

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Michal Vondruška

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Prověřte možnosti a navrhňte
případné úpravy spalovacího motoru
pro hybridní pohon bioplynem
a dřevoplynem

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor

Michal Vondruška

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal VONDRUŠKA**
Osobní číslo: **Z08490**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Proveďte možnosti a navrhnete případné úpravy spalovacího motoru pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je prověřit v dostupné literatuře možnosti úpravy spalovacího motoru pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem a navrhnout případné úpravy jak motoru, tak i případně plynu pro zajištění plynulého provozu.

1. Základní suroviny pro výrobu bioplynu a jejich vliv na výtěžnost, vlastnosti a chemické složení získaného plynu.
2. Základní suroviny pro výrobu dřevoplynu a jejich vliv na výtěžnost, vlastnosti a chemické složení získaného plynu.
3. Úpravy motoru pro spalování bioplynu.
4. Úpravy motoru pro spalování dřevoplynu.
5. Porovnání obou předcházejících úprav a případný návrh na jejich doplnění tak, aby motor pracoval s oběma palivy.
6. Předpokládané složení spalin a možnosti jejich případné úpravy pro splnění ekologických limitů.
7. Jednoduchá ekonomická kalkulace úpravy motoru a jeho následné provozní náklady.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Murtinger, K., Beranovský, J. : Energie z biomasy. ERA, Brno, 2006.
ISBN 80-7366-071-7;
Výroba a využití bioplynu v zemědělství VÚZT Praha, 2007. ISBN 978-80-86888-28-8;
Mráz, V., Mráz, J.: Dřevoplynové generátory. březen 1954.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

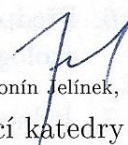
Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. března 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Prověřte možnosti a navrhnete případné úpravy spalovacího motoru pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích dne 13. 4. 2011

Michal Vondruška

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc., za jeho vedení, cenné rady a informace, které mi dopomohly ke zdárnému dokončení mé bakalářské práce.

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Literární přehled.....	4
2.1 Bioplyn.....	4
2.1.1 Historie bioplynových paliv	4
2.1.2 Princip vzniku bioplynu	5
2.1.3 Vlastnosti a složení bioplynu.....	6
2.1.4 Výtěžnost bioplynu.....	7
2.2 Dřevoplyn	8
2.2.1 Historie dřevoplynových paliv	8
2.2.1 Výzkumný program ve Švédsku	9
2.2.2 Princip vzniku dřevoplynu	10
2.2.3 Vlastnosti a chemické složení dřevoplynu	11
2.2.4 Výtěžnost dřevoplynových paliv.....	12
3 Cíl práce	14
4 Výběr vhodného motoru pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem.....	15
4.1 Možnosti úprav zážehového motoru pro pohon plyným palivem	15
4.2 Možnosti úprav vznětového motoru pro pohon plyným palivem.....	16
4.3 Porovnání motorů, možností úprav a výběr optimálního řešení.....	17
5 Úpravy vznětového motoru.....	19
5.1 Úpravy vznětového motoru pro pohon na plyná paliva.....	19
5.1.1 Snížení kompresního poměru motoru	19
5.1.2 Zapalovací soustava a její části	20
5.2 Doplnění vznětového motoru o komponenty nutné pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem	27
5.2.1 Palivová soustava neupraveného vznětového motoru.....	27
5.2.2 Palivová soustava vznětového motoru pro pohon na bioplyn...	27
5.2.3 Palivová soustava vznětového motoru pro pohon na dřevoplyn	34
5.2.4 Porovnání obou druhů palivových soustav.....	39
6 Předpokládané složení spalin motoru na hybridní pohon	42
6.1 Předpokládané složení spalin motoru spalujícího bioplyn	42
6.2 Předpokládané složení spalin motoru spalujícího dřevoplyn	43
7 Jednoduchá ekonomická kalkulace spalovacího motoru	46

7.1 Návrh typu a vlastností vznětového motoru	46
7.2 Návrh typu a vlastností elektrogenerátoru	46
7.3 Ekonomická kalkulace provozu hybridního motoru.....	47
7.3.1 Spotřeba nasávané směsi motorem.....	47
7.3.2 Hodinová spotřeba bioplynu.....	49
7.3.3 Hodinová spotřeba dřevoplynu.....	50
7.4 Využití elektrické a tepelné energie kogenerační jednotky	51
7.4.1 Využití elektrické energie.....	51
7.4.2 Využití tepelné energie.....	52
8 Závěr	54
9 Summary	55
10 Seznam použité literatury.....	56

1 Úvod

Bioplyn a dřevoplyn doprovázejí lidskou činnost již tisíce let, neboť bioplyn vzniká při rozkladu organických látek bez přístupu vzduchu a dřevoplyn se vyskytuje u každého procesu spalování dřevních hmot...

Současné trendy v oblasti automobilové techniky a spalovacích motorů se ubírají směrem hledání alternativních forem paliv pro spalovací motory, avšak ne vždy jsou nově navrhované možnosti alternativních paliv vhodné pro pohon spalovacích motorů, ať už z důvodu obtížného získávání, popřípadě skladování alternativního paliva, nebo také z důvodů vysoké cenové náročnosti při získávání a výrobě těchto paliv.

Dřevoplyn a bioplyn jako alternativní paliva nabízejí v tomto směru výhodné podmínky jak pro výrobu, tak i pro skladování obou plynů a navíc se již v minulosti uskutečnily pokusy s těmito palivy, jako použití alternativních paliv pro pohon automobilů se spalovacím motorem, které vedly k pozdějšímu zdokonalování těchto systémů a v dnešní době již není u těchto alternativních paliv problém s výrobou a skladováním.

Oba plyny nebyly ale do nedávné doby významně používány pro pohon spalovacích motorů, jelikož lidé neuměli využívat jejich potenciál a až s nástupem novodobé techniky a výrobní technologie se začal bioplyn a dřevoplyn významnějším způsobem využívat.

Nynější metody výroby, úschovy a pozdějšího používání obou plynů jsou již na daleko vyšší technické úrovni, a proto je možné tyto plyny v dnešní době s úspěchem používat pro nejrůznější využití, přičemž jedním z nich je použití plynů jako zdroj energie pro pohon spalovacích motorů.

2 Literární přehled

2.1 Bioplyn

2.1.1 Historie bioplynových paliv

První systematické výzkumy bioplynu provedl italský přírodovědec Alessandro Volta, který se zabýval také elektrickým proudem a jehož jméno připomíná jednotka "volt" pro elektrické napětí.

Kolem roku 1770 jímala Volta bahenní plyn ze sedimentu hornitalských jezer a konal pokusy s jeho spalováním. Anglický fyzik Faraday rovněž experimentoval s bahenním plynem a identifikoval ho jako uhlovodík. Ale teprve roku 1821 se Avogadrovi podařilo sestavit chemický vzorec metanu (CH₄).

Také slavný francouzský bakteriolog Pasteur konal roku 1844 pokusy s bioplynem, který získával z hnoje. Byl první, kdo navrhl použít koňský hnůj z pařížských povozů k výrobě plynu pro pouliční osvětlení. Anaerobní vyhnívací proces dostal velmi silné podněty na konci 19. století, když se zjistilo, že touto metodou lze čistit odpadní vody.

V r. 1897 bylo v jednom ústavu pro léčbu lepry v indické Bombaji postaveno první zařízení, v němž byl plyn využit ke svícení a od r. 1907 také pro pohon motorů vyrábějících elektrický proud.

V Německu započal kalový technik Imhoff od r. 1906 v Porúří se systematickou výstavbou anaerobních, dvoustupňových čističek odpadních vod, které označoval jako "emšerské nádrže". (Jméno Emscher patřilo kdysi řece, která odváděla vodu z bažinaté oblasti Emscherbruch; během industrializace se z ní však stal odpadní kanál pro velkou část celého Porúří). Dnes má každá větší čistička anaerobní stupeň, přičemž vyráběný kalový plyn se využívá pro ohřev fermentorů nebo pro kogeneraci tepla a elektrického proudu.

Až do 2. světové války pokračovalo využívání kalového plynu rychlým tempem. Byly vyvíjeny plovoucí plynové zvony, výkonná míchadla a topné systémy ke zvýšení vyhnívacího výkonu. Prodej kalového plynu městským podnikům hrál významnou roli.

Kalový plyn byl v té době také chápán jako "domácí pohonná hmota" a byly prováděny četné pokusy zbavit jej vody, oxidu uhličitého a sirovodíku, utěsnit ho do ocelových lahví a používat ho pro pohon automobilů.

Před 2. světovou válkou a během ní byly v Německu kvůli stoupající poptávce po "pohonném plynu" konány pokusy zvýšit v čističkách výrobu plynu přidáním pevných organických odpadních materiálů, čili použít metodu, kterou dnes označujeme jako kofermentaci.

V r. 1940 byl ve Stuttgartu poprvé jako přísada použit s dobrým výsledkem tuk z lapačů tuku. Z Imhoffova popudu byly v Halle konány pokusy s přidáním takových odpadů, jako je odpad ze sladkého dřeva, obsah bachoru přežvýkavců, lignin, rostlinný a obilný odpad. Zatímco při působení ligninu po dobu cca 20 dní se získalo jen 19 [l] plynu na 1 [kg] sušiny, pomocí obsahu bachoru přežvýkavců to bylo 158 [l/kg] a sladkého dřeva dokonce 365 [l/kg], ovšem v posledním případě činila doba působení 45 dní.

Velmi podrobné pokusy v oblasti kofermentace prováděl dr. Franz Popel během války v holandském městě Ammelfoort. Už tehdy byl do těchto prací zahrnut i organický domovní odpad. (SCHULZ, EDER, 2004)

2.1.2 Princip vzniku bioplynu

Bioplyn vzniká vyhníváním organických látek metanovým kvašením. Proces probíhá při dostatku biologicky rozložitelných látek v atmosféře bez přítomnosti kyslíku. Rychlost reakce závisí na mnoha činitelích. V přírodě je znám bioplyn v podobě bahenního plynu a na podobném principu vznikaly v dávné minulosti např. zemní plyn, ropný plyn nebo karbonský plyn. Je tedy zřejmé, že bioplyn může vznikat vyhníváním organických látek a to jak z exkrementů hospodářských zvířat, tak z jakékoliv biomasy. (Český výbor zemědělské společnosti a společnosti potravinářského průmyslu ČSVTS, 1987)

K vyhnívání organických látek dochází bez přístupu vzduchu a ve vlhkém prostředí působením metanových bakterií při teplotě mezi 0 °C až 70 °C. Na rozdíl od kompostování (tlení) nevzniká při vyhnívání teplo, ale zato vzniká hořlavý plyn metan. Kromě toho se tvoří oxid uhličitý a voda, jakož i stopové plyny a humusové látky. Hnilobné procesy probíhají na mnoha místech: v usazeninách moří, řek a jezer stejně jako v močálech a rašeliništích, v neprovětrávaných vrstvách půdy, skládkách, hnojištích, jímkách kejdy a odpadních vod, jakož i v bahnitých plochách rýžových polí. Ve vodě lze tvorbu metanu pozorovat ve formě stoupajících plynových

bublin. Podle výskytu mluvíme o plynu bahenním, kalovém, důlním, skládkovém nebo v zemědělství přímo o bioplynu.

Bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, ke které dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu. Tento proces rozkladu má v podstatě čtyři fáze:

- V první fázi přeměňují přítomné anaerobní bakterie, tedy ještě nikoli metanové bakterie, makromolekulární organické látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulózu) pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda. Tento proces se nazývá hydrolýza.
- Poté mohou acidofilní bakterie provést další rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek.
- Z toho nyní octotvorné bakterie vytvoří acetáty, oxid uhličitý a vodík
- A teprve nakonec metanové bakterie v alkalickém prostředí vytvoří metan, oxid uhličitý a vodu.

Při kontinuálním plnění organickou hmotou, jak je tomu u většiny bioplynových stanic, probíhají tyto procesy vedle sebe a nejsou odděleny ani místně ani časově. Pouze při rozběhu bioplynové stanice, u dávkových (nespojitéch) procesů a u vícestupňových bioplynových stanic probíhají fáze rozkladu odděleně. (SCHULZ, EDER, 2004)

2.1.3 Vlastnosti a složení bioplynu

Kvalita bioplynu je určována především poměrem hořlavého metanu (CH_4) k "neužitečnému" oxidu uhličitému (CO_2). Oxid uhličitý zředuje bioplyn a zapříčiňuje vznik nákladů, především při skladování plynu. Proto je nutné usilovat o co nejvyšší obsah metanu a co nejmenší obsah oxidu uhličitého.

Jako obvykle dosažitelný obsah metanu literatura uvádí 50 až 75 %. Přitom se zpravidla obsah CO_2 měří Brignonovým přístrojem a po odečtu malého množství zbytkových plynů se početně stanoví obsah CH_4 . Pro zařízení bez odsíření profoukáváním vzduchu lze tento postup pokládat za správný, avšak u bioplynových stanic s biokatalytickým odsířením může vést k chybným vyhodnocením.

Tabulka 2.1: Složení bioplynu

Charakteristika	Metan /CH ₄ /	CO ₂	H ₂	H ₂ S	Bioplyn (60 % CH ₄ 40 % CO ₂)
Objemový díl /%/	55-70	27-47	1	3	100
Výhřevnost /MJ.m ⁻³ /	35,8	-	10.8	22.8	21.5
Hranice zápalnosti /obj. %/	5-15	-	4-80	4-45	6-12
Zápalná teplota /°C/	650- 750	-	585	-	650-750
Měrná hmotnost /kg.m ⁻³ /	0,72	1.98	0,09	1,54	1.2

Zdroj: PASTOREK, WOLFF, 1992

2.1.4 Výtěžnost bioplynu

Bioplyn je vysoce hodnotný nositel energie, to znamená, že může být mnohostranně a velmi účinně využit, především pro výrobu proudu, vaření, vytápění a přípravu teplé vody, k sušení, chlazení a napájení infračervených zářičů.

Výhřevnost leží v závislosti na obsahu metanu mezi 5,5 a 7,0 kWh/m³, v průměru okolo 6,0kWh/m³. Tab. 2.2 přináší srovnání nejdůležitějších spalovacích parametrů bioplynu a jiných energetických plynů.

Tabulka 2.2: Spalovací parametry bioplynu (složení 60% metan, 38% oxid uhličitý, 2% stopové plyny) ve srovnání s jinými hořlavými plyny

Plyn		Bioplyn	Zemní plyn	Propan	Metan	Vodík
Výhřevnost	kWh/m ³	6	10	26	10	3
Hustota	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Hustota v poměru k hustotě vzduchu		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Zapalovací teplota	°C	700	650	470	650	585
Max. rychlost postupu plamene ve vzduchu	m/s	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Rozsah zápalné koncentrace plynu ve vzduchu	%	6 až 12	5 až 15	2 až 10	5 až 15	4 až 80
Teoretická potřeba vzduchu	m ³ /m ³	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Zdroj: SCHULZ, EDER, 2004

Z těchto údajů vidíme, že bioplyn má v poměru k objemu podstatně menší výhřevnost než zemní plyn, propan a metan, ale dvojnásobně větší než vodík. S hustotou $1,2 \text{ kg/m}^3$ je bioplyn o něco lehčí než vzduch. Toto zjištění je velmi důležité, neboť znamená, že proudící bioplyn se nemůže hromadit u podlahy nebo v prohlubních jako těžký propan.

Naopak se při stoupání velmi rychle mísí se vzduchem, čímž se zmenšuje nebezpečí hoření nebo výbuchu. Tyto skutečnosti ale nesmějí vést k menší opatrnosti při zacházení s bioplynem! Zapalovací teplota je relativně vysoká $700 \text{ }^\circ\text{C}$, což je z bezpečnostního hlediska rovněž příznivý faktor.

S maximální rychlostí postupu plamene ve vzduchu $0,25 \text{ m/s}$ vykazuje bioplyn velmi pomalé šíření hoření, což je podmíněno příměsí CO_2 . Kromě toho má bioplyn velmi úzké meze zápalnosti, což znamená, že hoří jen tehdy, pokud podíl plynu ve směsi plynu a vzduchu činí 6 až 12 %.

Ve srovnání s tím má propan a zejména vodík podstatně širší hranice zápalnosti, z čehož také vyplývají větší bezpečnostní rizika. Potřeba vzduchu k dokonalému hoření (stechiometrický poměr) teoreticky činí $5,7 \text{ m}^3$ vzduchu na 1 m^3 bioplynu.

V praxi je ale zapotřebí přebytek vzduchu ve výši 20 až 30 %, neboť docílit ideální směsi plynu a vzduchu v hořáku nebo motoru je sotva možné. (SCHULZ, EDER, 2004)

2.2 Dřevoplyn

2.2.1 Historie dřevoplynových paliv

Zplyňování není nový proces a ve skutečnosti první kroky v oblasti vědy a technologie zplyňování byly prováděny před stovkami let.

1669: Thomas Shirley provádí pokusy s využitím "obohaceného vodíku"

1791: John Barber vydává první patent, ve kterém je zmínka o použití plynu ve spalovacím motoru

1798: Lebon dělá první zaznamenané pokusy zplyňování dřeva

Od počátku dvacátého století bylo mnoho vozidel poháněno dřevoplynem a mnoho velkých dřevoplynových motorů bylo postaveno v Evropě a ve Spojených státech amerických. V oblasti jižní Austrálie - Riverland a Cobdogla, byla použita

Humphreho čerpadla poháněna dřevoplynem přímo pro čerpání velkých objemů vody k zavlažování. (*Gasification Australia*, 2007)

Po druhé světové válce se tato technologie v mnoha evropských zemích stala samozřejmostí a to v důsledku zavedení přidělového systému na fosilní paliva. Jen v samotném Německu bylo na konci války v provozu asi 500 000 dřevomobilů.

Byla zřízena síť čítající na tři tisíce „čerpacích stanic“, kde se řidiči mohli zásobit dřevem. Nebyla to jen osobní auta, která byla vybavena zplynovacím zařízením, ale také auta nákladní, autobusy, traktory, motorčky, lodě a vlaky. (Traktory a kombajny na dřevoplyn by nás mohly zachránit před náhlým kolapsem zemědělské produkce v důsledku ropné krize – pozn. MK.) Dokonce i některé tanky byly vybaveny zplynovací jednotkou, ovšem Němci preferovali pro vojenské účely produkci kapalných syntetických paliv, která se vyráběla rovněž ze dřeva či z uhlí.

V roce 1942, kdy tato technologie dosud nedosáhla vrcholu své slávy, bylo ve Švédsku 73 000 aut na dřevoplyn, 65 000 ve Francii, 10 000 v Dánsku, 9 000 v Rakousku, stejně tolik v Norsku a téměř 8 000 ve Švýcarsku. Finsko mělo v roce 1944 asi 43 000 „dřevomobilů“, z toho 30 000 autobusů a nákladních automobilů, 7000 osobních aut, 4000 traktorů a 600 lodí.

Autá na dřevoplyn se objevila také v USA, Asii a obzvláště v Austrálii, která jich měla 72 000. Celkem to bylo více než milion dopravních prostředků na dřevoplyn, které byly v provozu během druhé světové války.

Po válce, když začal být benzín opět dostupný, upadla tato technologie téměř ihned v zapomnění. Na počátku 50. let bylo v Západním Německu již jen 20 000 dřevomobilů. (KVAPIL, 2010)

2.2.1 Výzkumný program ve Švédsku

V roce 1957 spustila švédská vláda výzkumný program za účelem příprav na rychlý přechod k autům na dřevoplyn v případě náhlého výpadku zásobování ropou. Švédsko nemá žádné zásoby ropy, ale má rozlehlé lesy, které lze využít na palivo. Cílem výzkumu bylo vyvinout a zdokonalit standardizované zařízení, které by bylo možné uzpůsobit pro použití ve všech druzích dopravních prostředků.

Výzkum podpořený výrobcem aut Volvo vedl k získání obsáhlých

teoretických znalostí a praktických zkušeností. Bylo vyvinuto několik aut a traktorů. Výsledky jsou shrnuty v dokumentu FAO z roku 1986, kde se také rozebírají některé experimenty z jiných zemí. Švédští a zejména finští amatérští inženýři využili tato data k dalšímu rozvoji této technologie.

Generátor dřevoplynu, který vypadá jako velký kotel na vodu, lze umístit na přívěsný vozík (což znesnadňuje parkování), do kufru auta (což zabere téměř veškerý úložný prostor) anebo na plošinu před či za autem (v Evropě nejpopulárnější řešení). V případě amerického pickupu lze vyvíječ instalovat do nákladní části. Za druhé světové války byla některá auta vybavena zabudovaným vyvíječem, který byl zcela skrytý. (KVAPIL, 2010)

2.2.2 Princip vzniku dřevoplynu

Zplynování dřeva je proces, při němž je organický materiál vlivem zvýšené teploty (ta dosahuje až 1400 °C) přeměňován na vznětlivý plyn. Poprvé byl tento proces prakticky využit v 70. letech 19. století jako předchůdce zemního plynu pro účely osvětlení ulic a vaření. (KVAPIL, 2010)

K objasnění chemického procesu v generátoru (až k vytvoření hořlavého plynu) slouží nám schematický obrázek, který představuje vyvíječ (generátor) u nás nejznámější generátorové soustavy „Imbert“. Tyto, jakož i generátory soustavy Zeuch, se vyráběly na našem území ve velkém množství a jsou dosud v používání.

Vyvíječ je válcovitého tvaru a musíme si představit, že je naplněn až nahoru dřevem a je v plné činnosti. Celou jednu náplň paliva, v našem případě dřeva, rozdělujeme na pět oblastí, to je shora dolů od dřeva, předsušeného dřeva, částečně zuhelnatělého dřeva aj, po dřevěné uhlí, z něhož se nám potom tvoří hořlavý plyn.

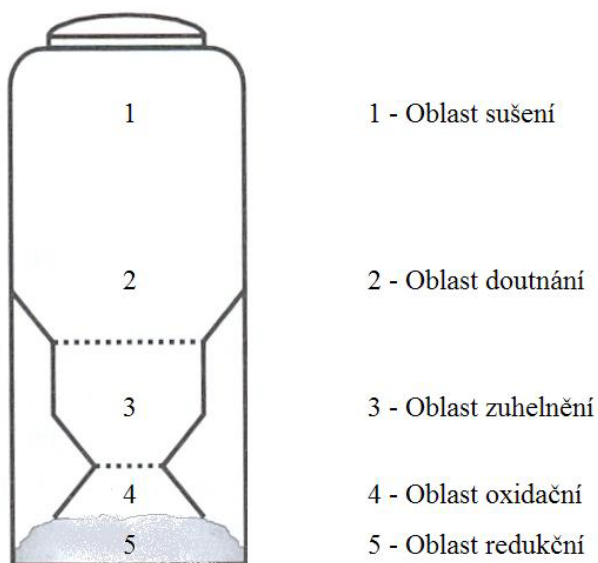
Těchto pět oblastí, které si ovšem nemůžeme představit přísně ohraničeny ve směru shora dolů, můžeme postupně pojmenovat takto:

1. oblast sušení, kde se vylučuje vodní pára ze dřeva a kde teplota dosahuje asi 170 stupňů C.
2. oblast doutnání, kde je již teplota až 500 stupňů C a kde se vylučuje kyselina octová, dřevný líh (methylalkohol) a dehet,
3. oblast zuhelnění, kde se dokončuje proces tvoření dřevěného uhlí, teplota zde dosahuje až 700 stupňů C,

4. oblast oxidační (žárová) kde po příchodu vzduchu tryskami se dosahuje teplot až 1400 stupňů C, kde se dříve vytvořené dřevěné uhlí částečně spaluje – spaluje se a štěpí dehet, dřevný ocet a tvoří se hořlavý plyn,
5. oblast redukční, kde pokračuje ještě přeměna částí nehořlavých plynů v plyny hořlavé.

(MRÁZ, V., MRÁZ, J., 1954)

Obrázek 2.1: Oblasti dřevoplynového generátoru



Zdroj: NAVRÁTIL, 1998

2.2.3 Vlastnosti a chemické složení dřevoplynu

Složení konečného plynu, vycházejícího z generátoru, kolísá podle zatížení generátoru, obsahuje však vždy značné procento nehořlavých plynů, a to dusík (N_2) a kysličník uhličitý (CO_2). Hořlavými součástkami tohoto plynu je kysličník uhelnatý (CO), vodík (H_2) a methan (CH_4). Průměrné složení generátorového plynu je asi toto:

Hořlavé plyny:

23 % CO (kysličník uhelnatý)

15 % H_2 (vodík)

2 % CH_4 (methan), tj. celkem asi 40 % hořlavých plynů.

Nehořlavé plyny:

50 % N_2 (dusík)

10 % CO_2 (kysličník uhličitý) tj. celkem asi 60 % nehořlavých plynů.

(MRÁZ, V., MRÁZ, J., 1954)

Výroba generátorového plynu vysokoteplnou karbonizací hořlaviny, tj. zahříváním za nepřístupu vzduchu na teplotu až 1050°C, probíhá přibližně následujícím postupem:

- do 150°C – se z hořlaviny odpařuje voda a uvolňují se plyny CO₂, CH₄, N₂,
- 200 – 300°C – odštěpuje se z hořlaviny reakční voda, CO₂, CO, H₂S - sirovodík (jedovatý sulfan),
- 300 – 400°C – nastává rozpad hořlaviny za vývoje dehtových par a CO, CO₂, CH₄, hořlavina bobtná a začíná měnit stav,
- 400 – 550°C – rozklad hořlaviny pokračuje a začíná se tvořit amoniak (čpavek - NH₃),
- 550 – 600°C – ustává tvorba dehtových par a vzniká polokoks (švelkoks),
- 600 – 1000°C – unikají dále plyny, v nichž se stoupající teplotou přibývá H₂ a ubývá CH₄, dřevo se mění na popel.

(NAVRÁTIL, 1998)

2.2.4 Výtěžnost dřevoplynových paliv

Základní informace o dřevoplynu:

výhřevnost:	cca 4,61 – 5,86 MJ/m ³ (1100 – 1400 kcal/m ³)
meze výbušnosti:	4,5 – 35 % se vzduchem
zápalná teplota:	560 °C
hutnota:	0,35 – 0,6

Charakteristika: Hořlavý a výbušný plyn, lehčí vzduchu, barvy šedé, s charakteristickým zápachem po nečistotách (sirovodík a dehty) a s dobrými spalovacími vlastnostmi danými obsahem vodíku a metanu. Nebezpečnou vlastností je jeho jedovatost, daná velkým obsahem oxidu uhlíku – CO (až 30%).

Základní informace o oxidu uhlíku - CO:

výhřevnost:	cca 12,64 MJ/m ³ (3100 kcal/m ³)
meze výbušnosti:	12,5 – 74,2 % se vzduchem
zápalná teplota:	560 °C
hutnota:	0,35 – 0,6

Charakteristika: Hořlavý a výbušný plyn, lehčí vzduchu. Je výhřevnou složkou většiny topných plynů, je obsažen ve výfukových plynech (od 1% do 13%). Nebezpečnou vlastností je jeho jedovatost. (NAVRÁTIL, 1998)

3 Cíl práce

Pro provoz spalovacího motoru na hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem je nutné zvolit vhodný spalovací motor, zjistit jeho potencionální možnosti a navrhnout optimální řešení pohonu na bioplyn a dřevoplyn.

Cílem této bakalářské práce je vyhodnotit jednotlivé možnosti použití spalovacího motoru a zjistit, zdali je možné zkonstruovat, respektive upravit takový motor, který by bylo možné provozovat na oba druhy paliv.

Součástí práce je i konstrukční stránka palivových soustav pro bioplyn a dřevoplyn. Za tímto účelem je nutné navrhnout i optimální řešení palivových soustav tak, aby bylo možné použít obě palivové soustavy, aniž by se vzájemně ovlivňovaly ve svých funkcích.

4 Výběr vhodného motoru pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem

4.1 Možnosti úprav zážehového motoru pro pohon plyným palivem

Zážehový motor, spalující při svém obvyklém provozu pouze směs benzínu a atmosférického vzduchu, smíchaných ve stechiometrickém poměru, je ve své podstatě možné upravit pro pohon na plyná paliva dvěma základními způsoby.

Jedná se o tyto možnosti úprav zážehového motoru:

1. Zážehový motor spaluje benzín smíchaný se vzduchem, který motor nasává konvenčním způsobem, avšak na přívodním – sacím – potrubí je nainstalováno směšovací zařízení, které zajišťuje přimíchávání plynu do vzduchu a tím i do spalovacího procesu.

Při tomto zvoleném způsobu pohonu motoru je možné libovolně volit mezi oběma druhy paliv, tedy mezi benzínem a bioplynem, což může být za určitých podmínek výhodou (například při nedostatku jednoho z výše uvedených paliv), avšak nese sebou i jednu nevýhodu, a to takovou, že je nutné, aby motor obsahoval jako další příslušenství nově instalovanou palivovou soustavu...

