

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 11472:2016

IEC 60270:2015

Xuất bản lần 1

**KỸ THUẬT THỬ NGHIỆM ĐIỆN ÁP CAO –
PHÉP ĐO PHÓNG ĐIỆN CỤC BỘ**

High-voltage test techniques - Partial discharge measurements

HÀ NỘI - 2016

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	6
3 Thuật ngữ và định nghĩa	6
4 Mạch thử nghiệm và hệ thống đo.....	12
5 Hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh	19
6 Thiết bị hiệu chuẩn	20
7 Duy trì đặc tính của thiết bị hiệu chuẩn và hệ thống đo.....	22
8 Các thử nghiệm	28
9 Độ không đảm bảo đo và độ nhạy	30
10 Nhiễu	30
11 Phép đo phóng điện cục bộ trong các thử nghiệm với điện áp một chiều	31
Phụ lục A (quy định) – Thử nghiệm tính năng trên thiết bị hiệu chuẩn	39
Phụ lục B (tham khảo) – Mạch thử nghiệm	44
Phụ lục C (tham khảo) – Phép đo trên cáp, thiết bị đóng cắt cách điện bằng khí, tụ điện công suất và đối tượng thử nghiệm có dây quấn	46
Phụ lục D (tham khảo) – Sử dụng thiết bị đo nhiễu để phát hiện phóng điện cục bộ	48
Phụ lục E (tham khảo) – Thiết bị đo PD	50
Phụ lục F (tham khảo) – Phương pháp không điện để phát hiện PD	57
Phụ lục G (tham khảo) – Nhiễu	59
Phụ lục H (tham khảo) – Đánh giá các kết quả thử nghiệm PD trong quá trình thử nghiệm với điện áp một chiều	62
Thư mục tài liệu tham khảo	64

Lời nói đầu

TCVN 11472:2016 hoàn toàn tương đương với IEC 60270:2015;

TCVN 11472:2016 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.

Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao

Phép đo phóng điện cục bộ

*High-voltage test techniques –
Partial discharge measurements*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng để đo phóng điện cục bộ xảy ra trong các thiết bị, bộ phận hoặc hệ thống điện khi được thử nghiệm với điện áp xoay chiều có tần số đến 400 Hz hoặc với điện áp một chiều.

Tiêu chuẩn này

- định nghĩa các thuật ngữ được sử dụng;
- xác định các đại lượng cần đo;
- mô tả các thử nghiệm và mạch đo có thể sử dụng;
- xác định các phương pháp đo kỹ thuật tương tự và kỹ thuật số cần thiết cho các ứng dụng chung;
- quy định các phương pháp hiệu chuẩn và yêu cầu của thiết bị sử dụng để hiệu chuẩn;
- đưa ra các hướng dẫn về quy trình thử nghiệm;
- đưa ra một số hỗ trợ liên quan đến việc phân biệt các phóng điện cục bộ với các nhiễu từ bên ngoài.

Các quy định của tiêu chuẩn này cần được sử dụng khi biên soạn các quy định kỹ thuật liên quan đến phép đo phóng điện cục bộ cho các thiết bị điện cụ thể. Tiêu chuẩn này đề cập đến các phép đo điện của các phóng điện xung (thời gian ngắn) nhưng cần tham khảo thêm các phương pháp không điện chủ yếu sử dụng cho vị trí phóng điện cục bộ (xem Phụ lục F).

Việc chẩn đoán đáp ứng của thiết bị điện cụ thể có thể được hỗ trợ bằng quá trình xử lý kỹ thuật số các dữ liệu phóng điện cục bộ (xem Phụ lục E) và cũng bằng các phương pháp không điện được sử dụng chủ yếu cho vị trí phóng điện cục bộ (xem Phụ lục F).

Tiêu chuẩn này chủ yếu liên quan đến các phép đo điện của phóng điện cục bộ được thực hiện trong các thử nghiệm với điện áp xoay chiều, nhưng một số vấn đề cụ thể có thể nảy sinh khi thực hiện các thử nghiệm với điện áp một chiều được xem xét trong Điều 11.

TCVN 11472:2016

Thuật ngữ, định nghĩa, các mạch thử nghiệm và các quy trình thử nghiệm cơ bản thường cũng được áp dụng cho thử nghiệm với các tần số khác, có thể đòi hỏi các quy trình đặc biệt và đặc tính của hệ thống đo mà không được xem xét trong tiêu chuẩn này.

Phụ lục A cung cấp các yêu cầu cho các thử nghiệm tính năng trên các thiết bị hiệu chuẩn.

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 yêu cầu thử nghiệm*

TCVN 6099-2 (IEC 60060-2), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phần 2: Hệ thống đo*

CISPR 16-1:1993², *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus (Quy định kỹ thuật đối với thiết bị đo và phép đo nhiễu và miễn nhiễm tần số radio – Phần 1: Thiết bị đo nhiễu và miễn nhiễm tần số radio)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Phóng điện cục bộ (partial discharge)

PD

Phóng điện được khoanh vùng chỉ nói tắt một phần qua cách điện giữa các vật dẫn và có thể có hoặc không xảy ra liền kề với vật dẫn.

CHÚ THÍCH 1: Nhìn chung, phóng điện cục bộ là hậu quả của sự tập trung ứng suất điện tại một điểm trong cách điện hoặc trên bề mặt cách điện. Nhìn chung, phóng điện này xuất hiện dưới dạng các xung có độ rộng xung nhỏ hơn 1 μ s rất nhiều. Tuy nhiên, có thể xảy ra các dạng liên tục hơn ví dụ như các phóng điện không có dạng xung trong các điện môi khí. Loại phóng điện này sẽ thường không bị phát hiện bởi các phương pháp đo mô tả trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: "Phóng điện vàng quang" là một dạng của phóng điện cục bộ xảy ra trong môi chất khí xung quanh vật dẫn ở xa cách điện rắn hoặc lỏng. Không sử dụng "phóng điện vàng quang" như một thuật ngữ chung cho tất cả các dạng phóng điện cục bộ.

CHÚ THÍCH 3: Phóng điện cục bộ thường kèm theo âm thanh, ánh sáng, nhiệt và phản ứng hóa học. Xem Phụ lục F để có thêm thông tin.

² Hệ thống tiêu chuẩn quốc gia đã có bộ tiêu chuẩn TCVN 6989-1 hoàn toàn tương đương với CISPR 16-1.

3.2

Xung phóng điện cục bộ (PD pulse)

Xung dòng điện hoặc điện áp tạo ra do phóng điện cục bộ xuất hiện trong đối tượng được thử nghiệm. Xung được đo sử dụng các mạch thiết bị dò xung thích hợp, được đưa vào mạch thử nghiệm cho mục đích thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Phóng điện cục bộ xảy ra trong đối tượng thử nghiệm sinh ra xung dòng điện. Bộ phát hiện theo quy định của tiêu chuẩn này sẽ sinh ra tín hiệu dòng điện hoặc điện áp tại đầu ra của nó, tỷ lệ với điện tích của xung dòng điện ở đầu vào.

3.3

Đại lượng liên quan đến các xung phóng điện cục bộ

3.3.1

Điện tích biểu kiến q (apparent charge)

Điện tích biểu kiến của xung PD là điện tích mà, nếu đưa vào trong thời gian rất ngắn giữa các đầu nối của đối tượng thử nghiệm trong mạch thử nghiệm cụ thể, có thể cho số đọc trên thiết bị đo giống với bản thân xung dòng điện PD. Điện tích biểu kiến thường được thể hiện dưới dạng pico culông (pC).

CHÚ THÍCH: Điện tích biểu kiến không bằng lượng điện tích tham gia cục bộ tại điểm phóng điện và không thể đo trực tiếp.

3.3.2

Tốc độ lặp xung n (pulse repetition rate n)

Tỷ số giữa tổng số xung PD ghi lại được trong khoảng thời gian đã chọn và tổng các khoảng thời gian này.

CHÚ THÍCH: Trên thực tế, chỉ các xung có biên độ lớn hơn biên độ quy định hoặc trong phạm vi biên độ quy định mới được xét đến.

3.3.3

Tần số lặp xung N (pulse repetition frequency N)

Số lượng xung phóng điện cục bộ trên mỗi giây, trong trường hợp các xung phân bố đều.

CHÚ THÍCH: Tần số lặp xung N được kết hợp với vị trí khi hiệu chuẩn.

3.3.4

Góc pha ϕ và thời gian t_i của sự xuất hiện xung PD (phase angle ϕ and time t_i of occurrence of a PD pulse)

$$\phi = 360 (t_i/T)$$

trong đó t_i là thời gian đo được giữa điểm khi điện áp thử nghiệm đi qua điểm "không" về phía dương và xung phóng điện cục bộ, T là thời gian chu kỳ của điện áp thử nghiệm.

Góc pha được biểu thị bằng độ ($^\circ$).

3.3.5

Dòng phóng điện trung bình I (average discharge current I)

Đại lượng dẫn xuất được tính bằng tổng các giá trị tuyệt đối của độ lớn điện tích biểu kiến riêng rẽ q_i trong khoảng thời gian tham chiếu chọn trước T_{ref} chia cho khoảng thời gian đó:

$$I = \frac{1}{T_{ref}} (|q_1| + |q_2| + \dots + |q_i|)$$

Dòng phóng điện trung bình thường được biểu thị bằng culông trên giây (C/s) hoặc ampe (A).

3.3.6

Công suất phóng điện P (discharge power P)

Đại lượng dẫn xuất được tính bằng công suất xung trung bình đưa vào các đầu nối của đối tượng thử nghiệm do độ lớn điện tích biểu kiến q_i trong khoảng thời gian tham chiếu chọn trước T_{ref} :

$$P = \frac{1}{T_{ref}} (q_1 u_1 + q_2 u_2 + \dots + q_i u_i)$$

trong đó u_1, u_2, \dots, u_i là các giá trị tức thời của điện áp thử nghiệm tại các thời điểm xuất hiện t_i của độ lớn điện tích biểu kiến riêng rẽ q_i . Dấu của các giá trị này phải được tuân thủ.

Công suất phóng điện thường được biểu thị bằng oát (W).

3.3.7

Tốc độ toàn phương D (quadratic rate D)

Đại lượng dẫn xuất được tính bằng tổng các bình phương của độ lớn điện tích biểu kiến q_i trong khoảng thời gian tham chiếu chọn trước T_{ref} chia cho khoảng thời gian đó:

$$D = \frac{1}{T_{ref}} (q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_m^2)$$

Tốc độ toàn phương thường được biểu thị bằng (culông)² trên giây (C²/s).

3.3.8

Thiết bị đo nhiễu radio (radio disturbance meter)

Máy thu đo tựa đỉnh dùng cho băng tần B theo quy định trong CISPR 16-1:1993.

CHÚ THÍCH: Kiểu thiết bị đo này trước kia được gọi là thiết bị đo nhiễu radio.

3.3.9

Điện áp nhiễu tần số radio (radio disturbance voltage U_{RDV})

Đại lượng dẫn xuất là giá trị đọc của thiết bị đo nhiễu radio khi được sử dụng để chỉ thị điện tích biểu kiến q của các phóng điện cục bộ. Thông tin thêm xem 4.5.6 và Phụ lục D.

Điện áp nhiễu tần số radio U_{RDV} thường được biểu thị bằng μV .

3.4

Biên độ PD xuất hiện lặp lại lớn nhất (largest repeatedly occurring PD magnitude)

Biên độ lớn nhất ghi được bởi hệ thống đo có đáp ứng xung như quy định trong 4.3.3.

Khái niệm về độ lớn PD xuất hiện lặp lại lớn nhất không áp dụng cho các thử nghiệm với điện áp một chiều.

3.5

Biên độ PD quy định (specified PD magnitude)

Biên độ lớn nhất của đại lượng bất kỳ liên quan đến các xung PD cho phép trong đối tượng thử nghiệm ở điện áp quy định sau ổn định và quy trình thử nghiệm quy định. Đối với các thử nghiệm điện áp xoay chiều, biên độ quy định của điện tích biểu kiến q là biên độ PD xuất hiện lặp lại lớn nhất.

CHÚ THÍCH: Biên độ của đại lượng xung PD bất kỳ có thể thay đổi ngẫu nhiên trong các chu kỳ liên tiếp và cũng thể hiện tăng hoặc giảm theo thời gian đặt điện áp. Biên độ PD quy định, quy trình thử nghiệm, mạch thử nghiệm và thiết bị đo cần được xác định thích hợp bởi ban kỹ thuật liên quan.

3.6

Tạp nền (background noise)

Các tín hiệu phát hiện được trong các thử nghiệm PD, không bắt nguồn từ đối tượng thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Tạp nền có thể gồm tạp trắng trong hệ thống đo, các tín hiệu radio quảng bá hoặc tín hiệu liên tục hoặc tín hiệu xung khác. Xem Phụ lục G để có thông tin thêm.

3.7

Điện áp thử nghiệm đặt vào liên quan đến các đại lượng xung phóng điện cục bộ (applied test voltages related to partial discharge pulse quantities)

Như định nghĩa trong TCVN 6099-1 (IEC 60060-1). Các mức điện áp dưới đây là các điện áp cụ thể cần quan tâm.

3.7.1

Điện áp khởi phát phóng điện cục bộ (partial discharge inception voltage U_i)

U_i

Điện áp đặt tại đó phóng điện cục bộ lặp lại được quan sát thấy lần đầu tiên ở đối tượng thử nghiệm, khi điện áp đặt vào đối tượng thử nghiệm được tăng dần từ giá trị thấp hơn mà tại đó không quan sát thấy phóng điện cục bộ.

Trên thực tế, điện áp khởi phát U_i là điện áp đặt thấp nhất tại đó biên độ của đại lượng xung PD bằng hoặc lớn hơn giá trị thấp quy định.

CHÚ THÍCH: Đối với các thử nghiệm với điện áp một chiều, việc xác định U_i cần có các lưu ý đặc biệt. Xem Điều 11.

3.7.2

Điện áp dập tắt phóng điện cục bộ (partial discharge extinction voltage U_e)

U_e

Điện áp đặt tại đó phóng điện cục bộ lặp lại không còn xuất hiện ở đối tượng thử nghiệm, khi điện áp đặt vào đối tượng thử nghiệm được giảm dần từ giá trị cao hơn mà tại đó quan sát thấy phóng điện cục bộ.

Trên thực tế, điện áp dập tắt U_e là điện áp đặt thấp nhất tại đó biên độ của đại lượng xung PD bằng hoặc nhỏ hơn giá trị thấp quy định.

CHÚ THÍCH: Đối với các thử nghiệm với điện áp một chiều, việc xác định U_e cần có các lưu ý đặc biệt. Xem Điều 11.

3.7.3

Điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ (partial discharge test voltage)

Điện áp quy định, được đặt vào trong quy trình thử nghiệm phóng điện cục bộ quy định, trong đó đối tượng thử nghiệm không có phóng điện cục bộ vượt quá biên độ phóng điện cục bộ quy định.

3.8

Hệ thống đo phóng điện cục bộ (partial discharge measuring system)

Hệ thống gồm thiết bị ghép nối, hệ thống truyền dẫn và thiết bị đo.

3.9

Đặc tính của hệ thống đo (measuring system characteristics)

Các định nghĩa dưới đây đề cập đến các hệ thống đo như quy định trong 4.3.

3.9.1

Trở kháng truyền $Z(f)$ (transfer impedance $Z(f)$)

Tỷ số giữa biên độ điện áp đầu ra với biên độ dòng điện đầu vào không đổi, là hàm của tần số f , khi đầu vào là hình sin.

3.9.2

Tần số giới hạn trên và dưới f_1 và f_2 (lower and upper limit frequencies)

Các tần số tại đó trở kháng truyền $Z(f)$ giảm xuống 6 dB từ giá trị bằng thông đỉnh.

3.9.3

Tần số giữa băng f_m và độ rộng băng tần Δf (midband frequency f_m and bandwidth Δf)

Đối với tất cả các loại hệ thống đo, tần số giữa băng được xác định bằng công thức

$$f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

và độ rộng băng tần được xác định bằng

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

3.9.4**Sai số do chồng lấn (superposition error)**

Sai số gây ra do chồng lấn các đáp tuyến xung đầu ra quá độ khi khoảng thời gian giữa các xung dòng điện đầu vào nhỏ hơn khoảng thời gian của một xung đáp tuyến đầu ra. Các sai số do chồng lấn này có thể cộng vào hoặc trừ đi tùy thuộc vào tốc độ lặp xung của các xung đầu vào. Trong mạch điện thực tế, có thể xảy ra cả hai kiểu do bản chất ngẫu nhiên của tốc độ lặp xung. Tuy nhiên, vì các phép đo dựa trên biên độ PD xuất hiện lặp lại lớn nhất, thường chỉ đo các sai số do chồng lấn cộng vào.

CHÚ THÍCH: Sai số do chồng lấn có thể đạt đến các mức 100 % hoặc phụ thuộc nhiều hơn vào tốc độ lặp xung và đặc tính của hệ thống đo.

3.9.5**Thời gian phân giải của xung T_r (pulse resolution time T_r)**

Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai xung đầu vào liên tiếp có thời gian rất ngắn, có cùng dạng xung, cực tính và độ lớn điện tích mà giá trị đỉnh của đáp tuyến sẽ thay đổi không quá 10 % giá trị đối với xung đơn.

Thời gian phân giải xung nhìn chung tỷ lệ nghịch với độ rộng băng tần Δf của hệ thống đo. Đây là chỉ bảo khả năng của hệ thống đo đo được các sự kiện PD liên tiếp.

CHÚ THÍCH: Khuyến cáo rằng thời gian phân giải của xung được đo trong toàn bộ mạch thử nghiệm, cũng như đối với hệ thống đo, vì các sai số do chồng lấn có thể gây ra bởi đối tượng thử nghiệm, ví dụ phản xạ từ các đầu cáp. Ban kỹ thuật liên quan cần quy định quy trình xử lý sai số do chồng lấn và cụ thể là các dung sai cho phép kể cả các dấu của chúng.

3.9.6**Sai số tích phân (integration error)**

Sai số trong phép đo điện tích biểu kiến xảy ra khi giới hạn trên của tần số của phổ biên độ xung dòng điện PD thấp hơn

- tần số ngưỡng trên của hệ thống đo bằng tần rộng; hoặc
- tần số giữa băng của hệ thống đo bằng tần hẹp.

Xem Hình 5.

CHÚ THÍCH: Nếu có yêu cầu kiểu thiết bị đặc biệt, ban kỹ thuật liên quan cần quy định các giá trị nghiêm ngặt hơn đối với f_1 và f_2 để giảm thiểu sai số tích phân.

3.10**Thiết bị đo phóng điện cục bộ kỹ thuật số (digital partial discharge instruments)**

Thiết bị đo thực hiện thu thập và đánh giá bằng kỹ thuật số các dữ liệu PD.

CHÚ THÍCH: Việc chuyển đổi A/D của các xung PD từ các đầu nối của đối tượng thử nghiệm có thể được thực hiện trực tiếp hoặc sau khi các xung điện tích biểu kiến đã được thiết lập sử dụng bộ khuếch đại kỹ thuật tương tự bộ lọc thông dải hoặc bộ tích phân chủ động (xem Phụ lục D).

TCVN 11472:2016

3.11

Hệ số thang đo k (scale factor k)

Hệ số mà giá trị của số đọc thiết bị đo được nhân với nó để có được giá trị của đại lượng đầu vào (IEC 60060-2:1994, 3.5.1).

3.12

Điện tích biểu kiến tích lũy q_a (accumulated apparent charge q_a)

Tổng điện tích biểu kiến q của tất cả các xung riêng rẽ vượt quá mức ngưỡng quy định và xảy ra trong khoảng thời gian quy định Δt .

3.13

Đếm xung PD m (PD pulse count m)

Tổng các xung PD vượt quá mức ngưỡng quy định trong khoảng thời gian quy định Δt .

3.14

Dạng PD (PD pattern)

Hiện thị điện tích biểu kiến q theo góc pha φ_i của các xung PD ghi được trong khoảng thời gian quy định Δt .

