



## Oponentský posudek na disertační práci Ing. Tomáše Lelka na téma

### *„Návrh a hodnocení kolejových vozidel s hybridními pohony“*

Předložená disertační práce doktoranda Ing. Tomáše Lelka „Návrh a hodnocení kolejových vozidel s hybridními pohony“ je svým obsahem a řešením poplatná současné době spadající do problematiky elektromobility a to nejen v oblasti silničních vozidel, ale i v oblasti kolejové techniky. Práce se zabývá řešením obsluhy na přilehlých neelektrifikovaných tratích, kde se provoz řešil výměnou trakčních vozidel a v současné době u vozidel MHD hybridním pohonem se spalovacím motorem, což z hlediska ekologie a energetické náročnosti není přínosem. Vývoj nových technologií v oblasti akumulacních zdrojů dává možnosti řešení této problematiky hybridním pohonem s přenosem energie sběrač – akumulátor a tato disertační práce je na tuto tematiku zaměřena.

#### **Věcný obsah práce a zvolené metody zpracování**

Disertační práce je svojí strukturou včetně úvodu rozčleněna do devíti kapitol. První kapitola je v podstatě rešerší, kde doktorand analyzuje současný stav s aktuální hybridní technikou ve světě jak u drážních vozidel, tak i tramvají a trolejbusů. Doktorand zde prokázal, že v dané problematice má přehled a je schopen získat potřebné informace. Z tohoto přehledu si vytipoval hybridní vozidlo, jehož parametry budou podkladem pro jeho práci. V druhé kapitole si doktorand stanoví cíl práce, vypracovat metodiku pro zavádění hybridní technologie systému sběrač – akumulátor pro osobní regionální dopravu v podmínkách ČR, která by byla současně i kompletním nástrojem při řešení analýzy, zda li daný úsek elektrifikovat nebo řešit hybridním vozidlem s přenosem energie sběrač - akumulátor. Jádrem práce je třetí kapitola, kde doktorand přistupuje k vlastnímu úkolu k vypracování metodiky pro zadaný úkol. Předem bylo nutno zvolit koncepci uspořádání trakčního obvodu, konkrétně napájení meziobvodu a vřazení trakční baterie, kde porovnává 2 varianty, přičemž podává zdůvodnění výhodnějšího řešení umístění v meziobvodu 750V. Pro simulační výpočty byla vytipována dvouvozová souprava s uvedenými parametry (str. 44), které byly podkladem i s uvedeným empirickým vzorcem pro výpočet měrného jízdního odporu. Zde je nutno připomenout, že k řešení pohybu vozidla a výpočtu energetické spotřeby se dříve používalo grafickopočetních metod, což bylo pracné a nepřesné. Současný trend využívá počítačových simulací, které urychlí vývoj technického úkolu. To byl také hlavní úkol, o který se výsledek práce opírá. Zde je nutno podotknout, že doktorand využil komplexního simulačního modelu, který je vypracován na katedře KEEZ. Navržená koncepce simulačního modelu je na obr. 12. *K tomuto bodu mám připomínku k výpočtu tažné síly, konkrétně k řešení pohybové rovnice vlaku (2), kde figuruje poměrný jízdní odpor  $r_{\text{vlak}}$  respektive  $r_{\text{lok}}$ . Je v programu brána tato hodnota konstantní nebo jako funkce rychlosti. Vozidlo má uvedenou maximální rychlost 160 km/h (str. 44). Na str. 61 je uvedeno při opětovném výpočtu pro experimentální vozidlo, že hodnota měrného vozidlového odporu pro rychlost 20 km/h se bere konstantní.* Pro simulace byly vybrány tratě pro analýzu využitelnosti na střídavé napájecí soustavě 25 kV, 50Hz. Pomocí vytvořeného simulačního programu doktorand provedl analýzu výpočtu jízdních dob, spotřebovaných energií pro uvedené tratě, včetně ekonomických nákladů vozidla se spalovacím motorem s elektrickým přenosem výkonu. Na tomto napájecím

systému bylo nutno dále řešit optimalizaci trakčního transformátoru a navrhnout optimální akumulátorový systém.

Druhým stěžejním úkolem této disertační práce bylo vytvořit algoritmus pro úspornou jízdu, řešit optimalizaci rychlostního profilu. Tento úkol byl reálně řešen na experimentálním akumulátorovém vozidle (modelové tramvaji) za použití vypracovaného programu. Na základě analýzy jednotlivých fází jízdy vozidla z hlediska spotřeby energie, byl vytvořen algoritmus pro optimální jízdní trajektorii vozidla. V jednotlivých podkapitolách jsou navrženy regulační struktury pro vylepšení energetické bilance při použití klasického PSD a PSD regulátoru rychlosti s dopřednou větví. Závěrem této třetí kapitoly je popis algoritmů automatického vedení vlaku. Čtvrtá a pátá kapitola pak shrnuje dosažené výsledky řešení a přínos pro praxi. Devátá kapitola pak obsahuje grafické výstupy snímaných veličin na vytipovaných tratích.

K této kapitole bych měl dotaz: *Jak ovlivní použitý regulátor PSD s dopřednou větví spotřebu energie?*.

Doplňující otázka k obhajobě: *Přicházelo by v úvahu případnou přestavbou doplnit stávající elektrovýzbroj motorových jednotek 440, 640, 650 na hybridní jednotky s napájecím systémem trolej - akumulátor?*

**Po stránce formální** práce splňuje všechny požadavky na ni kladené. Grafická úprava je dobrá, připomínku mám pouze k velikosti písma v grafech. V práci je dodržována správná terminologie, v jednotlivých statích jsou uváděny odkazy na uvedenou literaturu, vzorce jsou číslovány. Dle uvedeného seznamu literatury má doktorand bohatou publikační činnost, zejména vztaženou k jeho disertační práci, kterou publikoval jak na domácích konferencích, tak i mezinárodních konferencích a ve výzkumných zprávách.

**Celkové zhodnocení:** Závěrem lze konstatovat, že předložená disertační práce Ing. Tomáše Lelky „Návrh a hodnocení kolejových vozidel s hybridními pohony“ je plně disertabilní. Stanovený cíl ve své práci doktorand splnil a prokázal hluboké znalosti z dané problematiky. Práce je přínosem pro zavádění hybridních vozidel do provozu ČD a dává další směr k výzkumné činnosti na KEEZ. Vzhledem k celkovému předchozímu zhodnocení disertační práce ji doporučuji k obhajobě a navrhuji udělení Ing. Tomáši Lelkovi titul Ph.D.

V Pardubicích 20.2. 2017

Doc. Ing. Stanislav Gregora Ph.D.

