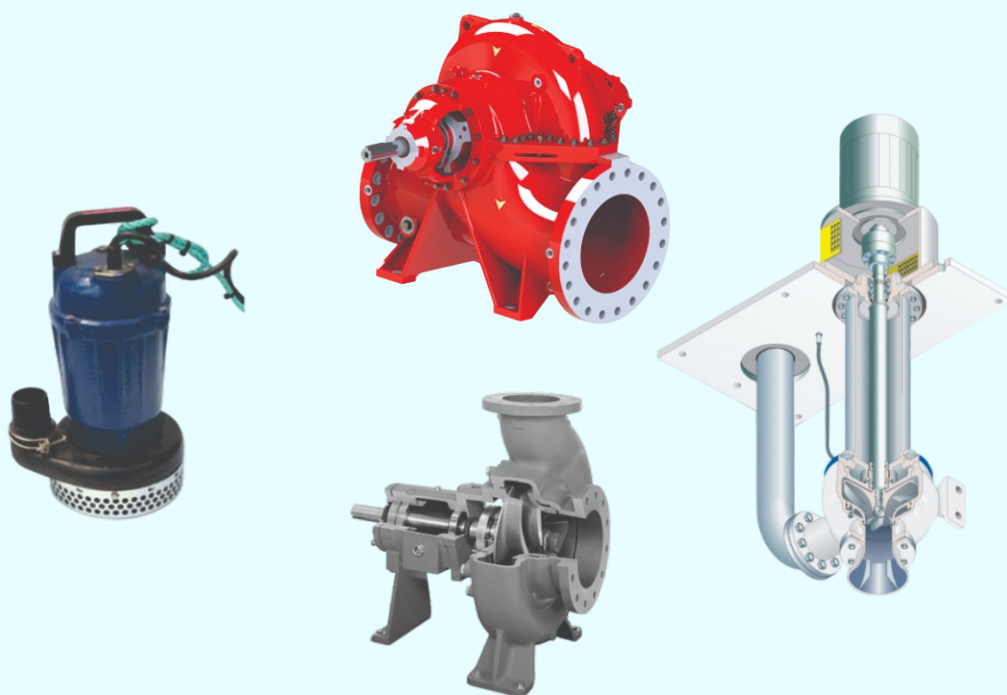


Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam” (IEEP)

CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO CHUYÊN GIA TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG BƠM

Hà Nội, 20 - 23/01/2026



CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO CHUYÊN GIA TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG BƠM

Từ 20 đến 23/01/2026

Tại: - Khách sạn Hòa Bình, 27 Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội
- Nhà máy Nhựa Thiếu niên Tiền Phong, Hải Phòng
- Khách sạn Menrva, 4 Trần Hưng Đạo, Hải Phòng

Ngày 1 (Khách sạn Hòa Bình)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.45	Phát biểu khai mạc	Đại diện Bộ Công Thương/ VP Dự án IEEP
8.45-9.00	Nguyên lý Cơ bản về Bơm & Hệ thống	Chuyên gia quốc tế
9.00-9.30	Giới thiệu chuẩn ASME và quy trình đánh giá hệ thống bơm	Chuyên gia quốc tế
9.30-10.00	Quan sát thực tế: Dấu hiệu nhận biết hệ thống không tối ưu	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-10.45	Nghiên cứu trường hợp: Thu thập và phân tích dữ liệu	Chuyên gia quốc tế
10.45-11.15	Nghiên cứu trường hợp: Nhận dạng các cơ hội tiết kiệm	Chuyên gia quốc tế
11.15-12.00	Các vấn đề về vận hành và bảo trì	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	
13.15-13.45	Các vấn đề về biến tần	Chuyên gia quốc tế
13.45-14.15	Nghiên cứu trường hợp: Biến tần trong nhà máy giấy	Chuyên gia quốc tế
14.15-15.00	Thu thập dữ liệu: về động cơ và lưu chất Thu thập dữ liệu về bơm	Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Các thông số cần đo: Lưu lượng, Áp suất, Công suất	Chuyên gia quốc tế
16.00-16.30	Công cụ và Kỹ thuật đo lường	Chuyên gia quốc tế

Ngày 2 (Nhà máy Nhựa Thiếu niên Tiền Phong)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.00	Chào mừng và Giới thiệu	Dự án IIEP, Nhà máy Nhựa Thiếu Niên Tiền Phong
9.00-9.30	Tổng quan về Nhà máy & Lãnh đạo cấp cao chào mừng	BGD Nhà máy Nhựa Thiếu Niên Tiền Phong
9.30-9.40	Hướng dẫn An toàn	Chuyên gia quốc tế
9.40-10.00	Mục tiêu Đào tạo & Chia nhóm	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-11.00	Ôn tập về Hệ thống Bơm	Chuyên gia quốc tế
11.00-12.00	Tham quan Thực địa – Khảo sát sơ bộ hệ thống	Toàn bộ lớp học
12.00-13.15	Ăn trưa	
13.15-14.00	Đánh giá Hệ thống Bơm - Phiên 1	Toàn bộ lớp học
14.00-15.00	Đánh giá Hệ thống Bơm - Phiên 2	Toàn bộ lớp học
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Đánh giá Hệ thống Bơm - Phiên 3	Toàn bộ lớp học
16.00-16.30	Phân tích các quan sát và dữ liệu	Toàn bộ lớp học



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

Ngày 3 (Khách sạn Menrva)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.30	Phân tích các quan sát và dữ liệu	Toàn bộ lớp học
9.30-10.00	Giới thiệu phần mềm MEASUR	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-12.00	Hướng dẫn sử dụng phần mềm MEASUR	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa	
13.15-15.00	Ứng dụng MEASUR để mô hình hóa các dự án TKNL	Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Ứng dụng MEASUR để tính toán các thông số của mỗi dự án Tối ưu hóa hệ thống bơm	Chuyên gia quốc tế
16.00-16.30	Chuẩn bị cho buổi trình bày với Ban lãnh đạo nhà máy	Toàn bộ lớp học

Ngày 4 (Nhà máy Nhựa Thiếu niên Tiền Phong)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.15	Tổng kết các Phát hiện & Cơ hội	Toàn bộ lớp học Chuyên gia quốc tế
9.15-9.30	Nghỉ giữa giờ	
9.30-12.00	Báo cáo cho Ban Lãnh đạo Nhà máy Nhựa Thiếu Niên Tiền Phong	Toàn bộ lớp học
12.00-13.15	Ăn trưa	
13.15-15.00	Báo cáo cho Ban Lãnh đạo Nhà máy Nhựa Thiếu Niên Tiền Phong	Toàn bộ lớp học
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Báo cáo cho Ban Lãnh đạo Nhà máy Nhựa Thiếu Niên Tiền Phong	Toàn bộ lớp học
16.00-16.30	Các bước Tiếp theo - Bài tập & Hội thảo Trực tuyến	Chuyên gia quốc tế
16.30-17.00	Phát biểu bế mạc	Đại diện Văn phòng dự án IIEP

Khóa đào tạo 2 ngày Chuyên gia Tối ưu hóa hệ thống bơm

Harry Rosen

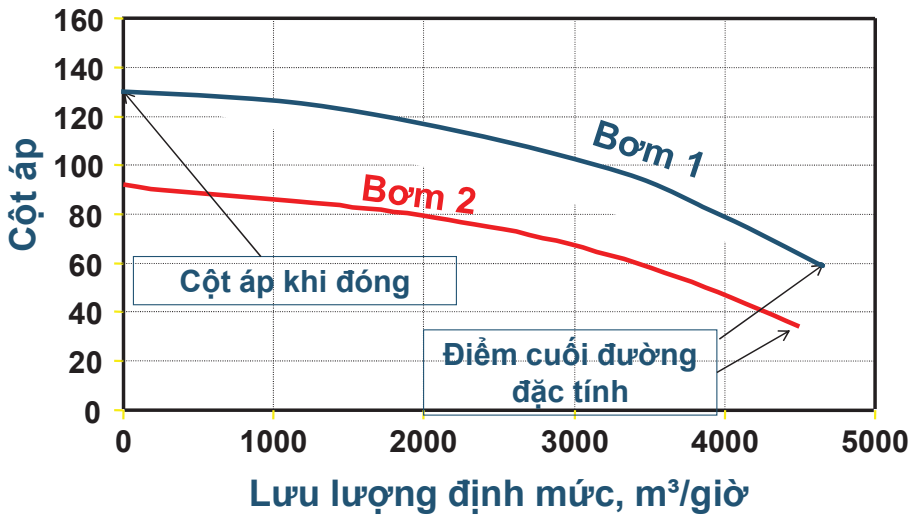
Chuyên gia quốc tế về hiệu quả năng lượng của UNIDO

Dựa trên nội dung của Sổ tay đào tạo Chuyên gia PSO của UNIDO

**Việt Nam
2026**

Kiến thức cơ bản về Bơm và Hệ thống

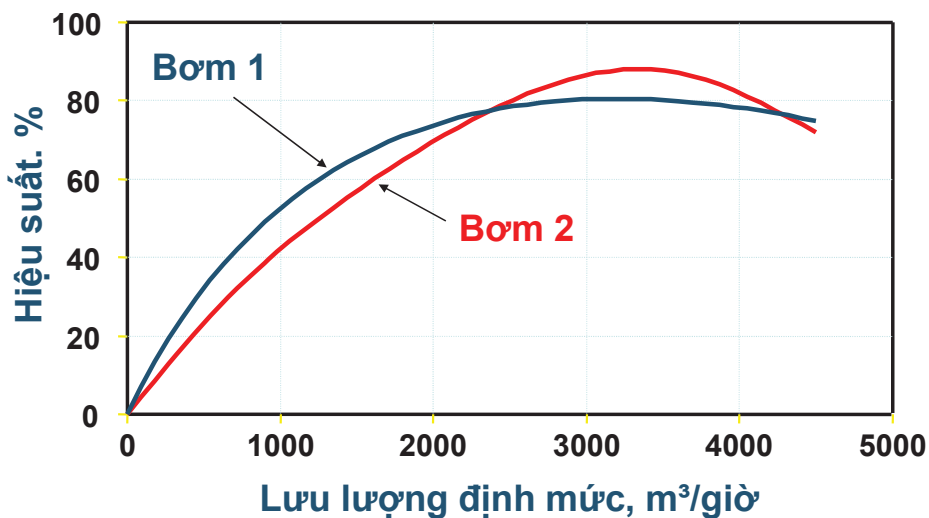
Hình dạng đường đặc tính bơm thay đổi: Đặc tính cột áp cho hai thiết kế bơm khác nhau



3

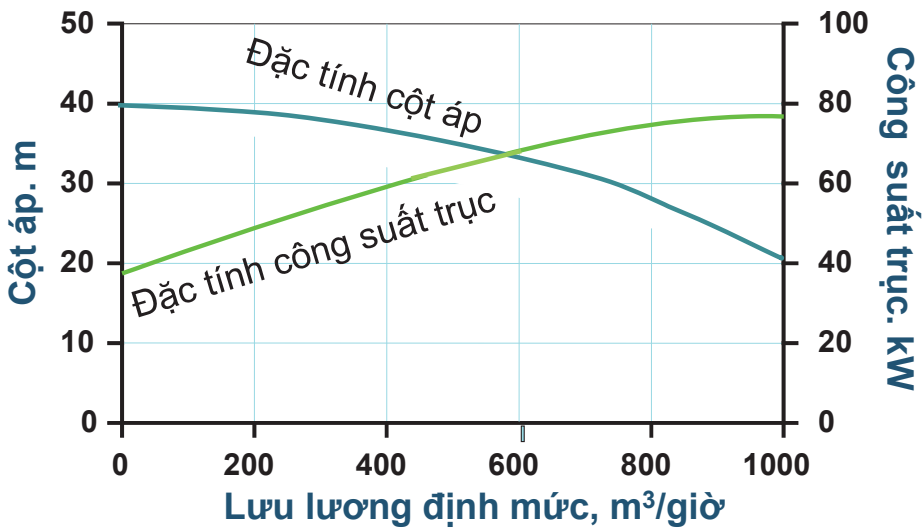
3

Và cuối cùng là đường đặc tính hiệu suất của hai bơm



4

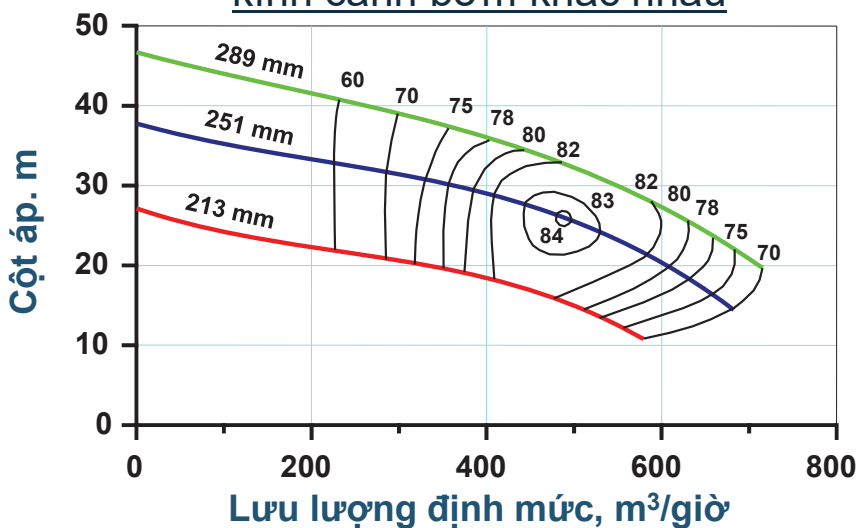
Một đường đặc tính quan trọng khác là công suất trục theo lưu lượng



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge – Hoa Kỳ cung cấp.

5

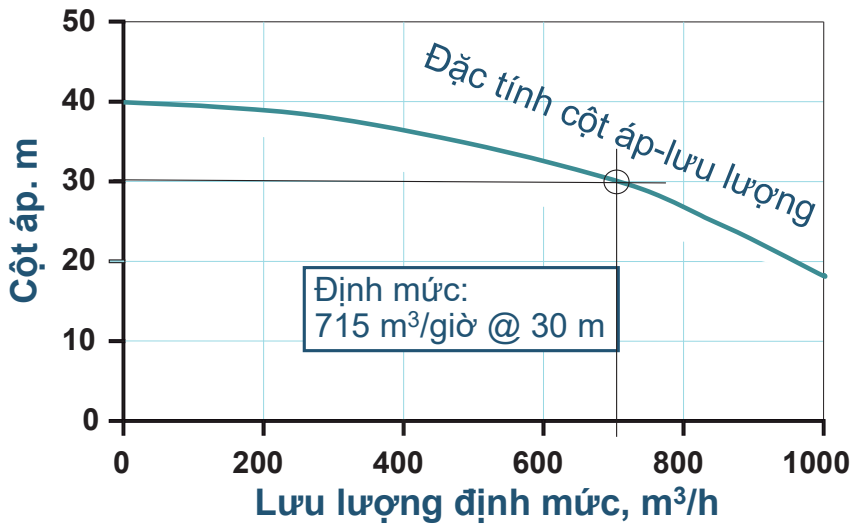
Đường đẳng hiệu suất thường được vẽ chồng lên đường đặc tính cột áp - lưu lượng cho nhiều đường kính cánh bơm khác nhau



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge – Hoa Kỳ cung cấp.

6

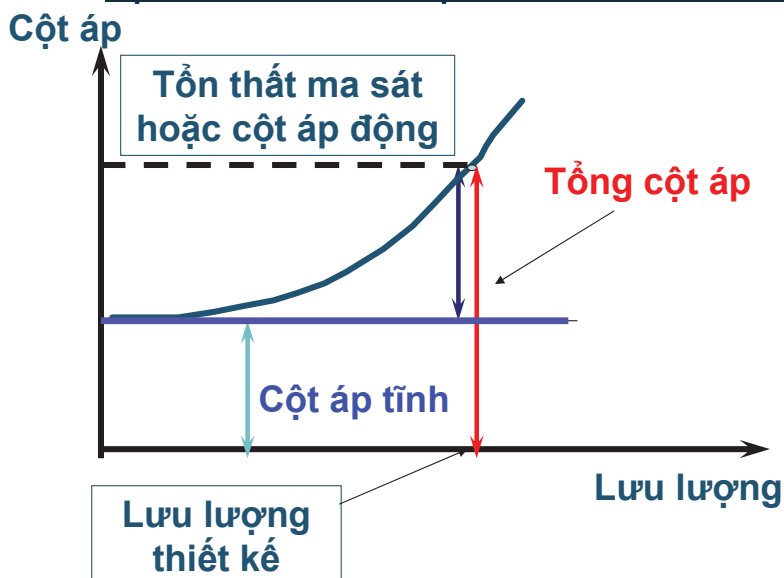
Thông số trên nhãn máy chỉ áp dụng cho một điểm vận hành cụ thể



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

9

Hai thành phần của đường đặc tính hệ thống: Cột áp tĩnh và cột áp ma sát hoặc cột áp động



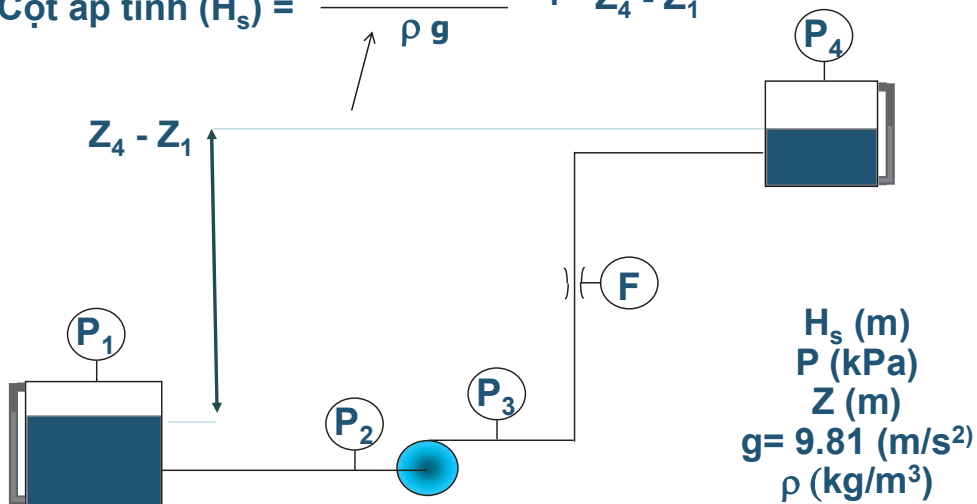
Cột áp ma sát thay đổi xấp xỉ theo bình phương lưu lượng

Cột áp tĩnh là tổng độ chênh lệch áp suất + độ cao từ điểm đầu đến điểm cuối

10

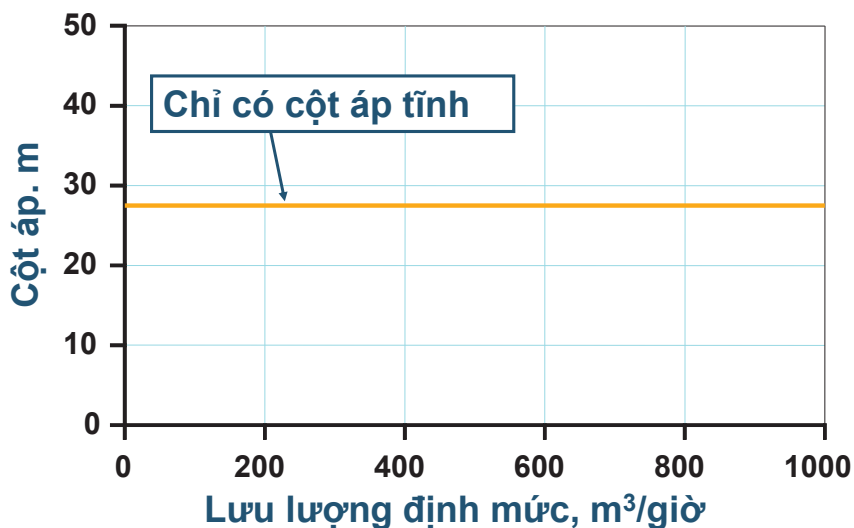
Cột áp tĩnh bao gồm thành phần độ cao, và đôi khi có các thành phần áp suất

$$\text{Cột áp tĩnh (H}_s\text{)} = \frac{(P_4 - P_1)}{\rho g} + Z_4 - Z_1$$



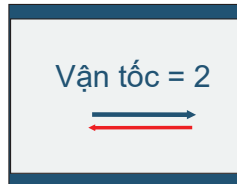
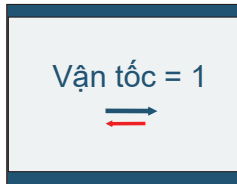
11

Đường đặc tính hệ thống cho hệ thống hoàn toàn là cột áp tĩnh



Giống như mọi chuyển động khác, sự chuyển động của chất lỏng chịu lực cản của ma sát

Độ lớn của ma sát tỉ lệ thuận với bình phương vận tốc chất lỏng



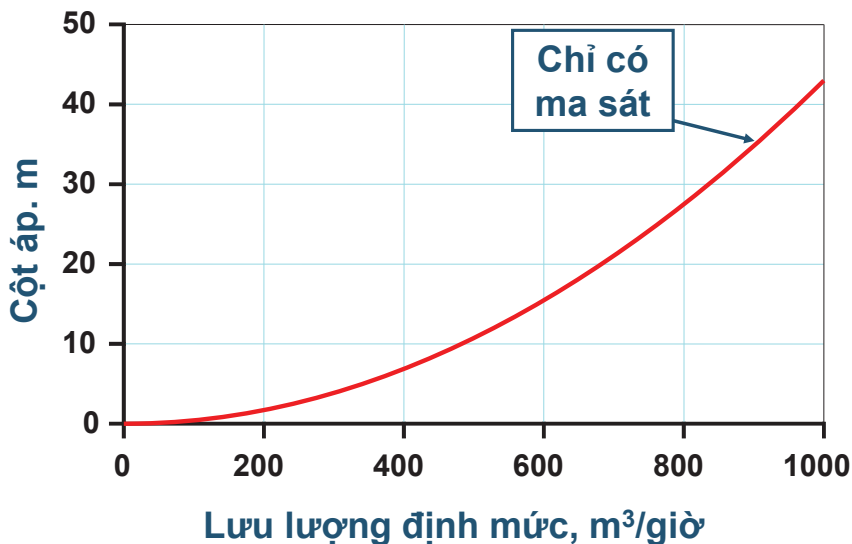
$$\text{Tổn thất cột áp do ma sát} = K \frac{V_2^2}{2g}$$

Đối với đường ống. K thường được xác định bằng phương pháp ước tính tổn thất ma sát đường ống gọi là Darcy-Weisbach.

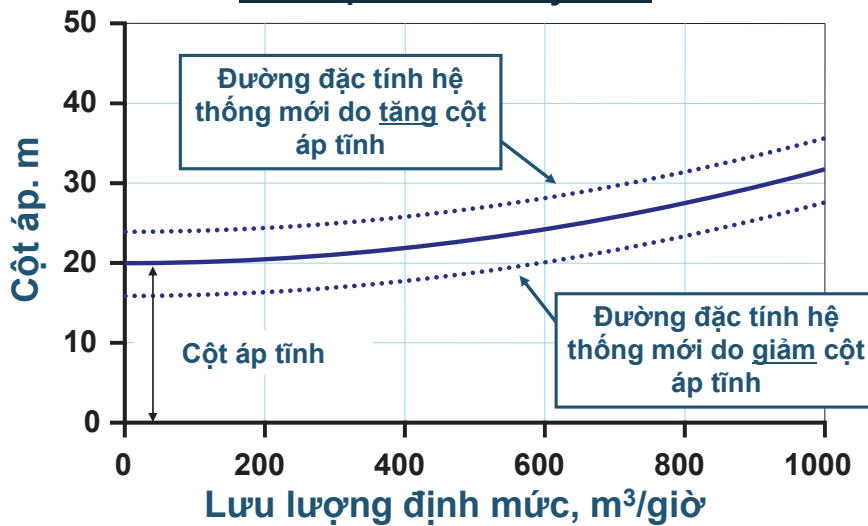
Đối với các phụ kiện và thành phần như van, co nối và tê. K được gọi là "hệ số tổn thất". Nội dung này sẽ được trình bày kỹ hơn sau.

13

Đường đặc tính hệ thống đối với hệ thống hoàn toàn là ma sát



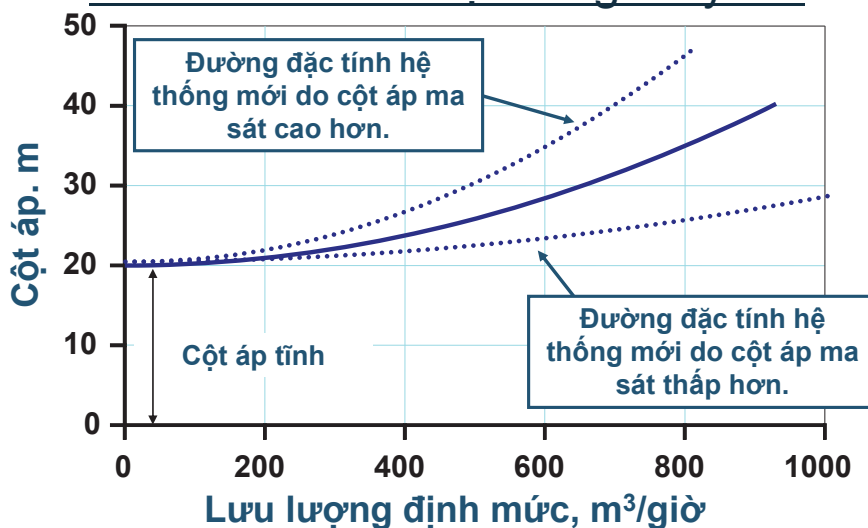
Ảnh hưởng lên đường đặc tính hệ thống khi cột áp tĩnh thay đổi



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

15

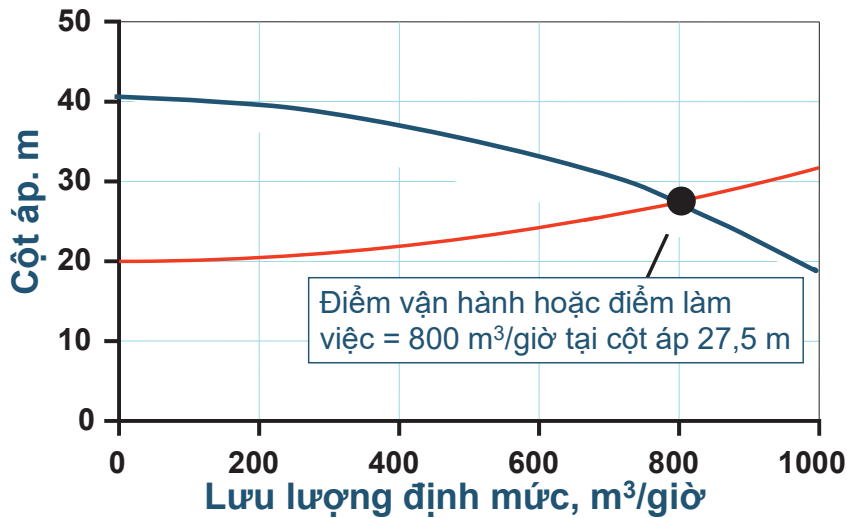
Ảnh hưởng lên đường đặc tính hệ thống khi ma sát của hệ thống thay đổi



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

16

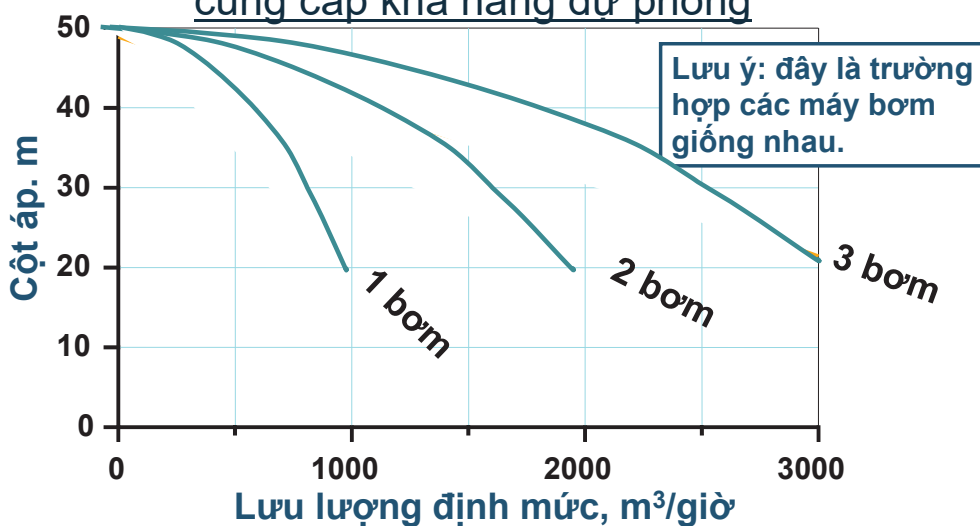
Giao điểm giữa đường đặc tính bơm và đường đặc tính hệ thống xác định điểm vận hành



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

17

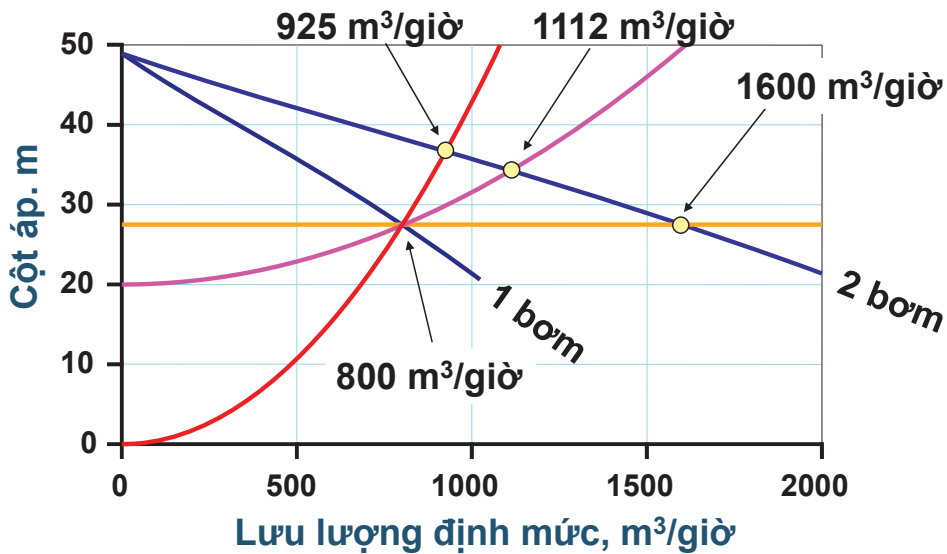
Các máy bơm vận hành song song có thể giúp thích nghi với các yêu cầu thay đổi của hệ thống và cung cấp khả năng dự phòng



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

18

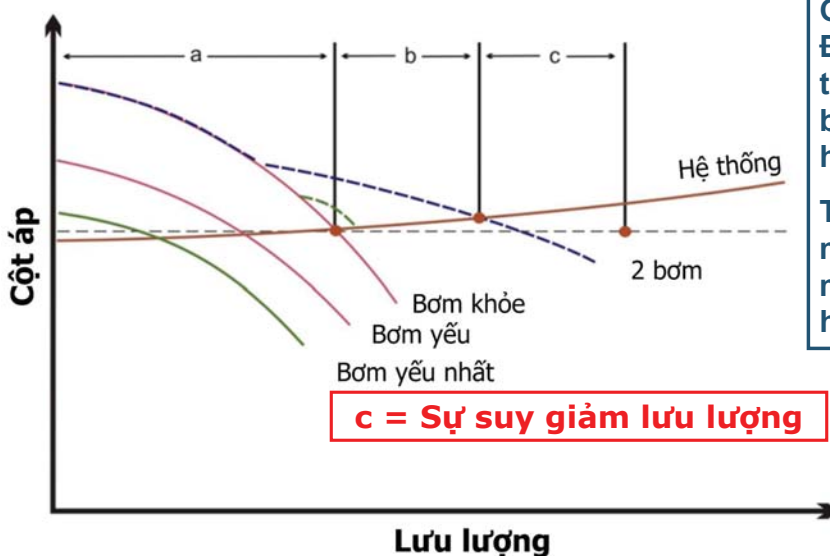
Vận hành bơm song song với các loại hệ thống khác nhau



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

19

Các máy bơm bị mòn vận hành song song - Một máy bơm sẽ lấn át máy bơm còn lại



Ghi chú:
Đây là trường hợp bơm giống hệt nhau

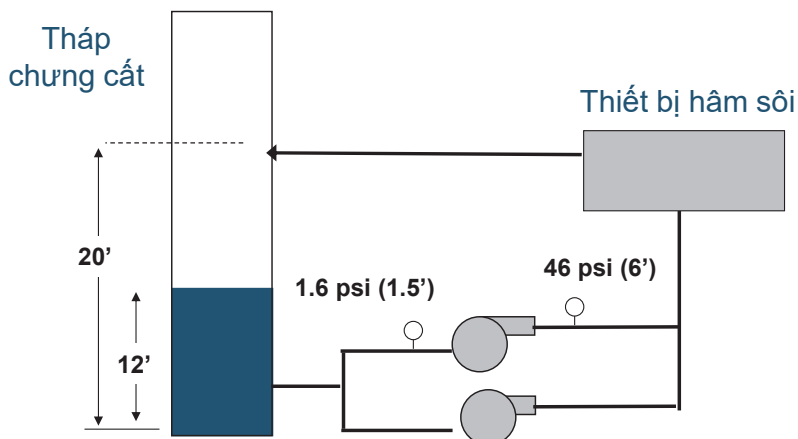
Trong đó có một chiếc bị mòn nhiều hơn

20

Ví dụ về các máy bơm song song tại nhà máy Ethanol

21

Bơm thiết bị hâm sôi #1 và #2



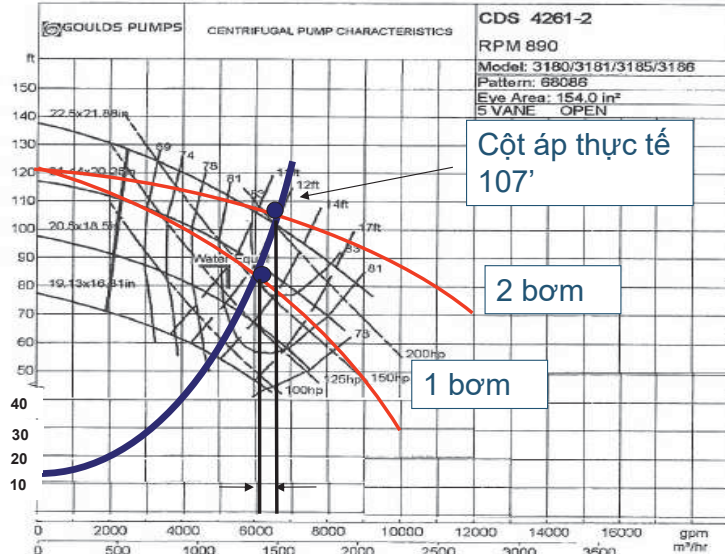
Mức sử dụng năng lượng của bơm nôi hơi BC #1 (119,6 kW). #2 (120,4 kW)

Bơm #2 sử dụng năng lượng: $120,4 \text{ kW} \times 8.500 \text{ giờ} = 1.023.400 \text{ kWh}$

22

Đặc tính bơm hệ thống hầm sô

Việc vận hành
 hai máy bơm
 thay vì một
 máy chỉ làm
 tăng lưu
 lượng thêm
 6% nhưng
 làm tăng chi
 phí năng
 lượng hàng
 năm của hệ
 thống thêm
 56.287 USD



23

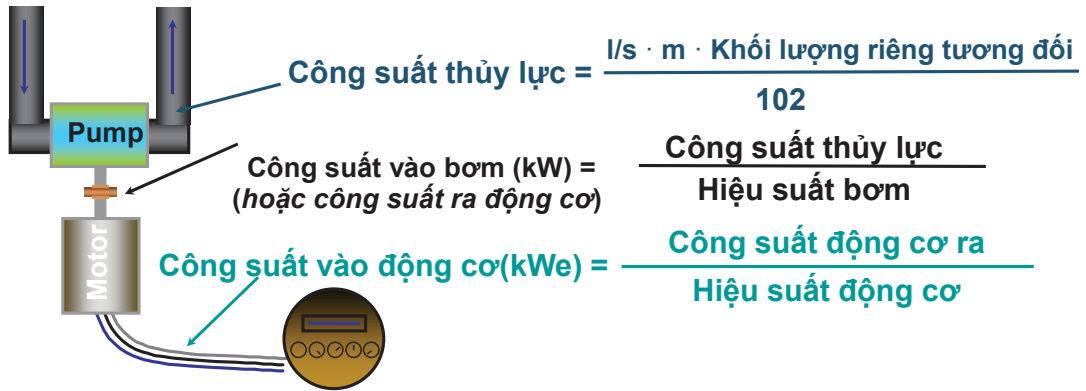
Định nghĩa tiêu chuẩn về hiệu suất



$$\text{Hiệu suất động cơ} = \frac{\text{Công suất ra trực động cơ}}{\text{Công suất điện vào động cơ}} \quad \text{Công suất ra thủy lực} = \text{Hiệu suất bơm} \quad \text{Công suất vào trực bơm}$$

24

Từ công suất nước hoặc công suất thủy lực, phương trình có thể được mở rộng để bao gồm các thành phần hệ thống bơm nhằm xác định kW



Và cuối cùng, chi phí vận hành động cơ =

Công suất vào động cơ * Thời gian vận hành * Đơn giá điện

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

25

Mở rộng phương trình công suất...

$$kW = \frac{\text{Lưu lượng (l/s)} * \text{Tổng cột áp (m)} * \text{Khối lượng riêng tương đối}}{102 * \eta_p * \eta_m * \eta_{vfd}}$$

Lưu lượng
Tổng cột áp } Các cơ hội ở cấp độ hệ thống

η_p = Hiệu suất bơm

η_m = Hiệu suất động cơ

η_{vfd} = Hiệu suất biến tần

Các cơ hội ở cấp độ thành phần

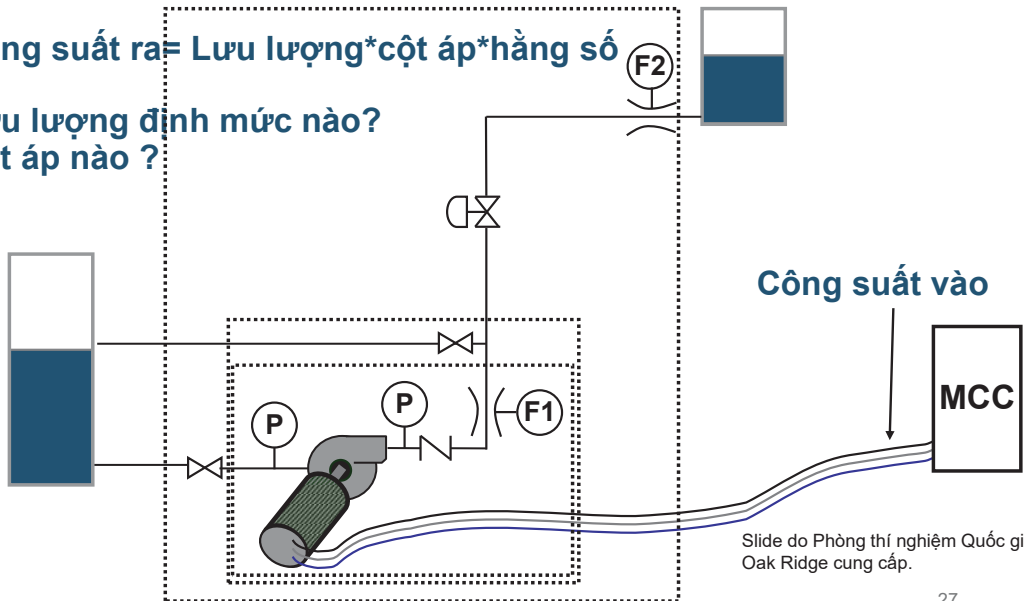
$$kWh = kW * h \text{ (Giờ)}$$

26

Tối ưu hóa hệ thống bơm: Xác định hệ thống

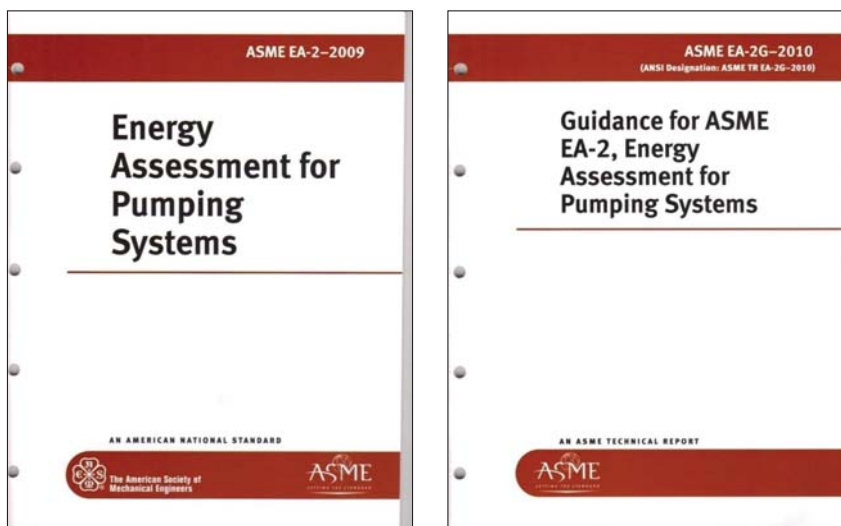
Công suất ra = Lưu lượng * cột áp * hằng số

Lưu lượng định mức nào?
Cột áp nào ?



27

Tiêu chuẩn đánh giá bơm và Tài liệu hướng dẫn của ASME



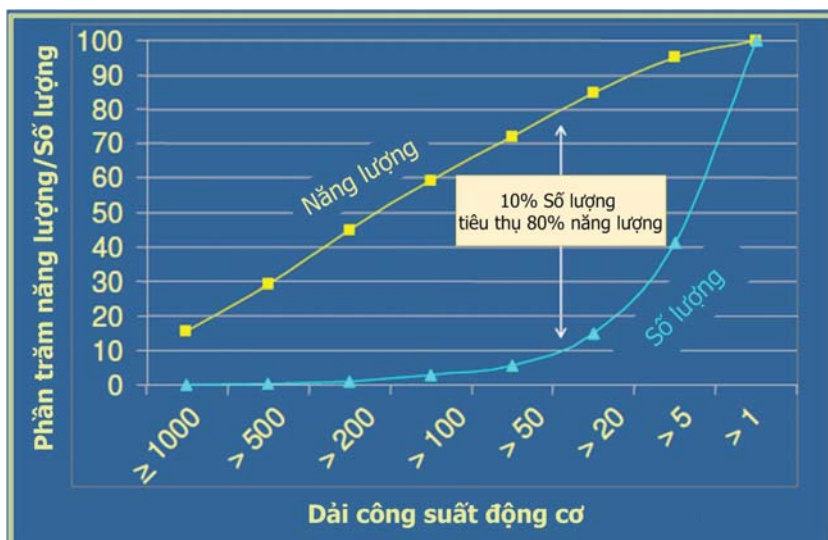
28

Tối ưu hóa hệ thống bơm là gì?

- Tối ưu hóa hệ thống bơm là một phương pháp tiếp cận có hệ thống để đánh giá các máy bơm tiêu thụ năng lượng cao nhằm xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng.
- Sau khi sàng lọc sơ bộ các hệ thống bơm, tiềm năng tiết kiệm của các bơm được chọn sẽ được xác định bằng cách đo áp suất, lưu lượng và công suất tại hiện trường. Dữ liệu này được kết hợp với dữ liệu vận hành hệ thống bơm để xác định đường cơ sở tiêu thụ năng lượng và các yêu cầu thực tế của hệ thống.
- Công cụ phần mềm PSAT của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) có thể được sử dụng để cung cấp các phân tích sơ bộ về mức tiết kiệm. Nếu có cơ hội tốt, một phân tích chuyên sâu hơn có thể được thực hiện để xác định phương án cải thiện có hiệu quả nhất về mặt chi phí cho việc tối ưu hóa hệ thống bơm.

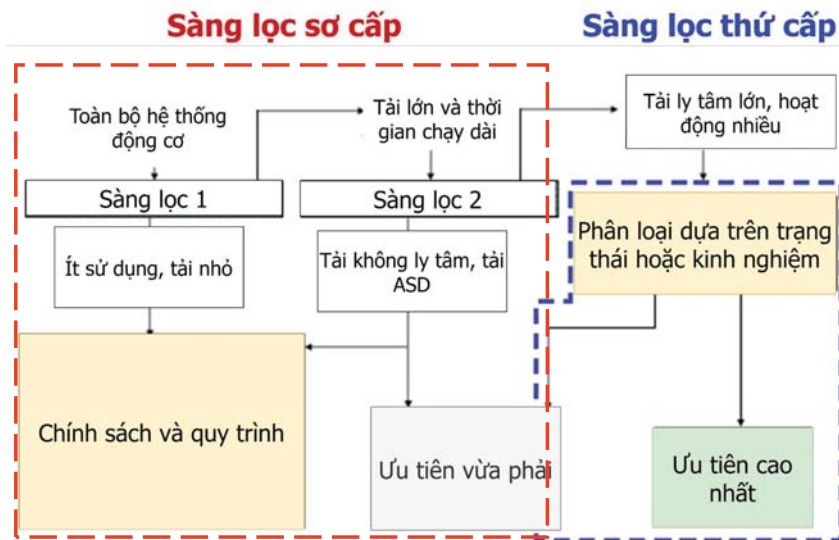
29

Một phần nhỏ các động cơ chịu trách nhiệm cho phần lớn lượng năng lượng tiêu thụ



30

Sàng lọc sơ cấp và thứ cấp



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

31

Xác định các cơ hội tiết kiệm tiềm năng

Bốn nguyên nhân phổ biến khiến hiệu suất hệ thống bơm không đạt tối ưu

- Các thành phần được lắp đặt không hiệu quả tại điều kiện vận hành điển hình
- Hiệu suất của các thành phần trong hệ thống bơm đã bị suy giảm
- Lưu lượng hoặc cột áp đang cung cấp lớn hơn mức hệ thống yêu cầu
- Máy bơm đang vận hành trong khi hệ thống không có nhu cầu

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

32

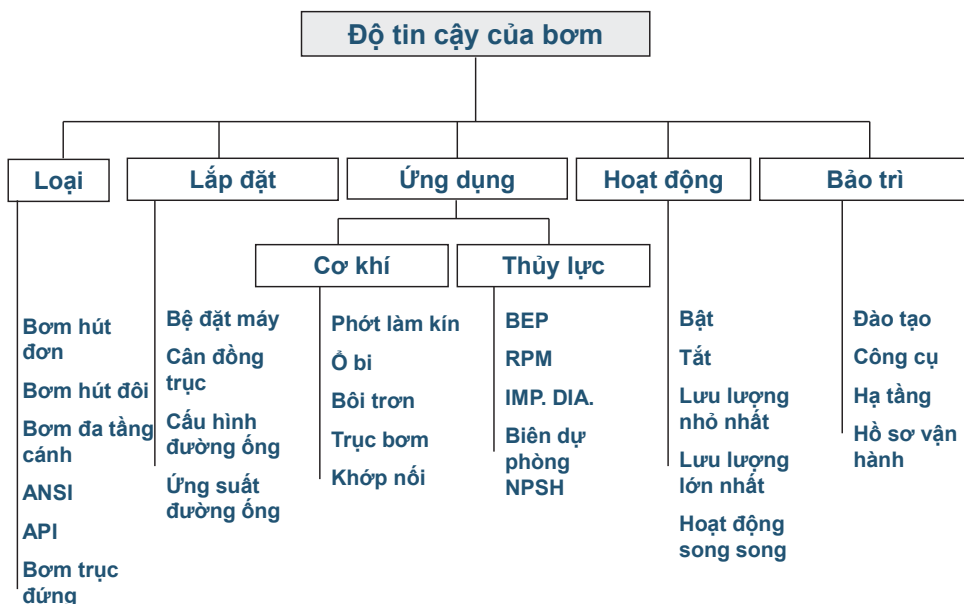
Quan sát thực địa để xác định cơ hội tiết kiệm

- Van bị tiết lưu để điều chỉnh lưu lượng
- Đường hồi lưu (re-circulation) thường xuyên mở
- Hệ thống nhiều bơm song song với số lượng bơm vận hành không đổi
- Máy bơm vận hành liên tục cho một quy trình sản xuất theo mẻ
- Tiếng ồn do hiện tượng xâm thực (tại bơm hoặc các vị trí khác trong hệ thống)
- Chi phí bảo trì hệ thống cao
- Các hệ thống đã có sự thay đổi về chức năng vận hành

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

33

Các yếu tố ảnh hưởng đến độ tin cậy của bơm



34

Các phần của tài liệu tiêu chuẩn/hướng dẫn

Các phần trong Tài liệu Hướng dẫn/Tiêu chuẩn ASME EA-2-2009:

1. Phạm vi và giới thiệu
2. Định nghĩa
3. Tài liệu tham khảo
4. Tổ chức đánh giá
5. Thực hiện đánh giá
6. Phân tích dữ liệu
7. Báo cáo và tài liệu hóa

Các lĩnh vực cần thảo luận



35

Tiêu chuẩn ASME

Chương 6: Phân tích dữ liệu

36

Tiêu chuẩn đánh giá hệ thống bơm

6. Phân tích từ dữ liệu đánh giá

6.1 Các nguyên nhân phổ biến và giải pháp khắc phục tiêu thụ năng lượng quá mức.

6.1.1 Giảm cột áp hệ thống

6.1.2 Giảm lưu lượng định mức của hệ thống

6.1.3 Đảm bảo thiết bị hoạt động gần điểm BEP

6.1.4 Thay đổi thời gian vận hành hệ thống bơm

6.2 Tính toán cơ bản về cơ hội giảm thiểu năng lượng

6.2.1 So sánh mức sử dụng năng lượng hiện tại và tối ưu

6.2.2 Mức năng lượng tiêu thụ dư thừa

37

Giải pháp cho tiêu thụ năng lượng quá mức

Giảm cột áp hệ thống:

- Loại bỏ/giảm tiết lưu không cần thiết
- Vệ sinh các thành phần bị bám bẩn hoặc tắc nghẽn
- Cô lập các đường dẫn dòng chảy không cần thiết
- Thay thế đường ống cũ hoặc bị ăn mòn
- Tăng kích thước đường ống
- Giảm số lượng van và phụ kiện
- Tăng mức nước bể hút/cấp

38

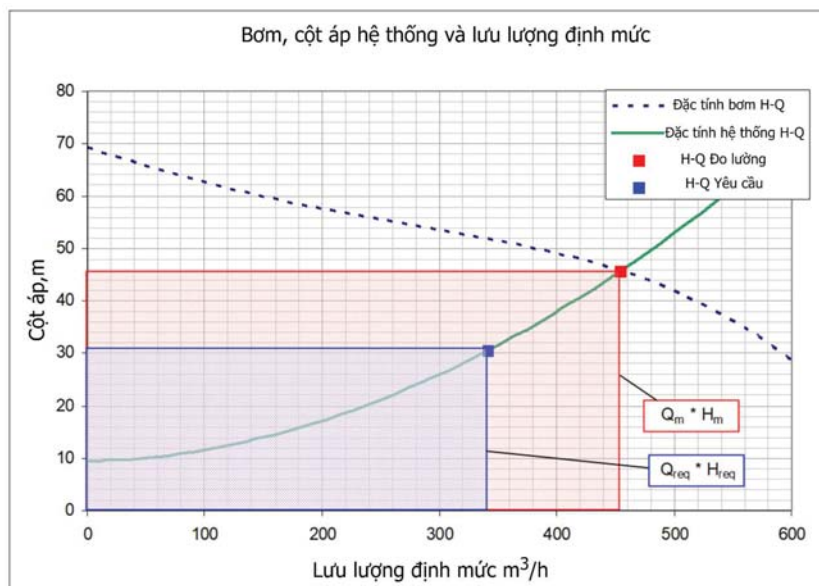
Giải pháp cho tiêu thụ năng lượng quá mức

Giảm lưu lượng hệ thống:

- Duy trì chênh lệch nhiệt độ trao đổi nhiệt phù hợp bằng cách giảm lưu lượng nước làm mát.
- Cô lập đường dẫn dòng chảy không cần thiết.
- Kéo dài thời gian bơm đầy và xả trong quy trình theo mẻ.
- Tắt hoặc giảm lưu lượng khi không cần thiết.