4 Mạch thử nghiệm và hệ thống đo

4.1 Yêu cầu chung

Điều này mô tả mạch thử nghiệm và hệ thống đo cơ bản đối với các đại lượng phóng điện cục bộ và cung cấp thông tin về nguyên lý hoạt động của các mạch điện và hệ thống này. Mạch thử nghiệm và hệ thống đo phải được hiệu chuẩn như quy định trong Điều 5 và phải đáp ứng các yêu cầu quy định trong Điều 7. Ban kỹ thuật cũng có thể đưa ra khuyến cáo mạch thử nghiệm cụ thể cần sử dụng cho các đối tượng thử nghiệm cụ thể. Khuyến cáo rằng ban kỹ thuật sử dụng điện tích biểu kiến làm đại lượng cần đo bất cứ khi nào có thể, nhưng cho phép sử dụng các đại lượng khác trong những tình huống cụ thể.

Nếu không có quy định khác bởi ban kỹ thuật liên quan, mạch thử nghiệm bất kỳ trong 4.2 và hệ thống đo bất kỳ trong 4.3 đều được chấp nhận. Trong từng trường hợp, phải ghi lại đặc tính quan trọng nhất của hệ thống đo (f_1 , f_2 , T_n , xem 3.9.2 và 3.9.5) khi được áp dụng.

Đối với các thử nghiệm điện áp một chiều, xem Điều 11.

4.2 Mạch thử nghiệm dùng cho điện áp xoay chiều

Hầu hết các mạch điện sử dụng cho các phép đo phóng điện cục bộ có thể được rút ra từ một trong số các mạch điện cơ bản thể hiện trên các hình từ Hình 1a đến Hình 1d. Một số biến thể của mạch điện này được cho trên Hình 2 và Hình 3. Từng mạch trong số các mạch điện này về cơ bản gồm

– đối tượng thử nghiệm, mà thường có thể là tụ điện C_a (tuy nhiên xem Phụ lục C);

- tụ điện ghép nối C_k , phải có thiết kế điện cảm nhỏ, hoặc đối tượng thử nghiệm thứ hai C_{a1} , phải tương tự đối tượng thử nghiệm C_a . C_k hoặc C_{a1} cần thể hiện mức phóng điện cục bộ đủ thấp tại điện áp thử nghiệm quy định để cho phép đo biên độ phóng điện cục bộ quy định. Mức phóng điện cục bộ cao hơn có thể được chấp nhận nếu hệ thống đo có khả năng phân biệt các phóng điện từ đối tượng thử nghiệm và tụ điện ghép nối và đo chúng một cách riêng rẽ;
- hệ thống đo có trở kháng vào (và đôi khi đối với các bố trí mạch điện cân bằng, trở kháng vào thứ hai);
- nguồn điện áp cao, có mức tạp nền đủ thấp (xem thêm Điều 9 và Điều 10) để cho phép đo biên độ phóng điện cục bộ quy định tại điện áp thử nghiệm quy định;
- đầu nối điện áp cao, với mức tạp nền đủ thấp (xem thêm Điều 9 và Điều 10) để cho phép đo biên độ phóng điện cục bộ quy định tại điện áp thử nghiệm quy định;
- trở kháng hoặc bộ lọc có thể được đưa vào ở điện áp cao để giảm tạp nền khỏi nguồn điện.

CHÚ THÍCH: Đối với từng mạch thử nghiệm PD cơ bản thể hiện trên Hình 1 và Hình 3, thiết bị ghép nối của hệ thống đo cũng có thể đặt vào phía đầu nối điện áp cao sao cho các vị trí của thiết bị ghép nối với C_a hoặc C_k được thay đổi; khi đó dây liên kết quang được sử dụng để nối liên kết thiết bị ghép nối với thiết bị đo như chỉ ra trên Hình 1a.

Thông tin bổ sung và đặc tính cụ thể của các mạch thử nghiệm khác nhau được xét đến trong Phụ lục B và Phụ lục G.

4.3 Hệ thống đo điện tích biểu kiến

4.3.1 Quy định chung

Hệ thống đo phóng điện cục bộ có thể chia thành các hệ thống con: thiết bị ghép nối, hệ thống truyền dẫn (ví dụ cáp nối hoặc liên kết quang) và thiết bị đo. Nói chung, hệ thống truyền dẫn không góp phần vào đặc tính của mạch và do đó sẽ không được xem xét đến.

4.3.2 Thiết bị ghép nối

Thiết bị ghép nối là phần tích hợp của hệ thống đo và mạch thử nghiệm, với các thành phần được thiết kế riêng để có độ nhạy tối ưu với mạch thử nghiệm cụ thể. Do đó các thiết bị ghép nối khác nhau có thể được sử dụng kết hợp với một thiết bị đo duy nhất.

Thiết bị ghép nối thường là mạng bốn cực có nguồn hoặc không có nguồn và chuyển đổi tín hiệu dòng điện đầu vào thành tín hiệu điện áp đầu ra. Các tín hiệu này được truyền đến thiết bị đo bởi hệ thống truyền. Đáp tuyến tần số của thiết bị ghép nối, được xác định bằng điện áp đầu ra trên dòng điện đầu vào, thường được chọn tối thiểu để ngăn ngừa hiệu quả tần số của điện áp thử nghiệm và các hài của chúng đến thiết bị đo.

TCVN 11472:2016

CHÚ THÍCH 1: Mặc dù đáp tuyến tần số của thiết bị ghép nối riêng rẽ không phải là mối quan tâm chung nhưng đặc tính biên độ và tần số của trở kháng đầu vào thường quan trọng vì trở kháng này tương tác với C_k và C_a và do đó đóng vai trò là phần thiết yếu của mạch thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 2: Dây nối giữa thiết bị ghép nối và đối tượng thử nghiệm càng ngắn càng tốt để giảm thiểu ảnh hưởng lên độ rộng băng tần phát hiện.

4.3.3 Đáp tuyến dây xung của thiết bị đo đối với phép đo điện tích biểu kiến

Với điều kiện là phổ tần số biên độ của các xung đầu vào là không đổi tối thiểu trong độ rộng băng tần Δf của hệ thống đo (xem Hình 5), đáp tuyến của thiết bị đo là xung điện áp có giá trị đỉnh tỷ lệ với điện tích (đơn cực) của xung đầu vào. Hình dạng, độ rộng và giá trị đỉnh của các xung đầu ra này được xác định bởi trở kháng truyền $Z(f)$ của hệ thống đo. Do đó, hình dạng và độ rộng của xung đầu ra có thể khác hoàn toàn so với tín hiệu đầu vào.

Hiện thị của các xung điện áp đầu ra riêng rẽ trên máy hiện sóng có thể hỗ trợ nhận ra gốc của phóng điện cục bộ và phân biệt chúng với nhiễu (xem Điều 10). Các xung điện áp cần được hiển thị trên gốc thời gian tuyến tính được đồng bộ bởi điện áp thử nghiệm hoặc trên gốc thời gian hình sin đồng bộ với tần số điện áp thử nghiệm hoặc gốc thời gian elip quay đồng bộ với tần số điện áp thử nghiệm.

Ngoài ra, khuyến cáo rằng thiết bị đo chỉ thị hoặc thiết bị ghi cần được sử dụng để đánh giá biên độ PD xuất hiện lặp lại lớn nhất. Số đọc của thiết bị này, khi được sử dụng trong thử nghiệm với điện áp xoay chiều cần được dựa vào mạch phát hiện giá trị đỉnh kỹ thuật tương tự hoặc phát hiện đỉnh kỹ thuật số bằng phần mềm, với hằng số nạp điện rất ngắn và hằng số phóng điện không lớn hơn 0,44 s. Không phụ thuộc vào kiểu hiển thị được sử dụng trong các thiết bị đo này, áp dụng các yêu cầu sau:

Đáp tuyến của hệ thống với dây xung gồm các xung cách đều, lớn bằng nhau q_0 với tần số lặp xung đã biết N , phải sao cho số đọc R của thiết bị đo chỉ thị biên độ như cho trong bảng dưới đây. Phạm vi và độ khuếch đại của thiết bị đo được giả thiết là điều chỉnh đến số đọc toàn dải hoặc 100 % đối với $N = 100$. Thiết bị hiệu chuẩn được sử dụng để tạo ra các xung phải đáp ứng các yêu cầu của Điều 5.

Bảng 1 – Đáp ứng xung của thiết bị đo PD

N (1/s)	1	2	5	10	50	≥ 100
R_{\min} (%):	35	55	76	85	94	95
R_{\max} (%):	45	65	86	95	104	105

CHÚ THÍCH 1: Đặc tính này là cần thiết để thiết lập tính tương thích của các số đọc có được từ các kiểu thiết bị đo khác nhau. Yêu cầu cần được đáp ứng trên tất cả các dải đo. Thiết bị đo đã được sử dụng trước ngày có hiệu lực của tiêu chuẩn này thì không cần phải phù hợp với các yêu cầu này; tuy nhiên, cần cho các giá trị thực đối với $R(N)$.

CHÚ THÍCH 2: Các đại lượng đo có thể được hiển thị, ví dụ trên thiết bị đo có chỉ thị, màn hiển thị kỹ thuật số hoặc máy hiện sóng.

CHÚ THÍCH 3: Đáp tuyến quy định có thể đạt được bằng xử lý tín hiệu kỹ thuật tương tự hoặc kỹ thuật số.

CHÚ THÍCH 4: Đáp tuyến xung xác định trong điều này có thể không thích hợp cho các thử nghiệm điện áp một chiều.

CHÚ THÍCH 5: Ban kỹ thuật liên quan có thể quy định đáp tuyến khác thích hợp cho thiết bị cụ thể.

4.3.4 Thiết bị đo PD băng rộng

Kết hợp với thiết bị ghép nối, kiểu thiết bị đo này gồm hệ thống đo PD băng tần rộng được đặc trưng bởi trở kháng truyền $Z(f)$ có các giá trị không đổi trong dải tần số có giới hạn dưới và giới hạn trên tương ứng là f_1 và f_2 , và suy giảm thích hợp khi thấp hơn f_1 và cao hơn f_2 . Các giá trị khuyến cáo đối với các tham số tần số quan trọng f_1 , f_2 và Δf là:

$$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz};$$

$$f_2 \leq 1 \text{ MHz};$$

$$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 900 \text{ kHz}.$$

CHÚ THÍCH 1: Tổ hợp của các thiết bị ghép nối khác nhau với thiết bị đo có thể làm thay đổi trở kháng truyền. Tuy nhiên đáp tuyến tổng thể luôn đáp ứng các giá trị khuyến cáo.

CHÚ THÍCH 2: Đối với các đối tượng thử nghiệm có cuộn dây ví dụ như máy biến áp và máy điện, dải tần thu được có thể được giảm về vài trăm kHz và thậm chí thấp hơn. Tần số giới hạn trên f_2 được chấp nhận đối với các loại đối tượng thử nghiệm này cần được ban kỹ thuật liên quan quy định.

Đáp tuyến của các thiết bị đo này với xung dòng phóng điện cục bộ (không dao động) nhìn chung là một dao động tắt dần. Cả điện tích biểu kiến q và cực tính của xung dòng điện PD đều có thể được xác định từ đáp tuyến này. Thời gian phân giải xung T_r là nhỏ và thường từ $5 \mu\text{s}$ đến $20 \mu\text{s}$.

4.3.5 Thiết bị đo PD băng tần rộng có bộ tích phân chủ động

Kiểu thiết bị đo này gồm máy khuếch đại băng tần rộng sau đó là bộ tích phân điện tử được đặc trưng bởi hằng số thời gian của mạng tụ điện và điện trở tích phân. Đáp tuyến của bộ tích phân theo xung PD là tín hiệu điện áp tăng theo tổng tức thời của điện tích. Do đó biên độ cuối cùng của tín hiệu tỷ lệ thuận với tổng điện tích, với giả thiết là hằng số thời gian của bộ tích phân lớn hơn nhiều so với độ rộng xung PD. Trên thực tế, các hằng số thời gian thường nằm trong dải $1 \mu\text{s}$. Thời gian phân giải xung đối với các xung PD liên tiếp nhỏ hơn $10 \mu\text{s}$.

CHÚ THÍCH: Tần số giới hạn trên tương ứng của vài trăm kHz có thể là đặc trưng của các thiết bị này, được tính từ hằng số thời gian của tổ hợp bộ khuếch đại và bộ tích phân chủ động.

4.3.6 Thiết bị đo PD băng tần hẹp

Các thiết bị đo này được đặc trưng bởi độ rộng băng tần nhỏ Δf và tần số giữa băng f_m , mà có thể được thay đổi trên dải tần rộng, trong đó phổ tần số biên độ của xung dòng điện PD xấp xỉ là hằng số. Các giá trị khuyến cáo đối với Δf và f_m như sau:

$$9 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 30 \text{ kHz}$$

$$50 \text{ kHz} \leq f_m \leq 1 \text{ MHz}$$

Khuyến cáo thêm rằng trở kháng truyền $Z(f)$ tại các tần số $f_m \pm \Delta f$ cần thấp hơn 20 dB so với giá trị đỉnh của dải thông.

CHÚ THÍCH 1: Trong các phép đo điện tích biểu kiến thực, các tần số giữa băng $f_m > 1 \text{ MHz}$ chỉ được áp dụng nếu các số đọc đối với các giá trị cao hơn này không khác với các giá trị quan sát được đối với các giá trị khuyến cáo của f_m .

CHÚ THÍCH 2: Nhìn chung, các thiết bị này được sử dụng cùng với thiết bị ghép nối có đặc tính thông dải cao trong dải tần số của thiết bị đo. Nếu sử dụng thiết bị ghép nối cộng hưởng, f_m phải được tinh chỉnh và cố định ở tần số cộng hưởng của thiết bị ghép nối và mạch thử nghiệm để có hệ số thang đo không đổi của mạch điện.

CHÚ THÍCH 3: Thiết bị đo nhiều tần số radiô có đáp tuyến tựa đỉnh không đủ tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn này để đo điện tích biểu kiến q , tuy nhiên chúng có thể được sử dụng để phát hiện PD.

Đáp tuyến của các thiết bị đo này với xung dòng phóng điện cục bộ là dao động quá độ với các giá trị đỉnh dương và âm của đường bao tỷ lệ thuận với điện tích biểu kiến, không phụ thuộc vào cực tính của điện tích này. Thời gian phân giải xung T_r sẽ lớn, thường lớn hơn 80 μs .

4.4 Yêu cầu đối với phép đo sử dụng thiết bị đo PD kỹ thuật số

Yêu cầu tối thiểu đối với thiết bị đo PD kỹ thuật số là để:

- hiển thị giá trị biên độ PD xuất hiện lặp lại lớn nhất. Thiết bị đo phải đáp ứng các yêu cầu của 4.3.3.
- Ngoài ra, một hoặc nhiều đại lượng sau đây có thể được đánh giá và ghi lại:
- điện tích biểu kiến q_i xảy ra tại thời điểm t_i ;
 - giá trị tức thời của điện áp thử nghiệm u_i được đo tại thời điểm t_i xuất hiện điện tích biểu kiến riêng rẽ q_i ;
 - góc pha ϕ xuất hiện xung PD tại thời điểm t_i .

4.4.1 Yêu cầu đối với phép đo điện tích biểu kiến q

Thời gian giữa các lần cập nhật liên tiếp của hiển thị kỹ thuật số không được lớn hơn 1 s.

Đáp tuyến của thiết bị đo thông thường sẽ bao gồm mức tạp liên tục hoặc mức tạp đường cơ bản. Tạp này có thể gây ra bởi tạp nền hoặc bởi số lượng lớn các xung phóng điện cục bộ có biên độ nhỏ so với

mức lớn nhất đo được. Do đó, ngưỡng độ nhạy lưỡng cực có thể được đưa vào để tránh ghi lại các tín hiệu này. Nếu sử dụng mức ngưỡng, mức này phải được ghi lại.

Hướng dẫn liên quan đến thu thập dữ liệu kỹ thuật số của các tín hiệu đáp tuyến analog được cho trong Phụ lục E.

4.4.2 Yêu cầu đối với phép đo biên độ và pha của điện áp thử nghiệm

Nếu thiết bị đo kỹ thuật số được công bố là có khả năng ghi được mức điện áp của điện áp thử nghiệm tần số công nghiệp thì thiết bị đo này phải đáp ứng các yêu cầu của TCVN 6099-2 (IEC 60060-2).

Nếu thiết bị đo được công bố là có khả năng đo được góc pha của điện áp thử nghiệm thì thiết bị đo này phải được mô tả thích hợp là độ dịch pha của số đọc nằm trong phạm vi 5 độ so với giá trị thực.

4.5 Hệ thống đo các đại lượng dẫn xuất

4.5.1 Thiết bị ghép nối

Các quy định trong 4.3.2 cũng áp dụng cho hệ thống đo các đại lượng dẫn xuất.

4.5.2 Thiết bị đo tốc độ lặp xung n

Thiết bị đo để xác định tốc độ lặp xung phải có thời gian phân giải xung T_r đủ ngắn để đo được tốc độ lặp xung lớn nhất cần quan tâm. Bộ chọn lọc biên độ khử các xung có biên độ thấp hơn biên độ điều chỉnh được, xác định trước, có thể được yêu cầu để tránh tính đến các tín hiệu không đáng kể. Một số mức của bộ chọn lọc có thể thích hợp để đặc trưng cho PD, ví dụ trong các thử nghiệm với điện áp một chiều.

Khuyến cáo rằng đầu vào bộ đếm được nối với đầu ra của hệ thống đo PD như mô tả trong 4.3. Nếu sử dụng bộ đếm xung với hệ thống đo PD có đáp tuyến dao động hoặc đáp tuyến hai chiều, phải thực hiện việc tạo hình dạng xung thích hợp để tránh đếm nhiều hơn một lần trên mỗi xung.

4.5.3 Thiết bị đo dòng phóng điện trung bình I

Về nguyên tắc, thiết bị đo dùng để đo giá trị trung bình của các xung dòng phóng điện sau khi khuếch đại và chỉnh lưu tuyến tính sẽ chỉ thị, khi được hiệu chuẩn thích hợp, dòng phóng điện trung bình I . Sai số đưa vào phép đo này do

- bão hòa của bộ khuếch đại ở tốc độ lặp xung n thấp;
- các xung xảy ra với các thời gian phân cách nhỏ hơn thời gian phân giải xung T_r của hệ thống;
- phóng điện cục bộ mức thấp thấp hơn ngưỡng phát hiện của thiết bị thu thập dữ liệu kỹ thuật số.

Các nguồn sai số này cần được tính đến khi đánh giá các phép đo.

Dòng phóng điện trung bình cũng có thể được tính đến bởi quá trình xử lý kỹ thuật số.

TCVN 11472:2016

CHÚ THÍCH: Bảo hòa có thể xảy ra khi tốc độ lặp xung n thấp đến mức dòng phóng điện trung bình I khó phát hiện được. Trong các trường hợp này, thường có thể tăng về cơ bản hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại thiết bị đo PD (do đó tăng hệ số thang đo) cho đến khi phát hiện được dòng điện. Điều này có thể xảy ra tình huống dải động của bộ khuếch đại không thể đáp ứng tuyến tính với các xung PD không thường xuyên. Để tránh tình huống này, thiết bị đo PD có thể được trang bị mạch báo động để phát hiện hoạt động không tuyến tính, hoặc đầu ra của thiết bị đo PD có thể được theo dõi bằng mắt (ví dụ trên máy hiện sóng) trong quá trình đo dòng phóng điện trung bình.

4.5.4 Thiết bị đo công suất phóng điện P

Cho phép sử dụng các kiểu mạch thử nghiệm và thiết bị đo kỹ thuật tương tự khác nhau để đo công suất phóng điện. Chúng thường được dựa trên việc đánh giá $\Sigma q_i u_i$, đại lượng mà có thể được đo bằng vùng hiển thị trên máy hiện sóng nếu các trục x, y được sử dụng để đánh giá I_{q_i} và $u(t)$ tương ứng, hoặc bằng kỹ thuật phức tạp hơn. Hiệu chuẩn mạch thử nghiệm và các thiết bị đo như vậy thường dựa vào việc xác định hệ số thang đo đối với điện áp đặt và điện tích biểu kiến.

Công suất phóng điện cũng có thể được tính bởi quá trình xử lý kỹ thuật số.

4.5.5 Thiết bị đo tốc độ toàn phương D

Thiết bị đo giá trị trung bình của các bình phương biên độ điện tích biểu kiến riêng rẽ q_i sẽ chỉ thị tốc độ toàn phương D . Thiết kế các thiết bị đo như vậy cần dựa trên các đặc tính như áp dụng đối với phép đo điện tích biểu kiến.

Tốc độ toàn phương cũng có thể được tính bởi quá trình xử lý kỹ thuật số.

