

Vyjádření školitele prof. ing. Jana Macka, DrSc., k doktorské práci Ing. Ivaylo Brankova Hybrid Vehicle Powertrain with Range Extender

Ing. Ivaylo Brankov zpracoval doktorskou práci na téma Hybrid Vehicle Powertrain with Range Extender při souběhu svého doktorského studia se zaměstnáním ve Škoda Auto a.s. Zde pracuje jako konstruktér a výpočtář v Technickém vývoji. Kombinované studium je vždy velmi náročné a v případě uchazeče bylo dále komplikováno od r. 2020 probíhající pandemií a uzávěrou university Nicméně, kontakt se školitelem byl ze strany doktoranda přerušen již v roce 2018, kdy složil státní doktorskou zkoušku.

Doktorand navázal na již provedené práce dalších pracovníků Centra vozidel pro udržitelnou mobilitu a na spolupráci s Gamma Technologies, Inc., tvůrce 1D programu GT Suite, jehož moduly byly v práci zčásti využity. Dále byl v tomto období informován díky presentacím výsledků o dalších pracích v oblasti částečné automatizace konstrukčních prací a optimalizace hybridních pohonů i samotných spalovacích motorů pro ně na školicím pracovišti.

Teprve tři týdny před posledním možným termínem uchazeč předložil návrh práce školiteli v době letních prázdnin. Proto bylo možno provést jen nezbytné úpravy v uspořádání práce, ale nezbyl čas na její nutné obsahové zlepšení ani doplnění publikací ke konferenčním vystoupením, zejména v Bulharsku a Polsku.

Práce je uspořádána přehledně a vcelku výstižně konstatuje dosažený stav poznání, i když se přitom opírá o poměrně málo zdrojů a využívá spíše knižních publikací, v nichž jsou poznatky publikovány vždy s jistým zpožděním. Cíl práce je možné chápat jako dostatečně zobecňující, ale v práci nebylo toto zobecnění explicitně konstatováno a metodika byla testována jen na jednom zvoleném příkladu existující konstrukce. Ke kladům práce patří to, že je psána vcelku dobrou angličtinou. Text by bylo ovšem možno zestručnit, protože často opakuje všeobecně známá fakta na úkor konkrétních údajů, zejména o výsledcích.

Práce má mít za cíl vzájemné propojení a potřebný doplňující vývoj metody pro včasnou předběžnou optimalizaci prodlužovače dojezdu elektromobilu, spočívající na iterativním spojení parametrické konstrukce spalovacího motoru a jeho termodynamické optimalizace pro specifický provoz v systému start-stop při potřebě dobít baterii sériově uspořádaného hybridu.

Optimalizační kritéria a okrajové podmínky jsou v práci jen naznačeny. Vedle dosažení požadovaného výkonu a minimální (nebo alespoň omezené) spotřeby paliva by mělo jít o minimální hmotnost (mimo rámec práce i cenu) agregátu motor-generátor při dosažení potřebného vibračního a hlukového komfortu i celkových sledovaných emisí škodlivin. V podstatě dvoukriterální optimalizaci (hmotnost, spotřeba) by bylo možné uzavřít optimalizaci celkové spotřeby energie při jízdě vozidla, např. v testovacím režimu. K tomuto naplnění cíle by práce měla alespoň naznačit cestu, která vyžaduje doplnit k výše uvedenému modely generátoru, řídicí elektroniky a nabíjení baterie s příslušným modelem řízení celé hnací jednotky do patřičně upraveného modelu celého vozidla.

V oblasti konstrukce motoru a její optimalizace se práce soustředila jen na centrický klikový mechanismus řadového motoru, ač se v této oblasti nabízí nejen posouzení vlivu excentricky uložené kliky, ale též řešení s uspořádáním válců do V nebo plochého motoru s protiběžnými písty. Tato řešení by mohla mít nepříznivý vliv na hmotnost i cenu motoru, ale zjednodušila

by jeho uložení vozidla, jehož posouzení – alespoň v náznaku - v práci chybí. V tom by ostatně měl být smysl dynamických výpočtů klikového mechanismu.

Vynechání byť hrubě provedené konstrukce hlavy a bloku válců s klikovou skříní (o níž v práci zmínky jsou) znemožnilo pak odhad hmotnosti, důležité pro posouzení celkové hmotnosti baterie+prodlužovače dojezdu.

Další chybou je nerespektování fyzikálních omezení pro konstrukci motoru – při optimalizaci poměru vrtání/zdvih se musí fixovat střední pístová rychlost, nikoli otáčky, a vrtání motoru se musí pro předběžně fixovaný střední užitečný tlak určovat z plochy pístu, nikoli objemu válce. V práci správně zdůrazněná výhoda podčtvercového uspořádání by pak byla spojena ještě s rychloběžnějším, tudíž lehčím generátorem.

V termodynamické optimalizaci provedené racionálně ve zvoleném komerčním produktu GT Suite chybí zcela popis modelu hoření, jehož správná prediktivní funkce je při změnách poměru vrtání/zdvih velmi důležitá, modelu klepání a optimalizace kompresního poměru (který je pojímán jen jako geometrický parametr) i předstihu zážehu. Zcela chybí zmínky o optimalizaci časování ventilů a ladění sacího systému, který pro motor o stálých otáčkách může dosažené výsledky zásadně ovlivnit. Možná byly tyto faktory vzaty v úvahu, ale práce je nerozebírá a pouze konstatuje, že zevrubná optimalizace je náročná.

Práce sice naznačuje možnosti posouzení celkové spotřeby energie i porovnání řídicích algoritmů pro energetiku jízdy v podrobném modelu GT Suite, obsahujícím i elektrickou část, ale tato kapitola předchází před samotnou analýzou konstrukce motoru a tudíž nemohla využít jejích výsledků. Místo nich je simulován na základě literárních údajů motor BMW 3 i.

V závěrech chybí zhodnocení splnění cílů práce a jejich publikace, případně ohlas na ně.

V námětech pro další výzkum jsou velmi stručně zmíněny závažné okolnosti provozu prodlužovače dojezdu, týkající se regulace v systému start/stop a s ním spojených teplotních změn, ovlivňujících jak nízkocyklickou únavu dílů, tak dosažené průměrné emise škodlivin. To vyžaduje model tepelného řídicího systému. K těmto navazujícím analýzám, které přesahují rozsah cíle práce, by práce mohla poskytnout cenné podklady, o kterých by bylo dobré zmínit se na příslušných místech práce.

Části práce byly publikovány na motorářských konferencích tuzemských i zahraničních i na ně navazujících časopisech ve východní Evropě.

Doktorand osvědčil během svého studia a při zpracovávání práce své schopnosti vývojového pracovníka. Práce je jistě založena na velkém objemu výzkumně vývojových aktivit a obsahuje cenné informace, které však nebyly explicitně prezentovány. Bylo by škoda nevyužít je. Pro toto využití výsledků doporučuji ve smyslu zmíněných připomínek práci doplnit a upravit. Další publikace by mohla toto doplnění reflektovat.

Práci mohu tedy doporučit k obhajobě jen po úpravách a případném doplnění publikací.

Praha 24. 8. 2021