

Vybrané aspekty v perspektíve rozvoja elektromobility

Staňák Vladimír · Elektrotechnika, Strojárstvo

08.07.2013



Príspevok sa zaoberá problematikou elektrickej mobility, teda novej oblasti priemyslu, ktorá spája automobilový priemysel a energetiku. Elektromobilita v sebe integruje vozidlá poháňané elektromotormi, infraštruktúru na dopĺňanie energie, informačné a komunikačné technológie spolu s legislatívou a výskumným zázemím. V článku je popísaný súčasný stav v predmetnej problematike a sú uvedené faktory, ktoré vplyvajú na rozvoj elektrickej mobility. Elektromobilita disponuje značným vývojovým potenciálom. Mnohé medzinárodné spoločnosti a inštitúcie v ňom vidia nespochybniteľné benefity pre rozvoj ekonomiky, preto elektromobilitu cielene podporujú.

Úvod

Rozmanitosť pohonných systémov automobilov a implementácia nových konceptov mobility reprezentujú budúcnosť osobnej cestnej dopravy. Elektrické vozidlá predstavujú alternatívu doterajších vozidiel so spaľovacími motormi. Zámerom elektricky poháňaných vozidiel nie je v krátkej dobe kompletne nahradiť vozidlá vybavené spaľovacími motormi, ale vytvoriť nový segment automobilového trhu, vhodný do husto obývaných oblastí. Je potrebné si uvedomiť, že v mestách je až 70 % ciest kratších ako 30 km, pričom vozidlo strávi 90 % času počas dňa státím na parkovisku.

Výhodami elektromobilov sú nulové lokálne plynné emisie, nižšia hlučnosť, vyššia účinnosť premeny energie (až do 70 %) a nižšie prevádzkové náklady (4x nižšie), avšak pri relatívne kratšom dojazde, vyššej nákupnej cene a dlhej dobe čerpania energie oproti vozidlám so spaľovacími motormi. Zatiaľ jazdí po cestách pomerne málo elektromobilov, no ich počty budú postupne narastať. Pripravuje sa pre ne infraštruktúra a vyvíjajú sa nové postupy pre optimálne využitie elektromobilov. Technológie sú dostupné už niekoľko rokov, no pre vysoké ceny boli doteraz málo rozšírené. S narastajúcim počtom vyrobených kusov akumulátorov a elektronických prvkov klesá aj ich cena. Význam elektricky poháňaných vozidiel s nulovými lokálnymi emisiami je evidentný najmä v mestských aglomeráciách, ktorých obyvatelia trpia na znečistené životné prostredie.

Ak si vezmeme do úvahy percentuálne rozdiely v počte prihlásených automobilov, tak vozidlám so spaľovacími motormi vo svete klesá medziročná predajnosť, naopak elektrickým vozidlám vo svete predajnosť medziročne stúpa. No pokiaľ sa jedná o reálne čísla, tak stále výrazne prevláda predaj vozidiel so spaľovacími motormi.

Nevýhodou elektricky poháňaných vozidiel oproti konvenčným vozidlám je aj ich vyššia predajná cena v dôsledku vysokých cien použitých komponentov. Priemerný osobný elektromobil s kapacitou akumulátorov 15 kWh nesie v sebe niekoľko (2-5 podľa typu) stoviek najčastejšie lítiových článkov, ktorých cena sa pohybuje na úrovni 300 - 1000 Euro / 1 kWh podľa typu a výrobcu [1].

Vývoj akumulčných zariadení neustále napreduje a objavujú sa informácie o pokroku vo vývoji akumulátorov [2], [10]. Možno povedať, že prevádzkové vlastnosti akumulátorov (energetická hustota, životnosť, cena) sa každoročne zlepšujú o 5-8 %, čo môže znamenať dvojnásobné zlepšenie vlastností za 10 rokov. Elektrochemické zásobníky energie si však pre optimálne fungovanie vyžadujú elektronický systém (BMS) vybavený mikročipmi na monitorovanie a regulovanie ich prevádzkového stavu, ktorých cena tiež nie je zanedbateľná.

