

OPONENTSKÝ POSUDEK

na doktorskou disertační práci (Ph.D.)

Ing. Václav Lenoč: Elektronická optimalizace jízdy kolejového vozidla s nezávisle otáčivými koly

Předložená disertační práce má 108 stran, rozdělených do devíti kapitol a 9 příloh.

Předložená práce se zabývá problematikou elektronické optimalizace jízdy kolejového vozidla s mechanicky nespřaženými koly podvozku se zaměřením na tramvaje 15T. Zabývá se řízením jednotlivých kol v přímém úseku trati a v obloucích. Cílem disertační práce byl výzkum a rozpracování metod pro optimalizované řízení pohonů nezávisle otáčivých kol v podvozku kolejového vozidla v součinnosti s technickými vlastnostmi reálných elektronických systémů s nespojitým zpracováním informace pro měření i regulaci ve vazbě na reálné traťové poměry. Cílem optimalizace řízení je snížení opotřebení kol tramvaje, kolejnic a snížení nebezpečí vykolejení. Práce je rozdělena do devíti částí, z nichž první tři jsou věnovány cílům a metodice disertační práce a současnému stavu problematiky. Jádrem práce je 4. až 7. Kapitola, které se zabývají návrhem a realizací úzkokolejného experimentálního vozidla, popisu měření na něm, výsledkům a srovnávacím měřením na tramvaji 15T na vybraných trasách v Praze. Osmá kapitola je věnována diskusi výsledů, devátá pak závěrům a doporučením pro praxi. Práce byla zpracována v rámci řešení projektu TAČR „Výzkum jízdních vlastností a řízení pohonů trakčních kolejových vozidel s nezávisle otáčivými koly“ č. TA01030391

Jádro práce spočívá v experimentální části, kdy disertant navrhl a realizoval experimentální úzkokolejné vozítko, které bylo testováno průmyslové dráze mezi Mladějovem a Hřebčí na Moravě. U experimentálního kolejového vozidla byla plně odladěna optimalizace řízení včetně automatické detekce oblouku nebo přímé trati bez použití GPS modulu. Informace o přechodu přímé trati do oblouku je nezbytná pro přechod mezi algoritmy výpočtu přidavného momentu. Vyvinutý algoritmus optimalizovaného řízení umožňuje v přímé trati odstranit či zmenšit trvalé nalehnutí podvozku na jednu stranu kolejové dráhy. Při průjezdu obloukem bylo pomocí algoritmu optimalizovaného řízení dosaženo snížení vodících sil až o desítky procent. To má příznivý vliv na míru opotřebení v kontaktu kolo-kolejnice a pozitivně přispívá k bezpečnosti proti vykolejení. Bylo prokázáno, že z informace o úhlové rychlosti jednotlivých kol je možné rozpoznání příčné polohy podvozku v kolejové dráze. Ověření bylo provedeno mechanickými senzory.

Zkušenosti a postupy, získané z provedených experimentů na experimentálním kolejovém vozidle, byly využity při implementaci algoritmu optimalizovaného řízení na tramvaji 15T. Na této tramvaji byly uskutečněny testy pro ověření funkčnosti navrženého optimalizovaného řízení včetně ověřování snížení opotřebení kol a kolejnic. Výsledky z experimentálního měření prokázaly příznivý vliv optimalizovaného řízení na snížení vodících sil v kontaktu kolo-kolejnice. Procentuální míra snížení vodících sil však nedosahovala hodnot totožných s měřením na experimentálním kolejovém vozidle. Vliv na rozdíl výsledků má styl jízdy, absence optimalizovaného řízení při výběhu a režim při jízdě, kdy dochází k limitaci momentu na nulovou hodnotu. Pozitivním výsledkem je též vliv optimalizovaného řízení na spotřebu trakční energie tramvaje 15T.

Zpracovávané téma je velmi aktuální z hlediska automatického řízení nezávisle se otáčejících kol podvozku tramvaje 15T. To je velmi důležité pro chování podvozku v kolejové dráze ať přímé, či v oblouku a hlavně z hlediska odolnosti proti vykolejení. Touto tematikou se též zabývají

renomovaná světová pracoviště, žádné však tuto tematiku uspokojivě nevyřešilo. Téma práce je tedy zcela v souladu s aktuálním stavem tohoto vědního oboru. Výsledky práce lze využít v oblasti dalších výzkumných projektů a technické praxi.

Disertant si jako hlavní cíl vytkl:

Výzkum a rozpracování metod pro optimalizované řízení pohonů nezávisle otáčivých kol v podvozku kolejového vozidla v součinnosti s technickými vlastnostmi reálných elektronických systémů s nespojitým zpracováním informace pro měření i regulaci ve vazbě na reálné traťové poměry.

Dílčí cíle jsou následující:

- Vyvinout metodu detekce polohy podvozku v kolejové dráze, bez nutnosti instalace dodatečných snímačů v souladu se stávajícím technickým provedením tramvaje 15T.
 - Detekce vzpříčené polohy podvozku vůči kolejové dráze v oblouku.
 - Detekce příčné polohy podvozku vůči kolejové dráze.
- Výzkum vhodných algoritmů a jejich odladění pro snížení vodících sil při průjezdu obloukem prostřednictvím rozdílných momentů pohonů na levé a pravé straně podvozku. Výsledkem vhodného rozvážení je pokles vodících sil.
- Výzkum vhodných algoritmů a jejich odladění pro eliminaci stavu, kdy při jízdě v přímé trati dochází za jistých podmínek u podvozku s nezávisle otáčivými koly k trvalému naléhání okolku ke kolejnici a tím i k nárůstu opotřebením nejen kola ale i kolejového svršku.
- V návaznosti na předchozí cíle je nutné nalezení vhodné metody pro indikaci charakteru trati, která je zapotřebí pro přepínání mezi algoritmem pro přímou trať a oblouk bez použití nových senzorů s ohledem na konstrukci tramvaje 15T.
- Výzkum vlivu algoritmu synchronizovaného řízení na velikost spotřeby trakční energie pro různé modifikace algoritmu řízení přidavného momentu.

Předložená disertační práce všechny tyto vytyčené cíle plně splňuje.

Zvolené metody zpracování rovněž odpovídají vybraným cílům disertační práce. Celá práce je napsána velmi přehlednou a srozumitelnou formou, která svědčí o hlubokých znalostech disertanta uvedené tematiky. Rovněž po grafické stránce je práce na výborné úrovni. Velmi kladně lze hodnotit velké množství provedených experimentů, které byly podrobně zpracovány a vyhodnoceny. Jejich přínos byl rovněž ověřen v reálném prostředí pražské MHD na tramvaji 15T.

Výsledkem práce je návrh a realizace experimentálního úzkokolejného vozítka, které bylo testováno průmyslové dráze mezi Mladějovem a Hřebčínem na Moravě. U experimentálního kolejového vozidla byla plně odladěna optimalizace řízení včetně automatické detekce oblouku a přímé trati bez použití GPS modulu. Tato informace o přechodu přímé trati do oblouku a obráceně je nezbytná pro přechod mezi algoritmy výpočtu přidavného momentu. Vyvinutý algoritmus optimalizovaného řízení umožňuje v přímé trati odstranit či zmenšit trvalé nalehnutí podvozku na jednu stranu kolejové dráhy. Při průjezdu obloukem bylo pomocí algoritmu optimalizovaného řízení dosaženo snížení vodících sil až o desítky procent. To má příznivý vliv na míru opotřebením v kontaktu kolo-kolejnice a pozitivně přispívá k bezpečnosti proti vykolejení. Bylo prokázáno, že z informace o úhlové rychlosti jednotlivých kol je možné rozpoznání příčné polohy podvozku v kolejové dráze. Ověření bylo provedeno mechanickými senzory.

Zkušenosti a postupy, získané z provedených experimentů na experimentálním kolejovém vozidle, byly využity při implementaci algoritmu optimalizovaného řízení na tramvaji 15T. Na této tramvaji byly uskutečněny testy pro ověření funkčnosti navrženého optimalizovaného řízení včetně

ověřování snížení opotřebení kol a kolejnic. Výsledky z experimentálního měření prokázaly příznivý vliv optimalizovaného řízení na snížení vodících sil v kontaktu kolo-kolejnice.

Význam pro společenskou praxi spočívá v podrobné analýze chování podvozku s volně se otáčejícími koly v kolejové dráze. Optimalizací řízení otáčení jednotlivých kol podvozku a řízení momentu bylo pomocí algoritmu optimalizovaného řízení dosaženo snížení vodících sil až o desítky procent. To má příznivý vliv na míru opotřebení v kontaktu kolo-kolejnice a pozitivně přispívá k bezpečnosti proti vykolejení. Bylo prokázáno, že z informace o úhlové rychlosti jednotlivých kol je možné rozpoznání příčné polohy podvozku v kolejové dráze. Ověření algoritmů bylo provedeno v reálných podmínkách MHD v Praze na tramvaji 15T.

K předložené disertační práci mám několik drobných připomínek:

- Jednotky by měly být psány do oblých závorek.
- U jednotek by neměla být používána lomítka, ale záporné indexy.
- Ve významu, uvedeném v disertační práci, má být správně používáno měřicí, ne měřící.
- Na str. 82 má být správně odkaz na Obr. 6.6, ne na Obr. 6.9.

K disertantovi mám jeden dotaz, který se týká volby motorů u experimentálního kolejového vozítka. Proč jste nevybral motory pro pohon kol, u nichž by se reálné otáčky v provozu blížily jmenovitým?

Závěr:

Předložená disertační práce zpracovává problematiku elektronické optimalizace jízdy kolejového vozidla s mechanicky nespřaženými koly podvozku.

Publikační činnost disertanta považuji za plně dostatečnou a týkající se tématu předložené disertační práce.

Všechny uvedené připomínky upozorňují jen na nejasnosti nebo slouží jako podklad pro odbornou diskusi a nijak nesnižují vědeckou a odbornou úroveň předložené práce.

Proto lze závěrem konstatovat, že předložená disertační práce Ing. Václava Lenocha má vysokou vědeckou a odbornou úroveň a splňuje požadavky tvůrčí vědecké práce dle §47 odst. 4, Zákona č. 111/1998 Sb. a prováděcích předpisů pro řízení k obhajobě disertace, a proto ji

d o p o r u č u j i

k obhajobě a po její úspěšné obhajobě udělit disertantovi hodnost Ph.D..



Prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.
Technická fakulta ČZU v Praze
Katedra elektrotechniky a automatizace
Kamýcká 129
165 21 Praha 6

V Praze dne 4. března 2015