

TCVN 7379–1 : 2004

CISPR 18–1 : 1982

Xuất bản lần 1

**ĐẶC TÍNH NHIỀU TẦN SỐ RADIO CỦA ĐƯỜNG DÂY
TẢI ĐIỆN TRÊN KHÔNG VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN CAO ÁP**

Phần 1: MÔ TẢ HIỆN TƯỢNG

*Radio interference characteristics of overhead power lines
and high-voltage equipment*

Part 1: Description of phenomena

HÀ NỘI – 2004

Mục lục

Trang

1 Phạm vi áp dụng	7
2 Đối tượng	7
3 Giới thiệu	8
4 Tụ điện từ các đường dây tải điện	9
4.1 Khía cạnh vật lý của tụ điện	9
4.2 Đặc điểm chính của trường tụ do vắng quang dây dẫn gây ra	13
5 Ảnh hưởng của vắng quang trên dây dẫn	17
5.1 Khía cạnh vật lý của vắng quang trên dây dẫn	17
5.2 Phương pháp nghiên cứu vắng quang bằng lồng và đường dây thử nghiệm	19
5.3 Phương pháp xác định trước	21
5.4 Danh mục các biên dạng tiêu chuẩn.....	22
6 Mức tụ điện do cái cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm (không kể chỗ tiếp xúc xấu)	24
6.1 Khía cạnh vật lý của nguồn tụ điện	24
6.2 Tương quan giữa điện áp tụ điện và trường tương ứng đối với các nguồn riêng và nguồn phân phối	26
6.3 Ảnh hưởng của điều kiện môi trường	30
7 Phóng tia lửa do tiếp xúc xấu	31
7.1 Khía cạnh vật lý của hiện tượng tụ điện	31
7.2 Ví dụ về nguồn gốc của khe hở	32
8 Hiệu ứng dòng một chiều đặc biệt	33
8.1 Qui định chung	33
8.2 Hiệu ứng của vắng quang từ dây dẫn	33
8.3 Tụ điện do cái cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm	37
8.4 Hiệu ứng khởi động của van	38
Tài liệu tham khảo	40
Các phụ lục	
Phụ lục A Tính toán gradient điện áp tại bề mặt dây dẫn của đường dây tải điện trên không ...	45
Phụ lục B Danh mục các biên dạng của trường tụ điện do vắng quang dây dẫn đối với một số loại đường dây tải điện	49
Phụ lục C Tóm tắt danh mục các biên dạng tụ điện theo khuyến cáo của CISPR	63
Các hình vẽ	65

Lời nói đầu

TCVN 7379-1 : 2004 hoàn toàn tương đương với tiêu chuẩn CISPR 18-1 : 1982;

TCVN 7379-1 : 2004 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN/TC/E9 *Tương thích điện từ* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.

Đặc tính nhiễu tần số radio của đường dây tải điện trên không và thiết bị điện cao áp

Phần 1: Mô tả hiện tượng

Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment

Part 1: Description of phenomena

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tạp radio từ đường dây tải điện trên không và từ thiết bị điện cao áp có thể gây nhiễu cho việc thu tín hiệu tần số radio, ngoại trừ các trường sinh ra do tín hiệu của đường dây điện tải ba.

Dải tần số được đề cập từ 0,15 MHz đến 300 MHz.

2 Đối tượng

Tiêu chuẩn này nhằm cung cấp thông tin về nhiều yếu tố liên quan đến bảo vệ việc thu thanh và thu hình quảng bá khỏi nhiễu do đường dây tải điện cao áp trên không và các thiết bị lắp cùng. Các thông tin đưa ra để trợ giúp khi các biện pháp để tránh hoặc làm giảm tạp tần số radio đang được xem xét. Tiêu chuẩn này không đề cập đến nhiễu gây ra do các trường của tín hiệu đường dây điện tải ba.

Thông tin đề cập chủ yếu đến sự phát sinh và các đặc tính của tạp tần số radio do các đường dây tải điện xoay chiều và các thiết bị làm việc ở điện áp 1 kV trở lên, trong dải tần từ 0,15 MHz đến 30 MHz (phát thanh quảng bá điều biên) và từ 30 MHz đến 300 MHz (phát thanh quảng bá điều tần và truyền hình). Các khía cạnh đặc biệt về phóng tia lửa điện do tiếp xúc xấu cũng được tính đến. Một số thông tin về nhiễu do đường dây tải điện một chiều trên không có các điều kiện nhiễu và vầng quang khác biệt so với đường dây tải điện xoay chiều cũng được đề cập. Tiêu chuẩn này không đề cập đến nhiễu do thiết bị góp dòng của hệ thống đầu máy xe điện chạy trên cao.

Quy trình chung để thiết lập các giới hạn và các phương pháp đo của trường tạp tần số radio của các đường dây tải điện và các thiết bị được đưa ra cùng với các giá trị điển hình làm ví dụ.

Điều khoản qui định về các giới hạn tập trung ở băng tần thấp và băng tần trung vì chỉ ở các băng tần này mới có đầy đủ các bằng chứng thực tế. Tiêu chuẩn này không đưa ra ví dụ về các giới hạn để bảo vệ việc thu trong băng tần từ 30 MHz đến 300 MHz, vì các phương pháp đo và một số khía cạnh khác của vấn đề trong băng tần này vẫn chưa được giải quyết hoàn toàn. Phép đo tại hiện trường và kinh nghiệm thực tế chỉ ra rằng các mức tập do đường dây tải điện ở tần số cao hơn 300 MHz thấp đến mức ít có khả năng gây ra nhiễu cho việc thu tín hiệu truyền hình.

