

Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam” (IEEP)

CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG BƠM

Hà Nội, 10 - 11/07/2025



CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG BƠM

Từ 10 đến 11/07/2025

Tại khách sạn Adonis - 55 Quang Trung, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Ngày 1: 10/07/2025

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.15	Đăng ký học viên	
8.15-8.20	Giới thiệu đại biểu tham dự	Đại diện Văn phòng Dự án IEEP
8.20-8.30	Phát biểu khai mạc	Đại diện Ban Quản lý Dự án IEEP
8.30-9.00	Giới thiệu	Chuyên gia quốc tế
9.00-10.00	Phần 1: Tổ chức việc đánh giá hệ thống bơm <ul style="list-style-type: none">- Tìm hiểu quy trình đánh giá hệ thống bơm- Xác định mục tiêu, phạm vi và chiến lược đánh giá hệ thống bơm	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-12.00	Phần 1 (tiếp theo): <ul style="list-style-type: none">- Xác định điều kiện vận hành và tải để xác định khoảng thời gian thu thập dữ liệu- Xem xét các cuộc kiểm toán và đánh giá trước đây để lập kế hoạch- Xác định nhu cầu và chi phí năng lượng, và các chi phí hoạt động khác	Chuyên gia quốc tế



BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VN-EU (SETP)

Đẩy mạnh hoạt động TKNL trong các DN công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý NL
và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam (IEEP)



Funded by
the European Union



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN
CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.15-15.00	Phần 2: Tiến hành đánh giá hệ thống bơm <ul style="list-style-type: none"> - Lập kế hoạch đo lường - Đo lường hiệu suất hệ thống và dữ liệu vận hành - Thiết lập đường cơ sở 	Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.45	Phần 2 (tiếp theo): <ul style="list-style-type: none"> - Xác định và phân tích các cơ hội cải tiến - Đánh giá tác động tổng thể của hệ thống - Xác định các yếu tố triển khai - Xác định các mục tiêu đánh giá cho những phần chưa hoàn thiện 	Chuyên gia quốc tế

Ngày 2: 11/07/2025

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.00	<ul style="list-style-type: none">- Hỏi đáp- Tổng kết lại kiến thức của Ngày 1	Chuyên gia quốc tế
9.00-10.00	Phần 3: Phân tích dữ liệu <ul style="list-style-type: none">- Thiết lập đường cơ sở- Tiến hành phân tích kỹ thuật- Lập dự báo	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-12.00	Phần 3 (tiếp theo): <ul style="list-style-type: none">- Lượng hóa các cơ hội cải thiện hiệu suất- Phân tích tài chính- Xác định các tiêu chí kinh tế có thể chấp nhận được của nhà máy- Xác định các cơ hội cải thiện hiệu suất cụ thể	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.15-15.00	Phần 4: Báo cáo các phát hiện <ul style="list-style-type: none">- Thiết lập các khuyến nghị sơ bộ- Tổng hợp phân tích dữ liệu và tạo báo cáo- Mô tả phương pháp tính toán	Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	



BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VN-EU (SETP)

Đẩy mạnh hoạt động TKNL trong các DN công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý NL
và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam (IEEP)



Funded by
the European Union



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN
CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

15.15-16.30	Phần 4 (tiếp theo): <ul style="list-style-type: none">- Xây dựng các khuyến nghị để triển khai các cơ hội- Chuẩn bị các dự án tối ưu hóa hệ thống bơm để ban lãnh đạo nhà máy ra quyết định đầu tư- Trình bày các khuyến nghị cuối cùng	Chuyên gia quốc tế
16.30-16.45	Đánh giá và phản hồi về khóa học	Đại diện Văn phòng Dự án IEEP, Chuyên gia quốc tế

KHÓA ĐÀO TẠO TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG BƠM CHO DOANH NGHIỆP CÔNG NGHIỆP

NGÀY 1

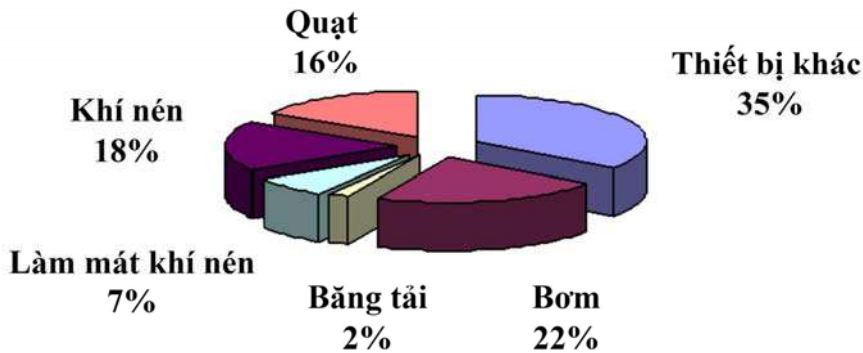
Được hướng dẫn bởi: Harry Rosen

1

Tối ưu hóa hệ thống bơm

2

Hệ thống bơm chiếm tới 22% nhu cầu năng lượng của động cơ điện trên toàn thế giới



3

Tối ưu hóa hệ thống bơm là gì?

- Tối ưu hóa hệ thống bơm là một phương pháp tiếp cận có hệ thống nhằm đánh giá các máy bơm tiêu thụ nhiều năng lượng để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng.
- Sau khi sàng lọc sơ bộ các hệ thống bơm, tiềm năng tiết kiệm năng lượng của các máy bơm được chọn sẽ được xác định bằng cách đo áp suất, lưu lượng và công suất trực tiếp tại hiện trường. Dữ liệu này sẽ được kết hợp với dữ liệu vận hành của hệ thống bơm để xác lập mức tiêu thụ năng lượng cơ bản và yêu cầu thực sự của hệ thống.
- Phần mềm DOE - PSAT có thể được sử dụng để phân tích sơ bộ tiềm năng tiết kiệm. Nếu có cơ hội khả thi, một phân tích nâng cao hơn có thể được thực hiện nhằm xác định phương án cải tiến tối ưu về mặt chi phí cho việc tối ưu hóa hệ thống bơm.

4

Kiểm tra sơ bộ

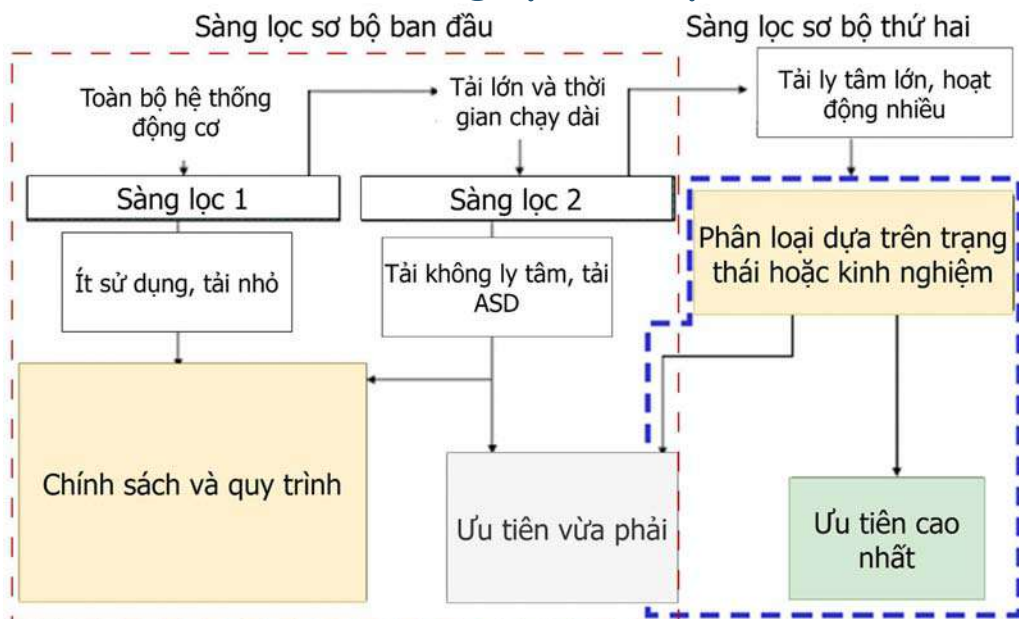
Chương trình Best Practices của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ khuyến khích một phương pháp sàng lọc sơ bộ và đánh giá theo ba cấp độ, bao gồm:

- Sàng lọc sơ bộ ban đầu dựa trên kích thước, thời gian vận hành và loại bơm.
- Sàng lọc sơ bộ thứ hai để thu hẹp phạm vi vào các hệ thống có khả năng tiết kiệm năng lượng đáng kể.
- Đánh giá các cơ hội và định lượng tiềm năng tiết kiệm.

Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

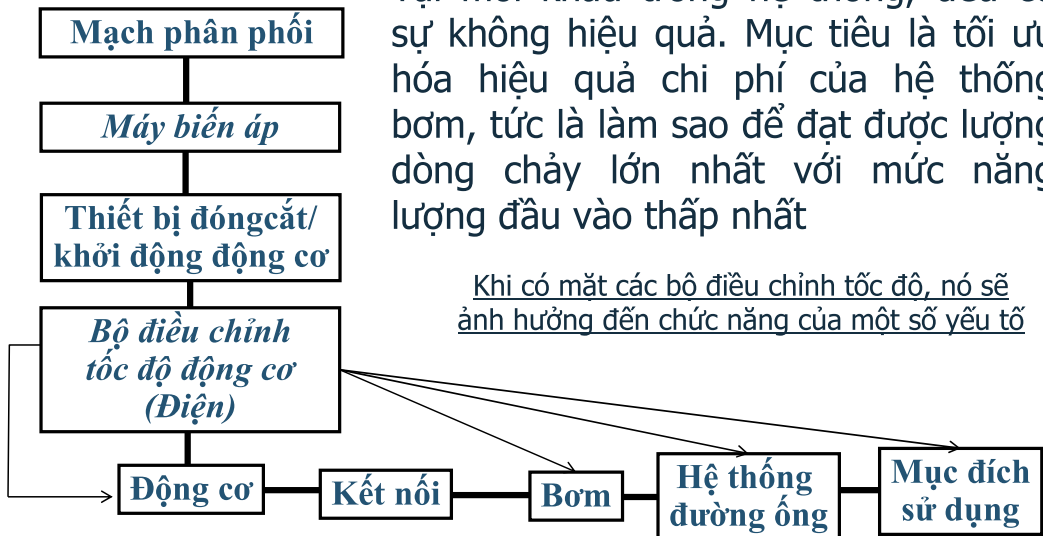
5

Sàng lọc sơ bộ



6

Hệ thống



Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

7

HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG VÀ CÁC THÀNH PHẦN

- Hệ thống cung cấp điện: Tổn hao đường dây
- Máy biến áp: Hiệu suất
- Đóng cắt/khởi động: Loại
- Thiết bị điều chỉnh tốc độ: Ưu/nhược điểm
- Động cơ: Mức hiệu suất và thông tin trên nhãn
- Khớp nối: Loại, Ưu/nhược điểm
- Bơm: Loại và ứng dụng
- Hệ thống: Thành phần và các mối quan hệ
- Mục đích cuối cùng: Yêu cầu hệ thống

8

Cần phải hiểu mục tiêu cuối cùng của hệ thống chất lỏng để có thể tối ưu nó

- Hiểu lý do tại sao hệ thống được xây dựng
- Hiểu mục tiêu mà máy bơm và hệ thống cố gắng đạt được
- Có các tiêu chí rõ ràng về những thông số thực sự cần thiết.
- Hiểu rõ những yếu tố có thể chấp nhận và những yếu tố không thể thay đổi

Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

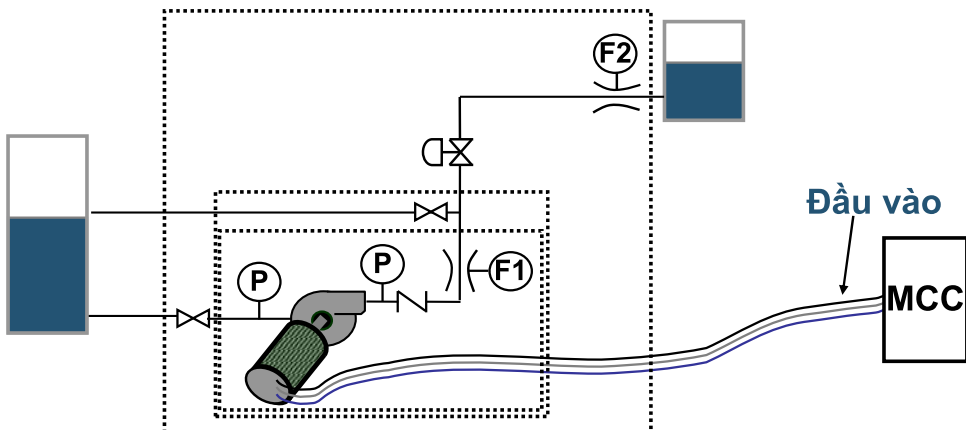
9

Định nghĩa hệ thống

Đầu ra = Lưu lượng * cột áp * hằng số

Lưu lượng là gì ?

Cột áp là gì ?



10

Quan hệ thủy lực trong hệ thống bơm

11

Phương trình Bernoulli có xét đến tổn thất ma sát

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 \right) = \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \right) + H_f$$

Năng lượng thủy lực tại điểm 2 cao hơn điểm 1 do tổn thất ma sát. Nên để cân bằng phương trình này, ta cộng thêm tổn thất H_f vào vế phải cho phù hợp

12

Khả năng bơm nước của bơm dựa trên năng lượng mà khối nước mang theo

- Đầu ra của bơm được đo bằng số mét cột áp. Ba thuật ngữ phổ biến dùng để biểu thị năng lượng này trong nước:
 - Cột áp do độ cao/cột áp tĩnh (Cột áp tĩnh hoặc H_s)
 - Cột áp động (H_v)
 - Tổn thất cột áp do ma sát (H_f)

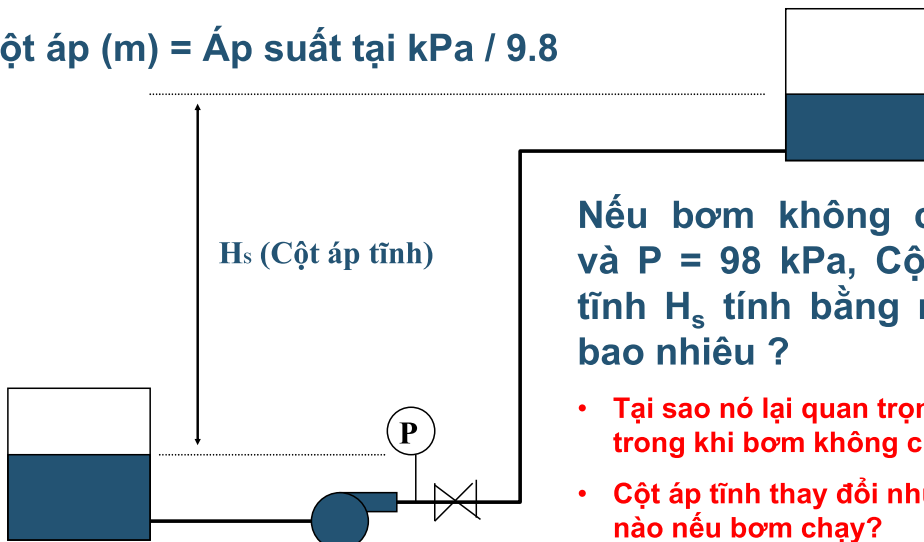
$$\text{Tổng cột áp (TDH)} = H_s + H_v + H_f$$

Điều này có nghĩa là cột áp do máy bơm tạo ra được dùng để vượt qua tổn thất ma sát, nâng chất lỏng lên độ cao cần thiết và tạo ra động năng cho dòng chất lỏng.

13

Sử dụng một hệ thống bơm đơn giản, cột áp do độ cao/áp suất (hay còn gọi là cột áp tĩnh) là gì?

$$\text{Cột áp (m)} = \text{Áp suất tại kPa} / 9.8$$



Nếu bơm không chạy và $P = 98$ kPa, Cột áp tĩnh H_s tính bằng m là bao nhiêu ?

- Tại sao nó lại quan trọng trong khi bơm không chạy?
- Cột áp tĩnh thay đổi như thế nào nếu bơm chạy?

14

Cột áp động

Cột áp động (H_v) là lượng năng lượng cần thiết để làm cho nước chuyển động với vận tốc nhất định. Mối quan hệ này được biểu diễn bằng công thức sau:

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad \begin{array}{l} V = \text{Vận tốc dòng chảy m/s} \\ g = \text{Gia tốc trọng trường (9.8 m/s}^2\text{)} \end{array}$$

Để xác định vận tốc dòng chảy, có thể sử dụng phương trình sau :

$$V = \frac{Q}{A} \quad \begin{array}{l} Q = \text{Lưu lượng m}^3/\text{s} \\ A = \text{Diện tích đường ống m}^2 \end{array}$$

Cột áp động thường nhỏ hơn 0,5 mét và trong nhiều hệ thống bơm nước, có thể được xem là không đáng kể

15

Tổn thất cột áp do ma sát đường ống

- Tổn thất cột áp ma sát (H_f) là tổn thất do ma sát với vật liệu đường ống và biểu thị bằng đơn vị mét của cột áp. Nó có thể được xác định bằng lý thuyết (sử dụng phương trình Darcy-Weissbach)
- Tổn thất H_f có thể được xác định chính xác hơn thông qua sử dụng kết quả đo áp suất thực tế

Phương trình sau rất hữu ích để hiểu các thông số nào ảnh hưởng đến tổn thất ma sát trong đường ống

H_f = Áp suất giảm do ma sát
 f = Hệ số ma sát Darcy
 L = Độ dài đường ống
 d = Đường kính ống

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Cột áp động}$$

$$H_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

16

Đường kính ống và tổn thất ma sát đường ống

$$H_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi D^2/4}$$

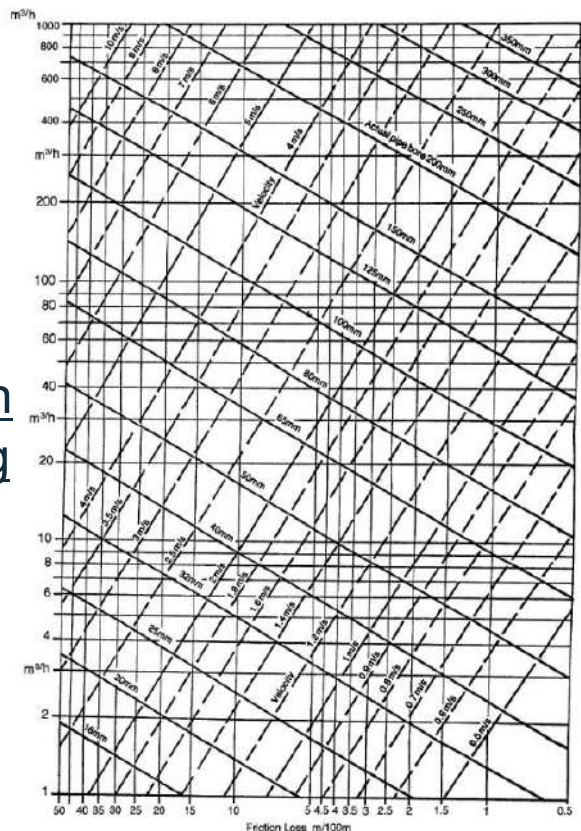
$$V \approx 1 / D^2$$

$$V^2 \approx 1 / D^4$$

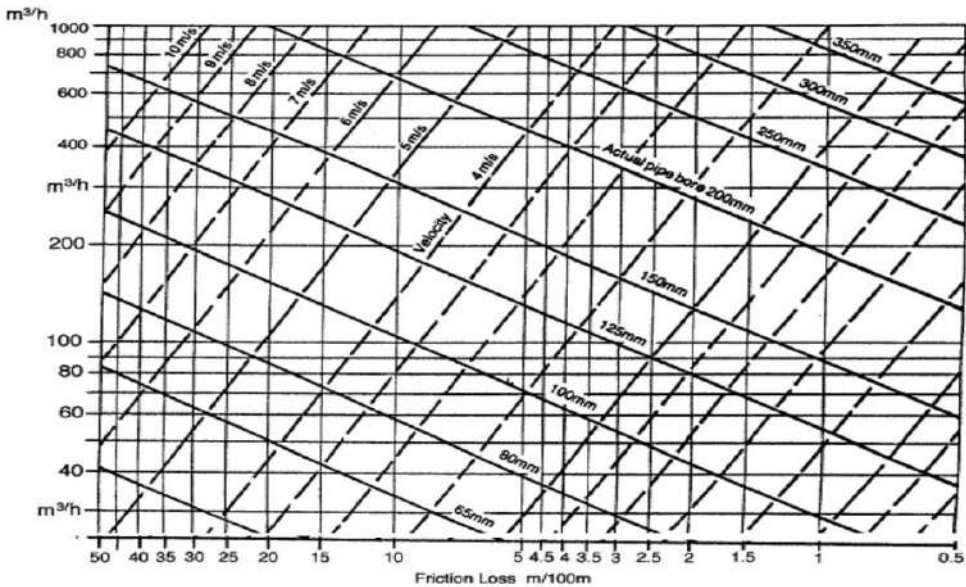
$$H_f \approx 1 / D^5$$

17

Đường kính ống và tổn thất ma sát đường ống



Đường kính ống và tổn thất ma sát đường ống



19

Nguồn tổn thất trong các thành phần của đường ống

- Van
- Co nối
- T chia nhánh
- Ống thu/loe
- Khớp giãn nở
- Đầu vào/ra bình chứa

$$H_f = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

K = Hệ số tổn thất

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Cột áp động}$$

Đối với các thành phần trong hệ thống ống, tổn thất ma sát thường được tính dựa trên cột áp động

K là hệ số dựa vào kích thước, loại van và phần trăm mở van

20

Một số giá trị K điển hình cho các bộ phận phụ trong hệ thống đường ống:

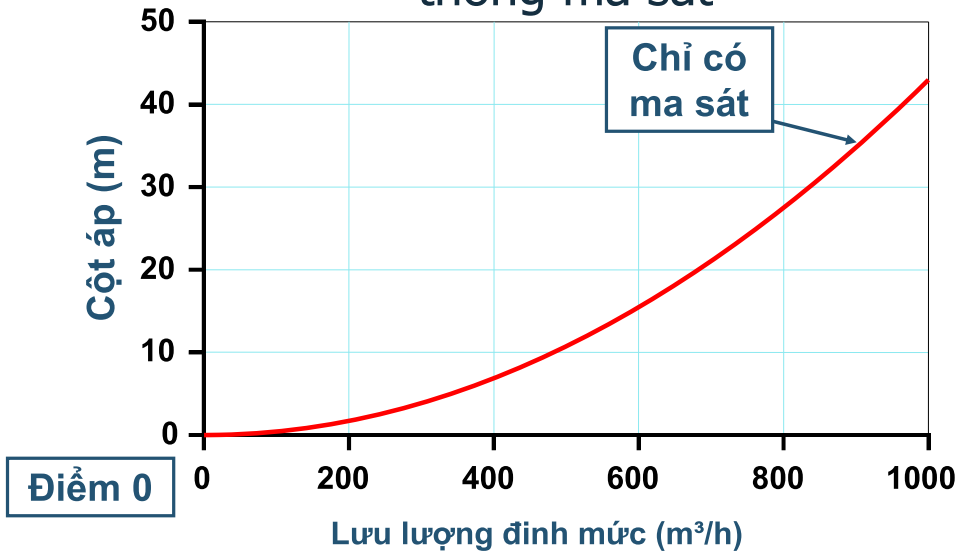
Thành phần	K thành phần
90° co, tiêu chuẩn	0.2 - 0.3
90° co, bán kính lớn	< 0.1 - 0.3
Cửa vào vuông góc (Từ bể)	0.5
Cửa xả vào bể	1
Van một chiều	2
Van cổng (mở hoàn toàn)	0.03 - 0.2
Van cầu (mở hoàn toàn)	3 - 8
Van bướm (mở hoàn toàn)	0.5 - 2
Van bi (mở hoàn toàn)	0.04 - 0.1

21

Đặc tính hệ thống

22

Đường cong cột áp hệ thống cho toàn bộ hệ thống ma sát



23

Đường cong cột áp hệ thống cho mọi hệ thống tĩnh

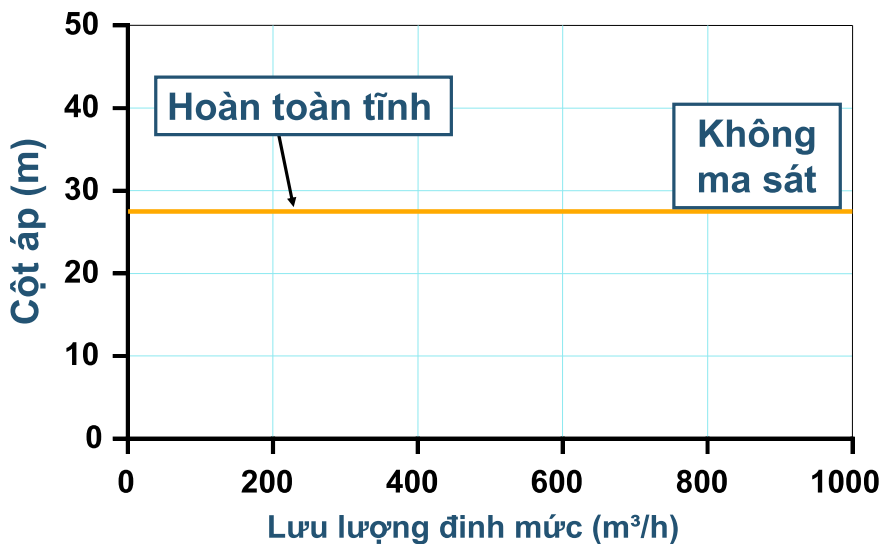
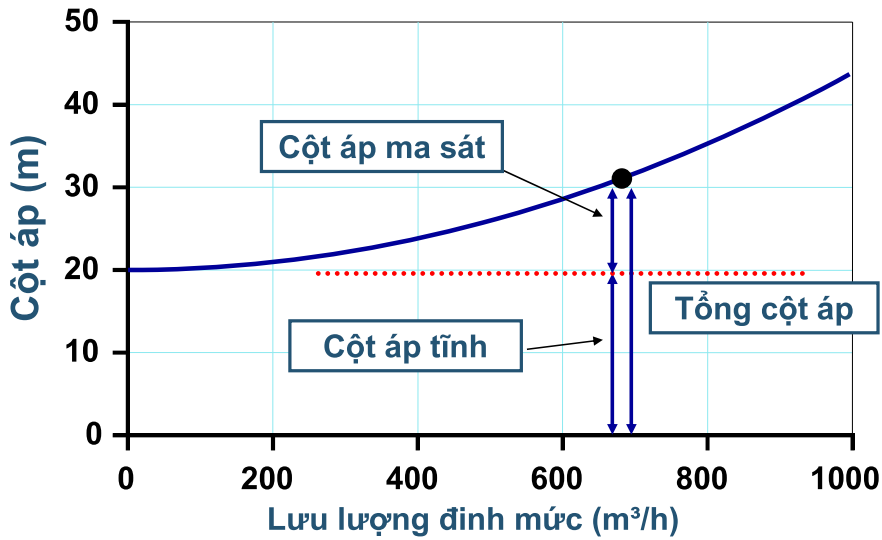


Figure Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

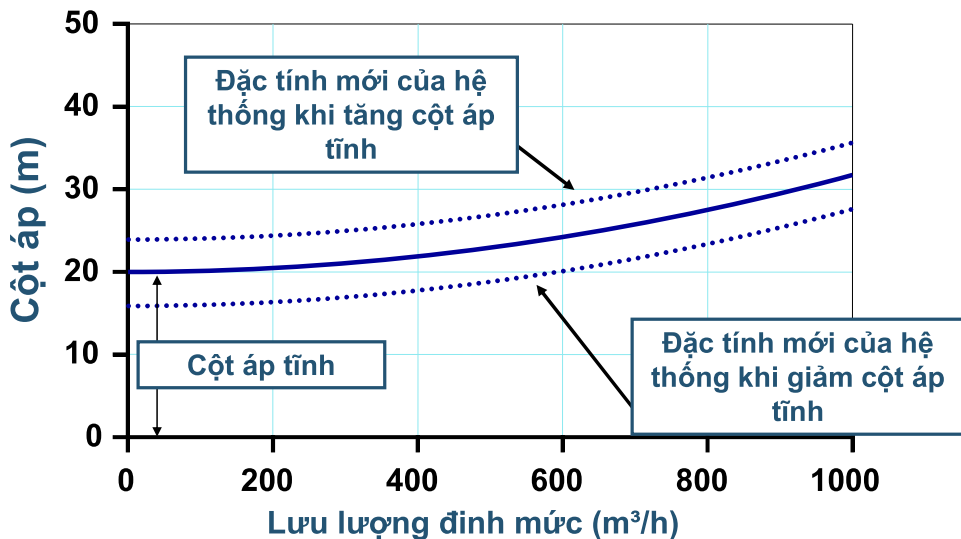
24

Đặc tính cột áp hệ thống kết hợp giữa hệ thống tĩnh và ma sát



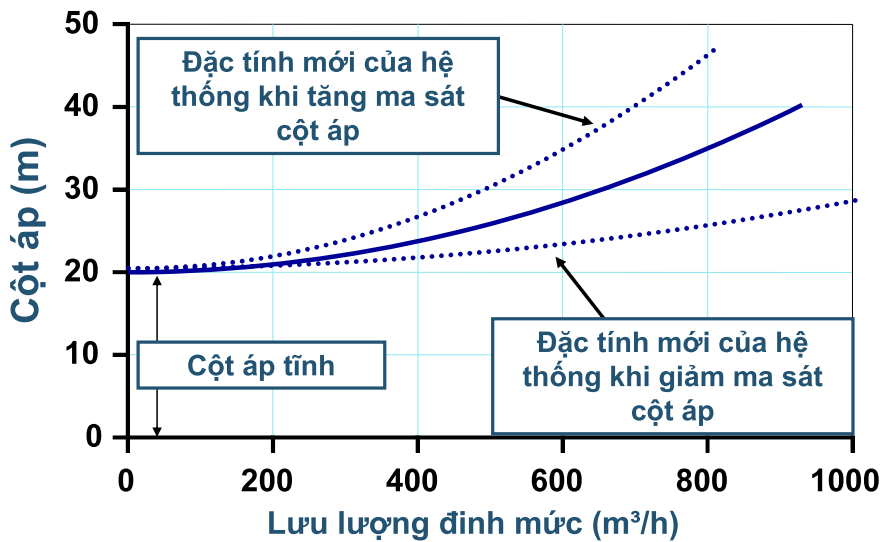
25

Đường cong cột áp hệ thống khi ảnh hưởng bởi thay đổi cột áp tĩnh



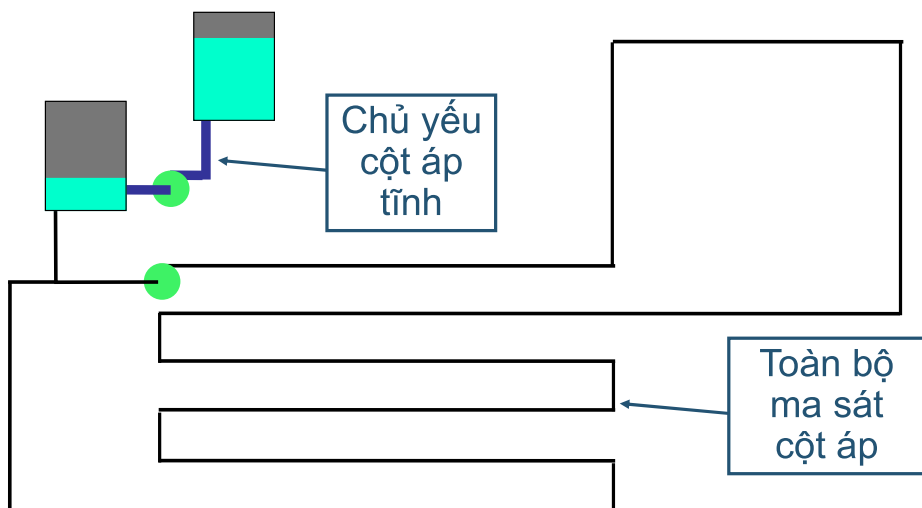
26

Đường cong cột áp hệ thống khi ảnh hưởng bởi thay đổi ma sát cột áp



27

Hai loại của hệ thống bơm

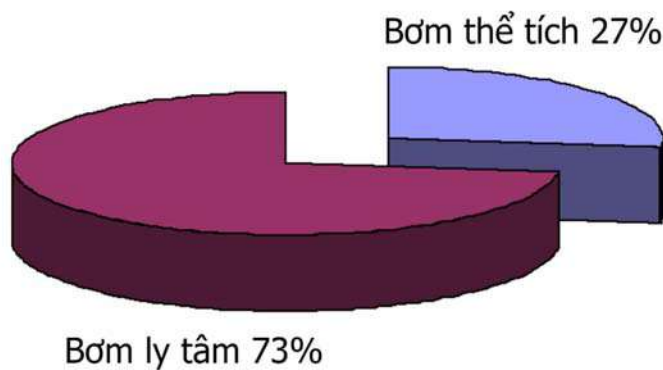


28

Các loại bơm

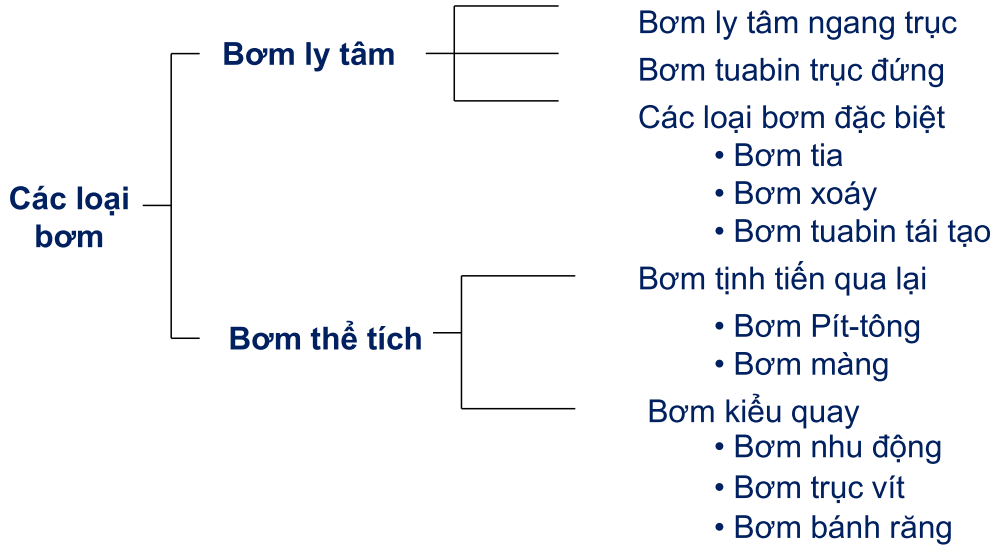
29

Các hệ thống bơm ly tâm chiếm 73% năng lượng của toàn bộ lĩnh vực bơm



30

Các loại bơm



31

Các loại bơm ly tâm



Bơm chìm



Bơm ngang trục



Bơm hướng trục

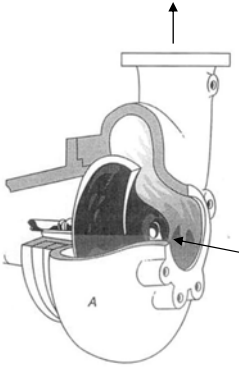


Bơm trục đứng

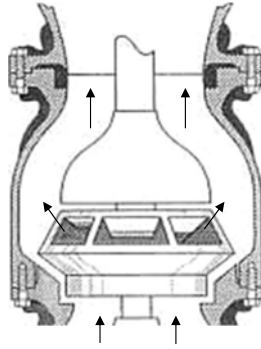
32

Lưu lượng bơm ly tâm

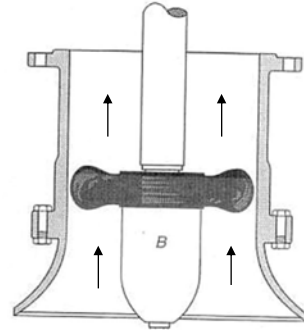
Cấu hình dòng chảy phổ biến của bơm ly tâm



Dòng ngang trực



Dòng hỗn hợp



Dòng hướng trực

33

Cánh bơm ly tâm

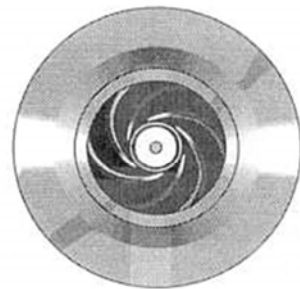
Các loại cánh bơm ly tâm:



Bán hờ



Mờ



Đóng

34

Đặc tính hoạt động của bơm

35

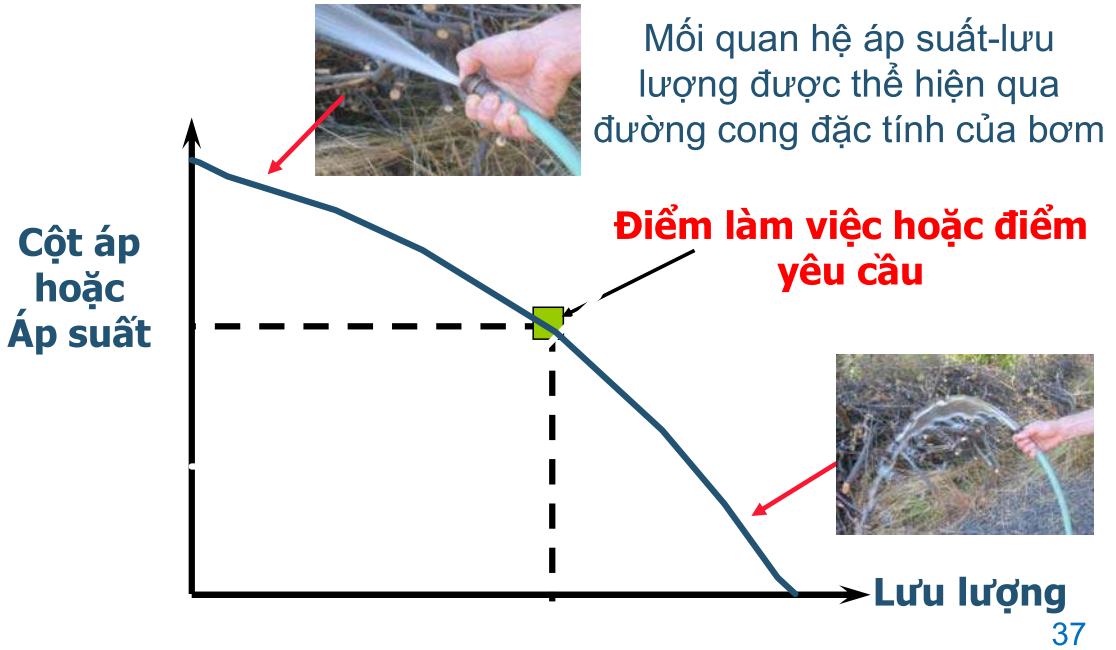
Mối quan hệ giữa áp suất – lưu lượng

- Máy bơm truyền năng lượng vào chất lỏng
- Bơm làm tăng áp suất (năng lượng) vào chất lỏng
- Máy bơm cung cấp: **áp suất cao/lưu lượng thấp** or **lưu lượng cao/ áp suất thấp** (và mọi khoảng giữa chúng)
- Độ tin cậy và năng lượng sử dụng phụ thuộc lớn vào điểm hoạt động của bơm