4.5.6 Thiết bị đo điện áp nhiều tần số radio

Thiết bị đo nhiều tần số radio thường là vôn mét có chọn lọc. Các thiết bị đo này chủ yếu được thiết kế để đo nhiễu hoặc can nhiễu đến các tín hiệu radio quảng bá. Mặc dù thiết bị đo nhiễu radio không chỉ thị trực tiếp bất cứ đại lượng nào xác định trong tiêu chuẩn này nhưng chúng có thể đưa ra chỉ thị hợp lý về biên độ điện tích biểu kiến q , khi được sử dụng với thiết bị ghép nối có đặc tính thông dải đủ cao và khi được hiệu chuẩn theo Điều 5.

Do có mạch đo tựa đỉnh trong thiết bị này, số đọc thường nhạy với tốc độ lặp xung n của các xung phóng điện. Để có thêm thông tin, xem Phụ lục D.

4.6 Thiết bị đo bằng tần siêu rộng để phát hiện PD

Các phóng điện cục bộ cũng có thể được phát hiện bằng máy hiện sóng có băng tần rất cao hoặc bằng thiết bị đo có lựa chọn tần số (ví dụ bộ phân tích phổ) cùng với thiết bị ghép nối thích hợp. Mục đích của ứng dụng này nhằm đo và đánh giá hình dạng hoặc phổ tần số của các xung dòng điện hoặc điện áp phóng điện cục bộ trong thiết bị có các tham số phân bố, ví dụ cáp, máy điện quay hoặc bộ đóng cắt có cách điện bằng khí, hoặc để cung cấp thông tin về vật lý hoặc nguồn gốc của hiện tượng phóng điện.

Tiêu chuẩn này không đưa ra các khuyến cáo cho các phương pháp đo và độ rộng băng tần/các tần số của thiết bị đo cần sử dụng trong các nghiên cứu này, vì các phương pháp và thiết bị đo này, nói chung không đánh giá trực tiếp điện tích biểu kiến của các xung dòng PD.

5 Hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh

5.1 Quy định chung

Mục đích của việc hiệu chỉnh nhằm đánh giá hệ thống đo có khả năng đo đúng biên độ PD quy định.

Hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh được thực hiện để xác định hệ số thang đo k cho phép đo điện tích biểu kiến. Vì điện dung C_a của đối tượng thử nghiệm ảnh hưởng đến đặc tính của mạch điện nên việc hiệu chuẩn phải được thực hiện với từng đối tượng thử nghiệm mới, trừ khi các thử nghiệm được thực hiện trên một loạt các đối tượng thử nghiệm tương tự nhau có các giá trị điện dung trong phạm vi $\pm 10\%$ giá trị trung bình.

Hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh được thực hiện bằng cách bơm các xung dòng điện thời gian ngắn có biên độ điện tích đã biết q_0 , vào các đầu nối của đối tượng thử nghiệm (xem Hình 4). Giá trị q_0 phải được lấy là kết quả của thử nghiệm tính năng trên thiết bị hiệu chuẩn (xem 7.2.3).

5.2 Quy trình hiệu chuẩn

Hiệu chuẩn hệ thống đo được thiết kế cho đo điện tích biểu kiến q cần được thực hiện bằng cách bơm các xung dòng điện bằng thiết bị hiệu chuẩn, được xác định trong 6.2, qua các đầu nối của đối tượng thử nghiệm được thể hiện trên Hình 4. Việc hiệu chuẩn cần được thực hiện ở một biên độ trong dải biên độ liên quan kỳ vọng để đảm bảo độ chính xác cho biên độ PD quy định.

Dải biên độ liên quan, thay cho các quy định kỹ thuật khác, cần được hiểu là từ 50 % đến 200 % biên độ PD quy định.

Vì tụ điện C_0 của thiết bị hiệu chuẩn thường là tụ điện điện áp thấp nên việc hiệu chuẩn bố trí thử nghiệm hoàn chỉnh được thực hiện với đối tượng thử nghiệm không được cấp điện. Để hiệu chuẩn vẫn có hiệu lực, tụ điện hiệu chuẩn C_0 không được lớn hơn $0,1 C_a$. Nếu đáp ứng các yêu cầu đối với thiết bị hiệu chuẩn, xung hiệu chuẩn sẽ tương đương với biên độ phóng điện một sự kiện đơn $q_0 = U_0 C_0$.

Do vậy, C_0 phải được loại ra trước khi cấp điện cho mạch thử nghiệm. Tuy nhiên, nếu C_0 là loại tụ điện điện áp cao, và có mức tạp nền đủ thấp (xem thêm Điều 9 và Điều 10) để cho phép đo mức PD quy định ở điện áp thử nghiệm quy định thì tụ điện này có thể vẫn được nối trong mạch thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Không có yêu cầu tụ điện C_0 nhỏ hơn $0,1 C_a$ nếu C_0 là loại tụ điện điện áp cao và nếu tụ điện này vẫn được nối trong mạch thử nghiệm.

TCVN 11472:2016

Trong trường hợp các đối tượng thử nghiệm cao vài mét thì tụ điện C_0 đưa vào cần được đặt sát với đầu nối điện áp cao của đối tượng thử nghiệm vì điện dung tạp tán C_s (chỉ ra trên Hình 4a và Hình 4b) có thể gây ra các sai số không chấp nhận được.

Cáp nối giữa máy phát điện áp bước và tụ điện C_0 cần được chống nhiễu và được trang bị đầu cuối thích hợp tránh méo bước điện áp.

CHÚ THÍCH 2: Đối với các đối tượng thử nghiệm có chiều cao lớn, các dây nối giữa thiết bị hiệu chỉnh và đầu nối của đối tượng thử nghiệm có thể vượt quá vài mét. Do đó việc truyền điện tích từ thiết bị hiệu chỉnh đến đối tượng thử nghiệm có thể giảm xuống do không thể tránh được các điện dung tạp tán. Độ không đảm bảo đo chấp nhận được trong điều kiện này cần được ban kỹ thuật liên quan quy định.

6 Thiết bị hiệu chuẩn

6.1 Quy định chung

Các xung dòng điện thường được phát từ thiết bị hiệu chuẩn gồm một máy phát tạo ra các xung điện áp bước có biên độ U_0 nối tiếp với tụ điện C_0 , sao cho các xung hiệu chuẩn là các điện tích lặp lại mà mỗi điện tích có độ lớn

$$q_0 = U_0 C_0$$

Trên thực tế, không thể tạo ra các xung điện áp bước lý tưởng. Mặc dù các dạng sóng khác có thời gian tăng t_r chậm hơn (10 % đến 90 % giá trị đỉnh) và thời gian suy giảm t_d xác định (90 % đến 10 % giá trị đỉnh) có thể bơm vào về cơ bản cùng một lượng điện tích, các đáp tuyến của hệ thống đo khác nhau hoặc mạch thử nghiệm khác nhau có thể khác nhau do sai số tích phân gây ra bởi thời gian tăng của các xung dòng điện hiệu chỉnh này.

Các tham số đặc trưng cho điện áp bước đơn cực có biên độ U_0 phải đáp ứng các điều kiện sau (xem Hình 6):

Thời gian tăng: $t_r \leq 60 \text{ ns}$

Thời gian đến trạng thái ổn định: $t_s \leq 200 \text{ ns}$

Khoảng thời gian điện áp bước: $t_d \geq 5 \mu\text{s}$

Độ lệch biên độ điện áp bước U_0 giữa t_s và t_d : $\Delta U \leq 0,03 U_0$

Tham số thời gian t_r , t_s và t_d được đo từ điểm gốc t_0 của điện áp bước, điểm gốc này tương ứng với thời điểm khi điện áp tăng bằng 10 % U_0 (xem Hình 6).

Thời gian đến trạng thái ổn định t_s là thời điểm ngắn nhất tại đó độ lệch ΔU so với U_0 lần đầu tiên nhỏ hơn 3 %.

Khoảng thời gian điện áp bước t_d là thời điểm sau t_s tại đó biên độ của điện áp bước giảm xuống thấp hơn 97 % U_0 . Sau t_d , điện áp phải tiếp tục giảm xuống còn 10 % U_0 trong khoảng thời gian không ngắn hơn 500 μ s.

Biên độ U_0 của điện áp bước là giá trị trung bình xảy ra trong khoảng thời gian trạng thái ổn định $t_d - t_s$.

Đối với đối tượng thử nghiệm đại diện bởi điện dung gộp C_a , tụ điện hiệu chuẩn C_0 phải thỏa mãn các điều kiện $C_0 \leq 200$ pF và $C_0 \leq 0,01 C_a$.

Đối với đối tượng thử nghiệm đại diện bởi trở kháng đặc trưng Z_c , ví dụ cáp điện vượt quá chiều dài 200 m, giá trị tụ điện hiệu chuẩn phải đáp ứng các điều kiện $C_0 \leq 1$ nF và $C_0 \times Z_c \leq 30$ ns.

Đối với thiết bị hiệu chuẩn được chế tạo trước khi có tiêu chuẩn này, tham số thời gian và điện áp của thiết bị không phù hợp với các giá trị quy định nêu trên, độ lệch của các giá trị đo được so với các giá trị quy định phải được nêu trong biên bản thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Đối với các thiết bị băng tần rộng có tần số giới hạn trên cao hơn 500 kHz, yêu cầu $t_r < 0,03/f_z$ phải được đáp ứng để tạo ra phổ tần số biên độ gần như không đổi như thể hiện trên Hình 5.

Các xung hiệu chuẩn có thể được phát ra như một chuỗi các xung điện áp (một cực hoặc hai cực) được đặc trưng bởi thời gian tăng nhanh (như xác định ở trên) và với thời gian suy giảm chậm, hoặc như một dãy xung chữ nhật được lấy vi phân bởi tụ điện hiệu chuẩn C_0 . Đối với trường hợp đầu tiên, thời gian suy giảm t_d của các xung điện áp phải lớn so với $1/f_z$ của hệ thống đo. Đối với trường hợp thứ hai, điện áp U_0 không cần thay đổi quá 5 % đối với khoảng thời gian giữa các xung. Đối với cả hai trường hợp, khoảng thời gian giữa các xung cần dài hơn thời gian phân giải xung. Đối với hệ thống lưỡng cực, biên độ của các xung ở cả hai cực tính cần có cùng biên độ trong phạm vi 5 %.

Đối với việc bơm các xung dòng điện vào đối tượng thử nghiệm có phần tử điện phân tán, ví dụ bộ đóng cắt cách điện bằng khí, C_0 có thể là điện dung đã biết giữa dây dẫn điện áp cao và điện cực cảm biến được nối với nguồn điện áp hiệu chuẩn (xem Hình 4c).

CHÚ THÍCH 2: Các thiết bị hiệu chuẩn được đánh giá trong điều này có thể áp dụng để hiệu chuẩn hệ thống đo điện tích biểu kiến cũng như các hệ thống đo đại lượng dẫn xuất.

6.2 Thiết bị hiệu chuẩn để hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh

Thiết bị hiệu chuẩn có thể cung cấp các xung dòng điện đơn cực hoặc lưỡng cực. Tần số lặp xung N có thể là cố định (ví dụ hai lần tần số điện áp thử nghiệm) hoặc thay đổi (với điều kiện là khoảng thời gian giữa các xung vượt quá thời gian phân giải xung). Thiết bị hiệu chuẩn như vậy áp dụng cho hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh để xác định hệ số thang đo của hệ thống đo PD.

CHÚ THÍCH 1: Hệ số thang đo nói chung được xác định tại một biên độ trong dải từ 50 % đến 200 % của biên độ PD quy định.

TCVN 11472:2016

CHÚ THÍCH 2: Hiệu chuẩn hệ thống đo có thể được kiểm tra gián tiếp bằng cách đưa các xung hiệu chuẩn vào mạch thử nghiệm điện áp cao (thường ở đầu vào của thiết bị ghép nối), nhưng không ở các đầu nối của đối tượng thử nghiệm. Phương pháp này không chỉ gồm hiệu chuẩn mà nếu được sử dụng kết hợp với hiệu chuẩn hệ thống đo trong mạch thử nghiệm hoàn chỉnh (xem Điều 5), kỹ thuật này có thể được sử dụng như một chuẩn truyền để đơn giản hóa quy trình hiệu chuẩn. Thiết bị hiệu chuẩn được sử dụng cần đáp ứng các quy định của tiêu chuẩn này.

6.3 Thiết bị hiệu chuẩn cho các thử nghiệm tính năng trên hệ thống đo

Để kiểm tra các đặc trưng bổ sung của mạch thử nghiệm và các đặc tính của hệ thống đo, thiết bị hiệu chuẩn phức tạp hơn hoặc thậm chí quy trình hiệu chuẩn phức tạp hơn được khuyến cáo. Các đặc tính sau được khuyến cáo đối với thiết bị hiệu chuẩn được sử dụng cho các thử nghiệm tính năng.

- độ lớn điện tích q_0 thay đổi, theo bước hoặc liên tục, để xác định tính tuyến tính của hệ số thang đo k . Việc thay đổi này cần đạt được bằng cách thay đổi điện áp bước. Tính tuyến tính của thiết bị hiệu chuẩn cần tốt hơn $\pm 5\%$ hoặc ± 1 pC, chọn giá trị lớn hơn;
- thời gian trễ thay đổi giữa các xung liên tiếp có cùng cực tính để kiểm tra thời gian phân giải xung T_r của một mình hệ thống đo hoặc thời gian phân giải xung của toàn bộ mạch thử nghiệm;
- cả hai đầu nối ra của thiết bị hiệu chuẩn thả nổi, tức là đầu ra không có điện áp;
- đối với thiết bị hiệu chuẩn hoạt động bằng pin/acquy, cần có cơ cấu chỉ thị trạng thái của pin/acquy;
- các xung lưỡng cực để phát hiện sự thay đổi trong phép đo độ lớn điện tích biểu kiến liên quan đến cực tính của xung dòng điện PD;
- chuỗi xung hiệu chuẩn có số lượng độ lớn điện tích bằng nhau và tần số lặp N để kiểm tra thiết bị đo phóng điện cực bộ kỹ thuật số.

7 Duy trì đặc tính của thiết bị hiệu chuẩn và hệ thống đo

Thử nghiệm tính năng và kiểm tra tính năng được thực hiện để đánh giá và duy trì đặc tính của hệ thống đo.

Thử nghiệm tính năng và kiểm tra tính năng cũng được thực hiện để đánh giá và duy trì đặc tính của thiết bị hiệu chuẩn.

Nói chung, nhà chế tạo thiết bị hiệu chuẩn để hiệu chuẩn các đại lượng phóng điện cực bộ sẽ cung cấp các quy định kỹ thuật và hướng dẫn để thực hiện việc bảo trì định kỳ để kiểm tra thiết bị hiệu chuẩn.

Không phụ thuộc vào quy định kỹ thuật của nhà chế tạo, phải tuân thủ các quy trình sau. Các kết quả thử nghiệm và kiểm tra phải được ghi vào hồ sơ về tính năng.

7.1 Lịch thử nghiệm

Việc kiểm tra hệ thống đo và thiết bị hiệu chuẩn được thực hiện một lần như một thử nghiệm chấp nhận. Các thử nghiệm tính năng được thực hiện định kỳ, hoặc sau khi sửa chữa lớn, và tối thiểu cứ sau 5 năm. Các kiểm tra tính năng được thực hiện định kỳ tối thiểu một lần mỗi năm.

Thử nghiệm chấp nhận có thể gồm cả thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên. Lịch này phù hợp với các quy định chung của TCVN 6099-2 (IEC 60060-2).

7.2 Duy trì đặc tính của thiết bị hiệu chuẩn

7.2.1 Thử nghiệm điển hình trên thiết bị hiệu chuẩn

Thử nghiệm điển hình trên thiết bị hiệu chuẩn phải được thực hiện đối với một thiết bị hiệu chuẩn trong loạt thiết bị. Các thử nghiệm điển hình này cần được thực hiện bởi nhà chế tạo thiết bị hiệu chuẩn. Nếu kết quả của thử nghiệm điển hình không có sẵn từ nhà chế tạo, các thử nghiệm kiểm tra thiết bị phải được thực hiện bởi người sử dụng.

Thử nghiệm điển hình phải bao gồm tất cả các thử nghiệm yêu cầu trong thử nghiệm tính năng.

7.2.2 Thử nghiệm thường xuyên trên thiết bị hiệu chuẩn

Thử nghiệm thường xuyên trên thiết bị hiệu chuẩn phải được thực hiện đối với từng thiết bị hiệu chuẩn của loạt thiết bị. Nếu nhà chế tạo không có sẵn kết quả của thử nghiệm thường xuyên thì người sử dụng phải thực hiện các thử nghiệm kiểm tra thiết bị.

Thử nghiệm thường xuyên phải bao gồm tất cả các thử nghiệm yêu cầu trong thử nghiệm tính năng.

7.2.3 Thử nghiệm tính năng trên thiết bị hiệu chuẩn

Độ chính xác của các phép thử PD phụ thuộc vào độ chính xác của thiết bị hiệu chuẩn. Do đó, khuyến cáo rằng thử nghiệm tính năng đầu tiên trên thiết bị hiệu chuẩn mà dựa vào đó để chấp nhận thiết bị cần truy xuất theo tiêu chuẩn quốc gia.

Các thử nghiệm tính năng dưới đây phải được thực hiện:

- xác định điện tích thực của thiết bị hiệu chuẩn q_0 trên tất cả các giá trị đặt danh nghĩa của thiết bị hiệu chuẩn. Độ không đảm bảo của việc xác định này cần được đánh giá trong phạm vi $\pm 5\%$ hoặc 1 pC , chọn giá trị lớn hơn. Đây là giá trị thực của điện tích của thiết bị hiệu chuẩn mà phải được sử dụng khi sử dụng thiết bị hiệu chuẩn;
- xác định thời gian tăng t_r của bước điện áp U_0 , với độ không đảm bảo $\pm 10\%$;
- xác định tần số lặp xung N với độ không đảm bảo $\pm 1\%$ bằng bộ đếm xung; yêu cầu này chỉ áp dụng cho thiết bị hiệu chuẩn được thiết kế để hiệu chuẩn giá trị đọc tốc độ lặp xung n .

TCVN 11472:2016

Phụ lục A mô tả quy trình thích hợp để thực hiện các thử nghiệm này liên quan đến q_0 và t_r . Các quy trình khác cũng có thể sử dụng nếu có thể áp dụng cho các thử nghiệm này.

Kết quả của tất cả các thử nghiệm phải được giữ trong hồ sơ về tính năng được người sử dụng thiết lập và duy trì.

7.2.4 Kiểm tra tính năng trên thiết bị hiệu chuẩn

Các kiểm tra về tính năng dưới đây phải được thực hiện:

- Kiểm tra điện tích thực q_0 của thiết bị hiệu chuẩn trên tất cả các giá trị đặt danh nghĩa của thiết bị hiệu chuẩn. Độ không đảm bảo của việc xác định này cần được đánh giá trong phạm vi $\pm 5\%$ hoặc 1 pC, chọn giá trị lớn hơn;

Kết quả của tất cả các thử nghiệm phải được giữ trong hồ sơ về tính năng được người sử dụng thiết lập và duy trì.

Bảng 2 – Các thử nghiệm yêu cầu đối với thiết bị hiệu chuẩn

Kiểu thử nghiệm	Phương pháp thử nghiệm	Phân loại thử nghiệm			
		Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Đo q_0	7.2.3	x	x	x	x
Đo t_r	7.2.3	x	x	x	
Đo N	7.2.3	x	x	x	

7.2.5 Hồ sơ tính năng

Hồ sơ tính năng của thiết bị hiệu chuẩn phải gồm các thông tin sau:

a) Đặc tính danh nghĩa

- 1) Nhận biết (số seri, kiểu, v.v.)
- 2) Dải điều kiện làm việc
- 3) Dải điều kiện chuẩn
- 4) Thời gian khởi động
- 5) Dải đầu ra điện tích
- 6) Điện áp nguồn

b) Kết quả thử nghiệm điển hình

c) Kết quả thử nghiệm thường xuyên

d) Kết quả các thử nghiệm tính năng

1) Ngày tháng của từng thử nghiệm tính năng

e) Kết quả các kiểm tra tính năng

1) Ngày tháng của từng kiểm tra tính năng

2) Kết quả - đạt/không đạt (nếu không đạt, hồ sơ về hành động khắc phục)

7.3 Duy trì đặc tính của hệ thống đo

Nói chung, nhà chế tạo các hệ thống đo để đo các đại lượng như quy định trong 3.3 sẽ cung cấp các quy định kỹ thuật và hướng dẫn để thực hiện các bảo trì định kỳ để kiểm tra đặc tính của thiết bị đo hoặc đặc tính của hệ thống.

