

Ing. Ján Kosiba, PhD.
Ing. Daniela Uhrínová, PhD.
Ing. Juraj Jablonický, PhD.
doc. Ing. Radoslav Majdan, PhD.

Alternatívne palivá a pohony motorových vozidiel

Nitra 2016

Názov: Alternatívne palivá a pohony motorových vozidiel

Autori:

Ing. Ján Kosiba, PhD. (5,77 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

Ing. Daniela Uhrínová, PhD. (2,22 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

Ing. Juraj Jablonický, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

doc. Ing. Radoslav Majdan, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

Recenzenti:

prof. Ing. Anton Žikla, CSc.
Ing. Peter Lend'ák, PhD.

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre
dňa 22. 2. 2016 ako vysokoškolskú učebnicu pre študentov SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-1488-7

Obsah

Zoznam skratiek a značiek	7
Úvod.....	9
1 Emisie výfukových plynov	11
1.1 Legislatívne požiadavky.....	13
1.2 Škodlivé plynné emisie	17
1.2.1 Oxid uhličitý (CO ₂).....	18
1.2.2 Oxid uhoľnatý (CO).....	19
1.2.3 Oxidy dusíka	20
1.2.4 Uhľovodíky – HC	20
1.2.5 Aldehydy.....	21
1.2.6 Pevné častice	22
1.2.7 Zlúčeniny síry	23
1.2.8 Ozón.....	23
1.2.9 Amoniak (NH ₃).....	24
1.2.10 Zápach a hluk.....	24
1.2.11 Pevný uhlík (C).....	25
1.2.12 Zloženie emisií v závislosti na súčiniteli prebytku vzduchu λ	25
1.3 Technické možnosti znižovania emisií výfukových plynov	29
1.3.1 Katalytická úprava	29
1.3.2 Selektívna katalytická redukcia	38
1.3.3 Recirkulácia výfukových plynov	41
1.3.4 Filter pevných častíc	43
2 Pohon motorových vozidiel	45
2.1 Palivá pre spaľovacie motory.....	46
2.1.1 Konvenčné (fosílné) palivá	48
2.2 Zážihový spaľovací motor.....	51
2.2.1 Prchavosť benzínu.....	53
2.2.2 Destilačná krivka.....	53
2.2.3 Tlak pár podľa Reida	54

2.2.4 Obsah síry	54
2.3 Vznětový spaľovací motor	55
2.3.1 Vplyv teploty.....	56
2.3.2 Obsah síry	58
2.4 Vozidlá s nízkymi emisiami.....	58
2.5 Vozidlá s nulovými emisiami.....	59
2.6 Kritériá na posúdenie vhodnosti alternatívnych palív a pohonov	59
3 Rozdelenie alternatívnych palív	60
3.1 LPG – skvapalnený ropný plyn.....	61
3.2 LNG – skvapalnený zemný plyn a CNG – stlačený zemný plyn.....	61
3.3 Metylalkohol (metanol).....	62
3.4 Etylalkohol (etanol).....	62
3.5 Vodík.....	63
3.6 Dusík	63
3.7 Bionafta – rastlinné oleje.....	63
3.7.1 Biopalivá 1. generácie.....	65
3.7.2 Biopalivá 2. generácie.....	65
3.8 Plynné biopalivá.....	66
3.9 Emulzné palivá.....	67
4 Pohon vozidiel na propán – bután.....	68
4.1 Prestavba vozidiel na pohon LPG	71
4.1.1 Vstrekovanie LPG v plynnom skupenstve.....	72
4.1.2 Vstrekovanie LPG v kvapalnom skupenstve	72
4.1.3 Vstrekovanie LPG v plynnom skupenstve cez dodatočne montované plynové vstrekočače	73
4.1.4 Vstrekovanie LPG v kvapalnom skupenstve cez pôvodné benzínové vstrekočače	73
4.1.5 Vstrekovanie LPG do vznětového spaľovacieho motora.....	73
4.2 Požiadavky na kvalitu LPG.....	75
4.3 Hlavné komponenty systému na pohon LPG.....	76
4.3.1 Tlaková nádrž.....	77

4.3.2	Splynovač (regulátor).....	78
4.3.3	Viacúčelový ventil	79
4.3.4	Plynotesná skriňa	80
4.3.5	Prípojka diaľkového plnenia	80
4.3.6	Elektromagnetické uzatváracie ventily	81
4.3.7	Ostatné komponenty pohonu LPG.....	81
4.4	Základné typy pohonov prestavby vozidiel na LPG	82
4.4.1	Mechanicky riadený systém s podtlakovou reguláciou	82
4.4.2	Elektronicky riadený systém s podtlakovou reguláciou	83
4.4.3	Elektronicky riadený systém s viacbodovým kontinuálnym vstrekovaním LPG	84
4.4.4	Elektronicky riadený systém vstrekovania LPG v kvapalnom skupenstve	85
4.4.5	Elektronický systém priameho vstrekovania LPG.....	87
4.4.6	Systém vstrekovania LPG vo vznetrových motoroch	88
5	Pohon vozidiel na zemný plyn	89
5.1	Prestavba vozidiel na pohon CNG	91
5.2	Hlavné komponenty systému na pohon CNG	92
5.2.1	Tlaková nádrž.....	93
5.2.2	Regulátor tlaku plynu.....	94
5.2.3	Zmiešavač	95
5.2.4	Ostatné komponenty pohonu CNG.....	95
5.3	Základné typy pohonov vozidiel na CNG.....	96
5.3.1	Konvenčný systém	96
5.3.2	Sekvenčný vstrekovací systém	98
5.3.3	Systém vstrekovania CNG vo vznetrových motoroch	99
5.4	Pohony vozidiel na LNG.....	100
6	Vozidlá s elektrickými hybridnými pohonmi	101
6.1	Hlavné časti hybridného elektrického pohonu	104
6.1.1	Elektromotor	104
6.1.2	Generátor.....	105

6.1.3 Olovený akumulátor.....	105
6.1.4 Batérie (Akumulátory)	110
6.1.5 Zotrvačník	114
6.1.6 Výkonový diferenciál.....	115
6.2 Regeneratívne (rekuperačné) brzdenie.....	116
6.3 Základné rozdelenie vozidiel s hybridnými pohonmi	117
6.4 Air hybridné vozidlá.....	118
7 Elektromobil.....	120
7.1 Elektromotory.....	122
7.2 Planetové prevodovky	125
7.3 Nabíjacie konektory	128
8 Vozidlá na vodíkový pohon	130
8.1 Spôsoby výroby vodíka (H ₂).....	130
8.2 Palivový článok	133
8.2.1 Typy palivových článkov.....	134
8.2.2 Skladovanie vodíka (H ₂).....	136
8.3 Typy vozidiel na vodíkový pohon.....	138
8.3.1 Elektrické vozidlá s palivovým článkom.....	138
8.3.2 Hybridné vozidlá s palivovým článkom	139
8.3.3 Vozidlá s čiastočnou alebo úplnou náhradou konvenčného paliva vodíkovým palivom	139
9 Vozidlá na solárny pohon	141
Literatúra.....	142
Použité normy, nariadenia a smernice.....	144
Použité komerčné zdroje	145

Zoznam skratiek a značiek

APU	alternatívna pohonná jednotka
B	veľkosť magnetickej indukcie homogénneho magnetického poľa
C_e	odmeraná koncentrácia znečisťujúcich látok i v zriedenom výfukovom plyne
C_d	odmeraná koncentrácia znečisťujúcich látok i vo vzduchu použitom na zriedenie
C_i	upravená koncentrácia znečisťujúcich látok
CNG	stlačený zemný plyn
d	jazdná vzdialenosť počas operačného cyklu
$d\phi$	derivácia magnetickeho toku
dt	derivácia času
dS	derivácia plochy
D	hustota testovaného paliva
DF	pomer zriedenia
DPF	filter pevných častíc
ECB	elektronický brzdný systém
EGR	recirkulácia výfukových plynov
EHK	Európska hospodárska komisia
EHS	Európske hospodárske spoločenstvo
EK	Európska komisia
ES	Európske spoločenstvo
EV	elektrické vozidlo
EzV	energia získaná z vybíjania batérie
FC	spotreba paliva v litroch na 100 km
HEV	hybridné elektrické vozidlo
i	prevodový pomer
LNG	skvapalnený zemný plyn
LPG	skvapalnený ropný plyn
M_i	množstvo emisie znečisťovateľa
M_k	maximálny krútiaci moment
M_p	obsah škodlivín vo výfukových plynoch pred katalyzátorom
M_b	hmotnosť batérie
M_z	obsah škodlivín vo výfukových plynoch za katalyzátorom

