

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

BÙI VĂN CHINH

**NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KHÍ TỔNG HỢP TỪ SINH KHỐI
CHO ĐỘNG CƠ DIESEL PHÁT ĐIỆN CƠ NHỎ**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

Hà Nội - 2016

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

BÙI VĂN CHINH

**NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KHÍ TỔNG HỢP TỪ SINH KHỐI
CHO ĐỘNG CƠ DIESEL PHÁT ĐIỆN CƠ NHỎ**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí động lực
Mã số: 62520116

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS KHÔNG VŨ QUẢNG
2. PGS.TS PHẠM VĂN THÊ

Hà Nội - 2016

LỜI CAM ĐOAN

*Tôi xin cam đoan đây là để 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, ngày 07 tháng 12 năm 2016

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

NGHIÊN CỨU SINH

PGS.TS Khổng Vũ Quang

Bùi Văn Chinh

PGS.TS Phạm Văn Thê

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, Viện tiên tiến Khoa học và Công nghệ 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 Không Vũ Quang và PGS.TS Phạm Văn Thể 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 chân thành cảm ơn PGS.TS Phạm Hoàng Lương là Chủ nhiệm đề tài, Phòng thí nghiệm Hệ thống Năng lượng nhiệt, Viện Khoa học và Công nghệ Nhiệt lạnh, Viện Kỹ thuật Hóa - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã tạo điều kiện giúp đỡ thực hiện chế tạo và giúp đỡ trong suốt quá trình tôi tham gia làm thực nghiệm.

Tôi xin cảm ơn Ban Giám hiệu trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Ban lãnh đạo Khoa Công nghệ Ôtô 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

Bùi Văn Chinh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ	ix
MỞ ĐẦU	1
i. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
ii. Phương pháp nghiên cứu.....	2
iii. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	2
iv. Tính mới của Luận án.....	3
v. Các nội dung chính.....	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	4
1.1. Tổng quan về nhiên liệu sinh học.....	4
1.1.1. Giới thiệu chung về nhiên liệu sinh học	4
1.1.2. Chiến lược phát triển sử dụng NLSH ở Việt Nam.....	5
1.2. Khái quát chung, ưu, nhược điểm của syngas	10
1.2.1. Khái quát chung về syngas	10
1.2.2. Tính chất lý hóa của syngas	11
1.2.3. Ưu, nhược điểm của syngas	12
1.3. Tổng quan tình hình nghiên cứu sản xuất syngas từ sinh khối	13
1.3.1. Nghiên cứu sản xuất syngas trên thế giới	13
1.3.2. Nghiên cứu sản xuất syngas tại Việt Nam	15
1.4. Tình hình nghiên cứu sử dụng syngas cho ĐCĐT	21
1.4.1. Trên thế giới	22
1.4.2. Tại Việt Nam	27
1.5. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu.....	27
1.6. Kết luận chương 1	28
CHƯƠNG 2. HÌNH THÀNH HỖN HỢP VÀ CHÁY TRONG ĐỘNG CƠ LUÔNG NHIÊN LIỆU DIESEL/SYNGAS	29
2.1. Đặc điểm quá trình cháy của luồng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel.....	29

2.2. Cơ chế hình thành hỗn hợp và cháy khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel	30
2.2.1. Quá trình hình thành hỗn hợp	30
2.2.2. Quá trình cháy	31
2.3. Cơ sở tính toán quá trình cấp syngas	36
2.3.1. Yêu cầu của quá trình cấp syngas trên đường nạp của động cơ.....	36
2.3.2. Cơ sở lý thuyết phần mềm mô phỏng CFD Fluent	37
2.4. Cơ sở lý thuyết tính toán quá trình cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel.....	42
2.4.1. Cơ sở lý thuyết mô phỏng quá trình cháy	42
2.4.2. Quy luật cháy và mô hình cháy	47
2.4.3. Mô hình tính toán các thành phần phát thải	50
2.5. Kết luận chương 2	53
CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG CUNG CẤP SYNGAS VÀ CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ MITSUBISHI S3L2 SỬ DỤNG DIESEL/SYNGAS	55
3.1. Giới thiệu chung	55
3.2. Đối tượng nghiên cứu mô phỏng.....	56
3.3. Chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas	57
3.3.1. Động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu.....	57
3.3.2. Cơ sở tính toán đường ống cấp syngas trên đường nạp của động cơ.....	58
3.4. Nghiên cứu mô phỏng quá trình cháy của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.	64
3.4.1. Nghiên cứu mô phỏng động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.....	64
3.4.2. Trình tự tính toán mô phỏng	66
3.4.3. Kết quả và thảo luận	67
3.5. Kết luận chương 3	89
CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ	91
4.1. Mục tiêu và phạm vi thực nghiệm	91
4.2. Thiết bị và chế độ thực nghiệm	91
4.2.1. Động cơ thực nghiệm	91
4.2.2. Máy phát điện DT12-MS.....	91
4.2.3. Nhiên liệu thực nghiệm.....	92
4.2.4. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm	92

4.2.5. Thiết kế và chế tạo đường cáp syngas trên đường nạp của động cơ thực nghiệm	93
4.2.6. Thiết kế và chế tạo đường ống xả cho động cơ và lắp đặt các đầu cảm biến.....	95
4.2.7. Thiết bị phân tích phát thải khí	96
4.2.8. Bộ điều khiển tải và bộ nhiệt điện trở.....	97
4.2.9. Thiết bị đo công suất điện.....	97
4.2.10.Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu diesel.....	98
4.2.11.Các thiết bị đo khác	99
4.2.12.Chế độ thực nghiệm	101
4.3. Kết quả thực nghiệm và thảo luận.....	102
4.3.1. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí.....	102
4.3.2. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến công suất	103
4.3.3. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến tính năng kinh tế.....	105
4.3.4. Đánh giá về thành phần khí thải của động cơ	105
4.3.5. Lượng diesel thay thế ứng với các lưu lượng syngas khác nhau	108
4.4. So sánh kết quả tính toán mô phỏng với kết quả thực nghiệm	110
4.5. Kết luận chương 4	112
KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI.....	113
Kết luận chung	113
Hướng phát triển của đề tài	114
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN	115
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	116
PHỤ LỤC	121

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Điễn giải	Đơn vị
Syngas	Nhiên liệu khí tổng hợp được sản xuất từ sinh khối	-
ĐCĐT	Động cơ đốt trong	-
CO	Mônôxit cacbon	% vol
HC	Hydro cacbon	ppm
NO _x	Ôxít nitơ	ppm
CO ₂	Cácboníc	% vol
PM	Phát thải dạng hạt	% vol
SO _x	Thành phần ôxít lưu huỳnh	g/L
soot	Bồ hóng	g/kW.h
%DOtt	Phần trăm nhiên liệu diesel được cắt giảm	%
AVL-DiSmoke 4000	Thiết bị phân tích khí thải dạng hạt động cơ của hãng AVL	-
AVL-DiGas 4000	Thiết bị phân tích thành phần khí thải động cơ của hãng AVL	-
λ	Hệ số dư lượng không khí lamda	-
A/F	Tỷ lệ không khí/nhiên liệu	-
T _{syngas}	Nhiệt độ dòng syngas cấp cho động cơ	°C
V _{syngas}	Tốc độ dòng syngas cấp cho động cơ	m/s
Ratometer	Van điều chỉnh lưu lượng gió	m/s
N _e	Công suất	kW
G _{nl}	Lưu lượng tiêu thụ nhiên liệu	g/h
G _{kk}	Lưu lượng không khí nạp	kg/h
ϕ_s	Góc phun sörn	°TK
TCCP	Tiêu chuẩn cho phép	-
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam	-
BSEC	Suất tiêu hao năng lượng	g/kW.h
AVL-Boost	Phần mềm mô phỏng quá trình cháy của hãng AVL	-
AVL-MCC	Mô hình cháy của hãng AVL	
MP	Mô phỏng	-
TN	Thực nghiệm	-
Tar	Hydro cacbon cao phân tử	-
DO	Nhiên liệu diesel	-
DO-S	Lưỡng nhiên liệu diesel/syngas	-
NLSH	Nhiên liệu sinh học	-

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Tính chất lý hóa của H ₂ , CO và CH ₄ [12]	11
Bảng 1.2. So sánh giá trị kinh tế trên đơn vị nhiệt trị giữa sử dụng nhiên liệu truyền thống và nhiên liệu syngas ở Việt Nam [59].....	12
Bảng 1.3. Thành phần công nghệ của một số sinh khối phổ biến [12, 34].....	19
Bảng 1.4. Thành phần hóa học của một số sinh khối phổ biến [12, 34].....	19
Bảng 1.5. Các thành phần khí có trong syngas được sản xuất từ 3 loại nguyên liệu than hoa, gỗ mầu và mùn cưa [12].....	20
Bảng 2.1. Những phản ứng cháy chính của syngas [56].....	32
Bảng 2.2. Các hệ số của phương trình trao đổi nhiệt tại cửa nạp và thải.....	47
Bảng 2.3. Chuỗi phản ứng hình thành NO _x , hệ số tốc độ $k = AT^B \exp(-E/RT)$ [42]	51
Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ Mitsubishi S3L2	56
Bảng 3.2. Các giá trị nhập cho điều kiện biên	61
Bảng 3.3. Giá trị điều kiện đầu	61
Bảng 3.4. Giá trị điều kiện ban đầu	62
Bảng 3.5. Số lượng các phần tử để hoàn thiện mô hình	64
Bảng 3.6. Các thông số điều khiển chung cho mô hình.....	64
Bảng 3.7. So sánh giữa kết quả MP và TN của động cơ Mitsubishi S3L2.....	65
Bảng 3.8. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí	68
Bảng 3.9. Lượng diesel tiêu thụ khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau.	69
Bảng 3.10. Suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau.....	70
Bảng 3.11. Diện biến áp suất trong xy lanh (bar) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph	71
Bảng 3.12. Diện biến nhiệt độ trong xy lanh (K) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph	72
Bảng 3.13. Diện biến tốc độ tỏa nhiệt (J/độ) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph.....	74
Bảng 3.14. Tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh (bar/độ) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph.....	75
Bảng 3.15. Phát thải CO (ppm) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph	75
Bảng 3.16. Phát thải độc hại NO _x (ppm) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph.....	76
Bảng 3.17. Phát thải độc hại soot (g/kWh) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph	77
Bảng 3.18. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới công suất động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph.....	77
Bảng 3.19. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới các thành phần phát thải độc hại với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph	78
Bảng 3.20. Ảnh hưởng của áp suất phun tới công suất động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph	80

Bảng 3.21. Ảnh hưởng của áp suất phun tới các thành phần phát thải độc hại của động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph.....	80
Bảng 3.22. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới hệ số dư lượng không khí với lượng syngas thay thế là 2 g/s	81
Bảng 3.23. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới công suất động cơ với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	82
Bảng 3.24. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	82
Bảng 3.25. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới suất tiêu hao năng lượng với lượng syngas thay thế là 2 g/s	83
Bảng 3.26. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại CO với lượng syngas thay thế là 2 g/s	83
Bảng 3.27. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại soot với lượng syngas thay thế là 2 g/s	83
Bảng 3.28. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại NO _x với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	84
Bảng 3.29. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới áp suất trong xy lanh (bar) với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	85
Bảng 3.30. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới nhiệt độ trong xy lanh (K) với lượng syngas thay thế là 2 g/s	86
Bảng 3.31. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới tốc độ tỏa nhiệt (J/độ) với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	87
Bảng 3.32. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới độ tăng áp suất cực đại (bar/độ) với lượng syngas thay thế là 2 g/s.....	88
Bảng 4.1. Các thành phần của syngas sản xuất từ than hoa.....	92
Bảng 4.2. Thông số kỹ thuật của thiết bị đo công suất điện	98
Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật của thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu Fuel Consumption Meter FC-9521	98
Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật thiết bị đo áp suất tăng áp PSA-1	100
Bảng 4.5. Thông số kỹ thuật cảm biến nhiệt độ TM-902C.....	100
Bảng 4.6. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí	102
Bảng 4.7. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến công suất	103
Bảng 4.8. So sánh suất tiêu hao năng lượng thay thế cho động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu.	105
Bảng 4.9. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải CO	106
Bảng 4.10. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải CO ₂	106
Bảng 4.11. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải NO _x	106
Bảng 4.12. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải soot	107
Bảng 4.13. Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ ở các chế độ thử nghiệm.....	109
Bảng 4.14. So sánh phát thải CO khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN	110
Bảng 4.15. So sánh phát thải NO _x khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN ..	111
Bảng 4.16. So sánh phát thải soot khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN ...	111

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Phân loại các loại nhiên liệu thay thế dùng cho ĐCĐT [6]	4
Hình 1.2. Bếp trấu hóa khí gas	6
Hình 1.3. Keo là sản phẩm với nguồn gốc từ methanol	6
Hình 1.4. Quá trình sản xuất syngas thực tế tại Việt Nam	18
Hình 2.1. Sơ đồ phân vùng hỗn hợp trên 1 tia phun khi phun mồi [23]	30
Hình 2.2. Sơ đồ phân vùng xy lanh ứng với 1 tia phun trong quá trình cháy [23]	34
Hình 2.3. Cấu trúc bộ phần mềm CFD Fluent [10]	38
Hình 2.4. Ứng dụng CFD Fluent mô phỏng động cơ đốt trong [10]	38
Hình 2.5. Mô hình cân bằng năng lượng trong xy lanh.....	44
Hình 2.6. Tốc độ tỏa nhiệt [49]	48
Hình 2.7. Ảnh hưởng của tham số đặc trưng cháy [49].....	49
Hình 3.1. Động cơ Mitsubishi S3L2.....	56
Hình 3.2. Hình dạng đường cấp syngas trên đường nạp động cơ diesel	59
Hình 3.3. Mô hình sau khi chia lưới và đặt điều kiện biên	60
Hình 3.4. Kết quả xuất ra dưới dạng trường vận tốc	62
Hình 3.5. Kết quả mô phỏng dưới dạng đường dòng	63
Hình 3.6. Mô hình mô phỏng động cơ Mitsubishi S3L2.....	64
Hình 3.7. Kết quả so sánh công suất động cơ giữa MP và TN ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph	65
Hình 3.8. Kết quả so sánh các thành phần phát thải giữa MP và TN ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph.....	66
Hình 3.9. So sánh hệ số dư lượng không khí lamda	68
Hình 3.10. Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu	69
Hình 3.11. Đặc tính BSEC của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu	71
Hình 3.12. Diễn biến áp suất trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế	73
Hình 3.13. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế	73
Hình 3.14. Tốc độ tỏa nhiệt trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế.....	75
Hình 3.15. Tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh động cơ ở các lưu lượng thay thế	75
Hình 3.16. Phát thải CO khi sử dụng lưỡng nhiên liệu.....	76
Hình 3.17. Phát thải NO _x khi sử dụng lưỡng nhiên liệu.....	76
Hình 3.18. Phát thải soot khi sử dụng lưỡng nhiên liệu	77
Hình 3.19. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới công suất động cơ.....	78
Hình 3.20. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới phát thải NO _x	78
Hình 3.21. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới phát thải soot	79
Hình 3.22. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới phát thải CO	79
Hình 3.23. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải NO _x	81
Hình 3.24. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải CO.....	81
Hình 3.25. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải soot	81
Hình 3.26. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới lamda	82
Hình 3.27. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ	84
Hình 3.28. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới BSEC.....	84

Hình 3.29. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới phát thải CO	84
Hình 3.30. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới phát thải NO _x	84
Hình 3.31. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới soot	85
Hình 3.32. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới áp suất trong xy lanh	88
Hình 3.33. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới nhiệt độ trong xy lanh.....	88
Hình 3.34. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới tốc độ tỏa nhiệt	89
Hình 3.35. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới tốc độ tăng áp suất cực đại	89
Hình 4.1. Cụm động cơ diesel - máy phát điện	91
Hình 4.2. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm	93
Hình 4.3. Một số hình ảnh thực tế lắp đặt hệ thống thực nghiệm.....	93
Hình 4.4. Phương án thiết kế và lắp đặt thiết bị đo lưu lượng syngas	94
Hình 4.5. Đường ống nạp của động cơ và vị trí gá các đầu cảm biến	95
Hình 4.6. Đường ống xả của động cơ thử nghiệm.....	95
Hình 4.7. Bộ thiết bị phân tích khí thải AVL Emission Testers Series 4000	96
Hình 4.8. Cấu tạo buồng đo độ khói.....	96
Hình 4.9. Bộ điều khiển tải	97
Hình 4.10. Hệ thống thử tải bằng các nhiệt điện trở.....	97
Hình 4.11. Thiết bị đo công suất điện.....	97
Hình 4.12. Thiết bị đo lưu lượng nhiên liệu diesel	98
Hình 4.13. Sơ đồ lắp đặt thiết bị FC-9521	99
Hình 4.14. Thiết bị đo áp suất PSA-1	99
Hình 4.15. Lắp đặt cảm biến đo nhiệt độ đường nạp, thải động cơ TN	100
Hình 4.16. Thiết bị đo lưu lượng khí nạp	101
Hình 4.17. Thiết bị đo lưu lượng syngas	101
Hình 4.18. So sánh hệ số dư lượng không khí khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas.....	103
Hình 4.19. Đặc tính công suất khi sử dụng luồng diesel/syngas	104
Hình 4.20. So sánh suất tiêu hao năng lượng thay thế cho động cơ khi sử dụng luồng nhiên liệu	105
Hình 4.21. So sánh phát thải CO khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas	107
Hình 4.22. So sánh phát thải CO ₂ khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas.....	107
Hình 4.23. So sánh phát thải HC khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas	107
Hình 4.24. So sánh phát thải NO _x khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas.....	107
Hình 4.25. So sánh phát thải khói đen khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas.....	108
Hình 4.26. So sánh mức tiêu thụ nhiên liệu diesel ở các chế độ thử nghiệm	109
Hình 4.27. So sánh phát thải CO khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN	110
Hình 4.28. So sánh phát thải NO _x khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas giữa TN và MP ...	111
Hình 4.29. So sánh phát thải soot khi sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas giữa TN và MP ...	111

MỞ ĐẦU

Nguồn nhiên liệu truyền thống có mức độ phát thải cao, ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người và sẽ dần bị cạn kiệt trong tương lai gần. Do vậy, nhiệm vụ cấp bách đặt ra cho các nhà khoa học là cần tìm ra các nguồn năng lượng sạch, rẻ, dồi dào để thay thế cho nguồn nhiên liệu hóa thạch.

Từ nhiều thập kỷ nay các nhà khoa học trên thế giới đã tập trung tìm các nguồn nhiên liệu thay thế nhiên liệu hóa thạch như năng lượng mặt trời, năng lượng sóng biển, năng lượng gió và đặc biệt là năng lượng sinh học được sản xuất từ thực vật và các chất thải sinh hoạt, công nghiệp. Sinh khối là nguồn nguyên liệu từ các phụ phẩm nông nghiệp hay từ các hoạt động sản xuất lâm nghiệp... Nguồn sinh khối này có giá thành thấp đồng thời là nguyên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp. Hơn nữa, việc sử dụng sinh khối cũng góp phần làm giảm phát thải CO₂ ra bầu khí quyển.

Việt Nam có điều kiện khí hậu để phát triển nhiều loại cây làm nguyên liệu cho nhiên liệu sinh học, có nhiều loại sinh khối, thế mạnh để phát triển nguồn nhiên liệu này. Sinh khối là các phụ phẩm từ nông nghiệp (rom rạ, bã mía, vỏ, xơ bắp), phụ phẩm lâm nghiệp (lá khô, vụn gỗ), giấy vụn, metan từ các bãi chôn lấp, trạm xử lý nước thải, chất thải từ các trang trại chăn nuôi gia súc và gia cầm. Nguyên liệu sinh khối có thể được sử dụng ở dạng rắn, lỏng hoặc khí. Trong đó gỗ là một dạng sinh khối phổ biến, hiện vẫn đang là loại chất đốt chính, được sử dụng cho đun nấu trong hộ gia đình ở nhiều nước trên thế giới. Sinh khối là một dạng năng lượng - nhiên liệu có sẵn tại chỗ với tiềm năng lớn nhưng còn nhiều bất tiện trong việc sử dụng như: nhiệt trị (kJ/kg) thấp, khối lượng riêng (kg/m³) nhỏ, độ ẩm cao, khi đun phát thải nhiều khói, bụi... Vì vậy, để thúc đẩy việc sản xuất và sử dụng năng lượng sinh khối hiệu quả hơn, sạch hơn, nhiều nước trên thế giới đã không ngừng nghiên cứu cải tiến công nghệ đốt. Từ cách đốt truyền thống “đốt trực tiếp” đang được xem xét nghiên cứu để có thể dần chuyển sang đốt gián tiếp thông qua công nghệ khí hóa. Công nghệ này được xem như là phương pháp hữu hiệu để chuyển nhiên liệu rắn sang nhiên liệu khí và được tích trữ vào bình chứa để vận chuyển dễ dàng hơn, đồng thời điều chỉnh quá trình cháy để tăng hiệu quả và giảm ô nhiễm với nhiên liệu khí cũng thuận lợi hơn. Việc sử dụng nguyên liệu sinh khối để làm nhiên liệu thay thế được coi là tiện lợi, sạch sẽ và phù hợp hơn cho các mục đích sử dụng nhiệt khác nhau, kể cả cho phát điện.

Hiện nay tại Việt Nam đang thiếu điện năng do các nguồn thủy điện và nhiệt điện truyền thống không cung cấp đủ điện năng cho sản xuất và sinh hoạt. Điều này dẫn đến tình trạng nguồn điện yếu hoặc mất điện sinh hoạt thường xuyên gây ảnh hưởng nghiêm trọng tới đời sống của người dân. Các nghiên cứu sử dụng nhiên liệu khí cho ĐCĐT, trong đó có nghiên cứu syngas được sản xuất từ sinh khối ứng dụng cho động cơ diesel máy phát điện cỡ nhỏ có thể góp phần khắc phục tình trạng trên, tuy nhiên vấn đề này ở Việt Nam chưa được quan tâm đúng mức. Để giải quyết các vấn đề nêu trên NCS đã thực hiện đề tài “**Nghiên cứu sử dụng khí tổng hợp từ sinh khối cho động cơ diesel phát điện cỡ nhỏ**” kết hợp với đề tài nghị định thư Việt Nam-Thái Lan (2014) “**Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và vận hành thử nghiệm hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp năng lượng quy mô nhỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam**”. Đề tài được thực hiện trên cơ sở phối hợp giữa Viện

tiên tiến Khoa học và Công nghệ với Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội hướng tới góp phần giải quyết các yêu cầu trên đây của thực tiễn là phát triển nguồn nhiên liệu xanh, sạch để giảm thiểu ô nhiễm môi trường và đặc biệt là giảm tải cho lưới điện quốc gia trong giờ cao điểm góp phần ổn định sản xuất và sinh hoạt cho người dân.

i. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

**) Mục đích nghiên cứu*

Đánh giá khả năng sử dụng syngas thay thế diesel truyền thống dùng cho động cơ diesel - máy phát điện, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ.

**) Đối tượng và phạm vi nghiên cứu*

Đối tượng nghiên cứu:

Động cơ S3L2-Mitsubishi, đây là động cơ diesel 3 xy lanh, 4 kỳ không tăng áp đang được sử dụng phổ biến dẫn động máy phát điện.

Nhiên liệu thử nghiệm gồm diesel và syngas. Trong đó syngas được sản xuất từ các nguồn sinh khối khác nhau và cấp liên tục cho động cơ. Ngoài ra trong quá trình thử nghiệm thành phần syngas liên tục được kiểm soát.

Phạm vi nghiên cứu:

Phản lý thuyết thực hiện nghiên cứu quá trình cấp syngas, hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ diesel - máy phát điện sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với các lưu lượng syngas được sản xuất từ các nguồn sinh khối khác nhau bằng phần mềm CFD Fluent và AVL-Boost.

Phản thực nghiệm thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với lưu lượng khác nhau đến đặc tính kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel - máy phát điện hoạt động ở các chế độ tải khác nhau. Trong đó lượng syngas được cấp trực tiếp và liên tục vào đường nạp của động cơ từ hệ thống khí hóa sinh khối tại Phòng thí nghiệm Hệ thống Năng lượng nhiệt, Trường ĐHBK Hà Nội.

ii. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu trên cơ sở kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm, trong đó nghiên cứu lý thuyết được tiến hành trên các công cụ mô phỏng chuyên sâu, gồm CFD Fluent và AVL-Boost. Còn nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trong Phòng thí nghiệm Hệ thống Năng lượng nhiệt với sự hỗ trợ các thiết bị đo hiện đại và đồng bộ của Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong, Trường ĐHBK Hà Nội.

iii. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Đã thực hiện thành công nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel - máy phát điện đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ.

Khi áp dụng kết quả luận án vào thực tế sẽ góp phần giải quyết vấn đề cấp thiết hiện nay về nguồn nhiên liệu thay thế, giảm sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu truyền thống, khai thác sử dụng hiệu quả nguồn sinh khối dồi dào có từ phế thải trong ngành nông lâm nghiệp, cũng như góp phần giải quyết phần nào sự thiếu hụt nguồn điện tại các vùng sâu, vùng xa nhất là những vùng thiếu nguồn điện lưới quốc gia.

Luận án là tài liệu tham khảo hữu ích trong nghiên cứu sử dụng syngas và đào tạo chuyên sâu về ngành động cơ đốt trong.

iv. Tính mới của Luận án

Syngas là nguồn nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong có nhiều tiềm năng. Hiện nay, Việt Nam nguồn nguyên liệu sản xuất syngas từ phế phẩm nông lâm nghiệp rất dồi dào. Việc sử dụng syngas thay thế nhiên liệu xăng và diesel truyền thống sẽ góp phần tận dụng nguồn phụ phế phẩm trong nông, lâm nghiệp cũng như giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu có nguồn gốc hóa thạch và góp phần giảm phát thải độc hại.

Đã sử dụng phương pháp nghiên cứu kết hợp giữa mô phỏng và thực nghiệm để đánh giá khả năng và mức độ ảnh hưởng của tỷ lệ và thành phần syngas thay thế, góc phun sớm, áp suất phun nhiên liệu diesel đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel dẫn động máy phát điện cỡ nhỏ.

v. Các nội dung chính

Để thực hiện các nội dung nghiên cứu, luận án được trình bày gồm các phần như sau:

- Mở đầu
- Chương 1. Tổng quan
- Chương 2. Hình thành hỗn hợp và cháy trong động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas
- Chương 3. Mô phỏng cung cấp syngas và chu trình nhiệt động của động cơ Mitsubishi S3L2 sử dụng diesel/syngas
- Chương 4. Nghiên cứu thực nghiệm và đánh giá
- Kết luận chung và phương hướng phát triển

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về nhiên liệu sinh học

1.1.1. Giới thiệu chung về nhiên liệu sinh học

Nhiên liệu sinh học (NLSH) hay còn gọi là (biofuels) là loại nhiên liệu được hình thành từ các hợp chất có nguồn gốc động thực vật. Ví dụ như nhiên liệu chế xuất từ chất béo của động thực vật (mỡ động vật, dầu dừa...), ngũ cốc (lúa mì, ngô, đậu tương, sắn...), chất thải trong nông nghiệp (rơm rạ, phân...), sản phẩm trong công nghiệp (mùn cưa, sản phẩm gỗ thải) [11]. Việc nghiên cứu sử dụng NLSH để thay thế cho động cơ đốt trong (ĐCĐT) chạy bằng nhiên liệu xăng và diesel để giảm ô nhiễm môi trường và bù đắp phần nhiên liệu thiếu hụt là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn. Bên cạnh đó việc sử dụng các nhiên liệu thay thế có nguồn gốc hóa thạch và nguồn gốc tái tạo cũng được nghiên cứu sử rộng rãi cho ĐCĐT. Nhóm nhiên liệu thay thế có nguồn gốc hóa thạch gồm khí thiên nhiên (khí thiên nhiên nén CNG, khí thiên nhiên hóa lỏng LNG), khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG), dimethyl ether (DME) và một số khí khác. Nhóm nhiên liệu có nguồn gốc tái tạo có thể gồm khí sinh học (biogas), ethanol sinh học (bio-ethanol)/methanol sinh học (bio-methanol), hydro, dầu thực vật (vegetable oil), diesel sinh học (bio-diesel hay FAME - Fatty Acid Methyl Ester), dầu thực vật/mỡ động vật hydro hóa (HVO - Hydrotreating Vegetable Oil) và sinh khối hóa lỏng (BTL - Bio-mass To Liquid). Phân loại phạm vi sử dụng một số loại nhiên liệu thay thế được thể hiện trong hình 1.1 [6].

Đây là nguồn nhiên liệu thay thế tiềm năng cho tương lai, tuy nhiên bên cạnh đó cũng có những hạn chế nhất định cần phải khắc phục để áp dụng đại trà trong thực tiễn. Một số ưu điểm chính của NLSH so với các loại nhiên liệu truyền thống như sau:

1.1.1.1. Ưu điểm

Thân thiện với môi trường: NLSH sinh ra ít khí nhà kính (CO_2 , CO, N_2O) và ít gây ô nhiễm môi trường hơn các loại nhiên liệu truyền thống.

Là nguồn nhiên liệu có thể tái sinh: các nhiên liệu này lấy từ hoạt động sản xuất nông, lâm nghiệp và có thể tái sinh, giúp giảm sự lệ thuộc vào nguồn nhiên liệu hóa thạch (dầu mỏ, than đá...); mặt khác các nhiên liệu này cũng có hàm lượng C nhỏ hơn so với nhiên liệu xăng và diesel nên phát thải độc hại thấp hơn.

	Động cơ đánh lửa	Động cơ cháy do nén
Nguồn hóa thạch	Khí thiên nhiên (NG) Khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG)	Than đá hóa lỏng (CTL) Khí hóa lỏng (GTL) Dimethyl Ether (DME)
Nguồn tái tạo	Bio-ethanol/bio-methanol Bio-butanol Khí sinh học (biogas) Hydrô	Diesel sinh học (biodiesel/FAME) Dầu thực vật (vegetable oil) Dầu thực vật hydrát hóa (HVO) Sinh khối hóa lỏng (BTL) Dimethyl ether (DME)

Hình 1.1. Phân loại các loại nhiên liệu thay thế dùng cho ĐCĐT [6]

1.1.1.2. Nhược điểm

Phát triển NLSH có nguồn gốc từ thực vật yêu cầu diện tích canh tác lớn dẫn đến việc cạnh tranh diện tích canh tác với các cây lương thực khác do đó sẽ làm giá lương thực tăng cao, nếu phát triển không hợp lý có thể đe dọa tới an ninh lương thực.

Phát triển NLSH có nguồn gốc từ động thực vật còn gặp phải một khó khăn khác do phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện thời tiết cực đoan dẫn đến giảm sản lượng nguồn nguyên liệu để sản xuất NLSH.

Công nghệ để đầu tư cho sản xuất NLSH tiên tiến (chế tạo NLSH từ lignin cellulose - có trong rơm, cỏ, gỗ...) cần kinh phí lớn.

NLSH khó cất giữ và bảo quản hơn so với nhiên liệu truyền thống (dễ bị biến tính phân hủy theo thời gian).

1.1.2. Chiến lược phát triển sử dụng NLSH ở Việt Nam

Việt Nam là đất nước nông nghiệp phát triển, với tiềm năng phát triển NLSH từ các phụ phẩm nông nghiệp. Phát triển NLSH không những giải quyết vấn đề thiếu nguồn năng lượng cho phát triển công nghiệp mà còn góp phần phát triển nông nghiệp. Ý thức được ý nghĩa quan trọng của NLSH, Việt Nam đã có nhiều chính sách đặc biệt để khuyến khích phát triển nguồn nhiên liệu tiềm năng này. Ngày 20/11/2007, Thủ tướng Chính phủ đã ký quyết định 177/2007/QĐ - TTg phê duyệt “Đề án phát triển nhiên liệu sinh học đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025”. Việt nam đã làm chủ và sản xuất các vật liệu, chất phụ gia phục vụ sản xuất NLSH, ứng dụng ngành công nghệ lên men hiện đại để đa dạng hóa các nguồn nguyên liệu cho quá trình chuyển hóa sinh khối thành NLSH. Sản lượng ethanol và dầu thực vật đạt 250 nghìn tấn, đáp ứng 1% nhu cầu xăng dầu của cả nước. Tầm nhìn tới năm 2025, công nghệ sản xuất NLSH ở nước ta đạt trình độ tiên tiến trên thế giới với sản lượng ethanol và dầu thực vật đạt 1,8 triệu tấn, đáp ứng khoảng 5% nhu cầu xăng dầu của cả nước. Đề án có 4 nhiệm vụ chủ yếu và 6 giải pháp chính để phát triển NLSH như được đưa ra trong phụ lục 1.

Ở các nước trên thế giới cũng như ở Việt Nam các chương trình phát triển nhiên liệu sạch đang rất được quan tâm. Do vậy những chiến lược phát triển NLSH được kể trên thì việc sử dụng NLSH cho các phương tiện vận tải ngoài việc đa dạng hóa nguồn năng lượng còn góp phần đáng kể vào việc giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường do động cơ đốt trong gây ra. Mặt khác, NLSH góp phần phát triển kinh tế nông thôn, tăng thu nhập cho người dân ở vùng sâu, vùng xa. Một khi sự phát triển bền vững, phát triển kinh tế gắn liền với các yếu tố xã hội và môi trường có vai trò thiết yếu đối với mỗi quốc gia, lãnh thổ thì các nguồn năng lượng xanh, năng lượng có phát thải cacbon thấp nhận được sự ưu tiên phát triển.

1.1.2.1. Sử dụng syngas trong đốt cháy sinh nhiệt

Công nghệ khí hóa tổng hợp hiện nay được sử dụng khá rộng rãi trong công nghiệp và đời sống nhưng chủ yếu trong đốt cháy sinh nhiệt như được đưa ra trong hình 1.2. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, giá thành đầu tư thấp và có thể áp dụng dễ dàng trong

quy mô nhỏ, hộ gia đình. Tuy nhiên nhược điểm rất lớn của phương pháp này là hiệu suất nhiệt thấp, do vậy không tận dụng hiệu quả nguồn nhiệt năng của nhiên liệu dẫn đến lãng phí, hiệu quả kinh tế thấp.



1.1.2.2. Sử dụng syngas trong công nghiệp hóa chất

Syngas được sử dụng như một nguồn nguyên liệu trong công nghiệp hóa chất nhằm sản xuất các chất liệu tổng hợp, phân bón và các dung môi.

Methanol được sản xuất từ syngas. Đây là một trong những chất cơ bản quan trọng nhất trong ngành công nghiệp hóa chất để sản xuất các dung môi và một phần cho sản xuất nhiên liệu thay thế như xăng sinh học.

Amoniac cũng là một trong những sản phẩm của công nghiệp hóa chất được tổng hợp từ syngas. Amoniac là cơ sở để sản xuất phân bón nitơ, bao gồm cả phân bón amoni, nitrat và urê. Các loại phân này đóng một vai trò quan trọng trong ngành nông nghiệp.

Hình 1.2. Bếp trâu hóa khí gas



Hình 1.3. Keo là sản phẩm với nguồn gốc từ methanol

Hydro sản xuất từ syngas không chỉ đóng một vai trò quan trọng trong sản xuất amoniac mà còn được sử dụng trong ngành công nghiệp nhà máy lọc dầu để trích xuất diesel và xăng dầu từ dầu thô. Nó cũng được sử dụng rộng rãi trong một lượng lớn các phản ứng hydro hóa. Khí hydro là loại khí có nhiệt trị khói lượng cao và khi cháy không gây phát thải các thành phần độc hại HC và CO như các loại nhiên liệu có nguồn gốc hóa thạch nên nó đang được sử dụng rộng rãi tại các nước đang phát triển.

1.1.2.3. Các thể hệ của NLSH

Tùy theo lợi thế về nguyên liệu của mỗi quốc gia mà người ta chọn các loại nguyên liệu phù hợp để sản xuất. Đồng thời cũng dựa trên nguồn nguyên liệu dùng để sản xuất NLSH người ta chia NLSH thành ba thể hệ:

- NLSH thể hệ đầu tiên được sản xuất từ các nguyên liệu có bản chất là thực phẩm, ví dụ như các nguyên liệu có chứa tinh bột, đường, mỡ động vật, dầu thực vật...
- NLSH thể hệ thứ hai khắc phục được các vấn đề an ninh lương thực của NLSH thể hệ đầu tiên. Thay vì chỉ sử dụng đường, tinh bột, dầu như ở thể hệ đầu tiên, kỹ thuật này cho phép sử dụng tất cả các hình thức sinh khối chứa lignin cellulose. Các loại cỏ cây, các phế phẩm công nghiệp và nông nghiệp đều có thể được chuyển đổi thông qua hai con đường: hóa sinh và nhiệt hóa.
- NLSH thể hệ thứ 3 có nguồn gốc từ tảo ra đời và được coi là một năng lượng thay

thế khả thi. Vì tảo có thể sản xuất nhiều dầu hơn 15÷300 lần để sản xuất biodiesel, hơn nữa so với cây trồng thông thường được thu hoạch 1÷2 lần trong một năm thì vi tảo có chu kỳ thu hoạch rất ngắn (khoảng 1÷10 ngày tùy thuộc vào từng tiến trình) cho phép thu hoạch nhiều và liên tục với năng suất đáng kể. Vì tảo đã được dùng để sản xuất NLSH, nhiên liệu này dùng làm nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT, nhằm giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và sự nóng lên trên toàn cầu do đốt các nhiên liệu hóa thạch.

Việt Nam là một nước nông nghiệp, nơi có tiềm năng lớn về nguyên liệu phục vụ cho sản xuất NLSH, với các thế hệ NLSH kể trên nhằm phục vụ cho đời sống con người thì Nhà nước đã có những chính sách và chủ trương để phát triển. Ví dụ như:

- Lộ trình sử dụng đại trà xăng sinh học E5 trên toàn quốc từ 1/1/2016;
- Xăng sinh học E10 bán đại trà trên toàn quốc từ 1/1/2017;
- Biogas đang được nghiên cứu sử dụng (nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Đà Nẵng).

Chi tiết về các loại NLSH được trình bày cụ thể như sau:

a) *Ethanol (bioethanol)*

Ethanol (bioethanol) đã có lịch sử phát triển lâu đời và được ứng dụng cho động cơ xăng, động cơ chạy ethanol đã ra đời từ những năm đầu tiên trong thời kỳ phát triển của ĐCĐT. Henry Ford là người đầu tiên đề xuất việc sử dụng ethanol bởi vì đặc tính cháy tốt, có thể được chế tạo từ các sản phẩm nông nghiệp. Thực tế thì Brazil đã thực hiện ý tưởng này và là đất nước đi đầu về việc ứng dụng ethanol làm nhiên liệu sử dụng cho động cơ trên toàn thế giới.

Ethanol (công thức phân tử C₂H₅OH) là một hợp chất hữu cơ nằm trong dãy đồng đẳng của ancol methylic, thường được sản xuất nhờ sự lên men từ các sản phẩm nông nghiệp. Ethanol là chất lỏng, không màu, mùi thơm dễ chịu và đặc trưng, vị cay, nhẹ hơn nước, dễ bay hơi, sôi ở nhiệt độ 78,39°C, hóa rắn ở -114,15°C, dễ cháy, khi cháy không có khói và ngọn lửa có màu xanh da trời. Ethanol được chế biến thông qua quá trình lên men các sản phẩm hữu cơ như tinh bột, cellulose, lignin cellulose.

b) *Biodiesel*

Biodiesel hay còn gọi là diesel sinh học được định nghĩa là một dạng nhiên liệu dùng để thay thế diesel, có nguồn gốc từ dầu thực vật hoặc mỡ động vật. Về phương diện hóa học thì diesel sinh học là methyl, ethyl ester của những axit béo.

Để sản xuất diesel sinh học người ta pha khoảng 10% metanol vào dầu thực vật và dùng nhiều loại chất xúc tác khác nhau (đặc biệt là hidroxit kali, hidroxit natri và các ancolat). Ở áp suất thông thường và nhiệt độ vào khoảng 60°C liên kết este của glyxerin trong dầu thực vật bị phá hủy và các axit béo sẽ được este hóa với metanol. Chất glyxerin hình thành phải được tách ra khỏi dầu diesel sinh học. So với diesel truyền thống, biodiesel có những ưu điểm sau:

- Quá trình cháy sạch do có chứa khoảng 11% khói lượng ô xy, chỉ số cetane cao,

hàm lượng lưu huỳnh thấp, ít hydro cacbon thơm dẫn tới giảm đáng kể phát thải HC (gồm cả các HC mạch vòng), CO, SO_x và PM, giảm đóng cặn cho động cơ;

- Có khả năng tự phân hủy và không độc (phân hủy nhanh hơn diesel 4 lần, phân hủy 80÷85% trong nước sau 28 ngày);
- Có điểm chớp cháy cao hơn diesel, đốt cháy hoàn toàn an toàn trong bảo quản và sử dụng;
- Biodiesel có tính bôi trơn tốt.

c) *Biogas*

Biogas là nhiên liệu tái sinh được sản xuất từ chất thải hữu cơ, vì vậy việc sử dụng nó làm nhiên liệu không ảnh hưởng tới nồng độ CO₂ trong khí quyển. Thành phần chính của biogas là CH₄ (khoảng 50,60%) và CO₂ (> 30%) còn lại là các chất khác như hơi nước N₂, O₂, H₂S, CO... do thuỷ phân chất hữu cơ trong môi trường yếm khí, xúc tác nhờ nhiệt độ từ 20÷40°C, nhiệt trị thấp của CH₄ là 37,71.103 kJ/m³, do đó có thể sử dụng biogas làm nhiên liệu cho ĐCĐT. Trong biogas có CH₄ rất dễ cháy nên phải có biện pháp xử lý và phòng chống cháy nổ khi sử dụng cho động cơ. Khí H₂S có thể ăn mòn các chi tiết cho động cơ, sản phẩm của nó là SO_x cũng là một khí rất độc. Hơi nước có hàm lượng nhỏ nhưng ảnh hưởng đáng kể đến nhiệt độ ngọn lửa, giới hạn cháy, nhiệt trị thấp và tỷ lệ không khí-nhiên liệu của biogas. Tiềm năng biogas của Việt Nam từ chất thải chăn nuôi là rất lớn, khoảng 2 tỷ m³ [2].

d) *Dimethyl ether (DME)*

Ở nhiệt độ môi trường, áp suất khí quyển, DME là chất khí không màu, hóa lỏng với điều kiện áp suất thấp (0,5 MPa ở 25°C). DME không độc, không ăn mòn và không có chất gây ung thư, phân hủy nhanh trong môi trường tự nhiên.

DME có thể được sản xuất từ khí tự nhiên thông qua 2 bước: chuyển đổi khí tự nhiên thành metanol sau đó khử nước metanol ($2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$) ta sẽ thu được DME.

DME có trị số cetane khá cao (khoảng 55) trong khi trị số cetane của diesel là 40÷53. Động cơ sử dụng DME có quá trình cháy rất tốt, đặc biệt giảm đáng kể lượng phát thải NO_x và muội than. Tuy nhiên nhiệt trị và độ nhớt của DME lại khá thấp, do vậy khi sử dụng cho động cơ diesel thông thường cần phải cải tiến lại hệ thống nhiên liệu cho phù hợp.

e) *Khí hóa sinh khói*

Khí hóa các nguyên liệu sinh khói là quá trình sản xuất syngas từ việc nhiệt phân và hóa khí các nguyên liệu gỗ, mùn cưa, rơm rạ, vỏ trấu... Syngas rất dễ cháy nên được sử dụng như một loại nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT [37].

Nguồn nguyên liệu phục vụ sản xuất syngas là khá lớn và có thể tái tạo. Trong thành phần chính của syngas chủ yếu là H₂, CO và CH₄. Các thành phần khí này làm cải thiện quá trình cháy trong ĐCĐT, dẫn đến hiệu suất nhiệt của động cơ lưỡng nhiên liệu tăng lên khi thành phần H₂ trong syngas tăng.

1.1.2.4. Các công trình nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế

Hiện nay tại Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế ở dạng khí cho ĐCĐT, kết quả đạt được những thành công đáng kể trong việc phát triển, ứng dụng các nguồn nhiên liệu thay thế mới và thân thiện với môi trường. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT có ý nghĩa lớn về mặt khoa học và có tính thực tiễn cao. Có thể kể tên một số đề tài và luận án tiến sĩ của các nhà nghiên cứu trong nước như sau:

Đề tài cấp Bộ của tác giả Lê Anh Tuấn, Đại học Bách khoa Hà Nội, “Nghiên cứu sử dụng LPG cho động cơ diesel”, năm 2011. Nội dung chính của đề tài tập trung nghiên cứu phương pháp phổi trộn và cung cấp LPG cho động cơ diesel ở các chế độ làm việc của động cơ. Đồng thời, đánh giá tỷ lệ cung cấp LPG phù hợp cho động cơ diesel và lợi ích của việc sử dụng LPG về tính kinh tế, kỹ thuật cũng như phát thải độc hại của động cơ. LPG được hóa hơi hoàn toàn qua bộ chuyển đổi hóa hơi và được phun vào đường ống nạp của động cơ qua vòi phun. Kết quả nghiên cứu ứng dụng LPG trên động cơ diesel theo đường đặc tính ngoài cho kết quả về tỷ lệ thay thế nhiên liệu diesel khi sử dụng lưỡng nhiên liệu lên tới 30%. Một số chế độ tốc độ có thể thay thế diesel lên tới 40%, tuy nhiên khi tỷ lệ LPG thay thế cao, hiện tượng kích nổ xảy ra. Qua kết quả nghiên cứu cho thấy khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/LPG kết hợp với phun mồi diesel sẽ làm giảm phát thải CO, Smoke và HC đồng thời động cơ làm việc êm hơn [7].

Đề tài cấp Nhà nước của tác giả Bùi Văn Ga, Trường Đại học Đà Nẵng, “Nghiên cứu công nghệ sử dụng biogas dùng để phát điện, kéo máy công tác và vận chuyển cơ giới”, năm 2012. Nội dung chính của đề tài tập trung vào đánh giá nghiên cứu sử dụng nhiên liệu biogas trên băng thử cố định và tại hiện trường trên băng thử động cơ di động với 3 loại động cơ: động cơ biogas đánh lửa cưỡng bức được cải tạo từ động cơ diesel, động cơ lưỡng nhiên liệu biogas-diesel được cải tạo từ động cơ diesel, động cơ biogas tĩnh tại được cải tạo từ động cơ ô tô xăng. Trong đó có nghiên cứu trên động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu biogas-diesel kéo máy phát điện 5kW, băng phương pháp cung cấp nhiên liệu khí sử dụng bộ hòa trộn có lưu lượng thay đổi. Đề điều chỉnh lưu lượng biogas cấp vào cho động cơ (thay đổi công suất động cơ) sử dụng phương án điều chỉnh theo chất thông qua bộ điều khiển van tiết lưu. Kết quả của động cơ dual-fuel biogas-diesel kéo máy phát điện 5kW mỗi ngày chạy 6 giờ thì mỗi năm tiết kiệm được 24 triệu đồng tiền nhiên liệu và hạn chế được 9,5 tấn khí CO₂ thải vào bầu khí quyển [3].

Luận án tiến sĩ kỹ thuật của tác giả Lê Xuân Thạch, Trường Đại học Đà Nẵng, “Nghiên cứu hệ thống cung cấp nhiên liệu và quá trình cháy của động cơ đánh lửa cưỡng bức có tỉ số cao sử dụng biogas”, năm 2013. Nội dung chính của luận án là nghiên cứu chuyển đổi động cơ diesel truyền thống thành động cơ biogas đánh lửa cưỡng bức cho phép tận dụng được lợi thế của động cơ diesel. Việc cung cấp hỗn hợp biogas-không khí cho động cơ được thực hiện nhờ bộ tạo hỗn hợp venturi. Kết quả của luận án cho thấy thành phần CO₂ có mặt trong nhiên liệu biogas làm giảm tốc độ cháy của hỗn hợp nhiên liệu/không khí nhưng làm tăng khả năng chống kích nổ của hỗn hợp. Do đó khi tăng tốc độ động cơ hay giảm thành phần CH₄ trong biogas thì phải tăng góc đánh lửa sớm để đảm bảo công chi thị tối ưu [8].

Luận án tiến sĩ kỹ thuật của tác giả Nguyễn Tường Vi, Trường ĐHBK Hà Nội, “Nghiên cứu sử dụng LPG làm nhiên liệu thay thế cho động cơ diesel hiện hành”, năm 2014. Nội dung chính của luận án là nghiên cứu sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel cho động cơ diesel bằng phương pháp phun LPG vào đường nạp động cơ. Kết quả của luận án đã xây dựng được các tỷ lệ cung cấp nhiên liệu LPG cho động cơ diesel phù hợp với mục đích cải thiện tính năng kinh tế, kỹ thuật và giảm phát thải động cơ, tỷ lệ LPG thay thế diesel lên tới 30% ở toàn tải [9].

Đề tài cấp Nhà nước của tác giả Lê Anh Tuấn, Đại học Bách khoa Hà Nội, “Nghiên cứu nâng cao tính kinh tế nhiên liệu cho động cơ bằng giải pháp bổ sung hỗn hợp giàu khí giàu hydro vào đường nạp”, năm 2016. Nội dung chính của đề tài tập trung vào đánh giá tác động của hỗn hợp khí giàu hydro tách từ nhiên liệu có sử dụng bộ xúc tác đến các tính năng công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ xăng. Kết quả chỉ ra khi lắp bộ xúc tác thì công suất của động cơ tăng với chế độ bướm ga mở nhỏ (40% và 70%) và giảm nhẹ khi bướm ga mở hoàn toàn. Trung bình trong toàn bộ dải tốc độ thử nghiệm, suất tiêu hao nhiên liệu đều giảm, lớn nhất tại trường hợp bướm ga mở hoàn toàn với hơn 11%. Trong khi đó, các thành phần phát thải chính của động cơ xăng như CO và HC đều giảm khi bổ sung khí giàu hydro vào đường nạp, đặc biệt là CO với hơn 75%. Tuy nhiên, khi đó phát thải NO_x và CO₂ cũng tăng lên do quá trình cháy được cải thiện [5].

Như được trình bày ở trên, Việt Nam có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế ở dạng khí cho ĐCĐT (nhiên liệu thay thế hay còn gọi là NLSH) là có, đã thực hiện và đã triển khai. Tuy nhiên những công trình đó chỉ gói gọn trong phạm vi hẹp (đối tượng cụ thể) với từng loại nhiên liệu mà thôi, còn cụ thể đối với nhiên liệu syngas là chưa có, vì vậy việc áp dụng các phương pháp và công nghệ của các nhiên liệu khí cho syngas là không thể được. Bên cạnh đó tính chất hóa lý của syngas có đặc tính khác biệt so với các nhiên liệu khí như LPG, biogas, CNG... Mặt khác các loại nhiên liệu khí LPG, CNG, biogas... thường được tích áp vào bình chứa, còn đối với syngas là chưa có các công trình như vậy để sử dụng loại nhiên liệu này. Do đó nhiên liệu syngas sẽ gặp khó khăn trong vấn đề áp dụng công nghệ như các loại khí kể trên. Chính vì vậy cần phải có các nghiên cứu cụ thể chi tiết đối với nhiên liệu syngas cho động cơ diesel.

1.2. Khái quát chung, ưu, nhược điểm của syngas

1.2.1. Khái quát chung về syngas

Syngas là một hỗn hợp khí thành phần của nhiên liệu bao gồm CO, H₂ và CH₄, ngoài ra còn có CO₂, hơi nước, N₂ và hydro cacbon cao phân tử (tar). Syngas dùng để sản xuất amoniac và methanol hoặc được biến đổi qua chu trình Fischer-Tropsch để sản xuất các loại nhiên liệu tổng hợp. Syngas rất dễ cháy nên có thể sử dụng như một loại nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT [37].

Ngày nay, syngas là một sản phẩm trung gian quan trọng trong ngành công nghiệp hóa chất. Hàng năm, tổng cộng khoảng 6 EJ (Exajun - ước số bội của jun 1EJ = 1*10¹⁸ J) syngas được sản xuất trên toàn thế giới, tương ứng với gần 2% tổng tiêu thụ năng lượng [17]. Ngoài việc sử dụng cho ĐCĐT trên thế giới syngas được sản xuất (phần lớn là từ các

nguồn năng lượng hóa thạch như than đá, khí tự nhiên, dầu và chất thải) và ứng dụng chủ yếu tập trung vào ngành công nghiệp amoniac. Một ứng dụng khác của syngas là sản xuất hydro để sử dụng trong các nhà máy lọc dầu và để sản xuất methanol. Syngas là nguồn năng lượng tái tạo trong tương lai với tiềm năng sản lượng lớn, đây cũng là nguồn năng lượng tái tạo có độ bền vững cao. Vì vậy, việc sử dụng sinh khối để sản xuất syngas và hóa chất cho phép giảm nhu cầu tiêu thụ các loại nhiên liệu hóa thạch và giảm được các thành phần phát thải độc hại.

Khí hoá là quá trình biến đổi nhiệt hóa nguyên liệu sinh khối ở nhiệt độ cao (khoảng từ $600\div 1300^{\circ}\text{C}$) thành nhiên liệu bằng cách cung cấp một lượng hạn chế ô xy nguyên chất, ô xy trong không khí hoặc hơi nước.

Trong quá trình sản xuất syngas, nguyên liệu dầu vào được sấy tới nhiệt độ cao, sản phẩm của quá trình này là chất khí mới tạo thành và phần chất rắn còn lại không phản ứng. Lượng khí tạo ra phụ thuộc vào nhiệt độ và tính chất của nguồn nguyên liệu cũng như nhiệt độ mà các phản ứng xảy ra. Các phản ứng ban đầu xảy ra dưới sự có mặt của ô xy cho ra sản phẩm có cả khí CO và CO_2 . Các phản ứng xảy ra rất nhanh và kèm theo sự tỏa nhiệt còn là tiền đề để tạo ra các phản ứng tiếp theo. Quá trình khử hóa nguyên liệu rắn xảy ra tại nhiệt độ lớn hơn 600°C , tạo ra khí và chất tar dạng nhựa đường. Các phản ứng hóa học ban đầu ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình khử hóa và quyết định đến thành phần các chất khí cuối cùng tạo thành. Những phản ứng thứ cấp xảy ra tại nhiệt độ lớn hơn 600°C với điều kiện áp suất thích hợp sẽ giúp cho sự phân hủy tro tạo ra các bon và các chất khí.

Khí hoá nguyên liệu sinh khối bằng không khí sẽ tạo ra nhiên liệu có nhiệt trị thấp, chứa khoảng 50% N_2 . Khí hoá sinh khối bằng ô xy nguyên chất hoặc hơi nước sẽ tạo ra khí sản phẩm có nhiệt trị trung bình. Để phản ứng xảy ra hoàn toàn 1 kg sinh khối theo tính toán lý thuyết cần khoảng 4,5 kg không khí, nhưng theo các nghiên cứu đối với phản ứng khử hóa thì lượng không khí cần thiết chỉ khoảng bằng 0,25 lần lượng khí tiêu chuẩn. Tức là thông thường để khử hóa 1 kg sinh khối cần khoảng 1,15 kg không khí [53].

1.2.2. Tính chất lý hóa của syngas

Tính chất vật lý và hóa học của syngas phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu sản xuất, công nghệ sản xuất và đặc biệt là thành phần các khí đơn chất cấu tạo nên. Bảng 1.1 thể hiện tính chất lý hóa của các khí thành phần chính của syngas:

Bảng 1.1. Tính chất lý hóa của H_2 , CO và CH_4 [12]

TT	Thông số	H_2	CO	CH_4
1	Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	121	10,2	50,2
2	Tỷ lệ không khí-nhiên liệu lý thuyết	34,4	2,46	17,2
3	Nhiệt độ cháy lớn nhất tại 1 atm (K)	2378	2384	2223
4	Giới hạn bốc cháy (nhạt/dập)	0,01/7,17	0,34/6,80	0,54/1,69
5	Tốc độ lan tràn màng lửa (cm/giây)	270	45	35

1.2.3. Ưu, nhược điểm của syngas

1.2.3.1. Ưu điểm

Ưu điểm của syngas so với nhiên liệu đốt trực tiếp là được sản xuất từ nguồn nguyên liệu có giá trị thấp và có thể tái tạo được. Syngas được sử dụng như sinh nhiệt, chuyển đổi thành điện và còn là nhiên liệu cho các phương tiện vận tải. Trong những năm sắp tới, nó sẽ giữ vai trò chính để bổ sung nhu cầu năng lượng của thế giới. Sử dụng công nghệ tiên tiến như tua bin khí và pin nhiên liệu với syngas được tạo ra từ kết quả của quá trình khử hóa hiệu suất cao. Trong hệ thống khử hóa đồng phát nhiệt - điện, các chất gây ô nhiễm trong khói như SO_x, NO_x được loại bỏ hiệu quả, kết quả lượng phát thải ô nhiễm thấp hơn nhiều. Hơn nữa, nhiên liệu lỏng, khí tạo ra dễ dàng cho quá trình xử lý, vận chuyển và sử dụng làm nhiên liệu cho vận tải [15]. Sản phẩm khí đầu ra phù hợp làm nhiên liệu cho hầu hết các loại ĐCĐT.

Trong khi đó, nhiều cơ sở sản xuất và chế biến nông sản lại cần nhiều năng lượng nhiệt mà hiện tại đang phải sử dụng các loại nhiên liệu không có khả năng tái tạo như than đá, hoặc một số nhiên liệu phải nhập từ nước ngoài như dầu FO, DO, nhiên liệu khí. Như vậy, nếu phép phẩm nông nghiệp (vỏ trấu, lõi ngô) được sử dụng để chuyển đổi thành năng lượng theo công nghệ mới thì không những khắc phục được sự thiếu hụt về nguồn nhiên liệu hiện nay mà còn hạn chế được ô nhiễm môi trường, ngoài ra còn góp phần đem lại hiệu quả kinh tế cho các doanh nghiệp. Bảng 1.2 dưới đây trình bày về bài toán so sánh về giá trị kinh tế giữa việc sử dụng nhiên liệu truyền thống và khi sử dụng thay thế bằng nguyên liệu sinh khối (phé phẩm nông nghiệp).

Bảng 1.2. So sánh giá trị kinh tế trên đơn vị nhiệt trị giữa sử dụng nhiên liệu truyền thống và nhiên liệu syngas ở Việt Nam [59]

Nhiên liệu hóa thạch			Nguyên liệu sinh khối		
Nhiên liệu	Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	\$USD Cent/MJ	Nhiên liệu	Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	\$USD Cent/MJ
Than đá	31,4	0,26	Vỏ trấu	14,4	0,01-0,02
Than nâu	11,3	0,44	Rơm	14,6-15,0	0,03
Than bùn	28,5	0,25	Lõi ngô	15,4	Miễn phí
Diesel	35,0	0,62	Bẹ ngô	14,7	Miễn phí
Khí gas	40,0	0,90	Vỏ cà phê	16,6	Miễn phí

Qua bảng 1.2 cho thấy nhiệt trị thấp của các nhiên liệu truyền thống (ví dụ than đá) cao hơn sinh khối từ 1,5÷2,5 lần, do vậy giá trên đơn vị năng lượng của nhiên liệu truyền thống (than đá) cao hơn sinh khối (vỏ trấu) vào khoảng 12÷18 lần. Cụ thể với than đá có nhiệt trị như nêu trên vào thời điểm nghiên cứu khoảng 5600 đồng/kg, trong khi đó giá của vỏ trấu là 500 đồng/kg (chủ yếu là tiền thu gom vận chuyển là chính), từ đó ta có thể so

sánh được chi phí (giá) trên một đơn vị năng lượng (nhiệt trị) như nêu trên [59].

Trong trường hợp vỏ trấu được khí hóa với hiệu suất khoảng 65% thì chi phí (giá) cho một đơn vị năng lượng (nhiệt trị) của vỏ trấu sẽ thấp hơn $4,7 \div 5,2$ lần so với than đá. Còn khi so sánh giữa vỏ trấu với diesel hoặc khí ga thì chi phí (giá) còn thấp hơn nhiều lần nữa hoặc khi so sánh lõi ngô với than đá hoặc diesel, hoặc khí ga thì hiệu quả kinh tế còn cao hơn nữa, vì lõi ngô còn rẻ hơn vỏ trấu. Điều đó cho thấy, việc sử dụng vỏ trấu, lõi ngô làm syngas sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn nhiều lần so với khi dùng than đá, hoặc dầu diesel hoặc khí ga.

1.2.3.2. Nhược điểm

Nhược điểm của syngas chủ yếu là về vấn đề công nghệ khí hóa, ở Việt Nam công nghệ này đã có từ những năm 1975 khi đất nước giải phóng, thời điểm đó cả nước khan hiếm xăng dầu. Bên cạnh đó kỹ thuật khí hóa lúc này còn sơ khai, đặc biệt là công nghệ lọc và xử lý khí syngas chưa đạt yêu cầu làm ảnh hưởng tới quá trình làm việc của ĐCĐT. Một số nghiên cứu như của tác giả Bùi Thành Trung và Viện Chế tạo máy nông nghiệp Bộ Công thương tiến hành nghiên cứu các mẫu thiết bị khí hóa viên sinh khối để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng từ viên ép sinh khối, nhưng vẫn tồn tại các nhược điểm như khả năng sinh khí syngas bị gián đoạn, chưa ổn định, cường độ khí syngas và hiệu suất nhiệt chưa cao, yêu cầu nguyên liệu phải khô [1].

Ngoài những nhược điểm về công nghệ khí hóa còn vấp phải vấn đề như khả năng lưu trữ, hóa lỏng syngas, syngas thường phải được sử dụng ngay sau khi khí hóa. Các thành phần khí có trong syngas có tỷ trọng và mật độ năng lượng thấp hơn rất nhiều so với nhiên liệu khác như khí thiên nhiên và xăng nên việc tích trữ và vận chuyển để làm nhiên liệu cung cấp cho các phương tiện vận tải sẽ gặp nhiều khó khăn và chi phí cao.

1.3. Tổng quan tình hình nghiên cứu sản xuất syngas từ sinh khối

1.3.1. Nghiên cứu sản xuất syngas trên thế giới

Công nghệ sản xuất syngas đã được biết đến từ thế kỉ 18, chủ yếu là sản xuất syngas từ than đá, tuy nhiên thời điểm này công nghệ còn rất đắt đỏ so với khí tự nhiên và dầu mỏ, do công nghệ chưa hoàn thiện, hiệu quả chưa cao nên giá thành sản phẩm khí rất cao.Thêm vào đó, giá thành của khí đốt và dầu mỏ trước đây còn thấp nên chưa được phát triển rộng rãi.

Hiện nay, do nhu cầu sử dụng về năng lượng tăng nhanh, các nguồn năng lượng có nguồn gốc hóa thạch ngày càng cạn kiệt dẫn đến giá thành năng lượng tăng nhanh cùng với đó là vấn đề bảo vệ môi trường. Vì vậy, việc ứng dụng và triển khai công nghệ khí hóa là rất cần thiết để có thể tận dụng và đa dạng các nguồn năng lượng, trong đó việc lựa chọn và phát triển công nghệ sản xuất syngas đang được xem như là giải pháp hữu hiệu nhất trong việc sử dụng nguồn năng lượng sinh khối, bởi cho đến nay công nghệ này có thể giải quyết khá tốt các bài toán kinh tế và bảo vệ môi trường.

Tuy nhiên, để giải quyết tốt hơn các bài toán trên và phù hợp với hoàn cảnh, điều kiện

khác nhau hiện nay các nước vẫn đang nghiên cứu, phát triển và hoàn thiện để ứng dụng thương mại hóa rộng rãi, trước tiên phải kể đến các quốc gia phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Áo... đến các quốc gia đang phát triển như Trung Quốc, Ấn Độ, Thái Lan... Họ đã và đang ứng dụng công nghệ sản xuất syngas để sản xuất nhiệt, điện, pin nhiên liệu và các chất hóa học phục vụ công nghiệp hóa chất, thêm vào đó các nước còn sử dụng công nghệ này như là một giải pháp cho vấn đề xử lý phát thải gây ảnh hưởng tới môi trường.

Những năm gần đây công nghệ sản xuất syngas được quan tâm và phát triển rất mạnh do 2 yếu tố: nguồn nhiên liệu hóa thạch đang dần cạn kiệt và biến động liên tục; ô nhiễm môi trường ngày càng nặng nề và tác động xấu đến đời sống của con người cũng như gây thiệt hại lớn về kinh tế. Ví dụ: Tình hình ô nhiễm khói bụi ở thủ đô Bắc Kinh năm 2015 hay tình hình thiên tai lụt lội tại nhiều quốc gia gây hậu quả nghiêm trọng năm 2008 [36].

Hiện trạng ứng dụng công nghệ sản xuất syngas, có 50 nhà sản xuất đã ứng dụng thiết bị khí hóa sinh khối tại Châu Âu và các nước Mỹ, Canada [45]. Tuy nhiên có rất ít thông tin về chi phí, phát thải, đánh giá hiệu quả cũng như thời gian vận hành thực tế của thiết bị. Hơn thế, cũng không có nhà sản xuất duy nhất nào có khả năng để cung cấp đầy đủ dịch vụ bảo trì và hỗ trợ kỹ thuật cho thiết bị khí hóa mà họ cung cấp. Điều đó chỉ ra rằng vấn đề vận hành đang bị hạn chế và người sử dụng không có khả năng làm chủ được công nghệ của họ, dẫn đến hiệu quả thấp khi vận hành ở điều kiện không như thiết kế ban đầu [41].

Để giải quyết một phần các hạn chế này, trong hai thập kỷ qua một số dự án phát triển kỹ thuật và thiết kế mô hình mẫu được thúc đẩy một cách đáng kể ở các nước đang phát triển như được chỉ ra dưới đây:

Tại Ấn Độ, có khoảng 1700 hệ thống qui mô nhỏ được lắp đặt kể từ năm 1987, cho đến nay đã đạt công suất tổng cộng là 35 MW. Đây cũng là dự án khai triển khí hóa biomass toàn diện nhất thế giới (qui mô vừa và nhỏ). Theo số liệu thống kê của Viện Khoa học Bangalore năm 2007, trữ lượng sinh khối của Ấn Độ khoảng 400 triệu tấn/năm và khoảng 125 triệu tấn trong đó có thể sử dụng được cho sản xuất điện, tương ứng tiềm năng sản xuất điện là khoảng 16000 MW. Tuy nhiên, hiện tại tổng công suất điện sản xuất từ sinh khối là khoảng 165 MW, trong đó khoảng 87 MW là được sản xuất từ công nghệ sản xuất syngas. Hiện nay, Ấn Độ đang nỗ lực nghiên cứu nhằm phát triển và thương mại hóa các công nghệ phát điện từ syngas để cấp điện cho những vùng chưa có điện lưới, đặc biệt là ở vùng sâu, vùng xa và nông thôn [20].

Trung tâm nghiên cứu I.I.Sc Bangalore đã nghiên cứu phát triển và chuyển giao thành công hệ thống sản xuất syngas công suất lên đến 500 kW. Hiện có khoảng trên 25 nhà máy được xây dựng và lắp đặt ở Ấn Độ và ở nước ngoài theo công nghệ này. Ngoài ra còn có một số công ty có nghiên cứu phát triển công nghệ sản xuất syngas và đã có những kết quả đóng góp đáng kể, một trong số đó phải kể đến Công ty khoa học công nghệ Ankur. Công ty này đã nghiên cứu chế tạo, xây dựng và chuyển giao hơn 700 hệ thống sản xuất syngas để cung cấp năng lượng ở Ấn Độ và các nước trong khu vực [20]. Từ năm 2006 đến nay, để thúc đẩy việc sử dụng công nghệ sản xuất syngas cho sản xuất điện Chính phủ Ấn Độ có chính sách hỗ trợ tài chính trực tiếp cho các đơn vị xây dựng nhà máy sản xuất điện từ syngas.

Trong khi, ở Thái Lan mới trong giai đoạn nghiên cứu thực nghiệm và thí điểm ứng dụng syngas để sản xuất điện với quy mô nhỏ, trong 5 năm gần đây thì có khoảng 25 nhà máy sản xuất syngas được lắp đặt và 10 nhà máy trong số đó vận hành phục vụ mục đích nghiên cứu thực nghiệm và được tài trợ bởi Chính phủ, số còn lại là vận hành thương mại. Công nghệ sản xuất syngas hiện nay ở Thái Lan được phát triển và chuyển giao chủ yếu từ Trung Quốc, Nhật Bản và Án Độ [51]. Tổng công suất điện của các nhà máy trên khoảng 5,4 MW, với chi phí đầu tư khoảng từ 8000–10000 Bath/kW [30]. Có 5 nhà máy sử dụng công nghệ sản xuất syngas kết hợp động cơ diesel, 3 nhà máy sử dụng động cơ khí và một nhà máy sử dụng động cơ xăng. Nguyên liệu sinh khối sử dụng chủ yếu gồm: trấu, gỗ, lõi ngô, than hoa, phế phẩm nhựa.

Các nhà máy vận hành thương mại để sản xuất điện thường gặp sự cố và phải dừng sau một thời gian vận hành do người sử dụng cũng như nhà cung cấp chưa làm chủ được công nghệ và thiếu sự hỗ trợ dịch vụ sau bán hàng của các nhà sản xuất thiết bị, trong số các nhà máy thực nghiệm hiện nay chỉ còn nhà máy Supreme với công suất 150kW còn hoạt động. Ước tính tới năm 2020, sản lượng điện từ sinh khối của thế giới là hơn 30.000 MW. Mỹ là nước sản xuất điện từ sinh khối lớn nhất thế giới, có hơn 350 nhà máy điện sinh khối, sản xuất trên 7.500 MW điện mỗi năm, đủ để cung cấp cho hàng triệu hộ gia đình, đồng thời tạo ra 66.000 việc làm. Những nhà máy này sử dụng chất thải từ nhà máy giấy, nhà máy cưa, sản phẩm phụ nông nghiệp, cành lá từ các vườn cây ăn quả [30].

1.3.2. Nghiên cứu sản xuất syngas tại Việt Nam

1.3.2.1. Giới thiệu chung

Việt Nam là nước có nền sản xuất nông lâm nghiệp phát triển nên có nhiều thuận lợi sử dụng các nguyên liệu này cho sản xuất syngas. Để nghiên cứu sản xuất syngas từ các nguồn nguyên liệu sinh khối sẵn có cần nghiên cứu đặc tính năng lượng của sinh khối và khả năng sử dụng syngas từ hệ thống khí hóa. Hiện nay tại Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu sản xuất syngas từ các sinh khối khác nhau, mục đích nghiên cứu ứng dụng syngas để đánh giá tính phù hợp của nguyên liệu sinh khối và công nghệ khí hóa, nhằm phân tích lựa chọn được công nghệ phù hợp với thực tế vận hành.

Các nghiên cứu trước đây thường ở quy mô nhỏ và riêng lẻ, hơ nõa chưa có sự đánh giá đầy đủ tiềm năng các yếu tố kỹ thuật để nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng này. Do vậy, nghiên cứu so sánh và đánh giá công nghệ sản xuất syngas mới phát triển với công nghệ phù hợp tại Việt Nam, đóng vai trò quan trọng cho việc phát triển bền vững nhiên liệu thay thế được sản xuất từ các nguồn sinh khối sẵn có tại Việt Nam. Đây có thể là những cơ sở nền tảng để nghiên cứu phát triển tiếp theo trong tương lai.

Hiện nay Việt Nam đã phát triển và chế tạo thành công hệ thống sản xuất syngas với công suất khoảng 150 kW với các đặc tính vận hành và đặc tính năng lượng phù hợp cho sản xuất điện, có thể tận dụng đa dạng các nguồn sinh khối sẵn có ở Việt Nam, có khả năng ứng dụng thực tế cao. Điều này không những giúp chúng ta chủ động trong thiết kế, chế tạo, sản xuất thiết bị trong nước góp phần giảm chi phí nhập khẩu công nghệ, chi phí chuyên gia, chi phí dịch vụ, tạo việc làm mà còn là động lực thúc đẩy phát triển năng

lượng bền vững [12].

1.3.2.2. *Ứng dụng công nghệ sản xuất syngas*

Tại Việt Nam, syngas đã được chú ý từ những năm đầu thập niên 1980 do thiếu hụt cung cấp sản phẩm dầu mỏ và điện. Cho tới nay có khoảng 15 hệ thống với công suất 75 kW đã được lắp đặt tại các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long và Tp. Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, công nghệ này vẫn chưa được nghiên cứu và khai thác sâu do tình hình cung cấp dầu mỏ và điện được cải thiện sau đó. Một khác do việc sử dụng trâu cho các mục đích khác (sản xuất gạch, lò gốm...) đem lại hiệu quả kinh tế và lợi ích thực tế cao hơn. Nhìn chung, công nghệ sản xuất syngas vẫn còn rất mới mẻ ở Việt Nam, kinh nghiệm về công nghệ này vẫn còn rất ít ngay cả trong số những chuyên gia về sinh khối.

Từ năm 2005, nhóm nghiên cứu Trường ĐHBK Hà Nội đã có hợp tác với Trung tâm nghiên cứu quốc tế về nông học phục vụ phát triển (CIRAD, Cộng hòa Pháp) trong việc vận hành thử nghiệm một hệ thống sản xuất syngas 2 giai đoạn trong đó quá trình nhiệt phân sinh khối và sản xuất syngas diễn ra ở các buồng phản ứng khác nhau. Nguyên liệu sử dụng cho hệ thống khí hóa 2 giai đoạn này là gỗ vụn. Khí sản phẩm có thể được sử dụng cho mục đích sản xuất điện năng (qua 1 hệ ĐCĐT và máy phát điện) hoặc tạo khí H₂ phục vụ cho công nghiệp hóa chất [62].

Trung tâm nghiên cứu và phát triển về tiết kiệm năng lượng (Enerteam, Tp Hồ Chí Minh) đã nghiên cứu áp dụng thành công công nghệ khí hóa trâu cho lò nung gạch gốm liên tục tại công ty TNHH gốm Tân Mai, tỉnh Đồng Tháp. Với lò đốt áp dụng công nghệ khí hóa này, lượng khí thải ra môi trường giảm và đạt tiêu chuẩn Việt Nam về chất thải. Ngoài ra, lò đốt này cũng giúp giảm 35% lượng trâu sử dụng so với lò gạch thủ công, hơn nữa chất lượng sản phẩm vẫn được đảm bảo, tỷ lệ phế phẩm dưới 2% [35].

Công ty cổ phần chế tạo máy Dzī An, Bình Dương là nơi đã sớm nhận ra vai trò và tiềm năng ứng dụng công nghệ sản xuất syngas để sản xuất điện năng tại Việt Nam cũng như 1 số nước lân cận như Campuchia, Lào. Mới đây, công ty này đã nhập khẩu công nghệ khí hóa trâu từ Trung Quốc để lắp đặt 1 nhà máy sản xuất điện tại Campuchia với công suất điện khoảng 3÷4 MW. Tuy nhiên, cho đến nay, công ty vẫn đang gặp nhiều khó khăn về vận hành và khai thác thiết bị (vấn đề loại bỏ tar có trong khí gas, đồng bộ việc kết nối với động cơ - máy phát...) [4].

Ngoài ra, hiện nay syngas còn được sử dụng rộng rãi trong các hộ gia đình để đun nấu, sấy sưởi dưới dạng bếp sử dụng syngas thay cho điện và gas, hiệu suất đạt tới 30% [35].

Tuy nhiên hầu hết các nghiên cứu sử dụng sinh khối trước đây đều cho hiệu suất thấp, chưa tận dụng được tối đa tiềm năng của nguồn nhiên liệu này do phần lớn đều dùng sinh khối để sinh nhiệt trực tiếp. Hiện nay chúng ta đã chú trọng và quan tâm hơn đến phát triển năng lượng sinh khối thể hiện trong một số nghiên cứu quy hoạch, chiến lược phát triển năng lượng tái tạo. Đã có những đề tài dự án, hội thảo liên quan đến nghiên cứu phát triển năng lượng sinh khối được triển khai ở các Viện nghiên cứu và các Trường đại học như được chỉ ra dưới đây:

- Nghiên cứu thực trạng sử dụng sinh khối ở Việt Nam do Viện Năng lượng thực

hiện [13, 52];

- Viện Công nghệ sau thu hoạch, sử dụng thiết bị khí hóa trấu. Khí sản phẩm dùng để đốt cấp nhiệt quy mô nhỏ [43];
- Trong những năm 1993-1996, Trung tâm Nghiên cứu Cơ điện thuộc Bộ Nông nghiệp đã nghiên cứu và công bố kết quả chuyển giao 10 buồng đốt trấu hoá khí với năng suất nhiệt là $160\div200.000$ kcal/giờ. Lò hoá khí được thiết kế theo nguyên lý hóa khí dạng mẻ nên gấp hạn chế trong khâu nạp trấu vào lò và thải tro [1];
- Thực trạng, tiềm năng và tương lai của sản xuất điện từ sinh khối ở Việt Nam do Nguyễn Đinh Tùng - Học viện nông nghiệp Việt Nam thực hiện [59].

Như vậy có thể thấy rằng, cho tới nay vẫn chưa có nghiên cứu đầy đủ và cụ thể cả về lí thuyết lẫn thực nghiệm cho việc phát triển một hệ thống sản xuất syngas phù hợp để cung cấp năng lượng ở điều kiện Việt Nam. Do vậy, thực hiện nghiên cứu phối hợp giữa Viện tiên tiến Khoa học và Công nghệ với Viện Cơ khí động lực về Đề tài nghị định thư Việt Nam - Thái Lan (2014) “*Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và vận hành thử nghiệm hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp năng lượng quy mô nhỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam*”, tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội hướng tới góp phần giải quyết các yêu cầu trên đây của thực tiễn là phát triển nguồn nhiên liệu xanh, sạch để giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

1.3.2.3. *Lựa chọn hệ thống sản xuất syngas*

Hệ thống sản xuất syngas đảm bảo các yêu cầu cho syngas sạch và phù hợp với các nhiên liệu sẵn có, thiết kế đơn giản, trên cơ sở đó nhiều nghiên cứu lựa chọn sử dụng hệ thống sản xuất syngas với phương pháp thuận chiều theo sơ đồ được thể hiện trong phụ lục 1.8. Trên hệ thống được trang bị các cụm chi tiết như sau:

Thiết bị khí hóa: cấp gió đến lò khí hóa nguồn nguyên liệu sinh khối tạo ra syngas;

Thiết bị lọc bụi, thiết bị tách và thu giữ tar: lọc bụi và tách tar trong sản phẩm khí, làm sạch nguồn syngas trước khi được đưa vào sử dụng;

Thiết bị làm nguội và lọc khí: làm nguội và làm sạch sản phẩm khí trước khi được đưa vào sử dụng. Thiết bị này được lắp sau thiết bị lọc bụi và thu giữ tar. Nếu sử dụng sản phẩm khí cho sản xuất (hệ thống sấy, bếp đun...) thì sản phẩm khí có thể dùng trực tiếp không cần qua thiết bị này.

1.3.2.4. *Quá trình sản xuất syngas thực tế*

Đề tài nghị định thư Việt Nam-Thái Lan đã nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và vận hành thử nghiệm hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp năng lượng quy mô nhỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam. Kết quả của đề tài đã phát triển và chế tạo thành công một hệ thống sản xuất syngas với công suất từ $50\div150$ kW với các đặc tính vận hành và đặc tính năng lượng phù hợp cho sản xuất điện, có thể tận dụng đa dạng các nguồn sinh khối sẵn có ở Việt Nam [12]. Quá trình sản xuất syngas từ các nguyên liệu sinh khối trong đề tài gồm các bước sau:

Kiểm tra và vận hành hệ thống sản xuất syngas với các sinh khối (than hoa, gỗ mầu và mùn cưa):

Lúc đầu cấp gió ở cửa trên vùng nhóm và tại vùng nhóm sau khoảng 5÷10 phút để vùng cháy không bị tắt sau đó bắt đầu điều chỉnh các cửa cấp gió theo chế độ thí nghiệm định trước, sau khoảng 10÷15 phút chế độ lò sẽ ổn định, trong khoảng thời gian này ta sẽ đốt khí sản phẩm sinh ra;

Thực nghiệm hoạt động ổn định ta phải đợi sau từ 20÷25 phút và lúc này ta có thể đốt khí hoặc sử dụng cho động cơ thử nghiệm.

Hệ thống làm việc ổn định và ghi dữ liệu:

Mở van để syngas qua hệ thống tách tar và lấy mẫu syngas để phân tích các thành phần có trong khí sản phẩm;

Syngas sau khi tách tar, được đưa qua bộ làm nguội khí sau đó được cung cấp tới động cơ thử nghiệm;

Việc ghi chép và thu thập số liệu được tiến hành ngay sau khi vận hành hệ thống sản xuất syngas ổn định. Định kỳ sau 5 phút ghi số liệu 1 lần và sau 10 phút lấy mẫu khí một lần để phân tích, việc lấy số liệu ngay từ đầu để tránh sai số cho quá trình tính toán vì thí nghiệm tiến hành theo mẻ.

Hệ thống phân tích thành phần khí sản phẩm [24]

Sử dụng máy sắc ký khí để xác định sự có mặt của các khí như:

CO, H₂, N₂, O₂, CH₄, CO₂...

Chuẩn bị kết thúc hệ thống sản xuất syngas:

Khi nhiên liệu gần hết phải dừng lò để tránh hỏng ghi lò và hệ thống ống.

Hình 1.4. Quá trình sản xuất syngas thực tế tại Việt Nam

1.3.2.5. Lựa chọn sinh khối để sản xuất syngas

Nhìn chung, nguồn sinh khối của Việt Nam có trữ lượng khá lớn như viên nén mùn cưa, trấu, rơm, gỗ mầu, dăm mảnh cây keo, vỏ cà phê, vỏ hạt điều, than hoa. Với mục tiêu nghiên cứu là lựa chọn sinh khối cho hệ thống khí hóa và nghiên cứu sử dụng như bếp đun, hệ thống sấy, sử dụng làm nhiên liệu cho ĐCĐT. Do vậy quá trình thực nghiệm trên các nguồn sinh khối này nhằm tìm ra được một hay nhiều sinh khối phù hợp nhất với quá trình

nghiên cứu thực tiễn tại Việt Nam.

Các thành phần có trong sinh khối ảnh hưởng đến quá trình khí hóa và tạo ra chất lượng khí sản phẩm tốt. Thể tích sinh khối các mẫu để sản xuất syngas là gỗ nhỏ, than hoa và mùn cưa được ép thành viên hay nói cách khác là chúng đều có thể tích đặc. Căn cứ vào các thành phần khí có trong khí sản phẩm, hàm lượng tar và tính ổn định của quá trình khí hóa để ta có thể lựa chọn được sinh khối phù hợp với quá trình nghiên cứu.

1.3.2.6. Sản xuất syngas từ than hoa, gỗ mẫu và viên nén mùn cưa

a) Hệ thống thực nghiệm và nhiên liệu sử dụng

Hệ thống thực nghiệm sử dụng cho nghiên cứu này là hệ thống sản xuất syngas với công suất 50÷150 kW. Nhiên liệu sử dụng trong nghiên cứu này là than hoa (charcoal), gỗ mẫu (woodchip) và viên nén mùn cưa có thành phần như trong bảng 1.3 và 1.4.

Bảng 1.3. Thành phần công nghệ của một số sinh khối phổ biến [12, 34]

TT	Sinh khối sử dụng	Thành phần Công nghệ (%vol)				
		Độ ẩm	Tro	Chất bốc	Cốc	LHV(MJ/kg)
1	Than hoa	8,20	0,62	21,72	29,63	29,63
2	Gỗ mẫu (woodchip)	10,00	0,72	71,68	17,60	19,46
3	Mùn cưa (viên nén)	14,20	2,25	82,09	15,71	17,98

Bảng 1.4. Thành phần hóa học của một số sinh khối phổ biến [12, 34]

TT	Sinh khối sử dụng	Thành phần hóa học (%vol)			
		N ₂ (%)	C (%)	H ₂ (%)	O ₂ (%)
1	Than hoa	0	81,23	3,71	14,44
2	Gỗ mẫu (woodchip)	0,57	50,73	5,71	41,93
3	Mùn cưa (viên nén)	2,25	45,87	6,45	45,43

b) Phương pháp tiến hành và thông số thí nghiệm

Với nghiên cứu này thay đổi độ ẩm của nhiên liệu cấp vào lò bằng cách sử dụng phương pháp sấy để có được độ ẩm như mong muốn, tuy nhiên dải độ ẩm khảo sát cũng phải nằm trong dải cho phép của công nghệ sản xuất syngas mà một số nghiên cứu đã công bố [47, 25] (độ ẩm <30%). Do điều kiện thực tế, trong các nghiên cứu đề cập trên chọn 2 giá trị độ ẩm để nghiên cứu là 16% và 27%.

Sau khi đã lựa chọn được sinh khối phù hợp với hệ thống sản xuất khí syngas ta tiến hành thí nghiệm với mẫu nhiên liệu đã chuẩn bị với các điều kiện biên khác là như nhau (ví dụ: kích thước nhiên liệu, chế độ cấp gió, loại nhiên liệu sử dụng, thiết bị nghiên cứu).

c) *Thu thập số liệu và kết quả đạt được*

Số liệu thu thập từ thí nghiệm, với việc ghi chép liên tục nhiệt độ, lưu lượng gió (chu kỳ 5 phút/lần) từ khi bắt đầu cho đến khi dừng thí nghiệm. Việc lấy mẫu và phân tích được thực hiện liên tục (chu kỳ 10 phút/lần) bằng máy sắc kí khí như được thể hiện trong bảng 1.5.

Bảng 1.5. Các thành phần khí có trong syngas được sản xuất từ 3 loại nguyên liệu than hoa, gỗ mẫu và mùn cưa [12]

TT	Thông số		Loại khí		
1	Nguồn gốc		Than hoa (M1)	Gỗ mẫu (M2)	Mùn cưa (M3)
2	Thành phần (%)	H ₂	9,02	16,98	14,83
		CO	27,3	21,76	23,63
		CH ₄	0,02	1,59	1,51
		CO ₂	6,86	12,89	13,43
		O ₂	1,7	0,19	0,14
		N ₂	55,1	46,59	44,60
3	Nhiệt trị (MJNm ⁻³)		4,6	5,34	5,31
4	Hàm lượng tar (mg/m ³)		19,37	35,40	489,68

d) *Những đặc tính cơ bản của sinh khối ảnh hưởng tới quá trình sản xuất syngas*

Thông qua quá trình sản xuất syngas với 3 mẫu nguyên liệu sinh khối than hoa, gỗ mẫu và mùn cưa trên một hệ thống khí hóa thì syngas được tạo ra có thành phần và nhiệt trị khác nhau. Các đặc tính cơ bản của syngas sản xuất từ 3 mẫu sinh khối được thể hiện như sau:

*) *Sinh khối than hoa*

Các kết quả đạt được cho thấy hiệu suất của syngas được sản xuất từ than hoa là rất ổn định (quá trình khí hóa theo mẻ nên tính ổn định ở đây được tính theo thời gian từ lúc bắt đầu, quá trình sản xuất syngas chạy ổn định và kết thúc quá trình).

Các kết quả trong bảng 1.5 qua phân tích cho thấy sinh khối than hoa đảm bảo được các đặc tính cơ bản như tính ổn định về lưu lượng syngas trong suốt quá trình khí hóa, các thành phần khí có trong syngas ở các mẫu phân tích đều có tính tương đồng và đặc biệt có hàm lượng tar thấp nên đảm bảo sử dụng làm nhiên liệu cho ĐCĐT hay ứng dụng vào các nghiên cứu khác.

*) *Sinh khối gỗ mẫu (woodchip)*

Từ kết quả ở bảng 1.5, syngas được sản xuất từ sinh khối gỗ mẫu cũng thể hiện rõ được một số đặc điểm tương đồng so với sinh khối than hoa như các thành phần syngas và nhiệt trị; còn tính ổn định về lưu lượng trong suốt quá trình khí hóa thì các thành phần khí

có trong syngas ở các mẫu phân tích có sự thay đổi ở dài rộng, thời gian khí hóa của sinh khối này không duy trì được lâu và đặc biệt có hàm lượng tar cao hơn so với sinh khối than hoa nên việc sử dụng syngas vào các ứng dụng khác thì cần phải có biện pháp tách tar hay thu giữ tar.

**) Sinh khối viên nén mùn cưa*

Cũng theo số liệu từ kết quả ở bảng 1.5 thì syngas được sản xuất từ sinh khối viên nén mùn cưa thể hiện được một số đặc điểm cơ bản tương đồng so với 2 sinh khối than hoa và gỗ mẫu như các thành phần khí và nhiệt trị. Nhưng tính ổn định về lưu lượng trong suốt quá trình khí hóa thì các thành phần khí có trong syngas ở các mẫu phân tích có sự thay đổi ở dài hẹp hơn so với sinh khối gỗ mẫu; đặc biệt có hàm lượng tar cao hơn rất nhiều so với sinh khối than hoa và gỗ mẫu nên việc sử dụng syngas này vào các ứng dụng khác thì cần phải có biện pháp tách tar, khử tar hay thu giữ tar.

1.3.2.7. Kết luận chung về quá trình lựa chọn sinh khối phù hợp để ứng dụng vào nghiên cứu khác

Từ các kết quả phân tích về các thành phần khí có trong syngas được sản xuất theo quy trình thực tế, phù hợp với điều kiện Việt Nam đã cho thấy tiềm năng lựa chọn, sử dụng nguyên liệu sinh khối than hoa, gỗ mẫu và viên nén mùn cưa là phù hợp. Tuy nhiên, sản xuất syngas với quy mô nhỏ thì gỗ mẫu và viên nén mùn cưa cần xem xét kỹ hơn vì tính ổn định về lưu lượng trong quá trình sản xuất, các thành phần khí có trong syngas ở các mẫu phân tích có sự thay đổi nhiều hơn so với sinh khối than hoa. Bên cạnh đó syngas được sản xuất từ 2 mẫu sinh khối này có hàm lượng tar cao hơn rất nhiều so với sinh khối than hoa nên việc sử dụng khí này vào các ứng dụng khác thì cần phải có biện pháp tách tar, khử tar hay thu giữ tar... Những vấn đề kỹ thuật trên sẽ gây ra một số khó khăn nhất định cho sản xuất syngas.

Việt Nam có nguồn nguyên liệu sinh khối khá dồi dào, vì là nước có nền sản xuất nông và lâm nghiệp. Giải pháp từ 3 sinh khối là than hoa, gỗ mẫu và mùn cưa được lựa chọn sản xuất syngas phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam, đồng thời điều quan trọng nhất là phải tìm ra 1 sinh khối phù hợp nhất với các mục tiêu sau: tính ổn định về lưu lượng trong quá trình sản xuất, các thành phần khí có trong syngas ở các mẫu phân tích đều có tính tương đồng và đặc biệt có hàm lượng tar thấp. Qua đánh giá thực tế cho thấy syngas được sản xuất từ sinh khối than hoa đã đảm bảo được các yêu cầu và phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam, nên nó có thể sử dụng cho ĐCĐT hay ứng dụng vào các nghiên cứu khác.

1.4. Tình hình nghiên cứu sử dụng syngas cho ĐCĐT

Xu hướng sử dụng ĐCĐT từ trước đến nay rất đa dạng, nó không những sử dụng cho các phương tiện giao thông đường bộ, đường không, đường thủy mà còn sử dụng trên máy phát điện và máy nông nghiệp. Sự gia tăng nhanh chóng số lượng các phương tiện vận tải và các thiết bị động lực sử dụng ĐCĐT chạy bằng nhiên liệu xăng và diesel đang gây ô nhiễm môi trường trầm trọng và gây nguy cơ cạn kiệt nguồn nhiên liệu này. Chính vì vậy các vấn đề như giảm tiêu hao nhiên liệu và thành phần phát thải độc hại của ĐCĐT luôn là

những thách thức lớn đối với ngành công nghiệp động cơ. Cùng với sự phát triển và thành công của các ngành khoa học khác, ngành công nghiệp ôtô nói riêng và ngành ĐCĐT nói chung trong thời gian qua đã đạt được những thành công đáng kể trong việc phát triển, ứng dụng các nguồn nhiên liệu thay thế mới và thân thiện với môi trường. Các nhiên liệu thay thế này đã thực sự góp phần cho việc tăng hiệu suất sử dụng nhiên liệu và giảm đáng kể các thành phần độc hại của ĐCĐT. Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế trên các động cơ này để giảm ô nhiễm môi trường và bù đắp phần nhiên liệu thiếu hụt đã và đang được tiếp tục đầu tư nghiên cứu.

1.4.1. Trên thế giới

1.4.1.1. Sử dụng syngas cho động cơ xăng

Những nghiên cứu sử dụng syngas cho ĐCĐT đầu tiên được đưa ra bởi các trung tâm nghiên cứu: Trường Đại học Alabama ở Birmingham của nước Anh và Trường Đại học Hokkaido nước Nhật Bản [48, 38]. Các nghiên cứu đã tập trung thực hiện cho động cơ xăng sử dụng lưỡng nhiên liệu. Nhiên liệu được sử dụng cho nghiên cứu là nhiên liệu khí gas như: khí thiên nhiên hoặc di-methyl ether và một lượng nhỏ syngas. Các kết quả đạt được từ nghiên cứu này đã chỉ ra sự ảnh hưởng của syngas đến quá trình cháy của động cơ xăng thể hiện thông qua mô hình hóa động lực học và phân tích thành phần nhiệt động của hỗn hợp không khí/nhiên liệu. Kết quả của nghiên cứu trên còn thể hiện được sự thành công trong việc mô hình hóa quá trình cháy trên cơ sở mô hình cháy một vùng và đa vùng.

Hỗn hợp của H_2 và CO được sử dụng cho động cơ cháy cưỡng bức bởi khả năng chống kích nổ tốt [57, 58] tuy nhiên tăng tỷ lệ cung cấp syngas có thể làm tăng nhiệt độ quá trình cháy từ đó dẫn tới tăng phát thải NO_x đối với động cơ xăng [58].

Theo nghiên cứu của Changwei và công sự sử dụng lưỡng nhiên liệu syngas/xăng cho động cơ xăng của hãng Hyundai. Đánh giá các kết quả ảnh hưởng của tỷ lệ thay thế syngas đến các thông số làm việc của động cơ [21]. Thực nghiệm được tiến hành ở chế độ tải trung bình khi sử dụng syngas có chứa 50÷60% H_2 và 20÷30% CO, trong khi duy trì hệ số dư lượng không khí $\lambda=1$. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng hiệu suất chỉ thị của động cơ tăng lên với tỷ lệ thể tích khí giàu hydro có trong syngas, trong khi đó áp suất có ích trung bình cũng được cải thiện ở tỷ lệ bổ sung ít. Khi bổ sung syngas với thể tích khí hydro từ 0÷2,5% để thay thế cho nhiên liệu xăng, hiệu suất chỉ thị của động cơ tăng tuyến tính từ 34,5% và được tăng lên 39,5% khi sử dụng lưỡng nhiên liệu syngas/xăng mà trong syngas có bổ sung tỷ lệ thể tích khí hydro 2,5%.

Kết quả nghiên cứu cho thấy phát thải HC và NO_x giảm do khi tăng lượng syngas cung cấp vào đường nạp sẽ làm giảm tỷ lệ A/F do lượng khí nạp bị giảm dẫn tới giảm phát thải HC. Ngoài ra, do tỷ lệ thể tích khí hydro có trong syngas dẫn đến tốc độ ngọn lửa và hòa trộn tốt hơn nên quá trình cháy kiệt hơn so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu xăng, từ đó làm giảm phát thải HC. Trong khi đó thì phát thải CO có xu hướng tăng khi tăng tỷ lệ syngas vào đường nạp của động cơ nghiên cứu. Sự giảm phát thải NO_x và tăng CO là do thành phần syngas có chứa hàm lượng CO và CO_2 . Do vậy CO_2 có trong syngas trở thành CO_2 lớn do khí này không tham gia quá trình cháy và có nhiệt dung riêng lớn sẽ

làm nhiệt độ cháy giảm nên phát thải NO_x giảm. Đồng thời, hàm lượng CO lớn bổ sung vào sẽ tạo ra một lượng CO không tham gia quá trình cháy do nhiệt độ cháy giảm (vì CO₂) và hiệu ứng nén ép vào và thoát ra khỏi các khe kẽ sau quá trình cháy, gây phát thải CO tăng [21].

R. Uma đã nghiên cứu công suất và hình thành phát thải NO của động cơ đánh lửa sử dụng syngas tại nhiều chế độ tải trên mô hình cháy đa vùng [54].

Juan Daniel Martínez và các cộng sự đã đánh giá các thông số tính năng và khí thải của động cơ đánh lửa cưỡng bức sử dụng syngas so sánh với khí thiên nhiên tại cùng hệ số dư lượng không khí lambda (λ). Công suất động cơ có cải thiện một chút so với khi chạy khí thiên nhiên. Tiêu hao năng lượng tăng đáng kể và phát thải NO_x và CO tăng lên [39].

Ajay và các cộng sự đã nghiên cứu tính năng làm việc và phát thải của động cơ xăng dẫn động máy phát điện chạy bằng syngas có nguồn gốc sinh khối. Thực nghiệm này được tiến hành trên máy phát 5,5 kW được hoán cải để vận hành với 100% syngas, lượng syngas sử dụng được điều chỉnh sao cho đạt được công suất tương đương khi sử dụng xăng. Kết quả cho thấy phát thải CO và NO_x thấp hơn, trong khi CO₂ tăng lên đáng kể khi chạy syngas [15].

Động cơ xăng dẫn động máy phát điện đã được sửa đổi để chạy syngas bằng cách sử dụng hai ống khí venturi, để thiết lập dòng chảy của syngas từ các bình chứa đến ống nạp khí, tại đây syngas sẽ được trộn với không khí. Ống khí venturi tạo dòng chảy liên tục của hỗn hợp không khí-syngas tới bộ chế hòa khí và sau đó đến các xy lanh của động cơ. Để điều chỉnh dòng chảy của syngas từ các bình chứa, một bộ điều chỉnh áp lực được sử dụng. Áp suất tối đa đầu vào và đầu ra là 12132 kNm² và 172 kNm². Các thông số về công suất của động cơ chính là sản lượng điện đầu ra, hiệu suất và thời gian chạy của máy phát điện bằng syngas. Phát thải gồm CO, CO₂, HC, NO_x. Kết quả nghiên cứu về hiệu suất và điện áp đầu ra của syngas cũng tương tự như chạy bằng xăng. Công suất của động cơ khi sử dụng syngas thì thấp hơn khi động cơ chạy bằng nhiên liệu xăng do nhiệt trị của syngas là 5,179 MJ/kg nhỏ hơn nhiều so với nhiệt trị của xăng là 44,4 MJ/kg. Bên cạnh đó thì khối lượng riêng của syngas là 1,7 kg/m³ thấp hơn 423 lần khối lượng riêng của xăng là 720 kg/m³ [15].

Hiệu suất của động cơ dẫn động máy phát điện sử dụng xăng hay syngas đều nằm trong khoảng 19,1÷11,4%. Khi động cơ chạy cả syngas và xăng thì công suất và hiệu suất đều tăng dần từ 1÷3 sau đó giảm dần tới 4. Hiệu suất động cơ giảm nhiều nhất khi tăng lưu lượng syngas thay thế nhiều, đây là đặc tính của động cơ máy phát điện khi sử dụng syngas và dẫn đến phát thải CO tăng. Lượng phát thải CO₂ cũng tăng nhanh so với trường hợp động cơ sử dụng đơn nhiên liệu ở mọi chế độ. Quá trình phát thải CO₂ do trong thành phần nhiên liệu syngas có chứa các khí thành phần như khí CO khi cháy tạo thành khí CO₂. Nồng độ phát thải HC ít hơn 40 ppm cho cả 4 trường hợp khi sử dụng syngas, do lượng khí HC trong syngas là rất ít nên không ảnh hưởng đáng kể.

Ở mỗi chế độ tải khác nhau thì lượng phát thải NO_x thấp hơn 54÷84% khi sử dụng syngas (31÷94 ppm) so với khi sử dụng xăng (166÷215 ppm). Phát thải NO_x được hình thành khi đốt cháy ô xy và N₂ ở nhiệt độ cao trong một phản ứng riêng biệt từ quá trình đốt

cháy bởi cơ chế Zeldovich. Điều này cho thấy sự phụ thuộc vào nhiệt độ của NO_x , lượng phát thải NO_x khi sử dụng syngas thấp hơn do nhiệt độ thấp hơn trong xy lanh và nhiệt trị của syngas cũng thấp nên ít phản ứng O_2 và N_2 .

1.4.1.2. Sử dụng syngas cho động cơ diesel

Động cơ diesel sử dụng nhiên liệu diesel truyền thống có ưu điểm là hiệu suất cao và suất tiêu hao nhiên liệu thấp hơn so với động xăng. Tuy nhiên, động cơ diesel có nhược điểm là phát thải khói bụi (phát thải rắn) khá cao. Đã có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng nhiên liệu syngas cho động cơ diesel; khi động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas ngoài mức phát thải các chất độc hại thấp thì lượng syngas còn thay thế nhiên liệu diesel truyền thống trong khi vẫn tận dụng được tính ưu việt về hiệu suất cao của động cơ này [63, 24]. Do syngas có ưu điểm là cháy nhanh, trị số ốc tan cao, chống kích nổ, nên cho phép động cơ có thể làm việc ở các chế độ tải, tỷ số nén lớn nên có thể dùng làm nhiên liệu thay thế một phần nhiên liệu sử dụng cho động cơ diesel. Giới hạn thành phần hỗn hợp để đảm bảo khả năng cháy tốt nên động cơ có thể làm việc với hỗn hợp loãng, $\lambda=1,0\div10$; nên động cơ có thể chạy hỗn hợp nghèo để giảm NO_x và góp phần làm tăng tính kinh tế sử dụng cho động cơ diesel. Do đó, syngas có thể được sử dụng để thay thế nhiên liệu diesel theo cách hoặc là tạo hỗn hợp trước với không khí còn nhiên liệu diesel được phun mồi vào để khởi tạo quá trình cháy hoặc syngas được hòa trộn ở trạng thái lỏng với diesel ở bên ngoài động cơ rồi được phun cùng diesel vào động cơ và được đốt cháy nhờ nhiên liệu diesel tự cháy.

Nghiên cứu của Bibhuti và cộng sự thực hiện cho động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với tỷ lệ H_2/CO trong syngas khác nhau [19]. Kết quả nghiên cứu thể hiện ảnh hưởng của nhiên liệu đến hiệu suất nhiệt có ích của động cơ ở các chế độ tải khác nhau. Ở chế độ tải nhỏ tính năng làm việc rất kém do quá trình cháy kém bởi ảnh hưởng của lượng CO trong syngas, đồng thời do ở chế độ này lượng nhiên liệu diesel phun vào động cơ ít nên quá trình cháy nghèo và chất lượng cháy kém. Tuy nhiên ở chế độ tải bô phận, hiệu suất nhiệt có ích của động cơ tăng lên khi lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với tỷ lệ H_2/CO khác nhau. Kết quả cho thấy, khi tăng tỷ lệ H_2 trong syngas sẽ làm tăng hiệu suất nhiệt của động cơ, hiện tượng này do tốc độ cháy của H_2 lớn hơn đã cải thiện quá trình cháy. Do trong syngas có tỷ lệ khí thành phần H_2 có thể tích lớn hơn nhiều so với không khí nên khi cung cấp syngas vào đường nạp sẽ chiếm chỗ của không khí nạp dẫn tới hệ số nạp bị giảm ở trường hợp sử dụng lưỡng nhiên liệu. Kết quả cho thấy ở mỗi chế độ tải nhất định hệ số nạp ứng với tỷ lệ H_2/CO là 50:50 là nhỏ nhất so với hai trường hợp còn lại.

Bên cạnh đó nghiên cứu của Bibhuti còn đánh giá về các thành phần phát thải độc hại với các mẫu syngas có tỷ lệ H_2/CO khác nhau, ứng với 100% H_2 , 75% H_2 và 50% H_2 . Hàm lượng phát thải CO của động cơ tăng mạnh so với trường hợp sử dụng syngas với 100% H_2 do quá trình ôxy hóa không hoàn toàn CO trong nhiên liệu và cả trong syngas. Đối với trường hợp sử dụng syngas có chứa hàm lượng CO, phát thải CO nhạy cảm với tải trọng của động cơ. Ở chế độ tải thấp, phát thải CO tăng mạnh. Ở chế độ 20% tải, phát thải CO là 82 và 106 ppm đối với 75 và 50% H_2 trong syngas so với trường hợp 100% H_2 là 12 ppm. Với trường hợp syngas không có chứa CO, phát thải CO là nhỏ nhất ở tất cả các chế độ tải.

Đối với trường hợp động cơ hỗn hợp đồng nhất, khi tăng tải hàm lượng CO tăng lên do thiếu ô xy cung cấp cho quá trình cháy. Tuy nhiên, đối với nghiên cứu này, khi tăng tải phát thải CO tăng do nhiên liệu chứa một tỷ lệ CO nhất định và do quá trình cháy muộn hơn. Hàm lượng CO lớn nhất là 68, 213 và 247 ppm với trường hợp tương ứng 100, 75 và 50% H₂ trong syngas [19].

Diễn biến phát thải độc hại HC theo tải trọng ứng với các tỷ lệ H₂/CO khác nhau trong syngas [19]. Ở chế độ tải nhỏ, do quá trình cháy kém nên phát thải độc hại HC cao. Khi tăng tải thì nhiệt độ quá trình cháy tăng lên do đó quá trình cháy kiệt hơn nên phát thải HC giảm. Ở chế độ hiệu suất cao nhất, phát thải HC đo được là 14, 36 và 45 ppm tương ứng với tỷ lệ H₂/CO là 100, 75 và 50%. Khi ở chế độ tải lớn hơn 80%, phát thải HC có xu hướng tăng lên do quá trình cháy không kiệt bởi hỗn hợp quá đậm.

Nguyên nhân làm phát thải NO_x giảm là do áp suất và nhiệt độ cực đại bên trong xy lanh giảm xuống. Mặt khác, đối với động cơ diesel ở chế độ cháy nghèo, phát thải NO_x rất thấp. Với nhiên liệu có tỷ lệ H₂/CO lớn, phát thải NO_x cao hơn chủ yếu là do nhiệt độ cháy H₂ cao hơn so với CO. Ở chế độ tải trung bình và lớn, do quá trình cháy triệt để hơn nên áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên dẫn tới tăng hàm lượng phát thải NO_x. Phát thải NO_x cao nhất đối với trường hợp syngas có 100% H₂, đến 75 và 50% tương ứng 220, 175 và 127 ppm. Ở chế độ tải vừa và nhỏ (từ 20 đến 40%), phát thải NO_x đều giảm đối với tất cả các trường hợp do hỗn hợp nhạt nên quá trình cháy kém dẫn tới áp suất và nhiệt độ trong xy lanh giảm [19].

R.Uma sử dụng syngas cung cấp cho động cơ máy phát điện diesel. Thủ nghiệm được tiến hành tại bốn chế độ tải, hàm lượng CO, CO₂, SO₂, HC và phát thải dạng hạt (PM) đã được xác định. Kết quả cho thấy hiệu suất nhiệt của động cơ giảm khi sử dụng lưỡng nhiên liệu, phát thải CO và HC tăng, trong khi NO_x, SO₂ và PM giảm [54].

Trên động cơ diesel cháy do nén, Felipe Centeno đã tạo ra syngas từ xơ và vỏ cây như là nhiên liệu cung cấp cho diesel và dầu hạt cây cao su. Kết quả cho thấy hiệu suất nhiệt giảm khi động cơ hoạt động ở chế độ sử dụng lưỡng nhiên liệu. Phát thải CO và CO₂ của động cơ lưỡng nhiên liệu cao hơn so với động cơ nguyên thủy, độ khói do động cơ sinh ra có xu hướng biến thiên giống với khi bổ sung syngas [28].

B.B.Sahoo đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ H₂/CO trong syngas đến các thông số làm việc của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu. Trong nghiên cứu, tác giả đã sử dụng syngas với tỷ lệ H₂/CO lần lượt là 100:0; 75:25; 50:50 và 0:100. Kết quả thể hiện hiệu suất nhiệt của động cơ lưỡng nhiên liệu tăng lên khi tăng tỷ lệ H₂ trong syngas; các thành phần phát thải HC, CO và CO₂ đều cải thiện khi tăng tỷ lệ của CO trong syngas, trong khi đó phát thải NO_x có xu hướng ngược lại [18].

Nghiên cứu của B.B.Sahoo cũng đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ H₂/CO đối với các thông số làm việc của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu. Bởi vì trong syngas có chứa H₂, với các tỷ lệ H₂ là 100, 75 và 50% nên việc giảm tỷ lệ thay thế nhiên liệu truyền thống cho động cơ diesel được thể hiện ở các chế độ tải vừa và tải thấp. Mặt khác do ô xy không đủ hoạt động ở tải cao nên syngas cháy không hết dẫn đến làm giảm mức độ thay thế diesel và sự thay đổi hiệu suất thể tích ở chế độ tải khác nhau của động cơ. Nhiệt độ

của khí thải tăng khi tải trọng tăng và sự gia tăng nhiệt độ khí thải động cơ là do không có đủ thời gian cho quá trình đốt cháy giữa diesel và syngas. Nhiệt độ cao nhất khi sử dụng syngas 100% H₂ do cháy nhanh hơn và nhiệt độ trong xy lanh là cao nhất [18].

Syngas có chứa CO trong thành phần nên mức phát thải CO nhạy cảm với tải động cơ. Ở chế độ tải thấp lượng phát thải CO tăng không đáng kể còn ở chế độ 20% tải thì lượng phát thải CO đo được là 82÷106 ppm, với thành phần syngas có chứa đến 50% và 75% là khí H₂. Khi động cơ sử dụng 100% syngas không có cacbon thì lượng phát thải CO là rất thấp ở tất cả các chế độ tải. Nói chung, với hỗn hợp đậm của động cơ diesel khi tải tăng lên thì mức độ phát thải CO bắt đầu tăng do không đủ ô xy trong quá trình cháy. Tuy nhiên, cho động cơ dùng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, tải trọng tăng thì mức độ phát thải CO tăng do sự hiện diện của CO có trong thành phần nhiên liệu bao gồm cả quá trình cháy trễ của khi sử dụng lưỡng nhiên liệu. Lượng phát thải CO tối đa của động cơ diesel khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas là 68, 213, 247 ppm với tỷ lệ khí H₂ có trong syngas là 100, 75 và 50% H₂ [18].

Lượng phát thải NO_x tăng ở chế độ tải cao (ngoài 60%) do quá trình cháy được cải thiện dẫn đến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên. Phát thải NO_x tăng cao nhất khi trong syngas có chứa thành phần H₂ với các tỷ lệ là: 100, 75 và 50% H₂. Lượng phát thải NO_x với các tỷ lệ H₂ trên đo được là 220, 175 và 127 ppm. Bên cạnh đó ở chế độ tải trọng thấp (20÷40% tải) lượng phát thải NO_x đều giảm ở tất cả trường hợp của syngas [18].

Điễn biến phát thải độc hại HC phụ thuộc theo chế độ tải của động cơ và tỷ lệ H₂/CO khác nhau. Khi động cơ ở chế độ tải nhỏ, do quá trình cháy được cải thiện nên phát thải độc hại HC giảm còn ở các chế độ tải từ 20÷60%, thì nhiệt độ quá trình cháy tăng lên do đó quá trình cháy kiệt hơn nên phát thải HC vẫn có xu hướng giảm. Tuy nhiên ở chế độ hiệu suất cao nhất, phát thải HC đo được là 14, 36 và 45 ppm đối với tỷ lệ H₂/CO có trong nhiên liệu syngas là 100, 75 và 50% tương ứng. Khi ở chế độ tải lớn hơn 80%, phát thải HC có xu hướng tăng lên do quá trình cháy không kiệt bởi hỗn hợp quá đậm [18].

Với các kết quả đạt được từ các nghiên cứu sử dụng nhiên liệu khí syngas cho ĐCĐT như trình bày ở trên đã thể hiện rõ các đặc tính của ĐCĐT và ảnh hưởng các tỷ lệ syngas thay thế nhiên liệu truyền thống ở các chế độ làm việc của động cơ dẫn đến việc tăng công suất riêng và hiệu suất cũng như giảm phát thải độc hại của động cơ diesel và động cơ xăng. Chính vì vậy mà ngày nay đã có rất nhiều các đề tài và công trình nghiên cứu sử dụng các loại nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT, góp phần cải thiện tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ và giảm các thành phần phát thải độc hại đến môi trường. Trong đó, quá trình nghiên cứu chuyển đổi động cơ sử dụng nhiên liệu thuần túy sang sử dụng lưỡng nhiên liệu (nhiên liệu truyền thống và nhiên liệu khí) thì các thông số kết cấu cơ bản của động cơ như đường kính xy lanh, hành trình piston về cơ bản gần như không thay đổi. Tuy nhiên, quá trình nghiên cứu cung cấp nhiên liệu khí cho động cơ và quá trình cháy của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu phải có hướng nghiên cứu chuyên sâu nhằm tối ưu hóa các hệ thống nạp, thải để đánh giá ảnh hưởng của các tỷ lệ nhiên liệu khí đến các tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ. Do đó, có thể coi các nghiên cứu này mang tính khoa học và thực tiễn cao trong xu hướng nghiên cứu nhiên liệu thay thế sử dụng cho ĐCĐT.

1.4.2. Tại Việt Nam

Các công trình và đề tài nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế ở dạng khí cho ĐCĐT, kết quả đạt được những thành công đáng kể trong việc phát triển, ứng dụng các nguồn nhiên liệu thay thế mới và thân thiện với môi trường. Những nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT có ý nghĩa lớn về mặt khoa học và có tính thực tiễn cao như đã được đề cập trong mục 1.1.2.4.

Tại Việt Nam giai đoạn 1980-1984 Việt Nam đã có nghiên cứu sử dụng syngas cho động cơ xăng trên xe Ô tô GAZ51. Bên cạnh đó cũng có một số nghiên cứu sử dụng syngas trên tàu đánh cá của ngư dân vùng biển Vũng Tàu và trên xe chở khách tuyến Tp. Gia Lai - Tp. Hồ Chí Minh nhưng các thông tin cụ thể về các nghiên cứu này thì vẫn chưa có được nguồn trích dẫn chính xác.

Đề tài nghiên cứu của tác giả Vy Hữu Thành, Trường HVKT Quân sự, “Nghiên cứu về việc sử dụng khí hóa từ than hoa và than đá dùng cho động cơ ô tô”. Nội dung chính của đề tài là sản xuất syngas từ 2 mẫu sinh khối là 100% than đá, 100% than hoa, kết hợp giữa than đá và than hoa. Quá trình sản xuất và sử dụng syngas được thực hiện trực tiếp trên xe Ô tô GAZ51, syngas được cung cấp vào đường nạp của động cơ, sau khi đạt được các chế độ làm việc ổn định của động cơ cũng như sự ổn định của hệ thống sản xuất syngas. Kết quả của đề tài đã đánh giá được khả năng thay thế nhiên liệu xăng khi chạy với syngas được sản xuất từ than hoa thì công suất động cơ đạt được khoảng 70-75%, còn với syngas được sản xuất từ than đá thì công suất của động cơ đạt được khoảng từ 80-85%. Các kết quả này theo tác giả cũng chỉ mang tính định tính bởi vì thời gian đó đất nước còn khó khăn nên chưa có các trang thiết bị đo về công suất, đánh giá phát thải [14]. Một khía cạnh khác của đề tài chỉ thực hiện trong khoảng thời gian bị khủng hoảng về nhiên liệu xăng và diesel, sau đó đề tài bị chìm lăng vẫn chưa được khai thác và sử dụng triệt để. Bên cạnh đó hàm lượng tar có trong syngas làm ảnh hưởng tới quá trình nạp thải của động cơ GAZ51, nên phải thường xuyên bảo dưỡng định kỳ hệ thống này, nhất là công tắc rì xu páp nạp và thải. Nhìn chung, các đề tài nghiên cứu trong nước về nhiên liệu thay thế sử dụng cho ĐCĐT đã cho thấy khả năng sản xuất và sử dụng nhiên liệu khí thay thế một phần nhiên liệu xăng, mặt khác nghiên cứu sử dụng syngas cho động cơ diesel tại Việt Nam thì vẫn còn bị hạn chế. Do vậy, đề tài nghiên cứu sử dụng syngas sản xuất từ sinh khối cho động cơ diesel máy phát điện cỡ nhỏ mang ý nghĩa thực tiễn và khoa học cao.

1.5. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Việt Nam có nguồn nguyên liệu sinh khối dồi dào. Khả năng sử dụng các nguồn sinh khối này còn chưa hợp lý, gây lãng phí mà nhu cầu năng lượng sử dụng hiện nay lại đang bị thiếu hụt đặc biệt là những vùng sâu, vùng xa.

Nhu cầu về điện tự cung, tự cấp rất cao mà thủy điện không thể vươn tới được, Việt Nam cần phát triển thêm các nguồn động lực hỗ trợ để cung cấp điện bổ sung cho lưới điện quốc gia, xu hướng phát triển du lịch và kinh tế.

Sử dụng nhiên liệu khí syngas nhằm giảm sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu hóa thạch, động viên khích lệ sử dụng nhiên liệu này để giảm được lượng phát thải gây ô

nhiễm môi trường.

Các nghiên cứu trong nước đã cho thấy khả năng sử dụng syngas thay thế một phần nhiên liệu xăng còn nghiên cứu sử dụng syngas cho động cơ diesel tại Việt Nam thì vẫn còn bị hạn chế. Tuy nhiên một số nghiên cứu chỉ mang tính lý thuyết, khả năng sử dụng syngas còn dư thừa và xử lý tar còn hạn chế. Chính vì vậy cần có một nghiên cứu hoàn chỉnh từ quá trình sản xuất syngas đến khả năng sử dụng cho ĐCĐT với các tỷ lệ thay thế khác nhau ở các chế độ tải của động cơ, để đánh giá được các đặc tính của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu này.

Qua phân tích và đánh giá ở trên cho thấy syngas đã đáp ứng được nguồn cung, nó có đặc tính cháy và khả năng sử dụng làm nhiên liệu thay thế cho ĐCĐT. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng một cách hiệu quả nhiên liệu này cho ĐCĐT mang tính thực tiễn và khoa học cao, do vậy tác giả đã chọn đề tài này cho chương trình NCS của mình.

1.6. Kết luận chương 1

Kết quả nghiên cứu tổng quan về sản xuất syngas từ các nguồn sinh khối và tình hình sử dụng syngas cho ĐCĐT cho phép rút ra được những kết luận như sau:

- Syngas có thể sử dụng làm nguồn nhiên liệu thay thế nhiên liệu truyền thống diesel và xăng cho ĐCĐT, với mục tiêu giảm sự phụ thuộc nguồn nhiên liệu hóa thạch, hạn chế phát thải chất khí gây hiệu ứng nhà kính, bảo vệ môi trường trong sản xuất và sinh hoạt.
- Trên thế giới sản xuất và sử dụng syngas được quan tâm, phát triển từ thế kỉ 18. Phát triển công nghệ sản xuất syngas và nâng cao hiệu quả sử dụng được xem như là giải pháp hữu hiệu nhất trong việc sử dụng nguồn năng lượng sinh khối, bởi cho đến nay công nghệ này có thể giải quyết khá tốt các bài toán kinh tế và bảo vệ môi trường.
- Việt Nam có nguồn nguyên liệu sinh khối dồi dào, hiện nay đã có một số công trình nghiên cứu sản xuất syngas để tận dụng năng lượng này. Tuy nhiên việc sử dụng nguồn năng lượng này vẫn chưa hợp lý, thường sử dụng ở dạng nhiệt, trong khi đó nghiên cứu sử dụng cho ĐCĐT vẫn còn ít công trình.
- Cần phải có các nghiên cứu đầy đủ về việc sử dụng syngas thay thế cho nhiên liệu diesel truyền thống để nâng cao hiệu quả sử dụng syngas.

CHƯƠNG 2. HÌNH THÀNH HỖN HỢP VÀ CHÁY TRONG ĐỘNG CƠ LƯỞNG NHIÊN LIỆU DIESEL/SYNGAS

2.1. Đặc điểm quá trình cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel

Từ nhiều nghiên cứu lý thuyết về sử dụng nhiên liệu khí, cũng như syngas cho động cơ diesel đều cho thấy phần lớn động cơ diesel khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas bằng cách cung cấp và tạo hỗn hợp đồng nhất của syngas-không khí từ bên ngoài vào xy lanh còn nhiên liệu diesel được phun trực tiếp sẽ cháy mồi để đốt cháy toàn bộ hỗn hợp. Trong đó sự ảnh hưởng giữa chùm tia phun nhiên liệu diesel, chuyển động rối của môi chất trong xy lanh và sự phụ thuộc vào bản chất động học phản ứng cháy của nhiên liệu diesel phun vào với các thành phần khí của syngas có trong hỗn hợp.

Thực chất, quá trình hình thành hỗn hợp của động cơ diesel là hỗn hợp đồng nhất của không khí và nhiên liệu diesel truyền thống; khi cấp syngas vào đường nạp của động cơ diesel làm cho hỗn hợp này bị thay đổi [50, 44], dẫn đến diễn biến quá trình cháy của động cơ diesel bị ảnh hưởng do sự hòa trộn syngas vào hỗn hợp đồng nhất ban đầu của động cơ. Động cơ diesel lúc này có thể được coi là động cơ nửa đánh lửa cưỡng bức. Mặt khác khi động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas do sự xuất hiện của syngas nên không được hiện tượng kích nổ trong quá trình cháy. Tuy nhiên diễn biến quá trình cháy này phụ thuộc nhiều vào thành phần H₂ có trong syngas, nên áp suất xy lanh tăng cao nhất khi syngas giàu khí H₂ và ngược lại [18, 57].

Thành phần H₂ có trong syngas có nhiệt trị lớn, tốc độ cháy nhanh được coi như chất xúc tác sẽ làm cải thiện quá trình cháy trong động diesel khi sử dụng syngas, dẫn đến phản ứng cháy xảy ra nhanh và nâng cao hiệu suất của động cơ. Tuy nhiên, để đạt được mục đích này khi sử dụng syngas cho động cơ diesel cần phải nghiên cứu sâu quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ. Bởi vì quá trình cháy cho động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas rất phức tạp do có sự kết hợp quá trình tự cháy của nhiên liệu diesel với quá trình cháy lan tràn màng lửa của nhiên liệu khí [58].

Các công bố về nghiên cứu mô phỏng cho động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas chưa thể hiện sự liên kết chặt chẽ giữa mô phỏng và thực nghiệm trên cùng một đối tượng nghiên cứu. Cụ thể như nghiên cứu được công bố trên tạp chí năng lượng thế giới tại Thụy Điển đã chỉ ra được các đặc điểm của diễn biến quá trình cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas là rất phức tạp [27]. Các nhà khoa học các nước Nhật, Đức, Mỹ, Nga cũng đã có các nghiên cứu về diễn biến quá trình cháy nhưng thường giới hạn ở một vài chế độ làm việc nhất định của động cơ. Cụ thể như mô hình cháy một vùng của Thyagarajan [55] hay của Cheikh Mansour [22] chỉ có thể tính toán các thông số đặc tính làm việc chung của động cơ chạy lưỡng nhiên liệu như áp suất khí thể trong xy lanh và công suất có ích. Mô hình 2 vùng của Karim và cộng sự [40] cho phép nghiên cứu đặc tính làm việc chung của động cơ lưỡng nhiên liệu ở chế độ tải lớn. Mô hình không tính toán được phát thải của động cơ vì không đề cập đến đặc điểm thay đổi nhiệt độ, động học phản ứng cháy và thành phần khí cháy trong xy lanh động cơ. Đầu đủ và chi tiết hơn là mô hình

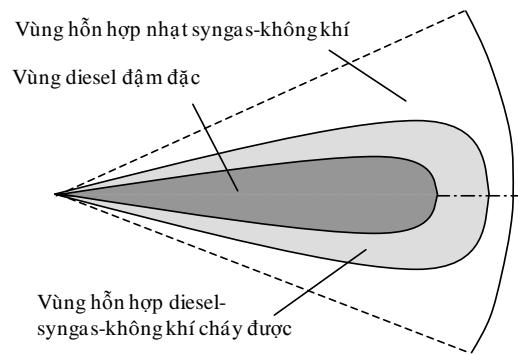
đa vùng, đa chiều áp dụng cho môi chất công tác trong xy lanh động cơ trên cơ sở lý thuyết tính toán động lực học chất lỏng CFD kết hợp động học phản ứng cháy của Qingluan Xue và cộng sự đề cập đến 53 thành phần môi chất và 325 phản ứng hóa học [53, 56]. Tuy nhiên, mô hình trên được phát triển để ứng dụng cho môi chất đồng nhất cho động cơ đánh lửa cưỡng bức và hơn nữa mô hình quá phức tạp, tốn rất nhiều thời gian chạy máy tính cho một lần tính toán (đến vài chục giờ). Để khắc phục các hạn chế của các mô hình nói trên trong khi vẫn rút ngắn thời gian tính toán thì cần phải xây dựng và phát triển một mô hình tính toán hiệu quả hơn.

Trong điều kiện nghiên cứu thực tế tại Việt Nam để sử dụng syngas cho động cơ diesel - máy phát điện việc chuyển đổi này là hoàn toàn có thể thực hiện được. Tuy vậy, đòi hỏi phải có thêm các nghiên cứu làm tối ưu hệ thống cung cấp syngas-không khí, nghiên cứu quá trình cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas và xác định các thông số cơ bản tối ưu để đảm bảo tính năng làm việc của động cơ nghiên cứu. Trên cơ sở các quan điểm về quá trình hình thành hỗn hợp và đặc điểm quá trình cháy cho các động cơ diesel đang lưu hành như đã trình bày ở trên, quá trình cung cấp nhiên liệu và diễn biến quá trình cháy để xây dựng được phải dựa trên những cơ sở lý thuyết thể hiện trong các nội dung tiếp theo:

2.2. Cơ chế hình thành hỗn hợp và cháy khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel

2.2.1. Quá trình hình thành hỗn hợp

Trong động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với việc tạo hỗn hợp syngas-không khí bên ngoài xy lanh, syngas được cung cấp vào đường nạp theo nguyên lý chế hòa khí hoặc phun, sau đó syngas sẽ hòa trộn với không khí và bay hơi trong đường nạp tạo hỗn hợp đi vào xy lanh động cơ trong quá trình nạp. Trong xy lanh, nhờ chuyển động rối và trao đổi nhiệt của hỗn hợp trong quá trình nạp và quá trình nén, hòa khí cùng hỗn hợp lưỡng nhiên liệu diesel/syngas tiếp tục bay hơi và tạo thành hỗn hợp đồng nhất với không khí. Từ khi quá trình nén bắt đầu, một số phản ứng hóa học của nhiên liệu với không khí có thể xảy ra và tuân theo động học phản ứng trong điều kiện đó; tốc độ phản ứng phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất và thành phần hỗn hợp [23]. Tuy nhiên, tốc độ phản ứng hóa học trong quá trình này rất nhỏ, phản ứng chỉ có thể sinh ra một số thành phần hoạt tính trung gian chứ chưa giải phóng đủ nhiệt năng để có thể thấy được sự tăng áp suất của hỗn hợp so với áp suất nén khí lý tưởng (đường cháy chưa tách khỏi đường nén trong đồ thị áp suất khí thể).



Hình 2.1. Sơ đồ phân vùng hỗn hợp trên 1 tua phun khi phun mới [23]

Khi nhiên liệu diesel được phun vào thể tích hỗn hợp đồng nhất của hơi syngas và không khí trong buồng cháy dưới áp suất cao, nhiên liệu diesel được xé nhỏ và bay hơi. Do ma sát giữa các hạt nhiên liệu phun với hỗn hợp đồng nhất của syngas và không khí nên tốc độ của các hạt nhiên liệu phun giảm dần và bề dày tia phun tăng dần tạo nên tia phun có dạng hình côn trong đó thành phần còn thay đổi theo chiều dài tia phun. Cho động cơ phun nhiên liệu diesel trực tiếp (hình thành hỗn hợp thể tích trong buồng cháy thống nhất) thường người ta bố trí nhiều tia phun (4, 5, 6 hoặc 8 tia) phân bố đều xung quanh vòi phun. Trong các tia phun này, có một lượng nhất định hơi syngas-không khí bị cuốn vào và trộn lẫn với hơi nhiên liệu diesel ở lớp bao ngoài của tia phun; chúng tạo hỗn hợp với syngas-không khí thành vùng hỗn hợp có khả năng cháy được (có thành phần hỗn hợp nằm trong giới hạn cháy với hệ số dư lượng không khí trung bình). Cường độ và hàm lượng syngas-không khí thâm nhập vào tia phun phụ thuộc vào nhiều yếu tố như điều kiện phun (áp suất phun, độ nhớt của nhiên liệu phun và kích thước và hình dạng lỗ phun); lượng nhiên liệu diesel phun và tỷ lệ syngas-không khí cũng như áp suất môi chất trong xy lanh ở thời điểm phun. Phần hỗn hợp bao ngoài chùm tia phun là vùng hỗn hợp nhạt đồng nhất của syngas và không khí.

Như vậy có thể mô tả sự phân bố thành phần hỗn hợp nhiên liệu diesel/syngas và không khí trong xy lanh động cơ trước khi quá trình cháy xảy ra gồm 3 vùng như trên sơ đồ hình 2.1 gồm vùng lõi tia phun có hàm lượng đậm đặc của các hạt nhiên liệu diesel chưa kịp bay hơi, vùng hỗn hợp cháy được của hơi diesel-syngas-không khí và vùng hỗn hợp nhạt đồng nhất của syngas với không khí. Do đặc điểm của quá trình phun nhiên liệu nên vùng lõi tia phun là vùng có hàm lượng diesel đậm đặc, có rất ít hỗn hợp syngas-không khí, tỷ lệ nhiên liệu diesel-không khí rất cao nên sẽ bị hạn chế trong quá trình cháy. Tiếp theo là vùng hỗn hợp nhiên liệu diesel đã kịp hòa trộn với hỗn hợp syngas-không khí và có khả năng cháy được. Vùng này có hệ số dư lượng không khí trung bình, nó được giới hạn bởi một bì mặt tượng trưng có thành phần hỗn hợp đậm nhất có thể cháy được bao quanh vùng lõi tia phun và bì mặt tiếp giáp với vùng hỗn hợp đồng nhất syngas-không khí. Vùng còn lại là vùng hỗn hợp nhạt đồng nhất của syngas và không khí bao quanh tia phun.

2.2.2. Quá trình cháy

2.2.2.1. Phản ứng cháy của syngas

Hydro và CO là thành phần chính của khí syngas, hàm lượng hydro và CO trong khí syngas thay đổi tùy thuộc vào nguồn sinh khói khác nhau. Phản ứng cháy của khí syngas với tác nhân ô xy có thể diễn ra một giai đoạn, nhiều giai đoạn, song song hoặc liên tiếp tạo thành CO_2 , phản ứng cháy khí syngas xảy ra theo cơ chế gốc tự do. Khi quá trình đốt cháy CO với ô xy xảy ra phụ thuộc vào sự tạo gốc của ô xy nguyên tử nên tốc độ phản ứng xảy ra chậm, nhưng khi có mặt hydro hoặc hợp chất chứa hydro (như H_2O) cũng làm tăng đáng kể tốc độ phản ứng quá trình cháy CO, do sự xuất hiện của hydro làm tăng khả năng lan truyền những gốc tự do. Do đó, quá trình cháy khí syngas khi có mặt khí hydro ảnh hưởng đến giới hạn tự cháy, giới hạn dập tắt ngọn lửa và sự lan tràn màng lửa... Điều này được giải thích thông qua giới hạn kích nổ phụ thuộc vào điều kiện biên về nhiệt độ, áp

suất và thành phần hỗn hợp các chất tham gia phản ứng ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng nhanh hay chậm của quá trình cháy khí syngas [56].

Quá trình phản ứng cháy của syngas ở nhiệt độ 750K ảnh hưởng rất lớn đến áp suất, áp suất biến đổi trong khoảng từ $0,001\div10$ atm. Những tính chất ảnh hưởng đến phản ứng như thông số nhiệt độ, áp suất và hỗn hợp hydro và ôxy được chia thành 3 vùng giới hạn cháy. Vùng thứ nhất là áp suất thấp, đường giới hạn được xác định bởi sự cân bằng giữa sự mất đi của những gốc tự do trên bề mặt (hiệu ứng vách), khi khoảng thời gian khuếch tán trong pha khí ngắn so với khoảng thời gian phản ứng đặc trưng với sự tạo ra các gốc tự do trong pha khí. Tại áp suất dưới giới hạn, quá trình tách trong các phản ứng đối với pha khí vượt quá giới hạn được xác định bởi sự phân tán các gốc tự do và giới hạn tại bề mặt và tốc độ tách nhỏ hơn tốc độ tách giới hạn. Trên giới hạn này, tốc độ tách thành gốc tự do đủ để vượt qua tốc độ giới hạn, bởi vì có một số lượng lớn hơn quá trình trao đổi phân tử và khoảng thời gian khuếch tán tăng do áp suất tăng. Khi áp suất tiếp tục tăng, những điều kiện giới hạn nổ thứ hai đạt được. Giới hạn này là hệ quả từ quá trình động năng pha khí. Những phản ứng cháy chính của syngas được trình bày chi tiết trong bảng 2.1. Trong quá trình ô xy hóa chỉ hydro, phản ứng phân nhánh chủ yếu là $H+O_2=O+OH$ (R_1), trong khi các phản ứng khác xảy ra đồng thời $H+O_2(+M)=HO_2(+M)$ (R_2), phản ứng này sinh ra một gốc tự do (HO_2) mà nó có tính ô xy hóa yếu hơn gốc OH hoặc nguyên tử ô xy.

Bảng 2.1. Những phản ứng cháy chính của syngas [56]

TT	Kí hiệu	Phương trình phản ứng
1	R_1	$H+O_2=O+OH$
2	R_2	$H+O_2(+M)=HO_2(+M)$
3	R_3	$HO_2+HO_2=H_2O_2+O_2$
4	R_4	$H_2O_2(+M)=OH+OH(+M)$
5	R_5	$HO_2+H_2=H_2O_2+H$
6	R_6	$HO_2+H=H_2+O_2$
7	R_7	$HO_2+H=OH+OH$
8	R_8	$NO+HO_2=NO_2+OH$
9	R_9	$NO_2+H=NO+OH$
10	R_{10}	$CO+OH=CO_2+H$
11	R_{11}	$HCO+M=H+CO+M$
12	R_{12}	$HCO+O_2=HO_2+CO$
13	R_{13}	$CO+HO_2=CO_2+OH$

14	R_{14}	$HO_2 + OH = H_2O + O_2$
15	R_{15}	$H_2 + OH = H_2O + H$
16	R_{16}	$O + H_2 = H + OH$
17	R_{17}	$H + OH + M = H_2O + M$

Với những điều kiện tham số trên thì khoảng thời gian cho HO_2 phản ứng tạo ra gốc hoạt tính là rất lớn so với toàn bộ thời gian diễn ra quá trình cháy. Quá trình tăng áp suất, tốc độ trao đổi năng lượng bậc 3 của R_2 được tăng lên so với tốc độ trao đổi năng lượng bậc 2 của R_1 . Phân tích trạng thái ổn định của mật độ gốc tự do tại giới hạn thứ hai ta sử dụng hai phản ứng này, tham số hàm lượng M với giới hạn thứ 2, ở đây $[M]=2k_1/k_2$, trong đó k_i (với $i=1,2$) biểu thị tốc độ phản ứng riêng của phản ứng R_1 và R_2 trong phản ứng thuận. Tại áp suất cao hơn ngay trên giới hạn thứ hai, điều kiện giới hạn thứ 3 đạt được, như một kết quả của hai vấn đề: vấn đề thứ nhất (1) nồng độ cao của M dẫn đến một nồng độ đáng kể của HO_2 , phản ứng $HO_2+HO_2=H_2O_2 + O_2$ (R_3) và những phản ứng dẫn xuất có sự tham gia của H_2O_2 , theo lý thuyết $H_2O_2(+M)=OH+ OH(+M)$ (R_4). Điều này tạo nên một quá trình biến đổi toàn diện theo các phản ứng R_2 , R_3 , R_4 mà nó đặc trưng cho một quá trình phản ứng chuỗi. Vấn đề thứ 2 là quá trình phản ứng sinh nhiệt lớn cùng với khoảng thời gian khuếch tán nhiệt tăng với sự tăng của áp suất, điều này dẫn đến việc tự sấy nóng bên trong hỗn hợp. Phản ứng R_2 và R_3 sinh nhiệt lớn mà lượng nhiệt đó được hấp thụ một phần bởi phản ứng thu nhiệt R_4 .

Tại áp suất cao, thì đặc trưng của phản ứng cũng thay đổi theo nhiệt độ ban đầu của phản ứng. Phản ứng xảy ra cùng với những tính toán được thực hiện trên cùng một hệ thống với thể tích không đổi, đoạn nhiệt và tỷ lệ H_2/O_2 là lý tưởng. Theo giả thiết như vậy thì phản ứng cháy của syngas với áp suất là 20 atm và nhiệt độ từ 1000÷1300K, kết quả đạt được theo sự chuẩn hóa nhiệt độ ban đầu và thời điểm tại đó tăng nhiệt độ lớn nhất. Tại 1000K, thì nhiệt độ của hệ thống tăng lên đáng kể, qua quan sát trong suốt giai đoạn đầu của phản ứng do tốc độ tỏa nhiệt theo những phản ứng trên R_2 , R_3 và R_4 ; trong khi tại 1300K thì không thấy có sự ảnh hưởng của tốc độ tỏa nhiệt như trường hợp nhiệt độ 1000K. Đặc tính thời gian phản ứng (được xác định bằng tỉ số nồng độ hydro ban đầu chia cho tốc độ tiêu thụ hydro lớn nhất) như là một hàm của nhiệt độ đối với một hệ thống. Khi nhiệt độ tăng sẽ có một sự thay đổi đáng kể đáp ứng thời gian phản ứng. Việc tăng nhiệt độ dẫn đến việc tăng những gốc HO_2 thông qua phản ứng $HO_2+H_2=H_2O_2+H$ (R_5), phản ứng này sinh ra các nguyên tử hydro. Sau đó những nguyên tử hydro này sẽ phản ứng với HO_2 theo phản ứng $HO_2 + H = H_2 + O_2$ (R_6) và phản ứng $HO_2 + H= OH + OH$ (R_7). Trong đó phản ứng R_6 là phản ứng kết thúc chuỗi và phản ứng R_7 là phản ứng tách chuỗi. Vì vậy, một hệ thống mà ban đầu là một chuỗi mạch thẳng khi trải qua các quá trình phản ứng (ví dụ như $R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4$) có thể trở thành quá trình tách nhánh chuỗi, quá trình này cũng dẫn đến nhiệt độ tăng ($R_2 \rightarrow R_5 \rightarrow R_7$, R_4) [56].

Qua phân tích về những phản ứng cháy của syngas thì giới hạn tốt nhất phản ứng cháy syngas với áp suất từ 10÷30 atm và nhiệt độ khoảng 1000K.

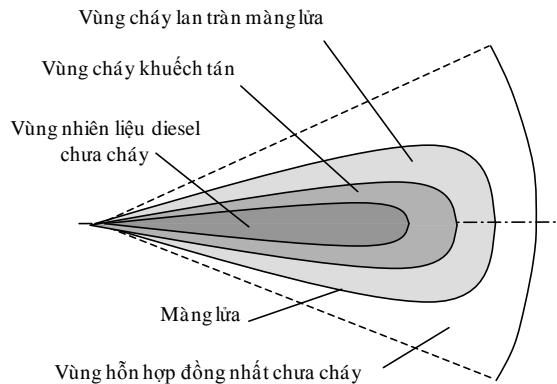
2.2.2.2. Quá trình cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel

Quá trình cháy cho động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas được bắt đầu tại vùng ở đó hơi của nhiên liệu diesel hòa trộn với hỗn hợp đồng nhất của syngas và không khí. Khi được nén quá trình cháy xảy ra trước tiên với hơi diesel, sau khi hơi diesel cháy sẽ làm nguồn lửa để syngas cháy. Quá trình tự cháy này của diesel diễn ra rất nhanh. Tiếp theo, quá trình cháy diễn ra theo 2 hướng.

Hướng thứ nhất hay còn gọi là cháy khuếch tán, diễn ra theo hướng đi vào lớp lõi của tia phun. Theo hướng này, nhiên liệu diesel liên tục khuếch tán vào vùng đang cháy và hỗn hợp syngas-không khí ở bên ngoài cũng liên tục bị cuốn vào và bổ sung vào vùng cháy do chuyển động rối và khuếch tán của môi chất. Hướng thứ hai là theo sự lan tràn màng lửa trong vùng hỗn hợp đồng nhất của syngas và không khí. Quá trình cháy này diễn ra theo hướng từ vùng tự cháy ra phía thành buồng cháy với tốc độ lan tràn màng lửa phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ, áp suất và thành phần syngas-không khí trong xy lanh.

Trong thực tế quá trình cháy trong xy lanh diễn ra rất phức tạp. Quá trình cháy có thể tồn tại đồng thời các quá trình khác nhau như quá trình cháy khuếch tán của nhiên liệu diesel với hỗn hợp syngas-không khí, sự lan tràn màng lửa trong vùng hỗn hợp đồng nhất syngas-không khí, sự chuyển động rối và khuếch tán của không khí và syngas vào vùng cháy... Tuy nhiên, để đơn giản cho việc tính toán quá trình cháy trong khi vẫn phản ánh được các hiện tượng cơ bản diễn ra trong quá trình hình thành hỗn hợp và cháy, môi chất trong xy lanh ứng với mỗi tia phun trong quá trình cháy được giả thiết chia thành bốn vùng như trên hình 2.2 [23]. Có hai vùng hỗn hợp cháy nằm giữa hai vùng hỗn hợp chưa cháy. Hai vùng hỗn hợp chưa cháy gồm vùng thứ nhất là vùng lõi của tia phun chủ yếu là nhiên liệu diesel hoặc hỗn hợp của diesel với một tỷ lệ nhỏ syngas và không khí với thành phần nhiên liệu quá đậm dẫn đến quá trình cháy không xảy ra được. Vùng hỗn hợp chưa cháy thứ hai là vùng hỗn hợp đồng nhất của syngas với không khí bao quanh hai vùng cháy của tia phun và là vùng cách xa lõi tia phun nhất. Hỗn hợp trong vùng này bị nén và bị đốt nóng, do pít tông dịch chuyển về phía điểm chét trên và sự lan tràn của màng lửa nên vùng này có xu hướng thu hẹp dần. Vì syngas có chỉ số octan cao (khoảng 120÷135) nên có tính chống kích nổ tốt [61, 26]. Mặt khác, hỗn hợp đồng nhất syngas-không khí cho động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas khá nhạt. Cho nên, mặc dù động cơ diesel có tỷ số nén cao hơn nhiều so với động cơ đánh lửa cưỡng bức nhưng cũng khó xảy ra cháy kích nổ trong vùng này trong điều kiện làm việc bình thường của động cơ.

Hai vùng hỗn hợp cháy diễn ra sau khi phần nhiên liệu diesel đã kịp bay hơi và hòa trộn tốt với hỗn hợp syngas-không khí với tỷ lệ thích hợp tự bốc cháy gồm vùng cháy khuếch tán (cùng với vùng cháy hỗn hợp đã được chuẩn bị) và vùng cháy lan tràn màng



Hình 2.2. Sơ đồ phân vùng_xy_lanh_ứng_với_1_tia_phun_trong_quá_trình_cháy [23]

lửa. Hai vùng này nằm giữa hai vùng chưa cháy là lõi của tia phun và vùng hỗn hợp đồng nhất của syngas và không khí bao quanh. Trong vùng cháy khuếch tán, quá trình cháy của nhiên liệu diesel và một phần syngas cuốn vào xảy ra theo hướng đi vào lõi của tia phun. Đây được coi là vùng cháy chính và cung cấp phần lớn nhiệt cho chu trình trong xy lanh động cơ vì lượng syngas thay thế cho động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas thường không quá 50% tổng nhiên liệu cấp vào [25]. Quá trình cháy trong vùng này được giả thiết diễn ra trong điều kiện vừa đủ không khí. Trong quá trình cháy, nhiên liệu diesel từ lớp lõi và hỗn hợp đồng nhất của syngas-không khí từ xung quanh liên tục bị cuốn vào vùng cháy này và duy trì quá trình cháy đến khi hết nhiên liệu diesel. Tốc độ cháy trong vùng này phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ phun nhiên liệu diesel và chuyển động rối của hỗn hợp syngas-không khí trong xy lanh.

Trong vùng cháy lan tràn màng lửa, sẽ tồn tại vùng hỗn hợp đã cháy và màng lửa có thể gọi là vùng phản ứng cháy, tại đó diễn ra các phản ứng đốt cháy nhiên liệu [31]. Hay nói một cách khác thì có thể coi vùng cháy lan tràn màng lửa gồm vùng khí đã cháy và vùng phản ứng cháy là màng lửa. Tuy nhiên, do màng lửa rất mỏng và thêm nữa chuyển động rối do sự thâm nhập của hỗn hợp syngas và không khí vào vùng đang cháy có thể làm cho các phân tử đang cháy bị trộn lẫn với vùng đã cháy nên có thể coi hai vùng này là một và được bao bọc bởi màng lửa. Tốc độ cháy trong vùng này phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất, tỷ lệ syngas-không khí và hệ số khí sót của môi chất trong xy lanh. Với đặc điểm quá trình cháy diễn ra như mô tả ở trên, có thể thấy trong các vùng cháy khác nhau do điều kiện cháy khác nhau nên nhiệt độ và thành phần sản vật cháy của chúng sẽ khác nhau mặc dù áp suất các vùng được coi là như nhau.

Khi động cơ vận hành ở chế độ tải nhỏ thì cả lượng syngas và diesel đều giảm so với bình thường, khi đó vùng thể tích buồng cháy có nhiên liệu diesel (gồm lõi tia phun và vùng hỗn hợp diesel với syngas-không khí có thể tự cháy) bị thu nhỏ trong xy lanh, còn vùng hỗn hợp nhạt của syngas với không khí sẽ tăng lên. Khi đó, nhiệt năng giải phóng của nhiên liệu cháy giảm làm nhiệt độ bị giảm nên tốc độ phản ứng cháy giảm có thể dẫn tới quá trình cháy không xảy ra hoàn toàn dẫn đến làm tăng phát thải ô xít các bon CO.Thêm nữa, hỗn hợp chưa cháy quá nhạt có thể làm màng lửa bị tắt không lan tràn hết thể tích hỗn hợp trong xy lanh. Kết quả là quá trình cháy có thể diễn ra chủ yếu ở phần thể tích xy lanh có nhiên liệu diesel vì màng lửa không thể lan tràn hết vùng hỗn hợp quá nhạt ngoài giới hạn cháy, làm tăng phát thải HC. Ngược lại, nếu tăng lượng phun nhiên liệu diesel thì khi đó có thể sử dụng với hỗn hợp syngas-không khí nhạt hơn mà vẫn đảm bảo cháy diễn ra hoàn toàn [52].

Trong điều kiện động cơ làm việc bình thường với tải trung bình trở lên, thành phần syngas và lượng phun diesel tăng lên, nhiệt độ khí thể tăng cao và tốc độ cháy cũng tăng nên vùng hỗn hợp trong giới hạn cháy được mở rộng, còn vùng hỗn hợp nhạt khó cháy thì được thu hẹp còn rất nhỏ có thể bỏ qua. Ngược lại, trong điều kiện tải lớn và toàn tải, nhiệt độ và áp suất khí thể tăng cao, nếu thành phần syngas trong hỗn hợp đồng nhất lớn đến một mức nhất định thì có thể sẽ gây ra kích nổ [66].

Trong syngas có thành phần của nhiên liệu khí hydro H₂ nên nó có năng lượng cháy cao, dễ tạo hỗn hợp cháy và các tính chất cháy rất thích hợp cho ĐCĐT, giúp tăng hiệu

suất và giảm phát thải cho động cơ. Bên cạnh đó trong syngas còn có thành phần khí thiên nhiên CH₄, tốc độ cháy của hỗn hợp (không khí-mê tan) cũng rất dễ cháy. Nhưng hỗn hợp nghèo thì tốc độ ngọn lửa giảm đáng kể vì lúc này mật độ nhiên liệu giảm nên khoảng cách giữa các phần tử nhiên liệu già tăng sẽ làm cản trở đến tốc độ lan tràn màng lửa trong buồng đốt. Ngoài ra, tốc độ cháy nhanh còn làm cho đặc tính của động cơ sử dụng nhiên liệu syngas ít nhạy với sự thay đổi hình dạng của buồng cháy, sự chảy rói và xoáy của đường ống nạp. Tốc độ cháy cao và khả năng dễ cháy lớn còn giúp cho động cơ có khả năng khởi động tốt hơn. Tốc độ cháy nhanh sẽ giúp dễ dàng cháy kiệt làm tăng hiệu quả quá trình cháy nhưng lại làm cho áp suất và nhiệt độ cháy cao trong suốt quá trình cháy của động cơ. Do vậy, khi động cơ làm việc ở gần tỉ lệ hoà khí tối ưu dẫn tới nhiệt độ khí cháy cao và dễ dàng hình thành NO_x. Ngoài ra nó có thể gây ra tiếng ồn và rung vì sự gia tăng áp suất quá nhanh trong buồng đốt.

Cho động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu, xu hướng tăng áp suất đỉnh là do tốc độ giải phóng năng lượng cao hơn. Áp suất đỉnh piston là cao nhất trong trường hợp nhiên liệu syngas có tỷ lệ H₂ cao, dẫn tới việc đánh lửa chậm trễ ngắn hơn và thời gian cháy ngắn. Đặc biệt với các chế độ tải nhỏ thì quá trình cháy chậm hơn nên ảnh hưởng đến áp suất đỉnh bị giảm. Nói tóm lại quá trình hình thành hỗn hợp và cháy cho động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas rất phức tạp, nên cần phải hiểu rõ các cơ sở lý thuyết về quá trình cấp syngas, hình thành hỗn hợp và cháy cho động cơ nghiên cứu. Do vậy quá trình áp dụng nghiên cứu cơ sở lý thuyết bằng phần mềm mô phỏng quá trình hình thành hỗn hợp và cháy, nhằm xác định ảnh hưởng của syngas đến đặc điểm quá trình cháy, hình thành phát thải của động cơ để làm cơ sở cho việc nghiên cứu thực nghiệm được dễ dàng.

2.3. Cơ sở tính toán quá trình cấp syngas

2.3.1. Yêu cầu của quá trình cấp syngas trên đường nạp của động cơ

Kích thước ống nạp cần được lựa chọn hợp lý, vì đường cấp syngas trên đường nạp và dòng khí nạp chính của động cơ là dòng liên tục và chịu nén. Nếu dùng ống nạp quá nhỏ, dao động áp suất sẽ lớn làm giảm hệ số nạp. Việc tăng dung tích ống nạp để cải thiện tính năng của động cơ nhưng lại khó bố trí trong không gian của động cơ nguyên thủy. Do vậy cần tính toán thiết kế đường nạp hợp lý đảm bảo cả điều kiện dòng khí lưu thông một cách thuận lợi, lắp ráp dễ dàng khi nối với hệ thống sản xuất syngas.

Đường nạp của động cơ diesel - máy phát điện làm việc ổn định tại một chế độ vòng quay thì đường ống nạp có thể là lớn hơn. Nhưng phải đảm bảo đường ống nạp mới cần phù hợp với không gian lắp đặt và gia công dễ dàng.

Để tính toán thiết kế đường cấp khí syngas trên hệ thống nạp của động cơ diesel - máy phát điện thì hệ thống nạp mới của động cơ diesel phải đảm bảo hệ số nạp không bị thay đổi và lượng syngas cấp phù hợp với các chế độ tải. Phần mềm CFD Fluent chứa các công cụ mô hình hóa hữu ích để mô hình hóa các dòng chảy tầng và chảy rói, quá trình truyền nhiệt... Các mô hình đặc biệt này giúp cho phần mềm CFD Fluent có khả năng mô hình hóa quá trình cung cấp nhiên liệu syngas trên đường nạp của ĐCĐT. Từ đó đưa ra được kết cấu đường nạp khi đưa hai dòng khí vào động cơ.

2.3.2. Cơ sở lý thuyết phần mềm mô phỏng CFD Fluent

a) Giới thiệu chung về phần mềm Fluent

Quá trình mô phỏng dựa trên lý thuyết Fluent gồm 3 bước:

- Pre - Processor: Xây dựng mô hình, định nghĩa các miền tính toán, sinh lưới (chia mô hình thành những phần tử nhỏ), lựa chọn các quá trình lý hóa cần mô phỏng, định nghĩa các thuộc tính của chất lỏng, xác định các điều kiện biên chính xác tại các phần tử trùng hoặc dính với vùng biên trên các phần mềm Gambit, Auto CAD, AVL-Fire, CFD Fluent...
- Solver: Chạy chương trình theo các giải pháp lựa chọn trên AVL-Fire, Fluent...
- Post - Processor: Xử lý và hiển thị kết quả tính toán.

Lý thuyết CFD tích hợp trong các phần mềm mô phỏng AVL-Fire, Fluent... được dùng để giải quyết các bài toán dựa trên phương pháp thể tích hữu hạn, thuật toán số hóa; bao gồm các bước sau:

- Xây dựng các phương trình tích phân điều khiển (governing equations) của dòng chảy cho tất cả các phần tử (cells) thuộc mô hình tính toán.
- Rời rạc hóa, bao gồm việc thay thế các biến trong phương trình tích phân đại diện cho các quá trình của dòng chảy như: đối lưu, khuếch tán và nguồn kích thích bằng một loạt các xấp xỉ hữu hạn. Tức là chuyển đổi các phương trình vi phân thành hệ các phương trình đại số.
- Giải hệ phương trình đại số bằng phương pháp tương tác (interactive method).

Kết quả tính toán ở mỗi thời điểm, tại mỗi thể tích (hoặc diện tích) khảo sát thông thường gồm 6 giá trị là v_x , v_y , v_z , nhiệt độ T , áp suất p và mật độ ρ . Nếu như thêm vào hệ phương trình mô phỏng các phương trình tính toán động học phản ứng trong quá trình cháy thì còn nhận được nồng độ các chất độc hại như NO_x , CO , PM ...

Do số thể tích khảo sát thường rất lớn và bước thời gian tính toán thường rất nhỏ để đảm bảo độ chính xác nên khối lượng tính toán rất lớn cần phải sử dụng máy tính lớn có tốc độ tính toán rất cao. Ngoài ra, việc chuẩn bị những số liệu, những thông số cần thiết để đưa vào mô hình mô phỏng cũng mất nhiều thời gian và công sức. Tuy vậy, đây là phương pháp mô phỏng hiện đại và có tiềm năng phát triển.

Hiện nay có nhiều phần mềm CFD trên thị trường như Fluent, Kiva, AVL-Fire, Star CD, Promo... Những phần mềm này đã được áp dụng tính toán các quá trình trong ĐCĐT cũng như các lĩnh vực khác.

Fluent là phần mềm chuyên dụng trong tính toán cơ học chất lưu và truyền nhiệt dựa trên nền tảng CFD, còn Gambit là một công cụ tạo lưới mạnh cho các bài toán CFD và phương pháp phần tử hữu hạn dùng trong tính toán kết cấu. Ở đây, chúng ta sẽ tìm hiểu kỹ hơn về hai phần mềm này và xem xét các lưu ý khi sử dụng chúng.

Cấu trúc của bộ phần mềm Fluent được thể hiện trên hình 2.3.

Trong đó:

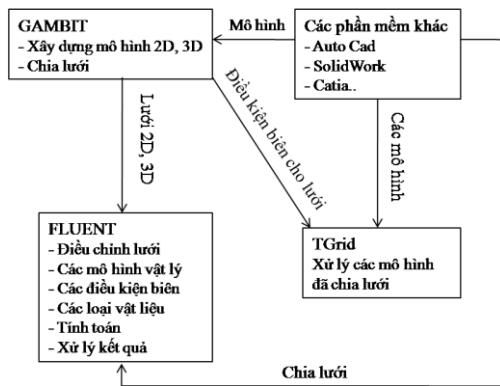
- Fluent: Bộ tính toán chính;
- Gambit: xây dựng mô hình 2D, 3D và chia lưới;
- TGrid: điều chỉnh lưới của các mô hình được xây dựng từ các công cụ khác;
- Các bộ giao tiếp chương trình: Cho phép trao đổi dữ liệu của Fluent với các chương trình khác như Ansys, NASTRAN...

Fluent có khả năng giải quyết các bài toán sau:

- Mô hình dòng chảy 2D, 3D;
- Mô hình dòng chảy tĩnh (steady) hay dòng tức thời (unsteady) tức là dòng chảy có phụ thuộc vào thời gian;
- Mô hình dòng chảy nén được hay không nén được;
- Mô hình dòng chảy tầng hoặc dòng chảy rối;
- Các quá trình trao đổi nhiệt;
- Các đặc tính của các phản ứng hóa học, quá trình phun nhiên liệu, quá trình nổ, cháy...;
- Mô hình dòng nhiều pha (lỏng - khí, lỏng - lỏng);
- Mô hình có sự thay đổi pha: nóng chảy, đông đặc...;
- Mô hình màng thẩm, tinh lọc...;
- Mô hình quạt, bơm, động cơ TB...;
- Mô hình các tinh chuyển động.

Phần mềm CFD Fluent chứa các công cụ mô hình hóa hữu ích để mô hình hóa các dòng chảy tầng và chảy rối, quá trình truyền nhiệt... Fluent cũng được sử dụng khá phổ biến trong tính toán mô phỏng ĐCĐT. Hình 2.4 thể hiện ví dụ về kết quả mô phỏng quá trình trao đổi chất cho động cơ đốt trong Fluent 3D.

Phần mềm CFD Fluent được xây dựng trên một hệ các phương trình vi phân bảo toàn khối lượng (phương trình liên tục), phương trình điều khiển động lượng, phương trình năng lượng và một số phương trình khác nhằm mô phỏng các hiện tượng xảy ra trong hệ thống dòng chảy, quá trình truyền nhiệt hoặc phản ứng hóa học.



Hình 2.3. Cấu trúc bộ phần mềm CFD Fluent [10]



Hình 2.4. Ứng dụng CFD Fluent mô phỏng động cơ đốt trong [10]

Các phương pháp thông dụng giải các bài toán CFD hiện nay là phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp thể tích hữu hạn. Với sự hỗ trợ đắc lực của công cụ máy tính, việc giải các phương trình mô phỏng trên theo phương pháp số đã trở nên đơn giản hơn với độ chính xác cao. Đối với mỗi bài toán cụ thể, phần mềm Fluent đều có nhiều mô hình với mức độ phức tạp và cách thức tính toán khác nhau để người dùng có thể lựa chọn phương pháp hợp lý nhất đối với bài toán của mình.

b) Cơ sở lý thuyết

Phương trình liên tục (phương trình bảo toàn khối lượng) [46]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = S_m \quad (2.1)$$

Đây là phương trình liên tục biểu diễn dưới dạng tổng quát cho cả dòng chảy nén được và không nén được.

Trong đó:

- ρ : mật độ (kg/m^3)
- \vec{v} : vec tơ tốc độ
- S_m : khối lượng được thêm vào pha liên tục từ pha khuếch tán thứ 2 (chẳng hạn như do bay hơi...) và các nguồn do người dùng định nghĩa.

Biểu diễn phương trình trên trong hệ tọa độ Đè-cac sē có dạng sau:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = S_m \quad (2.2)$$

Trong phương trình trên:

- Số hạng đầu tiên trong vé trái của phương trình là tốc độ thay đổi theo thời gian của khối lượng riêng.
- Ba số hạng tiếp theo là lưu lượng khối lượng đi ra khỏi phân tử các biên của nó theo các phương x, y, z .

Đối với dòng chảy không nén được thì khối lượng riêng $\rho = \text{const}$, khi đó phương trình bảo toàn khối lượng có dạng đơn giản như sau:

$$\operatorname{div} \vec{v} = S_m \quad (2.3)$$

Phương trình bảo toàn động lượng:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \operatorname{div}(\rho \vec{v} u) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} u) - \frac{\partial p}{\partial x} + B_x + V_x \quad (2.4)$$

Trong đó:

- u : tốc độ theo phương x (m/s)

-
- μ : độ nhớt ($\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$)
 - p : áp suất tĩnh (m)
 - B_x : lực tác dụng lên đơn vị thể tích theo phương x, (N)
 - V_x : các thành phần nhớt ngoài các thành phần trong div (μgradu)

Đối với dòng lưu động là chất khí cần phải bổ sung thêm phương trình trạng thái. Ngoài ra, còn có các điều kiện biên để xác định các thông số trong các phương trình nói trên. Tất cả tạo thành hệ phương trình mô phỏng dòng khí thực.

c) Các mô hình tính toán trong phần mềm Fluent

Dòng rối là dòng đặc trưng bởi sự biến đổi của trường vận tốc. Thông thường, việc mô tả dòng rối thường rất khó khăn bởi trong các phương trình đặc tả có chứa các đại lượng chưa biết. Mô hình rối có nhiệm vụ cơ bản là xác định các đại lượng này.

Fluent hỗ trợ các mô hình rối sau:

- Mô hình Spalart-Allmaras
- Mô hình k- ε
- Mô hình k- ω
- Mô hình $\nu^2 - f$
- Mô hình ứng suất Reynolds (RSM)
- Mô hình xoáy lớn (LES)

Tuy nhiên không thể áp dụng một mô hình rối cho tất cả các bài toán, mỗi mô hình rối chỉ cho kết quả đúng trong một số trường hợp nhất định. Điều đó đòi hỏi ta phải nắm rõ bản chất cũng như trường hợp áp dụng của chúng để đưa ra những lựa chọn hợp lý cho từng bài toán.

Tất cả các mô hình rối đều xuất phát từ hai phương trình cơ bản là phương trình liên tục và phương trình động lượng. Với dòng rối hai phương trình này được viết lại như sau:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_1} = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_l u'_j}) \quad (2.6)$$

Với u'_i và u'_j là các mạch động (chênh lệch giữa vận tốc tức thời và vận tốc trung bình), hai phương trình này không đủ kín để giải tất cả các ẩn (3 ẩn u_i, u_j và $-\rho \overline{u'_l u'_j}$) do vậy ta phải tìm thêm các phương trình liên quan để khép kín thành một hệ phương trình có thể giải được. Tuỳ theo dạng phương trình thêm vào mà ta có các phương pháp khác nhau. Trong thực tế ngày nay thì phương pháp $k-\varepsilon$ được sử dụng rộng rãi nhất, phương pháp này sẽ được trình bày một cách cụ thể như sau.

d) Mô hình $k-\varepsilon$

Trong mô hình $k-\varepsilon$, các phương trình thêm được xây dựng như sau:

Theo giả thiết về độ nhớt rối của Boussinesq, ta có:

$$-\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} (\rho k + \mu_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i}) \delta_{ij} \quad (2.7)$$

Phương trình trên thể hiện mối quan hệ giữa ứng suất Reynolds ($-\rho \overline{u'_i u'_j}$) với biến thiên vận tốc trung bình. Để giải phương trình này, người ta khép kín nó với các phương trình có liên quan tới k (năng lượng rối động học) và hệ số tổn thất ε như sau:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{u_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (2.9)$$

Trong đó:

- G_k là hằng số thể hiện sự phụ thuộc của sự hình thành năng lượng rối động học (k) vào sự biến thiên của vận tốc trung bình như sau:

$$G_k = -\rho \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (2.10)$$

- G_b xác định như sau:

$$G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_i} \quad (2.11)$$

Trong đó:

- P_{ri} : hằng số Prandtl
- G_i : thành phần gia tốc trọng trường theo phương i
- β : hệ số giãn nở nhiệt của môi trường
- Y_M : hệ số thể hiện sự biến thiên của quá trình giãn nở so với giá trị trung bình

$$Y_M = 2\rho \varepsilon M_t^2$$

Trong đó:

- M_t : số Mach của rối: $M_t = \sqrt{\frac{k}{a^2}}$ với a : vận tốc âm thanh

$$\mu_t : \text{hệ số nhớt rối: } \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

- Các hệ số còn lại là các hằng số, có giá trị mặc định như sau:

$$C_{1\varepsilon} = 1.44; C_{2\varepsilon} = 1.92; C_\mu = 0.09; \sigma_k = 1.0; \sigma_\varepsilon = 1.3$$

Kết hợp các phương trình trên, với hai phương trình cơ bản là phương trình liên tục và phương trình động lượng, ta sẽ được một hệ phương trình khép kín đủ để giải ra trường phân bố vận tốc.

Mô hình $k-\varepsilon$ là mô hình đơn giản có thể áp dụng với hầu hết các bài toán thông thường với độ chính xác khá cao.

2.4. Cơ sở lý thuyết tính toán quá trình cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel

2.4.1. Cơ sở lý thuyết mô phỏng quá trình cháy

2.4.1.1. Giới thiệu chung

Hiện nay, có rất nhiều các phần mềm được ứng dụng để nghiên cứu, đánh giá tính năng và phát triển ĐCĐT. Trên cơ sở đó để ứng dụng vào thiết kế, chế tạo và thực nghiệm nhằm kiểm nghiệm lại động cơ mới cũng như động cơ đã qua sử dụng... Đó là những cơ sở khoa học để vận dụng vào cải tiến và nâng cấp cho ĐCĐT. Trong những thành quả đã nêu trên thì nghiên cứu mô phỏng sử dụng phần mềm AVL-Boost được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu, phát triển ĐCĐT.

Trong lĩnh vực ĐCĐT, phương pháp mô hình hóa và mô phỏng đã và đang được ứng dụng rộng rãi hơn. Đồng thời các phần mềm ngày càng được cải tiến để phù hợp với xu hướng nghiên cứu mới trong lĩnh vực ĐCĐT. Việc ứng dụng phần mềm mô phỏng trong quá trình nghiên cứu có tác dụng rút ngắn thời gian nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và chạy thực nghiệm...

Theo xu hướng đó, hãng AVL của Áo đã xây dựng gói phần mềm mô phỏng cho ĐCĐT bao gồm: AVL-Boost, AVL-Excite, AVL-Fire... để tính toán và mô phỏng các quá trình xảy ra trong ĐCĐT. Trong đó phần mềm AVL-Boost là phần mềm một chiều cho phép mô phỏng các quá trình trao đổi nhiệt và trao đổi chất cho động cơ từ đó có thể tối ưu quá trình làm việc của động cơ.

Gói phần mềm AVL-Boost gồm một bộ tiền xử lý tương tác sẽ hỗ trợ với phần chuẩn bị dữ liệu đầu vào cho các chương trình tính toán chính. Việc phân tích kết quả được hỗ trợ bởi một hệ thống vi xử lý tương thích với phần mềm. Hệ thống vi xử lý với phiên bản 5.0 (AVL Workspace Graphical User Interface) gồm một mô hình sắp xếp và chỉ dẫn các dữ liệu đầu vào cần thiết. Mô hình tính toán của động cơ được thiết kế bằng cách chọn các phần tử (element) từ cây thư mục phần tử bằng cách kích chuột và liên kết lại bằng phần tử đường ống (pipe). Theo cách này thì ngay cả các động cơ rất phức tạp cũng có thể được mô hình hóa một cách đơn giản.

Chương trình chính gồm các thuật toán mô phỏng được tối ưu hóa cho tất cả các phần tử. Dòng khí trong ống được coi như chuyển động theo một phương. Điều đó có nghĩa là áp suất, nhiệt độ, tốc độ dòng khí thu được từ những phương trình khí động học là giá trị trung bình tại mỗi tiết diện đường ống. Tần số dòng khí do hiệu ứng ba chiều, tại những vị trí cụ thể của động cơ được thể hiện bằng hệ số cản. Trong trường hợp hiệu ứng ba chiều cần được xem xét chi tiết hơn thì AVL-Boost sẽ được liên kết với phần mềm AVL-Fire. AVL-Fire giúp ta có thể mô phỏng đa chiều dòng khí tại những chi tiết quan trọng, có thể kết hợp với mô phỏng một chiều các chi tiết khác. Phần mềm còn có thể mô phỏng động học của xy lanh, quá trình quét khí của động cơ 2 kỳ cũng như mô phỏng chuyển động phức tạp của dòng khí trong các phần tử giảm thanh. Công cụ phân tích, xuất kết quả mô phỏng theo nhiều dạng khác nhau thì tất cả các kết quả đều có thể được so sánh với các kết quả đo cũng như kết quả tính toán trước đó. Hơn nữa, phần mềm có thể trình diễn kết quả

dạng động, điều đó cho phép phát triển những giải pháp tối ưu những vấn đề của người sử dụng.

Trong tính toán và nghiên cứu mô phỏng động cơ diesel sử dụng syngas, sử dụng phần mềm AVL-Boost để đánh giá khả năng làm việc của động cơ cũng như đánh giá các đặc tính kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu. Kết quả mô phỏng cho phép xác định được các tỷ lệ thay thế của nhiên liệu diesel bởi syngas, ứng với các tỷ lệ thay thế đó để đánh giá mức độ phát thải của động cơ. Thực hiện mô phỏng trên AVL-Boost cho phép rút ngắn thời gian và chi phí của quá trình thực nghiệm. Cơ sở lý thuyết của phần mềm AVL-Boost được trình bày tóm tắt dưới đây.

2.4.1.2. Phương trình nhiệt động học thứ nhất

Trong ĐCĐT quá trình cháy là quá trình không thuận nghịch biến hóa năng thành nhiệt năng. Việc xác định trạng thái của môi chất tại từng thời điểm của quá trình cần phải biết cụ thể các phản ứng trung gian biến đổi từ hỗn hợp ban đầu thành sản phẩm cháy cuối cùng. Cho tới nay, các phản ứng đó chỉ mới được xác định đối với những nhiên liệu đơn giản như hydro và mêtan... Tuy nhiên trong tất cả các trường hợp, chúng ta đều có thể dùng định luật nhiệt động học thứ nhất để xác định mối tương quan giữa trạng thái đầu và cuối của quá trình cháy.

Việc áp dụng định luật này không đòi hỏi phải biết diễn biến các giai đoạn trung gian của quá trình. Định luật nhiệt động học thứ nhất thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng (hay enthalpy) với sự biến thiên của nhiệt và công. Khi áp dụng định luật này đối với hệ thống mà thành phần hoá học của nó thay đổi chúng ta cần phải xác định trạng thái chuẩn ban đầu của nội năng hay enthalpy của tất cả các chất trong hệ thống.

Với mô hình cân bằng năng lượng bên trong xy lanh như thể hiện trên hình 2.5, khi đó việc tính toán quá trình cháy trong ĐCĐT được dựa trên phương trình nhiệt động học thứ nhất [32]:

$$\frac{d(m_c u)}{d\alpha} = -p_c \cdot \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_w}{d\alpha} - h_{BB} \cdot \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \quad (2.12)$$

Trong đó:

$\frac{d(m_c u)}{d\alpha}$: Biến đổi nội năng bên trong xy lanh	p_c	: Áp suất bên trong xy lanh
$- p_c \frac{dV}{d\alpha}$: Công chu trình thực hiện	V	: Thể tích xy lanh
$\frac{dQ_F}{d\alpha}$: Nhiệt lượng cấp vào	Q_F	: Nhiệt lượng của nhiên liệu cung cấp
$\sum \frac{dQ_w}{d\alpha}$: Tỗn thất nhiệt qua vách	Q_w	: Nhiệt lượng tổn thất cho thành
$h_{BB} \frac{dm_{BB}}{d\alpha}$: Tổn thất enthalpy do lọt khí	α	: Góc quay trực khuỷu
m_c	: Khối lượng môi chất bên trong XL	h_{BB}	: Trị số enthalpy khí lọt

u : NỘI NĂNG

$\frac{dm_{BB}}{d\alpha}$: Biến thiên khối lượng
dòng chảy khí lọt.

Phương trình 2.12 có thể áp dụng tính cho cả động cơ hình thành hỗn hợp bên trong và hỗn hợp bên ngoài. Tuy nhiên sự thay đổi thành phần hỗn hợp của hai trường hợp trên là khác nhau. Khi áp dụng cho trường hợp quá trình hình thành hỗn hợp bên trong xy lanh thì cần có giả thiết sau:

Nhiên liệu cấp vào trong xy lanh được đốt cháy tức thì.

Hỗn hợp cháy được hoà trộn tức thì với lượng khí sót trong xy lanh.

Tỷ lệ A/F giảm liên tục từ giá trị cao ở điểm bắt đầu tới giá trị thấp ở điểm kết thúc quá trình cháy.

Như vậy với các giả thiết trên phương trình 2.12 sau khi biến đổi sẽ trở thành:

$$\frac{dT_c}{d\alpha} = \frac{1}{m_c \left(\frac{\partial u}{\partial T} + \frac{\partial u}{\partial p} \cdot \frac{p_c}{T_c} \right)} \left[\frac{dQ_F}{d\alpha} \left(1 - \frac{u_c + \frac{\partial u}{\partial p} p_c}{H_u} \right) - \frac{dQ_w}{d\alpha} - \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \right. \\ \left. \left(h_{BB} - u_c - p_c \frac{\partial u}{\partial p} \right) - m_c \frac{\partial u}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial \alpha} - p_c \frac{dV_c}{d\alpha} \left(1 - \frac{\partial u}{\partial p} \frac{m_c}{V_c} \right) \right] \quad (2.13)$$

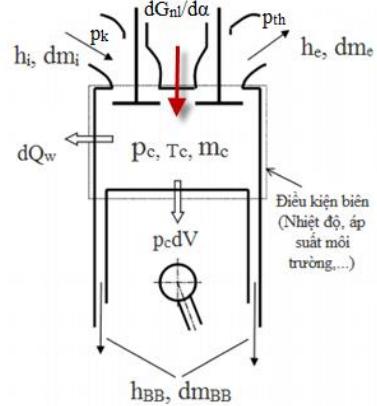
Trong đó:

- T_c : nhiệt độ trong xy lanh
- u_c : nội năng riêng của khói lượng môi chất bên trong xy lanh
- H_u : nhiệt trị thấp
- λ : hệ số dư lượng không khí ($1/\Phi$)

Việc giải phương trình trên phụ thuộc vào mô hình quá trình cháy, quy luật toả nhiệt và quá trình truyền nhiệt qua thành xy lanh, cũng như áp suất, nhiệt độ và thành phần hỗn hợp khí. Cùng với phương trình trạng thái thiết lập quan hệ giữa áp suất, nhiệt độ và tỷ trọng.

$$p_c = \frac{1}{V} \cdot m_c \cdot R_c \cdot T_c \quad (2.14)$$

Từ phương trình 2.13, sử dụng phương pháp Runge-Kutta để xác định nhiệt độ trong xy lanh, từ đó sẽ xác định được áp suất thông qua phương trình trạng thái 2.14.



Hình 2.5. Mô hình cân bằng năng lượng trong xy lanh

2.4.1.3. Trao đổi nhiệt và trao đổi chất

a) Truyền nhiệt trong xy lanh

Quá trình truyền nhiệt từ trong buồng cháy qua thành buồng cháy cũng như nắp xy lanh, piston và lót xy lanh được tính dựa vào phương trình truyền nhiệt 2.15:

$$Q_{wi} = A_i \alpha_w (T_c - T_{wi}) \quad (2.15)$$

Trong đó:

- Q_{wi} : nhiệt lượng truyền cho thành (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh)
- A_i : diện tích truyền nhiệt (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh)
- α_w : hệ số truyền nhiệt
- T_{wi} : nhiệt độ thành (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh)
- T_c : nhiệt độ trong xy lanh

Hệ số truyền nhiệt được xác định theo một trong 4 mô hình sau: Woschni 1978; Woschni 1990; Hohenberg; Lorenz (chỉ dùng cho động cơ có buồng cháy ngăn cách).

Qua phân tích các mô hình tính toán hệ số truyền nhiệt, thấy rằng mô hình Woschni 1978 phù hợp cho động cơ diesel sử dụng buồng cháy thống nhất. Vì vậy mô hình này được lựa chọn cho việc tính toán hệ số truyền nhiệt trong bài toán mô phỏng chu trình công tác của động cơ.

Hệ số truyền nhiệt theo mô hình Woschni 1978 được xác định theo phương trình 2.16 [63]:

$$\alpha_w = 130.D^{-0,2}.p_c^{0,8}.T_c^{-0,53} \cdot \left[C_1.c_m + C_2 \cdot \frac{V_D.T_{c,1}}{p_{c,1}.V_{c,1}} \cdot (p_c - p_{c,0}) \right]^{0,8} \quad (2.16)$$

Trong đó:

- $C_1 = 2,28 + 0,308 \cdot c_u/c_m$
- $C_2 = 0,00324$ đối với động cơ phun trực tiếp
- D : đường kính xy lanh
- c_m : tốc độ trung bình của piston
- c_u : tốc độ tiếp tuyến; ($c_u = \pi.D.n_d/60$, với n_d - tốc độ xoay của môi chất, $n_d = 8,5.n$)
- V_D : thể tích công tác của 1 xy lanh
- p_c : áp suất môi chất trong xy lanh
- $p_{c,0}$: áp suất môi chất bên trong xi lanh khi không có cháy
- $T_{c,1}$: nhiệt độ môi chất trong xy lanh tại thời điểm đóng xupáp nạp
- $p_{c,I}$: áp suất môi chất trong xy lanh tại thời điểm đóng xupáp nạp

b) Trao đổi nhiệt trên thành xy lanh

Trong quá trình làm việc của động cơ luôn có sự trao đổi nhiệt giữa môi chất trong xy lanh và thành vách các chi tiết. Có thể coi trong quá trình nạp, lượng nhiệt trao đổi giữa thành vách xy lanh và khí nạp mới làm giảm thể tích hiệu dụng của động cơ. Từ lượng nhiệt truyền cho môi chất làm mát có thể xác định được lượng nhiệt truyền từ sản vật cháy tới thành xy lanh.

Để mô phỏng được quá trình trao đổi nhiệt tức thời thì phương trình cân bằng năng lượng có thể được xác định cho nắp máy, lót xy lanh và piston. Ngoài ra, còn phải kể tới trao đổi nhiệt ở đế xupáp. Để giải phương trình truyền nhiệt 1 chiều, cần sử dụng lượng nhiệt trao đổi trung bình trong 1 chu kỳ làm điều kiện biên ở thành buồng cháy và là lượng nhiệt truyền cho môi chất làm mát ở bên ngoài. Với những giả thiết như vậy, có thể giải được phương trình truyền nhiệt 2.17.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{d^2T}{dx^2} \quad (2.17)$$

Trong đó:

- T : nhiệt độ thành xy lanh
- λ : hệ số dẫn nhiệt của vật liệu thành xy lanh
- ρ : khối lượng riêng của vật liệu
- c : nhiệt dung riêng của vật liệu

Với điều kiện biên có dạng sau:

$$q_{in} = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (2.18)$$

- q_{in} : nhiệt lượng trung bình truyền cho thành buồng cháy

Nhiệt lượng truyền cho môi chất làm mát được xác định theo biểu thức sau:

$$q_{out} = \alpha_{CM} (T_{wo} - T_{cm}) \quad (2.19)$$

Trong đó:

- q_{out} : nhiệt truyền cho môi chất làm mát
- α_{CM} : hệ số truyền nhiệt ra bên ngoài
- T_{wo} : nhiệt độ bên ngoài thành buồng cháy
- T_{cm} : nhiệt độ của môi chất làm mát

c) Trao đổi nhiệt tại cửa nạp, thải

Trong quá trình quét khí, việc lưu tâm đến quá trình trao đổi nhiệt tại cửa nạp và thải là hết sức quan trọng. Quá trình này có thể lớn hơn rất nhiều so với dòng chảy trong đường ống đơn giản do hệ số truyền nhiệt cao và nhiệt độ trong vùng giữa xupáp và đế xupáp. Trong AVL-Boost mô hình Zapf [16] được sử dụng để tính toán cho quá trình này.

$$\left[T_d = (T_u - T_w) \cdot e^{\left(-A_w \frac{\alpha_p}{\dot{m} \cdot c_p} \right)} + T_w \right] \quad (2.20)$$

Trong đó hệ số trao đổi nhiệt α_p phụ thuộc vào hướng của dòng chảy và được tính theo phương trình 2.21 đối với dòng chảy vào và phương trình 2.22 tính cho dòng chảy ra

$$\alpha_p = [C_7 + C_8 \cdot T_u - C_9 \cdot T_u^2] \cdot T_u^{0.33} \cdot \dot{m}^{0.68} \cdot d_{vi}^{-1.68} \cdot \left[1 - 0.765 \cdot \frac{h_v}{d_{vi}} \right] \quad (2.21)$$

$$\alpha_p = [C_4 + C_5 \cdot T_u - C_6 \cdot T_u^2] \cdot T_u^{0.44} \cdot \dot{m}^{0.5} \cdot d_{vi}^{-1.5} \cdot \left[1 - 0.797 \cdot \frac{h_v}{d_{vi}} \right] \quad (2.22)$$

Trong đó:

- α_p : hệ số trao đổi nhiệt tại cửa nạp và thải
- T_d : nhiệt độ sau cửa
- T_u : nhiệt độ trước cửa
- T_w : nhiệt độ thành cửa
- A_w : diện tích bề mặt cửa
- \dot{m} : lưu lượng khói lượng
- cp : nhiệt dung riêng đẳng áp
- h_v : độ nâng xupáp
- d_{vi} : đường kính trong cửa đê xupáp.

Các hệ số sử dụng trong các phương trình trên được tra theo bảng 2.2.

Bảng 2.2. Các hệ số của phương trình trao đổi nhiệt tại cửa nạp và thải

Xupáp thải		Xupáp nạp	
C_4	1.2809	C_7	1.5132
C_5	$7.0451 \cdot 10^{-4}$	C_8	$7.1625 \cdot 10^{-4}$
C_6	$4.8035 \cdot 10^{-7}$	C_9	$5.3719 \cdot 10^{-7}$

2.4.2. Quy luật cháy và mô hình cháy

a) Quy luật cháy

Quá trình cháy chịu ảnh hưởng của rất nhiều thông số, mô tả quá trình cháy thông qua đặc tính tỏa nhiệt, chu trình cháy lý thuyết, quá trình cháy do người sử dụng định nghĩa hoặc đặc tính tỏa nhiệt dự tính. Trong đó cách thức tiếp cận tiện lợi và phổ biến nhất là sử dụng phương trình cháy Vibe.

Quy luật Vibe được xác định thông qua các tham số như: điểm bắt đầu cháy, thời gian cháy, tham số đặc trưng cháy “m”. Các thông số trên có thể là không đổi hoặc thay đổi phụ thuộc vào từng chế độ làm việc của động cơ thông qua phương trình sau:

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{6.908}{\Delta\alpha_c} \cdot (m+1) \cdot y^m \cdot e^{-6.908 \cdot y^{(m+1)}} \quad (2.23)$$

$$\text{ở đây: } dx = \frac{dQ}{Q} \quad (2.24)$$

$$y = \frac{\alpha - \alpha_o}{\Delta\alpha_c} \quad (2.25)$$

Trong đó:

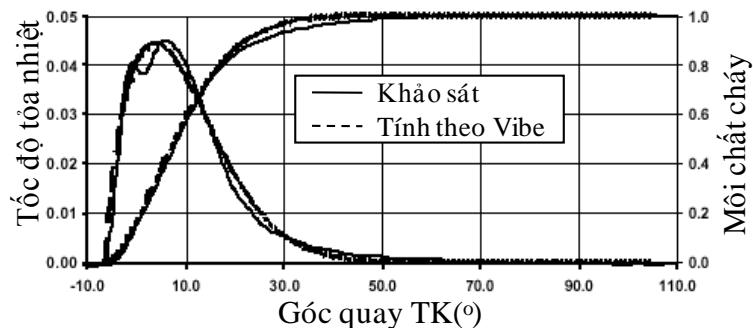
- Q : Nhiệt lượng do nhiên liệu sinh ra
- α : Góc quay trục khuỷu
- α_0 : Điểm bắt đầu cháy
- $\Delta\alpha_c$: Khoảng thời gian cháy
- m : Tham số đặc trưng cháy

Tích phân phương trình 2.23 ta có:

$$x = \int \frac{dx}{d\alpha} d\alpha = 1 - e^{-6.908 \cdot y^{(m+1)}} \quad (2.26)$$

- x : Phần trăm khối lượng môi chất đốt cháy

Hình 2.6 là đồ thị mô tả quan hệ tốc độ tỏa nhiệt và phần trăm khối lượng môi chất cháy theo góc quay trực khuỷu.



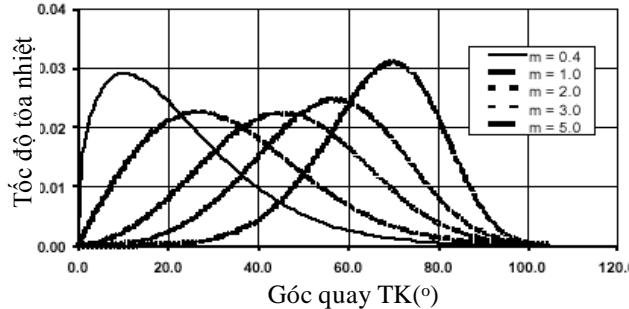
Hình 2.6. Tốc độ tỏa nhiệt [49]

b) Mô hình cháy

Mô hình cháy được lựa chọn là mô hình Vibe 2 vùng (Two Zone Vibe) vì mô hình động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu vừa có đặc điểm của động cơ cháy cưỡng bức (hình thành hỗn hợp từ bên ngoài) vừa có đặc điểm của động cơ cháy do nén (hình thành hỗn hợp bên trong). Quá trình cháy, tỏa nhiệt của nhiên liệu diesel phun mồi và hỗn hợp đồng nhất của nhiên liệu syngas-không khí được tính toán dựa trên đặc điểm tạo hỗn hợp và các đặc tính lý hóa của nhiên liệu thay thế.

Mô hình cháy Vibe 2 vùng là mô hình cháy dự đoán được tốc độ giải phóng nhiệt cho động cơ khí nạp đồng nhất có xét đến các yếu tố ảnh hưởng của hình dạng buồng cháy, thời điểm phun, thành phần của khí nạp và mức độ chuyển động xoáy lốc. Quá trình cháy được giả thiết là xảy ra trước tiên trong vùng hỗn hợp đã được chuẩn bị tốt mà ở đó nhiên liệu diesel đã bay hơi hòa trộn đồng nhất với hỗn hợp nhiên liệu syngas-không khí với hệ

số dư lượng không khí lý tưởng. Sau đó quá trình cháy diễn ra ở hai vùng cháy theo hai hướng là cháy khuếch tán của nhiên liệu diesel cùng hỗn hợp nhiên liệu syngas-không khí theo hướng đi vào lõi tia phun và quá trình cháy lan tràn màng lửa của hỗn hợp đồng nhất nhiên liệu syngas-không khí theo hướng về phía thành buồng cháy.



Hình 2.7.Ảnh hưởng của tham số đặc trưng cháy [49]

Hình 2.7 là đồ thị mô tả ảnh hưởng của tham số đặc trưng cháy “ m ” đến hình dạng của hàm Vibe.

Đặc điểm quá trình cháy nhiên liệu diesel phụ thuộc nhiều vào đặc điểm quá trình phun nhiên liệu và chuyển động rối của môi chất trong xy lanh trong khi đặc điểm quá trình cháy lan tràn màng lửa của hỗn hợp syngas-không khí phụ thuộc nhiều vào áp suất, nhiệt độ, tỷ lệ syngas-không khí và chuyển động rối của môi chất [47, 29].

Tốc độ cháy và tỏa nhiệt của nhiên liệu diesel và syngas: Quá trình cháy của nhiên liệu diesel được coi là xảy ra theo 2 pha chồng lấn. Đó là sự bốc cháy và cháy phần nhiên liệu diesel đã bay hơi và hòa trộn trước đó với không khí trong vùng hỗn hợp đã được chuẩn bị và sự cháy khuếch tán phần nhiên liệu chưa được chuẩn bị của phần lõi tia phun. Các quá trình cháy này diễn ra rất phức tạp, tuy nhiên để đơn giản hóa quá trình tính toán, có thể biểu diễn tốc độ cháy bằng các hàm thực nghiệm. Mô hình hai hàm Vibe chồng lấn được sử dụng để mô tả đồng thời tốc độ tỏa nhiệt của quá trình cháy hỗn hợp tạo trước và quá trình cháy khuếch tán của nhiên liệu trong tia phun như chỉ ra dưới đây:

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{d\alpha} = & a_1 \frac{Q_p}{\alpha_p} (M_p + 1) \cdot \left(\frac{\alpha}{\alpha_p}\right)^{M_p} \exp \left[-a_1 \left(\frac{\alpha}{\alpha_p}\right)^{M_{p+1}} \right] \\ & + a_2 \frac{Q_d}{\alpha_d} (M_d + 1) \cdot \left(\frac{\alpha}{\alpha_d}\right)^{M_d} \exp \left[-a_2 \left(\frac{\alpha}{\alpha_d}\right)^{M_{d+1}} \right] \end{aligned} \quad (2.27)$$

Trong đó, các chỉ số p và d lần lượt chỉ các phần cháy hỗn hợp chuẩn bị trước và cháy khuếch tán; a_1 , a_2 , M_p và M_d là các hệ số; Q_p và Q_d lần lượt là tổng nhiệt cháy của phần nhiên liệu chuẩn bị trước và tổng nhiệt cháy của phần nhiên liệu cháy khuếch tán; α là góc quay trực khuỷu tính từ thời điểm cháy; α_p , α_d lần lượt là khoảng thời gian cháy tính theo góc quay trực khuỷu của phần hỗn hợp chuẩn bị trước và phần nhiên liệu cháy khuếch tán. Các thành phần trên được xác định theo Miyamoto [49] như sau:

- $a_1 = a_2 = 6,908$
- $Q_p = h_f \times m_p$ h_f là nhiệt trị thấp của nhiên liệu diesel;
 m_p là khối lượng nhiên liệu đã được chuẩn bị;

-
- $m_p = 0,5 \times m_{fi}$, m_{fi} là lượng diesel phun trong thời gian cháy trễ;
 - $Q_d = h_f \times m_d$ m_d là phần diesel cháy khuếch tán
 - $m_d = m_f - m_{fi}$, m_f là tổng lượng diesel phun trong một chu trình;
 - $Q = h_f \times m_f$
 - $M_p = 3; M_d = 0,5$
 - $\alpha_p = 7; \alpha_d = 0,93 \times Q_d / N_a + 24,5$

Syngas được hòa trộn đồng nhất với không khí trong xy lanh và phân bố ở cả các vùng nhiên liệu diesel đã bay hơi và chưa bay hơi của tia phun và ở vùng ngoài tia phun.

Ở vùng nhiên liệu diesel đã được chuẩn bị, hơi diesel được hòa trộn đều với hỗn hợp syngas-không khí với hệ số dư lượng không khí lamda chung được coi là gần 1. Do đó sự cháy syngas trong vùng này, $m_{psyngas}$ cũng sẽ diễn ra đồng thời với nhiên liệu diesel nên tốc độ cháy của nó cũng được biểu diễn theo hàm Vibe như của nhiên liệu diesel ở vùng này.

Đối với vùng cháy khuếch tán của nhiên liệu diesel, với giả thiết hỗn hợp syngas-không khí khuếch tán vào vùng cháy và đảm bảo quá trình cháy diễn ra với hệ số dư lượng không khí chung gần với 1 nên sự cháy syngas ở vùng này cũng diễn ra đồng thời với nhiên liệu diesel và tốc độ cháy của nó cũng được biểu diễn bằng hàm Vibe như của nhiên liệu diesel trong vùng cháy khuếch tán này. Tổng lượng syngas cháy trong vùng này, $m_{dsyngas}$ chính bằng lượng syngas khuếch tán cùng không khí vào để đốt cháy hết phần nhiên liệu diesel của lõi tia phun.

Như vậy, hàm Vibe biểu diễn quá trình cháy của nhiên liệu diesel cùng syngas vẫn có dạng hàm (2.27) nêu trên nhưng khói lượng nhiên liệu tham gia cháy sẽ gồm cả nhiên liệu diesel và syngas cuốn vào cùng không khí để đảm bảo cháy hết nhiên liệu diesel (với hệ số dư lượng không khí chung gần với 1). Nghĩa là trong hàm Vibe (2.27) nói trên, ta có:

$$Q_p = h_f \times m_p + h_{syngas} \times m_{psyngas}$$

$$Q_d = h_f \times m_d + h_{syngas} \times m_{dsyngas}$$

Trong đó: h_{syngas} là nhiệt trị của syngas.

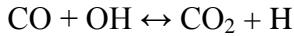
Đối với phần syngas trong vùng hỗn hợp nhạt đồng nhất với không khí ở xung quanh tia phun, quá trình cháy diễn ra theo kiểu lan tràn màng lửa. Vùng hỗn hợp này lớn hay nhỏ phụ thuộc vào lượng nhiên liệu diesel. Ở chế độ toàn tải, lượng nhiên liệu diesel lớn nên các tia phun có thể bao trùm gần hết thể tích buồng cháy nên vùng hỗn hợp này có thể tích rất nhỏ. Ngược lại, ở chế độ tải nhỏ, lượng diesel ít hơn nên vùng hỗn hợp syngas-không khí có thể tích lớn hơn. Tổng lượng nhiên liệu cháy trong vùng này bằng tổng lượng syngas cấp trừ đi phần syngas cháy cùng nhiên liệu diesel trong tia phun như đã nói ở trên.

2.4.3. Mô hình tính toán các thành phần phát thải

2.4.3.1. Mô hình tính phát thải CO

CO là sản phẩm cháy của quá trình cháy thiếu O₂, tức là CO chủ yếu sinh ra từ quá

trình cháy không hoàn toàn các hydro cacbon. Vì thế để tính toán CO có thể dựa trên hai phản ứng sau [31, 52]:



Và nồng độ CO được tính toán theo công thức:

$$\frac{d[\text{CO}]}{dt} = (R_1 + R_2) \left(1 - \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}]_e} \right) \quad (2.28)$$

Trong đó $[\text{CO}]_e$ là hàm lượng cân bằng của CO và các giá trị tốc độ R_1, R_2 cho bởi công thức:

$$R_1 = k_1^+ [\text{CO}]_e [\text{OH}]_e = 6,76 \cdot 10^{10} \exp(T/1102) \cdot [\text{CO}]_e [\text{OH}]_e \quad (2.29)$$

$$R_2 = k_2^- [\text{CO}]_e [\text{O}_2]_e = 2,5 \cdot 10^{12} \exp(-24055/T) \cdot [\text{CO}]_e [\text{O}_2]_e \quad (2.30)$$

2.4.3.2. Mô hình tính phát thải NO_x

Cơ chế hình thành NO_x dựa trên cơ sở Pattas và Häfner. Quá trình hình thành của chúng được thể hiện qua sáu phương trình phản ứng theo cơ chế Zeldovich [42] được trình bày trong bảng 2.3.

Bảng 2.3. Chuỗi phản ứng hình thành NO_x , hệ số tốc độ $k = AT^B \exp(-E/RT)$ [42]

TT	Phản ứng	Tỉ lệ $k_i = k_{0,i} T^a \cdot e^{\left(\frac{-TA_i}{T}\right)}$
R₁	$\text{N}_2 + \text{O} = \text{NO} + \text{N}$	$r_1 = k_1 \cdot C_{\text{N}2} \cdot C_{\text{O}}$
R₂	$\text{O}_2 + \text{N} = \text{NO} + \text{O}$	$r_2 = k_2 \cdot C_{\text{O}2} \cdot C_{\text{N}}$
R₃	$\text{N} + \text{OH} = \text{NO} + \text{H}$	$r_3 = k_3 \cdot C_{\text{OH}} \cdot C_{\text{N}}$
R₄	$\text{N}_2\text{O} + \text{O} = \text{NO} + \text{NO}$	$r_4 = k_4 \cdot C_{\text{N}2\text{O}} \cdot C_{\text{O}}$
R₅	$\text{O}_2 + \text{N}_2 = \text{N}_2\text{O} + \text{O}$	$r_5 = k_5 \cdot C_{\text{O}2} \cdot C_{\text{N}2}$
R₆	$\text{OH} + \text{N}_2 = \text{N}_2\text{O} + \text{H}$	$r_6 = k_6 \cdot C_{\text{OH}} \cdot C_{\text{N}2}$

Hệ số tốc độ của mô hình:

$$k = AT^B \exp\left(-\frac{E}{T}\right) \quad (2.31)$$

Sự hình thành của NO_x được tính toán theo thông số nhập đầu vào như tốc độ động cơ, nhiên liệu cũng như áp suất, nhiệt độ, hệ số dư lượng không khí λ , thể tích và khói lượng, thời gian cũng như số vùng cháy. Quá trình tính toán được tiến hành lúc thời điểm cháy bắt đầu. Nồng độ N_2O được tính theo công thức:

$$\frac{N_2O}{N_2\sqrt{O_2}} = 1,1802 \cdot 10^{-6} T_1^{0.6125} \exp\left[\frac{-18.71}{RT}\right] \quad (2.32)$$

Tốc độ hình thành NO_x được tính như sau:

$$\frac{d[NO]}{dt} = 2(1-\alpha^2) \left[\frac{R_{1e}}{1+\alpha K_2} + \frac{R_{4e}}{1+K_4} \right] \frac{p}{RT} \quad (2.33)$$

Tốc độ phân huỷ NO [mol/cm³] được tính toán như sau:

$$r_{NO} = C_{PostProcMult} \cdot C_{kineticMult} \cdot 2,0 \cdot (1-\alpha_2) \frac{r_1}{1+\alpha \cdot AK_2} \frac{r_4}{1+AK_4}$$

$$\text{Với: } \alpha = \frac{C_{NO,act}}{C_{NO,eq}} \cdot \frac{1}{C_{PostProcMult}}, \quad AK_2 = \frac{r_1}{r_2+r_3}, \quad AK_4 = \frac{r_4}{r_5+r_6}$$

2.4.3.3. Mô hình tính phát thải soot

Phát thải rắn thường dựa theo cơ chế được đề xuất bởi Hiroyasu và cộng sự [32, 33]. Cơ chế này còn được gọi là cơ chế hai bước, mô tả sự hình thành và ô xy hoá của các phân tử bồ hóng bởi hai hoặc nhiều phản ứng. Cơ chế hình thành soot được mô tả bởi hai bước:

$$\frac{dm_{soot}}{d\varphi} = \frac{dm_{soot,form}}{d\varphi} - \frac{dm_{soot,ox}}{d\varphi} \quad (2.34)$$

$$\frac{dm_{soot,form}}{d\varphi} = A_{form} \cdot \frac{dm_{fuel}}{d\varphi} \Big|_{diff} \cdot \left(\frac{P_{cyl}}{P_{ref}} \right)^{n_1} \cdot e^{-\frac{T_{a-form}}{T_{ave}}}$$

Với:

$$\frac{dm_{soot,ox}}{d\varphi} = A_{ox} \cdot \frac{1}{\tau_{char}} \cdot (m_{soot})^{n_2} \cdot \left(\frac{P_{O_2}}{P_{O_2,ref}} \right)^{n_3} \cdot e^{-\frac{T_{a-ox}}{T_{ave}}}$$

Trong đó:

- A_{form} : Hệ số hình thành soot [-]
- A_{ox} : Hệ số ô xy hóa [-]
- τ_{char} : Đặc tính thời gian [°CA]
- m_{fuel} : Lượng nhiên liệu đốt cháy [kg]
- T_{a-form} : Nhiệt độ kích hoạt – hình thành soot [K]
- T_{a-ox} : Nhiệt độ kích hoạt – ô xy hóa soot [K]
- T_{ave} : Nhiệt độ trung bình trong xy lanh [K]
- p_{cyl}/p_{ref} : Tỷ lệ áp suất tiêu chuẩn trong xy lanh [-]
- $p_{O_2}/p_{O_2,ref}$: Tỷ lệ áp suất ô xy tiêu chuẩn [-]

2.4.3.4. Mô hình tính phát thải HC

Sự hình thành phát thải HC trong ĐCĐT đã được các nhà nghiên cứu quan tâm từ lâu

[64, 65]. Nhiều lý thuyết khác nhau về sự hình thành HC đã được đề cập, nhưng hiện tại có ba cơ chế cơ bản của sự hình thành phát thải HC trong ĐCĐT được hầu hết các nhà nghiên cứu chấp nhận. Đó là:

- Sự nén HC vào các khe hẹp (trong quá trình nén) và sự thoát của HC ra khỏi các khe hẹp ở hành trình giãn nở và thải.
- Sự hấp thụ và giải phóng của nhiên liệu trong màng dầu bôi trơn và trong lớp cáu cặn trên thành buồng cháy.
- Sự đốt cháy không hoàn toàn của hỗn hợp nhiên liệu và không khí do điều kiện cháy không thuận lợi.

Trong động cơ diesel thì nhân tố chính ảnh hưởng đến mức độ tạo HC là do sự cháy không hoàn toàn của hỗn hợp không khí nhiên liệu trong vùng cháy [65].

Do đó, cho động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, có thể coi gần đúng nguồn HC là tổng của HC tạo ra trong vùng cháy hỗn hợp đồng nhất và HC tạo ra trong vùng cháy khuếch tán nhiên liệu diesel với syngas và không khí. Sau khi HC thoát khỏi quá trình cháy sẽ bị ôxy hóa một phần và phần còn lại sẽ phát thải ra môi trường. Như vậy, cơ chế hình thành HC có thể được mô tả bởi những quá trình riêng lẻ và được chia thành các giai đoạn sau:

- HC thoát khỏi sự cháy (từ vùng cháy lan tràn màng lửa của hỗn hợp syngas-không khí và từ vùng cháy của nhiên liệu diesel) và hòa trộn với khí đã cháy trong xy lanh;
- Sự ôxy hóa HC trong xy lanh sau quá trình cháy;
- HC còn lại trong xy lanh được thải ra đường ống thải cùng khí thải;
- Sự ôxy hóa HC trong khí thải tại cửa thải.

Nói tóm lại, HC được hình thành trong quá trình cháy thông thường, một phần HC sẽ bị ôxi hóa trong quá trình giãn nở và quá trình xả, một phần HC lưu lại trong xy lanh cùng với khí sót, phần còn lại được thải ra ngoài. Thông thường, phát thải HC cho động cơ diesel thấp hơn rất nhiều so với phát thải HC cho động cơ đốt cháy hỗn hợp đồng nhất. Do đó, cho động cơ diesel chạy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas thì nguồn phát thải HC chủ yếu có thể là từ vùng hỗn hợp đồng nhất lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với không khí.

2.5. Kết luận chương 2

Trên cơ sở các nội dung đã trình bày, có thể rút ra những kết luận sau đây:

- Đặc điểm quá trình cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas là tạo hỗn hợp đồng nhất không khí-syngas từ bên ngoài và tạo hỗn hợp với nhiên liệu diesel được phun mồi

vào bên trong. Do thể tích hỗn hợp đồng nhất của động cơ với khí syngas trong môi trường áp suất cao nên hỗn hợp dễ dàng được hòa trộn dẫn đến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh của động cơ tăng lên đồng thời giảm phát thải khói bụi.

- Cơ chế hình thành hỗn hợp và cháy khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas có đặc điểm nhiên liệu diesel được xé nhỏ và bay hơi, khi được nén quá trình cháy diễn ra theo 2 hướng, cháy khuếch tán và cháy lan tràn màng lửa.
- Sử dụng lý thuyết CFD để tính toán quá trình cấp syngas trên đường nạp để tạo hỗn hợp đồng nhất. Thực hiện với các thông số đầu vào thay đổi như vận tốc dòng chảy, đường kính ống cấp syngas và góc nghiêng từ ống cấp syngas đến đường ống nạp của động cơ thử nghiệm, để cải thiện hệ số nạp cho động cơ.
- Cơ sở lý thuyết trong phần mềm Boost đủ để tính toán quá trình cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, để đánh giá đặc tính kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel - máy phát điện sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.
- Các nội dung nghiên cứu của chương này là cơ sở tiền đề để xây dựng mô hình và tính toán mô phỏng quá trình tạo hỗn hợp và cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel.

CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG CUNG CẤP SYNGAS VÀ CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ MITSUBISHI S3L2 SỬ DỤNG DIESEL/SYNGAS

3.1. Giới thiệu chung

Ngày nay công cụ mô phỏng được sử dụng hầu hết trong mọi lĩnh vực kỹ thuật. Với sự phát triển của công nghệ thông tin, cùng với việc phát triển của công nghiệp luôn đặt ra yêu cầu rút ngắn thời gian và chi phí cho quá trình sản xuất. Để đạt được điều đó các nhà khoa học luôn tìm ra các phương pháp nhằm tăng tính hiệu quả cho quá trình sản xuất. Một trong những phương pháp đó là xây dựng các mô hình hóa mô phỏng các hệ thống, chi tiết trên máy tính từ đó tối ưu hệ thống hoặc chi tiết để giảm thời gian sản xuất thử và giảm thời gian thử nghiệm.

Trong lĩnh vực ĐCĐT thì vấn đề xây dựng mô hình mô phỏng rất quan trọng trong việc nghiên cứu tối ưu hệ thống và các chi tiết cho động cơ. Trải qua nhiều năm nghiên cứu, đồng thời với sự hỗ trợ của máy tính và các thiết bị thí nghiệm, các nhà nghiên cứu về động cơ, về nhiệt động học, về hóa học, vật lý đã đưa ra các phương trình mô phỏng cho các quá trình làm việc của động cơ. Từ các phương trình đó có thể tính toán được các thông số nhiệt độ, áp suất trong xylyanh, tính được lưu lượng dòng khí trong đường ống, tính được tốc độ tỏa nhiệt của nhiên liệu, tính toán quá trình trao đổi nhiệt từ xylyanh ra các hệ thống nước làm mát hay dầu bôi trơn,... Từ các phương trình mô phỏng các quá trình, hệ thống cho động cơ đã giúp các nhà làm phần mềm tính toán đưa ra các phần mềm chuyên dụng để mô phỏng ĐCĐT như: phần mềm KIVA, phần mềm nhiệt động hóa học quá trình công tác của động cơ PROMO, phần mềm mô phỏng động lực học dòng khí trong đường ống CFD Fluent, phần mềm AVL-Boost, FIRE, EXCITE, GLITDE,...

Qua sơ lược tóm tắt về tình hình sử dụng các phần mềm mô hình mô phỏng trong lĩnh vực ĐCĐT như trình bày ở trên cũng như phần cơ sở lý thuyết tính toán quá trình hình thành hỗn hợp và cháy lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel được giới thiệu ở chương 2. Trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài, nhằm tối ưu hóa đường cấp syngas trên đường nạp và diễn biến quá trình cháy cho động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas thì các công cụ mô phỏng hiện đại như CFD Fluent và AVL-Boost được hỗ trợ trong quá trình nghiên cứu mô phỏng.

Mô hình dòng chảy của đường cấp syngas trên đường nạp động cơ diesel - máy phát điện được mô phỏng bằng phần mềm CFD Fluent. Mô phỏng được thực hiện với các thông số đầu vào thay đổi như vận tốc dòng chảy, đường kính ống cấp syngas và góc của đường ống cấp syngas đến đường ống nạp phù hợp với vị trí đặt động cơ trong phòng thử nghiệm. Vấn đề nâng cao hệ số nạp cho động cơ diesel để cải thiện hệ số nạp cho động cơ hướng tới tiết kiệm nhiên liệu, tăng công suất động cơ, giảm phát thải. Tuy nhiên để đạt được các tiêu chí này khi cung cấp bổ sung khí syngas vào đường nạp nhằm thay thế một phần nhiên liệu diesel trong khi công suất có ích không đổi dẫn đến cải thiện hệ số nạp khi đưa hai dòng khí vào động cơ, thì cần phải giải quyết bài toán tối ưu đường nạp khi đưa thêm khí syngas vào đường nạp của động cơ. Mặt khác mô phỏng quá trình cháy lưỡng nhiên liệu

diesel/syngas trên mô hình nhằm dự đoán đặc tính kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel - máy phát điện sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas bằng phần mềm mô phỏng AVL-Boost.

Việc nghiên cứu mô phỏng trước khi thực hiện nghiên cứu thực nghiệm giúp giảm thiểu các rủi ro có thể gặp trong quá trình thực nghiệm, đồng thời linh hoạt hơn trong việc lựa chọn các thông số, tiết kiệm thời gian cũng như chi phí cho việc thực nghiệm.

3.2. Đôi tượng nghiên cứu mô phỏng

Trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài, đôi tượng tập trung chính là động cơ S3L2 dẫn động máy phát điện do hãng Mitsubishi sản xuất, được thể hiện trên hình 3.1.

Đây là động cơ diesel, sử dụng bơm cao áp VE để cấp nhiên liệu đến các vòi phun của động cơ. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ được thể hiện trong bảng 3.1.



Hình 3.1. Động cơ Mitsubishi S3L2

Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ Mitsubishi S3L2

TT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Hành trình piston	S	92	mm
2	Đường kính xylanh	D	78	mm
3	Số xylanh	i	3	-
4	Tỷ số nén	ε	22	-
5	Tổng dung tích	V	1,318	lít
6	Công suất ở tốc độ $n = 1500$ v/ph	N_e	10,8	kW
7	Số vòng quay định mức	n_{dm}	3000	v/ph
8	Suất tiêu hao nhiên liệu	g_e	275	g/kWh
9	Góc phun sớm	ϕ_s	8	°TK
10	Góc mở sớm xupáp nạp	φ_1	15	°TK
11	Góc đóng muộn xupáp nạp	φ_2	41	°TK
12	Góc đóng sớm xupáp thải	φ_3	54	°TK
13	Góc đóng muộn xupáp thải	φ_4	10	°TK

3.3. Chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

Động cơ diesel có thể được cải tạo để sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas bằng hai cách khác nhau:

- Nhiên liệu kép (lưỡng nhiên liệu), đánh lửa bằng tia phun mồi diesel;
- Nhiên liệu khí, đánh lửa cưỡng bức.

3.3.1. Động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu

Ở động cơ diesel, nhiên liệu được trộn với không khí vào cuối kỳ nén của động cơ bằng cách phun nhiên liệu vào buồng cháy với áp suất cao (khoảng 200 bar). Nhiên liệu bắt lửa ngay lập tức khi nó tiếp xúc với khí nén nóng. Trong động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu, hệ thống phun nhiên liệu diesel bình thường vẫn cung cấp một lượng diesel nhất định. Tuy nhiên thay vì chỉ hút vào không khí như động cơ diesel thì động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu hút và nén một hỗn hợp nhiên liệu-không khí (syngas-không khí) đã được chuẩn bị trước ở thiết bị bên ngoài buồng cháy. Hỗn hợp này được đốt cháy và cùng với lượng diesel do hệ thống phun nhiên liệu cung cấp.

Lượng nhiên liệu diesel phun mồi và tự động cắt giảm khi tăng dần lưu lượng syngas vào đường nạp của động cơ (lưu lượng syngas cấp 25, 50, 70 và 100% theo độ mở van tiết lưu đã được xác định trước).

Chế độ tải cục bộ của động cơ được điều khiển bằng cách thay đổi lượng nhiên liệu syngas cung cấp trên đường nạp của động cơ thông qua van tiết lưu. Van này có thể được vận hành bằng tay hoặc tự động, sử dụng cơ khí hoặc điện tử. Mặt khác, việc điều chỉnh chế độ tải cục bộ của động cơ cũng có thể được thực hiện bằng tiết lưu hỗn hợp nhiên liệu-không khí. Tuy nhiên giải pháp này làm giảm lượng không khí cung cấp vào động cơ dẫn đến giảm áp suất nén cũng như áp suất chỉ thị trung bình, do đó công suất động cơ bị giảm. Các điều kiện này đôi khi dẫn đến tình trạng động cơ không tự động đánh lửa được. Do vậy, trong quá trình thực hiện nghiên cứu để phù hợp với quá trình sản xuất syngas, động cơ thực nghiệm và điều kiện thực tế của phòng thí nghiệm thì van tiết lưu điều khiển bằng tay với độ mở được xác định trước lựa chọn sử dụng trong quá trình thực nghiệm và đánh giá.

Tỷ lệ không khí/nhiên liệu của hỗn hợp nạp có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi tiết lưu đường cung cấp nhiên liệu syngas. Đối với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu, ngay cả khi hỗn hợp rất nghèo động cơ vẫn có thể hoạt động được khi tia nhiên liệu phun mồi phân bố tốt.

Tất cả các thông số kết cấu và vận hành của động cơ diesel không thay đổi như tỉ số nén... Việc cải tạo động cơ diesel thành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu có những ưu điểm sau đây:

- Có thể hoạt động bằng nhiên liệu diesel một mình trong trường hợp nguồn cung cấp nhiên liệu khí bị cắt;
- Có thể thay thế 0÷90% nhiên liệu diesel bằng nhiên liệu syngas nhưng động cơ vẫn

có thể đảm bảo công suất như khi hoạt động với 100% nhiên liệu diesel;

- Do hầu hết các động cơ diesel đều có bộ điều tốc nên việc kiểm soát tự động tốc độ/công suất có thể được thực hiện bằng điều chỉnh lượng nhiên liệu diesel vào buồng cháy trong khi nhiên liệu khí cung cấp không thay đổi; tuy nhiên trong trường hợp này việc thay thế nhiên liệu diesel bằng syngas bị giảm;
- Có thể kiểm soát tốc độ/công suất của động cơ bằng cách điều chỉnh lượng nhiên liệu syngas cung cấp trên đường nạp của động cơ diesel và lượng diesel phun sẽ tự động được điều chỉnh thông qua bộ điều tốc của động cơ.

Hạn chế của động cơ diesel khi cải tạo sử dụng lưỡng nhiên liệu:

- Động cơ diesel khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas không thể hoạt động một mình bằng syngas, phải sử dụng đánh lửa bằng lượng phun mồi diesel;
- Vòi phun nhiên liệu có thể bị quá nóng khi lượng nhiên liệu diesel được giảm xuống còn 10% hoặc hơn, mức hoạt động bình thường. Vì vậy động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu được cải tạo từ động cơ diesel thường làm việc với lượng phun diesel lớn hơn lượng diesel cần thiết cho việc đánh lửa để làm mát vòi phun...

3.3.2. Cơ sở tính toán đường ống cấp syngas trên đường nạp của động cơ

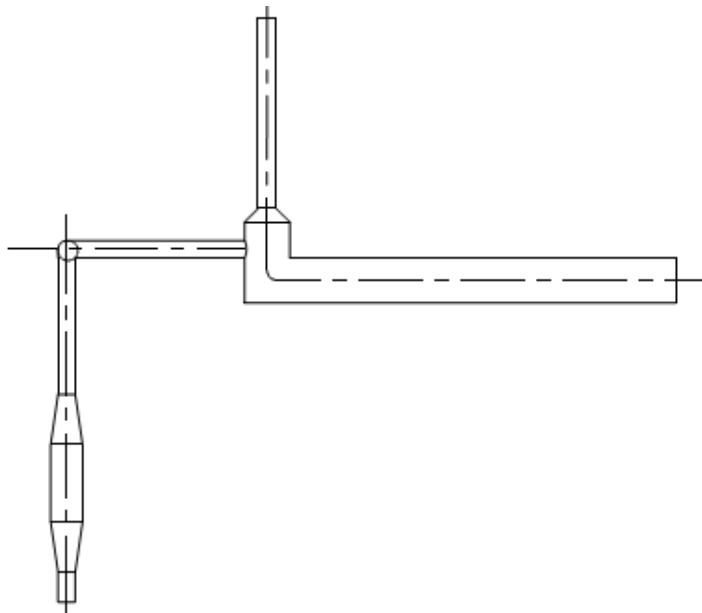
Trên cơ sở các nghiên cứu về động cơ sử dụng hệ thống cung cấp khí trên đường nạp hay động cơ chạy lưỡng nhiên liệu khí như đề tài số [7, 3]... của công trình LPG, biogas cũng như dựa trên các quan điểm trong đề tài nghiên cứu của NCS đang có hiện nay với tính chất nhiên liệu syngas cung cấp cho động cơ nghiên cứu được sử dụng trực tiếp tại nơi sản xuất, lưu lượng thay đổi liên tục, thường xuyên theo thời gian cũng như để đảm bảo với điều kiện thực tế hiện nay của động cơ diesel máy phát điện. Hệ thống cung cấp syngas phải đảm bảo các yêu cầu như hạn chế ảnh hưởng tới quá trình nạp, làm giảm hệ số nạp của động cơ... Do vậy cơ sở tính toán, thiết kế đường ống cấp syngas cho động cơ nghiên cứu là cấp khí trực tiếp từ hệ thống sản xuất syngas được cung cấp tới đường ống nạp của động cơ Mitsubishi S3L2.

Đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas thì đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ phải thể hiện các bước hay các nội dung chạy mô phỏng để tối ưu (xác định) kích thước và hình dạng ống:

- Mục đích của mô phỏng là thiết kế đưa ra kích thước hình dạng đường cấp syngas trên đường nạp hạn chế các dòng cản phù hợp với điều kiện thực tế;
- Đầu tiên có thiết kế sơ bộ từ đường nạp nguyên bản, cơ sở cấp khí có kích thước sơ bộ kết quả cuối cùng của mô phỏng là đưa ra được bản vẽ thiết kế của hệ thống cấp khí, cụ thể như được thể hiện trên bản vẽ chi tiết trong phụ lục 1.10 của luận án;
- Quy trình (các bước thực hiện chạy mô phỏng, các nội dung chạy mô phỏng nhằm tối ưu để xác định kích thước và hình dạng của đường cấp syngas), với kích thước sơ bộ ban đầu sau khi thực hiện chạy mô phỏng và đánh giá lại hệ số nạp chưa đạt yêu cầu, hiện tượng rối dòng đã xảy ra cho nên NCS đã thay đổi kích thước như đường kính và chiều dài của đường ống, tỷ lệ đường kính của đường ống từ giá trị Φ21 đến giá trị Φ37 nhằm tối ưu xác định kích thước và hình dạng, như thể hiện trên bản vẽ chi tiết trong phụ lục 1.10.

-
- Độ mở van tiết lưu được thiết lập trước thuận tiện cho các chế độ thực nghiệm...

Phần sau đây sẽ mô tả quá trình tính toán thiết kế và mô phỏng đường cáp syngas trên đường nạp của động cơ thực nghiệm phù hợp với điều kiện thực tế của phòng thí nghiệm (syngas được cấp trực tiếp tại nơi sản xuất).



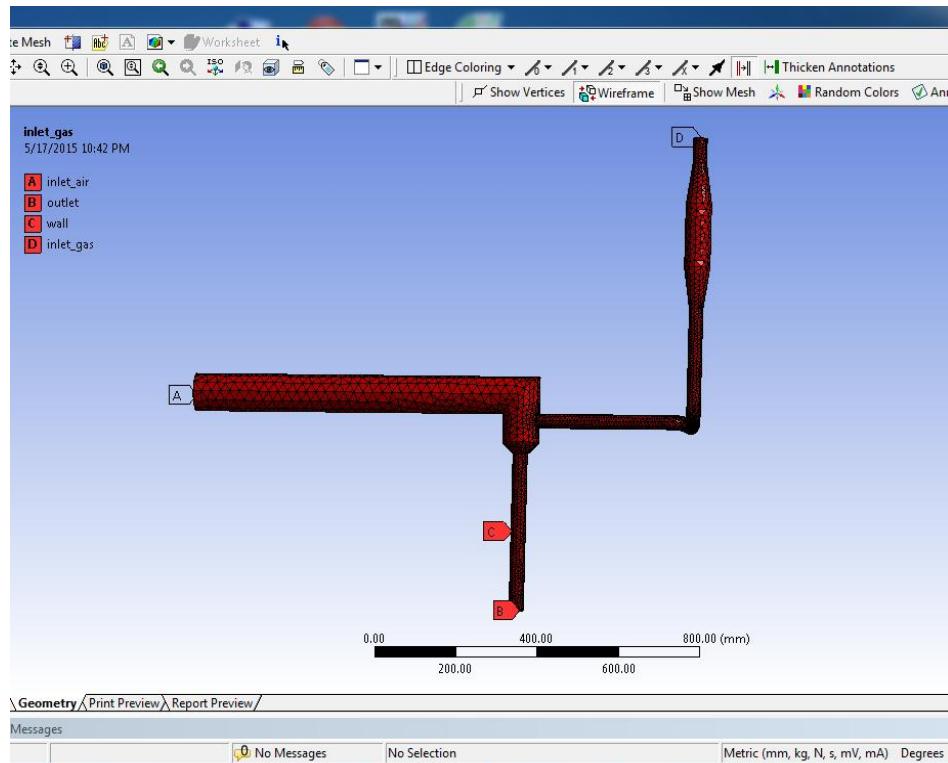
Hình 3.2. Hình dạng đường cáp syngas trên đường nạp động cơ diesel

Đường cáp syngas trên đường nạp của động cơ diesel - máy phát điện thể hiện chi tiết như trên hình vẽ 3.2 được đưa vào phần mềm CFD Fluent để tính toán. Đường ống cáp syngas được làm bằng thép ống có tiết diện và chiều dài đường ống thay đổi, chi tiết được thể hiện trong các phụ lục (phụ lục 1.9÷1.11 và phụ lục 2.3) để làm cơ sở thiết kế và vị trí thực nghiệm của động cơ diessel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.

Nếu dòng chảy đường cáp syngas và đường nạp của động cơ là dòng chảy rói phần mềm CFD Fluent có thể mô phỏng chính xác các đặc tính của dòng chảy. Có nhiều mô hình toán trong CFD Fluent để mô phỏng dòng chảy của chất khí, trong đó mô hình k- ϵ là mô hình thông dụng và được ứng dụng rộng rãi trong các công trình nghiên cứu với (k : động năng dòng chảy rói, ϵ : hệ số khuếch tán chảy rói). Mô hình này để mô phỏng dòng chảy rói của 2 dòng khí (không khí-syngas) trên đường ống nạp của động cơ diesel - máy phát điện có thể dự đoán dòng chảy của chất lỏng - chất khí và có nhiều thuật toán sát với thực tế của dòng chảy.

Để giảm bớt sự phức tạp của kích thước hình học, mô hình hình học 2 chiều đã được đưa vào để mô phỏng dòng chảy. Các phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để rời rạc hóa các phương trình vi phân từng phần của mô hình. Các mô phỏng được thực hiện với lưu lượng syngas được cấp vào khác nhau (lưu lượng syngas cấp 25, 50, 70 và 100% theo độ mở van tiết lưu). Sự thay đổi của dòng chảy đã được tính toán sử dụng động năng chảy rói (k) và hệ số khuếch tán chảy rói (ϵ) sử dụng đưa ra ở trên. Một giải pháp hội tụ đã được sử dụng trong mô phỏng sau khoảng nhiều lần lặp cho các điều kiện đầu vào khác nhau.

3.3.2.1. Xây dựng và chia lưới mô hình



Hình 3.3. Mô hình sau khi chia lưới và đặt điều kiện biên

Mục tiêu của bài toán là xác định mức độ xoáy và chuyển động rối của dòng syngas và không khí trên đường nạp của động cơ diesel. Trên cơ sở kết cấu đường nạp thực tế như đã trình bày ở trên tiến hành xây dựng mô hình để đưa ra phương án điều chỉnh đường cấp syngas phù hợp với chế độ tải mà hệ số nạp giảm không nhiều. Do vậy quá trình mô phỏng đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ được tiến hành các bước sau: chia lưới và lựa chọn mô hình điều kiện biên:

❖ Chia lưới:

- Kiểu phần tử: tứ diện;
- Kích thước phần tử nhỏ nhất: 5 mm;
- Kích thước phần tử lớn nhất: 20 mm.

❖ Định nghĩa điều kiện biên:

- Đầu vào (không khí): inlet_air;
- Đầu vào (syngas): inlet_gas;
- Đầu ra (hỗn hợp khí): outlet.

Tiến hành chia lưới trên Meshing xong và Update để chuyển sang môi trường mô phỏng Fluent.

3.3.2.2. Điều kiện biên cho mô hình

Trong môi trường này, điều kiện biên nhập cho mô hình ở cửa nạp của động cơ, cửa

cung cấp syngas trên đường nạp và cửa ra của hỗn hợp 2 dòng khí đi vào động cơ.

Đây là các thông số của khí nạp (không khí), dòng syngas và hỗn hợp khí ở chế độ tải tại 80% với tốc độ 1500 vòng/phút.

Bảng 3.2. Các giá trị nhập cho điều kiện biên

Điều kiện biên Vị trí	Mô hình	Thông số		Đơn vị
		Ký hiệu	Giá trị	
Cửa vào không khí	Inlet_air	p	1	bar
		V	4	m/s
		T	300	K
Cửa vào syngas	Inlet_gas	p	1,1	bar
		V	2,15	m/s
		T	310,7	K
Cửa ra	Outlet	p	0,9	bar

3.3.2.3. Điều kiện đầu

Trong Fluent, điều kiện đầu có thể chọn là thông số ở một cửa bất kỳ, có thể là cửa vào, cửa ra hoặc có thể lựa chọn tất cả các cửa.

Để giải bài toán này cần lựa chọn điều kiện đầu của mô hình là thông số ở cửa vào được trình bày trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Giá trị điều kiện đầu

TT	Thông số	Giá trị	Mô tả
1	Gauge Pressure [Pa]	1	Áp suất tĩnh
2	X velocity [m/s]	4	Vận tốc phương X
3	Y velocity [m/s]	0	Vận tốc phương Y
4	Z velocity [m/s]	0	Vận tốc phương Z
5	Turbulent Kinetic Energy [m^2/s^2]	1	Năng lượng động học rối
6	Turbulent Dissipation Rate [m^3/s^2]	1	Tốc độ khuếch tán rối
7	Temperature [K]	300	Nhiệt độ

3.3.2.4. Điều kiện hội tụ

Trong quá trình mô phỏng, chương trình giải bài toán CFD cần biết khi nào thì kết

thúc quá trình tính toán đổi với bài toán tĩnh hoặc nhảy sang bước tính toán tiếp theo trong bài toán chuyển tiếp. Có hai cách thức mà chương trình có thể lựa chọn đó là:

- Nếu số vòng lặp vượt quá giá trị do người dùng định nghĩa thì chương trình sẽ dừng hoặc nhảy sang bước tiếp theo;
- Nếu sai số nhỏ hơn giá trị do người dùng định nghĩa thì chương trình sẽ coi như bài toán hội tụ và sẽ dừng chương trình (bài toán tĩnh) hoặc thực hiện bước tính tiếp theo (bài toán chuyển tiếp).

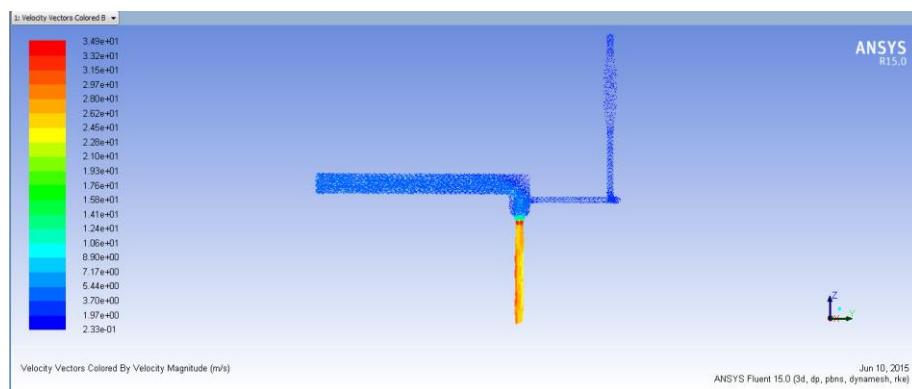
Các điều kiện hội tụ có liên quan trực tiếp đến chế độ chạy đã chọn. Bảng 3.4 sẽ trình bày các điều kiện hội tụ cần xác lập khi chạy mô hình.

Bảng 3.4. Giá trị điều kiện ban đầu

TT	Nội dung	Các tùy chọn	Giá trị đặt
1	Iterations	Số vòng lặp tối đa mà mô hình được phép chạy	1000
2	Residual	Sai số	
3	Continuity	Tính liên tục	0,001
4	x-velocity	Vận tốc theo phương x	0,001
5	y-velocity	Vận tốc theo phương y	0,001
6	z-velocity	Vận tốc theo phương z	0,001
7	Energy	Năng lượng	0,001
8	K	Hệ số k	0,001
9	Epsilon	Hệ số epsilon	0,001

3.3.2.5. Kết quả và đánh giá

Kết quả mô phỏng thể hiện rõ sự ảnh hưởng bởi kết cấu của đường nạp nguyên bản của động cơ được thể hiện trên hình 3.4 và 3.5:

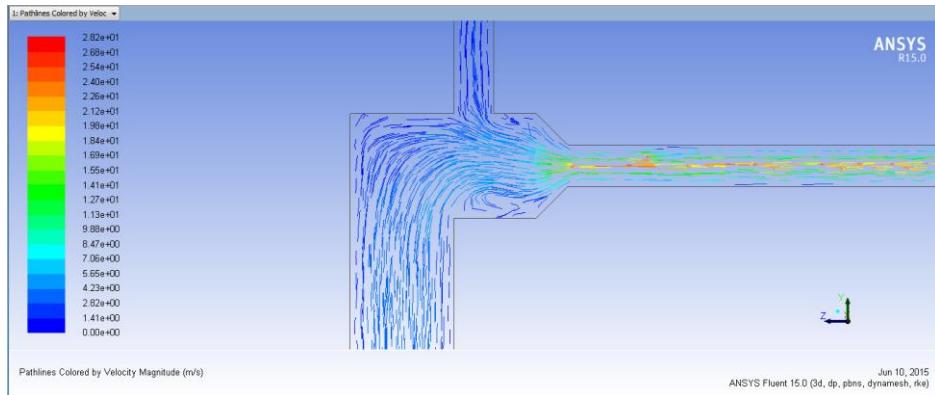


Hình 3.4. Kết quả xuất ra dưới dạng trường vận tốc

Dựa vào kết quả mô phỏng hình 3.4 và 3.5 cho thấy được quá trình lưu động của 2

dòng khí trong đường ống nạp của động cơ, những vòng rói và vòng xoáy tại vùng 2 dòng khí giao nhau. Tại điểm gấp khúc vuông góc dẫn đến quá trình lưu thông của dòng khí không mượt, lưu lượng khí đi vào bị tổn thất. Dựa vào kết quả ta thấy nguyên nhân dẫn đến dòng rói và xoáy của dòng khí nạp vào động cơ như sau:

- Do hình dạng kết cấu;
- Do góc hợp của hai dòng khí;
- Do đường kính của hai đường ống của hai dòng khí;
- Vị trí đặt đường syngas.



Hình 3.5. Kết quả mô phỏng dưới dạng đường dòng

Căn cứ vào các nguyên nhân trên, thì các biện pháp và cách khắc phục để tối ưu hóa biến dạng đường nạp mà không ảnh hưởng tới kết cấu của động cơ nên ta cần chọn phương pháp thay đổi biến dạng đường nạp sao cho phù hợp để tạo được dòng khí lưu thông tốt hơn trong đường nạp, giúp nâng cao hệ số nạp, cải thiện quá trình nạp; phương án đưa ra như đã được phân tích ở trên nhưng trong điều kiện thực tế thì quá trình tính toán, thiết kế đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ được chỉ ra như sau:

- Thông qua mô phỏng CFD Fluent cho phép thể hiện một cách rõ nét, trực quan và khá gần với thực tế quá trình lưu động của 2 dòng khí nạp vào động cơ diesel. Đưa ra các phương án điều chỉnh hệ thống nạp để nâng cao hiệu quả thực nghiệm (phụ lục 2.3) nhằm cung cấp lượng syngas phù hợp với chế độ thử nghiệm mà không làm thay đổi hệ số nạp của động cơ diesel - máy phát điện;
- Việc sử dụng phần mềm CFD Fluent để tính toán mô phỏng quá trình cấp khí syngas vào đường nạp đã xác định được vị trí, kích thước và hình dạng của đường cấp syngas phù hợp với các chế độ làm việc của động cơ;
- Mục tiêu thực hiện đề tài là thiết kế đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ Mitsubishi S3L2 có được kích thước, hình dạng phù hợp với hệ thống sản xuất syngas tại phòng thí nghiệm và vị trí đặt động cơ thử nghiệm. Mặt khác, syngas được cấp trực tiếp cho động cơ tại nơi sản xuất; đường nạp của động cơ không thay đổi, yêu cầu đường cấp syngas trên đường nạp động cơ là gọn nhất và thuận lợi lắp đặt các chi tiết trong quá trình thực nghiệm...

3.4. Nghiên cứu mô phỏng quá trình cháy của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

3.4.1. Nghiên cứu mô phỏng động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

3.4.1.1. Xây dựng mô hình

Dựa trên động cơ thực tế và mô phỏng những phần tử đã được định nghĩa sẵn trong AVL-Boost cũng như các thông số kỹ thuật của động cơ, xây dựng được mô hình động cơ Mitsubishi S3L2 như thể hiện trên hình 3.6.

Trong đó: 1. Lọc khí; 2. Phản tử cản dòng; 3. Bộ cấp syngas; 4. Bình ồn áp; 5. Xy lanh; 6. Bình tiêu âm. Sử dụng các công cụ mô phỏng để xây dựng mô hình động cơ thực nghiệm trên Boost nhằm đánh giá các đặc tính của động cơ phục vụ cho quá trình thực nghiệm được thuận lợi và đạt hiệu quả cao. Số lượng các phản tử sử dụng để xây dựng mô hình được liệt kê trong bảng 3.5.

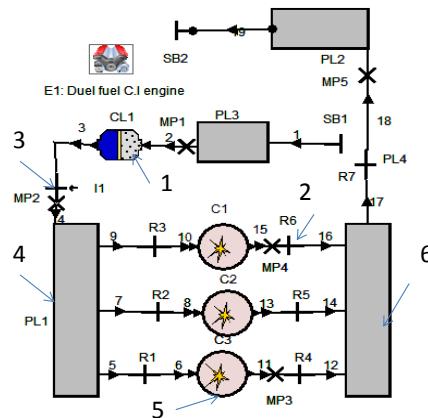
Bảng 3.5. Số lượng các phản tử để hoàn thiện mô hình

TT	Tên phản tử	Ký hiệu	Số lượng	TT	Tên phản tử	Ký hiệu	Số lượng
1	Điều kiện biên	SB1-2	2	5	Xy lanh	C1-3	3
2	Lọc khí	CL1	1	6	Bình ồn áp	PL1-2	2
3	Cản dòng	R1-7	1	7	Điểm đo	MP1-4	4
4	Vòi phun syngas	I1	1	8	Đường ống	-	12

Khi xây dựng mô hình mô phỏng, các mô hình tính toán được đưa vào như mô hình cháy, mô hình trao đổi nhiệt và mô hình phát thải độc hại được lựa chọn và nhập các thông số cơ bản như đã giới thiệu ở chương 2. Sau khi xây dựng mô hình các thông số cơ bản nhập cho mô hình được thể hiện trong bảng 3.6.

Bảng 3.6. Các thông số điều khiển chung cho mô hình

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Mô hình nhiên liệu	Đa nhiên liệu	-
2	Tốc độ động cơ	1500	v/ph
3	Hình thành hỗn hợp	Bên trong xy lanh	-
4	Áp suất môi trường	1	bar



Hình 3.6. Mô hình mô phỏng động cơ Mitsubishi S3L2

5	Nhiệt độ môi trường	24,85	°C
6	Só kỳ	4	kỳ
7	Só chu trình lặp	80	-
8	Hệ số ma sát	1,20	-

3.4.1.2. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

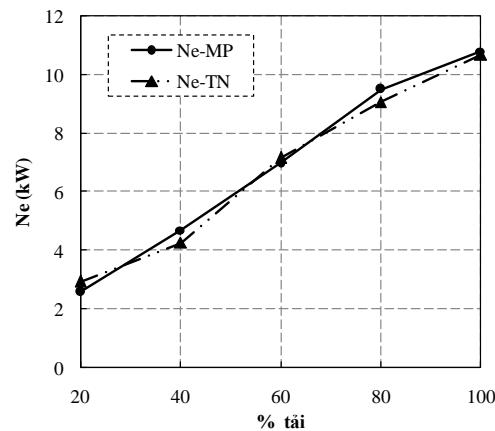
Bảng 3.7. So sánh giữa kết quả MP và TN của động cơ Mitsubishi S3L2

Tải (%)	Công suất			Phát thải độc hại								
	N _e -MP (kW)	N _e -TN (kW)	Sai lệch (%)	CO			NO _x			Soot		
				MP (ppm)	TN (ppm)	Sai lệch (%)	MP (ppm)	TN (ppm)	Sai lệch (%)	MP (g/kWh)	TN (g/kWh)	Sai lệch (%)
20	2,94	2,59	11,9	112	100	10,71	700	619	11,57	0,0024	0,0024	0,00
40	4,27	4,69	-9,8	100	100	0,00	820	659	19,63	0,003	0,0027	10,00
60	7,17	6,98	2,6	180	200	-11,11	880	702	20,23	0,011	0,0096	12,73
80	9,07	9,51	-4,9	412	450	-9,22	800	586	26,75	0,05	0,0454	9,20
100	10,7	10,80	-0,9	3000	3300	-10,00	500	444	11,20	0,35	0,3095	11,57

Độ tin cậy của mô hình được đánh giá trên cơ sở so sánh giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm, như thể hiện trên hình 3.7, 3.8a, 3.8b và bảng 3.7. Trong đó các kết quả mô phỏng được tính toán trên mô hình động cơ Mitsubishi S3L2 tại các chế độ tải thay đổi từ 20÷100% tải và tốc độ 1500 v/ph. Còn các kết quả thực nghiệm được xác định trên cơ sở chạy thực nghiệm động cơ Mitsubishi S3L2 dẫn động máy phát điện và sử dụng nhiên liệu diesel thuần túy. Các thành phần phát thải được xác định bằng các thiết bị đo phát thải được giới thiệu chi tiết trong mục 4.2.7 của chương 4. Còn công suất của động cơ (N_{e-TN}) được xác định thông qua công suất của máy phát (N_{e-dien}) với hiệu suất chuyển đổi η_{mp} ($\eta_{mp} = 0,8 \div 0,9$), bằng biểu thức 3.1.

$$N_{e-TN} = \frac{N_{e-dien}}{\eta_{mp}} \quad (3.1)$$

Kết quả thể hiện trên hình 3.7 cho thấy công suất động cơ giữa mô phỏng và thực nghiệm ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph có sai lệch lớn nhất 11,9% tại chế độ 20% tải và sai lệch trung bình 2,9% ở chế độ 80÷90% tải. Như vậy có thể thấy rằng sai lệch về công suất động cơ giữa mô



Hình 3.7. Kết quả so sánh công suất động cơ giữa MP và TN ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

phỏng và thực nghiệm là nhỏ và nằm trong giới hạn có thể chấp nhận được. Ngoài ra các kết quả thể hiện trên hình 3.8a và 3.8b cho thấy mức phát thải soot, CO và NO_x giữa mô phỏng và thực nghiệm ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph có sai lệch lớn nhất tương ứng là 12%, 11% và 26% và sai lệch trung bình tương ứng là 8%, 7% và 15%. Như vậy có thể thấy rằng sai lệch về các thành phần phát thải của động cơ giữa tính toán mô phỏng và thực nghiệm là tương đối nhỏ và nằm trong giới hạn có thể chấp nhận được. Từ các phân tích đánh giá và so sánh giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm ở trên có thể kết luận rằng mô hình động cơ Mitsubishi S3L2 xây dựng trên phần mềm AVL-Boost có độ tin cậy. Vì vậy có thể sử dụng mô hình này để nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng syngas thay thế diesel truyền thống dùng cho động cơ diesel - máy phát điện, cũng như nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ.

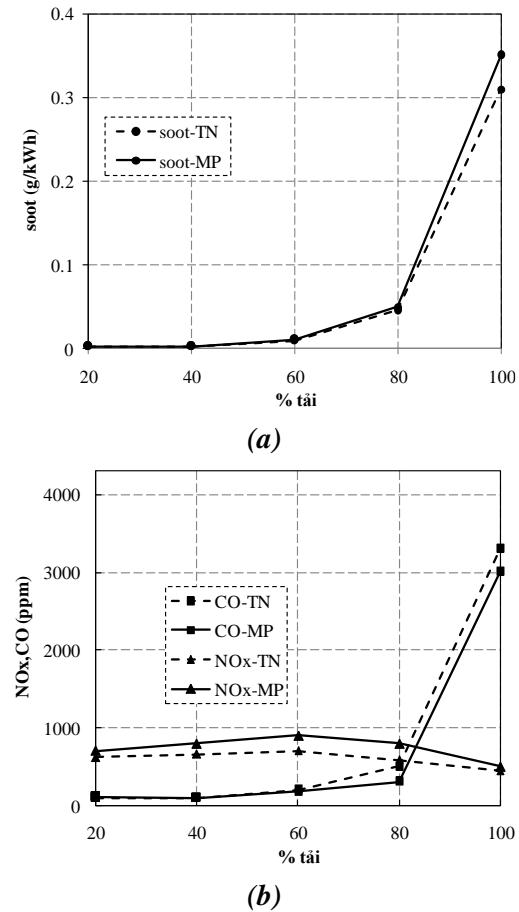
3.4.2. Trình tự tính toán mô phỏng

3.4.2.1. Đánh giá ảnh hưởng của lượng syngas thay thế

Mô phỏng được thực hiện ở chế độ tải thay đổi và tốc độ động cơ ổn định 1500 v/ph (chế độ làm việc với máy phát). Lần lượt cấp syngas (được sản xuất từ than hoa) vào đường nạp của động cơ với lưu lượng 2; 4; 6 và 8 g/s. Ứng với mỗi lưu lượng cấp syngas, điều chỉnh thay đổi lượng nhiên liệu diesel (G_{nl}) để giữ công suất của động cơ không thay đổi so với trường hợp chạy đơn nhiên liệu ở mỗi chế độ tải từ 20÷100% tải với bước 20%. Chế độ 100% tải tương ứng với lượng nhiên liệu diesel cực đại. Các chế độ khác 20, 40...80% tải, lượng nhiên liệu được điều chỉnh sao cho công suất của động cơ đạt 20, 40...80% so với công suất ở chế độ 100% tải. Trong quá trình mô phỏng ở chế độ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, lượng nhiên liệu diesel được điều chỉnh sao cho công suất của động cơ không đổi so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu trong khi vẫn đảm bảo hệ số dư lượng không khí lớn hơn 1. Sau khi chạy mô phỏng mô hình đưa ra kết quả so sánh về công suất, phát thải của động cơ khi thay đổi lượng thay thế diesel bằng syngas.

3.4.2.2. Đánh giá ảnh hưởng của góc phun sớm

Mô phỏng được thực hiện ở chế độ tốc độ 1500v/ph, chế độ tải được lựa chọn sau khi có kết quả mô phỏng ở ảnh hưởng mỗi lưu lượng syngas thay thế. Ứng với mỗi lưu lượng syngas thay thế từ 2÷8 g/s, điều chỉnh góc phun sớm để đánh giá ảnh hưởng tới công suất



Hình 3.8. Kết quả so sánh các thành phần phát thải giữa MP và TN ở từng chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

cũng như phát thải của động cơ.

3.4.2.3. Đánh giá ảnh hưởng của áp suất phun nhiên liệu diesel

Mô phỏng được thực hiện ở chế độ tốc độ 1500v/ph, chế độ tải được lựa chọn sau khi có kết quả mô phỏng ở ảnh hưởng của lượng syngas thay thế. Ứng với mỗi lượng syngas thay thế từ 2÷8 g/s, điều chỉnh áp suất phun diesel để đánh giá ảnh hưởng tới công suất cũng như phát thải của động cơ.

3.4.2.4. Đánh giá ảnh hưởng của thành phần syngas

Hàm lượng thành phần khí trong mẫu nhiên liệu có ảnh hưởng lớn tới quá trình làm việc cũng như phát thải độc hại của động cơ, vì vậy cần thiết phải nghiên cứu khả năng sử dụng các loại syngas khác nhau tới tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải độc hại của động cơ. Thêm chí các thông số làm việc như góc phun sớm hay áp suất phun diesel cũng cần điều chỉnh cho phù hợp. Kết quả này là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về hệ thống tự động điều chỉnh các thông số làm việc cho phù hợp với các loại syngas từ các nguồn nguyên liệu khác nhau. Trong nghiên cứu mô phỏng, tác giả thay đổi mô hình syngas có nguồn gốc khác nhau để đánh giá ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu tới động cơ. Quá trình mô phỏng được thực hiện ở chế độ tốc độ 1500v/ph, chế độ tải và lượng syngas thay thế được lựa chọn sau khi có kết quả mô phỏng ảnh hưởng của syngas có nguồn gốc từ than hoa (mẫu M1) tới tính năng làm việc của động cơ; các thông số điều chỉnh như áp suất hay góc phun sớm được giữ không đổi. Thành phần syngas được đưa vào mô hình với 3 nguồn sinh khối khác nhau được trình bày trong bảng 1.5.

Trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài, mẫu syngas được sản xuất từ sinh khối than hoa được sử dụng trong thực nghiệm. Hệ thống sản xuất syngas sử dụng than hoa có thể cung cấp được lượng khí cần thiết và ổn định cho động cơ diesel-máy phát điện đã lựa chọn. Hai mẫu syngas còn lại không thể đáp ứng được lưu lượng khí cần thiết cho mục đích nghiên cứu ở các lượng syngas thay thế khác vì hệ thống khí hóa sinh khối khi sử dụng mùn cưa và gỗ mẫu không cung cấp đủ lưu lượng cần thiết cho hệ thống làm việc liên tục. Tuy nhiên, để đánh giá ảnh hưởng của thành phần khí đến tính năng làm việc cũng như phát thải của động cơ, nghiên cứu mô phỏng sử dụng syngas từ các nguồn nêu trên được thực hiện.

3.4.3. Kết quả và thảo luận

Kết quả mô phỏng đánh giá tính năng kinh tế, kỹ thuật cũng như phát thải độc hại của động cơ khi sử dụng lưỡng syngas sản xuất từ than hoa (M1) được thể hiện từ hình 3.9 đến hình 3.18.

3.4.3.1. Kết quả ảnh hưởng của lượng syngas thay thế

a) Hệ số dư lượng không khí

Khi cung cấp syngas vào đường nạp của động cơ sẽ làm ảnh hưởng đến lượng không khí nạp do sự chiếm chỗ của syngas bởi vì thể tích riêng của các phân tử khí có trong syngas lớn hơn không khí (đặc biệt là hydro). Hệ số dư lượng không khí trong trường hợp sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas được xác định theo công thức 3.2:

$$\lambda = \frac{m_{kk}}{m_D \left(\frac{A}{F} \right)_D + m_{syngas} \left(\frac{A}{F} \right)_{syngas}} \quad (3.2)$$

Trong đó:

- m_{kk} , m_D và m_{syngas} lần lượt là lượng không khí nạp, lượng nhiên liệu diesel và lượng syngas (g/s);
- m_{kk} được xác định thông qua phần tử điểm đo MP2 đóng vai trò như cảm biến lưu lượng khí nạp, thể hiện trên hình 3.6.
- $(A/F)_D$ và $(A/F)_{syngas}$ là tỷ lệ không khí-nhiên liệu lý thuyết của diesel và hỗn hợp syngas, $(A/F)_D = 14,5$ (kgkk/kgnl) và $(A/F)_{syngas}$ (mẫu M1) $\approx 0,984$ (kgkk/kgnl) được xác định theo công thức 3.3:

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{syngas} = \%m_{H_2}\left(\frac{A}{F}\right)_{H_2} + \%m_{CO}\left(\frac{A}{F}\right)_{CO} + \%m_{CH_4}\left(\frac{A}{F}\right)_{CH_4} \quad (3.3)$$

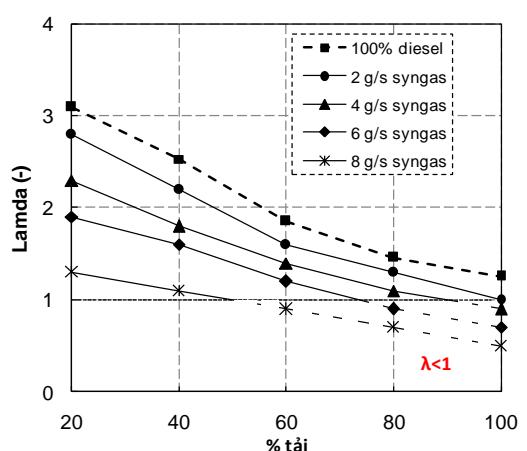
Trong đó: $(A/F)_{CO} = 2,45$; $(A/F)_{H_2} = 34,3$; $(A/F)_{CH_4} = 17,1$

Kết quả mô phỏng xác định hệ số dư lượng không khí λ khi sử dụng 100% diesel và lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với các trường hợp tỷ lệ syngas thay thế tại các chế độ tải khác nhau và tốc độ 1500 v/ph được thể hiện trên bảng 3.8 và hình 3.9.

Bảng 3.8. Ánh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí

TT	Tải (%)	Hệ số dư lượng không khí (-)				
		S 0 (g/s)	S 2 (g/s)	S 4 (g/s)	S 6 (g/s)	S 8 (g/s)
1	20	3,10	2,80	2,30	1,90	1,30
2	40	2,53	2,20	1,80	1,60	1,10
3	60	1,85	1,60	1,40	1,20	0,90
4	80	1,46	1,30	1,10	0,90	0,70
5	100	1,26	1,00	0,90	0,70	0,50

Các kết quả thể hiện trên bảng 3.8 và hình 3.9 cho thấy hệ số dư lượng không khí λ tại một số chế độ với lưu lượng syngas khác nhau có giá trị $\lambda < 1$, cụ thể: với 4 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,1$ khi tải $> 80\%$ tải; với 6 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,2$ khi tải $> 60\%$ tải; với 8 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,1$ khi tải $> 40\%$ tải, (phần này được bôi đậm trên bảng 3.8 và cũng như phần nét đứt trên hình 3.9). Trong khi đó hệ số dư lượng không khí λ của động cơ sử dụng 100% diesel vẫn đảm bảo $\lambda > 1,2$ ở các chế độ tải. Như vậy, hiện tượng này có thể giải thích là khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas do syngas được cấp



Hình 3.9. So sánh hệ số dư lượng không khí lambda

vào động cơ trên đường nạp nên đã ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình nạp và làm cho lượng không khí nạp bị giảm đáng kể, mức độ giảm không khí nạp tăng tức là giảm khi tăng lưu lượng syngas thay thế và tăng tải.

Qua kết quả thể hiện ở trên, có thể thấy rằng khi tăng lưu lượng syngas thay thế diesel ứng với các chế độ tải cao sẽ xảy ra hiện tượng $\lambda < 1$ tức là thiếu không khí để thực hiện quá trình cháy, sẽ dẫn đến công suất và hiệu suất động cơ giảm, phát thải soot và CO tăng mặc dù NO_x giảm. Chính vì vậy giới hạn tỷ lệ syngas không thể thay thế diesel ở các chế độ tải ứng với tốc độ 1500 v/ph có thể xác định trong phần bôi đậm của bảng 3.8 và cũng như phần nét đứt trên hình 3.9.

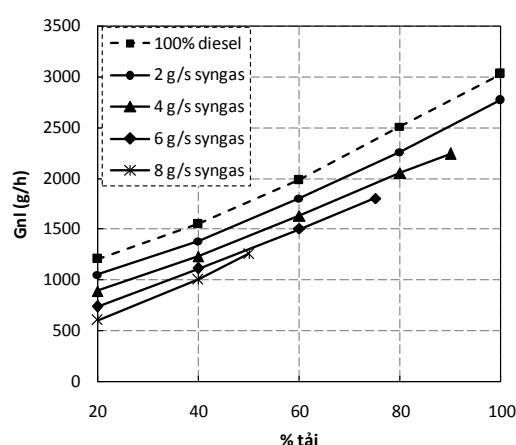
b) *Tính năng kỹ thuật của động cơ*

Tính năng kỹ thuật của động cơ sử dụng lượng nhiên liệu diesel/syngas được đánh giá trên cơ sở đảm bảo duy trì công suất của động cơ tại các chế độ tải với tốc độ 1500 v/ph khi thay đổi lưu lượng syngas thay thế diesel. Kết quả tính toán mô phỏng xác định lượng diesel tiêu thụ khi lượng syngas thay thế thay đổi mà công suất của động cơ vẫn không đổi và đảm bảo $\lambda > 1$ được thể hiện trong bảng 3.9 và trên hình 3.10.

Bảng 3.9. Lượng diesel tiêu thụ khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau

S 0 (g/s)		S 2 (g/s)			S 4 (g/s)			S 6 (g/s)			S 8 (g/s)		
Tải (%)	DO (g/h)	Tải (%)	DO (g/h)	% DOtt	Tải (%)	DO (g/h)	% DOtt	Tải (%)	DO (g/h)	% DOtt	Tải (%)	DO (g/h)	% DOtt
20	1200	20	1050	12,50	20	890	25,83	20	732	39,00	20	600	50,00
40	1548	40	1380	10,85	40	1230	20,54	40	1110	28,29	40	1000	35,40
60	1980	60	1800	9,09	60	1630	17,68	60	1500	24,24	50	1250	29,10
80	2508	80	2256	10,05	80	2050	18,26	75	1800	20,00	-	-	-
100	3024	100	2768	8,47	90	2240	19,01	-	-	-	-	-	-

Các kết quả thể hiện trong bảng 3.9 và trên hình 3.10 cho thấy, lượng diesel cần thiết để đảm bảo duy trì công suất của động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas khi thay đổi lưu lượng syngas tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph cụ thể như sau: với 2 g/s syngas thay thế thì lượng diesel thay thế tối đa là 12,5% so với sử dụng diesel thuần túy tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì ở mọi chế độ tải; với 4 g/s syngas thay thế thì lượng diesel được thay thế tối đa là 25,83% so với khi sử dụng 100% diesel tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì ở mọi chế độ tải; với 6 g/s syngas thay thế thì lượng diesel được thay thế tối đa là 39% so với khi sử dụng 100% diesel tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì ở mọi chế độ tải; với 8 g/s syngas thay thế thì lượng diesel được thay thế tối đa là 50% so với khi sử dụng 100% diesel tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì ở mọi chế độ tải. Các hiện tượng không đảm bảo duy trì công suất tại các chế



Hình 3.10. Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu (diesel/syngas) thay thế 100% diesel tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì khi tải <75% tải; với 8 g/s syngas thay thế thì lượng diesel được thay thế tối đa là 50% so với khi sử dụng 100% diesel tại chế độ 20% tải và công suất được duy trì khi tải <50% tải. Các hiện tượng không đảm bảo duy trì công suất tại các chế

độ tải ứng với các tỷ lệ thay thế khác nhau có thể giải thích là do ảnh hưởng của syngas cung cấp vào động cơ trên đường nạp đến lưu lượng không khí nạp làm hỗn hợp quá đậm, dẫn đến hiệu suất cháy giảm.

c) *Tính năng kinh tế của động cơ khi sử dụng luồng nhiên liệu*

Trong trường hợp sử dụng luồng nhiên liệu, tính năng kinh tế của động cơ được đánh giá bằng suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC (Brake Specific Energy Consumption) xác định theo công thức 3.4

$$BSEC = \frac{m_D LHV_D + m_{syngas} LHV_{syngas}}{BP} \quad (3.4)$$

Trong đó:

- m_D và m_{syngas} lần lượt là lượng nhiên liệu diesel và lượng nhiên liệu khí (kg/h);
- BP là công suất có ích của động cơ (kW);
- LHV_D và LHV_{syngas} là nhiệt trị thấp của diesel và nhiên liệu khí (MJ/kg), $LHV_D = 42,5$ (MJ/kg) và $LHV_{syngas} = 3,8$ (MJ/kg), được xác định theo công thức 3.5:

$$LHV_{syngas} = \%m_{H_2} LHV_{H_2} + \%m_{CO} LHV_{CO} + \%m_{CH_4} LHV_{CH_4} \quad (3.5)$$

Trong đó:

$$\%m_{H_2} = \%V_{H_2} \cdot M_{H_2} / M_{syngas} = 0,673$$

$$\%m_{CO} = \%V_{CO} \cdot M_{CO} / M_{syngas} = 28,503$$

$$\%m_{CH_4} = \%V_{CH_4} \cdot M_{CH_4} / M_{syngas} = 0,32$$

Với:

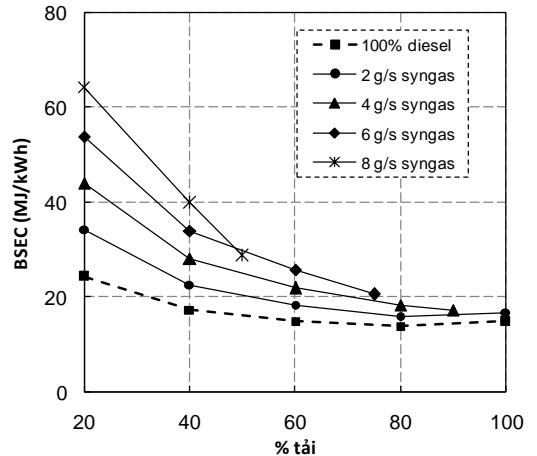
$$\begin{aligned} M_{syngas} &= \%V_{H_2} \cdot M_{H_2} + \%V_{CO} \cdot M_{CO} + \%V_{CH_4} \cdot M_{CH_4} + \%V_{CO_2} \cdot M_{CO_2} + \%V_{O_2} \cdot M_{O_2} + \%V_{N_2} \cdot M_{N_2} \\ &= 26,818 \text{ kg/kmol}. \end{aligned}$$

Kết quả mô phỏng so sánh suất tiêu hao năng lượng khi động cơ sử dụng luồng nhiên liệu ứng với lượng syngas thay thế khác nhau với đơn nhiên liệu được thể hiện trong bảng 3.10 và trên hình 3.11.

Bảng 3.10. *Suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau*

S 0 (g/s)			S 2 (g/s)			S 4 (g/s)			S 6 (g/s)			S 8 (g/s)		
Tải (%)	DO (g/h)	BSEC (MJ/kWh)	Tải (%)	DO (g/h)	BSEC (MJ/kWh)	Tải (%)	DO (g/h)	BSEC (MJ/kWh)	Tải (%)	DO (g/h)	BSEC (MJ/kWh)	Tải (%)	DO (g/h)	BSEC (MJ/kWh)
20	1200	24,3	20	1050	34,3	20	890	44,1	20	732	53,9	20	600	64,3
40	1548	17,3	40	1380	22,6	40	1230	28,2	40	1110	34,0	40	1000	40,0
60	1980	14,9	60	1800	18,4	60	1630	21,9	60	1500	25,8	50	1250	28,8
80	2508	13,8	80	2256	16,0	80	2050	18,4	75	1800	20,6	-	-	-
100	3024	14,9	100	2768	16,8	90	2240	17,3	-	-	-	-	-	-

Kết quả cho thấy, ở các chế độ từ 20–80% tải, với lượng syngas thay thế ít và vừa thì công suất của động cơ vẫn được duy trì như với trường hợp chạy đơn nhiên liệu, tuy nhiên mức tiêu hao năng lượng đều có xu hướng tăng. Điều này có thể được lý giải là do các khí thành phần có trong syngas như N_2 và CO_2 chiếm chỗ không khí nạp dẫn đến làm giảm lượng không khí nạp từ đó làm giảm tính năng kinh tế. BSEC khi sử dụng lưỡng nhiên liệu tăng từ 13% đến 122%, tương ứng với lưu lượng syngas cung cấp ít và vừa.



Hình 3.11. Đặc tính BSEC của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

d) Diễn biến quá trình cháy khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

Thông qua các kết quả đánh giá ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới khả năng làm việc của động cơ Mitsubishi S3L2 như được trình bày ở trên, thì công suất giới hạn của động cơ ở 1500 v/ph, với lượng syngas thay thế lớn nhất là 8 g/s thì lượng nhiên liệu diesel được cắt giảm là 29% tại chế độ 50% tải, mà vẫn đảm bảo giá trị $\lambda > 1$. Nên kết quả mô phỏng thể hiện diễn biến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh của động cơ tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph với các lượng syngas thay thế khác nhau được thể hiện trong bảng 3.11, 3.12 và trên hình 3.12 và 3.13.

Bảng 3.11. Diễn biến áp suất trong xy lanh (bar) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph

Độ TK	S 0 (g/s)	S 2 (g/s)	S 4 (g/s)	S 6 (g/s)	S 8 (g/s)
300	4,42	4,42	4,42	3,98	3,09
305	5,27	5,27	5,27	4,75	3,69
310	6,40	6,39	6,39	5,76	4,48
315	7,89	7,88	7,88	7,10	5,53
320	9,92	9,91	9,90	8,93	6,94
325	12,70	12,68	12,68	11,43	8,89
330	16,56	16,54	16,53	14,91	11,59
335	21,92	21,89	21,88	19,73	15,35
340	29,23	29,20	29,17	26,31	20,46
345	38,66	38,63	38,59	34,80	27,06
350	49,33	49,29	49,24	44,39	34,53
355	60,36	60,44	60,37	54,32	42,25
360	79,12	80,27	80,00	71,21	55,39
365	92,28	94,82	94,29	83,06	64,60
370	90,89	94,29	93,53	81,81	63,63

375	78,62	82,21	81,27	70,76	55,04
380	62,99	66,24	65,19	56,69	44,09
385	48,71	51,36	50,37	43,84	34,10
390	37,34	39,39	38,55	33,61	26,14
395	28,83	30,40	29,72	25,95	20,18
400	22,54	23,75	23,20	20,29	15,78
405	17,97	18,92	18,48	16,18	12,58
410	14,62	15,38	15,02	13,15	10,23
415	12,11	12,74	12,44	10,90	8,47
420	10,20	10,73	10,48	9,18	7,14
425	8,72	9,18	8,96	7,85	6,11
430	7,57	7,97	7,77	6,81	5,30
435	6,65	7,00	6,83	5,98	4,65
440	5,91	6,22	6,07	5,32	4,13

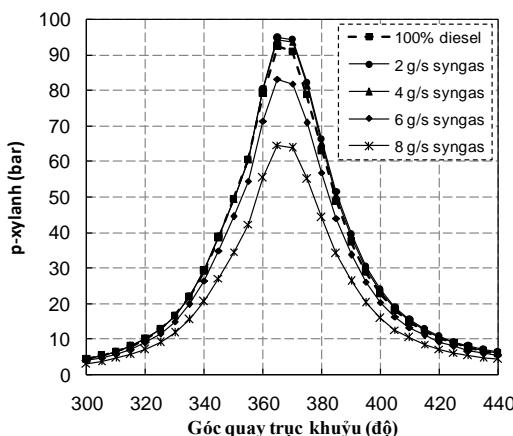
Bảng 3.12. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh (K) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph

Độ TK	S 0 (g/s)	S 2 (g/s)	S 4 (g/s)	S 6 (g/s)	S 8 (g/s)
300	567,9	565,9	565,6	567,9	567,9
305	596,3	594,0	593,7	596,3	596,3
310	628,5	625,8	625,6	628,5	628,5
315	665,1	662,0	661,9	665,1	665,1
320	706,6	703,1	703,0	706,6	706,6
325	753,6	749,7	749,8	753,6	753,6
330	806,5	802,2	802,4	806,5	806,5
335	865,1	860,5	860,8	865,1	865,1
340	928,1	923,2	923,8	928,1	928,1
345	992,0	986,8	987,6	992,0	992,0
350	1049,0	1043,6	1044,6	1049,0	1049,0
355	1124,7	1120,3	1122,2	1124,7	1124,7
360	1397,3	1405,9	1416,0	1257,6	1197,0
365	1689,8	1723,5	1749,8	1520,8	1282,5
370	1872,4	1928,2	1975,2	1685,2	1310,7
375	1930,6	1994,7	2058,4	1737,6	1351,4
380	1901,9	1963,7	2034,7	1711,7	1331,3

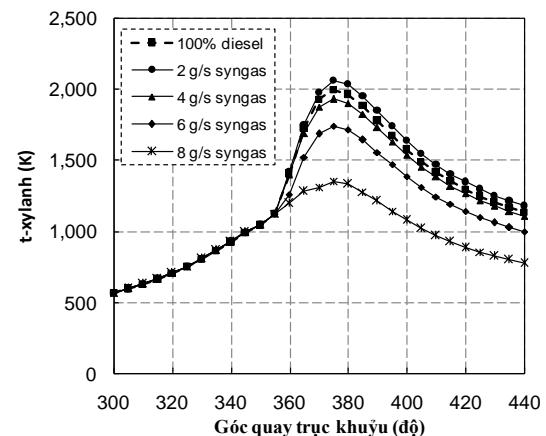
385	1825,4	1880,7	1952,5	1642,9	1277,8
390	1729,6	1778,0	1847,2	1556,6	1210,7
395	1631,8	1674,3	1740,1	1468,6	1142,2
400	1537,9	1575,6	1637,3	1384,1	1076,5
405	1454,2	1488,4	1546,8	1308,8	1018,0
410	1382,2	1413,8	1469,6	1244,0	967,6
415	1320,0	1349,7	1403,2	1188,0	924,0
420	1265,9	1294,1	1345,7	1139,3	886,1
425	1218,5	1245,5	1295,4	1096,6	852,9
430	1176,7	1202,8	1251,2	1059,1	823,7
435	1139,8	1165,0	1212,2	1025,8	797,9
440	1107,1	1131,6	1177,6	996,4	774,9

Ta có thể nhận thấy rằng trong trường hợp lưu lượng syngas thay thế ít và vừa, thì áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên một chút. Điều này có thể được giải thích là do thành phần hydro chứa trong syngas nên khi bổ sung vào động cơ làm cải thiện quá trình cháy.

Tuy nhiên, khi lưu lượng syngas thay thế lớn hơn, do ảnh hưởng của các thành phần khí trơ trong nhiên liệu khí cũng như sự chiếm chỗ không khí nạp làm cho quá trình cháy kém đi, áp suất và nhiệt độ cực đại trong xy lanh giảm, hiệu quả sinh công của động cơ giảm theo, đặc biệt ở lưu lượng syngas thay thế là 6 và 8 g/s.



Hình 3.12. Diễn biến áp suất trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế



Hình 3.13. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế

Diễn biến tốc độ tỏa nhiệt và tốc độ tăng áp suất cực đại được thể hiện trong bảng 3.13, 3.14 và hình 3.14, 3.15. Các kết quả thể hiện tốc độ tỏa nhiệt và tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh của động cơ ở chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph, với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau. Kết quả cũng cho thấy, ở lưu lượng syngas thay thế nhỏ (2 g/s) quá trình cháy diễn ra nhanh hơn tăng hiệu quả sinh công tuy nhiên tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh lại tăng trung bình 3,4%. Còn với lưu lượng syngas thay thế lớn hơn (4, 6 và 8 g/s), tốc độ tỏa nhiệt và tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh giảm tương ứng

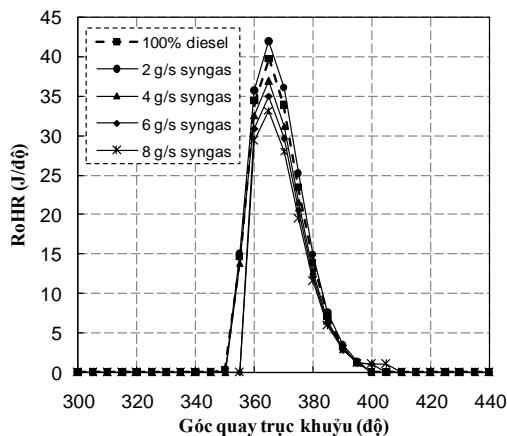
5,1% ,10 và 14,7% do chất lượng quá trình cháy bị ảnh hưởng bởi hiện tượng chiếm chỗ khí nạp cũng như các thành phần khí tro có trong syngas.

Bảng 3.13. *Điễn biến tốc độ tỏa nhiệt (J/độ) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph*

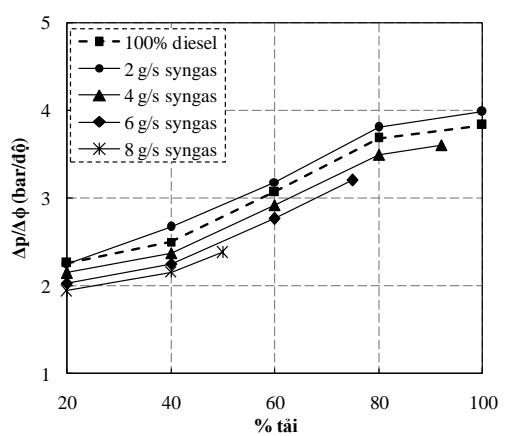
Độ TK	S 0 (g/s)	S 2 (g/s)	S 4 (g/s)	S 6 (g/s)	S 8 (g/s)
300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
310	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
315	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
320	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
325	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
330	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
335	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
340	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
345	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
350	0,00	0,30	0,19	0,00	0,00
355	13,91	14,65	14,99	0,00	0,00
360	32,53	34,36	35,68	30,91	29,28
365	36,89	39,76	41,92	35,05	33,20
370	31,16	33,86	36,09	29,60	28,04
375	21,64	23,49	25,21	20,56	19,47
380	12,81	13,83	14,89	12,17	11,53
385	6,58	7,06	7,60	6,25	5,92
390	2,98	3,18	3,42	2,83	2,85
395	1,20	1,28	1,37	1,14	1,28
400	0,00	0,00	0,00	1,09	1,08
405	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02
410	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
415	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
420	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
425	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
430	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
435	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
440	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bảng 3.14. Tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh (bar/độ) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

S 0 (g/s)		S 2 (g/s)		S 4 (g/s)		S 6 (g/s)		S 8 (g/s)	
Tải (%)	$\Delta p/\Delta\phi$ (bar/độ)	Tải (%)	$\Delta p/\Delta\phi$ (bar/độ)	Tải (%)	$\Delta p/\Delta\phi$ (bar/độ)	Tải (%)	$\Delta p/\Delta\phi$ (bar/độ)	Tải (%)	$\Delta p/\Delta\phi$ (bar/độ)
20	2,3	20	2,3	20	2,1	20	2,0	20	1,9
40	2,5	40	2,7	40	2,4	40	2,3	40	2,2
60	3,1	60	3,2	60	2,9	60	2,8	50	2,4
80	3,7	80	3,8	80	3,5	75	3,2	-	-
100	3,8	100	4,0	90	3,6	-	-	-	-



Hình 3.14. Tốc độ tua nhiệt trong xy lanh của động cơ ở các lưu lượng thay thế



Hình 3.15. Tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh động cơ ở các lưu lượng thay thế

Nhìn chung, ở chế độ thay thế syngas với lưu lượng lớn hiệu quả của quá trình cháy giảm, do đó cần thiết phải hiệu chỉnh lại một số thông số làm việc để đảm bảo được tính năng kinh tế và kỹ thuật của động cơ.

e) Phát thải độc hại của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

Các kết quả mô phỏng về ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến đặc tính làm việc và phát thải của động cơ được trình bày trong bảng 3.15 đến bảng 3.17 và trên hình 3.16 đến hình 3.17.

Bảng 3.15. Phát thải CO (ppm) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

S 0 (g/s)		S 2 (g/s)		S 4 (g/s)		S 6 (g/s)		S 8 (g/s)	
Tải (%)	CO	Tải (%)	CO	Tải (%)	CO	Tải (%)	CO	Tải (%)	CO
20	112	20	4500	20	7400	20	12000	20	19000
40	100	40	3900	40	6200	40	12000	40	18000
60	180	60	3000	60	6500	60	12000	50	19000
80	300	80	5000	80	10000	75	18000	-	-
100	3000	100	20000	90	27800	-	-	-	-

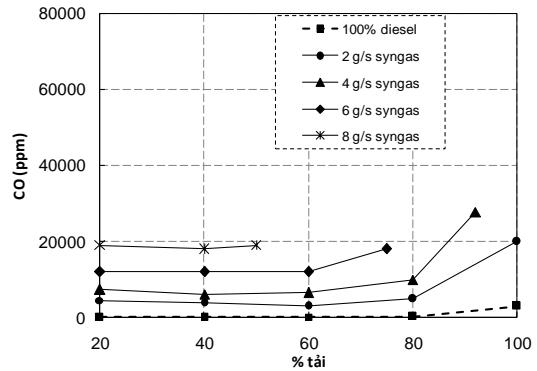
Như ta đã biết, khi động cơ ở chế độ toàn tải thì nồng độ CO lớn do $\lambda < 1$. Khi đó thì hỗn hợp thiêu ô xy, dẫn đến cacbon trong nhiên liệu không được phản ứng tiếp để chuyển CO thành CO₂, vì vậy nồng độ của CO là rất cao.

