

TCVN 6627-18-31:2014

IEC 60034-18-31:2012

Xuất bản lần 1

**MÁY ĐIỆN QUAY –
PHẦN 18-31: ĐÁNH GIÁ CHỨC NĂNG
CỦA HỆ THỐNG CÁCH ĐIỆN –
QUI TRÌNH THỬ NGHIỆM DÂY QUẤN ĐỊNH HÌNH –
ĐÁNH GIÁ VỀ NHIỆT VÀ PHÂN LOẠI CÁC HỆ THỐNG
CÁCH ĐIỆN SỬ DỤNG TRONG MÁY ĐIỆN QUAY**

Rotating electrical machines –

Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems –

Test procedures for form-wound windings –

Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines

Mục lục**Trang**

Lời nói đầu	4
Lời giới thiệu	5
1 Phạm vi áp dụng	7
2 Tài liệu viện dẫn	8
3 Các lưu ý chung.....	9
4 Đối tượng thử nghiệm và mẫu thử nghiệm	10
5 Qui trình thử nghiệm	11
6 Chu kỳ chẩn đoán	14
7 Lập báo cáo và đánh giá chức năng của dữ liệu từ hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn..	18
Phụ lục A (tham khảo) – Ví dụ về kết cấu (khuôn) của đối tượng thử nghiệm	26
Thư mục tài liệu tham khảo	32

Lời nói đầu

TCVN 6627-18-31:2014 hoàn toàn tương đương với IEC 60034-18-31:2012;

TCVN 6627-18-31:2014 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E1 *Máy điện và khí cụ điện* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Bộ Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6627, *Máy điện quay* được xây dựng trên cơ sở chấp nhận hoàn toàn IEC 60034 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN/TC/E1 *Máy điện và khí cụ điện* xây dựng. Bộ TCVN 6627 (IEC 60034) hiện đã có các tiêu chuẩn sau:

- 1) TCVN 6627-1:2014 (IEC 60034-1:2010), Máy điện quay – Phần 1: Thông số đặc trưng và tính năng
- 2) TCVN 6627-2-1:2010 (IEC 60034-2-1:2007), Máy điện quay – Phần 2: Phương pháp tiêu chuẩn để xác định tổn hao và hiệu suất bằng thử nghiệm (không kể máy điện dùng cho xe kéo)
- 3) TCVN 6627-2A:2001 (IEC 60034-2A:1974), Máy điện quay – Phần 2: Phương pháp thử nghiệm để xác định tổn hao và hiệu suất của máy điện quay (không kể máy điện dùng cho xe kéo). Đo tổn hao bằng phương pháp nhiệt lượng
- 4) TCVN 6627-3:2010 (IEC 60034-3:2007), Máy điện quay – Phần 3: Yêu cầu cụ thể đối với máy phát đồng bộ truyền động bằng tuabin hơi hoặc tuabin khí
- 5) TCVN 6627-5:2008 (IEC 60034-5:2000 and amendment 1:2006), Máy điện quay – Phần 5: Cấp bảo vệ bằng vỏ ngoài nhờ thiết kế tích hợp (Mã IP) – Phân loại
- 6) TCVN 6627-6:2011 (IEC 60034-6:1991), Máy điện quay – Phần 6: Phương pháp làm mát (Mã IC)
- 7) TCVN 6627-7:2008 (IEC 60034-7:2004), Máy điện quay – Phần 7: Phân loại các kiểu kết cấu, bố trí lắp đặt và vị trí hộp đầu nối (Mã IM)
- 8) TCVN 6627-8:2010 (IEC 60034-8:2007), Máy điện quay. Phần 8: Ghi nhãn đầu nối và chiều quay
- 9) TCVN 6627-9:2011 (IEC 60034-9:2007), Máy điện quay. Phần 9: Giới hạn mức ồn
- 10) TCVN 6627-11:2008 (IEC 60034-11:2004), Máy điện quay – Phần 11: Bảo vệ nhiệt
- 11) Máy điện quay – Phần 12: Đặc tính khởi động của động cơ cảm ứng lồng sóc ba pha một tốc độ
- 12) TCVN 6627-14:2008 (IEC 60034-14:2003 and amendment 1:2007), Máy điện quay – Phần 14: Rung cơ khí của một số máy điện có chiều cao tâm trục bằng 56 mm và lớn hơn – Đo, đánh giá và giới hạn độ khắc nghiệt rung
- 13) TCVN 6627-15:2011 (IEC 60034-15:2009), Máy điện quay – Phần 15: Mức chịu điện áp xung của cuộn dây stato định hình dùng cho máy điện xoay chiều
- 14) TCVN 6627-16-1:2014 (IEC 60034-16-1:2011), Máy điện quay – Phần 16-1: Hệ thống kích từ máy điện đồng bộ - Định nghĩa
- 15) TCVN 6627-16-2:2014 (IEC/TR 60034-16-2:1991), Máy điện quay – Phần 16-2: Hệ thống kích từ máy điện đồng bộ - Mô hình để nghiên cứu hệ thống điện

TCVN 6627-18-31:2014

- 16) TCVN 6627-16-3:2014 (IEC 60034-16-3:1996), Máy điện quay – Phần 16-3: Hệ thống kích từ máy điện đồng bộ - Tính năng động học
- 17) TCVN 6627-18-1:2011 (IEC 60034-18-1:2010), Máy điện quay – Phần 18-1: Đánh giá chức năng của hệ thống cách điện – Hướng dẫn chung
- 18) TCVN 6627-18-21:2011 (IEC 60034-18-21:1992 with amendment 1:1994 and amendment 2:1996), Máy điện quay – Phần 18-21: Đánh giá chức năng hệ thống cách điện – Quy trình thử nghiệm dây quấn kiểu quấn dây – Đánh giá về nhiệt và phân loại
- 19) TCVN 6627-18-31:2014 (IEC 60034-18-31:2012), Máy điện quay – Phần 18-31: Đánh giá chức năng hệ thống cách điện – Quy trình thử nghiệm dây quấn định hình – Đánh giá về nhiệt và phân loại các hệ thống cách điện sử dụng trong máy điện quay
- 20) TCVN 6627-18-32:2014 (IEC 60034-18-32:2010), Máy điện quay – Phần 18-32: Đánh giá chức năng hệ thống cách điện – Quy trình thử nghiệm dây quấn định hình – Đánh giá bằng độ bền nhiệt
- 21) TCVN 6627-18-33:2014 (IEC/TS 60034-18-33:2010), Máy điện quay – Phần 18-33: Đánh giá chức năng hệ thống cách điện – Quy trình thử nghiệm dây quấn định hình – Đánh giá nhiều yếu tố bằng độ bền khi đồng thời chịu ứng suất nhiệt và điện
- 22) TCVN 6627-18-34:2014 (IEC 60034-18-34:2012), Máy điện quay – Phần 18-34: Đánh giá chức năng hệ thống cách điện – Quy trình thử nghiệm dây quấn định hình – Đánh giá độ bền cơ nhiệt của hệ thống cách điện
- 23) TCVN 6627-26:2014 (IEC 60034-26:2006), Máy điện quay – Phần 26: Ảnh hưởng của điện áp mất cân bằng lên tính năng của động cơ cảm ứng lồng sóc ba pha
- 24) TCVN 6627-30:2011 (IEC 60034-30:2008), Máy điện quay – Phần 30: Cấp hiệu suất của động cơ cảm ứng lồng sóc ba pha một tốc độ (Mã IE)
- 25) TCVN 6627-31:2011 (IEC/TS 60034-31:2010), Máy điện quay – Phần 31: Lựa chọn động cơ hiệu suất năng lượng kể các các ứng dụng biến đổi tốc độ – Hướng dẫn áp dụng

**Máy điện quay –
Phần 18-31: Đánh giá chức năng của hệ thống cách điện –
Qui trình thử nghiệm dây quấn định hình –
Đánh giá về nhiệt và phân loại các hệ thống cách điện sử dụng
trong máy điện quay**

Rotating electrical machines –

Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems –

Test procedures for form-wound windings –

Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả các qui trình thử nghiệm độ bền nhiệt để phân loại các hệ thống cách điện sử dụng trong máy điện quay xoay chiều hoặc một chiều làm mát gián tiếp và có dây quấn định hình.

Tính năng thử nghiệm của hệ thống cách điện cần đánh giá được so sánh với tính năng thử nghiệm của hệ thống cách điện chuẩn đã được kiểm chứng bằng kinh nghiệm vận hành.

Các qui trình thử nghiệm mô tả trong tiêu chuẩn này nhằm so sánh tính năng độ bền nhiệt của cách điện rãnh giữa (các) ruột dẫn và đất và, nếu có yêu cầu trong thiết kế cuộn dây hoặc thanh dẫn, cách điện giữa các vòng dây.

Thử nghiệm này không nhằm mô phỏng các ứng suất cơ trong vận hành gây ra do các vật liệu chèn đầu nối cuộn dây hoặc vật liệu đỡ. Tiêu chuẩn này không đánh giá sự hư hại về nhiệt và cơ do dẫn nở hoặc co ngót cách điện trong chu kỳ nhiệt độ.

TCVN 6627-18-1 (IEC 60034-18-1) mô tả các nguyên tắc thử nghiệm chung áp dụng cho thử nghiệm độ bền nhiệt của các hệ thống cách điện sử dụng trong máy điện quay. Tiêu chuẩn này cũng tuân theo nguyên tắc đó nếu không có qui định khác trong tiêu chuẩn này.

Cấp chịu nhiệt đối với hệ thống cách điện liên quan đến nhiệt độ cho phép lớn nhất của nó (“điểm nóng”). Nhiệt độ trung bình đo được trong vận hành không được vượt quá độ tăng nhiệt cho phép theo TCVN 6627-1 (IEC 60034-1).

