

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

-----o-0-0-----

NGUYỄN VĂN PHỤNG

**GÓP PHẦN NGHIÊN CỨU
ỨNG DỤNG LPG
TRÊN ĐỘNG CƠ NÉN CHÁY**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

ĐÀ NẴNG – 2014

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**



NGUYỄN VĂN PHỤNG

**GÓP PHẦN NGHIÊN CỨU
ỨNG DỤNG LPG
TRÊN ĐỘNG CƠ NÉN CHÁY**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Động cơ Nhiệt

Mã số: 62. 52. 34. 01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1: PGS.TS. TRẦN VĂN NAM

2: PGS.TS. TRẦN THANH HẢI TÙNG

ĐÀ NẴNG - 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.
Các số liệu, kết quả nghiên cứu trình bày trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Đà Nẵng, tháng 8 năm 2014

Tác giả luận án

Nguyễn Văn Phụng

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	xiii
MỞ ĐẦU.....	1
NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	6
Chương 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN	7
1.1. Khái quát.....	7
1.1.1. Môi trường và phương tiện giao thông.....	7
1.1.2. Nhiên liệu thay thế sử dụng trên phương tiện giao thông	10
1.1.3. Động cơ nén cháy dùng hai nhiên liệu	14
2. Tình hình nghiên cứu động cơ dùng hai nhiên liệu diesel - LPG trên thế giới và ở Việt Nam	16
1.2.1. Các nghiên cứu động cơ dùng hai nhiên liệu diesel - LPG trên thế giới ..	16
1.2.2. Các nghiên cứu động cơ dùng hai nhiên liệu diesel - LPG ở Việt Nam....	24
1.2.3. Những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu	26
1.3. Kết luận.....	27
Chương 2.. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH CHÁY HỖN HỢP DIESEL - LPG - KHÔNG KHÍ TRONG BUỒNG CHÁY NGẮN CÁCH.....	28
2.1. Cơ sở lý thuyết về quá trình cháy của động cơ dùng diesel - LPG	28
2.1.1. Xác định nồng độ oxygen, nồng độ nhiên liệu của hỗn hợp trong buồng cháy ngắn cách	30
2.1.2. Phương trình năng lượng của hỗn hợp hai nhiên liệu	31
2.1.3. Sự lan tràn màng lửa trong quá trình cháy hỗn hợp hai nhiên liệu.....	31
2.1.4. Tốc độ lan tràn màng lửa cháy cháy tầng	32
2.1.5. Tốc độ lan tràn màng lửa cháy rời	33
2.1.6. Nhiệt độ cháy và khối lượng riêng của hỗn hợp hai nhiên liệu.....	34
2.1.7. Tính năng công tác của động cơ sử dụng nhiên liệu diesel - LPG.....	36
2.2. Cháy kích nổ khi động cơ dùng hai nhiên liệu diesel - LPG.....	37
2.2.1. Thời kỳ cháy trễ.....	37
2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến cháy kích nổ ở động cơ hai nhiên liệu.....	38
2.3. Các yếu tố vận hành ảnh hưởng đến nồng độ các chất ô nhiễm của động cơ nén cháy.....	40
2.3.1. Trường hợp động cơ dùng 100 % diesel.....	40
2.3.2. Trường hợp động cơ dùng diesel - LPG	43
2.4. Kết luận.....	44

Chương 3. MÔ HÌNH HÓA QUÁ TRÌNH CHÁY VÀ XÁC ĐỊNH MỨC ĐỘ PHÁT Ô NHIỄM CỦA ĐỘNG CƠ WL - TURBO DÙNG DIESEL - LPG	45
3.1. Giới thiệu phần mềm ANSYS - Fluent	45
3.2. Thiết lập mô hình quá trình cháy hỗn hợp hai nhiên liệu diesel - LPG trong động cơ WL - Turbo	46
3.2.1. Kết cấu hình học và lưới động của buồng cháy động cơ.....	47
3.2.2. Các thông số của mô hình buồng cháy.....	47
3.2.3. Tính chất của nhiên liệu.....	48
3.3. Diễn biến quá trình cháy của diesel, hỗn hợp LPG-không khí và nồng độ bồ hóng – NO _x trong buồng cháy ngăn cách khi mô phỏng bằng Fluent.....	52
3.3.1. Diễn biến quá trình cháy nhiên liệu diesel	52
3.3.2. Diễn biến quá trình cháy LPG trong buồng cháy ngăn cách.....	53
3.3.3. Diễn biến nồng độ bồ hóng và NO _x trong buồng cháy ngăn cách.....	54
3.4. Các yếu tố vận hành ảnh hưởng đến tính năng kỹ thuật của động cơ.....	55
3.4.1. Ảnh hưởng của thành phần CO ₂ trong hỗn hợp.....	55
3.4.2. Ảnh hưởng của hệ số dư lượng không khí	57
3.4.3. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ.....	60
3.4.4. Ảnh hưởng của lưu lượng diesel phun môi.....	62
3.4.5. Ảnh hưởng của cháy kích nổ.....	64
3.5. Kết luận.....	65
Chương 4. XÂY DỰNG VÀ BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM.....	66
4.1. Mục tiêu, điều kiện, phương pháp và nội dung thí nghiệm.....	66
4.1.1. Mục tiêu thí nghiệm	66
4.1.2. Điều kiện thí nghiệm	66
4.1.3. Quy hoạch thí nghiệm	67
4.1.4. Nội dung thí nghiệm.....	67
4.2. Bố trí thí nghiệm.....	68
4.2.1. Bố trí hệ thống cấp LPG vào động cơ 1KZ - TE qua họng khuếch tán.....	68
4.2.2. Bố trí bộ điều chỉnh cung cấp nhiên liệu diesel, phun khí LPG và hồi lưu khí thải trên đường nạp động cơ WL - Turbo	70
4.3. Thiết bị AVL dùng trong thí nghiệm.....	74
4.3.1. Bảng thử công suất APA 204/8.....	74
4.3.2. Thiết bị dùng thí nghiệm	74
4.4. Thiết bị cung cấp LPG và hồi lưu khí thải dùng trong thí nghiệm.....	77
4.4.1. Bộ hóa hơi – giảm áp.....	77
4.4.2. Vòi phun LPG	79
4.4.3. Van hồi lưu khí thải.....	79
4.4.4. Bộ làm mát khí thải hồi lưu.....	80
4.5. Bộ điều chỉnh cung cấp diesel - LPG và tiết lưu khí thải hồi lưu	81
4.5.1. Nguyên lý hoạt động của bộ điều chỉnh.....	81

4.5.2. Các cảm biến sử dụng trong bộ điều chỉnh	85
4.5.3. Các cơ cấu chấp hành cung cấp LPG và hồi lưu khí thải	89
4.5.4. Mạch điện tử điều khiển lưu lượng diesel - LPG và hồi lưu khí thải	91
4.6. Kết luận.....	96
Chương 5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN.....	97
5.1. Kết quả thực nghiệm.....	97
5.1.1. Phạm vi làm việc thường xuyên của động cơ ô tô du lịch dùng 100 % diesel	97
5.1.2. Vận hành ở chế độ không tải (thí nghiệm trên động cơ 1KZ - TE dùng diesel - LPG được bổ sung CO ₂)	101
5.1.3. Vận hành chế độ tải thấp (thí nghiệm trên động cơ WL - Turbo dùng diesel - LPG khi áp dụng các giải pháp hạn chế kích nổ)	102
5.1.4. Vận hành chế độ tải thấp (thí nghiệm trên động cơ WL - Turbo dùng diesel - LPG khi điều chỉnh góc phun sớm)	110
5.1.5. Vận hành chế độ tải trung bình (thí nghiệm trên động cơ WL - Turbo dùng diesel - LPG bổ sung CO ₂).....	114
5.1.6. Thí nghiệm phối hợp các giải pháp hạn chế kích nổ	116
5.2. Đánh giá kết quả động cơ dùng LPG cho bởi mô phỏng và thực nghiệm	117
5.2.1. Về áp suất chỉ thị của động cơ WL - Turbo dùng diesel - LPG ở chế độ tải trung bình.....	117
5.2.2. Về công suất và mô men của động cơ WL - Turbo dùng LPG - diesel ở chế độ tải trung bình.....	118
5.2.3. So sánh nồng độ bồ hóng và NOx cho bởi mô phỏng và thực nghiệm của động cơ WL - Turbo dùng diesel - LPG ở chế độ tải trung bình.....	119
5.2.4. So sánh nồng độ bồ hóng của khí thải, nhiệt độ môi chất và ngọn lửa trong buồng cháy xoáy lốc của động cơ WL - Turbo cho bởi phần mềm ANSYS Fluent và thiết bị quay phim kỹ thuật số AVL - 513D	120
5.3. Kết luận.....	122
5.3.1. Kết luận về thực nghiệm	122
5.3.2. So sánh kết quả giữa mô phỏng và thực nghiệm	123
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	125
Kết luận của luận án	125
Kiến nghị về những nghiên cứu tiếp theo	127
DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ.....	128
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	129
DANH MỤC PHỤ LỤC	a

