

ĐẶC TÍNH KHÔNG ĐỀU CỦA LƯU LƯỢNG BƠM THỦY LỰC BÁNH RĂNG ĂN KHỚP NGOÀI

THE IRRATENT CHARACTERISTICS OF THE FLOW OF EXTERNAL GEAR HYDRAULIC PUMP

Nguyễn Văn Lại, Trần Đức Huân

Bộ môn Kỹ thuật Cơ khí, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo trình bày mô hình toán học lưu lượng bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài và xác định thể tích chất lỏng dịch chuyển trong bơm tương ứng với các góc quay khác nhau của bơm. Kết quả nghiên cứu về lưu lượng chất lỏng không đều của bơm bánh răng ăn khớp ngoài và phương pháp giảm dao động lưu lượng bằng việc sử dụng khớp nối đàn hồi giữa bơm và động cơ dẫn động.

Từ khóa: Bơm thủy lực bánh răng; Lưu lượng bơm; Dao động lưu lượng; Khớp nối đàn hồi.

ABSTRACT

This article presents a mathematical model of the flow of an external gear hydraulic pump and determines the volume of liquid displaced in the pump corresponding to different rotation angles of the pump. Research results on uneven liquid flow of external gear pumps and methods to reduce flow fluctuations by using elastic coupling between the pump and the driving motor.

Keywords: Hydraulic gear pump; Pump flow; Flow fluctuation; Elastic coupling.

1. GIỚI THIỆU

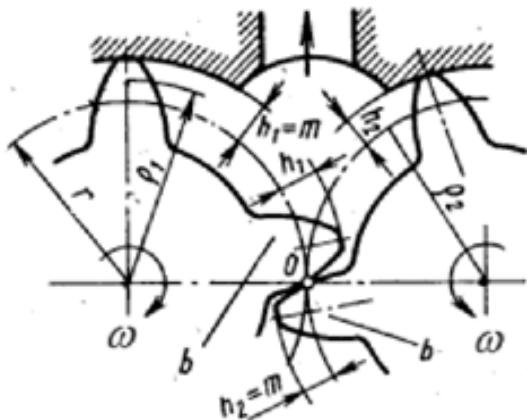
Bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài là một trong những loại bơm thủy lực được sử dụng rộng rãi trong các máy và dây chuyền công nghiệp khác nhau, vì loại bơm này có những ưu điểm nổi bật như sau: Kết cấu đơn giản, gọn nhẹ, độ tin cậy cao, hiệu suất cao, chi phí sản xuất thấp, dễ bảo dưỡng và sửa chữa [1], đồng thời có dải thông số làm việc rộng, lưu lượng riêng đến $161 \text{ cm}^3/\text{vòng}$, áp suất đến

25 MPa [2]. Bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài thường có cấu tạo gồm các chi tiết chính là một cặp bánh răng trụ ăn khớp với nhau và được đặt trong vỏ cố định. Trong đó, một bánh răng chủ động được nối với động cơ dẫn động bên ngoài, một bánh răng bị động ăn khớp với bánh răng chủ động. Vì hai bánh răng ăn khớp được dẫn động từ bên ngoài nên chúng là những thành phần quan trọng nhất chịu trách nhiệm để đạt được đầu ra tối ưu của bơm, đó là lưu lượng [3].



2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC LƯU LƯỢNG BƠM THỦY LỰC BÁNH RĂNG ĂN KHỚP NGOÀI

Như đã biết, bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài có lưu lượng chất lỏng làm việc hoàn toàn không đều. Lưu lượng cung cấp của bơm là một giá trị thay đổi tùy thuộc vào góc quay của bánh răng, tức là: $Q = f(\varphi)$ - liên quan đến thể tích thay đổi liên tục trong khoang xả của máy bơm do sự ăn khớp xen kẽ của các răng. Hình 1 là sơ đồ tính toán lưu lượng bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài.



