

Oddělení pro vědeckovýzkumnou činnost
Dopravní fakulta Jana Pernera
Univerzita Pardubice
Studentská 95
532 10 Pardubice

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Název práce: **Elektronická optimalizace jízdy kolejového vozidla s nezávisle otáčivými koly**

Doktorand: **Ing. Václav Lenoč**

Oponent: **Ing. Petr Voltr, Ph.D.**

Předložená disertační práce na 120 stranách textu a devíti stranách příloh seznamuje čtenáře s prací, kterou autor během svého doktorského studia vykonal. Členění díla odpovídá obvyklým náležitostem odborné práce, nechybí abstrakt, obsah, seznam symbolů a zkratk, seznam literatury ani seznam příloh.

Text začíná přímo uvedením cílů disertační práce, který je jasně a srozumitelně formulovaný. Druhá kapitola je věnována současnému stavu poznání a za základ bere ve velké míře práci dr. Čapka z VÚKV, na kterou doktorand navazuje. Třetí kapitola obsahuje popis metod využitých v disertační práci a zahrnuje podrobné specifikace zkušebního vozidla. V dalších kapitolách (4.–7.) doktorand popisuje vlastní práci – implementaci regulačních algoritmů na zkušební vozidlo, měření na experimentálním vozidlo a jeho výsledky a nakonec měření na skutečném tramvajovém vozidlo v provozu. Osmá kapitola shrnuje dosažené výsledky a vypisuje přínosy disertační práce, opět jasně a výstižně. Text je zakončen stručnějším závěrem.

Text je celkově psán jasně a srozumitelně, avšak některé čtenáře mohou při čtení rušit drobné stylistické nedostatky a jiné jazykové a typografické chyby z nepozornosti. Anglický překlad anotace vykazuje rovněž jisté nedostatky ve skladbě vět i slovní zásobě. Čitelnosti některých obrázků (grafů, schémat) by prospělo zvětšení písma.

Po stránce věcné lze ocenit doktorandův systematický přístup k práci a pohled na problematiku od teorie až k aplikaci. Na začátku je představení konkrétního problému a teorie, která se k němu vztahuje; následují experimentální činnosti na zkušebním zařízení (vozidlo), na něž pak navazuje experiment ve skutečném provozu. Výsledky experimentů jsou doloženy dobře komentovanými grafy s průběhy naměřených veličin. Mohlo by být přínosné do příloh zařadit ještě další výstupy z měření, aby si čtenář mohl prostudovat i jiné průběhy než ty, na kterých se zrovna jednotlivé jevy vysvětlují.

Práce zapadá do širšího kontextu výzkumného projektu, na němž spolupracuje několik institucí, a v této souvislosti vnímám i její přínos. Výsledky mohou být podkladem pro další práci – zmíněna je potřeba dlouhodobého ověřování v provozu. Možná by bývalo stálo za to promyslet a v závěrech zmínit i náměty pro další výzkum – experimentální činnost k dalším teoriím a dalším inovacím, nejen důkladné testování již vyvinutého systému.

Popisovaný současný stav poznání, jak i autor v úvodu druhé kapitoly zmiňuje, obsahuje jednak základy pohybu železničního dvojkolí a volných kol v koleji, jednak teorii vypracovanou dr. Čapkem v jeho disertační práci. To se naneštěstí může jevit jako sdělení, že současný stav poznání týkající se optimalizace jízdy vozidel s volnými koly nezahrnuje nic podstatného kromě běžné mechaniky a jedné disertační práce. Kromě ní se v příslušné kapitole citují pouze zprávy z řešení výzkumného projektu, kde je doktorand spoluautorem. Celkově není seznam literatury příliš pestrý, z velké části je tvořený publikacemi z pracoviště doktoranda a technickou dokumentací. Domnívám se, že vhodnou součástí disertační práce by byl přehled výzkumů provedených i na jiných pracovištích. Navíc množství odkazů na práci dr. Čapka a tramvaj Škoda 15T v textu by mohlo čtenáři vytvářet dojem, že dosah disertační práce nepřekračuje jeden projekt a jedno vozidlo.

Výsledky experimentálních prací dokumentují autorovo úspěšné úsilí při převádění teorie do praxe, bez něhož by jakákoli věda byla marná. Autor sám uvádí, že těžiště práce spočívá v experimentální činnosti. O implementaci řídicích algoritmů a výsledného chování experimentálního vozidla se čtenář dozví mnoho; mohl by ale postrádat větší míru postupů teoretického rozboru a zobecnování, které od ucelené vědecké práce očekává. Nebyla by vhodným námětem k takovému rozpracování třeba metoda detekce konce a začátku oblouku na zkušebním vozidle (s. 64–65), korelace jisté regulační odchylky s příčnou polohou podvozku v koleji (s. 79–90) nebo problém s detekcí oblouku na tramvajovém vozidle vzhledem k jiným relacím rozměrů (s. 94)?

Místy se vyskytují nepřesnosti v pojmech týkajících se mechaniky a teorie kolejových vozidel. Ač z toho zřejmě žádné chyby v další práci nepramení, dovoluji si uvést některé rady pro pozdější použití:

- Veličina nazvaná „kolový tlak“ (s. 9) by se fyzikálně správně měla nazývat „kolová síla“.
- Podstata vlnivého pohybu dvojkolí (s. 15–17) kolem střední polohy v koleji je kinematická. Volné dvojkolí, na kterém se tento problém v textu vysvětluje, „sinusuje“ bez skluzů. Skluzy nastupují, až když je pohyb dvojkolí omezen spojením s rámem vozidla či podvozku.
- Do rovnice (2.1) na s. 16 se nedosazuje kuželovitost ve stupních, nýbrž v radiánech. (Teoreticky správně je to bezrozměrná *kuželovitost–konicita dvojkolí* ve smyslu teorie vozidel, pro malé kontaktní úhly je rovna *kuželovitosti kola* ve strojírenském smyslu.)
- Podvozek, který nese dva díly skříně vozidla (s. 19), se správně nazývá Jakobsův.
- Vztah (2.10) na s. 23 nevyjadřuje správně moment na jednu nápravnici.
- K pohybu podvozku hodnocenému v odd. 6.1.2 (s. 79–80): Jako „sinusování“ se v teorii vozidel obvykle označuje přirozený středící pohyb dvojkolí probíhající hladce bez narážení okolů na boky hlavy kolejnice. Průběh na obr. 6.3 ale spíše nasvědčuje tomu, že dvojkolí využívají celý volný kanál koleje (srv. rozsah na svislé ose tohoto grafu a na vodorovné ose obr. 4.9), v krajních polohách se ostře obrací a mezi nimi se pohybují téměř přímo. To svědčí (podle očekávání) o nepřítomnosti středícího efektu kuželovitých kol, je to sice jízda kolem

střední polohy, avšak „ode zdi ke zdi“. Raději bych proto takové chování nenazýval „sinusováním“.

Prosím doktoranda, zda by v obhajobě mohl zvážit následující dotazy:

- Máte nějaké poznatky o tom, jakým směrem se ubírají výzkumy optimalizovaného řízení pohonů nezávisle otáčivých kol na jiných pracovištích, příp. jaké jsou jejich výsledky?
- Jakým způsobem se zpracovával signál pro poloměr oblouku z GPS? (Konkrétně: jak lze z průběhu v grafu na obr. 6.1 dole, s. 79, vyčíst poloměr oblouku 60 m, který je uveden v textu na s. 78 dole?)
- Na různých místech textu je řečeno, že účinnost navrženého algoritmu u tramvajového vozidla je nižší, jelikož nelze současně zadat požadavek na tah a na brzdu (a mimo jiné tedy při výběhu nelze do řízení zasahovat vůbec). Myslíte, že by bylo možné a účelné řídicí systém upravit, aby tato možnost byla a aby tak vzrostla účinnost optimalizovaného řízení?

Aktuálnost tématu disertační práce

Nezávisle otáčivá kola jsou důležitým prvkem pojezdu moderních tramvajových vozidel. Vývoj této koncepce pojezdu není zdaleka u konce, totéž platí o regulačních systémech, které jsou s ní spojeny, a jejichž rozvoj vyžaduje teoretickou práci i účinné převedení do praxe. Téma disertační práce proto hodnotím jako velmi aktuální.

Metody zpracování disertační práce

Metody použité v disertační práci byly zvoleny přiměřeně vytyčeným cílům, týkajících se zejména experimentálního výzkumu, a vedly k jejich naplnění. Doktorand výborně využil možnosti experimentů na úzkorozchodném zkušebním vozidle i na skutečné tramvaji. Domnívám se ale, že disertační práci by ještě vylepšilo větší využití teoretických postupů a vědeckého zobecňování.

Splnění cílů disertační práce

Cíle disertační práce, shrnuté v první kapitole do pěti bodů, jsou podle autorova tvrzení v osmé kapitole textu splněny. Na základě studia předloženého textu s tímto závěrem zcela souhlasím.

Výsledky a nové poznatky disertační práce

Doktorand ve své práci vyvinul a odladil systém pro optimalizované řízení pohonu nezávisle otáčivých kol na zkušebním vozidle. Algoritmy, které byly jinými autory navrženy teoreticky a testovány simulačními výpočty, dovedl k plně funkční aplikaci na skutečném vozidle. Podrobným experimentálním výzkumem ověřil přínos těchto metod a vyčíslil též jejich vliv na spotřebu energie. Doktorand též vyvinul metodu detekce oblouku (pro přepínání režimů přímá/oblouk) na základě otáček kol, bez nutnosti měření dalších veličin. Tím učinil příspěvek k výzkumu této aktuální problematiky.

Význam pro praxi a rozvoj vědy

Předložená disertační práce má velký přínos pro praxi, neboť v ní autor dovedl teoreticky navržené metody nejen do aplikace na zkušebním vozidle, ale i do fáze testování ve skutečném provozu. Vývojem experimentálního zařízení tak vytvořil podmínky pro mnohá další vědecká zkoumání.

Publikační činnost doktoranda

Doktorand ve své práci uvádí seznam 29 publikací, jichž je autorem nebo spoluautorem, čímž prokazuje, že v tomto směru nedělá čest svému jménu. Většina prací se týká pohonů s volnými koly či konkrétně experimentálního vozidla, některé se zabývají regulací hydrostatického přenosu výkonu. Mezi publikacemi nechybí výstup v mezinárodním periodiku a účast na mezinárodních konferencích. Lze tedy jistě konstatovat, že publikační činnost doktoranda je dostatečná.

Doporučení k udělení titulu Ph.D.

Na základě zhodnocení předložené disertační práce doporučuji po úspěšné obhajobě udělit panu Ing. Václavu Lenochovi titul Ph.D.

V Pardubicích dne 25. února 2015

Ing. Petr Voltr, Ph.D.