

Quản lý sử dụng động cơ điện



Động cơ điện là thiết bị tiêu thụ điện nhiều nhất trên thế giới

Sử dụng cuối cùng	Tiêu thụ	
	TWh/năm	Tỷ lệ (%)
Động cơ dẫn động:	28,5	60
• Bơm và quạt	13,0	27
• Sử dụng các đ/c khác	7,9	17
• Nghiền và làm mịn	5,5	12
• Máy nén	1,5	3
• Phân xưởng lạnh	0,6	1
Các sử dụng khác	19,2	40
• Điện phân	3,8	8
• Các quá trình liên quan	3,6	8
• Nấu chảy	3,4	7
• Thắp sáng	2,6	5
• Lò điện, sưởi ấm	2,3	5
• Công nghiệp nhẹ	2,1	4
• Gia nhiệt	1,4	3
TỔNG CỘNG	47,7	
Phân bố tiêu thụ điện năng trong các ngành Công nghiệp ở Thụy Điển		

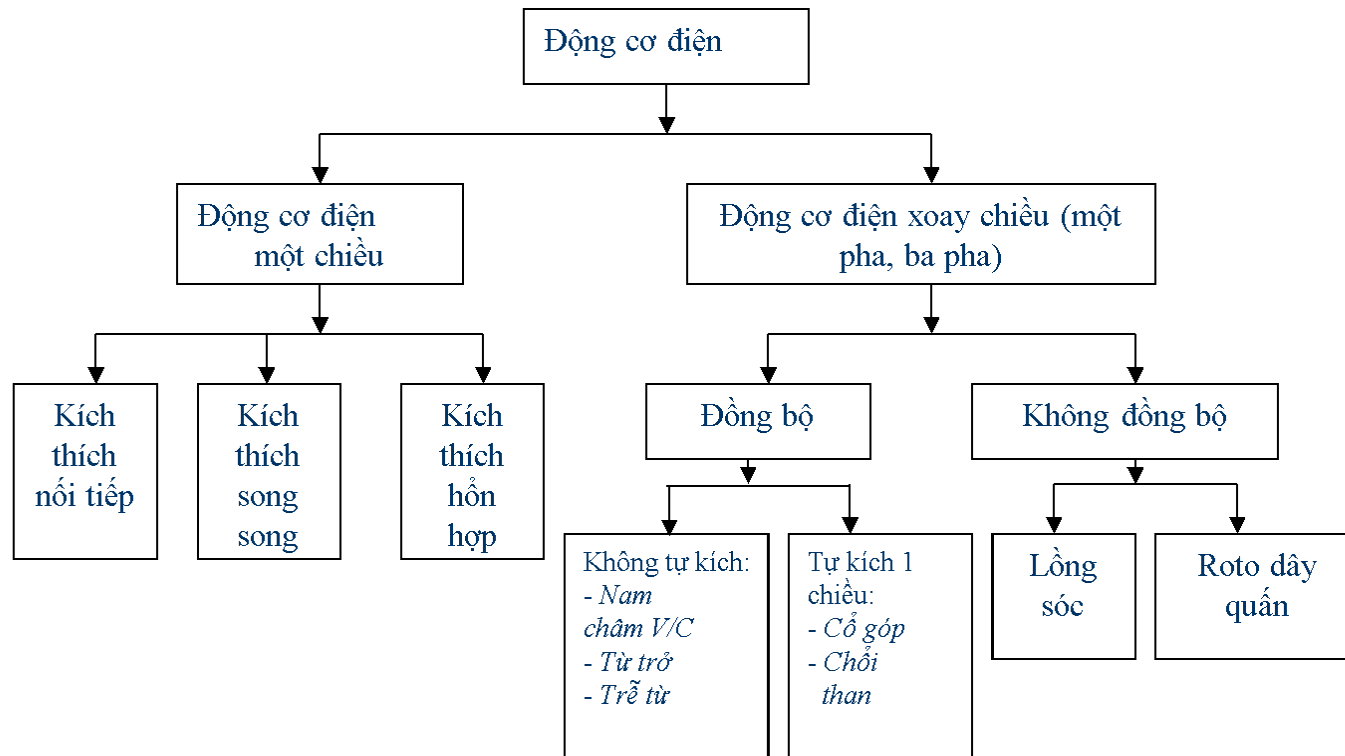
Động cơ điện

- Hộ tiêu thụ điện quan trọng nhất trong các nhà máy/cơ sở sản xuất là động cơ điện.



- Động cơ điện thường sử dụng nguồn điện 3 pha 380V
- Đơn vị đo công suất động cơ: kW hoặc hp (1hp=0,746kW)
- Tốc độ định mức: 1.450 vòng/phút; 2900 vòng/phút; 970 vòng/phút; 730 vòng/phút,...

Phân loại động cơ điện



Động cơ không đồng bộ

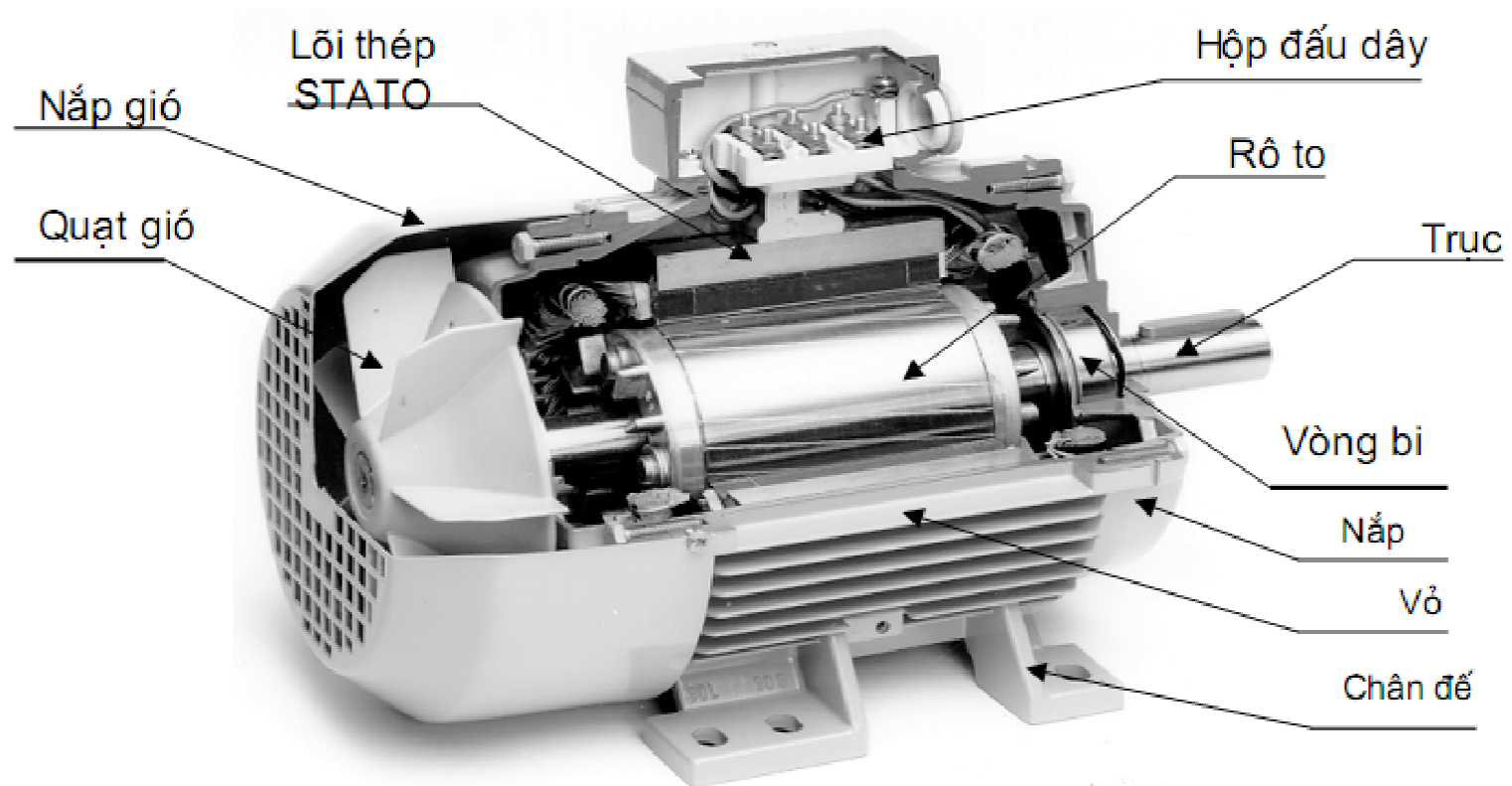
- Động cơ không đồng bộ được sử dụng thông dụng cho các thiết bị khác nhau trong công nghiệp:
 - Nguồn động lực kéo các phụ tải thông qua các hệ thống truyền động cơ khí
 - Một số động cơ nhỏ được sử dụng như một cơ cấu chấp hành trong các hệ thống điều khiển tự động



Động cơ không đồng bộ

- Tốc độ quay của rôto nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường nên gọi là động cơ không đồng bộ
- Ưu điểm:
 - Thiết kế/kết cấu đơn giản
 - Độ bền cao
 - Rẻ tiền
 - Dễ vận hành, bảo trì
- Nhược điểm:
 - Hệ số $\cos\Phi$ lớn
 - Dòng khởi động lớn, khó điều chỉnh tốc độ

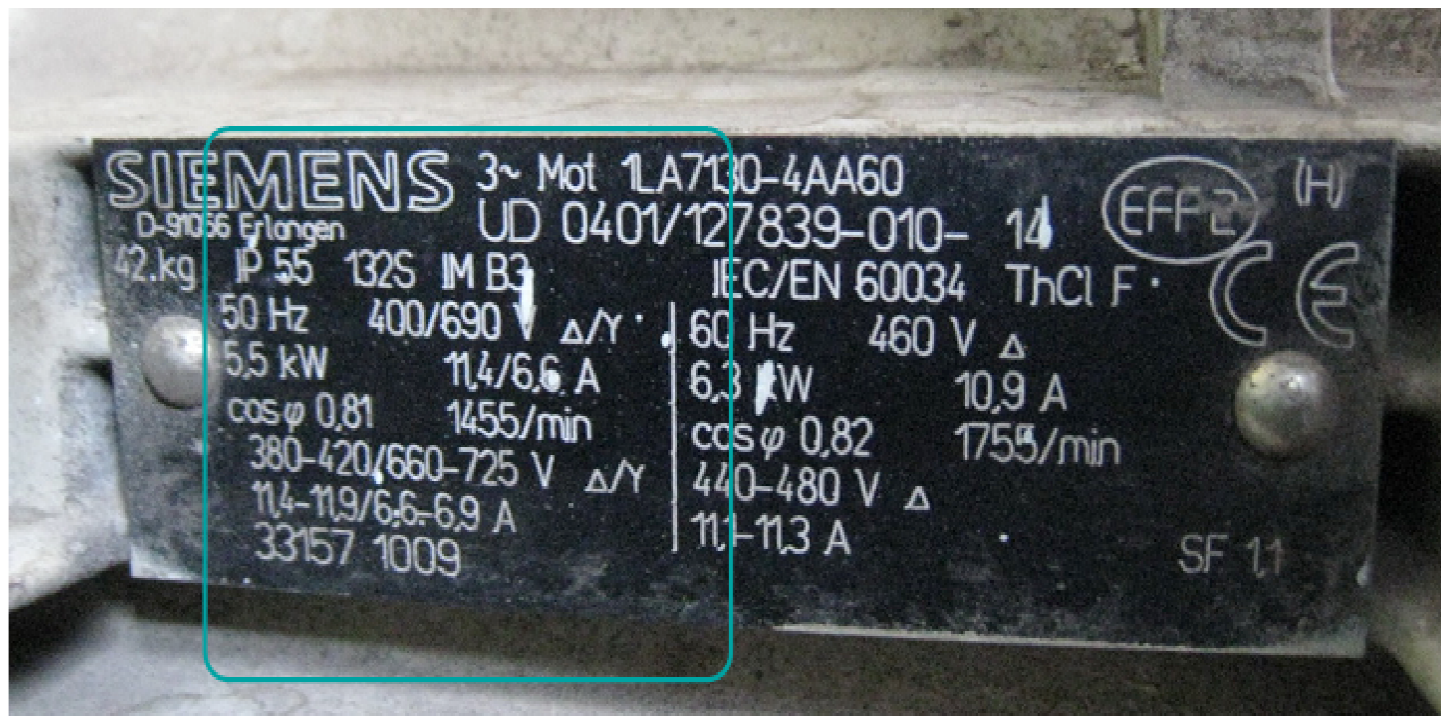
Cấu tạo của động cơ không đồng bộ



Các thông số đặc trưng của động cơ

- Công suất định mức (kW)
- Hiệu suất động cơ (%)
- Tốc độ quay (vòng/phút)
- Điện áp (V)
- Tần số (Hz)

Thông số của động cơ



Động cơ tiêu thụ bao nhiêu điện năng ?

- Trung bình, giá mua động cơ chỉ bằng 1 đến 2% tổng chi phí tiền điện của động cơ tiêu thụ trong suốt đời sống của nó (khoảng 20 năm)
- Khi DN bỏ ra khoảng 10 000 000 đồng để mua một động cơ 11 kW, tức là DN phải trả khoảng 1 000 000 000 đồng tiền điện để vận hành động cơ trong suốt đời sống của nó

Động cơ tiêu thụ bao nhiêu điện năng ?

Ví dụ:

- Loại động cơ: 55 kW
- Hiệu suất động cơ: 92% ở tải 80% định mức
- Giá mua động cơ: 55 000 000 đồng
- Số giờ vận hành: 4000 giờ/năm
- Giá điện: 900 đồng/kWh
- Chi phí tiền điện hàng năm = $(900 \times 55 \times 0,8 \times 4000)/0,9 = 176\,000\,000$ đ
- Tiền điện cả đời động cơ = $176\,000\,000 \times 20 = 3\,520\,000\,000$ đ
- Chi phí mua đ/c/Tổng tiền điện = 1,56%

Các loại tổn thất năng lượng của động cơ

Các tổn thất động cơ gồm có:

- *Tổn thất cuộn dây (58%) – cuộn dây Stator, cuộn dây Rotor*
- *Tổn thất sắt từ (12%)*
- *Tổn thất ma sát và lệch trục (14%)*
- *Tổn thất rò điện (16%)*