Ceny elektromobilov však už začínajú klesať vďaka rozbiehajúcej sa sériovej produkcii a neustálemu zlepšovaniu výrobných postupov. Je potrebné si uvedomiť, že sériovo vyrábané elektromobily sú na trhu dostupné menej ako päť rokov, kým spaľovacie motory sa používajú viac než sto rokov. Expertná skupina Energy Watch Group predpokladá, že do 5 rokov stúpne cena ropných palív na úroveň 2 Eurá za 1 liter. Bude to z dôvodu nenaplnenia optimistických predpokladov Medzinárodnej energetickej agentúry (IEA), ktorá vo svojej prognóze World Energy Outlook predpovedala vysokú dostupnosť fosílnych palív vďaka hĺbkovým podmorským vrtom a ťažbe z pieskov a bridlíc [4]. To znamená, že by sa mohla návratnosť elektrického vozidla dosiahnuť aj za kratší čas.

Často spomínaným fenoménom je aj tzv. Peak Oil, teda bod na časovej osi, kedy sa dosiahne maximum ťažby ropy vo svete a potom už bude ťažba trvale klesať [5]. Podľa niektorých expertov tento bod už nastal a produkcia ropy vo svete sa bude v budúcnosti už len znižovať, čo pri zachovaní súčasnej spotreby spôsobí rast cien ropných produktov. Avšak ako sa zvykne hovoriť „Doba kamenná neskončila preto, že by sa ľuďom minul kameň“, takže aj keď sa raz minie ropa, automobily budú jazdiť ďalej, no s iným pohonom. Vysoké ceny ropy tak vytvoria priestor alternatívne a efektívnejšie zdroje energie. V budúcnosti sa očakáva taktiež rozšírenie technológie vodíkových palivových článkov v dopravnej technike, čo je však podmienené ich lepšou komercializovateľnosťou [3].

Jedným z efektívnych nástrojov na predlžovanie dojazdu elektrických vozidiel a znižovanie spotreby paliva hybridných vozidiel je aj rekuperácia pohybovej energie vozidla pri brzdení, ktorá sa čoraz častejšie uplatňuje už aj v dnešných vozidlách. Pri tomto procese sa pohybová energia vozidla premieňa s určitou účinnosťou v elektromotor/generátore na elektrickú energiu, ktorou sa môžu dobíjať trakčné akumulátory vozidla. Takto zachytená energia sa môže následne použiť na opätovný rozjazd vozidla čo prispieva k vyššej efektívnosti prevádzky.

Elektromobilita na Slovensku

V dnešnej dobe je na Slovensku v prevádzke asi 30 registrovaných elektromobilov a je k dispozícii 6 verejných nabíjajúcich staníc spolu s niekoľkými neverejnými. Naproti tomu v Českej republike, kde je elektromobilita viac rozvinutá ako u nás, jazdí asi 250

elektromobilov a 200 verejných nabíjacích miest. Optimistické odhady predpokladajú každoročné zdvojnásobenie počtu elektromobilov v Čechách [1]. Príkladom elektrického vozidla, ktoré sa bude vyrábať na Slovensku je VW e-up! Znárodný na obrázku 1.



Obr. 1. Elektromobil VW e-up! , ktorý sa bude od roku 2014 vyrábať v Bratislave

Vo svete a rovnako tak aj na Slovensku je potrebné ďalej budovať nabíjaciu infraštruktúru, aby sa mali akumulátory elektrických vozidiel kde nabíjať. Predpokladajú to aj uznesenia Európskej komisie, ktoré majú za cieľ zabezpečiť v EÚ ekologickú a efektívnu dopravu osôb a nákladu [3]. Bez vybudovanej infraštruktúry nebude možné širšie rozšírenie elektrických vozidiel v mestách. Vo všeobecnosti sa rozlišujú káblové nabíjacie stanice pre verejné alebo domáce pomalé nabíjanie, verejné rýchlo-nabíjacie stanice a privátne výmenníkové stanice na akumulátory. Problémom je, že nabíjanie elektromobilom prostredníctvom štandardného pripojenia striedavým napätím 230 V s nabíjacím výkonom 3 kW trvá pomerne dlhý čas.

Naopak rýchlo-nabíjanie jednosmerným prúdom s nabíjacími výkonmi do 40 kW značne zaťažuje rozvodnú sústavu elektrickej energie a jeho vplyv na životnosť akumulátorov vozidla je otázny. Napriek tomu je potrebné budovať oba typy verejných staníc, no s prihliadnutím na ich vhodnú lokalizáciu, čo sa rieši aj v niekoľkých pilotných projektoch. Nástrojom na prepojenie akumulátorov elektrického vozidla s nabíjacou infraštruktúrou sú elektrické vodiče vybavené špeciálnymi konektormi, ktoré podliehajú štandardizácii jednak na strane vozidla tak aj na strane nabíjacej stanice. Jednotliví svetoví výrobcovia však presadzujú rôzne typy nabíjacích konektorov podľa krajiny kde pôsobia. Tak možno rozlíšiť americké, európske i japonské štandardy nabíjacích konektorov, ktoré nie sú vždy vzájomne kompatibilné.



Obr. 2 Typy nabíjacích konektorů pro elektromobily [1]

Elektrický pohon nachádza uplatnenie nielen v malých osobných vozidlách ale aj v nákladných vozidlách a autobusoch. Elektromobily nemusia slúžiť len na osobnú prepravu, veľmi dobre sa hodia aj na komerčnú nákladnú prevádzku a rozvoz tovarov v mestách. Mnohé zahraničné špedičné firmy experimentujú s elektrickými dodávkovými vozidlami napríklad na rozvoz poštových zásielok. Je to ekonomicky výhodné, pretože elektrické vozidlá majú značne nižšie prevádzkové náklady. Príkladom takéhoto využitia elektromobilov je aj slovenský projekt [GreenWay Operator](#).

Ekonomická návratnosť elektromobilov sa dá dosiahnuť napriek ich vyššej obstarávacej cene pri ich dlhodobom intenzívnom používaní vďaka nižším prevádzkovým nákladom. Návratnosť sa pre elektrické vozidlá kategórie N1 predpokladá za približne 4 roky, ako ukazuje modelový príklad v Tab. 1. V porovnaní nie sú zahrnuté servisné náklady, ktoré sú pre elektromobil nižšie ako pre vozidlo so spaľovacím motorom.

Tab.1 Porovnanie nákladov na prevádzku vozidla so spaľovacím a s elektrickým motorom

Porovnávací parameter	Spaľovací motor	Elektromotor
Predpokladaná spotreba	12 l / 100 km	25 kWh / 100 km
Priemerná cena paliva a energie	1.5 EUR / l	0.2 EUR / kWh
Náklady na prejdený km	0.18 EUR / km	0.05 EUR / km
Priemerná denná vzdialenosť	300 km	300 km
Odhadovaný ročný nájazd	80 000 km	80 000 km
Prejdená vzdialenosť za 4 roky	320 000 km	320 000 km
Prejdená vzdialenosť za 8 rokov	640 000 km	640 000 km
Obstarávacia cena	23 000 EUR	73 000 EUR
Prevádzkové náklady za 4 roky	57 600 EUR	16 000 EUR
Prevádzkové náklady za 8 rokov	115 200 EUR	32 000 EUR
Ušetrené prostriedky po 8 rokoch	-	33 200 EUR

Dnes si možno už aj na Slovensku vybrať z viacerých typov elektromobilov. Už dva

roky sú dostupné modely **Peugeot iOn** a **Citroen C-Zero**, tento rok pribudli v ponuke **Smart ED** a najmä nový **Nissan Leaf** (vid'. Obr.3). Okrem toho sú na našom automobilovom trhu ponúkané elektrické vozidlá s predĺženým dojazdom ako napr. **Opel Ampera**, či s plug-in hybridnou technológiou v modeli **Toyota Prius Plug-in**. Na budúci rok je plánované uvedenie nových modelov elektrických vozidiel od viacerých automobiliek (vid' Tab. 2).

