



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0020069

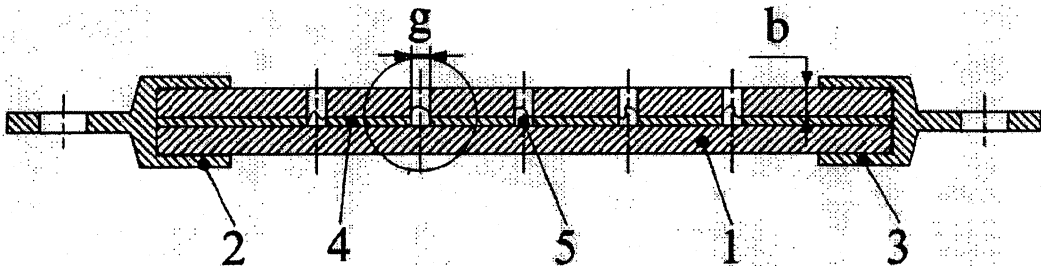
(51)⁷ **H01T 4/16, H02G 13/00, H02H 9/06**

(13) **B**

- (21) 1-2011-02126 (22) 19.01.2009
(86) PCT/RU2009/000006 19.01.2009 (87) WO2010/082861 22.07.2010
(45) 26.11.2018 368 (43) 30.01.2012 286
(73) AKTSIONERNOE OBSHESTVO "NPO "STREAMER" (RU)
Nevsky pr. pom. 17N, d. 147 St.Petersburg, 191024, RUSSIA
(72) PODPORKIN, Georgy Viktorovich (RU), KALAKUTSKY, Evgeny Sergeevich (RU)
(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) **THIẾT BỊ CHỐNG SÉT VÀ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN CÓ THIẾT BỊ CHỐNG SÉT NHƯ VẬY**

(57) Sáng chế đề cập tới thiết bị chống sét để bảo vệ các phần tử của các trang bị điện bao gồm thân cách điện được làm bằng chất điện môi rắn, tốt hơn là có dạng thanh, dải hoặc hình trụ, hai điện cực chính được nối cơ khí với thân cách điện và hai hoặc nhiều hơn điện cực trung gian. Tốt hơn là, các điện cực trung gian được tạo ra có dạng thanh hoặc hình trụ và được bố trí giữa các điện cực chính sao cho các điện cực trung gian được bố trí cách nhau dọc theo trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện hoặc dọc theo một đường xoắn ốc. Thiết kế này cho phép tạo ra một kênh dẫn phóng điện giữa các điện cực liên kề. Hơn nữa, các điện cực được bố trí bên trong thân cách điện và được tách rời ra khỏi bề mặt của thân nhờ một lớp cách điện. Các buồng phóng điện được tạo ra là các hốc hoặc các lỗ xuyên hở ra ở bề mặt của thân cách điện được bố trí giữa các cặp điện cực liên kề. Kích thước của các buồng này được chọn sao cho trạng thái phóng điện dễ dàng bị thổi ra khỏi các buồng tới bề mặt của thân cách điện, nhờ đó gia tăng hiệu quả dập dòng điện phóng điện. Theo phương án ưu tiên, thiết bị chống sét có điện cực bổ sung để giảm bớt điện áp đánh thủng. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập tới đường dây điện lực có thiết bị chống sét như vậy.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết các thiết bị chống sét để bảo vệ thiết bị điện và các đường dây điện lực cao áp (HEPL) đối với các quá điện áp do sét đánh. Ví dụ, các thiết bị chống sét như vậy có thể được sử dụng để bảo vệ các thiết bị cao áp, các bộ phận cách điện và các phần tử HEPL khác, cũng như các trang bị điện khác nhau. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập tới đường dây điện lực có thiết bị chống sét như vậy.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết thiết bị chống sét kiểu ống để giới hạn các quá điện áp trên đường dây điện lực (xem High voltage techniques. Ed. D. V. Razevig, Moscow, "Energiya" Publishing House, 1976, trang 287). Bộ phận chính của thiết bị chống sét này được tạo bởi một ống làm bằng vật liệu sinh khí cách điện. Một đầu của ống có lắp một nắp kim loại có một điện cực thanh bên trong được gắn chặt trên đó. Một điện cực dạng vòng được bố trí ở đầu hở của ống. Khe hở giữa điện cực thanh và điện cực dạng vòng được gọi là khe bên trong hoặc khe đập tia hồ quang. Một trong hai điện cực được nối đất, trong khi điện cực thứ hai được nối qua khe không khí phóng tia lửa điện ngoài với dây dẫn của đường dây điện lực.

Quá điện áp do sét đánh dẫn đến trạng thái đánh thủng của cả hai khe, vì thế dòng điện xung được rẽ mạch xuống đất. Sau khi xung quá điện áp qua thiết bị chống sét đã kết thúc, dòng điện đi theo tiếp tục dẫn, vì thế kênh dẫn tia lửa biến đổi thành kênh dẫn hồ quang. Do nhiệt độ cao trong kênh dẫn của dòng hồ quang bên trong ống, hiện tượng sinh khí mãnh liệt xảy ra sẽ dẫn đến

sự gia tăng áp suất mạnh mẽ. Các khí đi tới đầu hờ của ống sẽ tạo ra trạng thái phóng hồ quang theo chiều dọc, vì thế hồ quang được dập tắt khi đi qua giá trị điểm không của nó lần đầu tiên.

Sau những lần tác động của thiết bị chống sét, buồng phóng điện của ống bị ăn mòn. Thiết bị chống sét sẽ dừng hoạt động và cần phải thay thế, điều này dẫn đến sự gia tăng chi phí bảo dưỡng.

Ngoài ra, đã biết thiết bị chống sét để giới hạn các quá điện áp trên đường dây điện lực, thiết bị chống sét này dựa trên việc sử dụng một khe không khí phóng tia lửa điện bảo vệ được tạo ra giữa hai thanh kim loại (xem High voltage techniques. Ed. D. V. Razevig, Moscow, "Energiya" Publishing House, 1976, trang 285). Một trong các thanh trong thiết bị chống sét này được nối với dây dẫn cao áp của đường dây điện lực, trong khi thanh thứ hai được nối với một kết cấu nối đất, ví dụ, với cột đỡ (chẳng hạn tháp đỡ hoặc trụ đỡ) của đường dây điện lực. Trong trường hợp xảy ra quá điện áp, khe không khí phóng tia lửa điện bị đánh thủng, vì thế dòng điện bởi quá điện áp do sét đánh được rẽ mạch xuống đất, và điện áp cấp tới thiết bị sẽ suy giảm nhanh chóng. Theo cách này, đạt được cả trạng thái rẽ mạch dòng điện sét lẫn tác dụng giới hạn quá điện áp. Tuy nhiên, khả năng dập hồ quang của một khe duy nhất là nhỏ, vì thế sau khi kết thúc quá điện áp, dòng điện đi theo do hồ quang điện tiếp tục dẫn qua khe không khí phóng tia lửa điện. Do đó, một thiết bị ngắt mạch cần phải được kích hoạt để ngắt mạch điện, trạng thái ngắt mạch như vậy là không mong muốn đối với người sử dụng tiếp nhận điện năng từ đường dây điện này.

Hơn nữa, đã biết thiết bị chống sét khác với thiết bị như nêu trên ở chỗ một điện cực thanh trung gian thứ ba được bố trí giữa điện cực thanh chính thứ nhất và điện cực thanh chính thứ hai (ví dụ, xem patent Mỹ số 4,665,460, H01T 004/02, 1987). Như vậy, thay cho một khe không khí phóng tia lửa điện duy nhất, hai khe như vậy được tạo ra. Cải tiến này cho phép cải thiện phần

nào khả năng dập hồ quang của thiết bị chống sét và đảm bảo, với sự trợ giúp của thiết bị chống sét, khả năng dập tia với dòng điện đi theo vừa phải (có giá trị cỡ vài chục A) trong trường hợp có ngắn mạch một pha với điểm đất. Tuy nhiên, thiết bị chống sét này không thể dập được các dòng điện vượt quá 100 A, các dòng điện này thường gặp phải đối với các trạng thái ngắn mạch hai hoặc ba pha với điểm đất ngắn mạch trong trường hợp có quá điện áp do sét đánh.

Ngoài ra, thiết bị chống sét dự định để bảo vệ chống sét cho các phần tử của các trang bị điện và được cung cấp hệ thống nhiều điện cực (MES) được bộc lộ trong patent Nga số RU 2299508, H02H 3/22, 2007 có thể được xem là giải pháp kỹ thuật đã biết gần nhất của sáng chế. Thiết bị chống sét này bao gồm thân cách điện làm bằng chất điện môi rắn, hai điện cực chính được nối cơ khí với thân cách điện, và hai hoặc nhiều hơn điện cực trung gian. Các điện cực trung gian được bố trí giữa các điện cực chính và được bố trí cách nhau ít nhất dọc theo trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện. Các điện cực trung gian này được làm thích ứng để cho phép trạng thái phóng tia tiên đạo xảy ra giữa từng điện cực chính và điện cực trung gian liền kề từng điện cực chính này, cũng như giữa các điện cực trung gian liền kề.

Bằng cách chia nhỏ khoảng cách giữa các điện cực chính thành các khe không khí phóng tia lửa điện, thiết bị chống sét này có khả năng dập hồ quang tốt hơn so với các thiết bị có một khe phóng điện duy nhất hoặc chỉ có ít khe như vậy (ví dụ, xem A. C. Taev. Electric arc in low voltage apparatuses, Moscow, "Energiya" Publishing House", 1965, trang 85).

Tuy nhiên, khả năng dập hồ quang của thiết bị chống sét theo kỹ thuật đã biết này là không đủ cao, vì thế ứng dụng của nó bị giới hạn ở việc bảo vệ chống sét của các HEPL có cấp điện áp nằm trong khoảng từ 6 tới 10 kV. Khó có thể sử dụng thiết bị chống sét như vậy để bảo vệ chống sét đánh cho

các HEPL có các cấp điện áp cao hơn vì số lượng của các điện cực trung gian và kích thước thiết bị chống sét trở thành quá lớn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị chống sét có độ tin cậy cao, chi phí chế tạo và bảo dưỡng thấp, các điện áp đánh thủng thấp và hiệu quả dập dòng điện cao. Các đặc tính như vậy cho phép sử dụng thiết bị chống sét theo sáng chế để bảo vệ chống sét cho các đường dây điện lực cao áp (HEPL) có các cấp điện áp cao hơn (từ 20 tới 35 kV và cao hơn nữa), và cải thiện các chỉ tiêu kỹ thuật và kinh tế của các thiết bị chống sét có cấp điện áp nằm trong khoảng từ 3 tới 10 kV.

Nói cách khác, sáng chế đề cập tới việc cải thiện độ tin cậy và đơn giản hoá thiết kế của thiết bị chống sét.

Đạt được mục đích như nêu trên bằng cách đề xuất thiết bị chống sét để bảo vệ chống sét cho các trang bị điện, thiết bị chống sét này bao gồm thân cách điện làm bằng chất điện môi rắn, hai điện cực chính được nối cơ khí với thân cách điện, và hai hoặc nhiều hơn điện cực trung gian được làm thích ứng để cho phép trạng thái phóng điện (ví dụ hiện tượng phóng tia tiên đạo) xảy ra giữa từng điện cực chính và điện cực trung gian liền kề từng điện cực chính này, trong đó các điện cực liền kề được bố trí giữa các điện cực chính và được bố trí cách nhau ít nhất dọc theo trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện. Theo một số phương án, đường thẳng mà các điện cực trung gian nằm cách nhau được bố trí dọc theo có thể trùng với trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện. Thiết bị chống sét theo sáng chế khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian được bố trí bên trong thân cách điện và được tách rời ra khỏi bề mặt của nó nhờ một lớp cách điện có độ dày lớn hơn đường kính được tính toán trước D_k của kênh dẫn phóng điện, trong đó các buồng phóng điện (hoặc các hốc) được tạo ra giữa các điện cực trung gian liền kề, các buồng phóng

điện này hở ra ở bề mặt của thân cách điện, và trong đó diện tích tiết diện ngang S của các buồng phóng điện ở vùng tạo thành kênh dẫn phóng điện được chọn để thoả mãn điều kiện: $S < D_{\kappa} \cdot g$, trong đó g là khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực trung gian liền kề.

Phụ thuộc vào thiết bị chống sét theo phương án cụ thể và công nghệ được chọn để chế tạo thiết bị chống sét, các buồng phóng điện có thể được tạo ra là các hốc hoặc các lỗ xuyên được tạo ra ở thân cách điện. Các hốc hoặc các lỗ xuyên như vậy có thể có tiết diện (nghĩa là mặt cắt được xác định bởi mặt phẳng vuông góc với trục tâm của buồng phóng điện) có các hình dạng thích hợp khác nhau, ví dụ hình tròn, hình chữ nhật, dạng khe, v.v., nhờ đó cho phép các buồng phóng điện có thể thực hiện các chức năng của chúng (như sẽ được mô tả dưới đây). Theo một số phương án, tiết diện của buồng phóng điện có thể có kích thước thay đổi dọc theo độ sâu của buồng (nghĩa là kích thước gia tăng về phía bề mặt của thân cách điện).

Một điều kiện quan trọng để đảm bảo đạt được mục đích nêu trên của sáng chế là lựa chọn một cách tối ưu kích thước của các buồng phóng điện. Cụ thể hơn, tốt hơn là, độ dài buồng phóng điện xác định khoảng cách cực tiểu g giữa các điện cực liền kề được chọn phụ thuộc vào ứng dụng cụ thể của thiết bị chống sét vì ứng dụng này xác định các tham số của thiết bị chống sét như kiểu cấu trúc cần được bảo vệ, cấp điện áp, v.v.. Ví dụ, trong các thiết bị chống sét dùng để bảo vệ các HEPL có cấp điện áp trung bình (từ 6 tới 35 kV) đối với hiện tượng sét đánh, giá trị của g có thể được chọn nằm trong khoảng từ 1 mm tới 5 mm, trong khi trong trường hợp thiết bị chống sét theo sáng chế được sử dụng để bảo vệ các HEPL có cấp điện áp cao và cấp điện áp siêu cao, giá trị của g sẽ được gia tăng và tốt hơn là được chọn nằm trong khoảng từ 5 mm tới 20 mm.

Trong kết cấu theo một số phương án, thiết bị chống sét còn có thể có các buồng phóng điện được tạo ra giữa từng điện cực chính và các điện cực trung gian liền kề chúng.

Tốt hơn là, để đảm bảo khả năng dễ dàng chế tạo, thân cách điện được tạo dạng thanh, dải hoặc hình trụ. Các tham số liên quan tới giá thành của thiết bị chống sét có thể được cải thiện hơn nữa nếu sử dụng phương án đòi hỏi ít vật liệu hơn bằng cách tạo ra thân cách điện có các phần lồi ở các vùng mà các buồng phóng điện hở ra ở bề mặt của thân cách điện. Phương án như vậy cho phép tạo ra độ dày cần thiết của lớp cách điện chỉ ở các vùng bao quanh các buồng phóng điện, trong khi ở các phần giữa các vùng như vậy, độ dày của lớp cách điện này cơ bản có thể được giảm bớt.

Nhằm mục đích đảm bảo việc chế tạo dễ dàng thiết bị chống sét, tốt hơn là, các điện cực trung gian được tạo ra có dạng các tấm hoặc các hình trụ, ví dụ làm bằng kim loại, graphit hoặc sợi cacbon.

Để thoả mãn yêu cầu quan trọng liên quan tới điện áp đánh thủng thấp của thiết bị chống sét theo sáng chế, thiết bị này có điện cực bổ sung được nối với một trong số các điện cực chính, và bố trí điện cực bổ sung này trên bề mặt của thân cách điện đối diện với bề mặt mà các buồng phóng điện được làm hở ra ở đó, hoặc bên trong thân cách điện. Trong trường hợp này, tốt hơn là, tạo ra thân cách điện có bộ phận rỗng, và bố trí điện cực bổ sung bên trong bộ phận rỗng này. Theo cách này, tốt hơn là, cả bộ phận rỗng của thân cách điện lẫn điện cực bổ sung đều có tiết diện hình tròn. Điều này cho phép tạo ra thiết bị chống sét theo sáng chế bằng cách sử dụng một đoạn của cáp điện, trong đó với lõi và lớp cách điện rắn của cáp lần lượt tạo thành điện cực bổ sung và bộ phận rỗng của thân cách điện, với cả điện cực này lẫn bộ phận rỗng đều có cùng độ dài. Nói chung, độ dài của điện cực bổ sung tương ứng với ít nhất một nửa khoảng cách giữa các điện cực chính. Độ bền điện môi của lớp cách điện giữa điện cực bổ sung và điện cực chính không nối với nó

được chọn sao cho lớn hơn so với điện áp đánh thủng được tính toán trước giữa các điện cực chính.

Các điện cực trung gian có thể được gắn bên trong một dải làm bằng vật liệu cách điện tạo thành một phần của thân cách điện. Kết cấu này cho phép đơn giản hoá việc bố trí các điện cực trung gian dọc theo một đường dẫn tối ưu. Ví dụ, dải mềm dẻo bao gồm các điện cực có thể được cố định vào bề mặt của bộ phận rỗng của thân cách điện theo cách sao cho các điện cực trung gian sẽ được bố trí song song với trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện. Theo cách khác, dải mềm dẻo với các điện cực trung gian có thể được quấn dạng xoắn ốc quanh bề mặt của bộ phận rỗng hình trụ, vì thế các điện cực trung gian được bố trí cách nhau dọc theo một đường có dạng xoắn ốc. Kết cấu theo phương án này tạo khả năng gia tăng tổng số lượng các điện cực trung gian của thiết bị chống sét mà không làm tăng tổng độ dài của nó và nhờ đó cải thiện thêm khả năng dập hồ quang của thiết bị chống sét.

Trong kết cấu theo một phương án khác, thiết bị chống sét theo sáng chế có thể được sử dụng kết hợp với một thiết bị chống sét phóng điện bề mặt dạng kéo dài kiểu vòng (LFAL) theo kỹ thuật đã biết. Trong kết cấu theo phương án này, bộ phận rỗng của thân cách điện có thể có biên dạng có dạng hình chữ U, trong đó điện cực chính thứ nhất có thể được tạo ra là một ống kim loại bao quanh phần dạng cong của bộ phận rỗng. Điện cực chính thứ hai có thể được nối cơ khí với một hoặc cả hai đầu của bộ phận rỗng của thân cách điện và được nối điện với điện cực bổ sung. Trong kết cấu theo phương án này, thanh kim loại của LFAL thực hiện chức năng làm điện cực bổ sung. Do đó, điện cực bổ sung có độ dài bằng độ dài của thân cách điện. Các điện cực trung gian có thể được bố trí trên một hoặc cả hai nhánh của thân cách điện.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất đường dây điện lực có khả năng bảo vệ chống sét tin cậy bằng cách cung cấp cho đường dây các thiết bị

chống sét tin cậy và có giá thành thấp được làm thích ứng đối với các điện áp đánh thủng thấp và có khả năng dập hồ quang cao.

Theo khía cạnh này, đường dây điện lực bao gồm: các cột đỡ có các bộ phận cách điện, ít nhất một dây dẫn dẫn điện nối với các bộ phận cách điện nhờ phương tiện gắn cố định, và ít nhất một thiết bị chống sét để bảo vệ chống sét cho các phần tử của đường dây điện lực. Theo sáng chế, thiết bị chống sét như vậy (tốt hơn là, từng thiết bị chống sét như vậy) được tạo ra là thiết bị chống sét theo sáng chế. Theo các phương án ưu tiên của sáng chế, một trong số các điện cực chính của ít nhất một hoặc từng thiết bị chống sét theo sáng chế được nối trực tiếp hoặc qua một khe không khí phóng tia lửa điện với một phần tử của đường dây điện lực cần được bảo vệ, trong khi một điện cực chính khác được nối trực tiếp hoặc qua một khe không khí phóng tia lửa điện với điểm đất.

Đối với dây dẫn dẫn điện của đường dây điện lực theo sáng chế được bố trí bên trong lớp cách điện bảo vệ, một phần của dây dẫn này liền kề bộ phận cách điện của đường dây điện lực và nằm giữa các điện cực chính của thiết bị chống sét có thể được sử dụng làm điện cực bổ sung, trong khi đoạn tương ứng của lớp bảo vệ có thể được sử dụng làm bộ phận rỗng của thân cách điện. Trong kết cấu theo phương án này, điện cực chính thứ nhất sẽ được tạo ra là một kẹp bọc kim loại được bố trí trên đoạn lớp cách điện bảo vệ và được nối điện với một đầu của đoạn dây dẫn (nghĩa là với điện cực bổ sung). Điện cực chính thứ hai sẽ được bố trí trên bề mặt của lớp cách điện bảo vệ (nghĩa là của bộ phận rỗng của thân cách điện) và được nối điện với phương tiện gắn cố định bằng kim loại để cố định chắc chắn dây dẫn. Trong kết cấu theo phương án này, tốt hơn là, các điện cực trung gian của thiết bị chống sét được gắn bên trong dải làm bằng vật liệu cách điện được gắn chặt vào bề mặt của đoạn lớp cách điện bảo vệ.

Theo một phương án, đường dây điện lực theo sáng chế sử dụng thiết bị chống sét theo phương án có thân cách điện và điện cực bổ sung có tiết diện hình tròn, trong đó điện cực bổ sung của thiết bị chống sét được tạo ra là một thanh của bộ phận cách điện được lắp trực tiếp trên thiết bị chống sét. Thân cách điện của thiết bị chống sét theo phương án này được tạo ra là nắp bộ phận cách điện thường được sử dụng để cố định chắc chắn bộ phận cách điện trên thanh.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các mục đích, ưu điểm và khía cạnh khác nữa của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn qua phần mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt nhìn từ phía trước thể hiện thiết bị chống sét có thân cách điện dẹt theo một phương án thực hiện sáng chế;

Fig.2 là hình chiếu đứng thể hiện thiết bị chống sét trên Fig.1;

Fig.3 là hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện một phần của thiết bị chống sét trên Fig.1;

Fig.4 là hình chiếu từ trên xuống thể hiện một phần của thiết bị chống sét trên Fig.1;

Fig.5 là hình vẽ mặt cắt nhìn từ phía trước thể hiện thiết bị chống sét có thân cách điện dạng hình trụ theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.6 là hình chiếu đứng thể hiện thiết bị chống sét trên Fig.5;

Fig.7 là hình vẽ mặt cắt nhìn từ phía trước thể hiện thiết bị chống sét có thân cách điện có các phần lồi ở các vùng mà tại đó các buồng phóng điện hở ra ở bề mặt của thân cách điện theo một phương án khác nữa của sáng chế;

Fig.8 là hình chiếu đứng thể hiện thiết bị chống sét trên Fig.7;

Fig.9 là một phần hình chiếu đứng được cắt một phần thể hiện thiết bị chống sét bao gồm thân cách điện dẹt và điện cực bổ sung;

Fig.10 là hình chiếu đứng thể hiện thiết bị chống sét trên Fig.9;

Fig.11 là hình vẽ dạng sơ đồ mạch được đơn giản hoá thể hiện thiết bị chống sét trên Fig.9;

Fig.12 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện sự phân bố của các điện áp giữa các điện cực của thiết bị chống sét;

Fig.13 là hình vẽ mặt cắt thể hiện thiết bị chống sét có cả thân cách điện lẫn điện cực bổ sung được tạo dạng hình trụ có đầu trên dạng tròn;

Fig.14 là hình chiếu đứng thể hiện một cải biến của thiết bị chống sét trên Fig.13 có các điện cực trung gian được bố trí theo đường xoắn ốc;

Fig.15 là hình vẽ mặt cắt thể hiện đường dây điện lực cao áp (HEPL) theo một phương án của sáng chế bao gồm thiết bị chống sét được tạo ra bằng cách sử dụng nắp cách điện và thanh kim loại cách điện;

Fig.16 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện thiết bị chống sét theo phương án bao gồm bộ phận rỗng của thân cách điện và điện cực bổ sung được tạo dạng vòng;

Fig.17 và Fig.18 lần lượt là hình chiếu đứng và hình vẽ mặt cắt nhìn phía trước thể hiện thiết bị chống sét theo phương án với các điện cực trung gian được hàn bên trong lớp cách điện của một đoạn cáp; và

Fig.19 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện HEPL theo một phương án của sáng chế sử dụng dây dẫn được bố trí trong lớp cách điện bảo vệ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4, thiết bị chống sét theo sáng chế bao gồm thân cách điện dẹt dạng kéo dài 1 làm bằng một chất điện môi rắn, ví dụ, polyetylen. Các điện cực chính thứ nhất và thứ hai 2, 3 lần lượt được lắp trên cả hai đầu của thân cách điện 1. Nhờ cách bố trí như vậy, cả hai điện cực chính được nối cơ khí với thân cách điện. Bên trong thân cách điện 1 có bố trí m điện cực trung gian 4. Giá trị cực tiểu của m là 2 trong khi số lượng tối ưu của các điện cực trung gian được chọn phụ thuộc vào: hình dạng cụ thể của chúng, quá điện áp được tính toán trước và các điều kiện chức năng khác của chúng. Thiết bị chống sét theo phương án được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4 bao gồm năm điện cực trung gian 4 được tạo ra là các tấm hình chữ nhật được bố trí cách nhau dọc theo trục tâm theo chiều dọc của thiết bị chống sét (trục tâm này nối các điện cực chính 2, 3). khe không khí phóng tia lửa điện được tạo ra giữa từng cặp điện cực trung gian liền kề 4, khe này xác định một khoảng cách giữa các điện cực liền kề (được đo dọc theo đường nối các điện cực liền kề). Theo sáng chế, độ dài của khe không khí phóng tia lửa điện không được nhỏ hơn so với khoảng cách cực tiểu g giữa các điện cực 4 được chọn phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể liên quan tới chức năng hoạt động của thiết bị chống sét như sẽ được mô tả dưới đây. Từng khe không khí phóng tia lửa điện như vậy được bố trí trong buồng phóng điện 5 sao cho hở ra ở bề mặt của thân cách điện 1.

Để bảo vệ các thiết bị cao áp hoặc các đường dây điện lực, một trong số các điện cực chính (ví dụ, điện cực chính thứ nhất 2) của thiết bị chống sét được nối trực tiếp hoặc qua khe không khí phóng tia lửa điện với một bộ phận cao áp của thiết bị điện hoặc đường dây điện lực, ví dụ, với dây dẫn đường dây (không được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4) để được nối song song với một bộ phận điện cần được bảo vệ, ví dụ, có vỏ cách điện (không được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4). Nhờ điện cực chính thứ hai

3, thiết bị chống sét được nối trực tiếp hoặc qua khe không khí phóng tia lửa điện với đất.

Khi quá điện áp gây ra xung tác động đối với thiết bị chống sét, hiện tượng phóng điện phát triển trong thiết bị từ điện cực chính thứ nhất 2 về phía điện cực chính thứ hai 3, vì thế gây ra trạng thái đánh thủng cách điện của các khe không khí phóng tia lửa điện giữa các điện cực trung gian 4. Hiện tượng phóng điện này, phụ thuộc vào các điều kiện phát triển của nó, có thể là các kiểu khác nhau, ví dụ hiện tượng phóng tia tiên đạo, hiện tượng phóng điện thác lũ hoặc hiện tượng phóng điện sớm. Nhằm mục đích hiểu rõ hơn sáng chế và các phương án thực hiện cụ thể của nó, sáng chế sẽ chỉ được mô tả liên quan tới việc áp dụng hiện tượng phóng tia tiên đạo mặc dù sáng chế hoàn toàn có thể áp dụng được cho các kiểu phóng điện khác. Trong quá trình khởi đầu và phát triển, kênh dẫn tia lửa điện 6 giãn nở với tốc độ siêu âm. Như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, nếu thể tích của các buồng phóng tia lửa 5 được tạo ra giữa các điện cực trung gian được tạo ra đủ nhỏ, sự phát triển của trạng thái phóng điện sẽ dẫn đến sự hình thành áp suất cao bên trong các buồng. Do tác động của áp suất cao này, các kênh dẫn tia lửa điện 6 được tạo ra giữa các điện cực trung gian sẽ được định hướng về phía bề mặt của thân cách điện (như được thể hiện sơ lược trên Fig.1 và Fig.3) và tiếp đó sẽ phóng từ các buồng vào không khí xung quanh thiết bị chống sét. Bởi vì trạng thái phóng ra ngoài như vậy có tác dụng kéo dài các kênh dẫn giữa các điện cực trung gian, tổng điện trở của tất cả các kênh dẫn sẽ gia tăng. Kết quả là, tổng điện trở của chính thiết bị chống sét cũng sẽ gia tăng và, và điều này sẽ giới hạn dòng điện xung bởi quá điện áp do sét đánh. Sau khi kết thúc dòng điện xung bởi quá điện áp do sét đánh, điện áp ở tần số hoạt động sẽ vẫn được cấp tới thiết bị chống sét. Tuy nhiên, vì thiết bị chống sét có điện trở lớn, kênh dẫn phóng điện sẽ chia nhỏ thành các kênh dẫn cơ bản giữa các điện cực trung gian, hiện tượng phóng điện được dập tắt bởi không thể tự duy trì.

Để đạt được hiệu quả dập tia cao, các tham số của thiết bị chống sét theo sáng chế, đặc biệt là các tham số như khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực liền kề được tách rời bởi buồng phóng điện 5, cũng như độ rộng của các buồng phóng điện 5 ở vùng khởi đầu của trạng thái phóng điện và độ dày b của lớp cách điện, sẽ được chọn phụ thuộc vào các đặc tính được tính toán trước của hiện tượng phóng điện (cụ thể là, phụ thuộc vào biên độ dòng điện phóng điện và độ dốc của dòng điện, cũng như phụ thuộc vào đường kính phóng điện được tính toán trước). Như sẽ được mô tả dưới đây, đường kính phóng điện có thể được đánh giá với đủ độ chính xác dựa trên các yêu cầu đối với thiết bị chống sét theo mục đích của nó, nghĩa là theo các đặc tính và các điều kiện sử dụng của một phần tử của thiết bị cao áp hoặc HEPL cần được bảo vệ bởi thiết bị chống sét.

Cụ thể hơn, khi chọn các tham số thiết kế của các thiết bị chống sét được sử dụng để bảo vệ HEPL, cần phải đánh giá xem hai chế độ chức năng cơ bản khác nhau của chúng có thể được thực hiện phụ thuộc vào việc sét đánh ở lân cận đường dây điện lực cao áp hay trực tiếp ở đường dây điện lực này.

Chế độ thứ nhất tương ứng với việc bảo vệ HEPL khỏi các quá điện áp cảm ứng, nghĩa là bảo vệ trước các quá điện áp phát triển khi sét đánh ở lân cận HEPL. Quá điện áp này khác biệt bởi biên độ tương đối giới hạn, không vượt quá 300 kV, và có thời khoảng ngắn (nằm trong khoảng từ 2 tới 5 μ s). Dòng điện có biên độ lớn nằm trong khoảng từ 1 tới 2 kA, trong khi đạo hàm dòng điện, di/dt , ở đầu xung nằm trong khoảng từ 0,1 tới 2 kA/ μ s. Như được thể hiện trong các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, liên quan tới chế độ này và liên quan tới hiện tượng phóng tia tiên đạo, độ dài tối ưu của các khe không khí phóng tia lửa điện nằm trong khoảng từ 0,1 tới 2 mm. Các quá điện áp cảm ứng chỉ nguy hiểm đối với các đường dây điện có cấp điện áp trung bình, nghĩa là đối với các HEPL có cấp điện áp từ 6 tới 35 kV, các quá

điện áp cảm ứng là nguyên nhân chính gây ra các sự cố điện lưới do sét đánh đối với các đường dây này. Hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS) là trường hợp hiếm khi xảy ra vì độ cao tương đối thấp của các cột đỡ HEPL. Do đó, để bảo vệ các phần tử HEPL trước các quá điện áp cảm ứng, tốt hơn là sử dụng các thiết bị chống sét có g nằm trong khoảng từ 0,1 tới 2 mm.

Hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS) đối với một đối tượng đứng độc lập và được nối đất tốt có thể dẫn đến dòng điện sét có giá trị lớn hơn 100 kA, với thời khoảng phóng điện nằm trong khoảng từ 50 tới 1000 μ s và với đạo hàm dòng điện, di/dt, ở đầu xung lên tới 20 kA/ μ s. Theo lý thuyết, hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS) ở dây dẫn đường dây HEPL có thể dẫn đến các điện áp có giá trị lên tới 10 MV. Tuy nhiên, hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS) ở HEPL có cấp điện áp trung bình được bảo vệ bởi các thiết bị chống sét được nối điện song song với từng bộ phận cách điện dẫn đến kích hoạt các thiết bị chống sét trên một số cột đỡ do các khoảng cách giới hạn giữa các cột đỡ (nằm trong khoảng từ 50 tới 100 m) và do mức cách điện tương đối thấp của đường dây điện (từ 100 tới 300 kV). Do đó, dòng điện sét rẽ nhánh giữa một số cột đỡ, với trạng thái rẽ nhánh bổ sung ở các cột đỡ thành ba thành phần giữa các thiết bị chống sét liên quan tới từng pha dòng điện. Như được thấy trong các phép đo thực địa, dòng điện qua một cột đỡ không vượt quá 20 kA. Đối với các mức dòng điện như vậy, tốt hơn là gia tăng, tới giá trị từ 4 tới 5 mm, khoảng cách cực tiểu g giữa các điện cực liên kế được tách rời bởi các buồng phóng điện, để ngăn chặn sự phát triển của các kênh dẫn điện được tạo ra từ kim loại nóng chảy của các điện cực.

Trong các HEPL có cấp điện áp cao (từ 110 tới 220 kV), khoảng cách giữa các cột đỡ nằm trong khoảng từ 200 tới 300 m, trong khi mức cách điện tương ứng với điện áp từ 500 tới 1000 kV. Do đó, khi xảy ra hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS), trạng thái nổi rẽ nhánh dòng điện sét được thực hiện nhờ các thiết bị chống sét của một hoặc hai cột đỡ, vì thế dòng điện qua một

thiết bị chống sét không vượt quá 40 kA. Vì lý do này, giá trị của g trong các HEPL như vậy tốt hơn là được chọn nằm trong khoảng từ 5 tới 10 mm.

Trong các HEPL có cấp điện áp siêu cao (điện áp nằm trong khoảng từ 330 tới 750 kV), khoảng cách giữa các cột đỡ nằm trong khoảng từ 400 tới 500 m, trong khi mức cách điện tương ứng với điện áp nằm trong khoảng từ 2000 tới 3000 kV. Do đó, khi xảy ra hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS), các thiết bị chống sét của một cột đỡ đơn hoặc duy nhất một thiết bị chống sét của pha bị sét đánh sẽ thực hiện trạng thái nổi rẽ mạch dòng điện sét. Trong các trường hợp như vậy, dòng điện qua một thiết bị chống sét có thể đạt tới từ 60 tới 100 kA. Đối với các HEPL kiểu này, tốt hơn là, giá trị của g được chọn nằm trong khoảng từ 10 tới 20 mm.

Trên cơ sở dữ liệu nêu trên, khi thiết bị chống sét theo sáng chế được sử dụng để bảo vệ các phần tử của các HEPL có cấp điện áp trung bình, khoảng cách cực tiểu g giữa các điện cực liền kề được tách rời bởi buồng phóng điện tốt hơn là được chọn nằm trong khoảng từ 0,1 tới 5 mm. Trong trường hợp thiết bị chống sét theo sáng chế dùng để bảo vệ các phần tử của các HEPL có cấp điện áp cao hoặc siêu cao, khoảng cách g tốt hơn là được chọn nằm trong khoảng từ 5 mm tới 20 mm.

Việc đánh giá diện tích tiết diện ngang S của các buồng phóng điện và độ dày cách điện b có thể được thực hiện dựa trên các tiêu chuẩn sau đây.

Bán kính dự kiến r_k của kênh dẫn tia tiên đạo đối với hiện tượng phóng điện trong không khí ở các điều kiện bình thường có thể được xác định theo công thức được đề xuất bởi S. I. Braginsky (xem High voltage techniques: Textbook for Universities Ed. G. S. Kuchinsky, St. Petersburg, "Energoatomizdat", 2003, trang 88):

$$r_k \approx 0,1 \left(\frac{di}{dt} \right)^{\frac{1}{3}} t^{\frac{5}{6}} \quad (1)$$

trong đó t là thời gian (s); di/dt là tốc độ của gia tăng xung dòng điện (A/s).

Bảng dưới đây thể hiện các giá trị của bán kính r_k được tính toán theo công thức (1) đối với các giá trị đặc trưng khác nhau của di/dt và t . Cần lưu ý rằng bán kính kênh dẫn r_k và đường kính $D_k = 2r_k$ là các hàm của thời gian, nghĩa là các giá trị này gia tăng theo thời gian. Dữ liệu tính toán được được bố trí theo thứ tự tương ứng với sự tăng dần của bán kính kênh dẫn tia tiên đạo.

Bảng: các giá trị ban đầu và các kết quả tính toán được đối với r_k .

Số thứ tự	di/dt (kA/ μ s)	t (μ s)	r_k (mm)	D_k (mm)	Lý do giải thích sự xuất hiện quá điện áp
1	0,1	1	0,5	1,0	Các quá điện áp cảm ứng
2	1	2	1,8	3,6	
3	10	1	2,2	4,4	Hiện tượng sét đánh trực tiếp ở dây dẫn, đánh nhiều lần
4	20	1	2,7	5,4	
5	0,1	10	3,2	6,4	Sét đánh ở cột đỡ và hiện tượng phóng điện bề mặt ngược
6	1	10	6,8	13,6	
7	10	10	4,7	9,4	Hiện tượng sét đánh trực tiếp ở dây dẫn, sét đánh lần thứ nhất
8	20	10	18,5	37	

Các giá trị được thể hiện đối với t tương ứng với các thời khoảng đầu xung đối với các trường hợp đặc trưng nhất của thiết bị chống sét: 1) đối với các quá điện áp cảm ứng (khi sét đánh ở lân cận một đường dây điện); 2) đối với trường hợp xảy ra nhiều lần khi hiện tượng sét đánh trực tiếp ở dây dẫn đường dây; 3) đối với sét đánh ở HEPL với trạng thái đánh thủng cách điện (ví dụ, của một chồng bộ phận cách điện) sau đó; 4) hiện tượng sét đánh trực tiếp ở dây dẫn HEPL. Các giá trị di/dt được thể hiện trong Bảng cũng tương ứng với các trường hợp như nêu trên.

Hiển nhiên là, khi đánh giá bán kính (đường kính) của kênh dẫn đối với hiện tượng phóng tia tiên đạo (hoặc kiểu phóng điện khác), có thể sử dụng các công thức tính toán hoặc phương pháp thực nghiệm khác nhau được tối ưu hoá cho các ứng dụng cụ thể của thiết bị chống sét và/hoặc cho các phương án cụ thể của thiết bị chống sét theo sáng chế (ví dụ, đối với các hình dạng cụ thể của các buồng phóng điện hoặc các thiết kế cụ thể của các điện cực trung gian). Tuy nhiên, như được khẳng định bởi các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, các tính toán dựa trên công thức (1) tạo ra các kết quả chấp nhận được về mặt thực tiễn đối với tất cả thiết bị chống sét theo các phương án của sáng chế.

Để đảm bảo rằng áp suất dư phát triển bên trong buồng phóng điện trong quá trình phóng điện, các điều kiện nhất định cần phải được đáp ứng. Các điều kiện này sẽ được kiểm tra dưới đây liên quan tới thiết bị chống sét theo phương án có các điện cực trung gian được tạo ra là các tấm và các buồng phóng điện được tạo dạng hình hộp (xem Fig.1). Trạng thái phóng tia tiên đạo bắt đầu giữa các điểm trên các điện cực trung gian liên kết tương ứng với cường độ trường cực đại (trong kết cấu theo phương án như được thể hiện trên Fig.1, các điểm này trùng với các góc của các điện cực trung gian). Khi tia tiên đạo phát triển, kênh dẫn phóng điện mở rộng theo hướng kính từ trục tâm của nó ở tốc độ siêu âm. Nếu đường kính kênh dẫn tia tiên đạo trở thành lớn hơn so với buồng độ sâu phóng điện h , nghĩa là:

$$D_k > h = b + a \quad (2)$$

trong đó b là độ dày của lớp cách điện; a là độ dày của điện cực thì trạng thái phóng điện bắt đầu di chuyển dọc theo các thành của buồng phóng điện bên ngoài buồng này, chuyển động này góp phần làm mát và vì thế dập tắt trạng thái phóng điện. Tiếp đó, độ dày cách điện cực tiểu góp phần dập tia được xác định là:

$$b = D_k - a \quad (3)$$

trong đó a là độ dày điện cực. Độ dày cách điện b càng lớn thì trạng thái phóng hồ quang được tạo ra càng mạnh trong quá trình giãn nở kênh dẫn tia tiên đạo, và trạng thái làm mát kênh dẫn càng mạnh và trạng thái dập tia xảy ra sau đó. Do đó, để cải thiện độ tin cậy dập tia, tốt hơn là, giá trị của b được chọn vượt quá đường kính kênh dẫn dự kiến D_k .

Mặt khác, việc gia tăng giá trị b dẫn đến gia tăng áp suất khí trên các thành của các buồng phóng điện, và điều này có thể dẫn đến phá hỏng thiết bị chống sét. Độ dày cách điện tối ưu b có thể được xác định, nhờ các tính toán và/hoặc bằng thực nghiệm, khi nghiên cứu một thiết bị chống sét theo phương án cụ thể phụ thuộc vào ứng dụng của vật liệu sử dụng của nó. Tuy nhiên, bằng cách thiết lập độ dày điện cực a xấp xỉ bằng 1 mm, bằng cách sử dụng công thức (3) và dữ liệu từ Bảng nêu trên, có thể xác định rằng độ dày b này nằm trong khoảng từ 1 mm tới khoảng từ 35 tới 40 mm.

Diện tích dự kiến của tiết diện theo chiều dọc của kênh dẫn tia tiên đạo tương ứng với $D_k \cdot g$. Trong trường hợp độ rộng buồng phóng điện nhỏ hơn D_k , vì thế:

$$S < D_k \cdot g \quad (4)$$

Hiện tượng phóng tia tiên đạo sẽ choán toàn bộ độ rộng buồng phóng điện trước khi đường kính của nó đạt tới giá trị dự kiến D_k . Nói cách khác, hiện tượng phóng tia tiên đạo sẽ chiếm toàn bộ diện tích tiết diện ngang S của buồng phóng điện. Kết quả là, kênh dẫn tia tiên đạo sẽ được thổi ra bên ngoài buồng phóng điện và sẽ dẫn đến trạng thái dập tia tăng tốc.

Bằng cách thế vào công thức (4) các giá trị giá trị của đường kính $D_k = 2r_k$, trong đó các giá trị của bán kính kênh dẫn tia tiên đạo r_k được lấy từ Bảng nêu trên ($r_k = 0,5$ tới 18 mm và $g = 0,1$ tới 20 mm), các giá trị cụ thể và các khoảng khả dĩ đối với diện tích tiết diện ngang của các buồng phóng điện có thể được xác định dễ dàng:

$$S \leq 2r_k \cdot g = 2(0,5 \div 18) \cdot (0,1 \div 20) = 0,1 \div 720 \approx 0,1 \div 700 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

Theo một số khía cạnh, cơ chế dập tia lửa điện là tương tự với cơ chế dập hồ quang trong thiết bị chống sét kiểu ống được mô tả trong Tình trạng kỹ thuật của sáng chế nêu trên, nhưng tồn tại một khác biệt quan trọng nằm ở chỗ hồ quang (có nhiệt độ bằng khoảng 20000°C) cháy bên trong thiết bị chống sét kiểu ống trong khoảng thời gian tương đối dài (lên tới 10 ms). Hồ quang cháy bên ngoài các thành của ống sinh khí, và các khí được tạo ra trong quá trình phân huỷ do nhiệt được thổi ra bên ngoài kênh dẫn phóng điện. Trong thiết bị chống sét theo sáng chế, tác dụng dập tia lửa điện xảy ra ngay khi kết thúc xung quá điện áp do sét đánh, thời khoảng trung bình của xung này có giá trị là 50 μs , nghĩa là nhỏ hơn khoảng ba cấp so với thời khoảng của quá trình cháy hồ quang. Hơn nữa, nhiệt độ kênh dẫn tia tiên đạo không vượt quá 5000°C , vì thế nhiệt độ này nhỏ hơn khoảng bốn lần so với nhiệt độ hồ quang. Do hai yếu tố này, không có sự ăn mòn của thiết bị chống sét theo sáng chế thậm chí sau nhiều lần hoạt động của thiết bị này.

Các phương án cải biến sau đây của thiết bị chống sét có thể được áp dụng trong thực tế:

để bảo vệ các HEPL có cấp điện áp trung bình (MV) từ 6 tới 35 kV đối với các quá điện áp cảm ứng (xem Bảng, các dòng 1 và 2);

để bảo vệ các HEPL có cấp điện áp cao (HV) từ 110 tới 220 kV và cấp điện áp siêu cao (SHV) từ 330 tới 7500 kV đối với hiện tượng phóng điện bề mặt trong trường hợp dây kim loại bảo vệ chống sét được sử dụng (xem Bảng, các dòng 5 và 6);

để bảo vệ các HEPL có cấp điện áp cao từ 110 tới 220 kV và cấp điện áp siêu cao (SHV) từ 330 tới 7500 kV đối với hiện tượng sét đánh trực tiếp ở dây dẫn đường dây truyền tải (xem Bảng, các dòng 3, 4 và 7, 8) và đối với hiện tượng phóng điện bề mặt ngược (xem Bảng, các dòng 5 và 6) trong trường hợp dây kim loại bảo vệ chống sét không được sử dụng.

Khi thiết kế các thiết bị chống sét, các điều kiện khắc nghiệt nhất trong ứng dụng trong các HEPL ở cấp nhất định, nghĩa là các giá trị lớn nhất của tốc độ gia tăng xung dòng điện, di/dt , và thời gian t sẽ được xét đến. Như vậy, khi thiết kế thiết bị chống sét để bảo vệ HEPL từ 6 tới 35 kV đối với các quá điện áp cảm ứng, dữ liệu được thể hiện ở dòng 2 của Bảng ($t = 2 \mu s$ và $r_k = 1,8$ mm) sẽ được sử dụng để tính toán. Hơn nữa, theo sáng chế, độ dày b của lớp cách điện tốt hơn là được tạo ra lớn hơn so với đường kính kênh dẫn D_k ở thời điểm điện áp có giá trị cực đại, ví dụ, $b > D_k = 2r_k = 2 \times 1,8 = 3,6$ mm. Diện tích tiết diện ngang của buồng phóng điện S theo sáng chế sẽ được chọn là: $S < D_k \cdot g = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ mm}^2$. Ví dụ, buồng phóng điện có tiết diện hình tròn sẽ có đường kính là:

$$d \leq \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,2}{3,14}} = 3 \text{ mm}.$$

Các nghiên cứu thực tế đã cho thấy theo phương án cải biến 1, nghĩa là để bảo vệ HEPL 10 kV và HEPL 20 kV đối với các quá điện áp cảm ứng, các tham số thiết bị chống sét sau đây có thể được chọn: số lượng của các buồng phóng điện $m = 50$; $g = 2$ mm; $b = 4$ mm; $d = 3$ mm; $S = 7 \text{ mm}^2$ (phương án 1) và $m = 150$; $g = 3$ mm; $b = 4$ mm; $d = 3$ mm; $S = 7 \text{ mm}^2$ (phương án 2).

Hơn nữa, cần lưu ý rằng trong thiết bị chống sét theo sáng chế tồn tại các giới hạn chỉ liên quan tới khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực liền kề được tách rời bởi buồng phóng điện dựa trên độ dày cách điện cực tiểu, và diện tích tiết diện ngang cực đại của buồng phóng điện. Do đó, thiết kế thiết bị chống sét có thể được tối ưu hoá cho các ứng dụng cụ thể của nó bằng cách

thay đổi các tham số như nêu trên, cũng như hình dạng của các buồng phóng điện trong phạm vi đủ rộng.

Fig.5 và Fig.6 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án có thân cách điện dạng hình trụ 1 và các buồng phóng điện 5 kéo dài từ các điện cực trung gian 4 tới mặt trên và mặt dưới của thân cách điện 1. Như vậy, các buồng phóng điện 5 được tạo ra là các lỗ xuyên được tạo ra ở thân cách điện 1 để xác định các khe phóng điện không khí giữa các điện cực trung gian 4. Tiết diện của buồng phóng điện có thể có dạng hình chữ nhật (như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4), dạng hình tròn (như được thể hiện trên Fig.6) hoặc một số hình dạng khác. Kết cấu theo phương án được thể hiện trên Fig.5, Fig.6 cho phép chế tạo dễ dàng hơn so với phương án được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4 vì phương án này cho phép sử dụng, trong quá trình chế tạo, kỹ thuật cắt mài vật liệu hiệu quả cao được sử dụng đảm bảo tạo hình nhanh chóng và chính xác các lỗ xuyên.

Trong các buồng phóng điện xuyên (hở ra ở cả hai bề mặt của thân cách điện), áp suất phát triển trong buồng khi kênh dẫn phóng điện mở rộng nhỏ hơn so với áp suất trong các buồng được tạo dạng là các hốc (chỉ hở ra ở một bề mặt của thân cách điện); vì lý do này, tốc độ kênh dẫn phóng điện và hiệu quả dập tia trong các buồng như vậy không cao như trong các buồng kiểu khác. Tuy nhiên, các buồng này có độ tin cậy chức năng tốt hơn vì ít có khả năng xảy ra trạng thái hư hại buồng phóng điện do áp suất dư. Điều này cũng áp dụng cho các buồng dạng khe. Các buồng này có hiệu quả dập tia thấp hơn nhưng có độ bền điện động lực (nghĩa là khả năng chịu được các dòng điện lớn, ví dụ, đối với hiện tượng sét đánh trực tiếp ở một đường dây) cao hơn. Vì lý do này, việc chọn kiểu và hình dạng thích hợp của các buồng phóng điện sẽ phụ thuộc vào ứng dụng dự kiến của thiết bị chống sét (ví dụ, để bảo vệ đối với các quá điện áp cảm ứng hoặc bảo vệ đối với hiện tượng sét đánh trực tiếp (DLS)) và phụ thuộc vào công nghệ chế tạo và giá thành.

Fig.7 và Fig.8 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án có thân cách điện 1 được tạo dạng dài mềm dẻo có các phần lồi ở các vùng mà tại đó các buồng phóng điện 5 hờ ra ở bề mặt của thân cách điện 1 và với các điện cực trung gian 4 được tạo ra là vòng đệm hình tròn làm bằng kim loại hoặc graphit. Phương án này cho phép áp dụng theo cách kinh tế nhất vật liệu cách điện được sử dụng để tạo ra thân cách điện 1. Trong thực tế, cần phải đảm bảo độ dày cách điện cần thiết để xác định kích thước của buồng phóng điện dọc theo trục tâm của nó chỉ ở các vùng mà tại đó buồng phóng điện hờ ra ở bề mặt của thân cách điện.

Fig.9 và Fig.10 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án có thân cách điện dẹt 1 và có điện cực bổ sung 7. Điện cực chính thứ nhất 2 cần phải được nối với một bộ phận của một đường dây điện lực cao áp, ví dụ, với dây dẫn đường dây mà điện thế cao được cấp vào; điện cực chính thứ hai 3 cần phải được nối với đất có điện thế bằng không. Trong kết cấu theo phương án này, để bổ sung vào các buồng phóng điện 5 giữa các điện cực trung gian 4, các buồng phóng điện bổ sung được tạo ra giữa từng điện cực chính 2, 3 và điện cực trung gian 4 liền kề chúng. Các buồng phóng điện bổ sung có thể được tạo ra tương tự với các buồng phóng điện giữa các điện cực trung gian. Tuy nhiên, theo một số phương án của thiết bị chống sét theo sáng chế, các tham số của các buồng phóng điện bổ sung như vậy có thể được cải biến có xét đến độ dài kênh dẫn phóng điện trong các buồng này có thể vượt quá độ dài của một kênh dẫn tương tự trong các buồng phóng điện còn lại.

Điện cực bổ sung 7 được nối điện với điện cực chính thứ hai 3 và vì thế điện cực bổ sung này cũng có điện thế bằng không. Do đó, điện áp cao được cấp giữa các điện cực chính 2 và 3 cũng được cấp giữa điện cực chính thứ nhất 2 và điện cực bổ sung 7. Độ rộng của thân cách điện dẹt 1 được chọn sao cho độ bền điện môi theo các khoảng cách ngắn nhất giữa các điện cực 2 và 7 ở mặt trên và mặt dưới của thân cách điện dẹt là cao hơn so với độ bền điện

môi giữa các điện cực chính 2 và 3. Các đặc tính cách điện của vật liệu được sử dụng để tạo ra thân cách điện 1 và độ dày của nó sẽ được chọn theo cách sao cho độ bền điện môi dọc theo các khoảng cách là cao hơn so với điện áp đánh thủng giữa các điện cực chính 2 và 3 của thiết bị chống sét. Đây là điều kiện cần thiết để đảm bảo rằng trong trường hợp có quá điện áp, hiện tượng phóng điện phát triển từ điện cực chính 2 qua các khe không khí phóng tia lửa điện giữa các điện cực trung gian 4 tới điện cực chính thứ hai 3 thay vì trực tiếp giữa điện cực chính 2 và điện cực bổ sung 7. Do sự có mặt của điện cực bổ sung, thiết bị chống sét theo phương án này có các điện áp đánh thủng thấp, vì thế có thể giới hạn quá điện áp ở mức khá thấp. Cách thức điện cực bổ sung ảnh hưởng đến điện áp đánh thủng được giải thích có dựa vào Fig.11 và Fig.12.

Fig.11 thể hiện một phần của sơ đồ mạch cơ bản của thiết bị chống sét theo phương án như được thể hiện trên Fig.9, phần mạch này có điện cực chính thứ nhất 2, điện cực trung gian liền kề 4 và điện cực bổ sung 7. các điện dung C_1 và C_0 tồn tại lần lượt giữa các điện cực 2 và 4 và giữa các điện cực 4 và 7. Các điện dung này được nối nối tiếp, trong đó dưới tác động của xung quá điện áp, khi điện áp U được cấp tới thiết bị chống sét, điện áp U_1 sẽ được cấp tới điện dung C_1 và vì thế cấp tới khe không khí phóng tia lửa điện giữa điện cực chính thứ nhất 2 và điện cực trung gian liền kề 4. Giá trị U_1 có thể được xác định, theo đơn vị tương đối, theo công thức:

$$\frac{U_1}{U} = \frac{1}{1 + \frac{C_1}{C_0}}$$

Do kích thước tương đối lớn của vùng bề mặt trên điện cực trung gian 4 đối diện với điện cực bổ sung 7, cũng như do hằng số điện môi ϵ của chất điện môi rắn cơ bản cao hơn so với hằng số điện môi không khí ϵ_0 (thông thường $\epsilon/\epsilon_0 \approx 2 \div 3$), điện dung giữa điện cực trung gian 4 và điện cực bổ sung 7 (nghĩa

là điện dung giữa điện cực trung gian này và đất) cơ bản cao hơn so với điện dung giữa điện cực này và điện cực chính 2: $C_0 > C_1$ và $C_1/C_0 < 1$.

Khi giá trị C_1/C_0 nằm trong khoảng $C_1/C_0 = 0,1 \div 1$ thì điện áp U_1 nằm trong khoảng $U_1 = (0,50 \div 0,91) U$. Do đó, khi thiết bị chống sét bị ảnh hưởng bởi điện áp U , phần chính (ít nhất là lớn hơn một nửa) điện áp này sẽ được cấp tới khe không khí phóng tia lửa điện thứ nhất giữa các điện cực 2 và 4. Do ảnh hưởng của điện áp U_1 này, khe bị đánh thủng, vì thế điện cực trung gian 4 ở gần điện cực chính 2 nhất thu được điện thế bằng điện cực chính 2, trong khi điện cực trung gian kế tiếp, liền kề điện cực trung gian thứ nhất, thu được điện thế U_0 . Tiếp đó, đặc tính vật lý của hiện tượng đánh thủng khe không khí phóng tia lửa điện lặp lại chính nó. Theo cách này, hiện tượng phóng điện bề mặt thác lũ (nghĩa là liên tiếp) của các khe giữa các điện cực trung gian phát triển, với tia lửa phóng điện được tạo ra. Vì đặc tính thác lũ của các khe phóng điện gián đoạn, điện áp đánh thủng thấp cần thiết của trạng thái kích hoạt thiết bị chống sét nói chung được đảm bảo.

Fig.13 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án có thân cách điện 1 được tạo dạng hình trụ có đầu trên dạng tròn. Thân cách điện 1 theo phương án này bao gồm bộ phận hình trụ rỗng và bộ phận đặc có đầu dạng tròn. Điện cực bổ sung 7 được bố trí bên trong bộ phận rỗng của thân cách điện 1 cũng được tạo dạng hình trụ với đầu trên dạng tròn. Điện cực chính thứ nhất 2 của thiết bị chống sét được nối với dây dẫn đường dây 9 của HEPL qua khe không khí phóng tia lửa điện 10. Trong trường hợp xảy ra quá điện áp trên dây dẫn 9, hiện tượng phóng điện bề mặt ban đầu hình thành qua khe không khí phóng tia lửa điện 10; kết quả là, điện áp cao được cấp tới điện cực chính thứ nhất 2. Chức năng hoạt động của thiết bị chống sét này là giống như thiết bị đã được mô tả trên đây có dựa vào các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.4.

Fig.14 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án với các điện cực trung gian 4 được bố trí theo một đường xoắn ốc đi gần bề mặt của bộ phận rỗng

của thân cách điện dạng kéo dài 1, trong đó điện cực bổ sung 7 (được nối với điện cực chính thứ hai 3) được bố trí bên trong bộ phận rỗng. Cách bố trí như vậy tạo khả năng cung cấp cho thiết bị chống sét số lượng các điện cực trung gian 4 lớn hơn so với trong kết cấu theo phương án được thể hiện trên Fig.13, và, theo cách này, có thể cải thiện hơn nữa khả năng dập hồ quang của thiết bị chống sét. Theo phương án này (cũng như theo các phương án khác sẽ mô tả dưới đây), tốt hơn là, cả bộ phận rỗng lẫn điện cực bổ sung đều có tiết diện hình tròn ít nhất ở vùng định vị các điện cực trung gian. Tiết diện như vậy làm đơn giản hoá việc phân bố đồng đều các điện cực trung gian 4 trên bề mặt của thân cách điện 1 và tạo khả năng sử dụng cùng độ dày của lớp cách điện theo hướng kính bất kỳ.

Fig.15 thể hiện đường dây điện lực cao áp (HEPL) theo một phương án của sáng chế bao gồm thiết bị chống sét có nắp cách điện và thanh kim loại thuộc loại được sử dụng trong các bộ phận cách điện. Thiết bị chống sét theo phương án này là tương tự với thiết bị theo các phương án được thể hiện trên Fig.13 và Fig.14, nhưng khác với các phương án này ở chỗ, thay cho khe không khí phóng tia lửa điện 10, bộ phận cách điện 12 của HEPL được sử dụng. Như vậy, trong kết cấu theo phương án này, điện cực bổ sung 7 của thiết bị chống sét còn thực hiện chức năng làm thanh mà bộ phận cách điện của HEPL được cố định chắc chắn vào. Thân cách điện 1 của thiết bị chống sét còn thực hiện chức năng làm vỏ cách điện polyme của nắp theo kiểu thường được sử dụng khi lắp đặt bộ phận cách điện của HEPL trên thanh. Giống như kết cấu theo phương án được thể hiện trên Fig.13 và Fig.14, cả bộ phận rỗng của thân cách điện lẫn điện cực bổ sung đều có tiết diện hình tròn. Để đơn giản hoá việc chế tạo thiết bị chống sét, điện cực chính thứ nhất 2 có thể có thiết kế giống như các điện cực trung gian 4.

Trong trường hợp xảy ra quá điện áp trên dây dẫn đường dây 9 của HEPL, trạng thái phóng điện 13 ban đầu phát triển dọc theo bề mặt của bộ

phần cách điện 12, vì thế điện áp cao trở thành được cấp tới điện cực chính thứ nhất 2. Tiếp đó là các trạng thái phóng điện bề mặt thác lũ của các khe giữa các điện cực trung gian 4. Như vậy, thiết bị chống sét thực hiện chức năng theo cách giống như mô tả trên đây.

Vì các bộ phận của thiết bị chống sét thực hiện các chức năng của phương tiện gắn cố định HEPL, phương án này khác biệt ở chỗ có kích thước nhỏ và chi phí thấp.

Fig.16 thể hiện thiết bị chống sét theo phương án như được thể hiện trên Fig.7 và Fig.8 được lắp trên một nhánh của thiết bị chống sét phóng điện bề mặt dạng kéo dài kiểu vòng (LFAL) (xem patent Nga số 2096882, cấp ngày 17 tháng 11 năm 1995, H01 T4/00, và cấp cho G. V. Podporkin, G. V. Sivaev, có tiêu đề: bảo vệ chống sét cho đường dây phân phối điện lực trên không với các thiết bị chống sét kiểu tia lửa kéo dài, với cấp điện áp là 6, 10 kV, “Electro”, 2006, số 1, các trang từ 36 tới 42).

LFAL bao gồm thanh kim loại được uốn để tạo thành một vòng và được phủ lớp cách điện 11 được làm bằng polyetylen áp lực cao. Các đầu của vòng được cách điện này được cố định trong một kẹp gắn cố định mà nhờ đó LFAL được nối với một thanh của bộ phận cách điện lắp ở một cột đỡ của HEPL (không được thể hiện trên hình vẽ). Một ống kim loại bao quanh lớp cách điện được bố trí ở phần giữa của vòng và được nối với dây dẫn đường dây qua khe không khí phóng tia lửa điện.

Chức năng hoạt động của thiết bị chống sét này dựa trên ứng dụng hiệu ứng phóng điện bề mặt, hiệu ứng này đảm bảo độ dài lớn của trạng thái phóng điện bề mặt kiểu xung qua bề mặt của thiết bị chống sét và nhờ đó ngăn chặn sự biến đổi trạng thái phóng điện bề mặt kiểu xung thành hồ quang điện ở tần số hoạt động.

Khi xung cảm ứng do sét đánh được tạo ra trên dây dẫn đường dây, khe không khí phóng tia lửa điện giữa dây dẫn và ống kim loại của thiết bị chống

sét sẽ bị đánh thủng, vì thế điện áp sẽ được cấp tới lớp cách điện giữa ống kim loại và thanh kim loại tạo thành vòng, thanh này có điện thế bằng cột đỡ của HEPL.

Do điện áp xung được cấp, hiện tượng phóng điện bề mặt sẽ phát triển dọc theo bề mặt của lớp cách điện vòng từ ống kim loại (nghĩa là từ điện cực chính thứ nhất 2) tới kẹp của thiết bị chống sét (tới điện cực chính thứ hai 3) qua một hoặc cả hai đầu của các nhánh vòng. Do hiệu ứng phóng điện bề mặt, đặc tính điện áp/giây của thiết bị chống sét được xác định bên dưới đặc tính tương tự của bộ phận cách điện, vì thế ở điều kiện quá điện áp do sét đánh, hiện tượng phóng điện bề mặt phát triển qua thiết bị chống sét nhưng không trên bộ phận cách điện.

Sau khi dòng điện sét dạng xung đi qua, hiện tượng phóng điện dập tắt mà không biến đổi thành hồ quang điện, vì thế trạng thái ngắn mạch, hư hại dây dẫn và mất điện của HEPL được ngăn ngừa.

Khi LFAL được sử dụng kết hợp với thiết bị chống sét theo sáng chế, ví dụ, được tạo ra là thiết bị chống sét theo phương án được thể hiện trên Fig.7 và Fig.8, chức năng của các điện cực chính thứ nhất và thứ hai 2, 3 được thực hiện lần lượt bởi ống kim loại và kẹp LFAL, trong khi bộ phận rỗng của thân cách điện và điện cực bổ sung (cả hai bộ phận này đều có biên dạng có dạng hình chữ U) được tạo ra lần lượt nhờ lớp cách điện 11 và thanh kim loại của LFAL. Các điện cực trung gian được gắn bên trong dải được quấn dạng xoắn ốc quanh bộ phận rỗng trên một trong số các nhánh LFAL.

Trong trường hợp kết hợp của LFAL và thiết bị chống sét theo sáng chế được sử dụng ở điều kiện quá điện áp, các trạng thái phóng điện bề mặt thác lũ của các khe giữa các điện cực trung gian phát triển ở điện áp thấp hơn so với khi chỉ sử dụng LFAL. Hơn nữa, khác với trường hợp chỉ sử dụng LFAL, tác dụng dập tia hữu hiệu đối với hiện tượng phóng điện được đảm bảo trước khi dòng điện ở tần số lưới điện đi qua giá trị điểm không. Do đó, kết hợp của

LFAL và thiết bị chống sét theo sáng chế có kích thước nhỏ hơn và hiệu quả cao hơn so với LFAL thông thường, và hơn nữa, có thể được sử dụng cho các cấp điện áp cao hơn.

Fig.17 và Fig.18 thể hiện thiết bị chống sét được tạo ra bằng cách sử dụng công nghệ cáp. Đối với phối gia công để chế tạo thiết bị chống sét, một đoạn cáp thích hợp có lớp cách điện rắn được sử dụng, trong đó lớp cách điện rắn và lõi cáp lần lượt tạo thành bộ phận rỗng của thân cách điện 1 và điện cực bổ sung 7. Một dây hoặc đai kim loại được bố trí trên bề mặt của đoạn cáp này, và tiếp đó một lớp cách điện rắn nữa được phủ (ví dụ, bằng cách ép đùn sau khi hàn lớp mới này với lớp cách điện của cáp). Theo cách này, thân cách điện của thiết bị chống sét được tạo ra, thân này bao gồm lớp cách điện của cáp (tạo thành bộ phận rỗng) với lớp cách điện bổ sung phủ lớp cách điện này. Sau đó, các buồng phóng điện 5 được tạo ra (nghĩa là bằng cách khoan hoặc phay) ở thân cách điện 1, các buồng này tạo ra các khe phóng điện giữa các điện cực trung gian 4 và (tốt hơn là) giữa các điện cực chính 2, 3 và các điện cực trung gian 4 liền kề chúng. Các buồng phóng điện sẽ có tiết diện hình tròn (nếu được tạo ra bằng cách khoan) hoặc theo cách khác, có tiết diện dạng hình chữ nhật (ví dụ dạng khe) (nếu được tạo ra bằng cách phay). Để thu được cách bố trí gọn hơn của các điện cực trung gian và để giảm bớt kích thước của thiết bị chống sét, đai hoặc dây kim loại có thể được quấn dạng xoắn ốc, tương tự với cách bố trí được sử dụng trong thiết bị chống sét theo phương án được thể hiện trên Fig.16. Trong trường hợp bố trí dạng xoắn ốc của các buồng dạng khe, cần phải kiểm tra các buồng tương ứng với các vòng quấn liền kề của đường xoắn ốc sao cho không hướng về phía nhau. Thực tế cho thấy nếu điều kiện này không được thoả mãn, các kênh dẫn phóng điện, khi được thổi ra khỏi các buồng phóng điện, có thể hợp nhất thành một kênh dẫn chung nằm trong không khí bên trên thân cách điện, trạng thái hợp nhất này dẫn đến suy giảm đáng kể khả năng dập hồ quang của thiết bị chống sét. Do

đó, các buồng dạng khe phóng điện ở các vòng quấn liền kề sẽ được dịch chuyển thẳng hơn nữa hoặc được quay tương đối với nhau.

Để đơn giản hoá việc chế tạo thiết bị chống sét, dây hoặc đai kim loại có thể được thay thế bằng một dây dẫn điện hoặc một đai làm bằng sợi cacbon. Việc thay thế như vậy sẽ khiến cho công đoạn khoan hoặc phay các buồng phóng điện cơ bản dễ thực hiện hơn. Kết cấu theo phương án nêu trên không những có hiệu quả công nghệ mà còn có độ bền cơ khí cao.

Fig.19 thể hiện một phần tử của HEPL có các dây dẫn được bảo vệ và thiết bị chống sét theo phương án được tối ưu hoá cho HEPL cụ thể này. Cột đỡ 14 làm bằng vật liệu dẫn điện nhất định (chẳng hạn bê tông cốt thép, thép và vật liệu tương tự) mang bộ phận cách điện 12 mà dây dẫn 9 có lớp cách điện bảo vệ 16 được cố định vào đó nhờ phương tiện gắn cố định bằng kim loại 15. Kẹp có tiếp xúc điện với phương tiện gắn cố định 15 và có tác dụng làm điện cực chính thứ hai 3 của thiết bị chống sét theo phương án như được thể hiện trên Fig.7 và Fig.8 được bố trí trên dây dẫn. Điện cực chính thứ nhất 2 được tạo ra là một kẹp bọc kim loại. Kẹp này để cố định chắc chắn thiết bị chống sét vào dây dẫn ở trạng thái tiếp xúc điện với lõi của dây dẫn 9, vì thế đoạn lõi này giữa các điện cực chính 2, 3 còn có tác dụng làm điện cực bổ sung 7 của thiết bị chống sét. Dải, trong đó các điện cực trung gian của thiết bị chống sét được gắn, được cố định vào (nghĩa là được quấn dạng xoắn ốc quanh) một đoạn lớp cách điện bảo vệ 16 nằm giữa các điện cực chính, đoạn này thực hiện chức năng làm bộ phận rỗng của thân cách điện của thiết bị chống sét.

Khi quá điện áp được cấp tới dây dẫn 9, trạng thái phóng điện bề mặt trước hết xảy ra qua bộ phận cách điện 12, vì thế phương tiện gắn cố định cùng với điện cực chính thứ hai 3 sẽ có điện thế điểm đất (nghĩa là điện thế bằng không), trong khi dây dẫn 9 và kẹp bọc kim loại (điện cực chính thứ nhất 2) sẽ có điện thế quá điện áp. Điều này nghĩa là quá điện áp sẽ được cấp giữa

điện cực chính thứ nhất 2 (kẹp bọc kim loại) và điện cực chính thứ hai 3 (kẹp), và quá điện áp này sẽ tạo ra trạng thái phóng điện bề mặt xuống dây điện ở tất cả các khe giữa các điện cực chính 2, 3 và các điện cực trung gian 4. Kết quả là, lõi của dây dẫn 9 qua kẹp bọc kim loại, qua các khe giữa các điện cực trung gian 4, qua điện cực chính thứ hai 3, qua phương tiện gắn cố định 15, và qua kênh dẫn phóng điện qua bộ phận cách điện 12 trở thành được nối điện với cột đỡ nối đất 14, vì thế dòng điện bởi quá điện áp do sét đánh sẽ đi theo đường dẫn này xuống đất. Sau khi xung điện do sét đánh kết thúc, dòng điện phóng điện kết thúc mà không chuyển thành giai đoạn hồ quang điện, và đường dây tiếp tục thực hiện chức năng mà không bị mất điện.

Các khả năng hoạt động của thiết bị chống sét theo sáng chế đã được xác nhận bằng thực nghiệm trong quá trình mà các thiết bị chống sét của hai kiểu có cấp điện áp 10 kV và được chế tạo đặc biệt cho mục đích này được kiểm tra: 1) thiết bị chống sét phóng điện bề mặt dạng kéo dài kiểu vòng, LFAL-10, với các điện cực trung gian dạng vòng; và 2) LFAL-10 không có các vòng như vậy nhưng có thiết bị chống sét theo sáng chế (như được thể hiện trên Fig.16) được quấn quanh một trong các nhánh của LFAL-10. Các thiết bị được kiểm tra có điểm đặc tính cơ bản sau:

Cáp kiểu PIGR-8 được chế tạo bởi nhà máy “Sevkabel” (St. Petersburg, Nga) có lõi nhôm có đường kính 9 mm và lớp cách điện polyetylen dày 4 mm;

độ dài của nhánh (từ mép ống kim loại tới mép kẹp) là 800 mm;

các điện cực trung gian 4 được tạo ra là các vòng đệm có đường kính ngoài bằng 9 mm và độ dày bằng 1 mm, các điện cực này được gắn trong dải làm bằng cao su silicon;

tổng số các điện cực trung gian là 50;

khoảng cách giữa các điện cực liền kề được tách rời bởi buồng phóng điện được chọn là $g = 2 \text{ mm}$ (lý do chọn khoảng cách như vậy cho kết cấu theo phương án này đã được giải thích trên đây);

từng buồng phóng điện 5 có đường kính $d = 3 \text{ mm}$ và độ cao $b = 4 \text{ mm}$ (như vậy, thiết bị chống sét đã thử nghiệm theo phương án này của sáng chế tương ứng với phương án 1 như đã được mô tả trên đây dùng cho cải biến ứng dụng thứ nhất 1 của thiết bị chống sét);

Thiết bị chống sét được thể hiện trên Fig.3 được quấn quanh một trong các nhánh của LFAL-10 (nghĩa là quanh đoạn cáp như nêu trên) với khoảng cách bước quấn là 30 mm , vì thế thiết bị chống sét được phủ trên đoạn cáp với độ dài bằng 30 cm , nghĩa là bằng khoảng một phần ba độ dài của nhánh của LFAL-10.

Các thử nghiệm cho thấy cả hai thiết bị chống sét (LFAL-10 tiêu chuẩn với các vòng và LFAL-10 có thiết bị chống sét theo sáng chế) đều có thể bảo vệ bộ phận cách điện của HEPL đối với các hiện tượng phóng điện do sét đánh; tuy nhiên, LFAL-10 với các vòng dập tắt dòng hồ quang đi theo ở giá trị dòng điện bằng không (vì thế tồn tại giai đoạn dừng nằm trong khoảng từ 3 tới 5 ms trong dòng điện), trong khi thiết bị chống sét theo sáng chế dập tắt dòng điện ngay sau khi quá điện áp do sét đánh (giai đoạn này chỉ kéo dài từ 5 tới $30 \mu\text{s}$) kết thúc và điện áp ở dây dẫn đường dây hạ thấp xuống tới giá trị hoạt động bình thường. Điều này có nghĩa là thiết bị chống sét thực hiện chức năng mà không tạo ra gián đoạn bất kỳ trong dòng điện, điều này có ý nghĩa quan trọng khi cung cấp điện năng tới các thiết bị điện tử (nghĩa là máy tính) nhạy với các gián đoạn trong nguồn điện cấp. Một ưu điểm quan trọng của thiết bị chống sét kết hợp theo sáng chế là kích thước chung của nó gần như nhỏ hơn ba lần so với phương án theo kỹ thuật đã biết của thiết bị chống sét LFAL-10; hơn nữa, thiết bị chống sét theo sáng chế có thể được thiết kế cho các cấp điện áp cao hơn.

Như vậy, thiết bị nổi rẽ mạch dòng điện theo sáng chế có khả năng áp dụng được mở rộng và có độ tin cậy hoạt động được cải thiện. Khả năng dập kênh dẫn phóng điện gia tăng theo sự gia tăng số lượng của các điện cực trung gian. Mặt khác, sự gia tăng số lượng các điện cực trung gian như vậy trong khi duy trì tổng độ dài của các khe phóng điện không đòi dẫn đến sự gia tăng tổng kích thước và giá thành của thiết bị chống sét. Do đó, thiết kế tối ưu của thiết bị chống sét sẽ được xác định phụ thuộc vào ứng dụng dự kiến cụ thể hơn của nó dựa trên các nguyên tắc như đã được mô tả trên đây và có xét đến các tham số cơ bản như kiểu trang bị hoặc thiết bị cần được bảo vệ, cấp điện áp, mức bảo vệ cần thiết, v.v..

Thiết bị chống sét theo các phương án thực hiện sáng chế và đường dây điện lực được làm thích ứng để sử dụng các thiết bị chống sét như vậy đã được mô tả chỉ để làm rõ các nguyên lý thiết kế và vận hành của chúng. Mặc dù sáng chế đã được mô tả chi tiết liên quan tới các phương án ưu tiên của nó, chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Ví dụ, nếu hiện tượng phóng điện giữa các điện cực của thiết bị chống sét phát triển không ở dạng tia tiên đạo, mà có dạng khác, ví dụ là hiện tượng phóng điện thác lũ hoặc là hiện tượng phóng điện sớm, một số công thức thích hợp khác có thể được sử dụng để xác định đường kính phóng điện dự kiến, điều này có thể dẫn đến các thay đổi của giá trị ưu tiên của khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực liền kề.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thiết bị chống sét để bảo vệ sét đánh cho các phần tử của các trang bị điện, thiết bị chống sét này bao gồm thân cách điện làm bằng chất điện môi rắn, hai điện cực chính được nối cơ khí với thân cách điện, và hai hoặc nhiều hơn điện cực trung gian được bố trí giữa các điện cực chính và được bố trí cách nhau ít nhất dọc theo trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện, các điện cực trung gian được làm thích ứng để cho phép trạng thái phóng điện xảy ra giữa từng điện cực chính và điện cực trung gian liền kề từng điện cực chính này và giữa các điện cực trung gian liền kề, khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian được bố trí bên trong thân cách điện và được tách rời ra khỏi bề mặt của nó nhờ một lớp cách điện có độ dày lớn hơn đường kính được tính toán trước D_k của kênh dẫn phóng điện, trong đó các buồng phóng điện được tạo ra giữa các điện cực trung gian liền kề, các buồng phóng điện này hở ra ở bề mặt của thân cách điện, và trong đó diện tích tiết diện ngang S của các buồng phóng điện ở vùng tạo thành kênh dẫn phóng điện được chọn để thoả mãn điều kiện: $S < D_k \cdot g$, trong đó g là khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực trung gian liền kề.
2. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực liền kề được chọn nằm trong khoảng từ 1 mm tới 5 mm.
3. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, khoảng cách cực tiểu giữa các điện cực liền kề được chọn nằm trong khoảng từ 5 mm tới 20 mm.
4. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thiết bị này có các buồng phóng điện bổ sung được tạo ra giữa từng điện cực chính và điện cực trung gian liền kề từng điện cực chính này.
5. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các buồng phóng điện được tạo ra là các khoảng hở hình chữ nhật hoặc hình tròn được tạo ra ở thân cách điện.
6. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các buồng phóng điện được tạo ra là các khe được tạo ra ở thân cách điện.

7. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các buồng phóng điện được tạo ra là các lỗ xuyên được tạo ra ở thân cách điện.
8. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thân cách điện được tạo dạng thanh.
9. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thân cách điện được tạo dạng dải.
10. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thân cách điện được tạo dạng hình trụ.
11. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thân cách điện có độ dày gia tăng ở các vùng mà tại đó các buồng phóng điện hở ra ở bề mặt của thân cách điện.
12. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian được tạo ra có dạng các tấm hoặc các hình trụ.
13. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian được làm bằng graphit hoặc sợi cacbon.
14. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian nằm cách nhau được bố trí theo đường thẳng trùng với trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện.
15. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các điện cực trung gian nằm cách nhau được bố trí theo đường thẳng song song với trục tâm theo chiều dọc của thân cách điện.
16. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 15, khác biệt ở chỗ, điện cực bổ sung được bố trí bên trong thân cách điện hoặc trên bề mặt của nó đối diện với bề mặt mà ở đó các buồng phóng điện được làm hở ra, điện cực bổ sung được nối với một trong số các điện cực chính, trong đó độ dài của điện cực bổ sung tương ứng với ít nhất một nửa khoảng cách giữa các điện cực chính, và trong đó độ bền đánh thủng của cách điện giữa điện cực bổ sung và một điện cực chính khác không được nối với điện cực bổ sung là lớn hơn điện áp đánh thủng được tính toán trước giữa các điện cực chính.
17. Thiết bị theo điểm 16, khác biệt ở chỗ, thân cách điện có một bộ phận rỗng, trong đó điện cực bổ sung được bố trí bên trong bộ phận rỗng này.

18. Thiết bị theo điểm 17, khác biệt ở chỗ, bộ phận rỗng của thân cách điện và điện cực bổ sung có tiết diện hình tròn.

19. Thiết bị theo điểm 18, khác biệt ở chỗ, đường mà các điện cực trung gian nằm cách nhau được bố trí dọc theo là đường xoắn ốc.

20. Thiết bị theo điểm 17, khác biệt ở chỗ, thân cách điện còn bao gồm một dải được gắn chặt vào bề mặt của bộ phận rỗng, trong đó các điện cực trung gian được gắn bên trong dải này.

21. Thiết bị theo điểm 20, khác biệt ở chỗ, dải được quấn dạng xoắn ốc quanh bề mặt của bộ phận rỗng hình trụ.

22. Thiết bị theo điểm 21, khác biệt ở chỗ, điện cực bổ sung và bộ phận rỗng của thân cách điện lần lượt được tạo ra làm lõi và lớp cách điện của một đoạn của cáp điện.

23. Thiết bị theo điểm 22, khác biệt ở chỗ, bộ phận rỗng của thân cách điện có biên dạng có dạng hình chữ U, trong đó điện cực bổ sung và bộ phận rỗng có độ dài bằng nhau, điện cực chính thứ nhất được tạo ra là một ống kim loại bao quanh phần dạng cong của bộ phận rỗng, và điện cực chính thứ hai được nối cơ khí với một hoặc cả hai đầu của bộ phận rỗng và được nối điện với điện cực bổ sung, và trong đó các điện cực trung gian được bố trí trên một hoặc cả hai nhánh của thân cách điện.

24. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, trang bị điện là một đường dây điện lực.

25. Đường dây điện lực bao gồm: các cột đỡ có các bộ phận cách điện, ít nhất một dây dẫn dẫn điện nối với các bộ phận cách điện nhờ phương tiện gắn cố định, và ít nhất một thiết bị chống sét để bảo vệ chống sét cho các phần tử của đường dây điện lực, khác biệt ở chỗ, ít nhất một thiết bị chống sét này là thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 24.

26. Đường dây điện lực theo điểm 25, khác biệt ở chỗ, điện cực chính thứ nhất của ít nhất một thiết bị chống sét được nối trực tiếp hoặc qua một khe

không khí phóng tia lửa điện với một phần tử của đường dây điện lực cần được bảo vệ, trong đó điện cực chính thứ hai được nối điện trực tiếp hoặc qua một khe không khí phóng tia lửa điện với điểm đất.

27. Đường dây điện lực theo điểm 26, khác biệt ở chỗ, dây dẫn dẫn điện được bố trí bên trong một lớp cách điện bảo vệ, điện cực chính thứ nhất của thiết bị chống sét được tạo ra là một kẹp bọc kim loại được bố trí trên lớp cách điện bảo vệ và được nối điện với dây dẫn, điện cực chính thứ hai của thiết bị chống sét được bố trí trên bề mặt của lớp cách điện bảo vệ và được nối điện với phương tiện gắn cố định bằng kim loại để cố định chắc chắn dây dẫn vào bộ phận cách điện của đường dây điện lực, thân cách điện bao gồm bộ phận rỗng, trong đó bộ phận rỗng và điện cực bổ sung của thiết bị chống sét lần lượt được tạo ra là một phần của lớp cách điện bảo vệ và một phần của dây dẫn, cả bộ phận rỗng lẫn điện cực bổ sung đều được bố trí giữa các điện cực chính, và trong đó các điện cực trung gian của thiết bị chống sét được gắn bên trong một dải được gắn chặt vào bề mặt của bộ phận rỗng.

28. Đường dây điện lực theo điểm 25, khác biệt ở chỗ, bộ phận cách điện được bố trí trên thiết bị chống sét, trong đó bộ phận rỗng của thân cách điện và điện cực bổ sung của thiết bị chống sét có tiết diện hình tròn, và trong đó điện cực bổ sung được tạo ra là một thanh của bộ phận cách điện trong khi thân cách điện được tạo ra là nắp bộ phận cách điện được làm thích ứng để cố định chắc chắn bộ phận cách điện trên thanh.

Fig. 5

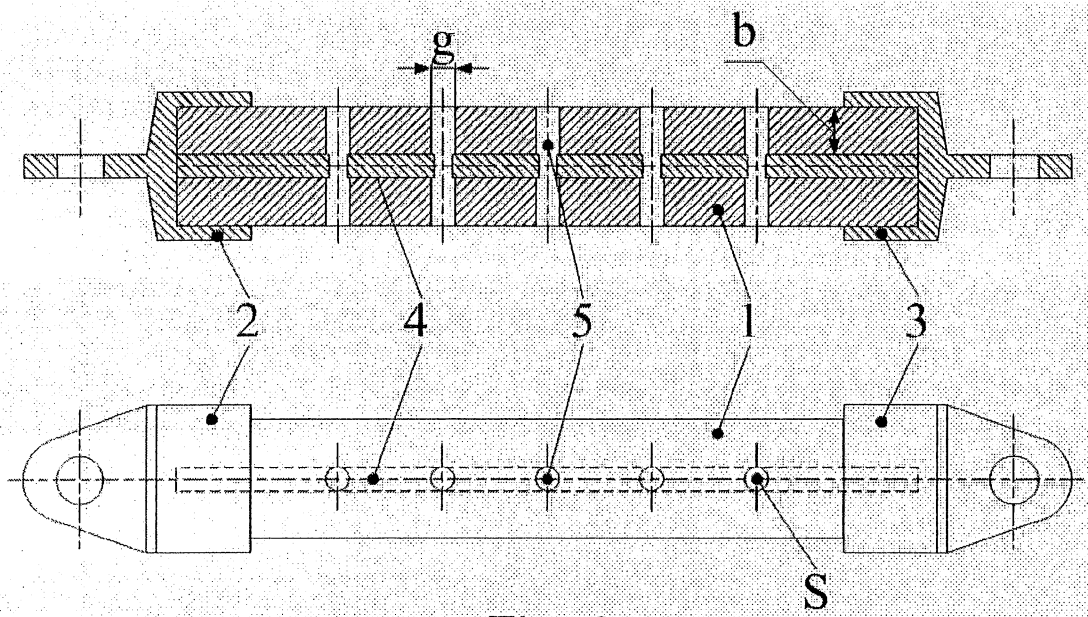


Fig. 6

Fig. 7

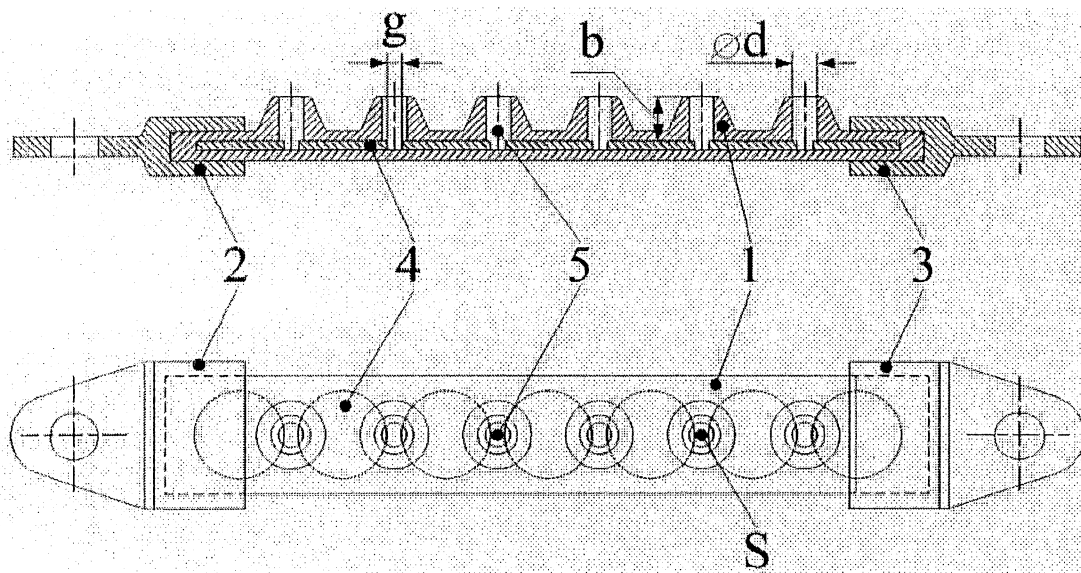


Fig. 8

3/7

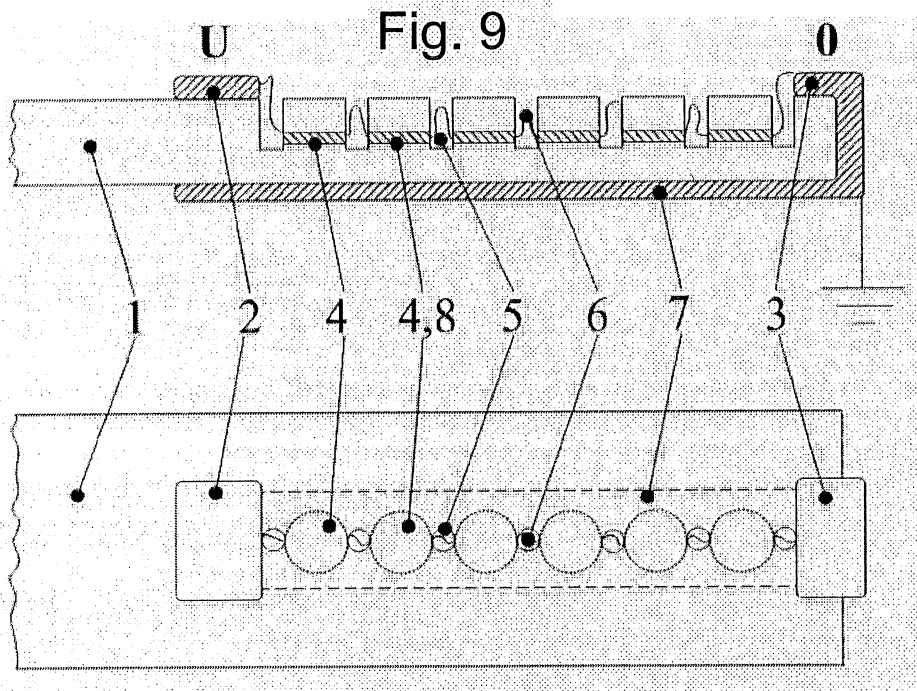
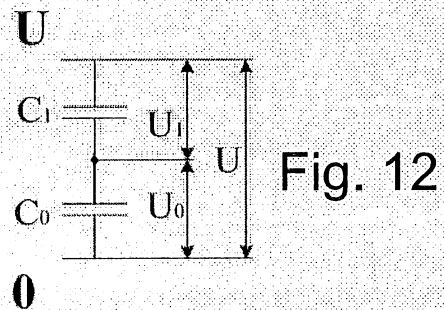
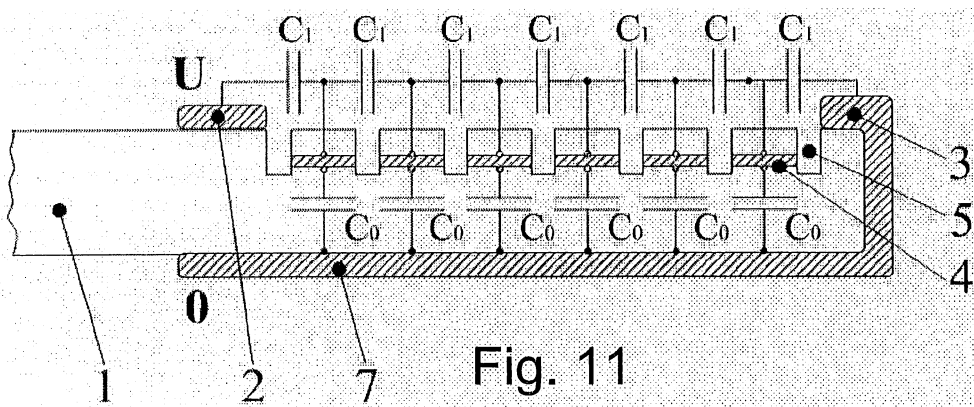


Fig. 10



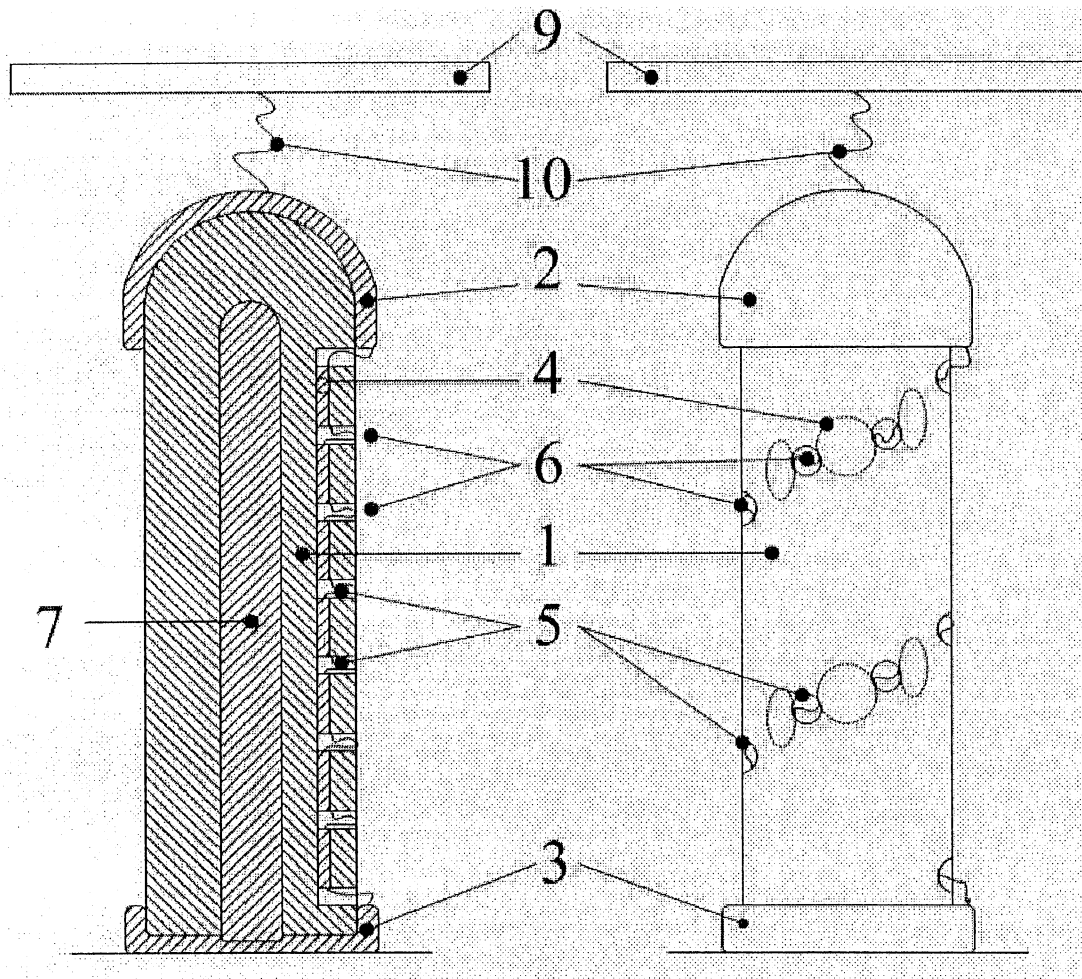


Fig. 13

Fig. 14

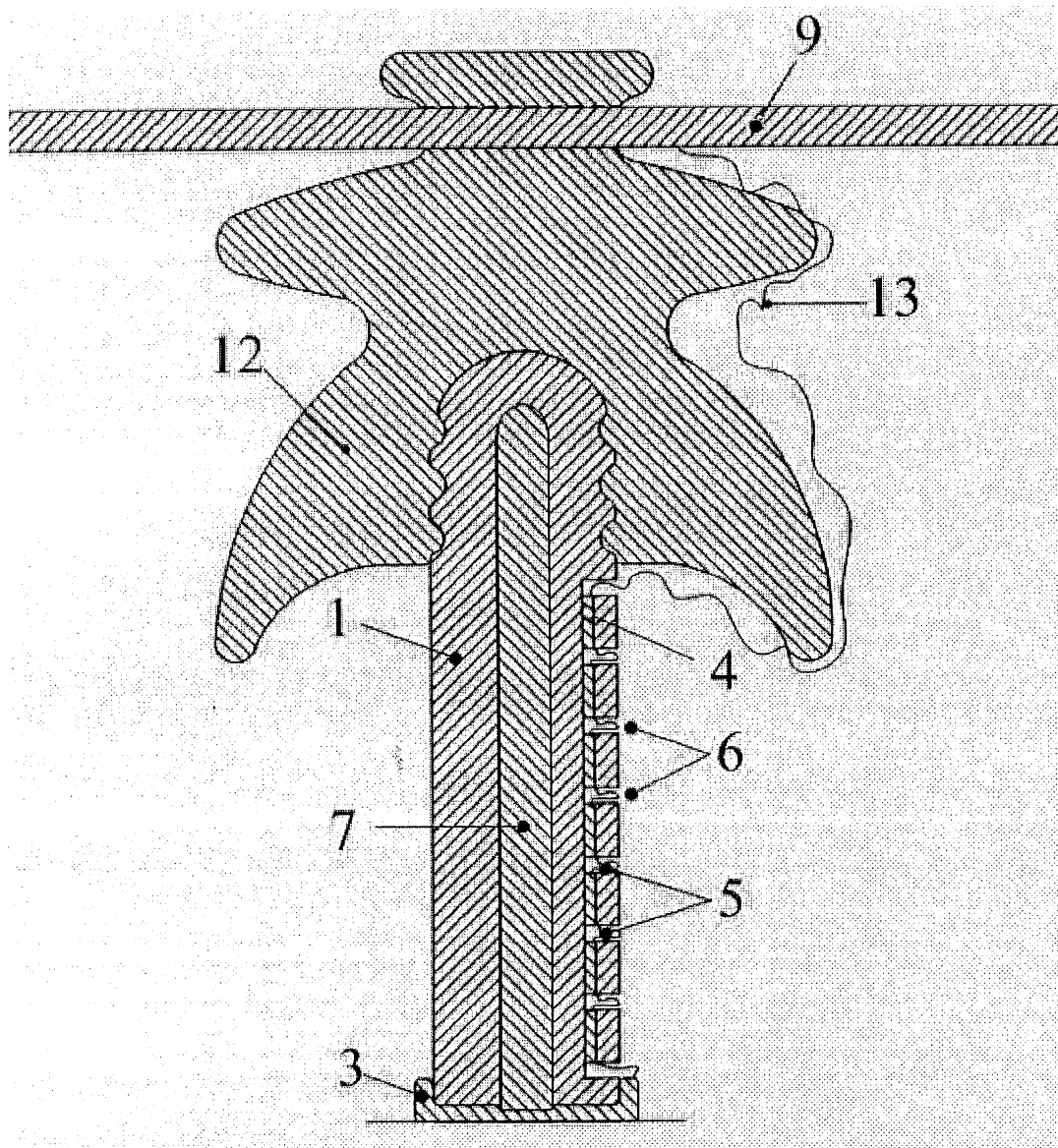
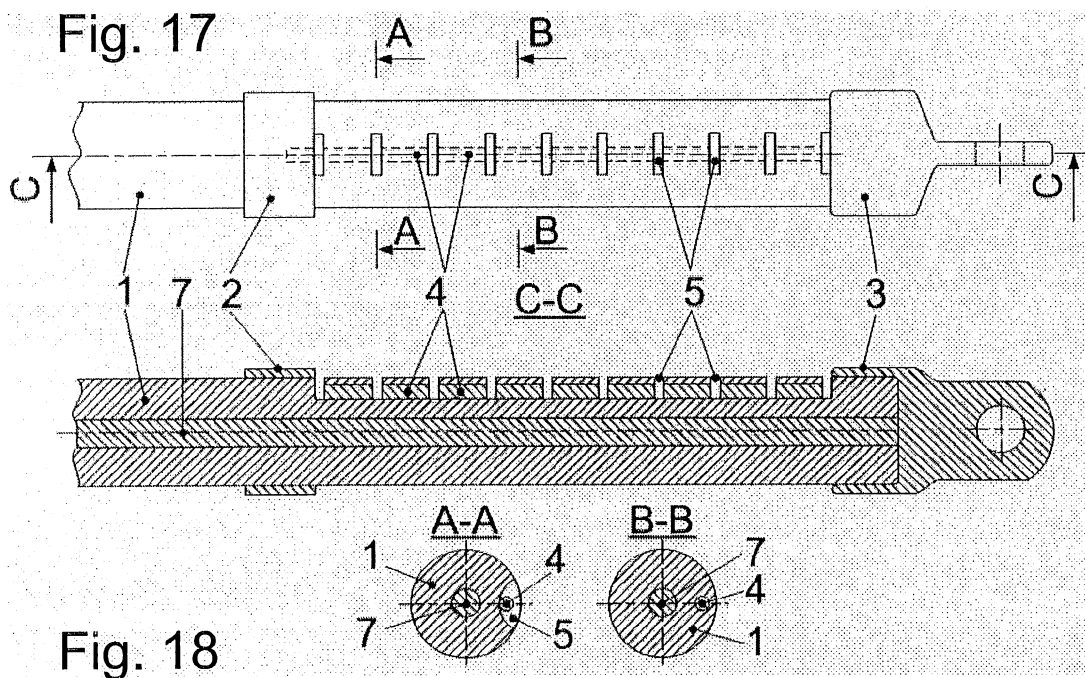
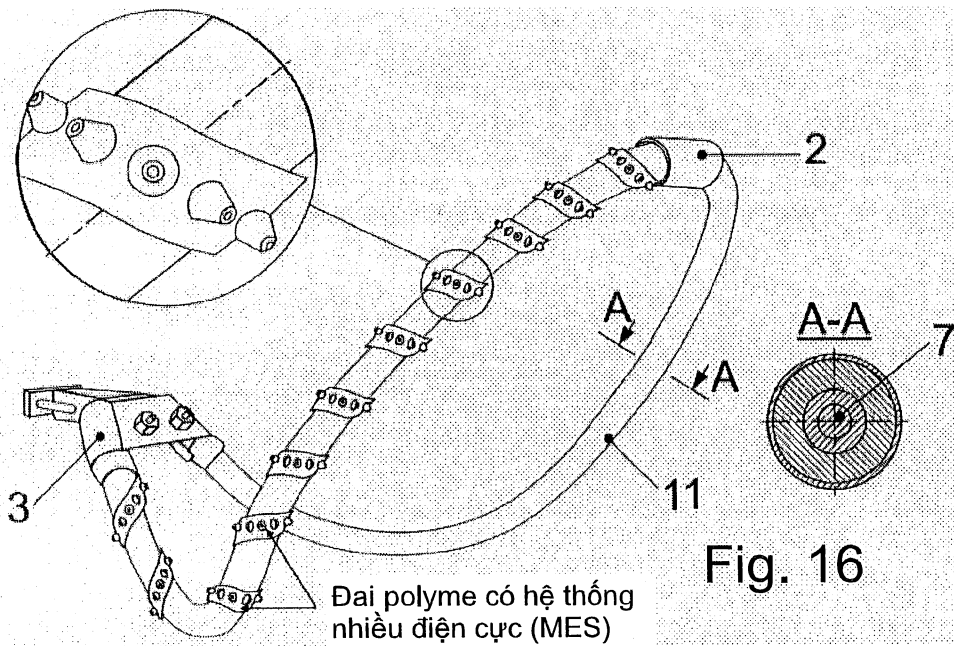


Fig. 15



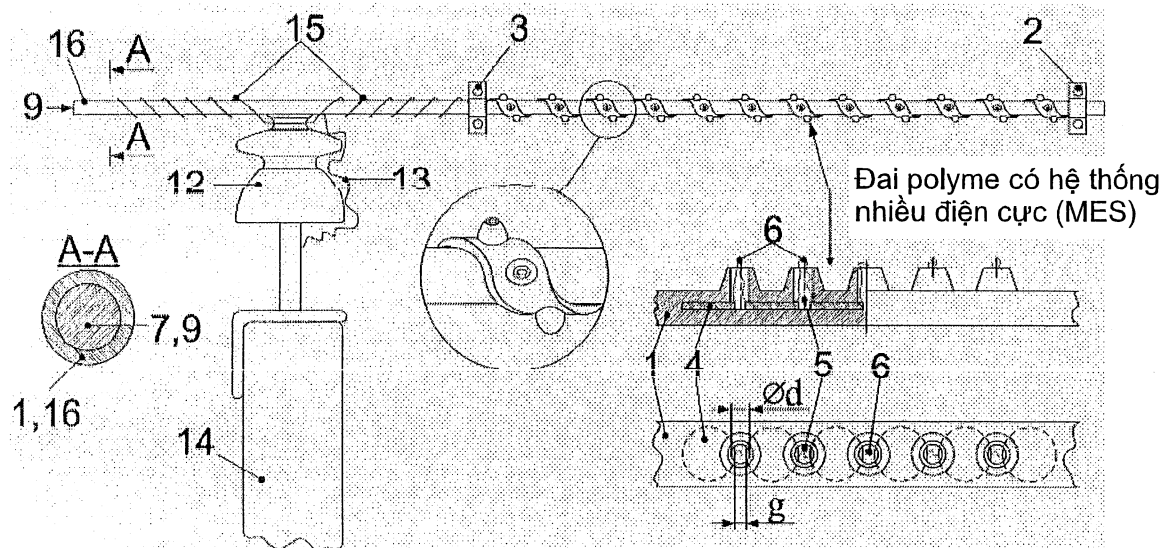


Fig. 19