

PERSPEKTIVY ELEKTROMOBILISMU



Pavel Vorel

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky (FEKT VUT Brno)

- 1) energetická bilance v dopravě, fenomén zvaný Peak Oil, perspektiva elektromobilismu
- 2) akumulátory versus vodíkové palivové články
- 3) ekologické aspekty elektromobilismu
- 4) vývoj elektrických vozidel na Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky VUT Brno
- 5) vývojová řada rychlonabíječů z Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky

Trendy

Trendy v automobilismu od roku 2000:

- start/stop systémy (startergenerátory) spalovacích motorů
- hybridní pohony (sériové, paralelní, různé koncepce...)
- čisté elektromobily
 - akumulátor jako jediný zdroj
 - akumulátor + ultrakapacitor
 - vodíkový palivový článek + akumulátor/ultrakapacitor

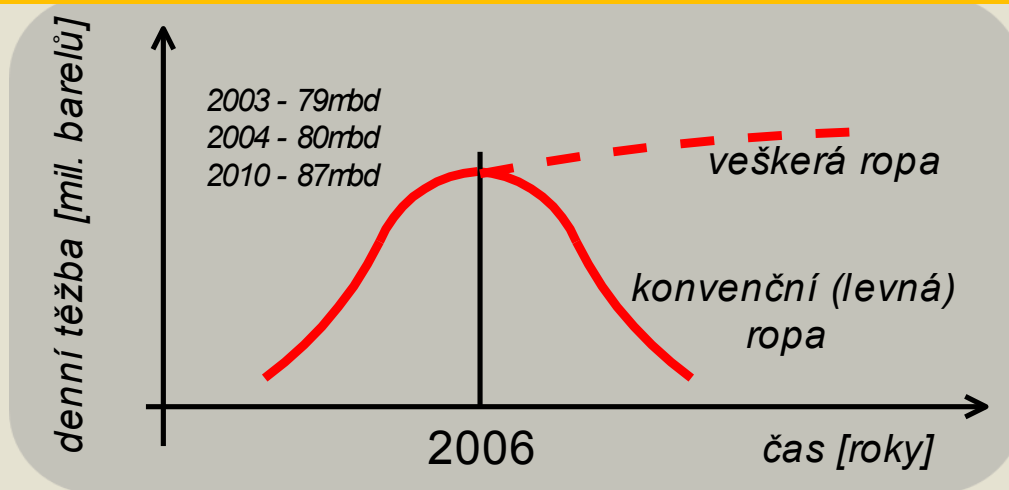
Důvody: ekonomické, politické, (pseudo)ekologické, technické...

Hlavní důvod: nedostatek *levné* ropy → energetická krize → hrozí systémová ekonomická krize

Fenomén „Peak oil“

2004(5): konspirační weby atd.:
stagnace nabídky, růst poptávky

Dnes: oficiální média, napjatý trh,
potenciální růst poptávky
(Čína, Indie)



- **M. K. Hubbert:** teorie „peak oil“, vrchol **konvenční** ropy USA 1970, svět 2000
- **C. Campbell a další:** svět-upřesnění 2006, potvrzeno
- Technologický pokrok těžby + vysoká cena ropy → možnost nárůstu těžby nekonvenční ropy → nahrazení deficitu konvenční (levné) ropy → **vrchol není ostrý, ale velmi plochý**, není nedostatek množství, ale cena musí zůstat velká
- Blízká budoucnost → konvenční ropa ↓, nekonvenční ↑ → cena ↑
→ „Peak oil“ pro celkovou těžbu (velká míra nejistoty predikce)

Závěr: Éra levné ropy skončila a cena dál poroste

Peak oil: spotřebována teprve polovina zásob, ale aktuální „průtok“ z vrtů již nestačí → ekonomický problém.

