



NÁVRH A REALIZÁCIA ELEKTRONICKÉHO RIADENIA MOTORA P66/5B

Dávid Koša
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 the professional article is to familiarize the reader with the issue of optimizing electronic control for the P66/5B engine. The article consists of several parts in which the theory of two-stroke piston internal combustion engines, the principle of battery and electric ignition, the principle of carburetion and direct and indirect injection are specified in more detail. The article itself also contains a short description of the P66/5B engine. Within the practical part, the article describes the procedure for implementing the P66/5B engine, the course of the testing itself and the results obtained.

Keywords

Two-stroke engine, carburetion, ignition, injection, mixture

1. Úvod

V tomto odbornom článku sa zameriame na výskum optimalizácie elektronického riadenia motora P66/5B. Cieľom je vytvoriť funkčnú sústavu zapaľovacej a palivovej sústavy pre ďalší vývoj ultraľahkého letúna Straton D7. Analýza testovania sa vykonáva na experimentálnom type motora (P66/5B) dôsledku konštrukčného riešenia štartéra.

Ako prvé sa zameriame na charakteristiku dvojtaktného motora a jeho činnosť, metodiku a jednotlivé metódy skúmania, ktoré boli pri písaní článku použité. Následne sa pozrieme na praktickú časť článku, kde si bližšie opíšeme problematiku postupu práce a realizácie motora P66/5B. Zameriame sa na postup nastavovania zapaľovacej a palivovej sústavy a porovnáme činnosť motora s upravenou konštrukciou oproti pôvodnému návrhu. Ako posledné si z analyzujeme zistené výsledky testovania a vyvodíme ďalšie závery, ktoré by mohli priniesť nové poznatky v oblasti vývoja do budúcnosti.

2. Metodika a metódy skúmania

Pri tvorbe článku boli využité rôzne zdroje ako napríklad: odborná literatúra (články, knihy, záverečné práce, manuály a príručky) a tiež internetové zdroje.

Metóda zberu a spracovania informácií: Využitá prioritne v teoretickej časti článku v súvislosti s princípom práce dvojtaktných motorov, karburáciou, priamym a nepriamym vstrekaním, funkcia snímačov a riadiacej jednotky a tiež charakteristikou motora P66/5B.

Metóda komparácie: Táto metóda sa v malej miere nachádza aj v teoretickej časti článku, ale primárne je využitá v praktickej časti, v rámci porovnávania prevádzky motora s upravenou konštrukciou oproti pôvodnej.

Metóda analýzy a syntézy: Primárne sa metóda analýzy uplatnila v praktickej časti práce, kedy sme pracovali na konštrukcii dvojtaktného motora a jednotlivých sústav s ním

spojených. V súvislosti s motorom P66/5B sme vykonávali nastavovanie a aj samotné testovanie elektrickej a palivovej sústavy, za pomoci programu od spoločnosti IMF soft. Metóda syntézy vychádza zo samotnej analýzy (testovania a nastavovania zapaľovacej a palivovej sústavy) pri ktorej sme vyhodnotili zistené informácie pri porovnávaní práce motora s upravenou konštrukciou oproti pôvodnému návrhu.

3. Činnosť dvojtaktného motora

Konštrukcia dvojtaktného motora oproti štvortaktnému je výrazne jednoduchšia, pretože odpadá potreba sacieho a výfukového ventilu a tiež vačkovej hriadele. Významný rozdiel je aj v palivo-vzduchovej zmesi. Do paliva je potrebné pridávať olej dôsledku toho, že samotný motor nemá z konštruovanú mazacu sústavu.

3.1. Priebeh práce

1. Prvý zdvih piesta (nasávanie a kompresia):

Nad piestom:

Počas tejto časti cyklu samotný piest, ktorý sa pohybuje z dolnej úvrate do hornej úvrate v prvom rade zablokuje prepúšťací priestor, na základe ktorého sa samotná zmes paliva a vzduchu vytlačila do oblasti nad piestom. Po tejto časti cyklu následne piest zablokuje aj výfukový priestor, výsledkom čoho sa vytvorí osamotené (izolované) miesto vo valci, čím samozrejme automaticky dochádza k stlačaniu samotnej zmesi. [2]

Pod piestom:

V určitom čase, keď piest absolvuje takmer polovicu samotného zdvihu, spodný okraj piesta uvoľní sací priestor. Po otvorení sacieho kanálu, sa z karburátora do kľukovej skrine spravidla v danom momente začne nasávať zápalná zmes, výsledkom čoho ešte nie je ukončenie posledného úkonu. [2]

Po nasatí zápalnej zmesi, bezprostredne pred dovŕšením piestu do hornej úvrate, vzájomne medzi elektródami zapalovacej sviečky preskočí iskra. Vzniknutá iskra zapríčiní zážih, čím podnieti samotné zapálenie zmesi. [2]

2. Druhý zdvih piesta: (expanzia a výfuk)

Nad piestom:

V určitom čase, kedy pracuje druhý zdvih piestu vzniká v danom mieste nad piestom expanzia, ktorá pôsobí na piest tlačnou silou smerom z hornej úvrate do dolnej úvrate. [2]

Pod piestom:

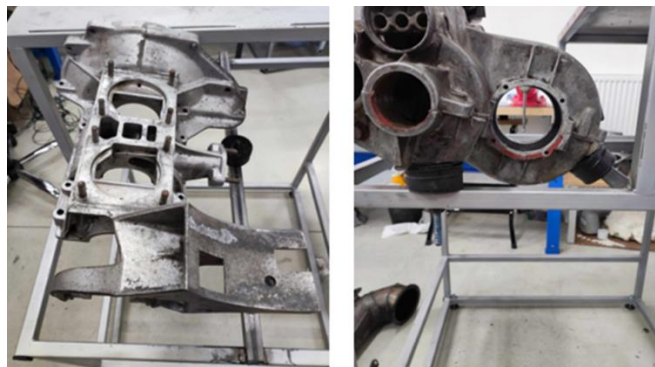
Vo chvíli, keď dôjde k uvoľneniu sacieho priestoru, dochádza k nasatiu zápalnej zmesi priamo do určeného priestoru kľukovej skrine. Následne, keď piest opäť absolvuje takmer polovicu samotného zdvihu smerom k dolnej úvrati, sa sací priestor zablokuje, čím automaticky dochádza k stláčaniu samotnej zmesi v kľukovej skrini. Bezprostredne pred absolvovaním fáze expanzie, dochádza k odkrytiu výfukového priestoru piestom, čím sa enormne zníži tlak vo valci. Po poklese tlaku, samotný piest odkryje prepúšťací priestor a zápalná zmes, ktorá prúdi z kľukovej skrine preplachuje tlakom z valca všetky nahromadené spaliny do vonkajšej atmosféry. V rovnakej dobe dochádza aj k nasatiu čerstvej palivovej zmesi, pripravenej na nadchádzajúci pracovný cyklus motora.

4. Priebeh realizácie úpravy konštrukcie motora P66/5B

4.1. Skladanie konštrukčných častí

4.1.1. Upevnenie motora na konštrukciu

Pri prvotnom návrhu upevnenia sme blok motora primontovali na jednoduchú konštrukciu z oceľových štvorhranných jaklov, ktoré sú spojené zváraním (najpoužívanejší technologický postup v spájaní oceľových materiálov). Do steny štvorhrannej rúry sme navŕtali dve diery s priemerom 8 mm a prostredníctvom nerezových skrutiek sme priskrutkovali vrchnú polovicu bloku motora ku konštrukcii. Dôsledku značnej nestability a predpokladanému zvýšenému chveniu sme sa rozhodli, že konštrukciu upravíme privarením jednej priečky navyše (štvorhranná rúra) a motor uchyťme do troch bodov na silentbloky. Blok motora sme spojili s obalom prevodovky pomocou skrutiek a do plášťa sme navŕtali otvory pre upevnenie silentblokov. Celú konštrukciu motora sme následne vsadili do predvŕtaných dier v konštrukcii a prizváraním jednej priečky navyše sme docielili stanovené 3 body upevnenia. Masívna konštrukcia vytvára dostatočnú pevnosť a pomerne dobrú stabilitu pre prenos rezonančných a váhových zaťažení motora. Výhodou takéhoto upevnenia motora je pomerne jednoduchá a rýchla demontáž napríklad pri preprave materiálu.



Obrázok 1 Upevnenie motora na konštrukciu. Zdroj: autor

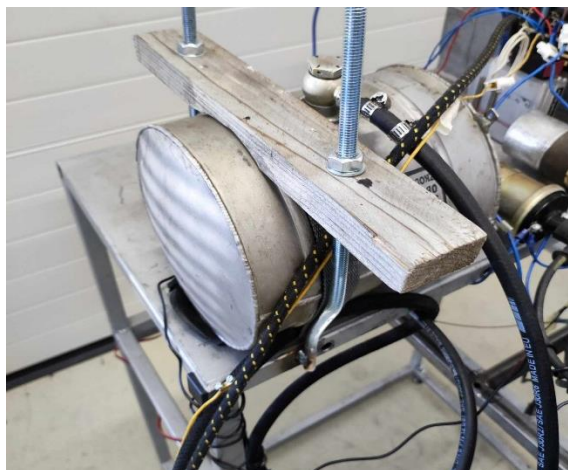
4.1.2. Palivové čerpadlo

Ako zdroj pre odvod paliva z nádrže sme využili malé, jednoduché palivové čerpadlo s výkonom 3 bary. Navzdory toho, že výrobca čerpadla neuvádza na výrobku označenie pre elektrické zapojenie bolo potrebné čerpadlo otestovať vo vonkajšom prostredí. Pri teste sme využili dve jednoduché pomôcky a to umelú nádobu s kvapalinou (voda) a batériu. Čerpadlo sme napojili na zdroj energie a ponorili do nádoby. Ako prvé bolo potrebné zistiť kladný a záporný pól batérie aby čerpadlo bolo schopné satia kvapaliny z nádrže. Ako náhle bolo čerpadlo funkčné a teda schopné zabezpečiť požadovanú činnosť naša pozornosť sa zamerala na určenie prepúšťacej a vratnej vetvy. Keďže pri plnej pracovnej záťaži čerpadla bola kvapalina vytláčaná z prepúšťacej vetvy skúsili sme zablokovať tok tejto vetvy, čo malo za následok nadmerné zvýšenie tlaku v čerpadle a teda automaticky došlo k odpusteniu nadbytočného množstva vody vratnej vetvy. Vďaka vykonaniu tohto testu sme dostali potrebné dáta pre ďalšie zapojenie čerpadla do sústavy.

4.1.3. Palivová nádrž

Nádobu, ktorá slúži na uskladnenie paliva pre prácu motora. V našom prípade sme využili plechovú nádrž z hydraulikkej kvapaliny s objemom viac ako 5 litrov. Na hlavnú odpúšťaciu vetvu paliva sme pridali holender pre jednoduché pripojenie k palivovej hadici. Čo sa týka vývodu pre odpúšťanie vzduchu využili sme skrutku do ktorej sme prevŕtali dieru, pomocou závitníka narezali závit a priamo do nej priskrutkovali druhý holender. Pred konečnou montážou sme oba holendery ešte dodatočne natreli silikónom pre zvýšenie tesnosti a zároveň pevnosti. Palivovú nádrž sme zapustili do navŕtaných dier na vrch konštrukcie a pomocou textilného pásu pevne zviazali. Pre zníženie vibrácií sme pod palivovú nádrž vsunuli dva kusy gumenej látky. Počas testovania došlo viackrát k vypadnutiu týchto gumených odrezkov a výrazným otrasom nádrže. Z toho dôvodu sme na palivovú nádrž prirobili kúsok drevenej výstuže so zaoblením pre lepšie dosadenie drevenej plochy a pomocou dvoch skrutkových tyčí a skrutiek primontovali ku konštrukcii. Výhodou umiestnenia nádrže na úplnom vrchu konštrukcie je možnosť prívodu paliva do karburátora samospádom v prípade novej poruchy čerpadla. Následne sme pokračovali s montovaním palivových hadíc, ktoré sme vsunuli do holenderov a stiahli s hadicovými sponami (SK páska). Na hadicu sme ako bezpečnostný doplnok pridali uzatvárací ventil, vďaka čomu sami môžeme regulovať prietok paliva ďalej do sústavy.

Pozícia kohúta sa môže nachádzať v dvoch polohách vo vodorovnej (otvorený ventil) a zvislej polohe (zatvorený ventil). Ďalší významný komponent, ktorý sme v palivovej sústave použili bolo mechanické tiahlo na otváranie a zatváranie škrtiacej klapky v karburátore dôsledku nastavenia nasávania prietoku vzduchu do motora.



Obrázok 2 Palivová nádrž. Zdroj: autor

4.1.4. Elektronická sústava

V súlade s elektrickou sústavou sme ako zdroj napätia pre náš testovací motor zvolili 12 voltovú batériu (akumulátor). Tak ako aj palivovú nádrž tak aj batériu sme primontovali na vrch konštrukcie práve oproti palivovej nádrži. Keďže batéria má výrazne veľkú hmotnosť podarilo sa nám posunúť ťažisko viacej na stred, čím sa dosiahla vyššia stabilita konštrukcie. Pri montáži sme využili dve závitové tyče, ktoré sme zospodu podstavy zaistili šesťhrannými maticami s podložkami. Rovnakým spôsobom sme batériu upevnili aj z vrchnej časti akurát s tým rozdielom, že sme pridali kúsok drevenej výstuže pre kvalitnejšie upevnenie, aby nedochádzalo počas činnosti k posúvaniu.

V súvislosti s elektrickou sústavou sme využili dve indukčné cievky a tiež dva spínače jeden pre spínanie cievok a druhý pre samotné štartovanie. Ako doplnkové zariadenia sme využili indikátor na meranie podtlaku a zariadenie na meranie motohodín.



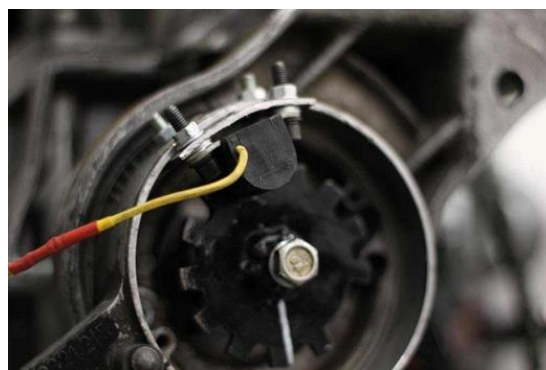
Obrázok 3 Umiestnenie batérie na konštrukciu. Zdroj: autor

4.2. Úprava konštrukcie zapalovacej a palivovej sústavy

Keďže cieľom práce bolo upraviť konštrukciu zapalovacej a palivovej sústavy využili sme elektronickú riadiacu jednotku a k nej snímač kľukového hriadeľa.

4.2.1. Snímač kľukového hriadeľa

Ide o malý elektrický snímač, určujúci polohu kľukového hriadeľa a tiež otáčky.



Obrázok 4 Induktívny snímač kľukového hriadeľa. Zdroj: autor

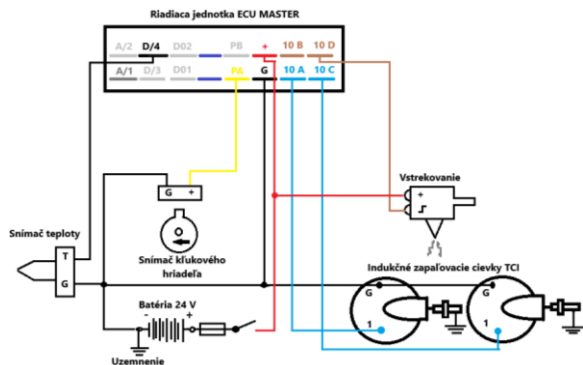
V našom prípade sme pracovali s indukčným snímačom kľukového hriadeľa. Použili sme ozubené oceľové koleso s 12 menšími a jedným väčším výrezom medzi zubami. Ako prvé sme sa zamerali na upevnenie ozubeného kolesa, pričom išlo o časovo náročnú montáž dôsledku presného dopasovania. Na základe toho, že poloha kolesa sa musí nachádzať kolmo na os hriadeľa museli sme niekoľko krát zvar odstrániť a znovu ozubené koleso správne privariť. Pri presnom upevnení sme využili sústruh do, ktorého sme koleso uchopili a od kontrovali, či je koleso správne vycentrované. Po namontovaní ozubeného kolesa na kľukovú hriadeľ sme začali s montážou samotného snímača. K bloku motora sme priskrutkovali okrúhly oceľový domec do ktorého sme z boku navŕtali dve diery pre uchytenie indukčného snímača. Dôsledku nedostatočnej vzdialenosti snímača od ozubeného kolesa bolo nutné prirobiť kúsok oceľového pliešku na, ktorý sme priskrutkovali snímač. Keďže oceľový domec mal okrúhly tvar, pliešok upevnení vo zveráku sme ohýbali búchaním kladiva do oblúka. Snímač sme postupne dopasovali do správnej polohy horizontálne aj vertikálne (vypodložením podložiek), keďže vzdialenosť od ozubeného kolesa podľa manuálu nesmie prekročiť 0,5 mm. Po správnom nastavení indukčného snímača kľukového hriadeľa a ozubeného kolesa sme sa zamerali na zapojenie riadiacej jednotky ECU MASTER.

4.2.2. ECU (Electronic control unit)

Elektronická riadiaca jednotka je malé počítačové zariadenie na úpravu zapalovacej a palivovej sústavy, na základe čoho systém správne nastaví uhol predzápalu a tiež dobu vstrelu pre jednotlivé valce motora. Ide teda o sofistikovanejšie zariadenie pre optimalizáciu motora.

V rámci umiestnenia riadiacej jednotky sme postupovali nasledovne. Samotnú riadiacu jednotku sme vsunuli medzi dva pliešky (v tvare písmena L) priskrutkované ku konštrukcii. Medeným drôtom sme omotali a zviazali riadiacu jednotku

kobom plieškom, tak aby nedošlo k posunu počas vibrácií motora. Žiaľ po niekoľkých vykonaných testoch došlo k nechcenému posúvaniu ECU a bolo nutné prerobenie upevnenia. Navzdory toho, že nebolo veľa možností ako kvalitnejšie ECU upevniť, zvolili sme klasické elektrikárske sťahovacie pásky. Po vykonaní tejto úpravy uchytenia nedošlo k výraznejším problémom.



Obrázok 5 Grafické znázornenie zapojenia riadiacej jednotky. Zdroj: autor

4.2.3. Snímač Lambda sonda

Pre jednoduchšie a kvalitnejšie vykonanie testovania sme využili aj snímač teploty výstupných plynov, vďaka ktorému sme kontrolovali pomer zmesi.

Snímač lambda sonda sme priskrutkovali priamo do vopred vytvorenej diery so závitom v ocelevej rúre odvádzajúcej výstupné spaliny priamo do vonkajšej atmosféry. Zariadenie s digitálnym displejom sme provizórne pomocou sťahovacej pásky a drôtu pripevnili na vrch drevenej výstuže, pomocou ktorej sme upevnili batériu. Cieľom bolo získať, čo najlepší rozhľad na samotný displej. Po zapojení snímača lambda sonda sme skúšobne otestovali, či zariadenie správne funguje. Ako prvé sme zistili, že dôsledku kratšej výfukovej rúry namerané teplota a pomer bohatosti zmesi nie sú úplne korektné, pretože dochádza k nasatiu čerstvého vzduchu z okolitého prostredia. To má za následok nepresné dáta a teda je potrebné výstupnú rúru predĺžiť, aby sa vo výfuku znížil obsah kyslíka.



Obrázok 6 Snímač Lambda sonda. Zdroj: autor

4.2.4. Vstrekovacia dýza

V rámci konštrukčnej úpravy palivovej sústavy sme na miesto karburátora použili škrtiacu klapku s palivovou dýzou z automobilu Škoda Fabia. Cieľom je zabezpečiť plynulú a spoľahlivú dodávku paliva do sústavy.

Čo sa týka montáže vstrekovacej dýzy, tú sme vykonali po úspešnom ukončení testovania motora s karburátorom. V prvom rade bolo nutné zaliť praskliny, jamy a podobné nerovnosti nachádzajúce sa v liatinovom diely so škrtiacou klapkou. Ako výplň sme použili tekutý kov (epoxidové lepidlo). Tekutý kov sme rozmiešali v umelej nádobke, postupne aplikovali na vytvorené nerovnosti a následne nechali jeden deň vyschnúť. Po vyschnutí sme zaliť časti povrchu obrúsili excentrickou brúskou a vnútro dielu vyhladili prevrtaním za pomoci vrtáku. Následne sme primontovali škrtiacu klapku, vstrekovaciu dýzu a celý diel priskrutkovali na dva oceľové štitky na miesto, kde bol predtým karburátor. Na záver sme pripojili palivovú hadicu z čerpadla a elektrické káble do konektora vstrekovacej dýzy. Červený kábel (kladný pól) sme napojili k štartéru a čierny kábel (záporný pól) k riadiacej jednotke. Vstrekovaciu dýzu sme v poslednom kroku dodatočne otestovali.



Obrázok 7 Škrtiaca klapka s palivovou dýzou. Zdroj: autor

5. Priebeh testovania

Testovanie sme vykonávali v počítačovom programe, ktorý bol vytvorený k riadiacej jednotke ECU MASTER.

Práca s počítačovým programom vyžadovala veľa trpezlivosti a predovšetkým samo vzdelávania na základe pridaného manuálu. V programe si môžeme zvoliť rôzne funkcie podľa toho, čo chceme zistiť. Ako prvé po spustení programu sa nám znázorní elektronická vizualizácia nášho motora na ktorej môžeme vidieť rôzne ukazovatele, ako napríklad otáčky motora, teplotu, moto hodiny, ladiace tlačidlo uhla predzápalu, ladiace tlačidlo doby vstrekovania a ďalšie iné. Druhou dôležitou časťou je grafické znázornenie predzápalu a vstrekovania. Mapy znázorňujú priebeh doby vstrekovania a uhla predzápalu od jednotlivých otáčok motora. Za pomoci týchto dvoch máp si vieme oba ukazovatele upravovať a vyladovať. Osciloskopický záznam znázorňuje grafické zobrazenie práce motora pri ktorej dochádza k meraniu a výpočtom spracovaných dát. Na

osciloskopickom zázname môžeme vidieť faktory týkajúce sa otáčok motora, index snímania zubov, uhol natočenia motora a tiež silu signálu od snímača kľukového hriadeľa. Poslednou dôležitou časťou programu je nastavenie správnej konfigurácie snímača kľukového hriadeľa. V tejto časti programu je potrebné zadať relevantné vstupné údaje pre snímanie kľukového hriadeľa: typ snímača, obmedzovač otáčok, počet bodov snímania, počet zubov na kolese, pomer otáčok, filtrácia otáčok a ďalšie. Ako bežný počítačový program disponuje aj funkciami pre uloženie údajov, nahranie údajov do programu, spustenie elektronickej vizualizácie, zastavenie motora (tlačidlo stop), nápoveda, informácie, rozšírenie nastavenia, funkcie programu a mnoho ďalších. [29,30]

5.1. Technické problémy a poruchy

Počas testovania sa vyskytlo aj mnoho problémov, ktoré často komplikovali priebeh testovania a teda bolo nutné ich odstrániť alebo minimálne eliminovať.

5.1.1. Zlomený zotrvačník

Prvou a výrazne najkomplikovanejšou technickou poruchou z hľadiska opravy bol zlomený zotrvačník, ku ktorej došlo pri vykonávaní testu výkonu motora.

Dôsledku následného nemožného naštartovania bolo potrebné motor demontovať a zistiť príčinu poruchy. Krátko po odmontovaní vrchnej polovice skrine prevodovky sme uvideli zlomený zotrvačník, na základe čoho sme usúdili, že vplyvom zlého nastavenia snímania zubov v programe, došlo k nepresnému časovaniu hádzania iskry, výsledkom čoho bolo cyklické namáhanie materiálu. Postupne sme začali motor demontovať po jednotlivých súčiastkach, aby sme sa dostali k jadru problému. Pri otvorení skrine motora sme potrebovali odstrániť časť zotrvačníka pevne spojenú ku kľukovému hriadeľu. Úlomok sme nad rezali karbobrúskou a úderom kladiva odstránili. Následne sme vymenili kompletný diel zotrvačníka za náhradný a postupne pridávali ďalšie časti, ako napríklad lamelová spojka. Po uložení všetkých súčiastok na správne miesto sme vrchnú polovicu skrine natreli silikónovou hmotou, prílepili k druhej polovici skrine a momentovým kľúčom dotiahli všetky skrutky. Poskladaný motor sme opätovne namontovali na konštrukciu a pripojili ostatné časti sústavy (elektrická a palivová). Po zatvrdnutí silikónovej hmoty sme motor opäť začali spúšťať a vykonávať ďalšie testy, v rámci ktorých došlo k ďalším technickým problémom predovšetkým s výfukovou sústavou.



Obrázok 8 Zlomený zotrvačník. Zdroj: autor

5.1.2. Praskliny a lomy v spájaných častiach

Praskliny a lomy sa vyskytovali predovšetkým v súvislosti s výfukovou sústavou, kedy dôsledku vysokých vibrácií motora materiál nedokázal odolať namáhaniu. Výsledkom čoho bolo niekoľko násobné preváranie častí výfukovej rezonančnej sústavy a tiež vytváranie ďalších technických vylepšení pre možné zníženie podobných problémov.

5.1.3. Poškodené tesnenia pod hlavami valcov

Počas samotného testovania sme si všimli presakovanie paliva okolo hláv, na základe čoho sme sa rozhodli valce demontovať. Po rozobratí valcov bolo viditeľné poškodenie na oboch tesneniach, v rámci čoho sme museli absolvovať výmenu.

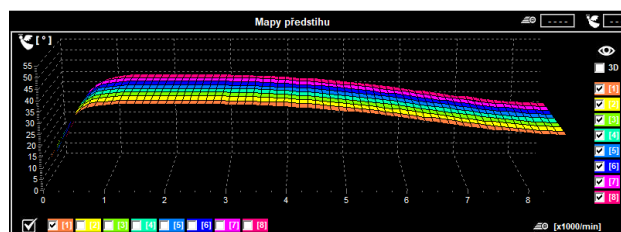
5.1.4. Práca motora na jeden valec

Ako posledný závažný technický problém, ktorý sa vyskytol bol nestabilný chod jedného z valcov. Túto poruchu sme odhalili pri kontrole sviečok, kedy jedna z nich nebola dostatočne prepálená (mokrú od palivo-olejovej zmesi).

V rámci tejto poruchy sme vymenili zapaľovacie sviečky a neskôr aj indukčné cievky. Pri samotných sviečkach sa vyskytol ďalší technický problém, kedy došlo k rušeniu riadiacej jednotky, čo zapríčinilo poruchu počítačového programu. Z toho dôvodu bolo nutné kúpiť ďalšiu sadu nových sviečok pre tento motor.

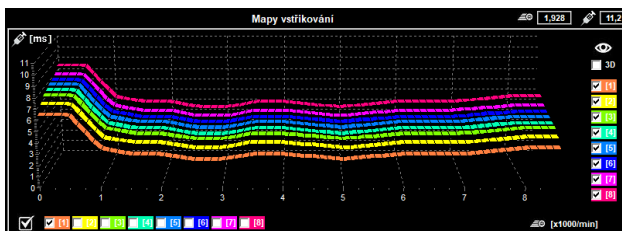
5.2. Nastavenie mapy uhla predzápalu a doby vstreku

Mapu uhla predzápalu sme nastavili pri jednotlivých otáčkach motora. Počas samotného testovania sme zistili, že optimálny uhol predzápalu pri voľnobežných otáčkach (približne 1100-1300) by mal byť približne 38° pred dovŕšením hornej úvrate. Postupne so zvyšujúcimi sa otáčkami (do 8000 ot/min) by sa mal uhol predzápalu znižovať kontinuálne na hodnotu 25° pred dosiahnutím hornej úvrate. Predpokladáme, že približne pri týchto zvolených hodnotách motor pracoval najefektívnejšie.



Obrázok 9 Mapa predstihu zapaľovania. Zdroj: autor

V rámci nastavenia doby vstreku sme mapu upravili nasledovne. Najvýraznejšia potreba vstreknutia paliva bola pri štartovaní, kedy sme dobu vstreku nastavili na 7 ms (do 500 ot/min). Ako náhle motor dosiahol voľnobežné otáčky dobu vstreku sme znížili takmer na 2,5 ms. So zvyšujúcimi otáčkami sa mapa mierne menila a hodnota sa pohybovala na úrovni okolo 3 ms.



Obrázok 10 Mapa doby vstretu. Zdroj: autor

6. Výsledky

V rámci výsledkov ku ktorým sme dospeli predpokladáme, že úprava pôvodnej konštrukcie motora P66/5B pre vývoj ultraľahkého letúna Straton D7, priniesla požadované informácie na základe, ktorých by sa mohol vyvíjať ďalší výskum tohto motora.

V rámci vykonaného testovania na experimentálnom type motora, dôsledku konštrukčného riešenia štartéra predpokladáme, že vplyvom úpravy zapalovacej a palivovej sústavy došlo k výrazne lepšiemu štartovaniu motora a tiež stabilnejšej práci na rozdiel od pôvodnej konštrukcie.

Pri samotnom štartovaní motor s karburátorom vykazoval výrazne väčšie problémy s dávkovaním paliva zatiaľ, čo pri palivovej dýze sme túto problematiku eliminovali.

V súvislosti so snímačom Lambda sonda sme odhalili aj približný pomer zmesi pri jednotlivých otáčkach motora. Pri nízkych otáčkach bola zmes bohatšia, zatiaľ čo pri vyšších otáčkach mierne chudobnejšia.

7. Záver

V tomto odbornom článku sme sa venovali testovaniu dvojtaktného motora P66/5B, pre ďalší vývoj motora ultraľahkého letúna Straton D7. Cieľom testovania bola úprava konštrukcie elektronického riadenia zapalovacej a palivovej sústavy. Samotná úprava spočívala v odstránení klasického mechanického zapalovania s kladivkami a nahradením elektronickej riadiacej jednotky s indukčným snímačom kľukového hriadeľa. V rámci palivovej sústavy išlo o odstránenie karburátora a jeho nahradenie škrtiacou klapkou s palivovou dýzou. Pre testovanie sme sa rozhodli použiť motor P66/5B dôsledku konštrukčného riešenia štartéra, keďže Straton D7 je roztáčaný za pomoci vrtule. Osobne verím, že v leteckom priemysle, ako aj v iných odvetviach činnosť dvojtaktných motorov nestratí svoj význam a ďalej bude vytvárať plnohodnotnú súčasť dlhodobej existencie spaľovacích motorov.

Referencie

- [1] KRÍŽ, Jozef. 2004. Lietadlové pohonné jednotky. Žilinská univerzita v Žiline, 2004. 264 s.
- [2] DENIS. Dvojtaktný motor: Aké má výhody či naopak nevýhody? In: AUTORIDE | Web o autách od autíčkarov [online] [cit. 19.02.2025]. Dostupné na internete: <https://autoride.sk/dvojtaktny-motor-jeho-princip-prace>

- [3] JENNINGS, Gordon. Two stroke tuner's handbook. Copyright, 1973.
- [4] BLAIR, Gordon P. The Basic Design of Two-Stroke Engines. SAE Publications Group, 1990. ISBN 1-56091-008-9.
- [5] BENČEK, Kristián . Kapacitní zapalování. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 59s.
- [6] HUSÁK, Pavel . Upravujeme motocykl pro závod. SNTL Nakladatelství technické literatury , 1972.
- [7] HUSÁK, Pavel. Motocykly s dvoudobým motorem. SNTL Nakladatelství technické literatury , 1978. 324 s.
- [8] ŠLEHOFER, Vlastislav . Údržba a opravy vozu Trabant 601. SNTL Nakladatelství technické literatury, 1984.
- [9] TOMÁŠ HYAN. Trabant 601 slaví šedesátiny! Dvoudobá legenda byla laciná, ale také prachmizerná. In: Garaz.cz [online] [cit. 27.02.2025]. Dostupné na internete: <https://www.garaz.cz/clanek/auta-historie-technika-trabant-601-slavi-sedesatiny-dvoudoba-legenda-ktera-se-za-35-let-vyroby-skoro-nezmenila-21010028>
- [10] ŠTEFÁNIK, František . Športové lietanie, lietadlá, letci - 1988. Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, 1988.
- [11] How a fuel pump works. In: How a Car Works [online] [cit. 26.02.2025]. Dostupné na internete: <https://www.howacarworks.com/basics/how-a-fuel-pump-works>
- [12] ECU TESTING. ECU (Electronic Control Unit) explained. In: Ecuteesting.com [online] [cit. 26.02.2025]. Dostupné na internete: <https://www.ecuteesting.com/categories/ecu-explained/>
- [13] Detailing Devils Head Office. In: Detailingdevils.com [online] [cit. 26.02.2025]. Dostupné na internete: <https://www.detailingdevils.com/blog/essential-guide-to-electronic-control-units>
- [14] ANM. Príznaky poruchy a oprava snímače polohy kľukového hriadeľa. In: motofocus.sk [online] [cit. 26.02.2025]. Dostupné na internete: <https://motofocus.sk/technika/42442,priznaky-poruchy-a-oprava-snimace-polohy-klukoveho-hriadela>
- [15] Vstrekovacie trysky: príznaky poškodenia a náklady na výmeny ► AUTODOC BLOG. In: Autodoc.sk [online] [cit. 27.02.2025]. Dostupné na internete: <https://www.autodoc.sk/info/vstrekovacie-trysky-priznaky-poskodenia-a-naklady-na-vymen>