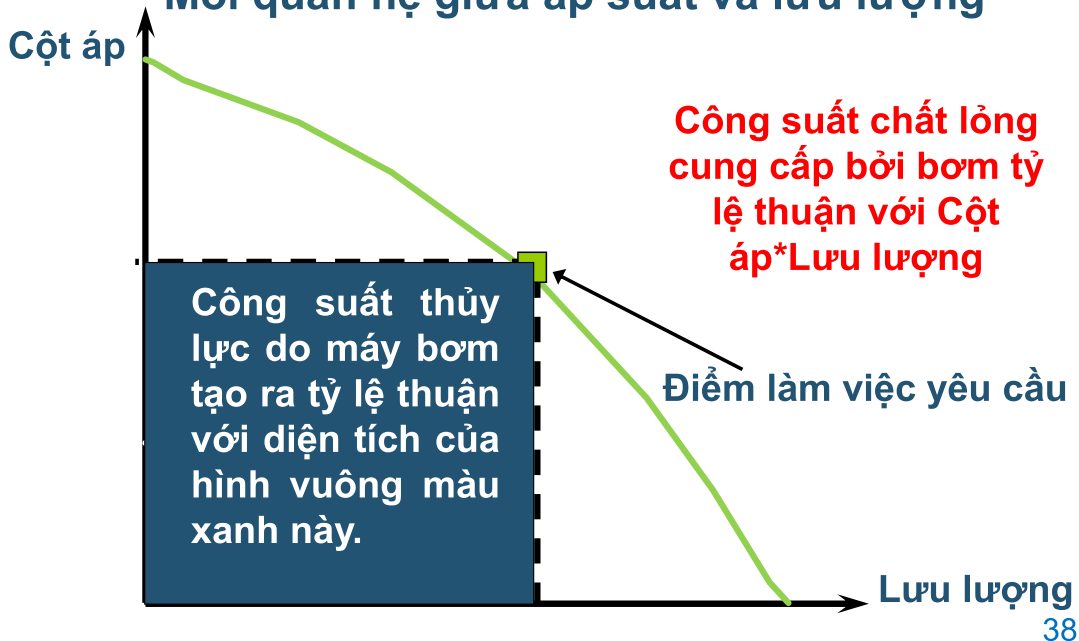


36

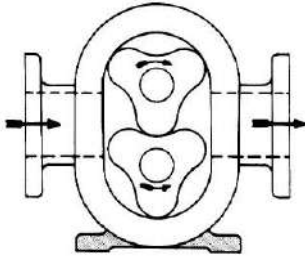
Mối quan hệ giữa áp suất – lưu lượng



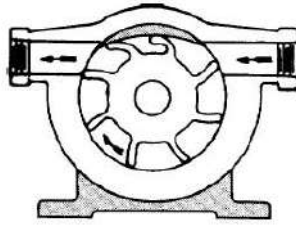
Công suất thủy lực của bơm Mối quan hệ giữa áp suất và lưu lượng



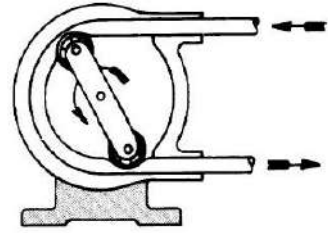
Ví dụ một số dòng bơm thể tích



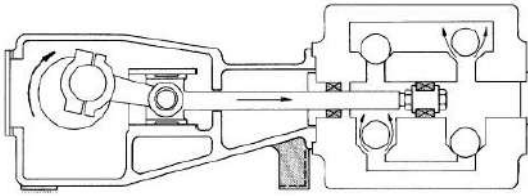
Bơm bánh răng



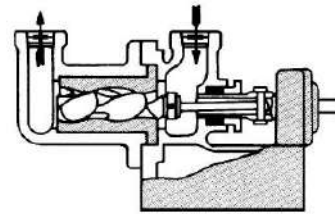
Bơm cánh mềm



Bơm nhu động



Bơm pít-tông

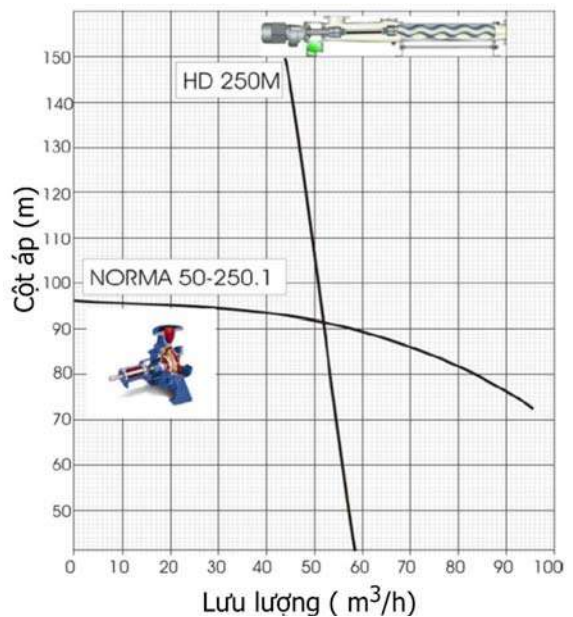


Bơm trục vít

39

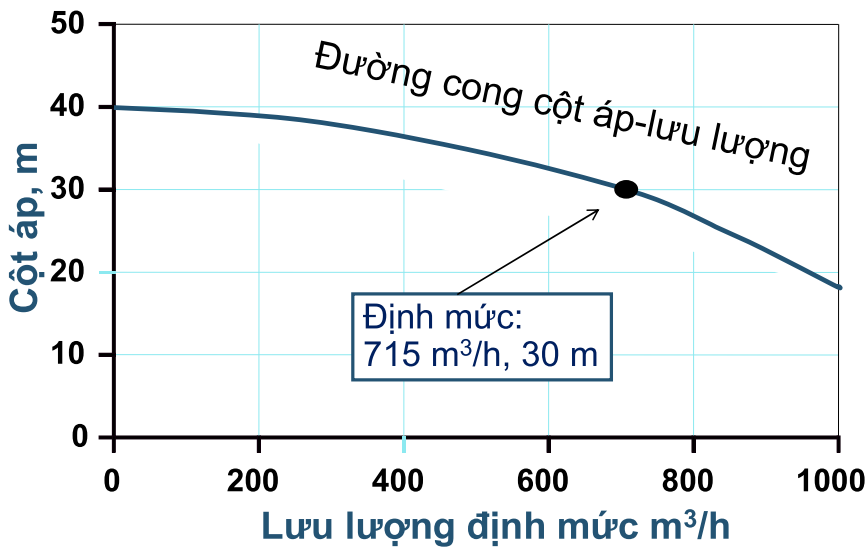
Bơm ly tâm và bơm thể tích

Biểu đồ đường đặc tính của bơm thể tích đặt lên cùng trục với bơm ly tâm



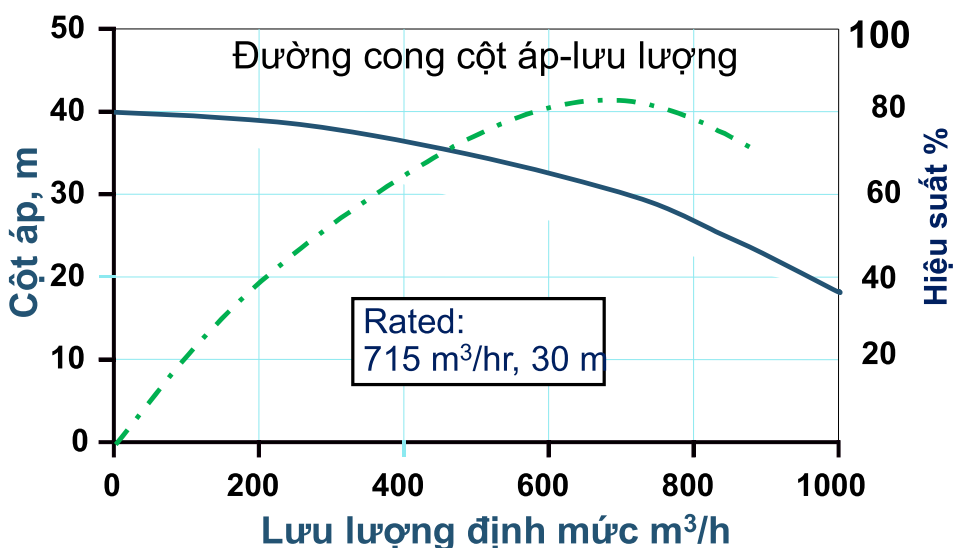
40

Dữ liệu trên nhãn tên máy bơm chỉ áp dụng cho một điểm làm việc cụ thể



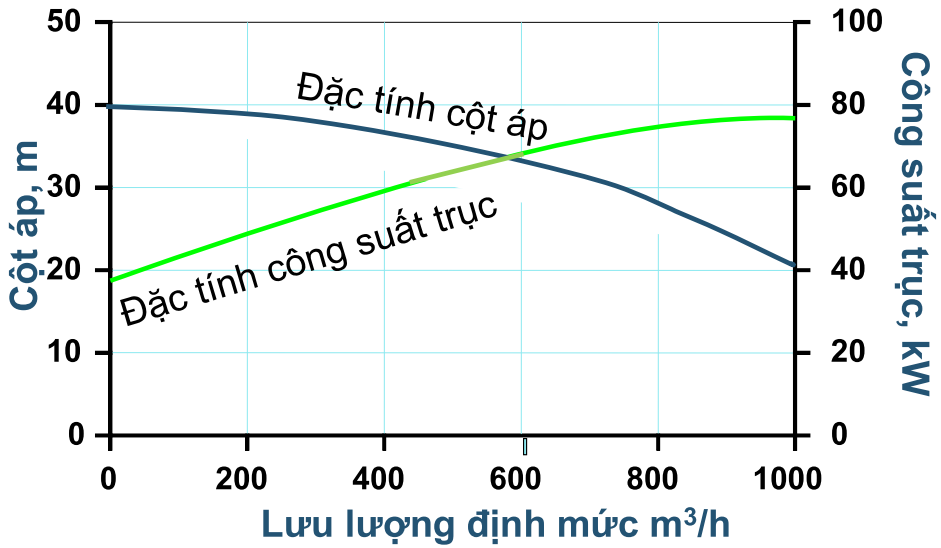
41

Hiệu quả được thêm vào đặc tính bơm



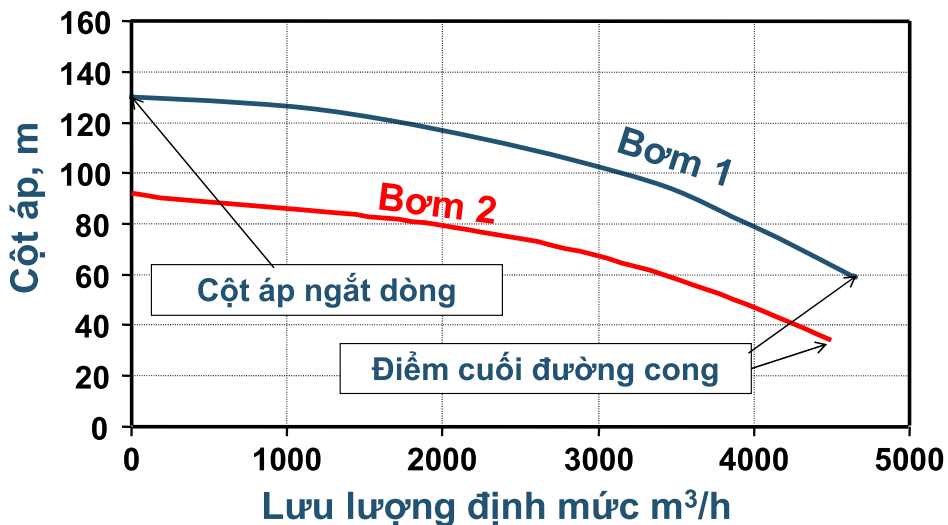
42

Một đường cong đặc trưng khác là công suất trục theo hàm lưu lượng



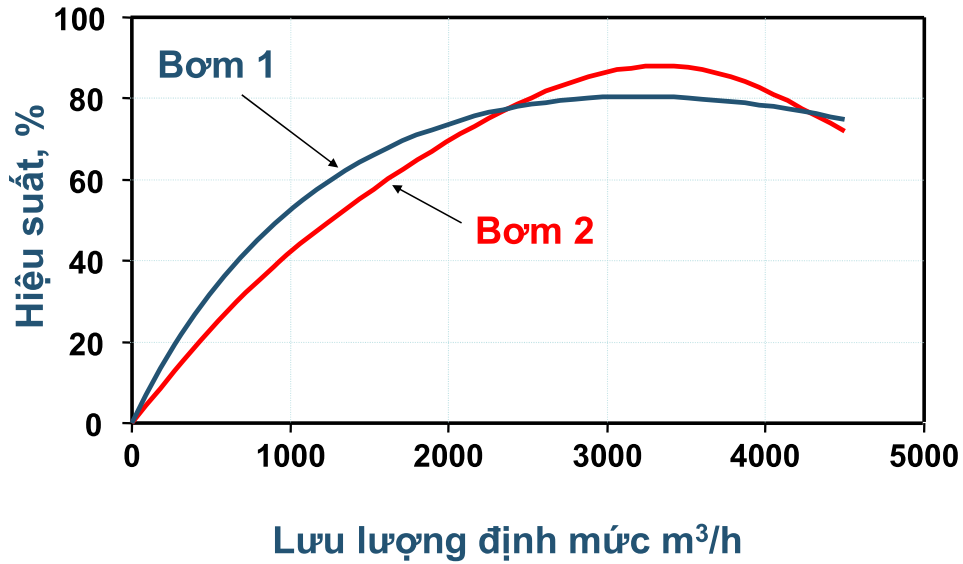
43

Đặc tính của bơm có sự khác nhau:
Đường cong cột áp của hai bơm khác nhau



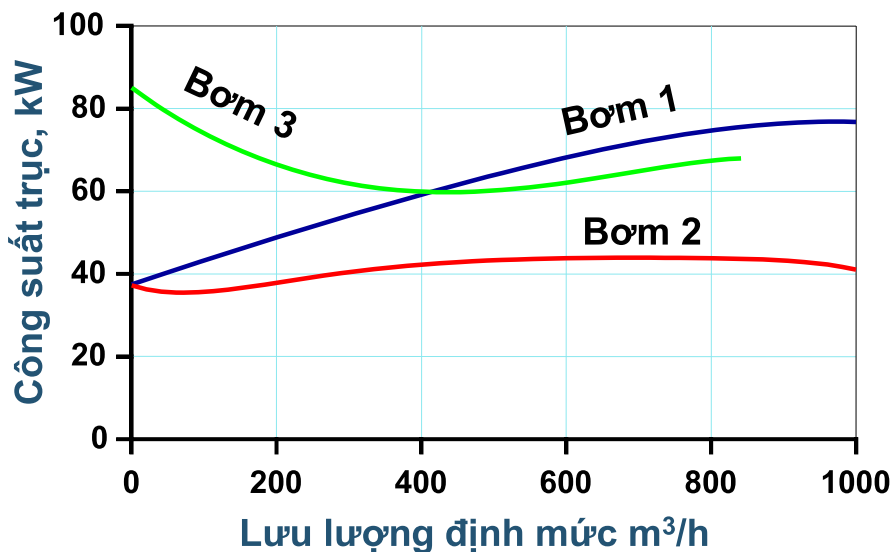
44

Đường cong hiệu suất cho 2 bơm



45

Tải động cơ khác nhau cho các loại bơm ly tâm khác nhau



46

Các định luật tương quan

47

Các định luật tương quan của bơm có thể được dùng để dự đoán đường cong đặc tính của bơm khi thay đổi tốc độ quay hoặc đường kính cánh bơm

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^1$$

$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^1$$

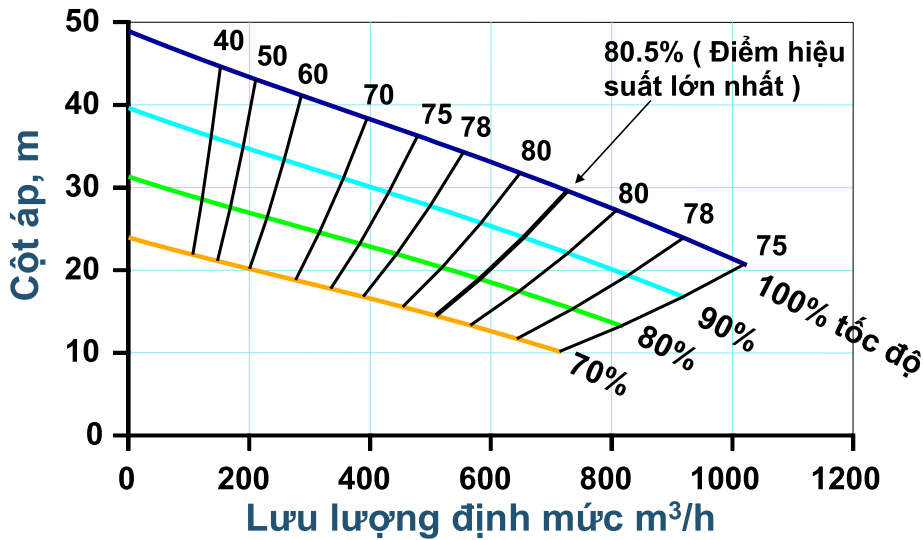
$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

Q = lưu lượng định mức; H = cột áp; P = công suất; N = tốc độ;
D = đường kính

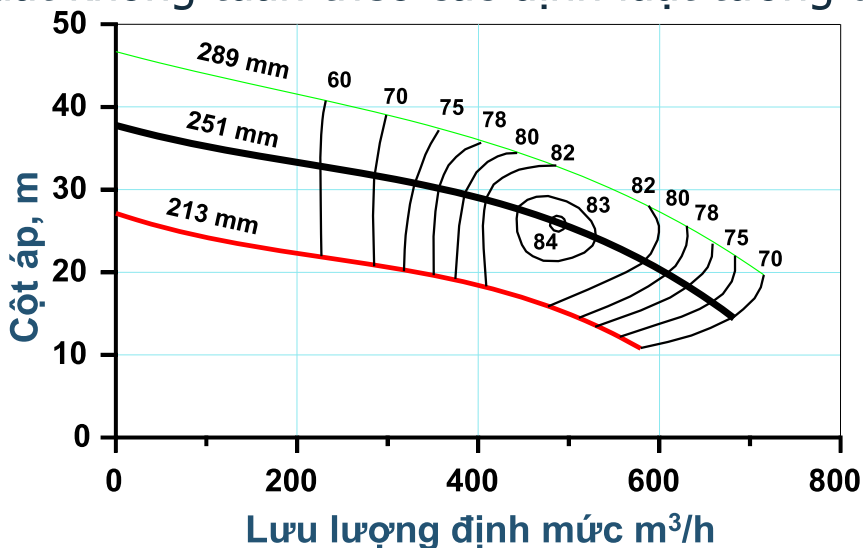
48

Khi thay đổi tốc độ quay, các đường hiệu suất cũng tuân theo các định luật tương quan



49

Khi thay đổi đường kính cánh bơm, các đường hiệu suất không tuân theo các định luật tương quan



50

Những điều cần lưu ý khi áp dụng các định luật tương quan

- Bạn có thể sử dụng các định luật tương quan để khám phá các khả năng khi cắt cánh bơm nhằm phù hợp hơn giữa bơm và hệ thống, nhưng đừng quá lạm dụng. Hãy lấy đường cong hiệu suất thực tế từ nhà sản xuất, đặc biệt khi mức độ cắt cánh lớn.
- Affinity Laws thường không cho bạn biết chính xác bơm sẽ hoạt động ở đâu trên đường cong, hoặc không đưa ra ước tính đúng về khả năng tiết kiệm năng lượng – trừ khi hệ thống không có cột áp tĩnh.

51

Lựa chọn bơm

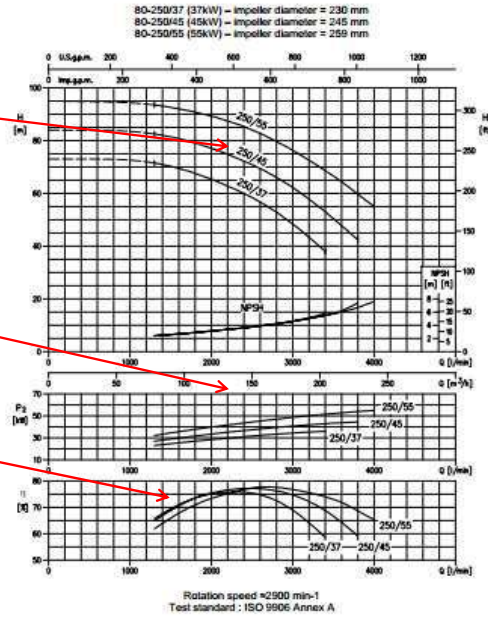
52

Tập hợp đặc tính bơm do NSX cung cấp

Đường cong tối ưu cho các cánh bơm kích thước khác nhau

Đường cong công suất cho các kích thước cánh bơm khác nhau

Đường cong hiệu suất ứng với các kích thước cánh bơm khác nhau



53

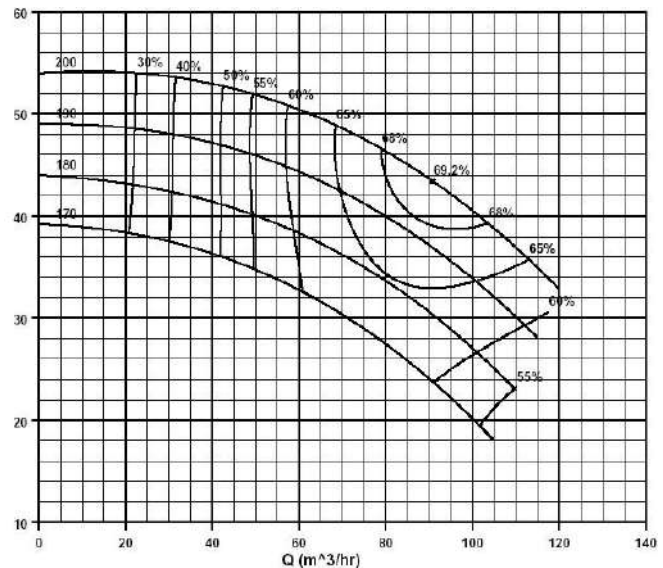
Định luật tương quan áp dụng cho cắt cánh bơm

Họ đường cong bơm với thay đổi đường kính cánh bơm và giữ nguyên tốc độ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3$$



54

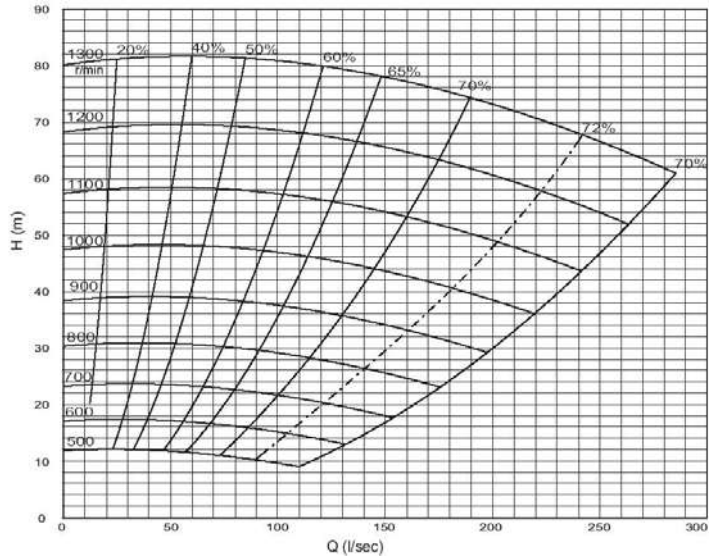
Họ đường cong bơm
với thay đổi tốc độ
và giữ nguyên đường
kính cánh bơm

Luật tương quan áp dụng cho tốc độ thay đổi

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3$$



55

Hệ thống bơm

Bây giờ, chúng ta sẽ gắn bơm cho
một hệ thống thực tế

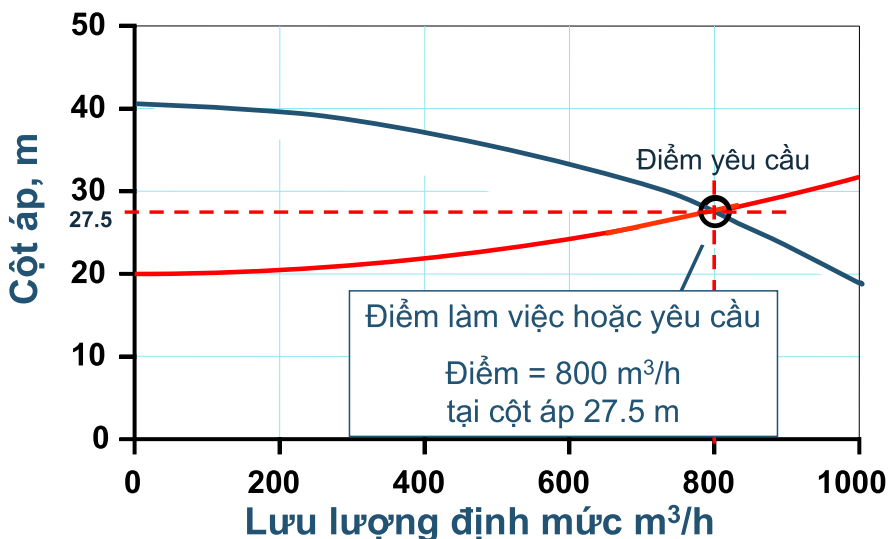
56

Điểm làm việc của bơm

Máy bơm luôn hoạt động tại điểm giao nhau giữa đường cong hệ thống và đường cong bơm, vì tại đó ta có điểm cân bằng giữa nhu cầu hệ thống và khả năng cung cấp của bơm

57

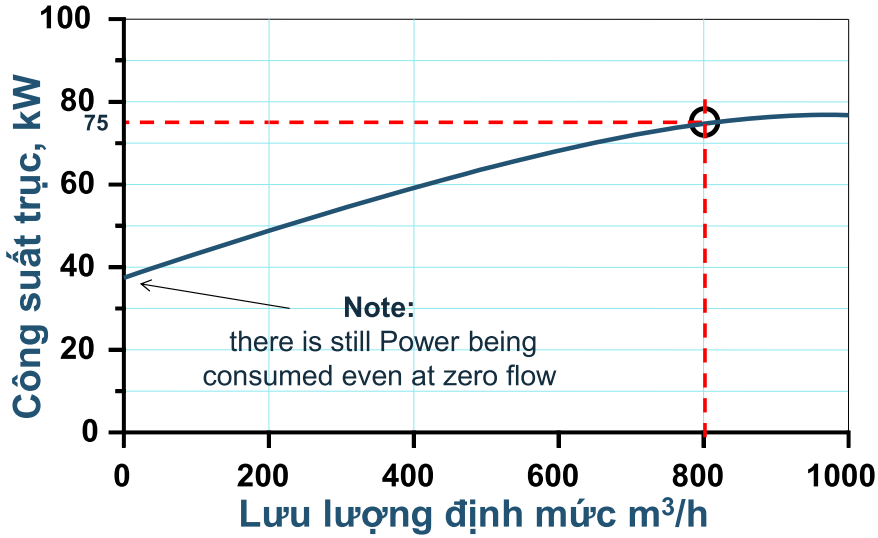
Điểm giao nhau giữa đặc tính bơm và cột áp hệ thống được định nghĩa là điểm làm việc



Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

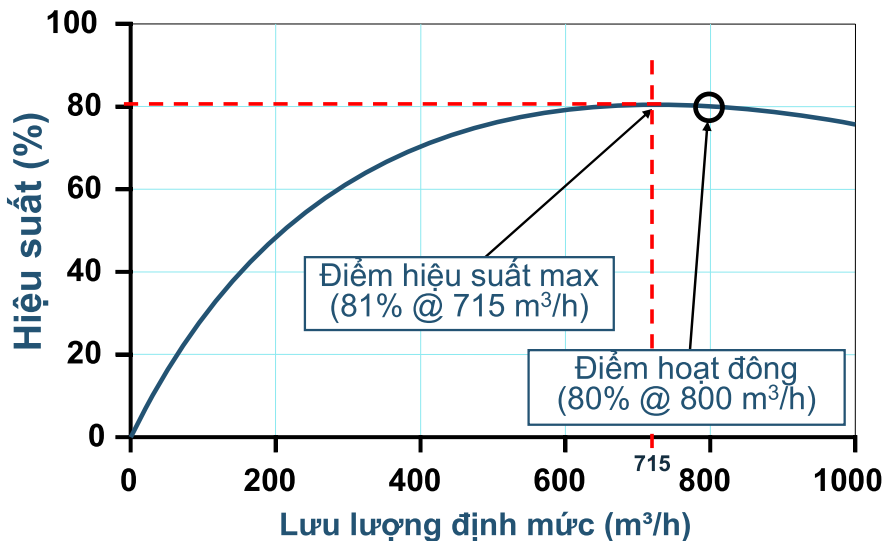
58

Đường cong công suất trực bơm biểu thị công suất tại 800m³/h tương đương 75kw



59

Điểm làm việc nằm hơi lớn hơn lưu lượng tại điểm hiệu suất tối ưu (BEP) của bơm

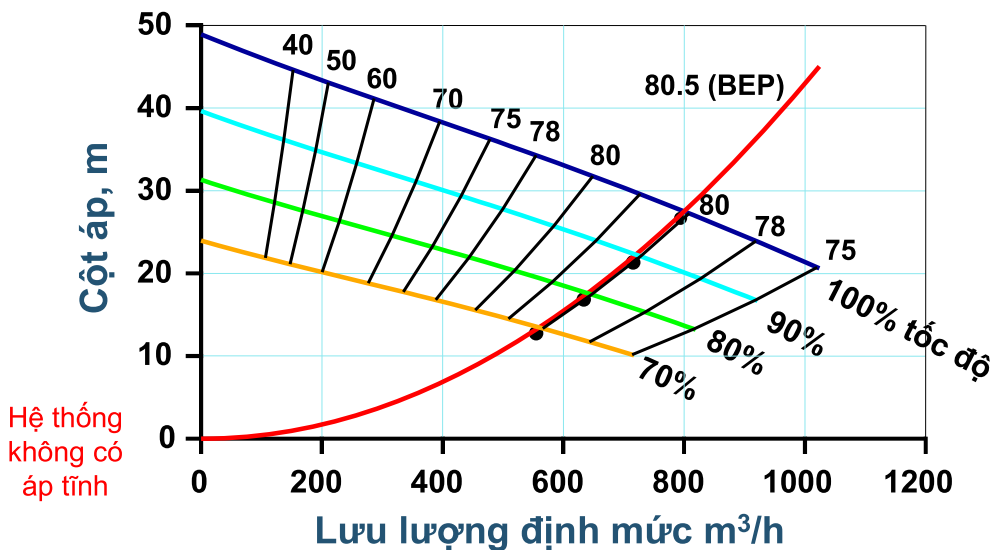


60

Vận hành bơm ở lưu lượng giảm, với ba đường cong hệ thống khác nhau

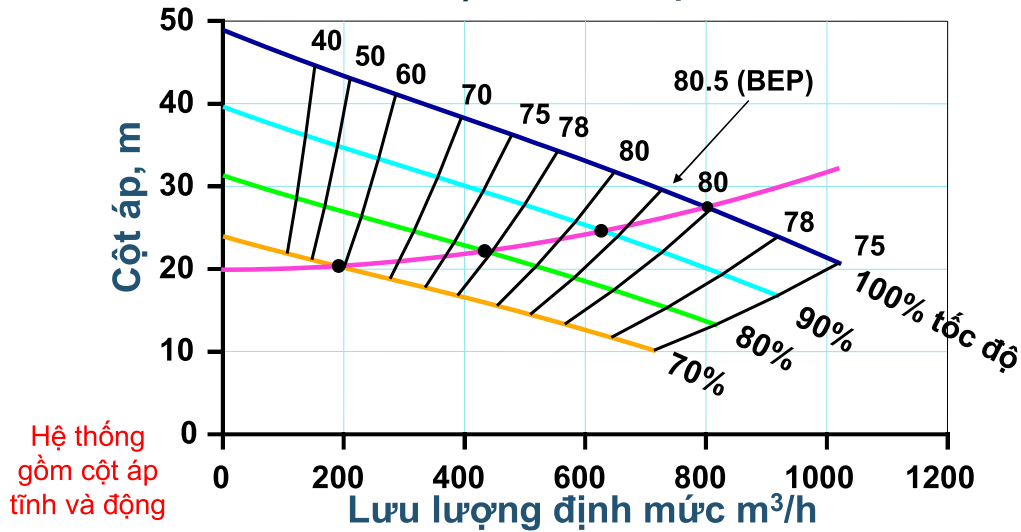
61

Thay đổi tốc độ trong hệ thống chỉ có tổn thất ma sát dẫn đến việc duy trì hiệu suất bơm không đổi



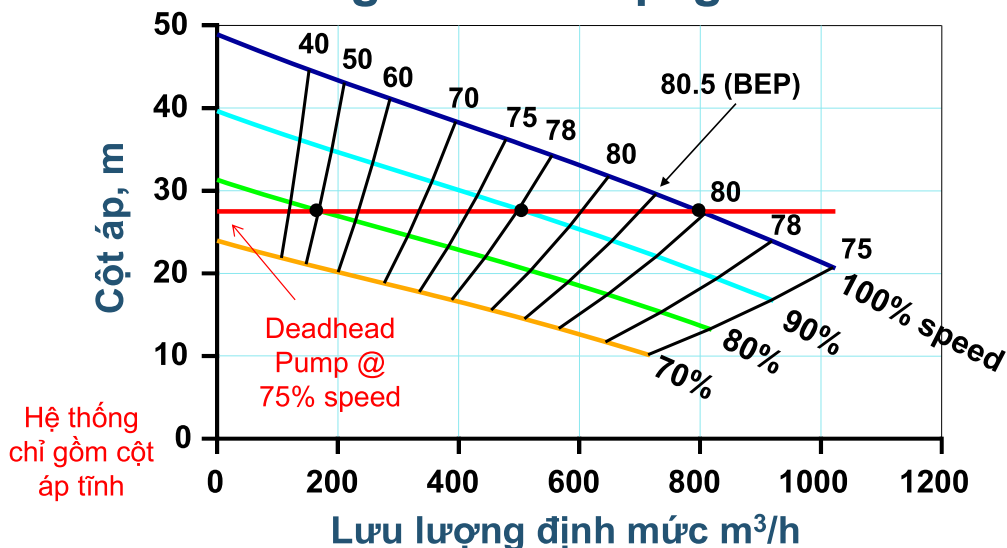
62

Trong một hệ thống có cả cột áp tĩnh và cột áp động, hiệu suất của bơm sẽ không còn cố định khi thay đổi tốc độ



63

Trong hệ thống chỉ có cột áp tĩnh, hiệu ứng còn ấn tượng hơn



Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

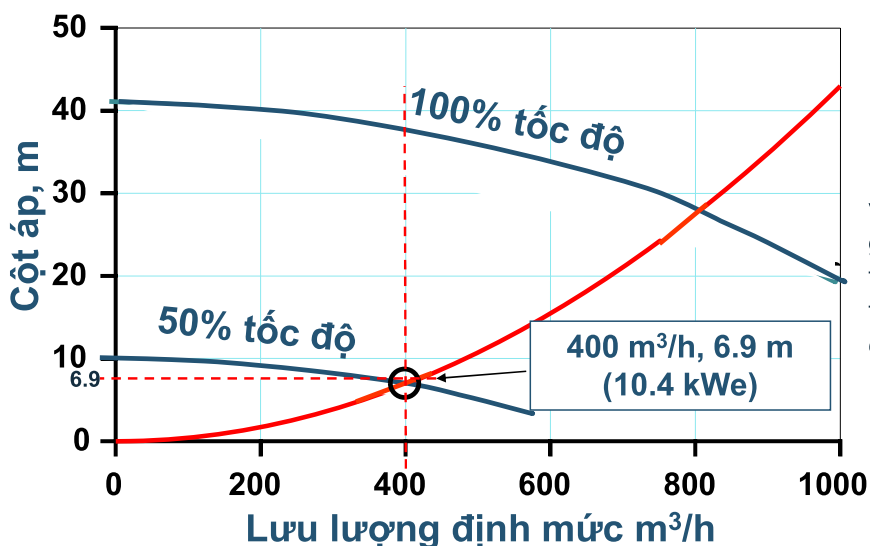
64

Chọn một điều kiện lưu lượng thứ hai cho hệ thống:

Lưu lượng = $400\text{m}^3/\text{h}$
(bằng một nửa yêu cầu ban đầu)

65

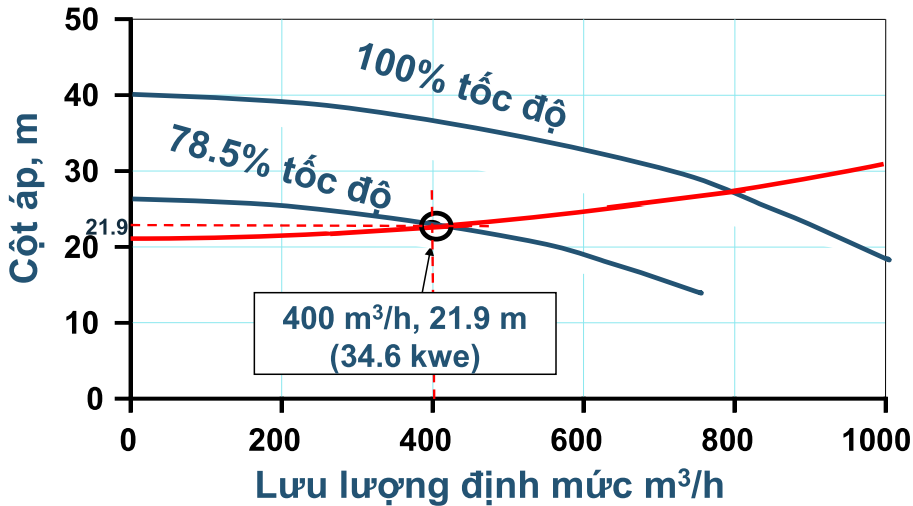
Để đạt $400\text{m}^3/\text{h}$ ở mọi mức ma sát hệ thống, tốc độ phải giảm 50% so với ban đầu



Hiệu suất vẫn được giữ nguyên trong hệ thống không có áp tĩnh

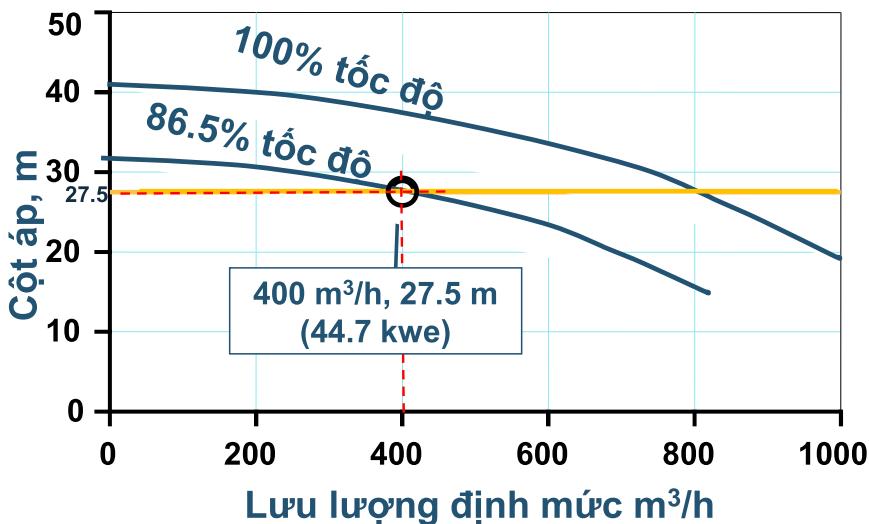
66

Để đạt lưu lượng 400 m³/giờ trong hệ thống kết hợp giữa áp tĩnh và tổn thất ma sát, tốc độ bơm cần được giảm xuống còn 78,5% so với tốc độ ban đầu



67

Để đạt lưu lượng 400 m³/giờ trong hệ thống toàn bộ cột áp tĩnh, tốc độ bơm cần được giảm xuống còn 86,5% so với tốc độ ban đầu



68

Năng lượng riêng

- Lượng năng lượng cần thiết để bơm một đơn vị thể tích chất lỏng qua hệ thống.
- Năng lượng riêng thay đổi theo lưu lượng

69

Một vài công thức cơ bản

Công suất thủy lực= cột áp (m) x lưu lượng (m³/sec) x trọng lượng riêng x 9.8

$$\frac{\text{Energy used}}{\text{Pumped Volume}} = \text{Specific Energy}$$

$$E_s = \frac{P_{in} \cdot \text{Time}}{V} = \frac{P_{in}}{Q}$$

70

Công suất và tỉ số giữa thể tích trên mỗi đơn vị năng lượng hoặc năng lượng trên mỗi đơn vị thể tích

Cột áp tĩnh (m)	m³/h	Tốc độ (%)	Công suất (kW)	m³/kWh	Es= kWh/m³
0	800	100	79.5	10.1	0.099
0	400	50.0	10.4	38.5	0.026
20	800	100	79.5	10.1	0.099
20	400	78.5	34.6	11.6	0.087
27.5	800	100	79.5	10.1	0.099
27.5	400	86.5	44.7	8.9	0.112

Ghi chú:

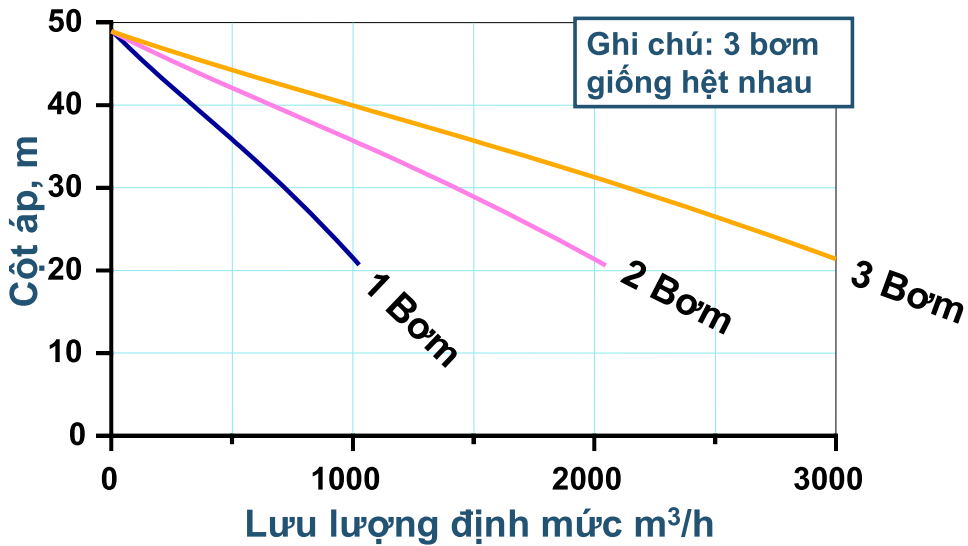
- Các giá trị công suất cho lưu lượng **800 m³/giờ** giả định rằng động cơ được truyền động trực tiếp (bỏ qua bộ truyền động điều chỉnh tốc độ – ASD).
- Sự gia tăng của **kWh/m³** tại độ cao **27,5 m**.

71

Kết hợp bơm Song song và nối tiếp

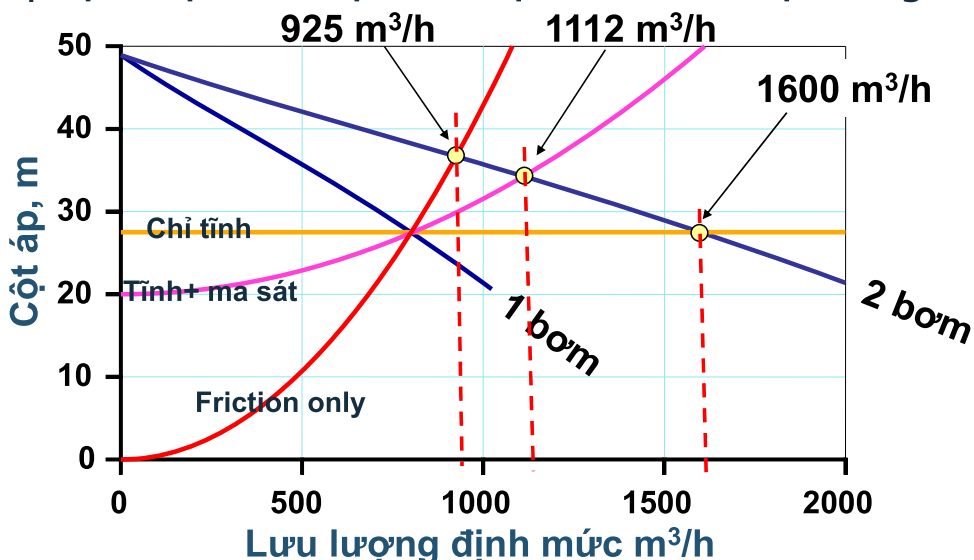
72

Các máy bơm đầu song song có thể giúp thích ứng với các yêu cầu hệ thống thay đổi và cung cấp tính dự phòng



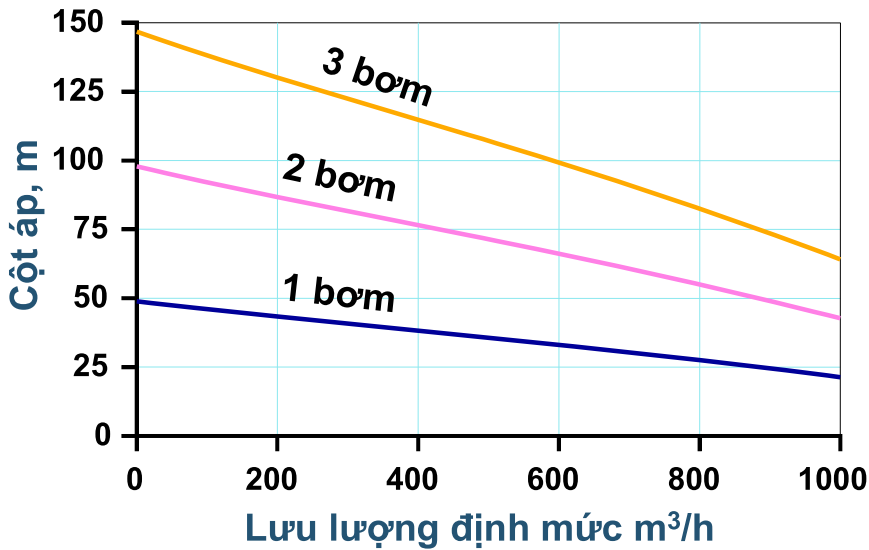
73

Ảnh hưởng của việc bật thêm bơm song song cũng phụ thuộc vào đặc tính tự nhiên của hệ thống



74

Các máy bơm giống hệt nhau được lắp nối tiếp; cộng cột áp tại một lưu lượng xác định để ước tính hiệu suất tổng thể



75

Các định luật tương quan của bơm có thể được dùng để dự đoán đường cong đặc tính của bơm khi thay đổi tốc độ quay hoặc đường kính cánh bơm

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^1$$

$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^1$$

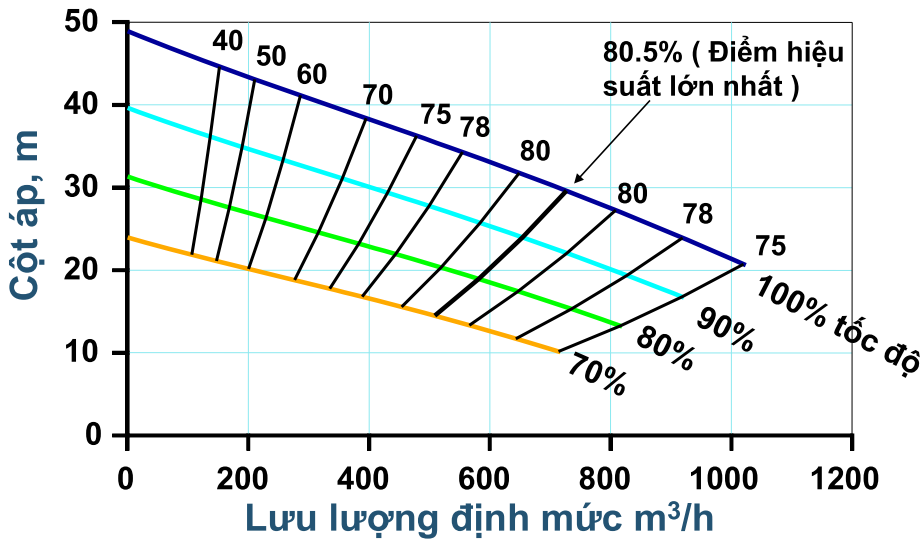
$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

Q = lưu lượng định mức; H = cột áp; P = công suất; N = tốc độ;
D = đường kính

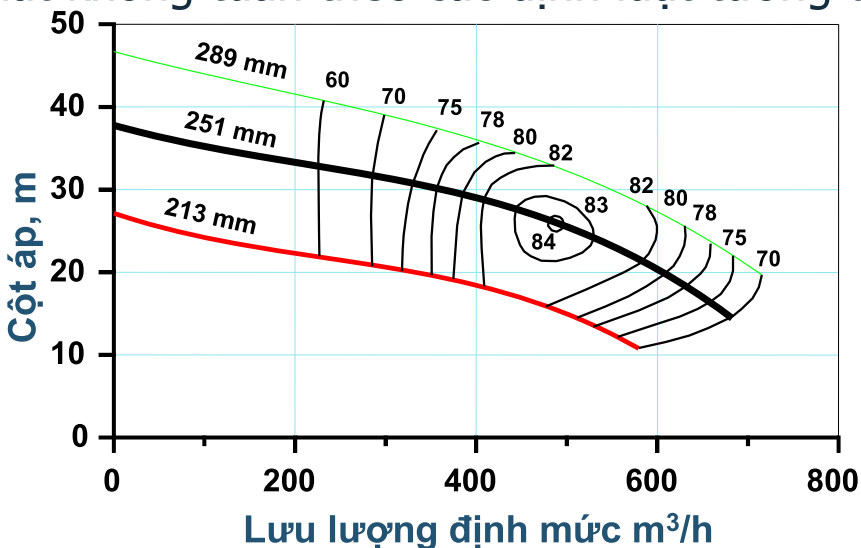
76

Khi thay đổi tốc độ quay, các đường hiệu suất cũng tuân theo các định luật tương quan



77

Khi thay đổi đường kính cánh bơm, các đường hiệu suất không tuân theo các định luật tương quan



78

Những điều cần lưu ý khi áp dụng các định luật tương quan

- Bạn có thể sử dụng các định luật tương quan để khám phá các khả năng khi cắt cánh bơm nhằm phù hợp hơn giữa bơm và hệ thống, nhưng đừng quá lạm dụng. Hãy lấy đường cong hiệu suất thực tế từ nhà sản xuất, đặc biệt khi mức độ cắt cánh lớn.
- Affinity Laws thường không cho bạn biết chính xác bơm sẽ hoạt động ở đâu trên đường cong, hoặc không đưa ra ước tính đúng về khả năng tiết kiệm năng lượng – trừ khi hệ thống không có cột áp tĩnh.

79

Nhu cầu hệ thống

(Một vài hệ thống yêu cầu ở thời gian khác nhau)

Ví dụ :

- **Tải theo mùa** (*nước làm lạnh, nước tháp giải nhiệt đi kèm, v.v.*)
- **Quy trình công nghiệp với đầu ra thay đổi**
- **Nước sinh hoạt và nước thải, với sự thay đổi lớn theo ngày**

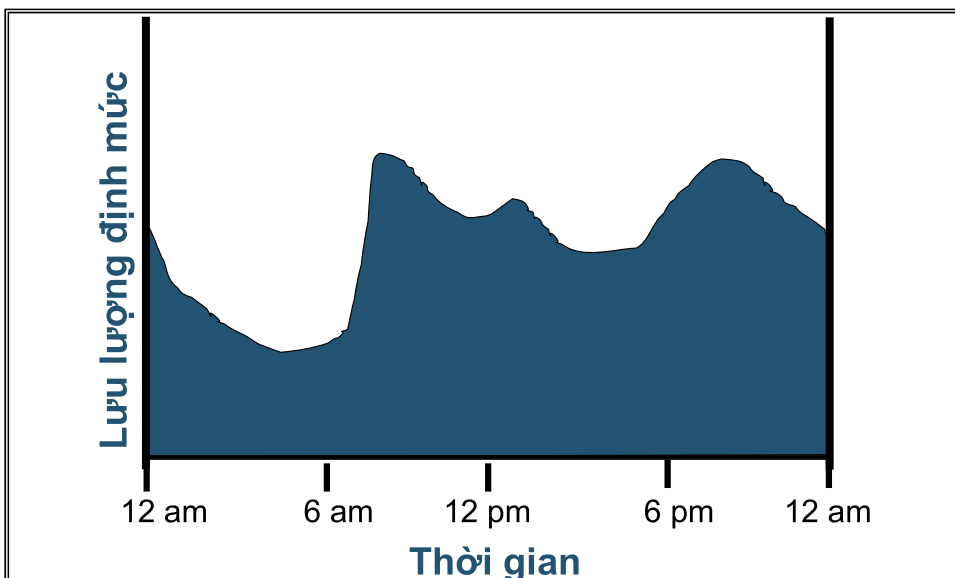
80

Các thông số thiết kế so với điều kiện vận hành thực tế

- Máy bơm ly tâm và quạt thường được thiết kế để đáp ứng lưu lượng/khối lượng cực đại, vốn chỉ xảy ra trong thời gian ngắn.
- Do đó, chúng thường xuyên vận hành ở lưu lượng/khối lượng giảm, thường bằng cách bị tiết lưu.

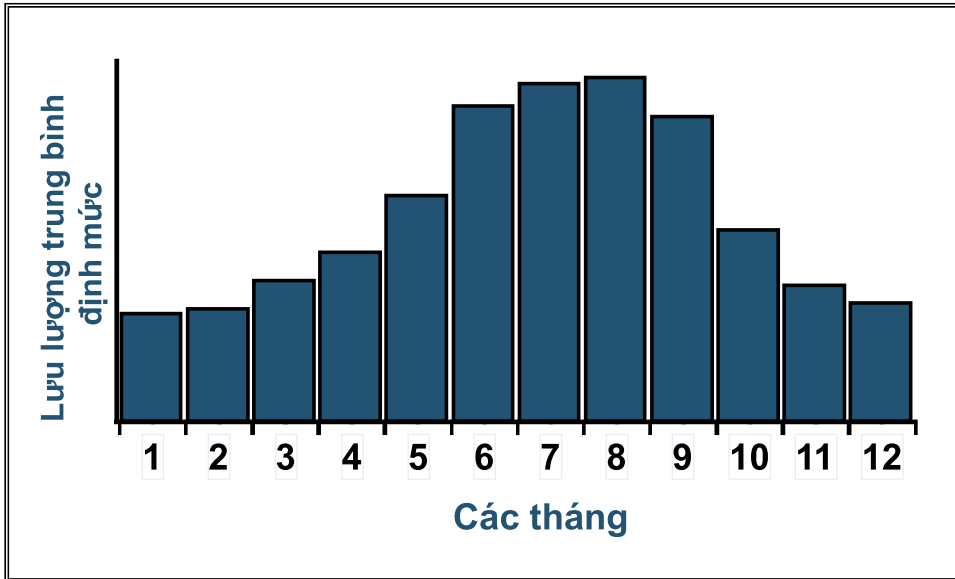
81

Ví dụ về dao động lưu lượng theo ngày



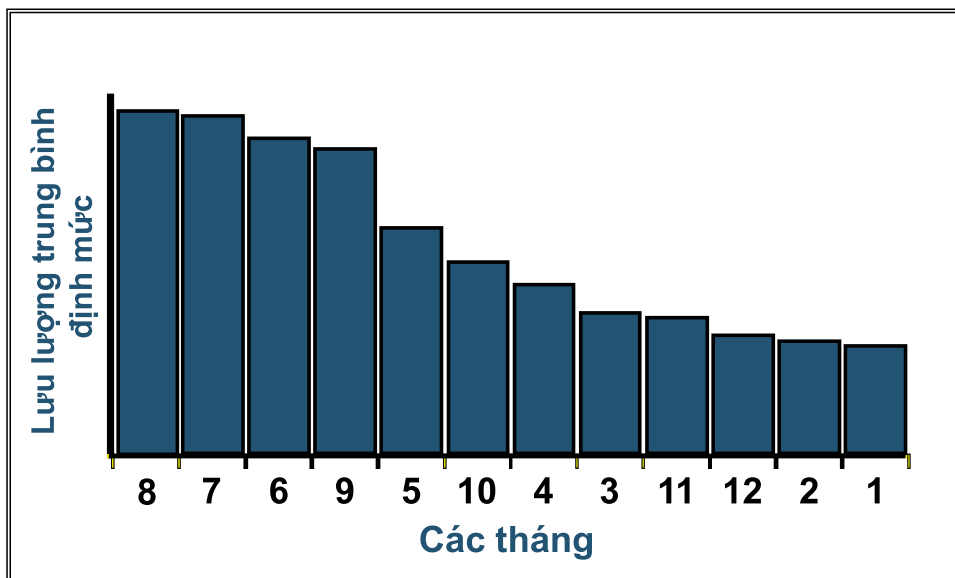
82

Ví dụ về dao động lưu lượng hàng năm



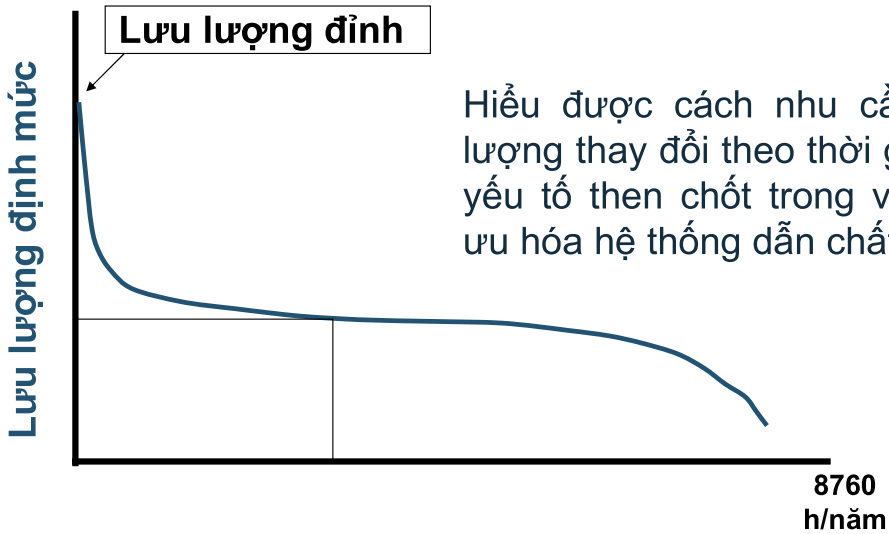
83

Chúng ta có thể sắp xếp các tháng theo lưu lượng:



84

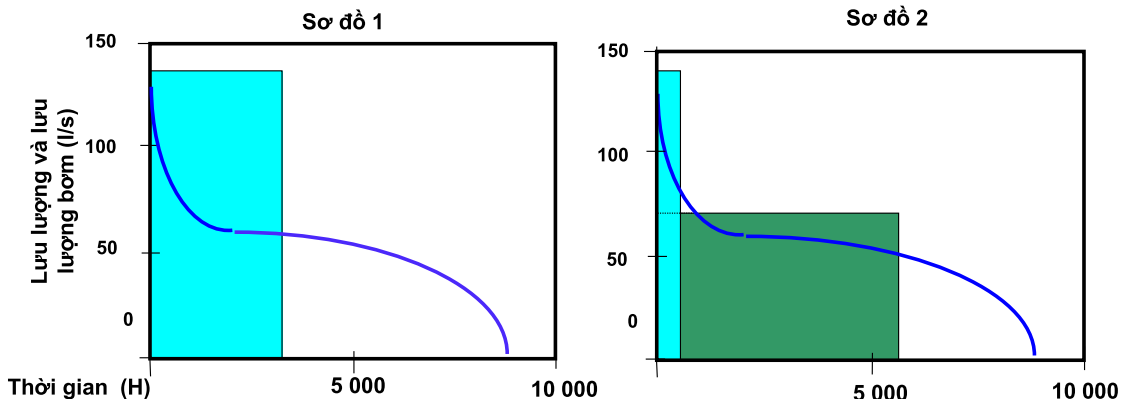
Bằng cách theo dõi lưu lượng theo thời gian, một đường cong phân bố lưu lượng sẽ được xây dựng



85

Sử dụng bơm nhỏ hơn cho lưu lượng nhỏ hơn

- Sơ đồ 1 thể hiện một máy bơm hoạt động 2.500 giờ mỗi năm với lưu lượng 130 lít/giây – tổng lưu lượng được biểu diễn bằng diện tích dưới đường cong.
- Sơ đồ 2 thể hiện cùng một tổng lưu lượng nhưng được bơm bởi hai máy bơm. Máy bơm 130 lít/giây chỉ hoạt động 200 giờ mỗi năm, còn một máy bơm nhỏ hơn có lưu lượng 70 lít/giây hoạt động 5.000 giờ.



86

Phương pháp điều khiển

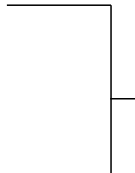
87

Điều khiển lưu lượng trong hệ thống bơm

Có nhiều loại quy trình và phương thức điều khiển khác nhau

Loại quy trình :

- Liên tục
- Gián tiếp
- Kết hợp



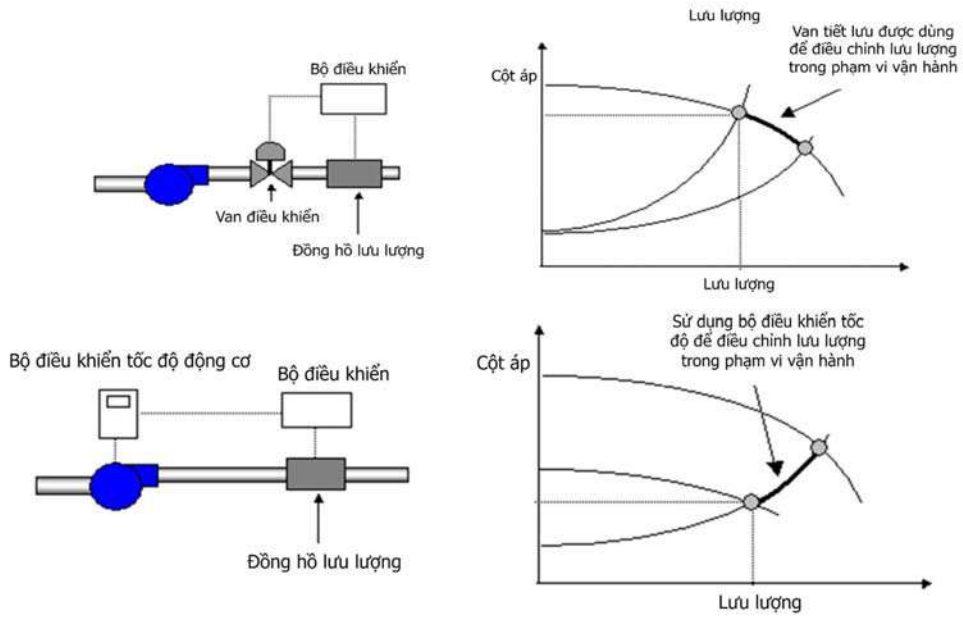
Có thể là lưu lượng ổn định hoặc biến đổi.

Chiến lược điều khiển :

- Bật/tắt
- Van tiết lưu
- Van by-pass
- Bộ điều khiển tốc độ
- Kết hợp

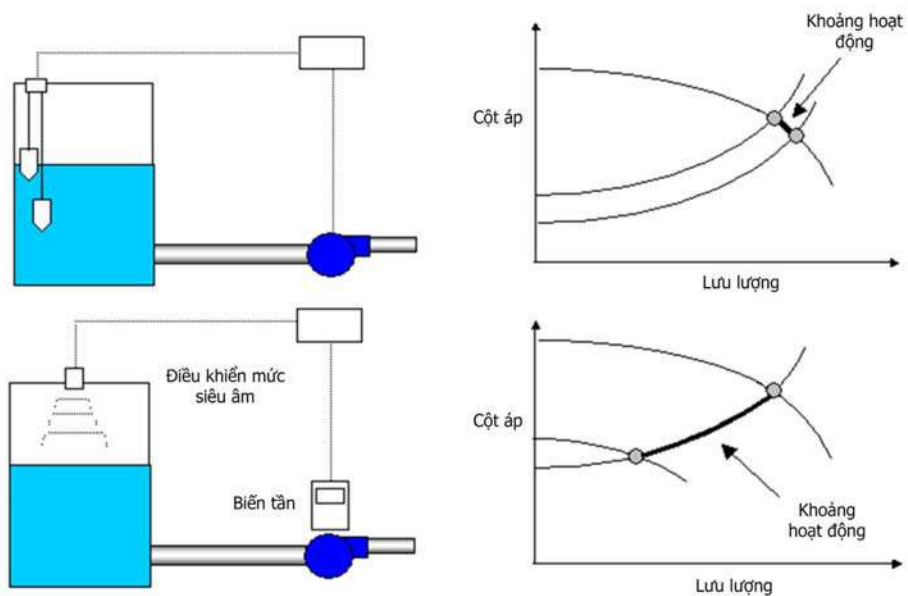
88

Phương pháp điều khiển lưu lượng



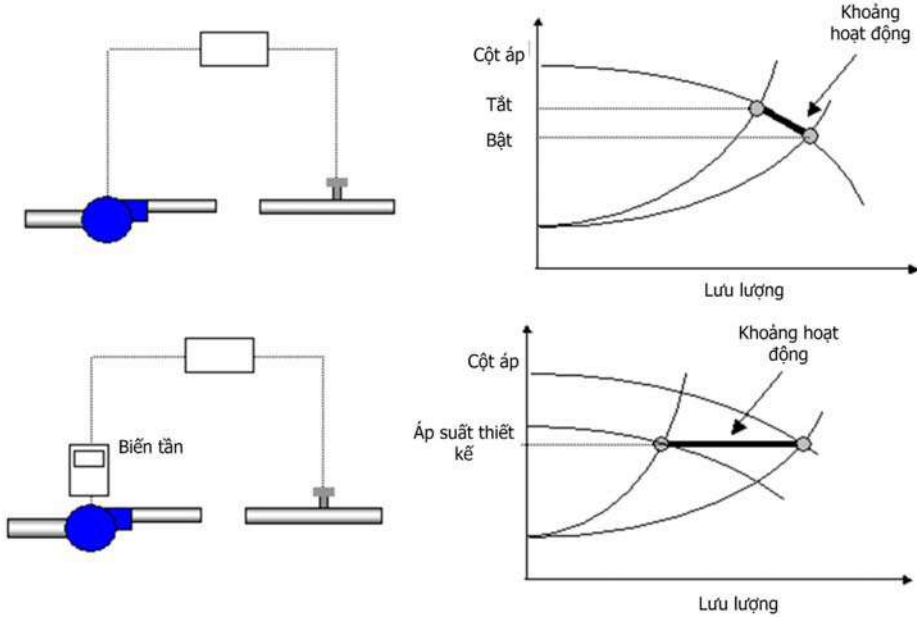
89

Phương pháp điều khiển theo mức



90

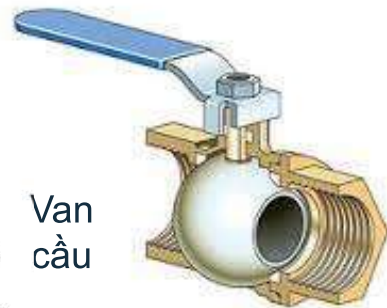
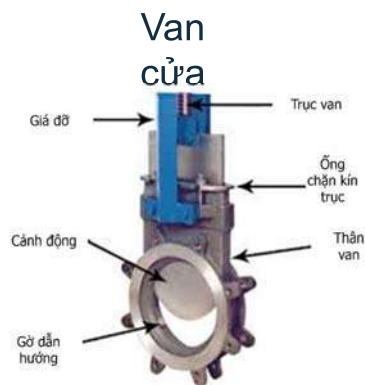
Phương pháp điều khiển theo áp suất



91



Van cánh bướm



Van cầu

Van tổng



92

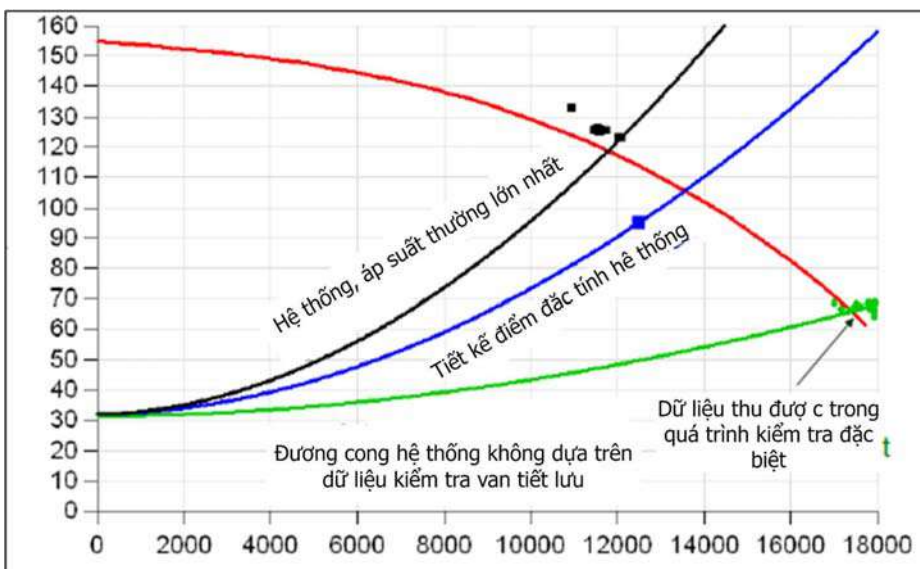
Điều khiển lưu lượng hệ thống bơm

✓ Chúng ta sẽ xem xét hai phương án để điều khiển lưu lượng trong hệ thống bơm:

- Thay đổi đường cong hệ thống (thường thực hiện bằng cách tiết lưu van);
- Thay đổi đường cong bơm thông qua:
 - Thay đổi tốc độ bơm (bằng cách sử dụng biến tần – VSD hoặc thay đổi động cơ)
 - Cắt gọt cánh bơm (impeller)
 - Giảm kích thước bơm hoặc động cơ (downsizing)

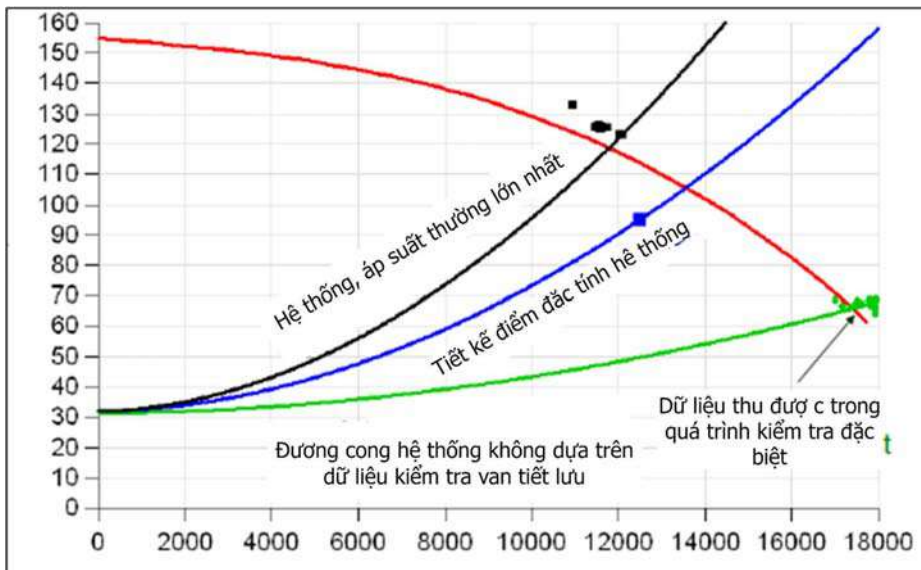
93

Đo dữ liệu tại 2 điểm làm việc,
Lưu lượng tối đa trong hệ thống không tiết lưu



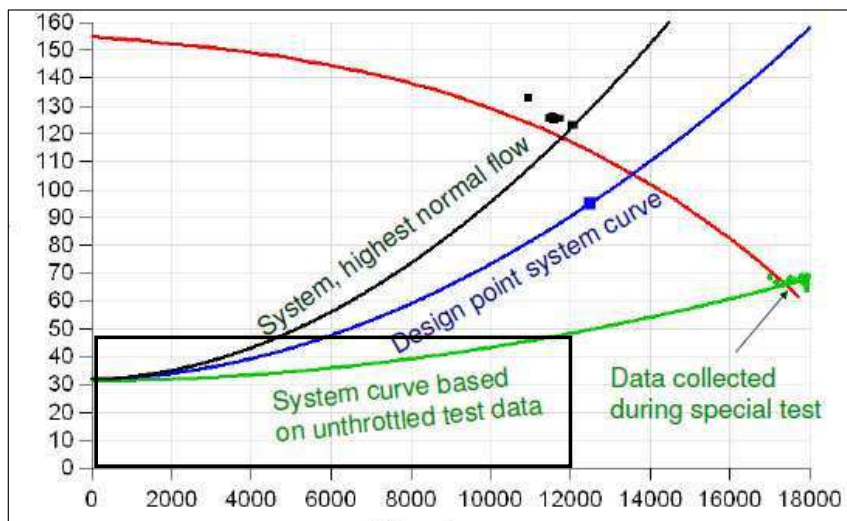
94

Bình phương (lưu lượng hoặc tốc độ) tỷ lệ với công suất chất lỏng được truyền trong quá trình vận hành bình thường.



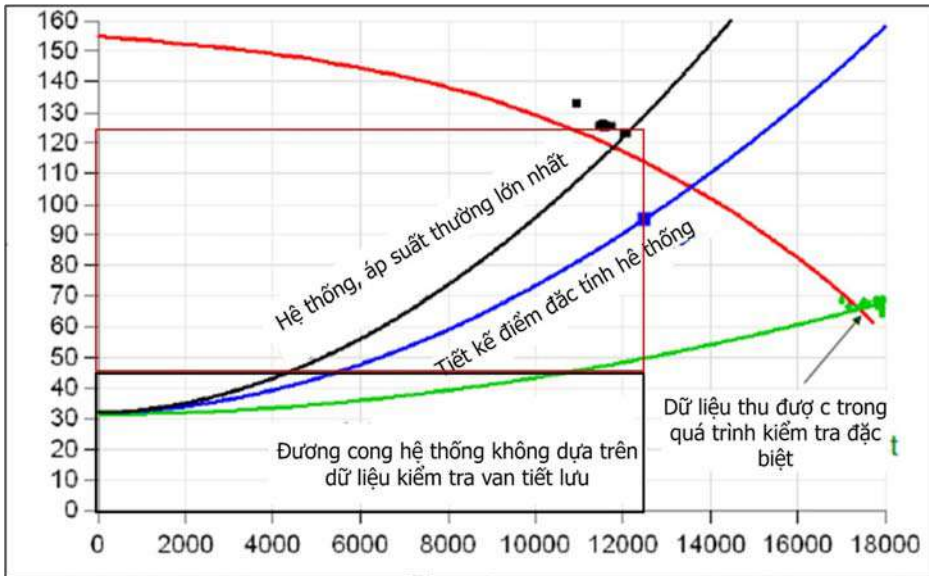
95

Công suất chất lỏng cần thiết để duy trì cùng một lưu lượng khi van được mở hoàn toàn



96

Công suất chất lỏng được cung cấp bằng 270% so với mức cần thiết!



97

Kết quả kiểm tra

- Máy bơm đang cung cấp lượng công suất chất lỏng lớn gấp 2,7 lần so với nhu cầu thực tế."
- Sự chênh lệch về công suất chất lỏng cung cấp quá lớn đến mức làm "lu mờ" bất kỳ lợi ích nào có thể đạt được từ việc thay đổi hiệu suất bơm.
- Vì vậy, trong trường hợp này, việc xem xét lại toàn bộ hệ thống sẽ mang lại lợi ích lớn hơn nhiều so với chỉ tập trung vào từng thành phần riêng lẻ.

98

Và bạn nghĩ nó không xảy ra?



**Máy bơm trong nhà
máy giấy**

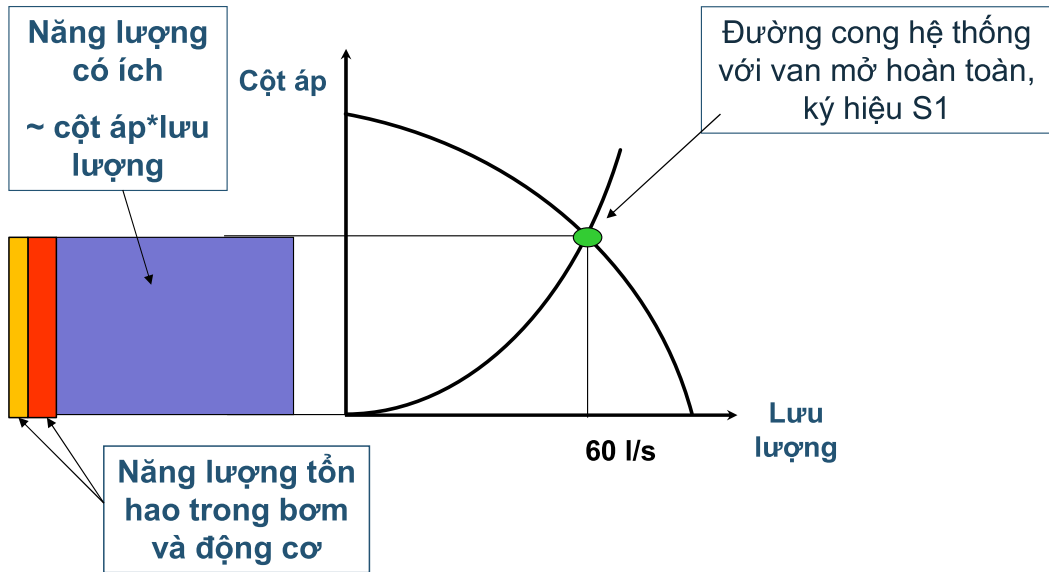


99

Điều khiển lưu lượng trong hệ thống bơm

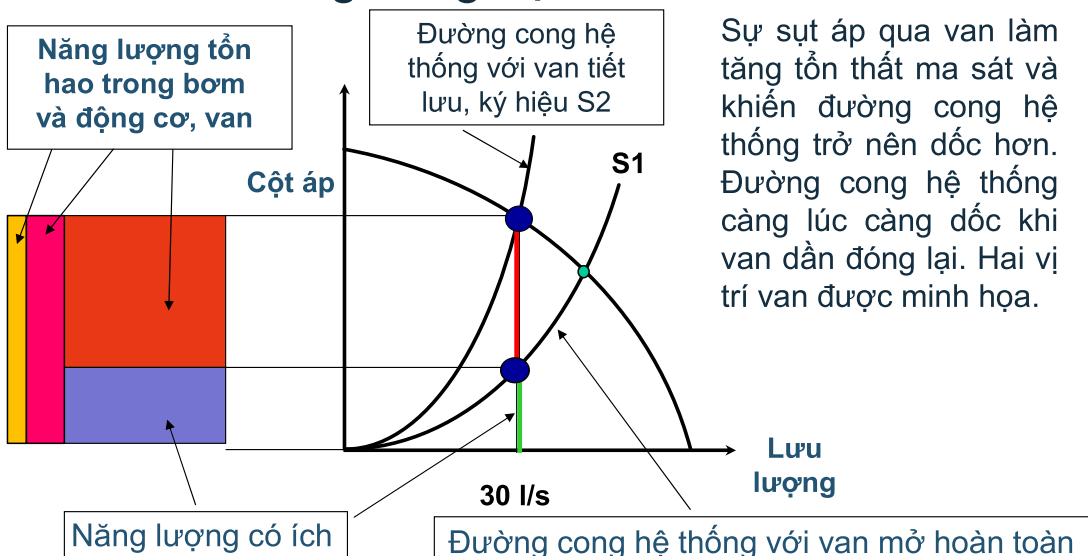
- ✓ **Chúng ta sẽ xem xét hai phương án để điều khiển lưu lượng trong hệ thống bơm:**
- **Thay đổi đường cong hệ thống** (*thường thực hiện bằng cách tiết lưu van*);
- **Thay đổi đường cong bơm** thông qua:
 - Thay đổi tốc độ bơm (*bằng cách sử dụng biến tần – VSD hoặc thay đổi động cơ*)
 - Cắt gọt cánh bơm (impeller)
 - Giảm kích thước bơm hoặc động cơ (*downsizing*)

Biểu diễn năng lượng của hệ thống bơm



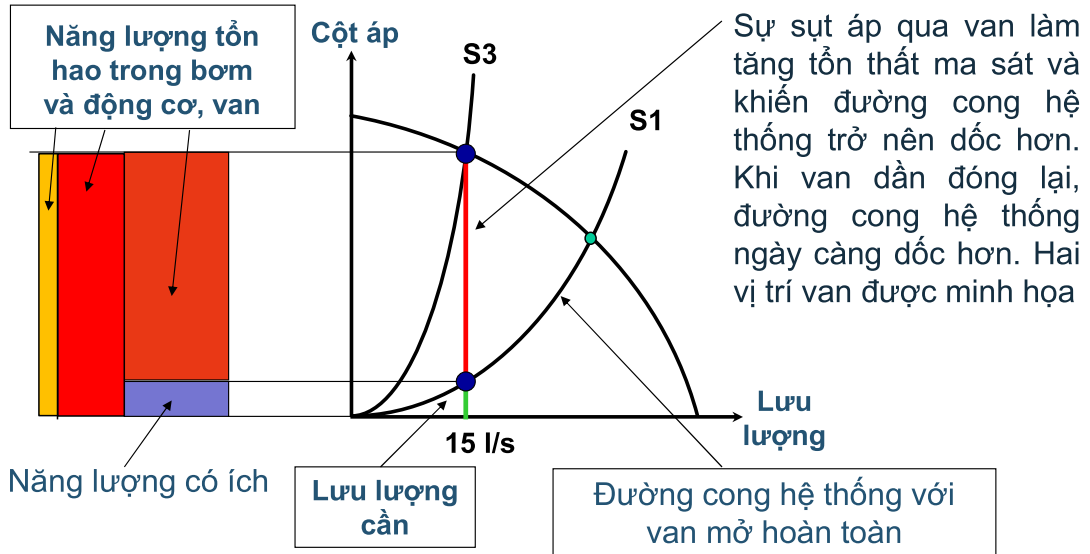
101

Tiết lưu: Điểm làm việc di chuyển về bên trái trên đường cong đặc tính của bơm



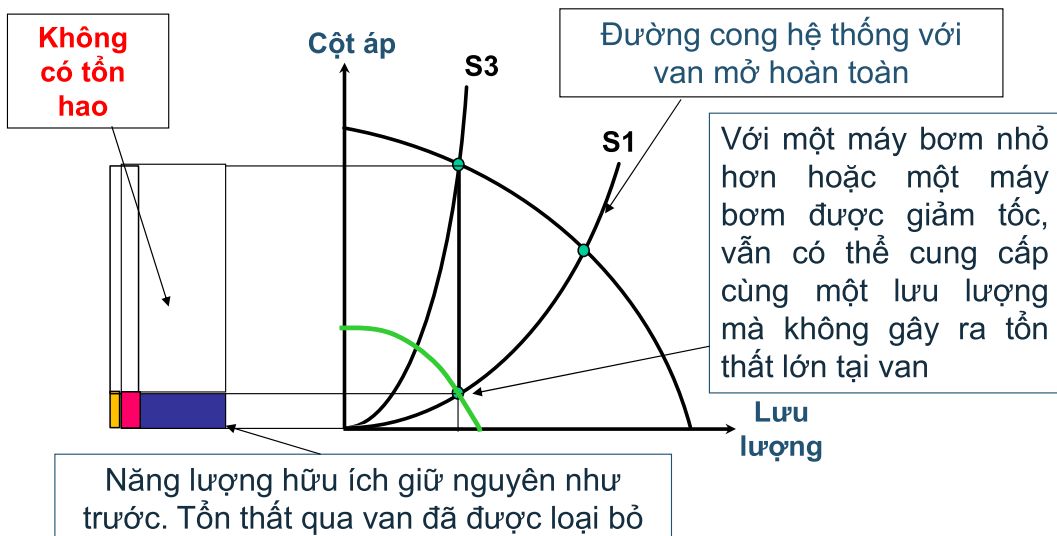
102

Tiết lưu: Điểm làm việc di chuyển về bên trái trên đường cong đặc tính của bơm



103

VSD tiết kiệm năng lượng như thế nào Đặc tính bơm thay đổi, đặc tính hệ thống không đổi



104

Vì sao điểm làm việc lệch khỏi điều kiện tối ưu

- Dữ liệu và giả định hệ thống không chính xác
- Hệ số an toàn được thêm vào
- Các thành phần hệ thống mới
- Tải vận hành tăng
- Thay đổi cột áp hút
- Điều kiện quá trình biến động
- Hao mòn hệ thống và máy bơm
- Điều khiển lưu lượng.

105

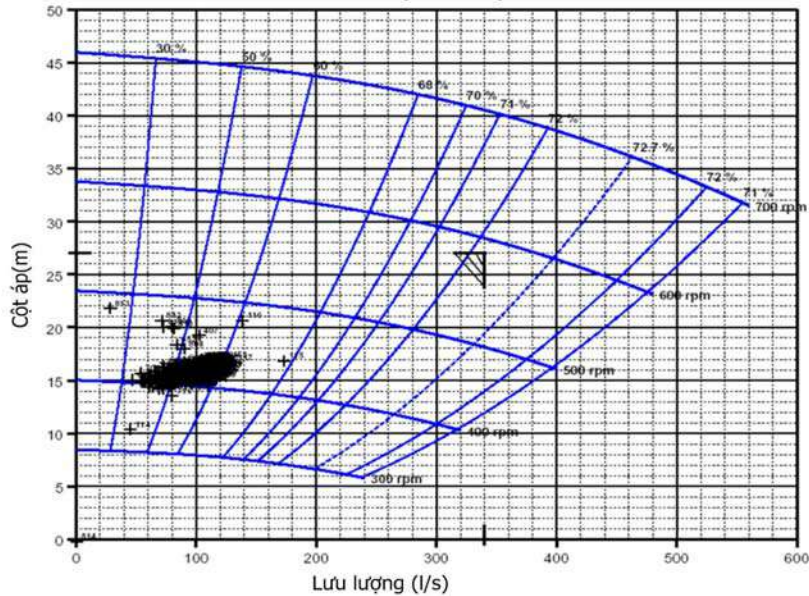
Giả định và hệ số an toàn

❑ Nghiên cứu tình huống – Máy bơm dây truyền nghiền quá khổ

- Sản lượng: từ 120.000 tấn mỗi tháng lên 240.000 tấn mỗi tháng
- Lưu lượng: từ 140 lít/giây lên 280 lít/giây cộng thêm hệ số an toàn
- Cột áp (ở lưu lượng trên): 24 mét cộng thêm hệ số an toàn
- Công suất tiêu thụ: từ 180 kW lên 281 kW
- Áp dụng 2 hệ số an toàn, mỗi cái 25%
- Cỡ động cơ: 315 kW

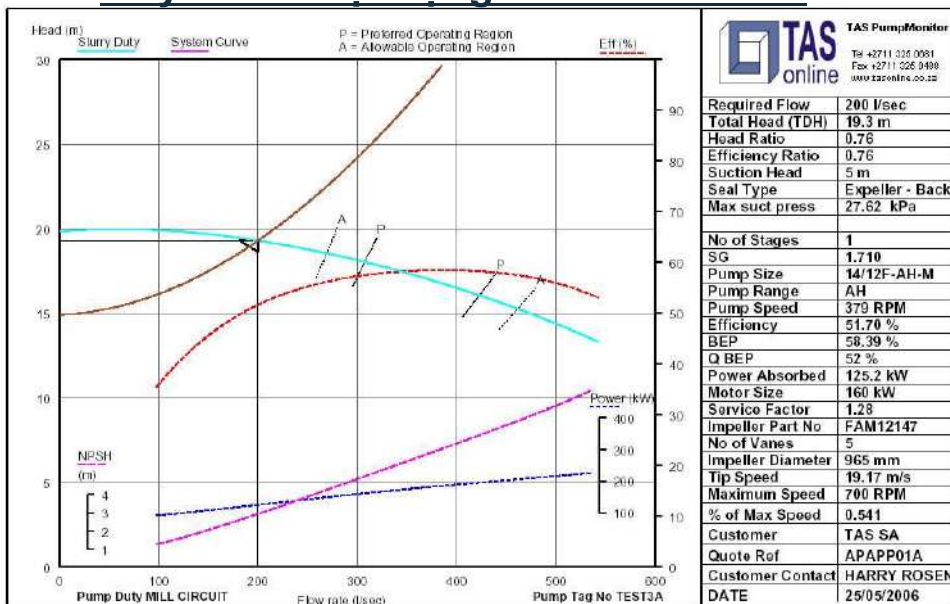
106

Máy bơm hoạt động xa bên trái điểm hiệu suất tối ưu (BEP)



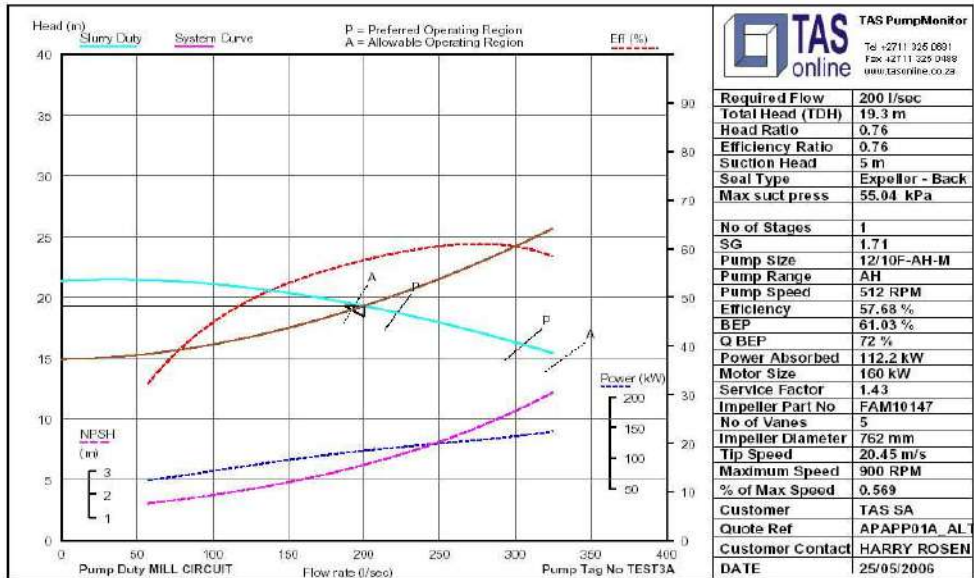
107

Máy bơm hoạt động xa bên trái BEP



108

Lựa chọn máy bơm thay thế – So sánh nhiệm vụ (đặc tính làm việc) giữa bơm 14/12 và 12/10



109

Thay thế bơm nhỏ hơn

✓ Tiết kiệm dự kiến:

- Tiết kiệm nhiệm vụ vận hành: 35%, 40 kW
- Mức độ sử dụng: 85%, tương ứng 6.970 giờ/năm
- Tổng điện năng tiết kiệm: 278.800 kWh

✓ Lợi ích về quy trình:

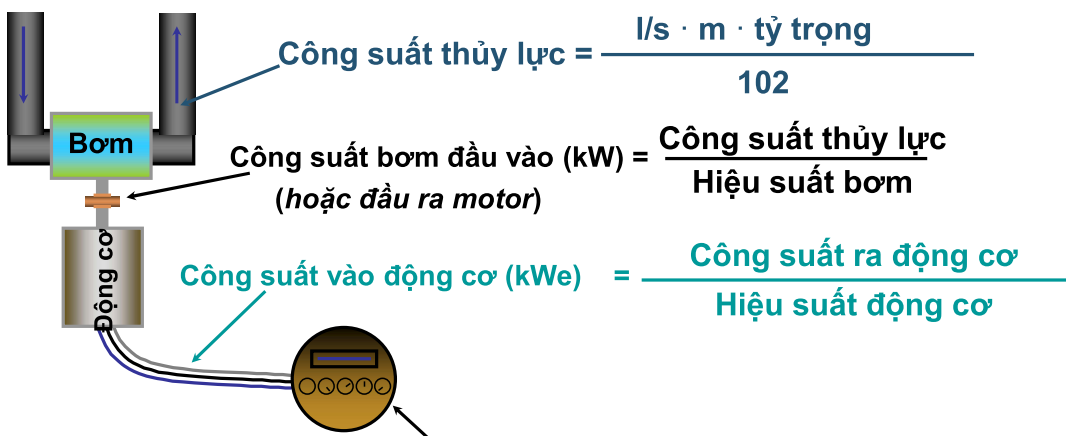
- Khả năng kiểm soát tốt hơn
- Cải thiện độ ổn định của nhà máy và nâng cao hiệu suất tổng thể của hệ thống
- Tỷ lệ cột áp khi bơm hoạt động quá xa bên trái BEP gây mất ổn định trong hệ thống

110

Hệ thống bơm sử dụng năng lượng

111

Từ công suất thủy lực (của nước hoặc chất lỏng),
đến công suất (kW) cấp bởi tủ điều khiển trung tâm (MCC)



Và cuối cùng, chi phí vận hành động cơ =
Công suất đầu vào của động cơ × số giờ vận hành × đơn giá điện

112

Mở rộng phương trình

$$kW = \frac{\text{Lưu lượng (l/s)} \times \text{tổng cột áp(m)} \times \text{tỷ trọng tương đối}}{102 \times \eta_p \times \eta_m \times \eta_{vfd}}$$

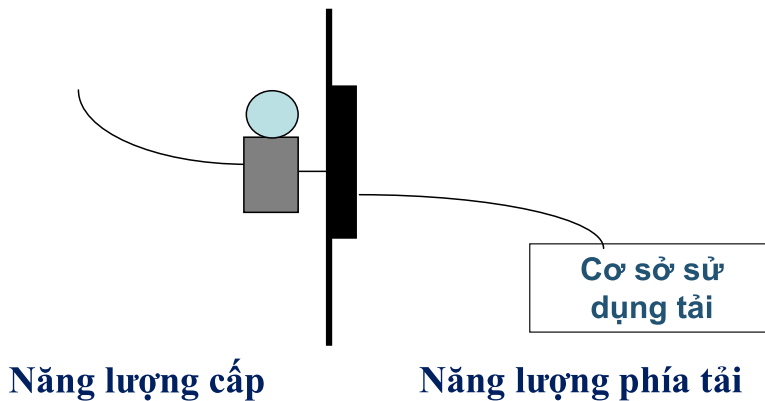
Lưu lượng }
Tổng cột áp } Cơ hội tối ưu ở cấp độ hệ thống

η_p = hiệu suất bơm
 η_m = hiệu suất động cơ
 η_{vfd} = hiệu suất biến tần } Cơ hội tối ưu ở cấp độ thành phần

$$kWh = kW \times \text{Hours}$$

113

Xem xét cả hai phía của đồng hồ đo điện (công tơ)



114

Phía nhà cung cấp điện: Điện năng được tính tiền như thế nào

Hai thành phần chính tạo nên phần lớn chi phí điện năng cho một cơ sở thương mại là:

- **Tiêu thụ điện (kWh):** Dựa trên lượng điện tiêu thụ tính theo kilowatt-giờ, phản ánh mức năng lượng sử dụng theo thời gian.
- **Công suất đỉnh (kVA):** Dựa trên mức trung bình cao nhất của công suất (kilowatt) mà cơ sở đạt được trong khoảng thời gian 15 hoặc 30 phút trong suốt kỳ thanh toán hàng tháng.

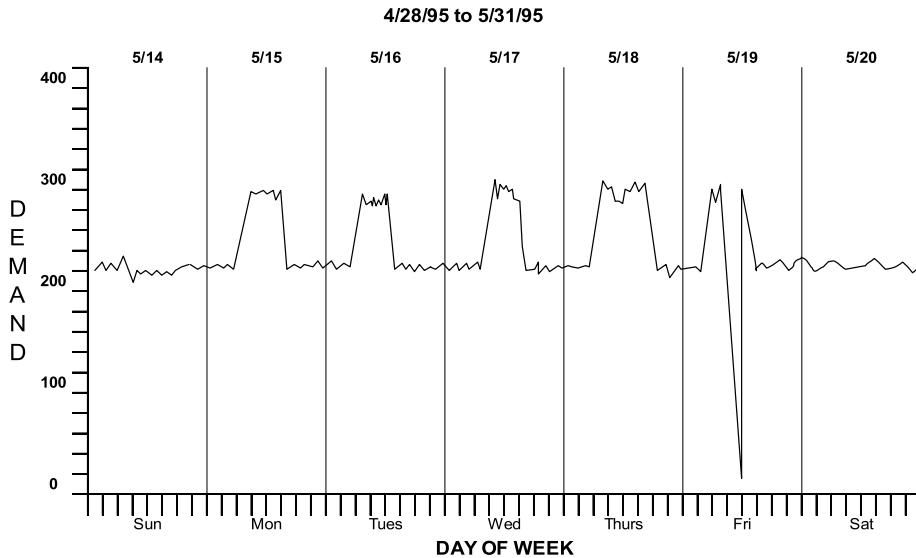
115

Phí theo yêu cầu (cực đại công suất) là gì?

- Phí công suất cực đại (demand charges) liên quan đến chi phí của nhà cung cấp điện trong việc duy trì công suất sẵn sàng để phục vụ khách hàng. Khoản phí này thường được sử dụng để thu hồi vốn đầu tư cơ sở hạ tầng mà nhà cung cấp đã bỏ ra, dựa trên những thời điểm đỉnh tải của hệ thống.
- Phí thường được đo lường trong các khoảng thời gian 15 hoặc 30 phút. Một mức cao có thể bị ghi nhận và áp dụng kéo dài đến 11 tháng tiếp theo.

116

Hồ sơ công suất tiêu thụ mẫu của cơ sở

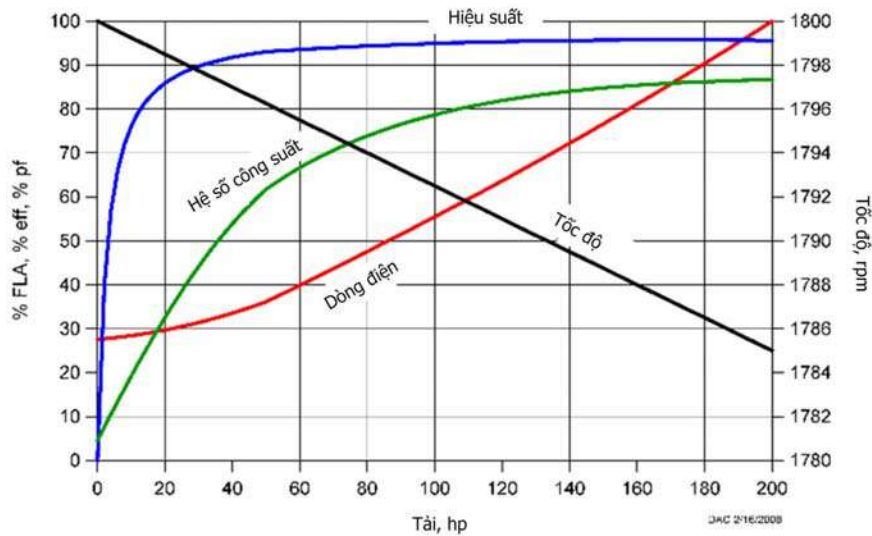


117

**Những yếu tố cần xem xét
khi lựa chọn và vận hành
động cơ điện**

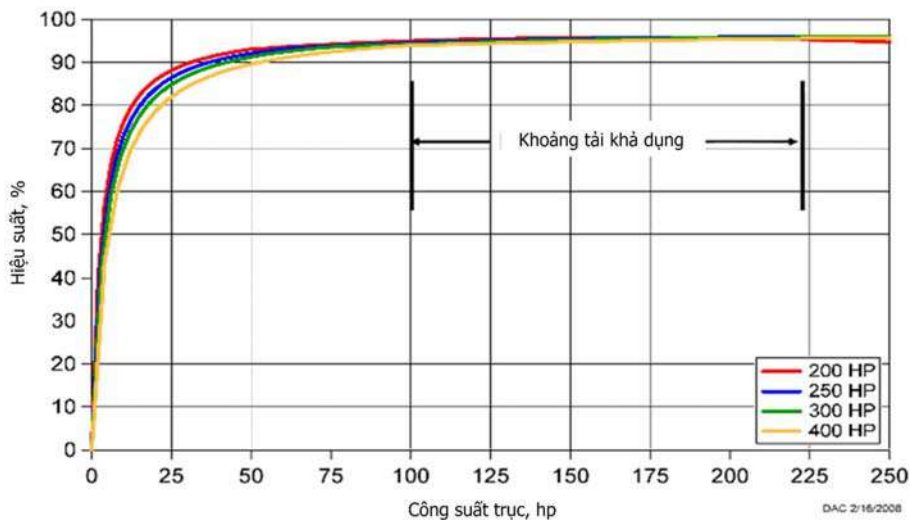
118

Đặc tính điện hình động cơ hiệu suất cao (150 kW, 4-Pole)



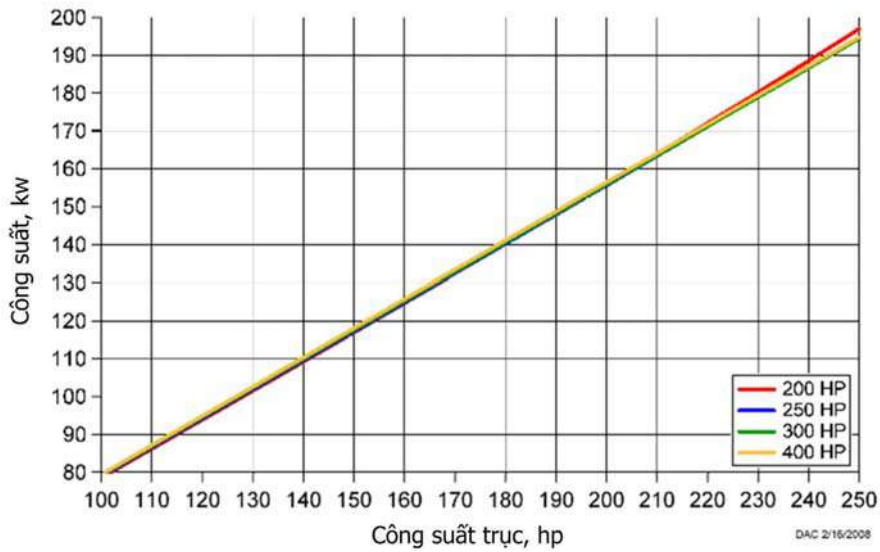
119

Tác động của động cơ quá cỡ (gần như không đáng kể)



120

Sự khác biệt về tiêu thụ điện năng của các động cơ quá cỡ là không đáng kể



KHÓA ĐÀO TẠO TỐI ƯU HỆ THỐNG BƠM CHO DOANH NGHIỆP CÔNG NGHIỆP

Ngày 2

Được hướng dẫn bởi: Harry Rosen

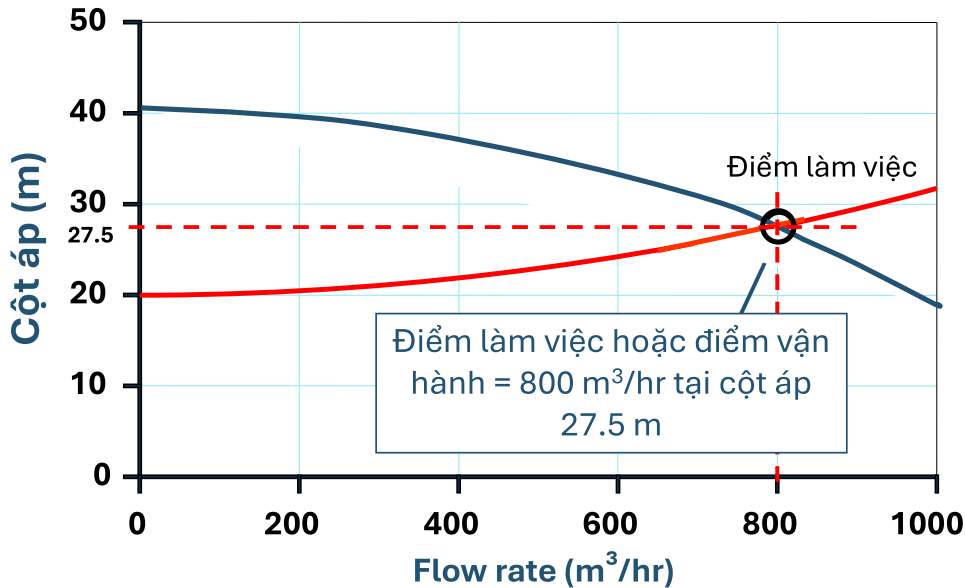
1

Điểm làm việc của Bơm

Bơm sẽ **luôn luôn** hoạt động tại điểm giao nhau giữa **đường đặc tính hệ thống và đường đặc tính bơm**, vì tại điểm này có sự cân bằng giữa nhu cầu của hệ thống và khả năng cung cấp của bơm.

2

Điểm giao nhau giữa đường đặc tính bơm và đường đặc tính hệ thống xác định điểm vận hành



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

3

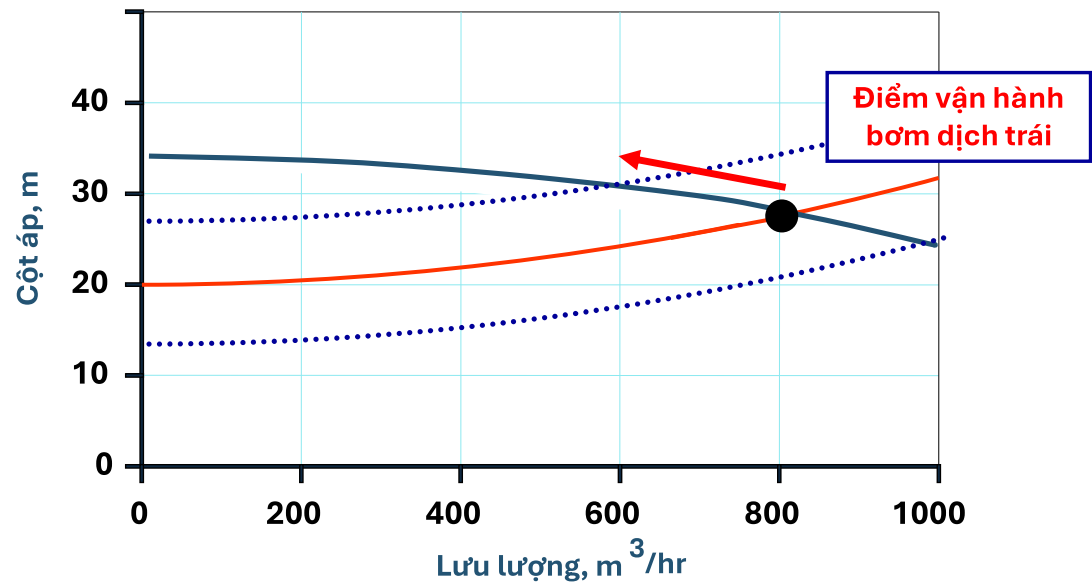
Tại sao điểm vận hành lệch khỏi mức tối ưu

- Dữ liệu và giả định hệ thống không chính xác
- Các hệ số an toàn được thêm vào
- Các thành phần hệ thống mới
- Tải (nhu cầu) tăng
- Thay đổi cột áp hút
- Điều kiện làm việc động
- Hao mòn hệ thống và Bơm
- Điều khiển lưu lượng

4

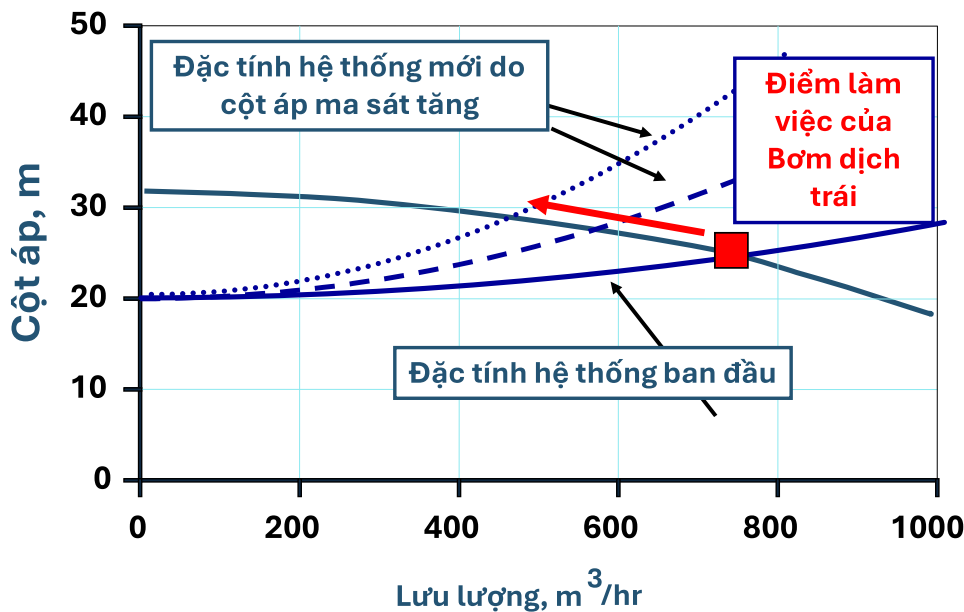
Thay đổi cột áp tĩnh

Thay đổi cột áp tĩnh ảnh hưởng **lớn** đến điểm vận hành bơm



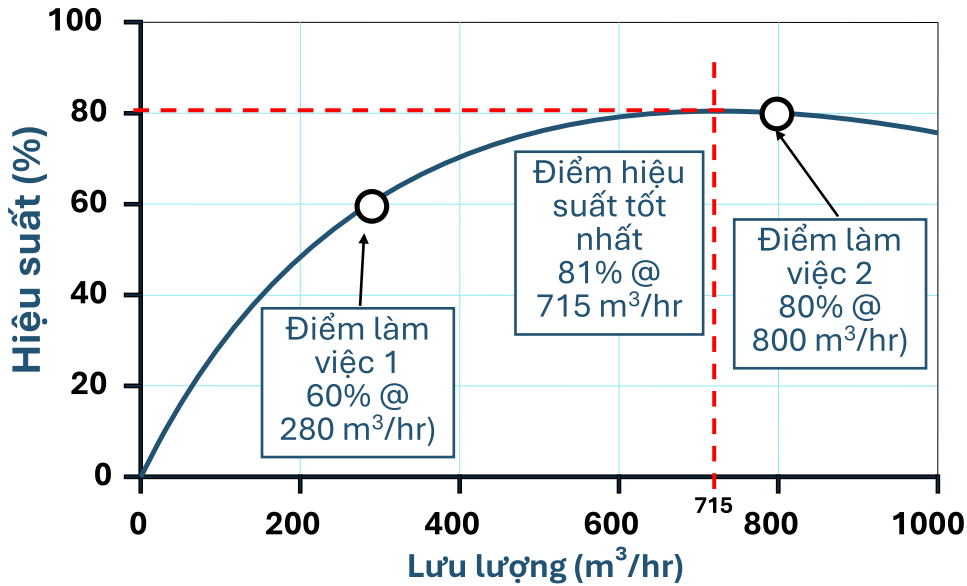
5

Cột áp ma sát động



6

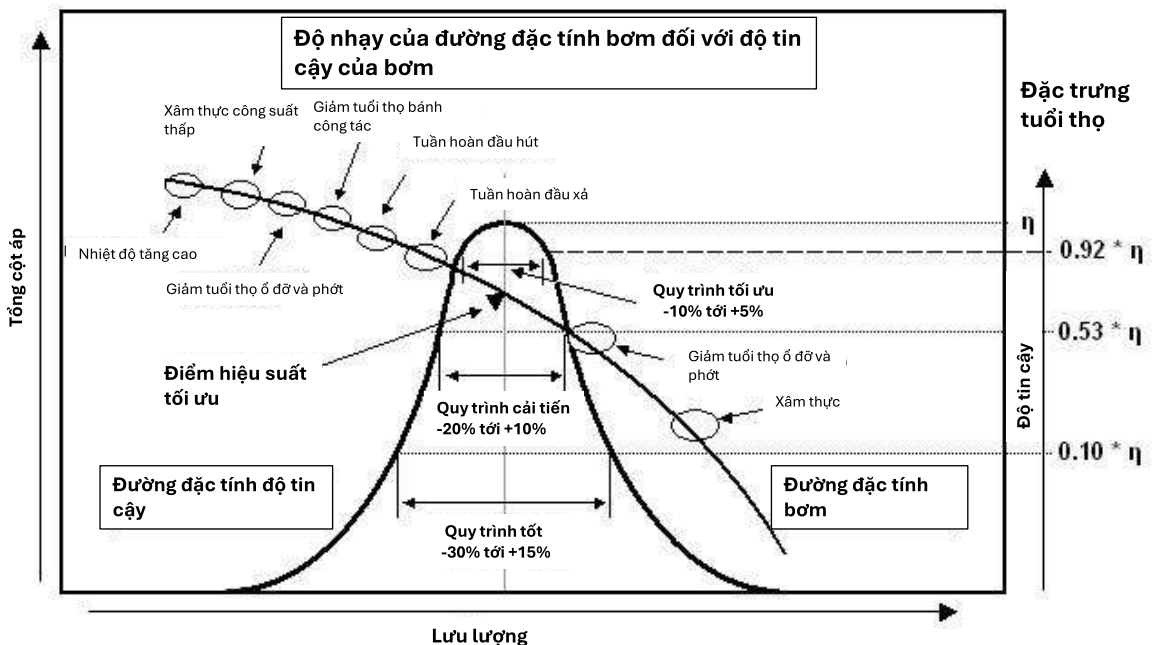
Hiệu suất Bơm phụ thuộc vào điểm làm việc



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

7

Độ tin cậy của bơm phụ thuộc vào điểm làm việc



Hình được cung cấp bởi P. Barringer

8

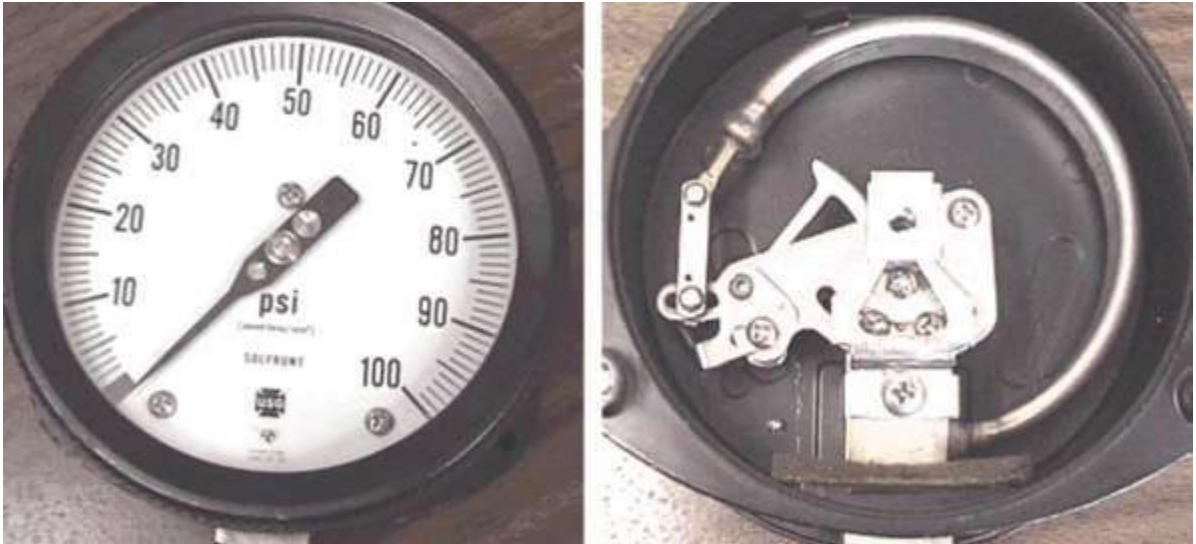
Điểm làm việc của bơm ở đâu?