Hình 1. Sơ đồ tính toán lưu lượng bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài [4]

Lưu lượng tức thời lớn nhất trong trường hợp chung được xác định theo biểu thức [5]:

$$Q_1 = 2b\omega m(r + m/2) \quad (1)$$

Trong đó: b – Chiều rộng bánh răng (mm); ω - Vận tốc góc của bánh dẫn động (1/s); m - Mô-đun răng của bánh răng (mm); r – Bán kính của vòng tròn cơ sở (mm).

Lưu lượng tức thời nhỏ nhất được xác định theo biểu thức [1]:

$$Q_2 = 2b\omega r m \quad (2)$$

Do đó, lưu lượng tức thời tại bất kỳ vị trí trung gian nào của điểm tiếp xúc của các răng sẽ nằm trong khoảng Q_1 và Q_2 . Sự thay đổi lưu lượng tức thời xảy ra theo góc quay trong phạm vi góc $\beta = 2\pi/z$ - Trong đó: z là số răng của bánh răng. Sự khác biệt giữa giá trị lưu lượng lớn nhất và nhỏ nhất là:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = m^2 b \omega \quad (3)$$

Lưu lượng bơm trung bình của bơm Q_{tb} có thể được tính gần đúng bằng biểu thức:

$$Q_{tb} = (Q_1 + Q_2)/2 = 2\pi n b m^2 (z + 1) \quad (4)$$

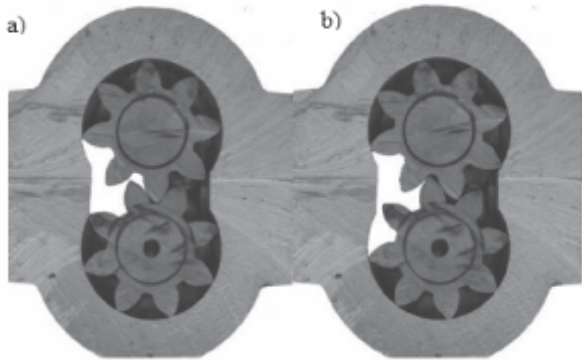
Trong đó: n – Tốc độ quay bánh răng; d – Đường kính vòng tròn cơ sở.

Biểu thức (4) đúng với $z = 8 \div 15$, góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$ với sai số từ 2 – 3%.

Lưu lượng bơm thực tế sẽ nhỏ hơn lưu lượng tính toán bằng lượng tổn thất thể tích, bao gồm tổn thất do rò rỉ và tổn thất của quá trình hút.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

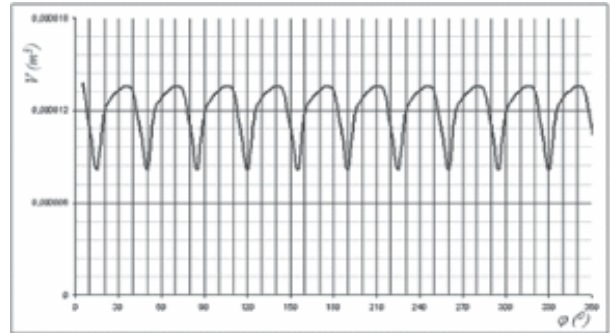
Do sự phức tạp của quá trình ăn khớp các răng không liên tục, nên các công thức hiện có để xác định lưu lượng của bơm bánh răng có sai số từ 5 đến 30% [5]. Mục tiêu đặt ra là giảm (dập tắt) các xung lưu lượng chất lỏng làm việc từ bơm bằng cách sử dụng khớp nối đàn hồi (giảm chấn đàn hồi) nối bơm thủy lực loại HIII và động cơ dẫn động. Do đó, cùng với việc mô tả phân tích dòng chảy của bơm HIII-46, các phép đo thử nghiệm dòng chảy của bơm theo góc quay của trục bánh răng dẫn động đã được thực hiện. Hình 2 là hình ảnh mặt cắt và khoang xả của bơm bánh răng HIII – 46 với các góc quay khác nhau của trục dẫn động.



Hình 2. Hình ảnh mặt cắt và các khoang xả của bơm bánh răng HIII-46 với các góc quay khác nhau của trục dẫn động: a) Góc quay 45°; b) Góc quay 90°.

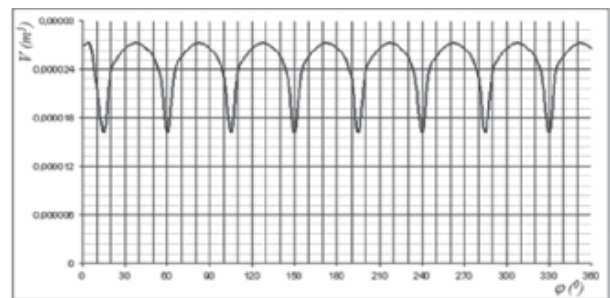
Để đánh giá sự không đồng đều lưu lượng bơm bánh răng, các mẫu HIII – 10E và HIII – 46 được sử dụng để nghiên cứu. Vì đối với máy bơm HIII – 10E, số răng bánh răng $z = 10$ nên thực hiện 36 phép đo diện tích ($360/10 = 36$). Kết quả quét hình, thu được 36 hình và xác định được diện tích mặt cắt ngang của khoang xả. Thể tích chất lỏng bị dịch chuyển: $V = S_A \cdot h$; trong đó: h - Chiều rộng của bánh răng (đối với bơm HIII -10E, $h = 15,75$ mm); $S_A = f(\varphi)$ – Diện tích mặt cắt ngang của khoảng rãnh răng trong khoang xả của bơm (đối với bơm HIII -10E, diện tích thay đổi tùy theo góc quay từ 64,2 mm² đến 88,3 mm²). Khi góc quay của trục bơm là 10°, có sự khác biệt đáng kể về diện tích và theo đó là thể tích của khoang xả, từ $1,8 \cdot 10^{-5}$ đến $2,2 \cdot 10^{-5}$ m³. Hình 3 là kết quả sự phụ thuộc thể tích bơm vào góc quay của bánh răng. Từ đặc tính trên Hình 3, cho thấy trong một vòng quay của bánh răng bơm HIII – 10E (góc 360°) có 10 cụm (tương ứng với số răng $z = 10$). Sự khác biệt về biên độ từ giá trị lớn nhất đến giá trị nhỏ nhất của thể tích (lưu lượng thể tích) được giải thích bằng việc răng của bánh răng tiếp theo đi vào khoang xả, sự đi vào xen kẽ của các răng của bánh răng chủ động và bánh răng bị động tạo ra một hình ảnh về sự

thay đổi lưu lượng thể tích chất lỏng làm việc tùy thuộc vào góc quay.



Hình 3. Sự phụ thuộc thể tích vào góc quay của bánh răng đối với máy bơm HIII -10E

Hình 4 là sự phụ thuộc lưu lượng thể tích bơm của bơm HIII - 46 vào góc quay của bánh răng.

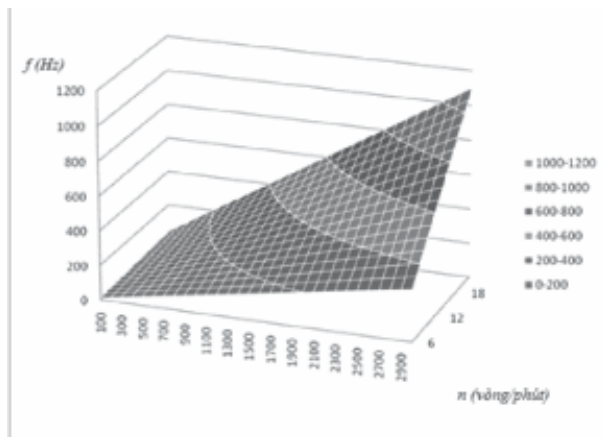


Hình 4. Sự phụ thuộc lưu lượng thể tích của bơm HIII – 46 vào góc quay của bánh răng dẫn động ($z = 8$)

