

Využití etanolu ve vznětových motorech

ETHANOL UTILIZATION IN THE COMPRESSION IGNITION ENGINES

Jan Hromádko, Vladimír Hönig, Jiří Hromádko, Petr Miler, Michal Schwarzkopf
Česká zemědělská univerzita v Praze a Ministerstvo životního prostředí

Doprava se stává jedním z hlavních znečišťovatelů ovzduší. V Evropské unii je dopravní sektor druhým nejvyšším producentem skleníkových plynů ihned po energetice. V České republice je na třetím místě za oblastmi energetiky a průmyslu. Klíčem ke snížení produkce skleníkových plynů je zlepšení účinnosti spalování ve vozidlech spolu s výrazným zvýšením využíváním alternativních paliv, zejména biopaliv (1).

Jedním z vhodných biopaliv použitelných ve spalovacích motorech je bioetanol (v podmínkách ČR vyráběný převážně

z cukrovky a obilí) (2). Použití bioetanolu v zážehových motorech nepředstavuje výrazný problém, je také podstatně rozšířenější než v motorech vznětových z důvodu odlišnosti parametrů etanolu a motorové nafty (tab. I.). Hlavní problém představuje nízká vznětlivost (cetanové číslo pouze 8), která musí být zvýšena speciálními aditivami. I přes výraznou aditivaci nelze etanol spalovat v běžných vznětových motorech, je tedy nutné provést jejich nezbytnou úpravu (3, 4). Základní úprava spočívá ve zvýšení kompresního poměru na 25 a více a změně dimenzování vstřikovacího systému, která je nutná vzhledem k nízké výhřevnosti etanolu. Takto upravený motor již nelze provozovat na běžnou naftu. V současné době je tento způsob využití bioetanolu ve vznětových motorech využíván firmou Scania, která ve švédském Stockholmu provozuje na dvě stě městských autobusů. Palivo, které je pak používáno v těchto motorech je označováno jako E95 a skládá se z 95 % etanolu a 5 % aditiv podporujících vznětlivost (5).

Další možností je použití dvoupalivového systému s oddělenou nádrží. Lze použít např. vstřík etanolu do spalovacího prostoru samostatným vstřikovačem současně se vstřikem zapalovací dávky motorové nafty druhým vstřikovačem. Jiná možnost spočívá v nasávání zápalné směsi etanolu se vzduchem. Příprava směsi se uskutečňuje obdobně jako v motorech zážehových buď v karburátoru, nebo nízkotlakým vstřikováním před sací ventil. Vlastní zapálení směsi se zajišťuje opět vstříknutím zapalovací dávky motorové nafty (6).

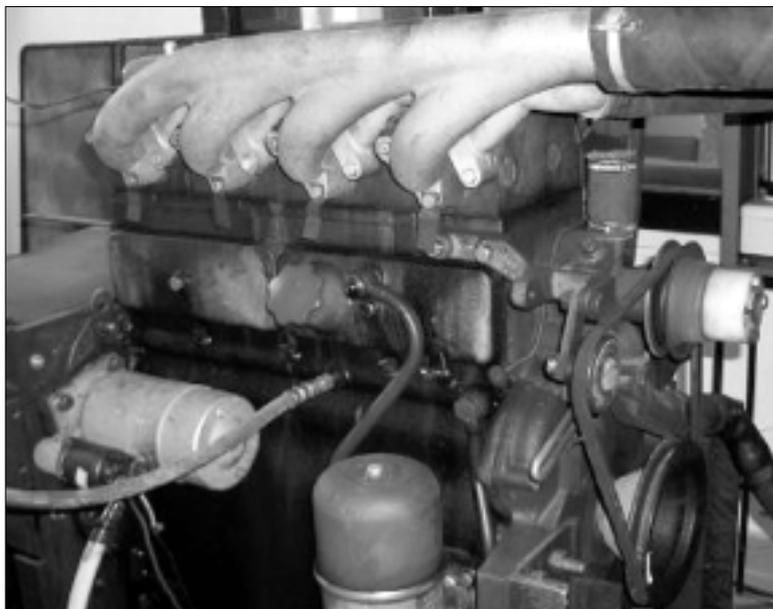
Tab. I. Základní parametry motorové nafty a etanolu (2)