Không phụ thuộc vào quy định kỹ thuật của nhà chế tạo, phải tuân thủ các quy trình sau. Các kết quả thử nghiệm và kiểm tra phải được ghi vào hồ sơ về tính năng.

7.3.1 Thử nghiệm điển hình trên hệ thống đo PD

Thử nghiệm điển hình trên hệ thống đo PD phải được thực hiện đối với một hệ thống đo trong loạt hệ thống. Các thử nghiệm điển hình này cần được thực hiện bởi nhà chế tạo thiết bị hiệu chuẩn. Nếu kết quả của thử nghiệm điển hình không có sẵn từ nhà chế tạo, các thử nghiệm kiểm tra thiết bị phải được thực hiện bởi người sử dụng.

Thử nghiệm điển hình tối thiểu phải bao gồm

- xác định trở kháng truyền $Z(f)$ và các tần số giới hạn dưới và giới hạn trên f_1 và f_2 của hệ thống đo trên dải tần số trong đó trở kháng truyền bị giảm về 20 dB từ giá trị đỉnh của dải thông. Đại lượng đầu vào cần là các tín hiệu dòng điện hình sin có tần số thay đổi;
- xác định hệ số thang đo k của hệ thống đo cho các xung hiệu chuẩn của tối thiểu ba độ lớn điện tích khác nhau, từ 100 % đến 10 % giá trị toàn dải, ở tốc độ lặp xung n thấp (khoảng 100/s) trên mỗi phạm vi biên độ. Sự biến đổi của k phải nhỏ hơn ± 5 % để chứng tỏ tính tuyến tính của hệ thống đo;
- xác định thời gian phân giải T_r của hệ thống đo bằng cách đặt các xung hiệu chuẩn có độ lớn điện tích không đổi nhưng có khoảng thời gian giữa các xung liên tiếp giảm. Thời gian phân giải xung phải được xác định đối với tất cả các thiết bị kết nối được thiết kế để sử dụng với thiết bị đo và ở điện dung nhỏ nhất và lớn nhất mà đối với nó từng thiết bị ghép nối được thiết kế;
- kiểm tra xem sự thay đổi số đọc của điện tích biểu kiến q với tần số lặp xung N của các xung hiệu chuẩn có phù hợp với các giá trị quy định trong 4.3.3 đối với các thử nghiệm với điện áp xoay chiều.

7.3.2 Thử nghiệm thường xuyên trên hệ thống đo

Thử nghiệm thường xuyên trên hệ thống đo phải được thực hiện đối với từng hệ thống đo của loạt hệ thống. Nếu kết quả của thử nghiệm thường xuyên không có sẵn từ nhà chế tạo, các thử nghiệm kiểm tra thiết bị phải được thực hiện bởi người sử dụng.

TCVN 11472:2016

Thử nghiệm thường xuyên phải bao gồm tất cả các thử nghiệm yêu cầu trong thử nghiệm tính năng.

7.3.3 Thử nghiệm tính năng trên hệ thống đo

Các thử nghiệm tính năng trên hệ thống đo phải bao gồm:

- xác định trở kháng truyền $Z(f)$ và các tần số giới hạn dưới và giới hạn trên tương ứng là f_1 và f_2 của hệ thống đo trên dải tần số trong đó trở kháng truyền bị giảm về 20 dB từ giá trị đỉnh của dải thông. Đại lượng đầu vào cần là các tín hiệu dòng điện hình sin có tần số thay đổi;
- tính tuyến tính của hệ thống đo phải được xác định bằng cách đặt tín hiệu từ thiết bị hiệu chuẩn PD biến thiên đến đầu vào của hệ thống đo. Tính tuyến tính của hệ số thang đo k cần được kiểm tra từ 50 % giá trị thấp nhất đến 200 % giá trị cao nhất của biên độ PD quy định cần đo. Sự biến đổi của k phải nhỏ hơn $\pm 5 \%$ để chứng tỏ tính tuyến tính của hệ thống đo.

Kết quả của tất cả các thử nghiệm phải được giữ trong hồ sơ về tính năng được người sử dụng thiết lập và duy trì.

7.3.4 Kiểm tra tính năng trên hệ thống đo

- Xác định trở kháng truyền $Z(f)$ của hệ thống đo tại một tần số trong dải thông yêu cầu. Cần kiểm tra để xác nhận rằng giá trị này không thay đổi quá 10 % giá trị ghi lại được trong thử nghiệm tính năng trước đó. Đại lượng đầu vào cần là các tín hiệu dòng điện hình sin có tần số thay đổi.

Kết quả của tất cả các thử nghiệm phải được giữ trong hồ sơ về tính năng được người sử dụng thiết lập và duy trì.

Bảng 3 – Thử nghiệm yêu cầu đối với hệ thống đo

Kiểu thử nghiệm	Phương pháp thử nghiệm	Phân loại thử nghiệm			
		Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Đo $Z(f)$	7.3.1	x	x	x	
Đo $Z(f)$ tại một tần số	7.3.4				x
Đo k	7.3.1	x			
Đo T_r	7.3.1	x			
Đáp tuyến xung	4.3.3	x			
Tính tuyến tính	7.3.1	x			
Tính tuyến tính	7.3.2		x	x	

7.3.5 Kiểm tra khả năng bổ sung của hệ thống đo kỹ thuật số

Các quy định có hiệu lực đối với hệ thống đo kỹ thuật tương tự phải áp dụng được cho hệ thống đo kỹ thuật số, nhưng vì hệ thống đo kỹ thuật số có các khả năng bổ sung để ghi được nhiều đại lượng liên quan đến phóng điện cục bộ nên các khả năng của hệ thống này cần được mô tả lượng hóa bằng các thử nghiệm bổ sung.

Vì quy trình hiệu chuẩn hoàn chỉnh dùng cho thiết bị đo PD kỹ thuật số phụ thuộc vào các khả năng cụ thể của thiết bị đo mà có thể khác nhau hoàn toàn, nên các quy trình hiệu chuẩn bổ sung tối thiểu dưới đây được quy định:

- Để mô tả phạm vi mà việc thu thập dữ liệu số có thể ghi lại đúng các xung đầu vào bất kể tần số của chúng, thiết bị hiệu chuẩn phải có khả năng tạo ra, trong khoảng thời gian xác định, số lượng xung đã biết (ví dụ 10^4) với các tần số lặp xung có thể điều chỉnh. Tần số lặp xung của thiết bị hiệu chuẩn phải được tăng theo các bước thích hợp từ các giá trị thấp (ví dụ, 100 Hz) đến các giá trị cao hơn mà không vượt quá các giới hạn đưa vào bởi thời gian phân giải xung của hệ thống đo đang sử dụng. Đối với các giá trị của tần số lặp xung, số lượng xung ghi lại được được quan sát trong khoảng thời gian xác định phải nằm trong phạm vi $\pm 2\%$ số lượng xung hiệu chuẩn đã biết được đặt vào.
- Để mô tả phạm vi mà việc thu thập dữ liệu số có thể thu được thành công trong mỗi sự kiện PD, thiết bị hiệu chuẩn phải được sử dụng với tần số lặp xung không đổi nhưng đã biết (ví dụ 100 Hz) và số lượng sự kiện ghi được phải được so sánh với số lượng xung hiệu chuẩn phát ra bởi thiết bị hiệu chuẩn trong thời gian lớn nhất đăng ký mà thiết bị đo kỹ thuật số được thiết kế. Cho phép sai lệch $\pm 2\%$ khi so sánh hai số này.

Xem Phụ lục E để có thêm thông tin.

7.3.6 Hồ sơ tính năng

Hồ sơ tính năng của hệ thống đo phải gồm các thông tin sau:

- a) Đặc tính danh nghĩa
 - 1) Nhận biết (số seri, kiểu, v.v.)
 - 2) Dải điều kiện làm việc
 - 3) Dải điều kiện chuẩn
 - 4) Thời gian khởi động
 - 5) Dải đại lượng điện tích đo được
 - 6) Điện áp nguồn
- b) Kết quả thử nghiệm điển hình
- c) Kết quả thử nghiệm thường xuyên

TCVN 11472:2016

d) Kết quả các thử nghiệm tính năng

- 1) Ngày tháng của từng thử nghiệm tính năng

e) Kết quả các kiểm tra tính năng

- 1) Ngày tháng của từng kiểm tra tính năng
- 2) Kết quả - đạt/không đạt (nếu không đạt, hồ sơ về hành động khắc phục)

8 Các thử nghiệm

Điều này đưa ra các yêu cầu đối với đối tượng thử nghiệm và điện áp thử nghiệm. Các yêu cầu bổ sung, đối với các điều kiện thử nghiệm và các phương pháp thử nghiệm đặc biệt có thể được quy định bởi ban kỹ thuật liên quan. Ban kỹ thuật này cần quy định độ lớn đo được tối thiểu cần thiết. Thông tin về các giới hạn thực tế của độ lớn tối thiểu đo được được cho trong Phụ lục G. Đối với trường hợp các thử nghiệm với điện áp một chiều, xem Điều 11. Ban kỹ thuật cũng có thể khuyến cáo đại lượng phóng điện cục bộ không phải điện tích biểu kiến cần đo.

CHÚ THÍCH: Một số hướng dẫn để đo phóng điện cục bộ trên cáp, thiết bị đóng cắt cách điện bằng khí, tụ điện công suất và trong đối tượng thử nghiệm có dây quấn được cho trong Phụ lục C.

8.1 Yêu cầu chung

Để đạt được các kết quả có thể tái lập trong các thử nghiệm phóng điện cục bộ, cần kiểm soát cẩn thận tất cả các hệ số liên quan. Hệ thống đo phóng điện cục bộ phải được hiệu chuẩn theo các quy định của Điều 5 trước khi thử nghiệm.

8.2 Ổn định đối tượng thử nghiệm

Trước khi được thử nghiệm, đối tượng thử nghiệm cần trải qua quy trình ổn định quy định bởi ban kỹ thuật liên quan.

Nếu không có quy định khác:

a) bề mặt cách điện bên ngoài của đối tượng thử nghiệm phải sạch và khô vì hơi ẩm hoặc tạp chất trên bề mặt cách điện có thể gây ra phóng điện cục bộ; và

b) đối tượng thử nghiệm cần ở nhiệt độ môi trường trong quá trình thử nghiệm.

Ứng suất cơ, nhiệt và điện ngay trước thử nghiệm có thể ảnh hưởng đến kết quả của các thử nghiệm phóng điện cục bộ. Để đảm bảo độ tái lập tốt, khoảng nghỉ sau ứng suất trước đó có thể cần thiết trước khi thực hiện các thử nghiệm phóng điện cục bộ.

8.3 Chọn quy trình thử nghiệm

Quy định kỹ thuật của các quy trình cần sử dụng cho các loại thử nghiệm và đối tượng thử nghiệm cụ thể là trách nhiệm của ban kỹ thuật liên quan. Các ban kỹ thuật này phải xác định quá trình ổn định sơ

bộ, mức điện áp thử nghiệm và tần số của điện áp thử nghiệm, tốc độ tăng và giảm điện áp đặt, trình tự và thời gian đặt điện áp, và quan hệ giữa các thử nghiệm đo phóng điện cục bộ với các thử nghiệm điện môi khác.

Để hỗ trợ chuẩn bị các quy định kỹ thuật thử nghiệm này, các ví dụ về quy trình thử nghiệm đối với điện áp xoay chiều được cho trong 8.3.1 và 8.3.2.

8.3.1 Xác định điện áp khởi phát và dập tắt phóng điện cục bộ

Điện áp thấp hơn nhiều so với điện áp khởi phát kỳ vọng phải được đặt vào đối tượng thử nghiệm và tăng dần cho đến khi đạt đến phóng điện, hoặc vượt quá biên độ quy định. Điện áp thử nghiệm tại biên độ quy định này là điện áp khởi phát phóng điện cục bộ U_i . Điện áp này sau đó được tăng lên đến mức điện áp quy định và sau đó giảm dần về giá trị tại đó phóng điện trở nên nhỏ hơn cùng biên độ quy định. Điện áp thử nghiệm tại giới hạn phóng điện này là điện áp dập tắt phóng điện cục bộ U_e . Lưu ý là giá trị U_i có thể bị ảnh hưởng bởi tốc độ tăng điện áp, và U_e có thể bị ảnh hưởng bởi biên độ và thời gian đặt điện áp và cũng ảnh hưởng bởi tốc độ giảm điện áp.

CHÚ THÍCH 1: Trong một số loại cách điện, phóng điện cục bộ chỉ xảy ra gián đoạn khi điện áp lần đầu tiên tăng đến U_i , trong các loại cách điện khác có biên độ phóng điện tăng nhanh, trong khi đó trong các loại cách điện khác nữa thì phóng điện dập tắt khi U_i được duy trì trong một thời gian. Do đó, quy trình thử nghiệm thích hợp cần được quy định bởi ban kỹ thuật liên quan.

Tuy nhiên, trong trường hợp bất kỳ, điện áp đặt không được vượt quá điện áp chịu tần số công nghiệp danh định ngắn hạn có thể đặt vào thiết bị cần thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 2: Trong trường hợp thiết bị điện áp cao, có một số nguy hiểm do hồng từ những lần đặt điện áp lặp lại tiến đến gần điện áp chịu tần số công nghiệp danh định ngắn hạn.

8.3.2 Xác định biên độ phóng điện cục bộ ở điện áp thử nghiệm quy định

8.3.2.1 Đo không đặt ứng suất trước

Độ lớn của phóng điện cục bộ liên quan đến đại lượng quy định được đo ở điện áp quy định, có thể cao hơn điện áp khởi phát phóng điện cục bộ kỳ vọng. Điện áp được tăng dần từ giá trị thấp đến giá trị quy định và giữ ở đó trong thời gian quy định. Vì độ lớn có thể thay đổi theo thời gian nên đại lượng quy định phải được đo ở cuối của giai đoạn này.

Độ lớn của phóng điện cục bộ cũng có thể được đo và ghi lại trong khi điện áp tăng hoặc giảm hoặc trong suốt giai đoạn thử nghiệm.

8.3.2.2 Đo có đặt ứng suất trước

Thử nghiệm được thực hiện bằng cách tăng điện áp thử nghiệm từ giá trị thấp hơn điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ quy định đến điện áp quy định vượt quá giá trị này. Sau đó điện áp được giữ trong thời gian quy định và, sau đó, giảm dần về điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ quy định.

TCVN 11472:2016

Ở mức điện áp này, điện áp được duy trì trong thời gian quy định và, ở cuối thời gian này, đại lượng PD quy định được đo trong khoảng thời gian cho trước hoặc trong suốt thời gian quy định.

9 Độ không đảm bảo đo và độ nhạy

Độ lớn, thời gian và tốc độ lặp xung của xung PD có thể bị ảnh hưởng lớn bởi thời gian đặt điện áp. Ngoài ra, phép đo các đại lượng khác nhau liên quan đến các xung PD thường có độ không đảm bảo đo lớn hơn các phép đo khác trong các thử nghiệm cao áp. Do đó, khó khăn để định dữ liệu thử nghiệm PD bằng các thử nghiệm lặp lại. Điều này cần được lưu ý khi quy định các thử nghiệm chấp nhận phóng điện cục bộ.

Các phép đo điện tích biểu kiến q sử dụng hệ thống đo theo quy định của tiêu chuẩn này và được hiệu chuẩn theo quy định của Điều 5 và Điều 7, được coi là có độ không đảm bảo đo trong phạm vi $\pm 10\%$ hoặc ± 1 pC, chọn giá trị lớn hơn.

Các phép đo cũng bị ảnh hưởng bởi nhiễu (Điều 10) hoặc tạp nền, mà cần đủ thấp để cho phép đo đủ nhạy và đủ chính xác độ lớn phóng điện cục bộ quy định.

Độ lớn tối thiểu của các đại lượng PD mà có thể được đo trong thử nghiệm cụ thể nhìn chung được giới hạn bởi nhiễu. Mặc dù các nhiễu này có thể được loại bỏ một cách hiệu quả bằng công nghệ thích hợp như mô tả trong Phụ lục G, các giới hạn bổ sung được xác định bởi các mức tạp nền trong thiết bị đo và hệ thống đo, bởi các kích thước vật lý và bố trí mạch thử nghiệm và các giá trị tham số mạch thử nghiệm.

Giới hạn khác đối với phép đo đại lượng PD tối thiểu được đặt bởi tỷ số điện dung C_d/C_k và các giá trị tối thiểu đối với trở kháng đầu vào của thiết bị ghép nối và phối hợp trở kháng của nó với thiết bị đo được sử dụng. Độ nhạy cao nhất cần được nhận biết nếu $C_k \gg C_a$, là điều kiện thường không dễ đáp ứng do mang tải bổ sung của nguồn điện áp cao. Do đó, giá trị danh nghĩa của C_k được giới hạn cho các thử nghiệm thực tế, nhưng độ nhạy chấp nhận được thường đạt được với C_k bằng 1 nF hoặc lớn hơn.

10 Nhiễu

Phép đo bị ảnh hưởng bởi các nhiễu mà các nhiễu này cần đủ thấp để cho phép đo với đủ độ nhạy và độ chính xác đại lượng PD cần kiểm soát. Vì các nhiễu có thể trùng với xung PD và chúng thường được xếp chồng lên các đại lượng đo, mức tạp nền nên nhỏ hơn 50 % độ lớn phóng điện cục bộ quy định cho phép, nếu không có quy định khác của ban kỹ thuật liên quan. Đối với các thử nghiệm chấp nhận và thử nghiệm điển hình trên thiết bị điện áp cao, mức tạp nền phải được ghi lại.

Các giá trị đo cao mà hiển nhiên là do các nhiễu bên ngoài gây ra thì được bỏ qua.

Việc chọn lọc tín hiệu bằng cửa sổ thời gian, phân biệt cực tính hoặc các phương pháp tương tự có thể làm mất các tín hiệu phóng điện cục bộ đúng nếu các tín hiệu này xảy ra đồng thời với nhiễu hoặc

phần bị lọc của chu kỳ. Với lý do này, tín hiệu không nên bị chặn bởi công có nhiều hơn 2 % mỗi chu kỳ điện áp thử nghiệm trong hệ thống điện áp xoay chiều, và không quá 2 % thời gian thử nghiệm lũy tích trong hệ thống điện áp một chiều.

Tuy nhiên, nếu có một vài nguồn nhiễu đồng bộ với điện áp lưới trong từng chu kỳ, giới hạn khoảng chặn có thể tăng lên đến 10 % chu kỳ điện áp thử nghiệm. Do đó, việc chọn lọc này phải được đặt trước khi đặt điện áp thử nghiệm đầy đủ và các giá trị đặt này không được thay đổi trong quá trình thử nghiệm. Ban kỹ thuật liên quan có thể quyết định các giới hạn khác nhau đối với việc chọn lọc tín hiệu.

CHÚ THÍCH: Hoạt động của các bộ chỉnh lưu hoặc nghịch lưu lớn ở gần có thể sinh ra loại nhiễu lặp lại đều đặn, liên quan đến chuyển mạch dòng điện trong phần tử chỉnh lưu hoặc nghịch lưu.

Thông tin thêm về nhiễu và sự giảm nhẹ nhiễu được cho trong Phụ lục G.

11 Phép đo phóng điện cục bộ trong các thử nghiệm với điện áp một chiều

11.1 Quy định chung

Đối tượng thử nghiệm có cách điện rắn hoặc cách điện tẩm chất lỏng cho thấy các đặc tính phóng điện cục bộ rất khác nhau khi được thử nghiệm với điện áp một chiều so với các đặc tính khi được thử nghiệm với điện áp xoay chiều. Sự khác nhau có thể là nhỏ đối với cách điện dạng khí.

Một số khác biệt này có thể được tóm tắt như sau:

- tốc độ lặp xung phóng điện có thể rất thấp đối với điện áp một chiều đặt vào cách điện rắn, vì khoảng thời gian giữa các phóng điện ở từng vị trí phóng điện được xác định bằng các hằng số thời gian phục hồi của cách điện;
- số lượng lớn phóng điện có thể xuất hiện khi thay đổi điện áp đặt. Cụ thể, sự đảo ngược cực tính trong thử nghiệm có thể gây ra số lượng lớn phóng điện ở điện áp thấp, nhưng sau đó tốc độ lặp xung sẽ giảm đến tình trạng ổn định;
- trong cách điện chất lỏng, sự chuyển động của chất lỏng có xu hướng giảm hằng số thời gian hồi phục đến mức phóng điện xảy ra thường xuyên hơn;
- đặc tính PD của đối tượng thử nghiệm có thể bị ảnh hưởng bởi nhấp nhô trên điện áp thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Với điện áp một chiều, ảnh hưởng của sự thay đổi điện áp có thể được thông báo vì phân bố ứng suất không còn được xác định chủ yếu bởi điện trở khối và điện trở bề mặt nữa, như là trong các điều kiện điện áp không đổi.

CHÚ THÍCH 2: Độ lớn PD cụ thể, các giới hạn đếm xung và khoảng thời gian đặt điện áp cần được ban kỹ thuật liên quan xác định.

11.2 Đại lượng phóng điện cục bộ

Phép đo phóng điện cục bộ với điện áp một chiều cần dựa trên các đại lượng sau:

TCVN 11472:2016

- điện tích biểu kiến của từng xung PD riêng rẽ xảy ra trong khoảng thời gian quy định Δt_i ở điện áp thử nghiệm không đổi, như định nghĩa trong 3.3.1 (xem Hình H.1 a)).
- điện tích biểu kiến lũy tích của chuỗi xung PD xảy ra trong khoảng thời gian quy định Δt_i ở điện áp thử nghiệm không đổi, như định nghĩa trong 3.12 (xem Hình H.1 b)).
- đếm xung PD m của chuỗi xung PD như định nghĩa trong 3.13 vượt quá các giới hạn quy định của độ lớn điện tích biểu kiến q_m trong khoảng thời gian quy định Δt_i ở điện áp thử nghiệm không đổi (xem Hình H.2 a)).
- đếm xung PD m xảy ra trong dải độ lớn điện tích biểu kiến quy định q_m trong khoảng thời gian quy định Δt_i ở điện áp thử nghiệm không đổi (xem Hình H.2 b)).

Để xác định đếm xung PD m cần thận trọng để không đếm các xung tạp nhằm tránh thống kê sai. Do đó trước khi bắt đầu phép đo PD thực, mức tạp nền theo pC phải được xác định. Dựa trên mức tạp nền này, phải điều chỉnh mức ngưỡng điện tích biểu kiến đến tối thiểu hai lần tạp nền.

Các giá trị đối với đại lượng PD được liệt kê ở trên phải được ban kỹ thuật liên quan quy định.

11.3 Điện áp liên quan đến phóng điện cục bộ

11.3.1 Điện áp khởi phát và dập tắt phóng điện cục bộ

Điện áp khởi phát và dập tắt phóng điện cục bộ có thể khó xác định trong các thử nghiệm với điện áp một chiều vì chúng phụ thuộc vào các yếu tố như phân bố điện áp trong các điện áp, nhiệt độ và áp suất khác nhau. Phóng điện cục bộ nhiều khả năng xảy ra trong lần đặt điện áp đầu tiên hoặc trong quá trình thay đổi điện áp và sau đó trở nên gián đoạn hơn vì phân bố điện áp thay đổi theo hướng điện trở.

Trong các điều kiện nhất định, phóng điện cục bộ có thể tiếp tục ngay cả sau khi ngừng đặt điện áp. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với tổ hợp cách điện rắn, lỏng và khí.

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp, đặt điện áp một chiều vào đối tượng thử nghiệm có cách điện rắn sẽ dẫn đến quá trình ổn định của phóng điện cục bộ. Điều này hiển nhiên thấy được bởi tốc độ đếm PD tăng giảm theo chu kỳ, với điện áp đặt không đổi, cho đến khi đạt đến trạng thái được ổn định sau thời gian dài.

11.3.2 Điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ

Trong quá trình đặt điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ, đối tượng thử nghiệm không được tạo ra các đại lượng xung phóng điện cục bộ vượt quá độ lớn quy định. Trong khi đối với điện áp xoay chiều nhìn chung chỉ xét đến độ lớn của điện tích biểu kiến, thì đối với các thử nghiệm điện áp một chiều số lượng xung phóng điện cục bộ vượt quá độ lớn quy định không được vượt quá số lượng tổng quy định trong thời gian quy định ở điện áp thử nghiệm đó. Cần lưu ý là các xung đơn PD có độ lớn cao có thể xảy ra trong quá trình thử nghiệm.

11.4 Mạch thử nghiệm và hệ thống đo

Để đo điện tích biểu kiến theo 3.3.1, mạch điện cơ bản thể hiện trên Hình 1a đến Hình 1d phải được sử dụng cùng với hệ thống đo PD kỹ thuật tương tự hoặc kỹ thuật số, như mô tả trong 4.3 và 4.4 và Phụ lục E. Các thiết bị đo PD sử dụng phải có đáp tuyến chuỗi xung không phụ thuộc vào tốc độ lặp xung PD.

Để chỉ thị đếm xung PD m, nên sử dụng thiết bị đo PD kỹ thuật số có bộ đếm xung tích hợp hoặc thiết bị đo PD kỹ thuật tương tự kết hợp với thiết bị đếm xung thích hợp.

Các quy trình hiệu chuẩn được khuyến cáo trong Điều 5 và thiết bị hiệu chuẩn quy định trong Điều 6 cũng có thể được sử dụng để thử nghiệm điện áp một chiều.

11.5 Các thử nghiệm

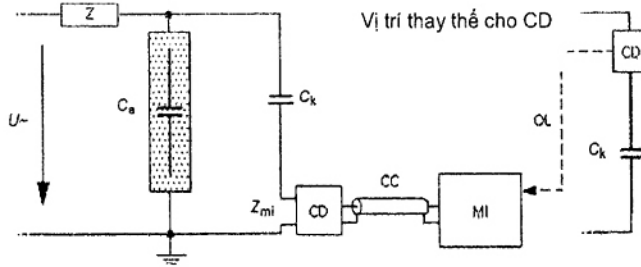
11.5.1 Chọn quy trình thử nghiệm

Quy trình thử nghiệm được mô tả đối với điện áp xoay chiều để xác định điện áp khởi phát và dập tắt PD thường không được áp dụng cho các thử nghiệm điện áp một chiều vì ứng suất lên điện môi trong khi tăng và giảm điện áp khác với ứng suất xảy ra trong giai đoạn điện áp không đổi.

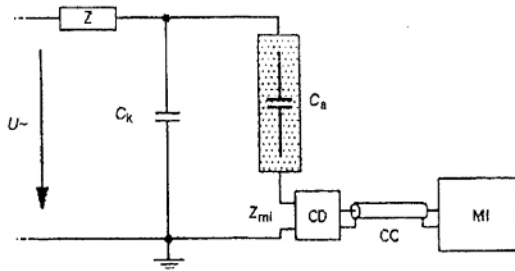
Không có phương pháp chung được chấp nhận để xác định các đại lượng phóng điện cục bộ trong các thử nghiệm với điện áp một chiều. Với bất cứ phương pháp nào được sử dụng, điều quan trọng là độ lớn liên quan đến phóng điện cục bộ khi bắt đầu đặt điện áp có thể khác với các độ lớn đo được sau một thời gian đáng kể ở cùng điện áp thử nghiệm.

11.5.2 Nhiều

Thông tin cho trong Điều 10 cũng áp dụng cho các thử nghiệm với điện áp một chiều. Tuy nhiên, trong trường hợp này, kiểu cụ thể của nhiễu lặp lại đều đặn có thể xảy ra liên quan đến sự chuyển mạch dòng điện trong các phần tử chỉnh lưu của nguồn điện áp một chiều.



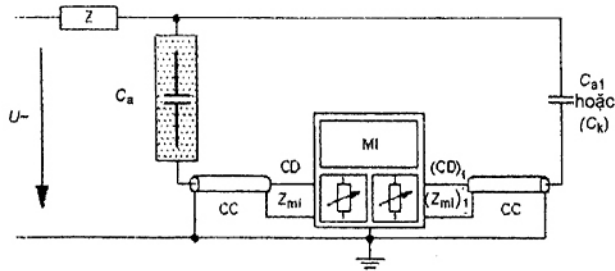
Hình 1a – Thiết bị ghép nối CD nối tiếp với tụ ghép



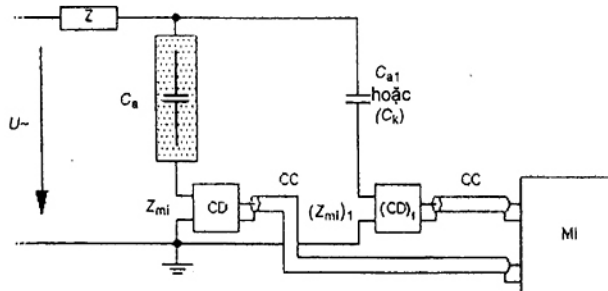
Hình 1b – Thiết bị ghép nối CD nối tiếp với đối tượng thử nghiệm

Các thành phần

- | | | | |
|------------|-------------------------------|-------|----------------------|
| U_{\sim} | Nguồn cao áp | C_a | Đối tượng thử nghiệm |
| Z_{mi} | Trở kháng vào của hệ thống đo | C_k | Tụ điện ghép |
| CC | Cáp nối | CD | Thiết bị ghép nối |
| OL | Dây nối quang | MI | Thiết bị đo |
| | | Z | Bộ lọc |



Hình 1c – Bố trí mạch điện cân bằng

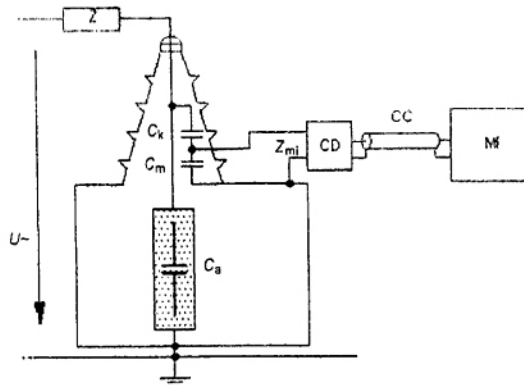


Hình 1d – Bố trí mạch điện phân biệt cực tính

Các thành phần

U_{\sim}	Nguồn cao áp	C_a	Đối tượng thử nghiệm
Z_{mi}	Trở kháng vào của hệ thống đo	C_k	Tụ điện ghép
CC	Cáp nối	CD	Thiết bị ghép nối
OL	Dây nối quang	MI	Thiết bị đo
		Z	Bộ lọc

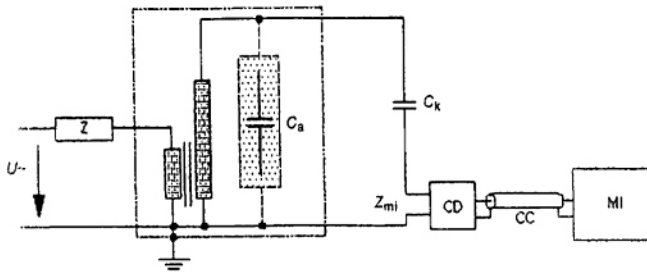
Hình 1 – Mạch thử nghiệm phóng điện cục bộ cơ bản



Các thành phần

$U\sim$	Nguồn cao áp hoặc hạ áp	CD	Thiết bị ghép nối
Z_{mi}	Trở kháng vào của hệ thống đo	C_a	Đối tượng thử nghiệm
CC	Cáp nối	MI	Thiết bị đo
C_k	Tụ điện ghép	Z	Bộ lọc
C_m	Tụ điện mắc song song với Z_{mi}		

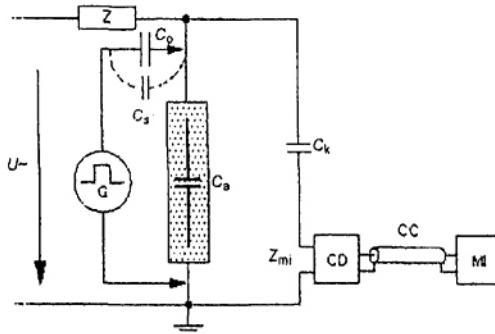
Hình 2 – Mạch thử nghiệm để đo ở đầu thử nghiệm của các cách điện xuyên



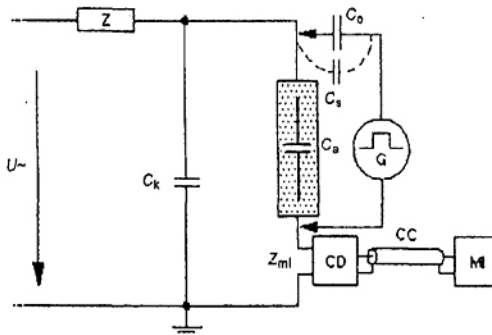
Các thành phần

$U\sim$	Nguồn cao áp hoặc hạ áp	CD	Thiết bị ghép nối
Z_{mi}	Trở kháng vào của hệ thống đo	C_a	Đối tượng thử nghiệm
CC	Cáp nối	MI	Thiết bị đo
C_k	Tụ điện ghép	Z	Bộ lọc

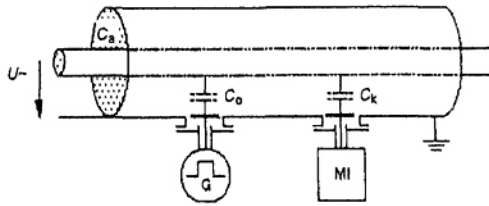
Hình 3 – Mạch thử nghiệm để đo đối tượng thử nghiệm tự kích thích



Hình 4a – Thiết bị ghép nối CD nối tiếp với tụ ghép



Hình 4b – Thiết bị ghép nối CD nối tiếp với đối tượng thử nghiệm

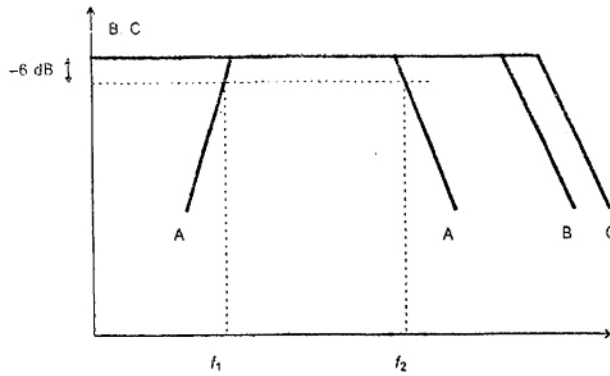


Hình 4c – Mạch thử nghiệm để đo trong GIS

Các thành phần

U_{\sim}	Nguồn cao áp	C_a	Đối tượng thử nghiệm
G	Máy phát điện áp bước	C_k	Tụ điện ghép
C_0	Tụ điện hiệu chuẩn	CD	Thiết bị ghép nối
Z_{mi}	Trở kháng vào của hệ thống đo	C_s	Tụ điện tập tán
CC	Cáp nối	MI	Thiết bị đo
		Z	Bộ lọc

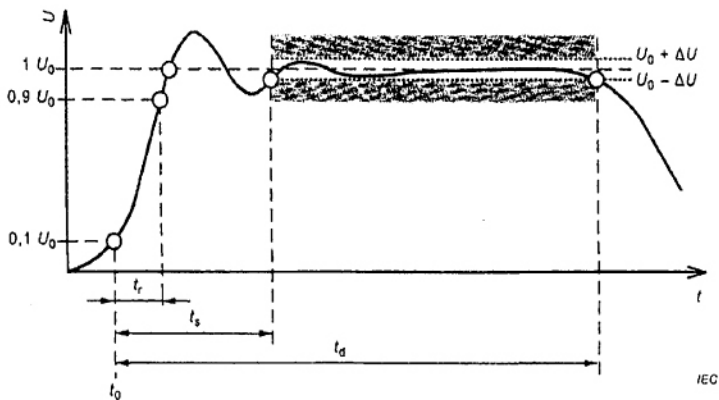
Hình 4 – Đầu nối để hiệu chuẩn bố trí thử nghiệm hoàn chỉnh



CHÚ DẪN

- | | | | |
|---|--|-------|----------------------|
| A | Dải thông của hệ thống đo | f_1 | Tần số giới hạn dưới |
| B | Phổ tần số biên độ của xung PD | f_2 | Tần số giới hạn trên |
| C | Phổ tần số biên độ của xung hiệu chuẩn | | |

Hình 5 – Quan hệ đúng giữa biên độ và tần số để giảm thiểu sai số tích phân đối với hệ thống băng rộng



CHÚ DẪN

- | | | | |
|-------|---------------------------------|---------------|--|
| U_0 | Độ lớn điện áp bước | t_d | Thời gian điện áp bước |
| t_0 | Điểm gốc của điện áp bước | $(t_d - t_s)$ | Thời gian trạng thái ổn định |
| t_r | Thời gian tăng của điện áp bước | ΔU | Độ lệch điện áp tuyệt đối so với U_0 |
| t_s | Thời gian đến ổn định | | |

Hình 6 – Tham số điện áp bước của thiết bị hiệu chuẩn

Phụ lục A

(quy định)

Thử nghiệm tính năng trên thiết bị hiệu chuẩn

A.1 Quy định chung

Thiết bị hiệu chuẩn như mô tả trong Điều 6 được sử dụng để đánh giá hệ số thang đo k của hệ thống đo được sử dụng để xác định các đại lượng PD. Vì đặc tính của các thiết bị hiệu chuẩn này có thể thay đổi theo thời gian sử dụng nên cần thực hiện các kiểm tra định kỳ các đặc tính này (thời gian tăng t_r , độ chính xác của điện tích q) ở những khoảng thời gian đều đặn và sau khi sửa chữa. Nên sử dụng quy trình dưới đây để kiểm tra các thiết bị hiệu chuẩn này.

A.2 Phương pháp chuẩn

Điện tích tạo ra bởi thiết bị hiệu chuẩn phải được so sánh với điện tích tạo ra bởi thiết bị hiệu chuẩn chuẩn. Điện tích phải được đo bằng cùng một hệ thống đo trong cả hai trường hợp.

Thiết bị hiệu chuẩn chuẩn phải truy xuất nguồn gốc được theo các tiêu chuẩn quốc gia.

CHÚ THÍCH: Hệ thống đo được sử dụng có thể là hệ thống đo PD theo tiêu chuẩn này hoặc máy hiện sóng có khả năng tích phân (xem Hình A.1 a) hoặc thiết bị có bộ tích phân điện tử.

Kết quả của thử nghiệm phải được xác định là giá trị trung bình của tối thiểu 10 lần đo.

A.3 Phương pháp tích phân số

Như thể hiện trên Hình A.1a, với các đầu nối ra của thiết bị hiệu chuẩn cần thử nghiệm được mang tải bởi điện trở R_m , điện áp $u_m(t)$ có thể được đo bằng máy hiện sóng kỹ thuật số đã hiệu chuẩn của băng tần không nhỏ hơn 50 MHz. Giá trị R_m cần được chọn trong khoảng từ 50 Ω đến 200 Ω . Các đầu nối giữa thiết bị hiệu chuẩn và R_m cũng như với máy hiện sóng phải ngắn. Điện trở đầu vào của máy hiện sóng có thể góp phần vào giá trị R_m . Mạch thử nghiệm, kể cả điện trở đo R_m , phải sao cho các dao động trên dạng sóng ghi lại được giảm đến thấp hơn 2 % độ lớn bước trung bình trong thời gian sử dụng cho tích phân.

Kết quả của thử nghiệm phải được xác định là giá trị trung bình của tối thiểu 10 lần đo.

Xem Hình A.1a, điện tích q phát ra bởi thiết bị hiệu chuẩn bằng

$$q = \int i(t)dt = \frac{1}{R_m} \int u_m(t)dt$$

trong đó

$i(t)$ là xung dòng điện phát ra bởi thiết bị hiệu chuẩn;

TCVN 11472:2016

$u_m(t)$ xung điện áp đo được bởi máy hiện sóng.

Do đó, độ chính xác của đại lượng q liên quan đến độ chính xác của quy trình tích phân và độ chính xác của giá trị R_m .

Trên Hình A.1b đưa ra hai đồ thị điển hình của $u_m(t)$ dùng cho thiết bị hiệu chuẩn có $C_0 = 141 \text{ pF}$ và $R_m = 33 \text{ }\Omega$ và $R_m = 200 \text{ }\Omega$ tương ứng. Lưu ý là các giá trị R_m quá thấp có thể dẫn đến xung điện áp dao động và có thể gây ra các sai số lớn hơn trong tích phân (và do đó dẫn đến độ không đảm bảo đo không chấp nhận được).

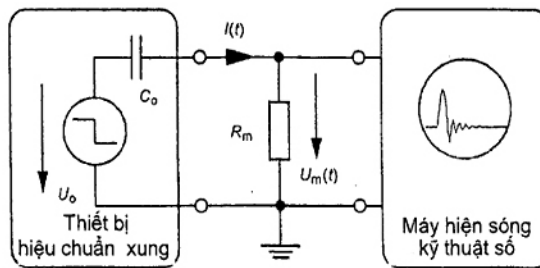
Thời gian tăng thực t_r của thiết bị hiệu chuẩn xấp xỉ bằng khoảng thời gian của khoảng điện áp dao động (dương) đầu tiên, nếu $R_m C_0 < t_r$. Nói chung, sự không bằng nhau này luôn được đáp ứng đối với các giá trị R_m thấp, nếu C_0 cũng nhỏ hơn hoặc bằng 150 pF .

Bộ số hóa cần được kiểm tra bằng phương pháp thích hợp, ví dụ một phương pháp được cho trong A.2, trên tất cả các phạm vi sử dụng để kiểm tra xác nhận rằng nó không có bước trượt quá lớn trong đáp tuyến với các bước nhanh. Đáp tuyến trượt có thể dẫn đến độ không đảm bảo đo lớn đối với điện tích tính được bằng tích phân số.

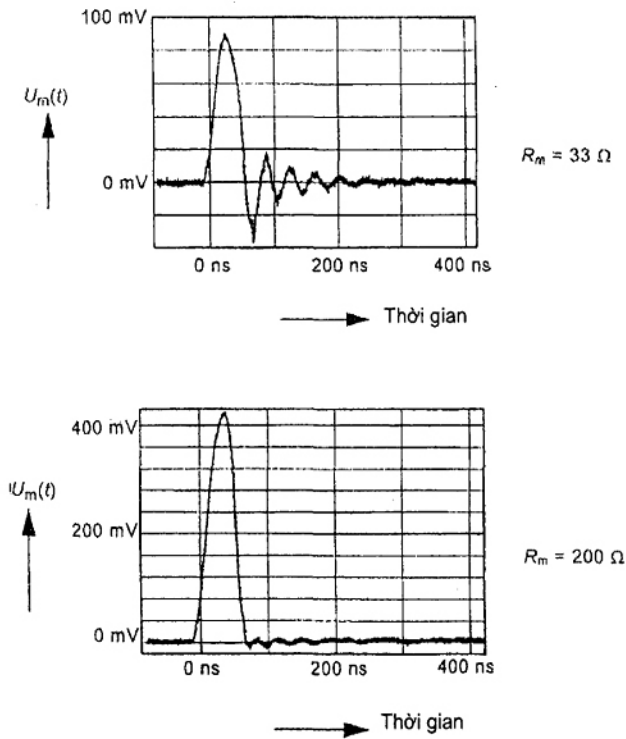
CHÚ THÍCH: Tích phân của $U_m(t)$ có thể thực hiện bằng thuật toán sẵn có trong máy hiện sóng kỹ thuật số trong trường hợp tính $\int u_m(t)dt$. Vì độ chính xác của quy trình tích phân có thể chưa biết, nên đề xuất hiệu chuẩn máy hiện sóng cũng như thuật toán sử dụng để tính q bằng cách thay thiết bị hiệu chuẩn cần thử nghiệm bằng nguồn điện áp bước có biên độ U_{ref} nối tiếp với tụ điện chuẩn C_{ref} . Khi đó, các xung dòng điện $i(t)$ được tạo ra có hình dạng và điện tích giống với các xung tạo ra từ thiết bị hiệu chuẩn cần thử nghiệm. Khi đó có

$$q_{ref} = U_{ref} \times C_{ref}$$

Độ lớn điện tích chuẩn q_{ref} này đã biết với độ không đảm bảo được cho bởi độ không đảm bảo của U_{ref} và C_{ref} . Do đó q_{ref} được sử dụng để kiểm tra quy trình được mô tả ở trên.



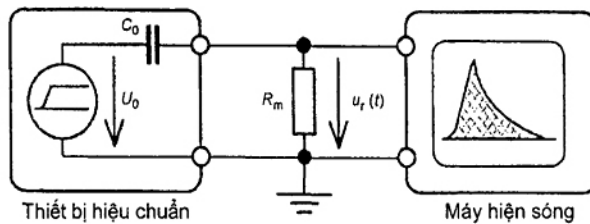
Hình A.1a – Mạch đo



Hình A.1b – Các xung hiệu chuẩn $u_m(t)$ của thiết bị hiệu chuẩn điện hình được cấp để đo điện trở các $R_m = 33 \Omega$ và $R_m = 200 \Omega$ tương ứng ($q = 100 \text{ pC}$)

Hình A.1 – Hiệu chuẩn thiết bị hiệu chuẩn xung

Các tham số điện áp và thời gian của điện áp bước quy định trong 6.1 và Hình 6 có thể được xác định nếu dòng điện đi qua tụ điện hiệu chuẩn C_0 gây ra bởi điện áp bước U_0 được đo bằng điện trở sun R_m (xem Hình A.2). Ví dụ, điện trở sun này có thể có trở kháng đầu cuối điện cảm thấp 50 Ω . Trong điều kiện này, điện tích hiệu chuẩn có thể được xác định dựa trên tích phân số của tín hiệu điện áp theo thời gian $u_r(t)$ xuất hiện trên R_m . Cần thận trọng với điện áp offset mà phải được điều chỉnh chính xác về zero để tránh sai số tích phân.



Hình A.2 – Bố trí cho các thử nghiệm tính năng của thiết bị hiệu chuẩn sử dụng tích phân số

A.4 Phương pháp đáp tuyến điện áp bước

Điện tích q_0 phát ra bởi thiết bị hiệu chuẩn cũng có thể được xác định bằng cách đo điện áp quá độ xuất hiện trên tụ điện đo C_m sử dụng mạch điện thể hiện trên Hình A.3 và [1]. Do việc nối nối tiếp C_0 và C_m tạo thành bộ chia điện áp, độ lớn U_c của điện áp theo thời gian $u_c(t)$ xuất hiện trên C_m ở điều kiện trạng thái ổn định, tỷ lệ thuận với độ lớn điện áp bước U_0 sinh ra bởi thiết bị hiệu chuẩn:

$$U_c = U_0 \times C_0 / (C_0 + C_m)$$

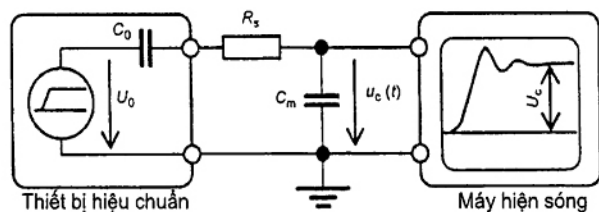
Do đó, điện tích q_c truyền từ thiết bị hiệu chuẩn đến tụ đo C_m có thể được tính bằng:

$$q_c = q_0 / (1 + C_0 / C_m)$$

Trong điều kiện $C_m \gg C_0$, điện tích q_c đưa vào C_m trở nên bằng với điện tích q_0 tạo ra bởi thiết bị hiệu chuẩn:

$$q_0 \approx q_c \approx U_c \times C_m$$

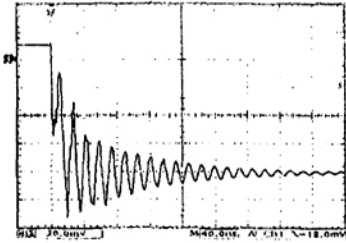
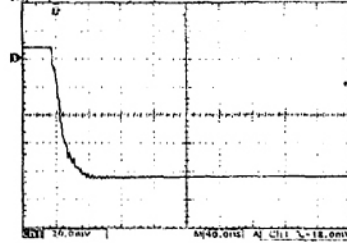
Để đảm bảo độ không đảm bảo đo dưới 3 %, điện dung C_m cần được chọn không thấp hơn 10 nF kể cả điện dung của cáp nối và điện dung đầu vào của máy hiện sóng. Trong điều kiện này, điện tích hiệu chuẩn của $q_0 = 100$ pC có thể gây ra độ lớn điện áp bước $U_c \approx 10$ mV mà có thể được đo với độ không đảm bảo đo mong muốn bằng cách sử dụng máy hiện sóng kỹ thuật số có bán sẵn trên thị trường, đặc biệt nếu chấp nhận phương thức lấy trung bình. Đối với điện tích hiệu chuẩn $q_0 < 100$ pC, tích phân của tổng dòng điện chạy qua C_0 cần tăng độ lớn tín hiệu ghi lại bởi máy hiện sóng để đảm bảo độ không đảm bảo đo quy định. Xem [1] để có thêm thông tin về khía cạnh này.



Hình A.3 – Bố trí cho các thử nghiệm tính năng của thiết bị hiệu chuẩn sử dụng phương pháp điện áp bước

Mạch điện thể hiện trên Hình A.3 cũng có thể được sử dụng để xác định các tham số thời gian đáng kể cho trong 6.1 và được minh họa trên Hình 6. Vì việc nối nối tiếp C_0 và C_m tạo thành bộ chia điện áp nên điện áp theo thời gian $u_c(t)$ xuất hiện trên C_m tỷ lệ thuận với điện áp theo thời gian sinh ra bởi thiết bị hiệu chuẩn. Đối với các phép đo như vậy C_m cần được chọn vào cỡ 10 nF, như khuyến cáo để xác định điện tích hiệu chuẩn. Ngoài ra, C_m cần được nối càng gần với đầu vào của máy hiện sóng càng tốt. Nếu không các dao động xếp chồng có thể bị kích thích, như thể hiện trên Hình A.4. Để làm suy giảm các dao động gây nhiễu này, bổ sung điện trở nối tiếp R_s cỡ 100 Ω được nối càng sát càng tốt với

đầu ra của thiết bị hiệu chuẩn. Ngoài ra, dây nối giữa thiết bị hiệu chuẩn và máy hiện sóng không được dài quá 1 m.

a) $R_s = 10 \Omega$ b) $R_s = 100 \Omega$

Hình A.4 – Tác động của điện trở nối tiếp R_s lên đáp tuyến điện áp bước xuất hiện trên C_m sử dụng mạch điện theo Hình A.3, trong trường hợp máy hiện sóng nối với thiết bị hiệu chuẩn thông qua cáp đo 50Ω dài 1 m

Phụ lục B

(tham khảo)

Mạch thử nghiệm

Bên cạnh việc cấp điện cho đối tượng thử nghiệm với điện áp thử nghiệm, nhiệm vụ thiết yếu của mạch thử nghiệm phóng điện cục bộ là nhằm cung cấp các điều kiện thích hợp để phát hiện phóng điện cục bộ trong đối tượng thử nghiệm tại điện áp thử nghiệm phóng điện cục bộ. Điều này đạt được tốt nhất khi các thành phần khác nhau tạo nên mạch thử nghiệm được phối hợp sao cho các xung dòng điện sinh ra từ các phóng điện cục bộ có độ lớn và hình dạng thích hợp nhất để phát hiện.

Có bốn mạch thử nghiệm cơ bản mà tất cả các mạch thử nghiệm khác dùng để phát hiện và đo phóng điện cục bộ được rút ra từ chúng. Các mạch này, được thể hiện trên các hình từ Hình 1a đến Hình 1d, được mô tả vắn tắt dưới đây.

Lưu ý là, đối với các mạch điện cơ bản này, độ lớn tối thiểu của đại lượng PD để có thể đo được phụ thuộc vào tỷ số C_x/C_a (xem Điều 9) và giới hạn bởi các nhiễu.

Thiết bị ghép nối trong mạch ở Hình 1a được đặt ở phía đất của tụ điện ghép (nhưng xem thêm chú thích trong 4.2). Bố trí này có ưu điểm là thích hợp cho các đối tượng thử nghiệm có một đầu nối nối đất, đối tượng thử nghiệm được nối trực tiếp giữa nguồn điện áp cao và đất. Bộ lọc hoặc trở kháng giữa đối tượng thử nghiệm và nguồn điện áp cao đóng vai trò làm giảm nhiễu từ nguồn điện áp cao. Bộ lọc hoặc trở kháng này cũng làm tăng độ nhạy trong các phép đo bằng cách chặn các xung dòng điện PD từ trong đối tượng thử nghiệm mà nếu không bị chặn sẽ có thể bắc cầu một phần qua trở kháng nguồn.

Trong mạch điện ở Hình 1b, thiết bị ghép nối được đặt ở phía đất của đối tượng thử nghiệm. Do đó, phía điện áp thấp của đối tượng thử nghiệm phải được cách ly với đất (xem thêm chú thích trong 4.2).

Mạch bảo vệ, được thiết kế để chịu được dòng điện đánh thủng trong các đối tượng thử nghiệm mà không đạt trong quá trình thử nghiệm thì cần được kết hợp với thiết bị ghép nối.

Đối với các mạch thử nghiệm có các thành phần điện dung thấp, mạch trên Hình 1b có thể cung cấp độ nhạy tốt hơn so với mạch trên Hình 1a.

CHÚ THÍCH: Mạch điện không có tụ điện ghép rời rạc đôi khi cũng được sử dụng. Bố trí tương tự với mạch được thể hiện trên Hình 1b, nhưng chức năng của C_x được thực hiện bởi các điện dung tạp tán. Bố trí này có thể thích hợp nếu điện dung của đối tượng thử nghiệm là nhỏ so với điện dung tạp tán xuống đất. Bố trí này cũng có thể thỏa đáng nếu điện dung đầu nối của biến áp thử nghiệm tối thiểu bằng C_a , với điều kiện là bỏ qua bộ lọc.

Bố trí thể hiện trên Hình 1c gồm mạch điện cân bằng trong đó thiết bị đo được nối giữa hai thiết bị ghép nối. Các phía điện áp thấp của cả hai đối tượng thử nghiệm và tụ điện ghép phải được cách ly với đất (nhưng xem thêm chú thích trong 4.2). Các điện dung của chúng không nhất thiết phải bằng

nhau nhưng ưu tiên có cùng cỡ độ lớn, và để có các kết quả tốt nhất thì các hệ số tổn thất điện môi của chúng, cụ thể liên quan đến độ phụ thuộc tần số của chúng, phải tương tự nhau. Mạch điện, dựa trên việc loại bỏ các dòng điện phương thức chung thông qua C_a và C_{a1} nhưng khuếch đại các dòng điện phóng điện cục bộ phát ra từ đối tượng thử nghiệm, sẽ loại bỏ một phần nhiều bên ngoài. Để điều chỉnh việc loại bỏ này, có thể ghép nối nguồn phóng điện nhân tạo giữa đầu nối điện áp cao và đất.

Các trở kháng đầu vào thay đổi được của thiết bị ghép nối cân bằng sau đó được điều chỉnh cho đến khi đạt được số đọc nhỏ nhất của thiết bị đo. Tỷ số loại bỏ có thể đạt được từ 3 (đối với các đối tượng thử nghiệm hoàn toàn không bằng nhau) đến 1 000 hoặc thậm chí cao hơn (đối với các đối tượng thử nghiệm đồng nhất, được chống nhiễu tốt).

Bố trí thể hiện trên Hình 1d gồm tổ hợp của hai mạch điện cơ bản của Hình 1a và Hình 1b. Mạch thử nghiệm này gồm hai điện dung, mỗi điện dung hoặc cả hai có thể là đối tượng thử nghiệm. Chúng được nối với hai thiết bị ghép nối. Trong đầu nối được thể hiện trên hình, phía điện áp thấp của cả hai thành phần được cách ly với đất (nhưng xem thêm chú thích trong 4.2). Hai điện dung không nhất thiết phải bằng nhau nhưng ưu tiên có cùng cỡ độ lớn. Nguyên tắc là không dựa vào mạch cân bằng mà tạo ra sự so sánh về hướng của các tín hiệu xung được phát hiện trong hai thiết bị ghép nối. (Tín hiệu phương thức chung sẽ được phát hiện vì có các cực tính ngược nhau; các tín hiệu phóng điện cục bộ từ cả hai thành phần cũng sẽ được phát hiện vì có cực tính ngược nhau). Hệ thống gác công có thể được sử dụng để phân biệt giữa các xung phóng điện cục bộ phát ra từ đối tượng thử nghiệm và các nhiễu từ các phần khác của mạch thử nghiệm.

Từ các mạch cơ bản, có thể có nhiều biến thể. Bố trí thể hiện trên Hình 2, áp dụng cho các đối tượng thử nghiệm có cách điện xuyên điện dung, là tương đương với bố trí của Hình 1a với điều kiện điện dung của cách điện xuyên được sử dụng thay cho tụ điện ghép C_k . Nếu cách điện xuyên có rẽ nhánh, thiết bị ghép nối được nối với đầu nối này; trong trường hợp này, điện dung tương đối lớn C_m xuất hiện trên trở kháng vào của thiết bị ghép nối mà có thể ảnh hưởng đến độ nhạy của phép đo.

Hình 3 thể hiện mạch thử nghiệm trong đó điện áp thử nghiệm cảm ứng trong đối tượng thử nghiệm, ví dụ biến áp điện lực hoặc biến áp đo lường. Về nguyên lý, mạch này tương đương với bố trí thể hiện trên Hình 1a.

Phụ lục C

(tham khảo)

Phép đo trên cáp, thiết bị đóng cắt cách điện bằng khí, tụ điện công suất và đối tượng thử nghiệm có dây quấn

C.1 Quy định chung

Về nguyên lý, mạch thử nghiệm bất kỳ được mô tả trong Phụ lục B có thể được sử dụng cho các đối tượng thử nghiệm này, tức là sử dụng cho các đối tượng thử nghiệm có các phần tử điện dung và điện cảm phân tán. Đối với một số trong số các đối tượng thử nghiệm này, điện áp thử nghiệm có thể cảm ứng ra; ví dụ, dây quấn điện áp cao của biến áp có thể được kích thích từ cuộn dây điện áp thấp (xem Hình 3).

Xử lý chi tiết các phép đo phóng điện cục bộ trên các đối tượng có các phần tử phân tán, trong đó sóng dịch chuyển và hiện tượng ghép nối điện dung và điện cảm phức tạp chiếm ưu thế, nằm ngoài phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, các điểm dưới đây có thể là đặc biệt quan trọng và cần được ban kỹ thuật liên quan đặc biệt lưu ý.

C.2 Hiện tượng suy giảm và méo

Do suy giảm và méo các sóng dịch chuyển trong các cuộn dây hoặc dọc theo thiết bị đóng cắt cách điện bằng khí và cáp, độ lớn của điện tích biểu kiến được ghi lại ở đầu nối của đối tượng thử nghiệm có thể khác với độ lớn tại điểm bắt đầu. Nói chung, sự khác nhau này tương quan với đặc tính thông dải của hệ thống đo. Có thể đánh giá các hiệu ứng bằng cách so sánh biên độ (và nếu có thể, cả dạng sóng) của đáp tuyến với xung hiệu chuẩn khi được đưa vào tại đầu phía xa của đối tượng thử nghiệm và khi được đưa vào đầu nối với thiết bị ghép nối.

C.3 Hiện tượng cộng hưởng, phản xạ

Độ lớn ghi lại được ở đầu nối của tụ điện công suất lớn, dây quấn, thiết bị đóng cắt cách điện bằng khí hoặc cáp cần thử nghiệm có thể bị sửa đổi bởi hiện tượng cộng hưởng hoặc bởi phản xạ tại các đầu nối. Điều này đặc biệt quan trọng nếu thiết bị đo được sử dụng có đáp tuyến tần số băng hẹp. Hiện tượng cộng hưởng (ví dụ trong các cáp) có thể được tính đến bằng cách sử dụng kỹ thuật hiệu chuẩn đặc biệt ví dụ như sử dụng máy phát xung kép hoặc tránh các ảnh hưởng bất lợi của chúng bằng cách sử dụng kỹ thuật đặc biệt.

CHÚ THÍCH: Trong các phép đo PD trên tụ điện công suất lớn, có thể gặp phải một số vấn đề khi muốn đạt đến độ nhạy mong muốn của phép đo.

C.4 Vị trí của phóng điện

Có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để xác định vị trí của các phóng điện cục bộ trong đối tượng thử nghiệm có các phần tử phân tán. Một số phương pháp trong các phương pháp này dựa trên các phép đo đồng thời ở hai hoặc nhiều đầu nối của đối tượng thử nghiệm. Các phương pháp không điện được thảo luận trong Phụ lục F cũng có thể được sử dụng.