Xác định tần số dao động lưu lượng chất lỏng làm việc, với các thông số đầu vào: Biên độ 0,0000138 m³; số vòng quay của trục bơm $n = 1.000$ vòng/phút là: $k = \omega \cdot z$; trong đó: $\omega = \pi \cdot n / 30 = 1000 \cdot 3,14 / 30 = 104,72$ (1/s); vận tốc góc của trục bơm: $k = 1047,2$ (1/s); chu kỳ dao động: $T = 2\pi / k = 0,006$ s và tần số dao động: $f = 1/T = 166,7$ Hz. Tần số dao động lưu lượng thể tích của bơm có dạng:

$$f = \frac{k}{2\pi} = \frac{\omega z}{2\pi} = \frac{n \cdot z}{60} \quad (5)$$

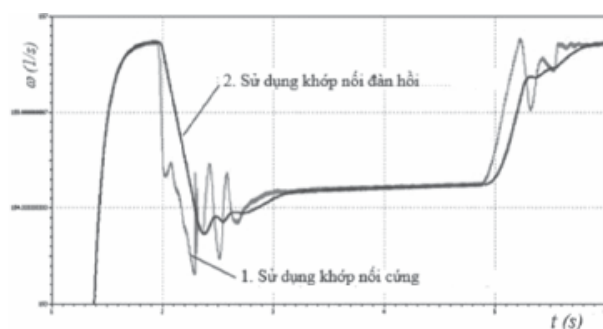
Hình 5 là đặc tính về sự phụ thuộc của tần số dao động f vào số vòng quay trục bơm n và số răng của bánh răng bơm z .



Hình 5. Sự phụ thuộc của tần số dao động lưu lượng bơm vào số vòng quay của trục bơm và số răng của bánh răng bơm

Từ Hình 4 có thể tìm ra tần số dao động lưu lượng f tùy thuộc vào số vòng quay nhất định của trục bơm bánh răng và số răng của bánh răng.

Hình 6, mô tả đặc tính xung vận tốc góc ω của bơm bánh răng khi sử dụng khớp nối đàn hồi và khớp nối “cứng” giữa bơm và động cơ dẫn động. Từ đó có thể thấy rằng khi sử dụng khớp nối đàn hồi, các xung vận tốc góc ω của bơm loại HIII -10E và HIII -46 gần như bị dập tắt hoàn toàn.



Hình 6. Đặc tính xung vận tốc góc ω của bơm bánh răng phụ thuộc vào loại khớp nối dẫn động bơm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này, trình bày các mô hình toán học lưu lượng bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài, đặc tính lưu lượng bơm thủy lực bánh răng ăn khớp ngoài. Từ việc đánh giá đặc tính không đồng đều của lưu lượng bơm, nhóm tác giả đề xuất giải pháp sử dụng khớp nối đàn hồi nối trục bơm và trục động cơ dẫn động. Với giải pháp này, đặc tính không đồng đều của lưu lượng bơm được cải thiện. ❖

Ngày nhận bài: **22/02/2024**

Ngày phản biện: **18/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Xiaoru Hao, Xiaojun Zhou, Xiaoguang Liu and Xiaohu Sang, *Flow characteristics of external gear pumps considering trapped volume*, Advances in Mechanical Engineering 2016, Vol. 8(10) 1–10, The Author(s) 2016, DOI: 10.1177/1687814016674100.
- [2]. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: Справочник — 6-е изд. перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2015. — 627 с.: ил.
- [3]. Onkar R. Hendre, Prajakta M. Khisti, Sanket R. Kumbhar, Ujjwal S. Phalak, H. N. Deshpande, K. T. Kuriakose, B.E. (MECH), B.E. (MECH), B.E. (MECH), B.E. (MECH), Asst. Professor, Colonel, *Review on Effects of Various Geometrical Parameters on the Performance of External Gear Pump*, 2019 JETIR May 2019, Volume 6, Issue 5.
- [4]. Башта Т. М., *Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: Учебник для вузов* — М.: «Машиностроение», 1974. — 606 с.
- [5]. Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др., *Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов* — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1982. — 423 с., ил.