

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM
KHOA MÁY TÀU BIỂN**



**THUYẾT MINH
ĐỀ TÀI NCKH CẤP TRƯỜNG**

**ĐỀ TÀI
NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG
NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỖNH THẤP ĐẾN
HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ TÀU BIỂN VÀ PHƯƠNG PHÁP
KHẮC PHỤC**

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Nguyễn Mạnh Chiền

Hải Phòng, tháng 5/2016

MỤC LỤC

DANH SÁCH BẢNG BIỂU	i
DANH SÁCH HÌNH ẢNH	ii
MỞ ĐẦU	1
Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu.....	1
Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
Phương pháp nghiên cứu.....	2
Kết quả của đề tài.....	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NHIÊN LIỆU HÀNG HẢI	3
1.1. Quy định về giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu	3
1.2. Tiêu chuẩn nhiên liệu hàng hải	4
1.3. Phạm vi độ nhớt và hàm lượng lưu huỳnh của nhiên liệu.....	5
1.4. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp	7
1.5. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp trên thị trường.....	8
CHƯƠNG 2. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỖNH THẤP TỚI HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ TÀU BIỂN	11
2.1. Ứng suất nhiệt	11
2.2. Ảnh hưởng của độ nhớt thấp	11
2.2.1. Giảm vai trò bôi trơn	11
2.2.2. Rò lọt nhiên liệu	12
2.2.3. Khối lượng riêng thấp.....	12
2.3. Lọc nhiên liệu.....	12
2.4. Không tương thích của nhiên liệu.	12
2.5. Chỉ số cơ bản của dầu bôi trơn (Base Number - BN)	13
2.6. Bột xúc tác Si-Al	13
CHƯƠNG 3. CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỖNH THẤP TỚI HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ TÀU BIỂN.....	15
3.1. Kiểm soát độ nhớt	15
3.2. Hòa trộn nhiên liệu	18
3.3. Giảm công suất động cơ.....	18

3.4. Tránh hình thành ứng suất nhiệt trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu	18
3.5. Chuyển đổi nhiên liệu bằng tay	18
3.6. Bơm cao áp.....	19
3.7. Hãm nhiên liệu	19
3.8. Sự tương thích của các nhiên liệu	19
3.9. Vận hành máy lọc.....	19
3.10. Làm mát bơm cao áp.....	20
3.11. Giám sát nhiệt độ của nhiên liệu	20
3.12. Thiết kế sơ bộ hệ thống lưỡng nhiên liệu.....	20
3.13. Thiết kế sơ bộ hệ thống lưỡng dầu xy lanh.....	22
KẾT LUẬN	24
TÀI LIỆU THAM KHẢO	25

DANH SÁCH BẢNG BIỂU

Bảng 1. Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu (ngoài vùng kiểm soát phát thải)	3
Bảng 2. Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu (trong vùng kiểm soát phát thải)	3
Bảng 3. Các yêu cầu về nhiên liệu của hệ động lực tàu biển	5
Bảng 4. Một số nhiên liệu mới có hàm lượng lưu huỳnh thấp.....	9

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 1. Một số vùng biển kiểm soát phát thải (ECAs)	4
Hình 2. Biểu đồ nhiệt độ – độ nhớt của nhiên liệu 1	6
Hình 3. Biểu đồ nhiệt độ – độ nhớt của nhiên liệu 2.....	6
Hình 4. Biểu đồ giá dầu trên thị trường.....	10
Hình 5. Bột xúc tác Si-Al (Cat-fines) gây hiện tượng mài mòn sơ mi xy lanh.....	14
Hình 6. Một trong các vị trí lắp đặt sinh hàn trên hệ thống nhiên liệu.....	16
Hình 7. Sinh hàn nhiên liệu	16
Hình 8. Hệ thống nhiên liệu có trang bị sinh hàn nhiên liệu.....	17
Hình 9. Hệ thống lưỡng nhiên liệu	21
Hình 10. Hệ thống 2 dầu xy lanh độc lập	22
Hình 11. Vách ngăn kết dầu xy lanh	23

MỞ ĐẦU

Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu

Theo quy định của Phụ lục VI – “Các quy định về ngăn ngừa ô nhiễm không khí do tàu gây ra” của Công ước quốc tế về ngăn ngừa ô nhiễm do tàu gây ra năm 1973, đã được sửa đổi, bổ sung bởi Nghị định thư năm 1978 (Công ước MARPOL), từ ngày 01 tháng 01 năm 2015, yêu cầu mới ngặt nghèo về hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu sử dụng cho tàu biển hoạt động trong khu vực kiểm soát phát thải (Emission Control Area – ECA) có hiệu lực.

Phụ lục VI của Công ước MARPOL quy định trên thế giới có các khu vực kiểm soát phát thải, như: biển Baltic, biển Bắc (the North Sea), khu vực kiểm soát phát thải bắc Mỹ (the North American ECA, kéo dài 200 hải lý từ bờ biển của Hoa Kỳ và Canada), và biển Carribean thuộc Hoa Kỳ...

Việc tuân thủ quy định mới về hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu sử dụng cho tàu biển, khi hoạt động trong khu vực kiểm soát phát thải, có thể được thực hiện bằng cách sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh 0,1 % tại mọi thời điểm hoạt động của tàu, hoặc chuyển đổi từ nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh cao sang nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh 0,1 % khi tàu đi vào khu vực kiểm soát phát thải. Trong trường hợp áp dụng biện pháp chuyển đổi nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh cao sang thấp, theo Quy định 14.6, Phụ lục VI của Công ước MARPOL, yêu cầu trên tàu phải có “Quy trình được lập thành văn bản về cách thức thực hiện chuyển đổi nhiên liệu”. Quy trình chuyển đổi phải được viết chi tiết và thuyền viên phải thành thạo trong việc thực hiện quy trình. Quy trình này phải được thực hiện đầy đủ trước khi tàu đi vào khu vực kiểm soát phát thải. Trên tàu phải có nhật ký ghi chép việc thực hiện chuyển đổi nhiên liệu.

Việc chuyển đổi nhiên liệu trong quá trình hoạt động của tàu có thể gặp phải một số vấn đề liên quan đến các đặc tính của nhiên liệu như độ nhớt, khả năng bôi trơn, điểm bắt cháy, sự môi cháy và chất lượng quá trình cháy. Thách thức lớn nhất là độ nhớt thấp của nhiên liệu có thể gây ra rò rỉ trong bơm cấp nhiên liệu và bơm cao áp, dẫn đến làm giảm lượng dầu cung cấp cho động cơ và hậu quả là ảnh hưởng đến việc thực hiện chức năng của động cơ. Việc nghiên cứu đánh giá những ảnh hưởng của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp là cần thiết qua đó đề ra những phương pháp khắc phục để đảm bảo cho việc vận hành động cơ tàu biển an toàn.

Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu

Đánh giá những ảnh hưởng của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp đến vận hành động cơ tàu biển qua đó đề ra những phương pháp khắc phục để đảm bảo cho việc vận hành an toàn động cơ tàu biển.

Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống nhiên liệu, hệ thống dầu xy lanh của động cơ chính tàu biển.

Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài chỉ giới hạn trong việc xác định một số ảnh hưởng của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp liên quan đến các đặc tính của như: độ nhớt, độ bôi trơn, nhiệt độ, hàm lượng Al-Si đến việc vận hành động cơ tàu biển.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu dựa trên cơ sở lý thuyết về nhiên liệu động cơ diesel tàu thủy.

Kết quả của đề tài

Đề tài đã chỉ ra những ảnh hưởng của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp đến việc vận hành động cơ tàu biển như: Sốc nhiệt, rò lọt, gia tăng tình trạng ăn mòn, chết máy...vv qua đó đề ra các quy trình vận hành cũng như thay đổi hệ thống nhiên liệu, dầu xy lanh phù hợp.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ NHIÊN LIỆU HÀNG HẢI

1.1. Quy định về giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu

Phụ lục VI Công ước MARPOL quy định về phòng chống ô nhiễm không khí từ tàu chính thức có hiệu lực vào ngày 19/5/2005. Để giảm thiểu tác hại của oxit lưu huỳnh và khói bụi, Quy định 14, Phụ lục VI khống chế hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu với giới hạn giảm dần

Bảng 1. Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu (ngoài vùng kiểm soát phát thải)

Thời gian có hiệu lực	Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh
01/01/2000	4,5%
01/07/2012	3,5%
01/01/2020	0,5%

