



Využití alkoholových paliv v malých dvoudobých zážehových motorech

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T010 – Konstrukce strojů a zařízení

Autor práce: Bc. Jan Svoboda
Vedoucí práce: doc. Michal Vojtíšek, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Use of alcohol fuels in small two-stroke spark ignition engines

Master thesis

Study programme: N2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2302T010 – Machine and Equipment Systems

Author: Bc. Jan Svoboda
Supervisor: doc. Michal Vojtíšek, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Svoboda**
Osobní číslo: **S16000342**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce strojů a zařízení**
Název tématu: **Využití alkoholových paliv v malých dvoudobých zážehových motorech**
Zadávací katedra: **Katedra vozidel a motorů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši alkoholových paliv dostupných pro malé zážehové motory. Shrňte současný stav technologie malých nesilničních motorů pro nesené a přenosné stroje. Shrňte dosavadní zkušenosti s využíváním alkoholových paliv v malých motorech, zvláště motorech dvoudobých, z hlediska dávkování paliva, kompatibility materiálů, kompatibility paliva s motorovým olejem, potřebných úprav, a zjištěných nebo předpokládaných dopadů na provoz, výkon, spotřebu paliva, emise a životnost motoru.
2. Pro vybraný exemplář malého motoru proveďte dlouhodobou zkoušku na vybrané alkoholové palivo.
3. Před provedením zkoušky proveďte rozvahu nutných úprav motoru (dávkování paliva, kompatibility materiálů těsnění apod.) a mazání motoru (volby motorového oleje a jeho dávkování) a proveďte rozvahu upevnění motoru na zkušebním stanovišti a potřebné úpravy zkušebního stanoviště. Navrhněte provozní režim (sled provozních režimů, zatížení) motoru při zkoušce a délku zkoušky.
4. Proveďte zkoušku o délce řádově desítek motohodin. V pravidelných intervalech proveďte měření maximálního točivého momentu, komprese a případně měrné spotřeby paliva a složení výfukových plynů. Po ukončení zkoušky motor rozeberte a dle možností a dostupnosti specifikací od výrobce vyhodnoťte jeho stav a opotřebení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] **Pechout, M., Trnka, M., Novotný, M.:** *Úprava malého zážehového motoru pro provoz na alkoholová paliva. Listy cukrovarnické a řepářské, 130, č. 7-8, 262-267.* http://www.cukr-listy.cz/on_line/2014/PDF/262-267.pdf.
- [2] **Vodrážka, J.:** *Úprava malé elektrocentrály pro pohon na N-butanol. Diplomová práce, KVM FS TUL, 2014.*
- [3] **Trnka, M.:** *Malý spalovací motor na alkoholová paliva. Diplomová práce, KVM FS TUL, 2012.*
- [4] **Waytulonis, R., Kittelson, D., Zarling, D.:** *E20 Effects in Small Non-Road SI Engines: A literature and Information Search. University of Minnesota Center for Diesel Research, 2008.* <https://www.leg.state.mn.us/docs/2008/mandated/080342.pdf>

Vedoucí diplomové práce: **doc. Michal Vojtíšek, Ph.D.**

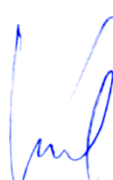
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání diplomové práce: **15. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. ledna 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří se na vzniku této práce nějak podíleli. Předně bych chtěl poděkovat osazenstvu laboratoří katedry vozidel a motorů za pomoc při dlouhodobé zkoušce, Střední škole hospodářské a lesnické Frýdlant, především panu ing. Janu Vachellovi za informace o těžbě dřeva a práce s motorovou pilou. Dále firmě Hecht za poskytnuté cenové zvýhodnění na testované stroje. V neposlední řadě děkuji za spolupráci svému vedoucímu práce doc. Michalu Vojtíškoví, Ph.D., též panu ing. Radomíru Mendřickému, Ph.D. za pomoc s měřením rozměrů a rodině.



Abstrakt

Tato práce vyjmenovává alkoholová paliva, která lze použít ve spalovacích motorech. Obsahuje seznam olejů určených pro dvoutaktní motory, které jsou kompatibilní s těmito palivy. Je zde popsána konstrukce dvoutaktních motorů, jejich náležitosti a inovace.

V další části je popsána srovnávací zkouška dvou dvoutaktních motorů, přičemž jeden pracoval na směs oleje s benzínem a druhý na směs s E85. Jsou zde popsány nutné úpravy motoru. Výsledkem je porovnání obou motorů, přičemž jsou zhodnoceny jak výkonnostní parametry, tak i hodnoty produkovaných emisí a opotřebení motorů.

Při porovnání bylo zjištěno, že se oba motory v rámci dlouhodobé zkoušky chovaly podobně, ale jisté rozdíly zde byly. Tím prvním byl klidnější chod při vyšším zatížení u palivové směsi obsahující E85. Dalším bylo notné zanášení pracovního prostoru, které bylo pozorováno u této směsi.

Tato práce přináší srovnání, které může být v budoucnu použito při využití alternativních paliv v dvoutaktních motorech, jejich úskalí a problémy při jejich použití.

Klíčová slova:

Dvoutaktní spalovací motor, E 85, dlouhodobá zkouška, alkoholová paliva, vliv paliv na motor.

Abstract

This thesis lists of alcoholic fuels, which can be used in combustion engines. It contains a list of oils for two-stroke engines, which are compatible with these fuels. It describes the design of two-stroke engines, their requirements and innovations.

In the next section is described a comparative test of two two-stroke engines, one was working on a mixture of oil with petrol and the other on a mixture with E85. The necessary modifications of the engine are described here. The result is a comparison of both engines, evaluating both the performance parameters and the values of engine emissions and wear and tear of engine.

By comparison, it was found that both engines behaved similarly in the long-term test, but some differences were there. The first was a quieter run at a higher load on the E85 fuel mixture. Another was the clogging of the workspace that was observed with this blend.

This work brings a comparison that can be used in the future in the use of alternative fuels in two-stroke engines, their pitfalls and problems in their use.

Key words:

Two – stroke spark ignition engine, E 85, long – range exam, alcohol fuel, effect of fuel on engine.

Obsah

1	Alkoholy	15
1.1	Úvod	15
1.1	Požadavky na paliva do zážehových spalovacích motorů	15
1.2	Emise	19
1.3	Chemicko – fyzikální vlastnosti skupiny alkoholů	20
1.4	Výroba paliv	21
1.5	Alkoholová paliva	25
2	Mazací oleje pro dvoudobé motory	31
2.1	Požadavky na olej pro dvoutaktní motory	31
2.2	Normy a označení pro oleje pro dvoutaktní motory	31
2.3	Oleje pro alkoholová paliva	32
3	Dvoutaktní spalovací zážehové motory	35
3.1	Konstrukce	36
3.2	Tvorba palivové směsi	37
3.3	Zapalovací soustava	39
3.4	Vývoj malých motorů	41
3.5	Testování a certifikace malých zážehových motorů	42
3.6	Úpravy a kompatibilita pro provoz na alkoholová paliva	44
4	Praktická část	45
4.1	Úvod	45
4.2	Výběr pohonného agregátu	45
4.3	Parametry zkoušky	46
4.4	Zkušební stav	47
4.5	Návrh a provedení ovládání řídicích parametrů	51
4.6	Úprava motoru	52
4.7	Průběh zkoušky motoru	52
4.8	Použité provozní kapaliny	53
4.9	Měření zatěžujícího výkonu	53
4.10	Rozborka motorů	58
4.11	Měření spotřeby paliva	59
4.12	Měření kompresního tlaku	61

4.13	Měření složení emisí.....	62
4.14	Měření rozměrových změn.....	64
4.15	Mazivostní zkouška.....	65
5	Závěr.....	67
6	Přílohy	75

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Oktanová čísla různých alkoholů [35]	28
Obrázek 2:	Řez motorem pily	41
Obrázek 3:	Schéma původního řešení stavu	50
Obrázek 4:	Schéma upraveného stavu	50
Obrázek 5:	Schéma zapojení ovládání škrtecí klapky	51
Obrázek 6:	Schéma soustavy využití při měření emisí	62
Obrázek 7:	Princip mazivostní zkoušky	66

Seznam grafů

Graf 1:	Zatěžovací charakteristika motoru	47
Graf 2:	Srovnání charakteristik původního a nového provedení stavu	50
Graf 3:	Měřicí místa a označení	54
Graf 4:	Moment v měřicím místě 1, při 5000 min ⁻¹	54
Graf 5:	Moment v měřicím místě 2, při 8000 min ⁻¹	55
Graf 6:	Moment v měřicím místě 3, při 8000 min ⁻¹	55
Graf 7:	Moment v měřicím místě 4, při 8000 min ⁻¹	56
Graf 8:	Moment v měřicím místě 5, při 4500 min ⁻¹	56
Graf 9:	Moment v měřicím místě 6, při 4500 min ⁻¹	57
Graf 10:	Moment v měřicím místě 7, při 4500 min ⁻¹	57
Graf 11:	Porovnání celkové účinnosti motorů	58
Graf 12:	Spotřeba palivové směsi BA 95 + 2T oleje	60
Graf 13:	Spotřeba palivové směsi E 85 + ricinového oleje	60
Graf 14:	Porovnání využití energie pro obě palivové směsi	61
Graf 15:	Změna kompresního tlaku	61
Graf 16:	Části zatěžujícího použité pro měření emisí	63

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Složení a rozsah kalibračních paliv pro RON [5]	17
Tabulka 2:	Složení a rozsah kalibračních paliv pro MON [4]	17
Tabulka 3:	Rozdělení paliv dle parametrů [7]	18

Tabulka 4:	Výtěžnost ethanolu [16].....	23
Tabulka 5:	Vlastnosti alkoholových paliv [25, 26, 27].....	25
Tabulka 6:	Parametry paliva E85 [28].....	26
Tabulka 7:	Třídy určující procentuální složení E85 [28].....	27
Tabulka 8:	Emisní limity pro jednotlivé kategorie motorů [56].....	43
Tabulka 9:	Emisní limity pro navrhovanou životnost [56].....	43
Tabulka 10:	Specifikace zvolené pily	45
Tabulka 11:	Základní hodnoty látek v emisích obou paliv.....	63
Tabulka 12:	Hodnoty vybraných látek v emisích obou paliv	64
Tabulka 13:	Naměřené rozměry jednotlivých součástí.....	65
Tabulka 14:	Naměřené rozměry ojnice.....	65

Seznam zkratek

RON - Research Octane Number, oktanové číslo zjištěné výzkumnou metodou

MON - motor octane number, oktanové číslo zjištěné motorovou metodou

BA – benzin automobilový

α_z – předstih zapalování

ε – kompresní poměr

CDI - Capacitive Discharge Ignitor, kondenzátorové zapalování

Předmluva

V této práci jsem zkoumal možnosti provozu dvoutaktních motorů na alternativní palivo. Při využití těchto paliv jsem se setkal s mnoha problémy vyplývající z odlišnosti vůči benzínu. Tyto problémy jsou v tomto dokumentu částečně řešeny. Cílem této práce bylo vytvořit srozumitelný návod, jak upravit a provozovat dvoudobé zážehové motory na alternativní paliva. Dále jaké výhody, či nevýhody tento provoz obnáší.

V teoretické části jsem se zabýval alkoholovými palivy, která lze využít pro dvoudobé spalovací motory, dále jsou zde vypsány oleje, které je možné použít pro přímé mísení s těmito palivy. V neposlední řadě je zde popsána stavba dvoudobého motoru a jeho modifikace. V závěru jsou uvedeny inovace tohoto motoru, které se používají v zahradní technice.

Praktická část řeší dlouhodobou zkoušku malých dvoutaktních motorů. Tento test byl prováděn formou porovnání, přičemž jeden motor fungoval na výrobcem stanovenou palivovou směs a ten druhý spaloval směs paliva E85 a ricinového oleje. Během zkoušek byly měřeny výfukových emisí, spotřeba paliva částic a velikost kompresního tlaku. Po proběhnutí tohoto testu byly oba motory rozebrány a byla provedena analýza opotřebení.

1 Alkoholy

1.1 Úvod

V současné době se alkoholová paliva začínají prosazovat na trhu. Jelikož zásoby ropy jsou omezené, tento zdroj v budoucnosti nejspíše nahradí nynější paliva. Výhodou je jejich biologická odbouratelnost, snadná a z obnovitelných zdrojů možná výroba.

1.1 Požadavky na paliva do zážehových spalovacích motorů

- Co největší hustota energie na jednotku hmotnosti
- Nízká cena
- Nízký obsah zdraví škodlivých látek
- Chemická stálost
- Tvorbu minimálního množství škodlivých látek při spalování
- Schopnost vytvořit zápalnou směs
- Dokonalé shoření
- Odolnost proti samovznícení
- Palivo ani jeho spaliny nesmí způsobovat korozi

Způsoby měření a hodnocení parametrů paliv

- 1) Měření oktanového čísla
 - a) Výzkumnou metodou
 - b) Motorovou metodou
- 2) Destilační zkouška
- 3) Obsahy jednotlivých složek
 - a) Olova
 - b) Benzenu
 - c) Pryskyřic
 - d) Aromátů

- e) Olefinů
- f) Kyslíku
- 4) Oxidační stabilita
- 5) Tlak nasycených par
- 6) Hustota

Měření oktanového čísla

Oktanové číslo určuje odolnost paliva proti samovznícení. U benzínu se o poměr mezi izooktanem (oktanové číslo 100) a n-heptanem (oktanové číslo 0). Měření oktanového čísla se provádí srovnáváním neznámého paliva a paliva se známým oktanovým číslem.

Toto měření se provádí na zkušebním motoru. To je jednoválec, čtyřtakt s variabilním kompresním poměrem a je osazen karburátorem. Motor pracuje při konstantních otáčkách.

Měření se provádí dvěma způsoby, buď výzkumnou metodou, nebo motorovou metodou. Tyto metody mají rozsah oktanového čísla od 0 do 120, avšak pracovní využití je od 40 do 120.

Tato měření jsou určena především pro benzínová paliva, která obsahují maximálně 4 % (m/m) kyslíku, pro směs benzínu obsahující maximálně 25 % (v/v) etanolu. Pro jiná paliva, nebo pro vyšší obsahy alkoholové složky jsou tyto metody měření pouze kontrolní. Avšak se pracuje na jejich zdokonalení.

Primární referenční paliva jsou směsi izooktanu a n – heptanu, nebo izooktanu a tetraethylalova s přesně danou koncentrací. Používá se též standardizační palivo, které je na bázi toluenu, izooktanu a n-heptanu.

Měření oktanového čísla výzkumnou metodou

Typické motorové palivo má rozsah oktanového čísla zjištěná touto metodou 88 – 101. Parametry měření paliva s neznámým oktanovým číslem: otáčky motoru jsou $600 \text{ min}^{-1} \pm 6 \text{ min}^{-1}$, $t_{\text{vzduch}} = 52 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha_z = 13^\circ$ a nastavuje se kompresní poměr do té

doby, než bude zjištěno klepání. Poté se s nezměněnými parametry motoru použijí paliva s přesně daným oktanovým číslem. Následně se pomocí lineární interpolace zjistí oktanové číslo.

Kalibrace Výzkumná metoda	Složení			Rozsah vzorku Výzkumná metoda
	Toluen	Izooktan	N-heptan	
65,1	50	0	50	< 70,3
75,6	58	0	42	70,1 - 80,5
85,2	66	0	34	80,2 - 87,4
89,3	70	0	30	87,1 - 91,5
93,4	74	0	26	91,2 - 95,3
96,9	74	5	21	95 - 98,5
99,8	74	10	16	98,2 - 100
103,3	74	15	11	100 - 105,7
107,6	74	20	6	105,2 - 110,6
113	74	26	0	> 110,3

Tabulka 1: Složení a rozsah kalibračních paliv pro RON [5]

Měření oktanového čísla motorovou metodou

Typické palivo má při měření touto metodou oktanové číslo v rozmezí 80 – 90.

Parametry pro měření: pracovní otáčky $900 \text{ min}^{-1} \pm 9 \text{ min}^{-1}$, $t_{\text{směs}} = 149 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 7 - 5$ a nastavuje se předstih zážehu od 19° do 26° před horní úvratí, též do zjištění klepání. Pak se postupuje obdobně jako u výzkumné metody.

Kalibrace Motorová metoda	Složení			Rozsah vzorku Motorová metoda
	Toluen	Izooktan	N-heptan	
58	50	0	50	< 62,3
66,9	58	0	42	62,2 - 71
74,8	66	0	34	70,7 - 76,7
78,2	70	0	30	76,4 - 79,9
81,5	74	0	26	79,6 - 83,5
85,2	74	5	21	83,2 - 87,5
88,7	74	10	16	86,8 - 90,8
92,6	74	15	11	90,5 - 94,7
96,6	74	20	6	94,4 - 98,4
99,8	74	24	2	98,1 - 100
100,8	74	26	0	> 100

Tabulka 2: Složení a rozsah kalibračních paliv pro MON [4]

Destilační zkouška

Podstata zkoušky: vzorek se na základě těkavosti zařadí do jedné ze čtyř skupin. Podle tohoto rozřazení se dále bude odvíjet nakládání se vzorkem, uspořádání aparatury a celkově průběh zkoušky.

Uchovávání vzorku je dáno: pro skupinu 1 a 2 musí být vzorek uchováván při teplotě pod 10 °C, maximálně 20 °C, u skupiny 3 a 4 je to 9 – 21 °C nad bodem tekutosti paliva. Při destilaci se použije 100 ml vzorek. Během zahřívání se provádí pozorování odečtu teploměrů a měření získaných kondenzátů. Po provedení destilace se změří zbytky v destilační baňce a ztráty při destilaci. Hodnoty získané z teploměrů se následně korigují na atmosférický tlak.

U destilace se zaznamenávají: počátek a konec destilace, popřípadě suchý bod (odečet teploměru v okamžik odpaření celého množství kapaliny ze dna baňky). Dále hodnoty z teploměrů při předestilovaných 5, 15, 85, 95 % množství paliva a při násobcích předestilovaných 10 %, tj. od 10 % do 90 %.

Výsledkem této zkoušky je graf závislosti předestilovaného množství závislého na teplotě. Tento graf se dále porovnává s normovaným grafem pro dané palivo.

Číslo skupiny	1	2	3	4
Typický druh vzorku	Automobilový benzin	Automobilový benzin	Letecké palivo	Petrolej, plynový olej
Tlak par dle Reida [kPa]	$\geq 65,5$	$< 65,5$	$< 65,5$	$< 65,6$
Počátek destilace	-	-	$\leq 100\text{ °C}$	$> 100\text{ °C}$
Konec destilace	$\leq 250\text{ °C}$	$\leq 250\text{ °C}$	$> 250\text{ °C}$	$> 250\text{ °C}$

Tabulka 3: Rozdělení paliv dle parametrů [7]

V tomto grafu jsou tři významné body, které určují schopnosti paliva. Prvním je E 70, je určen teplotou 70 °C, při níž by mělo být předestilované minimálně 20 – 50 % objemu paliva. Tento bod vyjadřuje schopnost startovatelnosti motoru za nízkých teplot. Dalším je E 100, vyjadřuje předestilovaný objem v rozmezí 46 – 71 % při teplotě 100 °C. Tímto bodem je vyjádřena akcelerační schopnost motoru. Je to dáno rychlostí oparování této frakce. Posledním bodem je E 150. Teplota je 150 °C, při které by mělo

být predestilováno minimálně 95 % objemu vzorku. Při vyšších hodnotách teplot dochází ke snížení účinnosti motoru a ředění oleje.

1.2 Emise

Je směs plynů a pevných částic vzniklých po spálení palivové směsi. V současné době jsou stále více kladeny požadavky na snížení množství těchto látek z důvodu nepříznivého vlivu na přírodu a živočichy. Z tohoto důvodu se zavádějí limitní emisní normy.

Emise ze spalovacích motorů obsahují převážně složky:

- oxid uhličitý (CO_2)
- oxid uhelnatý (CO) vzniká při spalování bohaté směsi.
- oxidy dusíku (NO_x) jsou důsledkem oxidace dusíku obsaženého ve vzduchu při vysokých teplotách ve spalovací komoře.
- nespálené uhlovodíky jejich výskyt v emisích je dán nedokonalým spálením směsi díky štěrbinám, popřípadě netěsnostmi, nebo v případě dvoutaktních motorů se jedná o výplach spalin.
- pevné částice vznikají při hoření velmi bohaté palivové směsi, při nízkých teplotách hoření popřípadě se jedná o těžko spalitelné příměsi v palivu. Pevné částice jsou tvořeny karbonem, různými oxidy kovů, olejem a vodou. U těchto částic platí, že čím menší jsou, tím jsou pro organismus nebezpečnější.

Měření přístroje

Měření emisí se provádí analyzátory, které pracují na různém principu. Těmi hlavními jsou:

- přístroje fungující na fyzikálním principu
- přístroje fungující na fyzikálně chemickém principu
- chemické analyzátory

Porovnání emisí alkoholových paliv a standardních ropných paliv

Oproti benzínovým palivům se alkoholová paliva vyznačují lepší spalitelností. Z důvodu vyšší hodnoty výparného tepla se vejde do válce větší objem náplně oproti benzínu.

Když se porovnají emise palivových směsí benzínu s 2T olejem a E 85 s ricinovým olejem, při nastavení motoru na podobné parametry, především bohatost směsi, je nutno konstatovat, že se zde velké rozdíly hodnot nenacházejí. Největší rozdíly jsou ve snížení obsahu oxidu uhelnatého u paliva E85. [11]

U čtyřdobých motorů je situace obdobná. Emise obsahují o 60 % nižší hodnoty oxidu uhelnatého, ale zhruba 3 x vzrostly emise oxidů dusíku. U speciálních motorů určených pro alkoholová paliva je však situace jiná. Zde se všechny emisní hodnoty snížily, obsah oxidu uhelnatého o 20 %, nespálených uhlovodíků o 8 %, oxidů dusíku o 18 % a pevných částic dokonce o 34 %. [10]

Alkoholová paliva také produkují jiné chemické sloučeniny, které se běžně u výfukových emisí neměří. Z některých měření se ukazuje, že je zde nárůst různých aromatických a jiných kyslíkatých uhlovodíků. Jsou to například benzen, toluen, ethylbenzen, formaldehyd, acetaldehyd a methacrolein. [12]

1.3 Chemicko – fyzikální vlastnosti skupiny alkoholů

Uhlovodíky jsou organické sloučeniny, které se vyznačují tím, že obsahují řetězec. Ten je tvořený z uhlíku, na který jsou navázány jiné prvky. To je především vodík. Dle počtu uhlíků se u základních uhlovodíků odvíjí jejich název (např. metan – CH_4 , ethan – C_2H_6 , ...).

Alkoholy jsou deriváty uhlovodíků. Vyznačují se tím, že na atom uhlíku, který není součástí aromatického kruhu, je připojena – OH skupina. Tato skupina se nazývá hydroxylová a alkoholy mohou obsahovat jednu, či více těchto skupin. Tvoření jejich názvů spočívá v přidání koncovky –ol k názvu bezkyslíkatého uhlovodíku. Dle počtu vazeb s uhlovodíkovými radikály, které má uhlíkový atom nesoucí hydroxylovou

skupinu, dělíme na primární, sekundární a terciální. Dle počtu hydroxylových skupin dělíme alkoholy na jednosytné a vícesytné.

Druhy řetězců

Většina uhlovodíků, alkoholy nevyjímaje, má při zachování stejného chemického vzorce různé uspořádání. Toto uspořádání zásadně ovlivňuje vlastnosti dané látky. U uhlovodíků rozlišujeme tři hlavní typy řetězců:

1. Acyklické (obsahují otevřený řetězec) - tento řetězec může být přímý, nebo rozvětvený.
2. Cyklické - jedná se o uzavřený řetězec uhlíků.

Vlastnosti alkoholů

Pro paliva se využívají jednosytné alkoholy, z nich většina je hořlavá. Vyrábějí se z ropných uhlovodíků, ale u alkoholů s nižším počtem uhlíků se dají získávat pomocí kvašení cukrů. Pro využití jako paliva v motorech, musíme tuto skupinu rozdělit na dvě části. První jsou nižší alkoholy. Jejich zástupci jsou od methanolu až po pentanol, další skupinou jsou vyšší alkoholy.

Pro praktické využití ve spalovacích motorech se využívají nižší alkoholy vyjma propanolu z důvodu jejich oktanového čísla. Problémem propanolu je to, že ho nelze s dostatečnou výtěžností vyrábět biochemickou cestou a získává se především synteticky. Vyšší alkoholy se se svými vlastnostmi více podobají naftě. Největší nevýhodou těchto látek je jejich neomezená mísitelnost s vodou.

1.4 Výroba paliv

Tuto kapitolu lze rozdělit na dvě kategorie. První je rozdělení podle toho, jak se alkoholy vyrábějí. První možností je přírodní cestou. Tou je využití kvasinek, které přeměňují cukry na alkohol. Tím druhým způsobem je tyto látky vyrábět chemickou cestou.

Dalším rozdělením je, jaké zdroje se pro výrobu používají. První jsou neobnovitelné zdroje. Jedná především ropné uhlovodíky, uhlí a zemní plyn. Další kategorií je využití plynů v atmosféře. Tento proces je poměrně nový a zatím není tak rozšířen. Poslední kategorií je využití obnovitelných zdrojů. Nejjednodušší cestou je kvašení cukru obsahující, ve velké míře hospodářské plodiny. Zajímavější cestou je zpracování odpadní biomasy pomocí chemických reakcí a enzymů, které organické látky (např. u dřeva celulózu) přemění na zpracovatelné cukry.

Biochemicky

Sloučenin určené pro zpracování

- Sacharóza - jedná se o jediný způsob přímé konverze na alkohol pomocí kvasinek. Z plodin jsou to zejména melasa, cukrová třtina a řepa. Velkou nevýhodou jsou vyšší náklady na pěstování.
- Škrob - další možností je zpracování škrob obsahující rostliny. Jsou využity například brambory, obilí a kořenové plodiny. Kvašení škrobu je značně složitější než u využití sacharózy. V současné době se většina alkoholu vyrábí zpracováním škrobu z obilí.
- Celulóza – tato látka má velký potenciál, bohužel v současné době nepříliš rozšířená. Její hlavní nevýhodou je její náročné zpracování. Celulóza se musí nejdříve hydrolyzovat na zkvasitelné cukry působením kyselin. Tuto látku obsahuje dřevo, dále se nalézá v zemědělských zbytcích.

Kvašení

Ethanolové kvašení probíhá v anaerobním prostředí a využívá působení enzymů kvasinek. Při výrobě etanolu a menší míře methanolu se využívají kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*.

Pro výrobu butanolu se využívá aceton - butanolové kvašení, při němž se používají obdobné suroviny a postupy jako u výroby etanolu. Hlavní rozdíl je využití jiného druhu kvasinek. Tím jsou bakterie rodu *Clostridium*, přesněji druh *C. acetobutylicum*, popřípadě *C. butyricum*. [17]

Dalším krokem je získání alkoholů z kvasného roztoku. Při oddělování alkoholů se využívá především destilace. Při získávání butanolu se využívá i jiných postupů. Jedná se především o vypuzení plynem, nebo extrakce pomocí vodou nemísitelného činidla, případně oddělení pomocí membrán.

Surovina	Výtěžnost ethanolu [%]	
	min	max
Brambory	13,2	14,7
Pšenice	37,2	41,5
Řepný cukr	58	64
Melasa	29	32

Tabulka 4: Výtěžnost ethanolu [16]

Při využití destilace získáme přibližně 90. % ethanol. Z důvodu jeho využití ve spalovacích motorech, musíme odstranit co nejvíce nežádoucí vody. To se provádí buď na molekulových sítích, nebo pomocí membrán. Tímto procesem získáme ethanol o 99,7 % čistotě, po této úpravě je ho již možné použít jako palivo.

Synteticky

Destilací

Tento způsob se využíval při výrobě methanolu. Jedná se o suchou destilaci především bukového dřeva. Produkty jsou methanol, kyselina octová a aceton.

Hydrogenací

Pro průmyslovou výrobu metanolu se dnes využívá katalytická hydrogenace vodního plynu (směs oxidu uhelnatého a vodíku) za teplot okolo 250 °C a tlaků 5 – 10 MPa. Dále jsou nutné katalyzátory na bázi mědi, oxidu zinečnatého a hlinitého. [19]

Katalytická hydratace

Využívá se pro syntetickou výrobu alkoholů. Jedná se o exotermní reakci a jsou zde použity kyselé katalyzátory. Jako obvyklým katalyzátorem je kyselina trihydrogenfosforečná nanosená na porézním nosiči. Reakce probíhá při teplotě 250 –

300 °C a tlaku 5 – 7,5 MPa. Jako surovina pro výrobu ethanolu se používá ethen a ethynu. Pro výrobu butanolu se využívá butanu.

Jejich největší výhodou je výroba velmi čistého alkoholu, nevýhoda je nákladnost.

Elektrokatalýzou

Jedná se o způsob výroby ethanolu inovovaný v roce 2017 na Stanfordské univerzitě. [22] Tato metoda využívá jako suroviny vodu a oxid uhličitý. Dalším článkem této metody jsou speciální z mědi vyrobené katalytické elektrody. Tyto elektrody mají přesně danou pozici v krystalové mřížce. Při průchodu elektrodou vzniká ethanol.

Měď je jedna z mnoha katalyzátorů, které umožňují vyrábět ethanol za pokojové teploty. Hlavní nevýhodou je, že při výrobě vzniká dalších 15 sloučenin. Tato inovace by měla tuto hlavní nevýhodu eliminovat.

Konverze alkoholů

Tato metoda se od ostatních liší v tom, že surovinou je ethanol a za pomoci rutheniového katalyzátoru vzniká butanol. Cílem je tedy získat palivo s vyšší energetikou hodnotou než vstupní surovina. Tento způsob výroby se dá využít jak na ethanol vyrobený z ropy, tak i získaný kvašením. Účinnost konverze ethanolu na butanol je lepší než 40 %. [24]

1.5 Alkoholová paliva

Název	Methanol	Ethanol	Butanol			
Vzorec	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₄ H ₉ OH			
Uspořádání			sekundární	terciální	izobutanol	n - butanol
Výhřevnost [MJ/kg]	20	27		33	33	33
Bod varu [°C]	64,6	78	100	83	108	117
Bod tuhnutí[°C]	-97,6	-114	-115	25,7	-108	-90
RON čistý	107 - 109	108 - 109				
RON směsi	127 - 136	120 - 135	101	104 - 110	113	96
MON směsi	99 - 104	100 - 106	91	89 - 98	94	81
Stechiometrický poměr	6,4	9		11,1	11,2	11,2
Limitní stochiometrický poměr [%]	6 - 36,5	4 - 19	1,7 - 9,8	2,4 - 8	1,2 - 10,9	1,4 - 11,2
Tlak par při 37,8 °C, pro čistý [kPa]	32	16		12	3,9 (při 40°C)	2,4 (při 40°C)
Tlak par při 37,8 °C, pro směs [kPa]	214	117		62		44
Výparné teplo [kJ/kg]	1160-1174	923	562	536	686	706
Hustota při 15°C [kg/m ³]	791	794	806	791	802	810
Čistota	> 99,7	≥ 98,7				

Tabulka 5: Vlastnosti alkoholových paliv [25, 26, 27]

Methanol

V současné době se u nás toto palivo používá buď jako přísada do benzínu, nebo je využito pro závodní stroje. V současné době se toto palivo používá v Číně s označením od M5 do M100.

Jedná se o alkoholové palivo s nejvyšším oktanovým číslem. Díky této vlastnosti se může uzpůsobit i motor. V první řadě lze zvýšit kompresní poměr. Dále je nutné zvýšit dodávku paliva do motoru, aby byl zajištěn stochiometrický poměr směsi. Je to dáno výskytem kyslíku v molekule metanolu.

Methanol je náchylnější k separaci v palivových směsích než ethanol. Jeho zásadní nevýhodou je toxicita pro organismy a také že ve větší míře absorbuje vodu. V neposlední řadě rozpouští některé plastické hmoty a způsobuje urychlení koroze některých kovů. Další nepříjemnou vlastností jsou jeho detergentní vlastnosti. Výhodou je jeho biodegradabilní schopnost. V přírodě se rozloží přibližně za 6 dní.

Ethanol

Má podobné vlastnosti jako methanol, absorbuje vodu, má rozpouštěivé a korozivní vlastnosti. Liší se zejména svou menší toxicitou. V současné době se využívá především jako biosložka konvenčních paliv.

E85

Jediná palivová směs s vyšší procentuálním zastoupením alkoholu, kterou lze v současné době sehnat u benzínových stanic. Toto palivo je nejrozšířenější v Brazílii a USA, kde se prodávají i palivové směsi E10, E22 a E100.

Automobilové palivo E85 je směs až 85 % ethanolu odpovídajícího normě EN 15276 s automobilovým benzínem EN 228.

Parametry	minimum	maximum
Hustota [kg/m ³]	760	800
Oxidační stabilita [min]	360	-
Obsah pryskyřic [mg/100ml]	-	5
Koroze měděného pásku [3h při 50 °C]	Třída 1	
Celková kyselost [%; m/m]	-	0,005
Elektrická vodivost [μs/cm]	-	1,5
Obsah methanolu [%; v/v]	-	1
Vyšší nasycený monoalkoholy [%; v/v]	-	6
Ethery (5 a více C) [%; v/v]	-	11
Obsah vody [%; m/m]	-	0,4
Obsah anorganických chloridů [mg/kg]	-	1,2
Mědi [mg/kg]	-	0,1
Fosforu [mg/l]	-	0,15
Síry [mg/kg]	-	10
Síranů [mg/kg]	-	4

Tabulka 6: Parametry paliva E85 [28]

Do této definice se zahrnuje i možnost mísení různých sezónních poměrů s obsahem ethanolu vyšším než 50 %.

Oktanové číslo paliva E85 stanovené výzkumnou metodou je cíleno na minimální hodnotu, touto hodnotou je 104. Při použití motorové metody pro zjištění, by mělo být oktanové číslo minimálně 88. Tyto hodnoty oktanových čísel jsou pouze indikativní v důsledku obsahu alkoholu. Kalibrace se provádí při oktanovém čísle menším než 100 směsí izooktanu a n-heptanu, při vyšším oktanovém čísle se používá palivo z izooktanu a tetraethyl olova.

E85 se klasifikuje dle tříd. Ty jsou dle české normy odstupňovány od A do D a určují procentuální poměr ethanolu a tlak par paliva. Třída A se používá pro letní období, to je od 1. května do 30.

září. Použití dalších tříd je dáno dle stanovení jednotlivých zemí a bere se ohled na dané klimatické podmínky. V České republice se používá v zimním období E85 s obsahem ethanolu 75 %.

Třída	Obsah ethanolu [%]		Tlak par [kPa]	
	min	max	min	max
A	70	85	35	60
B	70	85	50	80
C	60	85	55	80
D	50	85	60	-

Tabulka 7: Třídy určující procentuální složení E85 [28]

Úpravy motoru

Z důvodu obsahu kyslíku v molekule ethanolu musí být zvětšena dávka paliva pro spalovací motor. Důvodem této úpravy je, k zamezení spalování chudé směsi. Navýšení dávky paliva se pohybuje okolo 50 % než u benzínu.

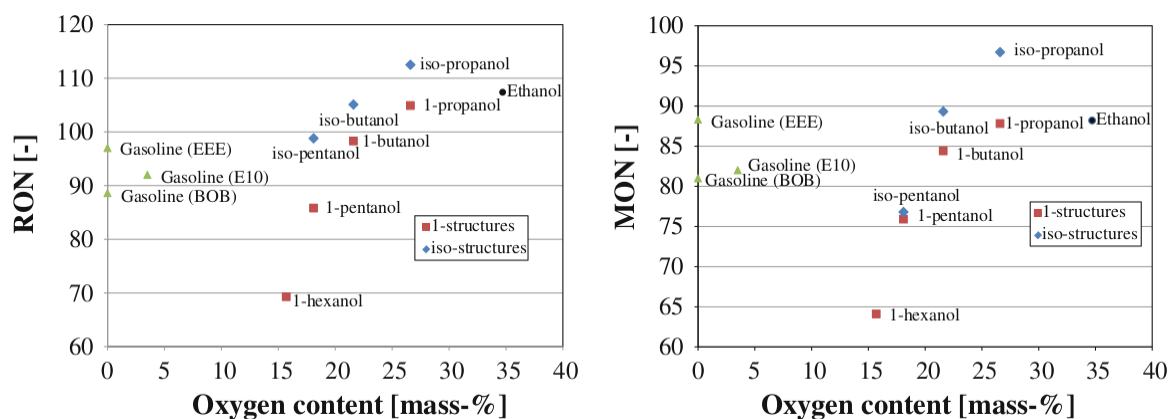
Problémem ethanolu je jeho špatná odpařitelnost za nízkých teplot díky vysokému výparnému teplu. Tudíž použití čistého ethanolu je možné pouze v krajinách s teplejším klimatem nad 15 °C, popřípadě musí být vozidlo vybaveno přídatným zařízením pro ohřev paliva.

Butanol

Butanol je čtyřuhlíkovým alkoholem, je o třetinu výhřevnější než ethanol. V současné době se využívá především jako ředidlo. Při klasickém kvašení dosahuje výtěžnost butanolu přibližně 15 obj. % – 25 obj. %. [33] Při použití nově vyšlechtěných dvou druhů bakterií a použití speciální technologie, lišící se od technologie na výrobu ethanolu, je výtěžnost 42 – 45 %. [17] Díky svým vlastnostem je čistý butanol vhodný pro teplejší oblasti.

Na rozdíl od ethanolu butanol nepohlcuje vodu. Rovněž oproti ostatním výše zmíněným alkoholům je méně agresivní jak vůči kovům, tak i plastovým hmotám. Nevýhodou je vyšší viskozita, tím pádem horší čerpatelnost a průtok tryskou. I u tohoto paliva musí dojít ke zvýšení dávky do motoru, ale z důvodu delšího řetězce je pouze o 20 % větší oproti benzínu.

Ostatní alkoholy



Obrázek 1: Oktanová čísla různých alkoholů [35]

Ostatní alkoholy se jako paliva pro zážehové spalovací motory nevyužívají. Existují pro to dva hlavní důvody:

- 1) Jejich výroba je příliš nákladná. Toto omezení se týká především propanolu. Tento alkohol nelze zatím vyrobit biochemickou cestou. Lze ho pouze syntetizovat z uhlovodíkových prekurzorů.

- 2) Jejich fyzikální a další vlastnosti jim neumožňují použití jako palivo. Jedná se především o nízké oktanové číslo, které je nižší než u benzínu. Tudiž jejich odolnost proti detonačnímu hoření je nízká pro standardní zážehové motory. Jsou to především alkoholy s počtem uhlíků 5 a více. Tyto látky jsou podobnější naftě, případně jsou za pokojových podmínek v tuhém stavu.

2 Mazací oleje pro dvoudobé motory

Nedílnou součástí pro dvoutaktní motory, které nemají uzavřený klikový prostor, je mazání. Jde o použití palivové směsi obsahující olej, nebo může být využit vyspělejší systém odděleného mazání. Pro malé spalovací motory určené pro zahradní techniku se díky svojí technologické jednoduchosti a nenáročnosti používá palivová směs s olejem.

Neduhem tohoto provedení je nutnost dodržovat směšovací poměr oleje s palivem. Postupem času se tento poměr dále snižuje. Omezení je dáno kvůli maximálnímu zatížení a otáčkám. Při volnoběhu je potřeba pro bezpečný provoz směšovací poměr okolo 1 : 180. Tento nedostatek se dá vyřešit odděleným mazáním, ale pro malé motory je toto provedení silně nevýhodné a nepoužívá se.

2.1 Požadavky na olej pro dvoutaktní motory

- Lubrikace – cílem je co největší zmenšení tření, tím zajišťuje optimální účinnost motoru.
- Těsnění – jde především o oblast okolo pístních kroužků.
- Ochrana před úsadami
- Ochrana proti korozi
- Mísitelnost
- Bezezbytku shořet

2.2 Normy a označení pro oleje pro dvoutaktní motory

Normy udávající parametry vlastností olejů do dvoutaktních motorů jsou dvě. Tou první jsou normy API, tyto normy jsou vydávány USA a dále normy JASO, ty spadají pod Japonsko. Tyto normy se se svými parametry překrývají. S dalšími označeními se lze na etiketě oleje setkat pouze zřídka.

Kategorie norem

API

- API TA – oleje určené pro mopedy a extrémně malé motory do 50 cm³
- API TB – oleje pro skútry a motory 50 – 200 cm³.
- API TC (+; ++) – moderní oleje pro vysoce zatěžované a vysokootáčkové motory. Tento olej lze použít i pro oddělené mazání. Předchozí zmíněné kategorie jsou v dnešní době již zastaralé. Z důvodu neexistující další kategorie se přidávají za označení znaménka plus. Ty vyjadřují lepší parametry než původní norma.

JASO

- JASO FA – oleje pro mopedy a jiné malé motory.
- JASO FB – oleje pro skútry, motory 50 – 200 ccm.
- JASO FC – oleje pro zatěžované a vysokootáčkové motory.
- JASO FD – nejnovější typ normy. Oleje pro extrémní aplikace se zvýšenou čistící schopností.

2.3 Oleje pro alkoholová paliva

Zde nastává problém, jelikož je většina olejů určena pro mísení s benzínem. Při použití těchto olejů dochází k jeho separaci z paliva. Tato směs pak nemá požadované vlastnosti a může dojít k nevratnému poškození motoru.

Přírodní oleje

Ricinový olej

Jedná se o přírodní olej vyráběný ze semen skočce obecného. Bod varu je 313 °C a hustota 961 kg m⁻³. Z chemického hlediska se jedná o triacylglycerol. Je tvořen

z karboxylových kyselin, především z kyseliny ricinoolejové ($C_{18}H_{34}O_3$). [38] Tento olej se používal pro ztrátové mazání motorů před využíváním ropných olejů díky jeho snadné výrobě. Jeho zásadní předností je dobrá mazivost a ekologická nezávadnost. Jeho zásadní nevýhody jsou jeho špatná spalitelnost a tím pádem vyšší tvorba nespálených zbytků. Tento karbon lze obtížně odstranit a vyžaduje to celkovou demontáž motoru. V dnešní době se využívá především u závodních motorů, kde se uplatňuje jeho mísitelnost s alkoholovými palivy.

Polosyntetické oleje

Jsou většinou vyráběny jako motorové oleje specifikace API SAE 40. Využívají předností ricinového oleje a potlačují jeho nedostatky. Nejčastější složení je:

- Základový ricinový olej
- Syntetický olej – polyalkylenglykoly různého složení
- Aditiva: antikoroďanty, vysokotlaké ED přísady, protizadírací přísady, detergenty, diverzanty

Syntetické oleje

Mají obdobné vlastnosti jako výše uvedené, nemísitelnost s ropnými uhlovodíky.

Složení:

- Základový olej – polyalkylenglykoly různého typu
- Aditiva: antikoroďanty, protizadírací přísady, modifikátory tření, antioxidační přísady

Polyalkylenglykoly

Vyrábí se z látek o vysoké molekulové hmotnosti přesněji z polyethylenoxidu, popřípadě z polypropylenoxidů. Tyto látky se vyznačují vysokou mazivostí v široké teplotní škále.

3 Dvoutaktní spalovací zážehové motory

Jedná se o pístový spalovací motor, jehož pracovní cyklus proběhne za jednu otáčku klikového hřídele. Konstrukce tohoto motoru je jednoduchá. Na rozdíl od čtyřtaktních motorů není zde oddělený klikový prostor. Z toho plyne nutnost ztrátového mazání. Tím pádem je zde jiné složení emisí a dochází k vyšší kouřivosti. Tento důvod tyto motory omezuje na aplikace, při kterých nelze použít čtyřtaktní motory. Jsou to především motocykly s motorem o malém obsahu, zahradní, zemědělská a lesní technika. Zde se využívají přednosti tohoto motoru, které jsou: malý zástavbový prostor a vysoký měrný výkon.

Pracovní cyklus tohoto motoru má dvě fáze:

- Sání a komprese

Píst se pohybuje do horní úvratí. Dojde k uzavření prepouštěcích kanálů a při pohybu pístu směrem nahoru vzniká v klikové skříní podtlak okolo 0,3 bar. Otevřením sacího kanálu proudí do komory palivová směs. Zároveň s probíhajícím sáním dochází ke stlačování palivové směsi nad pístem. Energie potřebná k vykonání této práce je získávána z kinetické energie roztočeného setrvačnicku.

- Expanze a výfuk

Jiskra iniciuje stlačenou palivovou směs přibližně 16° před horní úvratí. Rozpínající se hořící plyny tlačí na píst. Tlak spalin je přibližně 25 – 40 MPa. Pohyb pístu směrem dolů vytlačuje palivovou směs. Přibližně 65° před dolní úvratí dochází k otevření výfukového kanálu, kudy proudí spaliny. Následuje otevření prepouštěcích kanálů a stlačená palivová směs proudí do spalovacího prostoru a pomáhá vypudit spaliny. Při tomto procesu dochází k různým pohybům spalin a směsi. Cílem je, aby byla dosažena co nejvyšší účinnost vyplachování a zároveň aby čerstvá směs neunikala do výfuku. To je dáno konstrukcí kanálů.

3.1 Konstrukce

Blok motoru (Karter), kliková hřídel

Materiál, ze kterého se vyrábí, jsou především slitiny hliníku. Uložení klikové hřídele je provedeno pomocí kuličkových ložisek. Kliková hřídel se vyrábí z oceli a je dělená, aby se dalo vložit ojniční ložisko a ojnice. Ojniční ložisko je v současné době především jehlové, ale může být provedeno jako kluzné z bronzu. Po vložení ložiska a ojnice se kliková hřídel zalisuje.

Válec

U malých motorů je válec a hlava válce provedena jako monolitický celek. Ve válci jsou provedeny kanály. Jedny slouží k přepouštění palivové směsi z klikového prostoru do válce a druhé slouží k odvodu spalin z válce. Ve zvláštních případech může být i dvoutaktní motor vybaven ventily. Chlazení je zde především vzduchové, ale u motocyklů se objevuje i chlazení kapalinou.

Ventilové rozvody

Díky své konstrukci je zde na výměnu směsi mnohem kratší čas než u čtyřdobého motoru. S úspěchem se využívají dva typy rozvodů. Tím prvním je rozvod pístem, kdy otevírání a uzavírání kanálů obstarává pohybující se píst. Další možností jsou šoupátkové rotační rozvody. Nejznámějším použitím tohoto uspořádání jsou motory značky Trabant. Šoupátkové rozvody jsou náročnější na přesnost výroby a využívají se především u větších víceválcových motorů. Podle překrytu doby otevření kanálů rozdělujeme tuto konstrukci na symetrický a asymetrický rozvod.

Vyplachování

Je důležité pro správné fungování motoru. Při výplachu musí být zajištěn tlakový spád v plnicích kanálech, aby došlo k co nejlepšímu odvodu spalin z pracovního

prostoru, ale aby nedocházelo k míšení, popřípadě k odvodu čerstvé palivové směsi. Dle konstrukce kanálů můžeme vyplachování rozdělit na tři typy.

- Příčné
- Vratné
- Souproudé

Pístní skupina

U malých motorů má píst dvojí funkci. První je uzavírat pracovní prostor a další funkcí je nasávat a stlačovat palivovou směs v klikovém prostoru. Doplňkovou funkcí pístu je otevírání a uzavírání přepouštěcích kanálů. Konstrukce pístu je z toho důvodu odlišná oproti pístu pro čtyřtákní motor. Je delší z důvodu překrytu kanálů.

Pístní kroužky jsou provedeny jako těsnící. Aby nedocházelo k jejich otáčení, je píst opatřen čepy, které zabraňují ohybu. Pístní kroužky a jejich zámky jsou navrhovány tak, aby jimi vytvářený přtlak na stěnu válce umožňoval přechod přes hrany kanálů.

3.2 Tvorba palivové směsi

Vstřikování

Ať se jedná o přímé vstřikování do válce, nebo nepřímé, se tento způsob tvorby směsi používá u většiny dvoutákních motorů pro silniční techniku. Hlavním důvodem jsou emisní normy. Toto provedení umožňuje výplach válce pouze čistým vzduchem a následně je do spalovací komory vpraveno palivo. Je možné přesně regulovat dávku paliva, na rozdíl u motorů osazených karburátorem. Jedinou nevýhodou je složitost systému, nutnost osazení vstřikovacího čerpadla, řídicí jednotky a lambda sondy. Díky tomuto problému se toto provedení nepoužívá u nejmenších motorů, které jsou určeny především pro zahradní techniku.

Karburátor

Jedná se o nejstarší prostředek na tvorbu palivové směsi pro kapalné palivo. Nejjednodušší provedení funguje na základě proudění vzduchu do válce, kdy díky zúženému místu v karburátoru vzniká podtlak, který nasává palivo.

Konstrukční provedení

- Difuzor
- Škrticí klapka
- Palivová tryska
- Plováková komora

Rozdělení

- Dle umístění sacího potrubí
 - Spádový
 - Horizontální
 - Šikmý
- Dle funkce a počtu směšovacích komor
 - Jednoduché
 - Dvojité
 - Dvoustupňové
 - S proměným difuzorem
 - Elektronicky řízené
 - Rovnotlaké
- Dle způsobu regulace
 - Se škrticí klapkou
 - Šoupátkové
 - Membránové

V současné době se pro malé dvoutaktní motory určené pro zahradní techniku využívají membránové karburátory. Membránový karburátor je inovovaný šoupátkový karburátor. Největší jeho předností je možnost pracovat v jakékoli poloze, jelikož zde není přísun paliva obstaráván pomocí gravitace, ale díky membráně implementované

v těle karburátoru si palivo nasává sám. Membrána pracuje na principu změny tlaku v sacím potrubí.

3.3 Zapalovací soustava

Slouží k iniciaci palivové směsi v přesně daný okamžik.

Konstrukce

Přerušovač

Rozepíná elektrický obvod, a tím pádem dochází k načasování zážehu palivové směsi. Existuje v provedení mechanickém, tím jsou vybaveny starší motory, především motocykly a bezkontaktní provedení, jenž je standardem moderních pohonných jednotek.

Zapalovací cívka

Generuje vysoké napětí pro zapalovací soustavu. Dokáže vyvinout napětí, až 300 000 V. Zapalovací cívka funguje tak, že se v ní indukuje napětí a při rozepnutí přerušovače uvolní naindukovanou energii, která způsobí přeskok jiskry na svíčke.

Vysokonapěťové kabely

Propojuje zapalovací cívky a svíčky. Jsou extrémně namáhány napěťovými pulzy, tudíž musí být dobře izolované, aby nedošlo k probití. Musí být též odstíněné z důvodu možného rušení procházejícími pulzy.

Zapalovací svíčka

Jedná se o člen sloužící k iniciaci palivové směsi ve válci motoru. Jedná se o vysoce namáhaný prvek, jelikož některé části svíčky musí odolávat vysokým teplotám a tlakům a současně musí izolovat napěťové pulzy.

Druhy zapalovacích systémů

Polovodičové zapalování

U tohoto zapalování je k přerušení obvodu použit tranzistor, který je ovládán mechanickým přerušovačem. Výhodou je nepřímé ovládání a nižší energie procházené přes mechanický přerušovač. Toto provedení zajišťuje dobrou funkci při vysokých otáčkách.

Tranzistorové zapalování

Podobné provedení jako u předchozího, s rozdílem v ovládání. To je zde provedeno pomocí bezkontaktního snímače. Snímače mohou být:

- Hallův snímač – jedná se o snímač na principu reakce na siločáry magnetického pole, díky nimž se vytváří napětí.
- Indukční snímač – vyhodnocuje přítomnost kovových materiálů, které ovlivňují magnetické siločáry.
- Optoelektronický snímač – je založen na šíření, pohlcení a odrazu světelných paprsků.

Elektronické zapalování

V tomto systému jsou využity buď převážně, nebo je celý proveden z elektrických a elektronických prvků. Výhodou je možnost plného nastavení předstihu. Toto umožňuje vytvořit komplexní zapalovací mapu, která poskytuje optimální nastavení motoru pro dané parametry.

Kondenzátorové zapalování

Tento typ nevyužívá pro tvorbu vysokého napětí zapalovací cívku, ale je zde využit kondenzátor. Řídícím prvkem je zde tyristor. Toto zapalování se využívá pro motory s vysokými otáčkami a vysokou kompresí, kdy jsou potřeba velké proudy.

Magnetové zapalování

Jedná se o typ zapalování, který nepotřebuje ke své funkci externí zdroj energie, jako je například baterie. Rotor je tvořen magnetem, nebo je magnet namontován na setrvačnick. Díky rotaci dojde k indukci napětí. Toto provedení zapalování se navrhuje vždy pro konkrétní motor. Tento typ zapalování se díky své jednoduchosti a malému zástavbovému prostoru používá pro dvoutaktní motory určené pro zahradní techniku.

3.4 Vývoj malých motorů

V současné době, kdy se přísně sledují emisní limity, musí i tento typ spalovacího motoru procházet vylepšeními. Tím prvním je využití lepších olejů, které dovolují směšovací poměr 1 : 50. Tato změna snižuje kouřivost především při nízkých otáčkách.

Další úpravou je využití vrstvení směsi. Princip je takový, že existují dva sací kanály. První, klasický nasává palivovou směs z karburátoru, tím druhým proudí čistý vzduch.



Obrázek 2: Řez motorem pily

Pomocí konstrukce pístu, nebo klapky je fungování následující: nejprve se nasaje palivová směs a před ní se nasaje čistý vzduch.

Ten následně jako první proudí do spalovací komory a pomáhá vypuzovat spaliny. Toto opatření má omezit úniky čerstvé směsi do výfuku. Tato konstrukce se vyskytuje ve většině dražších motorových pil.

V neposlední řadě dochází k vylepšení zapalovací jednotky a karburátorů. Jedna známá firma zabývající se výrobou zahradní a lesní techniky montuje do svých dvoutaktních motorů zapalovací jednotku s mikročipem, který ovládá solenoid v karburátoru. Tato inovace pomáhá při dlouhodobě otevřené škrticí klapce. Solenoid otevírá a zavírá plynovou klapku a změna otáček je následně analyzována, tak aby motor pracoval v optimálním výkonnostním režimu. Tímto vylepšením se snižuje spotřeba paliva se zachováním parametrů pily. Dále může být motor vybaven vyhříváním karburátoru. Existují dvě varianty. První z nich je přiváděním teplého vzduchu od motoru a výfuku. Tím dalším je vybavením karburátoru topným článkem, který lze manuálně zapínat či vypínat. Toto slouží proti výpadkům karburátoru souvisejícím s tvorbou ledu při nízkých teplotách.

Tím posledním, s čím výrobci přišli, je montáž oxidačního katalytického konvertoru. Cílem je minimalizovat nespálené uhlovodíky a další sloučeniny ve výfukových emisích.

3.5 Testování a certifikace malých zážehových motorů

Touto problematikou se zabývalo nařízení vlády č. 365/2005 Sb. Nařízení vlády o emisích znečišťujících látek ve výfukových plynech zážehových motorů některých nesilničních mobilních strojů, které je v současné době zrušené (ke dni 21. 4. 2018) a čeká na nové vydání. Toto nařízení zahrnuje předpisy Evropských společenství a definuje požadavky pro přípustné emise znečišťujících látek. Tento dokument pojednává i o parametrech, které musí splňovat malé dvoutaktní motory, které jsou použity v motorových pilách, křovinořezech a jiných přístrojích.

Spalovací motory jsou rozděleny na dvě kategorie dle využití přístroje, ve kterém je motor použit. Tyto kategorie se dále člení do segmentů, které jsou definovány zdvihovým objemem spalovacího motoru. Dále jsou dány mezní hodnoty emisí, které smí jednotlivé skupiny vytvářet. Parametry emisí při jednorázovém měření jsou dány 1. stupněm emisních vlastností.

Podmínky při měření 2. stupně emisních vlastností udávají, že naměřené a korigované hodnoty emisí nesmí překročit po dobu výrobcem navržené kategorie životnosti požadované hodnoty.

Kategorie		Zdvihový objem [cm ³]	Stupeň I. emisních vlastností zážehového motoru			
			Oxid uhelnatý (CO) [g/kWh]	Uhlovodíky [g/kWh]	Oxidy dusíku (NO _x) [g/kWh]	Součet emisí uhlovodíků a oxidů dusíku [g/kWh]
Ručně držení mobilní stroj	SH:1	< 20	805	295	5,36	
	SH:2	20 - 50	805	241	5,36	
	SH:3	50 <	603	161	5,36	
Mobilní stroj jiný než ručně držení	SN:1	< 66	519			50,0
	SN:2	66 - 100	519			50,0
	SN:3	100 - 225	519			16,1
	SN:4	225 <	519			13,4

Tabulka 8: Emisní limity pro jednotlivé kategorie motorů [56]

	Zdvihový objem [cm ³]	Navrhovaná životnost			Stupeň II. emisních vlastností zážehového motoru		
		Kategorie 1 [hod]	Kategorie 2 [hod]	kategorie 3 [hod]	Oxid uhelnatý (CO) [g/kWh]	Oxidy dusíku (Nox) [g/kWh]	Součet emisí uhlovodíků a oxidů dusíku [g/kWh]
SH:1	< 20	50	125	300	805	10	50,0
SH:2	20 - 50	50	125	300	805	10	50,0
SH:3	50 <	50	125	300	603	10	72,0
SN:1	< 66	50	125	300	519	10	50,0
SN:2	66 - 100	125	250	500	519	10	40,0
SN:3	100 - 225	125	250	500	519	10	16,1
SN:4	225 <	250	500	1000	519	10	12,1

Tabulka 9: Emisní limity pro navrhovanou životnost [56]

Povinné údaje ve zkušebním protokolu

- Palivo použité při zkoušce - oktanové číslo, směšovací poměr oleje s palivem, hustota palivové směsi
- Mazivo - značka viskozity, výkonnostní charakteristika
- Pomocná zařízení poháněná zkoušeným motorem, pokud jsou použita

- Údaje o motoru – otáčky motoru při volnoběhu, mezilehlé a jmenovité, výkon naměřený při zkoušce motoru
- Hodnoty emisí - procenta zatížení – 10 %, 25 % pokud je možné provozovat při daných otáčkách motor, 50 %, 70 % a 100 %

3.6 Úpravy a kompatibilita pro provoz na alkoholová paliva

Většina materiálů použitá v současných motorech bez problémů odolává alkoholovým palivům. U starších motorových jednotek, bývá problém s použitými pryžovými díly. Pokud před tím nějakou dobu pracoval s jiným palivem je doporučeno vyměnit všechny gumové díly, to zahrnuje palivové hadičky, membrány a hřídelová těsnění. Je to z důvodu interakce již degradovaných gumových dílů a paliva, při kterém se můžou vyskytnout netěsnosti. Dalším jevem je u už používaných nástrojů jejich dekarbonizace. Je to dáno detergentními vlastnostmi alkoholů, takže může v krajní možnosti dojít k ucpání výfukového kanálu či tlumiče. Je zde ještě jeden opomíjený faktor, tím je voda obsažená v palivu. Jelikož alkoholová paliva pohlcují vodu, je zde tento jev ještě umocněn. Pokud není motor dostatečně lubrikován, popřípadě při dlouhodobější odstavce správně ošetřen může dojít ke korozi jednotlivých dílů.

Nutnou úpravu, kterou je potřeba provést při přechodu na alkoholové palivo, je změna nastavení karburátoru. To se dá provést dvěma způsoby. Tím prvním je převrtání hlavní trysky karburátoru. Jedná se o motory s malou otáčkovou variabilitou, které se využívají pro stavební mechanizaci a pro stroje, které pracují s konstantními otáčkami.. Další možností je přenastavení karburátoru pomocí regulačních šroubů. Toto provedení je použito na membránových karburátorech, které se využívají pro motorové pily, křovinořezy, ... Tyto karburátory mají tři ovládací šrouby, ty ovládají velikost volnoběžných otáček, bohatost směsi při volnoběhu a velikost maximálních otáček.

V neposlední řadě je zde vlastnost alkoholových paliv špatně se odpařovat při nižších teplotách. Tento jev se projevuje špatnou startovatelností studeného motoru. Řešení existuje několik, tím prvním je použití jiného paliva pro start a následně přejít na alkoholové palivo. Další možností je použití startovacího spreje, podobného pro startování naftového motoru. Posledním řešením je vyvinutí miniaturního ohřívače paliva, případně nezávislého ohřívání karburátoru. Tato možnost ještě nebyla řešena.

4 Praktická část

4.1 Úvod

Tato část pojednává o dlouhodobém testu dvoutaktních motorů. Jedná se o využití alkoholového paliva v tomto druhu motoru a dopady na provoz. Před samotným testováním bylo nutno navrhnout a realizovat změny na stávajícím brzdovém stanovišti. Dále bylo nutné zvolit délku trvání testování a navrhnout zatěžovací charakteristiku motoru.

4.2 Výběr pohonného agregátu

Prvním krokem byl výběr motorové jednotky pro test. Prvním kritériem bylo, aby se jednalo o motorovou jednotku, která má vývod hřídele vodorovně se zemí, nebo aby při této poloze byla zajištěna funkčnost motoru. Tou další podmínkou bylo, aby přístroj obsahoval co nejméně součástí, jelikož při testu bude použita pouze motorová jednotka. Tím posledním kritériem byla cena.

Po dlouhé úvaze padl výběr na ruční motorovou pilu, která splňuje většinu výše uvedených požadavků. Dalším úkolem byl výběr výrobce pily a výkon jednotky.

Specifikace motoru pily	
Typ	Hecht 45
Dvoudobý, vzduchem chlazený jednoválec, CDI zapalování, membránový karburátor	
Objem motoru	45 cm ³
Maximální výkon (při 10 000 min ⁻¹)	2,1 kW (2,7 HP)
Výkon motoru (při 7 500 min ⁻¹)	1,7 kW
Maximální otáčky	11 500 min ⁻¹
Otáčky volnoběhu	3 200 min ⁻¹
Doporučený typ oleje	API TC, JASO FB
Míchací poměr paliva a oleje pro prvních 20 provozních hod	33 : 1
Míchací poměr paliva a oleje po prvních 20 provozních hod	40 : 1
Spotřeba paliva	1,22 kg/hod
Provozní podmínky	- 10 °C; + 30 °C

Tabulka 10: Specifikace zvolené pily

Zde jsem se obrátil s prosbou o spolupráci na firmu Hecht, kde jsme se dohodli na cenové slevě na vybrané pily. Firma Hecht se zabývá prodejem hobby zahradní

techniky. Pro test byl vybrán typ pily z nižší cenové kategorie. Jedná se o standardní dvoutaktní motor s vratným vyplachováním. Pro provoz je určen bezolovnatý benzín smíchaný s 2T olejem.

Výrobní čísla, certifikace

Číslo certifikátu tohoto typu motorové pily je e11*97/68 SA*2711*00, model TT – CS 4500. Z tohoto označení vyplývá, že tento motor byl certifikován ve Velké Británii. Výrobní čísla zakoupených motorů jsou: 201707157, 201707194 a byly zakoupeny v prodejně Hecht v Liberci.

4.3 Parametry zkoušky

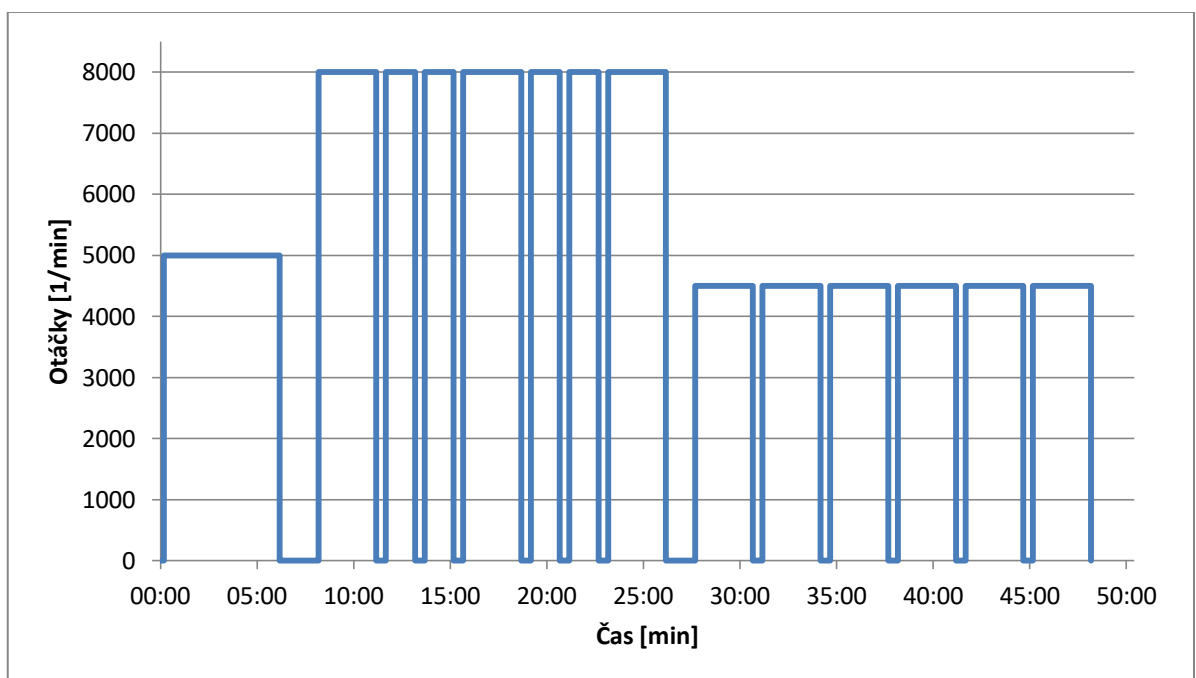
Po dohodě s vedoucím práce bylo rozhodnuto, že zkouška bude trvat 50 hodin pracovního zatížení. Tato doba odpovídá kategorii, kterou navrhuje výrobce při měření složení výfukových emisí při certifikační zkoušce. Před samotným započítáním dlouhodobé zkoušky probíhal tříhodinový záběh motoru. První hodinu běžel motor pouze na volnoběh kvůli záběhu, další dvě hodiny byly kombinací volnoběžných otáček a maximálních otáček při nízkém zatížení. Při užití benzínové směsi jsem tento čas využil pro kontrolu a ověření funkčnosti brzdy. U motoru, který fungoval na alkoholové palivo, byl tento čas určen pro seřízení karburátoru.

Dále na počátku dlouhodobého testu, v polovině tj. 25 hodin a po ukončení celého testu byly měřeny koncentrace jednotlivých složek emisí, odebírány vzorky částic vyprodukovaných motorem a byl změřen kompresní tlak motoru.

Zatěžovací cyklus

Ohledně časového a výkonnostního rozvržení zatěžujícího cyklu jsem navštívil Střední školu hospodářskou a lesnickou Frýdlant, její pobočku v Hejnicích. Zde jsem se setkal s ing. Janem Vachelem, který mi popsal postupy při těžbě dřeva, postup práce s motorovou pilou a s jejím zacházením. Doporučil mi, jaké materiály budou pro tuto problematiku potřeba.

Vyhledal jsem časové normativy pro těžbu dřeva. Rozhodl jsem se, že jeden cyklus bude trvat 1 hodinu a bude imitovat skutečné práce v lese. Bylo vycházeno ze státních nařízení, zákonů upravující práci v lese a norem. Z důvodu neznalosti chování stanoviště, přesněji jak rychle dokáže regulovat požadované otáčky, jsem se rozhodl, že jeden cyklus bude odpovídat pokácení, odvětvení a krácení kmenu na dvoumetrové kusy pro jeden strom. To celé trvá přibližně 50 minut. Dle normativů jsem zprůměroval parametry stromů nejčastěji zastoupených v lesích České republiky a časovou náročnost na zpracování. Z toho vyšlo, že 48 minut se rozdělí na: 26 minut je určeno na pokácení a odvětvení stromu a 22 minut zabírá krácení holého kmenu na přibližně dvoumetrové kusy. Čas, který zbývá do hodiny, je vyplněn údržbou pily a povinným odpočinkem pracovníka.



Graf 1: Zatěžovací charakteristika motoru

4.4 Zkušební stav

Popis stavu

Pro dlouhodobý test bylo určeno brzdové stanoviště, které bylo vyrobeno v rámci bakalářské práce pana Marka Mikeše [58].

Toto zkušební stanoviště je vyrobeno na principu brzdění pomocí odporu kapaliny. Pro samotné brzdění je zde jednoduchý hydraulický obvod sestávající se z hydrogenerátoru, škrtícího proporcionálního rozvaděče s pojistným ventilem a chladičem oleje. Z měřicí techniky je zde využit snímač otáček a torzní momentový měřič. Ovládání je zde provedeno pomocí aplikace na počítači a předáváno řídicí elektronice stavu přes COM port. Řízení je možné buď manuálně, kde se nastavuje poloha rozvaděče, nebo automaticky pomocí zpětné vazby se snímačem otáček. Ukládání hodnot se zde provádí manuálně.

Úpravy stavu

Jelikož bylo stanoviště konstruováno na motor, který má jiný smysl otáčení a nižší otáčky a výkon, bylo nutno přikročit k úpravám. Ty se skládaly ve změně řemenového převodu a výměně hydrogenerátoru. K celkovému návrhu úprav bylo přistupováno tak, aby na stanovišti byl proveden, co nejmenší počet zásahů, ale aby zároveň vyhovoval požadavkům.

První úprava spočívala ve zvětšení převodového poměru na řemenovém převodu. Z důvodu zrychlení úprav se nahradilo pouze jedno z ozubených řemenových kol. Omezujícím faktorem byl maximální počet otáček na momentovém měřiči, který je udáván na 4000 min^{-1} . Velikost převodového čísla byla dána tímto omezením otáček vůči maximálním otáčkám pily a velikostí vyráběných polotovarů ozubených kol s nutnou otáčkovou rezervou. Vybraná řemenice z důvodu rozdílných rozměrů se dostala do kolize se stávajícím konstrukčním provedením. Jako opatření bylo nutné zvednout domečky uložení hřídelů, což bylo provedeno podložkami z pásové oceli. Dále následovala výměna řemene za delší. Poslední úpravou na řemenovém převodu bylo přesunutí polohy napínací kladky z důvodu opačného smyslu otáčení.

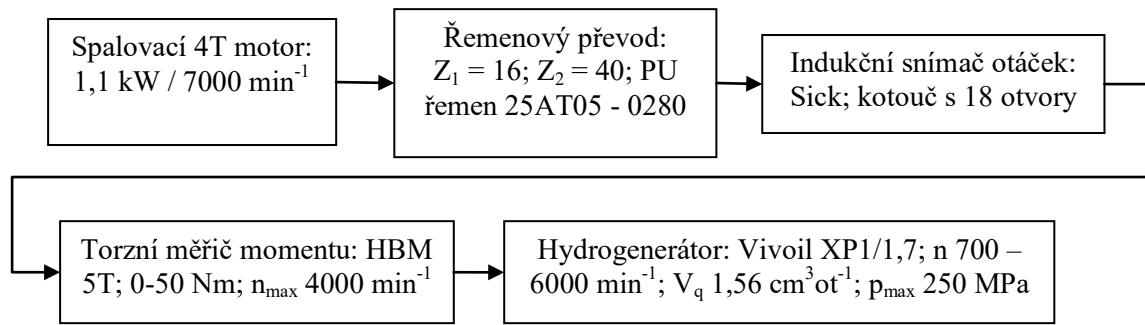
Další změnou byla výměna stávajícího hydrogenerátoru za stejný hydrogenerátor od toho samého výrobce, pouze s větším geometrickým objemem. Toto bylo provedeno hlavně z důvodu snížení otáček díky převodu a navýšení stropu maximálního brzdného výkonu. Jelikož původní motor měl výkon pouze 1,1 kW. Zde byl nejvíce omezujícím prvkem olejový chladič, který měl maximální průtok $10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$.

Uchycení motoru bylo nutné navrhnout zcela nové, jelikož původní motor, který na stavu byl osazen, pocházel z motorové kosal nebo z křovinořezu. Toto provedení se vyznačuje tím, že uchycení je provedeno přírubově u odstředivé spojky. Jelikož pro test byl vybrán motor z motorové pily, toto konstrukční řešení bylo nepoužitelné.

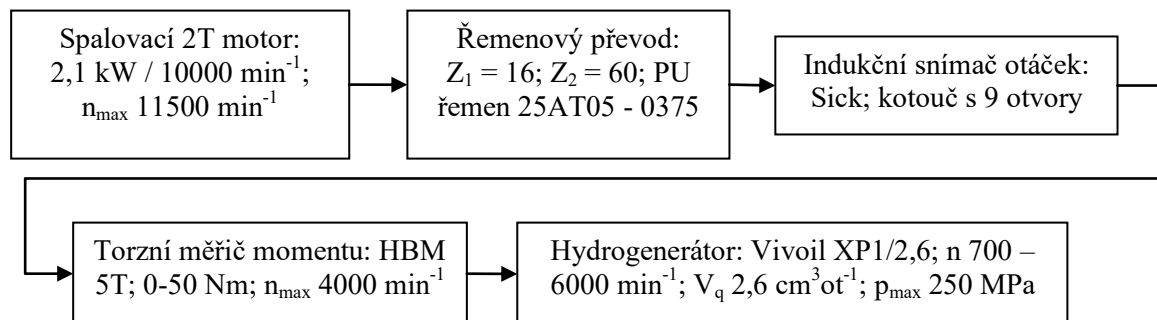
Návrh spočívá v uchycení motoru na platformě. Jako přichytné body se využila spojení plastové rukojeti s hliníkovým odlitkem motoru. Spojení je provedeno pomocí silonových pouzder, které tlumí vibrace a prochází jimi šrouby. Samotná platforma je díky silonovým vymešovacím válečkům a pryžovým podložkám ustavena tak, aby výstup z odstředivé spojky a vstupním hřídelem stavu byly sousedé.

Spojení výstupní odstředivé spojky a vstupního hřídele brzdového stanoviště je zde provedeno adaptérem. Ten se skládá z podložek a kotouče s přivařeným hřídelem pro napojení. Celá tato konstrukce tvoří dva celky, obklopuje spojku z čelní a zadní strany, které jsou spojeny šrouby. Ty vyvozují třecí spojení.

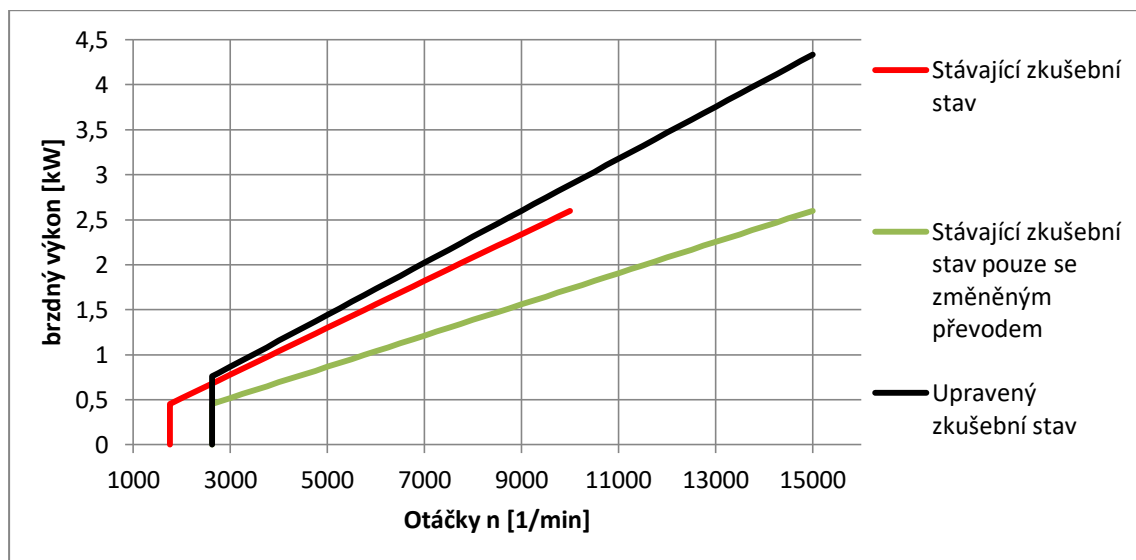
Při počátečních zkouškách chodu motoru a ověření funkčnosti úprav stavu bylo zjištěna chybná funkce snímače otáček. Důvodem bylo, že při otáčkách vyšší než 9000 min^{-1} nedokázal snímač detekovat, zda se před ním nachází díra, či je překryt, a tím pádem nesprávnému měření otáček. Bylo rozhodnuto o výrobě nového kotouče s nižším počtem otvorů, počet otvorů se snížil na polovinu. To vyřešilo značnou část problémů s tímto snímačem. Dalším problémem byla snímací vzdálenost mezi snímačem a kotoučkem. Díky deformacím a provozním vůlím docházelo někdy ke značné chybě měření otáček a tím spojené zatěžování motoru. Tato chyba byl zásadní při vysokých otáčkách, při nižších tento problém nebyl zaznamenán, nicméně na průběh měření tento problém neměl zásadní vliv. Na řešení tohoto problému nebylo pracováno, ale vyřešil by to jiný způsob měření.



Obrázek 3: Schéma původního řešení stavu



Obrázek 4: Schéma upraveného stavu

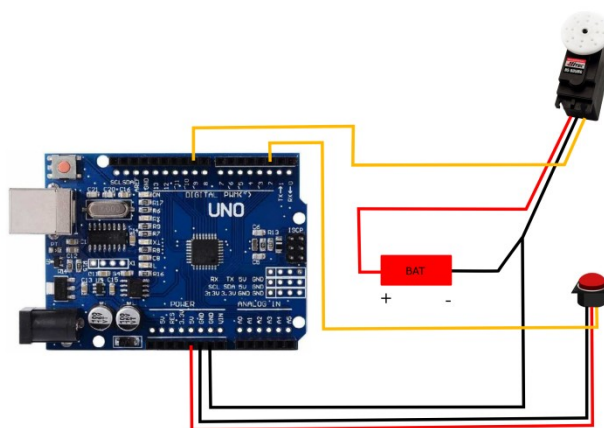


Graf 2: Srovnání charakteristik původního a nového provedení stavu

4.5 Návrh a provedení ovládání řídicích parametrů

Řízení brzdy bylo prováděno již výše zmíněným postupem. Pro dlouhodobou zkoušku, přesněji pro určitý cyklus bylo nutno vytvořit ovládání škrticí klapky. Původně byl stav konstruován na měření jednotlivých otáčkových režimů a pootevření klapky. Natočení klapky bylo docíleno manuálním pootáčením excentru, který ovládal pomocí bovdenu klapku. Poloha byla snímána potenciometrem a zapisována do ukládaného souboru.

Z důvodu jiného způsobu ovládání a dynamičnosti cyklu, bylo nutné navrhnout nový automatický systém ovládající klapku. Jelikož jsem nebyl schopen zasáhnout do stávajícího programu a upravit ho pro automatické řízení, tak jsem byl nucen vytvořit zcela oddělený systém nezávislý na brzdě. Pro řídicí komponentu byla vybrána platforma Arduino uno. Toto rozhraní lze jednoduše naprogramovat pro daný účel a výrobcem dodávaný programovací jazyk Arduino IDE obsahuje knihovny, kterými lze řídit serva. Řízeným prvkem zde bylo využito modelářské servo od firmy Hitec HS-805MG, to bylo pomocí drátku, který spojoval plynovou páčku s klapkou na karburátoru. Jelikož použité servo mělo vyšší proudový odběr, byl do obvodu vložen akumulátor, který napájel pouze servo. Pro vyšší bezpečnost a komfort byl elektrický obvod vybaven ještě spouštěcím vypínačem, kterým se vždy spouštěl cyklus příkazů.



Obrázek 5: Schéma zapojení ovládání škrticí klapky

Mimo to byl vytvořen další program, který měl pouze informativní charakter a byl napsán v programovacím jazyce Free pascal. Tato pomůcka sloužila k oznámení délky zbývajících kroků, nastavení požadovaného počtu otáček a kdy se mají odečíst výkonové parametry. Z toho důvodu, že program na ovládání brzdy nebyl vytvořen pro cykly, pouze pro měření a bodové manuální zapisování ustálených otáčkových režimů.

4.6 Úprava motoru

Motor nebylo nutno nějak zvláště upravovat. Celková příprava spočívala v odmontování obou rukojetí, odpojení palivové hadičky, táhla plynu a silentbloků. Vzniklé přichytné body byly následně využity pro připevnění ke stavu. Dále bylo nutné odstranit řetěz, lištu a spojovací závrtné šrouby. Na závěr se povolila odstředivá spojka, aby bylo možné namontovat spojovací element.

Jelikož palivová nádrž je implementována do spodní rukojeti, bylo nutné použít kanystr na palivovou směs. Toto řešení umožňovalo snadné vážení pro určení spotřeby. Z původní nádrže byl vymontován palivový filtr pro zachování co nejrealističtějších podmínek.

Při zkušebním provozu bylo zjištěno rušení serva řízení škrticí klapky od napěťových impulzů zapalování. Z tohoto důvodu bylo nutné celý zapalovací kabel a svíčku odrušit pomocí měděné punčochy, která byla ukostřena ke stavu.

Při užití palivové směsi obsahující E 85 bylo nutné přenastavit karburátor. Kvůli parametrům tohoto paliva bylo nutné obohatit nasávanou směs a seřadit volnoběžné a maximální otáčky. Během dlouhodobé zkoušky bylo nutné seřizovat karburátor, z důvodu nepřesného nastavení a výkonových změn motoru.

4.7 Průběh zkoušky motoru

Zkouška byla prováděna v laboratořích katedry vozidel a motorů v budově „L“. Jelikož stanoviště je snadno přemístitelné, bylo umístěné na válcové brzdě. Samotné brzdění začalo 14. 3. 2018. Nejprve byl stav osazen motorem spalující směs obsahující benzín. Po odjetí 25 hodin a emisního měření byl motor ze stanoviště demontován a namontován byl motor fungující na směs obsahující E85. S tímto motorem byl odjet požadovaný počet hodin, tj. 50. Následně se znovu osadil motor spalující benzín, u něhož byl dojet zbývající 25 - ti hodinový blok.

4.8 Použité provozní kapaliny

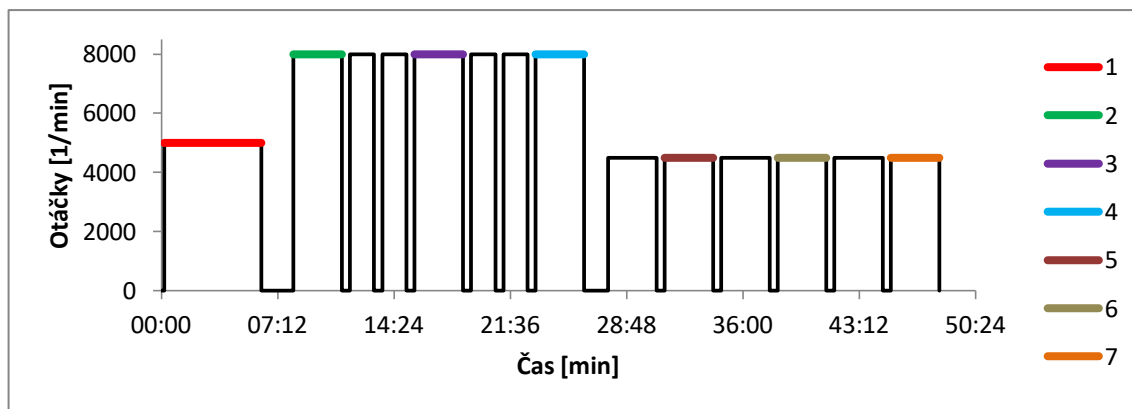
Pro benzínovou palivovou směs jsem využíval benzin BA 95, který byl poskytnut z palivových zásobníků katedry. Olej byl vybrán 2T polysyntetický olej červený od firmy Oregon. Tento olej splňuje normy API TC a JASO FD, tudíž má lepší mazací vlastnosti, než požadovaný olej pro tento druh pily.

Palivo E 85 bylo nakoupeno dne 18. 4. 2018, u čerpací stanice KM – Proma v Liberci - Vratislavicích. Palivo bylo nakoupeno v množství, které zajistilo průběh celé zkoušky. Provedl jsem si vlastní zkoušku různých olejů, které se přidávají do benzínu. Tyto oleje jsem smísel s palivem E 85 a pozoroval jsem, jestli se obě látky dokonale smísí. Oleje, které jsem použil, byly: M2T, Mogul TSF, Oregon 2T olej (olej použitý při zkoušce jako směs s benzínem), konkurenční 2T olej pro motorové pily a ricinový olej. Olej do tohoto paliva byl vybrán ricinový olej, jelikož ostatní oleje se po chvíli z palivové směsi oddělovaly. Toto rozhodnutí mělo dva důvody: tím prvním byla jeho cena a tím druhým důvodem bylo možné ovlivnění měření z důvodu mnohem lepších mazacích vlastností závodních olejů pro alkoholová paliva. Olej byl zakoupen u firmy Ekolube jako rozlévaný.

4.9 Měření zatěžujícího výkonu

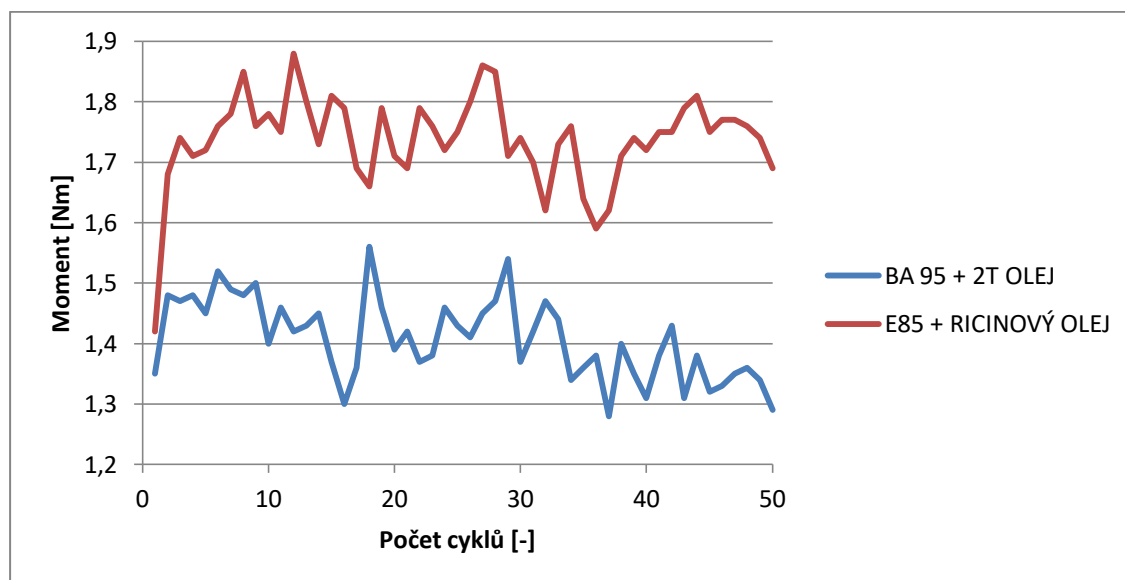
Měření především slouží k porovnání a nijak nelze vztahovat k výkonnostním parametrům pily. Je to z důvodu konstrukce zkušebního stavu a rozsahu snímače krouticího momentu. Snímač točivého momentu je určen pro měření do 50 Nm a jeho třída přesnosti je 0,1, tudíž měření se pohybuje pod maximální chybou přístroje.

Dalším kritickým bodem je užití řemenového převodu. Je použit polyuretanový ozubený řemen, u něhož nelze bez měření zjistit, jak vysoká je jeho účinnost. Problém tohoto řemenu bylo také jeho napnutí a vedení, aby zbytečně nevznikalo tření o vodící hrany. Tento problém se mi nepodařilo za celé měření zcela vyřešit. Původní návrh, se kterým jsem odbrzdil prvních 25 hodin na motoru spalující směs benzínu, prošel optimalizací. S touto vylepšenou konstrukcí jsem následně odbrzdil zbývající hodiny.

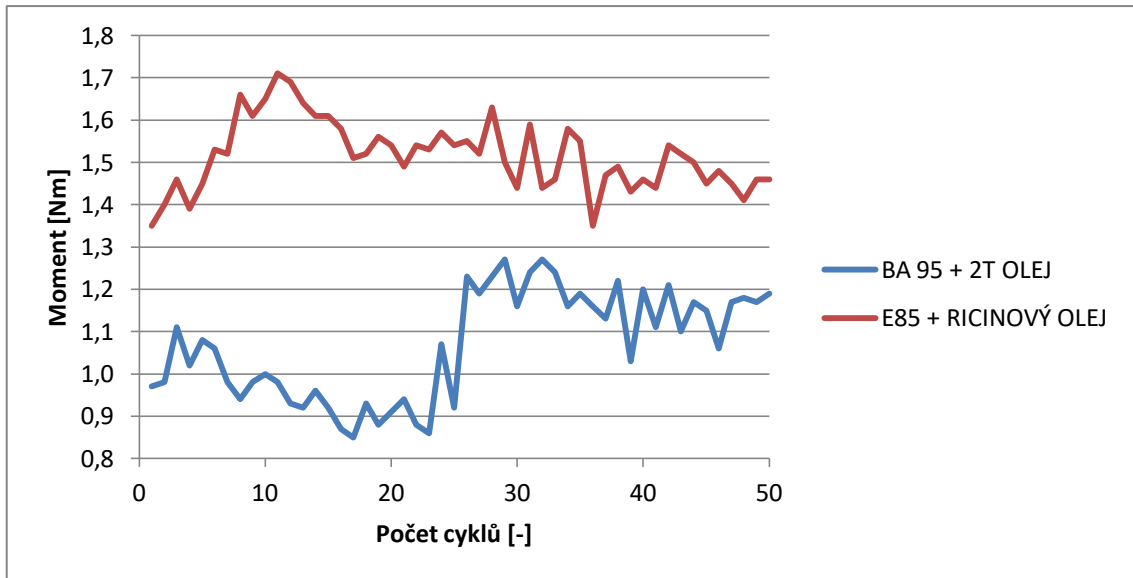


Graf 3: Měřící místa a označení

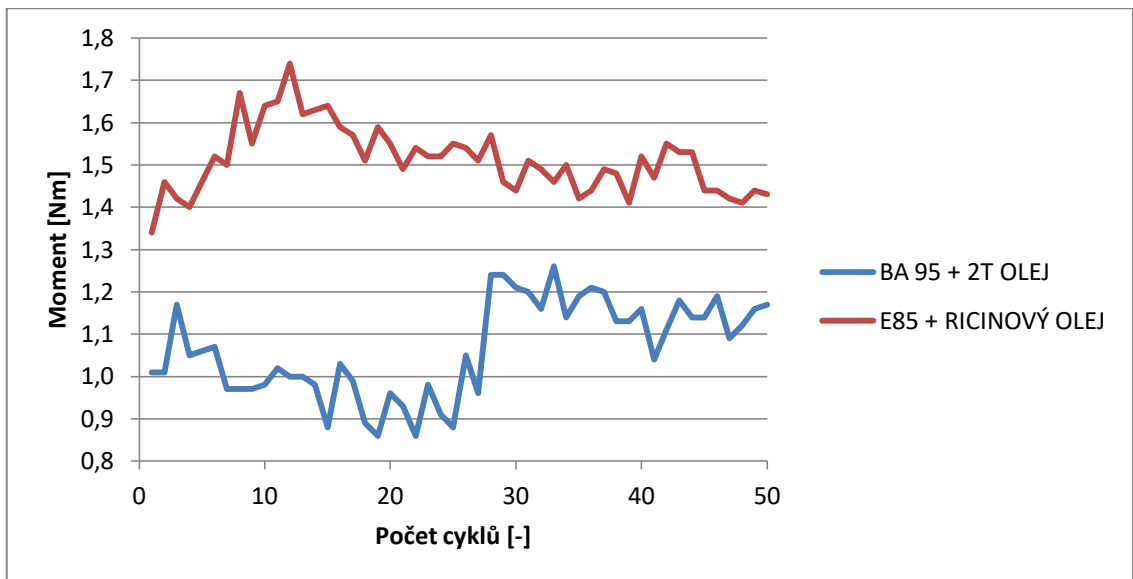
Měření probíhalo v časových úsecích vyznačených ve výše zobrazeném grafu. Přesný časový okamžik odečtení parametrů nebyl z důvodu parametrů programu brzdy možný. Tudíž odečet dat byl náhodný, ale pohyboval se při počátku nastaveného otáčkového režimu. Měření pro daný úsek bylo provedeno dvakrát, z důvodu přesnosti, jelikož se během režimu parametry měnily.



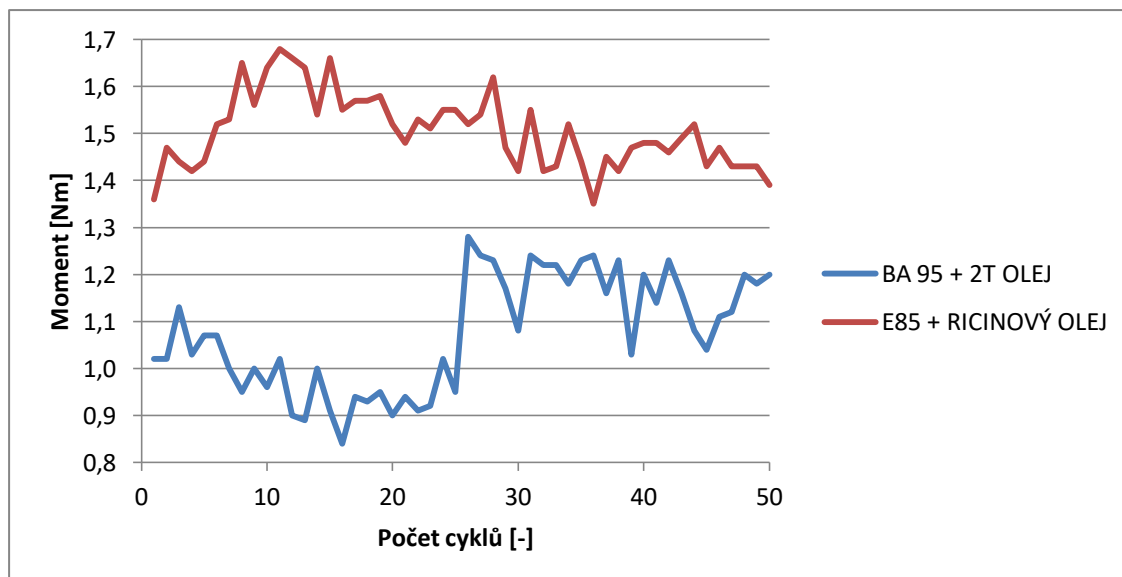
Graf 4: Moment v měřícím místě 1, při 5000 min⁻¹



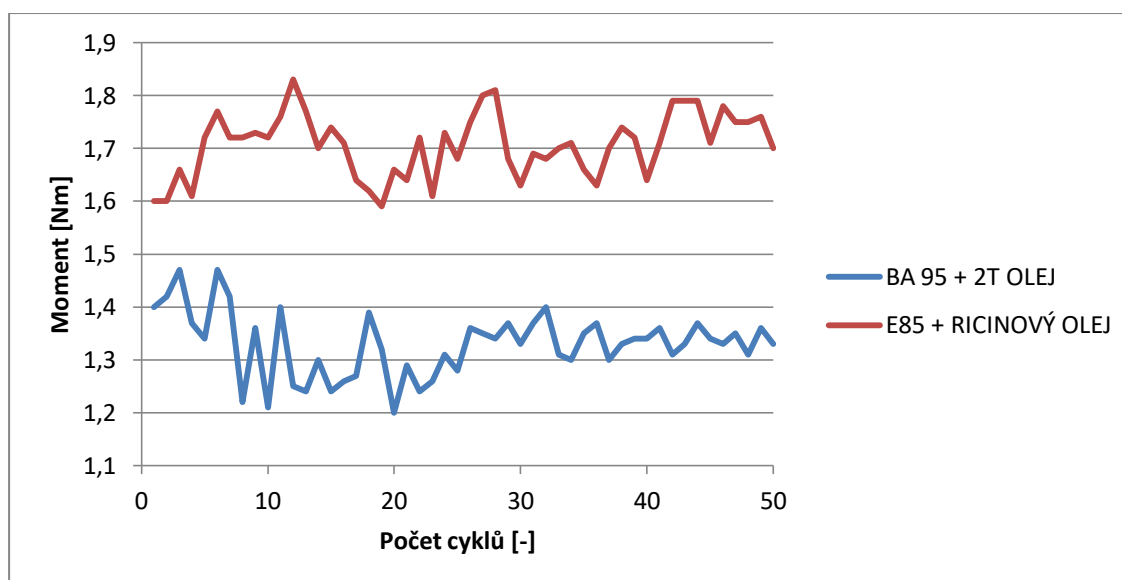
Graf 5: Moment v měřícím místě 2, při 8000 min⁻¹



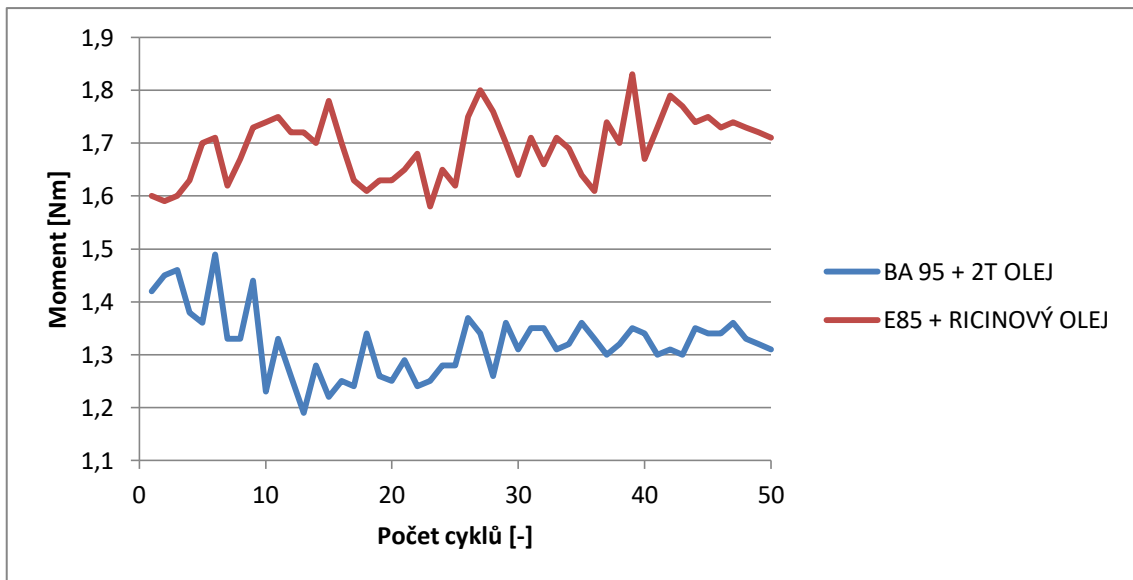
Graf 6: Moment v měřícím místě 3, při 8000 min⁻¹



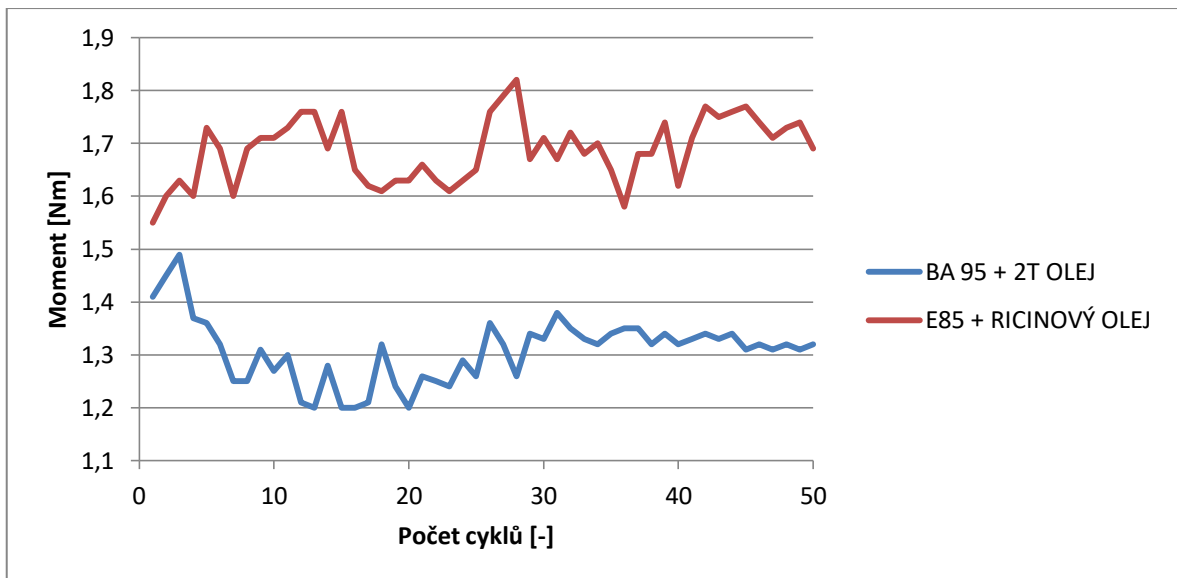
Graf 7: Moment v měřícím místě 4, při 8000 min⁻¹



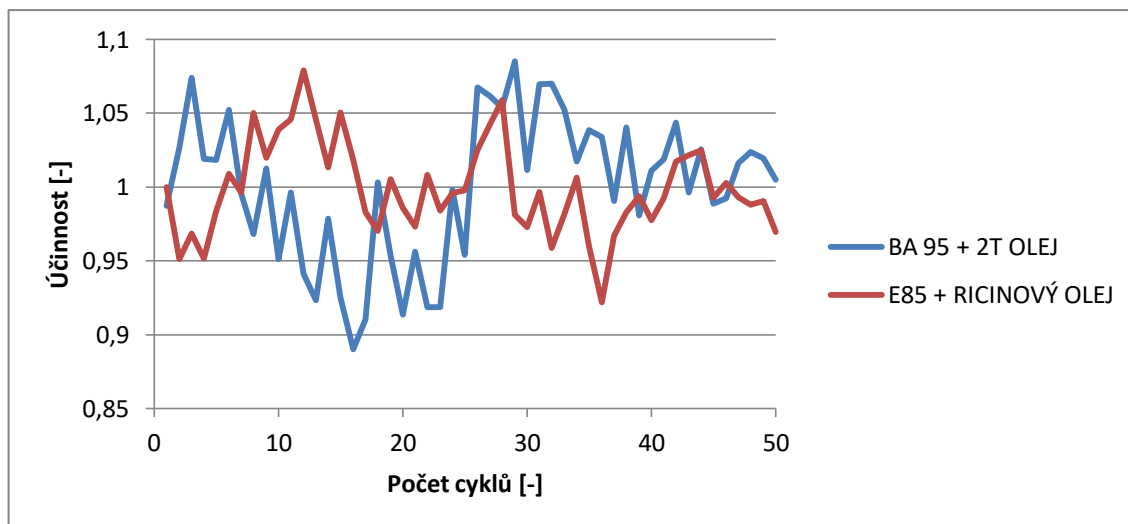
Graf 8: Moment v měřícím místě 5, při 4500 min⁻¹



Graf 9: Moment v měřícím místě 6, při 4500 min⁻¹



Graf 10: Moment v měřícím místě 7, při 4500 min⁻¹



Graf 11: Porovnání celkové účinnosti motorů

Porovnání účinností obou motorů vyjadřuje průměr účinností jednotlivých měřících míst. Tyto hodnoty jsou vypočítány z aktuální hodnoty momentu vůči celkové průměrné hodnotě měřícího uzlu.

Subjektivní pozorování během zatěžování

Při zatěžování obou motorů jsem vyzoroval, že motor spalující palivovou směs obsahující E85, má výrazně klidnější chování při nízkých otáčkách oproti druhému motoru. Další zjištění bylo, že výše uvedený motor měl pozvolnější přechod z vysokých otáček do volnoběhu. Dalším problémem bylo vyladění karburátoru z důvodu horší startovatelnosti. Z toho důvodu byla též vyměněna zapalovací svíčka. Oproti tomu motor spalující směs obsahující benzín byl klidnější při vysokých otáčkách. Jeho otáčky při vypáchnuté plynové páčce klesaly dle očekávání.

4.10 Rozborka motorů

Po odjetí všech požadovaných hodin a závěrečné emisní zkoušce byly následně motory rozebrány. Byl zkontrolován stav jednotlivých komponent a části určené k měření rozměrů byly vyčištěny. Během testu byly kontrolovány zapalovací svíčky při 25 hodinách a u obou dvou byly po testu v pořádku. Vybrané fotografie dílů jsou zobrazeny v příloze práce

Motor spalující směs benzínu BA 95 a 2T oleje

Při demontáži zapalovací svíčky bylo zjištěno opálení jejich elektrod. Další komponenty byly pořádku.

Motor spalující směs E85 a ricinového oleje

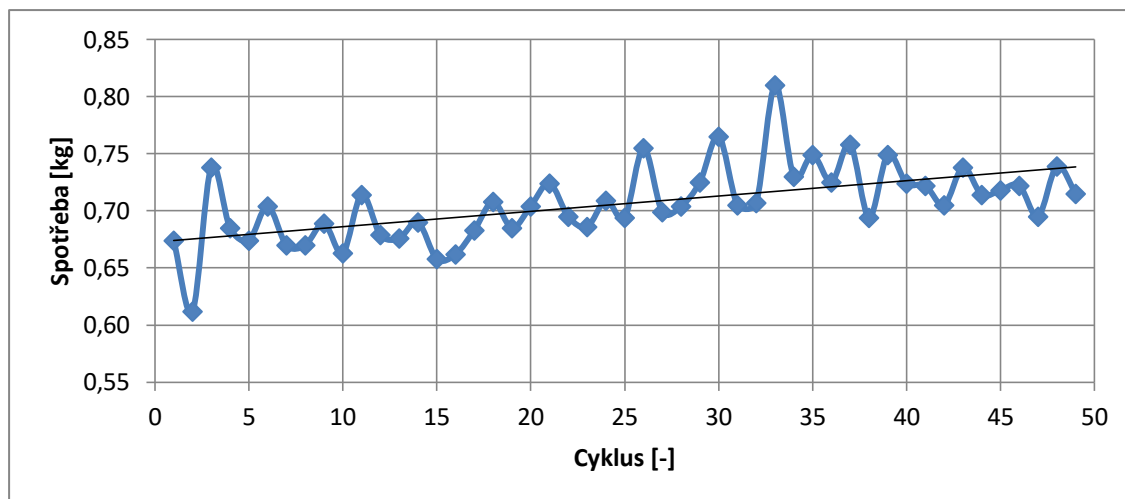
Po ukončení 25 hodin bylo zjištěno propálení vnější stěny tlumiče výfuku. Toto poškození nebylo závažného charakteru a po měření emisí byla tato komponenta namontována zpět. Během závěrečné emisní zkoušky došlo při 8000 min^{-1} ke ztrátě výkonu a následně motor neměl snahu jít do vysokých otáček. Po demontáži bylo zjištěno, že došlo k zapečení 1. pístního kroužku vlivem nečistot vznikajících při spalování ricinu. Ze stejné příčiny byl ucpán jeden z mazacích otvorů na ojnici, na straně pístního čepu. Dále byla zjištěna přítomnost zkarbonizovaných částic v klikovém prostoru.

4.11 Měření spotřeby paliva

Měření vždy probíhalo po odjetí jednoho pracovního cyklu, tj. po 1 hodině. Případně se vážila nově připravená palivová směs. Měření se provádělo na průmyslových váhách Sartorius. Vážení probíhalo s vytaženou palivovou hadicí.

Spotřeby palivové směsi BA 95 + 2T oleje

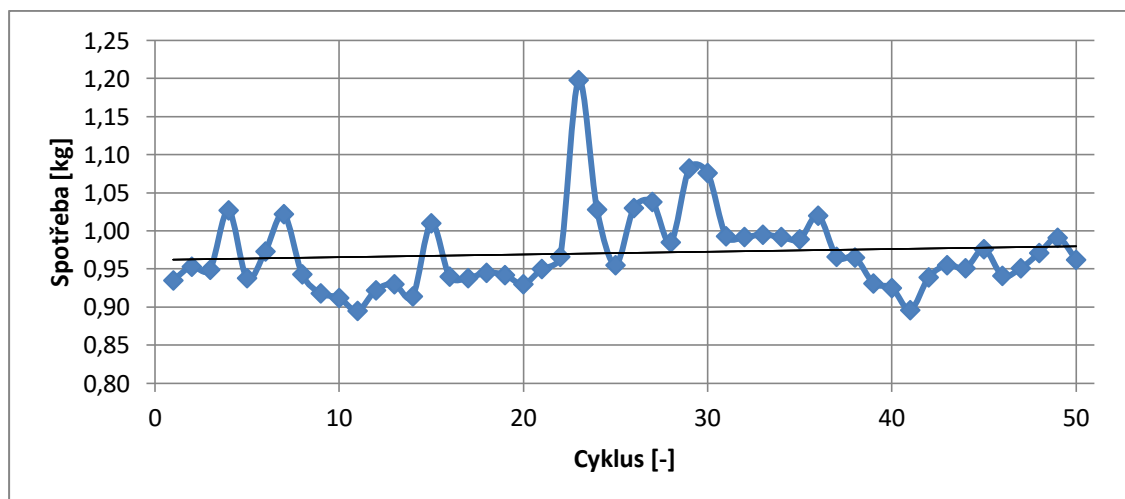
Celkově bylo spotřebováno 57 l benzínu natural 95 a 1,528 l 2T oleje. Průměrná spotřeba činila 0,706 kg, tj. cca 1,054 l na jeden cyklus



Graf 12: Spotřeba palivové směsi BA 95 + 2T oleje

Spotřeby palivové směsi E 85 + ricinového oleje

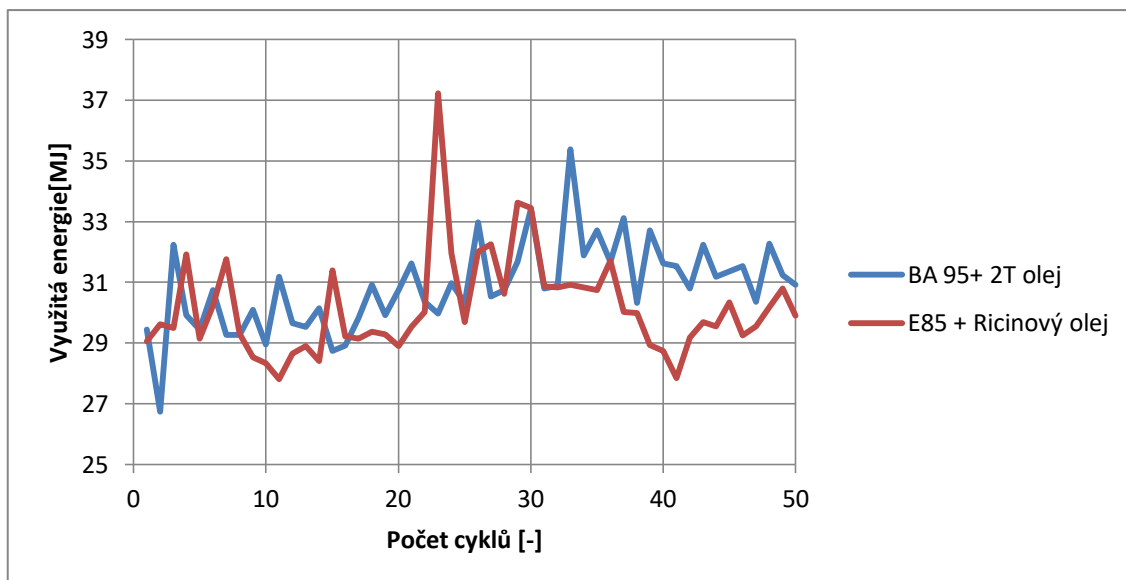
Celkově bylo spotřebováno 68,84 l E85 a 1,857 l ricinového oleje. Průměrná spotřeba činila 0,971 kg, tj. cca 1,287 l na jeden cyklus



Graf 13: Spotřeba palivové směsi E 85 + ricinového oleje

Porovnání spotřeb palivových směsí

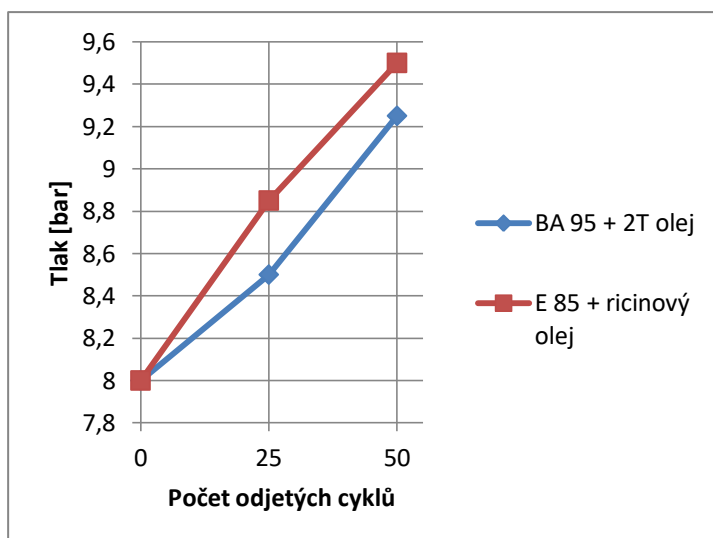
Východzími hodnotami tohoto porovnání byly naměřené spotřeby jednotlivých palivových směsí a výhřevností jednotlivých paliv. Pro benzin Natural 95 je výhřevnost 43,68 MJ kg⁻¹ a pro E85 v zimním provedení se 75 % ethanolu 31,08 MJ kg⁻¹.



Graf 14: Porovnání využití energie pro obě palivové směsi

4.12 Měření kompresního tlaku

Měření bylo prováděno pomocí kompresiometru, od výrobce Motometer GmbH, který umožňoval záznam změřeného tlaku. Měření vždy probíhalo při vypuštěném palivu z karburátoru a vytažené palivové hadičce. Klapka sytiče byla otevřená a plynová páčka byla v poloze odpovídající volnoběžným otáčkám. Výsledkem měření byla kartička, ze které šlo odečíst přibližnou hodnotu maximálního tlaku



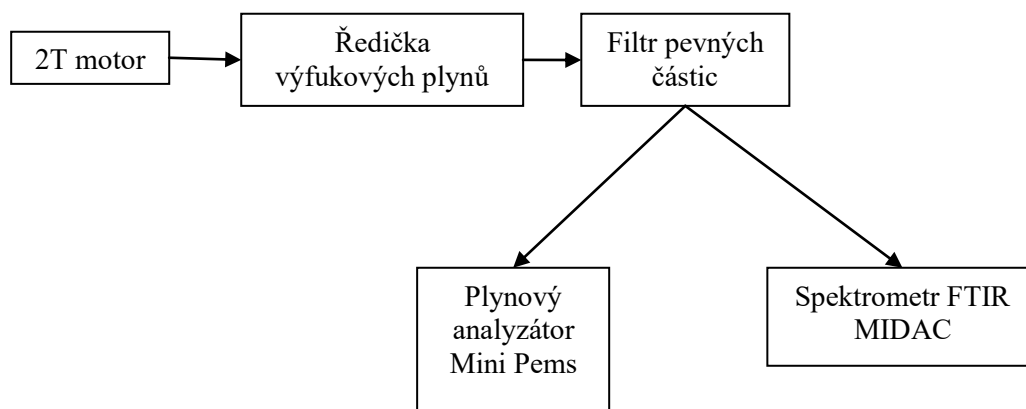
Graf 15: Změna kompresního tlaku

Před prvním nastartováním bylo provedeno měření kompresního tlaku, toto měření bylo dále provedeno při odjetí 25 hodin a poslední měření bylo při ukončení zkoušky, to znamená po dojetí 50 hodin.

Z měření vyplývá, že u obou motorů hodnota komprese stoupala. Je to dáno vznikem a přibýváním zuhelnatělých zbytků oleje, které byly pozorovány u obou motorů.

4.13 Měření složení emisí

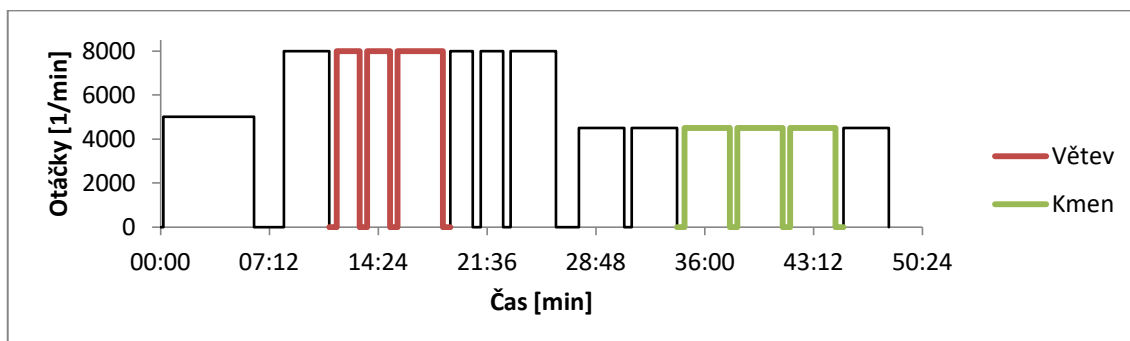
Po odjetí 25 – ti hodin pro oba motory a 50 - ti hodin pro motor spalující směs benzínu a 2T oleje byly změřeny koncentrace jednotlivých složek ve výfukových plynech pomocí spektrometru a plynového analyzátoru, který byl vyroben Michalem Vojtíškem. Odebrány byly též vzorky pevných částic. Fotografie aparatury a jednotlivých přístrojů jsou umístěny v příloze.



Obrázek 6: Schéma soustavy vyžité při měření emisí

Pro měření výfukových emisí bylo použito přenosné zařízení pro měření emisí ze zahradní techniky. Výfukové plyny byly sbírány nerezovou trubicí do ředičího tunelu, kde byly smíchány se souběžně nasávaným filtrovaným vzduchem z prostoru laboratoře, a prosáty přes filtr o průměru 150 mm, na kterém byly zachyceny částice, vícestupňovou turbínou obdobnou těm používaných v průmyslových vysavačích. Průtok filtrem byl měřen termickým průtokoměrem. Zředěné výfukové plyny, odebírané za filtrem, byly vzorkovány přenosným analyzátozem místní konstrukce, který měřil koncentrace HC, CO, CO₂ a NO, a infračerveným spektrometrem FTIR. Získaná spektra byla následně analyzována pro koncentrace vybraných rizikových látek (CO, formaldehyd, etylen) nebo skupin látek (alkany, aromatické sloučeniny).

Z důvodu vyšší nejistoty měření výkonu motoru jsou výfukové emise přepočtené na kg paliva. Vypovídací hodnota tohoto přepočtu je zatížena rozdíly ve spotřebě E85 a benzínu zejména z důvodu vyšší spotřeby E85 dané jeho nižší výhřevností.



Graf 16: Části zatěžujícího použité pro měření emisí

Emise v gramech na kg paliva				
	HC	CO	NO	CO ₂
<i>benzín (25 h)</i>				
volnoběh	631	472	3.1	439
5000/100%	280	701	1.6	1213
8000/100%	198	792	1.5	1334
větve	225	679	1.7	1430
kmen	284	615	1.5	1342
<i>benzín (50 h)</i>				
volnoběh	619	476	2.7	470
5000/100%	304	572	2.5	1346
8000/100%	222	680	2.6	1438
větve	258	715	2.7	1264
kmen	325	503	3.4	1391
<i>E85 (25 h)</i>				
volnoběh	525	1	0.0	694
5000/100%	147	461	0.5	1179
8000/100%	217	141	9.2	1476
větve	165	483	0.3	1086
kmen	177	572	0.0	899

Tabulka 11: Základní hodnoty látek v emisích obou paliv

Emise v gramech na kg paliva - vybrané látky z měření FTIR					
	metan	etanol	etylen	formaldehyd HCHO	propan (alkany)
<i>benzín (25 h)</i>					
volnoběh	24	-5	79	15	244
5000/100%	3	0	8	2	55
8000/100%	3	0	9	2	35
větve	4	-1	16	3	57
kmen	6	-2	23	4	66
<i>benzín (50 h)</i>					
volnoběh	8	2	8	0	117
5000/100%	2	-1	4	1	59
8000/100%	2	-15	6	2	41
větve	3	-4	6	2	41
kmen	2	0	4	1	61
<i>E85 (25 h)</i>					
volnoběh	3	207	5	0	138
5000/100%	14	42	166	21	279
8000/100%	5	78	49	14	206
větve	12	28	115	16	45
kmen	16	52	120	15	244

Tabulka 12: Hodnoty vybraných látek v emisích obou paliv

4.14 Měření rozměrových změn

Toto měření bylo pojato pouze jako srovnávací. Cílem bylo porovnat rozměrové změny, které vznikly v důsledku provozu motorů. Bohužel z důvodu náročné montáže nebylo toto měření pojato stylem srovnání opotřebení vůči původnímu stavu.

Toto měření probíhalo v laboratořích katedry Výrobních systémů a automatizace pod vedením Ing. Radomíra Mendřického, Ph.D.. Způsob měření byl vybrán kontaktní, z důvodu snadného, rychlejšího provedení a také kvůli tvaru měřených součástí. Přístroj pro měření byl použit O-inspect 322 od firmy Zeiss, který umožňuje mimo dotykového, též optické měření. Tento přístroj při dotykovém měření pracuje s chybou 2,4 μm .

Pro měření byly vybrány součásti, u kterých při provozu jsou nejnáchylnější ke vzniku tvarových změn, myšleno především otěru. Jedná se o válec, kde se měřil vnitřní průměr a následně válcovitost. Měřená oblast se nacházela u hlavy, nad kanály. Dalším dílem byly pístní a ojnicní čepy. Zde byly měřeny oblasti, kde byla umístěna jehlová ložiska. A poslední součástí byly ojnice. Měřeny byly oba otvory, jak pro ojnicní, tak i pro pístní čep a dále pak i rovinnost plochy u otvoru pro ojnicní ložisko.

Z výsledků vyplývá, že rozměry obou testovaných motorů jsou téměř totožné. Jedinou výjimkou jsou pístní čepy, kde u palivové směsi s E85 je větší válcovitost. Je to dáno tím, že došlo při provozu k ucpání jednoho ze dvou mazacích otvorů v ojnici a tudíž jehlové ložisko nebylo dostatečně mazáno.

Protokoly z měření, kde jsou uvedeny veškeré hodnoty a navíc i grafické zpracování odchylek je uvedeno v příloze práce.

Palivová směs	Měřená součást	Průměr	Válcovitost
	[mm]	[mm]	[mm]
BA 95 + 2T olej	Válec	43,0449	0,0098
	Pístní čep	10,9964	0,0032
	Ojniční čep	12,9993	0,0059
E85 + Ricinový olej	Válec	43,0392	0,0127
	Pístní čep	10,9975	0,0118
	Ojniční čep	12,9989	0,0034

Tabulka 13: Naměřené rozměry jednotlivých součástí

Palivová směs	Měřená součást	Průměr		Válcovitost		Rovinnost
		Pístní čep	Ojniční čep	Pístní čep	Ojniční čep	Ojniční čep
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
BA 95 + 2T olej	Ojnice	15,0082	18,0220	0,0068	0,0057	0,0077
E85 + Ricinový olej	Ojnice	15,0124	18,0189	0,0047	0,0062	0,0252

Tabulka 14: Naměřené rozměry ojnice

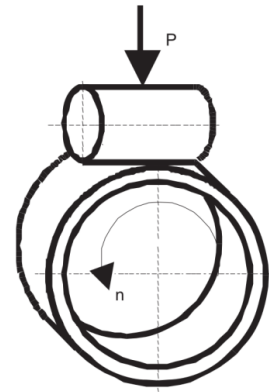
4.15 Mazivostní zkouška

Jelikož se při dlouhodobé zkoušce používalo alternativní palivo a olej, který výrobce nepředepisuje, bylo důležité mít porovnání mazacích vlastností obou směsí. Byly připraveny vzorky směsí o různé koncentraci palivo – olej. Hodnoty otěrů a fotografie válečků pro jednotlivé vzorky směsí jsou uvedeny v protokolu v příloze práce.

- 33 : 1 – Palivová směs pro prvních 10 hod, připraveny směsí BA 95 + 2T olej i E85 + ricinový olej

- 40 : 1 – Palivová směs pro provoz po záběhu, BA 95 + 2T olej, E85 + ricinový olej
- 50 : 1 – Pouze E85 + ricinový olej

Testování bylo provedeno pomocí Brugger testu. Byl zjišťován úbytek hmotnosti hliníkového válečku. Princip zkoušky spočívá ve zjištění únosnosti mazacího filmu díky otěru testovacích válečků. Otáčky většího z válečků $n = 960 \text{ min}^{-1}$, přítláčná síla $P = 400 \text{ N}$ a délka zkoušky trvá 30 s. Po proběhnutí zkoušky se malý váleček zváží. Čím menší je úbytek materiálu, tím lepší je únosnost olejového filmu.



Obrázek 7: Princip mazivostní zkoušky

Z měření vyplývá, že palivová směs s ricinovým olejem má lepší mazací schopnost než olej určený pro míšení s benzínem. Z měření vyplývá, že s klesajícím obsahem oleje v palivu klesá únosnost olejového filmu, avšak i při poměru 50 : 1 E85 s ricinovým olejem, tato směs vykazuje mnohem lepší únosnost olejového filmu než výrobcem stanovený poměr směsi benzínu s 2T olejem pro pozáběhový provoz.

5 Závěr

Z měření a následného vyhodnocování vyplývá, že palivo E 85 se může stát plnohodnotnou náhradou benzínu při použití v dvoutaktních motorech. Jeho většímu rozšíření brání však několik faktorů. Tím prvním jsou jeho specifické vlastnosti vůči mazacím olejům. Tento problém se změní s větším využíváním tohoto paliva. Dále je zde problém se špatnou startovatelností při nízkých teplotách.

Při mém experimentu bylo zjištěno, že i při použití základního oleje a při plném zatížení motor pracující s alkoholovým palivem vykazuje podobné, ne-li lepší výkonnostní parametry. I z hlediska životnosti a opotřebení tento motor vykazoval podobné znaky avšak, z důvodu použitého oleje nakonec došlo k jeho zanesení. To by se však nestalo, pokud by byl použit lepší olej.

Při testování samostatných palivových směsí vyplývá, že lepší odolnost vůči opotřebení vykazuje směs s alkoholovým palivem.

Použitá literatura

- [1] Páv, K. *Podklady z přednášek – Pohonné jednotky I* [online], TU v Liberci, 2016, dostupné na: <http://www.kvm.tul.cz/studenti/skripta-a-texty-on-line/pohonne-jednotky-I>
- [2] Scholz, C. *Podklady z přednášek – Základy teorie vozidel a vozidlových motorů* [online], TU v Liberci, 2009, dostupné na: <http://www.kvm.tul.cz/studenti/skripta-a-texty-on-line/zaklady-teorie-vozidel-a-vozidlovyeh-motoru>
- [3] Kroufek, J. *Hodnocení benzínu* [online], Praha: Ústav technologie ropy a alternativních paliv VŠCHT Praha 2016, dostupné na: http://utrapp.vscht.cz/files/uzel/0014788/MziI01TPSM9H1yE_Jy09OzTu8ViEpNa_q8Nq8o-sB.pdf?redirected
- [4] ČSN EN ISO 5163 (656197): *Ropné výrobky - Stanovení detonačních charakteristik motorových a leteckých paliv - Motorová metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN ISO 5164 (656161): *Ropné výrobky - Stanovení detonačních charakteristik motorových paliv - Výzkumná metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [6] Blažek, V. *Podklady z přednášek – Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením* [online], TU v Liberci, 2011, dostupné na: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1680>
- [7] ČSN EN ISO 3405 (656124): *Ropné výrobky - Stanovení destilační křivky při atmosférickém tlaku*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [8] KLEMENT, Jan. *Hodnocení paliv ve vztahu k životnímu prostředí* [online]. Brno, 2012. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=3104;studium=44847;zp=36146;download_prace=1 Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. František Bauer, CSc.
- [9] ELFASAKHANY, Ashraf. *Performance and emissions of spark-ignition engine using ethanol–methanol–gasoline, n-butanol–iso-butanol–gasoline and iso-butanol–ethanol–gasoline blends: A comparative study*. Engineering Science and Technology, an International Journal [online]. 2016, 2016, 19(4), 6. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098616307029>
- [10] VOJTÍŠEK, Michal, Martin MAZAČ a Josef LAURIN. *Výfukové škodliviny konstrukčně neupraveného motoru na bioetanolové palivo E-85*. Listy

- cukrovarnické a řepařské [online]. 2012, 2012, 128(4), 5. Dostupné z:
http://www.cukr-listy.cz/on_line/2012/PDF/146-150.pdf
- [11] Luiz, Bernardo, Diniz Lemos, Harry, Abreu Salomão, Eduardo, Philipe, Matheus, Viana, Ribeiro, Amorim, Rogério. *Ethanol and Castor Oil for Two-Stroke and Wankel Engines* [online]. 2016, 10.4271/2016-36-0153. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/314310765_Ethanol_and_Castor_Oil_for_Two-Stroke_and_Wankel_Engines
- [12] Kousoulidou Marina, Fontaras Giorgos, Mellios Giorgos, Ntziachristos Leonidas. *Effect of biodiesel and bioethanol on exhaust emissions* [online], ETC/ACC Technical Paper, 2008, dostupné na:
https://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2008_5_biofuels_emissions.pdf
- [13] GALBIČKA, Tomáš. *Úvod do uhlovodíků*. www.nasprtej.cz [online]. Dostupné z:
http://www.nasprtej.cz/sites/default/files/user_files/user19/Chemie_2.roc/Uvod_do_uhlovodiku/Uvod_do_uhlovodiku.pdf
- [14] BRÍZDALA, Jan. *Alkoholy, fenoly a ethery*. E-chembook.eu [online]. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/cz/organicka-chemie/Alkoholy-fenoly-a-ethery.pdf>
- [15] *Alkoholy, fenoly, ethery*. Materiály do školy[online]. Dostupné z:
<http://www.materialy-do-skoly.cz/maturitni-otazky/chemie/alkoholy-fenoly-ethery/>
- [16] ZAKOPALOVÁ, Radka. *Technologie výroby lihu* [online]. Zlín, 2012. Dostupné z:
https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/21609/zakopalov%C3%A1_2012_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Josef Mrázek.
- [17] LIPOVSKÝ, Jakub, Petra PATÁKOVÁ, Mojmír RYCHTERA, Hana ČÍŽKOVÁ a Karel MELZOCH. *PERSPEKTIVY PRODUKCE BUTANOLU ZE ŠKROBNATÝCH A CELULOSOVÝCH MATERIÁLŮ*. Chemické listy [online]. 2009., 103(6), 5. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_06_479-483.pdf
- [18] MUŽÍKOVÁ, Zlata, Milan POSPÍŠIL a Gustav ŠEBOR. *VYUŽITÍ BIOETHANOLU JAKO POHONNÉ HMOTY VE FORMĚ PALIVA E85*. Chemické listy [online]. 2010, 104(7), 5. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_06_479-483.pdf

- [19] *Methanol*. is.muni.cz [online]. Brno, 2014. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2014/C3806/Metanol_WIKI_CZ.pdf
- [20] KŘÍŽOVÁ. *Vlastnosti, výroba a praktické využití etanolu se zaměřením na potravinářské a farmaceutické aplikace* [online]. Zlín, 2009. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/8172/k%C5%99%C3%AD%C5%BEov%C3%A1_2009_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Věra Kašpárková, CSc.
- [21] SLADKÝ, Václav: *Biobutanol jako kvalitní náhrada benzínu*. Biom.cz [online]. 2010-05-19. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-jako-kvalitni-nahrada-benzinu>. ISSN: 1801-2655.
- [22] MACHERLA, Pratyusha. *Stanford discovery could lead to a more renewable approach to producing ethanol*. The Stanford Daily [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.stanforddaily.com/2017/08/02/stanford-discovery-could-lead-to-a-more-renewable-approach-to-producing-ethanol/>
- [23] TRNKA, Miroslav. *Malý spalovací motor na alkoholová paliva*. Liberec, 2012. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Michal Vojtíšek M.Sc. Ph.D.
- [24] RITTER, Stephen K. *Ethanol-To-Butanol Conversion A Biofuel Plus*. C&en chemical&engineering news [online]. 2013. Dostupné z: <https://cen.acs.org/articles/91/web/2013/04/EthanolButanol-Conversion-Biofuel-Plus.html>
- [25] *Methanol*. Www.iea-amf.org [online]. Dostupné z: https://www.iea-amf.org/content/fuel_information/methanol
- [26] *Ethanol properties*. Www.iea-amf.org [online]. Dostupné z: https://www.iea-amf.org/content/fuel_information/fuel_info_home/ethanol/e10/ethanol_properties
- [27] *Butanol properties*. Www.iea-amf.org [online]. Dostupné z: https://www.iea-amf.org/content/fuel_information/butanol/properties
- [28] ČSN P CEN/TS 15293 (656512): *Motorová paliva - Ethanol E85 - Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [29] MAXA, Daniel. *POUŽITÍ PALIVA E85 V PALIVOVÉ SOUSTRAVĚ ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ KONSTRUOVANÝCH PRO AUTOMOBILOVÝ BENZIN*. Paliva [online]. 2013, 5(3), 4. Dostupné z: paliva.vscht.cz/download.php?id=100

- [30] VOJTÍŠEK, Michal, Martin MAZAČ a Josef LAURIN. *Výfukové škodliviny konstrukčně neupraveného motoru na bioetanolové palivo E-85*. *Listy cukrovarnické a řepařské* [online]. 2012, 128(4), 5. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2012/PDF/146-150.pdf
- [31] POLCAR, Adam, Vojtěch KUMBÁR, Jiří ČUPERA a Jiří VOTAVA. *Využití lihu jako paliva pro osobní automobily*. *Listy cukrovarnické a řepkařské* [online]. 2015, 131(5 - 6), 4 [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2015/PDF/203-206.pdf
- [32] MUŽÍKOVÁ, Zlata, Milan POSPÍŠIL a Gustav ŠEBOR. *VYUŽITÍ BIOETHANOLU JAKO POHONNÉ HMOTY VE FORMĚ PALIVA E85*. *Chemické listy* [online]. 2010, 104 [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_07_677-683.pdf
- [33] VODRÁŽKA, Jan. *Úprava malé elektrocentrály pro pohon na n-butanol*. Liberec, 2014. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Michal Vojtíšek, Ph.D.
- [34] PECHOUT, Martin. *Zážehové motory při provozu na biobutanolová paliva*. Liberec, 2017. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [35] WALLNETR, Thomas, Andrew ICKES a Kristina LAWYER. *Analytical Assessment of C2–C8 Alcohols as Spark-Ignition Engine Fuels* [online]. 2013. Dostupné z: https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783642337765-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1356783-p174673522
- [36] *Oleje pro dvoudobé motory*. Oleje.cz [online]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Oleje-pro-dvoudobe-motory>
- [37] *Určení množství oleje v metylalkoholovém palivu*. MaCo model sport [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <http://www.macomodel.cz/index.php?page=olej-v-palivu>
- [38] *Olej dolej 2. (dvoutakty a převodovky)*. Motorkari.cz [online]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/olej-dolej-2.-dvoutakty-a-prevodovky-31113.html>
- [39] *API Two-Cycle Motor Oil Specifications*. Oilspecifications.org [online]. Dostupné z: https://www.oilspecifications.org/api_2t.php
- [40] *Ricinový olej*. *Wikipedie* [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ricinov%C3%BD_olej

- [41] KOZÁK, Ondřej. *PŘEHLED OLEJŮ A JEJICH INŽENÝRSKÝCH APLIKACÍ* [online]. Brno, 2015. Dostupné z: <http://www.ustavkonstruovani.cz/FileDownload/getFile/1021/Kozak.pdf/>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Šperka, Ph.D.
- [42] *Základové oleje*. Oleje.cz [online]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Zakladove-oleje>
- [43] *Dvoudobý spalovací motor*. Wikipedie [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dvoudob%C3%BD_spalovac%C3%AD_motor
- [44] OPLUŠTIL, Vít. *DVOUDOBE MOTORY ZÁVODNÍCH MOTOCYKLŮ KATEGORIE GP* [online]. Brno, 2010. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29941.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Drápal.
- [45] Scholz, C. *Podklady z přednášek – Pohonné jednotky II* [online], TU v Liberci, 2015, dostupné na: <http://www.kvm.tul.cz/studenti/skripta-a-texty-on-line/pohonne-jednotky-II>
- [46] *KARBURÁTOR – jak to vlastně funguje?*. Motochina CZ [online]. 2010. Dostupné z: <http://motochina.cz/view.php?cislocianku=2010090007>
- [47] BÍLÝ, Petr. *Rozdělení karburátorů, karburátory se škrtkící klapkou, konstrukční díly*. Zak.iss-slany.cz [online]. 2016. Dostupné z: <http://zak.iss-slany.cz/?id=196&action=detail&presenter=Material>
- [48] PLAŠIL, Petr. *Sací trakty čtyřdobých nepřepřehovaných motorů* [online]. Brno, 2011. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/3456/PETR_PLASIL_BAKALARSKA_PRACE_115958_SACI_TRAKTY_CTYRDOBYCH_NEPREPLNOVANых_H_MOTORU.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Beran.
- [49] SUK, Jakub. *Současný stav a vývojové tendence v konstrukci motorů motocyklů* [online]. Brno, 2008. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8018.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Rauschner, CSc.

- [50] SIKORA, Jakub. *Systémy zapalování zážehových motorů* [online]. Brno, 2014. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=10873;studium=44344;zp=26586;download_prace=1. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.
- [51] *Princip Hallova senzoru*. E - konstruktér[online]. 2015. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/princip-hallova-senzoru>
- [52] VOJÁČEK, Antonín. *Bezkontaktní indukční snímače přiblížení - obecný popis*. Automatizace.hw.cz [online]. 2014. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/komponenty-mereni-a-regulace/indukcni-snimace-priblizeni-obecny-popis.html>
- [53] STRAKA, Radomír. *Návrh optoelektrického snímače polohy*[online]. Brno, 2010. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27785. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing Jan Puskely.
- [54] *Motorový systém X-Torq*. Husqvarna [online]. Dostupné z: <http://hqv.by/page/sistema-dvigatelya-x-torq>
- [55] *Intelligent Engine Management*. Stihl[online]. Dostupné z: <https://www.stihl.co.uk/intelligent-engine-management.aspx>
- [56] KUNT, Lukáš. *Nové trendy v oblasti řetězových pil* [online]. České Budějovice, 2012. Dostupné z: https://theses.cz/id/1t3lzk/Nov_trendy_v_oblasti_etzovch_pil.pdf. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Václav Vávra, Ph.D.
- [57] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády o emisích znečišťujících látek ve výfukových plynech zážehových motorů některých nesilničních mobilních strojů. In: *Nařízení vlády č. 365/2005 Sb.*. Praha, 2005, 126/2005, číslo 365. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-365>
- [58] MIKEŠ, Marek. *KONSTRUKCE MALÉHO BRZDOVÉHO STANOVISŤE SE SPALOVACÍM MOTOREM HONDA*. Liberec, 2011. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Josef Blažek Ph.D.
- [59] TRZOS, M., M. SZCZEREK a W. TUSZYNSKI. *A study on the possibility of the Bragger test application for differentiation between the API GL performance levels*

of gear oils. ScienceDirect [online]. 2013, 13, 7. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1644966512001203>

6 Přílohy

Seznam příloh

1. Protokol mazivostního testu
2. Protokol z měření rozměrů pístního čepu pro palivovou směs BA 95
3. Protokol z měření rozměrů ojničního čepu pro palivovou směs BA 95
4. Protokol z měření rozměrů válce pro palivovou směs BA 95
5. Protokol z měření rozměrů ojnice pro palivovou směs BA 95
6. Protokol z měření rozměrů pístního čepu pro palivovou směs E 85
7. Protokol z měření rozměrů ojničního čepu pro palivovou směs E 85
8. Protokol z měření rozměrů válce pro palivovou směs E 85
9. Protokol z měření rozměrů ojnice pro palivovou směs E 85
10. Záznam měření kompresních tlaků
11. Foto z příprav, testu, rozborky a analýzy motoru

Protokol číslo 1884 -1888 / 2018

Zákazník : **Doc. Michal Vojtíšek Ph.D.**
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta strojní
Technická 4
160 00 Praha 6

Vzorky : **Alkoholová Paliva**

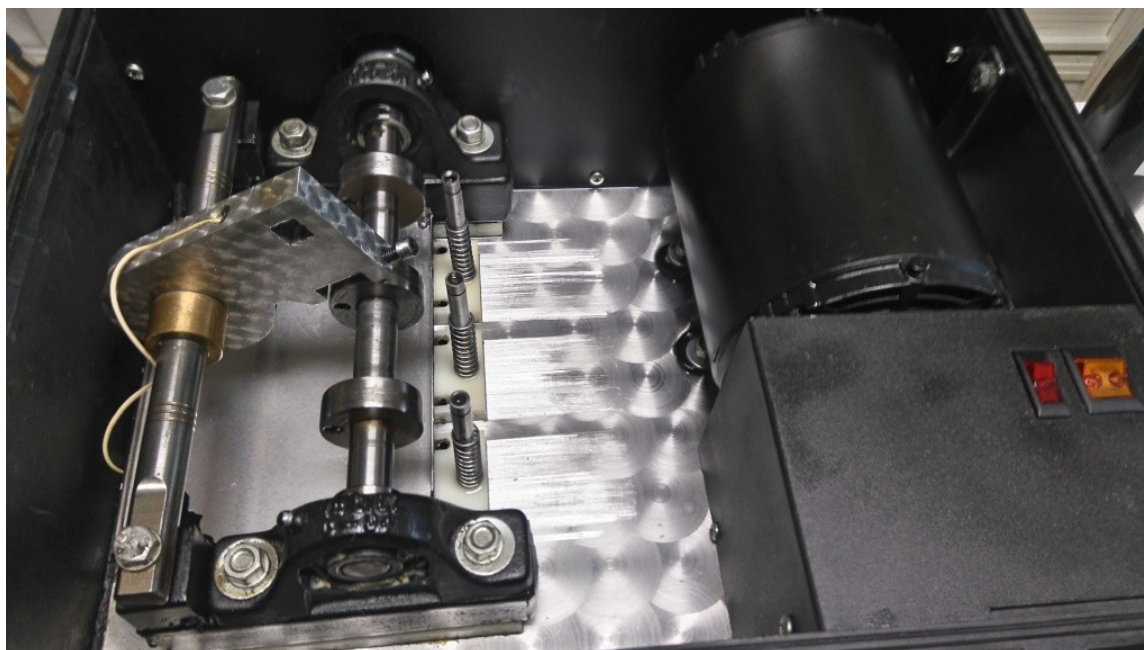
Vzorek 1: BA 95 + 2T olej OREGON – 33 : 1
Vzorek 2: BA 95 + 2T olej OREGON – 40 : 1
Vzorek 3: E 85 + Ricinový olej 33 : 1
Vzorek 4: E 85 + Ricinový olej 40 : 1
Vzorek 5: E 85 + Ricinový olej 50 : 1

Vzorky předány k rozboru: **22. 11. 2018**

Sledované hodnoty jsou zadané zákazníkem. Kód analýzy: **BRUGGER**

Byly dodány vzorky alkoholových paliv s příměsí olejů pro zkoumání mazací schopnosti s těmito přísadami. Všechny vzorky byly podrobeny třem po sobě jdoucím měřením pomocí BRUGGER testu.

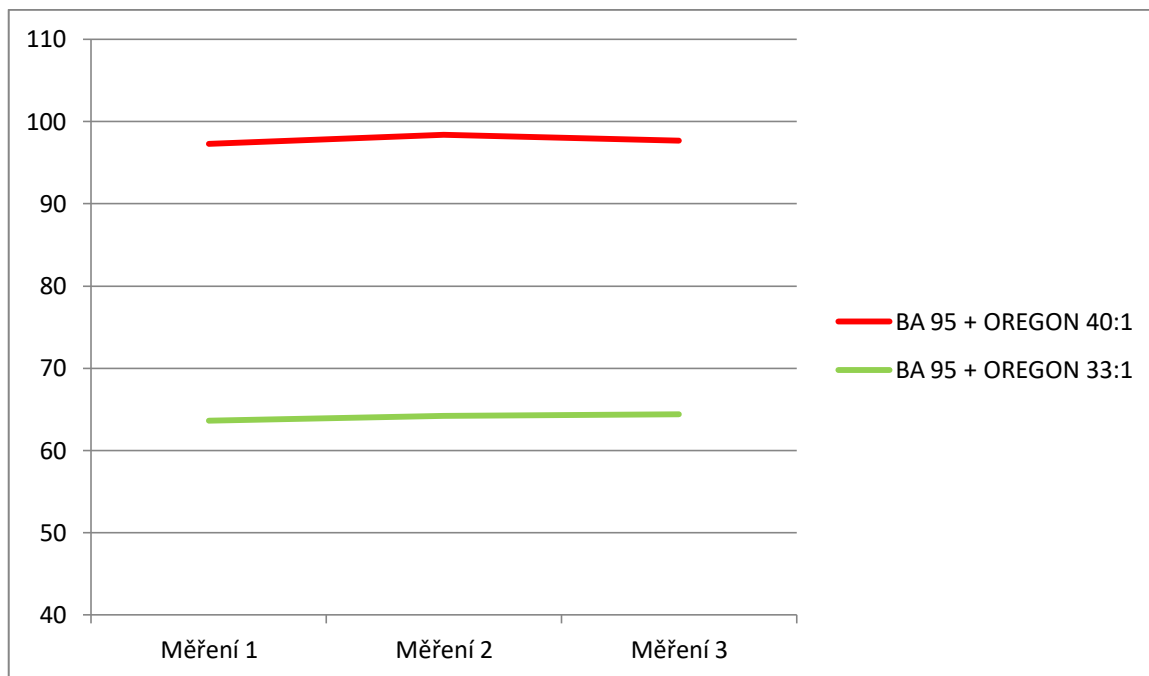
BRUGGER test se používá při zkoušení únosnosti mazacího filmu. Výsledkem je úbytek (v tomto případě hliníkového) válečku v miligramech. Čím menší je úbytek válečku, tím je únosnost mazacího filmu a celkově mazací schopnost lepší.



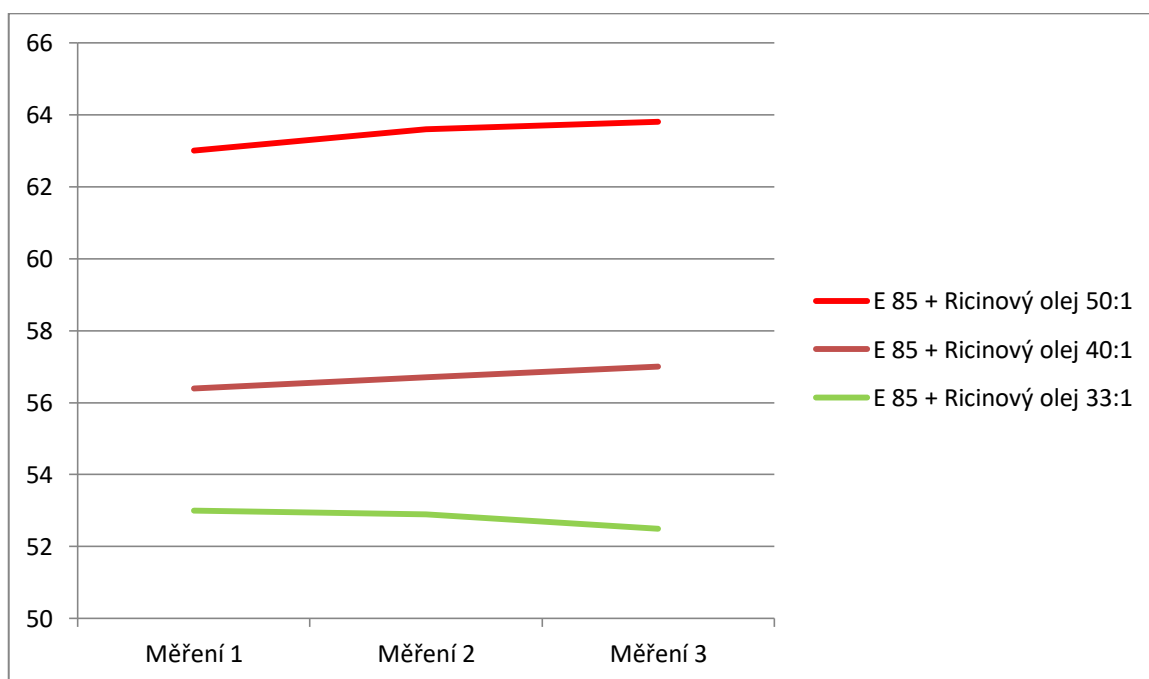
Tribostroj na měření mazací schopnosti

Výsledky měření					
Vzorek	1. měření	2. měření	3. měření	Jednotky	Metodika
1. BA 95	97,3	98,4	97,7	Úbytek mg	BRUGGER
2. BA 95	63,6	64,2	64,4	Úbytek mg	BRUGGER
3. E85	63,0	63,6	63,8	Úbytek mg	BRUGGER
4. E85	56,4	56,7	57,0	Úbytek mg	BRUGGER
5. E85	53,0	52,9	52,5	Úbytek mg	BRUGGER

Pozn. Čím menší úbytek válečků, tím je mazací schopnost a únosnost mazacího filmu lepší.

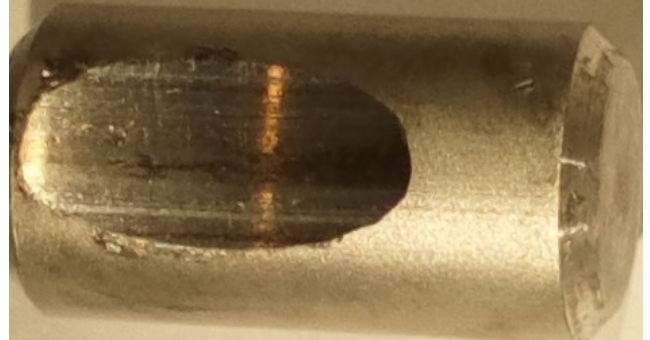
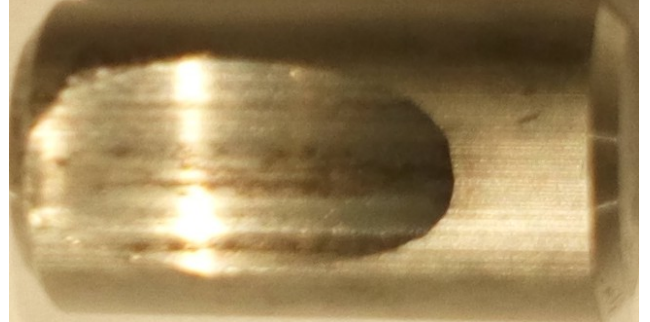
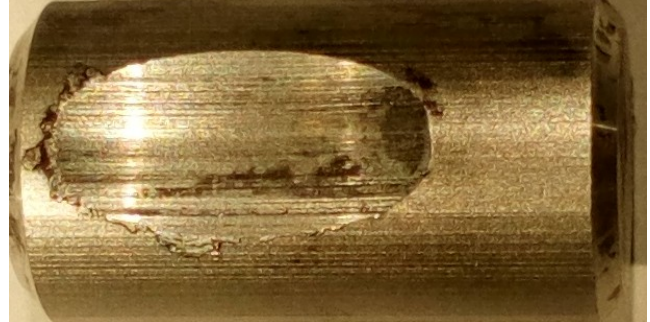
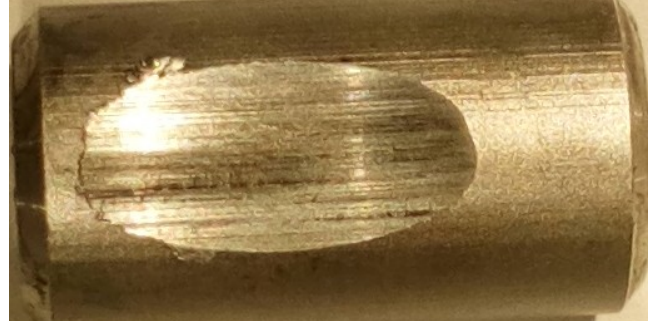



Grafické znázornění úbytku válečků BA 95 + OREGON v závislosti na koncentraci



Grafické znázornění úbytku válečků E 85 + Ricinový olej v závislosti na koncentraci

Zobrazení úbytků válečků

<p>Vzorek 1: BA 95 + 2T olej OREGON – 33:1</p>	
<p>Vzorek 2: BA 95 + 2T olej OREGON – 40:1</p>	
<p>Vzorek 3: E 85 + Ricinový olej 33:1</p>	
<p>Vzorek 4: E 85 + Ricinový olej 40:1</p>	
<p>Vzorek 5: E 85 + Ricinový olej 50:1</p>	

Hodnocení:
výrazně
fotografiích,

**Celkově lze říci, že příměs oleje do paliva jednoznačně
zlepšuje mazací schopnost paliv. Jak je patrné na
váhové úbytky jsou menší i z vizuálního hlediska.**

Měření provedl :

**laboratoř TRIFOSERVIS
Zdeněk Švec, Vladislav Marek ml., Ondřej Švec**

Schválil :

**Vladislav M a r e k
certifikovaný tribodiagnostik**

V Čelákovících, dne

27. 11. 2018



ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Pistní cep_BA95**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 2

Time/Date 06.11.2018 9:40

Run Všechny charakteris...

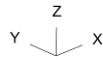
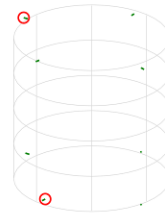
No. measured values 4

No. values: red 0

Measurement Duration 00:01:35,0

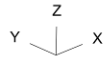
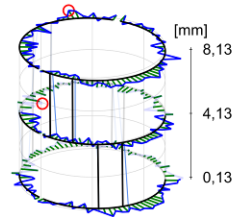
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	10,9973	11,0000	0,1000	-0,1000	-0,0027
Válcovitost1	0,0008	0,0000	0,1000	0,0000	0,0008

Body 8
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec]
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Průměr_Válec2	10,9964	11,0000	0,1000	-0,1000	-0,0036
Válcovitost2	0,0032	0,0000	0,1000	0,0000	0,0032

Body 273
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 5,00
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Ojnicni cep_BA95**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 3

Time/Date 06.11.2018 8:56

Run Všechny charakteris...

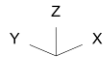
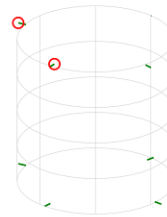
No. measured values 4

No. values: red ● 0

Measurement Duration 00:01:00,0

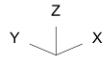
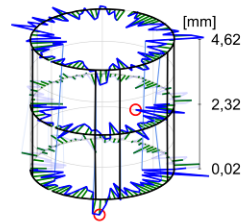
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	12,9996	13,0000	0,1000	-0,1000	-0,0004
Válcovitost1	0,0013	0,0000	0,1000	0,0000	0,0013

Body 8
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec]
 Poloměr snimače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Průměr_Válec2	12,9993	13,0000	0,1000	-0,1000	-0,0007
Válcovitost2	0,0059	0,0000	0,1000	0,0000	0,0059

Body 270
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 5,00
 Poloměr snimače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





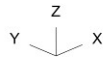
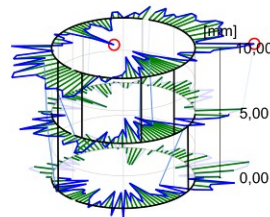
ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name	Valec_BA95	Last 1 measurements	
Drawing number		► Approval ≠ Blocked	
Order number		Part ident	3
Variant		Time/Date	06.11.2018 12:09
Company	TUL	Run	Všechny charakteris...
Department	KSA	No. measured values	2
Typ stroje	OI322	No. values: red	0
Č.stroje	160664	Measurement Duration	00:01:06,0
Operator	Mendricky		
Text	<input type="text"/>		

Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	43,0449	43,0000	0,1500	-0,1500	0,0449
Válcovitost1	0,0098	0,0000	0,1000	0,0000	0,0098

Body 282
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 20,00
 Poloměr snímače 3,0006
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Ojnice_BA95_2**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 4

Time/Date 06.11.2018 11:00

Run

No. measured values 5

No. values: red 0

Measurement Duration 00:01:22,0

4

06.11.2018 11:00

Všechny charakteris...

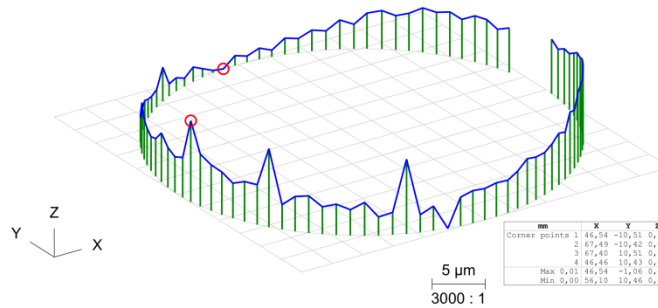
5

0

00:01:22,0

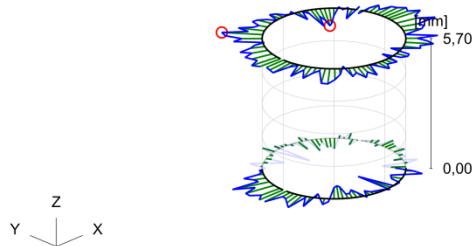
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	15,0082	15,0000	0,1000	-0,1000	0,0082
Průměr_Válec2	18,0220	18,0000	0,1000	-0,1000	0,0220
Rovinnost1	0,0077	0,0000	0,1000	0,0000	0,0077

Body 95
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 15,00
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Válcovitost1	0,0068	0,0000	0,1000	0,0000	0,0068
--------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 192
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 9,50
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





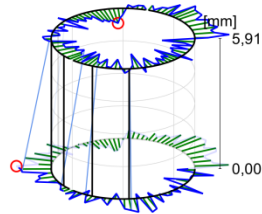
ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name Ojnice_BA95_2
Order number
Part ident 4
Operator Mendricky
Time/Date 06.11.2018 11:00

Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Válcovitost2	0,0057	0,0000	0,1000	0,0000	0,0057

Body 192
Typ filtru Žádný filtr
Lc
upr
Vmess[mm/sec] 9,50
Poloměr snímače 1,5004
Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Pistni cep_E85**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 4

Time/Date 06.11.2018 9:47

Run Všechny charakteris...

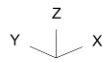
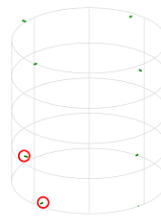
No. measured values 4

No. values: red 0

Measurement Duration 00:01:08,0

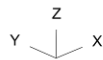
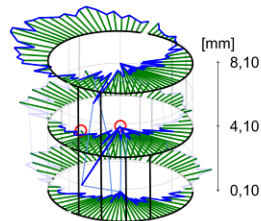
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	10,9984	11,0000	0,1000	-0,1000	-0,0016
Válcovitost1	0,0007	0,0000	0,1000	0,0000	0,0007

Body 8
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec]
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Průměr_Válec2	10,9975	11,0000	0,1000	-0,1000	-0,0025
Válcovitost2	0,0118	0,0000	0,1000	0,0000	0,0118

Body 273
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 5,00
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Ojnicni cep_E85**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 5

Time/Date 06.11.2018 9:05

Run Všechny charakteris...

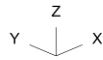
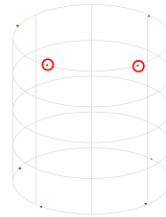
No. measured values 4

No. values: red 0

Measurement Duration 00:00:59,0

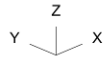
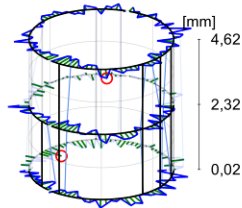
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Průměr_Válec1	12,9988	13,0000	0,1000	-0,1000	-0,0012
Válcovitost1	0,0004	0,0000	0,1000	0,0000	0,0004

Body 8
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec]
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Průměr_Válec2	12,9989	13,0000	0,1000	-0,1000	-0,0011
Válcovitost2	0,0034	0,0000	0,1000	0,0000	0,0034

Body 274
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 5,00
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





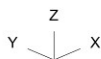
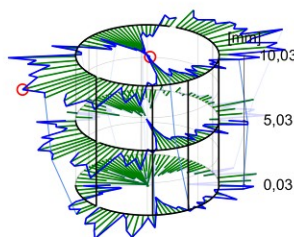
ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name	Valec_E85	Last 1 measurements	
Drawing number		► Approval ≠ Blocked	
Order number		Part ident	5
Variant		Time/Date	06.11.2018 12:16
Company	TUL	Run	Všechny charakteris...
Department	KSA	No. measured values	2
Typ stroje	OI322	No. values: red	● 0
Č.stroje	160664	Measurement Duration	00:01:07,0
Operator	Mendricky		
Text	<input type="text"/>		

Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchyška +/-
Průměr_Válec1	43,0392	43,0000	0,1500	-0,1500	0,0392
Válcovitost1	0,0127	0,0000	0,1000	0,0000	0,0127

Body 282
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 20,00
 Poloměr snimače 3,0006
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

6.4.20

Part name **Ojnice_E85_2**

Drawing number

Order number

Variant

Company TUL

Department KSA

Typ stroje OI322

Č.stroje 160664

Operator Mendricky

Text

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident 6

Time/Date 06.11.2018 11:08

Run Všechny charakteris...

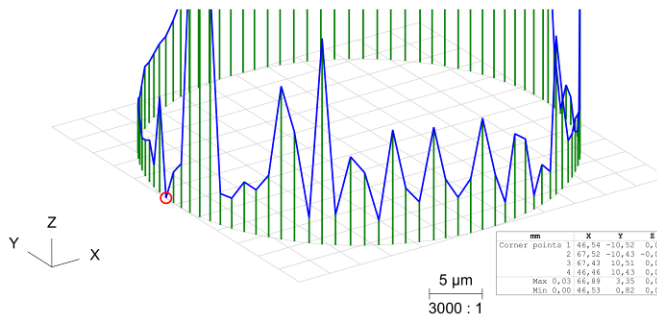
No. measured values 5

No. values: red 0

Measurement Duration 00:01:21,0

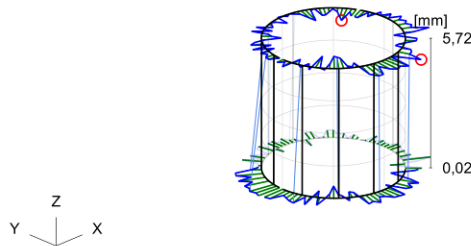
Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchyłka +/-
Průměr_Válec1	15,0124	15,0000	0,1000	-0,1000	0,0124
Průměr_Válec2	18,0189	18,0000	0,1000	-0,1000	0,0189
Rovinnost1	0,0252	0,0000	0,1000	0,0000	0,0252

Body 100
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 15,00
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum



Válcovitost1	0,0047	0,0000	0,1000	0,0000	0,0047
--------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 192
 Typ filtru Žádný filtr
 Lc
 upr
 Vmess[mm/sec] 9,50
 Poloměr snímače 1,5004
 Metoda vyhodnocení Element-minimum





ZEISS CALYPSO

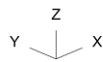
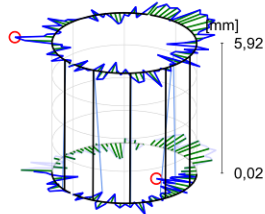
6.4.20

Part name **Ojnice_E85_2**
Order number
Part ident 6
Operator Mendricky
Time/Date 06.11.2018 11:08

Name	Value	Nominal Value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
------	-------	---------------	------	------	--------------

Válcovitost2	0,0062	0,0000	0,1000	0,0000	0,0062
--------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 191
Typ filtru Žádný filtr
Lc
upr
Vmess[mm/sec] 9,50
Poloměr snímače 1,5004
Metoda vyhodnocení Element-minimum



Ovládací program pro řízení škrticí klapky

```
/*Program vytvořen Janem Svobodou pro účely dlouhodobé zkoušky
dvoutaktních motorů.
Je součástí diplomové práce na téma Využití vyšších alkoholů v malých
spalovacích motorech.
Školní rok 2017 - 2018
1670 - 0, 1880 - 1, pootočení je zadáno délkou pulzu - změřeno*/
#include <Servo.h> //zahrnutí knihovny
pro ovládání servo motoru
Servo myservo; //každý motor má svou
instalaci třídy Servo

const int mini = 1700; //minimální výchylka
const int maxi = 1900; //maximální výchylka

int i = 0; //počítadlo cyklů
boolean tlac = HIGH; //proměnná pro tlačítko

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //otevření komunikace
  s počítačem, zadána přenosová rychlost
  Serial.println("Komunikace zahájena"); //výpis na řádek
  myservo.attach(9,1640,1825); //tento motor je
  připojen na pin no. 9, nastavení minimální a maximální výchylky
  pinMode(2,INPUT); //inicializuje pin no.
  2 tlačítka jako vstup
}

void nastavi(const int t,int a) //nastaví natočení z polohy
0 na polohu 1, zadává se počet a pořadí kroků, jeden krok = 30 s
{
  if (a == i)
  {
    Serial.print("Prave probiha "); //výpis na řádek
    Serial.print(i); //výpis proměnné
    Serial.println(". cyklus"); //ukončení výpisu a
    posunutí na další řádek
    i++; //přičtení 1 k původní
    hodnotě
    //krok s požadovanou
    hodnotou
    myservo.writeMicroseconds(maxi); //natočení motoru na
    aktuální úhel
    for (unsigned int j = 0; j < t; j++) //podmínka pro
    opakování pauzy (max délka trvání 60 s ?)
    {
      Serial.println("-");
      delay (31000UL); //prodleva cyklu
    }
  }
}
```

```

    }
}

void nastav0(const int t,int a) //nastaví natočení z polohy
1 na polohu 0, zadává se počet a pořadí kroků, jeden krok = 30 s
{
  Serial.print("Prave probiha "); //výpis na řádek
  Serial.print(i); //výpis proměnné
  Serial.println(". cyklus"); //ukončení výpisu a
posunutí na další řádek
  i++; //přičtení 1 k původní
hodnotě
  myservo.writeMicroseconds(mini); //natočení motoru na
aktuální úhel
  for (unsigned int j = 0; j < t; j++) //podmínka pro
opakování pauzy (max délka trvání 60 s ?)
  {
    Serial.println("-");
    delay (30000UL); //prodleva cyklu
  }
}

void nula() //nastavení pozice na
stálou nulu
{
  Serial.print("Prave probiha "); //výpis na řádek
  Serial.print(i); //výpis proměnné
  Serial.println(". cyklus"); //ukončení výpisu a
posunutí na další řádek
  Serial.println();
  i++; //přičtení 1 k původní
hodnotě
  while (tlac == HIGH) //pokud je současný
stav LOW, tak proved
  {
    tlac = digitalRead(2); //přečte vstupní pin
tlačítka
    myservo.writeMicroseconds(mini); //natočení motoru na
aktuální úhel
  }
}

void loop()
{
  nula(); //počáteční stav
//deklarace cyklů
  nastav1(12,1); //no. 1 - cykl kácení
  nastav0(4,2); //no. 2
}

```

```
nastav1(6,3);           //no. 3 - cykl odvětvení
nastav0(1,4);          //no. 4
nastav1(3,5);          //no. 5
nastav0(1,6);          //no. 6
nastav1(3,7);          //no. 7
nastav0(1,8);          //no. 8
nastav1(6,9);          //no. 9
nastav0(1,10);         //no. 10
nastav1(3,11);         //no. 11
nastav0(1,12);         //no. 12
nastav1(3,13);         //no. 13
nastav0(1,14);         //no. 14
nastav1(6,15);         //no. 15

nastav0(3,16);         //no. 16 - cykl krácení
nastav1(6,17);         //no. 17
nastav0(1,18);         //no. 18
nastav1(6,19);         //no. 19
nastav0(1,20);         //no. 20
nastav1(6,21);         //no. 21
nastav0(1,22);         //no. 22
nastav1(6,23);         //no. 23
nastav0(1,24);         //no. 24
nastav1(6,25);         //no. 25
nastav0(1,26);         //no. 26
nastav1(6,27);         //no. 27
nastav0(10,28);        //no. 28
}
```



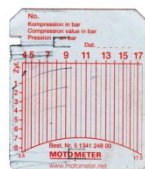
0. hod



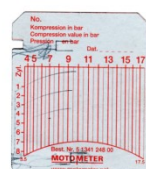
BA 95 - 25. hod



E 85 - 25. hod



BA 95 - 50. hod



E 85 - 50. hod

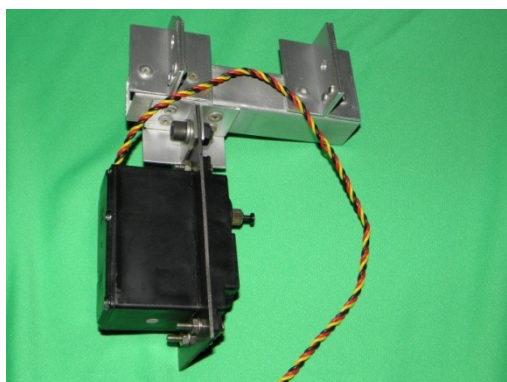
Záznam měření kompresních tlaků



Pila po vybalení z krabice



Odstrojení nepotřebných částí



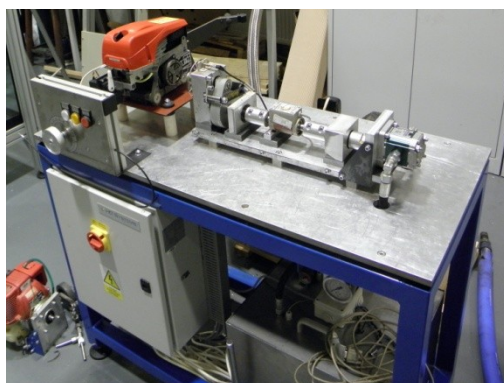
Držák serva pro ovládání klapky



Motor připravený na montáž na stav



Zkušební stav na počátku



Částečně upravený stav



Motor osazený spojovacím hřídelem



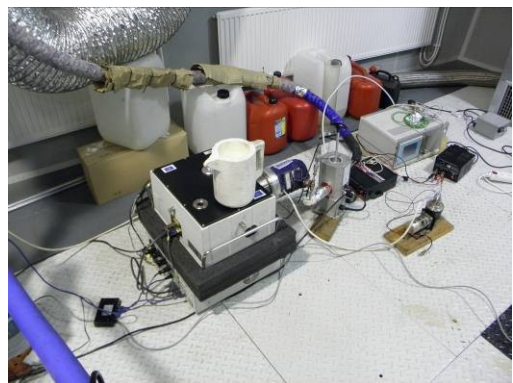
Připravený zkušební stav



Zkušební stav připravený k brzdění na válcové brzdě



Měření emisí



Měřicí soustava pro měření emisí



Spektrometr FTIR



Propojení měřící aparatury s motorem



Plynový analyzátor Mini Pems



Detail monitoru plynového analyzátoru



Filtr pevných částic v držáku



Filtr pevných částic



*Svíčka v motoru spalující benzínovou
směs po 25. hodinách*



*Svíčka v motoru spalující benzínovou
směs po 50. hodinách*



*Svíčka v motoru spalující směs
s E85 po 25. hodinách*



*Svíčka v motoru spalující směs
s E85 po 50. hodinách*



*Svíčka v motoru spalující benzínovou
směs po 50. hodinách*



*Svíčka v motoru spalující směs
s E85 po 50. hodinách*



Motor E85 po sundání válce



Píst E85



Píst E85



Válec E85



Dělená kliková hřídel E85



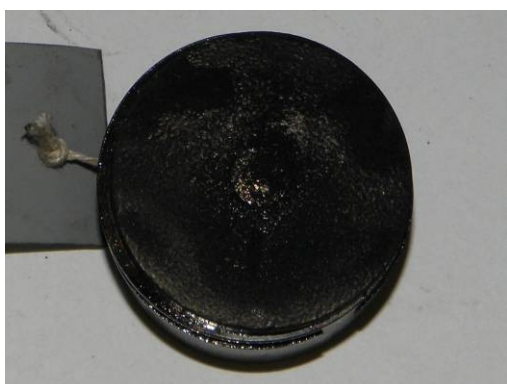
Ojnice E85



Pístní čep a jeho uložení E85



Poškození u tlumiče výfuku E85



Píst BA 95



Válec BA 95



Dělená kliková hřídel BA 95



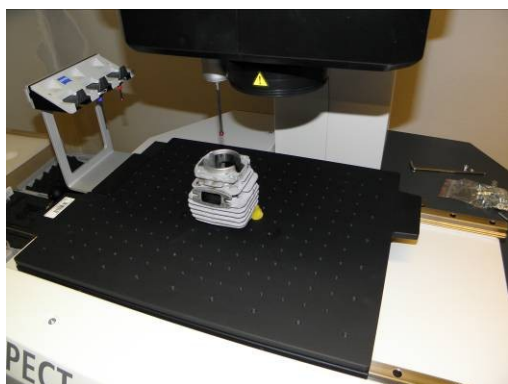
Ojnice BA 95



Pístní čep a jeho uložení BA 95



Dotykové měření rozměrů



Měření válce