



OPTIMALIZÁCIA ČINNOSTI MOTORA ROTAX 915IS S ALTERNATÍVNOU RIADIACOU JEDNOTKOU

Ján Voderadský
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Jozef Čerňan
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

The aim of this bachelor's thesis was to optimize the performance of the ROTAX 915 IS engine using an alternative electronic control unit. This work provides a detailed overview of the mechanisms and control systems used in other engines as well. The thesis focuses on a comprehensive understanding of both the basic and auxiliary systems of the engine and provides a proposal for optimizing the performance of the ROTAX 915 IS engine. The optimization of the engine was designed to improve efficiency, increase engine performance, and overall reliability in various modes. Following the design, a testing phase ensued where the unit was subjected to extensive practical tests on a real ROTAX 915 IS engine. These tests demonstrated significant improvements in the controllability and performance of the engine, confirming the effectiveness of the proposed settings. The results of this bachelor's thesis highlight the potential of alternative control units to enhance the performance and efficiency of engines. The findings can be used for further research that could expand the use of alternative control units in other aviation engines.

Keywords

ROTAX 915is, Electronic Control Unit, optimization of the control unit, systems, engine

1. Úvod

Cieľom tejto bakalárskej práce je optimalizovať činnosť motora ROTAX 915 IS prostredníctvom alternatívnej elektronickej riadiacej jednotky. Prvotným krokom v našej práci je uvedenie čitateľa do kontextu fungovania rôznych motorov a ich riadiacich systémov. S dôrazom na komplexné pochopenie funkčnosti základných ako aj pomocných systémov motora, ktoré sú kľúčové pre jeho efektívne a bezpečné používanie, poskytuje táto práca podrobný prehľad o štruktúre a mechanizmoch, ktoré umožňujú motoru ROTAX 915 IS dosiahnuť jeho renomovanú výkonnosť a spoľahlivosť.

Práca pokračuje dôkladným popisom rôznych systémov motora ROTAX 915 IS, ktorý je široko využívaný v športovom letectve. Analyzujeme všetky relevantné komponenty motora vrátane jeho palivového, chladiaceho, mazacieho a elektrického systému, a zdôrazňujeme ich vzájomné pôsobenie a význam pre celkovú funkčnosť motora.

V ďalšej časti práce prichádzame s návrhom novej elektronickej riadiacej jednotky, ktorá by mohla prispieť k vylepšeniu efektívnosti, výkonu a adaptability motora na rôzne letové podmienky. Nová riadiaca jednotka je podrobená rozsiahlym testom na reálnom motore, aby sme overili jej funkčnosť a možné prínosy pre motor ROTAX 915 IS. Tieto testy sú kritické pre validáciu nášho návrhu a pre demonštráciu zlepšení v reálnych prevádzkových podmienkach.

2. Metodika a metódy skúmania

2.1. Metodika práce

Zdrojom informácií pri spracovaní bakalárskej práce je literatúra vo forme:

- Internetových zdrojov

- Knížnych zdrojov

- Manuálov

- Odborných príspevkov

2.2. Logické metódy a postupy použité pri spracovaní bakalárskej práce:

- Metóda zberu a spracovania informácií

- Metóda analýzy

- Metóda syntézy

- Metóda merania

Metóda zberu a spracovania informácií bola využitá predovšetkým v úvodnej časti práce a v kapitole venovanej teoretickému základu. V týchto sekciách som sa zameril na zber relevantných teoretických a praktických informácií o motore ROTAX 915 IS a porovnanie existujúcich riadiacich systémov.

Metóda analýzy bola využitá na posúdenie a porovnanie výkonu existujúcich a novonavrnutých riadiacich systémov pre motor ROTAX 915 IS. Začali sme zberom údajov z odborných zdrojov a technických databáz, ktoré sme následne analyzovali na identifikáciu kľúčových oblastí zlepšenia. Analýza zahŕňala porovnanie výkonnostných metrik a efektívnosti systémov, čo poskytlo dôkladný základ pre navrhované vylepšenia.

Metóda syntézy bola využitá v práci na integráciu zistení z analýzy súčasných riadiacich systémov do návrhu novej riadiacej jednotky pre motor ROTAX 915 IS. Táto metóda nám umožnila kombinovať rôzne technické riešenia a inovačné nápady do súvislého celku, ktorý bol optimalizovaný pre zvýšenie efektívnosti a výkonu motora.

Metóda merania v tejto práci bola zameraná na získavanie kvantitatívnych údajov o výkonnosti a efektívite novej riadiacej jednotky pre motor ROTAX 915 IS. Vykonali sme sériu testov, kde sme merali rôzne prevádzkové parametre. Tieto merania nám umožnili objektívne zhodnotiť výhody navrhovanej jednotky.

3. Návrh a praktická optimalizácia riadiaceho systému

Najdôležitejším komponentom pri optimalizácii riadiaceho systému je samotná riadiaca jednotka. Na riadenie systému sme využili riadiacu jednotku ECU MASTER od spoločnosti IMFsoft, s.r.o. Vďaka nej sme vedeli optimalizovať dobu vstrekovania paliva a predstih zapálenia zmesi. Dôležitou súčasťou však boli aj senzory vďaka ktorým sme dosiahli presnosť v riadení. Jedným zo senzorov bol snímač tlaku v sacom potrubí. Ten je integrovaný priamo v riadiacej jednotke a je prepojený pomocou vzduchovej hadičky so sacím potrubím. Ďalším dôležitým senzorom bol senzor polohy škrtiacej klapky. Je to potenciometer, ktorý je napojený na os otáčania škrtiacej klapky. Údaje z týchto senzorov sú vyhodnocované na základe veľkosti napätia, ktoré tieto senzory prepúšťajú. Maximálna hodnota ktorú dokáže senzor namerať sa rovná 5V a minimálna sa rovná 0V.

Oba tieto senzory bolo nutné tiež prekalibrovať pretože počas prvých testov sme zistili že nemerajú presne. Je nutné aby tieto dva senzory merali s veľkou presnosťou, pretože na základe údajov z týchto senzorov vypočítava riadiaca jednotka zaťaženie motora. Pri väčšom zaťažení sa do motora vstrekuje viac paliva, tým sa obohacuje zmes a dosiahne sa vyšší výkon, ktorý je nevyhnutný na prekonanie zaťaženia motora. Pokiaľ zaťaženie motora klesne, riadiaca jednotka to dokáže vyhodnotiť a množstvo paliva znížiť.

Na optimalizovanie činnosti motora sme tiež využili senzor teploty chladiacej kvapaliny. Keďže ROTAX 915 IS využíva kvapalinové chladenie hláv valcov, bol pre nás tento údaj dostatočný a nemuseli sme využívať senzor teploty umiestnený pod sviečkou. Motor sme testovali s tlačnou vrtuľou a v stoji. Tým pádom nedochádzalo k dostatočnému prúdeniu vzduchu okolo motora a nebolo možné motor testovať dlhšie ako 5 až 10 minút. Preto bolo nutné zvýšiť výkon kvapalinového chladenia. To sme dosiahli tým, že sme pridali ďalší väčší chladič a na tento chladič sme namontovali ventilátor, ktorý je možné spustiť podľa potreby.

Posledný senzor, ktorý riadiaca jednotka využíva je senzor klepania motora. Tento senzor slúžil iba na monitorovanie pri nastavovaní predstihu zapalovania zmesi. Momentálne nie je využitý na automatizáciu systému.

Na nastavovanie časovania predstihu zapálenia zmesi a časovania doby vstrekovania paliva sme využívali 3D mapy. Os x predstavovala otáčky motora, os y predstavovala dobu vstrekovania alebo predstihu v milisekundách a os z predstavovala index zaťaženia motora. Tieto mapy boli v obslužnom softvéri riadiacej jednotky ECU MASTER od firmy IMFsoft s.r.o.

Nedostatkom pôvodného nastavenia doby vstrekovania paliva bolo, že motor bolo komplikované naštartovať a dostať do voľnobežných otáčok. Motor mal tiež problém zvýšiť svoje otáčky a vďaka lambda sonde sme zistili, že zmes bola príliš

chudobná. Pomer vzduchu a paliva (AFR) dosahoval hodnotu 15 až 15,6. Pôvodné nastavenie doby vstrekovania paliva bolo tiež určené iba na jeden režim zaťaženia motora. To znamená že pri zvýšenej záťaži sme neboli schopný dosiahnuť požadované otáčky motora. Do softvéru bolo tiež nutné naprogramovať ochranu pred prekročením maximálnych povolených otáčok motora.

Pôvodné nastavenie predstihu zapálenia zmesi bolo pre naše testovanie dostačujúce. Zmeny ktoré sme museli vykonať bolo taktiež nastavenie maximálnych otáčok motora a v nastavení softvéru sme tiež zmenili spôsob využívania 3D mapy pre predstih zapálenia zmesi. V nastaveniach totiž bolo, že pri zvýšenej záťaži sa predstih zapálenia zmesi má zväčšiť, lenže pri takomto chode motor dosahoval nepravidelné otáčky a silné vibrácie. Preto sme sa rozhodli využiť len jeden režim predstihu zapálenia zmesi.

Softvér má možnosť nastaviť elektronický sytič, ktorý je využívaný hlavne pri studenom štarte motora. Na obrázku 5.3 vidíme že množstvo vstrekovaného paliva sa zvyšuje s klesajúcou teplotou a znižuje s dobou chodu motora. Toto nastavenie však nebolo vyhovujúce z dôvodu veľkého množstva paliva, ktoré bolo do motora vstrekané. To spôsobovalo zahľtenie motora palivom a dlhý štart.

Nastavenie tabuľky pre výpočet záťaže motora je tiež nevyhovujúce keďže pri takomto nastavení by riadiaca jednotka zbytočne obohacovala zmes aj keď by bol motor v skutočnosti nezaťažený. Výpočet záťaže závisí od polohy škrtiacej klapky a tlaku v sacom potrubí. Čím väčší podtlak v sacom potrubí motor vytvára, tým je menej zaťažený. V tabuľke si môžeme všimnúť že aj pri voľnobežnom nastavení škrtiacej klapky a pri 60 kPa, ktoré dosahoval motor keď nebol zaťažovaný na voľnobehu vypočítava riadiaca jednotka záťaž 15%.

3.1. Proces optimalizácie riadiacej jednotky

Pri procese optimalizácie riadiacej jednotky bolo nevyhnutné vykonať niekoľko testovacích štartov. Zo začiatku sme sa snažili o nastavenie doby vstrekovania pre plynulý štart motora. To sme dosiahli tým, že sme upravili nastavenia sytiča. Pri našom testovaní sme brali ako optimálnu teplotu 50°C, preto pri teplote nad 40°C sme zamedzili pridávanie väčšieho množstva paliva do zmesi.

Upravili sme tiež mapu doby vstrekovania od 0 po 2000 otáčok motora a následne sme sa snažili o plynulý nárast doby vstrekovania do 4000 otáčok motora.

V ďalšom kroku sme obmedzili otáčky na 6000 otáčok za minútu. Testovali sme tiež nárast otáčok a akceleráciu motora kedy došlo do procesu aj zaťaženie motora. Ak chceme aby motor akceleroval rýchlejšie potrebujeme mu na istú chvíľu dodať viac paliva. Tu sme však prišli na to, že pôvodná tabuľka na výpočet záťaže motora je nevyhovujúca a preto sme ju museli pozmeniť. Ako vidieť na obrázku 5.6 nastavili sme 3D mapu tak, aby pri zvyšujúcej sa záťaži bolo vstreknuté viac paliva. Pri testoch sa však ukázalo, že kvôli zlému vypočítavaniu záťaže sme dostávali aj zlý index, ktorý spôsobil že na udávanie doby vstrekovania paliva sa využíval nesprávny graf z 3D mapy.

3.2. Finálne nastavenie riadiacej jednotky motora ROTAX 915 IS

Po viacerých testovaniach motora sme dodatočne doladili krivku pre dobu vstrekovania bez záťaže a následne sme k nej prispôbili ostatné. Dosišli sme tým plynulý štart, optimálny pomer vzduchu a paliva a plynulú akceleráciu otáčok. Náš cieľ bolo dosiahnuť $AFR = 13$. Pri zvýšenej záťaži motora táto hodnota bola o 0,5 až 1 menšia čo nevadí, pretože chvilkové obohatenie zmesi prispelo k nárastu výkonu.

3D mapu predstihu zapálenia zmesi sme dodatočne upravili tak, aby sa predstih nemenil ani pri zvyšujúcej sa záťaži. Takéto nastavenia boli pre nás dostačujúce.

Sytič sme optimalizovali tak, aby nad 40°C nepridával dodatočne palivo pretože zmes by bola veľmi bohatá. Tabuľku na výpočet zaťaženia motora sme tiež optimalizovali, aby vyhovovala skutočným podmienkam a stavom motora.

Referencie

[1] Autor