Đo đặc dữ liệu thử nghiệm bơm tại hiện trường

9

Đo áp suất và cột áp

Ống Bourdon dạng chữ C hiện là loại đồng hồ đo áp suất công nghiệp phổ biến nhất



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

11

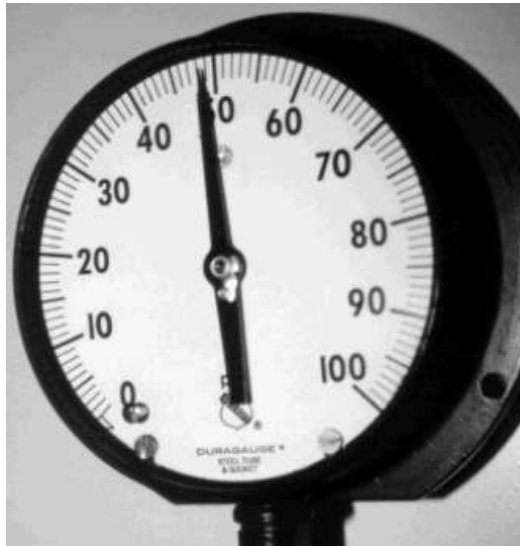
Các yếu tố thực tiễn cần xem xét

- Môi trường và lịch sử vận hành
 - Hiện tượng búa nước
 - Hiệu chuẩn định kỳ
- Dải đo thiết bị
 - Độ chính xác
 - Khả năng chịu quá áp
- Vị trí lắp đặt, thiết lập
 - Điểm kết nối quy trình
 - Tính toán chênh lệch độ cao điểm đo
 - Làm đầy & xả khí đường ống dẫn

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

12

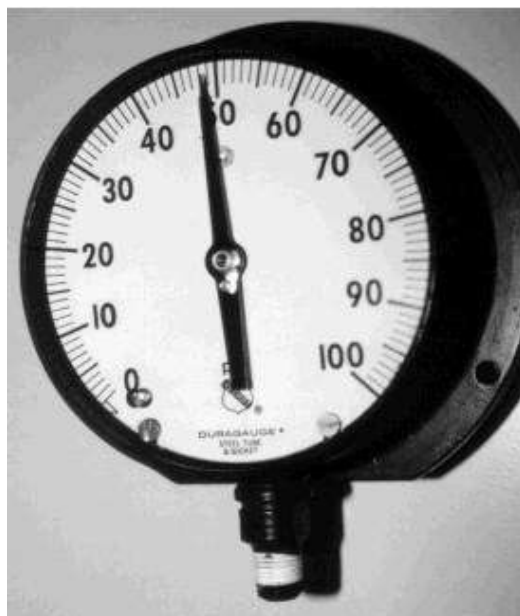
Các bạn nghĩ áp suất hệ thống là bao nhiêu? (Lưu ý góc chụp của bức ảnh)



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

13

Một bức tranh lớn hơn một chút có thay đổi suy nghĩ của các bạn không?



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

14

Việc sử dụng thiết bị đo cầm tay tạm thời được khuyến nghị khi cần thu thập dữ liệu đo chính xác



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

15

Có nhiều loại đồng hồ đo lưu lượng khác nhau

- Đo bằng áp suất chênh lệch – Tiết lưu, ống Venturi, ống phun, ống co
- Đo vận tốc dòng chảy – Từ tính, siêu âm, tuabin, xoáy rối, diện tích thay đổi, ống pitot
- Đo dòng hở - Đập tràn
- Đo kiểu thể tích - Bánh răng, đĩa dao động
- Đo khối lượng trực tiếp – Coriolis, nhiệt

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

16

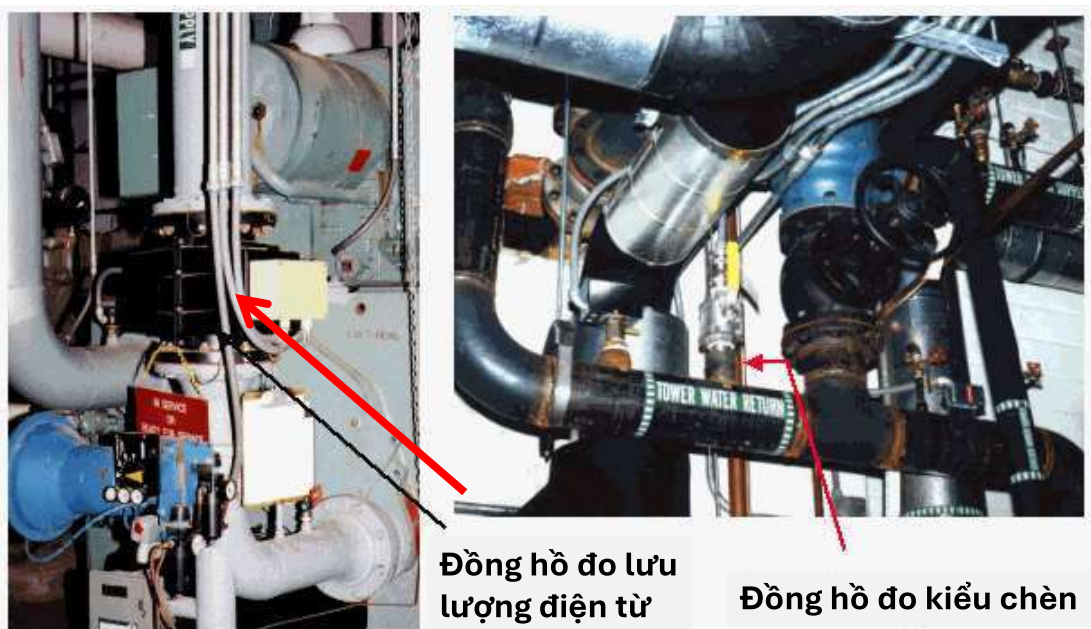
Một vài cân nhắc quan trọng khi chọn đồng hồ đo lưu lượng

- Dòng chảy chuẩn & lắp đặt đúng cách
- Chọn dải đo phù hợp
- Hiệu chuẩn định kỳ
- Hao mòn theo thời gian
- Ảnh hưởng của rỉ sét, cặn bám, dị vật
- Sự cố đường ống dẫn tín hiệu (tương tự đồng hồ áp suất)

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

17

Một số cấu hình lắp đặt hiện trường thường thấy...



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

18

Cấu hình lắp đặt tốt hơn



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

19

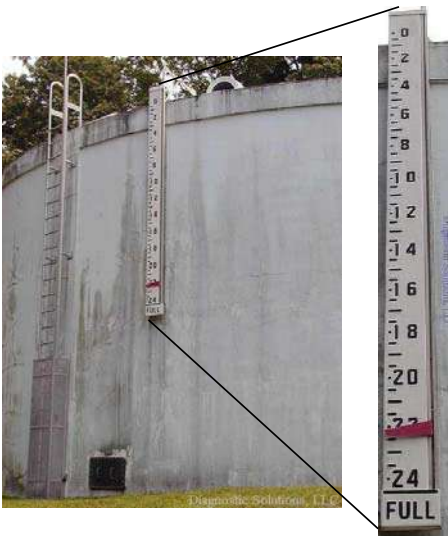
Đồng hồ đo lưu lượng siêu âm cầm tay



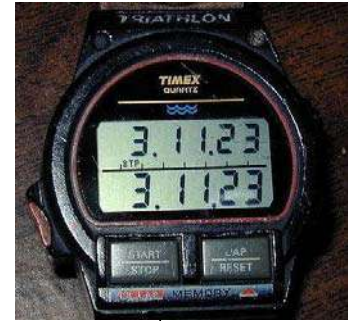
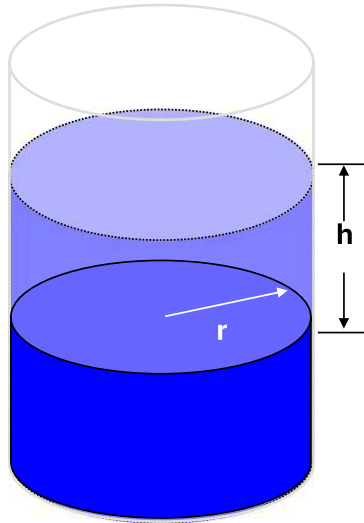
Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

20

Ví dụ thử nghiệm đặc biệt - xả hoặc bơm đầy bể chứa (cũng là một cách tiêu chuẩn để hiệu chỉnh đồng hồ đo lưu lượng)



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory



$$Q = \frac{\pi r^2 h}{t}$$

21

Đo lường điện: Thiết bị và lưu ý vận hành

22

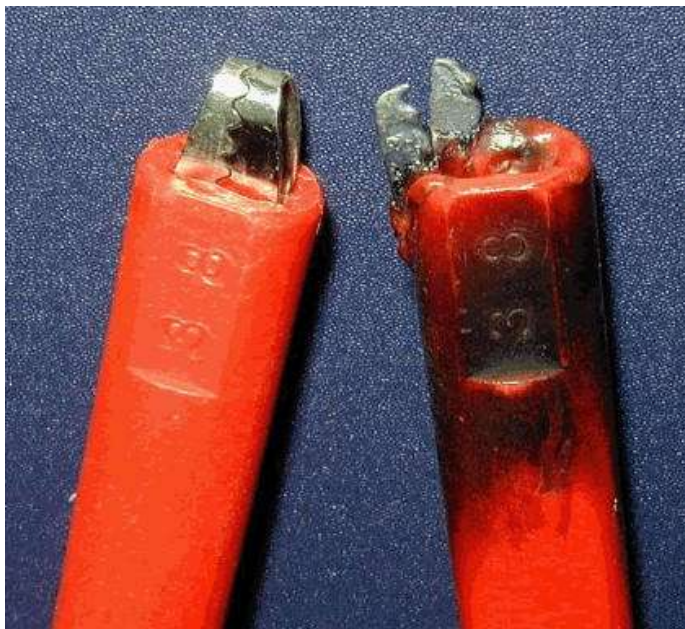
Lưu ý quan trọng nhất trong việc đo điện:



AN TOÀN

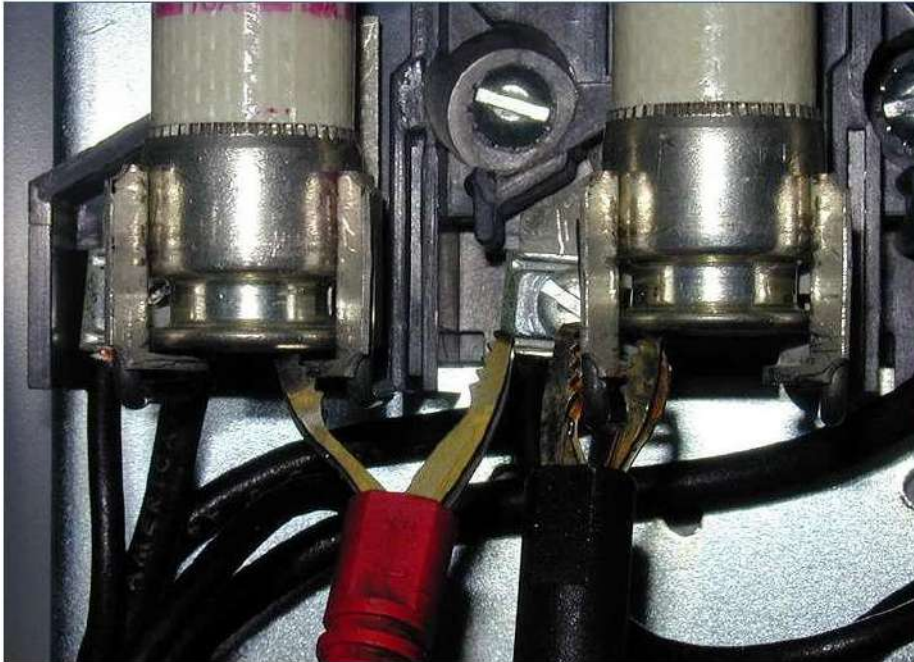
23

Hai chiếc kìm cá sấu này đã từng giống hệt nhau...



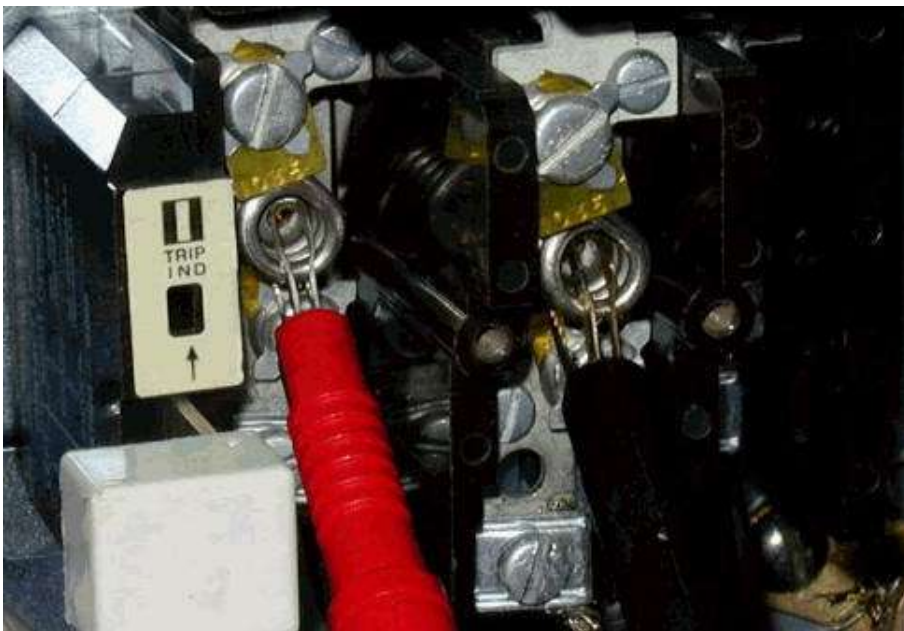
24

Chuyện đó đã xảy ra như thế nào?



25

Lựa chọn thay thế tốt hơn – cực khởi động



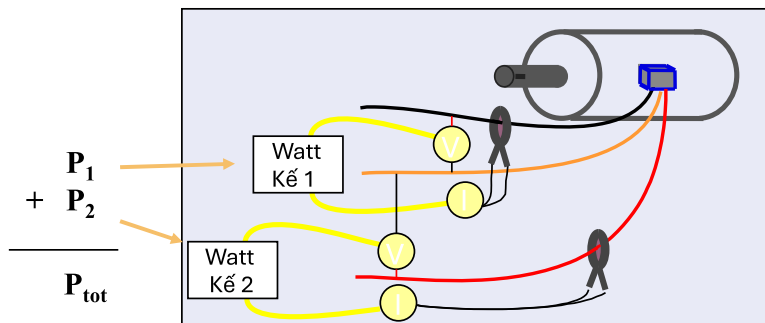
Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

26

Quan hệ cơ bản về công suất điện: Hệ thống điện ba pha

Công suất ba pha cân bằng $P = \sqrt{3} \cdot I_{rms} \cdot V_{rms} \cdot \text{Hệ số công suất}$

Đối với điều kiện cân bằng hoặc không cân bằng, có thể sử dụng phương pháp hai watt kế:

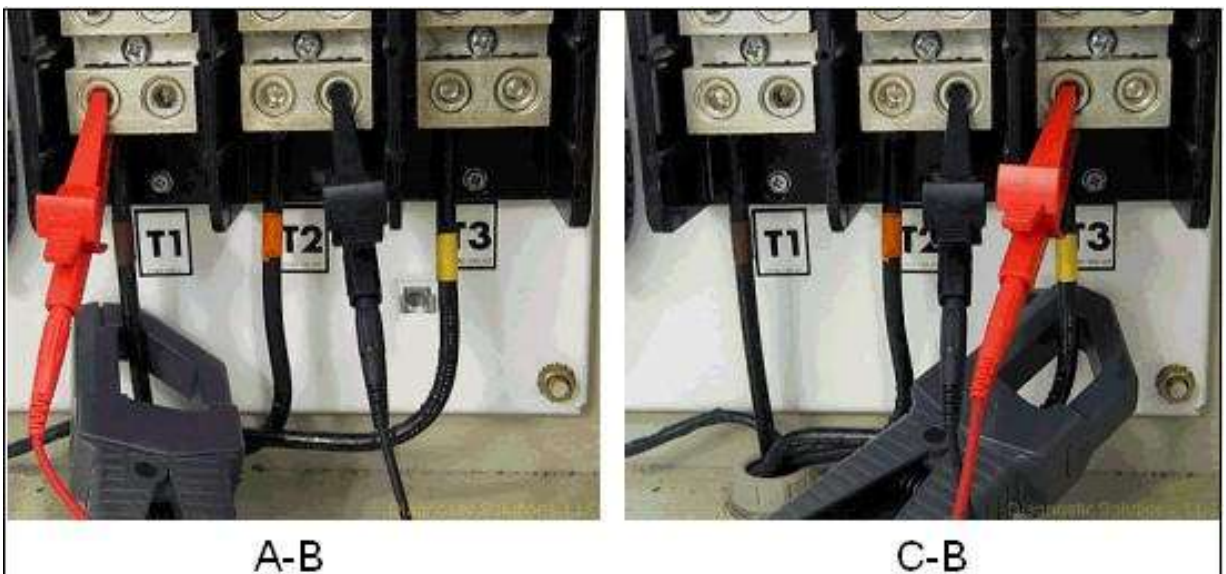


Lưu ý: Giá trị V_{rms} ở trên là điện áp hiệu dụng giữa hai dây pha

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

27

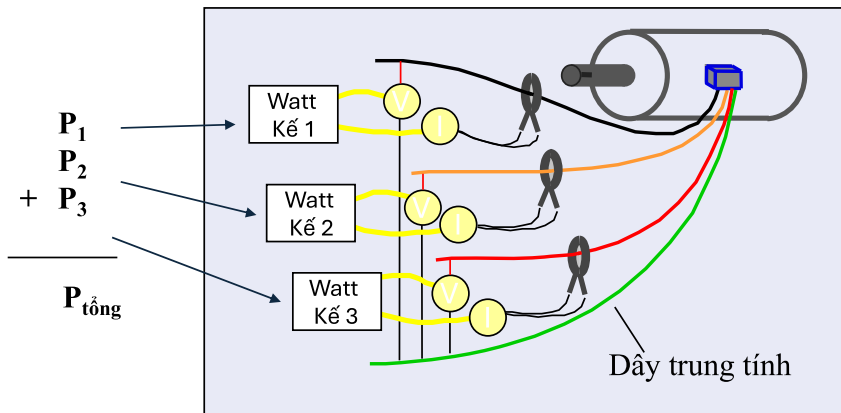
Phương pháp hai watt kế được áp dụng:



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

28

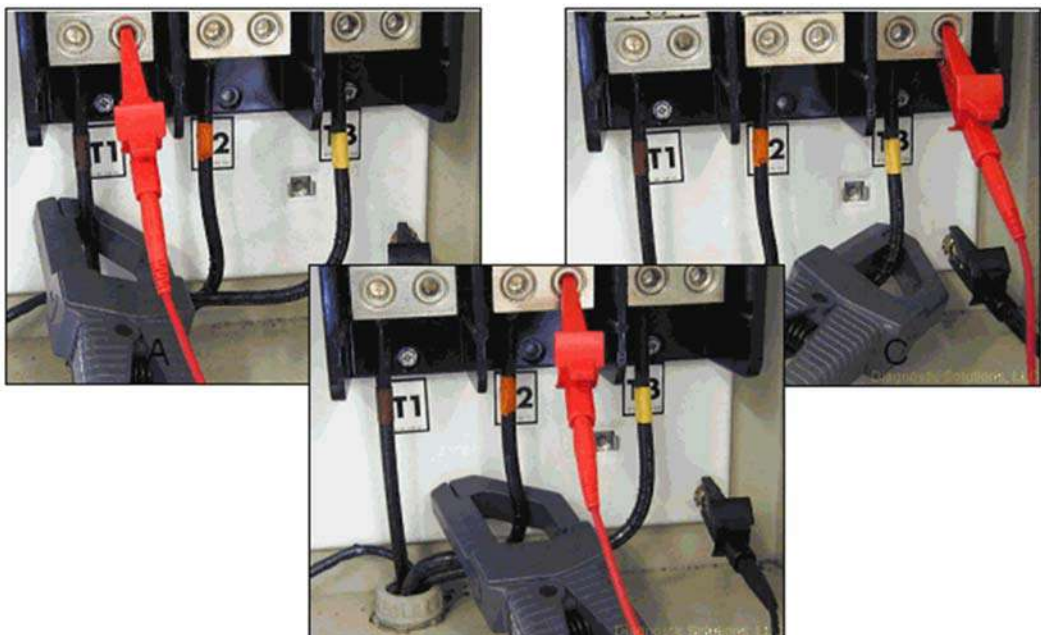
Một phương pháp thay thế để đo công suất trong mạch ba pha có dây trung tính



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

29

Phương pháp ba watt kế được áp dụng:



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

30

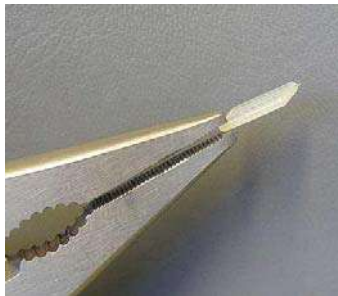
Lưu ý quan trọng khi đo dòng điện: Việc đóng khớp ngàm CT phải chính xác tuyệt đối



Ngàm đóng hoàn toàn- 114.2 Ampe



Một mảnh dây
rút điện dày
dưới 0.05 inch



Khe hở < 0.5 inch: 78.5 Ampe



Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

Lưu ý: Tỷ lệ chuyển đổi của CT là
1mV/1Ampe

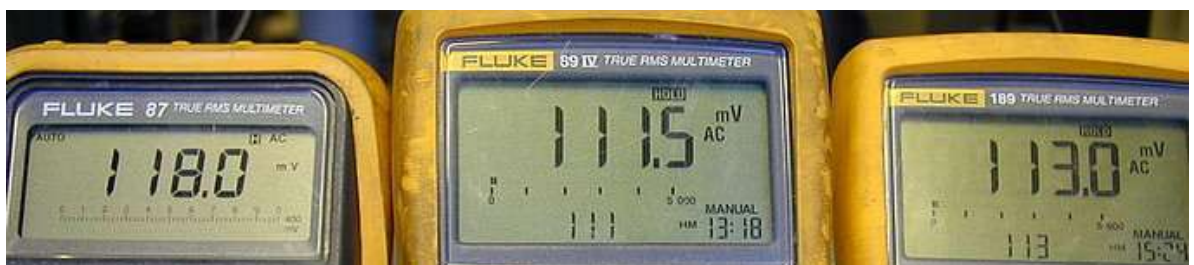
31

Nếu có thể, hãy đo cả ba pha

Điện áp giữa các pha



Dòng điện



Độ lệch điện áp < 0.9% => dẫn đến độ lệch dòng điện khoảng 3.3%

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory

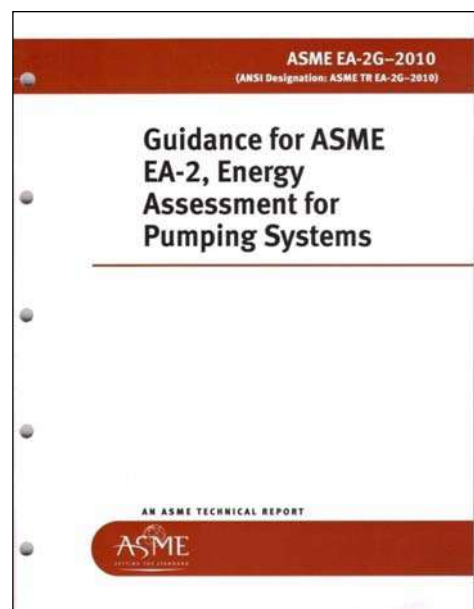
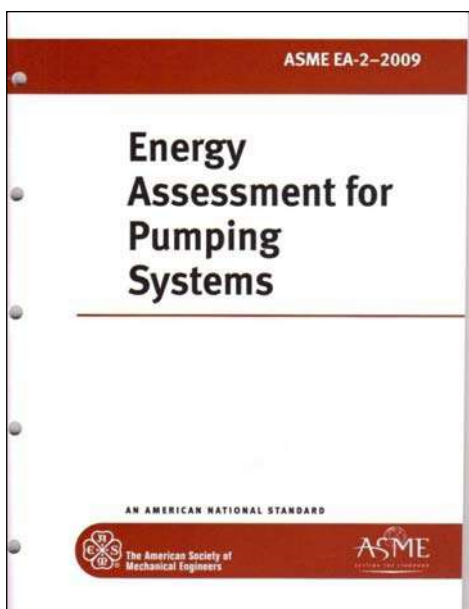
32

ASME EA-2-2009

Tiêu chuẩn đánh giá năng lượng cho hệ thống bơm

33

Tiêu chuẩn & Tài liệu Hướng dẫn Đánh giá Bơm ASME



34

Tiêu chuẩn ASME

Giới thiệu

35

Sự khác biệt giữa Tiêu chuẩn & Tài liệu hướng dẫn về bơm ASME

Tiêu chuẩn EA-2-2009

- Cung cấp sự thống nhất chung về những nội dung cần được đưa vào đánh giá hệ thống bơm nhằm khắc phục việc thiếu chuẩn hóa trước đây- khi các hệ thống bơm chỉ được đánh giá như một phần của các hoạt động đánh giá năng lượng, kiểm toán năng lượng, khảo sát hoặc nghiên cứu năng lượng.
- Định nghĩa các yêu cầu cụ thể bắt buộc phải được thực hiện cho từng cấp độ đánh giá khác nhau.

Tài liệu hướng dẫn EA-2G-2010

- Cung cấp bối cảnh kỹ thuật và chi tiết ứng dụng để hỗ trợ người dùng áp dụng tiêu chuẩn.
- Bao gồm cơ sở lý luận cho các yêu cầu kỹ thuật, ghi chú ứng dụng, phương pháp tiếp cận thay thế, mẹo, kỹ thuật thực hành và ví dụ.

36

Mục tiêu của Tiêu chuẩn/ Tài liệu hướng dẫn về bơm

- Cung cấp phương pháp tiếp cận từng bước để thực hiện đánh giá năng lượng của hệ thống bơm
- Xác định các cấp độ đánh giá năng lượng và nỗ lực yêu cầu tương ứng cho từng loại đánh giá
- Nhấn mạnh tầm quan trọng của việc áp dụng tiếp cận hệ thống
- Xem xét dữ liệu thiết bị cần thu thập để đánh giá hệ thống bơm
- Làm quen với các giải pháp tối ưu hóa hệ thống bơm
- Trình bày kết quả theo định dạng phù hợp

37

Các phần trong Tiêu chuẩn/ Tài liệu hướng dẫn

ASME EA-2-2009 - Các phần của tiêu chuẩn đánh giá năng lượng hệ thống bơm:

1. Phạm vi & Giới thiệu
2. Định nghĩa
3. Tài liệu tham khảo
4. Tổ chức đánh giá
5. Tiến hành đánh giá
6. Phân tích dữ liệu
7. Báo cáo & Tài liệu hóa

Các vấn đề cần thảo luận



38

Tiêu chuẩn ASME

Chương 4: Tổ chức đánh giá

39

Chương 4: Tổ chức đánh giá

Trước khi tới hiện trường

4.1 Xác định và phân công trách nhiệm của các thành viên trong nhóm đánh giá

- Quản lý được ủy quyền – chịu trách nhiệm tổng thể về việc cấp kinh phí và ra quyết định (thường không có mặt trong quá trình đánh giá)
- Trưởng nhóm đánh giá – Am hiểu vận hành và bảo trì hệ thống bơm cần đánh giá, đồng thời có khả năng tổ chức nguồn lực để thực hiện quá trình đánh giá bơm.
- Chuyên gia hệ thống bơm – Đủ điều kiện thực hiện hoạt động đánh giá, phân tích dữ liệu và lập báo cáo

4.2 Hỗ trợ từ ban quản lý cơ sở

- Ban quản lý cơ sở cần cung cấp cam kết hỗ trợ bằng văn bản để đảm bảo nguồn lực cần thiết. **Xây dựng thỏa thuận / đơn đặt hàng bằng văn bản trước khi đến hiện trường, trong đó xác định rõ ràng mục tiêu và phạm vi đánh giá.**

40

Chương 4: Tổ chức đánh giá

Trước khi tới hiện trường & Tại buổi họp khởi động

4.4 Truy cập nguồn lực & thông tin

- Rà soát quyền tiếp cận khu vực thiết bị
- Thảo luận nhân sự cần thiết để tiến hành đánh giá (kỹ thuật viên điện, kỹ sư, nhân viên vận hành)
- Xác định quyền truy cập dữ liệu như bản vẽ kỹ thuật, hướng dẫn vận hành

4.5 Mục tiêu và phạm vi đánh giá

- Mục tiêu tổng thể và phạm vi đánh giá cần được rà soát lại
- (Nội dung này đã được xác định trước khi đến hiện trường – nhưng cần được rà soát lại với tất cả người tham dự cuộc họp)

41

Chương 4: Tổ chức đánh giá

4.6 Thu thập và đánh giá dữ liệu ban đầu

Trước khi tới hiện trường

Làm việc với cơ sở để xác định các hệ thống bơm sẽ được đánh giá

BẢNG CÂU HỎI SÀNG LỌC HỆ THỐNG BƠM					
Tên/Mã hệ thống	Máy Giấy 411 và 412				
Mã bơm	Bơm #401	Bơm #605	Bơm #333	Bơm #210	Bơm #422
Số giờ vận hành ước tính hàng năm	7600	7600	7600	7600	7600
Công suất động cơ định mức (hp)	75	125	150	100	150
Hệ thống có điều khiển bằng van tiết lưu?	có	có	có	có	có
Bơm có sử dụng đường bypass để điều chỉnh lưu lượng/áp suất?	không	không	không	không	không
Có nhiều bơm song song cùng hoạt động?	có	có	có	có	có
Hệ thống làm mát phân tán với nhiều tải không điều chỉnh?	không	không	không	không	không
Bơm hoạt động liên tục trong quy trình theo mẻ?	liên tục	liên tục	liên tục	liên tục	liên tục
Hoạt động theo mẻ chu kỳ thường xuyên trong quy trình liên tục?	không	không	không	không	không
Có tiếng ồn xâm thực tại bơm hoặc trong hệ thống?	không	không	không	không	không
Bảo trì hệ thống nhiều không rõ nguyên nhân?	không	không	không	không	có
Chức năng hệ thống hoặc nhu cầu có thay đổi mà không thay bơm?	không	không	không	không	không
Có lưu lượng kế?	có	có	có	có	có

42

Chương 4: Tổ chức đánh giá

4.6 Thu thập và đánh giá dữ liệu ban đầu

Trước khi tới hiện trường

Thu thập dữ liệu về mức tiêu thụ năng lượng và chi phí để xác định chi phí đơn vị

Save

ENERGY

Now

<

Mẫu báo cáo tiêu thụ Eskom

Số tài khoản khách hàng	Năm	Số tháng	Tháng	Phụ tải đỉnh thông báo	Phụ tải đỉnh kVA thực tế	Tổng tiêu thụ giờ cao điểm	Tổng tiêu thụ tiêu chuẩn	Tổng tiêu thụ giờ thấp điểm	Tổng tiêu thụ	Mô tả biểu giá
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8018806098	2008	2	THÁNG 2	200	146.74	8,752.00	22,902.00	6,918.00	38,572.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	3	THÁNG 3	200	148.83	4,426.00	11,148.00	2,143.00	17,717.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	4	THÁNG 4	200	148.36	6,737.00	16,058.00	4,562.00	27,357.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	5	THÁNG 5	200	147.12	6,838.00	16,284.00	5,407.00	28,529.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	6	THÁNG 6	200	196.19	8,150.00	19,135.00	4,707.00	31,992.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	7	THÁNG 7	200	195.96	10,353.00	26,121.00	8,761.00	45,235.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	8	THÁNG 8	200	194.72	10,401.00	25,334.00	9,135.00	44,870.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	9	THÁNG 9	200	194.72	9,242.00	29,930.00	10,164.00	49,336.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	10	THÁNG 10	200	197.95	14,224.00	37,719.00	33,796.00	85,739.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	11	THÁNG 11	200	200.18	7,746.00	20,908.00	22,120.00	50,774.00	Ruralex Interval
8018806098	2008	12	THÁNG 12	200	131.94	7,546.00	19,919.00	9,478.00	36,943.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	1	THÁNG 1	200	128.62	4,438.00	12,307.00	6,214.00	22,959.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	2	THÁNG 2	200	133.70	6,811.00	17,550.00	9,347.00	33,708.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	3	THÁNG 3	200	131.42	4,097.00	9,999.00	4,201.00	18,297.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	4	THÁNG 4	200	169.89	8,406.00	20,991.00	9,481.00	38,878.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	5	THÁNG 5	200	149.34	7,243.00	19,979.00	13,661.00	40,883.00	Ruralex Interval
8018806098	2009	6	THÁNG 6	200	143.79	8,283.00	20,775.00	12,429.00	41,487.00	Ruralex Interval

Chương 4: Tổ chức đánh giá

Trong chuyến khảo sát nhà máy ban đầu

4.6.4 Dữ liệu hệ thống

- Xác định các chức năng và ranh giới hệ thống
- Xác định thiết bị tiêu thụ năng lượng cao
- Xác định phương thức điều khiển
- Xác định thiết bị kém hiệu quả
- Tiến hành đo đạc sơ bộ các thông số vận hành chính

4.7 Mục tiêu cụ thể tại hiện trường

- Dựa trên việc thu thập dữ liệu sơ bộ, cần phát triển một kế hoạch đo lường phù hợp. Kế hoạch này phải xem xét đến ba cấp độ đánh giá (sẽ được thảo luận sau) và các mục tiêu cụ thể phù hợp với phạm vi công việc đã đề ra

Ngoài ra, kế hoạch cần có tính linh hoạt – vì trong quá trình đánh giá hệ thống bơm, có thể xuất hiện những cơ hội tiết kiệm năng lượng khác chưa được xác định trước đó. Những cơ hội này cần được xem xét bổ sung nếu phù hợp với mục tiêu và phạm vi chung của đánh giá.

45

Chương 4: Tổ chức đánh giá

Xác định các điều kiện hiện tại có liên quan đến vận hành kém hiệu quả của hệ thống bơm, chẳng hạn như:

- Hệ thống bơm có hiện tượng tiết lưu đáng kể
- Hệ thống bơm sử dụng vòng tuần hoàn dòng như một phương pháp điều khiển
- Hệ thống bơm có sự dao động lớn về lưu lượng hoặc áp suất
- Hệ thống có nhiều bơm vận hành song song nhưng không điều chỉnh số lượng bơm theo nhu cầu tải thực tế
- Hệ thống cấp cho nhiều điểm sử dụng nhưng một điểm sử dụng nhỏ lại quyết định áp suất chung
- Bơm hoặc van bị xâm thực
- Bơm, động cơ hoặc đường ống bị rung động mạnh hoặc phát tiếng ồn lớn
- Bơm phải bảo trì thường xuyên
- Hệ thống có nhu cầu thay đổi theo thời gian, nhưng các bơm vẫn giữ nguyên.
- Vấn đề với động cơ: động cơ quá khổ, hiệu suất thấp do quấn lại, tuổi thọ kém

46

Chương 4: Tổ chức đánh giá

Thu thập và đánh giá dữ liệu ban đầu

Ví dụ về bơm phun tại nhà máy giấy

- Bơm phun được nhân viên xác định là có tiềm năng tiết kiệm vì nó có công suất 150 mã lực (112 kW) và hoạt động toàn thời gian.
- Tuy nhiên không có dấu hiệu rõ ràng như tiết lưu, tuần hoàn dòng hay các triệu chứng khác thường liên quan tới tổn thất năng lượng
- Thông thường trong trường hợp như vậy, nhóm đánh giá sẽ chuyển sang khảo sát bơm khác. Tuy nhiên tại vị trí này đã có sẵn đầu đo áp suất (hiện 250psi) và một đoạn ống thẳng để thực hiện đo lưu lượng.

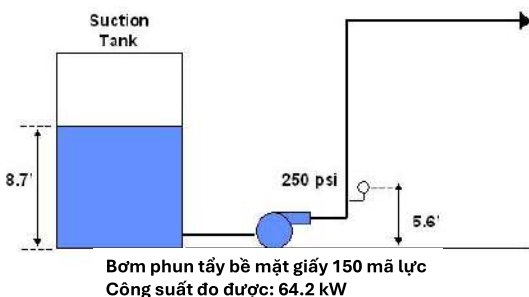


47

Chương 4: Tổ chức đánh giá

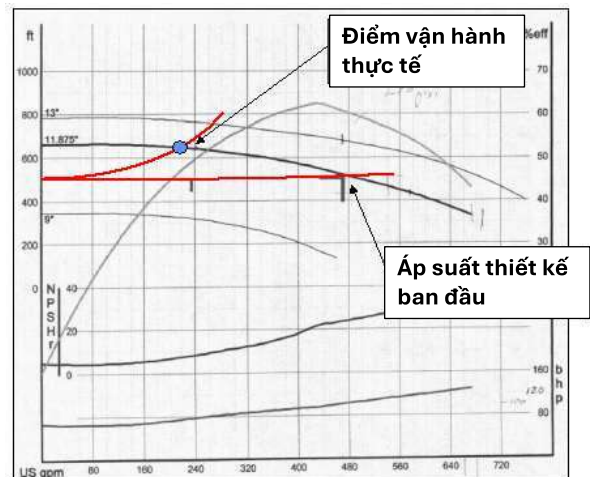
Ví dụ về bơm phun tại nhà máy giấy:

- Việc khảo sát hệ thống không phát hiện ra cơ hội tiết kiệm năng lượng cụ thể nào
- Tuy nhiên khi so sánh với điểm thiết kế ban đầu, kết quả đo cho thấy lưu lượng & áp suất đang vận hành ở phần cao của đường đặc tính bơm



$$62.4 \text{ kW} \times 8700 \text{ giờ} \times \$0.07/\text{kWh} =$$

Chi phí điện = 38000 USD/ năm



48

Chương 4: Tổ chức đánh giá

4.8 Xây dựng kế hoạch hành động và lên lịch hoạt động

- Xem xét lại thông tin đã thu thập
- Ưu tiên các hệ thống bơm được đánh giá chi tiết hơn (các cấp độ đánh giá sẽ được thảo luận)
- Xác định các phương pháp điều khiển
- Xác định các thiết bị kém hiệu quả
- Thực hiện đo đạc sơ bộ các thông số vận hành chính
- Xác định lịch trình cho các hoạt động (phỏng vấn nhân viên, thời gian hỗ trợ của thợ điện, bố trí cuộc họp)

4.9 Kiểm tra mục tiêu

- Đảm bảo kế hoạch hành động đáp ứng các mục tiêu đánh giá

Kế hoạch hành động nên bao gồm các bản phác thảo hệ thống bơm có thể được trình bày trên bảng trắng, bảng phác thảo hoặc tài liệu phát tay

49

Tiêu chuẩn ASME

Chương 5: Tiến hành đánh giá

50

Tiêu chuẩn đánh giá hệ thống bơm

5. TIẾN HÀNH ĐÁNH GIÁ

- 5.1 Giới thiệu
- 5.2 Các cấp độ đánh giá
- 5.3 Khảo sát thực địa
- 5.4 Hiểu rõ yêu cầu hệ thống
- 5.5 Xác định ranh giới hệ thống và nhu cầu tải
- 5.6 Thông tin cần thiết để đánh giá hiệu quả của hệ thống bơm
- 5.7 Phương pháp thu thập dữ liệu
- 5.8 Xác thực chéo
- 5.9 Cuộc họp tổng kết để trình bày các phát hiện và khuyến nghị ban đầu

51

Các cấp độ đánh giá

- **Cấp #1**

Sàng lọc trước và thu thập dữ liệu sơ bộ (đánh giá định tính) để xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng

- **Cấp #2**

Đánh giá định lượng dựa trên đo đạc để xác định mức tiết kiệm năng lượng. Đánh giá này dựa trên các phép đo “chụp nhanh” trong khoảng thời gian giới hạn

- **Cấp #3**

Áp dụng cho các hệ thống có điều kiện vận hành thay đổi theo thời gian. Yêu cầu thu thập dữ liệu định lượng chuyên sâu hơn để xây dựng biểu đồ tải của hệ thống.

52

Cấp độ đánh giá hệ thống bơm

Hoạt động	Đánh giá Cấp độ 1	Đánh giá Cấp độ 2	Đánh giá Cấp độ 3
Xác định cơ hội trước đánh giá	Bắt buộc	Không áp dụng	Không áp dụng
Khảo sát thực địa	Tùy chọn	Bắt buộc	Bắt buộc
Xác định các hệ thống có tiềm năng tiết kiệm	Bắt buộc	Bắt buộc	Bắt buộc
Đánh giá các hệ thống có tiềm năng tiết kiệm	Tùy chọn	Bắt buộc	Bắt buộc
Đo lường nhanh lưu lượng, cột áp và công suất	Tùy chọn	Bắt buộc	Không áp dụng
Đo đạc/ ghi dữ liệu hệ thống có điều kiện lưu lượng thay đổi theo thời gian	Không áp dụng	Không áp dụng	Bắt buộc

*** Xác minh và sử dụng dữ liệu từ thông tin lịch sử nhà máy nếu có**

53

Đánh giá cấp 1

- Cấp độ 1 bao gồm thu thập thông tin hệ thống cho tất cả các hệ thống bơm trong phạm vi đánh giá.
- Giai đoạn xác định trước bao gồm việc lập danh sách các hệ thống bơm trong cơ sở:
 - Công suất định mức trên bảng tên động cơ (có thể xác định kích thước tối thiểu)
 - Thời gian vận hành
 - Chức năng bơm
 - Phương thức điều khiển
- Xác định xem các thay đổi có ảnh hưởng đến các hệ thống khác hay không và hạn chế các tùy chọn tối ưu hóa.
- Thu thập dữ liệu bắt buộc Cấp độ 1.



54

Đánh giá cấp độ 2

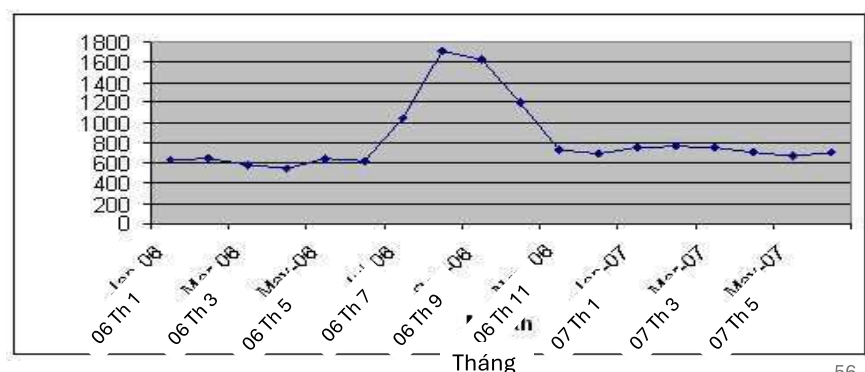
- Đánh giá cấp độ 2 được thực hiện bằng cách sử dụng các phép đo các biến số hệ thống từ bản ghi số hoặc giấy (nhật ký vận hành, biểu đồ xu hướng, màn hình DCS, v.v.) hoặc các thiết bị đo cầm tay.
- Các phép đo được thực hiện trong một khoảng thời gian giới hạn và cung cấp một cái nhìn tức thời về điều kiện vận hành.
- Dữ liệu quan sát được có tính đại diện và sự thay đổi trong điều kiện vận hành là nhỏ.
- Sử dụng dữ liệu thu thập được để tính toán mức độ tiết kiệm.



55

Đánh giá cấp độ 3

- Đánh giá cấp độ 3 được thực hiện đối với các hệ thống có điều kiện vận hành thay đổi đáng kể theo thời gian, gây phức tạp cho việc phân tích.
- Hiệu suất hệ thống được đo trong khoảng thời gian đủ dài để ghi nhận đầy đủ các điều kiện vận hành.
 - Có thể sử dụng dữ liệu lịch sử từ hệ thống quản lý thông tin của nhà máy (DCS historian)
 - Có thể cần kết nối các cảm biến đo đặc với thiết bị ghi dữ liệu



56

Khảo sát thực địa hệ thống

- Các hệ thống cấp 2 và cấp 3 được kiểm tra trực quan sau bước sàng lọc ban đầu.
- Các hệ thống được truy vết toàn bộ quá trình từ đầu đến cuối để đảm bảo thông tin phản ánh đúng cấu hình thực tế của hệ thống.
- Việc có sẵn Sơ đồ Đường ống (hoặc Quy trình) và Thiết bị Đo lường - Điều khiển (P&ID) hoặc Sơ đồ Quy trình Công nghệ (PFD) cập nhật là rất lý tưởng.
- Các mục chính cần kiểm tra:
 - Đo đạc thông số lưu lượng, áp suất, dòng điện, công suất động cơ
 - Vị trí van điều khiển
 - Phương pháp điều khiển lưu lượng

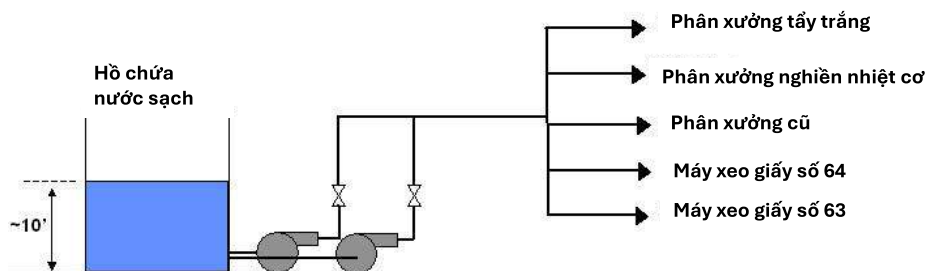
59

Các cấp độ đánh giá – Ví dụ 1

Mức đánh giá nào được áp dụng?

Ví dụ #1:

Hai máy bơm nước hoạt động song song. Trong quá trình khảo sát hiện trường, chuyên gia bơm hỏi liệu có thể tắt bơm nhỏ hơn hay không. Sau khi người vận hành tắt bơm, không có sự thay đổi nào về lưu lượng hoặc áp suất, và đồng hồ đo điện năng tại tủ MCC hiện có hiển thị giá trị công suất (kW) trước và sau khi tắt bơm.



Các bạn nên hỏi những câu hỏi gì?

60

Ví dụ đánh giá #1: Câu hỏi / Thu thập dữ liệu

Ví dụ #1 - Câu hỏi mẫu

- Máy bơm hoạt động thường xuyên như thế nào (bao nhiêu giờ hàng năm)?**
- Lý do mà hai máy bơm được đưa vào hoạt động đồng thời là gì?**

Cần hiểu rõ lý do đằng sau quyết định ban đầu — có thể đây là một hệ thống quan trọng, nơi yêu cầu dự phòng là rất cần thiết.

- Độ tin cậy của thiết bị đo hiện tại thế nào ?**

Liệu lưu lượng có thể được xác minh bằng một phương pháp khác như: đồng hồ đo lưu lượng của hệ thống khác, thử nghiệm rút bể, đường đặc tính bơm, hoặc có đủ đoạn ống thẳng để dùng đồng hồ đo lưu lượng siêu âm cầm tay hay không?

61

Cấp độ đánh giá - Ví dụ #2

Ví dụ #2:

Một bơm bột giấy sử dụng động cơ 2300 V có van xả bị tiết lưu, mở từ 25% đến 100%, được điều khiển tự động thông qua hệ thống điều khiển trung tâm. Đồng thời, có một van hồi lưu liên tục tuần hoàn lưu lượng ngược về bồn hút. Hệ thống không có đồng hồ đo lưu lượng, nhưng có đầu đo áp suất tại đầu xả của bơm.

- Cấp độ đánh giá áp dụng là ?
- Các bạn nên đặt ra những câu hỏi nào để phát triển kế hoạch đo lường?



62

Ví dụ #2: Những câu hỏi về kế hoạch đo lường

Ví dụ #2 - Câu hỏi mẫu

1. Có đồng hồ đo điện tại tủ MCC không?

Mặc dù chúng ta không thể đo trực tiếp công suất kW bằng thiết bị cầm tay, nhưng nếu có đồng hồ đo dòng điện (và có sẵn điện áp và hệ số công suất), thì có thể tính được kW. Phần mềm PSAT hỗ trợ ước lượng tốt hệ số công suất và tính toán công suất kW dựa trên dữ liệu dòng điện.



2. Các bạn có đồng hồ áp suất hoặc thiết bị đo lưu lượng ở đâu đó phía hạ lưu không?

Vì đây là bơm bột giấy nên sẽ khó đo được bằng đồng hồ siêu âm cầm tay. Tuy nhiên, nếu giữa bơm và đồng hồ áp suất ở phía sau không có quá nhiều tổn thất, thì có thể ước lượng áp suất gần bơm để xác định tổn thất qua van, và từ đó dùng đường đặc tính bơm để ước lượng lưu lượng.

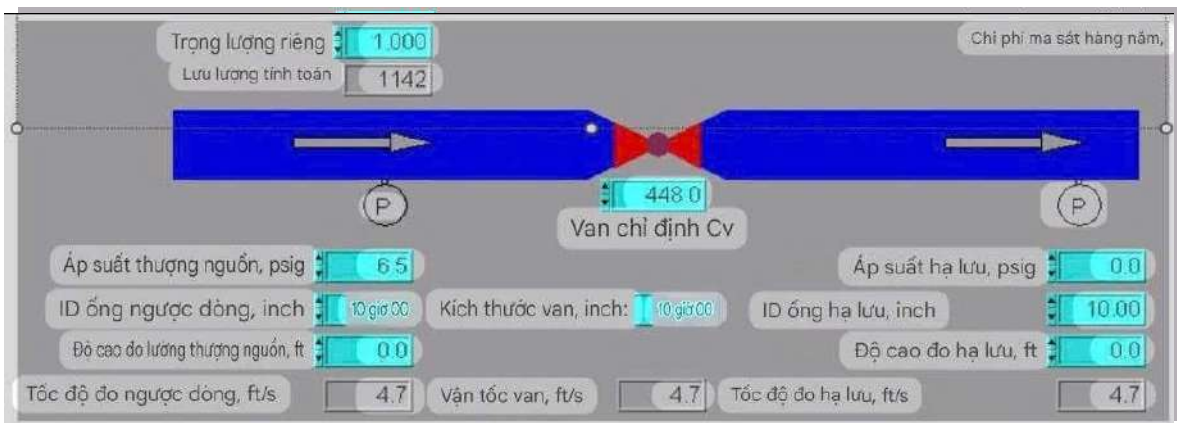
63

Ví dụ #2: Những câu hỏi về kế hoạch đo lường

Ví dụ #2 - Câu hỏi

3. Họ có thể cung cấp giá trị Cv của các van đang bị tiết lưu không?

Nếu có áp suất ở hai phía của van và có sẵn giá trị Cv, công cụ tính toán van trong phần mềm PSAT có thể được sử dụng để ước lượng lưu lượng. Việc này cũng có thể áp dụng cho van hồi lưu tuần hoàn.



Trọng lượng riêng: 1.000
Lưu lượng tính toán: 1142

Chỉ phí ma sát hàng năm:

Áp suất thượng nguồn, psig: 6.5
ID ống ngược dòng, inch: 10 giờ 00
Độ cao đo lường thượng nguồn, ft: 0.0
Tốc độ đo ngược dòng, ft/s: 4.7

Van chỉ định Cv: 448.0

Kích thước van, inch: 10 giờ 00
Vận tốc van, ft/s: 4.7

Áp suất hạ lưu, psig: 0.0
ID ống hạ lưu, inch: 10.00
Độ cao đo hạ lưu, ft: 0.0
Tốc độ đo hạ lưu, ft/s: 4.7

64

Ví dụ #2: Những câu hỏi về kế hoạch đo lường

Ví dụ #2 - Câu hỏi

4. Các bạn có dữ liệu lịch sử DCS hàng giờ trong 12 tháng qua không, và dữ liệu có thể được kết xuất vào tệp Excel không?

Vì việc tính toán tiết kiệm năng lượng phụ thuộc vào tần suất lưu lượng bơm bị hạn chế (và bị bỏ qua), việc lấy dữ liệu DCS về vị trí van có thể là cách duy nhất để xây dựng hồ sơ vận hành.

Khoảng thời gian	Giờ	Vị trí van	Lưu lượng	Dữ liệu áp suất	kW	kWh
1		0-20%				
2		20-40%				
3		40-60%				
4		60 to 80%				
5		80 to 100%				

65

Thiết lập yêu cầu hệ thống

- Phải xác định các yêu cầu hệ thống của các hệ thống cấp độ 2 và 3.
 - Yêu cầu của hệ thống phải được đáp ứng sau khi thực hiện tối ưu hóa.
 - Điều kiện vận hành bình thường, điều kiện tối thiểu và tối đa phải được xem xét.
- Yêu cầu hệ thống thay đổi theo thời gian hoạt động của nhà máy.
 - Thay đổi lưu lượng do thay đổi quy trình hoặc tải mới được thêm vào hệ thống.
- Các kỹ sư và người vận hành tại nhà máy là những nguồn thông tin tốt.
- Nếu không có hồ sơ, hãy quan sát hoạt động của hệ thống trong một khoảng thời gian để thiết lập các yêu cầu hệ thống.

66

Thiết lập ranh giới hệ thống

- Phải xác định ranh giới hệ thống cho hệ thống Cấp 2 và 3 trước khi thực hiện các phép đo và tính toán.
- Ranh giới hệ thống bao gồm:
 - Máy bơm và trình điều khiển, bao gồm hệ thống cung cấp điện (động cơ và VFD, nếu được sử dụng)
 - Đường ống, van, phụ kiện, bể chứa, bộ trao đổi nhiệt, nồi hơi, v.v.
- Đánh giá xem xét hiệu quả tổng thể bằng cách so sánh công suất cần thiết để đáp ứng các yêu cầu của hệ thống với công suất đầu vào.

67

Thu thập dữ liệu hiện trường

68

Thu thập dữ liệu thiết bị và chất lỏng

- Thông tin trình điều khiển (tiêu chuẩn ASME tập trung vào máy bơm điều khiển bằng động cơ)

Bảng tên động cơ: loại, điện áp, tần số, ampe đầy tải, công suất định mức, tốc độ, hiệu suất, hệ số công suất, hệ số dịch vụ.

- Bơm

Loại, số giai đoạn, tốc độ, lưu lượng và điểm thiết kế đầu, đường kính cánh quạt, đường cong máy bơm, hồ sơ bảo trì, sự hiện diện của xâm thực.

- Tính chất chất lỏng

Nhiệt độ, độ nhớt, mật độ hoặc trọng lượng riêng, sự hiện diện của chất rắn

69

Biểu mẫu thu thập dữ liệu thiết bị

Tester	Date		Time	
Facility	System	Parallel Pumps Running:		
PUMP NAMEPLATE	ID / SET			
Pump Style	-			
Nameplate Pump Speed	RPM			
Number of Stages	-			
MOTOR NAMEPLATE				
Power	HP			
Full Load Speed	RPM			
Full Load Efficiency	%			
Rated Voltage	VOLTS			
Full Load Current	AMPS			
PUMP, FLUID DATA	Units			
Pump Rotational Speed	RPM			
Flow Rate	GPM			
Specific Gravity	-			
Suction Pressure	PSIG			
Suction Elevation	FT			
Suction Pipe Nom. Size	IN			
Discharge Pressure	PSIG			
Discharge Elevation	FT			
Discharge Pipe Nom. Size	IN			
ELECTRICAL DATA	Units			
Motor Rotational Speed	RPM			
kW A-B ___ or A-GR ___	kW			
kW C-B ___ or B-GR ___	kW			
kW ___ C-GR ___	kW			
Power Total	kW			

70

Thu thập dữ liệu hệ thống

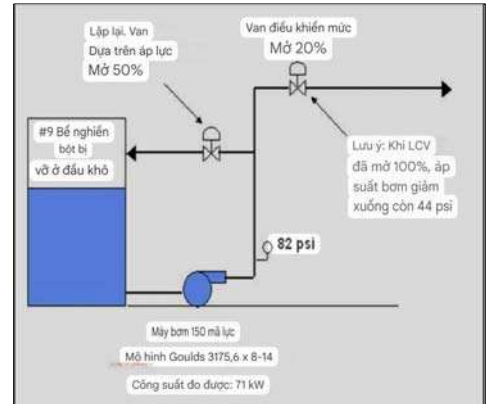
Dữ liệu được thu thập bằng các thiết bị đo lường cố định trong nhà máy hoặc thiết bị đo cầm tay:

- Công suất động cơ hoặc điện áp và dòng điện
- Lưu lượng bơm, áp suất hút và áp suất xả
- Lưu lượng đến các tải hệ thống
- Áp suất tại các tải hệ thống
- Nhiệt độ chất lỏng, mật độ và độ nhớt

Dữ liệu bổ sung của hệ thống:

- Cột áp tĩnh
- Thời gian vận hành
- Phương pháp điều khiển bơm

Bộ điều tốc; Van tiết lưu; Vòng qua hoặc tuần hoàn;
Bật / tắt; Máy bơm song song; Không điều khiển



71

Thu thập dữ liệu bơm & đo đặc hiện trường

72

Chọn cấp độ đánh giá

- Xác định xem dữ liệu thu thập được là một đại diện tức thời hay hệ thống cần được đánh giá trong một khoảng thời gian dài hơn, hoặc liệu có dữ liệu điều khiển quy trình lịch sử sẵn có.
- Các phép đo áp suất nên được thực hiện bằng các đồng hồ hoặc bộ truyền tín hiệu được hiệu chuẩn và đáng tin cậy.
- Các phép đo lưu lượng nên được thực hiện bằng các đồng hồ đo đã được lắp đặt đúng cách và hiệu chuẩn.
 - Nếu sử dụng đồng hồ đo lưu lượng cầm tay, hãy xác nhận phép đo tại các vị trí thay thế.
 - Có thể sử dụng chênh lệch áp suất (dP) qua một thành phần và đường cong của thành phần đó.

73

Mẹo thu thập dữ liệu và xác thực chéo

- Công suất đầu vào của động cơ
 - * Tốt nhất là đo trực tiếp công suất bằng thiết bị đo điện
 - * Có thể tính công suất đầu vào của động cơ bằng cách đo điện áp và dòng điện, sau đó ước lượng hệ số công suất
- Đối chiếu và xác thực chéo (cross-validation)
 - * Lưu lượng, áp suất và công suất có thể không được đo trực tiếp, nhưng có thể được xác định thông qua phương pháp đối chiếu dữ liệu
- Sử dụng chênh áp của bơm (tổng cột áp) kết hợp với đường đặc tính bơm để ước lượng lưu lượng
- Sử dụng công suất đầu vào của động cơ và hiệu suất để tính công suất trục, sau đó dùng đường đặc tính bơm để ước lượng lưu lượng
- Sử dụng vị trí van, lưu lượng và dữ liệu Cv để ước tính chênh áp qua van
- Đo thời gian rút bể (drawdown) hoặc thời gian làm đầy để ước lượng lưu lượng

74

Xây dựng lưu đồ đơn giản

- Thể hiện các thành phần quan trọng của hệ thống
- Các bạn làm điều đó như thế nào?
 - Xem xét bản vẽ P&ID và bản vẽ đẳng hình đường ống
 - Trao đổi với nhân viên vận hành
 - Khảo sát thực tế hệ thống (Rất hữu ích nếu mang theo bản vẽ P&ID khi khảo sát)

Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

75

Tiếp theo... lấy bản sao đường đặc tính bơm

Ba loại đường đặc tính bơm:

- Đường đặc tính tiêu chuẩn của bơm – lấy từ catalog của hãng sản xuất
- Đường đặc tính do nhà máy sản xuất xác nhận – đo khi bơm được thử nghiệm tại xưởng sản xuất
- Đường đặc tính kiểm tra hiện trường – đo sau khi bơm được lắp đặt và vận hành tại công trình

Nên khuyến khích lấy đường đặc tính thử nghiệm tại nhà máy sản xuất cho các bơm có công suất trên 50 kW như một thực hành tiêu chuẩn; với các bơm có công suất trên 150 kW, nên thực hiện kiểm tra tại hiện trường để có đường đặc tính chính xác.

76

Đường đặc tính của bơm ly tâm với các kích thước cánh bơm khác nhau

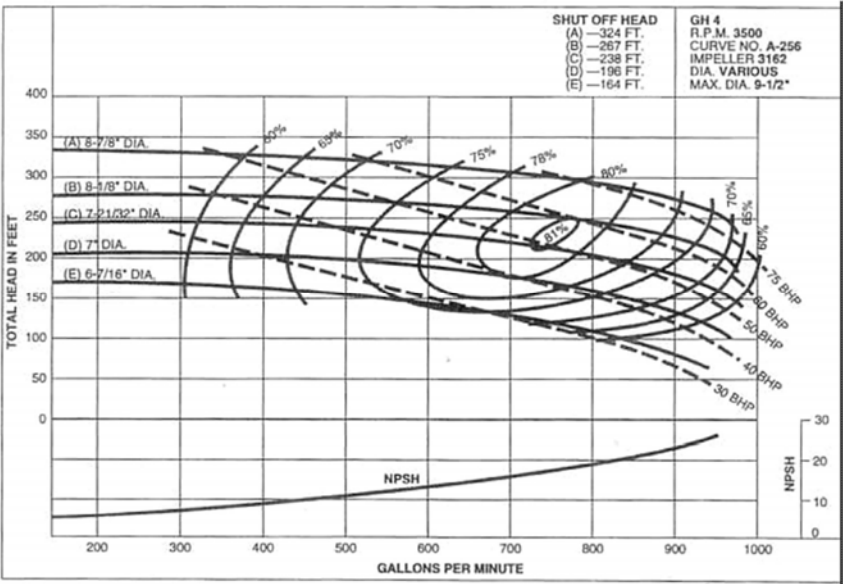


Figure Courtesy of ACR Publications

Bảng tên động cơ

MODEL 5K326DT6421D20				NO. UL6303214	
HP	50	SERVICE FACTOR		1.15	
RPM	1780	TIME RATING		CONT	
VOLTS	460	PHASE	3	HERTZ	60
AMP	61.1	MAX. KVAR		18.8	
	40	DEG. C. MAX. AMB.	INS. CLASS	F	NEMA DESIGN
	LS26VP16	FRAME	TYPE	K	CODE
	UPPER OIL	2.0 QTS	ISO	32	
	LOWER GREASE	RYKON	PREN	42	
NEMA NOM. EFF.	94.1	UPPER END BRG. AFBMA		295A2522A	CO1
LOWER END BRG. AFBMA	6212ZZC3				

Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

Dữ liệu bảng tên máy bơm

BOWL	10M55	DATE	726 96
IMPELLER	10M55	RPM	1800
TRIM	2 7.213	H.P.	50
TDH	276	GPM.	500
SER.NO.	14203	STAGES	6

- Tốc độ trên bảng tên (1800 vòng / phút) KHÔNG phù hợp với tốc độ dòng chảy và cột áp, đó là tốc độ đồng bộ danh định

Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

79

Ghi dữ liệu

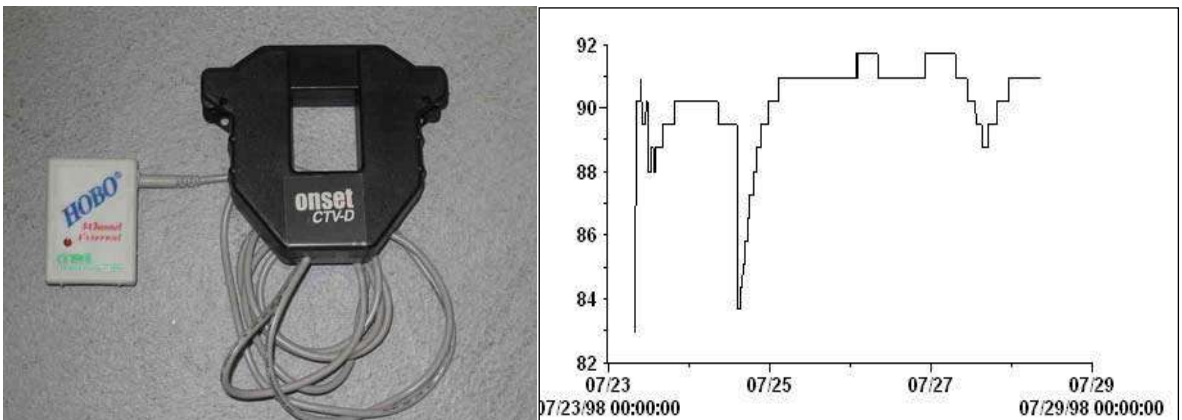
Bộ ghi dữ liệu

- Bộ ghi dữ liệu có thể cung cấp thông tin chi tiết hơn về cách hệ thống máy bơm hoạt động trong một giờ, một ngày hoặc vài tuần
- Các thiết bị ghi dữ liệu đơn giản như logger ghi trạng thái bật/tắt hoặc logger lập trình cỡ nhỏ rất hữu ích để đánh giá chu kỳ hoạt động của bơm và sự thay đổi công suất tiêu thụ (cần máy tính xách tay để lập trình thiết bị).
- Nhiều đồng hồ đo lưu lượng và công suất hiện nay cũng tích hợp chức năng ghi dữ liệu và có thể tận dụng để phục vụ việc theo dõi.

81

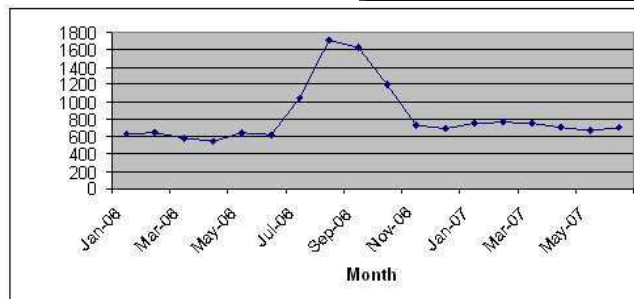
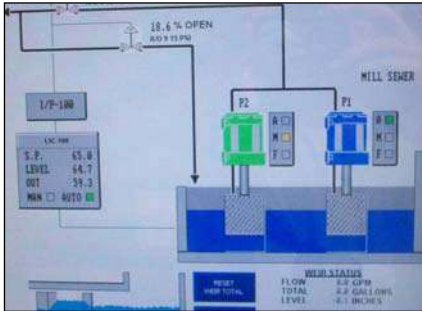
Bộ ghi dữ liệu đa kênh

- Một số thiết bị ghi dữ liệu có thể được sử dụng để ghi lại dòng điện, nhiệt độ hoặc các loại dữ liệu khác tùy theo cảm biến được gắn vào. Thiết bị ghi dữ liệu bên dưới được cấu hình với biến dòng (CT) để đo dòng điện.



82

Phân tích xu hướng từ hệ thống SCADA/DCS để xác định sự thay đổi của các điều kiện vận hành trong suốt 12 tháng



83

Giới thiệu về Phần mềm PSAT

Giới thiệu về Công cụ đánh giá hệ thống bơm (PSAT)

- Mục tiêu: hỗ trợ người sử dụng bơm xác định các hệ thống bơm có khả năng tiết kiệm năng lượng và chi phí.
- Yêu cầu có các phép đo tại hiện trường hoặc ước lượng về lưu lượng, áp suất và công suất hoặc dòng điện của động cơ.
- Sử dụng dữ liệu hiệu suất của bơm và động cơ theo tiêu chuẩn của Viện Thủy lực (Hydraulic Institute) ANSI/HI-1.3 và phần mềm MotorMaster+ để ước tính hiệu suất hiện tại và hiệu suất có thể đạt được.

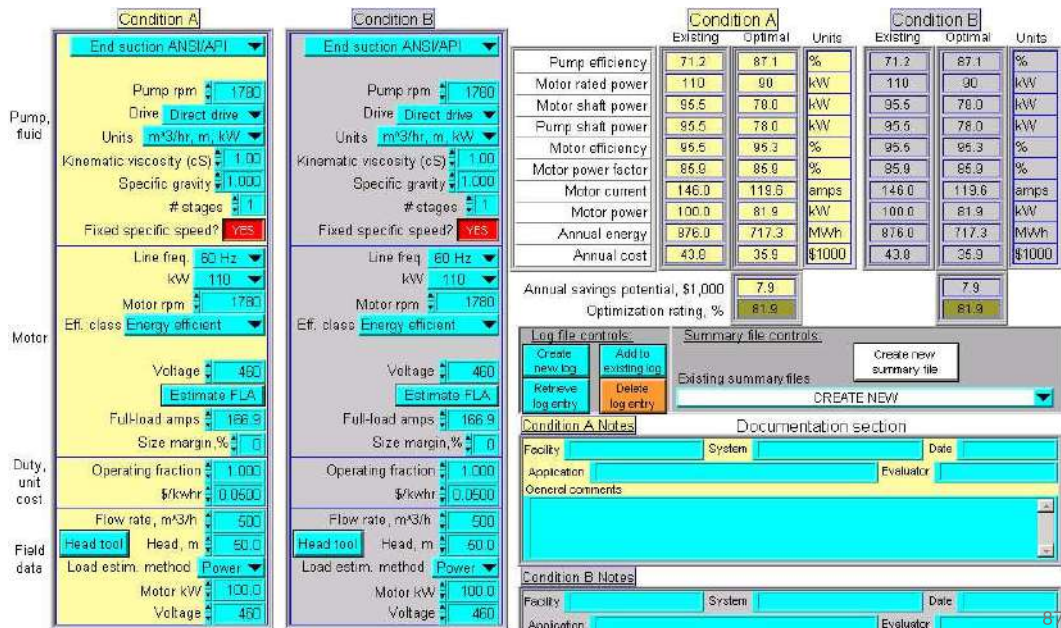
85

PSAT có thể được sử dụng như một công cụ đánh giá thiết bị đơn lẻ hoặc cả hệ thống

- Với một điểm vận hành nhất định, PSAT sẽ tìm kiếm hiệu suất bơm cao nhất có thể đạt được tại điểm đó
- Đồng thời, PSAT cũng tìm hiệu suất động cơ cao nhất có thể sử dụng để dẫn động bơm tương ứng
- Phần mềm sẽ tính toán chi phí vận hành tại điểm đó theo đơn vị điện năng tiêu thụ (kWh) và chi phí (USD hoặc nội tệ)
- PSAT cũng có thể được sử dụng như một công cụ đánh giá hệ thống, nếu người dùng nhập vào lưu lượng và áp suất tối thiểu cần thiết cho quá trình, thay vì nhập lưu lượng và cột áp hiện tại

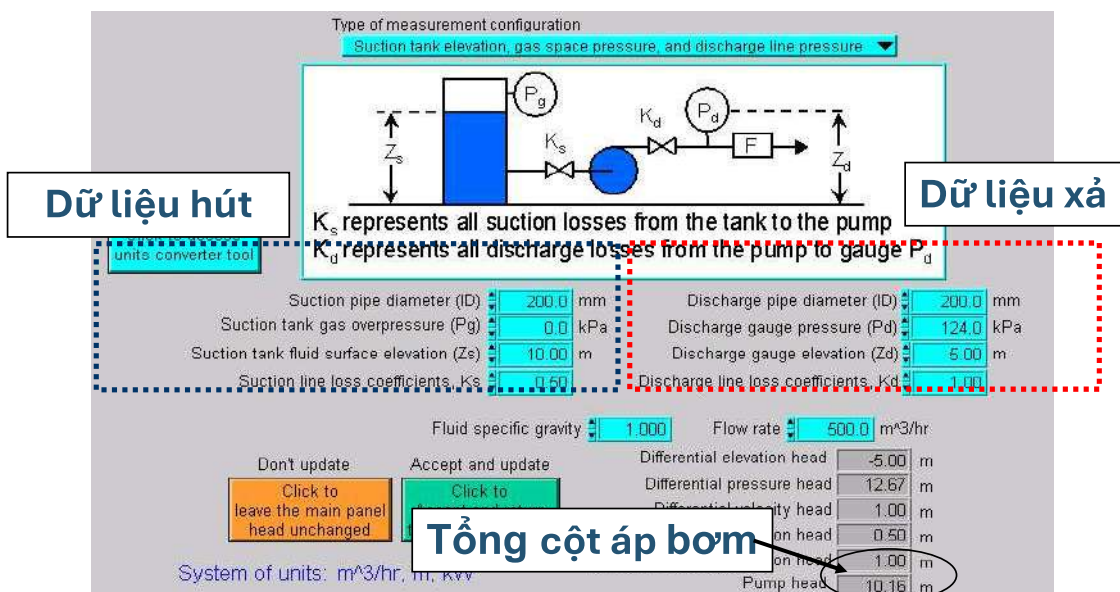
86

Giới thiệu về Công cụ đánh giá hệ thống bơm (PSAT)



Condition A			Condition B			
Existing	Optimal	Units	Existing	Optimal	Units	
Pump efficiency	71.2	87.1	%	71.2	87.1	%
Motor rated power	110	90	kW	110	90	kW
Motor shaft power	95.5	78.0	kW	95.5	78.0	kW
Pump shaft power	95.5	78.0	kW	95.5	78.0	kW
Motor efficiency	95.5	95.3	%	95.5	95.3	%
Motor power factor	85.9	85.9	%	85.9	85.9	%
Motor current	146.0	119.6	amps	146.0	119.6	amps
Motor power	100.0	81.9	kW	100.0	81.9	kW
Annual energy	876.0	717.3	MWh	876.0	717.3	MWh
Annual cost	43.8	35.9	\$1000	43.8	35.9	\$1000
Annual savings potential, \$1,000		7.9		7.9		
Optimization rating, %		81.9		81.9		

Giới thiệu về công cụ tính cột áp (Head Tool) trong phần mềm Đánh giá Hệ thống Bơm (PSAT)



Type of measurement configuration: Suction tank elevation, gas space pressure, and discharge line pressure

Dữ liệu hút (Suction data):

- Suction pipe diameter (ID): 200.0 mm
- Suction tank gas overpressure (Pg): 0.0 kPa
- Suction tank fluid surface elevation (Zs): 10.00 m
- Suction line loss coefficients, Ks: 0.50

Dữ liệu xả (Discharge data):

- Discharge pipe diameter (ID): 200.0 mm
- Discharge gauge pressure (Pd): 124.0 kPa
- Discharge gauge elevation (Zd): 5.00 m
- Discharge line loss coefficients, Kd: 1.00

Fluid specific gravity: 1.000 | Flow rate: 500.0 m³/hr

Buttons: Don't update, Accept and update, Click to leave the main panel head unchanged, Click to

Tổng cột áp bơm (Total pump head): 10.16 m

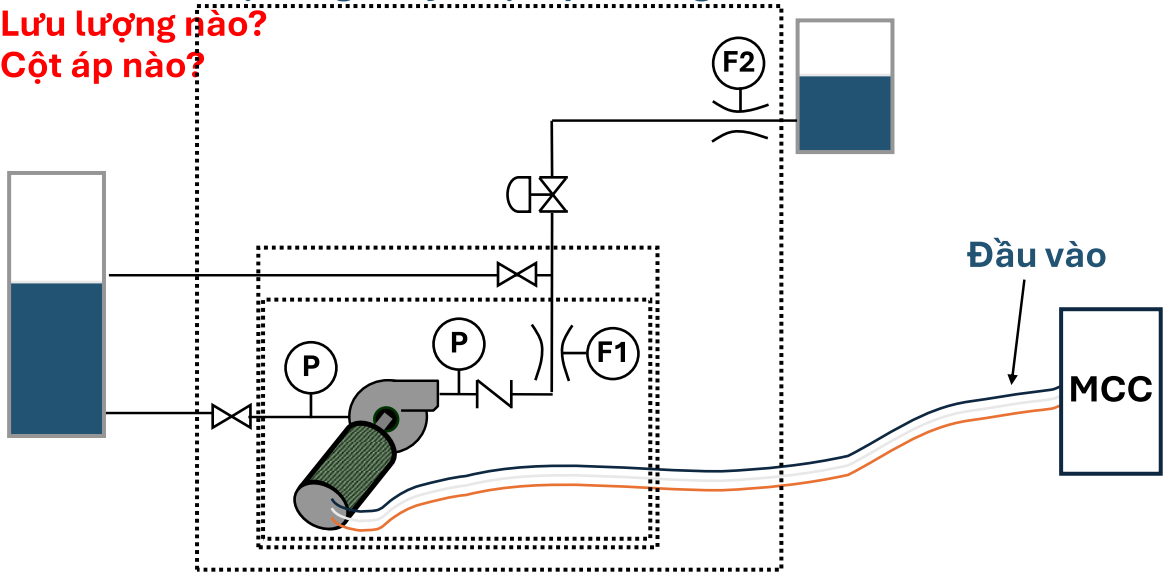
System of units: m³/hr, m, kW

Xác định hệ thống

Đầu ra = Tốc độ dòng chảy * cột áp * hằng số

Lưu lượng nào?

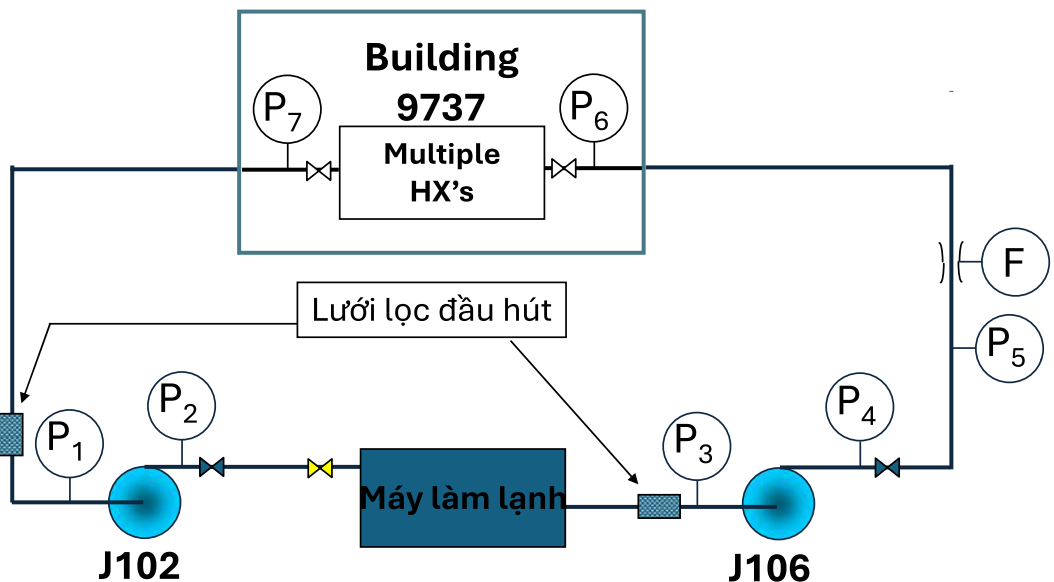
Cột áp nào?



Slide Courtesy of Oak Ridge National Laboratory

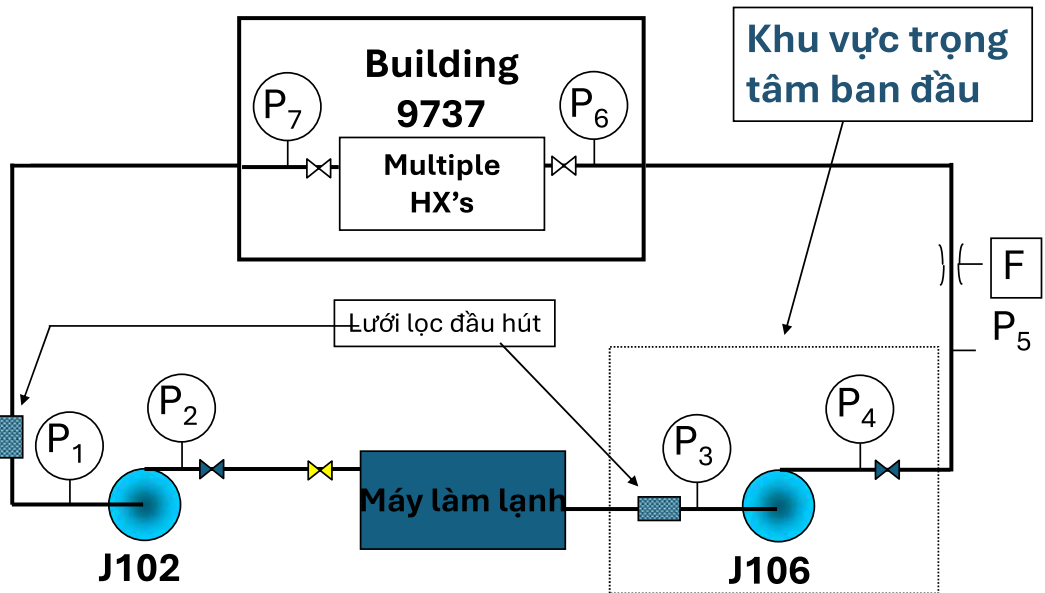
89

Để minh họa, chúng ta hãy xem xét một ứng dụng thực tế của hệ thống bơm nước lạnh



90

Chúng ta sẽ chỉ xem xét một phần của hệ thống: phần xung quanh máy bơm thứ cấp J106



91

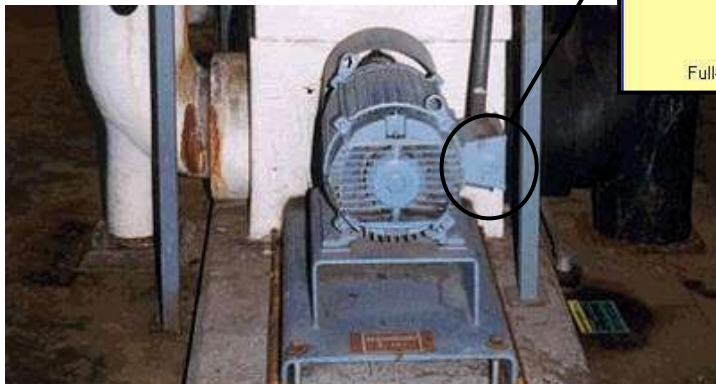
Bắt đầu tại động cơ J106

Dữ liệu điện đo được

Load estim. method	Current ▼
Motor amps	23.6
Voltage	473

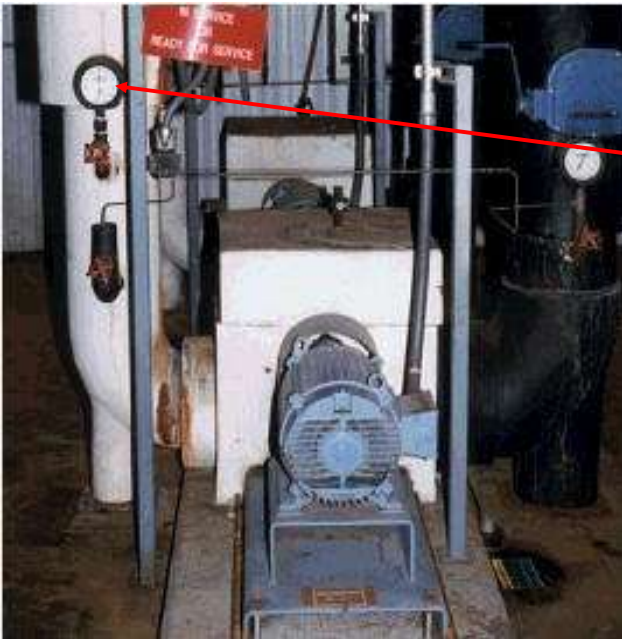
Dữ liệu bảng tên

Line freq.	60 Hz ▼
kW	15 ▼
Motor rpm	1760 ▼
Eff. class	Average ▼
Voltage	480 ▼
Estimate FLA	
Full-load amps	25.2 ▼



92

Dữ liệu máy bơm: 35,2 mét cột áp, 102 m³ / giờ



Đồng hồ đo hút: 216,5 kPa

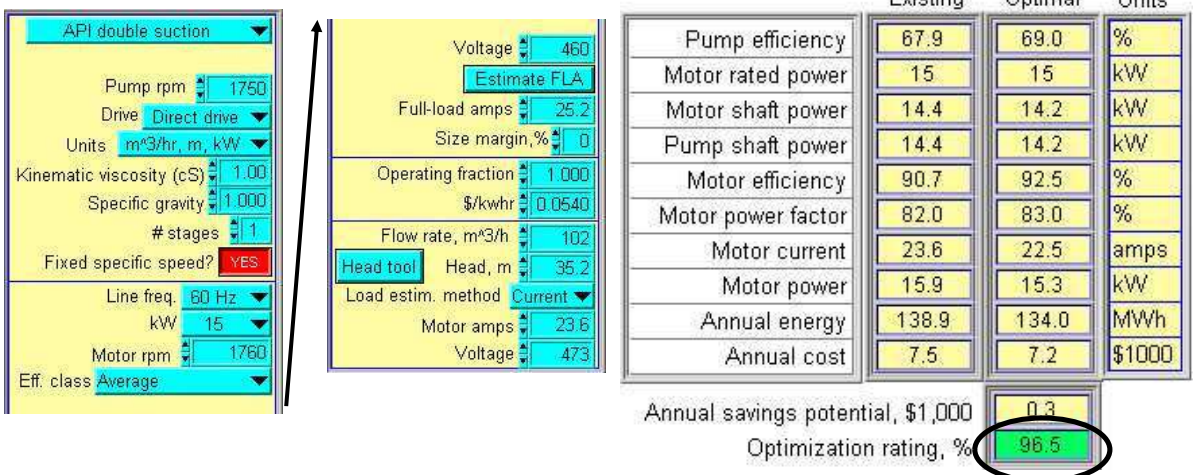
Đồng hồ đo xả: 557,1 kPa

Chênh lệch độ cao: 0,43 m

Tổng cột áp: 35,2 m

93

Tổ hợp bơm và động cơ đạt khoảng 97% so với mức tối ưu đối với kích thước và cấp thiết bị này.



94

Nhưng cung và cầu không cân bằng

Có độ sụt áp hơn 158 kPa qua van tiết lưu; áp suất phía hạ lưu được đo là 379,2 kPa (tại vị trí cao hơn mặt sàn 3 mét).



Đồng hồ hút: 216,5 kPa

Đồng hồ xả: 379,2 kPa

Chênh lệch độ cao : 2,0 m

Tổng cột áp: 18,6 m

Đây là cột áp thực tế cần thiết của hệ thống

95

Áp dụng PSAT dựa trên các YÊU CẦU –bức tranh về cơ hội tiết kiệm năng lượng trở nên hoàn toàn khác biệt

Condition A	Condition B
API double suction	API double suction
Pump rpm: 1750	Pump rpm: 1750
Drive: Direct drive	Drive: Direct drive
Units: m³/hr, m, kW	Units: m³/hr, m, kW
Kinematic viscosity (cS): 1.00	Kinematic viscosity (cS): 1.00
Specific gravity: 1.000	Specific gravity: 1.000
# stages: 1	# stages: 1
Fixed specific speed? YES	Fixed specific speed? YES
Line freq: 60 Hz	Line freq: 60 Hz
kW: 15	kW: 15
Motor rpm: 1750	Motor rpm: 1750
Eff. class: Average	Eff. class: Average
Voltage: 460	Voltage: 460
Estimate FLA	Estimate FLA
Full-load amps: 25.2	Full-load amps: 25.2
Size margin, %: 0	Size margin, %: 0
Operating fraction: 1.000	Operating fraction: 1.000
\$/kwhr: 0.0540	\$/kwhr: 0.0540
Flow rate, m³/h: 102	Flow rate, m³/h: 102
Head tool: Head, m: 35.3	Head tool: Head, m: 18.6
Load estim. method: Current	Load estim. method: Current
Motor amps: 23.6	Motor amps: 23.6
Voltage: 473	Voltage: 473

	Condition A	Units	Condition B	Units
	Existing	Optimal	Existing	Optimal
Pump efficiency	67.9	69.0	35.9	71.9
Motor rated power	15	15	15	7.5
Motor shaft power	14.4	14.2	14.4	7.2
Pump shaft power	14.4	14.2	14.4	7.2
Motor efficiency	90.7	92.5	90.7	90.8
Motor power factor	82.0	83.0	82.0	82.5
Motor current	23.6	22.5	23.6	11.7
Motor power	15.9	15.3	15.9	7.9
Annual energy	138.9	134.0	138.9	69.3
Annual cost	7.5	7.2	7.5	3.7
Annual savings potential, \$1,000		0.3		3.8
Optimization rating, %		96.5		49.8

96

Một yếu tố quan trọng cần xem xét: Quan hệ giữa Nhu cầu và Cung cấp – trong lĩnh vực kỹ thuật

- Thực tế, thường có sự khác biệt giữa những gì bơm đang cung cấp cho hệ thống và những gì hệ thống thực sự cần.
- Hãy cố gắng suy nghĩ theo hướng nhu cầu của hệ thống, thay vì chỉ tập trung vào khả năng cung cấp của bơm.

97

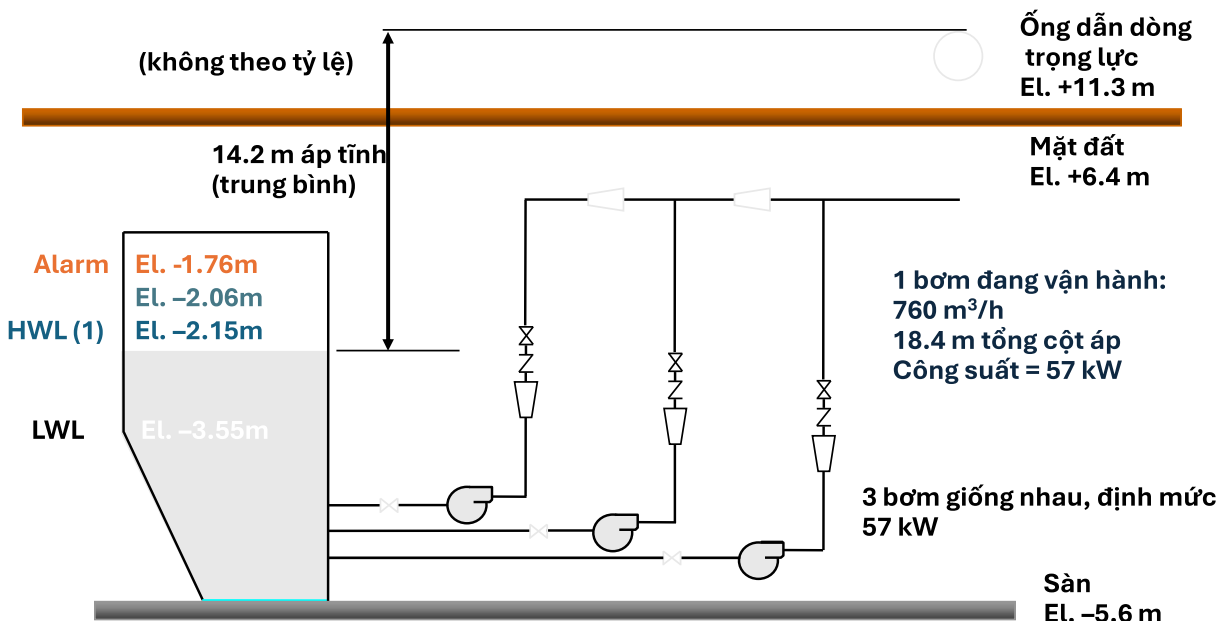
Nghiên cứu điển hình PSAT

98

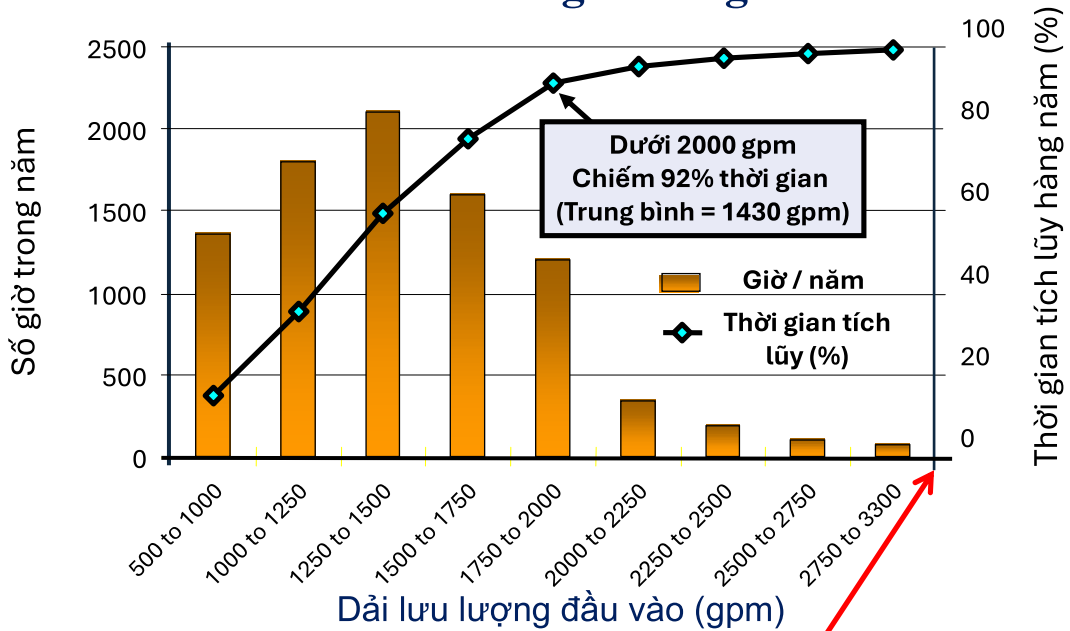
Ví dụ nghiên cứu điển hình 1: Trạm bơm nước thải Welches Point (Milford, Connecticut)

99

Trạm bơm nâng Welches Point vận hành theo chu kỳ bật/tắt bơm (bơm hoạt động 43% thời gian) để điều khiển mực nước trong giếng ướt

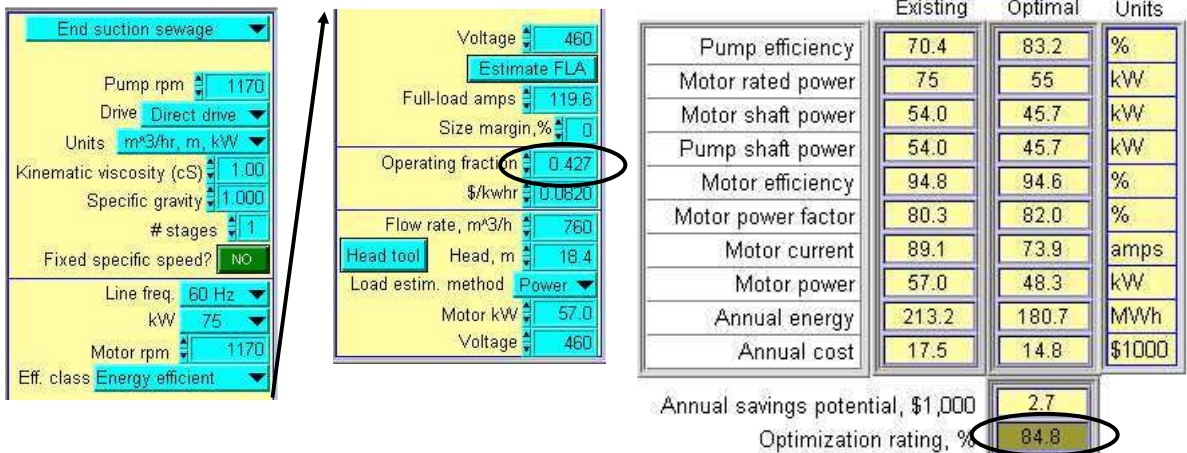


Khả năng thiết kế của bơm vượt xa so với yêu cầu vận hành thông thường



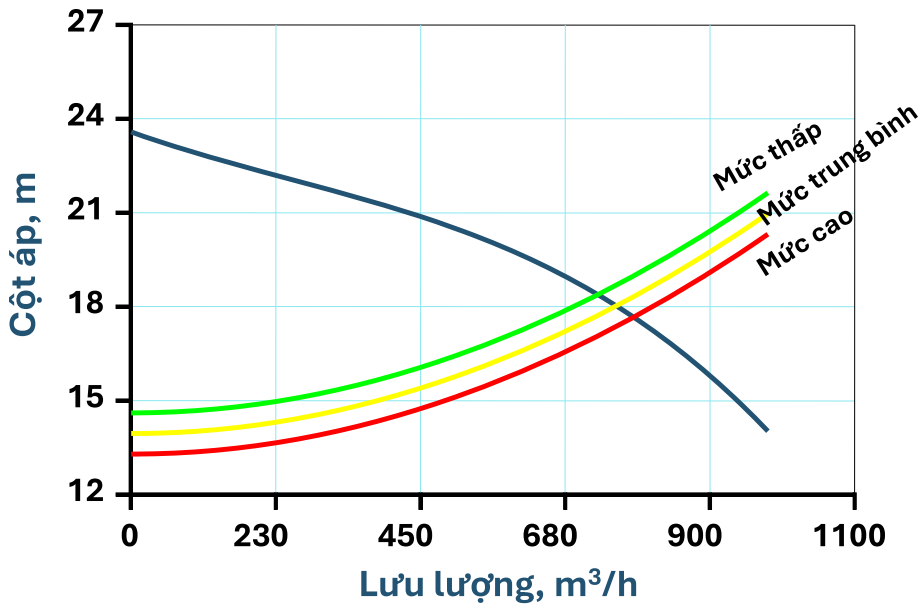
LƯU Ý: Lưu lượng trung bình của bơm = 3350 gpm

Khoanh vùng bơm và động cơ theo điều kiện lưu lượng và cột áp hiện tại



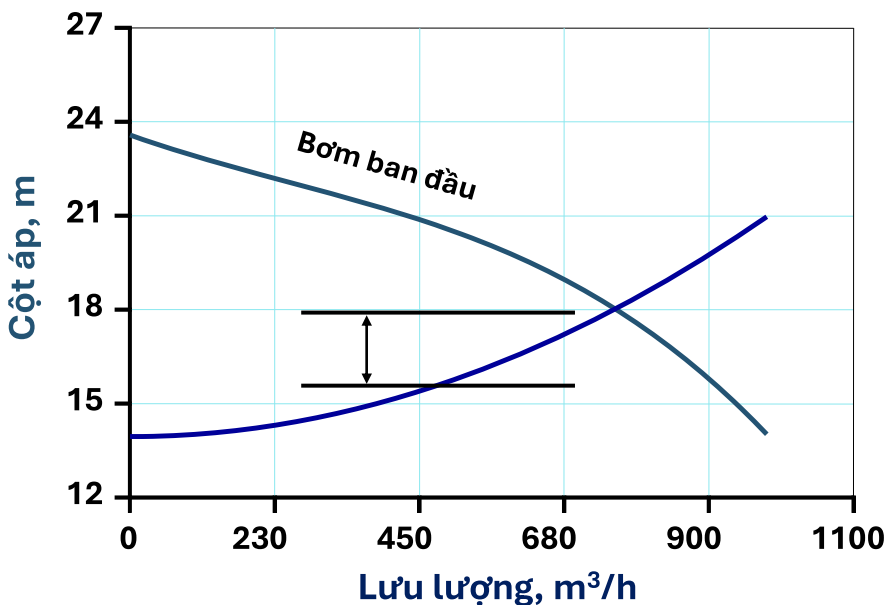
Hiệu suất thực tế cũng không quá tệ

Đường đặc tính hiện tại của bơm và hệ thống



103

Tổn thất ma sát quá mức xảy ra khi lưu lượng cao hơn mức cần thiết



104

Trạm xử lý 2,84 triệu m³ nước mỗi năm; Điều gì sẽ xảy ra nếu chúng ta bơm với lưu lượng thấp hơn?

Thời gian vận hành trung bình và cột áp tương ứng tại các mức lưu lượng khác nhau:

Lưu lượng	Giờ/ Năm	% thời gian hoạt động	Cột áp (m)
760 m3/h	3,741	0.427	18.4m
565 m3/h	5,013	0.572	16.5m
450 m3/h	6,267	0.715	15.7m
340 m3/h	8,356	0.954	15.0m

105

Máy bơm tối ưu hóa ở lưu lượng 565 m³/h

End suction sewage

Pump rpm: 1170

Drive: Direct drive

Units: m³/hr, m, kW

Kinematic viscosity (cS): 1.00

Specific gravity: 1.000

stages: 1

Fixed specific speed? NO

Line freq: 60 Hz

kW: 75

Motor rpm: 1170

Eff. class: Energy efficient

Voltage: 460

Estimate FLA

Full-load amps: 119.6

Size margin, %: 0

Operating fraction: 0.572

\$/kwhr: 0.0820

Flow rate, m³/h: 565

Head tool: Head, m: 16.5

Load estim. method: Power

Motor kW: 33.1

Voltage: 460

	Existing	Optimal	Units
Pump efficiency	81.7	81.7	%
Motor rated power	75	37	kW
Motor shaft power	31.0	31.0	kW
Pump shaft power	31.0	31.0	kW
Motor efficiency	93.8	94.1	%
Motor power factor	67.1	82.3	%
Motor current	61.9	50.3	amps
Motor power	33.1	33.0	kW
Annual energy	165.9	165.3	MWh
Annual cost	13.6	13.6	\$1000
		0.0	
		99.7	

106

Máy bơm tối ưu hóa ở lưu lượng 450 m³/h

End suction sewage

Pump rpm: 1170

Drive: Direct drive

Units: m³/hr, m, kW

Kinematic viscosity (cS): 1.00

Specific gravity: 1.000

stages: 1

Fixed specific speed? NO

Line freq: 60 Hz

kW: 75

Motor rpm: 1170

Eff. class: Energy efficient

Voltage: 460

Estimate FLA

Full-load amps: 119.6

Size margin, %: 0

Operating fraction: 0.715

\$/kwhr: 0.0820

Flow rate, m³/h: 450

Head tool: Head, m: 15.7

Load estim. method: Power

Motor kW: 25.7

Voltage: 460

	Existing	Optimal	Units
Pump efficiency	80.5	80.4	%
Motor rated power	75	26	kW
Motor shaft power	23.9	23.9	kW
Pump shaft power	23.9	23.9	kW
Motor efficiency	92.9	93.3	%
Motor power factor	59.0	83.0	%
Motor current	54.7	38.7	amps
Motor power	25.7	25.6	kW
Annual energy	161.0	160.4	MWh
Annual cost	13.2	13.2	\$1000
Annual savings potential, \$1,000		0.0	
Optimization rating, %		99.7	

107

Máy bơm tối ưu hóa ở lưu lượng 340 m³/h

End suction sewage

Pump rpm: 1170

Drive: Direct drive

Units: m³/hr, m, kW

Kinematic viscosity (cS): 1.00

Specific gravity: 1.000

stages: 1

Fixed specific speed? NO

Line freq: 60 Hz

kW: 75

Motor rpm: 1170

Eff. class: Energy efficient

Voltage: 460

Estimate FLA

Full-load amps: 119.6

Size margin, %: 0

Operating fraction: 0.954

\$/kwhr: 0.0820

Flow rate, m³/h: 340

Head tool: Head, m: 15.1

Load estim. method: Power

Motor kW: 19.3

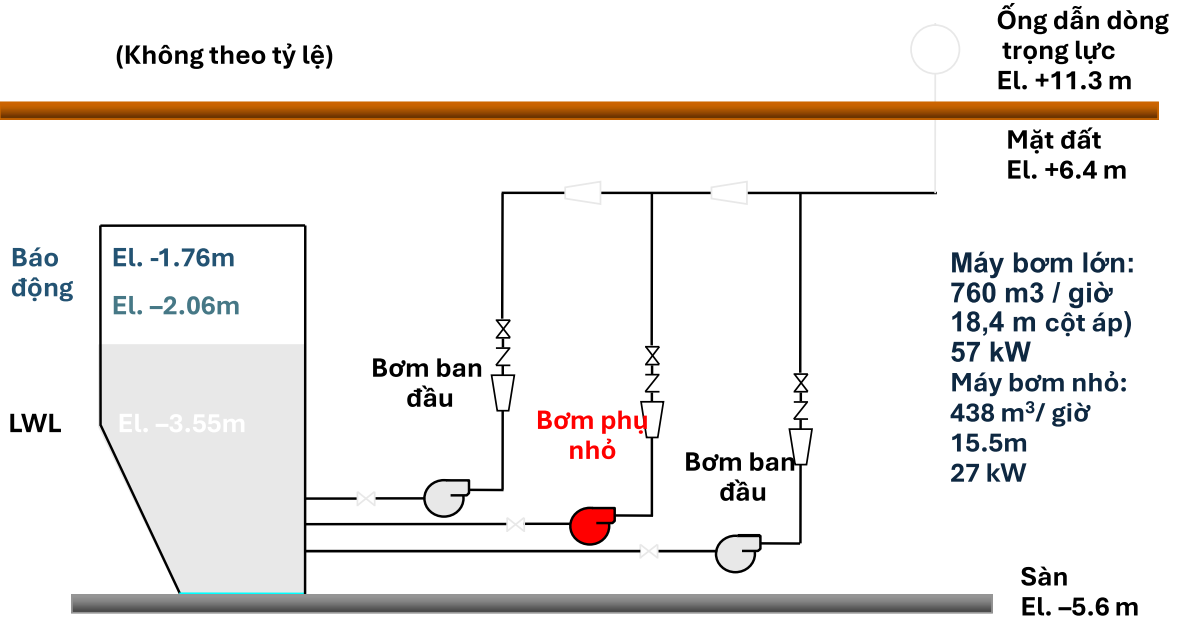
Voltage: 460

	Existing	Optimal	Units
Pump efficiency	79.0	78.7	%
Motor rated power	75	18.5	kW
Motor shaft power	17.7	17.8	kW
Pump shaft power	17.7	17.8	kW
Motor efficiency	91.5	92.5	%
Motor power factor	49.3	82.7	%
Motor current	49.1	29.1	amps
Motor power	19.3	19.2	kW
Annual energy	161.3	160.5	MWh
Annual cost	13.2	13.2	\$1000
		0.1	
		99.5	

108

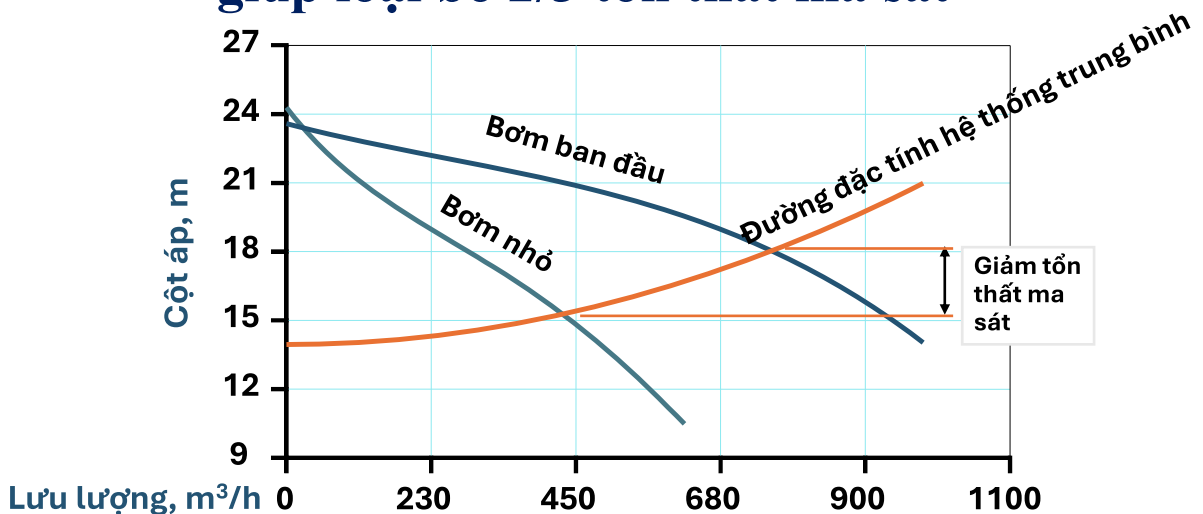
Trạm bơm nâng sau khi thay một bơm lớn bằng một bơm nhỏ hơn

(Không theo tỷ lệ)



109

Bơm phụ nhỏ vận hành hiệu quả ở lưu lượng thấp, giúp loại bỏ 2/3 tổn thất ma sát



Lưu ý: Việc lựa chọn kích thước của bơm ban đầu, khả năng dự phòng sẵn có và đặc điểm của hệ thống khiến việc sử dụng biến tần (bộ điều tốc) trở nên kém phù hợp đối với hệ thống cụ thể này.

110

Sau khi thực hiện thay đổi thiết kế:

		Existing	Optimal	Units
<div> End suction sewage Pump rpm: 1170 Drive: Direct drive Units: m³/hr, m, kW Kinematic viscosity (cS): 1.00 Specific gravity: 1.000 # stages: 1 Fixed specific speed?: NO Line freq: 60 Hz kW: 75 Motor rpm: 1170 Eff. class: Energy efficient </div>	Voltage	460		
	Estimate FLA			
	Full-load amps	119.6		
	Size margin, %	0		
	Operating fraction	0.741		
	\$/kwhr	0.0820		
	Flow rate, m ³ /h	438		
	Head tool			
	Head, m	15.5		
	Load estim. method	Power		
		Motor kW	27.0	
		Voltage	460	
		Pump efficiency	73.5	80.3 %
		Motor rated power	75	26 kW
		Motor shaft power	25.1	23.0 kW
		Pump shaft power	25.1	23.0 kW
		Motor efficiency	93.1	93.4 %
		Motor power factor	60.6	82.7 %
		Motor current	55.9	37.4 amps
		Motor power	27.0	24.6 kW
		Annual energy	175.3	160.0 MWh
		Annual cost	14.4	13.1 \$1000
		Annual savings potential, \$1,000		1.3
		Optimization rating, %		91.3

111

Lắp đặt máy bơm



Một bơm có lưu lượng 438 m³/h (tương đương 1.928 gallon/phút) đã được lắp thay thế cho một bơm thông thường 795 m³/h (tương đương 3.500 gallon/phút) trong trạm bơm nâng nước thải gồm 3 bơm.

112

Nghiên cứu điển hình 2:

Hệ thống nước khử khoáng tại OAK RIDGE

113

**Bây giờ, chúng ta sẽ chuyển từ một hệ thống chi phối bởi
cột áp tĩnh sang một hệ thống hoàn toàn chịu ảnh hưởng
bởi tổn thất ma sát**

Ứng dụng:

- Máy bơm nước khử khoáng được sử dụng để làm mát trong quy trình sản xuất
- Thiết kế bơm và động cơ ban đầu (4 bơm song song):

Bơm 840 m³/h @ 89 m cột áp, 1 785 vòng/phút

Động cơ 261 kW , 2 300 V, 1 785 vòng/phút

Yêu cầu hệ thống hiện tại:

272 m³/h @ 43 m cột áp (Ước tính bảo thủ, có thể còn thấp hơn)

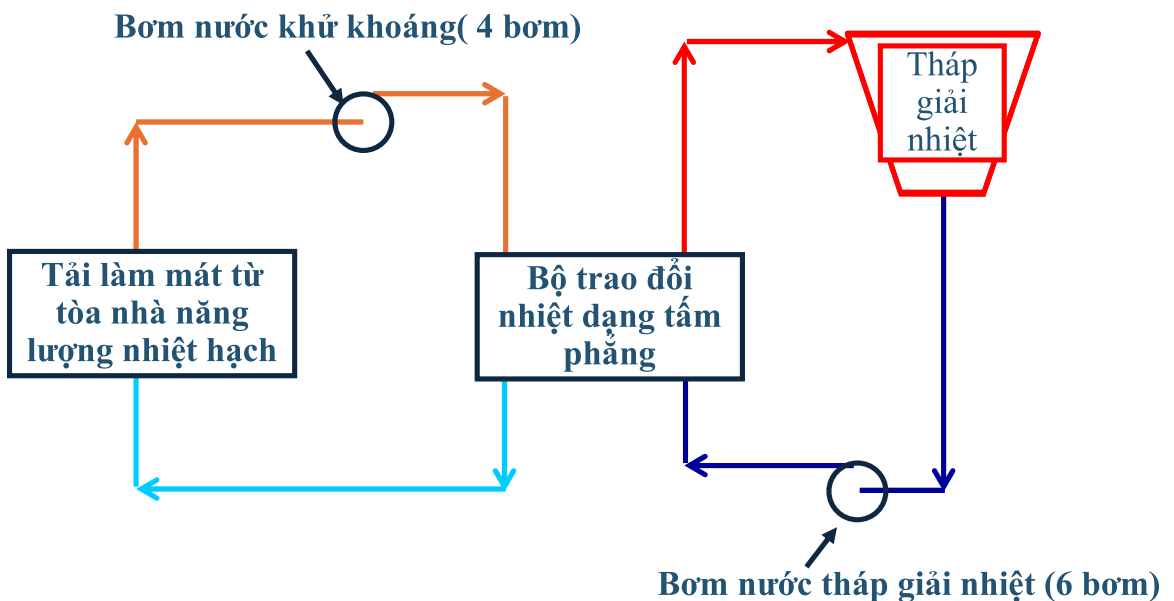
114

Trạm bơm nước khử khoáng và nước từ tháp giải nhiệt phục vụ khu tổ hợp năng lượng nhiệt hạch



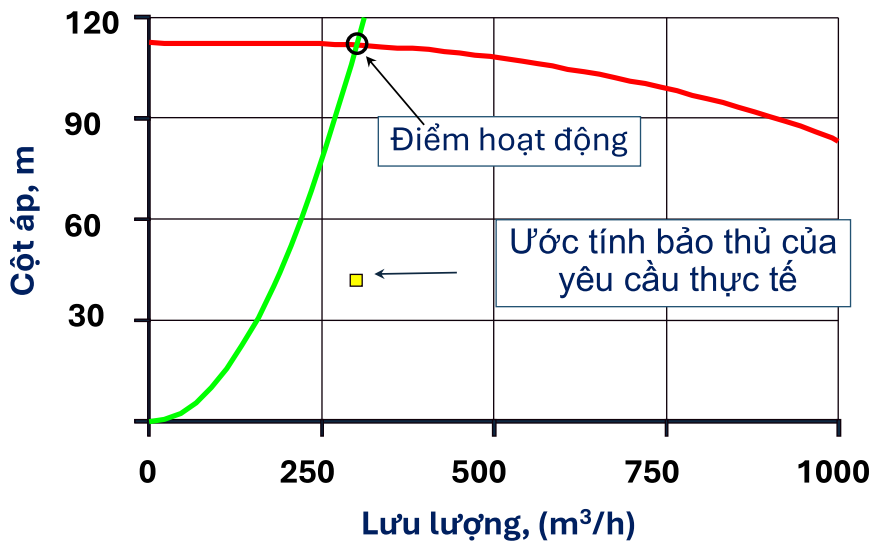
115

Lưu đồ dòng chảy đơn giản



116

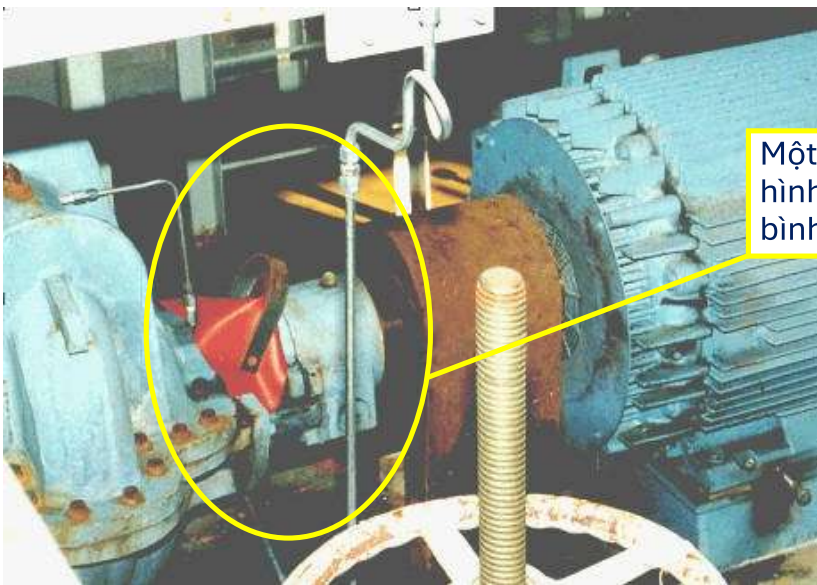
Ngay cả với một ước tính bảo thủ cũng đã cho thấy rõ tác động của tổn thất do tiết lưu và hồi lưu dòng



Kết luận: Hệ thống đang tạo ra cột áp cao hơn đáng kể so với nhu cầu thực tế.

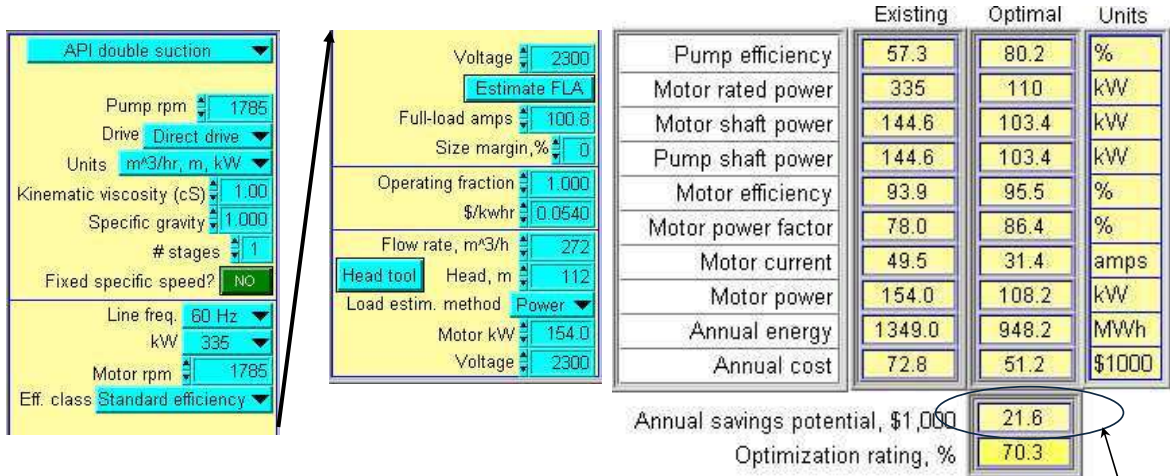
117

Vận hành bơm ngoài vùng thiết kế sẽ dẫn đến tăng chi phí vận hành và bảo trì



Một trong những hậu quả điển hình là hỏng phớt sớm hơn bình thường

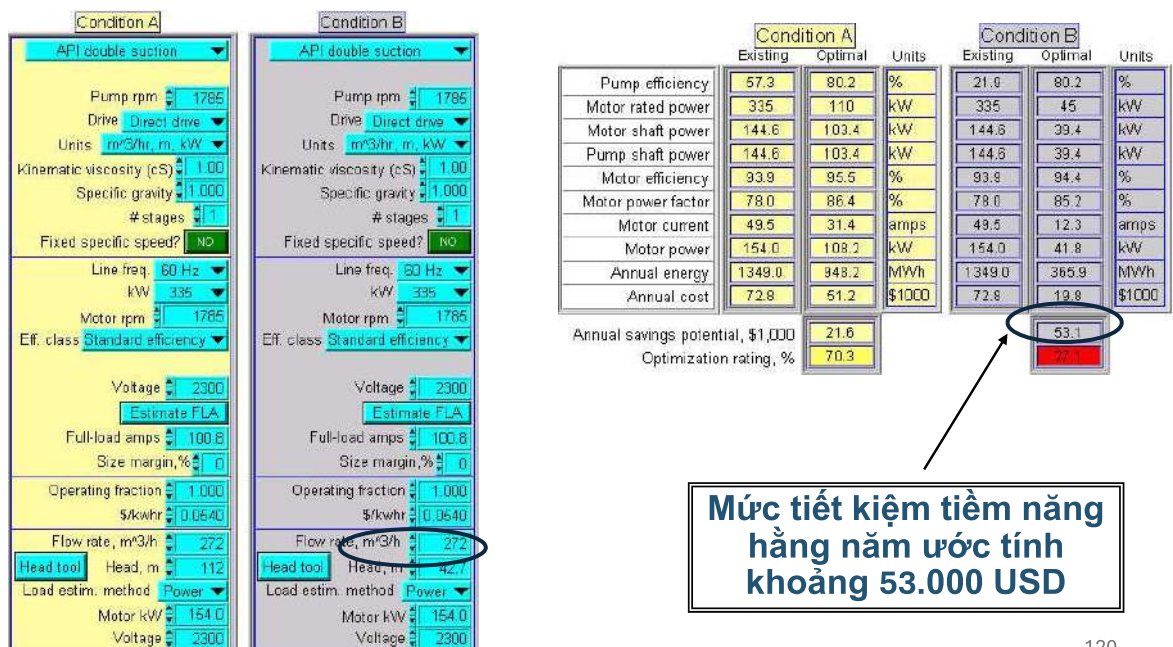
Áp dụng công cụ PSAT cho các điều kiện đo được tại hiện trường cho thấy tiềm năng tiết kiệm đáng kể



Mức tiết kiệm tiềm năng hàng năm ước tính khoảng 22.000 USD

119

Sử dụng ước tính cột áp bắt buộc thay vì cột áp vận hành thực tế có thể tiết kiệm nhiều hơn



Mức tiết kiệm tiềm năng hàng năm ước tính khoảng 53.000 USD

120

Chúng tôi đã xem xét một số lựa chọn

- Cắt bớt cánh bơm
- Thay máy bơm mới, nhỏ hơn
- Lắp biến tần điều khiển tốc độ

**Nhưng cuối cùng chúng tôi đã chọn một
giải pháp độc đáo**

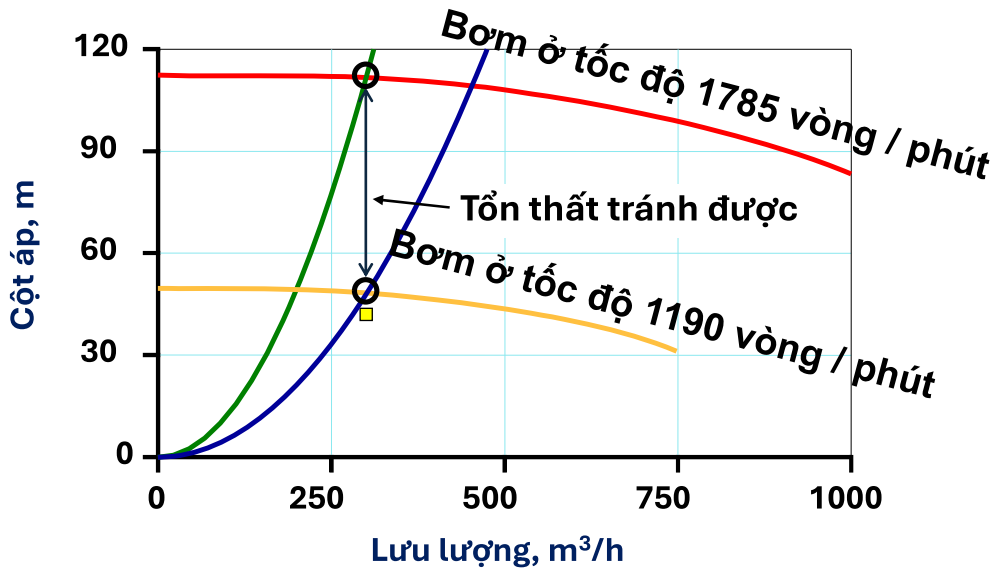
121

**Một động cơ 93 kW, 6 cực (1190 vòng/phút) đã được
lắp vào bơm nước khử khoáng hiện có**



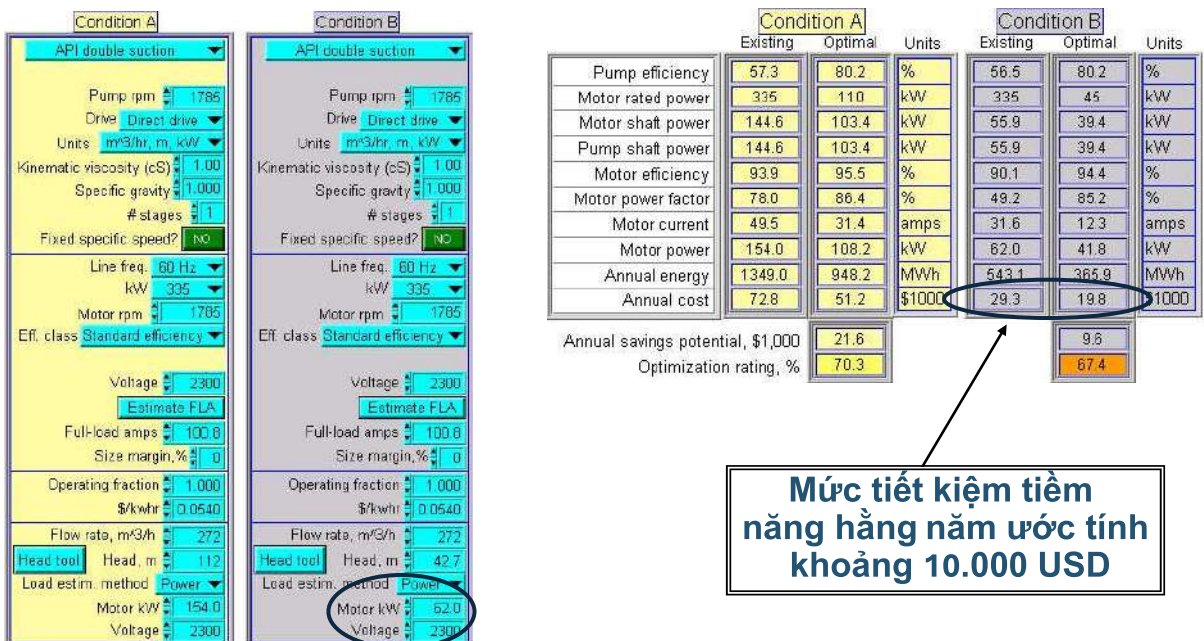
122

Hoạt động của máy bơm ở tốc độ thấp đã loại bỏ phần lớn tổn thất tiết lưu



123

Tiết kiệm khoảng 43.000 USD mỗi năm đạt được nhờ sử dụng động cơ tốc độ chậm hơn



124

Tiết kiệm tiền và năng lượng

- Giảm chi phí điện hàng năm hơn 50.000 USD (bao gồm cả các cải tiến khác trong hệ thống)
- Giảm tiêu thụ điện năng hàng năm hơn 900.000 kWh
- Chi phí đầu tư cho động cơ mới: 12.000 USD
- Thời gian hoàn vốn: khoảng 3 tháng

125

Có một số lợi ích quan trọng mà gián tiếp đạt được

- Tốc độ tiếp xúc bề mặt phớt giảm, giúp tăng tuổi thọ phớt làm kín
- Bơm hoạt động ổn định về mặt thủy lực hơn, đồng nghĩa với việc giảm hư hỏng và nhu cầu bảo trì
- Mức độ tiếng ồn giảm rõ rệt – cả trong nhà bơm và trong tòa nhà chính của khu Nhiệt hạch (không còn cần sử dụng thiết bị bảo vệ thính giác)

126

Nghiên cứu điển hình 3:

Hệ thống bơm nước tháp giải nhiệt

127

NHIỀU BƠM CHẠY SONG SONG:
Một ý tưởng tuyệt vời...

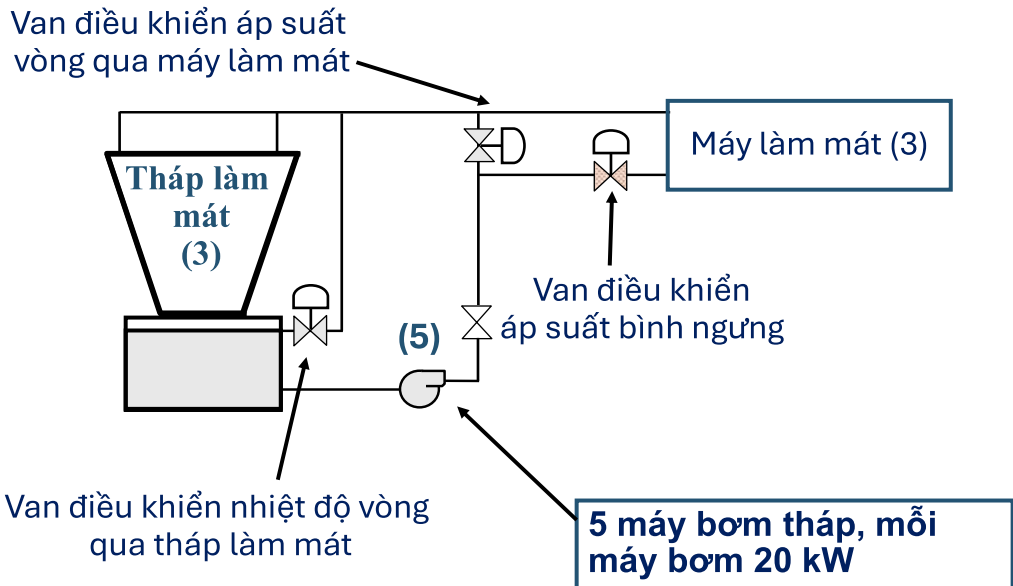
**KHI ĐƯỢC VẬN
HÀNH ĐÚNG CÁCH**



Thực tế thường có xu hướng vận hành nhiều bơm hơn mức cần thiết, điều này làm mất đi ý nghĩa ban đầu của việc lắp đặt nhiều bơm – đó là để linh hoạt theo tải và tiết kiệm năng lượng.

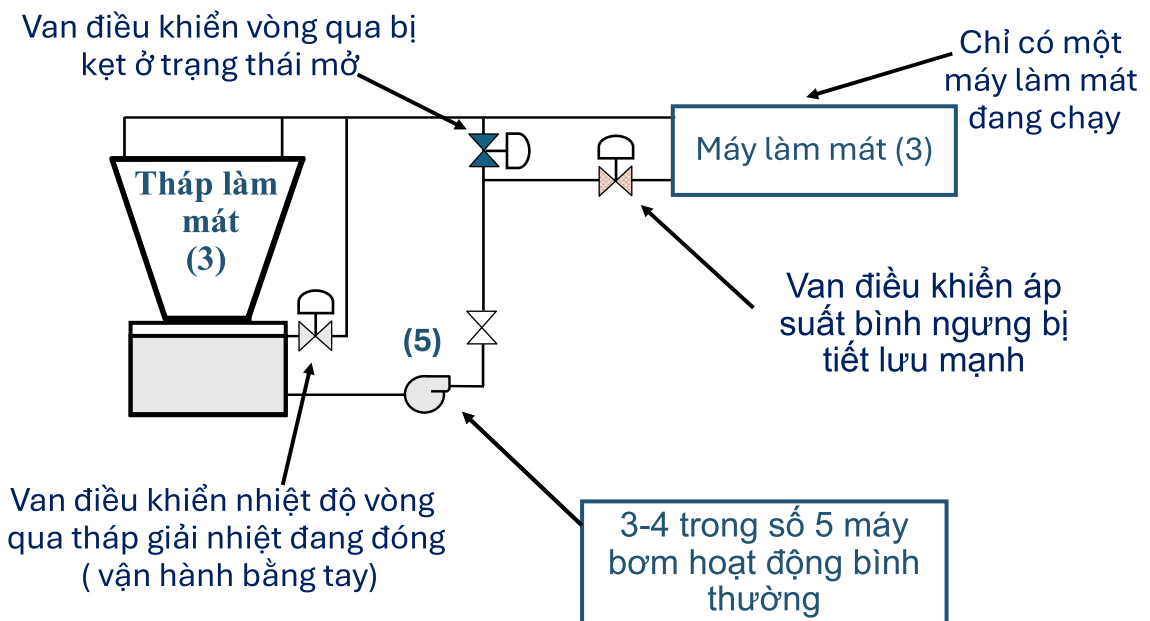
128

Sơ đồ dòng chảy đơn giản hóa của phần nước tháp trong hệ thống nước lạnh



129

Điều kiện hiện trường ghi nhận: Chỉ 1 máy làm mát đang hoạt động, nhưng có tới 3 hoặc 4 bơm tháp giải nhiệt đang chạy



130

Các hành động khắc phục ban đầu rất đơn giản

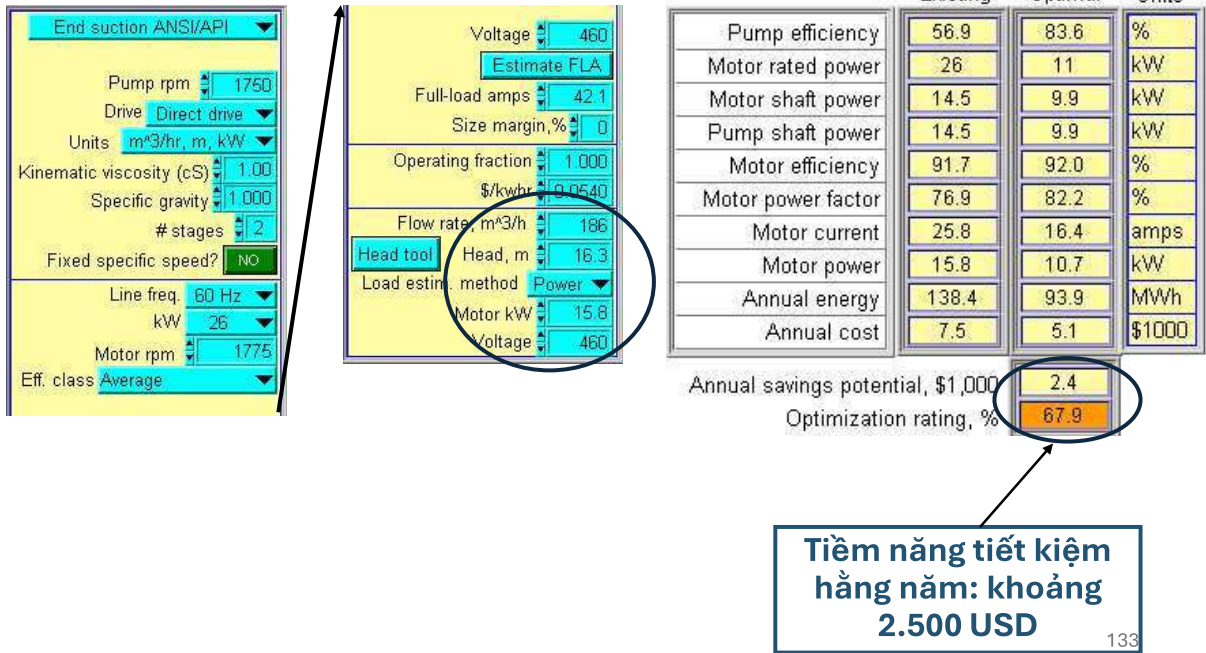
- Sửa màng van trong van bypass bị kẹt mở, loại bỏ hoàn toàn dòng bypass không cần thiết
- Tắt tất cả bơm tháp giải nhiệt, chỉ giữ lại 1 hoặc 2 bơm hoạt động, tùy theo thời điểm trong năm
- Kết quả tiết kiệm: khoảng 30 kW điện tiêu thụ, tương đương 14.000 USD mỗi năm

131

Xem xét thêm cho thấy còn nhiều cơ hội tiết kiệm năng lượng khác

132

Hiệu suất đo được khi chỉ vận hành một bơm ban đầu duy nhất (khoanh vùng bơm và động cơ trên biểu đồ hiệu suất)

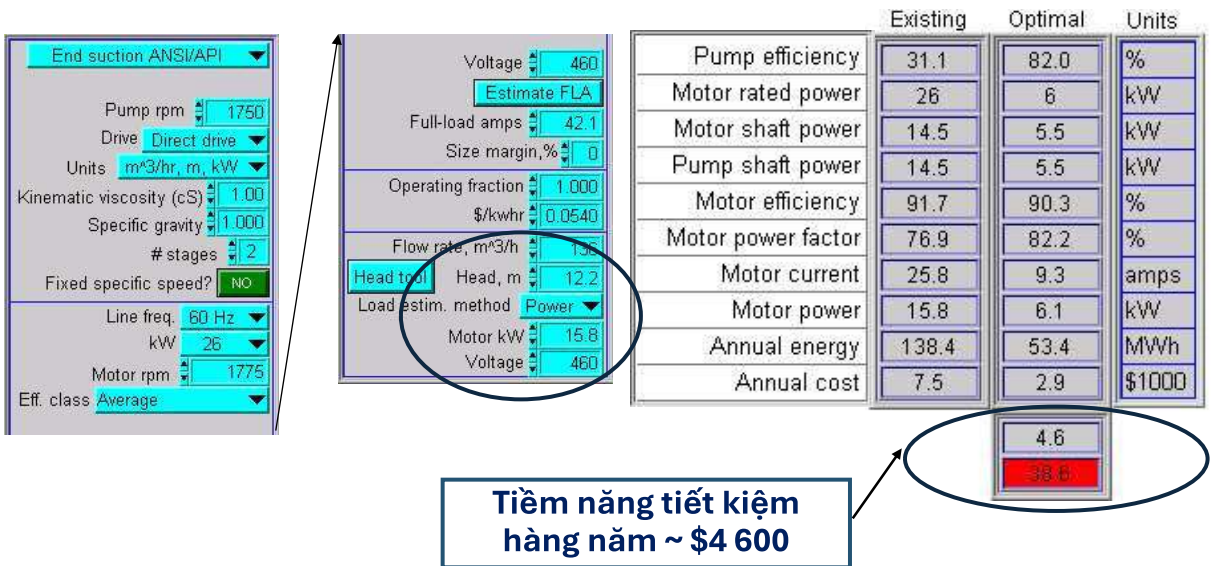


Lùi lại một bước để xem xét nhu cầu thực sự

Nguyên tắc chung cho máy làm lạnh:
3 gallon/phút nước tháp cho mỗi tấn lạnh

(ứng với độ tăng nhiệt 6°C của nước tháp trong trường hợp chiller có hiệu suất khoảng 80%)

Nhu cầu ước tính của máy làm mát, dựa trên quy tắc kinh nghiệm 3 gpm mỗi tấn lạnh

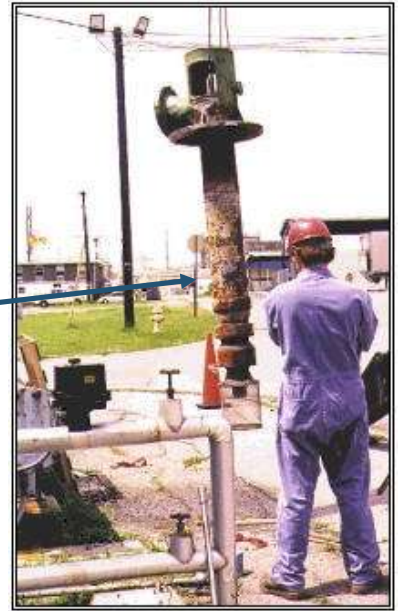
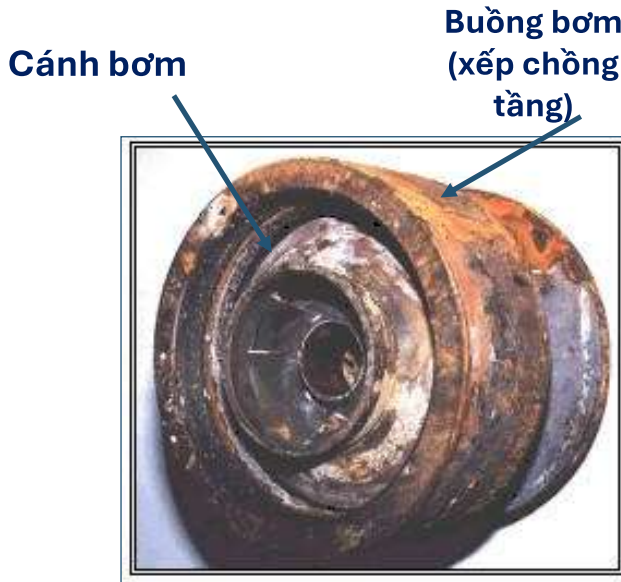


135

Một cơ hội tuyệt vời, nhưng...

KHÔNG CÓ QUỸ VỐN

Biến các vấn đề bảo trì thành tiết kiệm năng lượng...



137

Một tầng bơm đã được tháo ra khỏi hai bơm tháp giải nhiệt (một tiện ích bảo trì)

Condition A	Condition B
End suction ANSI/API	End suction ANSI/API
Pump rpm: 1750	Pump rpm: 1750
Drive: Direct drive	Drive: Direct drive
Units: m³/hr, m, kW	Units: m³/hr, m, kW
Kinematic viscosity (cS): 1.00	Kinematic viscosity (cS): 1.00
Specific gravity: 1.000	Specific gravity: 1.000
# stages: 2	# stages: 2
Fixed specific speed?: NO	Fixed specific speed?: NO
Line freq: 50 Hz	Line freq: 50 Hz
Motor rpm: 1750	Motor rpm: 1750
Eff. class: Average	Eff. class: Average
Voltage: 460	Voltage: 460
Estimate FLA	Estimate FLA
Full-load amps: 42.1	Full-load amps: 42.1
Size margin, %: 0	Size margin, %: 0
Operating fraction: 1.000	Operating fraction: 1.000
\$/kwhr: 0.0540	\$/kwhr: 0.0540
Flow rate, m³/h: 186	Flow rate, m³/h: 186
Head, m: 16.3	Head, m: 13.9
Load estim. method: Power	Load estim. method: Power
Motor kW: 15.8	Motor kW: 7.70
Voltage: 460	Voltage: 460

Bơm hiện đang gần hơn với điểm hiệu suất tối ưu

	Condition A	Units	Condition B	Units
	Existing	Optimal	Existing	Optimal
Pump efficiency	56.6	83.6	76.3	82.0
Motor rated power	26	11	26	7.5
Motor shaft power	14.5	9.8	6.7	6.3
Pump shaft power	14.5	9.8	6.7	6.3
Motor efficiency	91.7	92.0	87.5	91.1
Motor power factor	76.9	82.1	56.7	80.8
Motor current	25.8	16.3	17.1	10.7
Motor power	15.8	10.7	7.7	6.9
Annual energy	138.4	93.4	67.5	60.3
Annual cost	7.5	5.0	3.6	3.3
Annual savings potential, \$1,000		2.4		0.4
Optimization rating, %		67.5		89.4

Đã đạt được mức tiết kiệm khoảng 4.000 USD một bơm mỗi năm

138

Vấn đề mẫu

139

Vấn đề mẫu

Hệ thống có van điều khiển gặp sự cố

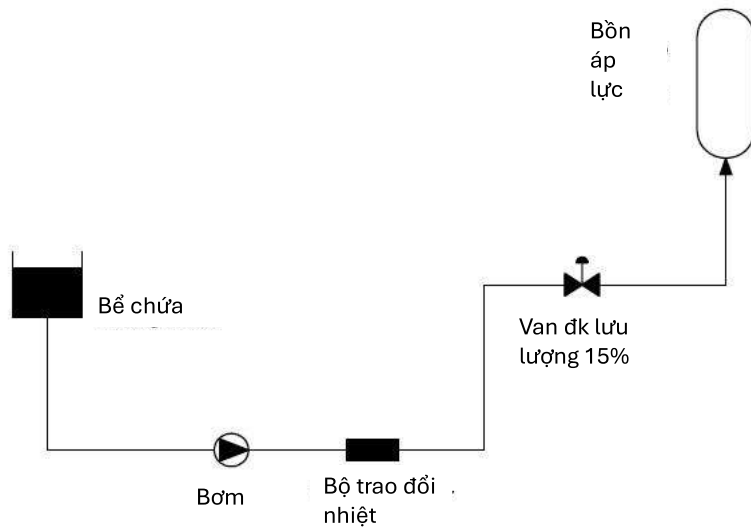
Trong ví dụ này, phân tích chi phí vòng đời (LCC) đối với hệ thống đường ống tập trung vào một van điều khiển. Hệ thống gồm một bơm đơn, vận chuyển chất lỏng có chứa một ít chất rắn từ bể chứa đến bồn áp lực. Dòng chất lỏng được gia nhiệt bằng bộ trao đổi nhiệt, và một van điều khiển có nhiệm vụ điều tiết lưu lượng vào bồn áp lực ở mức $80 \text{ m}^3/\text{h}$ (tương đương 350 USgpm).

Kỹ sư nhà máy đang gặp sự cố với van điều khiển – van bị hỏng do hiện tượng xâm thực gây xói mòn, với chu kỳ hỏng khoảng 10 đến 12 tháng, và chi phí mỗi lần sửa chữa khoảng 4.000 Euro hoặc USD. Một phương án đang được cân nhắc là thay van hiện tại bằng loại có khả năng chống xâm thực tốt hơn.

Tuy nhiên, trước khi tiếp tục thay van một lần nữa, kỹ sư dự án quyết định xem xét các giải pháp thay thế khác và thực hiện phân tích chi phí vòng đời (LCC) để so sánh các phương án.

140

Vấn đề mẫu



Sơ đồ hệ thống bơm có van điều khiển bị hỏng

Bể chứa, bơm, bộ trao đổi nhiệt, van điều khiển lưu lượng mở ở @ 15%, bồn áp lực 2.0 Bar

141

Vấn đề mẫu

Cách hệ thống đang vận hành:

- Bước đầu tiên là xác định cách hệ thống hiện đang vận hành và tìm hiểu nguyên nhân vì sao van điều khiển bị hỏng, sau đó đánh giá giải pháp khắc phục phù hợp.
- Hiện tại, van điều khiển chỉ hoạt động trong khoảng 15–20% mở, và phát ra tiếng ồn lớn do hiện tượng xâm thực. Có dấu hiệu cho thấy van không được chọn đúng kích cỡ cho ứng dụng này. Sau khi rà soát lại tính toán thiết kế ban đầu, phát hiện rằng bơm đã được chọn cho lưu lượng 110 m³/h, trong khi yêu cầu thực tế chỉ là 80 m³/h, dẫn đến chênh áp qua van lớn hơn so với thiết kế ban đầu.
- Do đó, với chênh áp lớn ở lưu lượng vận hành thực tế, cùng với thực tế là van liên tục bị hư hỏng do xâm thực theo chu kỳ định kỳ, có thể kết luận rằng:→ Van điều khiển hiện tại không phù hợp cho quá trình này.

142

Vấn đề mẫu

Bốn tùy chọn sau đây được đề xuất:

- A. Có thể lắp đặt van điều khiển mới, được thiết kế để chịu được chênh áp cao hiện tại.
- B. Có thể cắt lại cánh bơm để bơm tạo ra cột áp thấp hơn, từ đó giảm chênh áp qua van điều khiển hiện tại.
- C. Có thể lắp đặt bộ điều tốc và loại bỏ van điều khiển lưu lượng. → Biến tần sẽ điều chỉnh tốc độ bơm để đạt được lưu lượng quá trình mong muốn.
- D. Hệ thống có thể giữ nguyên như hiện tại, với kỳ vọng sửa chữa van điều khiển mỗi năm một lần như một phần chi phí vận hành.

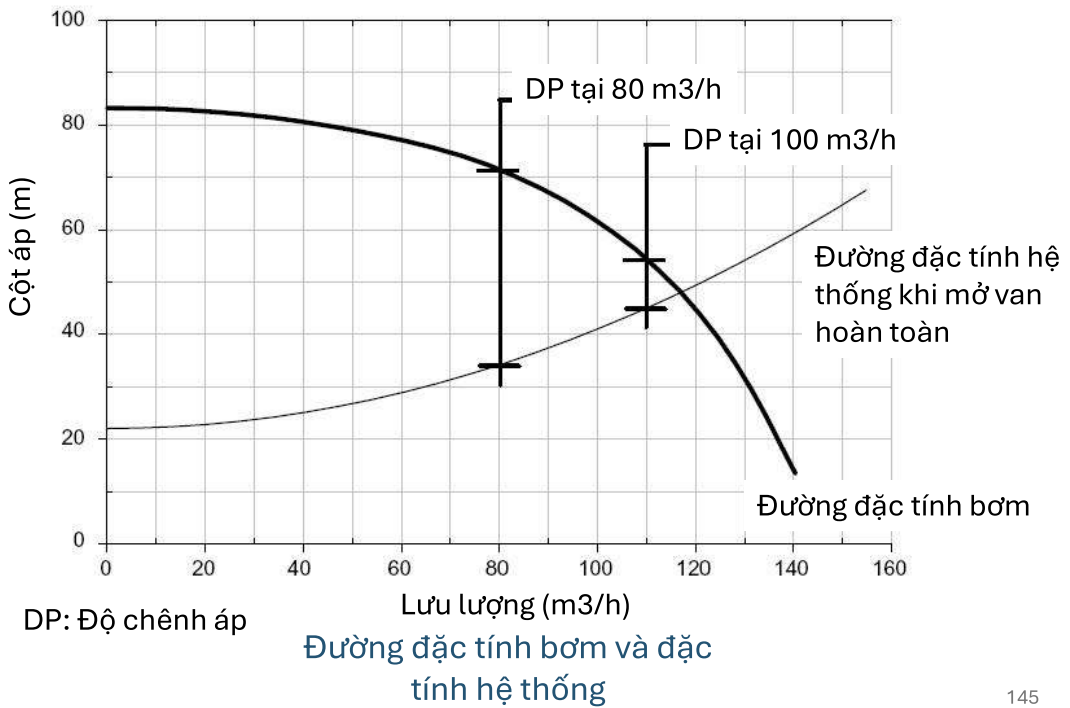
143

Chi phí của các phương án

- Chi phí cho một van điều khiển mới được chọn đúng kích thước là 5.000 USD
- Chi phí để cắt lại cánh bơm (bao gồm tháo lắp) là 2.250 USD
- Một biến tần (VSD) công suất 30 kW có giá 20.000 USD, cộng thêm 1.500 USD chi phí lắp đặt. Biến tần này sẽ tốn 500 USD cho bảo trì mỗi năm, nhưng không cần sửa chữa trong suốt vòng đời dự án là 8 năm.
- Phương án giữ nguyên hệ thống như hiện tại sẽ dẫn đến chi phí sửa chữa hàng năm là 4.000 USD, do hư hỏng van điều khiển gây ra bởi hiện tượng xâm thực.
- Quá trình vận hành với lưu lượng 80 m³/h trong 6.000 giờ mỗi năm. Giá điện là 0,08 USD mỗi kWh và hiệu suất động cơ là 90%.

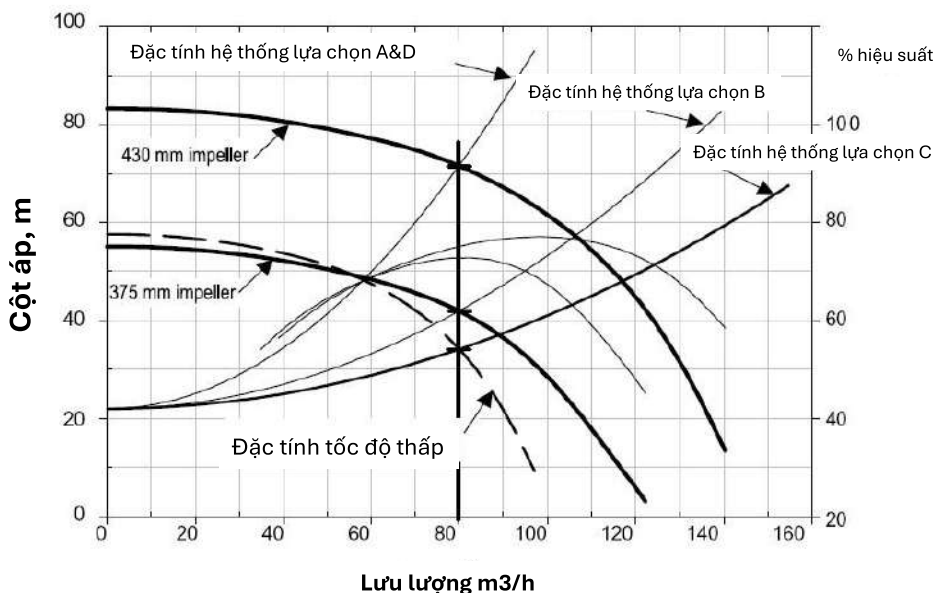
144

Vấn đề mẫu



145

Vấn đề mẫu – Các phương án



Đường đặc tính của bơm và hệ thống trong các trường hợp như cắt cánh bơm, vận hành thay đổi tốc độ, và các đường đặc tính hệ thống khác nhau

146

Vấn đề mẫu - So sánh

- Khi vận hành ở cột áp 71,1m, tổng chi phí điện năng hằng năm là 11.088 USD
- Khi cắt cánh bơm xuống còn 375 mm, cột áp tổng của bơm giảm xuống còn 42m tại lưu lượng 80 m³/h. Sự giảm áp này làm cho chênh áp qua van điều khiển còn dưới 10 mét, phù hợp hơn với điểm thiết kế ban đầu của van, do đó không phát sinh thêm chi phí sửa chữa van điều khiển.
- Chi phí điện năng hằng năm sau khi cắt cánh bơm là 6.720 USD
- Khi lắp biến tần (VSD), cột áp tổng của bơm tiếp tục giảm xuống 34,4m tại 80 m³/h. Chi phí điện năng hằng năm khi vận hành ở tốc độ thấp hơn là 5.568 USD.

147

So sánh chi phí

Bảng: So sánh chi phí cho các phương án A đến D trong hệ thống có van điều khiển bị hỏng

Chi phí	Thay van điều khiển (A)	Cắt cánh bơm (B)	Lắp biến tần (C)	Sửa chữa van (D)
Dữ liệu chi phí máy bơm				
Đường kính cánh bơm	430mm	375mm	430mm	430mm
Cột áp bơm	71.1m	42.0m	34.4m	71.1m
Hiệu suất bơm	75.1%	72.7%	77%	75.1%
Lưu lượng	80m3/h	80m3/h	80m3/h	80m3/h
Công suất tiêu thụ	23.1kW	14.0kW	11.6kW	23.1kW
Chi phí điện/ năm (USD)	\$ 11,088	\$ 6,720	\$ 5,568	\$ 11,088
Van mới	\$ 5,000	0	0	0
Sửa đổi cánh bơm	0	\$ 2,250	0	0
Biến tần	0	0	\$ 20,000	0
Lắp đặt biến tần	0	0	\$ 1,500	0
Sửa chữa van hàng năm	0	0	\$ 500	\$ 4000

Vấn đề mẫu

- Các bạn thấy những lợi ích gì trong các giải pháp khác nhau?
- Các bạn sẽ đề xuất phương án nào và vì sao?

149

Thông điệp chính rút ra

- Điều tôi rút ra được quan trọng nhất về việc nhận diện và đánh giá cơ hội tối ưu hóa hệ thống bơm là:
- Sau khi tham gia khóa đào tạo này, tôi tin rằng tại cơ sở của mình ____ [có] ____ [không có] tiềm năng để tối ưu hóa hệ thống bơm.

150

Cảm ơn!

TUYÊN BỐ MIỄN TRỪ

Tài liệu này được biên soạn trong khuôn khổ Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại Việt Nam” (Dự án IEEP) do Liên minh châu Âu (EU) tài trợ, Bộ Công Thương (Bộ CT) quản lý và Tổ chức Phát triển công nghiệp Liên hợp quốc (UNIDO) thực hiện. Nội dung tài liệu hoàn toàn thuộc trách nhiệm của Dự án và không nhất thiết phản ánh quan điểm của bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào.