

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

NGUYỄN TƯỜNG VI

**Nghiên cứu sử dụng LPG làm nhiên liệu thay thế
trên động cơ diesel hiện hành**

Chuyên ngành: Cơ khí Động lực Mã số: 62520116

Nghiên cứu sinh: Nguyễn Tường Vi

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Hoàng Đình Long

2. PGS.TS. Lê Anh Tuấn

2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là đề tài nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong các công trình nào khác!

Hà Nội, tháng năm 2014

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Tường Vi

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Sau đại học, Viện Cơ khí Động lực và Bộ môn Động cơ đốt trong đã cho phép tôi thực hiện luận án tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Xin cảm ơn Viện Đào tạo Sau đại học và Viện Cơ khí Động lực về sự hỗ trợ và giúp đỡ trong suốt quá trình tôi làm luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn PGS.TS Hoàng Đình Long và PGS.TS Lê Anh Tuấn đã hướng dẫn tôi hết sức tận tình và chu đáo về mặt chuyên môn để tôi có thể thực hiện và hoàn thành luận án.

Tôi xin chân thành biết ơn Quý thầy, cô Bộ môn và Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội luôn giúp đỡ và dành cho tôi những điều kiện hết sức thuận lợi để hoàn thành luận án này.

Tôi xin cảm ơn Ban Giám hiệu trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội, Ban chủ nhiệm Khoa Công nghệ Ô tô và các thầy cô trong Khoa đã hậu thuẫn và động viên tôi trong suốt quá trình nghiên cứu học tập.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến các thầy phản biện, các thầy trong hội đồng chấm luận án đã đồng ý đọc duyệt và góp các ý kiến quý báu để tôi có thể hoàn chỉnh luận án này và định hướng nghiên cứu trong tương lai.

Cuối cùng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới gia đình và bạn bè, những người đã động viên khuyến khích tôi trong suốt thời gian tôi tham gia nghiên cứu và thực hiện công trình này.

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Tường Vi

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	1
LỜI CẢM ƠN	2
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	6
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ	7
MỞ ĐẦU	12
i. Mục đích nghiên cứu của đề tài	13
ii. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	13
iii. Nội dung nghiên cứu	13
iv. Phương pháp nghiên cứu	13
v. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn	14
vi. Các nội dung chính của đề tài	14
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU LPG CHO ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	15
1.1 Đặc điểm của LPG	15
1.1.1 Tính chất lý hóa của LPG	15
1.1.2 Ưu điểm của LPG so với các loại nhiên liệu truyền thống	16
1.1.3 Tình hình sản xuất LPG	17
1.2 Tình hình nghiên cứu sử dụng LPG cho động cơ đốt trong	18
1.2.1 Các nghiên cứu sử dụng LPG cho động cơ đốt cháy cưỡng bức	20
1.2.2 Các nghiên cứu sử dụng LPG cho động cơ diesel	29
1.3 Kết luận chương 1	35
CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CHÁY VÀ HÌNH THÀNH PHÁT THẢI TRONG ĐỘNG CƠ LPG/DIESEL.....	38
2.1 Mở đầu	38
2.2 Đặc điểm quá trình tạo hỗn hợp và cháy trong động cơ LPG/diesel	40
2.2.1 Quá trình cung cấp nhiên liệu và tạo hỗn hợp trong xilanh	40
2.2.2 Quá trình cháy	41
2.3 Các giả thiết để nghiên cứu quá trình tạo hỗn hợp và cháy.....	43
2.4 Các mô hình toán	44
2.4.1 Mô hình phun nhiên liệu và tạo hỗn hợp	44
2.4.2 Mô hình cháy và tỏa nhiệt	46
2.4.3 Mô hình nhiệt động.....	52
2.4.4 Mô hình truyền nhiệt	53
2.4.5 Mô hình hình thành phát thải độc hại	53
2.5 Kết quả tính toán mô phỏng.....	62
2.5.1 Đánh giá độ tin cậy của mô hình mô phỏng	64
2.5.2 Ảnh hưởng của tỷ lệ LPG đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ.....	67
2.5.3 Ảnh hưởng của góc phun sớm	73
2.6 Kết luận chương 2	76
CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CUNG CẤP LPG TRONG ĐỘNG CƠ LPG/DIESEL	78
3.1 Giới thiệu chung	78
3.2 Nghiên cứu chế tạo hệ thống cung cấp LPG trên động cơ AVL 5402	82

3.2.1	Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ điều khiển phun LPG	82
3.2.2	Thuật toán đọc và tính các giá trị cảm biến trong hệ thống LPG.....	89
3.2.3	Thuật toán điều khiển kết nối máy tính	92
3.2.4	Chương trình điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu LPG	92
3.2.5	Xây dựng giao diện điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu LPG	97
3.3	Kết luận chương 3	98
CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM.....		99
4.1	Mục đích, đối tượng và trang thiết bị thử nghiệm	99
4.1.1	Mục đích thử nghiệm.....	99
4.1.2	Đối tượng và nhiên liệu thử nghiệm	99
4.1.3	Trang thiết bị thử nghiệm	99
4.2	Thử nghiệm trên động cơ AVL 5402	103
4.2.1	Nội dung thử nghiệm	103
4.2.2	Kết quả thử nghiệm và thảo luận	104
4.3	Thử nghiệm trên động cơ D1146TI	119
4.3.1	Nội dung thử nghiệm	119
4.3.2	Kết quả thử nghiệm và thảo luận	120
4.4	Ứng dụng giải pháp nghiên cứu trên xe khách.....	136
4.4.1	Thiết kế vị trí lắp đặt hệ thống cung cấp LPG lên xe.....	137
4.4.2	Hiệu chỉnh lượng nhiên liệu, góc phun sớm và kiểm tra sau khi lắp đặt	142
4.4.3	Vận hành và đánh giá	143
4.5	Kết luận chương 4	144
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....		145
Kết luận.....		145
Hướng phát triển.....		146
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		147
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN		152
PHỤ LỤC 1. CÁC SỐ LIỆU PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU.....		153
PHỤ LỤC 2. MỘT SỐ HÌNH ẢNH VỀ TRANG THIẾT BỊ VÀ QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM.....		167
PHỤ LỤC 3. BẢNG SỐ LIỆU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM.....		170

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Diễn giải
LPG	Khí dầu mỏ hóa lỏng
HC	Hydrocacbon
PM	Phát thải hạt
NO _x	Ôxít nitơ
Soot	Bồ hóng
Smoke	Độ khói
λ	Hệ số dư lượng không khí
GTVT	Giao thông vận tải
RON	Trị số Octan nghiên cứu
CN	Trị số Cetan
Autogas	Phương tiện giao thông dùng nhiên liệu là khí LPG
GDI	Hệ thống phun xăng trực tiếp
Common Rail	Hệ thống nhiên liệu phun dầu điện tử kiểu tích áp
AVL-Boost	Phần mềm mô phỏng một chiều của hãng AVL (Áo)
ELC	Bộ điều khiển phun LPG
MP	Mô phỏng
TN	Thực nghiệm
ECE R49	Chu trình thử châu Âu ở chế độ tĩnh đối với động cơ xe tải hạng nặng và xe khách
USB	Cổng giao tiếp máy tính
COM	Cổng giao tiếp máy tính dạng nối tiếp
ECU	Bộ điều khiển điện tử
CEB-II	Combustion Emission Bench – II / Tủ thiết bị phân tích khí
Mạng CAN	Controller Area Network / mạng vùng tốc độ thấp
RS232	Cổng giao tiếp nối tiếp
⁰ TK	Độ góc quay trục khuỷu
Δ KAcc	Biên độ độ rung động của động cơ
Dual	Lượng nhiên liệu LPG/diesel
P/B	Tỷ lệ thành phần propan/butan

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Tính chất của các thành phần trong LPG	16
Bảng 2.1 Chuỗi phản ứng hình thành NO _x	60
Bảng 3.1 Đặc tính của cảm biến nhiệt độ	91
Bảng 4.1 Mức độ thay đổi phát thải trung bình khi thay đổi tỷ lệ LPG	112
Bảng 4.2 So sánh phát thải khi thay đổi góc phun sớm ở tốc độ 2000v/ph	117
Bảng 4.3 Độ chênh áp suất trước và sau vòi phun LPG	120
Bảng 4.4 Chế độ đo trong chu trình thử ECE R49	129
Bảng 4.5 Kết quả đo phát thải theo chu trình Châu Âu ECE R49	129
Bảng 4.6 Kết quả đo phát thải theo chu trình Châu Âu ECE R49 với góc phun sớm 6 ⁰	136

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1 Cấu trúc hóa học của các thành phần trong nhiên liệu LPG	16
Hình 1.2 Sản lượng (triệu tấn) LPG trên toàn cầu	17
Hình 1.3 Bộ trộn Venturi với lỗ khoan bố trí xung quanh họng	22
Hình 1.4 Họng Venturi với một đường LPG vào loại cùng chiều	23
Hình 1.5 Họng Venturi với một đường LPG vào loại trực giao	23
Hình 1.6 Kết cấu bộ chế hòa khí dạng Modul hóa	23
Hình 1.7 Sơ đồ cung cấp LPG trên động cơ dùng bộ trộn và điều khiển điện tử	24
Hình 1.8 Sơ đồ hệ thống phun LPG vào cửa nạp điều khiển điện tử	25
Hình 1.9 Sơ đồ hệ thống phun trực tiếp LPG vào trong xilanh động cơ	25
Hình 1.10 Hệ thống cung cấp LPG trên động cơ của hãng Magis 2	26
Hình 2.1 Động cơ diesel AVL 5402	39
Hình 2.2 Sơ đồ phân vùng hỗn hợp trên một tia phun khi phun	41
Hình 2.3 Sơ đồ phân vùng xilanh ứng với một tia phun trong quá trình cháy	42
Hình 2.4 Sơ đồ phân bố nhiên liệu diesel trong tia phun	45
Hình 2.5 Sơ đồ các vùng của lớp dầu bôi trơn	57
Hình 2.6 Mô men và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ giữa thực nghiệm và mô phỏng trên đường đặc tính ngoài khi chạy đơn nhiên liệu	65
Hình 2.7 Mô men của động cơ giữa thực nghiệm và mô phỏng trên đường đặc tính ngoài khi chạy lưỡng nhiên liệu LPG/diesel	66
Hình 2.8 Diễn biến áp suất trong xilanh động cơ mô phỏng và thực nghiệm ở 100% tải, tỷ lệ LPG thay thế diesel 20%, tốc độ 2000v/ph	66
Hình 2.9 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của tỷ lệ LPG thay thế đến tổng lượng diesel + LPG tiêu thụ ở 100% tải	67
Hình 2.10 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của tỷ lệ LPG thay thế đến suất tiêu hao năng lượng ở 100% tải	68
Hình 2.11 Kết quả mô phỏng phát thải HC ở các chế độ tải và tỷ lệ LPG thay thế khác nhau	68
Hình 2.12 Kết quả mô phỏng phát thải NO _x ở các tỷ lệ LPG khác nhau	70
Hình 2.13 Kết quả mô phỏng phát thải CO ở các tỷ lệ LPG khác nhau	71
Hình 2.14 Kết quả mô phỏng phát thải Soot ở các tỷ lệ LPG khác nhau	72
Hình 2.15 Kết quả mô phỏng diễn biến áp suất xilanh ở tốc độ 2000v/ph, 100% tải, với các tỷ lệ LPG khác nhau	73

Hình 2.16 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun sớm diesel đến mô men và công suất động cơ ở tốc độ 2000v/ph, 100% tải, tỷ lệ LPG 20%	73
Hình 2.17 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun sớm diesel đến phát thải NO _x , Soot của động cơ ở tốc độ 2000v/ph, 100% tải, tỷ lệ LPG 20%	74
Hình 2.18 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun sớm diesel đến phát thải CO của động cơ ở tốc độ 2000v/ph, 100% tải, tỷ lệ LPG 20%	75
Hình 2.19 Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun sớm đến diễn biến áp suất trong xilanh động cơ ở tốc độ 2000v/ph, 100% tải, tỷ lệ LPG 20%	76
Hình 3.1 Sơ đồ tín hiệu điều khiển cung cấp nhiên liệu LPG	79
Hình 3.2 Sơ đồ tổng thể hệ thống cung cấp LPG cho động cơ diesel D1146TI	80
Hình 3.3 Sơ đồ cung cấp LPG vào động cơ	81
Hình 3.4 Sơ đồ tín hiệu điều khiển hệ thống cung cấp LPG	81
Hình 3.5 Bộ điều khiển hệ thống cung cấp LPG (ELC)	82
Hình 3.6 Sơ đồ nguyên lý tạo nguồn 5V	83
Hình 3.7 Mạch xử lý tín hiệu tốc độ	83
Hình 3.8 Mạch xử lý tín hiệu lưu lượng và áp suất LPG	84
Hình 3.9 Mạch xử lý tín hiệu nhiệt độ và công tắc ON/OFF nhiên liệu LPG	84
Hình 3.10 Mạch xử lý tín hiệu lưu lượng và nhiệt độ khí nạp	85
Hình 3.11 Mạch xử lý tín hiệu vị trí chân ga và tín hiệu không tải	85
Hình 3.12 Mạch xử lý tín hiệu dự phòng (option)	85
Hình 3.13 Mạch xử lý tín hiệu điều khiển vòi phun LPG	86
Hình 3.14 Mạch xử lý tín hiệu điều khiển van điện từ và role đóng mở LPG	86
Hình 3.15 Sơ đồ khối vi điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu LPG	87
Hình 3.16 Khối tạo xung nhịp	87
Hình 3.17 Khối mạch Reset	87
Hình 3.18 Sơ đồ chân ATmega32	88
Hình 3.19 Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối theo chuẩn RS232	89
Hình 3.20 Sơ đồ thuật toán đọc tốc độ động cơ	90
Hình 3.21 Sơ đồ đọc giá trị của tín hiệu từ cảm biến	90
Hình 3.22 Sơ đồ tính cảm biến lưu lượng	90
Hình 3.23 Sơ đồ tính cảm biến áp suất	91
Hình 3.24 Sơ đồ tính cảm biến nhiệt độ	91

