

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 6099-2:2016

IEC 60060-2:2010

Xuất bản lần 3

**KỸ THUẬT THỬ NGHIỆM ĐIỆN ÁP CAO –
PHẦN 2: HỆ THỐNG ĐO**

*High-voltage test techniques –
Part 2: Measuring systems*

HÀ NỘI – 2016

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa	6
4 Quy trình đánh giá xác nhận và sử dụng hệ thống đo	15
5 Thử nghiệm và yêu cầu thử nghiệm đối với hệ thống đo được chấp nhận và các thành phần của nó	18
6 Phép đo điện áp một chiều	36
7 Phép đo điện áp xoay chiều	40
8 Phép đo điện áp xung sét	44
9 Phép đo điện áp xung đóng cắt	49
10 Hệ thống đo chuẩn	53
Phụ lục A (tham khảo) – Độ không đảm bảo đo	55
Phụ lục B (tham khảo) – Ví dụ về việc tính toán độ không đảm bảo đo trong phép đo điện áp cao	64
Phụ lục C (tham khảo) – Phép đo đáp tuyến bậc thang	74
Phụ lục D (tham khảo) – Phương pháp tích chập để xác định đáp ứng động từ các phép đo đáp tuyến bậc thang	80
Thư mục tài liệu tham khảo	84

TCVN 6099-2:2016

Lời nói đầu

TCVN 6099-2:2016 thay thế TCVN 6099-2:2007;

TCVN 6099-2:2016 hoàn toàn tương đương với IEC 60060-2:2010;

TCVN 6099-2:2016 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.

Bộ TCVN 6099 (IEC 60060), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao*, gồm có các phần sau:

- TCVN 6099-1:2016 (IEC 60060-2:2010), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phần 1: Định nghĩa chung và yêu cầu thử nghiệm*
- TCVN 6099-2:2016 (IEC 60060-2:2010), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phần 2: Hệ thống đo*
- TCVN 6099-3:2007 (IEC 60060-3:2006), *Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phần 3: Định nghĩa và yêu cầu đối với thử nghiệm tại hiện trường*

Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao –

Phần 2: Hệ thống đo

High-voltage test techniques –

Part 2: Measuring systems

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các hệ thống đo hoàn chỉnh, và cho các thành phần của chúng, được sử dụng cho phép đo điện áp cao trong các thử nghiệm ở phòng thí nghiệm và thử nghiệm ở nhà máy với điện áp một chiều, điện áp xoay chiều, điện áp xung sét và điện áp xung đóng cắt như quy định trong TCVN 6099-1 (IEC 60060-1). Đối với các phép đo trong các thử nghiệm tại hiện trường xem TCVN 6099-3 (IEC 60060-3).

Giới hạn của độ không đảm bảo đo được công bố trong tiêu chuẩn này áp dụng đối với các mức thử nghiệm được nêu trong IEC 60071-1:2006. Nguyên lý của tiêu chuẩn này cũng áp dụng cho các mức cao hơn nhưng độ không đảm bảo đo có thể lớn hơn.

Tiêu chuẩn này:

- định nghĩa các thuật ngữ được sử dụng;
- mô tả phương pháp ước lượng độ không đảm bảo của phép đo điện áp cao;
- quy định các yêu cầu mà hệ thống đo phải đáp ứng;
- mô tả phương pháp để chấp nhận một hệ thống đo và kiểm tra các thành phần của nó;
- mô tả quy trình qua đó người sử dụng phải cho thấy rằng hệ thống đo đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này, kể cả tập hợp các giới hạn của độ không đảm bảo đo.

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 6099-2:2016

TCVN 9595-3:2013 (ISO/IEC Guide 98-3:2008), *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurements (GUM)* (Độ không đảm bảo đo – Phần 3: Hướng dẫn biểu diễn độ không đảm bảo đo)

IEC 60052, *Voltage measurement by means of standard air gaps* (Đo điện áp bằng khoảng hở không khí tiêu chuẩn)

IEC 61083-1, *Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests – Part 1: Requirements for instruments* (Thiết bị đo và phần mềm dùng để đo trong các thử nghiệm xung điện áp cao – Phần 1: Yêu cầu đối với thiết bị đo)

IEC 61083-2, *Digital recorders for measurements in high-voltage impulse tests – Part 2: Evaluation of software used for the determination of the parameters of impulse waveform* (Máy ghi dạng số để đo trong thử nghiệm xung điện áp cao – Phần 2: Đánh giá phần mềm dùng để xác định thông số của các xung dạng sóng)

CHÚ THÍCH: Các tiêu chuẩn, hướng dẫn liên quan khác đối với các chủ đề trong tiêu chuẩn này được cho trong Thư mục tài liệu tham khảo.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

3.1 Hệ thống đo

3.1.1

Hệ thống đo (measuring system)

Tập hợp hoàn chỉnh các thiết bị thích hợp để thực hiện phép đo điện áp cao; phần mềm, được sử dụng để đạt được hoặc tính toán kết quả đo, cũng tạo nên một phần của hệ thống đo.

CHÚ THÍCH 1: Hệ thống đo thường có các thành phần sau:

- thiết bị biến đổi có dây dẫn để nối thiết bị này với đối tượng thử nghiệm hoặc nối vào mạch điện và nối với đất;
- hệ thống truyền để nối các đầu ra của thiết bị biến đổi vào các thiết bị đo với trở kháng hoặc mạch suy giảm, phối hợp trở kháng và thích nghi;
- một thiết bị đo cùng với đầu nối bất kỳ với nguồn điện. Hệ thống đo chỉ bao gồm một vài thành phần nêu trên hoặc được dựa trên các nguyên tắc không theo quy ước là được chấp nhận nếu chúng đáp ứng các yêu cầu về độ không đảm bảo đo quy định trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: Môi trường trong đó hệ thống đo hoạt động, khe hở không khí của nó đến các kết cấu mang điện hoặc kết cấu nối đất và sự có mặt của trường điện hoặc trường từ đều có thể ảnh hưởng đáng kể đến độ không đảm bảo đo của hệ thống đo.

3.1.2**Hồ sơ tính năng** (record of performance)

Hồ sơ chi tiết, được người sử dụng thiết lập và duy trì, mô tả hệ thống đo và có bằng chứng về việc đáp ứng các yêu cầu được cho trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH: Bằng chứng này phải bao gồm các kết quả của thử nghiệm tính năng ban đầu và lịch thử nghiệm cũng như các kết quả của từng thử nghiệm tính năng và kiểm tra tính năng tiếp theo.

3.1.3**Hệ thống đo được chấp nhận** (approved measuring system)

Hệ thống đo được chứng tỏ phù hợp với một hoặc nhiều tập hợp các yêu cầu đặt ra trong tiêu chuẩn này.

3.1.4**Hệ thống đo chuẩn** (reference measuring system)

Hệ thống đo với sự hiệu chuẩn có thể truy xuất nguồn gốc theo chuẩn quốc gia và/hoặc tiêu chuẩn quốc tế liên quan, và có đủ độ chính xác và tính ổn định để sử dụng vào việc chấp nhận các hệ thống khác bằng cách thực hiện các phép so sánh đồng thời với các loại dạng sóng và dây điện áp cụ thể.

CHÚ THÍCH: Hệ thống đo chuẩn (được duy trì theo các yêu cầu của tiêu chuẩn này) có thể sử dụng như hệ thống đo được chấp nhận nhưng không đúng theo chiều ngược lại.

3.2 Thành phần của hệ thống đo**3.2.1****Thiết bị biến đổi** (converting device)

Thiết bị dùng để biến đổi đại lượng đo thành một đại lượng tương thích với thiết bị đo.

3.2.2**Bộ phân áp** (voltage divider)

Thiết bị biến đổi gồm một nhánh điện áp cao và một nhánh điện áp thấp sao cho điện áp đầu vào được đặt lên thiết bị hoàn chỉnh và điện áp đầu ra được lấy từ nhánh điện áp thấp.

CHÚ THÍCH: Các phần tử của hai nhánh thường là các điện trở hoặc tụ điện hoặc kết hợp cả hai. Thiết bị được xác định theo loại và cách bố trí các phần tử (ví dụ, điện trở, tụ điện hoặc điện trở - tụ điện).

3.2.3**Máy biến điện áp** (voltage transformer)

Thiết bị biến đổi gồm một máy biến áp trong đó điện áp thứ cấp, trong điều kiện sử dụng bình thường, về cơ bản là tỷ lệ với điện áp sơ cấp và khác pha một góc xấp xỉ bằng zero theo chiều thích hợp của đầu nối.

[IEC 60050-321:1986, 321-03-01]

TCVN 6099-2:2016

3.2.4

Trở kháng biến đổi điện áp (voltage converting impedance)

Thiết bị biến đổi mang dòng điện tỷ lệ với điện áp đặt cần đo bằng một thiết bị đo dòng điện.

3.2.5

Đầu đo trường điện (electric-field probe)

Thiết bị biến đổi dùng để đo biên độ và dạng sóng của trường điện.

CHÚ THÍCH: Cho phép sử dụng đầu đo trường điện để đo dạng sóng của điện áp sinh ra trường với điều kiện là phép đo không bị ảnh hưởng bởi vàng quang hoặc điện tích không gian.

3.2.6

Hệ thống truyền dẫn (transmission system)

Tập hợp các thiết bị truyền tín hiệu đầu ra của thiết bị biến đổi đến thiết bị đo.

CHÚ THÍCH 1: Hệ thống truyền dẫn thường có một cáp đồng trục với trở kháng đầu cuối, nhưng cũng có thể gồm cả bộ suy giảm, bộ khuếch đại, hoặc các thiết bị khác nối giữa thiết bị biến đổi và thiết bị đo. Ví dụ, đường truyền quang gồm máy phát, cáp quang và máy thu cũng như các bộ khuếch đại liên quan.

CHÚ THÍCH 2: Hệ thống truyền dẫn có thể nằm một phần hoặc hoàn toàn trong thiết bị biến đổi hoặc thiết bị đo.

3.2.7

Thiết bị đo (measuring instrument)

Thiết bị được thiết kế để thực hiện phép đo, riêng rẽ hoặc kết hợp với các thiết bị phụ trợ khác.

[IEC 60050-300:2001, 311-03-01]

3.3 Hệ số thang đo

3.3.1

Hệ số thang đo của hệ thống đo (scale factor of a measuring system)

Hệ số khi nhân với giá trị số đọc trên thiết bị đo sẽ thu được giá trị của đại lượng đầu vào của hệ thống đo hoàn chỉnh.

CHÚ THÍCH 1: Hệ thống đo có thể có nhiều hệ số thang đo cho các phạm vi đo dải tần số hoặc dạng sóng khác nhau được ấn định.

CHÚ THÍCH 2: Đối với một hệ thống đo hiển thị trực tiếp giá trị của đại lượng đầu vào, hệ số thang đo danh nghĩa của hệ thống đo bằng 1.

3.3.2

Hệ số thang đo của thiết bị biến đổi (scale factor of a converting device)

Hệ số khi nhân với đầu ra của thiết bị biến đổi sẽ thu được đại lượng đầu vào của thiết bị.

CHÚ THÍCH: Hệ số thang đo của thiết bị biến đổi có thể không có thứ nguyên (ví dụ tỷ số của bộ phân áp) hoặc có thứ nguyên (ví dụ trở kháng của trở kháng biến đổi điện áp).

3.3.3

Hệ số thang đo của hệ thống truyền dẫn (scale factor of a transmission system)

Hệ số khi nhân với đầu ra của hệ thống truyền dẫn sẽ thu được đại lượng đầu vào của hệ thống.

3.3.4

Hệ số thang đo của thiết bị đo (scale factor of a measuring instrument)

Hệ số khi nhân với số đọc của thiết bị đo sẽ thu được đại lượng đầu vào của thiết bị đo.

3.3.5

Hệ số thang đo ấn định (assigned scale factor)

F

Hệ số thang đo của hệ thống đo được xác định tại thử nghiệm tính năng gần nhất.

CHÚ THÍCH: Hệ thống đo có thể có nhiều hơn một hệ số thang đo ấn định, ví dụ, hệ thống có thể có một vài dải và/hoặc mốc thời gian danh nghĩa, mỗi dải hoặc mốc này sẽ có một hệ số thang đo ấn định khác nhau.

3.4 Giá trị danh định**3.4.1**

Điều kiện làm việc (operating conditions)

Phạm vi quy định của các điều kiện mà hệ thống đo sẽ vận hành trong giới hạn độ không đảm bảo đo quy định.

3.4.2

Điện áp làm việc danh định (rated operating voltage)

Mức điện áp lớn nhất của tần số hoặc dạng sóng quy định mà hệ thống đo được thiết kế để sử dụng.

3.4.3

Dải đo ấn định (assigned measurement range)

Dải điện áp có tần số hoặc dạng sóng quy định, được đặc trưng bởi một hệ số thang đo duy nhất, mà ở đó hệ thống đo được sử dụng.

CHÚ THÍCH 1: Các giới hạn của dải đo ấn định được người sử dụng lựa chọn và được kiểm tra bởi các thử nghiệm tính năng quy định trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: Hệ thống đo có thể có nhiều hơn một dải đo ấn định với các hệ số thang đo khác nhau.

3.4.4

Thời gian làm việc ấn định (assigned operating time)

Thời gian dài nhất mà hệ thống đo sử dụng điện áp một chiều hoặc xoay chiều có thể làm việc ở giới hạn trên của dải đo ấn định.

TCVN 6099-2:2016

3.4.5

Tốc độ đặt xung ấn định (assigned rate of application)

Tốc độ cao nhất của các xung điện áp quy định trong một khoảng thời gian quy định, mà tại đó hệ thống đo có thể làm việc ở giới hạn trên của dải đo ấn định.

CHÚ THÍCH: Tốc độ thường được cho dưới dạng số lần đặt trong mỗi phút và khoảng thời gian tính bằng phút hoặc giờ.

3.5 Định nghĩa liên quan đến đáp ứng động

3.5.1

Đáp tuyến của hệ thống đo (response of a measuring system)

G

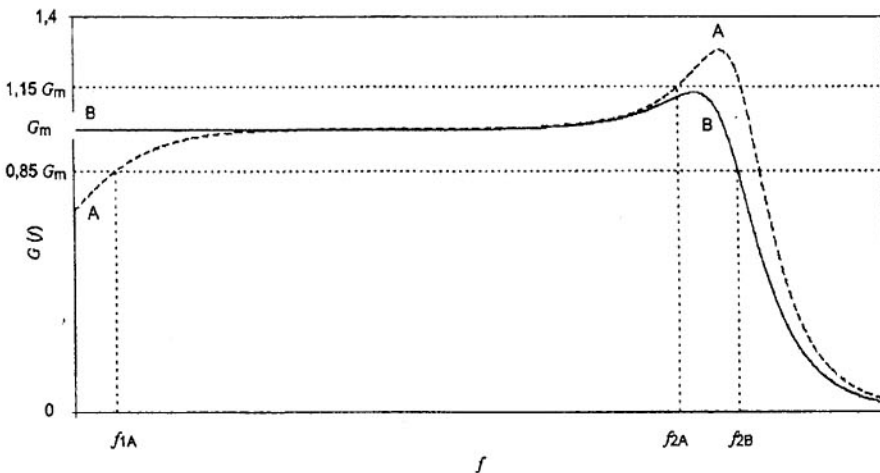
Đầu ra, là hàm số của thời gian hoặc tần số, khi đặt điện áp quy định lên đầu vào của hệ thống.

3.5.2

Đáp tuyến biên độ-tần số (amplitude-frequency response)

G(f)

Tỷ số giữa đầu ra và đầu vào của hệ thống đo là một hàm của tần số f , khi đầu vào là hình sin (xem Hình 1).



CHÚ THÍCH: Tần số giới hạn trên và giới hạn dưới được thể hiện trên đường cong A.

Đường cong B biểu diễn đáp tuyến không đổi giảm đến điện áp một chiều.

Hình 1 – Đáp tuyến biên độ-tần số với các ví dụ về các tần số giới hạn (f_1 ; f_2)

3.5.3

Đáp tuyến bậc thang (step response)

G(t)

Đầu ra của hệ thống đo là một hàm của thời gian khi đầu vào là hàm bậc thang.

CHÚ THÍCH: Chi tiết về đáp tuyến bậc thang và các tham số đáp tuyến bậc thang, xem Phụ lục C.

3.5.4

Mốc thời gian danh nghĩa (chỉ với điện áp xung) (nominal epoch (impulse voltage only))

τ_{N1}

Khoảng giá trị giữa giá trị nhỏ nhất (t_{min}) và lớn nhất (t_{max}) của tham số thời gian liên quan của điện áp xung mà hệ thống đo cần được công nhận.

CHÚ THÍCH 1: Tham số thời gian liên quan là:

- thời gian sườn trước T_1 đối với xung sét toàn sóng và xung sét cắt ở sườn sau
- thời gian đến thời điểm cắt T_c đối với xung cắt ở sườn trước
- thời gian tới đỉnh T_p đối với xung đóng cắt

CHÚ THÍCH 2: Hệ thống đo có thể có một, hai hoặc nhiều mốc thời gian danh nghĩa đối với các dạng sóng khác nhau. Ví dụ, một hệ thống đo cụ thể có thể được công nhận:

- đối với xung sét toàn sóng và xung sét cắt ở sườn sau với hệ số thang đo ấn định F_1 trên mốc thời gian danh nghĩa τ_{N1} từ $T_1 = 0,8 \mu s$ đến $T_1 = 1,8 \mu s$, mặc dù dung sai là $0,84 \mu s$ đến $1,56 \mu s$;
- hoặc xung sét cắt ở sườn trước với hệ số thang đo ấn định F_2 trên mốc thời gian danh nghĩa τ_{N2} từ $T_c = 0,5 \mu s$ đến $T_c = 0,9 \mu s$;
- đối với xung đóng cắt có hệ số thang đo ấn định F_3 trên mốc thời gian danh nghĩa τ_{N3} từ $T_p = 150 \mu s$ đến $T_p = 500 \mu s$.

CHÚ THÍCH 3: "Xung cắt ở sườn trước" được dùng để chỉ xung cắt có thời gian tới thời điểm cắt nằm trong dải từ $0,5 \mu s$ đến thời điểm giá trị cực trị. Điều này để phân biệt với "xung cắt ở sườn sau" có thời gian tới thời điểm cắt lớn hơn thời điểm giá trị cực trị.

3.5.5

Tần số giới hạn (limit frequencies)

f_1 và f_2

Giới hạn trên và giới hạn dưới của dải tần số mà trong phạm vi đó đáp tuyến biên độ/tần số gần như không đổi (Hình 1).

CHÚ THÍCH: Các giới hạn này có trong trường hợp đáp tuyến lần đầu tiên sai lệch một lượng nhất định (ví dụ cộng/trừ 15 %) so với giá trị không đổi. Sai lệch cho phép cần tương ứng với độ không đảm bảo đo chấp nhận được của hệ thống đo.

3.6 Định nghĩa liên quan đến độ không đảm bảo đo

3.6.1

Dung sai (tolerance)

Sai lệch cho phép giữa giá trị đo và giá trị quy định.

CHÚ THÍCH 1: Sai lệch cần được phân biệt với độ không đảm bảo đo.

CHÚ THÍCH 2: Điện áp thử nghiệm đo được cần phải nằm trong khoảng dung sai công bố của mức thử nghiệm quy định.

TCVN 6099-2:2016

3.6.2

Sai số (error)

Giá trị đại lượng đo trừ đi giá trị đại lượng chuẩn.

[ISO/IEC Guide 99 (VIM 2.16)]

3.6.3

Độ không đảm bảo (của phép đo) (uncertainty (of measurement))

Tham số, kết hợp với kết quả đo, đặc trưng cho sự phân tán của các giá trị mà có thể được quy cho đại lượng đo.

[IEC 60050-300:2001, 311-01-02]

CHÚ THÍCH 1: Độ không đảm bảo đo là dương và không có dấu.

CHÚ THÍCH 2: Độ không đảm bảo đo của phép đo điện áp không nên nhầm lẫn với dung sai của điện áp thử nghiệm quy định.

CHÚ THÍCH 3: Để thêm thông tin, xem Phụ lục A và Phụ lục B.

3.6.4

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn (standard uncertainty)

u

Độ không đảm bảo đo của kết quả đo được biểu diễn như một độ lệch chuẩn.

[TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) (GUM 2.3.1)]

CHÚ THÍCH 1: Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn liên quan đến ước lượng của đại lượng đo và có cùng thứ nguyên với đại lượng đo.

CHÚ THÍCH 2: Trong một số trường hợp, độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn tương đối có thể thích hợp. Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn tương đối là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn chia cho đại lượng đo, và vì thế là không có thứ nguyên.

3.6.5

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp (combined standard uncertainty)

u_c

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của kết quả đo khi kết quả này có được từ các giá trị của một số các đại lượng khác, bằng căn bậc hai của tổng các số hạng, các số hạng là phương sai hoặc hiệp phương sai của các đại lượng có trọng số khác tương ứng với cách mà kết quả đo biến đổi theo sự thay đổi các đại lượng này.

[TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) (GUM 2.3.4)]

3.6.6**Độ không đảm bảo đo mở rộng** (expanded uncertainty)***U***

Đại lượng xác định phạm vi kết quả đo được kỳ vọng có thể bao gồm phần lớn sự phân bố các giá trị mà có thể được quy cho đại lượng đo một cách hợp lý.

[TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) (GUM 2.3.5)]

CHÚ THÍCH 1: Độ không đảm bảo đo mở rộng sát nghĩa nhất với thuật ngữ "độ không đảm bảo đo tổng" được sử dụng trong phiên bản trước của tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: Giá trị điện áp thử nghiệm thực nhưng chưa xác định, có thể nằm ngoài các giới hạn được cho bởi độ không đảm bảo đo vì xác suất bao phủ < 100 % (xem 3.6.7).

3.6.7**Hệ số bao phủ** (coverage factor)***k***

Hệ số bằng số được sử dụng như một bội số của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp để có được độ không đảm bảo đo mở rộng.

[TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) (GUM 2.3.6)]

CHÚ THÍCH: Đối với xác suất bao phủ 95 % và phân bố xác suất chuẩn (Gauss), hệ số bao phủ được lấy xấp xỉ $k = 2$.

3.6.8**Đánh giá kiểu A** (type A evaluation)

Phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn bằng cách phân tích thống kê một loạt các quan sát.

3.6.9**Đánh giá kiểu B** (type B evaluation)

Phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn bằng các cách khác ngoài cách phân tích thống kê một loạt các quan sát.

3.6.10**Khả năng truy xuất** (traceability)

Tính chất của kết quả đo hoặc giá trị của chuẩn mà nhờ nó có thể liên kết với các tài liệu được công bố, thông thường là chuẩn quốc gia hoặc quốc tế, qua một chuỗi liên tục các so sánh, tất cả đều có độ không đảm bảo đo được công bố.

[IEC 60050-300:2001, 311-01-15]

3.6.11**Viện Đo lường Quốc gia** (National Metrology Institute)

Viện được chỉ định bởi quyết định của quốc gia để phát triển và duy trì các chuẩn đo lường quốc gia cho một hoặc nhiều đại lượng.

3.7 Định nghĩa liên quan đến các thử nghiệm trên hệ thống đo

3.7.1

Hiệu chuẩn (calibration)

Tập hợp các thao tác nhằm thiết lập, bằng cách tham chiếu đến các tiêu chuẩn, mối quan hệ tồn tại trong các điều kiện quy định giữa chỉ thị và kết quả đo.

[IEC 60050-300:2001, 311-01-09]

CHÚ THÍCH: Việc xác định hệ số thang đo thuộc hoạt động hiệu chuẩn.

3.7.2

Thử nghiệm điển hình (type test)

Thử nghiệm sự phù hợp được thực hiện trên một hoặc nhiều sản phẩm đại diện của loạt sản xuất.

[IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

CHÚ THÍCH: Đối với một hệ thống đo, thử nghiệm điển hình là thử nghiệm được thực hiện trên từng thành phần hoặc trên hệ thống đo hoàn chỉnh có cùng thiết kế đặc trưng cho hệ thống trong điều kiện làm việc.

3.7.3

Thử nghiệm thường xuyên (routine test)

Thử nghiệm sự phù hợp được thực hiện trên từng sản phẩm riêng lẻ trong hoặc sau quá trình chế tạo.

[IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

CHÚ THÍCH: Thử nghiệm thường xuyên là thử nghiệm được thực hiện trên từng thành phần hoặc trên từng hệ thống đo hoàn chỉnh của cùng thiết kế đặc trưng cho hệ thống trong điều kiện làm việc.

3.7.4

Thử nghiệm tính năng (performance test)

Thử nghiệm được thực hiện trên hệ thống đo hoàn chỉnh đặc trưng cho nó trong điều kiện làm việc.

3.7.5

Kiểm tra tính năng (performance check)

Quy trình đơn giản để đảm bảo rằng kết quả của thử nghiệm tính năng gần nhất vẫn có giá trị.

3.7.6

Hồ sơ tham chiếu (chỉ đối với đo xung) (reference record (impulse measurements only))

Hồ sơ được ghi lại trong điều kiện quy định trong thử nghiệm tính năng và được giữ lại để so sánh với các hồ sơ được lấy trong các thử nghiệm hoặc kiểm tra trong tương lai trong cùng điều kiện.

CHÚ THÍCH: Các hồ sơ tham chiếu thường được gọi là "dấu vân tay" và được sử dụng như đặc tính của đáp ứng động. Trong phép đo điện áp xung, chúng thường được lấy từ các phép đo đáp tuyến bậc thang (Phụ lục C).

4 Quy trình đánh giá xác nhận và sử dụng hệ thống đo

4.1 Nguyên tắc chung

Mọi hệ thống đo được chấp nhận đều phải trải qua thử nghiệm ban đầu, sau đó là thử nghiệm tính năng (định kỳ, xem 4.2) và kiểm tra tính năng (định kỳ, xem 4.3) trong suốt tuổi thọ vận hành của hệ thống. Các thử nghiệm ban đầu bao gồm thử nghiệm điển hình (thực hiện trên một thành phần hoặc hệ thống có cùng thiết kế) và thử nghiệm thường xuyên (được thực hiện trên từng thành phần hoặc hệ thống).

Thử nghiệm và kiểm tra tính năng phải chứng minh được rằng hệ thống đo có thể đo điện áp thử nghiệm dự kiến nằm trong độ không đảm bảo đo được cho trong tiêu chuẩn này, và rằng các phép đo có thể truy xuất đến các chuẩn quốc gia và/hoặc quốc tế của phép đo. Hệ thống chỉ được chấp nhận đối với các bố trí và điều kiện làm việc nằm trong hồ sơ tính năng của nó.

Yêu cầu chính đối với thiết bị biến đổi, hệ thống truyền dẫn, và thiết bị đo được sử dụng trong hệ thống đo là tính ổn định nằm trong phạm vi quy định của các điều kiện làm việc, sao cho hệ số thang đo của hệ thống đo được giữ không đổi trong khoảng thời gian dài.

Hệ số thang đo ấn định được xác định trong thử nghiệm tính năng bằng cách hiệu chuẩn. Người sử dụng phải áp dụng các thử nghiệm được cho trong tiêu chuẩn này để đánh giá xác nhận hệ thống đo của họ. Ngoài ra, người sử dụng bất kỳ có thể chọn Viện Đo lường Quốc gia hoặc Phòng thử nghiệm hiệu chuẩn được công nhận đối với đại lượng được hiệu chuẩn để thực hiện các thử nghiệm tính năng. Trong mọi trường hợp, người sử dụng phải đưa các dữ liệu thử nghiệm vào hồ sơ tính năng.

Hiệu chuẩn bất kỳ cũng phải truy xuất được đến các chuẩn quốc gia và/hoặc quốc tế. Người sử dụng phải đảm bảo rằng mọi sự hiệu chuẩn tự thực hiện phải được thực hiện bởi người có năng lực sử dụng các hệ thống đo chuẩn và các quy trình thích hợp.

CHÚ THÍCH: Việc hiệu chuẩn được thực hiện bởi Viện Đo lường Quốc gia hoặc bởi phòng thử nghiệm được công nhận cho các đại lượng được hiệu chuẩn và được báo cáo trong hồ sơ công nhận thì được xem như có thể truy xuất đến các chuẩn quốc gia và/hoặc quốc tế.

