

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh řídicí jednotky paralelního hybridního vozidla
Jméno autora:	Bc. Petr Kohel
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Josef Morkus, CSc.
Pracoviště oponenta práce:	Centrum vozidel udržitelné mobility JB

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Předmětem práce je návrh a program pro optimalizaci řízení pohonu hybridního vozidla s topologií P2 a POP4 se stupňovou převodovkou.	

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>	
Zadání je splněno v plném rozsahu.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Práce má logickou strukturu od rešeršní části přes popis metodiky po vlastní návrh řídicího algoritmu a několik závěrečných testů programu. Většina vstupních a limitních hodnot je zadávána formou parametrů, což umožňuje snadné přizpůsobení konkrétnímu vozidlu a testování citlivosti na jejich změny.	

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>	
Práce má vysokou odbornou úroveň. Úvodní část práce se zabývá popisem jednotlivých druhů hybridního pohonu vozidel a topologií umístění elektromotoru. Tato část je napsána přehledně a výstižně, mám k ní jen několik drobných poznámek: <ul style="list-style-type: none"> - i v topologii P1 je obecně možný čistě elektrický pohon při nízkých výkonech, ovšem s nevýhodou protáčení SM - účinnost přenosu energie max. 55% u sériového hybridu se zřejmě týká jen určitého provozního režimu - doporučuji rozlišovat paralelní RE (hybridní elektromobil) s možností připojení SM k pohonu nápravy a sériový RE, kde je SM určen jen pro dobíjení baterie Další část se věnuje popisu metod řízení hybridního pohonu s rozdělením na heuristické, optimální a sub-optimální. Popis je opět výstižný, byť u jednotlivých metod nevyvážený, chybí pouze genetický algoritmus. Na str. 22 je překlep, u plug-in hybridu nebude SOC stejný na začátku a na konci trasy. U popisu sub-optimálních systémů si autor částečně odporuje tvrzením, že nepotřebuje znát budoucí jízdní profil a následně sem zahrnuje prediktivní řízení. Podrobně je v této části popsána metoda prof. Macka (resp. její lokální úroveň), založená na stanovení optimálního rozdělení výkonu mezi SM a EM s využitím regresního popisu charakteristik obou motorů. Na této metodě je pak založen celý další postup, který se zabývá jednotlivými stavy HYPO a návrhem strategie jeho řízení. Vlastní řešení spočívá ve zpracování modelů uspořádání pohonů P2 a POP4, modelů jednotlivých agregátů a jejich řídicích jednotek v prostředí programu GT. Řídicí algoritmus je napsán formou sad heuristických podmínek v programu Matlab/Simulink, který je pak s GT propojen. Strategie řízení je rozdělena do 6 oblastí na základě SOC, požadavku na dobíjení a parametru rozdělení výkonu U_{SM} . Na základě heuristických podmínek se pak vybere jízdní režim (elektrický, hybridní, boost nebo SM) a optimální převodový stupeň. K této části nemám zásadní připomínky. Jen v kap. 4.1 je překlep, pro konvenční	

pohon má být $U_{SM} = 1$.

V závěrečné části jsou ukázány výsledky několika testů, jednak ověřujících funkčnost programu a jednak ukazujících vliv nastavení vybraných parametrů na výsledky. Jen mi není zřejmé, proč u jednotlivých nastavení není shodný vstupní SOC, což může výsledky ovlivnit.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Práce je napsána přehledně a srozumitelně, prakticky bez chyb, autor celkem úspěšně zvládl i komplikovaný popis použité metodiky řízení. K textu je připojena řada příloh. Orientaci ve vztazích by prospěl seznam symbolů, který chybí.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.

Seznam zdrojů obsahuje 28 vesměs cizojazyčných položek, na které jsou v textu uváděny odkazy.

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 případě pokračování a navazujících prací doporučuji:

- zahrnout nastavitelný stupeň rekuperace
- u topologie POP4 nepoužívat fixní rozdělení výkonu mezi oba elektromotory, ale volit poměr jejich výkonů tak, aby oba pracovaly pokud možno v optimální oblasti. Fixní rozdělení a využití PO jen pro dobíjení může být příčinou poněkud horších výsledků v porovnání s topologií P2.
- u řazení převodových stupňů zavést hysterezi aby nemohlo docházet k cyklickému přeřazování tam a zpět
- u geometrického odstupňování převodů není vhodné volit konstantní řadicí otáčky
- stálý převod elektromotoru nemusí pokrývat celý rozsah rychlostí vozidla, EM může být odpojitelný

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.

Na této práci vysoce hodnotím systémový přístup, zvládnutí náročné metodiky řízení a funkční program.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

a doporučuji:

- ve vývoji této metodiky pokračovat se snahou o optimalizaci na globální úrovni včetně řízení chladicího okruhu
- publikovat tuto aplikaci použité metody řízení HYPO a její výsledky
- navrhnout tuto DP na ohodnocení ve Zvoníčkově nadaci

Otázky:

- jak jsou ve výpočtu parametru U_{SM} zahrnuty účinnosti předchozího dobíjení a budoucího vybíjení v rovnicích 13 a 20 ? Tyto účinnosti mohou tento parametr výrazně ovlivnit.
- jaký převodový stupeň je zařazen ve stavu 2, tj. při rekuperaci? Volba tohoto stupně ovlivňuje účinnost generátoru.

Datum: 20.8.2019

Podpis: ing. Josef Morkus, CSc.