

OPONENTNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

pana Bc. Radka Vosáhla na téma

„Modelové řízení hybridních pohonů automobilů MHD“

Protože přesné zadání není v práci uvedeno, hodnotím splnění cílů práce na základě anotace.

Práce si klade za cíl na základě analýzy již realizovaných projektů hybridních vozidel ve světě navrhnout vhodný model hybridního vozidla MHD s vyhodnocením dopadů do zátěže životního prostředí. Cca 2/3 práce tvoří přehled a analýza současného stavu techniky ve světě, zbytek obsahuje vlastní návrhy, výpočty a závěry vztahující se k hybridnímu pohonu.

K jednotlivým kapitolám předložené práce mám následující připomínky.

- **Kap. 1 Úvod**
Cíl práce obsažený i v jejím názvu návrh modelu řízení hybridního pohonu se nekryje s jejím obsahem. Pod pojmem model řízení hybridního pohonu bych očekával rozbor energetických toků v obou částech hybridního pohonu a návrh jejich řízení při jízdním cyklu městského autobusu. Práce však obsahuje pouze výpočet výkonu pohonu pro rozjezd a zabrzdění vozidla doplněný o porovnávací výpočet vyprodukovaných emisí.
- **Kap. 2 Zdroje elektrické energie hybridních pohonů**
K přehledu akumulátorů nemám připomínek. Taktéž porovnání superkapacitorů s běžnými bateriemi je přehledné.
Se závěrečným odstavcem na straně 12 však musím polemizovat. Protože měrná akumulovaná energie na 1 kg je u superkapacitorů o 1 řád nižší než u baterií, nemohu je zcela nahradit. Superkapacity se hodí pro hybridní vozidla, u kterých se požaduje pouze rekuperace brzděné energie. Pro čistě elektrický provoz se dosahuje u již realizovaných projektů s instalovanou kapacitou cca 0,5 kWh dojezd pouze několik stovek metrů. U hybridního vozidla s požadovaným dojezdem do cca 5 km s nulovými emisemi jsou nutné trakční baterie o celkové kapacitě min. 20 kWh.
Palivové články přes svou vyšší účinnost oproti spalovacímu motoru jsou prozatím ekonomicky neprůchodné. Cena již realizovaných projektů je o řád vyšší než u konvenčního dieselpohonu.
Setrvačníky, kromě ojedinělých projektů, se přes více než 50 let trvajících pokusů neprosadily.

Dle posledního stavu vývoje jsou stále více používány akumulátory litium – iontové FePO_4 v nevýbušném provedení jak pro hybridní vozidla, tak i pro elektrobusy.

Kap. 3 Analýza modelových řešení

K přehledu jednotlivých koncepcí nemám připomínky. V dílčím závěru je možno shrnout:

- Seriový pohon, zvláště pak s elektromotory v kolech bez použití kuželového převodu ve hnací nápravě (větší mechanické ztráty) je energeticky úspornější pro centra měst se 2÷3 zastávkami na 1 km jízdy.
- Paralelní pohon svou vyšší účinností přenosu je vhodnější pro příměstský provoz.
- Paralelní pohon lze realizovat s poněkud nižšími vícenáklady oproti pohonu sériovému (paralelní hybrid + 35% proti dieselpohonu, seriový + 40%)

Kap. 4 Přehled realizovaných projektů

Dostupné informace jsou pouze technické, ekonomické porovnání zcela chybí, nebo je záměrně zkreslováno. Ekonomické závěry v tomto posudku uváděné vycházejí z porovnávacích výpočtů provedených ve firmě SOR Libchavy.

Mercedes – Benz Citaro G, Blue Tec Hybrid

Dle posledních informací je osazen trakčními akumulátory o celkové kapacitě 27 kWh umožňujících jízdu 3÷4 km s nulovými emisemi. Cena autobusu není prozatím známa.

Solaris Urbino 18 Hybrid

Instalovaná kapacita trakčních baterií je 12÷13 kWh a výrobce nepřipouští jízdu bez chodu spalovacího motoru s nulovými emisemi. Cena systému převodovka – měnič – trakční akumulátory je prozatím příliš vysoká - 180 000 USD, tj. 3,6 mil Kč. Při současných cenách motorové nafty se tyto vícenáklady nevrátí za celý život vozidla (cca 800 000 km).