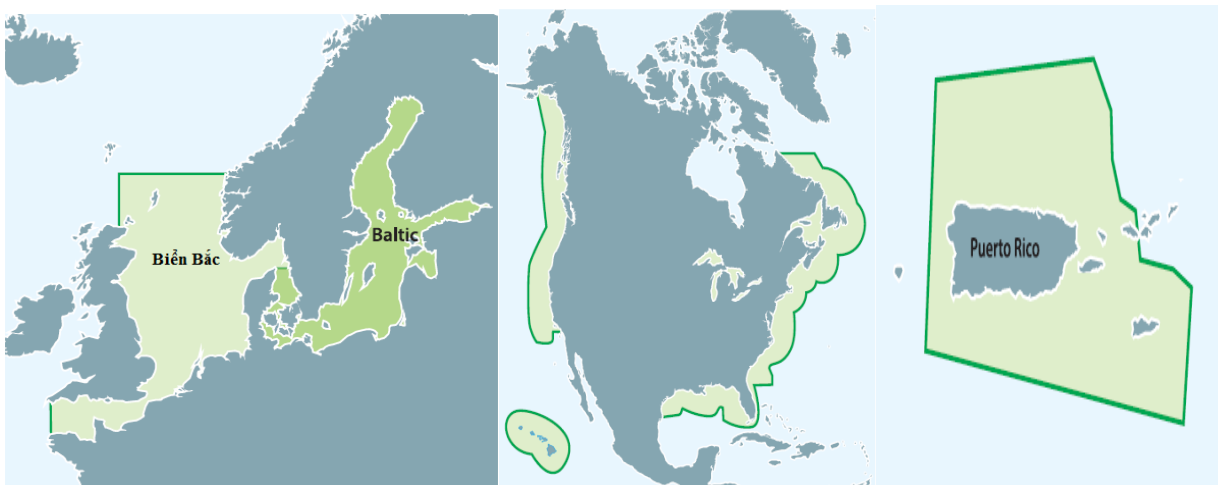
Ngoài ra, còn quy định các vùng kiểm soát phát thải (Emission Control Area – ECAs) SO_x, như Biển Baltic, Biển Bắc, khu vực ven bờ Bắc Mỹ (bờ Đông và bờ Tây) và quanh đảo Hawaii và một số vùng biển khác hiện đang được xem xét. Theo đó trong vùng kiểm soát SO_x, các tàu phải áp dụng một trong hai phương pháp:

- Sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh không quá giới hạn, hoặc
- Sử dụng thiết bị xử lý để hàm lượng SO_x trong khí thải không quá giới hạn quy đổi ra SO₂.

Bảng 2. Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu (trong vùng kiểm soát phát thải)

Thời gian có hiệu lực	Giới hạn hàm lượng lưu huỳnh
01/01/2000	1,5%
01/07/2012	1,0%
01/01/2015	0,1%

Đối với tàu có sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh vượt quá 0,1%, hệ thống nhiên liệu phải được trang bị phương pháp chuyển đổi nhiên liệu. Hệ thống này phải đảm bảo việc chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh dưới 0,1% trước khi tàu đi vào vùng kiểm soát SO_x. Các thao tác chuyển đổi này phải được ghi vào nhật ký với đầy đủ thông tin về thời gian, tọa độ tàu, lượng nhiên liệu trong các két tại thời điểm chuyển đổi.



Hình 1. Một số vùng biển kiểm soát phát thải (ECAs)

1.2. Tiêu chuẩn nhiên liệu hàng hải

Có những tiêu chuẩn được quốc tế công nhận để xác định đặc tính và thành phần của các loại nhiên liệu sử dụng trên tàu. Các tiêu chuẩn được sử dụng rộng rãi nhất là ISO 8217. Các tiêu chuẩn khác tồn tại như tiêu chuẩn của Anh BS6843-1: 1996 và tiêu chuẩn ASTM của Mỹ D-975.

Các loại nhiên liệu nặng HFO thông dụng nhất là IFO180 và IFO380, trong đó con số chỉ ra độ nhớt tối đa theo đơn vị centiStoke (cSt) ở 50 ° C. Nhiên liệu có độ nhớt cao nhất theo tiêu chuẩn ISO 8217 là HFO 700, nhưng nó hiếm khi được sử dụng ngay cả khi nhiều tàu có hệ thống nhiên liệu được thiết kế để hoạt động lên đến độ nhớt này.

Trong các tiêu chuẩn ISO, nhiên liệu được phân chia theo độ nhớt, ví dụ như RME 180, RMF 180 và RMH 380, RMK 380...vv. Nhiên liệu có số càng thấp thì có khối lượng riêng càng thấp và ít các tạp chất hơn, giá thành cũng cao hơn.

Trong thực tế, hầu hết nhiên liệu hiện nay có hàm lượng lưu huỳnh thấp. Trong một số khu vực trên thế giới, nhiên liệu nặng với hàm lượng lưu huỳnh dưới 1.5% là có sẵn để đáp ứng các tiêu chuẩn hiện hành áp dụng trong vùng (ECAs). LSHFO được sản xuất từ các nguồn dầu thô ngọt có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc từ nhiên liệu đã khử lưu huỳnh để đạt được mức độ lưu huỳnh cần thiết.

Các loại nhiên liệu hàng hải chung cất theo tiêu chuẩn ISO 8217 là DMX, DMA, DMB và DMC. DMX là nhiên liệu lớp Gas oil với điểm bắt cháy thấp (tối thiểu 43 ° C). Nó chỉ được sử dụng trong một số trường hợp đặc biệt trên tàu vì lý do an toàn. Tất cả các nhiên liệu chung cất khác có điểm bắt cháy tối thiểu là 60 ° C. Dầu DMC cũng không được sử dụng rộng rãi vì nó có tính chất tương tự như DMB nhưng với khối lượng riêng cao hơn và nhiều tạp chất. MDO thường được hiểu theo nghĩa là nhiên liệu

đáp ứng tiêu chuẩn DMB và MGO được hiểu theo nghĩa là nhiên liệu đáp ứng tiêu chuẩn DMA.

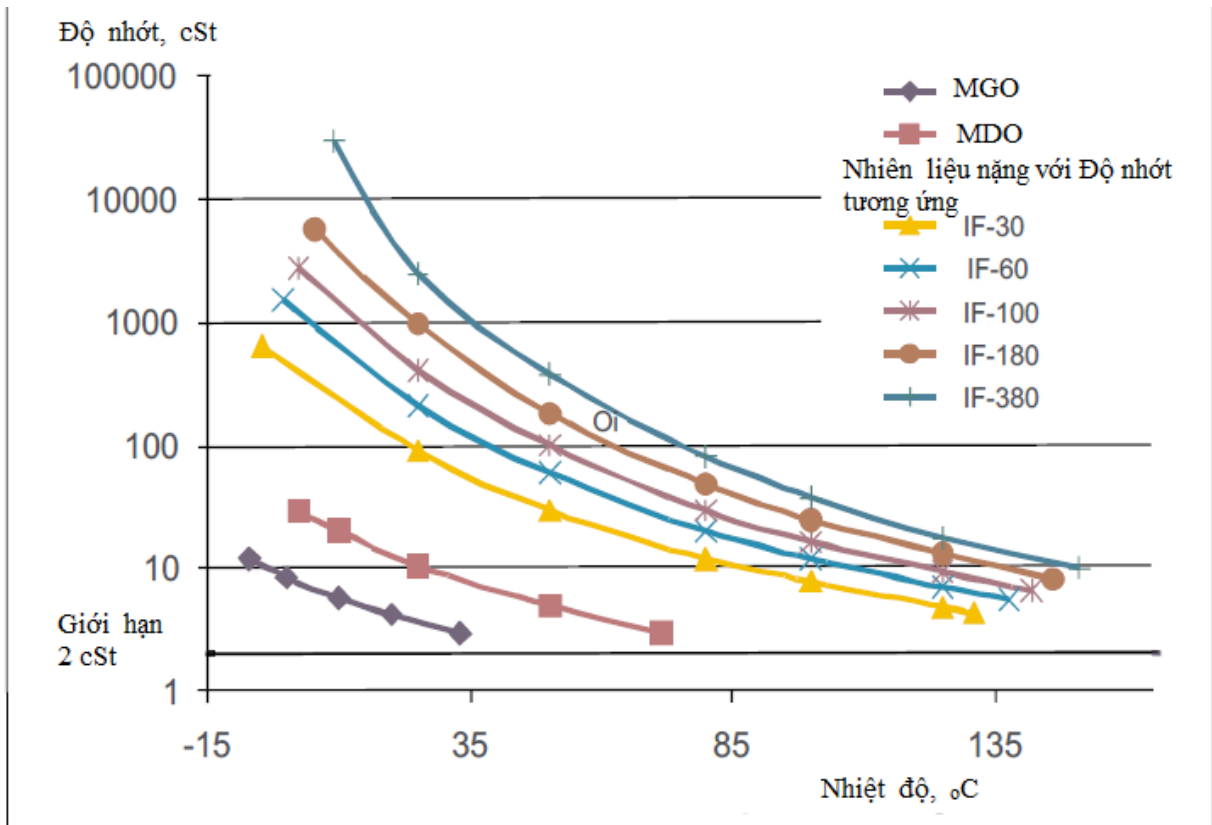
Nhiên liệu chung cất sử dụng ở khu vực bắc Mỹ tuân thủ theo Tiêu chuẩn ASTM D-975. Nhiên liệu theo tiêu chuẩn ASTM D-975 được sử dụng phổ biến nhất trên tàu là No 2 Diesel oil, là tương tự như ISO 8217 lớp DMA. Hiện tại có ba tiêu chuẩn cho hàm lượng lưu huỳnh trong No. 2 Diesel oil là S15, S500 và S5000, trong đó con số chỉ hàm lượng lưu huỳnh (phần triệu). Theo đó, nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh đến 0.0015 % được gọi là nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp (Ultra Low Sulfur Diesel - ULSD), đến 0.05 % là diesel lưu huỳnh thấp (Low Sulfur Diesel) và đến 0,5 % là diesel thông thường (regular diesel).

1.3. Phạm vi độ nhớt và hàm lượng lưu huỳnh của nhiên liệu

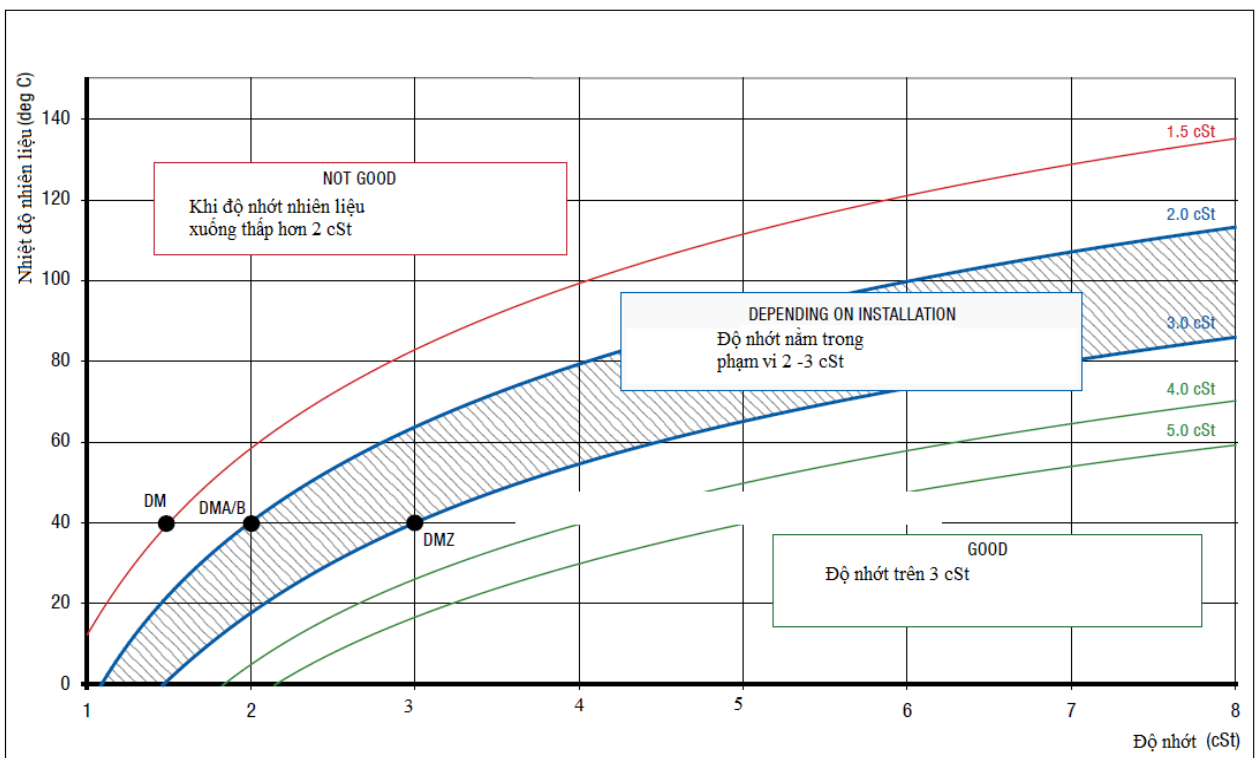
Các hạn chế mới về hàm lượng lưu huỳnh đã ảnh hưởng đến các loại nhiên liệu có thể được sử dụng trên tàu. Do đó cần thiết phải nắm được giá trị tối đa / tối thiểu của độ nhớt và hàm lượng lưu huỳnh trong các nhiên liệu được sử dụng trên tàu. Bảng 1 đưa ra tiêu chuẩn điển hình theo tiêu chuẩn ISO-8217:

Bảng 3. Các yêu cầu về nhiên liệu của hệ động lực tàu biển

Loại nhiên liệu	Độ nhớt (cSt) (tại 50°C đối với IFO và 40°C đối với nhiên liệu chung cất)			Hàm lượng lưu huỳnh (%)	
	Minimum	Maximum	Phạm vi điển hình	Maximum	Phạm vi điển hình
IFO180	-	180	-	4.5%	1% - 3.5%
IFO380	-	380	-	4.5%	1% - 3.5%
DMB	-	11	2.5 - 6	2%	0.03% - 1.3%
DMA	1.5	6	2 - 4	1.5%	0.01% - 1%
ULSD	1.9	4.1	-	0.0015%	-



Hình 2. Biểu đồ nhiệt độ – độ nhớt của nhiên liệu 1



Hình 3. Biểu đồ nhiệt độ – độ nhớt của nhiên liệu 2

Các nhà chế tạo động cơ diesel thông thường thiết lập phạm vi độ nhớt nhiên liệu cho động cơ. Chúng bao gồm độ nhớt tối thiểu và tối đa áp dụng đối với nhiên liệu tại các bơm cao áp trong điều kiện chạy máy. Đối với nhiên liệu nặng với độ nhớt cao, độ nhớt yêu cầu được thực hiện bằng cách hâm nhiên liệu. Ở nhiệt độ thường, các nhiên liệu chung cất thường có độ nhớt trong giới hạn. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp có xu hướng có độ nhớt ở quanh giới hạn dưới của độ nhớt cho phép.

Độ nhớt tối thiểu của nhiên liệu cho các loại động cơ khác nhau được liệt kê dưới đây:

- Động cơ diesel thấp tốc (tốc độ dưới 400 rpm): 2 cSt là độ nhớt nhiên liệu tối thiểu điển hình.
- Động cơ diesel trung tốc (tốc độ từ 400 rpm đến dưới 1400 rpm): 1,8-3,0 cSt
- Động cơ diesel cao tốc (tốc độ từ 1400 rpm trở lên): 1,4-1,5 cSt là độ nhớt tối thiểu phụ thuộc vào động cơ được thiết kế dùng nhiên liệu DMX (1,4 cSt) hoặc nhiên liệu DMA (1,5 cSt) .

Điều quan trọng cần lưu ý, độ nhớt tối thiểu là giá trị độ nhớt tại bơm cao áp ở nhiệt độ nhiên liệu thực tế, không phải là độ nhớt danh nghĩa ở điều kiện tiêu chuẩn 40 °C.

Nhiên liệu vì nhiều lý do mà nhiệt độ của nó vượt qua mốc này, ví dụ như trong và sau quá trình chuyển đổi sử dụng dầu HFO, do thời tiết nóng hoặc được nhận nhiệt trong quá trình tuần hoàn nhiên liệu qua một máy nóng và trở về két chứa. Tàu thường sử dụng nhiên liệu nặng, dầu MDO được sử dụng hạn chế cho khoảng thời gian ngắn.

Trong tương lai, khi mà tàu hoạt động trong ECAs với điều kiện hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu rất thấp, có khả năng nhiên liệu DMA được sử dụng hàng ngày. Nhiên liệu DMA có độ nhớt gần tới mức tối thiểu là 2 cSt ở 40°C và vì bất kỳ lý do gì khi mà nhiệt độ của nó vượt quá 40 °C, độ nhớt của nhiên liệu sẽ giảm quá thấp, gây hại tới động cơ.

1.4. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp

Các quy định trên thế giới đang bắt đầu đòi hỏi việc sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp. Tại Mỹ, yêu cầu này đã được áp dụng trên động cơ ô tô, nó sẽ được áp dụng cho động cơ tàu hỏa và cuối cùng là động cơ tàu biển. Động cơ hàng hải phù hợp với các tiêu chuẩn phát thải EPA Tier 4 đòi hỏi việc sử dụng các nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp (ULSD). EPA dự đoán rằng việc áp dụng những quy định mới sẽ thúc đẩy việc giảm hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu có sẵn trên thị trường.

ULSD được quy định khác nhau trên thế giới. Hàm lượng lưu huỳnh của ULSD điển hình là: 15 phần triệu (ppm) đối với Mỹ / Canada, 10 ppm đối với châu Âu, Úc và New Zealand; và 50 ppm ở các nước khác.

Một số vấn đề phát sinh với việc sử dụng ULSD. Trong quá trình khử lưu huỳnh, khả năng bôi trơn của nhiên liệu giảm. Điều này sẽ ảnh hưởng đến các bơm và các thiết bị khác trong hệ thống nhiên liệu. Để tránh độ bôi trơn quá thấp trong nhiên liệu diesel, tiêu chuẩn độ bôi trơn tối thiểu cho nhiên liệu đã được thông qua vào năm 2005. Quá trình tinh chế cũng làm giảm mật độ của nhiên liệu, kết quả là nhiệt trị của nhiên liệu giảm ước tính khoảng 1%.

Kể từ khi động cơ ô tô sử dụng nhiên liệu ULSD, các trang thiết bị của hệ thống nhiên liệu được thiết kế dựa trên những đặc điểm của nhiên liệu ULSD. Điều này rất khác với cho động cơ tàu biển bởi vì chúng thường được thiết kế để hoạt động trên các loại nhiên liệu có độ nhớt và độ bôi trơn cao hơn. Vì vậy việc sử dụng ULSD trên động cơ tàu biển là một thách thức đối với các nhà thiết kế động cơ và kỹ sư máy tàu biển.

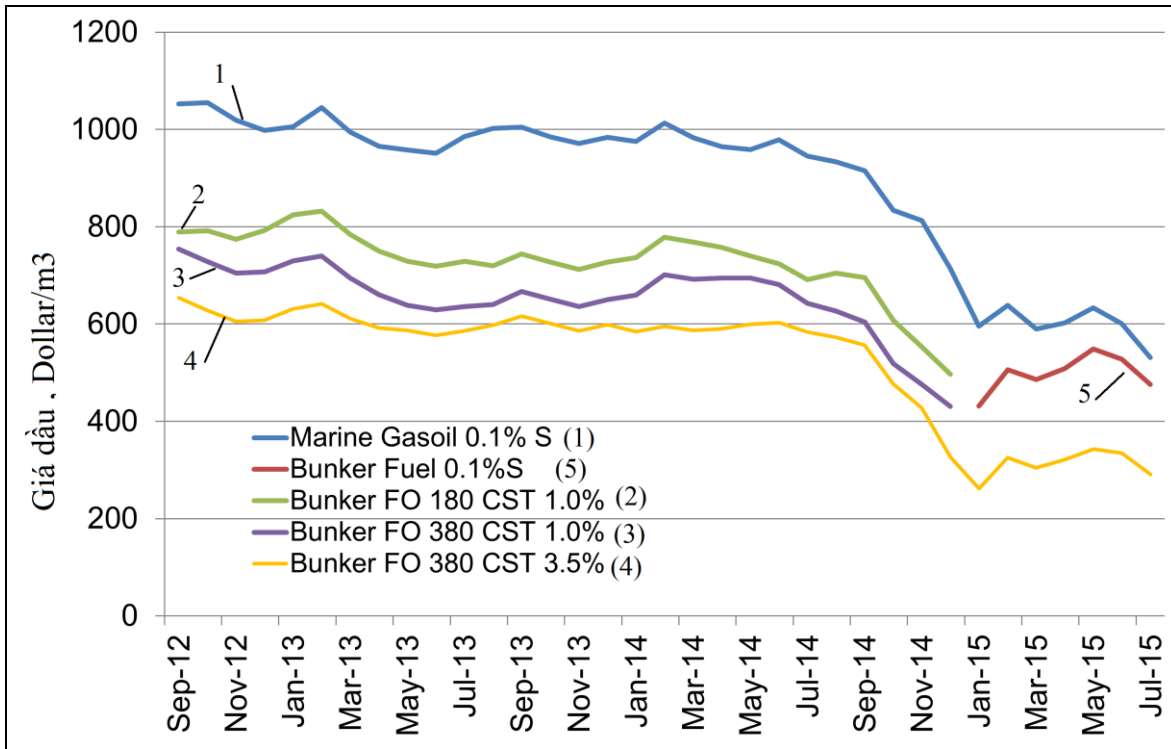
1.5. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp trên thị trường

Hiện nay, một số công ty cung cấp nhiên liệu hàng hải đã phát triển loại nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp đến 0.1% áp dụng trong vùng kiểm soát phát thải. Các loại nhiên liệu này có hàm lượng lưu huỳnh tương đương MGO nhưng có độ nhớt và điểm bắt cháy cao hơn, tương đương HFO.

Bảng 4. Một số nhiên liệu mới có hàm lượng lưu huỳnh thấp

	Shell ULSFO	Exxon Mobile HDME 50	LUKOIL	CEP SA	BP	Phillips 66
Khối lượng riêng ở 15 °C, kg/m ³	790-910	908,8	886	86,8	845,4	855,2
Độ nhớt, cSt	10-60	53,9	16	8.8	8.8	8.6
Micro Carbon (MCR)	NA	0,28	0.1	0.1	0.1	0.04
Lưu huỳnh, %	<0.1	0.08	0.07	0.05	0.03	0.06
Điểm đông đặc, °C	18	6	18	-12	21	-12
Điểm bắt cháy, °C	> 60	175	165	72	> 70	79
Nước, %	0.05	0.05	0.05	0,004	0.01	0
Chỉ số axit	<0,5	0.1	0.5	0.27	0.04	NA
Vanadium, mg/kg	2	3	1	NA	<1	<0.10
Al+Si, mg/kg		2	2	NA	<1	2
Độ bôi trơn	NA	264	270	410	326	NA

Những nhiên liệu trên làm đơn giản hóa các thủ tục chuyển đổi cần thiết khi tàu vào khu vực kiểm soát phát thải. Hệ thống nhiên liệu của tàu cũng không phải trang bị máy làm mát nhiên liệu. Tuy nhiên chúng chưa được phân loại theo ISO 8217, do đó trước khi sử dụng trên tàu, người khai thác tàu nên tham khảo ý kiến các nhà sản xuất động cơ. Để đảm bảo việc sử dụng nhiên liệu này không ảnh hưởng đến chế độ bảo hành của động cơ, chủ tàu có thể yêu cầu giấy chứng nhận hoặc giấy xác nhận từ nhà cung cấp nhiên liệu và nhà sản xuất động cơ rằng nhiên liệu được phép sử dụng



Hình 4. Biểu đồ giá dầu trên thị trường

CHƯƠNG 2

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỖNH THẤP TỚI HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ TÀU BIỂN

Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp và siêu thấp gây ra rất nhiều tiêu cực đến việc vận hành động cơ tàu biển. Thống kê cho thấy, trung bình hàng năm có từ 30 – 40 tàu bị hư hỏng hệ động lực trên vùng biển Canifornia do chuyển đổi nhiên liệu không đúng.

2.1. Ứng suất nhiệt

Khi tàu chuyển từ dùng nhiên liệu HFO sang nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp phải đối diện với sự thay đổi rất lớn về nhiệt độ của nhiên liệu. Bởi vì nhiên liệu HFO phải được hâm nóng trước khi đưa vào động cơ trong khi nhiên liệu LSD thì không cần thậm chí phải làm mát. Quá trình chuyển đổi nhiên liệu diễn ra càng ngắn thì ảnh hưởng của ứng suất nhiệt càng trầm trọng. Vì vậy, quá trình chuyển đổi nhiên liệu phải được thực hiện một cách cẩn thận. Khi chuyển đổi nhiên liệu từ HFO sang MGO (0,1% S), nhiệt độ của nhiên liệu vào động cơ giảm ít nhất từ 95 ° C xuống 40 ° C. Tải của động cơ có thể được giảm xuống còn 25 % - 40 % và thời gian chuyển đổi được thực hiện từ từ trong khoảng thời gian 40 – 60 phút. Bộ làm mát nhiên liệu được thiết kế sao cho nhiên liệu được hạ thấp tới đa 2 ° C/phút để tránh ứng suất nhiệt.

Việc chuyển đổi nhiên liệu phải được thực hiện bởi thuyền viên có thẩm quyền đã được đào tạo. Việc chuyển đổi được diễn ra khi tàu ở vị trí an toàn. Thông tin việc chuyển đổi phải được thông báo đầy đủ đến buồng điều khiển.

2.2. Ảnh hưởng của độ nhớt thấp

Trong quá trình vận hành máy, nhiệt độ của nhiên liệu tăng lên làm giảm độ nhớt của nhiên liệu. Nếu độ nhớt của nhiên liệu giảm xuống dưới mức yêu cầu sẽ tiềm tàng rất nhiều tác động tiêu cực. Thông thường, ở 40 ° C, hầu hết nhiên liệu MGO có độ nhớt từ 1,5 - 3 cSt, nằm trong phạm vi tối thiểu để vận hành. Độ nhớt thấp của nhiên liệu ảnh hưởng tiêu cực đến tình trạng máy, làm tăng yêu cầu bảo dưỡng.

2.2.1. Giảm vai trò bôi trơn

Lưu huỳnh khi kết hợp với các thành phần khác trong nhiên liệu thành các hợp chất có khả năng bôi trơn. Giảm hàm lượng lưu huỳnh dẫn đến khả năng bôi trơn của nhiên liệu giảm. Trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu, nhiệt độ biến thiên rất lớn làm ảnh hưởng đến độ nhớt và khả năng bôi trơn của nhiên liệu. Những điều này có thể dẫn đến

kẹt các thành phần của vòi phun nhiên liệu. Độ nhớt thấp sẽ làm giảm độ dày lớp màng dầu giữa plunger bơm cao áp và barrel và trong vòi phun dẫn đến sự mài mòn và có thể gây kẹt, hư hỏng bơm. Để khắc phục, có thể sử dụng hệ thống bôi trơn bơm cao áp riêng hoặc sử dụng bơm cao áp có phủ vonfram cacbon bảo vệ. Theo tiêu chuẩn ISO 12156-1, nếu phương pháp kiểm tra độ bôi trơn cho kết quả dưới giới hạn (460 - 510 micron), có thể thêm phụ gia vào nhiên liệu để tăng khả năng bôi trơn. Điều này phải có chứng nhận của nhà sản xuất.

2.2.2. Rò lọt nhiên liệu

Rò lọt trong hệ thống cung cấp nhiên liệu và các bơm tuần hoàn do độ nhớt thấp dẫn đến rò lọt nhiên liệu quanh roto của bơm. Điều này dẫn đến tàu không thể đạt được công suất lớn nhất

2.2.3. Khối lượng riêng thấp

Hàm lượng lưu huỳnh thấp và độ nhớt thấp khiến nhiên liệu lưu huỳnh thấp có khối lượng riêng thấp so với nhiên liệu nặng. Điều này dẫn đến chỉ số năng lượng trên một đơn vị thể tích giảm, đòi hỏi thể tích nhiên liệu cung cấp cho động cơ nhiều hơn để duy trì công suất tương đương. Cùng với sự rò lọt ở hệ thống nhiên liệu, lượng nhiên liệu đòi hỏi tăng từ 6%-15 %. Bộ điều tốc và hệ thống tự động phải có khả năng thích nghi với sự thay đổi giữa giá trị đặt của bộ điều tốc và vị trí thanh răng bơm cao áp. Tình trạng này càng trở nên trầm trọng hơn ở trên các động cơ cũ với bơm cao áp bị mài mòn

2.3. Lọc nhiên liệu

Hệ thống lọc nhiên liệu HFO có thể không phù hợp với nhiên liệu có khối lượng riêng và độ nhớt thấp. Để lọc nhiên liệu MGO phải bố trí máy lọc và hệ thống đường ống riêng với HFO để duy trì sự phân chia nhiên liệu.

2.4. Không tương thích của nhiên liệu.

Hòa trộn hai loại nhiên liệu có thể dẫn đến nguy cơ không tương thích, đặc biệt khi pha trộn nhiên liệu nặng và nhiên liệu chưng cất lưu huỳnh thấp. Nếu sự không tương thích xảy ra, nó có thể dẫn đến tắc phin lọc, máy phân ly và vòi phun bơm cao áp, điều đó dẫn đến mất công suất thậm chí dừng máy, gây nguy hiểm cho tàu. Vấn đề không tương thích xuất hiện bởi sự khác biệt trong độ dự trữ ổn định của các loại nhiên liệu. Nhiên liệu HFO thường có mức hydrocacbon thơm cao và chứa asphaltenes. Khi tiến hành pha trộn, asphaltenes có thể kết tủa thành như bùn nặng, gây tắc nghẽn.

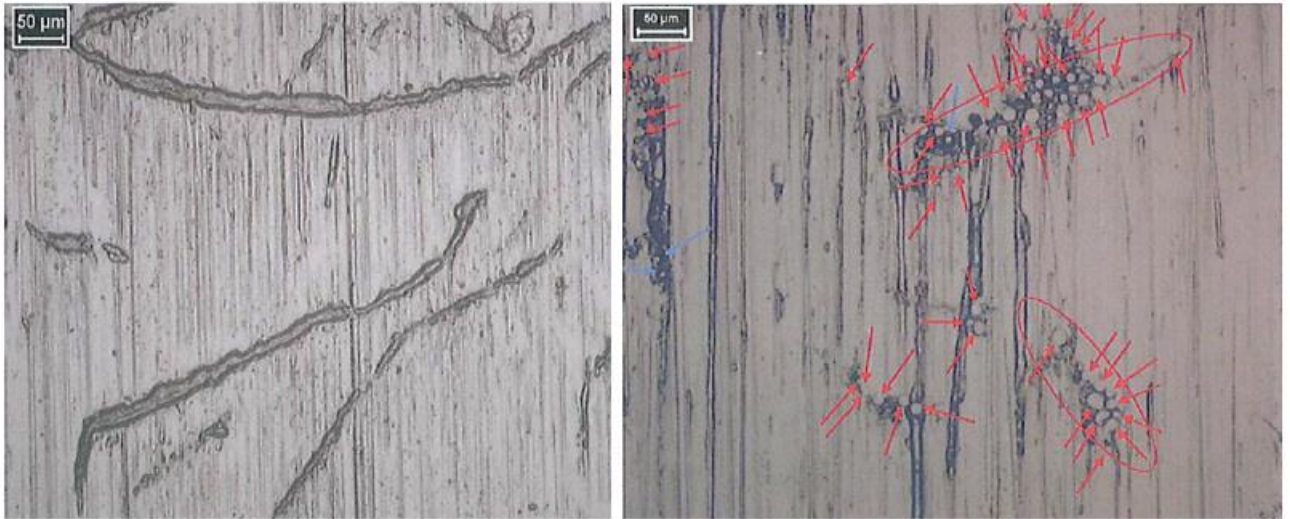
2.5. Chỉ số cơ bản của dầu bôi trơn (Base Number - BN)

Chỉ số cơ bản của dầu bôi trơn không phù hợp với tính axit của nhiên liệu, đặc biệt là đối với động cơ thấp tốc sử dụng dầu xy lanh. Động cơ thấp tốc thường sử dụng dầu xy lanh bôi trơn có BN khoảng 70 do sự hình thành cao của axit trên sơ mi xy lanh khi sử dụng nhiên liệu truyền thống với hàm lượng lưu huỳnh 2% hoặc cao hơn. Tuy nhiên, BN này là không phù hợp cho nhiên liệu lưu huỳnh thấp có hàm lượng lưu huỳnh dưới 1,5 % và đặc biệt, cho ULSD với hàm lượng lưu huỳnh 15 ppm. Khi động cơ hoạt động với nhiên liệu lưu huỳnh thấp và dầu bôi trơn BN 70, có nguy cơ hình thành kết tủa canxi cứng trên sơ mi xy lanh. Nguyên nhân của điều này là những hợp chất có tính kiềm như muối canxi được sử dụng để trung hòa axit sulfuric hình thành trên sơ mi xy lanh khi sử dụng nhiên liệu lưu huỳnh cao, nếu lượng kiềm vượt quá so với lượng axit, sự kết tủa canxi sẽ xảy ra. Các kết tủa cứng có thể dẫn đến mài mòn xy lanh. Trong trường hợp động cơ vận hành với nhiên liệu lưu huỳnh thấp chỉ trong thời gian ngắn (vài ngày đến 1 tuần), dầu xy lanh BN 70 có thể vẫn được sử dụng với điều kiện tốc độ bôi trơn được giữ ở mức thấp nhất. Nếu động cơ sử dụng nhiên liệu lưu huỳnh thấp trong khoảng thời gian dài thì phải chuyển sang sử dụng dầu xy lanh BN 40 hoặc BN 50.

2.6. Bột xúc tác Si-Al

Bột xúc tác (Catalyst fines) rất cứng, gồm các hạt nhám silic và nhôm được hình thành trong quá trình tinh lọc dầu bằng phương pháp cracking có xúc tác ở nhiệt độ cao (khoảng 500 ° C). Sau quá trình tinh lọc, trong nhiên liệu tinh lọc có một lượng lớn bột xúc tác. Nếu không được giảm xuống giới hạn cho phép, nó sẽ gây hư hỏng nghiêm trọng đến các chi tiết chuyển động của hệ thống nhiên liệu như: bơm cao áp, vòi phun, xéc măng và sơ mi xy lanh.

Kích thước của bột xúc tác thay đổi từ 1 lên đến xấp xỉ 30 micron hoặc đôi khi lớn hơn. Giới hạn sử dụng thường trong khoảng từ 7 ÷ 15 mg/kg tùy theo khuyến cáo của nhà sản xuất động cơ. Nhiên liệu nặng HFO ít qua tinh lọc sẽ có hàm lượng bột xúc tác ít hơn. Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp thường chứa hàm lượng bột xúc tác cao hơn.



Hình 5. Bột xúc tác Si-Al (Cat-fines) gây hiện tượng mài mòn sơ mi xy lanh

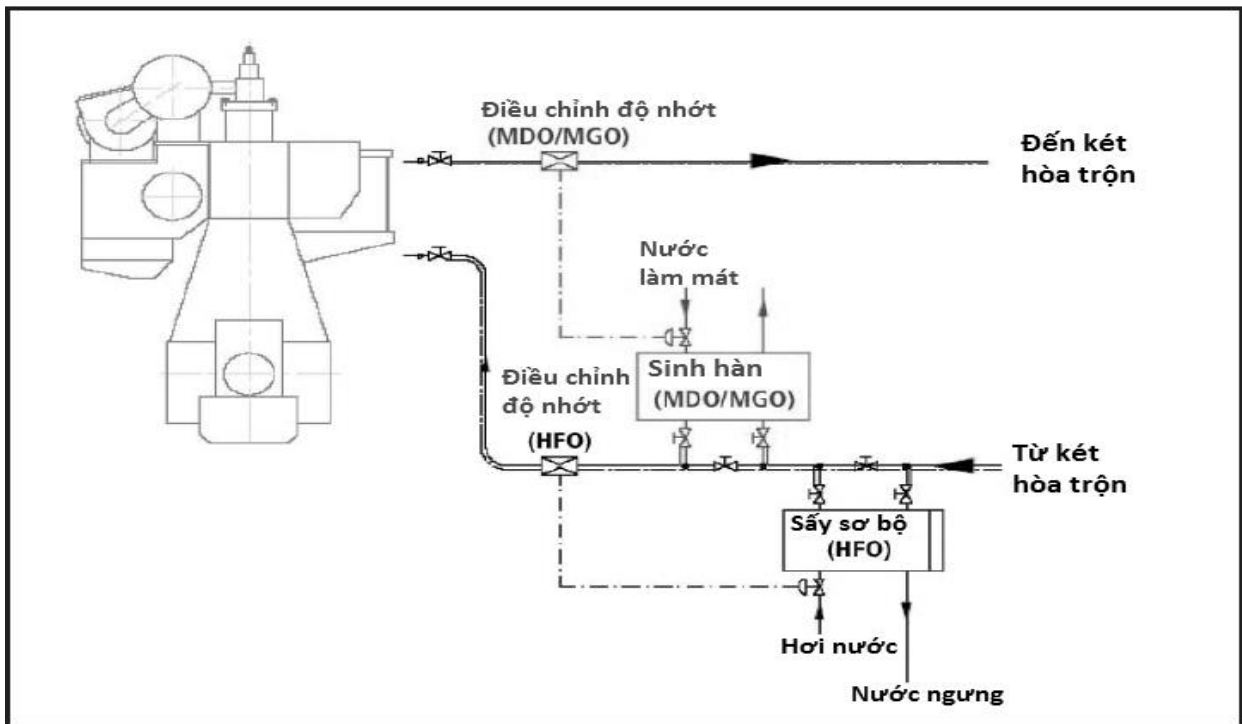
CHƯƠNG 3

CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỖNH THẤP TỚI HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ TÀU BIỂN

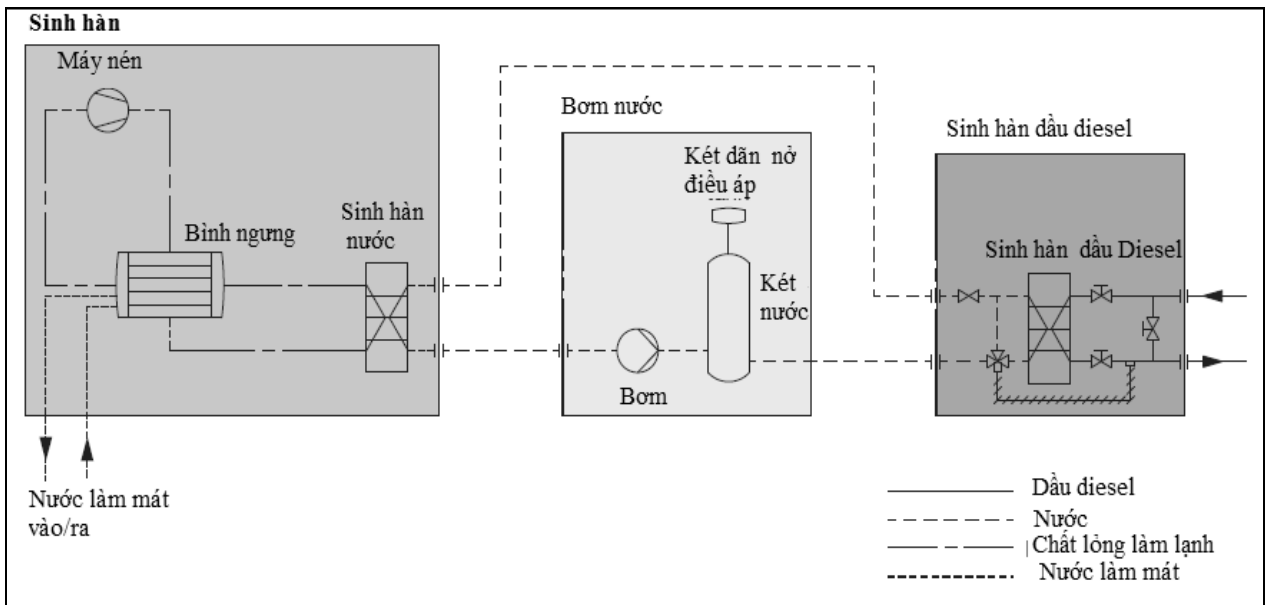
Trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu, có thể phải tái thiết lập hoặc điều chỉnh lại thông số của các thiết bị (ví dụ như van điều khiển, cảm biến nhiệt độ, thiết bị đo độ nhớt... vv) sử dụng trong các hệ thống giám sát và điều khiển. Những thay đổi này phải được tiến hành phù hợp với các khuyến nghị của nhà sản xuất động cơ.

3.1. Kiểm soát độ nhớt

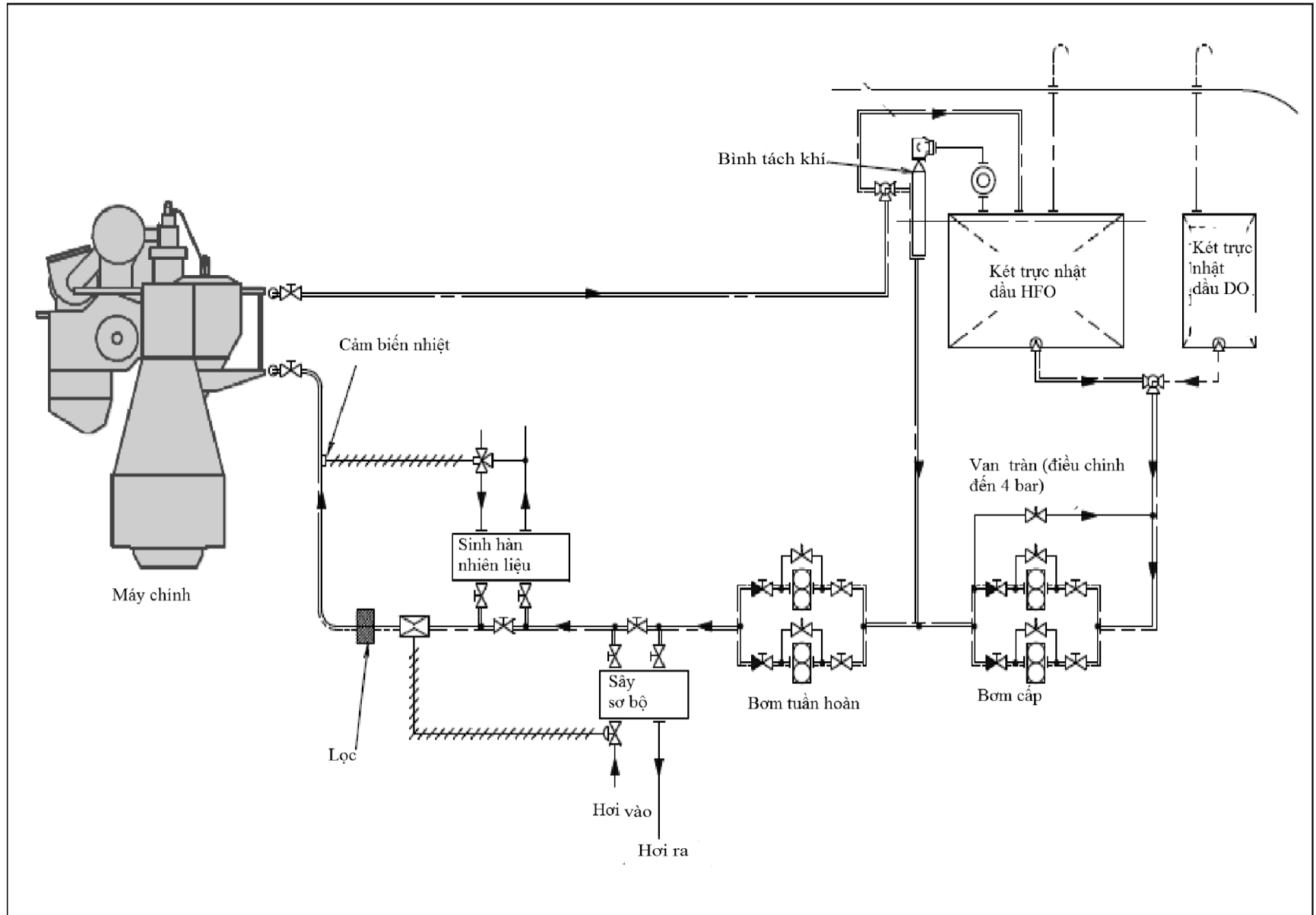
Khi động cơ hoạt động với nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp, một trong những phương pháp để giữ độ nhớt cao hơn giá trị tối thiểu là trang bị thêm bộ làm mát nhiên liệu để giữ nhiệt độ của nhiên liệu dưới 40°C . Điều này đặc biệt cần thiết khi vận hành máy vào mùa hè hoặc tại các vùng nhiệt đới khi mà nhiệt độ buồng máy và các két nhiên liệu có thể vượt quá nhiệt độ này. Môi chất làm mát được sử dụng là nước với nhiệt độ đặt từ $36^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}$. Sinh hàn được lắp đặt tại một số vị trí trên hệ thống nhiên liệu. Nó có thể được lắp đặt trên đường dầu hồi từ động cơ về két hòa trộn nhằm loại bỏ lượng nhiệt cấp cho nhiên liệu khi tuần hoàn qua động cơ. Cách lắp đặt này được áp dụng khi mà nhiên liệu cung cấp cho động cơ có nhiệt độ thỏa mãn, sinh hàn chỉ có nhiệm vụ loại bỏ nhiệt của dầu hồi. Sinh hàn có thể được lắp đặt tại đường ống nhiên liệu cung cấp vào động cơ. Với vị trí lắp đặt này, nhiệt độ của nhiên liệu được điều chỉnh trực tiếp và có hiệu quả hơn trong việc làm mát nhiên liệu xuống dưới 40°C . Việc hạ thấp nhiệt độ nhiên liệu đột ngột cần phải tránh. Nhiệt độ của nhiên liệu tại đầu ra sinh hàn được điều khiển thông qua lưu lượng của môi chất làm mát. Bằng cách này thì nhiệt độ của nhiên liệu sẽ được giảm một cách từ từ xuống mức cần thiết trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu.



Hình 6. Một trong các vị trí lắp đặt sinh hàn trên hệ thống nhiên liệu



Hình 7. Sinh hàn nhiên liệu



Hình 8. Hệ thống nhiên liệu có trang bị sinh hàn nhiên liệu

3.2. Hòa trộn nhiên liệu

Tàu không có két được bố trí tách riêng nhiên liệu với két dự trữ sẽ phải xây dựng quy trình hòa trộn nhiên liệu. Nhiên liệu trong két lắng được giảm xuống đến khoảng 20 % trước khi làm đầy với các nhiên liệu thay thế. Điều này có thể dẫn đến chi phí cho nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp tăng lên. Vì vậy, khi con tàu thường xuyên hoạt động trong vùng kiểm soát phát thải cần thiết phải bố trí một hệ thống nhiên liệu riêng biệt. Điều quan trọng là phải đảm bảo khả năng tương thích của các nhiên liệu trước khi hòa trộn.

3.3. Giảm công suất động cơ

Trước khi bắt đầu quá trình chuyển đổi nhiên liệu, công suất của động cơ được khuyến cáo giảm xuống còn 25% - 40%.

3.4. Tránh hình thành ứng suất nhiệt trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu

Tránh hình thành ứng suất nhiệt cho hệ thống nhiên liệu là một trong những yếu tố quan trọng cần được xem xét trong quy trình chuyển đổi nhiên liệu. Các nhà sản xuất động cơ bình thường hướng dẫn tốc độ cho phép tối đa của sự thay đổi nhiệt độ trong hệ thống nhiên liệu là 2 °C/phút.

Ví dụ: nếu một con tàu đang sử dụng HFO ở 150 ° C và chuyển sang MGO ở 40 ° C, sự chênh lệch nhiệt độ là khoảng 110 ° C. Theo điều kiện thay đổi nhiệt độ nhiên liệu là 2 °C/phút, quá trình chuyển đổi nhiên liệu nên diễn ra tối thiểu là 55 phút để hoàn thành một cách an toàn.

3.5. Chuyển đổi nhiên liệu bằng tay

Nhiều tàu thực hiện chuyển đổi nhiên liệu bằng cách thay đổi qua một van ba ngã duy nhất. Điều này ngay lập tức thay đổi nguồn nhiên liệu. Nếu chuyển đổi nhiên liệu được thực hiện ở mức công suất cao, sự thay đổi nhiên liệu được thực hiện trong một thời gian tương đối ngắn. Sự thay đổi nhanh chóng từ HSFO sang nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp có thể dẫn đến nhiên liệu quá nóng, làm giảm độ nhớt đột ngột và có thể hình thành khí trong hệ thống nhiên liệu. Sự thay đổi nhanh chóng từ nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp sang nhiên liệu HFO có thể dẫn đến nhiệt độ nhiên liệu quá thấp, làm tăng độ nhớt tại vòi phun, dẫn đến mất công suất, có thể chết máy.

Nếu tàu chỉ có một van chuyển đổi nhiên liệu, việc chuyển đổi phải được diễn ra một cách từ từ ở mức công suất thấp. Tàu nên được trang bị một hệ thống chuyển đổi nhiên liệu tự động để đảm bảo sao cho việc chuyển đổi được diễn ra an toàn.

3.6. Bơm cao áp

Các bơm cao áp nhiên liệu HFO không thích hợp với nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp có độ nhớt và khả năng bôi trơn thấp. Do độ bôi trơn thấp, bơm cao áp nhiên liệu HFO không được thiết kế hoạt động với nhiên liệu lưu huỳnh thấp có thể trở lên quá nóng. Ngoài ra, việc sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp hơn 0.1% làm tăng sự mài mòn trong bơm cao áp. Vì vậy cần trang bị các bơm cao áp mới như bơm cao áp được phủ bằng hợp chất vonfram-carbon. Đối với các tàu đóng mới sau ngày 01 tháng 7 năm 2013, Hiệp hội đăng kiểm thế giới IACS UI 255 cung cấp hướng dẫn về bơm cao áp phù hợp với SOLAS II-I / 26.3.4.

3.7. Hâm nhiên liệu

Thiết bị hâm nhiên liệu và gia nhiệt ống được tắt hoặc được kiểm soát trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu. Hầu hết các tàu có một hệ thống tự động điều chỉnh độ nhớt thông qua việc điều chỉnh lượng nhiệt cung cấp cho thiết bị hâm sơ bộ được bố trí trên hệ thống cung cấp nhiên liệu. Khi mà việc chuyển đổi sang dùng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp được hoàn thành thì việc cung cấp nhiệt được dừng lại.

3.8. Sự tương thích của các nhiên liệu

Trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu, máy lọc nhiên liệu, lưới lọc và kết hòa trộn phải được kiểm tra cẩn thận các dấu hiệu tắc nghẽn và hình thành bùn. Đây là một trong những lý do tại sao việc chuyển đổi nhiên liệu nên được thực hiện trước thời hạn trong các vùng nước xa bờ nơi không có các mối nguy hiểm.

3.9. Vận hành máy lọc

Khi chuyển sang nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp, máy lọc có thể được thay đĩa điều chỉnh cho phù hợp với khối lượng riêng của nhiên liệu mới. Một máy lọc riêng biệt có thể được sử dụng để lọc nhiên liệu HFO và nhiên liệu lưu huỳnh thấp. Thông thường, nhiên liệu như MGO không yêu cầu lọc ngoại trừ một số trường hợp nhà sản xuất yêu cầu. Khi đó, việc vận hành chi tiết máy lọc được thực hiện theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

Các quy trình thông thường để làm giảm bột xúc tác Si-Al bao gồm thường xuyên xả dầu cặn trong các két, lọc (ly tâm) và các phương pháp thích hợp khác. Việc tiến hành các thử nghiệm có thể phát hiện ra số lượng và kích thước của các hạt bột xúc tác,

cho phép điều chỉnh quá trình lọc phù hợp với nhiên liệu cụ thể. Trong quá trình vận hành máy, các hoạt động sau đây cần được thực hiện:

- Kiểm tra giới hạn hàm lượng bột xúc tác tối đa theo khuyến cáo của nhà sản xuất động cơ bằng cách phân tích dầu trước khi sử dụng.
- Tối ưu hóa việc sử dụng các thiết bị lọc, lắng.
- Tham khảo ý kiến của nhà sản xuất động cơ liên quan đến việc sử dụng thêm bộ lọc lưới mịn.
- Sử dụng hệ thống giám sát điện tử hàm lượng Al-Si trong nhiên liệu.
- Sử dụng bơm cấp nhiên liệu và bơm tăng áp riêng cho nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp.
- Trang bị thêm sinh hàn nhiên liệu để kiểm soát độ nhớt của nhiên liệu.
- Sử dụng dầu xy lanh có chỉ số BN thích hợp với nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp.

3.10. Làm mát bơm cao áp

Hệ thống mát bơm cao áp phải được tắt trong quá trình chuyển đổi nhiên liệu. Khi động cơ đang hoạt động với nhiên liệu lưu huỳnh thấp không hâm, việc làm mát bơm cao áp là không cần thiết và phải được tắt để ngăn chặn nguy cơ làm lạnh quá mức. Hệ thống được bật trở lại khi động cơ quay trở lại hoạt động với dầu HFO được hâm.

3.11. Giám sát nhiệt độ của nhiên liệu

Nhiệt độ của nhiên liệu phải được theo dõi liên tục để đảm bảo chúng được duy trì ở nhiệt độ bình thường. Điều chỉnh hoặc tái thiết lập các thiết bị điều khiển động cơ như van điều khiển, cảm biến nhiệt độ, cảm biến độ nhớt... vv cho phù hợp với nhiên liệu mới. Trong quá trình chuyển đổi, cảnh giác là cần thiết để phát hiện các nguy cơ tiềm tàng trước khi chúng trở nên nghiêm trọng. Quy trình chuyển đổi phải được điều chỉnh cho từng trường hợp cụ thể.

3.12. Thiết kế sơ bộ hệ thống lọc nhiên liệu

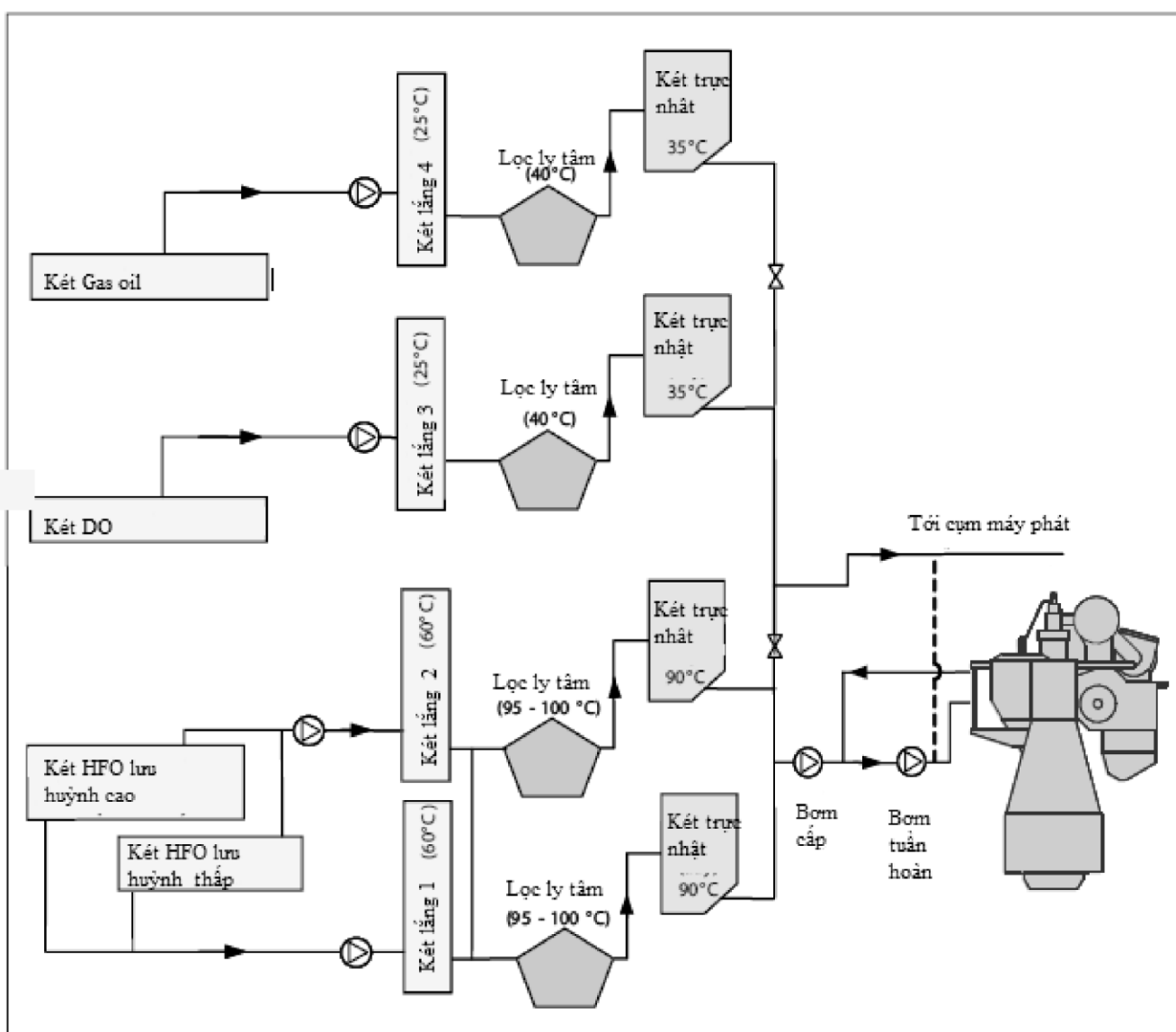
Nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp có giá thành cao vì vậy nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh cao hơn vẫn được ưu tiên sử dụng. Khi đó tàu sẽ được trang bị hệ thống lọc nhiên liệu đảm bảo sao cho nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp được sử dụng trong vùng kiểm soát phát thải, ngoài ra thì nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh cao hơn sẽ được dùng. Có các cách để thiết kế sơ bộ hệ thống lọc nhiên liệu:

Hệ thống 1 MDO và 1 HFO

Hệ thống bao gồm: Két dự trữ, két lắng, lọc ly tâm và két trực nhật cho nhiên liệu MDO và 1 hệ thống tương tự cho nhiên liệu HFO. Thông thường trên tàu có một vài két riêng biệt cho phép sử dụng nhiên liệu khác nhau. 2 hệ thống sẽ được hợp lại trước công đoạn tăng áp, sau đó được dẫn vào động cơ. Các thiết bị phụ cũng sử dụng nhiên liệu giống máy chính từ hệ thống này

Hệ thống 1 MDO và 2 HFO riêng biệt

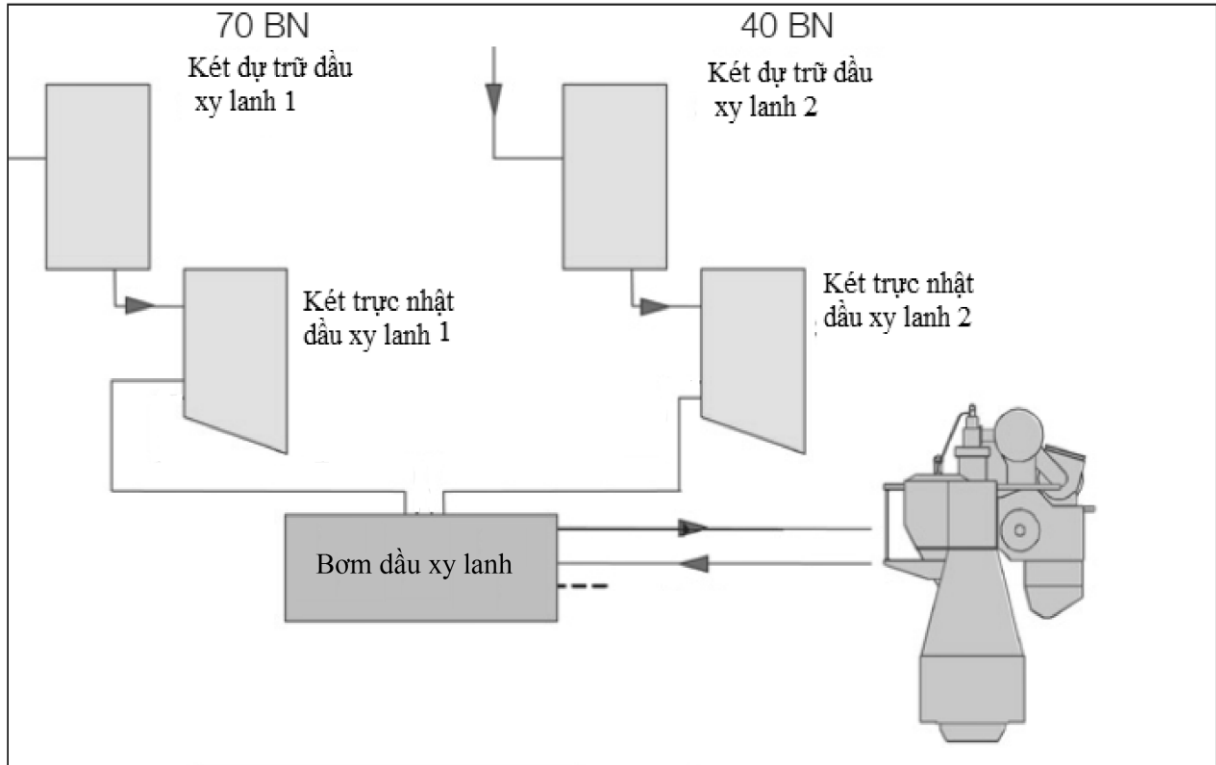
2 hệ thống HFO lưu huỳnh thấp và cao bao gồm: két dự trữ, két lắng, lọc ly tâm và két trực nhật. 2 hệ thống tách biệt được hợp lại trước bơm cấp nhiên liệu tăng áp cho động cơ.



Hình 9. Hệ thống lưỡng nhiên liệu

3.13. Thiết kế sơ bộ hệ thống lưỡng dầu xy lanh

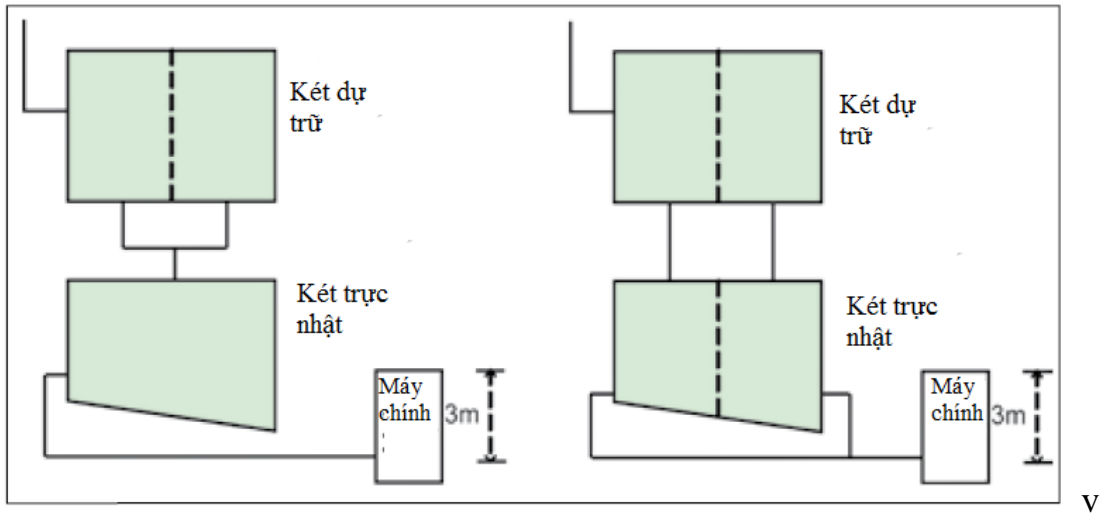
Hệ thống hoạt động cho 2 loại dầu xy lanh 40 BN (hoặc 50 BN) và 70 BN. Hai Hệ thống con bao gồm két chứa và két trực nhật cho từng loại dầu. Hai hệ thống con được hợp lại tại vị trí van chuyển đổi trước khi đưa vào động cơ.



Hình 10. Hệ thống 2 dầu xy lanh độc lập

Phương pháp đơn giản hơn là bố trí thêm vách ngăn két dầu xy lanh. Khi đó, két dầu được điền đầy theo các cách sau:

- Dầu xy lanh 70 BN ở cả hai bên vách.
- Dầu xy lanh 70 BN một bên, dầu xy lanh 40 BN một bên.



Hình 11. Vách ngăn két dầu xy lanh

KẾT LUẬN

Như vậy, đề tài đã chỉ ra những ảnh hưởng của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp đến hoạt động của động cơ tàu biển như: Sốc nhiệt, rò lọt, gia tăng tình trạng ăn mòn, chết máy...vv qua đó đề ra các quy trình vận hành cũng như thay đổi hệ thống nhiên liệu, dầu xy lanh cho phù hợp.

Đề tài còn hạn chế trong việc chưa nghiên cứu sâu về quá trình cháy của nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp để đưa ra kết luận chính xác nhất. Do đó, tác giả kiến nghị tiếp tục nghiên cứu toàn diện và sâu rộng hơn làm cơ sở cho việc tham khảo cho các kỹ sư vận hành máy tàu biển và phục vụ cho công tác đào tạo sinh viên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Anh

- [1] ABS, “*Fuel switching advisory notice*”, 2015.
- [2] CIMAC, “*Guideline for the operation of marine engines on low sulphur diesel*”, 2013.
- [3] Wärtsilä, “*Low sulphur guidelines*”.
- [4] INTERTANKO, “*Recommendations on the Hazard Assessment of Fuel Changeover Processes*”, 2013.
- [5] MAN Diesel & Turbo, “*Operation on low sulfur fuel*”, 2014.