

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NHIÊN LIỆU BIOGAS SỬ DỤNG CHO ĐỘNG CƠ DIESEL	7
1.1 Nhiên liệu sử dụng cho động cơ diesel tàu thủy.....	7
1.1.1 Vấn đề an ninh năng lượng.....	7
1.1.2 Vấn đề ô nhiễm môi trường	8
1.2 Tổng quan về nhiên liệu biogas sử dụng cho động cơ diesel	10
1.2.1 Tính chất của nhiên liệu biogas	10
1.2.2 Yêu cầu đối với khí biogas sử dụng cho động cơ diesel	12
CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU PHƯƠNG ÁN CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY CỠ NHỎ SANG SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU BIOGAS...	14
2.1 Phương án chuyển đổi song song sử dụng nhiên liệu biogas cho động cơ diesel.....	14
2.2 Đề xuất phương án hoán cải hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas cho động cơ diesel tàu thủy cỡ nhỏ.....	16
2.2.1 Ưu nhược điểm của các phương án	16
2.2.2 Nguyên lý điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp cho động cơ diesel khi sử dụng biogas	17
CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG CUNG CẤP NHIÊN LIỆU BIOGAS CHO ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY CỠ NHỎ.....	21
3.1 Đối tượng áp dụng.....	21
3.1.1 Động cơ được lựa chọn cho việc tính toán chuyển đổi	21
3.1.2 Đặc điểm hệ thống nhiên liệu của động cơ	22
3.2 Tính toán các thiết bị của hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas cho động cơ diesel.....	23
3.2.1 Sơ đồ hệ thống cung cấp nhiên liệu cho động cơ diesel khi sử dụng nhiên liệu biogas	23
3.2.2 Tính toán các thiết bị trong hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas	24
KẾT LUẬN	41
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	42

DANH SÁCH BẢNG BIỂU

Số bảng	Tên bảng	Trang
Bảng 1.1	Ước tính nguồn dự trữ dầu mỏ thế giới năm 1995-2025 (tỷ thùng).	7
Bảng 1.2	Biểu thị giá trị trung bình của các thành phần có trong khí biogas.	11
Bảng 1.3	Hàm lượng CH ₄ theo lý thuyết.	11
Bảng 1.4	Một số tính chất của biogas.	11
Bảng 1.5	Các tiêu chí theo bộ tiêu chuẩn DVGW G 260.	13
Bảng 1.6	Tiêu chuẩn biogas của Thụy Điển.	13
Bảng 1.7	Tiêu chuẩn biogas của Đức.	13
Bảng 3.1	Động cơ diesel thủy của Nga K657 M2 6412/14.	21
Bảng 3.2	Hệ số dao động của dòng khí	28
Bảng 3.3	Bảng xác định hành trình làm việc của van theo góc quay α .	36
Bảng 3.4	Bảng xác định tiết diện lưu thông của van theo góc quay α .	36

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Số hình	Tên hình	Trang
Hình 1.1	Bản đồ phân bố trữ lượng dầu mỏ trên thế giới.	8
Hình 1.2(a)	Lưu lượng khí thải CO ₂ từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch từ 1970 -2025.	9
Hình 1.2(b)	Lượng khí thải CO ₂ chia theo khu vực 1990-2025	9
Hình 1.3	Thay đổi nhiệt độ khí quyển và nồng độ CO ₂ trong 1000 năm gần đây.	10
Hình 1.4	Thay đổi nhiệt độ khí quyển và nồng độ CO ₂ trong 100 năm gần đây.	10
Hình 2.1	Động cơ sử dụng nhiên liệu biogas lai máy phát điện.	16
Hình 2.2	Nguyên lý cấp biogas và nhiên liệu diesel mỗi bằng 2 bộ điều tốc độc lập.	18
Hình 2.3	Nguyên lý cấp biogas và nhiên liệu diesel mỗi bằng 1 bộ điều tốc kết hợp.	20
Hình 3.1	Động cơ diesel thủy của Nga K657 M2 6Ч12/14.	22
Hình 3.2	Sơ đồ hệ thống nhiên liệu DO của động cơ diesel lai máy phát.	22
Hình 3.3	Bơm cao áp cụm.	23
Hình 3.4	Sơ đồ hệ thống nhiên liệu biogas của động cơ diesel lai máy phát.	23
Hình 3.5	Bộ hòa trộn kiểu van điều khiển áp suất.	24
Hình 3.6	Bộ hòa trộn cùng chiều.	25
Hình 3.7	Bộ hòa trộn trực giao.	25
Hình 3.8	Sơ đồ tính toán các kích thước của bộ hòa trộn.	26
Hình 3.9	Kết cấu bộ hòa trộn với hống hình vành khăn.	31
Hình 3.10	Kết cấu van côn.	32
Hình 3.11	Kết cấu van cánh.	33
Hình 3.12	Kết cấu van cầu.	33
Hình 3.13	Sơ đồ tính toán van cánh cấp biogas.	34
Hình 3.14	Cơ cấu điều khiển lượng nhiên liệu cấp cho động cơ.	37

Số hình	Tên hình	Trang
Hình 3.15	Vị trí lấy tín hiệu điều khiển.	38
Hình 3.16	Sơ đồ tính toán cơ cấu điều khiển van cấp khí.	39
Hình 3.17	Vị trí đặt chốt giới hạn thanh răng nhiên liệu .	40
Hình 3.18	Cơ cấu giới hạn thanh răng bơm cao áp.	40

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Năng lượng đã và đang là vấn đề được cả thế giới đặc biệt quan tâm. Nhiên liệu hóa thạch chiếm tỉ trọng lớn nhất trong các loại năng lượng đang được sử dụng. Tuy nhiên sản phẩm cháy của nhiên liệu hóa thạch này đã gây ra nhiều sự ô nhiễm môi trường nặng nề, đặc biệt là bầu khí quyển. Ngoài ra nguồn nhiên liệu hóa thạch đang có xu hướng cạn kiệt, theo các nghiên cứu chỉ ra rằng trong ít chục năm nữa nguồn dầu mỏ sẽ cạn kiệt. Để đối phó với tình trạng này đã có nhiều nguồn năng lượng thay thế được nghiên cứu và đưa vào sử dụng.

Biogas là một loại năng lượng tái tạo được sinh ra từ năng lượng mặt trời, cho nên sản phẩm cháy của biogas sẽ không phát thải CO₂ gây ảnh hưởng tới môi trường. Hiện nay việc sử dụng biogas cho động cơ đốt trong như xe cơ giới và động cơ lai máy phát điện được rất nhiều nước trên thế giới cũng như Việt Nam nghiên cứu và ứng dụng thành công.

Đối với ngành vận tải biển thì động cơ diesel được sử dụng phần đa và nhằm đa dạng hóa ứng dụng của biogas trên động cơ đốt trong, tôi đã quyết định chọn đề tài ***“NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CÁC THIẾT BỊ TRONG HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU BIOGAS CHO ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY CỠ NHỎ”***.

2. Mục đích nghiên cứu của đề tài

Nghiên cứu thiết kế hoán cải động cơ diesel tàu thủy nguyên thủy trở thành thành động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp biogas-diesel. Trong đó động cơ sau hoán cải có thể chạy với biogas theo kiểu nhiên liệu hỗn hợp, nhiên liệu diesel đóng vai trò đánh lửa cho hỗn hợp biogas/không khí; hoặc có thể hoạt động với nhiên liệu diesel như động cơ ban đầu.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Đề tài nghiên cứu hoán cải động cơ diesel lai máy phát điện trở thành động cơ hoạt động với nhiên liệu hỗn hợp biogas/diesel với nội dung chính: nghiên cứu các thiết bị cần thiết cho việc hoán cải động cơ sang sử dụng nhiên liệu hỗn hợp biogas-diesel.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết: nghiên cứu về khả năng sử dụng nhiên liệu biogas cho động cơ diesel tàu thủy cơ nhỏ lai máy phát điện.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Đóng góp vào nghiên cứu về động cơ chạy nhiên liệu hỗn hợp biogas/diesel cho động cơ diesel tàu thủy cơ nhỏ. Đa dạng hóa ứng dụng nhiên liệu thân thiện với môi trường trên động cơ đốt trong.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NHIÊN LIỆU BIOGAS SỬ DỤNG CHO ĐỘNG CƠ DIESEL

1.1 Nhiên liệu sử dụng cho động cơ diesel tàu thủy

1.1.1 Vấn đề an ninh năng lượng

Vấn đề năng lượng trên thế giới hiện nay đang được tranh luận dưới góc độ về kỹ thuật, kinh tế và môi trường. Các nguồn năng lượng đang được sử dụng nhiều ngày nay như than đá, dầu mỏ, khí tự nhiên và ngay cả năng lượng hạt nhân sẽ trở nên cạn kiệt.

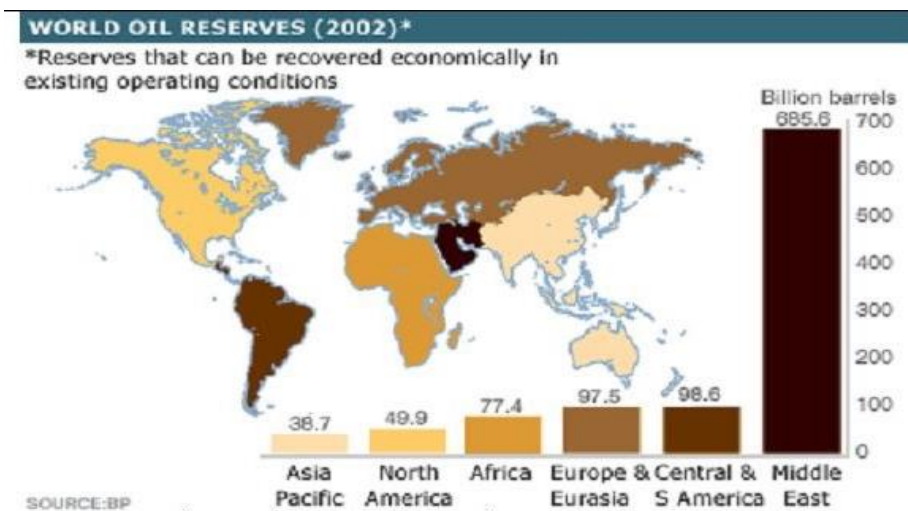
Dầu mỏ là nguồn năng lượng hóa thạch đầu tiên mà chúng ta phải nhắc tới. Những vấn đề của loại nhiên liệu này như trữ lượng, sản lượng khai thác, giá cả luôn luôn là chủ đề mang tính toàn cầu. Bảng 1.1 chỉ ra trữ lượng dầu ước tính cụ thể của các khu vực trên thế giới kể từ năm 1995 đến 2025. Trữ lượng phát hiện “Proved reserves” được lấy trong đánh giá trữ lượng hàng năm trên thế giới xuất bản bởi Tạp chí Dầu và Khí. Những ước tính về sự tăng trữ lượng hoặc trữ lượng chưa được phát hiện được dựa trên cơ sở của báo cáo Đánh giá về Dầu mỏ Thế giới năm 2000 “World Petroleum Assessment 2000” bởi Liên đoàn khảo sát Địa chất Mỹ (USGS) (hình 1.1)

Các sản phẩm của dầu mỏ, một dạng của năng lượng hóa thạch như dầu (DO, nhiên liệu chưng cất), hoặc dầu nặng còn gọi là dầu ma dút (HFO) là nhiên liệu truyền thống sử dụng cho động cơ tàu thủy từ trước tới nay. Do vậy nếu như không sớm tìm được nguồn năng lượng thay thế thích hợp thì nguồn năng lượng cung cấp cho ngành vận tải biển trong thời gian tới cũng phải đối mặt với tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng.

Bảng 1.1: Ước tính nguồn dự trữ dầu mỏ thế giới năm 1995-2025 (tỷ thùng)

Lãnh thổ và nước	Trữ lượng đã thăm dò	Sự gia tăng trữ lượng	Trữ lượng chưa được thăm dò	Tổng
Mỹ	22,7	76,0	83,0	181,7
Canada	178,9	12,5	32,6	224,0
Mexico	15,7	25,6	45,8	87,1
Japan	0,1	0,1	0,3	0,5

Lãnh thổ và nước	Trữ lượng đã thăm dò	Sự gia tăng trữ lượng	Trữ lượng chưa được thăm dò	Tổng
Úc	3,6	2,7	5,9	12,1
Tây Âu	18,2	19,3	34,6	72,1
Nga	78,0	137,7	170,8	386,5
Đông Âu	1,4	1,5	1,4	4,2
Trung Quốc	18,3	19,6	14,6	52,5
Nam Mỹ	98,8	90,8	125,3	314,9
Ấn Độ	5,4	3,8	6,8	16,0
Các nước đang phát triển tại Châu Á	11,0	14,6	23,9	49,5
Châu Phi	87,0	73,5	124,7	285,2
Trung Đông	726,8	252,5	269,2	1248,5
Tổng	1265,8	730,1	938,9	2934,8
OPEC	869,5	395,6	400,5	1665,6
Không OPEC	396,3	334,5	538,4	1269,2



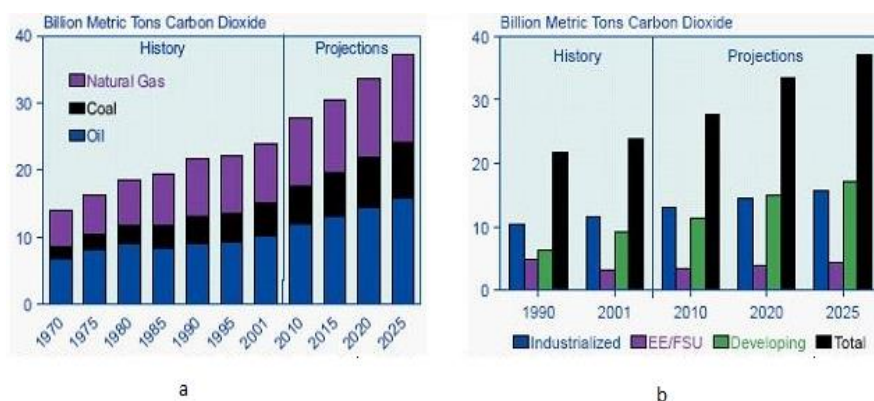
Hình 1.1: Bản đồ phân bố trữ lượng dầu mỏ trên thế giới

1.1.2 Vấn đề ô nhiễm môi trường

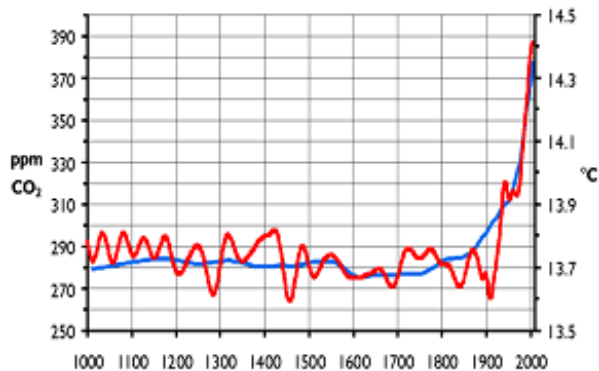
Nếu quá trình cháy của hỗn hợp không khí và nhiên liệu trong buồng đốt của động cơ là lý tưởng thì sản phẩm cháy chỉ là các khí CO_2 , H_2O , N_2 , và một

phần nhỏ SO_2 . Tuy nhiên do sự không đồng nhất của hỗn hợp không khí và nhiên liệu cũng như do tính phức tạp của các hiện tượng lý, hoá xảy ra trong quá trình cháy nên sản phẩm cháy sẽ có các chất gây ô nhiễm môi trường. Trong các sản phẩm cháy độc hại của động cơ đốt trong thì CO_x , HC, NO_x là nhân tố chính gây ra sự ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu, gây hại cho sức khỏe của con người.

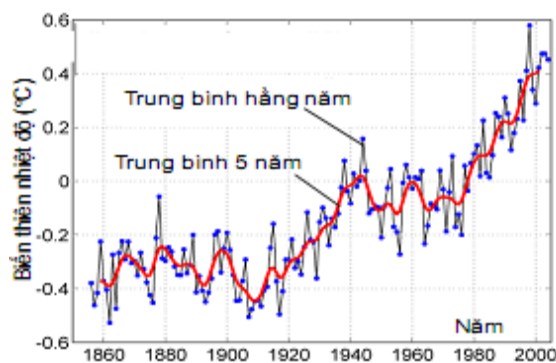
Khí CO_2 là nhân tố chính gây ra sự tăng hiệu ứng nhà kính do các sản phẩm cháy của nhiên liệu hóa thạch làm cho bề mặt trái đất tăng dần lên. Khi nhiệt độ bầu khí quyển gia tăng sẽ gây ra nhiều tác hại đặc biệt là sự dâng lên của mực nước biển. Mực nước biển tăng lên 0,2-0,4m khi nhiệt độ khí quyển tăng 1°C . Việt Nam chúng ta là một trong những nước được xem là bị ảnh hưởng nặng nề của hiện tượng nước biển dâng lên. Ngoài ra, khi nhiệt độ bề mặt trái đất tăng lên thì các hiện tượng như sa mạc hóa, đất đai cằn cỗi diễn ra nhanh gây nên ảnh hưởng lớn đối với ngành nông nghiệp. Khí NO_x , CO là các chất độc gây hại tới sức khỏe của con người.



Hình 1.2. (a): Lưu lượng khí thải CO_2 từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch từ 1970 - 2025 (b): Lượng khí thải CO_2 chia theo khu vực 1990-2025 (tỷ tấn CO_2).



Hình 1.3: Thay đổi nhiệt độ khí quyển và nồng độ CO_2 trong 1000 năm gần đây



Hình 1.4: Thay đổi nhiệt độ khí quyển và nồng độ CO_2 trong 100 năm gần đây

Bảo vệ môi trường không phải chỉ là yêu cầu của từng nước, từng khu vực mà nó có ý nghĩa trên phạm vi toàn cầu. Tùy theo điều kiện của mỗi quốc gia, luật lệ cũng như tiêu chuẩn về ô nhiễm môi trường được áp dụng ở những thời điểm và mức độ khác nhau.

Cho nên, trong [thời gian tới](#) các nguồn năng lượng thay thế như năng lượng [mặt trời](#), hydro, gió và sinh học ngày càng trở nên quan [trong](#).

1.2 Tổng quan về nhiên liệu biogas sử dụng cho động cơ diesel

1.2.1 Tính chất của nhiên liệu biogas

Khí biogas là sản phẩm của quá trình phân hủy kỵ khí các hợp chất hữu cơ. Thành phần của khí biogas chủ yếu là CH_4 , CO_2 và các thành phần khác như N, H_2S , O, CO, v.v... Mê tan [được sử dụng như là nhiên liệu và](#) là thành phần

chính của biogas, còn các thành phần khác không có vai trò sinh nhiệt trong quá trình cháy của biogas.

Bảng 1.2: Biểu thị giá trị trung bình của các thành phần có trong khí biogas

Stt	Hợp chất	Ký hiệu	Thành phần (%thể tích)
1	Mê tan	CH ₄	50-75
2	Carbonic	CO ₂	25-45
3	Hơi nước	H ₂ O	2 (20 ⁰ C) – 7 (40 ⁰ C)
4	Oxy	O ₂	<2
5	Ni tơ	N ₂	<2
6	Ammoniac	NH ₃	<1
7	Hydro	H ₂	<1
8	Hydrosulfua	H ₂ S	<1

Hàm lượng CH₄ theo lý thuyết được thể hiện tại bảng 1.3.

Bảng 1.3: Hàm lượng CH₄ theo lý thuyết

Stt	Nguyên liệu	Lít gas/kgNL	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
1	Protein	700	70÷71	29÷30
2	Chất béo	1.200-1.250	67÷68	32÷33
3	Carbohydrates	790-800	50	50

[Bảng 1.4 biểu thị tính](#) chất vật lý của biogas.

Bảng 1.4: Một số tính chất của biogas

Các tính chất	CH ₄	CO ₂
Trọng lượng phân tử	16,04	44,01
Tỷ trọng	0,554	1,52
Điểm sôi	144 ⁰ C	60 ⁰ C
Điểm đông	-165 ⁰ C	-39 ⁰ C
Khối lượng riêng	0,66 kg/m ³	1,82 kg/m ³
Nhiệt độ nguy hiểm	64,5 ⁰ C	48,9 ⁰ C

Các tính chất	CH ₄	CO ₂
Áp suất nguy hiểm	45,8 KG/cm ²	73 KG/cm ²
Nhiệt dung riêng (1KG/cm ²)	6,962.10 ⁻⁴ J/kg ⁰ C	
Tỷ lệ Cv/Cp	1,037	1,303
Nhiệt cháy	55,403 J/kg	
Giới hạn cháy	5-15% thể tích	
	0,0947 thể tích	
Tỷ lệ cháy hoàn toàn trong không khí	0,0581 khối lượng	

Hàm lượng khí mê tan CH₄ trong thành phần của khí biogas được sử dụng để xác định nhiệt trị của khí biogas. Công thức xác định nhiệt trị của khí biogas là:

$$Q_{\text{biogas}} = Q_{\text{CH}_4} \times \% \text{CH}_4 \quad (1.1)$$

Trong đó: Q_{biogas} là nhiệt trị của biogas, Q_{CH_4} là nhiệt trị của khí mê tan, $\% \text{CH}_4$ là hàm lượng theo thể tích của CH₄.

1.2.2 Yêu cầu đối với khí biogas sử dụng cho động cơ diesel

Các tiêu chí xác định tiêu chuẩn đối với khí biogas là nhiệt trị (Heating Value – HV), tỉ trọng (Specific Gravity – SG), chỉ số Wobbe (Wobbe Index), chỉ số mê tan (Methane Number).

Tùy thuộc vào giá trị nhiệt cháy là nhiệt trị cao (HHV) hay nhiệt trị thấp (LHV) mà có chỉ số Wobbe thấp hay cao. Tiêu chuẩn về chỉ số Wobbe WI được xác định tại bảng tiêu chuẩn về nhiên liệu khí của châu Âu (bảng 1.5). Theo quy định của châu Âu, có hai nhóm nhiên liệu khí: Nhóm có nhiệt trị cao (nhóm H) và nhóm có nhiệt trị thấp (nhóm L). Nhóm H dành cho khí chứa một lượng lớn mê tan và kèm theo một số hydrocarbon khác. Nhóm L dành cho khí có chứa ít mê tan hơn và chứa một lượng đáng kể khí carbonic hoặc nitrogen.

Bảng 1.5: Các tiêu chí theo bộ tiêu chuẩn DVGW G 260

Tiêu chuẩn	Kí hiệu	Đơn vị	Nhóm L	Nhóm H	Ghi chú
Tỉ trọng chuẩn	d		0,55 – 0,7		Cho phép sai lệch
Nhiệt trị cháy	HV	KWh/m ³	8,4 – 13,1		Cho phép sai lệch
Chỉ số Wobbe	WI	kWh/m ³	10,5 – 13,0	12,8– 15,7	Quy định nghiêm ngặt

Thụy Điển đã một bộ tiêu chuẩn quốc gia đối với biogas làm nhiên liệu cho phương tiện vận tải [vào năm 1999](#). [Các bảng 1.6, 1.7 mô tả các](#) thông số chính của tiêu chuẩn.

Bảng 1.6: Tiêu chuẩn biogas của Thụy Điển

Tiêu chuẩn	Đơn vị	Giới hạn quy định
Chỉ số Wobbe thấp	kWh/m ³	12,2 – 13,2 (tương đương [CH ₄] = 95-99%)
MON	-	>130
Điểm sương của nước	⁰ C	<t _{ambient} -5
CO ₂ + O ₂ + N ₂	% vol	<5
O ₂	% vol	<1
Lưu huỳnh tổng	mg/m ³	<23
NH ₃	mg/m ³	20

Bảng 1.7. Tiêu chuẩn biogas của Đức

Tiêu chuẩn	Đơn vị	Giới hạn quy định
Chỉ số Wobbe cao	kWh/m ³	10,5-13 trong mạng lưới khí H 12,8-15,7 trong mạng lưới khí H
Tỉ trọng tiêu chuẩn	-	0,55-0,75
Điểm sương của nước	⁰ C	<nhiệt độ mặt đất
CO ₂	% vol	<6
O ₂	% vol	<3

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU PHƯƠNG ÁN CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY CỠ NHỎ SANG SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU BIOGAS

2.1 Phương án chuyển đổi song song sử dụng nhiên liệu biogas cho động cơ diesel

Tính năng của động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp biogas/diesel gần giống với tính năng của động cơ khi sử dụng hoàn toàn nhiên liệu diesel với điều kiện là nhiệt trị của biogas không quá thấp. Đối với động cơ sử dụng nhiên liệu khí biogas, một lượng không khí sẽ được thay thế bằng khí biogas cho nên nếu hệ số dư lượng không khí vẫn duy trì ở 1,2-1,3 thì tổng lượng nhiên liệu cung cấp sẽ nhỏ hơn so với khi động cơ sử dụng hoàn toàn bằng nhiên liệu diesel. Do đó, công suất lớn nhất của động cơ ở tốc độ cao nhỏ hơn công suất tương ứng khi động cơ chạy thuần túy bằng diesel. Tuy nhiên sự suy giảm công suất này không nhỏ hơn đáng kể so với việc hoán cải động cơ xăng sang chạy bằng nhiên liệu khí biogas.

Khi động cơ khai thác ở tốc độ thấp và trung bình, công suất phát ra không thấp hơn nhiều khi chạy bằng diesel. Trong một vài trường hợp thậm chí công suất còn lớn hơn khi chạy bằng nhiên liệu diesel nếu hỗn hợp không khí nhiên liệu vào động cơ nhiều hơn.

Khi động cơ chạy ở tốc độ thấp hơn 80% so với tốc độ định mức thì có thể coi tính năng của động cơ sử dụng nhiên liệu biogas gần giống với tính năng của động cơ khi chạy thuần túy bằng nhiên liệu diesel. Trong trường hợp này chúng ta có thể thay thế 80% nhiên liệu diesel bởi khí biogas mà không ảnh hưởng đến công suất động cơ. Trong trường hợp động cơ hoạt động liên tục, nên khai thác động cơ ở công suất từ 80-90% công suất định mức. Khi động cơ khai thác trong khoảng 70-90% công suất định mức thì suất tiêu hao nhiên liệu là thấp nhất.

Nhiệt độ khí thải khi động cơ chạy nhiên liệu diesel thấp hơn nhiệt độ tương ứng ở chế độ nhiên liệu khí biogas do tốc độ cháy của nhiên liệu diesel cao hơn. Do đó, khi động cơ chạy ở tốc độ cao và thành phần khí biogas thay thế

ở mức cao thì nhiệt độ động cơ cần được theo dõi nhằm tránh cho xu páp xả có nguy cơ quá tải về nhiệt. Giảm tốc độ động cơ hay tỉ lệ nhiên liệu biogas thay thế nhiên liệu diesel là biện pháp áp dụng để giảm nhiệt độ động cơ.

Hệ thống cung cấp nhiên liệu diesel ban đầu của động cơ vẫn hoạt động bình thường khi chuyển đổi động cơ sang chạy nhiên liệu hỗn hợp nhằm cung cấp một lượng diesel nhất định để phun môi. Tuy nhiên, bây giờ hỗn hợp nạp vào động cơ là hỗn hợp của biogas-không khí mà là hỗn hợp của biogas/không khí đã được chuẩn bị trước tại thiết bị hòa trộn bên ngoài buồng đốt của động cơ chứ không chỉ là không khí sạch.

Phương án chuyển đổi này phải tiến hành các bước sau: thiết kế bộ điều áp; thiết kế van cung cấp biogas; thiết kế bộ hòa trộn; thiết kế cơ cấu điều chỉnh lượng cung cấp nhiên liệu.

Đối với động cơ diesel khi áp dụng phương án này thì tất cả các thông số kết cấu như dung tích xy lanh, tỉ số nén, góc phun nhiên liệu hầu như không thay đổi, v.v... Hình 2.1 là hình ảnh minh họa động cơ sử dụng nhiên liệu biogas lai máy phát điện.

Việc thay đổi lượng nhiên liệu biogas cung cấp vào bộ tạo hỗn hợp thông qua van tiết lưu sẽ điều khiển các chế độ tại của động cơ. Động cơ vẫn có thể hoạt động tốt ngay cả khi hỗn hợp biogas/không khí nghèo do tia nhiên liệu diesel phun môi phân bố tốt. Ngoài ra, việc tiết lưu hỗn hợp biogas/không khí cũng là một cách điều chỉnh các chế độ tải của động cơ. Tuy nhiên, khi điều chỉnh chế độ tải bằng phương pháp này sẽ làm cho lượng không khí cung cấp vào động cơ giảm dẫn đến áp suất nén cũng như áp suất chỉ thị bình quân cũng giảm theo, do đó công suất động cơ bị suy giảm. Các điều kiện này nhều lúc ảnh hưởng tới khả năng tự đánh lửa của động cơ.



Hình 2.1: Động cơ sử dụng nhiên liệu biogas lai máy phát điện

2.2 Đề xuất phương án hoán cải hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas cho động cơ diesel tàu thủy cỡ nhỏ

2.2.1 Ưu nhược điểm của các phương án

Theo các kết quả nghiên cứu lý thuyết [công suất động cơ sẽ bị giảm xuống](#) khi chuyển sang sử dụng nhiên liệu biogas. Đối với động cơ [sử dụng nhiên liệu khí](#) biogas, lượng hỗn hợp nhiên liệu/không khí nạp vào động cơ càng giảm đi [do nhiên liệu có chứa CO₂](#). [Nhiệt trị thể tích của nhiên liệu khí sẽ quyết định mức](#) độ giảm công suất của động cơ, ví dụ biogas [chỉ](#) chứa [-50%](#) CH₄ có nhiệt trị [thấp](#) hơn biogas chứa [70%](#) CH₄. Khi động cơ chạy với biogas nghèo chứa 60% CH₄, nhiệt trị thể tích của nhiên liệu bằng 25000 kJ/m³ thì công suất động cơ [giảm](#) khoảng 20% so với khi chạy bằng nhiên liệu lỏng-.

[Hiệu suất của](#) động cơ [chạy](#) nhiên liệu hỗn hợp [khai thác](#) ở tốc độ thấp [gần giống](#) với động cơ diesel. [Hiệu](#) suất động cơ giảm [khi khai thác ở tốc độ cao](#). [Góc](#) đánh lửa của động cơ nhiên liệu hỗn hợp cần [được tăng](#) lên từ 19⁰ lên 23⁰ trước ĐCT (tương ứng với tăng góc phun sớm) [do tốc độ màng lửa của biogas thấp](#). Theo Person (1981) [thì](#) góc đánh lửa sớm tối ưu của động cơ nhiên liệu hỗn hợp là 24⁰ trước ĐCT. [Động](#) cơ có thể bị kích nổ làm tăng áp suất và

hiệu suất của động cơ khí mà lượng nhiên liệu diesel đốt mỗi cao. Thành phần các chất ô nhiễm trong khí thải sẽ giảm khi động cơ nhiên liệu hỗn hợp làm việc với hỗn hợp biogas/không khí nghèo. Một điểm cần lưu ý đó là hệ số nạp của động cơ diesel sẽ suy giảm đáng kể do bộ tạo hỗn hợp biogas/không khí được lắp đặt trên đường nạp, do đó khi động cơ chạy thuần túy với nhiên liệu diesel thì công suất sẽ bị giảm.

Dựa trên các ưu nhược điểm của các phương án chuyển đổi sử dụng nhiên liệu biogas cho động cơ diesel, tác giả đề xuất phương án chuyển đổi song song: Động cơ sử dụng đồng thời cả hai loại nhiên liệu, trong đó nhiên liệu DO được sử dụng để đốt mỗi và nhiên liệu khí biogas là chính, khi cần thiết động cơ có thể trở lại sử dụng nhiên liệu DO như ban đầu.

Sau khi hoàn cải động cơ có thể làm việc được ở hai chế độ: chế độ hoàn toàn bằng nhiên liệu diesel và chế độ nhiên liệu hỗn hợp biogas/diesel.

Nhiên liệu biogas sử dụng cho động cơ có hàm lượng CH_4 theo thể tích từ 50% đến 75% và tia lửa mỗi bằng nhiên liệu diesel sẽ đốt cháy hỗn hợp biogas/không khí. Lượng phun tối thiểu để có thể đánh lửa mỗi thường tương đương với lượng phun nhiên liệu khi động cơ làm việc ở chế độ không tải.

Động cơ có hai hệ thống nhiên liệu độc lập: Hệ thống nhiên liệu diesel và hệ thống nhiên liệu biogas. Hai hệ thống này phải đảm bảo sự làm việc tin cậy, gọn gàng, thuận tiện trong vận hành. Khi hệ thống nhiên liệu biogas có vấn đề động cơ có thể chuyển sang hoạt động với nhiên liệu diesel mà không cần thêm các tác động kỹ thuật phức tạp nào. Với hai hệ thống nhiên liệu độc lập này, yêu cầu động cơ phải bố trí thêm một cơ cấu điều chỉnh lượng biogas cung cấp cho động cơ ngoài bộ điều tốc ban đầu.

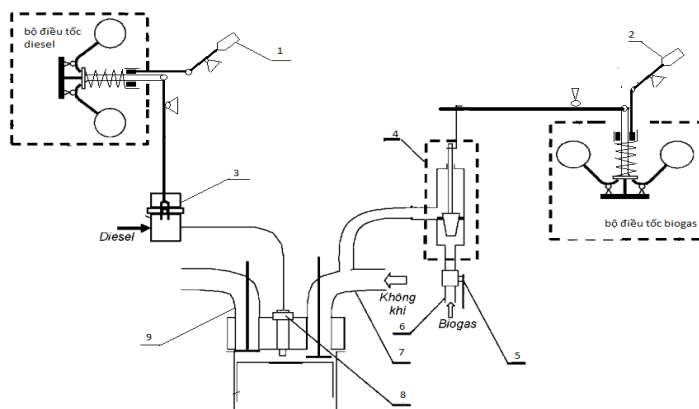
2.2.2 Nguyên lý điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp cho động cơ diesel khi sử dụng biogas

Nguyên lý điều chỉnh vòng quay và công suất của động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp được thực hiện bằng cách điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào buồng đốt theo 2 phương án:

- Phương án 1: Thay đổi lượng khí biogas cấp vào động cơ, giữ cố định lượng dầu diesel phun môi.
- Phương án 2: Thay đổi lượng dầu diesel phun môi, giữ cố định lượng khí biogas.

Để đảm bảo nâng cao tỷ lệ khí biogas thay thế cho nhiên liệu diesel, ta chọn phương án 1 để điều chỉnh công suất và vòng quay của động cơ. Hiện nay, hầu như tất cả các động cơ diesel tàu thủy đều có trang bị bộ điều tốc để tự động duy trì tốc độ động cơ ở giá trị đặt thông qua việc điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp cho chu trình. Khi chuyển động cơ diesel thành động cơ nhiên liệu hỗn hợp chạy bằng nhiên liệu biogas/diesel thì bộ điều tốc điều khiển lượng nhiên liệu diesel ban đầu cần được giữ nguyên để cho phép động cơ hoạt động với nhiên liệu diesel bất cứ khi nào cần thiết. Có hai phương án được áp dụng để điều chỉnh lượng cấp biogas: Sử dụng chính bộ điều tốc nguyên thủy để điều chỉnh lượng cấp biogas (chỉ sử dụng một bộ điều tốc); hoặc bổ sung một bộ điều tốc riêng để điều chỉnh lượng cấp biogas (sử dụng hai bộ điều tốc).

- Phương án sử dụng hai bộ điều tốc: Hình vẽ 2.2 thể hiện nguyên lý điều chỉnh lượng cấp biogas và lượng nhiên liệu diesel phun môi.



Hình 2.2: Nguyên lý cấp biogas và nhiên liệu diesel môi bằng 2 bộ điều tốc độc lập

1. Cần điều khiển BDT diesel ; 2. Cần điều khiển BDT biogas; 3. Bơm cao áp; 4. Van cấp biogas; 5. Van khóa biogas; 6. Cấp biogas; 7. Đường ống nạp; 8. Vòi phun; 9: Đường ống xả.

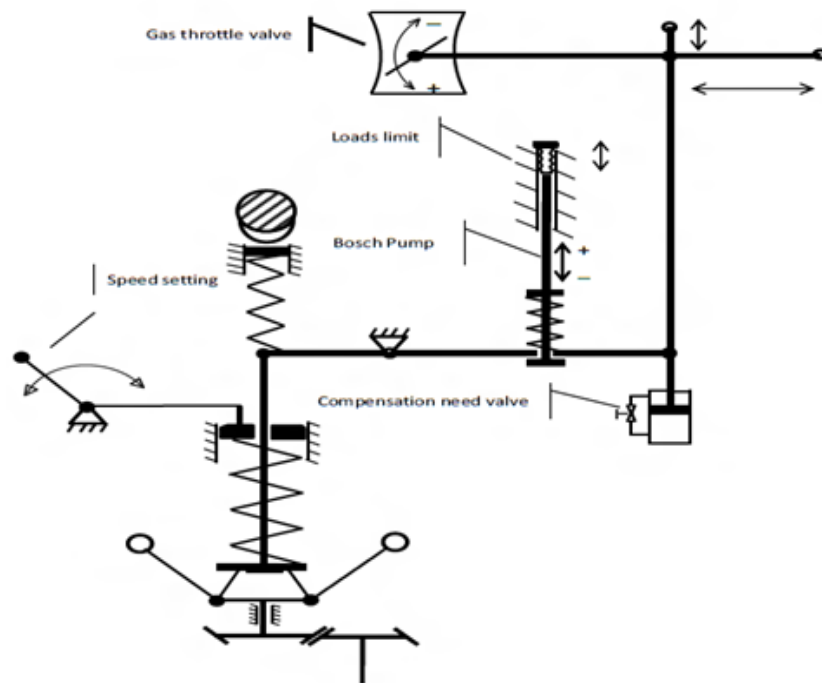
Để khởi động động cơ việc trước tiên là khởi động động cơ hoạt động ở chế độ chỉ sử dụng nhiên liệu diesel. Quy trình vận hành và chuyển từ chế độ hoạt động 100% nhiên liệu biogas thực hiện theo các bước:

(1) Đóng van khóa biogas;

(2) Khởi động động cơ sử dụng 100% nhiên diesel và để động cơ hoạt động ổn định ở chế độ không tải trong khoảng 5 đến 10 phút.

(3) Khi cấp tải động cơ, đồng thời mở van khóa biogas lúc này giới tác động của bộ điều tốc biogas thì van cấp biogas đang mở và cấp biogas vào xylanh động cơ. Đồng thời bộ điều tốc diesel sẽ cảm biến và tác động lên cơ cấu thanh răng bơm cao áp về phía tăng lượng nhiên liệu diesel cấp cho chu trình nhằm duy trì giá trị vòng quay đã đặt. Tuy nhiên, do có chốt giới hạn giới hạn lượng nhiên liệu phun (chốt giới hạn đảm bảo khả năng làm việc ổn định ở vòng quay định mức không tải) nên lượng nhiên liệu diesel không thể vượt quá dưới giới hạn này. Vậy lúc này động cơ sẽ hoạt động với nhiên liệu diesel đóng vai trò đốt mỗi còn nhiên liệu biogas để duy trì chế độ tải của động cơ.

- Phương án sử dụng một bộ điều tốc: Hình vẽ 2.3 thể hiện nguyên lý điều chỉnh lượng cấp biogas và lượng nhiên liệu diesel phun mỗi. Khi động cơ ở trạng thái dừng (hay vị trí thanh răng nhiên liệu bơm cao áp ở vị trí “0”) thì van cấp khí phải đóng hoàn toàn. Khi khởi động động cơ và động cơ chưa nhận tải, động cơ sẽ làm việc với nhiên liệu diesel (lúc này van khóa biogas đang đóng). Sau một thời gian để động cơ làm việc ổn định không tải, ta cấp tải cho động cơ và đồng thời mở van khóa biogas. Lúc này dưới tác động của bộ điều tốc làm cho thanh răng nhiên liệu bơm cao áp dịch về phía tăng lượng nhiên liệu diesel, đồng thời van cấp khí biogas cũng mở tăng lên và biogas được cấp vào xylanh động cơ. Tuy nhiên, do có cơ cấu giới hạn thanh răng bơm cao áp nên lượng nhiên liệu diesel chỉ duy trì ở giá trị giới hạn để đốt mỗi, còn lượng nhiên liệu biogas sẽ đóng vai trò duy trì chế độ tải của động cơ.



Hình 2.3: Nguyên lý cấp biogas và nhiên liệu diesel mỗi bằng 1 bộ điều tốc kết hợp

Việc sử dụng phương pháp sử dụng một bộ điều tốc cho động cơ cỡ nhỏ sẽ có nhiều ưu điểm hơn như chi phí lắp đặt, đơn giản trong điều khiển và tính toán dễ dàng hơn, vì vậy phương án sử dụng một bộ điều tốc được trình bày cụ thể trong nội dung nghiên cứu này.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG CUNG CẤP NHIÊN LIỆU BIOGAS CHO ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY CỠ NHỎ

3.1 Đối tượng áp dụng

3.1.1 Động cơ được lựa chọn cho việc tính toán chuyển đổi

[Động cơ diesel thủy lai máy phát điện tại phòng thực hành Khoa Máy tàu biển – Trường Đại học Hàng hải Việt Nam](#) được lựa chọn để nghiên cứu chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu hỗn hợp biogas/diesel. Hình 3.1 là hình ảnh của động cơ diesel thủy của Nga K657 M2 6412/14 tại phòng thực hành khoa máy. Các thông số cơ bản của động cơ được thể hiện tại bảng 3.1.

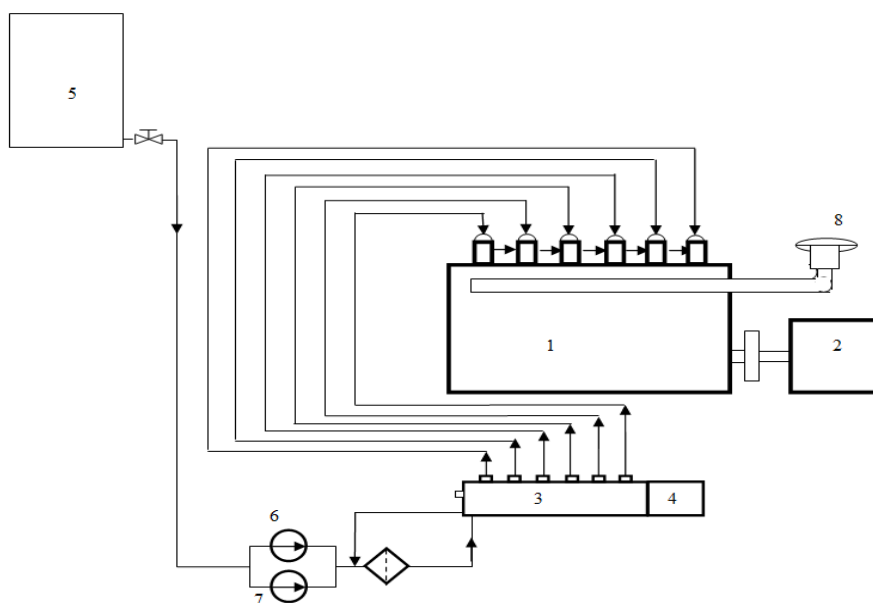
Bảng 3.1: Động cơ diesel thủy của Nga K657 M2 6412/14

STT	CÁC THÔNG SỐ	GIÁ TRỊ
1	Loại động cơ	4 kỳ, không tăng áp
2	Số xilanh	$i = 6$
3	Đường kính xilanh	$D = 120 \text{ mm}$
4	Hành trình piston	$S = 140 \text{ mm}$
5	Vòng quay định mức	$n = 1500 \text{ v/ph}$
6	Công suất định mức	$N_e = 50 \text{ kW}$
7	Suất tiêu hao nhiên liệu	$g_e = 264 \text{ g/kW.h}$
8	Bán kính khuỷu	$R_c = 70 \text{ mm}$
9	Chiều dài biên	$l = 252 \text{ mm}$
10	Tỷ số nén	$\varepsilon = 15$



Hình 3.1: Động cơ diesel thủy của Nga K657 M2 6Y12/14

3.1.2 Đặc điểm hệ thống nhiên liệu của động cơ



Hình 3.2: Sơ đồ hệ thống nhiên liệu DO của động cơ diesel lai máy phát

1. Động cơ diesel; 2. Máy phát điện; 3. Bơm cao áp; 4. Bộ điều tốc; 5. Kết trực nhật DO ; 6. Bơm boost ; 7. Bơm tay ; 8. Phin lọc gió.

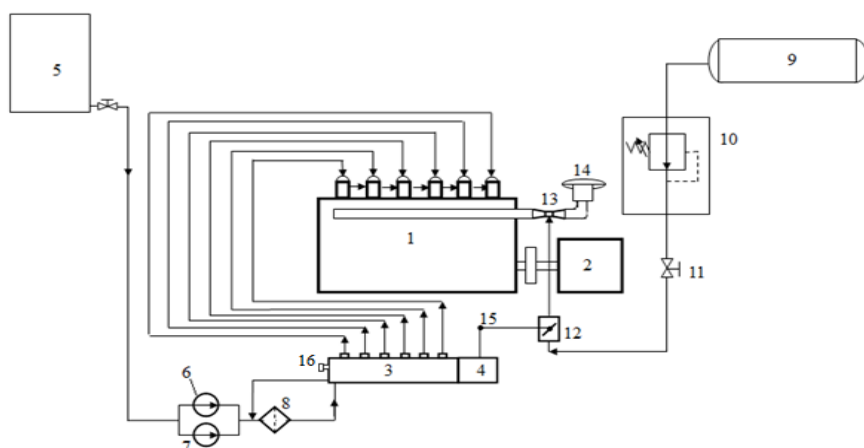
Động cơ nguyên thủy [sử dụng](#) nhiên liệu diesel (DO), có sơ đồ hệ thống nhiên liệu như hình 3.2. Động cơ sử dụng bơm cao áp cụm (hình 3.3) [kết hợp](#) với bộ điều tốc cơ khí.



Hình 3.3: Bơm cao áp cụm

3.2 Tính toán các thiết bị của hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas cho động cơ diesel

3.2.1 Sơ đồ hệ thống cung cấp nhiên liệu cho động cơ diesel khi sử dụng nhiên liệu biogas



Hình 3.4: Sơ đồ hệ thống nhiên liệu biogas của động cơ diesel lai máy phát

1. Động cơ diesel; 2. Máy phát điện; 3. Bơm cao áp; 4. Bộ điều tốc; 5. Kết trực nhật DO ; 6. Bơm boost ; 7. Bơm tay ; 8. Phin lọc nhiên liệu; 9. Bình chứa biogas; 10. Bộ điều áp; 11. Van khóa biogas; 12. Van cấp bogas; 13. Bộ hòa trộn; 14. Phin lọc gió; 15. Cơ cấu điều khiển bộ hòa trộn; 16. Cơ cấu giới hạn thanh răng bơm cao áp.

[Khi sử dụng nhiên liệu biogas sơ đồ hệ thống cung cấp nhiên liệu cho động cơ diesel lai máy phát điện tại phòng thực hành khoa máy như hình 3.4.](#)

3.2.2 Tính toán các thiết bị trong hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas

3.2.2.1 Bộ hòa trộn

Bộ hòa trộn có tác dụng chuẩn bị hỗn hợp cháy bao gồm không khí và nhiên liệu biogas cung cấp cho xylanh động cơ theo các chế độ tải khác nhau.

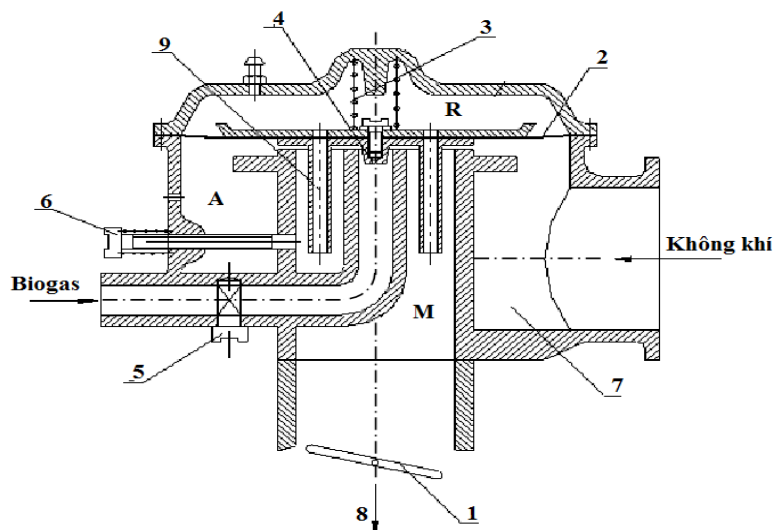
Bộ hòa trộn của động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp diesel và biogas phải đảm bảo các yêu cầu sau: Đảm bảo hỗn hợp cháy biogas/không khí thích hợp ở từng chế độ công tác của động cơ; Cung cấp cho xylanh động cơ một hỗn hợp cháy biogas/không khí đồng nhất; có khả năng điều chỉnh được hệ số nạp η_v và dư lượng không khí α ; không tạo ra sức cản lớn đối với dòng khí; dễ chế tạo, lắp đặt và điều chỉnh; được lắp đặt phía sau phin lọc gió của đường nạp (hình 3.4).

1. Phân loại bộ hòa trộn

Có hai loại bộ hòa trộn hỗn hợp cháy biogas/không khí cơ bản: Bộ hòa trộn kiểu van và Bộ hòa trộn kiểu venturi.

a. Bộ hòa trộn kiểu van điều khiển áp suất

Hình vẽ 3.7 thể hiện một bộ hòa trộn kiểu van điều khiển áp suất.



Hình 3.5: Bộ hòa trộn kiểu van điều khiển áp suất

1. Bướm gas; 2. Màng ngăn; 3. Lò xo; 4. Van côn gas; 5. Vít điều chỉnh hỗn hợp; 6. Điều chỉnh đường vòng không khí; 7. Ống nạp không khí; 8. Đường nạp của động cơ; 9. Lỗ tạo áp suất.

Formatted: Font color: Text 1, English (U.S.)

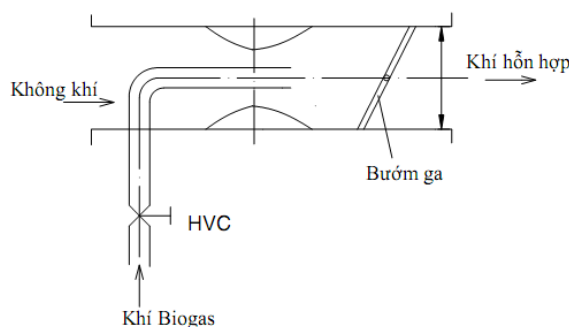
Ưu điểm: Lượng hỗn hợp sẽ thay đổi tương ứng với độ chân không trên đường nạp.

Nhược điểm: Kết cấu phức tạp, khó chế tạo, giá thành cao.

b. Bộ hòa trộn kiểu venturi

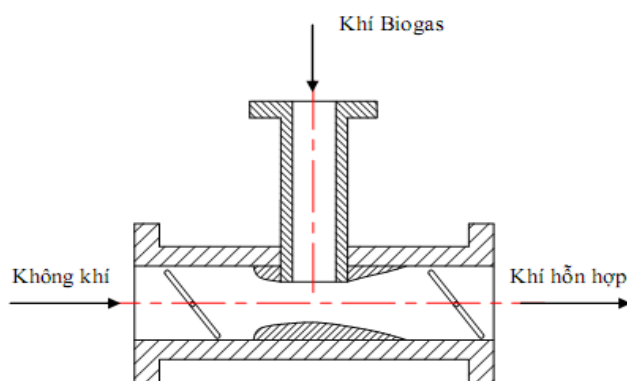
Có hai loại bộ hòa trộn venturi: Bộ hòa trộn cùng chiều và bộ hòa trộn trực giao.

- Bộ hòa trộn cùng chiều: Loại cùng chiều có kết cấu phức tạp hơn, việc bố trí lắp đặt cũng khó hơn, sức cản đối với dòng khí biogas nhỏ nên lưu lượng lớn do đó loại này chỉ phù hợp với loại động cơ yêu cầu lưu lượng hỗn hợp cung cấp lớn.



Hình 3.6: Bộ hòa trộn cùng chiều

- Bộ hòa trộn trực giao: Loại này có kết cấu đơn giản, việc hòa trộn không khí với khí biogas diễn ra dễ dàng. Đối với loại trực giao có thể bố trí đường ống dẫn khí biogas tại một vị trí hoặc nhiều vị trí xung quanh họng của bộ hỗn hợp.



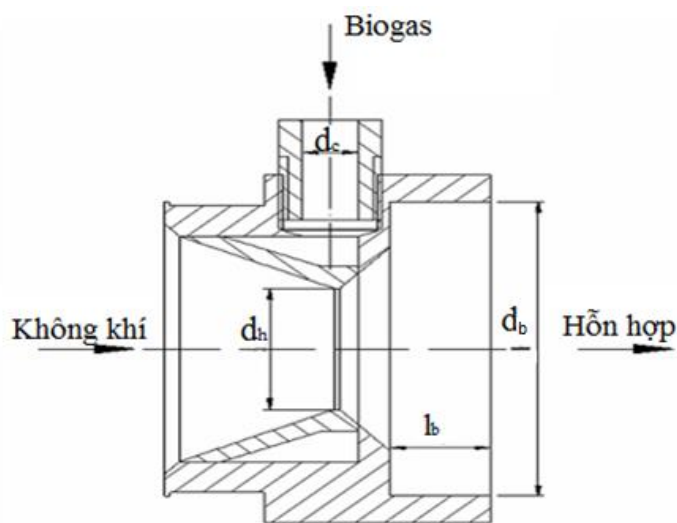
Hình 3.7: Bộ hòa trộn trực giao

Vậy dựa trên các đặc điểm đã nêu ở trên chọn bộ hòa trộn venturi kiểu trực giao là phù hợp cho việc thiết kế và lắp đặt đối với kết cấu của ống nạp động cơ K657M2.

2. Tính toán bộ hòa trộn

Tính toán bộ hòa trộn để xác định các kích thước sau: kích thước bộ hòa trộn; kích thước họng hòa trộn; kích thước lỗ cấp khí biogas.

Formatted: Indent: First line: 0 cm



Hình 3.8: Sơ đồ tính toán các kích thước của bộ hòa trộn

a. Xác định lưu lượng của nhiên liệu diesel và biogas khi động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp

Xét thành phần:

- Nhiệt trị thấp thể tích của khí sinh học được tính theo công thức Mendeleev:

$$Q_H = 35,8\% \cdot CH_4 \cdot 1000 \quad [kJ/m^3] \quad (3.1)$$

$$Q_H = \frac{35,8 \cdot 70}{100} \cdot 1000 = 25060 \quad [kJ/m^3]$$

- Nhiệt trị thấp khối lượng của khí biogas là:

$$Q_{HB} = \frac{Q_H}{\rho_B} = \frac{25060}{0,9} = 27840 \quad [kJ/kg]$$

- Trong đó $\rho_B=0.9(\text{kg}/\text{m}^3)$ là khối lượng riêng của nhiên liệu khí biogas.

Để đạt công suất 50 kW nhiệt lượng tỏa ra khi đốt cháy nhiên liệu diesel hoàn toàn là:

$$Q_0 = \frac{Q_{HD} \cdot G_{nl}}{3,6} \quad [\text{J/s}] \quad (3.2)$$

Trong đó: + Q_{HD} là nhiệt trị thấp của nhiên liệu diesel, $Q_{HD}=42530$ (kJ/kg)

+ G_{nl} lượng nhiên liệu diesel tiêu thụ trong 1 giờ,

$$G_{nl} = \frac{N_e \cdot g_e}{1000} = \frac{50.263}{1000} = 13,15 \quad [\text{kg/h}]$$

$$\text{Vậy } Q_0 = \frac{Q_{HD} \cdot G_{nl}}{3,6} = \frac{42530.13,15}{3,6} = 155350 \quad [\text{J/s}]$$

Khi chuyển sang sử dụng nhiên liệu hỗn hợp diesel/biogas, lượng nhiên liệu cấp vào động cơ để đảm bảo sự làm việc của động cơ ở chế độ không tải và cung cấp đủ năng lượng để đảm bảo quá trình cháy hỗn hợp biogas/không khí. Giả sử khi động cơ chạy ở chế độ toàn tải, lượng nhiệt phát ra của nhiên liệu diesel là 5%, và lượng này được điều chỉnh không đổi trong suốt quá trình làm việc của động cơ.

- Nhiệt lượng của nhiên liệu diesel tỏa ra khi động cơ làm việc:

$$Q_{0D} = \frac{Q_0 \cdot 5}{100} = \frac{155350 \cdot 5}{100} = 7760 \quad [\text{J/s}]$$

Nhiệt lượng của khí biogas tỏa ra là:

$$Q_{0B} = Q_0 - Q_{0D} = 155350 - 7760 = 147590 \quad [\text{J/s}]$$

- Vậy lượng khí biogas cần cung cấp cho động cơ trong 1 giờ sẽ là:

$$G_{nlB} = \frac{Q_{0B} \cdot 3,6}{Q_{HB}} = \frac{147590 \cdot 3,6}{27840} = 19,08 \quad [\text{kg/h}]$$

Lượng nhiên liệu diesel cung cấp vào động cơ trong 1 giờ là:

$$G_{nlD} = \frac{Q_{0D} \cdot 3,6}{Q_{HD}} = \frac{7760 \cdot 3,6}{42530} = 0,657 \quad [\text{kg/h}]$$

Formatted: Left, Indent: First line: 1.27 cm, No bullets or numbering

Formatted: Font color: Text 1, Not Superscript/ Subscript

- Lượng nhiên liệu tổng của biogas và diesel cấp cho động cơ trong 1 giờ là:

$$G_{nl} = G_{nlD} + G_{nlB} = 19,08 + 0,657 = 19,737 \quad [\text{kg/h}]$$

- Thành phần phần trăm khối lượng của nhiên liệu diesel trong 1 kg hỗn hợp là:

$$D_{hh} = \frac{G_{nlD}}{G_{nl}} \cdot 100\% = \frac{0,657}{19,737} \cdot 100\% = 3,33\%$$

- Thành phần phần trăm khối lượng của khí biogas trong 1 kg hỗn hợp là:

$$B_{hh} = \frac{G_{nlB}}{G_{nl}} \cdot 100\% = \frac{19,08}{19,737} \cdot 100\% = 96,67\%$$

- Nhiệt trị của hỗn hợp diesel/biogas là:

$$Q_H = Q_{HD} \cdot D_{hh} + Q_{HB} \cdot B_{hh} = 42530 \cdot 0,0333 + 27840 \cdot 0,9667 = 28330 \quad [\text{kJ/kg}]$$

b. Tính toán đường kính buồng hòa trộn

Công thức xác định đường kính buồng hỗn hợp là:

$$d_b = a_n \cdot \sqrt{V_h \cdot i \cdot \frac{n}{1000}} \quad [\text{mm}] \quad (3.3)$$

Trong đó: + d_b là đường kính trong của buồng hòa trộn (mm);

+ V_h là thể tích công tác của một xy lanh,

$$V_h = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1,4 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,58256 \quad [\text{dm}^3]$$

+ i là số xy lanh có chung một bộ hòa trộn, $i = 6$;

+ n là tốc độ quay của động cơ, $n = 1500$ [v/p];

+ a_n là hệ số dao động của dòng khí, phụ thuộc vào số lượng xy lanh có chung một bộ hòa trộn:

Bảng 3.2: Hệ số dao động của dòng khí

Số xy lanh	1	2	3	4	5	6
Hệ số a_n	24,2	17,1	14,15	13	12,85	11,9

Với các thông số trên ta có:

$$d_b = 11,9 \cdot \sqrt{1,58256 \cdot 6 \cdot \frac{1500}{1000}} = 45 \quad [\text{mm}]$$

- Chiều dài của buồng hòa trộn được xác định như sau:

$$l_b = (0,8 \div 1,8)d_b \text{ chọn } l_b = 1,2.d_b = 1,2.45 = 54 \quad [\text{mm}]$$

c. Tính toán đường kính họng khuếch tán

- Chọn đường kính họng sơ bộ:

Theo kinh nghiệm đường kính họng khuếch tán được chọn sơ bộ:

$$d_h = (0,6 \div 0,8)d_b \text{ chọn } d_h = 0,8.d_b = 0,8.45 = 36 \quad [\text{mm}]$$

- Độ chân không tại họng khuếch tán Δp_h :

Độ chân không tại họng khuếch tán được xác định bởi công thức sau:

$$\Delta p_h = \frac{\rho_{kk}}{2} \left[S \left(\frac{D}{d_h} \right)^2 \cdot \frac{n.i}{2.60} \cdot \frac{\eta_n}{\mu_h} \right]^2 \quad (3.4)$$

Trong đó: + S là hành trình piston, S=140 [mm]

+ D là đường kính xylanh, D = 120 [mm]

+ n là tốc độ động cơ, n= 1500 [v/p]

+ d_h là đường kính họng khuếch tán, d_h = [mm]

+ μ_h : là hệ số lưu lượng của họng ($\mu_h = 0,8 \div 0,9$), ta chọn

$$\mu_h = 0,85$$

+ η_n là hệ số khí nạp,

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a.T_0}{P_0.T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} = \frac{15}{15 - 1} \cdot \frac{0,9.293}{1.305} \cdot \frac{1}{1 + 0,005} = 0,92$$

Với : ε là tỉ số nén của động cơ, $\varepsilon = 15$; γ_r là hệ số khí sót, $\gamma_r = 0,005$; T_0 ,

P_0 là nhiệt độ và áp suất không khí, $T_0 = 293 [^{\circ}\text{K}]$ và $P_0 = 1 [\text{kG/cm}^2]$; T_a , P_a là

nhiệt độ và áp suất trong xy lanh cuối quá trình nạp, $P_a = 0,9.P_0 = 0,9 [\text{kG/cm}^2]$

$$\text{và } T_a = \frac{T_0 + \Delta T_{sn} + T_r \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{293 + 10 + 700.0,005}{1 + 0,005} = 305 [^{\circ}\text{K}] \quad (T_r = 700 [^{\circ}\text{K}] \text{ là nhiệt độ}$$

khí sót).

$$\text{Vậy } \Delta p_h = \frac{1,15}{2} \left[140.10^{-3} \cdot \left(\frac{120}{36} \right)^2 \cdot \frac{1500.6}{2.60} \cdot \frac{0,92}{0,85} \right]^2$$

$$\Delta p_h = 9169 [\text{N/m}^2]$$

- Tốc độ của dòng không khí đi qua họng khuếch tán W_{kk} được tính như sau :

$$W_{kk} = \sqrt{\frac{2\Delta p_h}{\rho_{kk}}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.5)$$

Trong đó:

+ ρ_{kk} là khối lượng riêng của không khí, $\rho_{kk}=1,15 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

+ Δp_h là độ chân không tại họng khuếch tán, $\Delta p_h=9169 \text{ (N/m}^2\text{)}$

Thay số vào ta có :

$$W_{kk} = \sqrt{\frac{2.9169}{1,15}} = 126 \quad [\text{m/s}]$$

- Xác định đường kính chính xác của họng:

Mối quan hệ giữa tiết diện họng và lưu lượng không khí được xác định theo biểu thức :

$$G_{kk} = \mu_h \cdot f_h \cdot W_{kk} \cdot \rho_{kk} = \mu_h \cdot \frac{\pi \cdot d_h^2}{4} \cdot W_{kk} \cdot \rho_{kk} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.6)$$

Trong đó:

+ G_{kk} lưu lượng không khí đi qua họng khuếch tán, có thể xác định

$$G_{kk} = \eta_v \cdot V_h \cdot \frac{n \cdot i}{120} \cdot \rho_{kk} = 0,92 \cdot 1,58256 \cdot \frac{1500 \cdot 6}{120 \cdot 1000} \cdot 1,15 = 0,1256 \quad [4] \text{ [kg/s]}$$

+ μ_h : là hệ số lưu lượng của họng, $\mu_h = 0,85$

$$+ f_h = \frac{\pi \cdot d_h^2}{4} \text{ là tiết diện lưu thông của họng khuếch tán } [\text{m}^2]$$

+ ρ_{kk} là khối lượng riêng của không khí, $[\text{kg/m}^3]$

+ W_{kk} tốc độ của dòng không khí đi qua họng khuếch tán. $[\text{m/s}]$

Vậy ta có đường kính họng khuếch tán được xác định như sau:

$$d_h = \sqrt{\frac{4G_{kk}}{\mu_h \cdot \pi \cdot W_{kk} \cdot \rho_{kk}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1256}{0,85 \cdot 3,14 \cdot 126 \cdot 1,15}} = 0,36 \text{ (m)} = 36 \quad [\text{mm}]$$

Vậy chọn đường kính họng $d_h = 36 \text{ [mm]}$.

d. Tính đường kính cấp biogas

Tốc độ dòng khí biogas qua ống cấp được xác định qua biểu thức :

$$W_b = \sqrt{\frac{2\Delta p_h}{\rho_b}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.7)$$

Trong đó:

+ Δp_h là độ chênh áp tại họng khuếch tán, $\Delta p_h = 9169 \text{ [N/m}^2\text{]}$

+ ρ_b là khối lượng riêng của khí biogas $\rho_b = 0,9 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

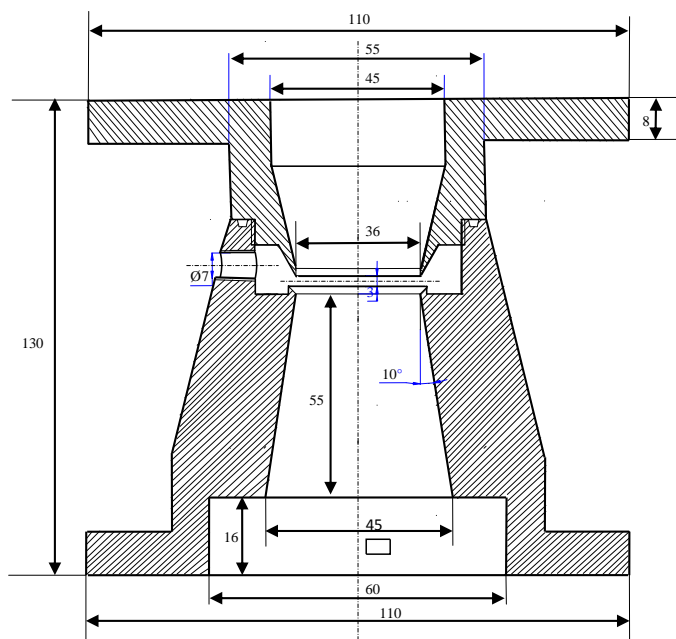
$$W_b = \sqrt{\frac{2 \cdot 9169}{0,9}} = 142,7 \quad [\text{m/s}]$$

Vậy tiết diện lỗ cấp biogas sẽ là:

$$F_{vp} = \frac{G_{nIB}}{W_b \cdot \rho_b} = \frac{19,08}{142,7 \cdot 0,9 \cdot 3600} = 4,126 \cdot 10^{-5} \quad [\text{m}^2] \quad (3.8)$$

Vậy đường kính lỗ cấp biogas là:

$$d_{vp} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{vp}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,126 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 7,25 \cdot 10^{-3} \text{ (m)} = 7,25 \quad [\text{mm}] \quad (3.9)$$



Hình 3.9: Kết cấu bộ hòa trộn với họng hình vành khăn

Để thuận tiện cho gia công chế tạo chọn:

- Đường kính buồng hòa trộn: $d_b = 45 \text{ [mm]}$;
- Chiều dài buồng hòa trộn: $l_b = 55 \text{ [mm]}$;

- Đường kính họng khuếch tán: $d_h = 36$ [mm];
- Đường kính lỗ cấp biogas: $d_{vp} = 7$ [mm].

3.2.2.2 Van cấp khí

a. Nhiệm vụ

Van cấp khí là thiết bị dùng để điều chỉnh lưu lượng khí biogas đi vào động cơ phù hợp với các chế độ tải khác nhau. Do đó việc tính toán van cấp khí dựa trên cơ sở lưu lượng khí biogas qua tiết diện lưu thông của van vào xylanh động cơ phù hợp với từng chế độ tải của động cơ.

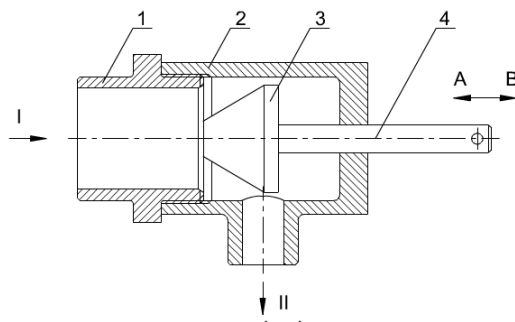
b. Các yêu cầu của van cấp khí

- Kích thước của van phải phù hợp với lưu lượng của khí biogas cần nạp;
- Điều khiển dễ dàng;
- Sức cản đối với dòng khí là nhỏ nhất;
- Đảm bảo làm kín tốt không để khí biogas rò rỉ ra môi trường.

c. Các loại van cấp khí

Có nhiều loại van cấp khí khác nhau nhằm điều chỉnh lưu lượng biogas vào động cơ được dễ dàng và thuận lợi. Dựa trên phần tử điều chỉnh dòng môi chất, van cấp khí được chia ra thành các loại sau:

- Van côn: Van côn được thể hiện tại hình 3.10.



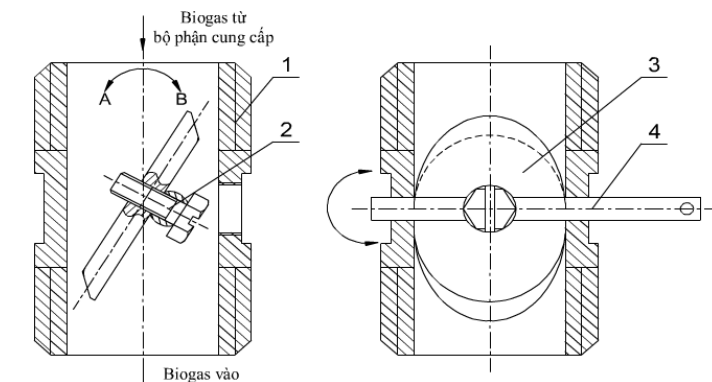
Hình 3.10: Kết cấu van côn

1. Đầu nối ống biogas; 2. Thân van; 3. Van côn; 4. Trục dẫn động van.
- I. Khí biogas từ két chứa; II. Khí biogas vào bộ hòa trộn

Ưu điểm: Điều chỉnh lưu lượng biogas rất dễ dàng và chính xác; Khả năng làm kín rất tốt; Việc thiết kế và gia công chế tạo đơn giản; Có thể sử dụng đa dạng với các loại động cơ khác nhau.

Nhược điểm: Yêu cầu cao khi chế tạo van côn và bề mặt tựa của van.

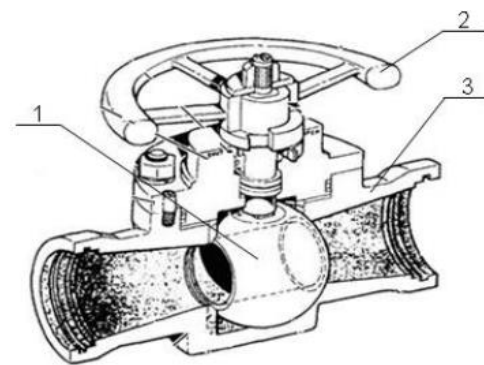
- Van cánh: Kết cấu đơn giản, dễ điều chỉnh.



Hình 3.11: Kết cấu van cánh

1. Thân van; 2. Vít giữ van; 3. Van; 4. Càng dẫn động van

Ưu điểm: Điều chỉnh lưu lượng biogas dễ dàng, điều khiển nhẹ nhàng; Kết cấu van đơn giản, gọn nhẹ; Độ chênh không sau cánh van lớn làm cho tốc độ dòng biogas nạp vào động cơ rất cao làm tăng khả năng hòa trộn với không khí. Nhược điểm: Sức cản đối với dòng khí biogas nạp vào lớn; Khả năng làm kín kém; Khả năng kiểm soát lưu lượng qua van khó.



Hình 3.12: Kết cấu van cầu

1. Van cầu; 2. Cơ cấu khiển van; 3. Thân van

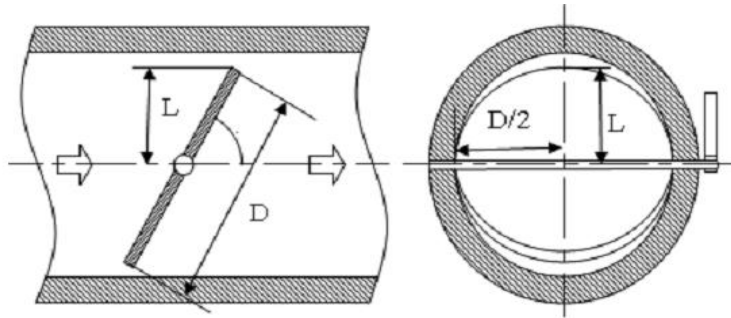
Formatted: Indent: First line: 0.75 cm

- Van cầu: ưu điểm là có khả năng điều chỉnh lưu lượng chính xác, làm kín tốt, tuy nhiên chế tạo phức tạp, giá thành cao.

Dựa trên các đặc điểm các loại van trên thì phương án lựa chọn van cấp khí dạng cánh là phù hợp nhất.

d. Tính toán thiết kế van cấp khí dạng cánh

Sơ đồ tính toán thiết kế van cánh thể hiện tại hình 3.13.



Hình 3.13: Sơ đồ tính toán van cánh cấp biogas

Lượng biogas thực tế cung cấp cho động cơ trong một chu trình Q_{biogas} :

$$Q_{biogas} = 4 \cdot S_o \cdot \frac{60}{2n} \cdot W_b \quad [m^3] \quad (3.10)$$

Trong đó:

- + S_o là tiết diện lưu thông biogas trong đường cung cấp;
- + n là tốc độ động cơ;
- + W_b là tốc độ dòng biogas qua van tiết lưu;
- + Q_{biogas} là lượng biogas cấp cho động cơ trong một chu trình, và cũng chính là lượng biogas có thể cháy hoàn toàn với lượng không khí cực đại nạp vào tất cả các xy lanh động cơ trong một chu trình (xem động cơ làm việc với 100% biogas):

$$Q_{biogas} = \frac{100}{16.\%CH_4} \cdot \frac{i.V_h}{\frac{100}{16.\%CH_4} + \frac{400}{23.29}} \quad [4] \quad [m^3] \quad (3.11)$$

Thay thông số vào ta có:

$$Q_{biogas} = \frac{100}{16.70} \cdot \frac{6.1,58256.10^{-3}}{\frac{100}{16.70} + \frac{400}{23.29}} = 1,23.10^{-3} \quad [m^3]$$

Tiết diện đường ống cấp biogas:

$$S_o = \frac{2.n.Q_{biogas}}{4.60.W_b} \quad [m^2] \quad (3.12)$$

Thay thông số vào ta có:

$$S_o = \frac{2.1500.1,23.10^{-3}}{4.60.142,7} = 1,08.10^{-4} \quad [m^2]$$

Đường kính ống cung cấp biogas:

$$S_o = \frac{\pi.D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4.S_o}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.1,08.10^{-4}}{3.14}} = 0,012 \quad [m]$$

Chọn đường kính ống cấp $D=15[mm]$

Vậy tiết diện thực của của ống cấp biogas là:

$$S_o = \frac{\pi.D^2}{4} = \frac{3,14.15^2}{4} = 177 \quad [mm^2]$$

Tùy theo chế độ tải của động cơ mà lượng biogas được điều chỉnh bởi van cấp khí đi vào động cơ nhằm đảm bảo công suất động cơ phù hợp với yêu cầu của phụ tải.

Ta sẽ tìm mối quan hệ giữa D , L , và góc quay van α .

Trong đó: + D là đường kính làm việc lớn nhất của van $[mm]$;

+ α là góc quay của van (độ);

+ L là hành trình làm việc của van cánh $[mm]$.

Hành trình làm việc của van cánh được xác định bởi công thức sau:

$$L = \frac{D \cdot \sin \alpha}{2} = \frac{15 \cdot \sin \alpha}{2} \quad (3.132)$$

Chọn chiều dày của van cánh là $2 [mm]$ vậy khi góc $\alpha = 80^\circ$ thì xem như van cánh đã đóng hoàn toàn. Do đó, góc làm việc của van cánh nằm khoảng $0^\circ \div 80^\circ$.

Bảng 3.3: Bảng xác định hành trình làm việc của van theo góc quay α

α (độ)	L (mm)	α (độ)	L (mm)	α (độ)	L (mm)
5	0,66	30	3,75	55	6,15
10	1,3	35	4,30	60	6,50
15	1,95	40	4,82	65	6,80
20	2,57	45	5,3	70	7,05
25	3,17	50	5,75	75	7,25

Tiết diện bị chặn:

$$S_c = \pi \cdot \frac{D}{2} \cdot L \quad [\text{mm}^2] \quad (3.143)$$

Vậy tiết diện lưu thông là:

$$S_{lt} = S_o - S_c \quad [\text{mm}^2] \quad (3.154)$$

Ta có bảng 3.4 xác định diện tích lưu thông của van theo góc quay của van cánh.

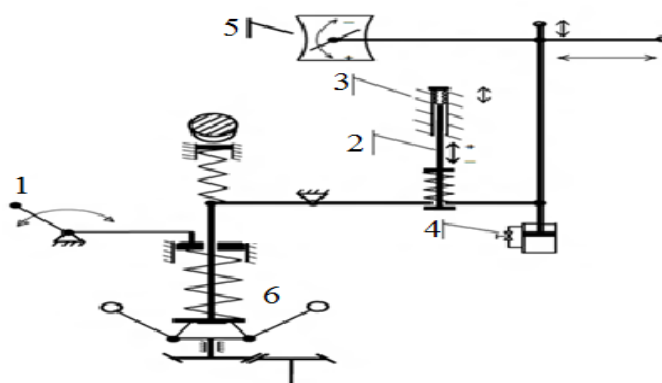
Bảng 3.4: Bảng xác định tiết diện lưu thông của van theo góc quay α

α [độ]	L [mm]	S_c [mm ²]	S_{lt} [mm ²]
5	0,66	15,55	161,45
10	1,3	30,62	146,38
15	1,95	45,92	131,08
20	2,57	60,52	116,48
25	3,17	74,65	102,35
30	3,75	88,31	88,69
35	4,30	101,27	75,73
40	4,82	113,51	63,49
45	5,3	124,82	52,18
50	5,75	135,41	41,59
55	6,15	144,83	32,17

α [độ]	L [mm]	S_c [mm ²]	S_{lt} [mm ²]
60	6,50	153,08	23,92
65	6,80	160,14	16,86
70	7,05	166,03	10,97
75	7,25	170,74	6,26

3.2.2.4 Cơ cấu điều khiển lượng nhiên liệu cấp cho động cơ

Theo các kết quả phân tích ở chương 2, để điều khiển lượng nhiên liệu cấp cho động cơ ở các chế độ công tác khác nhau, trong hệ thống vẫn sử dụng bộ điều tốc vốn được trang bị cho động cơ từ trước. Bộ điều tốc có nhiệm vụ điều chỉnh lượng nhiên liệu diesel cấp cho động cơ. Khi động cơ chuyển sang làm việc với nhiên liệu biogas thì lượng nhiên liệu diesel được duy trì ở một mức nhất định, còn lượng cấp nhiên liệu biogas được điều chỉnh theo tải. Do vậy hệ thống cần phải được thiết kế thêm cơ cấu điều khiển lượng nhiên liệu biogas cấp liên kết giữa bộ điều tốc và van cấp khí và một cơ cấu giới hạn lượng nhiên liệu cấp. Cơ cấu điều khiển lượng nhiên liệu cấp cho động cơ được thể hiện hình 3.146.



Hình 3.14: Cơ cấu điều khiển lượng nhiên liệu cấp cho động cơ

1. Cần đặt độ; 2. Bơm bosch; 3. Cơ cấu giới hạn thanh răng; 4. Van kim bù; 5. Van cấp khí; 6. Bộ điều tốc cơ khí.

a. Cơ cấu điều khiển van cấp khí biogas

Cơ cấu điều khiển của van cấp khí biogas được lấy tín hiệu từ cơ cấu điều khiển thanh răng bơm cao áp của bộ điều tốc. Tùy thuộc vào yêu cầu về tải, cơ cấu điều khiển thay vì tác động vào thanh răng bơm cao áp sẽ tác động vào van cánh bướm để thay đổi độ mở của diện tích tiết lưu và do đó thay đổi được lượng khí biogas cấp vào xilanh. Theo yêu cầu, vị trí của van cánh phải đóng hoàn toàn khi mà thanh răng bơm cao áp ở vị trí “0”.

Chiều dài thanh đẩy được chọn là $b = 30$ [cm].

Gọi $\alpha = 80^\circ$ là góc đóng hoàn toàn của van cánh, do đó góc quay của cần quay 4 cũng là $\alpha = 80^\circ$.

Gọi H là khoảng cách dịch chuyển của trục ra bộ điều tốc ($H=15$ [mm]), vậy khoảng cách dịch chuyển của cần đẩy $a = 2H = 2.15 = 30$ [cm].

Ta có mối quan hệ giữa khoảng cách dịch chuyển của cần đẩy 3 và chiều dài cần quay là $a^2 = 2.c^2 - 2.c^2.\cos\alpha$

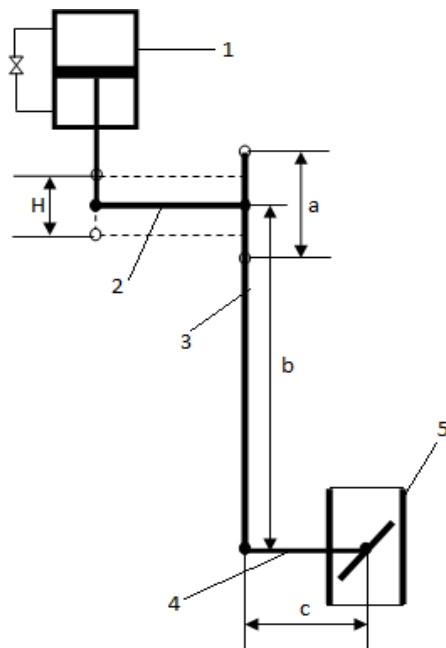
Vậy chiều dài của cần quay van cánh là:

$$c = \sqrt{\frac{a^2}{2(1 - \cos\alpha)}} = \sqrt{\frac{30^2}{2(1 - \cos 80)}} = 23,5 \quad [\text{mm}] \quad (3.165)$$



Vị trí lấy tín hiệu điều chỉnh van tiết lưu

Hình 3.15: Vị trí lấy tín hiệu điều khiển



Hình 3.16: Sơ đồ tính toán cơ cấu điều khiển van cấp khí

1. Xy lanh lực của bộ điều tốc; 2. Thanh truyền; 3. Cần đẩy; 4. Cần quay van cánh;
5. Van cánh.

b. Cơ cấu giới hạn thanh răng nhiên liệu

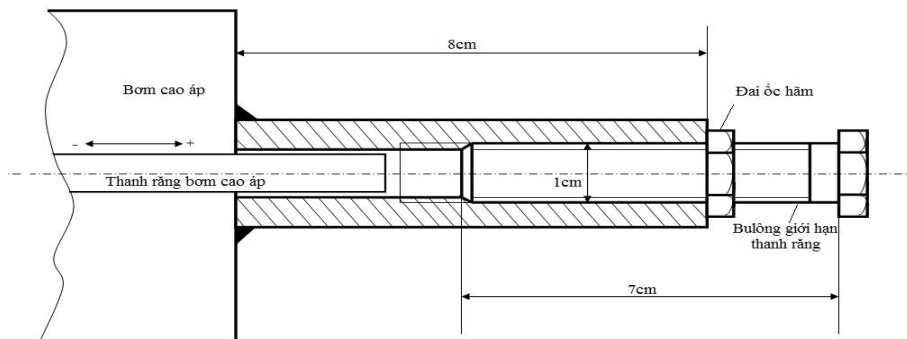
Theo yêu cầu nhiên liệu diesel chỉ được sử dụng khi khởi động, động cơ làm việc ở chế độ không tải hoặc đóng vai trò đốt môi ở các chế độ tải cao, do đó cần có cơ cấu giới hạn thanh răng bơm cao áp để duy trì một lượng nhất định nhiên liệu diesel (khoảng 5 – 10% tổng lượng nhiên liệu cấp), nhiên liệu biogas sẽ đáp ứng yêu cầu về phần tải còn lại.

Yêu cầu đối với cơ cấu giới hạn lượng nhiên liệu diesel: Phải đảm bảo hoạt động ổn định ở chế độ không tải khi sử dụng nhiên liệu diesel, có khả năng tăng hoặc giảm lượng nhiên liệu khi cần thiết; trong trường hợp van cung cấp nhiên liệu biogas bị sự cố, động cơ vẫn có thể nhận thêm tải bằng cách tăng lượng nhiên liệu diesel vào động cơ; bên cạnh đó thiết bị cũng phải hoạt động tin cậy, dễ bảo dưỡng và hiệu chỉnh.



Hình 3.17: Vị trí đặt chốt giới hạn thanh răng nhiên liệu

Cấu tạo: cơ cấu giới hạn nhiên liệu được thiết kế bao gồm ống bao của thanh răng được hoán cải với vít điều chỉnh lắp ở đầu ống bao (hình 3.18). [Sự dịch chuyển của trục thanh răng bơm cao áp sẽ được hạn chế bằng](#) việc thay đổi vị trí của vít điều chỉnh do đó giới hạn được lượng nhiên liệu diesel cấp vào xilanh động cơ.



Hình 3.18: Cơ cấu giới hạn thanh răng bơm cao áp

KẾT LUẬN

Dựa trên cơ sở nghiên cứu [tính toán hệ thống](#) nhiên liệu biogas cho động cơ [của](#) Nga K657 M2 6Ч12/14 tại Phòng thực hành Khoa Máy tàu biển – Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Đã nghiên cứu, tìm ra được phương án hoán cải;
- Đã tính toán các thiết bị cho hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas áp dụng cho một động cơ cụ thể;
- Việc [hoán cải](#) động cơ diesel sang sử dụng nhiên liệu hỗn hợp biogas và diesel không làm [thay đổi](#) lớn đến kết cấu của động cơ [ban đầu](#) nên chi phí cho các thiết bị phục vụ cấp nhiên liệu biogas và hoán cải động cơ không lớn, việc hoán cải chủ yếu là thay đổi hệ thống cung cấp nhiên liệu, bộ điều tốc và hệ thống nạp khí.
- Tuy nhiên việc sử dụng nhiên liệu biogas cho động cơ tàu thủy sẽ gặp một số vấn đề như vấn đề về lưu trữ trên tàu, yêu cầu khắt khe của an toàn đối với tàu thủy và nguồn cung cấp hiện nay chưa được phổ biến.
- Do đề tài hiện đang nằm ở phạm vi nghiên cứu lý thuyết nên chưa thể đánh giá hết được tất cả các tính năng sử dụng của nhiên liệu biogas đối với động cơ diesel tàu thủy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng việt

- [1]. GS.TS. Nguyễn Tất Tiến (2000), *Nguyên lý động cơ đốt trong*, NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [2]. Bùi Văn Ga, Trần Thanh Hải Tùng, Trương Lê Bích Trâm, Lê Minh Tiến (2007), “*Sử dụng khí biogas trên động cơ đốt trong cỡ nhỏ*“, Tuyển tập công trình khoa học hội nghị toàn quốc lần thứ 8, 6-7/12/2007, Hà Nội.
- [3]. Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Lê Xuân Thạch, Lê Minh Tiến, Trần Thanh Hải Tùng, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Thị Thanh Xuân (2013), *Động cơ biogas*, NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [4]. Bùi Văn Ga, Lê Minh Tiến, Trương Lê Bích Trâm, Trần Thanh Hải Tùng (2009), “*Xác định kích thước van cung cấp Biogas cho động cơ hai nhiên liệu Biogas/Diesel nhiều xi lanh cỡ lớn*“, Tuyển tập Hội Nghị Cơ Học Thủy Khí toàn quốc, tập 1, trang 139 – 149, Đà Nẵng.
- [5]. <https://sites.google.com/site/vnggenenergy/buctranhthegioi>.

Tài liệu tiếng nước ngoài

- [6]. Dominik Rutz Teodorita Al Seadi, Heinz Prassl, Michael Kottner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen (2008), *Biogas handbook*, University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK – 6700 Esbjerg, Denmark.
- [7]. James L. Walsh - Charles C. Ross - Micheal S. Smith (1988), *Handbook on Biogas utilization*, US Department of Energy.
- [8]. Klaus von Mitzlaff (1988), *Engine for biogas*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.