

## **CÁC CƠ HỘI TIẾT KIỂM ĐIỆN NĂNG ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ RÔT LỒNG SÓC**

**Nguyễn Xuân Phú**

Động cơ điện là thiết bị tiêu thụ nhiều điện năng và được dùng phổ biến nhất. Trong số đó, tuyệt đại đa số là loại động cơ ba pha không đồng bộ, rô-tô lồng sóc.

Sở dĩ loại này mang tính phổ biến vì hai lý do chính sau đây:

- Cấu trúc đơn giản, bền, tuổi thọ cao.
- Giá thành rẻ, vốn đầu tư thấp và tiêu tốn cho việc bảo trì ít so với các loại động cơ khác.

Kích cỡ động cơ có thể từ vài oát đến trăm ngàn oát [w]. Do vậy, việc tìm các cơ hội để tiết kiệm điện năng đối với loại động cơ này mà vẫn đảm bảo được các yêu cầu khác là điều rất cần thiết, không những có tác dụng rất lớn trong việc hạ giá thành sản phẩm, tăng được tính cạnh tranh kinh tế trong khối ASEAN mà còn có ý nghĩa rất lớn trong tình trạng thiếu nguồn cấp điện hiện nay.

Do khuôn khổ của bài báo, chúng tôi chỉ xin trình bày hai vấn đề chính sau đây:

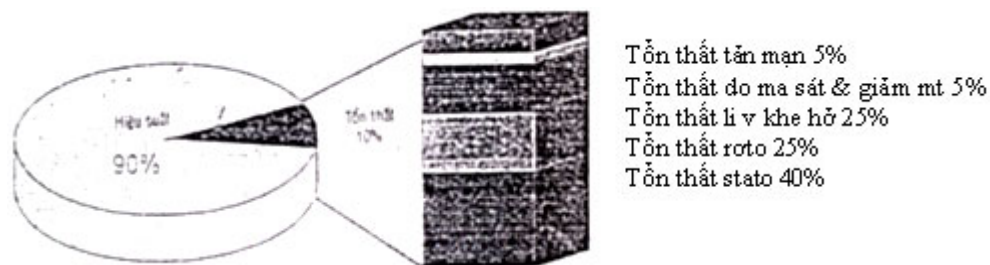
- Hiệu suất và tổn thất động cơ điện
- Vấn đề hiệu quả trong việc sử dụng động cơ hiệu suất năng lượng cao (High Efficiency Motors – HEMs)

### **1. HIỆU SUẤT VÀ TỔN THẤT ĐỘNG CƠ ĐIỆN:**

**a. Hiệu suất:** Đối với động cơ điện, công suất ra ( $P_2$ ) chính là công suất cơ hay công suất ở trục rô-tô, còn công suất vào  $P_1$  là công suất mà lưới điện cung cấp cho động cơ. Hiệu suất của động cơ là  $\eta$  động cơ:

$$\eta_{\text{động cơ}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{\text{vào}} - \Delta P_{\text{tổn}}}{P_{\text{vào}}} \cdot 100\%$$

Các hiệu suất và tổn thất của động cơ thông thường được thể hiện ở hình 1:



Hình 1

### **b. Làm thế nào để cải thiện hiệu suất động cơ.**

Ta có thể thực hiện các cải tiến trong quá trình thiết kế và chế tạo:

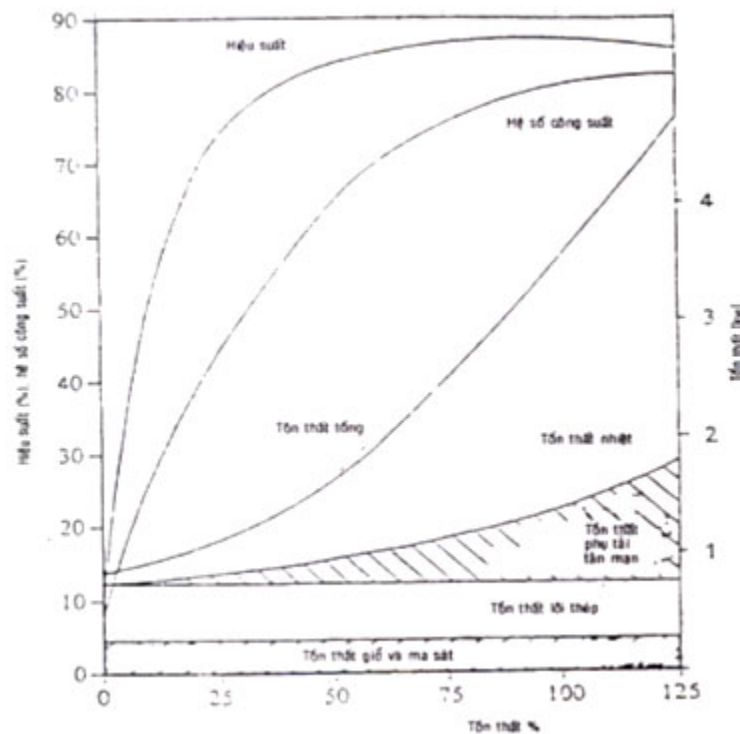
- Giảm tổn thất stato:

- Tăng kích thước rãnh stato.
- Đường kính dây dẫn cỡ lớn.

- Giảm tổn thất rô-tô:

- Tăng kích thước của thanh dẫn trong rôto và các vòng ngắn mạch ở hai đầu cuối.
- Giảm tổn thất lõi và khe hở
- Các lá thép mỏng với chất lượng cao hơn..
- Làm dài thêm lõi để giảm mật độ từ thông yêu cầu.
- Giảm kích thước khe hở giữa rôto và stato, do đó yêu cầu chế tạo thật chính xác.
- Giảm tổn thất gió và ma sát.
- Tăng vòng bị đỡ và cải tiến thiết kế luồng không khí làm mát.
- Giảm tổn thất do tản mạn
- Tối ưu hóa thiết kế và chế tạo

**c. Cần lưu ý hệ số cos $\phi$  và hiệu suất  $\eta$  của động cơ có mối liên quan nhau.**



Hình 2

Chúng ta có thể biểu thị quan hệ giữa các tổn thất này, giữa hệ số công suất cos $\phi$  và hiệu suất  $\eta$  trên đồ thị đối với động cơ cảm ứng ba pha.

Ta có nhận xét rằng ở từng loại động cơ, khi sử dụng với hệ số công suất tăng thì hiệu suất cũng tăng lên.

Đường biểu diễn ứng với động cơ 37KW (hình 2)

**2. ĐỘNG CƠ HIỆU QUẢ HAY ĐỘNG CƠ HIỆU SUẤT NĂNG LƯỢNG CAO (High Efficiency Motors – HEMs)**

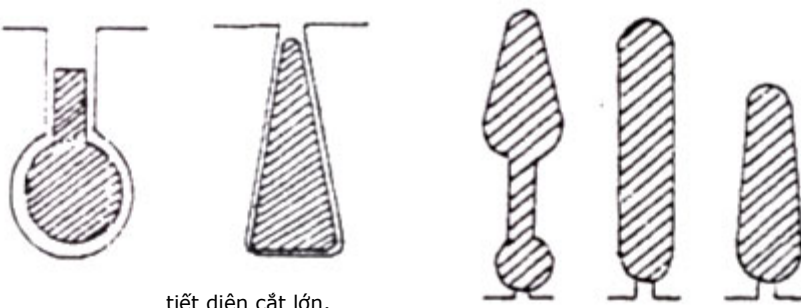
Động cơ hiệu quả cao hay để cho dễ hiểu hơn ta có thể gọi là động cơ có hiệu suất năng lượng cao (Energy efficient motors EEMs).

**2.1. Các chỉ tiêu tổn thất**

Theo định nghĩa, đó là các động cơ có các chỉ tiêu sau đây:

---

Các cơ hội tiết kiệm điện năng đối với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc  
Nguyễn Xuân Phú



ạo, số 2, 5/ 2004

a. *Tổn thất trên điện trở ( $\Delta P = I^2 R$ ) giảm*, do vì:  
 + Vật liệu dẫn với chất lượng cao.  
 + Dây dẫn stato và thanh dẫn rôto với

tiết diện cắt lớn.

Nên đưa đến kết quả là:

→ Hệ số công suất cao. Để tăng tính năng mở máy tốt hơn nên ở rãnh rôto: kích thước phía trên bé lại, phía dưới phình to ra (hình 3),

có dạng cổ lọ và hình thang. Khi mở máy do hiệu ứng mặt ngoài, nên dòng điện rôto hầu như tập trung lên mặt thanh dẫn dẫn đến kết quả làm cho tính năng mở máy tốt hẳn, hơn các loại rãnh thông thường.

**Hình 3** : Rôto với rãnh su dạng cổ lọ và hình thang

Mặt khác, cách chế tạo rôto lồng sóc với các dạng rãnh này dễ hơn rôto hai lồng sóc nên càng ngày càng phổ biến.

Đối với các động cơ điện không đồng bộ công suất đến 100 KW, dây quấn rôto thường đúc bằng nhôm có dạng rãnh như hình 4. Thông thường có sự kết hợp tốt nhất, tối ưu giữa hệ số công suất và mômen mở máy.

→ Thông thường người ta sử dụng thêm thiết bị điều khiển tốc độ hỗ trợ để phát huy kết quả.

**Hình 4**: Rôto với rãnh su đúc nhôm

b. *Giảm được lõi thép một cách tối đa.*

Do vì:

- Tăng tiết diện cắt của lõi thép nên giảm được mật độ từ thông, nhưng trọng lượng có tăng lên một ít.
- Các lá tôn kỹ thuật điện mỏng hơn để giảm dòng điện xoáy (làm nóng, tăng tổn thất nhiệt)
- Sử dụng vật liệu tổn thất từ thấp, dẫn đến tổn thất do từ trễ thấp (dùng thép silic chất lượng cao).

c. *Giảm tổn thất tản mạn.*

Khoảng không gian giữa rôto và stato tạo nên luồng khí thông mát tối ưu.

*Kết quả tổng hợp: dẫn đến giảm tổn thất* do vì làm giảm được yêu cầu làm mát động cơ và kích thước của quạt làm mát cũng được giảm xuống.

Từ các phân tích trên, chúng ta đã nhận thấy kết quả ưu việt của động cơ hiệu quả cao (HEMs). Sau đây, để làm rõ hơn ta hãy nêu vài số liệu về giá trị kinh tế và kỹ thuật của nó:

Số liệu lấy từ tư liệu ở Canada như sau: (bảng 1).

**Bảng 1**

Cỡ công suất động cơ	Hiệu quả - Hiệu suất
1 KW	70 – 75%
150 KW	92%
7200 KW	95%

• *Loại HEMs có hiệu suất như sau:*

- Gần 6 – 8% cao hơn so với loại động cơ thông thường – đối với kích cỡ bé, đến 15 KW.
- Gần 2 – 4% cao hơn loại động cơ thông thường – đối với kích cỡ lớn và trên 20 KW.

• *Loại HEMs – có giá đầu tư ban đầu:*

Các cơ hội tiết kiệm điện năng đối với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc  
 Nguyễn Xuân Phú

- Gần từ 15 – 25% cao hơn đối với kích cỡ loại bé.
- Hơi cao hơn đôi chút đối với kích cỡ lớn.
- Loại HEMs có độ tin cậy bằng và hơn loại động cơ tiêu chuẩn (standard) và tiêu tổn bảo trì tương tự như loại động cơ tiêu chuẩn. Chúng ta có thể dung đồ thị để thể hiện các số liệu quan trọng (hình 5).

Ở đồ thị:

- Cột tung độ bên trái: biểu thị hiệu suất  $\zeta\%$ .
- Cột tung bên phải biểu thị giá đầu tư ban đầu đối với động cơ (tính triệu đồng Việt Nam đối với đơn vị công suất KW).

