

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Optimal control of Mathematical Model of the Electrovehicle
Jméno autora:	Bc. Tomáš Hlinovský
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra elektrických pohonů a trakce
Oponent práce:	Ing. Martin Řezáč, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Porsche Engineering Services s.r.o.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Téma diplomové práce shledávám jako náročnější zejména vzhledem k rozsahu a množství jednotlivých úkolů, kterými se Bc. Tomáš Hlinovský v práci zabýval (
<ul style="list-style-type: none"> - tvorba mat. modelu - implementace modelu v Simulinku a v reálném hardware - návrh plošného spoje – interface - integrace do měřicího systému v VTP Roztoky - návrh optimalizačních algoritmů) 	

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>	
Práce splňuje zadání kompletně.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Vložte komentář.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Po technické stránce je práce na dobré úrovni. Používá aktuální technologie a nástroje používané k návrhu a implementaci řídicích a měřicích systémů. Ovládnutí těchto nástrojů bylo pro Bc. Tomáše Hlinovského klíčové k zvládnutí této práce. Výhrady mám však k práci s odbornou literaturou – viz. <i>Sekce výběr zdrojů, korektnost citací</i>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Práce je psaná anglicky, gramaticky na dobré úrovni. - Typografie – v matematických výrazech jsou použity hvězdičky místo teček jako násobení - Zejména v kapitole 4 se často mluví o proměnné či jiné veličině ale chybí odkaz na obrázek či rovnici, ve které se veličina vyskytuje. To čtenáři stěžuje orientaci v práci. - Kapitola 3 obsahující přehled Elektromobilů je zbytečně obsáhlá. Práci by určitě více prospělo, kdyby místo této kapitoly Bc. Hlinovský více popsal vlastní přínos v jiných kapitolách. 	

Výběr zdrojů, korektnost citací	E - dostatečně
<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</i>	

vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

K použití zdrojů mám několik výhrad.

- V práci se obecně velmi málo pracuje s literaturou. Je zde spousta faktů, zejména v kapitole 2 a 5 ale i dalších, které mohly být podloženy příslušnou literaturou, ale nebyly. V závěrečném přehledu sice nějaká Bibliografie uvedená je, ale v průběhu textu nebyla citovaná, takže vlastně není zřejmé k čemu se vztahuje.
- V kapitole 4 je popsán navržený matematický model elektrického auta. Na toto téma jistě bude v literatuře spousta zdrojů, ale alespoň částečná rešerše zde chybí. Při vytváření matematického modelu se vždy vyplatí se inspirovat v literatuře a případně si tak ušetřit práci.
- Stejná výška jako u kapitoly 4, platí i u kapitoly 7. Byla použita určitá optimalizační metoda, avšak bez jakékoli analýzy stávajících řešení.

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.

V práci nebylo dostatečně dobře vysvětleno, k čemu má být navržený model použit. Pro návrh optimalizačních algoritmů nebo pro Simulaci jízdnicích cyklů ve zkušebně? Zatímco pro optimalizaci je model dle mého názoru příliš složitý a způsobuje tak problémy s výpočetní složitostí algoritmu, pro simulaci je zase naopak příliš jednoduchý – zanedbává např. jevy jako je časová konstanta pohonu (elektrická i mechanická), účinnost při rekuperaci (uvažována konstantní), model pneumatiky, ...)

V práci dochází k záměně pojmů matematický (dynamický model) se Simulinkovým modelem. Model je zde popisován jako simulinkový model. Simulinkový model by však měl být spíše vnímán jako implementace matematického modelu v daném programovacím jazyce – ne jako samonosný popis dynamického systému. Tedy v kapitole 4 bych více očekával matematický popis modelu, než popis Simulinkového modelu.

V kapitole 7 Bc. Tomáš Hlinovský popisuje navržený algoritmus optimalizace celkové spotřeby, při průjezdu dané trajektorie. K řešení použil funkci $fmincon$ z Optimization Toolboxu v Matlabu. Síla této funkce spočívá v tom, že ji lze aplikovat téměř na libovolný nelineární optimalizační problém. Je to však zároveň i její nevýhoda. Při použití funkce na takto složitém modelu s takovým množstvím proměnných (délka vektoru rychlostí) funkce nedává příliš dobré výsledky a časově je samozřejmě velmi náročná. Pro zlepšení výsledků by jistě pomohlo, podařilo-li by se problém (model) redukovat tak, aby nebyl takto složitě nelineární a obsahoval tolik proměnných. Např. optimalizovat přes typizované úseky s konstantním sklonem vozovky a konstantní rychlostí v úseku, případně také analyzovat jaké jiné přístupy řešení této optimalizace se prosazují v literatuře. V práci z mého pohledu také chybí nějaké zamyšlení nad dosaženým výsledkem. Optimalizovanou proměnnou byla rychlost vozidla v čase a kritériem byla celkově spotřebovaná energie. Chybí zde nějaký komentář proč se výsledná rychlost tolik mění (obr. 7-5), když se vlastně jednalo jen o jízdu do kopce (obr.7-1).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

I přes množství dílčích výhrad k práci, je v celkovém hodnocení práce nutné přihlídnout k velkému rozsahu práce. Bc. Tomáš Hlinovský se ve své práci zabývá tvorbou matematického modelu, jeho implementací v řídicím systému, také návrhem hardware, propojením se stávajícím měřicím zařízením ve VTP Rožtoky, tak návrhem optimalizačního algoritmu. Je třeba zdůraznit, že každý z těchto úkolů by mohl vydat na samostatnou práci. Je

proto pochopitelné, že se tak dílčím úkolům nemohl věnovat tolik do hloubky jak by si daný úkol třeba zasloužil (např. návrh optimalizačního algoritmu). Hlavním negativním argumentem v mém hodnocení je velmi slabá práce s literaturou. Hlavním pozitivním je rozsah práce a možnost jejího budoucího využití na simulátoru v VTP Rožtoky.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Otázky:

- 1.) Na str.46 píšete “Switch with the zero condition is there because the PI controller is not ideal and creates a delay and steady state error”. Můžete přesněji popsat např. pomocí jiného pomocného schématu o jaký switch se jedná (z přiložených obrázků to není zřejmé) a jak switch pomáhá k řešení problému. Dále detailněji vysvětlíte, proč PI regulátor v tomto případě pracuje resp. nepracuje s regulační odchylkou. Pokud vše správně chápu jedná se o soustavu jejímž vstupem je moment, výstupem otáčky a soustava případně obsahuje tření.
- 2.) Na str. 41 a 42 a v obrázku 4-1 popisujete základní rovnice auta na nakloněné rovině. Můžete zrevidovat obrázek 4-1 a ukázat, kde je správné působíště sil Fair a Facc a Froll, a kterým směrem působí síla Froll. Můžete dále opravit rovnici (9).
- 3.) Na straně 47 píšete: „Gain block labelled as EnRecoveryEff is a constant efficiency of energy recovery during regenerative braking. This is the place where the battery model could be“. Můžete podrobněji popsat jakým způsobem pracujete s účinností motoru, invertoru a baterie při rekuperaci i rozjezdu. Je to skutečně tak, že v daném místě by měla být účinnost baterie a ne účinnost Motoru/invertoru při rekuperaci. Neměl by být model (účinnosti) baterie jinde v modelu, ale v obou režimech (zrychlení i rekuperaci).

Datum: 28.5.2015

Podpis: