

## MODIFICATION POSSIBILITIES OF AUTOMOTIVE POWER PLANT FOR AVIATION PURPOSES: FUEL SYSTEM AND TURBOCHARGER SYSTEM

### MOŽNOSTI ÚPRAVY AUTOMOBILOVÉHO ZÁŽIHOVÉHO PIESTOVÉHO MOTORA PRE POHON LETÚNOV PALIVOVÁ SÚSTAVA A SYSTÉM PREPLŇOVANIA

**Andrej Pukač**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
pukacandrej@gmail.com

**Jozef Čerňan**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

#### Abstract

*The objective of this article is to develop and demonstrate modification of automotive engine for aviation purposes. Automotive engine in aircraft has its pros and cons, but it can be good economical alternative to power plants such as Rotax engines which can be expensive, especially in Ultralight category where the rules of certification are different than for CS-LSA or CS-23 category aircraft. In first part I analyse actual state of real engine and describe operational problems, which shall be improved for better operation in aircraft. In second part I demonstrate practical solutions of turbocharger system and fuel system. In these systems I tried to use the most modern technologies which however will be reliable enough for aviation use, where the safety is priority number one.*

#### Keywords

*automotive engine, performance, fuel mixture, turbocharging, fuel system, electronic engine control unit, multipoint injection*

## 1. Úvod

Od prvého letu bratov Wrightovcov až do dnešných dní sa technológia leteckých pohonných jednotiek neustále vyvíja od piestových až po najmodernejšie dvojprúdové motory, ktoré sa ešte ďalej zdokonaľujú k väčším výkonom a hospodárnosti. Avšak piestové motory aj v dnešnej dobe majú stále svoje miesto. Najmä v oblasti všeobecného letectva kvôli výhodám ako napríklad jednoduchší a lacnejší servis a prevádzka, nižšia nadobúdacia cena, avšak mimo iného existuje ďalšia kategória lietajúcich zariadení ako napríklad lietadla typu ultralight, či rôzne iné malé lietajúce zariadenia (motorové padáky,...), kde pravidla certifikácie dovoľujú použiť aj iný agregát ako certifikovaný letecký motor a teda otvára sa možnosť variácií pohonných jednotiek, ktorá je širšia a tu svoje uplatnenie môžu nájsť práve aj automobilové piestové motory, ktoré však musia byť pre letecké potreby upravené, najmä kvôli špecifickým prevádzkovým požiadavkám iným ako v automobilovej prevádzke, spojenými s vlastnosťami atmosféry, teda menovite poklesu statického tlaku, hustoty vzduchu ale aj teploty.

V článku sa venujem praktickým možnostiam úpravy motora, ktorý bol pohonnou jednotkou v legendárnom aute VW Beetle a neskôr svoj letecký debut zažil v ultraľahkom lietadle Aeropro Eurofox. Počas prevádzky v tomto lietadle sa ukázali niektoré zlé vlastnosti pôvodnej stavby a vybavenia motora. Najmä na pôde plnenia a prípravy zmesi, ktorej sa v tomto článku venujem. Pri úprave týchto systémov sa snažím, aby riešenia boli jednoduché na servis, mali dlhú životnosť, maximálnu efektivitu a vysokú mieru spoľahlivosti, čo je na pôde leteckých pohonných jednotiek mimoriadne dôležité.

## 2. Metodika práce

Cieľom práce je úprava a prispôbenie daného motora na podmienky práce v leteckých podmienkach. Nevyhnutnosťou na dobré fungovanie z hľadiska dostatočného výkonu motora aj vo vyšších letových hladinách je preplňovanie.

Paralelným cieľom je úprava palivovej sústavy, ktorá by mala vyriešiť stavajúce problémy, ktoré sú prirodzené pre karburátorovú prípravu zmesi v riešených podmienkach.

Pri hľadaní vhodných riešení som použil tieto metódy:

### 2.1. Metóda pozorovania

Túto metódu som použil v absolútnom počiatku práce, kde som najmä prostredníctvom internetových článkov a blogov hľadal praktické riešenia aerokonverzií automobilových motorov doma, aj v zahraničí a snažil sa odsledovať dobré, ale aj zle riešenia, čo mi dalo dobrý základ na hľadanie riešení aerokonverzie riešenej v tomto článku.

### 2.2. Analýza

Metóda analýzy napomohla pri výbere vhodných riešení, kde som hodnotil vhodnosť jednotlivých systémov prípravy zmesi a druhy zariadení zabezpečujúcich preplňovanie existujúcich v technickej praxi na základe teoretických faktov uvedených najmä v knižných zdrojoch.

### 2.3. Charakteristika

Charakteristiku využívam pri opise finálnych riešení spomínaných sústav, kde charakterizujem jednotlivé riešenia, najmä prečo som práve spomenuté riešenie použil a aké vlastnosti a benefity prinášajú.

### 3. Pôvodný stav



Obrázok 1: Riešený motor nainštalovaný v lietadle Eurofox. Zdroj: Spravidná dokumentácia.

Jedná sa o motor z produkcie Volkswagen, ktorý pochádza z modelu Beetle. Podľa sprievodnej dokumentácie k motoru, má zdvihový objem 1835 cm<sup>3</sup>, kompresný pomer 8:1 a maximálny zdvihový výkon 68 hp pri 3600 ot./min. Pri danom kompresnom pomere môže motor bez nežiadúcich detonácií spaľovať iba palivo s oktánovým číslom vyšším ako 95 s prídavkom olova, takže ideálna možnosť je AVGAS 100LL.

Tento motor v minulosti predstavoval pohonnú jednotku ultraľahkého lietadla Aeropro Eurofox, registrácia OM-S176. Prípravu zmesi zabezpečovala dvojica karburátorov Jikov z motocykla Jawa 350. Motor bol plnený atmosféricky.

V danej konfigurácii bol motor schopný dodávať lietadlu dostatočný výkon na vzlet a lietanie v malej výške, ale značne obmedzuje maximálny potenciál lietadla vo väčších výškach, kde motor najmä z titulu atmosférického plnenia, nedosahuje dostatočné výkony.

### 4. Systém preplňovania

Aplikáciu preplňovania považujem ako vhodnú vzhľadom k vyššie spomenutým faktom. Pri návrhu vychádzam z toho, že systém preplňovania, by mal spĺňať nasledujúce kritéria.

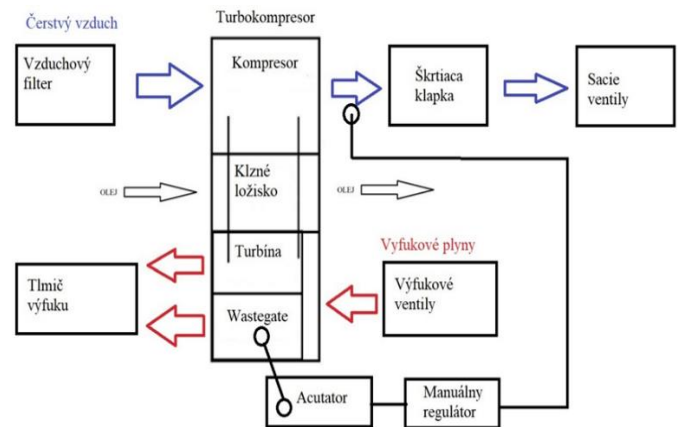
Systém bude využívať turbokompresor, vzhľadom k faktu, že motor má pomerne malý výkon a preplňovanie kompresorom by nebolo efektívne.

Preplňovanie bude slúžiť na kompenzovanie deficitu statického tlaku vychádzajúceho zo zmeny tlaku s výškou v rámci atmosféry a teda motor bude plnený maximálne plniacim tlakom jednej atmosféry, keďže motor bol konštruovaný ako atmosféricky plnený.

Plnenie vyšším plniacim tlakom by dávalo benefit v podobe zvýšenia výkonu, ale bolo by nutné tomu prispôbiť konštrukciu motora ako napr.: tesnenie pod hlavou, spojenie hlavy s blokom motora, či ojnice a takisto v dôsledku väčšieho množstva odpadového tepla aj chladenie motora, čomu sa

chcem vyhnúť. Pretože to nie je efektívne z hľadiska hmotnosti, technických možností a ceny a v takom prípade, by bolo lepšie hľadať iný motor. Mojim cieľom je udržiavať plniaci tlak 1,0 atm do maximálnej novej nominálnej výšky.

Navyššie by som pri plnení vyšším tlakom bol nútený použiť intercooler, aj kvôli väčším tendenciám teplého vzduchu k detonačnému horeniu, čomu sa chcem takisto vyhnúť. [1]

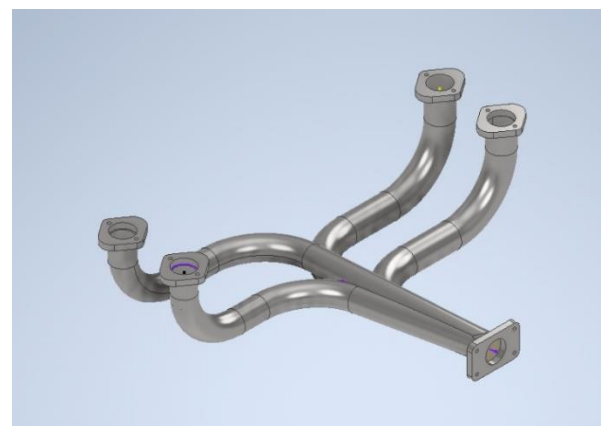


Obrázok 2: Schematické znázornenie navrhovaného systému preplňovania. Zdroj: Autori.

#### 4.1. Turbokompresor:

Použitým turbokompresorom bude Borg Warner S1BG. Tento typ reguluje výkon prostredníctvom wastegate, ktorú otvorí aktuátor, kde sa pohyb tvorí prostredníctvom pružnej steny, na ktorú pôsobí tlak zo sacieho potrubia. Tlak pri ktorom sa wastegate otvorí sa „nastavuje“ zvolením pružiny takej tuhosti, pri ktorej je tlak dostatočný na pretlačenie pružiny, čo vykoná už spomínané otvorenie wastegate. V našom prípade tento tlak bude 1,05 atm a vyšší, tak aby sme splnili podmienky preplňovania, ktoré sme si zadefinovali, ale aby pri maximálnom nastavení nedochádzalo k znižovaniu plnenia. [1]

#### 4.2. Výfuková sústava



Obrázok 3: Výfukový zvod. Zdroj: Autori.

Pre roztáčanie turbíny potrebujeme na turbínu priviesť kinetickú energiu spalín, pokiaľ možno s najmenšími hydraulickými stratami, preto v tomto prípade bola snaha záhyby potrubia viesť najväčším možným polomerom. Koniec potrubia je

pripojený priamo k telu krytu turbíny zhodnou prírubou. Potrubie bude vyrobené z nerezovej ocele, zvárané oblúkovým zváraním v ochranné atmosfére argónu metódou TIG.



Obrázok 4: Tlmič výfuku. Zdroj: Autori.

Druhou časťou výfukového systému je tlmič výfuku, ktorý bude uchytený o výstupnú časť turbínovej časti turbokompresora a budú sa v nej zbíhať plyny, ktoré prechádzali turbínou, ale aj plyny vypustené cez wastegate.

#### 4.3. Sacie potrubie

Z vývodu kompresora bude stlačený vzduch vedený ku škrtiacej klapke prostredníctvom kolena, kde bude touto klapkou regulovaný prívod vzduchu a tým aj výkon.

Ďalej sacie potrubie vedie nasávaný vzduch od škrtiacej klapky namontovanej na spodnej časti dielu k dvom kanálom vedúcim k sacím ventilom, ktoré už sú súčasťou motora. Oba diely je vhodné vyrobiť z ABS plastu, z titulu redukcie hmotnosti a dostatočnej tepelnej odolnosti tohto typu plastu.

### 5. Systém paliva

Ako som už spomenul, pôvodný systém prípravy zmesi pozostával s dvojice karburátorov Jikov. Dôvod pre úpravu tohto systému vidím ako vhodnú z nasledujúcich dôvodov:

- možnosť námrazy na karburátore
- prakticky nemožná synchronizácia karburátorov
- problémy plavákového karburátora pri zmene polohy lietadla dodávať palivo v správnom množstve do motora
- nižší výkon oproti príprave zmesi so vstrekaním

Fakt, že náš motor má stavbu typu boxer, vytvára komplikáciu v potrebe použiť dva karburátory na obsluhu oboch strán, ktoré sú od seba značne vzdialené v porovnaní napríklad s radovým motorom. Nevyhnutnosťou na dlhodobú, spoľahlivú a vyváženú prevádzku je symetrické zaťaženie všetkých valcov, preto je nevyhnutná aj synchronná práca a príprava zmesi v oboch karburátoroch. Dokonalá synchronizácia karburátorov, dostatočná na takú úroveň prípravy zmesi ako to dokáže systém vstrekovania je podľa môjho názoru možná iba v teoretickej rovine.

Technické možnosti dnešnej doby nám dávajú možnosti v podobe jednobodového a viacbodového nepriameho vstrekovania a viacbodové priame vstrekovanie.

Priame vstrekovanie je jedno z najúčinnějších riešení, čo sa týka prípravy zmesi, avšak nie je vhodné ho zvoliť v našom prípade, keďže vyžaduje mechanické zásahy do hláv valcov, kvôli uchyteniu vstrekočav. Vzhľadom k veku motora a konštrukcie pevnosti toto riešenie nie je vhodné, nakoľko by tieto otvory mohli znížiť pevnosť hláv.

Vhodným riešením je teda podľa môjho názoru nepriame vstrekovanie. To či jednobodové alebo viacbodové rozhodol, fakt, že viacbodové je na inštaláciu a prispôbienie rovnako náročné ako jednobodové s tým, že viacbodové nám dá benefit v podobe lepšej distribúcie paliva a tým daný aj čiastočne vyšší výkon a teda sa zdá byť najzmysluplnejšie. [1, 2]

#### 5.1. ECU

Ideálny systém podľa môjho názoru a skúseností na prípravu zmesi s viacbodovým nepriamym vstrekaním je systém managementu motora Siemens Simos 2P z vozidla Felicia, ktorý bol pôvodne zvolený a z ktorého použijeme veľkú časť príslušenstva.

Po dlhšom pátraní som sa rozhodol použiť produkt českej firmy IMFsoft, s.r.o, ECU Master, pretože oproti systému Simos 2P bol od začiatku vyvíjaný ako plne modulárny systém, ktorý si môžeme prispôbiť prostredníctvom softwaru presne podľa našich predstáv a odpadá množstvo komplikácií, ktoré prinášajú prispôbienia z automobilového priemyslu, najmä čo sa týka ekologickej výbavy ako odvetrávanie nádrže cez zásobník s aktívnym uhlím, či lambda sonda.

Jednotka ECU Master je navrhnutá na riadenie časovania zapalovania a časovania vstrekovania zážihových motorov s ľubovoľnou stavbou a usporiadaním snímačov, použitých vstrekočav, palivových čerpadiel a ďalšieho príslušenstva, ktoré nami vytváraná aplikácia potrebuje. Naším naprogramovaním pomocou PC softwaru, ktorý je súčasťou balenia ECU, si môžeme na základe vstupov zo senzorov nastaviť správnu činnosť zapalovania a vstrekovania. Okrem iného môžeme motor vďaka tomuto systému veľmi jednoducho a prehľadne monitorovať.

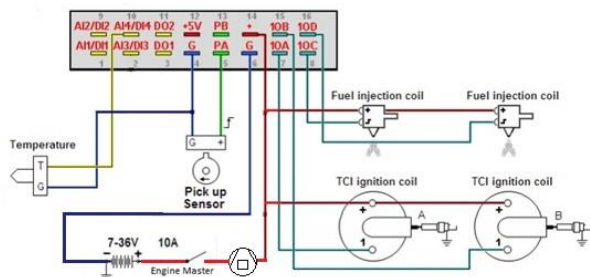
Čo sa týka zapalovania existujú dve varianty: CDI s kapacitnou zapalovacou cievkou a pre náš účel vhodnejší typ TCI, ktorý má výstup pre indukčnú zapalovaciu cievku a podporuje aj ovládanie vstrekočav.

Funkcia ECU MASTER sa zakladá na technológii FPGA zaisťujúcej digitálne-analógový prevod signálu snímačov, jeho vyhodnotenie a výpočet 64bit matematického modelu reálneho otáčania motora. Súčasne rieši redundanciu snímania, plné, rozšírené funkcie a záznamy signálov.

V našej aplikácii zo sortimentu využijeme model ECU MASTER ignition MAP sensor 4TCI – 12V, ktorý má 4 výstupy na reguláciu časovania, kde dva vstupy budú ovládať vstrekovanie 10C a 10D (obr.5) a dva vstupy zapalovanie 10A a 10B, čo bude presne vhodné pre našu konfiguráciu. Na napájanie potrebuje 12V DC, vyrába sa však aj verzia na 24V DC a 36V DC

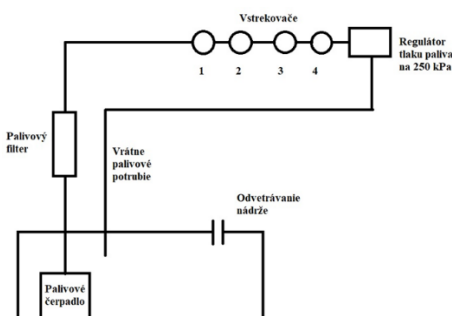
Špecifikom verzie „MAP sensor“ je, že na rozdiel od štandardného modelu má meranie plniaceho tlaku v sacom potrubí. Štandardný model na reguláciu vstrekovania, využíva monitorovanie natočenia škrtiacej klapky pomocou Hallovhovho senzora.

ECU umiestnime do prístrojového štítu v kabíne, mimo priestoru motora kde sa dosahujú vyššie pracovné teploty, z dôvodu dodržiavania prevádzkového intervalu teplôt od -40 do 85°C. [3,4]



Obrázok 5: Schéma zapojenia ECU pre našu aplikáciu. Zdroj: Autori.

## 5.2. Palivová nádrž a vedenie



Obrázok 6 : Schematické znázornenie palivového vedenia. Zdroj: Autori.

Prívod paliva z nádrže bude zabezpečovať ponorné elektrické čerpadlo, pôvodom zo systému Simos 2P, ktoré je chladené palivom, ktorého súčasťou je aj plavákový snímač stavu paliva, ktorého výstup je odporový (plná nádrž cca 10 Ω, prázdna cca 300 Ω). Výstupný tlak paliva je 300kPa. [3]

Odvetrávanie nádrže bude štandardne tvorené drenážou v najvyššom bode nádrže.

Palivo ďalej putuje cez palivový filter, ktorý môžeme zvoliť automobilový: napríklad od firmy Bosch, model N2820, kde sa čistí palivo najmä od pevných častíc a takéto čisté palivo prúdi k jednotlivým vstrekovačom.

V našom prípade bude kvôli rozmerom motora distribučná palivová rampa, ktorá sa pri automobilových aplikáciách používa, nahradená palivovým vedením tvoreným z flexibilnej teflonovej hadice s kovovým a nylónovým opletom. K jednotlivým vstrekovačom budú palivo privádzať a celý systém prepájať T-profily so zavítom.

Výstup vstrekovača, bude umiestnený kolmo na sacie ventily motora. Množstvo paliva vstreknutého do spaľovacieho priestoru je ovládané časom vstrekku, čo zabezpečuje ECU.

Palivové vedenie sa snažíme viesť tak, aby nebolo v blízkosti výfukového potrubia a čo najďalej od rebrovania hláv valcov. V prednej časti palivové vedenie, vedieme pred ochrannými stenami a ponad blok motora.

Za posledným vstrekovačom, bude potrubie viesť palivo cez regulátor tlaku paliva od výrobcu VDO (model 047133035), ktorý udržiava konštantný tlak v celej sústave na 250kPa, čo nám dovoľuje regulovať zmes časom otvorenia vstrekovača. Výstup z regulátora vedie späť do palivovej nádrže ako vratné palivo. [3,4]

## 5.3. Regulácia výkonu

### 5.3.1. Škrtiaca klapka

Škrtiaca klapka bude od výrobcu Races, ovladaná plne mechanicky prostredníctvom lanového mechanizmu, ktorý sa uchytí do drážky na kolese (vľavo na obr.7)



Obrázok 7: Škrtiaca klapka Races 70mm. Zdroj: Autori.

Vybraná škrtiaca klapka má vnútorný priemer hrdla 70mm, vyrobená je z hliníka AL6061. Prívod vzduchu od turbokompresora bude zo spodnej strany a z vrchného hrdla bude potrubie rozvetvené k jednotlivým sacím ventilom. [7]

Na správnu reguláciu paliva, tak aby bol dodržaný súčiniteľ prebytku vzduchu musí mať ECU spätnú väzbu prostredníctvom senzorov. Jednotka ECU Master vo verzii „MAP Sensor“ využíva integrovaný snímač tlaku v saní s rozsahom -80 až 150kPa. [8]

### 5.3.2. Vstrekovače

Vstrekovače budú od výrobcu Siemens, model 5WP4274 a danej konfigurácii sú štyri. Vstrekovač je ovládaný prostredníctvom dvoj-pinu na bočnej strane, ktorého prechodový odpor je 18,5Ω, čo vyhovuje rozmedziu 0,2-25 Ω, ktoré vyžaduje výrobca ECU. Jeho načasovanie a interval otvorenia je ovládaný prostredníctvom napäťových impulzov z ECU.

V našom prípade bude vstrekovač pre valec č.1 paralelne zapojený so vstrekovačom pre valec č.4 a ovládací signál pôjde z konektora 10C. Pre valec č.2 a č.3, pôjde signál z konektora 10D.

V týchto synchronizovaných valcoch síce prebieha iná fáza 4-taktného cyklu. Pri vstrekku bude v jednom valci prebiehať nasávanie s otvoreným ventilom a v druhom expanzia zo

zatvoreným ventilom. Takéto nastavenie však bude mať výhodu v tom, že uzavretý ventil bude chladený palivom pri práve prebiehajúcej expanzii a tým, že bude obmývaný, redukuje sa aj tendencia karbónových depozitov na jeho hornej strane.

Na to, aby sme dodržali súčiniteľ prebytku vzduchu budú intervaly vstrekú nastavené tak, že dávka adekvátna množstvu vzduchu sa vstrekne dvojfázovo. Prvá fáza počas priebehu predchádzajúcej expanzie a druhá počas otvorenia sacieho ventilu. [3,8,10]



Obrázok 8: Vstrekovač 5WP4274. Zdroj: Autori.

## 5.4. Senzory a snímače

### 5.4.1. Snímač polohy kľukového hriadeľa

Monitorovanie polohy kľukovej hriadele potrebujeme z dvoch dôvodov. Za prvé na monitorovanie otáčok a za druhé na správne načasovanie vstreknutia paliva do valcov práve v momente, kedy je otvorený sací ventil daného valca a takisto slúži na správne časovanie zapalovania.

Monitorovanie funguje na základe použitia Hallovoho snímača a snímacieho kotúča, ktorý je v blízkosti zotrvačnika uchytený o kľukový hriadeľ a jeho výstup je zapojený do ECU.

Hallov snímač je do riadiacej jednotky zapojený tromi vodičmi: červený je +5V, čierny je G, teda uzemnenie a zelený - informácia o meranom stave a je pripojený k PA alebo PB konektoru.

Na to, aby mal snímač čo snímať potrebujeme snímací kotúč pevne spojený s kľukovým hriadeľom a je vyrobený z feromagnetického materiálu, ktorý ma po obvodu výstupky a rôzne vybratia, vďaka ktorým vie Hallov snímač určiť polohu kľukového hriadeľa.

Po fyzickej inštalácii týchto dvoch vyššie spomenutých snímacích členov, treba ešte v riadiacej jednotke nastaviť správny typ snímacieho kotúča a typ čidla Hall. Keďže diely snímacích členov a ECU majú rovnakého výrobcu, mali by sme tento typ snímačov v nastavení jednoducho nájsť [6,8]

### 5.4.2. Snímač teploty hláv valcov

V spolupráci s ECU Master, ktorá zodpovedá za správnu prípravu zmesi a činnosť zapalovania, má monitorovanie teploty hláv valcov zmysel pre vhodné zvolenie súčiniteľa prebytku vzduchu, najmä pri štarte motora, kedy je nevyhnutné zmes obohatiť z dôvodu kondenzácie paliva na studených stenách valcov, čo by

pri dodávaní zmesi štandardnej prevádzkovej  $\lambda = 1$ , spôsobilo nemožnosť zapálenia paliva a nemožnosť naštartovania.

Preto musí ECU byť nastavená tak, že pri nízkej teplote hláv valcov nastaví prípravu zmesi do takzvaného bohatého sytičového režimu, kedy  $\lambda < 1$  až do momentu, kedy teplota hláv valcov dosiahne teplotu, pri ktorej sa palivo nebude zrážať na stenách a prepne do režimu štandardnej zmesi  $\lambda = 1$ .

Pri tejto aplikácii vzhľadom k prevádzkovým teplotám je podľa mňa vhodné nastaviť ECU tak, že do teploty hlavy valcov menšej ako 90°C bude zmes nastavená v sytičovom režime a po prekročení 90°C a smerom k vyšším teplotám sa nastaví už do štandardného režimu  $\lambda = 1$ .

Teplotné senzory, ktoré výrobca ECU má v rámci príslušenstva sú iba do maximálneho teplotného rozsahu 150 °C. Tu však musíme brať do úvahy fakt, že náš motor je vzduchom chladený a teda dosahuje omnoho vyššie prevádzkové teploty.

Podľa výrobcu sú prevádzkové teploty motora nasledovne:

Teplota hláv valcov pri horizontálnom lete: 350°-375°F/176°C-190°C

Teplota hláv valcov pri stúpaní: 420°F/215°C (5 min)

Maximálna neprekročiteľná teplota hláv valcov: 450°F/ 232°C.

Z vyššie uvedeného teda vyplýva, že musíme zvoliť iný model tepelných snímačov s vyšším rozmedzím pracovných teplôt, ktoré musia mať meranie založené na odporovom princípe. Spolupráca so snímačmi iných výrobcov na prácu ECU nebude mať žiadny negatívny vplyv, keďže jednotka ECU Master je značne modulárna a vďaka priloženému softwaru, si vieme režim je práce priradiť k daným teplotám, respektíve odporovým hodnotám snímača prislúchajúcim daným teplotám. [6,9]

V našom prípade by som použil na meranie termočlánok typu K, ktorého pracovné rozmedzie teplôt je od -65 do 250 °C. Meranie termočlánkom nie je založené na zmene prechodového odporu, ale na generovaní termoelektrického napätia, takže by sa javilo ako nevhodné vzhľadom k odporovému meraniu teploty ECU, ktoré snímače od výrobcu používajú. Takéto meranie nám však ECU Master dovoľuje vďaka tomu, že vstup je elektronický a aj v prípade odporového merania je vlastne výstupnou veličinou zmena hodnoty elektrického prúdu a v tomto prípade nárastom napätia pri konštantnom odpore dôjde k zmene prúdu.

## 6. Záver

Cieľom práce bolo načrtnúť nové efektívne riešenie palivovej sústavy, dodávajúce lepšie prevádzkové vlastnosti a pridanie systému preplňovania, ktoré by výrazne zlepšilo výškové charakteristiky riešeného zážihového motora.

V prvej časti sa venujem opisu činnosti, ktorá predchádzala písaniu tohto článku, najmä čo sa týka získavania a práce s informáciami.

Následne som opísal navrhovanú sústavu preplňovania, z čoho bude pozostávať a prečo som konkrétne časti zvolil a v rámci možnosti bola snaha o čo najväčšiu efektivitu, najmä z hľadiska hydraulických strát a hmotnosti.

Pri palivovej sústave bola snaha o čo najvhodnejšie riešenie, ktoré vyrieši problémy aktuálnej konštrukcie. Zároveň bude

konštrukčne jednoduché, spoľahlivé a vhodné prihládajú na konštrukčný vek motora. Vďaka zvolenému ECU máme široké možnosti flexibility managementu motora, čo nám otvára vynikajúce možnosti na ďalšie vylepšovanie daného systému a súčasne dáva možnosť urobiť ovládanie ergonomicky optimálne, zrovnateľné napríklad s lietadlom DA40TDi a jednoduchý presný monitoring parametrov motora.

Pri návrhu oboch sústav boli spoločným menovateľom: Vysoká miera spoľahlivosti a jednoduchosť, čo prispieva k bezpečnosti, ktorá je v leteckej mimoriadne dôležitá a nízke náklady, bez ktorých by daný návrh nedával zmysel. Keďže je určený pre skupinu lietadiel UL, kde práve nižšie náklady sú zmyslom tejto kategórie lietajúcich zariadení.

## Referencie

- [1] KŘIŽ, J. 2008 Pohonná jednotka, Žilinská univerzita, 2008 . 285 s. ISBN 9788080708726
- [2] RAUCHER, J. 2004. Spařovací motory, Studijní opory. Brno : VUT FSI Brno, 2004. 235 s.
- [3] JMJM.CZ , Elektronické vícebodové vstřikování paliva Siemens Simos 2P [online]. [cit. 01.02.2021]. Dostupné na internete: <http://jmjm.cz/clanky-skoda-felicia-1300-mpi-siemens-simos2p.php>
- [4] ECU MASTER CDI - TCI scheme & configuration [online]. [cit. 04.02.2021]. Dostupné na internete: [https://imfsoft.com/files/master/documentation/MasterSchemeV8\\_43\\_EN.pdf](https://imfsoft.com/files/master/documentation/MasterSchemeV8_43_EN.pdf)
- [5] VÁŇA P. 2002 Siemens Simos 2P popis managementu motoru [online]. [cit. 21.02.2021]. Dostupné na internete:
- [6] <https://www.skoda-techweb.cz/clanek.php?id=335>
- [7] Snímače IMSoft [online]. [cit. 06.03.2021]. Dostupné na internete: <https://imfsoft.com/kategorie-snimace>
- [8] Škrtiaca klapka Races [online]. [cit. 09.03.2021]. Dostupné na internete: <https://race-shop.sk/skrtiace-klapky/4590-univerzalna-skrtiaca-klapka-70mm.html>
- [9] ECU MASTER – MAP Sensor [online]. [cit. 04.03.2021]. Dostupné na internete: <https://imfsoft.com/kategorie-ridici-jednotky/ecu-master-map-sensor>
- [10] Oil & Head Temperature Specs from Great Plains Aircraft [online]. [cit. 11.03.2021]. Dostupné na internete: <https://shoptalkforums.com/viewtopic.php?t=142567>
- [11] Vstrekovacia trysky [online] Dostupné na internete: [https://www.mototechdiely.sk/produkt/original-vstrekovacia-tryska-047906031\\_\(citované\\_2021-01-28\)](https://www.mototechdiely.sk/produkt/original-vstrekovacia-tryska-047906031_(citované_2021-01-28))

Andrej Pukač – narodený 18. 03. 1999 v Žiline. V roku 2018 absolvoval Strednú odbornú školu elektrotechnickú, Komenského 50 v Žiline, následne v tom istom roku začal v septembri štúdium na Žilinskej univerzite v Žiline, odbor letecká doprava