

## Mục lục

	Trang
Lời nói đầu .....	5
Mục 1: Khái quát .....	7
1 Phạm vi áp dụng .....	7
2 Mục đích .....	7
Mục 2: Định nghĩa chung .....	9
3 Xung .....	9
4 Đặc điểm liên quan đến phóng điện đánh thủng và điện áp thử nghiệm .....	9
5 Phân loại cách điện trong đối tượng thử nghiệm.....	12
Mục 3: Yêu cầu chung liên quan đến qui trình thử nghiệm và đối tượng thử nghiệm .....	13
6 Yêu cầu chung đối với qui trình thử nghiệm .....	13
7 Bố trí chung của đối tượng thử nghiệm .....	13
8 Thử nghiệm khô .....	14
9 Thử nghiệm ướt.....	14
10 Thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo.....	16
11 Điều kiện khí hậu .....	19
Mục 4: Thử nghiệm bằng điện áp một chiều .....	22
12 Định nghĩa đối với thử nghiệm điện áp một chiều .....	22
13 Điện áp thử nghiệm .....	22
14 Qui trình thử nghiệm .....	24
Mục 5: Thử nghiệm bằng điện áp xoay chiều .....	26
15 Định nghĩa đối với thử nghiệm điện áp xoay chiều.....	26
16 Điện áp thử nghiệm .....	26
17 Qui trình thử nghiệm .....	29
Mục 6: Thử nghiệm bằng điện áp xung sét .....	31
18 Định nghĩa đối với thử nghiệm xung sét.....	31
19 Điện áp thử nghiệm.....	33
20 Qui trình thử nghiệm .....	35
Mục 7: Thử nghiệm bằng xung đóng cắt .....	38
21 Định nghĩa đối với thử nghiệm xung đóng cắt.....	38
22 Điện áp thử nghiệm.....	39

**TCVN 6099-1 : 2007**

23	Quy trình thử nghiệm .....	40
Mục 8:	Thử nghiệm bằng dòng điện xung .....	41
24	Định nghĩa đối với thử nghiệm dòng điện xung .....	41
25	Dòng điện thử nghiệm .....	42
Mục 9:	Thử nghiệm phối hợp và tổng hợp .....	44
26	Thử nghiệm điện áp phối hợp .....	44
27	Thử nghiệm tổng hợp .....	45
Phụ lục A	– Xử lý thống kê các kết quả thử nghiệm.....	46
Phụ lục B	– Quy trình thử nghiệm nhiễm bẩn .....	52
Phụ lục C	– Hiệu chuẩn dụng cụ đo chưa được công nhận bằng khe hở thanh/thanh .....	56
Các hình vẽ	.....	57

## **Lời nói đầu**

TCVN 6099-1 : 2007 thay thế TCVN 6099-1 : 1996 và TCVN 6099-2 : 1996;

TCVN 6099-1 : 2007 hoàn toàn tương đương với tiêu chuẩn IEC 60060-1 : 1989;

TCVN 6099-1 : 2007 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN/TC/E1 *Máy điện khí cụ điện* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## **Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao –**

### **Phần 1: Định nghĩa chung và yêu cầu thử nghiệm**

*High-voltage test techniques –*

*Part 1: General definitions and test requirements*

#### **Mục 1: Khái quát**

##### **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này áp dụng cho:

- thử nghiệm điện môi bằng điện áp một chiều;
- thử nghiệm điện môi bằng điện áp xoay chiều;
- thử nghiệm điện môi bằng điện áp xung;
- thử nghiệm bằng dòng điện xung;
- phối hợp các thử nghiệm trên.

Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho các thử nghiệm trên các thiết bị cổ điện áp cao nhất dùng cho thiết bị là  $U_m$  lớn hơn 1 kV.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các thử nghiệm tương thích điện từ trên các thiết bị điện hoặc điện tử.

##### **2 Mục đích**

Mục đích của tiêu chuẩn này là:

- xác định về khả năng áp dụng chung và riêng;
- đưa ra các yêu cầu chung liên quan đến đối tượng thử nghiệm và qui trình thử nghiệm;
- mô tả các phương pháp tạo và đo các điện áp và dòng điện thử nghiệm;
- mô tả các qui trình thử nghiệm;

## **TCVN 6099-1 : 2007**

- mô tả phương pháp đánh giá kết quả thử nghiệm và chỉ ra tiêu chí chấp nhận hoặc không chấp nhận.

Các định nghĩa và các yêu cầu liên quan đến các dụng cụ đo được công nhận và phương pháp kiểm tra được cho trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2), Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Hệ thống đo.

Có thể cần các qui trình thử nghiệm thay thế để thu được các kết quả có khả năng lặp lại và có ý nghĩa. Việc lựa chọn qui trình thử nghiệm thích hợp cần được tiến hành bởi Ban kỹ thuật có liên quan.

## Mục 2: Định nghĩa chung

### 3

#### xung (impulses)

điện áp hoặc dòng điện quá độ không chu kỳ được đặt có chủ ý, thường tăng nhanh đến giá trị đỉnh và sau đó giảm chậm hơn về không (0)

Với mục đích riêng, có thể sử dụng các xung có đầu sóng tăng gần tuyến tính hoặc các quá độ dạng dao động hoặc dạng gần hình chữ nhật.

Thuật ngữ "xung" cần được phân biệt với thuật ngữ "tăng đột biến" liên quan đến quá độ xuất hiện trong thiết bị điện hoặc các mạng lưới đang vận hành.

#### 3.1

#### xung sét và xung đóng cắt (lightning and switching impulses)

sự phân biệt giữa xung sét và xung đóng cắt được dựa vào độ rộng đầu sóng. Xung có độ rộng đầu sóng đến 20  $\mu$ s được coi là xung sét và các xung có độ rộng đầu sóng dài hơn được coi là xung đóng cắt.

Thông thường, xung đóng cắt còn được đặc trưng bởi độ rộng tổng dài hơn đáng kể so với độ rộng tổng của xung sét.

## 4 Đặc điểm liên quan đến phóng điện đánh thủng và điện áp thử nghiệm

### 4.1

#### phóng điện đánh thủng (disruptive discharge)

trong tiêu chuẩn này, thuật ngữ "phóng điện đánh thủng" (đôi khi còn gọi là "sự đánh thủng về điện") có liên quan đến các hiện tượng kết hợp với hồng cách điện dưới tác dụng của ứng suất điện, trong đó phóng điện nối tắt hoàn toàn cách điện đang thử nghiệm, làm giảm điện áp giữa các điện cực gần như về "không". Điều này áp dụng cho sự đánh thủng về điện trong các điện môi rắn, lỏng, khí và tổ hợp của chúng.

Có thể xảy ra phóng điện đánh thủng không duy trì khi đối tượng thử nghiệm bị nối tắt tạm thời bởi tia lửa điện hoặc hồ quang. Trong quá trình trên, điện áp trên đối tượng thử nghiệm bị giảm tạm thời về "không" hoặc tới một giá trị rất nhỏ. Tuỳ thuộc vào các đặc điểm của mạch thử nghiệm và đối tượng thử nghiệm, sự phục hồi về độ bền điện môi có thể xảy ra và thậm chí cho phép điện áp thử nghiệm đạt tới một giá trị cao hơn. Hiện tượng này được giải thích như một phóng điện đánh thủng nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan.

Phóng điện không đánh thủng như phóng điện giữa các điện cực hoặc dây dẫn trung gian có thể xảy ra mà không có việc giảm điện áp thử nghiệm về "không". Hiện tượng này không được coi là phóng điện đánh thủng trừ khi Ban kỹ thuật liên quan qui định là phóng điện đánh thủng.

Một số phóng điện không đánh thủng được gọi là "phóng điện cục bộ" và được đề cập trong IEC 60270: Đo phóng điện cục bộ.

Thuật ngữ "phóng điện tia lửa" được dùng khi phóng điện đánh thủng xuất hiện trong môi chất khí hoặc lỏng.

Thuật ngữ "phóng điện bề mặt" được dùng khi phóng điện đánh thủng xảy ra trên bề mặt của điện môi trong môi chất khí hoặc lỏng.

Thuật ngữ "phóng điện xuyên thủng" được dùng khi phóng điện đánh thủng xảy ra xuyên qua điện môi rắn.

Phóng điện đánh thủng trong điện môi rắn làm mất hẳn độ bền cách điện; trong điện môi lỏng hoặc khí thì độ bền cách điện có thể chỉ mất tạm thời.

## **4.2**

### **đặc tính của điện áp thử nghiệm** (characteristics of the test voltage)

các đặc tính của điện áp qui định trong tiêu chuẩn này để chỉ ra các kiểu sai lệch điện áp khác nhau nhằm qui định điện áp thử nghiệm

#### **4.2.1**

##### **đặc tính kỳ vọng của điện áp thử nghiệm** (prospective characteristics of a test object)

đặc tính kỳ vọng của điện áp thử nghiệm gây ra phóng điện đánh thủng là các đặc tính có thể có được nếu không có phóng điện đánh thủng nào xảy ra. Khi sử dụng đặc tính kỳ vọng thì phải nêu rõ điều này

#### **4.2.2**

##### **đặc tính thực của điện áp thử nghiệm** (actual characteristics of a test voltage)

các đặc tính xuất hiện trong quá trình thử nghiệm tại các đầu nối của đối tượng thử nghiệm

#### **4.2.3**

##### **giá trị của điện áp thử nghiệm** (value of the test voltage)

giá trị được xác định trong các điều liên quan của tiêu chuẩn này

## **4.3**

### **điện áp phóng điện đánh thủng của đối tượng thử nghiệm** (disruptive discharge voltage of a test object)

giá trị điện áp thử nghiệm gây nên phóng điện đánh thủng, như qui định, đối với các thử nghiệm khác nhau, trong các điều liên quan của tiêu chuẩn này

## **4.4**

### **đặc tính thống kê của điện áp phóng điện đánh thủng** (statistical characteristics of disruptive discharge voltages)

điện áp phóng điện đánh thủng phải chịu các biến động ngẫu nhiên và thông thường phải thực hiện các quan sát để thu được giá trị điện áp thống kê có nghĩa. Các qui trình thử nghiệm, mô tả trong tiêu chuẩn này, thường dựa trên các xem xét thống kê. Thông tin về việc đánh giá thống kê các kết quả thử nghiệm được cho trong phụ lục A

**4.4.1**

**xác suất phóng điện đánh thủng  $p$  của đối tượng thử nghiệm** (disruptive discharge probability  $p$  of a test object)

xác suất để khi đặt một giá trị điện áp kỳ vọng nhất định có dạng cho trước sẽ gây ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Tham số  $p$  có thể biểu diễn bằng phần trăm hoặc phân số

**4.4.2**

**xác suất chịu thử  $q$  của đối tượng thử nghiệm** (withstand probability  $q$  of a test object)

xác suất để khi đặt một giá trị điện áp kỳ vọng nhất định có dạng cho trước sẽ không gây phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Nếu xác suất phóng điện đánh thủng là  $p$ , thì xác suất chịu thử  $q$  bằng  $(1 - p)$

**4.4.3**

**điện áp phóng điện đánh thủng 50 %,  $U_{50}$ , của đối tượng thử nghiệm** (50 % disruptive discharge voltage  $U_{50}$  of a test object)

giá trị điện áp kỳ vọng có xác suất gây ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm là 50 %

**4.4.4**

**điện áp phóng điện đánh thủng  $p$  %,  $U_p$ , của đối tượng thử nghiệm** ( $p$  % disruptive discharge voltage  $U_p$  of a test object)

giá trị điện áp kỳ vọng có xác suất gây ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm là  $p$  %.

**4.4.5**

**độ lệch qui ước  $z$  của điện áp phóng điện đánh thủng của đối tượng thử nghiệm** (conventional deviation  $z$  of the disruptive discharge voltage of a test object)

hiệu số giữa các điện áp phóng điện đánh thủng 50 % và 16 % của đối tượng thử nghiệm đó. Độ lệch này thường được biểu thị bằng giá trị trên một đơn vị hoặc giá trị phần trăm, được qui về điện áp phóng điện đánh thủng 50 %

CHÚ THÍCH: Nếu hàm xác suất phóng điện đánh thủng (xem phụ lục A) gần với hàm Gausơ thì  $z$  sẽ tương đối sát với độ lệch chuẩn của nó.

**4.5**

**điện áp chịu thử của đối tượng thử nghiệm** (withstand voltage of a test object)

giá trị qui định của điện áp kỳ vọng, đặc trưng cho cách điện của đối tượng liên quan đến thử nghiệm chịu thử

Nếu không có qui định nào khác, điện áp chịu thử được qui đổi về các điều kiện khí hậu chuẩn tham khảo (xem 11.1).



4.6

**điện áp phóng điện đánh thủng đảm bảo của đối tượng thử nghiệm** (assured disruptive discharge voltage of a test object)

giá trị điện áp kỳ vọng qui định đặc trưng cho tính năng của đối tượng thử nghiệm liên quan đến thử nghiệm phóng điện đánh thủng

**5 Phân loại cách điện trong đối tượng thử nghiệm**

Hệ thống cách điện của thiết bị và kết cấu điện áp cao về cơ bản phải được phân loại thành cách điện tự phục hồi và cách điện không tự phục hồi và có thể bao gồm cách điện ngoài và/hoặc cách điện trong.

5.1

**cách điện ngoài** (external insulation)

cách điện bằng không khí và bằng các bề mặt cách điện rắn lộ ra bên ngoài của thiết bị, cách điện này phải chịu các ứng suất điện môi và các ảnh hưởng của điều kiện khí quyển và các điều kiện bên ngoài khác như nhiễm bẩn, ẩm ướt và động vật

5.2

**cách điện trong** (internal insulation)

các phần tử cách điện dạng rắn, lỏng hoặc khí nằm bên trong thiết bị, được bảo vệ khỏi các ảnh hưởng của điều kiện khí quyển và các điều kiện bên ngoài khác như nhiễm bẩn, ẩm ướt và động vật

5.3

**cách điện tự phục hồi** (self-restoring insulation)

cách điện phục hồi hoàn toàn các thuộc tính cách điện của nó sau một phóng điện đánh thủng do đặt điện áp thử nghiệm

5.4

**cách điện không tự phục hồi** (non-self-restoring insulation)

cách điện mất đi các thuộc tính cách điện hoặc không phục hồi hoàn toàn các thuộc tính cách điện của nó sau một phóng điện đánh thủng do đặt điện áp thử nghiệm

CHÚ THÍCH: Trong các thiết bị điện áp cao, các bộ phận của cả cách điện tự phục hồi và không tự phục hồi luôn hoạt động phối hợp và một số bộ phận có thể bị suy giảm do việc đặt điện áp lặp lại hoặc liên tục. Khi qui định các qui trình thử nghiệm để áp dụng, Ban kỹ thuật liên quan phải tính đến tính chất của cách điện về mặt này.

### **Mục 3: Yêu cầu chung liên quan đến qui trình thử nghiệm và đối tượng thử nghiệm**

#### **6 Yêu cầu chung đối với qui trình thử nghiệm**

Qui trình thử nghiệm áp dụng cho các loại đối tượng thử nghiệm cụ thể, ví dụ, cực tính được sử dụng, thứ tự ưu tiên nếu sử dụng cả hai cực tính, số lần đặt điện áp và khoảng thời gian giữa các lần đặt phải do Ban kỹ thuật liên quan qui định, có tính đến các yếu tố như:

- độ chính xác yêu cầu của kết quả thử nghiệm;
- tính chất ngẫu nhiên của hiện tượng được quan sát và bất kỳ sự phụ thuộc về cực tính nào của các đặc tính đo được;
- khả năng hỏng tăng dần theo các lần đặt điện áp lặp lại.

#### **7 Bố trí chung của đối tượng thử nghiệm**

Trong thời gian thử nghiệm, đối tượng thử nghiệm phải được lắp ráp hoàn chỉnh với tất cả các chi tiết cần thiết và được xử lý theo cách bình thường đối với các thiết bị tương tự.

Các đặc tính phóng điện đánh thủng của đối tượng có thể bị ảnh hưởng bởi cách bố trí chung của nó (ví dụ, khoảng cách từ đối tượng đến các kết cấu mang điện hoặc kết cấu nối đất khác, độ cao so với mặt đất và cách bố trí dây dẫn điện áp cao của đối tượng). Ban kỹ thuật liên quan cần qui định cách bố trí chung.

Khoảng cách đến các kết cấu bên ngoài lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần chiều dài đường phóng điện ngắn nhất trên đối tượng thử nghiệm thường làm cho các ảnh hưởng này trở nên không đáng kể. Trong thử nghiệm ướt hoặc thử nghiệm nhiễm bẩn hoặc khi phân bố điện áp dọc theo đối tượng thử nghiệm và trường điện quanh điện cực mang điện của đối tượng không phụ thuộc vào các ảnh hưởng bên ngoài thì khoảng cách ngắn hơn có thể chấp nhận được, với điều kiện là không xảy ra phóng điện với các kết cấu bên ngoài.

Trong trường hợp thử nghiệm xoay chiều hoặc thử nghiệm xung đóng cắt cực tính dương trên 750 kV (đỉnh), ảnh hưởng của kết cấu bên ngoài có thể coi là không đáng kể nếu khoảng cách tính từ kết cấu này đến điện cực mang điện cũng không nhỏ hơn chiều cao của điện cực so với mặt đất. Giới hạn thấp hơn áp dụng được cho khoảng cách này được cho trên hình 1, là hàm số của điện áp thử nghiệm cao nhất.

Thử nghiệm chịu thử có thể được chấp nhận khi được tiến hành toàn bộ ở khoảng cách ngắn hơn đến đối tượng được nối đất.

## 8 Thử nghiệm khô

Đối tượng thử nghiệm phải khô và sạch. Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì thử nghiệm cần được tiến hành ở nhiệt độ xung quanh và qui trình đặt điện áp phải như qui định trong các điều liên quan của tiêu chuẩn này.

## 9 Thử nghiệm ướt

Qui trình thử nghiệm ướt được lựa chọn, mô tả trong 9.1, nhằm mô phỏng ảnh hưởng của mưa tự nhiên đến cách điện ngoài và là cách xem xét lại các phương pháp thử nghiệm trước đây. Nên áp dụng qui trình này khi tiến hành các thử nghiệm với tất cả các loại điện áp thử nghiệm và trên tất cả các loại thiết bị, tuy nhiên, được phép sử dụng một trong hai phương pháp thử nghiệm thay thế dưới đây nếu Ban kỹ thuật liên quan qui định.

Hai phương pháp thử nghiệm trước đây, không nhằm mô phỏng mưa tự nhiên, được mô tả trong 9.2. Hai phương pháp này đã được sử dụng trong nhiều năm cho thử nghiệm bằng điện áp xoay chiều trên thiết bị có  $U_m$  đến 420 kV và hiện có nhiều số liệu thử nghiệm thu được bằng các phương pháp này.

Đối với thiết bị điện xoay chiều có kích thước lớn, như các thiết bị có  $U_m$  cao hơn 800 kV, hiện chưa có qui trình thử nghiệm ướt thích hợp.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định cách bố trí đối tượng thử nghiệm trong suốt qui trình thử nghiệm.

### 9.1 Qui trình thử nghiệm ướt tiêu chuẩn

Đối tượng thử nghiệm phải được phun nước có điện trở suất và nhiệt độ qui định (xem bảng 1) rơi trên đối tượng ở dạng các hạt nhỏ (tránh dạng sương và sương mù) và hướng sao cho các thành phần theo phương thẳng đứng và nằm ngang của mật độ phun xấp xỉ bằng nhau. Mật độ này được đo bằng bình góp ngấn đôi có các miệng rộng từ 100 cm<sup>2</sup> đến 750 cm<sup>2</sup>, một nằm ngang và một thẳng đứng, miệng thẳng đứng hướng về với dòng phun.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định vị trí của đối tượng thử nghiệm so với các thành phần mưa thẳng đứng và tạt ngang.

Thông thường, độ tái lập của các kết quả thử nghiệm ướt thấp hơn so với các thử nghiệm phóng điện hoặc chịu điện áp cao khác. Để giảm thiểu sự phân tán của các kết quả thử nghiệm, phải thực hiện các biện pháp phòng ngừa dưới đây:

- bình góp phải được đặt gần đối tượng thử nghiệm nhưng tránh không hứng các giọt rơi hoặc bắn ra từ đối tượng thử nghiệm. Trong quá trình đo, bình góp cần được dịch chuyển chậm trên một diện tích đủ để có được giá trị trung bình nhưng không che phủ hoàn toàn tính không đều của dòng nước từ các miệng phun riêng rẽ. Vùng đo này phải có chiều rộng bằng chiều rộng của đối tượng thử nghiệm và có độ cao lớn nhất là 1 m;

- đối với các đối tượng thử nghiệm cao từ 1 m đến 3 m, phải thực hiện các phép đo riêng ở đỉnh, ở giữa và ở đáy của đối tượng thử nghiệm. Mỗi vùng đo chỉ được bao trùm một phần ba chiều cao của đối tượng thử nghiệm;
- đối với các đối tượng thử nghiệm cao hơn 3 m, số lượng vùng đo phải tăng lên để bao trùm toàn bộ chiều cao của đối tượng thử nghiệm nhưng không được trùm lên nhau;
- các qui trình trên phải được sửa đổi cho thích hợp với các đối tượng thử nghiệm có kích thước lớn theo chiều ngang;
- có thể giảm độ phân tán của các kết quả nếu đối tượng thử nghiệm được làm sạch bằng chất tẩy bề mặt công hiệu, và loại bỏ chất tẩy trước khi bắt đầu làm ướt;
- độ phân tán của các kết quả cũng có thể bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi bất thường cục bộ hoá (cao hoặc thấp) của cường độ mưa. Nên phát hiện điều này bằng các phép đo cục bộ và làm tăng tính đồng đều của dòng nước phun, nếu cần.

Thiết bị phun phải được điều chỉnh để tạo ra các điều kiện mưa trên đối tượng thử nghiệm trong phạm vi dung sai qui định cho ở bảng 1.

Có thể sử dụng bất kỳ kiểu và cách bố trí nào của các miệng phun thỏa mãn các yêu cầu cho trong bảng 1. Ví dụ về một số kiểu miệng phun thỏa mãn trong thực tế được cho trên hình 2a, 2b và 2c, cùng với các số liệu về tính năng điển hình đối với mỗi kiểu. Có thể đạt được các khoảng cách phun lớn hơn nếu miệng phun hướng lên một góc khoảng  $15^{\circ}$  –  $25^{\circ}$  so với phương nằm ngang. Chú ý rằng nếu áp suất nước tăng cao hơn giới hạn khuyến cáo thì các tia nước có thể tản ra quá sớm và tạo nên dòng phun không thích hợp trên đối tượng thử nghiệm.

