

Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie
FEL ZČU v Plzni

Posudek oponenta disertační práce

Autor práce: Ing. Vlastislav Elstner

Téma práce: „Energetická bilance v elektrické trakci“

Školitel: prof. Ing. Zdeněk Vostracký, Dr.Sc.

Všeobecná charakteristika disertační práce

Disertační práce Ing. Vlastislava Elstnera je tématicky zaměřena obecně na aktuální problematiku efektivních přeměn elektrické energie. Konkrétně se zabývá energetickou bilancí městské tramvajové trakce. Součástí je také řešení tepelné bilance proudového sběrače, jako hlavního prvku přenosu elektrické energie mezi trolejí a vozidlem.

Z celkových 155 stran obsahu práce se 124 stran týká vlastního řešení, které je rozděleno do 18 kapitol, následuje 12 příloh na 22 stranách. Dále jsou uvedeny seznamy obrázků, použité odborné literatury (38 titulů), vlastních 18 publikací, 10 oponovaných vývojových projektů a seznam míst absolvované odborné praxe.

Práce má všechny formální náležitosti, je vypracována pečlivě a její obsah svědčí o vědecké erudici autora.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Disertační práce Ing. Elstnera představuje komplexní řešení energetické bilance provozu městské elektrické tramvajové dráhy. Autor k řešení vypracoval teorii energetických výpočtů pro kolejová vozidla MHD, kterou aplikoval na reálnou linku č. 4 MHD v Plzni. Energetická bilance je řešena s uvažováním vlivů použitých vozidel bez rekuperace a s rekuperací, při uvažování možností akumulace elektrické energie, vlivu užívaných event. zaváděných různých druhů regulace výkonu, vlivu napájecích a zkratových poměrů a vlivu navržených opatření k zajištění bezpečného provozování trakční sítě a docílení energetické úspory.

Zkratové proudy a jejich vlivy na energetickou bilanci posuzuje autor na základě simulačního modelu vytvořeného v programu Pspice, který umožňuje výpočty přechodových dějů. V práci se autor dále zabývá výpočtem tepelného namáhání proudového sběrače, a to sestaveným modelem pantografu v programu Matlab – Simulink.

Na základě obsahu disertační práce mohu konstatovat, že práce je přínosem pro obor elektroenergetika obecně a pro řešení problematiky elektrické trakce zvláště.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění cíle

Postup k určení energetické bilance městské tramvajové trakce, který s ohledem na její složitost disertant zvolil, považuji za správný. Energetickou bilanci řeší metodou dílčích řešení na základě modelu trakční sítě a modelu tepelné sítě pantografového sběrače proudu. Řešení je doplněno potřebnými analytickými výpočty a výsledky verifikovány konkrétními výpočty a experimentálním měřením.

Na základě obsahu disertační práce, ze získaných výsledků, návrhů a z vyslovených úvah o vlivu zkratů a provedené tepelné bilance pantografového sběrače konstatuji, že disertant cíle disertační práce splnil v celém rozsahu.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu jejího předkladatele.

Výsledky disertační práce, podle mého názoru, přispívají obecně k prohloubení dosavadních poznatků týkajících se energetické bilance tramvajové trakce a detailněji pak energetické bilance bez rekuperace a s rekuperací a dále možností zvýšení účinnosti rekuperace a snížení spotřeby elektrické energie. Další poznatky se týkají využívání simulačních nástrojů k posouzení bezpečnosti trakční sítě s rekuperací.

Za konkrétní přínos disertanta považuji především sestavení a využití simulačního modelu proudové dráhy pantografového sběrače proudu v programu Matlab – Simulink pro výpočty oteplení sběrače. Řešení tohoto modelu umožňuje optimalizovat nejen konstrukční části sběrače, ale i sestavování programu jeho zkoušek a hodnocení výsledků při proměnném provozním režimu i rychlostí jízdy vozidla. Výsledky konkrétního řešení disertant verifikoval provedenou oteplovací zkouškou sběrače.

Vyjádření k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce.

Disertační práce Ing. Elstnera je výsledkem řešení konkrétního vědeckého úkolu se zaměřením na složitou problematiku energetické bilance městské tramvajové trakce při respektování vlivu všech jejích částí a také se zaměřením na možnosti úspor elektrické energie.

Správně zvolenými výpočtovými metodami prostřednictvím matematických modelů i experimentálním měřením autor systematicky řešil jednotlivé části energetické bilance.

Práce je vypracována přehledně, má odpovídající formální i grafickou úroveň.

Je jen na škodu, že celkový kladný dojem z disertační práce narušuje několik drobných, ale i hrubých pravopisných chyb (čárky, překlepy a i/y), které však celkovou velmi dobrou úroveň disertační práce neovlivňují.

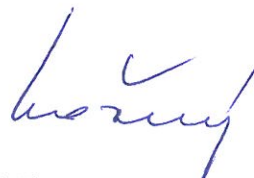
Vyjádření k publikační činnosti disertanta

Autorem uvedený seznam vlastních prací včetně výzkumných zpráv a prací na oponentovaných vývojových projektech spolu s předloženou disertační prací prokazují, že disertant má schopnosti tvůrčím způsobem samostatně vědecky pracovat a dosažené výsledky prezentovat. Publikační činnost disertanta zaměřenou do oblasti řešené problematiky považuji pro splnění požadavků kladených na průběh i zakončení studia v doktorském programu za postačující.

Závěrečné vyjádření k disertační práci

Na základě obsahu výše uvedeného posudku disertační práce konstatuji, že disertační práce Ing. Vlastislava Elstnera s názvem „Energetická bilance v elektrické trakci“ splňuje všechny podmínky dané zákonem č. 111/1998 Sb., § 47 pro její obhajobu a z tohoto důvodu ji

doporučuji k obhajobě.



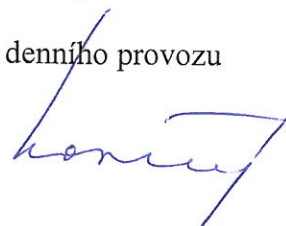
prof. Jiří Kožený

Připomínky a dotazy k obsahu disertační práce Ing. Vlastislava Elstnera:

- kap. 17 – str. 97: Lze výraz 17.2.5 označovat za energii?
- kap. 17 – str. 102: Rovnice 17.4.1. : Co představuje „V“ v rovnici tepelné bilance a v dalších rovnicích na str. 103?
- kap. 17 – str. 107 – 3. řádek shora: Jaký je smysl věty: „Teplotní rozdíl T je vrácen na svorce T“?
- kap. 17.8 – str. 111 je uvedeno: „řazením elementů sítě z obr. 49 do sítě odpovídající obr. 51“ – ale na obr. 51 jsou v práci průběhy $\alpha_k = f(v)$

Dotazy:

- str. 38 : Lze určit důvody, které vedly k nesplnění předpokládaných 20% úspor elektrické energie na lince č. 4 MHD v Plzni?
- str. 53 : Autor uvádí, že „u vozidla s rekuperací při splnění podmínek účinné rekuperace je možno dosáhnout úspory až 53% proti vozidlu s odporovou regulací“, které podmínky by toto umožňovaly?
- str. 68 : Co si lze představit pod „nákladným měřením skutečných spotřeb a úspor přímo na trati“ v souvislosti uváděnými variantami úprav a opatřeními na lince č. 4 MHD?
- Jak se liší tepelná bilance pantografového sběrače proudu při provozu vozidla bez rekuperace a s rekuperací?
- Které prvky a fyzikální veličiny určují rozdíly při sestavování teoretických modelů pantografů pro železniční trakci a trakci MHD?
- Jak by se postupovalo při stanovení výsledné energetické bilance denního provozu např. na lince č. 4 MHD v Plzni?



V Plzni dne 8. dubna 2013

Posudek oponenta disertační práce

Autor práce: Ing. Vlastislav Elstner

Téma práce: „Energetická bilance v elektrické trakci“

Školitel: Prof. Ing. Zdeněk Vostracký, DrSc.

Oponent: doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

Téma disertace sleduje moderní trendy výzkumu v oblasti účelného užití nových pokročilých technologií v oblasti přeměn a akumulace energie se zaměřením na elektrickou trakci a zvláště tramvajovou dopravu.

Téma je pojato komplexně s tím, že některá témata jsou studována podrobněji (např. správné působení ochranných prvků, tepelné dimenzování sběrače).

Autor prokázal nejen rozsáhlé znalosti dané problematiky a schopnost vhodně úlohu řešit, ale i postup a výsledky srozumitelně vysvětlit.

Seznam publikací i práce sama prokazuje schopnost disertanta samostatně vědecky pracovat.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- Přestože autor uvádí důsledně vysvětlení použitých veličin v textu, uvítal bych seznam použitých symbolů.
- V rovnici 17.4.1 je sálání respektováno chybně: pro energetickou bilanci není důležité vlastní sálání tělesa, ale bilance sálavých výkonů. Bilance sálání musí obsahovat v případě dvou šedých těles výraz $\sigma \cdot (T^4 - T_{okoli}^4)$, v případě více sálajících ploch je pak funkcí čtvrtých mocnin termodynamických teplot těles problém lze převést na výpočet součinitelů vzájemného oslání a řešení soustavy lineárních rovnic v jednom iteračním kroku. Tato chyba se však na výsledcích neprojeví, protože v použitém programu je v rovnici 17.5.4 správně rozdíl čtvrtých mocnin termodynamických teplot.
- Jak by se projevíly na oteplovacích křivkách teplotní zisky z dopadajícího slunečního záření? Jak by vypadala jejich implementace do simulačního programu?
- Jelikož použité korelační vztahy nejsou ve tvaru $Nu = k \cdot Re$, resp. $Nu = k \cdot Gr^{\frac{1}{3}}$, závisí součinitel přestupu tepla konvekcí na charakteristickém rozměru tělesa. Bylo to v programu zohledněno, nebo je pro vyskytující se charakteristické rozměry částí sběrače tato závislost nepodstatná?

- Odvození řešení obvodů na stranách 69 a dále je –pokud není uvedeno z didaktických důvodů pro případné použití práce ve výuce- poněkud archaické, moderní PAS systémy spolehlivě obecně tyto rovnice řeší.
- Jelikož časové konstanty elektrických obvodů nejsou tak odlišné od časových konstant plynoucích z pohybových rovnic, bylo by možné řešit tyto děje i simultánně, uvedený bilanční přístup však zcela postačuje a odpovídá tématu práce. Pokud by autor chtěl pokračovat ve výzkumu např. zahrnutím reálných charakteristik akumulátorů, případně i spolupráce akumulátor-superkapacitor-palivový článek, nabízí oponent spolupráci: příslušné modely byly na katedře elektroenergetiky ČVUT-FEL pro řešení dynamiky vodíkového autobusu vytvořeny v prostředí Simulink a Mathematica.
- Tržná délka by v rovnici 4.1.2 by měla obsahovat zrychlení, jaký je správný tvar této rovnice?
- Práci je obsahově, strukturou atd. velmi pěkná. Bohužel chyby ve shodě podmětu s přísudkem a chybné používání čárek narušují celkový velmi dobrý dojem. Doporučoval bych na internetu publikovat verzi po další jazykové korektuře.

Závěry:

- Práci považuji pro obor „Elektroenergetika“ za přínosnou. Přínosná je ovšem i pro teorii a praxi elektrické trakce obecně.
- Výsledky považuji za správné.
- Publikační činnost autora považuji za dostatečnou.
- Graficky –kromě rozlišení přejatých obrázků- a slohově je práce na dobré úrovni, dojem kazí jen bohužel poměrně četné pravopisné chyby.
- Práce je zpracována systematicky a přehledně.
- Cíle jsou splněny bezzbytku.
- Použité metody jsou odpovídající, za přínosné považuji ověření výsledků měřením.

Závěr: Uvedené připomínky jsou převážně formálního charakteru. Ty fyzikálně věcné se vyskytují jen v teoretickém popisu, samotné výpočty jsou správné.

Práce splňuje požadavky na disertační práce kladené. Publikační činnost disertanta a jeho schopnost prezentovat výsledky své vědecké práce na konferencích považuji za velmi dobré. Práci ve smyslu zákona 111/1998 Sb., § 47 *doporučuji* k obhajobě.

V Trutnově 1. 2. 2013

Doc. Dr. Ing. Jan Kyncl



Oponentický posudek doktorské disertační práce

Ing. Vlastislava Elstnera

„Energetická bilance v elektrické trakci“

Aktuálnost tématu a splnění cíle

Doktorská disertační práce Ing. Vlastislava Elstnera je zaměřena na aktuální problematiku úspor energie v elektrické trakci instalací zásobníků energie vznikající v brzdných režimech jízdy.

Obsah a dosažené výsledky práce jsou v souladu s cíly uvedenými v kap. 1.1.

Metodika a postup řešení

Doktorská disertační práce má celkový rozsah 155 stran včetně všech příloh. Samotného textu je 123 stran.

Práce zřejmě uvádí ve zkrácené podobě výsledky řešení řady vývojových úkolů autora pro Plzeňské městské dopravní podniky a další firmy, u kterých byl autor zaměstnán. Jedná se především o návrh, analýzu a zhodnocení koncepce systémů zásobníků energie generované v brzdných režimech vozidel MHD a s tím související problematiku bezpečnosti trakční sítě při poruchových stavech (zkratech) a tepelného dimenzování pantografového sběrače v důsledku jeho zvýšeného zatěžování v režimech zpětných proudů z vozidla do troleje.

Práce je členěna do 18 hlavních kapitol s řadou podkapitol dílčích. Autor nejdříve rekapituluje současný stav hospodaření s energií vozidel se zaměřením na konkrétní vybranou linku MHD v Plzni, uvádí detailní přehled užívaných akumulátorů energie ve světě, principy energetických výpočtů pro kolejová vozidla MHD a vypočtené předpokládané úspory energie u vybrané tramvajové linky v Plzni. Navrhuje možná opatření pro zvýšení účinnosti rekuperace na této lince a následně provádí specifikaci rizik, která mohou přinést do trakční sítě rekuperující vozidla a instalované akumulátory brzdné energie.

Dále autor prezentuje sestavený model trakční sítě pro výpočet zkratových poměrů při rekuperaci a ilustrativní vypočtené výsledky při zkratech za různých podmínek.

V závěrečné kapitole představuje vytvořený matematický model oteplování pantografového sběrače proudu pro posouzení a dimenzování jeho dílů a také verifikaci tohoto modelu provedenými měřeními na zkušebně.

Originální nové poznatky

Zajímavé výsledky a poznatky jsou uvedeny zejména v kapitolách 8-17. Jde o soubor dílčích, ale provázaných poznatků, získaných bezpochyby v průběhu víceletého angažmá autora jako vývojového pracovníka u firem z oblasti trakční dopravy nebo výrobců komponent pro ni. Uváděné výsledky výpočtů, simulací i měření jsou přesně specifikovány včetně vstupních reálných dat a parametrů. Je zřejmé, že autor doktorské disertační práce je zkušeným vývojovým pracovníkem s praxí výpočtáře i analytika, jakož i autora firemních výzkumných zpráv s konkrétně zaměřenými výstupy.

Formální a jazyková úprava práce

Disertační práce obsahuje všechny potřebné náležitosti a nenalezl jsem v ní žádné závažné jazykové prohřešky.

Domnívám se ale, že práce je v důsledku poměrně velkého množství kapitol, obsahujících množství parametrů i faktografických údajů, méně přehledná a čtivá, byť řada odvození, dat i výpisů programů je uvedena až v celkem 12 přílohách.

Publikační aktivita autora práce

Autor uvádí ve své disertační práci spoluautorství na 6 konferenčních příspěvcích, z nichž je 1 zahraniční. Dále je spoluautorem 4 výzkumných zpráv, vypracovaných pro Plzeňský dopravní podnik. Uvádí rovněž seznam projektů (v počtu 10), na jejichž řešení participoval, ale příslušné zprávy a protokoly jsou údajně důvěrné a nepublikovatelné.

Poznámky a náměty do diskuse při obhajobě doktorské disertační práce:

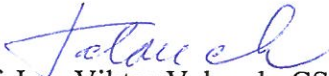
- pokud jde o zaměření a rozsah disertační práce, domnívám se, že méně by bylo více; práce mi připadá poněkud nevyvážená, neboť obsahuje vedle elementárních vztahů a množství faktografického materiálu (souborů parametrů a tabulek ne zcela nezbytných pro práce vědeckého charakteru) také zajímavé a prakticky hodnotné výsledky výpočtů i experimentů; některé zařazené partie a zejména přílohy mají ale malou vypovídací hodnotu, jako např. téměř nečitelný model pantografu v Simulinku, uvedený v příloze 9;

- uvádění čísel rovnic v hranatých závorkách je nevhodné, neboť koliduje se značením literatury;
- rád bych, aby autor disertační práce při obhajobě uvedl a zdůvodnil, kterou z uvedených partií ve své práci, považuje z vědecko-výzkumného hlediska a v kontextu dosavadního poznání za originální a nejhodnotnější.

Závěr

Předkládaná doktorská disertační práce Ing. Vlastislava Elsnera je věnována aktuální problematice a přináší řadu nových poznatků, formálně byla zpracována na velmi dobré úrovni a její základní části již byly dostatečně publikovány. Přes výše uvedené připomínky **doporučuji** disertační práci předložit k obhajobě.

V Praze 17. 1. 2013


prof. Ing. Viktor Valouch, CSc.