Volvo 7700 Hybrid

Jde o paralelní hybrid s udávanými vícenáklady cca + 35% oproti konvenčnímu dieselpohonu. Tyto vícenáklady by se vrátily za celou životnost vozidla, pokud by jeden litr motorové nafty stál cca 35 Kč (dnešní cena bez DPH je kolem 20Kč/l).

Dílčím závěrem tedy zůstává, že bez dotační politiky státu jsou z čistě ekonomického hlediska pro provozovatele dosud realizované projekty hybridních autobusů nezajímavé. To se však může s cenovým vývojem nafty, vyšší konkurencí realizovaných projektů na trhu, nebo i zdaněním produkovaných emisí v blízké budoucnosti změnit.

- **Kap. 5 Výpočet výkonu pohonu**

Elektromotor umístěný v kole bez koncového převodu bude velmi těžko realizovatelný z důvodů kolize s běžnou provozní obvykle kotoučovou brzdou. Těž rozsah provozních otáček elektromotoru pro max. rychlost 110 km/hod bude problematický. Dosud realizované konstrukce motorů v kolech mají koncové redukce a max. rychlost 80 km/hod. Např. hnací náprava ZF s motory v kolech pro kloubový autobus Mercedes – Benz má asynchronní motory s koncovým převodem přesahující převodový poměr 20:1. Ve výpočtech potřebných výkonových parametrů motoru postrádám potřebný záběrový moment při rozjezdu do maximálního stoupání. Dále pro dimenzování elektromotoru je třeba znát střední kvadratický moment motoru pro uvažovaný jízdní cyklus.

Kap. 5.2. Energetická bilance

Uvažovat max. zrychlení a zpomalení 2m/s^2 je příliš vysoké a téměř neúnosné pro pohodlí cestujících. U současných trolejbusů jsou realizované hodnoty $1,2\div 1,5\text{ m/s}^2$, přičemž platí, že čím vyšší zrychlení při rozjezdu, tím vyšší spotřeba elektrické energie.

Kap. 5.3. Dílčí závěr

Tvrzení o možnosti úspor energie až 50% je příliš optimistické a nezahrnuje zřejmě všechny reálné ztráty. Dosud realizované projekty dosáhly max. úspor do cca 30%.

- **Kap. 6 Ekologická zátěž**

Jde o silně zjednodušený a tím i málo průkazný výpočet. Limity škodlivin dle norem EURO se vztahují pro přesně definovaný a ustálený režim motoru na motorové brzdě. Režim motoru v městském jízdním cyklu je značně proměnlivý a zvláště při rozjezdu bez podrobných měření je těžko definovatelná produkce škodlivin. Obecně uznávaná metodika výpočtu produkce škodlivin není dosud známá. Lze však s jistotou konstatovat, že produkce škodlivin v konkrétním jízdním cyklu je úměrná spotřebě paliva.

- **Kap. 7 Závěr**

Na základě dříve uvedeného lze konstatovat, že vícenáklady vložené do pořízení hybridního autobusu se za celou jeho životnost nevrátí. Optimistické závěry diplomantovi nevytýkám, neboť jsou poplatné v literatuře uvedeným informacím, které jsou záměrně zkreslené. Znovu je třeba zdůraznit, že bez dotační politiky státu je zavádění hybridních vozidel dosud neprůchodné.

- **Závěr**

Předložená práce je poněkud nevyvážená a je poznamenána obvyklými problémy diplomantů při časovém rozplánování řešení jednotlivých kapitol. Úvodní část práce zabývající se klasifikací pohonů a stavem techniky ve světě je rozpracována v potřebném rozsahu a na dobré úrovni. Naproti tomu kapitoly 5 až 7 jsou poznamenány již zřejmým časovým stresem. I přesto diplomant prokázal schopnost samostatně se zorientovat v dané problematice a metodicky postupně zpracovávat zadané téma práce.

Diplomovou práci pana Radka VOSÁHLA na téma:

„Modelové řízení hybridních pohonů autobusů MHD“

doporučuji k obhajobě a navrhuji ji klasifikovat známkou **DOBŘE**.

V Libchavách 9.6.2009

Ing. Jan Černý
hlavní konstruktér
SOR Libchavy