

LÀM MÁT KHÍ TĂNG ÁP CHO ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY BẰNG PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH HẤP THỤ

COOLING THE INLET AIR FOR MARINE ENGINE BY ABSORPTION COOLING METHOD

TS. Vũ Ngọc Khiêm, KS. Nguyễn Quốc Tuấn
Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải.

TÓM TẮT

Năng lượng của khí xả động cơ diesel tàu thủy từ lâu đã được tận dụng để vận hành các thiết bị như tua bin khí xả và nồi hơi khí xả nhằm nâng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu. Đối với các động cơ diesel tàu thủy cỡ lớn, sản lượng hơi của nồi hơi khí xả là rất dồi dào thường được dùng vào nhiều mục đích như: Hâm dầu đốt, vệ sinh bảo dưỡng thiết bị, phục vụ sinh hoạt... Bài báo đề xuất một hướng mới trong việc sử dụng nguồn năng lượng này. Đó là làm mát không khí tăng áp cho động cơ bằng phương pháp làm lạnh hấp thụ sử dụng nguồn năng lượng của nồi hơi khí xả.

ABSTRACT

The energy of the exhaust gas from marine diesel engines has long been utilized to operate equipment such as exhaust gas turbines and exhaust gas boilers to improve fuel efficiency. For large marine diesel engines, steam output of the exhaust gas boiler is high and is often used for many purposes such as heating oil, cleaning and maintaining equipment and for life activities ... The paper proposes a new way of taking advantage of this source of energy. That is to cool the boosted gas for engine by absorption cooling method using energy of exhaust gas boiler.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Tăng áp cho động cơ diesel là phương pháp dùng máy nén được dẫn động bằng tua bin khí xả để nén không khí trước khi nạp vào xi lanh của động cơ. Giải pháp này, thực chất là tăng lượng không khí nạp và qua đó tăng lượng nhiên liệu được đốt cháy trong xi lanh. Kết quả là làm tăng công suất của động cơ. Tuy nhiên, khi nén không khí, nhiệt độ không khí nén sẽ tăng lên. Điều này dẫn đến hậu quả không tốt là làm giảm tỷ trọng của khí được nạp, tức là giảm trọng lượng

không khí đưa vào xi lanh, động cơ không phát huy hết công suất.

Để giảm thiểu ảnh hưởng xấu trên, việc làm mát hệ thống tăng áp là cần thiết. Có nhiều phương pháp làm mát khí tăng áp. Đối với động cơ diesel tàu thủy khí tăng áp có thể được làm mát trực tiếp bằng nước biển hoặc làm mát theo hai vòng tuần hoàn. Lúc này trong hệ thống làm mát sẽ được trang bị một tổ hợp bơm nước mặn và bơm nước ngọt. Đối với hệ động lực diesel tàu thủy, công suất của tổ hợp bơm này có thể từ 2 đến



trên dưới 10 KW tùy thuộc vào tải trọng của tàu. Trong khi đó, động cơ diesel tàu thủy được lắp trên những con tàu trọng tải lớn thì khí xả do động cơ thải ra có lưu lượng rất lớn. Áp suất và nhiệt độ còn khá cao, mang theo nguồn năng lượng lớn thải ra ngoài. Nguồn năng lượng này chiếm khoảng 20% đến 25% tổng lượng nhiệt cấp vào cho động cơ. Lượng khí xả sau khi đã qua tuabin khí xả được đưa vào nồi hơi khí xả. Sản lượng hơi thu được từ nồi hơi là rất dồi dào, thường được dùng vào nhiều mục đích: hâm dầu đốt, vệ sinh bảo dưỡng thiết bị, phục vụ sinh hoạt... Với mục tiêu khai thác triệt để nguồn năng lượng khí thải, trên thế giới cũng như trong nước đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng nguồn năng lượng này để vận hành máy lạnh kiểu hấp thụ. Một trong số đó có thể ứng dụng cho máy lạnh hấp thụ để làm mát khí tăng áp.

2. ỨNG DỤNG THIẾT BỊ LÀM LẠNH KIỂU HẤP THỤ ĐỂ LÀM MÁT KHÍ TĂNG ÁP

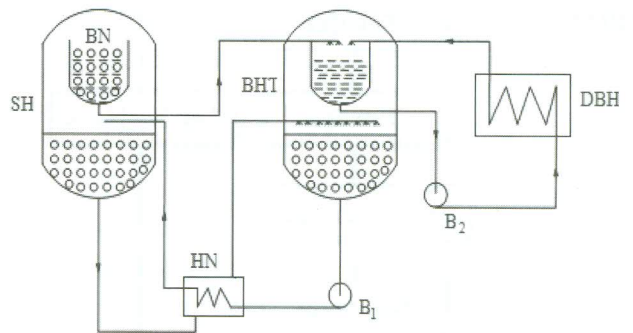
Làm lạnh kiểu hấp thụ là phương pháp làm lạnh đã có từ lâu đời nhưng gần đây mới được chú ý trở lại do những ưu điểm rất đặc thù của phương pháp này là dùng nhiệt năng để làm lạnh và được vận hành với những công chất thân thiện với môi trường. So sánh với phương pháp làm lạnh bằng máy nén, ở phương pháp làm lạnh hấp thụ, người ta thay quá trình nén hơi trong máy nén bằng bình hấp thụ để hấp thụ hơi môi chất ở áp suất thấp thành dung dịch rồi dùng bơm (tiêu tốn rất ít công suất so với phương pháp dùng máy nén hơi) đưa dung dịch lên bình tách hơi ở áp suất cao hơn để tạo ra hơi ở áp suất này. Để thực hiện được quá trình này, trong máy lạnh hấp thụ phải có một cặp môi chất là chất tải lạnh và chất hấp thụ. Đặc điểm của cặp môi chất này là ở cùng một áp suất thì nhiệt độ sôi hoàn toàn khác nhau. Chất có nhiệt độ sôi thấp được dùng làm chất tải lạnh, chất không sôi được gọi là chất hấp thụ. Cặp môi chất thông dụng thường dùng ngày nay là cặp môi chất NH₃ - H₂O và cặp môi chất BrLi - H₂O.

2.1. Lựa chọn phương án làm lạnh hấp thụ tận dụng nhiệt khí xả

Để cung cấp năng lượng vận hành máy lạnh

hấp thụ (MLHT) tận dụng nhiệt khí xả có thể sử dụng các phương án lấy nhiệt trực tiếp từ khí xả sau khi đã qua tua bin - máy nén hoặc sản lượng nhiệt từ nồi hơi khí xả. Theo tính toán sơ bộ về sản lượng hơi của nồi hơi và các nhu cầu sử dụng hơi trên tàu thủy thì việc lựa chọn nhiệt từ nồi hơi để cung cấp cho MLHT là phù hợp hơn vì ngoài việc sản lượng hơi của nồi hơi hoàn toàn đảm bảo công suất cho MLHT thì việc vận hành MLHT cũng ổn định hơn, đảm bảo an toàn và chu kỳ vệ sinh thiết bị cũng dài hơn so với khi sử dụng trực tiếp nhiệt lượng khí xả động cơ.

Nhu cầu làm mát cho khí nén tăng áp động cơ diesel tàu thủy vào khoảng từ 95 - 125°C xuống 35- 55°C là không quá sâu nên ta có thể lựa chọn loại máy lạnh hấp thụ 1 cấp. Cặp môi chất công tác có thể lựa chọn là BrLi - H₂O vì cặp môi chất này không gây độc, đảm bảo các chỉ tiêu về môi trường, đồng thời yêu cầu về nhiệt độ nguồn nhiệt cấp cho thiết bị sinh hơi thấp (có thể thấp đến 80°C) phù hợp với nhiệt độ hơi nước của nồi hơi khí xả.



Hình 1. Thiết bị làm lạnh không khí BrLi - H₂O.

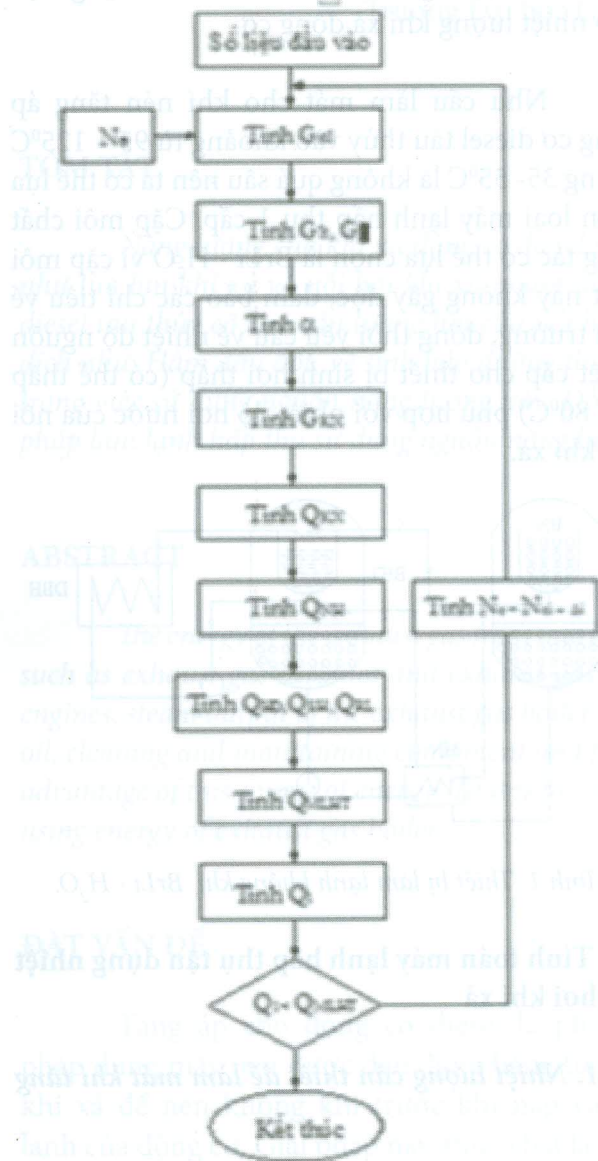
2.2. Tính toán máy lạnh hấp thụ tận dụng nhiệt nồi hơi khí xả

2.2.1. Nhiệt lượng cần thiết để làm mát khí tăng áp

Để tính toán MLHT tận dụng nhiệt nồi hơi khí xả trước hết ta phải xác định các thành phần nhiệt lượng như: khí xả của động cơ, nhiệt lượng của nồi hơi và các nhu cầu dùng hơi trên tàu thủy. Các thông số tính toán cho MLHT bao gồm các thông số của bầu ngưng và bầu sinh hơi,

bầu bay hơi và bầu hấp thụ, thiết bị hồi nhiệt, lưu lượng dung dịch tuần hoàn, nhiệt độ ra khỏi thiết bị hồi nhiệt, nhiệt độ dung dịch trong bình sinh hơi, nhiệt độ ngưng tụ, nhiệt độ bay hơi ...

Chế độ tính toán được lựa chọn là 2 chế độ 80% và 90% tải của động cơ vì đây là các chế độ làm việc ổn định và thường xuyên của động cơ tàu thủy.



Hình 2. Thuật toán tính nhu cầu hơi của tàu thủy.

- Tính toán lượng khí xả

Lượng khí xả G_{KX} do động cơ chính xả ra xác định theo công thức [3]:

$$G_{KX} = G_{nl} (\alpha_1 G_0 + 1) \text{ (kg/h)} \quad (1.1)$$

G_{nl} - lượng tiêu hao nhiên liệu của động cơ chính, kg/h;

α_1 - hệ số dư lượng không khí thực tế;

G_0 - lượng không khí lý thuyết cần thiết để đốt cháy 1kg nhiên liệu.

Nhiệt lượng do khí xả tỏa ra Q_{KX} tính theo công thức [3]:

$$Q_{KX} = G_{KX} \cdot C_p^{KX} \cdot \Delta t \text{ (W)} \quad (1.2)$$

+ $\Delta t = t_{KX} - t_K$ là hiệu nhiệt độ khí xả vào và ra nồi hơi.

+ C_p^{KX} : nhiệt dung riêng khí xả $C_p^{KX} = 1,12 \div 1,25$ kJ/Kg.độ

- Tính toán sản lượng hơi của nồi hơi

$$Q_{NH} = Q_{KX} \cdot \eta_{NH} \quad (1.3)$$

Trong đó η_{NH} : hiệu suất nồi hơi [4], $\eta_{NH} = 0,85$.

- Tính toán lượng hơi có thể cung cấp cho MLHT

Trên tàu thì nhiệt lượng lấy từ nồi hơi được phân bố và sử dụng như sau [4]:

Cung cấp cho hệ thống hâm dầu đốt cho động cơ chính [W].

$$Q_{HD} = \frac{1348 \cdot G_{nl}}{3,6} \quad (1.7)$$

Cung cấp cho nhu cầu sinh hoạt trên tàu [W]

$$Q_{SH} = \frac{0,32S \cdot 10^4}{3,6} \quad (1.8)$$

+ S: số thuyền viên trên tàu, người;

Nhiệt lượng thất thoát do rò rỉ và nhiệm vụ khác [W]

$$Q_{RL} = 0,05 \cdot Q_{KX} \quad (1.9)$$



Nhiệt lượng để phục vụ máy lạnh hấp thụ [W]

$$Q_{MLHT} = Q_{NH} - Q_{HD} - Q_{SH} - Q_{RL}$$

- Nhiệt lượng cần thiết để làm mát khí tăng áp

Nhiệt lượng cần thiết để làm mát khí tăng áp (Q_1) được tính toán dựa vào khối lượng không khí tăng áp và kết cấu của bầu làm mát khí tăng áp tương ứng chế độ làm việc định mức của động cơ. Tuy nhiên để đơn giản ta có thể dựa vào kết cấu và nhiệt độ đầu vào và đầu ra của bầu làm mát có trong lý lịch động cơ. Giá trị này được dùng để tính toán các thông số cho MLHT.

Nhiệt lượng cần thiết để làm mát khí tăng áp (Q_1) [1]:

$$Q_1 = K_o \cdot F_o \cdot \Delta t_{tbo} \cdot [W] \quad (1.10)$$

- + t_{n1}, t_{n2} : Nhiệt độ vào và ra của bầu làm mát [°C];
- + F_o : Diện tích truyền nhiệt của thiết bị làm mát, [m²];
- + Δt_{tbo} : Độ chênh nhiệt độ trung bình, [°C];
- + K_o : Hệ số truyền nhiệt của thiết bị làm mát [W/m².độ].

2.2.2. Tính toán hệ thống làm lạnh hấp thụ

- Tính toán các thông số công tác chính của MLHT

Xác định nhiệt độ ngưng tụ:

$$t_k = t_{w3} + \Delta t_{tk} \quad [^{\circ}C]$$

Nhiệt độ dung dịch trong bình sinh hơi [1].

$$t_h = t_{H1} - 5 \quad [^{\circ}C]$$

Lưu lượng môi chất lạnh được tính theo công thức [1].

$$Gd = \frac{Q_o}{q_o} \quad [kg/s]$$

Ở đây $q_o = r(t_o)$ là nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở nhiệt độ t_o .

Q_o : phụ tải lạnh của máy lạnh.

Phụ tải thiết bị hấp thụ: [1].

$$Q_a = G_d \cdot i_6 + G_a \cdot i_3 - G_r \cdot i_1$$

Phụ tải thiết bị ngưng tụ: [1].

$$Q_K = G_d \cdot (i_2 - i_5)$$

Phụ tải thiết bị sinh hơi: [1].

$$Q_H = G_d \cdot i_2 + G_r \cdot i_3 - G_a \cdot i_1$$

- Các thông số kết cấu chính của MLHT

Thiết bị bầu ngưng tụ và sinh hơi - Thiết bị bầu bay hơi và hấp thụ [1].
Số ống trong thiết bị là:

$$n_k = \frac{4G_w}{\rho_w \cdot \omega_{w2} \cdot \pi \cdot d_{tk}^2}$$

- G_w : Lưu lượng khối lượng của nước làm mát thiết bị ngưng tụ;
- d_{tk} : Đường kính trong của ống trao đổi nhiệt thiết bị ngưng tụ;
- ω_{w2} : Tốc độ nước làm mát của thiết bị ngưng tụ;
- ρ_w : Khối lượng riêng của nước làm mát.

Diện tích bề mặt hấp nhiệt:

$$F_K = \frac{Q_K}{K_k \cdot \Delta t_{tbk}} \quad [m^2]$$

- K_k : Hệ số truyền nhiệt;
- Δt_{tbk} : Độ chênh nhiệt độ trung bình trong thiết bị;

Thiết bị hồi nhiệt [1].

Chiều dài của ống trong thiết bị hồi nhiệt:

$$L_{1hn} = \frac{F_{1hn}}{\pi \cdot d_{1n}} \quad (m).$$

Diện tích truyền nhiệt của thiết bị hồi nhiệt, [m²]

$$F_{1hn} = \frac{Q_{1hn}}{K_{1hn} \cdot \Delta t_{1bhn}}$$

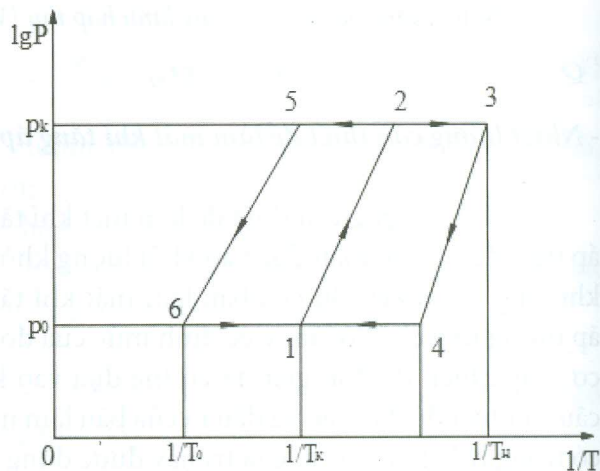


K_{hn} : Hệ số truyền nhiệt của thiết bị hồi nhiệt, [W/m².độ];

Δt_{tbhn} : Độ chênh nhiệt độ trung bình trong thiết bị hồi nhiệt.

2.2.3. Tính toán MLHT ứng dụng cho động cơ cụ thể

Nghiên cứu được tính toán ứng dụng trên một động cơ cụ thể là động cơ G6300ZC6B. Động cơ G6300ZC6B là loại động cơ 4 thì có 6 xilanh bố trí 1 hàng thẳng đứng. Nhiên liệu sử dụng là dầu FO và DO có công suất lớn nhất 1125 KW tại vòng quay $n = 500$ v/p. Kết quả tính toán được thể hiện dưới bảng sau:



Hình 3: Chu trình nhiệt động của máy lạnh hấp thụ

Bảng 1: Các thông số chính của thiết bị máy lạnh hấp thụ.

Tên thiết bị	Đ.kính ống (m)	S.lg ống	D.tích BMHN(m ²)	C.dài ống (m)
Bầu ngưng và bầu sinh hơi	$d_{th}=0,02$ $d_{nh}=0,022$	32	2,656	1,2
Bầu bay hơi và bầu hấp thụ	$d_{ta}=0,015$ $d_{na}=0,017$	20	1,28	1,2
Thiết bị hồi nhiệt	$d_{1n}=0,022$ $d_{2t}=0,024$	1	1,35	19,4

Bảng 2: Các thông số trạng thái của chu trình công tác máy lạnh hấp thụ.

Điểm	Trạng thái	t[°C]	P [Bar]	ξ [kgH ₂ O/kgdd]	i [kJ/kg]
1	Dung dịch đậm đặc sôi ra khỏi bình hấp thụ	40	0,009 1	0,43	95,4
1'	Dung dịch đậm đặc sôi ra khỏi bình hồi nhiệt	81	0,009 1	0,43	181,1
2	Hơi nước bão hòa khô ra khỏi bình sinh hơi	77	0,062 0	0,43	2660
3	Dung dịch loãng sôi ra khỏi bình sinh hơi	92	0,062 0	0,365	205,1
3'	Dung dịch loãng quá lạnh ra khỏi bình hồi nhiệt (xem gần đúng dung dịch là sôi)	50	0,062 0	0,365	117,1
4	Dung dịch loãng sôi vào bình hấp thụ	50	0,009 1	0,365	121,5
5	Nước ngưng ra khỏi thiết bị ngưng tụ	41	0,062 0	1	145,4
6	Hơi nước bão hòa ra khỏi thiết bị bay hơi	8	0,009 1	1	2510

Qua kết quả tính toán cho động cơ G6300ZC6B có thể thấy kích thước của máy lạnh hấp thụ BrLi - H₂O rất gọn nhẹ, kết cấu thiết bị không quá phức tạp nên vận hành đơn giản, hệ số an toàn cao, dễ bảo dưỡng.

3. KẾT LUẬN

- Ứng dụng công nghệ làm lạnh kiểu hấp thụ để làm mát cho không khí tăng áp của động cơ thay cho phương pháp làm mát bằng nước biển ngoài tàu là một hướng nghiên cứu mới nhằm tăng thêm giải pháp làm mát khí tăng áp cho động cơ.

- Nâng cao hiệu suất sử dụng nhiệt trên tàu thủy bằng cách tận dụng nhiệt từ nôi hơi khí xả. Xây dựng được phương pháp tính toán máy lạnh hấp thụ tận dụng nguồn năng lượng thừa từ khí xả, từ đó đề ra một hướng mới về việc tận dụng nguồn năng lượng thừa này. ❖

Ngày nhận bài: **10/5/2013**

Ngày phản biện: **18/6/2013**

Người phản biện: PGS, TS. **Hà Quang Minh**, Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Đức Lợi. *Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh* (1999), NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
 [2]. Võ Nghĩa – Lê Anh Tuấn (2005) *Tăng áp động cơ đốt trong*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật. [3]. Lê Viết Lượng (2004), *Lý thuyết động cơ Diezen*, NXB. Giáo dục, Hà Nội.
 [4]. Cục Đăng kiểm Việt Nam (2003), *Quy phạm đóng tàu vỏ thép*.