**Bảng 1 – Điều kiện mưa đối với qui trình tiêu chuẩn**

Cường độ mưa trung bình của tất cả các phép đo		
- thành phần thẳng đứng	mm/min	1,0 đến 2,0
- thành phần nằm ngang	mm/min	1,0 đến 2,0
Các giới hạn đối với bất kỳ phép đo riêng biệt nào và đối với mỗi thành phần	mm/min	$\pm 0,5$ từ giá trị trung bình
Nhiệt độ của nước	$^{\circ}\text{C}$	Nhiệt độ xung quanh $\pm 15$
Điện trở suất của nước	$\Omega\text{m}$	$100 \pm 15$

Nhiệt độ và điện trở suất của nước phải được đo trên mẫu thu được ngay trước khi nước tới đối tượng thử nghiệm. Cũng có thể đo ở các vị trí khác (ví dụ như trong bể chứa) với điều kiện là kiểm tra đảm bảo rằng không có thay đổi đáng kể nào xảy ra lúc nước tới đối tượng thử nghiệm.

Đối tượng thử nghiệm phải được làm ướt trước trong ít nhất 15 min trong các điều kiện qui định ở trên và các điều kiện này phải duy trì trong phạm vi dung sai qui định trong suốt thử nghiệm được tiến hành mà không gián đoạn việc làm ướt. Thời gian làm ướt trước không bao gồm thời gian cần thiết để điều chỉnh dòng phun. Việc làm ướt trước cũng có thể được thực hiện bằng nước máy chưa qua xử lý trong 15 min, tiếp tục mà không gián đoạn dòng phun bằng việc làm ướt lần thứ hai trong ít nhất 2 min trước khi bắt đầu thử nghiệm, sử dụng nước với tất cả các điều kiện mưa như qui định, cần được đo ngay trước khi bắt đầu thử nghiệm.

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan, qui trình thử nghiệm đối với thử nghiệm ướt phải giống như qui trình qui định cho các thử nghiệm khô tương ứng. Thời gian thử nghiệm đối với thử nghiệm điện xoay chiều phải là 60 s, nếu không có qui định nào khác. Thông thường, đối với thử nghiệm chịu ướt bằng điện xoay chiều và một chiều, cần cho phép có một phóng điện bề mặt với điều kiện là trong thử nghiệm lặp lại không xảy ra một phóng điện bề mặt nào nữa.

## 9.2 Qui trình truyền thống đối với thử nghiệm ướt bằng điện áp xoay chiều

Đối với thử nghiệm điện áp xoay chiều, còn có hai qui trình khác cũng được sử dụng, nội dung cụ thể được cho trong bảng 2. Hai qui trình này khác với qui trình tiêu chuẩn, 9.1, chủ yếu là ở cường độ mưa cao hơn và thời gian làm ướt trước tối thiểu chỉ là 1 min.

Chỉ qui định thành phần thẳng đứng của dòng phun; việc xác định thành phần nằm ngang được thay thế bằng việc đánh giá bằng mắt góc phun, góc này cần xấp xỉ 45° tại đối tượng thử nghiệm.

**Bảng 2 – Điều kiện mưa đối với qui trình truyền thống bằng điện áp xoay chiều**

Đặc điểm		Thông lệ ở Châu Âu	Thông lệ ở Mỹ
Cường độ mưa trung bình của tất cả các phép đo			
– thành phần thẳng đứng	mm/min	3 ± 0,3	5 ± 0,5
Các giới hạn đối với bất kỳ phép đo riêng biệt nào	mm/min	3 ± 0,75	5 ± 1,25
Nhiệt độ nước	°C	Nhiệt độ xung quanh ± 15	
Điện trở suất của nước	Ωm	100 ± 10	178 ± 27
Kiểu miệng phun được trình bày trong các hình		2a, 2b, 2c	2d
Thời gian của thử nghiệm chịu ướt	s	60	10

## 10 Thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo

Các thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo nhằm cung cấp thông tin về đặc tính của cách điện ngoài trong các điều kiện điển hình của nhiễm bẩn trong vận hành, mặc dù chúng không nhất thiết mô phỏng bất kỳ điều kiện làm việc cụ thể nào.

Các qui định dưới đây đưa ra một số hướng dẫn chung về thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo. Việc thay đổi hoặc bổ sung các yêu cầu cụ thể hơn đối với các loại thiết bị cụ thể do Ban kỹ thuật liên quan qui định. Các thông tin riêng như vậy được cho trong một ví dụ của IEC 60507.

Tác dụng của việc làm sạch cách điện trong vận hành bằng mưa tự nhiên không được xét đến trong bất kỳ qui trình được qui định nào.

### 10.1 Chuẩn bị đối tượng thử nghiệm

Trước khi thử nghiệm lần đầu, các bộ phận kim loại của đối tượng thử nghiệm, và các chỗ gắn bằng xi măng bất kỳ, có thể được sơn bằng sơn chịu nước muối để đảm bảo rằng các sản phẩm ăn mòn không làm nhiễm bẩn bề mặt cách điện trong quá trình thử nghiệm.

Sau đó, đối tượng thử nghiệm cần được làm sạch cẩn thận bằng nước máy đã được pha thêm Natri photphat ( $\text{Na}_3\text{PO}_3$ ) và tráng bằng nước máy sạch. Sau đó không được chạm tay vào. Thông thường, các bề mặt cách điện có thể được coi là đủ sạch và không có mỡ hoặc vật liệu làm nhiễm bẩn khác nếu theo dõi trong quá trình làm ướt thấy vùng ướt loang rộng ra một cách liên tục.

Ban kỹ thuật liên quan sẽ quyết định việc đối tượng thử nghiệm cần được thử nghiệm ở vị trí thẳng đứng, nằm ngang hay đặt nghiêng.

### 10.2 Qui trình thử nghiệm

Thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo được thực hiện bằng cách đưa nhiễm bẩn vào và đặt điện áp đồng thời hoặc sau đó. Thông thường, chỉ khuyến cáo các phương pháp trong đó điện áp thử nghiệm được giữ nguyên không đổi trong ít nhất vài phút. Các phương pháp khác trong đó điện áp tăng dần tới phóng điện bề mặt không được đề xuất cho việc tiêu chuẩn hóa nhưng có thể sử dụng cho các mục đích đặc biệt.

Thử nghiệm nhiễm bẩn có thể được tiến hành nhằm xác định mức nhiễm bẩn cực đại của đối tượng thử nghiệm cho phép chịu đựng được một điện áp thử nghiệm đã cho hoặc để xác định điện áp chịu thử đối với mức nhiễm bẩn qui định. Để so sánh các kết quả của nhiều thử nghiệm hoặc tính năng của nhiều đối tượng thử nghiệm khác nhau thì qui trình đầu thích hợp hơn. Dù lựa chọn qui trình thử nghiệm nào thì số lượng phép đo cũng cần phải đủ để thu được giá trị trung bình ổn định, có tính đến tính chất thống kê của hiện tượng. Ban kỹ thuật liên quan phải qui định số lượng thử nghiệm cần thiết.

Các thử nghiệm nhiễm bẩn được chia thành hai cấp, phương pháp sương-muối và phương pháp nhiễm bẩn lắng đọng trước.

#### a) Phương pháp sương-muối

Đối tượng thử nghiệm được đặt trong một buồng đặc biệt chứa đầy sương-muối. Phương pháp tạo sương được mô tả trong phụ lục B1. Nhiệt độ môi trường trong buồng khi bắt đầu thử nghiệm không được thấp hơn 5 °C cũng không được cao hơn 30 °C, đối tượng thử nghiệm và nước muối phải ở trạng thái cân bằng nhiệt với nhiệt độ môi trường.

Đối tượng thử nghiệm phải được làm ướt hoàn toàn bằng nước máy sạch. Hệ thống sương-muối, được cấp bằng nước có độ mặn qui định, bắt đầu khi đối tượng thử nghiệm vẫn còn ướt, đồng thời, đặt điện áp lên đối tượng thử nghiệm, tăng nhanh đến giá trị qui định và giữ không đổi trong thời gian qui định, thường là 1 h, hoặc cho đến khi xảy ra phóng điện bề mặt. Lặp lại qui trình này vài lần. Trước mỗi qui trình, đối tượng thử nghiệm được rửa kỹ bằng nước máy sạch để loại bỏ hết vết muối.

Đối với phương pháp sương-muối, khoảng cách tối thiểu giữa bất kỳ bộ phận nào của đối tượng thử nghiệm đến vật bất kỳ được nối đất ngoài các vòi phun và kết cấu đỡ cái cách điện không được nhỏ hơn 0,5 m trên 100 kV điện áp thử nghiệm và, trong mọi trường hợp, không được ngắn hơn 2 m.

Nếu thử nghiệm nhằm xác định độ mặn lớn nhất đối với một điện áp chịu thử qui định thì phải lập lại toàn bộ qui trình này bằng cách sử dụng các độ mặn khác nhau.

Trước khi bắt đầu thử nghiệm thực sự, cần ổn định trước đối tượng thử nghiệm bằng một số phóng điện bề mặt trong khi làm nhiễm bẩn. Sau khi ổn định trước, cần rửa sạch đối tượng thử nghiệm.

#### b) Phương pháp nhiễm bẩn lắng đọng trước

Đối tượng thử nghiệm được phủ bằng một lớp đồng đều vừa phải chất ngưng kết dẫn điện và để cho đến khô. Nhiệt độ môi trường trong buồng thử nghiệm khi bắt đầu thử nghiệm không nhỏ hơn 5 °C và không lớn hơn 30 °C, đối tượng thử nghiệm cần ở trạng thái cân bằng nhiệt với môi trường xung quanh. Phải thực hiện việc làm ướt bằng nguồn tạo sương hơi nước phân bố sương đồng đều trên toàn bộ chiều dài và xung quanh đối tượng thử nghiệm. Nhiệt độ của sương trong vùng lân cận đối tượng thử nghiệm không được vượt quá 40 °C. Để đạt được sự làm ướt cần thiết trong thời gian hợp lý, phải đưa vào bên trong buồng thử nghiệm đủ lượng sương hơi nước. Ban kỹ thuật liên quan phải qui định tốc độ tạo hơi nước.

Trong một qui trình, đặt điện áp trước khi đối tượng thử nghiệm được làm ướt bởi sương và duy trì cho đến khi có phóng điện bề mặt hoặc trong khoảng hai lần thời gian để cách điện đạt được độ dẫn điện lớn nhất. Trong một qui trình khác, điện áp thử nghiệm chỉ được đặt khi độ dẫn điện đạt đến giá trị lớn nhất, điều này xảy ra trong khoảng từ 20 min đến 40 min tính từ khi bắt đầu phun sương. Điện áp phải giữ không đổi trong thời gian thử nghiệm 15 min qui định hoặc cho đến khi xảy ra phóng điện bề mặt.

Ví dụ về qui trình phủ và làm ướt thích hợp và ví dụ về phép đo điện trở suất bề mặt được cho trong phụ lục B.

Qui trình trên có thể được lập lại vài lần; trước mỗi thử nghiệm, đối tượng thử nghiệm phải được rửa, phủ lại và để khô.

Trường hợp thử nghiệm để xác định độ nhiễm bẩn lớn nhất đối với một điện áp chịu thử qui định thì các qui trình phủ, làm ướt và qui trình thử nghiệm phải được lập lại bằng cách sử dụng chất ngưng kết có điện trở suất khác nhau.

Khoảng cách nhỏ nhất giữa bất kỳ bộ phận nào của đối tượng thử nghiệm và vật bất kỳ được nối đất ngoài các kết cấu đỡ đối tượng thử nghiệm không được nhỏ hơn 0,5 m trên 100 kV điện áp thử nghiệm.

### 10.3 Độ nhiễm bẩn

Độ nhiễm bẩn của đối tượng thử nghiệm được quy định bởi độ mặn (g/l) của sương mù muối, bởi độ dẫn điện bề mặt ( $\mu\text{S}$ ) hoặc bởi lượng muối (NaCl) trên mỗi centimét vuông bề mặt cách điện ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ). Đại lượng cuối được gọi là mật độ ngưng tụ muối (SDD). Thông tin về các phương pháp này được cho trong phụ lục B.

## 11 Điều kiện khí hậu

### 11.1 Khí hậu tham chiếu tiêu chuẩn

Khí hậu tham chiếu tiêu chuẩn là

nhiệt độ	$t_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$
áp suất	$b_0 = 101,3\text{ kPa (1013 mbar)}$
độ ẩm tuyệt đối	$h_0 = 11\text{ g}/\text{m}^3$

CHÚ THÍCH: Áp suất 101,3 kPa tương ứng với chiều cao 760 mm trên áp kế thủy ngân ở 0 °C. Nếu chiều cao áp kế là H mm thủy ngân thì áp suất khí quyển tính bằng kilopascal xấp xỉ bằng:

$$b = 0,1333H\text{ kPa}$$

Việc hiệu chỉnh nhiệt độ theo chiều cao của cột thủy ngân được coi là không đáng kể.

### 11.2 Hệ số hiệu chỉnh khí hậu

Phóng điện đánh thủng của cách điện ngoài phụ thuộc vào điều kiện khí hậu. Thông thường, điện áp phóng điện đánh thủng theo một đường cho trước trong không khí tăng theo mật độ hoặc độ ẩm không khí. Tuy nhiên, khi độ ẩm tương đối vượt quá khoảng 80 % thì điện áp phóng điện đánh thủng sẽ không theo qui luật, đặc biệt khi phóng điện đánh thủng xảy ra trên bề mặt cách điện.

Bằng cách sử dụng các hệ số hiệu chỉnh, điện áp phóng điện đánh thủng đo được trong các điều kiện thử nghiệm cho trước (nhiệt độ  $t$ , áp suất  $b$ , độ ẩm  $h$ ) có thể được quy đổi về giá trị thu được trong các điều kiện khí hậu tham chiếu tiêu chuẩn ( $t_0$ ,  $b_0$ ,  $h_0$ ). Ngược lại, điện áp thử nghiệm quy định trong các điều kiện tham chiếu đã cho có thể được quy đổi về giá trị tương đương trong các điều kiện thử nghiệm.

Điện áp phóng điện đánh thủng tỷ lệ với hệ số hiệu chỉnh khí hậu  $K_1$ , hệ số  $K_1$  là tích số của hai hệ số hiệu chỉnh:

- hệ số hiệu chỉnh mật độ không khí  $k_1$  (xem 11.2.1);
- hệ số hiệu chỉnh độ ẩm  $k_2$  (xem 11.2.2).

$$K_1 = k_1 k_2$$

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì điện áp  $U$  được đặt trong quá trình thử nghiệm trên cách điện ngoài được xác định bằng cách nhân điện áp thử nghiệm qui định  $U_0$  với  $K_1$ :



$$U = U_0 K_1$$

Tương tự, điện áp phóng điện đánh thủng đo được  $U$  được hiệu chỉnh về  $U_0$  tương ứng với khí hậu tham chiếu tiêu chuẩn bằng cách chia cho  $K_1$ :

$$U_0 = U/K_1$$

Trong hồ sơ thử nghiệm phải có các điều kiện khí hậu thực tế khi thử nghiệm và các hệ số hiệu chỉnh được sử dụng.

### 11.2.1 Hệ số hiệu chỉnh mật độ không khí $k_1$

Hệ số hiệu chỉnh mật độ không khí  $k_1$ , phụ thuộc vào mật độ tương đối của không khí  $\delta$  và có thể được biểu thị một cách tổng quát như:

$$k_1 = \delta^m$$

trong đó  $m$  là số mũ được cho trong 11.2.3.

Khi các nhiệt độ  $t$  và  $t_0$  được biểu thị theo độ C và các áp suất khí quyển  $b$  và  $b_0$  được biểu thị theo cùng đơn vị (kilôpascal hoặc milibar) thì mật độ tương đối của không khí là:

$$\delta = \frac{b}{b_0} \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

### 11.2.2 Hệ số hiệu chỉnh độ ẩm $k_2$

Hệ số hiệu chỉnh độ ẩm  $k_2$  có thể được biểu thị là:

$$k_2 = k^w$$

trong đó  $w$  là số mũ được cho trong 11.2.3 và  $k$  là một tham số, phụ thuộc vào loại điện áp thử nghiệm và, đối với các mục đích thực tiễn, có thể thu được gần đúng như một hàm số của tỷ số giữa độ ẩm tuyệt đối,  $h$ , và mật độ không khí tương đối,  $\delta$ , bằng cách sử dụng các đường cong của hình 3. Hệ số hiệu chỉnh độ ẩm đối với các giá trị của  $h/\delta$  vượt quá  $15 \text{ g/m}^3$  đang được xem xét và các đường cong trên hình 3 có thể coi như là các giới hạn trên.

### 11.2.3 Số mũ $m$ và $w$

Vì hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào dạng trước phóng điện nên thực tế này có thể được tính đến bằng cách xem xét tham số:

$$g = \frac{U_B}{500 L \delta k}$$

trong đó  $U_B$  là điện áp phóng điện đánh thủng 50 % (đo được hoặc ước lượng được), tính bằng kilôvôn, trong các điều kiện khí hậu thực tế,  $L$  là đường phóng điện ngắn nhất, tính bằng mét, với các giá trị thực tế của mật độ không khí tương đối  $\delta$  và của tham số  $k$ . Trong trường hợp thử nghiệm điện áp chịu thử

mà không có sẵn giá trị ước tính của điện áp phóng điện đánh thủng 50 % thì có thể giá định  $U_B$  bằng 1,1 lần điện áp thử nghiệm.

Các số mũ  $m$  và  $w$  đang được xem xét. Các giá trị gần đúng được cho trên hình 4.

### 11.3 Thử nghiệm ướt, thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo và thử nghiệm phối hợp

Không phải hiệu chỉnh độ ẩm đối với thử nghiệm ướt hoặc thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo. Vấn đề hiệu chỉnh mật độ trong quá trình các thử nghiệm này đang được xem xét. Đối với thử nghiệm phối hợp, xem 26.5.

### 11.4 Yêu cầu trái ngược nhau trong thử nghiệm cách điện trong và cách điện ngoài

Trong khi các mức chịu thử được qui định ở các điều kiện khí hậu tiêu chuẩn thì vẫn nảy sinh các trường hợp mà việc áp dụng các hiệu chỉnh khí hậu (do độ cao so với mực nước biển của phòng thí nghiệm hoặc các điều kiện khí hậu đặc biệt) dẫn đến mức chịu thử đối với cách điện trong cao hơn đáng kể so với cách điện ngoài kết hợp. Trong những trường hợp như vậy thì phải chấp nhận các biện pháp nhằm nâng cao mức chịu thử của cách điện ngoài để cho phép đặt điện áp thử nghiệm chính xác lên cách điện trong. Các biện pháp này bao gồm việc ngâm cách điện ngoài vào chất lỏng hoặc khí nén và do Ban kỹ thuật liên quan qui định có xét đến yêu cầu của các loại thiết bị cụ thể. Trong những trường hợp mà điện áp thử nghiệm của cách điện ngoài cao hơn so với của cách điện trong thì chỉ có thể thử nghiệm một cách chính xác cách điện ngoài khi cách điện trong được thiết kế đặc biệt với độ bền được tăng cao. Nếu không thì cách điện trong cần được thử nghiệm với giá trị danh định và cách điện ngoài được thử nghiệm bằng vật giả, nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan, trong trường hợp đó, phải qui định qui trình thử nghiệm để sử dụng.

### 11.5 Đo độ ẩm

Độ ẩm phải được xác định tốt nhất là bằng đồng hồ đo trực tiếp độ ẩm tuyệt đối có sai số tuyệt đối không lớn hơn  $1 \text{ g/m}^3$ . Việc đo độ ẩm tương đối kết hợp với phép đo nhiệt độ cũng cho phép xác định độ ẩm tuyệt đối và có thể sử dụng với điều kiện là độ chính xác của việc xác định độ ẩm tuyệt đối trong trường hợp này giống như yêu cầu ở trên.

CHÚ THÍCH: Cũng có thể thực hiện phép đo này bằng ẩm kế bầu khô và bầu ướt được thông gió. Độ ẩm tuyệt đối là hàm số của các số đọc trên nhiệt kế được xác định từ hình 5 cũng cho phép xác định độ ẩm tương đối. Điều quan trọng là cung cấp đủ lượng không khí để đạt được trạng thái ổn định và đọc nhiệt kế một cách cẩn thận để tránh sai số quá mức trong việc xác định độ ẩm.

## Mục 4: Thử nghiệm bằng điện áp một chiều

### 12 Định nghĩa đối với thử nghiệm điện áp một chiều

#### 12.1

**giá trị điện áp thử nghiệm** (value of the test voltage)

giá trị trung bình số học của điện áp thử nghiệm

#### 12.2

**gợn sóng** (ripple)

sai lệch theo chu kỳ khỏi giá trị trung bình số học của điện áp. Biên độ của gợn sóng theo định nghĩa bằng nửa hiệu giữa các giá trị cực đại và cực tiểu. Hệ số gợn sóng là tỷ số giữa biên độ gợn sóng và giá trị điện áp thử nghiệm

### 13 Điện áp thử nghiệm

#### 13.1 Yêu cầu đối với điện áp thử nghiệm

##### 13.1.1 Dạng điện áp

Điện áp thử nghiệm, đặt lên đối tượng thử nghiệm, cần phải là điện áp một chiều có hệ số gợn sóng không lớn hơn 3 %, nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan. Lưu ý là hệ số gợn sóng có thể bị ảnh hưởng bởi sự có mặt của đối tượng thử nghiệm và điều kiện thử nghiệm, đặc biệt trong các thử nghiệm ướt và thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo.

##### 13.1.2 Dung sai

Đối với thời gian thử nghiệm không quá 60 s, giá trị điện áp thử nghiệm đo được phải duy trì trong phạm vi  $\pm 1\%$  mức qui định trong suốt thời gian thử nghiệm. Đối với thời gian thử nghiệm trên 60 s, giá trị điện áp thử nghiệm đo được phải duy trì trong phạm vi  $\pm 3\%$  mức qui định trong suốt quá trình thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Cần nhấn mạnh rằng dung sai là hiệu số cho phép giữa giá trị qui định và giá trị thực tế đo được. Hiệu số này cần được phân biệt với sai số đo là hiệu số giữa giá trị đo được và giá trị thực.

#### 13.2 Tạo điện áp thử nghiệm

Điện áp thử nghiệm thường được tạo bởi các bộ chỉnh lưu, mặc dù đôi khi cũng sử dụng các máy phát tĩnh điện. Các yêu cầu đối với nguồn điện áp thử nghiệm phụ thuộc đáng kể vào loại thiết bị cần thử nghiệm và các điều kiện thử nghiệm. Các yêu cầu này chủ yếu được xác định bằng giá trị và tính chất của dòng điện thử nghiệm cần cung cấp, các thành phần quan trọng được trình bày trong 13.4.

Nguồn cần có đặc trưng là cho phép nạp điện dung cho đối tượng thử nghiệm trong một thời gian ngắn hợp lý. Trong trường hợp đối tượng thử nghiệm có điện dung lớn thì đôi khi phải chấp nhận thời gian nạp đến vài phút. Nguồn, kể cả điện dung nạp của nguồn, cũng cần phải đủ để cung cấp dòng điện rò và dòng điện hấp thụ và bất kỳ dòng điện phóng điện không đánh thủng bên trong và bên ngoài nào mà không gây sụt áp quá 10 %. Khi thử nghiệm cách điện trong, dòng điện này thường nhỏ nhưng khi thử nghiệm cách điện ướt, đôi khi vẫn xảy ra dòng điện rò đến vài chục miliampe hoặc có xung phóng điện trước khoảng  $10^{-2}$  C.

Các tham số của nguồn đối với thử nghiệm nhiễm bẩn bằng điện áp một chiều đang được xem xét.

### 13.3 Đo điện áp thử nghiệm

13.3.1 Đo bằng các dụng cụ đo theo TCVN 6099-2 (IEC 60060-2): Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Hệ thống đo

Nói chung, phép đo giá trị trung bình số học, giá trị lớn nhất, hệ số gợn sóng và sụt điện áp thử nghiệm quá độ bất kỳ, cần được thực hiện bằng các thiết bị đã qua qui trình phê chuẩn để cập trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2). Cần chú ý đến các yêu cầu về đặc tính đáp tuyến của thiết bị dùng để đo gợn sóng, các quá độ hoặc tính ổn định điện áp.

13.3.2 Hiệu chuẩn dụng cụ đo chưa được công nhận bằng dụng cụ đo được công nhận

Qui trình này thường gồm có việc thiết lập quan hệ giữa hiển thị của một dụng cụ liên quan đến điện áp thử nghiệm và phép đo cùng một điện áp được tiến hành theo 13.3.1, bằng khe hở cầu, sử dụng theo IEC 60052, hoặc bằng khe hở thanh/thanh theo 13.3.3.

Quan hệ này có thể phụ thuộc vào sự có mặt của đối tượng thử nghiệm, khe hở cầu hoặc khe hở thanh/thanh, lượng mưa trong thử nghiệm ướt, v.v... Vì vậy, điều quan trọng là các điều kiện này phải như nhau trong quá trình hiệu chuẩn và thử nghiệm thực, ngoài ra, trong quá trình thử nghiệm, khe hở cầu hoặc khe hở thanh/thanh phải mở đủ để ngăn ngừa phóng điện tia lửa. Quan hệ giữa điện áp nguồn và điện áp đầu ra có thể không đủ ổn định cho mục đích đo.

Cần chú ý đến các biện pháp phòng ngừa cần thiết khi sử dụng khe hở cầu ở điện áp một chiều, do sự xuất hiện của các phóng điện bề mặt ở các giá trị điện áp thấp hơn chủ yếu do sự có mặt của các phần tử dạng sợi rất nhỏ. Phải thực hiện một loạt các lần đặt điện áp và lấy giá trị điện áp cao nhất làm giá trị thực.

CHÚ THÍCH 1: Vấn đề phần tử dạng sợi có thể được khắc phục bằng cách cung cấp một luồng không khí không nhỏ hơn 3 m/s qua khe hở.

CHÚ THÍCH 2: Vì sự có mặt của gợn sóng nên các khe hở cầu không đo được giá trị trung bình số học của điện áp.

Việc hiệu chuẩn được ưu tiên thực hiện tại hoặc gần 100 % điện áp thử nghiệm, nhưng đối với các thử nghiệm trên đối tượng có cách điện không tự phục hồi, việc ngoại suy có thể được tiến hành từ một giá trị không thấp hơn 50 % điện áp này. Việc ngoại suy có thể không thỏa mãn nếu dòng điện trong mạch thử nghiệm biến thiên không tuyến tính với điện áp đặt.

### 13.3.3 Khe hở thanh/thanh là thiết bị đo được công nhận

Khe hở thanh/thanh với các kích thước như cho trong phụ lục C và sử dụng phù hợp với phụ lục này là một thiết bị đo được công nhận để đo điện áp một chiều.

## 13.4 Đo dòng điện thử nghiệm

Khi thực hiện các phép đo dòng điện đi qua đối tượng thử nghiệm, có thể nhận biết được một số thành phần riêng rẽ. Các thành phần này khác nhau vài bậc độ lớn đối với cùng một đối tượng thử nghiệm và điện áp thử nghiệm. Đó là:

- dòng điện điện dung, do việc đặt ban đầu điện áp thử nghiệm và do bất kỳ gợn sóng hoặc các thăng giáng khác tác động lên dòng điện điện dung;
- dòng điện hấp thụ điện môi, do các dịch chuyển điện tích chậm bên trong cách điện và kéo dài trong khoảng thời gian từ vài giây đến vài giờ. Quá trình này là thuận nghịch một phần, các dòng điện có cực tính ngược lại được quan sát khi đối tượng thử nghiệm bị phóng điện hay ngắn mạch;
- dòng điện rò liên tục, dòng điện một chiều ổn định cuối cùng, đạt được ở điện áp đặt không đổi sau khi các thành phần trên đã giảm về không;
- dòng điện phóng điện cục bộ.

Phép đo ba thành phần đầu tiên đòi hỏi sử dụng các dụng cụ đo dòng điện có phạm vi đo rộng. Điều quan trọng là đảm bảo rằng dụng cụ đo hoặc phép đo một thành phần bất kỳ của dòng điện không bị ảnh hưởng bất lợi bởi các thành phần khác. Thông tin liên quan đến trạng thái của cách điện đôi khi có thể thu được bằng cách trong thời gian thử nghiệm không phá huỷ, quan sát biến thiên dòng điện theo thời gian.

Độ lớn tương đối và tầm quan trọng của mỗi thành phần dòng điện phụ thuộc vào kiểu và tình trạng của đối tượng thử nghiệm, mục đích tiến hành thử nghiệm và thời gian thử nghiệm. Do đó, Ban kỹ thuật liên quan cần qui định các qui trình đo, đặc biệt là khi cần phân biệt một thành phần cụ thể.

Các phép đo dòng điện xung phóng điện cục bộ được thực hiện bằng các dụng cụ đo đặc biệt được đề cập trong IEC 60270 : 1981, Phép đo phóng điện cục bộ.

CHÚ THÍCH: Cần chú ý đến giá trị của dòng điện có thể có trong trường hợp phóng điện đánh thủng dẫn đến làm hỏng đồng hồ nếu không được bảo vệ thích hợp.

## 14 Qui trình thử nghiệm

### 14.1 Thử nghiệm điện áp chịu thử

Ban đầu, đặt điện áp lên đối tượng thử nghiệm ở một giá trị đủ thấp để ngăn ngừa ảnh hưởng bất kỳ của quá điện áp do các quá độ đóng cắt. Điện áp này được tăng đủ chậm để cho phép đọc được trên dụng

cụ đo nhưng không được chậm đến mức gây sự kéo dài không cần thiết của ứng suất điện áp lên đối tượng thử nghiệm khi gần đến điện áp thử nghiệm  $U$ . Các yêu cầu này thường được thỏa mãn nếu tốc độ tăng xấp xỉ 2 % điện áp  $U$  mỗi giây khi điện áp đạt trên 75 % của  $U$ . Điện áp này phải được duy trì trong thời gian qui định và sau đó giảm bằng cách phóng điện điện dung của mạch, kể cả của đối tượng thử nghiệm, qua một điện trở thích hợp.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định thời gian thử nghiệm có tính đến thời gian đạt tới phân bố điện áp ở trạng thái ổn định phụ thuộc vào điện trở và điện dung của các thành phần của đối tượng thử nghiệm. Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì thời gian của thử nghiệm điện áp chịu thử phải là 60 s.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định cực tính của điện áp hoặc thứ tự đặt điện áp của mỗi cực tính và sai lệch bất kỳ so với các qui định trên.

Các yêu cầu của thử nghiệm được coi là thỏa mãn nếu không xảy ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm.

#### **14.2 Thử nghiệm điện áp phóng điện đánh thủng**

Điện áp phải được đặt và tăng liên tục cho đến khi xảy ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Phải ghi lại giá trị điện áp đạt tới tại thời điểm phóng điện đánh thủng.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định tốc độ tăng điện áp, số lần đặt điện áp và qui trình đánh giá kết quả thử nghiệm (xem phụ lục A).

#### **14.3 Thử nghiệm điện áp phóng điện đánh thủng đảm bảo**

Điện áp phải được đặt và tăng liên tục cho đến khi xảy ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Phải ghi lại giá trị điện áp đạt tới tại thời điểm phóng điện đánh thủng.

Các yêu cầu của thử nghiệm thường được thỏa mãn nếu điện áp này không vượt quá điện áp phóng điện đánh thủng đảm bảo với số lần đặt điện áp qui định.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định số lần đặt điện áp và tốc độ tăng điện áp.

## Mục 5: Thử nghiệm bằng điện áp xoay chiều

### 15 Định nghĩa đối với thử nghiệm điện áp xoay chiều

#### 15.1 Định nghĩa đối với thử nghiệm điện áp xoay chiều

##### 15.1.1

**giá trị của điện áp thử nghiệm** (value of the test voltage)

giá trị đỉnh của điện áp chia cho  $\sqrt{2}$

CHÚ THÍCH: Ban kỹ thuật liên quan có thể yêu cầu phép đo giá trị hiệu dụng của điện áp thử nghiệm thay cho giá trị đỉnh trong các trường hợp giá trị hiệu dụng có thể quan trọng, ví dụ, khi có liên quan đến các hiệu ứng nhiệt.

##### 15.2

**giá trị đỉnh** (peak value)

giá trị lớn nhất của điện áp này. Tuy nhiên, phải bỏ qua các dao động cao tần nhỏ, ví dụ phát sinh từ các phóng điện không đánh thủng

##### 15.3

**giá trị hiệu dụng (r.m.s)** (r.m.s value)

căn bậc hai của giá trị trung bình của bình phương các giá trị điện áp trong phạm vi một chu kỳ hoàn chỉnh

### 16 Điện áp thử nghiệm

#### 16.1 Yêu cầu đối với điện áp thử nghiệm

##### 16.1.1 Dạng sóng của điện áp

Điện áp thử nghiệm phải là điện áp xoay chiều thường có tần số nằm trong dải từ 45 Hz đến 65 Hz, thường được gọi là điện áp thử nghiệm tần số công nghiệp. Các thử nghiệm đặc biệt có thể được yêu cầu ở các tần số thấp hơn hoặc cao hơn đáng kể so với dải này, theo qui định của Ban kỹ thuật liên quan.

Dạng sóng điện áp phải xấp xỉ hình sin với hai nửa chu kỳ gần giống nhau. Kết quả của thử nghiệm điện áp cao được coi là không bị ảnh hưởng bởi sai lệch nhỏ so với hình sin nếu tỷ số giữa giá trị đỉnh và giá trị hiệu dụng bằng  $\sqrt{2}$  trong phạm vi  $\pm 5\%$ .

Đối với một số mạch thử nghiệm thông dụng, phải chấp nhận các sai lệch lớn hơn. Chú ý rằng đối tượng thử nghiệm, đặc biệt nếu có các đặc tính trở kháng phi tuyến, có thể ảnh hưởng đáng kể đến sai lệch khỏi hình sin.

CHÚ THÍCH: Nói chung, có thể giả định rằng các yêu cầu trên về sai lệch khỏi hình sin sẽ được thỏa mãn nếu giá trị hiệu dụng của các hài không vượt quá 5 % giá trị hiệu dụng của sóng cơ bản.

### 16.1.2 Dung sai

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì giá trị điện áp thử nghiệm đo được phải được duy trì trong phạm vi  $\pm 1\%$  mức qui định trong suốt quá trình thử nghiệm. Đối với các khoảng thời gian thử nghiệm dài hơn 60 s thì giá trị điện áp thử nghiệm đo được phải được duy trì trong phạm vi  $\pm 3\%$  mức qui định trong suốt thời gian thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Cần nhấn mạnh rằng dung sai là hiệu số cho phép giữa giá trị qui định và giá trị thực tế đo được. Hiệu số này cần được phân biệt với sai số đo là hiệu số giữa giá trị đo được và giá trị thực.

## 16.2 Tạo điện áp thử nghiệm

### 16.2.1 Yêu cầu chung

Điện áp thử nghiệm thường được cung cấp từ máy biến áp tăng áp. Một cách khác, nó có thể được tạo ra bằng một mạch cộng hưởng nối tiếp.

Điện áp trong mạch thử nghiệm phải đủ ổn định để không bị ảnh hưởng bởi các dòng điện rò khác nhau. Các phóng điện không đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm không được làm giảm điện áp thử nghiệm tới mức và đến lúc mà điện áp phóng điện đánh thủng đo được của đối tượng thử nghiệm bị ảnh hưởng đáng kể.

Trong trường hợp phóng điện không đánh thủng, nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì điện áp chịu thử được coi là thỏa mãn khi có thể chứng tỏ rằng giá trị đỉnh của điện áp thử nghiệm không sai lệch quá 5 % trong các chu kỳ liên tiếp và sụt áp tức thời trong quá trình phóng điện không đánh thủng không vượt quá 20 % điện áp đỉnh. Đặc tính của mạch thử nghiệm cần thiết để thỏa mãn các yêu cầu trên phụ thuộc vào kiểu thử nghiệm (khô, ướt, v.v...), mức điện áp thử nghiệm và đặc tính của đối tượng thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Cần lưu ý đến khả năng các phóng điện không đánh thủng có thể gây ra sự biến đổi đột ngột lớn của điện áp giữa các đầu nối của đối tượng thử nghiệm. Hiện tượng này có thể gây hỏng cho đối tượng thử nghiệm hoặc máy biến áp thử nghiệm. Biện pháp khắc phục thường có thể thực hiện bằng cách thay đổi tần số tự nhiên của nguồn điện áp hoặc đưa vào hệ thống một lượng suy giảm nhất định.

### 16.2.2 Yêu cầu đối với mạch thử nghiệm bằng máy biến áp

Để có điện áp thử nghiệm thực tế không bị ảnh hưởng bởi các dòng điện rò biến thiên thì dòng điện ngắn mạch do máy biến áp cung cấp khi đối tượng thử nghiệm bị ngắn mạch ở điện áp thử nghiệm cần đủ lớn so với dòng điện rò ở tần số nguồn và trong mọi trường hợp cần tuân thủ hướng dẫn dưới đây:

– đối với thử nghiệm khô trên các mẫu nhỏ của cách điện rắn, cách điện lỏng hoặc kết hợp của cả hai, dòng điện ngắn mạch khoảng 0,1 A (giá trị hiệu dụng) là thích hợp;



– đối với thử nghiệm trên cách điện ngoài tự phục hồi (cái cách điện, dao cách ly, v.v...) dòng điện ngắn mạch không nhỏ hơn 0,1 A (giá trị hiệu dụng) đối với thử nghiệm khô và 0,5 A (giá trị hiệu dụng) đối với thử nghiệm ướt là thích hợp; tuy nhiên, đối thử nghiệm ướt trên đối tượng có kích thước lớn có thể dẫn đến dòng điện rò lớn thì có thể cần dòng điện ngắn mạch đến 1 A.

CHÚ THÍCH: Khi mạch thử nghiệm được cấp bởi máy phát điện quay, cần xét đến dòng điện ngắn mạch quá độ (xem IEC 60034-4).

Điện dung tổng của đối tượng thử nghiệm và điện dung phụ bất kỳ cần đủ để đảm bảo rằng điện áp phóng điện đo được không bị ảnh hưởng bởi phóng điện cục bộ không đánh thủng hoặc các phóng điện trước trên đối tượng thử nghiệm. Giá trị điện dung trong phạm vi từ 0,5 nF đến 1,0 nF thường là đủ.

CHÚ THÍCH: Nếu bất kỳ điện trở bảo vệ nào bên ngoài máy biến áp không vượt quá 10 kΩ, điện dung hữu ích trên đầu cực của máy biến áp có thể được coi là ghép song song với đối tượng thử nghiệm.

Đối với thử nghiệm nhiễm bẩn nhân tạo, các giá trị cao hơn của dòng điện ngắn mạch, đến 15 A hoặc cao hơn, là cần thiết (xem IEC 60507); cơ sở thử nghiệm cũng phải tuân thủ hai điều kiện dưới đây:

- tỷ số điện trở/điện kháng (R/X) bằng hoặc cao hơn 0,1;
- tỷ số dòng điện điện dung/dòng điện ngắn mạch không vượt quá phạm vi từ 0,001 đến 0,1.

Sự ổn định điện áp có thể được kiểm tra bằng việc ghi trực tiếp điện áp đặt lên đối tượng thử nghiệm, bằng hệ thống đo điện áp cao thích hợp.

### 16.2.3 Mạch cộng hưởng nối tiếp

Mạch cộng hưởng nối tiếp chủ yếu gồm một cuộn cảm mắc nối tiếp với đối tượng thử nghiệm hoặc tải điện dung và nối với nguồn công suất trung áp. Một cách khác, mạch này có thể gồm một tụ điện mắc nối tiếp với đối tượng thử nghiệm kiểu điện cảm. Bằng cách thay đổi các tham số mạch hoặc tần số nguồn cung cấp, mạch có thể được điều chỉnh tới cộng hưởng khi một điện áp lớn hơn đáng kể so với điện áp nguồn và có dạng về cơ bản là hình sin được đặt vào đối tượng thử nghiệm.

Sự ổn định của điều kiện cộng hưởng và của điện áp thử nghiệm phụ thuộc vào sự không thay đổi của tần số nguồn và vào các đặc tính của mạch thử nghiệm.

Khi xảy ra phóng điện, nguồn tạo ra một dòng điện tương đối nhỏ làm hạn chế việc hỏng điện môi của đối tượng thử nghiệm.

Mạch cộng hưởng nối tiếp đặc biệt có ích khi đối tượng thử nghiệm như cáp, tụ điện hoặc hệ thống cách điện bằng khí trong đó dòng điện rò trên cách điện ngoài rất nhỏ so với dòng điện điện dung qua đối tượng thử nghiệm hoặc năng lượng hình thành phóng điện đánh thủng là rất nhỏ. Mạch cộng hưởng nối tiếp cũng có ích đối với thử nghiệm của cuộn kháng.

Mạch này có thể không thích hợp đối với cách điện ngoài trong điều kiện ướt hoặc nhiễm bẩn, trừ trường hợp thỏa mãn các yêu cầu của 16.2.1:

## 16.3 Đo điện áp thử nghiệm

### 16.3.1 Đo bằng các dụng cụ đo phù hợp với TCVN 6099-2 (IEC 60060-2)

Việc đo giá trị đỉnh, giá trị hiệu dụng, sai lệch khỏi hình sin và các sụt áp quá độ thường được tiến hành bằng các dụng cụ đo phù hợp với TCVN 6099-2 (IEC 60060-2).

Cần chú ý đến các yêu cầu về đặc tính đáp tuyến của các dụng cụ dùng để đo sụt áp quá độ.

### 16.3.2 Hiệu chuẩn thiết bị đo chưa được công nhận bằng thiết bị đo được công nhận

Qui trình này thường bao gồm việc thiết lập quan hệ giữa hiển thị của dụng cụ đo nhất định liên quan đến điện áp thử nghiệm và phép đo cùng một điện áp được thực hiện theo 16.3.1 hoặc bằng việc sử dụng khe hở cầu theo IEC 60052.

Mối quan hệ này có thể phụ thuộc vào sự có mặt của đối tượng thử nghiệm và khe hở cầu, lượng mưa trong các thử nghiệm ướt, v.v... Vì thế, điều quan trọng là các điều kiện này phải như nhau trong quá trình hiệu chuẩn và thử nghiệm thực, trừ trường hợp, trong quá trình thử nghiệm khe hở cầu có thể được mở đủ để ngăn ngừa phóng điện tia lửa.

Mối liên quan giữa điện áp nguồn và điện áp đầu ra có thể không đủ ổn định để đo.

Ưu tiên thực hiện việc hiệu chuẩn tại hoặc gần 100 % điện áp thử nghiệm, nhưng đối với các thử nghiệm trên đối tượng có cách điện không tự phục hồi thì có thể thực hiện việc ngoại suy từ giá trị không thấp hơn 50 % điện áp này. Việc ngoại suy có thể không thỏa mãn nếu dòng điện trong mạch thử nghiệm biến thiên không tuyến tính với điện áp đặt, hoặc nếu có bất kỳ thay đổi trong dạng điện áp hoặc tần số giữa mức điện áp hiệu chuẩn và mức thử nghiệm.

## 17 Qui trình thử nghiệm

### 17.1 Thử nghiệm điện áp chịu thử

Điện áp này phải được đặt lên đối tượng thử nghiệm bắt đầu từ một giá trị đủ thấp để ngăn ngừa bất kỳ tác động nào của các quá điện áp do quá độ đóng cắt. Điện áp thử nghiệm được tăng đủ chậm để cho phép đọc được trên dụng cụ đo nhưng không được quá chậm vì sẽ gây sự kéo dài không cần thiết của ứng suất điện trong đối tượng thử nghiệm ở giá trị sát với điện áp thử nghiệm  $U$ . Các yêu cầu này thường được thỏa mãn nếu tốc độ tăng bằng khoảng 2 %  $U$  trong một giây, khi điện áp đặt trên 75 %  $U$ . Điện áp này phải được duy trì trong thời gian qui định và sau đó giảm nhanh, nhưng không ngắt đột ngột vì có thể gây ra các quá độ đóng cắt có thể làm hỏng hoặc cho kết quả thử nghiệm không đáng tin cậy.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định thời gian thử nghiệm và thời gian này phải độc lập với tần số trong dải tần từ 45 Hz đến 65 Hz. Nếu Ban kỹ thuật liên quan không qui định thì thời gian thử nghiệm chịu thử phải là 60 s.

Các yêu cầu của thử nghiệm được thỏa mãn nếu không có phóng điện đánh thủng nào xảy ra trên đối tượng thử nghiệm.

**17.2 Thử nghiệm điện áp phóng điện đánh thủng**

Điện áp phải được đặt và tăng liên tục cho đến khi xảy ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Phải ghi lại giá trị điện áp thử nghiệm đạt tới tại thời điểm phóng điện đánh thủng.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định tốc độ tăng điện áp, số lần đặt điện áp và qui trình đánh giá kết quả thử nghiệm (xem phụ lục A).

**17.3 Thử nghiệm điện áp phóng điện đánh thủng đảm bảo**

Điện áp phải được đặt và tăng liên tục cho đến khi xảy ra phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm. Phải ghi lại giá trị điện áp thử nghiệm đạt tới tại thời điểm phóng điện đánh thủng.

Các yêu cầu thử nghiệm này thường được thỏa mãn nếu điện áp này không cao hơn so với điện áp phóng điện đánh thủng đảm bảo trong tất cả các lần qui định về đặt điện áp.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định số lần đặt điện áp và tốc độ tăng điện áp.

## Mục 6: Thử nghiệm bằng điện áp xung sét

### 18 Định nghĩa đối với thử nghiệm xung sét

#### 18.1 Định nghĩa áp dụng chung

Các định nghĩa này áp dụng cho các xung không có dao động hoặc bước xung hoặc áp dụng cho đường cong trung bình được vẽ xuyên qua các dao động hoặc bước xung.

##### 18.1.1

#### xung sét toàn sóng (full lightning impulse)

xung sét không bị gián đoạn bởi phóng điện đánh thủng (xem hình 6). Xem điều 3 về định nghĩa của xung và 3.1 về sự khác biệt giữa xung sét và xung đóng cắt

##### 18.1.2

#### xung sét cắt (chopped lightning impulse)

xung sét mà trong thời gian xung, phóng điện đánh thủng gây ra giảm điện áp đột ngột, hầu như tới giá trị không (xem các hình từ 7 đến 9). Sự giảm đột ngột này có thể xảy ra trên đầu sóng, đỉnh hoặc đuôi sóng

CHÚ THÍCH: Sự cắt có thể do một khe hở cắt bên ngoài hoặc có thể xảy ra do phóng điện trên cách điện trong hoặc cách điện ngoài của đối tượng thử nghiệm.

##### 18.1.3

#### giá trị điện áp thử nghiệm (value of the test voltage)

giá trị đỉnh đối với xung sét không theo chu kỳ

Việc xác định giá trị đỉnh trong trường hợp có các dao động hoặc bước xung trên các xung sét tiêu chuẩn được xét đến trong 19.2.

Đối với các dạng xung khác (xem ví dụ các hình 10e đến 10h), Ban kỹ thuật liên quan phải xác định giá trị điện áp thử nghiệm có tính đến kiểu thử nghiệm và đối tượng thử nghiệm.

##### 18.1.4

#### thời gian đầu sóng $T_1$ (front time $T_1$ )

tham số giả định được xác định bằng 1,67 lần khoảng thời gian  $T$  giữa các thời điểm khi xung là 30 % và 90 % của giá trị đỉnh (các điểm A và B, các hình từ 6 đến 9)

##### 18.1.5

#### điểm gốc giả định $O_1$ (virtual origin $O_1$ )

thời điểm trước thời điểm ứng với điểm A (xem các hình từ 6 đến 9) một khoảng thời gian bằng 0,3  $T_1$ . Đối với các dữ liệu có thang thời gian tuyến tính, đó là giao điểm với trục thời gian của đường thẳng vẽ qua điểm chuẩn A và B ở đầu sóng

### 18.1.6

#### **thời gian tới nửa giá trị $T_2$ (time to half-value $T_2$ )**

tham số giả định được xác định bằng khoảng thời gian giữa điểm gốc giả định  $O_1$  và thời điểm khi điện áp đã giảm tới nửa giá trị đỉnh

## 18.2 Định nghĩa chỉ áp dụng cho xung cắt

Xung sét cắt là một xung sét mà trong thời gian của xung phóng điện đánh thủng gây ra giảm đột ngột điện áp, điện áp khi đó giảm tới không hoặc gần tới không, có hoặc không có các dao động (xem các hình từ 7 đến 9).

CHÚ THÍCH: Với một số đối tượng thử nghiệm hoặc cách bố trí thử nghiệm, có thể có sự san phẳng đỉnh hoặc làm tròn điện áp trước lần giảm điện áp đột ngột cuối cùng. Ảnh hưởng tương tự cũng có thể thấy do thiếu sót của hệ thống đo. Việc xác định chính xác các tham số liên quan đến sự cắt (18.2.1 đến 18.2.5) đòi hỏi có điểm cắt rõ ràng và hệ thống đo đặc biệt. Các trường hợp khác do Ban kỹ thuật liên quan xem xét.

### 18.2.1

#### **thời điểm cắt (instant of chopping)**

thời điểm lần đầu tiên xảy ra giảm điện áp đột ngột đặc trưng cho sự cắt

### 18.2.2

#### **thời gian tới thời điểm cắt $T_c$ (time to chopping $T_c$ )**

tham số giả định được xác định bằng khoảng thời gian giữa điểm gốc giả định  $O_1$  và thời điểm cắt

### 18.2.3

#### **đặc tính liên quan đến sự giảm điện áp đột ngột trong lúc cắt (characteristics related to the voltage collapse during chopping)**

các đặc tính giả định của sự giảm điện áp đột ngột trong khi cắt được xác định bằng hai điểm C và D ở 70 % và 10 % điện áp tại thời điểm cắt, xem hình 7. Khoảng thời gian giảm điện áp là 1,67 lần khoảng thời gian giữa các điểm C và D. Tốc độ giảm điện áp là tỷ số giữa điện áp ở thời điểm cắt và thời gian giảm điện áp

CHÚ THÍCH: Chỉ sử dụng các điểm C và D để xác định; điều này không ngụ ý rằng có thể đo thời gian và tốc độ cắt với độ chính xác bất kỳ bằng các hệ thống đo qui ước.

### 18.2.4

#### **xung cắt đầu sóng tăng tuyến tính (linearly rising front-chopped impulses)**

điện áp tăng với tốc độ gần như không đổi, cho đến khi bị cắt bằng phóng điện đánh thủng

Để xác định xung này, vạch một đường thẳng thích hợp nhất xuyên qua phần đầu sóng giữa 30 % và 90 % biên độ đỉnh; các giao điểm với biên độ 30 % và 90 % khi đó được gọi là E và F, tương ứng (xem hình 9).

Xung được xác định bởi:

- điện áp đỉnh  $U$ ;
- thời gian đầu sóng  $T_1$ ;
- tốc độ giả định  $S$ :

$$S = U / T_1$$

Đó là độ dốc của đường thẳng vẽ qua các điểm E và F, thường được biểu thị bằng kilôvôn trên microgiây.

Xung cắt này được coi là tăng gần tuyến tính nếu đầu sóng, từ 30 % biên độ tới thời điểm cắt, hoàn toàn nằm giữa hai đường song song với đường EF, với độ xê dịch khỏi đường này theo thời gian là  $\pm 0,05 T_1$  (xem hình 9).

CHÚ THÍCH: Giá trị và dung sai của độ dốc giả định  $S$  phải do Ban kỹ thuật liên quan qui định.

### 18.3 Đường cong điện áp/thời gian

#### 18.3.1

**đường cong điện áp/thời gian đối với xung tăng tuyến tính** (voltage/time curves for linearly rising impulses)

đường cong liên hệ điện áp đỉnh với thời gian đầu sóng  $T_1$ . Đường cong nhận được bằng cách đặt các xung có các đầu sóng tuyến tính với độ dốc khác nhau

#### 18.3.2

**đường cong điện áp/thời gian đối với các xung có dạng kỳ vọng không đổi** (voltage/time curve for impulses of constant prospective shape)

đường cong liên hệ giữa điện áp phóng điện của đối tượng thử nghiệm với thời gian tới thời điểm cắt. Việc cắt này có thể xảy ra tại đầu sóng, tại đỉnh hoặc đuôi sóng. Đường cong này nhận được bằng cách đặt điện áp xung có dạng không đổi nhưng có các giá trị đỉnh kỳ vọng khác nhau (xem hình 11)

## 19 Điện áp thử nghiệm

### 19.1 Xung sét tiêu chuẩn

Xung sét tiêu chuẩn là xung sét toàn sóng có thời gian đầu sóng là  $1,2 \mu\text{s}$  và thời gian tới nửa giá trị là  $50 \mu\text{s}$ . Xung như vậy gọi là xung 1,2/50.

### 19.2 Dung sai

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì các sai lệch dưới đây được chấp nhận giữa các giá trị qui định đối với xung tiêu chuẩn và các giá trị đã được ghi trong thực tế:

Giá trị đỉnh	$\pm 3 \%$
Thời gian đầu sóng $T_1$	$\pm 30 \%$
Thời gian tới nửa giá trị $T_2$	$\pm 20 \%$

**CHÚ THÍCH 1:** Cần nhấn mạnh rằng, dung sai của giá trị đỉnh, thời gian đầu sóng và thời gian tới nửa giá trị là các chênh lệch cho phép giữa giá trị qui định và giá trị ghi được trong thực tế nhờ các phép đo. Các chênh lệch này cần được phân biệt với sai số đo là chênh lệch giữa giá trị ghi được thực tế và giá trị thực. Thông tin về sai số đo xem trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2).

Với một số mạch thử nghiệm, các dao động hoặc bước xung có thể xuất hiện ở đỉnh xung, xem các hình từ 10 a đến 10 d; nếu tần số của các dao động này không nhỏ hơn 0,5 MHz hoặc thời gian của bước xung không lớn hơn 1  $\mu$ s thì một đường cong trung bình được vẽ như trên các hình 10 a và 10 b và, nhằm mục đích đo, biên độ cực đại của đường cong này được chọn làm giá trị đỉnh xác định giá trị điện áp thử nghiệm.

Bước xung hoặc các dao động ở lân cận đỉnh, đo bằng hệ thống phù hợp với TCVN 6099-2 (IEC 60060-2), được châm chước với điều kiện là biên độ đỉnh đơn của chúng không lớn hơn 5 % của giá trị đỉnh. Trong các mạch máy phát xung thông dụng, các dao động trên phần đầu sóng, mà trong thời gian này điện áp không vượt quá 90 % giá trị đỉnh, thường có ảnh hưởng không đáng kể đến kết quả thử nghiệm. Nếu Ban kỹ thuật liên quan xét thấy điều này là quan trọng thì khuyến cáo đo biên độ của các dao động này bằng dụng cụ đo thích hợp, như qui định trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2), dưới đường thẳng vẽ qua các điểm A'B' (xem hình 12). Các điểm này được lấy trên các đường thẳng đứng của điểm A và B, tương ứng, xác định theo 18.1.4, khoảng cách AA' bằng 25 % và BB' bằng 5 % của giá trị đỉnh.

Xung cần là xung đơn hướng, nhưng xem chú thích 2.

**CHÚ THÍCH 2:** Trong các trường hợp cụ thể, ví dụ như trong quá trình thử nghiệm trên đối tượng có trở kháng thấp hoặc mạch thử nghiệm UHV có kích thước lớn, có thể không điều chỉnh được dạng xung trong phạm vi dung sai khuyến cáo, không giữ được các dao động và/hoặc bước xung trong phạm vi giới hạn qui định hoặc không tránh được sự đảo cực tính. Các trường hợp như vậy cần được Ban kỹ thuật liên quan giải quyết.

### **19.3 Xung sét cắt tiêu chuẩn**

Xung sét cắt tiêu chuẩn là xung tiêu chuẩn bị cắt bởi một khe bên ngoài sau từ 2  $\mu$ s đến 5  $\mu$ s. Các thời gian tới thời điểm cắt khác có thể được Ban kỹ thuật liên quan qui định. Do khó khăn thực tế trong phép đo, thời gian giảm điện áp không được tiêu chuẩn hóa.

### **19.4 Xung sét đặc biệt**

Trong một số trường hợp có thể sử dụng các xung sét dao động. Điều này dẫn đến khả năng tạo các xung có thời gian đầu sóng ngắn hơn hoặc có giá trị đỉnh ứng với hiệu suất máy phát lớn hơn 1.

### **19.5 Tạo điện áp thử nghiệm**

Xung thường được tạo bởi một máy phát xung chủ yếu gồm có một số tụ điện được nạp song song từ nguồn điện áp một chiều và sau đó phóng điện nối tiếp vào mạch có đối tượng thử nghiệm.

## 19.6 Đo điện áp thử nghiệm và xác định dạng xung

### 19.6.1 Đo bằng các thiết bị đo phù hợp với TCVN 6099-2 (IEC 60060-2)

Việc đo giá trị đỉnh, các tham số thời gian và bước xung hoặc các dao động trên điện áp thử nghiệm nói chung nên được tiến hành bằng các thiết bị đo đã được công nhận theo TCVN 6099-2 (IEC 60060-2). Phải thực hiện phép đo với đối tượng thử nghiệm trong mạch và, thông thường, phải kiểm tra dạng xung đối với từng đối tượng thử nghiệm. Trường hợp một số đối tượng thử nghiệm có cùng thiết kế và kích thước, được thử nghiệm trong các điều kiện giống nhau, thì chỉ cần kiểm tra dạng xung một lần.

**CHÚ THÍCH:** Việc xác định dạng xung bằng tính toán từ các thông số mạch thử nghiệm không được xem là thỏa đáng.

### 19.6.2 Hiệu chuẩn thiết bị đo chưa được công nhận bằng thiết bị đo được công nhận

Qui trình này thường bao gồm việc thiết lập mối quan hệ giữa giá trị hiển thị của một số dụng cụ đo nào đó liên quan đến điện áp thử nghiệm (ví dụ điện áp nạp cực đại của tầng thứ nhất của máy phát xung) và phép đo cùng một điện áp được tiến hành theo 19.6.1 hoặc bằng khe hở cầu, áp dụng theo IEC 60052.

Mối quan hệ này có thể phụ thuộc vào sự có mặt của đối tượng thử nghiệm, khe hở cầu, v.v... Do đó, điều quan trọng là những điều kiện này phải như nhau trong quá trình hiệu chuẩn và thử nghiệm thực, ngoài ra trong quá trình thử nghiệm, khe hở cầu có thể mở đủ để ngăn ngừa phóng điện tia lửa.

Đối với thử nghiệm trên đối tượng có cách điện tự phục hồi, việc hiệu chuẩn cần thực hiện tại hoặc gần 100 % điện áp thử nghiệm. Đối với thử nghiệm trên đối tượng thử nghiệm có cách điện không tự phục hồi, có thể không tránh khỏi việc ngoại suy nhưng phải thực hiện việc ngoại suy này từ giá trị không nhỏ hơn 50 % điện áp thử nghiệm. Chỉ cho phép ngoại suy nếu có thể chứng tỏ rằng điện áp thử nghiệm tỷ lệ với đại lượng liên quan.

## 19.7 Đo dòng điện trong thử nghiệm bằng điện áp xung

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định các đặc tính của dòng điện chạy trong đối tượng thử nghiệm có thể được đo trong quá trình thử nghiệm bằng điện áp xung cao áp. Khi sử dụng kiểu đo này để so sánh thì dạng xung là quan trọng và việc đo giá trị tuyệt đối của dòng điện này có thể kém quan trọng hơn.

## 20 Qui trình thử nghiệm

### 20.1 Thử nghiệm điện áp chịu thử

Qui trình thử nghiệm khuyến cáo phụ thuộc vào bản chất của đối tượng thử nghiệm, như xác định ở điều 5. Ban kỹ thuật liên quan phải qui định phải áp dụng qui trình nào.



Trong các qui trình A, B và C, điện áp đặt lên đối tượng thử nghiệm chỉ là giá trị chịu thử qui định, trong khi ở qui trình D thì phải sử dụng nhiều mức điện áp khác nhau.

**20.1.1 Thử nghiệm điện áp chịu thử: Qui trình A**

Đặt lên đối tượng thử nghiệm ba xung có hình dạng và cực tính qui định, ở mức điện áp chịu thử danh định. Yêu cầu của thử nghiệm được thỏa mãn nếu không phát hiện được dấu hiệu hỏng khi sử dụng các phương pháp phát hiện do Ban kỹ thuật liên quan qui định.

**CHÚ THÍCH:** Qui trình này được khuyến cáo đối với các thử nghiệm trên cách điện giảm chất lượng hoặc cách điện không tự phục hồi.

**20.1.2 Thử nghiệm điện áp chịu thử: Qui trình B**

Đặt lên đối tượng thử nghiệm mười lăm xung có hình dạng và cực tính qui định, ở mức điện áp chịu thử. Yêu cầu của thử nghiệm được thỏa mãn nếu xuất hiện không quá hai phóng điện đánh thủng trên phần tự phục hồi của cách điện và nếu không phát hiện được dấu hiệu hỏng trên cách điện không tự phục hồi khi sử dụng các phương pháp phát hiện do Ban kỹ thuật liên quan qui định.

**20.1.3 Thử nghiệm điện áp chịu thử: Qui trình C**

Đặt lên đối tượng thử nghiệm ba xung có hình dạng và cực tính qui định, ở mức điện áp chịu thử. Nếu không xảy ra phóng điện đánh thủng thì đối tượng thử nghiệm đã qua được thử nghiệm. Nếu có nhiều hơn một phóng điện đánh thủng thì đối tượng thử nghiệm được coi là không qua được thử nghiệm. Nếu xảy ra một phóng điện đánh thủng trên phần tự phục hồi của cách điện thì đặt thêm chín xung nữa và nếu không xuất hiện phóng điện đánh thủng thì đối tượng thử nghiệm đã qua được thử nghiệm.

Nếu trong thời gian bất kỳ của thử nghiệm, bất kỳ hỏng hóc nào được phát hiện trong phần không tự phục hồi của cách điện khi quan sát bằng các phương pháp phát hiện do Ban kỹ thuật liên quan qui định thì đối tượng thử nghiệm được coi là không đạt yêu cầu của thử nghiệm.

**CHÚ THÍCH:** Qui trình này phù hợp với thông lệ ở Mỹ đã được sửa đổi để tương đương về mặt thống kê với qui trình B.

**20.1.4 Thử nghiệm điện áp chịu thử: Qui trình D**

Đối với cách điện tự phục hồi, có thể đánh giá điện áp xung phóng điện đánh thủng 10 %  $U_{10}$  bằng cách sử dụng qui trình thử nghiệm thống kê mô tả trong phụ lục A.

Các phương pháp thử nghiệm này cho phép đánh giá trực tiếp  $U_{10}$  và  $U_{50}$  hoặc đánh giá gián tiếp  $U_{10}$ .

Trong trường hợp đánh giá gián tiếp,  $U_{10}$  có thể được suy ra từ giá trị  $U_{50}$  bằng cách sử dụng công thức:

$$U_{10} = U_{50} (1 - 1,3z)$$

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định giá trị được giả định cho độ lệch qui ước  $z$  của điện áp phóng điện đánh thủng. Đối với thử nghiệm khô trên cách điện không khí, không có liên quan đến cách điện khác, có thể sử dụng giá trị theo đơn vị tương đối  $z = 0,03$ .

Đối tượng thử nghiệm được xem là phù hợp nếu  $U_{10}$  không nhỏ hơn điện áp xung chịu thử qui định.

Có thể sử dụng các phương pháp thử nghiệm sau để đánh giá  $U_{50}$ :

- a) phương pháp nhiều mức (xem A.1.1) với  $n \geq 4$  mức điện áp và  $m \geq 10$  xung trên một mức;
- b) phương pháp tăng và giảm (xem A.1.2) với  $m = 1$  xung mỗi nhóm và  $n \geq 20$  lần đặt có ích.

Để đánh giá  $U_{10}$ , có thể sử dụng phương pháp chịu thử tăng và giảm, với  $m = 7$  xung mỗi nhóm và ít nhất là tám nhóm có ích.

Trong mọi trường hợp, khoảng điện áp giữa các mức  $\Delta U$  nên xấp xỉ từ 1,5 % đến 3 % giá trị ước lượng của  $U_{50}$ .

## 20.2 Qui trình thử nghiệm điện áp phóng điện đảm bảo

Qui trình dùng cho thử nghiệm điện áp phóng điện đảm bảo giống với các qui trình mô tả trong 20.1 với các thay đổi thích hợp giữa điều kiện phóng điện và điều kiện chịu thử.

Ban kỹ thuật liên quan cũng có thể qui định các qui trình khác cho các đối tượng thử nghiệm cụ thể.

## Mục 7: Thử nghiệm bằng xung đóng cắt

### 21 Định nghĩa đối với các thử nghiệm xung đóng cắt

#### 21.1

**xung đóng cắt** (switching impulse)

xung đóng cắt (khác với xung sét) được định nghĩa trong 3.1. Đặc tính của xung đóng cắt được biểu thị bằng các tham số xác định trong 21.2 đến 21.7 (xem hình 13)

Ban kỹ thuật liên quan có thể qui định các tham số phụ khi xem xét các thử nghiệm cụ thể.

#### 21.2

**giá trị điện áp thử nghiệm** (value of the test voltage)

giá trị đỉnh kỳ vọng, nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan

#### 21.3

**thời gian tới đỉnh  $T_p$**  (time to peak  $T_p$ )

khoảng thời gian giữa điểm gốc thực và thời điểm khi điện áp đạt tới giá trị đỉnh của nó

#### 21.4

**thời gian tới nửa giá trị  $T_2$**  (time to half-value  $T_2$ )

khoảng thời gian giữa điểm gốc thực và thời điểm khi điện áp lần đầu tiên giảm tới nửa giá trị đỉnh

#### 21.5

**thời gian trên 90 %  $T_d$**  (time above 90 %  $T_d$ )

khoảng thời gian trong đó điện áp xung vượt quá 90 % giá trị đỉnh của nó

#### 21.6

**thời gian tới giá trị không  $T_0$**  (time to zero  $T_0$ )

khoảng thời gian giữa điểm gốc thực và thời điểm khi điện áp lần đầu tiên tới không

Việc qui định thời gian trên 90 % và thời gian tới giá trị "không" thay cho thời gian tới nửa giá trị là có ích, ví dụ, khi dạng xung bị ảnh hưởng bởi hiện tượng bão hòa trong đối tượng thử nghiệm hoặc mạch thử nghiệm, hoặc trong trường hợp tính khác nghiệt của thử nghiệm trên những bộ phận quan trọng của cách điện trong của đối tượng thử nghiệm được coi là phụ thuộc nhiều vào các tham số này. Khi qui định xung đóng cắt, thường chỉ một nhóm tham số liên quan đến dạng sóng là được cho trước. Các tham số thời gian cụ thể xác định cần phải được chỉ rõ bằng ký hiệu tiêu chuẩn, ví dụ, với xung  $T_p/T_2$  hoặc xung  $T_p/T_d/T_0$ .

CHÚ THÍCH: Từ 21.3 đến 21.6: Thời gian đầu sóng của xung đóng cắt đôi khi được xác định theo cách tương tự như đầu sóng của xung sét (18.1.4) hoặc theo cách tương tự với các điểm chuẩn khác và các hệ số nhân khác. Đối với các xung đóng cắt có tham số thời gian như cho trong 22.1, thời gian tới đỉnh là từ 1,4 đến 1,8 lần thời gian đầu sóng.

### 21.7

**thời gian tới thời điểm cắt  $T_c$  (time to chopping  $T_c$ )**

khoảng thời gian giữa điểm gốc thực và thời điểm cắt

### 21.8

**xung tăng tuyến tính (linearly rising impulse)**

xem 18.2.4 (áp dụng cho cả xung sét và xung đóng cắt)

## 22 Điện áp thử nghiệm

### 22.1 Xung đóng cắt tiêu chuẩn

Xung đóng cắt tiêu chuẩn là một xung có thời gian tới đỉnh  $T_p$  là 250  $\mu$ s và thời gian tới nửa giá trị  $T_2$  là 2 500  $\mu$ s. Xung này được biểu thị là xung 250/2 500.

### 22.2 Dung sai

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì các khác biệt dưới đây giữa giá trị qui định và giá trị ghi được thực tế là được chấp nhận với cả xung tiêu chuẩn và xung đặc biệt (xem chú thích 1 của 19.2):

Giá trị đỉnh	$\pm 3 \%$
Thời gian tới đỉnh	$\pm 20 \%$
Thời gian tới nửa giá trị	$\pm 60 \%$

Trong một số trường hợp nhất định, ví dụ với đối tượng thử nghiệm có trở kháng thấp, có thể khó điều chỉnh dạng xung trong phạm vi dung sai khuyến cáo. Trong những trường hợp như vậy Ban kỹ thuật liên quan có thể qui định dung sai khác hoặc dạng xung khác.

CHÚ THÍCH: Điện áp phóng điện đánh thủng của khe hở dài trong không khí có thể bị ảnh hưởng bởi thời gian tới đỉnh và thời gian tới nửa giá trị của xung đóng cắt. Do đó, đối với các đối tượng thử nghiệm này khuyến cáo sử dụng xung đóng cắt được đặc trưng bởi các tham số thời gian thực của xung. Dung sai lớn hơn về thời gian tới nửa giá trị kỳ vọng có thể được chấp nhận trong trường hợp phóng điện đánh thủng xảy ra trước hoặc tại đỉnh.

### 22.3 Xung đóng cắt đặc biệt

Nhằm các mục đích đặc biệt, khi việc sử dụng xung đóng cắt tiêu chuẩn không được coi là đầy đủ hoặc thích hợp, Ban kỹ thuật liên quan có thể qui định các xung đóng cắt đặc biệt không theo chu kỳ hoặc có chu kỳ.

CHÚ THÍCH: Khi phóng điện được bắt đầu bằng một tiên đạo trong không khí từ điện cực tích điện dương, có thể coi hai xung là tương đương, khi chúng có cùng giá trị đỉnh và cùng khoảng thời gian giữa hai điểm tương ứng trên đầu sóng ở 70 % và 100 % giá trị đỉnh.

#### 22.4 Tạo điện áp thử nghiệm

Xung đóng cắt thường được tạo bởi máy phát xung thông thường (xem 19.5). Các xung này cũng có thể được tạo bởi việc đặt một xung điện áp lên cuộn dây hạ áp của máy biến áp thử nghiệm (hoặc máy biến áp cần thử nghiệm). Các phương pháp tạo xung khác có thể được sử dụng, ví dụ, khi cắt nhanh dòng điện trong một cuộn dây máy biến áp.

Các phần tử của mạch điện để tạo xung đóng cắt cần được chọn sao cho tránh làm méo quá mức dạng xung do dòng điện phóng điện không đánh thủng trong đối tượng thử nghiệm. Dòng điện như vậy có thể đạt tới giá trị tương đối lớn, đặc biệt là trong quá trình thử nghiệm nhiễm bẩn trên cách điện ngoài ở điện áp cao. Trong các mạch thử nghiệm có trở kháng trong cao, các dòng điện này có thể gây méo điện áp nghiêm trọng hoặc thậm chí ngăn cản việc xảy ra phóng điện đánh thủng.

#### 22.5 Đo điện áp thử nghiệm và xác định dạng xung

Việc đo điện áp thử nghiệm và xác định dạng xung cần được tiến hành như mô tả trong 19.6.1 và 19.6.2. Lưu ý là mặc dù IEC 60052 không cung cấp thông tin cụ thể liên quan đến phép đo giá trị đỉnh của xung đóng cắt nhưng các phép đo chỉ ra rằng khe hở cầu có thể được coi là dụng cụ đo được công nhận đối với điện áp xung đóng cắt.

### 23 Qui trình thử nghiệm

Nói chung, các qui trình thử nghiệm giống như đối với thử nghiệm xung sét và phải tuân theo các qui luật thống kê tương tự (xem điều 20 và phụ lục A). Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì độ lệch qui ước của điện áp phóng điện đánh thủng đối với các thử nghiệm khô và ướt trên cách điện không khí, không liên quan đến bất kỳ cách điện nào khác, có thể giả định là

$$z = 0,06$$

Các khoảng điện áp  $\Delta U$  rộng hơn tương ứng có thể được sử dụng khi áp dụng qui trình đa mức hoặc qui trình tăng và giảm.

CHÚ THÍCH: Với các xung đóng cắt, các phóng điện đánh thủng thường xuất hiện ở các thời gian ngẫu nhiên khá sớm trước giá trị đỉnh. Khi trình bày các kết quả thử nghiệm phóng điện được tiến hành theo 20.1.4, quan hệ giữa xác suất phóng điện đánh thủng và điện áp thường được biểu thị bằng giá trị đỉnh kỳ vọng. Tuy nhiên, cũng có thể sử dụng phương pháp khác trong đó điện áp phóng điện đánh thủng thực đối với mỗi xung được đo; phân bố xác suất của giá trị điện áp đo được khi đó được xác định bằng phương pháp mô tả đối với các thử nghiệm loại 3 trong phụ lục A.

## Mục 8: Thử nghiệm bằng dòng điện xung

### 24 Định nghĩa đối với các thử nghiệm dòng điện xung

#### 24.1

##### **dòng điện xung (impulse current)**

có hai kiểu dòng điện xung được sử dụng. Kiểu thứ nhất có dạng tăng từ không tới giá trị đỉnh trong thời gian ngắn và sau đó giảm tới không theo dạng gần hàm mũ hoặc theo dạng hình sin tắt dần nhanh. Kiểu này được xác định bằng thời gian đầu sóng  $T_1$  và thời gian tới nửa giá trị  $T_2$  (xem 24.3 và 24.5).

Loại thứ hai có dạng gần giống hình chữ nhật và được xác định bằng thời gian của đỉnh và tổng thời gian (xem 24.6 và 24.7).

#### 24.2

##### **giá trị của dòng điện thử nghiệm (value of the test current)**

thường được xác định bằng giá trị đỉnh. Với một số mạch thử nghiệm, bước xung hoặc dao động có thể có trên dạng sóng của dòng điện. Ban kỹ thuật liên quan phải qui định giá trị dòng điện thử nghiệm cần được xác định bằng giá trị đỉnh thực hay bằng đường cong trơn được vẽ qua các dao động.

#### 24.3

##### **thời gian đầu sóng $T_1$ (front time $T_1$ )**

tham số giả định được xác định bằng 1,25 lần khoảng thời gian  $T$  giữa các thời điểm khi xung là 10 % và 90 % giá trị đỉnh (xem hình 14a). Nếu các dao động có mặt trên đầu sóng thì các giá trị 10 % và 90 % phải được suy ra từ đường cong trung bình được vẽ qua các dao động này theo cách tương tự với cách sử dụng đối với xung sét có dao động trên đầu sóng.

#### 24.4

##### **điểm gốc giả định $O_1$ (virtual origin $O_1$ )**

ở  $0,1 T_1$  trước thời điểm dòng điện đạt tới 10 % giá trị đỉnh của nó. Đối với các biểu đồ có các thang thời gian tuyến tính, đó là giao điểm với trục thời gian của đường thẳng được vẽ qua các điểm chuẩn 10 % và 90 % trên đầu sóng.

#### 24.5

##### **thời gian tới nửa giá trị $T_2$ (time to half-value $T_2$ )**

tham số giả định được xác định bằng khoảng thời gian giữa điểm gốc giả định  $O_1$  với thời điểm dòng điện đã giảm tới nửa giá trị đỉnh

**24.6**

**thời gian của đỉnh dòng điện xung hình chữ nhật  $T_d$**  (duration of peak of a rectangular impulse current  $T_d$ )

tham số giả định được xác định bằng khoảng thời gian trong đó dòng điện lớn hơn 90 % giá trị đỉnh của nó (xem hình 14 b)

**24.7**

**thời gian tổng của dòng điện xung hình chữ nhật  $T_L$**  (total duration of a rectangular impulse current  $T_L$ )

tham số giả định được xác định bằng khoảng thời gian trong đó dòng điện lớn hơn 10 % giá trị đỉnh của nó (xem hình 14b). Nếu các dao động có mặt trên đầu sóng thì một đường cong trung bình sẽ được vẽ để xác định thời điểm tại đó đạt tới giá trị 10 %

**25 Dòng điện thử nghiệm**

**25.1 Dòng điện xung tiêu chuẩn**

Sử dụng bốn dòng điện xung tiêu chuẩn ứng với kiểu thứ nhất của xung được sử dụng như định nghĩa trong 24.1.

- xung 1/20:	thời gian đầu sóng	1 $\mu$ s;	thời gian tới nửa giá trị	20 $\mu$ s;
- xung 4/10:	thời gian đầu sóng	4 $\mu$ s;	thời gian tới nửa giá trị:	10 $\mu$ s;
- xung 8/20:	thời gian đầu sóng	8 $\mu$ s;	thời gian tới nửa giá trị	20 $\mu$ s;
- xung 30/80:	thời gian đầu sóng	30 $\mu$ s;	thời gian tới nửa giá trị:	80 $\mu$ s.

Dòng điện xung hình chữ nhật có thời gian đỉnh  $T_d$  là 500  $\mu$ s, 1 000  $\mu$ s hoặc 2 000  $\mu$ s hoặc giữa 2 000  $\mu$ s và 3 200  $\mu$ s.

**25.2 Dung sai**

Nếu không có qui định nào khác của Ban kỹ thuật liên quan thì các khác biệt dưới đây được chấp nhận giữa các giá trị qui định đối với dòng điện xung tiêu chuẩn và các giá trị ghi được thực tế:

Đối với các xung 1/20, 4/10, 8/20 và 30/80:

giá trị đỉnh	$\pm 10 \%$
thời gian đầu sóng $T_1$	$\pm 10 \%$
thời gian tới nửa giá trị $T_2$	$\pm 10 \%$

Bướu xung hoặc dao động nhỏ được bỏ qua với điều kiện là biên độ đỉnh đơn ở lân cận đỉnh của xung không lớn hơn 5 % giá trị đỉnh. Sự đảo cực tính bất kỳ sau khi dòng điện giảm tới "không" không được lớn hơn 20 % giá trị đỉnh.

Đối với xung hình chữ nhật:

giá trị đỉnh	+ 20 %;	- 0 %
thời gian của đỉnh	+ 20 %;	- 0 %

Bước xung hoặc dao động được bỏ qua với điều kiện là biên độ đỉnh đơn không lớn hơn 10 % giá trị đỉnh. Tổng thời gian của xung hình chữ nhật không được lớn hơn 1,5 lần thời gian của đỉnh và đảo cực tính cần được giới hạn ở 10 % giá trị đỉnh.

### 25.3 Đo dòng điện thử nghiệm

Dòng điện thử nghiệm phải được đo bằng dụng cụ đo đã qua qui trình công nhận để cập trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2).

### 25.4 Đo điện áp trong quá trình thử nghiệm bằng dòng điện xung

Điện áp xuất hiện trên đối tượng thử nghiệm trong quá trình thử nghiệm bằng dòng điện xung lớn cần được đo bằng thiết bị đã qua qui trình công nhận nêu trong TCVN 6099-2 (IEC 60060-2) để đo điện áp xung.

**CHÚ THÍCH:** Dòng điện xung có thể tạo nên điện áp đáng kể trong mạch đo điện áp, gây sai số lớn. Do đó, để kiểm tra, đoạn dây dẫn thường nối bộ phận phân áp với đầu mang điện của đối tượng thử nghiệm được tháo ra khỏi điểm này và thay vào đó được nối tới đầu nối đất của đối tượng thử nghiệm, nhưng vẫn duy trì đường vòng gần như vậy. Một cách khác, đối tượng thử nghiệm có thể được nối tắt hoặc được thay bằng dây dẫn kim loại chắc chắn. Dạng hình học của mạch thử nghiệm cần được sửa đổi cho tới khi điện áp đo được khi máy phát phóng điện ở bất kỳ trong số các điều kiện này là không đáng kể so với điện áp trên đối tượng thử nghiệm, ít nhất là trong thời gian của phản xung quan trọng đối với việc đánh giá kết quả thử nghiệm.



## Mục 9: Thử nghiệm phối hợp và tổng hợp

### 26 Thử nghiệm điện áp phối hợp

Thử nghiệm điện áp phối hợp là thử nghiệm trong đó hai nguồn riêng biệt, tạo ra điện áp đối với đất, được nối với hai đầu cực của đối tượng thử nghiệm (ví dụ máy cắt điện hở mạch, xem hình 15 a). Trong thử nghiệm này, bất kỳ hai trong các điện áp xung sét, xung đóng cắt, một chiều hoặc xoay chiều tần số công nghiệp đều có thể phối hợp với nhau.

Điện áp thử nghiệm được đặc trưng bởi biên độ điện áp, thời gian trễ  $\Delta t$  và dạng sóng, giá trị đỉnh và cực tính của từng thành phần.

Khi thực hiện các thử nghiệm điện áp phối hợp trên thiết bị đóng cắt là nhằm mô phỏng các điều kiện trong đó một đầu cực của thiết bị đóng cắt hở mạch mang điện áp tần số công nghiệp còn đầu cực kia chịu quá điện áp xung sét hoặc quá điện áp xung đóng cắt. Mạch thử nghiệm phải mô phỏng điều kiện này trên cách điện trong và cách điện ngoài. Trong các trường hợp đặc biệt, Ban kỹ thuật liên quan có thể cho phép mô phỏng điện áp tần số công nghiệp bằng các xung đóng cắt có dạng thích hợp.

#### 26.1 Giá trị điện áp thử nghiệm $U$

Giá trị điện áp thử nghiệm  $U$  là hiệu điện thế lớn nhất giữa các đầu cực mang điện của đối tượng thử nghiệm (xem hình 15 b).

#### 26.2 Thời gian trễ $\Delta t$

Thời gian trễ  $\Delta t$  của điện áp phối hợp là khoảng thời gian giữa các thời điểm khi các thành phần điện áp đạt tới giá trị đỉnh, đo được từ thời điểm của đỉnh âm (xem hình 20). Giá trị này có dung sai là  $\pm 0,05 T_{p_{\max}}$ , trong đó  $T_p$  là thời gian tới đỉnh hoặc thời gian đầu sóng đối với xung và một phần tư chu kỳ đối với điện áp xoay chiều và  $T_{p_{\max}}$  là giá trị lớn hơn trong số các giá trị  $T_p$  của hai thành phần.

Hai điện áp của thử nghiệm điện áp xung phối hợp được gọi là đồng bộ khi thời gian trễ  $\Delta t$  của chúng bằng không, trong phạm vi dung sai qui định.

#### 26.3 Dạng điện áp thực

Do ngẫu cảm giữa hai hệ thống nguồn, dạng và biên độ của hai thành phần của thử nghiệm điện áp phối hợp sẽ khác với dạng và biên độ được tạo bởi các nguồn tương tự nhưng được sử dụng riêng. Do đó, chúng phải được đo phối hợp, tốt nhất là bằng các hệ thống đo riêng rẽ với đất.

Mỗi hệ thống đo phải phù hợp để đo dạng sóng của cả hai thành phần nhằm tránh sai số khi ghi ảnh hưởng lẫn nhau của chúng.

Ban kỹ thuật liên quan phải qui định sai lệch cho phép lớn nhất so với dạng điện áp qui định.

**CHÚ THÍCH:** Cần tính đến trường hợp phóng điện đánh thủng xuất hiện trong thử nghiệm điện áp phối hợp, cả hai nguồn điện áp sẽ tác động trực tiếp với nhau nếu không có phần tử bảo vệ bổ sung (ví dụ như điện trở hoặc khe hở bảo vệ) trong mạch điện. Trong bất kỳ trường hợp nào phân bố điện áp giữa hai nguồn điện áp sẽ thay đổi hoàn toàn khi có phóng điện đánh thủng.

#### **26.4 Bố trí đối tượng thử nghiệm**

Cách bố trí đối tượng thử nghiệm, đặc biệt với các kết cấu được nối đất phải được Ban kỹ thuật liên quan qui định.

#### **26.5 Hệ số hiệu chỉnh khí hậu**

Trong thử nghiệm điện áp phối hợp, hệ số hiệu chỉnh khí hậu liên quan đến thành phần giá trị cao nhất phải được sử dụng cho giá trị điện áp thử nghiệm.

### **27 Thử nghiệm tổng hợp**

Điện áp tổng hợp là điện áp do hai nguồn điện áp khác nhau được nối một cách thích hợp, đặt lên một đầu cực của đối tượng thử nghiệm đối với đất.

Ban kỹ thuật liên quan cần đưa ra định nghĩa về các tham số của điện áp này.

**CHÚ THÍCH:** Thử nghiệm tổng hợp cũng có thể được thực hiện bằng cách đặt nguồn điện áp và nguồn dòng điện xung lên đối tượng thử nghiệm.

## Phụ lục A

(qui định)

### Xử lý thống kê các kết quả thử nghiệm

#### A.1 Phân loại thử nghiệm

Các qui trình thử nghiệm phóng điện đánh thủng có thể chia thành ba loại để đánh giá thống kê.

##### A.1.1 Loại 1: Thử nghiệm đa mức

Trong thử nghiệm loại 1, ứng suất điện áp  $m_i$  về cơ bản là bằng nhau được sử dụng ở mỗi trong số  $n$  mức điện áp  $U_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Mặc dù qui trình này thường được sử dụng với điện áp xung, một số thử nghiệm bằng điện áp xoay chiều và một chiều cũng thuộc loại này.

Các kết quả thử nghiệm là  $n$  số  $m_i$  lần đặt điện áp và số tương ứng  $d_i$  các lần phóng điện đánh thủng ở mỗi mức điện áp thử nghiệm  $U_i$ .

##### A.1.2 Loại 2: Thử nghiệm tăng và giảm

Trong thử nghiệm loại 2,  $n$  nhóm gồm  $m$  ứng suất điện áp về cơ bản là bằng nhau được sử dụng ở các mức điện áp  $U_i$ . Mức điện áp cho mỗi nhóm ứng suất kế tiếp nhau được tăng hoặc giảm một lượng nhỏ  $\Delta U$  tùy theo kết quả của nhóm ứng suất trước đó.

Có hai qui trình thử nghiệm thường được sử dụng. Qui trình chịu thử, nhằm tìm ra các mức điện áp ứng với xác suất phóng điện đánh thủng thấp và qui trình phóng điện nhằm tìm ra các mức điện áp ứng với xác suất phóng điện đánh thủng cao hơn. Trong qui trình chịu thử, mức điện áp tăng một lượng  $\Delta U$  nếu không xảy ra phóng điện đánh thủng trong nhóm gồm  $m$  lần đặt điện áp, nếu không thì mức điện áp sẽ giảm đi một lượng tương tự. Trong qui trình phóng điện, mức điện áp được tăng lên một lượng  $\Delta U$  nếu có một hoặc nhiều lần chịu thử, nếu không thì sẽ giảm đi một lượng tương tự.

Khi  $m = 1$ , hai qui trình này trở nên giống nhau và tương ứng với thử nghiệm điện áp phóng điện đánh thủng 50 % tăng và giảm.

Các thử nghiệm với các giá trị khác của  $m$  cũng được sử dụng để xác định các điện áp ứng với các xác suất phóng điện đánh thủng khác. Kết quả là các số  $k_i$  của các nhóm ứng suất được sử dụng ở các mức điện áp  $U_i$ . Mức điện áp  $U_i$  đầu tiên được tính đến là mức mà tại đó sử dụng ít nhất là hai nhóm ứng suất. Tổng số nhóm có ích là  $n = \sum k_i$ .

### A.1.3 Loại 3: Thử nghiệm phóng điện kế tiếp

Trong thử nghiệm loại 3, qui trình dẫn đến phóng điện đánh thủng trên đối tượng thử nghiệm được áp dụng  $n$  lần. Điện áp thử nghiệm có thể tăng liên tục cho đến khi xảy ra phóng điện đánh thủng hoặc giữ không đổi ở một mức nào đó cho đến khi quan sát thấy phóng điện đánh thủng. Kết quả là  $n$  giá trị điện áp  $U_i$  hoặc thời gian  $t_i$  tại đó xảy ra phóng điện đánh thủng.

Các thử nghiệm này được tiến hành ở điện áp một chiều, xoay chiều hoặc điện áp xung. Các thử nghiệm mà phóng điện đánh thủng xảy ra trên đầu sóng của xung cũng thuộc loại này.

## A.2 Đặc điểm thống kê của phóng điện đánh thủng

Khi  $p$ , xác suất phóng điện đánh thủng trong qui trình thử nghiệm cho trước, chỉ phụ thuộc vào điện áp thử nghiệm,  $U$ , thì đặc điểm của đối tượng thử nghiệm có thể được đặc trưng bởi hàm số  $p(U)$  được xác định từ quá trình diễn biến của phóng điện. Trên thực tế, hàm số này, hàm số xác suất phóng điện đánh thủng, có thể được biểu diễn toán học bằng biểu thức phụ thuộc vào ít nhất hai tham số  $U_{50}$  và  $z$ .  $U_{50}$  là điện áp phóng điện 50 % có  $p(U) = 0,5$  và  $z$  là độ lệch qui ước;  $z = U_{50} - U_{16}$ , trong đó  $U_{16}$  là điện áp có  $p(U) = 0,16$ .

CHÚ THÍCH 1: Ví dụ về  $p(U)$  có thể được lấy từ các hàm phân bố xác suất Gausơ (hoặc phân bố chuẩn), Weibull hoặc Gumbel. Kinh nghiệm cho thấy đối với  $0,15 < p < 0,85$  phần lớn các phân bố lý thuyết có thể được coi là tương đương nhau. Các phân bố đặc biệt Weibull hoặc Gumbel là các gần đúng chấp nhận được của phân bố Gausơ có  $U_{50}$  và  $z$  cho trước đối với  $p$  nằm giữa 0,02 và 0,98. Ngoài các giới hạn này có rất ít thông tin có giá trị.

CHÚ THÍCH 2: Đôi khi  $p$  là hàm số của hai hoặc nhiều tham số, ví dụ  $U$  và  $dU/dt$ . Trong các trường hợp này, không một hàm đơn giản nào có thể sử dụng để mô tả  $p$ . Chi tiết về các trường hợp này có thể xem trong tài liệu kỹ thuật.

Hàm số  $p(U)$  và các tham số  $U_{50}$  và  $z$  có thể tìm ra từ các thử nghiệm với số lần đặt điện áp rất lớn, với điều kiện là các đặc tính của đối tượng thử nghiệm giữ không đổi trong suốt thử nghiệm.

Trên thực tế, số lần đặt điện áp thường có giới hạn và các ước lượng của  $U_{50}$  và  $z$  dựa trên dạng giả định của  $p(U)$  sẽ phụ thuộc vào độ không đảm bảo thống kê.