Phụ lục D

(tham khảo)

Sử dụng thiết bị đo nhiễu để phát hiện phóng điện cục bộ

Thiết bị đo như thiết bị được quy định bởi ban kỹ thuật đặc biệt về nhiễu tần số radio (CISPR) của IEC hoặc các tổ chức tương tự được sử dụng rộng rãi. Các thiết bị đo này thường có khả năng đo "các điện áp, dòng điện và trường nhiễu tần số radio" (xem CISPR 16-1:1993) trong dải tần số lớn, dựa trên các xử lý khác nhau của đại lượng đầu vào. Tuy nhiên, trong phạm vi tiêu chuẩn này, cụm từ "thiết bị đo nhiễu tần số radio" chỉ áp dụng cho các thiết bị đo nhiễu tần số radio cụ thể, được quy định cho băng tần từ 150 kHz đến 30 MHz (băng tần B) và đáp ứng các yêu cầu đối với máy thu đo tựa định.

Đáp tuyến của thiết bị đo nhiễu tần số radio này theo các xung điện áp vào có độ rộng xung rất nhỏ là đáp tuyến đầu tiên trong số tất cả các đáp tuyến được xác định bởi tính chọn lọc dải thông toàn bộ đã được xác định, tức là đặc tính bộ lọc thông dải có độ rộng băng tần Δf không phụ thuộc vào tần số giữa băng f_m . Đáp tuyến này được lấy trọng số bởi mạch đo tựa định có hằng số thời gian nạp điện quy định τ_1 và hằng số thời gian phóng điện τ_2 , và bởi vốn mét dùng cho thiết bị đo thông thường, là loại có cuộn dây động, suy giảm tới hạn và có hằng số thời gian cơ τ_3 . Thiết bị đo hiện đại hơn cung cấp các số đọc tương đương dựa trên các mạch điện tử phức tạp.

Do đó, đối với trở kháng đầu vào thuần trở và không đổi, đặc tính của các thiết bị đo như vậy làm cho chúng đáp ứng về cơ bản với điện tích của xung dòng điện đầu vào có độ rộng xung rất nhỏ, phổ tần số biên độ của chúng là hằng số đối với tần số giữa băng f_m được sử dụng trong quá trình đo. Do mạch đo tựa định của thiết bị đo này, các xung có điện tích giống nhau nhưng tốc độ lặp xung khác nhau sẽ tạo ra các số đọc khác nhau trên thiết bị đo.

Đối với các xung dòng điện vào có độ rộng xung rất nhỏ và lặp lại thường xuyên, từng điện tích q , số đọc trên thiết bị đo U_{RDV} được cho bởi

$$U_{RDV} = \frac{q \times \Delta f \times Z_m \times f(N)}{k_i}$$

trong đó

N tần số lặp xung;

$f(N)$ hàm số không tuyến tính của N (xem Hình D.1);

Δf độ rộng băng tần đo (ở 6 dB);

Z_m giá trị của trở kháng vào thuần trở của thiết bị đo;

k_i hệ số dải đo của thiết bị đo ($=q/U_{RDV}$).

Tần số lặp xung N không tương đương với tốc độ lặp xung n .

Thiết bị đo nhiễu tần số radiô, nếu được thiết kế như một vốn mét tựa đỉnh và quy định cho băng tần B (0,15 MHz đến 30 MHz) sẽ có độ rộng băng tần Δf là 9 kHz ở 6 dB và hằng số thời gian $\tau_1 = 1$ ms, $\tau_2 = 160$ ms, $\tau_3 = 160$ ms.

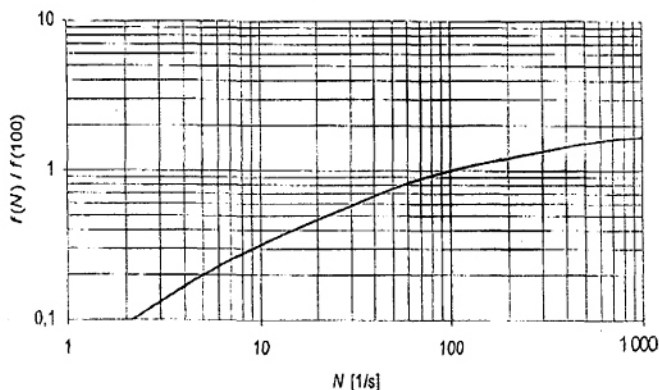
Đối với thiết bị đo này, các xung ngắn và không đổi 0,16 μ Vs đặt lên thiết bị đo với tần số lặp xung đều đặn N là 100 xung mỗi giây sẽ cho số đọc giống với đầu vào sóng sin 1 000 μ V hiệu dụng ở tần số điều hưởng. Sự thay đổi của số đọc theo N đối với thiết bị đo này được thể hiện trên Hình D.1. Một cách định lượng, các thiết bị đo này sẽ cho số đọc 1 μ V đối với $Z_m = 60 \Omega$, $N = 100$ và $q \approx 3$ pC.

CHÚ THÍCH: Nhìn chung không áp dụng hệ số chuyển đổi giữa các số đọc của điện áp nhiễu tần số radiô, khi được đo với thiết bị đo đáp tuyến tựa đỉnh và điện tích biểu kiến.

Nếu thiết bị đo nhiễu tần số radiô loại tựa đỉnh được sử dụng để đo PD, thiết bị ghép nối như xác định trong 4.3.2 phải được sử dụng kết hợp với thiết bị đo này. Khi đó, cần hiệu chỉnh và kiểm tra trong mạch thực bằng cách sử dụng thiết bị hiệu chuẩn phóng điện cục bộ theo Điều 5. Khuyến cáo rằng điều này được thực hiện bằng cách đặt các xung lặp lại đều đặn q_0 có tần số lặp xung N bằng xấp xỉ hai lần tần số của điện áp thử nghiệm.

Điều này sẽ cho phép thiết bị đo đưa ra giá trị xấp xỉ của điện tích biểu kiến trong thử nghiệm thực tế gần điện áp khởi phát trong trường hợp số lượng xung trong mỗi chu kỳ là nhỏ. Độ lớn điện tích biểu kiến trong các điều kiện này xấp xỉ bằng q_0 nhân với tỷ số giữa số đọc của thiết bị đo trong quá trình thử nghiệm với số đọc trong quá trình hiệu chuẩn. Quan hệ này cũng áp dụng cho dải giới hạn các tốc độ lặp xung trong trường hợp sự thay đổi của các số đọc do hệ số $f(N)$ là nhỏ.

Bất cứ khi nào thực hiện phép đo với thiết bị đo nhiễu tần số radiô, báo cáo thử nghiệm cần có các số đọc có được tính bằng micro vôn và điện tích biểu kiến tương đương tính bằng pico culông cùng với thông tin liên quan đến việc xác định hệ số thang đo.



Hình D.1 – Thay đổi số đọc của thiết bị đo nhiễu tần số radiô theo CISPR $f(N)$ với tần số lặp N, đối với các xung hằng số

Phụ lục E

(tham khảo)

Thiết bị đo PD

E.1 Quy định chung

Để xử lý tín hiệu PD thu được từ các đầu nối của đối tượng thử nghiệm bằng thiết bị ghép nối, gồm tụ điện ghép kết hợp với trở kháng đo, có thể áp dụng cả hai xử lý tín hiệu PD kỹ thuật tương tự và số. Các khối chính của cả hai thiết bị đo PD kỹ thuật tương tự và số được thể hiện trên Hình E.2 và E.3 tương ứng.

Ngoài chuỗi xung PD, tín hiệu AC có được từ điện áp thử nghiệm cần được số hóa để cho phép hiển thị dạng PD theo đặc tính phân giải pha, như hiển thị trên Hình E.4.

Mục đích chính của việc áp dụng kỹ thuật số cho các phép đo PD là dựa trên việc ghi lại xung PD định lượng bởi tối thiểu điện tích biểu kiến q_i của chúng và giá trị tức thời của điện áp thử nghiệm u_i xảy ra tại thời điểm t_i hoặc, đối với các điện áp xoay chiều, góc pha ϕ trong chu kỳ điện áp của điện áp thử nghiệm. Tuy nhiên, vì chất lượng của phần cứng và phần mềm được sử dụng có thể hạn chế độ chính xác và độ phân giải của phép đo các tham số này, phụ lục này cung cấp các khuyến cáo liên quan đến việc phát hiện và ghi lại chuỗi phóng điện.

Mục đích chính có thể chia thành hai mục đích nhỏ:

- ghi lại, lưu giữ và đánh giá tối thiểu một hoặc nhiều đại lượng liên quan đến xung PD;
- xử lý sau các dữ liệu ghi lại được để đánh giá và hiển thị các tham số và sự phụ thuộc bổ sung (ví dụ, dữ liệu thống kê của hoạt động PD trong các khoảng thời gian; áp dụng kỹ thuật số để giảm mức nhiễu; thể hiện các kết quả dưới dạng đồ thị; đánh giá các tham số có thể được sử dụng để phân tích sâu hơn chất lượng cách điện của đối tượng thử nghiệm, v.v.).

CHÚ THÍCH: Hệ thống đo số thường được bổ sung bởi máy tính nhằm hỗ trợ lưu giữ và đánh giá các đại lượng liên quan đến xung PD.

Mục đích thứ hai không được thảo luận trong tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, ban kỹ thuật cần lưu ý các khả năng này.

Trong trường hợp phân tích đáp tuyến thời gian của các đại lượng PD, việc nén các dữ liệu thu được có thể được áp dụng. Với mục đích này, có thể sử dụng các phương pháp giảm dữ liệu khác nhau. Nhà chế tạo hệ thống kỹ thuật số cần chỉ ra các nguyên lý được sử dụng cho việc nén dữ liệu.

E.2 Hướng dẫn xử lý các tín hiệu điện tích biểu kiến analog

Đặc trưng chính của thiết bị đo PD kỹ thuật số là khả năng xử lý các tín hiệu đáp tuyến riêng rẽ của thiết bị đo điện tích biểu kiến analog. Nhìn chung, giá trị đỉnh của các tín hiệu đáp tuyến này có thể được giả thiết là tỷ lệ với điện tích q_i riêng rẽ của xung dòng điện PD. Trong khi đối với thiết bị đo kỹ thuật tương tự, các giá trị đỉnh này được hiển thị bằng máy hiện sóng hoặc vôn mét đỉnh, thiết bị đo kỹ thuật số phải lượng tử hóa và lưu giữ, với độ chính xác thích hợp, các giá trị đỉnh riêng rẽ q_i (và cực tính của nó, nếu có thể) cùng với thời gian t_i hoặc góc pha ϕ_i . Vì hình dạng của tín hiệu đáp tuyến phụ thuộc nhiều vào đặc tính của hệ thống đo và ở mức độ nào đó, phụ thuộc vào hình dạng của xung dòng điện PD riêng rẽ, nên quy trình xử lý phải thích hợp với hình dạng của các tín hiệu đáp tuyến, sao cho có thể nhận biết được giá trị đỉnh (dương hoặc âm) mà có thể được đánh giá là tỷ lệ với điện tích riêng rẽ q_i của sự kiện PD.

Để chứng minh vấn đề này, trên Hình E.1 hiển thị ba tín hiệu điện áp ra gây ra bởi hai hiện tượng phóng điện cục bộ liên tiếp. Hình E.1a và Hình E.1b thể hiện các tín hiệu đầu ra của hệ thống đo băng tần rộng điển hình, đặc tính tần số của nó được cung cấp dưới dạng tiêu đề hình. Các tín hiệu đầu ra của Hình E.1c là điển hình cho hệ thống băng tần hẹp đơn giản với $\Delta f \approx 10$ kHz và $f_m \approx 75$ kHz, mà đáp tuyến gần như đối xứng với đường cơ sở của điện áp. Mặc dù không có đáp tuyến nào trong ba đáp tuyến bị ảnh hưởng đáng kể bởi sai số do chồng lấn, tức là thời gian phân giải T_r vẫn thích hợp cho cả hai thiết bị đo, đánh giá đúng của biên độ đỉnh thứ nhất và cực tính trở nên khó khăn, vì xuất hiện một vài đỉnh của tín hiệu có cực tính khác nhau. Đối với hệ thống băng tần rộng, đỉnh thứ nhất này thường được sử dụng để xác định cả điện tích và cực tính của xung dòng điện phóng điện cục bộ. Đối với đáp tuyến băng tần hẹp của Hình E.1c, thông tin về cực tính nhìn chung không được xác định, và đỉnh lớn nhất của đáp tuyến là thước đo tốt nhất của q . Tuy nhiên đối với cả hai hệ thống, chỉ một giá trị đỉnh (hoặc q_i) được lượng tử hóa và ghi lại dưới dạng giá trị điện tích biểu kiến trong thời gian phân giải xung T_r của hệ thống đo.

Hình E.1a và Hình E.1b giải thích sự khó khăn đôi khi gặp phải với các hệ thống đo băng tần rộng: khoảng thời gian và hình dạng của xung dòng điện PD đầu vào, bị ảnh hưởng bởi cơ chế phóng điện và thiết kế của đối tượng thử nghiệm, có thể sao cho đỉnh thứ hai của tín hiệu đáp tuyến có biên độ lớn hơn đỉnh thứ nhất. Do đó việc nhận biết cực tính cũng như bắt giữ được đúng biên độ đỉnh đầu tiên là khó trong các tình huống này và đáp tuyến của thiết bị đo PD của nhà chế tạo sẽ phụ thuộc vào thiết kế của nó. Nhà chế tạo thiết bị đo PD kỹ thuật số cần chỉ ra nguyên lý được sử dụng để thu thập, lượng tử hóa và ghi lại các biên độ và cực tính đúng. Nhà chế tạo cũng phải giải thích chức năng đúng của thiết bị đo bởi các quy trình thử nghiệm đặc biệt.

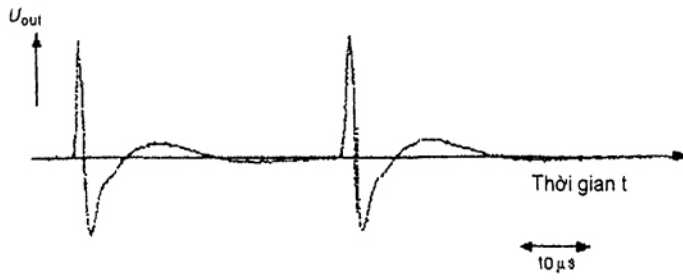
E.3 Khuyến cáo đối với việc ghi điện áp thử nghiệm, góc pha ϕ và thời gian t_i xuất hiện các xung PD

Để nhận biết hình dạng của điện áp thử nghiệm tần số công nghiệp $u(t)$, thiết bị đo kỹ thuật số cần lượng tử hóa điện áp thử nghiệm tối thiểu trong khoảng thời gian chu kỳ này khi các giá trị q_i được ghi lại. Tuy nhiên, nên thực hiện việc xác định liên tục trong mọi giai đoạn của điện áp thử nghiệm.

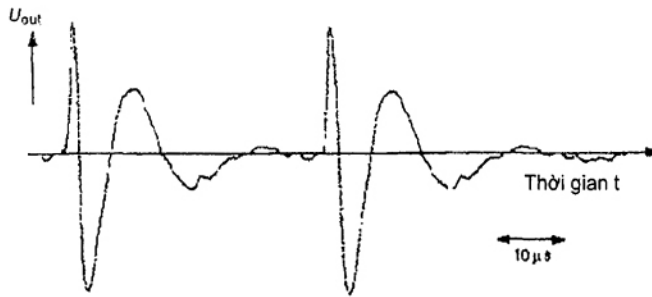
Vì thời điểm góc pha ϕ hoặc thời gian tức thời t_i của hệ thống điện áp xoay chiều phải được xác định khi điện áp thử nghiệm dương đi qua điểm không nên hệ thống đo cần thể hiện đúng pha của điện áp thử nghiệm.

Nếu độ lệch giữa giá trị tức thời của điện áp thử nghiệm, khi được đọc bởi thiết bị đo phóng điện cục bộ kỹ thuật số, với giá trị tức thời khi được đọc bởi hệ thống đo chuẩn nhỏ hơn 5 % giá trị đỉnh của điện áp thì thiết bị đo kỹ thuật số cũng được coi là có khả năng ghi lại pha của điện áp thử nghiệm. Các hệ số thang đo thích hợp cho cả hai hệ thống đo điện áp phải được áp dụng. Hệ thống đo chuẩn phải gồm thiết bị đo thích hợp nối với đoạn điện áp thấp của bộ chia điện áp được chứng nhận theo TCVN 6099-2 (IEC 60060-2) đối với điện áp xoay chiều. Cần phải chứng minh một cách độc lập rằng hệ thống đo chuẩn có sai số pha nhỏ hơn 5 độ.

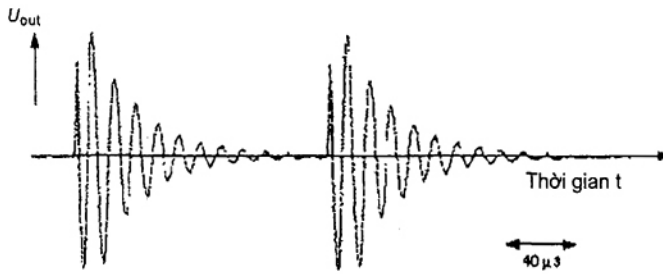
Để lượng tử điện áp thử nghiệm, cần có độ phân giải danh định tối thiểu 8 bit. Tốc độ lấy mẫu để lượng tử phải tối thiểu là 100 mẫu trên một chu kỳ điện áp thử nghiệm tần số công nghiệp hoặc 4 000 mẫu trong mỗi giây đối với điện áp thử nghiệm một chiều. Vì khuyến cáo lấy mẫu định kỳ nên có thể sử dụng nội suy để xác định các giá trị điện áp thử nghiệm u_i xảy ra ở các thời điểm nhất định t_i giữa các mẫu.