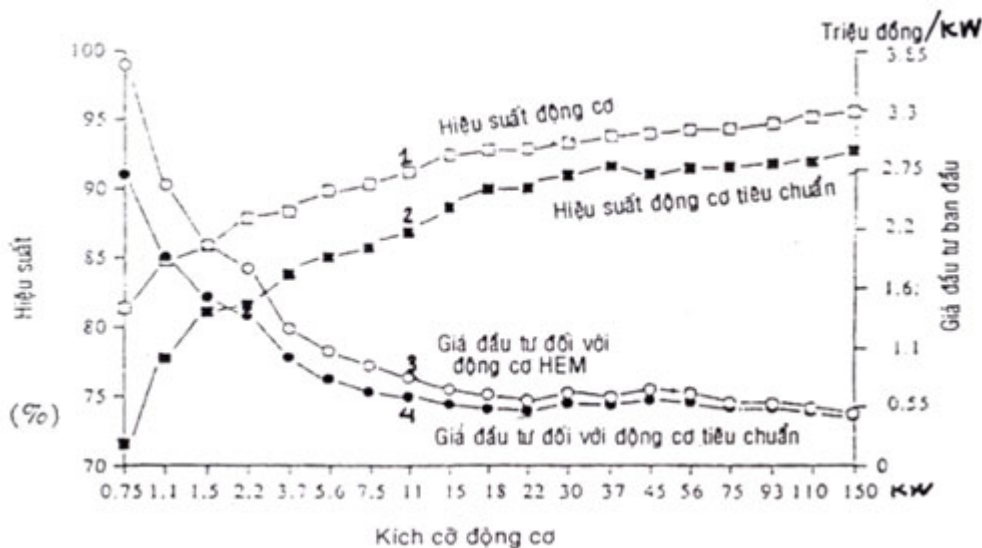
- Cột hoành độ: kích cỡ động cơ.

Đường biểu diễn 1 – Hiệu suất động cơ HEMs

Đường biểu diễn 2 – Hiệu suất động cơ tiêu chuẩn (thông thường)

Đường biểu diễn 3 – Giá đầu tư đối với động cơ HEMs

Đường biểu diễn 4 – Giá đầu tư ban đầu đối với động cơ tiêu chuẩn (thông thường)



Hình 5

## 2.2. Phân tích kinh tế tổng quát: với các dữ liệu sau

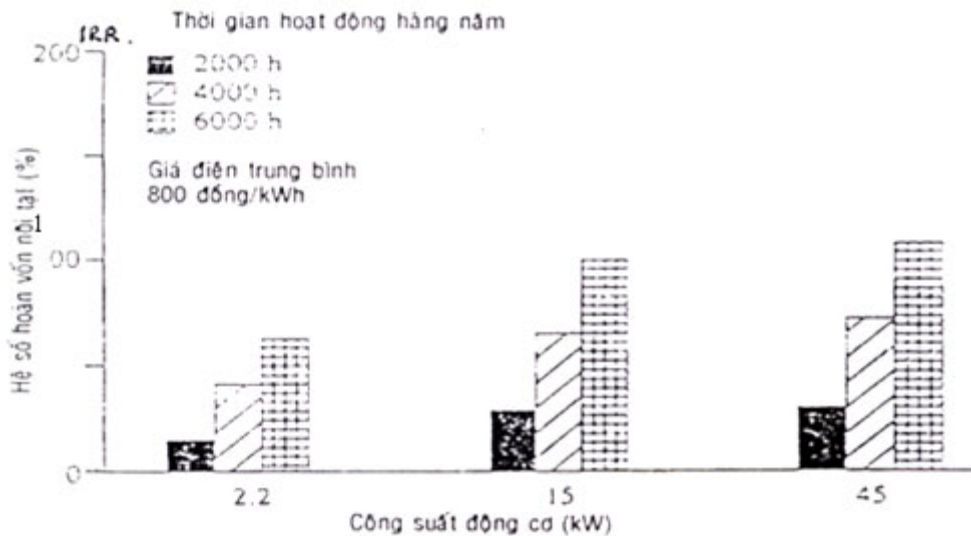
- Tuổi thọ động cơ: 10 năm
- Giá điện: giá thiết rằng không thay đổi trong quá trình sử dụng
- Giờ hoạt động trong năm 2000/4000/6000 giờ
- Kết quả dẫn đến:

- Trong mọi trường hợp, giá điện được duy trì không đổi sẽ dẫn đến *tỉ suất hoàn vốn nội tại* hay *hệ số hoàn vốn nội tại* (IRR – Internal rate of return) khoảng 10%
- Đối với động cơ kích cỡ 45 KW, với giá tiền điện là 6,9 "cent"/KWh thì hệ số hoàn vốn nội tại IRR được gần đến 100% đối với 4000 giờ hoạt động trong năm.
- Phân tích như trên là có giá trị tương đương đối với các trường hợp (có chú ý phân tích hiệu suất, tuổi thọ tồn tại của động cơ, giá trị tận dụng của nó, giá tiền lắp đặt v.v...)