Dá povedať, že takmer každá významnejšia svetová automobilka vyvíja vozidlá s určitou formou elektrickej alebo hybridnej pohonnej technológie. Mnohí výrobcovia pristupujú taktiež k vývoju elektrických vozidiel poháňaných vodíkovými palivovými článkami, ktoré majú v budúcnosti potenciál na plnohodnotné nahradenie vozidiel so spaľovacími motormi [6]. Technológia vodíkových palivových článkov sa postupne dostáva do povedomia verejnosti, no pre vysoké obstarávacie náklady a náročnú výrobu a uskladnenie vodíka zatiaľ nie je dostatočne rozšírená.

Tab. 2. Elektrické vozidlá dostupné na Slovensku

Rok uvedenia	Model
2009	-
2010	EVC F3
2011	Peugeot iOn
	Citroen C-Zero
2012	Opel Ampera
	Smart ED
2013	Nissan Leaf
	Toyota Prius Plug-In
2014	BMW i3
	VW e-up!, VW eGolf
	Ford Focus Electric
	Chevrolet Spark EV



Obr.3 Elektromobil Nissan Leaf na rýchlo-nabíjacej stanici projektu VIBRATE v

Príklady úspešných a neúspešných projektov vo svete

Americká automobilka Tesla Motors, výrobca známeho elektrického sedanu **Tesla Model S**, nedávno predstavila dva nové doplnkové programy služieb k svojim predávaným elektromobilom. Prvým je sieť bezplatných rýchlonabíjacích staníc pomenovaných Supercharger, ktorá sa postupne buduje v USA a do roku 2015 má pokrývať 98 % územia Spojených štátov. Druhým programom je inovatívny spôsob výmeny akumulátorov (angl. battery swap) v elektromobiloch Tesla. Tento systém dokáže za 90 sekúnd automaticky vymeniť vybitý trakčný akumulátorový box za plne nabitý bez toho, aby musel vodič vystúpiť z vozidla. Výmena akumulátora v tomto prípade trvá kratšie ako natankovanie plnej nádrže na čerpacej stanici a je spoplatnená [7]. Takýto kombinovaný prístup k elektromobilite vo forme spoločného vývoja elektrických vozidiel a budovania infraštruktúry sa javí byť výhodný, pretože odbúrava predsudky užívateľov o obmedzenom dojazde elektrických vozidiel.

Hoci sa automobilke Tesla podarilo presadiť sa, niektoré pilotné projekty v oblasti elektromobility nedosiahli očakávaný úspech. Príkladom je automobilka **Fisker**, ktorá priniesla na trh luxusný elektromobil pomenovaný Karma. Napriek vládnym dotáciam sa činnosť firmy skončila, najmä pre problémy s dodávateľom akumulátorov. Druhým príkladom neúspechu zaujímavého projektu je firma **Better Place**, ktorá sa špecializovala na budovanie výmenníkových staníc pre akumulátorové moduly osobných elektromobilov v Izraeli, Holandsku a Dánsku. Zámerom projektu bolo odstrániť dva hlavné problémy s akumulátormi elektromobilov a to ich vysokú cenu a dlhé doby nabíjania. Napriek prepracovanému riešeniu sa firme nepodarilo osloviť dostatok zákazníkov ani investorov na pokračovanie vývoja a musela skončiť svoje pôsobenie [8].

Japonsko je vedúcou krajinou v počte elektromobilov uvedených do prevádzky. Jedna tretina majiteľov prvej generácie moderných elektromobilov v Japonsku sa v prieskume agentúry McKinsey vyjadrila, že by si už viac elektromobil nekúpila. Zvyšok majiteľov elektromobilov bol s ich vozidlami spokojný [9]. Príčinou boli vyššie ceny elektriny a neznalosť o polohe nabíjacích miest. Skúsenosti v Japonsku s elektromobilitou ukazujú, že je potrebné sa zamerať na rozvoj informačných technológií pre elektromobily, ktoré by zabezpečili navigáciu k najbližšiemu nabíjaciemu miestu a optimalizovali nabíjanie vtedy, keď je lacnejšia tarifa, napr. nočný prúd.

Jedným z aspektov, ktoré vyplynuli z diskusie o elektromobilite, je zavedenie efektívnejších modelov mobility, ktoré nevyžadujú fyzické vlastníctvo používaného vozidla (tzv. „**carless mobility**“). Vďaka výraznému pokroku v informačných a komunikačných technológiách by pozitívnou zmenou pre ľudí, ktorí nepotrebujú využívať automobil na každodennej báze mohlo byť zavedenie nového prístupu k individuálnej mobilite – tzv. zdieľaniu vozidiel („**car sharing**“), ktoré sa v súčasnosti testuje. Takáto služba by mohla sprístupniť elektrické vozidlá širokej verejnosti za dostupné ceny.

Energia pre elektromobily

Existujú viaceré spôsoby ako pristupovať k ekologickým formám individuálnej mobility. Jednou z ciest sú alternatívne palivá, napríklad MERO čo bioetanol, ktoré sa primiešavajú do ropných palív. Ich ekologický prínos je však diskutabilný. Výhodnejšie sa javí spracovávať rastlinný odpad na výrobu elektrickej energie, napríklad vo forme spaľovania drevnej štiepky či bioplynu. Vyrobenou elektrickou energiou sa potom môžu nabíjať elektromobily. Elektrické vozidlá síce neprodukurujú žiadne lokálne emisie pri svojej prevádzke, no pri výrobe elektrickej energie potrebnej na nabíjanie ich akumulátorov z fosílnych palív sa produkujú škodlivé emisie plyných a pevných častíc.

Spotreba energie pri nabíjaní elektromobilov nespôsobí nedostatok vyrábanej energie, pretože ešte stále existujú rezervy v produkcii elektriny. Netreba sa teda obávať, že pre elektromobily bude potrebné stavať v blízkej budúcnosti nové elektrárne. Pravdepodobnejšie bude potrebné zlepšovať rozvodnú sieť aby zvládla veľké výkony počas rýchleho nabíjania. Aby sa prejavil ekologický prínos elektromobilov je potrebné energiu pre ne vyrábať z obnoviteľných zdrojov energie (OZE) a vzhľadom na to, že nie každý človek má na streche domu veľké solárne panely, musí sa inovovať aj výroba elektrickej energie a informatizovať rozvodná sieť (Smart grid) [11].

Záver

Elektromobilita predstavuje dôležitý príspevok k zabezpečeniu ekologickej a udržateľnej mobility čo súvisí s naplnením budúcich požiadaviek obyvateľstva. Európski výrobcovia vozidiel sú vedúci v konštrukcii úsporných a bezpečných automobilov, čo potvrdzuje ambíciu Európskej únie byť vedúcim teritóriom v zavádzaní udržateľnej ekologickej dopravy. EÚ si spolu s priemyselnými partnermi stanovila plány (EU Energy Roadmap, [12]) pre zabezpečenie podpory výskumu a vývoja a podpory zavádzania ekologických vozidiel do prevádzky. Elektrifikácia dopravy môže byť iba jednou z častí dlhodobého riešenia dopravných systémov. Pre obyvateľstvo však musí byť zachovaná možnosť vybrať si takú technológiu dopravy, ktorú samo preferuje.

Za rozvoj Elektromobility nesú spoločnú zodpovednosť zapojené priemyselné odvetvia, vedecko-výskumné inštitúcie a vlády jednotlivých krajín, ktoré musia koordinovane spolupracovať a stanoviť si spoločný postup práce. Pre elektrické vozidlá s nabíjateľnými akumulátormi sa predpokladá realistický trhový podiel v rozsahu 3-10 % v rokoch 2020 až 2025. Spaľovacie motory poháňané ropnými palivami zostanú v najbližšej dekáde dominantnými pohonnými systémami vo vozidlách. Úspech rozšírenia elektromobilov bude závisieť od niekoľkých faktorov. Zákazníci budú musieť akceptovať niektoré špecifické charakteristiky novej technológie, ako sú rozdielne požiadavky na dĺžku jazdy a čas potrebný na dopĺňanie energie.

Energetický sektor bude zodpovedný za budovanie nabíjacej infraštruktúry, ktorá je podmienkou prijatie elektromobilov zákazníkmi. Národné vlády budú musieť pripraviť vhodnú legislatívu a technologicky neutrálnu dotačnú podporu, spolu s rozličnými podpornými programami pre výskum, vývoj a inovácie, najmä počas uvádzacej fázy tejto technológie na trh. Automobilový priemysel bude musieť ponúknuť atraktívne elektrické vozidlá so zachovaním vysokej prevádzkovej bezpečnosti a prijateľnými cenami. Združenia zastrešujúce jednotlivé priemyselné zväzy by sa mali usilovať o

zavedenie jednotných noriem a štandardov predovšetkým vo vzťahu vozidlo - nabíjacia infraštruktúra, aby sa predišlo lokálnym vzájomne nekompatibilným riešeniam.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu Algoritmy riadenia rekuperácie energie pri brzdení elektromobilu (ALRIREK), podporeného v rámci grantového Programu na podporu mladých výskumníkov na STU v Bratislave v roku 2013.

Literatúra

1. Marušinec, J.: Technologické a ekonomické hľadisko pronikání elektromobility do ďalších oblastí dopravy, Perspektivy elektromobility II - príloha časopisu Elektro (ISSN 1210-0889), 2013
2. Nový material na akumuláciu energie, dostupné online:
<http://phys.org/news/2013-07-material-big-energy.html>
3. STAŇÁK, V.: Východiská rozvoja elektromobility, EE Časopis pre elektrotechniku, elektroenergetiku, informačné a komunikačné technológie, Roč. 19, č. 2/2013, príloha Volt, s. 6-7, ISSN 1335-2547
4. Predpokladané ceny palív v budúcnosti, dostupné online:
http://diepresse.com/home/wirtschaft/international/1380278/Studie_Sprit-wird-in-fuenf-Jahren-zwei-Euro-kosten?_vl_backlink=%2Fhome%2Findex.do
5. Definícia fenoménu „Peak Oil“, dostupné online:
<http://lexicon.ft.com/Term?term=peak-oil>
6. EHSANI, M., Y. GAO, S.E. GAY and EMADI, A., (2005). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, CRC Press, Boca Raton, Florida, ISBN: 0-8493-3154-4
7. Výrobca elektromobilov Tesla Motors, dostupné online:
<http://www.teslamotors.com/>
8. Neúspechy pilotných projektov, dostupné online:
<http://theenergycollective.com/sandytyt/210071/ev-startup-failure-and-what-means-industry>
9. Výsledky štúdie agentúry McKinsey o elektromobiloch v Japonsku, dostupné online:
http://www.mckinseyquarterly.com/Automotive/Strategy_Analysis/Learning_from_Japan_early_electric-vehicle_buyers_3067
10. Nový typ akumulátora, dostupné online:
<http://www.aktuality.sk/clanok/231483/na-svete-je-revolucna-bateria-stvornasobne-vykonnejsia-ako-doterajsie/>
11. FERENCEY, V., STAŇÁK, V., BUGÁR, M. — MADARÁS, J.: Perspectives of Development of Electric Mobility. In Renewable Energy Sources 2013 : 4th International Scientific Conference OZE 2013. Tatranské Matliare, Slovakia, May 21-23, 2013. 1. vyd. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2013, s. 183-188. ISBN 978-80-89402-64-9.
12. Energetická stratégia EÚ, dostupné online:
http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf

Ústav automobilovej mechatroniky, FEI STU v Bratislave