Các tổn thất làm giảm hiệu suất và tuổi thọ của động cơ

Tổn thất cuộn dây

- Là tổn thất do điện trở các dây quấn Stator và Rotor gây ra.
- Thành phần này gây đến 58% tổn thất của động cơ
- Để cải thiện người ta thường tăng kích thước rãnh Stator và kích thước dây quấn, tăng kích thước các thanh dẫn của Rotor

Tổn thất sắt từ

- Là tổn thất dòng điện quẩn, tổn thất lệch pha tại lõi các thành vật liệu và khe hở giữa Rotor và Stator.
- Thành phần này chiếm khoảng 12% tổng tổn thất của động cơ.
- **Để giảm tổn thất:**
 - *Sử dụng các lá thép mỏng và chất lượng cao hơn*
 - *Làm dài thêm lõi để giảm mật độ từ thông*
 - *Giảm kích thước khe hở giữa Rotor và Stator*

Tổn thất ma sát và lệch trục

- Là tổn thất do ma sát các đầu trục, do lệch trục, tiêu tốn năng lượng cho quạt làm mát
- Thành phần này chiếm khoảng 14% tổng tổn thất của động cơ
- *Để giảm tổn thất:*
 - *Tăng và nâng cao chất lượng vòng đỡ*
 - *Cải tiến thiết kế luồng không khí làm mát*

Tổn thất rò điện

- Là các tổn thất do các hài bậc cao và các tổn thất khác gây ra
- Thành phần này chiếm khoảng 16% tổng tổn thất của động cơ
- Để giảm tổn thất người ta phải tối ưu hoá các khâu thiết kế và chế tạo động cơ

Động cơ điện hiệu suất cao (HEM)

Là những động cơ có các đặc tính:

- Hiệu suất cao hơn các động cơ thông thường khác
- Tiếng ồn giảm nhiều nhờ quạt làm mát nhỏ hơn, nhiệt phát ra ít hơn, tổn thất thấp hơn
- Tuổi thọ của động cơ cao hơn
- Dầu mỡ bôi trơn có tác dụng lâu hơn do nhiệt độ các đầu trục thấp hơn. Dẫn đến chu kỳ bảo dưỡng dài hơn. Chi phí bảo dưỡng thấp hơn.
- Kích thước chế tạo gọn nhẹ hơn, hoặc có thể đạt công suất cao hơn khi cùng kích thước.
- Giá mua động cơ đắt hơn

Hiệu suất và công suất tiết kiệm của động cơ hiệu suất cao

Công suất định mức (hp)	Hiệu suất (%)		Công suất tiết kiệm (W)
	Động cơ hiệu suất cao	Động cơ tiêu chuẩn	
1	84	76,5	87
1 ^{1/2}	85,5	78,5	116
2	85,6	80,8	122
3	88,5	79,9	272
5	88,8	83,1	274
7 ^{1/2}	90,2	83,8	474
10	90,2	85	506
15	91,7	86,5	734
20	93	87,5	1008
25	93	88	1139
30	93	88,1	1338
40	93,6	89,4	1498
50	94,1	90,4	1622
60	94,5	90,3	2203
75	95	90,8	2724
100	95	91,6	2915
125	95,4	91,8	3833
150	95,8	92,3	4429
200	95,8	93,3	4173
300	96,2	93,8	5952

So sánh động HEM với động cơ tiêu chuẩn

- Động cơ HEM có tổn thất thấp hơn động cơ tiêu chuẩn từ 20 đến 30%
- Hiệu suất tổng của động cơ HEM cao hơn động cơ tiêu chuẩn từ 2 đến 5%
- Độ tin cậy, tuổi thọ của động cơ HEM cao hơn
- Chi phí bảo trì, bảo dưỡng thấp hơn
- Giá động cơ HEM cao hơn động cơ tiêu chuẩn từ 20 đến 50%

Các yếu tố cần cân nhắc khi thay thế động cơ

- Chi phí đầu tư
- Công suất động cơ
- Hiệu suất động cơ
- Số giờ vận hành hàng năm của động cơ
- Chi phí thay thế, bảo dưỡng
- Giá điện

Chi phí năng lượng có thể tiết kiệm khi dùng động cơ HEM

- Điện năng tiết kiệm do hiệu suất động cơ cao hơn:

$$\Delta P_{\text{tiết kiệm}} = \frac{P_t}{\eta_s} - \frac{P_{HEM}}{\eta_{HEM}} = P_t \left(\frac{1}{\eta_s} - \frac{1}{\eta_{HEM}} \right)$$

Trong đó: η_s hiệu suất động cơ thường
 η_{HEM} hiệu suất động cơ HEM
 P_t Phụ tải thực tế của động cơ

- Điện năng tiết kiệm hàng năm:

$$\Delta A_{\text{tiết kiệm/năm}} = \Delta P_{\text{tiết kiệm}} \times t$$

- Tiền tiết kiệm:

$$\Delta C = \Delta A_{\text{tiết kiệm/năm}} \times c$$

Bài tập tại lớp

- Số tiền điện tiết kiệm được là bao nhiêu khi dùng một động cơ hiệu suất cao thay cho động cơ tiêu chuẩn ở công suất 75 kW với các thông số cho như sau:

	Động cơ thường	Động cơ Hiệu suất cao
Công suất (kW)	75	75
Hiệu suất (%)	92,5	95
Số giờ vận hành năm (Giờ)	4000	4000
Đơn giá tiền điện (\$/kWh)	0,10	0,10

- Khảo sát mức hoà vốn khi một trong 2 thông số: số giờ vận hành hoặc giá tiền điện thay đổi

Một số yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ

- Tải của động cơ
- Điện áp, tần số, thứ tự pha (1 pha, 3 pha)
- Các bộ phận cơ khí: vòng bi, bôi trơn, giải nhiệt, cách bố trí và kết nối với thiết bị khác
- Tốc độ
- Chế độ khởi động (trực tiếp, mềm, Δ -Y) và điều khiển tốc độ
- Tần suất khởi động

Một số yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ

Thay đổi tốc độ:

- Trong nhiều trường hợp, tốc độ động cơ cần phải thay đổi để đáp ứng với các ứng dụng
- Một số thiết bị hỗ trợ việc thay đổi tốc độ:
 - Bộ li hợp từ (VS)
 - Bộ biến tần (VSD)



Ly hợp từ



Bộ biến tần

Tiêu thụ năng lượng của động cơ khi phụ tải thay đổi

- Động cơ chạy không tải
- Động cơ chạy non tải

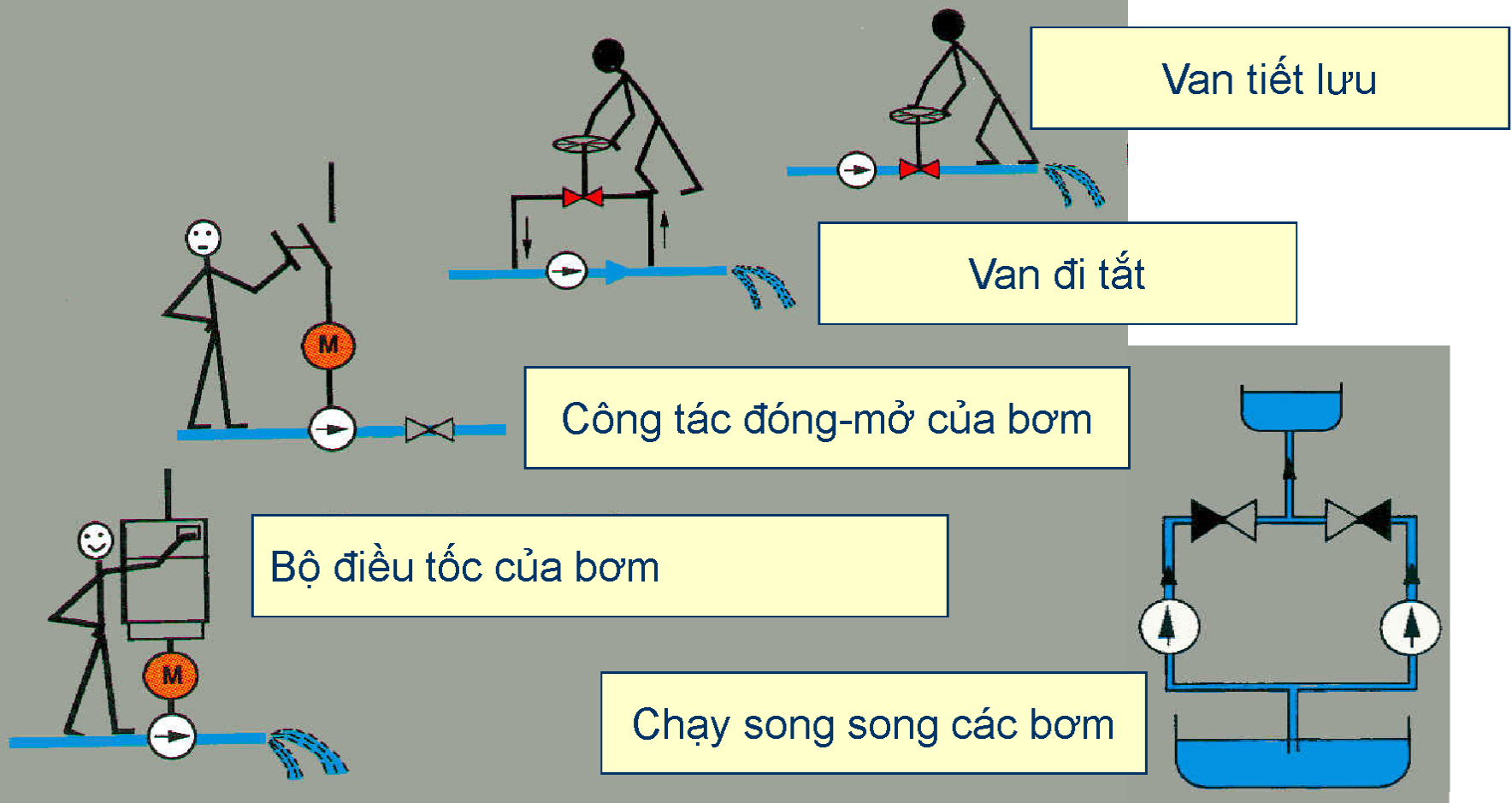
Động cơ chạy không tải

- Động cơ vẫn quay, nhưng bộ phận ly hợp mang tải bị cắt.
- Do động cơ vẫn quay nên vẫn tiêu thụ điện. Nhưng do không mang tải nên năng lượng tiêu thụ bị lãng phí
- Động cơ chạy không tải làm cho hệ số $\text{COS}\varphi$ của mạng điện xí nghiệp bị giảm. Gây tổn thất cho lưới. Xí nghiệp có thể bị ngành điện phạt tiền.

Khi phụ tải của động cơ giảm

- Ví dụ nhu cầu lưu lượng nước của máy bơm giảm 50%.
- Để điều chỉnh lưu lượng người ta có thể áp dụng các phương pháp sau:

Phương pháp điều chỉnh lưu lượng



Điều khiển tốc độ động cơ

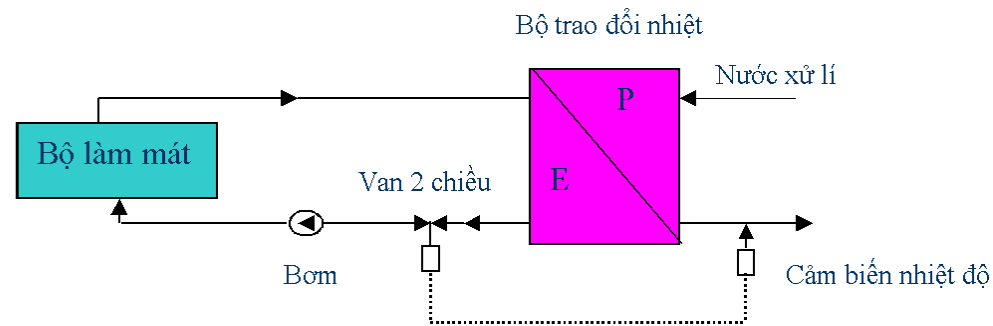
- Động cơ điện là thiết bị dẫn động cho các thiết bị như bơm nước, quạt, ...
- Giữa tốc độ quay của động cơ (V) với lưu lượng, mô men quay và công suất yêu cầu cho các thiết bị dẫn động có mối quan hệ sau:
 - *Lưu lượng* = $k \times V$
 - *Mô men* = $k \times V^2$
 - *Công suất* = $k \times V^3$
- Chúng ta có thể thiết lập mối quan hệ giữa tốc độ, lưu lượng và công suất yêu cầu

Mối quan hệ giữa tốc độ, lưu lượng và công suất yêu cầu

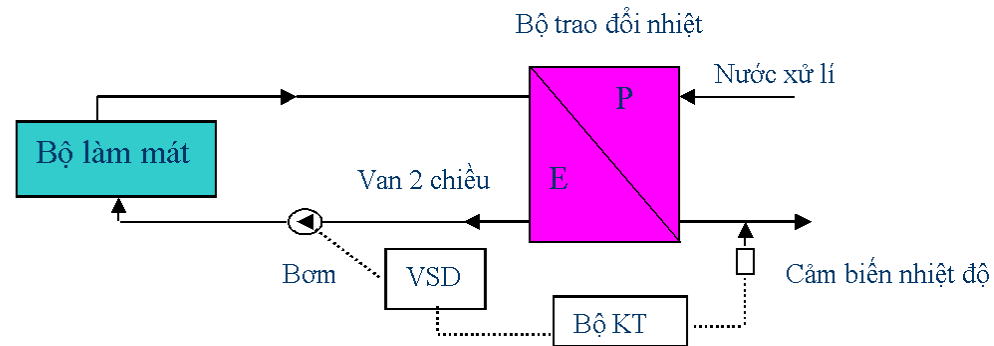
Tốc độ (%)	Lưu lượng (%)	Công suất yêu cầu (%)
100	100	100
90	90	72,5
80	80	51,2
70	70	34,3
60	60	21,6
50	50	12,5

- Để giảm lưu lượng (giảm 30%) với 2 cách tiến hành:
 - Lắp bộ tiết lưu, không giảm tốc độ động cơ
 - Lắp bộ biến tần để điều chỉnh tốc độ động cơLượng năng lượng tiết kiệm là bao nhiêu?

Ví dụ về điều chỉnh lưu lượng



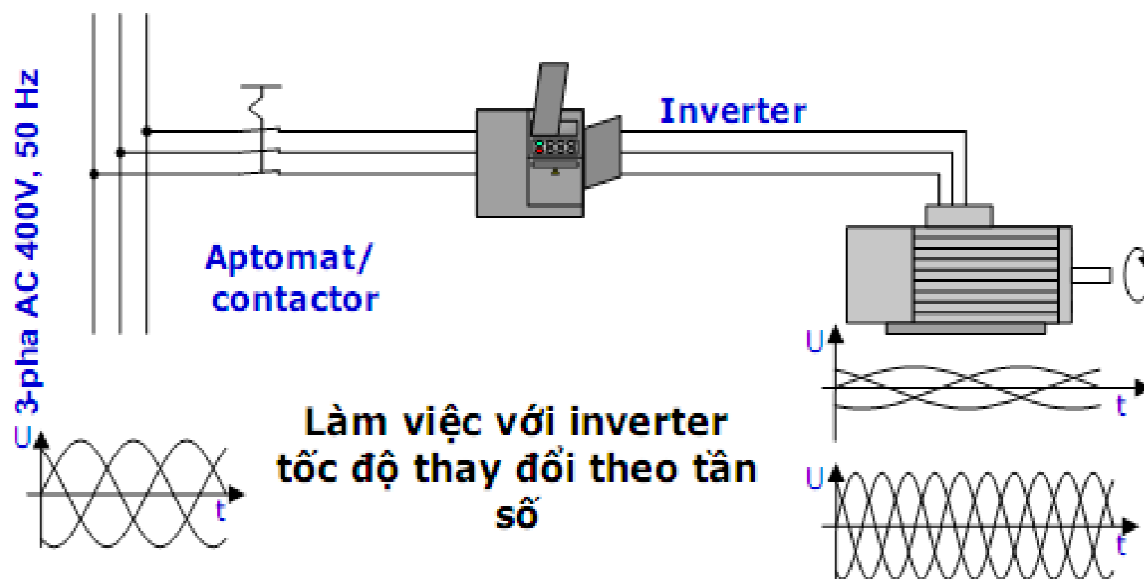
Hệ thống dùng van tiết lưu



Hệ thống dùng bộ biến tần

Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số (biến tần/inverter)

- Hiện nay đã được sử dụng khá phổ biến nhưng chủ yếu cho các động cơ công suất nhỏ và trung bình do giá thành còn rất cao



Bộ biến tần Siemen

Biến tần gắn cùng động cơ



Ứng dụng của biến tần



Băng tải



Dây chuyền
đóng chai



Hệ thống bơm nước nóng

Máy bọc pallet



Bơm hóa chất



Các cơ hội tiết kiệm năng lượng

- Lựa chọn công suất động cơ phù hợp với nhu cầu
- Sử dụng động cơ hiệu suất cao
- Bảo dưỡng động cơ đúng quy cách
- Hạn chế động cơ chạy không tải
- Lắp bộ điều khiển tốc độ
- Tránh làm việc vào các giờ cao điểm

Lựa chọn công suất động cơ phù hợp với nhu cầu

- Các nhà kỹ thuật viện lí do an toàn có xu hướng lựa chọn công suất động cơ cao hơn nhu cầu.
- Các lãng phí gây ra do giá mua động cơ cao hơn, tổn thất không tải của động cơ cao hơn, động cơ thường xuyên chạy non tải
- Việc vận hành động cơ ở chế độ non tải không những gây tổn thất trên động cơ còn làm cho hệ số COS ϕ của mạng điện thấp dẫn đến DN có thể bị ngành điện phạt

Bảo dưỡng động cơ đúng quy cách

- Đảm đúng định kỳ bảo dưỡng do nhà chế tạo quy định
- Bảo dưỡng tốt sẽ hạn chế các tổn thất do ma sát dầu trực, phát nóng, rò điện

