

- [2] Andrianov V. N. *Elektricheskie mashiny i apparaty*. M., «Kolos», 1971.  
 [3] Dao Minh Quan. *Sovershestvovanie rezhimov raboty sudovogo Asinkhronnogo diezel - generatora*. Odesa, 2011.  
 [4] Radin V.I., Brusnikin D.E., Zokhorovich A.Ye. - *Elektricheskie mashiny. Asinkhronnye mashiny*. M., «Kolos». – 1988.  
 [5] Voldek A.I. - *Elektricheskie mashiny*. L., «Energiya», 1978.

**Người phân biệ̣n: ThS. Độ̉ Văn A**

**NGHIÊN CỨU ĐO HIỆU SUẤT BƠM DÙNG PHƯƠNG PHÁP  
 NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC**  
**A STUDY ON THE PUMP EFFICIENCY MEASUREMENT USING THE  
 THERMODYNAMIC METHOD**

**NCS. VƯƠNG ĐỨC PHÚC, GS-TS. BAE CHERL O**  
*Khoa Máy –Điện tàu biển*  
**Trường Đại học Hàng hải quốc gia Mokpo, Hàn Quốc**

**Tóm tắt**

*Bơm được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy công nghiệp, trung tâm thương mại, tàu biển... Chúng tiêu thụ khoảng 20% tổng năng lượng điện quốc gia. Tổn thất là rất lớn nếu chúng công tác với hiệu suất thấp. Do đó cần phải đo hiệu suất của chúng và tiến hành thay thế hoặc bảo dưỡng nếu hiệu suất của nó thấp so với hãng sản xuất bơm đưa ra. Hiệu suất của bơm thường được đo theo phương pháp truyền thống và phương pháp nhiệt động lực học. Bài báo này sẽ phân tích phương pháp nhiệt động lực học gồm: nguyên lí, cách chế tạo thiết bị đo, kết quả đo đạc trong thực tiễn và phân tích ưu nhược điểm và khả năng ứng dụng của nó.*

**Abstract**

*Pumps are used widely in industrial plants, commercial fields and ships, etc. They consume nearly 20% of the each nation's total electrical energy. Their losses of energy are huge when they have been operated at low efficiency. Thus, pump efficiency can be measured to estimate energy losses. If it is low, the pump will be repaired or replaced with new one. Pump efficiency is usually measured according to traditional technique and the thermodynamic method. This paper will analyze the thermodynamic method: principle, how to make pump efficiency instrumentation (PEI), experimental results and show advantages, disadvantages and application of this method.*

**Key words:** Pump efficiency, Thermodynamic method, Pump formula, Best efficiency point (BEP).

**1. Giới thiệu**

Với phương pháp truyền thống, hiệu suất bơm được đo theo công thức sau:

$$\eta_p = \frac{Q \times (P_D - P_S)}{2298 \times \eta_M \times P_M} \times 100 \% \quad (1)$$

Trong các thông số tại (1) thì việc đo lưu lượng là khó nhất. Nhiều hệ thống bơm trong thực tế không lắp đặt riêng thiết bị này vì giá thành nó rất đắt đỏ. Ngoài ra việc lắp đặt nó cũng rất khó vì phụ thuộc vào kích thước đường ống và việc bảo dưỡng, hiệu chỉnh đều rất khó thực hiện. Phương pháp nhiệt động lực học với rất nhiều ưu điểm sẽ giải quyết vấn đề này.

**2. Nội dung phương pháp**

Phương pháp nhiệt động lực học [1], [2] có được từ nguyên tắc bảo tồn năng lượng khi các chất lỏng được truyền đi. Phương pháp này đã được phát triển trong những năm 1960 tại Đại học Glasgow và Đại học Strathclyde ở Scotland, và phòng thí nghiệm kỹ thuật quốc gia ở Pháp (Electricite de France) và Austin Whillier (Phòng Mines, Johannesburg, Nam Phi). Hiệu suất của bơm theo phương pháp này được tính theo công thức:

$$\eta_P = \frac{E_H}{E_M} \times 100\% \quad (2)$$

Ở đó:

$E_H$ : Năng lượng thủy động trên một đơn vị khối chất lỏng

$E_M$ : Tổng năng lượng cơ học trên một đơn vị khối chất lỏng

$$E_H = \frac{dP}{\rho} = \frac{(P_D - P_S)}{\rho} \quad (3)$$

và

$$E_M = a \cdot dP + c \cdot dt = a(P_D - P_S) + c_p(T_D - T_S) \quad (4)$$

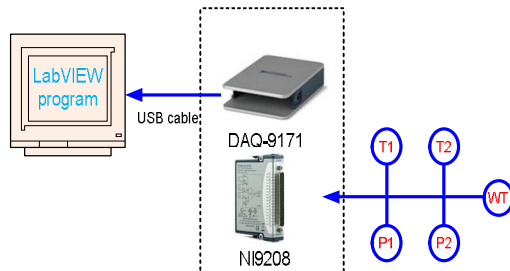
Các kí hiệu và đơn vị tính được cho trên bảng 1. Thông số áp suất và nhiệt độ được đo bằng các cặp cảm biến áp suất và nhiệt độ có độ chính xác cao. Các hằng số  $a$  (hằng số đẳng nhiệt),  $c_p$  và  $\rho$  được cho chi tiết tại bảng các thông số cho chất lỏng (ISO 5198).

Phương pháp này chỉ cần dùng đến thông số áp suất và nhiệt độ mà không cần đo lưu lượng để tính hiệu suất bơm. Khi áp dụng phương pháp này lưu ý phải sử dụng cặp đo nhiệt độ ở cửa hút và cửa đẩy của bơm phải rất chính xác [3] (sự chênh lệch nhiệt độ này được tính bằng mili độ K).

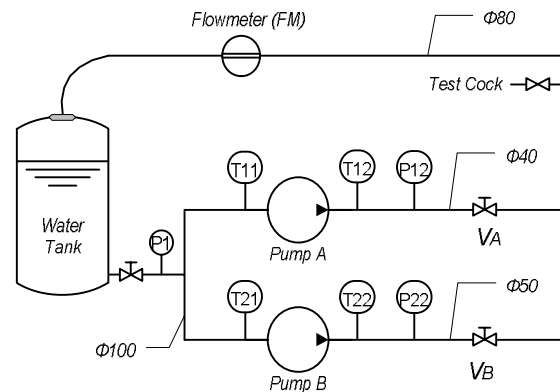
Để chế tạo thiết bị đo này cần module có tín hiệu vào tương tự có độ phân giải cao (16 bit trở lên). PLC của nhiều hãng có chức năng xử lí và các module tương tự đáp ứng được yêu cầu này. Tuy nhiên lựa chọn module NI9208 kết hợp với module thu thập dữ liệu NI cDAQ-9171 của hãng National Instruments [4], [5] là phù hợp nhất cho áp dụng này. Việc lập trình bằng ngôn ngữ đồ họa (Graphical language) giúp việc lập trình nhanh chóng và tạo ra giao diện đẹp, dễ sử dụng cho người vận hành. Hình 1 thể hiện cách thu thập và xử lí tín hiệu cho việc chế tạo thiết bị đo hiệu suất bơm khi sử dụng thiết bị của hãng National Instruments.

**BẢNG 1: TÊN CÁC ĐẠI LƯỢNG VÀ ĐƠN VỊ**

Kí hiệu	Tên	Đơn vị
$\eta_P$	Hiệu suất bơm	%
$Q$	Lưu lượng	gallons/min
$P_D$	Áp suất cửa xả	pounds/in <sup>2</sup>
$P_S$	Áp suất cửa hút	pounds/in <sup>2</sup>
$\eta_M$	Hiệu suất của động cơ lai bơm	%
$P_M$	Công suất động cơ lai tiêu thụ	kW
$dP$	Chênh áp giữa cửa đẩy và hút	pounds/in <sup>2</sup>
$dt$	Chênh lệch nhiệt độ	mK
$T_D$	Nhiệt độ tại cửa đẩy	mK
$T_S$	Nhiệt độ tại cửa hút	mK
$c_p$	Nhiệt dung riêng chất lỏng	kJ/kg K
$\rho$	Trọng lượng riêng	kg/m <sup>3</sup>



**Hình 1. Thu thập tín hiệu cho thiết bị đo.**



**Hình 2. Hệ thống thực nghiệm.**

**3. Kết quả thực nghiệm**

**3.1. Mô hình thực nghiệm**

Thiết bị dùng cho việc thực nghiệm [6] được mô tả trên hình 2. Mô hình gồm có két chứa nước, hai bơm A và B kiểu đứng đa tầng (vertical multistage pump) có thông số được cho tại bảng 2. Van  $V_A$  và  $V_B$  được dùng để chỉnh áp lực đầu ra của bơm. Các cảm biến nhiệt độ (T) là loại ATT2100-S1K0-M1BA được sản xuất bởi AUTROL có độ chính xác cao (chính xác sau dấu phẩy 3 chữ số), cảm biến áp suất (P) là loại TPS20-G17-F8 do hãng KONICS sản xuất. Cảm biến lưu lượng FM là loại WT-W1000 của hãng WinTEC.

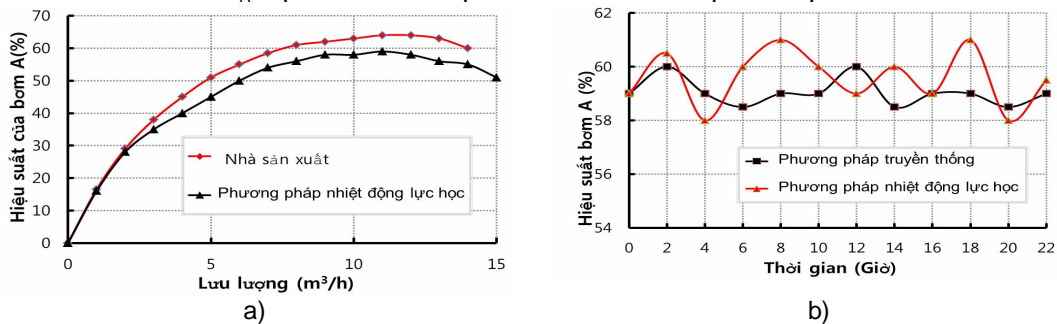
**BẢNG 2: THÔNG SỐ CỦA BƠM**

	BOM A		BƠM B	
Model	DRL8-50	Model	DRL16-50	
Công suất	3 kW	Công suất	7,5 kW	
Q	9 m <sup>3</sup> /h	Q	20 m <sup>3</sup> /h	
Cột áp	66 m	Cột áp	85 m	
Hiệu suất động cơ	87,5%	Hiệu suất động cơ	89,5%	

**3.2. Kết quả thực nghiệm**

**3.2.1. Hiệu suất của bơm A**

Khi tiến hành đo hiệu suất của bơm A thì các van  $V_A$ ,  $V_B$  được khóa hoàn toàn. Cho bơm A rồi tiến hành mở van  $V_A$  một cách từ từ. Hiệu suất của bơm A được thể hiện trên hình 3a.



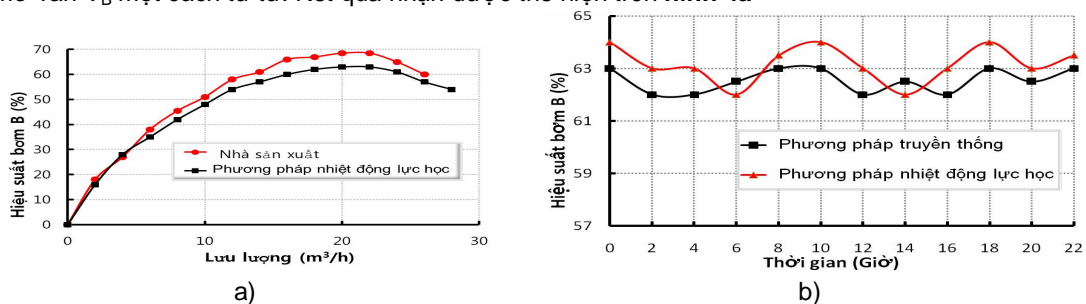
**Hình 3. a) Đặc tính của hiệu suất theo lưu lượng; b) Hiệu suất của bơm A theo thời gian.**

Kết quả đo được từ phương pháp này gần như trùng với kết quả mà nhà sản xuất bơm đưa ra. Vì khác nhau về điều kiện lắp đặt và thực nghiệm nên giá trị hiệu suất đo được thấp hơn. Tuy nhiên sự sai khác này là không nhiều. Với phương pháp này nếu áp lực đầu ra thấp (cột áp thấp) sẽ có sự không ổn định khi đo do sự sai khác về nhiệt độ giữa vào ra là rất nhỏ. Kết quả đo được chính xác khi cột áp cao [7]. Từ đặc tính trên hình 3a ta có thể tìm được điểm công tác mà hiệu suất của bơm là lớn nhất (BEP: Best efficiency point) tại lưu lượng của bơm  $Q=11\text{m}^3/\text{h}$ . Kết quả này trùng với giá trị mà nhà sản xuất bơm đưa ra.

Sau khi đã có đặc tính hiệu suất theo lưu lượng ta tiến hành đo ổn định của phép đo bằng cách cho bơm chạy tại lưu lượng  $Q=11\text{m}^3/\text{h}$  trong thời gian dài với các điều kiện khác là không đổi. Đặc tính này được thể hiện trên hình 3b. Phương pháp này có độ dao động trong khoảng 58-61%. Với phương pháp truyền thống thì độ dao động chỉ khoảng 1%.

**3.2.2. Hiệu suất của bơm B**

Khi đo hiệu suất bơm B thì các van  $V_A$ ,  $V_B$  được khóa hoàn toàn. Cho bơm B rồi tiến hành mở van  $V_B$  một cách từ từ. Kết quả nhận được thể hiện trên hình 4a



**Hình 4. a) Đặc tính của hiệu suất theo lưu lượng; b) Hiệu suất của bơm A theo thời gian.**

Kết quả nhận được tương tự khi bơm B được đo. Đặc tính hiệu suất theo lưu lượng hầu như trùng với đặc tính mà nhà sản xuất bơm đưa ra. Kết quả cũng đưa ra giá trị hiệu suất lớn nhất

của bơm đạt được khi lưu lượng của bơm là 22 m<sup>3</sup>/h. Với kết quả này chúng ta nhận thấy khi cột áp lớn (áp suất đầu ra cao) thì kết quả nhận được hoàn toàn giống nhau.

Khi kiểm tra độ ổn định của kết quả đo với bơm B ta nhận được kết quả như hình 4b. Với phương pháp truyền thống thì độ dao động vẫn thấp hơn (chỉ khoảng 1%) trong khi đó phương pháp nhiệt động lực học là 2%. Tuy nhiên sai số này là chấp nhận được. Để giảm sai số thì cần cần dùng cảm biến nhiệt có độ chính xác cao hoặc tính trung bình cộng giá trị nhiệt độ với nhiều giá trị hơn [8], [9].

#### 4. Kết luận

Bài báo giới thiệu phương pháp đo hiệu suất bơm theo phương pháp nhiệt động lực học. Với kết quả đo được thông qua thực nghiệm với bơm A, bơm B và các bơm khác trong thực tế chúng ta có thể đưa ra những kết luận sau:

1) Việc chế tạo thiết bị đo hiệu suất bơm khi áp dụng phương pháp nhiệt động lực học là không khó với những thiết bị sẵn có ngày nay.

2) Phương pháp này có sai số tỉ lệ nghịch với cột áp. Dùng phương pháp này để đo thì kết quả sẽ dao động hơn so với phương pháp truyền thống. Để giảm sự dao động này cần dùng cảm biến nhiệt có độ chính xác cao và lưu ý cách lắp đặt chúng.

3) Đây là phương pháp rất đơn giản để đo được hiệu suất của bơm khi chỉ sử dụng tới thông số là nhiệt độ và áp suất tại đầu vào và đầu ra của bơm. Việc ứng dụng nó trong thực tế tại các hệ thống bơm đã lắp đặt rất dễ dàng với chi phí lại thấp.

4) Ứng dụng thiết bị đo hiệu suất bơm trong thực tiễn có thể tiết kiệm khoảng 2 đến 4% tổng năng lượng điện [10]. Đây sẽ là khoản tiền khổng lồ với giá điện hiện nay tại mỗi quốc gia. Ngoài ra các thông tin về hiệu suất bơm giúp ích trong việc quản lí năng lượng, khí thải, sửa chữa bảo dưỡng hệ thống.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Shantaram.S. Patil, H.K. Verma, Arun Kumar, "Efficiency measurement of hydraulic machines by thermodynamic method," IGHEM, India Oct, 2010.
- [2] Mazyar Jalayer, "Energy reduction in pumping low consistency pulp fiber suspensions," B.A.Sc, The University of British Columbia, 2007.
- [3] E. Paquet, "Thermodynamic method: Comprison of sea bird and Pt100," IGHEM, USA July, 1998.
- [4] Gary W. Johnson and Richard Jennings, *LabVIEW Graphical Programming 8.0*, Fourth edition, McGraw - Hill, New York 2003.
- [5] Ian Fairweather and Anne Brumfield, *A Developer's guide to real world integration*, Taylor & Francis 2011.
- [6] Routley Ross and Ken Baxter, "Pump Efficiency Monitoring and Management at Melbourne Water", Bendigo, 2005.
- [7] H. Mesplou, " Thermodynamic method: Error calculation examples", Grenoble cedex – France 2002.
- [8] Zarotti, G. L., and Nervegna, N, "Pump efficiency approximation", 6th International Fluid Power Symposium, Paper C4, pp. 145–64. 1981.
- [9] Paresh Girdhar and Octo Moniz, *Practical Centrifugal Pumps (Design, Operation and Maintenance)*. Burlington, MA: IDC Technologies, 2005.
- [10] Mazyar Jalayer, "Energy reduction in pumping low consistency pulp fiber suspensions", B.A.Sc, The University of British Columbia, 2007.

---

**Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên**