

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9630-1:2013**

**IEC 60243-1:1998**

Xuất bản lần 1

**ĐỘ BỀN ĐIỆN CỦA VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN –  
PHƯƠNG PHÁP THỬ –  
PHẦN 1: THỬ NGHIỆM Ở TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP**

*Electrical strength of insulating materials – Test methods –  
Part 1: Tests at power frequencies*

**HÀ NỘI – 2013**

**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
1 Qui định chung .....	5
1.1 Phạm vi áp dụng .....	5
1.2 Tài liệu viện dẫn .....	5
2 Thuật ngữ và định nghĩa .....	6
3 Ý nghĩa của thử nghiệm .....	7
4 Điện cực và mẫu thử .....	8
5 Ôn định trước thử nghiệm .....	13
6 Môi chất bao quanh .....	13
7 Trang bị điện .....	14
8 Quy trình .....	15
9 Chế độ tăng điện áp .....	16
10 Tiêu chí đánh thùng .....	18
11 Số lượng thử nghiệm .....	19
12 Báo cáo thử nghiệm.....	19
Phụ lục A (tham khảo) – Xử lý số liệu thực nghiệm .....	26

**Lời nói đầu**

TCVN 9630-1:2013 hoàn toàn tương đương với IEC 60243-1:1998;

TCVN 9630-1:2013 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 9630 (IEC 60243) *Độ bền điện của vật liệu cách điện – Phương pháp thử* gồm các phần sau:

TCVN 9630-1:2013 (IEC 60243-1:1998), Phần 1: Thử nghiệm ở tần số công nghiệp

TCVN 9630-2:2013 (IEC 60243-2:2001), Phần 2: Yêu cầu bổ sung đối với thử nghiệm sử dụng điện áp một chiều

TCVN 9630-3:2013 (IEC 60243-3:2001), Phần 3: Yêu cầu bổ sung đối với thử nghiệm xung 1,2/50  $\mu$ s

# Độ bền điện của vật liệu cách điện – Phương pháp thử – Phần 1: Thử nghiệm ở tần số công nghiệp

*Electrical strength of insulating materials – Test methods –  
Part 1: Tests at power frequencies*

## 1 Qui định chung

### 1.1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này đưa ra các phương pháp thử để xác định độ bền điện trong thời gian ngắn của vật liệu cách điện rắn ở các tần số công nghiệp, tức là các tần số nằm trong khoảng từ 48 Hz đến 62 Hz. Tiêu chuẩn này không xét đến các thử nghiệm đối với vật liệu lỏng hoặc khí mặc dù các vật liệu này cũng được qui định và được sử dụng làm môi chất ngâm tẩm hoặc môi chất bao quanh các vật liệu cách điện rắn cần thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Tiêu chuẩn này đề cập đến cả phương pháp xác định điện áp đánh thủng dọc theo các bề mặt của vật liệu cách điện rắn.

### 1.2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi.

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials* (Điều kiện tiêu chuẩn để sử dụng trước và trong thử nghiệm vật liệu cách điện rắn)

IEC 60296: 1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgears* (Quy định kỹ thuật đối với dầu khoáng cách điện dùng cho máy biến áp và thiết bị đóng cắt)

IEC 60455-2: 1977, *Specification for solventless polymerizable resinous compounds used for electrical insulation – Part 2: Methods of test* (Quy định kỹ thuật đối với hợp chất nhựa có thể polyme hóa, không dung môi dùng làm cách điện – Phần 2: Phương pháp thử)

IEC 60464-2: 1974, *Specification for insulating varnishes containing solvent – Part 2: Test methods* (Quy định kỹ thuật đối với dung môi vecni cách điện)

## **TCVN 9630-1:2013**

IEC 60674-2: *Specification for plastic films for electrical purposes – Part 2: Methods of test (Quy định kỹ thuật đối với màng nhựa dùng cho mục đích điện)*

IEC 60684-2, *Specification for flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test (Quy định kỹ thuật đối với các ống cách điện mềm – Phần 2: Phương pháp thử nghiệm)*

ISO 293: 1986, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials (Chất dẻo – Khuôn nén của mẫu thử nghiệm vật liệu nhựa nhiệt)*

ISO 294-1: 1996, *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials – Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens (Chất dẻo – Khuôn đúc kiểu phun của mẫu thử nghiệm vật liệu nhựa nhiệt – Phần 1: Nguyên lý chung, khuôn đúc của mẫu thử nghiệm đa năng và mẫu thử nghiệm dạng thanh)*

ISO 294-3: 1996, *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials – Part 3: Small plates (Chất dẻo – Khuôn đúc kiểu phun của mẫu thử nghiệm vật liệu nhựa nhiệt – Phần 3: Tấm nhỏ)*

ISO 295: 1991, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermosetting materials (Chất dẻo – Khuôn nén của mẫu thử nghiệm bằng vật liệu nhiệt rắn)*

ISO 10724:1994, *Plastics – Thermosetting moulding materials – Injection moulding of multipurpose test specimens (Chất dẻo – Vật liệu khuôn nhiệt rắn – Khuôn đúc kiểu phun của mẫu thử nghiệm đa năng)*

## **2 Thuật ngữ và định nghĩa**

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

### **2.1**

#### **Phóng điện đánh thủng (electric breakdown)**

Tổn thất nghiêm trọng về đặc tính cách điện của mẫu thử trong khi chịu ứng suất điện, mà ứng suất này tạo ra dòng điện trong mạch thử nghiệm để tác động aptômat thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh thủng thường gây ra do các phóng điện cục bộ trong môi chất khí hoặc lỏng bao quanh mẫu thử và các điện cực đâm xuyên mẫu vượt quá ngoại vi của điện cực nhỏ hơn (hoặc cả hai điện cực nếu chúng có đường kính bằng nhau).

### **2.2**

#### **Phóng điện bề mặt (flashover)**

Tổn thất về đặc tính cách điện của môi chất khí hoặc lỏng bao quanh mẫu thử và điện cực trong khi chịu ứng suất điện, mà ứng suất này tạo ra dòng điện trong mạch thử nghiệm để tác động aptômat thích hợp.

**CHÚ THÍCH:** Việc xuất hiện các tuyến cacbon hóa hoặc các tuyến đâm xuyên qua mẫu sẽ phân biệt thử nghiệm xảy ra phóng điện đánh thủng và thử nghiệm xảy ra phóng điện bề mặt.

### **2.3**

**Điện áp đánh thủng (breakdown voltage)**

**2.3.1** (trong các thử nghiệm có điện áp tăng liên tục) Điện áp tại đó mẫu phải chịu đánh thủng trong các điều kiện thử nghiệm qui định.

**2.3.2** (trong các thử nghiệm có điện áp tăng theo nấc) Điện áp cao nhất tại đó mẫu chịu được mà không bị đánh thủng trong khoảng thời gian ở mức điện áp đó.

### **2.4**

**Độ bền điện (electric strength)**

Thương số giữa điện áp đánh thủng và khoảng cách giữa các điện cực được đặt điện áp trong các điều kiện thử nghiệm qui định.

**CHÚ THÍCH:** Khoảng cách giữa các điện cực thử nghiệm cần được xác định như qui định trong 4.4 của tiêu chuẩn này, nếu không có qui định nào khác.

## **3 Ý nghĩa của thử nghiệm**

**3.1** Kết quả thử nghiệm độ bền điện đạt được theo tiêu chuẩn này có thể được sử dụng để phát hiện những thay đổi hoặc lệch khỏi các đặc tính bình thường do các biến quá trình, điều kiện lão hóa hoặc điều kiện chế tạo hoặc môi trường khác nhưng hiếm khi được sử dụng trực tiếp để xác định đáp ứng của vật liệu cách điện trong ứng dụng thực tế.

**3.2** Giá trị độ bền điện đo được của vật liệu có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, gồm:

### **3.2.1 Tình trạng mẫu thử:**

- a) chiều dày, độ đồng nhất của mẫu và sức căng cơ;
- b) ổn định mẫu trước, đặc biệt là qui trình sấy khô và ngâm tẩm;
- c) sự có mặt của các chất khí, hơi ẩm hoặc nhiễm bẩn khác.

### **3.2.2 Điều kiện thử**

- a) tần số, dạng sóng và tốc độ tăng hoặc thời gian đặt điện áp;
- b) nhiệt độ, áp suất và độ ẩm môi trường;
- c) cấu hình, kích thước và độ dẫn nhiệt của điện cực thử nghiệm;
- d) đặc tính về điện và nhiệt của môi trường bao quanh.

## **TCVN 9630-1:2013**

**3.3** Cần xem xét ảnh hưởng của tất cả các yếu tố khi nghiên cứu vật liệu mà chưa có kinh nghiệm về vật liệu đó. Tiêu chuẩn này xác định các điều kiện cụ thể để có sự phân biệt nhanh giữa các vật liệu và có thể được sử dụng để kiểm soát chất lượng và các mục đích tương tự.

Các kết quả có được từ các phương pháp khác nhau không được so sánh trực tiếp nhưng từng kết quả có thể cung cấp các thông tin về độ bền điện tương đối của vật liệu. Lưu ý rằng độ bền điện của hầu hết các vật liệu sẽ giảm khi chiều dày mẫu giữa các điện cực tăng và khi thời gian đặt điện áp tăng.

**3.4** Độ bền điện đo được của hầu hết các vật liệu bị ảnh hưởng đáng kể bởi cường độ và thời gian của phóng điện trên bề mặt trước khi đánh thủng. Đối với các thiết kế không có phóng điện cục bộ ở các giá trị điện áp đến điện áp thử nghiệm, điều quan trọng là phải biết độ bền điện không có phóng điện trước khi đánh thủng mà các phương pháp trong tiêu chuẩn này nhìn chung lại không thích hợp để có được thông tin này.

**3.5** Vật liệu có độ bền điện cao sẽ không nhất thiết phải chịu được quá trình suy giảm thời gian dài như nhiệt, ăn mòn hoặc làm hỏng về hóa bằng các phóng điện cục bộ hoặc làm hỏng về điện hóa khi có hơi ẩm, tất cả các yếu tố này có thể làm hỏng cách điện trong vận hành thậm chí ở những ứng suất rất thấp.

## **4 Điện cực và mẫu thử**

Điện cực kim loại phải được giữ nhẵn, sạch và không có khuyết tật tại mọi thời điểm.

**CHÚ THÍCH 1:** Việc duy trì này trở nên quan trọng hơn khi thử nghiệm các mẫu mỏng. Ưu tiên sử dụng các điện cực bằng thép không gỉ để giảm thiểu việc hỏng điện cực khi đánh thủng.

Dây dẫn đến điện cực không được làm nghiêng điện cực hoặc làm điện cực di chuyển hoặc ảnh hưởng đến áp lực lên mẫu, và cũng không được ảnh hưởng đáng kể đến cấu hình trường điện trong môi trường xung quanh mẫu.

**CHÚ THÍCH 2:** Khi cần thử nghiệm màng rất mỏng (ví dụ chiều dày <math>< 5 \mu\text{m}</math>) thì các tiêu chuẩn dùng cho các vật liệu này cần qui định các điện cực và qui trình đặc biệt để vận chuyển và chuẩn bị mẫu.

### **4.1 Các thử nghiệm vuông góc với bề mặt của vật liệu một lớp và vuông góc với các lớp của vật liệu nhiều lớp**

#### **4.1.1 Bìa cứng và các vật liệu dạng tấm, kể cả bìa ép, giấy, sợi và màng**

##### **4.1.1.1 Điện cực không bằng nhau**

Điện cực phải gồm hai trụ kim loại có các mép được lượn tròn bán kính  $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . Một điện cực có đường kính  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  và chiều cao xấp xỉ  $25 \text{ mm}$ . Điện cực còn lại có đường kính  $75 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  và cao xấp xỉ  $15 \text{ mm}$ . Các điện cực này được đặt đồng trục trong phạm vi  $2 \text{ mm}$  như Hình 1a.

#### 4.1.1.2 Điện cực có đường kính bằng nhau

Nếu sử dụng cơ cấu cố định để đặt điện cực bên trên và điện cực bên dưới đồng trục trong phạm vi 1,0 mm thì đường kính của điện cực bên dưới có thể giảm xuống còn  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ , đường kính của hai điện cực khác nhau không quá 0,2 mm. Kết quả đạt được không nhất thiết giống như kết quả đạt được với hai điện cực không bằng nhau của 4.1.1.1.

#### 4.1.1.3 Thử nghiệm trên mẫu dày

Khi có qui định, bia cứng hoặc các tấm có chiều dày lớn hơn 3 mm phải được giảm đi bằng cách gia công bằng máy trên một mặt xuống còn  $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  và sau đó thử nghiệm với điện cực điện thế cao trên bề mặt không được gia công.

CHÚ THÍCH: Khi cần, để tránh phóng điện bề mặt hoặc do hạn chế của thiết bị có sẵn, mẫu có thể được chuẩn bị bằng cách gia công bằng máy đến chiều dày nhỏ hơn cần thiết.

#### 4.1.2 Băng, màng hoặc dải hẹp

Điện cực phải gồm hai thanh kim loại, mỗi thanh có đường kính  $6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ , được lắp chồng lên nhau theo chiều dọc trong cơ cấu giá lắp để mẫu được giữ giữa hai bề mặt của hai đầu thanh.

Điện cực bên trên và điện cực bên dưới phải đồng trục với nhau trong phạm vi 0,1 mm. Các đầu của điện cực phải tạo thành các mặt phẳng vuông góc với trục của nó, với các bán kính mép là  $1 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . Điện cực bên trên phải có khối lượng  $50 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$  và phải di chuyển tự do theo chiều thẳng đứng trong cơ cấu giá lắp.

Hình 2 thể hiện bố trí thích hợp. Nếu mẫu cần thử nghiệm trong khi được kéo dài, thì mẫu phải được kẹp trong khung giữ ở vị trí cần thiết so với khối lắp ráp thể hiện trên Hình 2. Quán một đầu của mẫu quanh thanh quay được là một cách thích hợp để đạt được sự kéo dài cần thiết.

Để tránh phóng điện bề mặt xung quanh các mép của băng hẹp, mẫu thử nghiệm có thể được kẹp bằng cách sử dụng các dải màng hoặc vật liệu điện môi mỏng khác chồng lên các mép của băng. Một cách khác, có thể sử dụng miếng đệm xung quanh điện cực, với điều kiện có một khoảng hở hình vành khuyên giữa điện cực và miếng đệm từ 1 mm đến 2 mm. Khoảng cách giữa điện cực bên dưới và mẫu (trước khi điện cực bên trên trở nên tiếp xúc với mẫu) phải nhỏ hơn 0,1 mm.

CHÚ THÍCH: Để thử nghiệm các màng, xem IEC 60674-2.

#### 4.1.3 Ống mềm và ống lót mềm

Thử nghiệm theo IEC 60684-2.

#### 4.1.4 Ống cứng (có đường kính trong đến và bằng 100 mm)

Điện cực bên ngoài gồm lá kim loại rộng  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ . Điện cực bên trong là ruột dẫn bên trong lắp vừa khít, ví dụ thanh, ống, lá kim loại hoặc một loạt các quả cầu kim loại đường kính 0,75 mm đến



## **TCVN 9630-1:2013**

2 mm, tạo tiếp xúc tốt với bề mặt bên trong. Trong từng trường hợp, các đầu của điện cực bên trong phải nhô ra so với các đầu của điện cực bên ngoài ít nhất là 25 mm.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp không gây ra ảnh hưởng bất lợi, có thể sử dụng mỡ khoáng để gắn lá thép với các bề mặt bên trong và bên ngoài.

