

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Výpočet dynamiky variabilního ventilového rozvodu
Jméno autora:	Bc. David Richtř
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Václav Uzlík
Pracoviště oponenta práce:	ŠKODA AUTO a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako náročnější nejen z důvodu nutnosti vytvoření komplexního dynamického modelu ale i z důvodu nutnosti kalibrace s dostupnými daty z měření.	

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 byly vytvořeny nejen zadáním specifikované modely jednoválcového motoru, ale i některé modely 4 válcové, které sloužily ke kalibraci s měřenými daty.	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Stavba výpočetních modelů byla provedena vhodným způsobem. Pro kalibraci s naměřenými daty vytvořil řešitel některé 4 válcové modely nad rámec zadání, aby byl schopen provést kalibraci s naměřenými daty. Řešitel pro kalibraci zvolil optimalizaci o mnoha parametrech pro většinu výpočetních modelů, principiálně správně zvolil cílová kritéria pro optimalizaci např. u ventilového rozvodu několik bodů v průběhu zrychlení i pro jednotlivé řady vyhodnocené z měření s cílem minimální hodnoty součtu kvadrátů odchylek. Některé optimalizované parametry by se však neměly měnit a měly zůstat na konkrétních reálných hodnotách pro všechny otáčkové body.	

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>	
Řešitel správně aplikuje teoretické poznatky při stavbě modelů a při řešení diplomové práce, zamýšlí se nad možnostmi kalibrace vytvořených modelů na měřená data a komplexně technicky uvažuje o celé problematice. Co lze řešiteli vytknout jsou některé detailní znalosti v oblasti dynamiky ventilových rozvodů. V práci není uvedena základní teorie jako např. požadavky na náběhovou a dopadovou rampu, vlastnosti pružiny a její vlastní frekvenci, dále vlastnosti hydraulické podpěry, stejně jako na kritéria pro zhodnocení konkrétní varianty rozvodového mechanismu – např. dosedová rychlost ventilu do sedla, ztráta kontaktu mezi ventilem a rolnou, Hertzovy tlaky a podobně. V některých případech pak nejsou vstupní a výstupní data ze simulací zdokumentovaná ani v příloze, což komplikuje zhodnocení práce. Na druhou stranu je práce velice rozsáhlá a virtuálně podchycuje celý pohonný řetězec ventilových rozvodů a pro budoucí práce na jednoválcovém motoru budou výpočtové modely obrovským přínosem a umožní detailní simulace dílčích částí.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Struktura práce většinou logicky navazuje, některé slovní formulace by bylo vhodné vyjádřit technickými výrazy obvyklými v oboru.	

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

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.

Zdroje a citace jsou v obvyklé formě.

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.

Diplomová práce nejprve teoreticky popisuje (část 2) vliv časování ventilů na plnicí účinnost spalovacích motorů, uvádí v praxi používané rozsahy časování ventilů a motivaci jejich nasazení.

V rešeršní části (část 3) popisuje některé komerčně používané systémy variabilních ventilových rozvodů s výstižným popisem funkce i provozních omezení jednotlivých systémů. Jen u některých popisů dílů by bylo vhodnější držet se technických výrazů obvyklých v oboru a popisovat jednoznačně, např. str. 29 4. řádek od spodu kontakt „vačka-vačková hřídel“ a dále např. str. 31 malý/velký profil nebo menší/větší vačka je vhodnější popsat např. jako vačka s vyšším/nížším zdvihem a podobně.

V části č.4 se autor zamýšlí nad způsobem simulace, její komplexnost i možná či nutná zjednodušení. Zcela však zapomíná na základní teorii o dynamice ventilových rozvodů, jako např. požadavky na náběhovou a dopadovou rampu, vlastnosti pružiny jako síly F_0 , F_1 , F_2 její vlastní frekvenci, dále vlastnosti hydraulické podpěry, stejně jako na kritéria pro zhodnocení konkrétní varianty rozvodového mechanismu – např. dosedová rychlost ventilu do sedla, ztráta kontaktu mezi ventilem a rolnou, Hertzovy tlaky a podobně.

V další části (6.1), kde student popisuje termodynamický model jednoválce, by bylo vhodné doplnit vztah pro Wiebeho funkci a doplnit grafy průběhů hoření. O modelu přestupu tepla se autor zmiňuje okrajově, chybí konkrétní informace. Dále by bylo vhodné alespoň stručně vysvětlit holistického přístupu a odůvodnit, proč byl vybrán právě on, to stejné platí o SW *DASY* a i genetickém algoritmu, používaném v dalších optimalizacích modelů.

V části 6.3.1 autor stručně popisuje simulační model a uvádí jednotlivé parametry, které byly použity při kalibraci modelu. Zde by bylo vhodné vliv jednotlivých parametrů zdokumentovat (např. v přílohách) jelikož z pohledu praxe by některé z nich vůbec neměly být použity ke kalibraci a už vůbec ne je měnit pro jednotlivé otáčky.

V části (6.4.1), jež pojednává o optimalizaci časování ventilu je velmi zajímavý cíl optimalizace - max. točivý moment s protichůdným požadavkem na minimální měrnou spotřebu, která by měla zajistit minimální škodliviny ve výfukových plynech. Zde by bylo zajímavé porovnat výsledky s a bez omezení na minimální měrnou spotřebu. Student zde zcela vynechal omezení na kolizi ventilů s pístem, které se věnuje až dodatečně v dalších kapitolách.

V části (6.4.2) – kalibrace dynamiky sacího a výfukového ventilu student nejprve uvádí, že od vedoucího práce obdržel zkalibrovaný model pro sací ventil a nezkalibrovaný pro výfukový ventil, což v dalším odstavci na straně 47 vyvrací s tím, že model obsahuje mnoho zjednodušení a proto není možné shody s měřením dosáhnout. S tímto lze jen částečně souhlasit, 100% shodu dosáhnout nelze, ale takovou shodu, aby byly popsány důležité dynamické fenomény rozvodu jistě ano a je právě úkol výpočtáře zvolit takové zjednodušení modelu, aby za rozumný strojní čas tohoto dosáhl. Na str. 48 student uvádí, že s tuhostmi z MKP výpočtu nebylo možné dosáhnout shody s měřením, což není bohužel zdokumentováno a dále se prováděla optimalizace s 37 parametry, které byly použity na kalibraci. Není přesně zřejmé, které všechny parametry se s otáčkami měnily a které ne, zda všechny parametry v tab.

6-7.

Kalibrační parametry v podobě kontrolních bodů na zrychlení a zejména ve frekvenční oblasti pokládám za správný, zcela nechápu větu, kdy se autor snažil ověřit lineární závislost optimalizačních parametrů na otáčkách a na straně 52 píše: „výpočtem byla ověřena správnost předpokladu, který se však nepotvrdil“.

Na grafech na stranách 53 a 54 je zřejmá daleko lepší shoda výpočtu/měření na sací, než na výfukové straně rozvodů. Obě srovnání však ukazují daleko větší amplitudy zrychlení v oblasti dosedu ventilů.

U kalibrace řemenového pohonu (6.4.3) je opět uvedeno, že bylo potřeba pro jednotlivé otáčky měnit kalibrační parametry stejně, jako u ventilových rozvodů. Řešitel zde postavil model 4 válcového motoru nijak valná.

V kapitole (6.5) – prediktivní model – na str. 62 se autor zamýšlí nad přetlakem v sacím potrubí, zda by nemohlo dojít k otevření sacího ventilu. Toto však nijak nezdokumentoval, ani neověřil. Pak konstatuje, že nesmí v provozu dojít k odchylce od kinematického průběhu zdvihu ventilu, k čemuž dojde v následujících kapitolách.

Na str. 70 v obr. 6-31 je patrný zcela rozkmitaný průběh výfukového camphaseru pro 1000 ot/min, čímž se autor v textu nezabývá.

V kapitole (6.5.5) predikce limitních otáček rozvodového mechanismu – se autor zabývá mezními stavy rozvodových mechanismů, popisuje ne zcela přesně „v určitých otáčkách ještě dopadá kladka na bok vačky, kde je dopad tlumen rotující vačkovou hřídelí, ..., se zvyšujícími otáčkami však kladka dopadá na úpatí vačky nebo až na základní kružnici“. Autor zde vůbec neuvádí (viz chybějící teorie v dřívějších kapitolách) informace o náběhové a seběhové rampě, o ztrátě kontaktu mezi vačkou a rolnou, dosedové rychlosti ventilu do sedla a podobně, což předchází zmíněnému odsakování ventilu po dopadu do sedla.

Na straně 74 v obr. 6.37 pak autor uvádí, že k odskoku sacího ventilu dochází již v otáčkách 6400 ot/min KH, což neukazuje měření ani zkušenosti ve ŠKODA AUTO. Dále uvádí, že odskoky výfukového ventilu není potřeba řešit, jelikož odskok sacího ventilu je již nepřijatelný s ohledem na namáhání dílů a kolizi s pístem. Kolize s pístem je ovšem v tomto případě daleko nebezpečnější u výfukového ventilu, jelikož VZ krátce za HU, zatímco SZ někde v oblasti za DU.

Kapitolu 6.5.6 – Kontrola kolize pístu a ventilu je uvedena až v závěru, i když bych jí očekával již jako omezující parametr při optimalizaci časování v úvodu, autor dále v grafu obr. 6-38 nezobrazuje minimální vůli mezi ventilem a pístem, navíc je průběh zdvihu výfukového ventilu značně odsákáný. Chybí zde i náčrt spalovacího prostoru, pístu a ventilů s příslušnou geometrií a úhly.

Limitní otáčky 9550 ot/min bych považoval za optimistické a čekal bych destrukci rozvodového mechanismu v nižších otáčkách. Sací zdvih na obr. 6-41 by se měl analyzovat a odhalit příčinu odskoku 1.8mm. Pro kvantifikaci možné destrukce rozvodového mechanismu by také bylo vhodné vyčíslit síly působící v mechanismu., aby mohl porovnávat měření s výpočtem, bohužel výsledná shoda není jak v amplitudě, tak frekvenčně

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.

Řešitel splnil zadání v celém rozsahu, vytvořil parametrický výpočetní model ventilového mechanismu se systémem proměnného časování sací a výfukové vačkové hřídele pro zkušební jednoválec. Současně namodeloval řemenový pohon vačkových hřídelí, hydraulický okruh natáčení hřídelí i mechanické ovládání ventilů. To vše doplnil o termodynamický model jednoválcového motoru a zároveň o modely 4 válcového motoru, aby mohl provést kalibraci modelů s naměřenými daty ze 4 válcového motoru. Práci lze vytknout markantnější rozdíly simulace rozvodového mechanismu v porovnání s měřením v oblasti dopadu ventilu do sedla a některé drobné formální nepřesnosti.

Otázka:

Uveďte základní teorii o Hertzových tlacích, využití v simulacích dynamiky ventilových rozvodů a proč se kontrolují.

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

Datum: 23.8.2017

Podpis:

