



BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VIỆT NAM - EU (SETP)
EU - VIET NAM SUSTAINABLE ENERGY TRANSITION PROGRAMME (SETP)



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN
CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

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 HÓA HỆ THỐNG ĐỘNG CƠ

Hà Nội, 01 - 04/12/2025



CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG ĐỘNG CƠ

Từ 01 đến 04/12/2025

*Tại: - Khách sạn Adonis - 55 Quang Trung, phường Hai Bà Trưng, Hà Nội
- Nhà máy Giấy Xương Giang - Tỉnh Bắc Ninh*

Ngày 1 (Khách sạn Adonis)

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 Văn phòng dự án IIEP
8.45-9.00	Giới thiệu khóa học	Chuyên gia quốc tế
9.00-10.00	Công nghệ Động cơ	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-10.45	Tiêu chuẩn Động cơ	Chuyên gia quốc tế
10.45-12.00	Vận hành & Điều khiển Động cơ	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	
13.15-13.45	Máy ly tâm	Chuyên gia quốc tế
13.45-15.00	Các trường hợp điển hình: Máy ly tâm	Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Máy nén khí	Chuyên gia quốc tế
16.00-16.30	Các trường hợp điển hình	Chuyên gia quốc tế

Ngày 2 (Khách sạn Adonis)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.45	Ôn tập Ngày 1 (Hỏi & Đáp)	Chuyên gia quốc tế
8.45-10.00	Chất lượng Điện năng	Chuyên gia quốc tế
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-10.55	Bảo trì & Sửa chữa	Chuyên gia quốc tế
10.55-11.30	Báo cáo Bài tập MSO	Chuyên gia quốc tế
11.30-12.00	Giới thiệu Tài chính Dự án	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	
13.15-13.45	Các trường hợp điển hình: Tài chính Dự án	Chuyên gia quốc tế
13.45-15.00	Thực hành Công cụ Đo lường	Đơn vị cung cấp thiết bị, Chuyên gia quốc tế
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-15.45	Thực hành Công cụ Đo lường	Đơn vị cung cấp thiết bị, Chuyên gia quốc tế
15.45-16.15	Chuẩn bị Tham quan Thực địa	Chuyên gia quốc tế
16.15-16.45	Các bước Tiếp theo	Chuyên gia quốc tế

Ngày 3 (Nhà máy Giấy Xương Giang)

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 Giấy Xương Giang
9.00-9.30	Tổng quan về Nhà máy & Lãnh đạo cấp cao chào mừng	BGD Công ty Giấy Xương Giang
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 Động cơ	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 Động cơ - Phiên 1	Toàn bộ lớp học
14.00-15.00	Đánh giá Hệ thống Động cơ - Phiên 2	Toàn bộ lớp học
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Đánh giá Hệ thống Động cơ - Phiên 3	Toàn bộ lớp học
16.00-16.30	Phân tích các quan sát và dữ liệu	Toàn bộ lớp học

Ngày 4 (Nhà máy Giấy Xương Giang)

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.45	Thảo luận Mở đầu (Hỏi & Đáp)	Toàn bộ lớp học
8.45-10.00	Phân tích các quan sát và dữ liệu	Toàn bộ lớp học
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-12.00	Tổng kết các Phát hiện & Quan sát	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.15	Ăn trưa	
13.15-14.00	Cơ hội cho từng Hệ thống Động cơ	Toàn bộ lớp học
14.00-15.00	Trình bày các Phát hiện & Cơ hội	Toàn bộ lớp học
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.00	Phản hồi cho Ban Lãnh đạo nhà máy	Toàn bộ lớp học
16.00-16.30	Các bước Tiếp theo - Bài tập & Hội thảo Trực tuyến	Chuyên gia quốc tế



Tối ưu hóa hệ thống động cơ Đào tạo chuyên gia (Việt Nam)

Siraj Williams
Tháng 12 năm 2025

Chào mừng

- Tên
- Tổ chức
- Kinh nghiệm quản lý năng lượng
- Bạn mong muốn học được gì trong những ngày tới?



Lời cảm ơn

UNIDO

- Marco Matteini, Vienna

Tác giả

- Giáo sư Anibal T de Almeida, Bồ Đào Nha
- Tiến sĩ Hugh Falkner, Vương Quốc Anh

Mục tiêu hội thảo



Học hỏi lẫn nhau và chia sẻ kinh nghiệm cũng như kiến thức

Hiểu rõ các nguyên tắc cơ bản của hệ thống truyền động bằng động cơ

Xem xét các công nghệ mới và các cập nhật ứng dụng trong công nghiệp của hệ thống truyền động bằng động cơ

Chương trình làm việc - Chương trình 4 ngày

- Ngày 1- Lý thuyết tại lớp
- Ngày 2- Lý thuyết tại lớp
- Ngày 3- Khảo sát tại hiện trường
- Ngày 4- Khảo sát tại hiện trường và tổng kết

5

Chương trình làm việc ngày 1 – Buổi học trên lớp

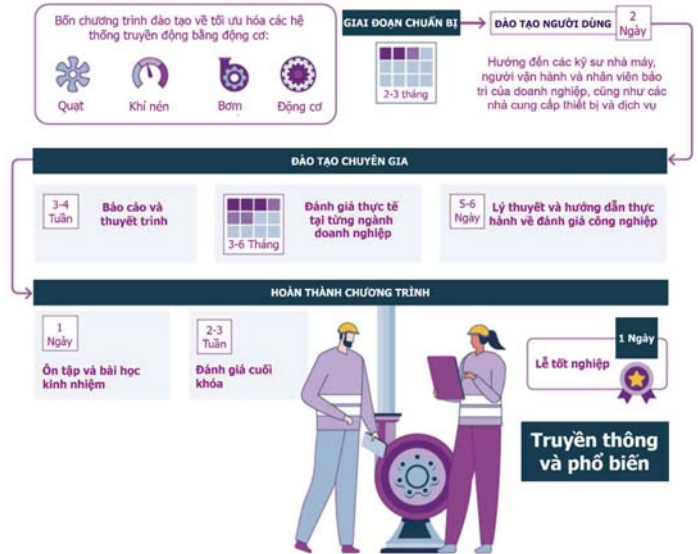
Thời gian	Chủ đề	Slide bắt đầu	Slide kết thúc	Số Slide
Ngày 1 – Lý thuyết tại lớp				
08h30	Đón tiếp và giới thiệu chung			
08h45	Giới thiệu tổng quan về khóa học	1	7	7
09h00	Công nghệ động cơ điện	8	34	27
10h00	Tiệc trà (giải lao)			
10h15	Tiêu chuẩn động cơ điện	35	52	18
10h45	Vận hành và điều khiển động cơ điện	53	88	36
12h00	Ăn trưa			
13h15	Các loại máy ly tâm	89	100	12
13h45	Các trường hợp: Máy ly tâm	101	129	29
15h00	Tiệc trà (giải lao)			
15h00	Máy nén khí	130	157	28
16h00	Các trường hợp	156	163	8
16h30	Kết thúc ngày 1	164	164	1

6

Chương trình đào tạo Tối ưu hóa hệ thống động cơ

Các hợp phần chính:

- Lớp đào tạo doanh nghiệp/người dùng
- Lớp đào tạo chuyên gia và trình diễn tại hiện trường
- Bài tập cá nhân tại doanh nghiệp công nghiệp
- Bài kiểm tra cuối khóa



01. Công nghệ động cơ điện

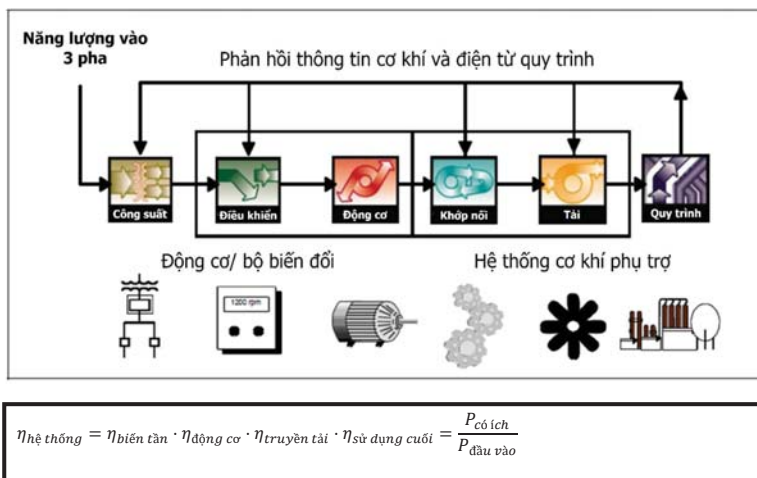
Electric Motor Technology

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

- 70% năng lượng trong công nghiệp
- Hơn 50% tổng lượng điện tiêu thụ
- 90% trong tổng số động cơ công nghiệp là động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc
- Tổn thất (điện, từ, cơ, từ thông tản)
- Các loại động cơ truyền thống (Một chiều, đồng bộ xoay chiều, không đồng bộ xoay chiều)
- Động cơ từ trở chuyển mạch
- Động cơ từ trở đồng bộ

9

Hệ thống động cơ



10

Hệ thống động cơ tiết kiệm năng lượng

Hiệu suất của hệ thống động cơ phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm:

Hiệu suất động cơ

Điều khiển tốc độ/mô-men động cơ

Lựa chọn cỡ động cơ phù hợp

Chất lượng nguồn điện cấp

Tổn thất phân phối

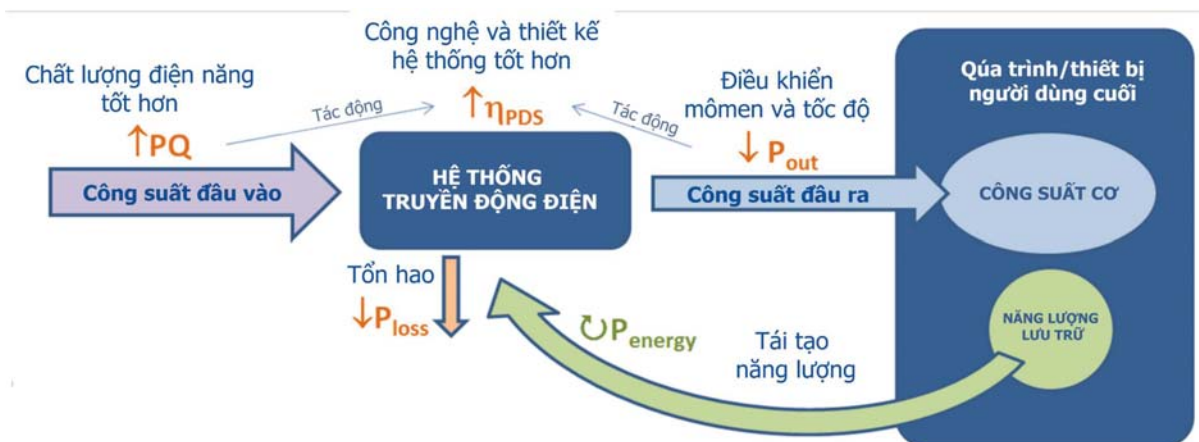
Truyền động cơ khí

Quy trình bảo trì

Hiệu suất cơ khí thiết bị cuối (bơm/quạt/máy nén)

11

Các chiến lược nhằm nâng cao hiệu suất hệ thống động cơ điện



12

Những cơ hội để tiết kiệm

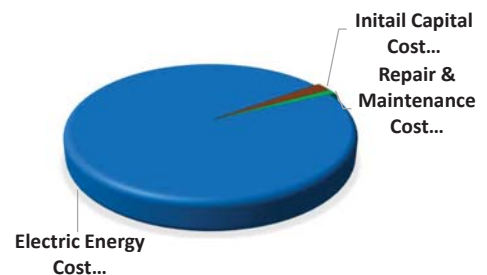
	Các thành phần điện	Các thành phần cơ khí	Ứng dụng	Tự động hóa nhà máy	Thu hồi năng lượng
	Bảo trì đúng cách và thường xuyên				
S1 Chi độ làm việc liên tục	Động cơ hiệu suất cao	Hộp số, dây đai... hiệu suất cao	Hệ thống truyền động biến đổi tốc độ	Hiệu suất nguồn cấp lớn nhất	
	Thiết bị bù hệ số công suất	Bơm, quạt, máy nén khí... hiệu suất cao	Giảm tổn thất truyền tải điện năng	Chế độ năng lượng thấp khi dừng	
S2 Chi độ làm việc ngắn hạn	Sử dụng các thành phần kinh tế nhất				
S3...S10 Chi độ làm việc gián đoạn	Khởi động mềm với điều khiển tần số	Giảm thiểu quán tính quay	Hệ thống truyền động biến đổi tốc độ	Hiệu suất nguồn cấp lớn nhất	Hãm tái sinh
			Tối ưu hóa khối lượng và lưu lượng	Chế độ năng lượng thấp khi dừng	Ghép nối DC-link Pin, siêu tụ, bánh đà.....

Nguồn: IEC60034-31

13

Chi phí vòng đời động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc

- Trong công nghiệp, mỗi năm, một động cơ không đồng bộ có thể tiêu thụ một lượng năng lượng tương đương gấp **2-5** lần chi phí ban đầu của nó; trong suốt vòng đời khoảng **12-20** năm, con số này tương ứng gấp **30-100** lần chi phí ban đầu.
- Thực tế này cho thấy sự cần thiết của việc phân tích chi phí vòng đời (**LCC**), bao gồm cả chi phí sửa chữa và bảo trì.

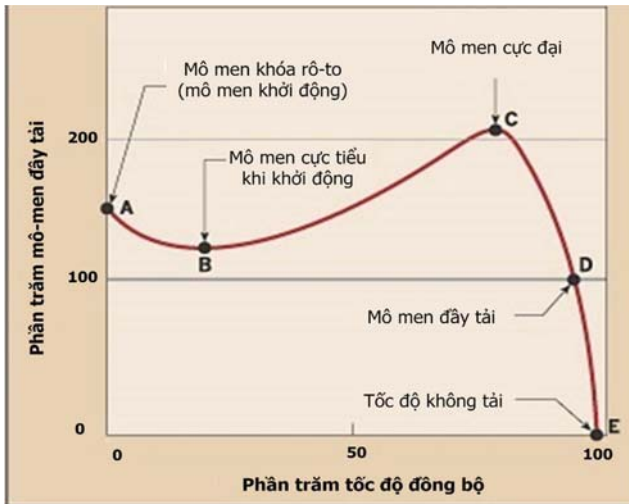


Động cơ 11 kW IE3, hoạt động 4000h mỗi năm, 15 năm vòng đời, 0.1\$/kWh

Source: ISR – University of Coimbra

14

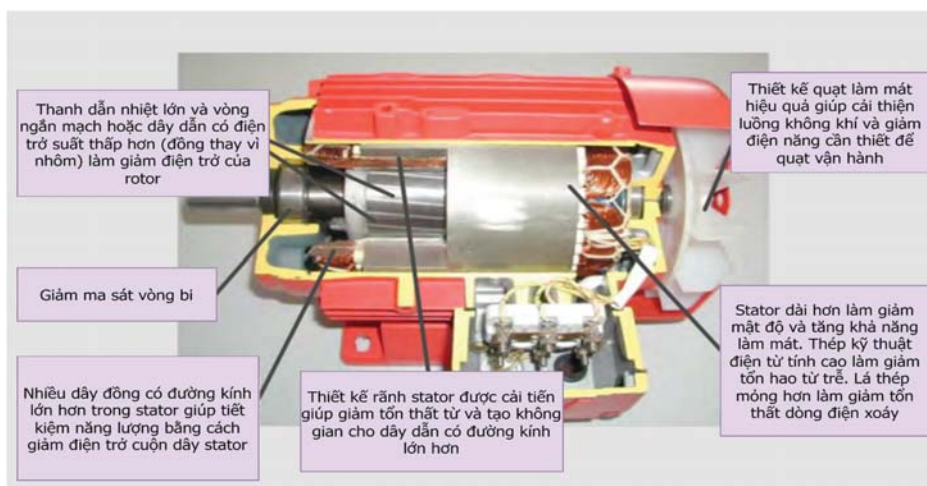
Động cơ không đồng bộ - Đặc tính mô-men /tốc độ



$$Công\ suất\ (kW) = \frac{2\pi \times Tốc\ độ\ (rpm) \times Mô - men(kNm)}{60}$$

15

Các đặc điểm điển hình của động cơ không đồng bộ cao cấp



16

Động cơ không đồng bộ rôto đúc đồng

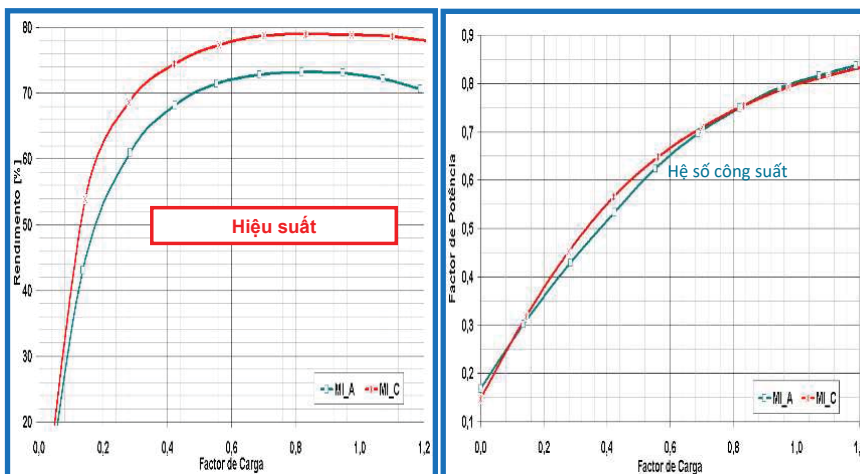
Hầu hết các động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc được đúc bằng nhôm

- Rôto đồng là một rôto được làm từ các lá thép kỹ thuật điện, trong các rãnh và vòng ngắn mạch được lấp đầy bằng đồng thay vì vật liệu truyền thống (nhôm).
- Việc thay thế đồng cho nhôm giúp cải thiện hiệu suất năng lượng của động cơ do giảm đáng kể tổn thất I^2R trong rôto.
- Chi phí cao hơn và quán tính rôto lớn hơn

17

Động cơ không đồng bộ rôto đúc đồng

Rôto đúc đồng so sánh với rôto nhôm (4 cực, 1.1 kW)



18

Động cơ IE4 và IE5 là gì?

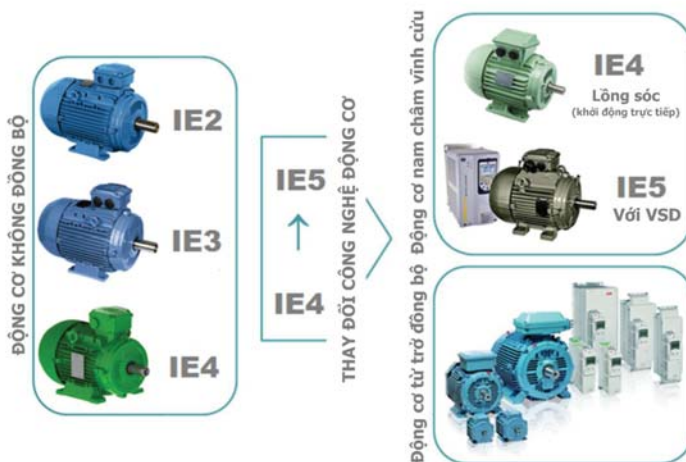
Động cơ IE3 có tổn hao thấp hơn ít nhất 15% so với động cơ IE2

Cấp hiệu suất Siêu đặc biệt IE4 có chênh lệch tổn hao ít nhất 15% so với cấp IE3 /Đặc biệt.

Cấp hiệu suất cực cao (cấp IE5 mới) có chênh lệch tổn hao ít nhất 15% so với cấp IE4 / Siêu đặc biệt.

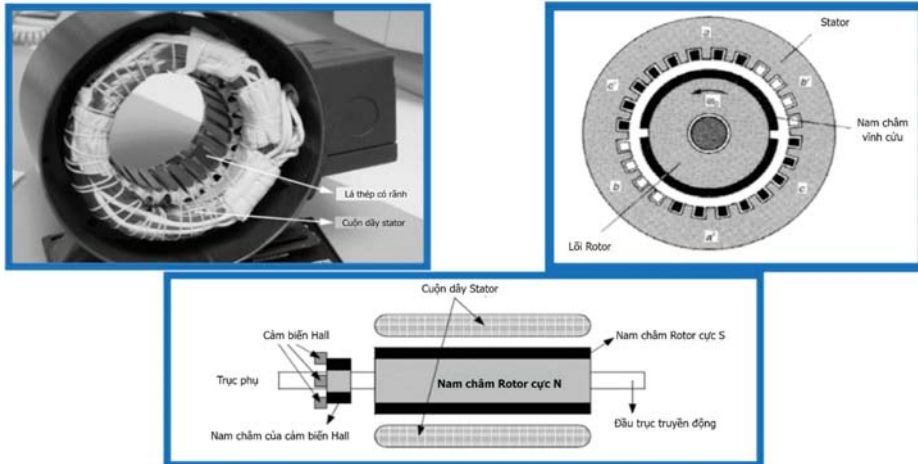
19

Công nghệ cho hiệu suất động cơ cao hơn



20

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM)



21

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu – Các loại

Động cơ nam châm vĩnh cửu điều biến cực

- Mật độ công suất và độ tin cậy cao hơn ở nhiệt độ cao
- Chi phí cao hơn
- Hệ số công suất rất kém
- Kích thước và chi phí bộ truyền động lớn. Giảm trọng lượng nam châm có thể giảm chi phí nhưng làm hệ số công suất kém hơn nữa, dẫn đến chi phí bộ truyền động càng cao hơn

Xét về chi phí và khả năng chống khử từ, động cơ IPM là lựa chọn cạnh tranh nhất cho các ứng dụng truyền động trực tiếp tốc độ thấp trong môi trường đòi hỏi khắt khe

Động cơ nam châm vĩnh cửu gắn bề mặt

- Lựa chọn tốt hơn cho các giải pháp truyền động trực tiếp- với chi phí nam châm hình cung nhưng dễ bị khử từ hơn ở nhiệt độ môi trường cao

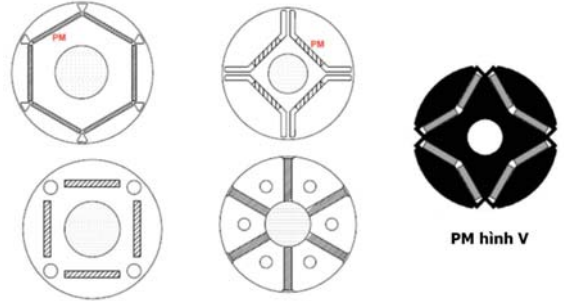
Động cơ nam châm vĩnh cửu gắn chìm (IPM)

- Ít bị khử từ hơn so với động cơ PM nam châm gắn bề mặt
- Đáng tin cậy hơn ở nhiệt độ cao và các điều kiện vận hành khắc nghiệt.
- Chi phí của máy IPM thấp hơn so với máy SPM và PMPM

22

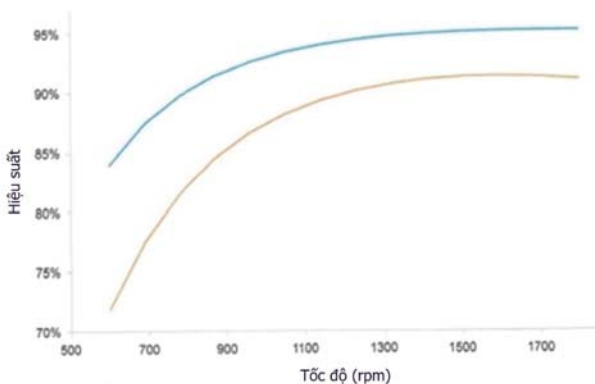
Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM)

- Vị trí rôto được phát hiện bằng cảm biến hiệu ứng Hall hoặc cảm biến quang, được sử dụng để kích từ cho các cuộn dây stato một cách chính xác.
- Mạch điều khiển điện tử có thể được tích hợp sẵn trong động cơ
- Nam châm thường là ferit hoặc hợp kim đất hiếm (**neodymium (nd)+ferit+bo (ndfeb)**).
- Dòng điện hoặc nhiệt độ cao có thể làm khử từ rôto.
- Nam châm gắn chìm (bên trong) thì bền hơn và rẻ hơn.



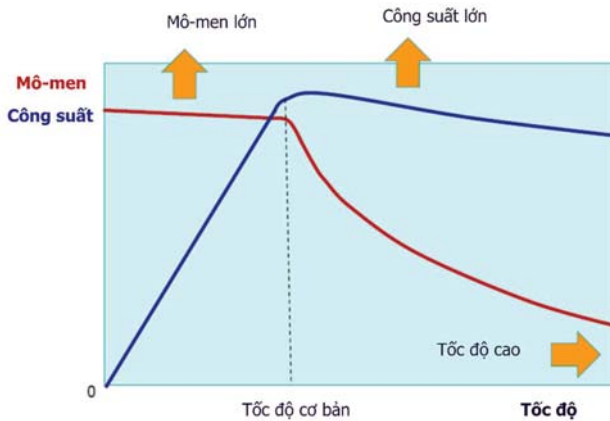
23

So sánh hiệu suất và trọng lượng của động cơ PMSM và không đồng bộ (KĐB) IE3



24

Đặc tính mô-men tốc độ của động cơ PMSM



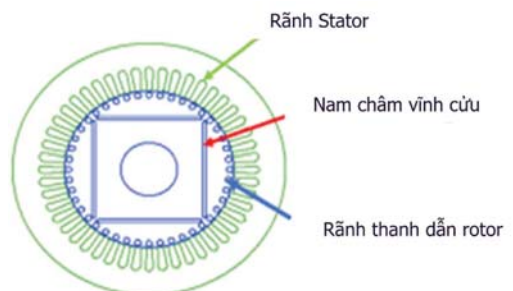
Đặc tính tiêu biểu của động cơ PMSM được trang bị trên xe điện

25

Động cơ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp (LSPM)

Động cơ lai với rôto lồng sóc được gắn nam châm vĩnh cửu năng lượng cao (**NeFeB****) khiến nó phù hợp cho việc khởi động trực tiếp

- Cấp IE4 và IE5
- Giá thành cao
- Mô men khởi động không ổn định



**Hợp kim của neodyum, sắt, bo

26

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM)

Ưu điểm chính

- Đặc tính mô-men - tốc độ ưu việt (cho phép truyền động trực tiếp)
- Đáp ứng động ưu việt
- Hiệu suất và độ tin cậy cao hơn
- Tuổi thọ cao hơn
- Độ ồn thấp
- Khả năng hoạt động ở tốc độ cao
- Mật độ mô-men và mật độ công suất cao

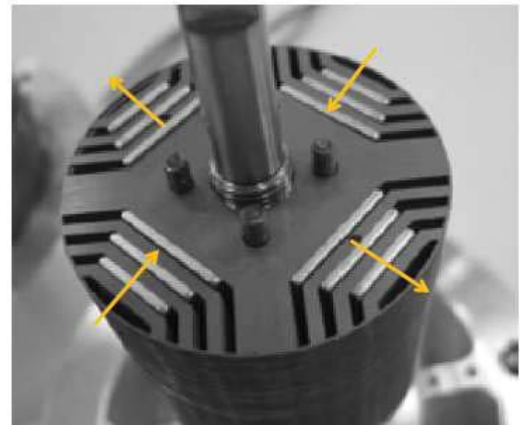
Nhược điểm chính

- Giá thành cao
- Cần sử dụng bộ điều khiển tốc độ (VSD).

27

Động cơ lai Từ trở đồng bộ có hỗ trợ nam châm vĩnh cửu

- Nam châm ferrit giá rẻ
- Dễ xử lý
- Hiệu suất cao
- Mật độ công suất cao
- Có khả năng khởi động trực tiếp, nhưng còn hạn chế
- Hệ số công suất tốt
(→Ảnh hưởng đến cỡ biến tần)



28

Động cơ từ trở đồng bộ

Ưu điểm

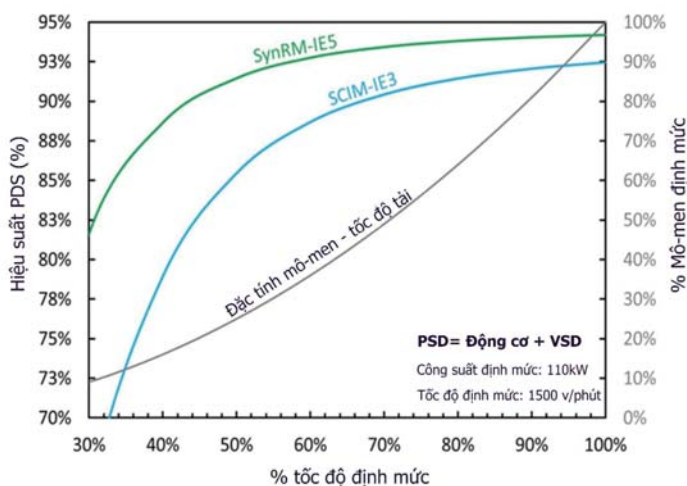
- Không có cuộn dây và nam châm trên rôto
- Quán tính thấp
- Khả năng tăng tốc tốt
- Khả năng vận hành giảm từ thông tốt
- Chi phí sản xuất thấp
- Do tổn hao rôto thấp hơn nhiều nên động cơ mát hơn và độ tin cậy cao hơn

Nhược điểm

- Hệ số công suất thấp
- Mô-men đập mạch
- Động cơ yêu cầu bộ điều khiển điện tử để khởi động. Điều tốc động cơ không phải là vấn đề

29

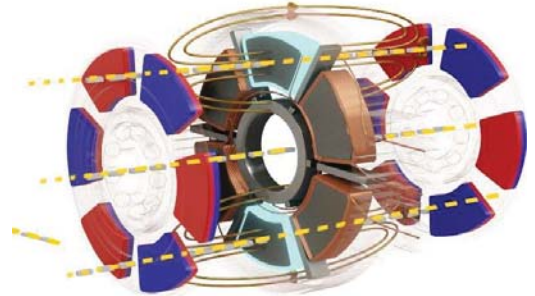
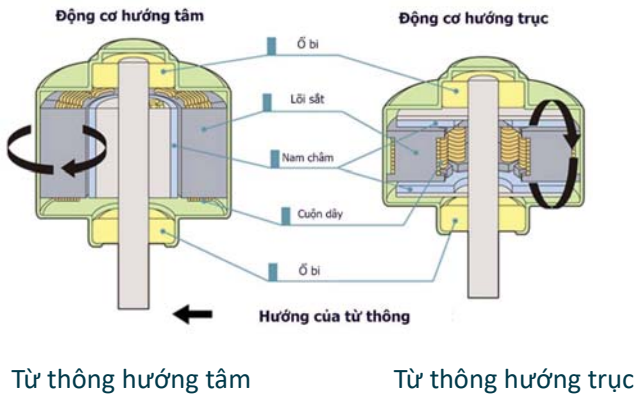
Động cơ từ trở đồng bộ hiệu suất cao IE5 và động cơ KĐB IE3



- Động cơ từ trở đồng bộ IE5 có hiệu suất cao hơn động cơ không đồng bộ (KĐB) IE3 nhưng có giá thành tương đương.
- Ở dải tốc độ thấp, mức chênh hiệu suất càng lớn

30

Động cơ Từ thông hướng tâm và hướng trục



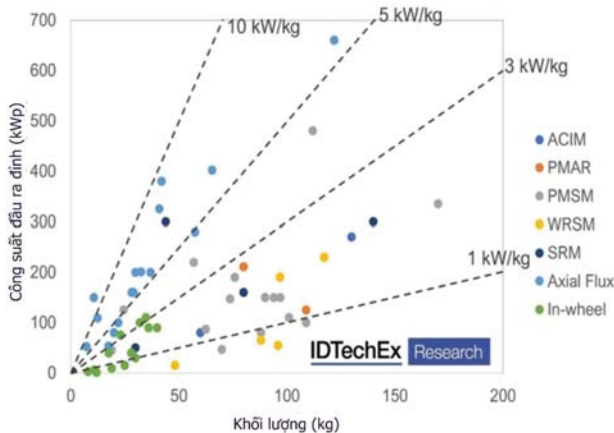
Động cơ từ thông hướng trục – hai đĩa rôto với nam châm vĩnh cửu

- Rất nhỏ gọn
- Sử dụng ít đồng và vật liệu từ hơn

31

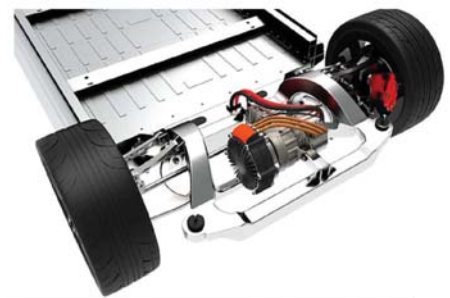
Động cơ từ thông hướng trục

Các loại động cơ PMSM nhỏ gọn



Tỷ lệ mô-men và công suất trên khối lượng động cơ rất lớn

- Công suất động cơ 300 kW (400 hp)
- Khối lượng 26.5 kg

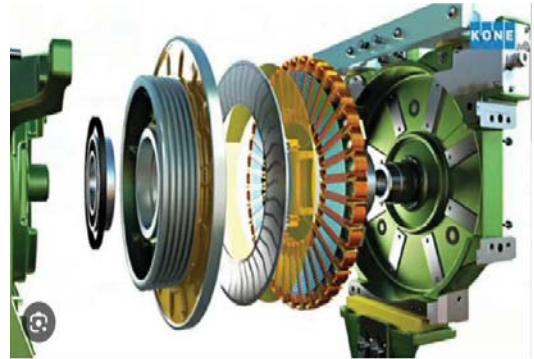


32

Động cơ từ thông hướng trục

Có tỷ lệ công suất và mô-men trên khối lượng lớn

Có thể sử dụng truyền động trực tiếp, ví dụ như trong thang máy mà không cần hộp số



33

Tổng kết và thảo luận



34



02. Tiêu chuẩn động cơ

Công nghệ động cơ điện

35

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

- IEC 60034 – 30 Phần 1
- MEPS (Việt Nam có tối thiểu IE2)

Tiêu chuẩn chính về thử nghiệm hiệu suất và các tiêu chuẩn liên quan

IEC 60034-30-1 (Phiên bản 1.0: 2014): Cấp hiệu suất của động cơ AC vận hành trực tiếp trên lưới (mã IE)

- Tiêu chuẩn này định nghĩa các cấp hiệu suất cho động cơ một tốc độ vận hành trên nguồn cấp điện áp hình sin (**khởi động trực tiếp - DOL**).
- Nó hài hòa với các mức hiệu suất khác nhau đang được sử dụng trên toàn thế giới.
- Tiêu chuẩn này thiết lập một bộ các giá trị hiệu suất giới hạn dựa trên tần số (**50 hoặc 60 Hz**), số cực (**2, 4, 6 và 8**) và công suất động cơ (**120W đến 1000kW**).
- (Không có sự phân biệt giữa các công nghệ động cơ)

Cho 4 cấp hiệu suất

IE1	Hiệu suất tiêu chuẩn (tương đương Eff2)
IE2	Hiệu suất cao (tương đương Eff1, EPEAct)
IE3	Hiệu suất đặc biệt (Tổn hao thấp hơn 16-20% so với IE2)
IE4	Hiệu suất siêu đặc biệt

IES: Chỉ được trình bày dưới dạng phụ lục thông tin (Phụ lục A). Mục tiêu chính của IES là giảm tổn hao khoảng 20% so với IE4.

37

Tiêu chuẩn chính về thử nghiệm hiệu suất và các tiêu chuẩn liên quan

IEC 60034-30-2 (2016): Cấp hiệu suất của động cơ AC thay đổi tốc độ (mã IE)

- Tiêu chuẩn này định nghĩa cấp hiệu suất cho động cơ được định mức để vận hành với bộ biến đổi (**với VSD**). (Không có sự phân biệt giữa các công nghệ động cơ)

Áp dụng cho:

- Bơm
- Quạt
- Máy nén
- Băng tải



Không áp dụng cho: (ứng dụng điều khiển chuyển động)

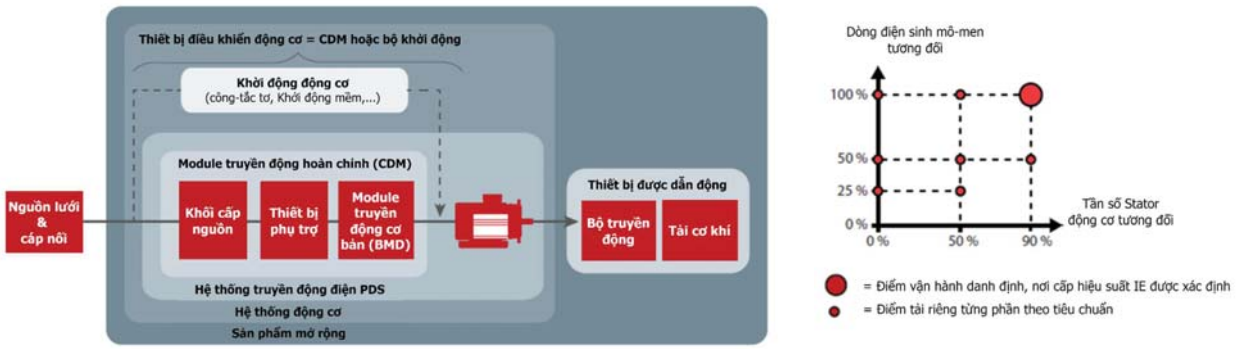
- Rô-bốt
- Nâng hạ
- Máy gắp và đặt
- Máy công cụ
- Bộ cấp giá đỡ



38

IEC 61800-9 Series

Bộ tiêu chuẩn này quy định các cấp IE từ góc độ hiệu suất năng lượng của **toàn bộ hệ thống truyền động công suất và các bộ phận phụ trợ**



Nguồn: Danfoss

39

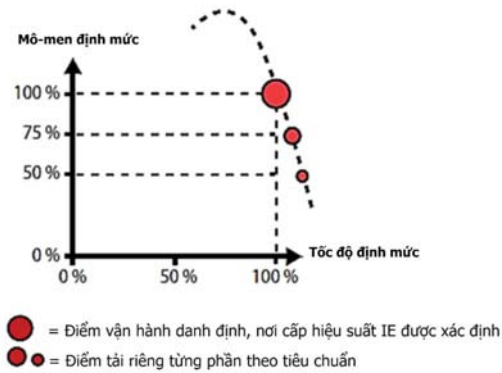
IEC 61800-9 Series

- Cho phép xác định hiệu suất năng lượng của hệ thống dựa trên các tiêu chí xác định như biểu đồ tốc độ/tải, biểu đồ làm việc, cấu trúc liên kết và kiến trúc truyền động.
- Cung cấp các giới hạn cho tổn thất tối đa của các bộ phận phụ hoặc tổng tổn thất của hệ thống động cơ. Nó cũng mô tả phương pháp xác định tổn thất.
- Mô tả phương pháp định lượng ảnh hưởng của các thông số hệ thống như cáp, lọc và chiến lược điều khiển đối với các yêu cầu hiệu suất năng lượng của hệ thống Động cơ.
- Đề xuất một phương pháp để mô tả đặc tính của giải pháp hiệu suất năng lượng tốt nhất sẽ được thực hiện, tùy thuộc vào kiến trúc hệ thống truyền động động cơ, biểu đồ tốc độ/tải và biểu đồ làm việc của ứng dụng.

40

Phân loại hiệu suất hệ thống - động cơ

Các cấp hiệu suất IE của động cơ theo tiêu chuẩn IEC 60034-30-1



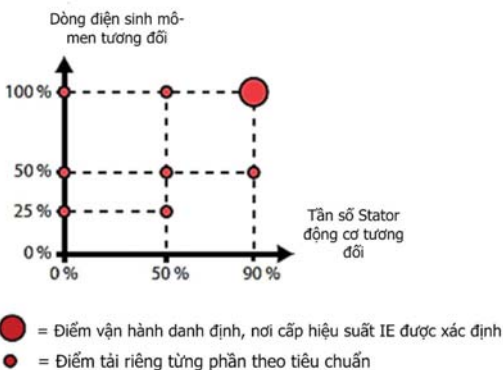
Nguồn: Danfoss

- Các cấp IE được định nghĩa tại tải định mức của động cơ
- Các mức hiệu suất tại 50% và 75% mô-men định mức ở tần số lưới cần được nêu rõ trong tài liệu
- Các cấp hiệu suất được định nghĩa cho các động cơ khởi động trực tiếp, độc lập với công nghệ động cơ
- Động cơ không đồng bộ có hiệu suất cao hơn thường chạy ở tốc độ (RPM) cao hơn. Hãy xem xét thực tế này trong các ứng dụng thay thế
- Kích thước cơ khí có thể thay đổi tùy thuộc vào công nghệ động cơ và cấp IE

41

Phân loại hiệu suất hệ thống – CDM/VSD

Các cấp IE cho bộ biến đổi tần số (biến tần) theo EN 50598-2 / IEC 61800-9-2



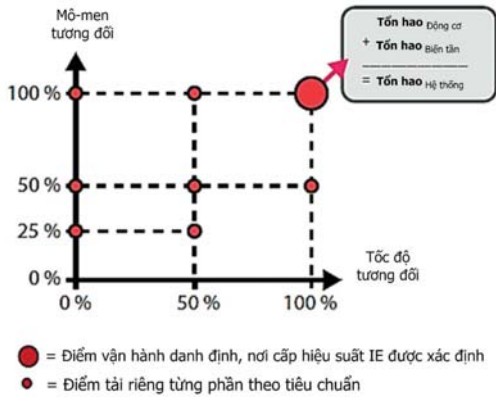
- Cấp IE được định nghĩa tại điểm vận hành 90% tần số và 100% dòng điện sinh mô-men
- Không được phép cài đặt các chế độ thử nghiệm đặc biệt.
- Phân loại cho biến tần bao gồm cả các tùy chọn tích hợp.
- Tổn thất trong các tùy chọn không được tích hợp sẵn (ví dụ: bộ lọc EMC hoặc cuộn kháng) không được bao gồm trong cấp hiệu suất nhưng cần được ghi lại trong tài liệu nếu chúng
 - Chiếm hơn 0,1% công suất định mức của biến tần
 - Lớn hơn 5W
- Tổn thất ở tải riêng có thể được nhà sản xuất ghi lại

Nguồn: Danfoss

42

Phân loại hiệu suất hệ thống - PDS

Các cấp hiệu suất IES cho hệ thống truyền động điện theo tiêu chuẩn EN 50598-2 / IEC 61800-9-2

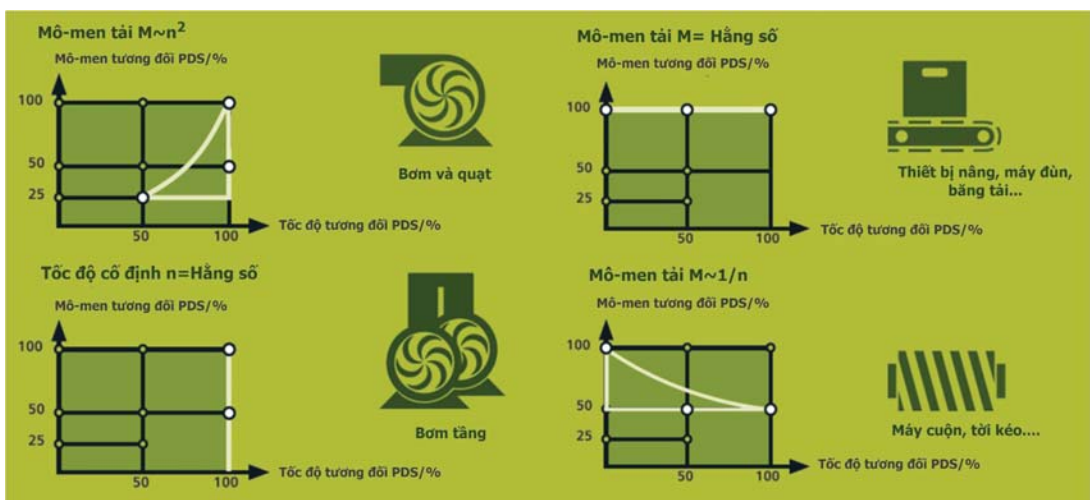


- Cấp hiệu suất IES áp dụng cho các hệ thống biến tần – động cơ
- Cấp hiệu suất IES được xác định tại 100% tốc độ và 100% mô-men
- Độ dài cáp giữa biến tần và động cơ được quy định
- Các sai lệch so với chiều dài cáp tiêu chuẩn hoặc tần số đóng cắt được cho phép, nhưng phải được lập thành tài liệu.
- Tổn hao tại điểm tải riêng phần được nhà sản xuất ghi lại (lập tài liệu).

Nguồn: Danfoss

43

Ví dụ cho những ứng dụng khác nhau



44

Phương pháp tiếp cận sản phẩm mở rộng



- Phương pháp này có thể được sử dụng để xác định hiệu suất năng lượng của hệ thống động cơ cho một ứng dụng cụ thể, có tính đến thời gian vận hành tại các điểm vận hành khác nhau (**tốc độ-mô-men**).

- Sử dụng một hệ thống trọng số tương đối, chỉ số hiệu suất năng lượng (**EEl**) tổng thể được xác định cho các điều kiện vận hành thực tế gặp phải.

45

Phương pháp tiếp cận sản phẩm mở rộng

Phương pháp này có thể được sử dụng để xác định hiệu suất năng lượng của hệ thống động cơ cho một ứng dụng cụ thể, có tính đến thời gian vận hành tại các điểm vận hành khác nhau (tốc độ-mô-men).

Để tính toán EEI, cần biết các thông số đầu vào sau:

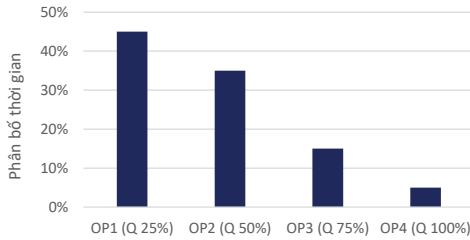
- Đặc tính của tải ứng dụng, cụ thể là mô-men hoặc công suất theo hàm tốc độ quay của trục, và thời gian làm việc hoặc tỷ lệ thời gian của mỗi điểm vận hành (**chu kỳ làm việc**), bao gồm cả chế độ chờ.
- Tổn thất công suất của các thành phần (**Động cơ, CDM, thiết bị đầu cuối, thiết bị phụ trợ**) tại các điểm vận hành theo yêu cầu của ứng dụng. Tổn thất công suất được sử dụng thay vì hiệu suất vì chúng tính đến các điều kiện cụ thể như tiêu thụ ở chế độ chờ (**điều kiện không tải, trong đó hiệu suất bằng không**).

46

So sánh giữa hai ứng dụng bơm điển hình

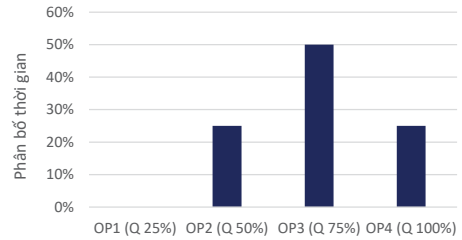
Biết được giá trị tổn thất PDS trong tám điểm vận hành được định nghĩa trong tiêu chuẩn IEC61800-9 cho phép người dùng đánh giá hiệu suất (cả về mặt năng lượng và kinh tế) của bất kỳ ứng dụng nào đã biết các điểm vận hành điển hình.

Biểu đồ tải 1



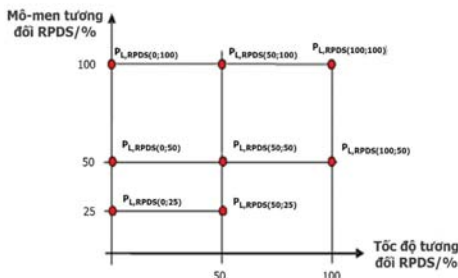
Ứng dụng HVAC điển hình

Biểu đồ tải 2

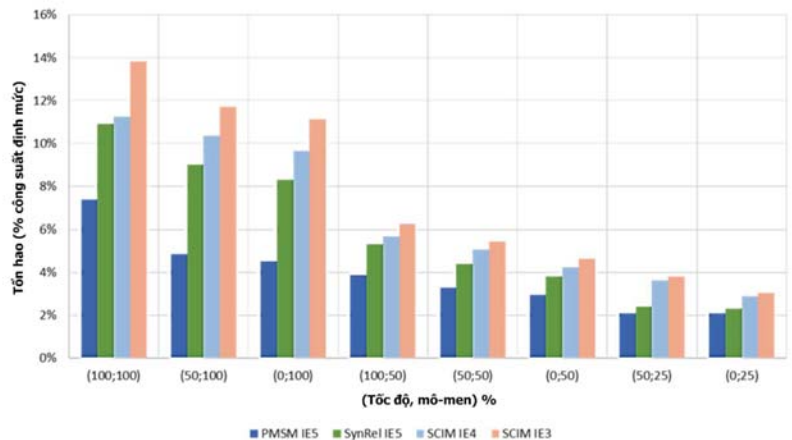


Ứng dụng bơm nước sạch

Tổn thất PDS dưới dạng phần trăm công suất định mức đầu ra

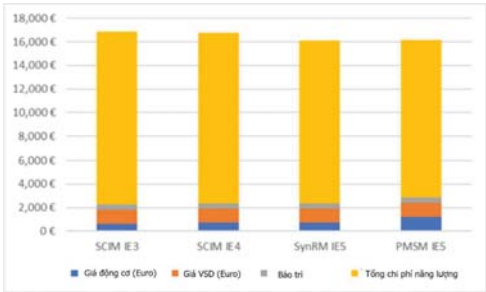


Tình huống động cơ 7.5 kW + Bộ biến đổi

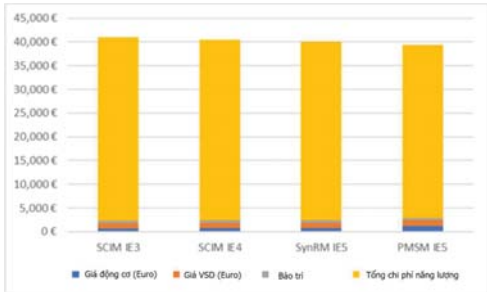


Tổng chi phí sở hữu (hoạt động 4000h/năm)

Biểu đồ tài 1



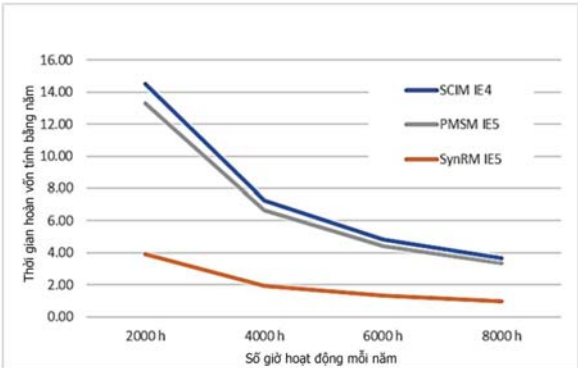
Biểu đồ tài 2



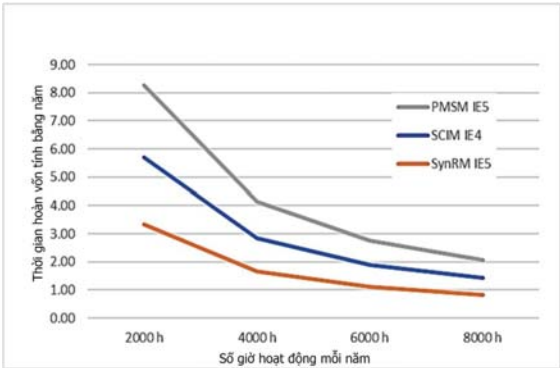
Công nghệ động cơ	Giá động cơ	Giá VSD	Bảo trì ¹ (4000 h/năm)	Vòng đời
SCIM IE3	600 €	1200 €	450 €	15 năm
SCIM IE4	720 €	1200 €	450 €	15 năm
SynRM IE5	720 €	1200 €	450 €	15 năm
PMSM IE5	1200 €	1200 €	450 €	15 năm

Thời gian hoàn vốn cho SCIM IE4, SynRM IE5, và PMSM IE5, so với SCIM IE3

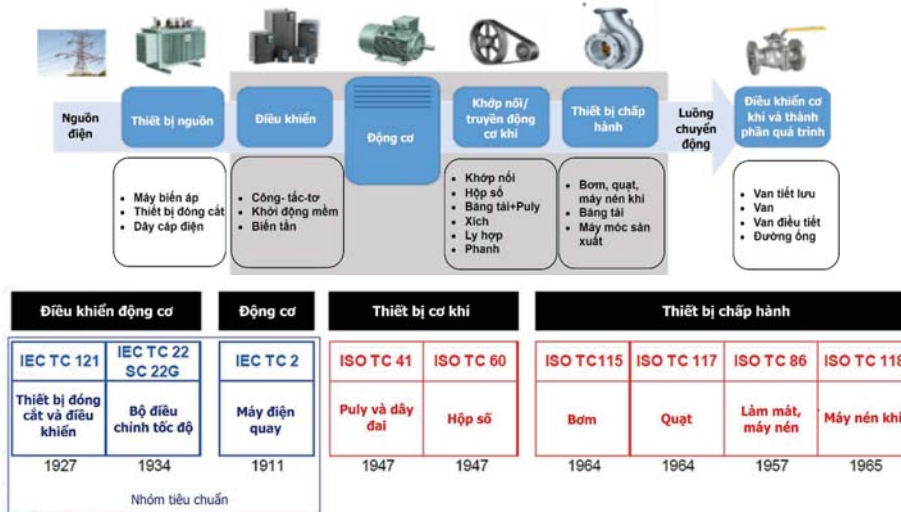
Biểu đồ tài 1



Biểu đồ tài 2



Tổ chức ban hành tiêu chuẩn– IEC and ISO



Tổng kết và thảo luận





03. Vận hành và điều khiển động cơ

Áp dụng cho động cơ điện

53

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

AH1

54

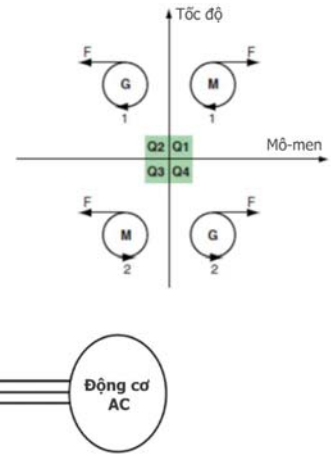


So sánh các phương pháp khởi động

	Khởi động trực tiếp	Sao-tam giác	Biến áp tự ngẫu	Khởi động mềm	Biến tần
Tác động lên lưới điện	<ul style="list-style-type: none">Sụt áp lớnNhu cầu công suất phản kháng lớnDòng điện khởi động cao	<ul style="list-style-type: none">Giảm sụt ápGiảm nhu cầu công suất phản khángDòng khởi động bằng 1/3 khởi động trực tiếp	<ul style="list-style-type: none">Giảm sụt ápGiảm dòng khởi động từ lưới điệnDòng khởi động động cơ cao hơn	<ul style="list-style-type: none">Giảm sụt ápGiảm và điều khiển dòng khởi động từ lưới điệnTăng dòng và nhu cầu công suất phản kháng vô cấp	<ul style="list-style-type: none">Không tác động đến lướiDòng khởi động nhỏNhu cầu công suất phản kháng rất thấp
Tác động cơ khí	<ul style="list-style-type: none">Mô-men khởi động lớnỨng suất lớnDừng theo quán tínhKhởi động nhanh	<ul style="list-style-type: none">Ứng suất ban đầu giảmỨng suất cao trong quá trình chuyển từ saoDừng theo quán tínhKhởi động kéo dài	<ul style="list-style-type: none">mô-men cao hơn với dòng điện nhỏ hơn từ lưới điệnGiảm ứng suất cơ khíDừng theo quán tínhKhởi động kéo dài	<ul style="list-style-type: none">Ứng dụng có tải mô-men vượtDừng mềm khả thiKhởi động kéo dài và lặp lại không phụ thuộc sụt áp	<ul style="list-style-type: none">Tăng tốc mượtKhông có ứng suất cơ họcDừng mềm khả thiĐiều khiển thời gian khởi động
Tác động nhiệt	<ul style="list-style-type: none">Tăng nhiệt nhẹ	<ul style="list-style-type: none">Tăng nhiệt nhẹ	<ul style="list-style-type: none">Tăng nhiệt cao hơn	<ul style="list-style-type: none">Tăng nhiệt cao hơn	<ul style="list-style-type: none">Tăng nhiệt rất ít
Ứng dụng chính	<ul style="list-style-type: none">Mọi ứng dụng tốc độ không đổi	<ul style="list-style-type: none">Bơm, máy nén	<ul style="list-style-type: none">Bơm, máy nén	<ul style="list-style-type: none">Bơm, quạt, máy nén	<ul style="list-style-type: none">Cho mọi ứng dụng yêu cầu điều chỉnh tốc độ/ mô-men
Không khuyến nghị	<ul style="list-style-type: none">Nguồn yếu (Sụt áp)Động cơ khởi động thường xuyên	<ul style="list-style-type: none">Tải quán tính cao như quạtCho tải có mô-men khởi động lớn	<ul style="list-style-type: none">Tải quán tính cao như quạtCho ứng dụng mô-men không đổi	<ul style="list-style-type: none">Cho ứng dụng mô-men không đổi	<ul style="list-style-type: none">Cho ứng dụng tốc độ không đổi

Biến tần hai chiều

- Khả năng điều khiển ở 4 góc phần tư
- Khả năng tái sinh năng lượng
- Dòng công suất hai chiều

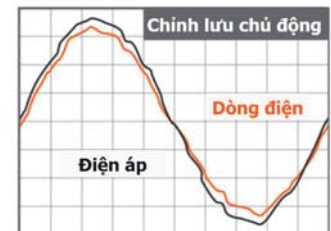
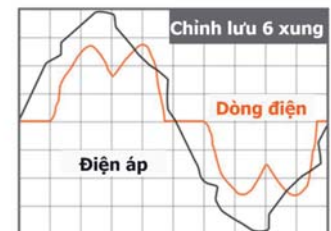


56

Lợi thế của biến tần hai chiều

LỢI ÍCH CHÍNH:

- Độ méo hài thấp
- Tuân thủ tiêu chuẩn IEEE519-2014
- Tái sinh năng lượng, hoạt động ở 4 góc phần tư
- Sẽ không gây nhiễu cho thiết bị nhạy cảm
- Không nhạy cảm với mất cân bằng pha
- Duy trì hệ số công suất



57

Các loại biến tần – Ưu và nhược điểm

Loại VSD	Ưu điểm	Nhược điểm
Điều chế độ rộng xung (PWM)	<ul style="list-style-type: none"> Hệ số công suất tốt cho mọi dải tốc độ Độ méo hài dòng điện động cơ thấp. Dải tốc độ rộng (100/1). Khả năng điều khiển nhiều động cơ. 	<ul style="list-style-type: none"> Không có khả năng tái sinh năng lượng. Giới hạn cho VSD dưới 1000kW*. Hiệu suất thấp hơn (khoảng 1%) so với VSI hoặc CSI
Bộ biến tần nguồn áp 6 bước (VSI)	<ul style="list-style-type: none"> Hiệu suất tốt. Cấu hình mạch đơn giản. Dải tốc độ rộng (10-200%). Khả năng điều khiển nhiều động cơ. 	<ul style="list-style-type: none"> Hệ số công suất nhỏ ở dải tốc độ thấp (trừ khi sử dụng bộ biến đổi AC/DC chỉnh lưu/băm xung) Không có khả năng tái sinh năng lượng. Vận hành ở dưới 10% tốc độ định mức có thể gây ra hiện tượng giật
Bộ biến tần nguồn dòng chuyển mạch cưỡng bức (CSI)	<ul style="list-style-type: none"> Thiết kế mạch đơn giản và mạnh mẽ. Khả năng hồi năng lượng. Bảo vệ ngắn mạch tích hợp. Dải tốc độ rộng(10-150%). 	<ul style="list-style-type: none"> Cồng kềnh. Hệ số công suất kém ở tốc độ/tải thấp. Vận hành ở dưới 10% tốc độ định mức có thể gây ra hiện tượng giật

58

Các loại biến tần – Ưu và nhược điểm

Loại VSD	Ưu điểm	Nhược điểm
Biến tần chuyển mạch tải (LCI)	<ul style="list-style-type: none"> Thiết kế mạch đơn giản và giá rẻ. Khả năng tái sinh năng lượng. Bảo vệ ngắn mạch tích hợp. 	<ul style="list-style-type: none"> Hệ số công suất kém ở tốc độ thấp. Chỉ có thể sử dụng với động cơ đồng bộ.
Bộ truyền động Kramer tĩnh	<ul style="list-style-type: none"> Công suất VSD nhỏ hơn công suất động cơ. Có thể được trang bị thêm cho động cơ không đồng bộ rôto dây quấn (W.R.I.M) với điện trở ngoài. 	<ul style="list-style-type: none"> Chỉ có thể sử dụng với động cơ W.R.I.M. Hệ số công suất kém khi ở tốc độ thấp. Chỉ ở tốc độ dưới đồng bộ (50-100%).
Bộ truyền động Schebius tĩnh	<ul style="list-style-type: none"> Công suất VSD nhỏ hơn công suất động cơ. Dải tốc độ rộng hơn (70-130%). Có thể được trang bị thêm cho động cơ W.R.I.M với điện trở ngoài nếu tốc độ vượt mức khả thi 	<ul style="list-style-type: none"> Phức tạp và tốn kém hơn so với bộ truyền động Kramer. Chỉ có thể được sử dụng với W.R.I.M.
Bộ biến đổi Cyclo	<ul style="list-style-type: none"> Có thể hoạt động tốc độ xuống bằng 0. mô-men lớn với điều khiển hướng từ trường Có thể sử dụng với động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ 	<ul style="list-style-type: none"> Không thể sử dụng trên 33% tần số đầu vào. Thiết kế mạch phức tạp. Hệ số công suất kém ở tốc độ thấp.

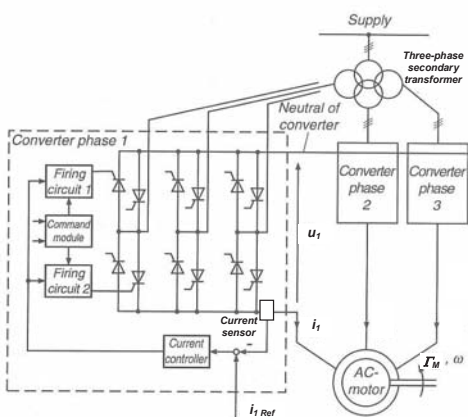
59

Các loại VSD và ứng dụng phổ biến

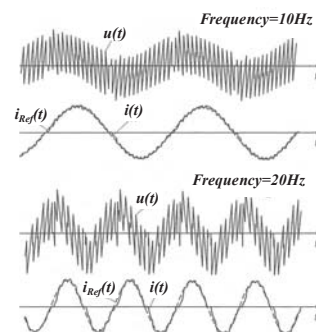
Điều khiển	Bộ truyền động AC ba pha	Ứng dụng
Điện áp stato	<ul style="list-style-type: none"> Bộ điều khiển công suất AC 3 pha với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc 	<ul style="list-style-type: none"> Truyền động cho bơm, quạt, công suất đến 6kW- trong các trường hợp đặc biệt lên đến 50kW
Tần số/điện áp stato	<ul style="list-style-type: none"> Bộ biến đổi DC gián tiếp nguồn dòng với động cơ đồng bộ Bộ biến đổi DC nguồn áp với động cơ đồng bộ hoặc động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc 	<ul style="list-style-type: none"> Truyền động cho máy công nghệ, bơm, thổi, công suất lên đến 60MW Truyền động cho máy dệt, dàn con lăn, máy công cụ, công suất lên đến 20 MW
Tần số/dòng điện stato	<ul style="list-style-type: none"> Biến tần trực tiếp với động cơ đồng bộ hoặc động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc 	<ul style="list-style-type: none"> Các hệ truyền động tốc độ rất thấp, ví dụ như máy nghiền đá. Công suất lên đến 15MW
	<ul style="list-style-type: none"> Bộ biến đổi gián tiếp DC với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc 	<ul style="list-style-type: none"> Truyền động cho quạt, máy ly tâm, máy trộn/khuấy, công suất lên đến 1800kVA

60

Bộ biến tần trực tiếp



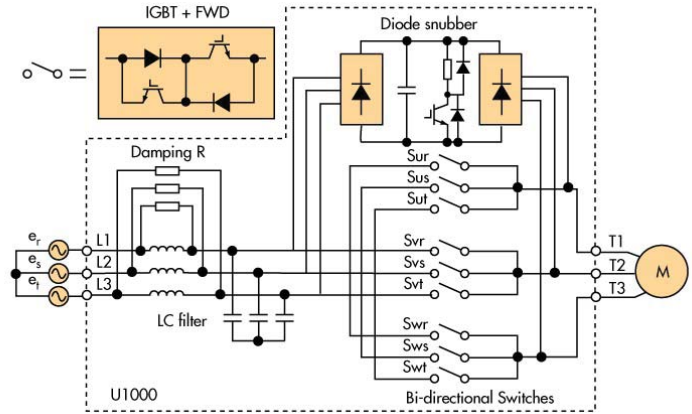
Loại biến tần đặc biệt thực hiện chuyển đổi trực tiếp AC-AC (>1MW, Tốc độ thấp (0-15 Hz), Công suất lớn)



61

Bộ biến tần ma trận

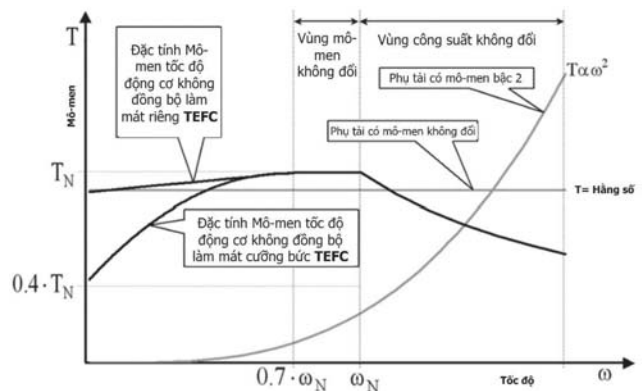
- Bộ điều khiển ma trận sử dụng hệ thống gồm 9 khóa hai chiều được bố trí dạng ma trận, cho phép chuyển đổi trực tiếp điện áp AC ba pha đầu vào thành điện áp AC ba pha đầu ra.
- Bộ biến tần ma trận loại bỏ yêu cầu sử dụng mạch chỉnh lưu và mạch lọc DC thường thấy trong các bộ nghịch lưu AC truyền thống.



62

VSDs - Biến tần - Vùng hoạt động

- Giới hạn mô-men và công suất trong động cơ không đồng bộ kiểu quạt kín, được cấp nguồn qua biến tần PWM, giả định nhiệt độ vận hành danh định không đổi (tần số đóng cắt >5kHz, điểm suy yếu từ trường tại tần số danh định).
- Đặc tính mô-men – tốc độ ứng với các loại tải khác nhau.



PWM – Điều chế độ rộng xung
VSD – Bộ điều chỉnh tốc độ

63

Hệ thống điều khiển vòng hở

Điều khiển vòng hở (Điều khiển thủ công)

- Trong hệ thống điều khiển hở, các tham số điều khiển được cố định hoặc thiết lập thủ công; hệ thống sẽ tự đạt trạng thái cân bằng tùy thuộc đặc tính tải.
- Phù hợp cho các quy trình ổn định, ít thay đổi.
- Khi yêu cầu quy trình thay đổi, hệ thống có thể không đạt hiệu suất tối ưu

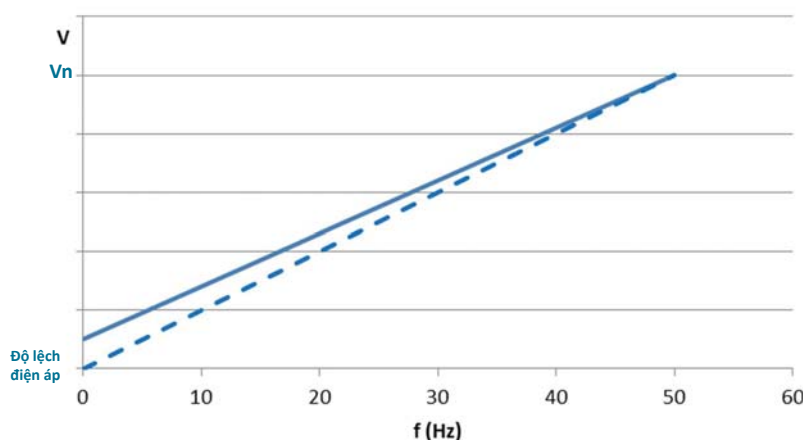
64

Điều khiển V/f (Điện áp / Tần số)

- Biên độ điện áp được xác định theo tần số động cơ thực tế và mô-men mong muốn.
- Trong hầu hết các bộ **biến tần**, đặc tính **V/f** có thể được điều chỉnh. Hai dạng đặc tính phổ biến là đặc tính mô-men không đổi và đặc tính bình phương cho bơm và quạt.

65

Sự thay đổi điện áp theo tần số



66

Đặc tính điều khiển V/f

Các biện pháp sau giúp cải thiện chất lượng điều khiển V/f:

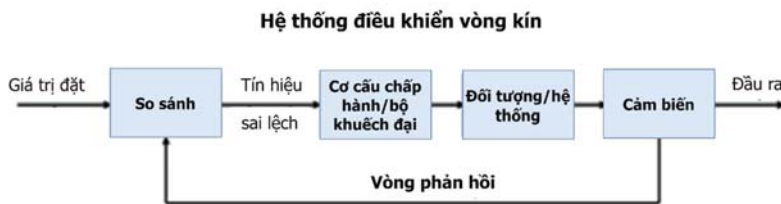
- Bù trượt giúp duy trì tốc độ ổn định khi tải thay đổi bằng cách tăng tần số theo dòng tải. Bù trượt hoạt động hiệu quả từ khoảng 10% tốc độ định mức, giúp duy trì tốc độ chính xác.
- Điều khiển dòng từ thông (FCC – Flux Current Control với bù mở rộng $I \cdot R$) giúp tăng độ chính xác khi tải thay đổi. FCC điều chỉnh điện áp - và do đó là từ thông rôto - theo phụ tải.
- Việc tăng điện áp ở tần số thấp (“tăng cường”) giúp tối ưu hóa đặc tính khởi động.
- Điều khiển giới hạn dòng bảo vệ động cơ khi bị kẹt rôto.

67

Hệ thống Điều khiển vòng kín

(Điều khiển tự động)

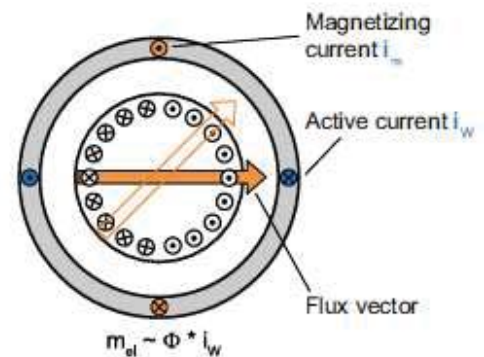
- Còn được gọi là hệ thống điều khiển phản hồi, hoặc hệ thống phản hồi âm. Hệ thống cho phép người dùng đặt trạng thái vận hành mong muốn làm giá trị tham chiếu, và hệ thống điều khiển sẽ tự động điều chỉnh để đạt và duy trì trạng thái đó.



68

Điều khiển véc-tơ (hay điều khiển định hướng từ thông FOC)

- Điều khiển véc-tơ (còn được gọi là điều khiển hướng từ trường) là kỹ thuật điều khiển cho động cơ đa pha (động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ), cho phép vận hành động cơ ba pha với đặc tính động tương tự động cơ một chiều.
- Đặc tính của động cơ DC được mô phỏng trong động cơ không đồng bộ bằng cách định hướng dòng stato theo từ thông rôto để điều khiển độc lập từ thông và mô-men.



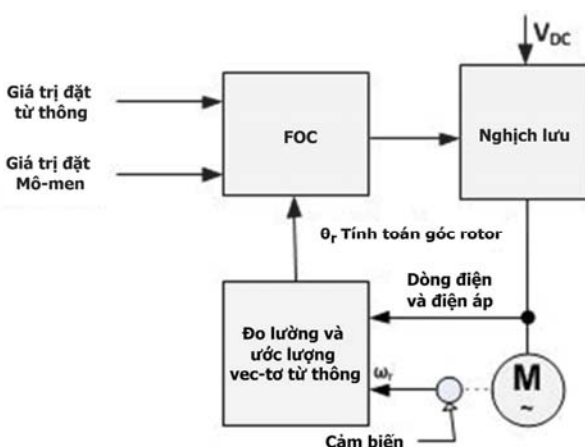
69

Điều khiển Vector

- Hệ tọa độ tham chiếu trong các phương trình máy không cố định theo stato mà theo từ trường quay.
- Trong hệ trục quay, từ trường có vẻ như đứng yên. Các điện áp và đặc biệt là dòng điện trong động cơ có thể được quy chiếu về hệ trục này.
- Dòng điện trong động cơ được tách thành hai thành phần: dòng từ hóa (dòng i_d song song với hướng từ thông, tạo từ trường) và dòng sinh mô-men (dòng i_q vuông góc với hướng từ thông, tạo mô-men). Hai thành phần này có thể được điều khiển độc lập.
- Thông qua phép biến đổi ma trận, các đại lượng trong hệ tọa độ quay $d-q$ được chuyển sang hệ tọa độ đứng yên (i_1, i_2, i_3) và ngược lại.

70

Điều khiển Vector



- Biết được hướng định vị của từ trường trong động cơ là điều kiện tiên quyết để thực hiện điều khiển định hướng từ thông. Hướng từ trường được xác định từ dữ liệu đo lường (dòng điện, điện áp, tốc độ hoặc vị trí rôto lấy từ cảm biến), và được xử lý thông qua mô hình động cơ hoặc mô hình từ thông.
- Các hệ thống điều khiển kín không cảm biến không cần thiết bị đo tốc độ hoặc vị trí, mà ước lượng các đại lượng này thông qua thuật toán điều khiển tiên tiến.

71

Giảm hiệu suất trong động cơ không đồng bộ cấp nguồn qua VSD

Vận hành máy điện xoay chiều bằng nguồn không hình sin tất yếu gây ra tổn hao bổ sung trong máy. Các tổn hao này được chia làm 3 nhóm chính .

Tổn hao đồng stato

Tổn hao này tỷ lệ với bình phương giá trị hiệu dụng của dòng điện. Cần tính thêm tổn hao bổ sung do hiệu ứng bề mặt.

Tổn hao sắt

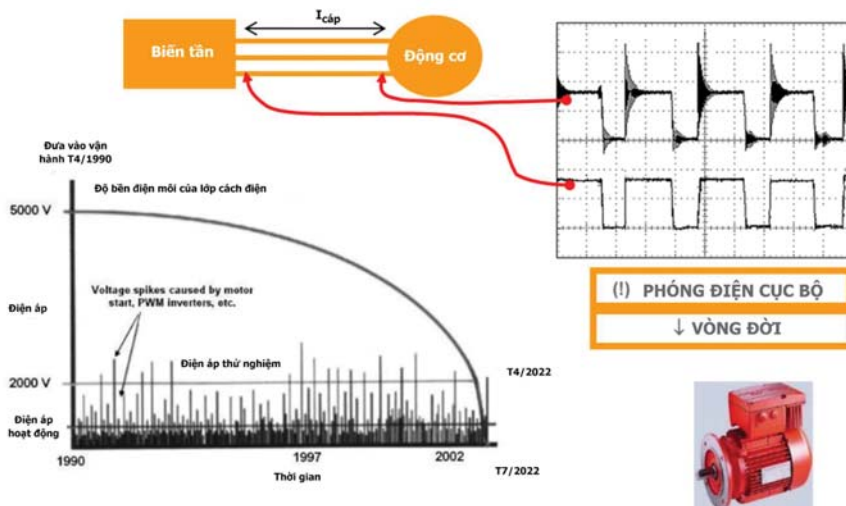
Tổn hao này tăng do các thành phần sóng hài trong điện áp cấp.

Tổn hao đồng rôto

Điện trở của rôto thay đổi theo từng thành phần sóng hài dòng điện trong rôto, do hiệu ứng bề mặt, đặc biệt rõ rệt ở rôto thanh dẫn sâu. Do điện trở rôto phụ thuộc vào tần số, tổn hao đồng rôto phải được tính riêng cho từng thành phần hài. Mặc dù các tổn hao bổ sung này từng đáng kể trong các bộ nghịch lưu PWM đời đầu, nhưng với các bộ điều khiển hiện đại có tần số chuyển mạch trên 3kHz thì tổn hao này gần như không đáng kể.

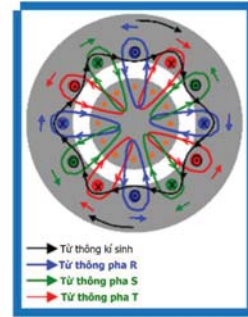
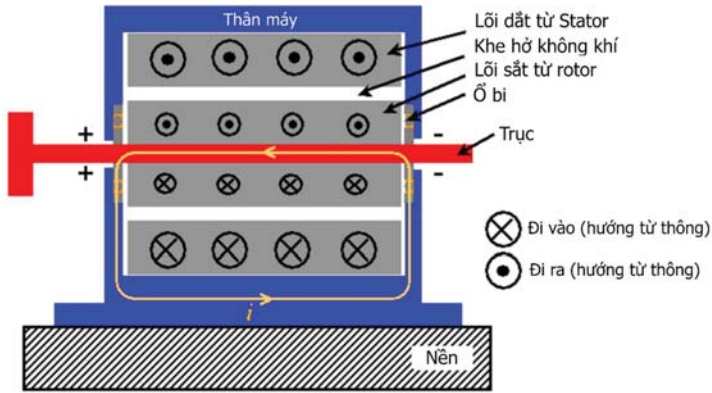
72

Hiện tượng quá độ điện áp tại đầu cực động cơ được cấp bởi biến tần



73

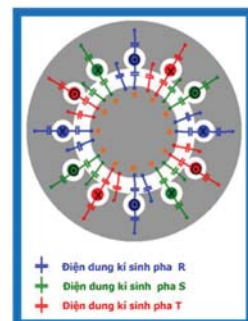
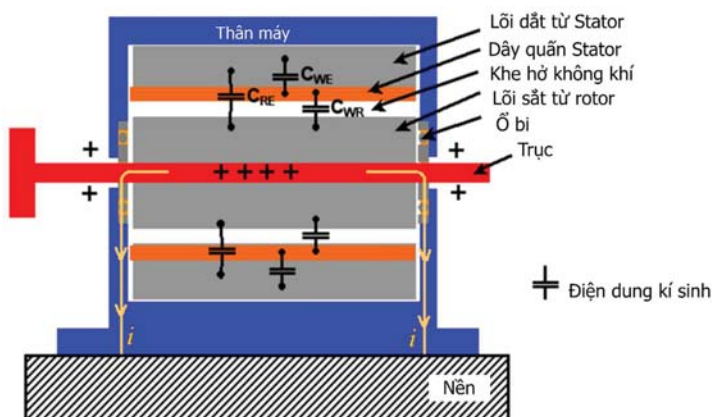
Dòng điện trong ổ bi động cơ cấp nguồn qua biến tần



Dòng điện tuần hoàn

74

Dòng điện trong ổ bi động cơ cấp nguồn qua biến tần



Dòng điện chế độ chung

75

Hiện tượng rò rỉ bề mặt vòng bi



76

Dòng điện trong ổ bi động cơ cấp nguồn qua biến tần

Để giảm thiểu dòng điện ổ bi trong động cơ cấp nguồn qua biến tần, có thể áp dụng các kỹ thuật sau:

Chọn tần số chuyển mạch phù hợp

Dùng cáp có kích thước và loại phù hợp (vd chống nhiễu,...)

Thiết kế hệ thống nối đất chuẩn kỹ thuật

Lắp bộ lọc giữa động cơ và biến tần

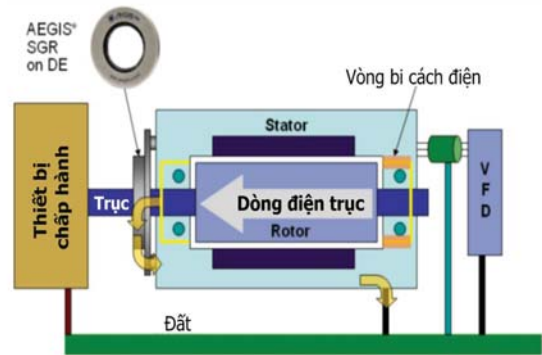
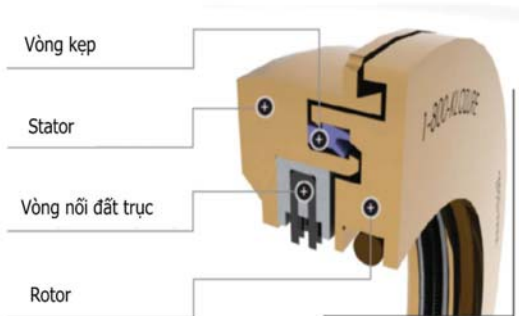
Sử dụng ổ bi cách điện

Nối đất trực (Ví dụ dùng chổi than....)

Người dùng nên hỏi (hoặc tham khảo ý kiến) nhà sản xuất về những vấn đề này.

77

Vòng nối đất trực



78

Ổ bi cách điện bằng nhôm oxit

- Được thiết kế để ngăn chặn dòng điện chạy qua ổ bi
- Có các bề mặt bên ngoài của **vòng trong** hoặc **vòng ngoài** được phủ một lớp **oxit nhôm cách điện**, bằng cách áp dụng quy trình phun plasma tinh vi để có được chất lượng hoàn thiện vượt trội.
- Điện trở suất cao

Lớp phủ oxit nhôm cung cấp một điện trở tối thiểu là **200 MΩ** và có thể chịu được điện áp lên đến **3.000 V DC**



79

Ổ bi bi gốm

Vòng thép kết hợp với bi silicon nitride (**gốm**)



- Ngăn chặn hiện tượng phóng điện
- Giảm chi phí bảo trì
- Tăng tuổi thọ vận hành
- Kéo dài tuổi thọ mỡ bôi trơn
- Giảm mài mòn do rung động
- Giảm nhiệt độ vận hành
- Giảm mài mòn do nhiễm bẩn
- Thích hợp cho môi trường nhiệt độ cao và ăn mòn

80

Nghiên cứu tình huống- Nâng cấp lên siêu đặc biệt

Như một ví dụ về việc cải tạo, một động cơ không đồng bộ **IE0 4-cực, 5.5-kW**, tương đương cấp hiệu suất IE0 đang kéo quạt trong một cơ sở công nghiệp, đã được thay thế bằng một động cơ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp (**LSPM**) đạt cấp hiệu suất **IE4**.



(a) IE0 SCIM



(b) IE4 LSPMSM

Ảnh động cơ sử dụng và động cơ sau thay thế:

- Hãng A, 132S, IP55, Cl. F, 5.5 kW, 380-420V, 11.5 A, 1450 v/p, PF=0.83, Eff.=83.2% (Cấp IE0/EFF3);
- Hãng B, 132S, IP55, Cl. F, 5.5 kW, 380-420V, 9.34 A, 1500 v/p, PF=0.93, Eff.=92.5% (Cấp IE4).

81

Tóm tắt hiệu suất động cơ SCIM và LSPM

	Trước khi thay thế	Sau khi thay thế
Loại động cơ	SCIM	LSPM
Cấp hiệu suất	IE0/EFF3	IE4
Hiệu suất định mức	83.2%	92.5%
Công suất định mức	5.5 kW	5.5 kW
Điện áp định mức	400 V, 50 Hz	400 V, 50 Hz
Dòng điện định mức	11.5 A	9.34 A
Hệ số công suất định mức	0.83	0.93
Tốc độ định mức	1450 v/p	1500 v/p
Điện áp thực tế	≈ 400 V	≈ 400 V
Dòng điện thực tế	≈ 7,5 A	≈ 5,5 A
Hệ số công suất thực tế	0,75	0,90
Công suất tác dụng thực tế	3750 W	3500 W
Công suất đầu vào biểu kiến thực tế	5100 VA	4000 VA
Tốc độ thực tế	1472 v/p	1500 v/p
Ước lượng tải	< 57%	< 59%

- Động cơ ban đầu đã bị chọn quá khổ (non tải, mức tải thấp hơn 57%) và do đó, một động cơ LSPM 4-kW sẽ là đủ cho ứng dụng này, nhưng người dùng đã quyết định duy trì công suất định mức (5.5 kW)
- Hơn nữa, vì động cơ LSPM 5.5-kW mới chạy mức tải thấp hơn 60%, nó có thể được hưởng lợi về mặt hiệu suất và hệ số công suất từ việc điều chỉnh điện áp.

82

Tiết kiệm và thời gian hoàn vốn

$$\text{Lượng điện tiết kiệm [kWh/năm]} = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Lượng điện tiết kiệm [kWh/năm]} &= 4000 \times 0.59 \times \left(\frac{5.5}{0.832} - \frac{5.5}{0.925} \right) \\ &= 1557.6 \text{ kWh/năm} \end{aligned}$$

Hr	Số giờ hoạt động trong năm
LF	Hệ số tải
P	Công suất cơ đầu ra
η	Hiệu suất động cơ

83

Tiết kiệm và thời gian hoàn vốn

$$\text{Thời gian hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Giá động cơ mới (US\$)}}{\text{Lượng NL tiết kiệm} \left(\frac{kWh}{\text{năm}} \right) \times \text{giá năng lượng (US\$/kWh)}}$$

$$\text{Thời gian hoàn vốn đơn} = \frac{\$300}{1557.6 \times \$0,10} = 1.92 \text{ năm}$$

Hr	4000 h
LF	0,59
P	5.5 kW
η_1	83.2%
η_2	92.5%

84

Cơ hội tái sinh năng lượng

Nâng và hạ tải

- Ở đây, một tải được nâng/hạ. Cần có công suất để nâng tải thắng trọng lực và hãm khi hạ tải
- Các ví dụ điển hình là các hoạt động của cơ cấu cần trục nâng hạ theo phương thẳng đứng.
- Năng lượng có thể thu hồi gần như bằng với năng lượng đã sử dụng để nâng tải.

Giảm tốc định kỳ

- Ở đây, một tải bị dừng rất nhanh và quán tính của tải cơ khí cố gắng làm cho động cơ tiếp tục quay.
- Các ví dụ điển hình là các hoạt động của cần trục theo phương ngang. (Quán tính của tải, thời gian dừng và số lần dừng sẽ quyết định lượng năng lượng có thể được thu hồi).

85

Cơ hội tái sinh năng lượng (2)

Giảm tốc liên tục

- Ở đây, một tải liên tục cố gắng làm tăng tốc động cơ, thường là do trọng lực.
- Một ví dụ điển hình là băng tải dốc xuống, nơi động cơ được sử dụng như một cơ cấu phanh (phanh) để kiểm soát tốc độ của băng tải. (Nhiệt lượng tiêu tán bởi bộ phanh có thể được thu hồi).

Giữ lực căng

- Ở đây, hai máy thường được sử dụng để giữ một vật liệu nào đó ở một lực căng nhất định. Cả hai máy sẽ cùng chạy về phía trước, nhưng mô-men của chúng sẽ ngược nhau, một máy kéo về phía trước, máy còn lại phanh ngược lại, qua đó tạo ra lực căng cần thiết lên vật liệu.
- Một ví dụ điển hình là dây thép lá trong nhà máy cán thép.

86

Thu hồi năng lượng từ Tái sinh

- Với công nghệ truyền động mới, năng lượng này giờ đây có thể được thu hồi.
- Yêu cầu một bộ truyền động hai chiều (còn được gọi là bộ chỉnh lưu tích cực).
- Chi phí đầu tư ban đầu cao hơn (20-40%) có thể được bù đắp bằng khoản năng lượng tiết kiệm.
- Mức tiết kiệm điển hình cho các hệ thống có hoạt động theo phương thẳng đứng (nâng/hạ) là trên 20%

87

Tổng kết và thảo luận



88



04. Bơm và quạt ly tâm

Ứng dụng động cơ điện

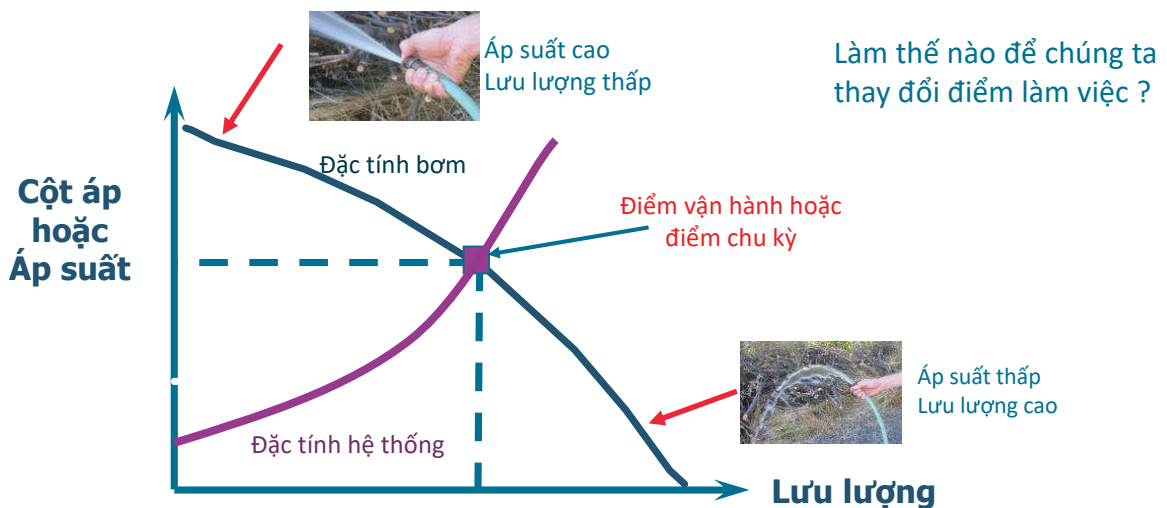
89

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

- Bơm và đặc tính hệ thống
- Định luật đồng dạng

90

Cơ bản về bơm – Mối quan hệ áp suất và lưu lượng



91

Các Định luật Đồng dạng cho máy ly tâm (Bơm & Quạt)

- Sự thay đổi về đặc tính của máy ly tâm được chi phối bởi Các Định luật Đồng dạng.
- Các định luật này cho thấy hiệu suất bị ảnh hưởng như thế nào khi tốc độ của bơm/quạt bị thay đổi, hoặc khi đường kính cánh quạt bị thay đổi.

Mối quan hệ giữa

- Tốc độ máy (**N**),
- Đường kính cánh quạt (**D**)
- Lưu lượng (**Q**)
- Cột áp (**H**)
- Công suất (**P**)

Cho thay đổi về tốc độ

$$Q_{new} = Q_{old} * \left(\frac{N_{new}}{N_{old}}\right)$$

$$H_{new} = H_{old} * \left(\frac{N_{new}}{N_{old}}\right)^2$$

$$P_{new} = P_{old} * \left(\frac{N_{new}}{N_{old}}\right)^3$$

Cho thay đổi về đường kính

$$Q_{new} = Q_{old} * \left(\frac{D_{new}}{D_{old}}\right)$$

$$H_{new} = H_{old} * \left(\frac{D_{new}}{D_{old}}\right)^2$$

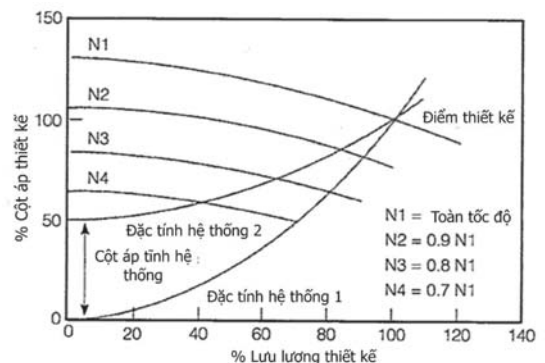
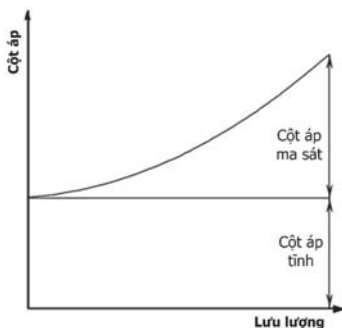
$$P_{new} = P_{old} * \left(\frac{D_{new}}{D_{old}}\right)^3$$

92

Định luật đồng dạng – Bơm ly tâm

Các định luật đồng dạng chỉ áp dụng cho tổn hao ma sát.

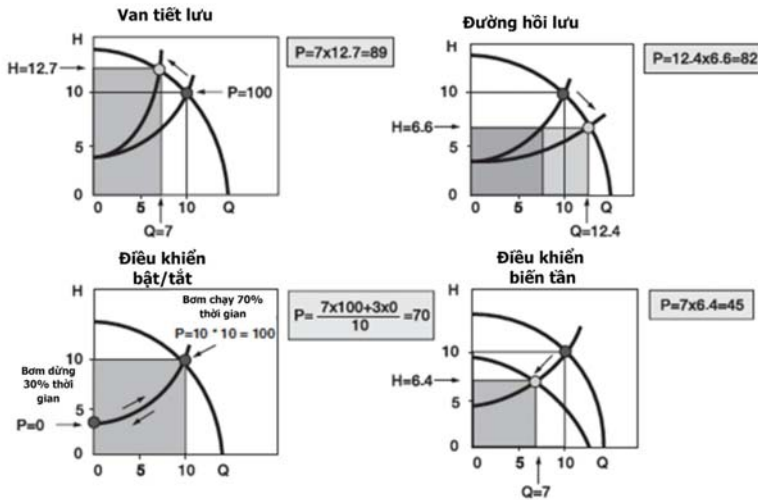
Tổn hao tĩnh thì không đổi ở các tốc độ khác nhau.



Do đó, những hệ thống có cột áp tĩnh thấp có xu hướng được điều khiển bằng **biến tần** tốt hơn và từ đó tiết kiệm năng lượng tốt hơn

93

So sánh các phương pháp điều khiển bơm phổ biến

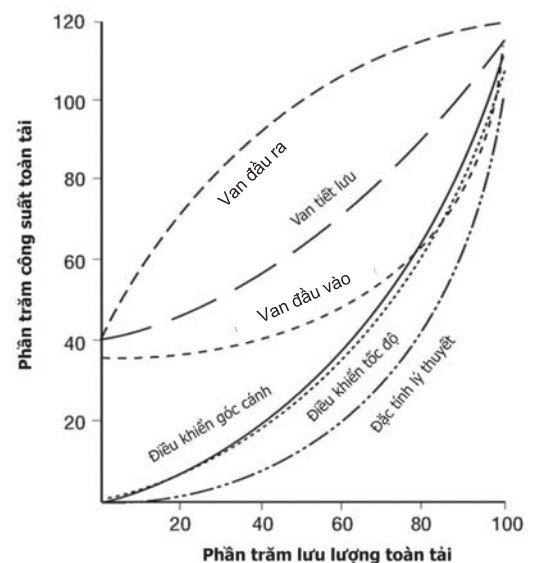


Mức tiêu thụ điện năng tương đối (tính bằng %) tại mức lưu lượng trung bình 70% với các phương pháp điều khiển khác nhau

Loại điều khiển	Năng lượng
Tiết lưu	89
Đường đi tắt	82
Điều khiển bật/tắt	70
Điều khiển VSD	45

94

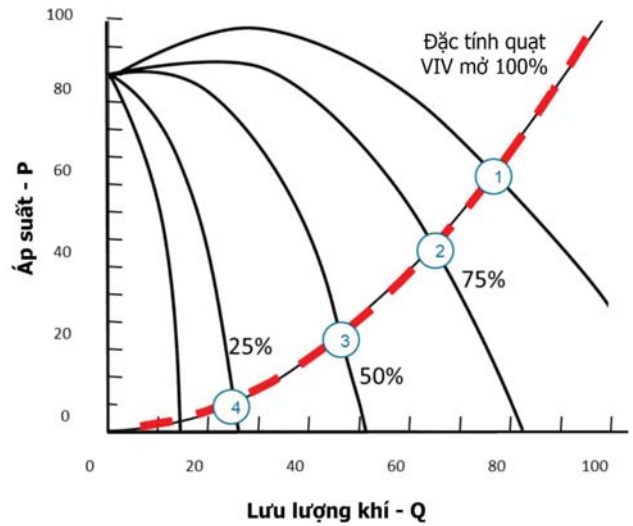
So sánh các phương pháp điều khiển quạt phổ biến



Nguồn: DOE cải thiện hiệu suất quạt

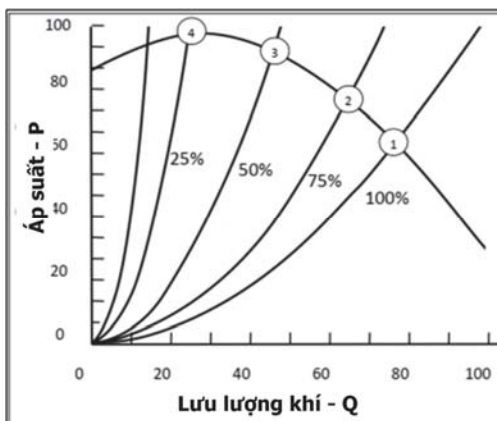
95

Đặc tính hiệu suất của quạt thay đổi van đầu vào

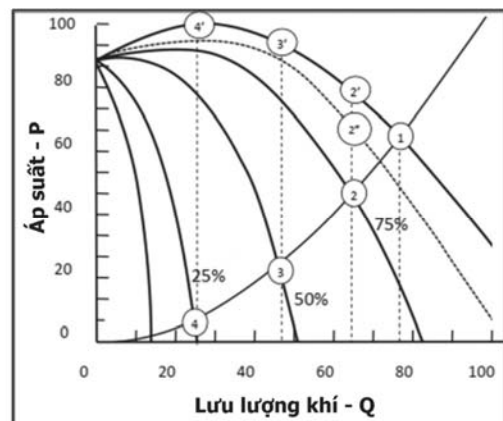


96

Đường đặc tính quạt cho cánh chớp đầu vào và đầu ra



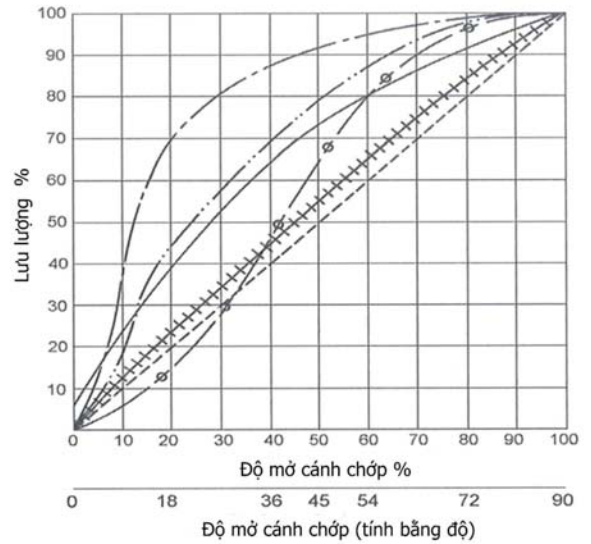
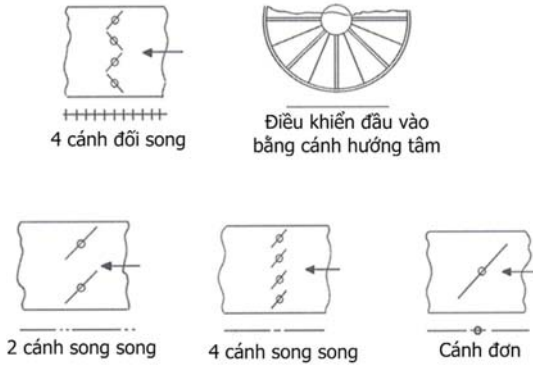
Cánh chớp đầu ra



Cánh chớp đầu vào

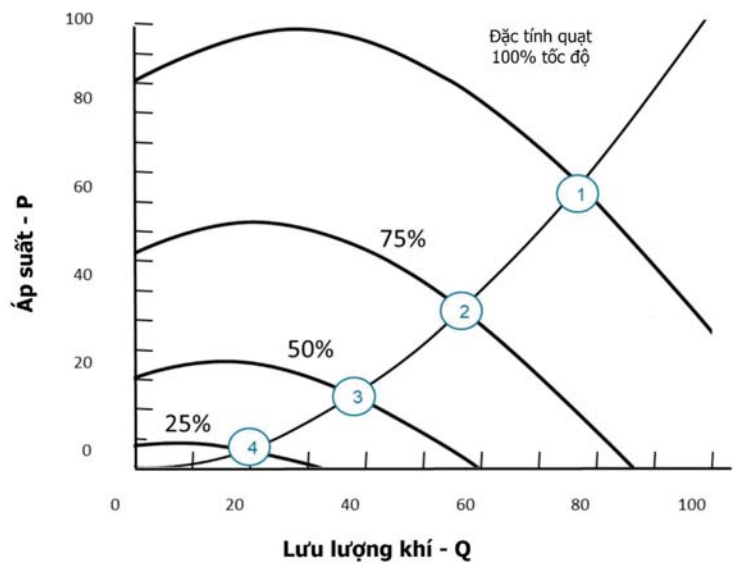
97

Phản ứng của cánh chóp



98

Đặc tính hiệu năng của quạt sử dụng bộ điều tốc



99

Các kỹ thuật tối ưu hóa điển hình cho hệ thống quạt hiện hữu

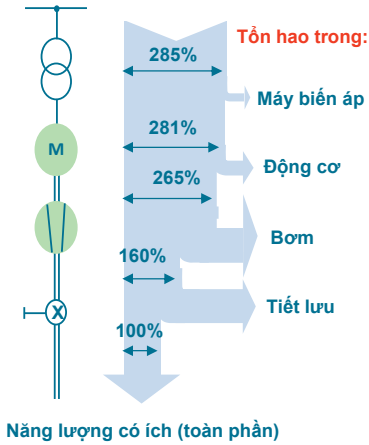
	CƠ HỘI	KHUYẾN NGHỊ
1	Thay thế cánh quạt	Phù hợp nhất cho (động cơ) 200 kW trở lên và khi thiết kế cánh quạt mới sẽ mang lại hiệu suất cao hơn.
2	Thay thế quạt	Phù hợp nhất cho các quạt nhỏ hơn 150 kW và cho các quạt đã cũ hoặc đang xuống cấp.
3	Thay đổi tỷ số truyền động đai	Phù hợp nhất khi đã có sẵn truyền động đai, phụ tải cố định và quạt bị chọn quá cỡ, đang dùng chóp lật làm cơ chế điều khiển.
4	Chuyển đổi sang truyền động đai	Khi quạt hiện tại bị quá khổ và đang dùng động cơ truyền động trực tiếp có công suất từ 190 kW trở xuống. Sử dụng nếu biến tần quá đắt hoặc không phù hợp cho hệ thống.
5	Chuyển sang điều khiển VSD	Phù hợp nhất cho động cơ quạt từ 300 kW trở xuống, với một hệ thống cần lưu lượng thay đổi KHÔNG SỬ DỤNG Biến tần với hệ thống đã chạy đầy tải, dưới một phụ tải ổn định, hoặc khi chỉ có các biến động lưu lượng nhỏ.
6	Lắp khớp nối thủy lực	Phù hợp nhất để thay đổi tốc độ trên các động cơ lớn hơn (>200kW).

Máy ly tâm: Các trường hợp

- Chuỗi giá trị năng lượng với tổn thất
- Tiện/gọt cánh quạt
- Xây dựng đường cong thời gian-lưu lượng cho các giai đoạn lưu lượng thấp
- Các bơm giải nhiệt song song tại công ty hóa dầu
- Quạt hút máy sấy tại nhà máy mạ kim loại
- Các bơm nước biển giải nhiệt tại công ty hóa dầu

Trường hợp 1 – Các tổn hao trong chuỗi giá trị năng lượng

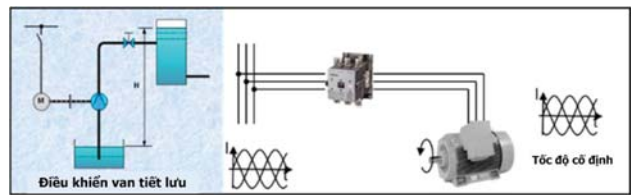
Bơm trực tiếp với điều khiển lưu lượng bằng van tiết lưu



Quá trình truyền động thể hiện tiềm năng tiết kiệm năng lượng chính!

Ví dụ:

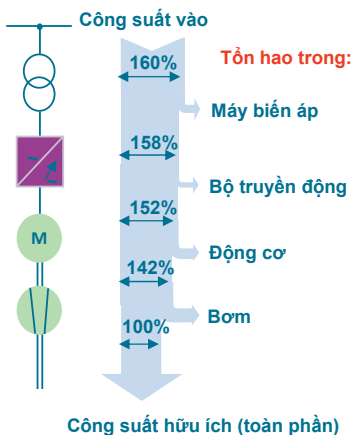
- Đối với một hệ truyền động tốc độ cố định thông thường có điều khiển lưu lượng bằng van tiết lưu, 285 % công suất hữu ích được cung cấp dưới dạng điện năng
- Cân bằng năng lượng của một máy bơm (vận hành ở tốc độ không đổi) trở nên ngày càng bất lợi, khi lượng môi chất cần bơm càng thấp



102

Trường hợp 1 – Các tổn hao trong chuỗi giá trị năng lượng

Bơm trực tiếp với điều khiển bằng biến tần

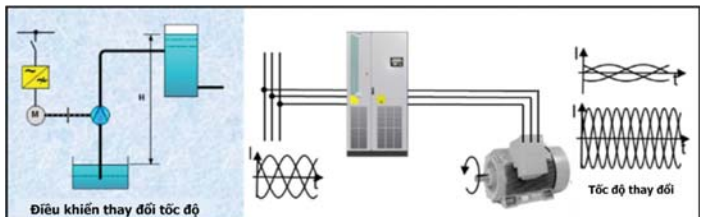


Quá trình truyền động thể hiện tiềm năng tiết kiệm năng lượng chính:

Ví dụ :

- Với điều khiển tốc độ điện tử, công suất điện đầu vào chỉ là 160% so với công suất hữu ích cần để bơm môi chất và tổng tổn hao được giảm xuống còn 1/3.

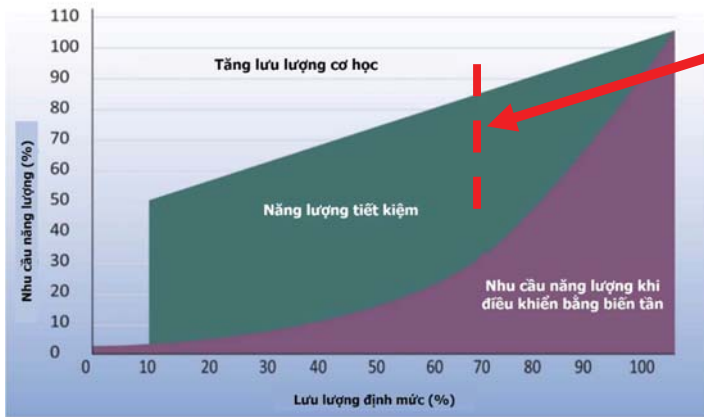
Chất lượng quy trình được cải thiện.



103

Trường hợp 1 – Các tổn hao trong chuỗi giá trị năng lượng

Bơm ly tâm: Tiết lưu với VSD



Chú ý :

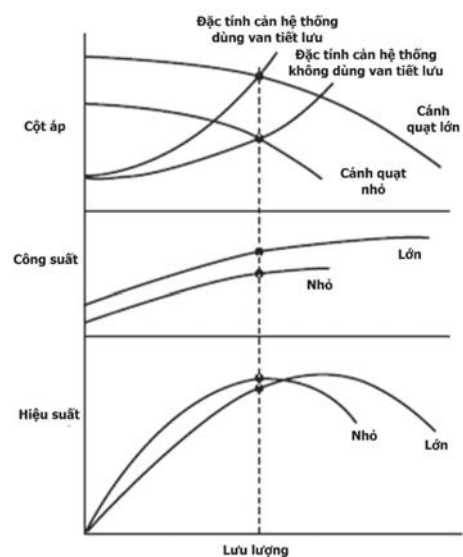
- Phần lớn khoản tiết kiệm được thực hiện chỉ với mức giảm 50% .
- VSD hiếm khi chạy dưới mức này.
- Hệ thống đường đi tắt thậm chí còn tệ hơn!

Nguồn: RENAC

104

Trường hợp 2 – Tiệm/gọt cánh quạt

- Cánh quạt của bơm sẽ đạt hiệu suất cao nhất khi ở gần đường kính tối đa.
- Cánh quạt nhỏ hơn sẽ có hiệu suất nhỏ hơn, nhưng tổng mức tiết kiệm năng lượng của hệ thống tốt hơn.
- Thay thế hoặc tiệm/gọt cánh quạt là một sự lựa chọn thường dùng cho những tốc độ cố định



105

Trường hợp 2 – Tiệm/gọt cánh quạt

- Một máy bơm nước muối tại hệ thống phân phối nước ngưng của xưởng muối đã bị chọn quá cỡ và gây ra các vấn đề về bảo trì.
- Cánh quạt đã được tiệm/gọt
- Công suất động cơ cần thiết để kéo với cấu hình bơm mới đã giảm từ **110kW** xuống còn **75kW**
- Hoàn vốn trong **11** ngày.

Nguồn: UK EEBPP GPCS300 Tiết kiệm năng lượng thông qua giảm kích thước cánh quạt

106

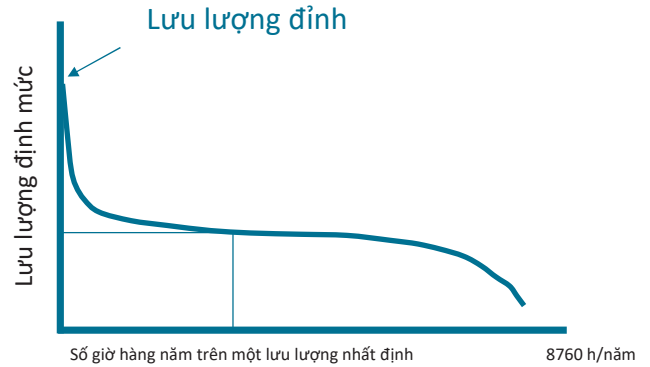
Biểu đồ lưu lượng bơm

- Có thể hữu ích trong việc tìm hiểu các yêu cầu về năng lượng của hệ thống động cơ.
- Khoảng thời gian ghi nhận biểu đồ lưu lượng phụ thuộc vào sản xuất và các yêu cầu vận hành khác.
- Ngoài ra, hãy xem xét dữ liệu có sẵn và liệu có cần lắp đặt thêm thiết bị đo lường hoặc phép đo bổ sung hay không.

107

Đặc tính lưu lượng – thời gian

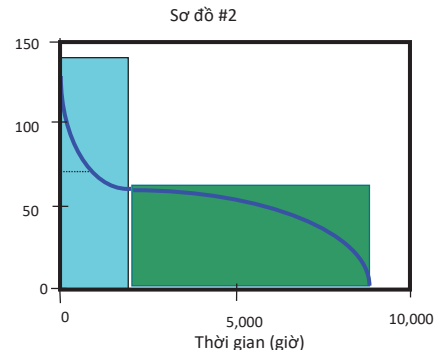
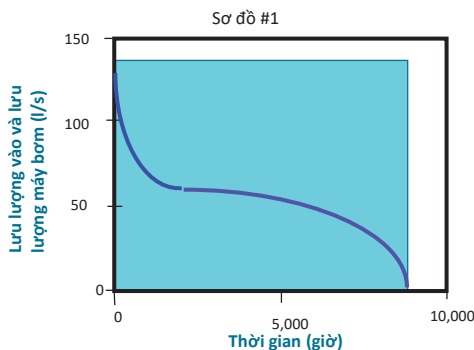
- Bằng cách theo dõi tốc độ dòng chảy theo thời gian, một đặc tính "thời gian-lưu lượng" được xây dựng
- Hiểu được các yêu cầu về lưu lượng thay đổi như thế nào theo thời gian là một yếu tố quan trọng trong việc tối ưu hóa các hệ thống chất lỏng



108

Trường hợp 3 – Tối ưu hóa bơm để xử lý lưu lượng thấp

- Sơ đồ #1** cho thấy một máy bơm lớn vận hành 8.760 giờ mỗi năm tại mức lưu lượng 140 l/s – tổng lưu lượng được biểu thị bằng diện tích dưới đường đặc tính.
- Sơ đồ #2** cho thấy tổng lưu lượng tương tự được bơm bởi hai máy bơm.
- Máy bơm 140 l/s chỉ vận hành 2.000 giờ mỗi năm và một máy bơm nhỏ hơn có định mức 60 l/s vận hành trong 6.760 giờ.



109

Trường hợp 3 – Tối ưu hóa bơm để xử lý lưu lượng thấp

- Bơm 85kW, định mức 270 l/s tại 2 bar.
- Bơm vận hành ở công suất tối đa với lượng nước dư thừa chảy qua một đường đi tắt.
- Quy trình thực tế yêu cầu:
 - ✓ 260 l/s cho 3 tháng mỗi năm
 - ✓ 160 l/s cho 9 tháng mỗi năm

**Chi phí năng lượng của máy bơm là bao nhiêu nếu chi phí điện là 0,1 USD/kWh?
(bỏ qua tổn hao động cơ)**

Lưu ý. Kỹ sư bảo trì đã tìm thấy một động cơ dự phòng trong kho (55kW, định mức ở 170 l/s ở áp suất 2 bar)

110

Trường hợp 3 – Tối ưu hóa bơm để xử lý lưu lượng thấp

Giải pháp

Trường hợp hiện tại	$85\text{kW} \times 8760\text{h} \times \text{USD } 0.1$	= USD 74.460
---------------------	--	--------------

Trường hợp mới	$55\text{kW} \times (3/4) \times 8760\text{h} \times \text{USD } 0.1$	= USD 36.135
----------------	---	--------------

	$85\text{kW} \times (1/4) \times 8760\text{h} \times \text{USD } 0.1$	= USD 18.615
--	---	--------------

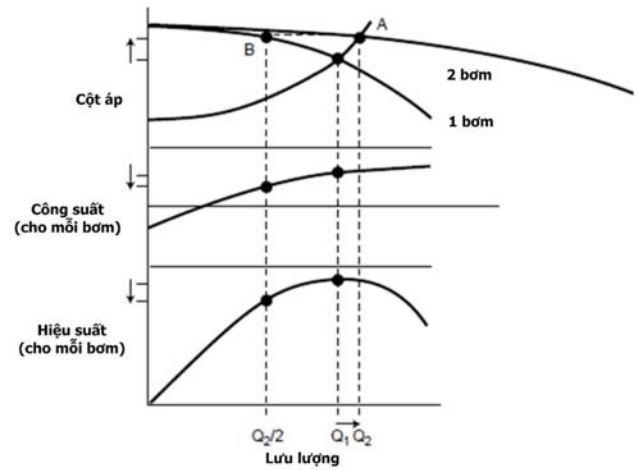
Tổng (cho trường hợp mới)		= USD 54.750
----------------------------------	--	--------------

Tiết kiệm		= USD 19.710
------------------	--	--------------

111

Nhiều bơm mắc song song

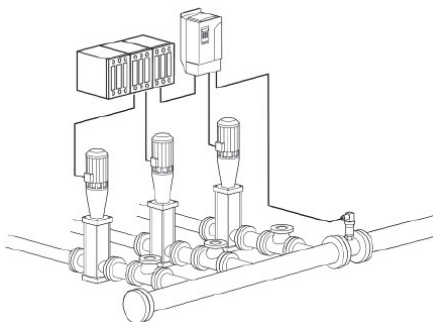
- Thường được lắp đặt để cung cấp dự phòng, cho phép luân phiên các máy bơm và bảo trì.
- Có thể đáp ứng lưu lượng tốt hơn với quy trình.
- Cho phép linh hoạt với các yêu cầu thay đổi.
- Thường là một cơ hội tốt để tiết kiệm năng lượng
- Các hệ thống mắc song song thường được tối ưu hóa cho một số lượng máy bơm cụ thể. Vận hành khác đi có thể gây ra những hậu quả nghiêm trọng về công suất.



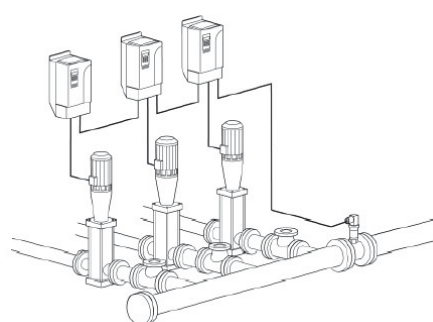
112

Biến tần cho các hệ thống nhiều bơm

Sử dụng biến tần để điều khiển áp suất sẽ làm giảm nhu cầu điện năng bằng cách giảm lượng năng lượng thủy lực thực tế được tạo ra.



Hệ thống bơm dùng 1 biến tần



Hệ thống bơm dùng 3 biến tần

Các bộ truyền động chia sẻ thông tin như trạng thái, mức độ ưu tiên, thời gian chạy, phản hồi....

113

Trường hợp 4: Hệ thống bơm tại nhà máy sản xuất nhựa

Công ty lấy nước từ con kênh gần đó.

Sử dụng **một** trong **hai** động cơ **315kW**. (Một chiếc dự phòng)
và cung cấp lưu lượng ổn định **2100m³/h**.

Đội năng lượng đã yêu cầu bạn tối ưu hóa hệ thống bơm.

Bạn có thể xác định được những cơ hội nào?

114

Trường hợp 4: Hệ thống bơm tại nhà máy sản xuất nhựa

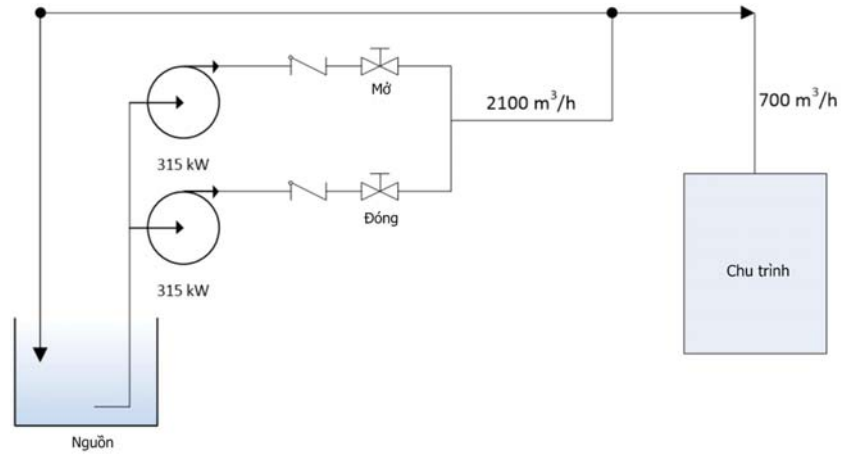
Các phát hiện:

- Quy trình yêu cầu trung bình **700m³/h**
- Lưu lượng đỉnh **1000 m³/h** ghi nhận trong thời tiết khắc nghiệt
- Nước thừa được **bơm trở lại** bể hút dầu vào qua **đường đi tắt**
- Động cơ khởi động **trực tiếp**
- Bơm được vận hành **luân phiên** ở chế độ thường

115

Trường hợp 4: Hệ thống bơm tại nhà máy sản xuất nhựa

Sơ đồ hệ thống



116

Trường hợp 4: Hệ thống bơm tại nhà máy sản xuất nhựa

Các cơ hội

- Thay đổi kích thước 1 bơm
- Thay đổi kích thước 2 bơm
- Tiện/gọt cánh bơm trên cả 2 bơm
- Lắp biến tần cho 1 bơm
- Lắp biến tần cho 2 bơm
- Tắt 1 bơm

Kết quả

- Tắt 1 bơm

117

Trường hợp 4 – Bài học kinh nghiệm

Hiểu rõ **nhu cầu của tải** và **biểu đồ tải** là **rất quan trọng** để xác định phương án phù hợp nhất.

Các can thiệp về hiệu quả năng lượng đôi khi có thể bao gồm việc tăng cường và cải thiện các hoạt động bảo trì.

Áp dụng **MSO** có thể là một điểm khởi đầu tốt để tạo động lực cho các công ty triển khai hệ thống quản lý năng lượng (**EnMS**).

118

Vấn đề điển hình – Bơm quá cỡ

Biểu hiện Tiết lưu nhiều, đi tắt/hồi lưu quá mức, chu kỳ vận hành thấp, tiếng ồn lớn, thay vòng bi/phốt thường xuyên

Nguyên nhân Thiết kế, thay đổi yêu cầu sản xuất, thay thiết bị lớn hơn sau khi hỏng hóc

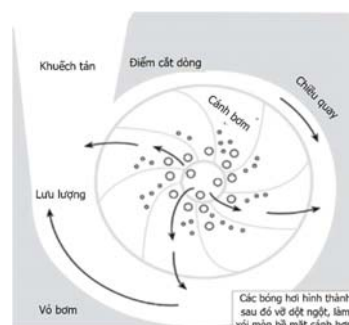
Kết quả Tiêu thụ năng lượng quá mức, chi phí bảo trì cao hơn

Giải pháp Thay thế bằng bơm có cỡ phù hợp, tiện/gọt cánh bơm, lắp biến tần, lắp bơm nhỏ hơn

119

Các vấn đề điển hình – Xâm thực

Biểu hiện	Tiếng ồn
Nguyên nhân	Áp suất cửa hút quá thấp ($NPSH_{thực} < NPSH_{yêu cầu}$)
Kết quả	Bơm hỏng nhanh hơn
Giải pháp	Tăng áp suất đầu vào <ul style="list-style-type: none"> Giảm cột áp đầu hút Giảm tốc độ bơm Làm mát chất lỏng Chỉnh ống đầu vào



120

Trường hợp 5 – Quạt máy sấy

- Một quạt hút 125 kW của máy sấy trong nhà máy mạ kim loại đang vận hành với van điều tiết đầu vào mở 30%.
- Van điều tiết hệ thống ở sau quạt đang mở 40%.
- Các yêu cầu của quy trình là ổn định khi quy trình đạt đến nhiệt độ và điều kiện vận hành bình thường.
- Quạt truyền động bằng dây đai.

121

Trường hợp 5 – Các cơ hội

Chiến lược FSO	Tại sao phù hợp ?	Tại sao không phù hợp ?
(1) Cánh hướng dòng đầu vào biển thiên	Làm giảm công suất	Các cánh hướng dòng đầu vào vẫn sẽ gần như đóng, gây ra một số tổn thất
(2) Biển tần	Đơn giản về mặt cơ khí và tương đối dễ triển khai	Không có sự thay đổi trong quy trình và sẽ có tải ký sinh
(3) Mở các van điều tiết và thay đổi dây đai và puli	Làm cho công suất của quạt phù hợp với nhu cầu của quy trình và nắm bắt tiềm năng tiết kiệm năng lượng một cách hiệu quả về chi phí	
(4) Một chiếc quạt mới được lựa chọn tối ưu cho phụ tải	Công suất quạt sẽ phù hợp với nhu cầu của quy trình	Quá đắt đỏ để biện minh chỉ dựa trên tiết kiệm năng lượng.

122

Trường hợp 6: Bơm nước biển tại nhà máy hóa dầu

- Nước làm mát được cung cấp cho một nhà máy hóa dầu thông qua một trạm bơm nước biển.
- Trạm bơm bao gồm 6 bơm trục đứng 6.6kV từ 825 đến 925 kW, tiêu thụ khoảng 13% tổng mức tiêu thụ năng lượng của nhà máy.
- Trong điều kiện bình thường, 2 máy bơm vận hành và các máy bơm được luân phiên thường xuyên.

Đội năng lượng đã chọn hệ thống này vì nó ít rủi ro hơn cho sản xuất nhưng lại tiêu thụ một lượng năng lượng lớn.

Có cơ hội nào cho MSO?

123

Trường hợp 6 – Cơ hội MSO khả thi

Cho hệ thống động cơ:

- Vận hành ở điểm hiệu suất tối ưu
- Cải thiện hiệu suất bơm
- Lắp đặt **biến tần**
- Nâng cấp động cơ lên loại hiệu quả hơn

124

Trường hợp 6 – Các phát hiện

- Các máy bơm đang cung cấp nhiều hơn lưu lượng thực tế yêu cầu.
- Tất cả các van đều bị tiết lưu còn khoảng **60%** độ mở.
- Ống góp được thiết kế rất tốt, nhưng đã phát hiện được rò rỉ trong mạng lưới đường ống xả.
- Bơm được lắp đặt vào năm **1963, 1982 and 2009**, với hiệu suất khác nhau.
- Hệ thống bù cosphi lắp đặt năm **2017**, cải thiện từ **0.7 đến 0.98**.

125

Trường hợp 6 – Phân tích

Hạng mục	Tiêu thụ nước thực tế m³/h	Quan sát
CDU-1	500	Dùng đồng hồ đo lưu lượng di động
CDU-2	570	Thiết kế
VDU	385	Ước lượng 60% thiết kế
½ Triệu	245	Dùng đồng hồ đo lưu lượng di động
Tổng đơn vị chưng cất	1700	
Cụm Refomer	1200	Đồng hồ đo lưu lượng (lưu ý 2)
Cụm Coker	2800	Ước lượng 70% thiết kế
Tổng	5700	

- Các yêu cầu làm mát thực tế đã được xác định.
- Điều này cho phép Ban năng lượng điều chỉnh đầu ra của bơm nước biển để phù hợp với yêu cầu.

126

Trường hợp 6 – Kết quả

Hệ thống	Cơ hội tiết kiệm	TKNL hàng năm [kWh p.a.]	Tiết kiệm tài chính [EGP p.a.]	Đầu tư [EGP]	Hoàn vốn [năm]
Bơm nước biển	1. Điều chỉnh độ mở van xả	750,000	530,000	0	0
	2. Chỉ chạy 1 bơm trong thời gian dừng máy	2,730,000	1,900,000	0	0
	3. Sử dụng bơm nhỏ hơn có hiệu suất cao hơn	1,480,000	1,000,000	8,000,000	8
	4. Thay thế van tay bằng van điều khiển điện	518,000	366,000	3,000,000	9

- Cơ hội 1 và 2 triển khai mà không tốn chi phí.
- Tổng tiết kiệm chi phí là 2.430.000 EGP (tương đương 3.480.000 kWh) mỗi năm.
- Cơ hội 3 và 4 sẽ được xem xét khi thay thế 2 máy bơm cũ (từ năm 1963).

127

Trường hợp 6 – Bài học kinh nghiệm

Đo lường và hiểu biết về các yêu cầu của tải là điều cần thiết cho kết quả thành công của một dự án tối ưu hóa.

Phương pháp MSO có thể cung cấp hỗ trợ tốt để triển khai văn hóa cải tiến, đặc biệt là ở các công ty lâu đời có sức ì lớn đối với sự thay đổi.

128

Tổng kết & Thảo luận



129



05. Máy nén khí

Ứng dụng động cơ điện

130

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

- 80% năng lượng đầu vào bị mất dưới dạng nhiệt
- Khí nén đắt gấp 7 lần so với điện
- Mua máy nén khí dựa trên chi phí vòng đời, không phải giá mua thiết bị ban đầu
- Vận hành máy nén khí trực vít ngâm dầu

Chuyển đổi năng lượng khí nén



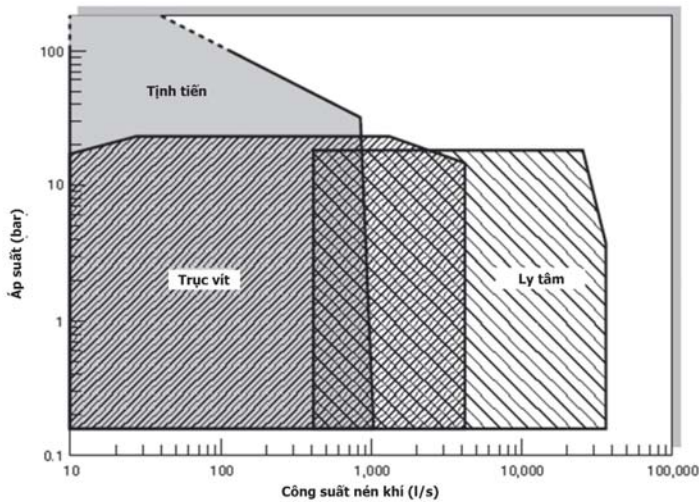
Khí nén là nguồn năng lượng đắt đỏ NHẤT

Chi phí vận hành máy nén khí điển hình

Hạng mục :	Máy nén khí trực vít 160kW giải nhiệt bằng không khí
Chu kỳ:	Đầy tải ở 7,5 bar, 4.200 giờ/năm, không tải 4.000 giờ/năm
Định mức:	\$ 0,13 / kWh
Công suất đầy tải:	182,5 kW
Lưu lượng:	30,3 m³ / m
Suất tiêu thụ điện:	6,02 kW / m³/m
Giá năng lượng:	kW x hours x rate
Giá năng lượng :	\$ 134.000 mỗi năm

So sánh với giá mua = \$ 126.000

Biểu đồ vùng vận hành máy nén khí



134

Dải hiệu suất

Quy tắc **tốt** khi đánh giá xem máy nén khí có phù hợp với quy mô hệ thống lắp đặt hay không

Loại	Dải lưu lượng (m ³ /h)	SPC (kW/100m ³ /h)	Hiệu suất non tải
Pít-tông bôi trơn	2-25	15-16	Tốt
	25-250	11-13.5	Tốt
	250-2500	10-11.5	Rất tốt
Trục vít ngâm dầu	2-25	15-16	Kém
	25-250	11-13.5	Trung bình
	250-2500	10-11.5	Trung bình*
Trục vít không dầu	25-250	12-15.3	Tốt
	250-2500	10-12.2	Tốt
Ly tâm	500-2500	11-13.5	Rất tốt **
	>2500	9.7-11	Rất tốt **

135

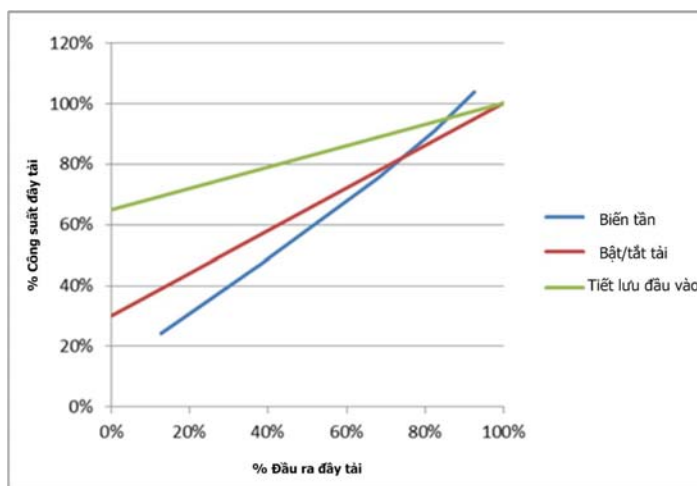
Điều khiển thay đổi tốc độ

- Hiệu suất non tải tốt hơn
- Duy trì áp suất chính xác hơn
- Không hộp số
- NHƯNG tiêu thụ cao hơn khi đầy tải
- KHÔNG phù hợp để cấp tải nền



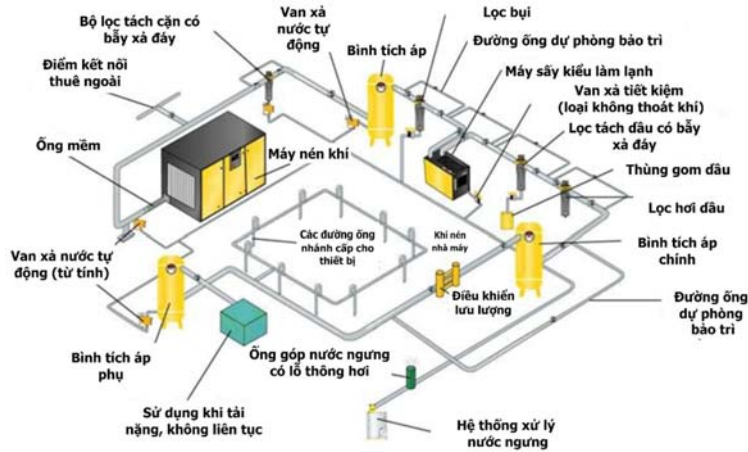
136

Điều khiển máy nén thể tích



137

Hệ thống khí nén điển hình



138

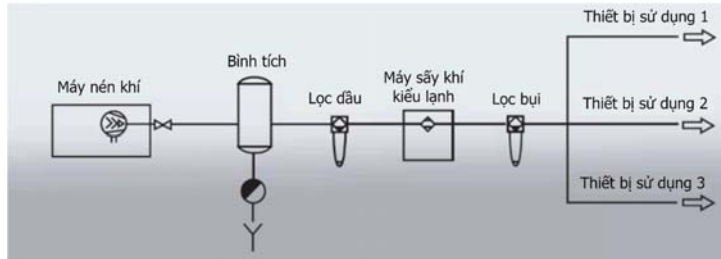
Đánh giá hệ thống khí nén

- Hiểu các tác động của hệ thống khí nén đến động cơ
- Hiểu cách lựa chọn và điều khiển máy nén khí một cách tối ưu để đáp ứng các yêu cầu thực tế
- Hiểu các vấn đề của hệ thống sẽ có tác động lớn như thế nào đến số giờ chạy của động cơ.

Học cách đặt các câu hỏi thích hợp về hệ thống khí nén khi bạn đi kiểm toán động cơ – bạn sẽ không bao giờ bí từ và bạn sẽ học được nhiều hơn về cách thức hoạt động của nhà máy!

139

Tối ưu máy nén khí



1. Sử dụng ít khí hơn
2. Tối ưu quá trình sản xuất khí và điều khiển máy nén
3. Cải thiện chất lượng khí nén cho quy trình
4. Thu hồi năng lượng từ nhiệt nén

140

Sử dụng ít khí hơn

1. Loại bỏ rò rỉ
2. Cô lập thiết bị khi không sử dụng
3. Loại bỏ các mục đích sử dụng không phù hợp
4. Giảm nhu cầu giả (nhân tạo)



141

Rò rỉ

Đường kính lỗ rò	Lượng khí thất thoát ở 6 bar (g) (m³/phút)		Công suất tổn hao (kW)	
	Lỗ rò cạnh sắc Hệ số 0.61	Lỗ rò cạnh tròn Hệ số 0.97	Công suất trên trục 6.2 kW/m³/phút	Công suất tổng thể 7.1 kW/m³/phút
1mm	0,040	0,064	0,25 đến 0,40	0,28 đến 0,45
2mm	0,16	0,25	0,62 đến 1,5	1,1 đến 1,8
3mm	0,35	0,56	2,2 đến 3,1	2,5 đến 4,0
4mm	0,63	1,00	3,9 đến 6,2	4,5 đến 7,1
6mm	1,42	2,26	8,8 đến 14,0	10,0 đến 16,0

Với giá 0,10 USD/kWh, một lỗ rò 6 mm gây tổn kém hơn **90.000 USD** mỗi năm tiền điện cộng thêm dịch vụ bảo trì cho thiết bị khí nén

Một lỗ rò có thể nghe thấy (±3mm) sẽ tổn thất 12.000 USD mỗi năm!

Ước tính lượng rò rỉ

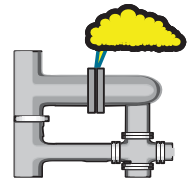
- Khởi động máy nén khí khi không có nhu cầu nào trên hệ thống (khi tắt cả các thiết bị đầu cuối sử dụng khí nén đều tắt)

$$\text{Rò rỉ (\%)} = [(T \times 100)/(T+t)]$$

T – Thời gian bật
t – Thời gian tắt

Quản lý rò rỉ khí nén

- Không thực tế khi loại bỏ toàn bộ khí nén
- Không nên quá **10%** nhu cầu sản xuất trung bình trong một nhà máy bình thường
- Các hệ thống lắp đặt công nghiệp điển hình sẽ có tỷ lệ rò rỉ từ **15%** đến **50%** (**đã đo được trên 80% trong một trường hợp**)
- Tiến hành kiểm tra tỷ lệ rò rỉ thời gian giảm áp khi chạy không tải hoặc ghi dữ liệu
- Rò rỉ sẽ quay trở lại nhưng hiếm khi ở cùng một chỗ
- Phải tiến hành các kiểm tra rò rỉ thường xuyên, liên tục



144

Cô lập thiết bị khi không sử dụng

Cô lập khí nén máy móc sản xuất khi không sử dụng

Sử dụng van điều khiển tại chỗ được điều khiển bởi

Không có cảm biến lưu lượng

Khóa/chuyển mạch cách ly

Không có người vận hành (Tắt lót báo động)

Tắt khí nén cùng với đèn khi mọi người về hết

Sử dụng phương pháp tương tự cho các vùng/khu vực không sử dụng

145

Sử dụng khí nén không phù hợp

- Làm sạch
- Đẩy sản phẩm
- Thông gió-làm mát người và sản phẩm
- Sục sơn hoặc rửa bề
- Di chuyển sản phẩm ở khúc cua hoặc băng tải
- Giữ sản phẩm đi đúng hàng
- Sử dụng khí ở áp suất cao hơn mức cần thiết
- Tạo chân không quy mô lớn

LƯU Ý – Đưa ra một giải pháp thay thế



146

Thổi khí

- Sử dụng vòi phun tăng cường (có thể tiết kiệm tới 40%)
 - Đẩy sản phẩm
 - Làm mát
- Yên tĩnh hơn, khắc phục tiếng ồn trong khu vực
- Sử dụng lưới chắn khí ở áp suất thấp
- Sử dụng quạt
- Sử dụng súng thổi khí áp suất thấp, an toàn và yên tĩnh hơn



147

Tối ưu điều khiển máy nén khí

- Biểu đồ nhu cầu
- Biểu đồ áp suất
- Điều khiển máy nén
- Cải thiện xử lý khí
- Sử dụng bình tích khí một cách tối ưu

148

Biểu đồ nhu cầu



Biểu đồ tải hàng tuần – nhà máy mạ

Có thể được sử dụng để:

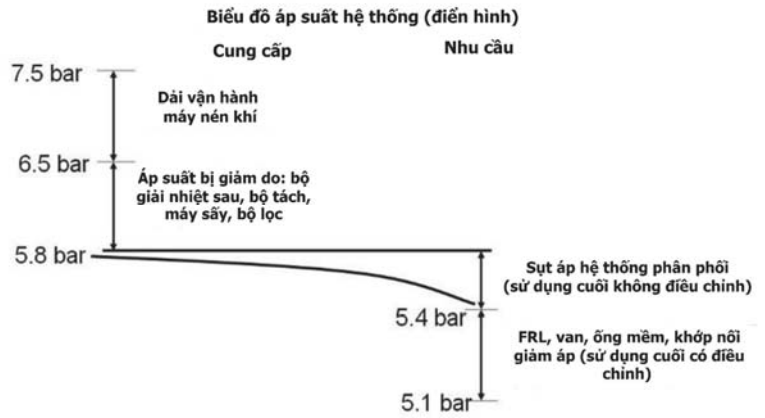
- Xác định các cơ hội cải tiến
- Xác định tổn thất
- Ước tính các yêu cầu về cỡ máy nén khí

149

Biểu đồ áp suất

Tổn thất áp suất do:

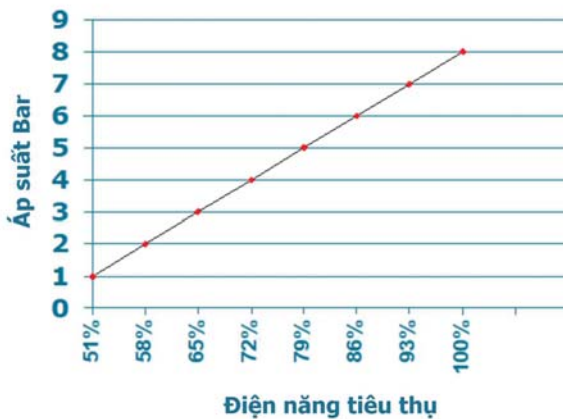
- Lọc quá mức
- Ống có đường kính nhỏ hoặc bị gấp
- Khớp nối nhỏ gây cản trở cục bộ



150

Tối ưu áp suất hệ thống

Giảm áp suất hệ thống = Giảm chi phí năng lượng

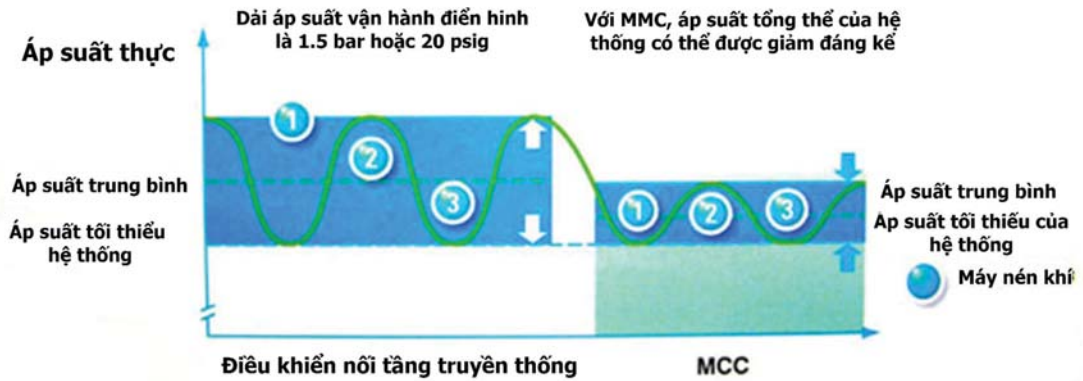


"Khi giảm 1 bar sẽ tiết kiệm 6-7% năng lượng"

151

Điều khiển nhiều máy nén khí (MMC)

MMC: Lợi ích kinh tế từ việc giảm áp suất



Bộ điều khiển máy nén đa năng Atlas Copco Electronikon

152

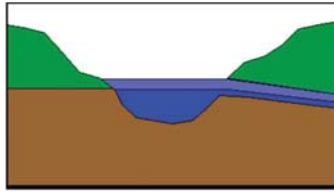
Bình chứa khí nén

- Lựa chọn kích cỡ để ngăn máy nén khí đóng cết chu kì quá nhanh
- Kích thước điển hình (lít) bằng **6-10 lần** lưu lượng đầu ra của máy nén (l/s)
- Đảm bảo các bình chứa được xả cạn nước tốt, 50% đầy nước = giảm **50%** khả năng lưu trữ khí
- Bình chứa chỉ có thể hấp thụ các dòng lưu lượng đỉnh trong thời gian ngắn

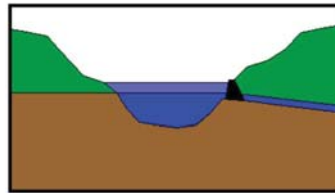


153

Lưu trữ: Hồ - Hồ chứa

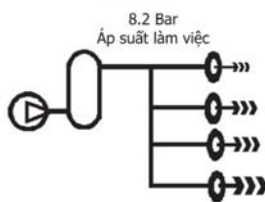


Hồ

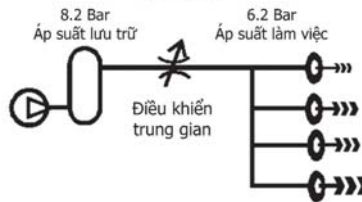


Hồ chứa

THU KHÍ



CHỨA KHÍ



154

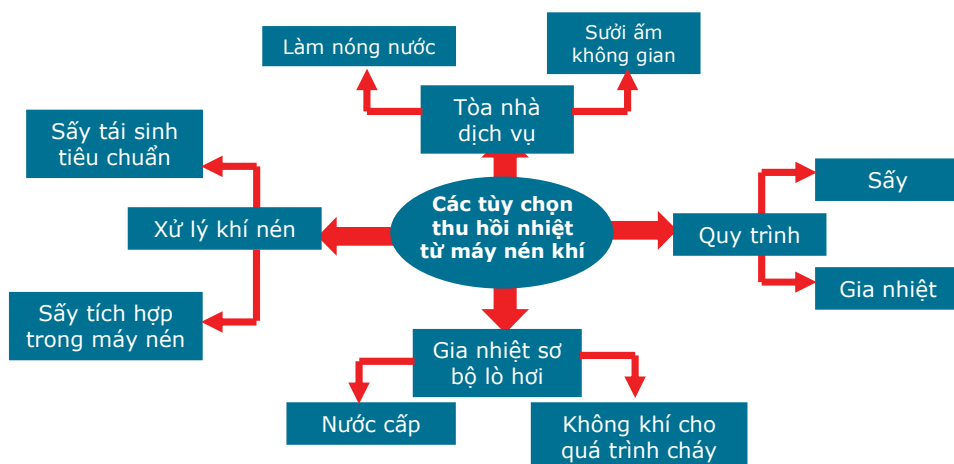
Cẩn thận với các van xả đang mở!

- Một van mở để xả nước có thể tốn chi phí hàng tháng nhiều hơn giá tiền một bộ xả tự động giúp ngăn ngừa thất thoát khí nén



155

Thu hồi nhiệt



156

Tổng kết & Thảo luận



157



06. Trường hợp tối ưu Hệ thống động cơ (MSO)

Áp dụng cho động cơ điện

158

MEASUR (công cụ phần mềm)

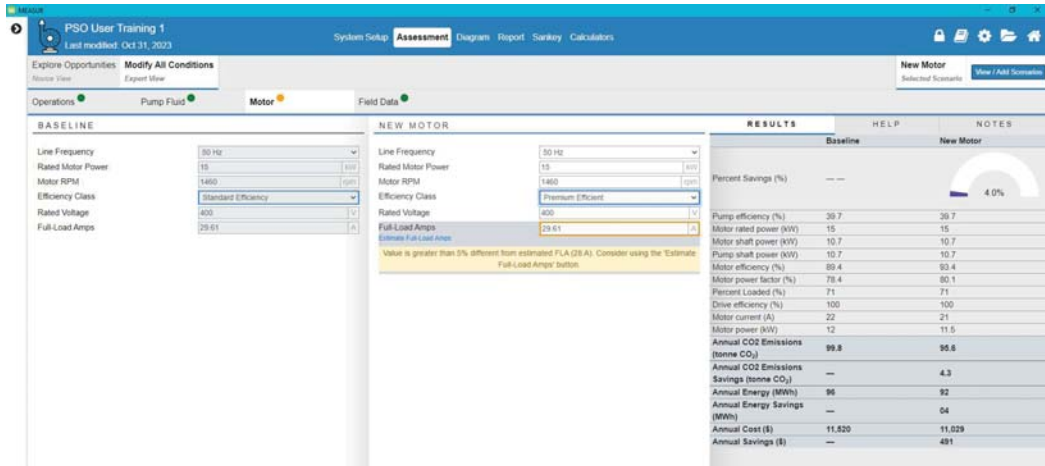


<https://www.energy.gov/eere/iedo/iedo-software-tools>

<https://www.energy.gov/eere/amo/measur>

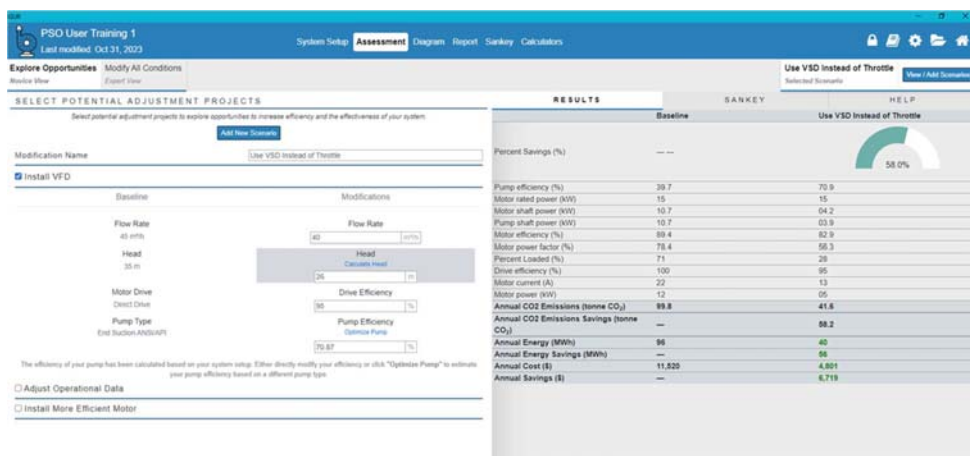
159

Ví dụ MEASUR– Động cơ hiệu suất cao



160

Ví dụ MEASUR: Biến tần sử dụng cho Bơm



161

Ví dụ MEASUR: Khảo sát rò rỉ khí nén

COMPRESSED AIR - LEAK SURVEY

Compressor Data

Annual Operating Hours: 10,760
 Utility Type: Electric
 Utility Cost: \$0.06
 Compressor Control Type: LOAD/UNLOAD (2x MINIMUM CYCLES)
 Compressor Control Adjustment: 68 %
 Compressor Type: Rotary Screw (Submerged Injection)
 Compressor Specific Power: 7.09 kWh/100m³/min
 Electricity Use: 2,087,359 kWh

Leak Data

Leak Name: Bag Leak
 Leak Description: Enter notes about the leak here
 Measurement Method: Estimate
 Leak Rate Estimate: 0 m³/min

File	Leak Name	Flow Rate (m³/min)	Air Loss (m³/yr)	Electricity Consumption (kWh/yr)	
<input type="checkbox"/>	Bag Leak	—	—	—	Data Edit Delete
<input checked="" type="checkbox"/>	Estimate Leak	0	1,676.8	100	Data Edit Delete
<input checked="" type="checkbox"/>	Office Leak	33.7	17,708,821.5	2,084,000	Data Edit Delete
<input checked="" type="checkbox"/>	Doublet Leak	0	21,965	2,374	Data Edit Delete

[Copy Table](#)

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

RESULTS

Baseline Results

Consumption	33.7 m³/min
Compressed Air Use	17,732,953.3 m³
Energy Use	2,087,359 kWh/yr
Annual Cost	\$125,242

Modification Summary

Consumption	0 m³/min
Compressed Air Use	0 m³
Energy Use	987,363 kWh/yr
Annual Cost	\$48,377

Savings

Consumption	33.7 m³/min
Compressed Air Use	17,732,953.3 m³
Energy Use	2,087,359 kWh/yr
Annual Cost	\$125,242

[Copy Table](#)

162

Ví dụ MEASUR: Nâng cấp dây đai truyền động

MOTOR DRIVE COMPARISON

MOTOR PROPERTIES

Annual Operating Hours: 10,760
 Electricity Cost: \$0.06
 Motor Power: 90 kW
 Percent Loaded: 90 %
 Current Drive Type: V Belt Drive
 Modified Drive Type: Notched V Belt Drive

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

RESULTS

Percent Savings

2.1%

Modification Comparison

	Drive Efficiency (%)	Energy Use (kWh/yr)	Energy Costs (\$/yr)
Current Drive	90	17,567	\$1,109
Modified Drive	96	17,197	\$1,130
Savings	—	370	\$24

All Drive Results

Drive Type	Drive Efficiency (%)	Energy Use (kWh/yr)	Energy Cost (\$/yr)
V Belt Drive	90	17,567	\$1,109
Notched V Belt Drive	96	17,197	\$1,130
Synchronous Belt Drive	96	16,671	\$1,100
Direct Drive	100	16,337	\$1,078

[Copy Table](#)

Note

Synchronous belts are the most efficient choice. However, notched belts may be a better choice when vibration damping is needed, as a synchronous belt is not cost effective, or shock loads cause abrupt torque changes that could shear a synchronous belt's teeth. Consider the application and contact equipment manufacturer before deciding to replace any belt.

163

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.

164

CẢM ƠN


Kết thúc ngày 1

Cảm ơn sự tham gia của bạn!

Hẹn gặp lại các bạn ngày mai!



165



Tối ưu hóa hệ thống động cơ Đào tạo chuyên gia (Việt Nam)

Siraj Williams
Tháng 12 năm 2025

Ôn tập ngày 1

- Câu hỏi?
- Bình luận?

Chương trình làm việc ngày 2 – Buổi học trên lớp

Ngày 2 – Lý thuyết tại lớp				
08h30	Ôn tập ngày 1 (Q&A)	1	3	3
08h45	Chất lượng điện năng	4	29	26
10h00	Tiệc trà (giải lao)			
10h15	Bảo trì và sửa chữa	30	55	26
10h55	Báo cáo phân công MSO	56	75	20
10h45	Giới thiệu về tài chính dự án	76	92	17
12h00	Ăn trưa			
13h15	Các trường hợp: Tài chính dự án	93	93	1
13h45	Trình diễn các công cụ đo lường	94	98	5
15h00	Tiệc trà (giải lao)			
15h15	Trình diễn các công cụ đo lường	99	100	2
15h45	Chuẩn bị tham quan hiện trường	101	104	4
16h15	Các bước tiếp theo	105	108	4
16h30	Kết thúc	109	109	1

3



07. Chất lượng điện năng

Đánh giá động cơ điện

4

Ôn tập kiến thức từ khóa đào tạo doanh nghiệp

5

Định nghĩa chất lượng điện năng

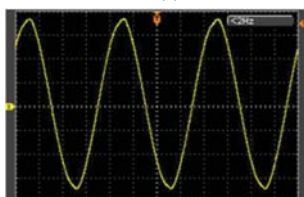
Từ góc độ **chất lượng**:

- Có thể được định nghĩa là việc đo lường, phân tích và cải thiện điện áp thanh cái để duy trì dạng sóng hình sin của điện áp và **tần số**¹ định mức¹.

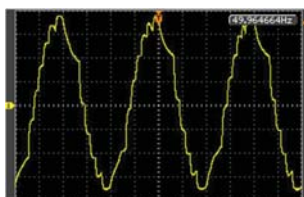
Khi xét từ góc độ **tương thích**:

- Đó là khả năng của một thiết bị hoặc hệ thống hoạt động ổn định trong môi trường điện từ (EM) của nó (**khả năng miễn nhiễm**) mà không tạo ra các nhiễu loạn điện từ cho các thiết bị trong môi trường đó (**phát thải**)²

Tại máy phát



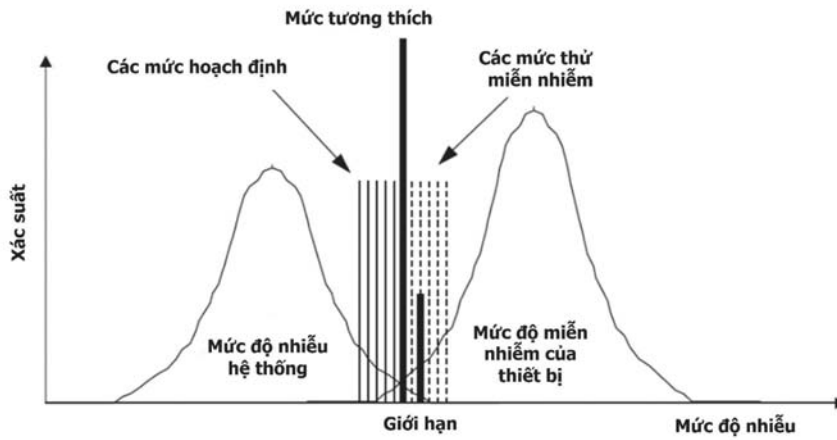
Tại điểm sử dụng



- Masoum et al. Chất lượng điện năng trong hệ thống điện và nhà máy điện
- Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế (IEC)

6

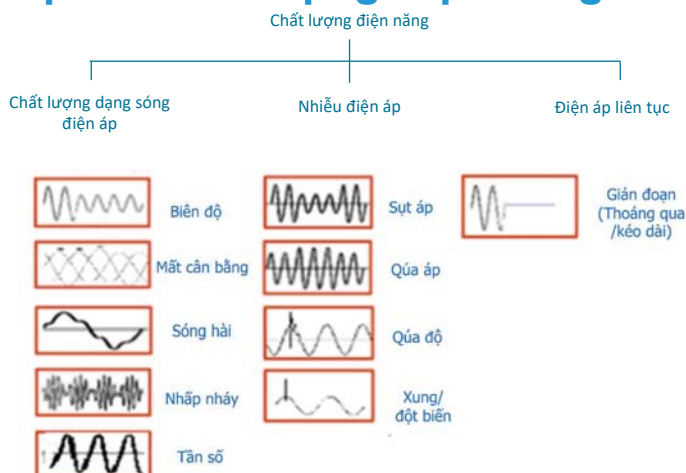
Khả năng tương thích điện từ



Nguồn: Khóa học chất lượng điện năng UNIDO : Nam Phi 2020

7

Các dạng sự cố chất lượng điện năng



Nguồn: Ghi chú khóa học Chất lượng điện năng Eskom

8

Biên độ điện áp

Điện áp trạng thái ổn định không gần với điện áp danh định

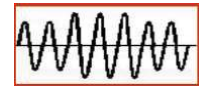
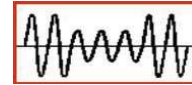
- Điều chỉnh điện áp hệ thống

Giảm ngắn hạn biên độ điện áp (Sụt áp / vồng áp)

- Ngắt mạch thoát qua – Chim, sét, các nguyên nhân khác
- Khởi động các động cơ rất lớn
- Vận hành các tải gián đoạn lớn (vd lò hồ quang)
- Đóng điện máy biến áp

Tăng ngắn hạn biên độ điện áp (Tăng áp)

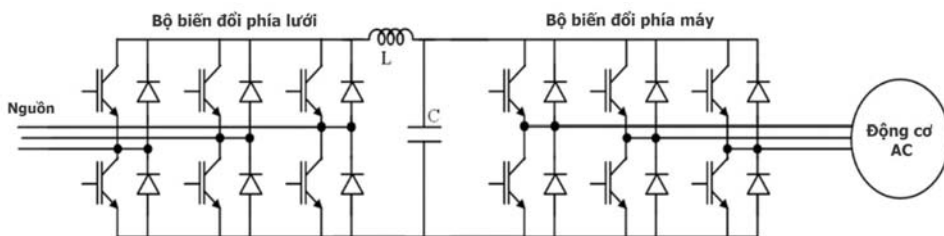
- Mất tải lớn đột ngột
- Tăng đột ngột nguồn phát



Ảnh hưởng tới hệ thống động cơ

- Thay đổi đặc tính mô-men – tốc độ
- Có thể gây tăng nhiệt làm giảm tuổi thọ thiết bị
- Giảm hiệu suất động cơ

Bộ chỉnh lưu chủ động VSD Front End



- Còn được gọi là bộ truyền động hai chiều hoặc bộ truyền động tái sinh
- Ứng dụng phù hợp - Các ứng dụng VSD mới, nơi phanh tái sinh được xem xét để cải thiện hiệu suất tổng thể. VSDs với bộ chỉnh lưu chủ động có sẵn từ hầu hết các nhà sản xuất biến tần lên đến 500kW, tuy nhiên với chi phí gấp đôi so với tùy chọn bộ chỉnh lưu diode tiêu chuẩn

Ưu điểm:

Bộ chỉnh lưu chủ động VSD Front End

- Nguồn đầu vào sạch với hệ số công suất bằng 1
- Bộ chỉnh lưu chủ động cung cấp điện áp bus DC được điều chỉnh, do đó tự điều chỉnh trong điều kiện sụt áp. Cần giảm định mức bộ chỉnh lưu thích hợp để cung cấp khả năng vượt qua sự cố sụt áp với đầy đủ công suất
- Dòng năng lượng theo cả hai hướng cho phép phanh tái sinh. Tính năng này có thể làm tăng hiệu suất được cải thiện trong một số ứng dụng

Nhược điểm:

- Một **biến tần** với bộ chỉnh lưu **PWM** chủ động gần như tương đương với hai **biến tần** chỉnh lưu diode. Phương pháp này đi kèm với chi phí bổ sung
- **Bộ biến tần** có kích thước lớn hơn vì ngoài phần cứng chỉnh lưu chủ động, cần có ba cuộn cảm lọc đầu vào
- Bộ chỉnh lưu PWM chủ động vận hành **biến tần** với điện áp liên kết DC cao hơn, điều này dẫn đến **dv/dt** chế độ vi sai cao hơn tại các đầu cực động cơ. Cũng do hai tầng biến tần **IGBT PWM**, **dv/dt** chế độ chung và **EMI** cao hơn

11

Mất cân bằng điện áp

Nguyên nhân bởi :

Mất cân bằng 3 pha tải

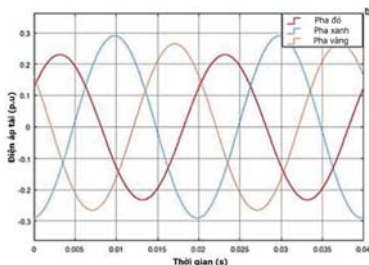
Cài đặt bộ chuyển đổi đầu máy biến áp không bằng nhau

Tải một pha quá lớn

Máy biến áp và tải kết nối kiểu tam giác hở

Trở kháng không bằng nhau trong dây dẫn truyền tải và phân phối

Ngắn mạch giữa các cuộn dây trong một pha cuộn dây động cơ



Ảnh hưởng đến hệ thống động cơ

Quá nhiệt, giảm tuổi thọ động cơ

Tăng tổn hao

Giảm hiệu suất

12

Giới hạn mất cân bằng điện áp – Việt Nam

Dựa trên...

Từ góc độ động cơ, NEMA khuyến nghị rằng mức mất cân bằng tại các đầu cực động cơ không được vượt quá **1%**. Điện áp không cân bằng tại các đầu cực động cơ có thể gây ra **mất cân bằng** dòng điện pha gấp **6 đến 10** lần mức mất cân bằng điện áp

Độ mất cân bằng điện áp 2 (các giá trị tốt xấp xỉ dưới 10%)

$$\% LVUR = \frac{\text{Độ lệch điện áp lớn nhất so với điện áp dây trung bình}}{\text{điện áp dây trung bình}} \times 100$$

National Electrical Manufacturers Association (USA)

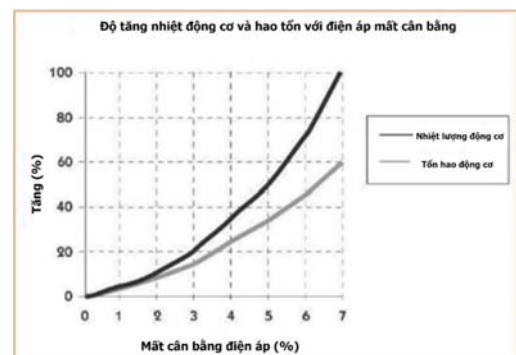
13

Ảnh hưởng của mất cân bằng điện áp lên hệ thống động cơ

Khắc phục mất cân bằng càng nhiều càng tốt

- Một hệ thống không cân bằng gây ra nhiệt lượng tăng thêm trong các cuộn dây động cơ
- Động cơ phải được giảm công suất để giảm khả năng hỏng hóc sớm
- Ảnh hưởng của điện áp không cân bằng lên nhiệt độ cuộn dây:

$$\text{Độ tăng nhiệt} = 2 \times (\text{Mất cân bằng } \%)^2$$



Nguồn: www.pumpsandsystems.com

14

Tổng méo hài (THD)

Tổng méo hài là độ lớn của méo hài trong một hệ thống:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_N^2}}{V_1} \times 100$$

Với :

- n là bậc hài
- $n=1$ là tần số cơ bản của dạng sóng lý tưởng

15

Tổng méo hài điện áp giới hạn (Việt Nam)

Méo hài điện áp tối đa cho phép

Cấp điện áp	Tổng méo hài (THD)	Méo hài riêng
500kV, 220kV	3.0%	Không quy định
110 kV	3.0%	1.5%
Trung thế	5.0%	3.0%
Hạ thế	8.0%	5.0%

Cũng giới hạn dòng điện ở điện áp:

- 20% nếu tải < 50kW
- 12% nếu tải > 50 kW

TLTK : Thông tư 05_2025_TT-BCT-642994

16

Ảnh hưởng của sóng hài lên lưới điện

Sóng hài khiến dòng điện được sử dụng nhiều hơn để thực hiện cùng một công việc. Điều này làm tăng chi phí năng lượng, đòi hỏi dây dẫn đắt tiền hơn hoặc gây ra quá nhiệt và hư hỏng

Sóng hài tần số cao hơn gây ra tổn thất lõi phụ thêm trong động cơ dẫn đến tổn thất năng lượng, chi phí năng lượng bổ sung và quá nhiệt lõi động cơ.

Sóng hài tần số cao hơn cũng có thể gây nhiễu tần số liên lạc và các thiết bị điện tử có độ nhạy cao như thiết bị điện tử hàng không và thiết bị y tế

Quá nhiệt máy biến áp và thiết bị liên quan, hư hỏng tụ điện bù hệ số công suất phản kháng

17

Cách sóng hài ảnh hưởng đến hệ thống động cơ

Sự phát sinh sóng hài hệ thống do động cơ cấp nguồn từ biến tần

Bậc 5, 11, 17.

- Được gọi là sóng hài thứ tự nghịch
- Gây ra mô-men ngược chiều với vòng quay động cơ bình thường, dẫn đến giảm hiệu suất động cơ

Bậc 7, 13, 19..

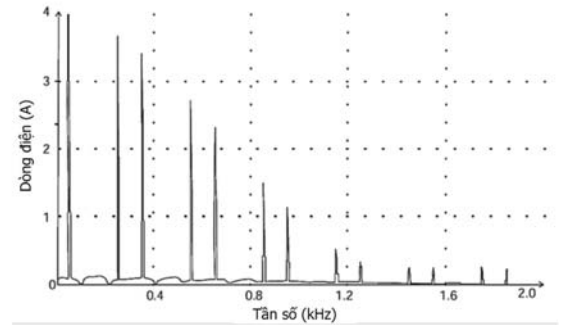
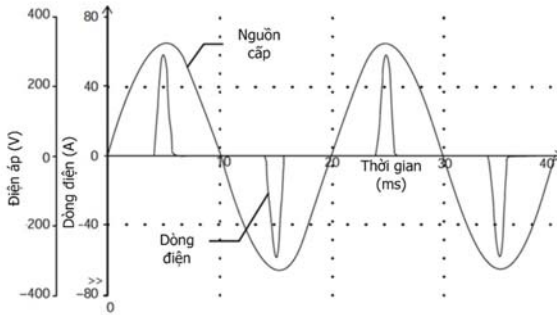
- Được gọi là sóng hài thứ tự thuận
- Gây ra mô-men xoắn xung không đồng bộ với vòng quay động cơ bình thường, làm tăng nhiệt độ và tổn thất

Bậc 3, 9, 15 ...

- Được gọi là sóng hài thứ tự không (hài bội ba)
- Trong hệ thống không cân bằng sẽ gây ra dòng điện chạy trong dây trung tính của hệ thống nối đất, gây méo biên độ điện áp các pha

18

Sóng hài gây ra bởi biến tần



Dạng sóng dòng điện đầu vào điển hình cho biến tần ba pha 1.5 kW và phổ hài tương ứng (chỉ hiển thị 1 pha)

19

Sóng hài – Các biện pháp khắc phục

- Thay đổi điểm kết nối của thiết bị điện được xác định
- Sử dụng biến tần **3 pha** thay vì **1 pha** nếu có thể
- Lắp đặt cuộn cảm bổ sung
- Thay đổi kích thước tụ lọc phẳng **DC**
- Sử dụng bộ lọc sóng hài
- Sử dụng biến tần với bộ chuyển đổi đầu vào chủ động
- Sử dụng bộ biến đổi **12** xung

20

Sóng hài – Biện pháp khắc phục

Kết nối thiết bị với một điểm có mức sự cố cao (tổng trở thấp)

- Khi lập kế hoạch lắp đặt mới, thường có nhiều lựa chọn về điểm kết nối. Điện áp hài gây ra bởi dòng hài nhất định tỷ lệ với tổng trở nguồn hệ thống (tỷ lệ nghịch với mức sự cố).

Ví dụ, các tải gây méo có thể được kết nối với thanh cái chính thay vì hạ nguồn của cáp dài dùng chung với các thiết bị khác

Sử dụng biến tần ba pha nếu có thể

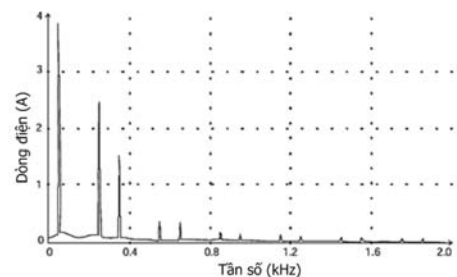
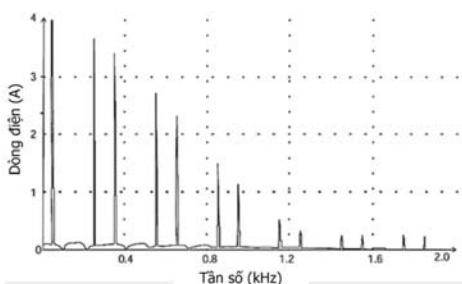
- Dòng hài cho biến tần ba pha với công suất định mức nhất định bằng khoảng 30 phần trăm so với biến tần một pha, và không có dòng trung tính. Nếu sóng hài hiện có chủ yếu do tải một pha gây ra, sóng hài bậc 5 và 7 chiếm ưu thế cũng được giảm bởi biến tần ba pha

21

Sóng hài –Biện pháp khắc phục

Lắp cuộn cảm bổ sung

- Cuộn cảm nối tiếp tại đầu vào biến tần giúp giảm đáng kể dòng hài. Lợi ích lớn nhất đối với các biến tần nhỏ không có cuộn cảm DC bên trong, nhưng cũng có thể đạt được sự giảm thiểu hữu ích với các biến tần lớn



Phổ hài cho biến tần 3 pha 1.5 kW CÓ và KHÔNG CÓ cuộn cảm đầu vào 2%

22

Sóng hài –Biện pháp khắc phục

Sử dụng giá trị điện dung lọc phẳng DC thấp hơn

- Đối với bộ chỉnh lưu **ba pha**, giá trị điện dung có thể giảm đi nhiều miễn là bộ biến tần được điều chỉnh để bù đắp cho gợn sóng điện áp kết quả. Dạng sóng dòng điện đầu vào sau đó được cải thiện và có xu hướng tiến tới trường hợp '**lý tưởng**' với cuộn cảm **DC** lớn, nơi dòng điện xấp xỉ không đổi trong thời gian dẫn **120°**

Sử dụng bộ lọc sóng hài

- Bộ lọc hài được chế tạo bằng cách sử dụng một tổ hợp các tụ điện, cuộn cảm và điện trở để chuyển hướng dòng hài xuống đất. Mỗi bộ lọc hài có thể chứa nhiều phần tử như vậy, mỗi phần tử được sử dụng để chuyển hướng sóng hài của một tần số cụ thể.

23

Sóng hài –Biện pháp khắc phục

Sử dụng biến tần với bộ chuyển đổi đầu vào chủ động

- Bộ chuyển đổi đầu vào chủ động sử dụng **PWM** tạo ra dòng hài không đáng kể, cũng như cho phép năng lượng hồi phục từ tải về nguồn cung cấp

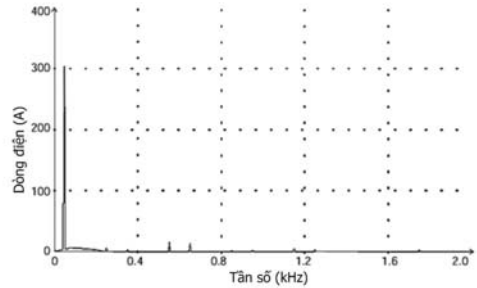
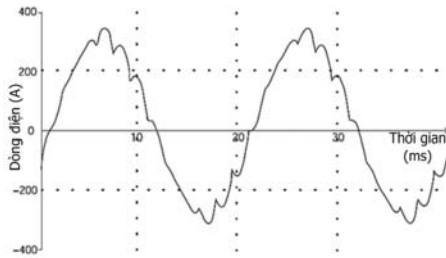
Sử dụng số xung cao hơn (12 xung hoặc cao hơn)

- Các biến tần ba pha tiêu chuẩn được định mức lên đến khoảng **200 kW** sử dụng bộ chỉnh lưu sáu xung. Bộ chỉnh lưu **12 xung** loại bỏ các sóng hài bậc **5 và 7** quan trọng (trừ một lượng nhỏ do sự mất cân bằng không hoàn hảo của các nhóm chỉnh lưu). Số xung cao hơn vẫn có thể nếu cần thiết, sóng hài thấp nhất đối với số xung p là (**p-1**)

24

Sóng hài –Biện pháp khắc phục

Sử dụng bộ biến đổi có số xung lớn hơn (12 xung hoặc hơn)



Dạng sóng dòng điện đầu vào cho bộ truyền động 150 kW với bộ chỉnh lưu 12 xung và phổ sóng hài tương ứng

25

Các sóng hài dòng điện điển hình

Mức dòng hài cho các bố trí biến tần AC tiêu chuẩn

	Dòng hài dưới dạng phần trăm của sóng cơ bản					
	I_3	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{THD}
1 pha, không cuộn cảm	97	91	83	62	51	206
1 pha, cuộn cảm 2 %	90	72	50	13	6	130
3 pha, không cuộn cảm	0 ^a	49.6	28.2	6.6	6.0	58
3 pha, cuộn cảm 3%	0 ^a	35.0	12.2	7.4	3.9	38
12 xung	0 ^a	1.8	0.6	4.5	3.1	5.8
Chỉnh lưu tích cực	0 ^a	1.4	0.3	0.5	0.2	3.3

^a Đối với nguồn cấp cân bằng

26

Chi phí chất lượng điện năng

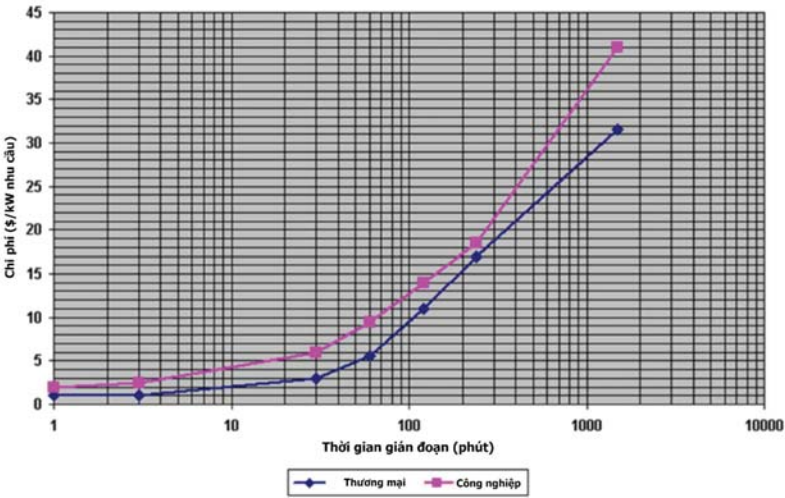
Chi phí gián đoạn tạm thời trong khoảng thời gian 1 phút tính theo USD/kW nhu cầu

	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Ngành công nghiệp		
Sản xuất ô tô	5	7,5
Cao su và nhựa	3	4,5
Dệt may	2	4
Giấy	1,5	2,5
In (báo)	1	2
Hóa dầu	3	5
Luyện kim	2	4
Thủy tinh	4	6
Khai khoáng	2	4
Chế biến thực phẩm	3	5
Dược phẩm	5	50
Điện tử	8	12
Sản xuất bán dẫn	20	60
Dịch vụ		
Thông tin liên lạc và truyền thông	2	3
Bệnh viện, ngân hàng và dịch vụ công	0,5	1
Nhà hàng, quán bar, khách sạn	0,1	0,5
Cửa hàng thương mại	1	10

Nguồn: Electrotek Concepts

Chi phí chất lượng điện năng

Chi phí của một sự cố tăng theo cấp số nhân khi thời gian kéo dài tăng lên



Tổng kết & Thảo luận



29



08. Bảo trì và sửa chữa

Đánh giá động cơ điện

30

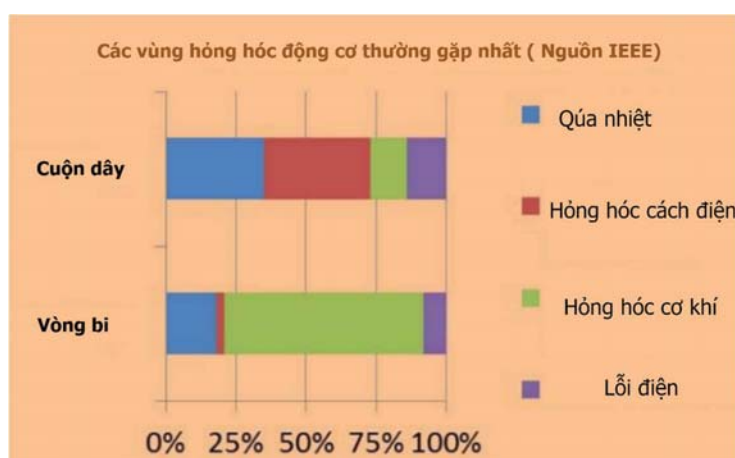
Các chủ đề đã thảo luận

- Tại sao động cơ bị hỏng ?
- Các hỏng hóc phổ biến nhất
- Yêu cầu quản lại động cơ

31

Các hỏng hóc động cơ phổ biến

Nguyên nhân hỏng hóc	%
Ổ bi	51
Cuộn dây	16
Bên ngoài	16
Khác	17



Source: IEEE

32

Phòng ngừa hỏng hóc

- Việc ngăn động cơ bị hỏng thường dễ dàng hơn là sửa chữa hoặc thay thế nó
- Hỏng hóc thường dẫn đến tổn thất trong sản xuất – điều này thường lớn hơn nhiều so với chi phí động cơ

**Bắt đầu phòng
ngừa từ đâu?**

Quy trình chạy thử nghiệm thu

Điều kiện vận hành

Chất lượng điện năng

Bảo trì và kiểm tra

33

Kỹ thuật giám sát tình trạng

Ảnh nhiệt

Phân tích
rung động

Phân tích
xung bất
thường

Như thế nào?

- Xác định giới hạn chấp nhận được cho hoạt động
- Bao gồm kế hoạch bảo trì để quản lý
- Ghi lại lịch sử và xu hướng theo thời gian

34

Ảnh nhiệt

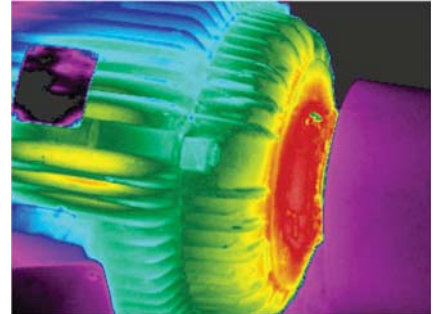
Nhìn vào

Điểm nóng trong cuộn dây

Quá nhiệt ổ bi

Kết nối đầu cực quá nhiệt

Ảnh nhiệt độc lập



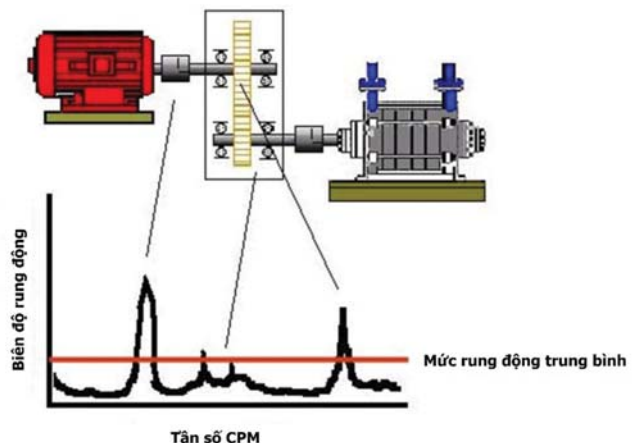
Ghi chú

- Hiểu về phép đo nhiệt để diễn giải kết quả
- Khảo sát định kỳ (nội bộ hoặc bên ngoài)
- Theo dõi xu hướng thiết bị theo thời gian

35

Phân tích rung động

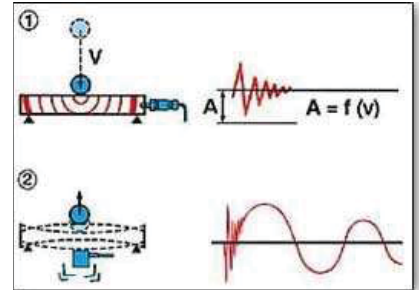
- Cải thiện việc lắng nghe
- Xác định các thành phần khác nhau bằng tần số của chúng
- Tốt nhất là theo dõi xu hướng theo thời gian
- Đối với các DNV vừa và nhỏ (SMEs), hãy tìm sự giúp đỡ bên ngoài



36

Rung động xung

- Lý tưởng để giám sát tình trạng ổ trục
- Có thể đo **chất bôi trơn** (Mức thường xuyên hoặc nền) và
- **Hư hỏng** (các giá trị đỉnh) – giống như đâm vào ổ gà
- Cần nhập thông số v/p để điều chỉnh cho tốc độ.
- Ngân sách **\$3-5kUS**. Tốt nhất để xem xét các thay đổi theo thời gian.
- Có thể thực hiện nội bộ.

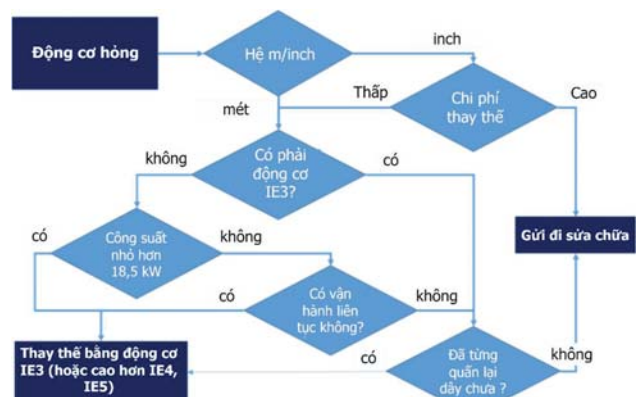


37

Ví dụ về lưu đồ ra quyết định sửa chữa/thay thế

Điều này liên quan đến một số câu hỏi chính liên quan đến những gì xảy ra khi động cơ bị hỏng:

- ✓ Hiệu suất
- ✓ Cỡ
- ✓ Thời gian chạy
- ✓ Lịch sử quần lại trước đây
- ✓ Hệ mét/hệ anh
- ✓ Chi phí khác để thay đổi



Lưu ý rằng việc thay thế ổ bi đạn không được đề cập trong sơ đồ này.

Nguồn: ABB Motors – Các hãng khác cũng có sơ đồ tương tự

38

Ví dụ thực tế

- **Phân tích kinh tế – Động cơ Hiệu suất cao IE3 hoặc IE4 so với sửa chữa hoặc nâng cấp động cơ tiêu chuẩn cũ:**

- 1 – Khi động cơ hỏng
- 2 - Ứng dụng mới
- 3 – Nâng cấp động cơ hoạt động hiện có

- Công suất và tải động cơ-75 kW, 8400 h/năm, 70% tải
- Giá điện US\$ 0,1/kWh
- Hiệu suất động cơ IE3 – 95%
- Hiệu suất động cơ cũ – 91% (giả sử IE0 cho động cơ hơn 20 năm tuổi)

39

Bài toán (Sửa chữa với thay thế động cơ cấp IE3 hoặc IE4)

Dữ liệu yêu cầu:

- Hiệu suất của động cơ IE3 mới – 95%
- Hiệu suất của động cơ IE4 mới– 96%
- Hiệu suất của động cơ cũ – 91% (giả định động cơ cũ IE0 hoạt động trên 15 năm)
- Giá của động cơ IE3 mới 75 kW: US\$4500
- Giá của động cơ IE4 mới 75 kW: US\$5625
- Giá sửa chữa động cơ cũ 75kW – US\$1500 (Sửa chữa tốt - không tăng tổn hao)
- Vòng đời của động cơ mới hiệu suất cao tới 20 năm

40

Tiết kiệm và Hoàn vốn

$$\text{Tiết kiệm điện năng [kWh/năm]} = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Chi phí khác nhau của động cơ mới (US\$)}}{\text{Năng lượng tiết kiệm } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{năm}} \right) \times \text{Giá điện (US\$/kWh)}}$$

Hr – Số giờ vận hành mỗi năm

LF – Hệ số công suất tải

P – Công suất cơ đầu ra động cơ

η_1 – Tiêu chuẩn hoặc hiệu suất của động cơ cũ

η_2 – Hiệu suất động cơ hiệu quả hơn

Tiết kiệm điện năng (Sửa chữa vs thay thế động cơ cấp IE3)

$$\text{Điện năng tiết kiệm [kWh/năm]} = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm [kWh/năm]} = 8400 \times 0,70 \times \left(\frac{75}{91} - \frac{75}{95} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm [kWh/năm]} = \mathbf{20\ 404\ kWh/năm}$$

Hoàn vốn

$$\text{Hoàn vốn giản đơn} = \frac{\text{Chỉ phí khác nhau của động cơ mới (US\$)}}{\text{Năng lượng tiết kiệm } \left(\frac{kWh}{\text{năm}} \right) \times \text{Giá điện (US\$/kWh)}}$$

$$\text{Hoàn vốn giản đơn} = \frac{4500 - 1500}{20\,404 \times 0,1}$$

$$\text{Hoàn vốn giản đơn} = \frac{3000}{2040} = \mathbf{1.47 \text{ năm}}$$

Bài toán (Sửa chữa vs Thay thế động cơ cấp IE4)

- Thay thế động cơ cấp hiệu suất IE4 thay vì IE3
 - Hiệu suất của động cơ cấp IE4: 96%
 - Giá của động cơ IE4: US\$5625

Điện năng tiết kiệm

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = 8400 \times 0,70 \times \left(\frac{75}{0,91} - \frac{75}{0,96} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = \mathbf{25\,387\,kWh/năm}$$

45

Hoàn vốn

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Chi phí khác nhau của động cơ mới (US\$)}}{\text{Năng lượng tiết kiệm } \left(\frac{kWh}{năm} \right) \times \text{Giá điện (US\$/kWh)}}$$

$$\text{Hòa vốn đơn} = \frac{5625 - 1500}{25\,387 \times 0,1}$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{4125}{2\,539} = \mathbf{1.6\,năm}$$

46

Tiết kiệm và tỷ suất hoàn vốn đầu tư (Sửa chữa vs thay thế động cơ cấp IE3)

$$\text{Năng lượng tiết kiệm [kWh/năm]} = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Tỷ suất hoàn vốn đầu tư} = \frac{\text{Giá năng lượng} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{năm}} \right) \times \text{Giá điện} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Vòng đời (năm)}}{\text{Chi phí khác của động cơ mới (US\$)}}$$

Hr – Số giờ vận hành mỗi năm

LF – Hệ số công suất

P – Công suất cơ đầu ra của động cơ

η_1 – Tiêu chuẩn hoặc hiệu suất của động cơ cũ

η_2 – Hiệu suất động cơ hiệu quả hơn

47

Tỷ suất hoàn vốn

$$\text{Tỷ suất hoàn vốn} = \frac{\text{Năng lượng tiết kiệm} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{năm}} \right) \times \text{Giá điện} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Vòng đời (năm)}}{\text{Chi phí khác của động cơ mới (US\$)}}$$

$$\text{Tỷ suất hoàn vốn} = \frac{20\,404 \times 0,1 \times 20}{4500 - 1500}$$

$$\text{Tỷ suất hoàn vốn} = \frac{40800}{3000} = \mathbf{13.6 \times 100\%}$$

48

Bài toán

- Lắp mới : Quyết định giữa động cơ IE4 thay vì IE3
 - Hiệu suất động cơ IE3: 95%
 - Hiệu suất động cơ IE4: 96%
 - Giá động cơ IE3: US\$4500
 - Giá động cơ IE4: US\$5625

49

Điện năng tiết kiệm

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = 8400 \times 0,70 \times \left(\frac{75}{95} - \frac{75}{96} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = \mathbf{4835 \text{ kWh/year}}$$

50

Hoàn vốn

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Chi phí khác cho động cơ mới (US\$)}}{\text{Năng lượng tiết kiệm} \left(\frac{kWh}{\text{năm}} \right) \times \text{Giá điện (US\$/kWh)}}$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{5625 - 4500}{4835 \times 0,1}$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{1125}{483,5} = \mathbf{2,3 \text{ năm}}$$

51

Bài toán (Cải tạo động cơ đang vận hành bằng động cơ cấp IE3)

- Thay thế với động cơ cấp IE3
 - Hiệu suất động cơ cấp IE3: 95%
 - Giá động cơ IE3: US\$4500
 - Giá trị thanh lý động cơ cũ: US\$500

52

Điện năng tiết kiệm

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = 8400 \times 0,70 \times \left(\frac{75}{91} - \frac{75}{95} \right)$$

$$\text{Điện năng tiết kiệm } [kWh/năm] = \mathbf{20\ 404\ kWh/năm}$$

53

Hoàn vốn

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Chi phí khác cho động cơ mới (US\$)}}{\text{Năng lượng tiết kiệm } \left(\frac{kWh}{năm} \right) \times \text{Giá điện (US\$/kWh)}}$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{4000}{20\ 404 \times 0,1}$$

$$\text{Hoàn vốn đơn} = \frac{4000}{2040} = \mathbf{2\ năm}$$

54

Tổng kết & Thảo luận



55



09. Báo cáo đánh giá MSO

Đánh giá động cơ điện

56

Các chủ đề đã thảo luận

1. Báo cáo đề xuất kinh doanh

2. Đánh giá tài chính các đề xuất MSO

- ✓ Các cách đánh giá cơ bản
- ✓ Giá trị theo thời gian của tiền
- ✓ NPV và LCC

57

Mục lục của báo cáo MSO

- Tóm tắt điều hành
- Giới thiệu
- Mục tiêu của nghiên cứu
- Tổng quan nhà máy
- Đánh giá MSO ban đầu
 - Lý do lựa chọn hệ thống động cơ
 - Hiện trạng
 - Sơ đồ hệ thống
 - Tiêu thụ năng lượng cơ sở
- Đánh giá chi tiết MSO
 - Yêu cầu quy trình
 - Đặc tính cơ của tải
 - Đặc tính truyền động
 - Đặc tính động cơ và điều khiển động cơ
 - Chất lượng điện năng
- Đo lường và phân tích
 - Kế hoạch đo lường
 - Thu thập số liệu và phân tích
 - Thu thập các số liệu khác và phân tích
- Các cơ hội được xác định
 - Cơ hội 1
 - Cơ hội 2
- Khuyến nghị
- Những cơ hội nào được khuyến nghị
- Phụ lục

58

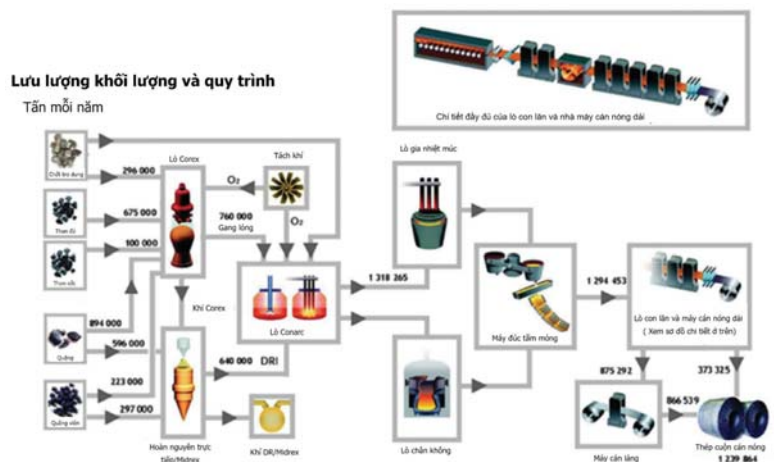
Mục tiêu của nghiên cứu

- Quan trọng là phải nêu rõ mục đích của nghiên cứu (**khả thi, đề xuất kinh doanh, kiểm toán quy trình hoặc thiết bị**)
- Phương pháp đánh giá (**tại sao, ai, cái gì, ở đâu, khi nào, như thế nào**)
- Kết quả mong đợi

59

Tổng quan chu trình nhà máy

- Tổng quan về sản xuất của nhà máy
- Sơ đồ khối đơn giản
- Các thông số chính về năng lượng
- Biểu đồ tròn hoặc cột về SEU nếu có

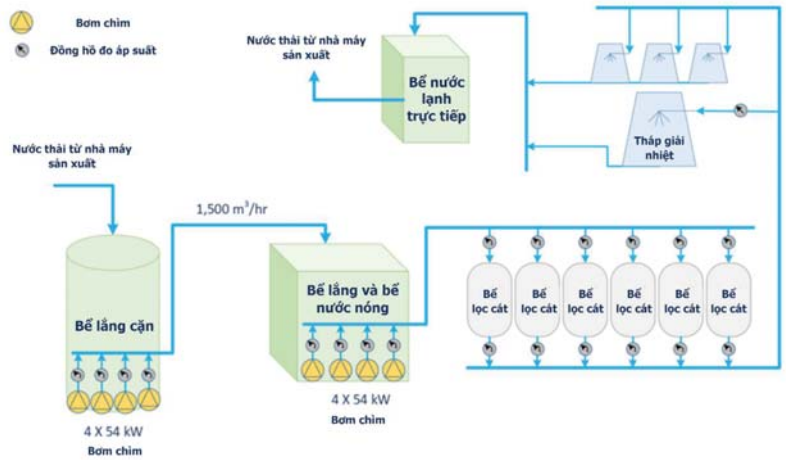


Nguồn: www.arcelormittals.com

60

Tổng quan hệ thống bơm

- Sơ đồ khối đơn giản của hệ thống động cơ đang được đánh giá
- Các thông số vận hành cho sản xuất
- Biểu đồ bánh hoặc biểu đồ thanh về SEU nếu có



61

Mạng lưới điện và chi phí của nhà máy

Tổng tiêu thụ năng lượng của nhà máy

Các yếu tố tiêu thụ năng lượng chính

Sơ đồ đơn tuyến đơn giản hóa

Làm nổi bật hệ thống động cơ cần đánh giá

62

Lựa chọn hệ thống động cơ

- Giải thích về cách thức và lý do hệ thống động cơ được chọn
- Thường đi kèm với danh sách các động cơ chính tại nhà máy

63

Danh sách động cơ chính

	Hệ thống nhà máy	Ứng dụng động cơ	Số lượng	Công suất định mức	Tổng
1	Refrigeration A300	OLD Comp. NH3	5	300	1500
2	Refrigeration A300	NEW Comp. NH3	4	330	1320
3	Refrigeration B08	Comp. NH3	3	400	1200
4	air compressors	air comp motor	4	135	540
5	air compressors	air comp motor	2	250	500
6	Refrigeration A300	5 °C pump	4	75	300
7	air dryer	Compr. Air dryer	3	90	270
8	Amenity Chillerno.1	Chiller Comp no. 2	2	104	208
9	B08 colling tunnel 1	Cooling cell from 1 to 12	12	17	204
10	B08 colling tunnel 2	Cooling cell from 1 to 12	12	17	204
11	process(UHT3.4.5)	UHT3.4.5	1	200	200
12	Amenity Chillerno.1	Chiller Comp no. 1	2	90	180
13	process(UHT3.4.5)	UHT3.4.5	1	160	160
14	process	MP1	1	132	132
15	Amenity Chillerno.1	Chiller Comp no. 3	2	63	126
16	Refrigeration A300	OLD Evap. Cond fan	4	30	120
17	Refrigeration B08	MPG Secondary Pumps	3	37	111
18	process(UHT3.4.5)	UHT3.4.5	6	18.5	111
19	process(UHT2)	UHT2	1	110	110
20	process(UHT3.4.5)	UHT3.4.5	1	110	110
21	process	CIP 4	7	15	105
22	air dryer	Compr. Air dryer	1	104	104

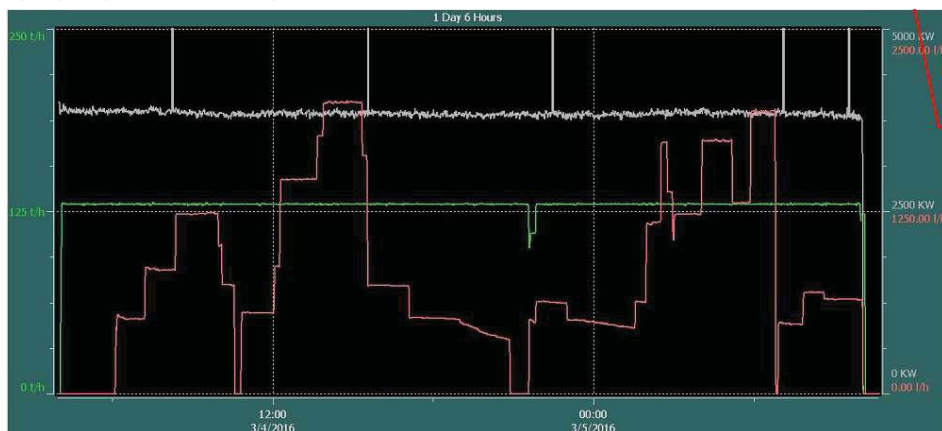
64

Đo lường và kết quả

- Đo lường các thông số năng lượng hiện có
- Điều kiện vận hành của tải và quy trình
- Điểm đặt và thông số kỹ thuật của tải và quy trình

65

Biểu đồ chu trình tải



Cung cấp giải thích phù hợp về biểu đồ phụ tải

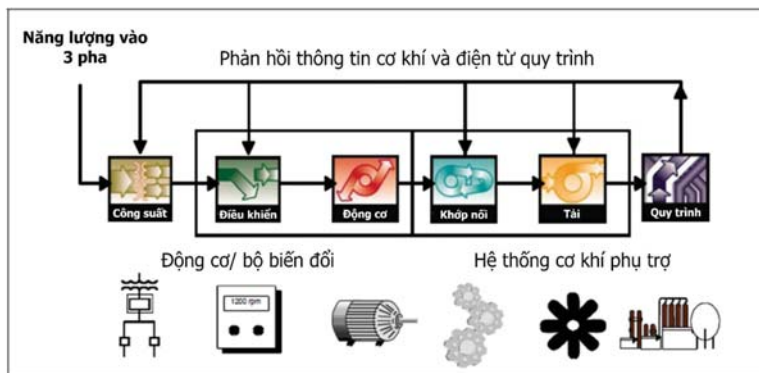
66

Phân tích

- Phải bao gồm tính toán đường cơ sở (tiêu thụ năng lượng ban đầu)
- Phải bao gồm phân tích tất cả các yếu tố của hệ thống động cơ
- Bao gồm mọi giả định (ví dụ: chi phí, thông số vận hành) đã được sử dụng để tính toán tiêu thụ năng lượng.

67

Phân tích hệ thống động cơ

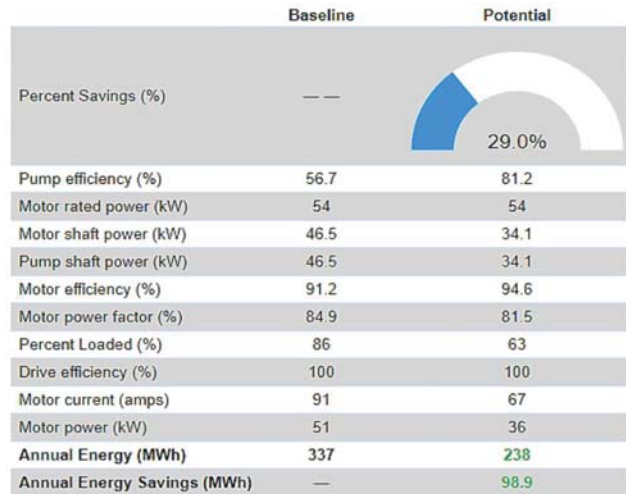


Tất cả các yếu tố của hệ thống cần được điều tra và phân tích.

68

Phân tích hệ thống động cơ

Ví dụ điển hình: màn hình hiển thị kết quả tiết kiệm tiềm năng (sử dụng phần mềm MEASUR)



69

Cơ hội tiết kiệm năng lượng

- Sau khi phân tích và xác định các cơ hội
- Định lượng từng cơ hội (tiết kiệm năng lượng)
- Xếp hạng các cơ hội bằng ma trận rủi ro phù hợp với tổ chức của bạn
- Bảng tóm tắt hoặc sơ đồ để làm nổi bật các con số và tùy chọn chính

70

Ma trận đánh giá rủi ro cho các cơ hội

- Một ví dụ về ma trận rủi ro đơn giản cho các cơ hội. Lượng tiết kiệm năng lượng và chi phí thực tế có thể được đưa vào ma trận. Cột rủi ro có thể được mở rộng để bao gồm, ví dụ, rủi ro sản xuất, rủi ro tài chính, rủi ro kinh doanh tổng thể.

	Mô tả đề xuất	Chi phí thực hiện	Thời gian thực hiện	Thời gian hoàn vốn	Rủi ro
1	Biến tần trung thế	Rất cao	Rất lớn	Trung bình	Không rủi ro
2	Bộ khởi động mềm cải tiến	Cao	Rất lớn	Trung bình	Thấp
3	Bật/tắt	Không tốn chi phí	Ngay lập tức	Ngay lập tức	Rất lớn
4	Tối ưu hóa điều khiển vận hành	Không tốn chi phí	Ngay lập tức	Ngay lập tức	Không rủi ro

71

Tóm tắt cơ hội

- Sau khi phân tích và xác định các cơ hội
- Bảng tóm tắt hoặc sơ đồ để làm nổi bật các con số và tùy chọn chính
- Nên nhắc nhở người đọc về tất cả các cơ hội trong một bảng trên một trang

72

Tóm tắt những cơ hội tốt

Tiêu chí	Cải thiện hiệu suất	Bật/tắt	Điều khiển tốc độ quạt	Điều chỉnh góc cánh quạt	Bù hệ số công suất
Phương pháp thực hiện	Thay thế động cơ quá khổ (190 KW) hiệu suất thấp hiện có bằng động cơ IE4 hiệu suất cao (160 KW) mới Chi phí: Mua động cơ mới	Sửa đổi mạch điều khiển để thêm chế độ vận hành tự động và lắp đặt bộ khởi động mềm để giảm ảnh hưởng của việc khởi động lặp lại lên động cơ và các bộ phận cơ khí Chi phí: Mua bộ khởi động mềm & sửa đổi mạch	Lắp đặt biến tần (VFD) và sửa đổi mạch điều khiển để thực hiện vận hành quạt tốc độ thay đổi Chi phí: Mua VFD, động cơ mới (tương thích với vận hành VFD) & sửa đổi mạch	Điều chỉnh góc cánh quạt là 8.9 trong sáu tháng có nhiệt độ môi trường cao hơn và là 7.9 trong sáu tháng có nhiệt độ môi trường thấp hơn Chi phí: Chi phí nhân công	Lắp đặt tự bù hệ số công suất với công suất phản kháng 90 kVAR Chi phí: Mua tụ bù và lắp đặt.
Chi phí thực hiện (LE)	300.000	80.000	460.000	3.000	20.000
Tiết kiệm hàng năm (LE)	6.384	82.313,1	116.826,89	11.970	1.191,92
Thời gian hoàn vốn (Năm)	47	0,97	3.94	0,25	16,78

73

Khuyến nghị

- Từ danh sách các cơ hội, đề xuất những cơ hội nào sẽ được thực hiện và theo thứ tự nào.
- Nếu các cơ hội sẽ không được thực hiện hoặc bị trì hoãn, hãy giải thích lý do tại sao.

74

Tổng kết & thảo luận



- Có câu hỏi nào không?



10. Giới thiệu về tài chính dự án

Đánh giá động cơ điện

Đánh giá tài chính các dự án MSO

Các cách
đánh giá cơ
bản

Giá trị của
tiền tệ theo
thời gian

NPV và LCC

77

Thẩm định tài chính là gì?

Mọi tổ chức...

Cần kiểm soát chi tiêu

- Chi tiêu hiện tại (Chi phí)
- Chi tiêu vốn (Đầu tư)

Cần đưa ra lựa chọn nơi để chi tiêu

- Chi tiêu; Có hay không?
- Lựa chọn giữa các phương án đầu tư vào dự án tiết kiệm
- Lựa chọn giữa các phương án sử dụng chi phí vòng đời (LCC)

78

Hoàn vốn giản đơn (SPB)

SPB = Chi phí ban đầu / Tiết kiệm hàng năm

Thông thường các tổ chức có một giới hạn, ví dụ: chỉ những cơ hội có thời gian hoàn vốn dưới **2 năm** mới được xem xét

Được gọi là "**giản đơn**" vì nó không xem xét đến các ảnh hưởng của lạm phát, thuế và chi phí vốn

79

Hòa vốn giản đơn (SPB)

Ưu điểm:

- Nhanh và đơn giản
- Điểm khởi đầu tốt để xếp hạng các dự án
- Hữu ích để ước tính nhanh
- Có thể được sử dụng cho những cơ hội có chi phí thấp

Nhược điểm:

- Quá đơn giản cho các dự án lớn hoặc quan trọng đòi hỏi phân tích chi tiết
- Không tính đến lạm phát, tỷ lệ chiết khấu
- Không tính đến chi phí vòng đời

80

Giá trị của tiền tệ theo thời gian

Nếu tôi đưa ra lựa chọn **10.000 USD** hiện tại hoặc **1.250 USD** mỗi năm trong **10** năm
Bạn sẽ chọn cái nào?

Lựa chọn 1:

Bạn tiêu cả hai hình thức thanh toán ngay khi nhận được

Lựa chọn 2:

Bạn đầu tư cả hai hình thức thanh toán với lãi suất 11% mỗi năm và lạm phát 22%

81

Lạm phát và lãi suất

- Do lạm phát, tiền trong tương lai có giá trị thấp hơn hiện tại.
- Giả sử lạm phát **22%**, thì **10.000 USD** hiện tại có giá trị **7.800 USD** sau một năm.
- Gửi tiền vào ngân hàng, giá trị danh nghĩa của tiền tăng theo lãi suất.
- Giả sử lãi suất **11%**, **1000 USD** sẽ thành **1110 USD** vào cuối năm.
- Nhưng do lạm phát, **1110 USD** đó sẽ chỉ có sức mua tương đương **865 USD**.

82

Tỷ lệ chiết khấu (hoặc Tỷ lệ hoàn vốn tối thiểu chấp nhận được)

Cần biết về tỷ lệ chiết khấu

- Đây là mức hoàn vốn mà tổ chức sẽ quyết định đầu tư
- Đôi khi tăng lên cho các dự án rủi ro hơn
- Liên quan đến chi phí mà tổ chức phải chịu để huy động vốn
- Chi phí sử dụng vốn bình quân gia quyền (WACC) (nợ và vốn chủ sở hữu)
- Thường thì kế toán của bạn sẽ biết tỷ lệ chiết khấu
- Giả sử tiền có sẵn

83

Giá trị hiện tại ròng (NPV)

- Giá trị hiện tại của một khoản tiền trong tương lai
- 100 USD trong một năm với lạm phát 22% có giá trị hiện tại là 78%

NPV là giá trị hiện tại của tất cả các dòng tiền vào

Dòng tiền âm là dòng tiền chi ra

Dòng tiền dương là dòng tiền thu vào

Xét về mặt năng lượng, chúng ta đầu tư vào 1 dự án hiện tại để tiết kiệm năng lượng trong tương lai

Chúng ta có thể bao gồm chi phí bảo trì và sửa chữa

Chúng ta có thể có giá trị phế liệu/thanh lý vào cuối dự án

84

Giá trị hiện tại ròng (NPV)

$$PV = \frac{FV}{(1 + i)^n}$$

Ở đây

- *PV* là giá trị hiện tại của tất cả các dòng tiền vào
- *FV* là tổng của tất cả các dòng tiền
- *i* là tỷ lệ chiết khấu
- *n* là số chu kỳ

$$NPV = PV - INV$$

NPV → Là giá trị hiện tại

INV → Là khoản đầu tư ban đầu

Nếu $NPV > 0$ thì có lãi

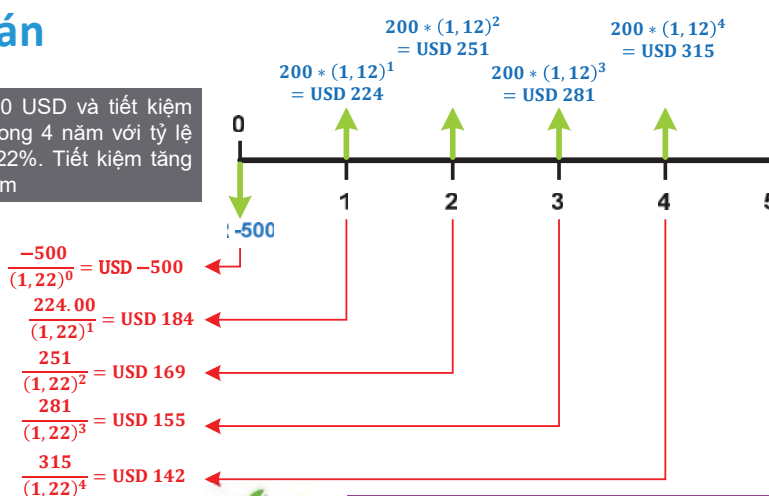
Dự án khả thi nếu :

- Nếu bạn có tiền
- Đó là NPV tốt nhất hiện có
- Nó thực tế và không ảnh hưởng đến sản xuất

85

Ví dụ tính toán

Đầu tư 1000 USD và tiết kiệm 200 USD trong 4 năm với tỷ lệ chiết khấu 22%. Tiết kiệm tăng 12% mỗi năm



Dòng tiền dương (vào, ví dụ tiết kiệm)
Dòng tiền âm (ra, ví dụ đầu tư)

86

Tỷ suất hoàn vốn nội tại (IRR)

- Rất giống với **NPV**
- Không sử dụng tỷ lệ chiết khấu, mà tính toán một tỷ suất hoàn vốn nội tại (**IRR**) dựa trên các dòng tiền dự kiến
- **IRR** sau đó được so sánh với tỷ lệ chiết khấu (hoặc tỷ lệ rào cản của công ty, hoặc với **IRR** của các dự án khác)
- Nếu **IRR** = tỷ lệ chiết khấu, thì **NPV** = 0
- Nếu **IRR** > tỷ lệ chiết khấu, thì **NPV** > 0

IRR = chỉ số về hiệu quả hoặc năng suất (%)
NPV = chỉ số về độ lớn của lợi nhuận đầu tư (EGP)

87

Tính toán NPV và IRR – Công cụ của UNIDO

Financial Benefits of an investment				
Year 0	-	500	Discount Rate	22%
Year 1		224	Savings Inflation	12%
Year 2		251		
Year 3		281		
Year 4		315		
Year 5				
Year 6				
Year 7				
Year 8				
Year 9			NPV	R 148.96
Year 10			IRR	36%

88

Chi phí vòng đời (LCC)

- **LCC** được sử dụng để so sánh xem dự án nào trong 2 hoặc nhiều dự án sẽ có tổng chi phí thấp hơn trong suốt vòng đời của nó.
- Tất cả các dòng tiền đều âm vì chúng là chi tiêu.
- Để so sánh, **NPV** được sử dụng để so sánh xem dự án nào trong 2 hoặc nhiều dự án sẽ mang lại lợi nhuận tốt hơn.

89

Chi phí vòng đời (LCC)



Ví dụ

Mua một máy bơm tốc độ cố định với giá **5.000 USD** và chi phí vận hành hàng năm là **7.000 USD**

Hoặc

Mua một máy bơm điều tốc với giá **10.000 USD** và chi phí vận hành hàng năm là **3.000 USD**

90

Chi phí vòng đời (LCC) – Công cụ của UNIDO

Life Cycle Costing (LCC)				
	Option 1	Option 2		
Cost	-5,000	-10,000	Interest/Discount	22%
Year 1	-7,000	-3,000	Savings Inflation	12%
Year 2	-7,840	-3,360		
Year 3	-8,781	-3,763		
Year 4	-9,834	-4,215		
Year 5	-11,015	-4,721		
Year 6	-12,336	-5,287		
Year 7	-13,817	-5,921		
Year 8	-15,475	-6,632		
Year 9	-17,332	-7,428		
Year 10	-19,412	-8,319		
LCC	LE 45,237	LE 27,244		

91

Tổng kết & Thảo luận



- Có câu hỏi nào không ?

92

Các trường hợp nghiên cứu: Tài chính dự án

- Ví dụ về NPV
- Ví dụ về LCC

93



11. Đo lường

Đánh giá động cơ điện

94

Thảo luận & Trình diễn

- Trình diễn các thiết bị đo

95

Bộ ghi chất lượng điện năng và năng lượng

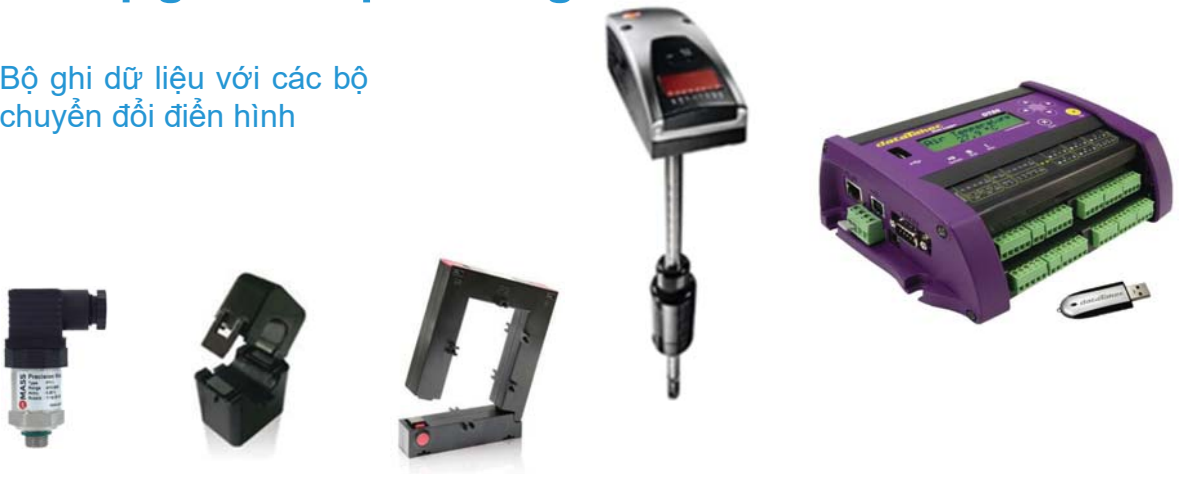
Bộ ghi dữ liệu công suất với phân tích cơ bản về chất lượng nguồn cung



96

Các bộ ghi dữ liệu chung

Bộ ghi dữ liệu với các bộ chuyển đổi điện hình



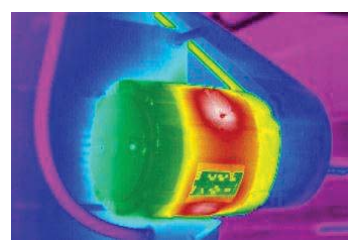
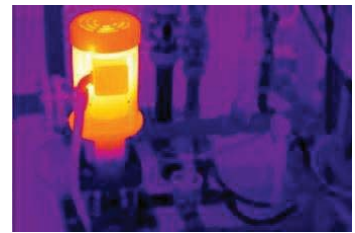
97

Ampe kìm cầm tay



98

Camera ảnh nhiệt



Thiết bị đánh giá động cơ



Đồng hồ đo tốc độ vòng quay



Thiết bị giám sát môi trường



Ghi dữ liệu On/Off



12. Khảo sát thực địa

Đánh giá động cơ

101

Chương trình thực địa – Mục tiêu

Tích lũy kinh nghiệm thực tế về cách tiến hành đánh giá hệ thống động cơ

- Tổng quan nhà máy
- Tổng quan **MSO**
- Tiến hành đánh giá **MSO**
- Đo đạc và thu thập dữ liệu
- Phân tích dữ liệu thu được
- Đề xuất các cơ hội và khuyến nghị

102

Khảo sát thực địa – Chương trình

Ngày 3 – Khảo sát thực địa – Nhà máy giấy Xương Giang		Ngày 4 – Nhà máy chủ quản – Nhà máy giấy Xương Giang	
08h30	Chào mừng và giới thiệu	08h30	Thảo luận mở đầu (Q&A)
09h00	Tổng quan nhà máy và chào mừng từ ban lãnh đạo nhà máy	08h45	Phân tích các quan sát và dữ liệu
09h30	Hướng dẫn an toàn	10h00	Tiệc trà (giải lao)
09h40	Mục tiêu đào tạo & chia nhóm	10h15	Tóm tắt các phát hiện và quan sát
10h00	Tiệc trà (giải lao)	12h00	Ăn trưa
10h15	Đánh giá các hệ thống động cơ	13h15	Các cơ hội cho từng hệ thống động cơ
11h00	Kiểm tra thực địa, đánh giá hệ thống lần đầu	14h00	Trình bày các phát hiện và cơ hội
12h00	Ăn trưa	15h00	Tiệc trà (giải lao)
13h15	Phiên đánh giá hệ thống động cơ 1	15h15	Phản hồi cho ban lãnh đạo nhà máy
14h00	Phiên đánh giá hệ thống động cơ 2	16h00	Các bước tiếp theo – Bài tập & hội thảo trực tuyến
15h00	Tiệc trà (giải lao)	16h30	Kết thúc
15h15	Phiên đánh giá hệ thống động cơ 3		
16h00	Phân tích các quan sát và dữ liệu		
16h30	Kết thúc		

Khảo sát thực địa

Vui lòng ghi nhớ:

- Dày bảo hộ
- Luôn tuân thủ hướng dẫn của nhân viên Nhà máy giấy Xương Giang
- Không tự ý đi lang thang
- Không chụp ảnh khi chưa được phép



13. Các bước tiếp theo MSO

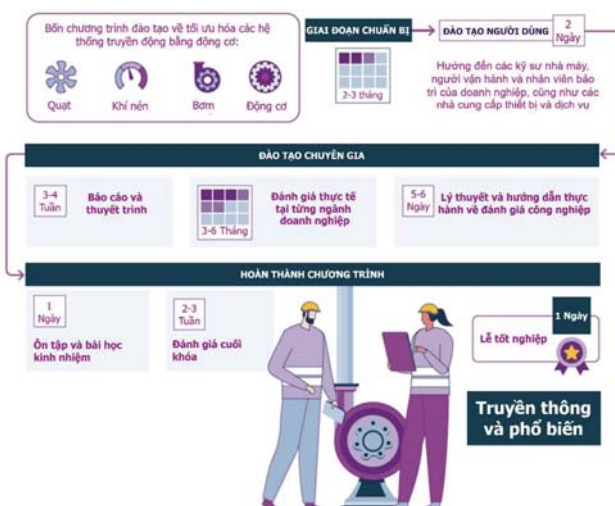
Chứng nhận

105

Chương trình đào tạo MSO

Thành phần chính:

1. Đào tạo doanh nghiệp tại lớp học
2. Đào tạo chuyên gia (có thực địa)
3. Bài tập cá nhân tại doanh nghiệp công nghiệp
4. Đánh giá cuối kì



106

Chứng chỉ chuyên gia MSO

Yêu cầu:

- Tham gia đào tạo người dung (học chung với doanh nghiệp) (2 ngày).
- Làm và vượt qua bài kiểm tra đào tạo doanh nghiệp, đạt ít nhất 70%.
- Tham dự lớp đào tạo chuyên gia (5 ngày). AH1
- Tích cực tham gia thảo luận trên lớp, trình diễn thực tế và thuyết trình.
- Hoàn thiện một bài đánh giá MSO cá nhân tại một nhà máy.
- Tham dự các hội thảo trực tuyến về tiến độ theo lịch cho trước.
- Làm và vượt qua bài thi cuối kỳ dựa trên nội dung khóa học, đạt điểm tối thiểu 70%.
- Đạt được tổng điểm cuối kỳ tối thiểu 70% dựa trên báo cáo cá nhân, bài thi cuối kỳ và sự tham gia trên lớp.

Các bước tiếp theo

	Lịch trình chuyên gia MSO	Ngày
1	Phân nhóm và xác nhận hệ thống sẽ được đánh giá	
2	Hội thảo trực tuyến đánh giá MSO 1	
3	Hội thảo trực tuyến đánh giá MSO 2	
4	Nộp báo cáo bài tập (bản nháp đầu tiên)	
5	Nộp báo cáo đánh giá (bản cuối)	
6	Thi cuối kì	
7	Tốt nghiệp	

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.

CẢM ƠN

Kết thúc buổi học

Cảm ơn sự tham gia của bạn

Vui lòng hoàn thành bản đánh
giá khóa học

