

O p o n e n t n í p o s u d e k

disertační práce Ing. Tomáše Zvolského:

Elektronické ovládání ventilů pístového spalovacího motoru

Předložená disertační práce obsahuje 122 stránek textu včetně velkého počtu obrázků a tabulek, seznam použité literatury, seznam publikační činnosti a 19 příloh. Je rozdělena do několika částí a je zaměřena na problematiku elektronického ovládání ventilů pístových spalovacích motorů. Cílem práce je stanovení přínosu elektronického ovládání ventilů v porovnání s konvenčním vačkovým rozvodem a na vyčíslení energie potřebné pro pohyb ventilů a její možné úspory.

V úvodní části autor vysvětluje snahu konstruktérů dosáhnout co nejlepších provozních vlastností spalovacích motorů, tj. vysoký výkon, vysoký točivý moment v širokém rozsahu otáček, minimální spotřebu paliva a co nejnižší emise výfukových plynů. Jedním ze způsobů docílení těchto požadavků je použití variabilního časování ventilů s využitím elektronického ovládání ventilů, které nemají pevnou mechanickou vazbu na klikový hřídel.

Druhá, rešeršní část (kapitola 3), podává velmi podrobný přehled o současném stavu řešení způsobů časování ventilů. Věnuje pozornost systémům s pevnou vazbou na klikový hřídel, která umožňuje proměnný zdvih ventilu, dále se zabývá pneumatickým, hydraulickým, elektromagnetickým, elektrodynamickým ovládáním ventilů a ovládáním prostřednictvím elektromechanického pohonu s nelineární mechanickou transformací. Pro možnosti porovnání příkonů je pro jednotlivé systémy stručně popsána možnost výroby příslušných medií, a to stlačeného vzduchu, tlakové kapaliny a elektrické energie. V souhrnu na konci kapitoly jsou rozebrány výsledky vycházející z provedené rešerše.

V následující kapitole doktorand provádí vlastní analýzu energetické bilance u všech uvedených způsobů řízení chodu ventilů. Zabývá se vlivem tvaru zdvihu ventilů na maximální moment a výkon motoru, pumpovními ztrátami a odstraněním škrticí klapky, mechanickými ztrátami rozvodového mechanismu s pevnou vazbou na klikový hřídel, vlivem tlaku výfukových plynů u klasických rozvodů a dále podrobuje analýze pneumatické, hydraulické, elektromagnetické, elektrodynamické ovládání ventilů a elektromotorem poháněný vačkový mechanismus. Na základě vlastní analýzy vybral posledně vyjmenovaný z hlediska energetické bilance a možnosti řízení v širokém rozsahu parametrů jako nejvýhodnější. V následujících kapitolách, které tvoří stěžejní část disertační práce, se tímto způsobem ovládání vačkového mechanismu podrobně zabývá.

Pátá kapitola se věnuje uspořádání aktuátoru elektromotorické vačky, který navrhnul autor této práce jako originální řešení. Složitý sesmodromický systém ovládání ventilu nahradil standardním ventilovým mechanismem s vracením ventilu pomocí klasické pružiny. Je popsáno konstrukční uspořádání tohoto systému, navržen předběžný matematický model a k němu sestaveny rovnice pro elektromotorem poháněné vačky. Na základě výpočtů pomocí těchto rovnic jsou zobrazeny průběhy některých základních veličin charakterizujících pohyb vačky.

V šesté kapitole je nastíněna příprava systému elektromotorické vačky pro následné experimenty a verifikaci. Je popsán mechanický systém s pohonem, návrh tvaru vačky, hardware řídicího systému a software pro řízení včetně regulace.

Následující kapitola se zabývá vlastním měřením systému ovládání elektromotorické vačky. Nejprve je popsán celý měřicí systém pro měření na zkušebním vzorku s popisem jednotlivých přístrojů a jejich zapojením do měřicího řetězce, dále pak provedená vlastní

měření, a to částečného zdvihu ventilu, maximálního zdvihu ventilu pro režim otáčení vačky dokola, příkonu samotného elektromotoru s měničem, útlumu systému po vypnutí pohonu a účinnosti měniče napětí.

Na základě provedených měření doktorand v osmé kapitole upravil a rozšířil matematický model. Úpravy a rozšíření se týkaly zejména modelu pružiny, valivého odporu, tření, účinnosti elektromotoru a účinnosti řídicí jednotky. Výsledky měření byly potom verifikovány s upraveným matematickým modelem. Dále byl na základě simulace zjištěn energetický přínos systému elektromotorické vačky, vliv zdvihu ventilu na výkon motoru a porovnán systém elektromotorické vačky se systémy s přímou mechanickou vazbou ovládání ventilů na klikový hřídel.

V deváté kapitole autor shrnuje cíle své disertační práce a hodnotí dosažené výsledky. V poslední kapitole navrhuje doporučení pro další možné práce v této oblasti výzkumu.

Z předložené disertační práce lze usuzovat, že se doktorand problematice elektronického ovládání ventilů pístových spalovacích motorů zabývá dlouhou dobu a je s touto problematikou dobře seznámen. Hledání optimálního řešení způsobů časování ventilů z hlediska dosažení co nejlepších provozních vlastností spalovacích motorů, tj. vysokého výkonu, vysokého točivého momentu v širokém rozsahu otáček, minimální spotřeby paliva a co nejnižších emisí výfukových plynů, a současně minimální energie potřebné pro pohyb ventilů, přisuzuje této práci značný význam.

Doktorand na základě dostupné literatury provedl velmi obsáhlou rešerši, kterou ještě doplnil vlastní analýzou energetické bilance u všech uvedených způsobů řízení chodu ventilů. Na základě této analýzy vybral jako nejvýhodnější systém ovládání prostřednictvím elektromechanického pohonu s nelineární mechanickou transformací. Navrhnul originální řešení uspořádání aktuátoru elektromotorické vačky. Využil svoje obsáhlé znalosti mechaniky, elektrotechniky a elektroniky k vytvoření vlastního matematického modelu popisujícího kinetické a kinematické veličiny tohoto systému a umožňujícího optimalizovat parametry. Zhotovil funkční vzorek aktuátoru elektromotorické vačky včetně řídicí elektroniky a potřebného software. Na základě výsledků měření provedl verifikaci s vytvořeným matematickým modelem, z níž vyplývá, že model velmi přesně koresponduje s provedenými měřeními. Přínosem pro obor lze považovat nejen autorovo originální řešení, ale též vlastní důkladná analýza způsobů řízení chodu ventilů.

Předložená práce je přehledná, po formální úpravě a jazykové stránce je na výši. Obsahuje značné množství obrázků, tabulek, grafů a příloh, které pomáhají dobře k pochopení textu. Několik málo překlepů a drobné stylistické nepřesnosti nijak nesnižují úroveň práce.

Publikační činnost doktoranda je obsáhlá, obsahuje 14 příspěvků na konferencích (z toho 6 jako autor, zbytek jako spoluautor), 6 funkčních vzorků, patentů a funkčních vzorků jako spoluautor a 19 výzkumných zpráv jako spoluautor.

K věcné stránce práce mám dvě drobné poznámky. Na str. 51 jsou uvedeny výkonové ztráty v železe jako rozdíl vztahů (4.4) a (4.5). Je otázkou, zda tyto ztráty v klidovém stavu jsou shodné se ztrátami v dynamickém režimu. Dále se domnívám, že by bylo dobré v práci zmínit i problematiku, zabývající se možností odskoků ventilu od vahadla.

Na závěr je možno konstatovat, že předložená disertační práce splnila stanovené cíle a je bezesporu odborným přínosem v oblasti variabilního časování ventilů s využitím elektronického ovládání ventilů, a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Liberci dne 24.8.2020


Doc. Ing. et Ing. Miroslav Svoboda
oponent

Oponentský posudok doktorandskej dizertačnej práce

Názov práce: **Elektronické ovládání ventilů pístového spalovacího motoru**

Doktorand: **Ing. Tomáš Zvolský**

Školiace pracovisko: **Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní**

Študijný program: **P2302 – Stroje a zařízení**

Študijný odbor: **2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení**

Školiteľ: **prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.**

Oponent: **doc. Ing. Dalibor Barta, PhD.**, Katedra dopravnej a manipulačnej techniky,
Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

1. Obsah, formálna úprava dizertačnej práce a jazyková úroveň

Predložená doktorandská dizertačná práca (DDP) sa zaoberá vysoko aktuálnou problematikou elektronického ovládania ventilov pístového spaľovacieho motora, bez priamej mechanickej väzby na kľukový hriadeľ.

Práca pozostáva celkovo zo 129 strán a 19 príloh, pričom text práce je uvedený na 109 stranách a je vhodne dopĺňaný tabuľkami, obrázkami a grafmi dobrej kvality, čím spĺňa požiadavky na rozsah prác tohto druhu. V použitej literatúre autor uvádza 55 zdrojov úzko súvisiacich s riešenou problematikou. Štruktúra práce, jej obsah, rozsah a umiestnenie jednotlivých častí je dané na základe stanovených cieľov.

Dizertačná práca je po obsahovej stránke členená na desať kapitol. Prvá časť práce sa venuje prehľadu súčasného stavu v oblasti ovládania ventilov spaľovacích motorov s objasnením zmyslu celej práce a stanovením cieľov práce. V nadväznosti na ňu autor na viac ako 30 stranách predkladá analýzu energetickej bilancie rôznych elektronických systémov ovládania ventilov podporenú výsledkami simulácií v programe Ricardo Wave, Matlab Simulink a nameranými hodnotami vybraných veličín a porovnáva ich s parametrami konvenčného rozvodového mechanizmu motoru 1,6 MPi. Výsledkom analýzy je výber a návrh vlastného konštrukčného usporiadania aktuátora elektromotorickej vačky. V práci sa ďalej uvádza popis častí navrhnutého systému ovládania ventilov, návrh vhodného priebehu zdvihu ventilu a otáčok vačky, ako aj návrh riadiacej jednotky tohto mechanizmu s jej odladením. Kapitola 7 sa venuje popisu meracích zariadení použitých pre merania systému elektromotorickej vačky z hľadiska priebehov zdvihov ventilov, merania energií pri čiastočných a maximálnych zdvihoch, či účinnosti meniča. Posledná časť je venovaná matematickému modelovaniu uvažovaného mechanizmu pohonu ventilov a verifikácii výsledkov modelovania s experimentálne získanými výsledkami, čo bol jeden z cieľov DDP. Zhodnotenie výsledkov a posúdenie možností ďalšieho výskumu v danej oblasti je predmetom posledných dvoch kapitol práce.

Po formálnej stránke možno povedať, že práca spĺňa všetky náležitosti kladené na prácu tohto charakteru. Vytknúť možno naozaj len drobné jazykové nedostatky či preklepy (v zozname symbolov alebo v popiskoch pod obrázkami - obr. 8.1) a gramatické nepresnosti, ktoré sú vyznačené v práci (napr. na strane 45, 46, 51, 60). Uvedené nedostatky sa však v práci nevyskytujú vo veľkej miere a výrazne tak neznižujú jej úroveň.

2. Aktuálnosť zvolenej témy DDP

Téma predloženej dizertačnej práce je mimoriadne aktuálna, venuje sa jej väčšina svetových výrobcov a vývojových centier automobilových motorov, nakoľko je jednou z možností precíznejšieho riadenia motora, procesu spaľovania a v konečnom dôsledku zníženia spotreby paliva a produkcie emisií v jednotlivých režimoch práce motora. Spracovanie tejto témy DDP umožňuje rozšíriť pohľad na problematiku ovládania ventilových rozvodov o do možnosti ovládania, účinnosti a energetickej náročnosti existujúcich riešení a porovnať ich parametre s navrhnutým riešením.

3. Splnenie stanovených cieľov DDP

Doktorand si vo svojej dizertačnej práci stanovil hlavný cieľ „určiť prínos elektronického ovládania ventilov v porovnaní s konvenčným vačkových rozvodom“ a následne štyri čiastkové ciele, ktorých splnenie malo prispieť k dosiahnutiu celkového cieľa.

Môžem skonštatovať, že ciele uvedené na str. 14 DDP boli stanovené metodicky správne a splnenie všetkých čiastkových cieľov v jednotlivých kapitolách práce viedlo k **splneniu celkového cieľa**.

4. Zvolené metódy spracovania DDP

Doktorand si zvolil vzhľadom na definované ciele vhodné vedecké metódy. Hlboko analyticky sa venoval súčasnému stavu danej problematiky a hľadal možnosti ako spojiť získané informácie a poznatky k dosiahnutiu lepšieho výsledného riešenia. V širokej miere použil výpočtovo simulačné i experimentálne metódy, čím doktorand preukázal schopnosti pracovať experimentálne i výpočtovo. Zvolené metódy práce ako pri vlastnom výskume, tak aj pri spracovaní DDP preukazujú, že doktorand je schopný nie len dobrej práce na inžinierskej, ale aj vedeckej úrovni.

5. Výsledky DDP a nové poznatky

Dizertačná práca obsahuje rozsiahly teoretický rozbor problematiky, ktorý je následne doplnený o výsledky z experimentálnych skúšok vykonávaných na laboratórnom zariadení školiaceho pracoviska. V ťažiskovej časti sa práca zaoberá energetickou náročnosťou známych riešení elektronických systémov ovládania ventilov a verifikáciou experimentálne získaných dát s vytvoreným matematickým modelom systému ovládania ventilov, ktorý bol upravovaný s ohľadom na poznatky získané z experimentálnych meraní. Z meraní častí elektromagnetického ovládania ventilov napr. vyplynula potreba uvažovania strát v železe v matematickom modeli tohto riešenia. Ako súčasť elektromagnetického ovládania ventilov vznikla unikátna riadiaca jednotka umožňujúca rekuperáciu elektrickej energie späť do zdroja, čo sa prejaví v minimalizácii príkonu elektromagnetického ovládania. Detailne sa práca zameriava na energetickú analýzu samotných aktuátorov a priebehy dynamických veličín. Porovnaním príkonov mechanizmov využívajúcich pneumatický, hydraulický a elektrický pohon sa ukázalo, že tieto sú výrazne závislé na otáčkach motora, ako aj na maximálnych konštrukčných otáčkach motora.

Z hľadiska možného zníženia strát oproti konvenčnému rozvodu bol pre ďalšiu analýzu vybraný systém elektromotorom poháňanej vačky ovládania ventilov. Jedným z hlavných prínosov dizertačnej práce je práve návrh a realizácia takéhoto nového prototypu ovládania ventilov s pomocnou pružinou a aktuátorom elektronického ovládania ventilov s rýchlymi časmi prestavenia, ktorý umožňuje kývavý pohyb vačky v rozsahu zdvihu ventilu v čase odpovedajúcom maximálnym otáčkam motora. Práve tejto časti bola venovaná veľká časť práce. Pre uvedený systém bol vytvorený matematický model, ktorý bol overený porovnaním s výsledkami experimentov uskutočnenými na prototypu.

Z porovnania výsledkov experimentov a simulácií uskutočnených s novo-navrhnutým matematickým modelom a realizovaných v prostredí Matlab sa ukázala veľmi dobrá zhoda nameraných a vypočítaných hodnôt. Odchýlka matematického modelu od dát nameraných v priebehu zdvihu predstavuje v prípade otáčok vačky hodnotu do 5% a v prípade príkonu celého systému hodnotu do 12%. Ako ukázali simulácie procesu výmeny obsahu valca uskutočnené v programe Ricardo Wave, navrhovaným riešením je možné ovplyvniť celkovú spotrebu paliva motora v rozsahu do 7%, pričom uvedený mechanizmus je energeticky výhodný ako v nízkych, tak aj vo vysokých otáčkach.

Oceniť treba širokú škálu experimentálnej práce doktoranda, od príprav, návrhu a zostavenia prototypu elektronického ovládania ventilov až po vlastné experimenty. Vysoko hodnotím aj kvalitu spracovania práce a jej zhodnotenia.

6. Prínos pre rozvoj vedy a techniky

DDP obsahuje značne ucelený súbor poznatkov v oblasti mechanizmov ovládania ventilov vychádzajúci z praktických experimentov a porovnaní s matematickým modelom a umožňujúci nadviazať v priemyselnej praxi na výsledky tohto výskumu. Prínosom pre rozvoj vedy sú najmä získané poznatky o energetickej náročnosti jednotlivých aktuálne používaných pohonov ovládania ventilov, ako aj použité metódy skúmania ovplyvnenia ich efektivity a efektivity ich častí.

Celkovo je možné konštatovať, že získané výsledky sú prínosom pre priemyselnú prax zameranú na automobilový sektor, ako aj pre rozvoj v špecifickej oblasti študijného odboru Konštrukcia strojov a zariadení. Okrem iného sú významné tým, že naznačujú, ktorým smerom sa výskum v oblasti zlepšovania účinnosti a znižovania energetickej náročnosti ventilových pohonov môže uberať a v nadväznosti na to poukazuje na možnosti pozitívneho ovplyvnenia procesu výmeny valcov, zníženia spotreby a v konečnom dôsledku aj zníženia zaťaženia životného prostredia. Na získané výsledky je možné nadviazať ďalšími prácami.

7. Publikačná činnosť doktoranda

Publikačná činnosť doktoranda je bohatá. Obsahuje 6 spoluautorstiev na funkčných vzorkách, úžitkových vzoroch a patentoch, 19 spoluautorstiev na výskumných správach, ako aj 14 príspevkov uverejnených v domácich aj zahraničných konferenčných zborníkoch a vo vedeckých časopisoch.

8. Pripomienky a otázky k dizertačnej práci

- Prebraté obrázky z cudzojazyčnej literatúry uvedené najmä v kapitole 3 by mali byť v češtine, alebo doplnené českým prekladom popisiek.
- Pri rovniciach chýbajú popisy použitých veličín, ktoré by čitateľovi práce uľahčili orientáciu (napr. str. 77 rovnica 6.2), nachádzajú sa zvyčajne len v zozname použitých skratiek. V tabuľke 3.4 na strane 32 chýba vysvetlivka skratky RX_{xprt} , ktorá nie je uvedená ani v zozname symbolov, ani v zozname skratiek.
- V práci by som odporúčal používať bežne používané české ekvivalenty symbolov BMEP, IMEP, FMEP, GMEP označujúcich niektoré použité veličiny ako stredný efektívny alebo indikovaný tlak, stredný tlak mechanických strát atď.
- V tabuľke 3.12 na strane 23 chýbajú jednotky.
- V obr. 3.26 na strane 30 sú v jednom grafe použité jednotky tlaku kPa a v druhom bar.
- Je údaj o otáčkach (6000 min^{-1}) v oboch prípadoch uvažovaných pre vlastný model jednočinného hydraulického ovládania ventilov uvedený v tabuľke 4.4 na strane 47

správny?

- Je predpoklad, že by autorove riešenie ovládania ventilov mohlo v budúcnosti nájsť uplatnenie u niektorého výrobcu motorov?
- Aký je predpoklad spoľahlivosti a životnosti navrhnutého mechanizmu s ohľadom na vykonávaný kývavý pohyb vačky? Nehrozí skrátená životnosť mechanizmu, alebo jeho pohonu?

9. Záver

Dizertačná práca Ing. Tomáša Zvolského je spracovaná na požadovanej úrovni, spĺňa podmienky kladené na práce daného charakteru v plnom rozsahu v zmysle § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb. a preto ju

- odporúčam -

k obhajobe pred komisiou a po úspešnom obhájení navrhujem udelenie akademického titulu „**philosophiae doctor – Ph.D.**“.

V Žiline, 22. septembra 2020

doc. Ing. Dalibor Barta, PhD.
oponent dizertačnej práce

Oponentní posudek doktorské disertace:

Autor: Ing. Tomáš **Zvolský**

Název: **Elektronické ovládání ventilů pístového spalovacího motoru**

Rekapitulace:

Práce se zabývá různými alternativami principiálního uspořádání a technologické implementace variabilního ventilového rozvodu. Pozornost je věnována zejména variabilnímu ventilovému rozvodu bez kinematického a mechanického provázání s klikovým mechanismem motoru.

Autor práce shromáždil velké množství informací o provedených konstrukcích, které doplnil vlastními analýzami tam, kde relevantní informace chyběly, nebo nebyly plausibilní. Z analýzy stávajícího stavu disertant odvodil vlastní návrh na pohon vačky, který realizoval ve funkčním vzorku a podrobil experimentálnímu průzkumu chování, doplněnému modelovým popisem. Dopad změn zdvihových křivek ventilů na chování spalovacího motoru jako celku disertant určoval s využitím simulačního nástroje, vytvořeného renomovanou výzkumnou institucí, jehož modelové výsledky jsou odbornou komunitou považovány za plausibilní.

Disertant doložil funkčnost navrhovaného systému pro nezávislé ovládání pohybu ventilů výsledky jeho zkoušek na jednoúčelově vybudovaném testovacím zařízení.

K práci uvádím tyto dílčí poznámky:

Str. 19 (str. 37) Tvzení o zvýšení M_t a P_e se systémem Qamfree by chtělo analyzovat. Jeví se to trochu jako zázrak!

Str. 22 Tab. 3.2 není příliš srozumitelná. Není jasné, o jaký tlak jde v údajích v hlavičce v závorce ani k jaké fázi činnosti zařízení se vztahují údaje energií. Přesto, že seznam symbolů má celkem 5 stran, nenašel jsem tam vysvětlení významu veličin P_{tsp} a P_{bsp} , uváděných v legendě obr. 3.11. Podle uvedeného rozměru [10 bar] se zřejmě jedná o tlaky a diskutabilní je použití symbolu „P“.

Str. 23 Není jasné, co je obsahem tabulky v obr. 3.12

Str. 28 Pružiny mohou sotva „dodávat setrvačnou sílu“.

Str. 33 Tvzení, že „Hybridizace spočívá v příchodu řemenem roztáčeného startér-generátoru a 48voltové lithium-iontové baterie“ je (přínejmenším) neakceptovatelným zjednodušením.

Str. 37 K tabulce 4.1. Přepřínované jsou VŠECHNY (!) uváděné motory.

Str. 46, obr. 4.13. Není mi jasná souvislost průběhu tlaku a zdvihu ve „vlastním modelu“ (plné čáry – je to dvojčinný aktuátor?)

Str. 47 „Ovšem nelze očekávat přírůstek výkonu vlivem EIVC.“

1. Výhodnost některého průběhu zdvihu ventilu se zřejmě posuzuje porovnáním variant při stejné spotřebě paliva a výhodnější je varianta s vyšším výkonem. Nebylo by účelnější porovnávat při stejném výkonu a posuzovat spotřebu paliva?

2. Proč při nízkých otáčkách má být EIVC neúčinné?

Str. 58 „kapalně chlazení heliem, nebo dusíkem“ asi se myslí chlazení kapalným heliem, nebo dusíkem

Str. 59 „energie samotného aktuátoru bez ŘJ pro celý cyklus při otáčkách motoru 6000 1/min je 4,55 J, což je 227,5 W.“ Asi má být např. „odpovídá“

Str. 63 Není jasné, jak se předpokládá vyvození přitlaku mezi talířkem a sedlem ventilu, ani jsem nenašel nějakou kvantifikaci hodnoty přitlaku.

Str. 67-72 V popisu vlastního návrhu je elektromotor specifikován jediným adjektivem „bezkartáčový“. Stálo by za zmínku uvést jaký typ elektromotoru má konstantní moment v závislosti na otáčkách a to zřejmě včetně rozběhu ze stojícího stavu, který v obr. 5.4 není zakreslen. V legendě obr. 5.4 jsou pro mě nesrozumitelné rozměry veličin uhel vačky $[\circ]/*10$ a otáčky vačky $[\text{min}]/*1000$. Popisu veličin v legendě obr. 5.5 rozumím tak, že moment v Nm je desetinásobkem vynášené hodnoty, otáčky v 1/min jsou

tisícinásobkem vynášené hodnoty (tomu bych i věřil) a zrychlení je tisícina vynášené hodnoty (tomu lze uvěřit těžce).

Str. 77 Bylo by užitečné vynášet zdvih ventilu v závislosti na úhlu natočení klikového hřídele, který se i při pohonu vačky elektromotorem otáčí (skoro) konstantní uhlovou rychlostí.

Str. 85 „paměť na 6 milionů snímků pro každý kanál (6 Mpts) a lze tak zachytit např. 6 s dlouhý záznam při vzorkování 1 milion snímků/s (1 MSa/s).“ To znamená, že každý snímek obsahuje 1 vzorek (bod)

Příloha 9 „měřený průběh obvodu pro přizpůsobení napětových logických úrovní!“ Spíše se asi jedná o změřený průběh nějakých fyzikálních veličin

K práci uvádím tyto všeobecné poznámky:

V práci jsou poměrně četné výskyty křížových odkazů na reference bez specifikace významu jejich uvedení v textu.

Celá práce vykazuje rysy „komentovaného souboru publikací“, které ovšem nejsou přiloženy (četné případy, kdy místo popisu je odkaz na referenci)

V publikacích A. 1 až A. 6 bych očekával spoluautorství školitele. Vyjadřuji údiv nad tím, že tomu tak není.

Účelem uvedených dílčích i všeobecných poznámek není zpochybňování kvality předložené práce.

Hodnocení:

Disertační práce se zabývá problematikou, jejíž zpracování je v současnosti účelné, protože reaguje na aktuální poptávku a využívá nejnovějších pokroků technologií, materiálů a poznatků. Disertant použil vhodné nástroje a postupy a dospěl k výsledkům, z nichž lze odvodit optimistické předpoklady pro budoucí praktické nasazení.

Disertant prokázal schopnost samostatné vědecké práce v oblasti teoretické i experimentální.

Práci doporučuji k obhajobě.

Prof. Ing. Michal Takáts, CSc
Centrum vozidel udržitelné mobility
Přílepská 1920
252 63 Roztoky u Prahy

Otázky:

Jaká je představa o umístění elektromotoru v prostoru nad hlavou válců. Bude uvnitř „ventilového víka“? Bude-li mimo, jak bude proveden průchod hřídele a jak bude zajištěna souosost komponent přenosu momentu? Z obr. 5.1 ani 5.2 to není jasné.

Část elektrických / elektronických (?) komponent navrhovaného systému je umístěna v prostoru ventilového rozvodu, Mají tyto komponenty dostatečnou odolnost proti okolním vlivům (teplota, vibrace)? Např. z obr. 5.2 je vidět, že jedna řada aktuátorů je na výfukové straně hlavy válců.