Hình E.1a - $\Delta f = 45 \dots 440 \text{ kHz}$; xung đầu vào ngắn

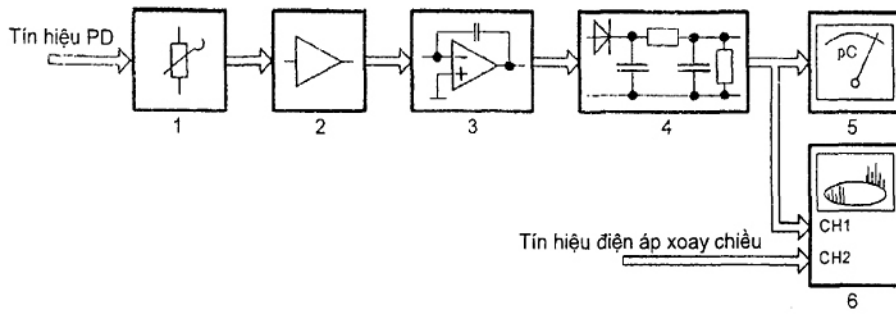


Hình E.1b - $\Delta f = 45 \dots 440 \text{ kHz}$; xung đầu vào kéo dài



Hình E.1c - $\Delta f = 10 \text{ kHz}$; $f_m = 75 \text{ kHz}$

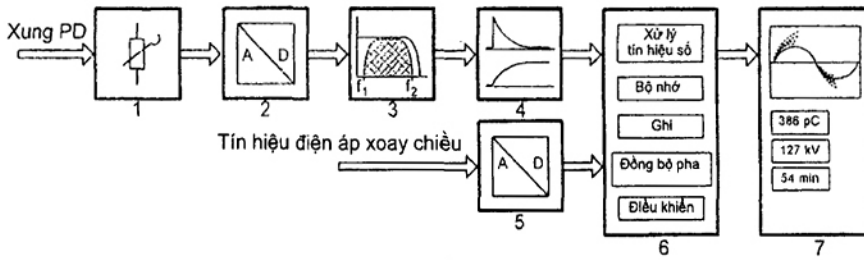
Hình E.1 – Các tín hiệu điện áp đầu ra U_{out} của hai hệ thống đo PD khác nhau đối với điện tích biểu kiến (xung kép)



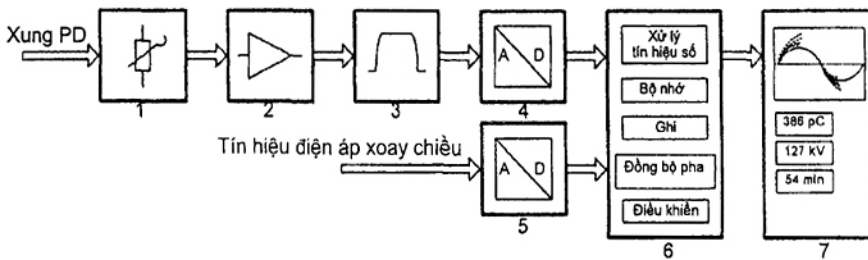
CHÚ DẪN

- | | | | |
|---|------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Bộ suy giảm | 4 | Bộ phát hiện đỉnh và khởi đánh giá |
| 2 | Bộ khuếch đại | 5 | Thiết bị đọc |
| 3 | Bộ lọc thông dải | 6 | Khối hiển thị |

Hình E.2 – Sơ đồ khối của thiết bị đo PD kỹ thuật tương tự được trang bị bộ tích phân điện tử

**CHÚ DẪN**

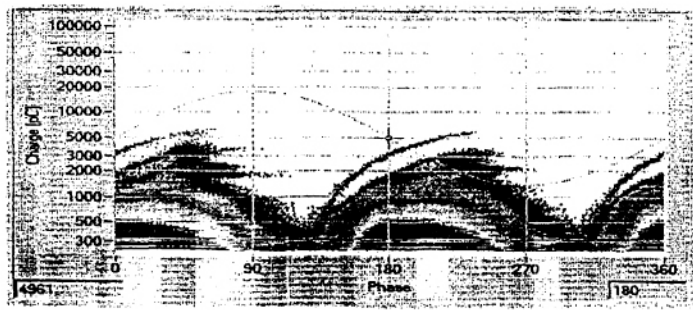
- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Bộ suy giảm | 4 | Bộ tích phân số |
| 2 | Bộ chuyển đổi A/D đối với xung điện áp PD | 5 | Bộ chuyển đổi A/D dùng cho điện áp xoay chiều |
| 3 | Bộ lọc thông dải kỹ thuật số | 6 | Khối thu thập số liệu |
| | | 7 | Khối đánh giá và khối hiển thị |

a) Chuyển đổi A/D trực tiếp của các xung PD đầu vào**CHÚ DẪN**

- | | | | |
|---|------------------|---|--|
| 1 | Bộ suy giảm | 4 | Bộ chuyển đổi A/D đối với các xung điện tích biểu kiến |
| 2 | Bộ khuếch đại | 5 | Bộ chuyển đổi A/D đối với tín hiệu điện áp xoay chiều |
| 3 | Bộ lọc thông dải | 6 | Khối thu thập số liệu |
| | | 7 | Khối đánh giá và khối hiển thị |

b) Chuyển đổi A/D sau khi thực hiện tích phân các xung PD đầu vào bằng bộ lọc thông dải

Hình E.3 – Sơ đồ khối của thiết bị đo PD kỹ thuật số



CHÚ THÍCH: Các xung PD xảy ra trong nửa chu kỳ âm của điện áp thử nghiệm được chỉnh lưu thành các xung dương. Do độ lớn PD phân tán lớn, sử dụng phương thức hiển thị dưới dạng loga.

Hình E.4 – Ví dụ về dạng PD được phân tích theo pha

Phụ lục F
(tham khảo)

Phương pháp không điện để phát hiện PD

F.1 Quy định chung

Các phương pháp không điện để phát hiện phóng điện cục bộ gồm phương pháp âm, quang và hóa và, nếu khả thi, quan sát liên tục các ảnh hưởng của phóng điện bất kỳ lên đối tượng thử nghiệm.

Nói chung, các phương pháp này không thích hợp cho phép đo định lượng các đại lượng phóng điện cục bộ như định nghĩa trong tiêu chuẩn này, nhưng chúng được sử dụng chủ yếu để phát hiện và/hoặc xác định vị trí các phóng điện.

F.2 Phát hiện bằng âm

Theo dõi bằng tai trong phòng có mức tạp thấp có thể được sử dụng để phát hiện phóng điện cục bộ.

Các phép đo âm khách quan, thường được thực hiện với tai nghe hoặc bộ biến đổi âm khác kết hợp với bộ khuếch đại và khối hiển thị thích hợp, cũng có thể có ích, đặc biệt đối với việc xác định vị trí các phóng điện. Tai nghe chọn lọc có định hướng có độ nhạy cao trong dải tần số nghe thấy được được sử dụng để xác định vị trí các phóng điện vàng quang trong không khí. Bộ biến đổi âm cũng có thể được sử dụng để xác định vị trí các phóng điện trong thiết bị đóng cắt được cách điện bằng khí hoặc thiết bị ngâm trong dầu như máy biến áp; chúng cũng có thể được đặt bên trong hoặc bên ngoài vỏ bọc.

F.3 Phát hiện bằng mắt hoặc phát hiện quang

Quan sát bằng mắt có thể được thực hiện trong phòng tối, sau khi mắt trở nên thích nghi với bóng tối và, nếu cần, với sự trợ giúp của ống nhòm có độ mở lớn. Một cách khác, có thể thực hiện chụp ảnh, nhưng thường cần thời gian phơi sáng khá dài. Với các mục đích đặc biệt, đôi khi cần bộ nhân quang hoặc bộ tăng cường ảnh.

F.4 Phát hiện bằng hóa

Việc phóng điện đánh thủng trong thiết bị được cách điện bằng dầu hoặc khí có thể được phát hiện trong một số trường hợp bằng cách phân tích các sản phẩm phân hủy được hòa tan trong dầu hoặc trong khí. Các sản phẩm này tích lũy trong quá trình làm việc kéo dài, việc phân tích hóa như vậy cũng có thể được sử dụng để ước lượng độ suy giảm phẩm chất gây ra do phóng điện cục bộ.

F.5 Tài liệu tham khảo

Để có thêm thông tin, xem các tài liệu sau:

IEC 60567:1992, Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases

IEC 60599:1999, Mineral oil-impregnated electrical equipment in service - Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis

IEC 61181:1993, Impregnated insulating materials - Application of dissolved gas analysis (DGA) to factory tests on electrical equipment

Phụ lục G

(tham khảo)

Nhiều

G.1 Nguồn nhiều

Phép đo định lượng của biên độ phóng điện cục bộ thường bị làm cho khó khăn bởi can nhiễu gây ra do hai loại nhiễu sau:

- Nhiễu xảy ra ngay cả khi mạch thử nghiệm không được cấp điện. Các nhiễu này có thể gây ra bởi các thao tác đóng cắt trong các mạch điện khác, máy điện đảo chiều, thử nghiệm điện áp cao được thực hiện ở gần, truyền dẫn tần số radio, v.v. kể cả tạp có hữu của bản thân hệ thống đo. Các nhiễu này cũng xảy ra khi nối với nguồn điện áp cao nhưng ở điện áp zero.

- Nhiễu chỉ xảy ra khi mạch thử nghiệm được cấp điện, nhưng không xảy ra trong đối tượng thử nghiệm. Các nhiễu này thường tăng lên khi điện áp tăng. Chúng có thể là phóng điện cục bộ trong biến áp thử nghiệm, trên dây dẫn điện áp cao, hoặc trong cách điện xuyên (nếu không phải là một phần của đối tượng thử nghiệm). Nhiễu cũng có thể gây ra bởi phóng tia lửa điện của đối tượng nối đất không hoàn hảo ở gần hoặc bởi các đầu nối không hoàn hảo trong khu vực điện áp cao, ví dụ bởi phóng điện tia lửa giữa màn chắn và dây dẫn điện áp cao khác, chỉ được nối với màn chắn để thử nghiệm. Nhiễu cũng có thể gây ra bởi các hài cao hơn của điện áp thử nghiệm trong hoặc gần độ rộng băng tần của hệ thống đo. Các hài cao hơn này thường xuất hiện trong nguồn điện áp thấp do có thiết bị đóng cắt bán dẫn (thyristor, v.v.) và được truyền, cùng với tạp của tiếp điểm phóng tia lửa điện, xuyên qua biến áp thử nghiệm hoặc qua các đầu nối khác đến mạch đo và thử nghiệm.

Đối với trường hợp nhiễu của điện áp một chiều, xem 11.5.2.

G.2 Phát hiện nhiễu

Các nguồn phụ thuộc điện áp có thể được phát hiện bằng cách đọc trên thiết bị đo khi mạch thử nghiệm không được cấp điện hoặc/và nguồn điện áp cao được nối với mạch thử nghiệm, nhưng ở điện áp zero. Giá trị đọc trên thiết bị đo là thước đo của các nhiễu này.

Các nguồn phụ thuộc điện áp của nhiễu có thể được phát hiện theo các cách sau: đối tượng thử nghiệm được lấy ra hoặc thay bằng tụ điện tương đương không có phóng điện cục bộ đáng kể ở điện áp thử nghiệm quy định. Mạch điện cần được hiệu chuẩn lại theo quy trình trong Điều 5. Sau đó, mạch điện được cấp điện đến điện áp thử nghiệm đầy đủ.

Nếu mức nhiễu vượt quá 50 % biên độ phóng điện cục bộ lớn nhất cho phép như quy định đối với đối tượng thử nghiệm thì cần thực hiện các biện pháp để giảm nhiễu. Một hoặc nhiều phương pháp mô tả

TCVN 11472:2016

dưới đây có thể được sử dụng để giảm nhiễu. Sẽ là không đúng khi lấy biên độ phóng điện cục bộ trừ đi mức nhiễu.

Việc sử dụng máy hiện sóng như một thiết bị đo hiển thị hoặc đánh giá các đại lượng PD thu thập được bằng kỹ thuật số có thể giúp người quan sát phân biệt được phóng điện cục bộ trong đối tượng thử nghiệm và các nhiễu bên ngoài, ví dụ như tạp nền, và có thể xác định kiểu nhiễu hoặc nhận biết kiểu phóng điện cục bộ.

Phương pháp xác định điện hoặc không điện (Phụ lục F) thường hữu ích để xác định vị trí vàng quang trên các dây dẫn điện áp cao hoặc phóng điện nơi nào đó trong khu vực thử nghiệm. Các phương pháp này cũng đưa ra sự khẳng định độc lập về nhiễu và phóng điện cục bộ trong đối tượng thử nghiệm.

G.3 Giảm nhiễu

G.3.1 Chống nhiễu và lọc

Giảm nhiễu có thể đạt được bằng cách nối đất thích hợp tất cả các kết cấu dẫn điện, mà cũng nên không có cạnh sắc nhọn vào khu vực lân cận thử nghiệm và bằng cách lọc các nguồn điện dùng cho mạch đo và thử nghiệm. Việc giảm tốt nhất có thể đạt được bằng cách thử nghiệm trong phòng có chống nhiễu ở đó tất cả các đầu nối điện vào phòng được thực hiện thông qua bộ lọc triệt nhiễu.

G.3.2 Mạch cân bằng

Mạch cân bằng, như thể hiện trên Hình 1c, có thể làm suy giảm nhiễu như đề cập ở trên và thường có thể giúp người quan sát phân biệt được phóng điện trong đối tượng thử nghiệm và phóng điện trong các phần khác của mạch thử nghiệm.

G.3.3 Xử lý và phục hồi tín hiệu bằng điện tử

Thông dụng và đặc biệt trong các điều kiện công nghiệp, độ nhạy bị hạn chế bởi nhiễu. Các phương pháp điện tử hiện nay có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc kết hợp để phân tách các tín hiệu phóng điện cục bộ ra khỏi nhiễu. Các phương pháp này chỉ được sử dụng khi có sự cản trở và không bao giờ được loại bỏ hoặc che các tín hiệu PD đáng kể. Một số phương pháp này được mô tả dưới đây.

G.3.3.1 Phương pháp cửa sổ thời gian

Thiết bị đo có thể được cung cấp có cổng có thể mở hoặc đóng ở các thời điểm chọn trước, do đó cho đi qua hoặc chặn tín hiệu đầu vào. Nếu nhiễu xảy ra trong các khoảng thời gian đều đặn, cổng có thể được đóng trong các khoảng thời gian này. Trong các thử nghiệm với điện áp xoay chiều, các tín hiệu phóng điện thực thường chỉ xảy ra ở các khoảng lặp lại đều đặn trong các chu kỳ điện áp thử nghiệm. Cửa sổ thời gian có thể chặn pha để chỉ mở cổng ở các khoảng thời gian này.

G.3.3.2 Phương pháp phân biệt cực tính

Các tín hiệu phóng điện cực bộ bắt nguồn trong đối tượng thử nghiệm có thể được phân biệt với nhiễu bắt nguồn từ bên ngoài mạch thử nghiệm bằng cách so sánh cực tính tương đối của các xung tại đầu vào của hai thiết bị ghép nối, như thể hiện trên Hình 1d. Hệ thống logic thực hiện việc so sánh và thao tác công của thiết bị đo, như mô tả ở trên, đối với các xung có cực tính đúng. Do đó, chỉ các xung bắt nguồn từ đối tượng thử nghiệm mới được ghi lại.

Tuy nhiên, nhiễu sinh ra do điện từ trường trong mạch vòng tạo bởi C_a và C_k không thể phân biệt được với các phóng điện cực bộ trừ khi áp dụng biện pháp bổ sung.

G.3.3.3 Lấy trung bình xung

Nhiều nhiễu trong môi trường công nghiệp là ngẫu nhiên, trong khi phóng điện cực bộ thường xảy ra ở các pha xấp xỉ nhau trong từng chu kỳ của điện áp đặt. Do đó có thể giảm đáng kể mức tương đối của nhiễu xảy ra ngẫu nhiên bằng cách sử dụng kỹ thuật lấy trung bình tín hiệu.

G.3.3.4 Chọn tần số

Nhiều tần số radio quảng bá được hạn chế ở các băng tần rời rạc nhưng vẫn sẽ ảnh hưởng đến bộ phát hiện phóng điện cực bộ băng tần rộng nếu tần số truyền dẫn nằm trong băng tần nhạy của thiết bị đo. Để giảm loại can nhiễu này, độ lợi của bộ khuếch đại của thiết bị đo có thể được giảm xuống bởi bộ lọc chọn dải được điều chỉnh đến các tần số xảy ra nhiễu. Thay vào đó, có thể sử dụng thiết bị đo băng tần hẹp được điều chỉnh đến tần số tại đó mức can nhiễu là không đáng kể.

G.4 Mức nhiễu

Không thể cho trước giá trị xác định đối với biên độ của nhiễu, nhưng như một hướng dẫn chung, các nhiễu tương đương với biên độ điện tích biểu kiến của một vài trăm pico culông có thể gặp phải trong khu vực thử nghiệm công nghiệp không có chống nhiễu, đặc biệt trong trường hợp mạch thử nghiệm có kích thước lớn. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật nêu trong phụ lục này, các nhiễu này có thể giảm đáng kể.

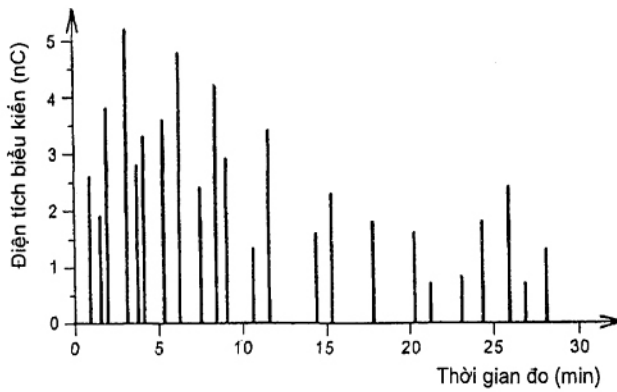
Trong phòng thử nghiệm có chống nhiễu với việc áp dụng hiệu quả các phương pháp giảm nhiễu được mô tả trong phụ lục này, và với các biện pháp phòng ngừa thích hợp để triệt nhiễu từ nguồn điện và từ các hệ thống điện khác, giới hạn tới hạn của phép đo là giới hạn của bản thân hệ thống đo hoặc cho bởi những khuyết tật nhỏ trong chống nhiễu, nối đất hoặc lọc; giới hạn này được định lượng bởi điện tích biểu kiến q khoảng 1 pC thường có thể đạt được.

Phụ lục H
(tham khảo)

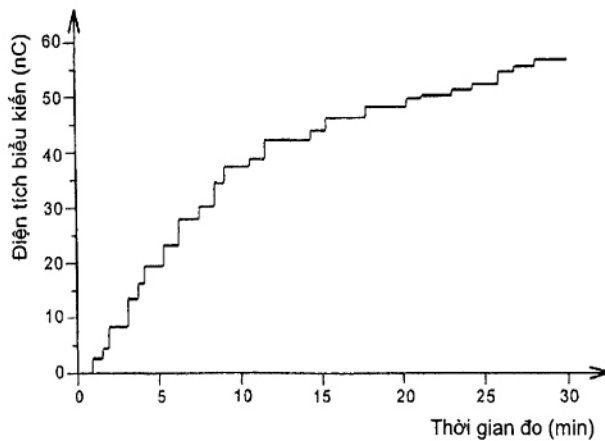
Đánh giá các kết quả thử nghiệm PD trong quá trình thử nghiệm với điện áp một chiều

Đánh giá các kết quả thử nghiệm PD cần dựa trên báo cáo thử nghiệm về điện tích biểu kiến q của từng xung PD riêng rẽ theo thời gian ở mức điện áp thử nghiệm một chiều không đổi, như thể hiện trên Hình H.1a). Điều quan trọng là xác định thời gian giữa các xung PD liên tiếp trong trường hợp thời gian phân giải 2 ms được khuyến cáo.

Dựa trên đồ thị thể hiện trên Hình H.1a), điện tích biểu kiến lũy tích của các xung riêng rẽ theo thời gian đo được hiển thị trên Hình H.1b).



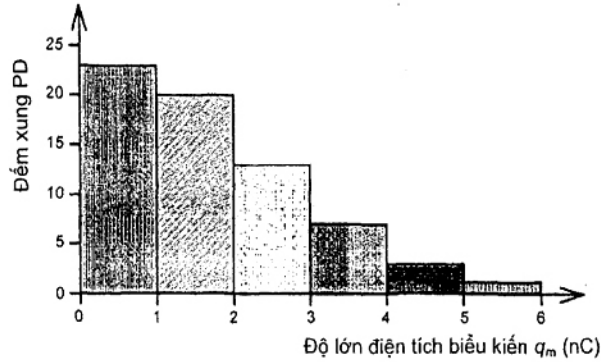
a) Điện tích biểu kiến của các xung PD riêng rẽ



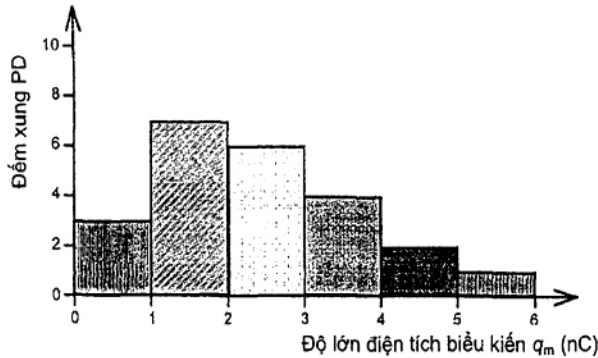
b) Điện tích biểu kiến lũy tích

Hình H.1 – Phương thức hiển thị các xung biểu kiến theo thời gian đo

Thông tin bổ sung về đáp tuyến PD có thể có được nếu đếm xung PD m theo độ lớn của điện tích biểu kiến vượt quá các mức ngưỡng quy định trong thời gian đo được hiển thị, như minh họa trên Hình H.2a). Đồ thị này được giảm đi từ chuỗi xung PD thể hiện trên Hình H.1a). Ngoài ra, việc thể hiện các đếm xung m xảy ra trong các giới hạn quy định của độ lớn điện tích biểu kiến dường như có ích để đánh giá hoạt động PD trong các thử nghiệm điện áp một chiều.



- a) đếm xung PD m vượt quá các giới hạn dưới đây đối với độ lớn điện tích biểu kiến q_m :
0 nC, 1 nC, 2 nC, 3 nC, 4 nC, 5 nC



- b) đếm xung PD m xảy ra trong phạm vi các khoảng điện tích biểu kiến q_m sau:
(0-1) nC, (1-2) nC, (2-3) nC, (3-4) nC, (4-5) nC

Hình H.2 – Biểu đồ của đếm xung PD m theo các khoảng điện tích biểu kiến

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] CIGRE WG D1.33. "Guide for Electrical Partial Discharge Measurements in compliance with IEC 60270" Technical Brochure 366, *Electra*, vol. 60, no. 241, Dec. 2008.