TCVN 6627-18-31:2014

CHÚ THÍCH 1: Máy điện cỡ lớn, đặc biệt là các máy phát đồng bộ sử dụng thanh dẫn, có thể đòi hỏi các qui trình thử nghiệm đánh giá nhiệt đặc biệt mà không được nêu trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: Các tham số khuyến cáo đối với thử nghiệm chẩn đoán có thể áp dụng theo IEC 60034-18-42 cho các cuộn dây định hình được thiết kế với các hệ thống cách điện Kiểu II sử dụng trong các ứng dụng bộ biến đổi.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì áp dụng các bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

TCVN 6099-1 (IEC 60060-1), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phần 1: Định nghĩa chung và các yêu cầu thử nghiệm*

TCVN 6627-15 (IEC 60034-15), *Máy điện quay – Phần 15: Mức chịu điện áp xung của cuộn dây stato định hình dùng cho máy điện xoay chiều*

TCVN 6627-18-1 (IEC 60034-18-1), *Máy điện quay – Phần 18-1: Đánh giá chức năng của hệ thống cách điện – Hướng dẫn*

TCVN 8086 (IEC 60085), *Cách điện – Đánh giá về nhiệt và ký hiệu cấp chịu nhiệt*

IEC 60034-18-42, *Rotating electrical machines - Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters (Máy điện quay – Phần 18-42: Các thử nghiệm chất lượng và thử nghiệm chấp nhận đối với các hệ thống cách điện chịu phóng điện từng phần (Kiểu II) được sử dụng trong máy điện quay được nuôi bằng bộ biến đổi điện áp)*

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results (Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 1: Qui trình lão hóa và đánh giá kết quả thử nghiệm)*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials - Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens - Single-chamber ovens (Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 4-1: Lò lão hóa – Lò một buồng)*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials - Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material (Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 5: Xác định chỉ số độ bền nhiệt tương đối (RTE) của vật liệu cách điện)*

IEC 60505, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems (Đánh giá và chất lượng của hệ thống cách điện)*

3 Các lưu ý chung

3.1 Hệ thống cách điện chuẩn

Hệ thống cách điện chuẩn, như mô tả trong 4.3 của TCVN 6627-18-1 (IEC 60034-18-1), phải được thử nghiệm sử dụng qui trình giống với qui trình sử dụng cho hệ thống cần đánh giá.

Tuổi thọ vận hành chấp nhận được của hệ thống điện hạ áp đương nhiên không đánh giá được chất lượng hệ thống cao áp (HV), đặc biệt khi các hệ thống HV thường có đặc thù về các vật liệu bổ sung: ví dụ các hệ thống triệt vàng quang và cách điện tăng cường giữa các vòng dây. Các vật liệu này có thể ảnh hưởng đến thiết kế và độ bền nhiệt của hệ thống.

Nhà chế tạo có thể mong muốn đánh giá chất lượng một hệ thống mới có chiều dày cách điện rãnh giảm. Sẽ là thích hợp nếu so sánh hệ thống cần đánh giá với hệ thống chuẩn bằng cách thay đổi chiều dày hoặc điện áp danh định (U_N) của thử nghiệm chẩn đoán, với điều kiện các thiết kế mẫu thử nghiệm cần có tất cả các vật liệu và qui trình qui định.

3.2 Qui trình thử nghiệm

Mỗi thử nghiệm độ bền nhiệt gồm một loạt chu kỳ, trong đó mỗi chu kỳ gồm một chu kỳ lão hóa nhiệt sau đó là chu kỳ chẩn đoán; chu kỳ chẩn đoán lại gồm qui trình ổn định và thử nghiệm chẩn đoán. Qui trình ổn định phải gồm một lần đặt ứng suất cơ và độ ẩm, theo trình tự đó. Thử nghiệm chẩn đoán được mô tả trong Điều 6.

Ổn định cơ đòi hỏi lác đối tượng thử nghiệm trên bàn tạo rung với biên độ qui định.

Buồng ngưng tụ được yêu cầu đối với ổn định ẩm của hệ thống cách điện không gắn kín. Buồng ngưng tụ và việc ngâm hoàn toàn được yêu cầu đối với ổn định ẩm của hệ thống cách điện gắn kín.

Đối với các hệ thống gắn kín, thử nghiệm chịu điện áp chẩn đoán được thực hiện trong khi các mẫu đang được ngâm. Đối với các hệ thống không gắn kín, thử nghiệm chịu điện áp chẩn đoán có thể được thực hiện bên ngoài buồng ngưng tụ, với điều kiện là các mẫu vẫn bị ướt toàn bộ. Thử nghiệm chịu điện áp trong cả hai trường hợp phải được đặt lên cách điện rãnh và giữa các vòng dây, trong trường hợp thích hợp với thiết kế của cuộn dây hoặc thanh dẫn. Các thử nghiệm điện áp chịu thử bổ sung có thể áp dụng khi thích hợp với thiết kế.

Ngoài các thử nghiệm yêu cầu, có thể sử dụng thêm các thử nghiệm chẩn đoán không phá hủy để có thông tin nhằm xác định các đặc trưng của hệ thống cách điện hoặc có được các phép đo định kỳ đáp ứng với các chu kỳ nhiệt và chu kỳ chẩn đoán.

4 Đối tượng thử nghiệm và mẫu thử nghiệm

4.1 Kết cấu của đối tượng thử nghiệm

Các vật liệu cách điện khác nhau và các thành phần của hệ thống cách điện cần đánh giá bằng các qui trình thử nghiệm này cần được sàng lọc trước. Có thể sử dụng chỉ số nhiệt độ (TI) của các vật liệu cách điện, nhưng chúng chỉ cung cấp chỉ thị về tính năng tiềm ẩn trong các thử nghiệm chức năng về nhiệt mà không đưa ra việc đánh giá chất lượng của các hệ thống cách điện.

Bất cứ khi nào có thể, đối tượng thử nghiệm phải đại diện sát nhất cho kết cấu thực tế của hệ thống cách điện cần sử dụng trong máy điện quay. Thông thường việc này đòi hỏi các cuộn dây có tiết diện đầy đủ với các khe hở không khí và chiều dài đường rò thực tế, được lắp trên cơ cấu đỡ mô phỏng bố trí của các cuộn dây trong máy điện. Các cuộn dây hoặc thanh dẫn là mẫu thử nghiệm, và cơ cấu đỡ hoàn chỉnh với các mẫu được đặt đúng chỗ là đối tượng thử nghiệm.

Trong trường hợp các mẫu thử nghiệm là cuộn dây hoặc thanh dẫn, chúng cần đại diện cho thiết kế cách điện đầy đủ, kể cả chiều dày cách điện, khe hở không khí cuộn dây-cuộn dây (hoặc thanh dẫn-thanh dẫn), và bất cứ vật liệu triệt vàng quang hoặc san bằng điện thế cần thiết nào. Các mẫu được thử nghiệm phải đại diện cho thiết kế đối với điện áp danh định lớn nhất dự kiến và các tiêu chuẩn của thiết bị.

Đối với máy điện cỡ lớn và máy điện cao áp, các mẫu thử nghiệm đại diện cho một phần cuộn dây hoặc thanh dẫn có thể được sử dụng với điều kiện là:

- a) yếu tố ảnh hưởng đại diện có thể được áp dụng cho các mẫu thử để khảo sát các quá trình lão hóa cụ thể đối với phần đó của hệ thống, và
- b) từng vật liệu được sử dụng trong thiết kế điện áp cao hơn được thể hiện trong các mẫu thử nghiệm, và được bố trí và xử lý trên các mẫu như khi chúng đang trong vận hành.

Đối tượng thử nghiệm là các dạng mô phỏng hình học, khe hở không khí và nơi đặt các cuộn dây định hình trong dây quấn. Chúng được sử dụng rất thành công cho thử nghiệm đánh giá nhiệt. Ví dụ về các dạng này được minh họa trong Phụ lục A.

4.2 Kiểm tra ảnh hưởng của sự thay đổi nhỏ trong các hệ thống cách điện

Những thay đổi nhỏ được mô tả trong TCVN 6627-18-1 (IEC 60034-18-1). Một ví dụ về sự thay đổi nhỏ trong hệ thống cách điện dây quấn định hình có thể bao gồm cả việc mua một vật liệu trong thành phần chính từ một nhà cung cấp mới mà không thay đổi qui định kỹ thuật của vật liệu. Nếu đánh giá lão hóa nhiệt là thích hợp để đánh giá thay đổi nhỏ đối với hệ thống cách điện đã được kiểm chứng bằng vận hành, có thể chấp nhận việc sử dụng một nhiệt độ để lão hóa một đối tượng thử nghiệm gồm không ít hơn số lượng mẫu thử được khuyến cáo.

Đánh giá rút gọn này cần được thực hiện bằng cách sử dụng một chu kỳ nhiệt độ lão hóa trong phạm vi các dữ liệu về độ bền nhiệt đã biết của hệ thống đã được kiểm chứng bằng vận hành.

4.3 Số lượng mẫu thử

Các thử nghiệm cần được tiến hành với không ít hơn năm mẫu thử cho mỗi nhiệt độ lão hóa đối với một hệ thống cách điện. Đây là số lượng nhỏ nhất được khuyến cáo để đạt được độ tin cậy thống kê.

4.4 Kiểm tra chất lượng

Mỗi vật liệu cách điện dùng cho việc chuẩn bị các đối tượng thử nghiệm phải được thử nghiệm riêng rẽ trước khi ghép lại để xác định rằng vật liệu đáp ứng các quy định kỹ thuật. Các thử nghiệm chất lượng được chọn phải đảm bảo rằng mỗi vật liệu là phù hợp cho các qui trình cần thiết để tạo ra các mẫu thử riêng biệt và các cụm đối tượng thử nghiệm.

Các đối tượng thử nghiệm có khiếm khuyết phải được nhận biết thông qua việc xem xét bằng mắt, sau đó là các thử nghiệm quá điện áp nhất quán với các thử nghiệm máy điện hoặc cuộn dây được sử dụng trong cơ sở chế tạo, hoặc như được mô tả trong các điều khoản thích hợp đối với các thử nghiệm chẩn đoán, chọn trường hợp khác nghiệt hơn. Bất cứ đối tượng thử nghiệm nào có sai lệch lớn đều phải bị loại bỏ hoặc kiểm tra để xác định nguyên nhân sai lệch.

CHÚ THÍCH: Khi thích hợp, cho phép thử nghiệm sàng lọc bổ sung (hoặc kiểm tra chất lượng) bao gồm:

- đo điện trở cách điện;
- đo tang góc tổn hao và điện dung;
- đo điện áp bắt đầu phóng điện cục bộ;
- cân bằng dòng điện pha khi vận hành;
- đột biến lặp lại;
- dòng điện rò;
- thử nghiệm điện áp cao.

4.5 Các thử nghiệm chẩn đoán ban đầu

Mỗi đối tượng thử nghiệm đã chuẩn bị phải chịu chuỗi đầy đủ các thử nghiệm được chọn cho chu kỳ chẩn đoán và bất cứ thử nghiệm cung cấp thông tin được chọn nào trước khi bắt đầu chu kỳ lão hóa nhiệt đầu tiên.

5 Qui trình thử nghiệm

5.1 Chu kỳ lão hóa nhiệt

Kinh nghiệm cho thấy rằng hệ thống cách điện bị suy giảm do nhiệt và do đó thường giòn gãy có thể nhận biết bằng việc đặt vào ứng suất cơ, sau đó là thử nghiệm chịu điện áp và thử nghiệm chịu ẩm.

TCVN 6627-18-31:2014

Các vết nứt hình thành trên mẫu thử lão hóa bởi ứng suất cơ sẽ được nhận biết bằng cách kết hợp thử nghiệm ẩm và thử nghiệm điện áp.

5.2 Nhiệt độ lão hóa và độ dài chu kỳ

Cấp chịu nhiệt dự kiến (hoặc cấp chịu nhiệt) của hệ thống cách điện cần đánh giá và cấp chịu nhiệt đã biết của hệ thống cách điện chuẩn phải được chọn từ Bảng 1, đó là một tập hợp các cấp chịu nhiệt được định nghĩa trong TCVN 8086 (IEC 60085) và IEC 60505.

Bảng 1 – Cấp chịu nhiệt

Cấp chịu nhiệt danh nghĩa	Cấp chịu nhiệt °C
105 (A)	105
120 (E)	120
130 (B)	130
155 (F)	155
180 (H)	180
200 (N)	200

CHÚ THÍCH 1: Các cấp chịu nhiệt 105, 120 và 200 ít được sử dụng trong các hệ thống cách điện hiện đại và không được liệt kê trong TCVN 6627-1 (IEC 60034-1).

Bảng 2 liệt kê các nhiệt độ lão hóa khuyến cáo và các khoảng thời gian tương ứng của việc đặt vào mỗi chu kỳ lão hóa nhiệt đối với hệ thống cách điện của các cấp chịu nhiệt khác nhau. Các giá trị trong bảng được suy ra bằng cách lấy xấp xỉ hai lần tuổi thọ khi giảm nhiệt độ lão hóa xuống 10 °C. Vì cấp chịu nhiệt của hệ thống cách điện chuẩn và cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cách điện cần đánh giá có thể khác nhau nên các nhiệt độ lão hóa và các khoảng thời gian đặt vào chu kỳ lão hóa nhiệt phải được lựa chọn phù hợp.

Phải chọn ít nhất 3 nhiệt độ lão hóa khác nhau. Mặc dù cơ sở cho việc xác định chất lượng là việc so sánh tính năng của hệ thống cần đánh giá với tính năng của hệ thống chuẩn, một số tiêu chí tối thiểu nhất định đối với tuổi thọ phải đảm bảo rằng hệ thống cần đánh giá có thể chịu được tác động nhiệt định kỳ cao hơn cấp chịu nhiệt trong khi vận hành. Nhiệt độ thử nghiệm thấp nhất không được lớn hơn cấp chịu nhiệt của hệ thống cách điện chuẩn quá 25 °C và phải tạo ra tuổi thọ thử nghiệm trung bình ít nhất là 5 000 h, và nhiệt độ thử nghiệm cao nhất phải tạo ra tuổi thọ thử nghiệm trung bình ít nhất là 100 h. Các nhiệt độ lão hóa phải tách nhau một khoảng ít nhất 20 °C. Nếu sử dụng nhiều hơn ba nhiệt độ, khoảng cách nhau này có thể giảm xuống còn 10 °C.

Độ dài của các chu kỳ lão hóa có thể được chọn để đưa ra tuổi thọ trung bình vào khoảng 10 chu kỳ đối với mỗi nhiệt độ lão hóa.

Bảng 2 được thiết kế để cho phép các phòng thí nghiệm chọn thời gian và nhiệt độ lão hóa để tối ưu hóa nhân công và phương tiện. Để cho phép so sánh các hệ thống, bất cứ thay đổi nào đến các chu kỳ cũng phải được áp dụng như nhau cho tất cả các mẫu thử.

Để thực hiện đánh giá rút gọn, cho phép sử dụng chu kỳ nhiệt độ lão hóa trung bình để thu được dữ liệu nhanh hơn.

Bảng 2 – Nhiệt độ khuyến cáo và các khoảng thời gian đặt chu kỳ lão hóa

Cấp chịu nhiệt đã biết	105		120		130		155		180		200		Số ngày trên một chu kỳ lão hóa
	T_1	T_2	T_1	T_2	T_1	T_2	T_1	T_2	T_1	T_2	T_1	T_2	
$T_1 < T_A \leq T_2$													
Dải nhiệt độ lão hóa đề xuất (T_A) °C	170	180	185	195	195	205	220	230	245	255	265	275	1 – 2
	160	170	175	185	185	195	210	220	235	245	255	265	2 – 3
	150	160	165	175	175	185	200	210	225	235	245	255	4 – 6
	140	150	155	165	165	175	190	200	215	225	235	245	7 – 10
	130	140	145	155	155	165	180	190	205	215	225	235	14 – 21
	120	130	135	145	145	155	170	180	195	205	215	225	28 – 35
	110	120	125	135	135	145	160	170	185	195	205	215	45 – 60

CHÚ THÍCH 2: Trình tự lão hóa có thể được thiết kế để phù hợp với tuần làm việc 5 ngày. Ví dụ, một chu kỳ lão hóa luôn được bắt đầu vào ngày thứ sáu và các thử nghiệm chẩn đoán vào thứ hai (ví dụ chu kỳ lão hóa 3, 10, 17, 31 và 59 ngày).

5.3 Phương pháp gia nhiệt

Kinh nghiệm cho thấy rằng các lò sấy cung cấp một phương pháp lão hóa nhiệt thuận tiện và kinh tế (xem IEC 60216-4-1). Lò sấy sấy tất cả các bộ phận của hệ thống cách điện đến nhiệt độ lão hóa đầy đủ, trong khi trong vận hành thực tế, phần lớn cách điện có thể vận hành tại nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với nhiệt độ tại điểm nóng. Nhiệt độ lão hóa phải được kiểm soát và duy trì không đổi trong phạm vi ± 2 °C ở nhiệt độ đến 180 °C và ± 3 °C ở nhiệt độ trên 180 °C đến 300 °C.

Trong trường hợp lò sấy là không khả thi hoặc không đại diện đầy đủ cho các điều kiện vận hành, cho phép sử dụng các phương pháp gia nhiệt thay thế. Các ví dụ về phương pháp gia nhiệt trực tiếp hơn để mô phỏng chặt chẽ các điều kiện vận hành nhất định bao gồm:

- gia nhiệt trực tiếp bằng dòng điện chạy qua dây nối ra của mẫu thử;
- áp dụng các bộ gia nhiệt linh hoạt cho mẫu thử nghiệm.

TCVN 6627-18-31:2014

Một vài vật liệu có thể bị giảm chất lượng nhanh hơn khi các sản phẩm bị phân hủy vẫn tiếp xúc với bề mặt cách điện, trong khi đó một vài vật liệu khác lại giảm chất lượng nhanh hơn khi các sản phẩm phân hủy được liên tục lấy đi. Trong điều kiện lý tưởng, mật độ các sản phẩm phân hủy không thay đổi theo nhiệt độ lão hóa nhưng trong thử nghiệm thực tế điều này có thể là không thực hiện được. Trong suốt quá trình lão hóa trong lò, các sản phẩm phân hủy hầu như vẫn ở gần cách điện, trong khi trong vận hành thực tế, chúng có thể bị cuốn đi bởi thông gió. Các điều kiện tương đương của thông gió trong lò và tốc độ thay đổi không khí trong suốt quá trình lão hóa nhiệt phải được duy trì cho cả hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn.

5.4 Lão hóa nhiệt của đối tượng thử nghiệm

Khi sử dụng lò sấy, ở thời điểm bắt đầu của chu kỳ lão hóa, đối tượng thử nghiệm phải được đưa trực tiếp từ môi trường không khí nhiệt độ phòng vào lò đã được gia nhiệt trước. Nếu lò chưa được gia nhiệt trước, tốc độ tăng nhiệt độ phải được khống chế và giữ không đổi giữa mỗi chu kỳ tại mỗi nhiệt độ. Mục đích là để ngăn ngừa sốc nhiệt trong mỗi chu kỳ.

Chu kỳ lão hóa nhiệt của các đối tượng thử nghiệm bắt đầu ngay khi bộ phát hiện nhiệt đã hiệu chuẩn đặt trên bề mặt của cách điện trên diện tích được che chắn nhất của đối tượng thử nghiệm đạt đến nhiệt độ lão hóa.

Tại thời điểm kết thúc chu kỳ lão hóa, đối tượng thử nghiệm phải được lấy ra khỏi lò và đưa ngay vào không khí ở nhiệt độ phòng, hoặc được làm mát bằng phương pháp thích hợp, để chúng chịu sốc nhiệt đồng nhất trong quá trình làm nguội. Chu kỳ lão hóa kết thúc ngay khi nguồn nhiệt được lấy đi, hoặc khi đối tượng thử nghiệm được lấy ra khỏi lò sấy và đặt vào điều kiện môi trường. Sau chu kỳ lão hóa nhiệt, đối tượng thử nghiệm được để nguội trong không khí đến nhiệt độ phòng trước khi bắt đầu chu kỳ chẩn đoán.

6 Chu kỳ chẩn đoán

6.1 Quy trình ổn định

6.1.1 Qui định chung

Sau mỗi chu kỳ lão hóa nhiệt, mỗi mẫu thử phải chịu một chuỗi các chu kỳ ổn định, bao gồm ứng suất cơ và chịu ẩm.

Các thử nghiệm được tiến hành theo một quy trình và trình tự nhất quán đối với mọi chu kỳ. Trình tự và thông số chi tiết của các chu kỳ chẩn đoán phải được ghi vào báo cáo.

6.1.2 Ổn định cơ

Qui trình đặt ứng suất cơ có thể được thiết kế để phù hợp với từng loại đối tượng thử nghiệm và vận hành dự kiến của chúng. Ứng suất cơ được đặt vào đối tượng thử nghiệm ở nhiệt độ phòng và không đặt điện áp.

Một phương pháp được sử dụng rộng rãi cho việc đặt ứng suất cơ là bằng cách làm rung phần đầu nối của dây quấn mẫu thử. Mỗi đối tượng thử nghiệm được lắp trên một bàn lắc ngang và chịu dao động ở tần số 50 Hz hoặc 60 Hz trong 1 h. Chuyển động của bàn phải vuông góc với mặt phẳng của các mẫu thử nghiệm để các đầu cuộn dây sẽ rung hướng kính, như dự kiến dưới tác động của lực điện hình trên các đầu nối dây quấn trong máy điện quay thực tế.

