

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM MÔ HÌNH BƠM HƯỚNG TRỤC CHÌM TRỤC NGANG TỶ TỐC CAO ($n_s = 1715\text{V/PH}$ VÀ 2065V/PH)

GS.TS Lê Danh Liên, ThS. Nguyễn Quang Minh,
KS. Vũ Đình Hưng, ThS. Kiều Tiến Mạnh
Viện Bom và Thiết bị Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu phương pháp thí nghiệm mô hình và các kết quả nghiên cứu thực nghiệm mô hình bơm hướng trục chìm trục ngang với n_s lớn (bằng 1715 v/ph và 2065 v/ph). Trên cơ sở các nghiên cứu thực nghiệm đã kiểm nghiệm được kết quả nghiên cứu tính toán lý thuyết và tìm được mô hình có hiệu suất cao và đặc tính phù hợp dùng để chế tạo bơm thực ứng dụng để cấp nước cho bể hút các trạm bơm ven sông vào mùa kiệt.

Từ khóa: mô hình, đặc tính, thí nghiệm, lưu lượng, cột áp, công suất, hiệu suất, tỷ tốc.

Summary: This paper presents method of experiment for models and results of experimental studies for models of submersible horizontal axial pump with grand n_s (equal 1715 rev/min and 2065 rev/min). According to the results of experimental studies the theoretic calculating results have been tested and the model with high efficient and favourable characteristic for production and application for water supply to the suction channel of riverside pump stations in dry season has been discovered.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các trạm bơm ven sông Hồng và Thái Bình vào mùa kiệt (mùa khô) mực nước trong bể hút thường bị cạn dưới mức thiết kế từ 0,5 đến 1,5m nên các máy bơm không thể hoạt động được. Để khắc phục tình trạng đó, một trong các biện pháp được ứng dụng là sử dụng các bơm hướng trục lưu lượng lớn, cột nước rất thấp để tiếp nước cho bể hút. Do lưu lượng lớn và cột áp rất thấp nên các bơm này thường có tỷ tốc rất cao (thường $n_s \geq 1600$ v/ph).

Những bơm hướng trục tỷ tốc cao như vậy chưa phổ biến trong thực tế. Vì vậy, khi ứng dụng loại bơm này cần phải khai thác các nguồn: nhập của nước ngoài hoặc chế tạo theo mẫu nước ngoài. Trong trường hợp không có mẫu của nước ngoài cần phải tự nghiên cứu chế tạo mẫu để chủ động về thiết bị, không phụ thuộc vào máy ngoại nhập.

Trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu khoa học độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL-2011-T/08 “Nghiên cứu giải pháp nhằm đảm bảo lấy nước tưới chủ động cho hệ thống các trạm

bơm ở hạ du hệ thống Sông Hồng - Thái Bình trong điều kiện mực nước sông xuống thấp” nhóm nghiên cứu đã thiết kế 02 loại mẫu cánh bánh công tác và cánh hướng dòng với tỷ tốc $n_s = 1715$ v/ph và $n_s = 2065$ v/ph.

Các mẫu này có đường kính $D = 300\text{mm}$, số cánh bằng 2 và 3 cánh. Do mô hình có n_s rất cao nên hiệu suất theo tính toán lý thuyết chỉ đạt được $\eta_{\max} = 0,735$ (với mẫu 3 lá cánh) và $\eta_{\max} = 0,752$ (với mẫu 2 lá cánh).

Tuy nhiên đây mới chỉ là các giá trị tính toán lý thuyết cần kiểm nghiệm qua thực tế mới có thể khẳng định được.

II. SƠ ĐỒ GIÁ THÍ NGHIỆM BƠM

Bơm mô hình được tiến hành thí nghiệm trên giá thử bơm của Viện Bom và Thiết bị thủy lợi.

Do nhu cầu của việc nghiên cứu thử nghiệm mô hình và bơm thực, từ trước năm 1995 Viện Bom và Thiết bị Thủy lợi đã đầu tư xây dựng một phòng thí nghiệm hiện đại với đầy đủ các thiết bị đo áp suất, lưu lượng, mô men, vòng quay có thể đo được các thông số làm việc trong một dải rộng [1]. Các thông số đo được đưa về trung tâm xử lý số liệu để tính toán các thông số cần thiết phục vụ cho việc xây dựng

Người phân biên: GS.TS Lê Chí Nguyễn

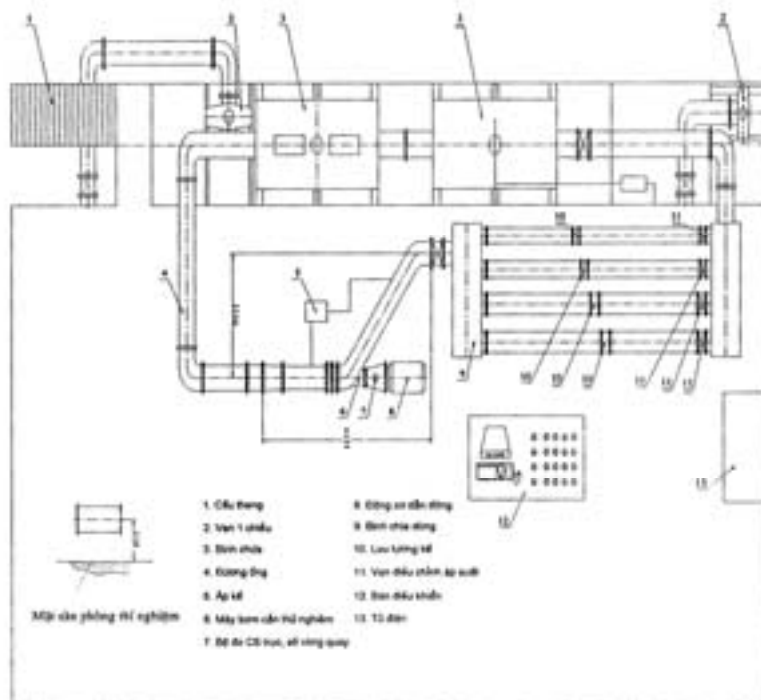
Ngày nhận bài: 17/7/2013, Ngày thông qua phân biên: 20/3/2014, Ngày duyệt đăng: 16/6/2014

các đường đặc tính năng lượng của bơm.

Tại phòng thí nghiệm có hai giá thí nghiệm. 01 giá thí nghiệm kiểu kín để thử các bơm công suất nhỏ (dưới 20kW), 01 giá thí nghiệm kiểu hở để thí nghiệm các bơm công suất lớn (từ trên

20kW).

Giá thí nghiệm bơm kiểu kín thường sử dụng để thí nghiệm các bơm mô hình, sơ đồ giá thí nghiệm này được giới thiệu trên hình 1 dưới đây.



Hình 1. Sơ đồ giá thí nghiệm bơm kiểu kín

Giá thí nghiệm có đầy đủ các thiết bị đo cần thiết, hiện đại để đo và xác định các thông số làm việc của bơm như lưu lượng cột áp, mô men trên trục, vòng quay, công suất và hiệu suất của bơm.

III. GIA CÔNG SỐ LIỆU THỬ NGHIỆM

3.1. Xác định các thông số đặc tính của bơm.

Trong quá trình thí nghiệm tiến hành đo đặc các thông số cần thiết để tính toán các thông số đặc tính của bơm. Các thông số cần đo đặc, tính toán gồm:

Lưu lượng của bơm.

Lưu lượng của bơm được đo bằng thiết bị đo lưu lượng cảm ứng điện từ. Thông số đo được tính bằng m³/s và được truyền tới trung tâm xử lý số liệu.

Cột áp của bơm.

Cột áp của bơm được xác định trên cơ sở của phương trình Béc nu li viết cho hai mặt cắt vào và ra khỏi bơm:

$$H = E_2 - E_1 = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + \xi_c \frac{V_2^2}{2g};$$

Trong đó:

$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \Delta p$ - độ chênh áp giữa hai mặt cắt vào và ra khỏi bơm được đo bởi thiết bị đo độ chênh áp mắc ở hai điểm trên ống hút và ống đẩy.

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = 0$, do ống đẩy và ống hút có đường kính xấp xỉ bằng nhau,

$Z_2 - Z_1 = 0$ do tâm hai mặt cắt nằm trên cùng một mặt phẳng,

$\xi \frac{V_2^2}{2g}$ - tổn thất ở hai khuỷu ống do nằm ngoài phạm vi bơm, khuỷu ống với góc ngoặt 30° hệ số $\xi = 0,2$.

Từ đó ta có cột áp bằng

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma} + \xi \frac{V_2^2}{2g}.$$

Vận tốc V_2 trong ống dẫn được xác định bằng

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2}.$$

Trong đó đường kính ống dẫn $d_2 = 400\text{mm}$.

Công suất trên trục bơm.

Công suất trên trục bơm xác định theo mô men và vòng quay của trục bơm bằng:

$$N_{tr} = M\omega = M\pi n/30, \text{ Nm}.$$

Công suất hữu ích của bơm:

$$N = \gamma QH = 9810QH, \text{ Nm}.$$

Hiệu suất của bơm:

$$\eta = \frac{N}{N_{tr}} = \frac{9810QH}{M\omega}.$$

Các số liệu thí nghiệm và các thông số tính toán được ghi thành bảng kết quả đo và tính toán các thông số làm việc của mô hình.

3.2. Xác định sai số đo.

Về nguyên tắc ứng với mỗi một giá trị đo có một sai số khác nhau. Như vậy về mặt lý thuyết ta phải xác định sai số đo cho mọi giá trị. Tuy nhiên, để đánh giá sai số một cách khái quát ta sẽ xác định sai số cho một chế độ làm việc đặc trưng ($\eta = \eta_{\max}$) và với số vòng quay danh nghĩa ($n = 1450\text{v/ph}$) chung cho mọi chế độ thử nghiệm.

Sai số thực tế của các số liệu đo được xác định theo hai yếu tố:

- Sai số xác định theo cấp chính xác của thiết bị đo.

- Sai số xác định do sự mạch động của các thông số đo.

Khi làm thí nghiệm các đại lượng đo hiển thị trên các thiết bị đo và trên màn hình máy tính có sự mạch động nhất định. Sự mạch động này gây ra sai số của các số liệu đo.

Đối với thí nghiệm mô hình cụ thể của đề tài ta xác định sai số cho chế độ làm việc tối ưu của các mẫu với góc đặt cánh $\varphi = 0^\circ$ như sau

Sai số xác định theo cấp chính xác của thiết bị đo [3]:

- Sai số đo cột áp:

$$\Delta H = \sqrt{\delta_{PM}^2 + \delta_Q^2 + \delta_{\Delta Z}^2 + 4\delta_n^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,5^2 + 0,5^2 + 4 \cdot 0,1^2} = 0,79\%.$$

- Sai số đo lưu lượng:

$$\Delta Q = \sqrt{\delta_Q^2 + \delta_n^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,1^2} = 0,51\%.$$

- Sai số đo công suất trên trục:

$$\Delta N_{tr} = \sqrt{\left(\frac{100\psi_M}{M}\right)^2 + \delta_M^2 + 4\delta_n^2} = \sqrt{\left(\frac{100 \cdot 0,1}{194}\right)^2 + 0,1^2 + 4 \cdot 0,1^2} = 0,23\%$$

- Sai số hiệu suất:

$$\Delta \eta = \sqrt{\Delta Q^2 + \Delta H^2 + \Delta N_{tr}^2} = \sqrt{0,51^2 + 0,79^2 + 0,23^2} = 0,97\%$$

Sai số do mạch động các thông số đo:

- Sai số cột áp:

$$\Delta H^* = \frac{\Delta H_M}{H_{tb}} = \frac{0,01}{5,37} = 0,186\%.$$

- Sai số lưu lượng

$$\Delta Q^* = \frac{\Delta Q_M}{Q_{tb}} = \frac{0,001}{0,306} = 0,327\%.$$

- Sai số công suất:

$$\Delta N^* = \frac{\Delta N_M}{N_{tb}} = \frac{0,01}{21,22} = 0,047\%.$$

- Sai số hiệu suất:

$$\Delta \eta = \sqrt{0,186^2 + 0,327^2 + 0,047^2} = 0,379\%.$$

Sai số tổng cộng:

- Sai số cột áp:

$$\Delta H_{\Sigma} = \sqrt{0,79^2 + 0,186^2} = 0,81\%$$

- Sai số lưu lượng:

$$\Delta Q_{\Sigma} = \sqrt{0,51^2 + 0,327^2} = 0,606\%$$

- Sai số công suất:

$$\Delta N_{\Sigma} = \sqrt{0,23^2 + 0,047^2} = 0,235\%$$

- Sai số hiệu suất:

$$\Delta \eta = \sqrt{0,81^2 + 0,606^2 + 0,235^2} = 1,04\%$$

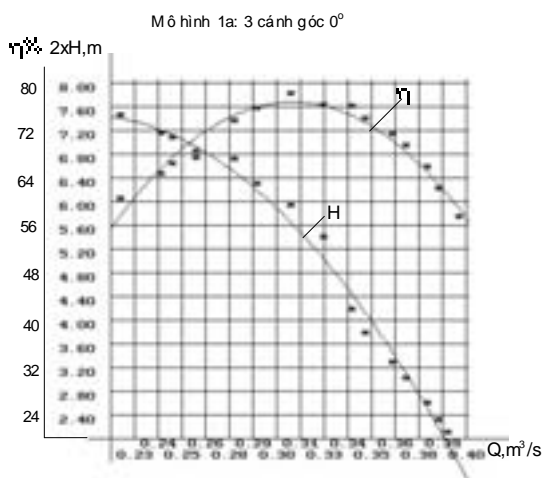
IV. XÂY DỰNG ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH MÔ HÌNH

Dựa trên các kết quả đo và tính toán các thông số làm việc ta xây dựng được các đường đặc tính làm việc của bơm [2]. Ở đây chúng tôi chỉ xây dựng 2 đường đặc tính làm việc cơ bản của bơm là đường đặc tính cột áp $H = f(Q)$ và đường đặc tính hiệu suất $\eta = f(Q)$.

Các đường đặc tính được xây dựng cho 10 mô hình thử nghiệm, đó là các mô hình:

Mô hình 1a: bánh công tác 3 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = 0^\circ$.

Mô hình 1b: bánh công tác 3 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = +5^\circ$.



Hình 2. Đặc tính bơm hướng trục $n_{stt} = 1715$ v/ph, mô hình 1a

Mô hình 1c: bánh công tác 3 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = -3^\circ$.

Mô hình 2a: bánh công tác 2 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = 0^\circ$.

Mô hình 2b: bánh công tác 2 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = +3^\circ$.

Mô hình 2c: bánh công tác 2 cánh ($n_s=1715$) với góc đặt cánh $\varphi = -3^\circ$.

Mô hình 3a: bánh công tác 3 cánh ($n_s=2065$) với góc đặt cánh $\varphi = 0^\circ$.

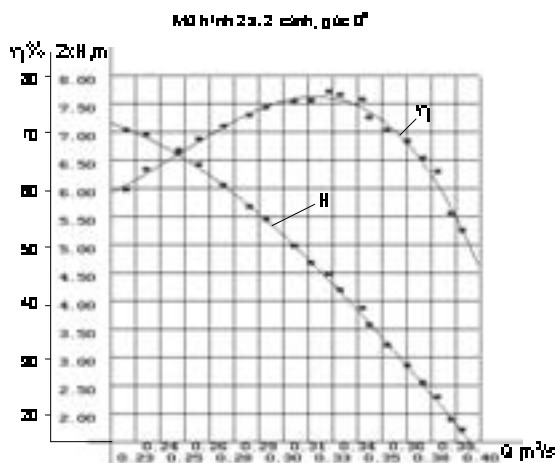
Mô hình 3b: bánh công tác 3 cánh ($n_s=2065$) với góc đặt cánh $\varphi = +3^\circ$.

Mô hình 4a: bánh công tác 3 cánh ($n_s=2065$) với góc đặt cánh $\varphi = 0^\circ$.

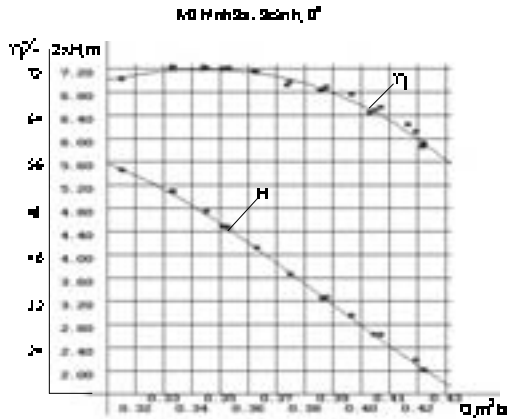
Mô hình 4b: bánh công tác 3 cánh ($n_s=2065$) với góc đặt cánh $\varphi = +3^\circ$.

Các mô hình 3a,b và 4a,b có cùng số vòng quay đặc trưng n_s nhưng có các thông số tương tự không thứ nguyên K_Q và K_H khác nhau.

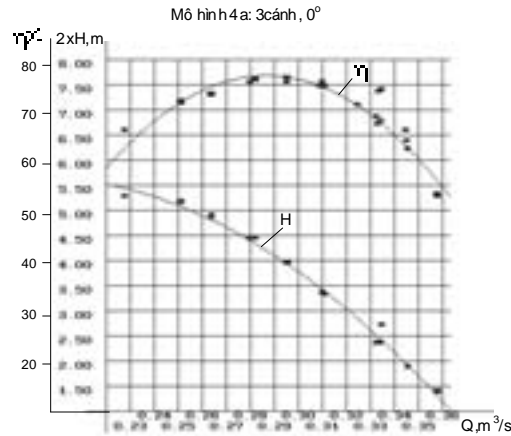
Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi chỉ giới thiệu 2 đường đặc tính đặc trưng cho mẫu có tỷ tốc $n_s = 1715$ v/ph (loại 2 cánh và 3 cánh) và 2 đường đặc tính cho mẫu có tỷ tốc $n_s = 2065$ v/ph. Các đường đặc tính được cho trên các hình 2, 3, 4 và 5.



Hình 3. Đặc tính bơm hướng trục $n_{stt} = 1715$ v/ph, mô hình 2a



Hình 4. Đặc tính bơm hướng trục
 $n_{stt} = 2065 \text{ v/ph}$, mô hình 3a



Hình 5. Đặc tính bơm hướng trục
 $n_{stt} = 2065 \text{ v/ph}$, mô hình 4a

V. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

5.1. Các mẫu cánh có số vòng quay đặc trưng $n_s = 1715 \text{ v/ph}$:

1. Các mẫu 3 cánh: Mẫu 1a (góc 0°) có hiệu suất đỉnh cao nhất bằng 78,34%, sau đến mẫu 1c (góc -3°) hiệu suất đỉnh bằng 76,97%, thấp nhất là mẫu 1b (góc $+5^\circ$) hiệu suất đỉnh bằng 74,32%.
2. Chế độ làm việc tối ưu lệch về phía tỷ tốc thấp. Tại các chế độ làm việc hiệu suất thấp hơn hiệu suất tối ưu từ 3 đến 5%.
3. Các mẫu 2 cánh: Mẫu 2a (góc 0°) có hiệu suất đỉnh cao nhất bằng 77,45%, sau đến mẫu 2c (góc -3°) hiệu suất đỉnh bằng 75,87%. Mẫu 2b (góc $+3^\circ$) có hiệu suất đỉnh thấp nhất bằng 72,57%.
4. Chế độ làm việc tối ưu cũng lệch về phía tỷ tốc thấp. Tại các chế độ làm việc này cột áp làm việc cũng cao hơn cột áp tính toán, nhưng thấp hơn so với mẫu 3 cánh.
5. Để tăng khả năng thoát của bơm tức là để tăng tỷ tốc ở chế độ tính toán cần giảm mật độ dây cánh của bánh công tác, vì ta biết rằng cột áp tỷ lệ thuận với mật độ dây cánh [2]:

$$H_{lt} = \frac{U W_\infty}{2g} \frac{1}{t} p C_{yd} \frac{\sin(\beta_\infty + \lambda)}{\cos \lambda \sin \beta_\infty}$$

Tuy nhiên việc giảm mật độ dây cánh không thể tùy ý, chỉ có thể giảm tới khi còn chưa xảy

ra xâm thực khi bơm làm việc và phải đảm bảo độ bền của cánh.

5.2. Các mẫu có số vòng quay đặc trưng $n_s = 2065 \text{ v/ph}$.

Các mẫu có hệ số tương tự không thứ nguyên $K_Q = 0,659, K_H = 0,038$:

Mẫu 3a (góc 0°) có hiệu suất đỉnh đạt 72,68%, mẫu 3b (góc $+3^\circ$) có hiệu suất đỉnh bằng 70,33%.

Các mẫu có hệ số tương tự không thứ nguyên $K_Q = 0,535, K_H = 0,033$:

Mẫu 4a (góc 0°) có hiệu suất đỉnh đạt 76,27%, mẫu 4b (góc $+3^\circ$) có hiệu suất đỉnh bằng 74,95%.

Như vậy các mẫu với hệ số tương tự không thứ nguyên thấp hơn cho hiệu suất cao hơn. Song khả năng thoát của các mẫu 3 lớn hơn một chút so với mẫu 4.

So với các mẫu 1 và 2, các mẫu 3 và 4 nói chung có khả năng thoát lớn hơn (trừ mẫu 1b). Trong số các mẫu 3 và 4 có mẫu 4a đạt hiệu suất cao tương đương các mẫu có hiệu suất cao 1 và 2.

Về tổng thể mẫu 4a có hiệu suất gần tương đương các mẫu 1 và 2 nhưng có tỷ tốc lớn, điều đó cho phép giảm kích thước bơm và động cơ (do số vòng quay tăng) kèm theo đó giảm giá thành chế tạo bơm và động cơ và

giảm khối lượng xây dựng nhà trạm.

Vì vậy chúng tôi sẽ sử dụng mẫu 4a để thiết kế và chế tạo bơm thực.

VI. KẾT LUẬN

Thông qua việc nghiên cứu thực nghiệm các loại mẫu cánh bánh công tác bơm hướng trục chìm với tỷ tốc cao khác nhau, số lá cánh khác nhau và hệ số tương tự không thứ nguyên khác nhau đã tìm ra được mẫu cánh thích hợp có

các thông số làm việc và hiệu suất đáp ứng yêu cầu đặt ra của đề tài nghiên cứu, đó là mẫu cánh 4a có tỷ tốc $n_s = 2065$ v/ph, số lá cánh bằng 3, hiệu suất đỉnh đạt 76,27%.

Với việc sử dụng mẫu cánh tỷ tốc cao sẽ giảm được kích thước bơm và động cơ máy thực (do số vòng quay tăng), kèm theo đó giảm giá thành chế tạo thiết bị và giảm khối lượng xây dựng nhà trạm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo khoa học đề tài NCKH độc lập cấp Nhà nước về bơm thủy lợi lưu lượng lớn: “Nghiên cứu thiết kế và thử nghiệm mô hình bơm hướng trục loại $20.000\text{m}^3/\text{h}$ và $36.000\text{m}^3/\text{h}$ ”. Chủ nhiệm đề tài: Phạm Văn Thu. Hà Nội 1996.
- [2]. A. A. Lô-Ma-Kin. Bơm ly tâm và hướng trục. Bản dịch từ tiếng Nga. Người dịch: Lê Phú, Lê Duy Tùng, Đặng Xuân Thi. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội 1971.
- [3]. O. B. Яременко. Испытание Насосов. Справочное Пособие. Москва “Машиностроение” 1976.