Sau đây, chúng ta hãy nghiên cứu IRR đối với đầu tư phụ thêm đối với các cỡ dung lượng của động cơ loại HEMs; với thời gian hoạt động hàng năm 2000 giờ ký hiệu ô vuông đen  $\Phi$ , 4000 giờ ô vuông 1 gạch  $\sim$  và 6000 giờ ô vuông nhiều gạch  $\sim$ , đồng thời với giá điện vào giờ bình thường 895 đồng/KWh (hình 6)

- Bài toán về sử dụng động cơ hiệu quả cao HEMs cùng kích cỡ
- Kết quả:

- Cơ hội tiết kiệm điện năng do thay thế động cơ bình thường bằng động cơ HEMs. Thật vậy, giá sử cần truyền động cho máy nén, công suất động cơ điện 250 KW, hiệu suất 90% công suất yêu cầu 179 KW.
  - Trong trường hợp bình thường sử dụng động cơ thông dụng, thì công suất đầu vào chỉ cần:  $179 / \zeta = 179 / 0,9 = 197KW$ .
  - Trong trường hợp này, khuyến cáo nên dung động cơ HEMs có hiệu suất cao với  $\zeta = 0,94$ .



Hình 6

Do vậy,

- Công suất của động cơ cần cho máy nén là:  $179/0,94 = 188$  KW
- Công suất định mức của động cơ được chọn là: 200 KW
- Tiền đầu tư là: 167.200.000 đồng VN
- Điện năng tiết kiệm, sau khi tính toán tổn thất trong động cơ thay vì sử dụng loại 250 KW, ta dùng loại 200KW, sẽ tiết kiệm được 73.800 KWh/năm. Giá điện trung bình 895 đồng/KWh.
- Tiền tiết kiệm là: 59.040.000 đồng
- Thời gian hoàn vốn:  $167.2000/59.040.000 = 2$  năm 8 tháng 10 ngày.

### 2.3. Kích cỡ động cơ phù hợp với phụ tải tiêu thụ sẽ tiết kiệm được hóa đơn tiền điện

Ví dụ: Có phụ tải tiêu thụ yêu cầu 8,2 KW hiện đang sử dụng động cơ của hãng Siemens 1LA2-207-2AA, công suất định mức 37KW. Thời gian hoạt động trong năm 6000 giờ, giá tiền điện vào giờ bình thường 895 đồng/KWh. Thông số động cơ đang sử dụng  $\eta$  định mức = 90,5% và hệ số công suất  $\cos\varphi_{dm} = 0,87$ . Rõ ràng kích cỡ động cơ quá lớn so với phụ tải (chỉ bằng 22% so với công suất của động cơ).

Hãy tính xem nếu dùng động cơ loại có công suất phù hợp với phụ tải (tra ở cẩm nang động cơ của hãng Siemens-160 M-ILA7-168-2AA) đó là động cơ công suất 11 KW thì sẽ tiết kiệm mỗi năm là bao nhiêu tiền điện (1). Động cơ với  $P_{dm} = 11$  KW -160 M-ILA7-163-2AA có hiệu suất  $\eta$  định mức = 89% và hệ số  $\cos\varphi_{dm} = 0,84$ .

Bài giải:

a. Đối với động cơ  $P_{dm} = 37$  KW =  $P_I$

Công suất biểu kiến hộ tiêu thụ (chú ý do vì hiệu quả sử dụng thấp nên  $\cos\varphi = 0,62$ )

$$S_I = P/\cos\varphi_1 = 8,2/0,62 = 13,22 \text{ KVA}$$

$$\text{- Tổn thất sắt trong động cơ 1 - } P_I: 37 \cdot [(1/0,905) - 1] \cdot 0,3 = 1,165 \text{ KW}$$

$$\text{- Tổn thất đồng trong động cơ 1 - } P_I: 37 \cdot [(1/0,905) - 1] \cdot 0,7 \cdot (13,22/42,53)^2 = 0,263 \text{ KW}$$

$$\text{Tổng cộng: } 1,165 + 0,263 = 1,428 \text{ KW}$$

b. Đối với động cơ  $P_{dm} = 11$  KW =  $P_{II}$

$$\text{Công suất biểu kiến tiêu thụ: (vì công suất động cơ phù hợp với phụ tải tiêu thụ nên } \cos\varphi = 0,84). S_{II} = P/\cos\varphi_2 = 8,2/0,84 = 9,76 \text{ KVA}$$

- Tổn thất sắt trong động cơ 2 -  $P_{II}$ :  $11 * [(1/0,89) - 1] * 0,3 = 0,408$  KW
- Tổn thất đồng trong động cơ 2 -  $P_{II}$ :  $11 [(1/0,89) - 1] * 0,7 (9,76/13,09)2 = 0,529$  KW

Tổng cộng:  $0,408 + 0,529 = 0,937$  KW

Do đó nếu sử dụng động cơ có kích cỡ phù hợp sẽ tiết kiệm được:

$$\Delta P = \Delta P_I - \Delta P_{II} = 1,428 - 0,937 = 0,491 \text{ KW}$$

Tổn thất điện năng tiết kiệm được:  $\Delta P.t = 0,491 \times 6000 \text{ h} = 2946 \text{ KWh}$

Tiền tiết kiệm là:  $2946 \times 895(1) = 2.636.670 \text{ đ}$

## 2.4. Một số số liệu so sánh giữa động cơ loại tiêu chuẩn (bình thường) và loại HEMs'

### a. Một số số liệu cần quan tâm:

Theo thống kê, ở Úc, động cơ điện tiêu thụ trên 4 tỉ đôla tiền điện trong 1 năm tương ứng với 70% tiền điện trả chung cho công nghiệp của Úc.

Đối với động cơ hiệu quả cao HEMs, tuổi thọ của nó khoảng 20 năm; trung bình giá mua động cơ khoảng 1-2% tổng chi phí tiền điện của động cơ tiêu thụ trong suốt quá trình sử dụng nó (20 năm). Nói một cách khác, ví dụ giá mua động cơ 11 KW, loại 160M-ILA7.163-4AB là 1527 USD thì công ty hay xí nghiệp sử dụng nó phải trả 152.700 USD trong suốt quá trình sử dụng nó.

Thật vậy, ví dụ: loại động cơ 55 KW - 250M.ILA6-253-4AB) (1), hiệu suất động cơ 92% ở tải 80% định mức, giá mua động cơ là 5565USD; số giờ vận hành 4000g/năm. Chi phí vận hành hàng năm là:  $0,1 \times 55 \times 0,8 \times 4000g/0,92 = 19130 \text{ USD}$ .

Tỉ lệ chi phí vận hành hàng năm với giá mua là:  $19130/5565 = 3,44$

Tổng số tiền điện trong quá trình tuổi thọ sử dụng của động cơ:  $19130 \times 20 = 382600 \text{ USD}$ .

Vậy tỉ lệ tiền mua động cơ so với tiền điện phải trả trong 20 năm:  $5565/382600 = 0,0145$  hay 1,45%

Từ hình 5 ta cũng thấy ngay động cơ HEMs có hiệu suất cao hơn từ 2 - 4% so với loại động cơ hiệu suất chuẩn đối với các động cơ có công suất lớn.

Đối với động cơ công suất dưới 5,5KW, thì hiệu suất cao hơn này đạt từ 4 - 7%.