### A.2.1 Giới hạn độ tin cậy và sai số thống kê

Nếu tham số  $y$  được ước lượng từ  $n$  kết quả thử nghiệm thì có thể xác định các giới hạn độ tin cậy trên và dưới  $y_U$  và  $y_L$  với xác suất  $C$  là giá trị đúng của  $y$  nằm trong các giới hạn này.  $C$  được gọi là độ tin cậy và nửa chiều rộng  $e_r = (y_U - y_L) / 2$  của khoảng tin cậy được gọi là sai số thống kê.

Thông thường,  $C$  được lấy bằng 0,95 (hoặc 0,90) và giới hạn tương ứng được gọi là giới hạn độ tin cậy 95 % (hoặc 90 %).

Sai số thống kê  $e$ , phụ thuộc vào  $n$  và giá trị độ lệch qui ước  $z$ . Khi có thể, cần ước lượng độ lệch qui ước  $z$  từ các thử nghiệm thực hiện trong các điều kiện thực tế. Nói chung, càng thực hiện nhiều thử nghiệm thì càng ước lượng độ lệch  $z$  tốt hơn. Tuy nhiên, cần nhớ rằng trong thời gian một chuỗi thử nghiệm kéo dài, điều kiện môi trường có thể thay đổi đến mức làm mất đi lợi ích về độ chính xác do số lần thử nghiệm tăng lên.

Vì không thể ước lượng chính xác độ lệch  $z$  từ một chuỗi giới hạn các thử nghiệm nên giá trị ước lượng từ các kết quả tích lũy của nhiều thử nghiệm thường do Ban kỹ thuật liên quan đưa ra.

Sai số thống kê  $e$ , có thể kết hợp với các sai số ước lượng khác (ví dụ như sai số đo) để xác định giới hạn sai số tổng dùng cho việc xác định một tham số cụ thể.

### **A.3 Phân tích các kết quả thử nghiệm**

Điều này áp dụng cho những trường hợp kết quả thử nghiệm có thể coi là các ước lượng độc lập nhau, nghĩa là kết quả thứ  $n$  không bị ảnh hưởng bởi những gì xảy ra trong thử nghiệm thứ  $(n - 1)$  hoặc  $(n - j)$ .

#### **A.3.1 Xử lý các kết quả từ các thử nghiệm loại 1**

Trong trường hợp này, tần số phóng điện  $f_i = d_i / m_i$  ở mức điện áp  $U_i$  được lấy bằng ước lượng của  $p(U_i)$  là xác suất phóng điện tại mức điện áp  $U_i$ .  $n$  ước lượng của  $p(U_i)$  thu được trong thử nghiệm loại 1 khi đó có thể phù hợp với một hàm phân bố xác suất giả định  $p(U)$  và các tham số  $U_{50}$  và  $z$  xác định.

Việc này có thể thực hiện bằng cách vẽ đồ thị  $f_i$  theo  $U_i$  trên giấy vẽ đặc biệt được thiết kế để tạo ra đồ thị đường thẳng khi các xác suất ước lượng phù hợp với một hàm phân bố thống kê cụ thể  $p(U)$  nào đó. Ví dụ phổ biến là giấy xác suất Gauss hoặc chuẩn mang lại đồ thị đường thẳng cho các ước lượng phù hợp với hàm phân bố Gauss:

$$p(U) = (1 / z \sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^U \exp[-(u - U_{50})^2 / 2 z^2] du$$

**CHÚ THÍCH:** Giấy xác suất chuẩn không có thang tung độ bao trùm các giá trị  $p = 0$  hoặc  $p = 1$ . Vì vậy, không thể vẽ trực tiếp các thử nghiệm ở các mức điện áp gây nên tất cả các phóng điện  $d_i = m_i$  hoặc không có phóng điện nào  $d_i = 0$ . Biện pháp có thể để sử dụng các kết quả này là kết hợp chúng với các giá trị thu được ở mức điện áp liền kề và vẽ như điện áp trung bình có trọng số.

Một cách khác, có thể sử dụng phương pháp giải tích bao gồm phương pháp bình phương nhỏ nhất hoặc các phương pháp có thể (xem A.4) để tìm  $U_{50}$ ,  $z$  và giới hạn độ tin cậy của các ước lượng này.

Trong mọi trường hợp, cần sử dụng các phương pháp thích hợp (như hệ số hồi qui qui ước hoặc giới hạn độ tin cậy) để kiểm tra xem hàm xác suất giả định có phù hợp với các điểm đo được với đủ độ chính xác hay không. Tham khảo thêm tài liệu kỹ thuật liên quan.

Như hướng dẫn chung, sai số thống kê có xu hướng biến thiên ngược với căn bậc hai của số lần đặt điện áp ở mỗi mức  $m$ , và tỷ lệ nghịch với số mức được sử dụng  $n$ . Cần lưu ý rằng nếu tất cả các giá trị của  $f$ , đều khác không và khác một thì với 10 lần đặt điện áp ( $m = 10$ ) ở mỗi trong số năm mức ( $n = 5$ ) giới hạn độ tin cậy 95 % sẽ là:

Đối với  $U_{50}$ :

$$(U_{50}^* - 0,75 z^*) \leq U_{50} \leq (U_{50}^* + 0,75 z^*)$$

và đối với  $z$ :

$$0,4 z^* \leq z \leq 2,0 z^*$$

trong đó  $U_{50}^*$  và  $z^*$  là các ước lượng của  $U_{50}$  và  $z$  thu được bằng cách làm cho các kết quả thử nghiệm phù hợp với hàm phân bố xác suất phóng điện  $p(U)$  giả định. Ngoài ra, sai số thống kê có xu hướng ngả về phía các giá trị thấp hơn đối với các ước lượng của  $U_p$  ở lân cận  $p = 0,5$  hoặc 50 %.

### A.3.2 Xử lý các kết quả từ các thử nghiệm loại 2

Thử nghiệm loại 2 cung cấp các ước lượng của  $U_p$  là điện áp tại đó xác suất phóng điện đánh thủng là  $p$ .  $U_p^*$ , giá trị ước lượng của  $U_p$ , được cho bởi:

$$U_p^* = \sum(k_i U_i) / n$$

trong đó  $k_i$  là số nhóm ứng suất được sử dụng ở mức điện áp  $U_i$ . Để có công thức chính xác hơn, xem trong tài liệu kỹ thuật.

Nhằm tránh các sai số đáng kể, mức điện áp thấp nhất được xem xét không được sai khác so với  $U_p^*$  quá  $2 \Delta U$ .

Qui trình chịu thử được mô tả trong A.1.2 cung cấp các ước lượng của  $U_p$  đối với xác suất phóng điện đánh thủng  $p$  được cho bởi:

$$p = 1 - (0,5)^{1/m}$$

trong khi qui trình phóng điện cho  $U_p$  đối với:

$$p = (0,5)^{1/m}$$

Các giá trị của  $p$  mà từ đó có thể ước lượng  $U_p$  trong các thử nghiệm tăng và giảm bị hạn chế bởi yêu cầu là  $m$  phải là số nguyên. Ví dụ được cho trong bảng A1.

**Bảng A1**

$m =$	70	34	14	7	4	3	2	1	
$p =$	0,01	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,50	(qui trình chịu thử)
$p =$	0,99	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,50	(qui trình chịu thử)

Quy trình để ước lượng  $z$  và các giới hạn độ tin cậy của nó cũng có sẵn nhưng không được khuyến cáo để sử dụng chung.

### A.3.3 Xử lý các kết quả từ các thử nghiệm loại 3

Các kết quả của thử nghiệm loại 3 thường là một chuỗi  $n$  điện áp  $U_i$  từ đó xác định các tham số  $U_{50}$  và  $z$  của hàm xác suất phóng điện đánh thủng. Đối với phân bố Gauss (hoặc phân bố chuẩn), các ước lượng của  $U_{50}$  và  $z$  được cho bởi:

$$U_{50}^* = \sum U_i / n$$

$$z^* = \left[ \sum (U_i - U_{50}^*)^2 / (n-1) \right]^{1/2}$$

Đối với các phân bố khác, có thể sử dụng các phương pháp hợp lý để ước lượng  $U_{50}$  và  $z$  (xem A.4). Các biểu thức và các phương pháp tương tự áp dụng trong các trường hợp cần phân tích số lần đến khi xuất hiện phóng điện đánh thủng  $t_i$ .

Giới hạn độ tin cậy đối với phân bố Gauss có thể tìm được bằng cách sử dụng các phân bố Student hoặc  $\chi$ -bình phương như mô tả trong tài liệu kỹ thuật.

Như một ví dụ, trong trường hợp phân bố Gauss, giới hạn độ tin cậy 95 % đối với các ước lượng của  $U_{50}$  và  $z$  thu được từ thử nghiệm với  $n = 20$  là:

$$(U_{50}^* - 0,47z^*) \leq U_{50} \leq (U_{50}^* + 0,47z^*)$$

và

$$0,76z^* \leq z \leq 1,46z^*$$

## A.4 Ứng dụng các phương pháp hợp lý

Có thể sử dụng các phương pháp hợp lý khác để phân tích các kết quả của tất cả các loại thử nghiệm nói trên. Các phương pháp này cho phép ước lượng  $U_{50}$  và  $z$  và từ đó  $U_p$  khi chọn được hàm phân bố xác suất phóng điện  $p(U; U_{50}, z)$ .

Ngoài ra, có thể sử dụng tất cả các kết quả thu được và có thể tìm được giới hạn độ tin cậy ứng với bất kỳ độ tin cậy  $C$  mong muốn nào.

### A.4.1 Hàm hợp lý

Đối với các thử nghiệm loại 1 và loại 2, số lần phóng điện,  $d_i$ , và số lần chịu thử  $w_i$  tìm được ở mỗi mức điện áp  $U_i$  đều đã biết. Nếu dạng hàm phân bố xác suất phóng điện  $p(U; U_{50}, z)$  đã biết hoặc giả định thì xác suất của một phóng điện ở mức  $U_i$  là  $p(U_i; U_{50}, z)$  và xác suất một lần chịu thử là  $(1 - p(U_i; U_{50}, z))$ . Hàm hợp lý  $L_i$  tương ứng với  $d_i$  phóng điện và  $w_i$  lần chịu thử xảy ra ở mức điện áp  $U_i$  khi đó sẽ là:

$$L_i = p(U_i; U_{50}, z)^{d_i} (1 - p(U_i; U_{50}, z))^{w_i}$$

Vì  $U_i$ ,  $d_i$  và  $w_i$  đều đã biết nên  $L_i$  chỉ là hàm số của  $U_{50}$  và  $z$ .

Hàm hợp lý của một tập đầy đủ các kết quả gồm  $n$  giá trị của  $U_i$  lúc này trở thành:

$$L = L_1 L_2 \dots L_i \dots L_n = L(U_{50}, z)$$

Đối với các thử nghiệm loại 3, mỗi mức điện áp  $U_i$  xuất hiện trong các kết quả sẽ ứng với một phóng điện đánh thủng. Thông thường, một mức điện áp  $U_i$  sẽ xuất hiện  $m_i$  lần, trong đó  $m_i \geq 1$ . Hàm hợp lý  $L$  sẽ trở thành:

$$L_i = f(U_i; U_{50}, z)^{m_1} f(U_2; U_{50}, z)^{m_2} \dots f(U_m; U_{50}, z)^{m_m}$$

trong đó

$$f = dp/du$$

Phương pháp tính  $L$  từ các tập kết quả mở rộng bằng cách xem xét các nhóm kết quả nằm trong một số các khoảng điện áp có thể tìm được trong tài liệu.

#### A.4.2 Ước lượng $U_{50}$ và $z$

Các ước lượng tốt nhất của  $U_{50}$  và  $z$  là các giá trị  $U_{50}^*$  và  $z^*$  làm giá trị  $L$  cực đại.

Các ước lượng này thường được tìm ra bằng cách sử dụng máy tính để thực hiện các tính toán lặp lại của  $L$  đối với các giá trị  $U_{50}^*$  và  $z^*$  giả định. Với  $U_{50}^*$  và  $z^*$  cố định, có thể tìm ra  $U_p$  ứng với giá trị mong muốn bất kỳ của xác suất phóng điện,  $p$ , từ hàm phân bố xác suất phóng điện giả định với  $U_{50} = U_{50}^*$  và  $z = z^*$ . Các phương pháp xác định giới hạn độ tin cậy của  $U_{50}^*$  và  $z^*$  đều được tìm thấy trong tài liệu. Đối với trường hợp  $C = 0,9$  phương trình  $L(U_{50}, z) = 0,1 L_{\max}$  cho phép xác định các giới hạn độ tin cậy này.



## Phụ lục B

(qui định)

### Quy trình thử nghiệm nhiễm bẩn

#### B.1 Phương pháp tạo sương-muối

##### B.1.1 Chuẩn bị dung dịch muối

Dung dịch muối cần được làm từ muối (NaCl tinh khiết) có độ mặn yêu cầu và nước máy thông thường. Nồng độ cần nằm trong phạm vi  $\pm 5\%$  của một trong các giá trị sau: 2,5 g; 3,5 g; 5 g; 7 g; 10 g; 14 g; 20 g; 28 g; 40 g; 56 g; 80 g; 112 g; 160 g hoặc 224 g trong một lít dung dịch.

Thành phần cô đặc có thể được xác định bằng cách đo điện trở suất hoặc nồng độ của dung dịch muối. Hình 16 và 17 đưa giá trị điện trở suất và nồng độ, tương ứng, là hàm số của nồng độ muối ở 10 °C, 20 °C và 30 °C.

##### B.1.2 Các chi tiết của hệ thống phun

Sương được tạo ra trong buồng thử nghiệm bằng một số vòi phun như thể hiện trên hình 18 và mô tả chi tiết dưới đây. Mỗi vòi phun có hai miệng phun, một miệng phun hoạt động như lỗ thoát không khí còn miệng phun kia làm lỗ thoát dung dịch muối. Khí nén theo đó thổi ngang qua miệng phun dung dịch và tạo nên lớp sương bụi của dung dịch.

Miệng phun không khí cần phải được cung cấp không khí đã được lọc, không có dầu và ở áp suất cao hơn áp suất khí quyển 700 kPa, với dung sai  $\pm 4\%$ . Miệng phun dung dịch cần được cung cấp dung dịch muối qui định ở áp suất được điều chỉnh sao cho trong thời gian thử nghiệm dòng dung dịch qua mỗi miệng phun là 0,5 L/min  $\pm 10\%$ ; dung sai của tổng dòng chảy của tất cả các vòi phun là  $\pm 5\%$  giá trị danh nghĩa. Do đó, áp suất của dung dịch cũng phải giữ không đổi trong suốt thử nghiệm.

Các vòi phun được lắp cách nhau 0,6 m theo hai dãy thẳng hàng, song với với đường tâm của đối tượng thử nghiệm (mỗi bên một dãy), dãy nọ cách dãy kia 3 m và trên cùng một mặt phẳng, với các vòi phun trên mỗi dãy chia thẳng vào nhau. Mỗi dãy cần được kéo dài ít nhất là 0,6 m vượt xa hơn các đầu của phần cách điện của đối tượng thử nghiệm; đối tượng thử nghiệm được đặt thẳng đứng, nằm ngang hoặc nghiêng theo qui định của Ban kỹ thuật liên quan, nhưng cần được đặt sao cho vòi phun thấp nhất ở cao hơn sàn ít nhất là 0,6 m.

#### B.2 Nhiễm bẩn lắng đọng trước, qui trình phủ và làm ướt

##### B.2.1 Chuẩn bị vật liệu phủ

Cần sử dụng một trong hai hợp chất dưới đây của chất ngưng kết:

- a) – 100 g đất tảo cát kieselgur (đất có nhiều tảo cát, diatomit),  
 – 10 g dioxit silic phân giải ở mức độ cao, kích thước hạt 2 – 20  $\mu\text{m}$ ,  
 – 1 000 g nước được khử khoáng

Độ dẫn điện khối của chất ngưng kết phải được điều chỉnh bằng cách cho thêm một lượng muối (NaCl) thích hợp nhằm đạt đến giá trị được chọn từ các giá trị của bảng dưới đây, tương ứng với độ dẫn điện mặt chuẩn yêu cầu của lớp phủ. Chất ngưng kết được pha chế như vậy sau đó phải được áp vào bề mặt của cách điện để tạo ra một lớp có độ dày thích hợp nhằm đạt được độ dẫn điện chuẩn.

Độ dẫn điện mặt chuẩn ở 20 °C, $\mu\text{S}$ (dung sai $\pm 15\%$ )	7,5	10	15	20	30	40	60	80
Giá trị độ dẫn điện khối tương ứng của chất ngưng kết pha chế ở 20 °C, mS/cm	2,25	3,0	4,5	6,0	9,0	12,0	8,0	24,0

- b) – 40 g cao lanh hoặc tonoko  
 – 1 000 g nước được khử khoáng

Độ dẫn điện khối của chất ngưng kết phải được điều chỉnh bằng cách cho thêm một lượng muối (NaCl) thích hợp nhằm đạt đến mật độ ngưng tụ muối chuẩn yêu cầu.

Sau đó, chất ngưng kết phải được áp vào bề mặt của cách điện để tạo ra một lớp có độ dày thích hợp nhằm đạt được mật độ ngưng tụ muối chuẩn.

### B.2.2 Đặc điểm chính của các chất trợ

Phạm vi các giá trị đối với các đặc điểm chính của chất trợ, xác định các loại đất tảo cát, cao lanh và tonoko nên sử dụng cho các chất ngưng kết được cho trong bảng dưới đây:

Chất trợ	Thành phần theo khối lượng tính bằng % của				Kích thước hạt, $\mu\text{m}$ (phân bố tích lũy)			Độ dẫn điện khối ở 20 °C, $\mu\text{S/cm}$
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	16 %	50 %	84 %	
Đất tảo cát	70–90	5–25	0,5–6	7–14	0,1–0,2	0,4–1	2–10	15–200
Cao lanh	40–50	30–40	0,3–2	7–14	0,1–0,2	0,4–1	2–10	15–200
Tonoko	60–70	10–20	4–8	–	0,8–1,5	3–5	8–15	20–100

### B.2.3 Qui trình phủ bền và làm ướt

Chất ngưng kết có thể được ngưng tụ trên bề mặt sạch của đối tượng thử nghiệm bằng cách nhúng, phun hoặc đổ rớt lớp phủ. Lớp phủ được tạo nên cần phân bố đều đến mức có thể trên toàn bộ bề mặt cách điện của đối tượng thử nghiệm.

Lớp phủ phải được sấy khô trước khi bắt đầu thử nghiệm.

## B.3 Đo độ nhiễm bẩn

Độ nhiễm bẩn trên bề mặt của đối tượng thử nghiệm có thể được xác định bằng phương pháp cho trong B.3.1 hoặc bằng phương pháp cho trong B.3.2.

### B.3.1 Độ dẫn điện mặt của bề mặt cách điện

Để xác định độ dẫn điện mặt của bề mặt, điện dẫn rò  $G_0$  được đo giữa hai điện cực trần trên đối tượng thử nghiệm. Từ điện dẫn này, độ dẫn điện bề mặt được tính bằng cách sử dụng hệ số hình dạng từ dạng hình học của bề mặt cách điện, xem dưới đây.

Để cho các kết quả ổn định, điện áp sử dụng cho phép đo điện dẫn cần bằng khoảng 2 kV/m đường rò.

Độ dẫn điện bề mặt  $K_0$  được tìm từ:

$$K_0 = G_0 f$$

trong đó  $f$  là hệ số hình dạng được cho bởi:

$$f = \int_b^L \frac{dx}{B(x)}$$

trong đó:

$L$  – chiều dài tổng của đường rò

$dx$  – chiều dài của một vi phân đường rò, ở khoảng cách  $x$  tính từ một điện cực ( $0 \leq x \leq L$ )

$B(x)$  – chiều rộng hoặc chu vi của đường rò ở khoảng cách  $x$ .

Độ dẫn điện mặt  $K_0$  được hiệu chỉnh về 20 °C bằng công thức dưới đây để tính  $K_{20}$ :

$$K_{20} = \frac{1,6}{1 + 0,03\theta} K_0$$

trong đó  $\theta$  là nhiệt độ bề mặt cách điện, tính bằng độ C.

CHÚ THÍCH: Việc xác định độ dẫn điện mặt từ điện dẫn và hệ số hình dạng có thể cho các kết quả không đúng nếu độ dẫn điện mặt không là hằng số hợp lý dọc theo chiều dài của đối tượng thử nghiệm hoặc phần chiều dài được đo.

**B.3.2 Lượng natri clorua tương đương trên một centimét vuông bề mặt cách điện (S.D.D, mg/cm<sup>2</sup>)**

Bề mặt cách điện bị nhiễm bẩn hoặc một phần nào đó của cách điện được rửa bằng nước được chưng cất, tất cả được gom cẩn thận lại. Điện trở suất của nước gom lại được đo và hiệu chỉnh về 20 °C. Theo hình 16, xác định lượng tương đương  $C$  của natri clorua tính bằng gam trên mỗi lít dung dịch. Từ đó, lượng tương đương  $M$  của natri clorua trên mỗi đơn vị diện tích bề mặt tính bằng miligam trên centimét vuông được xác định bằng

$$M = CV/A$$

trong đó:

$A$  – diện tích của bề mặt sạch tính bằng centimét vuông;

$V$  – thể tích của nước được gom tính bằng centimét khối.

**Phụ lục C**

(qui định)

**Hiệu chuẩn dụng cụ đo chưa được công nhận bằng khe hở thanh/thanh****C.1 Bố trí chung của khe hở thanh/thanh**

Cách bố trí chung của khe hở thanh/thanh phải như hình 19a (khe hở thẳng đứng) hoặc hình 19b (khe hở nằm ngang).

Các thanh phải được làm bằng thép hoặc đồng thau, có mặt cắt vuông với kích thước từ 15 mm đến 25 mm và có một trục chung. Các đầu thanh phải được cắt vuông góc với trục để lại các cạnh sắc.

Khoảng cách từ đầu thanh điện áp cao đến đối tượng được nối đất và các vách, trừ mặt đất, không được nhỏ hơn 5 m.

**C.2 Giá trị chuẩn**

Điện áp phóng điện đánh thủng  $U_0$  đối với điện áp một chiều cực tính dương và âm ở khí hậu tham chiếu chuẩn đối với khe hở thẳng đứng hoặc nằm ngang, được tính bằng

$$U_0 = 2 + 0,534 d \quad (C-1)$$

trong đó  $U_0$  tính bằng kilôvôn và  $d$  là khoảng cách khe hở tính bằng milimét.

Phương trình (C-1) có giá trị đối với:

$$250 \text{ mm} \leq d \leq 2\,500 \text{ mm}$$

$$1 \text{ g/m}^3 \leq h/\delta \leq 13 \text{ g/m}^3$$

Trong các điều kiện này, độ không đảm bảo đo được ước lượng nhỏ hơn  $\pm 3\%$ .

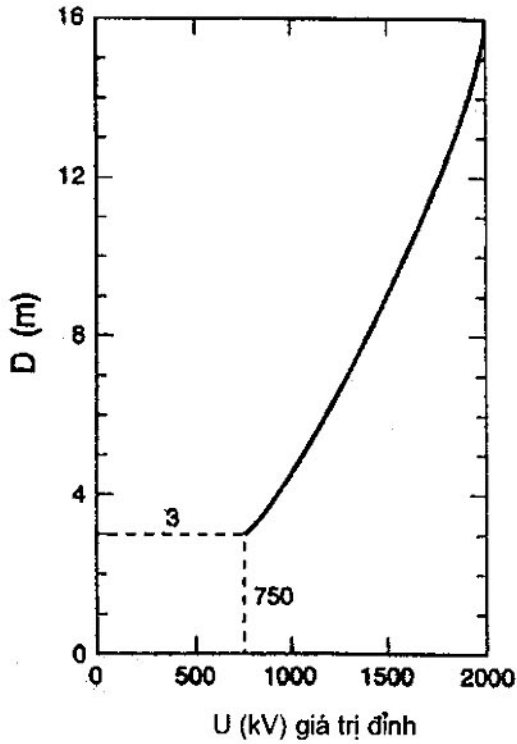
Không được sử dụng khe hở thanh/thanh làm dụng cụ đo được công nhận ở khoảng cách khe hở nhỏ hơn 250 mm vì không có các phóng điện trước kiểu tiên đạo. Chưa có bằng chứng thực nghiệm nào chứng minh khả năng sử dụng khe hở này ở các khoảng cách khe hở lớn hơn 2 500 mm.

**C.3 Qui trình hiệu chuẩn**

Khoảng cách,  $d$ , giữa các thanh phải được đặt và điện áp được đặt và tăng sao cho khoảng thời gian giữa 75 % và 100 % điện áp phóng điện đánh thủng là khoảng 1 min.

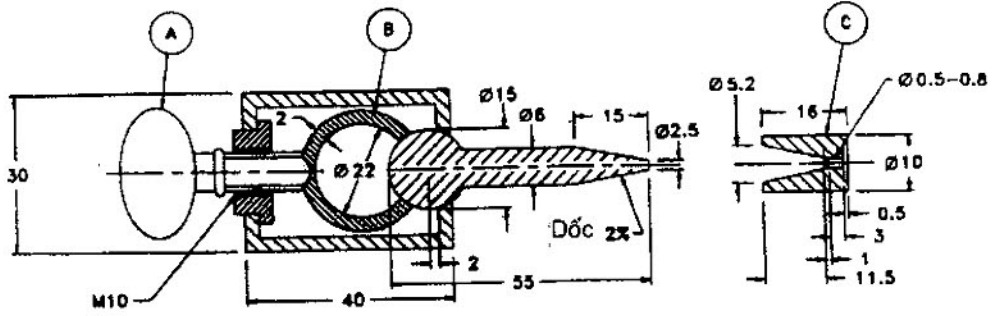
Phải lấy mười số đọc điện áp ở thời điểm phóng điện tia lửa với dụng cụ đo chưa được công nhận cần hiệu chuẩn. Điện áp, ở khí hậu tham khảo tiêu chuẩn, tương ứng với giá trị trung bình của mười giá trị này được cho bởi phương trình (C-1). Điện áp này phải được hiệu chỉnh về các điều kiện khí hậu thực theo 11.2.

## Các hình vẽ



Hình 1 – Khoảng cách tối thiểu  $D$  tính từ các vật mang điện bên ngoài hoặc vật được nối đất đến điện cực mang điện của đối tượng thử nghiệm, trong quá trình thử nghiệm điện áp xoay chiều hoặc xung đóng cắt dương ở điện áp  $U$  lớn nhất được đặt trong quá trình thử nghiệm

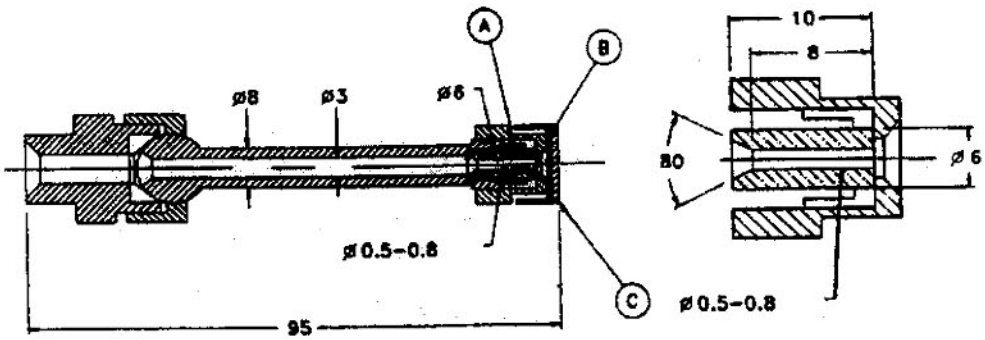
Kích thước tính bằng milimét



- A – Vít kẹp miệng phun
- B – Ống cấp nước
- C – Chi tiết có thể thay được

Hình 2a) Miệng phun kiểu I

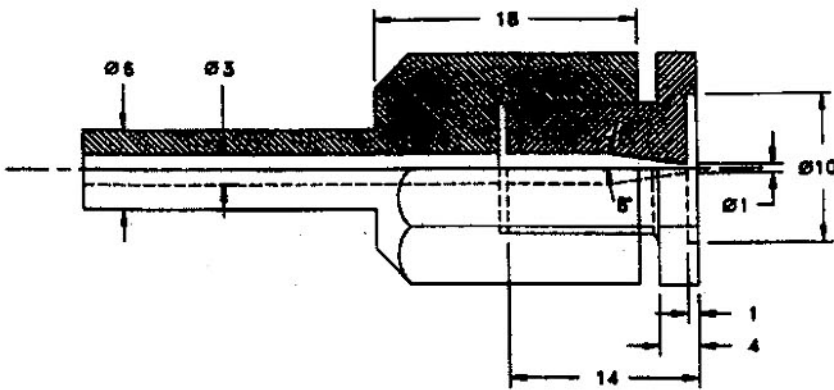
Kích thước tính bằng milimét



- A – Chi tiết bằng chất dẻo để giảm nguy cơ tắc nghẽn do bụi bẩn
- B – Miếng bịt bằng cao su
- C – Nắp chặn nước

Hình 2b) Miệng phun kiểu II

Kích thước tính bằng milimét

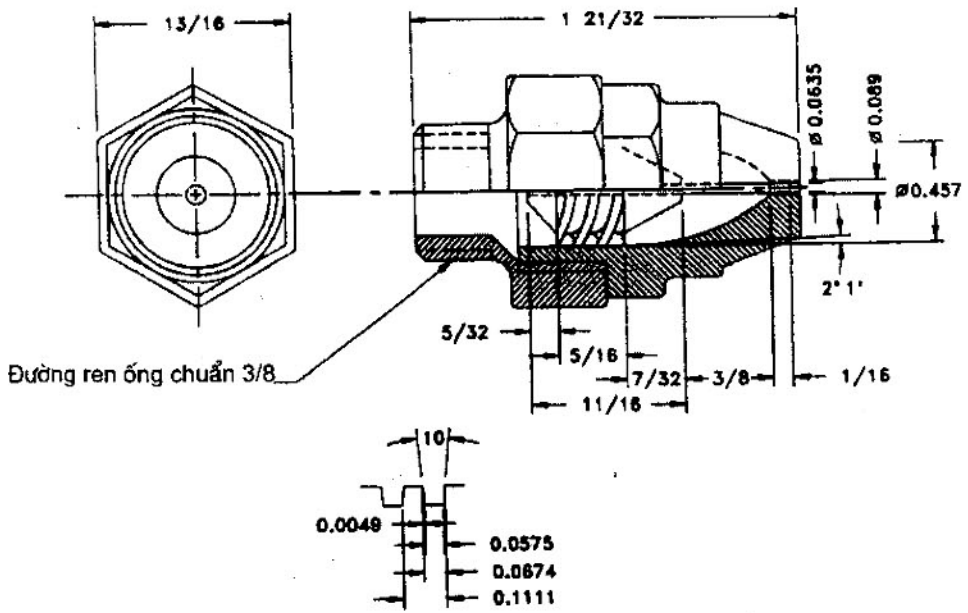


Hình 2c) Miệng phun kiểu III (chỉ mô tả chi tiết đối với lỗ)

CHÚ THÍCH: Chiều dài tia nước có thể thu được phụ thuộc vào đường kính lỗ và áp suất nước. Ở áp suất tối ưu, thường là 300 kPa – 400 kPa chỉ phụ thuộc vào độ nhẵn của lỗ và bố trí của ống cấp nước, chiều dài gần đúng của tia nước đạt được với các miệng phun thể hiện trên các hình từ 2a đến 2d được cho trong bảng dưới đây:

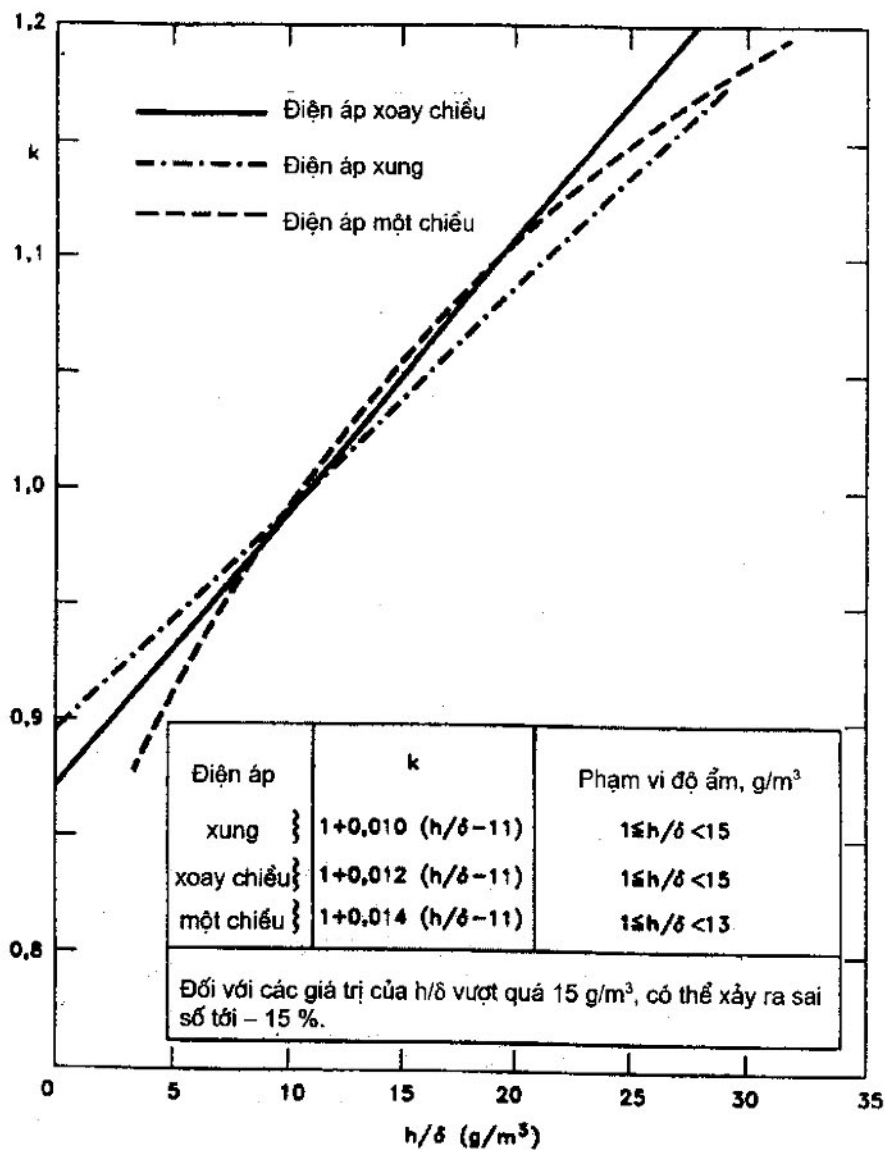
Kiểu miệng phun	Đường kính lỗ mm	Chiều dài tia nước m
I và II	0,5	4
I và II	0,8	6
III	1,0	10
(Hình nón)	1,0	9–11



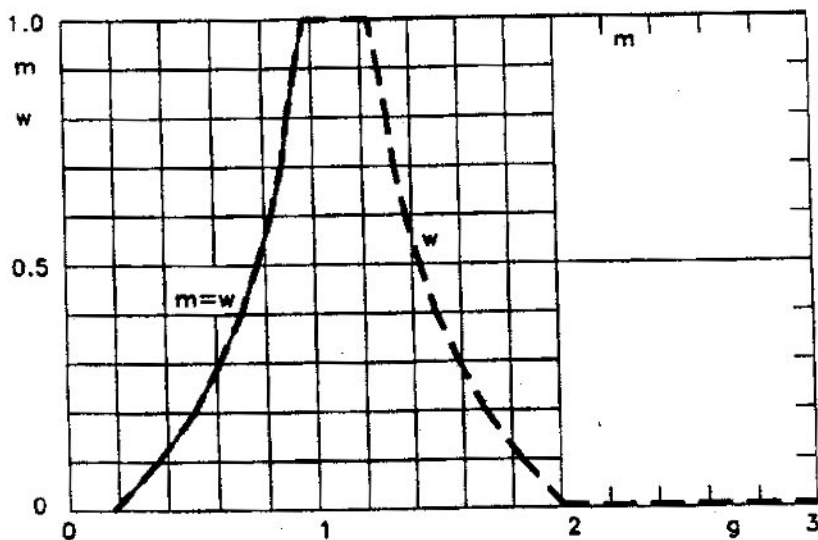


Hình 2d) Miệng phun kiểu IV (thông lệ ở Mỹ)

CHÚ THÍCH: Miệng phun kiểu IV thể hiện trên hình 2d (thông lệ ở Mỹ) có lỗ đồng tâm với kích thước được cho trên hình vẽ. Với áp suất nước 250 kPa – 450 kPa cho chiều dài tia nước là 2 m đến 3 m.

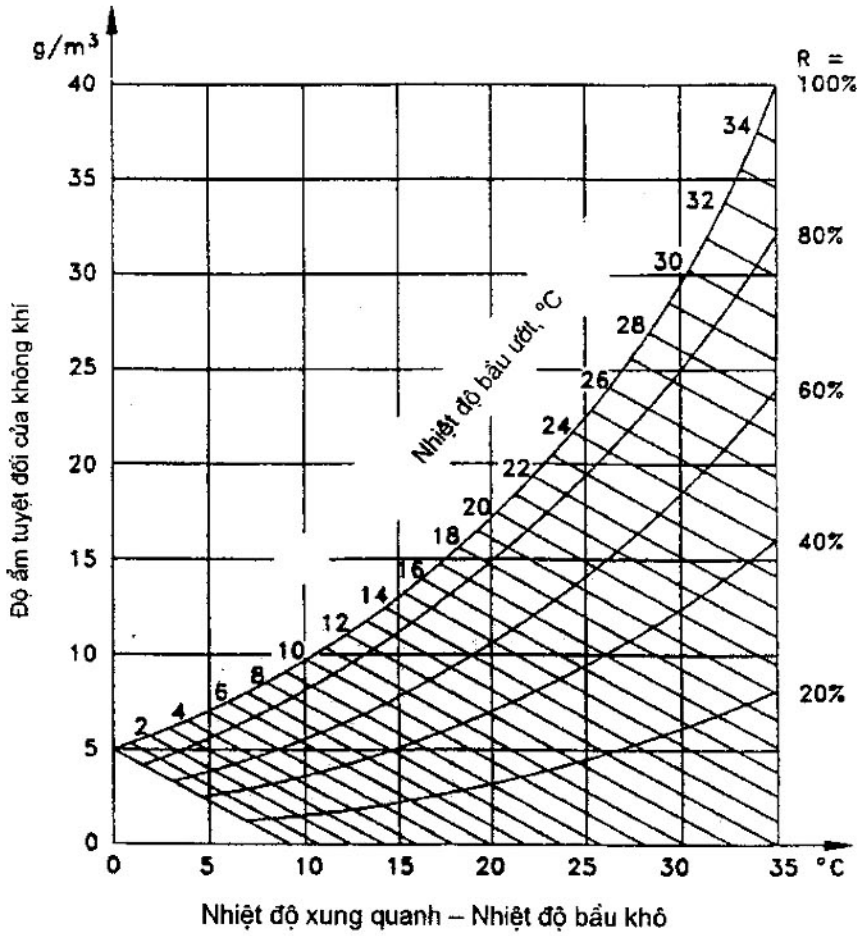


Hình 3 – k là hàm số của tỷ số giữa độ ẩm tuyệt đối h với mật độ không khí tương đối  $\delta$

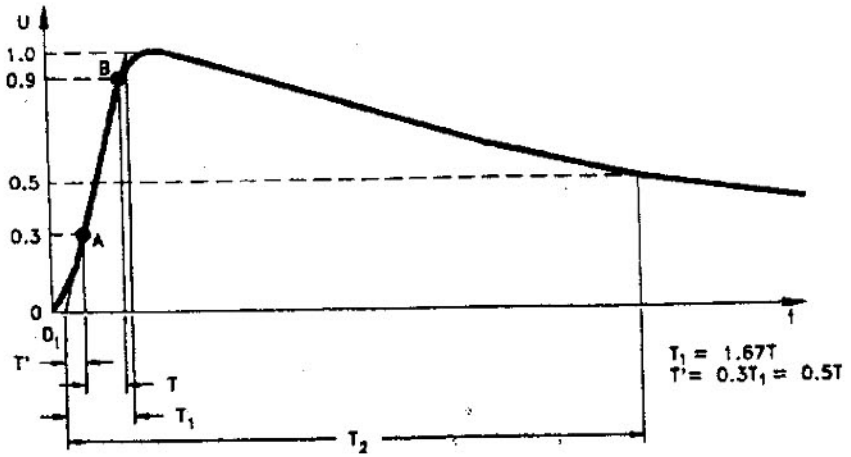


Hình 4 – Các giá trị của chỉ số mũ  $m$  trong hiệu chỉnh mật độ không khí và  $w$  trong hiệu chỉnh độ ẩm là hàm số của tham số  $g$ : xem 11.2.3

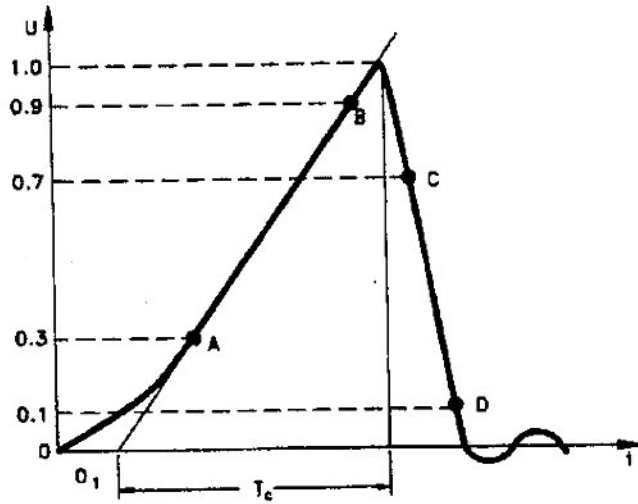
CHÚ THÍCH: Các giá trị của chỉ số mũ  $m$  và  $w$  được suy ra từ các giá trị thực nghiệm thu được trong các điều kiện khác nhau. Tuy nhiên, chúng được giới hạn ở các độ cao so với mặt biển ít hơn 2 000 m.



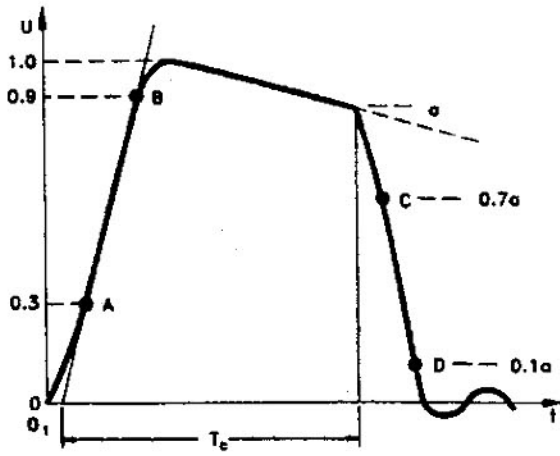
Hình 5 – Độ ẩm tuyệt đối của không khí là hàm số của các số đọc của nhiệt kế bầu khô và bầu ướt; xem 11.5. Đường cong của độ ẩm tương đối cũng được cho trên hình vẽ



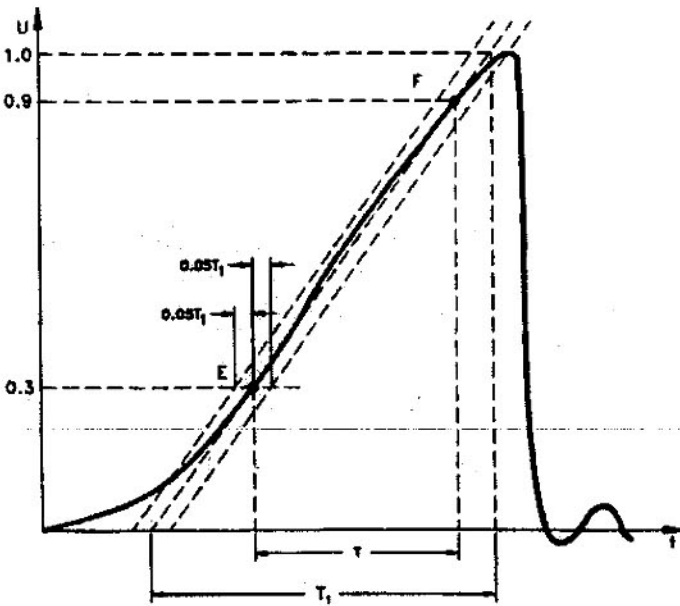
Hình 6 – Xung sét toàn sóng



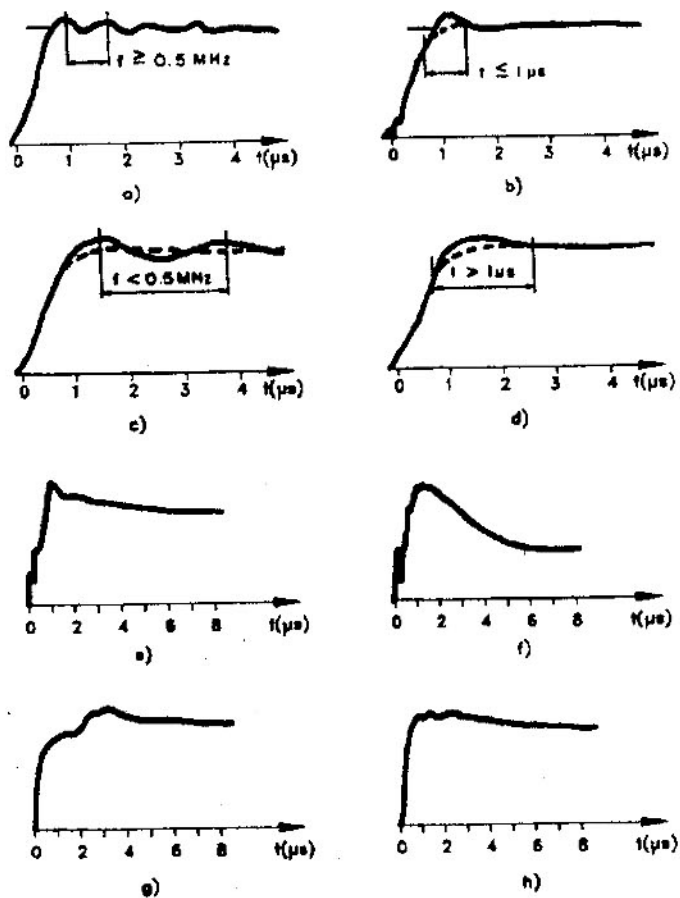
Hình 7 – Xung sét bị cắt trên đầu sóng



Hình 8 – Xung sét bị cắt trên đuôi sóng

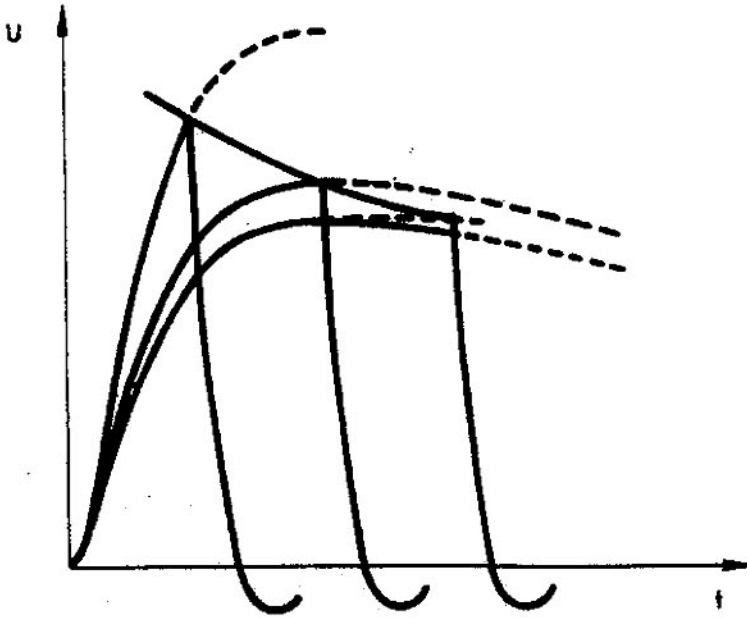


Hình 9 – Xung cắt có đầu sóng tăng tuyến tính



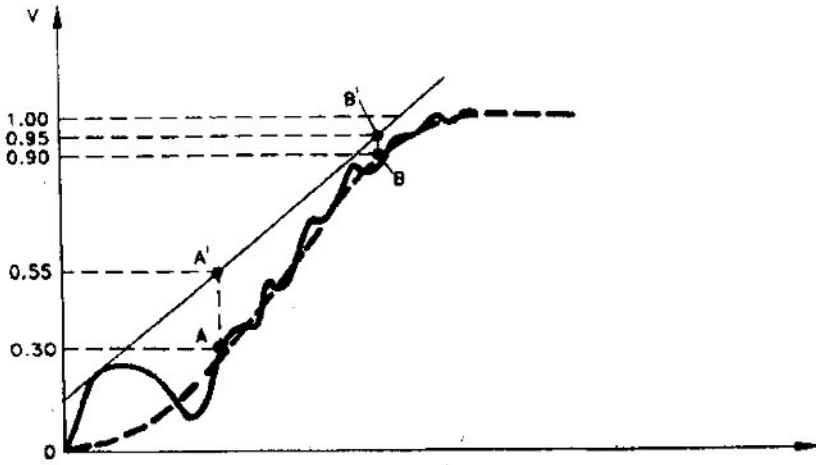
Hình 10 – Ví dụ của xung sét có dao động hoặc bấu xung

- a, b Giá trị điện áp thử nghiệm được xác định bởi đường cong trung bình (đường đứt nét).
- c, d Giá trị điện áp thử nghiệm được xác định bởi giá trị đỉnh.
- e, f, g, h Không thể đưa ra hướng dẫn chung nào để xác định giá trị của điện áp thử nghiệm.

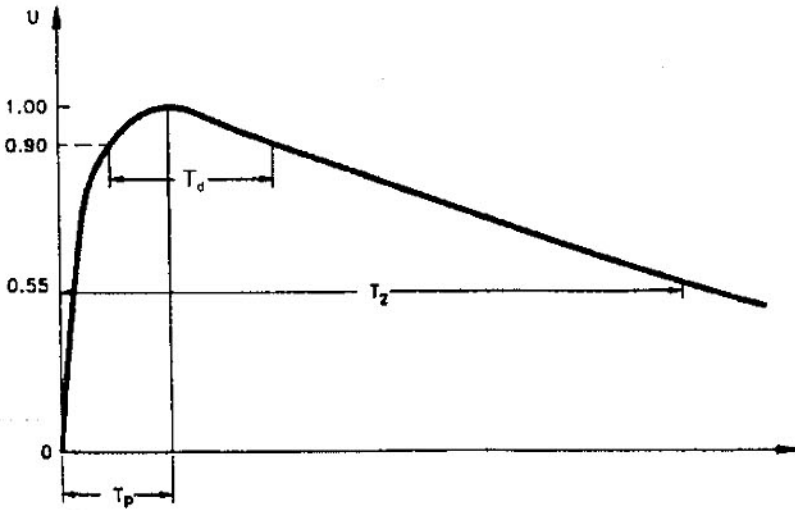


Hình 11 – Đường cong điện áp/thời gian đối với các xung có dạng kỳ vọng không đổi

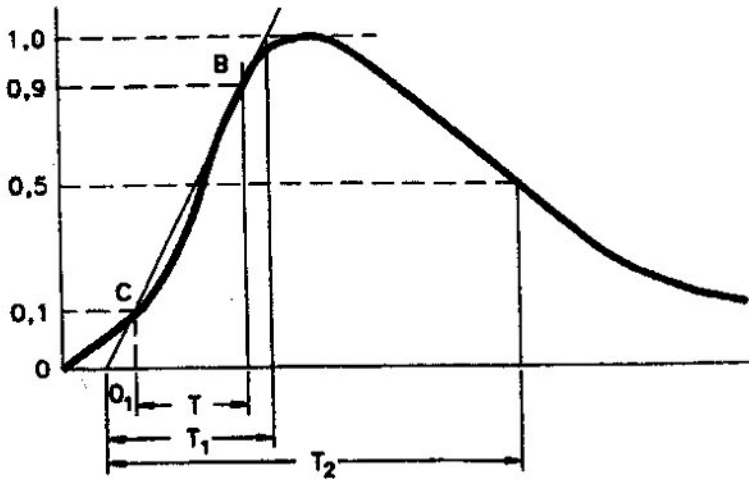




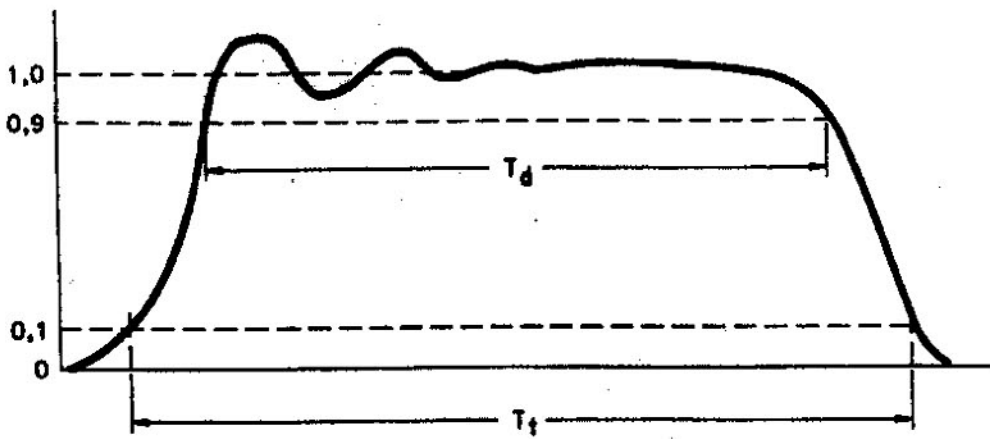
Hình 12 – Biên độ lớn nhất cho phép của dao động trên đầu sóng



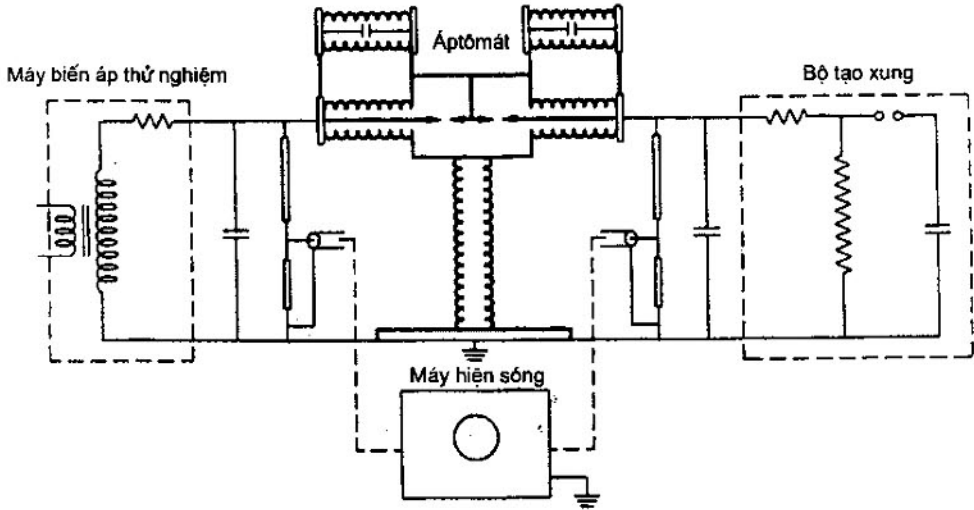
Hình 13 – Xung đóng cắt toàn sóng



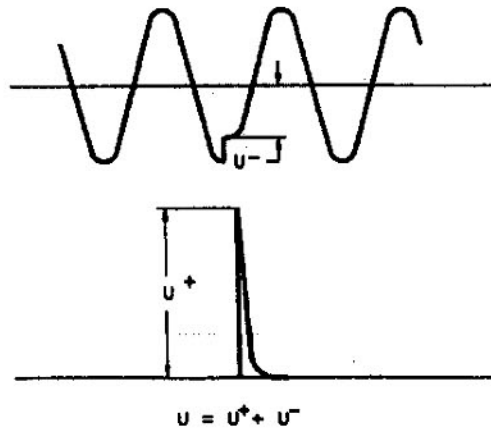
Hình 14 a) – Dòng điện xung – theo hàm mũ



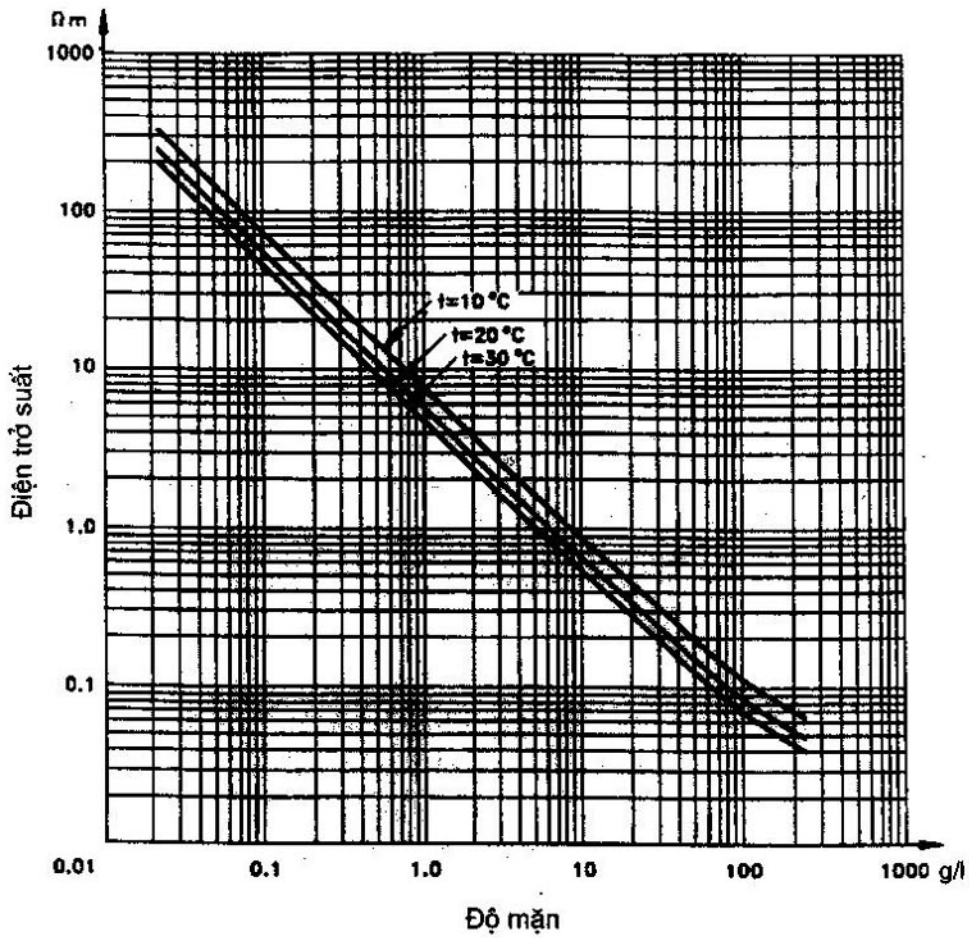
Hình 14 b) – Dòng điện xung – Hình chữ nhật



Hình 15 a) – Ví dụ về mạch thử nghiệm dùng cho thử nghiệm điện áp phối hợp

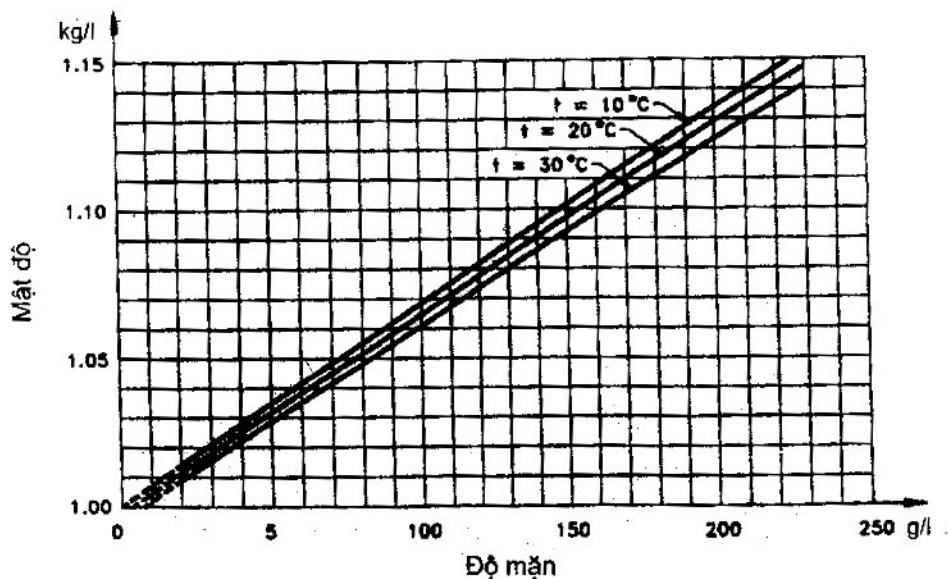


Hình 15 b) – Ví dụ về sóng điện áp cho giá trị điện áp thử nghiệm  $U$  trong quá trình thử nghiệm điện áp phối hợp



Hình 16 – Điện trở suất của dung dịch natri clorua (NaCl) trong nước là hàm số của độ mặn ở nhiệt độ dung dịch  $t$  là  $10^\circ C$ ,  $20^\circ C$  và  $30^\circ C$

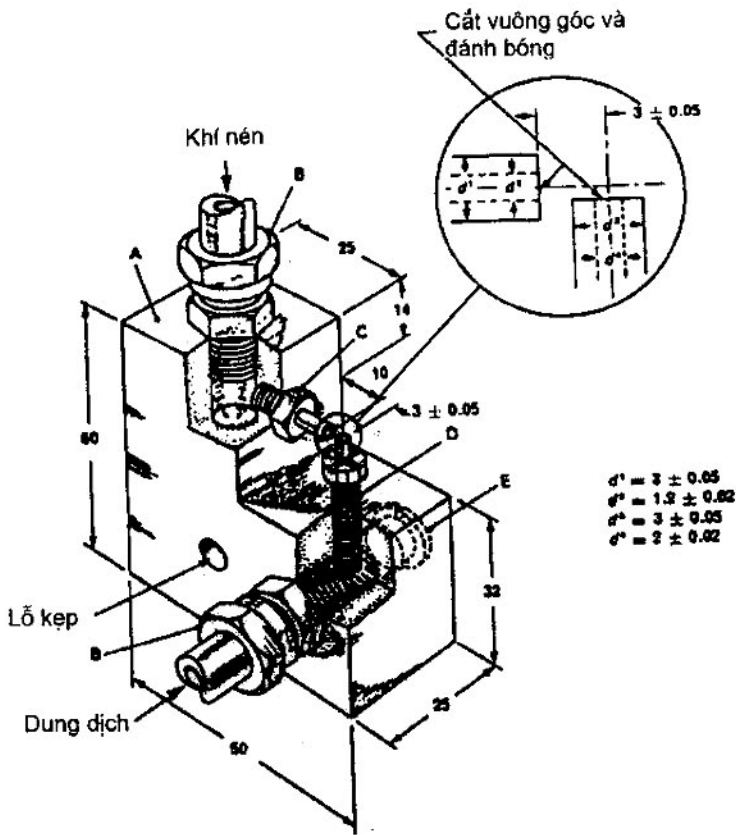
CHÚ THÍCH: Độ mặn được tính bằng gam trên lít khi xác định ở nhiệt độ  $20^\circ C$ .



Hình 17 – Nồng độ của dung dịch natri clorua (NaCl) là hàm số của độ mặn ở nhiệt độ dung dịch  $t$  là 10 °C, 20 °C và 30 °C

CHÚ THÍCH: Độ mặn được tính bằng gam trên lít khi xác định ở nhiệt độ 20 °C.

Kích thước tính bằng milimét



A – thân bằng pectêch

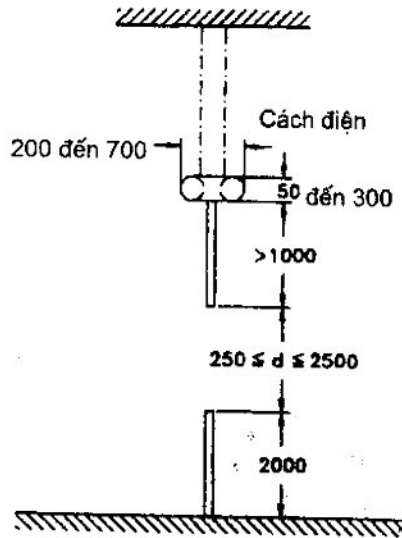
B – mối nối tiêu chuẩn đối với ống nòng chuẩn 8 mm (thép không gỉ)

C – thép không gỉ (đường ren SI chuẩn 6 mm với ống nòng 1,6 mm)

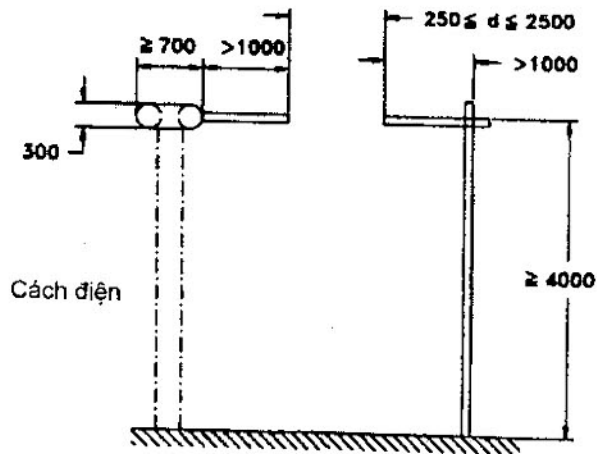
D – nilông (đường ren SI chuẩn 6 mm, vít dài 16 mm với ống thép không gỉ đồng tâm)

E – chốt bằng pectêch

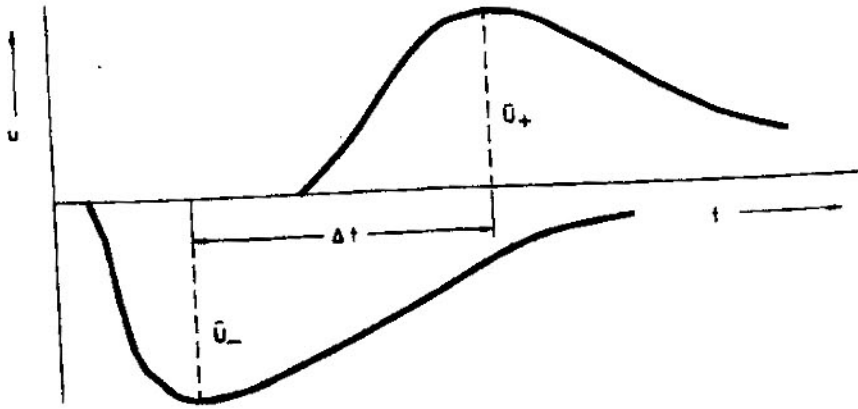
Hình 18 – Vòi phun sương-muối; xem phụ lục B



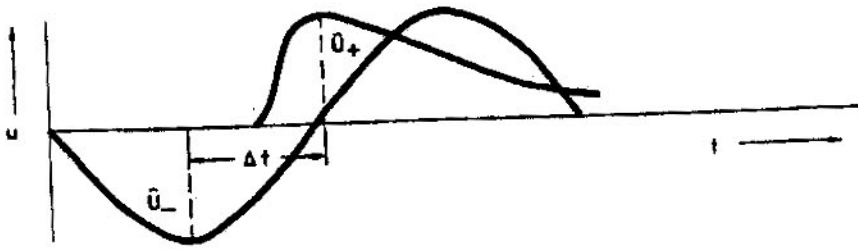
Hình 19 a) – Bố trí thẳng đứng của khe hở thanh/tranh



Hình 19 b) – Bố trí nằm ngang của khe hở thanh/tranh



a)



b)

Hình 20 – Xác định thời gian trễ  $\Delta t$

- a) Phối hợp của hai điện áp-xung  
 b) Phối hợp của một điện áp xung và một điện áp xoay chiều tần số công nghiệp