Hình 3.25 Sơ đồ thuật toán truyền giá trị	92
Hình 3.26 Sơ đồ thuật toán thực thi lệnh từ máy tính	92
Hình 3.27 Nguyên lý điều khiển phun	92
Hình 3.28 Sơ đồ thuật toán điều khiển chung hệ thống phun LPG	93
Hình 3.29 Sơ đồ thuật toán điều khiển chế độ không tải	94
Hình 3.30 Sơ đồ thuật toán điều khiển chế độ chuyển tiếp không tải - có tải	95
Hình 3.31 Sơ đồ thuật toán điều khiển chế độ có tải	96
Hình 3.32 Sơ đồ thuật toán điều khiển chế độ chuyển tiếp có tải - không tải	96
Hình 3.33 Giao diện chương trình điều khiển quá trình phun LPG	97
Hình 4.1 Sơ đồ thiết kế lắp đặt hệ thống cung cấp LPG trên động cơ AVL 5402	104
Hình 4.2 Phát thải CO ở các tỷ lệ và áp suất LPG khác nhau	105
Hình 4.3 Phát thải Smoke ở các tỷ lệ và áp suất LPG khác nhau	105
Hình 4.4 Phát thải HC ở các tỷ lệ và áp suất LPG khác nhau	106
Hình 4.5 Phát thải NO _x ở các tỷ lệ và áp suất LPG khác nhau	107
Hình 4.6 Diễn biến áp suất xilanh khi sử dụng đơn nhiên liệu diesel và lưỡng nhiên liệu với tỷ lệ LPG 16% ở các giá trị áp suất khác nhau	107
Hình 4.7 Độ rung động của động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và lưỡng nhiên liệu với tỷ lệ LPG 16% ở các giá trị áp suất khác nhau	108
Hình 4.8 Phát thải NO _x khi thử nghiệm ở các tỷ lệ LPG khác nhau	109
Hình 4.9 Phát thải CO khi thử nghiệm ở các tỷ lệ LPG khác nhau	110
Hình 4.10 Phát thải độ khói (Smoke) khi thử nghiệm ở các tỷ lệ LPG khác nhau	110
Hình 4.11 Phát thải HC khi thử nghiệm ở các tỷ lệ LPG khác nhau	111
Hình 4.12 Phát thải CO ₂ khi thử nghiệm ở các tỷ lệ LPG khác nhau	112
Hình 4.13 Diễn biến áp suất xilanh ở tốc độ 2000vg/ph, 100% tải, với các tỷ lệ LPG khác nhau	113
Hình 4.14 Độ rung động của động cơ ở tốc độ 2000vg/ph, 100% tải, với các tỷ lệ LPG khác nhau	113
Hình 4.15 Diễn biến áp suất xilanh ở tốc độ 3000vg/ph, 100% tải, với các tỷ lệ LPG khác nhau	114
Hình 4.16 Độ rung động của động cơ ở tốc độ 3000vg/ph, 100% tải, với ở các tỷ lệ LPG khác nhau	115
Hình 4.17 Mômen và công suất động cơ khi thay đổi góc phun sớm	115
Hình 4.18 Phát thải CO và Smoke khi thay đổi góc phun sớm	116
