

NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ SỐ TỶ TỐC CỦA MÁY BƠM CHÌM HƯỚNG TRỤC ĐỨNG ĐẾN ĐẶC TÍNH NĂNG LƯỢNG CỦA BƠM BẰNG PHẦN MỀM MÔ PHÒNG

A STUDY AND EVALUATION OF A VERTICAL AXIAL FLOW SUBMERSIBLE PUMP'S SPECIFIC SPEED COEFFICIENTS ON IT'S ENERGY CHARACTERISTICS BY SIMULATION SOFTWARE

ThS. Nguyễn Minh Tuấn¹, GS,TS. Nguyễn Thế Mịch¹, PGS,TS. Nguyễn Văn Bày²

¹Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Tổng công ty Cơ điện Xây dựng – CTCP

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và đánh giá sự ảnh hưởng của số vòng quay đặc trưng (hệ số tỷ tốc) đến đặc tính năng lượng của máy bơm chìm hướng trục đứng, phục vụ sản xuất nông nghiệp và các mục đích khác thông qua mô phỏng số bằng phần mềm mô phỏng thủy lực chuyên dụng.

Từ khóa: Máy bơm chìm hướng trục, hệ số tỷ tốc, đặc tính năng lượng của bơm, phần mềm mô phỏng.

ABSTRACT

This paper presents results of study and evaluation the influence of specific speed coefficients to energy characteristics of axial flow submersible pumps, serving agricultural production and other purposes through numerical simulation by hydraulic simulation software dedicated.

Keywords: Axial flow submersible pumps, angle of the diffuser cone, energy characteristics of pumps, simulation software.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy bơm hướng trục trị số ns nằm trong khoảng (600-1.800) [1,2]. Đối với máy bơm hướng trục thông thường (sử dụng động cơ điện thông thường) ở Việt Nam, chủ yếu sử dụng mẫu phân dẫn dòng có số vòng quay đặc trưng $n_s < 1000$. Tuy vậy, đã có một số nghiên cứu máy bơm hướng trục cỡ nhỏ sử dụng số vòng quay đặc trưng tới $n_s = 1400$, cụ thể là loại máy bơm 12HTD-140 (N=14kW, $n=1450$ v/ph). Về cơ bản những nghiên cứu này đã cho kết quả tốt đối với máy bơm hướng trục thông thường. Ở nước ta, máy bơm chìm hướng trục cũng được triển khai nghiên cứu, thiết kế và chế tạo với $n_s = (600-900)$ và cho bước đầu cho kết quả khả quan. Một số máy bơm chìm hướng trục đã được thiết kế, chế tạo ở Việt Nam sử dụng số vòng quay đặc trưng $n_s > 1.000$ cho hiệu suất thấp ($\eta_b < 50\%$), ví dụ: Máy bơm chìm HTCD2.500-3 hay HTCD 3.000-4 [1]. Như vậy, cần nghiên cứu ảnh hưởng của số vòng quay đặc trưng ns đến đặc tính năng lượng của bơm chìm hướng trục.

Số vòng quay đặc trưng của máy bơm được xác định theo công thức sau (1.1) [1, 2, 3, 4]:

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \tag{1.1}$$

Ở đây, n – Số vòng quay (v/ph), Q – Lưu lượng thiết kế của máy bơm (m^3/s), H – Cột nước tính toán của máy bơm (m).

Để nghiên cứu vấn đề trên, nhóm tác giả lựa chọn máy bơm chìm có công suất động cơ điện chìm N=55kW, đồng thời tiến hành thay đổi giá trị của các thông số cột áp (H) và lưu lượng (Q) của máy bơm để có được các mẫu cánh bánh công tác, cánh hướng dòng tương ứng với các hệ số tỷ tốc khác nhau.

2. NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ SỐ TỶ TỐC CỦA MÁY BƠM CHÌM HƯỚNG TRỤC ĐẾN ĐẶC TÍNH NĂNG LƯỢNG CỦA BƠM BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

Bộ phận hướng dòng máy bơm chìm hướng trục có góc loe lớn, do đó khả năng xảy ra hiện tượng tách dòng là rất lớn và hệ số tỷ tốc ảnh hưởng đến đặc tính năng lượng của máy bơm trong điều kiện này cần được nghiên cứu cụ thể. Trong bài báo này, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu và đánh giá sự ảnh hưởng của hệ số tỷ tốc n_s đến đặc tính năng lượng của máy bơm chìm hướng trục bằng phần mềm mô phỏng dòng chảy thủy lực chuyên dụng.

2.1. Mô phỏng dòng chảy trong máy bơm chìm hướng trục bằng phần mềm mô phỏng số

Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả sử dụng phần mềm Pumpal để mô phỏng dòng chảy trong máy bơm chìm hướng trục có công suất N=55kW với cùng giá trị góc loe của bộ phận hướng dòng ($\gamma_{loe} = 42^\circ$) với 03 giá trị số vòng quay đặc trưng tiêu biểu hiện nay thường sử dụng để thiết kế bơm hướng trục là: $n_s = 600, 900$ và 1400 và nhóm tác giả chỉ trình bày chi tiết quá trình mô phỏng dòng chảy và kết quả đạt được của 01 trường hợp $n_s = 600$, các trường hợp khác được tiến hành quá trình mô phỏng và lý luận tương tự.

Phần mềm Pumpal cũng như một số phần mềm khác như Ansys Fluent dựa trên nền tảng CFD, nó có khả năng giải quyết các vấn đề liên quan đến: Dòng 2D, 3D đối xứng, tọa độ trụ và dòng 3D, dòng tĩnh hay dòng tức thời, mô hình quạt, bơm, tuabin...[4].

a) Mô phỏng dòng chảy qua phần dẫn dòng với hệ số tỷ tốc $n_s = 600$

Trên cơ sở lý thuyết tính toán hệ số tỷ tốc

máy bơm chìm hướng trục, nhóm tác giả tiến hành thay đổi một số thông số đầu vào (lưu lượng máy bơm, cột áp thiết kế...) để từ đó có được các trị số hệ số tỷ tốc tương ứng. Trường hợp $n_s = 600$, các thông số tính toán ban đầu được xác định: $N = 55\text{kW}$, $n = 590\text{v/ph}$, $H = 4,5\text{m}$, $Q = 2.600\text{m}^3/\text{h}$, với trường hợp này chọn: $Z_1 = 4$, $Z_2 = 5$.

Mô hình 3D trình bày trên hình 1.



Hình 1. Mô hình 3D phần dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục đứng có $n_s = 600$

Kết quả mô phỏng tình hình dòng chảy qua phần dẫn dòng được trình bày trên các hình 2 và hình 3.



Hình 2. Mô phỏng trường véc tơ vận tốc dòng chảy qua hệ thống dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục đứng có $n_s = 600$

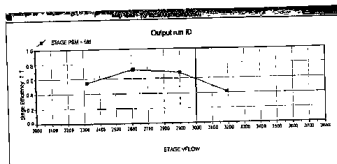


Hình 3. Phân bố trường vận tốc của dòng chảy (từ tiết diện bầu đến tiết diện biên) trong hệ thống cánh máy bơm chìm hướng trục đứng có $n_s = 600$

Đường cong quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng của bơm $\eta_{b,l} = f(Q)$ được mô phỏng trên hình 4.

Nhận xét:

Ta biết rằng, áp suất động của chất lưu (chất lỏng hoặc chất khí, hơi) tỷ lệ thuận với bình phương vận tốc của dòng chất lưu ($p_d = \rho v^2/2$). Điều đó có nghĩa là, đối với chất lỏng chuyển động trong máy bơm, vùng chất lỏng có vận tốc nhỏ sẽ có áp suất nhỏ. Từ đó áp dụng vào phân tích dòng chảy của chất lỏng qua phần dẫn dòng của bơm hướng trục chìm như sau:



Hình 4. Đường cong quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng của bơm $\eta_{b,l} = f(Q)$ với $n_s = 600$

Trên hình 2 và 3, dòng chảy trong phần miệng loe qua bánh công tác tăng dần từ tiết diện gốc đến tiết diện ngoài, đạt giá trị lớn nhất tại vùng mút lá cánh và thành buồng bánh công tác (vận tốc đạt $v \approx 16\text{m/s}$ - vùng màu vàng), tuy nhiên, khi dòng chảy qua bộ phận hướng dòng, vận tốc dòng chảy nhanh chóng được giảm xuống (vận tốc đạt $v \approx 5\text{m/s}$ - vùng màu xanh nhạt). Điều này phù hợp với nguyên lý làm việc và tác dụng của bộ phận hướng dòng trong máy bơm hướng trục (biến đổi động năng thành thế năng tạo cột áp của bơm). Mặc dù vậy, ta có thể nhận thấy rằng, vận tốc dòng chảy ở khu vực từ gốc lá cánh hướng dòng đến phần lõi ra của bộ phận hướng dòng có xu hướng giảm (vận tốc đạt $v \approx 2\text{m/s}$ - vùng màu xanh đậm), điều này có nghĩa là xuất hiện vùng áp suất nhỏ hơn so với

áp suất xung quanh và tạo chân không ở khu vực này. Do đó, sẽ tạo ra vùng xoáy ở khu vực nêu trên. Đây cũng chính là nguyên nhân gây nên tổn thất thủy lực trong máy bơm chìm hướng trục, giảm hiệu suất máy bơm.

Theo kết quả mô phỏng bằng phần mềm, trong trường hợp máy bơm có hệ số tỷ tốc $n_s = 600$, hiệu suất máy bơm qua mô phỏng số tại điểm thiết kế là $Q_{tt} = 2.600\text{m}^3/\text{h}$, $H_{tk} = 4,5\text{m}$ là $\eta_b \approx 73\%$.

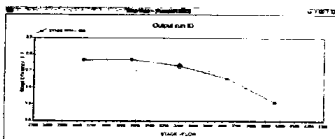
b) Dòng chảy qua phần dẫn dòng với hệ số tỷ tốc $n_s = 900$

Đối với trường hợp máy bơm chìm hướng trục có trị số hệ số tỷ tốc $n_s = 900$, ta lựa chọn các số liệu ban đầu để tính toán của máy bơm ban đầu là: $N=55\text{kW}$, $n = 590 \text{ v/ph}$, $Q_{tt} = 3.300\text{m}^3/\text{h}$, $H_{tk} = 3\text{m}$.

Kết quả mô phỏng dòng trong trường hợp hệ số tỷ tốc $n_s = 900$ được thể hiện trên các hình 5 và hình 6.



Hình 5. Phân bố trường vận tốc của dòng chảy (từ tiết diện bầu đến tiết diện biên) trong hệ thống cánh máy bơm chìm hướng trục đứng có $n_s = 900$



Hình 6. Đường cong quan hệ giữa hiệu suất của bơm và lưu lượng $\eta_{b2} = f(Q)$ với $n_s = 900$

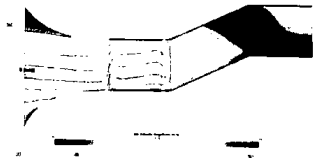
Hình 5, biểu thị đường quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng của máy bơm.

Kết quả mô phỏng số cho thấy máy bơm có $n_s = 900$, đạt hiệu suất $\eta_b = 73\%$ tại điểm thiết kế $Q_{tt} = 3.300\text{m}^3/\text{h}$, $H_{tk} = 3,3\text{m}$.

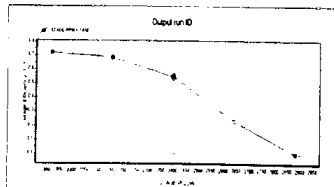
c) Dòng chảy qua phần dẫn dòng với hệ số tỷ tốc $n_s = 1.400$

Với trường hợp này, các thông số kỹ thuật ban đầu được lựa chọn để tính toán là: $N = 55\text{kW}$, $n=1450\text{v/ph}$, $H=4,5\text{m}$, $Q = 2.400\text{m}^3/\text{h}$.

Thông qua mô phỏng số, kết quả mô phỏng dòng chảy qua bộ phận dẫn dòng với trị số của hệ số tỷ tốc $n_s = 1.400$ được trình bày trên các hình 7 và 8.



Hình 7. Phân bố trường vận tốc của dòng chảy (từ tiết diện bầu đến tiết diện biên) trong hệ thống cánh máy bơm chìm hướng trục đứng có $n_s = 1.400$



Hình 8. Đường cong quan hệ giữa hiệu suất của bơm và lưu lượng $\eta_{b3} = f(Q)$, trường hợp hệ số tỷ tốc $n_s = 1.400$

Đường đặc tính biểu thị quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng trong trường hợp này được mô phỏng trên hình 7.

Với máy bơm chìm hướng trục có số vòng quay đặc trưng cao $n_s = 1.400$, hiệu suất của máy bơm giảm nhanh chóng, mô phỏng số trường hợp này cho kết quả $\eta_{b,3} = 55\%$.

3. KẾT LUẬN CHUNG

Từ kết quả phân tích trên mô phỏng số ta thấy rằng, với giá trị số vòng quay đặc trưng vừa và nhỏ $n_s \leq 1.000$, hiệu suất của bơm không thay đổi nhiều ở các bơm hướng trục chìm có số vòng quay đặc trưng khác nhau và hiệu suất đều đạt $\eta_b > 70\%$. Tuy nhiên, với trị số n_s cao, với cùng trị số góc loe γ_{loe} của bộ phận hướng dòng thì hiệu suất máy bơm rất thấp. Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu sự ảnh hưởng của yếu tố góc loe γ_{loe} , đây là yếu tố phát sinh cho mọi sự khác biệt về kết cấu cũng như tình hình dòng chảy trong phần dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục so với máy bơm hướng trục thông thường. ♦

Ngày nhận bài: 10/3/2016

Ngày phản biện: 24/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Bày, Báo cáo khoa học đề tài cấp TP. Hà Nội: "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và lắp đặt máy bơm chìm hướng trục trực đứng phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cho thành phố", Hà Nội, 2011.
- [2]. Lê Danh Liên. Báo cáo tổng hợp khoa học kỹ thuật đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước: "Nghiên cứu giải pháp nhằm đảm bảo lấy nước tưới chủ động cho hệ thống các trạm bơm ở hạ lưu hệ thống sông Hồng - Thái Bình trong điều kiện mực nước sông xuống thấp". Hà Nội, 2014.
- [3]. Goroghi gian nián S.A, Diaghlep A.I; *Máy bơm chìm dùng cho cấp nước*, NXB. Chế tạo Máy, Leningrat, 1968.
- [4]. David Japikse, William D. Marcher, Raymond B. Furst; *Thiết kế và đặc tính máy bơm ly tâm*, Xuất bản bởi Concepts Nrec, USA 1996.