Trong khi đó, phát thải CO càng tăng khi tăng lưu lượng syngas, CO tăng lớn nhất tới 5% về thể tích khi lưu lượng syngas là 8 g/s ở chế độ toàn tải và gần 2% ở chế độ tải nhỏ. Điều đó cho thấy, khi lượng syngas đưa vào động cơ ở đường nạp được tăng lên, chiếm thể tích đường nạp, làm giảm hệ số nạp và dẫn đến hệ số dư lượng không khí giảm, hỗn hợp đậm hơn do đó phát thải CO tăng. Nguyên nhân dẫn tới hàm lượng CO cao như vậy có thể là do hai yếu tố. Thứ nhất là phát thải CO do quá trình cháy thiêu ô xy sinh ra. Thứ hai là hàm lượng CO trong khí syngas đưa vào đường nạp không tham gia quá trình ô xy hóa hoặc ô xy hóa không hoàn toàn dẫn tới hàm lượng CO tăng cao đột biến.

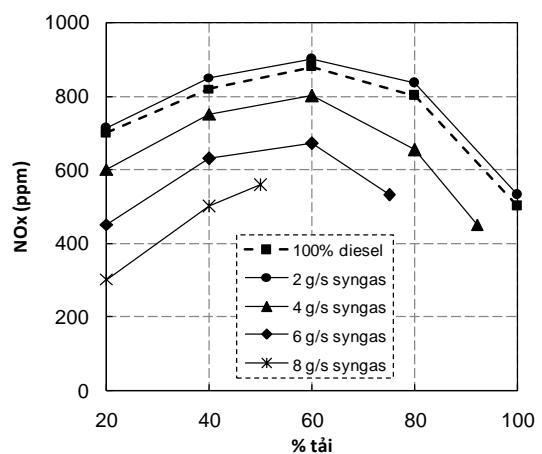
Bảng 3.16. Phát thải độc hại NO_x (ppm) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

S 0 (g/s)		S 2 (g/s)		S 4 (g/s)		S 6 (g/s)		S 8 (g/s)	
Tải (%)	NO _x								
20	700	20	713	20	600	20	450	20	300
40	820	40	850	40	750	40	630	40	500
60	880	60	900	60	800	60	670	50	558
80	800	80	834	80	653	75	530	-	-
100	500	100	530	90	450	-	-	-	-

Kết quả mô phỏng cũng cho thấy, khi tăng lưu lượng syngas thì phát thải NO_x giảm và soot tăng lên. Phát thải NO_x giảm lớn nhất 120,68% khi lưu lượng syngas là 8 g/s. Với lưu lượng syngas 2 g/s thì phát thải NO_x tăng một chút do hàm lượng hydro làm tăng tốc độ và nhiệt độ của quá trình cháy. Với lưu lượng syngas lớn hơn, hiệu quả của quá trình cháy giảm làm thành phần NO_x giảm xuống.



Hình 3.16. Phát thải CO khi sử dụng luồng nhiên liệu



Hình 3.17. Phát thải NO_x khi sử dụng luồng nhiên liệu

Bảng 3.17. Phát thải độc hại soot (g/kWh) khi động cơ sử dụng DO-S với các lưu lượng syngas khác nhau tại các chế độ tải và tốc độ 1500 v/ph

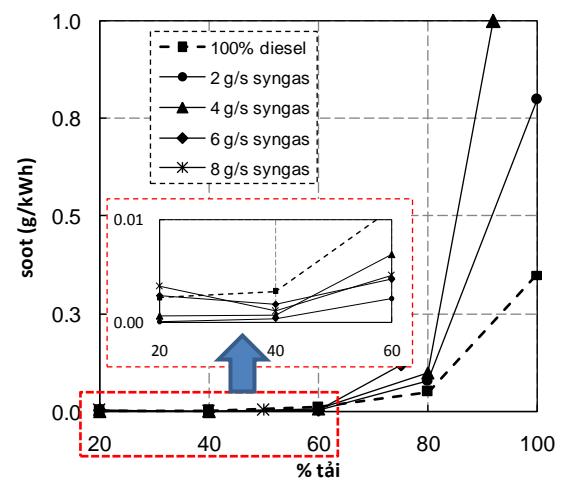
S 0 (g/s)		S 2 (g/s)		S 4 (g/s)		S 6 (g/s)		S 8 (g/s)	
Tải (%)	soot	Tải (%)	soot	Tải (%)	soot	Tải (%)	soot	Tải (%)	soot
20	0,00240	20	0,00011	20	0,000651	20	0,00262	20	0,00352
40	0,00300	40	0,00035	40	0,000734	40	0,00179	40	0,0011
60	0,01100	60	0,00234	60	0,006628	60	0,00419	50	0,0046
80	0,05000	80	0,08	80	0,1	75	0,12	-	-
100	0,35000	100	0,8	90	1	-	-	-	-

Phát thải soot có xu hướng tăng lên khi tăng lưu lượng syngas thay thế, ở chế độ tải lớn, khi mà hệ số dư lượng không khí khá nhỏ như thể hiện trên hình 3.18. Trong khi đó, ở chế độ tải vừa và nhỏ, phát thải soot giảm một chút khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau, do lúc này hòa khí khá nhạt, lượng khí syngas bổ sung cải thiện quá trình cháy, từ đó giảm phát thải soot.

3.4.3.2. Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun sorm

Thông qua các kết quả đánh giá ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới khả năng làm việc của động cơ Mitsubishi S3L2 như được trình bày trong mục 3.4.3.1, thì công suất giới hạn của động cơ ở 1500 v/ph, với lượng syngas thay thế lớn nhất 8 g/s thì lượng nhiên liệu diesel được cắt giảm là 29% tại chế độ 50% tải, mà vẫn đảm bảo giá trị $\lambda > 1$. Để cải thiện tính năng kinh tế cũng như kỹ thuật của động cơ, cần thiết đánh giá ảnh hưởng của góc phun sorm diesel khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu so với trường hợp giữ nguyên góc phun sorm nguyên bản (NB), với các tỷ lệ syngas thay thế khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph.

Bảng 3.18. Ảnh hưởng của góc phun sorm tới công suất động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph



Hình 3.18. Phát thải soot khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

TT	φ_s (°TK)	Công suất (kW)				
		0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)
1	↓2	5,7	5,69	5,66	5,59	5,56
2	NB	5,7	5,7	5,66	5,61	5,58
3	↑2	5,69	5,786	5,7	5,66	5,64

4	↑4	5,63	5,71	5,56	5,59	5,64
5	↑6	5,53	5,53	5,33	5,43	5,48
6	↑8	5,46	5,52	5,19	5,33	5,38

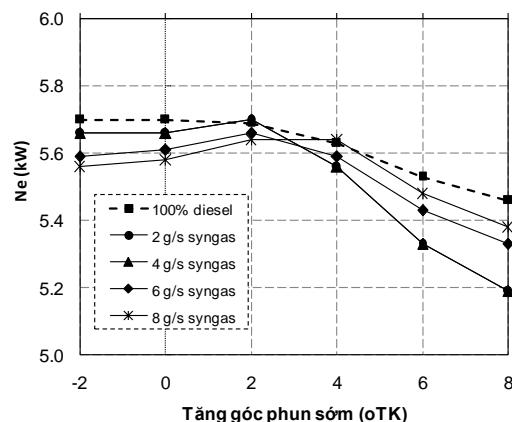
Bảng 3.19. Ảnh hưởng của góc phun són tới các thành phần phát thải độc hại với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph

TT	ϕ_s (°TK)	NO _x (ppm)					CO (ppm)					soot (g/kWh)				
		0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)	0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)	0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)
1	↓2	864	864	768	643	536	162	2700	5850	10800	17100	0,0089	0,0016	0,0050	0,0030	0,0040
2	NB	882	882	784	657	547	162	2700	5850	10800	17100	0,0109	0,0023	0,0066	0,0041	0,0046
3	↑2	891	891	792	663	552	156	2592	5616	10368	16416	0,0129	0,0028	0,0079	0,0050	0,0055
4	↑4	909	909	808	676	563	143	2385	5167	9539	15103	0,0149	0,0036	0,0102	0,0065	0,0071
5	↑6	936	936	832	697	580	127	2122	4598	8489	13441	0,0168	0,0045	0,0129	0,0079	0,0089
6	↑8	973	973	865	725	603	107	1783	3863	7131	11291	0,0198	0,0059	0,0158	0,0099	0,0119

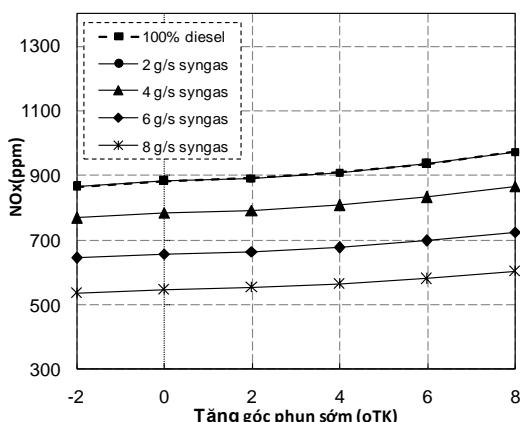
Góc phun són nguyên bản của động cơ khi sử dụng hoàn toàn diesel là 8°TK ở chế độ 50% tải và tốc độ 1500v/ph. Để đánh giá ảnh hưởng của góc phun són đến đặc tính làm việc và phát thải của động cơ, thực hiện tăng góc phun són 2°TK, 4°TK, 6°TK, 8°TK và giảm 2°TK ở chế độ 50% tải và tốc độ 1500v/ph, ứng với lưu lượng syngas thay thế từ 2÷8 g/s.

Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của góc phun són tới công suất và phát thải của động cơ, với các lượng thay thế khác nhau được thể hiện trong bảng 3.18, 3.19 và hình 3.19÷3.22.

Hình 3.19 thể hiện công suất động cơ khi thay đổi góc phun són tại 50% tải và tốc độ 1500v/ph, lưu lượng syngas thay đổi từ 2÷8 g/s. Kết quả cho thấy, khi giảm góc phun són 2°TK thì công suất thay đổi không nhiều. Khi tăng góc phun són lên 2°TK cho công suất cực đại. Nếu tiếp tục tăng góc phun són lên 4°TK, 6°TK và 8°TK thì công suất giảm tương ứng là 0,9%; 2,4% và 4,5%. Điều này có thể giải thích là khi tăng góc phun són quá nhiều (từ 4°TK trở lên) thì quá trình cháy diễn ra sóm



Hình 3.19. Ảnh hưởng của góc phun són tới công suất động cơ



Hình 3.20. Ảnh hưởng của góc phun són tới phát thải NO_x

hơn, làm tăng công nén.

Hình 3.20, 3.21 và 3.22 thể hiện biến thiên NO_x, soot và CO khi thay đổi góc phun sém. Kết quả cho thấy, khi giảm góc phun sém, cả 3 thành phần phát thải thay đổi không nhiều trong khi nếu tăng góc phun sém 2°TK, 4°TK, 6°TK, 8°TK thì thành phần NO_x thay đổi không nhiều, CO giảm tương ứng là 3,82%; 7,71%; 11,63% và 15,5%; phát thải soot tăng tương ứng là 1,21%; 2,85%; 4,98% và 8,2%.

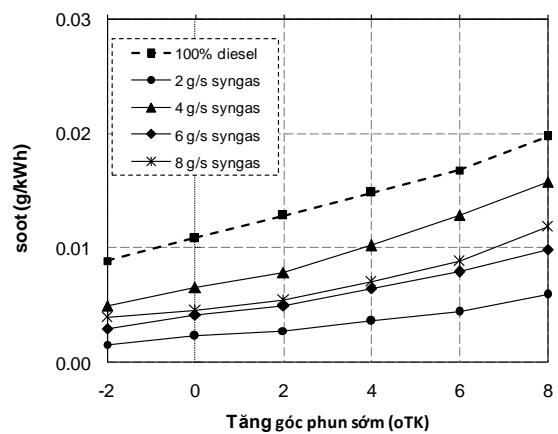
Điều này có thể giải thích là khi tăng góc phun sém, quá trình cháy diễn ra sớm hơn, làm giảm khả năng cháy không hoàn toàn, do đó CO giảm, NO_x thay đổi ít. Mặt khác, khi phun sém diesel làm tăng thời gian cháy trễ, hỗn hợp nhiên liệu diesel và không khí được cháy ở thành phần kém đồng nhất hơn làm cho phát thải soot tăng.

Với kết quả như trên, thấy rằng khi góc phun sém tăng 2°TK thì công suất đạt cực đại, NO_x thay đổi không nhiều, soot tăng ít, CO giảm mạnh. Còn nếu tiếp tục tăng góc phun sém thì công suất giảm mạnh, trong khi phát thải cải thiện không đáng kể. Do đó, đối với động cơ Mitsubishi S3L2, tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph, với lưu lượng từ 2÷8 g/s syngas thì nên tăng góc phun sém lên 2°TK (tương ứng 10°TK). Đây là cơ sở để thiết kế bộ điều khiển góc phun sém sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas. Điều chỉnh lượng nhiên liệu để đảm bảo công suất của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu, bằng với khi sử dụng nhiên liệu diesel thuận túy. Ta đi điều chỉnh lượng syngas cung cấp sao cho công suất động cơ đảm bảo ở tốc độ 1500v/ph. Ứng với lượng diesel được thay thế (từ 8,5÷50%) bởi lưu lượng syngas cần bổ sung, để tính toán và thiết kế lại hệ thống cung cấp nhiên liệu sao cho cung cấp đủ khi cần thiết.

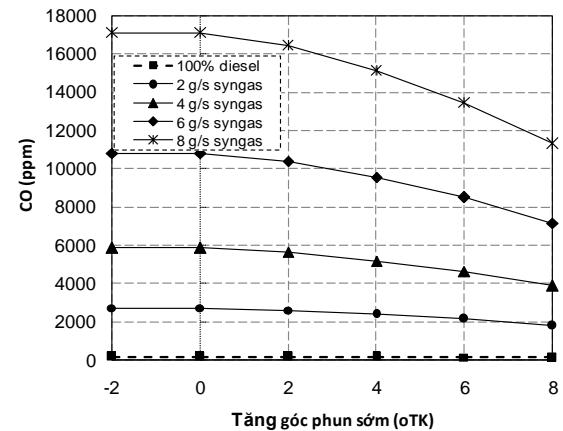
3.4.3.3. Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của áp suất phun nhiên liệu diesel

Ngoài thông số điều chỉnh là góc phun sém, áp suất phun nhiên liệu diesel cũng là thông số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành hòa khí và chất lượng quá trình cháy, do đó khi điều chỉnh thông số này có thể cải thiện tính năng kinh tế cũng như kỹ thuật của động cơ.

Để đánh giá ảnh hưởng của áp suất phun đến đặc tính làm việc và phát thải của động cơ, thực hiện với góc phun sém nguyên bản của động cơ khi sử dụng hoàn toàn diesel là 15MPa. Cụ thể là tăng áp suất phun lên 16÷17 MPa và giảm xuống 14 MPa tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500v/ph, tương ứng lưu lượng syngas thay thế từ 2 đến 8 g/s. Kết quả mô



Hình 3.21. Ảnh hưởng của góc phun sém tới phát thải soot



Hình 3.22. Ảnh hưởng của góc phun sém tới phát thải CO

phỏng ảnh hưởng của áp suất phun diesel tới công suất và phát thải của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu được thể hiện trong bảng 3.20, 3.21 và hình 3.23 đến 3.25.

Kết quả cho thấy, khi áp suất phun giảm xuống 14 MPa đã làm công suất động cơ giảm xuống. Nguyên nhân chính là do chất lượng hình thành hỗn hợp kém đi khi giảm áp suất phun, từ đó ảnh hưởng đến hiệu quả quá trình cháy đối với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu diesel cũng như sử dụng lưỡng nhiên liệu. Công suất có ích giảm trung bình khoảng 0,26% đến 0,31% đối với các trường hợp mô phỏng. Ngược lại, khi áp suất phun tăng lên thì đặc tính động cơ được cải thiện. Như chúng ta đã biết, khi tăng áp suất phun, công tốn hao cơ giới tăng lên, tuy nhiên hiệu quả mang lại là nhiên liệu phun tối ưu, hỗn hợp nhiên liệu và không khí hòa trộn tốt hơn nên quá trình cháy được cải thiện, kết quả là công suất có ích tăng.

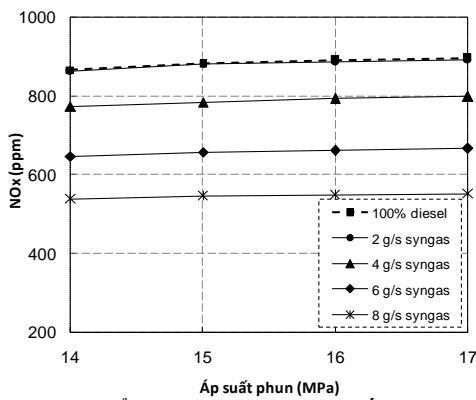
Bảng 3.20. *Ảnh hưởng của áp suất phun tới công suất động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph*

TT	p (MPa)	Công suất (kW)					
		0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)	
1	14	5,68	5,7	5,64	5,58	5,55	
2	15	5,70	5,70	5,66	5,61	5,58	
3	16	5,70	5,72	5,68	5,63	5,6	
4	17	5,72	5,72	5,64	5,63	5,58	

Bảng 3.21. *Ảnh hưởng của áp suất phun tới các thành phần phát thải độc hại của động cơ với các lưu lượng syngas khác nhau tại chế độ 50% tải và tốc độ 1500 v/ph*

TT	p (MPa)	NO _x (ppm)					CO (ppm)					soot (g/kWh)				
		0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)	0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)	0 (g/s)	2 (g/s)	4 (g/s)	6 (g/s)	8 (g/s)
1	14	867	862	774	647	539	171	2700	5967	12150	18000	0,0109	0,0023	0,0066	0,0042	0,0050
2	15	882	882	784	657	547	162	2700	5850	10800	17100	0,0109	0,0023	0,0066	0,0041	0,0046
3	16	892	887	794	662	549	154	2518	5508	9770	16416	0,0099	0,0022	0,0050	0,0038	0,0040
4	17	897	894	799	666	551	139	2325	5022	8820	15103	0,0089	0,0021	0,0040	0,0030	0,0031

Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải độc hại của động cơ ở các lưu lượng thay thế khác nhau cho thấy cả 3 thành phần phát thải thay đổi không nhiều. Phát thải NO_x có xu hướng thay đổi lưu lượng theo áp suất phun còn phát thải CO thì ngược lại. Phát thải NO_x giảm trung bình khoảng 1,6% khi giảm áp suất phun (14 MPa) và tăng lên trung bình khoảng 0,8 và 1,6% khi tăng áp suất phun (16 và 17 MPa) vì tính năng làm việc của động cơ được cải thiện như đã phân tích ở trên. Phát thải CO tăng trung bình 5,1% khi giảm áp suất phun do quá trình cháy kém hiệu quả bởi áp suất phun ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hình thành hỗn hợp và giảm 6,2 và 14,5% khi tăng áp suất phun lên 16÷17 MPa.



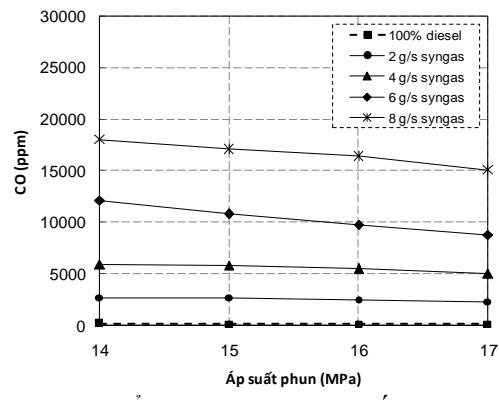
Hình 3.23. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải NO_x

Phát thải soot là sản phẩm của quá trình ô xy hóa không hoàn toàn nhiên liệu dạng lỏng. Như vậy, khi tăng áp suất phun phát thải soot có xu hướng giảm do quá trình phun nhiên liệu hoàn hảo hơn, giảm được phần nhiên liệu phun rót và ngược lại khi giảm áp suất phun sẽ làm quá trình phun kéo dài và xuất hiện phun rót từ đó làm tăng hàm lượng phát thải soot như thể hiện trên hình 3.25. Cụ thể soot tăng 1,8% khi giảm áp suất phun và cải thiện 12,4 và 25,8% khi tăng áp suất phun.

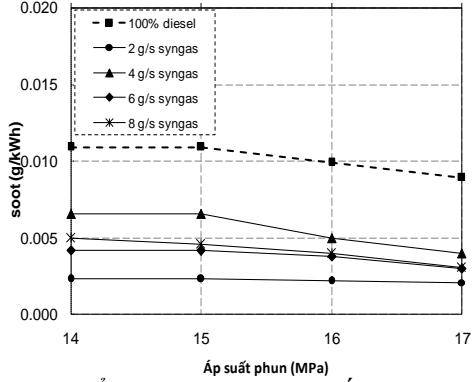
3.4.3.4. Kết quả mô phỏng đánh giá ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu

Kết quả mô phỏng các thông số làm việc của động cơ như công suất có ích, suất tiêu hao năng lượng có ích và phát thải của động cơ ở tốc độ 1500 v/ph, lưu lượng syngas thay thế là 2 g/s với 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) trong khi thông số điều chỉnh áp suất phun và góc phun sớm không thay đổi, được thể hiện trên bảng 3.22 đến 3.27 và hình 3.26 đến 3.31.

Bảng 3.22. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới hệ số dư lượng không khí với lượng syngas thay thế là 2 g/s



Hình 3.24. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải CO



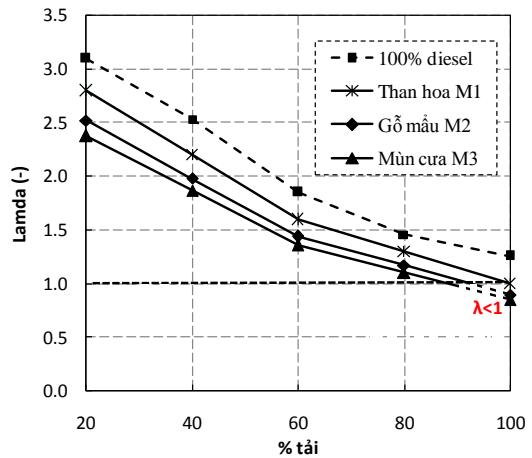
Hình 3.25. Ảnh hưởng của áp suất phun tới phát thải soot

TT	Tải (%)	Hệ số dư lượng không khí (-)			
		DO	M1	M2	M3
1	20	3,10	2,80	2,52	2,38
2	40	2,53	2,20	1,98	1,87
3	60	1,85	1,60	1,44	1,36
4	80	1,46	1,30	1,17	1,11
5	100	1,26	1,00	0,90	0,85

Bảng 3.23. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới công suất động cơ với lượng syngas thay thế là 2 g/s

TT	Tải (%)	Công suất (kW)			
		DO	M1	M2	M3
1	20	2,94	2,94	2,93	2,93
2	40	4,27	4,27	4,21	4,22
3	60	7,17	7,17	7,06	7,11
4	80	9,07	9,07	8,96	9,03
5	100	10,70	10,7	10,02	10,05

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng hydro trong syngas có ảnh hưởng tới tính năng kỹ thuật của động cơ. Cụ thể các mẫu có hàm lượng hydro cao (gỗ mẫu, mùn cưa) sẽ có công suất cao hơn so với mẫu than hoa mặc dù vậy ở vùng tải cao vẫn không thể duy trì được công suất như trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu diesel (hình 3.26). Suất tiêu hao năng lượng có ích cải thiện một chút với các mẫu khí có hàm lượng hydro cao, điều này cho thấy thành phần hydro có tác dụng cải thiện đáng kể quá trình cháy (hình 3.27).



Hình 3.26. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới λ

Do ảnh hưởng chiếm chỗ đường nạp của nhiên liệu dạng khí, đặc biệt là hydro, hệ số dư lượng không khí có xu hướng giảm khi sử dụng mẫu gỗ mẫu và mùn cưa so với mẫu than hoa như thể hiện trên hình 3.28.

Bảng 3.24. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ với lượng syngas thay thế là 2 g/s

TT	Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ (g/h)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	1200	20	1050	20	998	20	1029
2	40	1548	40	1380	40	1311	40	1352
3	60	1980	60	1800	60	1710	60	1764
4	80	2508	80	2256	80	2143	80	2211
5	100	3024	100	2768	90	2359	90	2457

Bảng 3.25. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới suất tiêu hao năng lượng với lượng syngas thay thế là 2 g/s

TT	Suất tiêu hao năng lượng (MJ/kWh)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	24,3	20	34,3	20	31,0	20	33,0
2	40	17,3	40	22,6	40	21,0	40	21,9
3	60	14,9	60	18,4	60	17,0	60	18,0
4	80	13,8	80	16,0	80	15,0	80	15,7
5	100	14,9	100	16,8	90	15,3	90	16,0

Bảng 3.26. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại CO với lượng syngas thay thế là 2 g/s

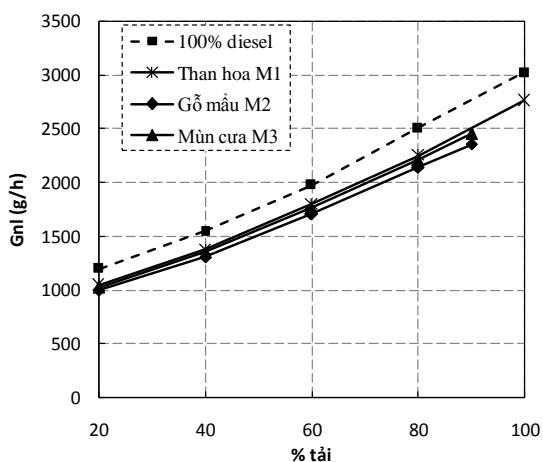
TT	Phát thải độc hại CO (ppm)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	112	20	4500	20	3825	20	4050
2	40	100	40	3900	40	3315	40	3510
3	60	180	60	3000	60	2550	60	2700
4	80	300	80	5000	80	4250	80	4500
5	100	3000	100	20000	90	8778	90	9800

Bảng 3.27. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại soot với lượng syngas thay thế là 2 g/s

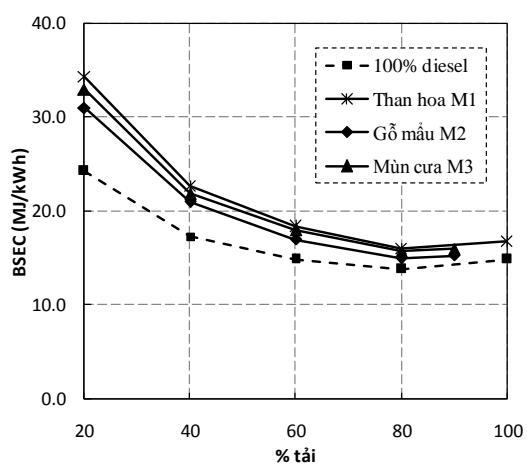
TT	Phát thải độc hại soot (g/kWh)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	0,002400	20	0,000110	20	0,000094	20	0,000105
2	40	0,003000	40	0,000350	40	0,000298	40	0,000333
3	60	0,011000	60	0,002340	60	0,001989	60	0,002223
4	80	0,050000	80	0,080000	80	0,068000	80	0,076000
5	100	0,350000	100	0,800000	90	0,360000	90	0,400000

Bảng 3.28. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới thành phần phát thải độc hại NO_x với lượng syngas thay thế là 2 g/s

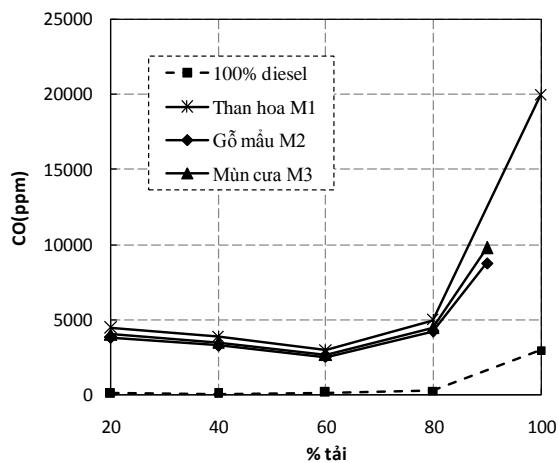
TT	Phát thải độc hại NO_x (ppm)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	700	20	713	20	784	20	734
2	40	820	40	850	40	935	40	875
3	60	880	60	900	60	990	60	927
4	80	800	80	834	80	917	80	859
5	100	500	100	530	90	768	90	730



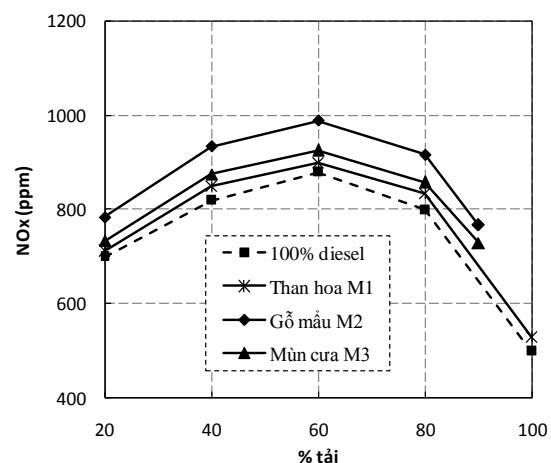
Hình 3.27. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ



Hình 3.28. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới BSEC



Hình 3.29. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới phát thải CO

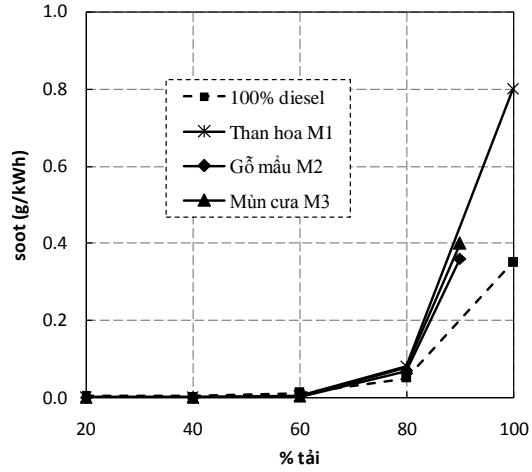


Hình 3.30. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới phát thải NO_x

Các thành phần phát thải có xu hướng thay đổi theo hàm lượng khí hydro trong mẫu syngas. Phát thải NO_x là sản phẩm của quá trình ô xy hóa ni tơ có xu hướng tăng lên khi sử dụng mẫu gỗ mầu và mùn cưa trong khi phát thải CO và soot có xu hướng ngược lại. Có thể lý giải điều này là do hàm lượng khí hydro có tác động cải thiện quá trình ô xy hóa hỗn hợp nhiên liệu, làm nhiệt độ buồng cháy tăng lên làm tăng NO_x (mặc dù lượng không khí nạp có xu hướng giảm khi sử dụng các mẫu M2, M3 do ảnh hưởng chiếm chỗ của hydro) và quá trình cháy cải thiện làm giảm CO và soot như thể hiện từ hình 3.29 đến 3.31. Điều này có thể thấy rõ trên đồ thị thể hiện diễn biến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh cũng như tốc độ tăng áp suất cực đại khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas có nguồn gốc khác nhau như thể hiện trong bảng 3.28 đến 3.32 và trên hình 3.32 đến 3.35.

Bảng 3.29. Ánh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới áp suất trong xy lanh (bar) với lượng syngas thay thế là 2 g/s

Độ TK	DO	M1	M2	M3
300	4,42	4,42	4,77	4,64
305	5,27	5,27	5,69	5,53
310	6,40	6,39	6,90	6,71
315	7,89	7,88	8,51	8,28
320	9,92	9,91	10,70	10,40
325	12,70	12,68	13,70	13,32
330	16,56	16,54	17,86	17,37
335	21,92	21,89	23,65	22,99
340	29,23	29,20	31,54	30,66
345	38,66	38,63	41,72	40,56
350	49,33	49,29	53,23	51,75
355	60,36	60,44	65,28	63,46
360	79,12	80,27	86,69	84,28
365	92,28	94,82	102,41	99,56
370	90,89	94,29	101,84	99,01



Hình 3.31. Ánh hưởng của thành phần syngas tới soot

Điều này có thể thấy rõ trên đồ thị thể hiện diễn biến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh cũng như tốc độ tăng áp suất cực đại khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas có nguồn gốc khác nhau như thể hiện trong bảng 3.28 đến 3.32 và trên hình 3.32 đến 3.35.

Điều này có thể thấy rõ trên đồ thị thể hiện diễn biến áp suất và nhiệt độ trong xy lanh cũng như tốc độ tăng áp suất cực đại khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas có nguồn gốc khác nhau như thể hiện trong bảng 3.28 đến 3.32 và trên hình 3.32 đến 3.35.

375	78,62	82,21	88,78	86,32
380	62,99	66,24	71,53	69,55
385	48,71	51,36	55,47	53,93
390	37,34	39,39	42,54	41,36
395	28,83	30,40	32,83	31,92
400	22,54	23,75	25,65	24,93
405	17,97	18,92	20,44	19,87
410	14,62	15,38	16,61	16,15
415	12,11	12,74	13,76	13,38
420	10,20	10,73	11,59	11,27
425	8,72	9,18	9,92	9,64
430	7,57	7,97	8,60	8,36
435	6,65	7,00	7,56	7,35
440	5,91	6,22	6,72	6,53

Bảng 3.30. Ánh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới nhiệt độ trong xy lanh (K) với lượng syngas thay thế là 2 g/s

Độ TK	DO	M1	M2	M3
300	565,9	565,6	610,9	593,9
305	594,0	593,7	641,2	623,4
310	625,8	625,6	675,7	656,9
315	662,0	661,9	714,8	694,9
320	703,1	703,0	759,3	738,2
325	749,7	749,8	809,8	787,3
330	802,2	802,4	866,6	842,5
335	860,5	860,8	929,7	903,9
340	923,2	923,8	997,7	970,0
345	986,8	987,6	1066,6	1037,0
350	1043,6	1044,6	1128,2	1096,8
355	1120,3	1122,2	1211,9	1178,3
360	1405,9	1416,0	1529,3	1486,8
365	1723,5	1749,8	1889,8	1837,3
370	1928,2	1975,2	2133,2	2074,0

375	1994,7	2058,4	2223,1	2161,3
380	1963,7	2034,7	2197,5	2136,4
385	1880,7	1952,5	2108,7	2050,1
390	1778,0	1847,2	1995,0	1939,6
395	1674,3	1740,1	1879,3	1827,1
400	1575,6	1637,3	1768,2	1719,1
405	1488,4	1546,8	1670,6	1624,2
410	1413,8	1469,6	1587,2	1543,1
415	1349,7	1403,2	1515,5	1473,4
420	1294,1	1345,7	1453,3	1413,0
425	1245,5	1295,4	1399,0	1360,2
430	1202,8	1251,2	1351,3	1313,8
435	1165,0	1212,2	1309,1	1272,8
440	1131,6	1177,6	1271,8	1236,4

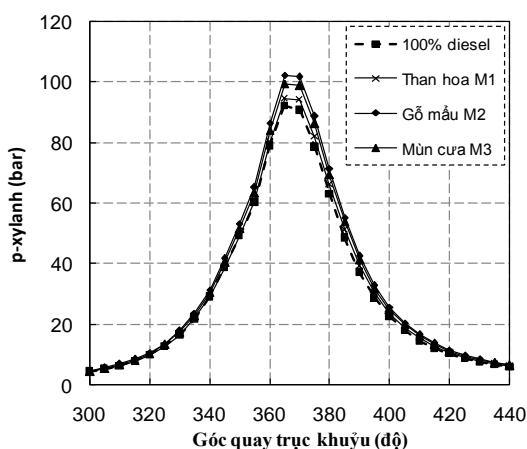
Bảng 3.31. Ánh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới tốc độ tỏa nhiệt (J/độ) với lượng syngas thay thế là 2 g/s

Độ TK	DO	M1	M2	M3
300	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,00	0,00	0,00	0,00
310	0,00	0,00	0,00	0,00
315	0,00	0,00	0,00	0,00
320	0,00	0,00	0,00	0,00
325	0,00	0,00	0,00	0,00
330	0,00	0,00	0,00	0,00
335	0,00	0,00	0,00	0,00
340	0,00	0,00	0,00	0,00
345	0,00	0,00	0,00	0,00
350	0,30	0,19	0,20	0,20
355	14,65	14,99	16,19	15,74
360	34,36	35,68	38,54	37,47
365	39,76	41,92	45,28	44,02
370	33,86	36,09	38,97	37,89
375	23,49	25,21	27,23	26,47
380	13,83	14,89	16,08	15,64

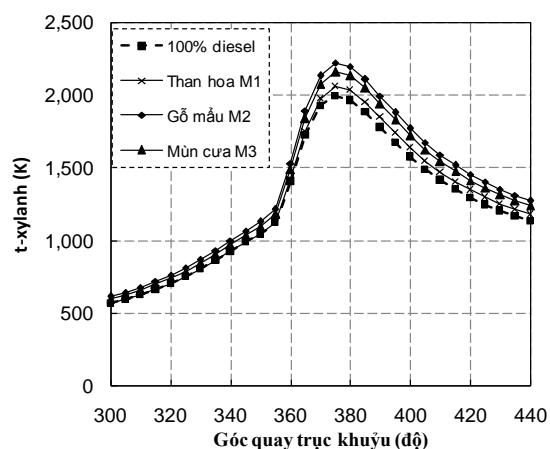
385	7,06	7,60	8,21	7,98
390	3,18	3,42	3,69	3,59
395	1,28	1,37	1,48	1,44
400	0,00	0,00	0,00	0,00
405	0,00	0,00	0,00	0,00
410	0,00	0,00	0,00	0,00
415	0,00	0,00	0,00	0,00
420	0,00	0,00	0,00	0,00
425	0,00	0,00	0,00	0,00
430	0,00	0,00	0,00	0,00
435	0,00	0,00	0,00	0,00
440	0,00	0,00	0,00	0,00

Bảng 3.32. Ảnh hưởng của 3 mẫu syngas than hoa (M1), mẫu gỗ (M2) và mùn cưa (M3) tới độ tăng áp suất cực đại (bar/độ) với lượng syngas thay thế là 2 g/s

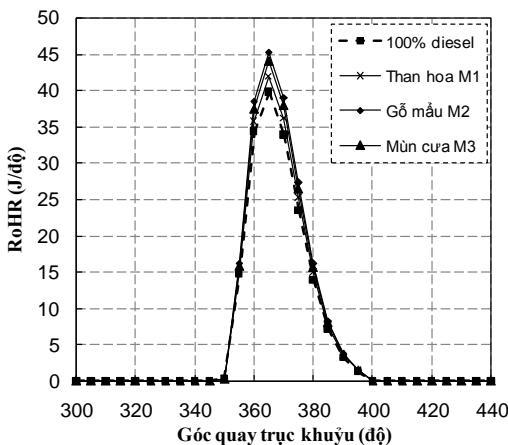
TT	Tốc độ tăng áp suất cực đại (bar/độ)							
	Tải (%)	DO	Tải (%)	M1	Tải (%)	M2	Tải (%)	M3
1	20	2,26	20	2,25	20	2,36	20	2,32
2	40	2,50	40	2,67	40	2,80	40	2,75
3	60	3,07	60	3,18	60	3,34	60	3,28
4	80	3,68	80	3,80	80	3,99	80	3,91
5	100	3,83	100	3,98	90	4,18	90	4,10



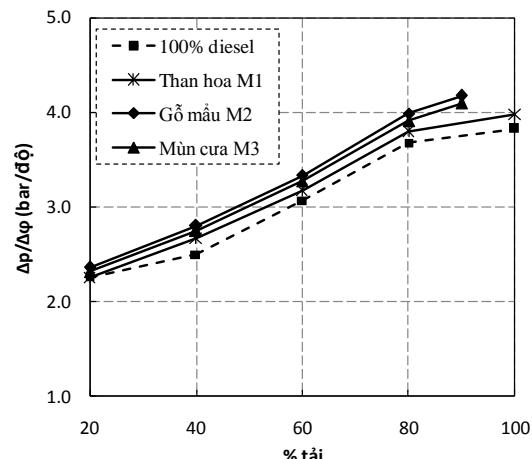
Hình 3.32. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới áp suất trong xy lanh



Hình 3.33. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới nhiệt độ trong xy lanh



Hình 3.34. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới tốc độ tỏa nhiệt



Hình 3.35. Ảnh hưởng của thành phần syngas tới tốc độ tăng áp suất cực đại

Nhìn chung kết quả mô phỏng cho thấy, hàm lượng hydro trong mẫu syngas tăng lên sẽ có tác dụng cải thiện quá trình đốt cháy nhiên liệu nên áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên từ đó cải thiện một phần tính năng kỹ thuật của động cơ. Tuy nhiên, như đã phân tích ở trên, tốc độ tăng áp suất cực đại trong xy lanh và phát thải NO_x tăng lên một chút.

3.5. Kết luận chương 3

Trên cơ sở các nội dung đã trình bày, có thể rút ra những kết luận sau đây:

- Đã xây dựng thành công mô hình mô phỏng hệ thống cung cấp syngas và thực hiện mô phỏng để xác định được vị trí, kích thước và hình dạng của đường cấp syngas phù hợp với các chế độ làm việc của cụm động cơ diesel máy phát điện bằng phần mềm CFD Fluent.
- Đã xây dựng thành công mô hình mô phỏng động cơ Mitsubishi S3L2 sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas và thực hiện chạy mô phỏng bằng phần mềm AVL-Boost. Tuy nhiên khi tăng tải và lưu lượng syngas thay thế nhiều thì % diesel thay thế bị giảm, công suất chỉ duy trì đến 50% tải. Suất tiêu hao năng lượng tăng lên khi tăng dần lưu lượng syngas thay thế, điều này cho thấy chất lượng của quá trình cháy có xu hướng giảm.
- Khi tăng lưu lượng syngas phát thải NO_x giảm trong khi phát thải CO và soot có xu hướng tăng ở chế độ tải lớn do ảnh hưởng chiếm chỗ không khí nạp.
- Khi sử dụng syngas cho động cơ Mitsubishi S3L2 nên tăng góc phun sớm diesel nhằm giảm phát thải CO và các thành phần phát thải khác mà không làm ảnh hưởng đến công suất động cơ, với chế độ 50% tải và tốc độ động cơ 1500 v/ph, nên tăng góc phun sớm 2°TK so với góc phun sớm nguyên bản của động cơ.

-
- Áp suất phun nhiên liệu diesel là thông số ảnh hưởng tới tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ. Tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của thông số này tới tính năng kỹ thuật là không đáng kể, ảnh hưởng ít tới phát thải NO_x và CO và ảnh hưởng đáng kể tới phát thải soot.
 - Syngas sản xuất từ các nguồn khác nhau như than hoa, gỗ mầu và mùn cưa có hàm lượng sản phẩm hydro khác nhau. Hàm lượng hydro trong syngas có ảnh hưởng đáng kể tới tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ. Khi tăng hàm lượng hydro trong nhiên liệu, quá trình cháy có xu hướng được cải thiện làm tăng công suất, giảm tiêu hao năng lượng và cải thiện được thành phần phát thải CO, soot. Cụ thể, với mẫu nhiên liệu sản xuất từ mùn cưa và gỗ mầu có hàm lượng hydro cao hơn so với mẫu nhiên liệu sản xuất từ than hoa nên tính năng kinh tế, kỹ thuật và thành phần phát thải CO, soot có cải thiện, tuy nhiên mức độ không đáng kể.
 - Kết quả mô phỏng động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với syngas được sản xuất từ than hoa, với lượng syngas thay thế 2 g/s thì động cơ duy trì được công suất như trường hợp chạy diesel thuần túy, vẫn đảm bảo $\lambda > 1$ và lượng diesel được thay thế tối đa là 12,5%; với lượng syngas thay thế 4 g/s thì động cơ chỉ duy trì công suất đến <90% tải, vẫn đảm bảo $\lambda > 1$ và lượng diesel được thay thế tối đa là 25,83%; còn với lượng syngas thay thế 6 g/s thì công suất của động cơ chỉ duy trì đến <75% tải, vẫn đảm bảo $\lambda > 1$ và lượng diesel được thay thế tối đa là 39%; với lượng syngas thay thế 8 g/s thì công suất động cơ chỉ duy trì đến 50% tải, vẫn đảm bảo $\lambda > 1$ và lượng diesel được thay thế tối đa là 50%.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

4.1. Mục tiêu và phạm vi thực nghiệm

a) Mục tiêu thực nghiệm

Quá trình nghiên cứu, thực nghiệm nhằm đánh giá tính năng công suất, mức tiêu hao nhiên liệu và thành phần phát thải của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas với lưu lượng syngas thay thế khác nhau.

Kết quả thực nghiệm được so sánh với kết quả mô phỏng bằng phần mềm AVL-Boost, để từ đó khẳng định lại tính chính xác của mô hình mô phỏng cũng như phương pháp nghiên cứu.

b) Phạm vi thực nghiệm

Quá trình thực nghiệm tiến hành trên hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp năng lượng quy mô nhỏ phù hợp điều kiện Việt Nam.

c) Vị trí thực nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành tại xưởng gia công áp lực, Viện Năng lượng tái tạo - Nhiệt lạnh và Phòng thí nghiệm ĐCĐT Trường ĐHBK Hà Nội.

4.2. Thiết bị và chế độ thực nghiệm

4.2.1. Động cơ thực nghiệm

Động cơ Mitsubishi S3L2 là đối tượng tập trung nghiên cứu, đây là động cơ diesel 4 kỳ (3 xy lanh) tĩnh tại dẫn động máy phát điện như đã được trình bày trong mục 3.2. Đây là động cơ được sử dụng phổ biến, vận hành và sửa chữa đơn giản, ở tốc độ 1500 v/ph đạt công suất điện lớn nhất 8,75 kW; đường kính và hính trình piston là 78x92; tỷ số nén 22:1 và suất tiêu hao nhiên liệu là 275 g/kWh. Các thông số kỹ thuật của động cơ được thể hiện trong bảng 3.1 và hình 3.1.

4.2.2. Máy phát điện DT12-MS

Máy phát điện được trang bị tại Phòng thí nghiệm Tiết kiệm năng lượng Viện Khoa học và Công nghệ Nhiệt lạnh có kí hiệu DT12-MS được sản xuất tại Việt Nam với các thông số kỹ thuật được thể hiện rõ trong bảng phụ lục 1.2. Máy phát điện được lắp ráp trực tiếp với động cơ diesel S3L2 của hãng Mitsubishi như thể hiện trên hình 4.1. Động cơ diesel S3L2 sử dụng bộ điều tốc kiểu cơ khí trực tiếp tự động cắt giảm nhiên liệu diesel khi tăng hoặc giảm công suất điện tại chế độ 1500 v/ph. Động cơ diesel



Hình 4.1. Cụm động cơ diesel - máy phát điện

dẫn động máy phát điện này rất thông dụng, vận hành đơn giản và phát điện rất ổn định ở tốc độ định mức của động cơ. Hệ thống khí hóa sinh khối được đấu nối trực tiếp với cụm động cơ diesel - máy phát điện, syngas (khí sản phẩm) được sản xuất liên tục từ hệ thống khí hóa sinh khối và được cung cấp đến hệ thống nạp của động cơ diesel với lưu lượng được điều chỉnh và xác định thông qua van tiết lưu và thiết bị đo lưu lượng.

Cụm động cơ diesel - máy phát điện được trang bị trong Phòng thí nghiệm đảm bảo các yêu cầu về nhiệt độ và môi trường thực nghiệm, việc lắp đặt động cơ - hệ thống khí hóa sinh khối và các thiết bị đo phụ trợ lên cụm động cơ thử nghiệm được thực hiện một cách đơn giản, dễ dàng.

4.2.3. Nhiên liệu thực nghiệm

Nhiên liệu diesel sử dụng trong thực nghiệm được mua tại Đại lý xăng dầu, đạt tiêu chuẩn của Petrolimex còn syngas được cấp từ hệ thống thiết bị khí hóa với nguyên liệu đầu vào là than hoa tương ứng với mẫu syngas như thể hiện trong bảng 4.1.

Bảng 4.1. Các thành phần của syngas sản xuất từ than hoa

TT	Thành phần	%Vol
1	H ₂	9,02
2	CO	27,3
3	O ₂	1,7
4	N ₂	55,1
5	CH ₄	0,02
6	CO ₂	6,86

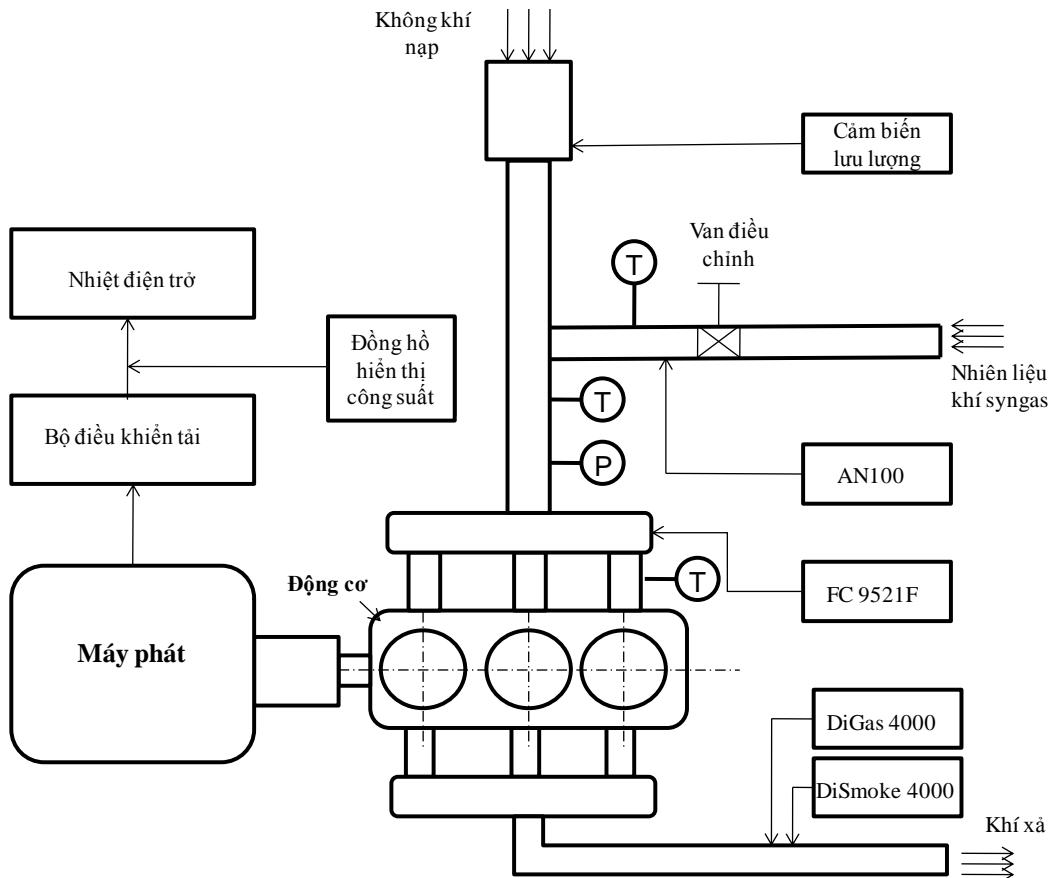
4.2.4. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm

Sơ đồ toàn bộ hệ thống thực nghiệm từ hệ thống sản xuất syngas cung cấp cho cụm động cơ diesel - máy phát điện được thể hiện trong phụ lục 1.8.

Trong thử nghiệm ta sử dụng phương pháp khí hóa Downdraft với ưu điểm là cho syngas sạch và phù hợp với các nhiên liệu sẵn có, thiết kế đơn giản. Các thiết bị chính trong hệ thống bao gồm: Hệ thống cung cấp gió, dùng quạt thổi cấp không khí vào trong lò với công suất 2,2kW. Ống gió có đồng hồ đo áp suất và các van chặn. Thiết bị khí hóa có nhiệm vụ cung cấp nguyên liệu sinh khối, khí hóa nguồn nguyên liệu sinh khối tạo ra syngas. Thiết bị lọc bụi và thiết bị tách và giữ tro có nhiệm vụ lọc bụi và tách tro trong sản phẩm khí, làm sạch nguồn syngas trước khi được đưa vào sử dụng. Thiết bị làm nguội và rửa khí có nhiệm vụ làm nguội và làm sạch sản phẩm khí trước khi sản phẩm được cấp cho động cơ máy phát. Thiết bị này được lắp sau thiết bị lọc bụi và tách giữ tro. Nếu sử dụng sản phẩm syngas cho sản xuất thì có thể dùng trực tiếp không cần qua thiết bị này.

Sơ đồ bố trí hệ thống thực nghiệm cụm động cơ diesel - máy phát điện và các thiết bị đo được thể hiện trên hình 4.2, gồm các thiết bị chính sau: hệ thống sản xuất syngas, động cơ Mitsubishi S3L2 - máy phát điện, thiết bị đo thành phần khí thải từ động cơ DiGas 4000, thiết bị đo độ mờ khói của động cơ DiSmoke 4000, thiết bị đo lưu lượng khí nạp của

động cơ Flowmeter 735, bộ điều khiển điện và đồng hồ đo công suất điện năng, thiết bị đo lưu lượng syngas, thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu FC- 9521F, các phụ tải nhiệt điện trở.



Hình 4.2. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm



Hình 4.3. Một số hình ảnh thực tế lắp đặt hệ thống thực nghiệm

4.2.5. Thiết kế và chế tạo đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ thực nghiệm

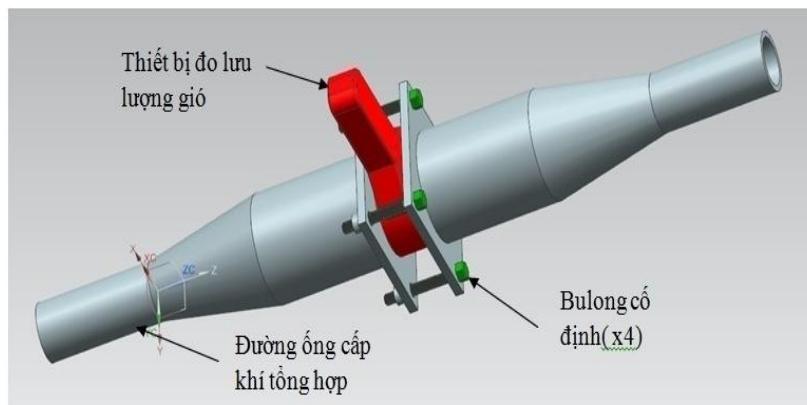
Để phục vụ cho thực nghiệm, thiết kế và chế tạo đường cấp syngas cho động cơ cũng như thiết kế lại đường nạp, thải để có thể lắp các thiết bị đo lưu lượng, nhiệt độ hay các thành phần khí thải... Quá trình thiết kế chế tạo và lắp đặt thực hiện dựa trên kết cấu

nguyên bản của đường nạp và đường thải. Hệ thống được thiết kế một cách đơn giản nhưng vẫn đảm bảo giảm thiểu tổn thất lưu động của dòng khí, tạo thuận lợi cho dòng syngas cấp vào động cơ cũng như không gây cản trên đường thải.

4.2.5.1. Thiết kế và chế tạo đường cấp syngas

a) Thiết kế đường cấp syngas và lắp đặt thiết bị đo lưu lượng syngas

Hệ thống cung cấp syngas được lắp đặt bằng ống thép Φ37 loại chuyên dụng dành cho các hệ thống cung cấp khí nén với ưu điểm là bền, không bị ô xy hóa. Trên đường cung cấp syngas được lắp đặt các van đóng ngắt syngas và van điều chỉnh lưu lượng syngas. Đường ống cấp syngas một đầu được lắp với đầu ra của hệ thống khí hóa, một đầu được lắp với bộ hòa trộn. Ngoài các van đóng ngắt đường cấp khí và van điều chỉnh lưu lượng syngas, trên đường cung cấp syngas được thiết kế lắp đặt máy đo tốc độ gió nhằm đo lưu lượng syngas, cảm biến nhiệt độ syngas nhằm phục vụ cho quá trình đo đạc, thực nghiệm.



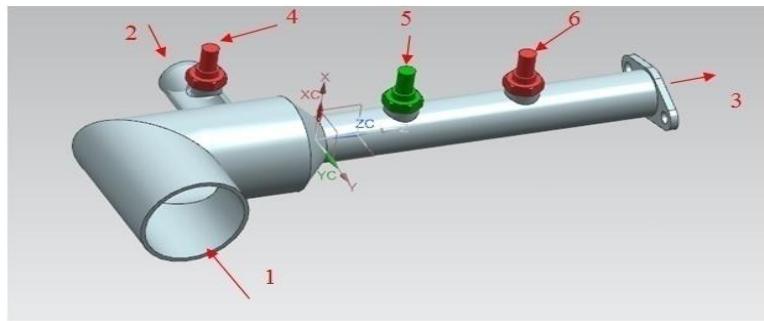
Hình 4.4. Phương án thiết kế và lắp đặt thiết bị đo lưu lượng syngas

Để lắp đặt thiết bị xác định lưu lượng syngas, đoạn đường ống cấp syngas được chế tạo chi tiết như hình 4.4 và được lắp đặt như phần phụ lục 1.9. Bề mặt lắp ghép đầu đo lưu lượng gió được bôi keo làm kín và lắp cố định bằng 4 bulông.

b) Thiết kế đường nạp cho động cơ và lắp đặt các đầu cảm biến

Hệ thống đường ống nạp của động cơ được chế tạo chi tiết như thể hiện trong phụ lục 1.11. Thiết kế sơ bộ đường ống nạp cho động cơ và lắp đặt các đầu cảm biến được thể hiện trên hình 4.5 và được lắp đặt như phần phụ lục 1.11. Đoạn đường cấp khí syngas (2) được chế tạo bằng thép Φ37 nhằm lắp với hệ thống cung cấp syngas bằng ống nối ren. Trên đường syngas này được khoan lỗ và tạo ren M6 để lắp đặt đầu cảm biến nhiệt độ. Đường không khí nạp vào được chế tạo bằng thép Φ90 để đảm bảo dòng không khí nạp vào động cơ ổn định và có thể hòa trộn tốt với syngas. Đầu vào đường ống nạp được lắp bộ lọc không khí nạp.

Trên đoạn đường ống Φ40 của đường ống nạp được khoan và tạo ren để lắp đặt đầu đo áp suất đường ống nạp. Khoan lỗ tạo ren để lắp đặt cảm biến nhiệt độ hỗn hợp khí nạp cho động cơ. Mặt bích A được chế tạo để lắp ghép đường ống nạp với cỗ hút của động cơ bằng 2 bulông.



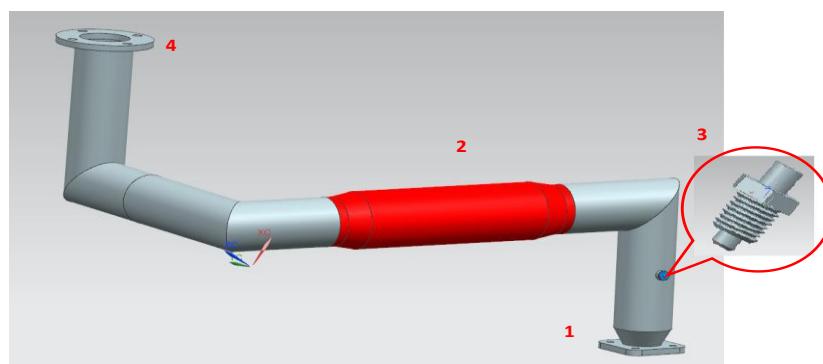
Hình 4.5. Đường ống nạp của động cơ và vị trí gá các đầu cảm biến

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Đường không khí nạp vào | 4,5. Đầu đo nhiệt độ syngas và hỗn hợp khí nạp |
| 2. Đường syngas | 6. Đầu đo áp suất khí nạp |
| 3. Đầu lắp với cỗ hút động cơ | |

4.2.6. Thiết kế và chế tạo đường ống xả cho động cơ và lắp đặt các đầu cảm biến

Đường ống xả của động cơ có nhiệm vụ giảm tiếng ồn do dòng khí thải động cơ gây ra. Hệ thống ống xả của động cơ được thiết kế lại cho phù hợp hơn với điều kiện làm thực nghiệm tại phòng thử nghiệm. Đường xả của động cơ được lắp với hệ thống đường xả trong phòng thử nghiệm nhằm dễ dàng lấy mẫu khí thải động cơ phục vụ cho quá trình thực nghiệm, đưa khí thải của động cơ qua đường dẫn khí thải ra khỏi phòng thử nghiệm tránh gây ô nhiễm.

Đường ống xả của động cơ được thiết kế như hình 4.6. Đường ống xả được làm bằng ống thép đùong kính $\Phi 60$ mm được gia công lắp đặt như hình vẽ. Mặt bích 1 được hàn cố định vào 1 đầu đường ống xả, có nhiệm vụ lắp với cỗ xả của động cơ. Mặt bích 4 có nhiệm vụ lắp cố định với hệ thống đường ống xả của phòng thử nghiệm. Trên đường ống xả có thiết kế lỗ ren để lắp đầu cảm biến nhiệt độ khí thải của động cơ.



Hình 4.6. Đường ống xả của động cơ thử nghiệm

- | | |
|--|---|
| 1. Mặt bích lắp đường ống xả với cỗ xả của động cơ | 4. Mặt bích lắp đường xả của động cơ với hệ thống ống xả trong phòng thử nghiệm |
| 2. Ống nối mềm bằng thép | |
| 3. Cảm biến nhiệt độ khí thải | |

4.2.7. Thiết bị phân tích phát thải khí

Thiết bị phân tích khí thải được sử dụng là bộ AVL-Emission Testers Series 4000 (hình 4.7) của Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Bộ thiết bị bao gồm AVL-DiSmoke 4000 và AVL-DiGas 4000.

DiGas 4000 có nhiệm vụ để đo các thành phần có trong khí thải như: carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂), nitrogen oxides (NO và NO_x), carbon hydrides (HC). Mỗi bộ phân tích được chia thành 4 dải đo, tuỳ thuộc vào hàm lượng thực tế các chất có trong khí thải mà bộ phân tích sẽ tự lựa chọn dải đo phù hợp. Để đảm bảo độ chính xác của phép đo, các bộ phân tích được hiệu chuẩn trước khi đo bởi chất khí hiệu chuẩn ứng với từng dải đo.

Độ khói được xác định bằng thiết bị DiSmoke 4000. Khi thực hiện thực nghiệm, đầu đo của thiết bị được gắn vào đường ống gần cổ xả của động cơ. Kết quả đo được lưu lại và hiển thị trên màn hình của thiết bị hoặc được in ra giấy dễ dàng theo dõi đánh giá.

Nguyên lý đo độ khói dựa trên tính chất bức xạ điện từ của ánh sáng khi đi qua môi trường thì sẽ giảm cường độ dọc theo chiều dài ống. Công thức tính toán độ mờ khói dựa theo định luật Beer - Lambert:

$$\frac{I}{I_0} = 1 - \frac{N}{100} \quad (4.1)$$

Trong đó:

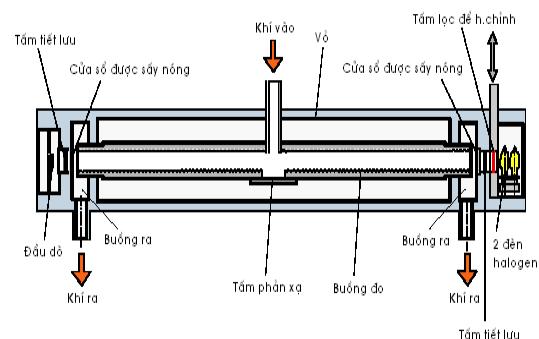
- N (%): Độ mờ khói
- I, I₀: Cường độ sáng của bộ thu và nguồn

Cấu tạo của buồng đo độ khói được đưa ra trong hình 4.8. Về nguyên tắc có thể đo độ cản quang khi chiều ánh sáng dọc theo dòng khí hoặc độ cản quang khi chiều ánh sáng ngang dòng khí. Trên cơ sở đó, nguyên lý đo của thiết bị dựa vào độ giảm cường độ sáng của ánh sáng từ nguồn qua độ dài L của mẫu khí khi đến bộ thu. Độ giảm cường độ sáng phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Số lượng muội than trong khí thải



Hình 4.7. Bộ thiết bị phân tích khí thải AVL Emission Testers Series 4000



Hình 4.8. Cấu tạo buồng đo độ khói

- Kích thước hạt muội
- Đặc điểm hấp thụ ánh sáng của hạt muội
- Độ dài đường đi của chùm ánh sáng qua khí thải.

Kết cấu buồng đo có kích thước xác định nên độ giảm sáng phụ thuộc vào độ khói của mẫu khí thử.

4.2.8. Bộ điều khiển tải và bộ nhiệt điện trở

Bộ nhiệt điện trở trong thực nghiệm được sử dụng là bộ thử tải với các dây điện trở có cánh tản nhiệt và sử dụng quạt gió để tản nhiệt như được thể hiện trên hình 4.9 và 4.10. Hệ thống sử dụng 10 dây nhiệt điện trở, mỗi dây nhiệt điện trở có công suất 1kW được mắc song song với nhau.

Bộ điều khiển tải có nhiệm vụ thay đổi điện trở của bộ nhiệt điện trở nhằm thay đổi tải tiêu thụ điện của bộ nhiệt điện trở này qua đó điều khiển tải đặt lên động cơ.



Hình 4.9. Bộ điều khiển tải



Hình 4.10. Hệ thống thử tải bằng các nhiệt điện trở

4.2.9. Thiết bị đo công suất điện

Công suất động cơ được xác định bởi công suất điện của máy phát. Đồng hồ đo công suất có nhiệm vụ đo công suất tiêu thụ điện trên hệ thống nhiệt điện trở. Công suất điện tiêu thụ được xác định nhờ thiết bị đo công suất có kí hiệu 591043, 60V-2000Ω, độ chính xác 0,5% như thể hiện trên hình 4.11 và đặc điểm thông số kỹ thuật được thể hiện trong bảng 4.2.



Hình 4.11. Thiết bị đo công suất điện

Bảng 4.2. Thông số kỹ thuật của thiết bị đo công suất điện

TT	Thông số	Giá trị
1	Tên thiết bị	Đồng hồ đo công suất - 591043
2	Thang đo	0,1 kW
3	Dải đo	0÷12 kW
4	Độ chính xác	0,5%
5	Điện áp và dòng điện giới hạn	240 V - 5 A

4.2.10. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu diesel

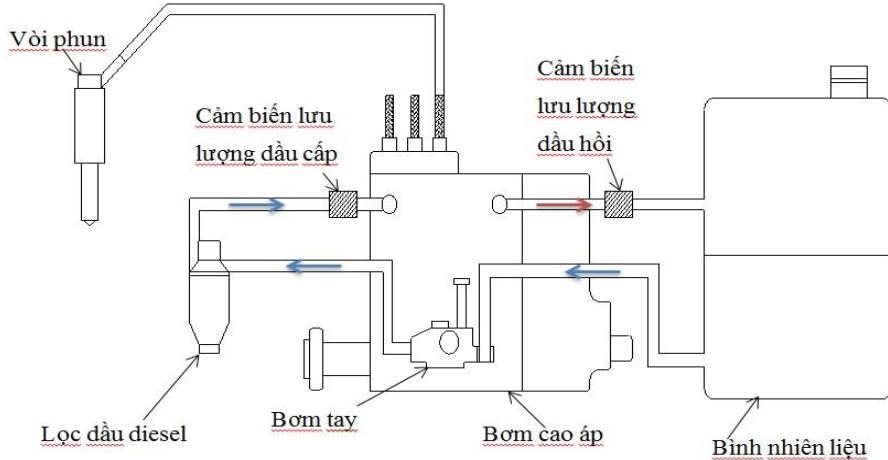
Lượng nhiên liệu tiêu hao tức thời xác định bằng lượng nhiên liệu được bơm cấp vào động cơ trừ lượng nhiên liệu hồi cùng thời điểm. Số liệu cuối cùng được xác định dựa trên kết quả trung bình của các giá trị tức thời trong một khoảng thời gian nhất định. Lượng diesel tiêu thụ tại các chế độ thực nghiệm được xác định bằng thiết bị FC- 9521F, thiết bị đo này có độ chính xác 1%, chi tiết thể hiện trên hình 4.12. Thông số kỹ thuật và sơ đồ nguyên lý lắp đặt thiết bị được thể hiện trong bảng 4.3 và hình 4.13.



Hình 4.12. Thiết bị đo lượng nhiên liệu diesel

Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật của thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu Fuel Consumption Meter FC-9521

TT	Thông số	Giá trị
1	Nguồn cấp	12÷24V, lấy nguồn ắc quy hoặc pin theo máy, hay qua bộ chuyển đổi nguồn AC
2	Dải đo	Mức tiêu hao nhiên liệu: (0,001÷999,999) lít Mức độ tiêu thụ nhiên liệu: 0,1÷50 lít/giờ
3	Sai số	$\leq \pm 1\%$
4	Các loại nhiên liệu	Xăng, dầu nhẹ, dầu thắp sáng, dầu nặng



Hình 4.13. Sơ đồ lắp đặt thiết bị FC-9521

Thiết bị sử dụng hai cảm biến lưu lượng nhiên liệu loại điện từ. Lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ được xác định qua công thức:

$$G_{nl \text{ tiêu thụ}} = G_{nl \text{ vào}} - G_{nl \text{ hồi}}$$

Trong đó: $G_{nl \text{ tiêu thụ}}$ – là lượng nhiên liệu động cơ tiêu thụ trong một đơn vị thời gian; $G_{nl \text{ vào}}$ và $G_{nl \text{ hồi}}$ – là lượng nhiên liệu cung cấp vào thiết bị đo và nhiên liệu hồi về thùng.

Cảm biến lưu lượng dầu cấp được lắp trên đường dầu từ lọc diesel vào bơm cao áp, cảm biến lưu lượng dầu hồi được lắp trên đường dầu hồi từ bơm về bình nhiên liệu. Cảm biến lưu lượng dầu cấp sẽ đo lưu lượng nhiên liệu đi vào bơm. Cảm biến lưu lượng dầu hồi đo lưu lượng nhiên liệu hồi từ động cơ hồi về bình chứa. Kết quả đo sẽ được tính dựa trên lượng nhiên liệu vào và lượng nhiên liệu hồi về bình trong khoảng thời gian lấy mẫu đo. Sau đó, thiết bị tính toán để đưa ra mức tiêu hao nhiên liệu của động cơ trong 1 giờ với mức đo 1/h.

4.2.11. Các thiết bị đo khác

Việc chọn và lắp đặt các thiết bị đo khác như lượng không khí nạp được xác định bằng cảm biến lưu lượng khói lượng, cảm biến áp suất khí nạp, cảm biến nhiệt độ syngas và cảm biến nhiệt độ không khí nạp. Các thiết bị này được hiệu chỉnh tại PTN Động cơ đốt trong, Trường ĐHBK Hà Nội trước khi tiến hành thực nghiệm.

a) Thiết bị đo áp suất

Khi thực nghiệm động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, thì áp suất đường ống nạp là thông số quan trọng. Thiết bị đo áp suất sẽ hiển thị áp suất thay đổi trên đường ống nạp khi cấp syngas. Trong nghiên cứu này thiết bị đo áp suất khí PSA-1 được sử dụng để đo áp suất khí tăng áp thể hiện trên hình 4.14.

Cảm biến áp suất PSA-1 được sử dụng



Hình 4.14. Thiết bị đo áp suất PSA-1

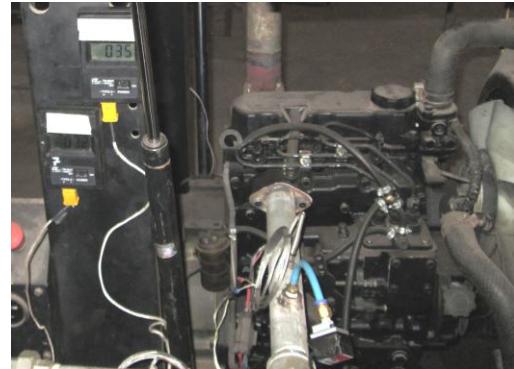
rộng rãi với độ nhạy và độ chính xác cao. Ngoài ra, loại cảm biến này rất nhỏ gọn, sử dụng đơn giản, dễ dàng tháo lắp. Các thông số kỹ thuật của cảm biến được đưa ra trong bảng 4.4.

Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật thiết bị đo áp suất tăng áp PSA-1

TT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
1	Dải đo	-100÷1000	kPa
2	Nguồn điện cung cấp	12÷24	V
3	Điện áp đầu ra	1÷5	V
4	Dòng điện tiêu thụ	50	mA
5	Độ chính xác	0,2	%
6	Nhiệt độ làm việc	-20÷60	°C
7	Đường kính cáp nối	3	mm
8	Trọng lượng toàn bộ	120	gam

b) Thiết bị đo nhiệt độ

Trong nghiên cứu này, thiết bị đo nhiệt độ TM-902C được sử dụng để đo nhiệt độ các vùng cần theo dõi. Thông số nhiệt độ khí nạp cũng cần phải theo dõi để đánh giá hiệu quả làm mát và bôi trơn của động cơ. Hình ảnh lắp cảm biến nhiệt độ cho động cơ và các thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ TM-902C được đưa ra trong bảng 4.5 và hình 4.15.



Hình 4.15. Lắp đặt cảm biến đo nhiệt độ đường nạp, thải động cơ TN

Bảng 4.5. Thông số kỹ thuật cảm biến nhiệt độ TM-902C

TT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
1	Dải đo	-50÷1300	°C
2	Nguồn điện cung cấp	9	V
3	Dòng điện tiêu thụ	50	mA
4	Độ chính xác	0,3	%
5	Kích thước bao	105x70x20	mm
6	Đường kính cáp nối	3	mm
7	Trọng lượng toàn bộ	120	gam

c) Thiết bị đo lưu lượng khí nạp

Lưu lượng khí nạp được xác định bằng thiết bị đo lưu lượng không khí Flowmeter 735 để từ đó đánh giá hệ số dư lưu lượng không khí λ như thể hiện trên hình 4.16.



Hình 4.16. Thiết bị đo lưu lượng khí nạp

d) Thiết bị đo lưu lượng syngas

Để xác định lượng syngas cấp vào động cơ, sử dụng thiết bị AN100-CFM/CMM đo lưu lượng syngas từ hệ thống khí hóa cấp vào động cơ. Trong đó lưu lượng được xác định bằng tích số giữa vận tốc dòng chảy với tiết diện ống. Thiết bị có dải đo từ 0÷30 m/s, độ chính xác 3% kết hợp với van khí để kiểm soát lưu lượng syngas cấp vào động cơ ứng với các chế độ phụ tải khác nhau như thể hiện trên hình 4.17.



Hình 4.17. Thiết bị đo lưu lượng syngas

4.2.12. Chế độ thực nghiệm

Khí mẫu cần đo được đưa vào hệ thống có áp suất 580 mbar và lưu lượng 1500 l/h. Khí mẫu và khí cháy (hỗn hợp H₂/He có áp suất 1050 mbar và lưu lượng 30 l/h) được hòa trộn với nhau và đưa vào buồng cháy với áp suất là 680 mbar. Trước tiên thực nghiệm hệ thống động cơ - máy phát ở chế độ đơn nhiên liệu diesel (chưa cấp syngas vào động cơ) ứng với công suất phụ tải thay đổi từ 0÷9 kW. Khi chạy thử nghiệm lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, việc điều chỉnh lượng syngas chính xác như quá trình mô phỏng (2, 4, 6 và 8 g/s) là rất khó vì lưu lượng syngas của hệ thống khí hóa sinh khối không ổn định (phụ thuộc vào công suất của hệ thống sản xuất syngas). Mặt khác, để đảm bảo ở các chế độ thử nghiệm, lượng syngas được cung cấp cơ bản giống nhau ở cùng chế độ thử nghiệm, van tiết lưu được thiết lập 4 chế độ mở là 25, 50, 75 và 100% (mở hoàn toàn). Cơ sở thiết lập chế độ mở van tiết lưu này phù hợp với công suất của hệ thống sản xuất syngas và nghiên cứu mô phỏng quá trình cháy của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas,

ứng với độ mở van tiết lưu đó thì cho lưu lượng syngas là 2,1, 3,4, 5,1 và 6,9 g/s từ hệ thống, (giá trị này có được tính toán dựa vào thành phần khí syngas và lưu lượng thể tích syngas xác định bởi thiết bị đo lưu lượng gió như trình bày trên hình 4.17).

Điều kiện thực nghiệm: động cơ làm việc ổn định ($n=1500$ v/ph, nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ dầu bôi trơn, áp suất dầu bôi trơn, nhiệt độ khí nạp... ổn định). Tại các chế độ thử lượng nhiên liệu diesel được điều chỉnh để giữ nguyên công suất đầu ra của cụm động cơ - máy phát.

Mỗi điểm đo được thực hiện 3 lần, kết quả là trung bình cộng của 3 lần đo. Phụ tải ngoài được thay đổi từ 0% đến 100% thông qua bộ điều khiển tải là các điện trở nhiệt mắc song song, được làm mát bằng gió.

Thực nghiệm nhằm đo công suất động cơ, mức tiêu thụ nhiên liệu diesel, lưu lượng không khí nạp, vận tốc, nhiệt độ của syngas cấp cho động cơ và phát thải CO, CO₂, HC, NO_x, độ phát thải khói của động cơ trong các chế độ tải khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.

Để dừng thí nghiệm, trước tiên ta phải cắt phụ tải điện và vận hành động cơ ở chế độ không tải, sau dừng cấp syngas vào động cơ bằng cách khóa đường cấp khí syngas, đồng thời cho động cơ chạy với nhiên liệu diesel ở chế độ không tải thêm khoảng 5-10 phút để đốt hết khí sản phẩm dư trên đường ống, làm mát động cơ và hồi dầu về các te.

4.3. Kết quả thực nghiệm và thảo luận

Kết quả thực nghiệm được trình bày chi tiết trong các bảng phụ lục 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, và 1.7. Dưới đây là tính toán hệ số dư lượng không khí lamda tổng và đánh giá, phân tích các kết quả đo được trong quá trình thực nghiệm.

4.3.1. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí

Bảng 4.6 thể hiện quả hệ số dư lượng không khí khi sử dụng lưỡng nhiên liệu với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu diesel.

Bảng 4.6. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến hệ số dư lượng không khí

TT	Tải (%)	Hệ số dư lượng không khí (-)				
		S 0 (g/s)	S 2,1 (g/s)	S 3,4 (g/s)	S 5,1 (g/s)	S 6,9 (g/s)
1	10	3,68	2,74	2,34	2,03	1,64
2	20	3,26	2,34	2,18	1,86	1,63
3	40	2,56	1,94	1,79	1,57	1,46
4	60	2,01	1,61	1,47	1,37	1,27
5	80	1,62	1,25	1,19	1,12	1,07
6	90	1,46	1,13	1,04	0,96	0,73
7	100	1,30	0,80	0,74	0,64	0,55

Như trong phần nghiên cứu mô phỏng tác giả đã trình bày, thì phần nghiên cứu thực nghiệm sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas để kiểm nghiệm lại và so sánh với mô phỏng, từ đó đưa ra những nhận xét và khuyến cáo khi sử dụng syngas cho động cơ Mitsubishi S3L2. Khi cấp syngas bằng cách cung cấp vào đường nạp sẽ làm giảm lượng

không khí nạp do ảnh hưởng chiếm chỗ của hỗn hợp không khí/syngas bởi vì thể tích riêng của các phân tử khí có trong syngas lớn hơn không khí (đặc biệt là khí hydro và methane), điều này làm cho hệ số dư lượng không khí giảm, giảm nhiều ở chế độ tải lớn như được thể hiện trong bảng 4.6 và hình 4.18.

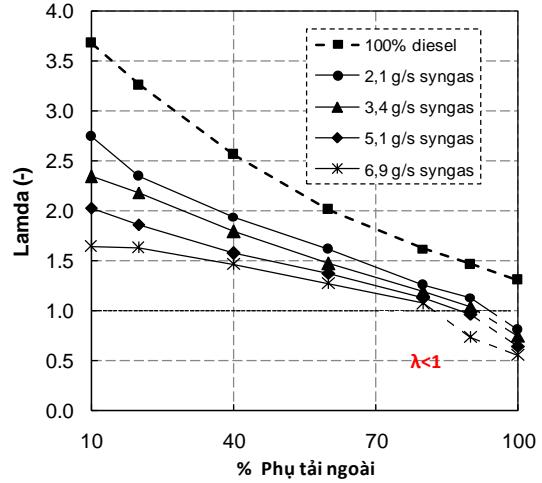
Các kết quả được thể hiện trên bảng 4.6 và hình 4.18 cho thấy hệ số dư lượng không khí λ tại một số chế độ với lưu lượng syngas thay thế khác nhau có giá trị $\lambda < 1$, cụ thể: với 2,1 g/s và 3,4 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,13$ và 1,04 ở chế độ $>90\%$ tải; với 5,1 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,12$ ở chế độ $>80\%$ tải; còn với 6,9 g/s lượng syngas thay thế thì $\lambda \leq 1,07$ khi tải $>80\%$ tải, (phần này được bôi đậm trên bảng 4.6 và cũng như phần nét đứt trên hình 4.18). Trong khi đó hệ số dư lượng không khí λ của động cơ sử dụng 100% diesel vẫn đảm bảo $\lambda > 1,2$ ở các chế độ tải. Như vậy, hiện tượng này có thể giải thích là khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas do syngas được cấp vào động cơ trên đường nạp nên đã ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình nạp và làm cho lượng không khí nạp bị giảm đáng kể, mức độ giảm không khí nạp tức là λ giảm khi tăng lưu lượng syngas thay thế và tăng tải.

Qua kết quả thể hiện ở trên, có thể thấy rằng khi tăng lưu lượng syngas thay thế diesel ứng với các chế độ tải cao sẽ xảy ra hiện tượng $\lambda < 1$ tức là thiếu không khí để thực hiện quá trình cháy, sẽ dẫn đến công suất và hiệu suất động cơ giảm, phát thải soot và CO tăng mặc dù NO_x giảm. Chính vì vậy giới hạn tỷ lệ syngas không thể thay thế diesel ở các chế độ tải ứng với tốc độ 1500 v/ph có thể xác định trong phần bôi đậm của bảng 4.6 và cũng như phần nét đứt trên hình 4.18.

4.3.2. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến công suất

Bảng 4.7. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến công suất

TT	Tải (%)	Công suất (kW)				
		S 0 (g/s)	S 2,1 (g/s)	S 3,4 (g/s)	S 5,1 (g/s)	S 6,9 (g/s)
1	10	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
2	20	2,1	2,0	2,05	2,0	2,0
3	40	3,8	3,8	3,75	3,8	3,75
4	60	5,65	5,65	5,6	5,6	5,6
5	80	7,7	7,65	7,7	7,7	7,55
6	90	8,5	8,45	8,45	8,4	7,55
7	100	8,75	8,35	8,15	7,8	6,9

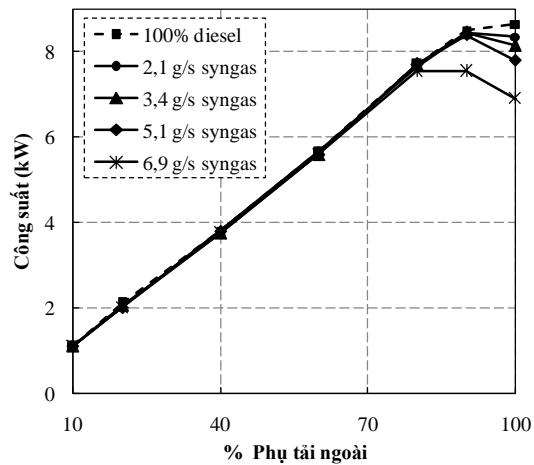


Hình 4.18. So sánh hệ số dư lượng không khí λ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến công suất động cơ, được thể hiện trong bảng 4.7 và hình 4.19. Kết quả trên đồ thị thể hiện so sánh đặc tính công suất của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu. Kết quả thực nghiệm cho thấy, ở chế độ tải từ 10 đến 80% thì vẫn có thể duy trì được đặc tính công suất của cụm động cơ - máy phát điện gần như không thay đổi. Tuy nhiên ở chế độ tải lớn hơn, không thể duy trì được công suất của động cơ khi tăng dần lưu lượng syngas thay thế.

Như chúng ta đã biết, khi tăng dần lưu lượng syngas thay thế vào đường nạp sẽ làm giảm hệ số dư lượng không khí λ , mà đây là thông số quan trọng quyết định đến hiệu quả quá trình cháy của động cơ diesel. Tại chế độ tải nhỏ, hệ số dư lượng của động cơ khá lớn nên khi tăng lượng syngas thay thế và điều chỉnh lượng diesel thì vẫn có thể đạt được tỷ lệ nhiên liệu-không khí phù hợp cho quá trình cháy của động cơ. Khi cung cấp lượng syngas 6,9 g/s, với chế độ tải từ 80% đến 100% thì không thể giữ được công suất động cơ. Nguyên nhân là do ở chế độ tải lớn, lượng syngas chiếm chỗ nhiều trong lượng khí nạp, trong khi lượng nhiên liệu diesel cung cấp khá lớn do đó tỷ lệ hỗn hợp nhiên liệu diesel/syngas-không khí quá đậm, nên diễn biến quá trình cháy trong giai đoạn này không triệt để.

Kết quả thử nghiệm có sự khác biệt so với mô phỏng, cụ thể là động cơ mô phỏng chỉ duy trì được công suất ở chế độ tải nhỏ hơn 60%, trong khi thử nghiệm thì vẫn có thể duy trì được công suất ở chế độ tải tới 80%. Nguyên nhân có thể là do khi chạy mô phỏng, lượng nhiên liệu diesel được cắt giảm và thay thế bằng syngas có các thành phần khí ổn định (bảng 1.5), làm ảnh hưởng trực tiếp tới tỷ lệ hòa trộn hỗn hợp từ đó ảnh hưởng tới quá trình cháy của động cơ (diễn biến quá trình cháy theo điều kiện lý thuyết) nên động cơ chỉ duy trì được công suất đến chế độ tải nhỏ hơn 60%. Còn trong quá trình chạy thực nghiệm, cũng có thể tại thời điểm 80% tải, do hệ thống sản xuất syngas đang ở thời điểm tối ưu dẫn đến thành phần khí H₂ trong syngas có tỷ lệ thể tích là lớn nhất, làm cải thiện quá trình cháy nên công suất của động cơ được duy trì đến 80% tải. Còn ở chế độ 90–100% tải thì công suất của động cơ bị sụt giảm (phụ lục 1.4–1.7), động cơ thử nghiệm bị rung giật và phát thải khói đen tăng mạnh. Khi đó, cụm động cơ diesel - máy phát vẫn có thể làm việc được, tuy nhiên trong phạm vi thử nghiệm chỉ duy trì ở thời gian ngắn còn nếu hoạt động ở chế độ này trong thời gian dài thì sẽ gây ảnh hưởng đến độ bền và tuổi thọ của động cơ.



Hình 4.19. Đặc tính công suất khi sử dụng lưỡng diesel/syngas

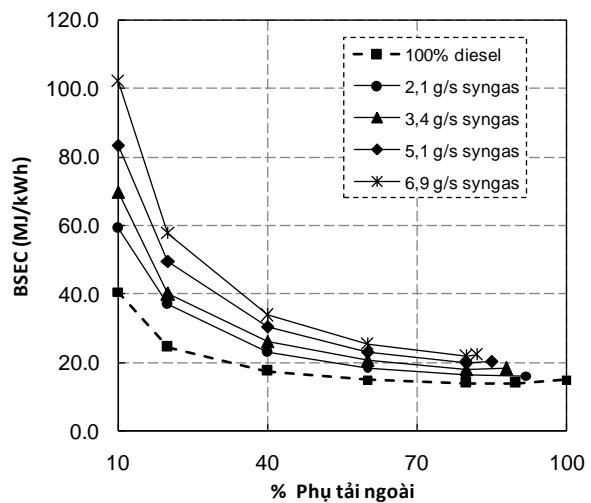
4.3.3. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến tính năng kinh tế

Suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu, ứng với lượng syngas thay thế khác nhau so với đơn nhiên liệu diesel được xác định thông qua các giá trị như được thể hiện trong bảng 4.13 và biểu thức 3.4.

Bảng 4.8. So sánh suất tiêu hao năng lượng thay thế cho động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

TT	Suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC (MJ/kWh)									
	Tải (%)	S 0 (g/s)	Tải (%)	S 2,1 (g/s)	Tải (%)	S 3,4 (g/s)	Tải (%)	S 5,1 (g/s)	Tải (%)	S 6,9 (g/s)
1	10	40,6	10	59,0	10	69,8	10	83,3	10	102,0
2	20	24,3	20	36,7	20	39,9	20	49,5	20	57,5
3	40	17,3	40	22,8	40	26,0	40	30,3	40	33,6
4	60	14,9	60	18,1	60	20,7	60	22,9	60	25,3
5	80	13,8	80	16,2	80	17,8	80	19,7	80	21,8
6	90	13,8	90	16,0	88	17,9	85	19,9	82	22,0
7	100	14,9	92	16,0	-	-	-	-	-	-

Trong trường hợp sử dụng lưỡng nhiên liệu, tính năng kinh tế của động cơ được đánh giá bằng suất tiêu hao năng lượng có ích BSEC (Brake Specific Energy Consumption). Kết quả trên hình 4.20 cho thấy, suất tiêu hao năng lượng BSEC tăng khi tăng dần lưu lượng syngas thay thế. Ở chế độ tải từ 0% đến 80%, lúc này động cơ vẫn giữ được công suất như chạy đơn nhiên liệu diesel, tuy nhiên mức tiêu hao năng lượng đều có xu hướng tăng lên khi tăng lượng syngas thay thế. Có thể lý giải điều này do khí syngas cung cấp vào đường nạp chỉ có khoảng 30% là khí cháy được (CO) còn lại là khí trơ (N₂, CO₂) sẽ làm giảm lượng không khí nạp vào động cơ, hiệu quả quá trình cháy giảm dẫn tới BSEC tăng lên. Cụ thể BSEC tăng từ 33% đến 102% khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas từ 2,1 đến 6,9 g/s.



Hình 4.20. So sánh suất tiêu hao năng lượng thay thế cho động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu

4.3.4. Đánh giá về thành phần khí thải của động cơ

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu diesel. Chi tiết về các thành phần phát thải CO, CO₂, NO_x và soot được thể hiện trên các bảng 4.9 đến 4.12 và các hình 4.21 đến 4.25.

Bảng 4.9. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải CO

TT	Phát thải CO (ppm)									
	Tải (%)	S 0 (g/s)	Tải (%)	S 2,1 (g/s)	Tải (%)	S 3,4 (g/s)	Tải (%)	S 5,1 (g/s)	Tải (%)	S 6,9 (g/s)
1	10	100	10	5000	10	8400	10	12800	10	18900
2	20	100	20	4700	20	7400	20	11700	20	17200
3	40	100	40	4100	40	6200	40	9300	40	11600
4	60	200	60	3200	60	4800	60	6800	60	8100
5	80	500	80	2500	80	2900	80	3600	80	5700
6	90	1200	90	3900	88	3800	85	4200	82	6200
7	100	3300	92	4100	-	-	-	-	-	-

Bảng 4.10. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải CO₂

TT	Phát thải CO ₂ (ppm)									
	Tải (%)	S 0 (g/s)	Tải (%)	S 2,1 (g/s)	Tải (%)	S 3,4 (g/s)	Tải (%)	S 5,1 (g/s)	Tải (%)	S 6,9 (g/s)
1	10	40000	10	40000	10	41000	10	46000	10	56000
2	20	37000	20	47000	20	47000	20	55000	20	62000
3	40	49000	40	58000	40	61000	40	69000	40	79000
4	60	65000	60	74000	60	77000	60	86000	60	98000
5	80	89000	80	102000	80	104000	80	114000	80	124000
6	90	105000	90	122000	88	120000	85	124000	82	128000
7	100	124000	92	126000	-	-	-	-	-	-

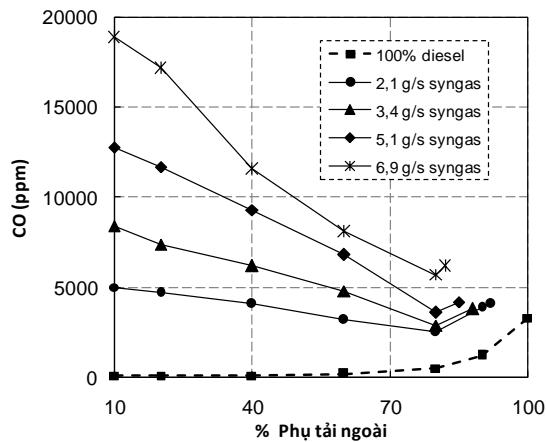
Bảng 4.11. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải NO_x

TT	Phát thải NO _x (ppm)									
	Tải (%)	S 0 (g/s)	Tải (%)	S 2,1 (g/s)	Tải (%)	S 3,4 (g/s)	Tải (%)	S 5,1 (g/s)	Tải (%)	S 6,9 (g/s)
1	10	523	10	305	10	175	10	86	10	70
2	20	619	20	420	20	349	20	222	20	138
3	40	659	40	396	40	404	40	484	40	429
4	60	702	60	515	60	444	60	420	60	558
5	80	586	80	528	80	501	80	470	80	466
6	90	540	90	495	88	448	85	423	82	430
7	100	444	92	470	-	-	-	-	-	-

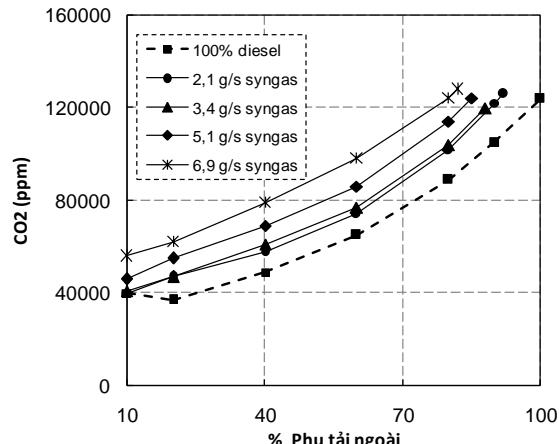
Bảng 4.12. Ảnh hưởng của lưu lượng syngas tới các thành phần phát thải soot

TT	Phát thải soot (g/kWh)									
	Tải (%)	S 0 (g/s)	Tải (%)	S 2,1 (g/s)	Tải (%)	S 3,4 (g/s)	Tải (%)	S 5,1 (g/s)	Tải (%)	S 6,9 (g/s)
1	10	0,002524	10	0,00015	10	0,001009	10	0,00554	10	0,00459
2	20	0,002402	20	0,00011	20	0,000651	20	0,00262	20	0,00352
3	40	0,002746	40	0,00035	40	0,000734	40	0,00179	40	0,0011
4	60	0,009655	60	0,00234	60	0,006628	60	0,00419	60	0,0046
5	80	0,045461	80	0,06422	80	0,037999	80	0,05338	80	0,11553
6	90	0,102622	90	0,26122	88	0,20016	85	0,38477	82	0,3795
7	100	0,309598	92	0,4582	-	-	-	-	-	-

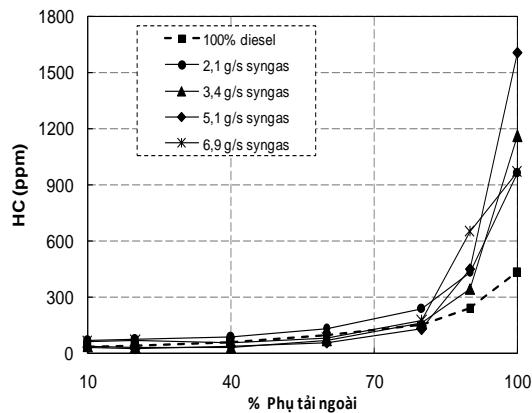
Kết quả trên hình 4.21 thể hiện diễn biến phát thải CO của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu với lưu lượng syngas thay thế khác nhau. Đồ thị cho thấy phát thải CO tăng khi động cơ sử dụng syngas. Phát thải CO càng tăng khi tăng lưu lượng syngas cung cấp cho động cơ. Phát thải CO nhỏ nhất tại chế độ tải 80% và cao nhất ở chế độ 100% tải.



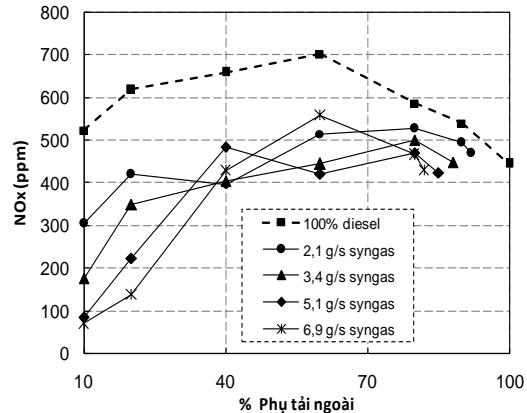
Hình 4.21. So sánh phát thải CO khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas



Hình 4.22. So sánh phát thải CO₂ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas



Hình 4.23. So sánh phát thải HC khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas



Hình 4.24. So sánh phát thải NO_x khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

Phát thải CO tăng khi sử dụng syngas có thể là do trong thành phần syngas đã có chứa CO, khi tăng lưu lượng syngas cấp cho động cơ thì đồng thời lượng CO cũng sẽ tăng. Thứ hai là khi tăng lượng syngas thay thế sẽ làm giảm lượng không khí nạp vào động cơ, dẫn đến hiệu quả quá trình cháy giảm, do đó phát thải CO tăng. Kết quả trên hình 4.21 cho thấy phát thải CO tăng lớn nhất tới 7% và nhỏ nhất gần 1% về thể tích ở chế độ toàn tải với tỷ lệ syngas 6,9 g/s.

Đồ thị 4.22 thể hiện lượng phát thải khí CO₂ theo phần trăm tải trọng trường hợp động cơ sử dụng nhiên liệu diesel và trường hợp động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas. Qua đó nhận thấy rằng lượng khí CO₂ có xu hướng tăng khi sử dụng lưỡng nhiên liệu ở các lưu lượng thay thế khác nhau. Nguyên nhân là do hàm lượng CO₂ có sẵn trong thành phần syngas. Ở chế độ tải lớn, lưu lượng syngas thay thế lớn thì phát thải CO₂ có xu hướng giảm mạnh do lúc này quá trình cháy không triệt để vì thiếu không khí, lamda quá nhỏ (hình 4.19). Đây cũng là nguyên nhân dẫn tới phát thải CO tăng như đã trình bày ở trên.

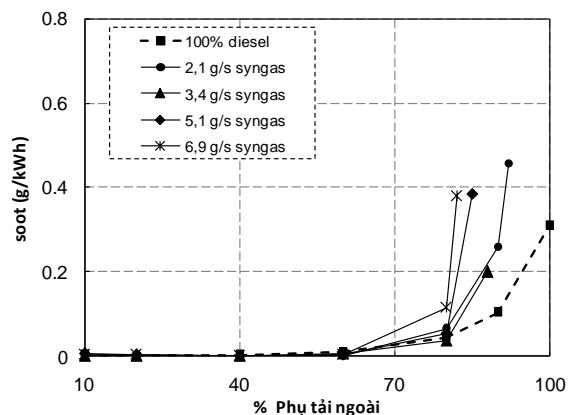
Kết quả trên hình 4.23 thể hiện diễn biến phát thải HC trong trường hợp động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu tăng lên so với trường hợp động cơ sử dụng nhiên liệu diesel thông thường. Ở chế độ tải vừa và nhỏ (20÷60%) và lưu lượng syngas thay thế nhỏ (2,1 và 3,4 g/s) thì HC có xu hướng giảm một chút, khoảng 33 đến 38%. Tuy nhiên, ở chế độ tải lớn hoặc lưu lượng syngas thay thế lớn, phát thải HC tăng mạnh. Tại chế độ 100% tải lượng phát thải HC tăng cao nhất gần 120% so với động cơ sử dụng đơn nhiên liệu.

Kết quả trên hình 4.24 cho thấy lượng phát thải NO_x có xu hướng giảm khi tăng lưu lượng syngas cấp cho động cơ. Khi sử dụng lưỡng nhiên liệu, lượng phát thải NO_x giảm từ 8% tới 90%. Phát thải NO_x giảm nhiều ở chế độ tải nhỏ và giảm ít ở chế độ tải lớn. Nguyên nhân chính là do lượng không khí nạp bị chiếm chỗ bởi khí syngas, đồng thời quá trình cháy kém đi làm nhiệt độ trong xylyanh giảm, hai yếu tố này dẫn tới phát thải NO_x giảm.

Phát thải khói đen ở động cơ diesel được quyết định bởi hệ số dư lượng không khí λ . Hệ số λ càng lớn thì phát thải dạng khói càng ít và ngược lại. Như đã phân tích ở trên, khi tăng lượng syngas thay thế thì lượng khí nạp sẽ giảm, từ đó giảm hệ số λ . Kết quả trên hình 4.25 cho thấy khi tăng lượng syngas vào cho động cơ thì phát thải khói đen tăng lên, đặc biệt khi động cơ làm việc ở chế độ tải lớn. Còn ở chế độ tải 0% đến 60%, lượng syngas thay thế ít thì phát thải khói giảm từ 31% đến 94%. Còn tại các chế độ khác lượng phát thải khói tăng từ 5÷58%.

4.3.5. Lượng diesel thay thế ứng với các lưu lượng syngas khác nhau

Kết quả đánh giá khả năng thay thế khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas được thể hiện trong bảng 4.13 và hình 4.26 ở các chế độ tải vẫn giữ được công suất đầu ra của cụm động cơ máy phát so với trường hợp sử dụng đơn nhiên liệu diesel.



Hình 4.25. So sánh phát thải khói đen khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas

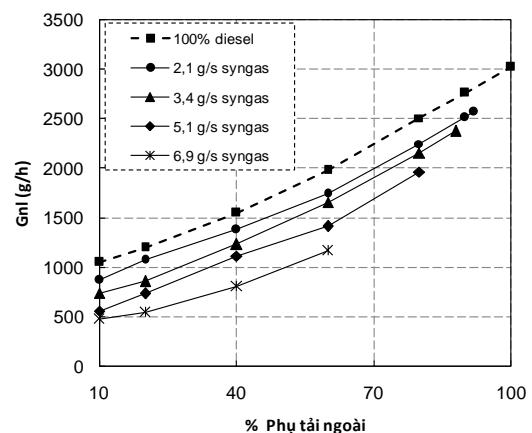
Bảng 4.13. Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ ở các chế độ thử nghiệm

Tải (%)	Lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ ở các chế độ tải ứng với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau								
	DO (g/h)	Diesel được thay thế							
		S 2,1 (g/s)	(%) DOtt	S 3,4 (g/s)	(%) DOtt	S 5,1 (g/s)	(%) DOtt	S 6,9 (g/s)	(%) DOtt
10	1050	870	17%	741	29%	558	47%	477	55%
20	1200	1071	11%	858	29%	732	39%	543	55%
40	1548	1380	11%	1230	21%	1110	28%	804	48%
60	1980	1743	12%	1659	16%	1413	29%	1170	41%
80	2508	2250	10%	2157	14%	1962	22%	-	-
90	2766	2514	9%	2523	9%	-	-	-	-
100	3024	-	-	-	-	-	-	-	-

(Chú thích: “-” ứng với các chế độ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas không duy trì được công suất của cụm động cơ-máy phát).

Kết quả cho thấy, với lưu lượng cung cấp syngas nhỏ (2,1 và 3,4 g/s) thì động cơ vẫn có thể duy trì được công suất ở chế độ phụ tải lớn tới 90%. Với lưu lượng cung cấp syngas lớn hơn thì động cơ chỉ duy trì chế độ làm việc ở vùng phụ tải nhỏ hơn 80% ứng với lưu lượng syngas 5,1 g/s và 60% tải ứng với lưu lượng syngas 6,9 g/s. Mức độ cắt giảm lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ tùy thuộc vào chế độ tải của động cơ, vùng tải nhỏ và lưu lượng syngas thay thế lớn sẽ cắt giảm được nhiều nhiên liệu diesel. Khi tăng tải thì mức độ cắt giảm diesel sẽ giảm dần.

Với lượng syngas cung cấp 2,1 và 3,4 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 12 đến 20% và công suất duy trì được tới 90% tải. Với lượng syngas cung cấp 5,1 và 6,9 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 33 đến 50%, tuy nhiên động cơ chỉ duy trì được công suất tới 80 và 60% tải. Như vậy, để động cơ làm việc hiệu quả thì lượng nhiên liệu syngas cung cấp cho động cơ cần được điều chỉnh tùy thuộc vào chế độ tải để cắt giảm được lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ đồng thời vẫn duy trì được tính năng kỹ thuật của động cơ.



Hình 4.26. So sánh mức tiêu thụ nhiên liệu diesel ở các chế độ thử nghiệm

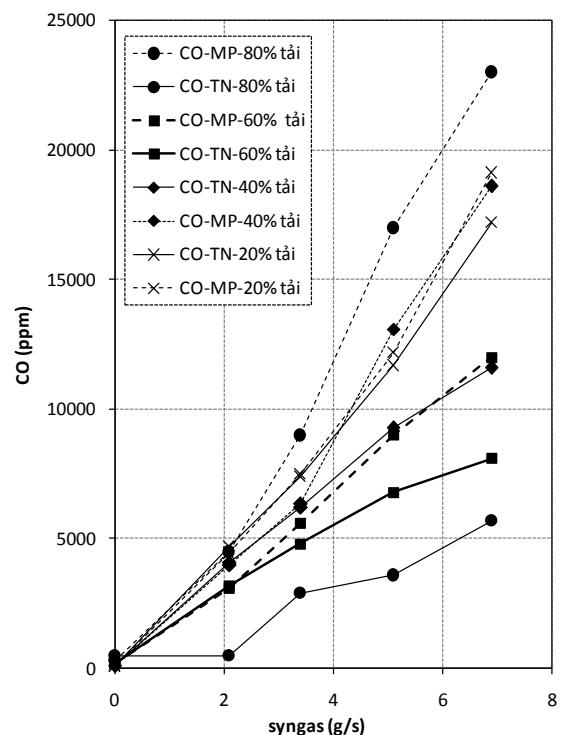
4.4. So sánh kết quả tính toán mô phỏng với kết quả thực nghiệm

Trên cơ sở kết quả thực nghiệm sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas, đi so sánh kết quả tính toán mô phỏng với kết quả thực nghiệm, nhằm đánh giá độ chính xác của mô hình. Cụ thể là so sánh kết quả tính toán mô phỏng với kết quả thực nghiệm của động cơ với lưu lượng syngas lần lượt là 2,1, 3,4, 5,1 và 6,9 g/s.

Bảng 4.14. So sánh phát thải CO khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN

TT	S (g/s)	Phát thải độc hại CO (ppm)							
		20% Tải		40% Tải		60% Tải		80% Tải	
		MP	TN	MP	TN	MP	TN	MP	TN
1	0	115	100	123	100	182	200	305	500
2	2,1	4450	4700	4000	4100	3100	3200	4500	2500
3	3,4	7500	7400	6346	6200	5600	4800	9000	2900
4	5,1	12200	11700	13098	9300	9000	6800	17000	3600
5	6,9	19120	17200	18600	11600	12000	8100	23000	5700

So sánh đánh giá kết quả về phát thải độc hại để kiểm chứng mô hình giữa mô phỏng với thực nghiệm của động cơ Mitsubishi S3L2 ở các chế độ tải tối ưu và tốc độ 1500 v/ph với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau. Kết quả so sánh của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa mô phỏng và thực nghiệm được thể hiện trong các bảng 4.14 đến 4.16, trong các phụ lục 1.3 đến 1.7 và trên các hình 4.27 đến 4.29, thể hiện so sánh các thành phần phát thải ở chế độ 20, 40, 60 và 80% tải với các lưu lượng syngas thay thế khác nhau. Kết quả so sánh tính toán mô phỏng với kết quả thực nghiệm cho thấy diễn biến của các thành phần phát thải độc hại giữa mô phỏng và thực nghiệm có xu hướng giống nhau. Sai lệch lớn nhất đối với phát thải CO là 17%, phát thải NO_x là 9,4% và soot 17%.



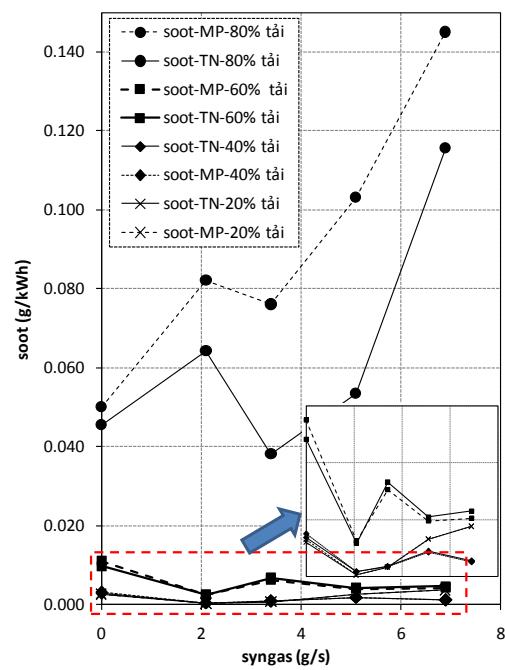
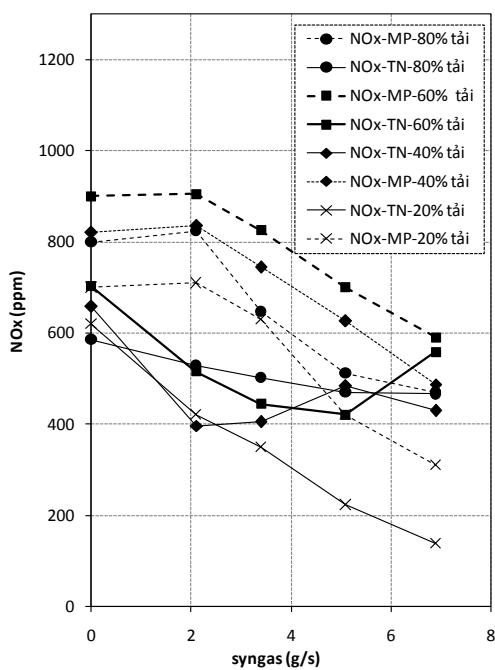
Hình 4.27. So sánh phát thải CO khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN

Bảng 4.15. So sánh phát thải NO_x khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN

TT	S (g/s)	Phát thải độc hại NO _x (ppm)							
		20% Tải		40% Tải		60% Tải		80% Tải	
		MP	TN	MP	TN	MP	TN	MP	TN
1	0	700	619	820	659	900	702	800	586
2	2,1	710	420	835	396	905	515	824	528
3	3,4	630	349	745	404	825	444	647	501
4	5,1	420	222	627	484	700	420	512	470
5	6,9	310	138	487	429	590	558	469	466

Bảng 4.16. So sánh phát thải soot khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa MP và TN

TT	S (g/s)	Phát thải độc hại soot (g/kWh)							
		20% Tải		40% Tải		60% Tải		80% Tải	
		MP	TN	MP	TN	MP	TN	MP	TN
1	0	0,00260	0,002402	0,00300	0,002746	0,011	0,009655	0,05000	0,045461
2	2,1	0,0001	0,00011	0,000334	0,000353	0,0025	0,002342	0,082	0,064225
3	3,4	0,000651	0,000651	0,00069	0,000734	0,0061	0,006628	0,076	0,037999
4	5,1	0,002622	0,002622	0,001711	0,001787	0,0039	0,004189	0,103	0,053377
5	6,9	0,003517	0,003517	0,00101	0,0011	0,0041	0,004599	0,145	0,115535



Hình 4.28. So sánh phát thải NO_x khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa TN và MP

Hình 4.29. So sánh phát thải soot khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas giữa TN và MP

Kết quả cho thấy mô hình động cơ Mitsubishi S3L2 được xây dựng trên phần mềm AVL-Boost dùng mô phỏng quá trình làm việc của động cơ ở chương 3 đảm bảo độ tin cậy. Vì vậy, hoàn toàn có thể sử dụng mô hình này để thực hiện các nghiên cứu theo về sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ diesel.

4.5. Kết luận chương 4

Trên cơ sở kết quả thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của lưu lượng syngas đến đặc tính kinh tế, kỹ thuật của động cơ có thể có kết luận như sau:

- Mức độ cắt giảm lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ tùy thuộc vào chế độ tải của động cơ, vùng tải nhỏ và lưu lượng syngas thay thế lớn sẽ cắt giảm được nhiều nhiên liệu diesel. Khi tăng tải thì mức độ cắt giảm diesel sẽ giảm dần. Với lượng syngas cung cấp 2,1 và 3,4 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 12 đến 20% và công suất duy trì được tới 90%. Với lượng syngas cung cấp 5,1 và 6,9 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 33 đến 50%, tuy nhiên động cơ chỉ duy trì được công suất tới 80 và 60%.
- Lượng phát thải CO và CO₂ đều có xu hướng tăng lên khi tăng lượng syngas thay thế. Trong khi đó phát thải HC có xu hướng giảm ở chế độ tải vừa và nhỏ với lưu lượng syngas thay thế thấp còn ở chế độ tải lớn hoặc lưu lượng syngas thay thế cao, phát thải HC có xu hướng tăng lên. Cụ thể, ở chế độ tải 20÷60% với lượng syngas thay thế nhỏ 2,1÷3,4 g/s, HC giảm từ 33 đến 38%, còn ở chế độ tải lớn hoặc lưu lượng syngas thay thế lớn, phát thải HC tăng từ 44 đến 273%.
- Phát thải NO_x có xu hướng giảm khi tăng lưu lượng syngas thay thế. Lượng phát thải NO_x giảm từ 8% tới 90% ở các chế độ thử nghiệm, NO_x giảm nhiều ở chế độ tải nhỏ và giảm ít ở chế độ tải lớn.
- Ở chế độ tải vừa và nhỏ hoặc lưu lượng syngas thay thế thấp thì phát thải khói đen có xu hướng giảm từ 31% đến 94%, còn ở các chế độ tải lớn hoặc lưu lượng syngas thay thế cao thì phát thải khói đen có xu hướng tăng lên từ 5÷58%.
- Kết quả so sánh giữa mô phỏng và thực nghiệm cho thấy diễn biến của các thành phần phát thải độc hại có xu hướng giống nhau. Sai lệch lớn nhất đối với phát thải CO là 17%, phát thải NO_x là 9,4% và soot 17%. Như vậy mô hình động cơ đã xây dựng đảm bảo được độ tin cậy.

KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

Kết luận chung

1. Việt Nam có nguồn nguyên liệu sinh khối dồi dào và hiện nay đã có một số công trình nghiên cứu sản xuất syngas để tận dụng năng lượng này. Tuy nhiên việc sử dụng nguồn năng lượng này chưa hợp lý, thường sử dụng ở dạng nhiệt, còn nghiên cứu sử dụng cho ĐCĐT vẫn còn hạn chế. Cần phải có các nghiên cứu đầy đủ về việc sử dụng syngas thay thế cho nhiên liệu diesel truyền thống để nâng cao hiệu quả sử dụng syngas.
2. Đã xây dựng thành công được mô hình mô phỏng để tính toán quá trình cấp khí, quá trình cháy và tính toán thiết kế hệ thống cấp syngas để làm cơ sở áp dụng và thực hiện trên động cơ nghiên cứu thực nghiệm.
3. Đã sử dụng phương pháp nghiên cứu kết hợp giữa mô phỏng và thực nghiệm, trong đó nghiên cứu mô phỏng thực hiện nghiên cứu quá trình cấp syngas trên đường nạp, quá trình hình thành hỗn hợp và cháy cũng như đánh giá ảnh hưởng của các thông số như áp suất phun nhiên liệu diesel, góc phun sớm nhiên liệu diesel và thành phần tỷ lệ nhiên liệu syngas đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas. Còn nghiên cứu thực nghiệm đã thực hiện với một mẫu syngas cụ thể, có lưu lượng thay thế khác nhau ứng với các chế độ tải làm việc của động cơ. Kết quả của nghiên cứu thực nghiệm được sử dụng để làm cơ sở trong việc hiệu chỉnh và đánh giá độ tin cậy của mô hình mô phỏng. Mô hình sau khi xây dựng xong có đủ độ tin cậy để dùng tiếp tục nghiên cứu nâng cao tỷ lệ và hiệu quả sử dụng syngas thay thế diesel.
4. Tốc độ cháy của lưỡng nhiên liệu diesel/syngas phụ thuộc vào lượng phun diesel tối thiểu để làm ngọn lửa mồi đánh lửa động cơ. Do đó đối với động cơ diesel - máy phát điện, tốc độ động cơ được giữ nguyên khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas thì phải tăng góc phun sớm để đảm bảo công chỉ thị tối ưu, do vậy góc phun sớm của động cơ Mitsubishi S3L2 là 10 độ trực khuỷu.
5. Khi tăng lưu lượng nhiên liệu khí syngas phát thải NO_x giảm trong khi phát thải CO, CO₂ đều có xu hướng tăng lên, phát thải HC và soot có xu hướng giảm ở chế độ tải vừa và nhỏ, còn ở chế độ tải lớn thì HC có xu hướng tăng.
6. Đã nghiên cứu sử dụng syngas cho động cơ diesel dẫn động máy phát điện, thông qua việc đánh giá nghiên cứu giữa mô phỏng kết hợp với thực nghiệm. Với syngas sản xuất từ than hoa thì khả năng làm việc của động cơ nghiên cứu duy trì đến một giá trị công suất được xác định. Cụ thể với lượng syngas cung cấp 2,1 và 3,4 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 12 đến 20% và công suất duy trì được

tới 90% tải. Với lượng syngas cung cấp 5,1 và 6,9 g/s thì lượng diesel cắt giảm trung bình khoảng 33 đến 50%, tuy nhiên động cơ chỉ duy trì được công suất tới 80 và 60% tải. Khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ Mitsubishi S3L2 thì hạn chế chạy động cơ ở các chế độ tải cao và lưu lượng syngas thay thế nhiều, lúc này công suất bị sụt giảm và phát thải khói đen tăng mạnh, đặc biệt thể hiện qua giá trị λ đo được ở các chế độ tải này là $\lambda < 1$. Do vậy phải lưu ý, quan tâm đến các chế độ vận hành và bảo dưỡng khi sử dụng syngas cho động cơ diesel nhằm đảm bảo độ bền, tuổi thọ của động cơ.

Hướng phát triển của đề tài

- Nghiên cứu hệ thống phun syngas trực tiếp cho ĐCĐT nhằm cải thiện lượng syngas thay thế nhiên liệu truyền thống được tốt hơn.
- Nghiên cứu thử nghiệm syngas được sản xuất từ sinh khối như rơm, rạ... để ứng dụng và phát triển rộng đề tài.
- Nghiên cứu các phương án lưu trữ syngas áp suất thấp và áp suất trung bình để đảm bảo thời gian hoạt động cần thiết của động cơ tĩnh tại theo yêu cầu của người sử dụng.
- Đo áp suất chỉ thị trong buồng cháy động cơ để so sánh với áp suất chỉ thị cho bởi tính toán mô phỏng nhằm loại trừ ảnh hưởng của hiệu suất cơ giới trong so sánh với kết quả thực nghiệm.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của syngas đến tuổi thọ động cơ diesel khi sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

- [1] Nguyễn Tiến Cương, Phạm Hoàng Lương, Văn Đình Sơn Thọ, Bùi Văn Chinh (2014) *Nghiên cứu khả năng thay thế Diesel bằng sản phẩm khí từ thiết bị hóa khí than hoa cho hệ thống động cơ diesel máy phát điện*. Tạp chí Năng lượng nhiệt, năm thứ 21, số 117, tr.11÷14&25.
- [2] Ngô Văn Dũng, Không Vũ Quang, Bùi Văn Chinh, Phạm Văn Thể (2014) *Nghiên cứu sử dụng Syngas cho động cơ Diesel bằng phần mềm AVL-Boost*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, ĐHCN HN, số 22, tr.33÷36.
- [3] Bùi Văn Chinh, Không Vũ Quang, Phạm Văn Thể (2014) *Nghiên cứu tổng quan về sử dụng syngas cho động cơ đốt trong*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, ĐHCN HN, số 24, tr.31÷36.
- [4] Bùi Văn Chinh, Không Vũ Quang, Phạm Văn Thể (2015) *Nghiên cứu sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas cho động cơ máy phát điện cỡ nhỏ*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, ĐHCN HN, số 27, tr.60÷63.
- [5] Bùi Văn Chinh, Không Vũ Quang, Phạm Văn Thể (2015) “*Nghiên cứu thực nghiệm sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas trên động cơ diesel máy phát điện cỡ nhỏ*”. Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học - Cơ học Thủy khí Toàn quốc, tr 51÷60.
- [6] Bùi Văn Chinh, Không Vũ Quang, Phạm Văn Thể (2015) *Estimate effects of load condition on replacement proportion of syngas on dual fuel diesel/syngas*. The international Conference on Automotive Technology for Vietnam - ICAT, October 9-11, pp.ICAT2015-024 (1/4÷4/4).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

- [1] Bùi Trung Thành (2011) *Nghiên cứu tính toán, thiết kế chế tạo 01 dây chuyền công nghệ sử dụng trấu để cung cấp năng lượng cho các tổ hợp xay xát thóc (lúa) công suất 6-10 tấn/giờ*. Thuyết minh đề tài khoa học công nghệ KC.05/11-15.
 - [2] Bùi Văn Ga, Lê Minh Tiến, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Văn Đông, (2009) *Khả năng giảm phát thải CO₂ ở Việt Nam nhờ sản xuất điện năng bằng Biogas*, Tạp chí khoa học và công nghệ, đại học Đà Nẵng, số 1(30).
 - [3] Bùi Văn Ga (2012), *Nghiên cứu công nghệ sử dụng biogas dùng để phát điện, kéo máy công tác và vận chuyển cơ giới*. Đề tài cấp Nhà nước, Trường Đại học Đà Nẵng.
 - [4] Đặng Đình Hưng (2010), *Thông tin chung về Công ty cổ phần chế tạo máy Dzī An, Bình Dương*, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
 - [5] Lê Anh Tuấn (2016), *Nghiên cứu nâng cao tính kinh tế nhiên liệu cho động cơ bằng giải pháp bổ sung hỗn hợp giàu khí giàu hydro vào đường nạp*. Đề tài cấp nhà nước, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
 - [6] Lê Anh Tuấn (2012), *Nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong: Tiềm năng, sản xuất và sử dụng ở việt nam*, Hội nghị toàn quốc ngành nhiệt lần thứ II.
 - [7] Lê Anh Tuấn (2011), *Nghiên cứu sử dụng LPG cho động cơ diesel*. Đề tài cấp bộ, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
 - [8] Lê Xuân Thạch (2013), *Nghiên cứu hệ thống cung cấp nhiên liệu và quá trình cháy của động cơ đánh lửa cưỡng bức có tỉ số cao sử dụng biogas*. Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng.
 - [9] Nguyễn Tường Vi (2014), *Nghiên cứu sử dụng LPG làm nhiên liệu thay thế trên động cơ diesel hiện hành*. Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
 - [10] Nguyễn Tiến Hán (2014), *Nghiên cứu khả năng tăng áp động cơ diesel đang lưu hành*. Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
 - [11] PGS. TS. Đinh Thị Ngọ, TS. Nguyễn Khánh Diệu Hồng, (2008) *Nhiên liệu sạch và các quá trình xử lý RON92 hóa dầu*", NXB Khoa học và kỹ thuật.
 - [12] Phạm Hoàng Lương và đồng nghiệp (5/2014) *Báo cáo tổng hợp nghiên cứu thiết kế, chế tạo và vận hành thực nghiệm hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp năng lượng quy mô nhỏ phù hợp điều kiện Việt Nam*. Đề tài nghị định thư Việt Nam - Thái Lan.
 - [13] Phạm Hoàng Lương (2004) *Hiệu suất và hệ số phát thải CO của các bếp đun sinh khối ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ các trường Đại học kỹ thuật Việt Nam, no. 48+49, trang 157-161.
-

-
- [14] Vy Hữu Thành (1980), *Nghiên cứu về việc sử dụng khí hóa từ than hoa và than đá dùng cho động cơ ô tô*. Bộ môn động cơ - Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Tài liệu tiếng Anh

- [15] Ajay Kumar et al, (2009) *Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology*. Energies 2 p.556-581.
- [16] AVL-List GmbH (2009), BOOST v.2009 *Users Guide & Theory*, Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria.
- [17] A. van der Drift H, Boerrigter, *Synthesis gas from biomass for fuels and chemicals*, ECN-C-06-001.
- [18] B.B. Sahoo, N. Sahoo, U.K. Saha (2009), *Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual fuel gas diesel engines-a critical review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 1151-1184.
- [19] Bibhuti, et. al *Effect of H₂:CO ratio in syngas on the performance of a dual fuel diesel engine operation*.
- [20] Buljit Buragohain, Pinakeswar Mahanta, Vijayanand S. Moholkar (2010) *Biomass gasification for decentralized power generation - The Indian perspective*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p.73–92.
- [21] Changwei Ji, Xiaoxu Dai, Bingjie Ju, Shuofeng Wang, Bo Zhang, Chen Liang, Xiaolong Liu, (2012). *Improving the performance of a spark-ignited gasoline engine with the addition of syngas produced by onboard ethanol steaming reforming*, International Journal of Hydrogen Energy, 37, p7860-7868.
- [22] Cheikh Mansour, Abdelhamid Bounif, Abdelkader Aris, Françoise Gaillard (2001) *Gas-Diesel (dual-fuel) modeling in diesel engine environment*. International Journal of Thermal Sciences, 40 P409-424.
- [23] Colin R. Ferguson and Allan T. Kirkpatrick (2001), *Internal Combustion Engine: Applied Thermoscience*, Second edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [24] Daya Nhuchhen, P Abdul Salam (2012) *Experimental study on two –stage air supply downdraft gasifier and dual fuel*, engine system Biomass Conversion and Biorefinery 2, pp 159-168.
- [25] D.B. Lata, Ashok Misra (2010) *Theoretical and experimental investigations on the performance of dual fuel diesel engine with hydrogen and LPG as secondary fuels*. International Journal of hydrogen Energy 35 p.11918-11931.
- [26] Department of Energy (2010) *Fuel data sheet*, www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/fueltable.pdf; (H₂).
- [27] D.K.Das, S.P.Dash, M.K.Ghosal, (May 2011) *Performance Study of a Diesel Engine by using producer gas from Selected Agricultural Residues on Dual-Fuel Mode of Diesel-cum-Producer gas*, World Renewable Energy Congress 2011-Sweeden 8-13, linköping, Sweden.
- [28] Felipe Centeno, (2012) *Theoretical and experimental investigations of a downdraft*
-

-
-
- biomass gasifier - spark ignition engine power system.* Renewable Energy 37 pp 97-108.
- [29] Gerhard Regner, Ho Teng, Peter Van Wieren, Jae In Park, Soo Youl Park and Dae Joon Yeom (2006) *Performance Analysis and Valve Event Optimization for SI Engines Using Fractal Combustion Model.* SAE paper 2006-01-3238.
- [30] H.A.M Knoef (2005) *Handbook biomass gasification.* Gasnet.
- [31] Heywood, J. B. (1988) *Internal Combustion Engine Fundamentals.* Mc Graw Hill, New York.
- [32] Hiroyasu, H. and T. Kadota (1976) *Models for Combustionand Formation of Nitric Oxide and Soot in Direct Injection Diesel Engines.* SAE paper 760129.
- [33] Hiroyasu H, Kadota T, Arai M (1983) *Development and use of a spray combustion modeling to predict diesel engine efficiency and pollutant emissions.* Bulletin of the Japan Society of Mechanical Engineers, vol. 26, p569–75.
- [34] Hoang-Luong Pham (1999) Wood Energy Basics: *A Technical Document, Regional Wood Energy Development Programme of Food and Argriculture.* Organization (FAO/RWEDP), Bangkok, Thailand.
- [35] <http://biomass.com.vn/thong-tin/cong-nghe-khi-hoa>.
- [36] <http://www.khoahoc.com.vn/timkiem/Lũ+lụt+nghiêm+trọng+tại+pháp/index.aspx>.
- [37] Josh Mackaluso, *The use of syngas derived from biomass and waste products to produce ethanol and hydrogen.* Department of Biochemistry and Molecular Biology Michigan State University East Lansing, MI 48824.
- [38] John Scahill, et. al (April 2006) *Trace Metal Scavenging from Biomass Syngas Using Novel Sorbents,* University of Alabama at Birmingham.
- [39] Juan Daniel Martínez et. al, (2012) *Syngas production in downdraft biomass gasifiers and its application using internal combustion engines.* Renewable Energy 38, 1-9.
- [40] Karim, G. A. and Liu, Z. A (1992) *prediction model for knock in dual fuel engine.* SAE transaction 921550.
- [41] K. Maniatis, (2001) *Progress in biomass gasification over view.* Rue de la loi 200, 1049, Brussel, Belgium.
- [42] Lavoie, G. A., Heywood, J. B., and Keck, J.C (1970), *Experimental and Theoretical Study of Nitric Oxide Formation in Internal Combustion Engines.* Combustion Science and Technology, Vol.1, p313-326.
- [43] Le Doan Dien (February 1991) *Personal communication at the working visit by a senior delegation from Institute for Post Harvest Technology (Vietnam) to Energy Program of Asian Institute of Technology (AIT), Thailand.*
- [44] Liu, Z. and Karim, G. A (1995) *The ignition delay period in dual fuel diesel engine.*
-
-

-
-
- SAE paper 950466.
- [45] Maria Puig-Arnavat et al (2010) *Review and analysis of biomass gasification models*. Renewable and Sustainable Energy review 14, pp2841-2851.
- [46] Marco Chiodi, (2011) *An Innovative 3D-CFD Approach towards Virtual Development of Internal Combustion Engines*, 1st Edition, ISBN 978-3-8348-1540-8.
- [47] M. Baratta, A.E. Catania, E. Spessa, and A. Vassallo (2005) *Development of an Improved Fractal Model for the Simulation of Turbulent Flame Propagation in SI Engines*. SAE paper 2005-24-082.
- [48] MIKHEEV A, et. Al (2003) *Experimental study of syngas high-temperature plasma characteristics*, Papers of Technical Meeting on Frontier Technology and Engineering, IEE Japan, Z0969A, ISSN: VOL. FTE-03; NO.32-44; PAGE.37-42.
- [49] Noboru Miyamoto, Takemi Chikahisa, Tadashi Murayama, Robert Sawyer (1985) *Description and Analysis of Diesel Engine Rate of Combustion and Performance Using Wiebe's Functions*. SAE paper 850107.
- [50] O. Badr, G.A. Karim, B. Liu (1999) *An examination of the flame spread limits in a dual fuel engine*. Applied Thermal Engineering 19 p.1071-1080.
- [51] P. Abdul Salam, S. Kumar and Manjula Siriwardhana (10/2010) *Report on the status of biomass gasification in Thailand and Cambodia*. Energy Environment Partnership (EEP) Mekong Region.
- [52] Pham Hoang Luong (June 2007) *Promoting efficient and clean use of biomass fuels for energy production in Vietnam*. The project final report (code: AP05\PRJ03\Nr06), submitted to the Flemish Inter-University Council for University Development Cooperation (VLIR UOS, Belgium).
- [53] Qingluan Xue and Rodney Fox, May 22-24, (2012) *An Euler-Euler CFD Model for Biomass Gasification in Fluidized Bed*. NETL Conference on Multiphase Flow Science Morgantown, WV.
- [54] R. Uma et al. (2004) *Emission characteristics of an electricity generation system in diesel alone and dual fuel modes*. Biomass and Bioenergy 27, pp. 195–203.
- [55] Thyagarajan and Babu (1985) *A combustion model for a dual fuel direct injection diesel engine*. Proceedings of COMODIA Symposium on Diagnostics and Modeling of combustion in Reciprocating Engines, Tokyo, p.607.
- [56] Tim Liewen, Vigor Yang, Richard Yetter, (2010) *Synthesis Gas Combustion Fundamentals and Applications*, Journal of Propulsion and Power, Combustion Science and Technology, and the Proceedings of the Combustion Institute, ISBN 978-1-4200-8534-1, Pages 31-36.
- [57] T. Shudo, T. Takahashi, (2004) *Influence of reformed gas composition on HCCI combustion engine system fueled with DME and H₂-CO-CO₂ which are onboard-reformed from methanol utilizing engine exhaust heat*, Transactions of Japan
-

-
-
- Society of Mechanical Engineering, Part B 70 (698) 2663-2669.
- [58] T. Shudo (2006). *An HCCI combustion engine system using on-board reformed gases of methanol with waste heat recovery: ignition control by H₂*, International Journal of Vehicle Design 41 206-226.
- [59] Tung D. Nguyen, (2009) *present state, potential and the future of electrical Power generation from Biomass residues in Vietnam*. Agricultural Engineering international: the CIGR Ejournal.
- [60] Valério, M., Raggi, K., and Sodré, J, (2003) *Model for Kinetic Formation of CO Emissions in Internal Combustion Engines*. SAE Paper 2003-01-3138.
- [61] Wang J, Huang Z, Fang Y, Liu B, Zeng K, Miao H, et al (2007) *Combustion behaviors of a direct-injection engine operatingon various fractions of natural gasehydrogen blends*. International Journal of hydrogen Energy 32:3555e64.
- [62] W.F. Fassinou, L. Van de Steene, E. Martin, F. Broust, J.S. Teglbaerg and Hoang-Luong Pham (2005) *Char quality and tar formation independence: First experiments in a new two stages gasifier*, Proceeding of the 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Paris 17-19 October, 6 pages.
- [63] Woschni. G, A Universally, *Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in Internal Combustion Engines*, SAE paper 6700931.
- [64] Yildirim, A., Gul, M., Ozatay, E, and Karamangil, I (2006) *Simulation of hydrocarbon Emissions from an SI Engine*, SAE paper 2006-01-1196.
- [65] Yu, R. C., V. W. Wong and S. M (1980) *Shah. Sources of hydro carbon emissions from direct injection diesel Engines*. SAE paper 800048.
- [66] Z. Liu and G. A. Karim (1995) *Knock characteristics of dual-fuel engines fuelled with hydrogen fuel*. International Journal of hydrogen Energy, 20, p.919-924.

PHỤ LỤC

DANH MỤC PHỤ LỤC

	Trang
Phụ lục 1. Các số liệu và bảng kết quả thực nghiệm	1
Phụ lục 1.1. Các nhiệm vụ chủ yếu và giải pháp chính của Đề án phát triển NLSH đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025	1
Phụ lục 1.2. Thông số kỹ thuật cơ bản của máy phát điện DT12-MS	1
Phụ lục 1.3. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu diesel tại các chế độ tải	2
Phụ lục 1.4. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu DO-S25%	3
Phụ lục 1.5. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu DO-S50%	3
Phụ lục 1.6. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu DO-S75%	4
Phụ lục 1.7. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu DO-S100%	4
Phụ lục 1.8. Sơ đồ thực nghiệm hệ thống sản xuất syngas cung cấp cho cụm động cơ diesel - máy phát điện	5
Phụ lục 1.9. Thiết kế đường cung cấp syngas	6
Phụ lục 1.10. Bản vẽ thiết kế đường cung cấp syngas và đường nạp động cơ thử nghiệm	7
Phụ lục 1.11. Thiết kế chi tiết đường nạp	8
Phụ lục 2. Một số hình ảnh về trang thiết bị và quá trình nghiên cứu thực nghiệm	9
Phụ lục 2.1. Hình ảnh các phương án thiết kế, lắp đặt và bố trí chung hệ thống thử nghiệm cụm động cơ diesel-máy phát điện sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/syngas	9
Phụ lục 2.2. Sơ đồ bố trí thiết bị thực nghiệm thực tế	10
Phụ lục 2.3. Sơ đồ thiết kế, tính toán đường cấp syngas trên đường nạp của động cơ thử nghiệm (có điều chỉnh lại cho phù hợp)	11
Phụ lục 2.4. Sơ đồ bố trí thiết bị đo công suất điện của cụm động cơ diesel-máy phát điện và các thiết bị tải (nhiệt điện trở)	12

Phụ lục 1. Các số liệu và bảng kết quả thực nghiệm

Phụ lục 1.1. Các nhiệm vụ chủ yếu và giải pháp chính của Đề án phát triển nhiên liệu sinh học đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025

Công nghệ sản xuất NLSH ở nước ta đạt trình độ tiên tiến trên thế giới. Sản lượng etanol và dầu thực vật đạt 1,8 triệu tấn, đáp ứng khoảng 5% nhu cầu xăng dầu của cả nước. Do vậy Đề án có 4 nhiệm vụ chủ yếu và 6 giải pháp chính để phát triển nhiên liệu sinh học cụ thể như sau:

Bốn nhiệm vụ đó là:

- Nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ (R-D);
- Triển khai sản xuất thử sản phẩm (P) phục vụ phát triển nhiên liệu sinh học;
- Hình thành và phát triển ngành công nghiệp sản xuất nhiên liệu sinh học;
- Xây dựng tiềm lực phục vụ phát triển nhiên liệu sinh học và hợp tác quốc tế trên cơ sở chủ động tiếp nhận, làm chủ và chuyển giao các tiến bộ kỹ thuật, công nghệ, thành tựu khoa học mới trên thế giới.

Sáu giải pháp bao gồm:

- Đẩy mạnh việc triển khai ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn sản xuất, khuyến khích thực hiện chuyển giao công nghệ và tạo lập môi trường đầu tư phát triển nhiên liệu sinh học;
- Tăng cường đầu tư và đa dạng hóa các nguồn vốn để thực hiện có hiệu quả các nội dung của Đề án;
- Tăng cường xây dựng cơ sở vật chất kỹ thuật và đào tạo nguồn nhân lực phục vụ nhu cầu phát triển nhiên liệu sinh học;
- Hoàn thiện hệ thống cơ chế, chính sách, văn bản quy phạm pháp luật để phát triển nhiên liệu sinh học;
- Mở rộng và tăng cường hợp tác quốc tế để học hỏi kinh nghiệm về phát triển nhiên liệu sinh học;
- Nâng cao nhận thức cộng đồng về phát triển nhiên liệu sinh học.

Phụ lục 1.2. Thông số kỹ thuật cơ bản của máy phát điện DT12-MS

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Công suất liên tục	12/10	KVA/kW
2	Công suất dự phòng	13,2	KVA/kW
3	Điện áp	380/220	V
4	Tần số	50	Hz
5	Hệ số công suất cos phi	0,8	-
6	Dòng điện định mức	19,5	A
7	Trọng lượng khô	420	kg
8	Số pha	1	pha
9	Đè điện	12	V

Phụ lục 1.3. Kết quả thực nghiệm với nhiên liệu diesel tại các chế độ tải

TT	Tải (%)	Công suất (kW)		G_{kk} (kg/h)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	HC (ppm)	NO_x (ppm)	soot (g/kWh)	$G_{nl}DO$ (g/h)	λ
		N_{e-dien}	N_{e-TN}								
1	10	1,1	1,36	56,05	100	40000	34	523	0,002524	1050	3,68
2	20	2,1	2,59	56,65	100	37000	40	619	0,002402	1200	3,26
3	40	3,8	4,69	57,5	100	49000	55	659	0,002746	1548	2,56
4	60	5,65	6,98	57,8	200	65000	93	702	0,009655	1980	2,01
5	80	7,7	9,51	58,9	500	89000	150	586	0,045461	2508	1,62
6	90	8,5	10,49	58,65	1200	105000	237	540	0,102622	2766	1,46
7	100	8,75	10,80	57,15	3300	124000	431	444	0,309598	3024	1,30

Phụ lục 1.4. Kết quả thực nghiệm của động cơ sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas với độ mở 25% của van tiết lưu cấp syngas

TT	Tải (%)	N _e (kW)	G _{kk} (kg/h)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	HC (ppm)	NO _x (ppm)	soot (g/kWh)	G _{Syngas} (g/s)	T _{Syngas} °C	G _{nl(DO)} (g/h)	λ
1	10	1,1	53,4	5000	40000	67	305	0,00015	2,09	37,0	870	2,74
2	20	2,0	53,55	4700	47000	73	420	0,00011	2,09	37,2	1071	2,34
3	40	3,8	53,3	4100	58000	86	396	0,00035	2,1	37,6	1380	1,94
4	60	5,65	52,75	3200	74000	128	515	0,00234	2,1	37,6	1743	1,61
5	80	7,65	50,95	2500	102000	234	528	0,06422	2,11	37,7	2250	1,25
6	90	8,45	50,4	3900	122000	429	495	0,26122	2,11	37,8	2514	1,13
7	100	8,35	41,15	4100	158000	960	470	0,4786	2,13	37,8	2958	0,80

Phụ lục 1.5. Kết quả thực nghiệm của động cơ sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas với độ mở 50% của van tiết lưu cấp syngas

TT	Tải (%)	N _e (kW)	G _{kk} (kg/h)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	HC (ppm)	NO _x (ppm)	soot (g/kWh)	G _{Syngas} (g/s)	T _{Syngas} °C	G _{nl(DO)} (g/h)	λ
1	10	1,1	53,25	8400	41000	38	175	0,001009	3,39	37,9	741	2,34
2	20	2,05	53,3	7400	47000	28	349	0,000651	3,39	37,8	858	2,18
3	40	3,75	53,4	6200	61000	31	404	0,000734	3,39	37,7	1230	1,79
4	60	5,6	52,9	4800	77000	69	444	0,006628	3,40	37,7	1659	1,47
5	80	7,7	51,6	2900	104000	159	501	0,037999	3,41	37,6	2157	1,19
6	90	8,45	50,5	3800	125000	342	442	0,21018	3,41	37,6	2523	1,04
7	100	8,15	40,3	4700	168000	1160	306	0,32016	3,42	37,6	2928	0,74

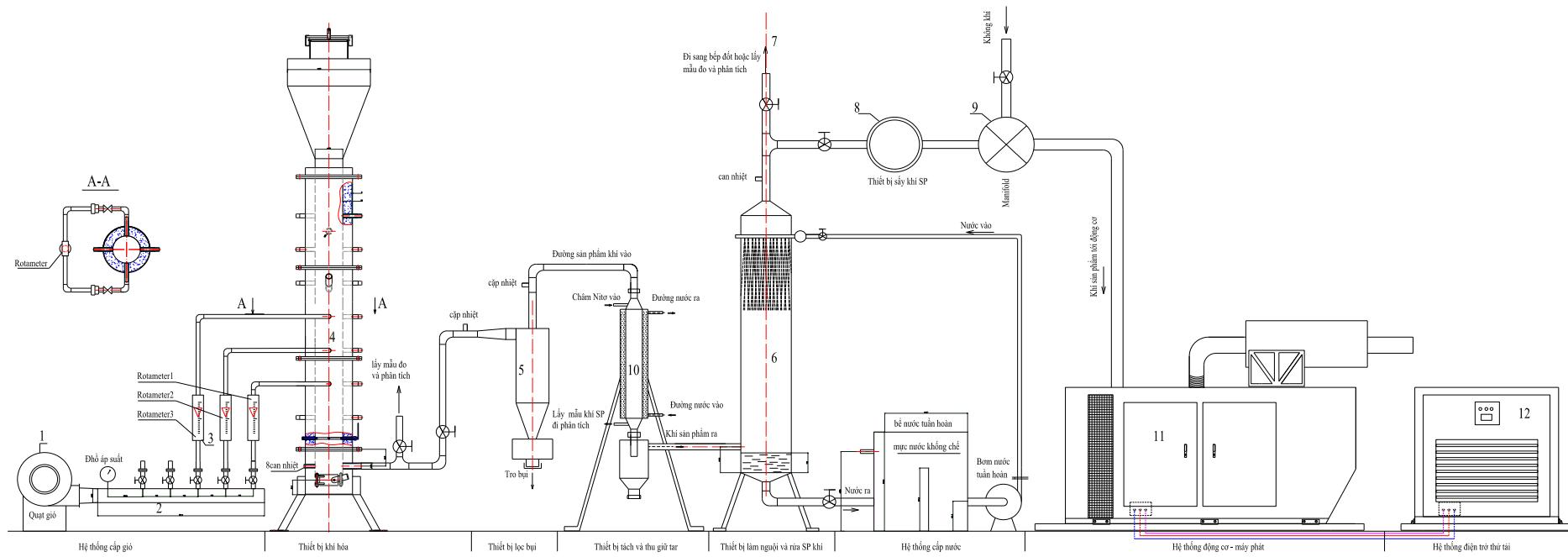
Phụ lục 1.6. Kết quả thực nghiệm của động cơ sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas với độ mở 75% của van tiết lưu cáp syngas

TT	Tải (%)	N_e (kW)	G_{kk} (kg/h)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	HC (ppm)	NO_x (ppm)	soot (g/kWh)	G_{Syngas} (g/s)	T_{syngas} °C	$G_{nl}(DO)$ (g/h)	λ
1	10	1,1	52,55	12800	46000	31	86	0,00554	5,07	37,5	558	2,03
2	20	2,0	52,95	11700	55000	26	222	0,00262	5,08	37,5	732	1,86
3	40	3,8	53,15	9300	69000	34	484	0,00179	5,1	37,6	1110	1,57
4	60	5,6	53,1	6800	86000	56	420	0,00419	5,11	37,7	1413	1,37
5	80	7,7	52,2	3600	114000	128	470	0,05338	5,12	37,8	1962	1,12
6	90	8,4	50,7	4200	144000	452	400	0,41477	5,13	37,9	2379	0,96
7	100	7,8	39,3	6300	182000	1608	255	0,51688	5,15	37,9	2967	0,64

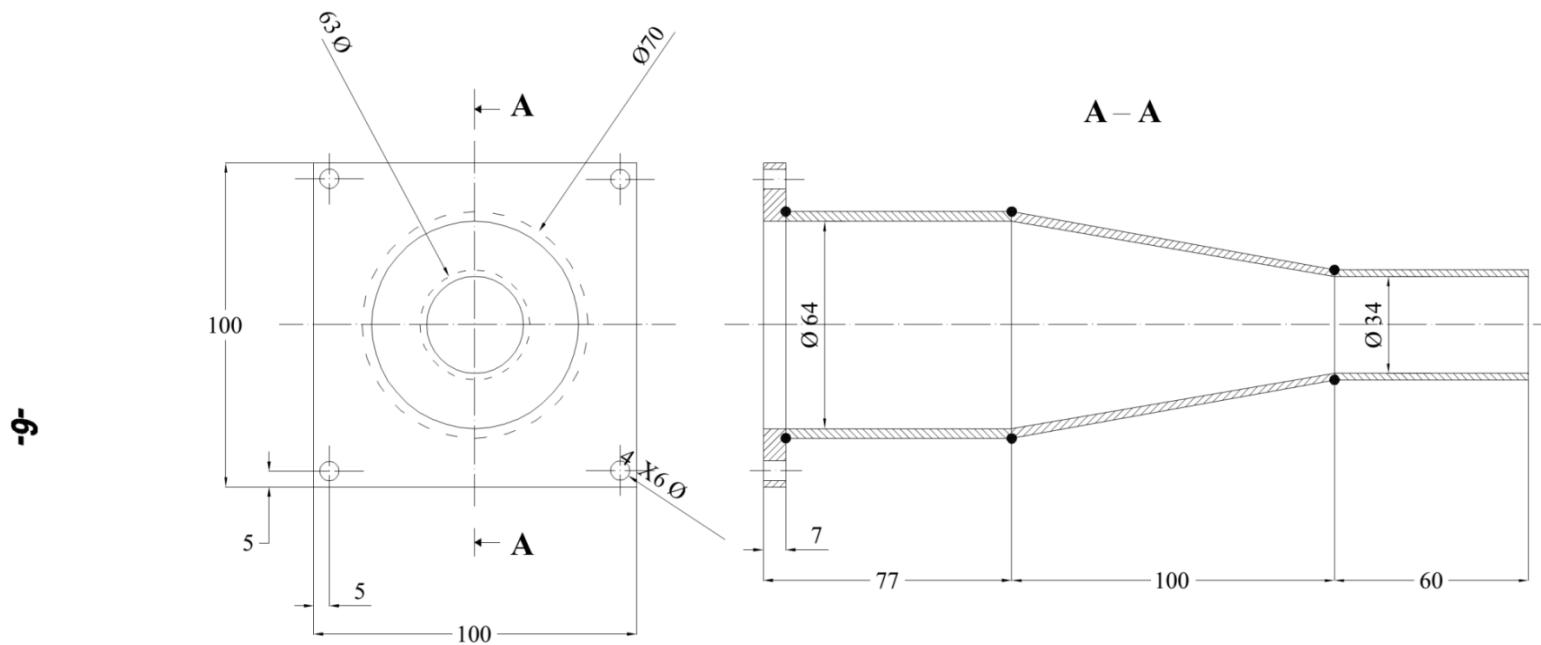
Phụ lục 1.7. Kết quả thực nghiệm của động cơ sử dụng luồng nhiên liệu diesel/syngas với độ mở 100% của van tiết lưu cáp syngas

TT	Tải (%)	N_e (kW)	G_{kk} (kg/h)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	HC (ppm)	NO_x (ppm)	soot (g/kWh)	G_{Syngas} (g/s)	T_{syngas} °C	$G_{nl}(DO)$ (g/h)	λ
1	10	1,1	52,1	18900	56000	59	70	0,00459	6,88	39,1	477	1,64
2	20	2,0	52,4	17200	62000	65	138	0,00352	6,92	39,7	543	1,63
3	40	3,75	53,2	11600	79000	57	429	0,0011	6,88	40,1	804	1,46
4	60	5,6	53,1	8100	98000	79	558	0,0046	6,88	40,6	1170	1,27
5	80	7,55	52,55	5700	124000	171	466	0,11553	6,95	41,3	1719	1,07
6	90	7,55	41,9	6200	128000	650	218	0,4295	6,98	41,9	2291	0,73
7	100	6,9	36,2	6700	135000	969	238	0,5286	6,99	42,4	2904	0,55

Phụ lục 1.8. Sơ đồ thực nghiệm hệ thống khí hóa sinh khối cung cấp nhiên liệu khí syngas cho cụm động cơ diesel - máy phát điện



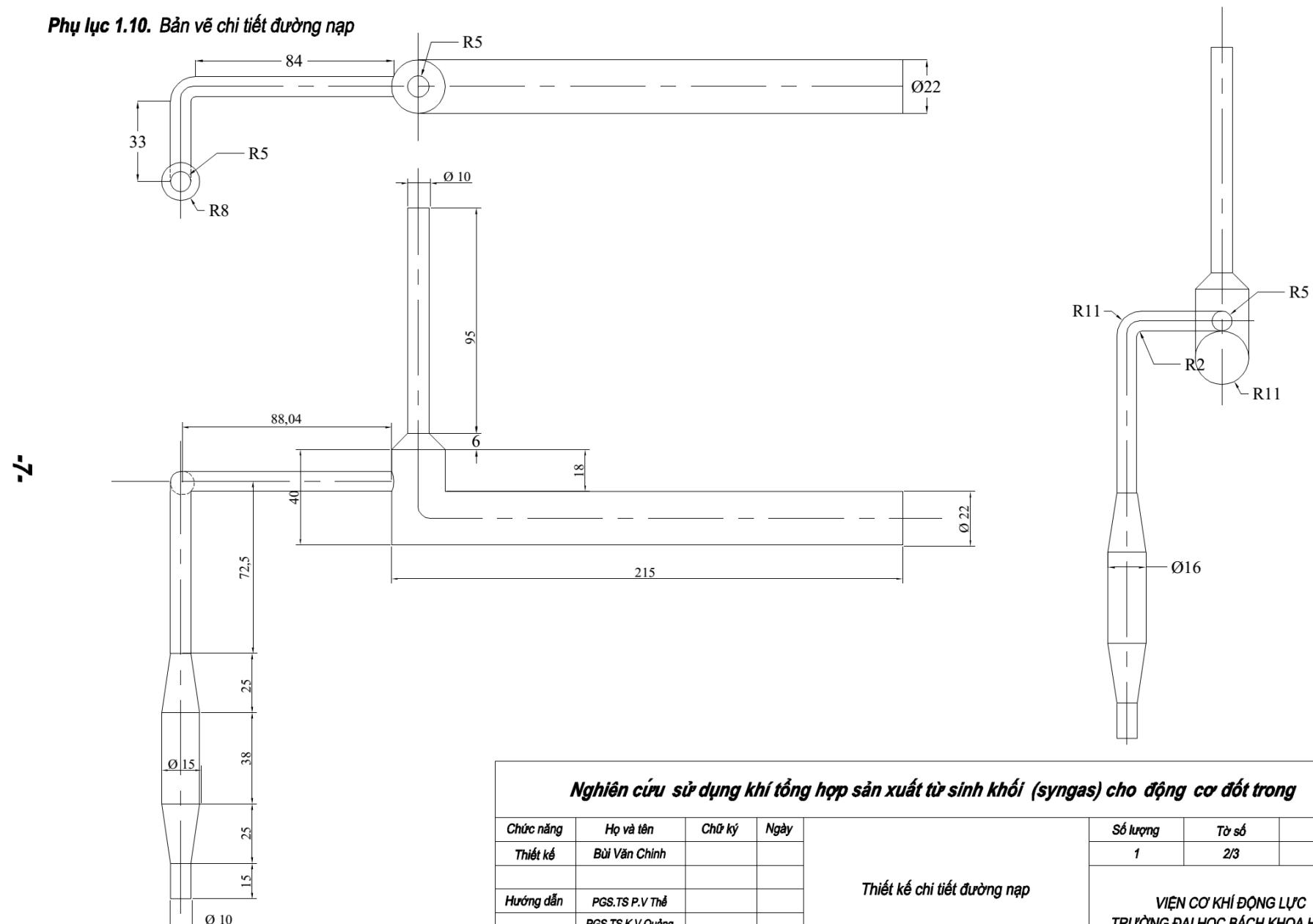
Phụ lục 1.9. Thiết kế đường cung cấp khí tổng hợp



Nghiên cứu sử dụng khí tổng hợp sản xuất từ sinh khối (syngas) cho động cơ đốt trong

Chức năng	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng	Tờ số	Tỷ lệ
Thiết kế	Bùi Văn Chính			1	1/3	
Hướng dẫn	PGS.TS P.V Thể			VIỆN CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI		
	PGS.TS K.V Quảng					
Duyệt	PGS.TS K.V Quảng					

Phụ lục 1.10. Bản vẽ chi tiết đường nạp



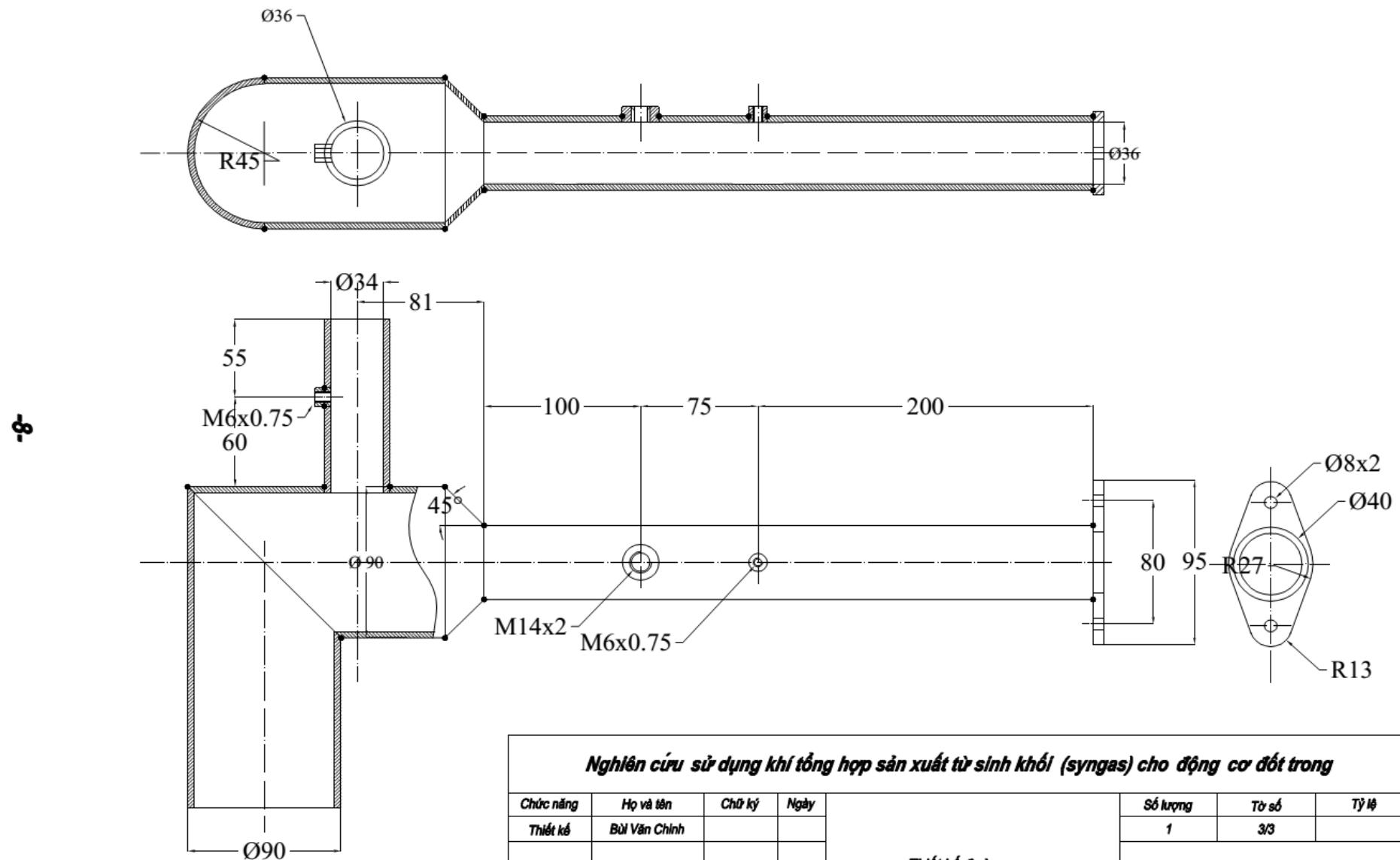
Nghiên cứu sử dụng khí tổng hợp sản xuất từ sinh khối (syngas) cho động cơ đốt trong

Chức năng	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng	Tờ số	Tỷ lệ
Thiết kế	Bùi Văn Chính			1	2/3	
Hướng dẫn	PGS.TS P.V.Thé					
	PGS.TS K.V.Quảng					
Duyệt	PGS.TS K.V.Quảng					

Thiết kế chi tiết đường nạp

**VIỆN CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

Phụ lục 1.11. Thiết kế đường nạp

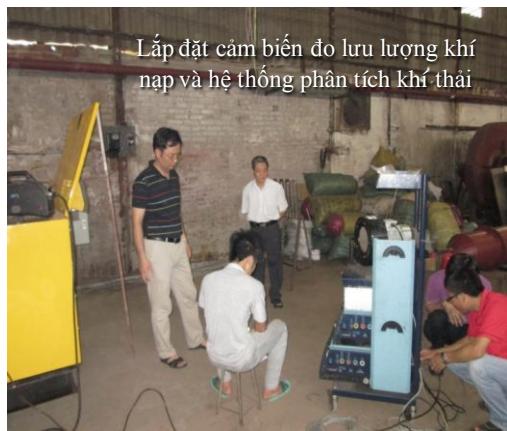


Nghiên cứu sử dụng khí tổng hợp sản xuất từ sinh khối (syngas) cho động cơ đốt trong

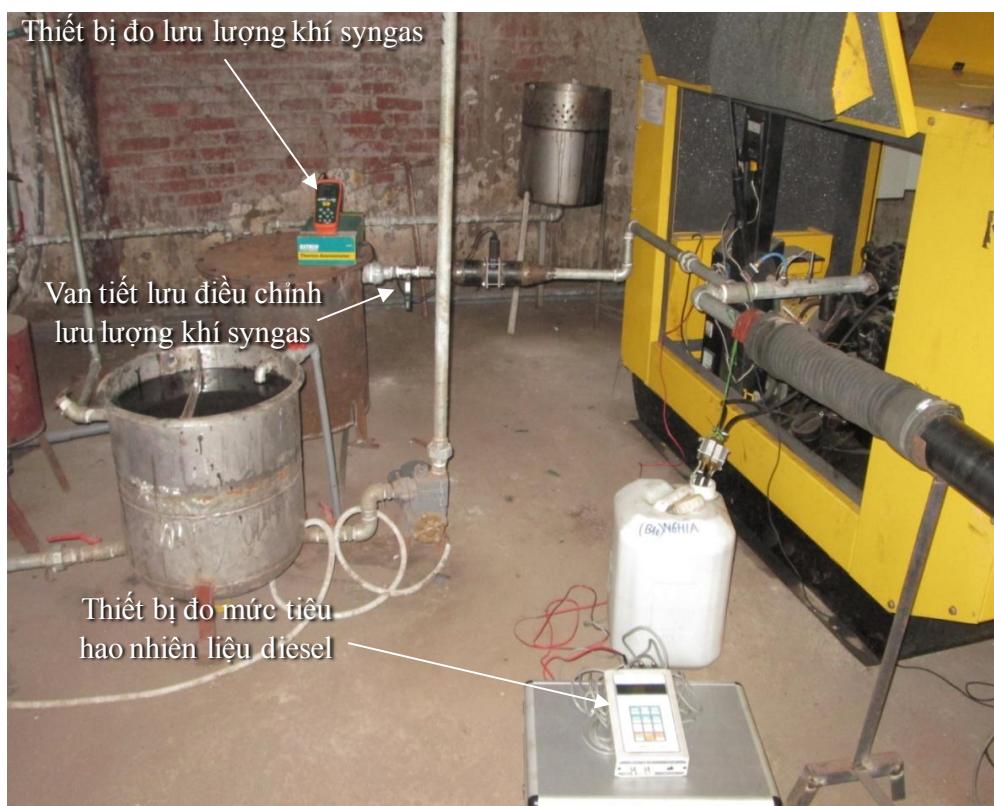
Chức năng	Họ và tên	Chữ ký	Ngày		Số lượng	Tờ số	Tỷ lệ
Thiết kế	Bùi Văn Chính				1	3/3	
Hướng dẫn	PGS.TS P.V Thể				VIỆN CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI		
	PGS.TS K.V Quảng						
Duyệt	PGS.TS K.V Quảng						

Phụ lục 2. một số hình ảnh về trang thiết bị và quá trình nghiên cứu thực nghiệm

Phụ lục 2.1. Hình ảnh các phương án thiết kế, lắp đặt và bố trí chung hệ thống thử nghiệm cụm động cơ diesel-máy phát điện sử dụng nhiên liệu diesel/syngas



Phụ lục 2.2. Sơ đồ bố trí thiết bị thực nghiệm thực tế



Phụ lục 2.3. Sơ đồ thiết kế, tính toán đường cấp khí syngas trên đường nạp của động cơ thử nghiệm (có điều chỉnh lại cho phù hợp)



Phụ lục 2.4. Sơ đồ bố trí thiết bị đo công suất điện của cụm động cơ diesel-máy phát điện và các thiết bị tải (nhiệt điện trở)