Energie v dopravě

celosvětová těžba:	cca 90 milionů barelů denně
pro dopravu:	61% (data z Global Market Information Database, 2007)
1 barel:	159litrů
měrná energie:	9,75kWh/l

denní spotřeba energie z ropy v dopravě (osobní, nákladní, železniční, lodní, letecká):

$$W = 9,75kWh \cdot 159 \cdot 90 \cdot 10^6 \cdot 0,61 = 8,52 \cdot 10^{10} kWh$$

Celosvětový činný (tj. střední) **mechanický** výkon (účinnost pohonných agregátů cca 35%):

$$P_{mech} = \frac{W}{24h} \cdot 0,35 = \frac{8,52 \cdot 10^{10} kWh}{24h} \cdot 0,35 = 12,4 \cdot 10^8 kW$$

Náhrada ropy v dopravě elektřinou

Účinnost el. pohonu:

měníč 0,95

motor 0,95

převody 0,98

celkem 0,90

Celosvětový elektrický příkon pro plnou náhradu ropy v dopravě:

$$P_{el} = \frac{P_{mech}}{0,90} = 13,8 \cdot 10^8 kW$$

Účinnost přenosu energie na trase rozvodná síť – akumulátor na vozidle - trakční měnič:

nabíječ akumulátoru 0,92

účinnost při nabíjení akumulátoru 0,85

účinnost při vybíjení akumulátoru 0,9

celkem 0,70

(u systému s vodíkovým palivovým článkem pouze cca 0,40)

Celosvětový výkon elektráren pro plnou náhradu ropy v dopravě:

$$P = \frac{P_{el}}{0,70} = \frac{13,8 \cdot 10^8}{0,70} = 20 \cdot 10^8 kW$$

Příklad: 1000 elektráren velikosti JE Temelín (1000 x 2000MW)

Balance

Současný celosvětový výkon elektráren: $27 \cdot 10^8 \text{ kW}$

Z toho 14% jaderné (World Nuclear Association, 1.6.2011)

- kompletní přechod na elektřinu při zachování intenzity dopravy a při současném stavu technologií v horizontu 20let zcela nemožný
 - útlum jaderné energetiky – těžko pochopitelný trend
 - rozvoj obnovitelných zdrojů – dobrý trend, ovšem přeceňovaný – problémy technické i ekonomické

Pravděpodobný vývoj:

Postupný přechod na elektromobily v osobní dopravě → zmírní se růst poptávky po ropě
Růst ceny ropy → nutné energetické úspory – velký prostor ve zbytečné přepravě zboží a v osobní letecké dopravě → odklon od globalizace je *technicky (energeticky)* možný, aniž by významně utrpěla životní úroveň

→ velké přerozdělení ekonomické moci ve světě → možná rizika

Akumulátory versus palivové články

Vodík = „nositel energie“, nikoliv primární (těžený) zdroj

Palivové články (vodíkové, PEMFC):

Účinnost na trase zdroj energie – výroba vodíku – výroba elektřiny článkem:

Výroba elektřiny článkem 50-60%

Výroba vodíku vysokoteplotní elektrolýzou vody (tj. ne z fosilních paliv) cca 50%

Celkem cca 25-30% (méně než moderní spalovací motor!)

Další problémy:

Vysoká cena (cca 100.000Kč/kW), malá životnost (1500-3000hod), skladování vodíku

→ prakticky (komerčně) pro dopravu nevhodné, není-li nutností z hlediska dojezdu

Akumulátory:

Celkem cca 70% místo 30%, prudký rozvoj technologií Li-ion, nanotechnologie

Hmotnost/energie (běžné Li-ion 8kg/1kWh) pro dojezdy do 300km bez potíží

Možnost „obousměrných nabíječů“ ve vizích „SMART GRIDS“

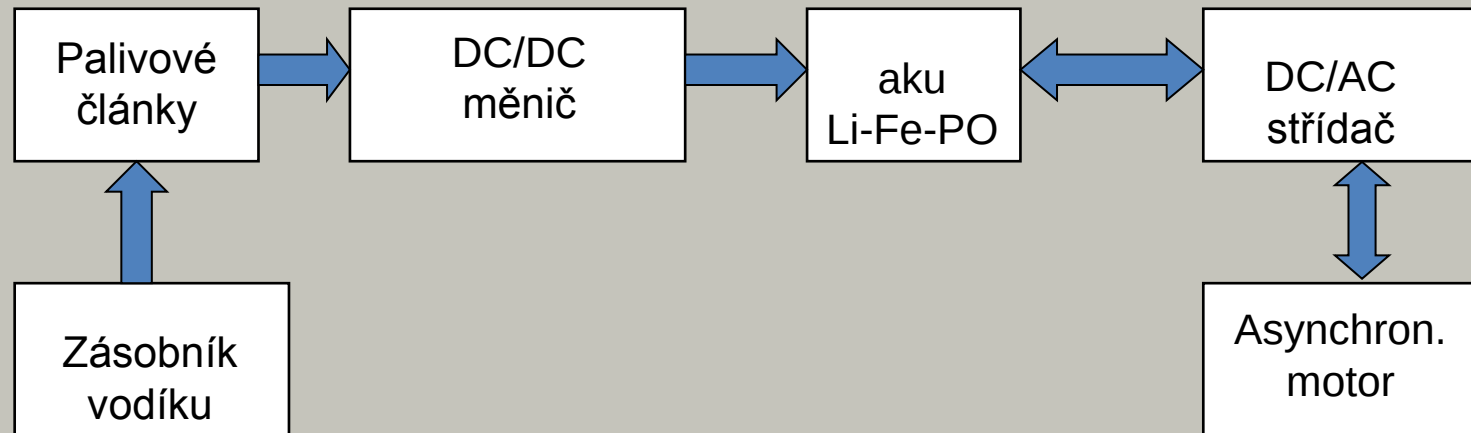
Ekologické aspekty elektromobilismu

- lokální odsun zdrojů znečištění do místa výroby elektřiny
- tepelné elektrárny jako zdroj pro elektromobil – celková bilance znečištění horší než u klasického automobilu
- vodní, větrné a solární elektrárny – ekologický přínos
- atomové elektrárny – sporná otázka

- spalování vodíku ve spalovacím motoru – energeticky i ekonomicky výhodnější než použití elektromobilu s palivovým článkem!
 - ekologický problém – vznik oxidů Nox

Ekologické aspekty nejsou hybnou silou pro současný rozvoj elektromobilismu.

Hybridní elektromobil vodík/LiFePO₄



Elektrický skútr (2002-2003)



Aku: Pb 48V/40Ah
Motor: asynchronní
Nabíječ: 1500W

Výkon:	cca 2kW
Hmotnost:	140kg
Dojezd:	30km
Max. rychlost:	50km/hod
Stoupavost:	15% (jezdec 75kg)



Elektrické kolo (2005)



Aku: Li-ion 28V/40Ah
Motor: asynchronní
Nabíječ: 600W/1,5g

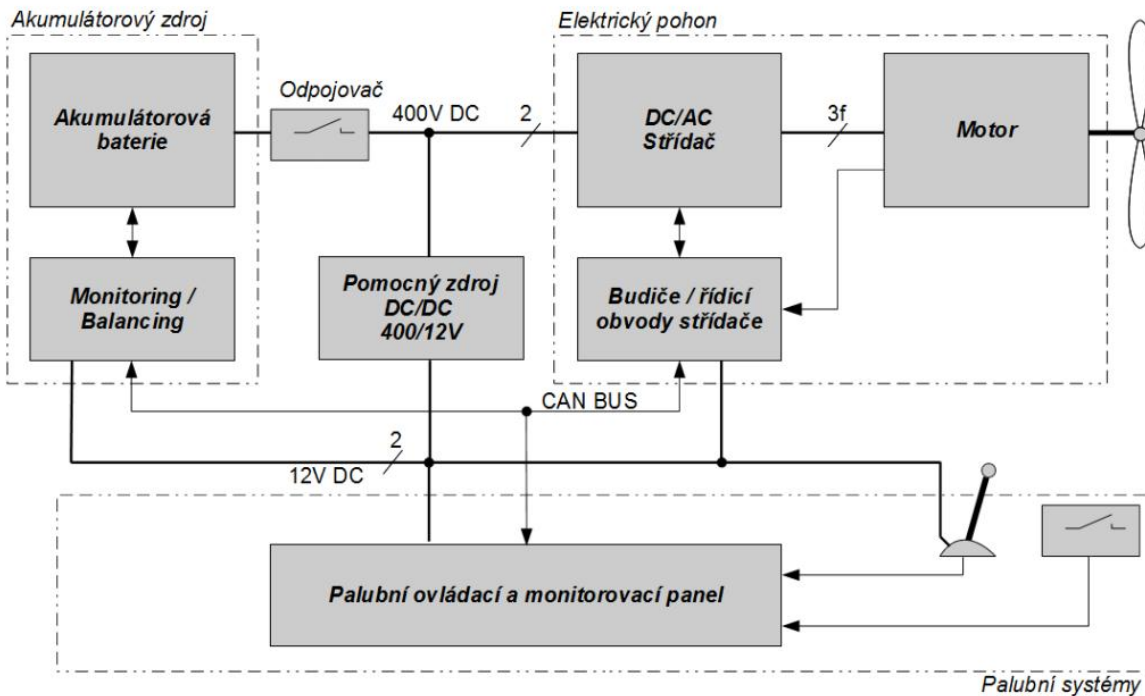
Výkon:	cca 1kW
Hmotnost:	32kg
Dojezd:	70km
Max. rychlost:	50km/hod
Stoupavost:	17% (jezdec 75kg)



Elektrický pohon pro letoun VUT 051 RAY

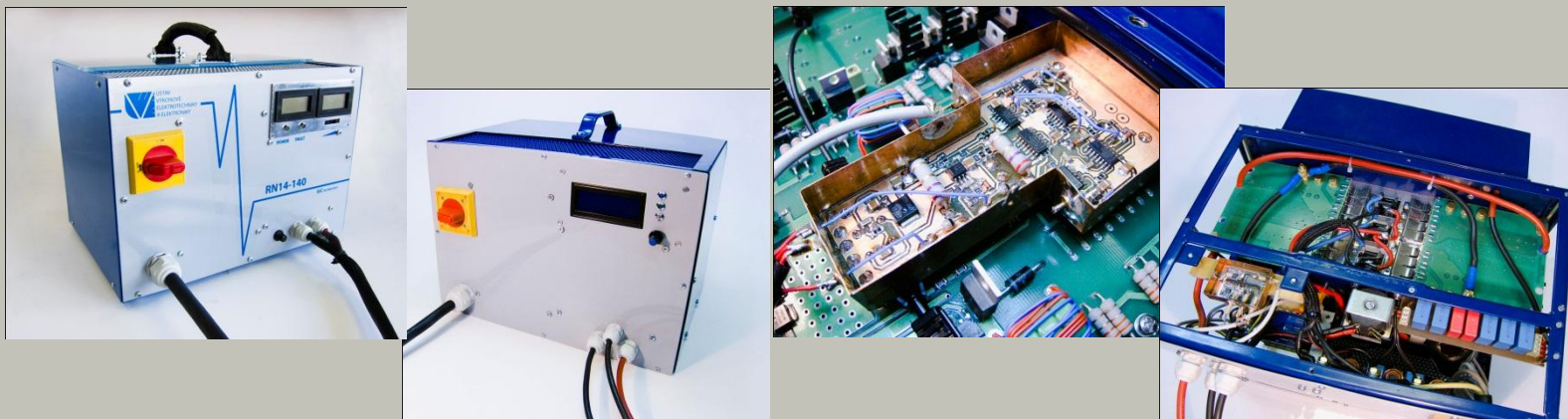
Motor PMSM (55kW)

Akumulátor Li-ion (380V, 100Ah)



Vývojová řada rychlonabíječů pro elektromobily

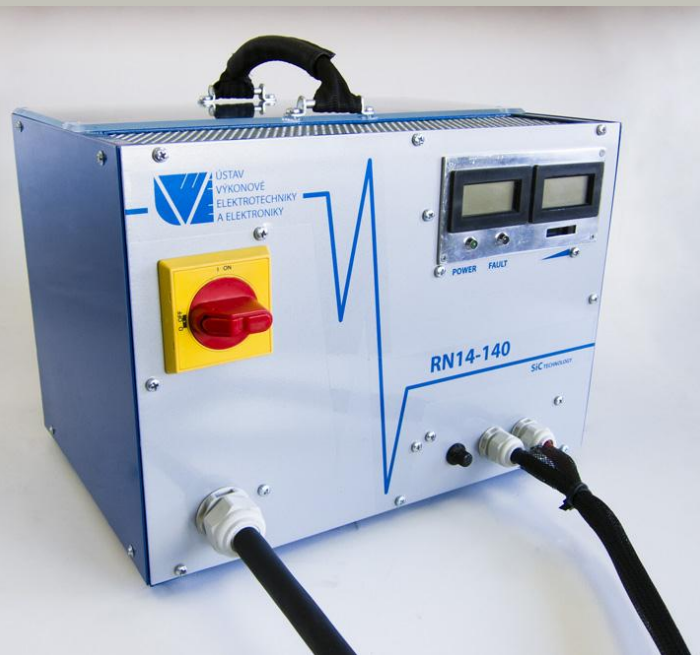
- Výkonné spínané zdroje 14kW, 16kW, 38 (48)kW
- Nezvykle vysoký spínací kmitočet 100kHz → malé rozměry přístroje
- Rychlé tranzistory CoolMOS + ultra-rychlé diody z karbid křemíku (SiC) →
→ malé přepínací ztráty i při velkém spínacím kmitočtu
- Neobvykle velký poměr výkon/hmotnost a výkon/objem
- Přenosné kompaktní přístroje



Vývojová řada rychlonabíječů pro elektromobily

Rychlonabíječ RN14-140

- Maximální trvalý výkon 14kW
- Nastavitelný nabíjecí proud 10/20/50/100A
- Koncové napětí nabíjení 145V
- Kaskádní regulace napětí s podřízenou proudovou smyčkou („CC/CV“)
- Hmotnost cca 23kg
- Rozměry 37x26x35cm



Vývojová řada rychlonabíječů pro elektromobily

Rychlonabíječ RN16-380

- Maximální trvalý výkon 16kW
- Nastavitelný nabíjecí proud 5/10/20/42A
- Koncové napětí nabíjení 380V
- Napěťová regulace spolupracuje s BMS Li-ion trakčního akumulátoru
- Hmotnost cca 23kg
- Rozměry 37x26x35cm



Vývojová řada rychlonabíječů pro elektromobily

Rychlonabíječ RN38-380 (RN48-480)

- Maximální trvalý výkon 38kW (48kW)
- Nastavitelný nabíjecí proud 10/20/50/100A
- Koncové napětí nabíjení 380V (480V)
- Napěťová regulace spolupracuje s BMS
- Hmotnost cca 60kg
- Rozměry 37x26x80cm



Vývojová řada rychlonabíječů pro elektromobily

Další vývoj rychlonabíječů na ÚVEE

- Rychlonabíječ „on board“ (pro zástavbu do vozidla)
- Výkon 45kW
- Vodní chlazení
- Tranzistory SiC

Děkuji za pozornost

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky (FEKT VUT Brno)

Technická 10, Brno

<http://www.uvee.feec.vutbr.cz/>