### **4.1.5 Ống và trụ rỗng (có đường kính bên trong lớn hơn 100 mm)**

Điện cực bên ngoài phải là một lá kim loại rộng  $75 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  và điện cực bên trong là một đĩa kim loại có đường kính  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  và đủ mềm để phù hợp với việc uốn cong của trụ. Bố trí như thể hiện trên Hình 3.

### **4.1.6 Khuôn đúc và vật liệu đúc**

#### **4.1.6.1 Vật liệu khuôn đúc**

Tạo mảnh thử nghiệm và thử nghiệm theo IEC 60455-2.

#### **4.1.6.2 Vật liệu đúc**

Sử dụng một cặp điện cực cầu, mỗi điện cực đường kính  $20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ , được bố trí trên một trục chung vuông góc với mặt phẳng của mẫu thử nghiệm (xem Hình 4).

##### **4.1.6.2.1 Nhựa nhiệt cứng**

Sử dụng mẫu thử nghiệm có chiều dày  $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ , được đúc áp lực theo ISO 295; hoặc đúc kiểu phun theo ISO 10724 với các kích thước bên đủ để ngăn phóng điện bề mặt (xem 4.3.2).

CHÚ THÍCH: Nếu không thể sử dụng mẫu có chiều dày  $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  thì nên sử dụng mẫu có chiều dày  $2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ .

##### **4.1.6.2.2 Nhựa nhiệt dẻo**

Sử dụng mẫu thử nghiệm được đúc kiểu phun theo ISO/DIS 294-1 và ISO/DIS 294-3, kiểu khuôn ISO D1  $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ . Nếu các kích thước này không đủ để ngăn ngừa phóng điện bề mặt (xem 4.3.2) hoặc nếu mẫu thử được đúc áp lực được qui định bởi tiêu chuẩn đối với vật liệu liên quan thì sử dụng các tấm có đường kính tối thiểu 100 mm và dày  $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ , được đúc áp lực theo ISO 293.

Đối với điều kiện đúc kiểu phun hoặc đúc áp lực, xem tiêu chuẩn đối với vật liệu liên quan. Nếu không có tiêu chuẩn vật liệu nào áp dụng được thì các điều kiện phải theo thỏa thuận giữa các bên liên quan.

### **4.1.7 Các mảnh rắn định hình**

Đối với các mảnh cách điện định hình mà không thể đặt giữa các điện cực có các bề mặt phẳng thì các điện cực này nên có dạng hình cầu đồng nhất đặt đối diện nhau. Các điện cực thường được sử dụng trong các thử nghiệm này có đường kính 12,5 mm hoặc 20 mm (xem Hình 5).

#### 4.1.8 Véc ni

Thử nghiệm theo IEC 60464-2.

#### 4.1.9 Hợp chất độ

Các điện cực phải gồm hai quả cầu kim loại, mỗi quả có đường kính 12,5 mm đến 13 mm, bố trí nằm ngang dọc theo cùng một trục cách nhau  $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ , nếu không có qui định nào khác, và được ngâm trong hợp chất. Cần thận trọng để tránh những chỗ lõm, đặc biệt giữa các điện cực. Vì các giá trị đạt được với các khoảng cách điện cực khác nhau sẽ không so sánh trực tiếp được với nhau nên chiều dài khe hở phải được nêu cụ thể trong qui định kỹ thuật đối với hợp chất và được đề cập trong báo cáo thử nghiệm.

### 4.2 Thử nghiệm song song với bề mặt của vật liệu một lớp và song song với các lớp của vật liệu nhiều lớp

Nếu không cần phân biệt giữa hồng học do đâm xuyên mẫu và hồng trên bề mặt mẫu thì có thể sử dụng các điện cực của 4.2.1 hoặc 4.2.2, ưu tiên các điện cực của 4.2.1.

Khi cần ngăn ngừa hồng bề mặt thì phải sử dụng điện cực của 4.2.3.

#### 4.2.1 Các điện cực tấm song song

##### 4.2.1.1 Bìa cứng và tấm

Đối với thử nghiệm trên bìa cứng và tấm, mẫu thử nghiệm phải có chiều dày bằng chiều dày của vật liệu cần thử nghiệm và có hình chữ nhật, dài  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  và rộng  $25 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . Các mép dài phải được cắt thành các mặt phẳng song song vuông góc với bề mặt của vật liệu. Mẫu thử được đặt để chiều rộng 25 mm nằm giữa các tấm kim loại song song có chiều dày không nhỏ hơn 10 mm, tạo thành các điện cực mà giữa chúng đặt điện áp. Đối với các vật liệu mỏng, sử dụng hai hoặc ba mẫu thử được đặt một cách thích hợp (tức là với các mép dài của chúng ở góc thích hợp) để đỡ các điện cực bên trên. Các điện cực phải có kích cỡ đủ để phủ lên các mép của mẫu thử nghiệm không ít hơn 15 mm và phải cẩn thận để đảm bảo tiếp xúc tốt trong toàn bộ diện tích của các mép này. Các mép của điện cực phải có bán kính thích hợp (3 mm đến 5 mm) để tránh phóng điện đánh thủng giữa các mép này (xem Hình 6).

CHÚ THÍCH: Nếu phóng điện đánh thủng không thể đạt được với thiết bị sẵn có thì chiều rộng các mẫu có thể được giảm xuống còn  $15 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  hoặc  $10 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . Việc giảm chiều rộng các mẫu này phải được ghi lại cụ thể trong báo cáo thử nghiệm.

Loại điện cực này chỉ thích hợp cho các thử nghiệm trên vật liệu cứng có độ dày tối thiểu là 1,5 mm.

#### **4.2.1.2 Ống và trụ**

Đối với các thử nghiệm trên ống và trụ, mẫu thử phải là một vòng tròn hoàn chỉnh hoặc một phần của đường tròn có chiều dài theo chu vi là 100 mm và có bán kính  $25 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . Cả hai mép của mẫu phải tạo thành các mặt phẳng song song vuông góc với trục của ống hoặc trụ. Mẫu được thử nghiệm giữa các tấm song song như mô tả trong 4.2.1.1 đối với các bìa cứng và tấm. Nếu cần đỡ điện cực phía trên, sử dụng hai hoặc ba mẫu. Các điện cực phải có kích thước đủ để trùm lên mép các mẫu không ít hơn 15 mm và phải thận trọng để đảm bảo tiếp xúc tốt trên toàn bộ diện tích các mép của mẫu.

#### **4.2.2 Điện cực loại chân côn**

Hai lỗ song song và được khoan vuông góc với bề mặt, với các tâm cách nhau  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  và có đường kính sao cho, sau khi doa với mũi doa có độ côn xấp xỉ 2 %, đường kính của từng lỗ ở đầu rộng hơn không nhỏ hơn 4,5 mm và không lớn hơn 5,5 mm.

Các lỗ phải được khoan hoàn toàn xuyên suốt mẫu hoặc, trong trường hợp các ống lớn, chỉ xuyên qua một vách của ống, và phải được doa trên suốt chiều dài.

Sau khi mẫu đã được khoan và doa, vật liệu liền kề lỗ không được bị hư hại, ví dụ nứt, vỡ hoặc sém, theo cách bất kỳ.

Các chân côn được sử dụng làm điện cực phải có độ côn  $2 \% \pm 0,02 \%$  và phải được ép, nhưng không dùng búa, vào các lỗ để chúng vừa khít và kéo dài về hai phía của mẫu không quá 2 mm (xem Hình 7a và 7b).

Kiểu điện cực này chỉ thích hợp để thử nghiệm trên vật liệu cứng có chiều dày tối thiểu 1,5 mm.

#### **4.2.3 Các điện cực hình trụ song song**

Đối với thử nghiệm trên các mẫu có độ bền điện cao và có chiều dày lớn hơn 15 mm, phải cắt các mẫu có kích thước  $100 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$  và khoan hai lỗ như thể hiện trên Hình 8 sao cho mỗi lỗ không lớn hơn quá 0,1 mm so với đường kính của từng điện cực hình trụ có đường kính  $6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  và có các đầu hình bán cầu. Đế của từng lỗ là hình bán cầu để phù hợp với đầu của điện cực, sao cho khe hở giữa đầu điện cực và đế của lỗ không lớn hơn 0,05 mm tại điểm bất kỳ. Nếu không có quy định khác trong quy định kỹ thuật của vật liệu, các lỗ phải cách nhau  $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  tính từ mép này đến mép kia ngang qua chiều dài lỗ và kéo dài đến  $2,25 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  của bề mặt đối diện với bề mặt mà lỗ được khoan. Hai dạng điện cực có lỗ thông hơi thay thế khác được thể hiện trên Hình 8. Khi sử dụng các điện cực có khe cắm thì các khe này phải đối lập hoàn toàn với lỗ hở giữa các điện cực.

### **4.3 Mẫu thử**

Ngoài thông tin liên quan đến các mẫu cho trong các điều trước đây, phải lưu ý một số điểm chung sau.

**4.3.1** Để chuẩn bị mẫu thử nghiệm từ các vật liệu rắn, cần thận trọng để các bề mặt tiếp xúc với điện cực nằm song song, phẳng và nhẵn nhọt có thể.

**4.3.2** Đối với các thử nghiệm được thực hiện vuông góc với bề mặt của vật liệu, các mẫu thử nghiệm có diện tích chỉ cần đủ để ngăn phóng điện bề mặt trong các điều kiện của thử nghiệm.

**4.3.3** Trong các thử nghiệm được thực hiện vuông góc với bề mặt vật liệu, các kết quả trên các mẫu có chiều dày khác nhau thì không thể so sánh trực tiếp với nhau (xem Điều 3).

#### **4.4 Khoảng cách giữa các điện cực**

Giá trị cần sử dụng để tính độ bền điện phải là một trong các giá trị sau, như quy định đối với vật liệu cần thử nghiệm:

- a) chiều dày danh nghĩa hoặc khoảng cách giữa các điện cực (sử dụng giá trị này nếu không có quy định nào khác);
- b) chiều dày trung bình của mẫu thử nghiệm hoặc khoảng cách giữa các điện cực song song với bề mặt trong các thử nghiệm;
- c) chiều dày hoặc khoảng cách giữa các điện cực đo trực tiếp liền kề với điểm phóng điện đánh thủng trên từng mẫu thử nghiệm.

### **5 Ổn định trước thử nghiệm**

Độ bền điện của vật liệu cách điện thay đổi theo nhiệt độ và hàm lượng ẩm. Trong trường hợp có quy định kỹ thuật đối với vật liệu cần thử nghiệm, phải tuân thủ quy định này. Nếu không có, mẫu phải được ổn định trước trong thời gian không ít hơn 24 h ở  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , độ ẩm tương đối  $50 \% \pm 5 \%$ , nếu không thỏa thuận điều kiện ổn định khác.

### **6 Môi chất bao quanh**

Vật liệu phải được thử nghiệm trong môi chất bao quanh được chọn để ngăn phóng điện bề mặt. Trong hầu hết các trường hợp dầu máy biến áp phù hợp với IEC 60296 sẽ là môi chất phù hợp nhất. Các vật liệu bị phồng lên trong dầu khoáng hoặc các chất lỏng khác như chất lỏng silicon sẽ thích hợp hơn.

Các mẫu có giá trị phóng điện đánh thủng tương đối thấp có thể được thử nghiệm trong không khí, đặc biệt nếu các thử nghiệm cần được thực hiện ở nhiệt độ nâng cao. Cần thừa nhận rằng ngay cả ở điện áp thử vừa phải, phóng điện ở các mép của điện cực có thể ảnh hưởng đáng kể đến giá trị thử nghiệm.

Nếu thử nghiệm để nhằm đánh giá đáp ứng của vật liệu trong các môi chất khác thì có thể sử dụng môi chất đó.

Chọn môi chất có ảnh hưởng độc hại ít nhất lên vật liệu cần thử nghiệm.

## **TCVN 9630-1:2013**

Ảnh hưởng của môi chất bao quanh lên các kết quả có thể lớn, đặc biệt trong trường hợp vật liệu thấm nước như giấy và bìa ép, và điểm cốt lõi là các quy trình chuẩn bị mẫu sẽ xác định tất cả các bước cần thiết (ví dụ sấy hoặc ngâm tẩm), và điều kiện của môi chất bao quanh trong quá trình thử nghiệm.

Phải đảm bảo đủ thời gian để mẫu và các điện cực đạt được nhiệt độ cần thiết, nhưng một số vật liệu có thể bị ảnh hưởng bởi phơi nhiễm kéo dài ở nhiệt độ cao.

### **6.1 Thử nghiệm trong không khí ở nhiệt độ nâng cao**

Thử nghiệm trong không khí ở nhiệt độ nâng cao có thể thực hiện trong lò được thiết kế tốt và có kích cỡ đủ để chứa mẫu thử nghiệm và các điện cực mà không xảy ra phóng điện bề mặt trong quá trình thử nghiệm. Cần có một số biện pháp lưu thông không khí trong lò để duy trì nhiệt độ xung quanh mẫu một cách đồng đều trong phạm vi  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  so với giá trị nhiệt độ quy định, và với nhiệt kế, nhiệt ngẫu hoặc phương tiện khác để đo nhiệt độ đặt càng gần điểm thử nghiệm càng tốt.

### **6.2 Thử nghiệm trong chất lỏng**

Khi thực hiện các thử nghiệm trong chất lỏng cách điện, chất lỏng sử dụng có thể là dầu máy biến áp phù hợp với IEC 60296, nếu không có chất lỏng khác thích hợp hơn. Cần đảm bảo đủ độ bền điện của chất lỏng để tránh phóng điện bề mặt. Mẫu thử nghiệm trong chất lỏng có hằng số điện môi tương đối cao hơn dầu máy biến áp có thể cho độ bền điện môi cao hơn khi thử nghiệm trong dầu máy biến áp. Cần bản làm giảm độ bền điện của dầu hoặc chất lỏng khác có thể làm tăng độ bền điện đo được của các mẫu thử nghiệm.

Thử nghiệm ở nhiệt độ nâng cao có thể thực hiện trong vật chứa chất lỏng trong lò (xem 7.1) hoặc trong bể có khống chế nhiệt tĩnh sử dụng chất lỏng cách điện để truyền nhiệt. Trong trường hợp này, phải có phương tiện thích hợp để lưu thông chất lỏng để nhiệt độ về cơ bản là đồng đều và duy trì trong phạm vi  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  của nhiệt độ quy định xung quanh mẫu thử nghiệm.

## **7 Trang bị điện**

### **7.1 Nguồn điện áp**

Điện áp thử nghiệm phải đạt được bằng biến áp tăng áp được cấp điện từ nguồn hạ áp hình sin thay đổi được. Biến áp, nguồn điện áp của chúng và các cơ cấu điều khiển đi kèm phải có đặc tính như sau.

**7.1.1** Tỷ số giữa giá trị đỉnh và giá trị hiệu dụng của điện áp thử phải bằng  $\sqrt{2} \pm 5\%$  (1,34 ... 1,48), với mẫu thử nghiệm trong mạch điện, ở tất cả các điện áp đến và bằng điện áp đánh thủng.

**7.1.2** Thông số điện của nguồn phải đủ để đáp ứng các yêu cầu của 7.1.1 cho đến khi xuất hiện đánh thủng điện. Đối với hầu hết các vật liệu, sử dụng các điện cực như khuyến cáo, dòng điện đầu ra 40 mA thường là đủ. Thông số điện đối với hầu hết các thử nghiệm sẽ thay đổi từ 0,5 kVA, khi thử nghiệm các mẫu thử điện dung thấp ở điện áp đến 10 kV, và đến 5 kVA đối với điện áp đến 100 kV.

**7.1.3** Cơ cấu điều khiển trên nguồn hạ áp thay đổi được phải có khả năng thay đổi điện áp theo cách trơn, đều, và không quá mức. Khi đặt điện áp theo Điều 8, độ tăng điện áp, ví dụ do biến áp tự ngẫu sinh ra, không được vượt quá 2 % điện áp đánh thủng mong muốn.

Cơ cấu điều khiển cấp điện bằng động cơ được ưu tiên sử dụng để thực hiện thử nghiệm thời gian ngắn hoặc thử nghiệm tăng nhanh về điện áp.

**7.1.4** Để bảo vệ tránh hỏng nguồn điện áp, phải có thiết bị ngắt nguồn trong vài chu kỳ khi có phóng điện đánh thủng mẫu. Thiết bị này có thể là một phần tử nhạy với dòng điện trong nguồn cao áp nối đến các điện cực.

**7.1.5** Để hạn chế hư hại do đột biến dòng điện hoặc đột biến điện áp tại thời điểm phóng điện đánh thủng, cần đưa thêm điện trở có giá trị thích hợp nối tiếp với các điện cực. Giá trị của điện trở sẽ phụ thuộc vào hư hại mà điện cực có thể chịu được.

CHÚ THÍCH: Sử dụng điện trở có giá trị rất cao có thể gây ra điện áp đánh thủng cao hơn điện áp đạt được với điện trở giá trị thấp hơn.

## 7.2 Đo điện áp

**7.2.1** Giá trị điện áp được ghi lại dưới dạng giá trị hiệu dụng tương đương. Ưu tiên sử dụng vôn mét đọc giá trị đỉnh và chia giá trị đọc được cho  $\sqrt{2}$ . Sai số tổng thể của mạch đo điện áp không được vượt quá 5 % giá trị đo được bao gồm cả sai số do thời gian đáp ứng của vôn mét. Sai số do thời gian đáp ứng gây ra không được lớn hơn 1 % điện áp đánh thủng ở tốc độ tăng bất kỳ được sử dụng.

**7.2.2** Vôn mét phù hợp với các yêu cầu của 7.2.1 phải được sử dụng để đo điện áp đặt vào điện cực. Vôn mét nên được nối trực tiếp vào điện cực, hoặc thông qua bộ phân áp hoặc máy biến áp. Nếu cuộn dây điện thế trên máy biến áp tăng áp được sử dụng để đo thì độ chính xác của số chỉ của điện áp đặt vào điện cực không được bị ảnh hưởng bởi phụ tải của máy biến áp tăng áp và điện trở nối tiếp.

**7.2.3** Số đọc điện áp thử nghiệm đặt vào lớn nhất cần được duy trì trên vôn mét sau phóng điện đánh thủng sao cho điện áp đánh thủng có thể đọc và được ghi lại chính xác nhưng thiết bị chỉ thị không được nhạy với các quá độ có thể xuất hiện trong khi đánh thủng.

## 8 Quy trình

**8.1** Tài liệu thử nghiệm phải nêu các điểm sau:

- a) mẫu cần thử nghiệm;
- b) phương pháp đo chiều dày mẫu (nếu không phải giá trị danh nghĩa);
- c) xử lý hoặc ổn định bất kỳ trước thử nghiệm;
- d) số lượng mẫu, nếu không phải là năm mẫu;
- e) nhiệt độ thử nghiệm;

## **TCVN 9630-1:2013**

f) môi chất bao quanh;

g) các điện cực cần sử dụng;

h) chế độ tăng điện áp;

i) kết quả được ghi vào báo cáo là độ bền điện hay điện áp đánh thủng.

**8.2** Điện cực phù hợp với Điều 4 phải được đặt vào mẫu theo cách tránh làm hư hại đến mẫu. Sử dụng thiết bị cung cấp điện áp phù hợp với Điều 7, điện áp đặt vào giữa các điện cực và được tăng lên theo 9.1 đến 9.5. Cần quan sát xem mẫu chịu phóng điện đánh thủng hay phóng điện bề mặt (xem Điều 10).

## **9 Chế độ tăng điện áp**

### **9.1 Thử nghiệm thời gian ngắn (tăng nhanh về điện áp)**

**9.1.1** Điện áp phải tăng từ không với tốc độ đều cho đến khi xuất hiện đánh thủng.

**9.1.2** Tốc độ tăng phải được chọn theo vật liệu cần thử nghiệm để gây ra đánh thủng thông thường nhất là trong khoảng từ 10 s đến 20 s. Đối với các vật liệu khác nhau đáng kể về điện áp đánh thủng, một số mẫu có thể nằm bên ngoài các giới hạn này. Nếu phần lớn các đánh thủng xảy ra trong phạm vi từ 10 s đến 20 s thì được coi là thỏa đáng.

**9.1.3** Tốc độ tăng điện áp phải được chọn từ các giá trị sau:

100 V/s, 200 V/s, 500 V/s, 1 000 V/s, 2 000 V/s, 5 000 V/s, v.v...

**CHÚ THÍCH:** Đối với phổ rộng của vật liệu, tốc độ tăng thường được sử dụng là 500 V/s. Đối với vật liệu đúc, tốc độ tăng nên là 2 000 V/s để đạt được giá trị tương ứng theo IEC 60296.

### **9.2 Thử nghiệm tăng theo bước 20 s**

**9.2.1** Phải đặt vào mẫu một điện áp bằng 40 % điện áp đánh thủng thời gian ngắn có thể có. Nếu chưa biết giá trị này, điện áp phải đạt được theo phương pháp trong 9.1.

**9.2.2** Nếu mẫu thử nghiệm chịu được điện áp này trong 20 s mà không hỏng thì điện áp đó được tăng lên theo các nấc như xác định trong Bảng 1. Từng điện áp sau khi tăng phải được đặt ngay và liên tiếp trong 20 s cho đến khi hỏng.

Bảng 1 – Số gia điện áp (kV, đỉnh/ $\sqrt{2}$ )

Trong trường hợp điện áp ban đầu là kV	Số gia kV
1,0 hoặc nhỏ hơn	10 % điện áp ban đầu
Trên 1,0 đến 2,0	0,1
Trên 2,0 đến 5,0	0,2
Trên 5,0 đến 10,0	0,5
Trên 10 đến 20	1,0
Trên 20 đến 50	2,0
Trên 50 đến 100	5,0
Trên 100 đến 200	10,0
Trên 200	20,0

CHÚ THÍCH: Khi có quy định, có thể sử dụng số gia điện áp nhỏ hơn. Trong trường hợp đó, cho phép các điện áp ban đầu lớn hơn, nhưng phóng điện đánh thủng không nên xảy ra trong thời gian ít hơn 120 s.

**9.2.3** Việc tăng điện áp phải thực hiện càng nhanh càng tốt và không được có quá điện áp quá độ, thời gian để tăng điện áp phải nằm trong khoảng thời gian 20 s ở điện áp cao hơn.

**9.2.4** Nếu đánh thủng xảy ra ít hơn sáu mức tính từ điểm bắt đầu thử nghiệm thì phải sử dụng thêm năm mẫu, sử dụng điện áp ban đầu nhỏ hơn.

**9.2.5** Độ bền điện phải dựa trên điện áp danh nghĩa cao nhất có thể chịu được trong 20 s mà không bị đánh thủng.

### 9.3 Thử nghiệm tốc độ tăng chậm (120 s ... 240 s)

Điện áp phải được tăng từ 40 % điện áp đánh thủng thời gian ngắn ở tốc độ đều sao cho đánh thủng xảy ra trong khoảng thời gian từ 120 s đến 240 s. Đối với các vật liệu có điện áp đánh thủng khác nhau đáng kể, một số mẫu có thể nằm ngoài giới hạn này. Nếu phần lớn đánh thủng xảy ra trong khoảng thời gian từ 120 s đến 240 s thì được coi là thỏa đáng. Tốc độ tăng điện áp ban đầu được chọn từ một trong các giá trị sau:

2 V/s, 5 V/s, 10 V/s, 20 V/s, 50 V/s, 100 V/s, 200 V/s, 500 V/s, 1 000 V/s, v.v...

### 9.4 Thử nghiệm tăng theo bước 60 s

Nếu không có quy định nào khác, thử nghiệm phải được thực hiện theo 10.2 nhưng với các bước thời gian là 60 s.



## **TCVN 9630-1:2013**

### **9.5 Thử nghiệm tốc độ tăng rất chậm (300 s... 600 s)**

Nếu không có quy định nào khác, thử nghiệm này được thực hiện theo 9.3 nhưng các đánh thủng xảy ra trong khoảng thời gian từ 300 s đến 600 s với tốc độ tăng điện áp được chọn từ các giá trị sau:

1 V/s, 2 V/s, 5 V/s, 10 V/s, 20 V/s, 50 V/s, 100 V/s, 200 V/s, v.v...

**CHÚ THÍCH:** Thử nghiệm tốc độ tăng chậm từ 120 s ... 240 s trong 9.3, và 300 s ... 600 s trong 9.5 cho các kết quả gần giống với thử nghiệm tăng theo bước 20 s (xem 9.2) hoặc 60 s (xem 9.4). Các thử nghiệm này thuận tiện hơn thử nghiệm tăng theo bước khi sử dụng thiết bị tự động hiện đại và chúng cho phép sử dụng thiết bị này.

### **9.6 Thử nghiệm chịu đánh thủng**

Trong trường hợp có yêu cầu đặt điện áp chịu đánh thủng xác định trước cho mục đích của thử nghiệm chịu đánh thủng, điện áp phải được tăng đến giá trị yêu cầu càng nhanh càng tốt, với độ chính xác thích hợp mà không có bất cứ quá điện áp quá độ nào. Điện áp này được giữ ở giá trị yêu cầu trong khoảng thời gian quy định.

## **10 Tiêu chí đánh thủng**

**10.1** Đánh thủng về điện đạt được bằng cách tăng dòng điện trong mạch và giảm điện áp qua mẫu. Dòng điện tăng cao có thể làm nhảy aptômat hoặc nổ cầu chì. Tuy nhiên, việc nhảy aptômat đôi khi có thể bị ảnh hưởng bởi phóng điện bề mặt, dòng điện chạy qua mẫu, dòng điện rò hoặc dòng điện phóng điện từng phần, dòng điện làm từ hóa thiết bị hoặc hoạt động sai. Do đó quan trọng là aptômat phải được phối hợp tốt với đặc tính của thiết bị thử nghiệm và vật liệu cần thử nghiệm, nếu không aptômat có thể tác động mà không làm đánh thủng mẫu, hoặc không tác động khi đánh thủng xảy ra và do đó không cung cấp tiêu chí tích cực về đánh thủng. Ngay cả trong các điều kiện tốt nhất, đánh thủng sớm trong môi chất bao quanh có thể xảy ra và phải quan sát để phát hiện các đánh thủng này trong quá trình thử nghiệm. Nếu quan sát thấy các đánh thủng trong môi chất bao quanh, chúng phải được ghi lại.

**CHÚ THÍCH:** Đối với vật liệu có độ nhạy của mạch phát hiện sự cố là đáng kể, tiêu chuẩn cho vật liệu đó cần có quy định như vậy.

**10.2** Trong trường hợp các thử nghiệm được thực hiện vuông góc với bề mặt của vật liệu thì thường không có nghi ngờ khi xảy ra đánh thủng và việc kiểm tra bằng mắt sau đó dễ dàng cho thấy tuyến đánh thủng thực tế, bất kể tuyến này có chứa cacbon hay không.

**10.3** Nếu các thử nghiệm song song với bề mặt thì hư hại do phóng điện đánh thủng và hư hại trên bề mặt cần phải phân biệt (xem 4.2), điều này có thể thực hiện bằng cách kiểm tra mẫu hoặc, trong một số trường hợp, bằng cách đặt lại một điện áp nhỏ hơn điện áp đánh thủng lần đầu. Một cách thuận tiện là đặt lại điện áp bằng một nửa giá trị điện áp đánh thủng, sau đó tăng điện áp cho đến khi bị hỏng bằng quy trình tương tự như thử nghiệm lần đầu.

## 11 Số lượng thử nghiệm

**11.1** Nếu không có quy định khác, phải thực hiện năm thử nghiệm. Độ bền điện hoặc điện áp đánh thủng được xác định bằng trung bình các giá trị thử nghiệm đó. Nếu kết quả thử nghiệm bất kỳ lệch so với giá trị trung bình tính được quá 15 % thì thực hiện thêm năm thử nghiệm khác. Độ bền điện hoặc điện áp đánh thủng phải được xác định bằng giá trị trung bình của mười kết quả.

**11.2** Trong trường hợp thử nghiệm được thử nghiệm cho mục đích không phải kiểm tra chất lượng thường xuyên thì cần một số lượng mẫu lớn hơn tùy thuộc vào sự thay đổi của vật liệu và phân tích thống kê cần áp dụng.

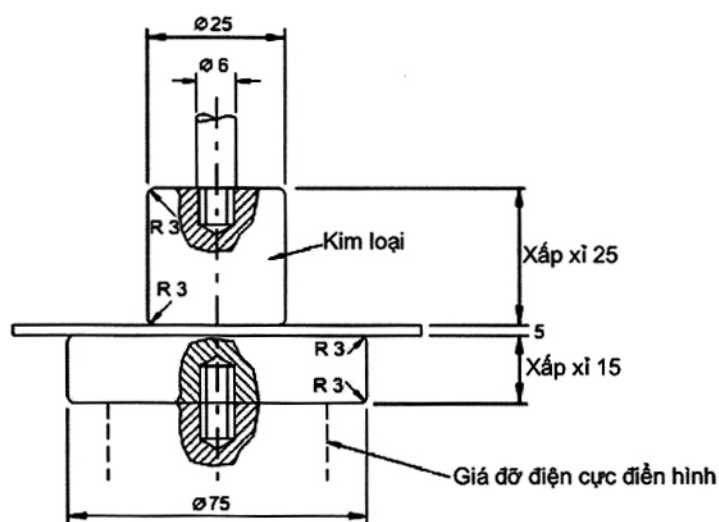
**11.3** Xem Phụ lục A để xác định số lượng thử nghiệm cần thiết và giải thích số liệu đối với các thử nghiệm cho mục đích không phải kiểm tra chất lượng thường xuyên.

## 12 Báo cáo thử nghiệm

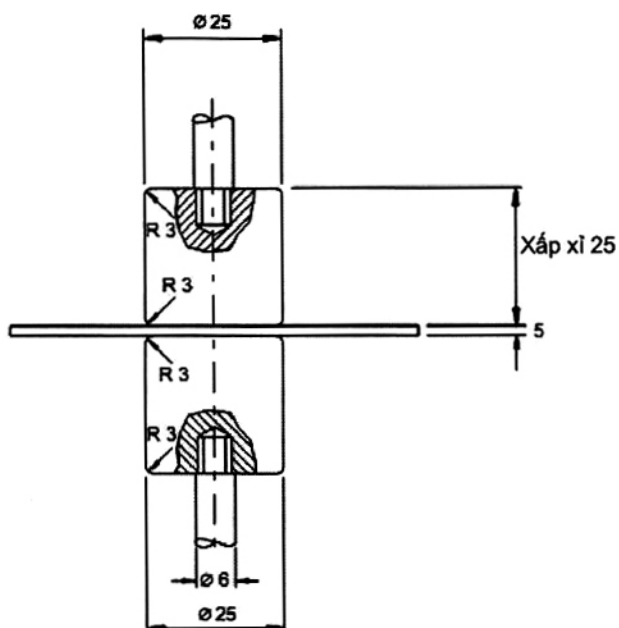
Nếu không có quy định khác, báo cáo thử nghiệm phải gồm các thông tin sau:

- a) nhận dạng đầy đủ vật liệu cần thử nghiệm, mô tả mẫu và phương pháp chuẩn bị mẫu;
- b) giá trị trung bình của các độ bền điện tính bằng kV/mm và/hoặc điện áp đánh thủng tính bằng kV;
- c) độ dày của từng mẫu thử nghiệm (xem 4.4);
- d) môi chất bao quanh trong quá trình thử nghiệm và đặc tính của chúng;
- e) hệ thống điện cực;
- f) chế độ đặt của điện áp và tần số;
- g) các giá trị riêng rẽ của độ bền điện tính bằng kV/mm và hoặc điện áp đánh thủng tính bằng kV;
- h) nhiệt độ, áp suất và độ ẩm trong quá trình thử nghiệm trong không khí hoặc các khí khác; hoặc nhiệt độ của môi chất bao quanh khi là chất lỏng;
- i) xử lý ổn định trước thử nghiệm;
- j) chỉ thị về kiểu và vị trí đánh thủng.

Khi có yêu cầu nêu các kết quả một cách ngắn gọn nhất, phải nêu tối thiểu sáu điểm đầu tiên và các giá trị thấp nhất và cao nhất.



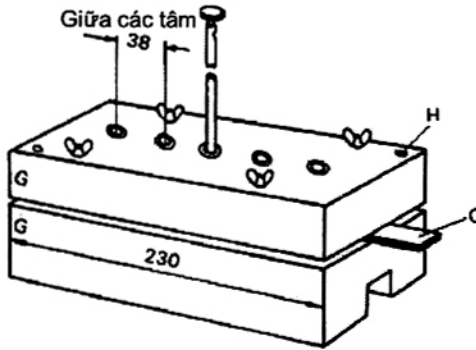
Hình 1a – Các điện cực có đường kính không bằng nhau



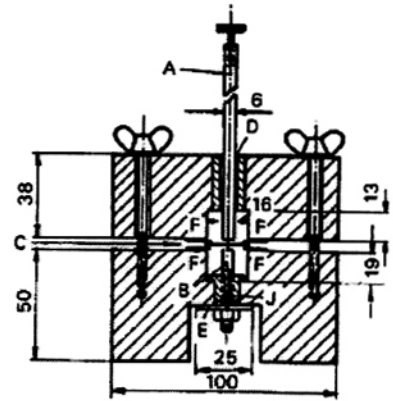
Hình 1b – Các điện cực có đường kính bằng nhau

Hình 1 – Bố trí điện cực để thử nghiệm trên bia cứng và tấm vuông góc với bề mặt

Kích thước tính bằng milimét



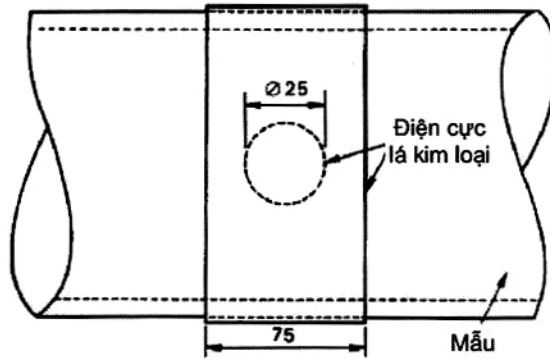
Hình 2a – Bố trí tổng thể của thiết bị



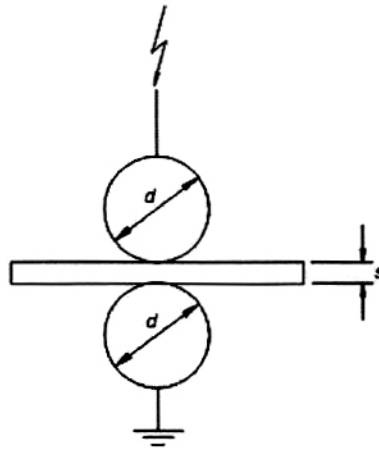
Hình 2b – Mặt cách của thiết bị đi qua các điện cực với phần trên cùng được nâng lên một chút

- A = điện cực phía trên cần dễ dàng lắp vào ống lót D
- B = điện cực phía dưới
- C = mẫu cần thử nghiệm
- D = ống lót bằng đồng với đường kính trong vừa đủ cho thanh 6 mm
- E = dải đồng rộng 25 mm nối tất cả các điện cực bên dưới
- F = các mảnh màng phủ lên các mép của mẫu
- G = khối các vật liệu cách điện thích hợp, ví dụ các lớp giấy
- H = lỗ chốt
- J = ống lót bằng đồng có ren mặt trong

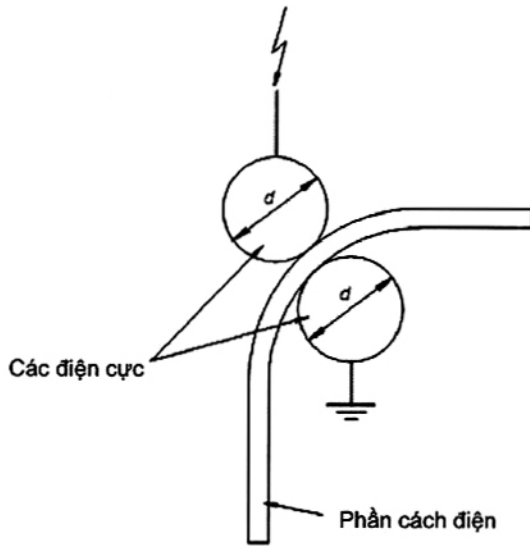
Hình 2 – Ví dụ điển hình về bố trí điện cực để thử nghiệm trên các băng vuông góc với bề mặt  
(xem 4.1.2)



Hình 3 – Bố trí điện cực cho các thử nghiệm vuông góc với bề mặt trên các ống và trụ có đường kính trong lớn hơn 100 mm

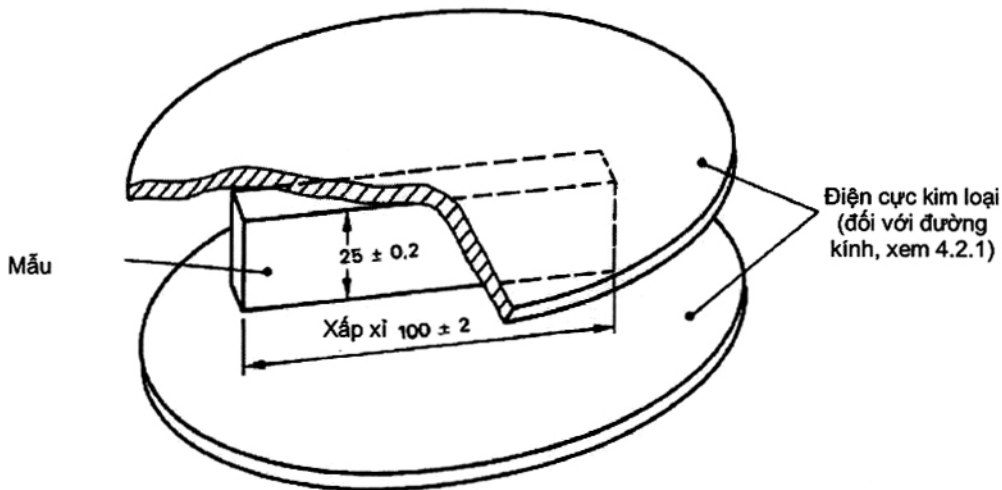


Hình 4 – Bố trí điện cực cho các thử nghiệm trên các vật liệu ép hoặc đúc (đường kính của điện cực hình cầu:  $d = 20$  mm)

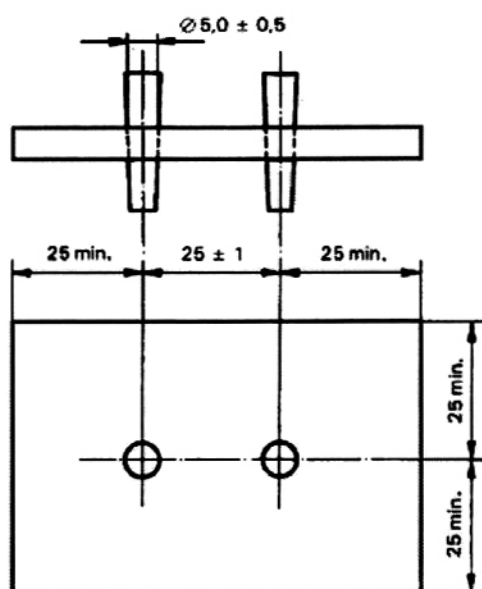


Hình 5 – Bố trí thử nghiệm trên các phản cách điện định hình (xem 4.1.7)

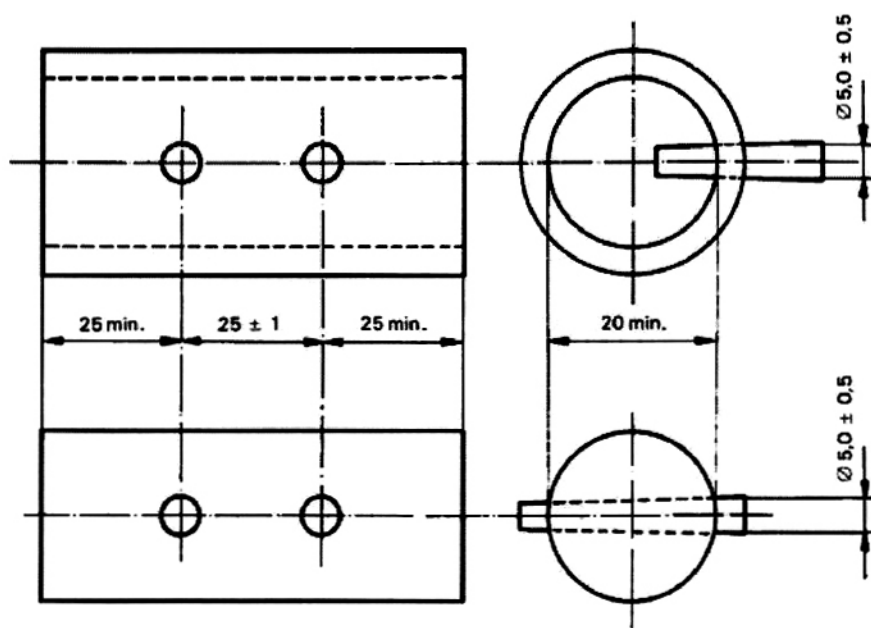
Kích thước tính bằng milimét



Hình 6 – Bố trí điện cực đối với thử nghiệm song song với mặt phẳng  
(và dọc theo các lớp nếu có)

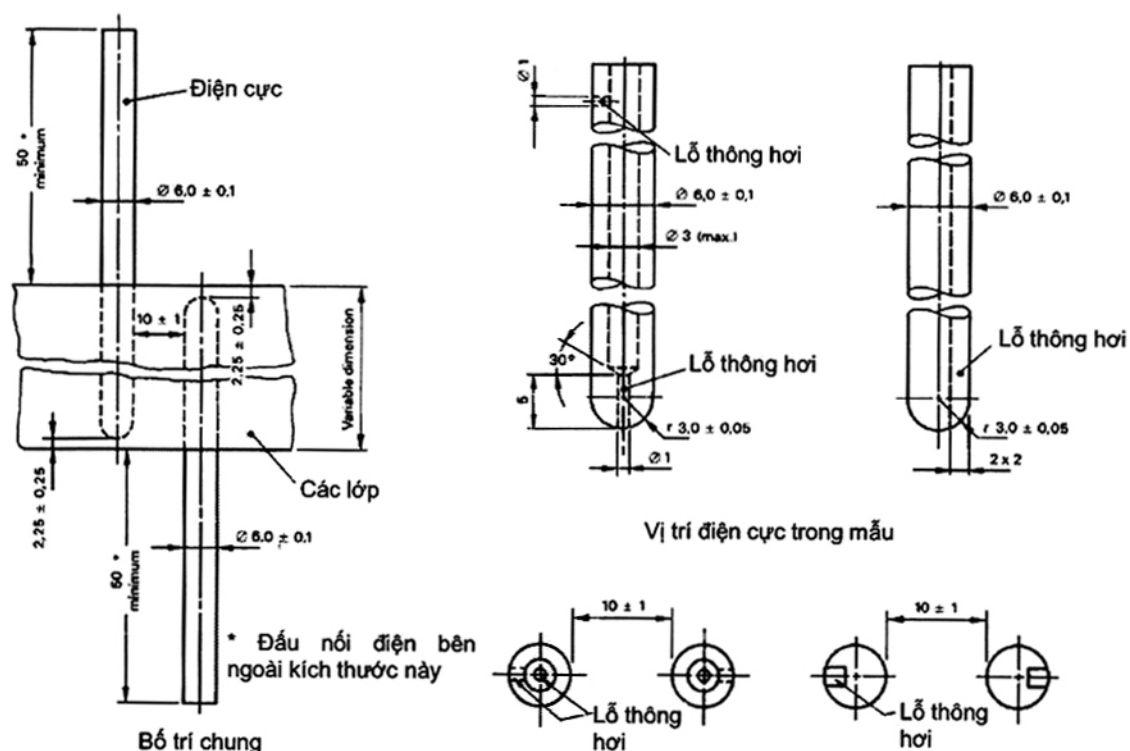


Hình 7a – Mẫu dạng tấm với các điện cực dạng chân cắm côn



Hình 7b – Mẫu dạng ống hoặc thanh với các điện cực dạng côn

Hình 7 – Bố trí điện cực đối với các thử nghiệm song song với bề mặt  
(và dọc theo các lớp nếu có)



Hình 8 – Bố trí điện cực đối với các thử nghiệm song song với các lớp dùng cho bìa cứng có chiều dày lớn hơn 15 mm sử dụng các điện cực hình trụ song song (xem 4.2.3)



**Phụ lục A**

(tham khảo)

**Xử lý số liệu thực nghiệm**

Đối với thử nghiệm thường xuyên, quy trình cho trong Điều 12 thường là đủ để phân tích và báo cáo dữ liệu. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu yêu cầu thêm thông tin về đáp ứng của vật liệu khi có ứng suất điện, mà có thể đòi hỏi số lượng mẫu lớn hơn và đánh giá các kết quả thử nghiệm nhiều hơn.

Các quy trình để thiết kế quy trình thử nghiệm trong các trường hợp này và để phân tích dữ liệu thu được cần được công bố. Trong số đó có các tài liệu sau:

IEC 60727-1: 1982, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions* (Đánh giá độ bền điện của hệ thống cách điện – Phần 1: Lưu ý chung và quy trình đánh giá trên các phân bố thông thường)

IEC 60727-2: 1993, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 2: Evaluation procedures based on extreme-value distributions* (Đánh giá độ bền điện của hệ thống cách điện – Phần 2: Quy trình đánh giá dựa trên các phân bố cực trị)

IEEE 930-1987 (R1995) *IEEE guide for statistical analysis of electrical insulation voltage endurance data* (Available from IEEE Operations Center, 445 Hoe Lane, P.O. Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA, or in some countries outside the USA, from local offices of the Global Info Center) (Hướng dẫn của IEEE để phân tích thống kê các dữ liệu về độ bền điện áp cách điện)

Special Technical Publication 926, Engineering Dielectrics, Volume IIB: *Electrical Properties of Solid Insulating Materials: Measurement Techniques – Chapter 7: Statistical Methods for the Evaluation of Electrical Insulating Systems*, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA (Đặc tính điện của vật liệu cách điện rắn: Kỹ thuật đo – Chương 7: Phương pháp thống kê để đánh giá hệ thống cách điện)