4.2 Lịch thử nghiệm tính năng

Để duy trì chất lượng của hệ thống đo, hệ số thang đo ấn định của nó phải được xác định bởi các thử nghiệm tính năng định kỳ. Khoảng thời gian giữa các thử nghiệm tính năng phải dựa trên sự đánh giá tính ổn định trong quá khứ của hệ thống đo. Thử nghiệm tính năng cần được lặp lại hàng năm, và khoảng thời gian lớn nhất không được dài hơn năm năm.

CHÚ THÍCH: Khoảng thời gian dài giữa các thử nghiệm tính năng có thể làm tăng rủi ro của những thay đổi không được phát hiện trong hệ thống đo.

Thử nghiệm tính năng phải được thực hiện sau những lần sửa chữa lớn đến hệ thống đo và bất cứ khi nào bố trí mạch điện vượt ra khỏi giới hạn được cho trong hồ sơ tính năng được sử dụng.

TCVN 6099-2:2016

Khi thử nghiệm tính năng được yêu cầu do việc kiểm tra tính năng cho thấy rằng hệ số thang đo ổn định không còn hiệu lực, nguyên nhân của thay đổi này phải được tìm hiểu trước khi thực hiện thử nghiệm tính năng.

4.3 Lịch kiểm tra tính năng

Kiểm tra tính năng phải được thực hiện tại những khoảng thời gian dựa trên tính ổn định được ghi lại của hệ thống đo được thể hiện trong hồ sơ tính năng. Khoảng thời gian từ thử nghiệm tính năng cuối cùng hoặc kiểm tra tính năng cuối cùng không được dài hơn một năm.

Đối với hệ thống đo mới hoặc được sửa chữa, các kiểm tra tính năng phải được thực hiện tại các khoảng thời gian ngắn để chứng tỏ tính ổn định của nó.

Không có phương pháp chuẩn nào được xác định cho các kiểm tra tính năng vì độ chính xác yêu cầu nhỏ hơn độ chính xác yêu cầu trong thử nghiệm tính năng.

4.4 Yêu cầu đối với hồ sơ tính năng

4.4.1 Nội dung của hồ sơ tính năng

Kết quả của tất cả các thử nghiệm và kiểm tra, kể cả các điều kiện tại đó thu được kết quả phải được lưu trong hồ sơ tính năng (giữ ở dạng bản giấy hoặc điện tử nếu được phép bởi hệ thống chất lượng và luật pháp địa phương) được thiết lập và giữ bởi người sử dụng. Hồ sơ tính năng phải xác định một cách duy nhất các thành phần của hệ thống đo và phải có kết cấu sao cho tính năng của hệ thống đo có thể truy xuất qua thời gian.

Hồ sơ tính năng tối thiểu phải bao gồm các thông tin sau:

- Mô tả chung của hệ thống đo.
- Kết quả của các thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên trên thiết bị biến đổi, hệ thống truyền dẫn và thiết bị đo và, nếu được thực hiện, trên hệ thống đo.
- Kết quả của các thử nghiệm tính năng tiếp theo trên hệ thống đo.
- Kết quả của các kiểm tra tính năng tiếp theo trên hệ thống đo.

CHÚ THÍCH: Mô tả chung của hệ thống đo thường bao gồm dữ liệu chính và khả năng của hệ thống đo, như điện áp làm việc danh định, dạng sóng, các dải khe hở không khí, thời gian làm việc, hoặc tốc độ đặt điện áp lớn nhất. Đối với nhiều hệ thống đo, thông tin trên hệ thống truyền dẫn cũng như bố trí điện áp cao và bố trí hồi đất là quan trọng. Nếu được yêu cầu, cần có bản mô tả các thành phần của hệ thống đo, kể cả kiểu và nhận dạng của thiết bị đo.

4.4.2 Ngoại lệ

Đối với hệ thống đo hoặc các thành phần được chế tạo trước ngày công bố IEC 60060-2:1994, bằng chứng yêu cầu có thể không có đối với một số phần của thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên. Khi đó các thử nghiệm và kiểm tra tính năng được thực hiện theo IEC 60060-2:1994

cũng được coi là đủ với điều kiện chúng cho thấy hệ số thang đo là ổn định. Kết quả của các kiểm tra này cũng phải được lưu trong hồ sơ tính năng.

Các hệ thống đo đã được chấp nhận gồm nhiều thiết bị có thể được sử dụng đối lẫn có thể nằm trong chỉ một hồ sơ tính năng chứa tất cả các kết hợp có thể có với số lượng trùng lặp ít nhất có thể. Đặc biệt, mỗi thiết bị chuyển đổi phải được đề cập trong hồ sơ tính năng một cách riêng biệt, nhưng các hệ thống truyền dẫn và thiết bị đo có thể được đề cập chung.

4.5 Điều kiện làm việc

Hệ thống đo phải được nối trực tiếp với đầu nối của đối tượng thử nghiệm, hoặc theo một cách mà chênh lệch điện áp giữa các đầu nối của đối tượng thử nghiệm và hệ thống đo là không đáng kể. Ghép nối ký sinh giữa mạch thử nghiệm và mạch đo cần được giảm thiểu.

CHÚ THÍCH 1: Ghép nối ký sinh có thể cần nghiên cứu.

Hệ thống đo đã được chấp nhận phải có độ không đảm bảo đo nằm trong phạm vi yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn này xuyên suốt phạm vi hoạt động và điều kiện môi trường cho trong hồ sơ tính năng.

Thời gian vận hành ấn định đối với hệ thống đo với điện áp một chiều và xoay chiều phải được quy định.

CHÚ THÍCH 2: Giá trị nhỏ nhất khuyến cáo đối với thời gian vận hành ấn định là 1 h.

Tốc độ đặt điện áp xung lớn nhất phải được quy định.

CHÚ THÍCH 3: Giá trị nhỏ nhất khuyến cáo đối với tốc độ đặt lớn nhất là một hoặc hai xung trong 1 min và được quy định tùy thuộc vào cỡ của thiết bị chuyển đổi.

Phạm vi các điều kiện môi trường, trong đó các thành phần của hệ thống đo đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này, phải được công bố.

4.6 Độ không đảm bảo đo

Độ không đảm bảo đo của tất cả các phép đo được thực hiện trong tiêu chuẩn này phải được đánh giá theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3).

Các quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo phải được chọn từ TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) và được trình bày trong tiêu chuẩn này. Các quy trình rút gọn này của Điều 5 được coi là đủ đối với bố trí trang thiết bị đo và phép đo thường được sử dụng trong thử nghiệm điện áp cao: tuy nhiên, người sử dụng có thể lựa chọn các quy trình thích hợp khác từ TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), mà một số quá trình được giới thiệu trong Phụ lục A và Phụ lục B.

Nói chung, đại lượng đo được xem như hệ số thang đo của hệ thống đo, nhưng trong một số trường hợp, các đại lượng khác như các tham số thời gian của điện áp xung và các sai số của chúng, cũng cần được xem xét.

TCVN 6099-2:2016

CHÚ THÍCH 1: Các đại lượng đo khác đối với các thiết bị chuyển đổi cụ thể thường được sử dụng. Ví dụ, bộ phân áp được đặc trưng bởi tỷ số điện áp và độ không đảm bảo đo của nó trong dải đo ấn định được sử dụng. Máy biến áp được đặc trưng bởi sai số của tỷ số, độ lệch pha và độ không đảm bảo đo tương ứng.

Theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), độ không đảm bảo đo được xác định bằng cách kết hợp các thành phần độ không đảm bảo đo của Kiểu A và Kiểu B (xem 5.10, 5.11 và Phụ lục A). Các thành phần độ không đảm bảo đo nhận được từ các kết quả đo, sổ tay hướng dẫn của nhà chế tạo, chứng nhận hiệu chuẩn và từ các giá trị hợp lý ước lượng của các đại lượng ảnh hưởng trong quá trình đo. Ví dụ các đại lượng ảnh hưởng được đề cập trong Điều 5 bao gồm nhiệt độ và hiệu ứng lân cận. Ngoài ra, độ phân giải bị hạn chế của thiết bị đo có thể được đưa vào nếu cần thiết.

CHÚ THÍCH 2: Độ phân giải của thiết bị đo, ví dụ với một vài chữ số có nghĩa, có thể là nguồn đáng kể gây ra độ không đảm bảo đo.

Trong thử nghiệm điện áp thực, cần thiết phải xét đến các đại lượng ảnh hưởng bổ sung, bên cạnh độ không đảm bảo đo hiệu chuẩn của hệ số thang đo được công bố trong chứng nhận hiệu chuẩn, để thu được độ không đảm bảo đo của giá trị điện áp thử nghiệm.

Một số hướng dẫn về việc xác định các thành phần của độ không đảm bảo đo, mà cần thiết phải xem xét, và về sự kết hợp của chúng được cho trong Điều 5, Phụ lục A và Phụ lục B. Độ không đảm bảo đo phải được cho như độ không đảm bảo đo mở rộng đối với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 % ứng với hệ số bao phủ $k = 2$ với giả thiết phân bố chuẩn.

CHÚ THÍCH 3: Trong tiêu chuẩn này, độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo và phép đo điện áp (5.2 đến 5.10) được biểu diễn bằng độ không đảm bảo đo tương đối thay cho độ không đảm bảo đo tuyệt đối thường được xem xét trong TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3). Ứng dụng trực tiếp của TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) và sự xem xét độ không đảm bảo đo tuyệt đối được thể hiện trong 5.11 đối với các tham số thời gian cũng như trong Phụ lục A và Phụ lục B.

5 Thử nghiệm và yêu cầu thử nghiệm đối với hệ thống đo được chấp nhận và các thành phần của nó

5.1 Yêu cầu chung

Hệ số thang đo ấn định của hệ thống đo phải được xác định bằng cách hiệu chuẩn theo các thử nghiệm tính năng được quy định. Hệ số thang đo ấn định là một giá trị duy nhất đối với phạm vi đo ấn định. Nếu cần thiết, một vài dải đo ấn định với các hệ số thang đo khác nhau có thể được xác định.

Đối với hệ thống đo xung, các thử nghiệm tính năng còn cho thấy rằng tính năng động của nó là đủ đối với các phép đo quy định và mức nhiễu bất kỳ nhỏ hơn các giới hạn quy định.

Do kích thước lớn của thiết bị và các điều kiện môi trường thực tế, việc hiệu chuẩn cần được thực hiện tại hiện trường bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn.

Các hệ thống đo có kích thước nhỏ hoặc thành phần của nó có thể được vận chuyển đến một phòng thử nghiệm khác để hiệu chuẩn trong bố trí mô phỏng được các điều kiện làm việc, với điều kiện thử nghiệm nhiều, khi được quy định, được thực hiện trong phòng thử nghiệm của người sử dụng.

Nếu thiết bị chuyển đổi nhạy với các hiệu ứng lân cận, dải khe hở không khí mà tại đó hệ số thang đo ấn định là có hiệu lực phải được xác định và ghi trong hồ sơ tính năng. Cho phép ấn định một hoặc nhiều dải khe hở không khí và các hệ số thang đo tương ứng.

Hệ số thang đo của hệ thống đo phải được xác định trong dải đo ấn định, thường bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn. Tuy nhiên, vì các hệ thống đo chuẩn không phải luôn có sẵn ở các điện áp cao, nên sự so sánh có thể được thực hiện ở điện áp thấp hơn 20 % dải đo ấn định, với điều kiện tính tuyến tính được xác định từ điểm này đến giới hạn của dải đo ấn định. Một trong các phương pháp được cho trong 5.3 phải được sử dụng cho phần mở rộng này.

Tất cả các thiết bị được sử dụng để thiết lập các hệ số thang đo của hệ thống đo phải có sự hiệu chuẩn có thể truy xuất được đến các chuẩn quốc gia và/hoặc quốc tế.

CHÚ THÍCH: Sự hiệu chuẩn được thực hiện bởi Viện Đo lường Quốc gia, hoặc bởi một phòng thử nghiệm được công nhận cho các đại lượng cần hiệu chuẩn và được báo cáo trong chứng chỉ công nhận, được coi như có thể truy xuất đến các chuẩn quốc gia và/hoặc quốc tế.

Các điều kiện có tác động đến kết quả hiệu chuẩn hệ thống đo được chấp nhận phải được nêu trong hồ sơ tính năng.

5.2 Hiệu chuẩn – Xác định hệ số thang đo

5.2.1 Hiệu chuẩn hệ thống đo bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn (phương pháp ưu tiên)

5.2.1.1 Phép đo so sánh

(Các) hệ số thang đo được xác định đối với hệ thống đo hoàn chỉnh bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn.

Điện áp đầu vào được sử dụng để hiệu chuẩn nên cùng một kiểu, cùng tần số hoặc cùng dạng sóng với các điện áp cần đo. Nếu điều kiện này không được đáp ứng, các thành phần độ không đảm bảo đo liên quan phải được ước lượng.

Để so sánh, hệ thống đo chuẩn, có thể truy xuất đến Viện Đo lường Quốc gia, phải được nối song song với hệ thống đo cần hiệu chuẩn. Cần chú ý để tránh (các) vòng tiếp đất giữa các thiết bị chuyển đổi và các thiết bị đo. Phải thực hiện việc đọc đồng thời trên cả hai hệ thống. Giá trị của đại lượng đầu vào thu được đối với mỗi phép đo bằng hệ thống đo chuẩn chia cho số đọc tương ứng của thiết bị trong hệ thống cần thử nghiệm để thu được kết quả F_1 của hệ số thang đo của nó. Quy trình được lặp lại n lần để thu được giá trị trung bình F_g của hệ số thang đo của hệ thống được thử nghiệm ở mức điện áp U_g . Giá trị trung bình được cho bởi:

TCVN 6099-2:2016

$$F_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{i,g}$$

Độ lệch chuẩn tương đối s_g của F_g được cho bởi:

$$s_g = \frac{1}{F_g} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_{i,g} - F_g)^2}$$

và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn tương đối Kiểu A u_g của giá trị trung bình F_g được cho bởi (Phụ lục A):

$$u_g = \frac{s_g}{\sqrt{n}}$$

CHÚ THÍCH 1: Thông thường không cần nhiều hơn 10 giá trị đọc độc lập.

CHÚ THÍCH 2: Đối với phép đo điện áp một chiều và xoay chiều, các giá trị đọc độc lập cần có được bằng cách đặt điện áp thử nghiệm và lấy n giá trị đọc hoặc bằng cách đặt điện áp thử nghiệm n lần và lấy giá trị đọc mỗi lần. Đối với trường hợp xung, đặt n xung.

Hệ thống đo có một vài phạm vi đo ấn định (ví dụ bộ phân áp có một vài nhánh điện áp thấp) hoặc các hệ thống truyền dẫn khác nhau phải được hiệu chuẩn đối với mỗi dải hoặc hệ thống truyền dẫn. Các hệ thống đo có các bộ suy giảm thứ cấp có thể được hiệu chuẩn trên chỉ một thiết lập, miễn là tải trên đầu ra của thiết bị chuyển đổi có thể cho thấy là không đổi đối với tất cả các thiết lập bởi các thử nghiệm khác. Đối với các trường hợp như vậy, toàn dải của các bộ suy giảm thứ cấp phải được hiệu chuẩn độc lập.

Hệ số thang đo phải được xác định trên dải đo ấn định bằng một trong các phương pháp sau đây được mô tả trong 5.2.1.2 (hay được sử dụng), 5.2.1.3 và 5.2.2.

5.2.1.2 So sánh trên toàn dải đo ấn định

Thử nghiệm này bao gồm việc xác định hệ số thang đo ấn định và xác định tính tuyến tính. Việc xác định hệ số thang đo phải được thực hiện bằng cách so sánh trực tiếp với hệ thống đo chuẩn ở các mức nhỏ nhất và lớn nhất của dải đo ấn định và trên tối thiểu ba mức trung gian xấp xỉ cách đều nhau (Hình 2). Hệ số thang đo ấn định F được lấy là giá trị trung bình của tất cả các hệ số thang đo F_g được ghi ở các mức điện áp h :

$$F = \frac{1}{h} \sum_{g=1}^h F_g \text{ đối với } h \geq 5$$

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của việc xác định hệ số thang đo ấn định F thu được là giá trị lớn nhất của các độ không đảm bảo đo đơn lẻ của kiểu A (Hình 3):

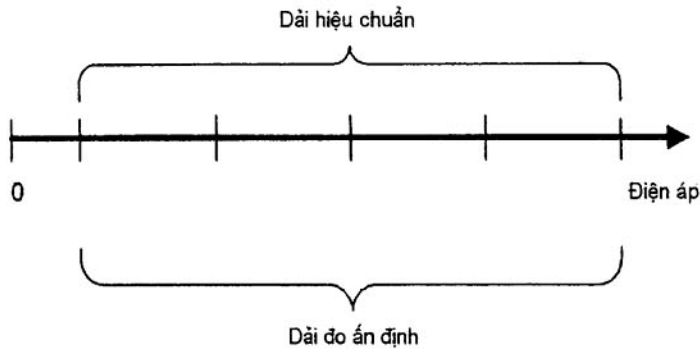
$$u_A = \max_{g=1}^h u_g$$

Ảnh hưởng của độ phi tuyến trong F được ước lượng là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu B được biểu diễn bởi:

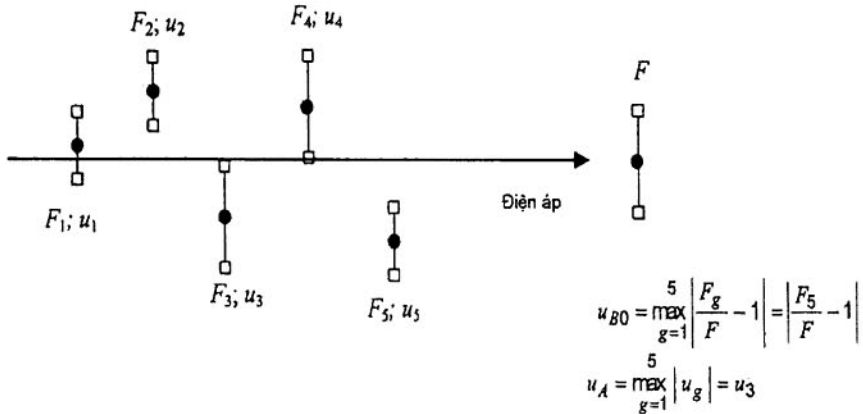
$$u_{B0} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{g=1}^h \left| \frac{F_g}{F} - 1 \right|$$

CHÚ THÍCH 1: Giá trị được làm tròn F_0 có thể được lấy là hệ số thang đo ấn định nếu chênh lệch giữa F_0 và F được giới thiệu như một thành phần độ không đảm bảo đo của Kiểu B trong ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của hệ số thang đo F_0 .

CHÚ THÍCH 2: Các hệ số thang đo riêng rẽ và độ không đảm bảo đo của chúng ở các mức điện áp h cần được nêu trong chứng nhận hiệu chuẩn.



Hình 2 – Hiệu chuẩn bằng cách so sánh trên toàn dải điện áp



Hình 3 – Các thành phần độ không đảm bảo đo của hiệu chuẩn
(ví dụ với tối thiểu 5 mức điện áp)

TCVN 6099-2:2016

5.2.1.3 So sánh trên dải điện áp giới hạn

Trong các trường hợp dải đo ấn định vượt quá khả năng của hệ thống đo chuẩn, hệ số thang đo phải được xác định bằng cách so sánh đến điện áp lớn nhất của hệ thống đo chuẩn. Việc so sánh phải luôn được thực hiện ở điện áp không thấp hơn 20 % giới hạn trên của dải đo ấn định (Hình 4).

So sánh phải được thực hiện bằng thử nghiệm tính tuyến tính theo 5.3. Thành phần độ không đảm bảo đo liên quan đến tính tuyến tính phải được xem xét trong tính toán độ không đảm bảo đo khi sử dụng hệ thống đo, xem 5.10.3.

So sánh với hệ thống đo chuẩn được thực hiện ở các $a \geq 2$ mức điện áp, khi mức điện áp cao nhất bằng với điện áp lớn nhất của hệ thống đo chuẩn. Thử nghiệm tính tuyến tính cần thiết được thực hiện ở $b \geq 2$ mức điện áp, với một mức bằng với mức so sánh lớn nhất (xem 5.3). Các mức điện áp sau đó phải được chọn sao cho chúng tối thiểu bao gồm mức nhỏ nhất và lớn nhất của dải đo ấn định, và

$$a + b \geq 6$$

Hệ số thang đo ấn định F được lấy là giá trị trung bình của các hệ số thang đo ghi được với hệ thống đo chuẩn:

$$F = \frac{1}{a} \sum_{g=1}^a F_g$$

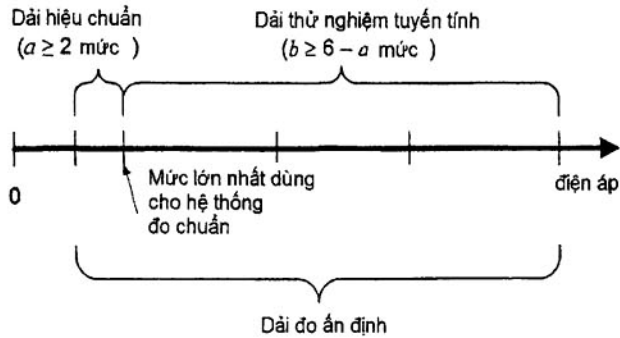
Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A của hệ số thang đo F_m thu được là giá trị lớn nhất trong số các độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn đơn lẻ u_g

$$u_A = \max_{g=1}^a u_g$$

và thành phần phi tuyến đối với các giá trị hiệu chuẩn:

$$u_{B0} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{g=1}^a \left| \frac{F_g}{F} - 1 \right|$$

CHÚ THÍCH: Giá trị được làm tròn F_o có thể được lấy là hệ số thang đo ấn định nếu chênh lệch giữa F_o và F được giới thiệu như một thành phần độ không đảm bảo đo của Kiểu B trong ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của hệ số thang đo F_o .



Hình 4 – Hiệu chuẩn bằng cách so sánh trên dải điện áp giới hạn, với thử nghiệm tính tuyến tính bổ sung

5.2.2 Xác định hệ số thang đo của hệ thống đo từ hệ số thang đo của các thành phần của nó (phương pháp thay thế)

Hệ số thang đo ấn định của hệ thống đo phải được xác định là tích của hệ số thang đo của thiết bị chuyển đổi, hệ thống truyền dẫn, bộ suy giảm thứ cấp bất kỳ và thiết bị đo.

Đối với thiết bị chuyển đổi và hệ thống truyền dẫn hoặc kết hợp của chúng, hệ thống thang đo phải được đo bằng một trong các phương pháp được cho dưới đây. Không đòi hỏi các thử nghiệm riêng rẽ đối với các hệ thống truyền dẫn chỉ chứa cáp. Hệ số thang đo của thiết bị đo được xác định theo tiêu chuẩn liên quan (ví dụ xem IEC 61083-1 và IEC 61083-2) hoặc bằng cách thực hiện hiệu chuẩn và thử nghiệm theo Điều 5 này.

Việc xác định hệ số thang đo của một thành phần có thể được thực hiện bằng một trong các phương pháp sau đây:

- so sánh với một thành phần chuẩn (ví dụ một bộ phân áp so sánh với một bộ phân áp chuẩn) hoặc áp dụng của bộ hiệu chuẩn điện áp thấp chính xác;
- các phép đo đồng thời các đại lượng đầu vào và đầu ra của nó;
- phương pháp bắc cầu hoặc phép đo tỷ lệ điện áp thấp chính xác;
- tính dựa trên trở kháng đo được.

CHÚ THÍCH 1: Cần chú ý để đảm bảo rằng điện dung hoặc ghép nối tạp tán thích hợp và ảnh hưởng qua lại của các thành phần được bao gồm trong phép đo.

Đối với mỗi thành phần của hệ thống đo, các thành phần kiểu A và Kiểu B của độ không đảm bảo đo phải được ước lượng (5.2 đến 5.9) và độ không đảm bảo đo kết hợp đối với mỗi thành phần phải được xác định (5.10) có tính đến các thành phần độ không đảm bảo đo của các thiết bị đo được sử dụng để hiệu chuẩn.

TCVN 6099-2:2016

CHÚ THÍCH 2: Việc ước lượng các thành phần độ không đảm bảo đo trong phương pháp hiệu chuẩn thành phần đòi hỏi phải phân tích từng thành phần trên toàn dải của các điều kiện, - điện áp, nhiệt độ, hiệu ứng lân cận, v.v... – mà có thể ảnh hưởng đến kết quả. Phân tích này là phức tạp và đòi hỏi hiểu phải sâu về quá trình đo.

Độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo điện áp thu được bằng cách kết hợp các độ không đảm bảo đo kết hợp của các thành phần theo các điều khoản của TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) (xem thêm Phụ lục A và Phụ lục B, ví dụ B.2).

Việc ước lượng độ không đảm bảo đo của phép đo tham số thời gian phải được thực hiện bằng cách áp dụng các điều khoản của 5.11 và các nguyên tắc giống với phép đo điện áp.

5.3 Thử nghiệm tính tuyến tính

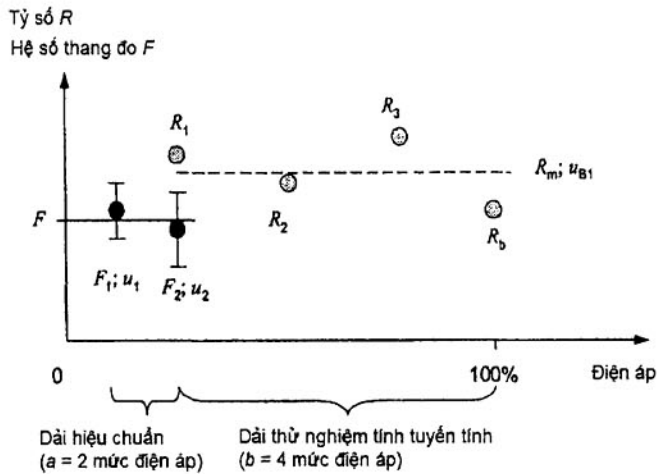
5.3.1 Ứng dụng

Thử nghiệm này chỉ nhằm cung cấp phần mở rộng của tính hợp lệ của hệ số thang đo từ điện áp lớn nhất mà tại đó việc hiệu chuẩn được thực hiện theo 5.2.1.3, đến giới hạn trên của dải đo ấn định (Hình 4).

Đầu ra của hệ thống đo phải được so sánh với một thiết bị hoặc hệ thống đã được chứng minh tính tuyến tính của nó hoặc có thể giả sử là tuyến tính trên toàn dải điện áp (xem 5.3.2). Việc không chứng minh được tuyến tính bằng cách sử dụng phương pháp như vậy không có nghĩa là hệ thống đo là phi tuyến. Trong trường hợp này, phải chọn phương pháp thích hợp khác cho thử nghiệm tính tuyến tính. Tỷ lệ giữa số đọc của hệ thống đo và số đọc của thiết bị hoặc hệ thống so sánh phải được thiết lập như mô tả trong 5.2.1.1 đối với b điện áp khác nhau trong dải từ giới hạn trên của dải đo ấn định đến điện áp mà ở đó hệ số thang đo được xác định (Hình 4).

Đánh giá tính tuyến tính dựa trên độ lệch lớn nhất của tỷ số R_g so với giá trị trung bình R_m của b tỷ số giữa điện áp đo được và điện áp tương ứng của thiết bị so sánh. Độ lệch lớn nhất được lấy là ước lượng kiểu B của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn liên quan đến tính phi tuyến của hệ số thang đo trong dải điện áp mở rộng (Hình 5):

$$u_{B1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{g=1}^b \left| \frac{R_g}{R_m} - 1 \right|$$



CHÚ DẪN

F_1, F_2 hệ số thang đo được xác định bằng cách hiệu chuẩn với bộ phân áp chuẩn trong dải hiệu chuẩn

u_1, u_2 độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo F_1 và F_2

F giá trị trung bình của F_1 và F_2

$R_1 \dots R_b$ các tỷ số được xác định trong dải điện áp mở rộng chỉ đối với thử nghiệm tính tuyến tính

R_m giá trị trung bình của các tỷ số được xác định với thiết bị tuyến tính trong dải điện áp mở rộng

u_{B1} độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu B được tạo ra do tính phi tuyến của hệ số thang đo trong dải điện áp mở rộng

Hình 5 – Thử nghiệm tính tuyến tính của hệ thống đo với thiết bị tuyến tính trong dải điện áp mở rộng

5.3.2 Các phương pháp thay thế theo trình tự về tính phù hợp

5.3.2.1 So sánh với hệ thống đo được chấp nhận

Đầu ra của hệ thống đo phải được kiểm tra so với đầu ra của hệ thống đo được chấp nhận theo các quy trình được mô tả trong 5.3.1. Tính tuyến tính của hệ thống đo được chấp nhận phải được thiết lập với phương pháp chuẩn trong quá trình hiệu chuẩn được cho trong 5.2.

5.3.2.2 So sánh với điện áp đầu vào của máy phát điện áp cao tuyến tính

Đầu ra của hệ thống đo phải được kiểm tra so với điện áp đầu vào của máy phát điện áp cao có xét đến các mức điện áp được mô tả trong 5.3.1.

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp được đặc biệt áp dụng cho điện áp nạp của máy phát xung nhiều tầng hoặc đầu vào điện áp xoay chiều của máy phát điện áp một chiều nhiều tầng.

CHÚ THÍCH 2: Cần chú ý đến việc nạp đều tất cả các tầng của máy phát điện áp. Cần cho phép khoảng thời gian đủ lớn cho tất cả các tầng được nạp trước khi khởi động máy phát.

TCVN 6099-2:2016

5.3.2.3 So sánh với đầu ra của thiết bị đo trường điện (đầu dò trường)

Hệ thống đo có thể được kiểm tra so với hệ thống đo đáp ứng trường điện được đặt theo một cách sao cho đo được trường tỷ lệ với điện áp cần đo. Hệ thống đo trường điện phải cung cấp đáp tuyến thích hợp với loại điện áp được đo.

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp này được kỳ vọng để hoạt động lên đến điện áp khởi phát cho vàng quang (xem TCVN 11472 (IEC 60270)).

CHÚ THÍCH 2: Phương pháp này áp dụng được cho điện áp xoay chiều và điện áp xung.

5.3.2.4 So sánh với một khe hở không khí tiêu chuẩn theo IEC 60052

Hệ thống đo điện áp xoay chiều hoặc điện áp xung sét/đóng cắt có thể được kiểm tra đối với một khe hở hình cầu. Đối với hệ thống đo điện áp một chiều, phải sử dụng thanh/khe hở hình thanh. Trong cả hai trường hợp, so sánh phải được thực hiện theo các điều khoản của IEC 60052.

Thử nghiệm tính tuyến tính hoàn chỉnh phải được thực hiện trong khoảng thời gian đủ ngắn để các điều kiện khí quyển không thay đổi và do đó không cần hiệu chỉnh. Các hiệu chỉnh khác theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) phải được áp dụng dựa trên các điều kiện khí quyển được ghi lại.

5.3.2.5 Phương pháp cho các thiết bị chuyển đổi nhiều ngăn (bộ phân áp)

Đối với một thiết bị chuyển đổi của một vài khối điện áp cao đồng nhất, phải thực hiện các thử nghiệm sau:

- thử nghiệm điển hình trên thiết bị chuyển đổi hoàn chỉnh tương đương (được trang bị các điện cực của nó) như quy định trong các điều từ Điều 6 đến Điều 9;
- phép đo điện dung và/hoặc điện trở của mỗi khối điện áp cao ở năm điện áp cách đều nhau (tương tự với quy định trong 5.2.1.2) phải có hiệu lực. Hệ số thang đo phải được tính đối với mỗi điện áp từ các giá trị của điện dung và/hoặc điện trở và của nhánh điện áp thấp;
- kiểm tra xem thiết bị chuyển đổi lắp ráp không bị tác động đáng kể bởi vàng quang và các ảnh hưởng khác ở giới hạn trên của dải đo ấn định.

CHÚ THÍCH: Các ảnh hưởng đủ lớn có thể được gây ra bởi vàng quang nhìn thấy được và nghe được hoặc dòng điện rò.

5.4 Đáp ứng động

5.4.1 Yêu cầu chung

Đáp tuyến của một thành phần hoặc một hệ thống đo phải được xác định trong các điều kiện đại diện cho sử dụng, cụ thể là khe hở không khí với đất và các kết cấu mang điện. Các phương pháp đo được ưu tiên là đáp tuyến biên độ/tần số đối với điện áp một chiều hoặc xoay chiều, và xác định các hệ số thang đo và tham số thời gian ở giới hạn trên và dưới của khoảng thời gian danh nghĩa của các điện áp xung (5.4.3). Thông tin bổ sung về các phép đo đáp tuyến bậc thang đơn vị được cho trong Phụ lục C.

Ước lượng kiểu B của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn tương đối liên quan đến đáp ứng động được cho bởi:

$$u_{B2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{i=1}^k \left| \frac{F_i}{F} - 1 \right|$$

trong đó k là số lượng hệ số thang đo được xác định trong một dải tần số, hoặc trong một dải của các tham số thời gian xung xác định khoảng thời gian danh nghĩa, F_i là các hệ số thang đo riêng lẻ và F là hệ số thang đo trung bình trong khoảng thời gian danh nghĩa đó.

5.4.2 Xác định đáp tuyến biên độ/tần số

Hệ thống hoặc thành phần chịu một đầu vào hình sin có biên độ đã biết, thường ở mức thấp, và đo đầu ra. Phép đo này được lặp lại đối với một dải tần số thích hợp. Độ lệch của hệ số thang đo được đánh giá theo công thức trên (5.4.1).

5.4.3 Phương pháp chuẩn đối với hệ thống đo điện áp xung

Hồ sơ của điện áp xung được lấy để hiệu chuẩn hệ số thang đo mô tả trong (5.2) được sử dụng cho các giới hạn của khoảng thời gian danh nghĩa, và thành phần độ không đảm bảo đo của phép đo điện áp và tham số thời gian phải được đánh giá theo công thức trên (5.4.1).

CHÚ THÍCH: Đối với thông tin bổ sung bởi phép đo đáp tuyến bậc thang đơn vị và việc đánh giá, xem Phụ lục C.

5.5 Độ ổn định ngắn hạn

Điện áp lớn nhất của dải đo ổn định phải được áp dụng lên hệ thống đo một cách liên tục (hoặc ở tốc độ ổn định cho các xung) trong khoảng thời gian thích hợp với sử dụng dự kiến. Hệ số thang đo phải được đo ngay khi đạt đến điện áp lớn nhất và đo lại lần nữa ngay trước khi điện áp giảm xuống.

CHÚ THÍCH 1: Thử nghiệm độ ổn định ngắn hạn được dự kiến bao gồm ảnh hưởng của tự phát nóng lên thiết bị chuyển đổi.

CHÚ THÍCH 2: Giai đoạn đặt điện áp không nên dài hơn thời gian làm việc ổn định, nhưng có thể được giới hạn ở thời gian đủ để đạt đến trạng thái cân bằng.

Kết quả của thử nghiệm là một ước lượng của thay đổi hệ số thang đo trong thời gian đặt điện áp mà từ đó thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn thu được như một ước lượng kiểu B:

$$u_{B3} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_{after}}{F_{before}} - 1 \right|$$

trong đó F_{before} và F_{after} là các hệ số thang đo trước và sau thử nghiệm độ ổn định ngắn hạn.

5.6 Độ ổn định dài hạn

Độ ổn định của hệ số thang đo phải được xem xét và đánh giá trong một khoảng thời gian dài và thường được ước lượng như một thành phần độ không đảm bảo đo có hiệu lực cho thời gian sử dụng

TCVN 6099-2:2016

dự kiến (thường cho đến lần hiệu chuẩn tiếp theo), T_{use} . Việc đánh giá có thể dựa trên dữ liệu của nhà chế tạo hoặc trên các kết quả của một loạt các thử nghiệm tính năng. Kết quả của việc đánh giá là một ước lượng của thay đổi hệ số thang đo. Việc đánh giá đưa đến một thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn, được gọi là một ước lượng kiểu B:

$$u_{B4} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_2}{F_1} - 1 \right| \frac{T_{use}}{T_2 - T_1}$$

trong đó F_1 và F_2 là các hệ số thang đo của hai thử nghiệm tính năng liên tiếp thực hiện ở thời gian T_1 và T_2 .

Trong các trường hợp khi có sẵn một số các kết quả thử nghiệm tính năng, độ ổn định dài hạn có thể được đặc trưng bởi thành phần kiểu A:

$$u_{B4} = \frac{T_{use}}{T_{mean}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_m} - 1 \right)^2}{n-1}}$$

trong đó kết quả của các thử nghiệm tính năng lặp lại là các hệ số thang đo F_i , với giá trị trung bình F_m và được lặp lại với khoảng thời gian trung bình T_{mean} .

CHÚ THÍCH: Độ ổn định dài hạn thường được công bố theo chu kỳ một năm.

5.7 Hiệu ứng nhiệt độ môi trường

Hệ số thang đo của hệ thống đo có thể bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường. Điều này có thể được định lượng bằng cách xác định hệ số thang đo ở các nhiệt độ môi trường khác nhau hoặc bằng cách tính toán dựa trên đặc tính của các thành phần. Chi tiết của thử nghiệm hoặc tính toán phải được đưa vào hồ sơ tính năng.

Kết quả của thử nghiệm hoặc tính toán là sự ước lượng của thay đổi hệ số thang đo do nhiệt độ môi trường. Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn liên quan là ước lượng kiểu B sau đây:

$$u_{B5} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_T}{F} - 1 \right|$$

trong đó F_T là hệ số thang đo ở nhiệt độ được xem xét và F là hệ số thang đo ở nhiệt độ hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH 1: Nếu sai lệch F_T so với F lớn hơn 1 %, nên thực hiện hiệu chỉnh hệ số thang đo.

CHÚ THÍCH 2: Ảnh hưởng tự phát nóng được bao gồm trong thử nghiệm độ ổn định ngắn hạn.

CHÚ THÍCH 3: Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ đối với hệ số thang đo có thể được sử dụng trong các trường hợp khi nhiệt độ môi trường thay đổi trong một dải rộng. Bất kỳ sự hiệu chỉnh nhiệt độ nào được sử dụng cần được liệt kê trong hồ sơ tính năng. Đối với các trường hợp khi áp dụng hiệu chỉnh nhiệt độ, độ không đảm bảo đo u_{B5} của hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ có thể được lấy là thành phần độ không đảm bảo đo.

5.8 Hiệu ứng lân cận

Sự thay đổi của hệ số thang đo hoặc của một tham số của thiết bị, do hiệu ứng lân cận, có thể được xác định bằng cách thực hiện phép đo đối với các khoảng cách khác nhau của thiết bị so với vách nổi đất hoặc kết cấu mang điện.

Kết quả của thử nghiệm là thay đổi hệ số thang đo mà từ đó thành phần độ không đảm bảo đo kiểu B được ước lượng:

$$u_{B6} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_{\max}}{F_{\min}} - 1 \right|$$

trong đó F_{\max} và F_{\min} là các hệ số thang đo đối với khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất đến các đối tượng khác.

CHÚ THÍCH 1: Các giá trị khác nhau đối với u_{B6} có thể được cho với các dải khoảng cách khác nhau.

CHÚ THÍCH 2: Cho phép chọn một số trang bị thử nghiệm để xác nhận các hệ thống đo của chúng chỉ đối với một tập hợp các khoảng cách, hoặc cho một vài tập hợp hoặc các dải khoảng cách.

5.9 Hiệu ứng phần mềm

Cách phần mềm thực hiện đánh giá dữ liệu đo được có thể dẫn đến độ không đảm bảo đo mà phải được ước lượng. Có thể thực hiện điều này bằng cách đánh giá một bộ dữ liệu thử nghiệm với các giá trị chuẩn được thiết lập. Đối với các điện áp xung, xem IEC 61083-2.

Kết quả của đánh giá là một ước lượng ảnh hưởng của quá trình xử lý dữ liệu, từ đó thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn tương đối u_{B7} được xác định như một ước lượng kiểu B.

5.10 Tính toán độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo

5.10.1 Quy định chung

Quy trình rút gọn đề xác định độ không đảm bảo đo mở rộng của hệ số thang đo ấn định F của hệ thống đo được cho ở đây. Quy trình dựa trên một vài giả thiết, mà trong nhiều trường hợp có thể đúng, nhưng cần được xác nhận trong từng trường hợp riêng lẻ. Các giả thiết chính như sau:

- Không có sự tương quan giữa các đại lượng đo;
- Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được đánh giá bằng phương pháp của Kiểu B được giả thiết có phân bố chữ nhật.
- Ba thành phần độ không đảm bảo đo lớn nhất có độ lớn xấp xỉ bằng nhau.

Các giả thiết này dẫn đến một quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo mở rộng của hệ số thang đo F , cho cả tình huống hiệu chuẩn và cả sử dụng hệ thống đo được chấp nhận trong các phép đo.

Độ không đảm bảo đo mở rộng của việc hiệu chuẩn U_{cal} được ước lượng từ độ không đảm bảo đo của việc hiệu chuẩn hệ thống chuẩn và từ ảnh hưởng của các đại lượng khác được giải thích trong điều

TCVN 6099-2:2016

này, ví dụ như độ ổn định của hệ thống đo chuẩn và các tham số môi trường trong quá trình hiệu chuẩn.

Độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo U_M của đại lượng thử nghiệm được đánh giá từ độ không đảm bảo đo của việc hiệu chuẩn hệ số thang đo của hệ thống đo được chấp nhận và từ ảnh hưởng của các đại lượng khác được đề cập trong 5.10.3, ví dụ như độ ổn định của hệ thống đo và các tham số môi trường trong phép đo mà chúng không được xét đến trong chứng nhận hiệu chuẩn.

Các phương pháp khác để ước lượng độ không đảm bảo đo được cho trong TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) và mô tả trong Phụ lục A và Phụ lục B.

5.10.2 Độ không đảm bảo đo của việc hiệu chuẩn

Độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của việc hiệu chuẩn hệ số thang đo U_{cal} được tính từ độ không đảm bảo đo của hệ thống đo chuẩn và độ không đảm bảo đo Kiểu A và Kiểu B được giải thích trong điều này:

$$U_{cal} = k \cdot u_{cal} = 2 \sqrt{u_{ref}^2 + u_A^2 + \sum_{i=0}^N u_{Bi}^2}$$

trong đó:

$k = 2$ là hệ số bao phủ đối với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 % và phân bố chuẩn;

u_{ref} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của hệ số thang đo của hệ thống đo chuẩn khi hiệu chuẩn;

u_A là độ không đảm bảo đo thống kê Kiểu A khi xác định hệ số thang đo;

u_{B0} là thành phần phi tuyến của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được xác định trong khi hiệu chuẩn hệ số thang đo (xem 5.2);

u_{Bi} là thành phần của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của hệ số thang đo được tạo ra bởi đại lượng ảnh hưởng thứ i và được đánh giá như thành phần Kiểu B (Phụ lục A). Các thành phần này liên quan đến hệ thống đo chuẩn, và bắt nguồn từ độ không ổn định phi tuyến, ngắn hạn và dài hạn, v.v... và được xác định bằng các phép đo bổ sung hoặc được ước lượng từ các nguồn dữ liệu khác theo 5.3 đến 5.9. Các ảnh hưởng liên quan đến hệ thống đo được chấp nhận, như độ không ổn định ngắn hạn, và độ phân giải phép đo cũng phải được tính đến nếu chúng là đáng kể trong quá trình hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH: Nếu việc hiệu chuẩn được thực hiện trên toàn dải đo ấn định (5.2.1.2), không đòi hỏi có thử nghiệm tính tuyến tính riêng rẽ.

Trong các trường hợp khi việc giả thiết được nhắc đến ở trên không có hiệu lực, các quy trình được cho trong Phụ lục A hoặc, nếu cần thiết, trong TCVN 9595-3:2013 (ISO/IEC Guide 98-3:2008) phải được áp dụng.

Số lượng N của các thành phần độ không đảm bảo đo Kiểu B có thể khác đối với các loại điện áp thử nghiệm khác nhau (Điều 6 đến Điều 9). Các thông tin khác về thành phần Kiểu B được cho trong các điều liên quan.

Nếu hệ số thang đo ấn định của hệ thống đo được tính từ các hệ số của các thành phần của nó (5.2.2), thì độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của việc hiệu chuẩn các thành phần phải được kết hợp với các độ không đảm bảo đo mô tả các điều kiện bổ sung của hệ thống đo và môi trường của nó (xem Phụ lục A).

5.10.3 Độ không đảm bảo đo của phép đo sử dụng hệ thống đo được chấp nhận

Ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo giá trị điện áp thử nghiệm là trách nhiệm của người sử dụng. Tuy nhiên, việc ước lượng này có thể cho trước đối với dải xác định các điều kiện đo cùng với chứng nhận hiệu chuẩn.

Độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của phép đo giá trị điện áp thử nghiệm U_M được tính từ độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của hệ số thang đo ấn định như xác định trong hiệu chuẩn của hệ thống đo được chấp nhận và các thành phần độ không đảm bảo đo Kiểu B bổ sung được giải thích trong điều này:

$$U_M = k \cdot u_M = 2 \cdot \sqrt{u_{cal}^2 + \sum_{i=0}^N u_{Bi}^2}$$

trong đó:

$k = 2$ là hệ số bao phủ đối với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 % và phân bố chuẩn;

u_M là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của phép đo sử dụng hệ thống đo được chấp nhận, có hiệu lực đối với khoảng thời gian sử dụng dự kiến, ví dụ khoảng thời gian hiệu chuẩn;

u_{cal} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của hệ số thang đo của hệ thống đo được chấp nhận được xác định khi hiệu chuẩn (xem 5.10.2);

u_{Bi} là thành phần của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của hệ số thang đo của hệ thống đo được chấp nhận được tạo ra bởi đại lượng ảnh hưởng thứ i và được đánh giá như thành phần Kiểu B. Các thành phần này liên quan đến sử dụng bình thường của hệ thống đo được chấp nhận, và bắt nguồn từ độ không ổn định phi tuyến, ngắn hạn và dài hạn, v.v... và được xác định bằng các phép đo bổ sung hoặc được ước lượng từ các nguồn dữ liệu khác theo 5.3 đến 5.9. Các ảnh hưởng đáng kể khác cũng phải được tính đến, ví dụ độ phân giải của thiết bị hiển thị của hệ thống đo được chấp nhận.

CHÚ THÍCH: Chứng nhận hiệu chuẩn có thể bao gồm thông tin về cả độ không đảm bảo đo của hiệu chuẩn, u_{cal} , và độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của phép đo giá trị điện áp thử nghiệm, U_M , khi sử dụng hệ thống đo được chấp nhận trong các điều kiện xác định được nêu.

TCVN 6099-2:2016

Trong các trường hợp khi các giá thiết được nhắc ở trên trong 5.10.1 là không có hiệu lực, các quy trình cho trong Phụ lục A hoặc, nếu cần thiết trong TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), phải được áp dụng.

Số lượng N của các thành phần độ không đảm bảo đo Kiểu B có thể khác đối với các loại đại lượng thử nghiệm khác nhau (Điều 6 đến Điều 9, các điện áp và tham số thời gian).

5.11 Tính toán độ không đảm bảo đo của phép đo tham số thời gian (chỉ đối với điện áp xung)

5.11.1 Quy định chung

Hệ thống đo được chấp nhận đối với điện áp xung phải có khả năng đo các tham số thời gian (T_1 , T_2 , T_p , T_c) trong giới hạn độ không đảm bảo đo quy định khi tham số nằm trong dải quy định. Đối với thời gian sườn trước, dải này thường là khoảng thời gian danh nghĩa. Bằng chứng thực nghiệm có thể được cho bằng phương pháp so sánh hoặc phương pháp thành phần. Bằng chứng cũng có thể được cho bằng cách tính toán, sử dụng phương pháp tích chập trên cơ sở đáp tuyến bậc thang thực nghiệm (Phụ lục C và Phụ lục D).

Quy trình chung để đánh giá các tham số thời gian và độ không đảm bảo đo của chúng được mô tả cho thời gian sườn trước T_1 , được xác định bằng phương pháp so sánh (xem ví dụ trong Điều B.3). Có thể áp dụng cho các tham số thời gian khác theo cùng một cách.

CHÚ THÍCH: Cần nhớ rằng việc ước lượng độ không đảm bảo đo của các tham số thời gian dẫn đến giá trị độ không đảm bảo đo tuyệt đối.

5.11.2 Độ không đảm bảo đo của việc hiệu chuẩn tham số thời gian

Thời gian sườn trước T_1 của n điện áp xung phải được đánh giá đồng thời với hệ thống đo được thử nghiệm, ký hiệu là X , và hệ thống đo chuẩn, ký hiệu là N . Sai lệch của hệ thống đo chuẩn được coi là không đáng kể. Sai số trung bình của các thời gian sườn trước là

$$\Delta T_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{1X,i} - T_{1N,i})$$

và độ lệch chuẩn thực nghiệm là

$$s(\Delta T_1) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta T_{1,i} - \Delta T_1)^2}$$

trong đó $\Delta T_{1,i}$ là chênh lệch thứ i của các thời gian sườn trước được đo bởi hệ thống X và N .

CHÚ THÍCH 1: Thông thường không cần nhiều hơn 10 số đọc độc lập.

CHÚ THÍCH 2: Nói chung, các thời gian sườn trước được đánh giá từ cùng các hồ sơ của N và X , được sử dụng để đánh giá các giá trị đỉnh để xác định hệ số thang đo (5.2.2.1).

Từ $s(\Delta T_1)$, độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A được tính:

$$u_A = \frac{s(\Delta T_1)}{\sqrt{n}}$$

Việc so sánh được thực hiện ở mức điện áp thích hợp bằng cách sử dụng tối thiểu hai thời gian sườn trước, bao gồm các giá trị T_1 lớn nhất và nhỏ nhất của khoảng thời gian danh nghĩa mà hệ thống đo được chấp nhận. Có thể bổ sung giá trị T_1 ở giữa khoảng thời gian danh nghĩa. Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A của phép đo tham số thời gian thu được là giá trị lớn nhất của các độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn đơn được xác định cho các giá trị T_1 khác nhau. Đối với mỗi giá trị T_1 trong số các giá trị khác nhau, sai số trung bình ΔT_{1j} được tính như mô tả ở trên. Trung bình tổng sai số trung bình với $m \geq 2$ là:

$$\Delta T_{1m} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta T_{1,j}$$

Chênh lệch lớn nhất giữa các giá trị riêng lẻ $\Delta T_{1,j}$ và giá trị trung bình của chúng ΔT_{1m} được lấy để xác định độ không đảm bảo đo Kiểu B u_B :

$$u_B = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{j=1}^m |\Delta T_{1,j} - \Delta T_{1m}|$$

CHÚ THÍCH: Thông thường hơn, hệ thống đo chuẩn N có thể được đặc trưng theo cùng cách bằng sai số trung bình của thời gian sườn trước, được thể hiện bằng ΔT_{1ref} , như được công bố trong chứng nhận hiệu chuẩn cho khoảng thời gian danh nghĩa. Sai số tổng hợp của bản thân hệ thống được hiệu chuẩn X đối với phép đo thời gian sườn trước là

$$\Delta T_{1cal} = \Delta T_{1m} + \Delta T_{1ref}$$

Độ không đảm bảo đo mở rộng của hiệu chuẩn tham số thời gian, bằng với độ không đảm bảo đo của sai số trung bình tổng hợp, ΔT_{1cal} , được xác định bởi:

$$U_{cal} = k \cdot u_{cal} = 2 \sqrt{u_{ref}^2 + u_A^2 + u_B^2}$$

trong đó:

- u_{cal} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của sai số thời gian sườn trước trung bình, ΔT_{1cal} , của hệ thống đo được hiệu chuẩn;
- $k = 2$ là hệ số bao phủ đối với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 % và phân bố chuẩn;
- u_{ref} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của sai số thời gian sườn trước trung bình, ΔT_{1ref} , của hệ thống đo chuẩn;
- u_A là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kiểu A của sai số thời gian sườn trước trung bình, ΔT_{1m} , của hệ thống đo được hiệu chuẩn;
- u_B là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kiểu B của sai số thời gian sườn trước trung bình, ΔT_{1m} , của hệ thống đo được hiệu chuẩn;

TCVN 6099-2:2016

Các thành phần bổ sung vào độ không đảm bảo đo mở rộng U_{cal} có thể quan trọng trong các trường hợp đặc biệt và phải được xem xét:

5.11.3 Độ không đảm bảo đo của phép đo tham số thời gian sử dụng hệ thống đo được chấp nhận

Việc ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo tham số thời gian là trách nhiệm của người sử dụng. Tuy nhiên, ước lượng này có thể cho trước đối với dải xác định các điều kiện đo cùng với chứng nhận hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH: Nếu độ không đảm bảo đo của hiệu chuẩn tham số thời gian nhỏ hơn 70 % độ không đảm bảo đo mở rộng được quy định đối với phép đo tham số thời gian trong tiêu chuẩn này, thì nhìn chung có thể giả thiết rằng độ không đảm bảo đo của việc sử dụng hệ thống đo được chấp nhận cho phép đo tham số thời gian U_M bằng U_{cal} .

Độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo tham số thời gian U_M phải được tính toán theo

$$U_M = k \cdot u_M = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + \sum_{i=1}^N u_{Bi}^2}$$

trong đó:

u_{cal} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của sai số thời gian sườn trước trung bình, ΔT_{1cal} , của hệ thống đo được hiệu chuẩn;

$k = 2$ là hệ số bao phủ đối với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 % và phân bố chuẩn;

u_{Bi} là thành phần của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của tham số thời gian của xung sử dụng hệ thống đo được công nhận và được tạo ra bởi đại lượng ảnh hưởng thứ i và được đánh giá như thành phần Kiểu B. Các thành phần này liên quan đến sử dụng thông thường của hệ thống đo được chấp nhận, và bắt nguồn từ độ không ổn định dài hạn, ảnh hưởng phần mềm v.v... nhưng cũng từ ảnh hưởng của dạng xung không hoàn hảo. Chúng được xác định theo 5.3 đến 5.9, dựa trên các phép đo bổ sung hoặc được ước lượng từ các nguồn dữ liệu khác. Trong một số tình huống, các ảnh hưởng khác cũng phải được đưa vào tính toán, ví dụ độ phân giải của hiển thị.

u_M là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của tham số thời gian của điện áp xung được đo với hệ thống đo được chấp nhận, có hiệu lực trong khoảng thời gian sử dụng dự kiến;

Các thành phần bổ sung vào độ không đảm bảo đo mở rộng có thể quan trọng trong một số trường hợp đặc biệt và phải được xem xét khi tính U_M , ví dụ khi điện áp xung được xếp chồng bởi các dao động sườn trước.

CHÚ THÍCH: Khi hệ thống đo được công nhận thường được sử dụng để đo điện áp xung không dao động, tham số thời gian đo được T_{1meas} có thể được hiệu chỉnh bởi sai số tổng hợp ΔT_{1cal} của tham số thời gian liên quan được xác định trong hiệu chuẩn:

$$T_{1\text{corr}} = T_{1\text{meas}} - \Delta T_{1\text{cal}}$$

Có thể áp dụng các quy trình tương tự cho các tham số thời gian khác. Độ không đảm bảo đo mở rộng của tham số thời gian hiệu chỉnh, $T_{1\text{corr}}$, cần được cho theo Phụ lục B, Ví dụ B.3.

5.12 Thử nghiệm nhiễu (hệ thống truyền dẫn và thiết bị đo điện áp xung)

Thử nghiệm phải được thực hiện trên hệ thống đo, với cáp hoặc hệ thống truyền dẫn được ngắt ra, được đặt trên vị trí bình thường của nó và ngắn mạch ở đầu nối vào mà không làm thay đổi các nối đất của cáp hoặc hệ thống truyền dẫn. Điều kiện can nhiễu phải được tạo ra ở đầu vào của hệ thống đo bằng phóng điện đánh thủng với điện áp xung đại diện cho điện áp, hình dạng và thời điểm phóng điện có thể có được đặt vào trong suốt thử nghiệm điện áp cao, và thiết bị đo phải ghi lại đầu ra.

CHÚ THÍCH: Để bảo vệ đầu ra thiết bị của chuyển đổi (bộ phân áp) khỏi các quá điện áp, cho phép ngắn mạch đầu nối ra của bộ phân áp.

Tỷ số nhiễu phải được xác định là biên độ lớn nhất của nhiễu đo được chia cho đầu ra của hệ thống đo khi đo điện áp thử nghiệm.

Để đạt thử nghiệm nhiễu, biên độ lớn nhất của nhiễu đo được cần nhỏ hơn 1 % đầu ra của hệ thống đo khi đo điện áp thử nghiệm. Cho phép nhiễu lớn hơn 1 % miễn là cho thấy không ảnh hưởng đến phép đo.

5.13 Thử nghiệm chịu thử của thiết bị chuyển đổi

Thiết bị chuyển đổi phải đạt thử nghiệm chịu thử khô được thực hiện với điện áp có tần số hoặc hình dạng yêu cầu ở điện áp quy định.

CHÚ THÍCH 1: Mức thử nghiệm chịu thử khuyến cáo là 110 % điện áp vận hành danh định. Đối với các quy trình thử nghiệm chịu thử, xem TCVN 6099-1 (IEC 60060-1).

Các thử nghiệm chịu thử phải được thực hiện ở cực tính (hoặc các cực tính) mà hệ thống được thiết kế.

Các thử nghiệm ướt và thử nghiệm nhiễm bẩn, khi quy định, được thực hiện như các thử nghiệm điển hình.

CHÚ THÍCH 2: Thiết kế và cấu tạo của bộ phận bất kỳ của một hệ thống đo được công nhận cần sao cho có thể chịu được phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm mà không có bất kỳ thay đổi đặc tính nào.

6 Phép đo điện áp một chiều

6.1 Yêu cầu đối với hệ thống đo được công nhận

6.1.1 Yêu cầu chung

TCVN 6099-2:2016

Yêu cầu chung là để đo giá trị điện áp thử nghiệm theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) (giá trị trung bình số học) với độ không đảm bảo đo mở rộng $U_M \leq 3\%$.

Các giới hạn độ không đảm bảo đo không được bị vượt quá khi xuất hiện nhấp nhô có cường độ nằm trong giới hạn được cho trong TCVN 6099-1 (IEC 60060-1).

CHÚ THÍCH: Cần chú ý đến việc có thể xuất hiện các điện áp xoay chiều được ghép với hệ thống đo và ảnh hưởng đến số đọc của thiết bị đo.

6.1.2 Thành phần độ không đảm bảo đo

Đối với hệ thống đo điện áp một chiều, độ không đảm bảo đo mở rộng U_M phải được đánh giá với xác suất bao phủ 95 %, theo 5.10.3 và, nếu cần thiết, theo Phụ lục A và Phụ lục B. Các thử nghiệm đánh giá các thành phần độ không đảm bảo đo mà thường được xem xét được tổng hợp trong Bảng 1. Các thành phần khác có thể quan trọng trong một số trường hợp và vì thế phải được xem xét bổ sung.

6.1.3 Yêu cầu trên thiết bị chuyển đổi

Thiết bị chuyển đổi dùng cho điện áp một chiều, thường là bộ phân áp thuận trở hoặc trở kháng đo điện áp (điện trở điện áp cao), phải được cấu tạo để đảm bảo rằng dòng điện rò trên các bề mặt cách điện ngoài của nó có ảnh hưởng không đáng kể lên độ không đảm bảo đo.

CHÚ THÍCH: Để đảm bảo rằng ảnh hưởng của dòng điện rò là không đáng kể, có thể cần một dòng điện đo 0,5 mA ở điện áp danh định.

6.1.4 Đáp ứng động đối với thay đổi điện áp đo

Hằng số thời gian của hệ thống đo điện áp cao không được lớn hơn 0,25 s đối với phép đo điện áp một chiều mà tăng hoặc giảm với tốc độ khoảng 1 % giá trị điện áp thử nghiệm trong mỗi giây.

CHÚ THÍCH: Nói chung, thiết bị đo sử dụng để đo giá trị điện áp thử nghiệm (tức là trung bình số học) không bị ảnh hưởng bởi sự xuất hiện của nhấp nhô. Tuy nhiên, nếu sử dụng thiết bị với đáp tuyến nhanh, có thể cần đảm bảo rằng phép đo không bị ảnh hưởng bất lợi bởi nhấp nhô.

Khi sụt áp quá độ trong thử nghiệm nhiễm bẩn được đo, hằng số thời gian của hệ thống đo phải nhỏ hơn một phần ba thời gian tăng của quá độ.

6.2 Thử nghiệm trên hệ thống đo được công nhận

Các thử nghiệm theo Điều 5, được tổng hợp trong Bảng 1, là cần thiết để xác nhận các hệ thống đo và các thành phần của chúng cũng như để ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo, các ngoại lệ xem 4.4.2.

Các kết quả của thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên có thể được lấy từ dữ liệu của nhà chế tạo. Các thử nghiệm thường xuyên phải được thực hiện trên mỗi thành phần.

Bảng 1 – Các thử nghiệm yêu cầu đối với hệ thống đo điện áp một chiều được công nhận

Loại thử nghiệm	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Hệ số thang đo khi hiệu chuẩn			5.2	
Kiểm tra hệ số thang đo				6.3
Tính tuyến tính, xem Chú thích 2		5.3	5.3 (nếu áp dụng)	
Đáp ứng động	5.4			
Độ ổn định ngắn hạn		5.5		
Độ ổn định dài hạn			5.6 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng nhiệt độ môi trường	5.7			
Hiệu ứng lân cận, xem chú thích 3	5.8 (nếu áp dụng)		5.8 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng phần mềm	5.9 (nếu áp dụng)			
Thử nghiệm chịu thử khô trên thiết bị chuyển đổi	5.13	5.13 (nếu áp dụng)		
Thử nghiệm chịu thử ướt hoặc nhiễm bẩn trên thiết bị chuyển đổi	5.13 (nếu áp dụng)			
Hệ số thang đo của thiết bị chuyển đổi	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo của hệ thống truyền dẫn trừ cáp	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo của thiết bị đo	5.2.2	5.2.2		
Trách nhiệm	trên các thành phần, bởi nhà chế tạo		trên hệ thống, bởi người sử dụng, xem Chú thích 1	
Tỷ lệ lặp lại khuyến cáo	chỉ một lần (thử nghiệm điển hình và thường xuyên)		được đề xuất hàng năm, nhưng tối thiểu mỗi 5 năm	theo độ ổn định, nhưng tối thiểu hàng năm
<p>CHÚ THÍCH 1: Các thử nghiệm liệt kê ở trên cần được áp dụng cho các bộ phận đơn lẻ nếu các thử nghiệm tính năng được thực hiện theo phương pháp thay thế (xem 5.2.2). Để thu được độ không đảm bảo đo của hệ thống đo được công nhận, các bộ phận của chúng phải được kết hợp như được chứng minh trong Phụ lục B.</p> <p>CHÚ THÍCH 2: Chỉ yêu cầu thử nghiệm tính tuyến tính theo 5.3 nếu việc hiệu chuẩn không thể thực hiện bằng cách so sánh trên toàn dải đo ổn định (5.2.1.2).</p> <p>CHÚ THÍCH 3: Hiệu ứng lân cận có thể được tạo ra bởi vàng quang và các hiệu ứng điện tích không gian liên quan. Nghiên cứu hiệu ứng lân cận trong thử nghiệm tính năng chỉ cần thiết nếu dữ liệu thử nghiệm điển hình là không đủ.</p>				

6.3 Kiểm tra tính năng

6.3.1 Yêu cầu chung

Các hệ số thang đo của hệ thống đo được công nhận có thể được kiểm tra bằng một trong các phương pháp sau.

6.3.2 So sánh với hệ thống đo được công nhận

Thực hiện so sánh với hệ thống đo được công nhận khác bằng cách sử dụng quy trình 5.2 hoặc với khe hở dạng thanh theo IEC 60052. Nếu chênh lệch giữa hai giá trị đo được nằm trong khoảng $\pm 3\%$, thì hệ số thang đo ấn định là có hiệu lực. Nếu chênh lệch lớn hơn thì phải xác định một giá trị hệ số thang đo ấn định mới trong thử nghiệm tính năng (hiệu chuẩn) như mô tả trong 5.2.

6.3.3 Kiểm tra hệ số thang đo của các bộ phận

(Các) hệ số thang đo của mỗi bộ phận phải được kiểm tra, sử dụng bộ hiệu chuẩn bên trong hoặc bên ngoài có độ không đảm bảo đo mở rộng không quá 1% . Nếu chênh lệch của hệ số thang đo của mỗi bộ phận so với các giá trị trước đó của nó không lớn hơn $\pm 1\%$, hệ số thang đo ấn định vẫn có hiệu lực. Nếu bất kỳ chênh lệch nào vượt quá 1% , thì một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định phải được xác định trong thử nghiệm tính năng (hiệu chuẩn) như mô tả trong 5.2.

6.4 Phép đo biên độ nhấp nhô

6.4.1 Yêu cầu

Biên độ nhấp nhô phải được đo với độ không đảm bảo đo mở rộng không quá 10% biên độ nhấp nhô hoặc 1% giá trị trung bình số học của điện áp một chiều, lấy giá trị nào lớn hơn.

Các hệ thống đo nhấp nhô riêng biệt có thể được sử dụng để đo giá trị trung bình của điện áp và biên độ nhấp nhô, hoặc có thể sử dụng cùng một thiết bị chuyển đổi với hai thiết bị đo riêng biệt.

Tần số giới hạn trên -15% của đáp tuyến biên độ/tần số của hệ thống đo nhấp nhô phải lớn hơn 5 lần, và tần số giới hạn dưới -15% phải nhỏ hơn 0,5 lần so với tần số cơ bản f của nhấp nhô.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu về tần số giới hạn dưới có thể được xác nhận tại tần số của điện áp nguồn của nó trong nhiều trường hợp.

6.4.2 Thành phần độ không đảm bảo đo

Đối với hệ thống đo điện áp nhấp nhô, độ không đảm bảo đo phải được ước lượng theo Phụ lục A và ngoài ra thành phần độ không đảm bảo đo được đề cập trong 5.3 đến 5.9 phải được xem xét. Chi tiết xem thêm các điều liên quan đối với phép đo điện áp xoay chiều (Điều 7). Các thành phần khác có thể quan trọng trong các trường hợp riêng lẻ và thông tin được cho ở đây chỉ để hướng dẫn.

6.4.3 Hiệu chuẩn và thử nghiệm trên hệ thống đo điện áp nhấp nhô được công nhận

Các thử nghiệm được quy định trong Bảng 2 chỉ được áp dụng với các hệ thống được sử dụng để đo biên độ nhấp nhô.

Sự tuân thủ các yêu cầu thử nghiệm điển hình có thể được chứng minh bởi các thử nghiệm trên thiết bị có cùng thiết kế và đôi khi được rút ra từ dữ liệu của nhà chế tạo. Các thử nghiệm thường xuyên phải được thực hiện trên mỗi bộ phận. Xem 4.4.2 đối với các ngoại lệ.

Các thành phần độ không đảm bảo đo khác có thể quan trọng trong các trường hợp riêng biệt và thông tin được cho ở đây chỉ có để hướng dẫn.

6.4.4 Phép đo hệ số thang đo ở tần số nhấp nhô

Hệ số thang đo của hệ thống đo nhấp nhô phải được xác định ở tần số cơ bản f của nhấp nhô, với độ không đảm bảo đo mở rộng không quá 3 %. Hệ số thang đo này cũng có thể được xác định là tích của các hệ số thang đo của các bộ phận.

6.4.5 Đáp ứng động bởi đáp tuyến biên độ/tần số

Hệ thống đo được đặt một đầu vào hình sin với biên độ đã biết, thường ở mức thấp, và đo đầu ra. Phép đo này được lặp lại đối với một dải tần số xấp xỉ từ 5 lần đến 7 lần tần số cơ bản của nhấp nhô. Chênh lệch của các điện áp đo được phải nằm trong phạm vi 3 dB.

6.4.6 Kiểm tra tính năng đối với hệ thống đo nhấp nhô

Hệ số thang đo của hệ thống đo được công nhận có thể được kiểm tra bằng một trong các phương pháp được mô tả đối với các hệ thống đo điện áp xoay chiều trong 7.4.

Bảng 2 – Các thử nghiệm yêu cầu đối với thành phần độ không đảm bảo đo trong phép đo nhấp nhô

Loại thử nghiệm	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Hệ số thang đo của hệ thống đo khi hiệu chuẩn			5.2	
Kiểm tra hệ số thang đo				6.4.6/7.4
Đáp ứng động đối với nhấp nhô		6.4.5	6.4.5	
Độ ổn định dài hạn	5.6			
Hiệu ứng nhiệt độ môi trường	5.7			
Trách nhiệm	trên các thành phần, bởi nhà chế tạo		trên hệ thống, bởi người sử dụng	
Tỷ lệ lặp lại khuyến cáo	chỉ một lần (thử nghiệm điển hình và thường xuyên)		được đề xuất hàng năm, nhưng tối thiểu mỗi 5 năm	theo độ ổn định, nhưng tối thiểu hàng năm

7 Phép đo điện áp xoay chiều

7.1 Yêu cầu đối với hệ thống đo được công nhận

7.1.1 Yêu cầu chung

Yêu cầu chung là để đo giá trị điện áp thử nghiệm theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) (đỉnh / $\sqrt{2}$ hoặc giá trị hiệu dụng) tại tần số danh định của nó với độ không đảm bảo đo mở rộng $U_M \leq 3\%$.

7.1.2 Thành phần độ không đảm bảo đo

Đối với hệ thống đo điện áp xoay chiều, độ không đảm bảo đo mở rộng U_M phải được đánh giá với một hệ số bao phủ 95 % theo 5.10.3 và, nếu cần thiết, Phụ lục A và Phụ lục B. Các thử nghiệm để đánh giá các thành phần của độ không đảm bảo đo mà thường được xem xét được tổng hợp trong Bảng 3. Các thành phần khác có thể quan trọng trong một số trường hợp và vì thế phải được xem xét bổ sung.

7.1.3 Đáp ứng động

Đáp tuyến biên độ-tần số của hệ thống đo, được thiết kế để vận hành tại một tần số cơ bản đơn lẻ f_{nom} , phải nằm trong vùng được đánh dấu trên Hình 6, rút ra từ các yêu cầu độ không đảm bảo đo. Các cặp số trong sơ đồ thể hiện tần số chuẩn hóa (thang đo lôgarit) và độ lệch tương ứng ở các điểm góc của các đường giới hạn. Tính năng phải được xác định từ f_{nom} đến $7 f_{nom}$ bằng các thử nghiệm hoặc phân tích mạch. Đáp tuyến biên độ-tần số bên ngoài dải này được cho chỉ để tham khảo.

Hệ thống đo cũng có thể được công nhận cho một dải tần số cơ bản (ví dụ từ 45 Hz đến 65 Hz theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1)). Hệ số thang đo trong các trường hợp này phải nằm trong khoảng 1 % từ tần số cơ bản thấp nhất f_{nom1} đến tần số cơ bản cao nhất f_{nom2} . Đáp tuyến biên độ-tần số bên trong khoảng từ f_{nom1} đến $7 f_{nom2}$ phải nằm trong vùng được đánh dấu trên Hình 7. Các cặp số trong sơ đồ thể hiện tần số chuẩn hóa và độ lệch cho phép tương ứng so với đáp tuyến lý tưởng ở các điểm góc của các đường giới hạn. Tính năng phải được xác định từ f_{nom1} đến $7 f_{nom2}$ bằng các thử nghiệm hoặc phân tích mạch. Đáp tuyến biên độ-tần số bên ngoài dải này được cho chỉ để tham chiếu.

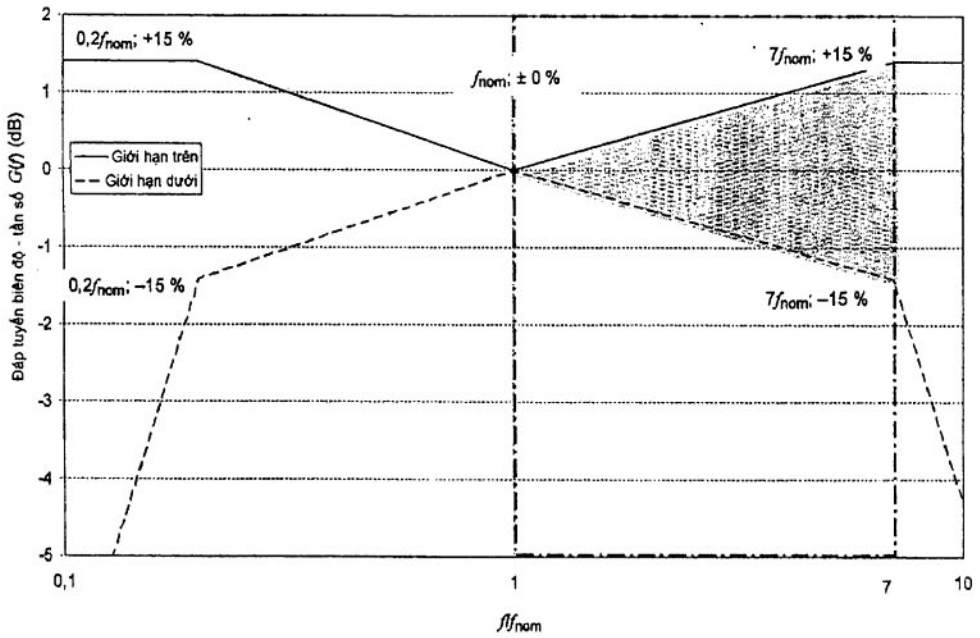
Các yêu cầu đặc biệt về đáp ứng động có thể được quy định bởi ban kỹ thuật liên quan.

CHÚ THÍCH 1: Các hệ thống đo tuân thủ các yêu cầu này được coi là có đáp tuyến tần số thích hợp đối với phép đo méo hài tổng (THD) trên điện áp thử nghiệm.

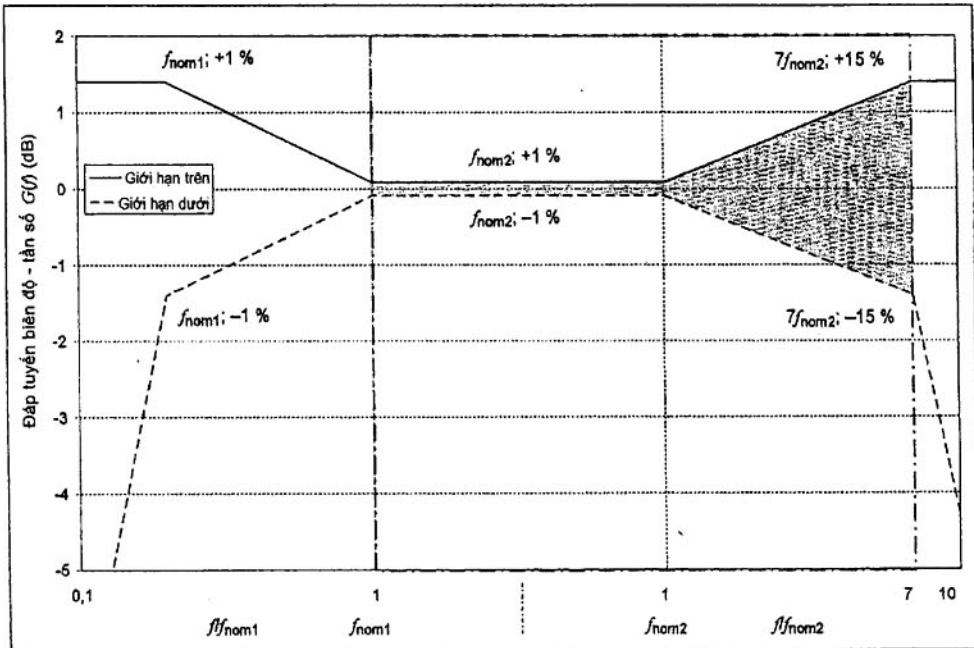
CHÚ THÍCH 2: Đáp tuyến tần số nằm ngoài vùng được đánh dấu, dù không yêu cầu, thể hiện một thông lệ tốt.

CHÚ THÍCH 3: Các phép đo đáp tuyến biên độ-tần số có thể bỏ đối với hệ thống đo sử dụng nguồn điện áp xoay chiều (ví dụ hệ thống cộng hưởng nối tiếp) nếu có thể được chứng minh tỷ lệ đỉnh/hiệu dụng của điện áp thử nghiệm bằng $\sqrt{2}$ trong khoảng $\pm 1\%$ đối với tất cả các điều kiện làm việc kỳ vọng.

CHÚ THÍCH 4: Trong một số trường hợp nhất định, có thể cần đo các điện áp quá độ xếp chồng lên điện áp xoay chiều. Không có yêu cầu nào được cho ở đây, nhưng một số hướng dẫn được cho trong Điều 8.



Hình 6 – Vùng được đánh dấu đối với đáp tuyến biên độ-tần số chuẩn hóa được chấp nhận của hệ thống đo được thiết kế cho tần số cơ bản đơn lẻ f_{nom} (được thử nghiệm trong dải $(1...7) f_{nom}$)



Hình 7 – Vùng được đánh dấu đối với đáp tuyến biên độ-tần số chuẩn hóa được chấp nhận của hệ thống đo được thiết kế cho dải tần số cơ bản f_{nom1} đến f_{nom2} (được thử nghiệm trong dải f_{nom1} đến $7 f_{nom2}$)

TCVN 6099-2:2016

7.2 Thử nghiệm trên hệ thống đo được công nhận

Các thử nghiệm theo Điều 5, được tổng hợp trong Bảng 3, là cần thiết đối với việc xác nhận hệ thống đo điện áp xoay chiều và các bộ phận của nó cũng như cho việc ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng của phép đo. Ngoại lệ xem 4.4.2.

Các kết quả của thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên có thể được lấy từ dữ liệu của nhà chế tạo. Các thử nghiệm thường xuyên phải được thực hiện trên mỗi hệ thống.

7.3 Thử nghiệm đáp ứng động

Để xác định đáp ứng động, hệ thống được đặt một đầu vào hình sin có biên độ đã biết, thường ở mức thấp, và đo đầu ra. Phép đo này được lặp lại đối với dải tần số trong khoảng từ 1 lần đến 7 lần tần số thử nghiệm. Kết quả phải phù hợp với 7.1.3.

7.4 Kiểm tra tính năng

7.4.1 Yêu cầu chung

Các hệ số thang đo của hệ thống đo được công nhận có thể được kiểm tra bằng một trong các phương pháp sau.

7.4.2 So sánh với hệ thống đo được công nhận

Phải thực hiện so sánh với hệ thống đo được công nhận khác bằng cách sử dụng quy trình của 5.2 hoặc với khe hở hình cầu theo IEC 60052. Nếu chênh lệch giữa hai giá trị đo được nằm trong khoảng $\pm 3\%$ thì hệ số thang đo ấn định là có hiệu lực. Nếu chênh lệch lớn hơn thì một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định phải được xác định trong thử nghiệm tính năng (hiệu chuẩn) (xem 5.2).

7.4.3 Kiểm tra hệ số thang đo của các bộ phận

(Các) hệ số thang đo của mỗi bộ phận phải được kiểm tra, sử dụng bộ hiệu chuẩn bên trong hoặc bên ngoài có độ không đảm bảo đo mở rộng không quá 1%. Nếu chênh lệch của hệ số thang so với các giá trị trước đó của nó không lớn hơn $\pm 1\%$, hệ số thang đo ấn định vẫn có hiệu lực. Nếu bất kỳ chênh lệch nào vượt quá 1%, thì một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định phải được xác định trong thử nghiệm tính năng (hiệu chuẩn) như mô tả trong 5.2.

Bảng 3 – Thử nghiệm yêu cầu đối với hệ thống đo điện áp xoay chiều được công nhận

Loại thử nghiệm	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Hệ số thang đo khi hiệu chuẩn			5.2	
Kiểm tra hệ số thang đo				7.4
Tính tuyến tính, xem Chú thích 2		5.3	5.3 (nếu áp dụng)	
Đáp ứng động	5.4/7.3		5.4	
Độ ổn định ngắn hạn		5.5		
Độ ổn định dài hạn	5.6		5.6 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng nhiệt độ môi trường	5.7			
Hiệu ứng lân cận, xem Chú thích 3	5.8 (nếu áp dụng)		5.8 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng phản mềm	5.9 (nếu áp dụng)			
Thử nghiệm chịu thử khô trên thiết bị chuyển đổi	5.13	5.13 (nếu áp dụng)		
Thử nghiệm chịu thử ướt hoặc nhiễm bẩn trên thiết bị chuyển đổi	5.13 (nếu áp dụng)			
Hệ số thang đo của thiết bị chuyển đổi	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo của hệ thống truyền dẫn trừ cáp	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo của thiết bị đo	5.2.2	5.2.2		
Trách nhiệm	trên các thành phần, bởi nhà chế tạo		trên hệ thống, bởi người sử dụng, xem Chú thích 1	
Tỷ lệ lặp lại khuyến cáo	chỉ một lần (thử nghiệm điển hình và thường xuyên)		được đề xuất hàng năm, nhưng tối thiểu mỗi 5 năm	theo độ ổn định, nhưng tối thiểu hàng năm
<p>CHÚ THÍCH 1: Các thử nghiệm liệt kê ở trên nên được áp dụng cho các bộ phận đơn lẻ nếu các thử nghiệm tính năng được thực hiện theo phương pháp thay thế (xem 5.2.2). Để thu được độ không đảm bảo đo của hệ thống đo được công nhận, các bộ phận của chúng phải được kết hợp như được chứng minh trong Phụ lục B.</p> <p>CHÚ THÍCH 2: Chỉ yêu cầu thử nghiệm tính tuyến tính theo 5.3 nếu việc hiệu chuẩn không thể thực hiện bằng cách so sánh trên toàn dải đo ấn định (5.2.1.2).</p> <p>CHÚ THÍCH 3: Nghiên cứu hiệu ứng lân cận trong thử nghiệm tính năng chỉ cần thiết nếu dữ liệu thử nghiệm điển hình là không đủ.</p>				

8 Phép đo điện áp xung sét

8.1 Yêu cầu đối với hệ thống đo được công nhận

8.1.1 Yêu cầu chung

Các yêu cầu chung là:

- để đo giá trị điện áp thử nghiệm theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) đối với xung toàn sóng và xung cắt đuôi sóng với độ không đảm bảo đo mờ rộng $U_{M1} \leq 3 \%$;
- để đo giá trị đỉnh của xung cắt đầu sóng với độ không đảm bảo đo $U_{M2} \leq 5 \%$ ($0,5 \mu s < T_c < 2 \mu s$);
- để đo các tham số thời gian xác định dạng sóng theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) với độ không đảm bảo đo $U_{M3} \leq 10 \%$;
- để đo các dao động mà có thể được xếp chồng lên một xung để đảm bảo rằng chúng không vượt quá các mức cho phép được cho trong TCVN 6099-1 (IEC 60060-1).

CHÚ THÍCH: Không có khuyến cáo nào đối với phép đo sụt áp.

8.1.2 Thành phần độ không đảm bảo đo

Đối với hệ thống đo điện áp xung sét, độ không đảm bảo đo mờ rộng của phép đo U_M phải được đánh giá với xác suất bao phủ 95 %; theo 5.10.3, 5.11.3 và, nếu cần thiết, theo Phụ lục A và Phụ lục B. Các thử nghiệm để đánh giá thành phần độ không đảm bảo đo mà thường được xem xét được tổng hợp trong Bảng 4. Các thành phần khác có thể quan trọng trong một số trường hợp và vì thế phải được xem xét bổ sung.

8.1.3 Yêu cầu trên thiết bị đo

Thiết bị đo phải tuân thủ IEC 61083-1 và IEC 61083-2.

8.1.4 Đáp ứng động

Đáp ứng động của hệ thống đo là đủ đối với phép đo điện áp đỉnh và tham số thời gian trên khoảng thời gian danh nghĩa đối với các dạng sóng được quy định trong hồ sơ tính năng khi:

- hệ số thang đo là không đổi trong các giới hạn sau:
 - trong khoảng $\pm 1 \%$ đối với xung toàn sóng và xung cắt đuôi sóng
 - trong khoảng $\pm 3 \%$ đối với xung cắt đầu sóng
- độ không đảm bảo đo mờ rộng của phép đo các tham số thời gian không lớn hơn 10 %.

CHÚ THÍCH 1: Để tái lập, trong đường cong ghi được, các dao động có thể được xếp chồng lên một xung, tần số giới hạn trên liên quan có thể là vài MHz. Hệ thống đo với tham số đáp tuyến T_a bằng hoặc nhỏ hơn vài chục nano giây có thể được coi là thích hợp (xem Phụ lục C). Các giới hạn này đang được xem xét.

CHÚ THÍCH 2: Hệ thống đo thường dùng được sử dụng để đo tất cả các đại lượng yêu cầu, tức là giá trị đỉnh, các tham số thời gian và các dao động. Tuy nhiên, nhiều hệ thống có thể được công nhận cho các phép đo giá trị đỉnh và tham số thời gian nhưng không thể được công nhận cho các phép đo dao động. Trong trường hợp này, hệ thống đo có thể được công nhận cho các phép đo điện áp đỉnh và tham số thời gian trong khi một hệ thống bổ sung được công nhận cho các phép đo dao động.

8.1.5 Đấu nối với đối tượng thử nghiệm

Thiết bị chuyển đổi phải được nối trực tiếp tới các đầu nối của đối tượng thử nghiệm. Thiết bị chuyển đổi không được nối giữa nguồn điện áp và đối tượng thử nghiệm. Dây dẫn tới thiết bị chuyển đổi chỉ được mang dòng điện tới hệ thống đo. Thiết bị chuyển đổi cần được đặt sao cho ghép nối giữa mạch thử nghiệm và mạch đo là không đáng kể.

CHÚ THÍCH: Có thể có ngoại lệ, ví dụ đối với thử nghiệm với các điện áp tổng hợp (xem TCVN 6099-1 (IEC 60060-1)).

8.2 Điện áp thử nghiệm trên hệ thống đo được công nhận

Các thử nghiệm theo Điều 5, được tổng hợp trong Bảng 4, là cần thiết đối với việc xác nhận chất lượng hệ thống đo điện áp xung sét và các bộ phận của nó cũng như đối với việc ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng. Ngoại lệ xem 4.4.2.

Các kết quả của thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên có thể được lấy từ dữ liệu của nhà chế tạo. Các thử nghiệm thường xuyên phải được thực hiện trên mỗi hệ thống.

TCVN 6099-2:2016

Bảng 4 – Thử nghiệm yêu cầu đối với hệ thống đo điện áp xung sét được công nhận

Loại thử nghiệm	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Hệ số thang đo/tham số thời gian khi hiệu chuẩn			5.2 5.11/8.3	
Kiểm tra hệ số thang đo				8.5
Tính tuyến tính, xem Chú thích 2		5.3	5.3 (nếu áp dụng)	
Đáp ứng động	5.4/8.4		5.4/8.4	8.5
Độ ổn định dài hạn	5.6		5.6 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng nhiệt độ môi trường	5.7			
Hiệu ứng lân cận, xem Chú thích 3	5.8 (nếu áp dụng)		5.8 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng phần mềm (IEC 61083-2)	5.9 (nếu áp dụng)			
Thử nghiệm nhiễu			5.12	5.12
Thử nghiệm chịu thử khô	5.13	5.13 (nếu áp dụng)		
Thử nghiệm chịu thử ướt hoặc nhiễm bẩn	5.13 (nếu áp dụng)			
Hệ số thang đo/tham số thời gian của thiết bị chuyển đổi	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo/tham số thời gian của hệ thống truyền dẫn trừ cáp	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo/tham số thời gian của thiết bị đo	5.2.2 IEC 61083	5.2.2 IEC 61083		
Trách nhiệm	trên các thành phần, bởi nhà chế tạo		trên hệ thống, bởi người sử dụng, xem Chú thích 1	
Tỷ lệ lặp lại khuyến cáo	chỉ một lần (thử nghiệm điển hình và thường xuyên)		được đề xuất hàng năm, nhưng tối thiểu mỗi 5 năm	theo độ ổn định, nhưng tối thiểu hàng năm
<p>CHÚ THÍCH 1: Các thử nghiệm liệt kê ở trên cần được áp dụng cho các bộ phận đơn lẻ nếu các thử nghiệm tính năng được thực hiện theo phương pháp thay thế (xem 5.2.2). Để thu được độ không đảm bảo đo của hệ thống đo được công nhận, các bộ phận của chúng phải được kết hợp như được chứng minh trong Phụ lục B.</p> <p>CHÚ THÍCH 2: Chỉ yêu cầu thử nghiệm tính tuyến tính theo 5.3 nếu việc hiệu chuẩn không thể thực hiện bằng cách so sánh trên toàn dải đo ấn định (5.2.1.2).</p> <p>CHÚ THÍCH 3: Nghiên cứu hiệu ứng lân cận trong thử nghiệm tính năng chỉ cần thiết nếu dữ liệu thử nghiệm điển hình là không đủ.</p>				

8.3 Thử nghiệm tính năng trên hệ thống đo

8.3.1 Phương pháp chuẩn (ưu tiên)

Hệ số thang đo ấn định và đáp ứng động của hệ thống đo phải được xác định bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn, bằng cách sử dụng quy trình cho trong 5.2. Nên đặt đối tượng thử nghiệm thay thế giữa hai hệ thống đo.

Tính năng trên khoảng thời gian danh nghĩa t_{min} đến t_{max} phải được xác định bằng cách sử dụng các xung có hai dạng sóng khác nhau sao cho:

Đối với xung toàn sóng và xung cắt đuôi sóng:

- t_{min} bằng với thời gian sườn trước ngắn nhất T_{1min}
- t_{max} bằng với thời gian sườn trước dài nhất T_{1max}
- các dạng sóng này cần xấp xỉ có thời gian dài nhất đến một nửa giá trị T_{2max} đối với hệ thống đo được công nhận.

Đối với xung cắt đầu sóng:

- t_{min} bằng với thời gian cắt ngắn nhất T_{cmin}
- t_{max} bằng với thời gian cắt dài nhất T_{cmax}

8.3.2 Phương pháp thay thế bổ sung bởi phép đo đáp tuyến bậc thang theo Phụ lục C

Hệ số thang đo ấn định được xác định bằng phép đo so sánh với hệ thống đo chuẩn theo 5.2 bằng cách sử dụng các xung toàn sóng với một thời gian sườn trước T_{1cal} trong khoảng từ T_{1min} đến T_{1max} và thời gian đến một nửa giá trị xấp xỉ bằng thời gian dài nhất đến một nửa giá trị T_{2max} đối với hệ thống đo được công nhận. Ngoài ra, hệ số thang đo có thể được xác định từ các hệ số thang đo của các bộ phận (5.2.2).

Đối với hệ thống đo được thiết kế để đo các xung cắt đầu sóng, các xung hiệu chuẩn cần có thời gian tới thời điểm cắt T_{ccal} trong khoảng từ T_{cmin} đến T_{cmax} .

Ngoài ra, đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo phải được đo theo Phụ lục C. Mức chuẩn nằm trong (các) khoảng thời gian mức chuẩn mà hệ thống được công nhận không được sai so với giá trị của đáp tuyến bậc thang:

- quá $\pm 1\%$ đối với các xung toàn sóng và xung cắt đuôi sóng, và tại T_{1cal} .
- quá $\pm 1\%$ đối với các xung cắt đầu sóng, tại T_{ccal} .

Đáp tuyến bậc thang không được sai lệch quá 2% so với mức chuẩn trong khoảng thời gian mức chuẩn từ $0,5T_{1min}$ đến $2T_{1max}$ (Phụ lục C). Đáp tuyến bậc thang cũng không được sai lệch quá 5% trong phạm vi từ $2T_{1max}$ đến $2T_{2max}$ khi T_{2max} là thời gian dài nhất đến một nửa giá trị mà hệ thống được công nhận.

8.4 Thử nghiệm đáp ứng động

8.4.1 So sánh với hệ thống đo chuẩn (ưu tiên)

Có thể sử dụng cùng các bản ghi có được trong thử nghiệm của 8.3.1, và phải đánh giá các tham số thời gian liên quan của các xung được đo được đánh giá đối với mỗi hệ thống và độ không đảm bảo đo của tham số thời gian được đo bởi hệ thống đang được thử nghiệm (5.11).

CHÚ THÍCH: t_{min} có thể được chọn từ một loại xung và t_{max} từ một loại khác, đối với các trường hợp mà yêu cầu phải công nhận đối với một nhóm các loại xung. Trong các trường hợp này, cần sử dụng thời gian dài nhất đến một nửa giá trị của tất cả các loại xung.

8.4.2 Phương pháp thay thế dựa trên các tham số đáp tuyến bậc thang (Phụ lục C)

Hệ thống được đặt một nấc điện áp và đầu ra được ghi lại. Để đánh giá, xem Phụ lục C.

CHÚ THÍCH: Tính năng có thể được nghiên cứu bằng cách sử dụng các kỹ thuật tích chập. Hệ số thang đo của hệ thống đo được thiết lập bằng phương pháp thích hợp bất kỳ. Dạng sóng được sử dụng để xác định hệ số thang đo cần nằm trong phạm vi được bao phủ bởi phương pháp tích chập mô tả trong Phụ lục D.

Đáp ứng động được xác định từ đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo (được ghi lại theo Phụ lục C) và từ tích chập của đáp tuyến bậc thang được ghi lại với dạng sóng danh nghĩa mà cần được công nhận. Từ tích chập, các sai số sinh ra do hệ thống đo đối với các dạng sóng khác nhau có thể được ước lượng (Phụ lục D). Sự thay đổi trong hệ số thang đo trên khoảng thời gian mức chuẩn phải nằm trong khoảng $\pm 1\%$.

8.5 Kiểm tra tính năng

8.5.1 So sánh với hệ thống đo được công nhận

Thực hiện so sánh với hệ thống đo được công nhận khác (hoặc hệ thống đo chuẩn) bằng cách sử dụng quy trình của 5.2. Đối với việc so sánh các giá trị đỉnh, có thể sử dụng khe hở hình cầu theo IEC 60052.

Khi chênh lệch giữa hai giá trị đỉnh đo được không lớn hơn 3 %, hệ số thang đo ấn định được lấy vẫn có hiệu lực. Nếu lớn hơn, thì phải xác định một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định trong thử nghiệm tính năng.

Giá trị của mỗi tham số thời gian phải nằm trong khoảng $\pm 10\%$ của giá trị tương ứng được đo bởi hệ thống đo khác. Khi chênh lệch bất kỳ lớn hơn 10 %, thì khoảng thời gian danh nghĩa phải được xác định trong thử nghiệm tính năng.

8.5.2 Kiểm tra hệ số thang đo của các bộ phận

Các hệ số thang đo của mỗi bộ phận phải được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ hiệu chuẩn bên trong hoặc bên ngoài có độ không đảm bảo đo mở rộng không lớn hơn 1 %. Nếu các hệ số thang đo sai khác so với các giá trị trước của chúng không quá $\pm 1\%$ thì hệ số thang đo ấn định được lấy vẫn có hiệu lực. Nếu sai khác bất kỳ vượt quá $\pm 1\%$, phải xác định một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định.

8.5.3 Kiểm tra đáp ứng động bằng bản ghi chuẩn

Khi đòi hỏi sử dụng trong các kiểm tra tính năng, đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo phải được ghi lại bằng cách sử dụng phương pháp của Phụ lục C. Điều này phải được bao gồm trong hồ sơ tính năng để sử dụng như một bản ghi chuẩn ("dấu vân tay") để cho phép phát hiện các thay đổi trong đáp ứng động tại các kiểm tra tính năng tiếp theo.

9 Phép đo điện áp xung đóng cắt

9.1 Yêu cầu đối với hệ thống đo được công nhận

9.1.1 Yêu cầu chung

Các yêu cầu chung là:

- để đo giá trị điện áp thử nghiệm theo TCVN 6099-1 (IEC 60060-1) (giá trị đỉnh) của các xung đóng cắt với độ không đảm bảo đo mờ rộng $U_{M1} \leq 3 \%$.
- để đo các tham số thời gian mà xác định dạng sóng với độ không đảm bảo đo mờ rộng $U_{M3} \leq 10 \%$.

9.1.2 Thành phần độ không đảm bảo đo

Đối với hệ thống đo điện áp xung đóng cắt, độ không đảm bảo đo mờ rộng của phép đo U_M phải được đánh giá với xác suất bao phủ 95 %; theo 5.10.3, 5.11.3 và, nếu cần thiết, theo Phụ lục A và Phụ lục B. Các thử nghiệm để đánh giá thành phần độ không đảm bảo đo thường được xem xét được tổng hợp trong Bảng 5. Các thành phần khác có thể quan trọng trong một số trường hợp và phải được xem xét bổ sung.

9.1.3 Yêu cầu đối với thiết bị đo

Thiết bị đo phải tuân thủ IEC 61083-1 và IEC 61083-2.

9.1.4 Đáp ứng động

Đáp ứng động của một hệ thống đo là đủ khi:

- hệ số thang đo là không đổi trong phạm vi $\pm 1 \%$ trên dải các dạng sóng xung được quy định trong hồ sơ tính năng,
- độ không đảm bảo đo mờ rộng của các tham số thời gian đo được không lớn hơn 10 % trên dải các dạng sóng.

9.1.5 Đầu nối với đối tượng thử nghiệm

Hệ thống đo được công nhận phải được nối trực tiếp với các đầu nối của đối tượng thử nghiệm. Ngược lại với phép đo điện áp xung sét (8.1.5), hệ thống đo có thể được đặt vào giữa điện áp nguồn và đối tượng thử nghiệm. Ghép nối giữa mạch thử nghiệm và mạch đo cần là không đáng kể.

TCVN 6099-2:2016

9.2 Các thử nghiệm trên hệ thống đo được công nhận

Thử nghiệm theo Điều 5, được tổng hợp trong Bảng 5, là cần thiết đối với việc xác nhận một hệ thống đo điện áp xung đóng cắt và các bộ phận của nó cũng như đối với việc ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng. Các ngoại lệ, xem 4.4.2.

Các kết quả của thử nghiệm điển hình và thử nghiệm thường xuyên có thể được lấy từ dữ liệu của nhà chế tạo. Các thử nghiệm thường xuyên phải được thực hiện trên mỗi hệ thống.

9.3 Thử nghiệm tính năng trên hệ thống đo

9.3.1 Phương pháp chuẩn (ưu tiên)

Hệ số thang đo ấn định và đáp ứng động của hệ thống đo phải được xác định bằng cách so sánh với hệ thống đo chuẩn sử dụng quy trình trong 5.2. Tính năng trên khoảng thời gian danh nghĩa t_{\min} đến t_{\max} được xác định bằng cách sử dụng các xung với hai dạng sóng khác nhau sao cho:

- t_{\min} bằng thời gian ngắn nhất đến đỉnh $T_{p\min}$
- t_{\max} bằng thời gian dài nhất đến đỉnh $T_{p\max}$
- cả hai dạng sóng cần xấp xỉ có thời gian dài nhất đến một nửa giá trị $T_{2\max}$ (hoặc thời gian trên 90 % của thời gian tới zero) đối với hệ thống đo được công nhận.

9.3.2 Phương pháp thay thế bổ sung bởi phép đo đáp tuyến bậc thang

Hệ số thang đo ấn định được xác định bằng dạng sóng phép đo so sánh với một hệ thống đo chuẩn theo 5.2 sử dụng các xung toàn sóng với thời gian đến giá trị đỉnh $T_{p\text{cal}}$ trong dải từ $T_{p\min}$ đến $T_{p\max}$ và thời gian đến nửa giá trị (hoặc thời gian trên 90 % hoặc thời gian tới zero) xấp xỉ bằng thời gian dài nhất đến một nửa giá trị (hoặc thời gian trên 90 % hoặc thời gian tới zero) đối với hệ thống đo được công nhận. Hoặc có thể xác định từ hệ số thang đo của các bộ phận (5.2.2).

Ngoài ra, đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo phải được ghi theo Phụ lục C. Các mức chuẩn của các khoảng thời gian mức chuẩn mà hệ thống đo được công nhận không được sai khác so với giá trị của đáp tuyến bậc thang ở $T_{p\text{cal}}$ quá $\pm 1\%$.

Đáp tuyến bậc thang không được thay đổi quá 5 % trong khoảng từ $T_{p\min}$ tới $T_{2\max}$ (hoặc thời gian trên 90 % hoặc thời gian tới zero) đối với hệ thống đo được công nhận.

9.4 Thử nghiệm đáp ứng động bằng cách so sánh

Có thể sử dụng cùng bản ghi có được lấy trong thử nghiệm của 9.3.1, và phải đánh giá các tham số thời gian liên quan của các xung được đo được đánh giá đối với mỗi hệ thống và độ không đảm bảo đo của các tham số thời gian đo được bằng hệ thống đang thử nghiệm theo 5.4 (Bảng 5).

CHÚ THÍCH: t_{\min} có thể được chọn từ một loại xung và t_{\max} từ một loại khác, đối với các trường hợp mà sự công nhận là cần thiết đối với một nhóm các loại xung, trong các trường hợp này, cần sử dụng thời gian dài nhất đến một nửa giá trị của tất cả các loại xung.

9.5 Kiểm tra tính năng

9.5.1 Kiểm tra hệ số thang đo bằng cách so sánh với hệ thống đo được công nhận

Thực hiện so sánh với hệ thống đo được công nhận khác (hoặc hệ thống đo chuẩn) sử dụng quy trình của 5.2. Đối với việc so sánh với các giá trị đỉnh, có thể sử dụng khe hở hình cầu theo IEC 60052.

Khi chênh lệch giữa hai giá trị đỉnh đo được không lớn hơn 3 %, hệ số thang đo ấn định được lấy vẫn có hiệu lực. Nếu lớn hơn, thì phải xác định một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định trong một thử nghiệm tính năng.

Giá trị của mỗi tham số thời gian phải nằm trong khoảng $\pm 10\%$ của giá trị tương ứng đo được bằng hệ thống đo khác. Khi chênh lệch bất kỳ lớn hơn 10 % thì khoảng thời gian danh nghĩa phải được xác định trong thử nghiệm tính năng.

9.5.2 Kiểm tra hệ số thang đo của các bộ phận

Các hệ số thang đo của mỗi bộ phận phải được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ hiệu chuẩn bên trong hoặc bên ngoài có độ không đảm bảo đo mở rộng không lớn hơn 1 %. Nếu các hệ số thang đo sai khác so với các giá trị trước đó của chúng không lớn hơn 1 %, hệ số thang đo ấn định được lấy vẫn có hiệu lực. Nếu có sai khác bất kỳ vượt quá $\pm 1\%$, phải xác định một giá trị mới của hệ số thang đo ấn định.

9.5.3 Kiểm tra đáp ứng động bằng bản ghi chuẩn

Khi đòi hỏi sử dụng trong các kiểm tra tính năng, đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo phải được ghi lại bằng cách sử dụng phương pháp của Phụ lục C. Điều này phải có trong hồ sơ tính năng để sử dụng như một bản ghi chuẩn ("đấu vân tay") để cho phép phát hiện những thay đổi trong đáp ứng động tại những kiểm tra tính năng sau đó.

Bảng 5 – Thử nghiệm yêu cầu đối với hệ thống đo điện áp xung đóng cắt

Loại thử nghiệm	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm thường xuyên	Thử nghiệm tính năng	Kiểm tra tính năng
Hệ số thang đo/tham số thời gian khi hiệu chuẩn			5.2 5.11/9.3	
Kiểm tra hệ số thang đo				9.5
Tính tuyến tính, xem Chú thích 2		5.3	5.3 (nếu áp dụng)	
Đáp ứng động	5.4 9.4		5.4 9.4	9.5
Độ ổn định ngắn hạn		5.5		
Độ ổn định dài hạn	5.6		5.6 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng nhiệt độ môi trường	5.7			
Hiệu ứng lân cận, xem Chú thích 3	5.8 (nếu áp dụng)		5.8 (nếu áp dụng)	
Hiệu ứng phần mềm (IEC 61083-2)	5.9 (nếu áp dụng)			
Thử nghiệm nhiều			5.12	5.12
Thử nghiệm chịu thử khô	5.13	5.13 (nếu yêu cầu)		
Thử nghiệm chịu thử ướt hoặc nhiễm bẩn	5.13 (nếu yêu cầu)			
Hệ số thang đo/tham số thời gian của thiết bị chuyển đổi	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo/tham số thời gian của hệ thống truyền dẫn trừ cáp	5.2.2	5.2.2		
Hệ số thang đo/tham số thời gian của thiết bị đo	5.2.2 IEC 61083	5.2.2 IEC 61083		
Trách nhiệm	trên các thành phần, bởi nhà chế tạo		trên hệ thống, bởi người sử dụng, xem Chú thích 1	
Tỷ lệ lặp lại khuyến cáo	chỉ một lần (thử nghiệm điển hình và thường xuyên)		được đề xuất hàng năm, nhưng tối thiểu mỗi 5 năm	theo độ ổn định, nhưng tối thiểu hàng năm
<p>CHÚ THÍCH 1: Các thử nghiệm liệt kê ở trên cần được áp dụng cho các bộ phận đơn lẻ nếu các thử nghiệm tính năng được thực hiện theo phương pháp thay thế (xem 5.2.2). Để thu được độ không đảm bảo đo của hệ thống đo được công nhận, các bộ phận của chúng phải được kết hợp như được chứng minh trong Phụ lục B.</p> <p>CHÚ THÍCH 2: Chỉ yêu cầu thử nghiệm tính tuyến tính theo 5.3 nếu việc hiệu chuẩn không thể thực hiện bằng cách so sánh trên toàn dải đo ổn định (5.2.1.2).</p> <p>CHÚ THÍCH 3: Nghiên cứu hiệu ứng lân cận trong thử nghiệm tính năng chỉ cần thiết nếu dữ liệu thử nghiệm điển hình là không đủ.</p>				

10 Hệ thống đo chuẩn

10.1 Yêu cầu đối với hệ thống đo chuẩn

10.1.1 Điện áp một chiều

Hệ thống đo chuẩn phải cho phép thực hiện phép đo điện áp một chiều với độ không đảm bảo đo mở rộng $U_M \leq 1\%$ trong phạm vi sử dụng của nó. Độ không đảm bảo đo không được bị ảnh hưởng bởi hệ số nhấp nhô đến 3%.

10.1.2 Điện áp xoay chiều

Hệ thống đo chuẩn phải cho phép thực hiện phép đo điện áp xoay chiều với độ không đảm bảo đo mở rộng $U_M \leq 1\%$ trong phạm vi sử dụng của nó.

10.1.3 Điện áp xung đóng cắt và xung sét cắt và toàn sóng

Hệ thống đo chuẩn phải cho phép thực hiện phép đo điện áp xung cắt đuôi sóng và xung toàn sóng với độ không đảm bảo đo $U_{M1} \leq 1\%$ đối với các giá trị đỉnh của các xung cắt đuôi sóng và xung toàn sóng, $U_{M2} \leq 3\%$ đối với đỉnh của các xung sét cắt đầu sóng và $U_{M3} \leq 5\%$ đối với các tham số thời gian trong phạm vi sử dụng của nó.

CHÚ THÍCH: Các dao động và/hoặc quá hiệu chỉnh cần được ghi lại đầy đủ (so sánh với 8.1.4).

10.2 Hiệu chuẩn hệ thống đo chuẩn

10.2.1 Yêu cầu chung

Sự phù hợp của hệ thống đo chuẩn theo các yêu cầu liên quan cho trong 10.1 phải được thể hiện bằng thử nghiệm của 10.2.2. Ngoài ra, cho phép sử dụng thử nghiệm 10.2.3.

10.2.2 Phương pháp chuẩn: Phép đo so sánh

Tính năng đầy đủ của hệ thống đo chuẩn phải được thể hiện bằng cách hiệu chuẩn bởi các phép đo so sánh ở điện áp thử nghiệm liên quan so với hệ thống đo chuẩn có độ không đảm bảo đo thấp, mà bản thân nó có thể truy xuất đến các chuẩn của Viện Đo lường Quốc gia.

Trong trường hợp các điện áp xung, phải áp dụng dạng sóng của hai hoặc nhiều hơn các thời gian sườn trước khác nhau bao trùm phạm vi của khoảng thời gian danh nghĩa.

CHÚ THÍCH: Các yêu cầu đối với hệ thống đo chuẩn có độ không đảm bảo đo thấp nên là độ không đảm bảo đo mở rộng $U_M \leq 0,5\%$ đối với phép đo điện áp và – chỉ đối với điện áp xung – $U_{M3} \leq 3\%$ đối với phép đo tham số thời gian.

10.2.3 Phương pháp thay thế đối với điện áp xung: Phép đo hệ số thang đo và đánh giá các tham số đáp tuyến bậc thang

Hệ số thang đo của hệ thống đo chuẩn phải được thiết lập cho một dạng điện áp xung, ví dụ bằng cách sử dụng hệ thống đo chuẩn cấp cao hơn ở điện áp thử nghiệm liên quan. Ngoài ra, các tham số đáp

TCVN 6099-2:2016

tuyến bậc thang được đánh giá theo Phụ lục C phải đáp ứng các khuyến cáo của Bảng 6. Thêm vào đó, các mức chuẩn của các khoảng thời gian mức chuẩn đối với hệ thống đo chuẩn cần công nhận không được sai khác quá $\pm 0,5\%$ so với giá trị của đáp tuyến bậc thang ở thời điểm tham số liên quan của điện áp xung được sử dụng.

10.3 Khoảng thời gian giữa các lần hiệu chuẩn kế tiếp của hệ thống đo chuẩn

Khoảng thời gian giữa các lần hiệu chuẩn phải được xác định theo các quy định quốc gia. Nếu không có quy định, việc hiệu chuẩn nên được lặp lại mỗi 5 năm, với điều kiện các kiểm tra tính năng thường xuyên chứng minh độ ổn định của hệ thống đo chuẩn.

10.4 Sử dụng hệ thống đo chuẩn

Hệ thống đo chuẩn chỉ nên được sử dụng đối với các phép đo so sánh trong các thử nghiệm tính năng. Tuy nhiên, các hệ thống đo chuẩn có thể được sử dụng đối với các phép đo khác, bao gồm cả sử dụng hàng ngày, nếu nó cho thấy rằng việc sử dụng này không làm ảnh hưởng đến tính năng của chúng (Các kiểm tra tính năng quy định trong tiêu chuẩn này là đủ để xác nhận điều này). Ngoài ra, việc thay thế các thiết bị đo tương đương, mà đáp ứng tiêu chuẩn liên quan, phải được chấp nhận.

**Bảng 6 – Tham số đáp tuyến khuyến cáo
đối với hệ thống đo chuẩn điện áp xung**

Điện áp	Khuyến cáo đối với		
	Xung sét toàn sóng và cắt đuôi sóng	Xung sét cắt đầu sóng	Xung đóng cắt
Thời gian đáp tuyến thực nghiệm T_N	≤ 15 ns	≤ 10 ns	-
Thời gian thiết lập t_s	≤ 200 ns	≤ 150 ns	≤ 10 μ s
Thời gian đáp tuyến cục bộ T_a	≤ 30 ns	≤ 20 ns	-

Phụ lục A

(tham khảo)

Độ không đảm bảo đo

A.1 Yêu cầu chung

Điều 5 mô tả một quy trình đơn giản hóa để đánh giá độ không đảm bảo đo của phép đo trong các điều kiện thường được áp dụng và hoàn toàn thích hợp trong phép đo điện áp cao. Tuy nhiên, trong một số trường hợp cần thiết hoặc được yêu cầu để đánh giá độ không đảm bảo đo theo một cách phức tạp hơn. Phụ lục A đưa ra cách nhìn tổng quát về cách thức thực hiện những trường hợp này, và Phụ lục B mô tả ba ví dụ ứng dụng.

Mỗi phép đo một đại lượng đều không hoàn hảo ở một mức độ nào đó, và kết quả đo chỉ là xấp xỉ ("ước lượng") của giá trị "đúng" của đại lượng đo. Độ không đảm bảo đo của phép đo thể hiện rõ chất lượng của phép đo. Độ không đảm bảo đo cho phép người sử dụng so sánh và xem xét các kết quả đo, ví dụ nhận được từ các phòng thử nghiệm khác nhau, và cung cấp thông tin có hay không một kết quả đo nằm trong các giới hạn được quy định bởi tiêu chuẩn. Hướng dẫn thể hiện độ không đảm bảo đo trong Phép đo (GUM) được xuất bản lần đầu năm 1993 bởi Tổ chức Tiêu chuẩn hóa Quốc tế (ISO) hiện nay là ISO/IEC 98-3:2008 là tiêu chuẩn được chấp nhận quốc tế đối với việc ước lượng độ không đảm bảo đo.

TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) là một hướng dẫn đưa ra các quy tắc chung để đánh giá và thể hiện độ không đảm bảo đo trong một phổ rộng của phép đo tại các mức khác nhau của độ không đảm bảo đo. Do đó cần thiết phải lấy ra từ TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) một bộ các quy tắc cụ thể mà có thể xử lý các phạm vi cụ thể của phép đo điện áp cao và mức chính xác và phức tạp của nó. Tương ứng với các nguyên tắc cơ bản của TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), các độ không đảm bảo đo được nhóm thành hai nhóm theo phương pháp đánh giá của chúng. Cả hai phương pháp được dựa trên phân phối xác suất của các đại lượng ảnh hưởng đến phép đo và trên các độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được định lượng bởi phương sai hoặc độ lệch chuẩn. Điều này cho phép xử lý giống nhau với cả hai nhóm độ không đảm bảo đo và đánh giá của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của đại lượng đo. Trong phạm vi của tiêu chuẩn này, yêu cầu độ không đảm bảo đo mở rộng tương ứng với một xác suất bao phủ xấp xỉ 95 %.

Các nguyên tắc cơ bản của TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) và các ví dụ về cách xác định độ không đảm bảo đo trong phép đo điện áp cao được trình bày trong các điều sau đây. Các phương trình và ví dụ được cho ở đây có hiệu lực đối với các đại lượng đầu vào không tương quan với nhau, mà là trường hợp thường gặp trong các phép đo điện áp cao.

A.2 Định nghĩa bổ sung cho Điều 3

A.2.1

Đại lượng có thể đo được (measurable quantity)

Thuộc tính của một hiện tượng, vật thể hoặc thực thể có thể được phân biệt định tính và được xác định định lượng.

A.2.2

Giá trị của đại lượng (value of a quantity)

Độ lớn của một đại lượng riêng biệt thường được biểu diễn như đơn vị của phép đo nhân với một số.

A.2.3

Đại lượng đo (measurand)

Đại lượng đặc trưng được gắn với phép đo.

A.2.4

Phương sai (variance)

Kỳ vọng của bình phương độ lệch của một biến ngẫu nhiên so với kỳ vọng của nó.

A.2.5

Tương quan (correlation)

Mối quan hệ giữa hai hoặc một vài biến ngẫu nhiên nằm trong phân phối của hai hoặc nhiều hơn các biến ngẫu nhiên.

A.2.6

Xác suất bao phủ (coverage probability)

Phần, thường lớn, của phân phối của các giá trị như một kết quả đo có thể tương trưng một cách hợp lý cho đại lượng đo.

A.3 Hàm mô hình

Mỗi phép đo có thể được mô tả bởi một sự phụ thuộc hàm f .

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N) \quad (\text{A.1})$$

trong đó Y là đại lượng đo và X_i là các đại lượng đầu vào khác nhau được đánh số từ 1 đến N . Theo nghĩa trong TCVN 9595-3 (ISO/IEC GUIDE 98-3), hàm mô hình f bao gồm tất cả các giá trị phép đo, các đại lượng ảnh hưởng, sự hiệu chỉnh, hệ số hiệu chỉnh, hằng số vật lý, và bất kỳ dữ liệu nào khác có thể góp một lượng đủ lớn vào giá trị của Y và độ không đảm bảo đo của nó. Nó có thể tồn tại như một phân tích đơn lẻ hoặc phân tích gộp hoặc biểu thức bằng số, hoặc kết hợp cả hai. Nói chung các đại lượng đầu vào X_i là các biến ngẫu nhiên và được mô tả bằng cách quan sát x_i ("ước lượng đầu vào") có các phân phối xác suất riêng và được liên kết với độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u(x_i)$ của Kiểu A hoặc Kiểu B. Sự kết hợp của cả hai loại độ không đảm bảo đo theo các quy tắc của

TCVN 9595-3 (ISO/IEC GUIDE 98-3) đem lại độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u(y)$ của ước lượng đầu ra y .

CHÚ THÍCH 1: Hàm mô hình f trong Phương trình (A.1) cũng có hiệu lực đối với ước lượng đầu vào và đầu ra x_i và y , một cách tương ứng.

CHÚ THÍCH 2: Trong một chuỗi các quan sát, giá trị quan sát được thứ k của đại lượng X_i được ký hiệu x_{ik} .

A.4 Đánh giá Kiểu A của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn

Phương pháp đánh giá của Kiểu A được áp dụng cho các đại lượng mà thay đổi ngẫu nhiên và do đó n lần quan sát độc lập thu được dưới cùng điều kiện của phép đo. Nói chung, có thể giả định phân bố xác suất chuẩn của n lần quan sát x_{ik} (Hình A.1).

CHÚ THÍCH 1: X_i có thể là hệ số thang đo, giá trị điện áp thử nghiệm hoặc tham số thời gian với lần quan sát x_{ik} .

Giá trị trung bình số học \bar{x}_i của lần quan sát x_{ik} được xác định bằng:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik} \quad (\text{A.2})$$

mà được coi là ước lượng tốt nhất của X_i . Độ không đảm bảo đo Kiểu A của nó bằng với độ sai lệch tiêu chuẩn thực nghiệm của trung bình:

$$u(\bar{x}_i) = s(\bar{x}_i) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.3})$$

trong đó $s(x)$ là độ sai lệch tiêu chuẩn thực nghiệm (của các giá trị riêng biệt):

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \quad (\text{A.4})$$

Các giá trị bậc hai của $s^2(x_i)$ và $s^2(\bar{x}_i)$ được gọi là các phương sai mẫu và phương sai của trung bình, một cách tương ứng. Số lần quan sát nên là $n \geq 10$, ngoài ra độ tin cậy của đánh giá kiểu A của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn phải được kiểm tra bằng độ tự do hiệu quả (xem Điều A.8).

CHÚ THÍCH 2: Trong một số trường hợp, một ước lượng gộp của phương sai s_p^2 có thể có trong một số lượng lớn của các quan sát trước đó dưới các điều kiện được xác định tốt. Sau đó độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của phép đo có thể so sánh được với một số lượng nhỏ n ($n = 1, 2, 3, \dots$) được ước lượng tốt hơn bằng $u(\bar{x}_i) = s_p / \sqrt{n}$ hơn là bằng Phương trình (A.3).

A.5 Đánh giá Kiểu B của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn

Phương pháp đánh giá Kiểu B áp dụng cho tất cả các trường hợp ngoại trừ phân tích thống kê của một chuỗi các quan sát. Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của Kiểu B được đánh giá bằng đánh giá khoa

TCVN 6099-2:2016

học dựa trên tất cả các thông tin hiện có trên độ biến thiên có thể của một đại lượng đầu vào X_i với quan sát x_i , mà:

- phương pháp đánh giá các đại lượng,
- độ không đảm bảo đo của việc hiệu chuẩn hệ thống đo và các bộ phận của nó,
- tính phi tuyến của bộ phân áp và thiết bị đo,
- đáp ứng động, ví dụ độ biến thiên hệ số thang đo với tần số hoặc dạng xung,
- độ ổn định ngắn hạn, tự phát nóng,
- độ ổn định dài hạn, độ lệch,
- điều kiện môi trường trong phép đo,
- hiệu ứng lân cận của các đối tượng xung quanh,
- các hiệu ứng được tạo ra bởi phần mềm được sử dụng trong các thiết bị hoặc trong đánh giá các kết quả,
- độ phân giải giới hạn của các thiết bị đo kỹ thuật số, số đọc của các thiết bị tương tự,

Thông tin về các đại lượng đầu vào và các độ không đảm bảo đo có thể thu được từ các phép đo hiện tại hoặc trước đó, chứng nhận hiệu chuẩn, dữ liệu trong sổ tay và tiêu chuẩn, yêu cầu kỹ thuật của nhà chế tạo hoặc kiến thức về đặc tính của các vật liệu liên quan hoặc các thiết bị. Các trường hợp sau đây của một đánh giá Kiểu B của độ không đảm bảo đo có thể được nhận dạng:

a) Thường chỉ có một giá trị đầu vào đơn x_i và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của nó $u(x_i)$ là được biết, ví dụ một giá trị đo được đơn nhất, một giá trị hiệu chỉnh hoặc một giá trị chuẩn từ tài liệu. Giá trị này và độ không đảm bảo đo của nó phải được thực hiện theo Phương trình hàm mô hình (A.1). Trong trường hợp $u(x_i)$ là không biết, nó phải được tính toán từ các dữ liệu độ không đảm bảo đo liên quan khác hoặc được ước lượng trên nền tảng kinh nghiệm.

b) Độ không đảm bảo đo của thiết bị được xác định là một độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn nhân với hệ số bao phủ k , ví dụ độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn mở rộng U của một vôn mét kỹ thuật số trong một chứng nhận hiệu chuẩn (Điều A.7). Khi sử dụng vôn mét trong một hệ thống đo phức tạp, nó đóng góp vào độ không đảm bảo đo:

$$u(x_i) = \frac{U}{k} \quad (\text{A.5})$$

trong đó k là hệ số bao phủ. Thay cho việc biểu diễn độ không đảm bảo đo mở rộng và hệ số bao phủ, người ta có thể tìm thấy một tuyên bố về mức độ tin cậy, ví dụ 68,3 %, 95,45 % hoặc 99,7 %. Nói chung, một phân bố chuẩn theo Hình A.1 có thể được giả định và tuyên bố về mức độ tin cậy là tương đương với hệ số bao phủ $k = 1, 2$ hoặc 3 , một cách tương ứng.

c) Giá trị x_i của một đại lượng đầu vào X_i được ước lượng để nằm trong khoảng từ a_- đến a_+ với một phân phối xác suất đã biết $p(x_i)$. Thông thường không có kiến thức cụ thể về $p(x_i)$ và một phân bố chữ nhật của các giá trị có thể xảy ra sau đó được giả định (Hình A.2). Sau đó giá trị được kỳ vọng X_i là điểm giữa \bar{x}_i của khoảng:

$$\bar{x}_i = \frac{(a_- + a_+)}{2} \quad (\text{A.6})$$

và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn liên kết:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.7})$$

trong đó $a = (a_+ - a_-)/2$.

Trong một số trường hợp, các phân bố xác suất khác có thể thích hợp hơn, như phân bố hình thang, tam giác hoặc phân bố chuẩn.

CHÚ THÍCH 1: Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn là $u(x_i) = a/\sqrt{6}$ đối với phân bố tam giác và $u(x_i) = \sigma$ đối với phân bố chuẩn. Điều này có nghĩa là phân bố chữ nhật đưa đến một độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn lớn hơn so với các phân bố khác.

TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3) công bố rằng độ không đảm bảo đo Kiểu B không nên bị tính hai lần nếu hiệu ứng riêng đã được tính vào độ không đảm bảo đo Kiểu A. Ngoài ra, việc đánh giá độ không đảm bảo đo nên thực tế và dựa trên các độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn, tránh sử dụng các hệ số an toàn riêng hoặc bất kỳ hệ số an toàn nào khác để thu được độ không đảm bảo đo lớn hơn độ không đảm bảo đo được đánh giá theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3). Thường một đại lượng đầu vào X_i phải được hiệu chỉnh hoặc được hiệu chỉnh để loại bỏ các hiệu ứng thuộc hệ thống có độ lớn đáng kể, ví dụ dựa trên nền tảng của sự phụ thuộc vào nhiệt độ hoặc điện áp. Tuy nhiên, độ không đảm bảo đo $u(x_i)$ liên kết với sự hiệu chỉnh này vẫn phải được tính đến.

CHÚ THÍCH 2: Việc tính hai lần các thành phần độ không đảm bảo đo có thể xảy ra khi một máy ghi kỹ thuật số được sử dụng cho các phép đo xung lặp, ví dụ khi hiệu chuẩn hệ số thang đo. Độ phân tán của n các giá trị phép đo tạo ra độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A có thể được tạo ra cục bộ bởi độ phân giải giới hạn của máy ghi và tạp bên trong của nó. Độ phân giải không cần thiết phải xem xét lại, đầy đủ, nhưng thay vì chỉ ở trong một phần nhỏ như một độ không đảm bảo đo Kiểu B dư. Tuy nhiên, nếu máy ghi kỹ thuật số sau đó được sử dụng trong suốt thử nghiệm điện áp xung để thu được một giá trị phép đo đơn nhất, độ phân giải giới hạn cần được xem xét trong độ không đảm bảo đo Kiểu B.

CHÚ THÍCH 3: Việc đánh giá các độ không đảm bảo đo Kiểu B đòi hỏi kiến thức bao quát và kinh nghiệm về các mối liên hệ vật lý liên quan, các đại lượng ảnh hưởng và các kỹ thuật đo. Vì bản thân việc đánh giá không phải khoa học chính xác dẫn đến một đáp án đơn nhất, là bình thường khi các kỹ sư thử nghiệm có kinh nghiệm có thể đánh giá các quá trình đo theo các cách khác nhau và thu được các giá trị độ không đảm bảo đo Kiểu B khác nhau.

A.6 Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp

Mỗi độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u(x_i)$ của ước lượng x_i mỗi đại lượng đầu vào X_i được đánh giá bằng phương pháp Kiểu A hoặc Kiểu B đóng góp vào độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của đại lượng đầu ra bằng:

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (\text{A.8})$$

trong đó c_i là hệ số độ nhạy. Nó mô tả cách ước lượng đầu ra y bị ảnh hưởng bởi các biến đổi nhỏ của ước lượng đầu vào x_i . Nó có thể được đánh giá trực tiếp như đạo hàm riêng của hàm mô hình f :

$$c_i = \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{X_i = x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i}, \quad (\text{A.9})$$

hoặc bằng cách sử dụng trị số tương đương và các phương pháp thực nghiệm. Dấu của c_i có thể dương hoặc âm. Trong các trường hợp khi các đại lượng đầu vào không có tương quan với nhau, không cần thiết phải xem xét đến dấu vì chỉ có giá trị bậc hai của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được sử dụng trong các bước tiếp theo.

N độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u_i(y)$ được xác định bằng Phương trình (A.8) đóng góp vào độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp $u_c(y)$ của đại lượng đầu ra theo "luật lan truyền của độ không đảm bảo đo":

$$u_c^2(y) = u_1^2(y) + u_2^2(y) + \dots + u_N^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (\text{A.10})$$

Từ đó $u_c(y)$ được đánh giá như căn bậc hai dương:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2} \quad (\text{A.11})$$

Nếu đại lượng đầu ra Y là một tích số hoặc thương số của các đại lượng đầu vào X_i , một mối liên hệ tương tự như được thể hiện trong Phương trình (A.10) và (A.11) có thể thu được đối với độ không đảm bảo đo tương đối $u_c(y)/|y|$ và $u(x_i)/|x_i|$. Luật lan truyền của độ không đảm bảo đo vì thế áp dụng cho cả hai loại hàm mô hình đối với các đại lượng đầu vào không có tương quan với nhau.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp tồn tại sự tương quan, số hạng tuyến tính phải được thể hiện trong luật lan truyền của độ không đảm bảo đo, và dấu của hệ số độ nhạy trở thành có liên quan. Sự tương quan xuất hiện khi, ví dụ, sử dụng cùng thiết bị để đo hai hoặc nhiều đại lượng đầu vào. Để tránh tính toán phức tạp, sự tương quan có thể được loại bỏ bằng cách thêm vào các đại lượng đầu vào bổ sung trong hàm mô hình f với sự hiệu chỉnh và độ không đảm bảo đo thích hợp. Tính đến sự tương quan vì thế là hết sức cần thiết cho phân tích độ không đảm bảo đo phức tạp để đạt được một ước lượng cực kỳ chính xác của độ không đảm bảo đo. Sự tương quan sẽ không được thảo luận tiếp trong tiêu chuẩn này.

A.7 Độ không đảm bảo đo mờ rộng

Trong lĩnh vực đo dòng điện cao và điện áp cao, như trong hầu hết các ứng dụng công nghiệp khác, đòi hỏi một công bố về độ không đảm bảo đo tương ứng với một xác suất bao phủ xấp xỉ 95 %. Đạt được điều này bằng cách nhân độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp $u_c(y)$ trong (A.11) với hệ số bao phủ k :

$$U = k u_c(y), \quad (\text{A.12})$$

trong đó U là độ không đảm bảo đo mờ rộng. Hệ số bao phủ $k = 2$ được sử dụng trong các trường hợp khi một phân bố chuẩn có thể được cho là do y và $u_c(y)$ có độ tin cậy đủ lớn, tức là bậc tự do hiệu quả của $u_c(y)$ là đủ lớn (xem Điều A.8). Ngoài ra, giá trị $k > 2$ có thể được xác định để đạt được $p = 95\%$.

CHÚ THÍCH 1: Trong một số tiêu chuẩn trước đây, sử dụng thuật ngữ "độ không đảm bảo đo tổng". Trong phần lớn các trường hợp, thuật ngữ này được hiểu là độ không đảm bảo đo mờ rộng U với hệ số bao phủ bằng 2.

CHÚ THÍCH 2: Vì độ không đảm bảo đo được định nghĩa là các số dương, dấu của U luôn dương. Tất nhiên, trong các trường hợp khi U được sử dụng theo nghĩa là khoảng không đảm bảo đo, khi đó k là $\pm U$.

A.8 Bậc tự do hiệu quả

Giả thuyết của một phân bố chuẩn của độ không đảm bảo đo mờ rộng là, nói chung, được đáp ứng trong các trường hợp khi một vài (tức là $N \geq 3$) thành phần độ không đảm bảo đo của giá trị so sánh được và phân phối xác suất được xác định (Gaussian, chữ nhật, v.v...) đóng góp vào độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp và khi độ không đảm bảo đo Kiểu A được dựa trên $n \geq 10$ lần quan sát lặp lại. Các điều kiện này được đáp ứng trong nhiều lần hiệu chuẩn của hệ thống đo điện áp. Khi giả thuyết của một phân bố chuẩn không được căn chỉnh, giá trị của $k > 2$ phải được đánh giá để đạt được một xác suất bao phủ xấp xỉ 95 %. Hệ số bao phủ thích hợp có thể được đánh giá trên nền tảng của bậc tự do hiệu quả v_{eff} của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u_c(y)$:

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}}, \quad (\text{A.13})$$

trong đó $u_i(y)$ được cho bởi Phương trình (A.8) đối với $i = 1, 2, \dots, N$ và v_i là bậc tự do tương ứng. Các giá trị tin cậy của v_i như sau:

$v_i = n - 1$ đối với độ không đảm bảo đo Kiểu A dựa trên n lần quan sát độc lập,

$v_i \geq 50$ đối với độ không đảm bảo đo Kiểu B được lấy từ chứng nhận hiệu chuẩn, và khi xác suất bao phủ được công bố không ít hơn 95 %,

$v_i = \infty$ đối với độ không đảm bảo đo Kiểu B giả định một phân phối chữ nhật trong khoảng a đến a_+ .

TCVN 6099-2:2016

Bậc tự do hiệu quả sau đó có thể được tính toán bằng Phương trình (A.13) và hệ số bao phủ được lấy từ Bảng A.1 mà được dựa trên phân phối t được đánh giá đối với xác suất bao phủ $p = 95,45 \%$. Nếu v_{eff} không phải số nguyên, nội suy hoặc rút ngắn v_{eff} tới số nguyên thấp hơn kế tiếp.

Bảng A.1 – Hệ số bao phủ k đối với bậc tự do hiệu quả v_{eff} ($p = 95,45 \%$)

v_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

Công thức sau cũng có thể được sử dụng để tính k từ v_{eff} :

$$k = 1,96 + \frac{2,374}{v_{eff}} + \frac{2,818}{v_{eff}^2} + \frac{2,547}{v_{eff}^3} \tag{A.14}$$

A.9 Dự tính độ không đảm bảo đo

Dự tính độ không đảm bảo đo của một phép đo là một phân tích chi tiết tất cả các nguồn và giá trị của độ không đảm bảo đo theo hàm mô hình f . Dữ liệu liên quan nên được giữ để kiểm tra theo mẫu của bảng bằng hoặc có thể so sánh với Bảng A.2. Dòng cuối cùng là các giá trị của kết quả đo y , độ không đảm bảo đo kết hợp $u_c(y)$ và bậc tự do hiệu quả v_{eff} .

Bảng A.2 – Dự tính độ không đảm bảo đo

Đại lượng	Giá trị	Thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn	Bậc tự do	Hệ số độ nhạy	Đóng góp đến độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp
X_i	x_i	$u(x_i)$	v_i/v_{eff}	c_i	$u_i(y)$
X_1	x_1	$u(x_1)$	v_1	c_1	$u_1(y)$
X_2	x_2	$u(x_2)$	v_2	c_2	$u_2(y)$
:	:	:	:	:	:
X_N	x_N	$u(x_N)$	v_N	c_N	$u_N(y)$
Y	Y		v_{eff}		$u_c(y)$

CHÚ THÍCH: Phần mềm được phê duyệt có bản thương mại hoặc có thể được phát triển bởi người sử dụng từ phần mềm chung mà cho phép tính toán tự động các đại lượng trong Bảng A.2 từ phương trình mô hình f .

A.10 Công bố kết quả đo

Trong các chứng nhận hiệu chuẩn và thử nghiệm, đại lượng đo Y phải được biểu diễn là $y \pm U$ đối với xác suất bao phủ (hoặc: mức tin cậy) xấp xỉ $p = 95 \%$. Giá trị số của độ không đảm bảo đo mở rộng U phải được làm tròn để không có quá hai con số. Nếu làm tròn xuống giảm giá trị nhiều hơn $0,005 U$, giá trị làm tròn lên phải được sử dụng. Giá trị số của y phải được làm tròn đến chữ số ít có nghĩa nhất mà có thể bị ảnh hưởng bởi độ không đảm bảo đo mở rộng.

CHÚ THÍCH 1: Kết của của phép đo điện áp được công bố theo một trong các cách sau:

$(227,2 \pm 2,4)$ kV,

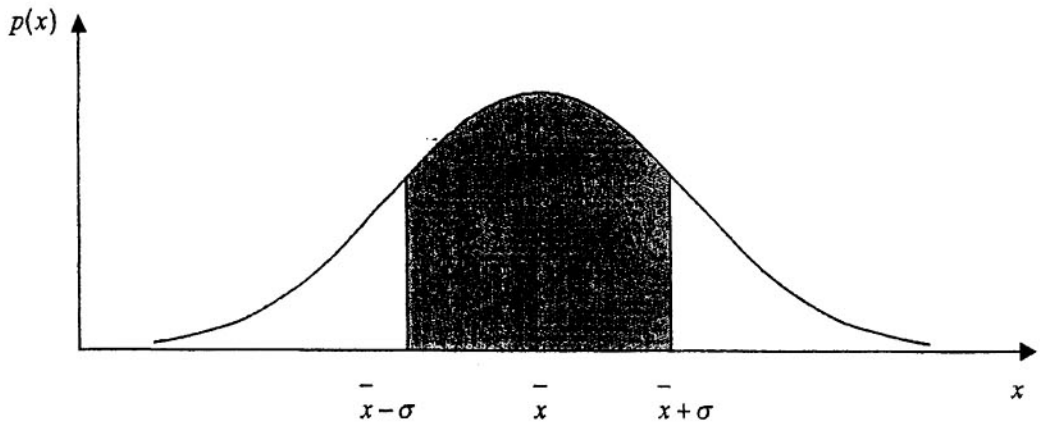
$227,2 \times (1 \pm 0,011)$ kV, hoặc

$227,2 \times (1 \pm 1,1 \cdot 10^{-2})$ kV.

Chú thích để giải thích nên được thêm vào để thông báo xác suất bao phủ p và hệ số bao phủ k .

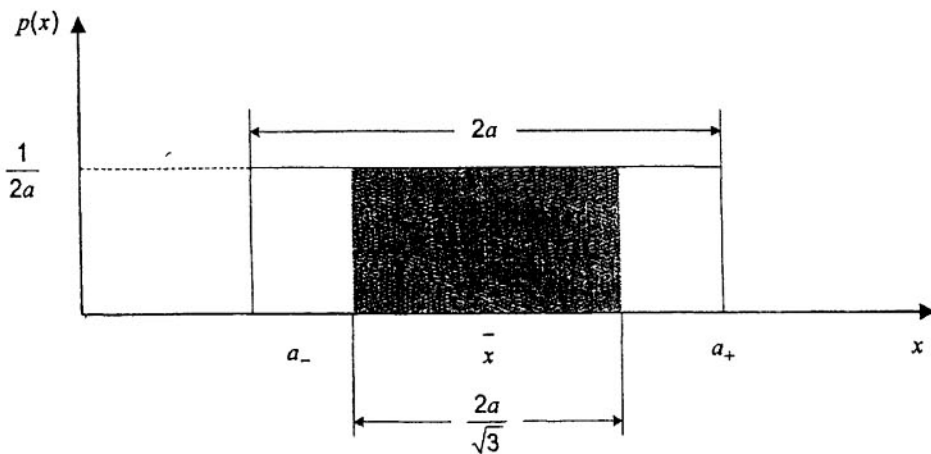
CHÚ THÍCH 2: Nên sử dụng toàn bộ câu dưới đây (thuật ngữ trong ngoặc áp dụng cho trường hợp khi $v_{\text{eff}} < 50$, tức là $k > 2,05$ theo Bảng A.1):

"Độ không đảm bảo đo mở rộng được báo cáo của phép đo được công bố như là độ không đảm bảo đo của phép đo nhân với hệ số bao phủ $k = 2$ ($k = XX$), mà đối với một phân bố chuẩn (phân phối t với $v_{\text{eff}} = YY$ bậc tự do hiệu quả) tương ứng với xác suất bao phủ xấp xỉ 95 %. Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của phép đo phải được xác định theo IEC 60060-2."



CHÚ THÍCH: Vùng mờ thể hiện độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn phía trên và phía dưới \bar{x}_{ii} .

Hình A.1 – Phân bố xác suất chuẩn $p(x)$



CHÚ THÍCH: Vùng mờ thể hiện độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn phía trên và phía dưới \bar{x}_{ii} .

Hình A.2 – Phân bố xác suất chữ nhật $p(x)$

Phụ lục B

(tham khảo)

Ví dụ về việc tính toán độ không đảm bảo đo trong phép đo điện áp cao

B.1 Ví dụ 1: Hệ số thang đo của một hệ thống đo xoay chiều (phương pháp so sánh)

Một hệ thống đo xoay chiều của điện áp danh định 500 kV, được ký hiệu là X, được hiệu chuẩn bởi một phòng hiệu chuẩn được công nhận trong phòng thử nghiệm của khách hàng. Việc hiệu chuẩn được thực hiện lên đến $V_{x\max} = 500$ kV bằng cách so sánh với một hệ thống đo chuẩn, được ký hiệu là N (Hình B.1). Cả hai hệ thống chứa một bộ phân áp và một Vôn mét kỹ thuật số, chỉ thị các giá trị điện áp V_N và V_X , một cách tương ứng, ở đầu ra bộ phân áp. Hệ số thang đo và độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của hệ thống chuẩn N ở 20 °C là $F_N = 1,025$ và $U_N = 0,8\%$ ($k = 2$), bao gồm một thành phần độ không đảm bảo đo được ước lượng đối với độ không ổn định dài hạn.

Trong quá trình hiệu chuẩn, nhiệt độ môi trường là (15 ± 2) °C. Vì hệ số thang đo của N được hiệu chuẩn ở 20 °C, nó được hiệu chỉnh -0,3 % theo hệ số nhiệt độ của nó, đem lại giá trị thực $F_N = 1,022$ ở 15 °C. Việc hiệu chỉnh này, tuy nhiên, không quá chính xác và, thêm vào đó, do biến đổi nhiệt độ trong khoảng ± 2 °C trong quá trình hiệu chuẩn, các giá trị có thể có của F_N được giả định để nằm trong khoảng $\pm 0,001$ xung quanh F_N với phân bố chữ nhật. Phép đo so sánh được thực hiện ở mức điện áp $h = 5$ vào khoảng 20 %, 40 %, ..., 100 % của $V_{x\max}$. Ở mỗi mức điện áp, các số đọc đồng thời của điện áp V_N và V_X được lấy đối với $n = 10$ lần đặt điện áp. Các nghiên cứu thêm về đáp ứng động, độ ổn định ngắn hạn, khoảng nhiệt độ, và nhiều cho thấy một sự ảnh hưởng lên hệ số thang đo của đối tượng thử nghiệm, F_X , trong khoảng $\pm 0,2\%$ mỗi thứ. Độ ổn định dài hạn của nó được ước lượng trên nền tảng dữ liệu của nhà sản xuất để nằm trong khoảng $\pm 0,3\%$ cho đến lần hiệu chuẩn tiếp theo.

Phương trình mô hình để tính giá trị của F_X và độ không đảm bảo đo kết hợp của nó có thể được phát triển như sau. Trong trường hợp lý tưởng, cả hai hệ thống đo thể hiện cùng giá trị của điện áp thử nghiệm xoay chiều V (Hình B.1):

$$V = F_N V_N = F_X V_X \quad (\text{B.1})$$

Điều này dẫn đến phương trình cơ bản để tính hệ số thang đo của hệ thống đang được thử nghiệm:

$$F_X = \frac{V_N}{V_X} F_N \quad (\text{B.2})$$

Như được mô tả ở trên, các hệ số thang đo của cả hai hệ thống được gắn với một vài đại lượng ảnh hưởng như độ lệch, nhiệt độ v.v... Chúng đóng góp vào các giá trị hệ số thang đo cũng như các độ không đảm bảo đo của chúng. Các thành phần này được ký hiệu ở đây là $\Delta F_{N,1}$, $\Delta F_{N,2}$, ... đối với hệ thống chuẩn, và là $\Delta F_{X,1}$, $\Delta F_{X,2}$, ... đối với hệ thống đang được thử nghiệm. Nói chung, mỗi thành phần đóng góp tới hệ số thang đo F_N hoặc F_X chứa một sai số và một độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn. Sai

số được lấy để hiệu chỉnh hệ số thang đo, hiệu chỉnh có dấu dương. Thành phần độ không đảm bảo đo được liên hệ đến hệ số thang đo liên quan F_N hoặc F_X và được đánh giá theo cách tương tự như được mô tả trong Điều A.5, tức là cũng bằng cách giả sử một phân phối xác suất chữ nhật nằm trong khoảng $\pm a_i$, dẫn đến độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $u_i = a_i / \sqrt{3}$, hoặc, trong trường hợp một bộ phận được hiệu chuẩn, bằng cách chia độ không đảm bảo đo mở rộng U của nó cho hệ số bao phủ k . Thành phần $\Delta F_{N,m}$, hoặc $\Delta F_{X,i}$, không cần phải luôn có sai số (hoặc sai số được giả sử là nhỏ không đáng kể), và sau đó nó chỉ bao gồm thành phần độ không đảm bảo đo u_i .

Phương trình cơ bản (B.2) được bổ sung bởi các thành phần $\Delta F_{N,m}$, và $\Delta F_{X,i}$, để thu được hàm mô hình hoàn chỉnh để xác định hệ số thang đo F_X và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của nó. Vì sự tương quan giữa các đại lượng ảnh hưởng là không đáng kể, Phương trình (B.2) vì thế có thể được viết theo cách chung như sau:

$$F_X - \sum_i \Delta F_{X,i} = \frac{V_N}{V_X} (F_N - \sum_m \Delta F_{N,m}). \quad (\text{B.3})$$

CHÚ THÍCH 1: Với mỗi định nghĩa, các sai số được thêm vào cả hai phía của phương trình có dấu âm. Chúng được xác định là $\Delta F = (\text{giá trị chỉ thị}) - (\text{giá trị hiệu chỉnh})$.

Đối với trường hợp liên quan, hệ số thang đo F_X của hệ thống đo xoay chiều có thể được biểu diễn bởi:

$$F_X = \frac{V_N}{V_X} (F_N - \Delta F_N) + \sum_{i=1}^5 \Delta F_{X,i}, \quad (\text{B.4})$$

trong đó:

ΔF_N là thành phần được tạo ra bởi nhiệt độ thấp hơn của hệ thống chuẩn,

$\Delta F_{X,1}$ là thành phần được tạo ra bởi độ phi tuyến của thương số,

$\Delta F_{X,2}$ là thành phần được tạo ra bởi độ không ổn định ngắn hạn của hệ thống đang được thử nghiệm,

$\Delta F_{X,3}$ là thành phần được tạo ra bởi độ không ổn định dài hạn của hệ thống đang được thử nghiệm,

$\Delta F_{X,4}$ là thành phần được tạo ra bởi đáp ứng động của hệ thống đang được thử nghiệm,

$\Delta F_{X,5}$ là thành phần được tạo ra bởi biến thiên nhiệt độ của hệ thống đang được thử nghiệm,

CHÚ THÍCH 2: Trong ví dụ này, ΔF_N chứa cả hiệu chỉnh và thành phần độ không đảm bảo đo lên hệ số thang đo F_N , trong khi các số hạng $\Delta F_{X,1}$ đến $\Delta F_{X,5}$ chỉ đóng góp đến độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo F_X . Để thuận tiện, các thành phần độ không đảm bảo đo $\Delta F_{X,1}$ đến $\Delta F_{X,5}$ được liên hệ trực tiếp tới F_X , tức là hệ số độ nhạy của các đại lượng đầu vào này cũng đã được đưa vào xem xét.

Phép đo so sánh ở một mức điện áp đơn giữa hệ thống đo X và hệ thống chuẩn N đem đến $n = 10$ cặp giá trị đo được V_N và V_X , từ đó thương số V_N/V_X , trung bình của chúng và độ lệch tiêu chuẩn thực nghiệm $s(V_N/V_X)$ được tính toán. Một ví dụ đối với các giá trị được đo ở một mức điện áp vào khoảng

TCVN 6099-2:2016

40 % V_{Xmax} được cho trong Bảng B.1. Theo cùng một cách thức, thương số V_N/V_X và độ lệch tiêu chuẩn $s(V_N/V_X)$ thu được đối với tổng $h = 5$ mức điện áp lên đến 500 kV (Bảng B.2).

Bảng B.1 – Kết quả của phép đo so sánh ở một mức điện áp đơn

Số lượng phép đo	Hệ thống chuẩn V_N kV	Hệ thống đang được thử nghiệm V_X kV	Thương số V_N/V_X
1	191,4	190,8	1003,1
2	191,6	190,9	1003,7
3	190,7	189,9	1004,2
4	189,9	189,0	1004,8
5	190,9	189,9	1005,3
6	191,2	190,3	1004,7
7	191,3	190,4	1004,7
8	191,2	190,4	1004,2
9	190,6	189,9	1003,7
10	191,3	190,7	1003,1
Trung bình của V_N/V_X ở khoảng 40 % V_{Xmax}			1004,2
Độ lệch tiêu chuẩn thực nghiệm $s(V_N/V_X)$			0,73

Bảng B.2 – Tổng hợp các kết quả đối với các mức điện áp $h = 5$ ($V_{Xmax} = 500$ kV)

g Số	Mức điện áp % của V_{Xmax}	V_N/V_X	$s(V_N/V_X)$
1	18	1003,2	0,71
2	38	1004,2	0,73
3	63	1004,5	0,81
4	83	1006,5	0,68
5	100	1010,1	0,85 (= s_{max})
Trung bình		1005,7	

Trung bình của năm thương số V_N/V_X trong Bảng B.2 là 1005,7. Để ở phía an toàn của ước lượng độ không đảm bảo đo, độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A của V_N/V_X được đánh giá từ độ lệch tiêu chuẩn lớn nhất $s_{max} = 0,85$ theo Phương trình (A.3):

$$u_A = \frac{s_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{0,85}{\sqrt{10}} = 0,27$$

Độ lệch của thương số V_N/V_X từ trung bình của chúng đại diện cho độ phi tuyến của hệ thống X. Độ lệch lớn nhất là $a_1 = 4,4$ ở 100 % của $V_{X\max}$ (Bảng B.2). Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu B của V_N/V_X , khởi nguồn từ độ phi tuyến, do đó là $a_1/\sqrt{3} = 2,54$ theo Phương trình (A.7). Giá trị này được nhân với hệ số độ nhạy liên quan $c_1 = \partial F_X / \partial (V_N/V_X) = F_N - \Delta F_N = 1,022$ để thu được thành phần độ không đảm bảo đo Kiểu B:

$$u_{B1} = \frac{a_1}{\sqrt{3}} (F_N - \Delta F_N) = \frac{4,4}{\sqrt{3}} 1,022 = 2,6$$

Các giá trị và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của tất cả các đại lượng đầu vào được cho vào phía phải của phương trình mô hình (B.4). Phương trình mô hình có thể được đánh giá thủ công, sử dụng các phương trình được cho trong Phụ lục A, hoặc với sự hỗ trợ của phần mềm đặc biệt được công nhận để tính toán độ không đảm bảo đo. Kết quả của việc đánh giá được tổng hợp trong Bảng B.3. Trong dòng cuối, Hệ số thang đo ấn định F_X , độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của nó, và bậc tự do hiệu quả được cho. Giá trị lớn $v_{\text{eff}} = 180$ cho biết phân bố chuẩn của các giá trị có thể có của F_X , và do vậy $k = 2$ là có hiệu lực (xem Phụ lục A, Bảng A.1).

CHÚ THÍCH 3: Ước lượng độ không đảm bảo đo không phải rất chính xác và không đòi hỏi độ chính xác số học cao.

Cuối cùng, kết quả hoàn chỉnh của việc hiệu chuẩn hệ thống đo được công nhận được thể hiện bằng hệ số thang đo ấn định và độ không đảm bảo đo mở rộng của nó:

$$F_X = 1028 \pm 11 = 1028(1 \pm 0,011) \text{ đối với xác suất bao phủ không thấp hơn } 95 \% (k = 2).$$

Độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của hệ số thang đo ấn định là $U = 1,1$ %. Vì nó chứa thành phần độ không đảm bảo đo của độ ổn định dài hạn, nó có thể được áp dụng như độ không đảm bảo đo mở rộng của điện áp thử nghiệm cho đến lần hiệu chuẩn tiếp theo của hệ thống đo được công nhận, cung cấp độ ổn định của hệ số thang đo được kiểm tra bởi các kiểm tra tính năng trung gian (xem 4.3).

CHÚ THÍCH 4: Phương pháp đơn giản hóa của Điều 5 đưa đến độ không đảm bảo đo tương đối đồng nhất của hệ số thang đo ấn định.

Bảng B.3 – Dự tính độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo ấn định F_x

Đại lượng	Giá trị	Thành phần độ không đảm bảo đo	Bậc tự do	Hệ số độ nhạy	Sự đóng góp tới độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp
F_N	1,025	0,004 ¹⁾	50	1005,7	4,0
ΔF_N	0,003	0,000577 ²⁾	∞	-1005,7	-0,58
V_N/V_X	1005,7	0,27 ¹⁾	9	1,022	0,28
$\Delta F_{X,1}$	0	2,60 ²⁾	∞	1	2,6
$\Delta F_{X,2}$	0	1,19 ²⁾	∞	1	1,2
$\Delta F_{X,3}$	0	1,78 ²⁾	∞	1	1,8
$\Delta F_{X,4}$	0	1,19 ²⁾	∞	1	1,2
$\Delta F_{X,5}$	0	1,19 ²⁾	∞	1	1,2
F_X	1027,8		180		5,54
¹⁾ Phân bố chuẩn ²⁾ Phân bố chữ nhật					

B.2 Ví dụ 2: Hệ số thang đo của hệ thống đo điện áp xung (Phương pháp thành phần)

Hệ thống để đo các điện áp xung sét chứa một bộ chia xung có điện áp danh định 1,2 MV, một máy ghi kỹ thuật số 10 bit, và một cáp đồng trục 20 m. Các hệ số thang đo của bộ chia xung (ký hiệu "div") và máy ghi kỹ thuật số (ký hiệu "rec") và các độ không đảm bảo đo mở rộng của chúng được công bố bởi nhà chế tạo như sau:

$$F_{div} = 2015 \quad (U_{div} = 1,2 \%, p \geq 95 \%, k = 2), \text{ và}$$

$$F_{rec} = 1,050 \quad (U_{rec} = 0,8 \%, p \geq 95 \%, k = 2).$$

Độ không đảm bảo đo của bộ chia xung gồm các thành phần của thử nghiệm tính tuyến tính lên đến 1,2 MV, đáp ứng động và độ ổn định ngắn hạn. Thông tin bổ sung đối với hiệu ứng lân cận và độ ổn định dài hạn được cho bởi nhà chế tạo. Việc hiệu chuẩn của máy ghi kỹ thuật số được thực hiện ở tất cả các dải giữa 60 % và 100 % của độ lệch tỷ lệ thực bằng cách áp dụng các xung hiệu chuẩn mịn theo IEC 61083-1. Đáp tuyến bậc thang của máy ghi tốt hơn nên phẳng, và có thể kết luận rằng hệ số thang đo không phụ thuộc vào các tham số thời gian nằm trong dung sai được quy định cho các điện áp xung sét.

Để thu được độ không đảm bảo đo của hệ thống đo hoàn chỉnh, người sử dụng phải xem xét các thành phần độ không đảm bảo đo bổ sung, kể cả được lấy từ các hồ sơ tính năng của bộ chia xung và máy ghi, hoặc được xác định bằng các thử nghiệm bổ sung. Các đại lượng ảnh hưởng sau đây được giả sử là có một phân bố chữ nhật, một nửa chiều rộng là a_i , từ đó mà các thành phần độ không đảm

bảo đo được tính như $a_i / \sqrt{3}$. Độ không ổn định dài hạn hàng năm được quy định bởi nhà chế tạo nằm trong khoảng $\pm 0,3\%$ đối với bộ chia xung và $\pm 0,2\%$ đối với máy ghi. Độ không ổn định ngắn hạn của máy ghi nằm trong khoảng $\pm 0,3\%$. Hiệu ứng lân cận không cần phải nghiên cứu vì bộ chia xung được đặt bên ngoài khe hở không khí nhỏ nhất được quy định bởi nhà chế tạo. Như các xung sét, được tạo ra trong buồng thử của người sử dụng, được xếp chồng bởi các dao động vào khoảng 2% , độ lệch dư nằm trong khoảng $\pm 0,3\%$ được tượng trưng cho phần mềm của máy ghi, được sử dụng để tính giá trị đỉnh của đường cơ bản theo tần số phụ thuộc hệ số k (xem TCVN 6099-1 (IEC 60060-1), Điều 8).

Phương trình mô hình cơ bản để xác định hệ số thang đo ấn định F của hệ thống đo hoàn chỉnh là:

$$F = F_{div} \cdot F_{rec} \quad (B.5)$$

Phương trình mô hình được bổ sung – tương tự ví dụ B.1 – bằng các số hạng bổ sung $\Delta F_{div,i}$ và $\Delta F_{rec,i}$ được tạo ra bởi các đại lượng ảnh hưởng được nhắc đến ở trên. Các số hạng này thường chứa một sai số và một độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn $a_i / \sqrt{3}$ được tính từ một nửa chiều rộng a_i của các giá trị có thể xảy ra dưới giả định phân phối xác suất chữ nhật. Hàm mô hình hoàn chỉnh đối với hệ số thang đo F_m của hệ thống đo hoàn chỉnh được viết như sau:

$$F = (F_{div} - \Delta F_{div}) \cdot (F_{rec} - \sum_{i=1}^3 \Delta F_{rec,i}) \quad (B.6)$$

trong đó:

ΔF_{div} là thành phần được tạo ra bởi độ không ổn định dài hạn của bộ chia;

$\Delta F_{rec,1}$ là thành phần được tạo ra bởi độ không ổn định dài hạn của máy ghi;

$\Delta F_{rec,2}$ là thành phần được tạo ra bởi độ không ổn định ngắn hạn của máy ghi;

$\Delta F_{rec,3}$ là thành phần được tạo ra bởi phần mềm của máy ghi (thi hành hệ số k).

CHÚ THÍCH 1: Bằng định nghĩa, các sai số $\Delta F_{div,i}$ và $\Delta F_{rec,i}$ có dấu âm. Chúng được xác định là $\Delta F = (\text{giá trị chỉ báo}) - (\text{giá trị chính xác})$

CHÚ THÍCH 2: Trong ví dụ này, ΔF_{div} và các số hạng $\Delta F_{rec,1}$ đến $\Delta F_{rec,3}$ chỉ đóng góp đến độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo F .

Các giá trị và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của tất cả các đại lượng đầu vào được đưa vào bên phải của phương trình mô hình (B.6). Phương trình mô hình có thể được đánh giá thủ công, sử dụng các phương trình được cho trong Phụ lục A, hoặc với sự hỗ trợ của phần mềm đặc biệt được công nhận để tính toán độ không đảm bảo đo. Kết quả của việc đánh giá được tổng hợp trong Bảng B.4. Trong dòng cuối, Hệ số thang đo ấn định F của hệ thống đo hoàn chỉnh, độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của nó và bậc tự do hiệu quả được cho.

TCVN 6099-2:2016

CHÚ THÍCH 3: Ước lượng của độ không đảm bảo đo không phải rất chính xác và không đòi hỏi độ chính xác số học cao.

Bảng B.4 – Dự tính độ không đảm bảo đo của hệ số thang đo ấn định F

Đại lượng	Giá trị	Thành phần độ không đảm bảo đo	Bậc tự do	Hệ số độ nhạy	Sự đóng góp tới độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp
F_{div}	2015	12,1 ¹⁾	50	1,05	13
ΔF_{div}	0	3,49 ²⁾	∞	-1,05	-3,7
F_{rec}	1,050	0,0042 ¹⁾	50	2015	8,5
$\Delta F_{rec,1}$	0	0,00121 ²⁾	∞	-2015	-2,4
$\Delta F_{rec,2}$	0	0,00182 ²⁾	∞	-2015	-3,7
$\Delta F_{rec,3}$	0	0,00182 ²⁾	∞	-2015	-3,7
F	2115,8		130		16,7

¹⁾ Phân bố chuẩn
²⁾ Phân bố chữ nhật

Kết quả hoàn chỉnh cho hệ số thang đo ấn định của hệ thống đo xung được thể hiện bởi:

$$F = 2116 \pm 33 = 2116(1 \pm 0,016) \text{ đối với xác suất bao phủ không nhỏ hơn } 95 \% (k = 2).$$

Độ không đảm bảo đo mở rộng tương đối của hệ số thang đo ấn định là $U = 1,6 \%$. Vì nó chứa các thành phần độ không đảm bảo đo của độ ổn định dài hạn trong 1 năm, nó có thể được áp dụng như độ không đảm bảo đo mở rộng của điện áp thử nghiệm cho đến lần hiệu chuẩn tiếp theo của bộ chia xung và máy ghi trong vòng 1 năm.

B.3 Ví dụ 3: Thời gian sườn trước của điện áp xung sét

Thời gian sườn trước của một hệ thống đo điện áp xung 2 MV X, chứa một bộ chia và một máy ghi kỹ thuật số (10 bit, 100 MS/s), được hiệu chuẩn bằng cách so sánh với một hệ thống đo chuẩn N tại các xung sét vào khoảng 500 kV (Hình B.1). Sai số trung bình hệ thống của N đối với các thời gian sườn trước đo là $\Delta T_{1N} = 0,01 \mu s$ trong khoảng thời gian danh nghĩa, độ không đảm bảo đo mở rộng bằng $U_N = 0,02 \mu s (k = 2)$.

Bằng cách so sánh, $n = 10$ điện áp xung sét, có một khoảng thời gian sườn trước cụ thể, được ghi lại đồng thời với cả hai hệ thống. Thời gian sườn trước thực của điện áp xung thứ i , được ghi lại với hệ thống N , được xác định bởi:

$$T_{1N,i} = (t_{90} - t_{30}) / 0,6, \tag{B.7}$$

trong đó t_{30} và t_{90} ký hiệu thời gian tương ứng ở 30 % và 90 %, của giá trị đỉnh được đánh giá với hệ thống N. Thời gian sườn trước $T_{1X,i}$ của cùng điện áp xung được ghi với hệ thống X, được tính theo cùng một cách.

Từ $n = 10$ sự chênh lệch của các thời gian sườn trước, được đo với mỗi X và N, độ lệch thời gian sườn trước trung bình, ΔT_1 , được đánh giá bởi:

$$\Delta T_1 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (T_{1X,i} - T_{1N,i}) \quad (\text{B.8})$$

Việc so sánh được thực hiện đối với ba thời gian sườn trước khác nhau: lớn nhất, nhỏ nhất và các giá trị ở giữa của khoảng thời gian danh nghĩa, tức là đối với $T_1 \approx 0,8 \mu\text{s}$, $\approx 1,2 \mu\text{s}$ và $\approx 1,6 \mu\text{s}$. Đối với mỗi giá trị T_1 , độ lệch trung bình $\Delta T_{1,j}$ được tính. Trung bình tổng của ba giá trị $\Delta T_{1,j}$ là:

$$\Delta T_{1m} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \Delta T_{1,j} \quad (\text{B.9})$$

Nói cách khác, ΔT_{1m} ký hiệu sai số thời gian sườn trước trung bình của hệ thống X, liên quan đến hệ thống chuẩn N, trong dải $T_1 = 0,8 \mu\text{s} \dots 1,6 \mu\text{s}$.

Hàm mô hình đối với sai số của hệ thống X, được hiệu chỉnh bởi sai số ΔT_{1N} của hệ thống chuẩn N, là:

$$\Delta T_{1cal} = \Delta T_{1m} + \Delta T_{1N} \quad (\text{B.10})$$

Các giá trị, sai số và độ lệch riêng lẻ, thu được bằng hiệu chuẩn, được liệt kê trong Bảng B.5 và được thể hiện thêm trên Hình B.2.

Bảng B.5 – Kết quả hiệu chuẩn đối với thời gian sườn trước T_1 và độ lệch

		Giá trị		
T_{1Nj}	μs	0,80	1,20	1,60
T_{1Xj}	μs	0,73	1,17	1,61
$s_j(T_{1Xj})$	μs	0,015	0,01	0,01
$\Delta T_{1,j}$	μs	-0,07	-0,03	0,01
ΔT_{1m}	μs	-0,03		

Từ độ lệch tiêu chuẩn lớn nhất của ba giá trị T_{1Xj} , độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu A được tính bởi:

$$u_A(T_{1X}) = \frac{1}{\sqrt{10}} \max_{j=1}^3 s_j = \frac{0,015 \mu\text{s}}{\sqrt{10}} = 0,00474 \mu\text{s} \quad (\text{B.11})$$

Vì T_{1X} không được nhắc đến trực tiếp trong hàm mô hình, $u_A(T_{1X})$ được đưa vào như một đại lượng tách rời trong dự tính độ không đảm bảo đo (Bảng B.6).

TCVN 6099-2:2016

Độ lệch lớn nhất của ba giá trị T_{1x_j} riêng lẻ từ trung bình ΔT_{1m} của chúng cho độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu B:

$$u_B(T_{1m}) = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{j=1}^3 |\Delta T_{1,j} - \Delta T_{1m}| = \frac{0,04 \mu\text{s}}{\sqrt{3}} = 0,0231 \mu\text{s} \quad (\text{B.12})$$

Các giá trị và độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của tất cả các đại lượng đầu vào được cho vào phía phải của phương trình mô hình (B.8 với B.7). Phương trình mô hình có thể được đánh giá thủ công, sử dụng các phương trình được cho trong Phụ lục A, hoặc với sự hỗ trợ của phần mềm đặc biệt được công nhận để tính toán độ không đảm bảo đo. Kết quả của việc đánh giá được tổng hợp trong Bảng B.6. Trong dòng cuối, sai số trung bình ΔT_{1cal} , độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp của nó, và bậc tự do hiệu quả được cho. Giá trị lớn $v_{\text{eff}} = 1700$ cho biết phân bố chuẩn của các giá trị có thể có của ΔT_{1cal} , và do vậy $k = 2$ là có hiệu lực (xem Phụ lục A, Bảng A.1).

Bảng B.6 – Dự tính độ không đảm bảo đo của độ lệch thời gian sườn trước ΔT_{1cal}

Đại lượng	Giá trị μs	Thành phần độ không đảm bảo đo μs	Bậc tự do	Hệ số độ nhạy	Sự đóng góp tới độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp μs
ΔT_{1N}	0,01	0,01 ¹⁾	50	1	0,01
ΔT_{1m}	-0,03	0,0231 ²⁾	∞	1	0,023
$u_A(T_{1x})$	0,0	0,00474 ¹⁾	9	1	0,0047
ΔT_{1cal}	-0,020 μs		1 700		0,0256 μs

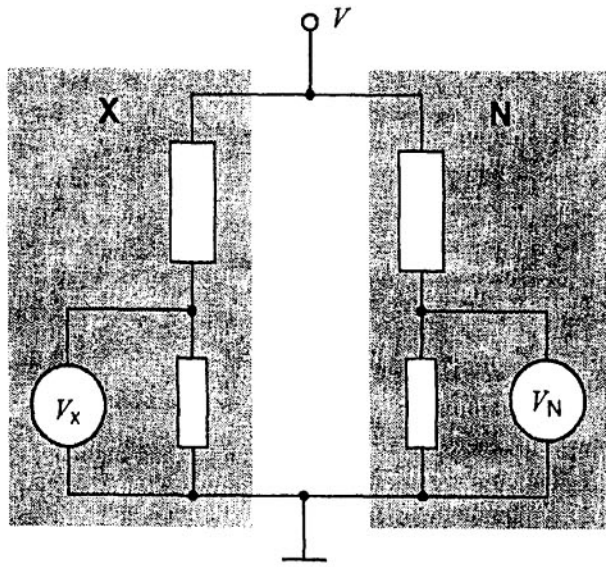
¹⁾ Phân bố chuẩn
²⁾ Phân bố chữ nhật

Cuối cùng, kết quả hoàn chỉnh của việc hiệu chuẩn được biểu diễn như sau:

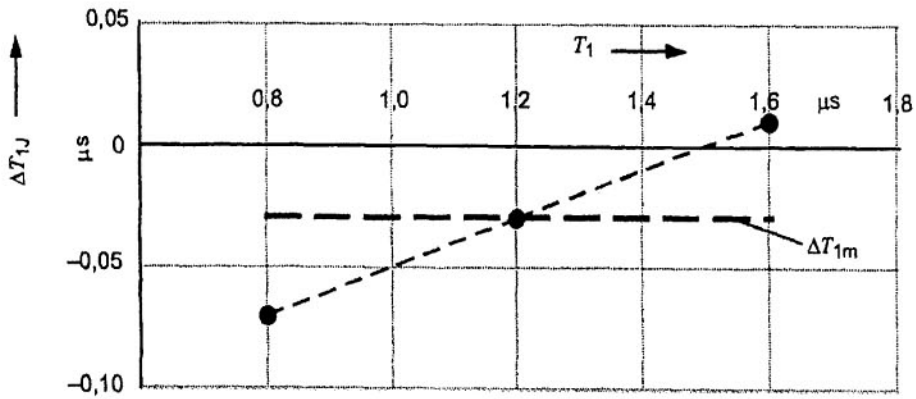
$$\Delta T_{1cal} = -0,020 \mu\text{s} \pm 0,051 \mu\text{s} \text{ đối với xác suất bao phủ không nhỏ hơn 95 \% (} k = 2 \text{).}$$

Nói cách khác, các thời gian sườn trước đo được với hệ thống X trong khoảng thời gian danh nghĩa là rất nhỏ vào khoảng $-0,02 \mu\text{s}$. Khi hệ thống X được sử dụng cho các phép đo điện áp xung, thời gian sườn trước hiệu chỉnh T_{1cor} thu được bằng cách cộng $0,02 \mu\text{s}$ vào giá trị T_{1meas} đo được. Nếu không có thêm thành phần nào vào thời gian sườn trước cần được xem xét, độ không đảm bảo đo mở rộng của T_{1cor} là $0,051 \mu\text{s}$ ($k = 2$).

Các thành phần độ không đảm bảo đo bổ sung có thể khởi tạo khi máy ghi kỹ thuật số của hệ thống X được sử dụng trong các dải khác với trong khi so sánh. Ảnh hưởng lên t_{30} và t_{90} phải được ước lượng và một độ lệch hợp lý T_1 được tính theo Phương trình (B.7) từ đó độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn Kiểu B tương ứng được giới thiệu trong dự tính độ không đảm bảo đo.



Hình B.1 – So sánh giữa hệ thống đang được thử nghiệm, X, và hệ thống chuẩn, N



Hình B.2 – Độ lệch thời gian sườn trước ΔT_{1j} của hệ thống X, liên quan đến hệ thống chuẩn N, và trung bình ΔT_{1m} của chúng trong dải $T_1 = 0,8 \mu\text{s} \dots 1,6 \mu\text{s}$

Phụ lục C

(tham khảo)

Phép đo đáp tuyến bậc thang

C.1 Yêu cầu chung

Phép đo đáp tuyến bậc thang là một phương pháp truyền thống để thể hiện đặc điểm của một bộ chia điện áp xung, một máy hiện sóng xung hoặc một máy ghi kỹ thuật số. Vì không có mối tương quan trực tiếp giữa các tham số đáp tuyến bậc thang đơn vị và phép đo chính xác của các điện áp xung, nó mất đi vai trò của mình đối với các yêu cầu của tiêu chuẩn này, nhưng vẫn giữ được các điểm quan trọng đối với thể hiện đặc điểm của đáp ứng động trong việc liên kết với các phép đo so sánh (8.4.2, 9.3.2) và đặc biệt đối với sự phát triển của các bộ chia và các thiết bị. Ngoài ra, nó được áp dụng cho các kiểm tra tính năng của đáp ứng động (xem 8.5.3 và 9.5.3).

Đối với việc ước lượng các sai số trong phép đo tham số thời gian bằng tích chập (Phụ lục D), sự nhận biết chính xác của đáp tuyến tham số đơn vị là cần thiết.

C.2 Định nghĩa bổ sung cho Điều 3

C.2.1

Mức chuẩn (chỉ cho các phép đo xung) (reference level (impulse measurements only))

I_R

Giá trị trung bình của đáp tuyến bậc thang được lấy trên khoảng thời gian mức chuẩn (xem C.2.10 và Hình C.1a), tức là, trên dải từ $0,5t_{\min}$ đến $2t_{\max}$.

C.2.2

Điểm gốc của đáp tuyến bậc thang (origin of a step response)

O_1

Thời điểm khi đường cong đáp tuyến lần đầu tiên bắt đầu tăng đơn điệu phía trên biên độ của tạp ở mức zero của đáp tuyến bậc thang (đơn vị) (xem Hình C.1a).

CHÚ THÍCH 1: Trong một số trường hợp, đáp tuyến bậc thang đơn vị bắt đầu với một méo ban đầu (Hình C.2). Sau đó, điểm gốc O_1 nên được xác định ở điểm giao của phần mở rộng hướng xuống từ điểm tăng đơn điệu của đáp tuyến bậc thang đơn vị với đường zero. Méo ban đầu có thể được thể hiện đặc điểm bằng một tham số T_0 (thời gian méo ban đầu) mà tương ứng với (các) khu vực cục bộ giữa đường zero và đáp tuyến bậc thang đơn vị lên đến O_1 .

CHÚ THÍCH 2: Tất cả các giá trị thời gian (trừ T_0) được đo từ điểm gốc O_1 .

C.2.3**Đáp tuyến bậc thang đơn vị** (unit step response) $g(t)$

Đáp tuyến bậc thang được chuẩn hóa mà một mức chuẩn trở thành đơn vị và mức zero vẫn là zero (Hình C.1a).

CHÚ THÍCH: Một hệ thống đo có một đáp tuyến bậc thang đơn vị cho mỗi mức chuẩn. Điểm gốc O_1 của đáp tuyến bậc thang là giống với của đáp tuyến bậc thang đơn vị.

C.2.4**Tích phân đáp tuyến bậc thang** (step response integral) $T(t)$

Tích phân từ O_1 đến t của một trừ đi đáp tuyến bậc thang đơn vị $g(t)$ (xem Hình C.1b):

$$T(t) = \int_{O_1}^t (1 - g(\tau)) d\tau. \quad (C.1)$$

C.2.5**Thời gian đáp tuyến thực nghiệm** (experimental response time) T_N

Giá trị của tích phân đáp tuyến bậc thang ở $2 \cdot t_{\max}$:

$$T_N = T(2 \cdot t_{\max}). \quad (C.2)$$

C.2.6**Thời gian đáp tuyến cục bộ** (partial response time) T_a

Giá trị lớn nhất của tích phân đáp tuyến bậc thang đối với $t \leq 2 \cdot t_{\max}$ (xem Hình C.1b) tương đương với vùng mờ trên Hình C.1a

CHÚ THÍCH: Thông thường $T_a = T(t_1)$ trong đó t_1 là thời gian khi $g(t)$ lần đầu đạt điểm biên độ đơn vị (xem Hình C.1a).

C.2.7**Thời gian đáp tuyến dư** (residual response time) $T_R(t_1)$

Thời gian đáp tuyến thực nghiệm T_N trừ đi giá trị của tích phân đáp tuyến bậc thang ở một số thời gian cụ thể t_1 trong đó $t_1 < 2 \cdot t_{\max}$:

$$T_R(t_1) = T_N - T(t_1). \quad (C.3)$$

C.2.8

Quá hiệu chỉnh của đáp tuyến bậc thang đơn vị (overshoot of the unit step response)

B_{rs}

Chênh lệch giữa $g_{max}(t)$ lớn nhất và đơn vị tính bằng phần trăm của đơn vị (Hình C.1a):

$$\beta_{rs} = 100\%(g_{max}(t) - 1). \tag{C.4}$$

C.2.9

Thời gian thiết lập (setting time)

t_s

Thời gian ngắn nhất từ đó thời gian đáp tuyến dư $T_R(t)$ trở thành và giữ ở dưới 2 % của t :

$$|T_N - T(t)| < 0,02t \tag{C.5}$$

Đối với tất cả các giá trị của t trong khoảng thời gian từ 0_1 đến giá trị thời gian đến một nửa giá trị dài nhất T_{2max} của điện áp xung được đo (xem Hình C.1.b)).

C.2.10

Khoảng thời gian mức chuẩn (chỉ cho điện áp xung) (reference level epoch (impulse voltage only))

Khoảng thời gian trong đó mức chuẩn của đáp tuyến bậc thang được xác định với giới hạn dưới của nó bằng 0,5 lần giới hạn dưới của khoảng thời gian danh nghĩa ($0,5t_{min}$) và giới hạn trên của nó bằng 2 lần giới hạn trên của khoảng thời gian danh nghĩa ($2t_{max}$)

C.3 Mạch điện cho các phép đo đáp tuyến bậc thang

Bố trí mạch điện được sử dụng để xác định đáp tuyến bậc thang nên được mô tả trong hồ sơ tính năng và nên sát nhất có thể với các điều kiện làm việc.

Các mạch điện thích hợp được thể hiện trên Hình C.3. Mạch điện thường dùng được thể hiện trên Hình C.3a trong đó máy phát bậc thang được đặt ở một bức tường kim loại hoặc ở một dây dẫn trần bằng kim loại rộng ít nhất 1 m, có tác dụng trở về đất.

Để tạo ra bậc thang, hệ thống đo được cung cấp một xung tăng chậm hoặc một điện áp một chiều mà được cắt bởi một rơle hoặc một khe hở (xem Hình C.3d). Các phương pháp cắt sau đây có thể được chấp nhận:

- bởi một rơle với tiếp điểm nhúng thủy ngân: nó cho các bậc thang lên đến hàng trăm Vôn,
- bởi một khe hở đồng dạng trong không khí ở áp suất khí quyển với khoảng giãn cách lên đến vài milimét: nó cho các bậc thang lên đến vài kilo Vôn,
- bởi một khe hở đồng dạng với khoảng giãn cách lên đến vài milimét dưới áp suất khí được tăng: nó cho các bậc thang lên đến hàng chục kilo Vôn.

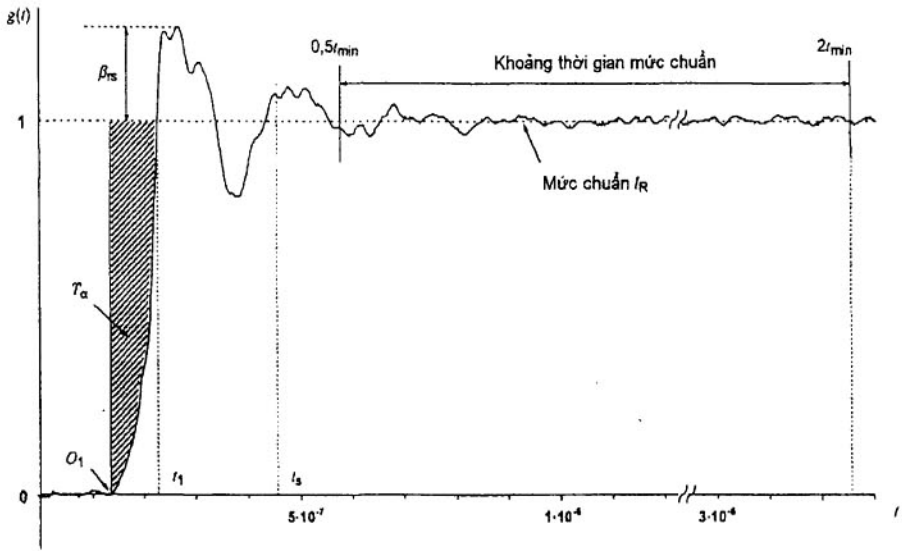
Khi bậc thang được tạo ra bằng cách sử dụng một máy phát lặp, khoảng thời gian của bậc thang, và của các khoảng giữa các bậc thang phải được chọn sao cho không có sai số bổ sung đối với một xung đơn.

C.4 Yêu cầu đối với đáp tuyến bậc thang của một bộ phận

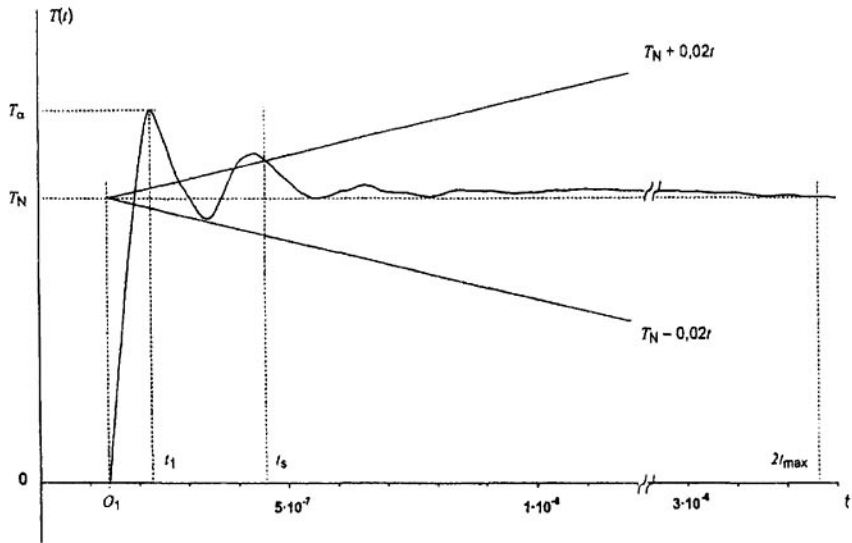
Bộ phận, thường là một thiết bị chuyển đổi hoặc một thiết bị đo có chức năng ghi, được đặt một bậc điện áp và đầu ra của nó được đo. Thời gian tăng của bậc thang được áp dụng nên ít hơn 1/5 thời gian đáp tuyến cục bộ T_{∞} . Nên làm mịn một chút dữ liệu được ghi của đáp tuyến bậc thang để giảm ảnh hưởng của các dao động nhỏ và nhiễu xếp chồng lên đáp tuyến bậc thang.

Đáp tuyến bậc thang đơn vị nằm trong khoảng thời gian mức chuẩn được chọn không nên sai lệch so với đơn vị lớn hơn $\pm 2\%$. Đáp tuyến bậc thang đơn vị, ở thời điểm của dạng sóng điện áp tương ứng, t_r , được sử dụng đối với các phép đo hệ số thang đo ấn định, không nên sai lệch so với mức chuẩn lớn hơn $\pm 1\%$ nếu t_r được sử dụng nằm ngoài dải của khoảng thời gian mức danh nghĩa. Khi sử dụng một điện áp xung sét toàn sóng trong việc xác định hệ số thang đo ấn định, t_r bằng $2T_1$, bằng 2 lần thời gian sườn trước của xung. Khi một điện áp xung sét cắt đầu sóng được sử dụng, t_r bằng $2T_c$, bằng 2 lần thời gian đến thời điểm cắt của xung. Khi sử dụng một xung đóng cắt, t_r bằng T_p , bằng thời gian đến đỉnh của xung. Khi sử dụng một điện áp một chiều, t_r bằng 100 ms. Khi sử dụng một điện áp xoay chiều, t_r bằng một phần tư chu kỳ của điện áp.

Đối với các yêu cầu đáp tuyến bậc thang của các hệ thống đo chuẩn điện áp xung, xem 10.2.3.

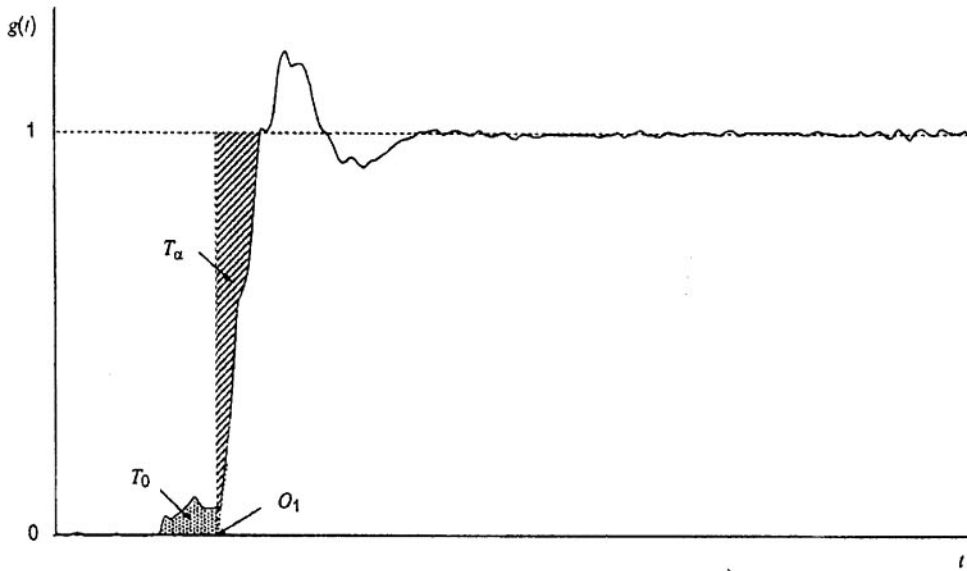


Hình C.1a – Định nghĩa về đáp tuyến bậc thang đơn vị

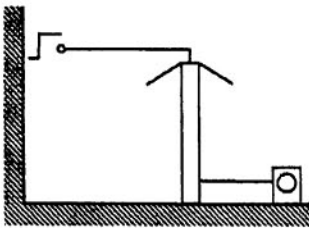


Hình C.1b – Định nghĩa về tích phân đáp tuyến bậc thang $T(t)$

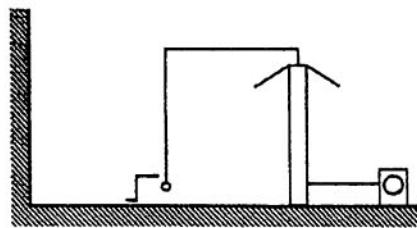
Hình C.1 – Định nghĩa của các tham số đáp tuyến



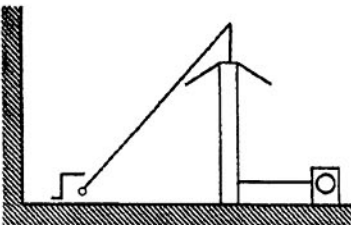
Hình C.2 – Một đáp tuyến bậc thang đơn vị $g(t)$ thể hiện một méo ban đầu của thời gian méo ban đầu T_0



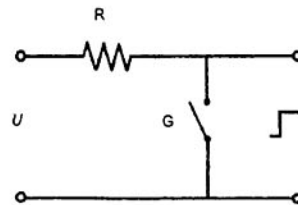
Hình C.3a - Bố trí ưu tiên



Hình C.3b - Ưu tiên đối với bộ phân áp lớn



Hình C.3c - Thay thế đối với bộ phân áp lớn



Hình C.3d - Mạch điện khởi phát bậc thang điện hình

Hình C.3 – Mạch điện thích hợp đối với phép đo đáp tuyến bậc thang

Phụ lục D

(tham khảo)

**Phương pháp tích chập để xác định đáp ứng động
từ các phép đo đáp tuyến bậc thang****D.1 Yêu cầu chung**

Phương pháp tích chập được sử dụng để đánh giá tính năng động của một bộ chia điện áp xung, một máy ghi kỹ thuật số, hoặc một hệ thống đo điện áp xung hoàn chỉnh từ các đáp tuyến bậc thang của chúng (Phụ lục C).

Phương pháp tích chập sử dụng đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo để tính dạng sóng xung đầu ra của nó từ dạng sóng xung đầu vào. Các sai số của các tham số xung của dạng sóng đầu ra liên quan đến dạng sóng đầu vào có thể được sử dụng để đánh giá tính năng của hệ thống đo cho một dạng sóng cụ thể được đo.

Phương pháp tích chập giả thuyết đáp tuyến bậc thang của hệ thống đo được đo chính xác và dạng sóng đầu vào được sử dụng trong tính toán là điển hình của các dạng sóng xung thực tế được đo.

D.2 Phương pháp tích chập

Nếu dạng sóng xung đầu vào và đáp tuyến bậc thang đơn vị (được chuẩn hóa) (Phụ lục C) của một hệ thống đo xung tương ứng là $V_{in}(t)$ và $g(t)$, đầu ra, $V_{out}(t)$, có thể được biểu diễn bằng tích phân chập sau đây:

$$V_{out}(t) = \int_0^t V_{in}'(\tau) \cdot g(t-\tau) \cdot d\tau \quad (D.1)$$

trong đó t là thời gian và $V_{in}'(t)$ là đạo hàm đầu tiên của dạng sóng điện áp xung đầu vào $V_{in}(t)$.

Nếu $g(t)$ và $V_{in}(t)$ được lấy mẫu với cùng khoảng lấy mẫu và số lượng mẫu của $g(t)$ là giống với của $V_{in}(t)$, tích phân chập liên tục (D.1) giảm xuống dạng kết quả của tổng tích chập rời rạc:

$$V_{out}(i) = \sum_{k=0}^i V_{in}'(k) \cdot g(i-k) \cdot \Delta t \quad i = 0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (D.2)$$

trong đó:

$V_{out}(i)$ là chuỗi đầu ra rời rạc;

$V_{in}'(i)$ là đạo hàm đầu tiên của chuỗi đầu vào;

$g(i)$ là chuỗi đáp tuyến bậc thang đơn vị;

n là số lượng mẫu của chuỗi đầu vào; và

Δt là khoảng lấy mẫu của chuỗi đầu vào và đầu ra, và chuỗi đáp tuyến bậc thang.

D.3 Quy trình để thực hiện phép tính tích chập

Quy trình này dựa trên tổng tích chập rời rạc được mô tả bởi phương trình (D.2). Nó được sử dụng để tính toán với sự hỗ trợ của máy tính sử dụng các dạng sóng xung kỹ thuật số. Quy trình được sử dụng để ước lượng các sai số của các tham số xung của đầu ra có liên quan đến các dạng sóng đầu vào của một hệ thống đo xung. Quy trình được cho ở đây mô tả các bước chính của việc tính toán. Các bước này là:

a) Nhận được chuỗi dạng sóng xung đầu vào $V_{in}(i)$ với $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$, và tính các tham số xung của nó.

b) Tỷ lệ lấy mẫu của dạng sóng xung đầu vào nên giống với của đáp tuyến bậc thang đơn vị, với số lượng mẫu của nó bằng với của đáp tuyến bậc thang đơn vị (xem bước c). Dạng sóng đầu vào nên là một dạng sóng mịn với tần số tạp cao nhất phải được giảm xuống bên dưới tần số Nyquist (một nửa của tần số lấy mẫu của chuỗi xung). Một chuỗi dạng sóng đầu vào mịn và các tham số xung của nó có thể được suy ra:

1) từ biểu thức giải tích của xung, ví dụ, sự xếp chồng của hai hàm mũ lý tưởng. Các tham số xung của dạng sóng này có thể thu được từ biểu thức giải tích hoặc từ phần mềm tính xung của hệ thống đo xung được kiểm tra.

2) hoặc từ một dạng sóng thực tế ghi được, được làm mịn bằng một bộ lọc kỹ thuật số thông thấp chính xác hoặc một thuật toán khớp hàm spline bậc ba từng phần. Các tham số xung của dạng sóng này có thể thu được từ phần mềm tính xung của hệ thống đo xung được kiểm tra.

c) Nhận được đạo hàm đầu tiên $V_{in}'(i)$ với $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$, của dạng sóng xung đầu vào $V_{in}(i)$ bằng phép lấy đạo hàm số học.

d) Nhận được chuỗi đáp tuyến bậc thang đơn vị $g(i)$ với $i = 1, 2, \dots, m-1$ và $m = n + j$, trong đó j là số lượng các điểm dữ liệu trước điểm gốc của đáp tuyến bậc thang ghi được O_1 .

1) Nhận được đáp tuyến bậc thang đơn vị bằng cách chuẩn hóa đáp tuyến bậc thang đo được (Phụ lục C). Để nhận được một đáp tuyến bậc thang đơn vị tạp thấp cho các mục đích tích chập, có thể lấy trung bình một vài kết quả ghi được của đáp tuyến bậc thang. Độ mịn của chuỗi đáp tuyến bậc thang đơn vị $g(i)$ ít quan trọng hơn nếu phương trình (D.2) được sử dụng để tính tích chập và chuỗi xung $V_{in}(i)$ đã mịn.

2) Nhận được mức zero, l_0 , của đáp tuyến bậc thang bằng cách lấy trung bình các mẫu của chuỗi đáp tuyến bậc thang ghi được $s(i)$ trước khi bắt đầu rìa của bước.

TCVN 6099-2:2016

3) Nhận được mức chuẩn, l_R , của đáp tuyến bậc thang bằng cách lấy trung bình các mẫu của chuỗi đáp tuyến bậc thang ghi được $s(i)$ nằm trong dải thời gian bao gồm thời gian sườn trước ngắn nhất từ đó hệ thống đo được sử dụng, và lên đến thời điểm phản hồi tần số ở lúc mà hệ số thang đo của thiết bị chuyển đổi được xác định.

4) Chuẩn hóa chuỗi đáp tuyến bậc thang $s(i)$ vào trong một chuỗi đáp tuyến bậc thang đơn vị tạm thời, $g_0(i)$, bằng cách sử dụng công thức sau:

$$g_0(i) = \frac{s(i) - l_0}{l_R - l_0} \quad (D.3)$$

5) Tìm biên độ tạp ở mức zero bằng cách tìm độ lệch tiêu chuẩn, d_0 , của các mẫu của chuỗi $g_0(i)$ trước khi bắt đầu bước. Tìm ngược từ cuối của $g_0(i)$, tìm mẫu với giá trị của nó cao hơn ba lần của độ lệch tiêu chuẩn d_0 . Thời điểm của mẫu này được ấn định là điểm gốc, O_1 , của $g_0(i)$. Gán ký hiệu của mẫu này là j .

6) Dùng đáp tuyến bậc thang đơn vị $g(t)$ từ điểm gốc bằng cách loại bỏ các mẫu của $g_0(i)$ trước điểm gốc, tức là:

$$g(i - j) = g_0(i), \quad i = j, \dots, m + j - 1 \quad (D.4)$$

CHÚ THÍCH: $g_0(i)$ được ghi có $m + j$ điểm. Đáp tuyến bậc thang $g(i - j)$ có $n = m$ điểm sau khi loại bỏ j điểm trước điểm gốc O_1 .

e) Nhận được chuỗi đầu ra và chuỗi các tham số xung của nó:

1) Nhận được chuỗi dạng sóng xung đầu ra $V_{out}(i)$ bằng cách tính toán sử dụng phương trình (D.2) trong miền thời gian hoặc trong miền tần số.

2) Tính các tham số của $V_{out}(i)$ sử dụng phần mềm tính xung của hệ thống đo xung.

3) Tính các sai số của $V_{out}(i)$ như chênh lệch giữa các tham số xung của $V_{out}(i)$ và $V_{in}(i)$.

D.4 Thành phần độ không đảm bảo đo

Theo nguyên tắc, các sai số được tính bằng tích chập có thể được sử dụng để hiệu chỉnh các tham số tính được. Tuy nhiên, những hiệu chỉnh này đòi hỏi kiến thức của dạng sóng, tức là trừ khi xung là những dạng thông thường đã biết, việc hiệu chỉnh là không đáng tin cậy. Các sai số và sự phân tán của chúng đối với các dạng sóng khác nhau, có thể được sử dụng như một thành phần độ không đảm bảo đo đối với độ không đảm bảo đo kết hợp của phép đo của tham số được quan tâm. Việc tính độ không đảm bảo đo nên được thực hiện theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), xem thêm Phụ lục A, với các ví dụ được cho trong Phụ lục B.

D.5 Thảo luận về các sai số tính được của các tham số xung

D.5.1 Sai số trong biên độ đỉnh

Mức đơn vị của đáp tuyến bậc thang đơn vị thường không phải hằng số. Vì thế, sai số tính được của biên độ đỉnh thường đủ lớn so với sai số số học của phép tính tích chập, mặc dù nó có thể nhỏ so với độ không đảm bảo đo yêu cầu của biên độ đỉnh. Sai số tương đối tính được của biên độ đỉnh nên bằng chênh lệch tương đối giữa đơn vị và giá trị của $g(t)$ ở thời gian xấp xỉ bằng 2 lần thời gian sườn trước T_1 của xung đầu vào $V_{in}(t)$. Sai số tính được trong biên độ đỉnh có thể được so sánh với đáp tuyến bậc thang đơn vị để xác nhận phép tính tích chập được thực hiện chính xác.

D.5.2 Sai số trong thời gian sườn trước

Phép tính tích chập có thể bộc lộ một thay đổi trong dạng sóng của xung được tạo ra bởi tính năng của hệ thống đo, và do đó độ lớn của sai số của thời gian sườn trước, mà không thể được bộ lọc bởi chính đáp tuyến bậc thang. Như một hệ quả của đáp tuyến bậc thang chậm hơn, thời gian sườn trước của xung đầu ra trở nên lớn hơn. Tuy nhiên, thời gian sườn trước cũng bị ảnh hưởng bởi quá hiệu chỉnh/dưới hiệu chỉnh của đáp tuyến bậc thang. Phụ thuộc vào vị trí thời gian của quá hiệu chỉnh và dưới hiệu chỉnh trên đáp tuyến bậc thang, phần sườn trước của dạng sóng xung có thể được thay đổi thành các dạng khác nhau, dẫn đến việc tăng hoặc giảm giá trị thời gian sườn trước.

D.5.3 Sai số trong thời gian đến một nửa giá trị

Thời gian đến một nửa giá trị bị ảnh hưởng chủ yếu bởi chênh lệch giữa giá trị $g(t)$ ở thời gian xấp xỉ bằng 2 lần thời gian sườn trước T_1 và giá trị $g(t)$ ở thời gian bằng T_2 của xung được đánh giá. Phép tính tích chập có thể được sử dụng để ước lượng độ lớn của sai số của T_2 , mà không thể được ước lượng trực tiếp từ bản thân đáp tuyến bậc thang.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC 60060 (300):2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*
 - [2] IEC 60050 (321):1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 321: Instrument transformers*
 - [3] IEC 60051, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*
 - [4] IEC 60060-3:2004, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site testing*
 - [5] IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
 - [6] TCVN 11472 (IEC 60270), *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*
 - [7] IEC 62475, *High-current test techniques: Definitions and requirements for test currents and measuring systems*
 - [8] ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Metrology in short: Euromet ISBN 87-988154-1-2)*
 - [9] JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, <http://www.bipm.org/en/publications/guides>
 - [9] J.G. Proakis and D.G. Manolakis, *Introduction to Digital Signal Processing*. Macmillan Publishing Company, New York, 1988.
 - [10] Y. Li, J. Rungis and A. Pfeffer, *The Voltage and Time Parameter Measurement Uncertainties of a Large Damped Capacitor Divider due to its Non-ideal Step Response*. *Proceedings of 15 International Symposium on High Voltage Engineering, Ljubljana, 2007*.
-