

## **Động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc hiệu suất cao – Phần 2: Phương pháp xác định hiệu suất năng lượng**

*High efficiency three-phase asynchronous squirrel cage electrical motors –  
Part 2: Methods for determination of energy performances*

### **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp thử để xác định mức hiệu suất năng lượng tối thiểu (MEP) đối với động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc, loại vỏ kín (IP44), có công suất danh định nằm trong dải từ 0,55 kW đến 150 kW, dùng làm việc ở chế độ liên tục S1 (TCVN 6627-1: 2000 (IEC 34-1: 1994)) và được đấu vào lưới điện có điện áp danh định không vượt quá 400 V, có tần số 50 Hz hoặc 60Hz.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho:

- hệ thống động cơ-hộp số lắp liền;
- động cơ nhiều tốc độ hoặc động cơ thay đổi được tốc độ;
- động cơ quán lại hoặc động cơ đã qua sử dụng;

các loại động cơ điện có công dụng đặc biệt như động cơ có mômen khởi động tăng cao

### **2 Tài liệu viện dẫn**

TCVN 6627-1: 2000 (IEC 34-1: 1994 và Sửa đổi 1: 1996), Máy điện quay – Phần 1: Thông số và tính năng

TCVN 6627-2: 2001 (IEC 34-2:1972 và Sửa đổi 1: 1995), Máy điện quay – Phần 2: Phương pháp thử nghiệm để xác định tổn hao và hiệu suất của máy điện quay

IEEE112 : 1996<sup>1)</sup>, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators (Quy trình thử nghiệm tiêu chuẩn dùng cho động cơ và máy phát cảm ứng nhiều pha)

<sup>1)</sup> IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Viện kỹ thuật điện và điện tử)

### 3 Định nghĩa

Ngoài các định nghĩa nêu trong TCVN 6627-2: 2001 (IEC 34-2: 1972 và Sửa đổi 1: 1995), tiêu chuẩn này còn áp dụng các định nghĩa sau:

#### 3.1

##### **tổn hao sắt từ**

tổn hao do dòng điện xoáy và từ trễ trong lõi sắt

#### 3.2

##### **thử nghiệm đo mômen**

thử nghiệm mà trong đó công suất cơ đầu ra của động cơ được xác định bởi mômen trên trục, bằng thiết bị đo mômen, và tốc độ quay.

#### 3.3

##### **hiệu suất**

tỉ số giữa giá trị đầu ra và đầu vào theo cùng một đơn vị và được nêu dưới dạng phần trăm. Hiệu suất có thể được xác định bằng những tỷ số sau đây, dưới dạng phần trăm.

- a) công suất ra / công suất vào;
- b) (công suất vào – tổn hao) / công suất vào; hoặc
- c) công suất ra / (công suất ra + tổn hao).

#### 3.4

##### **công suất vào**

công suất điện đo được trên các đầu nối của động cơ

#### 3.5

##### **tải**

các giá trị tính bằng số của các đại lượng cơ đặc trưng cho nhu cầu cần tạo ra trên một động cơ điện không đồng bộ kiểu cảm ứng

#### 3.6

##### **không tải**

trạng thái hoạt động của động cơ khi tải được ngắt ra

#### 3.7

##### **hiệu suất danh nghĩa**

hiệu suất trung bình của một loạt động cơ có cùng kiểu thiết kế (xem điều 10)

#### 3.8

##### **công suất ra**

công suất cơ đo được trên trục của động cơ

**3.9****giá trị danh định**

giá trị tính bằng số của đại lượng thuộc các thông số đặc trưng của động cơ

**3.10****thông số đặc trưng**

toàn bộ các giá trị tính bằng số của các đại lượng cơ và điện, cùng với thời gian và trình tự của chúng, do nhà chế tạo ấn định cho động cơ và được ghi trên tấm thông số đặc trưng

**3.11****tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ )**

tổn hao trong dây quấn rôto ( $R$  biến thiên theo nhiệt độ)

**3.12****tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ )**

tổn hao trong dây quấn stato ( $R$  biến thiên theo nhiệt độ)

**3.13****tổn hao phụ**

tổn hao bổ sung trong sắt do tần số cơ bản và tần số cao; tổn hao do dòng điện chạy qua trong dây quấn stato; và tổn hao do sóng hài trong dây dẫn rôto khi có tải. Các tổn hao này được coi là tỷ lệ với bình phương dòng điện rôto.

**3.14****cân bằng nhiệt**

trạng thái diễn ra khi động cơ đạt tới nhiệt độ không đổi và độ tăng nhiệt quan sát được của động cơ thay đổi không quá  $1\text{ }^\circ\text{C}$  trong khoảng thời gian 30 min hoặc không quá  $\pm 2\%$  độ tăng nhiệt quan sát được của động cơ ở ba giá trị độc liên tiếp ở các khoảng thời gian 30 min

**3.15****tổng tổn hao**

hiệu của công suất vào và công suất ra

**3.16****tổn hao cơ**

tổn hao do ma sát trên vòng bi và ma sát với không khí

**4 Yêu cầu chung**

Khi xác định tổn hao và hiệu suất, động cơ phải hoàn hảo, ví dụ không có rung động làm trở ngại cho sự làm việc bình thường của các cơ cấu riêng của động cơ, tiếng ồn không cho phép, đặc biệt tiếng kêu có tính chất chu kỳ. Các ổ đỡ, ổ chặn phải cho chạy rà.

## 5 Yêu cầu chung về thử nghiệm - Các phép đo điện

### 5.1 Đơn vị đo

Nếu không có quy định nào khác, tất cả các đại lượng là giá trị hiệu dụng và theo hệ đơn vị SI (hệ mét).

### 5.2 Nguồn điện

Nguồn cung cấp phải có dạng sóng về cơ bản là hình sin và cung cấp điện áp pha cân bằng. Hệ số sai lệch dạng sóng điện áp không được vượt quá 10 % (xem 5.6, chú thích 1).

### 5.3 Tần số

Khi thử nghiệm công suất vào - công suất ra không được phép có đột biến tần số, vì các đột biến này được truyền đến thiết bị đo công suất ra. Mọi sai lệch so với tần số danh định đều ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất theo phương pháp thử 1 (xem 6.1). Tần số phải được duy trì trong phạm vi  $\pm 0,5 \%$  giá trị qui định cho thử nghiệm đang tiến hành, nếu không có quy định nào khác (xem 5.6, chú thích 2)

### 5.4 Lựa chọn dụng cụ đo

Phải chọn dụng cụ đo sao cho đọc được dễ dàng giá trị đo trên toàn bộ thang đo. Điều đó có nghĩa là phần chia của thang đo dễ dàng ước lượng được và nhất là khi phần chia chỉ là một đại lượng phần trăm của giá trị đọc. Dụng cụ đo kiểu chỉ thị phải được hiệu chuẩn để giới hạn sai số không quá  $\pm 0,5 \%$  giá trị của toàn bộ thang đo.

Có thể sử dụng thiết bị đo chỉ thị số hoặc hiển thị trên máy tính cho độ chính xác tương đương.

### 5.5 Máy biến đổi đo lường

Khi sử dụng máy biến dòng và máy biến áp đo lường thì phải thực hiện hiệu chỉnh, khi cần thiết, đối với sai số tương đối của phép đo dòng điện, điện áp và sai số tương đối, sai số lệch pha của phép đo công suất. Sai số của máy biến đổi đo lường không được lớn hơn 0,5 %.

### 5.6 Điện áp

Phải đo điện áp trên các đầu nối của động cơ. Chỉ tiến hành thử nghiệm khi mất cân bằng điện áp và độ biến thiên so với điện áp danh định không vượt quá  $+ 0,5 \%$ . Mất cân bằng điện áp tính theo phần trăm, bằng 100 lần giá trị sai lệch giữa điện áp lớn nhất và điện áp trung bình chia cho điện áp trung bình (xem chú thích 2).

CHU THÍCH 1. Hệ số sai lệch dạng sóng là một tỷ số trong đó tử số là chênh lệch lớn nhất giữa giá trị tương ứng của sóng và giá trị tương ứng của sóng hình sin tương đương, mẫu số là giá trị lớn nhất của sóng hình sin tương đương, khi các sóng xếp chồng theo cách để tạo ra chênh lệch lớn nhất này càng nhỏ càng tốt. Sóng hình sin tương đương được xác định là sóng có cùng tần số và cùng giá trị hiệu dụng với sóng cần thử nghiệm.



CHÚ THÍCH 2: Sai lệch so với dạng sóng hình sin, điện áp nguồn đối xứng và tần số danh định sẽ làm cho động cơ có tổn hao lớn hơn và hiệu suất thấp hơn do đó cần tránh sai lệch này.

### 5.7 Dòng điện

Phải đo dòng điện chạy qua từng pha của động cơ. Nếu các dòng điện này không bằng nhau thì phải sử dụng giá trị trung bình số học của các dữ liệu thử nghiệm để tính thông số tính năng của động cơ.

### 5.8 Công suất vào

Công suất vào của động cơ điện không đồng bộ ba pha có thể được đo bằng cách sử dụng hai oát mét một pha mắc theo phương pháp hai oát mét hoặc sử dụng một oát mét nhiều pha hoặc ba oát mét một pha. Tổng công suất đọc được trên oát mét phải trừ đi tổng tổn hao  $I^2R$  trong mạch điện áp của dụng cụ đo khi tổn hao này là một phần đo được của tổng công suất đọc.

### 5.9 Công suất ra

Công suất cơ đầu ra phải được đo chính xác. Dụng cụ đo mômen phải có cấp chính xác là 0,2. Nếu dùng thiết bị đo mômen thì phải bù ma sát ở khớp nối và ổ đỡ cộng với sai số do quán tính (xem phụ lục C). Phải sử dụng thiết bị đo mômen có kích cỡ thích hợp sao cho tổn hao khớp nối và ổ đỡ của thiết bị đo mômen, đo ở tốc độ danh định của động cơ cần thử nghiệm, không được lớn hơn 15 % công suất ra danh định của động cơ cần thử nghiệm. Các trục đã hiệu chuẩn theo sai lệch mômen có thể sử dụng để xác định công suất ra.

### 5.10 Yêu cầu về tính năng hiệu suất năng lượng

Động cơ điện được coi là phù hợp với tiêu chuẩn này là động cơ có mức hiệu suất năng lượng tối thiểu qui định trong TCVN 7540-1: 2005, ở 75 % và 100 % tải danh định, khi thử nghiệm theo phương pháp thử 1 (xem 6.1 và 7.1).

## 6 Phương pháp thử (xem hình 1 và bảng 3)

### 6.0 Qui định chung

Phương pháp thử để xác định hiệu suất của động cơ điện không đồng bộ ba pha kiểu cảm ứng qui định trong tiêu chuẩn này được chia theo dây công suất (kW) như sau:

Công suất động cơ	Phương pháp thử
Từ 0,75 đến 37 kW	1
Trên 37 đến 150 kW	1 hoặc 2

**6.1 Phương pháp thử 1:** Phương pháp công suất vào - công suất ra có phép đo gián tiếp tổn hao phụ và phép đo trực tiếp tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ), tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ), tổn hao sắt từ và tổn hao cơ.

6.1.1 Lắp nhiệt ngẫu hoặc dụng cụ đo nhiệt độ khác vào động cơ, có thể lắp bên trong hoặc trên các đầu nối dây quấn, hoặc vào các khe, rãnh thoát khí làm mát, rồi đo và ghi lại các giá trị sau đây:

- a) điện trở dây quấn stato của động cơ; và
- b) nhiệt độ của dây quấn

6.1.2 Đặt điện áp, tần số danh định và cho động cơ mang đầy tải cho đến khi đạt được trạng thái cân bằng nhiệt. Khi nhiệt độ dây quấn đạt đến ổn định trong điều kiện đầy tải, ngắt nguồn điện ra, tháo các đầu dây dẫn vào động cơ, đo và ghi lại các giá trị dưới đây trong khoảng thời gian được chỉ ra trong bảng.

- a) điện trở dây quấn stato của động cơ;
- b) nhiệt độ dây quấn; và
- c) nhiệt độ môi trường <sup>1)</sup>.

Công suất, kW	Thời gian trễ sau khi ngắt điện, s
≤ 37,0	30
>37,0    ≤150	90

Nếu khoảng thời gian trễ vượt quá giá trị cho trong bảng trên thì dựa vào điện trở dây quấn stato qua một cặp đầu nối, vẽ đường cong làm mát với ít nhất 5 điểm ở các khoảng thời gian 60 s để xác định giá trị thời gian trễ.

6.1.3 Đưa điện áp và tần số danh định vào động cơ và mắc tải cho động cơ ứng với 4 điểm tải cách đều nhau từ giá trị không nhỏ hơn 25 % giá trị tải đến và kể cả 100 % tải, và 2 điểm tải chọn ở mức cao hơn 100 % tải nhưng không vượt quá 150 % tải. Khi mắc tải cho động cơ thì bắt đầu từ giá trị tải cao nhất rồi giảm dần về giá trị tải nhỏ nhất

Tại 6 điểm nêu trên, đo và ghi lại giá trị sau

- a) mômen đầu ra đã hiệu chỉnh <sup>1)</sup>;
- b) công suất vào quan sát được;

<sup>1)</sup> Đối với động cơ có bộ trao đổi nhiệt và các tác nhân làm mát từ bên ngoài, nhiệt độ môi trường là nhiệt độ của không khí làm mát ở lối vào của không khí đến động cơ.

<sup>1)</sup> Hiệu chỉnh giá trị đọc của thiết bị đo mômen như mô tả ở phụ lục C.

- c) dòng điện vào trung bình (A);
- d) tốc độ (vòng/min);
- e) nhiệt độ trung bình của dây quấn tại mỗi điểm tải;
- f) nhiệt độ môi trường <sup>2)</sup>; và
- g) điện áp trung bình trên các đầu nối của động cơ.

6.1.4 Cắt tải ra khỏi động cơ rồi đóng điện áp có tần số danh định vào động cơ cho đến khi tổn hao không tải ổn định. Tổn hao được coi là ổn định khi công suất vào không tải biến thiên không quá 3 %, khi đo ở hai khoảng thời gian cách nhau 30 min.

6.1.5 Trong điều kiện không tải, đóng điện cho động cơ với ít nhất 3 giá trị điện áp cách đều nhau trong khoảng từ 125 % đến 60 % điện áp danh định và ít nhất 3 giá trị điện áp cách đều nhau trong khoảng từ 50 % đến xấp xỉ 20 % điện áp danh định hoặc đến điểm khi dòng điện vào động cơ đạt giá trị nhỏ nhất hoặc xuất hiện trạng thái mất ổn định.

Tại các giá trị điện áp này đo và ghi lại:

- a) điện áp đặt trung bình;
- b) dòng điện vào trung bình của động cơ;
- c) công suất vào không tải; và
- d) nhiệt độ trung bình của dây quấn tại giá trị đó.

6.1.6 Tính tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) tại 6 điểm tải đo được ở 6.1.3, sử dụng phương trình sau đây:

$$I^2R = 0,0015 I^2R_s \text{ (kW)}$$

trong đó:

$I$  là dòng điện vào trung bình đo được ở 6.1.3 c);

$R_s$  là điện trở trung bình của dây quấn đo được ở 6.1.1 a) được hiệu chỉnh về nhiệt độ của dây quấn ở 6.1.3 e);

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_t + K} \right)$$

trong đó:

$R_t$  là giá trị điện trở dây quấn ( $\Omega$ ) (xem 6.1.1 a))

$t_s$  là nhiệt độ dây quấn ( $^{\circ}\text{C}$ ), (xem 6.1.3 e))

<sup>2)</sup> Đối với động cơ có bộ trao đổi nhiệt và tác nhân làm mát từ bên ngoài, nhiệt độ môi trường là nhiệt độ của không khí làm mát tại lối vào của không khí đến động cơ. Mômen đầu ra phải được hiệu chỉnh theo hiệu chỉnh của thiết bị đo mômen như mô tả ở phụ lục C.

$t_i$  là nhiệt độ dây quấn (°C) khi đã đo xong điện trở, (xem 6.1.1 b))

$K = 234,5$  đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết

= 225 đối với dây quấn bằng nhôm

CHÚ THÍCH: Đối với vật liệu dây quấn khác thì cần sử dụng giá trị  $K$  thích hợp.

6.1.7 Tính tổn hao sắt từ và tổn hao cơ khi thử không tải mô tả ở 6.1.5 như sau:

a) tổn hao sắt từ và tổn hao cơ được xem như độc lập với tải đối với phương pháp thử 1 và 2, các giá trị tính được ở chế độ không tải có thể được sử dụng tại từng điểm trong 6 điểm tải ở 6.1.3;

b) Đối với mỗi giá trị điện áp cho trong 6.1.5, lấy số đọc công suất vào không tải trừ đi tổn hao dây quấn stato khi không tải ( $I^2R$ ) (xem 6.1.5 c)). Tính tổn hao dây quấn stato ở chế độ không tải ( $I^2R$ ) như sau:

$$I^2R = 0,0015 I^2R_s \text{ (kW)}$$

trong đó:

$I$  là dòng điện vào dây quấn ở chế độ không tải (xem 6.1.5 b))

$R_s$  là điện trở dây quấn trung bình đo được ở 6.1.1 a) được hiệu chỉnh về nhiệt độ dây quấn ở 6.1.5 d)

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_t + K} \right)$$

trong đó:

$R_t$  là giá trị điện trở dây quấn ( $\Omega$ ) (xem 6.1.1 a))

$t_s$  là nhiệt độ dây quấn (°C) (xem 6.1.3 e))

$t_t$  là nhiệt độ dây quấn khi đã đo xong điện trở (°C) (xem 6.1.1 b))

$K = 234,5$  đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết

= 225 đối với dây quấn bằng nhôm;

CHÚ THÍCH: Đối với vật liệu dây quấn khác thì cần sử dụng giá trị  $K$  thích hợp.

c) đối với mỗi giá trị điện áp trong khoảng từ 125 % đến 60 % điện áp danh định, vẽ đường cong số đọc công suất vào không tải trừ đi tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ ), như tính được ở điểm b), theo điện áp. Đường cong này đặc trưng cho tổn hao sắt từ cộng với tổn hao cơ theo điện áp.

d) đối với mỗi giá trị điện áp trong khoảng từ 50 % đến 20 % điện áp danh định hoặc đối với điểm mà ở đó dòng điện nguồn đạt tới giá trị nhỏ nhất, vẽ số đọc công suất không tải trừ đi tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ ), như tính được ở điểm b), theo bình phương điện áp. Xác định tổn hao cơ bằng cách ngoại suy đường thẳng này đến giá trị điện áp bằng 0; và

e) từ đường cong ở điểm c), tại 100 % điện áp danh định, có được hiệu giữa công suất vào ở chế độ không tải và tổn hao dây quấn stato ở chế độ không tải ( $I^2R$ ). Lấy giá trị này trừ đi tổn hao cơ (xem điểm d)) để xác định tổn hao sắt từ.

