

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra vozidel a motorů

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2301R022 stroje a zařízení
dopravní stroje a zařízení

Brzdové stanoviště 6-ti válcového plynového motoru

Brake station of the six cylinder gas engine

KVM - XXX

Lukáš Pilvousek

Vedoucí práce: doc Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michael Fenkl – KVM - TUL

Počet stran: 46

Počet příloh: 2

Počet tabulek: 3

Počet obrázků: 22

Datum: 4.6.2009



TECHNICKÁ UNIVERZITA VLIBERCI

Fakulta strojní

Katedra vozidel a motorů

Studijní rok : 2008 / 2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Lukáš Pilvousek**
obor : B2341 Strojírenství
Zaměření : 2301R022 stroje a zařízení
Dopravní stroje a zařízení

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Brzdové stanoviště 6-ti válcového plynového motoru

Zásady pro vypracování :
(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Porovnejte stav motoru a vybavenost stanoviště v době přerušení zkoušek se současností.
2. Na základě celkové revize motoru a stanoviště proveďte úpravy a doplnění.
Proveďte zkušební ověření funkce stanoviště.
3. Navrhněte plán modernizace stanoviště, doplnění senzory a sběrem dat.
4. Cílem je zprovoznění stanoviště po víceleté odstávce.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva: 40 stran textu, včetně nákresů, celá BP včetně příloh bude přiložena na CD - nosiči

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

1. Protokoly o měření motoru ML 636 h
2. FENKL,M.:Optimalizace turbodmychadla pro vodíkový šestiválcový motor. KSD – DP -478, Tul Liberec 2005
3. Scholz,C. – Svoboda,M. – Drozda,H. – Blažek,J.: Plynový DISI autobusový motor. KOKA 2003, TUL Liberec

Vedoucí práce: doc Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michael Fenkl – KVM - TUL

L.S.

doc Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Petr Louda, CSc.
děkan

V Liberci, dne 31. 10. 2008

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SBZ). Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Řešitel: *Lukáš Pilvousek*

Brzdové stanoviště 6-ti válcového plynového motoru

ANOTACE:

Bakalářská práce srovnává stav motoru v době přerušení zkoušek se současností. Bakalářská práce obsahuje popis práce, která byla potřeba k znovu zprovoznění motoru. Obsahem je též kontrolní měření. Ke zjištění správnosti provedení úkolu. Cílem práce je znovu zprovoznění stanoviště po víceleté odstávce.

Brake station of the six cylinder gas engine

ANNOTATION:

This Bachelor's work **srovnává** condition of the engine in time canceled testing with present. This Bachelor's work contains describe of work, who was need to restarted engine. Work contain of course one control measuring. This measuring showing correct of exam. Finnish of work is restarted station after many years offstanding.

Klíčová slova:

Keywords:

Zpracovatel: TU v Liberci, KVM

Dokončeno: 2009

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	48
Počet příloh:	2
Počet obrázků:	22
Počet tabulek:	3
Počet diagramů:	0

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci dne 4.6.2009

.....

vlastnoruční podpis autora

PROHLÁŠENÍ K VYUŽITÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jsem si vědom toho, že bakalářská práce je majetkem školy, že s ní nemohu sám bez svolení školy disponovat a že bakalářská práce může být zapůjčena za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5-ti letech si mohu bakalářskou práci vyžádat v univerzitní knihovně TU v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení : Lukáš Pilvousek
Adresa : Na Výšině 306, Bradlec
293 06 Kosmonosy

.....

vlastnoruční podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Celestýnu Scholzi, Ph.D. za neúnavné vedení práce, obsahové nasměrování textu práce, řadu podnětných rad, zkušeností a v neposlední řadě za pečlivé pročtení textu práce.

Nezapomenutelný dík patří také panu Ing. Michalovi Fenklovi, za pomoc v laboratořích, cenné náměty a připomínky a pomoc při řešení problémů.

Veliký dík patří také panu **doc. Ing Miroslavu Svobodovi Ph.d** za pomoc při zprovoznění zapalování a kontrolu všech elektrických součástí.

Poděkování patří také všem lidem z laboratoří KVM za pomoc při výrobě dílů a také o zasvěcení do chodu laboratoří a nasměrování při hledání pomůcek.

V neposlední řadě patří dík mé celé rodině a přátelům, kteří mi byli oporou během celé práce.

OBSAH

1. Úvod	11
1.1 Cíl práce.....	12
1.2 Metodika	13
2. Teoretická část.....	14
2.1 Informace o typu motoru na plynná paliva	14
2.2 Stav v době odstávky	16
2.3 Stav před započítáním práce	17
2.5 Funkce vefuku	18
3. Praktická část.....	21
3.1 Demontáž a porovnání vefuku plynu	21
3.2 Zjištěný stav a množství oleje v motoru	25
4. Inkrementální čidlo	26
4.1 Inkrementální čidlo a výroba držáku	26
4.2 Vytvoření výkresů	29
4.3 Nastavení nulového bodu na inkrementálním čidle	30
5. Zapalovací soustava.....	32
5.1 Seznámení se zapalovací soustavou.	32
5.2 Zprovoznění zapalování.....	35
5.3 Zalištování kabelů	37
6. Vzduch.....	37
6.1 Připojení přívodu vzduchu.....	37
6.2 Připojení ventilátoru na chlazení vzduchu	38
7. Návrh modernizace	39
8. Kontrola těsnosti	40
9. Kontrolní měření.....	41
9.1 Příprava měření.....	41
9.2 Spuštění motoru.....	44
9.3 Měření hodnot	44
10. Závěr	45
11. Seznam jednotek.....	46
12. Literatura	46
Přílohy	47

1. ÚVOD

Zásoby fosilních paliv (nerostná surovina, která vznikla v dávných dobách přeměnou odumřelých rostlin a těl za nepřístupu vzduchu) nejsou nekonečné a s neustálým nárůstem jejich spotřeby se blíží jejich úplné vyčerpání. Dosavadní průzkumy odhadují vyčerpání zásob fosilních paliv ve druhé polovině 21. století. V současné době jsou tyto zásoby využívány zhruba ze 70% pro výrobu neobnovitelných zdrojů energie, tzn. pro výrobu kapalných uhlovodíkových paliv. Zbývající část se pak využívá převážně pro chemickou výrobu. Se snižováním fosilních zásob se očekává již v horizontu 30. let postupné zvyšování cen klasických paliv a tím i zvýšený zájem o alternativní zdroje energie jako jsou zemní plyn, vodík a energie z obnovitelných zdrojů.

Zemní plyn je využíván jako zdroj energie a dochází k jeho průběžnému zdražování. Zásoby zemního plynu se odhadují zhruba na 200let. Z tohoto důvodu se předpokládá zvýšený zájem o toto palivo do vozidel s pístovými spalovacími motory. Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné plynné fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je methan (obvykle přes 90 %) a ethan (1–6 %). Nachází se v podzemí buď samostatně, společně s ropou nebo černým uhlím. Díky tomu, že obsahuje především methan, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO₂ na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG). Samotný zemní plyn je bez zápachu; proto se při jeho distribuci provádí tzv. odorizace, tj. přidávají se do něj zapáchající plyny (např. ethyl-merkaptan) tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 procento.

LNG (z anglického slova **Liquefied Natural Gas**) je zkratka pro zkapalněný zemní plyn. V přírodě se ve zkapalnělé formě zemní plyn prakticky nevyskytuje. Je zkapalňován až jeho po vytěžení. Ve zkapalnělé formě je lépe dopravován na odbytiště. Ropa je považována za nejvydatnější a nejvýchřevnější palivo.

Podobně jako zemní plyn má v automobilovém průmyslu budoucnost i vodík, jeho téměř nevyčerpatelné množství ve vodě a vysokou hustotu energie (vztaženo na jednotku hmotnostnímu). Spalováním vodíku nevznikají téměř žádné škodliviny, které by zatěžovali životní prostředí. Nevýhodou vodíku je zatím jeho drahá a neefektivní výroba, která by nedokázala pokrýt poptávku. Další nedořešené problémy jsou skladování, distribuce a to především s ohledem na bezpečnost.

Technologie výroby vodíku je celá řada, dvě nejdůležitější v technologii jsou: elektrolýzou vody a petrochemickými procesy zemního plynu včetně zplyňování uhlí. Tímto výrobním procesem se vyrábí 90% vodíku. Vodík je také získáván jak vedlejší produkt nebo u je součástí plynů odcházejících z rafinerií, koksáren a elektrochemické produkce na bázi vodných roztoků anorganických kyselin nebo solí. Projekt ITER (mezinárodní termonukleární experimentální reaktor) se zabývá masivní a neomezenou výrobou vodíku. Zde by měl být jako vedlejší produkt vodík vznikající disociací vody při ochlazování reaktoru.

Vodík jako nositel energie se z mnoha hledisek jeví velmi vhodným palivem. Spalovací motor s vodíkovým palivem dosahuje v režimech spalování velmi chudé směsi extrémně nízkých emisí oxidů dusíku, které jsou jedinou produkovanou škodlivinou (za předpokladu použití čistého vodíku). Takto lze dosáhnout při použití konvenčního pístového spalovacího motoru splnění extrémně nízkých emisních předpisů (ULEV).