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

1. Các ký hiệu mẫu tự La Tinh:

Ký hiệu	Đơn vị	Diễn giải
A_f	m^2	Bề mặt màng lửa
D	mm	Đường kính xi lanh
d_f	mm	Đường kính lỗ kim phun
D_i	-	Tỷ lệ khối lượng hỗn hợp F/A lý tưởng
f	-	Thành phần hỗn hợp (mixed fraction)
g_{ct}	g/ct	Lượng nhiên liệu cấp cho mỗi chu trình
g_{ctCO_2}	g/ct	Trọng lượng khí CO_2 tham dự mỗi chu trình
g_{ctds}	g/ct	Trọng lượng nhiên liệu diesel tham dự mỗi chu trình
g_{ctLPG}	g/ct	Trọng lượng LPG tham dự mỗi chu trình
G_k	kg/s	Lưu lượng không khí nạp vào xi lanh
G_L	kg/s	Lưu lượng nhiên liệu LPG nạp vào xi lanh
i	-	Số xi lanh
L_o	kg_{kk}/kg_{LPG}	Lượng không khí để đốt cháy hoàn toàn 1 kg LPG
l_t	m	Thang độ dài rôi
M_1	$kmol_{kk}/kg_{nl}$	Số mol hỗn hợp khí nạp mới
M_2	$kmol_{kk}/kg_{nl}$	Số mol sản vật cháy
m_b	kg	Khối lượng hỗn hợp khí đã cháy
$m_{C''v}$	$kmol_{kk}/kg_{nl}$	Tỉ nhiệt mol đẳng tích trung bình của sản vật cháy
$m_{Cv'}$	$kJ/kmol_{nl}$	Tỉ nhiệt mol đẳng tích trung bình của môi chất
m_{Cvkk}	$kmol_{kk}/kg_{nl}$	Tỉ nhiệt mol đẳng tích trung bình của không khí
$m_{Cvz'}$	$kJ/kmol_{nl}$	Tỉ nhiệt mol đẳng tích trung bình của môi chất tại z
Me	Nm	Mô men động cơ
m_{mix}	kg	Khối lượng hỗn hợp khí chưa cháy
m_p	kg	Khối lượng sản phẩm cháy
n	v/ph	Số vòng quay của trục khuỷu động cơ
n/n_n		Tốc độ tương đối của động cơ
N_c/N_{e_n}		Công cản tương đối của động cơ
N_e	kW	Công suất động cơ
P_c	Pa	Áp suất cuối quá trình nén

p_e	Pa	Áp suất có ích trung bình
p_f	Pa	Áp suất trước miệng lỗ phun
p_i	Pa	Áp suất chỉ thị trung bình
p_k	Pa	Áp suất không khí trên đường ống nạp
p_{th}	Pa	Áp suất cuối quá trình thải
q_{ds}	kJ/ct	Năng lượng nhiên liệu diesel tham dự mỗi chu trình
Q_h	MJ/kg	Nhiệt trị thấp
Q_k	kg/s	Lưu lượng khối lượng không khí vào đường nạp
q_{LPG}	kJ/ct	Năng lượng LPG tham dự mỗi chu trình
R	J/kg.K	Hằng số khí lý tưởng
Re		Chuẩn số Reynolds
S	mm	Hành trình của pit tông
S_f	m ²	Diện tích miệng kim phun
S_L	m/s	Tốc độ màng lửa cháy chảy tầng
S_t	m/s	Tốc độ màng lửa rời
T_a	°K	Nhiệt độ cuối quá trình nạp
T_c	°K	Nhiệt độ cuối quá trình nén
T_k	°C	Nhiệt độ không khí trên đường ống nạp
T_m	°K	Nhiệt độ của hỗn hợp trước khi cháy
T_p	°K	Nhiệt độ của sản phẩm cháy
V_c	m ³	Thể tích buồng cháy
V_e	m ³ /kW.h	Suất tiêu hao nhiên liệu khí LPG có ích
v_f	m/s	Tốc độ nhiên liệu LPG qua lỗ kim phun BF300
V_h	cm ³	Thể tích công tác của một xi lanh
X_{nal} %		Tỷ lệ năng lượng LPG thay thế trong hỗn hợp
X_{NO_x} (%)		Nồng độ NO _x trong khí thải động cơ
X_{soot} (%)		Nồng độ bồ hóng trong khí thải động cơ
+dsm _{đi}		Giải pháp tăng lượng diesel mỗi
+CO ₂		Giải pháp bổ sung CO ₂
+EGR		Giải pháp hồi lưu khí thải
100% ds		Diesel làm nhiên liệu chính cho động cơ