6.1.8 Tính tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) tại mỗi điểm trong 6 điểm tải đo được ở 6.1.3 sử dụng phương trình sau đây:

$$\text{Tổn hao dây quấn rôto } I^2R = (\text{công suất vào đo được} - \text{tổn hao dây quấn stato } I^2R - \text{tổn hao sắt từ}) \times \text{hệ số trượt}$$

trong đó:

công suất vào đo được = giá trị theo 6.1.3 b)

tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) = giá trị theo 6.1.6

tổn hao sắt từ = giá trị theo 6.1.7 e)

$$\text{hệ số trượt} = \frac{\text{tốc độ đồng bộ} - \text{tốc độ đo được (xem 6.1.3 d)}}{\text{tốc độ đồng bộ}}$$

6.1.9 Tính tổn hao phụ tại 6 điểm tải đo được ở 6.1.3 bằng cách ban đầu tính số kilôoát dư như sau:

Số kilôoát dư = công suất vào - công suất ra ứng với tốc độ - tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) - tổn hao sắt từ - tổn hao cơ - tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ )

trong đó:

công suất vào = giá trị theo 6.1.3 b)

$$\text{công suất ra} = \frac{\text{mômen (Nm)} \times \text{tốc độ (vòng/min)}}{9\,549} \text{ (kW) (xem 6.1.3 a))}$$

tốc độ = giá trị theo 6.1.3 d)

tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) = giá trị theo 6.1.6

tổn hao sắt từ = giá trị theo 6.1.7 e)

tổn hao cơ = giá trị theo 6.1.7 d)

tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) = giá trị theo 6.1.8

Làm tròn số liệu công suất ra dư bằng cách phân tích hồi qui tuyến tính như sau:

$$\text{Công suất ra dư (kW)} = AT^2 + B$$

trong đó:

A = độ dốc của đặc tính

T = mômen trên trục (giá trị theo 6.1.3 a))

B = điểm cắt trục Y của đường đặc tính

Nếu hệ số tương quan  $\gamma$  (xem phụ lục B) nhỏ hơn 0,9 thì loại bỏ điểm xấu nhất rồi tính lại A và B. Nếu  $\gamma$  tăng (nghĩa là lớn hơn 0,9) thì sử dụng phép tính thứ hai; ngược lại thì kết quả thử nghiệm được coi là không thoả mãn. Chỉ ra sai số trên phương tiện đo hoặc giá trị đọc của thử nghiệm, hoặc cả hai. Kiểm tra và hiệu chỉnh nguồn sai số và lập lại thử nghiệm.

Khi A (hằng số độ dốc) được thiết lập như trên, thì tổn hao phụ cho 6 điểm ở 6.1.3 có thể được tính bằng phương trình sau đây:

$$\text{tổn hao phụ} = AT^2$$

trong đó:

A là độ dốc của đặc tính (xem 6.1.9)

T là mômen trên trục (xem 6.1.3 a))

6.1.10 Tính tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) và hiệu chỉnh về nhiệt độ như đo được ở 6.1.2 b) và nhiệt độ môi trường là 25 °C cho 6 điểm tải đo ở 6.1.3 theo phương trình sau đây:

Tổn hao dây quấn stato được hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) = 0,0015  $I^2R_s$  (kW)

trong đó

I là dòng điện dây quấn stato trung bình đo được ở 6.1.3 c)

$R_s$  là điện trở dây quấn stato đo được ở 6.1.2 a) hiệu chỉnh về nhiệt độ môi trường là 25 °C

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_t + K} \right)$$

trong đó:

$R_t$  là điện trở dây quấn stato đo được ở 6.1.2 a)

$t_s$  là nhiệt độ dây quấn, tính bằng °C, đo được ở 6.1.2 b) hiệu chỉnh về nhiệt độ môi trường là 25 °C ( $t_s$  = giá trị theo 6.1.2 b) + 25 °C – giá trị theo 6.1.2 c)

$t_t$  là nhiệt độ dây quấn khi đã đo xong điện trở, tính bằng °C, được đo ở 6.1.2 b)

K = 234,5 đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết

= 225 đối với dây quấn bằng nhôm.

6.1.11 Tính tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ), hiệu chỉnh về nhiệt độ đo được ở 6.1.2 (b) và về nhiệt độ môi trường là 25 °C cho 6 điểm tải ở 6.1.3 bằng phương trình sau đây:

Tổn hao dây quấn rôto hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) = (công suất vào đo được – tổn hao dây quấn stato hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) – tổn hao sắt từ) × hệ số trượt (đã hiệu chỉnh).

trong đó:

công suất vào đo được	= giá trị theo 6.1.3 b)
tổn hao dây quấn stato hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ )	= giá trị theo 6.1.10
tổn hao sắt từ	= giá trị theo 6.1.7 e)
hệ số trượt (đã hiệu chỉnh)	= $S \left( \frac{t_s + K}{t_i + K} \right)$

trong đó:

hệ số trượt (đã hiệu chỉnh)	= độ trượt được hiệu chỉnh theo nhiệt độ dây quấn stato ở 6.1.2 b) được hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường là 25 °C
S	= độ trượt tương đối của tốc độ đồng bộ so với tốc độ đo được ở 6.1.3d) và được tính trước ở 6.1.8
$t_s$	= nhiệt độ dây quấn stato đo được ở 6.1.2 b) hiệu chỉnh về nhiệt độ môi trường 25 °C ( $t_s$ = giá trị theo 6.1.2 c))
$t_i$	= nhiệt độ dây quấn stato quan sát như đo được ở 6.1.3 e)
K	= 234,5 đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết = 225 đối với dây quấn bằng nhôm.

6.1.12 Tính công suất ra hiệu chỉnh theo nhiệt độ tại 6 điểm tải ở 6.1.3 bằng phương trình sau:

Công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ) = công suất vào (tại điểm thử nghiệm) – tổn hao (đã hiệu chỉnh)

trong đó:

công suất vào (tại điểm thử nghiệm)	= giá trị theo 6.1.3 b)
tổn hao (đã hiệu chỉnh)	= tổn hao sắt từ (mục 6.1.7 e)) + tổn hao cơ (6.1.7 d) + tổn hao phụ (6.1.9) + tổn hao dây quấn Stato hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) (6.1.10) + tổn hao dây quấn rôto hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) (6.1.11)

6.1.13 Tính hiệu suất tại 6 điểm tải ở 6.1.3 bằng phương trình sau:

$$\text{hiệu suất} = \frac{\text{công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ)}}{\text{công suất vào (tại điểm thử nghiệm)}}$$

trong đó:

công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ)	= giá trị theo 6.1.12
công suất vào (tại điểm thử nghiệm)	= giá trị theo 6.1.3 b)

6.1.14 Xác định hiệu suất tại các điểm tải cụ thể bằng cách vẽ đường hiệu suất thông qua các giá trị tính được ở 6.1.13 theo công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ) tính được ở 6.1.12.

## 6.2 Phương pháp thử 2: Phương pháp đo công suất vào với phép đo trực tiếp các tổn hao

Tiến hành quy trình như phương pháp 1 nhưng bỏ qua giá trị đọc mômen (xem 6.1.3 a)) và phép đo gián tiếp tổn hao phụ (xem 6.1.9) và thay bằng phép đo trực tiếp tổn hao phụ như mô tả ở 6.3.4.2 của tiêu chuẩn IEEE 112.

CHÚ THÍCH: Đối với các loại không phải công suất ra danh định của động cơ, tổn hao phụ có thể được coi là biến đổi trực tiếp theo bình phương của dòng điện stato ở tải đang xét trừ đi bình phương của dòng điện ở chế độ không tải.

## 7 Các dạng khác của phương pháp thử (xem hình 1 và bảng 3)

### 7.1 Phương pháp thử 1 không theo dõi nhiệt độ hoặc không đo nhiệt độ dây quấn

7.1.1 Nếu nhiệt độ danh định như quy định ở 6.1.2 chưa đo được và thiết bị đo nhiệt độ dây quấn chưa được lắp vào thì hiệu suất của động cơ có thể được xác định bằng cách sử dụng phương pháp mô tả ở các điều từ 7.1.2 đến 7.1.15.

7.1.2 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.1 nhưng bỏ qua nhiệt độ dây quấn rồi đo và ghi lại nhiệt độ môi trường.

7.1.3 Phương pháp này không yêu cầu phép đo các giá trị quy định ở 6.1.2.

7.1.4 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.3 nhưng bỏ qua nhiệt độ dây quấn.

7.1.5 Phương pháp này không yêu cầu ổn định theo 6.1.4.

7.1.6 Tiến hành theo quy trình 6.1.5 nhưng bỏ qua nhiệt độ dây quấn và, sau khi ngắt điện và tháo nhanh các đầu dây vào động cơ, đo và ghi lại điện trở trung bình dây quấn stato.

7.1.7 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.6 nhưng sử dụng giá trị điện trở trung bình dây quấn đo được ở 7.1.2 và 7.1.6 để tính toán tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ).

7.1.8 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.7 nhưng sử dụng giá trị điện trở trung bình của dây quấn đo được ở 7.1.2 và 7.1.6 để tính toán tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ).

7.1.9 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.8.

7.1.10 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.9.

7.1.11 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.10 nhưng hiệu chỉnh điện trở dây quấn stato từ giá trị đo được tại nhiệt độ môi trường ở 7.1.2 về giá trị nhiệt độ nêu trong bảng 1 đối với cấp cách điện danh định của động cơ.

7.1.12 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.11 nhưng hiệu chỉnh hệ số trượt xác định được từ tốc độ ở nhiệt độ môi trường lúc bắt đầu đo theo 7.1.4 về giá trị nhiệt độ nêu trong bảng 1 đối với cấp cách điện danh định của động cơ.



7.1.13 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.12 nhưng tính các tổn hao (có hiệu chỉnh) bằng cách sử dụng các giá trị thích hợp ở các điều từ 7.1.7 đến 7.1.12.