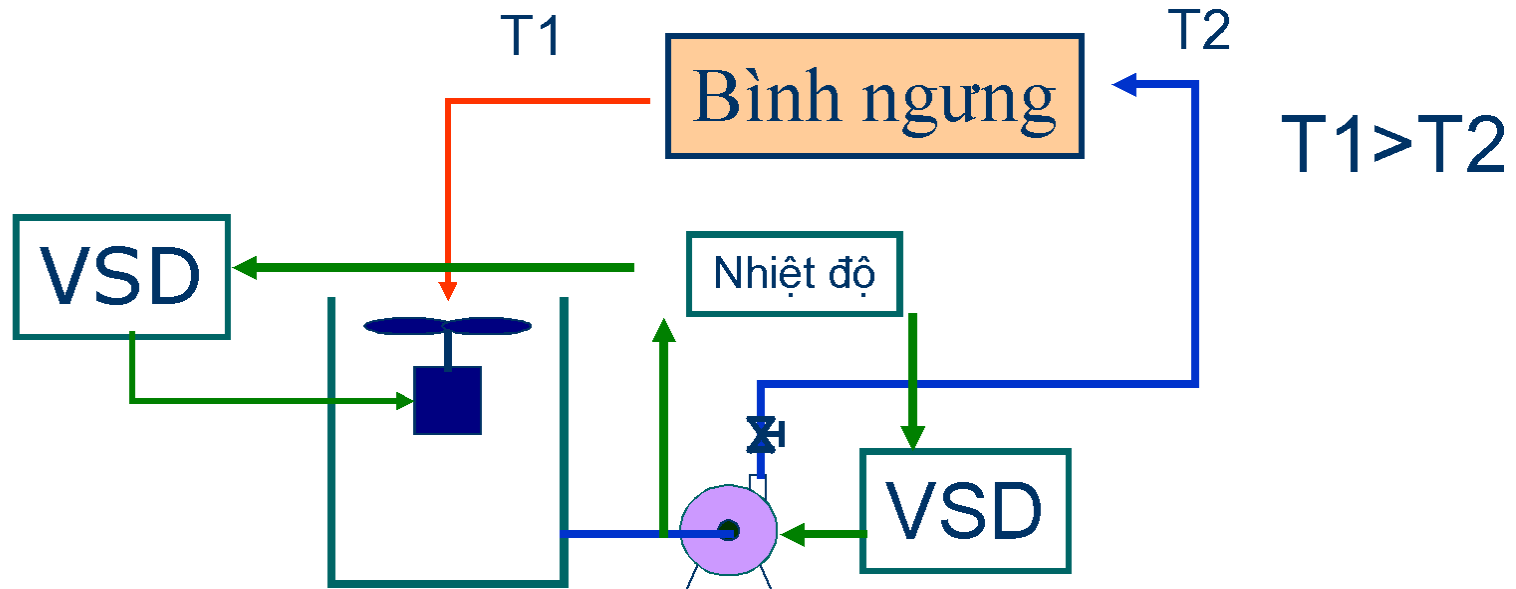
Sử dụng động cơ hiệu suất cao

- Tùy theo nhu cầu sử dụng: công suất, số giờ vận hành; chính sách của quốc gia (trợ giá, giá tiền điện); giá của động cơ mà DN có thể xem xét phương án thay thế các động cơ thông thường đang được sử dụng bằng các động cơ có hiệu suất cao.
- Việc thay thế không phải lúc nào cũng mang lại hiệu quả

Lắp bộ điều khiển tốc độ

- Với những nhu cầu sử dụng có các thông số đầu vào, đầu ra hoặc quy trình vận hành luôn thay đổi, chúng ta có thể sử dụng hệ thống biến tần điều khiển tốc độ động cơ cho phép tiết kiệm năng lượng tiêu hao.
- Các quyết định phải được tính toán cụ thể

Sử dụng biến tần VSD cho tháp làm mát (tháp giải nhiệt)



- Khi phụ tải lạnh thực tế giảm xuống, có thể giảm tốc độ của bơm nước làm mát bình ngưng và tốc độ của quạt tháp giải nhiệt
- Tiết kiệm được khoảng 20% điện năng tiêu thụ

Dùng VSD cho hệ thống cung cấp nước sinh hoạt

- Do nhu cầu nước sinh hoạt luôn thay đổi nên người ta đã đặt các máy biến tần để thay đổi tốc độ động cơ bơm nước khi lưu lượng thay đổi.
- Đây là giải pháp rất hữu hiệu để tiết kiệm điện cho các trạm cấp nước.



Ví dụ

- Một cụm máy bơm tại mức 100% lưu lượng công suất yêu cầu là 100 kW. Hiệu suất của bộ phận truyền động là 95%. Tính toán mức tiết kiệm khi có sử dụng bộ biến tần để điều khiển tốc độ khi lưu lượng giảm 50%. Biết rằng hiệu suất truyền động khi có bộ biến tần là 85%.

Ví dụ ...



Bài tập tại lớp

- Công ty May 10 dự kiến thay thế 968 động cơ thường của máy may 1 kim bằng động cơ hiệu suất cao với các thông số như sau:

Chỉ tiêu	Động cơ thường	Động cơ hiệu suất cao
Giá mua động cơ (USD)	730	900
Hiệu suất động cơ (%)	76	84
Công suất động cơ (W)	250	250
Tuổi thọ động cơ (năm)	20	20
Công suất thực tế sử dụng (W)	131,64	
Số ngày làm việc trong năm	305	
Số giờ làm việc mỗi ngày (giờ)	13,5	
Hệ số chiết khấu (%)	18	
Giá trị còn lại của động cơ	15% nguyên giá	
Giá mua điện bình quân	1085 đ/kWh	

Hãy tính toán hiệu quả kinh tế của dự án