NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG HOÀN LƯU KHÍ THẢI ĐỘNG CƠ HANSHIN 6LU32

RESEARCH ON DESIGN AND MANUFACTURE OF THE EXHAUST GAS RECIRCULATION SYSTEM FOR ENGINE HANSHIN 6LU32

ĐẶNG VĂN UY, **NGUYỄN ĐẠI AN, NGUYỄN HUY HÀO**
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán, thiết kế và chế tạo hệ thống hoàn lưu khí thải cho động cơ diesel HANSHIN 6LU32 thuộc Trung tâm nghiên cứu hệ động lực tàu thủy - Khoa Máy tàu biển, giảm thiểu phát thải khí NO_x trong khí thải của động cơ đáp ứng Phụ lục VI Công ước Marpol 73/78.

Từ khóa: *Hệ thống hoàn lưu khí thải, động cơ diesel, phát thải khí NO_x, Công ước Marpol 73/78*

Abtracst:

The article introduces the results of research on calculation, design and manufacture of Exhaust Gas Recirculation system for diesel engine HANSHIN 6LU32 in the Research Center of Marine Propulsion Plan to reduce NO_x emission in the exhaust gas to meet Annex VI of the Marpol 73/78 Convention.

Key words: *Exhaust Gas Recirculation System, diesel engine, NOx emission, Marpol 73/78...*

I. Đặt vấn đề

Một trong các biện pháp khá hiệu quả và được áp dụng nhiều trên thực tế nhằm làm giảm phát thải khí NO_x của động cơ diesel là sử dụng công nghệ hoàn lưu khí thải - Exshaust Gas Recirculation (EGR). Tuy nhiên, việc trộn lẫn và kiểm soát tỷ lệ khí thải hoàn lưu như thế nào lại là vấn đề không đơn giản. Bởi vì một khi tải của động cơ thay đổi bất thường, nhất thiết phải duy trì được tỷ lệ khí thải hoàn lưu ổn định, hơn nữa mức độ đồng thể giữa không khí nạp và khí thải hoàn lưu cũng là một trong các yếu tố quyết định chất lượng làm việc của động cơ diesel.

Việc nghiên cứu thiết kế và tạo ra thiết bị nhằm hòa trộn không khí và khí thải hoàn lưu một cách tốt nhất trước khi nạp vào động cơ là việc hết sức cần thiết, và việc kiểm soát tỷ lệ không khí - khí thải hoàn lưu cũng là nhiệm vụ không kém phần quan trọng. Trên thực tế, người ta đã tạo ra nhiều loại hệ thống khác nhau để cấp khí thải hoàn lưu vào động cơ như: hệ thống áp suất cao, áp suất thấp, cấp vào cửa hút của máy nén tăng áp, cấp vào phía sau máy nén.. Mỗi một giải pháp cấp khí thải hoàn lưu vào động cơ đều có những ưu nhược điểm khác nhau, vì thế phụ thuộc vào loại động cơ, nhiên liệu sử dụng, công suất động cơ, mà người ta lựa chọn hệ thống thích hợp.

Giải pháp được áp dụng để xử lý và tính toán thiết kế chế tạo cho động cơ HANSHIN 6LU32, Trung tâm nghiên cứu hệ động lực tàu thủy - Khoa Máy tàu biển là giải pháp cấp trực tiếp khí thải hoàn lưu vào cửa hút của máy nén tua bin tăng áp

2. Nội dung

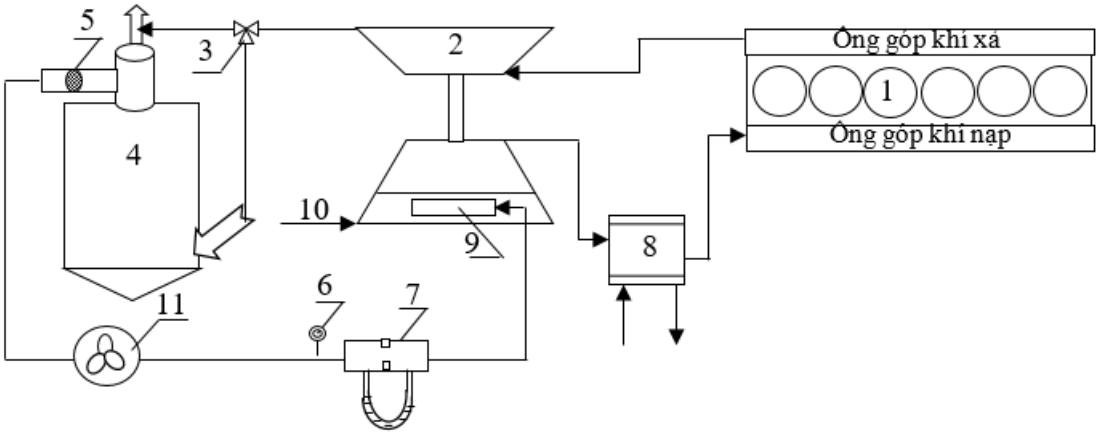
2.2.1. Lựa chọn giải pháp trộn không khí sạch và khí thải hoàn lưu

Trên thực tế, có thể tiến hành hoàn lưu khí thải cho động cơ diesel theo hai phương pháp: hoàn lưu khí thải sau máy nén tăng áp với vòi phun kiểu ống venturi và hoàn lưu khí thải vào cửa hút của máy nén tăng áp. Trong đó, giải pháp được lựa chọn là hệ thống áp suất thấp. Giải pháp này có những ưu điểm sau:

- Khí thải hoàn lưu được cấp chủ động thông qua ứng dụng quạt tăng áp;
- Giải pháp này thích hợp đối với các động cơ công suất lớn, cần cấp một lượng khí thải hoàn lưu tương đối lớn;
- Hệ thống có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo và dễ bảo quản;
- Có thể kiểm soát được lượng khí hoàn lưu một cách chính xác.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm trên, cần đặc biệt lưu ý về vấn đề làm bẩn cánh của máy nén tăng áp trong quá trình khai thác do chất lượng của khí thải không đảm bảo. Phương pháp cấp khí thải hoàn lưu vào cửa hút của máy nén là giải pháp công nghệ tương đối đơn giản. Theo phương pháp này, khí thải hoàn lưu được dẫn đến và cấp ngay vào cửa hút của máy nén tăng áp. Tại đây,

không khí sạch cùng với khí thải hoàn lưu được trộn với nhau và tăng áp trước khi cấp vào động cơ.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống hoàn lưu khí thải vào máy nén tăng áp [1]

1- Động cơ Hanshin 6LU32; 2 - Tua bin tăng áp; 3- Van trích khí xả; 4- Tháp lọc SO_x; 5 - Phin lọc khí xả; 6 - Áp kế; 7 - Đo lưu lượng khí xả; 8 - Bầu làm mát khí tăng áp; 9 - Cửa cấp khí xả hoàn lưu ; 10 - Không khí vào máy nén khí TA; 11- Quạt khí xả hoàn lưu

Trên Hình 1 trình bày sơ đồ nguyên lý của phương pháp cấp khí thải hoàn lưu vào trước máy nén tăng áp động cơ HANSHIN 6LU32 . Ở trường hợp này, khí thải sau khi được xử lý ở tháp lọc khí thải (4), được làm sạch tại phin lọc (7) sẽ được quạt (11) đẩy tới hòa trộn với không khí (10) trước khi vào máy nén của tua bin tăng áp (2), sau khi tăng áp, hỗn hợp sẽ được làm mát tại bầu làm mát (8) trước khi cấp vào cửa nạp của động cơ (1). Vấn đề hòa trộn không khí với khí thải hoàn lưu và kiểm soát tỷ lệ khí thải hoàn lưu trong hỗn hợp được đo đạc bằng áp kế (6), lưu lượng kế (7) và phân phối vào máy nén tăng áp bằng thiết bị (9) .

Hệ thống hoàn lưu khí thải được thiết kế, chế tạo và lắp đặt hoàn chỉnh trên động cơ HANSHIN 6LU32 được thể hiện trên Hình 2 [2]

1. *Cửa hút của máy nén tăng áp*
2. *Cửa cấp khí thải hoàn lưu*
3. *Van điều chỉnh lưu lượng khí thải*
4. *Quạt tăng áp khí thải*
5. *Đường dẫn khí thải hoàn lưu*
6. *Tháp lọc khí thải*

Hình 2. Hệ thống hoàn lưu khí thải trên động cơ 6LU32

2.2.2.Tính toán thiết kế hệ thống cấp khí thải hoàn lưu

Thực tế, hệ thống cấp khí thải hoàn lưu vào cửa nạp của động cơ diesel là hệ thống không phức tạp. Quá trình tính toán thiết kế, quan trọng nhất đó là tính được đường kính đường ống dẫn khí thải tái sử dụng đến cửa nạp của máy nén tăng áp; Sau đó là lựa chọn đặc tính kĩ thuật của quạt tăng áp (năng suất và áp suất tăng áp) và sau cùng là van bướm, lưu lượng kế.

Để tính toán, thiết kế hệ thống cấp khí thải hoàn lưu vào máy nén tăng áp động cơ diesel HANSHIN 6LU32, dựa trên cơ sở kĩ thuật sau đây:

Lưu lượng khí thải hoàn lưu từ 20-30%;

Lưu lượng khí sạch lớn nhất theo yêu cầu là 4701,79m^3/h;

Đường kính ống dẫn khí nạp từ máy nén đến bầu sinh hàn là 158mm

Các thông số kĩ thuật của động cơ (Bảng 1):

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ HANSHIN 6LU32 [2]

STT	Các thông số	Giá trị
1	Động cơ HANSHIN 6LU32	
2	Số xi lanh	i = 6
3	Vòng quay định mức	N = 340 v/phút
4	Công suất định mức	N_e = 1300HP/970kW
5	Đường kính xi lanh	B = 320 mm
6	Hành trình piston	S = 510 mm
7	Tốc độ trung bình piston	W = 5.78 m/s
8	Áp suất cháy lớn nhất	P_z = 90 kG/cm2
9	Góc phun sớm	11^o trước ĐCT
10	Suất tiêu hao nhiên liệu	g_e = 200g/kW.h

1.Tính toán đường kính ống dẫn

Việc thiết kế và chế tạo hệ thống cấp khí thải hoàn lưu vào cửa hút máy nén được bắt đầu từ tính đường kính của đường ống cấp khí thải này. Phương pháp tính đơn giản nhất chính là tính theo tỷ lệ giữa lưu lượng khí thải hoàn lưu và tổng lưu lượng khí nạp vào động cơ [3]:

$$EGR[\%] = \left(\frac{\dot{m}_{EGR}}{\dot{m}_{nap}} \right).100 \quad (1)$$

Với thiết kế có thể sử dụng đến 30% lượng khí thải hoàn lưu, thì theo công thức trên sẽ tính được lượng khí thải hoàn cần thiết:

$$m_{EGR} = 30\%.m_{nap} \quad (2)$$

Thay số vào sẽ có: m_{EGR} = (30/100). 4701,79m^3/h = 1410,537m^3/h

Vậy đường kính ống dẫn khí thải lưu hồi như sau:

$$d_{EGR} = \sqrt{\frac{d_1^2}{3}} = \sqrt{\frac{158^2}{3}} = 91{,}22 \text{ mm}. \quad (3)$$

2.Lựa chọn quạt tăng áp

Quạt tăng áp được trang bị cho hệ thống cấp khí thải hoàn lưu với chức năng: cấp lượng khí thải cần thiết theo thiết kế vào cửa nạp động cơ; tạo được áp suất phù hợp và đảm bảo được độ bền, độ tin cậy. Trên Bảng 2 là những thông số kĩ thuật yêu cầu đối với quạt tăng áp khí thải hoàn lưu vào động cơ diesel HANSHIN 6LU32.

Bảng 2. Thông số kĩ thuật của quạt tăng áp[1]

STT	Các thông số kĩ thuật	Giá trị	Ghi chú
1	Năng suất	1500 - 2000m^3/h	
2	Áp suất	Max. 1,4 bar	
3	Nhiệt độ công tác	160^{o}C	
4	Vật liệu		Thép các bon
5	Mô tơ		Không tạo tia lửa

2.2.3. Kết quả thử nghiệm

Sau khi tính toán, chế tạo hệ thống hoàn lưu khí xả, lắp đặt trên động cơ và chạy thử nghiệm với hai loại nhiên liệu DO và FO với hai hỗn hợp là 0% và 20% khí thải hoàn lưu, với các chế độ tải khác nhau. Kết quả thu được thể hiện trên Bảng 3 và Bảng 4

Bảng 3 . Mức phát thải NO_x khi sử dụng DO [1]

Nhiên liệu DO						
Thông số phát thải	Chế độ tải và EGR0%					
	50%		75%		85%	
	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h
NO_x-NO_2	1702	1458	6926	5935	10371	8887
Nhiên liệu DO						
Thông số phát thải	Chế độ tải và EGR20%					
	50%		75%		85%	
	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h
NO_x-NO_2	1058	906	4144	3525	6523	5590

Bảng 4. Mức phát thải NO_x khi sử dụng FO

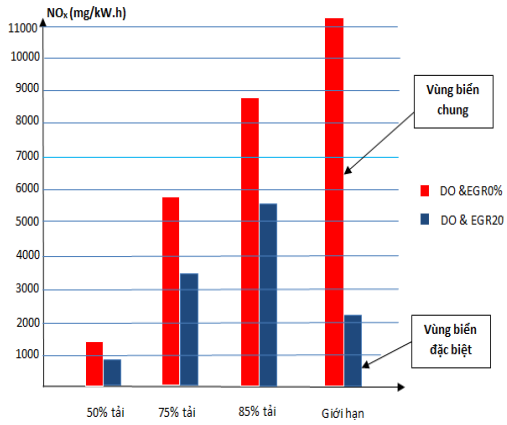
Nhiên liệu FO						
Thông số phát thải	Chế độ tải và EGR 0%					
	50%		75%		85%	
	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h
NO_x-NO_2	1650	1414	5910	5064.7	11015	9439,8
Nhiên liệu FO						
Thông số phát thải	Chế độ tải và EGR 20%					
	50%		75%		85%	
	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h	mg/Nm³	mg/kW.h
NO_x-NO_2	1181	1012	4271	3660,2	6308	5406

Tiêu chuẩn phát thải khí NO_x được qui định tại Phụ lục VI (Marpol73/78) áp dụng cho động cơ diesel thủy HANSHIN 6LU32 được cụ thể hóa như trên bảng 5.

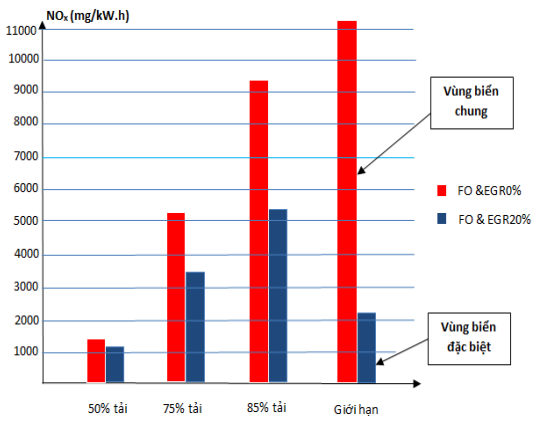
Bảng 5. Tiêu chuẩn phát thải khí NO_x đối với động cơ HANSHIN 6LU32 *[4]*

Vùng khai thác	**Tiêu chuẩn phát thải NO_x**		**Thời gian áp dụng**
	mg/Nm³	mg/kW.h	
Vùng biển chung	8,12/13,43	6,96/11,51	Từ 2011
Vùng biển đặc biệt (SECAs)	1,44/4,32	1,24/2,08	Từ 2016

Các kết quả thử nghiệm về phát thải khí NO_x được so sánh, đánh giá đối với nhiên liệu DO và FO được biểu diễn trên biểu đồ Hình 3 và 4 [1].



Hình 3. Biểu đồ biểu diễn phát thải NO_x khi động cơ làm việc với dầu DO



Hình 4. Biểu đồ biểu diễn phát thải NO_x khi động cơ làm việc với dầu FO

Kết quả thử nghiệm cho thấy: nồng độ phát thải khí độc hại NOx khi động cơ HANSHIN 6LU32 sử dụng nhiên liệu DO và FO với tỷ lệ hoàn lưu khí thải 20% giảm đáng kể so với khi không sử dụng hoàn lưu khí thải và nhỏ hơn khá nhiều tiêu chuẩn phát thải ở vùng biển chung

3. Kết luận:

Kết quả thử nghiệm lắp đặt hệ thống hoàn lưu khí thải (EGR) cho động cơ HANSHIN 6LU32 cho thấy nếu giải pháp này được sử dụng trên tàu thủy và kết hợp thêm với một số giải pháp khác như sử dụng tháp hấp thụ SO_x, NO_x, hệ thống trộn nhiên liệu nhũ tương...mang lại hiệu quả rõ rệt cho việc giảm thiểu phát thải khí độc hại do động cơ dieessel tàu thủy gây ra, góp phần thực hiện phụ lục VI Công ước quốc tế Marpol 73/78 nhằm bảo vệ môi trường biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đặng Văn Uy và nhóm nghiên cứu (2017). *" Xây dựng lộ trình và giải pháp xử lý khí độc hại trong khí thải động cơ diesel thủy đáp ứng yêu cầu của công ước quốc tế MARPOL cho đội tàu biển Việt Nam",* Đề tài cấp bộ, Mã số: MT171002;

[2] Hồ sơ kỹ thuật động cơ HANSHIN 6LU32 - Trung tâm nghiên cứu hệ động lực tàu thủy - Khoa Máy tàu biển

[3] MAN Diesel & Turbo (2013); *Basic Principles of Ship Propulsion*; Denmark 2013;

[4] Bộ luật NO_x Technical Code - Tổ chức hàng hải quốc tế (IMO)

MỘT SỐ BIỆN PHÁP NHẰM GIẢM LƯỢNG PHÁT THẢI NO_x TRONG KHÍ XẢ CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL

MỘT SỐ BIỆN PHÁP NHẰM GIẢM LƯỢNG PHÁT THẢI NO_x TRONG KHÍ XẢ CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL

NGUYỄN TRÍ MINH, NGUYỄN TRUNG CƯƠNG

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Bộ luật về các chất phát thải trong khí xả động cơ đã được áp dụng cho tất cả các ngành chế tạo động cơ hạng nặng (động cơ tàu thuỷ, vận tải và công nghiệp), do đó yêu cầu tất cả các nhà máy chế tạo động cơ phải tuân theo việc giảm lượng phát thải NOx và các chất phát thải khác trong khí xả động cơ. Bài viết này phân tích một cách tóm tắt một số phương pháp bao gồm cả thí nghiệm, dự báo và thảo luận về các kết quả thí nghiệm trên động cơ 6 xilanh RK215 để kiểm tra ảnh hưởng của các phương pháp đã được tiến hành thí nghiệm đến việc giảm phát thải NOx trong khí xả cuả động cơ.

Asctract

Challenging emissions legislation introduced in all application sectors for heavy duty engines (Marine, Traction and Industrial) requires manufacturers to comply with the decreasing levels of NOx and other exhaust emission species. This paper will briefly explain the methodology used both in experimental and predictive techniques and discuss the results achieved based on the 6 cylinders RK215 engine to examine all influencing methodology on NOx control.

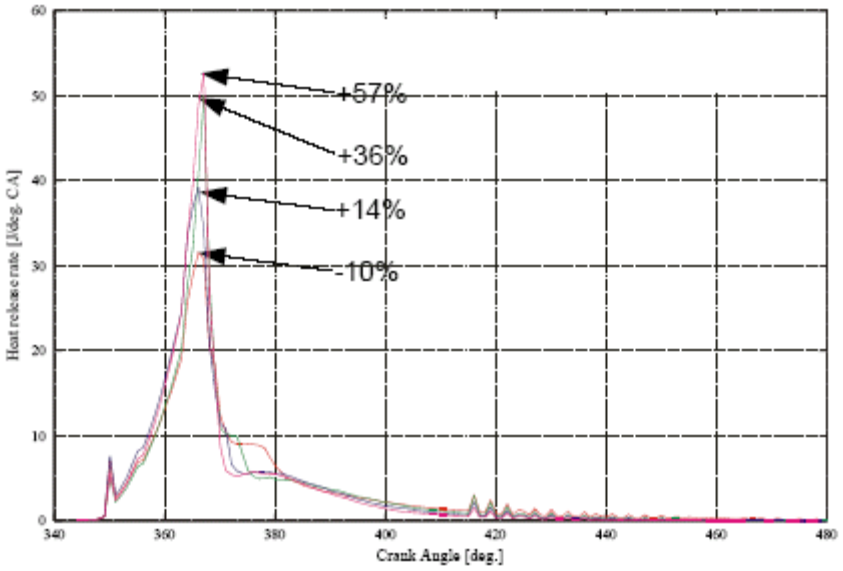
Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây vấn đề bảo vệ môi trường được hầu hết các nước trên thế giới quan tâm. Nhiều nhà khoa học nổi tiếng thế giới đã tiến hành nghiên cứu việc giảm các phát thải độc hại trong khí xả của động cơ để phù hợp với bộ luật chống phát thải khí độc hại của động cơ đốt trong. Một trong những thành phần phát thải độc hại từ động cơ đốt trong được đặc biệt quan tâm nghiên cứu là hàm lượng phát thải NOx. NOx được hình thành do phản ứng hóa học xảy ra ở nhiệt độ cao giữa Ni-tơ và O-xy có sẵn trong không khí. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, việc hình thành NOx chủ yếu xảy ra ở nhiệt độ trên 12000C và nhiệt độ càng cao thì việc tạo thành NOx càng nhiều Vì vậy, để giảm lượng phát thải NOx trong khí xả của động cơ đốt trong nói chung nhất thiết phải giảm nhiệt độ cháy cực đại trong buồng đốt động cơ. Đối với các động cơ Diesel, biện pháp đơn giản nhất để giảm nhiệt độ cháy cực đại trong buồng đốt động cơ là điều chỉnh giảm góc phun sớm nhiên liệu. Tuy nhiên, việc điều chỉnh này sẽ làm giảm tính thương mại của động cơ do hiệu suất nhiệt của động cơ giảm. Quá trình cháy xấu đi, hàm lượng các hạt rắn trong khí thải tăng, do

đó sẽ không đạt được mục tiêu đề ra. Vì vậy, nhiệm vụ của các công trình nghiên cứu là phải tìm ra các phương pháp điều chỉnh quá trình cháy có thể giảm được hàm lượng NOx và tăng hiệu suất của động cơ. Các biện pháp được nghiên cứu có thể là việc thay đổi kết cấu các chi tiết của động cơ tham gia vào quá trình cháy, kể cả kết cấu các chi tiết của hệ thống cung cấp nhiên liệu cùng với việc điều chỉnh qui luật cung cấp nhiên liệu cho động cơ. Kết cấu buồng đốt ảnh hưởng đáng kể đến mức độ chuyển động của dòng khí nạp trong xilanh động cơ và do đó ảnh hưởng đến quá trình cháy, kết quả là nó ảnh hưởng rất lớn đến lượng NOx trong khí thải. Mục đích của việc thay đổi kết cấu buồng đốt là tăng cường chuyển động xoáy lốc của khí nén trong xilanh động cơ nhằm tăng chất lượng hoà trộn giữa không khí và nhiên liệu để tăng chất lượng quá trình cháy. Quan trọng nhất là phải giảm được nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ, trong khi vẫn duy trì được công suất và giảm suất tiêu hao nhiên liệu. Tốc độ chuyển động của hỗn hợp khí trong xilanh động cơ sẽ làm cho tốc độ hoà trộn giữa nhiên liệu và không khí nhanh hơn và sẽ rút ngắn được thời gian cháy. Tăng góc phun sớm làm cho thời gian chuẩn bị cháy tăng, lượng nhiện liệu phun vào trong giai đoạn chuẩn bị cháy tăng dẫn tới làm tăng tốc độ tăng áp suất, quá trình cháy “cứng”, áp suất và nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ tăng và hậu quả của việc tăng góc phun sớm là làm tăng hàm lượng NOx và tăng tiếng ồn của động cơ. Giảm góc phun sớm là biện pháp giảm hàm lượng NOx trong khí thải có hiệu quả, nhưng các hạt rắn, hàm lượng HC trong khí thải tăng, suất tiêu hao nhiên liệu tăng. Hình dạng và tốc độ của chùm tia nhiên liệu cũng có ảnh hưởng lớn đến quá trình cháy và lượng phát thải NOx cũng như một số phát thải khác trong khí xả của động cơ. Thông thường tốc độ ban đầu của chùm tia nhiên liệu ảnh hưởng nhiều đến tốc độ hình thành NOx, các hạt rắn và suất tiêu hao nhiên liệu. Vì vậy, nếu giảm góc phun sớm để giảm hàm lượng NOx, thì cần phải tăng tốc độ phun của chùm tia nhiên liệu để giảm các hạt rắn và giảm suất tiêu hao nhiên liệu. Sự phân bố nhiên liệu trong quá trình phun cũng ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng NOx, giảm lượng nhiên liệu phun vào trong giai đoạn chuẩn bị cháy làm cho thời gian chuẩn bị cháy ngắn hơn làm giảm áp suất và nhiệt độ của khí cháy trong xilanh trong giai đoạn cháy sớm. Sau đây chúng ta sẽ đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố đến việc hình thành NOx trong khí cháy của động cơ.

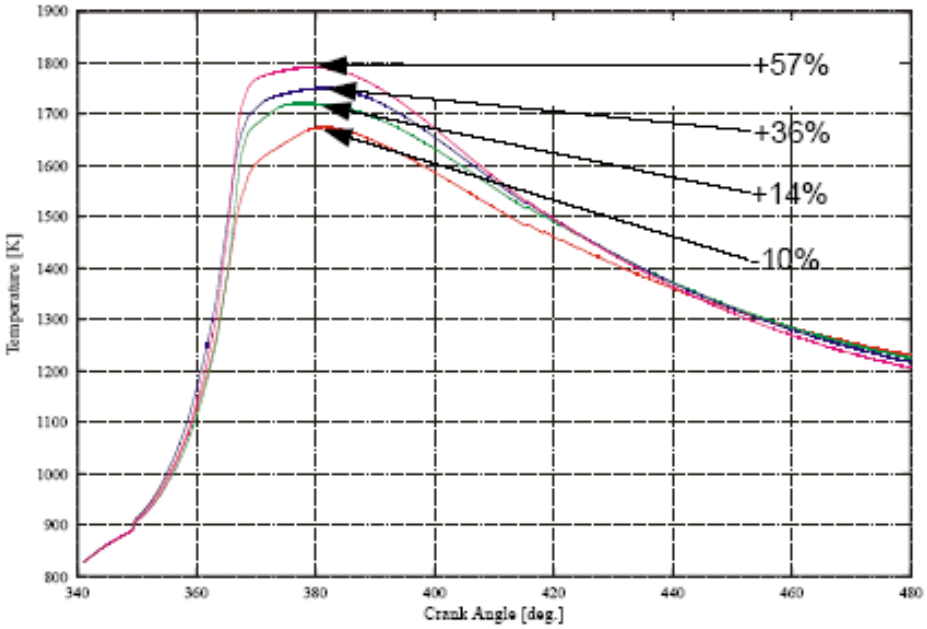
Áp suất phun nhiên liệu.

Áp suất phun nhiên liệu tăng trong khi góc phun sớm không thay đổi làm cho áp suất khí cháy trong xilanh tăng. Do lượng nhiên liệu và đường kính lỗ phun không thay đổi do đó tốc độ của tia nhiên liệu tăng. Do tăng áp suất phun, nên tốc độ toả nhiệt trong giai đoạn cháy đầu tiên tăng (Hình 1).



Hình 1- Tốc độ toả nhiệt ở từng giá trị áp suất phun nhiên liệu khác nhau.

Kết quả là áp suất và nhiệt độ của khí cháy trong xilanh tăng (Hình 2). Do đó lượng phát thải NOx tăng. Suất tiêu hao nhiên liệu được cải thiện do công suất của động cơ tăng.

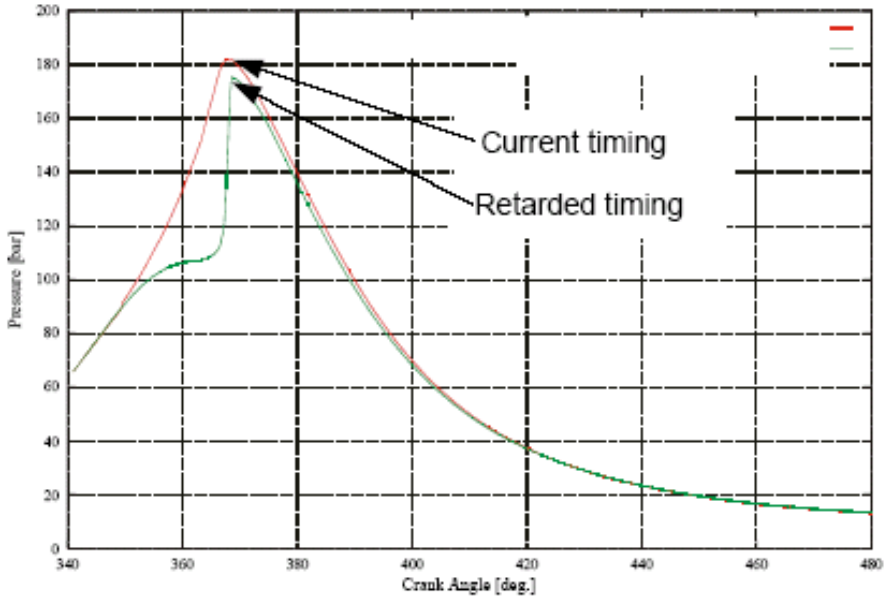


Hình 2- Nhiệt độ của khí cháy trong xilanh ứng với từng giá trị áp suất phun nhiên liệu khác nhau

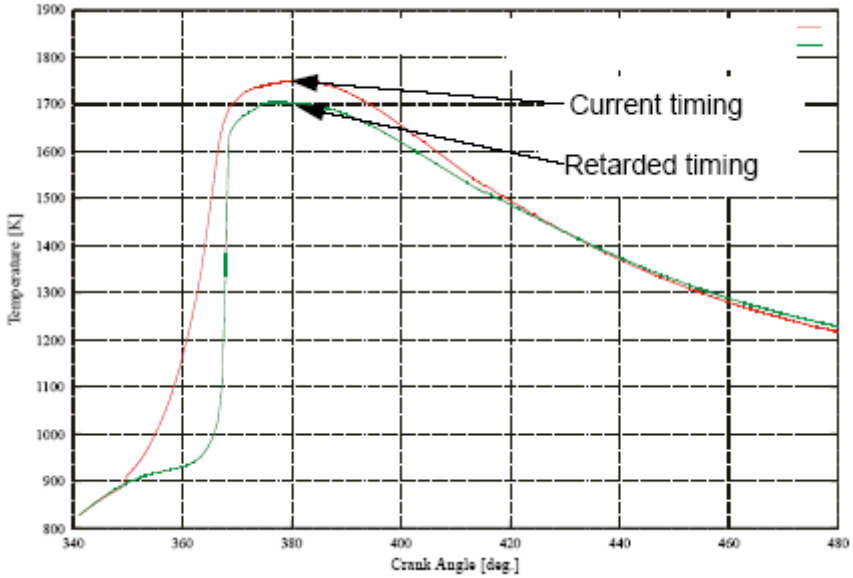
Nhiệt độ khí cháy trong xilanh tăng làm cho tốc độ bay hơi của nhiên liệu nhanh hơn và thời gian cháy ngắn hơn. Vì vậy muốn giảm lượng phát thải NOx thì phải giảm áp suất phun nhiên liệu.

Thời điểm phun nhiên liệu.

Khi áp suất phun tăng 35% thì áp suất khí cháy trong xilanh vượt quá giá trị cho phép. Khi đó góc phun sớm giảm 4^0 thì sẽ duy trì được áp suất khí cháy trong xilanh. Do giảm góc phun sớm nên quá trình cháy sẽ chậm lại, kết quả là áp suất và nhiệt độ của khí cháy trong xilanh giảm (Hình 3a, 3b).



Hình 3a- Áp suất khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các thời điểm phun nhiên liệu khác nhau

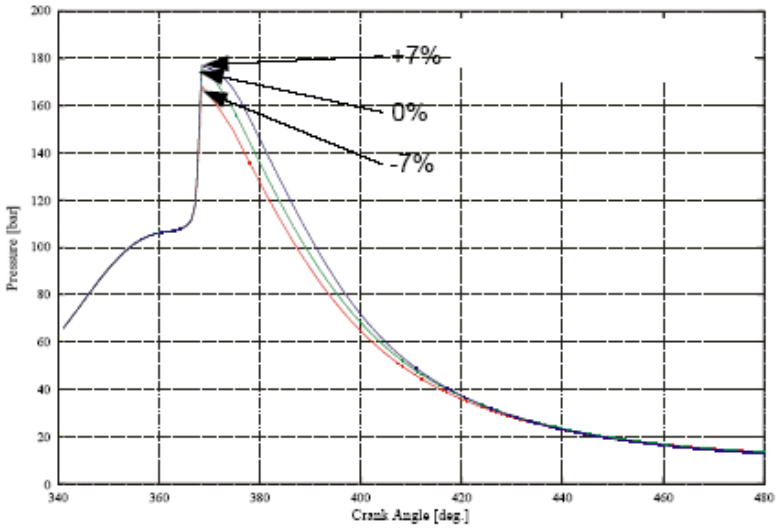


Hình 3b- Nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các thời điểm phun nhiên liệu khác nhau

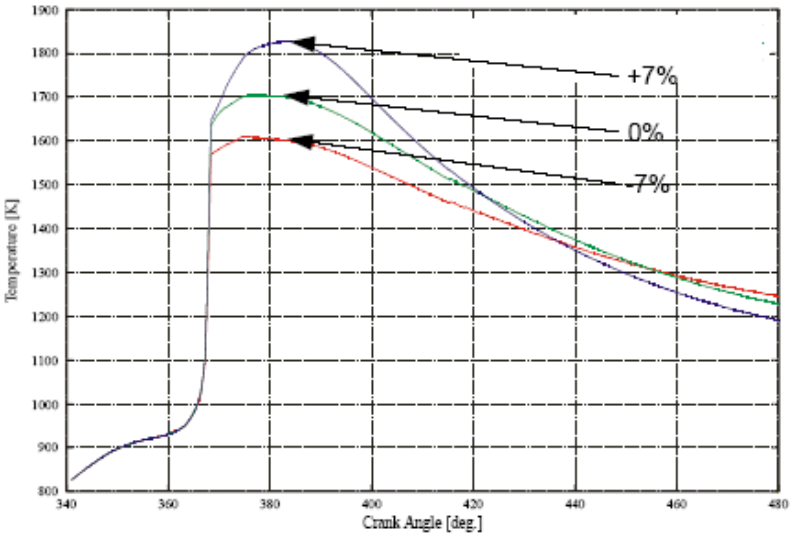
Do nhiệt độ của khí cháy trong xilanh giảm nên tốc độ hình thành NOx giảm, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu tăng. Với việc giảm góc phun sớm 4^0 lượng phát thải NOx giảm 29%, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu tăng 3,25%. Như vậy việc giảm góc phun sớm làm cho lượng phát thải NOx giảm đáng kể nhưng suất tiêu hao nhiên liệu cũng tăng.

Góc của chùm tia nhiên liệu phun

Để nghiên cứu ảnh hưởng góc của chùm tia nhiên liệu, người ta tiến hành thí nghiệm như sau: đầu tiên tăng góc của chùm tia nhiên liệu từ 140^0 đến 150^0, sau đó giảm xuống 130^0, còn các yếu tố khác không thay đổi. Với góc phun của chùm tia nhiên liệu là 150^0 thì lượng phát thải NOx tăng 18%, còn suất tiêu hao nhiên liệu giảm 4%.



Hình 4a- Áp suất khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các giá trị góc của chùm tia nhiên liệu khác nhau



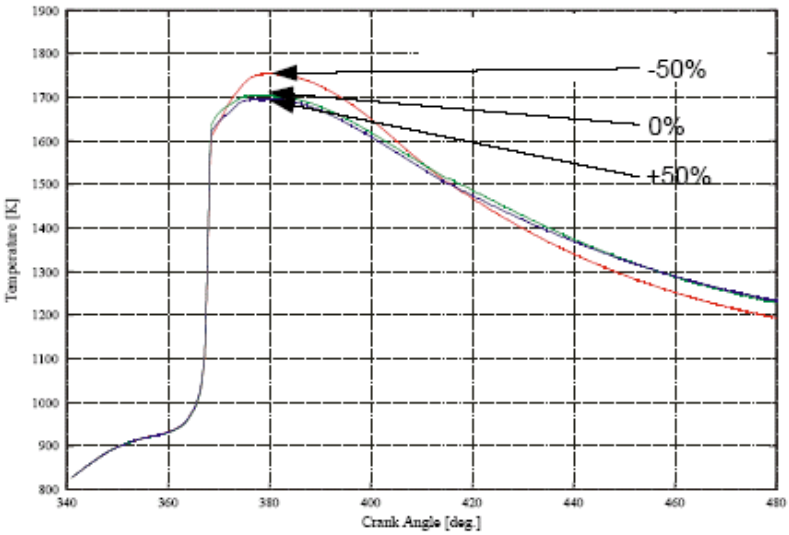
Hình 4b- Nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các giá trị góc của chùm tia nhiên liệu khác nhau

Trong khi góc phun sớm là 130^0 thì lượng phát thải NOx giảm 32%, còn suất tiêu hao nhiên liệu tăng 6,12%. Khi giảm góc của chùm tia nhiên liệu thì lượng không khí xâm nhập vào lõi chùm tia nhiên liệu ít hơn do đó thời gian hoà trộn giữa nhiên liệu và không khí tăng lên, quá trình cháy diễn ra chậm hơn. Kết quả là áp suất và nhiệt độ khí cháy trong xilanh giảm (Hình 4) làm cho lượng phát thải NOx giảm.

Điều này được giải thích là việc hình thành NOx rất nhạy cảm với giai đoạn cháy đầu tiên, do giai đoạn này ảnh hưởng rất lớn đến các giai đoạn cháy tiếp theo và do đó nó quyết định nhiệt độ của khí cháy trong xilanh. Còn trong trường hợp tăng góc của chùm tia nhiên liệu thì thời gian hoà trộn giữa nhiên liệu và không khí giảm, thời gian cháy của nhiên liệu giảm, nhiệt độ khí cháy lớn nhất trong xilanh tăng do đó lượng phát thải NOx tăng, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu giảm.

Chiều dài của đầu vòi phun trong buồng đốt

Để nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài của đầu vòi phun trong buồng đốt đến việc hình thành NOx người ta giữ nguyên kết cấu của đầu vòi phun và chiều dài ban đầu của đầu vòi phun trong buồng đốt (phần nhô ra của đầu vòi phun trong buồng đốt) là 2mm. Sau đó tăng chiều dài của đầu vòi phun trong buồng đốt lên 2,95mm với góc của chùm tia nhiên liệu là 140^0 thì ảnh hưởng đến việc hình thành NOx cũng giống như việc giảm góc của chùm tia nhiên liệu đến 130^0 (Hình 5).

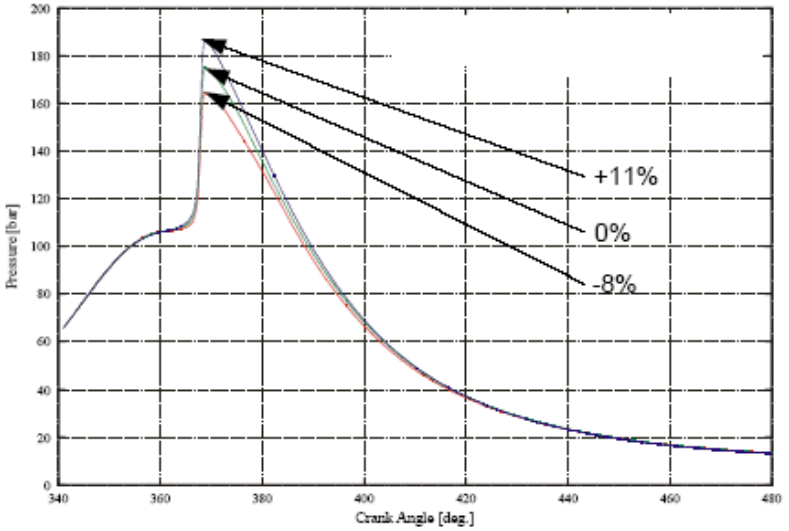


Hình 5 - Nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các giá trị chiều dài của đầu vòi phun trong buồng đốt khác nhau

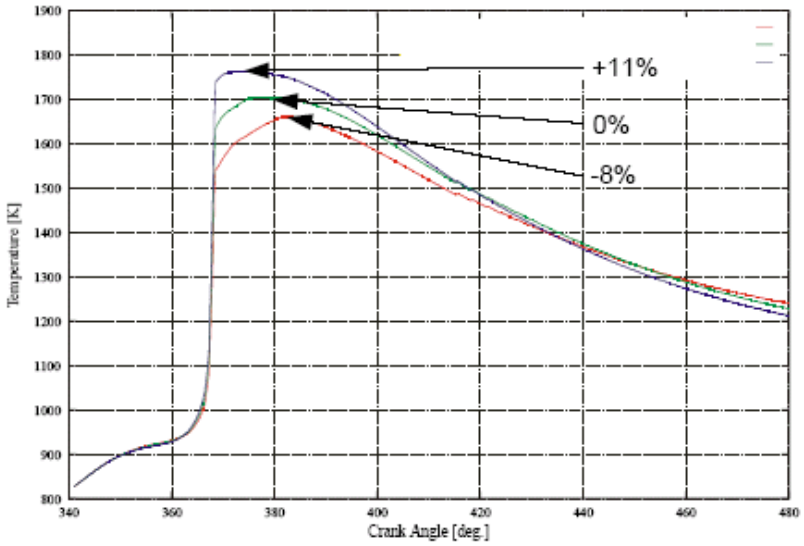
Điều này được giải thích là do một phần nhiên liệu bám lên bề mặt đỉnh piston, nên quá trình cháy chậm hơn, vì vậy áp suất và nhiệt độ khí cháy lớn nhất trong xilanh động cơ giảm, kết quả là lượng NOx giảm 6%, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu tăng 0,8%. Ngược lại khi giảm chiều dài của đầu vòi phun trong buồng đốt đến 1,95mm thì ảnh ảnh hưởng đến việc hình thành NOx cũng giống như việc tăng góc của chùm tia nhiên liệu đến 150^0, do đó áp suất và nhiệt độ của khí cháy lớn nhất trong xilanh tăng, lượng NOx tăng 1,8% và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 0,48% (Hình 4)

Đường kính lỗ phun.

Do lượng nhiên liệu và áp suất phun không thay đổi nên khi tăng đường kính lỗ phun thời gian phun giảm còn tốc độ của tia nhiên liệu tăng. Trong trường hợp áp suất phun khác nhau, khi tăng đường kính lỗ phun tốc độ toả nhiệt trong giai đoạn cháy đầu tiên tăng, dẫn tới áp suất và nhiệt độ của khí cháy lớn nhất trong xilanh tăng (Hình 6a, 6b).



Hình 6a – Áp suất khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các giá trị đường kính lỗ phun khác nhau

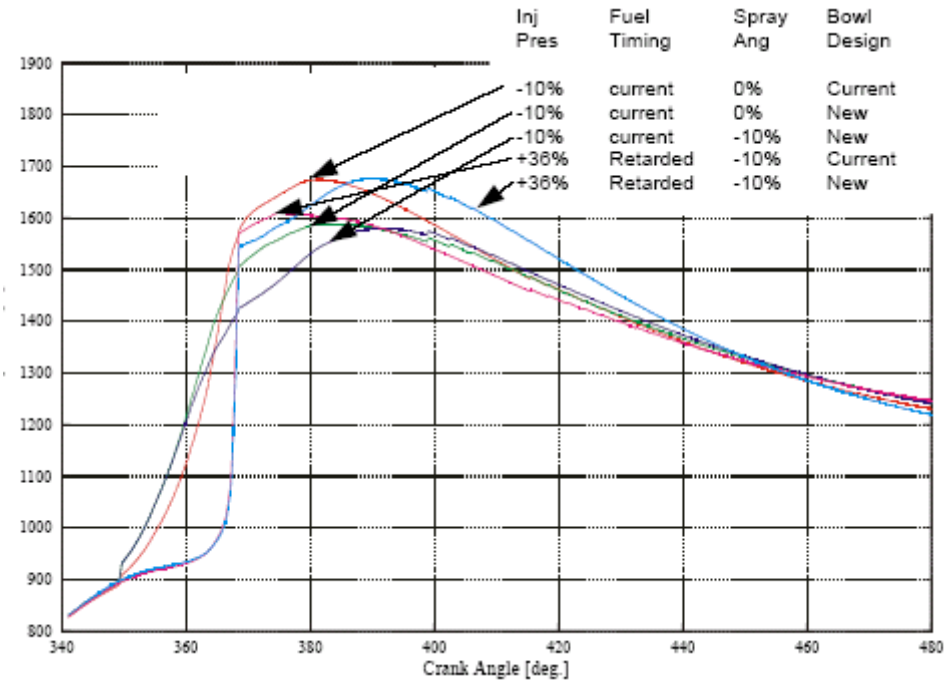


Hình 6b - Nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ ứng với các giá trị đường kính lỗ phun khác nhau

Đó là nguyên nhân làm cho lượng NOx tăng 11%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm 1,84%. Ngược lại nếu đường kính lỗ phun nhỏ dẫn tới tốc độ toả nhiệt, áp suất và nhiệt độ khí cháy trong xilanh giảm, kết quả làm lượng NOx giảm 17,5%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng 3,15%

Hình dạng đỉnh piston

Theo thiết kế mới thì khoảng cách từ vòi phun đến đỉnh piston ngắn hơn trước đây. Đỉnh piston cũng được thiết kế lại sao cho khí nén chuyển động rối loạn hơn, quá trình hoà trộn giữa nhiên liệu và không khí nhanh hơn làm cho lượng NOx giảm, nhưng hiệu suất nhiệt của động cơ tăng. Điều này có nghĩa là chiều dài chùm tia nhiên liệu ngắn hơn, diện tích tiếp xúc giữa nhiên liệu và không khí giảm. Do đó quá trình cháy ở giai đoạn đầu diễn ra chậm hơn làm cho áp suất và nhiệt độ cháy lớn nhất trong xilanh giảm (Hình 7).



Hình 7 - Nhiệt độ khí cháy trong xilanh động cơ khi thay đổi các thông số

Kết quả là giảm được lượng NOx 19,5%, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu tăng 2,3%. Khi áp suất phun tăng lên 35%, góc của chùm tia nhiên liệu là 130^0 thì tốc độ của tia nhiên liệu tăng và khi đó một phần nhiên liệu chạm lên đỉnh piston, do đó lượng NOx giảm 1,3%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng 6,1%.

Kết luận

1-Các phương pháp trên đã đạt được mục tiêu giảm NOx trong khí thải của động cơ và đáp ứng được yêu cầu của luật chống ô nhiễm môi trường không khí của Tổ chức Hàng hải Quốc tế.

2- Các phương pháp cho phép giảm được lượng NOx và nâng cao hiệu suất nhiệt cho động cơ là: tăng cao áp suất phun nhiên liệu, giảm góc phun sớm, giảm đường kính lỗ phun, đồng thời tăng số lỗ phun, giảm góc của chùm tia nhiên liệu và dùng piston có thiết kế hình dạng đỉnh phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D H C Taylor: The Analysis of Fuel Spray Penetration and Distribution in a Medium Speed Diesel Engine (PhD Thesis, Loughborough University, 1967)
[2] S K Sinha & P Luton: Development of Analytical Aspects of Diesel Engine (CIMAC 1971)
[3] A.Al Sened, S K Sinha & G Gruez: High Thermal efficiency and low emission, are they compatible? 22nd CIMAC 1998, May 18-21 Copenhagen
[4] S K Sinha, A Bretton & E Clough In-cylinder Sampling Technique Used For The RK270 (IMechE, C448/068, 1992)
[5] H M Spiers: Technical Data on Fuel (British National Committee & World Power Conference)
[6] T Murakami: Calculations of Temperature Distribution in a Diesel Combustion Chamber (Msc Thesis, UMIST)
[7] P Bronick: PhD Thesis UMIST 1997
[8] V Ikonomou CFD Investigation into the combustion of D I RK215 Diesel Engine Report for MAN B&W Diesel Ltd by Powerflow Consultancy Ltd 2000 UK
[9] D E Winterbone, M D Bassett and E Clough The effect of water injection on combustion
[10] and emission of a medium speed diesel engine. Report for MAN B&W Diesel Ltd UMIST IC Engine Group Nov 2000 UK

XÂY DỰNG GIÁO CỤ TRỰC QUAN VỀ HỆ THỐNG BÁO ĐỘNG, BẢO VỆ ÁP LỰC DẦU BÔI TRƠN THẤP CHO ĐỘNG CƠ DIESEL LAI MÁY PHÁT ĐIỆN TRÊN TÀU THỦY TẠI TRUNG TÂM THỰC HÀNH THÍ NGHIỆM MÁY TÀU

BUILDING A TEACHING MODEL ON AUTOMATIC ALARM AND SHUTDOWN SYSTEM WHEN LUBRICATING OIL PRESSURE IS LOW DOWN FOR GENERATOR DIESEL ENGINE ON SHIPS AT CENTER EXPERIMENTAL PRACTICE

TRƯƠNG VĂN ĐẠO
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH Việt Nam
**Email liên hệ: truongvandao@vimaru.ed.vn*

Tóm tắt

Hệ thống báo động và bảo vệ động cơ diesel tàu thủy có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo động cơ hoạt động an toàn, tin cậy. Bài báo trình bày các bước cơ bản thiết kế mô phỏng các chức năng cho hệ thống báo động và bảo vệ động cơ diesel tàu thủy, khi áp lực dầu bôi trơn giảm đến mức nguy hiểm.

Abstract

Marine diesel engine alarm and protective system plays an important role in ensuring operation of the engine safely and reliably. The paper presents basic steps in designing the

simulation functions for the alarm and protective system of marine diesel engines, when the lubricating oil pressure drops to a dangerous level.
***Keywords**: Pressure Lubricanting Oil*

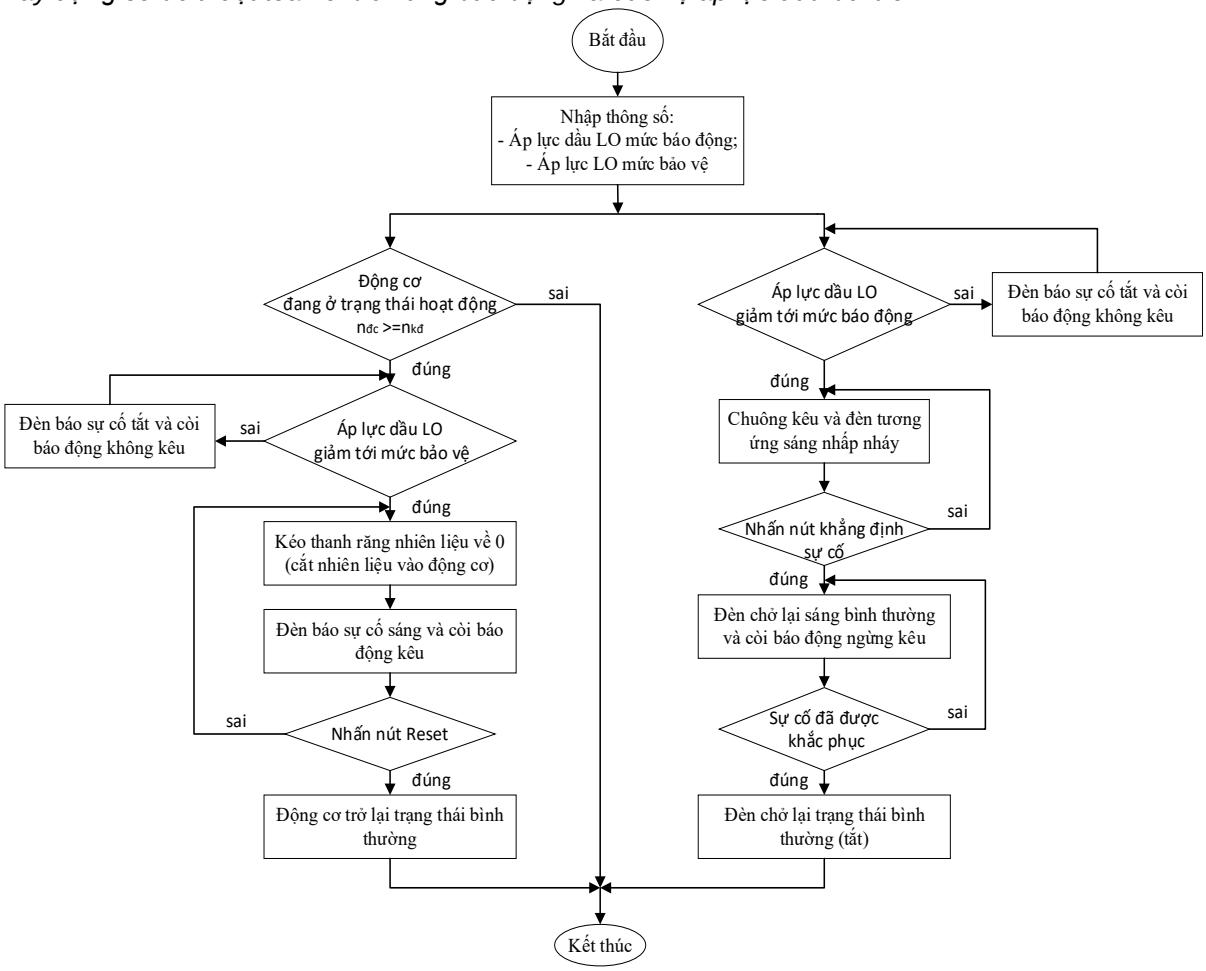
1. Đặt vấn đề

Qua công tác phỏng vấn, đào tạo và huấn luyện thực tế cho thấy, các sĩ quan máy tàu biển Việt Nam còn nhiều hạn chế về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế. Hầu hết các sĩ quan máy còn bỡ ngỡ chưa hiểu hết vai trò và chức năng của hệ thống báo động và bảo vệ động cơ, dẫn tới khi đảm nhận các chức danh trên tàu đã bị cơ quan chính quyền cảng (Port State Control - PSC) kiểm tra bắt lỗi. Hơn thế, nhiều sĩ quan chưa biết quy trình kiểm tra thử các chức năng của hệ thống dẫn đến các sự cố máy đáng tiếc đã xảy ra, gây thiệt hại về tính mạng và tài sản nặng nề cho các chủ tàu. Do vậy, nhóm nghiên cứu muốn xây dựng một giáo cụ trực quan thực tế cho công tác đào tạo huấn luyện kỹ năng, nghiệp vụ cho thuyền viên đạt hiệu quả hơn. Để thực hiện được công việc này chúng tôi đã thiết kế hệ thống thử chức năng tự động báo động và bảo vệ áp lực dầu bôi trơn cho động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm thực hành thí nghiệm Máy tàu – Khoa Máy tàu biển- Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, nhằm phục vụ cho công tác đào tạo huấn luyện nâng cao kỹ năng nghề cho sỹ quan máy tàu biển Việt Nam.

2. Thiết kế mô phỏng hệ thống

Động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm thực hành thí nghiệm Máy tàu là động cơ diesel lai Máy phát điện trang bị trên tàu biển. Do vậy, hệ thống cảnh báo an toàn cho áp lực dầu bôi trơn sẽ gồm hai chức năng đó là: chức tự động báo động và chức năng dừng động cơ tự động khi áp lực dầu bôi trơn thấp dưới giá trị cài đặt (áp lực nguy hiểm).

2.1. Xây dựng sơ đồ thuật toán chức năng báo động và bảo vệ áp lực dầu bôi trơn



LO: dầu bôi trơn (Lubricanting Oil); $n_{đc}$: Vòng quay động cơ; $n_{kđ}$: Vòng quay khởi động

Hình 1. Sơ đồ thuật toán báo động và bảo vệ

Theo quy phạm đóng tàu vỏ thép của các tổ chức Đăng kiểm thì động cơ diesel lai máy phát điện trên tàu phải trang bị hệ thống báo động và bảo vệ động cơ để tránh những hư hỏng và sự cố nghiêm trọng trong quá trình khai thác tàu. Một trong những thông số quan trọng được cảnh báo đó là áp lực dầu bôi trơn cho động cơ. Áp lực dầu bôi trơn được cảnh báo bằng hai mức đó là: báo động và dừng động cơ tự động. [2]

Tự động báo động: Trong trường hợp áp lực dầu bôi trơn giảm đến một giá trị nào đó có thể sắp gây nguy hiểm cho động cơ. Giá trị áp lực báo động do nhà chế tạo đưa ra tùy thuộc vào từng loại động cơ. Tín hiệu cảnh báo bằng âm thanh và đèn hiệu để cảnh báo cho người khai thác biết để có phương án xử lý kịp thời nhằm đem lại sự hoạt động an toàn cho động cơ.

Tự động dừng động cơ: Sau khi tín hiệu báo động được kích hoạt nếu áp lực dầu bôi trơn vẫn tiếp tục giảm đến giá trị cài đặt, thí chức năng tự động dừng động cơ sẽ được kích hoạt và động cơ sẽ dừng tự động nhằm bảo vệ tránh phá hủy các chi tiết của động cơ khi áp lực dầu bôi trơn thấp tới mức nguy hiểm. Với hai chức năng của hệ thống mô tả như trên thì sơ đồ thuật toán để xây dựng bài toán mô phỏng được thể hiện như hình 1.

2.2. Xây dựng mạch logic báo động áp lực dầu bôi trơn thấp

- *Các tín hiệu vào:*

x_1: Tín hiệu áp lực LO thấp

x_2: Tín hiệu khẳng định sự cố

- *Các tín hiệu ra:*

Z_1: Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp lực dầu LO sáng nhấp nháy và chuông kêu

Z_2: Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp lực dầu LO sáng bình thường

- *Bảng giá trị thật:*

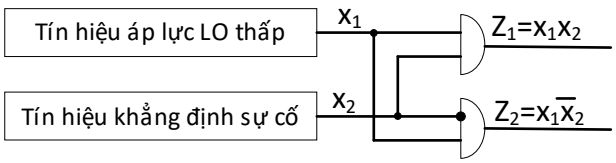
Bảng 1: Bảng mô tả chức năng báo động áp lực LO thấp

x_1	x_2	Z_1	Z_2
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Từ bảng giá trị thật ta có các hàm logic sau:

$$Z_1 = x_1\overline{x_2} \quad (1)$$

$$Z_2 = x_1x_2 \quad (2)$$



Hình 2. Mạch logic báo động áp lực dầu LO

2.3. Xây dựng mạch logic dừng động cơ áp lực dầu bôi trơn thấp

- *Tín hiệu vào*

x_3: Tín hiệu áp lực LO ở mức dừng động cơ "shutdown"

x_4: Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{đc} \geq n_{kđ}$);

x_5: Tín hiệu Hoàn nguyên "reset"

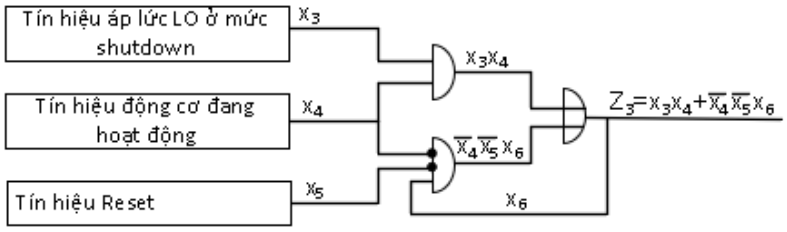
x_6: Tín hiệu dừng sự cố trước đó

Z_3: Tín hiệu dừng sự cố động cơ, đèn báo sự cố sáng và còi kêu;

Có tín hiệu sự cố Z_3 khi: Động cơ đang hoạt động và áp lực dầu LO giảm tới mức "Shutdown" hoặc động cơ đang dừng vì trước đó đã bị dừng sự cố và người khai thác chưa nhấn nút "Reset" để hoàn nguyên hệ thống.

Khi đó ta có phương trình Logic sau:

$$Z_3 = x_3x_4 + \overline{x_4}\ \overline{x_5}x_6 \quad (3)$$



Hình 3. Mạch Logic dừng sự cố động cơ do áp lực dầu LO thấp

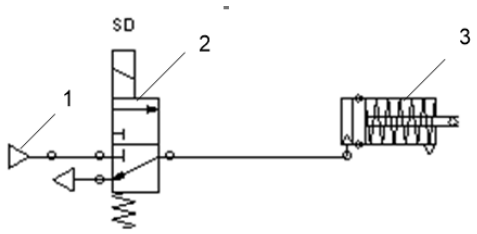
2.4. Chọn phần tử thực hiện phép toán logic

Từ mạch logic tổng được xây dựng ở hình 2 và hình 3 ta có thể xây dựng mạch điều khiển theo nhiều phương thức khác nhau như cơ – khí nén, điện – khí nén, hay thậm chí là điện – điện tử. Tuy nhiên theo như định hướng ban đầu, hệ thống điều khiển là hệ thống điện – khí nén. Để thực hiện điều này, ta chọn loại tín hiệu cho các biến trong mạch logic như bảng 2.

Bảng 2. Lựa chọn loại tín hiệu

STT	Tín hiệu vào	Chức năng	Chọn tín hiệu	Ghi chú
1.	x_1	Tín hiệu áp lực LO thấp	Điện	Cảm biến áp lực
2.	x_2	Khẳng định sự cố	Cơ	Nút nhấn
3.	x_3	Tín hiệu áp lực LO ở mức "shutdown"	Điện	Cảm biến áp lực
4.	x_4	Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{đc} \geq n_{kđ}$);	Điện	Cảm biến vòng quay
5.	x_5	Tín hiệu "reset" - hoàn nuyên	Cơ	Nút nhấn
6.	x_6	Tín hiệu dừng sự cố trước đó	Điện	Cảm biến áp lực

Sau khi phân loại biến logic, mạch logic được tách thành mạch điện và mạch thủy lực sau đó được mô phỏng trên phần mềm Automation Studio 5.0. Các mạch mô phỏng được thể hiện giao diện trên hình 4, 5, và hình 6. Việc mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống sẽ giúp giảm thiểu được các sai sót trong khâu thiết kế hệ thống, đồng thời tiết kiệm được thời gian cũng như chi phí cho quá trình chế tạo thử nghiệm.



1. Nguồn khí nén điều khiển; 2. Van trượt điều khiển 3/2;
3. Piston lực điều khiển thanh răng nhiên liệu

Hinh 4. Sơ đồ mạch thủy lực dừng sự cố động cơ khi áp lực LO thấp

2.5. Mô phỏng hệ thống

Trong khuân khổ bài báo tác giả giới thiệu tóm tắt các bước mô phỏng chức năng của hệ thống như sau:

Khởi động hệ thống

- Cấp nguồn điện điều khiển các đèn chỉ báo áp lực dầu bôi trơn báo động sáng vàng, đèn chỉ báo áp lực dầu bôi trơn dừng sáng đỏ, đèn áp lực khí điều khiển thấp sáng vàng và còi báo động kêu.
- Mở van gió cấp khí điều khiển (Air controller) áp lực khí tăng lớn hơn 7 bar - đèn chỉ báo áp lực khí điều khiển thấp, sáng vàng tắt.
- Khởi động bơm dầu bôi trơn áp lực dầu bôi trơn tăng dần đạt giá trị lớn hơn 2.5 bar – đèn chỉ báo áp lực dầu bôi trơn thấp mức dừng động cơ sáng đỏ tắt. Tiếp tục áp suất dầu bôi trơn tăng lớn hơn 3.0 bar thì đèn chỉ báo áp suất dầu bôi trơn mức báo động, sáng vàng tắt và còi báo động dừng kêu.

Thử mô phỏng các chức năng của hệ thống

- Khi điều chỉnh áp lực dầu bôi trơn động cơ đến rơ le cảm biến áp suất dần giảm dần cho đến khi áp lực nhỏ hơn 3.0 đến 2.5 bar (2.5 bar ≤ P_{LO} ≤ 3 bar) [1] đèn chỉ báo áp lực dầu bôi trơn thấp sáng vàng và còi kêu. → Chức năng tự động báo động áp lực LO thấp thành công.
- Tiếp tục điều chỉnh áp lực dầu bôi trơn giảm nhỏ hơn 2.5 bar (P_{LO} < 2.5 bar) [1]. Khí đó đèn chỉ báo áp lực dầu bôi trơn thấp mức dừng động cơ sáng đỏ, đồng thời van trượt 2 (hình 4) mở khí điều khiển đến piston lực 3 kéo thanh răng về 0, dừng động cơ diesel → Chức năng tự động dừng động cơ khi áp lực dầu bôi trơn thấp thành công.

3. Kết luận

Bài báo đã xây dựng sơ đồ thuật toán, mạch logic và lựa chọn các phần tử thực hiện phép toán logic từ đó mô phỏng thành công chức năng tự động báo động và bảo vệ áp lực dầu bôi trơn thấp cho động cơ diesl lai máy phát điện trên tàu thủy bằng phần mềm Automation Studio 5.0. Đây là giáo cụ trực quan giúp cho công tác đào tạo huấn luyện thuyền viên, Sĩ quan Máy tàu biển Việt Nam sẽ được nâng cao hơn về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] THE INSTRUCTION BOOK: DAIHATSU 8GK -20
[2] Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia, Quy phạm phân cấp và đóng tàu vỏ thép,QCVN 21:2010/BGTVT

NỒI HƠI LIÊN HỢP PHỤ KHÍ XẢ ỐNG NƯỚC THẲNG ĐỨNG HÃNG MIURA TRÊN TÀU VMU VIỆT – HÀN

THE BIOLER CONJUGATE EXHAUST GAS WATERB PIPE VERNTICAL TO MIURA COMPANY ON M/V.VMU VIET – HAN

PSG,TS. NGUYỄN ĐẠI AN
SV. NGUYỄN DUY KHÁNH - MKT57ĐH
SV. NGUYỄN TIẾN HỌC - MKT 57ĐH
SV. ĐỒNG DUY TRƯỜNG - MKT57ĐH
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu đặc điểm kết cấu, nguyên lý hoạt động và những ưu việt của nồi hơi liên hợp phụ - khí xả ống nước thẳng đứng thuộc hãng Miura trên tàu huấn luyện VMU Việt - Hàn. Đây là nồi hơi kết hợp nồi hơi phụ và nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả của động cơ diesel chính , Model: GK - 1428 - 500/400, giúp cho sinh viên biển hiểu biết kiến thức về nồi hơi phụ, nồi hơi khí xả và nồi hơi liên hợp. Đồng thời, góp phần trong việc huấn luyện sinh viên ngành máy tàu biển trong quá trình thực tập về các trang thiết bị trên tàu

Từ khóa: *Nồi hơi liên hợp phụ - khí xả, nồi hơi ống nước thẳng đứng, tận dụng nhiệt khí xả, ngành máy tàu biển...*

Abtrast

The article introduces structural features, operating principles and the advantages of the auxiliary boiler - vertical water tube exhaust of Miura company on the training ship VMU Viet – Han. This is a boiler that combines a secondary boiler and a boiler that takes advantage of the exhaust gas heat of the main diesel engine Model: GK - 1428 - 500/400, help marine students to have knowledge of sub-boilers, exhaust boilers and combination boilers. At the

same time, contribute to the training of marine engineering students during their internship on ship's equipment

Keywords: *Sub-combination boiler - exhaust gas, vertical water tube boiler, advantage of the exhaust gas heat, marine engineering...*

1. Đặt vấn đề :

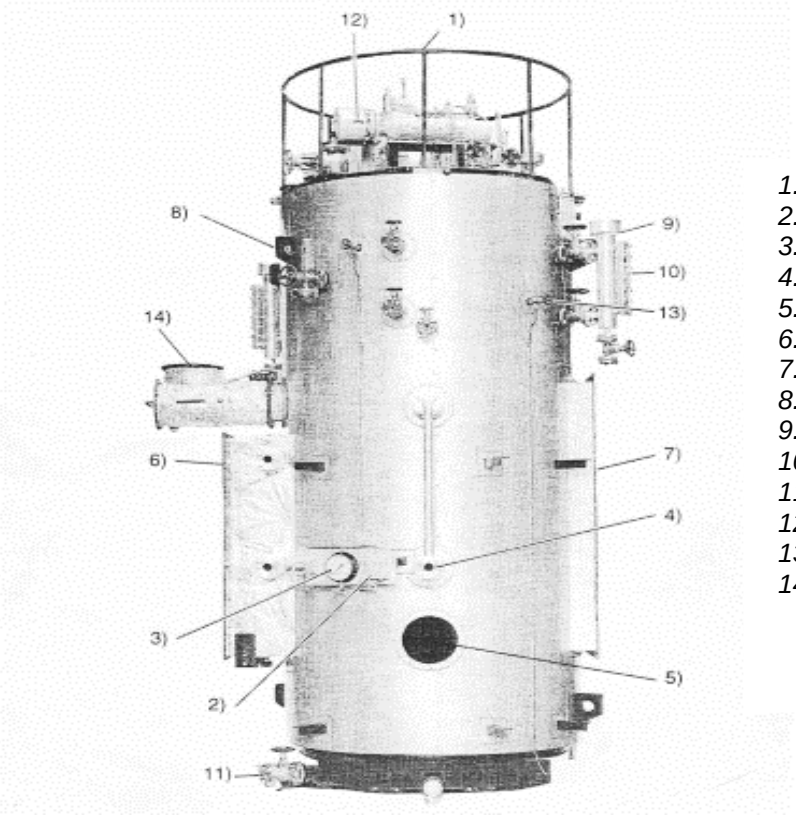
Nồi hơi phụ liên hợp khí xả ống nước thẳng đứng thuộc hãng Miura trên tàu VMU Việt - Hàn là nồi hơi kết hợp nồi hơi phụ và nồi hơi khí xả, nồi hơi có cấu tạo gọn nhẹ, dễ lắp đặt, hiệu suất cao, tận dụng được lượng nhiệt khí xả từ động cơ diesel mang lại hiệu quả kinh tế cao, là nồi hơi ống nước đứng nên dễ dàng vệ sinh, không đòi hỏi chất lượng nước quá cao. Đặc biệt nồi hơi phụ và nồi hơi khí xả có thể hoạt động độc lập với nhau, bổ trợ cho nhau và cũng có thể làm việc song song với nhau tùy theo chế độ khai thác của con tàu mà vẫn có thể cung cấp đủ lượng hơi cần thiết để phục vụ cho con tàu. Nồi hơi được lắp đặt trên tàu huấn luyện đảm bảo cung cấp đủ lượng hơi nước cho hệ động lực và phục vụ sinh hoạt cho hơn 150 sinh viên và 50 sỹ quan, thuyền viên, giảng viên đi huấn luyện dài ngày trên biển.

2. Nội dung:

2.1. Đặc điểm kết cấu của nồi hơi phụ tàu VMU Việt – Hàn

Nồi hơi phụ của tàu VMU Việt - Hàn là loại Nồi hơi liên hợp phụ - khí xả ống nước thẳng đứng của hãng Miura thuộc Model: GK-1428-500/400.

2.2.2. Cấu tạo bên ngoài của nồi hơi (hình1)



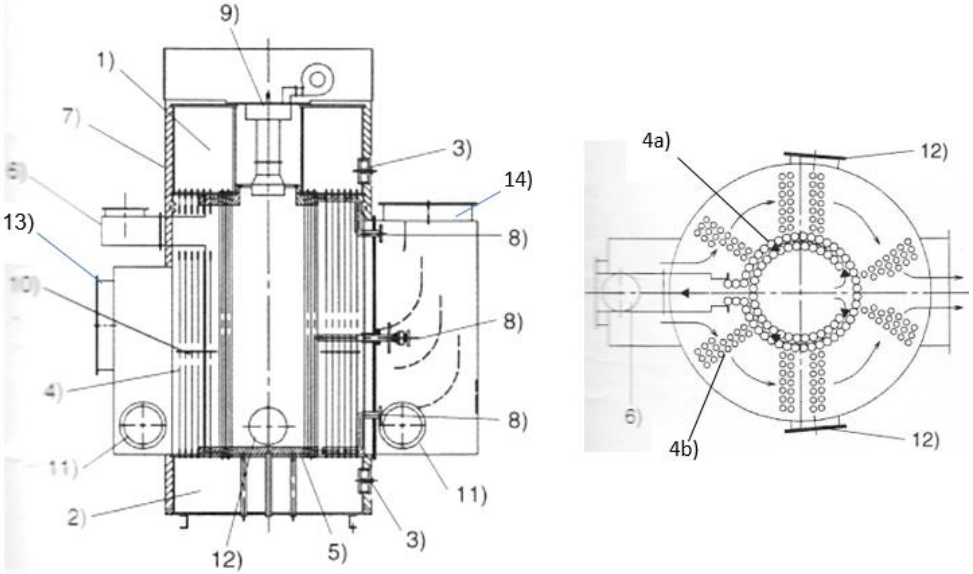
1. *Tay vịn*
2. *Rơ le áp suất nồi hơi*
3. *Đồng hồ áp suất hơi*
4. *Thiệt bị thổi muội*
5. *Cửa vệ sinh*
6. *Cửa khí xả động cơ chính vào*
7. *Cửa khói nồi hơi khí xả ra*
8. *Mã cố định nồi hơi*
9. *Hộp điều khiển mực nước*
10. *Ống thủy*
11. *Van xả đáy*
12. *Bầu hâm nhiên liệu*
13. *Van lấy mẫu nước nồi hơi*
14. *Cửa ra ống khói nồi hơi phụ*

Hình 1: Cấu tạo bên ngoài nồi hơi [3]

2.1.2. Cấu tạo trong của nồi hơi (hình 2)

Nồi hơi liên hợp phụ khí xả ống nước đứng hãng Miura là sự kết hợp của nồi hơi phụ ống nước thẳng đứng và nồi hơi khí xả ống nước thẳng đứng thành nồi hơi có dạng hình trụ đặt đứng (hình 2), bên ngoài thân nồi có bọc cách nhiệt (7) và lớp áo lò bằng thép mỏng sơn nhũ trắng. Nồi hơi phụ ở bên trong nồi hơi khí xả, chúng có chung trống hơi (1) và trống nước (2) hình vành khăn. Hai trống nối thông với nhau bằng các ống nước thẳng đứng (4). Nồi hơi phụ có hai hàng ống nước thẳng đứng (4a) đồng tâm tạo ra không gian buồng đốt ở giữa và đường đi của khí lò vào giữa hai hàng ống. Thiết bị buồng đốt (9) bố trí phía trên của trống hơi (1). Ống khói (6) của nồi hơi phụ được bố trí ở bên cạnh thân nồi, nơi có cửa ra của khí lò. Các cụm ống nước thẳng đứng (4b) của nồi hơi

khí xả bố trí hình dẻ quạt đối xứng, nối thông hai trống với nhau. Đường khí xả từ động cơ diesel vào (13) và khói lò ra (14) ở phía đối xứng [1]



Hình 2: Cấu tạo bên trong của nồi hơi [3]

1. *Trống hơi*
2. *Trống nước*
3. *Cửa kiểm tra*
4. *Ống nước*
5. *Tấm cách nhiệt*
6. *Cửa ra ống khói nồi hơi phụ*
7. *Vỏ cách nhiệt*
8. *Thổi muội*
9. *Thiết bị buồng đốt*
10. *Tấm cố định*
11. *Cửa kiểm tra*
12. *Lỗ kiểm tra*
13. *Cửa khí xả động cơ chính vào*
14. *Cửa khói của nồi hơi khí xả ra*

2.2 Thông số công tác của nồi hơi

Bảng 1. Thống số công tác của nồi hơi [4]

STT	Thông số	Đặc điểm	Đơn vị	Số lượng
1	Tên nồi hơi	BOILER MUIRA GK-1428-500/400	Nồi hơi	1
2	Chủng loại	Nồi hơi liên hợp phụ khí xả ống nước thẳng đứng	-	-
3	Áp suất hơi thiết kế - p_{tk}	Hơi bão hòa	MPa	0,69
4	Áp suất hơi công tác - p_{ct}	Hơi bão hòa ẩm	MPa	0,59
5	Động cơ chính	6UEC 37LA3120kW × 210	Động cơ	01
6	Dung tích khí xả - Q_{kx}	ở 100% tải ở 90% tải	kg/h kg/h	26,700 23,700
7	Nhiệt độ khí xả - T_{kx}	ở 100% tải ở 90% tải	ºC ºC	243 240
8	Sản lượng hơi thực tế - D	Ở áp suất 0,6Mpa Ở áp suất 0,59Mpa	Kg/h Kg/h	450 400
9	Bề mặt hấp nhiệt nồi hơi phụ	H	m^2	18,7
10	Tiêu thụ dầu nhiên liệu	G_{nl}	Kg/h	38,2
11	Nhiệt trị thấp của nhiên liệu	Q_H	Kj/Kg	41,023
12	Tổn thất áp suất cho phép	Δp	KPa	0,147
13	Công suất khí thải	N_{kx}	Nm^3/h	647
14	Trọng lượng của nước nồi hơi	G_n	Kg	2210
15	Trọng lượng toàn nồi hơi	G_{nh}	Kg	5800
16	Nguồn điện	Điện áp Tần số	V Hz	440 60
17	Tổng công suất điện	$N_đ$	KW	9,2

2.3. Nguyên lý hoạt động của nồi hơi [2]

2.3.1. Nồi hơi phụ:

Khi động cơ dieesel chính (Máy chính - Main Engine) không hoạt động, để có hơi nước phục vụ các công tác như : hâm nhiên liệu, dầu bôi trơn, hâm nóng động cơ chính để chuẩn bị khởi động, phục vụ các nhu cầu sinh hoạt của thuyền viên và sinh viên, bảo quản, chế biến thực phẩm...nồi hơi phụ được đưa vào hoạt động. Nồi hơi phụ có hai vòng tuần hoàn của khí lò và nước - hơi nước như sau:

Khí lò : Nhiên liệu và không khí được cấp vào trong buồng đốt bằng thiết bị buồng đốt (9) và được đốt cháy tạo thành khí lò có nhiệt độ cao trong buồng đốt, quét vào bên trong của hàng ống nước trong của nồi hơi phụ (4a), truyền nhiệt cho cho nước qua mặt trong của hàng ống trong, sau đó khí lò đi vào khe giữa hai hàng ống, trao nhiệt cho nước qua mặt ngoài của hàng ống trong và mặt trong của hàng ống ngoài, rồi khí lò đi ra cửa ra (6) và đi ra đường ống khói của nồi hơi phụ

Nước và hơi: Nước trong ống của nồi hơi phụ (4a) nhận nhiệt của khí lò, sôi và bay hơi. Hỗn hợp nước hơi có tỷ trọng nhỏ hơn bị đẩy lên trống hơi (1), toàn bộ các ống của nồi hơi khí xả (4b) không nhận nhiệt có tỷ trọng lớn hơn sẽ là ống xuống dẫn nước từ trống hơi xuống trống nước rồi vào các ống lên (4a) tạo nên vòng tuần hoàn tự nhiên của nước và hơi trong nồi. Hơi được tách ra tại trống hơi được đưa đi công tác qua van hơi chính, sau đó hơi nước được ngưng tụ lại tại bầu ngưng và bơm cấp nước đưa vào trống nước qua van cấp nước.

2.3.2. Nồi hơi khí xả:

Phía khí xả: Khi động cơ diesel chính hoạt động ổn định và toàn tải (tàu hành trình biển) lượng khí xả lớn, để tận dụng nhiệt khí xả, nhằm nâng cao hiệu suất của hệ động lực diesel, người ta dừng đốt nồi hơi phụ, mở bướm khí xả hoặc van khí xả đưa khí xả từ động cơ chính vào nồi hơi khí xả qua cửa (13), khí xả chia thành hai dóng khí quét qua các cụm ống nước thẳng đứng đối xứng của nồi hơi khí xả (4b) và một phần mặt ngoài của hàng ống ngoài nồi hơi phụ (4a) trao nhiệt cho nước và hơi trong ống và sau đó khí xả đi ra cửa (14) ở phía đối diện nối với ống khói của nồi hơi khí xả hoặc ống khói của động cơ chính

Phía nước : Khi nồi hơi khí xả làm việc, nước ở trong ống nồi hơi khí xả (4b) và một phần của nối hơi phụ (4a) nhận nhiệt của khí xả, sôi và bay hơi tạo thành hỗn hợp nước và hơi có tỷ trọng nhỏ hơn bị đẩy lên trống hơi (1). Nước ở hàng ống trong của nồi hơi phụ không nhận nhiệt nên có tỷ trọng lớn hơn sẽ là ống xuống dẫn nước từ trống hơi xuống trống nước rồi vào các ống lên (4b) tạo nên vòng tuần hoàn tự nhiên của nước và hơi trong nồi hơi khí xả. Hơi được tách ra tại trống hơi (1) được đưa đi công tác qua van hơi chính, phục vụ các yêu cầu sử dụng hơi thay thế cho nồi hơi phụ

2.3.3. Đặc điểm của một số thiết bị phụ của nồi hơi

1. Thiết bị thổi muội (8) được bố trí các điểm thổi muội xung quanh nồi hơi. Khi hoạt động sẽ phun hơi nước (trích ra từ đường hơi chính) vào đánh tan lớp muội bám trên bề mặt ống xung quanh điểm thổi muội đó

2. Thiết buồng đốt đốt (9) bao gồm súng phun cấp nhiên liệu vào buồng đốt ở dạng hạt sương, hòa trộn với không khí nhờ quạt gió và bướm gió và được mồi lửa bằng thiết bị đánh lửa tạo lên khí cháy có nhiệt độ cao, tốc độ cao để trao đổi nhiệt ống nước

3. Ống thủy 10 (hình 1) cảm ứng mực nước trong trống hơi, chỉ báo mực nước trong nồi bằng nguyên lý bình thông nhau, ống thủy được lắp đặt đối xứng hai bên nồi hơi nhằm chỉ bái chính xác mức nước nồi khi mực nước thy đổi khi tàu chòng tránh do sóng gió

4. Thiết bị giám sát mức nước nồi 9 (hình 1) được lắp đặt trong hai bình thông với mực nước trong nồi nhằm cảm ứng mực nước trong trống hơi 1(hình 2) để tự động điều khiển quá trình cấp nước bổ sung vào nồi và phát tín hiệu báo động khi mực nước trong nồi thay đổi lớn hơi giá trị cho phép, bảo vệ nồi hơi không bị sự cố mực nước cao hoặc cạn nước nồi...

2.4. Ưu, nhược điểm và công dụng của nồi hơi

2.4.1. Ưu điểm:

1. Cấu tạo đơn giản, nhỏ gọn, dễ sử dụng
2. Các ống to và thẳng nên dễ vệ sinh trong và ngoài ống
3. Không đòi hỏi chất lượng nước cao do áp suất thấp, ống to và thẳng
4. Tận dụng được năng lượng khí xả của động cơ diesel nên hiệu suất chung của hệ động lực diesel tăng
5. Thời gian nhóm lò lấy hơi nhanh do lượng nước trong nồi ít nên tính cơ động của nồi hơi cao
6. Nếu gặp sự cố nổ vỡ trống hơi thì ít nguy hiểm hơn so với nồi hơi ống lửa

7. Có hệ thống thổi muội nên thành ống phía khí lò ít bị muội bám, đường khí lò luôn được làm sạch, sức cản trên đường khí lò nhỏ

8. Các thiết bị phụ và hệ thống phục vụ của nồi hơi hoạt động an toàn tin cậy và chính xác

2.4.2. Nhược điểm:

1. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt nhỏ nên sản lượng hơi thấp, thông số hơi thấp. Vì vậy, nồi hơi chỉ được lắp đặt cho các tàu có trọng tải vừa và nhỏ

2. Nồi hơi khí xả lắp trên đường ống xả của động cơ diesel chính nên tăng sức cản trên đường xả của động cơ diesel khi bề măt ống bị muội bẩn. Khi động cơ khởi động và làm việc ở chế độ nhẹ tải hoặc điều động thì khí xả phải được đi qua đường tắt không qua nồi hơi mới đảm bảo giảm sức cản nên đường ống xả sẽ cồng kềnh hơn

3. Khi muốn hoạt động song song hai nồi hơi thì phải bố trí ống xuống không hấp nhiệt bên ngoài thân nồi hơi

4. Vị trí lắp đặt nồi hơi ở trên cao nên không thuận tiện cho việc theo dõi, chăm sóc của người vận hành

4.4.3. Công dụng:

1. Cung cấp hơi bão hòa phục vụ việc hâm sấy động cơ chính khi chuẩn bị khởi động; hâm dầu đốt, dầu nhờn cho quá trình bảo quản, vận chuyển, lọc sạch và cấp vào động cơ đảm bảo độ nhớt theo yêu cầu sử dụng; hâm nước nước biển đế chưng cất nước ngọt và các nhu cầu kỹ thuật khác…

2. Phục vụ sinh hoạt cho thuyền viên trên tàu như tắm rửa, sưởi ấm vào mùa đông, chế biến thực phẩm...

3. Bảo quản hàng hóa, thực phẩm...

4. Nếu có các thiết bị sử dụng hơi nước như máy móc trên boong, sưởi nóng các van thông biển thì cần phải có bộ sửa không khí độc lập...

5. Kết luận

Đây là loại nồi hơi đa tính năng của hãng Miura, có kết cấu gọn nhỏ, ống nước thẳng dễ vệ sinh, tận dụng được năng lượng khí xả từ động cơ diesel để nâng cao hiệu suất chung của hệ động lực. Nồi hơi có thể hoạt động song song cả nồi hơi phụ và nồi hơi khí xả hoặc có thể hoạt động đập lập. Nồi hơi liên hợp phụ khí xả ống nước thẳng đứng trên tàu VMU Việt - Hàn là mô hình nồi hơi tiêu biểu cho các loại nồi hơi hiện nay đang lắp đặt trên tàu biển cỡ vừa và nhỏ , phù hợp với công tác huấn luyện và thao tác vận hành trên tàu huấn luyện, có đủ khả năng để cung cấp hơi phục vụ hệ động lực và sinh hoạt, học tập, đào tạo cho toàn bộ sinh viên, thuyền viên trên tàu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PSG.TS Nguyễn Đại An, Hoàng Anh Dũng (2008). *Nồi hơi tàu thủy.* NXB Hải Phòng.

[2] ThS. Hoàng Văn Mười, KS. Nguyễn Hữu Thủy (2015). *Giáo trình nồi hơi – tua bin tàu thủy.* Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

[3] MIURA PROTEC CO.LTD (2006). *FINAL DRAWING Z - BOILER*

[4] Hồ sơ kỹ thuật nồi hơi tàu VMU Việt - Hàn

LẮP ĐẶT CHÂN VỊT PHỤ CHO TÀU THỦY MỘT PHƯƠNG PHÁP HIỆU QUẢ ĐỂ TIẾT KIỆM LƯỢNG TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU

INSTALLED PROPELLER BOSS CAP FINS IS AN EFFICIENT METHOD TO SAVE FUEL CONSUMPTION FOR SHIPS

ĐẶNG THANH TÙNG*

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: Dangthanhtung@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Hiện nay, trên thế giới có khoảng trên 3000 tàu thủy trên thế giới đã được lắp đặt chân vịt phụ của hãng MOL - Propeller Boss Cap Fins (PBCF). Việc lắp đặt thiết bị này qua nghiên cứu và áp dụng thực tế tiết kiệm hiệu quả lượng tiêu thụ nhiên liệu từ 3-5% [1]. PBCF là một thiết bị tiết kiệm năng lượng được lắp vào chân vịt của tàu. Nó phá vỡ dòng xoáy trung tâm được tạo ra phía sau chân vịt. Bài báo này giới thiệu việc đánh giá hiệu quả của việc lắp đặt

chân vịt phụ cho tàu FORTUNE NAVIGATOR của Công ty Cổ Phần Vận tải biển Việt Nam (VOSCO)

Từ khóa: *Chân vịt phụ tàu thủy, Propeller Boss Cap Fins*

Abstract

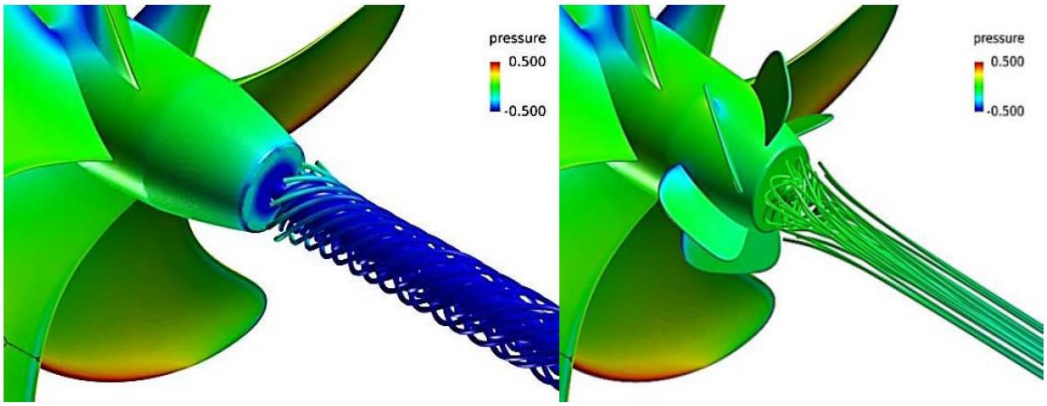
Currently, there are more than 3000 vessels of the world that are equipped with Propeller Boss Cap Fins. This method researched and applied to fuel oil consumption savings from 3 to 5%. The PBCF is an energy-saving device attached to the propeller of a vessel. It breaks up the hub vortex generated behind the rotating propeller. This paper introduces the evaluation of the efficiency for the ship installed PBCF - FORTUNE NAVIGATOR of Vietnam Shipping Joint Stock Company (Vosco).

1. Giới thiệu

Chân vịt phụ tàu thủy được nghiên cứu và phát triển từ năm 1987. Thiết bị này được thiết kế là những cánh nhỏ được lắp đặt tại phần đầu chụp chân vịt, số cánh của chân vịt phụ bằng với số cánh của chân vịt chính và chúng quay cùng chân vịt chính. Hình 1 Chân vịt phụ được lắp cho tàu Fortune Navigator.

Hình 1. Chân vịt phụ lắp cho tàu Fortune Navigator [4]

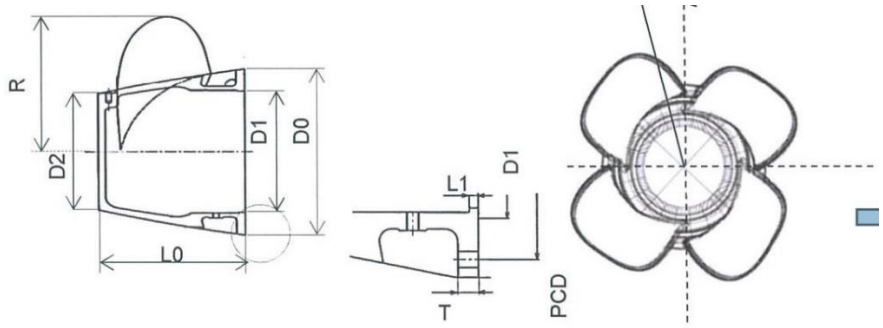
Dòng chảy của nước được tăng tốc và tạo ra xoắc lốc khi nó đi qua vùng cánh chân vịt. Kết quả từ những ảnh hưởng đó đặc biệt là dòng chảy phía gốc cánh chân vịt được gia tốc và tạo ra lốc xoáy xung quang củ chân vịt Các luồng xoáy đó từ mỗi cánh chân vịt được tổng hợp lên và hội tụ, dẫn đến dòng xoáy rất mạnh tại đầu cuối chân vịt. Dòng chảy xoảy ảnh hưởng đến cánh chân vịt sẽ được khắc phục khi lắp chân vịt phụ bởi các cánh PBCF làm xoáy trung tâm bị phá vỡ, do đó các cánh tản nhiệt sẽ tạo ra lực làm giảm chân vịt mô-men xoắn trục từ 3% trở lên và tăng lực đẩy hơn 1% [2]. Hình 2. Minh họa tác dụng làm giảm dòng xoáy của chân vịt phụ bằng mô phỏng CFD [3]



Hình 2. Mô phỏng so sánh giữa chân vịt truyền thống và chân vịt có lắp chân vịt phụ bằng CFD[3]

2. Kích thước và phương pháp lắp đặt chân vịt phụ cho tàu Fortune Navigator

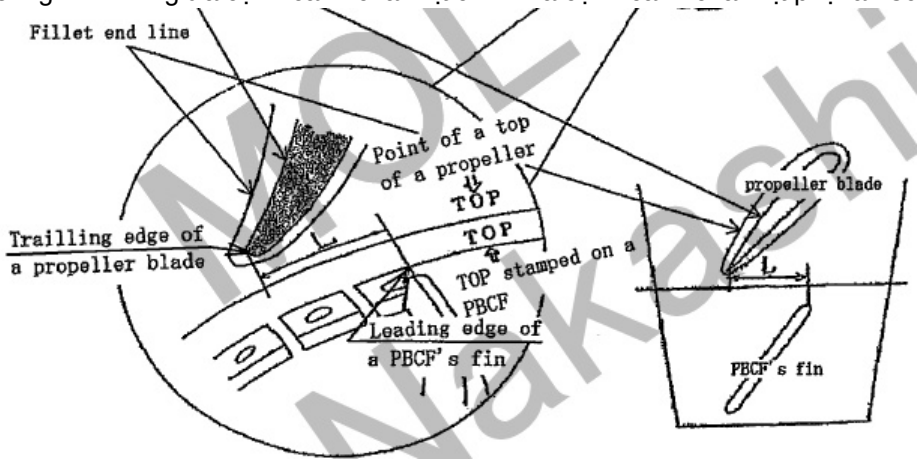
Kích thước chân vịt phụ lắp đặt cho tàu Fortune Navigator được thể hiện trong Bảng 1



Hình 3. Bản vẽ chân vịt phụ lắp cho tàu Fortune Navigator [5]

Khi lắp đạt chân vịt phụ phải chú ý tuân thủ đúng hướng dẫn kỹ thuật của hãng (Hình 4):

- Dấu "TOP" trên bề mặt bích của chân vịt phụ phải trùng với dấu "TOP" trên chân vịt chính
- Vệ sinh sạch các bề mặt lắp đặt để đảm bảo không có mỡ bám trên các bề mặt đó
- Khoảng cách "L" giữa cạnh cánh chân vịt chính và cạnh cánh chân vịt phụ là 130 mm



Hình 4. Dấu lắp đặt chân vịt phụ [5]

Bảng 1. Các thông số kích thước chân vịt phụ

	Kích thước thiết kế	Kích thước thực tế
D1	575.0 mm	575.4 mm
D0	750.0 mm	750.6 mm
T	30.0 mm	31.7 mm
L0	470.0 mm	472.0 mm
L1	20.0 mm	20.0 mm
D2	524.0 mm	521.0 mm
R	629.0 mm	629.8 mm
ɵ	21.6^0	21.9^0

3. Đánh giá hiệu quả việc lắp đặt chân vịt phụ

Sau khi lên Dock khô để lắp đặt chân vịt phụ, công ty VOSCO đã tiến hành định mức nhiên liệu để đánh giá hiệu quả của việc lắp đặt chân vịt phụ với hành trình tàu chạy Hải Phòng – Hồ Chí Minh (HP-HCM) đối với tàu Fortune Navigator. Số liệu định mức được thể hiện trên Bảng 2 [4]

Theo bảng số liệu mà chuyên viên phòng kỹ thuật của công ty kết hợp cùng sỹ quan của tàu Fortune Navigator thu thập được. Tàu chạy trên tuyến hành trình cố định Hải Phòng – Hồ Chí Minh – Hải Phòng. Máy chính khai thác ở vòng quay 173 vòng/phút, các điều kiện về địa lý, thời tiết gần tương đương giữa các lần thu thập số liệu. Lượng tiêu thụ nhiên liệu trung bình của chuyến là 13.20 tấn/ngày, lượng tiêu thụ nhiên liệu này so với trước khi lắp mới chân vịt phụ là 13.45 tấn/ngày (tương đương 2%). Tốc độ tàu trung bình là 11.50 knots so với trước khi lắp chân vịt phụ là 11.20 knots (tăng 2%).

4. Kết luận

Việc lắp đặt chân vịt phụ (PBCF) cho các tàu đóng mới và các tàu đang khai thác mang lại hiệu quả kinh tế cao đặc biệt trong bối cảnh chi phí nhiên liệu cho các tàu biển tăng cao. Lắp đặt chân vịt phụ có thể giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu thực tế từ 2-5%, ngoài ra còn giảm đáng kể phát thải CO_2 của các tàu biển.

Việc lắp đặt chân vịt phụ khi tàu trên dock khô đơn giản và nhanh chóng. Tuy nhiên chi phí ban đầu cho việc đặt mua chân vịt phụ và chi phí cho tàu lên đà còn cao nên khi lắp đặt chân vịt phụ nên kết hợp khi tàu lên đà định kỳ để tiết kiệm chi phí.

Bảng 2. Số liệu định mức nhiên liệu cho tàu Fortune Navigator [4]

Ngày	Giờ	Thời gian thử (Giờ)	Hành trình	Vòng quay trung bình (Vòng/phút)	Lượng nhiên liệu tiêu thụ (Tấn/ngày)	Điều kiện thời tiết
31/08/2019	08:00-12:00	4	HP-HK	173.32	12.594	Dòng xuôi 0.9 knot Gió ngược 30 knot Biển động
03/09/2019	03:00-07:00	4	HK-HP	173.26	13.422	Dòng xuôi 1.0 knot Gió ngược 38 knot Biển động mạnh
04/09/2019	16:00-20:00	4	HP-HCM	172.99	13.542	Dòng xuôi 0.4 knot Gió ngược 30 knot Biển động mạnh
05/09/2019	08:00-12:00	4	HP-HCM	173.1	13.206	Dòng xuôi 0.8 knot Gió ngược 25 knot Biển động
06/09/2019	08:00-12:00	4	HP-HCM	173.02	13.26	Dòng xuôi 0.8 knot Gió ngược 25 knot Biển động
08/09/2019	12:00-16:00	4	HCM-HP	173.2	13.194	Dòng xuôi 0.8 knot Gió xuôi 20 knot Biển êm
10/09/2019	08:00-12:00	4	HCM-HP	173.2	13.3	Dòng xuôi 0.9 knot Gió ngang 15 knot Biển êm

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Energy-Saving Propeller Boss Cap Fins System Reaches Major Milestone - Orders Received for 3,000 Vessels (https://www.mol.co.jp/en).

[2] Takeo Nojiri , Norio Ishii, Hisashi Kai, "*Energy Saving Technology of PBCF (Propeller Boss Cap Fins) and its Evolution"*

[3] Tài liệu kỹ thuật về chân vịt phụ của hãng MOL

[4] CE. Phan Anh Văn, "*Báo cáo kỹ thuật định mức nhiên liệu tàu Fortune Navigator sau khi lắp mới chân vịt phụ (PBCF)".*

[5] MOL techno Lt, *"PBCF Drawing for Fortune Navigator'*

PHƯƠNG PHÁP SỬA CHỮA BẠC ĐỠ FEROFORM CỦA HỆ TRỤC TÀU THỦY

METHOD REPAIRING FEROFORM BEARINGS ON SHIP SHAFT SYSTEMS

PHẠM QUỐC VIỆT

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt:

Nhằm cung cấp hiểu biết đầy đủ, tạo ra một cơ sở ban đầu cho quá trình lựa chọn phương pháp sửa chữa phục hồi phù hợp, đảm bảo tính kinh tế với hư hỏng cụ thể của các loại tàu hiện nay sử dụng cặp lắp ghép có bạc là vật liệu mới là Feroform. Bài báo đề xuất một phương pháp sửa chữa phục hồi khe hở lắp ghép hệ trục Tàu thuỷ, trên cơ sở những khuyến nghị của nhà sản xuất về loại vật liệu tổng hợp đặc biệt này.

Abstract:

In order to provide full understanding, to create a baseline for the selection of the appropriate restoration repair method, to ensure economical damage to the specific damage of Ship used to shaft bearings as feroform material. The article has proposed a method of repairing the gaps in the ship shaft on the basis of the manufacturer's recommendations for this particular synthetic material.

Key words: *feroform material, method reparing.*

1. Đặt vấn đề:

Tất cả các loại bạc Feroform dùng trong ngành Hàng Hải đều làm từ một loại vật liệu Composite của các sợi tổng hợp không amiang với hạt nhựa fenol. Vật liệu kỹ thuật cao và tiên tiến này đang lập ra những tiêu chuẩn mới cho việc chống mài mòn, tính đa năng và sự tin cậy đối với những loại bạc trục dùng trong ngành Hàng Hải. Feroform có đủ khả năng đáp ứng các yêu cầu của người thiết kế, chủ phương tiện, người vận hành, các nhà máy đóng mới và sửa chữa tàu với sự thuận lợi, tiết kiệm chi phí một cách rất đáng kể. Đặc điểm chính của loại vật liệu này là: Sức bền cơ học cao, tính chống mòn cao, ma sát thấp, chịu va đập, không trượt dính, khoảng nhiệt độ làm việc cao, bền vững tốt trong hóa chất và tính sửa chữa cao.

Trong quá trình sửa chữa hệ động lực Tàu thuỷ hiện nay, vấn đề quan trọng là lựa chọn được phương pháp phục hồi đặc tính lắp ghép của cặp bạc và trục trong hệ thống đường trục cho phù hợp với từng cặp lắp cụ thể, thoả mãn các yêu cầu của thiết kế và các tổ chức giám sát, đảm bảo tính kinh tế, chủ động trong sửa chữa. Việc tăng khe hở lắp ráp là hư hỏng thông thường khi tàu lên đà sau khoảng thời gian khai thác với các loại đường trục tàu thuỷ. Chính vì vậy, trong quá trình sửa chữa việc xây dựng các quy trình phục hồi khe hở lắp ghép trục - bạc với các phương án và phương pháp phù hợp với từng điều kiện kỹ thuật cụ thể... giúp các kỹ sư có cơ sở và chủ động trong quá trình lựa chọn phương pháp sửa chữa phù hợp với từng hư hỏng một cách kinh tế nhất.

Nhằm cung cấp hiểu biết đầy đủ, tạo ra một cơ sở ban đầu cho quá trình lựa chọn phương pháp sửa chữa phục hồi phù hợp, đảm bảo tính kinh tế với hư hỏng cụ thể của các loại tàu hiện nay

sử dụng cặp lắp ghép có bạc là vật liệu mới là Feroform, bài báo đã đề xuất một phương pháp sửa chữa phục hồi khe hở lắp ghép hệ trục Tàu thuỷ trên cơ sở những khuyến nghị của nhà sản xuất về loại vật liệu tổng hợp đặc biệt này.

2. Sử dụng và sửa chữa bạc trục tàu thủy bằng vật liệu Feroform:

Tất cả những hình dạng bạc lót feroform đều có thể sử dụng hoặc dưới dạng thành phẩm sẵn sàng để lắp đặt, hoặc bán thành phẩm để gia công tinh tại xưởng đóng tàu.

Trong trường hợp kích thước của trục và vỏ bao đã được xác định trước như trong trường hợp tàu đóng mới, các bạc lót có thể được cung cấp một cách hoàn chỉnh sẵn sàng cho lắp đặt (không cần thiết phải gia công). Nhưng trong trường hợp hệ trục hay vỏ tàu có thể phải thay đổi, hoán cải lại hoặc làm thêm ống lót..., thì bạc lót bán hoàn chỉnh và kích thước chính xác sẽ được tiến hành tại xưởng đóng tàu theo các giá trị và số liệu thực tế của hệ trục và vỏ tàu.

Thông thường, bạc lót dạng ống cốt kim loại là loại hình dạng được khuyến nghị sử dụng vì việc gia công cơ khí, lắp đặt và cố định bạc, tất cả đều được thực hiện một cách dễ dàng hơn.

– Gia công cơ khí chỉ cần thực hiện với hai công việc: Gia công đường kính ngoài và đường kính trong.

– Cố định bạc có thể thực hiện bởi mối lắp có độ dôi đơn giản.

– Việc lắp ráp có thể tiến hành bằng cách làm lạnh. Mặc dù feroform dạng ống loại được sản xuất với chiều dài chuẩn là 1200 mm, tuy nhiên nó cũng có thể được cung cấp với từng đoạn ống dài 600 mm cho dễ vận chuyển và gia công.

Các tàu sử dụng bạc Feroform thường có trục chong chóng với áo bọc bằng đồng thau hoặc đồng thanh. Áo bọc bị mòn nhiều quá giới hạn cho phép, người ta sửa chữa các hư hỏng đó bằng cách tiện. Độ làm mỏng của áo bọc trục chong chóng theo quy phạm Đăng kiểm không được quá 50% chiều dày thiết kế ban đầu.

- Độ ô van của áo bọc cho phép không quá 0,5% đường kính.

- Độ không đồng đều của áo bọc theo chiều dài không quá 2 mm đối với trục đường kính 150 - 300 mm và 3 mm đối với trục đường kính lớn hơn 300 mm.

Độ mài mòn của bạc xác định bằng cách đo khe hở giữa trục chong chóng và bề mặt làm việc của ống bạc. Khi biết khe hở lắp ráp trước đó, độ mài mòn xác định bằng hiệu số giữa khe hở đo được và khe hở lắp ráp. Khi trục chong chóng đã tháo ra độ mài mòn xác định bằng cách đo đường kính trong của ống bạc, ít nhất là ở 2 vị trí theo hướng kính đối nhau.

Độ mài mòn cho phép giới hạn biểu thị bằng sự phụ thuộc gần đúng:

$$Smax = (0{,}015 \div 0{,}02).d \quad (1)$$

Trong đó: d (mm) - đường kính trong ống bạc trục.

Sửa chữa bạc trục chong chóng thường là thay mới vật liệu Feroform cho phù hợp với đường kính mới của áo bọc của trục sau khi tiện khử côn và ô van.

Sự cần thiết để khe hở theo yêu cầu thiết kế giữa trục và bề mặt làm việc của bạc theo là yêu cầu bắt buộc khi sửa chữa. Nó đảm bảo cho khả năng làm việc tin cậy của hệ trục, duy trì chế độ bôi trơn và làm mát tốt, kéo dài tuổi thọ cặp lắp ghép.

Việc sửa chữa phục hồi lại đặc tính lắp ghép, tuỳ thuộc vào tính chất phức tạp mà người ta có những phương pháp phục hồi khác nhau. Do vậy, trước khi quyết định chọn phương pháp sửa chữa nào đó chúng ta phải xem xét đến tính phù hợp và hiệu quả của phương pháp. Việc lựa chọn phương pháp sửa chữa phục hồi căn bản dựa trên chỉ tiêu kinh tế (Kc)

$$K_c = \frac{C_m - C_{sc}}{C_m} \quad (2)$$

Trong đó:

C_m - giá thành thay mới

C_{sc} - giá thành sửa chữa $C_{sc} = C_1 + C_{vl} + C_k$

C_1 - tiền trả lương cho công nhân tham gia sửa chữa

C_{vl} - tiền mua vật liệu phục vụ cho sửa chữa

C_k - tiền dùng cho chi phí khác

Và chỉ tiêu kĩ thuật (K_t)

$$K_t = \frac{t_{sc}}{t_m} \quad (3)$$

Trong đó:

t_{sc} - Tuổi thọ khi phục hồi bằng phương pháp đã chọn.

t_m - Tuổi thọ khi thay mới.

Phương pháp sửa chữa phục hồi hợp lý nhất là phương pháp có hiệu quả kinh tế cao đồng thời phải đảm bảo các chỉ tiêu kĩ thuật và hệ số tuổi thọ cao.

Phục hồi khe hở lắp ráp giữa trục chong chóng và bạc trục vật liệu Feroform hiện nay có 2 phương án:

- Hạ code cổ trục sau đó thay bạc mới có kích thước phù hợp.

- Phục hồi lại kích thước cổ trục, gia công lại bạc cũ cho phù hợp.

Việc lựa chọn phương pháp sửa chữa phù hợp được tiến hành theo hai bước như sau:

- Đề xuất tất cả các phương pháp phục hồi có thể áp dụng để khắc phục hoàn toàn các hao mòn, hư hỏng của cặp lắp ghép.

- Phân tích từng phương pháp dựa trên các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và hư hỏng thực tế, điều kiện thực tế sản xuất để chọn phương pháp hiệu quả nhất.

Đối với cặp lắp ghép trục chong chóng và bạc trục Feroform hiện nay trong sửa chữa có 2 phương pháp:

Phương pháp hạ code trục theo kích thước sửa chữa:

Tiện giảm đường kính trục hoặc áo bọc (nếu trục có lắp áo bọc), đồng thời phải thay bạc hoặc đúc lại lớp giảm mòn để đảm bảo khe hở lắp ghép.

Ưu điểm phương pháp hạ code:

- Cơ tính và thành phần của kim loại gốc không thay đổi, do đó đảm bảo yêu cầu kĩ thuật.

- Quy trình gia công phù hợp với trình độ của nhà máy.

- Gía thành gia công rẻ.

Nhược điểm của phương pháp:

- Phải thay bạc trục mới để đảm bảo khe hở lắp ráp cho phép giữa bạc trục và trục chong chóng.

- Phương pháp này chỉ dùng cho trường hợp cổ trục bị mòn ít, cổ trục bị mài mòn nhưng trong phạm vi đường kính cho phép.

- Bạc phải đúc lại hoặc thay mới (tùy theo loại bạc).

Phương pháp phục hồi lại kích thước cổ trục

Sử dụng phương pháp phun kim loại hoặc thay áo bọc mới (nếu trục sử dụng áo bọc)

Ưu điểm phương pháp

-Tạo ra chiều dày lớp phun kim loại lớn hoặc gia công áo mới sẽ chủ động về kích thước.

- Phương pháp này không làm ảnh hưởng đến độ bền của trục.

- Có thể phục hồi các kích thước của chi tiết mà còn sửa chữa được các vết nứt của trục.

- Bạc trục chỉ cần gia công lại cho tròn đều và đạt đến kích thước sửa chữa phù hợp.

Nhược điểm phương pháp:

- Trang thiết bị của nhà máy sửa chữa phải đầu tư.

- Mối liên kết giữa lớp phun và kim loại nền thấp (mà với hệ trục chong chóng thì điều này nguy hiểm lớn trong quá trình làm việc)

- Tốn kim loại nhiều, kim loại khó kiếm phù hợp với kim loại gốc hoặc gia công và lắp ráp áo phức tạp do đó làm chi phí sửa chữa cao.

Hiện nay, phương pháp hạ code đang sử dụng được sử dụng phổ biến do phù hợp với trang thiết bị của các nhà máy, tiến hành dễ dàng, không đòi hỏi công nhân có tay nghề cao, do đó giá thành sửa chữa rẻ hơn.. trong phương pháp này phải tiến hành mua và thay mới bạc trục Feroform.

3. Phương pháp thu nhỏ đường kính bạc cũ cho phù hợp kích thước sửa chữa:

Nội dung phương pháp: Ta tiến hành thu nhỏ đường kính trong của bạc Feroform đã qua sử dụng bằng cách cắt đi một phần nhỏ của bạc, sau đó bóp lại và làm lại cốt bạc kim loại.

Quy trình sửa chữa:

Với trục chong chóng: Tiện láng cổ trục chong chóng, với trục chong chóng có áo bọc trục, sửa chữa áo bọc trục. Chỉ áp dụng được với trường hợp áo bọc trục bị mòn dưới 50% chiều dày thiết kế, sau khi đã khử hết côn và ôvan

Bảng 1: Trình tự công nghệ sửa chữa trục chong chóng.

TT	Nguyên công	Nơi thực hiện	Máy và thiết bị
1	Kiểm tra (đo độ côn, độ ô van), tính toán kích thước sửa chữa	Phân xưởng	Máy tiện, dụng cụ đo
2	Tiện lại đường kính ngoài áo bọc trục.	Phân xưởng	Máy tiện
3	Đánh bóng áo trục	Phân xưởng	Máy tiện

Nội dung tiến hành:

- Sử dụng panme đo đường kính ngoài của áo bọc trục theo 2 phương vuông góc với nhau. Trên suốt chiều dài của áo bọc trục phải kiểm tra ít nhất 5 tiết diện.

- Dựa vào kết quả đo, xác định độ côn, độ ôn van. Nếu sai lệch kích thước vượt quá giá trị cho phép thì cần phải tiến hành sửa chữa.

- Xác định sơ bộ chiều dày của lớp áo nếu lớp áo trục bị mòn dưới 50 % chiều dày thiết kế thì gia công theo kích thước sửa chữa. Nhưng phải đảm bảo độ mỏng của áo không được quá 50 % chiều dày ban đầu.

- Sau khi tính toán và xác định được các thông số của áo trục thỏa mãn các yêu cầu trên thì ta đi tiến hành tiện đường kính ngoài của áo trục.

Sửa chữa bạc feroform:

Thu nhỏ đường kính trong của bạc bằng cách cắt dọc theo đường sinh, bóp lại để giảm đường kính, dùng keo dán mép, tiện đường kích theo kích thước của trục mới.

Bảng 2: Trình tự công nghệ sửa chữa bạc feroform.

STT	Tên nguyên công	Địa điểm thực hành	Thiết bị, máy gia công
1	Đo độ mài mòn của bạc	Phân xưởng	Panme đo đường kính.
2	Cắt bỏ 1 phần chiều dày bạc theo phương hướng trục.	Phân xưởng	Máy cắt
3	Bóp, dán mép bạc	Phân xưởng	Côđê, keo Epoxy
4	Gia công các kích thước cơ bản	Phân xưởng	Máy tiện
5	Gia công cốt bạc	Phân xưởng	Máy tiện
6	Lắp bạc Feroform vào cốt bạc	Phân xưởng	Máy tiện

Nội dung tiến hành:

- Đo độ mòn của bạc. Sau khi có kết quả đo độ mòn của bạc. Tính toán ra khe hở giữa bạc và trục thực tế của cặp lắp ghép. Tra đồ thị khe hở lắp ráp cho phép (Hình 1) - Khe hở làm việc giữa bạc trục chong chóng và trục.

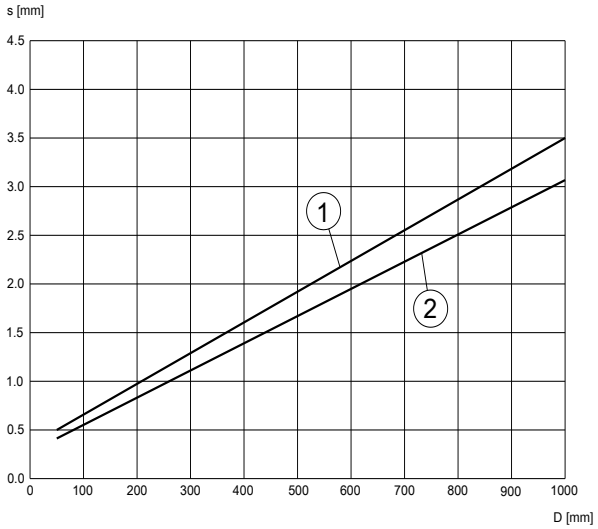
- Gia công cắt bỏ một phần bạc theo phương hướng trục. Đường kính trong sau sửa chữa của bạc trục chong chóng:

$$D_t = d_p + S \tag{4}$$

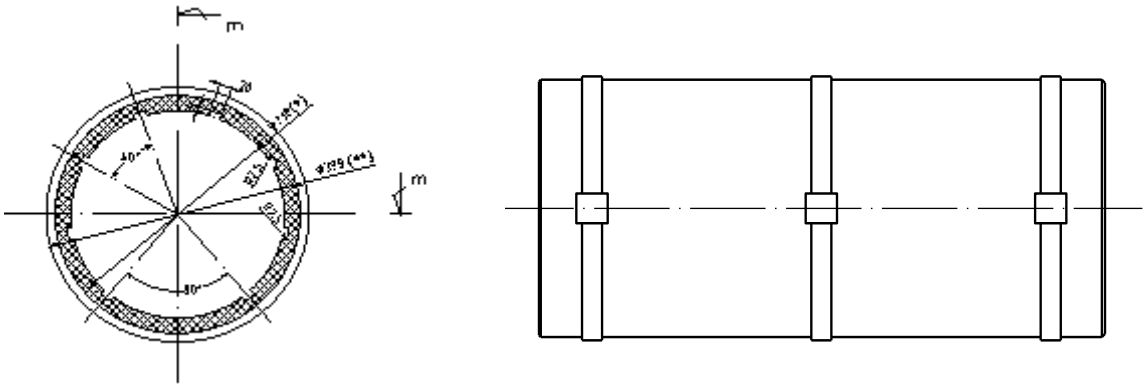
Trong đó:

S: Khe hở cho phép giữa bạc trục chong chóng và trục chong chóng.

d_p: Đường kính áo bọc trục chong chóng sau khi tiện sử lý côn và ôvan.



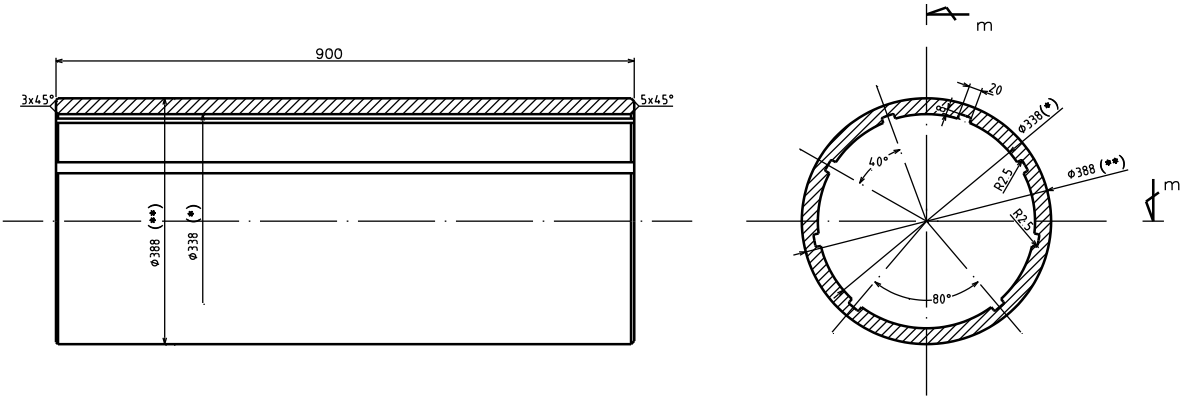
Hình 1: Khe hở cho bạc feroform loại "T" bôi trơn bằng nước, 1– Khe hở tối đa (giới hạn trên), 2– Khe hở tối thiểu (giới hạn dưới).



Hình 2: Dán mép bạc.

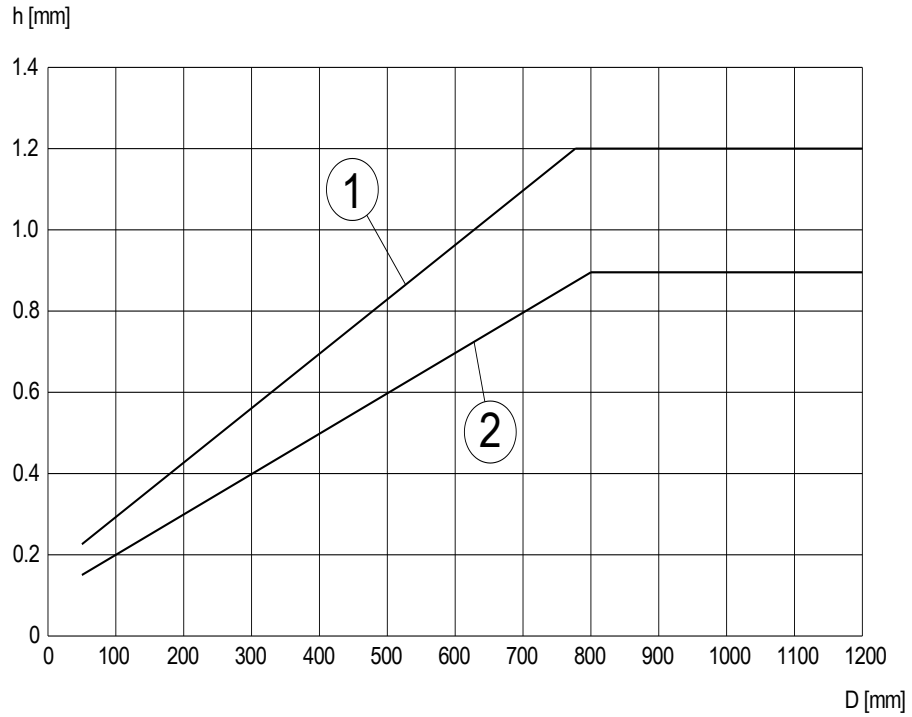
- Bóp dán mép bạc: Dùng keo Epoxy BOSTIK M890 dán mép bạc, sau đó dùng Côđê siết chặt tại 3 vị trí (Hình 2). Để sau 4 giờ khi keo khô tháo Cô dê.

- Gia công các kích thư**ỚC** cơ bản của bạc trục Feroform cần gia công (theo ví dụ hình 3).



Hình 3: Các thông số kích thước cơ bản khi gia công.

- Gia công cốt bạc: Tính toán độ dôi mối lắp cho bạc sau đó gia công cốt bạc. Cốt bạc được gia công với đường kính trong bằng đường kính ngoài của bạc feroform có tính toán thêm độ dôi khi lắp ráp. Độ dôi lắp ráp được tra theo đồ thị (Hình 4).



Hình 4: Độ dôi mối ghép đường kính ngoài cho bạc feroform loại "T", 1– Độ dôi tối đa (kể cả dung sai), 2– Độ dôi tối thiểu (kể cả dung sai).

- Lắp bạc vào cốt: Để lắp bạc vào trong cốt bạc với mối lắp có độ dôi, cần phải làm lạnh bạc bằng đá khô (CO_2) hoặc Ni tơ lỏng.

Nếu làm lạnh bạc bằng đá khô thì thời gian làm lạnh là 1,5 giờ.

Nếu làm lạnh bạc bằng Ni tơ thì thời gian làm lạnh là 0,5 giờ.

Sau đó cho ép dần dần bạc lót trượt vào bên trong cốt bạc. Kiểm tra vị trí bạc fero form trong cốt bạc.

- Để bảo vệ mối lắp ghép, lắp thêm vào một nút chặn phía trước và một vòng định vị phía sau.

4. Kết luận

- Phương pháp sửa chữa cặp lắp ghép bạc trục Feroform bằng cách thu nhỏ đường kính, cho phép tận dụng các bạc feroform đã sử dụng, chủ động vật tư trong quá trình sửa chữa, giúp các kỹ

sư tiếp cận nhanh chóng các tính năng đa dạng của loại vật liệu mới đang trở lên phổ biến rộng rãi hiện nay.

- Trình tự công nghệ của phương pháp sửa chữa phục hồi này, giúp cho các nhà nghiên cứu, kỹ sư và sinh viên đang theo học ngành đóng mới và sửa chữa tàu làm chủ hoàn toàn các công đoạn chuẩn bị tính toán, lựa chọn phương pháp sửa chữa cho phù hợp, tiết kiệm chi phí, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật trong các điều kiện cụ thể.

Trong thực tế hiện nay, việc sửa chữa đáp ứng các yêu cầu về thời gian cũng như chi phí sản xuất đòi hỏi có các phương án chủ động. Với các vật liệu mới, cần phải được quan tâm nghiên cứu, phổ biến ứng dụng ngay từ trong quá trình đào tạo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Selutrenco. Sửa chữa và lắp ráp hệ thống động lực tàu thủy. Nhà xuất bản Lêningrat

[2] Nguyễn Đăng Cường, Hà Tôn. Lắp ráp và sửa chữa thiết bị tàu thủy. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội – 1998.

[3] Quy trình công nghệ của các nhà máy đóng và sửa chữa tàu.

[4] Tiêu chuẩn Việt nam, TCVN (2003), Qui phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép, Hà nội.

[5] Engtex group. Bạc lót Feroform, tài liệu thiết kế, gia công và lắp đặt.

ĐỘNG CƠ DIESEL ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN TỬ VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA BỘ ĐỊNH VỊ GÓC QUAY TRỤC KHUỶU

ELECTRONIC CONTROLLED DIESEL ENGINE AND THE IMPORTANCE OF SHAFT ROTARY ENCODER

NGUYỄN NGỌC HOÀNG
Bộ môn Máy tàu thủy, Khoa Máy tàu biển

Tóm tắt:

Bộ cảm biến vị trí góc quay trục khuỷu, lắp trên các động cơ diesel tàu thủy, có nhiệm vụ xác định góc của trục quay, do đó định được vị trí của piston trong xilanh trên cả máy điều khiển điện và cam, đặc biệt trên các động cơ điều khiển bằng điện tử là vô cùng quan trọng. Bài báo phân tích và giới thiệu sơ bộ động cơ điều khiển điện tử và một số giải pháp thiết kế hoàn thiện động cơ này.

Abstract:

Rotary encoder is a type of position sensor, arranged on shaft of the marine diesel engine, which is used for determining the angular position of rotating shaft, therefore specified the position of piston in cylinder on both MC & ME engine. Especially on electronic controlled diesel engine ME, it is very important. This article analyses and introduces the basic electronic controlled diesel engine and the solutions for designing and complete this engine.

Key words: *Rotary encoder, electronic controlled diesel engine.*

1. Đặt vấn đề

Phát thải CO_2, NO_x&SO_x là nguyên nhân nóng lên toàn cầu, ô nhiễm không khí và gây mưa axit. Tổ chức liên chính phủ về biến đổi khí hậu cảnh báo nhiệt độ toàn cầu có thể tăng thêm đến 3,4 C vào năm 2100. Hưởng ứng vấn đề trên tổ chức hàng hải thế giới IMO về lĩnh vực tàu thủy đã có nhiều biện pháp yêu cầu giảm phát thải CO_2, NO_x&SO_x, trong đó có yêu cầu về chỉ tiêu thiết kế hiệu quả năng lượng tàu thủy EEDI để đảm bảo đến năm 2030 cần giảm phát thải CO_2 đến 30% so với các tàu đóng mới có hiệu suất trung bình trong khoảng những năm 2000 – 2010 (MARPOL annex VI). Song song cùng với đó chỉ tiêu kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu thủy SEEMP

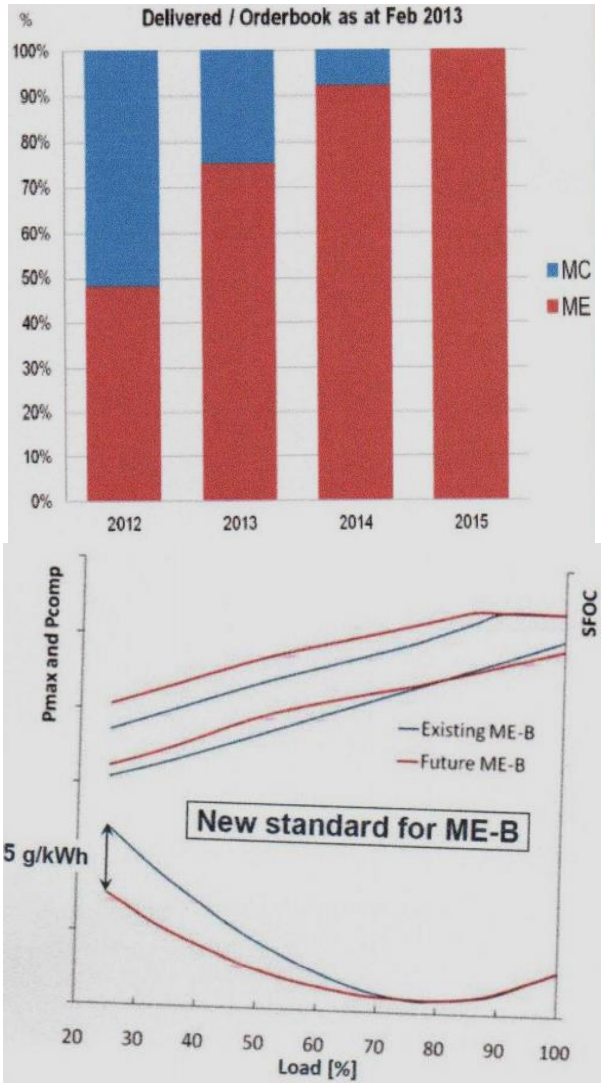
(ship energy efficiency management plan) đó là cần có kế hoạch quản lý khai thác tàu hiệu quả theo chỉ số chỉ thị hoạt động hiệu quả năng lượng EEOI và xem đó như là dụng cụ đo lường.

Như vậy việc nghiên cứu cải tiến khoa học kỹ thuật trong các lĩnh vực nói chung và tàu thủy nói riêng là vấn đề cấp thiết, vậy thì hãy bắt đầu với động cơ diesel, nguồn động lực chính trên các tàu thủy hiện hành.

2. Nội dung

2.1. Phát triển và sử dụng động cơ diesel điều khiển điện tử

Trên cơ sở yêu cầu nghị định thư Kyoto của IMO về cắt giảm phát thải CO_2 toàn cầu, các nhà sản xuất động cơ diesel đã bắt đầu chú trọng vào vấn đề nâng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu nhờ phát triển của khoa học kỹ thuật và đi tiên phong trong số đó có Man B&W và Wartsila, cả hai nhà sản xuất này đã tiến hành sản xuất và không ngừng hoàn thiện nâng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu trên các máy diesel điều khiển điện tử và dần thay thế toàn bộ cho các máy điều khiển cam và đến năm 2015 thì đạt được điều đó(biểu đồ hình 1.trái- kế hoạch yêu cầu thay thế máy MC sang máy ME, nguồn Man B&W và Wartsila Hlink training book).



Hình 1: Biểu đồ kế hoạch thay thế máy MC và cải tiến nâng cao P_e giảm SFOC ở tải nhỏ.

Vì lý do gì mà động cơ điều khiển điện tử lại có ưu thế vượt trội như vậy?

Đó là vì:

- Chất lượng phun và dứt phun ở mọi thời điểm, mọi chế độ tải tốt, do luôn duy trì áp suất trong ống chung cao từ 750-1000bar. Trong khi động cơ cam, bơm cao áp Bosch truyền thống ở vòng quay nhỏ, lượng nhiên liệu chu trình nhỏ, do tổn thất các loại làm cho áp suất phun không đảm bảo, do đó chất lượng phun kém;

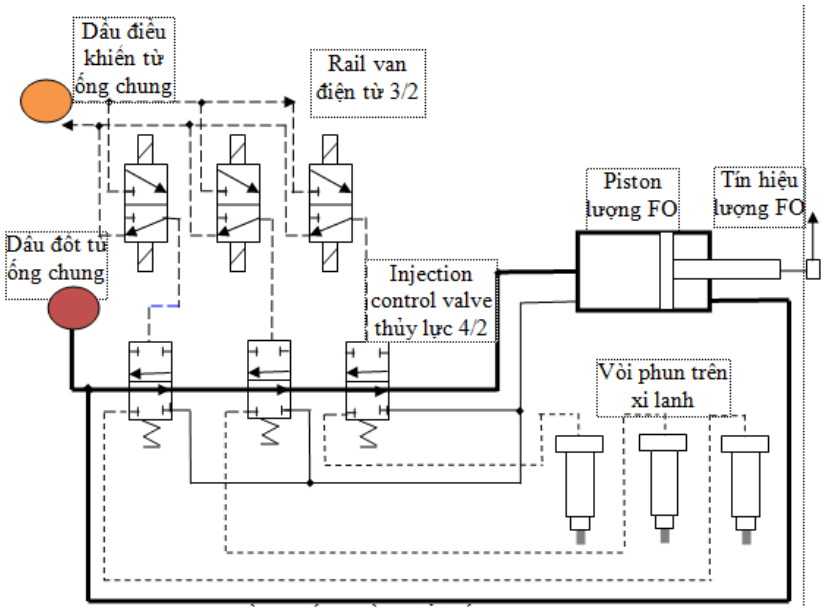
- Thời điểm phun hoàn toàn chủ động thay đổi theo chế độ vòng quay công tác nên hiệu suất sinh công tăng, giảm khói và phát thải, giảm độ cứng động cơ. Trong khi máy cam bơm Bosch truyền thống hoặc điều chỉnh VIT trên bơm hoặc điều chỉnh con đội bơm khi dừng máy không hiệu quả, ngoài ra do ảnh hưởng của rò lọt do tổn thất áp suất mà làm cho thời điểm phun khó được khẳng định;

- Giảm tổn thất cơ giới do giảm tải trên các cam: nhiên liệu, phối khí và khởi động, do đó tăng hiệu suất sinh công cơ học.

Chúng ta biết xu hướng ngày nay là khai thác máy phần lớn ở tải bộ phận để giảm tiêu hao nhiên liệu và tránh thời gian neo chờ cầu, khi đó chúng ta có thể tăng Pmax, do đó tăng công suất máy và tua bin ở tải bộ phận để khắc phục hạn chế của tua bin khí xả khi làm việc ở tải nhỏ và như vậy thì mới có thể tăng áp suất có ích trung bình Pe ở mọi chế độ tải (hình 1. phải giới thiệu đồ thị xu hướng tăng áp suất cháy cực đại ở tải nhỏ và tải lớn tương ứng không ảnh hưởng đến độ cứng ΔP của động cơ). Tua bin khí xả ở chế độ nhỏ tải làm việc kém, hiệu suất thấp điều đó đưa đến ảnh hưởng ngược lại lên quá trình cháy làm tăng Nox, vì vậy theo yêu cầu của IMO Tier II là cần cải tiến nâng cao hiệu suất tua bin ở giải tải thấp. Như vậy các giải pháp để thực hiện điều đó là: Có thể thiết kế sử dụng hệ thống EGB (exhaust gas bypass turbine)-Ở chế độ tải cao khí xả từ động cơ một phần sẽ đi tắt trực tiếp đến tua bin khí xả lai máy phát điện, còn phần chính đi vào tua bin tăng áp khí nạp theo yêu cầu của lượng nhiên liệu chu trình tương ứng của động cơ;

Hoặc cũng có thể sử dụng tua bin tăng áp khí nạp loại có thể điều chỉnh công suất VT (variable turbine), ở loại này vành điều chỉnh của ống phun tua bin có thể thay đổi theo các chế độ tải để đạt hiệu suất tua bin luôn cao.

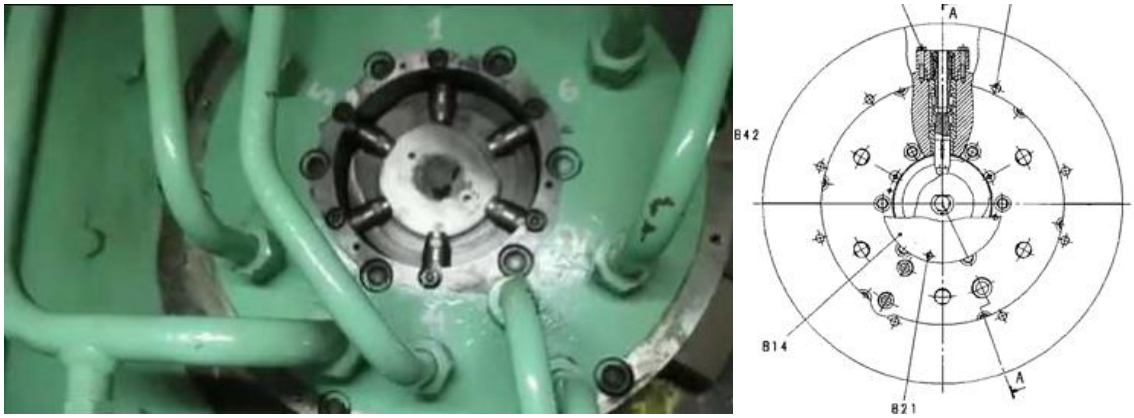
Nhiên liệu trong thể tích ống chung và xilanh & piston lượng FO luôn dư thừa ở áp suất cao 750-1000 bar cho mọi chế độ tải của động cơ, nên chất lượng phun và dứt phun luôn được đảm bảo, điều này ưu việt hơn hẳn máy điều khiển cam với bơm cao áp rãnh xéo-ở chế độ nhỏ tải khi lượng nhiên liệu chu trình ít, áp suất phun và thời điểm phun hay dứt phun bị ảnh hưởng do rò lọt, do tổn thất áp suất trên đường ống.



Hình 2: Sơ đồ cấp nhiên liệu từ ống chung đến các vòi phun trên máy ME.

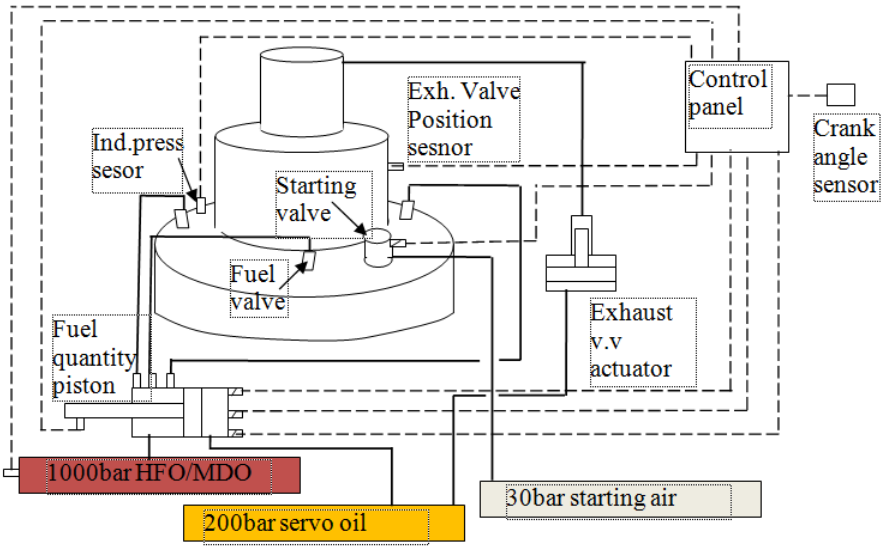
2.2. Sự cần thiết trong việc xác định chính xác góc quay khuỷu động cơ diesel điều khiển điện

Trong động cơ diesel điều khiển cam thì thời điểm cho việc khởi động, phối khí và phun nhiên liệu là được chỉnh đặt trước và gần như không thay đổi trong khi động cơ hoạt động, và như vậy thì khả năng tương thích và đồng bộ của chúng trong làm việc là rất cao, nhưng độ chính xác về thời điểm là thấp, chúng ta hãy xem đĩa van phối khí điều khiển khởi động của dạng máy này như hình 3. dưới đây:



Hình 3: Đĩa van phối khí khởi động trên máy MC.

Khi bắt đầu khởi động động cơ, vòng quay tăng từ 0 khi ma sát tĩnh và tính quán tính còn lớn lại phải chờ cam đi tới mở van thì việc cấp khí vào các xilanh kế tiếp do đó mà không liên tục và khó gia tốc, cho nên tiêu tốn khí khởi động rất nhiều, đặc biệt khi khởi động động cơ từ tình trạng tạm dừng hoạt động một vài xilanh lại càng khó và do đó làm giảm sức sống của con tàu. Trong khi động cơ điều khiển bằng điện tử (xem sơ đồ hình 4) việc này được giải quyết dễ dàng do đã xác định chính xác vị trí xilanh làm việc kế tiếp bằng cảm biến góc quay trục khuỷu lắp trên đầu trục động cơ nên việc cấp khí là liên tục và chồng gối lên nhau qua điều khiển van điện từ.

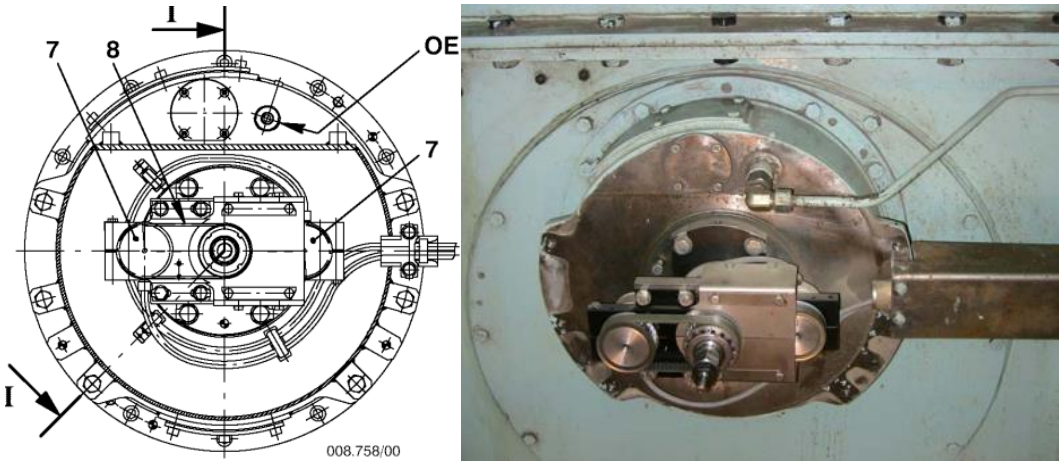


.Hình 4: Sơ đồ điều khiển động cơ điều khiển điện tử ME.

2.3. *Vị trí của các xilanh được xác định qua bộ cảm biến vòng quay khuỷu 'rotary encoder'*

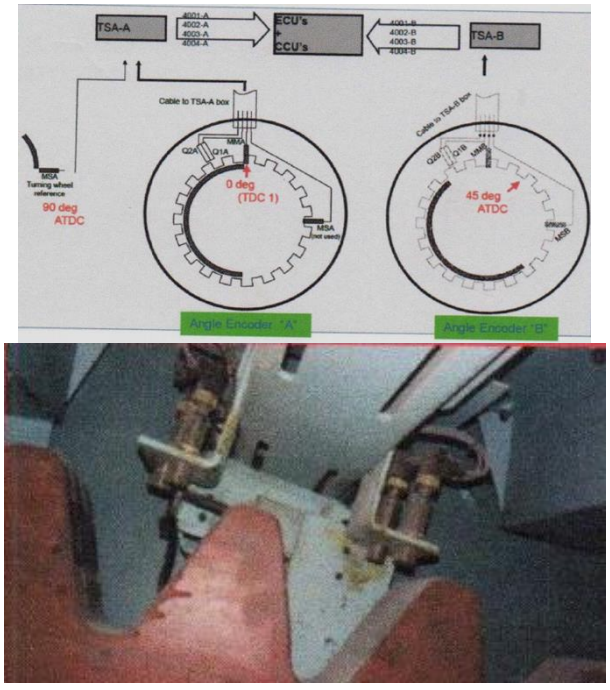
Như vậy, để có khả năng điều khiển chính xác thời điểm cấp khí khởi động, thời điểm cấp nhiên liệu, thời điểm mở van xả khí cháy thì hệ thống điều khiển phải biết chính xác góc quay trục

khuỷu của từng xilanh và điều đó được giải quyết bằng các cảm biến góc quay(crank-angle sensor) lai trên đầu máy, các cảm biến này cho độ chính xác đến 0,1^{o}(xem hình 5), để tăng tính tin cậy thông thường người ta bố trí hai bộ báo góc kiểu này, chúng được lai bằng dây đai có răng cưa từ trục lai được thiết kế đặc biệt để loại trừ chuyển vị dọc, ngang từ trục khuỷu. Mỗi một cảm biến kiểu 'clocksensor' như thế sẽ chuyển đổi số liệu từ một đĩa đọc lỗ kiểu quang học sang dạng bộ đếm số, flex control module FCM-20 sẽ đọc các bộ chuyển đổi dữ liệu nhị phân 'bit frame' này từ 'synchronous serial interface bus', tín hiệu từ hai bộ cảm biến góc quay được xử lý và kiểm tra lỗi trong mỗi bộ FCM-20.



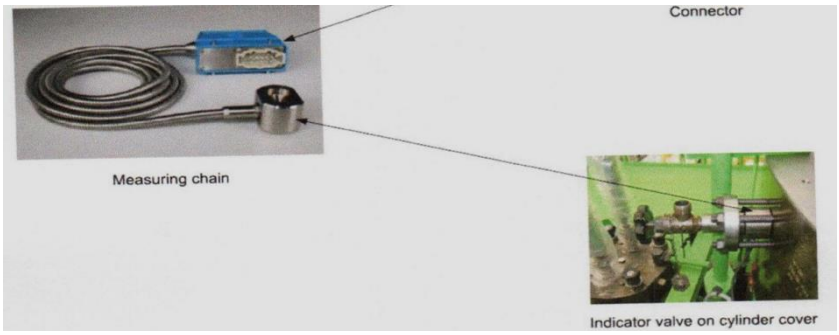
Hình 5: Rotary encoder dạng clock sensor trên đầu tự do động cơ.

Cảm biến giá trị góc quay từ hai 'clocksensor' A và B này còn được so sánh với xung tín hiệu từ các đầu cảm biến 'pick-up sensor' trên bánh đà (hình 6), nếu tín hiệu từ TDC này không trùng khớp với tín hiệu đo từ cảm biến góc quay khuỷu 'clocksensor' trên sai số 0,1^{o} như đã nói ở trên thì báo lỗi trên máy sẽ hiển thị.

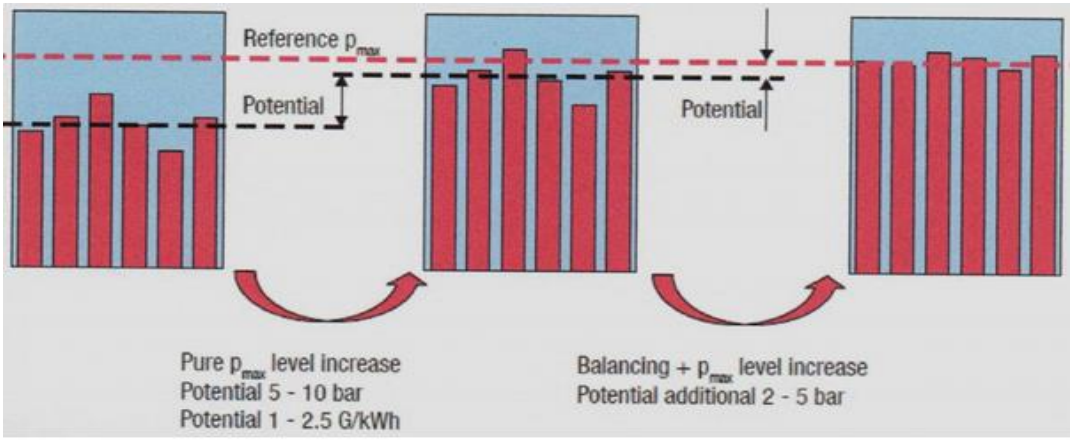


Hình 6: Tín hiệu từ rotary encoder dạng clock sensor A và B được so sánh với pick up sensor trên bánh đà.

Áp suất chỉ thị của các xilanh và công suất của chúng được liên tục điều chỉnh nhờ sử dụng các đầu đo từ 'indicator valve', qua dây đo và bộ chuyển đổi về bộ điều khiển và máy tính sẽ tự động điều chỉnh bù, phục hồi công suất xilanh theo áp suất cháy Pmax của nó so sánh với áp suất cháy trung bình của các xilanh khác(xem biểu đồ hình 7 và 8), hệ thống cho phép linh hoạt trong việc bắt đầu và kết thúc phun và định lượng được lượng nhiên liệu chu trình.



Hình 7: Phản hồi áp suất xilanh qua indicator valve.



Hình 8: Biểu đồ điều chỉnh phục hồi công suất xilanh theo áp suất Pmax trung bình của các xilanh.

3. Kết luận

Bài viết đã phân tích sự cần thiết trong chuyển đổi sử dụng động cơ diesel điều khiển điện tử và một số giải pháp thiết kế hoàn thiện động cơ phù hợp theo xu hướng phát triển và yêu cầu thân thiện với môi trường, đó là cơ sở để người thiết kế lựa chọn các thiết bị của động cơ hay thiết bị của hệ thống năng lượng tàu thủy.

Bên cạnh đó, các tác giả đã giới thiệu chức năng làm việc và tầm quan trọng của của các thiết bị cảm biến góc quay trục khuỷu, trên cơ sở hình ảnh thực tế của những thiết kế mới, điều đó có thể giúp cho người sử dụng cập nhật và nắm bắt hiểu rõ kết cấu và nguyên lý làm việc của chúng để có những tác động điều chỉnh phù hợp trong quá trình khai thác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

[1] IMO document of compliance- internet source

[2] Hlink training book of MAN B&W and Wartsila-internet source

[3] Mitsui Man B&W 7S50ME-B9-finished plan-June 2015

[4] Swiftnes-finished plan-June 2015

[5] Diesel United-Wartsila-RT-flex 50 engine-2011

SỬ DỤNG PHẦN MỀM NHÂN TẠO ANN ĐỂ DỰ ĐOÁN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU CỦA TÀU

USE OF NAN CREATING ANN'S SOFTWARE TO ASSESS SHIP'S FUEL CONSUMPTION

ĐỖ THỊ HIỀN

Bộ môn Máy tàu thuỷ, Khoa Máy tàu biển

Tóm tắt:

Giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu do giá nhiên liệu biến động và sự phát thải khí nhà kính là những thách thức đối với nghành vận tải biển. Với các tàu đóng mới thì điều này là bắt buộc thực hiện, cũng như các tàu hiện nay thì sự tăng cường về kỹ thuật, khai thác, vận hành làm tăng hiệu quả tiết kiệm năng lượng. Các chủ tàu biển và người khai thác phải đưa ra các giải pháp sử dụng tiết kiệm năng lượng biểu hiện bằng sự tiết kiệm nhiên liệu và giảm tác động đến môi trường

***Abstract*:**

Reducing fuel consumption of ships against volatile fuel prices and greenhouse gas emissions resulted from international shipping are the challenges for the shipping industry. For newly built ships, this is a must, like current ships, the enhancement of technology, operation and operation increases energy efficiency. Shipowners and operators must come up with energy-saving solutions that result from fuel savings and reduced environmental impact.

Key words: *Ship Energy Efficiency, Operational Measures, Decision Support System, Artificial Neural Networks.*

1. Đặt vấn đề

Do giá nhiên liệu tăng cao chiếm 60% chi phí vận hành tàu, luôn biến động và yêu cầu bắt buộc các tổ chức hàng hải quốc tế như (IMO) và tổ chức bảo vệ môi trường hàng hải (MEPC) phải giảm khí phát thải ra môi trường. Vì vậy bài viết này nhằm phát triển hệ thống hỗ trợ quyết định dựa trên mạng nơ ron nhân tạo tiết kiệm năng lượng cho các hoạt động của tàu.

2. Tầm quan trọng của việc phát triển hệ thống hỗ trợ quyết định và Các biện pháp sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu

- Lượng khí thải CO_2 do giao thông hàng hải tạo ra chiếm một phần đáng kể trong tổng lượng khí nhà kính toàn cầu (GHG) phát thải. Theo Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), các con tàu đã phát ra 1016 triệu tấn CO_2 trung bình trong giai đoạn 2007-2012, chiếm khoảng 3,1% lượng khí thải toàn cầu.

- Với sự gia tăng gấp ba lần thương mại thế giới, nếu không có hành động nào được thực hiện, người ta cho rằng lượng khí thải từ vận chuyển sẽ tăng 50% –250% cho đến năm 2050. OECD cũng báo cáo mức dự đoán tương tự về sự gia tăng Phát thải CO_2 từ vận chuyển .

- Do có nhu cầu lớn về tàu để giảm lượng khí thải, một số hoạt động nghiên cứu hiện nay tập trung vào ước tính lượng khí thải vận chuyển toàn cầu và phát triển các giải pháp giảm thiểu để giải quyết vấn đề,

- Ngoài ra, giá nhiên liệu tăng cao và bất ổn tạo thành một vấn đề lớn đối với các công ty vận tải biển như chi phí nhiên liệu chiếm 60% chi phí vận hành tàu. Do đó, các công ty vận chuyển đang hướng tới các quy trình và hoạt động hiệu quả năng lượng để giảm tiêu thụ năng lượng nhằm giảm chi phí quản lý và do đó duy trì vị thế cạnh tranh trên thị trường và giảm tiêu cực tác động đến môi trường.

- Các biện pháp tiết kiệm năng lượng trên tàu cung cấp nhiều lựa chọn khác nhau cho các chủ tàu và người vận hành để giảm thiểu nhiên liệu tiêu thụ và phát thải. Năm 2011, Ủy ban Bảo vệ Môi trường Biển của IMO (MEPC) đã thông qua sửa đổi Phụ lục Công ước Quốc tế về Ngăn ngừa Ô nhiễm từ Tàu (MARPOL)VI, là một chương mới (Chương 4). Thông qua đó, Chỉ số Thiết kế Hiệu quả Năng lượng (EEDI) cho các tàu mới và Kế hoạch Quản lý Hiệu quả Năng lượng Tàu (SEEMP) cho tất cả các tàu đã được thực hiện bắt buộc từ tháng 1 năm 2013. Trong khi EEDI tạo điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện các biện pháp kỹ thuật thông qua thiết kế để đáp ứng giới hạn phát thải

carbon cho các tàu mới, SEEMP nhằm mục đích tăng cường hiệu quả năng lượng, thông qua hoạt động các ứng dụng được phát triển bằng cách sử dụng các công nghệ hiện có trên tàu, bao gồm cả nhận thức về thủy thủ đoàn và đào tạo về sử dụng năng lượng hiệu quả.

- Vì những lý do trên, việc tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khí, nâng cao hiệu suất của tàu đã trở thành điều tối quan trọng.

3. Tổng quan và yêu cầu đối với hệ thống hỗ trợ quyết định sử dụng hiệu quả năng lượng trong vận hành tàu biển.

- DSS: là hệ thống hỗ trợ quyết định thông tin dựa trên máy tính có thể giúp người vận hành giải quyết một số việc không thể đo lường bằng sự tác động, can thiệp của con người dựa trên nhiều phương án khác nhau. Mục đích nhằm năng cao hiệu quả để người vận hành ra quyết định khi kết hợp các nguồn thông tin sau khi phân tích.
- Sự tác động tổng hợp của 1 số thông tin là yếu tố quan trọng hỗ trợ đánh giá hiệu quả vận hành của tàu để đưa ra giải pháp nhanh chóng, phù hợp với chế độ hành hải nhằm làm tăng hiệu quả trong sử dụng năng lượng và giảm tác động môi trường, giảm chi phí.
- Các báo cáo "Noon Data" cung cấp thông tin về mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu trong điều kiện khai thác về tải trọng, tốc độ, thời tiết khác nhau có thể rất hiệu quả trong quá trình hành hải của tàu. Tuy nhiên thông tin về báo cáo vẫn chưa được các chủ tàu coi trọng, chủ yếu là thu thập cho đúng quy định, vì vậy thông tin trên vẫn chưa được sử dụng hiệu quả do thông tin chỉ được cập nhật dựa trên một số hoạt động khác như số lượng hàng hoá, mướn nước, công suất trục... mà không kết hợp với thông tin " Noon Data" để đạt hiệu quả cao nhất.

4. Sử dụng mạng nơ ron nhân tạo (phần mềm) và các tài liệu liên quan

- Phương pháp phần mềm (mạng nơ ron nhân tạo) là một trong các phương pháp được sử dụng để thay thế cho các phương pháp ước lượng truyền thống. Với yêu cầu có đủ các thông tin đầu vào để có thông tin đầu ra một cách chính xác nhất qua quá trình xử lý của ANN.
- Nghiên cứu sử dụng ANN là phù hợp để tối ưu hoá tại chỗ các phương pháp vận hành liên quan đến tiết kiệm năng lượng.
- ANN là một phần mềm (mạng nơ ron nhân tạo) dựa trên lĩnh vực khoa học tính toán, xử lý các thông tin đầu vào phức tạp bằng phương pháp thống kê, phân tích để đưa ra những dự báo phù hợp đã được ghi nhận.
- ANN thể hiện sự thích ứng tốt để được lựa chọn đã nghiên cứu áp dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau trong việc dự đoán mức tiêu thụ nhiên liệu, các hệ thống kỹ thuật năng lượng, mức tiêu thụ năng lượng của các toà nhà năng lượng mặt trời thụ động, phát triển hệ thống năng lượng và dự báo mức tiêu thụ năng lượng và phân tách giảm phát thải khí, hỗ trợ quyết định khẩn cấp về môi trường, đánh giá rủi ro về dự đoán cuộc nổi dậy của chủ nghĩa khủng bố, siêu mô hình mô phỏng….
- ANN đã được sử dụng để dự đoán mức tiêu thụ nhiên liệu cụ thể và nhiệt độ khí thải của động cơ Diesel cho các thời điểm phun khác nhau. Tuy nhiên mô hình ANN chưa được áp dụng cụ thể trong việc báo mức tiêu thụ nhiên liệu hiện tại dựa trên dữ liệu vận hành là chính.

5. Phương pháp và dữ liệu

5.1. Mô hình hoá mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu

- Mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu và dự đoán được mô hình hoá thành 3 phần:

+ Cơ sở dữ liệu về mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu được cập nhật từ báo cáo buổi trưa của tàu " Noon – Data";

+ Thuật toán dự báo mức tiêu thụ nhiên liệu;

+ Phân tích hiệu suất.

-Để phát triển hệ thống hỗ trợ quyết định dựa trên ANN có thể dự đoán chính xác mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu trong các yếu tố vận hành khác nhau, cần một lượng dữ liệu đào tạo và thử nghiệm. Trong việc thu thập dữ liệu, thông tin và dữ liệu về mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu được thu thập chủ yếu từ báo cáo buổi trữ (Noon – Data) và cũng được hỗ trợ các báo cáo hàng ngày của tàu chở dầu. Thuyền viên điền vào các báo cáo buổi trưa mỗi 24 giờ trong suốt hành trình bao gồm mức tiêu thụ nhiên liệu hàng ngày, mức tiêu thụ trung bình, hàng ngày, mớm nước, tốc độ, thời gian,

khoảng cách hành hải, vị trí, cảng đến, cảng khởi hành, thời tiết, mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ chính và động cơ phụ trợ cùng với loại nhiên liệu được sử dụng.

- Người vận hành bắt buộc phải điền vào các mẫu thông tin cần thiết. Để đánh giá và quan sát những thay đổi trong hệ thống hoạt động của con tàu, các con tàu trong các điều kiện hành hải khác nhau việc thu thập dữ liệu thông tin hàng ngày là rất quan trọng.

- Con tàu chở dầu được sử dụng và nghiên cứu cho báo cáo dành 51% thời gian để hành hải, 25% neo đậu,11% đỗ tại cảng, 9% ma nơ, 4% thả trôi. Nghiên cứu này được thực hiện bằng cách sử dụng 233 bản báo cáo buổi trưa của con tàu hoạt động trong 17 tháng kể từ khi nó được đóng. Bảng 1 mô tả các đặc điểm chính của tàu chở dầu được phân tích trong nghiên cứu này như:

+ Tàu được trang bị một máy chính đốt trong để hoạt động

+ Tấn trên giờ (tấn/h) là đơn vị đo mức tiêu thụ nhiên liệu là cơ số để so sánh các báo cáo hàng ngày trong khoảng thời gian khác nhau

Bảng 1. Các đặc tính chính của tàu chở dầu.

Loại tàu	Tàu chở dầu
Năm đóng	21.6.2012
Chiều dài (m)	266.07
Chiều rộng (m)	48
Độ sâu mớm nước (m)	23.7
Mạn khô (m)	17
Tải trọng (t)	156597
Công suất trục (kw)	18660
Công suất máy (kw)	25023

- Bảy yếu tố quan trọng là: tốc độ tàu, số vòng quay (RPM), mớm nước trung bình, lượng hàng hoá trên tàu, ảnh hưởng của gió và sóng biển – được kiểm tra cho mô hình dự báo mức tiêu thụ nhiên liệu. Chúng được sử dụng làm đầu vào trong quá trình đào tạo mạng. Tốc độ tàu là một yếu tố quan trọng trong vận tải hàng hải. Với sự phát triển của khối lượng vận chuyển hàng hải thế giới, những con tàu có thông số kỹ thuật cao phải đáp ứng kịp thời nhu cầu của khách hàng vì tốc độ cao sẽ mang lại lợi ích kinh tế cao như nhận hàng nhanh, giảm chi phí tồn kho và tăng khối lượng giao dịch trên 1 đơn vị thời gian. Hơn nữa, việc gia tăng giá nhiên liệu và các vấn đề môi trường cùng với sự suy thoái kinh tế toàn cầu đã mang lại một quan điểm mới về tốc độ tàu và do đó giảm tốc độ tàu đã trở thành một chủ đề nghiên cứu quan trọng mới.

- Làm giảm thông số kỹ thuật của tàu là phương pháp hiệu quả nhất về tiết kiệm nhiên liệu. Theo các nghiên cứu nếu giảm tốc độ hành trình của tàu xuống dưới tốc độ thiết kế từ 2 đến 3 hải lý/giờ thì sẽ có tác động đáng kể đến mức tiêu thụ nhiên liệu hàng ngày và do đó có thể làm giảm một nửa chi phí hoạt động của các công ty vận tải biển.

- Mối quan hệ giữa tốc độ tàu và mức tiêu thụ nhiên liệu là mối quan hệ tỷ lệ 1: 3 có nghĩa nếu giảm tốc độ tàu 1 phần thì nhiên liệu giảm 3 phần (mối quan hệ bậc 3). Tức là tốc độ của tàu có ảnh hưởng lớn đến mức tiêu hao nhiên liệu do tỷ lệ bậc 3 với công suất tiêu thụ của máy chính. Điều này có nghĩa là, nếu tốc độ tàu được tăng lên gấp đôi, công suất của động cơ đã qua sử dụng sẽ tăng lên ít nhất 8 lần. Nói cách khác, nếu giảm 10 % tốc độ tàu thì lượng tiêu hao nhiên liệu của tàu giảm khoàng 27%.

- Giảm tốc độ là một chủ đề chính trong các hoạt động nghiên cứu liên quan đến vận chuyển carbon thấp. Lợi ích về kinh tế và môi trường đã được xác định do tốc độ thấp mang lại bằng cách xem xét mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu và tốc độ.

- Dựa trên tính toán hiệu quả chi phí của các tàu container ở tốc độ thấp và các phương án khác nhau thông qua việc giảm tốc độ ở tàu chở hàng rời là 10%, 20%, 30%, thì kết quả có được là: Mặc dù tốc độ thấp của tàu giúp tiết kiệm nhiên liệu nhưng lại làm tang chi phí khai thác do hợp đồng thuê tàu tốc độ thấp.

- Giảm tốc độ có lợi về mặt tiêu thụ nhiên liệu nhưng nó phải được cân bằng phù hợp với các thương mại và các hoạt động khác, có ý nghĩa rằng việc giảm tốc độ sẽ làm tăng lượng tàu lưu thông hơn để duy trì cùng mức dịch vụ theo nhu cầu.

- Tàu dịch vụ phụ thuộc nhiều vào lịch trình và vòng quay của hàng hoá với tốc độ nhất định. Mức phạt thương mại cao do tốc độ chậm đã hạn chế rất nhiều khi hành trình ở tốc độ thấp. Do vậy các hợp đồng dịch vụ bao giờ cũng được xác định dựa trên thời gian dự kiến tránh phát sinh thậm thêm chi phí của hãng tàu và chủ hàng. Để tránh phát sinh chi phí thì cần phải lập ra một kế hoạch năng động, logic phù hợp sẽ làm giảm thời gian làm tắc nghẽn tại cảng do vào cần làm hàng. Vì vậy sẽ làm giảm đến 10% mức tiêu hao nhiên liệu trong suốt hành trình, đồng thời số vòng quay giảm và động cơ sẽ chạy hiệu suất cao ở tải định mức sẽ làm giảm phát thải khí ra môi trường.

- Sự tiêu hao nhiên liệu cũng bị ảnh hưởng bởi mớn nước của tàu. Tuyến hình thiết kế tàu là rất quan trọng để đảm bảo làm giảm lực cản của gió, nước, nếu vì lý do nào đó trang trí thêm hoặc đóng sai thiết kế sẽ làm tăng lực cản và làm tăng thêm lượng tiêu hao nhiên liệu.

- Tốc độ tối ưu của tàu có thể đạt được dựa trên việc xắp xếp hàng hoá của thuỷ thủ đoàn (thuyền trưởng, đại phó). Mặt khác, nếu tăng khối lượng hàng hoá sẽ làm tăng mớm nước và lực cản sẽ tăng lên do đó tiêu thụ nhiên liệu sẽ cao hơn.

- Sự xác định tuyến đường hành hải một cách logich cho phép chuyến đi hoàn thành sớm hơn khi tính đến các điều kiện thời tiết như gió, sóng biển ở các điều kiện khác nhau. Lúc này sự kết hợp tốt các yếu tố trên sẽ làm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu khoảng 3%. Theo các nghiên cứu khi có 7 yếu tố tác động như: tốc độ tàu, số vòng quay động cơ, mạn khô, mớm nước trung bình, lượng hàng hoá có trên tàu, gió và sóng biển.

5.2. Mạng nơ ron nhân tạo ANN (phần mềm ANN)

- ANN là một trong những phương pháp tính toán tốt nhất được lấy cảm hứng từ hệ thống thần kinh sinh học từ não người, nó đạt được những kết quả đáng chú ý mà các phương pháp thống kê truyền thống không thể đạt được.

- Khả năng học theo ví dụ có lẽ là đặc tinh quan trọng nhất liên quan đến mạng nơ ron và có thể được sử dụng để huấn luyện một mạng với các dữ liệu của một hệ thống phức tạp

Mạng nơ ron nhân tạo được tạo thành từ nhiều xử lý liên kết với nhau của các phần tử được gọi là nơ ron được mô tả cụ thể trong hình 1

- Nơ ron nhân tạo chủ yếu bao gồm trọng lượng, độ lệch và chức năng kích hoạt. Mỗi nơ ron nhận thông số đầu vào là x_1, x_2, ...x_n được gắn với trọng số x_i, điều này cho biết cường độ kết nối cho một đầu vào cụ thể cho mỗi kết nối. Sau đó, nó nhân mọi đầu vào với trọng số tương ứng của kết nối nơ ron. Một thiên vị b_i có thể được định nghĩa là một loại trọng số kết nối với một giá trị khác không đổi được thêm vào tổng các đầu vào và tương ứng với trọng lượng u, được cho như sau:

$$u_i = \sum_{j=1}^{n} W_{ij} X_j + b_i \qquad (1)$$

Trong đó:

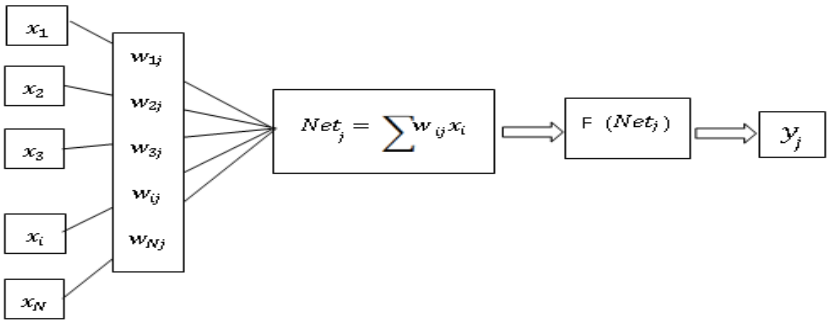
u_i : là mức hoạt động thực bên trong của nơ ron i_{th}

w_{ij}: là giá trị trọng số j_{th} của lớp i_{th}

x_i: là giá trị đầu ra của lớp j_t , n: số lượng nơ ron

Hàm kích hoạt y_i sẽ tạo ra một đầu ra thực tế nó sử dụng hàm truyền sigmoid tiếp tuyến hyperbol. Tổng u_i được chuyển bằng cách sử dụng một hàm vô hướng được gọi là " hàm kích hoạt hoặc chuyển, $f(u_i)$ mang lại một giá trị được gọi là "kích hoạt" đơn vị, được cho là:

$$y_i = f(u_i) \qquad (2)$$



Hình 1: Các phần tử cơ bản của một nơ ron nhân tạo.

- Thuật toán được sử dụng huấn luyện phổ biến nhất cho nhận thức nhiều lớp là thuật toán lan truyền ngược (BPA) (back propagation algorithm BPA). Nó là một phương pháp giảm độ dốc để giảm thiểu lỗi cho một mẫu huấn luyện cụ thể. Giai đoạn truyền ngược được thực hiện thông qua một số lượng lớn các tập huấn luyện hoặc chu kỳ huấn luyện. Các quá trình học tập này được lặp lại cho đến khi tập hợp trọng số tối ưu, trong trường hợp lý tưởng sẽ tạo ra đầu vào phù hợp cho bất kỳ đầu vào nào.

6. Thiết kế mô hình ANN

Trong nghiên cứu này, một mô hình mạng nơ ron đã được thực hiện với hộp công cụ mạng nơ ron được trình trong MATLAB 2010a.

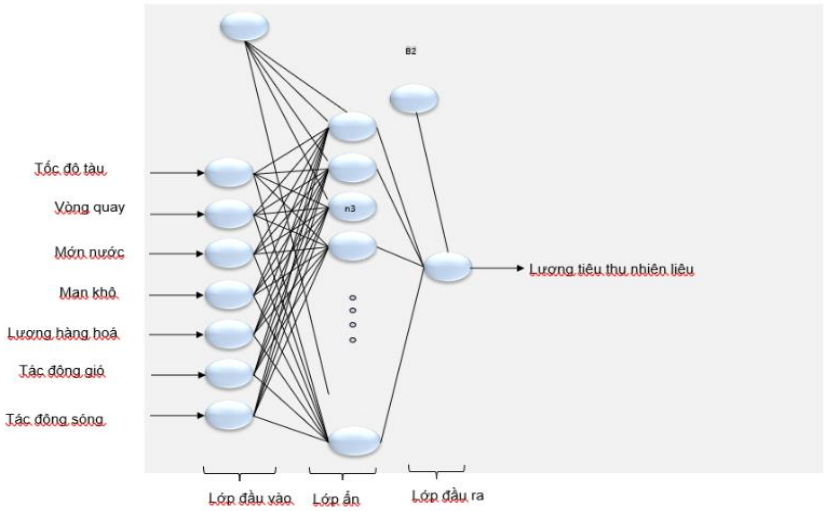
Dữ liệu thu được từ 233 báo cáo buổi trưa được sử dụng để thiết kế và xây dựng ANN. Ban đầu, một mẫu báo cáo gồm 164 (70%) báo cáo buổi trưa được chọn ngẫu nhiên để đào tạo, (30%) 69 mẫu còn lại là dữ liệu để sử dụng xác thực. Có biến đầu vào: tốc độ tàu, số vòng quay trên phút RPM, mớm nước trung bình, khối lượng hàng hoá trên tàu, sóng, gió biển, mạn khô. Tham số đầu ra mô hình ANN là mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu (tấn/giờ). Phạm vị của các mẫu được đưa ra trong bảng 2.

- Phương pháp lập mô hình cho ANN dựa trên thuật toán học truyền ngược được sử dụng trong nguồn cấp dữ liệu chuyển tiếp với một lớp ẩn. Nhiệm vụ chính của các nghiên cứu ANN là xác định kiến trúc mạng lý tưởng có liên quan đến số lượng lớp ẩn và tế bào thần kinh trong đó. Xem xét hiệu suất ANN, số lượng (các) lớp ẩn, các nơ-ron trong (các) lớp ẩn và giá trị của các tham số huấn luyện cho mọi thuật toán huấn luyện được xác định thông qua phương pháp thử và sai. Kiến trúc tối ưu của ANN được xây dựng theo kiến trúc 7–12–1 NN để dự đoán nhiên liệu đại diện cho số lượng đầu vào, tế bào thần kinh trong các lớp ẩn và đầu ra tương ứng.

Bảng 2: Phạm vi thông số đầu vào và đầu ra trong giai đoạn đào tạo – kiểm tra.

Thông số	Khoảng giá trị	
	Min	Max
Tốc độ tàu	8.69	16.46
Vòng quay	49.16	85
Mớn nước trung bình	7.5	17
Mạn khô	0	3.2
Lượng hàng	0	149491
Hiệu ứng gió	-41.54	36.9
Hiệu ứng sóng	-9.14	8.79
Mức tiêu thụ nhiên liệu	0.58	3.13

- Mô hình ANN được đề xuất được đưa ra trong Hình 2. Thuật toán học tập được sử dụng trong nghiên cứu là Levenberg – Marquardt (LM), hàm kích hoạt là hyperbolic các hàm truyền sigmoid tiếp tuyến (đầu vào và đầu ra được chia tỷ lệ giữa -1 và +1 cho mạng nơ-ron mô hình) và số kỷ nguyên được đặt thành 10.000.



Hình 2: Sơ đồ cấu trúc ANN.

- Hệ số xác định (R) và tiêu chí lỗi phương sai (MSE và RMSE) đã được sử dụng cho đo lường hiệu suất của ANN. Chỉ báo lỗi được sử dụng rộng rãi nhất là MSE, của dự đoán trên tất cả các mẫu huấn luyện cho một mạng nơron một đầu ra có thể được xây dựng dưới dạng sau:

$$MSE = \frac{1}{2N}\sum_{i}^{N}(t_i - z_i)^2 \quad (3)$$

Trong đó:

N: là tổng số mẫu đào tạo

t_i và z_i: là đầu ra dự đoán cho mẫu đào tạo thứ I và mục tiêu

- Một tiêu chí ước lượng lỗi khác là RMSE (lỗi bình phương trung bình căn bậc hai) và thông qua nó, lỗi được hiển thị trong các đơn vị dữ liệu mục tiêu và dự đoán. Theo các tiêu chí này, R cao và MSE thấp và giá trị RMSE cho thấy một mô hình phù hợp.

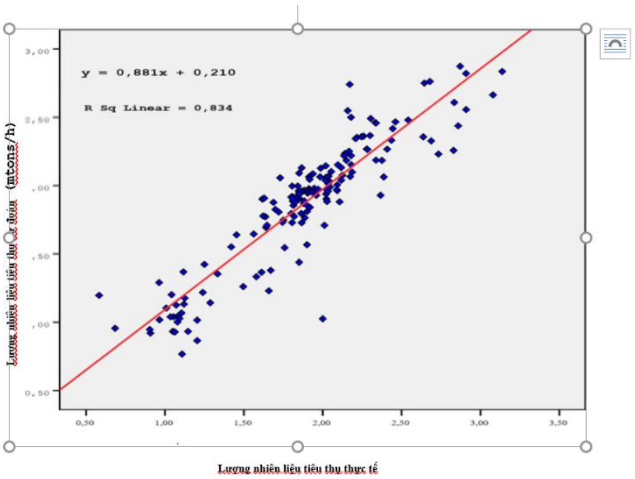
7. Hiệu suất của Mô hình ANN

- Trong phần này, các kết quả và hiệu quả của hệ thống được sử dụng để dự báo mức tiêu thụ nhiên liệu của một con tàu sẽ được mô tả thể hiện trong Bảng 3, nghiên cứu thực địa cho thấy trung bình 1,89 tấn/ h nhiên liệu là do tàu tiêu thụ.

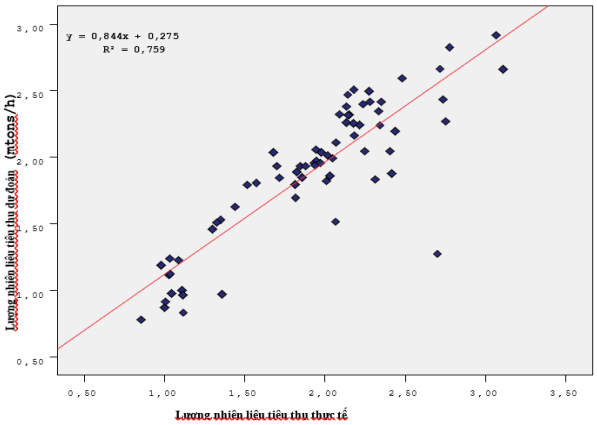
Bảng 3 Thống kê mức tiêu thụ nhiên liệu (tấn / h)

	Nhỏ nhất.	Lớn nhất.	Thực tế	SD	95% Khoảng thời gian	Độ tin cậy
					Thấp nhất	Cao nhất
Tấn/giờ	0.58	3.13	1.89	0.50	1.80	1.98

Hình 3 và 4 minh họa việc đào tạo và xác nhận mô hình ANN cho các giá trị được quan sát và dự đoán lượng tiêu thụ nhiên liệu. R là 0,834 và 0,759 để đào tạo và xác nhận mô hình ANN, tương ứng.



Hình 3: Mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế và dự đoán (Đào tạo) bằng cách sử dụng mô hình ANN.



HÌNH 4: Mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế và dự đoán (Xác thực) bằng mô hình ANN.

- Kỹ thuật của mô hình ANN nói chung được coi là ứng dụng hộp đen. Tuy nhiên, nghiên cứu này giới thiệu ứng dụng ANN trong một giải pháp dạng đóng. Nghiên cứu trình bày giải pháp tiêu thụ nhiên liệu dựa trên các tham số ANN được đào tạo (trọng lượng và độ lệch) của tàu với các chức năng thông số như: tốc độ, số vòng quay trên phút (RPM), mớn nước trung bình, mạn khô, số lượng hàng hóa trên tàu, hiệu ứng gió và sóng biển. Trong đó hàm truyền tiếp tuyến hyperbol (tan h) sử dụng cho phương pháp này được cho như sau:

$$\tan h(U_i) = \frac{1+e^{-u_i}}{1-e^{-u_i}} \tag{4}$$

trong đó U được cho trong phương trình (5). Các giá trị chuẩn hóa của các tham số đầu vào được sử dụng cho phương trình (5)

$$U_i = C_{1i} \times ship\ speed + C_{2i} \times RPM + C_{3i} \times draft + C_{4i} \times trim + C_{5i} \times cargo\ quantity + C_{6i} \times wind\ effect + C_{7i} \times sea\ effect + b_i \tag{5}$$

trong đó, K được cho trong phương trình (6) và được sử dụng cho phương trình (7)

$$K_i = \sum_{i=1}^{n=12} \tan h(U_i) \times \mathrm{lw}_i + b_2 \tag{6}$$

trong đó, trọng số và độ lệch giữa lớp đầu vào và lớp ẩn được đưa ra trong Bảng 4 cho thuật toán LM với 12 nơ-ron.

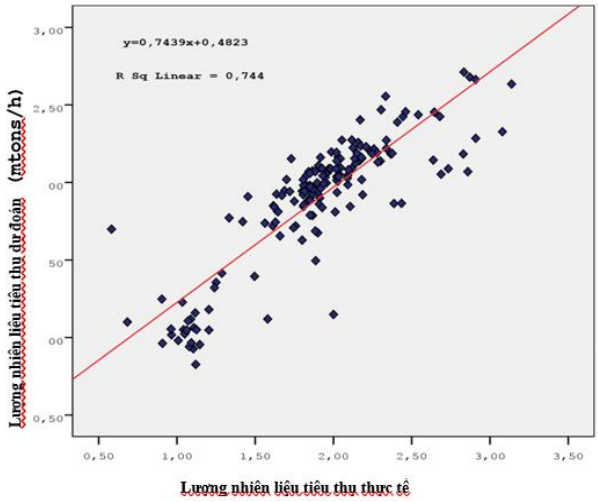
Bảng 4: Trọng số và độ lệch giữa lớp thông số đầu vào và lớp ẩn đối với phương trình (5) và (6).

n	C_{1i}	C_{2i}	C_{3i}	C_{4i}	C_{5i}	C_{6i}	C_{7i}	Iw	b_1	b_2
1	-0.7431	-0.0587	-0.5878	0.80046	1.2996	1.2996	-0.417	0.3347	2.0881	0.2226
2	-0.5483	1.1236	0.43986	0.65012	1.6052	1.6052	0.03826	0.48388	-1.4265	
3	-0.5352	0.32488	0.75197	-0.9981	-0.9504	-0.9504	0.19942	-0.8794	-0.9295	
4	-0.0148	1.2529	-0.2573	0.99103	0.62122	0.62122	0.9913	-0.1947	1.0954	
5	1.1545	1.3696	0.71883	0.59309	0.34136	0.34136	0.84336	-0.4167	0.83542	
6	0.00326	0.00296	1.3981	-0.0773	0.08862	0.08862	-0.1686	0.3915	0.0096	
7	0.26818	1.336	0.72698	0.9393	-0.0808	-0.0808	-0.3688	0.61318	-0.1373	
8	-0.6215	-1.1863	-0.529	-0.4208	1.5299	1.5299	-1.3653	-0.3507	-0.5414	
9	-0.3622	1.1819	-1.0303	0.50076	-1.716	-1.716	1.2242	0.54683	1.2775	
10	0.29539	0.33189	-0.9563	-1.8743	-0.2218	-0.2218	0.36101	0.70683	1.4561	
11	0.50702	-0.3649	0.76347	1.5718	0.34273	0.34273	0.77075	0.56254	1.5673	
12	-0.6832	-0.5465	0.33544	1.0733	1.0141	1.0141	-0.7989	0.46534	-2.1906	

Sử dụng trọng số và độ chệch của mô hình ANN được đào tạo, có thể đưa ra giá trị chuẩn hóa của mức tiêu thụ nhiên liệu như sau:

$$y_i = f(u_i) = \frac{1+e^{-K_i}}{1-e^{-K_i}} \quad (7)$$

Ở đây, y_i là giá trị chuẩn hóa và phải được chuyển đổi thành giá trị tiêu thụ nhiên liệu thực tế.



Hình 5: Mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế và dự đoán (Đào tạo) sử dụng mô hình MR

8 Xác thực và Đo điểm chuẩn.

- Trong phần này, kết quả sử dụng mô hình ANN phát triển ở trên được so sánh với hồi quy bội phân tích hồi quy (MR).

- Một trong những kỹ thuật phổ biến nhất được sử dụng để xác định mối quan hệ giữa các biến trong các nghiên cứu là kỹ thuật phân tích hồi quy. Phân tích hồi quy nhiều lần (MR) là một thống kê tuyến tính kỹ thuật được sử dụng để thiết lập mối quan hệ tốt nhất giữa một biến (phụ thuộc, dự đoán) và một số biến khác (độc lập, dự báo) sử dụng phương pháp bình phương nhỏ

nhất. Một mô hình hồi quy bội phân tích sau đó được phát triển để dự đoán mức tiêu thụ nhiên liệu như:

$$Y = a_0 + a_1V_1 + a_2V_2 + \cdots + a_nV_n + \varepsilon \quad (8)$$

trong đó: a_0-an là các hệ số hồi quy,

V_1, Vn là các biến độc lập

ε là lỗi mô hình.

- Các mô hình có dạng tuyến tính để biểu diễn các mối quan hệ tuyến tính giữa biến phụ thuộc và các biến độc lập cũng như mối quan hệ giữa các biến độc lập. Điều quan trọng là phải xem xét mức độ phù hợp và ý nghĩa thống kê của các tham số ước tính của các mô hình hồi quy đã phát triển. Mô hình có R^2 cao nhất có thể được thiết kế thông qua sự kết hợp của điều chỉnh hồi quy tiến, lùi và hồi quy từng bước. Các biến có ý nghĩa tại P = 0,05 luôn là duy trì cho mô hình cuối cùng.

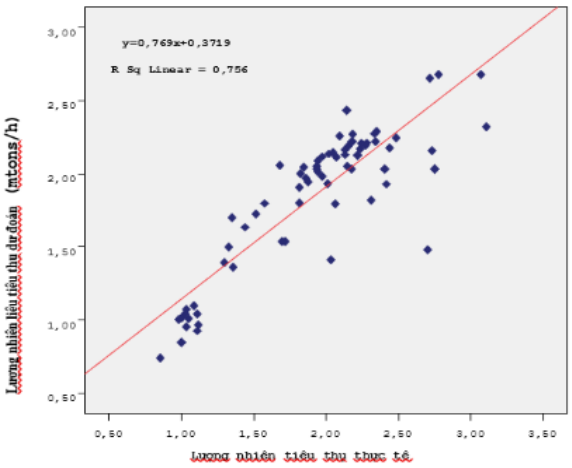
- MR đã được thực hiện trong phần mềm IBM SPSS Statistics 21.0. Hồi quy bội với giá trị cao nhất R có thể được thiết kế trong nghiên cứu này thông qua phương pháp thống kê.

-Hiệu suất được đánh giá bằng cách sử dụng các bộ dữ liệu giống nhau, ngoại trừ biến số lượng hàng hóa do tương quan cao với dự biến gây ra vấn đề cộng đa tuyến, như được sử dụng để kiểm tra hiệu suất của mô hình ANN.

- Các mối quan hệ tuyến tính của biến phụ thuộc vào các biến độc lập được biểu diễn bằng một mô hình phân tích hồi quy bội số. Các tập hợp dữ liệu tương tự đã được sử dụng cho việc đào tạo mô hình ANN để so sánh toàn diện hơn với mô hình ANN và các dự đoán về dữ liệu xác thực được ước tính sau khi chạy thử. Một mô hình phân tích hồi quy bội có thể phù hợp với dữ liệu tiêu thụ nhiên liệu và tính bằng khoảng 75% phương sai trong dữ liệu xác thực. Hình 5 và 6 so sánh nhiên liệu dự đoán và thực tế của tàu tiêu thụ cho dữ liệu đào tạo và xác nhận, tương ứng. MSE và RMSE cuối cùng cho dữ liệu xác thực lần lượt là 0,038 và 0,196 tấn / h trong bảng 5 như sau:

Bảng 5: MSE và RMSE để đào tạo và xác nhận các mô hình MR và ANN.

	MR Đào tạo	Xác nhận	ANN	
			Đào tạo	Xác nhận
MSE	0.03	0.038	0.02	0.037
RMSE	0.174	0.196	0.141	0.193



Hình 6: Mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế và dự đoán (Xác thực) bằng cách sử dụng mô hình MR.

9. Thiết kế Hệ thống Hỗ trợ Quyết định (DSS) để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu

- Người điều hành tàu, đưa ra các quyết định liên quan đến việc thực hiện các biện pháp hoạt động để cải tiến tàu mang lại hiệu quả năng lượng, có thể sử dụng lợi ích của các kết quả thu được từ ANN đã phát triển của Phần 4.

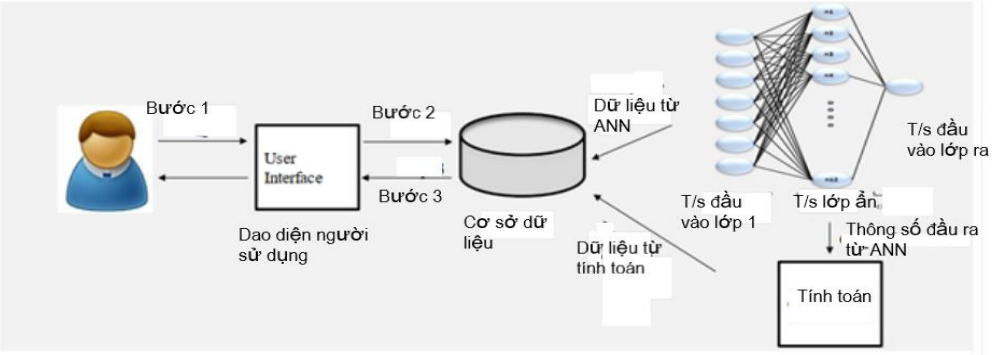
- Bảng 6 cho thấy bảy thông số và khả năng kiểm soát của chúng bởi các nhà khai thác tàu để hỗ trợ quyết định.

Bảng 6: Các thông số có thể được kiểm soát bởi người điều hành tàu.

Thông số đầu vào	Điều chỉnh	Mẫu tả
Tốc độ tàu	✓	Tốc độ tàu có thể được tăng hoặc giảm tuỳ theo kế hoạch hành trình
Vòng quay	✓	Tốc độ vòng quay có thể được tăng hoặc giảm tuỳ hành trình
Lượng hàng hoá	-	Lượng hàng hoá do các bên ký hợp đồng quyết định
Mớm nước	-	Mớn nước được nhập tuỳ theo sự di chuyển của tàu
Mạn khô	✓	Mạn khô có thể điều chỉnh theo yêu cầu
Tác động gió	✓	Tác động của gió có thể được giảm khi xác định được thời tiết (dĩ nhiên có thay đổi)
Tác động sóng biển	✓	Tác động của sóng biển có thể được giảm khi xác định được thời tiết (dĩ nhiên có thay đổi)

Người điều hành tàu có thể điều chỉnh tốc độ và RPM khi xem xét kế hoạch hành trình (có thể xảy ra hạn chế về thời gian do môi trường giao dịch). Số lượng hàng hóa quyết định sự dịch chuyển của tàu, do đó, số lượng hàng hóa và các thông số mớm nước là không thể kiểm soát, chỉ được sử dụng để dự đoán. Mạn khô có thể được tối ưu hóa theo bản nháp. Hiệu ứng gió và sóng biển có thể được sử dụng để hỗ trợ tiết kiệm nhiên liệu bằng cách xác định tốt tuyến thời tiết.

Thiết kế của này của DSS (từ tác động của các biện pháp tiết kiệm năng lượng vận hành tàu đối với nhiên liệu dự báo mức tiêu thụ do sử dụng ANN) được trình bày trong Hình 7.



Hình 7: Thiết kế tiết kiệm năng lượng vận hành tàu ANN DSS.

- Cơ sở dữ liệu của DSS chứa dữ liệu từ ANN đã phát triển. ANN này đã được chạy khi đầu vào là bảy yếu tố tác động quan trọng (tốc độ tàu, số vòng quay mỗi phút (RPM), mớn nước trung bình, mạn khô, số lượng hàng hóa trên tàu, gió và hiệu ứng biển) và kết quả của ANN cho tất cả 233 các mẫu đầu vào khác nhau được ghi lại và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu của DSS. Cần lưu ý rằng, thay vì có kết quả ANN cho 233 các trường hợp khác nhau được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu, bản thân ANN có thể được chèn vào DSS. Bằng cách này,dựa trên thông tin đầu vào của người dùng, ANN sẽ tự động tạo ra đầu ra của mình trên cơ sở thời gian thực.

Chức năng DSS dựa trên ANN được thực hiện theo các bước sau:

+Bước 1: Người điều hành tàu nhập tất cả các thông số biến cần thiết bao gồm các tham số đầu vào cho ANN và các

các thông số cần thiết cho chuyến đi của tàu như khoảng cách giữa các cảng, ngày yêu cầu để giao hàng

và quá trình vận chuyển sau lời nhắc từ hệ thống.

+Bước 2: Tùy thuộc vào thông số đầu vào của người điều hành tàu, hệ thống đưa ra các truy vấn cần thiết đối với

cơ sở dữ liệu.

+Bước 3: Kết quả của các câu hỏi được trả về và được trình bày cho người điều hành tàu, là người có thể đánh giá

chúng. Tại thời điểm này, người dùng có thể kết thúc tương tác hoặc tiếp tục bằng cách quay lại Bước 1.

- Để minh họa chức năng của DSS đã phát triển, trường hợp giả định với hai tình huống được trình bàybên dưới, tương ứng với các tình huống ra quyết định tối ưu hóa tốc độ tàu và RPM do ảnh hưởng không nhỏ đến việc tiết kiệm nhiên liệu.

- Người điều khiển tàu nhập các thông số về mớn nước, mạn khô, lượng hàng, hiệu ứng gió và biển được sử dụng cho ANN và thông tin bổ sung, chẳng hạn như khoảng cách giữa các cảng tính bằng hải lý (d) và ngày yêu cầu cho

giao nhận hàng hóa. Để đánh giá hai kịch bản tối ưu hóa tốc độ và RPM, người điều hành tàu nhập hai giá trị tốc độ và RPM khác nhau để nhận đầu ra của DSS dựa trên ANN. (Bước 1)

- Con tàu đang ở tình trạng có balát với mớn nước 7,5 m và mạn khô 2,7 m. Thời tiết ảnh hưởng xấu đến gió là 23 hải lý và biển là 0,3 m. Khoảng cách giữa các cảng là 800 hải lý. Tốc độ tàu là 10 hải lý / giờ và RPM là 55 cho kịch bản 1 trong khi tốc độ tàu là 13 hải lý / giờ và RPM là 71 cho kịch bản 2.

- Tính toán ANN được thực hiện khi thông tin hoạt động được nhập vào giao diện. Sau đó, kết quả đầu ra (mức tiêu thụ nhiên liệu) là 0,96 tấn / giờ đối với Kịch bản 1 và 2,1 tấn / giờ đối với Tình huống 2. (Bước 2)

- Bảng 7 đưa ra kết quả của thông tin hỗ trợ quyết định. Hệ số phát thải của CO_2 là 3,17. Giá nhiên liệu là $ 150 cho mỗi tấn được sử dụng để tính tổng chi phí nhiên liệu cho chuyến đi.

Bảng 7: Thông tin hỗ trợ quyết định.

Tình huống	d (NM)	t (hours)	Đầu ra FC (mtons/h)	Q (Tấn)	P ($)	CO_2 (tons)
Tình huống 1	800	80	0.96	76.8	15360	243.456
Tình huống 2	800	61.5	2.1	129.15	25830	409.406

Trong đó:

t: là thời gian đi tàu dựa trên ngày giao hàng;

Q và P là tổng lượng nhiên liệu tương ứng là tiêu thụ theo tấn và chi phí nhiên liệu tính bằng đô la cho chuyến đi.

- Theo thông tin thu được, người ra quyết định có thể quản lý các thông số hoạt động cho hỗ trợ quyết định. Thông tin đầu vào sẽ thay đổi theo thông tin hoạt động và yêu cầu xem xét kế hoạch hành trình của tàu và thông tin hỗ trợ quyết định sẽ thay đổi theo những thay đổi trong thông tin đầu vào. Người điều hành tàu quan tâm đến tốc độ và RPM tối ưu mà tàu có thể đạt được cảng đúng giờ. (Thời gian chờ đợi thêm đối với hàng hóa tại khu neo đậu hoặc cảng do tàu tốc độ cao hoặc chậm trễ đối với hàng hóa do hơi chậm không được dự định). Do đó, tốc độ tàu và RPM có thể được tối ưu hóa thông qua điều chỉnh thời gian tàu chạy (t) xem xét ngày cần thiết để giao hàng. Trong trường hợp giả định này, sự khác biệt giữa hai kịch bản là mức tiêu thụ nhiên liệu xấp xỉ 52 tấn, 10470 đô la chi phí nhiên liệu và 165 tấn CO_2 cho chuyến đi hiện tại với quãng đường 800 hải lý (NM). Người dùng, sau khi nhận được thông tin được hiển thị trong bảng 7, hoặc có thể tiếp tục với một cuộc điều tra bổ sung liên quan đến các giá trị hoạt động mới cho tốc độ và RPM khác nhau hoặc thoát khỏi hệ thống. (Bước 3).

9. Kết luận

- Về hiệu quả năng lượng của tàu, tiêu thụ nhiên liệu đã trở thành mối quan tâm hàng đầu. Giảm nhiên liệu tiêu dùng được coi là mục tiêu tối quan trọng do áp lực kinh tế và môi trường.Các quy định, tiềm năng tiết kiệm nhiên liệu có thể thực hiện được đối với các tàu hiện có thông qua các biện pháp vận hành.

- Mục đích tổng thể của bài báo này là phát triển một mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) dựa trên quyết định hệ thống hỗ trợ cho các nhà khai thác tàu trong việc đưa ra các quyết định liên quan đến việc thực hiện các hoạt động các biện pháp xem xét cả khía cạnh kinh tế và môi trường để cải thiện hiệu quả tiết kiệm năng lượng của tàu.

.- Nghiên cứu này đã chứng minh hai điểm mới, đầu tiên là dự đoán mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu bằng cách sử dụng một cách tiếp cận không chính xác, mô hình ANN, thứ hai là phát triển một công cụ hỗ trợ quyết định để giúp nhân sự đưa ra các quyết định tối ưu trên cơ sở thời gian thực để vận hành tàu tiết kiệm năng lượng.

- Nghiên cứu này là lần đầu tiên một mô hình ANN được thiết kế để dự đoán mức tiêu thụ nhiên liệu trong hoạt động của tàu sử dụng dữ liệu báo cáo buổi trưa tàu. Với động lực này, phương pháp đề xuất có thể được coi là thành công,là công cụ hỗ trợ quyết định cho người điều hành tàu trong việc dự báo mức tiêu thụ nhiên liệu dựa trên các điều kiệnhoạt động hàng ngày khác nhau

- Hệ thống hỗ trợ quyết định được đề xuất cung cấp một cách tiếp cận chiến lược khi các nhà khai thác tàu phải thực hiện các quyết định của họ ở cấp độ hoạt động xem xét cả khía cạnh kinh tế và môi trường.

- Kết quả thu được cho thấy rõ ràng rằng mạng nơ-ron có thể học rất chính xác các mối quan hệ giữa các biến đầu vào và mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu. Hơn nữa, ANN cung cấp tương đối tốt hơn về kết quả dự đoán về mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu khi so sánh với kết quả thu được bằng mô hình MR.

- DSS được phát triển bao gồm cả mô hình dự đoán cũng có thể được sử dụng trong quá trình thiết kế tàu để đánh giá lượng nhiên liệu tiêu thụ và các khía cạnh môi trường đối với các phương án thiết kế.

- Do mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố không thể kiểm soát được trong môi trường biển, việc khám phá chi tiết mối liên hệ giữa các biến đầu vào khác và mức tiêu thụ nhiên liệu của tàu nên là bước tiếp theo trong các nghiên cứu trong tương lai. Do đó, việc xem xét các thay đổi đáng kể với cấu hình hoạt động của các tàu khác nhau và một số lượng lớn các tham số không thể kiểm soát, không chỉ mô hình MR mà còn các mô hình dự đoán khác sẽ cần thiết để cải thiện độ chính xác. Ngoài ra, các hệ thống hỗ trợ quyết định khác có thể được phát triển cho các loại tàu khác nhau như tàu chở hàng rời, container, v.v. và số lượng tàu lớn hơn với nhiều loại nét đặc trưng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Third IMO GHG Study. London: International Maritime Organization (IMO); 2014.

[2] OECD Globalization, Transport and the Environment. 2010, ISBN 978-92-64-07290-9.

[3] Walsh, C., Bows, A. Size matters: Exploring the importance of vessel characteristics to inform estimates of shipping emissions, Applied Energy 2012; 98: 128–137.

[4] Gilbert, P., Bows,A., Exploring the scope for complementary sub-global policy to mitigate CO2 from shipping, Energy Policy 2012; 50: 613–622.

[5] Lindstad, H., Asbjørnslett, B.E., Strømman, A.H., The importance of economies of scale for reductions in greenhouse gas emissions from shipping, Energy Policy 2012; 50: 613–622.

[6] Eyring V, Isaksen IS, Berntsen T, Collins WJ, Corbett JJ, Endresen O, et al. Transport impacts on atmosphere and climate: shipping. Atmos Environ 2009;44(37):4735–71.

THIẾT KẾ BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT KIỂU TẤM SỬ DỤNG TRONG CHU TRÌNH RANKINE HỮU CƠ NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH

DESIGN OF PLATE HEAT EXCHANGERS FOR USE IN MEDIUM TEMPERATURE ORGANIC RANKINE CYCLES

Tae-Woo Lim, Yong-Seok Choi và Chun-Ki Lee

Biên dịch: HOÀNG ĐỨC TUẤN

Bộ môn Máy tàu thủy - Khoa Máy tàu biển

Tóm tắt:

Chu trình Rankine hữu cơ (ORC) được sử dụng để thu hồi hiệu quả nhiệt khí thải từ động cơ tàu thủy. Một trong những yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của hệ thống ORC các là bộ trao đổi nhiệt được sử dụng trong đó. Trong nghiên cứu này, sử dụng các bộ trao đổi nhiệt dạng tấm làm bộ trao đổi nhiệt cho dàn bay hơi và bình ngưng trong hệ thống ORC. Điều này là do thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm có thể đạt được kích thước nhỏ hơn và hệ số truyền nhiệt cao hơn so với thiết bị trao đổi nhiệt dạng vỏ và ống bằng cách giảm diện tích truyền nhiệt. Để xác định diện tích truyền nhiệt của dàn bay hơi và dàn ngưng, cần lựa chọn tương quan truyền nhiệt thích hợp theo đường dẫn dòng và điều kiện chất lỏng. Do đó, diện tích truyền nhiệt của thiết bị bay hơi trong hệ thống ORC thu được bằng cách sử dụng tương quan truyền nhiệt bay hơi của Kim và các đồng nghiệp. Ngoài ra, diện tích truyền nhiệt của bình ngưng trong hệ thống ORC được tính toán bằng cách sử dụng tương quan truyền nhiệt ngưng tụ của Yan. Từ kết quả thu được bằng mô phỏng này, các hệ số truyền nhiệt bay hơi và ngưng tụ hiện phân tích và so sánh với tài liệu.

Abstract:

An organic Rankine cycle (ORC) is used to efficiently recover the exhaust gas waste heat discharged from a ship. One of the crucial factors that determines the efficiency of an ORC system is the heat exchanger used in it. In this study, a plate heat exchanger is used as the heat exchanger for the evaporator and condenser in an ORC system. This is because a plate heat exchanger can achieve smaller size and higher heat transfer coefficient in contrast to the shell-and-tube heat exchanger by reducing the heat transfer area. In order to determine the heat transfer area of the evaporator and the condenser, an appropriate heat transfer correlation should be selected according to the flow path and fluid condition. Therefore, the heat transfer area of the evaporator in an ORC system is obtained by using the evaporation heat transfer correlation of Kim et al. In addition, the heat transfer area of the condenser in an ORC system is calculated using the condensation heat transfer correlation of Yan et al. From the results obtained by this simulation, the existing evaporation and condensation heat transfer coefficients in the literature are compared and analyzed.

Key words: *organic Rankine cycle, efficiently, exhaust gas, heat transfer area, evaporator, condenser, plate heat exchanger, preheater, heat transfer coefficient, correlate….*

No	K H	Tên gọi	Đơn vị	No	K H	Tên gọi	Đơn vị
1	A	Diện tích bề mặt trao nhiệt	m^2	14	m	Lưu lượng lưu thông	Kg/s
2	b	Chiều cao gờ lượn sóng	m	15	Nu	Số Nusselt	
3	bd	Số liên kết		16	P	Áp suất	Pa
4	Bo	Số sôi		17	P_{co}	Bước gợn sóng	m
5	C_p	Ndr khối lượng đẳng áp	kJ/kg.K	18	Pr	Số Prandtl	
6	Co	Số đối lưu		19	q”	Mật độ dòng nhiệt	W/m^2
7	d_{eq}	Đường kính tương đương	m	20	Q	Dòng nhiệt	W
8	d_h	Đường kính thủy lực	m	21	Re	Số Raynolds	
9	f	Yếu tố ma sát		22	T	Nhiệt độ tuyệt đối	K
10	G	Trọng lượng lưu thông	$Kg/m^2.s$	23	t	Chiều dày tấm	m

11	*h*	*Hệ số truyền nhiệt*	*kW/m^2.K*	*24*	*ΔT_{lm}*	*Độ chênh logarit trung bình nhiệt độ*	*K*
12	*K*	*Hệ số dẫn nhiệt*	*kW/m.K*	*25*	*W*	*Chiều rộng*	*m*
13	*L*	*Chiều dài*	*m*	*26*	*x*	*Độ khô của hơi*	
14	*m*	*Lưu lượng lưu thông*	*Kg/s*				

1. Lời giới thiệu

Trong những ần đây một số công nghệ đã được đề xuất áp dụng và đánh giá bởi qua nghiên cứu. Đặc biệt, sử dụng chu trình Rankine thực (ORC) được xem là có triển vọng nhất. Các chu trình Rankine hơi nước hiện có hoạt động ở các nguồn nhiệt có nhiệt độ trung bình (khoảng 230÷650 ^{0}C).Tuy nhiên, sẽ không hiệu quả về chi phí ở các nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp hơn 230 ^{0}C. Trong phạm vi nhiệt độ thấp và một phần của phạm vi nhiệt độ trung bình, ORC có một số lợi thế so với chu trình Rankine hơi nước. Chất lỏng hữu cơ được sử dụng trong ORC có nhiệt độhóa hơi thấp hơn và có thể làm mát nguồn nhiệt tốt hơn nước ở cùng nhiệt độ bão hòa.Một trong những yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của một hệ thống ORC là bộ trao đổi nhiệt. Bộ trao đổi nhiệt dạng ống và vỏ ít được sử dụng rộng rãi làm bộ trao đổi nhiệt khí thải vì sự phản áp của khí. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được sử dụng rộng rãi nhất vì hiệu quả cao, gọn nhẹ và ưu điểm thu nhiệt với chênh lệch nhiệt độ rất nhỏ. Ngoài ra, chi phí của các thiết bị trao đổi nhiệt như bộ gia nhiệt sơ bộ, dàn bay hơi, bộ quá nhiệt và bình ngưng chiếm một tỷ lệ cao trong tổng chi phí của một hệ thống ORC, do đó việc dự đoán hiệu suất chính xác của bộ trao đổi nhiệt là rất quan trọng.

2. Tổng quan hệ thống và mô hình hóa

Palmer và cộng sự đã trình bày các số Nusselt trung bình cho chất làm lạnh tinh khiết R22, R290, hỗn hợp R290/R600a và R32/R152a cho quá trình bay hơi và ngưng tụ trong bộ trao đổi nhiệt dạng tấm. Họ đã đề xuất một mối tương quan qua đó để dự đoán dữ liệu truyền nhiệt bay hơi cho R22, R290 và R290/R600a, đồng thời đề xuất một mối tương quan khác cho R32 và hỗn hợp R152a.

Kim và cộng sự đã tìm ra đặc tính truyền nhiệt bay hơi của R410A. Điều được chỉ ra là hiệu suất truyền nhiệt bay hơi tăng theo lưu lượng khối lượng và mật độ dòng nhiệt trung bình, ảnh hưởng của lưu lượng khối lượng và nhiệt độ bão hòa lần lượt tăng và giảm tương ứng.

Arima và cộng sự đã tìm ra đặc tính truyền nhiệt sôi cục bộ của amoniac trong thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm đứng với lưu lương khối lượng nhỏ. Họ quan sát thấy rằng sự sôi đối lưu cưỡng bức chiếm ưu thế trong hầu hết các thí nghiệm. Các kết quả thí nghiệm này đã được xác nhận thông qua trực quan. Hệ số truyền nhiệt sôi cục bộ tăng theo chất lượng của hơi cho đến khi đạt tới 0,7. Hệ số truyền nhiệt giảm đáng kể khi xảy ra hiện tượng khô hơi.

Han và cộng sự đã tiến hành các thí nghiệm sử dụng R410A và R22 cho tấm với ba loại góc nghiêng (200, 350, 450). Họ đã dùng mật độ dòng nhiệt thấp hơn nhiều so với cách mà Hsieh và Lin sử dụng. Họ kết luận rằng cả hệ số truyền nhiệt sôi và độ giảm áp suất tăng theo lưu lượng khối lượng và chất lượng hơi, nhưng giảm theo nhiệt độ bão hòa và góc nghiêng.

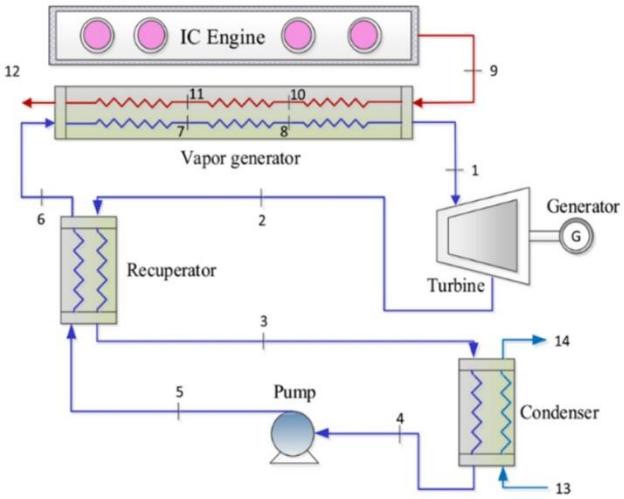
Trong một nghiên cứu trước đây, hệ thống ORC được thiết kế để thu hồi nhiệt thải từ khí thải của động cơ diesel tàu thủy, thu được hiệu suất cực đại là 28,4%. Điều này rất quan trọng để cải thiện hiệu quả của toàn bộ hệ thống thu hồi nhiệt thải ORC. Một điều nhận thấy là các bộ trao đổi nhiệt chiếm tỷ trọng lớn trong hệ thống ORC. Do đó, thiết kế tối ưu của bộ trao đổi nhiệt sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả của hệ thống ORC. Đặc biệt, hiệu suất của bộ trao đổi nhiệt có thể thay đổi đáng kể tùy thuộc vào hệ số truyền nhiệt nào được áp dụng trong bầu ngưng và thiết bị bay hơi trong đó có xảy ra sự thay đổi pha. Trong nghiên cứu này, để thiết kế bộ trao đổi nhiệt của hệ thống ORC, việc sử dụng các tài liệu liên quan truyền nhiệt một pha và hai pha và tính diện tích truyền nhiệt được áp dụng thông qua xem xét các mô phỏng đặc điểm truyền nhiệt trong thiết kế bộ trao đổi nhiệt dạng tấm trong hệ thống ORC. Từ kết quả thu được, so sánh với hệ số truyền nhiệt bay hơi và ngưng tụ hiện có trong tài liệu.

Trong nghiên cứu này, bố trí một hệ thống kết hợp để thu hồi nhiệt thải bằng cách kết nối khí thải nhiệt độ cao từ động cơ dẫn động sang ORC và cho thấy sơ đồ biểu đồ Hình 1. Các thông số chính đối với động cơ tàu thủyđã nêu trong bài báo của Liang, được đưa ra trong Bảng 1. Thành phần của khí thải được giả định là CO_2 là 17,60%, H_2O là 5,25%, N2 là 72,16%, O_2 là 4,5% và SO_2 là 0,45%. Toluen và benzen được sử dụng làmcông chất lỏng trong hệ thống ORC. Nói chung, công

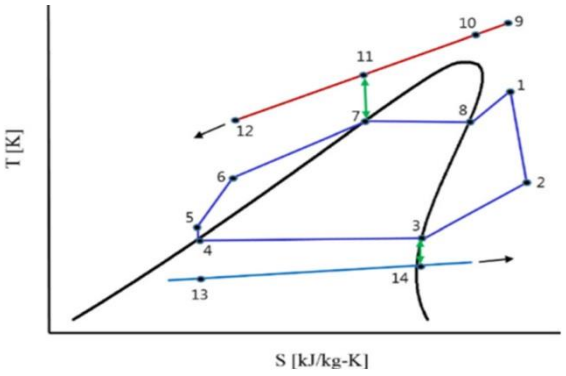
chất lỏng có thể được phân thành ba loại dựa trên nhiệt độ tới hạn, là chất lỏng nhiệt độ thấp t_k< 150 ^{0}C), chất lỏng nhiệt độ trung bình t_k = (150 ÷ 250)^{0}C và chất lỏng nhiệt độ cao t_k > 250 ^{0}C.

Vì nhiệt độ bay hơi trong nghiên cứu này được đặt ở 190 ^{0}C, công chất lỏng có thể được sử dụng ở nhiệt độ này là toluen và benzen. Đặc tính truyền nhiệt và diện tích truyền nhiệt của bộ trao đổi nhiệt được đánh giá bằng cách sử dụng hai chất lỏng này. Chất lỏng được phân thành ba loại theo độ dốc của đường entropy hơi bão hòa trong biểu đồ T-s, cụ thể, nó được gọi là chất lỏng ướt (đối với độ dốc âm), chất lỏng đẳng hướng (đối với độ dốc bằng 0) hoặc chất lỏng khô (đối với độ dốc dương). Trong Bảng 2, toluen và benzen đều là chất lỏng khô. Ngoài ra, số Jacob của toluen và benzen lần lượt là 0,8687 và 0,8834. Số Jacob, $J_a = \overline{C_p \Delta T / h_{fg}}$ là một chỉ số tốt về hiệu suất nhiệt của chất lỏng trong hệ thống ORC. Trên Hình 2 cho thấy đồ thị T-S của toluen. Nhìn chung, sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm có thể đạt được kích thước nhỏ hơn và hệ số truyền nhiệt cao hơn so với sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng vỏ và ống; Trong nghiên cứu này, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm được sử dụng làm bộ trao đổi nhiệt cho bộ tiền sấy, bộ bay hơi, bộ quá nhiệt và bình ngưng.

Chương trình mô phỏng chính cho hệ thống ORC được viết bằng MATLAB, và các đặc tính nhiệt động lực học và các đặc tính vận động của công chất lỏng thu được bằng cách sử dụng REFPROP.



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý hệ thống ORC.



Hình 2: Đồ thị T-S của toluen.

Trước khi mô phỏng, các điều kiện ban đầu nên được thiết lập trước tiên, và các giá trị được trình bày trong bảng 3. Điểm pinch chênh lệch nhiệt độ (PPTD) giữa công chất lỏng và khí thải ở thiết bị bay hơi được coi là 30 ^{0}C để đáp ứng hiệu suất của thiết bị trao đổi nhiệt chất lỏng khí.

3. Thiết kế bộ trao đổi nhiệt

3.1. Hình học của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm

Hệ thống ORC bao gồm một thiết bị tạo hơi, tuabin hơi, thiết bị thu hồi, bầu ngưng và một bơm. Đặc biệt, bộ tạo hơi thu hồi nhiệt thải từ khí thải, được chia thành ba bộ phận: bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi và bộ quá nhiệt. Các bộ trao đổi nhiệt trong thiết bị tạo hơi, bầu ngưng và bộ thu hồi nhiệt đều sử dụng bộ trao đổi nhiệt dạng tấm kiểu Chevron có dạng hình chữ V được gọi là hình xương cá và vật liệu của tấm này là titan. Hình 3 và Bảng 4 cho thấy hình dạng và các thông số chính của tấm Chevron.

Đường kính lưu thông của kênh dẫn:

$$d_h = \frac{4.\text{diện tích lưu thông dòng chảy}}{\text{chu vi ướt}} = \frac{4bL_w}{2L_w\varphi} = \frac{2b}{\varphi} \quad (1)$$

Yếu tố mở rộng diện tích và được định nghĩa là:

$$\varphi = \frac{1}{6}\left(1 + \sqrt{1 + X^2}\right) + 4\sqrt{(1 + \frac{X^2}{2})} \quad (2)$$

X là một tham số uốn nếp không thứ nguyên:

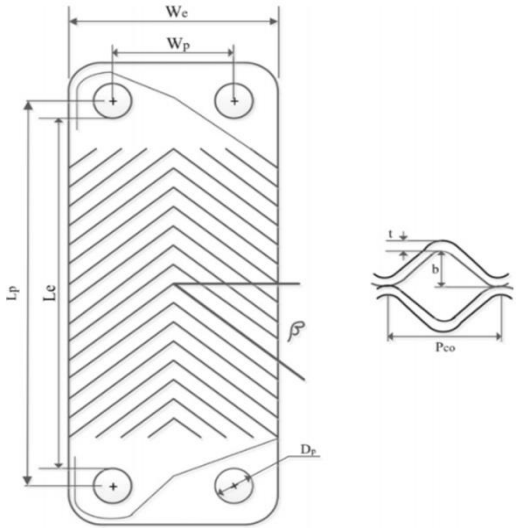
$$X = \frac{b\pi}{P_{co}} \quad (3)$$

Đường kính tương đương:

$$d_{eq} = 2b \quad (4)$$

Lưu lượng khối lượng xác định bởi phương trình:

$$G = \frac{m}{bW_e} \quad (5)$$



Hình 3: Kích thước hình học của tấm.

Bảng 1: Thông số của động cơ.

Thông số	Giá trị
Kiểu động cơ	9RTA-96C
Công suất cực đại	51480 KW
Lưu lượng khối lượng khí xả	105,5 kg/s
Nhiệt độ khí xả	587 K

3.2. Tính toán diện tích truyền nhiệt

Diện tích các bề mặt truyền nhiệt được tính toán là bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi, bộ quá nhiệt và bình ngưng. Hệ số truyền nhiệt tổng hợp cho mỗi thành phần được xác định như sau:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_c} + \frac{1}{k} + \frac{1}{h_n} \quad (6)$$

Trong đó:

U - hệ số truyền nhiệt tổng hợp, và h_c và h_h đặc trưng cho hệ số truyền nhiệt của chất lỏng lạnh và chất lỏng nóng, tương ứng.

Một mối quan hệ truyền nhiệt thích hợp được chọn tùy thuộc vào đường dẫn dòng chảy và điều kiện chất lỏng.

Diện tích bề mặt truyền nhiệt cho mỗi thành phần tính theo phương trình:

$$A = \frac{Q}{U\Delta T_{lm}} \quad (7)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,in} - (T_{c,out}) - (T_{h,out} - (T_{c,in})}{\ln\left[(T_{h,in} - (T_{c,out}) / (T_{h,out} - (T_{c,in})\right]} \quad (8)$$

Trong đó ΔT_{lm} là chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit:

Bảng 2: Tính chất của công chất.

Môi chất	Tc	Pc	K.l mol	Kiểu
Toluele	591,75 [K]	4,13 [Mpa]	92,14 [g/mol]	khô
Benzen	562,05 [K]	4,89 [Mpa]	78,11 [g/mol]	khô

Bảng 3: Các điều kiện ban đầu giả định cho hệ thống ORC

Nhiệt độ vào tua bin [^{0}C]	210; 240; 270
Nhiệt độ bay hơi [^{0}C]	190
Nhiệt độ ngưng tụ [^{0}C]	45
Nhiệt độ nước làm mát ban đầu [^{0}C]	25
PPTD bay hơi [^{0}C]	30
PPTD ngưng tụ [^{0}C]	10

3.3. Hệ số truyền nhiệt

3.3.1. Hệ số truyền nhiệt một pha

Số Nusselt pha lỏng và hệ số truyền nhiệt ở phía chất lỏng làm việc trong bộ gia nhiệt sơ bộ và bộ thu hồi nhiệt có thể được tính toán tương ứng như sau:

$$\frac{1}{f^{0,5}} = \frac{\cos\beta}{(0{,}18\tan\beta + 0{,}36\sin\beta + f_0/\cos\beta)^{0,5}} + \frac{(1-\cos\beta)}{(3{,}8f_1)^{0,5}} \quad (9)$$

Khi Re_g < 2000 thì:

$$f_0 = \frac{64}{Re_g},\ f_1 = \frac{579}{Re_g} + 3{,}85 \quad (10)$$

Khi $Re_g \geq$ 2000 thì:

$$f_0 = \left(1{,}81\lg Re_g - 1{,}5\right)^{-2};\ f_1 = \frac{39}{Re_g^{0,289}} \quad (11)$$

$$h_{gas} = \frac{Nu_g . k_g}{d_{eq}} \quad (12)$$

Hệ số truyền nhiệt về phía nước làm mát trong bầu ngưng:

$$h_{water} = 0{,}724 \left(\frac{k_w}{d_h}\right) \left(\frac{6\beta}{\pi}\right)^{0{,}646} Re_w^{\,0{,}583} Pr_w^{\,0{,}33} \quad (13)$$

Số Nusselt và hệ số truyền nhiệt về phía khí thải bên trong bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi và bộ quá nhiệt thu được bằng phương trình:

Khi: $10^4 < Re_{exh} < 5.10^6$ thì:

$$Nu_{exh} = \left(\frac{f_{exh}}{8}\right)(Re_{exh} - 1000)Pr_{exh} / \left[12{,}7(f_{exh}/8)^{0{,}5}\left(Pr_{exh}^{\,2/3} - 1\right) + 1{,}07\right] \quad (14)$$

Khi: $Re_{exh} < 10^4$ thì:

$$Nu_{exh} = \left(\frac{f_{exh}}{8}\right) Re_{exh} Pr_{exh} / \left[12{,}7(f_{exh}/8)^{0{,}5}\left(Pr_{exh}^{\,2/3} - 1\right) + 1{,}07\right] \quad (15)$$

Khi: $f_{exh} = (1{,}82.\lg Re_{exh} - 1{,}64)^{-2}$ thì:

$$h_{exh} = \frac{Nu_{exh} k_{exh}}{d_{eq}} \quad (16)$$

3.3.1. Hệ số truyền nhiệt hai pha

Hệ số truyền nhiệt sôi của công chất lỏng trong thiết bị bay hơi được tính theo công thức sau:

$$h_{boiling} = 5{,}323 \left(\frac{k_l}{d_l}\right) Re_{eq}^{\,0{,}42} Pr_l^{\,1/3} \quad (17)$$

Hệ số truyền nhiệt của chất lỏng ngưng tụ trong bình ngưng được tính theo công thức sau:

$$h_{con} = 4{,}118 \left(\frac{k_l}{d_h}\right) Re_{eq}^{\,0{,}4} Pr_l^{1/3} \quad (18)$$

Trong đó Re_{eq} là số Reynolds tương đương như được đề xuất bởi Akers và được định nghĩa là:

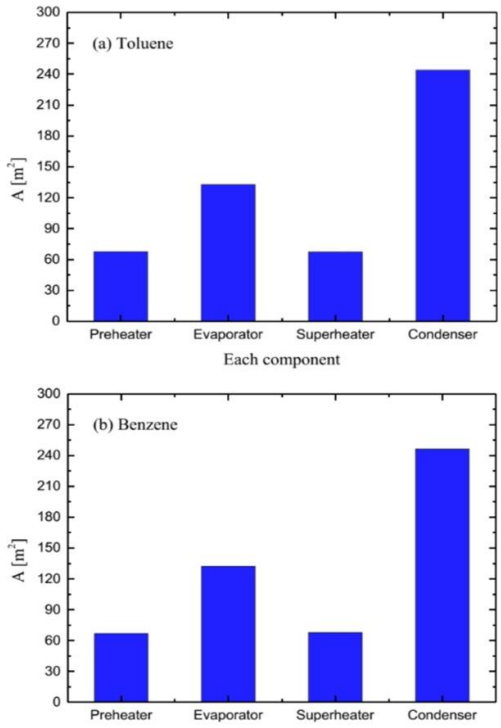
$$Re_{eq} = \frac{G_{eq} d_h}{\mu_l}; G_{eq} = G\left[(1 - X) + X\left(\frac{\rho_l}{\rho_V}\right)^{0{,}5}\right] \quad (19)$$

Bảng 4. Thông số hình học bộ trao nhiệt tấm

Thông số	Giá trị
Góc chevron, β [deg]	60
Khoảng cách các tấm, b [mm]	0,0022
Chiều dày tấm, t [mm]	0,0005
Bước dập song	0,01325
Chiều rộng hiệu quả	0,55

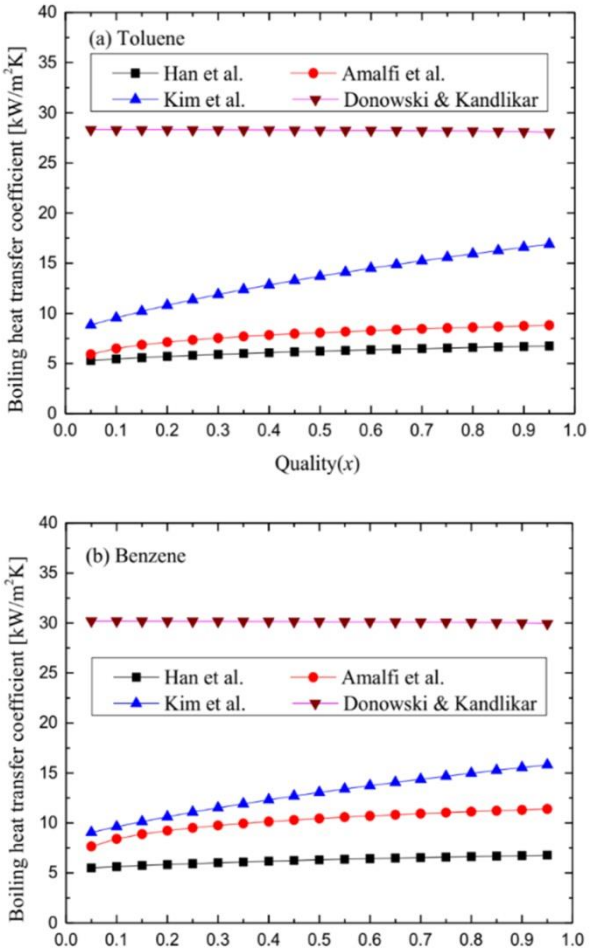
4. Kết quả và thảo luận

Diện tích truyền nhiệt của bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi, bộ quá nhiệt và bầu ngưng được chỉ ra trên Hình 4. Diện tích truyền nhiệt của bộ gia nhiệt sơ bộ và bộ quá nhiệt xấp xỉ 67 m^2 cho cả hai toluen và benzen, và diện tích truyền nhiệt của thiết bị bay hơi là khoảng 133 m^2 đối với toluen và khoảng 132 m^2 đối với benzen. Đối với thiết bị bay hơi, diện tích truyền nhiệt cho toluen và benzen trong bầu ngưng được tìm thấy lần lượt là khoảng 244 m^2 và 246 m^2. Ngoài ra, diện tích truyền nhiệt trong thiết bị bay hơi và bầu ngưng được tính toán bằng cách sử dụng mối tương quantruyền nhiệt sôi theo Kim và tương tự là tương quan truyền nhiệt ngưng tụ của Yan. Do đó, diện tích truyền nhiệt có thể hơi khác nhau tùy thuộc vào tương quan truyền nhiệt nào được sử dụng.



Hình 4. Diện tích truyền nhiệt các thiết bị

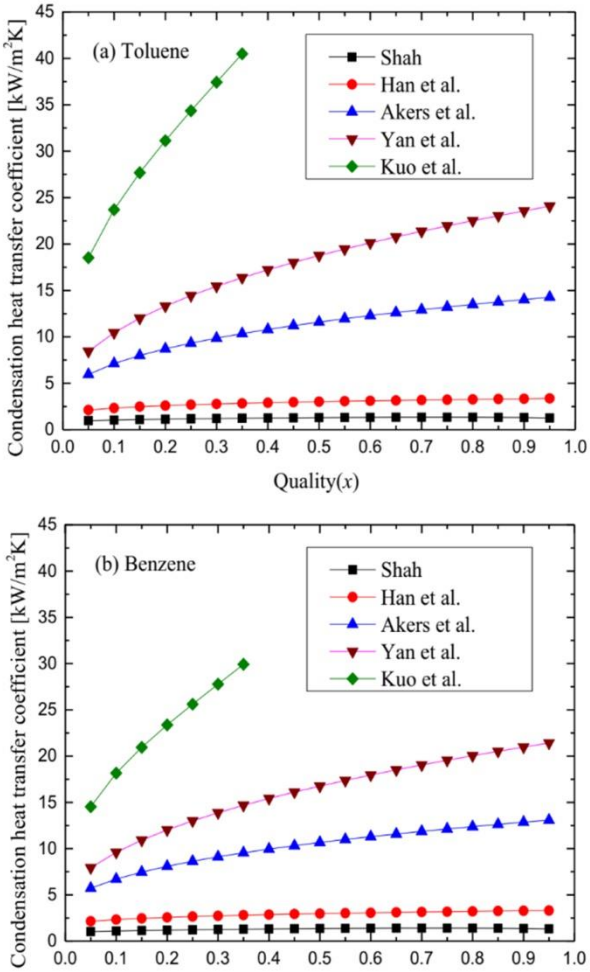
Sự thay đổi hệ số truyền nhiệt sôi với chất lượng hơi ở nhiệt độ đầu vào tuabin là 270 ^{0}C thể hiện trên Hình 5. Khi sử dụng toluen và benzen làm công chất lỏng, mối tương quan của Han gần như tương tự đối với hai công chất lỏng. Mối tương quan của Amalfi và Donowski và Kandlikar cao hơn đối với benzen, và mối tương quan của Kim cho thấy các giá trị gần như tương tự trong vùng chất lượng hơi thấp. Khi chất lượng hơi tăng lên, hệ số truyền nhiệt của toluen cao hơn hệ số truyền nhiệt của benzen. Đối với mỗi công chất lỏng làm, mối tương quan của Donowski và Kandlikar dự đoán hệ số truyền nhiệt cao hơn đáng kể so với các tương quan khác. Donowski và Kandlikar đã phát triển hệ số truyền nhiệt một pha và hệ số truyền nhiệt bay hơi hai pha bằng cách sử dụng nguyên dữ liệu của Yan và Lin. Họ phát hiện ra rằng có một sai số giữa mối tương quan của Yan và Lin và dữ liệu thử nghiệm và phát triển một mô hình cải tiến để khắc phục lỗi này. Đặc biệt, hai mối tương quan cho hai pha truyền nhiệt bay hơi đã được phát triển. Mối tương quan đầu tiên được khuyến nghị vì mối tương quan thứ hai thiếu cơ sở lý thuyết. Người ta thấy rằng mối tương quan đầu tiên thu được từ các chất làm lạnh hoặc các điều kiện được sử dụng trong nghiên cứu này đã được dự đoán quá mức. Mặt khác, mối tương quan của Han các cộng sự cho thấy hệ số truyền nhiệt thấp nhất so với các mối tương quan khác. Trong các mối tương quan của chúng, hệ số truyền nhiệt tăng lên khi tăng lưu lượng khối lượng và chất lượng hơi, tuy nhiên người ta đã báo cáo rằng hệ số truyền nhiệt giảm khi nhiệt độ bão hòa và góc Chevron tăng. Do đó, hệ số truyền nhiệt được coi là thấp vì giá trị nhiệt độ bão hòa của nghiên cứu này cao. Mối tương quan của Amalfi các cộng sự dự đoán hệ số truyền nhiệt cao hơn một chút so với tương quan của Han các cộng sự. Theo tài liệu đánh giá của Eldeeb các cộng sự, mối tương quan của Amalfi dự đoán hệ số truyền nhiệt tốt hơn cho các chất làm lạnh khác nhau bao gồm cả amoniac. Tuy nhiên, sự gia tăng hệ số truyền nhiệt trong mối tương quan của chúng có thể không lớn lắm khi lưu lượng khối lượng và chất lượng hơi tăng lên. Các mối tương quan của Kim dự đoán cao hơn lần khoảng 1,5 ~ 2 hệ số truyền nhiệt so với tương quan của Amalfi. Bởi vì ảnh hưởng của lưu lượng khối lượng và độ bão hòa nhiệt độ trong mối tương quan của chúng tăng và giảm tương ứng, theo đó là mối tương quan của Kim dự đoán hệ số truyền nhiệt cao hơn so với tương quan của Han và cộng sự. Do đó, trong nghiên cứu này, mối tương quan của Kim được sử dụng để tính toán diện tích truyền nhiệt sôi có xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ bão hòa tương đối cao và từ thông khối lượng. Bảng 5 tóm tắt các mối tương quan được sử dụng trong nghiên cứu này so với các mối tương quan thu được trong tài liệu. Sự thay đổi của hệ số truyền nhiệt ngưng tụ theo chất lượng hơi ở nhiệt độ đầu vào tuabin là 270 ^{0}C trên Hình 6.



Hình 5. Sự thay đổi hệ số truyền nhiệt sôi theo chất lượng hơi

Bảng 6. Tương quan truyền nhiệt sôi

Tác giả	Tương quan
Donowski và Kandlika	$h = \left[1{,}184{C_0}^{-0{,}3} + 225{,}5{B_o}^{2{,}8}\right](1-X)^{0{,}003}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)Nu_{l0}$
	$h = 1{,}055\left[1{,}056{C_0}^{-0{,}4} + 1{,}02{B_o}^{0{,}9}\right]X^{-0{,}12}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)Nu_{l0}^{0{,}98}$
	trong đó: $Nu_{l0} = 0{,}2875Re_{l0}^{0{,}78}{Pr_l}^{1/3}$
Han	$h = Ge_l\left(\frac{k_l}{d_h}\right)Re_{eq}^{Ge2}{B_0}_{eq}^{0{,}3}{Pr_l}^{0{,}4}$
	$Ge_1 = 2{,}81\left(\frac{P_{co}}{d_h}\right)^{-0{,}041}\left(\frac{P_{co}}{d_h}\right)^{-2{,}83}$; $Ge_2 = 0{,}746\left(\frac{P_{co}}{d_h}\right)^{-0{,}082}\left(\frac{P_{co}}{d_h}\right)^{0{,}61}$
	Với B_d< 4
	$h = 982\left(\frac{k_l}{d_h}\right)\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{1{,}101}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{0{,}315}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{-0{,}224}Bo^{0{,}32}$
Amalfi	Với $B_d \geq 4$
	$h = 18{,}495\left(\frac{k_l}{d_h}\right)\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{0{,}248}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{0{,}115}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{0{,}315}\left(\frac{k_l}{d_h}\right)^{0{,}223}{B_d}^{0{,}235}{B_o}^{0{,}198}$
	Với: $B_d = \frac{(\rho_l-\rho_v)gd_h^2}{\sigma}$; $B_0 = \frac{q^{"}}{Gh_{fg}}$; $\beta_{max} = 70^0$; $\rho_{m=}\left[\frac{X}{\rho_v}+\frac{X}{\rho_l}\right]^{-1}$



Hình 6. Sự thay đổi hệ số truyền nhiệt sôitheo chất lượng hơi

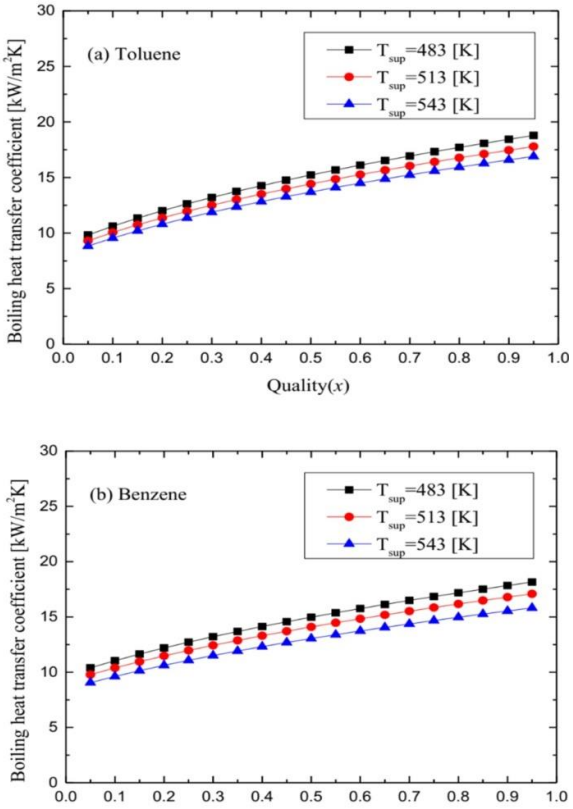
Mối tương quan của Shah và Han đối với sự truyền nhiệt ngưng tụ khi sử dụng toluen và benzen làm công chất lỏng cho thấy một xu hướng tương tự. Tuy nhiên, mối tương quan của Akers của Yan và Kuo cao hơn khi sử dụng toluen làm công chất lỏng. Các mối tương quan của Shah được sử dụng rộng rãi trong tính toán kỹ thuật của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm vì nó đã được phát triển để truyền nhiệt ngưng tụ của các ống ngang và dọc từ dữ liệu thực nghiệm rộng rãi. Tuy nhiên, mối tương quan của ông không tính đến đặc tính hình học và đặc tính nhiệt của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, và do đó cho thấy hệ số truyền nhiệt thấp hơn so với các mối tương quan khác. Mối tương quan của Han cùng các cộng sự là phù hợp khi xét đến ảnh hưởng của hình dạng hình học của tấm.

Giống như hệ số truyền nhiệt sôi, đã được báo cáo rằng mối tương quan của chúng tăng lên khi tăng lưu lượng khối và chất lượng hơi, nhưng giảm khi tăng nhiệt độ bão hòa và góc Chevron. Do đó, trong nghiên cứu này hệ số truyền nhiệt sẽ vẻ thấp vì nhiệt độ bão hòa cao.

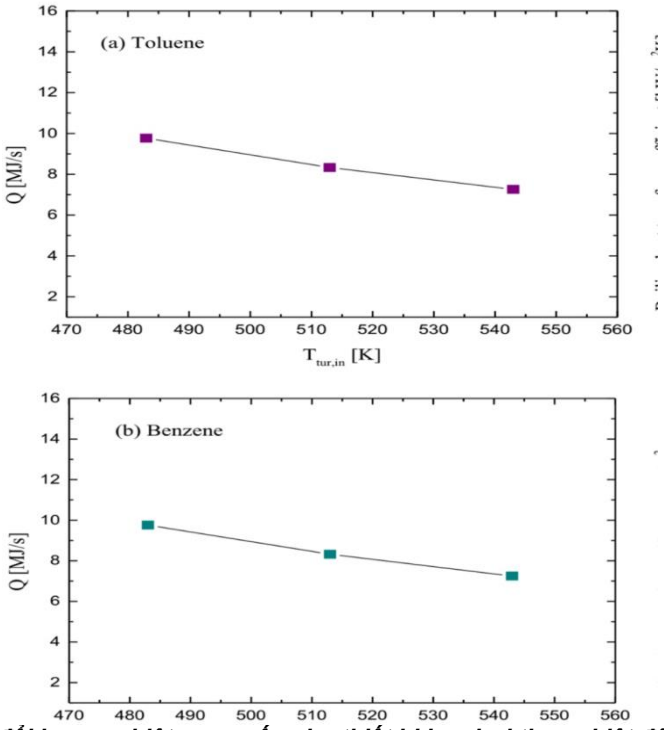
Mối tương quan của Akers đã được Longo trình bày, đã xác nhận rằng số Nusselt cổ điển cho sự ngưng tụ màng nhiều lớp trên bề mặt thẳng đứng và số Nusselt thu được bằng cách sử dụng mối tương quan của Akers đối với ngưng tụ đối lưu cưỡng bức trong ống thể hiện sự đồng thuận tuyệt vời với các kết quả thực nghiệm. Trong nghiên cứu này, mối tương quan của Akers dự đoán hệ số truyền nhiệt cao hơn 2,8 đến 4,2 lần so với tương quan của Han.

Mối tương quan của Yan phát triển có tính đến ảnh hưởng của lưu lượng khối lượng, mật độ dòng nhiệt, chất lượng hơi và áp suất ngưng tụ. Một điều được chỉ ra là hệ số truyền nhiệt ngưng tụ thu được từ mối tương quan của Yan tăng khi tăng lưu lượng khối lượng. Bởi vì lưu lượng khối lượng 300 kg/m^2/s được coi là cao hơn một chút trong bầu ngưng của nghiên cứu này, hệ số truyền nhiệt ngưng tụ thu được theo mối tương quan của Yan có thể cao hơn hệ số truyền nhiệt ngưng tụ thu được bằng các tương quan khác. Do đó, trong nghiên cứu này, mối tương quan của Yan được

sử dụng để tính toán diện tích truyền nhiệt của bầu ngưng có xét đến ảnh hưởng của lưu lượng khối lượng lớn. Mối tương quan của Kuo dự đoán hệ số truyền nhiệt cao nhất. Đặc biệt hệ số truyền nhiệt tăng mạnh ở vùng có chất lượng hơi cao. Bảng 6 cho thấy các mối tương quan truyền nhiệt ngưng tụ được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 7. Sự thay đổi hệ số truyền nhiệt sôiNhiệt độ hơi vào tua bin



Hình 8. Sự thay đổi lượng nhiệt cung cấp cho thiết bị bay hơi theo nhiệt độ đầu vào tuabin

Trên Hình 7 cho thấy sự thay đổi của hệ số truyền nhiệt với nhiệt độ đầu vào tuabin (210, 240, 273)^{0}C. Như có thể thấy trong hình, một điều nhận thấy là hệ số truyền nhiệt giảm khi nhiệt độ đầu vào tuabin tăng lên. Nhiệt lượng cung cấp cho dàn bay hơi từ nguồn nhiệt cũng giảm vì nhiệt độ của điểm 10 trong Hình.1 và 2 giảm khi nhiệt độ đầu vào tuabin tăng. Hình 8 cho thấy sự thay đổi lượng nhiệt cung cấp cho thiết bị bay hơi khi nhiệt độ đầu vào tuabin tăng lên. Do đó, có thể dự đoán rằng hệ số truyền nhiệt sôi tăng nhẹ khi nhiệt lượng nhận của nguồn nhiệt tăng lên.

5. Kết luận

Do hiệu suất của bộ trao đổi nhiệt là yếu tố quan trọng về hiệu quả của hệ thống ORC, nó bị ảnh hưởng rất nhiều bởi diện tích truyền nhiệt, trong nghiên cứu này diện tích truyền nhiệt thu được bằng cách mô phỏng sử dụng bộ trao đổi nhiệt tấm. Diện tích truyền nhiệt của bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi, bộ quá nhiệt và bình ngưng gần như tương tự đối với toluen và benzen. Diện tích truyền nhiệt của bộ gia nhiệt sơ bộ, bộ bay hơi, bộ quá nhiệt và bình ngưng được tìm thấy khoảng Lần lượt là 67 m^2, 133 m2, 67 m^2 và 244 m^2.

Một số quan hệ truyền nhiệt sôi và ngưng tụ thu được trong tài liệu cũng đã được so sánh và phân tích. Trong này nghiên cứu, diện tích truyền nhiệt của thiết bị bay hơi và bình ngưng được tính toán bằng cách sử dụng tương quan truyền nhiệt sôi của Kim và tương quan truyền nhiệt ngưng tụ của Yan.

Trong số các mối tương quan truyền nhiệt sôi khác nhau, mối tương quan của Han cho thấy hệ số truyền nhiệt thấp nhất so với các mối tương quan khác. Mối tương quan của Amalfi và cộng sự rất xuất sắc trong việc dự đoán Hệ số truyền nhiệt đối với các chất làm lạnh khác nhau bao gồm cả amoniac. Tuy nhiên, ảnh hưởng của nhiệt độ bão hòa tương đối cao và lưu lượng khối lượng có thể không được phản ánh trên mối tương quan của chúng.

Trong một số tương quan truyền nhiệt ngưng tụ, điều được cho là các mối tương quan của Akers và cộng sự thể hiện sự đồng tình đáng kể so với kết quả thử nghiệm của một số nhà nghiên cứu. Tuy nhiên, mối tương quan của chúng dự đoán hệ số truyền nhiệt thấp hơn so với tương quan của Yan có xét đến ảnh hưởng của lưu lượng khối lượng lớn. Vì thế, điều quan trọng là phải chọn tương quan truyền nhiệt thích hợp xem xét các điều kiện thiết kế của hệ thống vì diện tích truyền nhiệt có thể được thay đổi một chút tùy thuộc vào mà tương quan truyền nhiệt được sử dụng khi dự đoán diện tích truyền nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Teng, H, Klaver, J, Park, T, Hunter, GL, van der Velde, B (2011) A Rankine cycle system for recovering waste heat from HD diesel engines - WHR system development. SAE :1–11. https://doi.org/10.4271/2011-01-0311.

[2] MAN Diesel and Turbo (2014) Thermo efficiency system for reduction of fuel consumption and CO2.

[3] Saidur R, Rezaei M, Muzammil WK, Hassan MH, Paria S, Hasanuzzaman M (2012) Technologies to recover exhaust heat from internal combustion engines. Renew Sust Energ Rev 16(8): 5649–5689. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.018.

[4] Bohl, R (2009) Waste Heat Recovery from Existing Simple Cycle Gas Turbine Plants, a Case Study. 18th Symposium on Industrial Application of Gas Turbines (IAGT), no. 9-IAGT-205.

[5] Tchanche BF, Lambrinos G, Frangoudakis A, Papadakis G (2011) Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles - a review of various applications. Renew Sust Energ Rev 15(8):3963–3979. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.024.

[6] Tian H, Shu G, Wei H, Liang X, Liu L (2012) Fluids and parameters optimization for the organic Rankine cycles (ORCs) used in exhaust heat recovery of internal combustion engine (ICE). Energy 47(1): 125–136. https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.021.

[7] Yu G, Shu G, Tian H, Wei, Liang X (2016) Multi-approach evaluations of a cascade-organic Rankine cycle (C-ORC) system driven by diesel engine waste heat: part B-techno-economic evaluations. Energy Convers Manag 108 (15): 596 – 608. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.10.085.

[8] Hettiarachchi HDM, Golubovic M, Worek WM, Ikegami Y (2007) Optimum design criteria for an organic Rankine cycle using lowtemperature geothermal heat sources. Energy 32(9):1698–1706. https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.01.005

[9] Palmer, S, Payne, W, Domanski, P (2000) Evaporation and Condensation Heat Transfer Performance of FlammableRefrigerants in a Brazed Plate Heat Exchanger. Gaithersburg, MD: NISTIR 6541
[10] Kim I, Park J, Kwon Y, Kim Y (2007) Experimental study on R-410A evaporation heat transfer characteristics in oblong shell and plate heat exchanger. Heat Transfer Eng 28(7):633–639. https://doi.org/10.1080/01457630701266454
[11] Arima H, Kim JH, Okamoto A, Ikegami Y (2010) Local boiling heat transfer characteristics of Ammonia in a vertical plate evaporator. Int J Refrig 33(2):359–370. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2009.09.017
[12] Han D, Lee K, Kim Y (2003) Experiments on the characteristics of evaporation of R410A in brazed plate heat exchangers with different geometric configurations. Appl Therm Eng 23(10):1209–1225. https://doi.org/10.1016/S1359-4311(03)00061-9

BU LÔNG SUỐT CỦA ĐỘNG CƠ 2 KÌ VÀ MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN

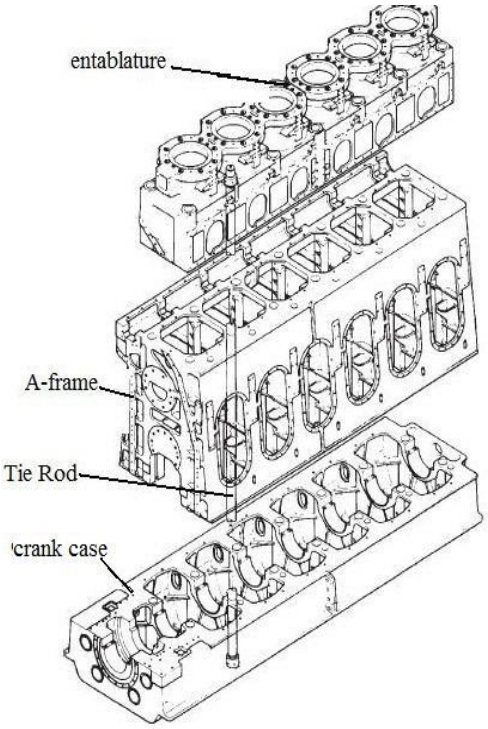
STAY BOLT OF 2 STROKE DIESEL ENGINE AND SOME RELATIVE PROBLEMS

BÙI QUỐC TÚ
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

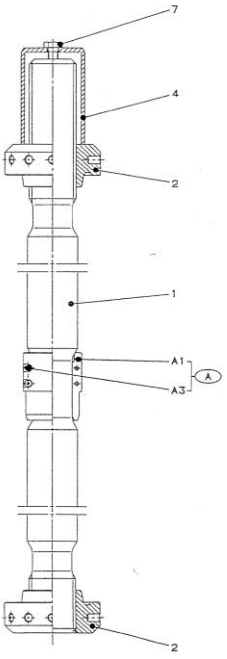
Tóm tắt
Bu lông suốt của động cơ 2 kì cỡ lớn là một trong những chi tiết quan trọng. Sự nới lỏng hoặc gẫy bu lông này có thể gây ra những hư hỏng nghiêm trọng cho động cơ do vậy các sĩ quan máy cần lưu ý trong quá trình khai thác vận hành.
Abtract
Stay bolts are inportant part of large two stroke diesel engine. Loosen or break of these bolts can cause serious problems for the engine, so marine engineer should pay attention during engine operation.

Hiện nay hầu hết động cơ Diesel chính tàu thủy cỡ lớn là động cơ 2 kì thấp tốc có pa tanh bàn trượt. Về kết cấu thân máy bao gồm 2 phần là phần thân đỡ (A frame) và phần nắp trên để chứa sơ mi xi lanh. Cả 2 phần này được nối với bệ máy (Bedplate hay crankcase) bằng một bu lông suốt (stay bolt hoặc tie bolt hoặc tie rod). Như vậy chức năng của bu lông suốt là liên kết chặt 3 khối của động cơ với nhau.

Về kết cấu thì buông này không tiện tròn từ trên xuống dưới mà làm theo bậc để dễ tháo lắp. Những phần đường kính nhỏ hơn của bu lông ở giữa khu vực tiếp xúc với block có lắp vòng lót kiểu 2 nửa liên kết bằng vít để hãm chặt với thân máy. Đầu dưới của bu lông có thể là mũ hoặc là ren kiểu ren vít cấy để cấy vào bệ máy. Như ở hình 1.3 là 2 kiểu bu lông suốt cho động cơ Man B&W S-MC-C và S-MC. Ở động cơ S-MC thì bu lông là dạng đơn làm theo kiểu truyền thống là phía bên dưới làm theo kiểu mũ tuy nhiên nếu bu lông bị gẫy thì việc thay thế hết sức khó khăn. Ở động cơ S-MC-C thì là dạng đôi và bắt ren vào bệ máy; kểu kết cầu này được cho là giảm được biến dạng của bệ máy trong khi động cơ hoạt động



Hình 1.1 Sơ đồ liên kết của bu lông suốt

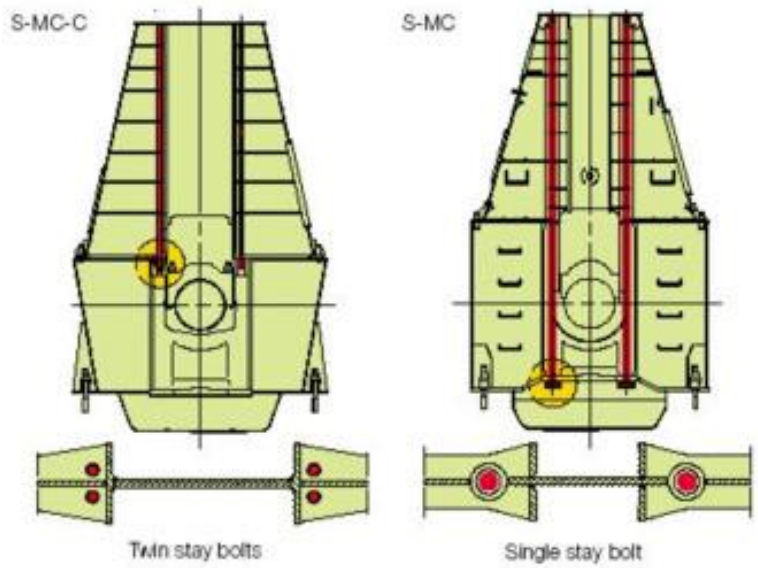


Hình 1.2 kết cấu của bu lông suốt động cơ L35MC

1. Bu lông;
2. Đai ốc; 4- Nắp bảo vệ

A1- Vành hãm (ống lót hãm)

A2- Vít liên kết



Hình 1.3 Bố trí bu lông suốt ở động cơ Man B&W

Khi động cơ hoạt động lực lực khí cháy tác động lên đỉnh pít tông có độ lớn thay đổi theo góc quay trục khuỷu. Lực này cũng tác động lên mặt quy lát và mặt quy lát lại liên kết với thân máy và bệ máy bằng bu lông suốt do vậy bu lông này cũng chịu lực kéo thay đổi theo chu kì. Để giảm mô men uốn của dầm ngang trên bệ máy thì bu lông suốt nên bố trí gần về phía tâm trục khuỷu. Chính vì bu lông suốt bố trí gần trục khuỷu nên ở một số động cơ đã bố trí bu lông kích để giữ nắp trên ổ

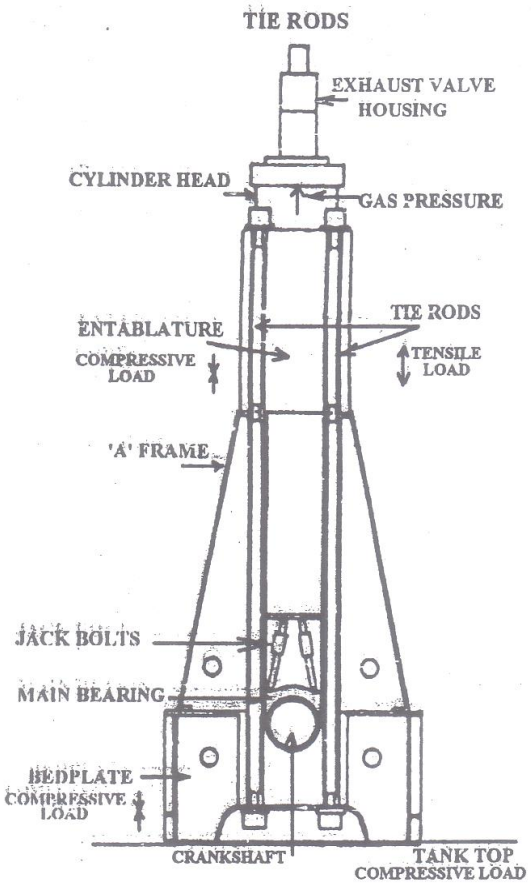
đỡ trục khủy và trong trường hợp này thì bu lông suốt còn chịu thêm lực đẩy của bu lông kích (hình 1.4).

Trong quá trình vận hành động cơ sĩ quan máy cần phải theo dõi thường xuyên tránh để xảy ra trường hợp bu lông bị nới lỏng ra mà không biết vì nó có thể dẫn tới một số vấn đề sau:

- Làm cho động cơ bị rung động;
- Bề mặt tiếp xúc của các khối bị mài và mòn; nó làm cho bu lông co giãn và có thể bị đứt. Một khi có sự mài bề mặt thì độ đồng tâm của trục khủy bị ảnh hưởng. Nếu tình trạng này kéo dài sẽ làm bỏng bạc trục, bạc biên; Nó cũng ảnh hưởng tới độ đồng tâm của đầu chữ thập, sơ mi xi lanh và hộp làm kín cán pít tông gây mài mòn quá mức các chi tiết này;
- Bu lông bệ máy và miếng căn đệm máy bị lỏng;
- Tua bin khí xả sẽ bị ảnh hưởng vì nó hoạt động ở tốc độ cao do đó chỉ cần rung động một chút là có thể làm hư hại hoặc làm mất đồng tâm của rô to hoặc làm hư hỏng bạc đỡ của tua bin.

Những nguyên nhân làm cho bu lông suốt bị gẫy

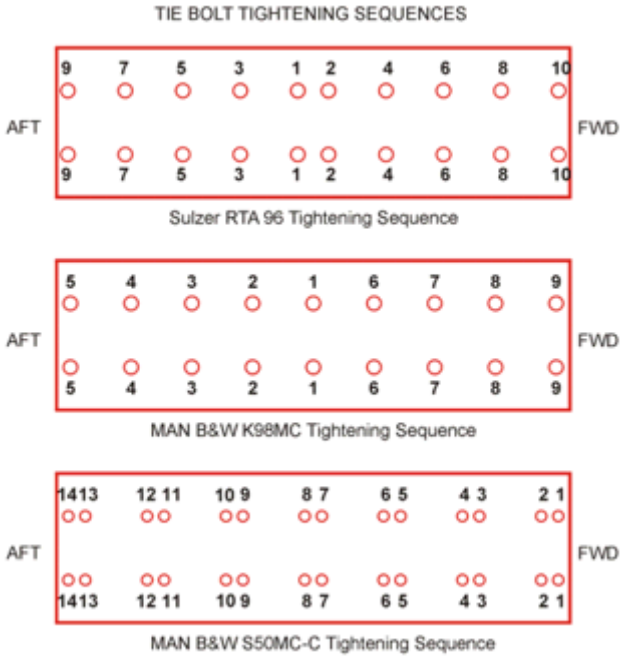
- Lực siết quá lớn vượt quá giới hạn đàn hồi của bu lông;
- Do vật liệu chế tạo không đảm bảo hoặc gia công không tốt;
- Bị mỏi theo thời gian; Động cơ bị quá tải hoặc áp suất cháy trong xi lanh quá cao;
- Mặt tiếp xúc ban đầu của các khối của động cơ không tốt trước đó;
- Bu lông bệ bị lỏng hoặc căn đệm bệ máy bị hỏng dẫn tới việc truyền dao động tới các bu lông;
- Cháy khoang gió quét làm lỏng bu lông lí do là cháy khoang gió quét làm bu lông bị dãn dàix
- Do lỏng vít hãm của ống lót 2 nửa ở giữa bu lông do đó dẫn đến dao động và kết quả là làm lỏng hoặc gẫy bu lông;
- Nếu tàu hoạt động trong thời tiết quá xấu, sự thay đổi tải quá lớn của động cơ cũng có thể làm lỏng hoặc gẫy bu lông.



Hình 1.4 Bố trí bu lông kích để giữ nắp trên bạc trục

Chú ý khi khai thác vận hành

- Trong quá trình vận hành để tránh bu lông bị lỏng và có thể làm đứt bu lông thì sĩ quan máy cần lưu ý kiểm tra như áp suất cháy trong xi lanh tránh khai thác động cơ quá tải và sai lệch góc phun sớm dẫn tới tốc độ tăng áp suất theo góc quay trục khuỷu quá lớn. Điều chỉnh độ cân bằng tải giữa các xi lanh để giảm rung động động cơ.
- Định kỳ kiểm tra và siết lại bu lông theo hướng dẫn của nhà chế tạo hoặc khi có sự rung động bất thường hoặc khi bị cháy lớn khoang gió quét vì khi đó sẽ làm cho bu lông bị dãn dài. Đối với động cơ có bố trí bu lông kích để giữ nắp trên bạc trục thì cần lưu ý nới lỏng bu lông kích trước khi siết lại bu lông suốt để tránh hỏng bạc trục. Trước khi kiểm tra lên xem hướng dẫn của nhà chế tạo về lực xiết và thứ tự xiết bu lông. Bu lông này trình tự xiết có thể từ giữa ra hoặc từ đầu nọ đến đầu kia tùy theo nhà chế tạo. Hình 1.5 là ví dụ về cách siết bu lông suốt.
- Lưu ý không siết quá lực vì có thể làm đứt bu lông ngay lúc đó hoặc khi động cơ hoạt động nó cộng thêm áp lực khí cháy làm cho bu lông bị quá tải.
- Định kì kiểm tra siết lại bu lông bệ máy (holding bolt và endchock bolt) vì bu lông này lỏng sẽ ảnh hưởng tới bu lông suốt;
- Trong trường hợp nếu phát hiện bu lông bị đứt thì khai thác động cơ ở tải giảm, báo cáo sự cố về công ty để phối hợp cùng giải quyết.
- Bảo dưỡng tốt tình trạng kĩ thuật của động cơ để tránh xảy ra cháy khoang gió quét vì nó ảnh hưởng tới bu lông suốt.



Hình 1.5 Trình tự siết bu lông suốt

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Instruction manual of Man B&W Engine L35MC;
[2] Instruction manual of Sulzer Diesel Engine – RTA;
[3] What are tie rods and why do they break – marine insight;
[4] Service Letter SL2019-671/JAP, Man Energy Solution;
[5] W.w.w.Marinediesel.info/ two stroke engine, the tie bolts or tie rods;
[6] Operation of Man B&W two stroke Engine.

ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG XI LANH ĐỘNG CƠ CHÍNH CỦA KAWASAKI MAN B&W KHAI THÁC Ở VÙNG CÔNG SUẤT THẤP VÀ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU CÓ HÀM LƯỢNG LƯU HUỲNH THẤP

ASSESSES THE CONDITION OF THE KAWASAKI MAN B&W MAIN ENGINE CYLINDERS WORKING IN LOW STEAMING WITH LOW SULFUR FUELS

HOÀNG VĂN MƯỜI
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: hoangvanmuoi@vimaru.edu.vn

Tóm tắt:

Bài báo đánh giá tình trạng của piston, xéc măng và sơ mi xi lanh động cơ chính của hãng KAWASAKI MAN B&W sau khoảng sáu tháng hoạt động ở vùng công suất thấp và sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh từ 0.1% ~ 0.5% m/m. Đồng thời bái báo cũng đưa ra các giải pháp nhằm duy trì sự hoạt động bình thường của động cơ.

Từ khóa: *Vùng công suất thấp, nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp, toàn tải, kinh tế & siêu kinh tế và máy chính bị rò lọt khí cháy.*

Abstract:

The article assessing the condition of the main engine pistons, piston rings and cylinder liners of KAWASAKI MAN B&W after about six months of operating in low steaming and using fuels with sulfur content from 0.1% ~ 0.5% m/m. At the same time, the article also offers solutions to maintain the normal operation of the engine.

Keywords: *Low steaming, low sulfur fuel oil (LSFO), full load, eco & super-eco and main engine blow-by.*

1. Đặt vấn đề

Từ khi giá dầu thế giới trở nên đắt đỏ thì việc khai thác động cơ chính tàu thủy có nhiều sự thay đổi. Động cơ chính chủ yếu khai thác ở vùng công suất thấp khác xa với công suất thiết kế, Tùy vào đặc điểm của mỗi chuyến hàng mà khai thác động cơ chính ở chế độ toàn tải, kinh tế hay siêu kinh tế. Sự thay đổi chế độ khai thác làm thay đổi thông số khai thác động cơ mà nhà chế tạo chưa có những thử nghiệm trước đó. Khi khai thác động cơ ở chế độ nhỏ tải thì dễ dàng nhận ra ba yếu tố bị ảnh hưởng tiêu cực đó là quá trình cháy, hao mòn ở sơ mi xi lanh và tình trạng của đường thoát khí thải của động cơ. Để khắc phục các vấn đề trên các hãng chế tạo động cơ đều đưa ra hướng dẫn khai thác nhưng cơ bản đều giống nhau đó là: Tăng nhiệt độ nước làm mát lên gần giới hạn trên, lập ra chu kỳ tăng tốc độ của động cơ chính, chu kỳ rửa tua bin khí xả và thổi muội nồi hơi khí xả.

Từ ngày 1 tháng 1 năm 2020, nhiên liệu sử dụng trên tàu có hàm lượng lưu huỳnh không vượt quá 0.5% m/m [1]. Theo tính toán của các hãng chế tạo động cơ thì dầu bôi trơn cho sơ mi xi lanh cũng thay đổi hàm lượng kiềm từ 70 BN ~ 100 BN xuống còn 15 BN ~ 40 BN tùy loại động cơ [2]. Tuy vậy loại dầu bôi trơn và lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh động cơ vẫn đang trong giai đoạn thử nghiệm, cũng chưa có sự điều chỉnh lưu lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh tương ứng với chế độ nhỏ tải và liên tục trong thời gian dài cho nên các chi tiết trong xi lanh động cơ có những hao mòn bất thường dẫn đến rò lọt khí cháy qua xéc măng

2. Hiện tượng

Khi tàu đang hành trình, nhiệt độ khí xả và nhiệt độ khoang gió quét ở xi lanh bị sự cố tăng cao hơn những xi lanh khác. Động cơ khai thác ở công suất thấp thì không phát hiện sự sụt giảm áp suất nén Pc và áp suất cháy Pz nhưng khi tăng công suất động cơ lên khoảng 70% thì nhiệt độ khí xả và nhiệt độ khoang gió quét tăng cao và thấy rõ sự sụt giảm Pz, Khi tăng công suất có nghĩa là tăng Pz khi đó khí cháy rò lọt từ buồng đốt qua xéc măng xuống khoang gió quét nhiều hơn.

Dừng máy chính để kiểm tra xi lanh bị sự cố, phát hiện thấy các xéc măng bị gãy. Trên bề mặt xéc măng có các vết trầy nhỏ. Trên piston có nhiều vết lõm, muội bám nhiều trên đỉnh và rãnh xéc măng. Lớp muội bám vào rãnh xéc măng là muội carbon dày và cứng cho nên xéc măng không thể chuyển động xoay cũng như tịnh tiến. Sơ mi xi lanh bị mòn bất thường. Phần trên đỉnh của sơ mi bị trầy xước,

gờ và lượn sóng được tạo ra xung quanh rãnh dầu bôi trơn, mép của rãnh dầu trở nên sắc. Tại khu vực xung quanh rãnh dầu bôi trơn sơ mi xi lanh bị mòn nhiều nhất. Đường kính xi lanh tăng.

Lớp muội carbon cứng bám trên đỉnh piston phá hỏng màng dầu gây mòn và đánh bóng sơ mi

Các xéc măng bị gãy

Vết trầy trên xéc măng

Vết mài mòn trên sơ mi

Vết đánh bóng trên sơ mi

Hình 1. Hình ảnh về các hư hại của xéc măng và sơ mi xi lanh

xi lanh.

3. Nguyên nhân

Qua kết quả kiểm tra ở trên có thể xác định nguyên nhân của sự cố này như sau:

Mài mòn bất thường xung quanh rãnh dầu bôi trơn sơ mi tạo ra gờ và bậc, mép của rãnh dầu trở nên sắc.

Xéc măng liên tục va đập vào mép rãnh dầu gây nên xước.

Do va đập liên tục giữa xéc măng và mép rãnh dầu đã tạo ra mạt kim loại. Mạt kim loại này cùng với xéc măng mài mòn sơ mi xi lanh giống như đá mài.

Do sơ mi và xéc măng đã bị mòn nên làm kín khí sẽ kém khi đó khí cháy sẽ rò lọt qua xéc măng và muội bám trong rãnh xéc măng.

Khi muội bám đầy các rãnh xéc măng thì không chỉ làm kẹt xéc măng mà còn hạn chế sự thâm nhập của dầu bôi trơn và tạo ra muội carbon cứng đánh bóng sơ mi và tăng thêm khả năng mài mòn xéc măng và sơ mi. Tóm lại các nguyên nhân trên dẫn đến xéc măng mất tính năng làm kín và khí cháy đã rò lọt qua xéc măng để xuống khoang gió quét.

4. Giải pháp khắc phục

4. 1. Bảo dưỡng xi lanh

Căn cứ vào kết quả đánh giá tình trạng của piston, xéc măng và sơ mi xi lanh mà đưa ra các biện pháp tương ứng nhằm đảm bảo khai thác động cơ an toàn hiệu quả.

Nếu xéc măng bị kẹt thì tiến hành tăng lưu lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh đủ để rửa trôi mạt kim loại, nhằm đảm bảo cho xéc măng chuyển động tự do để tránh mòn và duy trì khả năng làm kín. Nếu xéc măng có vết trầy xước thì cần tăng lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh hơn nữa để tránh mài mòn sơ mi xi lanh. Thông thường các vết xước ở xéc măng đều liên quan đến sự hao mòn bất thường trên sơ mi do đó cần bảo dưỡng càng sớm càng tốt. Khi xéc măng bị gãy thì các mảnh vỡ sẽ tạo ra các vết dập trên piston thậm trí gây xước sơ mi xi lanh. Trường hợp này phải thay xéc măng ngay khi tàu dừng, piston và sơ mi cũng phải đo và xử lý [2].

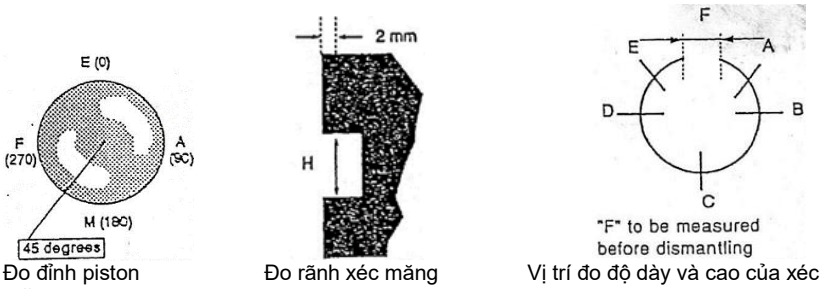
Nếu sơ mi xi lanh bị đánh bóng có nghĩa muội carbon đã bám nhiều trên đỉnh piston, lớp muội này phá vỡ màng dầu dẫn đến đánh bóng sơ mi. Hiện tượng này có thể liên quan đến vành cạo muội đã mòn cần thay hoặc loại dầu bôi trơn sơ mi có BN quá cao.

Hình 2. Hình ảnh của sơ mi xi lanh trước và sau khi mài

Khi sơ mi xi lanh bị mài mòn có nghĩa màng dầu đã bị phá vỡ hoàn toàn. Muội không chỉ bám ở đỉnh piston mà còn ở các rãnh xéc măng tạo ra ma sát lớn và

xéc măng cũng bị mài mòn. Trường hợp này phải bảo dưỡng xi lanh càng sớm càng tốt. Sơ mi xi lanh cần phải kiểm tra và đo đạc xác định mức độ hao mòn. Nếu đường kính sơ mi còn trong giới hạn cho phép thì tiến hành xử lý gờ xung quanh rãnh dầu bôi trơn sơ mi, mài mép rãnh dầu và vết xước ở phần trên của sơ mi bằng đá mài mềm.

Khi bảo dưỡng xi lanh, các xéc măng và piston có thể được thay mới nếu giá trị đo đạc đã gần tới hoặc vượt giới hạn cho phép. Sau khi bão dưỡng phải tiến hành chạy rà động cơ. Lưu lượng dầu bôi trơn được đặt tùy từng trường hợp có thay sơ mi xi lanh hay chỉ thay xéc măng. Kết thúc thời gian chạy rà thì đặt lại lưu lượng dầu bôi trơn sơ mi theo giá trị điều chỉnh. Khi tàu dừng phải kiểm tra và đánh giá tình trạng của sơ mi, piston, xéc măng và màng dầu bôi trơn để khẳng định sự làm việc bình thường của các chi tiết.

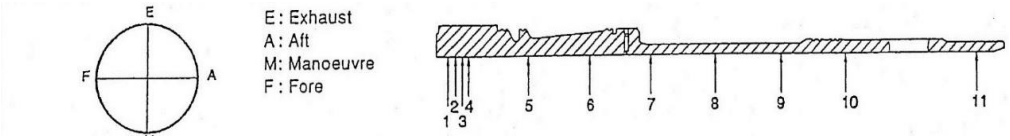


Đo đỉnh piston măng | Đo rãnh xéc măng | Vị trí đo độ dày và cao của xéc

Hình 3. Hình ảnh về các vị trí đo đạc

4.2. Biện pháp ngăn chặn [3]

Ngăn không để sự cố xảy ra là việc làm an toàn và kinh tế nhất vì vậy cần phải kiểm tra và đánh giá thường xuyên hơn tình trạnh của sơ mi, piston và xéc măng ở các chế độ khai thác khác nhau cũng như loại và lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh khác nhau. Việc kiểm tra động cơ qua cửa quét phải được tiến hành mỗi lần dừng máy với việc ghi chép đầy đủ các thông số cần thiết, thời gian hoạt động cũng như đánh giá tình trạng của các chi tiết và màng dầu bôi trơn.



Hình 4. Các vị trí đo sơ mi xi lanh

Mỗi lần mở nắp xi lanh đều phải kiểm tra sơ mi xi lanh, đặc biệt là rãnh dầu bôi trơn và phần đỉnh của sơ mi. Sơ mi xi lanh cần được kiểm tra cẩn thận dựa trên từng điểm đo (hình 4), phải làm quen với hướng dẫn được thiết lập riêng cho mỗi loại động cơ. Khi phát hiện thấy muội bám nhiều trên piston và có vết trầy trên xéc măng thì tạm thời tăng lưu lượng dầu xilanh và theo dõi đặc biệt. Mỗi lần điều chỉnh lưu lượng dầu bôi trơn sơ mi xi lanh phải được vào nhật ký và ghi vào lịch sử điều chỉnh.

3. Kết luận

Sự cố rò lọt khí cháy qua xéc măng trong trường hợp động cơ khai thác ở chế độ nhỏ tải, loại nhiên liệu và loại dầu bôi trơn sơ mi xi lanh thay đổi liên tục. Sự cố này chưa được kiểm nghiệm bởi các hãng sản xuất nên chưa có được những hướng dẫn cụ thể và hữu hiệu mặc dù đây là sự cố có tính rủi ro cao. Hiện tại sự cố xảy ra ở các động cơ KAWASAKI MAN B&W 6S50 MC-C. Những động cơ này hiện nay đều có điểm chung là khai thác ở quanh 50% công suất với những chuyến đi từ 30 ngày đến 40 ngày. Đối với thuyền viên, người trực tiếp khai thác dưới tàu cần phải đánh giá đầy đủ về tình trạng của động cơ từ đó đưa ra những biện pháp xử lý phù hợp cũng như báo cáo các bên liên quan để được hỗ trợ nhằm khai thác tàu an toàn, hiệu quả như mong đợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Service letter SL2019-670/DOJA
[2] Service letter SL2019-671/JAP
[3] Main Engine Cylinder condition evaluation

KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO DỰA TRÊN VIỆC PHÂN TÍCH CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA DẦU NHỜN ĐỂ MÔ HÌNH HỎA VÀ XÁC ĐỊNH TRẠNG THÁI KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY ĐANG KHAI THÁC

MODELING AND EXAMINING TECHNICAL CONDITION OF MARINE DIESEL ENGINE BY USING LUB OIL ANALYSING DATA AND TRAINING ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGY

MAI THẾ TRỌNG
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu khả năng sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo dựa trên việc phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của dầu nhờn trong việc xác định tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel tàu thủy. Bằng việc lấy mẫu dầu và phân tích định kỳ dầu bôi trơn, theo dõi thông số khai thác và kiểm tra tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel YAMAR 6N165L-EN X 360KW trên tàu Jules Garnier của tập đoàn JX shipping- Nhật Bản ở các thời điểm phân tích, tác giả đã xác định được một số tình trạng kỹ thuật điển hình của động cơ. Từ đó xây dựng mô hình mạng nơ ron nhân tạo để tự động nhận dạng tình trạng kỹ thuật tương tự của động cơ trong các lần tiếp theo. Kết quả của bài báo có thể làm cơ sở để xây dựng mô hình chẩn đoán kỹ thuật của động cơ diesel tàu thủy đang khai thác hoàn thiện hơn.

Abstract:

This article introduces the ability of using Artificial Neural Network (ANN) to specify technical state of marine diesel engine base on lubricating oil analysis. With lub oil sample, operating parameter and checking technical condition diesel engine Yanmar 6N165L-ENx360kw on ship Jules Garnier of JX shipping - Japan, authors showed some technical state of the engine. From that we built the model of ANN to examine the same technical condition in the next time. The results of the article can be used to built the technical diagnoses model for all servicing marine diesel engine more completely.

1. Giới thiệu

Phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của dầu nhờn đã và đang được xem là phương pháp khá hiệu quả để xác định trạng thái kỹ thuật của động cơ diesel. Trong điều kiện hầu hết các động cơ diesel tại Việt Nam đều là nhập khẩu, việc đánh giá và bảo dưỡng kỹ thuật chủ yếu vẫn dựa vào thời gian định kỳ hay phần mềm chẩn đoán của nhà chế tạo. Để giảm bớt sự phụ thuộc vào nhà chế tạo, tránh lãng phí khi khai thác và quản lý kỹ thuật động cơ thì việc tìm các mô hình mới, phù hợp để xây dựng hệ thống đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ đang được nhiều nhà khoa học quan tâm. Trong nội dung bài báo này, tác giả trình bày những kết quả ban đầu trong việc xây dựng "mô hình chẩn đoán" sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo (ANN) dựa trên việc phân tích tổng hợp các chỉ tiêu kỹ thuật của dầu nhờn.

2. Dầu nhờn và các dấu hiệu để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật (TTKT) động cơ

Rất nhiều các công ty khai thác và quản lý động cơ diesel, đặc biệt là các công ty quản lý tàu thủy hiện nay đang sử dụng việc lấy mẫu định kỳ dầu nhờn để đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ và xác định khả năng tiếp tục sử dụng hay cần thay dầu nhờn.

Việc lấy mẫu và phân tích vẫn phổ biến là xác định các chỉ tiêu như: trị số kiềm (TBN) hay trị số axit (TAN), hàm lượng tro, nhiệt độ chớp cháy, độ nhớt, sự lẫn nhiên liệu, lẫn nước...

Trong thời gian gần đây, thành phần và hàm lượng các kim loại bị tách ra từ các chi tiết trong dầu nhờn được coi là chỉ số quan trọng trong chẩn đoán. Theo [[3]], thành phần và hàm lượng các hạt mài tách ra liên quan đến nguồn gốc vật liệu cặp ma sát như bảng [1]

Sự phát triển của khoa học công nghệ ngày nay còn cho phép tách các hạt mài lẫn trong kim loại ra để xác định hình dáng, kích thước, từ đó xác định được các cơ chế hình thành các hạt mài đó để xác định TTKT của động cơ. Có thể kể đến như phương pháp quang phổ vạch hấp thụ, phương pháp Ferrogramph... Cũng theo [[3]], bằng phương pháp Ferrogramph có thể phát hiện ra 6 dạng hạt mài tách ra từ các chi tiết của động cơ và 16 loại hạt mài cùng các kim loại điển hình mài mòn ra từ bề mặt ma sát.

Bảng 1. Tổng hợp một số kim loại điển hình trong dầu nhờn và vật liệu ma sát liên quan

Kim loại	Chi tiết chịu ma sát trong động cơ
Fe	Sơ mi xi lanh, séc măng, bánh răng, trục khuỷu, trục cam và cam, hệ thống truyền động xu páp, chốt piston...
Cr	Séc măng, xu páp, lớp mạ trục, mạ bơm cao áp, chi tiết chế tạo bằng hợp kim thép không gỉ...
Al	Piston, bạc, cổ trục chính, bạc trục, bạc biên, cam...
Ni	Lớp thấm trên xu páp, hợp kim thép từ trục khuỷu, bánh răng của động cơ, vật liệu thấm trên bạc lót, cánh tuabin tăng áp...
Cu	Bạc trục, bạc biên, các sinh hàn làm mát, bạc tuabin tăng áp, phụ gia dầu bôi trơn...
Pb	Bạc đầu to biên, bạc đầu chữ thập (bạc của pa tanh bàn trượt), các bộ làm kín...
Sn	Bạc đầu nhỏ biên...
Cr	Séc măng, sơ mi xi lanh...
Si	Phụ gia tan trong dầu chưa sử dụng, tạp chất bẩn từ môi trường...
Ag	Trong một vài loại bạc lót động cơ dùng bằng hợp kin đặc biệt, bạc tuabin tăng áp và một và chi tiết có tốc độ trượt cao...
Mg	Phụ gia tẩy rửa trong dầu, sử dụng trong một vài loại hợp kim chứa nhôm...
P	Trong phụ gia chịu cực P

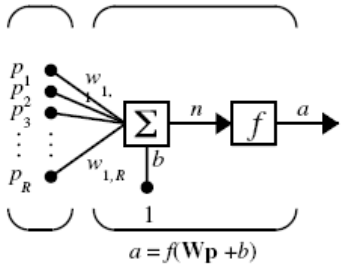
Các dấu hiệu về dầu nhờn là rất phong phú, liên quan nhiều đến nguồn gốc hư hỏng các chi tiết chuyển động của động cơ. Tuy nhiên, các dấu hiệu này không liên quan nhau theo qui luật, trong trường hợp nguồn gốc vật liệu cặp ma sát giống nhau thì việc phát hiện cụ thể vị trí hư hỏng là rất khó khăn. Hơn thế để có được kết quả chẩn đoán, đòi hỏi phải có sự phân tích kỹ lưỡng từng dấu hiệu, từng chi tiết, đặc biệt là phải hiểu biết về ma sát học. Nói cách khác thì đây là không gian dữ liệu đa chiều, phức tạp, quan hệ với nhau là phi tuyến tính mà mô hình toán học thông thường khó giải quyết được.

3. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo trong xác định trạng thái kỹ thuật động cơ

Ngày nay với sự phát triển của các công cụ toán học dựa trên những ứng dụng của công nghệ tin học cho phép người ta có nhiều những công cụ hơn để xác định các mối quan hệ phi tuyến phức tạp. Một trong những công cụ được ứng dụng phổ biến hiện nay đó là mô hình mạng nơ ron nhân tạo (ANN) [[1]].

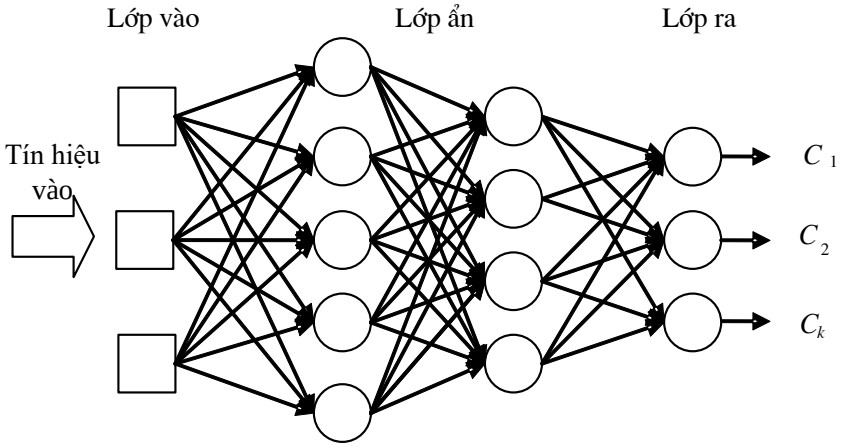
Sự thay thế những tính chất của mạng nơ ron sinh học bằng một mô hình toán học tương đương gọi là mạng nơ ron nhân tạo. Một nơ ron nhân tạo được biểu diễn như hình 1.

Nếu cho vector dữ liệu đầu vào, *p*, nơron sẽ xác định giá trị đầu ra, *a*, theo quy luật cho trước nào đó, $a = f(W.p + b)$. Trong đó *w* là các hệ số trọng. Nếu có một bộ dữ liệu gồm một vector đầu vào, *p*, tương ứng với giá trị đầu ra, *a*, nơron sẽ xác định giá trị của vector hệ số, *w*, sao cho phù hợp với quy luật $a = f(W.p + b)$. Như vậy, mô hình đã được nhận dạng.



Hình 1. Cấu tạo một nơ ron nhân tạo

Giả sử TTKT của động cơ được chia làm k lớp C=[C_1,C_2,…C_k] tương ứng với các đặc trưng công tác nào đó của động cơ. Mục tiêu của chúng ta là xây dựng mạng sao cho khi đưa tới đầu vào một véctơ trạng thái, mạng sẽ gán véctơ này vào một trong số k lớp trạng thái có sẵn. Cấu trúc mạng để giải bài toán phân loại có dạng như hình 2. Trong đó lớp vào là các nơ ron thay thế cho thông số chẩn đoán (nhiệt độ, độ nhớt, áp suất, hàm lượng các hạt mài...) lớp ra là các nơ ron thay cho lớp TTKT cần phân loại của động cơ (k), lớp ẩn gồm 1 hay nhiều lớp tuỳ thuộc vào tính phức tạp của các quan hệ phi tuyến, các nơ ron của lớp ẩn sẽ nhận tín hiệu từ cả lớp vào và lớp ra sau đó điều chỉnh các trọng số để mạng có thể hội tụ [[5]].



Hình 2. Cấu trúc mạng nơ ron nhân tạo mạch thẳng nối tiếp giải bài toán nhận dạng TTKT

Mạng MLP được huấn luyện theo thuật toán lan truyền ngược lỗi (back propagation), sao cho sai lệch giữa tín hiệu ra của mạng và giá trị đích (target) là nhỏ nhất.

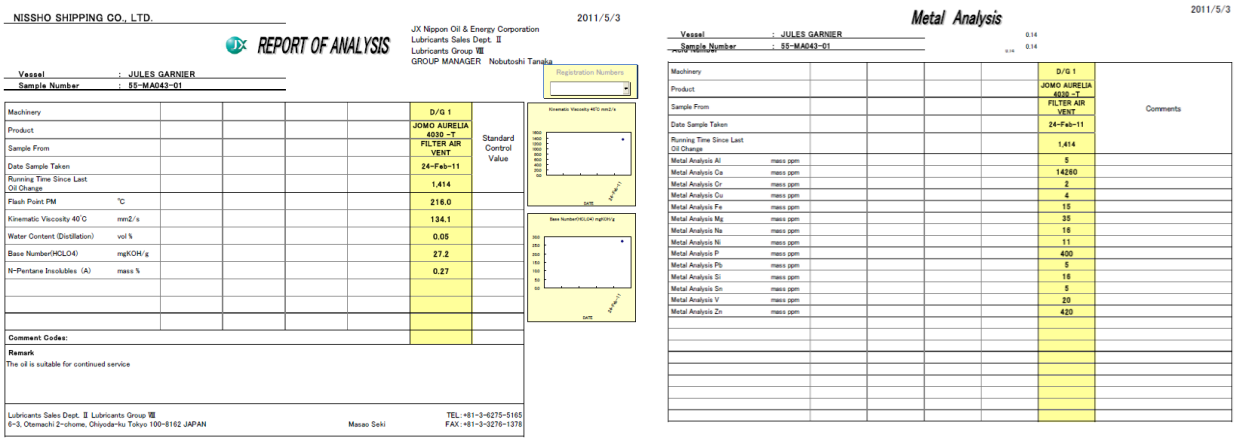
$$\min E = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(t_i - y_i)^2 ,$$

Trong đó y_i – tín hiệu ra của mạng ;
t_i – tín hiệu đích tương ;
n – kích thước không gian dữ liệu (thông số chẩn đoán).

4. Xác định TTKT động cơ 6N165L-EN bằng mô hình mạng nơ ron nhân tạo thông qua theo dõi và phân tích các tiêu chuẩn kỹ thuật của dầu nhờn

Đo đạc, phân tích và xử lý số liệu

Dữ liệu được thu thập bằng việc lấy mẫu dầu nhờn trực tiếp từ van lấy mẫu của động cơ 6N165L-EN trên tàu Jules Garnier, sau đó gửi về phòng thí nghiệm của tập đoàn JX shipping - Nhật Bản để phân tích. Ứng với mỗi kết quả phân tích, tác giả cùng toàn bộ các sỹ quan và thợ máy tàu Jules Garnier kiểm tra tình trạng kỹ thuật của máy ngay sau đó. Trong đó, tập trung kiểm tra kỹ tình trạng của nhóm biên khuỷu, sơ mi xi lanh và các bánh răng lai dẫn. Một số TTKT đã được phát hiện trong thời gian thu thập là 5 tháng.



NISSHO SHIPPING CO., LTD.

REPORT OF ANALYSIS

2011/5/3

JX Nippon Oil & Energy Corporation
Lubricants Sales Dept. II
Lubricants Group Ⅶ
GROUP MANAGER Nobutoshi Tanaka

Vessel : JULES GARNIER
Sample Number : 55-MA043-01

Machinery						D/G 1	
Product						JOMO AURELIA 4030 -T	
Sample From						FILTER AIR VENT	Standard Control Value
Date Sample Taken						24-Feb-11	
Running Time Since Last Oil Change						1,414	
Flash Point PM	°C					216.0	
Kinematic Viscosity 40°C	mm2/s					134.1	
Water Content (Distillation)	vol %					0.05	
Base Number(HCLO4)	mgKOH/g					27.2	
N-Pentane Insolubles (A)	mass %					0.27	

Comment Codes:

Remark
The oil is suitable for continued service

Lubricants Sales Dept. Ⅱ Lubricants Group Ⅶ
6-3, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku Tokyo 100-8162 JAPAN
Masao Seki
TEL.+81-3-6275-5165
FAX.+81-3-3276-1378

Metal Analysis

2011/5/3

Vessel : JULES GARNIER
Sample Number : 55-MA043-01

Machinery						D/G 1	
Product						JOMO AURELIA 4030 -T	
Sample From						FILTER AIR VENT	Comments
Date Sample Taken						24-Feb-11	
Running Time Since Last Oil Change						1,414	
Metal Analysis Al	mass ppm					5	
Metal Analysis Ca	mass ppm					14260	
Metal Analysis Cr	mass ppm					2	
Metal Analysis Cu	mass ppm					4	
Metal Analysis Fe	mass ppm					15	
Metal Analysis Mg	mass ppm					35	
Metal Analysis Na	mass ppm					16	
Metal Analysis Ni	mass ppm					11	
Metal Analysis P	mass ppm					400	
Metal Analysis Pb	mass ppm					5	
Metal Analysis Si	mass ppm					16	
Metal Analysis Sn	mass ppm					5	
Metal Analysis V	mass ppm					20	
Metal Analysis Zn	mass ppm					420	

Hình 3. Một số kết quả phân tích dầu nhờn tại JX shipping

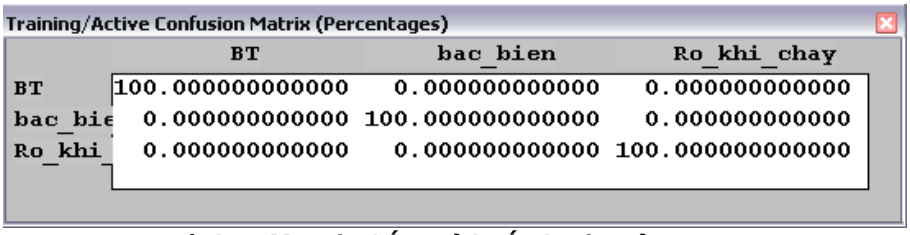
Dữ liệu được thu thập sau đó được phân tích, xử lý và sắp xếp ứng với từng trạng thái kỹ thuật được mô tả trong bảng 2 như sau:

Bảng 2. Sắp xếp dữ liệu phục vụ huấn luyện mạng nơ ron nhân tạo

Mẫu	Thời gian lấy mẫu	Thời gian làm việc máy	Các thông số đầu vào (input data)												Thông số đầu ra (output data)
			Điểm chớp cháy	*Độ nhớt*	*Chỉ số kiềm tổng*	*Hàm lượng nước*	*C*	*Al*	*Cu*	*Zn*	*Pb*	*Nhiệt độ LO vào máy*	*Áp suất LO vào máy*	*...*	Lớp TTKT
1															C1
...															...
n															C2

Kết quả huấn luyện và kiểm tra độ tin cậy của mạng từ dữ liệu đã có

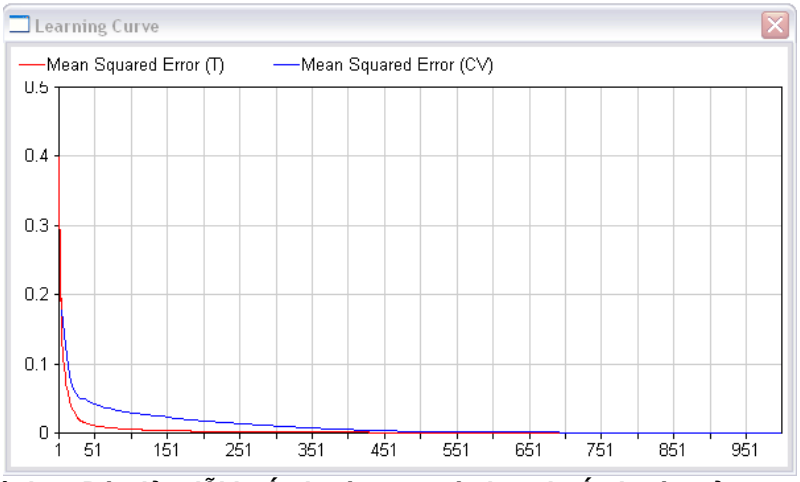
Mạng được xây dựng và huấn luyện với sự trợ giúp của phần mềm Neuro Solution 5 được phát triển bởi hãng ND, đây là phần mềm chuyên về xây dựng các mô hình mạng nơ ron. Sau khi tiến hành thu thập 50 bộ dữ liệu từ phân tích dầu nhờn động cơ 6N165L-EN tàu Jules Garnier ứng với 3 lớp TTKT là: "Bình thường" "Sự cố bạc biên bị tróc - được kiểm tra vào thời điểm trước khi tàu lên đà 9/2011" và "rò lọt khí cháy nhiều - được kiểm tra vào thời điểm tháng 6/2012 sau khi động cơ chạy nhiên liệu có lẫn Catfine trước đó 2 tháng, toàn bộ sơ mi xi lanh của động cơ bị mòn rất nhiều", đưa vào mạng huấn luyện, trong đó 90% dữ liệu dùng để huấn luyện, 10% dùng để kiểm tra và thu được kết quả như sau:



Hình. 4 Ma trận kết quả huấn luyện của mạng

Ma trận kết quả có được từ phần mềm huấn luyện mạng cho thấy, ở cả 3 trạng thái kỹ thuật mạng đều nhận dạng đúng 100%. Tức là nếu có bất kỳ bộ dữ liệu nào có các thông số đặc trưng tương tự trong phạm vi lân cận, mạng sẽ tự động gán cho nó một trạng thái kỹ thuật của động cơ.

Lỗi huấn luyện cũng giảm dần từ 0.4 đến 0. Tiến hành kiểm tra với 10% dữ liệu đã có cũng cho kết quả chính xác tương tự. Như vậy có thể kết luận, mạng đã đủ tiêu chuẩn để nhận dạng dữ liệu mới.



Hình 5. Độ giảm lỗi huấn luyện sau các lượt huấn luyện của mạng

5. Kết quả và thảo luận

Việc sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo (ANN) trong việc xác định TTKT của động cơ diesel là một hướng đi mới, phù hợp với điều kiện Việt Nam. Với các bộ dữ liệu thu thập về dầu nhờn (hay thậm chí các thông số khác của động cơ), chỉ cần xử lý và đưa vào mô hình mạng đã huấn luyện thành công, thì mạng sẽ tự động chỉ ra trạng thái kỹ thuật tương ứng và giảm được rất nhiều thời gian thí nghiệm chẩn đoán. Điều quan trọng là mạng xây dựng đã đủ tin cậy cho tất cả các trạng thái kỹ thuật hay chưa. Để thực hiện được việc này, cần thu thập được càng nhiều thông số đặc trưng càng tốt, thêm vào đó đòi hỏi sự tập trung của các nhà khoa học, các chuyên gia về động cơ để chỉ ra và cập nhật các trạng thái kỹ thuật hay các sự cố tương ứng của động cơ.

Riêng với dữ liệu về dầu nhờn, trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ thu thập thêm các dữ liệu về hình dáng, kích thước các hạt mài và xây dựng mô hình mạng online để cập nhật cho mô hình mạng xác định TTKT động cơ thông qua dầu nhờn một cách chính xác hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Văn Điểm, Các mô hình và thuật toán chẩn đoán kỹ thuật động cơ diesel tàu thủy trong điều kiện khai thác. Luận văn Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông đường thủy Xanh-Petecbua, Liên bang Nga, 2006.

[2] Matlab – Neural networks tool box, 2005.

[3] Nguyễn Tuấn Minh, Chẩn đoán kỹ thuật động cơ điêzen trên cơ sở phân tích tính chất lý hoá của dầu bôi trơn và hạt mài chứa trong dầu. Luận văn Tiến sỹ kỹ thuật, Trường đại học Bách khoa Hà nội, 2008.

[4] Principe J.C., Euliano N.R., Lefebvre W.C. Neural and adaptive systems: Fundamentals through simulations. John Wiley & Sons, 2000. – 656 p.

[5] TS. Lê Văn Điểm. Ths. Mai Thế Trọng, Nhận dạng trạng thái kỹ thuật của động cơ A38 trên tàu VINAFCO 25 bằng mạng nơ ron nhân tạo MLP, bài báo khoa học, tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải, tháng 4.2009.

[6] www.ND.com.

BÀN VỀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG EXERGI

BÀN VỀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG EXERGI

NGUYỄN MẠNH THƯỜNG
Khoa Máy tàu biển, Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thuongmt29@gmail.com

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu sơ bộ về phương pháp phân tích hiệu quả của các quá trình nhiệt động, nội dung chính bao gồm giới thiệu khái niệm exergy và phương pháp phân tích exergi, so sánh với phương pháp cân bằng năng lượng, ví dụ minh họa.

Từ khóa: *exergi, năng lượng, thuận nghịch-không thuận nghịch*

Abstract

The paper introduces a method of thermodynamic processes efficiency analysis, the main contents include the introduction of the exergy concept and the method of exergy balance in comparison with the energy balance method, illustrative examples.

Keywords: *exergy, energy, reversible-irrversible*

1. Đặc điểm của hệ thống nhiệt động nhiệt môi trường xung quanh. Khái niệm exergi

Tất cả các quá trình nhiệt động thực tế đều diễn ra trong các điều kiện tác động tương hỗ với môi trường xung quanh. Các thông số của môi trường xung quanh- nhiệt độ T_0 và áp suất p_0 thực tế không thay đổi khi tác động tương hỗ về nhiệt với hệ thống bất kỳ và do đó có thể xem là không thay đổi.

Đánh giá các nguồn năng lượng bất kỳ của hệ thống nhiệt động cũng như các biến đổi năng lượng cần phải tính đến ảnh hưởng của môi trường xung quanh. Vì thế, khi giải quyết các bài toán kỹ thuật sử dụng khái niệm năng lượng như là thước đo tổng hợp chuyển động vật chất trong hệ

thống được khảo sát là chưa đủ. Sự phát triển kỹ thuật đòi hỏi phải tính đến yếu tố mà không phải bất kỳ dạng năng lượng nào và ở mọi điều kiện đều có thể sử dụng.

Giá trị kỹ thuật của năng lượng phụ thuộc vào dạng năng lượng cùng với các thông số của chúng và các thông số của môi trường xung quanh. Với quan điểm này, trong tất cả các biến đổi năng lượng bảo đảm sinh công kỹ thuật có thể phân thành hai dạng năng lượng có thể tham gia:

1) Năng lượng hoàn toàn có thể biến đổi được thành bất kỳ dạng năng lượng khác không phụ thuộc vào các thông số của môi trường xung quanh.

2) Năng lượng không thể biến đổi hoàn toàn thành dạng năng lượng khác; khả năng biến đổi của nó được xác định bởi cả thông số đặc trưng cho loại năng lượng này lẫn các thông số của môi trường xung quanh.

Với các quan điểm của định luật bảo toàn năng lượng (định luật nhiệt động thứ nhất), cả hai dạng năng lượng là như nhau, nhưng theo quan điểm định luật về tính chất biến đổi của các dạng năng lượng khác nhau (định luật nhiệt động thứ hai) thì có sự khác biệt cơ bản giữa các dạng năng lượng này.

Dạng năng lượng thứ nhất có thể coi là dạng năng lượng có tổ chức, dạng năng lượng thứ hai- dạng năng lượng vô tổ chức.

Động năng của vật chuyển động có thể là thí dụ đặc trưng cho năng lượng dạng thứ nhất. Mỗi phần tử của vật này chuyển động cùng với các phần tử khác, trong đó véctơ tốc độ ở mỗi thời điểm được hướng theo một qui luật nhất định. Năng lượng có tổ chức này, về nguyên tắc, có thể biến đổi hoàn toàn thành bất kỳ dạng năng lượng khác. Năng lượng chuyển động nhiệt của các phần tử là một phần năng lượng bên trong vật thể có đặc tính hoàn toàn khác. Mỗi phần tử ở thời điểm cho trước có giá trị và hướng véc tơ vận tốc riêng. Năng lượng của chuyển động vô tổ chức không thể biến đổi hoàn toàn thành dạng năng lượng khác. Một phần năng lượng dạng này nhất thiết phải được chuyển cho môi trường ở dạng nhiệt (quá trình bù) để biến đổi phần còn lại thành năng lượng ở dạng nào đó có trật tự. Giá trị đại lượng này được xác định không chỉ bởi các thông số của vật thể mà còn bởi các thông số của môi trường xung quanh.

Có thể gặp các trường hợp năng lượng nói chung không có giá trị gì hết, thí dụ, lượng nhiệt năng khổng lồ của chuyển động nhiệt của các phân tử nước hoặc không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh. Giá trị kỹ thuật của năng lượng này bằng không vì nó không thể sử dụng và biến đổi thành dạng năng lượng bất kỳ khác.

Sự khác biệt nói trên của các dạng năng lượng có ý nghĩa quyết định khi phân tích các hệ thống nhiệt động và các hệ thống kỹ thuật khác mà hoạt động của chúng dựa trên sự biến đổi năng lượng.

Năng lượng không có khả năng biến đổi thành dạng năng lượng khác ở điều kiện đã cho được gọi là năng lượng vô giá trị (vô dụng). Vì vậy, khi phân tích nhiệt động học các quá trình kỹ thuật điều quan trọng không chỉ và không thể chỉ ở chỗ nghiên cứu các tổn thất năng lượng chung chung (về nguyên lý, năng lượng không thể mất) mà phải nghiên cứu các tổn thất của năng lượng có ích (năng lượng hữu dụng) do bị giảm chất lượng của năng lượng- khả năng biến đổi ở các điều kiện đã cho. Không cần thiết phải tính tới các năng lượng vô dụng. Chỉ sự giảm năng lượng hữu ích do liên quan đến tính "không thuận nghịch" của các quá trình thực tế mới cần được xem là các tổn thất không hoàn lại trong phân tích nhiệt động.

Cơ năng hoặc điện năng được xem là thước đo mức độ chuyển hóa, tính hữu dụng của bất kỳ dạng năng lượng nào, vì về nguyên lý, chúng có thể biến đổi hoàn toàn thành dạng bất kỳ của năng lượng. Vì vậy, nếu ở các điều kiện đã cho có thể biến đổi được một lượng nhất định năng lượng cho trước thành điện năng hoặc cơ năng, thì điều đó hoàn toàn bảo đảm khả năng biến đổi nó thành bất kỳ dạng năng lượng nào khác một cách triệt để. Điều kiện biến đổi như vậy được xác định bởi định luật nhiệt động học thứ hai.

Vì lí do đã trình bày nên nảy sinh sự cần thiết đưa ra phương pháp tổng quát đối với các nguồn năng lượng có khả năng biến đổi thành dạng năng lượng khác khi tác động tương hỗ với môi trường xung quanh. Như đã biết, sự biến đổi tối đa của năng lượng có thể xảy ra ở điều kiện khi tất cả các quá trình ở trong hệ thống cũng như khi chúng tác động tương hỗ với môi trường xung quanh là thuận nghịch.

Thước đo năng lượng có ích (hữu dụng) của hệ thống khi tác động thuận nghịch với môi trường xung quanh được gọi là *EXERGI* của hệ thống:

Exergi của vật chất là công tối đa vật chất có thể thực hiện trong quá trình thuận nghịch, trong đó môi trường đóng vai trò là nguồn nhiệt và vật chất cho không, nếu cuối quá trình này tất cả các dạng vật chất tham gia quá trình chuyển về trạng thái cân bằng nhiệt động với tất cả các thành phần của môi trường xung quanh [1].

Bảng 1 giới thiệu các tính chất đặc trưng cho khái niệm exergi tương ứng với khái niệm năng lượng (energy).

Bảng 1. So sánh các tính chất của năng lượng và exergi.

Năng lượng của hệ thống	Exergi của hệ thống
1) Chỉ phụ thuộc vào các thông số của hệ thống và không phụ thuộc vào các thông số của môi trường xung quanh. **2)** Luôn có giá trị khác không và bằng với phương trình Einstein mc^{2*}. **3)** Giá số giá trị của energi hệ thống luôn bằng hiệu số giữa energi W_c^+ vào và ra khỏi hệ thống W_c^-: $\Delta W_c = \sum W_c^+ - \sum W_c^-$ **4)** Tính chất biến đổi của một số dạng sang các dạng khác (sang cơ năng hoặc điện năng) bị hạn chế, kể cả trong các quá trình thuận nghịch	**1)** Phụ thuộc cả vào các thông số của hệ thống và cả vào các thông số của môi trường xung quanh. **2)** Có thể có giá trị bằng không (khi cân bằng hệ thống với môi trường xung quanh). **3)** Giá số giá trị của exergi ΔE_c bằng hiệu số giữa energi E_c^+ vào và ra khỏi hệ thống E_c^- chỉ khi tất cả các quá trình diễn ra thuận nghịch. Nếu chỉ cần một quá trình không thuận nghịch gia số sẽ nhỏ hơn hiệu số này: $\Delta E_c \le E_c^+ - E_c^-$ **4)** Sự biến đổi từ dạng này sang dạng khác (sang cơ năng hoặc điện năng) ở các quá trình thuận nghịch không bị hạn chế.

Tất cả các tính chất nêu trên của exergi cho phép đưa ra các kết luận về các khả năng ứng dụng thực tế của exergi đối với phân tích nhiệt động.

1). Có thể đánh giá tính không thuận nghịch bằng độ giảm exergi trong các quá trình không thuận nghịch. Hiệu số D giữa exergi chung của hệ thống ở đầu quá trình cho trước và cuối quá trình bằng tổn thất do tính không thuận nghịch

$$D = \sum E_c^+ - \sum E_c^- = \Delta E_c^* \quad (1)$$

Ở đây, exergi tương tự như entropi, tăng entropi cũng như giảm exergi phản ánh tổn thất do tính không thuận nghịch gây ra. Tuy vậy, ưu việt thực tế của exergi, rất quan trọng đối với các kỹ thuật ứng dụng nhiệt động học, thể hiện ở chỗ là, độ giảm của nó cho ta ngay giá trị tổn thất năng lượng hữu dụng và cho phép so sánh tổn thất này với số lượng hiện có của năng lượng này (nghĩa là thu được cả giá trị tuyệt đối và cả giá trị tương đối của đại lượng tổn thất). Thực vậy, tỷ số của exergi còn lại trong hệ thống trên đến cuối quá trình (hoặc được lấy ra khỏi hệ thống) $\Sigma E_c^- = \Sigma E_c^+ - D$ trên exergi có ở bắt đầu quá trình (hoặc cấp vào) đặc trưng cho mức độ gần với quá trình thuận nghịch (hiệu suất exergi)

$$\eta_{ex} = \frac{\sum E_c^-}{\sum E_c^+} = \frac{\sum E_c^+ - D}{\sum E_c^+} = 1 - \frac{D}{\sum E_c^+} \quad (2)$$

2. Tính bất biến của exergi ở các quá trình thuận nghịch cho phép tạo ra model lý tưởng của bất kỳ quá trình kỹ thuật nào, nó có thể làm chuẩn để đánh giá và phân tích các quá trình thực. Ở trường hợp riêng, nó cho phép xác định công tiêu thụ tối thiểu để thực hiện quá trình cho trước. Quá trình lý tưởng như vậy, về nguyên tắc, có thể được thực hiện bằng số lượng không hạn chế các biện pháp, miễn là đáp ứng một điều kiện- không có tổn thất exergi.

3. Đại lượng exergi có thể dùng để xác định khả năng thực hiện được quá trình này hay quá trình khác ở hệ thống kỹ thuật bất kỳ. Nếu exergi tăng ($\Delta E_c<0$), thì quá trình không có khả năng thực hiện nếu không cấp exergi từ bên ngoài. Nếu exergi giảm ($\Delta E_c >0$), thì quá trình không chỉ về nguyên tắc có khả năng thực hiện được, mà hệ thống còn có khả năng cho exergi trong tiến trình của quá trình, nó có tác dụng cho hiệu quả kỹ thuật nào đó.

2. Hàm exergi và quan hệ của nó với các thông số của môi trường xung quanh [1]

a) Exergi của khối vật chất trong thể tích (hệ thống kín)

Ký hiệu các thông số của vật thể ở trạng thái cho trước là U, S, V và T, và ở trạng thái "không" tương ứng với U_0, S_0, V_0 và T_0. Vì chúng ta khảo sát các hệ thống nhiệt động nên trao đổi năng lượng chỉ có thể xảy ra ở hai dạng – nhiệt Q và công L.

Khi chuyển một nhiệt lượng thuận nghịch ở mức độ của môi trường xung quanh, ở mỗi quá trình phân tố có thể thu được một phân tố công

$$-\delta L' = -\frac{T - T_0}{T}\delta Q,$$

(3)

(*tức tương đương với công của một chu trình Cac nô phân tố thuận nghích*), đại lượng này luôn luôn âm (hệ thống cho công) vì khi $T > T_0$, $\delta Q < 0$ còn khi $T < T_0$, $\delta Q > 0$.

Ngoài ra, khi thể tích V của hệ thống thay đổi, công sinh ra một cách trực tiếp, ký hiệu công này là δL. Tuy vậy, thay đổi thể tích dV của hệ thống nằm trong môi trường xung quanh cần phải khắc phục sức cản của môi trường này, có áp suất P_0, vì thế chỉ có một phần công δL bằng

$$-\delta L'' = -\delta L + P_0 dV$$

(4)

là được truyền cho vật thứ ba.

(Đại lượng P_0dV có dấu ngược với dấu $\delta L''$ và δL, chúng mang dấu âm).

Như vậy, công có thể sinh ra của hệ khi tác động tương hỗ giữa hệ thống và môi trường xung quanh – exergi của hệ thống đối với quá trình phần tố

$$-dE = -\frac{T - T_0}{T}\delta Q - \delta L + P_0 dV.$$

(5)

Theo định luật nhiệt động một, $dU = \delta Q + \delta L$, theo định luật nhiệt động II đối với quá trình thuận nghịch $\frac{\delta Q}{T} = dS$. Đưa các giá trị này vào phương trình (5) đối với quá trình phân tố, ta thu được

$$-dE = -dU + T_0 dS + P_0 dV,$$

(6)

hoặc đối với quá trình ở dạng tổng quát

$$-E = -(U - U_0) + T_0(S - S_0) + P_0(V_0 - V).$$

(7)

Vì ở các thông số cho trước của môi trường xung quanh các đại lượng U_0, S_0, P_0 và V_0 là không đổi, đối với mỗi trạng thái cho trước của công chất, đại lượng E được xác định và là đơn trị.

Khi viết cho các giá trị riêng và ký hiệu đại lượng $u_0 - T_0 s_0 + P_0 v_0 = c$ thì ta thu được biểu thức cuối cùng đối với hàm exergi riêng

$$-\varepsilon = -u + T_0 s - P_0 v + c.$$

(8)

Vì chỉ có các thông số trạng thái và các hằng số P_0 và T_0 nằm trong công thức, đại lượng ε là hàm exergi đơn trị. Ở các tính toán liên quan với việc xác định hiệu số ε, đại lượng c được loại trừ và

$$\Delta\varepsilon = \Delta u - T_0 \Delta S + P_0 \Delta v$$

(8')

b) Exergi của công chất trong dòng liên tục ổn định

Đa số các thiết bị công nghiệp, trong đó các thiết bị nhiệt độ thấp nói riêng, hoạt động ở các điều kiện công chất chuyển động liên tục, ổn định. Mỗi một bộ phận của hệ thống này có thể trao đổi năng lượng với môi trường xung quanh không chỉ bằng các tác động cơ giới và nhiệt mà còn với công chất chảy qua các giới hạn của hệ thống. Vì vậy chúng có thể được xem là hệ thống hở. Thiết lập các đại lượng exergi của công chất chuyển động trong dòng có ý nghĩa quan trọng hàng đầu đối với việc phân tích các hệ thống này. Xây dựng các công thức để xác định exergi của dòng dựa trên các tiên đề như lập công thức E đối với vật không chuyển động đã nêu ở trên.

Chúng ta sẽ khảo sát dòng công chất ổn định có các thông số u, v, s, T và P. Các thông số đặc trưng trạng thái cân bằng với môi trường xung quanh (ở trạng thái không) chúng ta ký hiệu u_0, v_0, s_0, T_0 và P_0. Để xác định exergi cần phải tìm công cực đại mà dòng có thể tạo ra khi chuyển đổi thuận nghịch từ trạng thái cho trước tới trạng thái không.

Exergi của một đơn vị khối lượng trong dòng khác với exergi ε của vật thể không chuyển động bởi đại lượng công liên quan đến chuyển động của dòng. Công này, sau khi khấu trừ phần để khắc phục áp suất khí quyển, bằng: $Pv - P_0v = v(P - P_0)$. Do đó, exergi của công chất trong dòng khi tính đến (8) bằng:

$$e = \varepsilon + v(P - P_0) = u - T_0 s + P_0 v + Pv - P_0 v + c = u + Pv - T_0 s + c.$$

(9)

Vì $u + pv = i$, ta thu được

$$e = i - T_0 s + c.$$

(10)

Nếu động năng của dòng có giá trị không thể bỏ qua, giá trị của nó cần đưa vào biểu thức exergi của dòng

$$e' = i - T_0 s + A\frac{\omega^2}{2g} + c\,.$$

(11)

Đại lượng e cũng như ε là hàm exergi đơn trị. Như đã thấy rõ từ công thức (11), giá trị của nó khác với ε chỉ liên quan đến nhiệt độ T_0, không phụ thuộc vào áp suất P_0.

c) Exergi của dòng nhiệt

Exergi của dòng nhiệt được đánh giá bởi công tối đa có thể thu được do kết quả chuyển đổi thuận nghịch năng lượng ở dạng nhiệt giữa công chất có nhiệt độ T và môi trường xung quanh với nhiệt độ T_0.

Từ nguyên lý nhiệt động học ta biết rằng đại lượng này của quá trình phân tố được xác định bởi phương trình

$$\delta e_q = \delta q\frac{T - T_0}{T},$$

(12)

còn đối với quá trình hữu hạn

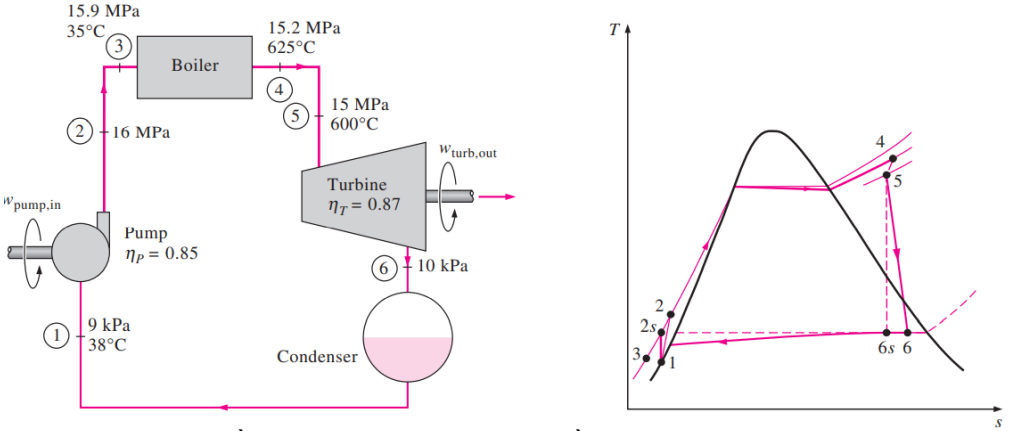
$$e_q = \sum \delta q\frac{T - T_0}{T}\,.$$

(12')

Đại lượng $\frac{T - T_o}{T}$ được gọi là nhiệt độ exergy, ký hiệu là τ_e (^{0}E, có giá trị từ $-\infty \div 1$), cũng là hàm trạng thái của hệ thống và môi trường xung quanh như ε và e. Dùng nó khi phân tích nhiệt động sẽ thuận tiện hơn dùng đại lượng T vì bao hàm cả giá trị T_0 nên cho ta khả năng xác định ngay exergi của dòng nhiệt theo q và đơn giản hóa các tính toán liên quan với nó.

3. Phân tích nhiệt động hệ động lực hơi nước

Trong một số lĩnh vực kỹ thuật, tính toán exergi đối với 2 dạng năng lượng– dạng hóa học e_μ và bức xạ e_i có một ý nghĩa nhất định. Xác định exergi ở các quá trình hóa học là cần thiết ở các tính toán và phân tích nhiệt động các thiết bị nhiệt động lực hoạt động bằng nhiên liệu hóa học, các thiết bị nhiên liệu và một số thiết bị năng lượng khác. Các vấn đề này được nghiên cứu trong [9, 19, 63, 43, 44, 63]; exergi bức xạ đã được các bài báo [45, 46, 60] nghiên cứu. Dưới đây chỉ trình bày ví dụ phân tích exergy nhiệt động cho hệ động lực hơi nước (gác lại các biến đổi hóa học của phản ứng cháy của nhiên liệu.



Hình 1. Sơ đồ hệ động lực hơi nước và đồ thị T-s chu trình Rankin không thuận nghịch [2]

Dưới đây ta phân tích nhiệt hệ thống có sơ đồ và các thông số như hình 1 [2], giả thiết thêm rằng, nhiệt độ môi trường t_0=30 ^{0}C, hiệu suất nhiệt nồi hơi η_{nh}=0.92, hiệu suất cơ giới của tuabin η_m=0.96, hiệu suất máy phát η_{mf}=0.97. nhiệt độ cao nhất của khí cháy trong buồng đốt t_{max}=1300 ^{0}C.

Các thông số trạng thái tương ứng một số điểm nút trên hình 1 có thể tra bảng [3] hoặc tính trực tiếp được gồm:

i_1=159.7646 kJ/kg; s_1=0.547375 kJ/kgK; i_{2s}=175.8995 kJ/kg; i_2=178.7469 kJ/kg; t_2=39.36126 ^{0}C; t_{2s}=38.6812 ^{0}C; s_2=0.556497 kJ/kgK; i_3=160.4854 kJ/kgK; i_4=3645.495 kJ/kg; s_4=6.742445 kJ/kgK; i_5= 3583.1 kJ/kg; s_5=6.6806 kJ/kgK; độ khô x_{6s}=0.80423; i_{6s}=2115.6 kJ/kgK; i_6=2306.375 kJ/kg; x_6=0.884; s_6=7.2788 kJ/kgK

Bảng 2. Cân bằng nhiệt

STT	Đại lượng tính	Công thức	Giá trị (kJ/kg)
1	Công tiêu thụ của bơm	$l_P \approx v(P_2 - P_1)/\eta_P$	18.98226
2	Tổn thất nhiệt đoạn ống 2-3	$\Delta q_1 = C_P(t_2 - t_3)$	18.26147
3	Nhiệt lượng cấp cho 1 kg hơi	$q = i_4 - i_3$	3485.01
4	Nhiệt lượng nhiên liệu/1 kg hơi	$q_{nl} = q/\eta_{nh}$	3788.054
5	Tổn thất nhiệt trong nồi hơi	$\Delta q_2 = q_{nl} - q$	303.044
6	Công riêng của tuabin	$l_T = (i_5 - i_{6s})\eta_T$	1276.725
7	Tổn thất do bất thuận nghịch ở tua bin	$\Delta q_T = (i_5 - i_{6s})(1-\eta_T)$	190.775
8	Tổng thất nhiệt đoạn ống 4-5	$\Delta q_3 = i_4 - i_5$	62.395
9	Nhiệt lượng nhả ở bầu ngưng	$q_2 = i_6 - i_1 = i_5 - l_T - i_1$	2146.61
10	Tổn thất cơ giới ở tua bin	$\Delta q_4 = l_T(1-\eta_m)$	51.069
11	Công có ích ở tua bin (lai máy phát)	$l_{eT} = l_T\eta_m$	1225.656
12	Tổn thất công ở máy phát	$\Delta q_5 = l_{eT}(1-\eta_{mf})$	36.76968
13	Công của hệ thống	$l_{eHT} = l_{eT}\eta_{mf} - l_P$	1169.904
14	Cân bằng nhiệt	$q_{nl} = l_{eHT} + q_2 + \sum \Delta q_i$	3788.053
15	Hiệu suất nhiệt	$\eta_t = l_{eHT}/q_{nl}$	**30.884 %**

Bảng 3. Cân bằng exergi

STT	Đại lượng tính	Công thức	Giá trị (kJ/kg)
1	Gia tăng ex/(1 kg hơi) qua bơm	$e_P = i_2 - i_1 - T_0(s_2 - s_1)$	16.21697
2	Tổn thất ex ở bơm*	$\Delta e_1 = l_P - e_P$	2.76529
3	Tổn thất công trong bơm **	$\Delta q_P \approx v(P_2 - P_1)(1-\eta_P)$	2.8474
4	Ex nhiên liệu cấp cho hơi (*của khí cháy*)	$e_{nl} = q_{nl} - c_p T_0 \ln\frac{T_{\max}}{T_0} = q_{nl}\left(1 - \frac{T_0}{T_{\max} - T_0}\ln\frac{T_{\max}}{T_0}\right)$	2299.172
5	Tổn thất ex trên đoạn 2-3	$\Delta e_2 = i_2 - i_3 - T_0(s_2 - s_3) \approx i_2 - i_3$	18.25
6	Gia tăng *ex* của 1 kg nước ở nồi hơi	$e_h = i_4 - i_3 - T_0(s_4 - s_3)$	1610.358
7	Tổn thất ex ở nồi hơi	$\Delta e_3 = e_{nl} - e_h$	688.814
8	Tổn thất ex hơi từ nồi hơi đến tua bin (đoạn ống 4-5)	$\Delta e_4 = i_4 - i_5 - T_0(s_4 - s_5)$	43.647
9	Tổn thất ex ở tuabin	$\Delta e_5 = T_0(s_6 - s_5)$	181.344
10	Tổn thất ex ở bầu ngưng	$\Delta e_6 = i_6 - i_1 - T_0(s_6 - s_1)$	106
11	Tổn thất do ma sát ở tua bin	$\Delta e_7 = \Delta q_4 = l_T(1-\eta_m)$	51.069
12	Tổn thất ở máy phát	$\Delta e_8 = \Delta q_5 = l_{eT}(1-\eta_{mf})$	36.77

13	Cân bằng	$e_{nl} = l_{eHT} + \sum \Delta e_i$	2299
14	Hiệu suất exergi	$\eta_{ex} = \frac{l_{eHT}}{e_{nl}} = 1 - \frac{\sum \Delta e_i}{e_{nl}}$	0.533

4. Nhận xét và kết luận

So sánh hai cách phân tích nhiệt, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

- Hiệu suất exergy lớn hơn hiệu suất nhiệt, nó có thể bằng 1 nếu các quá trình thuận nghịch hoàn toàn (hiệu suất nhiệt luôn nhỏ hơn 1), do đó nó cho biết có thể cải thiện sử dụng năng lượng được hay không;

- Khi cân bằng năng lượng, thì tổn thất nhiệt q_2 là lớn nhất (*Bảng 2, dòng 9, q_2=2146.61*), tức chiếm gần 57% q_{nl} còn ở nồi hơi, tổn thất nhiệt $\Delta q_2 = q_{nl} - q$ =303.044 kJ/kg, tức vào khoảng gần 8%. Ngược lại, tổn thất exergy ở nồi hơi (bảng 3, dòng 7): $\Delta e_3 = e_{nl} - e_h$ = 688.814 kJ/kg, tức chiếm gần 30% exergy của nhiên liệu. Ngoài ra, có vẻ như vô lý, về giá trị tuyệt đối $\Delta e_3 > \Delta q_2$? Xong đó lại là điều bình thường trong thực tế, vì nguồn nhiệt (*khí cháy*) có nhiệt độ cao hơn công chất (*nước*) trong nồi hơi, cùng lượng nhiệt trao đổi, thì exergy của nguồn (giảm đi) sẽ nhiều hơi so với công chất nhận được (Nếu quá trình là thuận nghịch thì $\Delta e_3 = \Delta q_2$). Tổn thất exergy ơ bầu ngưng là tương đối nhỏ so với các loại tổn thất khác.

- Trong các thiết bị có trao đổi công ngoài (bơm, tua bin), thì tổn thất công do không thuận nghịch lớn hơn (về trị số tuyệt đối) so với tổn thất exergy, vì một phần nhiệt do công biến thành góp phần làm tăng esergi của công chất ở đầu ra và có thể sử dụng được trong các bộ phận tiếp sau.

Kết luận: Phân tích bằng cân bằng exergy cho ta biết nên chú trọng vào cải tiết khâu nào trong hệ thống, trong ví dụ minh họa trên thì là tìm các biện pháp tránh thất thoát nhiệt ở nồi hơi đóng vai trò quyết định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] В. М. Бродянсий, *Термодинамческий анализ низкотемпературных процессов*, Московский Энергетический Институт, 1956.

[2] Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, *Thermodynamics (Fifth edition, An engineering Approach)*.

[3] Nguyễn Mạnh Thường, *Nhiệt động kỹ thuật và truyền nhiệt*, Nhà xuất bản Hàng hải, 2014.

MỘT SỐ ĐIỀU CẦN QUAN TÂM VÀ LƯU Ý CỦA SỸ QUAN MÁY TRONG QUÁ TRÌNH MÁY CHÍNH HOẠT ĐỘNG Ở VÒNG QUAY KINH TẾ

SOME THINGS TO CONCERN AND PRECAUTION OF ENGINEER WHILE MAIN ENGINE OPERATION AT ECONOMIC SPEED (SLOW STEAMING)

ĐỖ MINH PHONG

Bộ môn Khai thác Máy tàu biển, Khoa Máy tàu biển

Tóm tắt:

Tàu khai thác ở chế độ vòng quay kinh tế (economic speed or slow steaming) là quá trình cố ý giảm tốc độ của tàu với mục đích giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải các bon. Trong quá trình tàu hoạt động ở chế độ vòng quay kinh tế thì một số điều yêu cầu các sỹ quan máy cần quan tâm và lưu ý tới Máy chính sao cho động cơ hoạt động hiệu quả, an toàn và kinh tế.

***Từ khóa**: Vòng quay kinh tế, lợi ích của vòng quay kinh tế, những điều quan tâm, những lưu ý.*

Abstract:

Economic speed or slow steaming is a process of deliberately reducing the speed of cargo ships to cut down fuel consumption and carbon emissions. During the operation of the ship in economic speed, some things require the engine officer to concern and precaution to the main engine so that the engine operates efficiently, safely and economically.

***Key word**: Economic speed, Benefits of slow steaming, Concern, Precaution.*

1. Giới thiệu

Việc khai thác tàu ở vòng quay kinh tế đã được đa số các công ty thuê tàu, quản lý tàu và chủ tàu áp dụng để tồn tại trong thời kỳ khó khăn của giá nhiên liệu tăng cao và suy thoái kinh tế. Áp lực giảm lượng khí thải carbon và nâng cao hiệu quả hoạt động của tàu cũng đã thúc đẩy các công ty vận tải biển thực hiện chế độ chạy chậm trên tàu của họ. Tàu khai thác ở vòng quay kinh tế là một quá trình cố ý giảm tốc độ của tàu để cắt giảm mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải carbon. Tuy nhiên, các hãng sản xuất động cơ luôn khuyến cáo rằng tránh khai thác động cơ lâu dài ở tải thấp. Vì vậy, các Sỹ quan máy cần quan tâm và lưu ý tới các thông số của Máy chính sao cho động cơ hoạt động hiệu quả, an toàn và đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật đề ra.

Trong bài viết này, chúng tôi sẽ đề cập về vấn đề có thể xảy ra, các biện pháp kiểm tra và lưu ý khác nhau cần thực hiện khi chuẩn bị cho động cơ hàng hải hoạt động ở vòng quay kinh tế nhằm mục đích duy trì cho tàu hoạt động hiệu quả kinh tế và an toàn.

2. Nội dung

2.1 Khái niệm vòng quay kinh tế

Economic speed hay slow steaming là quá trình cố ý giảm tốc độ của tàu, điều này dẫn đến giảm công suất động cơ và tiêu hao nhiên liệu. Khai thác tàu ở vòng quay kinh tế - Slow steaming đã giúp các chủ tàu, công ty quản lý tàu và thuê tàu thành công trong việc giảm lượng nhiên liệu cần thiết để chạy tàu, tiết kiệm tiền mua nhiên liệu.

2.2 Lợi ích khi tàu hoạt động ở vòng quay kinh tế

Mặc dù các vấn đề như thời gian vận chuyển hàng hóa lâu hơn và ảnh hưởng tiêu cực đến động cơ đã khiến các công ty quản lý tàu bận tâm, nhưng lợi ích tổng thể của chiến lược kinh doanh đã khiến họ bỏ qua những mặt trái, ít nhất là vào thời điểm hiện tại là khai thác tàu gặp khó khăn. Những lợi ích chính của việc khai thác ở vòng quay kinh tế là:

- Giảm tiêu thụ nhiên liệu, do đó giảm chi phí khai thác tàu.
- Giảm lượng khí thải carbon (CO_2, NO_x và SO_x).

Ngoài những lợi ích nêu trên, việc tàu hoạt động ở vòng quay kinh tế còn đòi hỏi nhiều yếu tố khác nhau như các yêu cầu kỹ thuật, an toàn bởi vì các hãng sản xuất động cơ luôn khuyến cáo động cơ hạn chế hoạt động lâu dài ở tải thấp. Nếu phải hoạt động ở chế độ vòng quay kinh tế - economic or slow steaming thì các sỹ quan máy cần làm theo các hướng dẫn của các hãng sản xuất động cơ cũng như các yêu cầu của quản lý kỹ thuật của chủ tàu.

2.3 Các kiểm tra, quan tâm và lưu ý khi động cơ hoạt động ở vòng quay kinh tế

Như đã trình bày ở trên, động cơ chính truyền thống được thiết kế để chạy trong phạm vi tải từ 70% đến 85% MCR (Maximum Continuous Rating) trong quá trình hoạt động liên tục. Vì vậy các công việc kiểm tra, những vấn đề cần quan tâm, lưu ý trong quá trình tàu hoạt động ở chế độ vòng quay kinh tế để là yêu cầu cần thiết đối với người khai thác, đạt được mục tiêu tiết kiệm chi phí, chỉ tiêu kỹ thuật và an toàn.

Để làm được điều này, Máy trưởng cũng như các Sỹ quan máy cần thực hiện những thay đổi cần thiết, các quy trình kiểm tra bổ sung và làm theo hướng dẫn của hãng chế tạo động cơ, cũng như tư vấn của quản lý kỹ thuật của chủ tàu liên quan đến tốc độ kinh tế của tàu khi động cơ hoạt động ngoài phạm vi tối ưu đã thiết kế của nó.

a. Những vấn đề xảy ra sau đây liên quan đến động cơ hạt động ở vòng quay kinh tế.

- Động cơ hoạt động thời gian dài ở vòng quay thấp sẽ gây tắc bẩn tua bin tăng áp, sinh hàn khí tăng áp, và đó là nguyên nhân làm giảm hiệu suất của động cơ.

- Tua bin tăng áp hoạt động ngoài phạm vi thiết kế của chúng tạo ra ít lưu lượng khí hơn dẫn đến nhiều cặn bẩn.

- Bôi trơn quá mức của sơ mi xi lanh cũng không tốt như khi bôi trơn không đủ dầu nhờn. Trừ khi động cơ có hệ thống bôi trơn xi lanh phụ thuộc tải phù hợp với quá trình hoạt động ở vòng quay kinh tế. Mức cấp (feed rate) của dầu bôi trơn xi lanh phải được điều chỉnh đến giá trị tối ưu theo lời khuyên của hãng sản xuất động cơ.

- Ở vòng quay thấp, chất lượng phun của vòi phun giảm vì vậy làm tăng cặn cacbon trên kim phun làm ảnh hưởng chung đến các thông số hoạt động của động cơ. Vì vậy thời gian bảo dưỡng, cân chỉnh vòi phun cũng cần rút ngắn hơn khi động cơ chạy ở chế độ định mức.

- Tăng độ bám muội, gây tắc nghẽn các ống trong nồi hơi khí thải dẫn đến giảm công suất của động cơ cũng như tăng nguy cơ cháy muội than.

- Khi động cơ hoạt động ở tải thấp nên nhiệt độ khí thải thấp. Nếu nhiệt độ khí thải dưới 250 độ C có thể gây ra hiện tượng ăn mòn ở nhiệt độ thấp.

- Áp suất không khí nạp thấp, nên áp suất nén Pc thấp, dẫn đến quá trình cháy không tốt, do đó làm giảm hiệu suất chung của động cơ.

- Nhanh đóng cặn bẩn ở các rãnh xéc măng, đỉnh piston và khoang dưới piston.

- Làm tăng nguy cơ cháy khoang gió quyét nếu nhiệt khoang gió quyét quá cao.

- Làm giảm sự trao đổi nhiệt do nhiều cặn cacbon ở piston và là nguyên nhân hư hỏng các bộ phận do ứng suất nhiệt.

- Làm giảm hiệu suất của nồi hơi kinh tế (EGB) do nhiều muội bám vào thành vách ống, điều này càng làm giảm sản lượng sinh hơi của nồi hơi kinh tế, vì vậy làm tăng thêm chi phí bảo trì và sửa chữa.

- Chân vịt của tàu được thiết kế để mang lại hiệu quả tối đa khi máy chính hoạt động ở vòng quay định mức (80% - 85%) tải. Do hoạt động ở vòng quay thấp hơn, hiệu quả của chân vịt có thể bị ảnh hưởng.

- Suất tiêu hao nhiên liệu (Specific fuel oil Consumption - SFOC) được tối ưu hóa để chạy trong chế độ định mức (tức 80 % - 85 % tải). Mặc dù lượng tiêu thụ nhiên liệu tổng cộng thấp hơn, SFOC cao hơn ở tải thấp do quá trình phun và đốt cháy không tối ưu.

- Nếu tàu có trang bị máy phát đồng trục (shaft generators) thi khi tàu hoạt động ở tải thấp có thể làm cho máy phát đồng trục không hoạt động được.

b. Các kiểm tra khi động cơ hoạt động lâu dài ở vòng quay thấp

Nhìn chung trong các động cơ tàu thủy truyền thống (trừ động cơ thông minh) cần thực hiện kiểm tra sau đây khi động cơ hoạt động ở chế độ thấp tải.

- Định kỳ kiểm tra, vệ sinh khoang gió quyét và phần dưới của pít-tông.

- Kiểm tra các xéc măng xem có bị gãy, vỡ, bám cặn và giảm độ đàn hồi hay không.

- Thường xuyên kiểm tra và vệ sinh nồi hơi khí xả. Kiểm tra độ chênh lệch nhiệt độ, áp suất trước và sau nồi hơi khí xả.

- Kiểm tra mức cấp (feed rate) của dầu nhờn bôi trơn sơ mi xi lanh, kiểm tra tình trạng bề mặt các sơ mi xi lanh và pít-tông để đánh giá tình trạng bôi trơn sơ mi xi lanh.

- Kiểm tra vòng quay của tua bin tăng áp cũng như áp suất không khí nạp. Bất kỳ sự sụt giảm vòng quay hoặc áp suất khí tăng áp ở cùng một tải có thể cho thấy tua bin tăng áp, sinh hàn không khí tăng áp bị bẩn, tắc nghẽn.

- Kiểm tra và ghi lại sự chênh lệch nhiệt độ của khí xả giữa đầu vào và đầu ra của tua bin tăng áp. Sự giảm chênh lệch có thể cho thấy tua bin khí xả bị tắc nghẽn.

- Kiểm tra và ghi lại nhiệt độ vào và ra nồi hơi khí xả. Bất kỳ sự tăng nhiệt độ nào ở cùng một tải và giảm áp suất hơi đều có thể cho thấy các ống của nồi hơi khí xả bị bẩn do bám nhiều muội và tắc. Có thể theo dõi qua nhiệt kế, các manometer (ống chữ U) để đánh giá tình trạng các ống của nồi hơi khí xả.

- Thường xuyên đo áp suất Pc, Pz và kiểm tra các thông số của Máy chính để đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ.

- Định kỳ xả nước ngưng tụ tại sinh hàn khí tăng áp.

Vận hành ở mức tải thấp có thể làm cho nhiên liệu và dầu xi lanh chưa cháy được tích tụ trong ống xả. Vì vậy nó có thể cháy đột ngột gây ra hiện tượng quá tốc độ của tua bin khí xả và hư hỏng bộ tăng áp khi tăng tải trở lại. Do đó cần tiến hành kiểm tra đường ống xả khi có cơ hội.

c. Các lưu ý khi động cơ hoạt động ở chế độ vòng quay kinh tế

Có một thực tế được thống kê cho thấy rằng hầu hết các sự cố liên quan đến quá trình động cơ hoạt động ở vòng quay kinh tế xảy ra không phải trong chế độ thấp tải mà là khi động cơ hoạt động trở lại ở mức tải khai thác định mức. Để tránh bất kỳ sự cố nào xảy ra khi động cơ chính trở lại chế độ hoạt động bình thường, cần phải thực hiện một số biện pháp phòng ngừa và kiểm tra cẩn thận trong quá trình hoạt động ở vòng quay kinh tế.

- Duy trì độ nhớt của dầu nhiên liệu từ 12 đến 13 CST trước khi phun vào buồng đốt động cơ.

- Khi áp suất khí tăng áp quá thấp, nếu cần thiết thì luôn bật quạt gió phụ (ở chế độ manual) để tránh nhiệt độ khí thải tăng cao sau khi ngắt quạt gió phụ. Nhiệt độ khí thải trên 450 độ C có thể gây ăn mòn nhiệt độ cao và cháy xu páp xả. Lưu ý khi quạt gió phụ hoạt động thì luôn theo dõi dòng điện (Am pe kế) của mô tơ điện của quạt gió phụ để xem nó có bị quá dòng hay không.

- Giữ nước làm mát sơ mi xy lanh ở nhiệt độ tối ưu khoảng 83 đến 85 độ C và tránh dao động. Duy trì ở nhiệt độ cao nhất mà nhà sản xuất động cơ cho phép. Điều này giúp giảm ứng suất nhiệt trên sơ mi và tránh ăn mòn sơ mi xy lanh ở nhiệt độ thấp.

- Trong hệ thống bôi trơn xi lanh phụ thuộc vào tải, ở chế độ vòng quay kinh tế có thể dẫn đến mức cấp dầu bôi trơn sơ mi thấp hơn (feed rate) do đó có thể chọn dầu xi lanh có BN (base number) cao hơn để phù hợp và bảo vệ chống lại các vấn đề ăn mòn.

- Giảm tải động cơ từ 90% đến 30% làm tăng thời gian lưu (thời gian bên trong xi lanh cho mỗi lần nạp dầu xi lanh) lên ba lần. Điều này có nghĩa là phải sử dụng dầu xi lanh có BN cao hơn.

- Khi sử dụng dầu bôi trơn xy lanh có BN thấp, lúc này cần tăng mức cấp (feed rate) và tham khảo ý kiến của hãng sản suất động cơ.

- Cần điều chỉnh sàn lượng của máy chưng cất nước ngọt để duy trì nhiệt độ nước làm mát sơ mi xy lanh tối ưu nhất có thể.

- Nhiệt độ khí thải sau nồi hơi khí xả (EGB) không được phép giảm xuống dưới 220 độ C để giữ nhiệt độ cao hơn điểm sương của axit sulfuric. Tránh ăn mòn điểm sương.

- Hằng ngày cần tăng vòng quay máy chính lên 70% - 85% tải khoảng 1 giờ để làm sạch tua bin tăng áp, ngăn chặn sự tắc nghẽn của nồi hơi khí xả, cùng kết hợp rửa tua bin tăng áp và thổi muội nồi hơi khí xả. Nó sẽ đốt cháy hết nhiên liệu và dầu chưa cháy hết trong ống xả.

- Cần thực hiện thường xuyên thổi muội cho nồi hơi khí thải và thực hiện nó theo quy trình.

- Phải tiến hành rửa bánh cánh tuabin và máy nén của tua bin khí xả, công việc thực hiện cần làm theo quy trình hướng dẫn của hãng chế tạo động cơ.

- Để tránh ngưng tụ nước trong sinh hàn không khí tăng áp thì cần giữ cho nhiệt độ không khí trong bộ làm mát khoảng 40 đến 45 độ C.

- Sử dụng dầu nhờn bôi trơn xi lanh có BN chính xác và cao hơn theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

- Phải thực hiện tốt việc bảo dưỡng vòi phun nhiên liệu bởi vì vòi phun sẽ nhanh tăng khả năng bám bẩn và nhỏ giọt trong quá trình động cơ hoạt động ở tải thấp.

- Ăn mòn nhiệt độ thấp có thể xảy ra do động cơ thấp tải, vì vậy nhiệt độ khí thải thấp. Cần cẩn thận để tránh nhiệt độ khí thải sau xylanh giảm xuống dưới 250 độ C. Thông số này rất quan trọng vì nhiệt độ sẽ giảm thêm sau khi ra khỏi nồi hơi khí xả.

3. Kết luận

Bài báo đã trình bày những lợi ích có được khi tàu hoạt động ở vòng quay kinh tế, những ưu điểm như tiết kiệm nhiên liệu, giảm chi phí khai thác tàu, giảm phát thải các bon, bảo vệ môi trường. Nhưng kèm theo nó là một loạt những vấn đề kỹ thuật liên quan đến động cơ khi khai thác ở chế độ này, bài báo có đề cập những hư hỏng, sự cố có thể xảy ra khi động cơ khai thác ở chế độ tải thấp sau một thời gian dài.

Để hạn chế đến mức thấp nhất những tổn thất không mong muốn mang lại, vấn đề đặt ra là yêu cầu Máy trưởng và các Sỹ quan máy – những người làm việc trực tiếp dưới tàu phải quan tâm đến các công việc cần kiểm tra, các thông số cần duy trì và những lưu ý khi tàu hoạt động ở tải thấp với mục đích giữ cho các thiết bị luôn ở tình trạng hoạt động tốt.

Với yêu cầu sự hiểu biết thấu đáo về cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các hệ thống động lực, thực hiện quy trình khai thác đúng các trang thiết bị, cùng việc thường xuyên kiểm tra, giám sát các thông số của Máy chính nói riêng và các trang thiết bị trong buồng máy nói chung sẽ giúp người khai thác hạn chế những hư hỏng, sự cố không mong muốn. Đạt được mục tiêu tàu hoạt động tin cậy, an toàn và hiệu quả kinh tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] http://www. mairineinsight.com/the guide to slow steaming on ship/jan 3013
[2] https://www.cedelft.eu/publicatie/regulated/ slow steaming in maritime transport/1224, Feb 2012

MÔ PHỎNG SỐ ĐỘNG LỰC HỌC CHÂN VỊT TÀU THỦY

NUMERICAL SIMULATION OF SHIP PROPELLER DYNAMICS

LÊ VĂN HỌC, BÙI TRỌNG TÙNG
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt:

Các chỉ tiêu về động lực học chân vịt tàu thủy là yêu cầu quan trọng nhất trong quá trình thiết kế, sửa chữa và đánh giá chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của chân vịt. Bài báo giới thiệu phương pháp nghiên cứu mô phỏng số bằng phần mềm Fluent để xác định các chỉ tiêu động lực học chân vịt tàu thủy để kiểm tra, đánh giá và tối ưu hóa được bộ thông số được chọn khi thiết kế, kiểm nghiệm được tính kinh tế kỹ thuật của chân vịt sau khi sửa chữa hoán cải hoặc khi tàu hoạt động ở các chế độ khai thác khác nhau. Kết quả nhận được giúp các kỹ sư và người khai thác có cơ sở để khẳng định được độ tin cậy trong các phương án tính toán thiết kế, sửa chữa và đánh giá kết quả thử nghiệm.

Từ khóa: *Mô phỏng số; Động lực học; Chân vịt tàu thủy.*

Abstract:

The parameters of the propeller dynamics of a ship are the most important requirement in the process of designing, repairing and evaluating technical and economic criteria of the propeller. The article introduces the numerical simulation method by using Fluent software to determine the propeller dynamics of ships to evaluate and optimize the selected set of parameters when designing, the technical – economy parameters of the propeller after repair and conversion or when the ship operates in different operation modes.. The received results help engineers and operators to confirm the reliability of the design calculation plans, repair and evaluate test results.

Keywords: *Numerical simulation; Dynamic; Ship propeller.*

1. Những bài toán cơ bản trong thiết kế chân vịt tàu thủy

Trong thực tế việc thiết kế chân vịt phụ thuộc vào nhiệm vụ thư của chủ tàu, thường có ba dạng yêu cầu thiết kế như sau: Cho trước đường kính chân vịt sau đó thiết kế, chọn công suất máy chính để tàu hoạt động một cách tối ưu nhất; cho trước công suất máy chính (máy chính được coi là đã có sẵn) sau đó thiết kế chân vịt sao phù hợp; và thiết kế chân vịt để đạt được chế độ hoạt động của tàu. Ở đây tác giả sẽ giới thiệu trường hợp thiết kế chân vịt tổng quát nhất là thiết kế chân vịt để đạt được chế độ hoạt động của tàu , bao gồm:

- Tính sức cản của tàu (coi như vỏ tàu đã được thiết kế);
- Tính sơ bộ công suất kéo;
- Tính sơ bộ lực đẩy của chân vịt;
- Sơ bộ chọn công suất máy chính;
- Chọn serie chân vịt, tính đường kính tối ưu của chân vịt đồng thời chọn tỉ số bước, profile, hiệu suất, ...;
- Nghiệm lại công suất máy đã chọn;
- Tính sức bền chân vịt.

Sau khi thiết kế chân vịt ta được các thông số sơ bộ về hình dạng của chân vịt. Để đánh giá kết quả đã thiết kế thì ta phải chế tạo mô hình, sau đó thử tại bể thử. Nghiên cứu mô hình chân vịt tại bể thử nhằm xác định các đặc tính động lực học của chân vịt tự do, không gắn liền vào vỏ tàu, trong các chế độ làm việc khác nhau. Các thông số hình học của chân vịt được thay đổi có hệ thống theo chương trình thử. Kết quả thử mô hình là cơ sở nghiên cứu các tính năng chân vịt tàu, làm tài liệu tính toán và thiết kế. Giống như thử mô hình tàu, thử mô hình chân vịt tàu cũng đòi hỏi thỏa mãn các điều kiện đồng dạng hình học, động học và động lực học. Ngoài ra với chân vịt còn cần thỏa mãn những điều kiện đặc trưng như tránh sủi bọt, xâm thực...

Điều kiện đồng dạng hình học đòi hỏi tỉ lệ các kích thước tương ứng của mô hình và chân vịt thật là giá trị không đổi, các thông số hình học không thứ nguyên như tỉ lệ bước xoắn, tỉ lệ diện tích mặt đĩa, tỉ lệ chiều dày cánh, tỉ lệ chiều rộng cánh v.v... phải là hằng số. Đường bao cánh và profil các mặt cắt cánh tương ứng tại mô hình và chân vịt phải giống nhau.

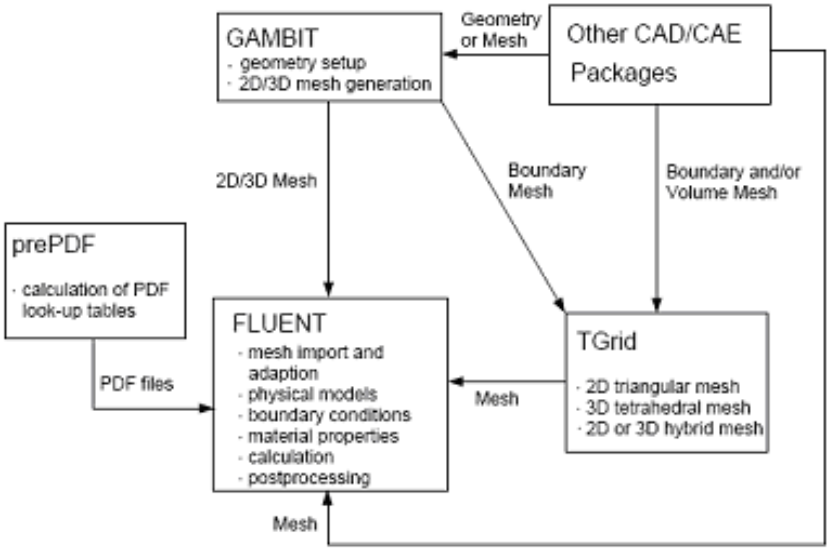
Điều kiện đồng dạng động học đòi hỏi dòng chảy bao mô hình và chân vịt phải như nhau, tại những điểm tương ứng trên những dòng chảy này tỉ lệ giữa vận tốc dòng chảy qua mô hình và chân vịt thật là hằng số, hướng và chiều của chúng phải trùng nhau.

Nghiên cứu mô hình chân vịt tại bể thử như vậy rất tốn kém về thời gian (thời gian chế tạo, thời gian thử, thời gian thí nghiệm...), công sức và tài chính... Do đó vấn đề đặt ra làm sao tiết kiệm được thời gian, chi phí và tiền bạc. Với mục tiêu đưa sản phẩm nhanh nhất, hiệu quả cao nhất và chi phí thấp nhất ra thị trường. Chính vì lý do đó thí nghiệm ảo với sự trợ giúp của máy tính CFD (*Computational Fluid Dynamics - tính toán động lực học chất lưu có trợ giúp của máy tính*) là phương án hợp lý

2 Giới thiệu phần mềm Fluent.

Để có cái nhìn tổng quát về vấn đề nghiên cứu bằng phương pháp số thì chúng ta phải biết sự hình thành, khả năng và phương pháp tính của phần mềm này. 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.

2.1 Cấu trúc của bộ phần mềm Fluent



Hình 1. Cấu trúc của phần mềm Fluent

Trong đó:

- Fluent: Bộ tính toán chính,
- Gambit: Tạo lưới 2D và 3D.
- Tgrid: Tạo lưới 3D từ lưới 2D.
- PrePDF: Bộ tiền sử lý cho tính toán quá trình cháy trong Fluent.

Các bộ giao tiếp chương trình: Cho phép trao đổi dữ liệu của Fluent với các chương trình khác như ANSYS, NASTRAN…

2.2 Khả năng của Fluent

Fluent có khả năng giải quyết các bài toán sau:

- Dòng 2D, 3D đối xứng, tọa độ trục và dòng 3D.
- Dòng tĩnh hay dòng tức thời (phụ thuộc vào thời gian hay không)
- Dòng nén được hay không nén được ở mọi vận tốc (low subsonic, transonic, supersonic và hypersonic flows)
- Dòng nhớt, dòng tầng, dòng rối.
- Chất lỏng Newton hay không Newton.
- Trao đổi nhiệt.
- Các đặc tính của phản ứng hỗn hợp hóa học, quá trình nổ, cháy…
- Dòng nhiều pha liên tục (lỏng-khí, lỏng –lỏng).
- Dòng gồm các pha liên tục trong một pha liên tục (lỏng – rắn).
- Mô hình lỗ hổng.
- Sự thay đổi pha: nóng chảy, đông đặc…
- Mô hình màng thấm, tấm lọc…
- Mô hình quạt, bơm, động cơ tuabin…

- Mô hình các tấm chuyển động.
- Mô hình số.

2.3 Cơ sở toán học của phần mềm Fluent

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

Fluent hỗ trợ các mô hình rối sau: Mô hình Splart-Allmaras; Mô hình k-ε ; Mô hình k-ω; Mô hình $v^2 - f$; Mô hình ứng suất Renold (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:

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

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

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 $-\rho\overline{u_i' u_j'}$) 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 và trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp $k - \varepsilon$.

2.3.1 Mô hình tính toán $k - \varepsilon$

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

Theo giả thiết về độ nhớt rối của Boussinesq:

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

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:

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

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

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,

$$G_k = -\rho.\overline{u'_i u'_j}\frac{\partial u_j}{\partial x_i};\ G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{\mathrm{Pr}_t}\frac{\partial T}{\partial x_i}$$

Trong đó: Pr_t: hằng số Prantl, G_i: thành phần gia tốc trọng trường theo phương i, β : hệ số giãn nở nhiệt của môi trường.

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.

2.3.2 Đặc điểm của quá trình mô phỏng số

CFD chỉ là thuật toán để giải các bài toán dựa trên lưới có sẵn chứ bản thân chương trình CFD không thể tạo lưới và trong CFD cũng không bao gồm thuật toán tạo lưới. Thông thường, các chương trình CFD cần có một công cụ tạo lưới riêng, có thể tích hợp vào hoặc riêng rẽ.

Việc tạo lưới thực chất là quá trình xác định vị trí của các điểm sẽ tiến hành giải các phương trình cơ học chất lưu. Một bài toán có thể giải chính xác không phụ thuộc vào việc rời rạc hoá nó có phù hợp không. Việc phù hợp ở đây gồm là tạo số điểm chia hợp lý với từng yêu cầu bài toán.

3. Tính toán mô phỏng số động lực học chân vịt thực tế.

3.1 Thông số cơ bản

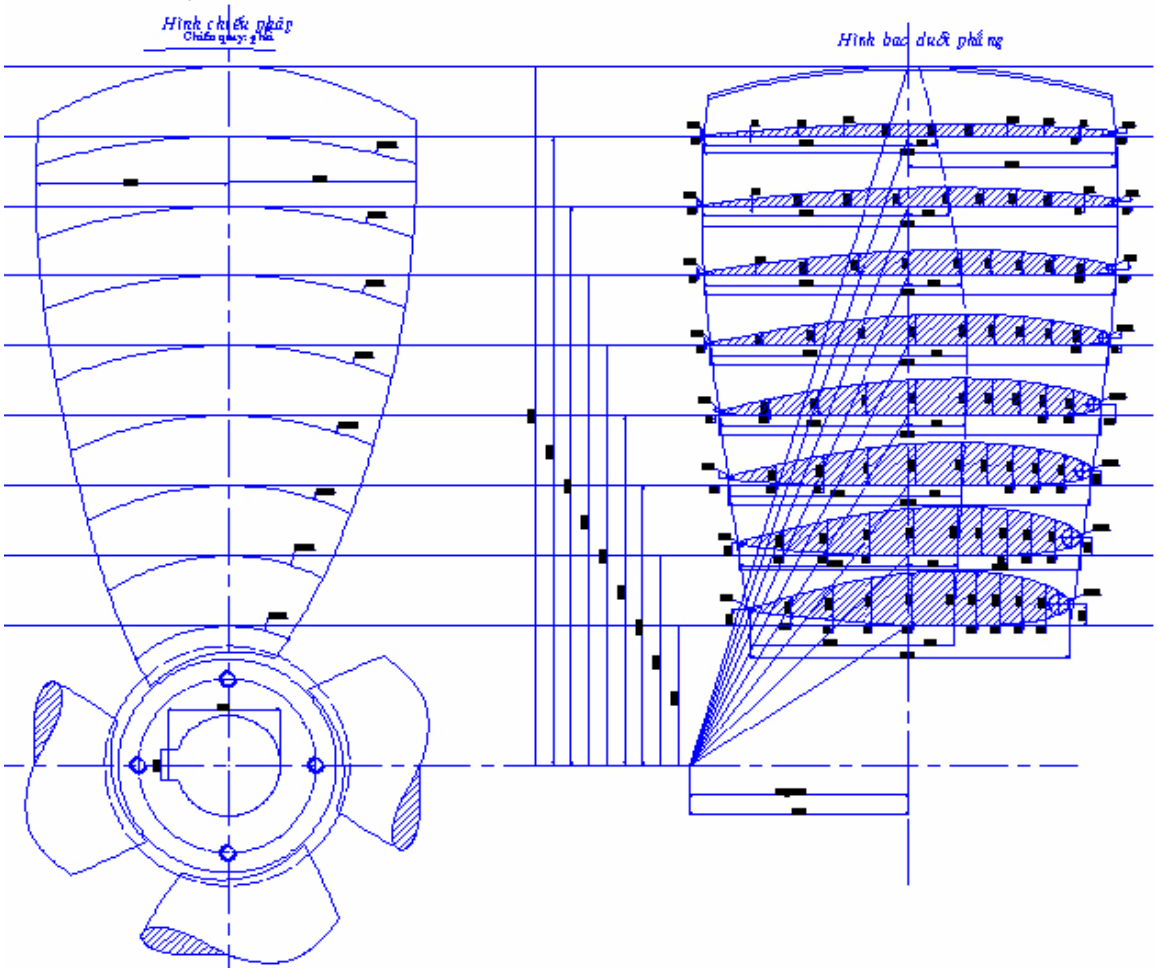
Trường hợp nghiên cứu là chân vịt của tàu Hoàng Minh 26 có kích thước như trong bảng 1:

Bảng 1. Thông số cơ bản của chân vịt

TT	Thông số kích thước	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Đường kính	D	1600	mm
2	Số cánh	Z	4	
3	Tỉ số mặt đĩa	A_E / A_D	0,580	
4	Vòng quay	n	333	v/ph
5	Khối lượng	G	353	kg
6	Chiều chìm của tàu	T	2,6	m

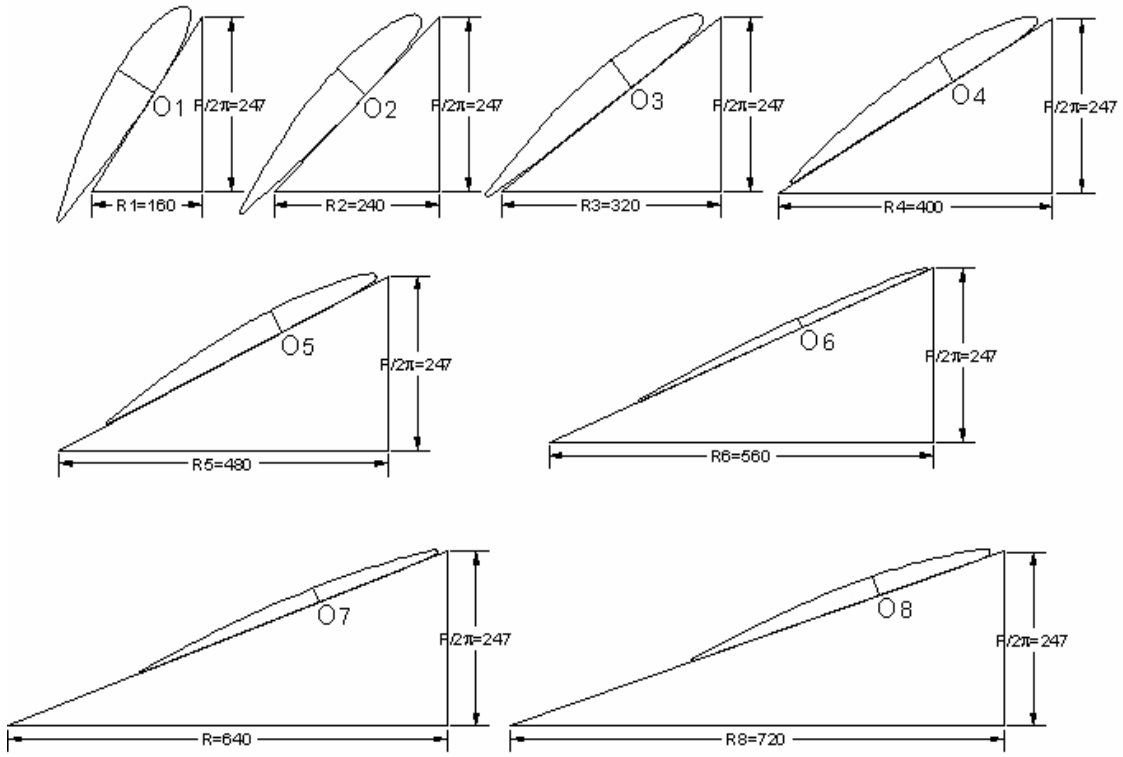
3.2 Mô hình CAD của chân vịt trong tính toán mô phỏng số

Sau khi thiết kế sơ bộ như phần trên thì tác giả đã thiết kế sơ bộ thông số hình học của chân vịt. Với thông số hình học ở dạng 2D (bản vẽ CAD), cách biểu diễn bản vẽ 2D trên CAD cũng là điều lưu ý. Mô hình chân vịt dạng 3D, cắt chân vịt bằng các mặt trụ đồng tâm với trục, khi đó giao mặt trụ và chân vịt là các profile. Các profil được duỗi thẳng, sau đó xếp các profil trên thành 1 cột đều về 2 phía và cách tâm trục 1 khoang cách đúng bằng bàn kính của mặt trụ chứa profile đó. Khi đó ta được bản vẽ 2D của chân vịt như hình 2.



Hình 2. Profile dạng 2D

Chân vịt là vật thể do hai mặt xoắn ốc giới hạn. Mặt xoắn ốc chân vịt được xây dựng trên cơ sở các đường xoắn ốc. Từ một điểm cách trục một đoạn là r, quay quanh trục với vận tốc không đổi, đồng thời chuyển động tịnh tiến dọc trục. Tùy thuộc vận tốc tịnh tiến cố định hay thay đổi, đường xoắn ốc sẽ có bước cố định hoặc bước thay đổi. Khai triển đường xoắn ốc bước cố định ta được hình ảnh dạng như hình 3.



Hình 3. Khai triển profile cánh chân vịt

Sau khi vẽ từng biên dạng profile trên các tiết diện, ta dịch chuyển theo lý thuyết chân vịt, cụ thể là bước xoắn (là quãng đường song song với trục quay mà điểm vật chất đó đạt được khi thực hiện được một vòng quay). Với góc xoắn được xác định theo công thức

$$tg\varphi = \frac{H}{2\pi.r}$$

Tam giác trên gọi là tam giác bước, dựa vào biên dạng của từng profil trên mặt cắt nhóm tác giả thực hiện xâu cánh với từng biên dạng profile.

4. Kết quả mô phỏng

4.1 Kết quả dạng hình ảnh

Sau khi chạy chương trình, nhóm tác giả nhận được kết quả về phân bố áp suất trên bề mặt cánh chân vịt, ví dụ như trên hình 4.

4.2 Kết quả dưới dạng số

Sau khi tổng hợp, kết quả nhận được về lực tổng hợp tác động lên cánh chân vịt được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả dưới dạng số

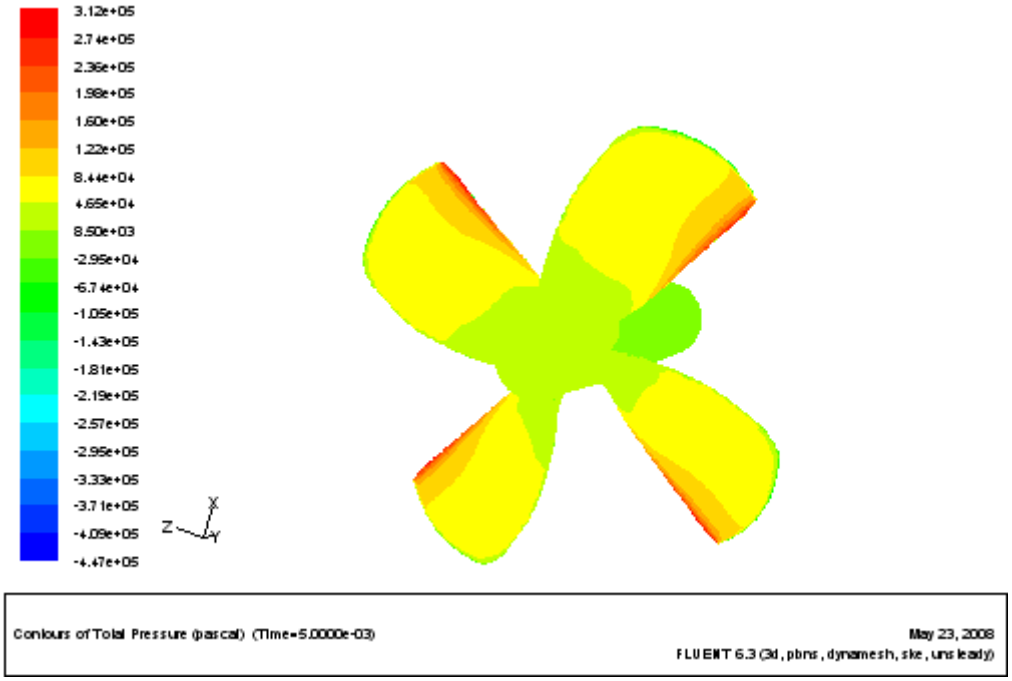
STT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Lực áp suất tác động lên cánh chân vịt	64807	N
2	Tổng các lực tác động lên cánh chân vịt	64732	N

Do bán kính của chân vịt là R=0.8 m nên mặt phẳng tác động lên mặt nước là hình tròn có bán kính bằng bán kính chân vịt. Diện tích tác động lên mặt nước là:

$$S = \pi.R^2 = 3,14.0,8^2 = 2,011\ m^2$$

Tổng áp lực tác động lên cánh chân vịt tính được do phần mềm Fluent là 64732 N. Lực đẩy của chân vịt tác động lên nước là:

$$R = \frac{F}{S} = \frac{67807}{2,011} = 33724\, N/m^2$$



Hình 4. Kết quả dạng hình ảnh

Kết luận

- Nhóm tác giả đã ứng dụng thành công phần mềm Fluent trong việc mô phỏng động lực học chân vịt tàu thủy.
- Phương pháp được có thể áp dụng để kiểm tra khi thiết kế chân vịt, kiểm nghiệm một chân vịt bất kỳ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Hữu Chí (1998), *1000 bài toán thủy khí động*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.

[2] Bùi Trọng Tùng. Ứng dụng phần mềm Fluent tính toán động lực học chân vịt tàu thủy. Luận văn thạc sĩ. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2008.

[3] Vũ Văn Duy, Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Thế Đức (2007), *Mô phỏng vùng xâm thực dòng bao quanh profile cánh bằng phương pháp phần tử biên*, Trang 77-84. Tuyển tập cơ học toàn quốc lần thứ VII, Hà Nội.

[4] Anderson, J. (1995). *Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications*.McGraw-Hill, Inc., New York.

[5] Breslin, J., Van Houten, R., Kerwin, J., and Johnsson, C.-A. (1982). Theoretical and experimental propeller-induced hull pressures arising from intermittent blade cavitation, loading, and thickness. *Trans. SNAME*, 90.

MONITOR REAL TIME ENERGY CONSUMPTION ON SHIP USING IOT TECHNOLOGY TO IMPROVE ENERGY MANAGEMENT

TRAN HONG HA, NGUYEN KIM ANH
[1]Vietnam Maritime University, Hai Phong City, Viet Nam
tranhongha@vimaru.edu.vn

Abstract.

Fuel consumption on the ships is an important factor, it evaluates energy efficiency of the ship as required International Maritime Organization (IMO) regulation more and more strictly. Today, on almost the ships, operators only report energy consumption day to day but they do not monitor real time energy consumption that make a difficult to understand energy efficiency and detect any abnormal consumption. Therefore, it is necessary to collect real time energy data that inform importance factors to improve energy management of the ship. This research introduces a system that using internet of-things (IoT) to monitor the energy consumption in the real-time on the ship. It analyses data to find out abnormal change of the energy and improve efficiency of the ship energy consumption.

Keywords: IoT; Energy efficiency; ship.

1. Introduction

In 1997 International Maritime Organization (IMO) adopted convention in Annex VI to prevent pollution from vessels (MARPOL) [1], but it was only concentrate to air pollution and mainly NOx and SOx emissions. The recent time IMO focus on CO_2 emission. In 2011, MEPC.203(62) is adopted by IMO resolution [2], suitable combination of good operation and technique improves energy efficiency of the ships. In the MEPC.203(62) resolution, the EEDI (Energy Efficiency Design Index) is applied for new ships and SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) will be carried out on exited ships. It is included in SMS (Safety Management System) [2].

The management of ship energy is combined with IoT technique that monitor energy consumption in the real time and warning for operator about abnormal condition [3],[4]. The effect tool, EEOI (Energy Efficiency Operation Indicator) is used on board ship like KPI of the SEEMP, is converted into CO_2 emissions per work of the cargo transportation by the ship. It can be lower by improving some factors such as lower ship speed, higher efficiency of the propeller and lower fuel oil consumption of the main engine. During operation of the ship, all data are collected that not enough to know energy [5]. Therefore, this research purpose to fill the gap by using a monitoring system that monitor energy consumption and analyses collected data to assess energy efficiency.

2. Monitor ship energy consumption

2.1. Introduction

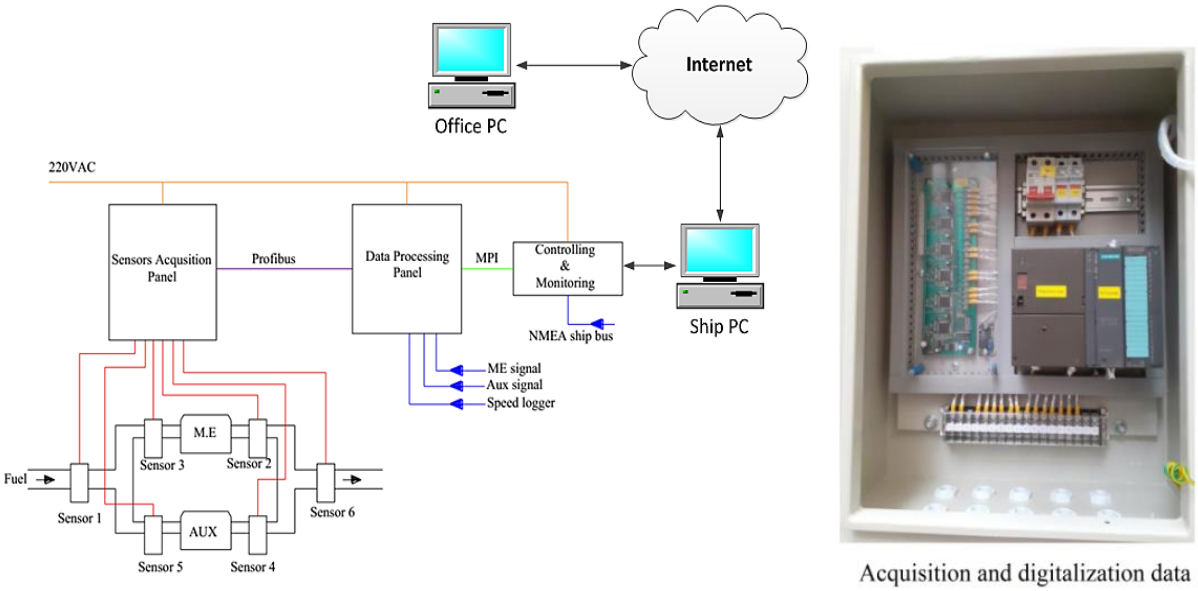


Fig. 1. IoT application structure

The purpose of IoT is to help operators to improve energy efficiency better by knowing both the energy using machines and operation data while removing energy waste in the operation of the ship. It has simple operation principle as in Fig.1. The system includes components such as user software, controllers, sensor and server. The fuel consumption data and weather parameters (e.g. sea state, wind force, ship speed) are captured by sensors and controllers, which are sent to the user software. The server stores the data of energy consumption and reanalysis results, respectively. The role of the sever is the common repository. The three components are connected together via wireless network.

Energy monitoring system (EMS) has an importance role in the ship energy management. In Fig 1, new technology of EMS has three improved functions. Main function of it is to continuously monitor fuel consumption data of the ship. Collected data is send continuously to the shore office by using the Internet. Figure 1 illustrates EMS; it consists of four channels: channel (1) for ship distance indicator, channel (2) for ship velocity indicator, channel (3) for main engine operating time, channel 4 for fuel flow measuring. However, there are some factor effect on the engine such as operation parameters and energy management of other ships, it need more than 4 channels to monitor.

2.2 Software interface

The software is improved as a multi- layer consisting of overview layer, monitoring and analysis data layer. In fig. 2 illustrates, it includes:

(1) Interface layer

The data is measured and selected from many systems, includes: fuel oil flow meters, ship speed, and weather condition.

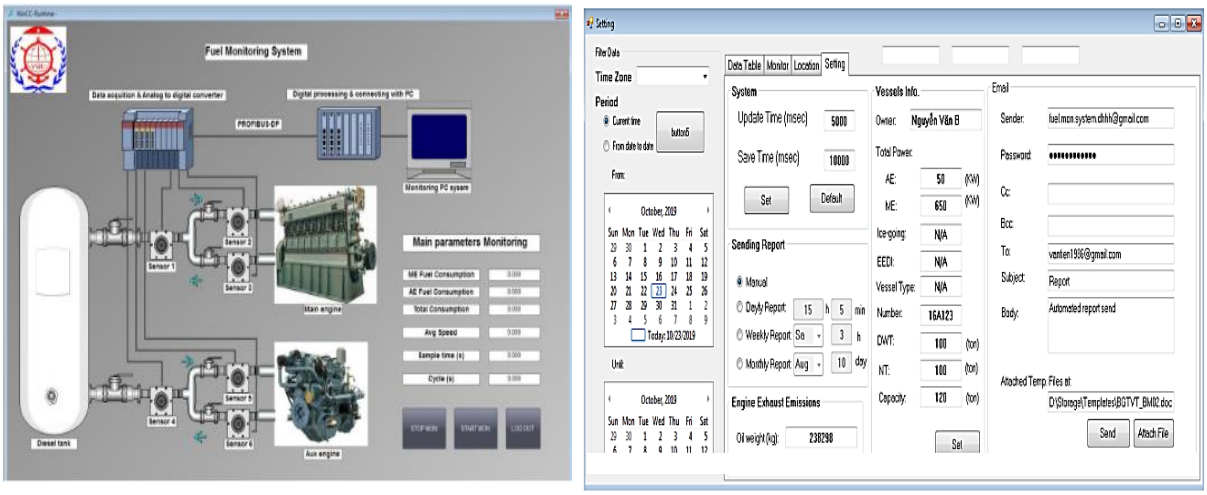


Fig. 2. Software interface

The speed signals are converted to voltage and send them to the software in without using a tachometer. In this software, to calculate EEOI it has to consider weather change, ship routine and other influences. If basic values, fuel oil consumption and operation parameters are assumed with 'zero value input'. EEOI is calculated by loading the average fuel consumption increase of the main engine and diesel engine generator in the voyage. This research has done on specific system if it uses for two or more complicate systems, the program structure can be verified. The EEOI is calculated as follow [6]:

$$EEOI = \frac{M_{CO_2}}{Q} = \frac{\sum_{j=1}^{n} {}^{F}C_j . C_{F_j}}{M.D} \qquad (1)$$

Where M_{CO2} is CO_2 emission, Q is volume of transportation, F_{Cj} is the fuel consumption, C_{Fj} is CO_2 convert coefficient, M is the cargo weight, and D is the distance [nm]. The volume of the transportation is constant through a voyage. Hence, EEOI is identified as the consumption of the fuel oil and distance of transportation. In the actual case, the consumption of the fuel oil and ship velocity during in the voyage. the consumption of the fuel oil of all distance of the transportation can be calculated by integration of ship velocity and rate of consumption. The actual EEOI is calculated as follow:

$$EEOI = \frac{C_F \int_0^T f_C . dt}{M \int_0^T v_S . dt} \qquad (2)$$

Where T is voyage time [s], f_C is rate of fuel consumption [t/s], and v_s is velocity of the ship [m/s].

(2) Monitoring algorithm

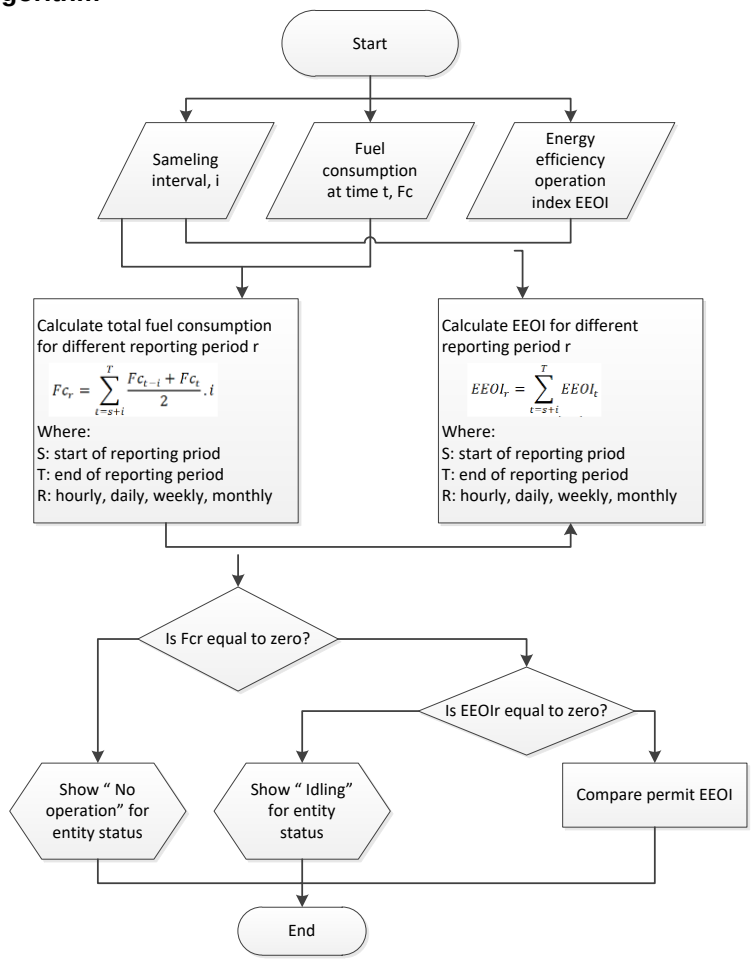


Fig. 3. Flow chart for monitoring algorithm

During voyage of the ship, the system monitors process of energy consumption and collect all data in the real-time. The graph indicates collected data showing current energy consumption of the ship. Base on this value of the real time energy, the operators can understand efficiency of energy consumption of the technical machine to give possible prevent solutions or methods. It is very important to improve energy efficiency, combining energy and EEOI is necessary. In Fig 3 shows that how EEOI and fuel consumption are integrated. Due to requested data, the fuel oil consumption in the real time reports, such as daily, monthly or voyage are analyzed and assessed. From the results of energy evaluation, we can then identify the ship status as "no sailing", "idling", or "sailing". During voyage of the ship, the fuel oil consumption is calculated to know how the energy efficiency of the ship.

(3) Data access layer

In this layer, data can be created, transferred and updated in database of the computer.

(4) Protecting function

This layer is used to enhance security of the system application. It protects data in the system. Its configuration is considered possible handle when reset again device from remote or connection to a shore computer.

3 Ship energy monitor

The training ship named Sea Star was used in experiments, it has specification as show in table 1 list. The experiment has been carried-out during a two-month round trip (Cat ba – Hai Phong – Cat Ba).

Fig. 4. Sea star training ship

Table 1. Ship specification

Specification	Value
Type	Training ship
Registration	VR701204
Ship length	42,6 m
Breadth	7,8 m
Dead weight	188 tones
Engine type	Hanshin
Type	6L27 BHS
Power	700 kW
Revolution	400 rpm

The experiment is conducted to indicate the key features of real-time energy efficiency monitoring application. Experiments were carried out when the ship was sailing at sea from Cat Ba island to Hai Phong Port, the voyage takes 120 minutes, the ship runs in full mode. The weather was in good conditions.

(1) Real-time fuel consumption monitoring dashboard

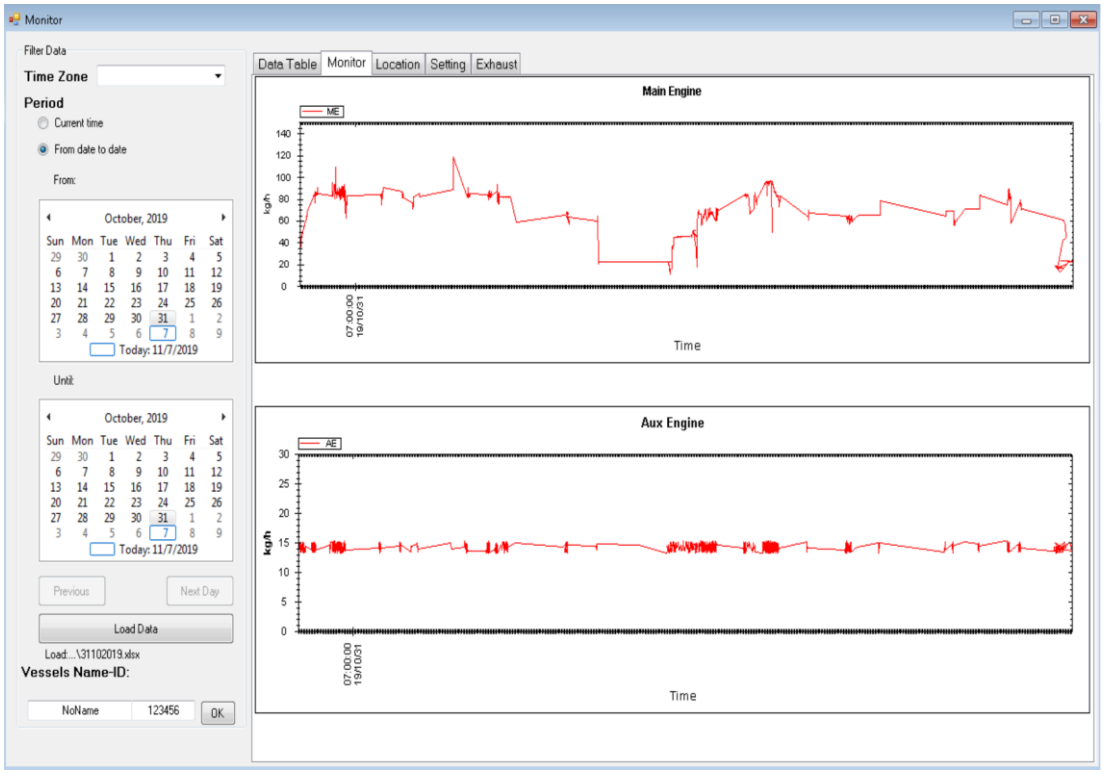


Fig. 5. Real time oil consumption dashboard

The application provides the real-time energy-monitoring dashboard on the ship. All the fuel oil consumption in the engines that is monitored and the energy performances are presented in the main screen of the software (Fig.6). Because of real-time benchmarking and considering hourly energy performance, the processes involved are shown in color line to indicate different fuel oil consumption level. The system will update the fuel consumption statuses of all the processes every hour. In the main screen, the energy manager is able to understand the current level of fuel oil and detect the abnormal fuel oil consumption patterns immediately. Those processes with warning and abnormal consumption occurrences will be captured and alerted.

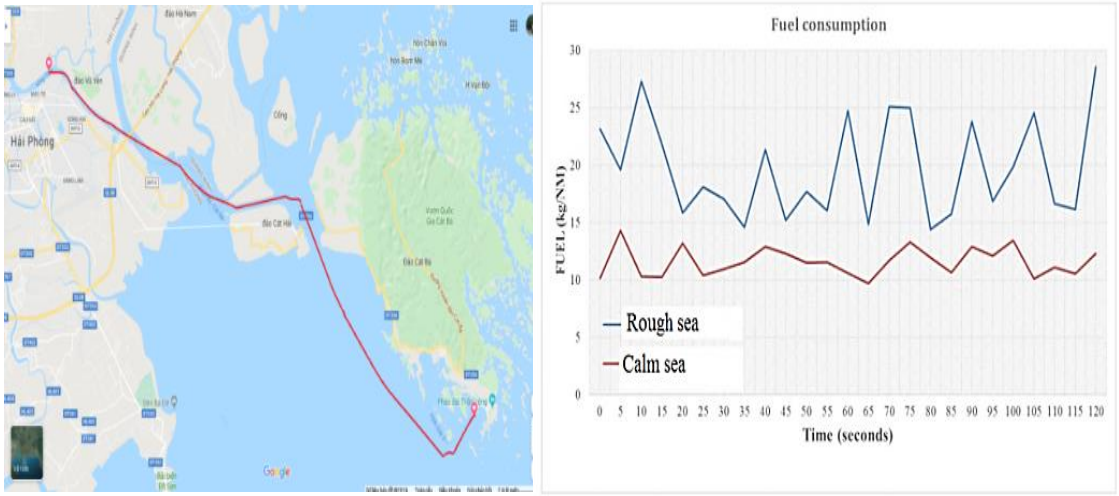


Fig. 6. The monitored fuel consumption value from Cat ba to Hai Phong port

Star ship usually sails on line Cat ba – Hai Phong, it did not carry cargo in during 2 days. It consumed mainly Diesel Oil (DO). In the voyage, all data was collected and logged in EMS of Star ship. In Fig. 7 the energy consumption is real time monitored. It shown energy value at any time, i.e. 6:45-10:00, fuel consumption is 274 kg, with distance 20 knots. The fuel consumption rate shows how energy efficiency, from that operator can understand and give soon correction if they detect any abnormal data in the system.

(2) Report generating

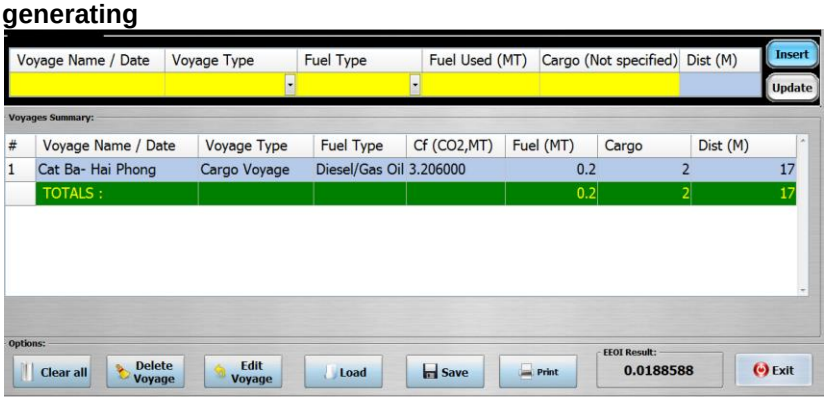


Fig. 7. EEOI index calculation

The energy monitoring system is an importance tool to assess and find out abnormal energy consumption which need to eliminate during operation. The energy system used differently. Some of them use data that is collected by engineers at noon time and reports of each voyage. Other systems are fully automation, they received data from sensors then analyses them. Data is logged in the real time day to day, they mainly consist of fuel oil consumption rate, type of fuel and some importance operation parameters of the main engine that indicated in the engine room or bridge. Because their application effect on operators and ship owner. In software, it calculates and indicate EEOI results depending on: type of the ship, voyages, type of fuel consumption, cargo weight, transport distance, etc. The report is send to the head office and technical department on the shore in real time. After that they are assessed and analyzed by technicians, then they advise ship operators to improve energy performance. As the EEOI result is shown 0,0188 in the report, it is lower limit value as required by IMO regulations.

4 Conclusion

The research results show that IoT technology is integrated in the energy monitoring system can monitor energy performance of the ship in real time. The training ship named Sea Star was used in the research. The monitoring system has remarkable functions. It evaluated data and discover abnormal energy consumption during ship voyage and support ship owner and technician improving energy performance through real time energy log, they can reduce wastages of energy increase

energy efficiency. In further research, there are many factors that effect on energy performance are being studied and need to improve function of the system.

REFERENCES

[1] IMO, Protocol- Annex VI, International convention for the prevention from ships, Marpol, 1997.

[2] IMO, resolution MEPC.203(62), 2011.

[3] The Big Book of MoTTM - Making the Most of the Monetization of Things, Aria Systems, Inc., 2016.

[4] Haller, S., S. Karnouskos, and C. Schroth, The Internet of Things in an Enterprise Context, in First Future Internet Symposium, Vienna, Austria, 2009

[5] Bhardwaj, A., Leveraging the Internet of Things and Analytics for Smart Energy Management, TATA Consultancy Services, 2015.

[6] IMO, guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI), 2009.

MỘT SỐ LỖI THƯỜNG GẶP ĐỐI VỚI VAN TIẾT LƯU TRONG HỆ THỐNG LẠNH

COMMON THERMOSTATIC EXPANSION VALVE PROBLEMS

VŨ ANH TUẤN

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

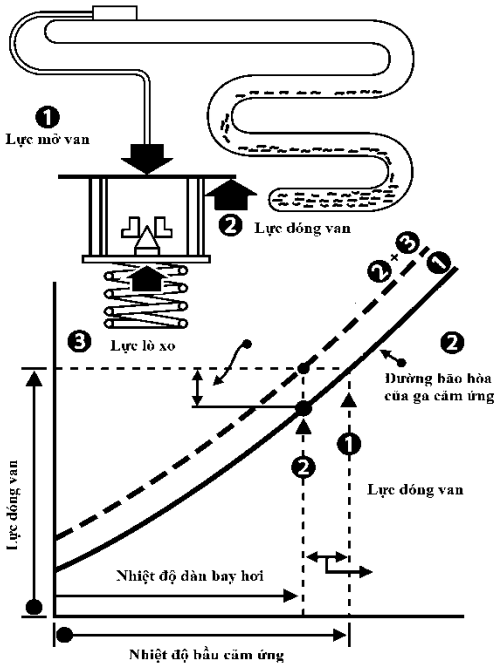
Tóm tắt

Trong hệ thống lạnh nói chung, việc điều chỉnh lượng công chất cấp vào dàn bay hơi của van tiết lưu giãn nở tính nhiệt (TXV, TEV) rất quan trọng. Việc điều chỉnh lượng công chất cho phù hợp với phụ tải nhiệt của dàn bay hơi phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Trong quá trình lắp đặt, bảo dưỡng cần lưu ý một số điểm dưới đây để đảm bảo van làm việc tin cậy.

Abstract

In the commom air conditionning and refrigeration plants, the function of expansion valves is suppling refrigerant to the evaporator with exact amount, in thermal expansion valves, that depends on some factors. Following attentions must be paid in installing and maintainning for proper working.

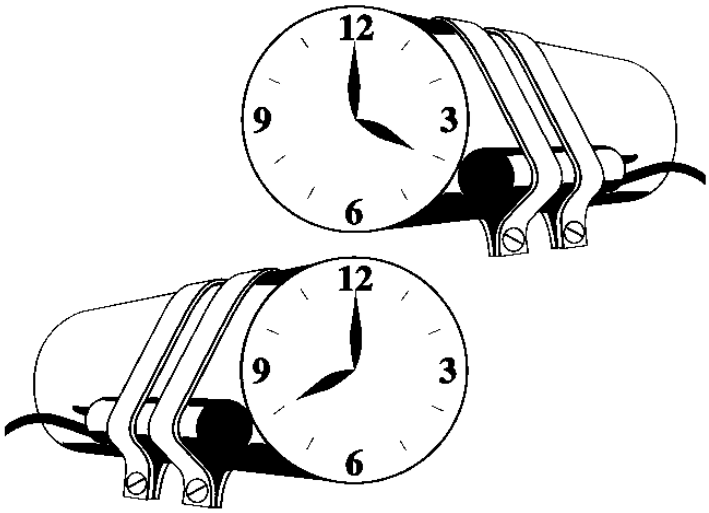
1. Kiểm tra việc chỉnh đặt van tiết lưu



Hầu hết việc chỉnh đặt độ quá nhiệt trên van từ nhà sản xuất thường ở con số 50% giá trị lớn nhất. Mỗi vòng xoay vít chỉnh đặt tương ứng với độ quá nhiệt nhất định tùy vào từng loại van và hãng sản xuất. Muốn kiểm tra vị trí chỉnh đặt hiện tại của van, xoay vít chỉnh hết theo chiều kim đồng hồ và ghi nhớ số vòng, sau đó xoay ngược lại hết cho chúng ta số vòng xoay tổng tương ứng với khả năng điều chỉnh của van. Một điều cần nên nhớ là chiều chỉnh tăng hoặc giảm độ quá nhiệt chỉnh đặt phải được lưu ý.

2. Kiểm tra vị trí đặt bầu cảm ứng

Bầu cảm ứng của van tiết lưu phải được ghép chặt với đường ống ra của dàn bay hơi tại vị trí phù hợp. Bầu thường được ghép với ống nằm ngang sau dàn bay hơi, hoặc ống đứng dốc xuống. Trường hợp ống ghóp hơi sau dàn lớn (đường kính bằng hoặc lớn hơn 19mm), thì bầu nên được ghép ở vị trí 4 hoặc 8 giờ trên mặt cắt ngang của ống. Trường hợp ống nhỏ thì bầu được ghép ở phía trên ống, vị trí phía dưới ống tuyệt đối tránhdo ảnh hưởng của lớp dầu phía dưới ống tới khả năng trao đổi nhiệt của hơi ga và bầu cảm ứng. Đối với hệ thống có nhiều van tiết lưu thì bầu cảm ứng phải được gắn ở vị trí mà không bị ảnh hưởng của van tiết lưu khác trong hệ thống. Đường ống cân bằng thường được bố trí gần ngay phía sau vị trí đặt bầu cảm ứng.



3. Nước trong hệ thống

Một số hệ thống lanh, nước trong hệ thống đi qua van tiết lưu sẽ bị đóng băng tuyết làm tắc dần van tiết lưu vì điểm có nhiệt độ thấp nhất hệ thống là ngay sau van tiết lưu. Hệ thống lạnh kín trong một thời gian dài không có nghĩa là không có nguy cơ xảy ra hiện tượng tắc ẩm. Hơi nước có thể tách ra khỏi chất hút ẩm trong bầu tách ẩm nếu nhiệt độ ga qua bầu tách ẩm tăng vì một lý do nào đó như: trao đổi nhiệt ở thiết bị ngưng tụ kém(bầu ngưng bẩn, dàn nóng bẩn hoặc quạt dàn nóng kẹt hỏng,vv). Nếu dội nước nóng lên van tiết lưu và cảm nhận được lưu lượng ga qua van tăng lên chứng tỏ van bị tắc ẩm. Khi gặp trường hợp như vậy, người ta thường thay bầu tách ẩm mới hoặc chất hút ẩm trong bầu.

4. Van bị bám bẩn

Các tạp chất bám vào bên trong van tiết lưu làm giảm công suất của van. Các chất này có thể là dầu bị biến chất cháy một phần hoặc hoàn toàn, cặn, các mảnh vụn kim loại của các chi tiết hỏng hóc trong máy nén,vv… Đối với trường họp này, chúng ta nên nhốt ga hệ thống vào bầu ngưng, sau đó lắp đặt hoặc tháo kiểm tra bầu tách ẩm trước van tiết lưu. Một số trường hợp, các mẩu dị vật rắn chèn bên trong van làm van không thể giảm lưu lượng ra được khi tự động điều chỉnh dẫn tới cấp thừa ga vào dàn bay hơi.

5. Không có ga lỏng cấp tới van tiết lưu

Kính soi ga được lắp ngay trước van tiết lưu để kiểm tra ga tới van có hoàn toàn ở thể lỏng không. Nếu bọt, hoặc bóng hơi đi qua kính soi ga, các khả năng sau có thể xảy ra như thiếu ga, đường cấp ga lỏng bị tắc hoặc thiết kế, đi ống ga không phù hợp. Trường hợp xuất hiện bọt hơi ga trên đường cấp ga lỏng tạo ra do sụt áp trên đường ống dẫn ga quá dài thì nên bố trí thêm thiết bị trao đổi nhiệt để quá lạnh cho ga lỏng sau bầu ngưng.

6. Kiểm tra lại công suất van tiết lưu có tương ứng với chênh áp qua van như tính toán, thiết kế ban đầu

Công suất van tiết lưu thay đổi phụ thuộc vào chênh áp qua van. Chênh áp càng lớn thì công suất van càng tăng. Loại bỏ các nguyên nhân làm cho áp suất đầu vào van thấp và áp suất đầu ra tăng làm chênh áp qua van giảm. Nếu không thấp thì nên dùng van công suất lớn hơn.

7. Kiểm tra sự di chuyển của ga lỏng dùng để cảm ứng trong van tiết lưu

Van tiết lưu dùng ga để cảm ứng thường được nạp vào trong bộ phận cảm ứng với một lượng ga lỏng nhất định. Nếu lượng ga lỏng dùng để cảm ứng nhỏ, lượng ga này có thể di chuyển từ bầu cảm ứng tới khu vực màng đàn hồi khi van có nhiệt độ thấp hơn bầu cảm ứng của nó làm cho van không còn khả năng điều chỉnh lượng ga qua nó.

8. Kiểm tra việc điều chỉnh độ quá nhiệt van tiết lưu

Độ quá nhiệt của van tiết lưu thường được chỉnh đặt ở giá trị trung bình trong dải điều chỉnh của van. Tốc độ điều chỉnh độ quá nhiệt vào khoảng ½ tới 1 vòng xoay vít chỉnh trong vòng 15 phút.

9. Đảm bảo ga lạnh tới van tiết lưu hoàn toàn ở thể lỏng

Việc chỉnh định van tiết lưu nên diễn ra khi ga cấp tới van hoàn toàn thể lỏng được nhận biết thông kính soi ga được bố trí trước van tiết lưu.

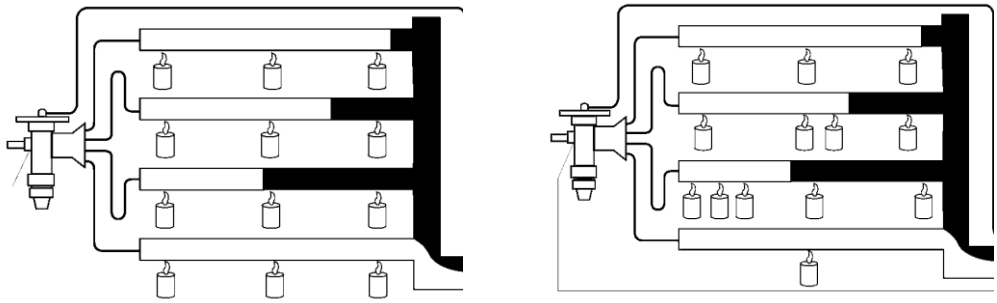
10.Dành thời gian tìm hiểu chu kỳ ga lỏng xuất hiện gần máy nén

Những van tiết lưu với độ quá điều chỉnh lớn có thể dẫn tới độ quá nhiệt của ga ra khỏi dàn bay hơi bằng không trước khi van đóng hoàn toàn. Thời gian để ga lỏng trong dàn bay hơi có thể lên tới vài phút, sau đó độ quá nhiệt của ga tăng lên và van lại mở trở bắt đầu chu kỳ mới. Việc chỉnh đặt độ quá nhiệt quá thấp có thể dẫn tời việc cấp ga lỏng không ổn định cho dàn bay hơi.

11.Kiểm tra vấn đề trao đổi nhiệt phía không khí của dàn bay hơi

Phụ tải nhiệt giữa các phần của dàn bay hơi không đều nhau có thể dẫn tới việc ga cấp tới các phần này không phù hợp với phụ tải, ga ở phần này thì thừa còn phần kia thì thiếu. Ngoài ra lưu lượng gió qua dàn bay hơi giảm do dàn bẩn, quạt gió kém, băng tuyết bám dày hoặc không đều, cánh trao đổi nhiệt trên ống của dàn bị mục hỏng hoặc mất đều làm giảm công suất của dàn.

12.Kiểm tra việc ga lỏng phân phối tới các phần của dàn phải phù hợp



a. Trường hợp phụ tải phân bố đều nhưng ga lỏng phân phối không đều giữa các ống trao đổi nhiệt của dàn.

b. Trường hợp ga lỏng phân phối đều nhưng phụ tải không đều giữa các vùng của dàn.

Ga lỏng sau van tiết lưu được phân phối vào dàn bay hơi phải phù hợp với phụ tải tại các vùng của dàn bay hơi. Phụ tải nhiệt giữa các vùng của dàn đều nhau mà việc phân phối ga sau van tiết lưu không đều có thể dẫn tới việc xuất hiện ga lỏng trên đường hút vào máy nén. Hiện tượng trên cũng có thể xảy ra nếu phụ tải phân bố trên dàn không đều mặc dù việc phân phối ga giữa các nhánh của dàn đều nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Danfoss. “Thermostatic expansion valves”, Fitters notes.
[2] Nguyễn Đức Lợi, “*Thiết bị tiết lưu và thiết bị phụ”*, NXB Bách khoa Hà nội 2012
[3] www. Danfoss.com

PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG HÀN ROBOT LINH HOẠT ĐỂ HÀN PHỦ MÀN VÁCH ỐNG LÒ HƠI

DEVELOPMENT OF A FLEXIBLE ROBOTIC WELDING SYSTEM FOR WELD OVERLAY CLADDING OF BOILER TUBE WALLS

VŨ ĐỨC ANH

Bộ môn Máy và tự động công nghiệp, Khoa Máy tàu biển

Tóm tát

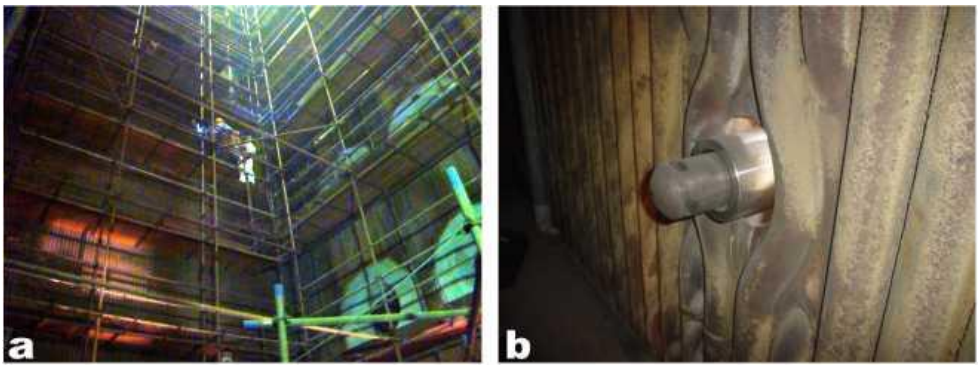
Màn vách ống của lò hơi các nhà máy điện bị ăn mòn và mài mòn trong quá trình vận hành. Độ sụt giảm về độ dày được đo định kỳ để ngăn ngừa sự cố vỡ ống kéo theo việc ngừng hoạt động trong thời gian dài. Giải pháp thường được áp dụng để tăng tính khả dụng của các nhà máy điện là hàn hồ quang kim loại (gas metal arc welding - GMAW) ốp tường bằng hợp kim có khả năng chống mài mòn cao hơn. Ứng dụng diễn ra ở hai địa điểm khác nhau: tại lò hơi và xưởng. Các khu vực bị mài mòn nhỏ được phủ bên trong chính lò hơi, trong khi tại xưởng, các tấm được hàn phủ để chúng có thể được sử dụng ở những vùng bị ảnh hưởng nhiều nhất của lò hơi hoặc để tạo ra các bức tường mới có khả năng chống mài mòn cao hơn. Hàn cơ khí hóa mang lại kết quả tốt hơn so với hàn thủ công; tuy nhiên, trong các hệ thống hiện tại, chuyển động dao động của mỏ hàn được tạo ra bởi một trục duy nhất. Hạn chế này làm cho quá trình hàn không ổn định nếu mục đích là giảm sự gia cố hạt và số lượng hạt hàn bằng cách tăng biên độ dao động của mỏ hàn. Bài báo này chỉ ra rằng có thể khắc phục những khó khăn về công nghệ cho cả hai địa điểm ứng dụng và khiến cho các hoạt động hàn tự động hiệu quả hơn và có chất lượng tốt hơn. Để làm được điều này, một robot điều khiển số (CNC) chuyên dụng với bốn bậc tự do đã được phát triển, cũng như phương pháp luận để tạo ra quỹ đạo của nó.

Abstract

The walls of the boilers of power plants undergo corrosion and wear during operation. The reduction in thickness is measured periodically to prevent collapse of the tubes and consequent operation stoppages for long periods. The solution that is usually applied to increase the availability of power plants is gas metal arc welding (GMAW) cladding of the walls with metal alloys that are more resistant to wear. Application occurs in two distinct locations: the boiler and the workshop. Small worn areas are coated inside the boiler itself, while in the workshop, panels are coated so that they can either be used in the boiler's most affected regions or to produce new walls with higher wear resistance. Mechanized welding produces better results than manual welding; however, in current systems, the oscillating movement of the torch is generated by a single axis. This limitation renders the welding process unstable if the aim is to reduce bead reinforcement and the number of weld beads by increasing the amplitude of the torch oscillation. This paper shows that it is possible to overcome the technological difficulties for both application sites and to make automatic cladding operations more productive and of a better quality. For this, a dedicated Computer Numeric Control (CNC) robot with four degrees of freedom was developed, as well as the methodology for generation of its trajectory.

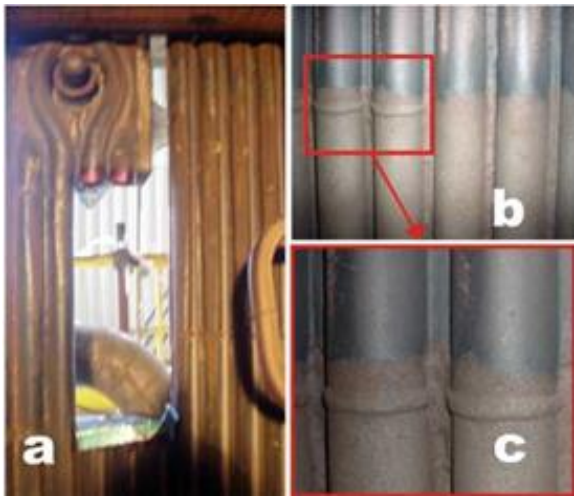
1. Đặt vấn dề

Trong quá trình vận hành lò hơi, một bộ phận thiết yếu của nhà máy nhiệt điện, nó phải chịu nhiệt cực cao và các nguyên tố hóa học liên quan đến phản ứng cháy. Điều này gây ra sự ăn mòn và mài mòn, liên tục làm suy giảm chất lượng các ống. Sự mài mòn này cũng là do hoạt động làm sạch (Hình 1b), được thực hiện định kỳ để duy trì sự truyền nhiệt hiệu quả. Do đó, trong một số trường hợp nhất định, sự ngừng hoạt động của nhà máy trở nên cần thiết để kiểm tra các ống. Với mục đích này, giàn giáo được lắp đặt (Hình 1a), vừa để đo chiều dày ống vừa để xác định quy trình phục hồi cần thiết.

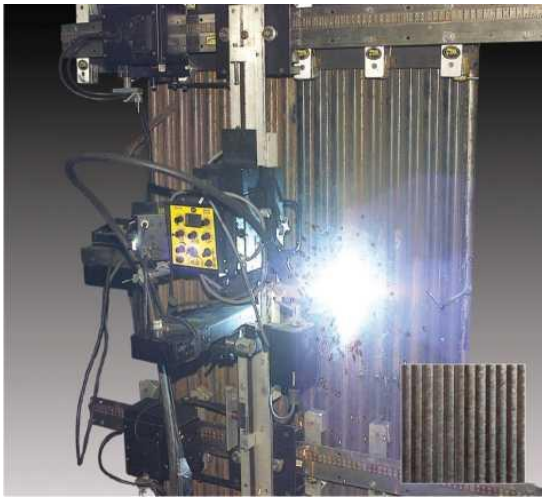


Hình 1. (a) giàn giáo để bảo trì lò hơi
(b) thiết bị thổi muội bằng hơi nước.

Nếu các phép đo độ dày xác định rằng độ mòn của ống vượt một giá trị nhất định thì phải có biện pháp can thiệp để phục hồi độ dày. Sự phục hồi của các khu vực bị ảnh hưởng có thể xảy ra theo hai cách: hàn phủ lên hoặc bằng cách thay thế khu vực tường ống (Hình 2). Trong trường hợp thay thế, việc tái liên kết phần tường mới được thực hiện thông qua hàn hồ quang vonfram (GTAW) – (Hình 2b và c).



Hình 2. (a) tháo ống mòn;
(b),(c): các ống mới được kết nối bằng GTAW thủ công.

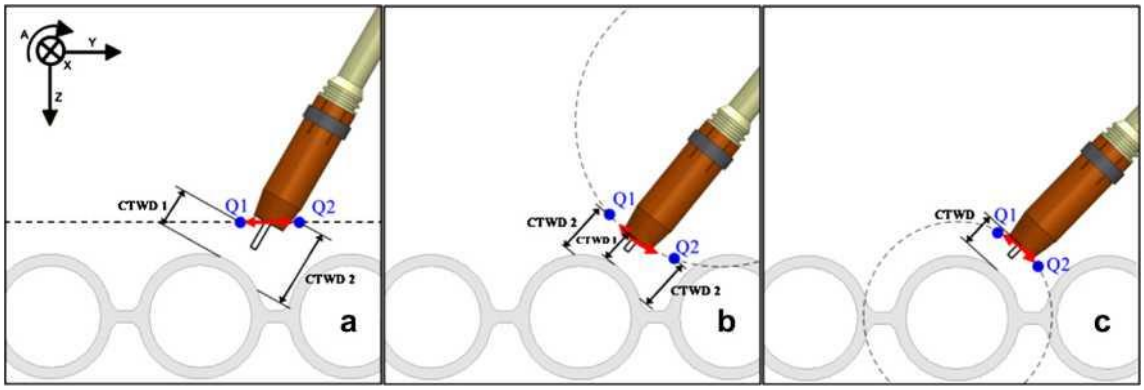


Hình 3. Hệ thống robot được lắp đặt

Ngày nay, phần tường mới phải có những đặc tính ưu việt hơn so với phần tường ban đầu. Điều này đạt được thông qua việc phủ các hợp kim đặc biệt như thép không gỉ 309 và hợp kim Inconel. Chất lượng được cải thiện nếu quy trình được thực hiện tự động trên các tấm trong phân xưởng và cả ở các vùng mòn của lò hơi. Các thao tác thủ công không thể tạo ra hình dạng lớp phủ thích hợp, cả về độ liên kết của mối hàn và bề mặt hoàn thiện. Có được một lớp hàn phủ hoàn thiện tốt ngăn ngừa sự bám bẩn sớm của các tạp chất làm giảm sự truyền nhiệt. Hơn nữa, hàn tự động cho phép biến dạng nhiệt nhỏ hơn và tiết kiệm vật liệu thêm vào. Tuy nhiên, tất cả các đặc điểm nói trên đều phụ thuộc vào vị trí của lớp hàn phủ. Vị trí tốt nhất là thẳng đứng, như được minh họa trong Hình 3.

Quá trình tự động hóa có thể đạt được thông qua việc sử dụng các robot nhân hình, nhưng lớp phủ sẽ chỉ giới hạn ở các ống có kích thước nhỏ. Hơn nữa, việc lắp đặt các robot như vậy trên các tấm panel trong nhà máy hoặc tường lò hơi sẽ quá cồng kềnh. Do đó, trong một số nhà máy điện nhất định, hệ thống trục Đề-các di động tự động được sử dụng để bao phủ một diện tích ống đáng kể; chúng thường có dạng chuyển động không dây. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có giải pháp chuyên dụng nào, chỉ có các giải pháp thích ứng của các tay máy hàn để sử dụng thông thường. Hình 3 cho thấy một ví dụ điển hình của loại điều chỉnh này. Nó là một hệ thống GMAW với chuỗi động học Prismatic-Prismatic-Rotational (PPR) và ba bậc tự do, được cố định vào thành lò hơi bằng hai ray ngang. Mối ghép lăng trụ đầu tiên xác định tốc độ hàn (thẳng đứng). Mối ghép lăng

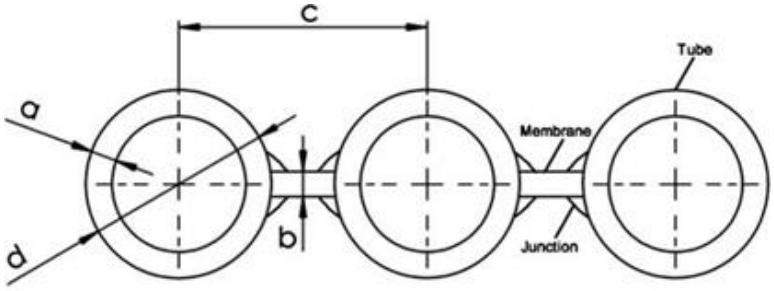
trụ thứ hai định vị mỏ hàn theo hướng ngang của mối hàn (phương ngang). Khớp quay thực hiện dao động lắc của mỏ hàn. Hạn chế của các thiết bị này là không có quỹ đạo thích hợp, không có phần mềm chuyên dụng có thể lập trình việc hàn phủ một loạt ống có chiều dài nhất định. Việc hoàn thành từng đường hàn phải được thực hiện với sự định vị lại bằng tay của người thao tác. Hơn nữa, dao động của mỏ hàn chỉ giới hạn ở một trục của người thao tác: Y thẳng hoặc góc A.



Hình 4. Trục dao động của ngọn đuốc được sử dụng:
(a) chỉ trục Y; (b) chỉ trục A; và (c) các trục A, Y và Z

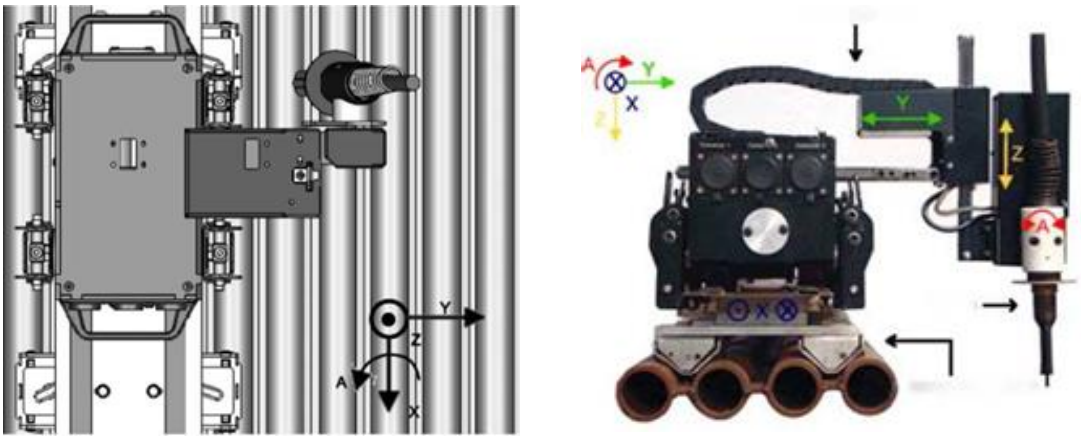
2. Quá trình hàn phủ

Màn vách ống lò hơi có thể được đặc trưng bởi một tập hợp các thông số hình học: a, b, c và d (Hình 5). Các mối hàn nối ống với màn ống phải đảm bảo độ liên kết hoàn toàn.



Hình 5. Mặt cắt ngang màn vách ống lò hơi

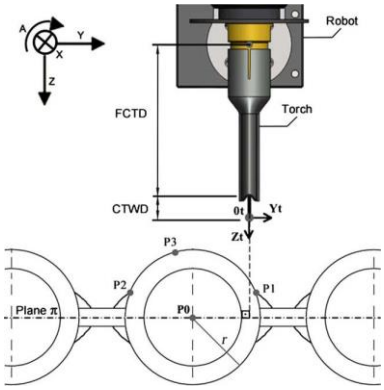
Một robot điều khiển số (CNC) với bốn bậc tự do và chuỗi động học theo chuỗi Prismatic-Prismatic-Prismatic-Rotational (PPPR), đã được thiết kế và cấu tạo, như Hình.6. Robot nhỏ gọn này chỉ nặng 16 kg và có khả năng thao tác với mỏ hàn lên đến 2 kg. Một hệ thống cơ khí được xác định dựa trên cơ sở của một máy kéo chuyển động dọc theo trục X trên một thanh ray gắn trên màn vách ống. Đường ray này được hỗ trợ bởi các đế từ tính có thể được điều chỉnh theo các kích thước khác nhau của ống và màn. Hai đường ray cao su có gân được cố định trên đường ray, qua đó bánh xe của máy kéo di chuyển. Trục Y bao gồm một thanh lăng trụ di chuyển giữa các thanh dẫn thẳng. Trục Z hoạt động theo cách tương tự. Bậc tự do thứ tư của hệ thống là một trục quay nằm trên cổng trên của mỏ hàn. Việc cài đặt robot được thực hiện trong hai bước đơn giản. Trong bước đầu tiên, một hoặc nhiều thanh ray mô-đun linh hoạt được cố định bằng các đế từ tính. Các đế từ tính này nằm gọn trong khoảng trống giữa hai ống liền kề để giữ chặt robot. Do sự khác nhau về kích thước của các ống và màn của mỗi lò hơi, các đế từ tính có thể thay thế được. Bước thứ hai, robot được lắp vào một đầu của thanh ray. Sự dễ dàng và linh hoạt trong việc tạo ra dao động rộng của mỏ hàn là ưu điểm chính của robot này. Dao động của mỏ hàn có thể được tạo ra bởi chuyển động của chỉ một trong các trục của nó, hoặc thực hiện các chuyển động đồng bộ của hai, ba hoặc tất cả các trục của nó. Tính năng công nghệ này có nghĩa là sự thẩm thấu của mỏ hàn có thể theo hướng ngang hoặc dọc đối với mối hàn, hoặc kết hợp; nghĩa là đồng thời ngang và dọc.



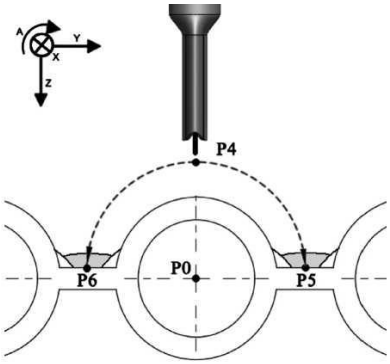
Hình 6. Vị trí lắp đặt robot trên màn vách ống

Bên cạnh khả năng tạo ra chuyển động dao động của mỏ hàn, mỗi trục của robot có một chức năng cụ thể cho quá trình hàn phủ. Trục X tuyến tính cho phép dịch chuyển nhanh theo hướng dọc của ống đến vị trí ban đầu của mỗi đường hàn, cũng như hàn dịch chuyển chậm theo hướng dọc của ống. Các trục tuyến tính Y và Z chịu trách nhiệm cho chuyển động tuyến tính của mỏ hàn theo hướng ngang của ống và cũng để thực hiện bất kỳ hiệu chỉnh nào đối với vị trí bên, chiều cao mỏ hàn. Trục A góc có nhiệm vụ dẫn hướng mỏ hàn. Mỗi mối hàn được thực hiện với một biên độ góc phù hợp sao cho mỏ hàn được giữ vuông góc với bề mặt màn vách ống. Tất cả các trục được chuyển động bởi động cơ servo DC có chổi than và được điều khiển bởi trình điều khiển servo với các lệnh bước/hướng kỹ thuật số.

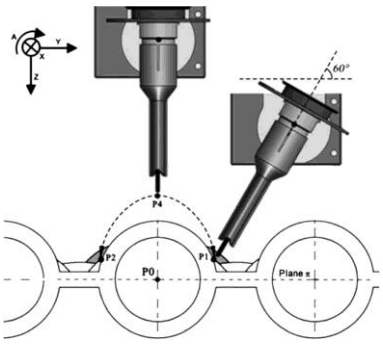
Sau khi gắn robot, bước tiếp theo là tham chiếu các trục, sau đó đặt vị trí và hướng ban đầu của mỏ hàn trong khu vực cần phủ. Vị trí gốc hệ tọa độ của mỏ hàn (0t-XtYtZt) được cố định. Hướng ban đầu của mỏ hàn vuông góc với mặt phẳng trung tâm của màn (mặt phẳng π). Tiếp theo, cần xác định tọa độ tâm ống (điểm P_o) để xác định vị trí không của phôi cho các bước hàn phủ. Kết quả là, thông qua HMI, người vận hành định vị điểm gốc của hệ tọa độ mỏ hàn (0t-XtYtZt) để nắm bắt tọa độ ban đầu của ba điểm P_1, P_2 và P_3. Điểm P_1 và P_2 nằm ở đầu trên của các mối hàn nối màn và ống, và điểm P_3 nằm trên bề mặt không được tráng của ống, gần đỉnh (Hình 7).Chúng được đánh dấu ở những vùng cụ thể này để tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo quỹ đạo của mối nối ống - màn. Phiên bản đầu tiên của phương pháp tham chiếu này vẫn còn khá thủ công và phụ thuộc vào sự can thiệp của người vận hành, vì mục tiêu chính là giải quyết hiệu suất của kỹ thuật đã phát triển. Tuy nhiên, trong bước tiếp theo, nhằm vào mức độ tự động hóa cao hơn của phương pháp tham chiếu, mục đích là bao gồm một hệ thống để đo không tiếp xúc như đo laze.



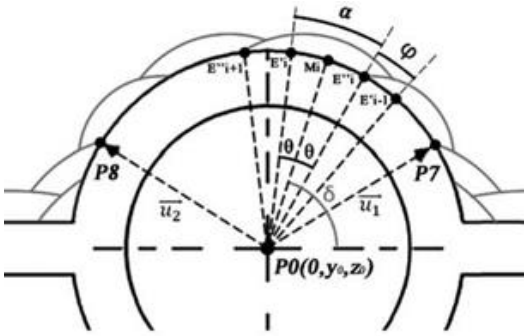
Hình 7. Vị trí ban đầu và hướng của mỏ hàn



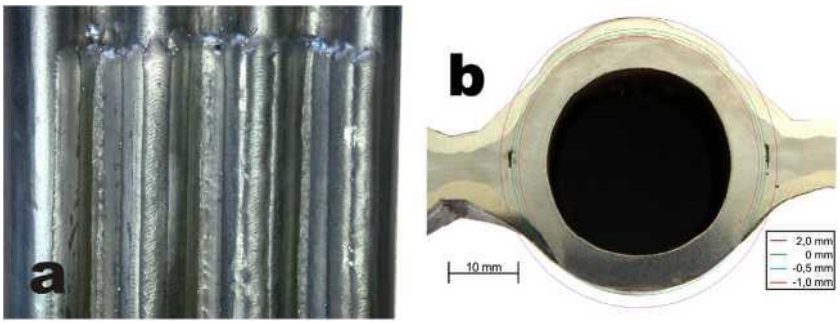
Hình 8. Hàn phủ màn vách



Hình 9. Hàn phủ mối nối màn - ống



Hình 10. Hàn phủ ống



Hình 11. Kết quả sau khi hàn bằng robot

3. Kết luận

Kỹ thuật hàn phủ được đề xuất, sử dụng dao động đồng thời các trục của robot CNC, cho thấy một khả năng thực sự để cải thiện ứng dụng công nghiệp của tấm ốp tường lò hơi. Điều đó được cung cấp bởi quỹ đạo mỏ hàn đặc biệt của robot CNC, có các đặc điểm hình học tương tự như bề mặt của màn vách ống lò hơi. Mặc dù vẫn tiếp tục nghiên cứu và ứng dụng tấm ốp trên tấm panel trong xưởng (trên 4 tấm ống), kết luận rằng hệ thống robot đã đóng góp thực sự vào việc tăng năng suất và nâng cao chất lượng của thành ống và tấm ốp bên trong lò hơi. Một hệ quả khác của sự phát triển này là sự sẵn có của các nhà máy điện ngày càng tăng, điều này có thể được xác minh theo hai cách. Đầu tiên là do độ tin cậy tăng lên, do tăng thời gian sử dụng giữa các lần sửa chữa, và thứ hai là do tăng khả năng bảo trì, bằng cách giảm thời gian thực hiện của lớp hàn phủ. Các lợi ích được đề cập ở trên đạt được bằng cách giảm số lượng đường hàn với độ xuyên thủng ít hơn và ít gia cố hơn, thông qua việc sử dụng biên độ dao động lớn hơn. Xác minh giảm độ cong vênh của màn vách được phủ, giảm thiểu sự phát tán do hồ quang ổn định tốt, không có đường cắt, thiếu hợp nhất và không xuyên thủng, là những lợi thế khác được cung cấp bởi kỹ thuật dao động mỏ hàn được phát triển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Silva FC. Development of algorithms for trajectory generation cladding applied in automated welding boilers fired power plants. Master's thesis. PosMec/ UFSC, Florianopolis, Brazil, 2012

[2]. Dutra JC. et al. Improving surfacing performance with GMAW: a method of synchronizing polarity is used for applications that require minimal dilution. Welding Journal, May 2013. p. 42-7.

[3]. Carvalho RS. CNC Robot Automation for MIG/MAG welding in positions and situations of extreme difficulty. Master's thesis. PosMec/UFSC, Florianopolis, Brazil, 2019.

[4]. Bonacorso NG. Automation of procedures for measurement of surfaces and deposition in welding aiming for the recovery of rotors hydraulic turbines large. Doctor's thesis. PosMec/UFSC, Florianopolis, Brazil, 2014

SOLENOID VALVES FOR VACUUM APPLICATIONS

NGUYỄN TUẤN ANH
VIMARU, Marine Engineering Faculty, Industrial Engineering & Automation Division
Email: anhnt.mtb@vimaru.edu.vn

Abstract

There is a lot of misunderstanding about the requirements for solenoid valves in vacuum applications. In this article, the requirements for solenoid valves are clarified. For this purpose, firstly the basic principles and definitions of pressure are explained.

It is important to note that most solenoid valves have a specified flow direction. This means that the vacuum side must be connected to the outlet port of the valve, allowing air to travel from the higher pressure inlet to the lower pressure outlet when the valve is open.

Ultra high vacuum systems have strict leakage requirements for closed valves, and require specially designed solenoid valves in order to maintain vacuum over time.

***Keyword**: Solenoid valve, Vacuum*

1. Pressure

Pressure is defined as the force applied perpendicular to the surface of an object per unit area over which that force is distributed. The SI unit used for pressure is the pascal [Pa] and it equals one newton per square meter. The standard air pressure (defined as one atmosphere, or 1 atm) at sea level is defined as 101.325 kPa, which makes pascals a somewhat cumbersome unit to deal with. In hydraulic applications it is more common to use the metric unit [bar], which is equal to 100 kPa (approximately 10 tons per square meter), or the imperial unit [psi] (pounds per square inch, approximately 690 kg per square meter). Perfect vacuum is defined as a space void of all matter, and by definition the absolute pressure of a perfect vacuum is zero, however perfect vacuum is technically unattainable in practice.

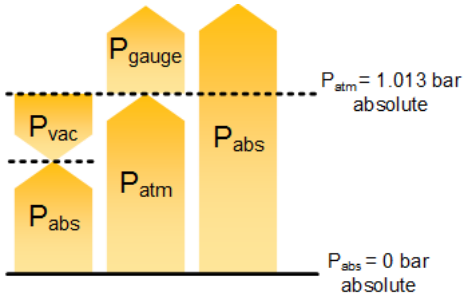


Figure 1: Graphical representation of the relation between different pressure definitions.

There are several references to which pressure is measured, and these are:

- Absolute pressure (Pabs), measured relative to a perfect vacuum.
- Gauge pressure (Pgauge), measured relative to the atmospheric surrounding ambient air pressure, sometimes expressed in barg (bar gauge).
- Differential pressure (Pdiff), measured between two points in a system.
- Vacuum pressure (Pvac), measured relative to atmospheric pressure.

2. Solenoid valves for vacuum applications

When choosing the right valve for a vacuum application, several factors should be considered, such as:

- circuit function (2-way, 3-way, etc),
- flow rate (Kv-value),
- design principle (direct, semi-direct),
- pressure differential across the valve in all scenarios,
- leakage rate,
- response time.

As an example, automated pick and place machines used in the electronics industry do not require large flow rates, but do require a high, consistent vacuum in order to pick up components reliably, and a fast response time of the valve in order to achieve high speeds. A suction control

application for a vacuum chamber does not typically require a fast response time, but may require a high flow rate in order to allow the chamber to be brought to a vacuum quickly.

Not all solenoid valve types can be used in vacuum applications, but it is a misconception that none of the standard solenoid valves are suitable and that only specially designed vacuum valves can be used. Universal direct acting or semi-direct acting solenoid valves are generally well suited for vacuum applications, since they do not require a minimum pressure differential. Indirect acting solenoid valves need a large enough pressure differential between the inlet and the outlet port to operate, which makes them unsuitable for (low) vacuum applications. On the other hand, if the pressure differential across the valve is guaranteed by system design to be greater than the minimum required at all times (for example 0.5 bar), these valves could in theory be considered. However, in practice it is recommended to consider (semi-)direct valves only. There is an exception for externally piloted (pneumatic) valves, as will be described later on.

3. **2-way solenoid valves**

A 2/2-way solenoid valve has two ports and two positions (open and closed) and can be NC (Normally Closed, opens when energized) or NO (Normally Open, closes when energized). Examples of suitable (semi-)direct operated solenoid valves that are suitable for vacuum, are the CM-D, ST-D, ST-S and DF-S series.

Figure 2: Suitable valves for vacuum, from left to right: CM-D series (2mm orifice), ST-D (3mm orifice), ST-S (10.5mm orifice), DF-S (16-50mm orifice)

4. **3-way solenoid valves**

A 3/2-way valve has three ports and two positions and have different circuit functions, such as NC, NO, diverting or universal. For example, to control a suction gripper, a 3/2-way is required. One port connects to the suction gripper, one port to the vacuum line and one port to the atmospheric pressure. The direct operated 3/2-way valves of the JP Fluid Control TW-series can be used for vacuum applications.

Figure 3: The JP Fluid Control TW-series is a suitable 3/2-way valve for vacuum.

5. Pneumatic solenoid valves (3/2, 4/2, 5/2-way)

Solenoid valves for pneumatics often have a spool design and are usually indirect acting. When they switch, the valve releases a small amount of air that is used for the pilot operation into the surroundings. The valve can be piloted using the mains pressure supply (internally piloted) or by using a separated external pressure supply (externally piloted). Internally piloted valves are the most common and are not suitable for vacuum applications. Externally piloted valves can be suitable for vacuum, provided that they are supplied with an external compressed air source.

REFERENCE

[1] https://www.smcworld.com/overseas/sguide/ja-jp/index.html
[2] https://www.festo.com/us/en/

SỬ DỤNG GA LẠNH R407C ĐỂ THAY THẾ CHO GA R22

R407C – AN ALTERNATIVE REFRIGERANT FOR R22

VŨ ANH TUẤN
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Hện nay, để đáp ứng một số tiêu chí bảo vệ môi trường, một số tàu biển Việt Nam đã có nhu cầu chuyển đổi ga cho các hệ tàu cũ sử dụng ga R22 truyền thống sang ga lạnh mới đáp ứng yêu cầu một số khu vực trên thế giới. Bài báo chủ yếu giới thiệu về ga lạnh R407C, loại ga sẽ được sử dụng để thay thế cho ga R22. Hệ thống sau khi chuyển đổi sang sử dụng công chất lạnh mới R407C có khả năng tạo ra hiệu quả làm lạnh và hiệu suất tương tự R22. Trong quá trình chuyển đổi ít phải thay thế các thiết bị quan trọng khác của hệ thống, điều này giúp cho quá trình chuyển đổi đơn giản, kinh phí chuyển đổi nhỏ.

Abstract

This paper mentions about the refrigerant R407C, the comparison between it and R22, and the preduce of replacement refrigerant. The retrofited system with R407C has the same cooling capacity and is capable of being appropriate within many types of POE lubricant. In addition, it is economic to replace a trifle in the refrigeration system.

I. Ga lạnh R407C

1.1. Giới thiệu chung

R407C là ga lạnh quan trọng thuộc nhóm không đồng sôi, nhiệt độ sôi thường -43,9^{o}C. Thành phần ga R407C gồm có R32/R125/R134a với tỷ lệ về khối lượng là 23/25/52%, độ trượt nhiệt độ khoảng 7K. Độ trượt nhiệt độ này thay đổi lớn khi hệ thống bị rò rỉ. Khi hệ thống dùng R407C bị rò rỉ, các chất dễ bay hơi sẽ bị rò rỉ nhiều hơn dẫn đến thành phần khối lượng của hỗn hợp thay đổi. Do đó, hệ thống phải được nạp mới toàn bộ ga lạnh ở dạng lỏng khi bị rò rỉ ga.

Thành phần của R407C gồm các chất cháy và không cháy nhưng về tổng thể thì R407C là chất không cháy. R407C bền vững hóa học và không ăn mòn vật liệu chế tạo máy.

1.2 Đặc tính nhiệt động

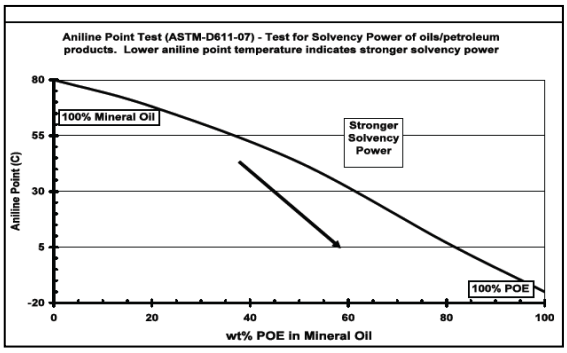
Xét về đặc tính nhiệt động, R407C có nhiều điểm tương đồng với R22 so với nhiều loại ga lạnh khác. Ở nhiệt độ ngưng tụ 38^{o}C, R22 cao hơn ga 407C khoảng 1,44% nhưng lại thấp hơn 18,42% so với ga R404a. Ở cùng nhiệt độ, ga lạnh có áp suất ngưng tụ càng cao, hệ thống càng phải cứng vững hơn. Điều này làm tăng chi phí, tăng giá thành sản phẩm. Đối với ga lạnh thay thế, áp suất cao hơn làm cho hệ thống mất an toàn hơn , tỷ số nén tăng, công nén tăng, máy làm cho máy nén làm việc ở tình trạng quá tải,vv…..

Ngược lại, nếu ở cùng nhiệt độ, áp suất ngưng tụ càng nhỏ sẽ dẫn đến năng suất hệ thống sẽ giảm đáng kể, thậm chí rất nhỏ. Để hệ thống làm việc được cần phải có sự thay đổi phần lớn các thiết bị có trong hệ thống cần thay thế.

1.3. Khả năng tương tác với một số loại dầu bôi trơn

Tùy theo từng loại ga lạnh, khả năng hòa tan giữa dầu bôi trơn và ga lạnh có thể là không hòa tan với nhau, hòa tan với nhau hữu hạn và hòa tan với nhau vô hạn.

Các hệ thống lạnh sử dụng R22 thường dùng dầu bôi trơn là dầu khoáng có thành phần chính là Naphten. Khi chuyển đổi sang ga lạnh mới phải nắm được các đặc tính dầu bôi trơn như khả năng tương thich với ga lạnh và vật liệu có trong hệ thống, độ nhớt, khả năng hòa tan, …



Hình 1. Mối quan hệ giữa điểm Aniline với thành phần khối lượng của POE trong hỗn hợp dầu bôi trơn

Thông thường, khi chuyển đổi ga lạnh CFC, HCFC sang HFC thường phải thay dầu khoáng, dầu Alkyl benzen (AB) sang dầu Polyol ester (POE). Tuy nhiên không thể loại bỏ hoàn toàn được, lượng dầu khoáng còn lại cho phép sau khi thay thế khoảng 5%. Dầu POE là dầu tổng hợp có tính tẩy rửa cáu cặn tốt nhưng lại có nhược điểm là khả năng hấp thụ hơi ẩm lớn, giá cả cao hơn so với dầu khoáng. Khả năng làm việc của hỗn hợp 2 loại dầu bôi trơn MO/ POE trong hệ thống lạnh được mô tả trong biểu đồ (hình 1). Điểm Aniline càng thấp, khả năng làm việc của hỗn hợp càng tốt. Trên đồ thị ta thấy,POE là dầu bôi trơn làm việc tốt nhất với HFC.

Khi hàm lượng POE trong hỗn hợp giảm, khả năng làm việc của hỗn hợp dầu giảm. Do vậy, đối với ga lạnh có khả năng tương thích với dầu khoáng, như HFC 407C, sẽ giảm được hàm lượng POE trong hỗn hợp dầu, thậm trí không cần có trong thành phần.

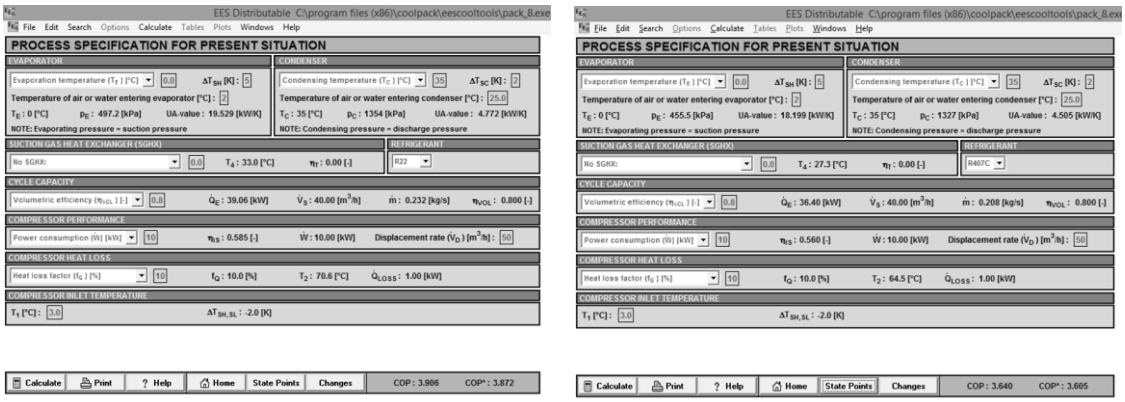
II. Chuyển đổi ga lạnh cho hệ thống sử dụng ga R22

2.1. So sánh năng suất làm lạnh của ga R407C và R22

Đối với điều hòa không khí, nhiệt độ sôi trong dàn bay hơi tương đối cao, thường trong khoảng 1 ÷ 8^{o}C. Trong khoảng nhiệt độ này nhiệt ẩn hóa hơi của R407C so với R22 không không khác nhau nhiều.Thậm chí, nhiệt ẩn hóa hơi của R407C còn cao hơi R22 một chút.

Khi thay loại ga lạnh có năng suất làm lạnh tương đương thì năng suất làm lạnh của hệ thống sau khi thay thế ga lạnh mới sẽ cho năng suất làm lạnh càng gần với ga lạnh cũ. Do đó, xét về năng suất làm lạnh thì ga lạnh R407C có ưu điểm nữa khi xem xét lựa chọn ga lạnh để thay thế cho ga lạnh R22.

Để đánh giá cụ thể hơn tới ảnh hưởng của năng suất làm lạnh khi chuyển đổi ga lạnh, ta xét sự thay đổi của việc chuyển đổi ga trên hệ thống mô phỏng của phần mềm Coolpack của trường đại học kỹ thuật Đan mạch. Đây là phần mềm xây dựng để mô phỏng và phân tích hệ thống để tìm ra các phương án tối ưu cho việc thiết kế hệ thống lạnh. Phần mềm được phát triển trong giai đoạn từ năm 1999-2001 và nó tương đối dễ sử dụng.



(a) ***(b)***

Hình 2. Các thông số kỹ thuật của hệ thống khi sử dụng ga lạnh R22 (a) và R407C (b)

Hai trường hợp sử dụng hai loại ga khác nhau cho năng suất khác nhau và hiệu suất làm lạnh khác nhau. Hệ thống sử dụng ga R22 cho năng suất và hiệu suất làm lạnh là 39,06kW và 3,872, trong khi đó hệ thống sử dụng ga R407C cho các thông số tương ứng là 36,40kW và 3,605. Như vậy, so với R22 thì hệ thống sử dụng ga R407C cho năng suất làm lạnh nhỏ hơn khoảng 6,8% trong trường hợp trên.

2.2. Các thiết bị cần phải thay thế khi chuyển đổi ga

Cũng như với các HFC khác, nhiều chất đàn hồi tỏ ra kém hơn khi được dùng trong hệ thống có R407C so với R22. Trong hệ thống đã được chuyển đổi, rò lọt ga lạnh thường xảy ra tại gioăng làm kín làm bằng vật liệu đàn hồi như phớt làm kín đầu trục, cổ van chặn, răc-co đồng hồ, bích nối, đặc biệt ở vùng cao áp. Do đó, khi chuyển đổi ga lạnh từ R22 sang dùng R407C nên thay gioăng, phớt đã kém, biến cứng.

Khi chuyển đổi ga lạnh, năng suất làm lạnh của bản thân ga lạnh ảnh hưởng tới năng suất của các thiết bị trong hệ thống và dẫn tới làm thay đổi năng suất toàn bộ hệ thống. Thiết bị tiết lưu cũng là một thiết bị mà năng suất của nó sẽ bị thay đổi khi làm việc với loại ga lạnh khác. Bảng dưới dây là năng suất làm lạnh của van tiết lưu TEV 55 của hãng Danfoss với một số loại ga lạnh khác nhau .

Bảng 1. Năng suất làm lạnh của một số van tiết lưu loại TE 5 -55 (a) (nhiệt độ làm lạnh:+4,4^{o}C; nhiệt độ ngưng tụ: +38^{o}C) và TE2 (b)(nhiệt độ sôi bay hơi từ -40 tới +10^{o}C)của hãng Danfoss với một số loại ga lạnh khác nhau

	Năng suất làm lạnh trong khoảng từ -40÷10^{o}C								Code
	R134a		R404A/507		R407C		R22		
	kW	TR	kW	TR	kW	TR	kW	TR	
TE55	122.00	34.90	138.00	39.40	175.00	50.00	184.00	52.60	11
TE55	134.00	38.30	152.00	43.40	191.00	54.60	202.00	57.70	12

(a)

Kim van số	Năng suất làm lạnh (TR)				Năng suất làm lạnh (kW)				Code No
	R22	R407C	R134a	R404a	R22	R407C	R134a	R404a	
	kW	TR	kW	TR	kW	TR	kW	TR	
01	0,99	1,04	0,59	0,75	3,48	3,67	2,08	2,64	068-2010

(b)

Van TE55 là loại van thường hay gặp trong hệ thống điều hòa không khí trung tâm tàu thủy. Xét van TE55 với lõi van số 12 ta thấy, năng suất làm lạnh của van khi là việc với ga R407C nhỏ hơn ga lạnh R22 khoảng 5,4%. Trong khi đó đối với ga lạnh R134a và R404a/507 thì năng suất làm lạnh nhỏ hơn nhiều lần lượt là 33,6% và 24,7%.

Ga lạnh R407C có năng suất làm lạnh gần bằng so với R22 khi cùng làm việc với một van tiết lưu, thêm vào đó năng suất làm lạnh của bản thân van cũng tương đương với R22 nên độ quá nhiệt của ga lạnh khi ra khỏi dàn bay hơi cũng không thay đổi nhiều. Để đảm bảo độ quá nhiệt của ga phù hợp chỉ cần điều chỉnh vít chỉnh độ quá nhiệt của van tiết lưu. Đây cũng là một ưu điểm của R407C khi thay thế cho R22. Khi chuyển đổi ga chúng ta không phải thay van tiết lưu mới, giảm được chi phí trong quá trình chuyển đổi.

2.3 Các bước chuyển đổi ga lạnh R22 bằng ga R407C

Việc chuyển đổi ga lạnh cho hệ thống sử dụng ga lạnh R22 sang ga lạnh R407C gồm các bước sau:

- Thu thập các dữ liệu liên quan tới hệ thống;
- Thu hồi ga R22 vào chai để tránh tác động tới môi trường và con người;
- Thay dầu bôi trơn bằng loại dầu thích hợp với ga R407C;
- Thay thế thiết bị không phù hợp với ga lạnh mới như gioăng, phớt làm kín, bầu tách ẩm,vv…Bầu tách ẩm thay mới phải phù hợp với ga mới R407C;
- Hút chân không cho hệ thống;
- Nạp ga lạnh mới. Để đảm bảo hệ thống kín cần phải kiểm tra rò lọt tại những vị trí, thiết bị đã tháo;
- Đưa hệ thống hoạt động trở lại hoạt động để xúc xả dầu cũ còn xót lại trong hệ thống;
- Thay dầu mới một lần nữa rồi chạy hệ thống;
- Dán mác ga lạnh và dầu mới cho hệ thống sau khi thay thế ga.

III. KẾT LUẬN

R407C là ga lạnh thay thế hiệu quả cho R22 trong thời gian tới trong cách hệ thống điều hòa không khí. Nó có khả năng tạo ra hiệu quả làm lạnh và hiệu suất tương tự R22, chỉ nhỏ hơn khoảng 5÷6% so với hệ thống sử dụng ga R22, tương thích với nhiều loại dầu bôi trơn. Trong quá trình chuyển đổi ít phải thay thế các thiết bị quan trọng khác của hệ thống, điều này giúp cho quá trình chuyển đổi đơn giản, kinh phí chuyển đổi nhỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] William C Withman, William M. Johnson, John A. Tomczyk, Eugene Silberstein, *Refrigeration and air conditioning technology*, 2012

[2] Dr. Charles C Allgood, C. Curtis Lawson, *Performance of R407C in R22 Refrigeration and Air Conditioning Systems.*

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI SỰ TUẦN HOÀN NƯỚC NỒI HƠI

THE FACTORS EFFECT ON WATER CIRCULATION IN THE BOILER

NGUYỄN MINH ĐỨC

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

****Email liên hệ: Ducnm@vimaru.edu.vn***

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu tầm quan trọng của sự tuần hoàn nước nồi hơi và các yếu tố ảnh hưởng tới sự tuận hoàn của nước trong nồi hơi

Từ khóa: Tuần hoàn nước, nồi hơi, yếu tố, ảnh hưởng

Abstract

The article introduces the importance of boiler water circulation and the factors effect on the water circulation in the boiler.

Keywords: Water circulation, boiler, factors,effect

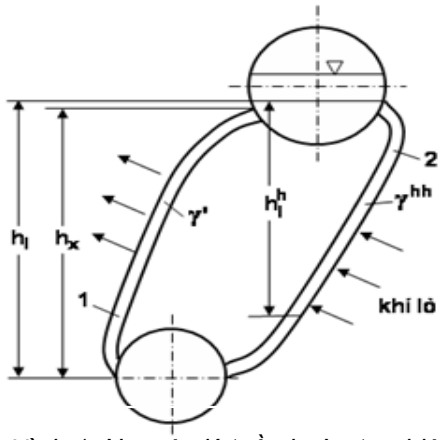
1. Mở đầu

Sự tuần hoàn của nước và hơi trong nồi hơi tuy không ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của nồi hơi song nó quyết định mức độ an toàn của nồi hơi. Trong quá trình làm việc mặt hấp nhiệt luôn nhận nhiệt từ khói lò và trao lại cho nước để nước bốc hơi, có nghĩa là mặt hấp nhiệt luôn được làm mát bởi nước nồi. Khi tuần hoàn bị phá vỡ thì sự làm mát bề mặt hấp nhiệt bị phá hoại dẫn đến bị cháy hỏng tại nơi chỉ có hơi nước mà không có nước, vì hệ số tỏa nhiệt từ thành ống tới hơi nước bé hơn nhiều so với hệ số tỏa nhiệt từ thành ống tới nước. Như vậy cháy hỏng ống không chỉ khi nồi hơi quá tải mà cả khi nhẹ tải. Do đó nồi hơi ống nước cần tính nghiệm mức độ an toàn về tuần hoàn ở các tải trọng. Việc nghiên cứu lý luận tuần hoàn là cơ sở chế tạo các kiểu nồi hơi gọn nhẹ, có thông số cao, hiệu suất cao, tính cơ động cao.

2. Nguyên lý tuần hoàn tự nhiên

Hình 1 là sơ đồ một mạch tuần hoàn đơn giản của nồi hơi gồm một ống nước lên (2) ở gần buồng đốt do hấp được nhiều nhiệt, một phần lưu lượng nước bốc thành hơi hình thành hỗn hợp nước-hơi có tỷ trọng nhẹ, còn ống nước xuống (1) ở xa buồng đốt, hấp ít nhiệt (hoặc có khi không hấp nhiệt). Nước không bốc thành hơi có tỷ trọng lớn hơn. Do sự chênh lệch về tỷ trọng giữa hai cột chất lưu động ấy tạo ta cột áp động, cột áp động là nguồn lực để khắc phục sức cản ma sát và sức cản cục bộ của nước và hỗn hợp nước-hơi trong ống lên và ống xuống của mạch tuần hoàn.

Vậy: $P_đ = \Delta P_x + \Delta P_ℓ$ (kG/m^2)



Hình 1. Nguyên lý tuần hoàn tự nhiên

$P_đ$: Cột áp động, kG/m^2.ΔP_x : Tổng sức cản trong các ống xuống, kG/m^2; $\Delta P_ℓ$: Tổng sức cản trong các ống lên, kG/m^2.

Nhờ cột áp động ($P_đ$) mà hỗn hợp nước hơi không ngừng lưu động trong ống xuống và ống lên, kịp thời mang đi lượng nhiệt từ khói lò truyền đến thành ống, giữ cho nhiệt độ thành ống không cao quá trị số cho phép.

3. Các yếu tố ảnh hưởng tới sự tuần hoàn nước nồi hơi

3.1 Ảnh hưởng của trạng thái lưu động

Khi hỗn hợp nước hơi ở trạng thái nhũ tương (các bóng hơi được phân bố đều trong hỗn hợp và có đường kính từ 1mm đến vài mm), nhiệt của thành ống được mang đi dễ dàng bởi nước. Khi hỗn hợp nước hơi ở trạng thái đạn pháo (các bóng hơi nhỏ đã kết lại thành bóng hơi lớn, bóng hơi ấy chỉ cách thành ống một màng nước mỏng), nhờ màng nước nên vẫn đảm bảo mang nhiệt đi kịp thời. Khi ở trạng thái lưu động hình trụ (các bóng hơi kết liền với nhau thành hình trụ dài, trụ hơi ấy

cùng đi lên với màng nước tiếp xúc trên mặt ống nhưng với lưu tốc nhanh hơn màng nước) nên vẫn đảm bảo mang nhiệt đi nếu màng nước không bị phá vỡ hay ngắt quãng.Như vậy chỉ cần luôn luôn duy trì một lớp màng nước mỏng trên bề mặt ống là đủ đảm bảo an toàn cho ống, dù ở trạng thái lưu động nào.

3.2 Ảnh hưởng của áp suất nồi hơi

Khi áp suất càng cao tỷ trọng của hơi nước càng lớn, lực căng bề mặt giảm, nên lưu động thường ở trạng thái nhũ tương, ít xảy ra trạng thái đạn pháo. Mặt khác khi áp suất càng cao, chênh lệch về tỷ trọng giữa nước với hơi nước càng bé, cột áp động càng bé. Cần phải có lưu tốc tuần hoàn lớn, ống cần có độ dốc lớn.

3.3 Ảnh hưởng về độ dốc của ống

Thực tế cũng cho thấy rằng ống nước đứng đảm bảo tuần hoàn kể cả khi lưu tốc tuần hoàn rất nhỏ. Còn ống nước nghiêng ở nửa cung trên của chu vi ống có thể tập trung nhiều bóng hơi, khi lưu tốc nhỏ còn có thể phát sinh hiện tượng phân lớp giữa nước và hơi. Ống nước nằm càng dễ bị phân lớp nước - hơi. Kết quả gây nên ứng suất nhiệt (nhiệt độ thành ống ở phía hơi nước cao hơn nhiệt độ thành ống ở phía nước, mực nước trong ống lại không ngưng dao động, làm cho kim loại thành ống bị mòn và rạn nứt dần, lại có các giọt nước bắn tung lên cửa cung trên) làm cho nửa cung trên bị bám nhiều cáu hơi nước và mục kiềm nặng.

3.4 Ảnh hưởng về kích thước, kiểu cấu tạo và bố trí các mạch tuần hoàn

Các lớp ống nước sôi ở sát cạnh buồng đốt nên có đường kính lớn hơn các lớp ống phía sau, đó là nhằm giảm sức cản, tăng lưu lượng nước qua các ống ở vùng nhiệt độ cao. Song nếu ống của nồi hơi ống nước nằm có đường kính quá lớn (trên 105 mm) sẽ dễ sinh hiện tượng phân lớp nước - hơi. Độ cong của ống, vị trí của ống lắp lên bầu nồi, cách ghép các mạch tuần hoàn đều ảnh hưởng đến sự tuần hoàn. Mạch tuần hoàn đơn giản (độc lập) không phụ thuộc vào các mạch tuần hoàn khác và tuần hoàn đảm bảo hơn mạch tuần hoàn phức tạp.

3.5 Ảnh hưởng của tải trọng nồi hơi

Có những nồi hơi bị phá hoại sự tuần hoàn và bị cháy hỏng ống ở lúc quá tải, cũng có những nồi hơi lúc nhẹ tải, lúc ủ lò lại xảy ra tình trạng ấy. Đó là vì khi quá tải lượng hấp nhiệt của ống tăng lên, song lưu lượng cũng tăng lên; khi nhẹ tải ống hấp nhiệt ít, nhưng lưu lượng bé. Khi biến tải, nhiệt lượng và lưu lượng của các mạch tuần hoàn, của các ống bị phân bố lại; Khi phân bố không thích hợp sẽ có thể phát sinh ngừng chảy, chảy ngược, bốc hơi trong ống xuống làm cho ống bị cháy hỏng. Nồi hơi tuần hoàn cưỡng bách nhiều lần không bị ảnh hưởng của tải trọng nồi hơi, vì tải trọng không ảnh hưởng đến sự phân phối lưu lượng và nhiệt lượng cho các ống.

3.6 Ảnh hưởng của cách sử dụng, chăm sóc nồi hơi

Nếu nước cấp chất lượng xấu, lọc không kỹ, không theo đúng chế độ xả cặn và rửa nồi, các ống nước sẽ bị đọng nhiều cáu cặn, làm tăng thêm sức cản lưu đọng và nhiệt trở thành ống, kết quả sẽ làm cho ống chóng bị hỏng. Không theo đúng phương pháp đốt lò, không giữ đúng qui định về thời gian nhóm lò và tắt lò cũng có thể gây nên tình trạng chênh lệch nhiệt độ quá lớn giữa các vùng của nồi hơi.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày tầm quan trọng của sự tuần hoàn nước nồi hơi, nguyên lý tuần hoàn tự nhiên của nước nồi hơi và các yếu tố ảnh hưởng tới sự tuần hoàn tự nhiên của nước trong nồi hơi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hoàng Văn Mười, Nguyễn Hữu Thủy, *Nồi hơi - Tuabin hơi*, NXB Hải Phòng, 2015.