

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|------------------------------------|--|
| Název práce: | Over-actuated vehicles energy efficiency evaluation |
| Jméno autora: | Kateřina Hobzová |
| Typ práce: | bakalářská |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Vedoucí práce: | doc Ing. Tomáš Haniš, Ph.D. |
| Pracoviště vedoucího práce: | Katedra řídicí techniky, ČVUT FEL |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Cílem této bakalářské práce je vývoj testovacího konceptu pro vyhodnocení energetických ztrát vozu s více stupni volnosti ovládání. Vedle samotného vyhodnocení jednotlivých výkonových nároků na různých úrovních vozu, je cílem vyvinout koncept umožňující testování s vysokou automatizací, odpovídající přesností a opakovatelností. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> | |
| Studentka zadání splnila ve všech bodech a v plné míře | |

| | |
|---|--------------------|
| Aktivita a samostatnost při zpracování práce | A - výborně |
| <i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i> | |
| Studentka byla velmi aktivní, na dohodnuté termíny chodila připravena. | |

| | |
|---|--------------------|
| Odborná úroveň | A - výborně |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Předložená práce je na dobré úrovni. Kde studentka byla schopna využít znalosti získané během studia, které dále úspěšně rozšířila o informace z literatury a dalších zdrojů. Díky této práci se nám potvrdilo několik předpokladů, které budeme dále rozvíjet. | |

| | |
|---|--------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | A - výborně |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Předložená práce je v anglickém jazyce a plně odpovídá rozsahem a formou. | |

| | |
|---|--------------------|
| Výběr zdrojů, korektnost citací | A - výborně |
| <i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i> | |
| Studentka prokázala schopnost pracovat s literaturou a získat informace z dalších zdrojů nezbytných pro realizaci této práce. | |

| |
|--|
| Další komentáře a hodnocení |
| <i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i> |

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Kateřina se velmi rychle a proaktivně zapojila do naší skupiny, kde byla schopna převzít a navázat na předchozí práce v oblasti vedení po trati, modelování a kontroly trakce. Velmi iniciativně začala pracovat na simulačním prostředí pro potřeby testování jednotlivých stavebních kamenů své práce. Připravila testovací prostředí implementované v Matlab & Simulink, kde bylo nutné vyřešit implementaci jednotlivých testovacích scénářů včetně parametrizace jízdního povrchu pro potřeby μ -jump a μ -split scénářů. Namodelovala dynamiku dvoustopého vozidla pro potřeby verifikace svých výsledků, kterou následně parametrizovala dle našeho experimentálního vozítka. Pro potřeby automatického a opakovatelného měření naimplementovala systém vedení po trati a nízko-úrovňové řízení dynamiky vozu, zahrnující řízení podélné rychlosti, prokluzu jednotlivých kol a nesymetrického rozdělení trakčního momentu za účelem generování stáčivého momentu vozu. Při finálním testování vyhodnocení výkonových požadavků bohužel objevila na poslední chvíli chybu v implementaci modelu pneumatiky, kterou opravila a zcela předělala kompletní návrh jednotlivých řídicích smyček. Nedostatek času pro důkladné naladění jednotlivých smyček se podepsalo především na algoritmech vedení po trati a značně kmitavé odezvě, která lze vidět v sedmé kapitole práce. I přes tento nedostatek lze na výsledných grafech, především obrázky 7.7 a 7.8, vidět potvrzení předpokladů vlivu řízení vozu s více stupni řízení na snížení výkonových nároků.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 26.1.2024

