

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 10884-2-2:2015
IEC/TR 60664-2-2:2002**

Xuất bản lần 1

**PHỐI HỢP CÁCH ĐIỆN DÙNG CHO THIẾT BỊ
TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN HẠ ÁP - PHẦN 2-2:
CÁC XEM XÉT GIAO DIỆN - HƯỚNG DẪN ÁP DỤNG**

*Insulation coordination for equipment within low-voltage systems -
Part 2-2: Interface considerations - Application guide*

HÀ NỘI - 2015

Phối hợp cách điện dùng cho thiết bị trong hệ thống điện hạ áp – Phần 2-2: Xem xét giao diện – Hướng dẫn áp dụng

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems -

Part 2-2: Interface considerations - Application guide

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp thông tin tổng quan về các loại quá điện áp đột biến khác nhau có thể xảy ra trong hệ thống lắp đặt điện hạ áp và thiết bị. Cụ thể:

- độ lớn và thời gian của đột biến điển hình cũng như tần suất xuất hiện của chúng;
- thông tin về quá điện áp do tương tác giữa hệ thống điện và hệ thống thông tin;
- hướng dẫn khi xem xét các vấn đề về giao diện liên quan đến phối hợp cách điện;
- hướng dẫn liên quan đến các phương tiện bảo vệ chống đột biến trên cơ sở các xem xét rủi ro và tính khả dụng, bao gồm cả tương tác bên trong hệ thống;
- nêu ra các quá điện áp tạm thời và các yếu tố khác phải được tính đến đối với phối hợp cách điện, chủ yếu liên quan đến việc kiểm soát bảo vệ sử dụng các thiết bị bảo vệ chống đột biến.

2 Tài liệu viện dẫn

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

TCVN 7447-4-44 (IEC 60364-4-44), *Hệ thống lắp đặt điện hạ áp – Phần 4-44: Bảo vệ an toàn – Bảo vệ chống nhiễu điện áp và nhiễu điện từ*

TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), *Phối hợp cách điện dùng cho thiết bị trong hệ thống điện hạ áp – Phần 1: Nguyên tắc, yêu cầu và thử nghiệm*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test (Tương thích điện từ (EMC) – Phần 4-5: Kỹ thuật đo và thử nghiệm – Thử nghiệm miễn nhiễm đột biến)*

TCVN 10884-2-2:2015

IEC TS 61312-3, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 3: Requirements of surge protective devices (SPD)* (Bảo vệ chống xung sét điện từ – Phần 3: Yêu cầu của thiết bị bảo vệ chống đột biến (SPD))

IEC 61643-1, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods* (Thiết bị bảo vệ chống đột biến được nối với hệ thống phân phối điện hạ áp – Phần 1: Yêu cầu tính năng và các phương pháp thử nghiệm)

IEC 61643-12, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 12: Selection and application principles* (Thiết bị bảo vệ chống đột biến được nối với hệ thống phân phối điện hạ áp – Phần 12: Nguyên tắc lựa chọn và áp dụng)

IEC TR 62066, *General basic information regarding surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems* (Thông tin cơ bản chung về quá điện áp đột biến và bảo vệ chống đột biến trong hệ thống điện xoay chiều hạ áp)

3 Thuật ngữ và định nghĩa

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

3.1

Cấp quá điện áp (overvoltage category)

Con số xác định điều kiện quá điện áp quá độ.

[TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), 3.10]

3.2

Điều kiện quá điện áp có kiểm soát (controlled overvoltage condition)

Điều kiện trong hệ thống điện trong đó các quá điện áp quá độ dự kiến được giới hạn ở mức xác định.

[TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), 3.16]

3.3

Kiểm soát vốn có (inherent control)

Quá điện áp quá độ được giới hạn bằng hệ thống phân phối điện.

3.4

Kiểm soát bảo vệ (protective control)

Quá điện áp quá độ được giới hạn bằng các thiết bị như thiết bị bảo vệ chống đột biến (SPD).

3.5

Điện áp xung danh định (rated impulse voltage)

Giá trị điện áp chịu xung do nhà chế tạo ấn định cho thiết bị hoặc một phần của thiết bị, đặc trưng cho khả năng chịu thử quy định của cách điện đối với các quá điện áp quá độ.

[TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), 3.9.2]

4 Xem xét các cấp quá điện áp

Phối hợp cách điện cho thiết bị dựa trên một chuỗi các bước. Bước đầu tiên là xác định cấp quá điện áp cho thiết bị (xem TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), 2.2.2.1.1).

Cấp quá điện áp là chỉ thị mức độ rủi ro có thể chấp nhận đối với một ứng dụng cụ thể. Cấp quá điện áp có thể được xác định bằng sự hiểu biết về kiểm soát vốn có hoặc bằng cách sử dụng kiểm soát bảo vệ.

Kiểm soát bảo vệ sử dụng SPD có thể đưa ra một khía cạnh rủi ro nếu SPD bị hỏng hoặc trở nên không hiệu quả. Có nhiều phương pháp để chỉ ra hỏng SPD và các phương pháp để tự động ngắt thiết bị khỏi hệ thống nguồn cấp nếu thiết bị bị hỏng. Phương pháp tự động ngắt thiết bị có thể thích hợp trong một số ứng dụng nhất định (xem IEC 61643-1 và IEC 61643-12).

Xác định cấp quá điện áp dẫn đến việc lựa chọn điện áp xung danh định sử dụng các bảng trong TCVN 10884-1 (IEC 60664-1).

5 Xem xét việc sử dụng kiểm soát bảo vệ

5.1 Quy định chung

Người lắp đặt sẽ quyết định xem có nên cung cấp kiểm soát bảo vệ trong hệ thống lắp đặt điện trên cơ sở các thông tin cục bộ (thực hành tốt), quy định kỹ thuật địa phương, v.v...

Kiểm soát bảo vệ thiết bị có thể là quyết định của nhà chế tạo hoặc của người sử dụng.

Có hai yếu tố quan trọng trong quá trình ra quyết định này:

- đánh giá các nhu cầu kiểm soát bảo vệ, tùy thuộc vào kiểu hệ thống lắp đặt điện, kiểu và mục đích của thiết bị và đánh giá rủi ro;
- đánh giá mức độ kiểm soát bảo vệ chống quá điện áp đối với cú sét đánh gián tiếp. Các quá điện áp có thể được cảm ứng vào các mạch điện của hệ thống lắp đặt điện hoặc do các dòng điện đưa vào hệ thống trung áp và hệ thống hạ áp do cú sét đánh gián tiếp ở khoảng cách nhất định đến hệ thống lắp đặt điện. Một đánh giá tương tự có thể áp dụng cho quá điện áp đóng cắt.

Các thông tin đã biết về các quá điện áp cảm ứng từ sét trên các đường dây hạ áp trên không thường nhiều hơn so với các hệ thống lắp đặt điện bên trong toà nhà. Thậm chí biết rất ít về quá điện áp trên thiết bị, kể cả quá điện áp đóng cắt. Xác suất quá điện áp ước tính (số lần / năm / km) thể hiện "quá điện áp kỳ vọng" (không bị ảnh hưởng bởi bất kỳ phản ứng nào của hệ thống, như phóng điện bề mặt). Trong các trường hợp thực tế, có các biến dạng và hạn chế là do nhiều phân nhánh, các đoạn cáp, các tải, phóng điện bề mặt, các thiết bị bảo vệ chống quá điện áp, v.v... Do đó, phân bố thống kê cần được dự kiến là sẽ thay đổi đôi chút trong các trường hợp thực tế. Cụ thể, tần suất quá điện áp có độ lớn vượt quá mức cách điện đường dây thông thường sẽ được giảm.

TCVN 10884-2-2:2015

Từ các dữ liệu tham khảo về sự xuất hiện các quá điện áp, có thể kỳ vọng các hồng học liên quan đến đột biến của thiết bị sẽ nhiều hơn so với quan sát được trên thực tế. Sự khác biệt này có thể được giải thích bằng một số yếu tố:

- xác suất thực tế của các sự kiện tại một địa điểm nhất định;
- giảm thiểu tác động của nhiễu tuyến dẫn đến các đột biến;
- đáp ứng thực tế của đường dây truyền tải;
- ảnh hưởng của việc mang tải tuyến tính cũng như tải phi tuyến;
- có SPD;
- phóng điện bề mặt không nhận biết được do quá điện áp rất cao, v.v...

Mô hình sử dụng để phân tích đã chứng tỏ rằng đối với đường dây hạ áp thông thường (230/400 V, cáp xoắn, ba pha và trung tính), và đối với mật độ sét bằng 2,2 cú sét mỗi năm trên mỗi kilômét, thì số lượng các quá điện áp tiềm ẩn vượt mức cách điện 4 kV đối với hệ thống TN 230 V, ví dụ như 4 kV đối với hệ thống TN 230 V, là một lần xuất hiện mỗi năm. Tuy nhiên, ngay cả khi tần suất quá điện áp xảy ra thấp có thể vẫn không được chấp nhận nếu nó dẫn đến hồng học trong hệ thống lắp đặt điện hoặc thiết bị trọng yếu. Do đó, mức độ rủi ro chấp nhận được phải được xem xét cho từng tình huống.

Quá điện áp giữa các dây dẫn và đất cục bộ gây ứng suất lên cách điện của thiết bị được nối vào thường có mức chịu đựng đủ phù hợp với TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), trong khi các bộ phận làm việc của thiết bị điện chịu ứng suất do quá điện áp xuất hiện giữa các dây dẫn. Ban đầu, có thể kết luận rằng tình huống đe dọa nhất sẽ là quá điện áp đặt vào các bộ phận làm việc của thiết bị điện. Tuy nhiên, các quá điện áp xuống đất có thể trở thành vấn đề, không quá nhiều cho cách điện thiết bị điện, nhưng dẫn đến dịch chuyển điện thế tham chiếu giữa hệ thống điện và hệ thống thông tin mà có thể được nối tới thiết bị. Vấn đề điện thế này được thảo luận chi tiết hơn trong Điều 8 của Phụ lục D của IEC 62066.

5.2 Tóm tắt về quá điện áp do sét

Quá điện áp do sét bắt nguồn từ một nguồn ngoài tầm kiểm soát của con người và mức độ nghiêm trọng của chúng tại điểm sử dụng điện năng phụ thuộc vào nhiều tham số được xác định bởi điểm tác động của cú sét đánh và bởi cấu trúc của hệ thống điện. Cấu trúc này thường được xác định bằng các xem xét không phải bảo vệ chống sét.

Các quá điện áp có thể được phân loại theo điểm tác động của chúng: sét đánh trực tiếp, sét đánh gần và sét xuất hiện ở khoảng cách xa. Đối với sét đánh trực tiếp, các quá điện áp do dòng điện sét trong kết cấu và hệ thống nối đất liên quan. Đối với các sét đánh gần, các quá điện áp do cảm ứng điện áp trong mạch vòng và, trong phạm vi nào đó, do gia tăng điện thế đất liên quan đến dòng điện sét. Đối với các sét đánh xa, quá điện áp được giới hạn ở những thứ được cảm ứng vào các mạch vòng.

Cần lưu ý rằng TCVN 10884-1 (IEC 60664-1) không xét tới khía cạnh các sét đánh trực tiếp hoặc sét đánh gần. Việc gia tăng ứng suất xảy ra khi điểm tác động của sét đánh gần với kết cấu đang xét, nhưng ứng suất cao như vậy ít có khả năng xảy ra hơn ứng suất cường độ thấp kết hợp với nhiều tia sét đánh từ xa. Trong mọi trường hợp, việc xem xét thống kê, được thảo luận trong IEC 62066 trong các điều đề cập đến phân tích rủi ro, là một phần thiết yếu của các quyết định cần thực hiện liên quan đến bảo vệ chống quá điện áp do sét này.

Sự xuất hiện sét và đặc trưng của sét có tính chất thống kê, và vẫn có độ không đảm bảo liên quan. Ví dụ, hầu hết các phép đo dòng điện một chiều được thực hiện cho các cột tháp cao, và nhìn chung kết quả có thể không có tính đại diện. Các khu vực địa lý, kể cả điều kiện khí hậu, cũng có thể có tính quyết định. Các phép đo cũng như các nghiên cứu lý thuyết vẫn đang diễn ra ở một số nước, và các dữ liệu đáng tin cậy hơn về sét và các ảnh hưởng của sét có thể sẽ có trong tương lai.

Cần lưu ý rằng đề xuất bất kỳ để áp dụng các xem xét về lý thuyết hoặc kết quả của các phép đo hạn chế để xác định mối quan hệ giữa xác suất xuất hiện và các mức phải luôn được sự thỏa hiệp với kiểm tra thực tế.

6 Nhận xét về quá điện áp đột biến và mức độ hồng hóc

6.1 Quy định chung

Xem xét ba loại quá điện áp (do sét, đóng cắt, và tạm thời) biểu diễn thông tin định lượng về các hiện tượng này, dựa một phần vào lý thuyết tạo ra các giả thiết về tình huống phổ biến, và một phần vào các phép đo. Các phép đo hiện trường chỉ có thể phản ánh điều kiện cục bộ tại thời điểm đo; các phép đo trong phòng thí nghiệm chỉ có thể cung cấp các kết luận dựa trên các giả thiết khi thiết lập thử nghiệm.

Các lưu ý trong IEC 62066 nêu rằng việc tổng quát hóa từ dữ liệu hạn chế cần thận trọng khi thực hiện. Thận trọng như vậy là quá trình định lượng nhiều hơn định tính, là sự thỏa hiệp giữa các dự báo về tần suất xuất hiện các đột biến "lớn" và tính năng hiện trường thực tế của thiết bị chịu các đột biến mà thực sự xảy ra trong môi trường làm việc của chúng.

Một thận trọng mang tính định lượng khác là sự thỏa hiệp giữa các kết luận rút ra từ các giả thiết được đơn giản hóa từ các tính toán và các định luật vật lý cơ bản. Bất kỳ kết luận nào dựa trên những đơn giản hóa, tổng quát hóa hoặc giả thiết này, mà không phù hợp với thực tế, cần thận trọng về tính hợp lệ của các đơn giản hóa này, v.v.... Do đó, các nhận xét dưới đây được trình bày như một biện pháp thận trọng dựa trên kinh nghiệm. Chúng không có mục đích phủ nhận sự xuất hiện các đột biến "lớn" mà chỉ đề xuất rằng các đột biến "lớn" này không xảy ra thường xuyên như thông tin sẵn có nhưng hạn chế.

6.2 Sử dụng dữ liệu hỏng tại hiện trường

Đáng tiếc không có các thống kê hỏng hóc mở rộng có sẵn cho thiết bị hạ áp, và rất khó để ước lượng mức độ hỏng hóc một cách khách quan. Tuy nhiên, một số điều tra được thực hiện bởi các công ty bảo hiểm, dựa trên số liệu thống kê nội bộ của họ, chỉ ra rằng các hỏng hóc thiết bị (thiết bị video, tủ lạnh, v.v...) xảy ra khá thường xuyên trong giống bảo, đặc biệt ở các khu vực có đường dây phân phối hạ áp trên không. Các chỉ số cũng cho thấy rằng sẽ xuất hiện hỏng hóc nhỏ do các dòng điện rò mà cầu chảy hoặc bộ ngắt không tác động, sinh ra hỏng hóc nghiêm trọng, hàng giờ hoặc hàng ngày sau sự kiện đột biến ban đầu. Nguyên nhân gây nên hỏng hóc thiết bị này bao gồm:

- khả năng đột biến không đủ tại cổng nguồn đầu vào thiết bị;
- thiếu phối hợp cách điện;
- lão hóa của thiết bị;
- tương tác hệ thống.

Đôi khi các nhà chế tạo miễn cưỡng công bố dữ liệu hỏng của họ, thông tin rời rạc thường cung cấp một vài dấu hiệu cho thấy sự sống còn của thiết bị trong điều kiện trường thực tế.

Nếu mức miễn nhiễm đột biến, hoặc mức hỏng, của các thiết bị đã biết, có thể kết luận về cấp độ lớn của tần suất xuất hiện đột biến cao hơn mức miễn nhiễm. Mức hỏng cao chỉ thị mức độ xuất hiện đột biến tương ứng trên mức đó. Khi kinh nghiệm trường làm việc trong thực tế cho biết mức hỏng thấp, có thể suy luận mức độ xuất hiện đột biến cao hơn mức hỏng của thiết bị là như nhau.

6.3 Ngăn ngừa thiệt hại vĩnh viễn

Ứng dụng SPD thường tập trung vào việc xem xét để ngăn chặn thiệt hại do độ lớn và khả năng truyền năng lượng của đột biến (kể cả khoảng thời gian đột biến) trong khi nhiều thường phản ánh các thông số sườn trước của đột biến. Khi tình huống liên quan đến quá điện áp do hiệu ứng cảm ứng kết hợp với dòng đột biến, mức thay đổi dòng điện, sườn trước của đột biến là hệ số liên quan đến quá điện áp sinh ra.

Tất nhiên, việc ngăn ngừa thiệt hại vĩnh viễn cũng có thể đạt được bằng cách nâng cao mức miễn nhiễm sẵn có của thiết bị. Đây là cách tiếp cận được đề xuất trong TCVN 10884-1 (IEC 60664-1) tại đó xác định "điện áp chịu thử của thiết bị" và một vài loại mức chịu đựng, như được thảo luận dưới đây.

Tuy nhiên, cần phải lưu ý rằng "mức độ chịu đựng của cách điện" thường liên quan đến quá điện áp xuất hiện trong chế độ pha – đất (phương thức chung), trong khi các thành phần điện tử thường được nối dạng pha – trung tính (còn được mô tả là "phương thức vi sai"). Các thực tiễn có trung tính nối đất, tùy theo từng quốc gia, cũng đóng vai trò trong mức độ đe dọa đột biến tương đối trong các phương thức chung so với phương thức vi sai. Ví dụ, trong hệ thống TN, liên kết trung tính và đất ở đầu vào hệ thống ngăn chặn sự lan truyền hơn nữa của các đột biến phương thức chung tác động lên hệ thống lắp đặt điện, bằng cách chuyển chúng sang các đột biến vi sai (pha – trung tính). Nhiều tiêu chuẩn

TCVN/IEC xác định môi trường đột biến. Ví dụ, IEC 61000-4-5 đề xuất các thử nghiệm miễn nhiễm cần có mức đột biến phương thức chung cao hơn so với phương thức vi sai. Tuy nhiên, quá điện áp được dự kiến trong hệ thống TN nói chung thấp hơn so với hệ thống TT, do dây trung tính có nhiều điểm nối đất.

Mặc dù các sai lệch này rất nhỏ, các phần dưới đây tóm tắt các cách tiếp cận được thực hiện trong TCVN 10884-1 (IEC 60664-1), trong đó quan hệ được thiết lập trực tiếp giữa điện áp chịu xung của thiết bị và cấp quá điện áp ấn định cho thiết bị. Quan hệ này độc lập với vị trí vật lý của thiết bị trong hệ thống lắp đặt điện cụ thể.

Các cấp quá điện áp đặc trưng cho mức chịu đựng xung của thiết bị, cho phép phân loại thiết bị và lựa chọn chúng theo sự cần thiết làm việc liên tục và xác suất hỏng hóc chấp nhận được. Cùng với các điện áp xung danh định ưu tiên, thực hiện phối hợp cách điện có thể cho toàn bộ hệ thống lắp đặt điện, làm giảm xác suất hỏng đến mức chấp nhận được và cung cấp khả năng chịu quá điện áp cơ bản.

Cấp quá điện áp cao hơn cho biết mức chịu đựng tốt hơn của thiết bị và cho phép lựa chọn rộng hơn về phương pháp bảo vệ quá điện áp. Đối với các đặc tính trở kháng chiếm ưu thế, sau sườn trước của chúng, quá điện áp bắt nguồn từ khí quyển không bị suy giảm đáng kể về phía tải so với đầu vào hệ thống khi các tải trở kháng tương đối cao được nối tới các mạch nhánh. Nghiên cứu cho thấy rằng, có thể hợp lý khi sử dụng các phân tích xác suất để đánh giá nhu cầu bảo vệ.

Các biện pháp bảo vệ có thể đã được thực hiện bên trong thiết bị. Trong trường hợp này, nhà chế tạo phải cung cấp thông tin để cho phép đánh giá thích hợp nhu cầu giảm đột biến thêm nữa. Những nhận biết sai lầm về môi trường đột biến có thể dẫn đến việc đưa vào một cách vô ích các SPD không thích hợp, làm giảm độ tin cậy của toàn hệ thống. Một số thiết bị điện tử, cụ thể là các thiết bị có nguồn cung cấp ở chế độ đóng cắt mà có một tụ điện đầu vào lớn, mà tại đó có khuếch đại thời gian ngắn vượt quá mức miễn nhiễm có sẵn và lâu dài có thể sẽ bị tổn thất khi SPD không còn phù hợp với môi trường được tích hợp trong thiết bị đối với một số cải tiến miễn nhiễm đột biến đã được yêu cầu.

7 Nguyên tắc phối hợp giữa SPD và thiết bị cần bảo vệ (tham khảo thêm IEC 61312-3)

Để lựa chọn chính xác các SPD lắp trong hệ thống lắp đặt điện cố định hoặc trong thiết bị, cần phải xem xét các yếu tố cần thiết, như:

- điện áp làm việc liên tục lớn nhất của SPD, U_c , phụ thuộc vào cấu hình hệ thống (hệ thống TN, TT và IT);
- mức bảo vệ của SPD, U_p , phụ thuộc vào hệ thống lắp đặt điện riêng lẻ;
- đáp ứng hồng của quá điện áp tạm thời của SPD (TOV);

Thông tin chi tiết có thể xem trong IEC 61643-1.

8 Thiết bị cho hệ thống, hệ thống lắp đặt điện và vận hành thiết bị trong các điều kiện kiểm soát vốn có hoặc kiểm soát bảo vệ

Đối với hệ thống, hệ thống lắp đặt điện hoặc thiết bị làm việc trong các điều kiện có kiểm soát bảo vệ hoặc kiểm soát vốn có, phải tính đến sự có mặt của thiết bị bảo vệ chống đột biến gần điểm cấp nguồn từ lưới điện hạ áp. TCVN 7447-4-44 (IEC 60364-4-44) đòi hỏi các thiết bị bảo vệ chống đột biến như vậy phải có điện áp chặn không cao hơn điện áp xung quy định cho quá điện áp cấp II. Bên trong hệ thống, hệ thống lắp đặt điện hoặc thiết bị, thiết bị bảo vệ chống đột biến bất kỳ có điện áp chặn thấp hơn giá trị của thiết bị bảo vệ chống đột biến tại điểm cấp nguồn sẽ phải làm việc với năng lượng rất cao và sẽ là hợp lý để tính toán thông số đặc trưng của thiết bị theo dòng phóng điện.

8.1 Bảo vệ riêng cho các phần của hệ thống hoặc hệ thống lắp đặt điện

Gần các điểm cấp nguồn từ lưới điện hạ áp, lắp đặt thiết bị bảo vệ chống đột biến bổ sung có điện áp chặn bằng mức bảo vệ thấp nhất yêu cầu trong hệ thống điện. Gần với phần bất kỳ cần bảo vệ đặc biệt, có thể cần thiết bị bảo vệ chống đột biến có điện áp chặn cao hơn giá trị của thiết bị bảo vệ chống đột biến về phía nguồn để giảm dao động.

8.2 Bảo vệ riêng trong thiết bị

Thiết bị không được thiết kế để sử dụng trong hệ thống hoặc hệ thống lắp đặt điện riêng thì không được trang bị các thiết bị bảo vệ chống đột biến, trừ khi

- thiết bị bảo vệ chống đột biến có thông số đặc trưng theo dòng phóng điện thích hợp,
- trở kháng giới hạn dòng điện xung được lắp giữa các đầu nối nguồn của thiết bị và thiết bị bảo vệ chống đột biến của nó.

CHÚ THÍCH: Phương pháp như vậy chỉ thích hợp nếu tiêu thụ điện năng của thiết bị đủ thấp.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] Johannesen, ST., HUSE, J., và Johansen, H., *Phân tích thống kê thiệt hại cháy liên quan đến sét*, Báo cáo, Hội nghị Quốc tế về Chống sét lần thứ 22, Budapest, 1994
- [2] Elektronik-Schaden, Kundeninformation Überspannungsschutz - Württembergische Versicherung
Thông tin khách hàng về bảo vệ chống quá điện áp – Công ty Bảo hiểm Württembergische, Stuttgart, Tháng Bảy 1996
-