Během příštích několika desetiletí nebudou mít na trhu dominantní postavení paliva z obnovitelných zdrojů a to jak z biologických, tak i ostatních zdrojů, jako jsou například větrná, sluneční a vodní energie. V souvislosti s nutností udržet stále více energeticky náročnou dopravu musíme do budoucnosti uvažovat i s obnovitelnými zdroji.

V současné době se hledí při spalování na vzniklé emise a toho měřítko je důležité při volbě paliv. Z hlediska škodlivin je velmi výhodné spalování vodíku nebo jeho směsi se zemním plynem, případně i s propanem a butanem. V blízké budoucnosti by směsi vodíku s uhlovodíkovými palivy byla významná ekologická a zároveň ekonomicky přijatelná paliva. [1]

1.1 Cíl práce

Tématem mé bakalářské práce jsou experimentální a montážní práce s cílem celkové revize stanoviště a motoru umístěného v laboratoři katedry KVM v Liberci za účelem jeho nového zprovoznění. Hlavním cílem je zprovoznit motor po mechanické stránce a připojení snímačů do PC, kde budou shromažďována data a později použita k dalším pracím.

Svoji práci jsem rozdělil na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části se zabývám důvodem existence projektu motorů na plynná paliva, zároveň i stavem motoru před odstávkou, srovnávám se stavem kdy jsem na něm začal pracovat a v neposlední řadě také s stavem po dokončení bakalářské práce.

Praktická část je potom věnována samotnému řešení problému. Je rozvržena do několika částí.

Nejprve jde o mechanické zprovoznění, které zahrnuje zapojení vefuku plynu, kontrolu oleje a vyčištění spalovacích prostoru a kontroly těsnosti motoru.

Poté se připevnění snímače otáček, vyrobení držáku na inkrementální čidlo, zapojení dalších snímačů, které jsou například teplota chladící kapaliny a tlaku oleje.

Nezbytně nutné je zkontrolovat zapojení všech snímačů do PC.

Včetně připojení zapalování a ovládání škrtkové klapky. V závěru jsem shrnul průběh práce a zhodnotil splnění stanoveného cíle.

Po zapojení základních snímačů, lze provést pokusné měření, které poukáže na správnou funkci motoru.

Jsem přesvědčen, že cíl, který mi byl stanoven, je dosažitelný a doufám, že s podporou zaangażovaných lidí jej budu schopen naplnit a realizovat v praxi tak, aby má práce v této oblasti byla katedře KVM přínosem.

1.2 Metodika

Podklady pro zpracování mé bakalářské práce jsem získával z různých zdrojů. Pro vypracování teoretické části jsem čerpal především z odborné literatury a internetu. Přesný výčet je uveden v seznamu použité literatury.

Zdrojem při získávání praktických informací pro mě byla vlastní pracovní činnost v laboratořích KVM. Informace o funkčnosti některých dílů jsem čerpal z příruček, či hledal použitelné informace na internetu.

Další doplňování informací a konzultace probíhaly především prostřednictvím osobního setkání, telefonu a e-mailu, další poznatky jsem získával od jednotlivých pracovníků, u kterých jsem se zajímal o jejich pohledy na problém.

2 Teoretická část

2.1 Informace o typu motoru na plynná paliva

Motor byl v rámci výzkumně vývojových projektů upraven na spalování plynných paliv, zejména na zemní plyn, vodík a popřípadě jejich směsi. Plno rozměrový motor vychází ze sériového motoru LIAZ ML636 1.2C. Je to zážehový šestiválcový ležatý motor na plynná paliva s přímým výfukem plynu do válce. Motor má označení ML636ENE (Extrémně Nízké Emise). Důležité parametry motoru viz tabulka.01. Plyn se rozvádí do všech válců pomocí vefukovací lišty. Každý válec má pro vefukování plynu svoji jednotku s elektromagnetickým ventilem Servojet SP-010 pro přesné dávkování plynu. Palivová soustava je vybavena odlehčovacím zpětným ventilem. Tento ventil je umístěn pod tryskou vefukovače. Na měřicím stanovišti jsou instalovány vysokotlaké přívody (4Mpa) vodíku a zemního plynu. Oba přívody jsou vybaveny přesnými hmotnostními průtokoměry MicroMotion Elite CFM010, ze kterých jsou okamžité hmotnostní průtoky snímány systémem sběru a archivace dat vlastní konstrukce. Tlak ve vefukovací liště je udržován dvoustupňovým tlakovým regulátorem OPW/Sherex A2006, Regulátor je vybaven bezpečnostním elektromagnetickým stopventilem, snímačem tlaku, elektromagnetickým ventilem a regulátorem ohřevu chladicí kapalinou, který je řízen aplikací na PC.

Zapalovací soustava je modulárního typu. Válce jsou osazeny zapalovací cívkou Bosch s integrovaným vysokonapěťovým vedením. Zapalovací a palivová soustava je řízena vlastními řídicími jednotkami od firmy MIPE, obě jednotky využívají společný snímač polohy vačkového hřídele.

Motor je umístěn v laboratoři KSD a je připojen na elektrický dynamometr. Pro sběr naměřených hodnot je stanoviště vybaveno elektronickým systémem. Aplikace Kontrol/Web 2000 je naprogramována pro sběr a archivaci dat a obstarává i některé řídicí funkce.

Na šestém válci je využit senzor aparatury pro indikaci spalovacích tlaků AVL Indimeter 619 a sondu vizualizačního systému AVL VisioScope.

Důležité parametry motoru.

Vrtání	\underline{D}	130 mm
Zdvih pístů	Z	150 mm
Zdvihový objem motoru	V_{ZM}	11.946 dm ³
Kompresní poměr	E	12.0
Jmenovitý výkon	P_e	160 kW – požadovaný
Jmenovité otáčky	N_j	2000 min ⁻¹
Časování:	sací ventil otvírá sací ventil zavírá výfukový ventil otvírá výfukový ventil zavírá	3° před HÚ 44° po DÚ 53° před DÚ 7° po HÚ
Turbodmychadlo		3467 MOA/17.21
Mezichladič		Karosa, ventilátor 450 mm, klínové řemeny
Katalyzátor		Není potřebný
Zapalovací a palivový systém		MIPE
Zapalovací svíčky		Brisk DR12YS

Tabulka .1 – parametry motoru

2.2 Stav v době odstávky

Původní účel stanoviště byl ke zjištění nejvhodnějšího turbodmychadla. Snahou bylo optimalizovat je pro daný motor na požadované hodnoty. Provedlo se několik pokusných měření za použití dvou různých turbodmychadel, převážně na vodík a i na CNG. Pro zjištění vlivu velikosti řady dmychadla na dodávku vzduchu a výkon motoru byla použita odlišná dmychadla. Při měření byly snímány hlavně tyto hodnoty

1) teplota vody	[°C]
2) teplota plynu před vefukovačem	[°C]
3) teplota oleje	[°C]
4) teplota nasávaného vzduchu	[°C]
5) teplota vzduchu za dmychadlem	[°C]
6) teplota vzduchu v sání	[°C]
7) teplota spalin před turbínou	[°C]
8) teplota spalin za turbínou	[°C]
9) tlak na clonce sání	[Pa]
10) tlak plynu před vefukovačem	[bar]
11) tlak oleje	[kPa]
12) tlak vzduchu za dmychadlem	[kPa]
13) tlak vzduchu v sání	[kPa]
14) tlak spalin před turbínou	[kPa]
15) zbytkový kyslík	[%]
16) otevření škrťací klapky	[%]
17) barometrický tlak	[bar]
18) relativní vlhkost	[%]
19) průtokové množství vodíku	[kg/h]
20) průtokové množství vzduchu	[kg/h]
21) točivý moment	[nm]
22) otáčky motoru	[1/min]
23) počátek vefuku	[°KH]
24) délka vefuku	[°KH]
25) předstih zážehu	[°KH]
26) chudost směsi	[-]

Motor byl ovládán pomocí počítače a byly v něm data uchovávány.

2.3 Stav před započítím práce

Z prvotní prohlídky motoru bylo zřejmé, že delší dobu nebyl provozován a užíván. Na 6.válci je odmontován vefuk plynu. Tím, že již delší dobou nebyl vefuk instalován, došlo k poměrně silnému znečištění spalovacího prostoru. Byl odpojen přívod chladící kapaliny na dvou místech a kapalina je zcela vypuštěná. Kabely k zapalovacím svíčkám byly odpojeny. Tyto kabely se nacházely na zapalovací liště. Před kompresorem na nasávání vzduchu chyběla přívodní trubka od filtru ke kompresoru. Přívod zemního plynu do motoru byl odpojen a přívodní hadice pro palivo byla odpojena od centrálního přívodu CNG nebo vodíku. U chladiče na vzduch byl odpojen řemen od náhonu ventilátoru k řemenici. Po mechanické stránce byl jinak motor v pořádku.

Počítač na sběr dat byl z částí odpojen od jakýchkoli měřících čidel. Čidla byla na motoru připevněna avšak ne všechny konce přívodních kabelů byly přivedeny ke krabičce pro sběr dat. V krabičce na sběr dat chybí řada převodníků a mnohé kabely byly odpojeny.

Zapalovací soustava byla zcela odpojená. 24V baterie byly použity na vedlejším motoru.

Dynamometr byl v původním stavu, vnějším zásahem neovlivněn a tudíž lze předpokládat, že bude v pořádku.

Z motoru byl kompletně vypuštěn olej.

V průběhu práce se zjistila řada povolených kabelů.

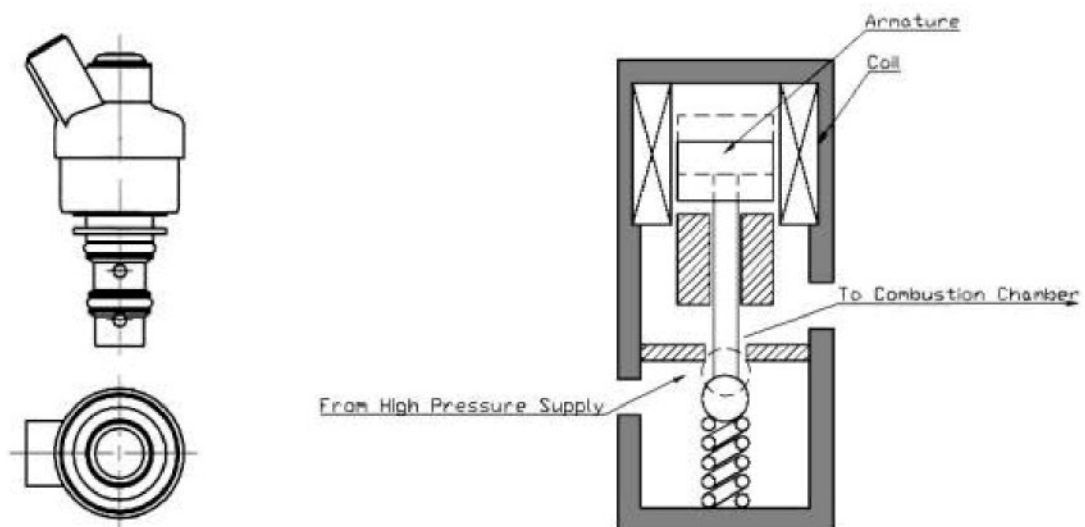
2.5 Funkce vefuku

Plyn je k vefukovacím jednotkám přiveden prostřednictvím rozváděcí lišty. Tlak paliva vstupujícího do vefukovacích jednotek je udržován dvoustupňovým tlakovým regulátorem OPW/Sherex A2006. Tlakový regulátor je osazen bezpečnostním elektromagnetickým ventilem pro uzavření vysokotlakého přívodu plynu, snímačem tlaku na vstupu regulátoru (kontrola množství plynu v zásobnících) a elektromagnetickým ventilem pro kontrolu ohřevu regulátoru chladicí kapalinou, který je ovládán regulátorem v řídicí aplikaci na PC podle okamžité a požadované teploty paliva v liště.

Na měřicím stanovišti jsou instalovány vysokotlaké přívody (4MPa) vodíku a zemního plynu. Oba přívody jsou vybaveny přesnými hmotnostními průtokoměry MicroMotion Elite CFM010, ze kterých jsou okamžité hmotnostní průtoky snímány systémem sběru a archivace dat vlastní konstrukce.

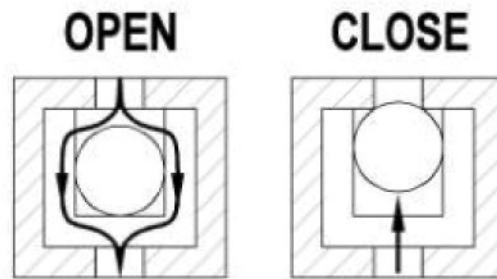
Konstrukce rozvodu plynů k motoru umožňuje díky možnosti přesného měření protékajícího množství i vzájemné směšování zemního plynu a vodíku. Přidávání vodíku do zemního plynu je dnes rozšířeným zájmem výzkumu, kdy se sleduje vylepšení vlastností levnějšího zemního plynu proti dnes relativně drahému vodíku. Zlepšením vlastností se rozumí především snížení škodlivých emisí, které je zřejmé z prostého snížení hmotnostního obsahu uhlíku ve směsi plynů. Dalšími efekty jsou snížení zápalné teploty a zvýšení výhřevnosti při udržení potřebné detonační odolnosti paliva.

Palivová soustava vlastní konstrukce se skládá ze šesti samostatných vefukovacích jednotek s dávkováním plynného paliva elektromagnetickým ventilem BKM Servojet SP-010, jehož vyobrazení a funkční schéma je na obr. 1. Funkce elektromagnetického ventilu spočívá v tom, že do cívky je přiveden elektrický proud, který indukuje elektromagnetické pole které odtláčí kotvu s kuličkou. Palivo může proudit vzniknou mezerou. Po ukončení dodávky elektrického proudu se elektromagnetické pole vytratí a kulička je za pomoci přítlačné pružiny zatlačena zpět do sedla, kde utěsňuje prostor a zabrání dalšímu proudění plynu.



Obr. 1 Elektromagnetický ventil BKM Servojet SP010D1S a jeho schéma

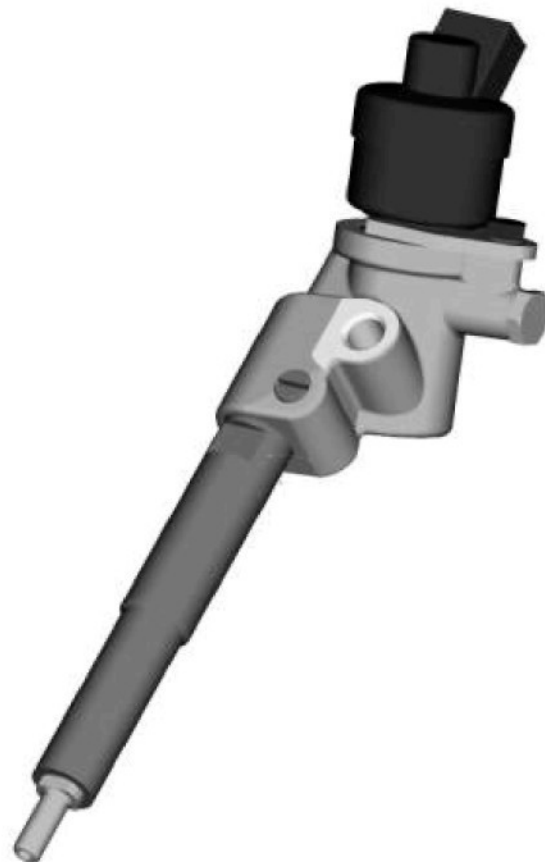
Důležitou částí vefukovací jednotky je odlehčovací zpětný ventil, který odděluje elektromagnetický ventil od spalovacího prostoru v okamžiku prudkého nárůstu spalovacího tlaku a chrání ho před vysokým mechanickým a tepelným zatížením. Schéma funkce je názorně zobrazeno na obr. 2. Ventil je umístěn bezprostředně za tryskou vefukovače, blízko spalovacímu prostoru.



Obr. 2 Zpětný ventil

Kulička uvnitř zpětného ventilu je na volno. V případě správného průtoku plynu tak se kulička posune doprostřed těla, kde se zastaví o zářezku a plyn může proudit okolo ní dál. V případě že se směr toku plynu otočí je kulička zatlačena do sedla kde utěsní prostor a neumožní plynu protékat dále.

Vefukovací jednotka, zobrazená ve 3D modelu pomocí programu ProEnenier je na obrázku č.3



Obr. 3 Vefukovací jednotka pro jeden válec

3 Praktická část

3.1 Demontáž a porovnání vefuku plynu

Nejprve bylo nutné očistit spalovací prostor a prostor okolo. Bylo potřeba očistit a odmastit též příruby na přívodu chladící kapaliny. Zde jsem odstranil zbytky starého těsnění a těsnění vyměnil za nové. Dále bylo potřeba porovnat přiložený vefuk s vefuky již zapojenými. K porovnání jsem vymontoval vefuky ze všech válců. Popíši zde demontáž pouze jednoho vefuku. Ostatní se odmontovávali analogicky. Nejdříve jsem musel odpojit přívod plynu od Railu k vefukovači. Poté jsem vyšrouboval šroub, který jistí kostku s vefukovačem a elektromagnetickým ventilem. Při demontáži je zapotřebí použít technologický přípravek (obr.5), aby nedošlo k poškození dvou těsnících gumiček. Přípravek se umístí do drážky pod gumičky. Kostka se pak dá vytáhnout. Vefuk se z bloku motoru jednoduše vyšroubuje. Bylo nutné alespoň poslechem zkontrolovat zda zpětné ventily fungují. V případě správné funkce bylo slyšet klepání. Avšak u všech vefukovač slyšet klepání nebylo. Proto jsem musel vefukovače rozmontovat a vyčistit. Špička vefukovače se vyšroubuje a tím se uvolní jedno sedlo a kulička ve ventilu. Bylo poměrně obtížné vymontovat sedlo s kuličkou, vše bylo silně zanesené a zalepené. V dílně mi byla zapůjčena ultrazvuková pračka. Do ní jsme umístil postupně všechny rozmontované vefuky na dobu 480sekund (obr.4). Po smontování jsem zatřásl vefukovači a klepání již bylo slyšet. To ukázalo na správnou funkci zpětných ventilů. Dále jsem porovnal a přeměřil rozměry a usoudil jsem, že všechny vefuky jsou stejné. Na obr.6 je vidět očištěný vefuk. Při zpětné montáži bylo zapotřebí ohlídat aby se do spalovacího prostoru nedostala nečistota. Při dotahování všech šroubů jsem postupoval podle citu, protože se mi nepodařilo zjistit jakými dotahovacími momenty se mají všechny šrouby dotáhnout.



Obr.4 – Ultrazvuková pračka



Obr 5. Technologický přípravek na demontáž vefuku



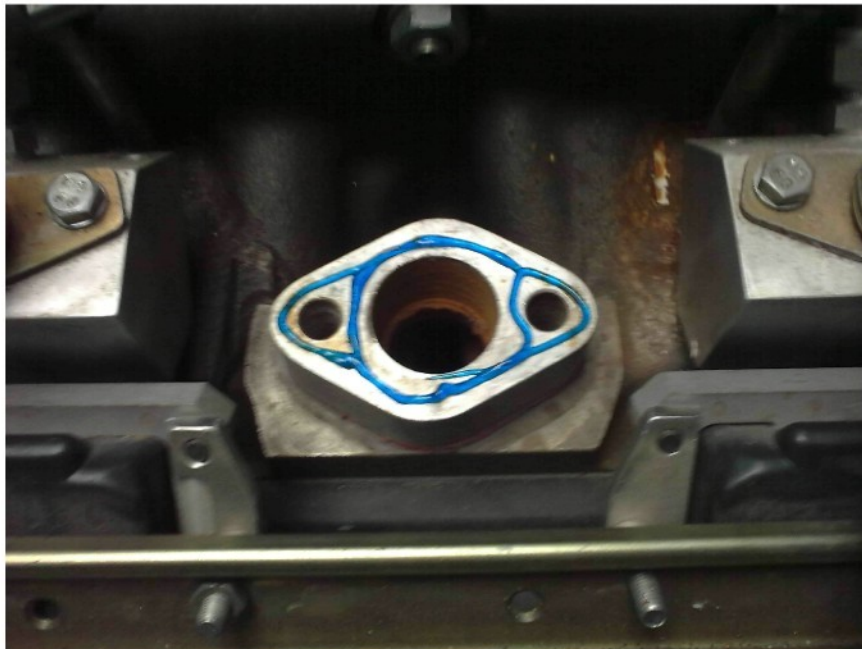
Obr 6. Vefuk zemního plynu

Vefuky na válcích jsem zapojil. Při montáži bylo zapotřebí použít opět přípravku pro nasazení kostky. Do místa, kde byl přípravek jsem našrouboval jisticí šroub a dotáhl. Od Railu vede ocelová trubka, vybavená převlečnou maticí. Všechny matice a šrouby jsem dotáhl. Kompletní sestava vefuku se integrovanou cívkou je vidět na obr. 7



Obr 7. Kompletní vefukovací systém na šestém válci

Při demontáži vefukovací soustavy bylo zapotřebí odpojit přívody chladicí kapaliny do hlavy válců. Proto jsem v další části zkompletoval chladicí soustavu. Spoj na chladicí kapalinu bylo zapotřebí utěsnit tmelem a těsněním (obr. 8). Použil jsem tmel IDROFILET 15 – 36. Je to metakrylátový těsnící tmel na bázi teflonu. Je určen k těsnění vodních, plynových, olejových a benzínových látek. Jeho teplotní odolnost je -55°C až $+175^{\circ}\text{C}$. Těsnící tmel zaručuje perfektní těsnost do tlaku 5,5MPa. Přiměřené množství tmelu jsem nanesl na přírubu.



Obr.8 - Příruba na chlazení s tmelem

Protikus jsem přiložil a dotáhl čtyřmi šrouby s imbusovou hlavou. Šrouby jsem dotahoval postupně a vždy jen o několik málo otáček. Snažil jsem se eliminovat deformaci těsnění. Na pryžové spojce se pomocí pásky se šroubkem zajistila těsnost.

3.2 Zjištění stavu a množství oleje v motoru

Na vaně motoru se nachází čidlo teploty. Nejprve jsem odpojil čidlo teploty a následně jsem povolil objímku a do připravené nádoby jsem odpustil vzorek oleje (obr.9). Olej jsem odpustil z nejnižší položeného místa na motoru. Díky tomu, že motor nebyl dlouho používán tak došlo ke stečení a usazení nečistot. Olejová měrka nebyla na motoru originální. Po získání původní měrky jsem naměřil nedostatečné množství oleje. Po konzultaci se rozhodlo, že se olej v motoru vymění. Povolím dvou šroubů na dně vany se olej vypustil do dvou připravených nádob. Olej jsem nechal dostatečně dlouho vykapat. Součástí výměny oleje byla i výměna filtru. Šrouby jsem vrátil na původní místo a do hrdla jsem postupně nalil 25kilogramů oleje (cena:cca 1500kč) Použil jsem olej M6 ADS II Plus - je to automobilový jednostupňový olej určený pro vznětové motory s vyšším stupem přeplňování a s vysokým tepelným namáháním.



Obr.9 Olejové teplotní čidlo

4 Inkrementální čidlo

4.1 Inkrementální čidlo a výroba držáku

Inkrementální rotační snímače typu IRC s miniaturní žárovkou v osvětlovači a ve standardním průmyslovém provedení převádí rotační pohyb na elektrické signály pomocí fotoelektrického snímání rastrů dvou skleněných prvků (statoru a rotoru). Jsou určeny pro zprostředkování elektrické informace o vzájemné úhlové poloze dvou mechanických celků, úhlovém natočení nebo rotačních pohybech. Typické použití pro snímače typu IRC je ve spojení s číslicovými indikacemi nebo řídicími systémy. S výhodou je lze použít i v jiných zařízeních kde je potřebná vysoká přesnost a spolehlivost odměřování. Snímač IRC205 je vybaven obvodem hlídajícím funkci žárovky. Při přepálení vlákna dojde k převedení výstupních obvodů do stavu vysoké impedance. V nových aplikacích se doporučuje použít snímače řady IRC 300 – 325, typ IRC 202 a 205 používejte (dtto) jen jako náhradní díly. Čidlo je důležité na určování pořadí zapalování. Držák čidla se musel z větší části vyrobit znova. Pro lepší pochopení, jak bude držák vypadat a fungovat jsem vytvořil 3D model v programu Catia V5R13. obr. 10. Barevně jsem rozlišil díly které jsou normalizované, díly stávající, díly s dodatečnou úpravou a díly, které se musí vyrobit.

Díl č. 1 (Hnědá barva) – Inkrementální čidlo

Díl č. 2 (Modrozelená barva) – díl je zapotřebí vyrobit znova

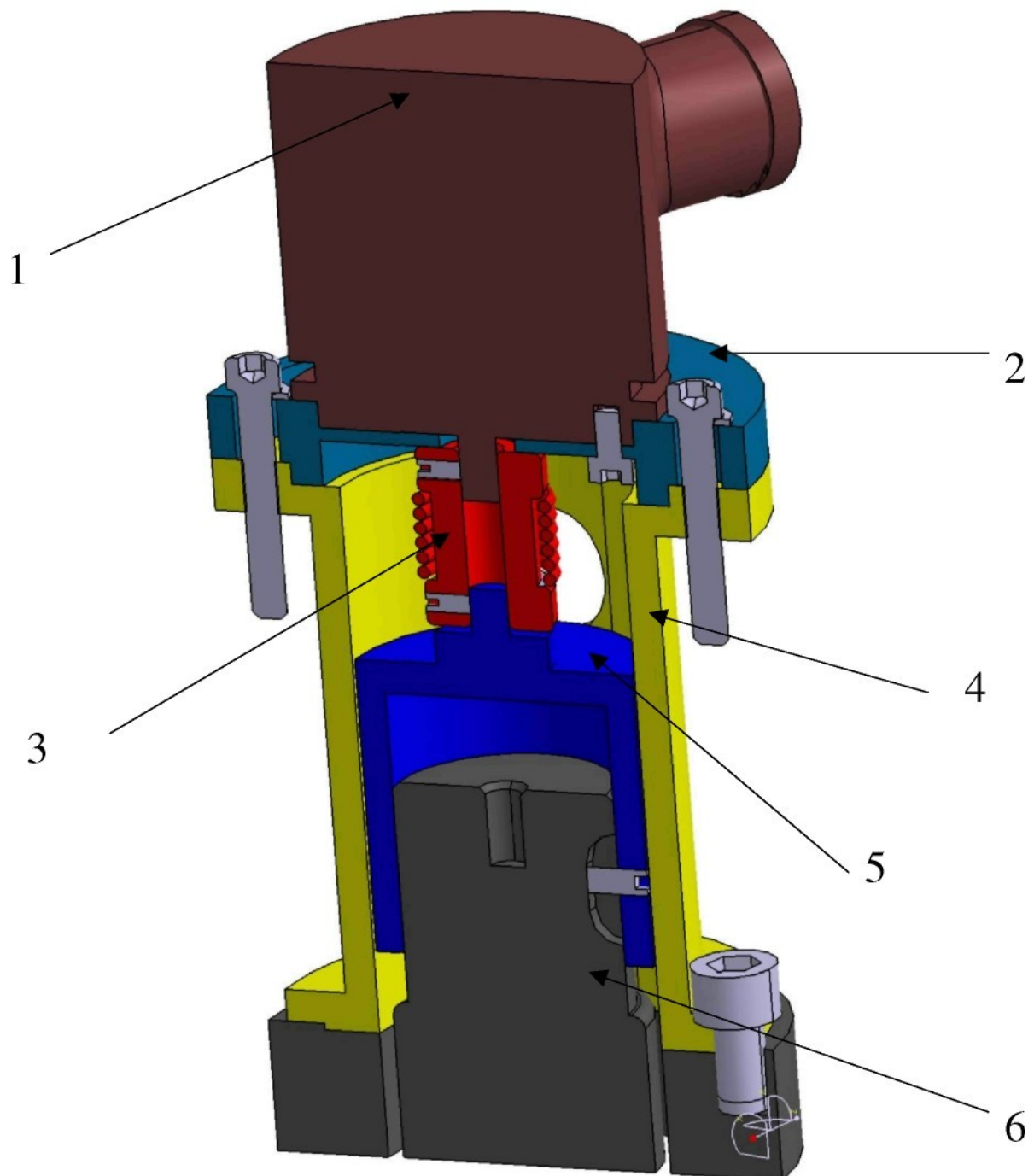
Díl č. 3 (Červená barva) – Díl průmyslově vyráběný (již zakoupený, schematické znázornění)

Díl č. 4 (Žlutá barva) – stávající díl. Bude potřeba jen malých úprav

Díl č. 5 (Modrá barva) – Díly které se musejí vyrobit nové

Díl č. 6 (Tmavě šedá barva) – Díl motoru, na kterém se budou měřit otáčky.

Světle šedá barva – normalizované díly (imbusy, podložky, červíky)



Obr. 10. Sestava držáku čidla jako 3D model v Catii V5R13

Montáž čidla:

Snímače IRC 205 se do příslušného zařízení montují pomocí 3 šroubů M4. Poloha hřídele je jednoznačně určena lícovaným průměrem 50h7 mm. Spojení pro připojení musí být konstruováno tak, aby nedošlo k překročení hodnoty maximálního povoleného radiálního nebo axiálního namáhání hřídele a je nutno dodržet souosost spojení. Pro spojení se doporučuje použít vhodné homokinetické spojky. Vzhledem k použitým elektrostaticky citlivým součástkám se doporučuje připojovat snímače bez napětí a zachovat pravidla pro práci s elektrostaticky citlivým zařízením.

Technické parametry inkrementálního čidla

Otáčky	10 000min ⁻¹
Úhlové zrychlení	40 000rad.s ⁻²
Moment setrvačnosti mechanických součástí	20g.cm ⁻² +- 10%
Zatížení hřídele IRC	- axiální 205 20N max. - radiální 205 50 N max.
Krytí	IP65
Hmotnost IRC 205	0,25Kg max

Elektrické parametry

Amplituda sig 1 a 2	0,6 ÷ 1,2V pp (Zo = 120 Ω)
Amplituda sig 3.	0,2 ÷ 0,8V pp (Zo = 120 Ω)
Amplituda je chápána jako diference mezi + sig. a – sig. Jednotlivých signálů	
Maximální frekvence	170kHz/-3db
Napájecí napětí	5V +- 5%
Proudová spotřeba	270mA max.
Maximální délka kabelu	150m

Pracovní podmínky

Vibrace	10 g (10 až 2000Hz)
Rázový impulz	50 g (100m.s)
Pracovní teplota (standardní)	0 °C do +60 °C
Vlhkost - relativní	95% max
- absolutní	40g.m ⁻³ max.
Atmosféra bez agresivních látek	

4.2 Vytvoření výkresů

Pro díly 2 a 5 jsem v AutoCADu Mechanical 2007 vytvořil výrobní výkresy součástí. Výkresy viz příloha.

Výkresy byly podkladem pro výrobu, některé rozměry bylo potřeba konzultovat s výrobcí dílů a to i s ohledem na najití kompromisů.

Díl č.2 – Díl je napevno připevněn k inkrementálnímu čidlu. Díl obsahuje drážku, která je nutná pro pozdější nastavení inkrementálního čidla do nulové pozice. Tvarem jsem se nechal inspirovat sousedním motorem v dílně KVM. Tento motor je vybaven stejným čidlem. Při navrhování dílu jsem musel respektovat vybavenost dílny. V dílně nebyla potřebná fréza, která by vyfrézovala dvě čtvrt kruhové drážky.

Díl 3 – Homokinetická spojka je určena pro připojení rotačních snímačů (do maximálních 10000 otáček za minutu) polohy k příslušnému zařízení a slouží pro vyrovnání úchylek v axiálním (posun os + - 0,3mm) i radiálním směru (přesazení os + - 0,2mm) při dostatečné torzní tuhosti (200 N.m.rad⁻¹) v obou směrech otáčení. Spojky pružně vyrovnávají nepřesnosti montáže a při přenosu pohybu zaručují, že kinematická chyba přenosu nepřekračuje povolené hodnoty.

Podmínky:

- a) atmosféra neobsahuje agresivní plyny
- b) teplota prostředí nepřesahuje – 40 °C a + 60 °C
- c) relativní vlhkost prostředí je 95%
- d) Chvění nepřesahuje zrychlení 3g do 400Hz

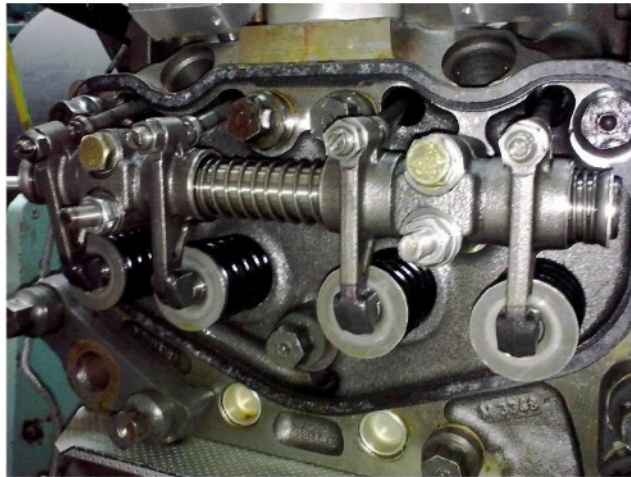
Díl 4 – Tento díl mi byl dodán. Je vyroben ze tří kusů, které jsou dohromady slisovány. Bylo zapotřebí nechat vyfrézovat kruhový otvor do těla dílu. Vzdálenost a velikost jsem odměřil z modelu z Catie. Všechny slisované díly jsem nechal bodově svařit.

Díl (5) – Díl mi byl dodán, ale po přeměření jsem zjistil, že není dodržena souosost. Proto jsem nechal vyrobit díl nový. Tvar a velikost jsem zjišťoval z modelu. Díl je napevno připevněn k motoru a musí se volně otáčet mezi dílem 4. K motoru je připevněn pomocí červíku, který svým směrem odpovídá šířce drážky. Nepředpokládá se velké axiální namáhání a proto zajištění je dostatečné pomocí červíku, ten zabrání pootočení.

Všechny normalizované díly jsem získal ze skladu KVM.

4.3 Nastavení nulového bodu na inkrementálním čidlu

K nastavení nulového bodu je zapotřebí osciloskop a k protáčení motoru se musela u dynamometru odmontovat krytka na hřídeli. Na ni se nasadila redukce pomocí níž se dá otáčet motorem. Aby se motor nastavil co nejpřesněji je na setrvačnicku motoru vytvořen malý otvor, který slouží k úplně přesnému nastavení motoru do základní polohy. Abychom mohli zaaretovat motor musel se otvor na setrvačnicku nalézt. Základní předpoklad je ten, že se nulový bod nastavuje na šestém válci, když je píst v horní úvrati a při stříhání ventilů (obr 11) . Pro nastavení je zapotřebí odmontovat kryt ventilů na pátém a šestém válci. Na řemenici je vytvořena ryska, která nám dá bližší představu o poloze bodu. (obr 12).

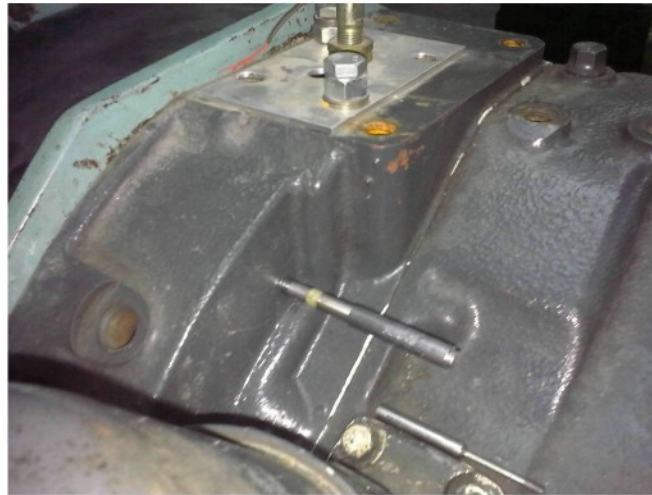


Obr.11 – Ventilová vahadla na 5. a 6. válci



Obr. 12 – rysky na řemenci

Při dodržení těchto vodítek již byl vidět vyvrtaný otvor na setrvačnicku. Jemným pootáčením motoru se dal zastrčit kolík do setrvačnicku a tím se motor nastavil do základní polohy pro nulový bod (obr. 13).



Obr.13 – umístění kolík a drážky na motoru pro nejpřesnější nastavení základní polohy

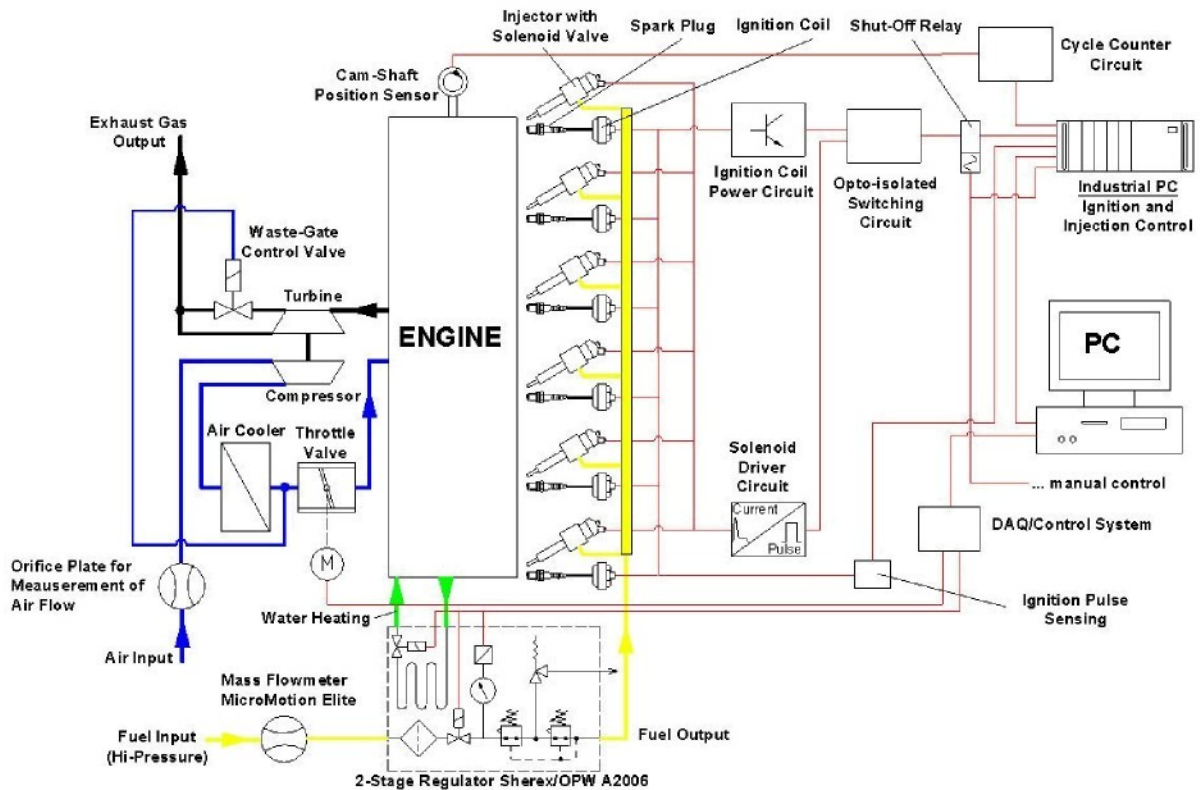
Nulový bod se na takto nastavený motor povedl následovně.

Spoj mezi homokinetickou spojkou a motorem (díl č.5) se nespojil napevno. Protáčením spojky se zjistila pozice signálu nulového bodu čidla. Poté se dotáhl spoj napevno a otáčením celého čidla se nastavil co nejpřesněji signál. Signál se sledoval na osciloskopu. Nastavení přesného bodu je poměrně obtížné, je zapotřebí velice citlivě otáčet čidlem. V případě že nebude čidlo nastaveno přesně, nebude mít motor plynulý chod, to lze ovšem dodatečným vyladěním napravit.

5. Zapalovací soustava

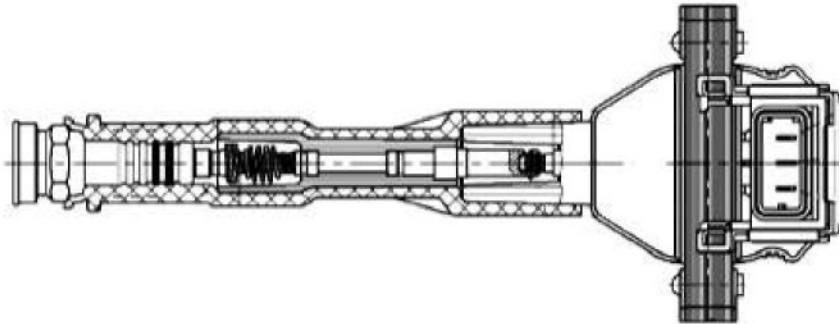
5.1 Seznámení se zapalovací soustavou

Zapalovací soustava je vyrobena a navržena panem Doc. Ing. Miroslavem Svobodou. Je to velmi důležitá část příslušenství. Motor je regulován a řízen elektronickým systémem. Elektronické řízení motoru na zemní plyn či vodík musí splňovat jednoznačně dané požadavky na elektronické řízení motoru s vnitřní tvorbou směsi. Na tato zařízení jsou kladeny požadavky na přesnost, rychlost reakce a na spolehlivost provozu.



Obr. 14 Schéma příslušenství vodíkového motoru ENE

Zapalovací a palivový systém je ovládán dvěma nezávislými řídicími jednotkami od firmy MIPE. Obě řídicí jednotky využívají společné čidlo (inkrementální čidlo), které snímá polohu klikového hřídele. Jednotky jsou propojeny a přes opticky izolovaný převodník připojeny k osobnímu počítači. Pro zkušební provoz bylo nutné zabezpečit možnost libovolné změny všech provozních nastavení. Toto je umožněno komunikací přes sériovou linku RS 232 a je obsluhováno speciálním softwarem. Řídicí jednotka vefukování plynu je doplněna o řídicí obvod ovládání elektromagnetických ventilů tzv. solenoid driver unit vlastní konstrukce, který převádí napěťový puls výstupu řídicí jednotky na vhodně tvarovaný proudový průběh. Elektromagnet se spíná špičkovým proudem 4A a udržuje konstantním proudem 1A v otevřeném stavu. Zapalovací soustava je také modulárního typu. Každý válec má samostatně osazenou zapalovací cívku Bosch s integrovaným vysokonapěťovým vedením (obr. 15). Na zapalovací svíčke je možno měření proudu v sekundárním vinutí. Tato informace se hlavně využívá při diagnostice zapalovací soustavy.



Obr. 15 Zapalovací cívka Bosch

U motoru, spalujícího zemní plyn a vodíkovzdušnou směs se širokým rozmezím zápalnosti, kdy se tvoří zápalná směs již od 4% objemového podílu vodíku, je zapotřebí monitorovat funkci zapalovací soustavy. Je to důležitá informace z hlediska bezpečnosti. Vyloučí se tím možnost samovolného vznícení nespálené směsi ve výfukovém potrubí. Tato diagnostika je u motoru ENE zajištěna nezávislým průmyslovým počítačem s procesorem řady 8080, Řídící jednotka sleduje výskyt proudových pulzů pomocí speciálního programu na sekundárním vinutí zapalovací cívky a porovnává ji s ovládacím pulsem z řídicí jednotky vefukování. V případě chyby zapalování počítač musí okamžitě odpojit pomocí relé obvod ovládání vefukovačů.

5.2 Zprovoznění zapalování

Pro zajištění správné funkce zapalovací soustavy bylo nejprve nutné zkontrolovat stav a funkčnost všech zapalovacích svíček. Nejprve se musela odmontovat zapalovací lišta. Pro snazší manipulaci bylo zapotřebí rozpojit konektory. Aby nedošlo k náhodné výměně konektorů byly kabely zakráčeny - záměna tak není možná. Po povolení čtyř šroubů stačilo mírným tahem vytáhnout zapalovací lištu ze svíček. Na vymontování svíček jsem použil speciální klíč na svíčky. Tento klíč je vybaven vevnitř pružnou gumou, díky které po odšroubování zůstane svíčka uvnitř klíče. Na povolení svíček bylo zapotřebí poměrně velké síly. Po vymontování svíček jsem očistil kontakty a vysavačem vysál nečistoty. Pro kontrolu, zda svíčky tzv. „házejí“ jiskru jsem zapojil konektory do zapalovací lišty a nasadil svíčky. Na první válci (první svíčka) má porušené pryžové těsnění. V případě namontování svíčky do motoru není poškození na závadu, ale při zkoušení svíčky nastal problém s upevněním. Na zkoušku jsem ji přitáhl páskou. Pro vyzkoušení všech svíček zda „házejí“ jiskru jsem je musel uzemnit. Na ocelovém drátku jsem udělal oka do kterých jsem nasadil svíčky. Oka jsem připevnil na závit svíček (obr. 16)



Obr. 16. propojení zapalovacích svíček

a celkové uzemnění jsem vedl přes zapalovací lištu. Zapalovací soustava potřebuje k činnosti 24V. Zapojil jsem dvě baterie o napětí 12V do série. Od řídicího počítače se připojil konektor, tzv. „kšanda“ (slengový název pro plochý kabel) do krabice zapalovací soustavy. Kšandou se vedou informace od sběru dat k počítači. Při zapojení elektrického proudu do systému se rozsvítily diody na ADAMECH (modré krabičky), což ukazuje správnost zapojení.

Při prvním testu funkčnosti zapojení zapalovací soustavy se ukázal problém se zapalováním. Řízení elektromagnetických ventilů však dávalo signál a ventily vykazovaly činnost. Spínací napětí na ventilech je 24V. Při proměření osciloskopem byl na ventilech naměřen signál i když měl nižší hodnotu. Na zapalovacích svíčkách nebylo naměřeno napětí žádné. Důležitá je i proudová hodnota. Do cívek totiž teče proud 4A a v případě, že by tato hodnota byla po delší dobu hrozí vyhoření cívek a tranzistorů. Při kontrole zapalování se zjistila špatná činnost spínače hlavního relé. Tato závada se lehce odstranila neboť ze něj byl vypadnutý jeden drát. Po zapojení relé fungovalo. Tento spínač je umístěn u pultu k ovládání elektromagnetické brzdy. U pultu je umístěn další důležitý spínač STOP Plynu. Jedná se o bezpečnostní uzávěr plynu. V případě poruchy uzavře přívod zemního plynu do motoru. Ten při zkoušce bez problému fungoval. Celý systém zapalování a sběru dat je navržen tak aby odstavil celé zapalování včetně relé a vypnul motor. Má řadu bezpečnostních jistění. To vše v případě poruchy nebo špatného či žádného signálu ze měřicích čidel. Při hledání problému na zapalovacích svíčkách se postupovalo od průmyslového počítače směrem ke svíčkách po kabelech a hledal se přerušovaný signál. Při zapnutém zapalování byly naměřené nízké hodnoty proudu i napětí. Snížené hodnoty napětí poukázaly na problém v bateriích. Baterie nebyly zcela nabyté. Ovšem jejich nabytí problém nevyřešilo. Při postupování dále se došlo ke dvěma deskám z integrovanými elektrickými součástkami. Při proměření se našla ztráta na první desce. Proto se z desky odpojily tři svazky kabelů. První vedl k ovládání ventilů, druhý k ovládání zapalovacích svíček a třetí zapínal ventilátor, který chladí obě desky. Při zapojení prvního svazku ventily fungovaly, při zapojení druhého svazku zapalovací svíčky házely jiskru a signály měly správný tvar a hodnoty napětí a proudu. Při zapojení chladicího ventilátoru přestalo zapalování dávat

jiskru a hodnoty napětí a proudu byly špatné. Proto se rozhodlo, že se ventilátor vypojí a vyřeší se pro něj jiný způsob napájení.

Pro kontrolu zda svíčky opravdu dávají jiskru tam kde mají se všechny kabely k zapalovacím svíčkám odpojily s výjimkou šestého válce. Do již připraveného otvoru se připojil snímač na indikaci tlaku. Do osciloskopu se připojil na jeden kanál signál ze snímače na indikaci tlaku a do druhého kanálu se připojilo zapalování. Po spuštění se na osciloskopu zjistilo, že svíčky dávají impulz před maximálním tlakem neboli před horní úvratí. Touto metodou se dobře dalo zjistit správné nastavení nulového bodu.

Zpětné namontování svíček do motoru nebyl problém. Po celou dobu jsem si hlídal to aby se svíčky vrátili na stejné místo odkud jsem je vymontoval. Zapalovací lišta se přitáhla k motoru pomocí čtyř šroubů s imbusovou hlavou.

5.3 Zališťování kabelů

Ve skladu KVM jsem získal krycí lišty. Lišta je podélně rozříznutá. Většinu kabelů jsem se pokusil umístit do těchto lišt (obr 17). Toto zališťování má nejen estetický důvod, ale také je to ochrana kabelů před poškozením. Na motoru je poměrně hodně kabelů, které by se mohli poškodit.



Obr.17 – Kompletní sestavený motor před prvním spuštěním

6 Vzduch

6.1 Připojení přívodu vzduchu

Přívod vzduchu do motoru se vede přes zařízení, které měří množství protékaného vzduchu. Spojením tohoto zařízení a motoru jsem použil hadici, která byla uložena ve skladu VM. Připojení hadice k měřidlu na množství vzduchu jsem provedl pomocí kovové stahovací pásky. Na druhé straně se hadice připojuje do turbodmychadla. Hadice má průměr 140mm a bylo zapotřebí ji nasadit na turbodmychadlo, to má průměr 90mm. V Baumaxu jsem zakoupil plastovou redukci (obr.18). Redukci jsem k motoru připevnil pomocí kovové stahovací pásky. Teploty na přívodu vzduchu nejsou vysoké a tudíž lze použít plastovou redukci.



Obr.18 – Redukce mezi turbodmychadlem a hadicí

6.2 Připojení ventilátoru na chlazení vzduchu

Ventilátor je poháněn pomocí klínového řemenu, který je napojen od klikového hřídele přes napínací řemenici. Řemenice na motoru byla přesunuta z vedlejšího jednoválcového motoru. Řemenice byla přišroubována zatěžovacími šrouby. Řemen se napnul pomocí vypínacího zařízení obr.19. V případě nefunkčnosti ventilátoru se projeví výrazný úbytek výkonu motoru.



Obr. 19 – napínací zařízení

7 Návrh modernizace

Modernizace se musí přizpůsobit tomu k čemu bude motor v následujících letech sloužit. Na motor lze doplnit řada snímačů teplot a tlaků. Ovšem většina nových snímaných hodnot by měla pouze informativní charakter. Důležitými snímači je motor vybaven.

Motor lze doplnit například o snímače:

Není snímána teplota na chladiči vzduchu jak na vstupu tak na výstupu. Bezprostředně u chladiče. Hodnoty by mohly ukázat průběhy teploty v oběhu chladiče.

V současné době se v automobilovém průmyslu poměrně hodně hlídá hluk. Při zkouškách v různých režimech by se mohly porovnat hodnoty hluku při spalování vodíku a zemního plynu.

V současné době se na motoru nenachází snímače klepání. Hodnoty by sloužily k poukázaly na detonační spalování.

Hlavní část modernizace bych zaměřil na výměnu výpočetní techniky, ovládání zapalování, ventilů, sběr dat a změnu řídicího softwaru. Na motoru je to poměrně komplikovaně provedeno a software je zastaralý. Zjednodušení a vylepšení by se dalo udělat pomocí modernějšího systému na sběr dat, který je použit na vedlejším motoru (jednoválci). Zde jsou hodnoty proudových a napěťových signálů přivedeny do řídicí

jednotky a odtud je přímé propojení s počítačem. Propojení je výrazně jednodušší než na současném motoru. Nic DAQ – 9172, nevýhodou jsou poměrně vysoké náklady na zařízení. Při použití výkonnějšího počítače, lze ovládat motor s reálném čase a sběr dat by byl také rychlejší. Tento systém vyrábí National instruments. [5]

Je možné též lépe vyřešit spoj mezi přístrojem na měření množství protékaného vzduchu a turbodmychadlem. Současné řešení pomocí hadice je nešikovné z hlediska ztrát.

Na motoru by se dalo zmodernizovat ovládání brzdy. Toto tlačítkové ovládání by se mohlo nahradit softwarem. Ovšem podle prvních průzkumů, by toto předělání bylo asi velice obtížné.

8 Kontrola těsnosti

Po dokončení montáže vefukovací soustavy a zjištění správně funkce elektro instalace a sběru dat se mohla odzkoušet těsnost palivového systému systému. Z centrálního přívodu plynu se přivedl plyn o tlaku 9.6 Bar. Postupovalo se od centrální nádrže na plyn k motoru. Vždy se otevřel ventil a systém se nechal natlakovat k dalšímu zavřenému ventilu. Z důvodu bezpečnosti otevřený ventil ihned po natlakování zavřel. V případě velké netěsnosti by uteklo jen malé množství plynu. Velká netěsnost se projevila před bezpečnostním ventilem motoru. Tato netěsnost se odstranila mírným dotažením převlečných matic. Netěsnosti se hledaly pomocí přístroje na detekci methanu. Zkoušela se těsnost všech spojů. Přístroj je vidět na obrázku obr.20



Obr.20 – zařízení na detekci methanu

Tento přístroj zobrazuje procentuální obsah methanu obsaženého ve vzduchu a zobrazuje ho pomocí stupnice V případě veliké koncentrace zazní zvukový signál. Při „očuchávání“ všech spojů a záhybů se zjistilo na několika místech nedostatečné dotažení převlečených matic. Všechna místa byla utěsněna a při další kontrole úniku se musel plyn v soustavě doplnit. Hodnota zobrazená na počítači byla stála a proto se usoudilo, že je palivová soustava těsná.

9 Kontrolní měření

9.1 Příprava měření

Motor je ovládán pomocí dvou počítačů (stolní počítač + notebook). Na jednom PC se ovládá škrtkovací klapka a jsou do něj přivedena data ze sběru a na druhém PC se nastavují hodnoty týkající se zapalování a elektromagnetických ventilů. Vše ovládají a zaznamenávají v softwaru ControlWeb 2000 (obr.21) a LabView 4 (obr.22). Na obrázcích je vidět jak softwary vypadají při zapnutí.

Před spuštěním se provedla kontrola:

Zkontrolovalo množství chladicí kapaliny. Chladicího media bylo v motoru málo a proto se do motoru dopustila. Měrka množství vody v systému je umístěna na chladiči. Zde je vytvořena jako přepad.

Zkontrolovalo se množství olejové náplně. Na měrce se ukázalo, že v motoru je oleje poměrně hodně. Bylo naměřeno na rysce více než maximum. Ovšem je to dáno tím, že všechny olej ztekl do olejové vany. Po roztočení se hladina sníží.

K napájení zapalování jsou potřeba dvě 12V baterie, které dohromady dají napětí 24V. Baterie byly nabitě.

Dále se potřeboval zapnout průmyslový počítač a připojit do něj inkrementální čidlo. Kabel bylo potřeba zapojit do místa kde před tím byl napojen simulační obvod.

Průtokoměr, který měří množství protékajícího vzduchu, bylo zapotřebí připojit do sítě a připojit k přístroji digitální zobrazovač. Na průtokoměr se musí sejmut záslepka na sání. Hodnota se nezapisuje centrálně do sběru dat. Je pouze zobrazená na přístroji.

Na motor se musela dodatečně namontovat a připojit lambda sonda. Ta má svůj vlastní zdroj napájení. Po připojení do sítě se čidlo začne mírně ohřívat. Výstup z lambda sondy bylo zapotřebí připojit do již připravené spojky.

Ventilátor na pohon vrtule pro chlazení chladící kapaliny se připravil k z 3.fázové zásuvce. Ventilátor se ovládá pomocí počítače v programu ControlWeb 2000, zde se nastaví požadovaná hodnota sepnutí ventilátoru při zadané teplotě vody.

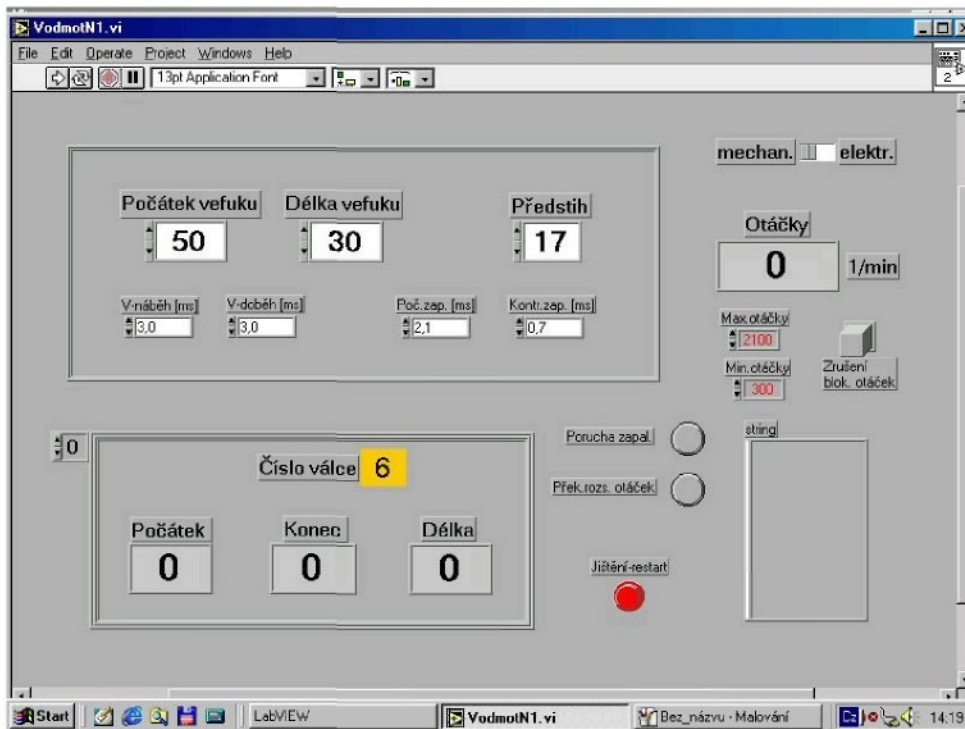
Naposledy se překontrolovalo zda jsou všechny přístroje zapojeny a zda se u rotačních součástí nenachází nějaké předměty. Kontrola také proběhla na povrchu motoru, zda se zde nezapomnělo nějaké nářadí.

Otevřel se přívod plynu z centrálního zásobníku a nechal se systém natlakovat. Plyn pro roztočení prozatím nebyl vpuštěn do railu.

Na počítačích se nastavily vstupní hodnoty a motor byl připraven na spuštění.



Obr.21 – ControlWeb 2000 – ovládání škrťící klapky



Obr.22 – LabView – ovládání zapalování

9.2 Spuštění motoru

Motor se nejprve nechal několikrát protočit pomocí dynamometru bez paliva a zapalování. Tím, že motor nebyl delší dobu používán nebyl všude olej a tlak oleje nenaběhl okamžitě. Po chvilkovém protáčení se na počítači objevil nárůst tlaku.

Předstih:	17
Délka vefukování:	30
Počátek vefukování:	50
Klapka:	7 %

Na počítačích se nastavily patřičné hodnoty pro volnoběžné otáčky. Tyto hodnoty byly převzaty z minulých měření z roku 2004. Motor se roztočil pomocí dynamometru a na počítači se vyresetovalo blokování otáček a zapnulo se zapalování. Startovací otáčky jsou kolem 300ot/min. Motor se po chvíli roztočil na vlastní pohon a mohlo se na dynamometru přidat zatěžování. Motor měl otáčkách 900 – 1400 1/min plynulý chod, sběr dat je funkční. Volilo se spíše nízké zatížení a jako palivo se použil zemní plyn. Ovšem hlavní cíl měření bylo poukázat na to, že motor se po víceleté odstávce podařilo zprovoznit.

9.3 Měření hodnot

Kontrolní měření se provedlo 27.5.2009, kdy se použilo CNG jako palivo. Vstupní parametry se nastavily podle posledních měření. Při měření se hlavně sledoval tlak oleje, teplota chladící kapaliny a kroutící moment M_t . Další hodnoty nebyly pro měření důležité. Hodnoty pouze poukazují na správnou funkci zapisování hodnot. Motor dobře reagoval na změny vstupních parametrů a měl vždy plynulý chod. Výčet hodnot je vidět v tabulkách 2. a 3.

Hodnoty nastavené				
Číslo měření	Klapka [%]	Počátek vefukování [grad]	Délka vefukování [grad]	Předstih [grad]
1	20,3	50	63	17
2	18,2	50	63	17
3	16,7	50	57	17
4	25,0	30	140	17
5	23,2	30	132	17
6	20,3	50	75	17
7	19,7	50	75	17
8	19,5	50	75	17

Tabulka 2. – Zadávané parametry do počítačů

Hodnoty naměřené										
Číslo měření	ČAS	Teplota chladicí kapaliny [grad]	Teplota plynu [grad]	Teplota oleje [grad]	Tlak plynu [bar]	Tlak oleje [kPa]	Krouticí moment [Nm]	Otáčky [1/min]	Lamda	Uego [V]
1	13:51:26	82,8	40	85,6	9,2	287	430	1200	1,56	3,48
2	13:52:50	82,4	40	85,7	9,3	309	430	1200	1,45	3,40
3	13:56:52	83,1	40	86,3	9,3	310	430	1200	1,42	3,30
4	14:49:31	95,4	40	92,9	9,2	302	970	1400	1,65	3,33
5	14:52:09	90,4	40	95,5	9,2	299	900	1400	1,49	3,38
6	11:54:53	90,81	40	92,6	9,2	309	415	1400	1,39	3,47
7	11:58:37	91,66	40	93,6	9,2	309	425	1400	1,58	3,46
8	12:03:42	84,6	40	92,4	9,2	326	440	1400	1,60	3,40

Tabulka 3. – Hodnoty ze sběru dat

10. Závěr

Práce na brzdovém stanovišti byla zajímavá, bylo zajímavé skloubení teoretických znalostí s praktickou montáží. Při práci bylo nutné pružné reagování na vzniklé problémy jako například při výrobě držáku pro inkrementální čidlo, kde jsem musel respektovat vybavenost dílny nebo při netěsnosti palivového systému. Zde se ukázalo, že bylo lepší přistoupit k čistícím pracím ve větším měřítku a nespolehat na to, že díly zastavěné nebyly vystaveny nečistotám. Při práci bylo zapotřebí seznámit se s ovládáním mnohých měřících přístrojů jako například osciloskop, voltmetr, přístroj na detekci methanu, nabíječka na baterie a ultrazvukové pračky. Při kontrole zapalování se ukázalo jako jediný možný způsob nalezení závady postupovat od zdroje ke svíčkám a hledat