2. Các ký hiệu mẫu tự Hy Lạp:

ΔP	Pa	Độ chênh áp suất trước và sau miệng lỗ vòi phun
ΔQ_h	kJ/kg	Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn
ϕ		Hệ số tương đương trước màng lửa
α	-	Hệ số dư lượng không khí của động cơ
$\alpha\%$	-	Vị trí cần điều khiển nhiên liệu diesel ở bơm cao áp
α_b	-	Hệ số bóp dòng của miệng kim phun
α_t	-	Độ mở vị trí % bướm ga (% tải) thực nghiệm AVL.
β_g	°	Góc quay bàn đạp ga so với phương nằm ngang
$\Delta p/\Delta \phi$		Tốc độ tăng áp suất
ε	-	Tỉ số nén của động cơ
ε_t		Tốc độ tiêu tán động năng rối
η_e	-	Hiệu suất có ích
η_i	-	Hiệu suất chỉ thị
η_m	-	Hiệu suất cơ giới
η_v	-	Hệ số nạp của động cơ dùng diesel
η_v'	-	Hệ số nạp của động cơ dùng LPG
λ_2	-	Hệ số quét buồng cháy
μ_h	-	Hệ số lưu lượng LPG qua miệng lỗ phun
ξ		Hệ số cản của dòng chảy giữa hai mặt cắt
ξ_b	-	Hệ số lợi dụng nhiệt tại b
ξ_z	-	Hệ số lợi dụng nhiệt tại z
ρ	-	Hệ số giãn nở sớm
ρ_k	kg/m ³	Khối lượng riêng của không khí
ρ_L	kg/m ³	Khối lượng riêng của LPG
τ	-	Số kỳ động cơ
τ_c	s	Thang thời gian hóa học
τ_t	s	Thang thời gian rối
φ	°	Góc quay trục khuỷu tính từ ĐCT
φ_h	-	Hệ số tốc độ LPG qua miệng lỗ phun
φ_s	°	Góc phun sớm
ω	rad/s	Vận tốc góc

3. Các chữ viết tắt :

A/D	Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số
AFV	Ô tô sử dụng nhiên liệu thay thế (alternative fuelled vehicles)
ALU	Bộ xử lý xử lý số học – logic (Arithmetic Logical Unit).
AVL	Thiết bị thực nghiệm động cơ đốt trong
BUS	Hệ thống các đường truyền dẫn dữ liệu giữa các bộ phận bên trong vi xử lý và từ vi xử lý với bên ngoài
CCR	Tỷ lệ năng lượng thay thế LPG/diesel
CNG	Khí thiên nhiên (Compressed Natural Gas)
CPS	Cảm biến tốc độ động cơ (Crankshaft Position Sensor)
ĐCD	Điểm chết dưới
ĐCĐT	Động cơ đốt trong (Internal combustion engine)
ĐCNC	Động cơ nén cháy
ĐCT	Điểm chết trên
DME	Dimethyl ether
ECE R49	Chu trình thử nghiệm (châu Âu) ở chế độ tĩnh đối với động cơ diesel lắp trên ô tô tải hạng nặng và ô tô khách (Emission Test Cycles ECE R49 Euro II emission standard)
ECU	Bộ điều khiển điện tử (Electronic Control Unit)
EGR	Hồi lưu khí thải (Exhaust gas recirculation)
ISP	Chương trình phục vụ ngắt (Interrupt Service Program)
LPG	Khí dầu mỏ hóa lỏng (Liquefied Petroleum Gas)
NLTT	Nhiên liệu truyền thống
NO _x	Thành phần khí thải ôxit nito
ONMT	Ô nhiễm môi trường
P2B2C6	Hỗn hợp 20% propane 20% butane 60% carbonic
P3B3C4	Hỗn hợp 30% propane 30% butane 40% carbonic
P4B4C2	Hỗn hợp 40% propane 40% butane 20% carbonic
P5B5C0	Hỗn hợp 50% propane 50% butane
PTGT	Phương tiện giao thông
SAE	Hiệp hội kỹ sư ô tô Hoa Kỳ (Society of Automotive Engineers).
SĐCT	Sau điểm chết trên
TĐCT	Trước điểm chết trên
TPS	Cảm biến vị trí bướm ga (Throttle Position Sensor)