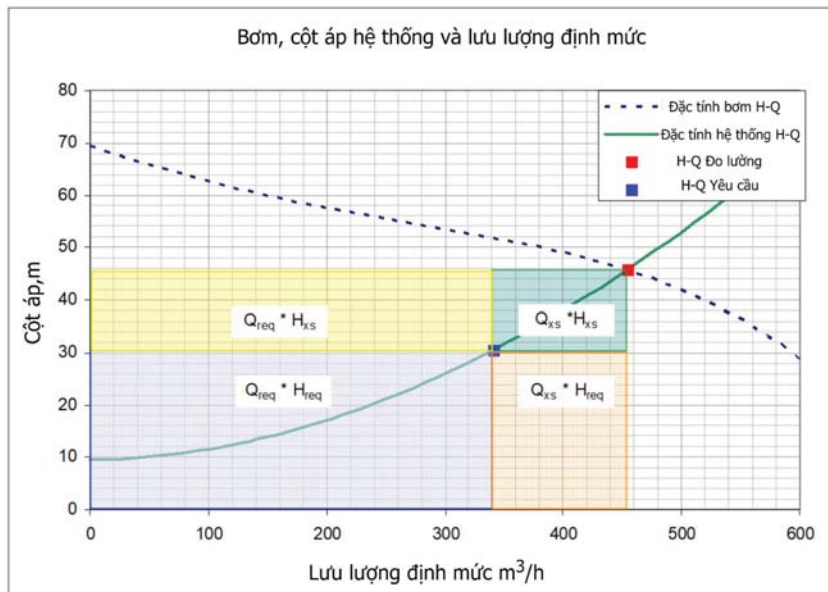
39

Biểu đồ tương quan Cột áp-Lưu lượng



40

Phần công suất dư thừa được cung cấp



41

Tiêu chuẩn ASME

Chương 7:

Báo cáo và tài liệu hóa

42

Tiêu chuẩn đánh giá hệ thống bơm

7. Báo cáo & Tài liệu hóa

7.1 Giới thiệu

7.2 Nội dung báo cáo

- 7.2.1 Tóm tắt điều hành và Bảng tổng hợp dự án
- 7.2.2 Thông tin chung về cơ sở
- 7.2.3 Mục tiêu & Phạm vi đánh giá
- 7.2.4 Mô tả hệ thống
- 7.2.5 Phương pháp thu thập dữ liệu
- 7.2.6 Phân tích dữ liệu
- 7.2.7 Đường cơ sở năng lượng
- 7.2.8 Các cơ hội tiết kiệm được xác định
- 7.2.9 Khuyến nghị thực hiện
- 7.2.10 Phụ lục

43

Tiêu chuẩn đánh giá hệ thống bơm

7. Báo cáo & Tài liệu hóa

7.3 Điều khoản về việc đánh giá của bên thứ ba

7.4 Xem xét báo cáo cuối cùng bởi các thành viên nhóm đánh giá

44

Tóm tắt

- Tóm tắt mức sử dụng năng lượng hiện tại
- Trình bày các dự án tiết kiệm năng lượng đã xác định với: Lượng điện tiết kiệm hàng năm (kWh), số tiền tiết kiệm được, chi phí dự án ước tính và thời gian hoàn vốn đơn giản. Các dự án thường được phân loại là:
 - OMMs – Giải pháp vận hành
 - ECMs – Giải pháp bảo tồn năng lượng
 - ESMs – Giải pháp cung cấp năng lượng
- Tóm tắt phần trăm tiết kiệm và lợi ích môi trường.

45

	Các biện pháp tiết kiệm chi phí được đề xuất	Tiết kiệm năng lượng hàng năm (kWh)	Số tiền trong năm đầu tiên (\$)	Chi phí ban đầu (\$)	Hoàn vốn đơn giản (năm)
	GIẢI PHÁP VẬN HÀNH				
OM1	Khởi động chương trình quản lý hiệu suất	--	--	--	--
OM2	Lắp đặt đồng hồ lưu lượng mới tại trạm Scenic	--	--	\$2.000	--
OM3	Điều chỉnh tốc độ bơm giếng Lochrem	59.953	\$3.573	--	--
OM4	Điều chỉnh tốc độ bơm Tutt	9.665	\$1.011	--	--
OM5	Điều chỉnh tốc độ bơm Scenic	48.646	\$3.069	--	--
OM6	Lắp đặt bộ điều nhiệt độ thấp	--	--	--	--
	GIẢI PHÁP BẢO TỒN NĂNG LƯỢNG				
ECM1	Thay thế Bơm/Biến tần Giếng Sân bay số 1	58.897	\$3.616	\$30.800	8,5
ECM2	Cải thiện hiệu suất Giếng Sân bay số 2	150.650	\$9.250	\$19.800	2,1
ECM3	Cải tiến bơm Union Street	72.024	\$7.764	\$25.300	3,3
	GIẢI PHÁP CUNG CẤP NĂNG LƯỢNG				
ESM1	Ngăn chặn vận hành 2 bơm tại trạm Tutt	--	\$3.194	--	--
ESM2	Chuyển đổi biểu giá điện	--	\$17.585	--	--
	Chi phí và lượng điện tiết kiệm được	399.835	\$45.841	\$77.900	1,7

46

Thông tin chung hiện tại của cơ sở

Các trạm bơm cấp cho nhà máy xử lý nước thải

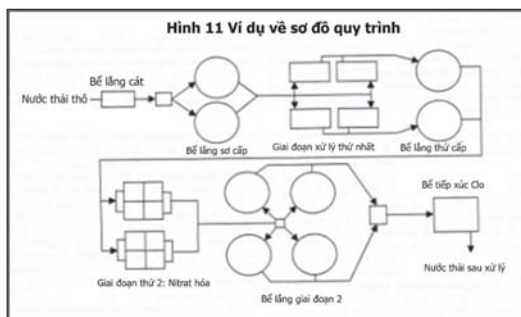
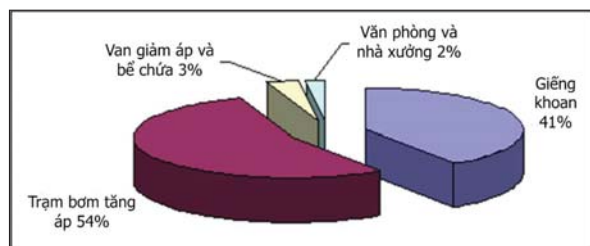
5 trạm đứng đầu đã được đánh giá

Electric Acct #	Location	Station Name	2009 Cost
3734550273	Corner of Old Vernon/Hwy 97	Airport Wells	\$60,355
8400427215	1595 Glenmore Rd	Tutt Pump Station	\$30,806
8626205671	2141 Guail/Lochrem Rd	Lochrem Well	\$25,888
3438735241	Scenic Rd	Scenic Booster Station	\$19,228
8437034171	1850 Union Rd	Union Road Booster Station	\$19,084
8784406113	Postill Lake	Postill Pump Station	\$14,120
2028257738	Country Club Drive	Guail Pump Station	\$13,971
7196445516	2052 Dewdney Rd	OK Lake Pump Station	\$10,180
37892		Elison Well	\$9,181
137025		Istrano Booster Station	\$6,285
353290		Kinley Pump Station	\$5,310
639285		Intake Screen	\$3,904
6829572327	445B Glenmore Rd	Bulach Bst. Pump Station	\$3,508
8493235872	445B Glenmore Rd	Office	\$2,922
4217787985	47192 Country Club Drive	UBCO Reservoir	\$2,473
5303004369	833 Big Rock Court	Big Rock Booster Station	\$2,380
2325753172	445A Glenmore Rd	Shop	\$1,497
3280893061	McKinley Rd	Arthur Court Reservoir & Pump Station	\$1,213
4616000173-4	2329 Rojem	Bulach Bst. Station Aux.	\$743
5700429059	540 Reynolds Rd	Cook Dom Pump Station	\$635
6409641365	550 Valley Rd	Raiseren Rd PRV	\$632
2448745798	800 Packings Rd	Scenic Reservoir	\$522
3203030962	1248 Reynolds Rd	Cooks Irr. Pump Station	\$451
6081212108	2635 Dry Valley Rd	Dry Valley PRV	\$241
4710548990	70877 Rifle	Rifle Rd Pump Station	\$221
5286062985	127205 Sexsmith Rd	Sexsmith Road Well	\$194
4366273409	1210 University Way / Concess	Vector Well #1	\$0
Total			\$235,924

47

Thông tin chung hiện tại của cơ sở

Phân bổ mức tiêu thụ năng lượng cho việc bơm nước trong một đô thị



Sơ đồ bố trí nhà máy xử lý nước thải

48

Mô tả hiện trường, ví dụ

- Nhà máy có một hệ thống nước làm mát tích hợp quy mô lớn.
- Có 6 khu vực tháp giải nhiệt với nhiều tháp giải nhiệt tại hiện trường. được kết nối với nhau bằng các vòng cấp và hồi nước làm mát.
- Có tổng cộng 20 máy bơm trong hệ thống nước làm mát.
- Khoảng 13 máy bơm (công suất từ 300-600 HP mỗi máy) hoạt động tại bất kỳ thời điểm nào để cung cấp lưu lượng nước làm mát cần thiết.
- Lưu lượng tuần hoàn xấp xỉ 150.000 gpm.

49

Mục tiêu và phạm vi đánh giá, ví dụ

- Việc đánh giá cần tập trung vào hệ thống nước làm mát tại nhà máy.
- Hệ thống làm mát bao gồm nhiều hệ thống được kết nối liên thông với nhau.
- Có 6 Tháp giải nhiệt (CT) đang hoạt động. Mỗi tháp có từ 2 đến 5 ngăn.
- Tại mỗi CT có một trạm bơm thường gồm 3 máy bơm, trong đó 2 máy hoạt động và máy thứ 3 được giữ ở chế độ dự phòng.
- Tuy nhiên, riêng Tháp CT 4 chỉ có hai máy bơm công suất 600 HP.
- Tất cả các hệ thống đều được kết nối với nhau, nên rất khó để hiểu toàn diện về những gì đang diễn ra trong hệ thống.
- CT4 được chọn làm mục tiêu chính của đợt đánh giá TKNL (= tiết kiệm năng lượng).

50

Ví dụ: Mục tiêu và phạm vi đánh giá

Đánh giá một hệ thống làm mát. Cần tìm kiếm những gì:

- Hiệu suất của bơm
- Hiệu suất động cơ
- Phương pháp điều khiển
- Các tổn thất do tiết lưu hoặc/và do đường ống hồi
- Vận hành của tháp giải nhiệt
- Nhu cầu làm mát cho các chu trình sản xuất
- Cung-cầu có tương đương không?
- Vận hành tháp giải nhiệt
- Mức nước
- Quạt
- Đánh giá hệ thống và đề xuất các cải tiến

51

Hoạt động ESA, ví dụ

Trong quá trình đánh giá tiết kiệm năng lượng (TKNL), các nhiệm vụ sau sẽ được thực hiện:

- Xem xét quy trình vận hành của các hệ thống nước làm mát
- Ước tính mức sử dụng năng lượng tại các trạm lắp đặt bơm khác nhau
- Việc đánh giá sẽ dựa trên dữ liệu thu thập thực tế tại hiện trường
- Xem xét mức tiêu thụ năng lượng và các vấn đề liên quan đến độ tin cậy của bơm

52

Phương pháp thu thập dữ liệu. Ví dụ

- Việc đo áp suất và dòng điện (Ampe) đã được thực hiện trên các hệ thống được lựa chọn. Việc này trở thành một thách thức nhỏ do thiếu các điểm nối đo áp suất, nhưng nhân viên nhà máy đã rất nhiệt tình hỗ trợ.
- Chuyên gia TKNL đã làm việc chặt chẽ với nhân viên nhà máy tham gia đợt đánh giá để kiểm tra và nhập dữ liệu thu thập được vào phần mềm PSAT và công cụ tính toán van.
- Trong tất cả các trường hợp (ngoại trừ một trường hợp không có đường đặc tuyến bơm), kết quả đo đặc được so sánh với đường đặc tuyến bơm và lưu lượng được ước tính từ các phép đo công suất và áp suất.

53

Phân tích dữ liệu

- Thực hiện đo đặc công suất và áp suất tại hiện trường để xác định các nguồn gây tổn thất năng lượng
- Tháp giải nhiệt số 4 (CT4) được chọn làm mục tiêu chính cho cuộc khảo sát
- Sử dụng công cụ PSAT của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) để định lượng cơ hội tiết kiệm
- Xây dựng một kế hoạch để kiểm chứng các giả định được đưa ra sau khi phân tích dữ liệu thực tế từ CT4

54

Đường cơ sở năng lượng

**Các máy bơm tại Tháp giải nhiệt - CT4
đang hoạt động liên tục tiêu thụ 216,9 kVA
cho mỗi máy**

55

Các cơ hội tiết kiệm được xác định

Kết quả:

- Cơ hội tiết kiệm khoảng 200.000 USD mỗi năm mà không tốn chi phí đầu tư bằng cách tắt một máy bơm.
- Giảm ròng 216,9 kVA trong mức tiêu thụ điện của hệ thống nước làm mát (tương đương dòng điện 90 A ở điện áp 2410 V)
- Áp suất tổng thể của hệ thống không bị ảnh hưởng
- Các van tiết lưu tại các trạm bơm khác đã được điều chỉnh để thích ứng với sự thay đổi này

56

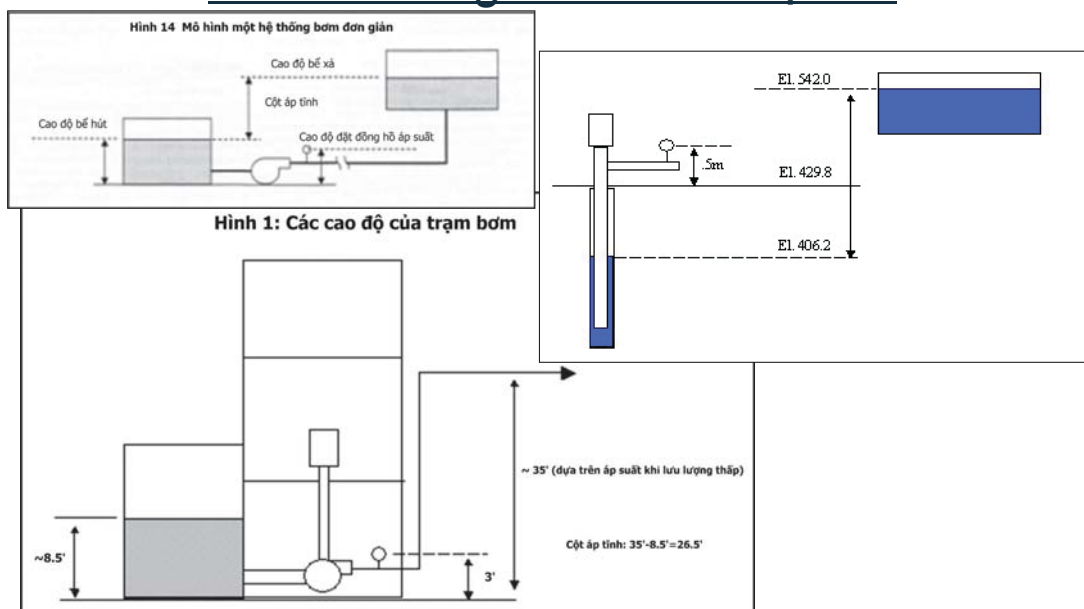
Ví dụ về khuyến nghị

Thay đổi đã được đề xuất và thực hiện là:

- Tắt một trong các máy bơm nước công suất 600 HP tại CT4
- Tăng lưu lượng từ máy bơm còn lại tại CT4 bằng cách mở rộng van tiết lưu
- Đánh giá mức tăng tải trên các máy bơm khác đang kết nối với hệ thống làm mát chung của nhà máy

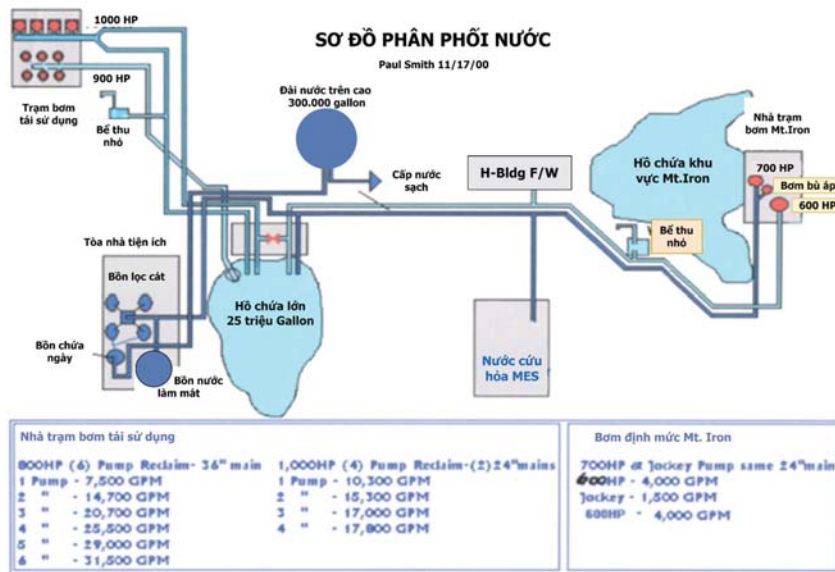
57

Bản vẽ đơn giản với các độ cao



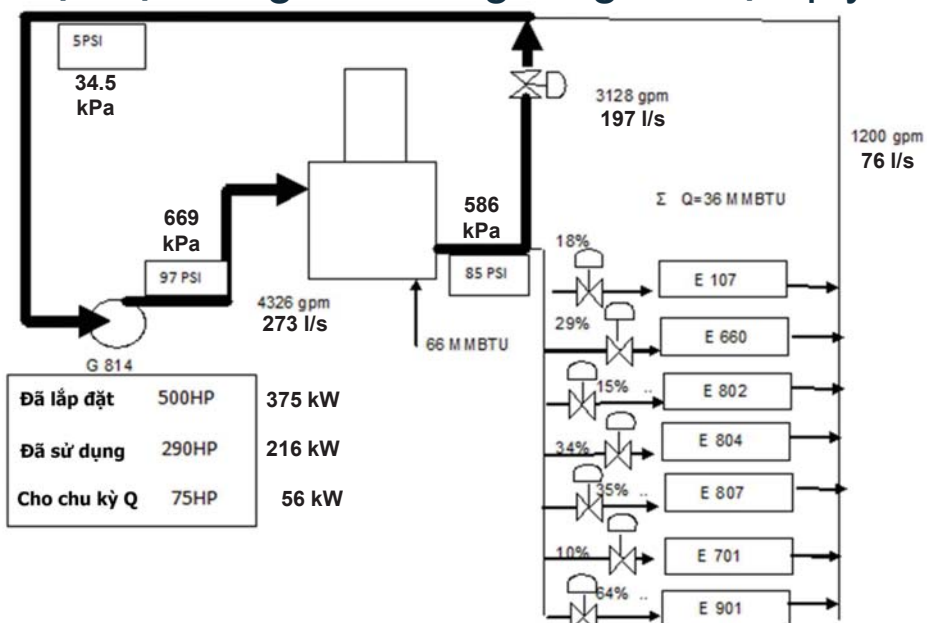
58

Sơ đồ tổng thể hệ thống



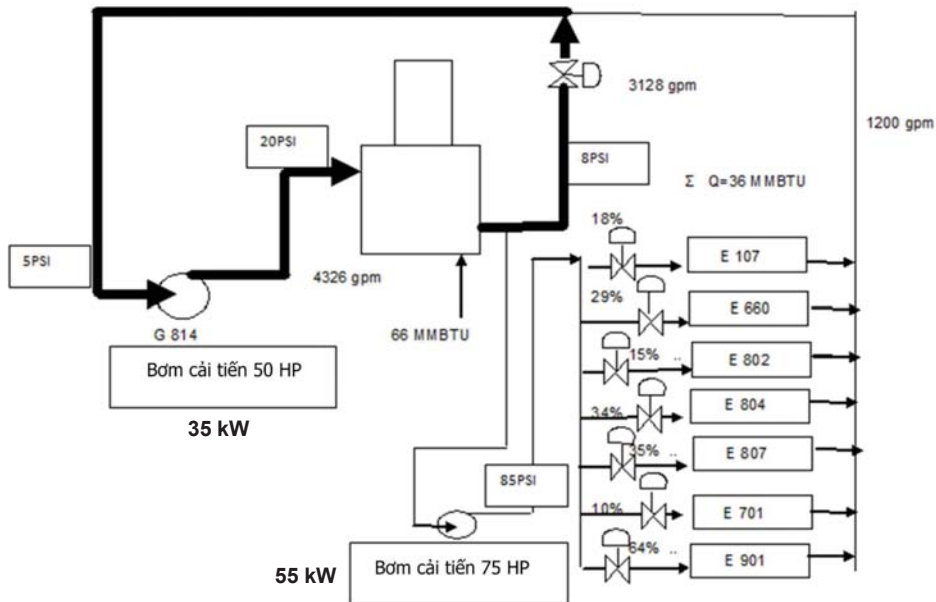
59

Lắp đặt hệ thống dầu nóng để gia nhiệt quy trình



60

Hệ thống đề xuất



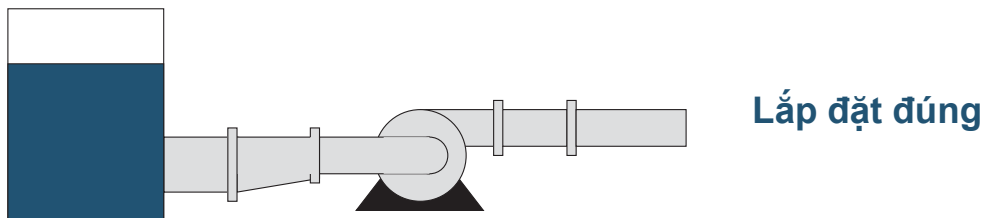
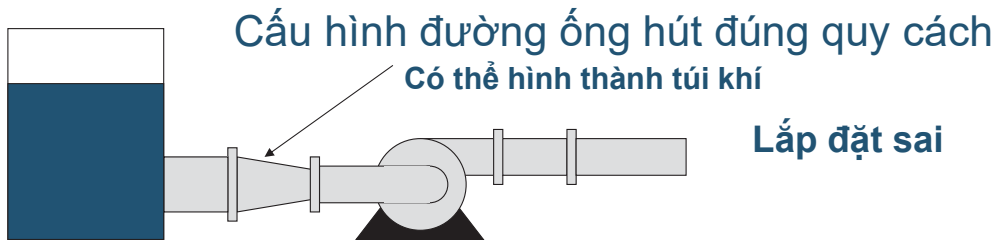
61

Tầm quan trọng của lắp đặt đúng cách

- Việc lắp đặt bơm có vai trò then chốt đối với độ tin cậy và hiệu suất lâu dài của hệ thống bơm. Cần xem xét các tiêu chuẩn cho từng lĩnh vực dưới đây để đảm bảo lắp đặt đúng quy cách:
 - Cân chỉnh khớp nối giữa động cơ và bơm
 - Bu lông neo giữ bơm, bệ đỡ, đỡ vữa (chèn chân máy), và kết cấu bệ máy
 - Kích thước đường ống phù hợp, lắp đặt các phụ kiện (theo chuẩn ANSI/HI 9.6.2)
- Một công ty đã đạt được mức tăng độ tin cậy gấp 10 lần bằng cách thiết lập các quy định lắp đặt mới liên quan đến bệ móng, đường ống và đỡ vữa chèn máy.

62

Cấu hình đường ống



63

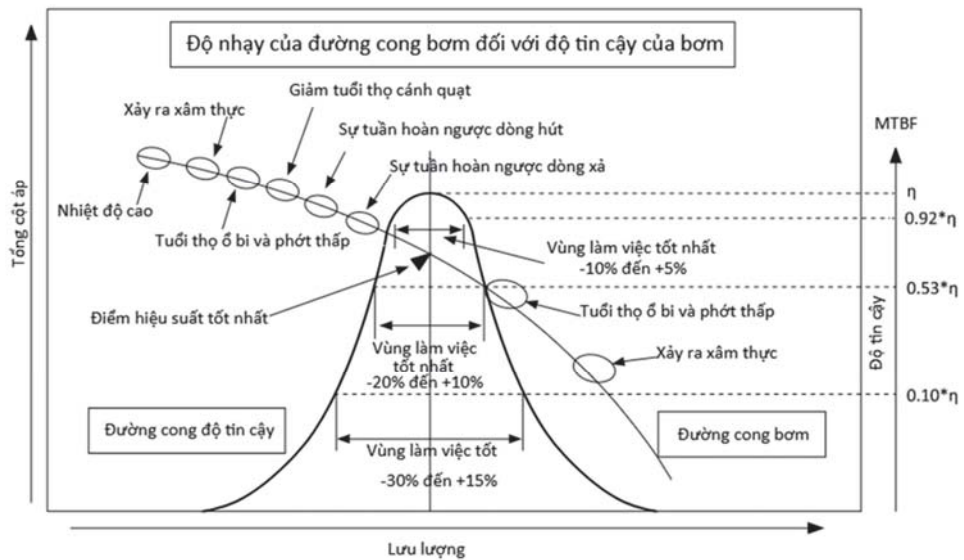
Vận hành bơm

Các biểu đồ và đồ thị sau đây cung cấp dấu hiệu cho thấy độ tin cậy của hệ thống bơm bị ảnh hưởng như thế nào khi tốc độ dòng chảy của máy bơm tăng hoặc giảm ra khỏi BEP do áp suất hệ thống cao hơn (hoặc thấp hơn).

Phải cẩn thận khi sử dụng biến tần. Vì lực bên trong máy bơm thường giảm và tốc độ mặt làm kín thấp hơn. **Nhưng nếu máy bơm đang hoạt động với cột áp tĩnh cao, các lực này có thể tăng lên và dẫn đến hỏng trực.**

64

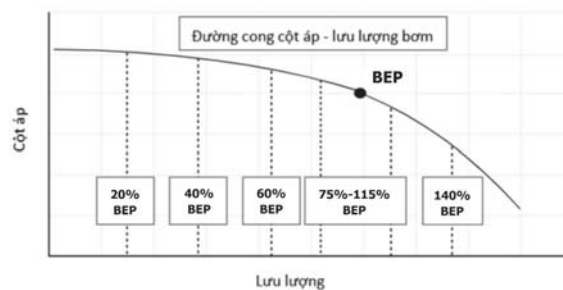
Vận hành bơm/ Độ tin cậy



Hình ảnh do P. Barringer cung cấp

65

Chi phí bảo trì tương quan với khoảng cách so với điểm BEP

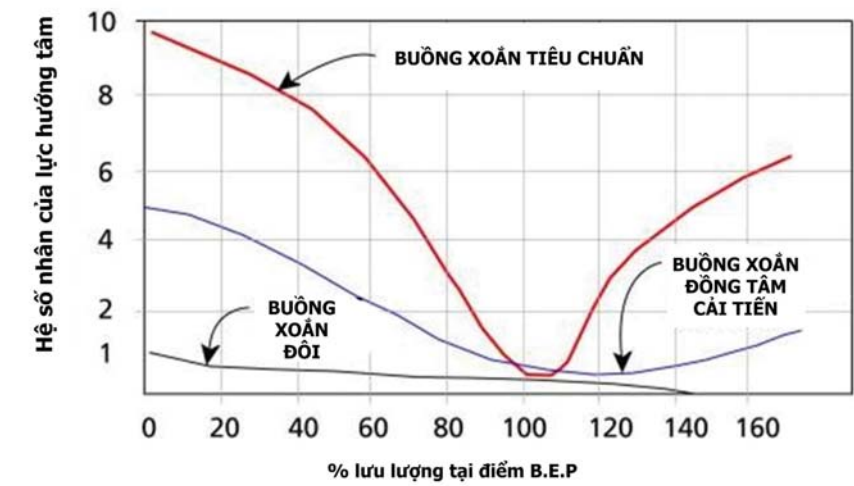


	% of BEP	20%	40%	60%	75-115%	140%	\$/Failure	
Seals :	Life	2 Months	4 Months	1 Year	2 year	2 months	\$1,000	Parts
	Failure/Year	6	3	1	0.5	6	\$500	Labor
	Cost/Year	\$9,000	\$4,500	\$1,500	\$750	\$9,000		
Bearings :	Life	1 Year	3 Year	4 Year	5 Year	1 Year	\$500	Parts
	Failure/Year	1	0.33	0.25	0.2	1	\$500	Labor
	Cost/Year	\$1,000	\$333	\$250	\$200	\$1,000		
Casing/Impeller:	Life	2 Year	5 Year	7 Year	10 Year	2 Year	\$2,000	Parts
	Failure/Year	0.5	0.2	0.014	0.1	0.5	\$0	Labor
	Cost/Year	\$1,000	\$400	\$285	\$200	\$1,000		
Total Cost/Year		\$11,000	\$5,230	\$2,040	\$1,150	\$11,000		

Bảng do J. Hodgson cung cấp.

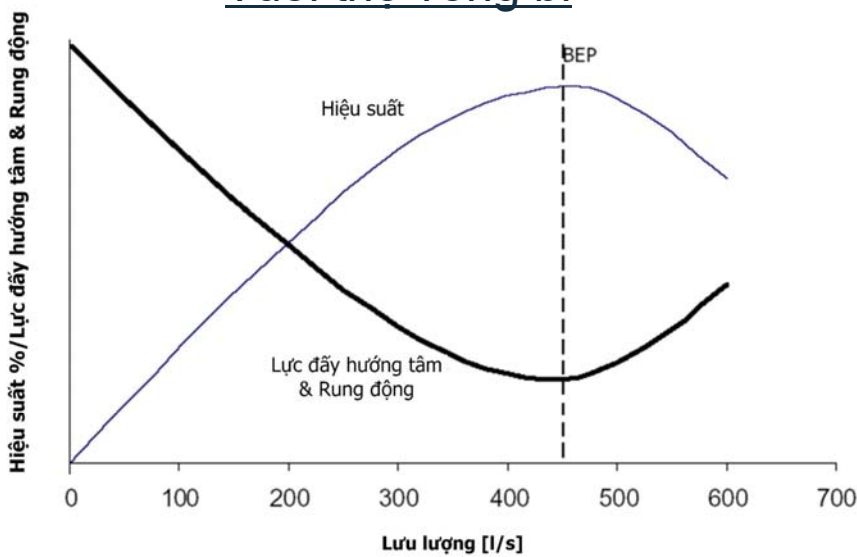
66

Tuổi thọ vòng bi



67

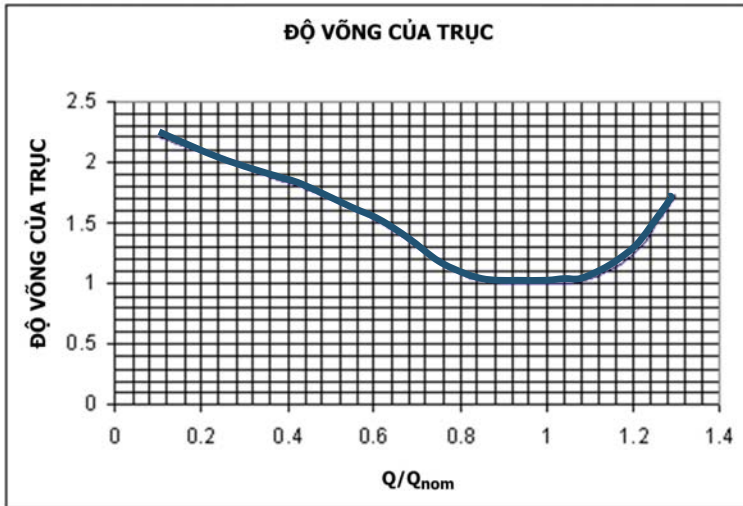
Tuổi thọ vòng bi



Hình 17: Lực đẩy hướng tâm và Rung động gia tăng khi hoạt động của bơm rời xa khỏi điểm BEP

68

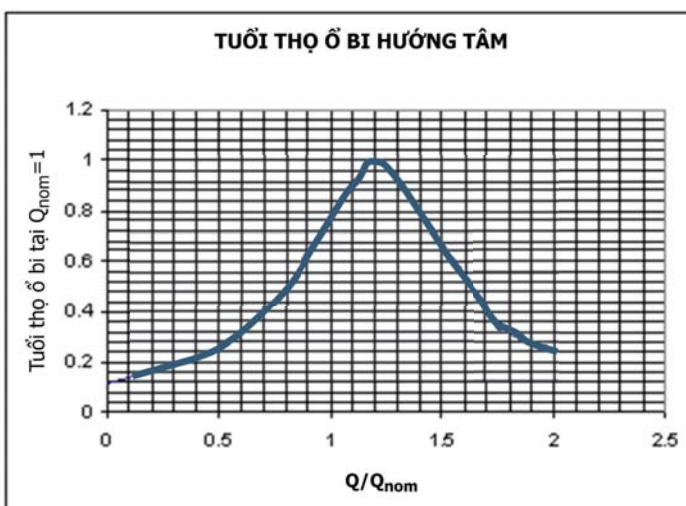
Vận hành xa khỏi điểm thiết kế có thể tạo ra ứng suất lên trục và phốt



Bơm vận hành càng xa lưu lượng thiết kế (Q_{nom}) so với lưu lượng thực tế (Q), độ võng trục và ứng suất lên phốt càng lớn (đối với bơm chạy toàn tốc)

69

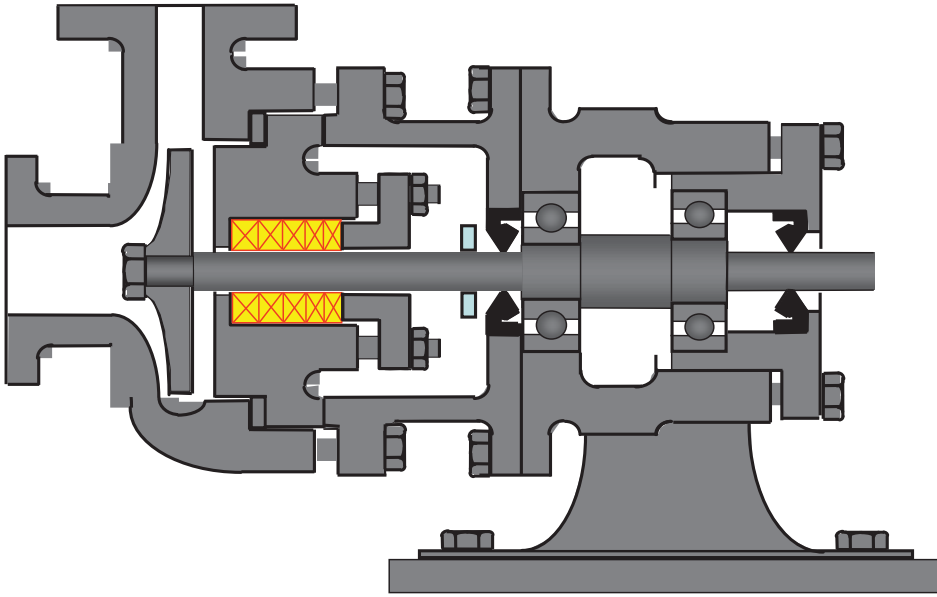
Vận hành xa khỏi điểm thiết kế cũng tạo ra ứng suất lên các vòng bi



Bơm vận hành càng xa lưu lượng thiết kế (Q_{nom}) so với lưu lượng thực tế (Q), ứng suất lên vòng bi càng lớn (đối với bơm chạy toàn tốc)

70

Tuổi thọ phốt



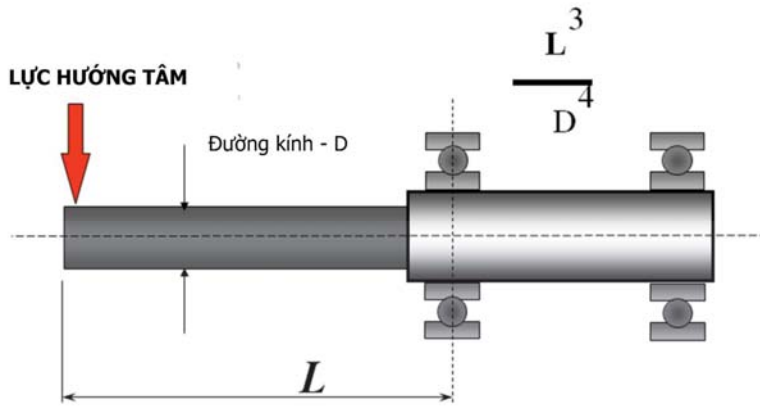
71

Tuổi thọ phốt

- Tăng tải trọng hướng tâm và độ võng trục
- Tăng 50% tải trọng hướng tâm
- Lệch góc vượt quá 0.05 mm
- Sự suy giảm tuổi thọ phốt theo hàm mũ
- Tuổi thọ dưới 6 tháng

Tuổi thọ phốt

Độ võng trục

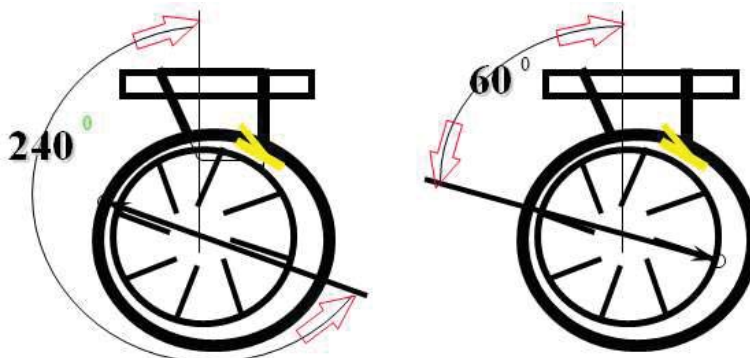


73

Tuổi thọ phốt

Đường xả bị
thắt lại (bị tiết
lưu)

Lưu lượng
quá lớn

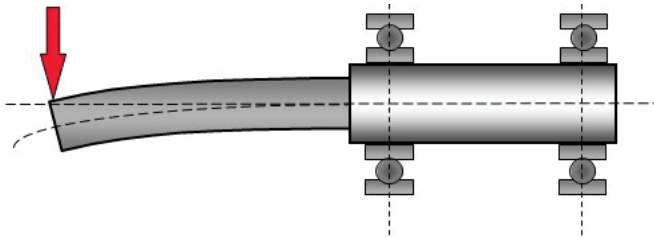


74

Tuổi thọ phớt

Độ võng trục

Đường xả bị tiết lưu



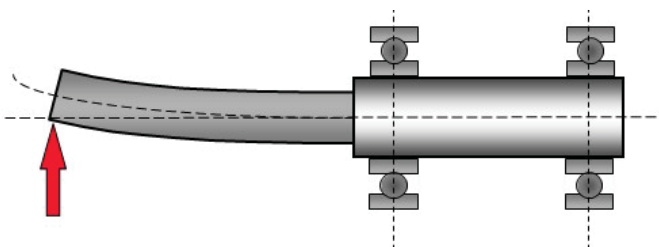
Vòng bi hoạt động ở 3000xMin. để giữ mặt bích đồng bộ

75

Tuổi thọ phớt

Độ võng trục

Xả tối đa Lưu lượng quá lớn



Vòng bi hoạt động ở 3000xMin. để giữ mặt bích đồng bộ

76

Các thực hành bảo trì

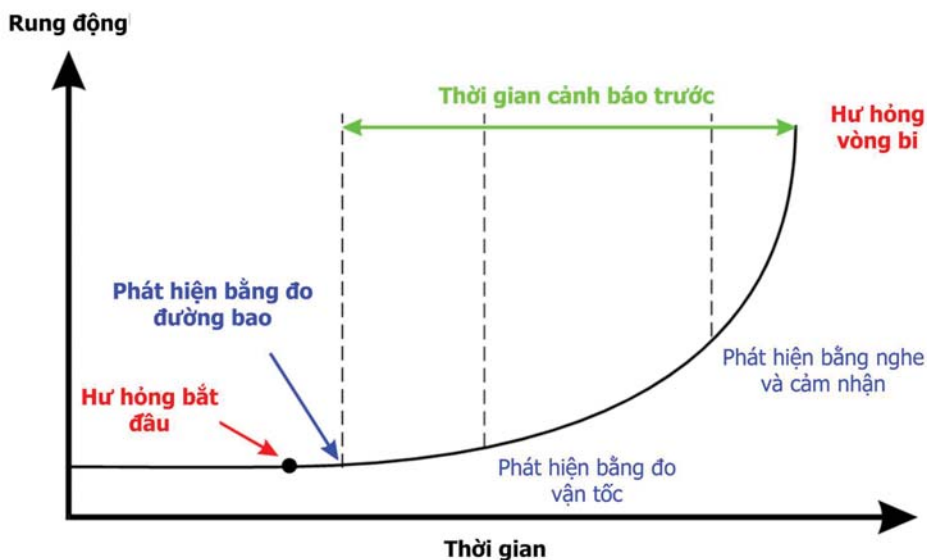
➤ Năm cấp độ thực hành vận hành bảo trì

- *Cấp thấp nhất*: sửa chữa khi hỏng, ít hồ sơ bảo trì hoặc phụ tùng thay thế, thiếu đào tạo/năng lực
- *Cấp thứ ba*: sửa chữa ngắn hạn, hồ sơ bảo trì tốt hơn, duy trì một số phụ tùng thay thế
- *Cấp thứ hai*: bảo trì phòng ngừa theo kế hoạch, kiểm tra định kỳ, thực hiện bôi trơn và điều chỉnh, hồ sơ bảo trì tốt, có ý kiến từ bộ phận vận hành và kỹ thuật để giải quyết vấn đề bảo trì
- *Cấp cao nhất*: sử dụng các kỹ thuật bảo trì dự báo (rung động, nhiệt độ), các vấn đề được dự đoán trước, hệ thống quản lý bảo trì bằng máy tính được sử dụng triệt để

77

Giám sát tình trạng điển hình

Mô tả ưu điểm của việc giám sát hiệu suất



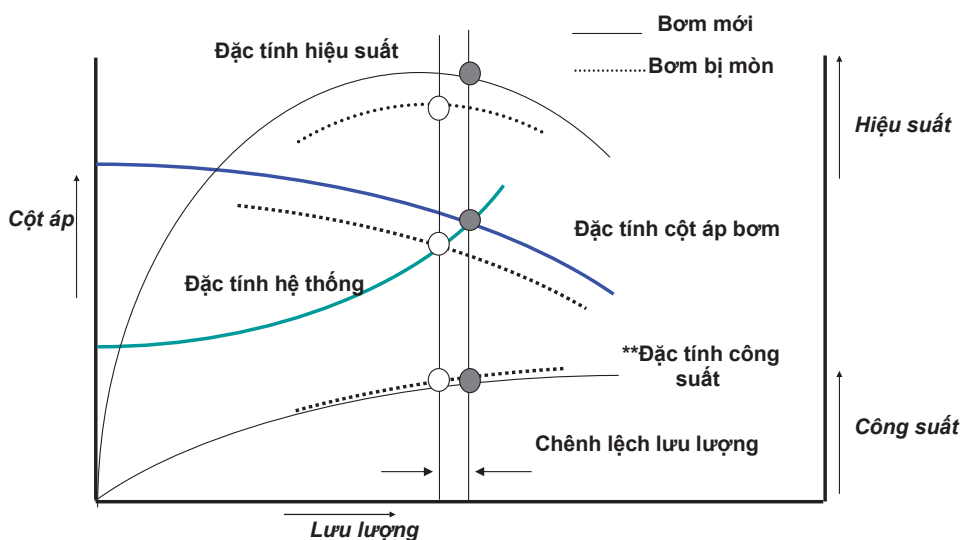
78

Ảnh hưởng của mài mòn đối với Bơm

Các vòng găng được sử dụng trong nhiều bơm ly tâm để cung cấp khe hở phù hợp – theo thời gian, các khe hở này tăng lên và bơm trở nên kém hiệu quả hơn do sự tuần hoàn của chất lỏng được bơm từ phía áp suất cao của cánh bơm sang phía áp suất thấp

79

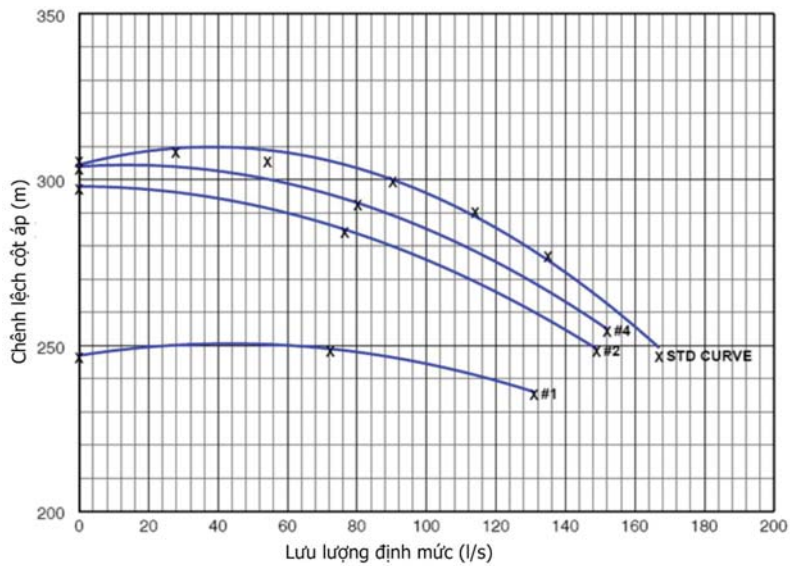
Mài mòn bơm có thể ảnh hưởng đến hiệu suất bơm như thế nào



** Công suất cũng có thể giảm khi hiệu suất giảm – nhưng cũng sẽ tạo ra lưu lượng thấp hơn

80

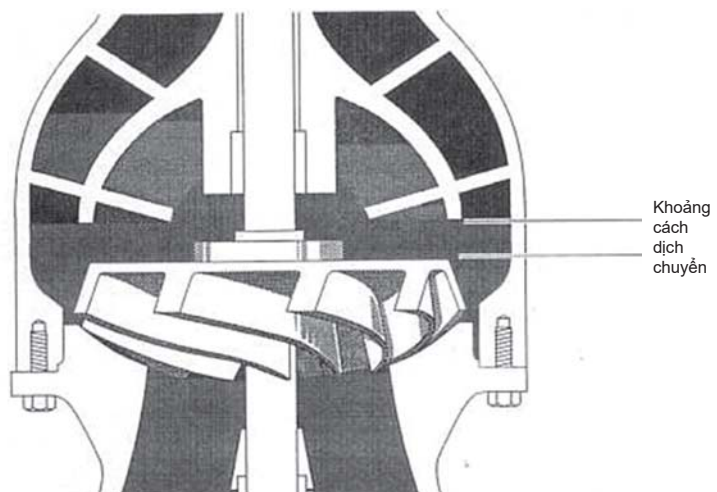
Sự sụt giảm hiệu suất bơm do mài mòn



81

Thực hiện điều chỉnh khe hở để cải thiện hiệu suất bơm

Hiệu suất bơm có thể được cải thiện bằng cách điều chỉnh khe hở cánh bơm đối với động cơ trục rỗng có cánh bơm bán hở



Giảm định mức do bùn

83

CÁC SAI LỆCH CHO ĐƯỜNG CONG BÙN

- Các hệ số giảm định mức do Bùn

$$\text{Tỷ lệ cột áp} = \frac{\text{Tổng cột áp tạo ra với bùn}}{\text{Tổng cột áp tạo ra với nước}}$$

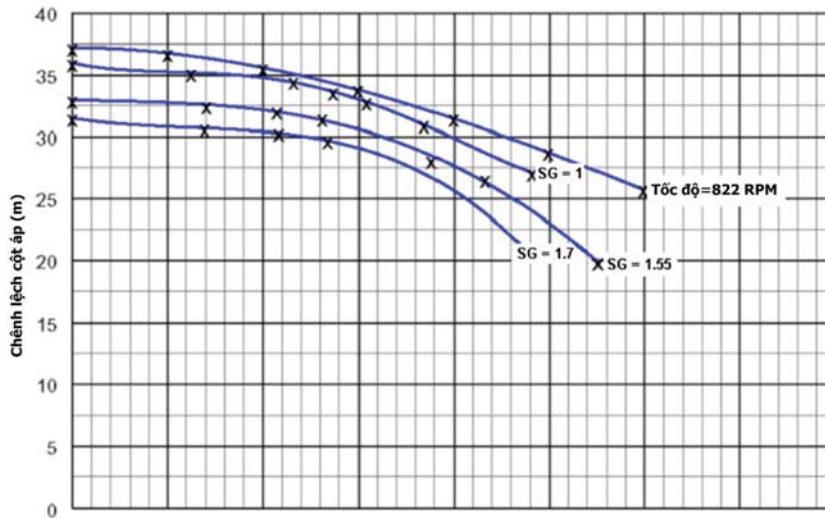
$$\text{Tỷ lệ hiệu suất} = \frac{\text{Hiệu suất bơm với bùn}}{\text{Hiệu suất bơm với nước}}$$

- **Dữ liệu lý thuyết**
 - Mật độ chất rắn
 - Phân bố kích thước hạt
 - Kích thước hạt trung bình D50
 - Nồng độ chất rắn trong bùn, CV
 - Đường kính cánh bơm

84

HIỆU SUẤT BƠM BÙN THỰC TẾ

- Xác định tỷ lệ cột áp và hiệu suất thông qua thử nghiệm



85

Giảm định mức do ảnh hưởng của độ nhớt

86

CÁC HỆ SỐ HIỆU CHỈNH CHẤT LỎNG NHỚT

$$Q_{Viscous} = C_Q \cdot Q_{Water}$$

$$H_{Viscous} = C_H \cdot H_{Water}$$

$$\eta_{Viscous} = C_\eta \cdot \eta_{Water}$$

$$P_{Viscous} = \frac{P_{Water}}{C_\eta}$$

Điều này cho bạn một điểm trên đường cong bơm đối với chất lỏng nhớt. với:

$Q_{viscous}$: Lưu lượng của bơm khi dùng chất lỏng nhớt

$H_{viscous}$: Cột áp của bơm khi dùng chất lỏng nhớt

$\eta_{viscous}$: Hiệu suất của bơm khi dùng chất lỏng nhớt

$P_{viscous}$: Công suất bơm khi dùng chất lỏng nhớt

C_Q : Hệ số hiệu chỉnh lưu lượng

C_H : Hệ số hiệu chỉnh cột áp

C_η : Hệ số hiệu chỉnh hiệu suất

Q_{Water} : Lưu lượng của bơm đối với nước

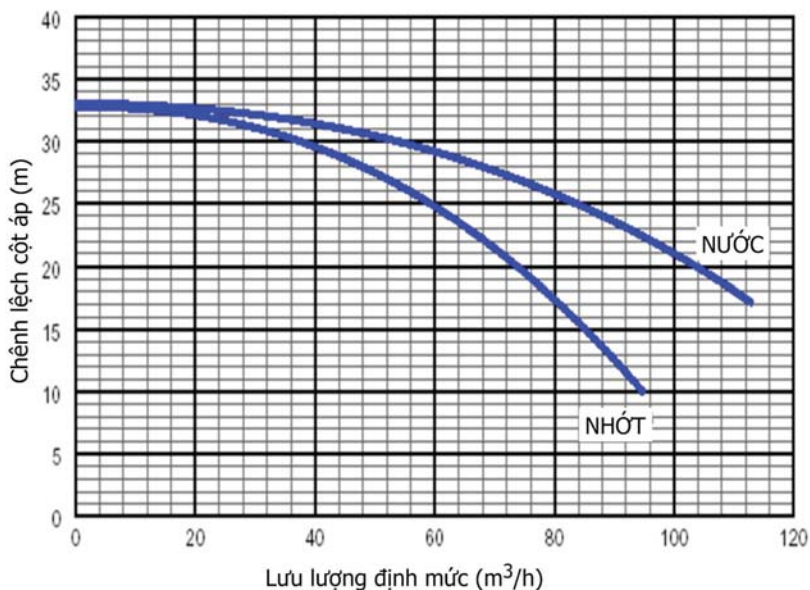
H_{Water} : Cột áp bơm đối với nước

η_{Water} : Hiệu suất của bơm đối với nước

P_{Water} : Công suất của bơm đối với nước

87

CHẤT LỎNG NHỚT

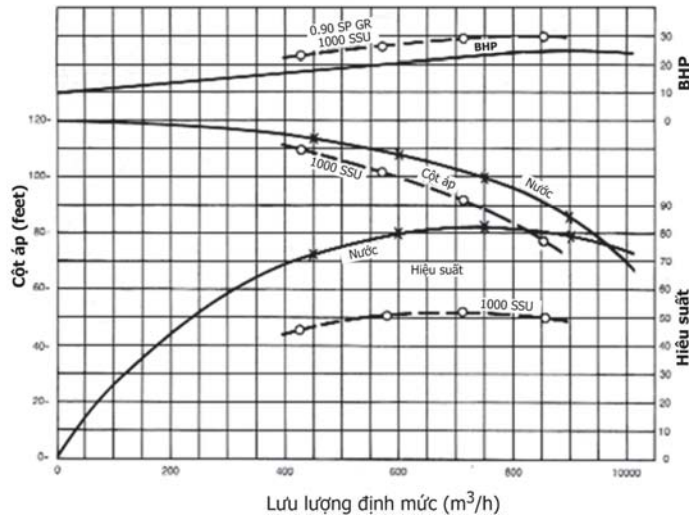


88

CÁC HỆ SỐ HIỆU CHỈNH CHẤT LỎNG CÓ ĐỘ NHỚT

Phần D -- Các tính chất của Chất lỏng

D-4 Hiệu chỉnh Độ nhớt cho lưu lượng 100 GPM hoặc thấp hơn Hình 6 Biểu đồ Hiệu suất mẫu



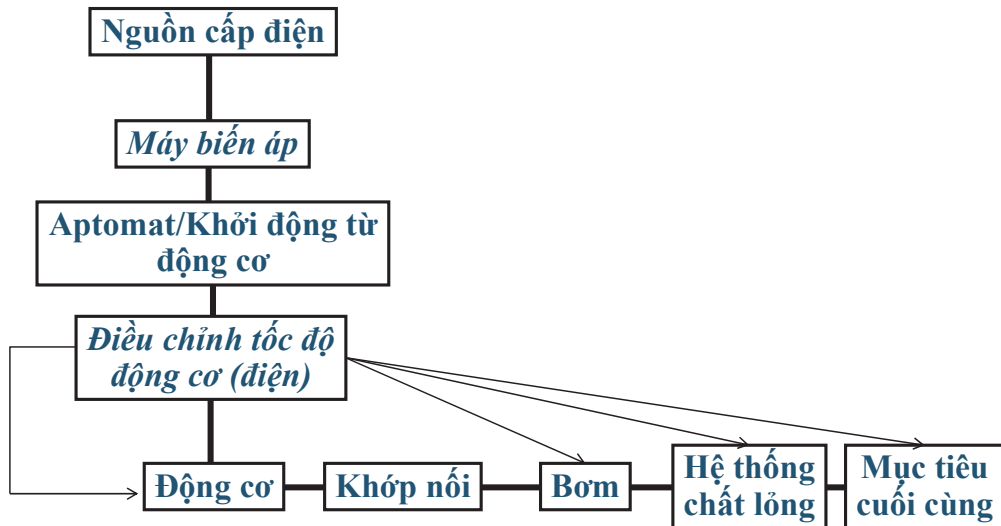
89

Vai trò của Bộ Điều chỉnh Tốc độ (ASD)

- Giá trị thực sự của ASD là khả năng khớp chính xác đầu ra của động cơ và bơm với các yêu cầu của quy trình.
- Các lợi ích tiềm năng của việc kiểm soát tốc độ quy trình chính xác:
 - Cải thiện chất lượng sản phẩm
 - Cải thiện năng suất/lưu lượng quy trình
 - Cải thiện kiểm soát quy trình
 - Tiết kiệm năng lượng

90

Bộ điều chỉnh tốc độ khi sử dụng sẽ có tác động đến chức năng của một số thành phần



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

91

Các loại bộ truyền động biến đổi tốc độ phổ biến

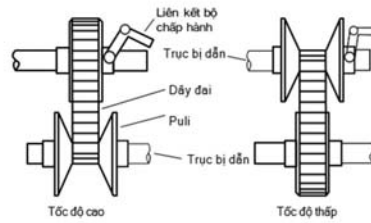
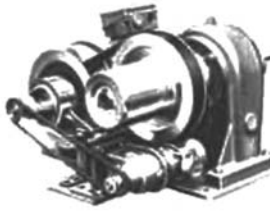
- Biến tần Điều chế độ rộng xung (PWM)
- Khớp nối từ
- Truyền động cơ khí

Loại khác:

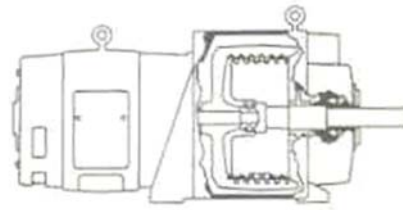
- Bộ biến đổi DC
- Nghịch lưu nguồn áp (VVI)
- Nghịch lưu nguồn dòng (CSI)

92

Các loại bộ truyền động biến đổi tốc độ kiểu cũ



Bộ biến đổi tốc độ truyền động đai cơ khí



Bộ biến đổi tốc độ dùng ly hợp từ dòng xoáy

Hình ảnh do Hi-Lo Manufacturing và Eaton Drives cung cấp.

93

Bộ điều khiển tốc độ mới



Bộ truyền động PWM

Ảnh được cung cấp bởi Robicon



Bộ truyền động Từ

Ảnh được cung cấp bởi MagnaDrive

94

Đặc thù của động cơ không đồng bộ được điều khiển bằng bộ biến đổi tốc độ

- Điều khiển mô-men động cơ
- Điều khiển tốc độ động cơ
- Giảm dòng khởi động
- Cải thiện hệ số công suất
- Cải thiện hiệu suất trên một dải các điều kiện vận hành

95

Các vấn đề tiềm ẩn của bộ truyền động biến đổi tốc độ

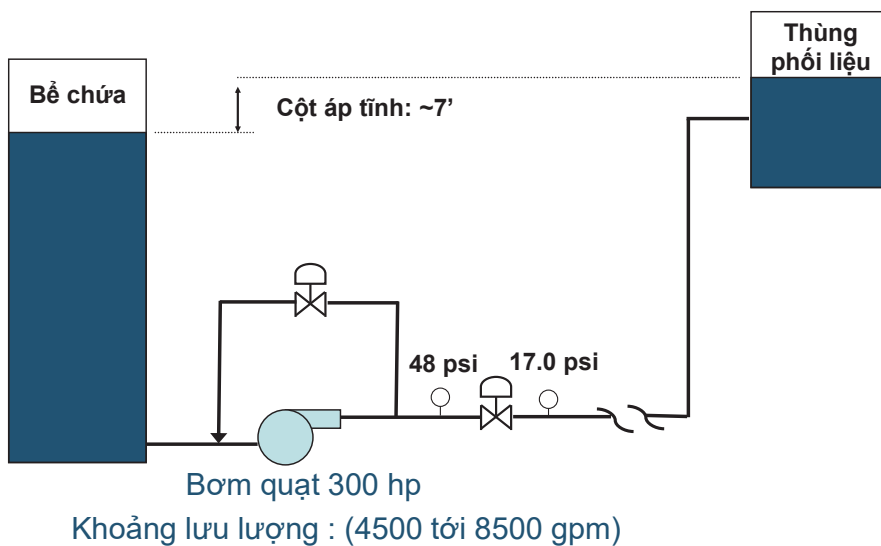
- Sóng hài có thể ảnh hưởng đến thiết bị đo lường
- Ngắt lỗi (dừng thiết bị) khi chất lượng điện năng biến động
- Dòng điện qua vòng bi
- Rung động cơ khí
- Tăng tiếng ồn (Âm thanh)
- Các cân nhắc về cột áp tĩnh
- Có thể cần một bộ khởi động toàn áp làm điều khiển dự phòng/bỏ qua

96

Ứng dụng Biến tần (VFD) tại Nhà máy Giấy

97

Tổng quan hệ thống bơm quạt Bột



98

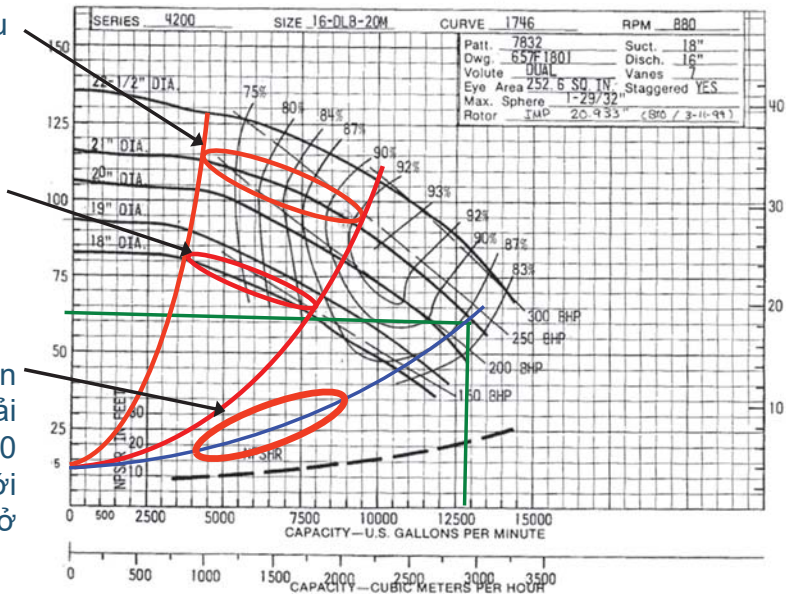
Đặc tính bơm quat

#7 PM
FAN pump

Sử dụng van điều khiển cho dải lưu lượng từ 4500 đến 8500 gpm

Gọt cánh bơm và sử dụng van điều khiển để điều chỉnh lưu lượng

Sử dụng bộ biến đổi tốc độ cho dải lưu lượng từ 4500 đến 8500 gpm (với van điều khiển mở hoàn toàn)

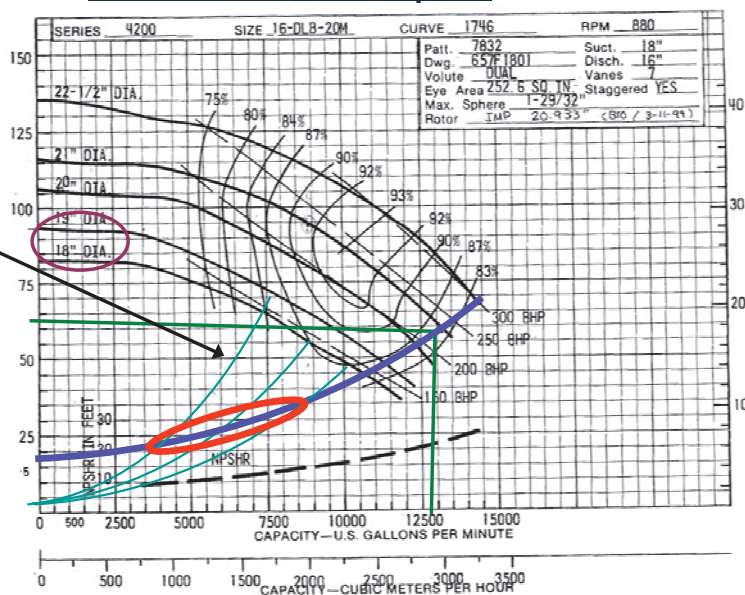


99

Đặc tính bơm quat

#7 PM
FAN pump

Các đường đặc tính hiệu suất khi sử dụng VSD với cánh bơm 18 inch



100

Phân tích tiết kiệm bơm quạt

Khoảng	Số giờ	Lưu lượng (gpm)	Tổng cột áp (ft)	Hiệu suất bơm	VSD Tổng cột áp (ft)	Hiệu suất bơm đã cắt cánh	Hiệu suất bộ truyền động AC	Cột áp bơm đã cắt cánh
1	1758	4500	112	70	21	70	90	75
2	2628	5500	109	75	25.4	74	91	73
3	876	6500	106	79	28.9	80	92	70
4	3504	8500	97	90	38.1	86	92	57

Cắt cánh bơm xuống 18"			
Khoảng	kW hiện tại*	kW đề xuất*	Tiết kiệm
1	142	96	80.868
2	158	108	131.400
3	173	113	52.560
4	182	112	245.280
Tổng kWh tiết kiệm			510.108
Tiết kiệm chi phí hàng năm			\$25.505

Biến tần AC PWM			
Khoảng	kW hiện tại*	kW đề xuất*	Tiết kiệm
1	142	25	205.686
2	158	36	320.616
3	173	47	110.376
4	182	80	357.408
Tổng kWh tiết kiệm			994.086
Tiết kiệm chi phí hàng năm			\$49.704

* Bao gồm giả định hiệu suất động cơ là 95%

101

Các khuyến nghị cho bơm quạt

- Xác minh dữ liệu hiệu suất, lưu lượng và công suất kW đã tính toán
- Đánh giá sự biến động kiểm soát của từng phương án
- Thực hiện dự toán chi phí chi tiết

	<u>Bộ BD AC</u>	<u>Cắt cánh bơm</u>
Năng lượng tiết kiệm:	\$ 49.700	\$ 25.505
Ước lượng chi phí dự án	\$200.000	\$ 15.000
Hoàn vốn đơn:	4,0 năm	6 tháng

Năng lượng riêng E_s

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

103

Một vài công thức cơ bản

Công suất thủy lực = Cột áp (m) * Lưu lượng (m³/sec) * Trọng lượng riêng*9,8

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

$$\frac{\text{Năng lượng sử dụng}}{\text{Thể tích được bơm}} = \text{Năng lượng riêng}$$

104

Năng lượng riêng E_s

Công suất thủy lực = Cột áp (m) * Lưu lượng (m³/sec)
 * Trọng lượng riêng*9,8

$$E_s = \frac{\rho g H_S}{f_{HS} \eta_m \eta_p} = \frac{P_{el} \times \text{Thời gian}}{\text{Thể tích đã bơm}}$$

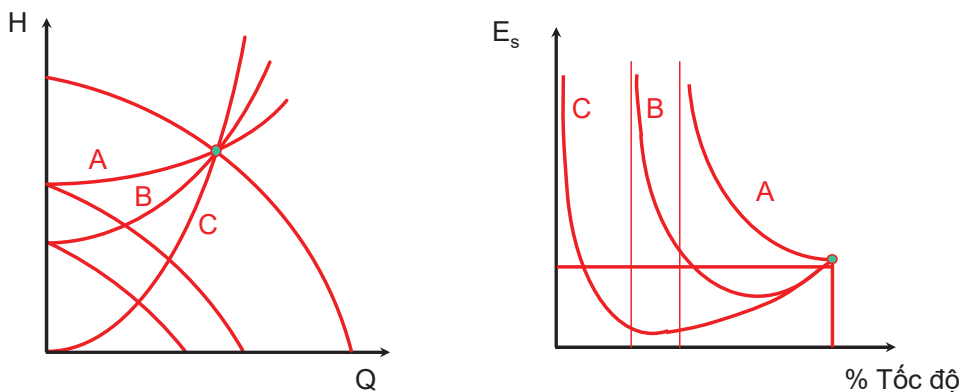
ρ = Mật độ chất lỏng
 g = Hằng số hấp dẫn
 H_S = Cột áp tĩnh
 f_{HS} = Hệ số hệ thống thủy lực

η_m = Hiệu suất động cơ
 η_p = Hiệu suất bơm

Trong đó Hệ số thủy lực hệ thống = Cột áp tĩnh / Tổng cột áp

105

Năng lượng riêng cho ba hệ thống dùng bơm biến đổi tốc độ và các cột áp tĩnh khác nhau



106

THU THẬP DỮ LIỆU

107

Thu thập dữ liệu thiết bị và chất lỏng

- Thông tin bộ dẫn động (tiêu chuẩn ASME tập trung vào bơm dẫn động bằng động cơ)
 - Nhãn mác động cơ: loại, điện áp, tần số, dòng đầy tải, mã lực định mức, tốc độ, hiệu suất, hệ số công suất, hệ số phục vụ.
- Bơm
 - Loại, số tầng cánh, tốc độ, điểm thiết kế lưu lượng và cột áp, đường kính cánh bơm, đường đặc tuyến bơm, hồ sơ bảo trì, sự hiện diện của xâm thực.
- Các thuộc tính của chất lỏng
 - Nhiệt độ, độ nhớt, mật độ hoặc tỷ trọng, sự hiện diện của chất rắn

108

Ví dụ về 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				

109

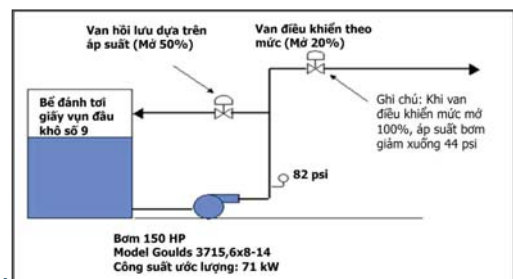
Thu thập dữ liệu hệ thống

➤ Dữ liệu được thu thập bằng các thiết bị đã được lắp đặt tại 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 xả
- Lưu lượng đến tải của hệ thống
- Áp suất tại tải của hệ thống
- Nhiệt độ, mật độ và độ nhớt của chất lỏng

➤ Dữ liệu Hệ thống bổ sung:

- Cột áp tĩnh
- Thời gian vận hành
- Phương pháp điều khiển bơm:
 - VSD, van tiết lưu
 - Đường hồi hoặc tuần hoàn....



110

Meo thu thập dữ liệu

- Xác định xem dữ liệu thu thập được có phải là ảnh chụp nhanh đại diện hay hệ thống cần được đánh giá trong một khoảng thời gian dài hơn hoặc liệu có sẵn dữ liệu kiểm soát quy trình lịch sử hay không
- Các phép đo áp suất nên được thực hiện bằng đồng hồ đo hoặc bộ chuyển đổi đáng tin cậy đã được hiệu chuẩn.
- 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, xác nhận phép đo tại các vị trí thay thế
 - Có thể sử dụng độ chênh áp dP qua một thành phần và đường đặc tuyến của thành phần đó

111

Meo thu thập dữ liệu

- Công suất vào động cơ
 - Tốt nhất là đo công suất trực tiếp bằng máy đo công suất
 - PSAT có thể tính toán công suất đầu vào động cơ bằng cách sử dụng điện áp và dòng điện đo được, và ước tính hệ số công suất
- Kiểm tra chéo
 - Các phép đo lưu lượng, áp suất và công suất có thể không có sẵn nhưng có thể được xác định bằng cách sử dụng kiểm tra chéo
 - Sử dụng chênh lệch áp suất bơm (tổng cột áp) và đường đặc tuyến bơm để ước tính lưu lượng
 - Sử dụng công suất đầu vào động cơ và hiệu suất để tính toán mã lực trực, sau đó sử dụng đường đặc tuyến bơm để ước tính lưu lượng
 - Sử dụng vị trí van, lưu lượng và dữ liệu Cv để ước tính độ chênh áp dP
 - Đo thời gian rút nước và bơm đầy để ước tính lưu lượng

112

Thu thập dữ liệu Bơm & Các phép đo hiện trường

113

Xây dựng sơ đồ dòng chảy đơn giản hóa

- Xây dựng sơ đồ dòng chảy đơn giản hóa

- Bạn làm điều đó như thế nào?
 - Xem xét bản vẽ P&ID và bản vẽ không gian đường ống
 - Trò chuyện với các nhân viên vận hành
 - Đi khảo sát dọc theo hệ thống (tốt nhất là có P&ID khi thực hiện)
 - Ghi chú lại!

Tiếp theo... hãy lấy một bản sao của đường đặc tuyến bơm

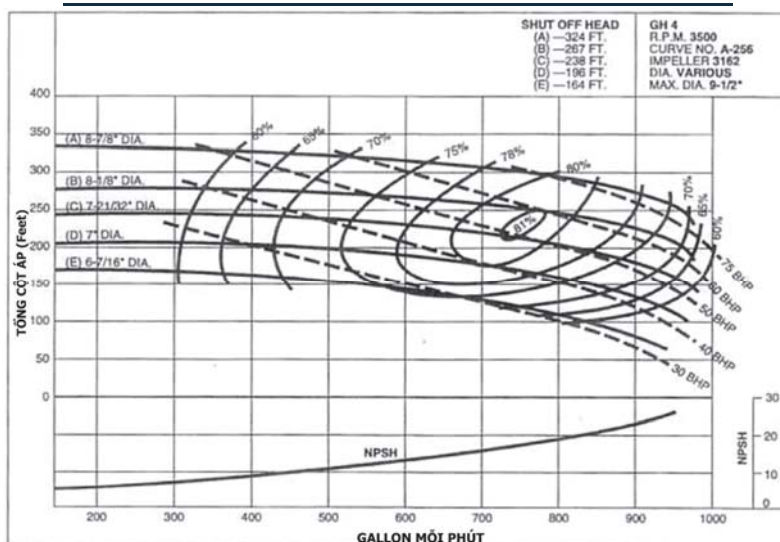
Ba loại đường đặc tuyến bơm:

- Đường đặc tuyến chung cho model bơm - thường từ danh mục của nhà sản xuất
- Đường đặc tuyến nhà máy sản xuất được chứng nhận – nơi bơm được thử nghiệm tại nhà máy
- Đường đặc tuyến chứng nhận tại hiện trường – nơi bơm được thử nghiệm sau khi lắp đặt tại hiện trường.

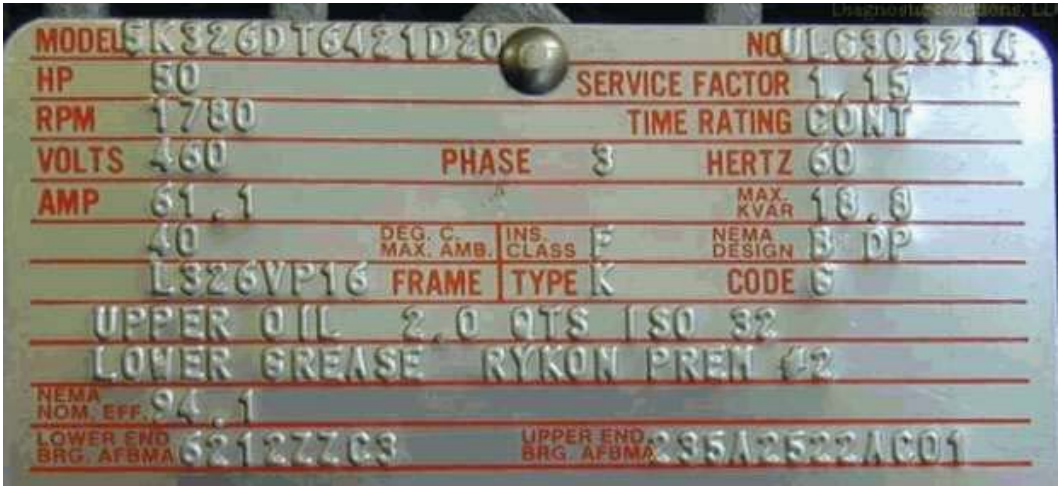
Việc lấy đường đặc tuyến thử nghiệm tại nhà máy sản xuất đã được chứng nhận cho máy bơm cụ thể mà bạn mua nên được khuyến khích như một thực hành tiêu chuẩn cho các máy bơm trên 50 kW

115

Đường đặc tuyến bơm ly tâm với các kích thước cắt cánh khác nhau



Một nhãn động cơ



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

Dữ liệu nhãn của bơm



Tốc độ trên nhãn mác ở đây (1800 vòng/phút) KHÔNG nhất quán với lưu lượng và cột áp, đó là tốc độ đồng bộ danh định

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

Các phép đo tại hiện trường hệ thống bơm:

Các nguyên tắc cơ bản và ứng dụng

119

Một số câu hỏi logic tiếp theo sau câu hỏi "Tại sao tôi lại làm việc này?"

- Tôi cần đo lường cái gì?
- Tôi có thể thực sự đo được cái tôi cần đo không (và tôi sẽ làm gì nếu không thể đo được)?
- Nên sử dụng thiết bị gì?
- Điều kiện vận hành hiện tại có đại diện cho quá trình vận hành lâu dài không?
- Nếu không, tôi có thể làm gì để nắm bắt được các tình huống trong dài hạn?
- Tôi cần một dữ liệu tức thời hoặc đoạn phim ghi lại?

120

Các tham số quan trọng cần quan tâm khi đo đạc tại hiện trường hệ thống bơm

- Lưu lượng định mức
- Áp suất
- Cao độ
- Công suất điện

Tiếp theo: một số nguyên tắc cơ bản về ba tham số đầu tiên

121

Áp suất và cột áp

122

Áp suất thường được đo tương đối so với điều kiện khí quyển tại địa phương



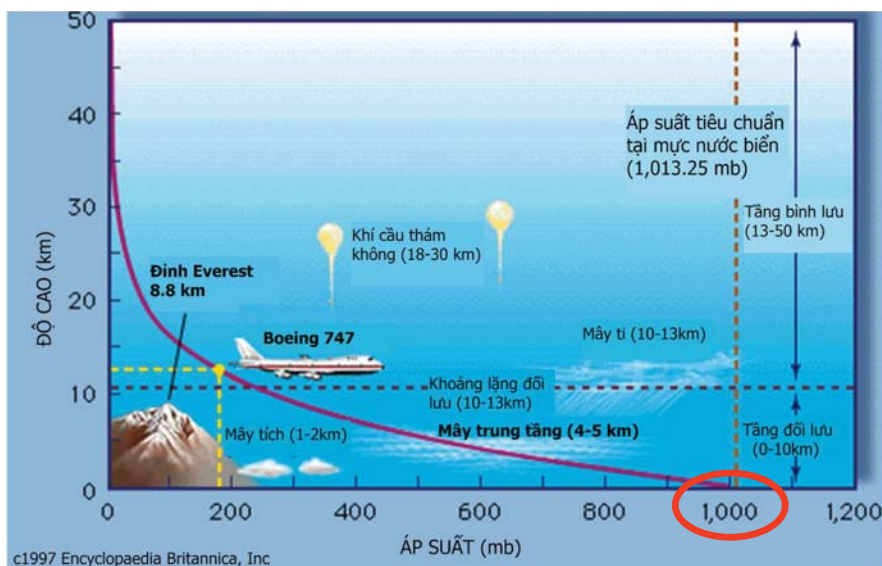
Trong hệ mét, đơn vị đo áp suất là kPa

Các đơn vị phổ biến của Mỹ là pound (lực) trên mỗi inch vuông đo dư (psig) và inch thủy ngân chân không (in Hg vac).

Lưu ý: thực hành đo lường tiêu chuẩn thường viết tắt psig là psi

123

Áp suất tuyệt đối trong khí quyển là một hàm số của cao độ - càng lên cao áp suất khí quyển càng giảm



c1997 Encyclopaedia Britannica, Inc

124

Áp suất dư trong hệ thống bơm cũng là một hàm số của cao độ đặt đồng hồ đo



Cao độ của các bộ chuyển đổi áp suất trên ống đứng ở bên trái (tính từ sàn)

1,08 m

0,77 m

0,06 m



Lưu ý: bơm đã tắt trong quá trình thực hiện các phép đo này

Tỷ lệ chuyển đổi của cảm biến áp suất: 1 mV/psig



125

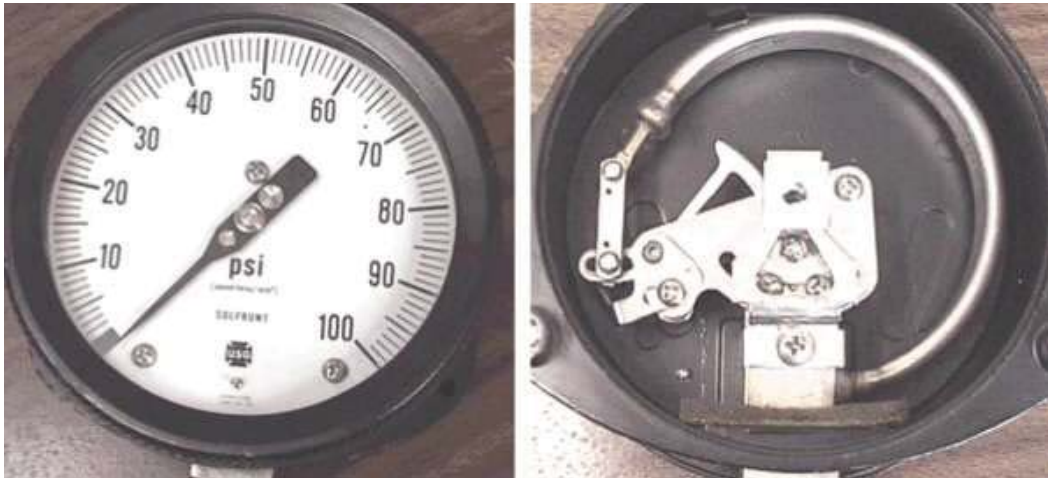
Áp suất dư và áp suất tuyệt đối



- **Áp suất trung bình mực nước biển là 101,325 kPa (1013,25 mbar hoặc hPa) hoặc 760 milimét thủy ngân (mmHg).** đó là áp suất của không khí so với chân không hoàn hảo.
- Các phép đo áp suất dư luôn tương đối so với khí quyển xung quanh.
- Áp suất tuyệt đối là một yếu tố quan trọng trong một thuộc tính hiệu suất bơm - cột áp hút thực dương. (NPSH)

126

Đồng hồ áp suất ống Bourdon kiểu C là loại phổ biến nhất trong công nghiệp cho đến nay



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

127

Một số cân nhắc thực tế

- Môi trường làm việc, lịch sử
 - Búa nước
 - Hiệu chuẩn
- Dải đo thiết bị
 - Độ chính xác
 - Khả năng chịu quá áp
- Vị trí vật lý, thiết lập
 - Điểm kết nối chu trình
 - Tính toán đến cao độ của phần tử cảm biến
 - Điền đầy và xả khí đường ống thiết bị đúng cách

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

128

Bạn nghĩ áp suất hệ thống là bao nhiêu? (lưu ý góc chụp của bức ảnh)



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

129

Một bức ảnh lớn hơn một chút có làm thay đổi suy nghĩ của bạn không?



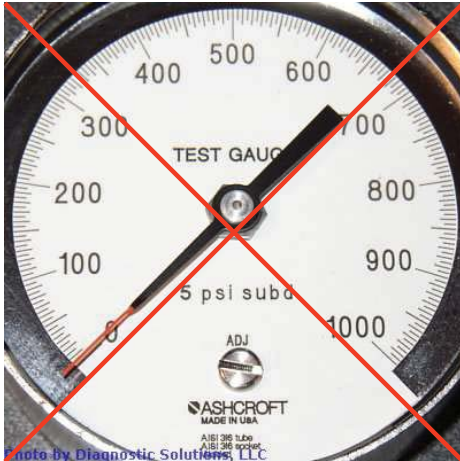
Đừng bao giờ tin tưởng các loại đồng hồ áp suất này!

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

130

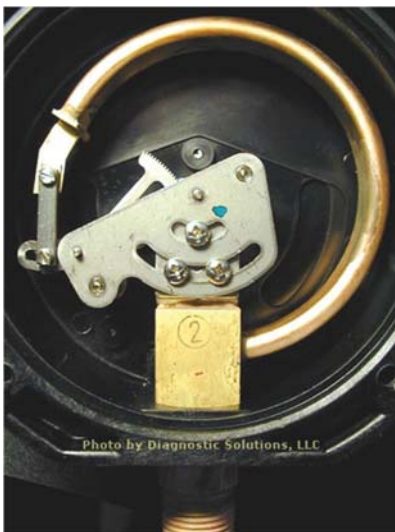
Các bộ chuyển đổi áp suất phổ biến

Hai thiết bị đo áp suất phổ biến nhất là ống Bourdon và bộ chuyển đổi lá điện trở dựa trên màng ngăn



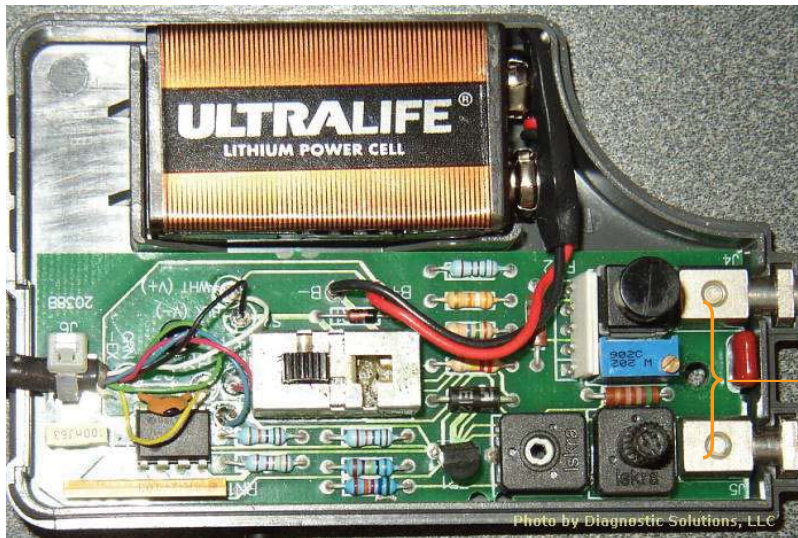
131

Đồng hồ ống Bourdon: liên kết cơ khí được nối với một ống bán linh hoạt đã được hàn/hàn vảy



132

Điều hòa tín hiệu lá điện trở



Các chiết áp điều chỉnh dải đo và điểm không

133

Hiệu chuẩn là điều mong muốn - nhưng chưa đủ



- Đồng hồ này đã được tháo khỏi hệ thống để lắp một đồng hồ kiểm tra
- (chất lượng chụp ảnh kém không hiển thị được phần cuối của ren)
- Ảnh chụp ngày 15/10/2004; lưu ý tem hiệu chuẩn mới được dán chỉ ba tháng trước đó.
- Đồng hồ thực tế đã bị ngắt kết nối nhưng vẫn hiển thị giá trị 70 PSI

134

Các chức năng đo kiểm thuận tiện: hệ thống đơn vị kép và dễ dàng chỉnh về không



135

Đối với các bộ chuyển đổi dựa trên lá điện trở, việc điều chỉnh điểm không khi lắp đặt là một thực hành tiêu chuẩn tốt

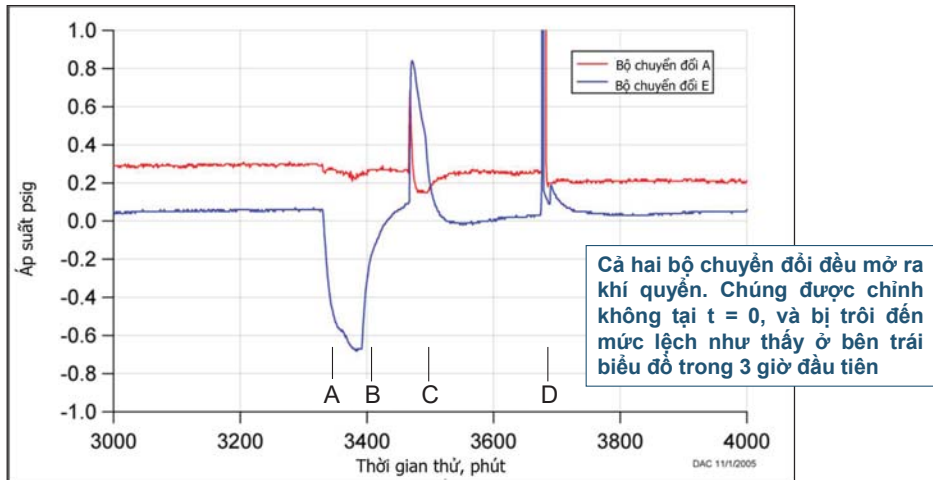


Là một phần của chức năng chỉnh điểm không, hai thực hành bổ sung sau được khuyến nghị:

1. Bật thiết bị và để hệ thống điều hòa tín hiệu "làm nóng" trong vài phút trước khi dùng.
2. Nếu thực tế cho phép, hãy lắp bộ chuyển đổi vào hệ thống, để nó đạt nhiệt độ vận hành ổn định, sau đó cô lập và chỉnh lại điểm không.

136

Ví dụ về độ trôi, hiệu ứng nhiệt và áp suất quá độ trên bộ chuyển đổi áp suất lá điện trở



A: Đặt vào tủ lạnh

B: Lấy ra khỏi tủ lạnh

C: Đặt vào nước 150 độ F

D: Nén nhanh lên 90 psig

137

Các thực hành tốt để liên kết nhiều điểm đo áp suất (không phải lúc nào cũng khả thi)

- Chỉnh điểm không tất cả các thiết bị đồng thời trước khi thử nghiệm
- Kiểm tra chéo các bộ chuyển đổi khi đang chịu áp suất
- Ghi lại một bộ dữ liệu áp suất chung để tinh chỉnh dữ liệu thử nghiệm thực tế sau này
- Đối với các tình huống dài hạn, hãy kiểm tra độ lệch khi tháo thiết bị

138

Các phép đo lưu lượng

139

Có nhiều loại đồng hồ đo lưu lượng

- Chênh áp - tấm lỗ, venturi, vòi phun, khuỷu ống
- Vận tốc - Turbine, siêu âm, tua-bin, tạo xoáy, diện tích biến đổi (rotameter), ống pitot
- Dòng chảy hở - Đập tràn
- Dịch chuyển tích cực - bánh răng, đĩa nghiêng
- Khối lượng

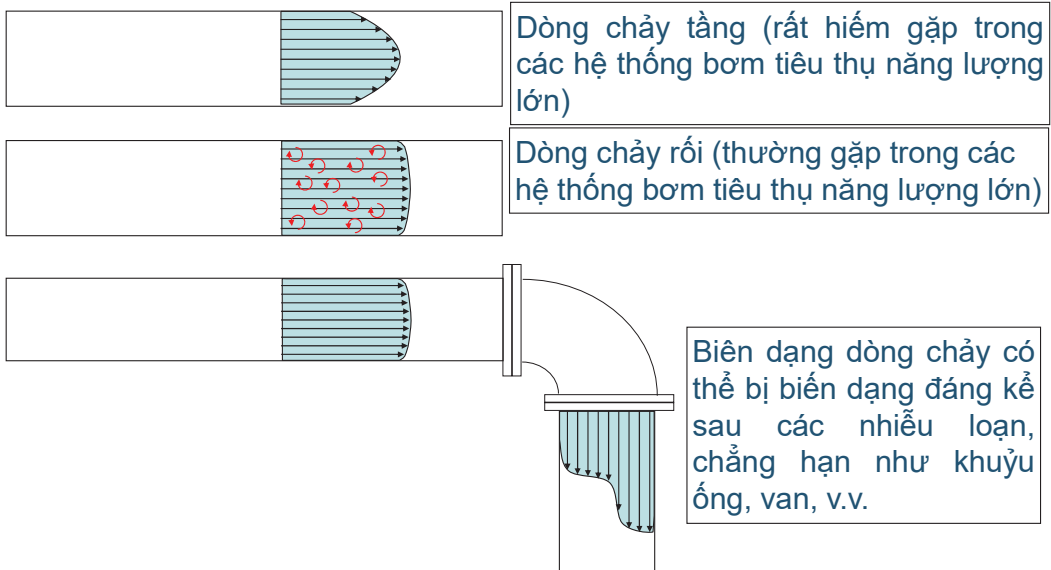
Một số cân nhắc quan trọng về đồng hồ đo lưu lượng

- Hồ sơ dòng chảy và lắp đặt đúng cách
- Dải đo
- Hiệu chuẩn
- Mài mòn
- Ăn mòn, cáu cặn, vật lạ
- Các vấn đề về đường ống cảm biến (tương tự như áp suất)

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

141

Chế độ dòng chảy và hình học thương lưu ảnh hưởng đến biên dạng vận tốc



142

Các thiết bị đo lưu lượng phổ biến trong công nghiệp và đô thị

- Chênh áp: tấm lỗ, venturi, vòi phun
- Vận tốc - từ tính, siêu âm, chân vịt (tua-bin), bánh guồng, tạo xoáy
- Dòng chảy hở - Đập tràn

143

Kết hợp các hiệu ứng lý tưởng và thực tế: sử dụng chênh lệch áp suất để ước tính lưu lượng

- Các đồng hồ đo chênh cột áp dựa trên nguyên lý Bernoulli cơ bản, nhưng có điều chỉnh để tính đến ma sát thực tế
- Nguyên tắc cơ bản là tạo ra sự chênh lệch áp suất có thể chuyển đổi thành ước tính lưu lượng
- Có đủ loại thiết bị trong hệ thống bơm tạo ra sự chênh lệch áp suất ngay cả khi không cố ý
- Với sự thận trọng, kỹ lưỡng và một chút hiệu chuẩn tại hiện trường, ta thường có thể sử dụng chúng để ước tính lưu lượng

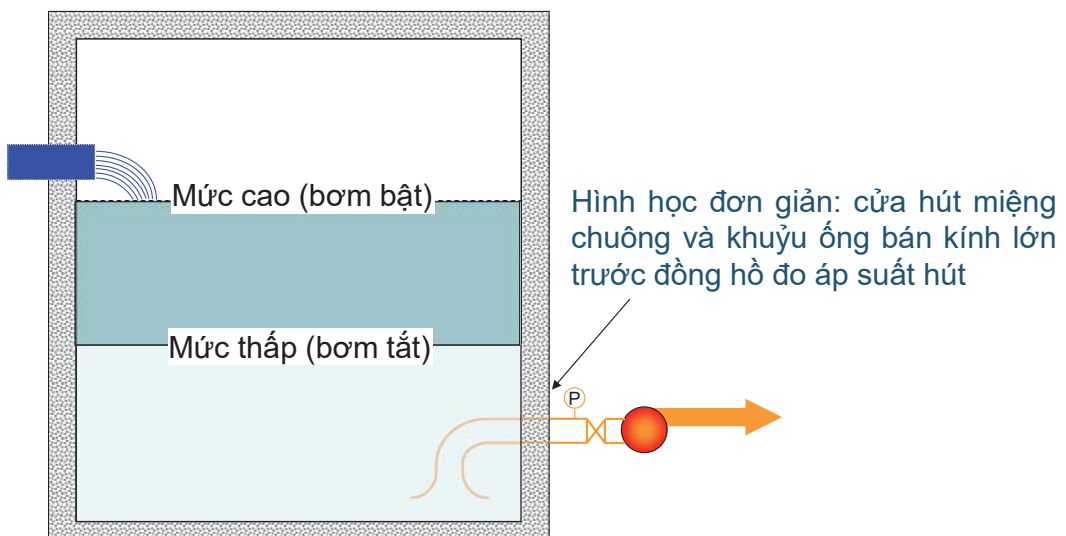
144

Bơm chìm nâng nước thải được cải tạo lắp thêm điểm đo áp suất hút



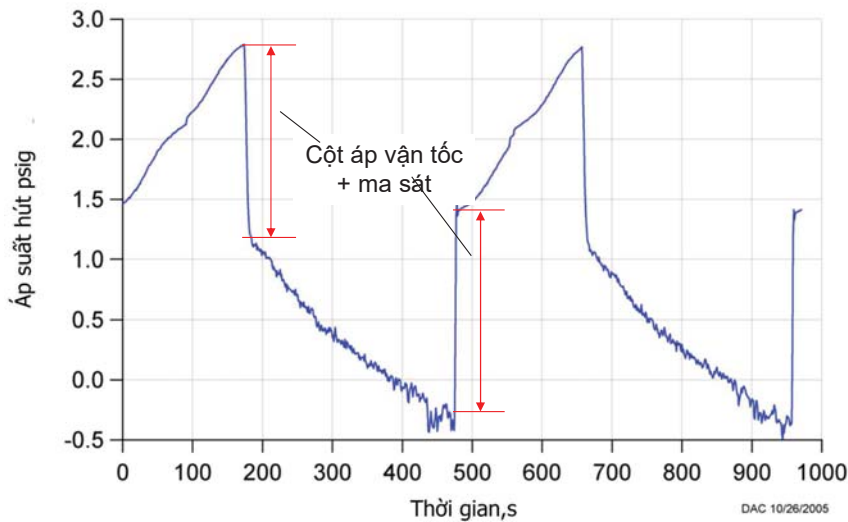
145

Sự tích tụ khí trong đường ống cảm biến sẽ có ảnh hưởng gì?



146

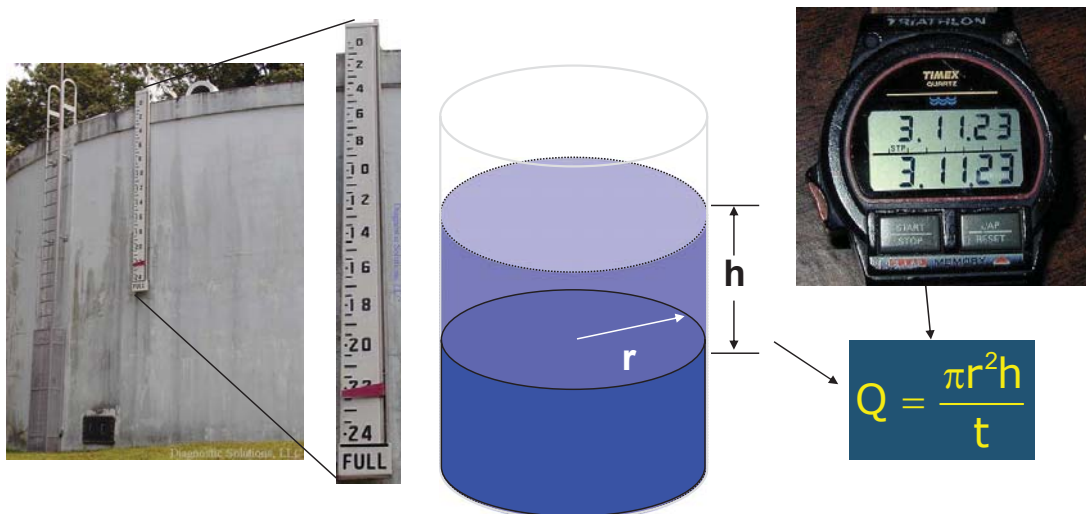
Áp suất hút của bơm trạm nâng nước thải trong hai chu kỳ bơm đầy và xả



Sự thay đổi trung bình áp suất khi chuyển trạng thái (bật-tắt và tắt-bật) là 11,5 kPa. hoặc 1,2 m

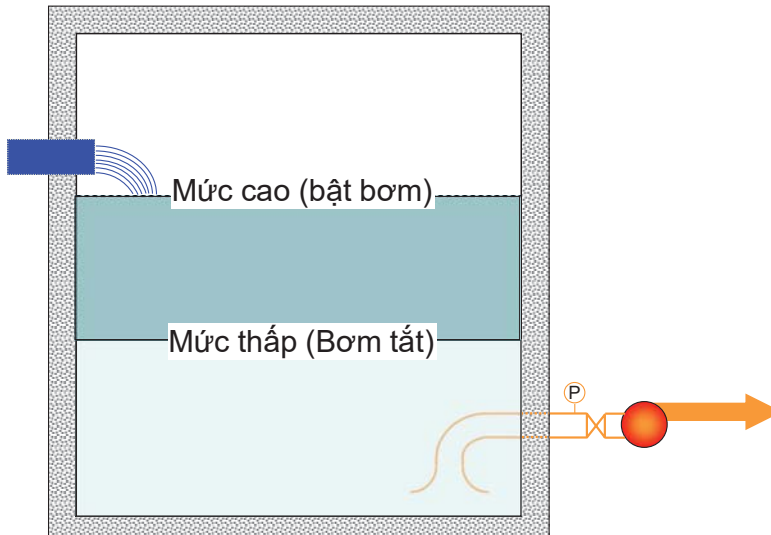
147

Một phương pháp đo lưu lượng tối ưu: tốc độ rút nước hoặc bơm đầy bể cô lập



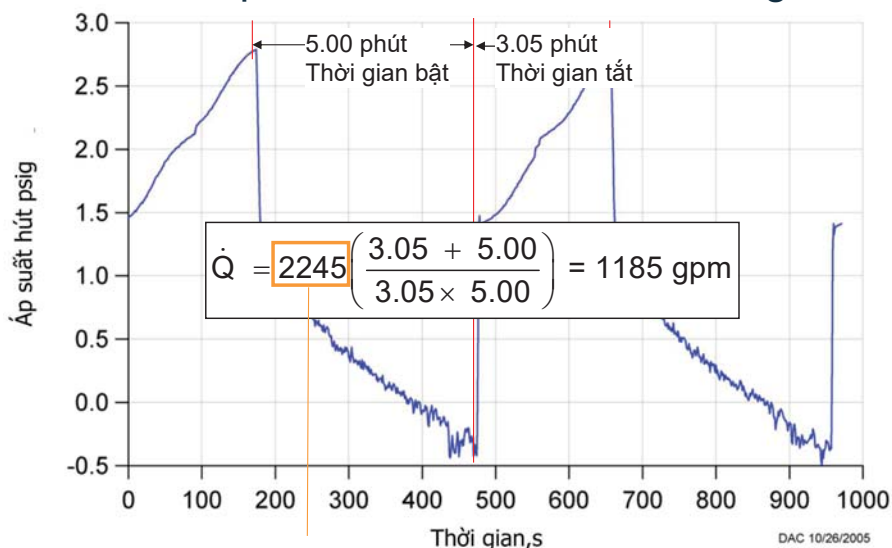
148

Lưu lượng bơm có thể được ước tính trong một bể chứa không cô lập với vận hành theo mẻ



149

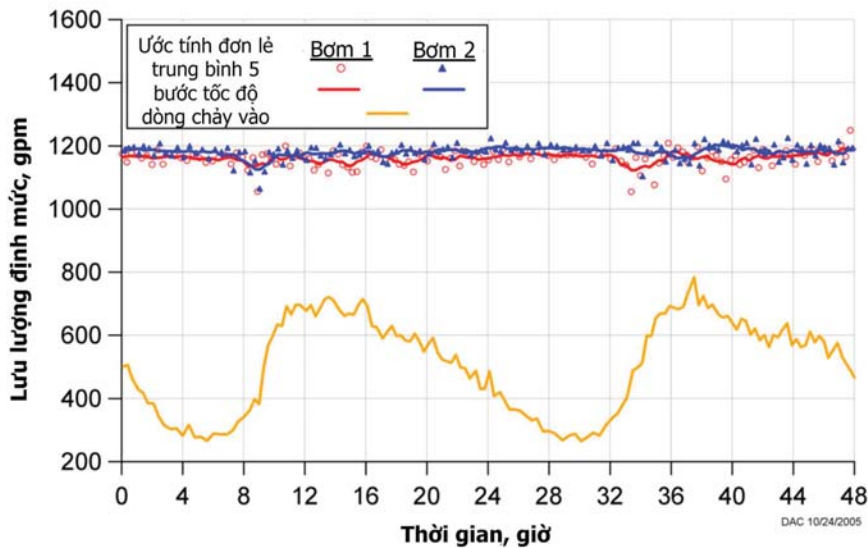
Sử dụng thời gian bật và tắt thay vì sự thay đổi áp suất để ước tính lưu lượng



Thể tích giữa các công tắc báo mức là 8,5 mét khối. Lưu lượng = 1185 gpm hoặc 75 l/s

150

Theo dõi lưu lượng ước tính dựa trên chu kỳ bật/tắt tại cùng một trạm trong vòng hai ngày



151

151

Lưu lượng bơm có thể được ước tính trong bể không cô lập với quy trình hoạt động theo mẻ

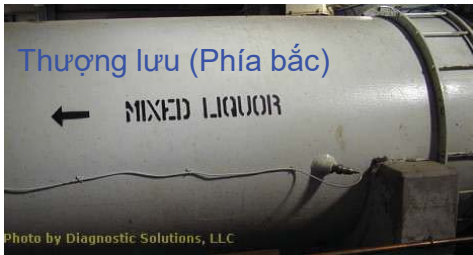
- Đo thời gian giữa các sự kiện bật và tắt
- Tính toán thể tích giữa các công tắc báo mức
- Tốc độ dòng chảy vào khi bơm tắt = thể tích / thời gian
- *Giả định rằng tốc độ dòng chảy vào là không đổi*

$$\dot{Q} = \frac{t_{\text{on}} \left(\frac{V_w}{t_{\text{off}}} \right) + V_w}{t_{\text{on}}} = \left[\left(\frac{V_w}{t_{\text{off}}} \right) + \left(\frac{V_w}{t_{\text{on}}} \right) \right] = V_w \left(\frac{t_{\text{off}} + t_{\text{on}}}{t_{\text{off}} \times t_{\text{on}}} \right)$$

\dot{Q} = Lưu lượng định mức
 t_{on} = Thời gian bơm chạy
 t_{off} = Thời gian bơm tắt
 V_w = Thể tích giếng

152

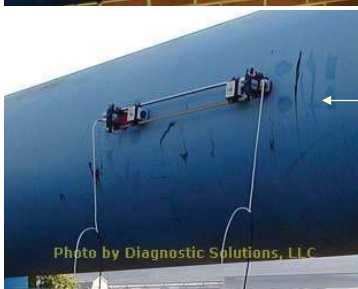
Đồng hồ đo lưu lượng siêu âm lắp đặt cố định tại nhà máy xử lý nước thải (loại đơn tia)



Hệ thống này đo vận tốc trung bình trên toàn bộ đường kính ống; các đầu dò tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng

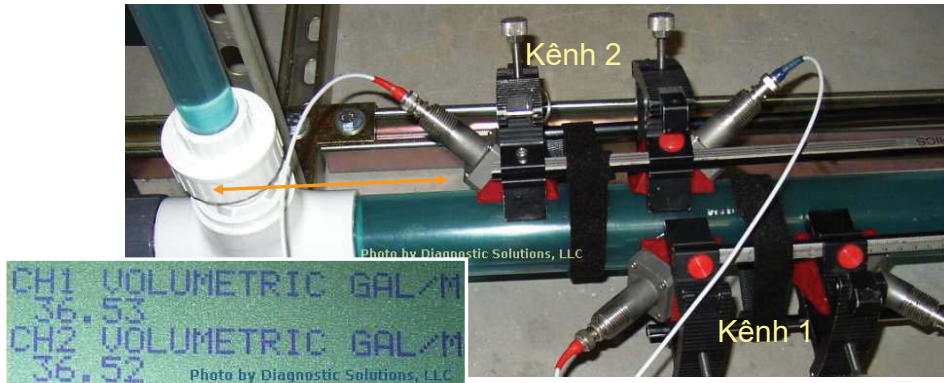
153

Đồng hồ siêu âm dạng kẹp di động trên ống gang dẻo và gang đúc (trên), ống thép carbon và thép không gỉ (dưới)



154

Đối với các điều kiện hình học không lý tưởng. đồng hồ đo 2 kênh cung cấp khả năng kiểm tra tính nhất quán



Lưu ý rằng đầu dò phía thượng lưu nhất chỉ nằm cách tê (tee) khoảng 2,25 lần đường kính ống về phía hạ lưu. Cặp thiết bị siêu âm được thiết lập cách nhau khoảng 90 độ theo chu vi, do đó cảm nhận được các biên dạng vận tốc vuông góc với nhau).

155

Độ dày thành ống là một nguồn gây ra sự không chắc chắn hoặc sai số phổ biến trong tất cả các phép đo lưu lượng



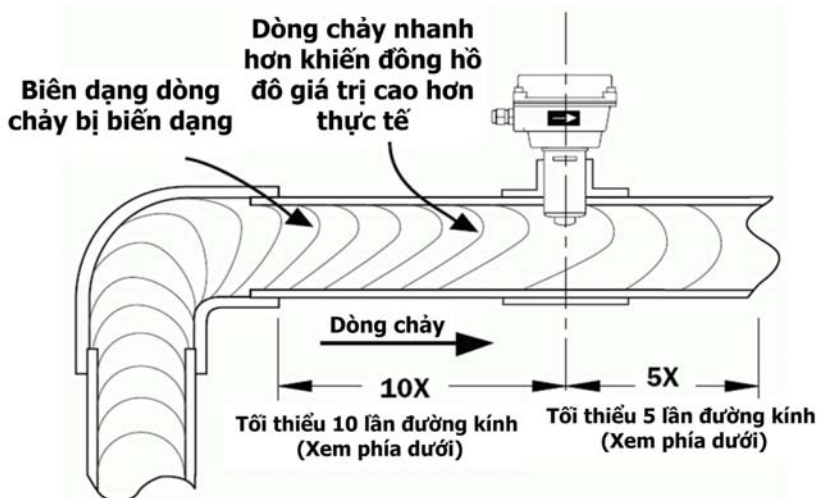
156

Các ứng dụng có vấn đề đối với đồng hồ siêu âm đo thời gian bay

- Bùn/huyền phù
- Nguyên liệu mật độ trung bình/cao
- Chất lỏng có sục khí
- Cấu cặn tích tụ đáng kể
- Các đồng hồ chất lượng tốt sẽ đưa ra cảnh báo cho người dùng khi chẩn đoán của đồng hồ cho thấy dữ liệu có khả năng bị sai lệch.
- Hãy thận trọng khi mua: Không phải tất cả các đồng hồ mà tác giả đã sử dụng đều phù hợp với mô tả "chất lượng tốt".

157

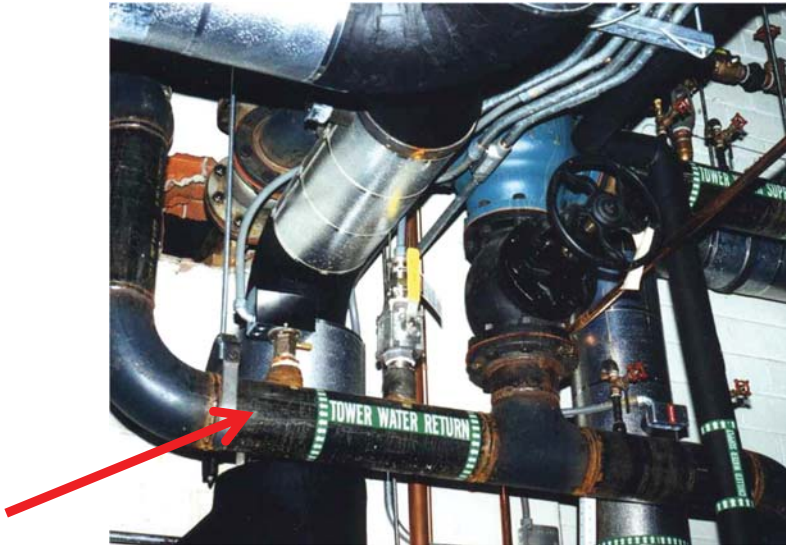
Các đầu dò đơn điểm hướng tâm đặc biệt nhạy cảm với các sai số do dòng chảy bị nhiễu loạn gây ra



Nguồn: Hướng dẫn sử dụng Cảm biến lưu lượng điện từ SeaMetrics EX80 Series

158

Một ví dụ "ưa thích" về việc lắp đặt đồng hồ đo lưu lượng cực kỳ tệ



159

Đồng hồ đo lưu lượng điện từ toàn đường kính



Đồng hồ đo toàn đường kính hiển thị ở đây sẽ ít bị ảnh hưởng hơn bởi biên dạng dòng chảy bị lệch (mặc dù biên dạng thực tế, không hiển thị, là tốt)

160

Ba đồng hồ đo lưu lượng điện từ được sử dụng trong ứng dụng bơm bùn với hình học đường ống khá tốt



161

Các phép đo công suất

162

Đo công suất

Công suất có thể được đo bằng cách:

- Trực tiếp
- Bằng cách đo Điện áp, Dòng điện và ước tính hệ số công suất
- PSAT có tích hợp sẵn công cụ ước tính hệ số công suất

163

163

Hệ số công suất cho một cặp dạng sóng đơn tần số thì đơn giản

$$\text{Hệ số công suất} = \cos \theta$$

- Trong đó θ là góc pha giữa dạng sóng điện áp và dòng điện
- Chúng ta có thể đo góc pha đó không? Chắc chắn rồi.
- (nhưng hãy chú ý đến phần chữ in nghiêng gạch chân ở trên)

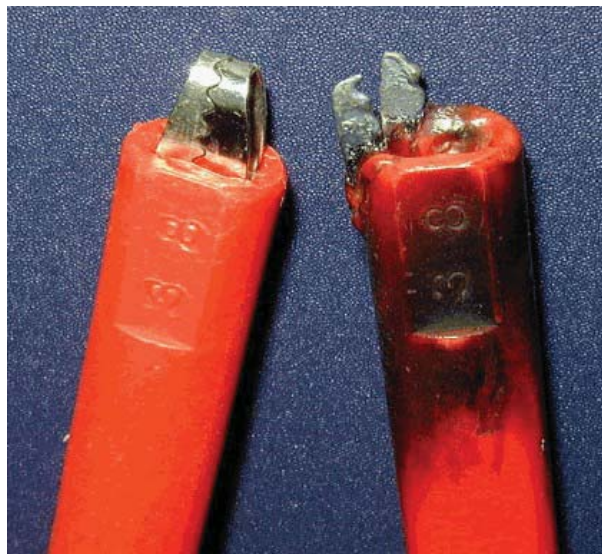
164

Cân nhắc quan trọng nhất trong các phép
đo điện:

AN TOÀN

165

Hai kẹp cá sấu này từng trông giống hệt nhau...

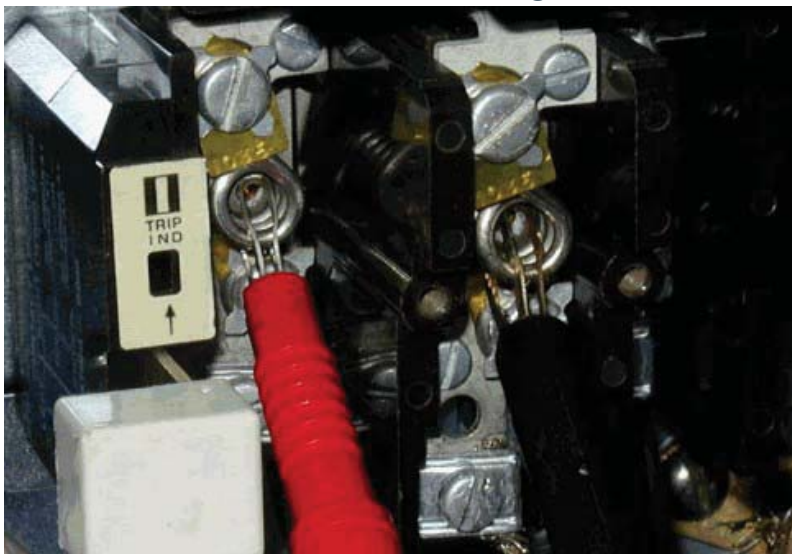


Chuyện đã xảy ra như thế nào



167

Một giải pháp thay thế tốt hơn - các đầu cực của bộ khởi động

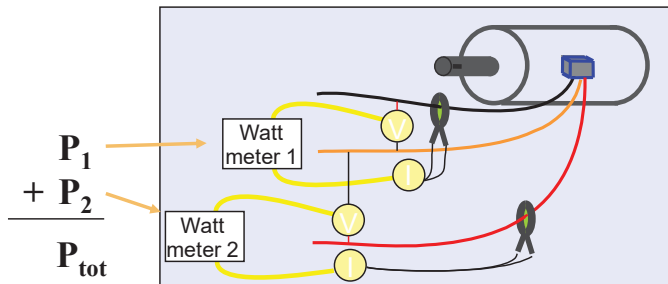


168

Các mối quan hệ cơ bản về công suất điện: Công suất ba pha

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

Với nguồn cân bằng hoặc không cân bằng, phương pháp 2 đồng hồ đo W (oát kế) có thể được sử dụng:

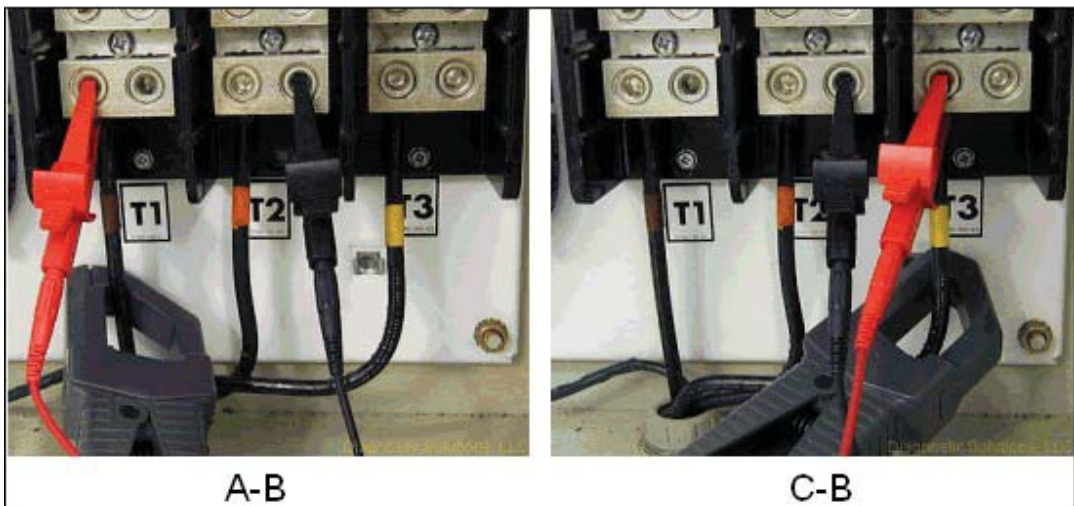


Ghi chú : V_{rms} ở trên là điện áp giữa các pha

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

169

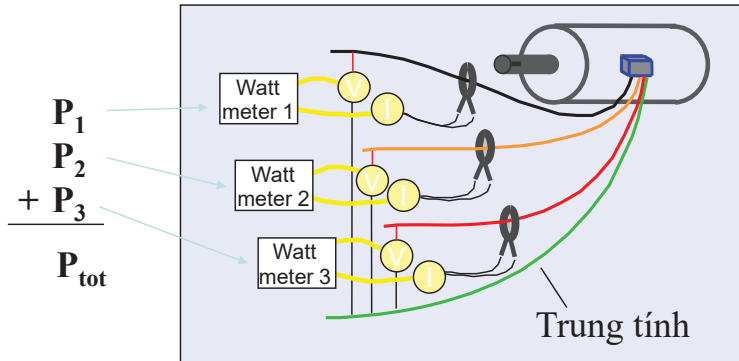
Phương pháp 2 oát kế được sử dụng



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

170

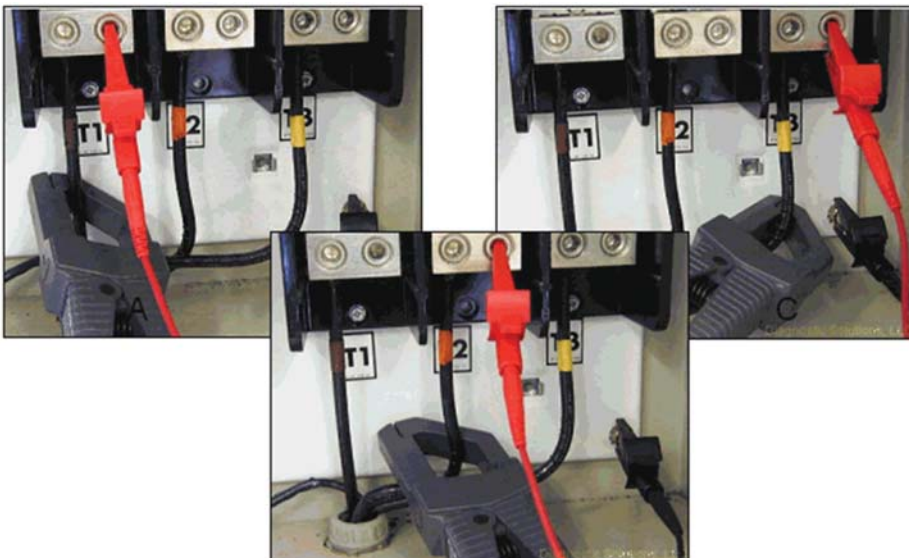
Một phương pháp thay thế để đo công suất trong mạch ba pha có dây trung tính



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

171

Phương pháp ba oát kế đang được sử dụng



Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

172

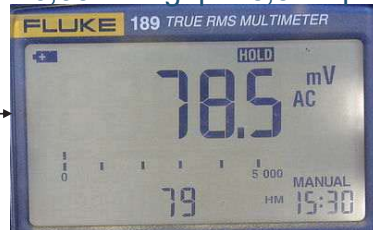
Cảnh báo về đo dòng điện: Độ khép kín của hàm kẹp biến dòng (CT) là rất quan trọng



Hàm kẹp đóng hoàn toàn – 114,2 amps



<0,05 inch gap: 78,5 amps



Khe hở < 0,05 inch

Lưu ý: Tỷ lệ của CT là 1 mV/Ampe

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

173

Nếu có thể, hãy đo tất cả ba pha

Điện áp pha-pha



Currents



<0,9% điện áp mất cân bằng => 3,3% Dòng mất cân bằng

Slide do Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cung cấp.

174

Ghi dữ liệu

175

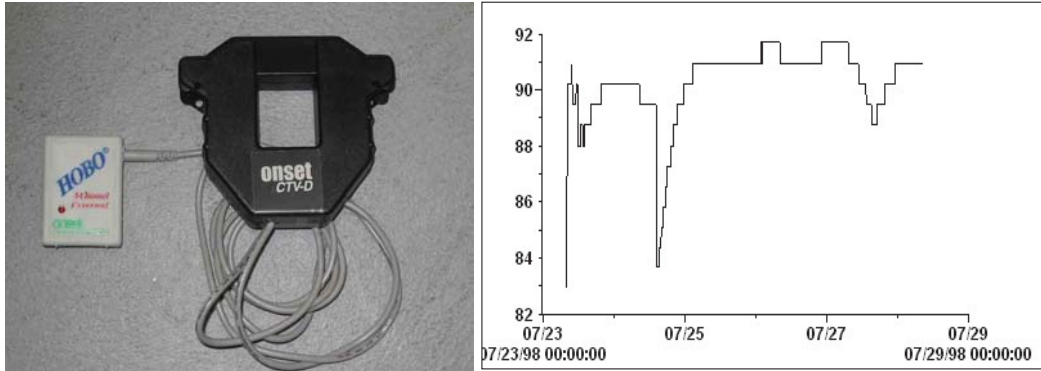
Bộ ghi dữ liệu

- Bộ ghi dữ liệu có thể cung cấp cái nhìn sâu sắc hơn về cách hệ thống bơm vận hành trong một giờ, một ngày hoặc vài tuần
- Các bộ ghi dữ liệu đơn giản như bộ ghi bật/tắt hoặc bộ ghi dữ liệu lập trình nhỏ rất hữu ích để đánh giá thời gian chu kỳ bơm và biến động công suất (cần máy tính xách tay để lập trình cho các thiết bị này)
- Nhiều đồng hồ đo lưu lượng và công suất cũng có tính năng ghi dữ liệu có thể sử dụng được

176

Bộ ghi dữ liệu đa kênh

- Một số bộ ghi dữ liệu có thể được sử dụng để ghi dòng điện, nhiệt độ hoặc các loại dữ liệu khác tùy thuộc vào cảm biến được gắn vào. Bộ ghi dữ liệu bên dưới được thiết lập với một biến dòng đo ampe (CT)



177

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.

178

Khóa đào tạo Chuyên gia Tối ưu hóa Hệ thống Bơm

Chuyên gia quốc tế
về hiệu quả năng lượng của UNIDO

Giảng viên: Harry Rosen

Giới thiệu về phần mềm MEASUR

Giới thiệu về công cụ đánh giá hệ thống bơm (MEASUR)

- Mục tiêu: để hỗ trợ người sử dụng bơm xác định hệ thống bơm có khả năng tiết kiệm năng lượng và chi phí cao nhất
- Yêu cầu 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 về bơm và động cơ từ tiêu chuẩn ANSI/HI-1.3 của Viện Thủy lực và MotorMaster+ để ước tính hiệu suất hiện tại có thể đạt được

3

MEASUR có thể được sử dụng như một công cụ thành phần và như một công cụ hệ thống

- Đối với điểm vận hành cụ thể, MEASUR tìm kiếm hiệu suất bơm cao nhất có thể tại điểm vận hành đó
- MEASUR cũng có thể tìm kiếm hiệu suất động cơ cao nhất có thể để điều khiển bơm tại điểm vận hành đó
- MEASUR tính toán chi phí vận hành tại điểm vận hành đó dưới dạng kWh đã sử dụng và chi phí USD
- MEASUR cũng có thể được sử dụng như một công cụ hệ thống nếu lưu lượng và áp suất tối thiểu cần thiết cho quy trình được khai báo thay vì cột áp và lưu lượng hiện tại

4

Mở phần mềm MEASUR



Tạo một đánh giá mới về Bơm

Đặt tên hoạt động đánh giá

Chọn loại đánh giá

Chọn vị trí bạn muốn lưu tập tin trên máy tính

Create New Assessment ✕

Assessment Name

Example: "Pump123" or "ORNL Pump 3"

Assessment Type

Folder Location

[Add a new folder for this assessment](#)

Close
Add Assessment

Cuối cùng, nhấn chọn “Add Assessment”

Thiết lập hệ thống – Thiết lập một đánh giá

Assessment Settings

Language
Currency
Units of Measure

Head Measurement
Flow Measurement
Power Measurement
Pressure Measurement
Temperature Measurement

Translate Application Using Google Translate

Imperial
Metric
Custom

Feet (ft)
Gallons per minute (gpm)
Horse Power (hp)
Pounds per Square Inch (psi)
Degrees Fahrenheit (°F)

HELP

System basics
Your system basics helps define the units of measure and other information related to the system you are modeling for this assessment. Units of Measure are inherited by default from your Application Settings. Units of Measure can be customized for this assessment.

Bắt đầu tại đây

Tiếp theo ở đây

Chọn ngôn ngữ và đơn vị bạn muốn làm việc

Cuối cùng, nhấn vào “Operations” để tiếp tục

7

Thiết lập hệ thống – Thiết lập một đánh giá

OPERATIONS

Operating Hours
Electricity Cost

CARBON EMISSIONS

Zip code
eGRID Subregion
Total Emission Output Rate

17864 hrs/yr
0.13 \$/kWh

38501
SRTV
430.78 kg CO₂/MWh

HELP

Operations Help
Enter measured data to calculate your system's annual savings potential.

Operating Hours
Annual operating hours of the pump.

Vẫn ở đây

Đang ở đây

Nhập số giờ vận hành, giá điện và mã zip code

Cuối cùng, Nhấn “Pump & Fluid” để tiếp tục

8

Thiết lập hệ thống – Bơm & Chất lỏng

Đang ở đây

Vẫn ở đây

Nhập thông tin về bơm và chất lỏng

Cuối cùng, Nhấn vào “Motor” để tiếp tục

9

Thiết lập hệ thống – Động cơ

Đang ở đây

Nhập thông tin động cơ

Cuối cùng, Nhấn vào “Field Data” để tiếp tục

10

Thiết lập hệ thống Ước tính dòng điện đầy tải

MEASUR Demo 2020
Last modified: Jul 6, 2023

System Setup Assessment Diagram Report

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Pump & Fluid 4 Motor

MOTOR

Line Frequency 60 Hz

Rated Motor Power 350 hp

Motor RPM 1180 rpm

Efficiency Class Energy Efficient

Rated Voltage 2300 V

Full Load Amps 81.13 A

Estimate Full-Load Amps

Có thể ước lượng dòng điện đầy tải của động cơ bằng cách click vào đây

11

Thiết lập hệ thống – Dữ liệu thực địa

Vẫn ở đây

Đang ở đây

MEASUR Demo 2020
Last modified: Jul 6, 2023

System Setup Assessment Diagram Report Sankey Calculators

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Pump & Fluid 4 Motor 5 Field Data

FIELD DATA

Flow Rate 4500 gpm

Head 193.2 ft

Load Estimation Method Current

Motor Current 77 A

Measured Voltage 2320 V

RESULTS

	Baseline
Percent Savings (%)	---
Pump efficiency (%)	66
Motor rated power (hp)	350
Motor shaft power (hp)	334.1
Pump shaft power (hp)	334.1
Motor efficiency (%)	95.6
Motor power factor (%)	84.3
Percent Loaded (%)	95
Drive efficiency (%)	100
Motor current (A)	77
Motor power (kW)	260.8
Annual CO2 Emissions (tonne CO ₂)	1,477.5
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO ₂)	---
Annual Energy (MWh)	2,056
Annual Energy Savings (MWh)	---
Annual Cost (\$)	267,256
Annual Savings (\$)	---

Nhập dữ liệu thực địa

Kết quả ban đầu

Sau khi nhập giá trị thực địa, chuyển tới “Assessment”

Thiết lập hệ thống – Tính cột áp bơm

MEASUR

Demo 2020
Last modified: Jul 6, 2023

System Setup Assessment Diagram Re

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Pump & Fluid 4 Motor

FIELD DATA

Flow Rate 4500 gpm

Head 193.2 ft

Calculate Head

Load Estimation Method Current

Motor Current 77 A

Measured Voltage 2320 V

Đi tới tính toán cột áp bằng cách nhấn vào đây

13

Thiết lập hệ thống – Bảng tính cột áp bơm

MEASUR

PUMP HEAD TOOL

Suction tank elevation

Suction gauge elevation

Z_s represents all suction losses from the tank to the pump
 K_d represents all discharge losses from the pump to the gauge P_d

Fluid Specific Gravity 1.002

Flow Rate 2000 gpm

Suction

Pipe diameter (ID) 12 in

Gauge pressure (P_g) 5 psi

Gauge elevation (Z_g) 10 ft

Line loss coefficients (K_L) 0.5

Discharge

Pipe diameter (ID) 12 in

Gauge pressure (P_d) 124.6 psi

Gauge elevation (Z_d) 10 ft

Line loss coefficients (K_d) 1

RESULTS

Result Data

Differential Elevation Head	0.0 ft
Differential Pressure Head	276.28 ft
Differential Velocity Head	0.0 ft
Estimated Suction Friction Head	0.25 ft
Discharge Friction Head	0.5 ft
Pump Head	277.03 ft

Copy Table

Cột áp bơm

Dữ liệu hiện trường đầu vào

Hai hình học khác nhau: Đồng hồ đo áp suất hút

14

Thiết lập hệ thống – Bảng tính cột áp bơm

PUMP HEAD TOOL

RESULTS

Result Data

Differential Elevation Head	0.0 ft
Differential Pressure Head	265.97 ft
Differential Velocity Head	0.5 ft
Estimated Suction Friction Head	0.25 ft
Discharge Friction Head	0.5 ft
Pump Head	267.22 ft

Copy Table

Input Data:

Fluid Specific Gravity: 1.002

Flow Rate: 2000 gpm

Suction Pipe diameter (ID): 12 in

Discharge Pipe diameter (ID): 12 in

Tank gas overpressure (P_g): 0 psi

Gauge pressure (P_g): 124 psi

Tank fluid surface elevation (Z_s): 10 ft

Gauge elevation (Z_g): 10 ft

Line loss coefficients (K_s): 0.5

Line loss coefficients (K_d): 1

Dữ liệu hiện trường đầu vào

Cột áp bơm

Hai hình học khác nhau: Bể hút

15

Chế độ xem đánh giá – Cơ bản

Explore Opportunities

Assessment

Now that you have setup your system and have baseline information, create duplicate baseline conditions to find efficiency opportunities.

Explore Opportunities

Hiện tại ở đây

Chế độ xem cơ bản

Nhấn vào “Explore Opportunities” để đánh giá một dự án tiềm năng

16

Đánh giá dự án tiềm năng

Add New Scenario

The Modify All Conditions section is an expert view, allowing you to change any input. You can create many different scenarios, to compare changes to your system. Notes for each loss page can be added in the right tab (NOTES), these will be added to your final report. Data will be copied from your current baseline condition.

Scenario Name

Create

Đặt tên cho cơ hội

Nhấn vào “Create”

17

Chế độ xem đánh giá – Cơ bản

Demo 2020
Last modified: Jul 7, 2023

System Setup **Assessment** Diagram Report Sankey Calculators

Explore Opportunities **Modify All Conditions**

Novice View Expert View

Trim Impeller
Selected Scenario [View / Add Scenarios](#)

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

[Add New Scenario](#)

Modification Name

☐ Install VFD

☐ Install More Efficient Drive

☒ **Install More Efficient Pump**

Baseline Pump Type: End Suction ANSI/API

Modification Pump Efficiency: %

The efficiency of your pump has been calculated based on your system setup. Either directly modify your efficiency or click "Optimize Pump" to estimate your pump efficiency based on a different pump type.

☐ Reduce System Flow Rate

☒ **Reduce System Head Requirement**

Baseline Head: 193 ft

Modification Head: ft

☐ Adjust Operational Data

☐ Install More Efficient Motor

[Back](#)

RESULTS **SANKEY** **HELP**

	Baseline	Trim Impeller
Percent Savings (%)	---	12.0%
Pump efficiency (%)	66	62
Motor rated power (hp)	350	350
Motor shaft power (hp)	334.1	294.6
Pump shaft power (hp)	334.1	294.6
Motor efficiency (%)	95.6	95.5
Motor power factor (%)	84.3	83.3
Percent Loaded (%)	95	84
Drive efficiency (%)	100	100
Drive current (A)	77	69
Motor power (kW)	260.8	230.1
Annual CO2 Emissions (tonne CO ₂)	1,477.6	1,303.6
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO ₂)	---	174
Annual Energy (MWh)	2,056	1,814
Annual Energy Savings (MWh)	---	242
Annual Cost (\$)	267,256	235,782
Annual Savings (\$)	---	31,474

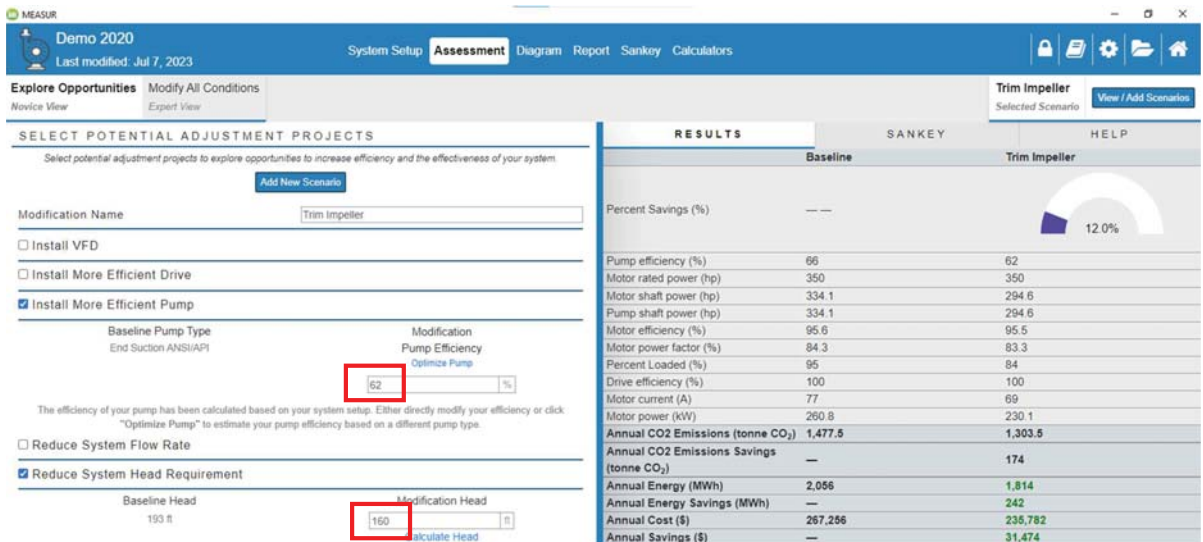
[View Report](#)

Chọn loại dự án

Có bơm bị tiết lưu với lưu lượng không đổi

18

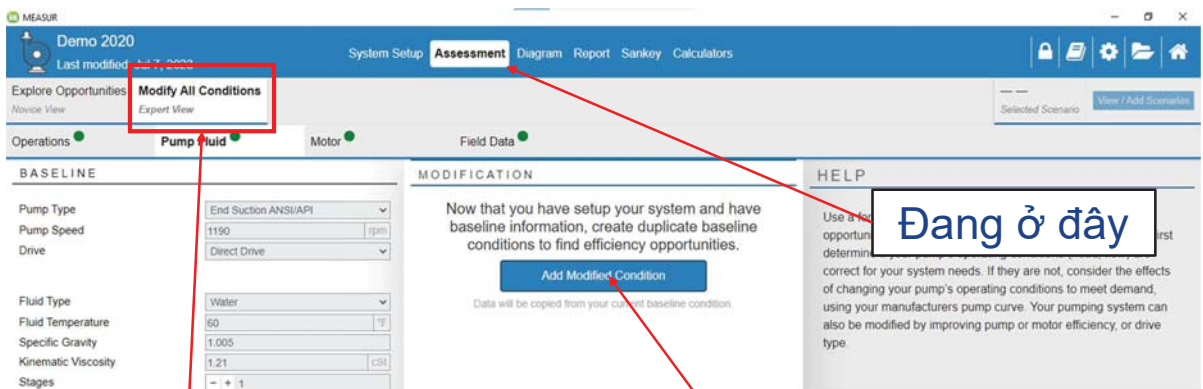
Chế độ xem đánh giá – Cơ bản



Giảm cột áp bơm xuống 33 feet bằng cách cắt (gọt) cánh bơm và mở van tiết lưu. Hiệu suất bơm giảm 4%.

19

Chế độ xem đánh giá – Chuyên gia



Chế độ xem chuyên gia

Nhấp vào “Modified Condition” để đánh giá một dự án tiềm năng

Chế độ xem đánh giá – Chuyên gia

Điều chỉnh hiệu suất bơm tại đây !

Baseline	Trim Impeller
Pump efficiency (%)	66
Motor rated power (hp)	350
Motor shaft power (hp)	334.1
Pump shaft power (hp)	334.1
Motor efficiency (%)	95.6
Motor power factor (%)	84.3
Percent Loaded (%)	95
Drive efficiency (%)	100
Motor current (A)	77
Motor power (kW)	260.8
Annual CO2 Emissions (tonne CO ₂)	1,477.5
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO ₂)	-96.5
Annual Energy (MWh)	2,056
Annual Energy Savings (MWh)	-134
Annual Cost (\$)	267,256
Annual Savings (\$)	-17,450

Hiệu suất bơm giảm xuống 62%

21

Chế độ xem đánh giá – Chuyên gia

Điều chỉnh hiệu suất bơm tại đây!

Baseline	Trim Impeller
Pump efficiency (%)	66
Motor rated power (hp)	350
Motor shaft power (hp)	334.1
Pump shaft power (hp)	334.1
Motor efficiency (%)	95.6
Motor power factor (%)	84.3
Percent Loaded (%)	95
Drive efficiency (%)	100
Motor current (A)	77
Motor power (kW)	260.8
Annual CO2 Emissions (tonne CO ₂)	1,477.5
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO ₂)	-96.5
Annual Energy (MWh)	2,056
Annual Energy Savings (MWh)	-134
Annual Cost (\$)	267,256
Annual Savings (\$)	-17,450

Hiệu suất bơm giảm xuống 62%

22

Chế độ xem đánh giá – Chuyên gia

Điều chỉnh cột áp bơm tại đây !

BASELINE		TRIM IMPELLER	
Flow Rate	4500 gpm	Flow Rate	4500 gpm
Head	193.2 ft	Head	160 ft
Calculate Head		Calculate Head	
Load Estimation Method	Current	Measured Voltage	2320 V
Motor Current	77 A	Implementation Costs	
Measured Voltage	2320 V		

RESULTS		HELP		NOTES	
		Baseline		Trim Impeller	
Percent Savings (%)	---	12.0%			
Pump efficiency (%)	66	62			
Motor rated power (hp)	350	350			
Motor shaft power (hp)	334.1	294.6			
Pump shaft power (hp)	334.1	294.6			
Motor efficiency (%)	95.6	95.5			
Motor power factor (%)	84.3	83.3			
Percent Loaded (%)	95	84			
Drive efficiency (%)	100	100			
Motor current (A)	77	69			
Motor power (kW)	260.8	230.1			
Annual CO2 Emissions (tonne CO2)	1,477.5	1,303.5			
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO2)	---	174			
Annual Energy (MWh)	2,056	1,814			
Annual Energy Savings (MWh)	---	242			
Annual Cost (\$)	267,256	238,782			
Annual Savings (\$)	---	31,474			

Cột áp bơm giảm xuống 160 feet

23

So sánh bơm hiện tại với bơm tối ưu

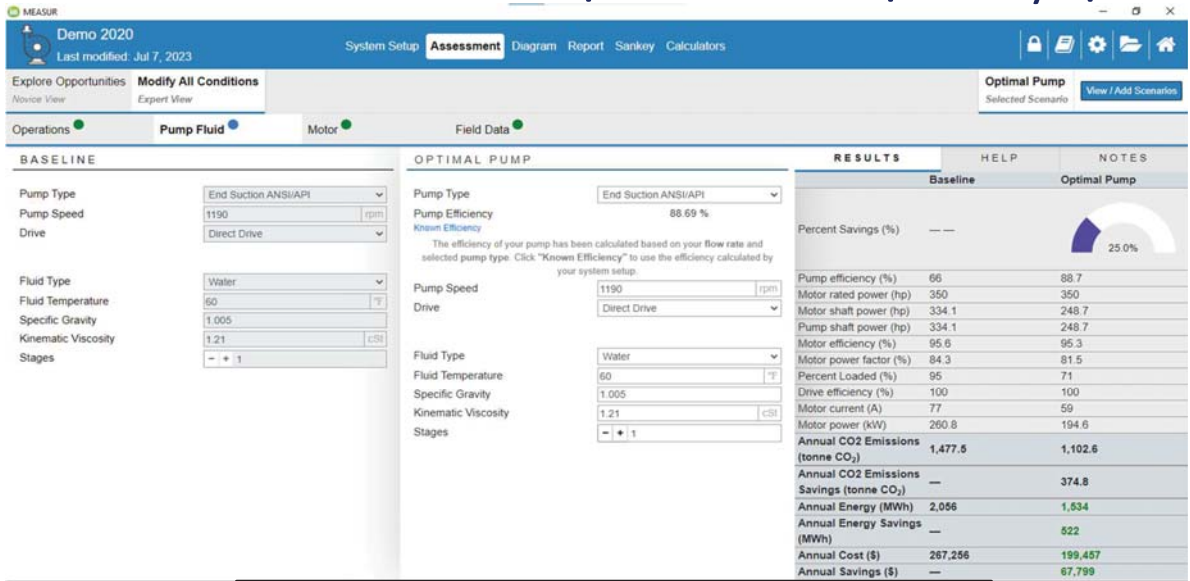
Để đánh giá một bơm "tối ưu" dựa trên các thuật toán của Viện Thủy lực hãy nhấn vào đây.

BASELINE		OPTIMAL PUMP	
Pump Type	End Suction ANSI/API	Pump Efficiency	66.02 %
Pump Speed	1190 rpm	Optimize Pump	
Drive	Direct Drive	The efficiency of your pump has been calculated based on your system setup. Either directly modify your efficiency or click "Optimize Pump" to estimate your pump efficiency based on a different pump type.	
Fluid Type	Water	Pump Speed	1190 rpm
Fluid Temperature	60 °F	Drive	Direct Drive
Specific Gravity	1.005	Fluid Type	Water
Kinematic Viscosity	1.21 cSt	Fluid Temperature	60 °F
Stages	1	Specific Gravity	1.005
		Kinematic Viscosity	1.21 cSt
		Stages	1

RESULTS		HELP		NOTES	
		Baseline		Optimal Pump	
Percent Savings (%)	---	---			
Pump efficiency (%)	66	66			
Motor rated power (hp)	350	350			
Motor shaft power (hp)	334.1	334.1			
Pump shaft power (hp)	334.1	334.1			
Motor efficiency (%)	95.6	95.6			
Motor power factor (%)	84.3	84.3			
Percent Loaded (%)	95	95			
Drive efficiency (%)	100	100			
Motor current (A)	77	77			
Motor power (kW)	260.8	260.7			
Annual CO2 Emissions (tonne CO2)	1,477.5	1,477.4			
Annual CO2 Emissions Savings (tonne CO2)	---	0.1			
Annual Energy (MWh)	2,056	2,056			
Annual Energy Savings (MWh)	---	00			
Annual Cost (\$)	267,256	267,240			
Annual Savings (\$)	---	16			

24

Tối ưu hóa Bơm với thuật toán của Viện Thủy lực



**Cùng lưu lượng và cùng cột áp –
Hiệu suất bơm ban đầu là 66,0%,
bơm tối ưu là 88,7%**

25

**Một cân nhắc quan trọng:
Nhu cầu và nguồn cung - trong lĩnh vực kỹ thuật**

- Thường có sự khác biệt giữa những gì máy bơm cung cấp cho hệ thống và những gì hệ thống thực sự cần
- Hãy cố gắng tư duy theo hướng nhu cầu, thay vì nguồn cung

Cột áp là dữ liệu đầu vào bắt buộc, nó đến từ đâu?

The screenshot displays the PSAT software interface with two main input sections, Condition A and Condition B, and a comparison table on the right.

Condition A Input:

- End suction ANSI/API: [Dropdown]
- Pump rpm: 1480
- Drive: Direct drive
- Units: L/s, m, kW
- Kinematic viscosity (cS): 1.00
- Specific gravity: 1.000
- # stages: 1
- Fixed specific speed? YES
- Line freq: 50 Hz
- Motor rpm: 1480
- Eff. class: Energy efficient
- Voltage: 400
- Estimate FLA
- Full-load amps: 347.1
- Size margin, %: 0
- Operating fraction: 0.500
- \$/kwhr: 0.3500
- Flow rate, L/s: 227
- Head tool: Head, m: 50.4 (highlighted with a red circle)
- Load estim. method: Power
- Motor kW: 145.0
- Voltage: 400

Condition B Input:

- End suction ANSI/API: [Dropdown]
- Pump rpm: 1480
- Drive: Direct drive
- Units: L/s, m, kW
- Kinematic viscosity (cS): 1.00
- Specific gravity: 1.000
- # stages: 1
- Fixed specific speed? YES
- Line freq: 50 Hz
- Motor rpm: 1480
- Eff. class: Energy efficient
- Voltage: 400
- Estimate FLA
- Full-load amps: 347.1
- Size margin, %: 0
- Operating fraction: 0.400
- \$/kwhr: 0.3500
- Flow rate, L/s: 190
- Head tool: Head, m: 45.3
- Load estim. method: Power
- Motor kW: 150.0
- Voltage: 400

Comparison Table:

	Condition A		Units	Condition B		Units
	Existing	Optimal		Existing	Optimal	
Pump efficiency	80.6	88.6	%	58.6	88.1	%
Motor rated power	200	132	kW	200	110	kW
Motor shaft power	138.8	126.4	kW	143.7	95.6	kW
Pump shaft power	138.8	126.4	kW	143.7	95.6	kW
Motor efficiency	95.7	95.6	%	95.8	95.5	%
Motor power factor	84.2	85.5	%	84.6	85.9	%
Motor current	248.5	220.5	amps	255.9	168.1	amps
Motor power	145.0	132.2	kW	150.0	100.1	kW
Annual energy	635.1	579.0	MWh	525.6	350.7	MWh
Annual cost	222.3	202.6	\$1000	184.0	122.8	\$1000
Annual savings potential, \$1,000		19.7			61.2	
Optimization rating, %		91.2			66.7	

Log file controls: Create new log, Add to existing log, Retrieve log entry, Delete log entry

Summary file controls: Create new summary file, Existing summary files, CREATE NEW

Documentation section: Facility, System, Date, Application, Evaluator, General comments

Condition A Notes: [Text area]

Condition B Notes: [Text area]

Buttons: Retrieve defaults, Set defaults, Copy A > to B >, System curve tool select below, Background information, STOP

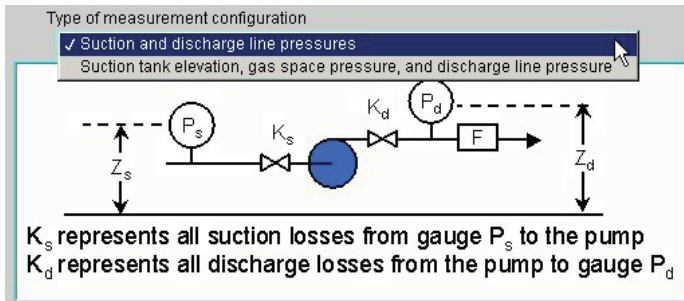
27

Các giá trị cột áp vừa hiển thị trong PSAT đến từ đâu?

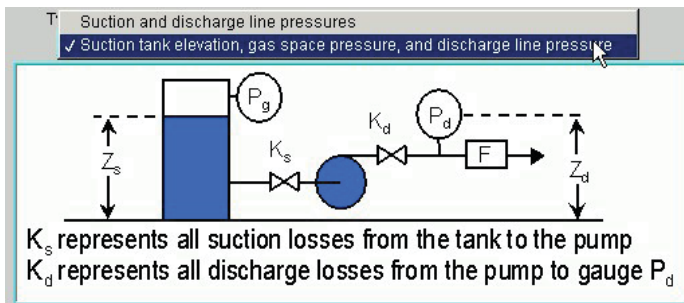
- Từ công cụ tính toán cột áp đi kèm với PSAT
- Dựa trên các phương pháp tiêu chuẩn (ví dụ: định luật Bernoulli), nhưng cũng cung cấp phương pháp để điều chỉnh cho các điều kiện hiện trường không lý tưởng
- Thông tin cần thiết:
 - Đo áp suất hút
 - Đo áp suất xả (đẩy)
 - Cao độ của các vị trí đo áp suất
 - Kích thước đường ống tại các vị trí đo
 - Lưu lượng*
- Hai bố trí cơ bản được hỗ trợ

28

Hai tình huống tính toán cột áp bơm thường gặp nhất



Phương pháp 1: Áp suất đo được tại đường ống hút và xả của bơm



Phương pháp 2: Bơm hoặc hút từ bể chứa, có hoặc không có khí quá áp

29

Ví dụ phương pháp 1 (giả định)

Type of measurement configuration

Suction tank elevation, gas space pressure, and discharge line pressure

K_s represents all suction losses from the tank to the pump
 K_d represents all discharge losses from the pump to gauge P_d

Click to access units converter tool

Suction pipe diameter (ID)	300.0 mm	Discharge pipe diameter (ID)	250.0 mm
Suction tank gas overpressure (P_g)	0.0 kPa	Discharge gauge pressure (P_d)	380.0 kPa
Suction tank fluid surface elevation (Z_s)	-3.00 m	Discharge gauge elevation (Z_d)	5.00 m
Suction line loss coefficients, K_s	0.50	Discharge line loss coefficients, K_d	2.00
Fluid specific gravity	1.000	Flow rate	227.0 L/s

Differential elevation head	8.00 m
Differential pressure head	38.82 m
Differential velocity head	1.09 m
Estimated suction friction head	0.26 m
Estimated discharge friction head	2.18 m
Pump head	50.35 m

System of units: L/s, m, kW

30

Ví dụ phương pháp 2 (Tình huống vừa đề cập)

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

K_s represents all suction losses from the tank to the pump
 K_d represents all discharge losses from the pump to gauge P_d

Click to access units converter tool

Suction pipe diameter (ID)	300.0 mm	Discharge pipe diameter (ID)	250.0 mm
Suction tank gas overpressure (P_g)	0.0 kPa	Discharge gauge pressure (P_d)	380.0 kPa
Suction tank fluid surface elevation (Z_s)	-3.00 m	Discharge gauge elevation (Z_d)	5.00 m
Suction line loss coefficients, K_s	0.50	Discharge line loss coefficients, K_d	2.00

Fluid specific gravity: 1.000 Flow rate: 227.0 L/s

Don't update Accept and update

Click to leave the main panel head unchanged Click to Accept and return the calculated head

System of units: L/s, m, kW

Differential elevation head	8.00 m
Differential pressure head	38.82 m
Differential velocity head	1.09 m
Estimated suction friction head	0.26 m
Estimated discharge friction head	2.18 m
Pump head	50.35 m

Giá trị 380 kPa được liệt kê là áp suất xả tương ứng với áp suất trung bình trong cột áp xả của bơm. Đối với các trường hợp liên quan đến cột ống dài, cần giải quyết tổn thất ma sát cột ống trong mục nhập hệ số tổn thất đường ống xả.

Lưu ý rằng cao độ bề mặt chất lỏng bể hút được liệt kê là -3,00 m. Đó là do mực nước trong bể chứa sạch nơi bơm hút vào nằm thấp hơn khoảng 3m so với cốt nền (sàn), cốt nền này được sử dụng làm tham chiếu. Đồng hồ đo áp suất xả nằm trên bộ bơm, cao khoảng 5m so với cốt nền.

31

Phương pháp 2 - Sử dụng áp suất ống góp chung

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

K_s represents all suction losses from the tank to the pump
 K_d represents all discharge losses from the pump to gauge P_d

Click to access units converter tool

Suction pipe diameter (ID)	300.0 mm	Discharge pipe diameter (ID)	250.0 mm
Suction tank gas overpressure (P_g)	0.0 kPa	Discharge gauge pressure (P_d)	380.0 kPa
Suction tank fluid surface elevation (Z_s)	-3.00 m	Discharge gauge elevation (Z_d)	5.00 m
Suction line loss coefficients, K_s	0.50	Discharge line loss coefficients, K_d	2.00

Fluid specific gravity: 1.000 Flow rate: 227.0 L/s

Don't update Accept and update

Click to leave the main panel head unchanged Click to Accept and return the calculated head

System of units: L/s, m, kW

Differential elevation head	8.00 m
Differential pressure head	38.82 m
Differential velocity head	1.09 m
Estimated suction friction head	0.26 m
Estimated discharge friction head	2.18 m
Pump head	50.35 m

Áp suất xả được sử dụng ở đây là áp suất đo được trong ống góp chung, nơi đường ống là 400mm (danh nghĩa).

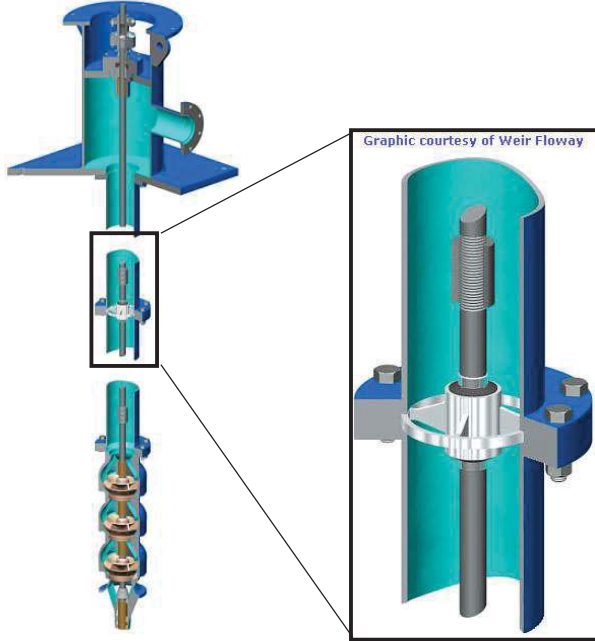
Lưu ý rằng giá trị 2 được chỉ định cho hệ số tổn thất đường ống xả.

Tiếp theo: Một số câu hỏi và câu trả lời về cái gì, khi nào, tại sao và làm thế nào liên quan đến các thuật ngữ hệ số tổn thất.

32

Tổn thất đường ống có thể là một yếu tố trong tính toán cột áp bơm

Graphic courtesy of Weir Floway



- Tình huống phổ biến nhất mà cũng đúng trong các ứng dụng giếng khoan với cột ống dài
- Điều này hiếm gặp trong các trường hợp khác
- Đối với cột ống giếng, hãy xem nhà cung cấp bơm có thể cung cấp dữ liệu tổn thất cụ thể không (thường là có thể)
- Ổ trục hướng trục đường ống và trục của bơm tuabin trục đứng bôi trơn bằng lưu chất bơm gây ra tổn thất cao hơn một chút so với cột ống chỉ là ống trơn.

33

Các câu hỏi Khi nào, Tại sao và Làm thế nào liên quan đến hệ số tổn thất

- Khi nào nên sử dụng: Bất cứ khi nào có các phụ kiện nối ống nằm giữa các điểm tham chiếu đo áp suất và bơm có thể gây ra tổn thất ma sát
- Tại sao sử dụng: Không tính đến các tổn thất đó sẽ làm giảm giá trị thực tế của cột áp bơm
- Làm thế nào:
 - Sử dụng hệ số tổn thất cụ thể của từng thành phần (xuất sắc)
 - Sử dụng hệ số tổn thất chung (kém)
 - WAG-Uớc lượng cảm tính (đoán mò) (số liệu lung tung/không chính xác)
 - Một cách làm rất hữu ích: sử dụng công cụ tính toán cột áp PSAT để nắm bắt xem hệ số tổn thất có quan trọng hay không

34

Công cụ tính toán cột áp PSAT có thể được sử dụng để nhận biết tầm quan trọng của độ không đảm bảo

Discharge pipe diameter (ID)	500.0		
Discharge gauge pressure (Pd)	860.0		
Discharge gauge elevation (Zd)	5.00		
Discharge line loss coefficients, Kd	5.00		
1.000	Flow rate	215.0	L/s
Differential elevation head	8.00	m	
Differential pressure head	87.85	m	
Differential velocity head	0.06	m	
Estimated suction friction head	0.24	m	
Estimated discharge friction head	0.31	m	
Pump head	96.46	m	

Case 1A

Discharge pipe diameter (ID)	500.0		
Discharge gauge pressure (Pd)	860.0		
Discharge gauge elevation (Zd)	5.00		
Discharge line loss coefficients, Kd	20.00		
1.000	Flow rate	215.0	L/s
Differential elevation head	8.00	m	
Differential pressure head	87.85	m	
Differential velocity head	0.06	m	
Estimated suction friction head	0.24	m	
Estimated discharge friction head	1.22	m	
Pump head	97.37	m	

Case 1B

4 x hệ số tổn hao K =>
1% thay đổi cột áp

Discharge pipe diameter (ID)	400.0		
Discharge gauge pressure (Pd)	900.0		
Discharge gauge elevation (Zd)	5.00		
Discharge line loss coefficients, Kd	5.00		
1.000	Flow rate	870.0	L/s
Differential elevation head	8.00	m	
Differential pressure head	91.94	m	
Differential velocity head	2.44	m	
Estimated suction friction head	3.86	m	
Estimated discharge friction head	12.22	m	
Pump head	118.46	m	

Case 2A

Discharge pipe diameter (ID)	400.0		
Discharge gauge pressure (Pd)	900.0		
Discharge gauge elevation (Zd)	5.00		
Discharge line loss coefficients, Kd	10.00		
1.000	Flow rate	870.0	L/s
Differential elevation head	8.00	m	
Differential pressure head	91.94	m	
Differential velocity head	2.44	m	
Estimated suction friction head	3.86	m	
Estimated discharge friction head	24.44	m	
Pump head	130.68	m	

Case 2B

2 x hệ số tổn hao K =>
10% thay đổi cột áp

35

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.