

Posudek oponenta disertační práce

Doktorand: Ing. Vojtěch Dybala, ČVUT, fakulta strojní, 2024

Téma: **Metodika eliminace nežádoucích elektromechanických interakcí plně odpruženého pohonu dvojkolí**

Pohled oponenta na aktuálnost tématu DP ve vývoji pohonu kolejových vozidel

Pohon dvojkolí je klíčovým subsystémem kolejového vozidla. Na jeho zdařilosti závisí úspěšnost vozidla. Komplexnost tématu, náročnost teoretických i experimentálních vývojových prací a technologická náročnost výroby v celém subdodavatelském řetězci, vedou k dlouhodobě ustáleným koncepcím, které jsou evolučně zdokonalovány ve vazbě na nové technologické možnosti či nové požadavky či poznatky z provozu. Inovační aktivity pohonu dvojkolí jsou proto zaměřeny nejen na funkčnost a hospodárnost, ale velmi silně i na bezpečnost, spolehlivost a životnost.

Nejen fáze tvorby produktu, tedy náročnost vývojových prací a investičně nákladné výrobní zázemí i složitost subdodavatelských vazeb, ale i fáze užití a údržby produktu, tedy kvalifikace personálu a dílenské servisní zázemí pro provoz vozidel, reprezentují velmi významnou hodnotu. Tu je přirozeně snaha řádně využít. Časový interval od prvotního návrhu trakčního pohonu až po dožití vozidel, která předmětný pohon používají, dosahuje běžně 50 i více let (typicky: 5 let předvýrobní etapy, 20 let aplikace v sériové výrobě, 30 a více let doba provozu).

Je proto logické, že ke změnám v oblasti pohonu dvojkolí se přistupuje velmi obezřetně. To však neznamená pasivní konzervatismus, ale uvážlivou inovační strategii. Části trakčního pohonu, které se v provozu dlouhodobě osvědčují, jsou s respektem ponechávány. Pozornost je upřena na programové inovativní zdokonalování vlastností pohonu, které zvyšují užitečnou hodnotu vozidla. A to jak v oblasti technických parametrů (výkon, rychlost, adhezní tažné a brzděné síly, účinnost, hmotnost, prostorová náročnost, ...), tak v oblasti průřezových vlastností (bezpečnost, poruchovost, udržovatelnost, hlučnost, ...).

Přitom je potřeba vnímat, že jde o elektromechanickou soustavu, ve které nelze ani prostorově ani funkčně oddělovat eklektickou a mechanickou část, ale je nutno je vnímat a řešit společně. A to jak ve statickém, tak zejména v dynamickém přístupu. Přitom v elektrické části trakčního pohonu působí významně nejen přirozené vlastnosti a charakteristiky trakčního motoru (respektive trakčního motoru a polovodičového měniče (pulsního napěťového střídače), který jej napájí, ale i způsob jeho řízení. Tedy operační schopnosti digitálních HW regulačních prostředků a důvtipnosti SW řízení.

SW řízení ovlivňuje nejen témata blízká elektrotechnické kvalifikaci (typicky: elektromagnetická kompatibilita vozidla a kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení, tedy téma frekvenčního spektra zpětných proudů) tak i témata blízká strojní kvalifikaci (typicky: namáhání rotačních systémů torzními kmity či únosnost nalisovaných spojů v provozních či poruchových stavech) a též i témata průřezová (typicky: emise hluku) a témata komplexní (minimalizace rozměrů, hmotnosti a ceny), která byla v nedávné minulosti spojena s rozvojem nízkopodlažních vozidel a následně s přechodem od podvozků s vnějším rámem k podvozkům s vnitřním rámem (pochopitelně u vozidel, kde je to smysluplné).

Téma disertační práce spadá do oblasti společného vnímání mechanické části pohonu, elektrické části pohonu a SW řízení pohonu. Doktorand navázal na předchozí práce, zejména na aktivity Ing. Tomáše Fridrichovského a zaměřil se na analýzu kmitů v elektromechanické HW a SW soustavě. Na základě

matematického modelování identifikoval oblasti vzniku nežádoucího torzního kmitání, popsal je a sledoval možnosti jejich ovlivnění s cílem dosáhnout snížení nežádoucího přídavného mechanického namáhání. V tom je předložená disertační práce pro rozvoj oboru pohonů kolejových vozidel přínosná.

Disertační práce obsahuje i experimentální část. Ta je pochopitelně limitována skromnými možnostmi školního kladkového stavu primárně určeného k edukativním účelům. Avšak stojí za povšimnutí, že experimentem zjištěný strmý přechod mezi adhezním přenosem tečné síly a prokluzováním (v zásadě dva stavy: adhezní přenos vysokých sil bez měřitelné skluzové rychlosti a smykové prokluzování s nízkým a na rychlosti téměř nezávislým součinitelem tření) je pozorován i v reálných podmínkách provozu kolejových vozidel.

Vyjádření oponenta k jednotlivým bodům hodnocení:

1. Dosažení v disertaci stanoveného síle

Vytyčeny byly čtyři cíle:

- *Určení vzájemného působení elektrické a mechanické části individuálního pohonu dvojkolí z hlediska buzení torzního kmitání ...*,
- *Identifikovat projevy vzájemného elektromechanického působení v soustavě trakčního pohonu se zaměřením na negativní ovlivňování jednotlivých komponent vozidla ...*,
- *Návrh opatření ke zmírnění nebo výrazné redukci identifikovaných negativních projevů torzního kmitání v pohonné soustavě individuálního pohonu dvojkolí kolejového vozidla,*
- *Posouzení možnosti experimentálního měření zkoumaných zákonitostí na kladkových stendech FS ČVUT ...*

Všechny čtyři cíle byly dosaženy.

2. Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

V úvodní části práce jsou přehledně a uspořádaně shrnuty dosavadní poznatky. To doktorandovi umožnilo navázat na ně tvůrčím způsobem v dalších kapitolách své práce.

3. Teoretický přínos disertační práce

Práce navazuje na předchozí výzkumné činnosti, propojuje je a rozjí směrem k praktické aplikaci.

4. Praktický přínos disertační práce

Práce popisuje v praxi použitelný algoritmus k identifikaci a posuzování torzních kmitů v elektromechanické soustavě se SW řízením.

5. Vhodnost použitých metod řešení

V práci použité metody řešení odpovídají současné úrovni poznání a aktuální dostupné výpočetní technice.

6. Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Použité metody byly aplikovány vhodně a cíleně jako nástroj k rozšíření poznání o vlastnostech komplexního elektromechanického systému se SW řízením.

7. Prokázání odpovídajících znalosti v daném oboru

Vypracováním předložené disertační práce prokázal doktorand, že v řetězci bakalářského, magisterského a doktorského studia nabyt potřebné znalosti v oboru kolejových vozidel a je schopen

je smysluplně aplikovat při praktickém uplatnění v průmyslu, pro kterou ho školní vzdělání připravovalo.

8. Formální úroveň práce

Práce je napsána přehledně a srozumitelně, strukturována je logicky. Její textová, výpočtová a grafická část jsou v harmonické rovnováze.

K obhajobě doktorské práce na doktoranda navrhuji dvě otázky

- jak lze při návrhu pohonu rozpoznat riziko vzniku významných rezonančních elektromechanických kmitů pastorku?
- jak lze při návrhu pohonu předejít riziku vzniku významných rezonančních elektromechanických kmitů pastorku?

Závěrečné doporučení

Disertační práci doktoranda Ing. Vojtěcha Dybaly na téma Metodika eliminace nežádoucích elektromechanických interakcí plně odpruženého pohonu dvojkolí doporučuji k obhajobě a doporučuji doktorandovi udělení titulu Ph.D. dle zákona č. 111/1998 Sb.

V Praze, 20. 1. 2024

Ing. Jiří Pohl