve třetím čtvrtletí 2011 se prodalo jen 106 EM, dohromady je registrovaných 1107 z celkového počtu 28,5 milionu vozidel.

9.3 Francie

Francouzská vláda dotuje EM různými částkami. Auta s emisemi pod 50 g/km dostanou 5000 euro. Auta s emisemi mezi 50 a 60 g/km budou mít nárok na 3500 euro (týká se Toyota Prius plug-in hybridu či Peugeot 3008 Hybrid4). Vozidla s emisemi 60 až 90 g dostanou 400 euro, ta s emisemi 90 – 105 g/km pak symbolických 100 euro. Vláda navíc vypsala výběrové řízení na dodávku 25 000 elektrických aut, což by mělo urychlit počáteční nástup elektromobilů. Celkem 5000 elektrických aut získají samotné státní úřady. Zbytek poputuje do státních společností (francouzská pošta La Poste, energetický gigant EDF...).



9.4 USA

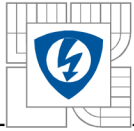
V USA se hojně množí dobíjecí stanice a v rámci popularizace je dobíjení v rychlodobíječkách zdarma. Kromě federální dotace \$7500 lze v USA na nákup EM v jednotlivých státech získat i státní dotace. Například na Havaji je to až \$4500 na samotné elektrické auto, plus dalších \$500 na dobíjecí stanici. Původně měl program končit v dubnu, ale tamní vláda se rozhodla jej podpořit dalšími penězi až do 1. listopadu 2012.

Se zavedením systému využití vozidel jako zdroje elektické energie (systém „vehicle-to-grid“) počítá například nová změna zákona ve státě Delaware (USA), která umožňuje zvláštní tarify ceny elektrické energie pro nabíjení baterií z rozvodné sítě a pro dodávku elektrické energie z vozidel do rozvodné sítě.

9.5 Čína

Do roku 2020 chce mít Čína na silnicích 5 milionů HV a EM. V roce 2011 bylo vyrobeno 8368 HV a EM a 8159 bylo prodáno.

Kupci hybridních vozů získají v rámci programu dotaci až 50.000 jüanů (téměř 155.000 Kč). U vozů s výhradně elektrickým pohonem bude dotace činit dokonce až 60.000 jüanů (185.000 Kč).



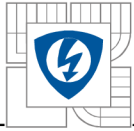
ZÁVĚR

Největší překážkou nástupu vozidel poháněných elektřinou jsou bezpochyby baterie s nedostatečnou kapacitou (a tudíž krátkým dojezdem) a relativně nízkou životností. Je zde nutná potřeba eliminovat nevýhody baterií, například využitím nanotechnologií a zavedením nových druhů, jako je Li-air nebo kondenzátorů s CTFE a PVDF polymery, jenž by technologicky splnily očekávání zákazníků.

Všechny vyspělé státy světa ovšem s elektromobilitou počítají a více, či méně ji dotují.

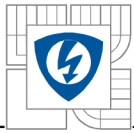
Kapacita výroby elektrické energie a přenosové sítě musí být dimenzována tak, aby s určitou rezervou pro plánované a neplánované odstávky pokryla špičkové (maximální) odběry. Fotovoltaické i větrné elektrárny navíc dodávají EE v nepravidelných intervalech. EM by mohly hrát svou roli jako zásobníky této energie. Mimo špičky totiž síť disponuje volnou kapacitou, kterou lze využít k dobíjení baterií, skladování energie z větru a slunce a vyrovnávání zátěže a výroby na správné frekvenci. Protože jsou automobily zpravidla v zastavěných oblastech, snižuje se tím jak maximální výkon zdrojů, tak maximální výkon přenesený distribuční sítí. Vzhledem k relativně vysoké ceně cyklování baterií je tato možnost omezena spíše na extrémní maxima spotřeby, kdy okamžitá velkoobchodní cena elektrické energie může být až řádově vyšší než průměrná.

Osobní EM mohou tedy sloužit, při hromadné elektrifikaci, jako stabilizátor sítě. Auta s větším potřebným příkonem a nutností rychlého dobíjení by, při hromadném nabíjení, síť pravděpodobně rozhodily.

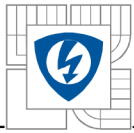


POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] Impacts of Electric Vehicles [PDF] – Summary report , Report Delft 2011 , Huib van Essen , Bettina Kampman
- [2] Jak „zelené“ jsou elektromobily? [online]. Copyright 2012 ČEZ, a. s. [cit. 2012-01-04].
Dostupný z: <<http://www.futuremotion.cz/emobility/cs/elektromobilita/>>
- [3] Battery 500. [online]. © IBM Copyright. [cit. 2012-01-04]. Dostupný z:
<http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smart_grid/article/battery500.html>
- [4] prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc. Dostupný z:<<http://www.hybrid.cz/rozhovor-rychlonaabijeni-bude-likvidovat-baterky-elektromobilu-rikaji-profesori-z-cvut-1>>
- [5] Výkon. [PDF online]. Energetický regulační úřad. Dostupný z:
<http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zpráva/2010/pdf/index.htm>
- [6] Vliv provozních podmínek silničních vozidel na přínosy zavedení elektrického pohonu [PDF online], Dostupný z: <http://www.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2010/2010_032_00.pdf>
- [7] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, [online]. © Copyright 2005 MPO. Dostupný z:
<<http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/statistiky-energetika/>>
- [8] Česká republika v číslech 2009, [online]. © Český statistický úřad, 2012. Tabulka 18.
Dostupný z:< <http://www.czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/p/1409-09>>
- [9] ABB: Elektromobily a jejich dobíjení, [online].Ing. Miroslav Kuželka,
Copyright © 1998-2012. [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<http://elektrika.cz/data/clanky/abb-elektromobily-a-jejich-nabijeni>>
- [10] Elektromobily, [online]. © Copyright 2012, [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<http://www.enwiwiki.cz/wiki/Elektromobily>>
- [11] Složení vozového parku ČR, [online]. © Copyright 2012, [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>>
- [12] Vize silniční dopravy v roce 2030. [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu[PDF].
© 2009 IT Systems a.s., Dostupný z: <<http://www.tpsd-ertrac.cz/dokumenty/>>
- [13] Očekávaná dlouhodobá rovnováha mezi nabídkou a poptávkou elektřiny. EGÚ Brno, a.s.
[PDF]. Únor 2009. [cit. 2012-03-26]. Dostupný z:<http://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/Zpravy_OTE/ocekavana-dloudobova-rovnovaha-mezi-nabidkou-a-poptavkou-elektriny>



- [14] Nový prius, [online]. Copyright © Toyota Czechia. [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <http://www.toyota.cz/cars/new_cars/prius/index.tmex>
- [15] František Dvořák, AUTO.IDNES.CZ [online]. © Copyright 1999 – 2012 MAFRA a.s.a
dodavatelé Profimedia, Reuters, ČTK, AP [cit. 2012-03-26]. Dostupný z:
<http://auto.idnes.cz/video-elektricka-skoda-octavia-jezdi-paradne-ceka-se-ale-na-baterky-1cw-/auto_testy.aspx?c=A120113_161519_auto_testy_fdv>
- [16] Tiše, bez zápachu. Miloš Vávrů [online]. © Copyright 2012 VUT [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<https://www.vutbr.cz/zivot-na-vut/fakta-o-vut/vut-v-mediich/vut-a-media-f19526/tise-bez-zapachu-d54260>>
- [17] Zero S [online]. © 2012 Copyright Zero Motorcycles, Inc. [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<http://www.zeromotorcycles.com/zero-s/specs.php>>
- [18] Nanotechnologie a dobíjení [online]. © Copyright 2012 Hybrid.cz [cit. 2012-03-26].
Dostupný z: <<http://www.hybrid.cz/nanotechnologie-umozni-dobijet-baterie-v-radu-minut>>
- [19] Budeme schopni nabít elektromobil během jediné minuty? [online]. © Copyright 2012 Hybrid.cz [cit. 2012-03-26]. Dostupný z: <<http://www.hybrid.cz/budeme-schopni-nabit-elektromobil-behem-jedine-minuty>>
- [20] Centrální registr vozidel, [online]. © 2010 Ministerstvo vnitra České republiky.
[cit. 2012-03-26]. Dostupný z: <<http://www.mvcr.cz/clanek/centralni-registr-vozidel-865510.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>>
- [21] Magazín zaměřený na elektromobily a další alternativní způsoby dopravy,
ISSN 1802-5323 (c) 2006 - 2010 Hybrid.cz [cit. 2010-01-10]. Dostupný
z: <<http://www.hybrid.cz/>>
- [22] Smart Grid and E-Mobility, Ing. Dr. Peter Tschulik, Siemens A.G. Austria,
Ruthnergasse 3, 120 Vienna
- [23] Road transport: Reducing CO2 emissions from light-duty vehicles, Climate action,
European commission [online]. © European Union, 1995-2012 [cit. 2012-01-04].
Dostupný z: <http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/studies_en.htm#top-page>



- [24] Rychlonabíjení bude podle vědců z ČVUT likvidovat baterky EM [online].
ISSN 1802-5323 (c) 2006 - 2012 Hybrid.cz [cit. 2012-01-04]. Dostupný
z:<[http://www.hybrid.cz/rozhovor-rychlonabijeni-bude-likvidovat-baterky-
elektromobilu-rikaji-profesori-z-cvut-1](http://www.hybrid.cz/rozhovor-rychlonabijeni-bude-likvidovat-baterky-elektromobilu-rikaji-profesori-z-cvut-1)>
- [25] Vědci z ČVUT o bezpečnosti baterií a indukčním dobíjení [online].
ISSN 1802-5323 (c) 2006 - 2012 Hybrid.cz [cit. 2012-01-04]. Dostupný
z:<[http://www.hybrid.cz/rozhovor-o-bezpecnosti-baterii-indukcnim-dobijeni-s-vedci-z-
-cvut-2](http://www.hybrid.cz/rozhovor-o-bezpecnosti-baterii-indukcnim-dobijeni-s-vedci-z-cvut-2)>
- [26] Battery 500 [online]. © IBM 2012 [cit. 2012-01-04]. Dostupný
z:<http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smart_grid/article/battery500.html>
- [27] Program Vehicle-to-Grid na University of Delaware, Dostupný
z:<www.udel.edu/V2G> (staženo 10.3.2012)
- [28] Rassenti, S.J., Smith, V.L., Wilson, B.J.: Demand-Side Bidding Will Reduce the Level
and Volatility of Electricity Prices. The Independent Review, v.VI, n.3, Winter 2002,
ISSN 1086-1653, pp. 441–445.
- [29] Problém elektromobilů vyřeší kondenzátory. Luděk Vokáč. © Copyright 2012 MAFRA
[online]. Dostupný z:<[http://auto.idnes.cz/kondenzatory-s-vysokou-kapacitou-umozni-
elektromobilum-brzdit-pouze-rekuperaci](http://auto.idnes.cz/kondenzatory-s-vysokou-kapacitou-umozni-elektromobilum-brzdit-pouze-rekuperaci)>
- [30] Roční bilance elektřiny. [online]. © 2009 IT Systems a.s. Dostupný z:
<http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2009/energie/2.htm>