7.1.14 Tiến hành theo quy trình mô tả ở 6.1.13 nhưng sử dụng giá trị công suất ra (có hiệu chỉnh theo nhiệt độ) như tính được ở 7.1.13.

7.1.15 Xác định hiệu suất động cơ như ở 6.1.14 nhưng sử dụng giá trị tính được ở 7.1.13 và 7.1.14.

## 7.2 Phương pháp thử 2 không theo dõi nhiệt độ hoặc không đo nhiệt độ dây quấn

Tiến hành theo quy trình mô tả ở phương pháp thử 1 được mô tả chi tiết ở 7.1 nhưng bỏ qua giá trị đọc mômen (xem 7.1.4) và thay phép đo ở 7.1.10 bằng phép đo trực tiếp tổn hao phụ như mô tả ở 5.3.4.2 của tiêu chuẩn IEEE 112.

## 7.3 Tổn hao phụ ước lượng

Nếu trong phương pháp thử 2 phép đo trực tiếp tổn hao phụ chưa được thực hiện thì phải sử dụng biện pháp ước lượng tổn hao phụ như quy định dưới đây.

Công suất ra của động cơ , kW		Ước lượng tổn hao phụ, kW
> 37	≤150	0,018 × công suất ra danh định của động cơ
> 150	≤ 600	0,015 × công suất ra danh định của động cơ
> 600	≤ 1 875	0,012 × công suất ra danh định của động cơ
> 1 875		0,009 × công suất ra danh định của động cơ

CHÚ THÍCH: Đối với các công suất khác với công suất ra danh định của động cơ, tổn hao phụ có thể coi là biến thiên trực tiếp theo bình phương của dòng điện stato ở tải đang xét trừ đi bình phương của dòng điện stato ở chế độ không tải.

## 7.4 Tổn hao sắt từ và tổn hao cơ

Tổn hao sắt từ (Wh) và tổn hao cơ (WF) ở 100 % điện áp danh định có thể tính được mà không cần vẽ đường cong mô tả ở 6.1.7 như sau:

- thực hiện phép đo động cơ không tải như mô tả ở 6.1.5 ở 100 % điện áp danh định;
- thu được tổng tổn hao sắt từ và tổn hao cơ (Wh + WF) ở 100 % điện áp danh định bằng cách lấy giá trị đọc công suất không tải ở 7.4 a) trừ đi tổn hao dây quấn stato ở chế độ không tải ( $I^2R$ ) theo 6.1.7 b);
- xác định tổn hao cơ bằng cách tính tổn hao Wh + WF cho từng giá trị điện áp dưới 50 % và xác định WF bằng cách sử dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính như sau:

$$(Wh + WF) = AV^2 + WF$$

trong đó:

- (Wh + WF) = tổn hao sắt từ và tổn hao cơ
- A = độ dốc
- V = điện áp
- WF = tổn hao cơ; và

d) xác định tổn hao sắt từ ở 100 % điện áp danh định bằng cách lấy Wh + WF xác định ở điểm b) trừ đi WF xác định ở điểm c).

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ tham khảo theo bảng 1 cần sử dụng để xác định tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) và dây quấn rôto ( $I^2R$ ) ở tất cả các tải. Nếu độ tăng nhiệt danh định được quy định ở cấp cách điện thấp hơn thì nhiệt độ để hiệu chỉnh điện trở nên lấy là giá trị của cấp cách điện thấp hơn đó.

## 8 Báo cáo thử nghiệm: phương pháp thử 1 và 2

### 8.1 Phép đo ban đầu

Bảng sau đây có thể được sử dụng để ghi các phép đo ban đầu (xem 6.1.1):

a) Điện trở dây quấn stato ( $\Omega$ )	
b) Nhiệt độ dây quấn ( $^{\circ}\text{C}$ )	

### 8.2. Phép đo nhanh nhiệt độ

Bảng sau đây có thể được sử dụng để ghi các phép đo nhanh nhiệt độ (xem 6.1.2):

a) Điện trở dây quấn stato ( $\Omega$ )	
b) Nhiệt độ dây quấn ( $^{\circ}\text{C}$ )	
c) Nhiệt độ môi trường ( $^{\circ}\text{C}$ )	

### 8.3 Giá trị đọc về tải

Bảng sau đây có thể được sử dụng để ghi các giá trị đọc về tải (xem 6.1.3):

Điểm thử nghiệm	1	2	3	4	5	6
a) Mômen trên trục* (Nm)						
b) Công suất vào (kW)						
c) Dòng điện nguồn (A)						
d) Tốc độ (vòng /min)						
e) Nhiệt độ dây quấn (°C)						
f) Nhiệt độ môi trường (°C)						
g) Điện áp nguồn (V)						
* Hiệu chỉnh giá trị đọc của thiết bị đo mômen được mô tả ở phụ lục C.						

#### 8.4 Đường cong tổn hao sắt từ cộng tổn hao cơ

Bảng sau đây có thể được sử dụng để ghi đường cong tổn hao sắt từ cộng với tổn hao cơ (xem 6.1.5)

	Các điểm thử nghiệm từ 125 % đến 60 % điện áp	Các điểm thử nghiệm từ 50 % đến 20 % điện áp hoặc đến điểm mất ổn định
a) Điện áp nguồn (V)		
b) Dòng điện nguồn (A)		
c) Công suất vào (kW)		
d) Nhiệt độ dây quấn (°C)		

### 9 Ghi nhận

Hiệu suất danh nghĩa ở 100 % tải danh định (đầy tải) phải được ghi trên động cơ theo điều 10. Khi có yêu cầu thử ở 75 % tải danh định theo 5.10 thì hiệu suất danh nghĩa ở điểm tải này cũng phải được ghi trên động cơ.

### 10 Xác định hiệu suất danh nghĩa

Giá trị hiệu suất danh nghĩa phải được chọn theo cột A ở bảng 2 khi động cơ làm việc ở điện áp danh định, tần số danh định và ở các điểm tải liên quan và không được vượt quá hiệu suất trung bình của một loạt động cơ thông dụng có cùng kiểu thiết kế. Giá trị thực của hiệu suất động cơ không được nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất tương ứng trong cột B.

**Bảng 1 – Nhiệt độ danh định khi đẩy tải**

(Xem 7.1.11 và 7.1.12)

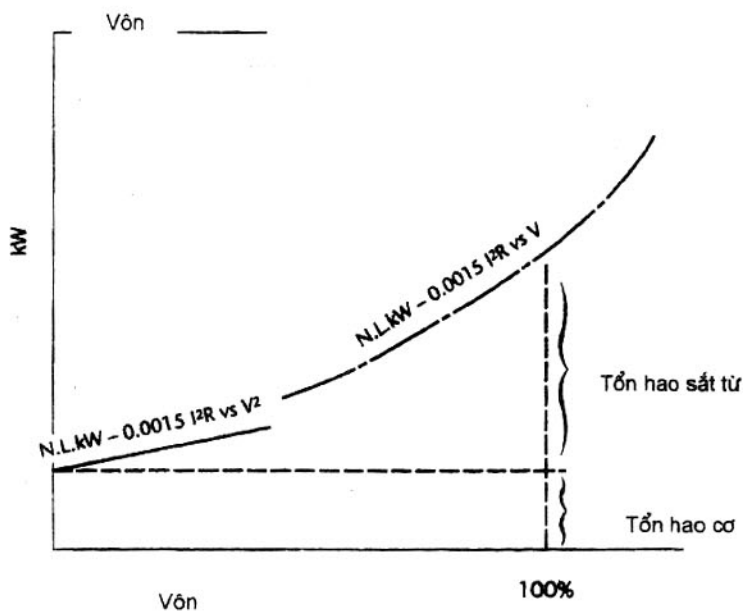
<b>Cấp cách điện</b>	<b>Nhiệt độ, °C</b>
A	75
B	95
F	115
H	130

**Bảng 2 – Dung sai hiệu suất danh nghĩa (xem điều 10)**

<b>Cột A</b> <b>Hiệu suất danh nghĩa</b>	<b>Cột B</b> <b>Hiệu suất tối thiểu dựa trên chênh lệch tổn hao 20 %</b>
99,0	98,8
98,9	98,7
98,8	98,6
98,7	98,5
98,6	98,4
98,5	98,2
98,4	98,0
98,2	97,8
98,0	97,6
97,8	97,4
97,6	97,1
97,4	96,8
97,1	96,5
96,8	96,2
96,5	95,8
96,2	95,4
95,8	95,0
95,4	94,5
95,0	94,1
94,5	93,6

Bảng 2 (kết thúc)

Cột A Hiệu suất danh nghĩa	Cột B Hiệu suất tối thiểu dựa trên chênh lệch tổn hao 20 %
94,1	93,0
93,6	92,4
93,0	91,7
92,4	91,0
91,7	90,2
91,0	89,5
90,2	88,5
89,5	87,5
88,5	86,5
87,5	85,5
86,5	84,0
85,5	82,5
84,0	81,5
82,5	80,0
81,5	78,5
80,0	77,0
78,5	75,5
77,0	74,0
75,5	72,0
74,0	70,0
72,0	68,0
70,0	66,0
68,0	64,0
66,0	62,0
64,0	59,5
62,0	57,5
59,5	55,0
57,5	52,5
55,0	50,5
52,5	48,0
50,5	46,0



Hình 1 – Đường cong tổn hao sắt từ và tổn hao cơ theo điện áp và bình phương điện áp (xem điều 6)

Bảng 3 – Biểu mẫu để tính hiệu suất động cơ: phương pháp thử 1 và 2 (xem điều 6)

Điểm thử nghiệm	1	2	3	4	5	6
Công suất vào (kW) (xem 6.1.3 b))						
Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) (kW), ở nhiệt độ thử nghiệm (tính theo 6.1.6)						
Tổn hao sắt từ (kW) (tính theo 6.1.7 e))						
Tổn hao cơ (kW) (tính theo 6.1.7 d))						
Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) (kW) ở nhiệt độ thử nghiệm (tính theo 6.1.8)						
Tổn hao phụ (kW) (tính theo 6.1.9)						
Tổn hao dây quấn stato có hiệu chỉnh nhiệt độ ( $I^2R$ ) (kW) (tính theo 6.1.10)						
Tổn hao dây quấn rôto có hiệu chỉnh nhiệt độ ( $I^2R$ ) (kW) (tính theo 6.1.11)						
Công suất ra hiệu chỉnh theo nhiệt độ (kW) (xem 6.1.12)						
Hiệu suất % = $\frac{\text{Công suất ra hiệu chỉnh theo nhiệt độ}}{\text{Công suất vào}} \times 100$						

**Phụ lục A**

(tham khảo)

**Hướng dẫn xác định hiệu suất năng lượng****A.1 Phạm vi áp dụng**

Phụ lục này đưa ra ví dụ giúp cho nhà chế tạo tính toán theo yêu cầu của phương pháp thử 1 mô tả trong tiêu chuẩn này. Các điều của phụ lục cũng tương ứng với các điều trong tiêu chuẩn chính, được thêm tiền tố "A".

Phụ lục này không hạn chế, không quy định phương tiện tính toán. Các điều khoản bắt buộc trong tiêu chuẩn này quy định những gì được yêu cầu và cho phép nhà chế tạo sử dụng phương tiện thích hợp nhất cho hoàn cảnh cụ thể của nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH: Xem bảng A.3 để tính mẫu.

**A.6.1** Phương pháp thử 1: phương pháp công suất vào – công suất ra với phép đo gián tiếp tổn hao phụ và phép đo trực tiếp các tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ), tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ), tổn hao sắt từ và tổn hao cơ

**A.6.1.1** Thử nghiệm động cơ có công suất danh định 10 hp (mã lực), 1 800 vòng/ min, 575 V, ba pha, tần số 60 Hz và thực hiện các phép đo ban đầu sau:

- a) điện trở dây quấn stato = 1,650  $\Omega$ ; và
- b) nhiệt độ của dây quấn = 18 °C.

**A.6.1.2** Sau khi nhiệt độ của cuộn dây đã ổn định trong điều kiện làm việc đầy tải, ở điện áp danh định và tần số danh định, thì tiến hành đo nhanh các nhiệt độ sau:

- a) điện trở dây quấn stato của động cơ = 2,17  $\Omega$ ;
- b) nhiệt độ dây quấn = 108 °C; và
- c) nhiệt độ môi trường = 29 °C.

**A.6.1.3** Tại 6 điểm tải, tiến hành các phép đo sau:

Các điểm thử nghiệm	1	2	3	4	5	6
a) mômen trên trục* (Nm)	50,8	46,8	40,7	30,5	20,3	10,2
b) công suất vào (kW)	10,98	10,15	8,88	6,78	4,73	2,71
c) dòng điện nguồn (A)	13,76	12,9	11,61	9,66	8,03	6,81
d) tốc độ (vòng/min)	1 755	1 757	1 763	1 772	1 782	1 790
e) nhiệt độ dây quấn (°C)	37	45	48	48,5	49	49
f) nhiệt độ môi trường (°C)	20	20	20	20	20	20
g) điện áp nguồn (V)	575	575	575	575	575	575
* Hiệu chỉnh giá trị đọc trên thiết bị đo mômen như mô tả ở phụ lục C.						

**A.6.1.5** Trong điều kiện không tải, cần thực hiện các phép đo tổn hao sắt từ cộng với tổn hao cơ ở các điểm điện áp khác nhau như đã chỉ ra.

	Các điểm thử nghiệm từ 125 % đến 60 % điện áp				Các điểm thử nghiệm từ 50 % đến 20 % điện áp hoặc đến điểm mất ổn định		
a) Điện áp nguồn (V)	604	575	518	288	230	173	126
b) Dòng điện nguồn (A)	7,35	6,32	4,92	2,38	1,94	1,51	1,19
c) Công suất vào (kW)	0,86	0,72	0,54	0,2	0,16	0,12	0,1
d) Nhiệt độ dây quấn (°C)	54	54	54	52	50	49	48

**A.6.1.6** Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) tại 6 điểm tải được tính như sau:

$$\text{Tổn hao dây quấn stato } (I^2R) = 0,0015 I^2 R_s \text{ (kW)}$$

trong đó:

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_r + K} \right)$$

trong đó (từ các phép đo ở A.6.1.1)

$$R_t = 1,650 \Omega$$

$t_s$  = giá trị nhiệt độ đo được ở A.6.1.3 e)



$$t_i = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$K = 234,5$  đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết

= 225 đối với dây quấn bằng nhôm

Trước hết, tính giá trị  $R_x$  ứng với từng điểm tải:

$$1,650 \times \frac{37 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,77(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{45 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,83(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{48 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{48,5 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{49 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{49 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

Sau đó tính tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) cho từng điểm tải như sau:

$$0,0015 \times 13,76^2 \times 1,77 = 0,503 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 12,9^2 \times 1,83 = 0,457 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 11,61^2 \times 1,85 = 0,374 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 9,66^2 \times 1,85 = 0,259 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 8,03^2 \times 1,85 = 0,179 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 6,81^2 \times 1,85 = 0,129 \text{ (kW)}$$

Tổng hợp:

Điểm thử nghiệm	1	2	3	4	5	6
Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) (kW)	0,503	0,457	0,374	0,259	0,179	0,129

**A.6.1.7** Tổn hao sắt từ và tổn hao cơ trong thử nghiệm không tải được xác định như sau:

#### Bước 1

Tính tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ ) cho từng điểm điện áp như sau:

Tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ ) = 0,0015  $I^2R_s$  (kW)

trong đó:

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_t + K} \right)$$

trong đó

$$R_t = 1,650 \Omega$$

$$t_t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$t_s$  = giá trị nhiệt độ ở A.6.1.5 d)

$K = 234,5$  đối với dây quấn bằng đồng tinh khiết

= 225 đối với dây quấn bằng nhôm

Trước hết, tính giá trị  $R_s$  ứng với từng điểm điện áp:

$$1,650 \times \frac{54 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,89(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{54 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,89(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{54 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,89(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{52 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,87(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{50 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,86(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{49 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

$$1,650 \times \frac{48 + 234,5}{18 + 234,5} = 1,85(\Omega)$$

Tiếp đến là tính tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ ) cho từng điểm điện áp :

$$0,0015 \times 7,35^2 \times 1,89 = 0,153 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 6,32^2 \times 1,89 = 0,113 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 4,92^2 \times 1,89 = 0,0686 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 2,38^2 \times 1,87 = 0,0159 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 1,94^2 \times 1,86 = 0,0105 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 1,51^2 \times 1,85 = 0,00633 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times 1,193^2 \times 1,85 = 0,00395 \text{ (kW)}$$

**Bước 2**

Tính tổn hao sắt từ và tổn hao cơ đối với từng điểm điện áp :

(tổn hao sắt từ và tổn hao cơ) = (công suất vào không tải) – (tổn hao dây quấn stato không tải ( $I^2R$ )).

$$0,860 - 0,153 = 0,707 \text{ (kW)}$$

$$0,720 - 0,113 = 0,607 \text{ (kW)}$$

$$0,540 - 0,0686 = 0,471 \text{ (kW)}$$

$$0,200 - 0,0159 = 0,184 \text{ (kW)}$$

$$0,156 - 0,0105 = 0,146 \text{ (kW)}$$

$$0,120 - 0,00633 = 0,114 \text{ (kW)}$$

$$0,096 - 0,00395 = 0,0921 \text{ (kW)}$$

**Bước 3**

Vẽ đường cong sử dụng các giá trị tổn hao sắt từ và tổn hao cơ (kW) trên trục tọa độ Y và các điểm điện áp tương ứng trên trục X (xem hình A1):

X (V)	Y (kW)
603,75	0,707
575	0,607
517,5	0,471

**Bước 4**

Vẽ đường cong thứ hai sử dụng các giá trị tổn hao sắt từ và tổn hao cơ (kW) trên trục tọa độ Y và các điểm bình phương điện áp tương ứng trên trục X (xem hình A1).

Điểm điện áp	X (V <sup>2</sup> )	Y (kW)
287,5	82 700	0,184
230	52 900	0,146
172,5	29 800	0,114
126	15 900	0,0921

**Bước 5**

Ngoại suy đường cong thứ hai, trên thực tế là một đường thẳng, đến trục tung. Giá trị tính bằng kilôoát tại điểm cắt với trục Y là giá trị tổn hao cơ bằng 0,072 kW.

**Bước 6**

Sử dụng đường cong thứ nhất, xác định tọa độ Y ứng với tọa độ X bằng điện áp danh định của động cơ.

Trong ví dụ này,  $X = 575 \text{ V}$  và  $Y = 0,607 \text{ kW}$ .

Tổn hao sắt từ được xác định bằng cách lấy giá trị Y trừ đi tổn hao cơ:

$$\text{Tổn hao sắt từ} = 0,607 - 0,072 = 0,535 \text{ kW}$$

**A.6.1.8**

Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) tại 6 điểm tải được tính như sau:

Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) = (công suất vào đo được – tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) – tổn hao sắt từ) × hệ số trượt

trong đó:

$$\text{hệ số trượt} = \frac{\text{tốc độ đồng bộ} - \text{tốc độ đo được}}{\text{tốc độ đồng bộ}}$$

Trước hết tính hệ số trượt cho từng điểm tải:

$$\frac{1800 - 1755}{1800} = 0,025$$

$$\frac{1800 - 1757}{1800} = 0,0239$$

$$\frac{1800 - 1763}{1800} = 0,0206$$

$$\frac{1800 - 1772}{1800} = 0,0156$$

$$\frac{1800 - 1782}{1800} = 0,010$$

$$\frac{1800 - 1790}{1800} = 0,00556$$

Sau đó tính tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) cho từng điểm tải:

$$(10,98 - 0,503 - 0,535) \times 0,025 = 0,249 \text{ (kW)}$$

$$(10,15 - 0,457 - 0,535) \times 0,0239 = 0,219 \text{ (kW)}$$

$$(8,88 - 0,374 - 0,535) \times 0,0206 = 0,164 \text{ (kW)}$$

$$(6,78 - 0,259 - 0,535) \times 0,0156 = 0,0934 \text{ (kW)}$$

$$(4,73 - 0,179 - 0,535) \times 0,010 = 0,0402 \text{ (kW)}$$

$$(2,71 - 0,129 - 0,535) \times 0,00556 = 0,0114 \text{ (kW)}$$

**A.6.1.9** Tổn hao phụ tại 6 điểm được tính như sau:

**Bước 1**

Tính công suất dư (kW) cho từng điểm tải như sau:

Công suất dư = công suất vào - công suất ra - tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) - tổn hao sắt từ - tổn hao cơ - tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ )

trong đó:

$$\text{công suất ra (kW)} = \frac{\text{mô men (N.m)} \times \text{tốc độ (vòng/min)}}{9\,549}$$

Trước hết, tính công suất ra cho từng điểm tải:

$$\frac{50,8 \times 1755}{9\,549} = 9,34 \text{ (kW)}$$

$$\frac{46,8 \times 1757}{9\,549} = 8,61 \text{ (kW)}$$

$$\frac{40,7 \times 1763}{9\,549} = 7,51 \text{ (kW)}$$

$$\frac{30,5 \times 1772}{9\,549} = 5,66 \text{ (kW)}$$

$$\frac{20,3 \times 1782}{9\,549} = 3,79 \text{ (kW)}$$

$$\frac{10,2 \times 1790}{9\,549} = 1,91 \text{ (kW)}$$

Tiếp đến tính công suất dư (kW) cho từng điểm tải:

$$10,98 - 9,34 - 0,503 - 0,535 - 0,072 - 0,249 = 0,281 \text{ (kW)}$$

$$10,15 - 8,61 - 0,457 - 0,535 - 0,072 - 0,219 = 0,257 \text{ (kW)}$$

$$8,88 - 7,51 - 0,374 - 0,535 - 0,072 - 0,164 = 0,225 \text{ (kW)}$$

$$6,78 - 5,66 - 0,259 - 0,535 - 0,072 - 0,0934 = 0,161 \text{ (kW)}$$

## TCVN 7540 -2: 2005

$$4,73 - 3,79 - 0,179 - 0,535 - 0,072 - 0,0402 = 0,114 \text{ (kW)}$$

$$2,71 - 1,91 - 0,129 - 0,535 - 0,072 - 0,0114 = 0,0526 \text{ (kW)}$$

### Bước 2

Làm tròn số liệu công suất dư bằng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính như mô tả phụ lục B để xác định giá trị A và B theo quan hệ tuyến tính sau:

$$\text{Công suất dư} = AT^2 + B$$

trong đó

T = mômen trên trục đã hiệu chỉnh như ở A.6.1.3 a)

A = độ dốc của đường đặc tính

B = điểm cắt trục Y của đường đặc tính

Như mô tả trong phụ lục B, giá trị đối với phép tính mẫu đã được xác định như sau:

$$A = 0,0000879$$

$$B = 0,0664$$

Ngoài ra, hệ số tương quan ( $\gamma$ ) đối với phép tính mẫu này đã tìm được là 0,987 và vì nó lớn hơn 0,9 cho nên số liệu thử nghiệm này là thoả mãn.

### Bước 3

Tính tổn hao phụ đối với từng điểm tải:

$$\text{Tổn hao phụ} = AT^2$$

$$0,0000879 \times 50,8^2 = 0,227 \text{ (kW)}$$

$$0,0000879 \times 46,8^2 = 0,193 \text{ (kW)}$$

$$0,0000879 \times 40,7^2 = 0,146 \text{ (kW)}$$

$$0,0000879 \times 30,5^2 = 0,0818 \text{ (kW)}$$

$$0,0000879 \times 20,3^2 = 0,0362 \text{ (kW)}$$

$$0,0000879 \times 10,2^2 = 0,00915 \text{ (kW)}$$

**A.6.1.10** Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) hiệu chỉnh theo nhiệt độ đối với lần lượt 6 điểm tải được tính như sau:

$$\text{Tổn hao dây quấn stato (I}^2\text{R) hiệu chỉnh theo nhiệt độ} = 0,0015 I^2R_s \text{ (kW)}$$

trong đó:

$R_s$  = điện trở dây quấn stato ( $\Omega$ ) đo ở A.6.1.2 a) được hiệu chỉnh về nhiệt độ môi trường là 25 °C

$$R_s = R_t \left( \frac{t_s + K}{t_t + K} \right)$$

trong đó:

$R_t = 2,17 \Omega$ , điện trở dây quấn stato đo được ở A.6.1.2 a)

$t_t = 108 \text{ }^\circ\text{C}$ , nhiệt độ dây quấn khi đã đo xong điện trở theo 6.1.2 b)

$t_s =$  giá trị nhiệt độ theo 6.1.2 b) +  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  – giá trị nhiệt độ theo A.6.1.2 c)

Phương trình này cho giá trị nhiệt độ dây quấn đo ở A.6.1.2 b) được hiệu chỉnh về nhiệt độ  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_s = 108 + 25 - 29 = 104 \text{ }^\circ\text{C}$$

Trước hết tính giá trị  $R_t$ :

$$R_t = 2,17 \left( \frac{104 + 234,5}{108 + 234,5} \right) = 2,14 \Omega$$

Tiếp đó tính tổn hao dây quấn Stato ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh nhiệt độ cho từng điểm tải:

$$0,0015 \times (13,76)^2 \times 2,14 = 0,608 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times (12,9)^2 \times 2,14 = 0,534 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times (11,61)^2 \times 2,14 = 0,433 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times (9,66)^2 \times 2,14 = 0,300 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times (8,03)^2 \times 2,14 = 0,207 \text{ (kW)}$$

$$0,0015 \times (6,81)^2 \times 2,14 = 0,149 \text{ (kW)}$$

**A.6.1.11** Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) hiệu chỉnh theo nhiệt độ đối với 6 điểm tải được tính như sau:

Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh nhiệt độ = (công suất vào đo được – tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh theo nhiệt độ – tổn hao sắt từ)  $\times$  hệ số trượt (có hiệu chỉnh)

trong đó:

hệ số trượt (có hiệu chỉnh) = độ trượt theo đơn vị tương đối của tốc độ đồng bộ được hiệu chỉnh theo nhiệt độ dây quấn stato ở A.6.1.2 b) được hiệu chỉnh về nhiệt độ môi trường là  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$= S \left( \frac{t_s + K}{t_r + K} \right)$$

trong đó:

## TCVN 7540 -2: 2005

S = Độ trượt tương đối của tốc độ đồng bộ so với tốc độ đo được ở A.6.1.3 (d) và được tính trước đó ở A.6.1.8.

$t_s = 108 + 25 - 29 = 104 \text{ }^\circ\text{C}$ , có nghĩa là nhiệt độ dây quấn stato đo được ở A.6.1.2 b) được điều chỉnh về  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_t$  = giá trị nhiệt độ đo được A.6.1.3 e)

Trước hết tính hệ số trượt (có hiệu chỉnh) cho từng điểm tải:

$$0,025 \times \frac{104 + 225}{37 + 225} = 0,0314$$

$$0,0239 \times \frac{104 + 225}{45 + 225} = 0,0291$$

$$0,0206 \times \frac{104 + 225}{48 + 225} = 0,0248$$

$$0,0156 \times \frac{104 + 225}{48,5 + 225} = 0,0188$$

$$0,01 \times \frac{104 + 225}{49 + 225} = 0,0120$$

$$0,0056 \times \frac{104 + 225}{49 + 225} = 0,00668$$

Tiếp đó tính tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh nhiệt độ cho từng điểm tải:

$$(10,98 - 0,608 - 0,535) \times 0,0314 = 0,309 \text{ (kW)}$$

$$(10,15 - 0,534 - 0,535) \times 0,0291 = 0,264 \text{ (kW)}$$

$$(8,88 - 0,443 - 0,535) \times 0,0248 = 0,196 \text{ (kW)}$$

$$(6,78 - 0,300 - 0,535) \times 0,0188 = 0,112 \text{ (kW)}$$

$$(4,73 - 0,207 - 0,535) \times 0,0120 = 0,0479 \text{ (kW)}$$

$$(2,71 - 0,149 - 0,535) \times 0,00668 = 0,0135 \text{ (kW)}$$

**A.6.1.12** Công suất ra hiệu chỉnh theo nhiệt độ đối với 6 điểm tải được tính như sau:

Công suất ra (có hiệu chỉnh nhiệt độ) = công suất vào (tại điểm thử nghiệm) - tổn hao (có hiệu chỉnh)

trong đó:

công suất vào (tại điểm thử nghiệm) = giá trị đo ở A.6.1.3 b);



tổn hao (có hiệu chỉnh) = tổn hao sắt từ (6.1.7 e)) + tổn hao cơ (6.1.7 d)) + tổn hao phụ (A.6.1.9) + tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh nhiệt độ (A.6.1.10) + tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) có hiệu chỉnh nhiệt độ (A.6.1.11).

CHÚ THÍCH: Tất cả các giá trị tính bằng kilôoát.

Tính công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ) đối với từng điểm tải:

$$10,98 - (0,535 + 0,072 + 0,227 + 0,608 + 0,309) = 9,23 \text{ (kW)}$$

$$10,15 - (0,535 + 0,072 + 0,193 + 0,534 + 0,264) = 8,55 \text{ (kW)}$$

$$8,88 - (0,535 + 0,072 + 0,146 + 0,433 + 0,196) = 7,50 \text{ (kW)}$$

$$6,78 - (0,535 + 0,072 + 0,0818 + 0,300 + 0,112) = 5,68 \text{ (kW)}$$

$$4,73 - (0,535 + 0,072 + 0,0362 + 0,207 + 0,0479) = 3,83 \text{ (kW)}$$

$$2,71 - (0,535 + 0,072 + 0,00915 + 0,149 + 0,0135) = 1,93 \text{ (kW)}$$

**A.6.1.13** Hiệu suất tại 6 điểm tải được tính như sau:

$$\text{hiệu suất} = \frac{\text{công suất ra (hiệu chỉnh theo nhiệt độ)}}{\text{công suất vào (tại điểm thử nghiệm)}}$$

trong đó:

công suất ra (có hiệu chỉnh nhiệt độ) = giá trị tính được ở A.6.1.12

công suất vào (tại điểm thử nghiệm) = giá trị đo được ở A.6.1.13 b)

Tính hiệu suất cho từng điểm tải như sau:

$$\frac{9,24}{10,98} = 0,842$$

$$\frac{8,56}{10,15} = 0,840$$

$$\frac{7,50}{8,88} = 0,845$$

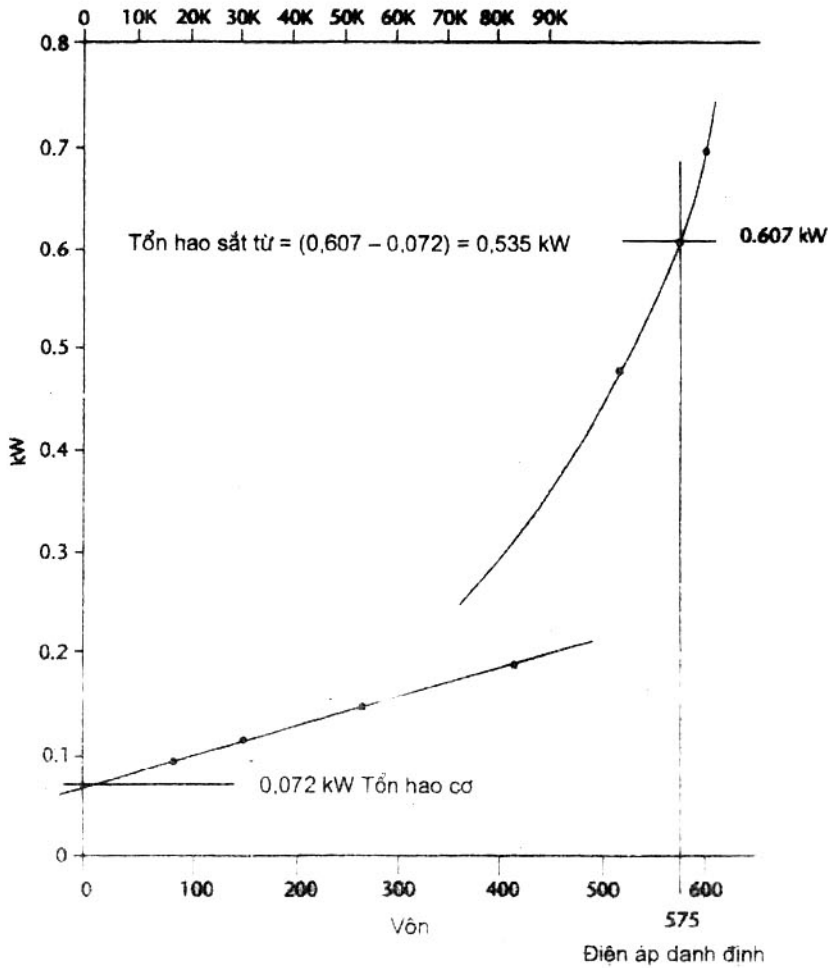
$$\frac{5,68}{6,78} = 0,838$$

$$\frac{3,83}{4,78} = 0,810$$

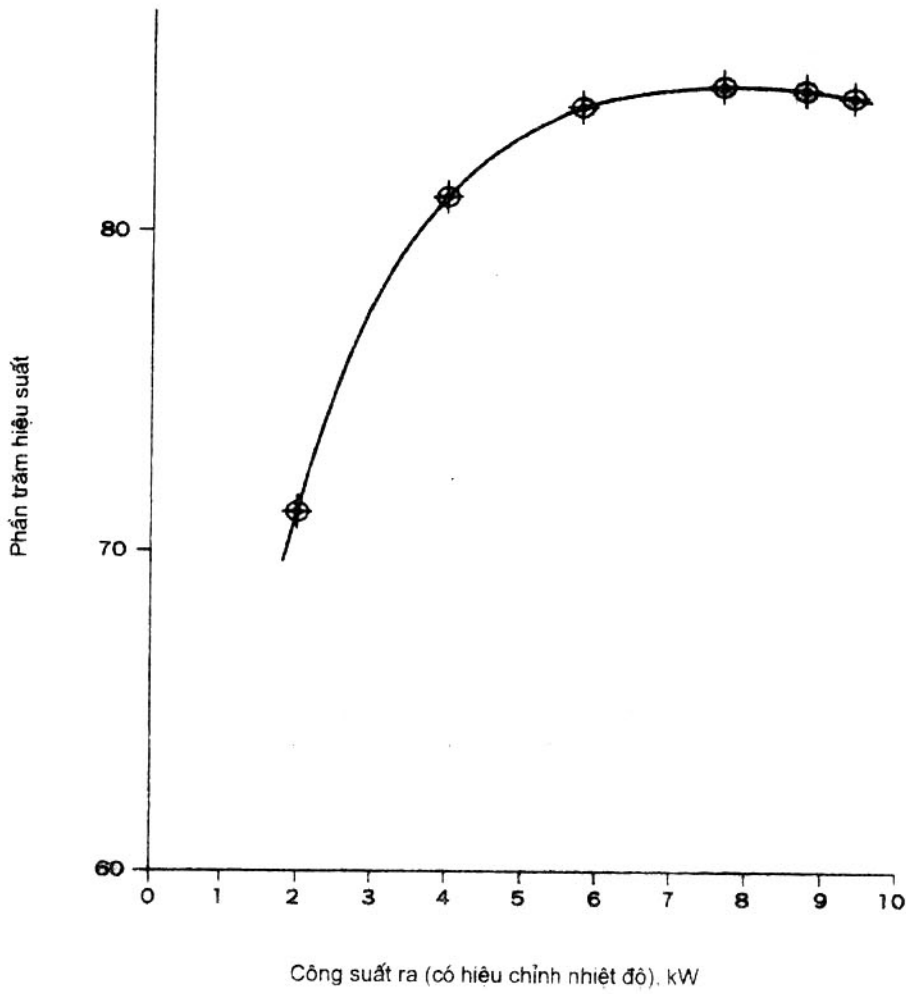
$$\frac{1,93}{2,71} = 0,712$$

**A.6.1.14** Xác định hiệu suất tại mỗi điểm tải bằng cách vẽ đường cong bằng cách sử dụng các giá trị hiệu suất (tính được ở A.6.1.13) trên trục Y và giá trị công suất ra tương ứng (có hiệu chỉnh nhiệt độ) (tính ở A.6.1.12) trên trục X (xem hình A.2). Các giá trị này được lập trong bảng sau:

X (Công suất ra có hiệu chỉnh nhiệt độ), kW	Y (phần trăm hiệu suất)
9,24	84,2
8,56	84,3
7,50	84,5
5,68	83,8
3,83	81,0
1,93	71,2



Hình A1 - Đường cong tổn hao sắt từ và tổn hao cơ phụ thuộc vào điện áp và bình phương điện áp (xem A.6.1.7)



Hình A2 - Đường cong hiệu suất phụ thuộc vào công suất ra (xem A.6.1.14)

**Bảng A.3 – Biểu mẫu để tính toán hiệu suất động cơ: phương pháp thử 1 (xem A.1.1)**

<b>Điểm thử nghiệm</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Công suất vào (kW) (xem 6.1.3 b))	10,98	10,15	8,88	6,78	4,73	2,71
Tính tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) (kW), ở nhiệt độ thử nghiệm (tính theo 6.1.6)	0,503	0,457	0,374	0,259	0,179	0,129
Tổn hao sắt từ (kW) (tính theo 6.1.7 e))	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Tổn hao cơ (kW) (tính theo 6.1.7 d))	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Tổn hao dây quấn rôto ( $I^2R$ ) ở nhiệt độ thử nghiệm (kW) (tính theo 6.1.8)	0,249	0,219	0,164	0,0934	0,0402	0,0114
Tổn hao phụ (kW) (tính theo 6.1.9)	0,227	0,193	0,146	0,0818	0,0362	0,00915
Tổn hao dây quấn stato có hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) (kW) (tính theo 6.1.10)	0,608	0,534	0,433	0,300	0,207	0,149
Tổn hao dây quấn rôto có hiệu chỉnh theo nhiệt độ ( $I^2R$ ) (kW) (tính theo 6.1.11)	0,309	0,264	0,196	0,112	0,0479	0,0135
Công suất ra có hiệu chỉnh theo nhiệt độ (kW) (xem 6.1.12)	9,23	8,55	7,50	5,68	3,83	1,93
Hiệu suất % = $\frac{\text{Công suất ra có hiệu chỉnh nhiệt độ}}{\text{Công suất vào}} \times 100$	84,2	84,3	84,5	83,8	81	71,2

## Phụ lục B

(tham khảo)

### Phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính

#### B.1 Mục đích chung

Mục đích của phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính là để tìm ra mối quan hệ toán học giữa hai tập biến số, vì vậy giá trị của một biến số có thể được sử dụng để xác định biến số kia. Phương pháp hồi qui tuyến tính giả thiết là hai biến số này có quan hệ tuyến tính với nhau; điều đó có nghĩa là, nếu vẽ các cặp giá trị của hai biến số  $(X_i, Y_i)$ , thì các điểm này sẽ tạo thành một đường tương đối thẳng. Các cặp giá trị này tạo thành một đường thẳng như thế nào tùy thuộc vào hệ số tương quan ( $\gamma$ ).