Đối với các máy điện hoàn chỉnh được sử dụng làm đối tượng thử nghiệm, một chu kỳ khởi động-dừng hoặc đảo chiều có thể được sử dụng để đặt ứng suất cơ lên cuộn dây thay cho bàn rung. Qui trình phải được thiết kế để tăng mức khắc nghiệt của ứng suất phù hợp với việc tăng kích cỡ máy điện.

Biên độ rung đỉnh-đỉnh ưu tiên là 0,2 mm ở tần số 60 Hz hoặc 0,3 mm ở tần số 50 Hz. Biên độ này tương ứng với gia tốc xấp xỉ 1,5 lần gia tốc trọng trường (tức là 15 m/s^2).

6.1.3 Ổn định ẩm

6.1.3.1 Tổng quan

Việc kết hợp hơi ẩm và ứng suất điện thường ảnh hưởng mạnh đến đặc tính của cách điện. Độ hấp thụ ẩm của cách điện rắn làm tăng dần tổn thất điện môi, làm giảm điện trở cách điện và góp phần làm giảm độ bền điện. Các vết nứt và xốp có thể dễ phát hiện hơn bởi điện áp tăng cao khi hơi ẩm đọng trên bề mặt của cách điện.

Hơi ẩm đọng lại trên bề mặt của mỗi mẫu thử sao cho tất cả các bề mặt tiếp xúc bị ướt hoàn toàn. Đối với hệ thống cách điện không kín, hơi ẩm được đưa vào buồng môi trường có độ ẩm cao và được kiểm soát. Đối với hệ thống cách điện kín, hơi ẩm được đưa vào buồng môi trường có độ ẩm cao và được kiểm soát và sau đó đối tượng thử nghiệm được ngâm hoàn toàn trong nước.

Kinh nghiệm cho thấy rằng cần tiếp xúc ít nhất 48 h để hơi ẩm xâm nhập vào cuộn dây và ổn định mức điện trở cách điện. Mức độ tiếp xúc ẩm này thể hiện điều kiện khắc nghiệt hơn so với điều kiện gặp phải trong vận hành bình thường.

6.1.3.2 Phương pháp làm ẩm

Việc ngưng tụ ẩm nhìn thấy được và liên tục có thể đạt được bằng cách đặt đối tượng thử nghiệm vào buồng ẩm hoặc buồng ngưng tụ. Mỗi đối tượng thử nghiệm phải chịu ẩm trong tối thiểu 48 h, đủ để tạo ra việc ngưng tụ ẩm trên tất cả các bề mặt được tiếp xúc. Nhiệt độ của đối tượng thử nghiệm phải trong khoảng $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ và nhiệt độ thực tế được ghi vào báo cáo. Trong thời gian tiếp xúc ẩm, không đặt điện áp. Nếu cần thiết để đảm bảo an toàn, đối tượng thử nghiệm có thể được lấy ra khỏi buồng ngưng tụ trước khi cho chịu thử nghiệm chịu điện áp.

6.1.3.3 Phương pháp ngâm nước

Mỗi mẫu thử của đối tượng thử nghiệm phải chịu tiếp xúc ẩm và sau đó cho chịu điện áp theo 6.4.1.

Ngay sau khi chịu điện áp sau khi tiếp xúc ẩm, mỗi mẫu thử của đối tượng thử nghiệm kể cả các đầu nối dây nối ra của mỗi mẫu thử, phải được ngâm trong thời gian 30 min ở điều kiện nhiệt độ phòng, trong nước máy có chứa tác nhân làm ướt không ion (hoạt tính bề mặt), với nồng độ thích hợp để làm giảm sức căng bề mặt xuống còn không lớn hơn 3,1 $\mu\text{N/m}$ ở 25 °C.

Sau 30 min, khi đối tượng thử nghiệm vẫn chìm trong nước, đặt điện áp vào mẫu thử như mô tả trong 6.4.1. Sau thử nghiệm điện áp, đối tượng thử nghiệm phải được rửa trong nước máy không bổ sung thêm tác nhân làm ướt. Các bộ phận phải được để khô trong không khí ở nhiệt độ phòng, tốt nhất là qua đêm, trước khi bắt đầu chu kỳ thử nghiệm lão hóa nhiệt tiếp theo.

Trước khi áp dụng thử nghiệm điện áp, có thể có ích và để cung cấp thông tin, cần đo điện trở cách điện của đối tượng thử nghiệm sử dụng một điện áp được chọn đối với thông số đặc trưng của điện áp hệ thống cách điện.

Thử nghiệm hệ thống kín đòi hỏi kết cấu đặc biệt của các dây nối ra của mẫu nhằm cho phép thử nghiệm điện áp trên mẫu trong khi chúng vẫn được ngâm. Các dây nối ra dài hoặc được nối dài một cách đặc biệt để nhô hoàn toàn ra khỏi mặt nước có thể cần gia cố thêm để ngăn ngừa nứt tại điểm gốc của nó khi phải chịu thử nghiệm cơ.

6.2 Thử nghiệm chẩn đoán

6.2.1 Thử nghiệm chịu điện áp

Sử dụng thử nghiệm chịu điện áp tăng cao để kiểm tra tình trạng của các mẫu thử và xác định thời điểm kết thúc thời gian thử nghiệm. Thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng và nhiệt độ không khí thực tế phải được ghi vào báo cáo. Điện áp thử được qui định theo thông số đặc trưng của điện áp cách điện. Khi có qui định điện áp tần số nguồn, tần số phải từ 45 Hz đến 65 Hz (như được xác định trong TCVN 6099-1 (IEC 60060-1)).

Thiết bị thử nghiệm phải có khả năng đặt một ứng suất điện áp cao đủ lớn để phát hiện hỏng hóc. Điện áp thử được đặt vào để xác định tình trạng của mẫu thử và thời điểm kết thúc thời gian thử nghiệm.

Hỏng hóc được chỉ thị bằng việc cách điện bị đánh thủng. Hỏng hóc của bất cứ bộ phận nào trong hệ thống cách điện cũng được coi là hỏng hóc của toàn bộ mẫu thử. Vị trí hỏng hóc có thể được xác định bằng việc đặt lại điện áp tăng dần từ không; mẫu thử bị hỏng sẽ không thể giữ được điện áp. Có thể quan sát được dòng điện quá mức, phát nóng cục bộ hoặc khói. Đánh tia lửa trên bề mặt nhỏ và phóng điện trong quá trình thử nghiệm điện áp cần được ghi vào báo cáo nhưng không được coi là hỏng hóc.

6.2.2 Phương pháp

Điều quan trọng là thử nghiệm từng phần của hệ thống cách điện một cách riêng rẽ để xác định các khu vực có thể đã bị nứt và/hoặc bị tách lớp trong các chu kỳ ứng suất nhiệt và cơ. Điện áp phải được đặt vào theo cách thức và trình tự sau:

- giữa các vòng dây của mẫu thử nghiệm, khi sử dụng mẫu thử có nhiều vòng dây (như thử nghiệm cách điện giữa các vòng dây), và
- giữa các mẫu thử nghiệm và vỏ của đối tượng thử nghiệm (như thử nghiệm cách điện rãnh).

6.2.3 Thử nghiệm cách điện rãnh

Đối với thử nghiệm cách điện rãnh, vỏ của đối tượng thử nghiệm phải được nối đất. Để hỗ trợ trong việc xác định các vị trí hỏng trong cuộn dây bằng thử nghiệm cách điện rãnh, mỗi mẫu trong vỏ có thể được thử nghiệm riêng rẽ, với điều kiện là vỏ và các mẫu khác nằm trong vỏ đều được nối đất.

Đối với hệ thống không kín và kín, sau khi đặt trong buồng ẩm và trước khi ngâm vào nước, đặt điện áp thử nghiệm tần số nguồn, ở xấp xỉ nhiệt độ phòng, trong 1 min khi mẫu thử nghiệm vẫn còn ướt do chịu ẩm, tức là vẫn nhìn thấy hơi ẩm đọng trên tất cả các bề mặt của cuộn dây. Điện áp thử nghiệm tần số nguồn phải bằng $2 U_N$ hoặc 1 000 V, chọn giá trị nào cao hơn. U_N là điện áp danh định lớn nhất dự kiến của hệ thống cách điện cần thử nghiệm.

Đối với mẫu thử nghiệm hệ thống cách điện kín được ngâm trong nước, đặt điện áp thử nghiệm tần số nguồn bằng $1,15 U_N$ trong 1 min giữa cuộn dây và vỏ. Điện thế của dung dịch nước và vỏ phải bằng nhau trong suốt thử nghiệm.

Một cách tùy chọn, thử nghiệm cuộn dây-cuộn dây có thể được thực hiện trong đó vỏ và (các) cuộn dây nằm liền kề với cuộn dây thử nghiệm được nối đất và đặt thử nghiệm tần số nguồn. Các kích thước được thể hiện trên sơ đồ là được dùng cho các thử nghiệm của cách điện rãnh với đất. Cần có thiết kế lắp đặt đặc biệt cho thử nghiệm cuộn dây-cuộn dây.

6.2.4 Thử nghiệm cách điện vòng dây

Ba kết cấu của đối tượng thử nghiệm được đề xuất để cho phép thử nghiệm cách điện giữa các vòng dây:

- Các mẫu có hai vòng dây song song có đầy đủ cách điện vòng dây xung quanh mỗi sợi, được đặt áp vào nhau và các đầu dây được tách ra, trong đó có thể đặt điện áp xoay chiều vào một vòng dây còn vòng dây kia được nối đất. Một ví dụ được thể hiện trong IEC 60034-18-42. Đối với các hệ thống kín và không kín, độ lớn điện áp của thử nghiệm điện áp xoay chiều phải bằng 0,2 lần giá trị đỉnh của U_N cộng với 1 kV, trong 60 s.
- Các cuộn dây hình thoi (tức là được tạo hình để đặt vào rãnh stato) có hai vòng dây song song được quấn cạnh nhau và với đầy đủ cách điện vòng dây quanh mỗi vòng. Điện áp cao và các đầu nối

TCVN 6627-18-31:2014

đất có thể được thực hiện ở cả hai đầu nối của cuộn dây bởi vì các vòng dây là riêng rẽ. Cuộn dây có kết cấu này có thể được thử nghiệm với cả điện áp xoay chiều và điện áp xung. Đối với các hệ thống kín và không kín, độ lớn của điện áp trong thử nghiệm điện áp xoay chiều và thử nghiệm điện áp xung phải bằng 0,2 lần giá trị đỉnh của U_N cộng với 1 kV. Thử nghiệm điện áp xoay chiều trên mẫu thử có các vòng dây song song được đặt trong 60 s, với một vòng được nối đất trong suốt thử nghiệm. Nếu đặt điện áp thử nghiệm xung, thử nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng xung có thời gian tăng sườn trước dốc đứng và số lượng xung cho mỗi lần đặt được cho trong TCVN 6627-15 (IEC 60034-15) (Bảng 1).

– Các cuộn dây đại diện cho qui trình chế tạo tiêu chuẩn với bó dây liên tục duy nhất, được quấn thành các vòng. Các vòng dây song song cần có thiết kế cách điện vòng qui định. Loại mẫu này đòi hỏi đặt vào một điện áp thử nghiệm xung bằng cách sử dụng thời gian tăng sườn trước dốc đứng và số lượng xung cho mỗi lần đặt được nêu trong TCVN 6627-15 (IEC 60034-15) (Bảng 1).

6.3 Thử nghiệm lấy thông tin

Các phép đo không phá hủy trạng thái cách điện có thể được thực hiện định kỳ. Các phép đo này được thực hiện sau thử nghiệm chịu điện áp và trước khi bắt đầu chu kỳ lão hóa nhiệt tiếp theo. Đối tượng thử nghiệm phải hoàn toàn khô ráo và ở nhiệt độ phòng trong quá trình thực hiện các phép đo lấy thông tin. Các thay đổi quan sát được trong các phép đo này giữa các chu kỳ có thể cung cấp các thông tin có giá trị về quá trình lão hóa của hệ thống cách điện. Một số thử nghiệm thông thường có thể có giá trị để đánh giá tình trạng cách điện bao gồm:

- điện trở cách điện (IR) và dòng điện rò,
- tang góc tổn hao (tgδ, còn được gọi là hệ số tiêu tán, hoặc DF) và điện dung,
- điện áp bắt đầu phóng điện cục bộ (PDIV),
- phản ứng của hệ thống cách điện trong các điều kiện đột biến lặp lại.

7 Lập báo cáo và đánh giá chức năng của dữ liệu từ hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn

7.1 Qui định chung

Các qui trình để xác định tiêu chí điểm cuối thích hợp và để vẽ đồ thị độ bền nhiệt được cho trong 5.2 của TCVN 6627-1 (IEC 60034-18-1).

Đối với các thử nghiệm chất lượng đầy đủ, vẽ đồ thị loga của tuổi thọ trung bình của từng đối tượng thử nghiệm, với giới hạn độ tin cậy 90 %, theo nghịch đảo của nhiệt độ, phù hợp với IEC 60216-1. Đơn vị trên trục hoành là nghịch đảo của nhiệt độ tuyệt đối (1/K) nhưng thường được biểu thị bằng nhiệt độ Celsius. Đơn vị trên trục tung được biểu thị bằng giờ. Kết quả phải là đồ thị nửa loga biểu diễn

các đường thẳng đối với hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn và các khoảng tin cậy 90 % đối với các giá trị trung bình của chúng tại mỗi nhiệt độ thử nghiệm.

Điều 5.2 của TCVN 6627-18-1 (IEC 60034-18-1) đưa ra danh sách thông tin chung cần được ghi lại và đưa vào báo cáo thử nghiệm. Các hạng mục bổ sung có thể được ghi vào báo cáo khi thích hợp. IEC 60216-15 đưa ra hướng dẫn cho phân tích thống kê hoàn chỉnh của các kết quả.

7.2 Xác định chất lượng

7.2.1 Tổng quan

Bước đầu tiên là xác định tuổi thọ vận hành kỳ vọng và cấp chịu nhiệt của hệ thống cần đánh giá, sau đó so sánh tính năng hoạt động của hệ thống chuẩn và các hệ thống cần đánh giá về các tiêu chí chất lượng được nêu trong Bảng 3. Cần thận trọng khi đánh giá chất lượng của hệ thống cần đánh giá với cấp chịu nhiệt và/hoặc tuổi thọ vận hành khác vì các giả định trong cách tiếp cận.

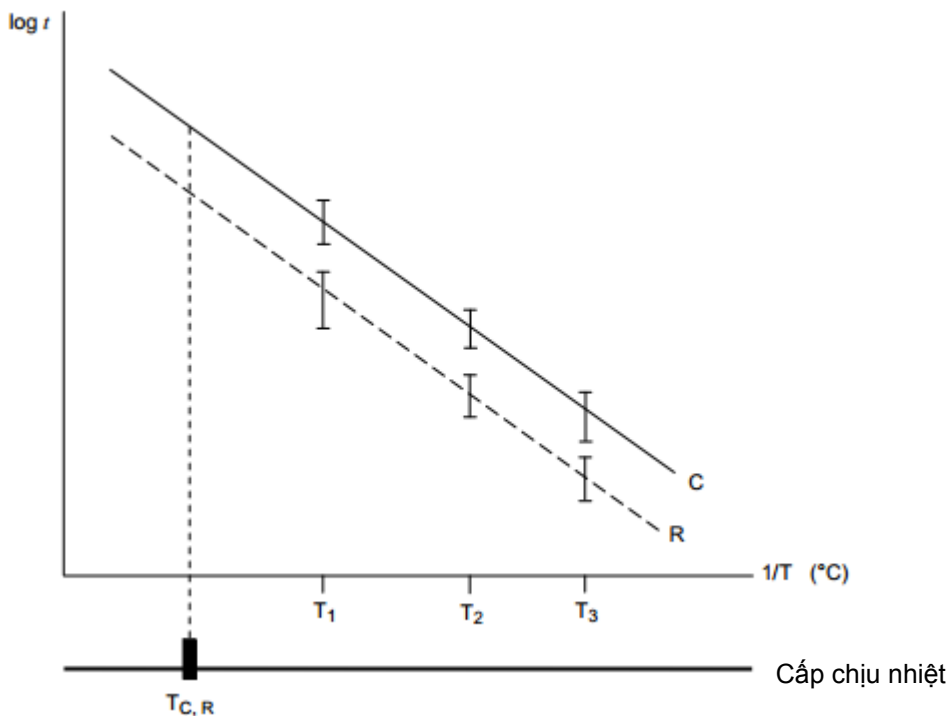
Trước khi tiến hành đánh giá bằng cách so sánh, cần giả thiết là các đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn phù hợp với các dữ liệu (khuyến cáo là $R^2 \geq 0,98$) và không có dấu hiệu về thay đổi bất kỳ nào của cơ chế lão hóa trong dải nhiệt độ thử nghiệm. Nếu một trong các đường hồi qui là phi tuyến thì tham khảo 7.2.6, ở đó mô tả thử nghiệm tuyến tính đơn giản.

Bảng 3 – Các điều kiện để xác định chất lượng của hệ thống cần đánh giá

Trường hợp	Tính năng so với hệ thống chuẩn		Nhiệt độ thử nghiệm (theo Bảng 2)	Tiêu chí chất lượng
	Cấp chịu nhiệt (T_{class})	Tuổi thọ vận hành kỳ vọng		
A	Giống	Giống	Giống	Khoảng tin cậy của hệ thống cần đánh giá chồng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn tại tất cả các nhiệt độ thử nghiệm.
B	Giống	Khác	Giống	Sau các điều chỉnh thích hợp đối với giới hạn độ tin cậy của hệ thống cần đánh giá (xem mô tả trong phần nội dung đối với từng trường hợp): 1. Khoảng tin cậy của hệ thống cần đánh giá phải chồng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn. 2. Hệ thống cần đánh giá cho thấy tính năng được cải thiện liên tục, tức là độ dốc đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá lớn hơn hoặc bằng độ dốc đường hồi qui của hệ thống chuẩn.
C	Khác	Giống	Khác	
D	Khác	Khác	Khác	

7.2.2 Trường hợp A: Xác định chất lượng khi cùng cấp chịu nhiệt và cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng

Để xác định chất lượng của hệ thống cần đánh giá đối với cùng cấp chịu nhiệt và cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng (Bảng 3, Trường hợp A), hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ lão hóa nhiệt giống nhau. Hệ thống cần đánh giá là đạt chất lượng nếu khoảng tin cậy của nó chùng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn trong toàn dải nhiệt độ thử nghiệm. Một ví dụ được thể hiện trên Hình 1, với hệ thống cần đánh giá “C” được so sánh với hệ thống chuẩn “R” và cho thấy vượt quá khoảng tin cậy tại tất cả các nhiệt độ thử nghiệm. $T_{C,R}$ là cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn.



Hình 1 – Hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng đối với cùng cấp chịu nhiệt và cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng

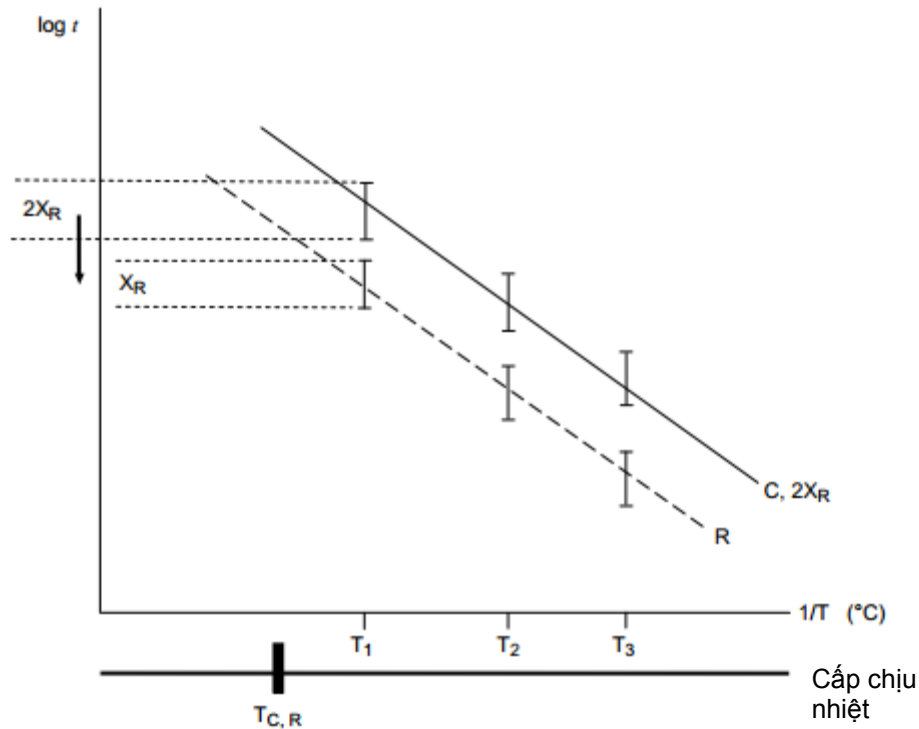
7.2.3 Trường hợp B: Xác định chất lượng khi cùng cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành kỳ vọng

Để xác định chất lượng của hệ thống cần đánh giá đối với cùng cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành kỳ vọng (Bảng 3, Trường hợp B), hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ lão hóa nhiệt giống nhau.

Giới hạn độ tin cậy của hệ thống cần đánh giá tại mỗi nhiệt độ được dịch chuyển trên trục tung một lượng bằng với sự thay đổi theo thỏa thuận về tuổi thọ vận hành, trong phạm vi từ $X_R/2$ đến $2X_R$, trong đó X_R là tuổi thọ của hệ thống chuẩn tại mỗi nhiệt độ. Hệ thống cần đánh giá là đạt chất lượng nếu các khoảng tin cậy được dịch chuyển của nó chùng lên hoặc vượt quá các khoảng tin cậy của hệ thống

chuẩn, và hệ thống cần đánh giá cho thấy tính năng được cải thiện liên tục, tức là độ dốc đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá lớn hơn hoặc bằng độ dốc đường hồi qui của hệ thống chuẩn.

Hình 2 thể hiện một ví dụ của một hệ thống cần đánh giá được đánh giá chất lượng đối với cùng cấp chịu nhiệt, và tuổi thọ vận hành kỳ vọng gấp đôi tuổi thọ vận hành kỳ vọng của hệ thống chuẩn. Khi đường biểu diễn hệ thống cần đánh giá được giảm đi hai lần, các giới hạn độ tin cậy 90 % của nó chùng lên giới hạn độ tin cậy 90 % của hệ thống chuẩn. Để đơn giản, dịch chuyển trên trục tung chỉ được thể hiện đối với các giới hạn độ tin cậy tại một nhiệt độ, T_1 . Lưu ý rằng $T_{C,R}$ là cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn.



Hình 2 – Hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng đối với cùng cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành kỳ vọng

Nếu đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá cắt qua đường hồi qui của hệ thống chuẩn trong dải đo, thì hệ thống là đạt chất lượng với tuổi thọ vận hành cao hơn tại $T_{C,R}$ chỉ khi nó thể hiện tính năng được cải thiện so với hệ thống chuẩn tại $T_{C,R}$ bằng khoảng tuổi thọ yêu cầu.

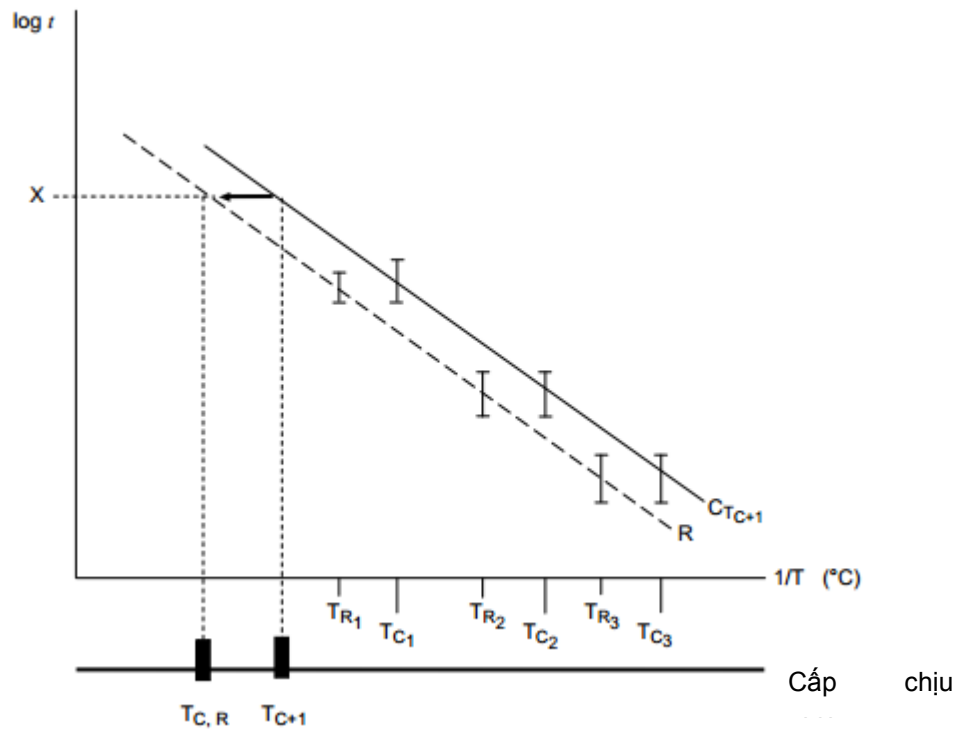
Nếu có khả năng xảy ra quá tải nhiệt của hệ thống cách điện trong vận hành, các yêu cầu đánh giá chất lượng đối với hệ thống cần đánh giá phải được đánh giá như trong trường hợp A, trong đó tuổi thọ của hệ thống cần đánh giá bằng hoặc lớn hơn tuổi thọ của hệ thống chuẩn trong dải nhiệt độ thử nghiệm.

7.2.4 Trường hợp C: Xác định chất lượng khi khác cấp chịu nhiệt và cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng

Để xác định chất lượng của hệ thống cần đánh giá khi khác cấp chịu nhiệt và cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng (Bảng 3, Trường hợp C), hệ thống cần đánh giá được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ lão hóa thích hợp với cấp chịu nhiệt dự kiến của nó. Phương pháp này là có giá trị với điều kiện là cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá không cao hơn hoặc thấp hơn cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn quá một cấp. Nhiệt độ thử nghiệm thấp nhất của hệ thống chuẩn không được lớn hơn 25 °C so với cấp chịu nhiệt đã biết của nó, và nhiệt độ thử nghiệm thấp nhất của hệ thống cần đánh giá phải không lớn hơn 25 °C so với cấp chịu nhiệt dự kiến của nó.

Giới hạn độ tin cậy của hệ thống cần đánh giá tại mỗi nhiệt độ được dịch chuyển trên trục hoành một lượng bằng với lượng chuyển đổi theo thỏa thuận trong nhiệt độ của cấp đó, ở đó cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá không lớn hơn hoặc nhỏ hơn cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn quá một cấp. Hệ thống cần đánh giá là đạt nếu khoảng tin cậy sau khi dịch chuyển chồng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn và hệ thống cần đánh giá cho thấy tính năng được cải thiện liên tục, tức là độ dốc của đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá lớn hơn hoặc bằng độ dốc đường hồi qui của hệ thống chuẩn.

Hình 3 thể hiện một ví dụ của hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng khi cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng tại cấp chịu nhiệt cao hơn tiếp theo, trong đó khoảng tin cậy của hệ thống cần đánh giá được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ đối với cấp chịu nhiệt cao hơn và được dịch chuyển trở lại cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn. Khi việc dịch chuyển trên trục hoành hoàn thành, các khoảng tin cậy chồng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn. $T_{C,R}$ là cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn và T_{C+1} là cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá.



**Hình 3 – Hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng
khi khác cấp chịu nhiệt nhưng cùng tuổi thọ vận hành kỳ vọng**

7.2.5 Trường hợp D: Xác định chất lượng khi khác cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành kỳ vọng

Để xác định chất lượng của hệ thống cần đánh giá khi khác cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành kỳ vọng (Bảng 3, Trường hợp D), hệ thống cần đánh giá được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ lão hóa phù hợp với cấp chịu nhiệt dự kiến của nó. Phương pháp này là có giá trị với điều kiện là cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá không cao hơn hoặc thấp hơn cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn quá một cấp. Nhiệt độ thử nghiệm thấp nhất của hệ thống chuẩn phải không cao hơn 25 °C so với cấp chịu nhiệt đã biết của nó, và nhiệt độ thử nghiệm thấp nhất của hệ thống cần đánh giá phải không cao hơn 25 °C so với cấp chịu nhiệt dự kiến của nó.

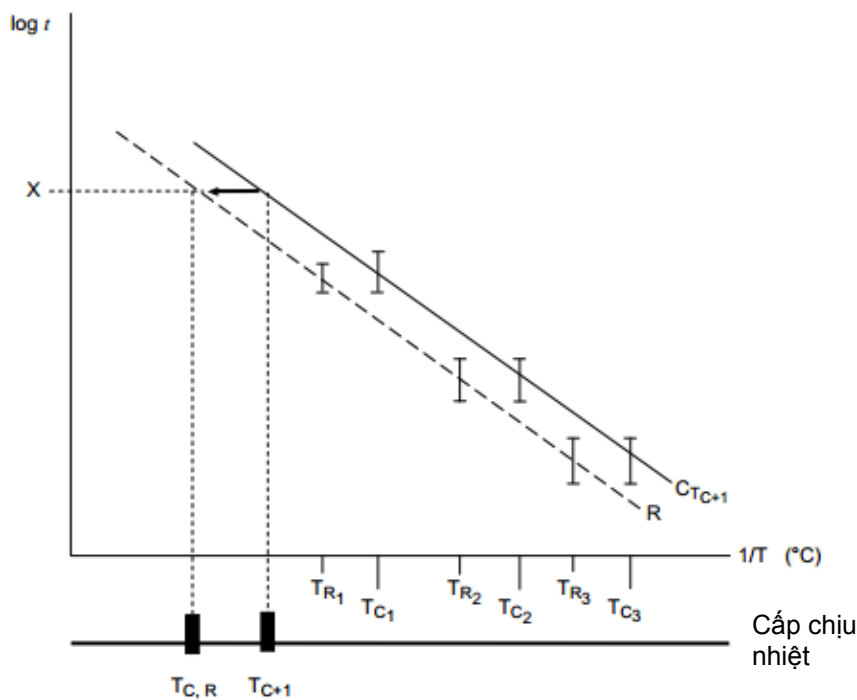
Chất lượng của hệ thống cần đánh giá được xác định bằng cách dịch chuyển trên cả trục tung và trục hoành.

Giới hạn độ tin cậy cần xem xét tại mỗi nhiệt độ được dịch chuyển trên trục tung một lượng bằng với thay đổi dựa trên thỏa thuận trong tuổi thọ vận hành, trong dải từ $X_R/2$ đến $2X_R$, trong đó X_R là tuổi thọ của hệ thống chuẩn tại mỗi nhiệt độ.

Giới hạn độ tin cậy của hệ thống cần đánh giá tại mỗi nhiệt độ sau đó được dịch chuyển trên trục hoành một lượng bằng với thay đổi dựa trên thỏa thuận trong cấp chịu nhiệt, ở đây cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá không cao hơn hoặc thấp hơn cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn quá một cấp. Hệ thống cần đánh giá được xác định là đạt nếu khoảng tin cậy sau dịch chuyển của nó

chồng lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn và hệ thống cần đánh giá thể hiện tính năng cải thiện liên tục, tức là độ dốc của đường hồi qui của hệ thống cần đánh giá dốc hơn hoặc bằng độ dốc đường hồi qui của hệ thống chuẩn.

Hình 4 thể hiện một ví dụ về hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng khi gấp đôi tuổi thọ vận hành kỳ vọng của hệ thống chuẩn, tại cấp chịu nhiệt cao hơn một cấp so với hệ thống chuẩn. Để đơn giản, việc dịch chuyển trên trục tung chỉ được thể hiện ở các giới hạn độ tin cậy tại một nhiệt độ, T_1 . Hệ thống cần đánh giá này cũng đạt chất lượng tại cấp chịu nhiệt cao hơn, nơi mà khoảng tin cậy của hệ thống cần đánh giá được thử nghiệm bằng cách sử dụng các chu kỳ cho cấp chịu nhiệt cao hơn được dịch chuyển về cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn, trong đó $T_{C,R}$ là cấp chịu nhiệt của hệ thống chuẩn và T_{C+1} là cấp chịu nhiệt dự kiến của hệ thống cần đánh giá.



Hình 4 – Hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng khi khác cấp chịu nhiệt và khác tuổi thọ vận hành so với hệ thống chuẩn

7.2.6 Tính không thẳng của các đường hồi qui

Hệ thống cần đánh giá và hệ thống chuẩn có thể đáp ứng khác nhau đối với tổ hợp các yếu tố lão hóa, kết quả tạo ra các đường hồi qui cong. Điểm uốn nhẹ trên đồ thị cho thấy có nhiều hơn một quá trình hóa học hoặc cơ chế hỏng ảnh hưởng đến lão hóa nhiệt. Nếu không thể vẽ một đường thẳng giữa các khoảng dung sai tại tất cả các điểm, dữ liệu cho thấy rằng có một sự thay đổi đáng kể trong cơ chế lão hóa chủ yếu trong dải nhiệt độ thử nghiệm. Nên thực hiện việc xác nhận đường cong bằng cách lấy thêm điểm thử nghiệm ở nhiệt độ thấp hơn hoặc nhiệt độ trung gian.

7.2.7 Đánh giá rút gọn

Đối với đánh giá rút gọn, một đối tượng thử nghiệm được thử nghiệm ở một chu kỳ thời gian-nhiệt độ duy nhất trong dải nhiệt độ được sử dụng để xây dựng đường hồi qui. Trong trường hợp này, tuổi thọ trung bình loga của đối tượng thử nghiệm được vẽ một cách tương tự, cùng với các giới hạn độ tin cậy 90 % của nó, theo đường hồi qui của hệ thống chuẩn.

Phương pháp này không chặt chẽ và đầy đủ như phương pháp đánh giá đầy đủ, và vì vậy nó được dành cho việc đánh giá những thay đổi nhỏ trong hệ thống cách điện, tức là những thay đổi kỳ vọng là không có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền của hệ thống trong các điều kiện ứng suất nhiệt.

Hệ thống cần đánh giá đạt chất lượng bằng đánh giá rút gọn nếu giới hạn độ tin cậy 90 % của điểm để thử nghiệm đối tượng chông lên hoặc vượt quá khoảng tin cậy của hệ thống chuẩn.

Phụ lục A

(tham khảo)

Ví dụ về kết cấu (khuôn) của đối tượng thử nghiệm

A.1 Có thể sử dụng các mô hình khác nhau để có thể áp dụng cho một dãy các máy điện trong qui trình thử nghiệm này.

Các Hình A.1, A.2, A.3, và A.4 thể hiện kết cấu (“khuôn”) của đối tượng thử nghiệm đã được sử dụng thành công trong các thử nghiệm độ bền nhiệt để đánh giá và phân loại các hệ thống cách điện.

A.2 Hình A.1 và A.2 thể hiện các cụm rãnh điển hình. Các khuôn ở cỡ này được dùng để đánh giá và phân loại hệ thống cách điện stato của máy điện xoay chiều có thông số danh định đến 10 MW và 7 kV. Các đối tượng thử nghiệm sẽ được ngâm nước và thử nghiệm trong khi ngâm nước phải được thiết kế với các dây nối ra dài để nhô hoàn toàn ra khỏi mặt nước. Cách điện của các dây nối ra này không được coi là một phần của hệ thống cách điện cần đánh giá. Tuy nhiên, cần có cơ cấu đỡ bổ sung cho các dây nối ra này trong giai đoạn rung của chu kỳ chẩn đoán. Di chuyển quá mức của các dây nối ra có thể làm nứt tại điểm nối của dây nối ra nơi chúng liên kết với cuộn dây.

A.3 Đối với hệ thống có thông số danh định lớn hơn 7 kV, có thể đòi hỏi khe hở không khí tăng lên giữa các mẫu thử và với vỏ của đối tượng thử nghiệm. Cũng có thể cần thêm không gian cho việc chặn, buộc và gia cố dây nối ra. Với các kích thước hạn chế cho trước của hầu hết các lò sấy theo khuôn, có thể khó khăn trong việc đặt ít nhất 5 mẫu thử trong một đối tượng thử nghiệm. Có thể cần điều chỉnh thiết kế của các đối tượng thử nghiệm điện áp cao hơn bằng việc rút ngắn mẫu thử.

A.4 Qui định chung

A.4.1 Các Hình A.3 và Hình A.4 thể hiện khuôn có thể sử dụng trong các trường hợp có lực ly tâm (ví dụ phần ứng quay của máy điện một chiều hoặc roto của máy điện đồng bộ). Cơ cấu này được tạo ra bởi:

- phay các rãnh vào một khối thép, hoặc
- dập các rãnh hình chữ nhật vào các lá tôn và ghép các lá tôn để có được chiều dài rãnh thích hợp, và sau đó hàn hoặc bắt vít để giữ chắc cụm lắp ráp.

Công nghệ dập tiếp cận gần hơn với cụm máy điện thực tế mà ở đó có thể có các gờ sắc trên các cạnh dập và có các khiếm khuyết sinh ra sự so le các rãnh trong biên dạng rãnh mà sẽ là quan trọng khi, ví dụ, mô phỏng các cuộn dây được ngâm tẩm hoàn toàn (ngâm tẩm sau). Tuy nhiên, kiểu cơ cấu này có thể tốn kém hơn so với cơ cấu thực hiện bằng cách phay.

A.4.2 Nếu cả hai cạnh của cuộn dây đều được chèn vào các rãnh giống như trong một cuộn dây thực tế thì cuộn dây sẽ cần được thiết kế tương ứng. Vỏ của khuôn có thể được sử dụng nếu chỉ có một cạnh của cuộn dây được đặt vào rãnh, hoặc nếu sử dụng thanh dẫn hoặc nửa cuộn dây.

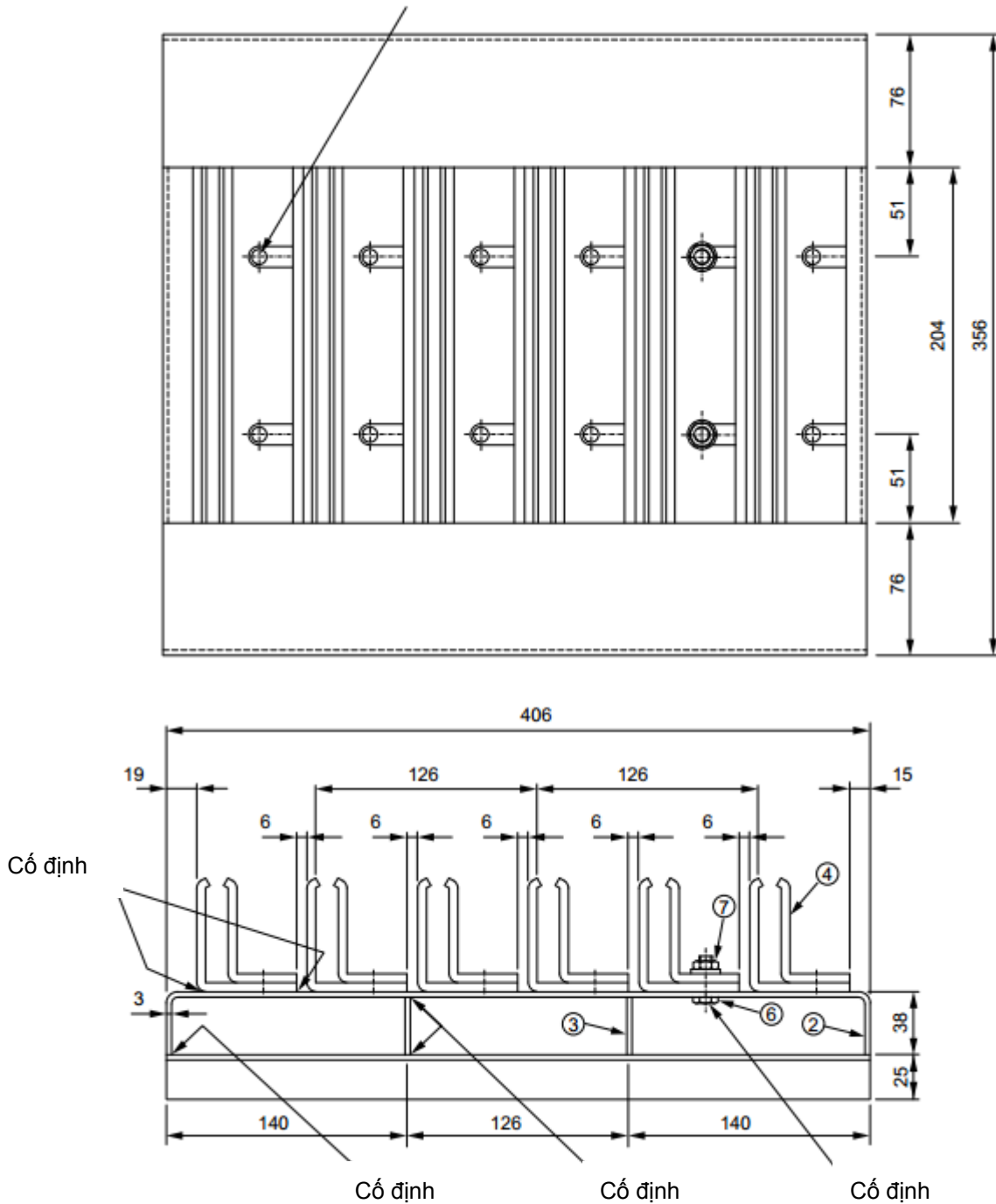
A.4.3 Ảnh hưởng của lực ly tâm lên cách điện cuộn dây được mô phỏng bằng việc đặt một tấm thép cứng được định hình (Hình A.3 và A.4) lên phần phay rãnh của cơ cấu thử nghiệm. Đối với các phần ứng sử dụng dải lõi, các rìa dọc trục trên tấm thép được ngắt quãng để mô phỏng việc tạo ra các điểm trên dải lõi trên cuộn dây.

A.4.4 Tấm thép trong Hình A.3 và thanh dẫn ngang qua phần đầu nối của cuộn dây trong Hình A.4 được bắt vít với đế của cơ cấu bằng các lò xo tạo ra lực cần thiết để mô phỏng các lực ly tâm trên khu vực phân bố. Các lò xo cần được hiệu chuẩn trước để áp lực mong muốn có thể được điều chỉnh thông qua việc nén thích hợp bằng bu lông.

CHÚ THÍCH : Các lò xo phải được chọn để có thể chịu đựng các tiếp xúc liên tiếp với nhiệt độ lão hóa nhiệt, các thử nghiệm ứng suất cơ, và các thử nghiệm ẩm, mà không có sự thay đổi hằng số lò xo hoặc các ảnh hưởng bất lợi khác.

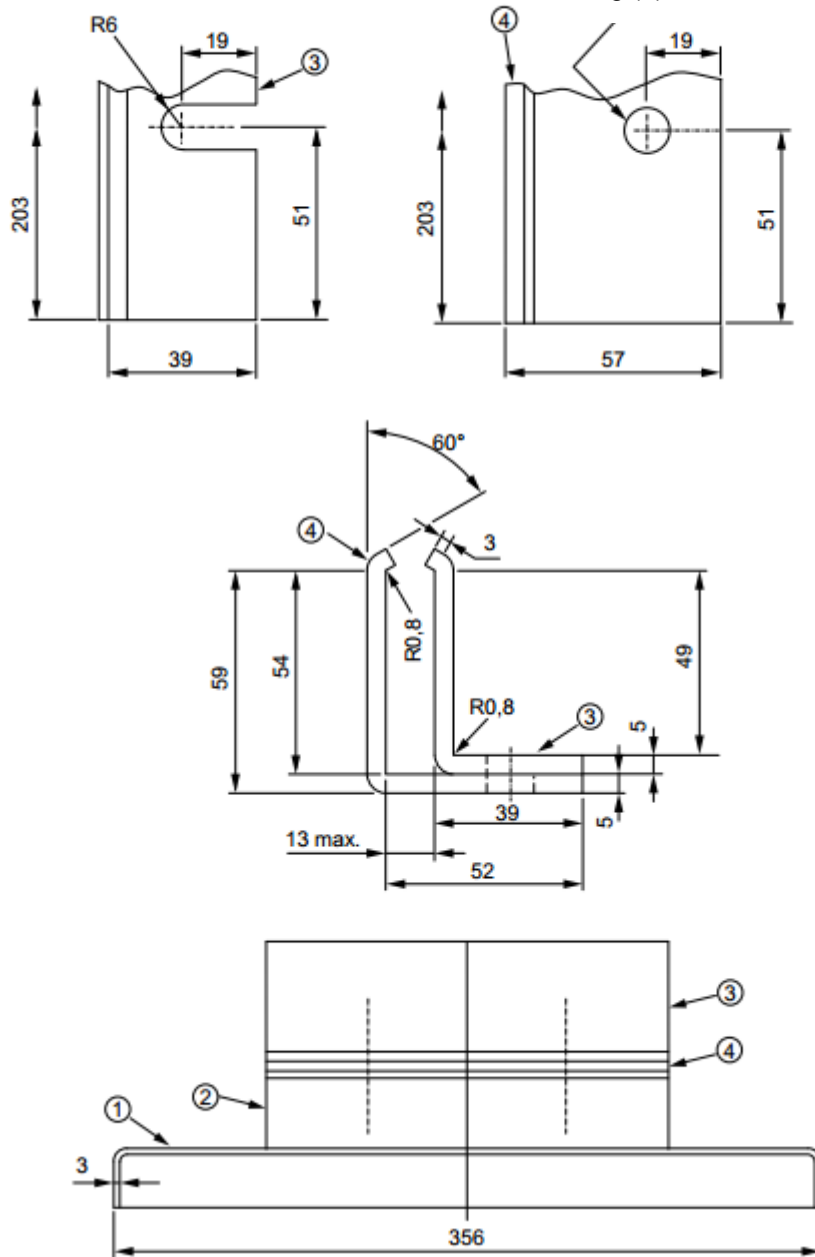
Kích thước tính bằng milimét

Khoan 12 lỗ 11 mm trên chi tiết (2) xuyên qua chi tiết (4) tại cụm lắp ráp cho chi tiết (6) và (7)

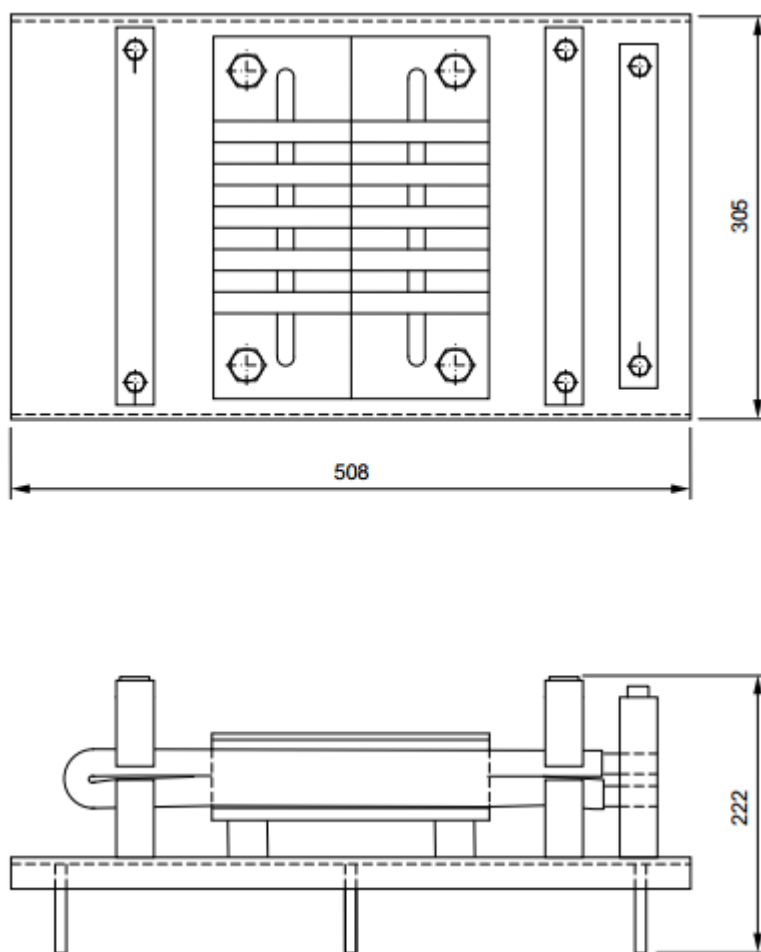


Hình A.1 – Cụm rãnh điện hình

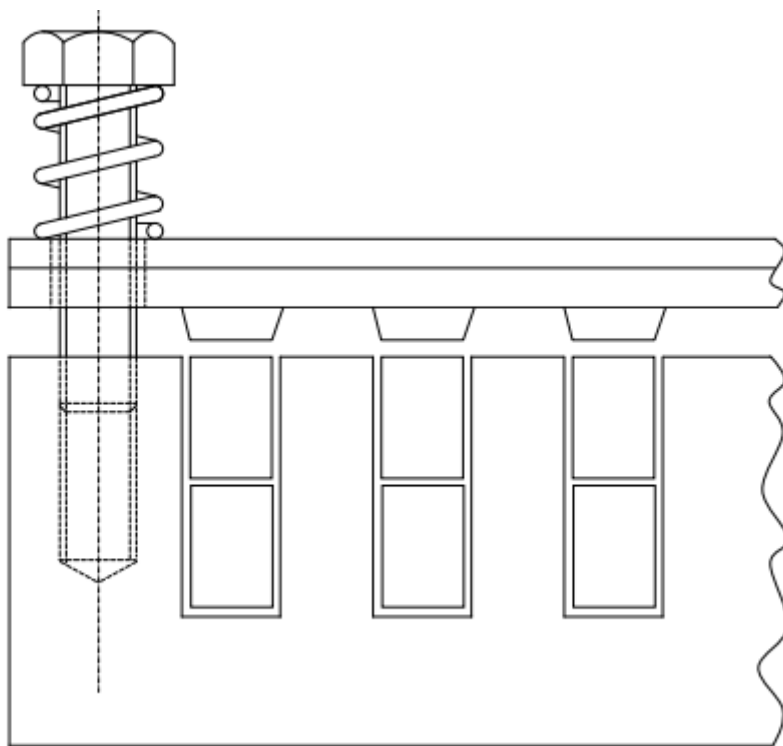
Khoan 2 lỗ 11mm trên các chi tiết (4) để bắt bulông (6) mũ 6 cạnh kích thước 9,5 mm x 22 mm



Hình A.2 – Cụm rãnh điển hình



Hình A.3 – Khuôn để thử nghiệm cuộn dây phần ứng một chiều



Hình A.4 – Cơ cấu thử nghiệm đối với phần rãnh roto

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] TCVN 6627-1 (IEC 60034-1), *Máy điện quay – Phần 1: Thông số đặc trưng và tính năng*