2. Druhá z možností úprav zážehového motoru spočívá v tom, že motor spaluje pouze bioplyn, který je do spalovacího prostoru přiveden přes přidaný směšovač bioplynu a atmosférického vzduchu a dále přes sací potrubí spalovacího motoru. Takto přivedená směs vzduchu a bioplynu je zapálena jiskrou zapalovací svíčky konvenčním způsobem.

Pohon zážehového motoru pouze na plyné palivo je oproti předchozímu způsobu výhodný jak z hlediska ekonomického, tak i z hlediska technického, jelikož není nutné spalovat oba typy paliv (benzín a plyná paliva) a tím pádem odpadají problémy spojené s další palivovou soustavou. Motor při tomto použití pracuje pouze s jednou palivovou soustavou.

4.2 Možnosti úprav vznětového motoru pro pohon plynným palivem

Vznětový motor, který na rozdíl od motoru zážehového, spalujícího směs benzínu a vzduchu, spaluje při svém obvyklém použití směs nafty a vzduchu.

Možnosti úprav vznětového motoru pro pohon na plynná paliva nabízí proti úpravám zážehového motoru pro pohon na plynná paliva o jeden způsob úpravy navíc, tedy jedná se celkem o tři možnosti:

1. Plyn se přivádí do spalovacího prostoru smíšený se vzduchem. Smísení je zajištěno směšovačem plynu a vzduchu, umístěném na přívodu vzduchu do spalovacího prostoru. Takto přivedená směs vzduchu a plynu se zapálí tím způsobem, že se do spalovacího prostoru ve vhodný okamžik vstříkne velmi malé množství nafty, která se vlivem vysokého tlaku a zvýšené teploty ve spalovacím prostoru samovznítí a následkem toho dojde ke vznícení směsi plynu a vzduchu.

Uvedený způsob zapálení směsi plynu a vzduchu je sice velice výhodný z ekonomického hlediska spotřeby motorové nafty, avšak má jednu nevýhodu, a to takovou, že neumožňuje vznětovému motoru pracovat pouze na plynné palivo, neboli je nutné zabezpečit další palivo – motorovou naftu – pro zajištění chodu motoru.

2. Základním palivem pro pohon vznětového motoru je motorová nafta, která je tradičním způsobem přivedena do spalovacího prostoru a plyn se přimíchává do atmosférického vzduchu v sacím potrubí motoru. Poměr množství plynu v poměru s motorovou naftou je obvykle 1:1.

Tímto způsobem upravený vznětový motor má sice proti motoru, provozovanému pouze na naftu nižší ekonomické náklady, ale proti způsobu uvedenému v předchozím bodě je ekonomicky náročnější a stejně tak je nutné zajistit další palivo pro chod motoru. Z předchozích důvodů vyplývá, že pro využití pohonu na směs plynného paliva a vzduchu je tento způsob využití vznětového motoru nejméně vhodný.

3. Posledním způsobem využití plyných paliv pro pohon vznětových motorů je takový způsob úpravy vznětového motoru, při kterém je vznětový motor vhodnými prostředky překonstruován na motor zážehový.

Plynné palivo se u takto upraveného motoru přivádí do sacího potrubí přes zařízení, umožňující kvantitativní regulaci přiváděného plynu a směs plynu se vzduchem je následně nasáta do spalovacího prostoru motoru.

Takto zajištěná směs plyného paliva a vzduchu se zapálí jiskrou zapalovací svíčky, kterou je nutné do systému namontovat, stejně tak, jako komponenty nutné pro vytvoření zapalovací jiskry.

Výhodou pohonu vznětového motoru spalujícího pouze plyná paliva je bezpochyby potřeba jediného okruhu palivové soustavy, zajišťující přívod plynu, a také velmi malá ekonomická náročnost provozu motoru.

4.3 Porovnání motorů, možností úprav a výběr optimálního řešení

Motor vhodný pro hybridní pohon na bioplyn a dřevoplyn musí z hlediska použitelnosti splňovat několik zásadních předpokladů a jeho výhody musí z hlediska ekonomiky provozu převažovat nad jeho nevýhodami.

Aby bylo možné volit mezi jednotlivými druhy spalovacích motorů, je nejprve nutné stanovit si předpoklady a vlastnosti pro tyto spalovací motory, a proto by měl mít motor využívaný k hybridnímu provozu zejména následující vlastnosti:

- proveditelnost nutných úprav pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem
- dostatečná účinnost motoru při použití obou typů hybridního pohonu
- dobrá mechanická odolnost při zachování dostatečně dlouhé životnosti
- jednoduchá konstrukce a s tím spojená snadná údržba motoru a dostupnost náhradních dílů
- možnost volby mezi jednotlivými typy plyných paliv

Tabulka 4.1: Porovnání jednotlivých konstrukčních typů motorů a způsobů spalování plynu

Údaj	Konstrukční typ motoru a způsob spalování		
	Benzinový motor: plynový zážehový (Ottův) způsob	Dieselmotor: plynový zážehový (Ottův) způsob	Dieselmotor: zažehnutí vznětem vstříknutého oleje
Cena	nizká	velmi vysoká	vysoká
Účinnost	20 až 25%	30 až 35%	25 až 35%
Životnost	nizká	střední	střední
Hlučnost	střední	silná	silná
Saze ve spalinách	./.	./.	vyskytují se
Údržba	náročná	nenáročná	náročná
Spotřeba zapalovacího oleje	./.	./.	10 až 30%
Náhradní palivo při výpadku bioplynu	kapalný plyn (benzin)	kapalný plyn	topný olej, motorová nafta (roslinný olej)

Zdroj: SCHULZ, EDER, 2004

V Předchozí tabulce jsou uvedeny jednotlivé druhy spalovacích motorů a u nich jsou uvedeny základní ekologické i ekonomické charakteristiky při použití plyných paliv.

Z tabulky 4.1 vyplývá, že z hlediska účinnosti, jednoduchosti zásahů, náročnosti na údržbu, životnosti a možnosti snadné záměny typu paliva motoru, se pro hybridní pohon motoru na bioplyn a dřevoplyn nejlépe hodí motor vznětový, který je vhodnými úpravami přestavěn na motor zážehový a doplněn o další komponenty, jež jsou nezbytné k zajištění chodu motoru.

5 Úpravy vznětového motoru

5.1 Úpravy vznětového motoru pro pohon na plynná paliva

Spalovací vznětový motor, který pracuje za normálních okolností na kapalném palivu – motorovou naftu – má pro spalování plynných paliv ve svém neupraveném základním stavu několik nevýhod, které by negativně ovlivňovaly, popřípadě znemožňovaly funkčnost motoru při spalování těchto paliv. Proto je na vznětovém motoru nutné provést několik zásadních úprav, aby bylo možné zajistit spalovací proces a děje s ním spojené. Tyto potřebné úpravy jsou uvedeny v následujícím textu.

5.1.1 Snížení kompresního poměru motoru

V současnosti používané vznětové motory mají obvyklou hodnotu kompresního poměru mezi 15:1 až 22:1, přičemž při nižším kompresním poměru nastávají při spalování motorové nafty problémy se samovznícením a při vyšších hodnotách kompresního poměru, nežli zmíněných 22:1, se vyskytují problémy s životností namáhaných částí motoru, jako jsou písty, pístní čepy, ojnice, klikové hřídele atp.

Při přestavbě vznětového motoru na motor zážehový nejsou tak vysoké hodnoty kompresního poměru motoru zapotřebí, jelikož při spalování plynného paliva přestavěným vznětovým motorem bude použita pro zapálení směsi ve spalovacím prostoru zapalovací svíčka a nebude využíváno tradičního způsobu samovznícení motorové nafty, a proto je možné upravit velikost kompresního poměru motoru na nižší hodnotu, pohybující se v rozmezí 10:1 až 12:1.

Změnou kompresního poměru motoru se docílí výhody, která má kladný vliv na prodloužení životnosti jednotlivých motorových částí, jelikož části pístní soustavy, které jsou za normálních okolností namáhány při vyšších kompresních tlacích, budou po snížení kompresního poměru namáhány menšími silami, které při spalovacím procesu vznikají.

Snížení kompresního poměru je možné několika způsoby, které lze jednotlivě mezi sebou kombinovat, a tím v podstatě vytvořit optimální požadovaný kompresní poměr.

Prvním způsobem, který se z hlediska náročnosti používá nejčastěji, je montáž vyššího těsnění pod hlavou válců. Tato úprava je sice velice jednoduchá na provedení, avšak mohl by být problém se sháněním zmíněného těsnění s požadovanou tloušťkou. Problém by bylo teoreticky možné odstranit přidáním více těsnění najednou, avšak vznikne problém nový, a to s dostatečným utěsněním spalovacího prostoru. Proto některé firmy na trhu vyrábějí jakousi „podložku“ o síle řádově několika milimetrů, která zajistí v podstatě stejnou funkci, jakou by teoreticky zajistila vícenásobná těsnění mezi hlavou válců a blokem válců. V takovém případě by při použití tohoto způsobu úpravy kompresního poměru nemusel vyvstat problém s těsností spalovacího prostoru.

Je možné také využít dalšího způsobu snížení kompresního poměru a to konkrétně použitím nižších pístů, které by tímto zvětšily spalovací prostor a tím snížily kompresní poměr motoru. Při použití tohoto řešení by mohl být problém se zajištěním pístů pro montáž a s náročností montáže, ale z hlediska těsnosti spalovacího prostoru jde o optimální řešení.

Dalším způsobem snížení hodnoty kompresního poměru by mohla být volba úpravy pístu. Tato možnost připadá pouze u motorů, které mají takzvaný „spalovací prostor ve dně pístu“. Ve své podstatě se jedná o písty, jež nemají ploché dno, přičemž se jedná zejména o písty s miskovitým, polokulovitým, kulovitým, nebo prstencovitým dnem.

5.1.2 Zapalovací soustava a její části

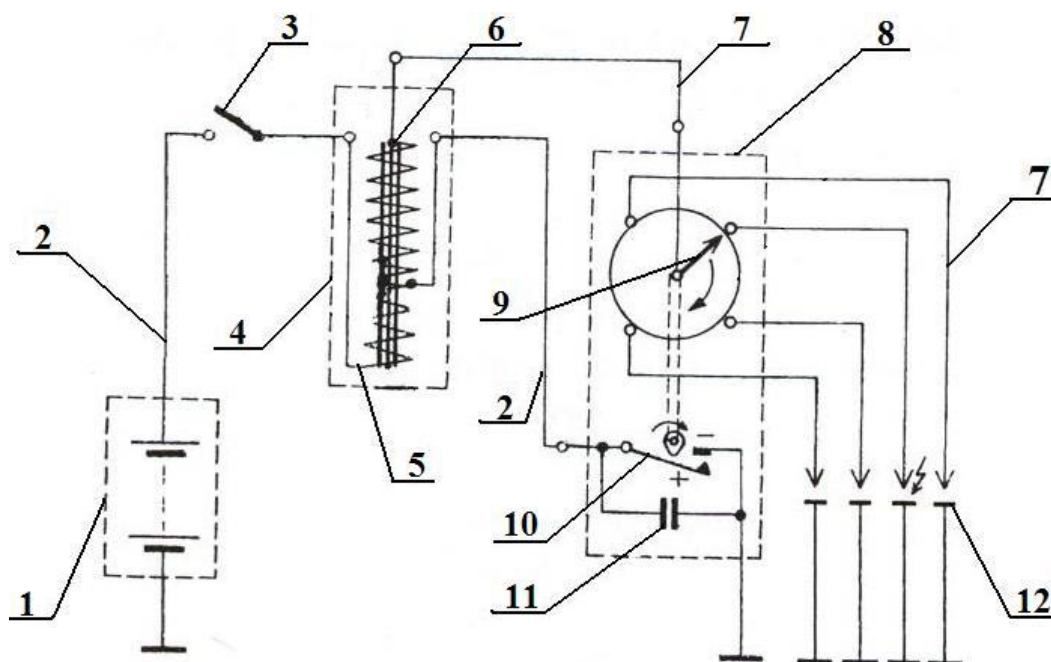
Vznětové motory, jak už dle jejich názvu vyplývá, pracují na principu samovznícení směsi za relativně vysokých hodnot kompresních tlaků a teplot. Jelikož pro přestavbu vznětového motoru na zážehový je výhodné snížit kompresní poměr, zanikne tak i možnost využívat vlastnosti samovznícení směsi ve spalovacím prostoru.

Za této podmínky je nutné instalovat zapalovací soustavu, jako další nezbytnou komponentu vznětového motoru.

Zapalovací soustava konvenčního zážehového motoru obsahuje zejména tyto komponenty: - Akumulátor

- Přívodní a silové vodiče
- Zařízení pro vytvoření vysokého napětí (obvykle indukční cívka nebo vysokokapacitní kondenzátor)
- Přerušovací okruh zapalování
- Rozdělovač zapalování
- Zapalovací svíčky

Obrázek 5.1: Zapalovací soustava motoru



Zdroj: MOTEJL, HOREJŠ, 1998

Části:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 – Akumulátor | 7 – Silové vodiče |
| 2 – Přívodní vodiče | 8 – Těleso rozdělovače |
| 3 – Spínací skříňka | 9 – Raménko rozdělovače |
| 4 – Indukční cívka | 10 – Přerušovač |
| 5 – Primární vinutí indukční cívky | 11 – Kondenzátor |
| 6 – Sekundární vinutí indukční cívky | 12 – Zapalovací svíčky |

Akumulátor:

Z hlediska přestavby vznětového motoru na motor zážehový není nutné přikládat akumulátoru větší pozornost, než je nezbytně nutné.

Avšak z hlediska pohonu vznětového motoru na plynné palivo, konkrétně na dřevoplyn, je nutné, aby bylo přihlédnuto i k funkčním vlastnostem akumulátoru, a to zejména ke jmenovité kapacitě akumulátoru z toho důvodu, že vznětový motor spalující dřevoplyn, má ohledně startování a pohonu dalších potřebných doinstalovaných zařízení komplikace, které jsou uvedeny dále v této práci.

Z tohoto důvodu by měl mít akumulátor takové parametry, které budou odpovídat potřebám na akumulátor kladeným.

Vzhledem k tomu, že akumulátory jako zdroje elektrické energie nejsou dnes, i přes jejich zdokonalené technologie a možnosti využití, optimálním řešením, bylo by z hlediska dodávání energie potřebné pro spouštění motoru a ekonomiky provozu optimálním řešením pro kogenerační jednotky využití elektrické energie z elektrické rozvodné sítě.

Využívání elektrické energie z elektrické rozvodné sítě by sice vyžadovalo pár menších úprav (jako například měnič napětí 230/12 V a usměrňovač), ale výsledný provoz motoru na elektřinu takto dodávanou by byl ekonomičtější, jelikož i sebedokonalejší akumulátor má zatím omezenou životnost a potřebuje častou kontrolu a údržbu.

Přívodní a silové vodiče:

Tyto součásti nově instalované zapalovací soustavy vznětového motoru se nebudou nijak výrazně lišit od zapalovací soustavy zážehového motoru, a proto je výhodné z ekonomického hlediska použít komponenty, které jsou na trhu běžně k dostání a finanční investice do těchto potřebných komponent není nijak náročná i pro běžného spotřebitele.

Zařízení pro vytvoření vysokého napětí:

Každá zapalovací soustava zážehového motoru se rozděluje na dva základní okruhy, z nichž každý plní v zapalovací soustavě jinou funkci.

První okruh je takzvaný primární (nízkonapěťový) okruh, který má za úkol především dodat elektrickou energii potřebnou pro vytvoření zapalovací jiskry

do indukční cívky, nebo vysokonapětového kondenzátoru.

Druhý okruh zapalovací soustavy je takzvaný okruh sekundární (vysokonapětový), který vytváří elektrický impulz v indukční cívce, nebo ve vysokonapětovém kondenzátoru. Tento impulz je dále přes vysokonapětové silové vodiče, rozdělovač zapalování a zapalovací svíčky přiveden do spalovacího prostoru, kde vykonává funkci zapálení směsi.

Nejčastějším a konstrukčně jednodušším způsobem vytvoření vysokonapětového impulzu je indukční cívka. Indukční cívka, jak už z jejího názvu vyplývá, pracuje na principu elektromagnetické indukce, což v praxi znamená, že při změně elektromagnetického pole na primárním vinutí cívky, se mění vlivem elektromagnetické indukce napětí na sekundárním vinutí cívky. Pokud se velikost elektrického napětí na primárním vinutí zmenšuje, pak se velikost elektrického napětí na sekundárním vinutí cívky zvětšuje. Velikost elektrické energie, vzniklé na sekundárním vinutí indukční cívky je přímo úměrná počtu závitů sekundárního vinutí cívky.

Způsob tvorby elektrického impulzu potřebného k zapálení směsi za pomoci vysokonapětového kondenzátoru, jenž funguje na principu kumulování elektrické energie a následnému vytvoření zapalovacího impulzu pro zapálení směsi ve spalovacím prostoru. Kondenzátorové zapalování má nevýhodu ve složitosti konstrukce a proto by nebylo pro přestavbu vznětového motoru na zážehový z hlediska technické proveditelnosti a ekonomické náročnosti vhodným řešením.

Podrobnější popis funkce jednotlivých částí zapalovací soustavy a postupu vzniku elektrického impulzu a následného zapálení směsi ve spalovacím prostoru není možné z hlediska obsáhlosti onoho tématu zapalovací soustavy v rámci této práce popisovat.

Rozdělovač zapalování:

Aby bylo možné upravit vznětový motor na motor zážehový, je nutné dodatečně přidat jako další komponentu motoru rozdělovač zapalování, který zajišťuje rozdělení jednotlivých zapalovacích impulzů od indukční cívky

k zapalovací svíčce.

Pomineme-li nejmodernější technologie distribuce paliva u vznětových motorů do spalovacího prostoru, jako jsou motory s přímým vstřikováním paliva a elektronicky řízeným spalovacím procesem, u něhož se zmíněné řízení spalovacího procesu provádí nastavováním množství dodávaného paliva řídicí jednotkou, existují také další typy distribuce paliva a to za použití vstřikovacího vysokotlakého čerpadla. Vstřikovací čerpadla se rozdělují na dva základní typy. Na vstřikovací čerpadla řadová a na vstřikovací čerpadla rotační – axiální.

Z hlediska použitelnosti čerpadla pro předělání vznětového motoru na zážehový nezáleží ve větší míře na tom, je-li to čerpadlo řadové, nebo rotační.

Úpravou vznětového motoru z kapalného paliva na palivo plynného skupenství je dosaženo i nepotřeby zmíněných vstřikovacích čerpadel, které je možné za tímto účelem demontovat, jelikož jsou již nevyužitelné. Po demontáži vstřikovacího čerpadla vznikne prostor pro montáž dodatečného rozdělovače zapalování, jenž je možné umístit do původní pozice vstřikovacího čerpadla.

Pohon rozdělovače zapalování je možné realizovat pomocí využití původního pohonu vstřikovacího čerpadla, jelikož pohon vstřikovacího čerpadla je proveden ozubeným soukolím, popřípadě řetězovým převodem.

Rozdělovač je opatřen raménkem rozdělovače, které se otáčí ve směru otáčení motoru a zajišťuje tak distribuci vysokonapěťových impulzů k jednotlivým zapalovacím svíčkám. Těleso rozdělovače obsahuje také přerušovač, který přerušuje tok elektrického proudu přes indukční cívku a zánik elektromagnetického pole v primárním vinutí indukční cívky. Další částí rozdělovače je kondenzátor, který zabraňuje poškozování („opalování“) kontaktů přerušovače.

Přerušovací okruh zapalování:

Pro vytvoření elektrického impulzu je nezbytné, aby zapalovací soustava motoru obsahovala i přerušovač. Přerušovač je konstrukčně velmi namáhaná součást zapalovací soustavy, neboť její funkcí je přerušování toku elektrického proudu.

Přerušovač je z toho důvodu namáhan jak elektrickým obloukem, který vzniká při přerušování elektrického proudu, tak i mechanickým namáháním, jelikož je konstruován jako vačkový mechanismus a stejně jako kterákoliv jiná část motoru

podléhá opotřebení.

Přerušovač je většinou umístěn v tělese rozdělovače zapalování, a proto se ve většině případů provedení jedná o sdruženou součást se společnou hřídelí, která zajišťuje jak pohon rozdělovače, tak i pohon přerušovače.

Zapalovací svíčky:

Vzhledem k tomu, že vznětový motor, respektive hlava válců vznětového motoru, není konstruována pro umístění zapalovací svíčky, je nutné pro montáž zapalovací svíčky hlavu válců vznětového motoru uzpůsobit.

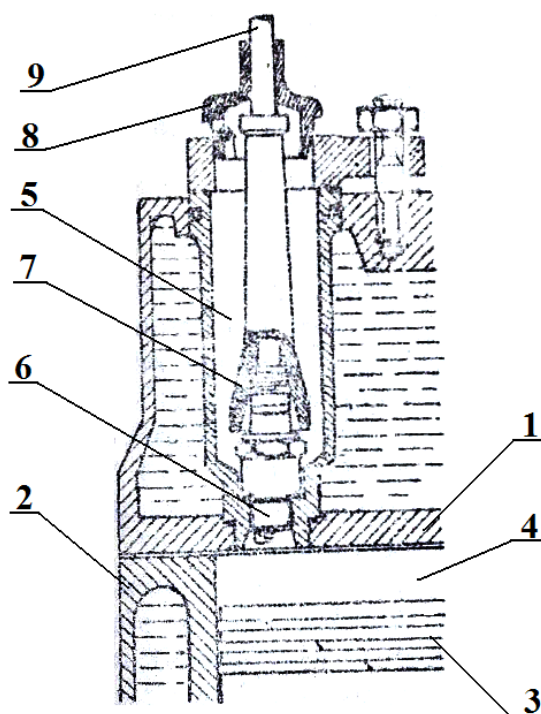
Jelikož se při přestavbě vznětového motoru na motor zážehový mohou demontovat vstřikovače motorové nafty od vysokotlakého vstřikovacího čerpadla a žhavicí svíčky, které zajišťují přehřátí vzduchu před vstříknutím motorové nafty, je nasnadě využít vzniklý otvor po těchto dvou komponentách právě pro montáž zapalovací svíčky.

Pakliže by rozměrově nevyhovovaly otvory pro montáž zapalovacích svíček z důvodu jiné velikosti závitů, je možné při variantě většího závitu po vstřikovači, než závit zapalovací svíčky, použití závitové vložky, která by problém odstranila.

V případě závitu o menším průměru po demontáži vstřikovače, než je závit zapalovací svíčky, je možné provést zvětšení průměru tohoto vnitřního závitu v podobě převrtání a vyříznutí závitu nového, odpovídajícímu průměru závitu zapalovací svíčky.

Možnost úpravy hlavy válců vznětového motoru pro instalaci zapalovací svíčky je znázorněn na následujícím obrázku.

Obrázek 5.2: Hlava válce vznětového motoru s namontovanou zapalovací svíčkou



Zdroj: MRÁZ, V., MRÁZ, J., 1954

Části:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 – Hlava válce | 6 – Zapalovací svíčka |
| 2 – Blok motoru | 7 – Koncovka zapalovací svíčky |
| 3 – Píst | 8 – Pryžové utěsnění otvoru vstřikovače |
| 4 – Spalovací prostor | 9 – Vysokonapětový přívodní vodič |
| 5 – Otvor pro vstřikovač | |

Zapalovací svíčky pro montáž do vznětového motoru je nutné vybírat podle požadavků jednotlivých druhů plyných paliv, pro které bude motor upraven.

Oba typy plynů mají rozdílné zápalné teploty, přičemž bioplyn má zápalnou teplotu přibližně 650 – 750 °C a dřevoplyn má zápalnou teplotu přibližně 560°C. Z toho vyplývá, že při volbě zapalovací svíčky je nutné dbát na její teplotní rozsah, aby bylo možné použití jedné zapalovací svíčky pro oba druhy plyných paliv. V dnešní době se už ale prodávají i speciální zapalovací svíčky, které problém výběru vhodné svíčky značně ulehčují.

5.2 Doplnění vznětového motoru o komponenty nutné pro hybridní pohon bioplynem a dřevoplynem

5.2.1 Palivová soustava neupraveného vznětového motoru

Vznětový motor, upravený na motor zážehový, nebude již ke svému chodu potřebovat klasickou palivovou soustavu, která obvykle obsahuje části jako palivovou nádrž, přívodní palivové hadice a potrubí, palivový čistič, dopravní palivové čerpadlo, vstřikovací čerpadlo, vysokotlaké palivové potrubí, vstřikovače atp.

Z tohoto důvodu se při úpravě vznětového motoru na motor zážehový demontuje v podstatě celý okruh palivové soustavy, která zajišťovala dopravu motorové nafty do spalovacího prostoru.

5.2.2 Palivová soustava vznětového motoru pro pohon na bioplyn

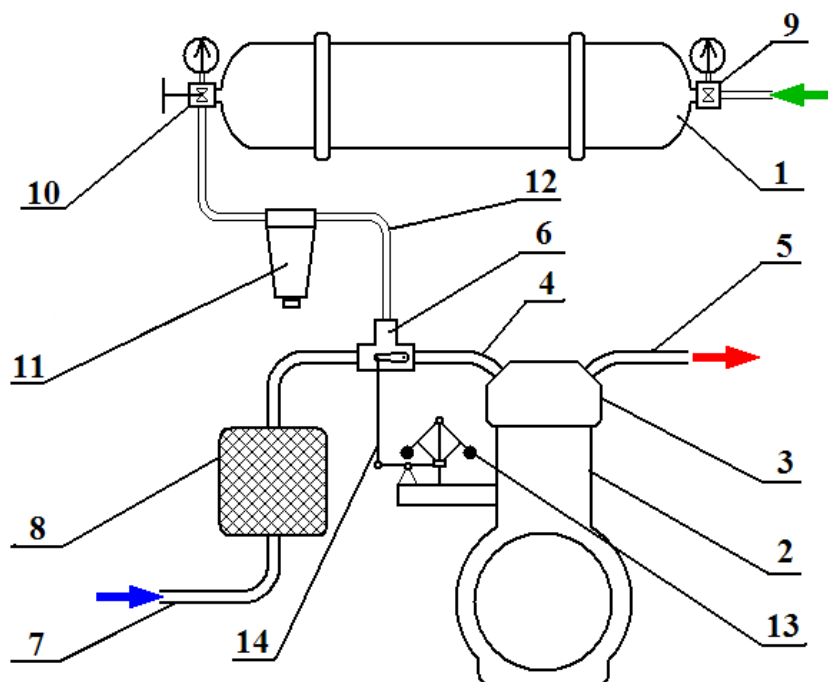
Aby bylo možné použití bioplynu jako pohonného paliva pro vznětový motor, je třeba zajistit, aby byla do příslušenství vznětového motoru namontována taková palivová soustava bioplynu, která bude schopna zajistit stálou rovnoměrnou dodávku bioplynu a bude pokud možno kvalitativně na stále stejné úrovni.

Jinými slovy je zapotřebí, aby palivová soustava vznětového motoru pro pohon bioplynem měla přibližně stejné vlastnosti, jako palivová soustava konvenčního vznětového motoru spalujícího motorovou naftu.

Jelikož se oba typy palivových soustav, tedy soustava bioplynu a motorové nafty, od sebe velice liší, ať už fyzikálními, nebo chemickými vlastnostmi, je proto nutné vytvořit pro bioplyn zcela odlišnou konstrukci palivové soustavy, která ovšem musí splňovat výše uvedené podmínky, aby byl zajištěn správný chod motoru.

Návrh konstrukce palivové soustavy pro pohon bioplynem je uveden na schématu níže v této práci.

Obrázek 5.3: Schéma bioplynové palivové soustavy



Části:

- | | |
|---|--|
| 1 – Zásobník bioplynu | 10 – Uzavíratelný přepouštěcí ventil a tlakoměr |
| 2 – Motor | 11 – Čistič bioplynu |
| 3 – Hlava válců | 12 – Plynová potrubí |
| 4 – Sací potrubí | 13 – Odstředivý regulátor otáček motoru |
| 5 – Výfukové potrubí | 14 – Táhlo odstředivého regulátoru otáček motoru |
| 6 – Směšovač bioplynu a vzduchu | ← – Přívod bioplynu |
| 7 – Nasávací otvor čističe vzduchu | → – Nasávání vzduchu |
| 8 – Čistič vzduchu | → – Výfukové spaliny |
| 9 – Plnicí ventil zásobníku bioplynu s tlakoměrem | |

Palivová soustava, schematicky znázorněna na obrázku 5.3, obsahuje komponenty, které budou popsány v následujících odstavcích.

Zásobník bioplynu:

Aby bylo možné použití bioplynu k pohonu spalovacího motoru, je nutné vytvořit dostatečnou zásobu plynu, jelikož spalovací motor má rozdílné nároky na potřebu plynu a tudíž by palivová soustava, která by nezahrnovala zásobník plynu, nemohla progresivně reagovat na aktuální zatížení a požadavky motoru.

Zásobník bioplynu v podobě tlakové nádoby je schopen jímat bioplyn a uchovávat jej v takové podobě, která zajistí bezproblémový provoz spalovacího motoru i v okamžiku, kdy není z jakéhokoliv důvodu možné dodávat bioplyn do motoru. Z toho vyplývá, že je zásobník bioplynu nezbytnou součástí palivové soustavy vznětového motoru, předělaného na pohon plynným palivem.

Plynová potrubí:

Bez bioplynových potrubí a přívodních hadic by byl provoz spalovacího motoru nemožný, jelikož zajišťují dodávku bioplynu do motoru. Jejich funkce bude dostatečná, jestliže bude splněna podmínka těsnosti spojů a potrubí ani hadice nebudou mechanicky poškozeny.

Vzhledem k tomu, že na bioplynové přívodní potrubí nejsou kromě výše uvedených podmínek, kladeny žádné speciální požadavky, není třeba se těmito součástmi palivové soustavy dále zabývat.

Ventily a tlakoměry:

Vzhledem k omezeným možnostem tlakové soustavy bioplynu je třeba umístit do palivové soustavy spalovacího motoru i ventily a tlakoměry.

Pro lepší kontrolu palivové soustavy je vhodné umístit do soustavy ventily s tlakoměry celkem dva. První z nich je plnicí ventil zásobníku bioplynu. Jeho činnost spočívá pouze v jednocestném usměrnění bioplynu a zabraňování úniku bioplynu ze zásobníku a tlakoměr ukazuje tlak v přívodní cestě plnění zásobníku.

Druhým ventilem v palivové soustavě je ventil přepouštěcí, který je mechanicky uzavíratelný a je sdružený s tlakoměrem. Tento ventil v palivové soustavě zajišťuje hlavně možnost mechanického uzavření palivové soustavy bioplynu, například z důvodu prováděné údržby spalovacího motoru apod.

Tlakoměr sdružený s tímto ventilem ukazuje hodnotu tlaku v zásobníku bioplynu a obsluha motoru a palivové soustavy má tak přehled o tom, kdy je potřeba doplnit zásobník bioplynu tak, aby bylo možné jej využívat k zásobování palivové soustavy, pokud ono samotné doplňování zásobníku neprobíhá kontinuálně, anebo automaticky.

Čistič bioplynu:

Bioplyn, který je přiváděn do zásobníku bioplynu, je již upravený a očištěný od mechanických nečistot. Teoreticky by tedy nebylo nutné instalovat do palivové soustavy motoru další čistič bioplynu.

Proto je tato součást zakomponována do palivové soustavy převážně z toho důvodu, aby byla zajištěna opravdu dokonalá čistota a kvalita bioplynu. Tím, že se do palivové bioplynové soustavy zakomponuje ještě jeden čistič, má zároveň obsluha spalovacího motoru dokonalejší přehled o kvalitě dodávaného plynu, neboť stav tohoto čističe je možné pravidelně kontrolovat.

5.2.2.1 Směšovač bioplynu a vzduchu

Vzhledem ke složitosti a důležitosti směšovače bioplynu a vzduchu, je tomuto zařízení věnována celá samostatná kapitola.

Aby bylo z technologického hlediska proveditelné smísení přiváděného bioplynu ze zásobníku bioplynu s nasávaným vzduchem, je bezpodmínečně nutné vložit do cesty nasávanému vzduchu mezi vzduchový čistič a sací potrubí mísící zařízení, které bude zajišťovat dokonalé promísení bioplynu a vzduchu.

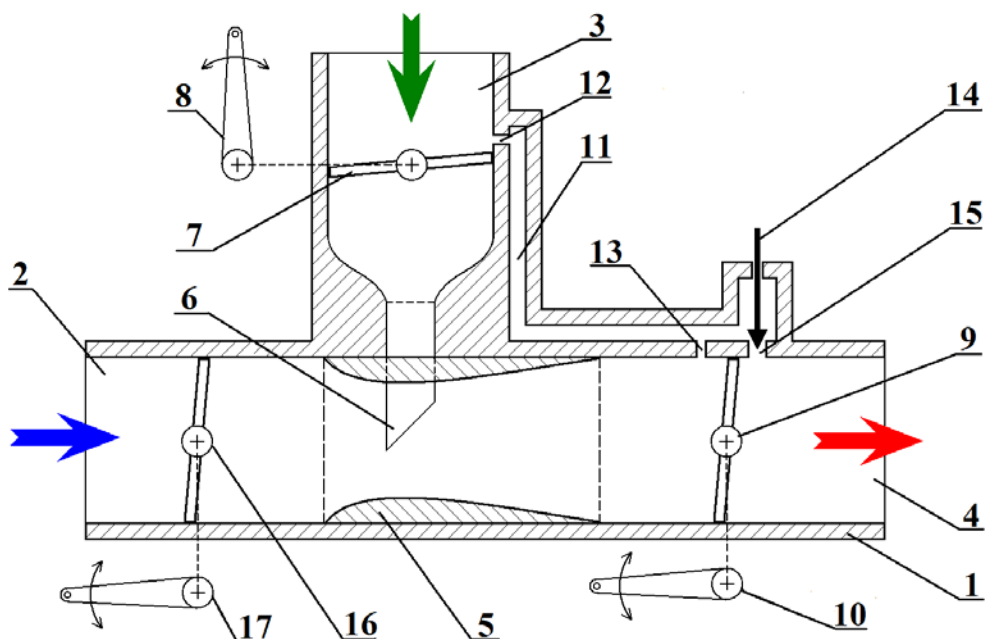
Za tímto účelem se montuje na sací potrubí takzvaný směšovací ventil, neboli směšovač, umožňující požadované smísení nasávaného vzduchu a bioplynu v takovém poměru, který je závislý na zatížení motoru.

Další požadovanou funkcí směšovače je zabránění motoru v nekontrolovatelném rozběhu a překročení povolených a požadovaných otáček (samozřejmě v rozpětí s určitou tolerancí), aby nedošlo k poškození motoru a aby bylo možné nastavit motoru požadovaný počet otáček, které jsou optimální například z hlediska neekonomičtějšího využití bioplynu při pohonu připojeného elektrogenerátoru spalovacím motorem na bioplyn.

Proto musí směšovač také bezpodmínečně obsahovat omezovací a zároveň regulační člen. Tento člen se většinou zabezpečuje pomocí odstředivého regulátoru otáček, o němž je napsána samostatná kapitola dále v této práci.

Návrh konstrukce směšovače, který by mohl být použit pro pohon spalovacího motoru bioplynem je uveden na následujícím obrázku.

Obrázek 5.4: Směšovač bioplynu a nasávaného vzduchu



Části:

- | | |
|--|---|
| 1 – Těleso směšovače | 13 – Vstupní otvor pro vzduch okruhu volnoběhu |
| 2 – Vstupní otvor nasávaného vzduchu | 14 – Jehlový regulační šroub volnoběžných otáček motoru |
| 3 – Vstupní otvor nasávaného bioplynu | 15 – Výstupní otvor směsi okruhu volnoběhu |
| 4 – Výstupní otvor směsi vzduchu a bioplynu | 16 – Škrticí klapka nasávaného vzduchu |
| 5 – Difuzor | 17 – Ovládací páka škrticí klapky nasávaného vzduchu |
| 6 – Přívod bioplynu do difuzoru | |
| 7 – Škrticí klapka bioplynu | |
| 8 – Ovládací páka škrticí klapky bioplynu | |
| 9 – Škrticí klapka nasávané směsi | |
| 10 – Ovládací páka škrticí klapky nasávané směsi | |
| 11 – Okruh nastavení volnoběhu | |
| 12 – Vstupní otvor pro bioplyn okruhu volnoběhu | |
| | <p>↓ – Směr vstupu bioplynu</p> <p>→ – Směr vstupu vzduchu</p> <p>→ – Směr výstupu směsi bioplynu a vzduchu</p> |

Popis funkce a částí:

Směšovač se umístí na přívod sacího potrubí a vzduchového filtru, a při spalovacím procesu přes směšovač proudí nasávaný vzduch, který se mísí s bioplynem ze zásobníku bioplynu.

Ve směšovači je umístěn difuzor, který má za úkol dvě hlavní funkce,

kteře vycházejí z jeho konstrukční podstaty, jelikož difuzor není z konstrukčního hlediska nic jiného, nežli vložená část se zúžením do cesty nasávaného vzduchu.

První funkcí difuzoru je zajištění rychlejšího proudění vzduchu dle Bernoulliho zákona v zúženém místě. Na základě tohoto zákona nastává současně při zvýšení rychlosti proudění vzduchu i snížení tlaku v prostoru difuzoru a tím k vytváření podtlaku. Tohoto jevu se využívá u karburátorů zážehových motorů k dopravě benzínu z plovákové komory do injektoru a následnému promísení s nasávaným vzduchem.

Vzhledem k tomu, že směšovač a celý vznětový motor přestavěný na motor zážehový pracuje pouze s plynem, nikoliv kapalinou, není jevu „přísávání“ benzínu z plovákové komory zapotřebí, tudíž je difuzor u takto konstruovaného směšovače využíván hlavně k dalšímu účelu.

Při rychlejším proudění nasávaného vzduchu difuzorem nastává dokonalejší promísení obou plynů – tedy jak nasávaného vzduchu, tak bioplynu. Proti karburátorovým motorům má vznětový motor se směšovačem tu výhodu, že není nutné dávat při konstruování směšovače takový důraz na dokonalé rozprášení paliva, jelikož směšovač pracuje pouze s plyny, u nichž není smísení výrazným nedostatkem a směšovacího poměru se dosahuje mnohem snadněji a to také díky dalšímu jevu, jenž vzniká při proudění vzduchu difuzorem. Jde o jev, který se nazývá laminární proudění a tohoto jevu je možné při konstrukci směšovače využít zejména k tomu účelu, aby byl přisávaný bioplyn rovnoměrněji smísen s nasávaným vzduchem, čímž dojde ke snadnějšímu vzniku směsi o stechiometrickém poměru.

Škrticí klapky bioplynu a nasávaného vzduchu slouží ve směšovači k usnadnění nastavení optimálního směšovacího poměru pro spalování a nastavování škrticích klapek bioplynu a nasávaného vzduchu je provedeno pákami, umístěnými na hřidelích škrticích klapek.

Další škrticí klapka je umístěna za difuzorem, a její funkcí je nastavovat množství nasávané směsi bioplynu a vzduchu a tím nastavovat požadovaný počet pracovních otáček motoru. Na hřideli škrticí klapky nasávané směsi bioplynu

a vzduchu je namontována páka, kterou se provádí regulace množství nasávané směsi a tím i požadovaný počet otáček motoru. K páce pro nastavení požadovaných otáček motoru je také připojen ovládací člen od mechanického regulátoru otáček, který zajišťuje stálý nastavený počet otáček motoru tak, jako je tomu u vznětových motorů s omezovacím, nebo výkonnostním regulátorem otáček motoru, jenž je u vznětových motorů součástí vstřikovacího čerpadla.

Dalším důležitou částí směšovače nasávaného bioplynu a vzduchu by měl být okruh volnoběhu, který má za úkol zajištění volnoběžných otáček motoru při uzavřené škrticí klapce nasávané směsi. Tento okruh v podstatě zajišťuje chod motoru při stavu, při kterém je škrticí klapka nasávané směsi uzavřena, ale je nutné zajištění stálého chodu motoru. Nastavení volnoběžných otáček motoru v okamžiku, kdy je motor v režimu volnoběžných otáček se provádí jehlovým regulačním šroubem volnoběžných otáček motoru. Samotná regulace volnoběžných otáček se realizuje jehlovým ventilem změnou velikosti výstupního otvoru směsi vzduchu a bioplynu okruhu volnoběhu.

Detailnější parametry směšovače by bylo nutné specifikovat dle potřeb konkrétního typu motoru s ohledem na jeho požadavky.

Odstředivý regulátor otáček motoru:

Pro zajištění bezpečnosti provozu spalovacího motoru a pro zajištění životnosti jednotlivých částí spalovacího motoru, jako je například píst a podobně, je potřeba instalovat jako další příslušenství motoru omezovač otáček, aby nedocházelo k nekontrolovatelnému zvýšení otáček, které by zapříčinily právě poškození motoru.

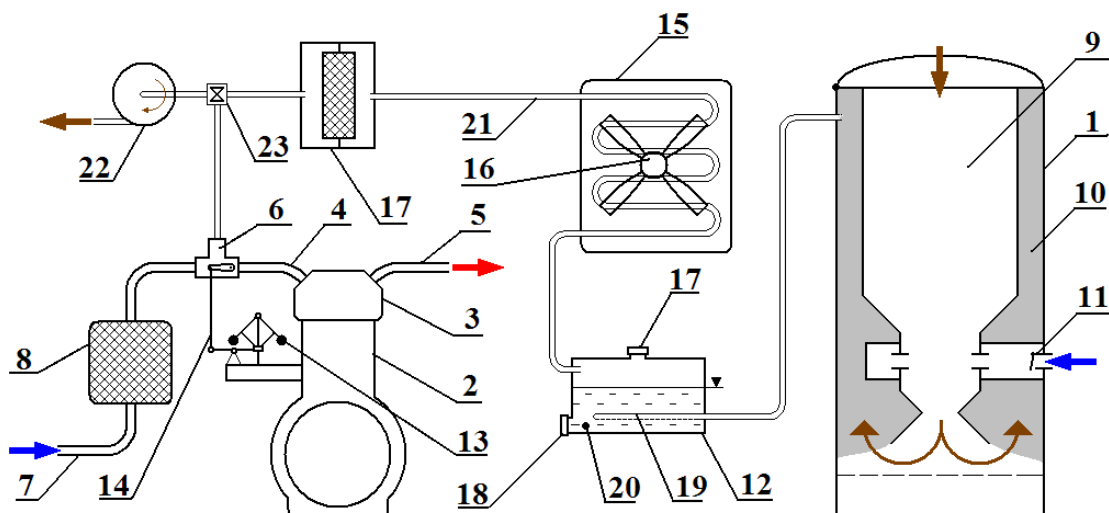
Nejjednodušším řešením by z hlediska konstrukce příslušenství motoru bylo namontovat omezovač otáček motoru na společnou hřídel přerušovače a rozdělovače zapalování a samotný převod mezi regulátorem otáček a směšovačem by bylo možné realizovat mechanicky pomocí bovdenových táhel nebo za pomoci pákového převodu. Samostatné provedení převodů by záleželo na konstrukci motoru, umístění směšovače a jiných faktorech, jež by ovlivňovaly konstrukci mechanického převodu ovládání otáček motoru.

5.2.3 Palivová soustava vznětového motoru pro pohon na dřevoplyn

Tak, jako je nutné u palivové soustavy vznětového motoru upraveného na pohon bioplynem zachovat základní požadavky na palivovou soustavu, jako je například množství dodávky bioplynu do spalovacího motoru, nebo kvalita dodávaného bioplynu atp., je stejně tak nutné při konstruování motoru, potažmo palivové soustavy pro pohon na dřevoplyn zachovat parametry, za kterých budou zajištěny základní podmínky pro spalovací proces.

Dřevoplynová palivová soustava, která by vyhovovala požadavkům spalovacího vznětového motoru, by měla vypadat tak, jako je zobrazeno na obrázku uvedeném na následující stránce (obrázek byl z důvodu přehlednosti umístěn na samostatnou stránku níže, aby bylo zabráněno oddělení části popisků od obrázku).

Obrázek 5.5: Schéma dřevoplynové palivové soustavy



Části:

- | | |
|--|--|
| 1 – Dřevoplynový generátor | 15 - Chladič dřevoplynu |
| 2 – Motor | 16 – Ventilátor chladiče dřevoplynu |
| 3 – Hlava válců | 17 – Jemný čistič dřevoplynu |
| 4 – Sací potrubí | 18 – Uzávěry pro doplňování
a vyprazdňování zásoby vody
v hrubém kapalinovém čističi |
| 5 – Výfukové potrubí | 19 – Vzdušník kapalinového čističe |
| 6 – Směšovač bioplynu a vzduchu | 20 – Kapalina v hrubém čističi |
| 7 – Nasávací otvor čističe vzduchu | 21 – Plynová potrubí |
| 8 – Čistič vzduchu | 22 – Ventilátor dřevoplynu |
| 9 – Prostor pro dřevěné palivo | 23 – Uzavírací ventil ventilátoru |
| 10 – Oblast stoupajícího dřevoplynu | → – Přívod vzduchu do sacího potrubí |
| 11 – Vstup přísávaného vzduchu
do dřevoplynového generátoru | → – Výfukové spaliny |
| 12 – Hrubý kapalinový čistič | ← – Výstup dřevoplynu z ventilátoru |
| 13 – Odstředivý regulátor otáček
motoru | ↓ – Směr vkládání dřevní hmoty |
| 14 – Táhlo odstředivého regulátoru
otáček | ← – Přisávání vzduchu do dřevoplynového generátoru |

Dřevoplynová palivová soustava znázorněná na obrázku 5.5, se skládá z jednotlivých částí, jež některé z nich se z určité části, anebo úplně shodují s částmi palivové soustavy vznětového motoru pro pohon bioplynem.

Z tohoto důvodu budou na následujících stránkách bakalářské práce uvedeny

a popsány pouze ty části palivové soustavy vznětového motoru pro pohon dřevoplynem, které se liší od částí bioplynové palivové soustavy.

Dřevoplynový generátor:

Nejdůležitější částí dřevoplynové palivové soustavy je vyvíječ dřevoplynu. Vyvíječ dřevoplynu neboli dřevoplynový generátor, zajišťuje stálou dodávku paliva pro spalovací motor a velikost dřevoplynového generátoru musí být odpovídající potřebám spalovacímu motoru. Součástí dřevoplynového generátoru je i přísávací otvor pro vzduch, aby bylo zajištěno spalování dřevních hmot v dřevoplynovém generátoru. Přísávací otvor obsahuje zpětnou klapku, která se při chodu motoru vlivem podtlaku v sacím potrubí otevře a umožní tak přístup vzduchu do dřevoplynového generátoru. Při zastavení chodu motoru přestane na vzdouvací klapku působit podtlak, ta se vlivem gravitace vrátí do původní uzavřené polohy a zamezí tak přístupu vzduchu do dřevoplynového generátoru a následnému dalšímu vývinu plynu.

Podrobnější popis dřevoplynového generátoru a chemickým procesům uvnitř dřevoplynového generátoru při vytváření dřevoplynu je věnována kapitola v první části této práce, proto se dále dřevoplynovému generátoru nebudu věnovat.

Hrubý kapalinový čistič:

Při chemických procesech, za kterých vzniká spalováním dřevní hmoty dřevoplyn, vzniká současně s dřevoplynem i velké množství hrubých nečistot a popelovin, které by se mohly při spalovacím procesu negativně projevit na opotřebení jednotlivých částí spalovacího motoru.

Aby bylo množství oněch hrubých nečistot a popelovin co nejmenší, vkládá se do cesty dřevoplynu hrubý kapalinový čistič. V podstatě se jedná o jednoduchou nádobu opatřenou uzávěry pro doplňování a vyprazdňování zásoby vody v čističi, vzdušník na přívodním potrubí dřevoplynu, který slouží k rozptýlení dřevoplynu ve vodním prostředí a samotný kapalinový čistič je z části naplněn vodou, která zajišťuje právě ono pročištění dřevoplynu.

Hrubý kapalinový čistič působí do jisté míry i jako předřadný chladič dřevoplynu, jelikož při rozptylování a „propírání“ dřevoplynu ve vodě, dochází i k jeho částečnému ochlazování. Výrazu „částečného ochlazování“ je uveden

zejména proto, že toto ochlazování je účinné pouze do určité doby, než se vlivem teploty ohřeje i samotná voda. Proto slouží hrubý kapalinový čistič zejména k úpravě kvality dřevoplynu.

Při ohřívání vody dochází i k současnému odpařování vody a z tohoto důvodu jsou na hrubém čističi uzávěry. Horní uzávěr slouží k doplnění kapaliny a spodní uzávěr pak zejména k vypouštění vody v čističi (například za účelem údržby), neboť časem se vodní prostředí může zaneść hrubými nečistotami a popelovinami a pozbyť funkce.

Chladič dřevoplynu:

Vznik dřevoplynu je bezprostředně spojený s vysokou teplotou, jelikož dřevoplyn vzniká při spalování dřevní hmoty, proto je nutné, aby se dřevoplyn před nasátím do sacího potrubí a spalovacího prostoru ochladil na teplotu okolního prostředí, tedy na přibližně stejnou teplotu, jakou má nasávaný vzduch přes čistič nasávaného vzduchu.

Ochlazení dřevoplynu je nutné ze dvou hlavních důvodů. Prvním z nich je ten, že by neochlazený dřevoplyn o vysoké teplotě mohl svou vysokou teplotou narušit ostatní příslušenství palivové soustavy. Ono samotné narušení součástí palivové soustavy by mohlo vést až k nefunkčnosti jednotlivých součástí nebo i celku, popřípadě k havárii spalovacího motoru.

Jelikož se dřevoplyn získává spalováním dřevěné hmoty za vysoké teploty, dochází také při ohřívání dřevoplynu k nechtěné teplotní roztažnosti tohoto plynu, což by mělo negativní vliv na stálost složení směsi, která vzniká ve směšovači.

Změna složení dřevoplynu by se tímto způsobem projevila na směšovacím poměru, potažmo na chodu spalovacího motoru, proto je velice nutné ochladit dřevoplyn na teplotu, která nebude ovlivňovat směšovací poměr, což je druhým důvodem pro ochlazování dřevoplynu.

Pro ochlazování dřevoplynu se proto zařazuje do palivové soustavy chladič dřevoplynu, který zajistí dostatečné ochlazení dřevoplynu na teplotu, která je vhodná pro vytvoření spalovací směsi. Konstrukce chladiče dřevoplynu může být velice podobná nebo dokonce shodná s konstrukcí běžného chladiče, sloužícího k ochlazení

chladičí kapaliny spalovacího motoru s tím rozdílem, že chladič spalovacího motoru pracuje na principu náporového proudění vzduchu chladičem, a proto by v případě potřeby bylo u dřevoplynového chladiče nutné zajištění nuceného proudění ochlazujícího vzduchu v podobě přidaného ventilátoru.

Vzhledem k tomu, že při ochlazování dřevoplynu dochází ke kondenzaci vodních par na vnitřních stěnách potrubí chladiče, je proto chladič polohován nad kapalinovým čističem, aby mohla kondenzovaná voda odtékat do hrubého čističe.

Jemný čistič dřevoplynu:

Hlavním úkolem jemného čističe, je odstranění zbytků drobných nečistot, které by se mohly v dřevoplynu vyskytovat i po průchodu hrubým kapalinovým čističem.

Stav znečištění jemného čističe dřevoplynu vypovídá o kvalitě dřevoplynu, který je dodáván do směšovače. Proto musí být konstruován s ohledem na možnou kontrolu stavu znečištění obsluhou a případnou možnou výměnu filtrační části čističe dřevoplynu.

Z technologického hlediska není jemný čistič dřevoplynu složitou součástí palivové soustavy motoru, proto není nutné se jemným čističem dále podrobněji zabývat.

Ventilátor dřevoplynu:

Další částí palivové soustavy musí být ventilátor dřevoplynu. Jelikož spalovací motor zajišťuje při svém chodu podtlak v sacím potrubí a směšovači, je nutné zabezpečit pro funkčnost dřevoplynové palivové soustavy podtlak v palivové soustavě i při režimech, za kterých je spalovací motor mimo činnost – například při spouštění motoru.

Z tohoto důvodu se musí do palivové soustavy zakomponovat ventilátor, který zajistí rozdmýchání dřevoplynu v dřevoplynovém generátoru. Pohon ventilátoru je možné realizovat za pomoci připojeného elektromotoru, nebo je možné ventilátor obsluhovat ručně, což ale není z hlediska snadné obsluhy nejvhodnějším řešením.

Před ventilátor je nutné umístit ventil, který umožní zapojení ventilátoru

do palivové soustavy za účelem rozdmýchání dřevoplynového generátoru v době, kdy ještě není motor v činnosti (například před spouštěním motoru) a současné odpojení větve palivového potrubí, vedoucí ke směšovači dřevoplynu se vzduchem.

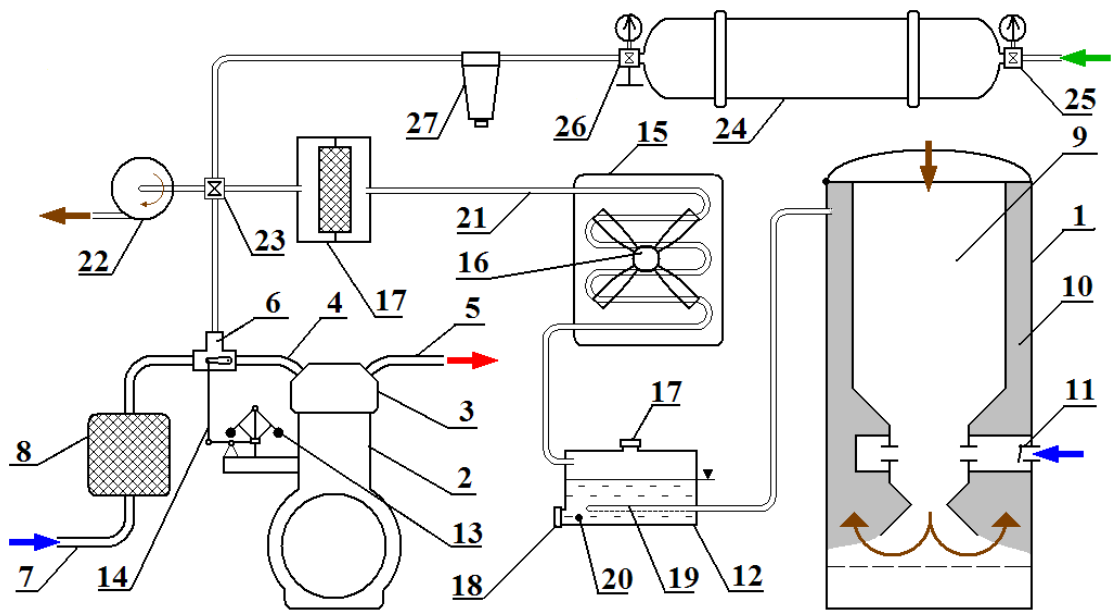
Z konstrukčního hlediska se může jednat o jednoduchý třícestný ventil, který je ovládán mechanicky obsluhou motoru, nebo elektronicky pomocí nastavovacího servomechanizmu.

5.2.4 Porovnání obou druhů palivových soustav

Palivová soustava vznětového motoru na bioplyn a palivová soustava vznětového motoru na dřevoplyn jsou uvedeny a popsány v předchozích kapitolách.

Při porovnávání obou druhů palivových soustav a návrhu případného řešení konstrukce hybridního pohonu na bioplyn a dřevoplyn by mohlo být při konstruování ucelené soustavy, skládající se z obou těchto palivových soustav, použito následujícího řešení zapojení jednotlivých palivových soustav (obrázek byl z důvodu přehlednosti umístěn na samostatnou stránku níže, aby bylo zabráněno oddělení části popisků od obrázku).

Obrázek 5.6: Schéma hybridní palivové soustavy



Části:

- | | |
|---|--|
| 1 – Dřevoplynový generátor | 18 – Uzávěry pro doplňování a vyprazdňování zásoby vody v hrubém kapalinovém čističi |
| 2 – Motor | 19 – Vzdušník kapalinového čističe |
| 3 – Hlava válců | 20 – Kapalina v hrubém čističi |
| 4 – Sací potrubí | 21 – Plynová potrubí |
| 5 – Výfukové potrubí | 22 – Ventilátor dřevoplynu |
| 6 – Směšovač bioplynu a vzduchu | 23 – Uzavírací ventil ventilátoru |
| 7 – Nasávací otvor čističe vzduchu | 24 – Zásobník bioplynu |
| 8 – Čistič vzduchu | 25 – Plnicí ventil zásobníku bioplynu |
| 9 – Prostor pro dřevěné palivo | 26 – Uzavíratelný přepouštěcí ventil |
| 10 – Oblast stoupajícího dřevoplynu | 27 – Čistič bioplynu |
| 11 – Vstup přísávaného vzduchu do dřevoplynového generátoru | ➡ – Přívod vzduchu do sacího potrubí |
| 12 – Hrubý kapalinový čistič | ➡ – Výfukové spaliny |
| 13 – Odstředivý regulátor otáček motoru | ➡ – Výstup dřevoplynu z ventilátoru |
| 14 – Táhlo odstředivého regulátoru otáček motoru | ➡ – Směr vkládání dřevní hmoty |
| 15 – Chladič dřevoplynu | ➡ – Přisávání vzduchu do dřevoplynového generátoru |
| 16 – Ventilátor chladiče dřevoplynu | ➡ – Přívod bioplynu |
| 17 – Jemný čistič dřevoplynu | |

Z předchozího obrázku je zřejmé, že pro použití hybridního pohonu vznětového spalovacího motoru nejsou nutné žádné zvláštní úpravy, než ty, které jsou zapotřebí pro pohon jednotlivými druhy paliv a tedy jednotlivými palivovými soustavami.

Jedinou výjimku tvoří uzavírací ventil ventilátoru, který při hybridním pohonu vznětového motoru na dva rozdílné druhy paliv musí tvořit zároveň jakýsi přepínací člen, který zajistí možnost volby mezi jednotlivými druhy palivových soustav.

Z konstrukčního hlediska by se mohlo jednat pouze o jednoduchý čtyřcestný ventil, který přestavením umožní volbu mezi jednotlivými palivovými soustavami.

Protože jsou oba druhy palivových soustav podrobně popsány a vysvětleny v předchozích kapitolách, nebude se jimi tato práce dále podrobněji zabývat.

6 Předpokládané složení spalin motoru na hybridní pohon

Konvenční spalovací motor musí z ekologického hlediska splňovat několik základních požadavků, které na něj kladou legislativní normy. Dříve nebyly nároky na spalovací motor tak vysoké, jako jsou dnes.

Při použití spalovacího motoru, poháněného bioplymem a dřevoplymem je nutné dbát na to, aby složení výfukových plynů hybridního spalovacího motoru vyhovovalo současným legislativním normám.

Aby spalovací motor, pracující na hybridní pohon bioplymem a dřevoplymem, vyhovoval emisním limitům, je zapotřebí dodávat motoru palivo nejvyšší možné kvality, proto se následující část práce zabývá způsoby vyčištění paliv ještě před použitím paliva ve spalovacím motoru, respektive v palivové soustavě motoru.

6.1 Předpokládané složení spalin motoru spalujícího bioplyn

Při použití bioplynu jako paliva pro spalovací motor se využívá metanu (CH_4) zastoupeného v bioplynu přibližně 55 – 70 %.

Další složkou, která má výraznější zastoupení v bioplynu, je oxid uhličitý (CO_2) a jeho podíl v bioplynu uvádí literatura mezi 25 – 50 %, viz kapitola složení bioplynu v první části práce.

Poslední složkou bioplynu, jež si zaslouží pozornost, a je z ekologického hlediska nežádoucí, je sirovodík (H_2S), který je v bioplynu obsažen necelými třemi procenty.

Oxid uhličitý (CO_2) a sirovodík (H_2S) obsažené v bioplynu jsou z ekologického hlediska významnými prvky, které mají negativní vliv na využitelnost potenciálu spalovacího motoru (CO_2) a životní prostředí (H_2S), a proto je nutné, aby byl obsah oxidu uhličitého a sirovodíku ve výfukových plynech co možná nejnížší.

Při spalování bioplynu zůstává ve výfukových plynech přebytek oxidu uhličitého, který nemá závažnější dopad na životní prostředí, ale z hlediska využití

bioplynu je nevhodný. Sirovodík má však nežádoucí dopad na životní prostředí, jelikož spalováním sirovodíku se tento přeměňuje na oxid siřičitý, který znečišťuje ovzduší.

Proto se bioplyn čistí ještě před dodávkou bioplynu do palivové soustavy motoru.

Čištění bioplynu:

Způsobem odstranění oxidu uhličitého a sirovodíku z bioplynu je takzvané propírání bioplynu ještě před přivedením do palivové soustavy spalovacího motoru.

Propírání bioplynu se provádí tak, že se bioplyn stlačí kompresorem a následně se nechá bioplyn projít přes vodní clonu (takzvaná vodní pračka), ve které se oxid uhličitý a sirovodík rozpustí. Následně prostupuje bioplyn přes vysoušeč, který sníží vlhkost bioplynu a dále přes čistič bioplynu do kompresoru, kterým je bioplyn stlačen a přiváděn do zásobníku bioplynu potažmo do palivové soustavy spalovacího motoru.

Takto ošetřený bioplyn obsahuje pouze nepatrné množství obou nežádoucích složek – oxidu uhličitého a sirovodíku, přičemž tímto způsobem odloučený oxid uhličitý je využitelný v jiných oblastech, například jako hnojivo pro rostliny, nebo k potravinářským účelům.

6.2 Předpokládané složení spalin motoru spalujícího dřevoplyn

Hlavní použitelnou hořlavou chemickou složkou dřevoplynu je oxid uhelnatý (CO), který je kromě jiných složek využíván z dřevoplynu, jako paliva pro spalovací motor a je v dřevoplynu zastoupen přibližně 23 %. Dalšími hořlavými složkami dřevoplynu jsou vodík (H₂), přičemž jeho obsah v dřevoplynu je přibližně 15% a metan (CH₄), jehož dřevoplyn obsahuje pouze asi 2 %.

Z nehořlavých složek dřevoplynu se pak jedná o dusík (N) s 50 % obsahu v dřevoplynu a také oxid uhličitý (CO₂), který má přibližně 10% podíl v dřevoplynu.

Vzhledem k tomu že je oxid uhelnatý – hlavní hořlavá složka dřevoplynu – jedovatý a škodlivý, je nutné dbát na to, aby při průchodu dřevoplynu spalovacím procesem byla použita co největší část oxidu uhelnatého, v optimálním případě

všechn oxid uhelnatý obsažený v dřevoplynu. Maximální využití oxidu uhelnatého při spalovacím procesu je nutné nejen z hlediska využitelnosti paliva, ale také proto, že se oxid uhelnatý při spalování přeměňuje na nejedovatý a méně škodlivý oxid uhličitý (CO₂).

Protože ale i při těch nejideálnějších podmínkách, optimálním směšovací poměru směsi a za všech režimů nespoteřebuje spalovací motor všechny dodávaný oxid uhelnatý, zůstává tedy ve výfukových plynech obsaženo určité množství škodlivého oxidu uhelnatého, který je potřeba nějakým způsobem odstranit a zabránit tak škodlivému vlivu na životní prostředí.

Za účelem odstranění jedovatého oxidu uhelnatého je možné namontovat do cesty výfukovým plynům na výfukové potrubí katalyzátor, který by problémem se znečišťováním životního prostředí odstranil, anebo by negativní dopad škodlivin na životní prostředí alespoň výrazně zmírnil.

Katalyzátor:

Způsobem odstranění oxidu uhelnatého z dřevoplynu je použití katalytického konvertoru – katalyzátoru – jako součásti výfukového potrubí spalovacího motoru.

Katalyzátor pracuje na principu urychlení chemických dějů, které vznikají při přeměně jedné chemické látky na druhou. Katalyzátor tak vstupuje do chemické reakce, urychlí ji a následně z chemické reakce vystupuje nezměněn, přičemž napomohl urychlení této chemické reakce.

V dnešní době nejčastěji používaným katalyzátorem výfukových plynů je katalyzátor třícestný, který je pro své rozšíření nejdostupnější, a proto by bylo vhodné z hlediska použitelnosti pro redukci výfukových plynů motoru, spalujícího dřevoplyn, použít právě tento druh katalyzátoru.

Konstrukčně se katalyzátor skládá ze dvou hlavních částí. Jedná se o kovový obal tělesa katalyzátoru a tzv. nosič aktivní vrstvy katalyzátoru. Kovový obal má za úkol pouze tvořit nosnou část katalyzátoru a jeho tvary a provedení se liší jednotlivými typy katalyzátorů, proto není potřeba se tímto dílem dále podrobněji zabývat.

Nosič aktivní vrstvy, jak už z názvu vyplývá, má za úkol tvořit nosnou část pro aktivní vrstvu katalyzátoru, která je nanesena na povrchu nosiče. Ten má tvar

a provedení jako kanálky, jejichž plocha pro snadnější představu zaujímá rozměr přibližně dvou fotbalových hřišť a je vyroben buďto z kovu, nebo z keramického materiálu.

Na nosiči je nanášena aktivní vrstva, která při průchodu výfukových plynů, potažmo oxidu uhelnatého, reaguje s tímto plynem přeměnou na oxid uhličitý a snižuje tak dopad oxidu uhelnatého na životní prostředí. Aktivní vrstva je tvořena buďto kombinací prvků platina-palladium, nebo platina-rhodium.

Shrnutí:

Neupravený vznětový motor, jehož palivem při svém obvyklém provozu je motorová nafta, produkuje při provozu mnohem vyšší procento škodlivých emisí, nežli vznětový motor upravený pro pohon na bioplyn. Nižší obsah oxidu uhličitého ve výfukových plynech při spalování bioplynu je zapříčiněn tím, že se bioplyn skládá hlavně z metanu (CH_4), jehož molekula obsahuje pouze jeden atom uhlíku, kdežto molekula motorové nafty obsahuje v průměru přibližně 15 atomů uhlíku. Z předchozího vyplývá, že obsah oxidu uhličitého (CO_2) ve výfukových plynech motoru spalujícího bioplyn je přibližně o 20 až 25 % nižší, nežli při spalování motorové nafty.

Při použití dřevoplynu spalovacím motorem, nastává však problém s obsahem oxidu uhelnatého, a to především z důvodu nedokonalého spalování oxidu uhelnatého, které za určitého provozního režimu může zcela jistě nastat. Tento problém je však možné alespoň z části odstranit použitím katalyzátoru, který zajistí snížení škodlivých látek ve výfukových plynech spalovacího motoru, jak je uvedeno výše.

7 Jednoduchá ekonomická kalkulace spalovacího motoru

7.1 Návrh typu a vlastností vznětového motoru

Pro hybridní pohon vznětového motoru a následného použití vznětového motoru například jako malé kogenerační jednotky je zapotřebí, aby měl vznětový motor určité vlastnosti.

Jednou z hlavních vlastností při výběru vhodného vznětového motoru je jeho pořizovací cena, která může u některých typů motoru hravě dosáhnout třeba i přes hranici 100 000 Kč. Takový motor by nebyl ale při použití jako malé kogenerační jednotky zapotřebí, proto by bylo vhodné použití levnějšího motoru.

Vhodným motorem by proto mohl být například čtyřválcový motor, který má objem válců přibližně 1600 – 2000 cm³ a výkon mezi 50 – 100 kW.

Výše zmíněný motor by nebyl tak drahý, vzhledem k jeho současnému hojnému používání u osobních automobilů, tedy případné dostupnosti na trhu, počtu válců, použité technologii při výrobě atp.

7.2 Návrh typu a vlastností elektrogenerátoru

Při porovnání dnešního nepřeberného množství elektrogenerátorů, které jsou dostupné na trhu a zjištění dostupných informací je nasnadě využití jako kogenerační jednotky takový elektrogenerátor, který bude schopen při běžném provozu zajistit dodávku elektrické energie v rozpětí cca. 50 – 100 kWh.

Vzhledem k dnešním možnostem trhu a způsobu využití elektrogenerátoru pro výrobu elektrického proudu by bylo nejvhodnějším řešením použití asynchronního motoru, který by dosahoval udávaného výkonu řádově při 1500 otáčkách za minutu.

Asynchronní elektrogenerátor by však v tomto případě nebylo možné použít jako náhradní zdroj elektrické energie, jelikož asynchronní motor pracuje pouze tehdy, pokud odebírá z elektrické rozvodné sítě malé množství elektrické energie, potřebné pro buzení elektromotoru, tudíž by se muselo při konstruování vhodné kogenerační jednotky k tomuto faktu přihlédnout.

V případě, že by bylo zapotřebí dodávat elektrickou energii vytvořenou

kogenerační jednotkou i při absenci elektrické rozvodné sítě, bylo by vhodnější použití synchronního elektrogenerátoru, jelikož tento je schopen pracovat i jako náhradní zdroj při výpadku elektrické sítě, popřípadě jako náhradní zdroj v neelektrifikovaných oblastech.

7.3 Ekonomická kalkulace provozu hybridního motoru

7.3.1 Spotřeba nasávané směsi motorem

Výše udávaný vznětový motor má navrhované rozpětí objemu válců mezi 1600 a 2000 cm³. Z tohoto údaje vyplývá, že průměrná hodnota vhodného motoru s ohledem na pořizovací cenu, provozní náklady atp. je 1800 cm³.

Čtyřdobý spalovací motor má, jak již z názvu vyplývá, čtyři pracovní doby (sání, stlačení, výbuch, výfuk), které se postupně vystřídají během dvou otáček klikové hřídele. Z toho vyplývá, že pouze jedna doba spalovacího motoru – sání – je doba, která udává potřebné množství směsi a toto potřebné množství směsi je závislé na objemu válců motoru.

Spalovací motor o objemu válců 1800 cm³ má tedy objem jednoho válce 450 cm³. Jestliže při 1500 pracovních otáčkách motoru nasává motor směs plynu a vzduchu pouze při každé druhé otáčce motoru, znamená to tedy, že jeden válec motoru nasaje při 1500 otáčkách 750 krát.

Objem nasáté směsi jedním válcem motoru:

$$V_1 = \text{počet nasátí} \cdot \text{objem 1 válce} [cm^3]$$

$$V_1 = 750 \cdot 450 [cm^3]$$

$$V_1 = 337500 [cm^3]$$

Jeden válec motoru o objemu 450 cm³ nasaje tedy při 1500 otáčkách motoru 337 500 cm³ potřebné směsi plyného paliva a vzduchu.

Objem nasáté směsi čtyřmi válci motoru:

$$V_c = V_1 \cdot \text{počet válců} [cm^3]$$

$$V_c = 337\,500 \cdot 4 [cm^3]$$

$$V_c = 1\,350\,000 [cm^3] = 1,35 [m^3]$$

Z předchozího výpočtu vyplývá, že čtyřválcový motor při 1500 otáčkách za minutu spotřebuje 1,35 m³ potřebné směsi plynného paliva a vzduchu.

Hodinová spotřeba motoru:

Jelikož se elektrický výkon elektrogenerátoru udává v kilowatthodinách (kWh), musí být i údaj o spotřebě směsi spalovacího motoru udáván v porovnatelných jednotkách, tedy v m³ za hodinu. Pro převedení spotřeby směsi, která je u předchozího výpočtu vypočítána pro 1500 otáček za minutu, nám slouží následující výpočet:

$$V = V_c \cdot 60 [m^3]$$

$$V = 1,35 \cdot 60 [m^3]$$

$$V = 81 [m^3]$$

Po přepočtu vychází hodinová spotřeba spalovacího motoru na 81 m³ za hodinu při 1500 otáčkách za minutu, nebo také 90 000 otáčkách motoru za hodinu.

Jelikož nebyl při výpočtu započítáván součinitel zaplnění objemu válců motoru, který má vliv na objem směsi plynného paliva a vzduchu, nasáté do spalovacího prostoru, je potřeba tento ukazatel zohlednit. Obvyklá hodnota součinitele zaplnění objemu válců η_0 se pohybuje v rozmezí 0,95 až 0,90, proto je vhodné při výpočtu hodinové spotřeby směsi počítat s nižším množstvím nasáté směsi, která se tedy pohybuje namísto výše uvedených 81 m³ za hodinu mezi 76,95 m³ za hodinu a 72,90 m³ za hodinu. Průměrná hodnota hodinové spotřeby nasávané směsi motorem je tedy 74,925 m³ za hodinu.

Po zaokrouhlení na celé metry krychlové vychází přibližná hodinová spotřeba nasávané směsi plynného paliva a vzduchu na 75 m³ za hodinu.

7.3.2 Hodinová spotřeba bioplynu

V předchozí kapitole práce je vypočítaná hodnota spotřeby nasávané směsi plynného paliva a vzduchu. Tato hodnota ale neudává, jaká je spotřeba motoru jednotlivých složek, zastoupených v nasávané směsi, tedy nasávaného bioplynu a vzduchu.

Jelikož se plynné palivo – v tomto případě bioplyn – mísí ve směšovači se vzduchem v určitém poměru, je zapotřebí pro výpočet spotřeby paliva znát směšovací poměr bioplynu a vzduchu.

Ideální směšovací poměr se nazývá směšovacím poměrem stechiometrickým a jeho hodnota udává poměr mezi množstvím vzduchu a paliva, potřebného k vytvoření směsi, jenž má optimální vlastnosti z hlediska spalovacího procesu.

Udávaný stechiometrický poměr nasávaného vzduchu a bioplynu je uveden v první části této práce a jeho hodnota je 5,7 m³ vzduchu ku 1 m³ bioplynu, tedy 5,7 : 1. To znamená, že k ideálnímu hoření 1 metru krychlového bioplynu je zapotřebí 5,7 metrů krychlových vzduchu.

Určení množství spotřebovaného bioplynu při spotřebě 75 m³ směsi bioplynu a vzduchu za hodinu udává následující výpočet:

Stanovení hodinové spotřeby bioplynu:

$$V_B = \frac{\text{hodinová spotřeba motoru}}{\text{potřebný objem vzduchu} + \text{potřebný objem bioplynu}} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_B = \frac{75}{5,7 + 1} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_B = \frac{75}{6,7} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_B = 11,19 \text{ [m}^3\text{]}$$

Z výpočtu vyplývá, že množství bioplynu, které spotřebuje spalovací motor během jedné hodiny je přibližně 11,19 m³.

7.3.3 Hodinová spotřeba dřevoplynu

V dostupné literatuře pojednávající o výtěžnosti dřevoplynu, jsou uvedeny hranice zápalnosti dřevoplynu smíšeného se vzduchem, mezi hodnotami 4,5 – 35 %.

Aby bylo možné vypočítat stechiometrický poměr dřevoplynu a vzduchu a následnou hodnotu hodinové spotřeby dřevoplynu, je nutné nejprve určit obsah dřevoplynu ve vzduchu, který má v tomto případě průměrnou hodnotu vypočítanou dle následujícího výpočtu:

$$\bar{x} = \frac{(4,5 + 35)}{2} [\%]$$

$$\bar{x} = \frac{39,5}{2} [\%]$$

$$\bar{x} = 19,75 [\%]$$

Vypočítaná průměrná hodnota hranic zápalnosti dřevoplynu se vzduchem je tedy 19,75 %. Tato hodnota však nemá ve smyslu stechiometrického poměru vypovídající hodnotu, proto je zapotřebí vypočítat právě hodnotu stechiometrického poměru:

19,75 % 1 díl dřevoplynu

100 % X dílů vzduchu

$$X = \frac{1}{19,75} \cdot 100 [\text{díků dřevoplynu}]$$

$$X = 5,06 \cong 5,1 [\text{díků dřevoplynu}]$$

Pro vytvoření teoretického přibližného stechiometrického poměru vzduchu a dřevoplynu je zapotřebí, aby byl nasávaný vzduch a dřevoplyn ve směšovacím poměru 5,1 : 1 z čehož vyplývá, že pro vytvoření stechiometrického poměru je zapotřebí 5,1 m³ nasávaného vzduchu a 1 m³ dřevoplynu.

Po výpočtu přibližného stechiometrického poměru je možné vypočítat spotřebu spalovacího motoru, který spaluje směs dřevoplynu a vzduchu. Pro výpočet spotřeby dřevoplynu je použit následující výpočet:

Stanovení hodinové spotřeby dřevoplynu:

$$V_D = \frac{\text{hodinová spotřeba motoru}}{\text{potřebný objem vzduchu} + \text{potřebný objem dřevoplynu}} [\text{m}^3]$$

$$V_D = \frac{75}{5,1 + 1} [\text{m}^3]$$

$$V_D = \frac{75}{6,1} [\text{m}^3]$$

$$V_D = 12,30 [\text{m}^3]$$

Množství dřevoplynu, které spotřebuje spalovací motor během jedné hodiny provozu, je výpočtem udávaným výše stanoveno na přibližnou hodnotu 12,30 m³.

7.4 Využití elektrické a tepelné energie kogenerační jednotky

7.4.1 Využití elektrické energie

V předchozích kapitolách je tedy vypočítána přibližná hodnota hodinové spotřeby spalovacího motoru, pracujícího na bioplyn, která činí 11,19 m³·h⁻¹ a hodinová spotřeba spalovacího motoru pracujícího dřevoplyn, která dle výsledků vyšla 12,30 m³·h⁻¹. Z těchto hodnot vyplývá, že má spalovací motor přibližně stejnou hodinovou spotřebu obou plynů.

Spalovací motor spotřebuje tedy za hodinu provozu určitý objem bioplynu, nebo dřevoplynu a chemická energie, která je obsažena v palivu se ve spalovacím motoru přemění na mechanickou práci.

Při použití spalovacího motoru a elektrogenerátoru jako kogenerační jednotky je tedy elektrogenerátor poháněn spalovacím motorem a vytváří tak elektrickou energii, kterou je možné odebírat.

Jestliže je v části práce, která pojednává o volbě elektrogenerátoru napsáno, že by tento mohl mít jmenovitý výkon mezi 50 – 100 kWh, pak se vychází z průměrné hodnoty tohoto udávaného rozpětí, která činí 75 kWh.

Při výpočtu využitelné elektrické energie se musí také počítat s určitou elektrickou účinností elektromotoru η_m , která se u dnešních vysoce výkonných elektromotorů běžně pohybuje okolo 89 – 94 %. Průměrná hodnota účinnosti

elektromotoru je tedy přibližně 91,5 %.

Bude-li tedy elektromotor připojený ke spalovacímu motoru a bude-li vyrábět elektrickou energii s výše vyjádřenou elektrickou účinností motoru, pak jeho využitelný elektrický výkon bude přibližně 68,6 kWh.

Ceny elektrické energie jsou v dnešní době poměrně vyšší, než tomu bylo dříve, a proto se výnosy z takto vyrobené elektrické energie kladně projeví na ekonomice objektu, pro který by byla elektrická energie kogenerační jednotkou dodávána. Přebytečná elektrická energie, kterou by objekt nespotřeboval, by bylo možné dodávat do elektrické rozvodné sítě, což by se projevilo na snížení výdajů za elektrickou energii a dalším finančním přínosům.

7.4.2 Využití tepelné energie

Vzhledem k tomu, že spalovací motor připojený k elektromotoru, vytváří při své činnosti značné množství tepelné energie v podobě odpadního tepla, bylo by tedy vhodné tuto tepelnou energii dodatečně využívat.

Využití tepelné energie by bylo z konstrukčního hlediska velice jednoduché. Na chladicí kapalinový okruh spalovacího motoru by se umístilo vhodné přírodní potrubí a chladicí kapalina spalovacího motoru by se rozvedla do prostor, které by takto použitelnou tepelnou energii spotřebovaly. Těmito „spotřebiči“ tepelné energie by mohly být například bojler pro ohřev vody, plavecké bazény o malém objemu, vytápění místností apod.

Z ekonomického hlediska by využití takto nahromaděné tepelné energie bylo velice přínosné, neboť objekt, který by se musel v obvyklé situaci (tedy v situaci, kdy by nebylo využito tepelné energie spalovacího motoru pro vytápění objektu) spolehnout na tepelnou energii jiného zdroje tepla, by mohl při použití kogenerační jednotky využívat tepelnou energii spalovacího motoru. Toto by se samozřejmě kladně projevilo na ekonomické stránce objektu, který by ušetřené finance za vytápění prostor atd. mohl použít v jiných potřebnějších oblastech.

Využití odpadního tepla má ještě jeden neopomenutelný způsob využití, a to v podobě ohřevu fermentačních nádrží, ve kterých vzniká bioplyn. Pokud by se k ohřevu fermentačních nádrží používal jiný zdroj tepelné energie, znamenalo by to zbytečné navýšení provozních nákladů při výrobě bioplynu, a proto by použití tepelné energie spalovacího motoru bylo velice vhodné.

8 Závěr

Použití bioplynu a dřevoplynu jako paliv pro hybridní spalovací motor je z hlediska použitelnosti možné, avšak je nutné dbát na určité komplikace, které mohou při tomto způsobu využití obou plynů nastat. Například problémy spojené s utěsněním palivových soustav, nebo problém s možným ohrožením zdraví a života při manipulaci s dřevoplynem, který obsahuje jedovatý oxid uhelnatý – hlavní hořlavou složku dřevoplynu.

Při výběru spalovacího motoru by bylo zapotřebí dbát zvýšené pozornosti u jednotlivých komponent motoru, aby se při následném použití spalovacího motoru předešlo nečekaným potížím při montáži jednotlivých druhů palivových soustav, popřípadě potřebného příslušenství palivových soustav.

Konstrukci jednotlivých částí, jako například směšovače plynného paliva se vzduchem, by bylo třeba přizpůsobit požadavkům jednotlivých plynných paliv a konkrétním požadavkům spalovacího motoru. Z technologického hlediska se ale jedná o proveditelný způsob mísení plynného paliva se vzduchem.

Zhodnotí-li se ekologická stránka provozu hybridního spalovacího motoru, pracujícího na bioplyn a dřevoplyn, pak ekologičtějším z obou druhů paliv je bioplyn, který se po vyčištění ještě před použitím ve spalovacím motoru, stává méně škodlivým, nežli motorová nafta. Dřevoplyn je méně ekologicky výhodným palivem, nežli bioplyn, jelikož hlavní hořlavou složkou dřevoplynu je oxid uhelnatý, a ten se při nedokonalém hoření nepřeměňuje na méně škodlivý oxid uhličitý, proto je s tímto palivem problém v odstraňování škodlivých látek z výfukových plynů.

Z ekonomického hlediska je použití bioplynu a dřevoplynu jako paliv pro spalovací motor velice výhodné, jelikož výnosy z případného provozu spalovacího motoru, provozovaného jako kogenerační jednotky s elektrogenerátorem, převyšují náklady na provoz spalovacího motoru a kogenerační jednotku lze využít jak pro výrobu elektrické energie, tak pro vytápění prostor nebo ohřev vody.

9 Summary

Bachelor's work on the theme "Look into possibility and propose eventually adjustments of combustion engine for hybrid propulsion Biogas and Woodgas" is contributed to three parts.

First part is concerned by methods principals and chemicals process of genesis Biogas and Woodgas and also their features and composition.

The second part of work is concerned by selection of suitable combustion engine for hybrid propulsion and necessary adjustments of engine for purpose guarantee of function.

Component of work are also adjustments of Biogas and Woodgas that they are necessary for satisfy ecological criterion for combustion engines and simply economical calculation for purpose state of economical aspect using of combustion engine for hybrid propulsion.

The Result of work is estimation of options of using combustion engine for hybrid propulsion of Biogas and Woodgas.

Key words:

Biogas; Woodgas; hybrid propulsion; combustion engine; ignition; economy

10 Seznam použité literatury

Český výbor zemědělské společnosti a společnosti potravinářského průmyslu ČSVTS. *Výroba a využití bioplynu v ČSSR*. Praha: Český výbor zemědělské společnosti ČSVTS, 1987. 138 s.

Dům techniky ČSVTS Praha. *Pohon automobilů stlačeným plynem*. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1986. 85 s.

Gasification Australia [online]. 2007 [cit. 2011-02-08]. History. Dostupné z WWW: <http://www.gasificationaustralia.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31>.

GÜNTHER, L., OBADAL, P. Metoda BCM® - výroba bioplynu z odpadu. *Biom.cz* [online]. 2005-11-30 [cit. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/metoda-bcm-vyroba-bioplynu-z-odpadu>.

JAN, Z., KUBÁT J., ŽDÁNSKÝ, B. *Elektrotechnika motorových vozidel 1*. 1. vydání. Brno: Avid s.r.o., 2001. 199 s.

JAN, Z., KUBÁT J., ŽDÁNSKÝ, B. *Elektrotechnika motorových vozidel 2*. 1. vydání. Brno: Avid s.r.o., 2001. 155 s.

JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B. *Automobily 3 : Motory*. 1. vydání. Brno: Avid s.r.o., 2000. 165 s.

KVAPIL, M. *Energy Bulletin* [online]. 2010 [cit. 2011-02-08]. Mají budoucnost auta na dřevoplyn?. Dostupné z WWW: <<http://www.energybulletin.cz/?q=clanek/maji-budoucnost-auta-na-drevoplyn>>.

MOTEJL, V., HOREJŠ, K., KOŠEK, J., ZELINKA, B., *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Vydání první. Brno: Littera, 1998. 503 s. ISBN 80-85763-00-1.

MRÁZ, V., MRÁZ, J. *Dřevoplynové generátory*. Vydání 1. Praha: Naše vojsko, 1954. 85 s.

NAVRÁTIL, J. *Domácí kůtil a... dřevoplyn*. Vydání 1. - 1998. Tiskárna Olomouc, Studentská 5, 77164 Olomouc: Vydal vlastním nákladem, 1998. 132 s. ISBN 80-902244-2-3.

PASTOREK, Z., WOLFF, J. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. 32 s.

SCHULZ, H., EDER, B. *Bioplyn v praxi: Teorie-projektování-stavba zařízení-příklady*. 1. české vydání 2004. Ostrava-Plesná: Nakladatelství HEL, ul. 26. dubna 208, 2004. 168 s. ISBN 80-86167-21-6.

Skupina ČEZ [online]. 2009 [cit. 2011-02-06]. Bioplyn. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/vyzkum-a-vyvoj/trendy-v-energetice/alternativni-paliva/bioplyn.html>>.

ŠMERDA, T., ČUPERA, J., NOVÁK, P. Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Mechanizace zemědělství: odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku*. 2010, 7/2010, s. 28-31. ISSN 0373-6776.