n	otáčky spaľovacieho motora pri maximálnych otáčkach
n_s	synchronne otáčky,
P	energia dodávaná z batérie
P_p	absolútny tlak na prívode k pumpe
Q_i	koncentrácia znečisťovateľa
T_p	priemerná teplota zriedeného výfukového plynu
V_{mix}	objem rozpustného výfukového plynu

Úvod

Motorové vozidlá sú v súčasnosti neoddeliteľnou súčasťou každodenného života. Súčasťou prevádzky motorových vozidiel sú emisie výfukových plynov, ktoré výraznou mierou prispievajú znečisťovaniu ovzdušia a tým aj životného prostredia. V motorových vozidlách sa v prevažnej miere používajú kvapalné palivá na ropnej báze. Pri spaľovaní kvapalných palív na ropnej báze dochádza v prvom rade k uvoľňovaniu uhlíka, či už vo forme oxidu uhličitého CO₂ príp. oxidu uhoľnatého CO. Oxid uhličitý CO₂ je najrozšírenejší „skleníkový plyn“, ktorý má za následok otepľovanie atmosféry a tým aj celej planéty. Podiel pozemnej dopravy, či už cestnej alebo železničnej predstavuje na tvorbe „skleníkových plynov“ približne 20 % podiel. Tvorbu „skleníkových plynov“ pri prevádzke motorových vozidiel je možné znižovať používaním alternatívnych pohonov, resp. alternatívnych palív.

Najrozšírenejším spôsobom náhrady kvapalných palív na ropnej báze je používanie plyných palív. A to predovšetkým skvapalneného uhl'ovodíkového plynu (liquefied/light petroleum gas – LPG) alebo stlačeného zemného plynu (compressed natural gas – CNG), príp. skvapalneného zemného plynu (liquefied natural gas – LNG). V minulosti sa na pohon spaľovacích motorov používali aj iné plyné palivá, napr. svietiplyn, generátorový plyn, acetylén. V súčasnosti sa opätovne vracia do používania na pohon spaľovacích motorov bioplyn.

Náhrada kvapalných palív na ropnej báze nie je dôležitý faktor len na základe ochrany životného prostredia, a tým aj ekológie, ale mimoriadne dôležitý faktor je aj to, že kvapalné palivá na ropnej báze patria medzi vyčerpateľný zdroj energie (tzn. v určitej časovej dobe dôjde k vyčerpaniu týchto zdrojov). Hlavné dôvody zavádzania alternatívnych pohonov a alternatívnych palív v motorových vozidlách sú:

- požiadavky na ochranu životného prostredia,
- znižujúce sa zásoby ropy,
- dostupnosť a spoľahlivosť zásobovania,
- legislatívne požiadavky zo strany jednotlivých štátov, resp. Európskej únie,
- vývoj nových technológií.

Vyčerpateľnosť ropy sa v súčasnosti nedá presne určiť. Odborníci, ktorí sa zaoberajú danou problematikou nie sú v tejto oblasti jednotní. Táto nejednoznačnosť vyplýva predovšetkým z toho, že neboli ešte preskúmané všetky oblasti na planéte, kde by sa mohli nachádzať zásoby ropy. Takisto na zásobu ropy vplýva aj jej spotreba, ktorá sa dá určiť len niekoľko rokov dopredu. Ale je ťažké ako sa bude spotreba ropy vyvíjať o niekoľko desaťročí. Na obrázku 1 sú znázornené predpoklady možnosti využívania palív pre spaľovacie motory.