

# TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TRẠM NGUỒN THỦY LỰC CHO HỆ THỐNG BÔI TRƠN THỦY TĨNH TRỤC CHÍNH MÁY MÀI TRÒN NGOÀI

DESIGN POWER UNIT FOR HYDROSTATIC SPINDLE BEARING SYSTEM  
ON GRINDING MACHINE

**Nguyễn Mạnh Toàn, Phạm Văn Hùng, Bùi Tuấn Anh**

Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

## TÓM TẮT

*Bôi trơn thủy tĩnh được ứng dụng khá rộng rãi trong các kết cấu yêu cầu độ chính xác cao hoặc tải trọng lớn. Tuy nhiên, hệ thống điều khiển của ổ thủy tĩnh lại phức tạp, khó điều khiển, đây là một trong những nhược điểm hạn chế của ổ thủy tĩnh. Trạm nguồn thủy lực là một bộ phận không thể thiếu của hệ thống bôi trơn thủy tĩnh. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế trạm nguồn thủy lực cho hệ thống bôi trơn thủy tĩnh trục chính máy mài tròn ngoài trên cơ sở đảm bảo tính năng hoạt động ổn định của cụm ổ trục và phù hợp với điều kiện Việt Nam.*

**Từ khóa:** *Bôi trơn thủy tĩnh, nguồn dầu, ổ thủy tĩnh, trục chính, áp suất thủy tĩnh.*

## ABSTRACT

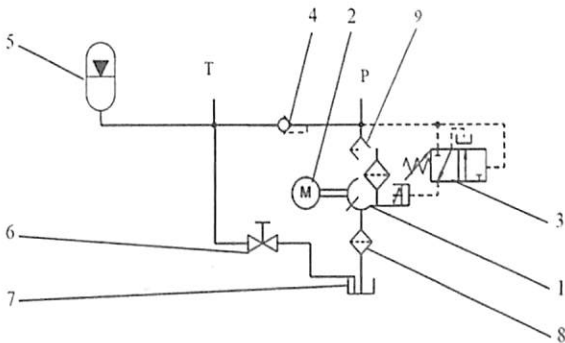
*Hydrostatic bearing system is widely applied in mechanism which requires high precision or heavy load. However, control system of hydrostatic bearing is very complicated, that is reason limits application range of hydrostatic bearing system. Hydraulic power unit is an important part of hydrostatic bearing system. This paper presents a result of study on design a Vietnam suitable hydraulic power unit for hydrostatic spindle bearing system on external grinding machine.*

**Keywords:** *Hydrostatic bearing system, hydraulic pump, external grinding machine, hydrostatic pressure.*

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong các kết cấu bôi trơn thủy tĩnh, bề mặt trục được nâng đỡ tách hoàn toàn khỏi bề mặt gối đỡ nhờ các buồng dầu có áp suất cao. Áp suất của màng dầu sẽ quyết định độ đồng tâm cũng như mức độ ổn định của trục. Áp suất này được tạo ra và duy trì bởi hệ thống trạm nguồn thủy lực lắp kèm theo máy.

Với vai trò là thiết bị tạo ra nguồn dầu có áp suất cao cho hệ thống, trạm nguồn thủy lực là một trong những bộ phận quan trọng trực tiếp ảnh hưởng đến độ chính xác, khả năng tải và độ ổn định của ổ thủy tĩnh. Áp suất thủy tĩnh yêu cầu phụ thuộc vào kết cấu ổ và tải trọng đặt lên ổ, lưu lượng dầu cấp vào ổ phụ thuộc vào khe hở giữa trục và bạc, độ lệch tâm tương đối cho phép của ổ và độ nhớt của dầu bôi trơn.



Hình 1. Sơ đồ trạm nguồn thủy lực hệ thống bôi trơn thủy tĩnh máy mài tròn ngoài:

- 1) Bơm dầu; 2) Động cơ điện; 3) Van an toàn;
- 4) Van 1 chiều có điều khiển;
- 5) Bình tích áp; 6) Van cân; 7) Thùng dầu;
- 8) Lọc thô; 9) Lọc tinh

Với đối tượng nghiên cứu là cụm ổ trục chính máy mài tròn ngoài có các thông số: Đường kính trục 70 mm, khe hở tương đối 5/10000, độ lệch tâm tương đối  $e = 0,71$ , tải trọng hướng kính sơ bộ chọn 8500 N, dầu có độ nhớt 40 mPas, theo kết quả tính toán của

nhóm nghiên cứu, áp suất nguồn dầu cần cung cấp cho ổ 108,5 bar, lưu lượng dầu cần cung cấp cho ổ: 10 dm<sup>3</sup>/ph [1]. Do đó, trạm nguồn cần cung cấp áp suất tối thiểu 108,5 bar, lưu lượng tối thiểu 2,5 cm<sup>3</sup>/ph cho hệ thống bôi trơn. Ngoài ra, trạm nguồn còn phải có khả năng dễ dàng điều chỉnh áp suất cũng như lưu lượng dầu

## 2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TRẠM NGUỒN THỦY LỰC CHO HỆ THỐNG BÔI TRƠN THỦY TĨNH CHỤC CHÍNH MÁY MÀI TRÒN NGOÀI

Với yêu cầu cấp nguồn dầu áp suất cao cho hệ thống bôi trơn thủy tĩnh trục chính máy mài tròn ngoài có lưu lượng và áp suất có thể điều chỉnh dễ dàng. Do trạm nguồn chỉ yêu cầu cấp nguồn dầu có áp suất cao, điều chỉnh được lưu lượng và áp suất nên trạm nguồn chỉ cần các phần tử chính: Bơm dầu và động cơ dẫn động, van an toàn, van tiết lưu, van một chiều, thùng dầu bình tích áp, lọc dầu như thể hiện trên sơ đồ hình 1.

### 2.1. Tính toán lựa chọn bơm dầu

Bơm dầu là cơ cấu biến đổi năng lượng, dùng để biến cơ năng thành năng lượng dầu ép. Thông số cơ bản của bơm dầu chính là lưu lượng dầu và áp suất cao nhất mà bơm có thể cung cấp. Áp suất lớn nhất bơm có thể cung cấp do cấu tạo của bơm quyết định; lưu lượng của bơm dầu phụ thuộc vào 2 yếu tố: Cấu tạo bơm và vận tốc dẫn động bơm. Trên thực tế hiện nay có 4 loại bơm dầu phổ biến: Bơm bánh răng, bơm trục vít, bơm cánh gạt và bơm pít tông. Tuy nhiên, ở Việt Nam chỉ phổ biến có 3 loại bơm chính: Bơm bánh răng, bơm cánh gạt và bơm pít tông.

Bơm bánh răng nói chung là loại bơm

được sử dụng rộng rãi nhất vì nó có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo. Bơm bánh răng chủ yếu có phạm vi áp suất sử dụng đến 250 bar với hiệu suất 80-92% [2, 3, 4]. Tuy nhiên, với bơm bánh răng, khi các răng vào vùng ăn khớp, khoảng 1/10 thể tích dầu còn đọng lại ở chân răng và bị nén lại, áp suất ở đây tăng đột ngột trong thời gian ngắn tạo ra một xung áp suất trong toàn bộ hệ thống. Các kết quả nghiên cứu đã ghi nhận xung áp suất này có biên độ lớn gấp 1,5 lần áp suất bơm trung bình của bơm [4].

Bên cạnh bơm bánh răng, bơm cánh gạt cũng là loại bơm được dùng rộng rãi chỉ sau bơm bánh răng và chủ yếu dùng ở các hệ thống có áp suất thấp và trung bình. Tuy nhiên, một số thiết kế đặc biệt cho phép bơm cánh gạt có thể làm việc ở giới áp suất cao (tới 250 bar). So với bơm bánh răng, bơm cánh gạt bảo đảm một lưu lượng đều hơn, hiệu suất thể tích cao hơn, nhấp nhô lưu lượng nhỏ hơn, xung áp suất dầu thấp hơn. Theo kết quả các nghiên cứu cho thấy biên độ lớn nhất xung áp suất của bơm cánh gạt đơn lớn hơn không quá 1% so với áp suất trung bình của hệ thống [5]. Về cấu tạo, bơm cánh gạt có 2 loại chính: Bơm cánh gạt đơn và bơm cánh gạt kép. Bơm cánh gạt đơn thực hiện một chu trình hút và đẩy dầu trong một vòng quay của cánh gạt, trong khi bơm cánh gạt kép thực hiện nhiều hơn một chu trình hút và đẩy dầu trong một chu kỳ quay của cánh gạt. Bơm cánh gạt kép có lưu lượng cố định trong khi đó bơm cánh gạt đơn có loại có thể điều chỉnh được lưu lượng.

Bơm pittông là loại bơm hoạt động dựa trên nguyên tắc thay đổi thể tích của cơ cấu pittông-xilanh. Bơm pít tông có khả năng bơm được áp suất làm việc lớn, áp suất lớn nhất có thể đạt được là  $p = 700 \text{ bar}$  - Áp suất mà bơm bánh răng và bơm cánh gạt không thể đạt được.

Bơm pít tông thường dùng ở những hệ thống dầu ép cần áp suất cao và lưu lượng lớn. Bơm pít tông cũng có 2 loại chính: Bơm pít tông hướng trục và bơm pít tông hướng kính, trong đó mỗi loại đều có 2 lựa chọn: Điều chỉnh được hoặc không điều chỉnh được lưu lượng tương tự như bơm cánh gạt. Tuy nhiên, để đảm bảo hiệu suất thể tích của bơm (tránh tình trạng dò dầu từ buồng hút sang buồng đẩy); tại vị trí cao nhất của cam, buồng dầu trong pít tông không được nối thông với bất kỳ cửa dầu nào. Do đó, tương tự bơm bánh răng, khi pít tông di chuyển tới vị trí cao nhất của cam, dầu trong pít tông vẫn tiếp tục bị nén lại, tuy nhiên lại không được xả ra ngoài nên tại vị trí này, bơm cũng sẽ tạo ra một xung áp suất rất cao. Các công trình nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng xung áp suất của bơm pít tông nói chung sẽ gấp xấp xỉ 1,5 lần giá trị áp suất trung bình của bơm [6,7].

Với các đặc điểm trên của bơm, kết hợp với yêu cầu ổn định áp suất của cụm ổ bôi trơn thủy tĩnh nói chung, cụm ổ bôi trơn thủy tĩnh trục chính máy mài tròn ngoài nói riêng; Bơm cánh gạt sẽ là lựa chọn tối ưu nhất trong điều kiện hiện tại của Việt Nam, vừa đáp ứng được tiêu chí sẵn có, dễ sửa chữa bảo dưỡng, giá thành lại không quá đắt. Để giảm hiện tượng dầu bơm lên thừa xả về bể chứa qua van tràn, bơm cánh gạt đơn điều chỉnh được lưu lượng sẽ là lựa chọn tối ưu nhất; tuy nhiên với các loại bơm cánh gạt điều chỉnh được lưu lượng lại có nhược điểm áp suất bơm bị hạn chế, thường không lớn hơn 70 bar, do đó với ứng dụng cần áp suất lớn hơn 100 bar như trong trường hợp nghiên cứu này, bơm cánh gạt đơn là lựa chọn thích hợp nhất.

Với ứng dụng cần tối đa 10 lít/ phút, áp suất dầu lớn nhất 110 bar. Trên cơ sở sẽ sử dụng động cơ điện dẫn động cho bơm dầu có tốc độ 1450 vòng/ phút, sơ bộ ta tính được lưu

lượng đơn vị của bơm:

$$q_b = Q/n = 10 \times 1000 / 1450 \approx 6,895 \text{ (cm}^3/\text{vòng)} \quad (1)$$

Tham khảo catalogue bơm cánh gạt của Yuken, ta chọn được bơm PV2R1-8. Bơm có lưu lượng 8cm<sup>3</sup>/vòng, áp suất lớn nhất với chất lỏng gốc dầu mỏ 210 bar [8].

### 2.3. Tính toán lựa chọn động cơ điện dẫn động cho bơm

Với động cơ điện dẫn động có tốc độ 1450 vòng/ phút; Lưu lượng dầu lớn nhất bơm có thể thực hiện được:

$$Q_{\max} = nxq = 1450 \times 8/1000 = 11,6 \text{ (lít/phút)} \quad (2)$$

Công suất lớn nhất của bơm dầu:

$$N_{\max} = p.Q/612 = 140 \times 11,6 / 612 = 2,65 \text{ (Kw)}. \quad (3)$$

Do đó, động cơ điện dẫn động cho bơm cần có công suất lớn hơn hoặc bằng 2,65 kw. Tra theo catalogue của nhà sản xuất động cơ Việt Hưng ta chọn được động cơ không đồng bộ 3 pha 3K12Sb4. Đây là động cơ có kiểu lắp mặt bích, công suất danh nghĩa 3Kw, tốc độ động cơ 1440 vòng/ phút [9].

Khi đó lưu lượng thực tế của bơm:

$$Q = nxq = 1440 \times 8/1000 = 11,52 \text{ (lít/phút)}.$$

### 2.3. Tính toán lựa chọn các phần tử phụ khác

Để tăng cường mức độ ổn định của áp suất dầu trong hệ thống, 1 bình tích áp cần được tích hợp vào trạm nguồn thủy lực của hệ thống. Với yêu cầu áp suất làm việc của hệ thống tối

đa đến 110 bar, ta lựa chọn bình tích áp có màng ngăn khí nitơ, áp suất nạp khí 28 bar. Với lưu lượng của bơm dầu PV2R1-8, tham khảo catalogue của Yuken, ta chọn được bình tích áp dạng pít tông có màng ngăn đàn hồi khí nitơ AC-150-10-3080 với thể tích buồng khí 10 lít, áp suất làm việc lớn nhất 210 bar, áp suất làm việc nhỏ nhất 3 bar [8].


Với áp suất làm việc của hệ thống 108 bar, bơm dầu có lưu lượng 11,52 lít/phút, van an toàn được chọn là van có dải áp suất trung bình (0-140 bar) DT-02-C-22 của Yuken với áp suất làm việc lớn nhất cho phép 140 bar, lưu lượng dầu lớn nhất qua van: 16 lít/phút.

Tương tự, tham khảo catalogue của Yuken, chọn được van một chiều có điều khiển CPT-03-50-50. Van có lưu lượng dầu làm việc cho phép tới 40 lít/phút; áp suất mở van 5 bar. Để bảo vệ bơm dầu, lọc thô được chọn là lọc MF03 lọc được các bụi bẩn kích thước tới 0.15 mm, lưu lượng dầu lớn nhất qua bộ lọc: 24 lít/phút. Để bảo vệ toàn bộ hệ thống bôi trơn, bộ lọc tinh được chọn là 15P110QBM3KG121 của parker với áp suất làm việc cho phép đến 207 bar, lưu lượng lớn nhất 45 lít/phút và lọc được các cặn bẩn có kích thước tới 10 μm.

Với lưu lượng bơm dầu 11,52 lít/phút, thùng dầu được chọn có thể tích 30 lít với kích thước DxRxH: 500x300x200 mm.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Trong số các loại bơm thủy lực phổ biến tại Việt Nam, bơm cánh gạt là loại bơm phổ biến nhất và phù hợp nhất với ứng dụng làm bơm dầu cung cấp áp suất cao cho hệ thống bôi trơn thủy tĩnh.

- Với các ứng dụng bôi trơn trực tiếp 

máy mài tròn ngoài có đường kính trục 70 mm, khe hở tương đối 5/10000, độ lệch tâm tương đối  $e = 0,71$ , tải trọng hướng kính 8500 N, dầu có độ nhớt 40 mPas, bơm cánh gạt đơn PV2R1-8 của Yuken là một lựa chọn thích hợp cho bộ nguồn thủy lực.

- Mặc dù bơm cánh gạt có dao động áp suất nhỏ, tuy nhiên để tăng cường độ ổn định của áp suất dầu trong hệ thống, bình tích áp là cần thiết.

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã thông qua đề tài T2016-PC-063, tạo điều kiện để nhóm nghiên cứu có thể hoàn thành nhiệm vụ. ❖

Ngày nhận bài: **08/11/2017**

Ngày phản biện: **20/11/2017**

---

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Văn Hùng, Nguyễn Thùy Dương; “*Nghiên cứu xác định bộ thông số ổ thủy tinh trục chính máy mài tròn ngoài 3K12*” Hội nghị Khoa học và Công nghệ Toàn quốc về Cơ khí – Động lực, 2016.
- [2]. Nguyễn Ngọc Cẩn; *Truyền động dầu ép trong máy cắt kim loại*, 1974.
- [3]. Phạm Văn Khào; *Các phần tử và thiết bị thủy lực - khí nén công nghiệp*, 1997.
- [4]. *Modeling Noise Sources and Propagation in External Gear Pumps*, Journal of Energies 2017, Volume 10, Issue 7, 1068; doi:10.3390/en10071068.
- [5]. “*Analysis of pulsation of the sliding-vane pump for selected settings of hydrostatic system*” - Klaudiusz Klarecki Dominik Rabsztyn Mariusz Piotr Hetmanczyk - Journal of Science and Technology, Maintenance and Reliability Vol.17, No. 3, 2015.
- [6]. [https://en.wikibooks.org/wiki/Acoustics/Noise\\_in\\_Hydraulic\\_Systems](https://en.wikibooks.org/wiki/Acoustics/Noise_in_Hydraulic_Systems)
- [7]. Radial pít tồng pump with noise reduction, US patent US 6544007 B2
- [8]. <http://www.yuken.co.jp/english/product/product.aspx>
- [9]. <http://www.vihem.com.vn/dong-co-dien-khong-dong-bo-3-pha-roto-long-soc-50hz-p42025.html>