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|-----------------------------------|--|
| Název práce: | Over-actuated vehicles energy efficiency evaluation |
| Jméno autora: | Kateřina Hobzová |
| Typ práce: | bakalářská |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Oponent práce: | Ing. Marek Boháč |
| Pracoviště oponenta práce: | ŠKODA DIGITAL s.r.o. |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|--|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Práce vyžaduje seznámení s modelováním dynamiky vozidel a problematikou sledování cesty za účelem vytvoření a implementace metodiky pro ověření energetické účinnosti. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> | |
| V práci je implementován twin-track model a kinematický model vozidla a na nichž je následně vyhodnocována energetická účinnost, jak požaduje zadání. Nad rámec zadání byly navrženy a implementovány algoritmy pro vedení vozidla po trati pro účely experimentálního ověření metodiky. | |

| | |
|--|----------------|
| Zvolený postup řešení | správný |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> | |
| Navržená metodika pro hodnocení efektivity je správná. Jako vhodná se jeví i zvolená sada experimentů. | |

| | |
|---|------------------|
| Odborná úroveň | C - dobře |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Práce začíná tématikou modelování dynamiky vozidel. Pro simulaci je vhodně zvolen a implementován twin-track model. Pro generování reference pro regulátor zajišťující torque vectoring je využit single-track model. Odvození geometrie natočení kol v rovnicích 3.1 až 3.4 je chybné a uvedené rovnice neplatí. Magic formula uvedená v Eq 3.19 rovněž obsahuje faktickou chybu. | |
| Kromě výše uvedené faktické chyby Eq 3.1 rovnice nemá stejné značení proměnných jako následné rovnice a obrázek Fig 3.3. Obdobné chyby ve značení a popisech proměnných se objevují i v následujících rovnicích 3.15, 7.8 a 7.9. | |
| Výsledky experimentů jsou zatížené kmitajícím regulátorem zajišťujícím příčné řízení a sledování cesty. U části experimentů je proto porovnáváno chování vozidla pouze s podélným řízením a předdefinovaným úhlem natočení kol. Bylo vhodné sekci experimentů doplnit o pohled do x-y roviny s barevnou škálou dle času průjezdu. Grafy výkonu neposkytují vhled do toho, v jakém bodě se nachází vozidlo vzhledem k referenční dráze. Zároveň chyba řízení, která není nikde u experimentů uvedena, může způsobit, že porovnávané výkony nejsou na stejné trajektorii vozidla. Časové osy obvykle začínají hodnotou 2-3 s, což v textu není odůvodněno a vysvětleno. | |
| V diskuzi pod experimenty postrádám zhodnocení účinností jednotlivých strategií řízení. | |

V kapitole 4.3 je popsán nástroj na generování reference ve tvaru „S“ se změnami v koeficientu tření na polovině nebo celé vozovce. Experimentální část však žádný takový experiment proveden není a vliv různých koeficientů tření ani není diskutován ačkoliv jeho volba by byla vhodná. Všechny experimenty byly provedeny za stejných smykových podmínek.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je psaná anglicky. V textu se výjimečně vyskytují překlepy nebo chyby v jazyce jako je nevhodná volba slov nebo frázování. Celkově se práce dobře čte a jednoznačně a dostatečně popisuje danou problematiku.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Autorka řádně cituje a vybrané zdroje jsou relevantní vzhledem k tématu práce. V některých částech práce navazuje a dále rozvíjí práce jiných členů skupiny, což je v textu jasně vymezeno. V seznamu je jedna citace (druhá v pořadí) nekompletně vyplněna, některé online zdroje postrádají (funkční) odkaz.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

V práci jsou aplikované vhodné algoritmy a odpovídající výpočty energie. Práce je komplexní a obsáhlá, ale část navržených experimentů nebyla provedena. Diskuze u experimentální části by mohla být obsáhlejší a samotné experimenty lépe dokumentované a prezentované.

- 1) Většina regulátorů je navržena pro rychlost 5 m/s, čemuž odpovídají i rychlosti při experimentech. Z jakého důvodu byla vybrána právě tato rychlost?
- 2) S jakou chybou vozidlo projede referenční trajektorii? Ovlivňuje tato chyba výpočty výkonu?
- 3) Je řízení pomocí navržených řídicích strategií účinnější?
- 4) Proč nebyl v experimentální části zvolen i jiný smykový koeficient než 0.9?
- 5) Jaké hlavní problémy má příčné řízení a jaké změny navrhuje, aby nedocházelo ke kmitání?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 30.1.2024

Podpis: