

NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA RÒ LỘT VÀ MÀI MÒN TRONG BƠM PISTON ROTOR HƯỚNG TRỰC
RESEARCH RELATIONSHIPS BETWEEN LEAKAGE AND WEAR IN AXIAL PISTON PUMP

TS. PHẠM HỮU TÂN
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Mài mòn của các bề mặt ma sát có ảnh hưởng rất nhiều đến trạng thái kỹ thuật và chất lượng của các máy móc. Bài báo này đưa ra các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của chất lượng dầu thủy lực đến trạng thái kỹ thuật và khả năng làm việc của bơm piston rotor hướng trục.

Abstract

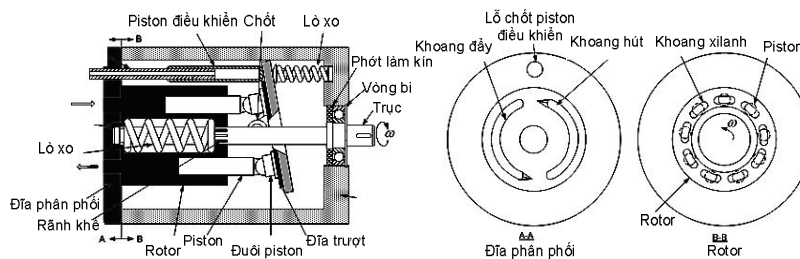
Wear of friction surfaces severely affects technical condition and working quality of machinery equipments. This paper presents results of study about influences of hydraulic oil quality on technical condition and working performance of axial piston pump.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, truyền động thủy lực thể tích có rất nhiều ưu điểm, do vậy dạng truyền động này ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống thủy lực trên tàu thủy như: các hệ thống máy lái, hệ thống tời cầu, tời neo... Các hệ thống thủy lực có ưu điểm nổi trội là có thể tạo ra được mômen lớn với kích thước rất nhỏ gọn do hệ thống có thể tạo ra được áp suất rất cao. Các bơm được sử dụng trong hệ thống thủy lực là các bơm bánh răng, trục vít, cánh gạt, piston rotor hướng trục hay hướng kính. Trong số này thì bơm piston rotor hướng trục có ưu điểm là có kích thước nhỏ gọn và có thể tạo ra được áp suất rất cao, hoạt động tin cậy. Chính vì vậy mà các bơm này được ứng dụng nhiều hơn cả trong các hệ thống thủy lực. Tuy nhiên, theo thời gian thì chất lượng làm việc của bơm ngày càng giảm đi, nguyên nhân dẫn tới chất lượng làm việc của bơm giảm chính là do mài mòn làm tăng khe hở của các bề mặt ma sát trong bơm như: bề mặt ma sát giữa piston và xilanh, bề mặt của rotor và đĩa phân phối dầu, bề mặt ma sát giữa đuôi piston và đĩa trượt. Do các khe hở này tăng lên làm tăng mức độ rò rỉ của dầu trong bơm, làm giảm lưu lượng dầu, giảm áp suất công tác của bơm. Chính vì vậy, trong bài báo này, tác giả đi nghiên cứu về sự mài mòn của các bề mặt ma sát trong bơm và ảnh hưởng của mài mòn đến sự rò rỉ và trạng thái kỹ thuật của bơm như thế nào.

2. Nghiên cứu mài mòn trong bơm

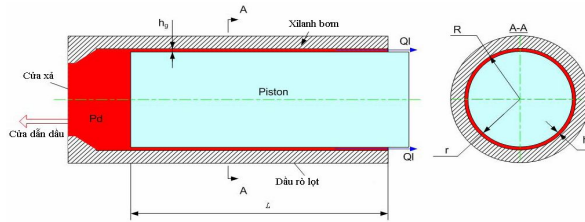
Để nghiên cứu mài mòn trong bơm piston rotor hướng trục, hình 1 dưới đây giới thiệu sơ đồ cấu tạo của một bơm piston rotor hướng trục.



Hình 1. Kết cấu bơm piston rotor hướng trục.

Hình vẽ đã chỉ ra rằng: các bề mặt ma sát của bơm đều được ngâm trong dầu, chính vì vậy mà ma sát trong các bề mặt này đều là ma sát ướt. Chất lượng làm việc của các bề mặt ma sát phụ thuộc vào chất lượng của dầu thủy lực trong bơm và trạng thái của bề mặt ma sát. Bề mặt đĩa phân phối và rotor, bề mặt đuôi piston và đĩa trượt luôn được ép tiếp xúc với nhau nhờ có lò xo bố trí trong rotor, nên khe hở của các bề mặt này luôn được duy trì. Do đó chỉ có bề mặt ma sát giữa piston và xilanh là ảnh hưởng rất nhiều do mài mòn. Chính vì vậy mà bài báo chỉ nghiên cứu mài mòn của nhóm piston-xilanh trong bơm.

Để xác định được độ mài mòn của cặp ma sát nhóm piston – xilanh, ta đã xây dựng các công thức xác định độ mài mòn của nhóm piston – xilanh. Trong cặp ma sát này, do piston chế tạo bằng thép có độ cứng cao hơn độ cứng của xilanh bằng đồng nên ta coi piston là đường dẫn, do toàn bộ chi tiết ngâm trong dầu nên ma sát ở đây là ma sát ướt, lấy độ bóng bề mặt của piston $\nabla 9$. Độ mài mòn của nhóm piston – xilanh được xác định theo thứ tự sau [1,2]:



Hình 2. Sơ đồ xác định mài mòn trong nhóm piston – xilanh.

Áp suất màng dầu bôi trơn được xác định theo công thức sau:

$$p_{md} = 0,5.E^{0,8} \left(\frac{H_s}{R_s} \right)^{0,4} \cdot p_{dn}^{0,2} \text{ (Mpa);} \quad (1)$$

Hệ số ma sát của bề mặt này được xác định theo công thức sau:

$$f_{ms} = 0,4.k \cdot \sqrt{\frac{\mu.v_0.L}{p_{md} \cdot \pi.d.l}}; \quad (2)$$

Từ đó, cường độ mài mòn được xác định theo công thức:

$$I = c.p_{md}^n \left(1 - \frac{f_{ms}}{p_{md}} \right); \quad (3)$$

Và chiều cao mòn được xác định như sau:

$$\delta = I \cdot \frac{\pi.d \cdot \arcsin \frac{L}{d}}{180}, \text{ (m);} \quad (4)$$

Do đó chiều cao mòn theo thời gian là:

$$h_f = \delta \cdot \tau, \text{ (m);} \quad (5)$$

Khe hở hiện tại sẽ là:

$$h = h_0 + h_f, \text{ (m).} \quad (6)$$

Trong đó: H_s là chiều cao lớn nhất của các sóng bề mặt đầu to biên (m); R_s là bán kính đỉnh sóng (m); E là mô đun đàn hồi của vật liệu (kg/mm^2); p_{dn} là áp suất dầu bôi trơn danh nghĩa (MPa); μ là độ nhớt động lực học của dầu bôi trơn ($N.s/m^2$); v_0 là vận tốc của piston trong xilanh (m/s); L là chiều dài tiếp xúc của piston với xilanh (m); d là đường kính piston (m); k , c , n là các hệ số tính toán phụ thuộc vào điều kiện ma sát và được tra trong bảng, h_0 là khe hở ban đầu của nhóm piston-xilanh (m), τ là thời gian làm việc của bơm (giờ).

3. Nghiên cứu rò lọt dầu tại khe hở giữa piston và xilanh của bơm

Trong bơm, tại các bề mặt ma sát có tồn tại khe hở nên trong quá trình bơm hoạt động, sẽ xuất hiện một lượng dầu rò lọt từ phần cao áp qua bề mặt này về thấp áp. Lượng dầu rò lọt này cũng đóng vai trò là dầu bôi trơn cho các bề mặt này. Nếu lượng dầu rò lọt qua các bề mặt này lớn thì tổn thất do rò lọt của bơm lớn, hiệu suất của bơm thấp. Tuy nhiên, nếu chất lượng dầu thủy lực tốt thì các khe hở của hai bề mặt ma sát là giữa rotor với đĩa phân phối dầu và giữa đuôi piston với đĩa trượt luôn được duy trì không đổi, do các bề mặt này luôn được lò xo đặt trong rotor đẩy để tiếp xúc với nhau. Lượng dầu rò lọt qua hai bề mặt này chiếm khoảng 0,3 % lưu lượng của bơm [3]. Duy có khe hở giữa bề mặt ma sát của piston và xilanh trong bơm là thay đổi do mài mòn, nên lượng dầu rò lọt qua vị trí này cũng thay đổi. Lượng dầu rò lọt này sẽ quyết định tới chất lượng làm việc của bơm. Chính vì vậy mà ta cần phải xác định được lượng dầu rò lọt qua bề mặt này.

Để xác định lượng dầu rò lọt này ta dựa vào phương trình Reynolds cho chất lỏng lưu động qua khe hẹp. Lưu lượng dầu rò lọt qua bề mặt này được xác định như sau [3,4,5]:

$$Q_{rl} = \frac{\pi.r.h^3}{6\mu.L} (p_p - p_c), \quad (m^3/s); \quad (7)$$

Lưu lượng lý thuyết của bơm được xác định theo công thức [3,4,5]:

$$Q = \omega \cdot \frac{\pi d.R}{4} tg\beta \sum_{k=0}^{m-1} \sin(\omega t - k\alpha), \quad (m^3/s); \quad (8)$$

Lưu lượng dầu thực tế của bơm là:

$$Q_t = Q - 0,3 \cdot Q - Q_{rl}, \quad (m^3/s);$$

Hay
$$Q_t = 0,97\omega \cdot \frac{\pi d.R}{4} tg\beta \sum_{k=0}^{m-1} \sin(\omega t - k\alpha) - \frac{\pi.r.h^3}{6\mu.L} (p_p - p_c); \quad (9)$$

Trong đó: Q_{rl} là lưu lượng dầu rò lọt qua khe hở giữa piston và xilanh của bơm (m^3/s), Q là lưu lượng lý thuyết của bơm (m^3/s), Q_t lưu lượng thực tế của bơm (m^3/s), r là bán kính piston (m), h là khe hở hiện tại của piston (m), p_p là áp suất cửa đẩy của bơm (MPa), p_c là áp suất trong các te của bơm (MPa), μ là độ nhớt động lực học ($N.s/m^2$); L là chiều dài của bề mặt ma sát (m), ω là tốc độ góc trên trục của bơm (rad/s), R là bán kính của bước piston trong rotor (m), β là góc nghiêng của đĩa nghiêng (rad), m là số piston, α là góc kẹp giữa các piston (rad).

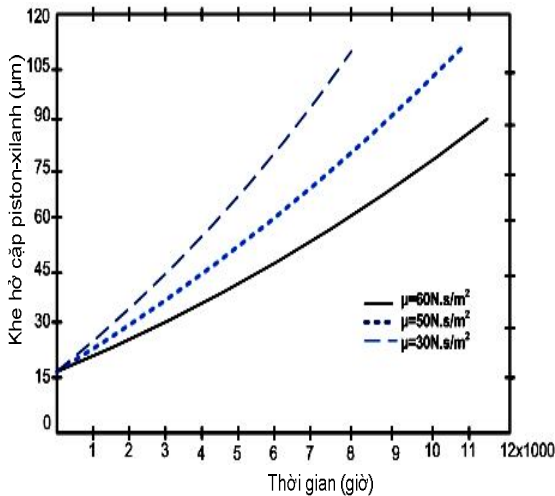
Từ các công thức trên ta có thể xác định được khe hở giữa piston và xilanh của bơm theo thời gian, từ đó có thể xác định được lượng dầu rò lọt qua khe hở này, lượng dầu thực tế mà bơm tạo ra và qua đó ta xác định được trạng thái kỹ thuật hiện tại của bơm piston rotor hướng trục.

4. Kết quả và thảo luận

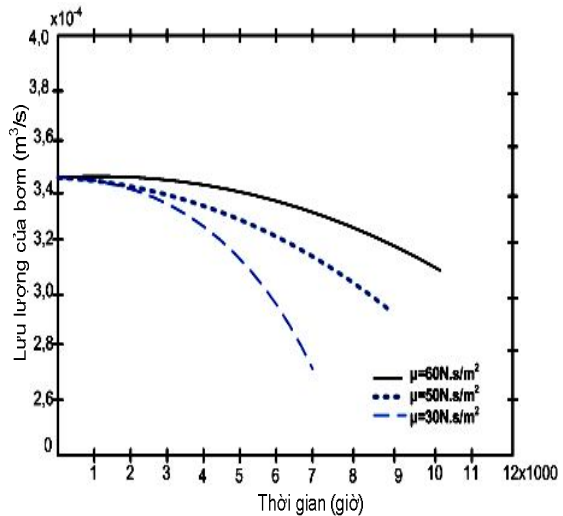
Xét cho bơm piston rotor hướng trục có các thông số sau: Lưu lượng $Q=3,4 \cdot 10^{-4} m^3/s$, đường kính piston $d=0,020m$, vòng quay $n=2800$ (vòng /phút), bán kính của bước piston trong rotor $R=0,150m$, góc nghiêng của đĩa nghiêng $\beta = \frac{\pi}{9}$, số piston $m=7$, góc kẹp giữa các piston

$\alpha = \frac{2\pi}{7}$, khe hở $h_0=16\mu m$. Từ các công thức đã xây dựng ở trên, sử dụng phần mềm Matlab 6.0,

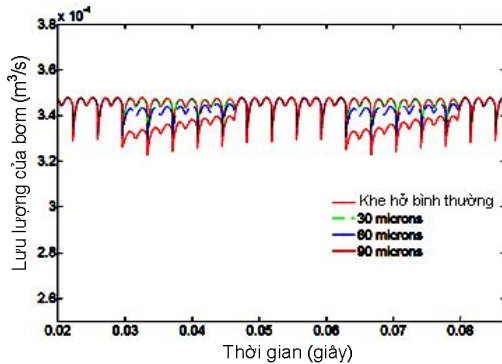
ta đi xây dựng chương trình tính toán để xác định các giá trị khe hở giữa piston và xilanh của bơm theo thời gian với chất lượng của dầu khác nhau, từ đó xác định được lưu lượng và áp suất của bơm.



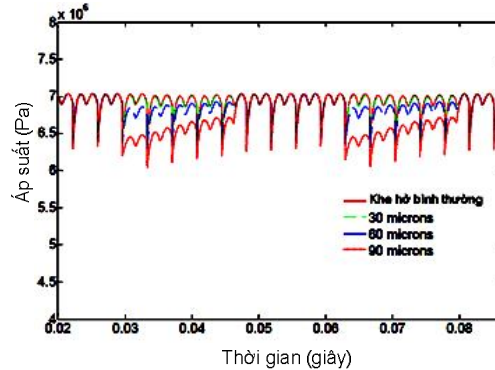
Hình 3. Sự tăng khe hở giữa piston và xilanh theo thời gian khi chất lượng của dầu thay đổi



Hình 4. Sự giảm lưu lượng của bơm theo thời gian khi chất lượng của dầu thay đổi



Hình 5. Ảnh hưởng của khe hở giữa piston và xilanh tới lưu lượng của bơm



Hình 6. Ảnh hưởng của khe hở giữa piston và xilanh tới áp suất của bơm

Các kết quả tính toán được phản ánh trên các đồ thị hình 3, hình 4, hình 5 và hình 6. Hình 3 thể hiện mối quan hệ giữa thời gian làm việc với khe hở giữa nhóm piston và xilanh của bơm khi chất lượng của dầu thủy lực thay đổi. Hình 4 thể hiện sự giảm lưu lượng của bơm theo thời gian khi chất lượng của dầu thay đổi. Hình 5 thể hiện ảnh hưởng của khe hở nhóm piston - xilanh tới lưu lượng của bơm. Hình 6 thể hiện sự ảnh hưởng của khe hở của nhóm piston - xilanh tới áp suất làm việc của bơm.

Từ các đồ thị trên cho thấy rằng khi chất lượng của dầu thủy lực thay đổi thì tốc độ mài mòn của nhóm piston - xilanh trong bơm thay đổi. Khi độ nhớt của dầu là 60 Ns/m^2 thì khe hở của nhóm piston - xilanh bơm đạt $90 \mu\text{m}$ tương ứng với thời gian làm việc của bơm là trên 11 ngàn giờ. Khi độ nhớt thay đổi từ 60 Ns/m^2 xuống còn 30 Ns/m^2 , khi thời gian làm việc của bơm mới khoảng 7 ngàn giờ thì khe hở đã đạt tới $90 \mu\text{m}$, như vậy tốc độ mài mòn tăng lên gấp đôi.

Khi khe hở nhóm piston - xilanh của bơm thay đổi từ $30 \mu\text{m} \div 90 \mu\text{m}$ thì lưu lượng của bơm giảm từ $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ xuống còn $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ và áp suất giảm từ $7 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ xuống còn $6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Như vậy chất lượng của dầu ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng làm việc của bơm piston rotor hướng trục.

Khi nhiệt độ của dầu thủy lực thay đổi thì độ nhớt của dầu thủy lực cũng thay đổi theo nhưng theo chiều ngược lại và tốc độ mài mòn của cặp chi tiết nhóm piston - xilanh bơm cũng thay đổi. Từ đó chất lượng làm việc của bơm cũng thay đổi.

Trình độ người khai thác cũng quyết định tới chất lượng làm việc của bơm. Nếu khai thác bơm theo đúng quy trình hướng dẫn của nhà chế tạo thì chất lượng của dầu thủy lực cũng được cải thiện, từ đó giảm được tốc độ mài mòn, chất lượng làm việc của bơm sẽ tốt hơn và tăng được tuổi thọ của bơm.

4. Kết luận

Chất lượng làm việc của bơm thủy lực loại piston rotor hướng trục phụ thuộc rất lớn vào chất lượng của dầu thủy lực. Khi chất lượng của dầu thủy lực giảm thì tốc độ mài mòn sẽ tăng lên, áp lực và lưu lượng của bơm sẽ giảm nhiều. Từ đó chất lượng làm việc của bơm cũng giảm và tuổi thọ của bơm cũng giảm.

Đối với người vận hành, để nâng cao tuổi thọ của bơm thủy lực nói chung và bơm piston rotor hướng trục nói riêng, phải tuyệt đối tuân theo quy trình hướng dẫn của nhà chế tạo. Cần phải duy trì nhiệt độ dầu thủy lực trong phạm vi từ $40^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$ để đảm bảo độ nhớt của dầu từ $50 - 60 \text{ Ns/m}^2$. Tuyệt đối không sử dụng lại dầu thủy lực kém chất lượng, nếu sử dụng dầu thủy lực có chất lượng kém sẽ làm tăng tốc độ mài mòn các cặp ma sát trong bơm và thậm chí có thể gây sự cố cho bơm nếu chất lượng dầu quá kém.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS.TSKH. Nguyễn Anh Tuấn - TS. Phạm Văn Hùng, *Ma sát học*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2010.
- [2] PGS, TS. Nguyễn Doãn Ý, *Giáo trình Ma sát – Mòn - Bôi trơn*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2005.

- [3] Lu, F.X., Burton, R.T. and Schoenau, G. "Feasibility Study on the Use of a Neural Network to Detect and Locate Excess Piston Wear in an Axial Piston Pump", Innovations in Fluid Power, 7th Bath International Fluid Power Workshop, University of Bath, 1994, pp. 25-40.
- [4] Yates, M.A. "Thermodynamically Based Pump Performance Monitoring", Proceedings of 11th International Pump Technical Conference, 1989, pp. 259-272.
- [5] Ukrainetz, P.R., Nikiforuk, P.N. and Bitner, D.V. "Wear of an Axial Piston Pump Under High Temperature and High Pressure Conditions", Proceedings of the 42nd National Conference on Fluid Power, 1987, pp. 9-13.

Người phản biện: TS. Lê Văn Điềm

**THIẾT KẾ MẠCH LOGIC KHỞI ĐỘNG TỪ XA CHO ĐỘNG CƠ DIESEL CHÍNH
TÀU THỦY 7UEC45LA**
REMOTE STARTING LOGICAL CIRCUIT DESIGN FOR MAIN MARINE DIESEL
ENGINE 7UEC45LA

TS. TRƯƠNG VĂN ĐẠO, KS. TÔ TRỌNG HIỂN
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Bài báo trình bày các bước cơ bản để thiết kế một mạch logic cho chức năng khởi động động cơ Diesel tàu thủy. Đây là một trong các mạch điều khiển quan trọng nhất của hệ thống tự động điều khiển từ xa động cơ Diesel chính tàu thủy.

Abstract

The article presents essential steps to design a logic circuit for the start function of marine Diesel engines. This is one of the most important control circuits of remote control systems for marine Diesel engines.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ngành công nghiệp tàu thủy nước ta đã đóng và xuất khẩu các loại tàu có sức chở đến 53 nghìn tấn, cho các chủ tàu trong và ngoài nước. Từng bước đầu tư nâng cao năng lực đóng và sửa chữa các loại tàu có tính năng phức tạp như: tàu container 1.700, tàu chở dầu 13.500 tấn, tàu hút bùn 1.500 m³/giờ, tàu cao tốc, tàu kéo 6.000 sức ngựa... và đang triển khai đóng các loại tàu có trọng tải lớn hơn nữa.

Tuy nhiên, theo đánh giá của một số chuyên gia, công nghiệp đóng tàu Việt Nam hiện chủ yếu vẫn là lắp ráp. Hợp đồng đóng tàu mới dừng lại ở trình độ làm gia công theo thiết kế các loại, mẫu mã, vật tư, nguyên liệu, động cơ, cũng như giám sát, đăng kiểm... đều của nước ngoài.

Mục tiêu phấn đấu, sau năm 2010, công nghiệp phụ trợ cung cấp được một số vật tư, máy móc, thiết bị chiếm tỷ lệ 60% giá trị con tàu, sau năm 2015, đạt tỷ lệ hơn 70%, bảo đảm cho ngành công nghiệp tàu thủy đủ năng lực cạnh tranh trên thị trường đóng tàu quốc tế.

Qua nghiên cứu, khảo sát chúng tôi nhận thấy rằng một số trang thiết bị trên tàu thủy hoàn toàn có thể chế tạo được ở trong nước với chất lượng tương đương hàng ngoại và giá cả cạnh tranh. Hệ thống điều khiển từ xa là một ví dụ mà nhóm tác giả đang theo đuổi nghiên cứu.

2. Thiết kế mạch logic hệ thống điều khiển từ xa

Hệ thống điều khiển từ xa thực chất là một hệ thống chuyển đổi 4 trạng thái cơ bản của một hệ động lực tàu thủy; đó là: dừng bình thường, dừng sự cố, hoạt động bình thường và hoạt động sự cố. Ứng với mỗi quá trình chuyển đổi trạng thái đó ta có một mạch điều khiển tương ứng. Các mạch điều khiển này thực hiện một hay nhiều chức năng và được xây dựng trên cơ sở các mạch logic. Trong khuôn khổ của bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày cụ thể quy trình xây dựng mạch logic điều khiển khởi động động cơ như một ví dụ minh họa.