Ngoài ra, động cơ HEMs còn có ưu điểm so với động cơ hiệu suất chuẩn ở chỗ:

- độ tin cậy cao hơn
- tuổi thọ dài hơn
- vận hành êm và ít nóng hơn

### b. Cách tính năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng động cơ HEMs'

Sự khác biệt do hiệu suất mang lại, đưa ta đến tính toán công suất tiết kiệm được:

$$\Delta P_{\text{tiết kiệm}} = \frac{P_{\text{tải}}}{\zeta_S} - \frac{P_{\text{tải}}}{\zeta_{\text{HEMs}}} = P_{\text{tải}} \left[ \frac{1}{\zeta_S} - \frac{1}{\zeta_{\text{HEMs}}} \right]$$

Ở đây:

$\zeta_S$  – hiệu suất động cơ hiệu suất chuẩn (standard)

$\zeta_{HEM}$  – hiệu suất động cơ HEMs

$P_{tải}$  – công suất tải thực tế của động cơ.

Điện năng tiết kiệm hàng năm, với  $t$  – số giờ vận hành trong năm sẽ là:

$$\Delta A \text{ tiết kiệm/năm} = \Delta P \text{ tiết kiệm} \times t$$

Tiền tiết kiệm được trong một năm sẽ là:

$$\Delta A \text{ tiết kiệm/năm} \times \text{giá 1 KWh}$$

*Ví dụ:* Hãy tính số tiền tiết kiệm được là bao nhiêu khi dung động cơ HEMs thay thế cho động cơ tiêu chuẩn ở công suất đầu ra là 60KW.

*Bài giải:* Từ số liệu của giả thiết, tra cẩm nang của nhà sản xuất (ví dụ hãng Siemens – loại gần và lớn hơn 60KW là 75 KW (280S – ILA6 280-4AB) (1). Do đó, ta chọn động cơ HEMs'-công suất định mức 75KW để sử dụng. Khi sử dụng động cơ này sẽ mang tải ở 80% định mức, điều này hợp lý và có thể chấp nhận được.

Thông số động cơ này như sau:

- $P_{đm} = 75 \text{ KW}$
- Hiệu suất loại tiêu chuẩn  $\zeta_S = 92,4\%$  ở 80% tải định mức.
- Hiệu suất loại HEMs:  $\zeta_{HEMs} = 95\%$  ở 80% tải định mức.

Số giờ vận hành hàng năm của xí nghiệp:  $t = 4000$  giờ.

Tiền điện cho 1KWh là 0,1 USD/1 KWh – (tương đương thời giá 1.560 đồng Việt Nam)

Công suất tiết kiệm là:

$$\Delta P_{\text{tiết kiệm}} = P_{\text{tải}} \left[ \frac{1}{\zeta_S} - \frac{1}{\zeta_{HEMs}} \right] = 75 \times 0,8 \times \left[ \frac{1}{0,924} - \frac{1}{0,95} \right]$$

$$\Delta P \text{ tiết kiệm} = 1,78 \text{ KW}$$

Điện năng tiết kiệm trong năm là:  $\Delta A_{tk} = \Delta P \text{ tiết kiệm} \times t = 1,78 \times 4000 = 7120 \text{ KWh}$

Tiền tiết kiệm được là:  $7120 \times 0,1 = 712 \text{ USD}$ .

Vậy trong suốt thời gian phục vụ động cơ sẽ tiết kiệm được:  $712 \times 20 = 14.240 \text{ USD}$

### c. Thời gian hoàn vốn đơn (Simple pay back) tính đối với động cơ HEMs

Theo định nghĩa:

$$\text{Thời gian hoàn vốn đơn} = \frac{\text{Chênh lệch giá mua (đầu tư)}}{\text{Tiền tiết kiệm được hàng năm}}$$

Ở ví dụ trước ta tính được:

Tiền tiết kiệm được hàng năm là 712 USD

Giá động cơ:

- Động cơ tiêu chuẩn 7300 USD
- Động cơ hiệu suất cao HEMs': 8595 USD

Chênh lệch giá mua là:  $8595 - 7300 = 1295$  USD  
 Thời gian hoàn vốn đơn là:  $1295/712 = 1,82$  năm  
 Hệ số hoàn vốn nội tại IRR (hay tỉ suất hoàn vốn nội tại)

Giả thiết:

Tỉ suất lợi nhuận 5%  
 Giá điện tăng hàng năm 3%

Bảng 2

Hoàn vốn của động cơ hiệu suất cao trong 10 năm		Dòng tiền tệ giả thiết tiết kiệm tăng theo năng suất chiết khấu	
Năm	Dòng tiền tệ	Năm	Dòng tiền tệ
0	-1295	0	-1295
1	712	1	712
2	712	2	733
3	712	3	755
4	712	4	778
5	712	5	801
6	712	6	825
7	712	7	850
8	712	8	876
9	712	9	902
10	712	10	927
Tỉ suất hoàn vốn nội tại 54%		Tỉ suất hoàn vốn nội tại 57%	

## 2.5. Động cơ quấn lại

Theo thống kê ở một số nước, ở Úc khi động cơ bị cháy:

- Nếu dưới 10 KW – thay bằng động cơ mới
- Trên 10 KW – quấn lại ít nhất 1 lần và thường thì nhiều hơn một lần.

### • Hiệu suất của động cơ sửa lại:

Theo lý thuyết, việc quấn lại có thể tạo ra một động cơ mới với hiệu suất như động cơ nguyên gốc. nhưng thường thực tế có sự tổn thất lớn hơn so với nguyên gốc vì:

- Sự tăng nhiệt do làm hủy rãnh và sự cách nhiệt giữa các rãnh không tốt như nguyên thủy.
- Việc sử dụng dây để để quấn dây thường có tiết diện nhỏ hơn.

Do vậy nên các động cơ quấn lại sẽ giảm hiệu suất 1 – 3% so với động cơ mới.

**Ví dụ:** Động cơ công suất định mức 110 KW, hiệu suất động cơ gốc là  $\zeta = 93\%$  ở 75% tải định mức.  
 Số giờ hoạt động hàng năm: 4000 giờ.  
 Giá điện: 0,10 USD/KWh  
 Tổn thất công suất

$$\Delta P = 110 \times 0,75 \times \left[ \frac{1}{0,92} - \frac{1}{0,95} \right]$$

$$\Delta P' = 0,96 \text{ KW}$$

Tổn thất điện năng trong năm:  $0,96 \times 4000 \text{ h} = 3840 \text{ KWh/năm}$   
 Chi phí điện năng tăng thêm:  $0,10 \times 3840 = 384 \text{ USD/năm}$

---

Các cơ hội tiết kiệm điện năng đối với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc  
 Nguyễn Xuân Phú



## **2.6. Chọn công suất của động cơ**

Đại đa số cán bộ có xu hướng chọn công suất của động cơ quá lớn hơn yêu cầu với ý tưởng là để đảm bảo “động cơ khỏe” đối với phụ tải kéo (!) và cho phép đáp ứng sự phát triển trong tương lai (!).

Họ đôi khi nghĩ rằng công suất dư thừa chỉ là sự chênh lệch nhỏ trong giá mua... Chúng ta hãy phân tích thêm về ý kiến này.

Thật ra động cơ quá dư công suất (tức là chúng luôn làm việc thấp hơn 50% tải định mức) là không kinh tế vì:

- a. Chi phí mua động cơ cao hơn.
- b. Tiền điện tăng do hiệu suất động cơ giảm.

Chúng ta cũng có thể có những ví dụ thực tế cụ thể để xác định điều nêu trên. Ở đây chỉ được một ưu điểm là có tính linh hoạt cao khi phụ tải thay đổi.

Trên đây là hai vấn đề chính, ngoài ra còn nhiều vấn đề khác liên quan đến tiết kiệm điện năng đối với động cơ điện, chẳng hạn như việc sử dụng bộ điều khiển tốc độ VSD. Tác giả xin hẹn sẽ trình bày trong dịp khác.

### **Tài liệu tham khảo:**

1. Nguyễn Xuân Phú – Tô Đăng. Khí cụ điện – Lý thuyết kết cấu và sử dụng. NXB Khoa học & Kỹ thuật 2001.
2. Nguyễn Xuân Phú – Nguyễn Công Hiền – Nguyễn Bội Khuê. Nguyễn Xuân Phú chủ biên. Cung cấp điện. NXB Khoa học & Kỹ thuật 2001.
3. Muller- Hornemann & Hubocher. Electrotechnik – Fachbildung Energieelektronik – Westermann 1999.

***Nguyễn Xuân Phú - Giảng viên chính, Thạc sĩ Trường Đại học Dân lập Văn Lang***