

Oponentský posudek doktorské disertační práce Ing. Zbyňka Surovátky „Efektivní spalování alternativních paliv v pístovém spalovacím motoru“

Předložená doktorská disertační práce obsahující 95 stran je zaměřena na vývoj zapalovacího systému s vyplachovanou předkomůrkou pro spalování chudé palivové směsi zemního plynu se vzduchem v automobilovém plynovém zážehovém spalovacím motoru.

Zapalovací předkomůrka má umožnit kombinaci spalování jednak stechiometrické, jednak chudé palivové směsi. Při nízkém částečném zatížení motoru se předpokládá spalování extrémně chudé směsi tak, aby se dosáhlo akceptovatelně nízkého obsahu oxidů dusíku ve výfukových plynech a zároveň zvýšení účinnosti motoru. Při plném a vyšším částečném zatížení se má spalovat stechiometrická směs, aby se dosáhlo měrného výkonu motoru na úrovni současného standardu. Nízký obsah škodlivin ve výfukových plynech odcházejících do atmosféry má zajistit třísložkový katalytický reaktor.

Součástí kapitoly 1 Úvod je literární rešerše současného stavu problematiky, popisující vedle různých způsobů zapalování směsi, zejména chudé, několik vybraných aplikací předkomůrek autorů: Ricardo 1918, Yamuguchi a spol. 1985, Gussak a spol. 1979, Noguchi a spol. 1976, Attard a spol. 2010.

Kapitola 2 uvádí cíle disertační práce.

V kapitole 3 je popsán návrh zapalovacího systému s malou (objem 1,92 cm³) a velkou (objem 4,1 cm³) vyplachovanou předkomůrkou pro jednoválcový zkušební motor získaný úpravou čtyřválcového přeplňovaného naftového motoru AVIA D 432.100. Naftové palivové příslušenství motoru bylo nahrazeno plynovým a tři válce vyřazeny z činnosti zaslepením sacích a výfukových kanálů, kompresní poměr byl snížen úpravou spalovacího prostoru v pístu na hodnotu 12,5:1.

V kapitole 4 jsou uvedeny mj. významné výsledky simulačních výpočtů součinitele přebytku vzduchu a mechanismu tvorby směsi v předkomůrce, výsledky experimentálního ověřování funkce navržených předkomůrek jednoválcového nepřepřňovaného motoru na zemní plyn, je ukázán vliv příměsi vodíku v palivu na parametry předkomůrkového motoru. V této kapitole byl učiněn pokus o porovnání některých provozních parametrů zážehových motorů na zemní plyn provedené na základě simulace emisního testu WHTC. Porovnávány jsou emise oxidů dusíku, emise oxidu uhličitého a spotřeby zemního plynu motorů s různou strategií řízení součinitele přebytku vzduchu.

V kapitolách 5 a 6 jsou shrnuty a zobecněny jednotlivé poznatky z výzkumu a vývoje motoru s předkomůrkovým zapalovacím systémem. Větší část z nich vychází ze simulačních výpočtů a menší část z provedených experimentů. Uvedena jsou i metodická doporučení pro návrh předkomůrkového zapalovacího systému a strategie jeho řízení. Jako hlavní přednost motoru s předkomůrkovým zapalovacím systémem je zdůrazňována možnost spalování velmi chudé palivové směsi (až $\lambda > 2$), což přináší nízké emise oxidů dusíku bez nutnosti jejich snižování v katalytickém reaktoru.

Pro analýzu zapalovacího systému byly vytvořeny následující simulační modely:

- Model předkomůrkového motoru v programu GT-Power. Model obsahující dva oddělené spalovací prostory (jeden reprezentuje válec a druhý předkomůrku) byl využit pro predikci výkonových a emisních parametrů čtyřválcového přeplňovaného plynového motoru při emisním testu WHTC.

- Zjednodušený 3-D CFD model samotné vyplachované předkomůrky bez simulace spalování v programu Fluent.
- Detailní 3-D CFD model předkomůrkového motoru v programu AVL FIRE.

Získané poznatky autor prezentoval v letech 2015 až 2019 v každoročních příspěvcích na výročních konferencích kateder spalovacích motorů a v tomto období byl spoluautorem celkem 5 příspěvků na prestižních mítincích v zahraničí (SAE, ASME) a jednoho článku v lektorovaném periodiku. Je též spoluautorem patentu „Zapalovací komůrka pro nepřímý zážeh v plynovém pístovém zážehovém spalovacím motoru“.

Celá disertační práce se vyznačuje vhodným uspořádáním textu i názorných grafických doplňků, je věcně, stylisticky i jazykově na velmi dobré úrovni, a to i přes několik drobných nedostatků a nepřesností, např.: Na str. 20 je použita jako jednotka času „vteřina“. Na str. 22 je nesprávná vazba „tyto data“. Na str. 60, 66 a 80 je použit nesprávný tvar slova *optimální* – „neoptimálnější“. V seznamu použité literatury jsou některé citace formulovány nesprávně, např. : citace [16] „Dynamika plynů / Jiří Nožička ...“. V případě citace [35] se pravděpodobně jedná o Patentový spis CZ 30 926 B6 a v případě citace [36] jde pravděpodobně o Užité vzor CZ 31351 U1.

Otázky k obhajobě:

- V anotaci na str. 1 je uvedeno, že „Vybrané varianty předkomůrek byly experimentálně testovány na nepřepřehovaném plynovém motoru pro ověření funkčnosti a životnosti“. Jak a s jakým výsledkem byla životnost testována ?
- Na str. 5 se uvádí, že „Použitím zemního plyn, jehož obsahem je převážně metan (CH₄), lze dosáhnout snížení produkce CO₂ o téměř 20 % v porovnání s konvenčními palivy...“. Jaký je poměr jednotlivých faktorů podílejících se na snížení 20 % ?
- Na str. 20 je uvedeno „ Další důležitou úpravou motoru bylo snížení kompresního poměru na hodnotu 12,5:1, a to z důvodu snížení náchylnosti k detonačnímu spalování“. Jakým postupem se dospělo k hodnotě kompresního poměru 12,5:1 a k tvaru spalovacího prostoru znázorněného na obr. 66 ?
- I u zážehových motorů na zemní plyn může docházet ke klepání. Proč se disertační práce možností výskytu detonačního průběhu spalování nezabývá ?
- Oxidací uhlovodíků a oxidu uhelného v tříslžkovém katalytickém reaktoru se tyto složky výfukových plynů neodstraní dokonale. Proč se těmito škodlivinami práce nezabývá ?
- I v zážehových motorech na zemní plyn vznikají pevné částice (i spalováním motorového oleje). Proč se pevnými částicemi práce nezabývá ?
- Test WHTC obsahuje i záporné hodnoty točivého momentu, což není na obr. 55 viditelné. Zahrnuje simulace testu i záporné hodnoty točivého momentu ?
- Ze seznamu deseti publikací na str. 95 je patrné, že se na výzkumu a vývoji zapalovacího systému s vyplachovanou předkomůrkou podílela řada spoluautorů (Hvězda, J., Doleček, V., Macek, J., Takáts, M., Vávra, J., Vítek, O.). Jaký je podíl autora na těchto 10 publikacích ?

- Na str. 3 je uvedeno, že výzkum zapalovacího systému s vyplachovanou předkomůrkou byl realizován díky podpoře pěti projektů. Jaký je hrubý odhad finančních prostředků čerpaných na realizaci výzkumu ?

Předložená disertační práce se zabývá aktuální problematikou výzkumu a vývoje zapalovacího systému s vyplachovanou předkomůrkou pro spalování chudé palivové směsi v zážehovém spalovacím motoru. Autor provedl přehledný rozbor současného stavu řešené problematiky, zvolil vhodné metody řešení a správně je aplikoval. Beze zbytku splnil vytčené cíle. Disertační práce uvádí nové poznatky významné jak pro vývoj zapalovacích systémů, tak pro další rozvoj vědy. Mnohé z dosažených výsledků autor publikoval na konferencích a v recenzovaném časopise.

Podle mého názoru autor vypracováním disertační práce, která obsahuje původní publikované výsledky vědecké práce v souladu s ustanovením § 47 odst. 4 zákona 111/98 Sb., o vysokých školách a ustanovením článku 28 odst. 1 Studijního a zkušebního řádu pro studenty ČVUT v Praze, prokázal odpovídající znalosti v oboru a schopnost samostatné tvůrčí vědecké činnosti.

Předloženou disertační práci Ing. Zbyňka Syrovátky „Efektivní spalování alternativních paliv v pístovém spalovacím motoru“ doporučuji k obhajobě.

V Liberci 8.5.2020

doc. Ing. Josef Laurin, CSc.
Technická univerzita v Liberci
oponent