Mối quan hệ tuyến tính được thể hiện dưới dạng đường thẳng được biểu diễn như sau:

$$Y = AX + B$$

trong đó:

Y: biến số phụ thuộc

X: biến số độc lập

A: độ dốc của đường đặc tính

B: điểm cắt trục Y của đường đặc tính

Độ dốc của đường thẳng (A) và điểm cắt Y (B) được tính thông qua công thức hồi qui tuyến tính bình phương nhỏ nhất như sau:

Độ dốc:

$$A = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Điểm cắt Y:

$$B = \frac{\sum Y}{N} - A \frac{\sum X}{N}$$

trong đó:

N = số cặp giá trị của hai biến số  $(X_i, Y_i)$

Hệ số tương quan ( $\gamma$ ) được tính theo công thức sau:

$$\gamma = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N\sum X^2 - (\sum X)^2)(N\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

**TCVN 7540 -2: 2005**

Giá trị của dải hệ số tương quan từ -1 đến +1. Giá trị âm chỉ mối quan hệ nghịch biến (khi X tăng, Y giảm hoặc ngược lại) còn giá trị dương chỉ mối quan hệ đồng biến (ví dụ X tăng, Y cũng tăng). Giá trị càng gần với -1 hoặc +1 chứng tỏ X và Y có mối quan hệ tuyến tính. Nếu hệ số tương quan gần với 0 chứng tỏ không có mối quan hệ giữa X và Y.

**B.2 Phân tích hồi qui tuyến tính công suất dư**

Công suất dư (kW) quan hệ với mômen ra T (Nm) thông qua quan hệ tuyến tính sau:

$$\text{Công suất dư} = AT^2 + B$$

trong đó:

• công suất dư = biến số phụ thuộc (Y)

A = độ dốc của đường thẳng

T<sup>2</sup> = biến số độc lập (X) cũng là giá trị mômen bình phương (xem A.6.1.3 a))

B = điểm cắt Y của đường thẳng

Tham khảo dữ liệu của ví dụ ở phụ lục A, giá trị T, T<sup>2</sup> (hay X) và công suất dư (hay Y) là như sau:

Mômen T	50,8	46,8	40,7	30,5	20,3	10,2
T <sup>2</sup> (hay X)	2 580	2 190	1 660	930	412	104
Công suất dư ( Y)	0,281	0,257	0,225	0,161	0,114	0,053

Nhiệm vụ là tính giá trị A, B và Y sử dụng công thức hồi qui tuyến tính bình phương nhỏ nhất như đã mô tả trên đây.

Để thực hiện điều này, trước hết phải tính các giá trị được sử dụng trong công thức hồi qui tuyến tính.

Cách tốt nhất là lập bảng và cộng các cột như sau:

X (hoặc T <sup>2</sup> )	Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	X.Y
2 580	0,281	6 660 000	0,0790	725
2 190	0,257	4 800 000	0,0660	563
1 660	0,225	2 760 000	0,0506	374
930	0,161	865 000	0,0259	150
412	0,114	170 000	0,0130	47,0
104	0,0526	10 800	0,00277	5,47
$\Sigma X = 7 876$	$\Sigma Y = 1,091$	$\Sigma X^2 = 15 265 800$	$\Sigma Y^2 = 0,23727$	$\Sigma XY = 1 864,47$

Đưa các tổng này vào công thức hồi qui tuyến tính sẽ cho kết quả như sau:

$$\text{(Độ dốc)} \quad A = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{6(1864,47) - 7\,876 \times 1,0906}{6 \times 15\,265\,800 - 7\,876^2}$$

$$A = 0,0\,000\,879$$

$$\text{(Điểm cắt Y)} \quad B = \frac{\Sigma Y}{N} - A \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1,0906}{6} - 0,0\,000\,879 \frac{7\,876}{6}$$

$$B = 0,0664$$

$$\begin{aligned} \text{(hệ số tương quan)} \quad \gamma &= \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{(N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)(N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2)}} \\ &= \frac{(6)(1864,47) - (7\,876)(1,0906)}{\sqrt{((6)(15\,265\,800) - (7\,876)^2)((6)(0,23727) - (1,0906)^2)}} \end{aligned}$$

$$\gamma = 0,987$$

Vì hệ số tương quan ( $\gamma$ ) rất gần với +1 chứng tỏ quan hệ giữa công suất dư (kW) và bình phương mômen ra là rất tuyến tính.

## Phụ lục C

(tham khảo)

### Quy trình hiệu chỉnh giá trị độc mômen

**C.1** Cho động cơ làm việc ở chế độ không tải có lắp thiết bị đo mômen. Đo và ghi lại:

- a) công suất vào, kW;
- b) dòng điện vào stato trung bình, A;
- c) tốc độ, vòng /min;
- d) mômen đầu ra chỉ thị trên thiết bị đo mômen (Nm); và
- e) điện trở dây quấn stato trung bình (nguồn điện được ngắt),  $\Omega$ ;

f) Hệ số trượt tính được =  $\frac{\text{tốc độ đồng bộ} - \text{giá trị theo C.1 c)}}{\text{tốc độ đồng bộ}}$  ; và

g) Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) =  $0,0015 \times [\text{Giá trị theo C.1 b)}]^2 [\text{Giá trị theo C.1 e)}]$ , kW.

**C.2** Cho động cơ làm việc nhưng không lắp thiết bị đo mômen. Đo và ghi lại:

- a) công suất vào, kW;
- b) dòng điện vào stato trung bình, A;
- c) điện trở dây quấn Stato trung bình (nguồn điện được ngắt),  $\Omega$ ; và
- d) tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) tính được =  $0,0015 \times (\text{giá trị theo C.2 b)})^2 \times (\text{giá trị theo C.2 c)})$ , kW.

**C.3** Tính phần hiệu chỉnh mômen của dụng cụ đo:

$$\frac{k}{C.1 c)} [(C.1 a) - C.1 g) - \text{tổn hao sắt từ} (1 - C.1 f)) - (C.2 a) - C.2 d) - \text{tổn hao sắt từ}] - C.1 d)$$

CHÚ THÍCH: Các chữ cái có chỉ số trong phương trình phải viện dẫn các giá trị cho trong các điều tương đương của phụ lục này.

Trong đó k = 9 549 đối với mômen (N.m)

Tổn hao sắt từ tính được ở 6.1.7.



## C.4

## C.4.1 Qui định chung

Xác định giá trị hiệu chỉnh của mômen bằng cách cộng thêm hệ số hiệu chỉnh mômen của dụng cụ (C.3) vào giá trị mômen quan sát được.

## C.4.2- Ví dụ

## C.4.2.1 Quy trình

Sử dụng số liệu của ví dụ, các giá trị đọc đầu vào của động cơ (khi có lắp và không lắp dụng cụ đo mômen) và hệ số hiệu chỉnh của dụng cụ đo được tính như sau:

a) Từ C.1, động cơ được lắp với dụng cụ đo mômen lực:

1) công suất vào = 1,52 kW

2) dòng điện vào stato trung bình = 5,4 A

3) tốc độ = 1 795 vòng /min

4) mômen đầu ra hiển thị trên thiết bị đo mômen = 3,78 N.m

5) điện trở dây quấn stato trung bình (nguồn điện được ngắt) = 2,17  $\Omega$

6) Hệ số trượt (tính được) =  $\frac{1\,800 - 1\,795}{1\,800} = 0,0027$

7) Tổn hao dây quấn stato ( $I^2R$ ) (tính được) =  $0,0015 \times 5,4^2 \times 2,17 = 0,095$  (kW)

b) Từ C.2, động cơ được tháo ra khỏi thiết bị đo mômen lực

1) công suất vào = 0,780 kW

2) dòng điện vào stato trung bình = 5,11 A

3) điện trở dây quấn stato trung bình (nguồn điện được ngắt) = 2,12  $\Omega$

4) tổn hao dây quấn stato  $I^2R$  tính được =  $0,0015 \times 5,11^2 \times 2,12 = 0,083$  kW

c) từ C.3, hệ số hiệu chỉnh mômen của thiết bị đo mômen =

$$\frac{9\,549}{1\,795} [(1,52 - 0,095 - 0,535)(1 - 0,0027) - (0,780 - 0,083 - 0,535)] - 3,78 = 0,08 \text{ N.m}$$

d) từ C.4, cộng thêm hệ số hiệu chỉnh mômen của thiết bị đo mômen (C.3) vào giá trị mômen quan sát được (A.6.1.3 a)).

## Tài liệu tham khảo

TCVN 1987: 1994, Động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc có công suất từ 0,55 kW đến 90 kW

TCVN 2280: 1978, Động cơ điện không đồng bộ ba pha công suất từ 100 W trở lên – Phương pháp thử

IEC 60034-5: 2000, Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification (Máy điện quay – Phần 5: Cấp bảo vệ bằng vỏ ngoài của máy điện quay (mã IP) – Phân loại)

---