Parametr	Jednotka	Motorová nafta	Etanol
Hustota	g.cm ⁻³	0,84	0,79
Výhřevnost hmotnostní	MJ.kg ⁻¹	42,50	26,80
Výhřevnost objemová	MJ.dm ⁻³	35,70	21,17
Teoretická spotřeba vzduchu	kg/kg paliva	14,90	9,00
Cetanové číslo	–	45–55	8
Relativní časová spotřeba	kg.h ⁻¹	1,00	1,58

Tab. II. Parametry měřeného motoru

Parametr	Hodnota
Typ motoru	Z 7701
Maximální výkon	55 kW
Maximální točivý moment	280 Nm
Počet válců	4
Vrtání	102 mm
Zdvih	120 mm
Kompresní poměr	17
Jmenovité otáčky	2 200 ot/min
Předvstřík paliva	25° před HÚ
Vstřikovací tlak	18,7 ±0,1 MPa
Vstřikovací čerpadlo	PP 4 M 3137 S 0164
Výkonnostní regulátor	RV M 900 1100 3300
Vstřikovací trysky	DOP 160 S 430-1436

Obr. 1. Traktorový motor Zetor 7701 na zkušební stanovišti



Poslední možností využití etanolu ve vznětových motorech je přidávání etanolu přímo do motorové nafty, tato možnost však narazí na obtížnou mísitelnost obou paliv a stálost směsi. Mísitelnost a stálost směsi je možné podpořit přísadami, např. butanolem. Největší relativní efekt přináší přidání 5 % etanolu, zejména z pohledu produkce uhlíkatých emisí (CO, HC) a kouřivosti. Vyšší procento přidávaného etanolu výrazné změny nepřináší. Zároveň je nutné vzít v úvahu i skutečnost, že větší množství etanolu snižuje mazací schopnost paliva, což zvyšuje opotřebení vstřikovacího zařízení (4).

S přihlédnutím k výše uvedeným možnostem využití etanolu ve vznětových motorech byla na katedře vozidel a pozemní dopravy ČZU v Praze ověřena možnost využití etanolu ve směsi s motorovou naftou. Směs byla tvořena motorovou naftou s 5 % etanolu, stálost této směsi byla zajišťována nepřetržitým mícháním. Hlavním předmětem zkoumání byla změna produkce škodlivých emisí.

Materiál a metody

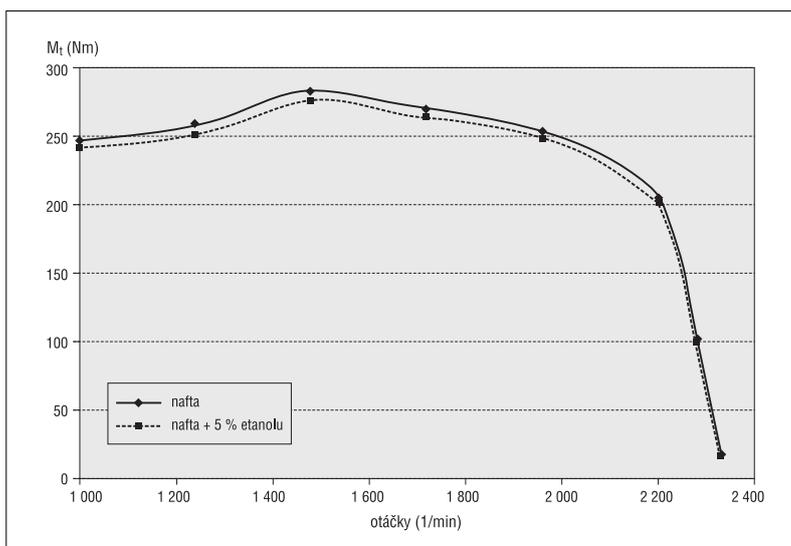
Měření bylo provedeno na zkušebním motorovém stanovišti katedry vozidel a pozemní dopravy technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Zkoušky byly provedeny na traktorovém motoru Zetor 7701, jehož základní parametry jsou uvedeny v tab. II. K měření emisí CO, HC a CO₂ byl použit analyzátor Infralyt 4000, který ke zjištění koncentrací emisí používá ne-disperzní infračervenou metodu (NDIR = Non Dispersive Infrared). Emise NO_x byly měřeny analyzátozem Uras 2T, kouřivost byla měřena přístrojem Hartridge. Zatěžovací moment motoru byl nastavován vířivým dynamometrem VD 250. Obr. 1. dokumentuje umístění motoru na zkušebním stanovišti.

V prvním kroku byla jako palivo použita motorová nafta. Při plné dodávce paliva byla změnou zatěžovacího momentu naměřena vnější otáčková charakteristika motoru, hlavním měřeným parametrem točivý moment motoru a produkce jednotlivých složek škodlivých emisí (jako základní složky emisí byly měřeny CO₂, CO, NO_x, HC a kouřivost). Stejně parametry byly měřeny i u paliva tvořeného z 95 % motorovou naftou a z 5 % etanolem. Kvůli špatné mísitelnosti motorové nafty s etanolem bylo zapotřebí během celého měření směs paliva míchat.

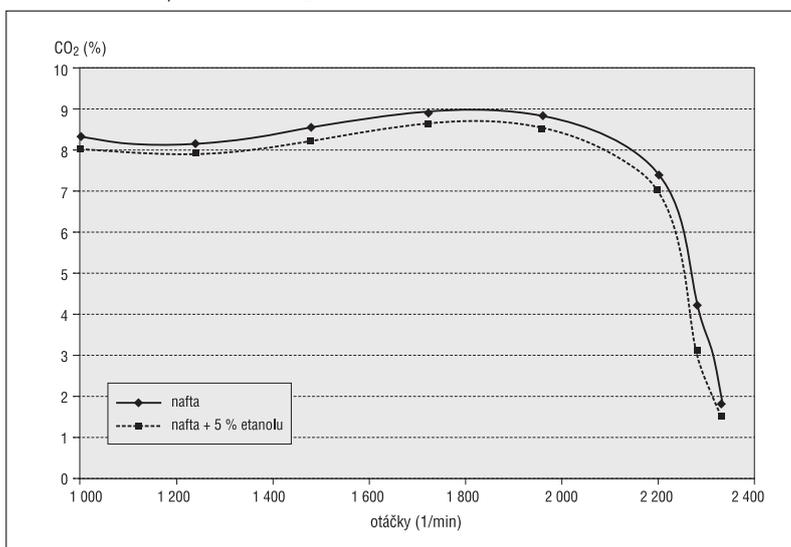
Výsledky

Obr. 2. až obr. 7. přehledně znázorňují změnu točivého momentu a změnu produkce jednotlivých složek emisí při použití motorové nafty a motorové nafty s 5 % přídavkem etanolu.

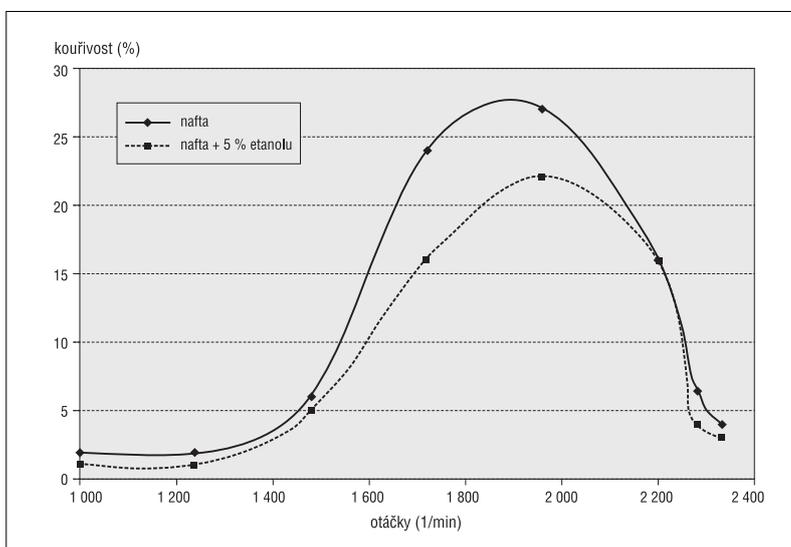
Obr. 2. Změna točivého momentu motoru



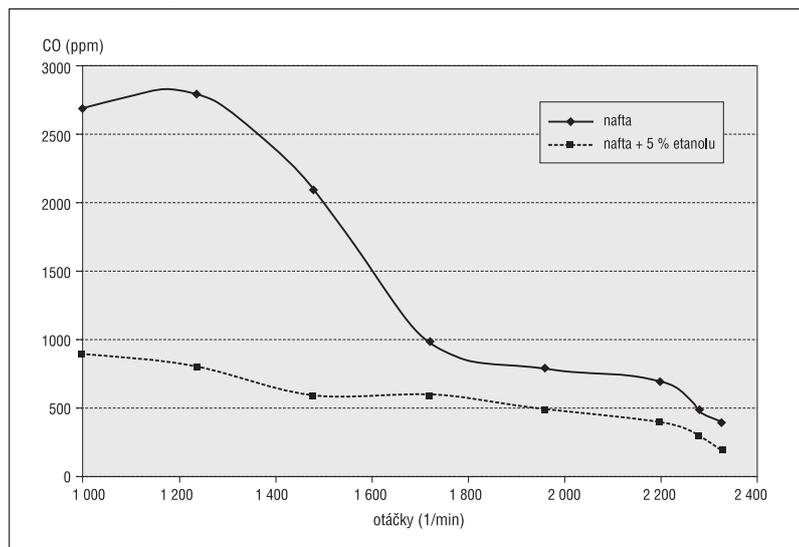
Obr. 3. Změna produkce CO₂



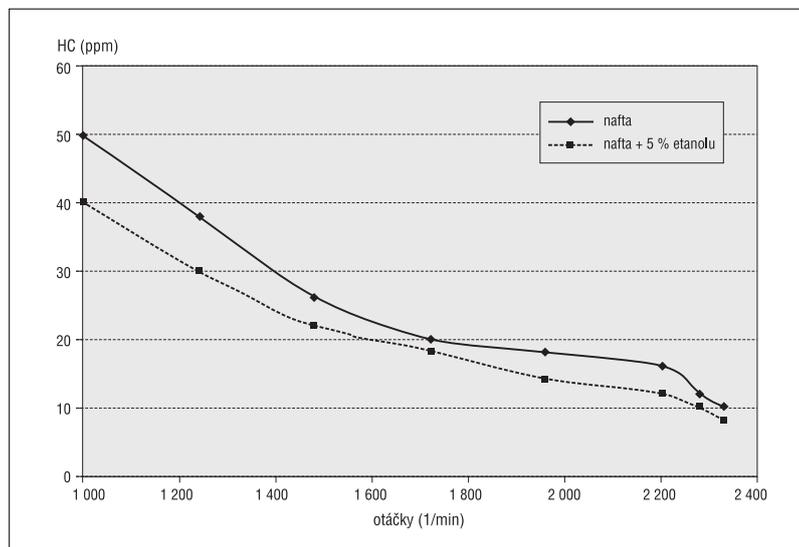
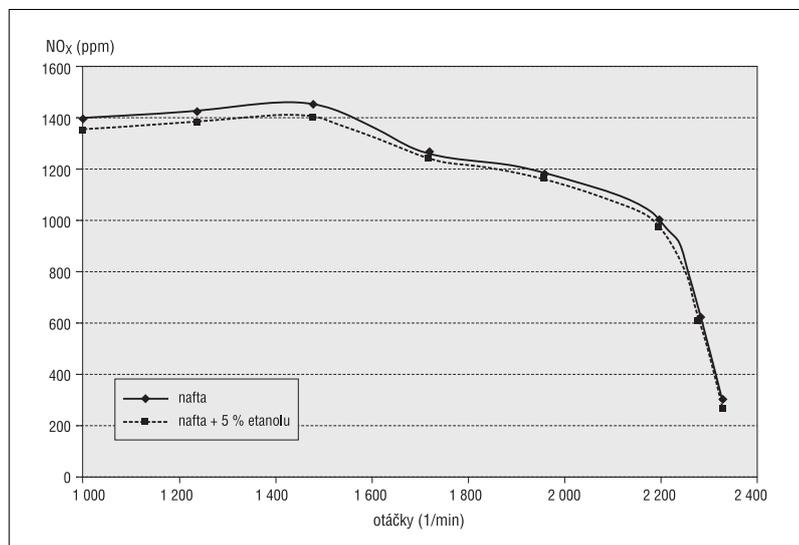
Obr. 4. Změna kouřivosti motoru



Obr. 5. Změna produkce CO



Obr. 6. Změna produkce HC

Obr. 7. Změna produkce NO_x

V grafech není znázorněna změna měrné spotřeby paliva. Etanol má výrazně nižší výhřevnost (tab. I.), což způsobuje nárůst spotřeby přibližně o 60 %. Z tohoto důvodu by mohlo být porovnání měrné spotřeby paliva zavádějící.

Přidáváním 5 % etanolu do motorové nafty klesl točivý moment motoru o 2–3 %. Tento pokles je způsoben výše zmíněnou nižší výhřevností etanolu. Pro dosažení předepsaného točivého momentu motoru by bylo nutné zvýšit nastavení maximální dodávky vstřikovacího čerpadla, tím by se však zabránilo bezproblémovému přechodu na motorovou naftu.

Změna produkce CO₂ (obr. 3.) je způsobena nižším procentickým obsahem uhlíku ve směsi motorové nafty s 5 % etanolu. Hmotnostní podíl uhlíku v motorové naftě se pohybuje v rozmezí 85–88 %, u etanolu je tento podíl přibližně 52 %.

Pokles kouřivosti a snížení koncentrací uhlíkatých emisí (obr. 4. až obr. 6.) způsobuje vázaný kyslík v etanolu, jehož vlivem dochází k lepší oxidaci uhlíku obsaženém v palivu.

Mírný pokles koncentrace NO_x je způsobený snížením spalovací teploty při provozu na etanol (obr. 7.).

Závěr

Ačkoliv je využití etanolu, jako alternativního biopaliva, převážně spojeno se zážehovými motory, jeho uplatnění je možné nalézt i ve vznětových motorech. Využití etanolu ve vznětových motorech je ale spojeno s řadou problémů, nedá se tedy počítat s jeho větším uplatněním, tak jako např. u metylesteru řepkového oleje.

V současné době převládá využití etanolu ve směsi označované jako E95. Toto palivo se zatím používá převážně v uzavřených autoparcích (např. autobusy MHD), jehož průkopníkem ve využití je firma Scania. V porovnání s motorovou naftou klesá produkce škodlivých emisí NO_x, CO, mírný nárůst se ukazuje u emisí HC, produkce PM (pevných částic) představující největší problém vznětových motorů je téměř nulová.

Výsledky provedeného experimentu odkazují na další možnost využití etanolu a to přímého přidávání do motorové nafty. V tomto případě je však nutné vyřešit problém se stabilizací tohoto směsného paliva. Jako možnost stabilizace se jeví přidávání butanolu.

V běžné praxi se nedá počítat s větším než 15% přidáváním etanolu. Už takto vysoké procento podílu etanolu přináší značný problém s mazáním vstřikovacího čerpadla.

V porovnání s běžnou motorovou naftou dojde při provozu na směs motorové nafty s 5 % etanolu k výraznému poklesu produkce emisí CO, k mírnému poklesu produkce emisí HC, CO₂ a NO_x, nižší je i kouřivost motoru. Pokles točivého momentu se pohybuje v rozmezí 2–3 % a výrazný

problém nepřináší. Po vyřešení otázky stabilizace směsi se přidávání 5 % etanolu jeví jako vhodná možnost využití etanolu ve vznětových motorech a zároveň způsob jak účinně snižovat škodlivé emise vznětových motorů.

Souhrn

Užití etanolu jako biopaliva se předpokládá pro aplikace v zážehových motorech, po určitých úpravách jej však lze uplatnit i v motorech vznětových, kde však naráží na problém vlivem jeho nízké vznětlivosti (cetanové číslo pouze 8). Z tohoto důvodu musí být motor a palivo upraveny tak, aby došlo k požadovanému vznícení paliva. Možnosti užití etanolu ve vznětových motorech lze rozdělit na několik skupin. V první řadě je to úprava motoru a speciální aditivace paliva zvyšující jeho cetanové číslo. Další možností je použití dvoupalivového systému, kdy je do motoru zvlášť přiváděn etanol a vznícení je posléze inicializováno vstříknutím zapalovací dávky motorové nafty. Nejjednodušší způsob je přidávání etanolu přímo do motorové nafty, kde by však musela být vyřešena otázka obtížné mísitelnosti etanolu s motorovou naftou. I přes tento problém výsledky měření přimíchávání etanolu do motorové nafty poukazují na možný pozitivní přínos.

Klíčová slova: biopalivo, etanol, motorová nafta, vznětový motor, škodlivé emise.

Literatura

1. KAMEŠ J.: *Alternativní pohony automobilů*. 1. vydání, Ben, Praha, 2004, 232 s, ISBN 80-7300-127-6.
2. KÁRA J.: *Podmínky výroby a využití biopaliv*. [on-line] http://www.agroweb.cz/Podminky-vyroby-a-vyuziti-biopaliv__s87x28390.html (citace z 26. 9. 2008).
3. KŘEPELKA V.: *Vliv použití směsi nafta – líb na parametry naftového motoru*. Výzkumná správa, Praha 1988.
4. KŘEPELKA V.: *Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 1997, ISBN 80-86153-34-7.

5. HÖNIG V., MILER P., HROMÁDKO J.: Bioetanol jako inspirace do budoucna. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (7/8), s. 203–206.
6. LAURIN J.: Motory na paliva s kvasným lihem. In *XXXVII. Mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol*. Praha, 2006, ISBN 80-213-1510-5.

Hromádko J., Hönig V., Hromádko J., Miler P., Schwarzkopf M.: Ethanol utilization in the compression ignition engines

Despite, that ethanol is intended to be used especially in the spark ignition engines; there is a possibility to be used even in the compression ignition engines after specific modification. The biggest problem during the using ethanol in the compression ignition engines is posed by its low combustibility (cetane number 8). For this reason the engine and fuel must be modified to get required fuel ignition.

The possibilities of how to use ethanol in the compression ignition engines can divide in several groups. Mostly use possibility is a motor modification and special fuel additivation increasing its cetane number. The other possibility is to use dual-fuel system, where the ethanol is transported separately and ignition is made by diesel injection. The simplest possibility is addition ethanol right into the diesel. This possibility has a problem with difficult miscibility ethanol with diesel. Over this difficulty, the results of the test reflect positive contribution of addition ethanol into the naphtha.

Key words: biofuel, ethanol, diesel, compression ignition motor, harmful emission.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hromádko, Ph.D., Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Katedra vozidel a pozemní dopravy, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchbátka, Česká republika, e-mail: janhromadko@tf.czu.cz