Các giá trị giới hạn nêu dưới dạng ví dụ tính toán để đưa ra cấp bảo vệ hợp lý đối với việc thu tín hiệu quảng bá tại biên của vùng dịch vụ được chấp nhận của máy phát thích hợp trong băng tần phát thanh điều biên (AM), ở điều kiện bất lợi nhất thường gặp phải. Các giới hạn này được dùng để cung cấp hướng dẫn ở bước hoạch định đường dây và các tiêu chuẩn dựa vào đó có thể kiểm tra tính năng của đường dây sau xây dựng và trong quá trình sử dụng.

Tiêu chuẩn này đưa ra các khuyến cáo về thiết kế, định tuyến, xây dựng và bảo trì đường dây và thiết bị để giảm thiểu nhiễu và hy vọng rằng tiêu chuẩn này sẽ trợ giúp các dịch vụ radiô khác trong việc xem xét các vấn đề về nhiễu.

3 Giới thiệu

3.1 Tập radiô từ đường dây tải điện cao áp trên không, là đường dây có điện áp trên 1 kV, có thể sinh ra trên một băng tần rộng do

- a) phóng vầng quang trong không khí tại bề mặt của dây dẫn và phụ kiện đường dây;
- b) phóng điện và tia lửa điện tại vùng có ứng suất cao của cái cách điện;
- c) phóng tia lửa điện tại các chỗ tiếp xúc bị nới lỏng hoặc tiếp xúc không tốt.

Các nguồn a) và b) thường phân bố dọc theo chiều dài của đường dây, còn nguồn c) thường là cục bộ. Đối với các đường dây vận hành ở 100 kV trở lên, ứng suất điện trong không khí tại bề mặt của dây dẫn và phụ kiện đường dây có thể gây ra phóng vầng quang. Phóng tia lửa điện tại chỗ tiếp xúc xấu hoặc cái cách điện vỡ hoặc nứt có thể làm tăng cục bộ nguồn tập radiô. Các thiết bị điện cao áp ở trạm cũng có thể sinh ra tập radiô truyền dọc theo đường dây trên không.

3.2 Nếu cường độ của trường tập radiô tại anten thu thanh quảng bá và các dịch vụ truyền hình quá lớn thì có thể gây suy giảm âm thanh đầu ra và, trong trường hợp truyền hình, chất lượng hình ảnh cũng bị suy giảm.

3.3 Sự phát sinh tập radiô bị tác động bởi điều kiện thời tiết, ví dụ, khi thời tiết ẩm ướt thì có nhiều khả năng xuất hiện vầng quang dây dẫn do các giọt nước đọng trên dây dẫn, trong khi ở điều kiện này, những chỗ tiếp xúc xấu có thể bị nước bắc cầu và, nhờ quá trình này, làm ngừng phát sinh tập radiô. Vì vậy, các tiếp điểm bị nới lỏng hoặc tiếp xúc không tốt có nhiều khả năng phóng tia lửa điện trong điều kiện thời tiết khô. Cái cách điện sạch, khô có thể gây nhiễu trong thời tiết tốt, nhưng có nhiều khả năng

xảy ra phát tia lửa điện kéo dài trên bề mặt cái cách điện khi cách điện bị bẩn, đặc biệt là trong điều kiện ẩm, sương mù hoặc đóng băng.

3.4 Đối với việc thu các tín hiệu phát thanh và truyền hình không bị nhiễu, điều quan trọng là ở đầu vào máy thu có tỷ số đủ cao giữa mức tín hiệu mong muốn và mức tạp radiô không mong muốn. Do đó, có thể cảm thấy nhiễu khi cường độ tín hiệu thấp và điều kiện thời tiết có lợi cho việc phát sinh tạp radiô.

3.5 Khi nghiên cứu tạp radiô, cần lưu ý là một nguồn hoặc các nguồn ở xa có thể gây ra trường cục bộ vì tạp có thể truyền dọc theo đường dây ở khoảng cách đáng kể.

3.6 Tiêu chuẩn này đề cập đến các nguyên nhân, phép đo và các ảnh hưởng của nhiễu tần số radiô, các khía cạnh thiết kế liên quan đến nhiễu này, các phương pháp và ví dụ để thiết lập các giới hạn và dự đoán dung sai mức nhiễu của đường dây tải điện cao áp trên không và các thiết bị lắp cùng ảnh hưởng đến việc thu các dịch vụ quảng bá chấp nhận được.

4 Tạp radiô từ các đường dây tải điện

4.1 Khía cạnh vật lý của tạp radiô

4.1.1 Cơ chế hình thành trường tạp

Phóng văng quang trên dây dẫn, cái cách điện hoặc phụ kiện đường dây hoặc phóng tia lửa điện tại các chỗ tiếp xúc xấu có thể là nguồn gây tạp radiô vì chúng truyền các xung dòng điện vào dây dẫn. Việc truyền này chạy dọc theo dây dẫn theo cả hai hướng tính từ điểm truyền. Các thành phần khác nhau của phổ tần số của các xung này có những ảnh hưởng khác nhau.

Trong dải tần từ 0,15 MHz đến vài megahec, tạp chủ yếu là do ảnh hưởng của việc truyền dọc theo đường dây. Bức xạ điện từ trực tiếp từ bản thân nguồn xung không góp phần đáng kể vào mức tạp. Trong trường hợp này, bước sóng là dài so với khoảng cách các dây dẫn và do đó, đường dây không phải là vật bức xạ hiệu quả. Tuy nhiên, có sự kết hợp từng thành phần phổ điện áp và phổ dòng điện, trường điện và trường từ truyền dọc theo đường dây. Vì việc truyền này suy giảm tương đối ít nên trường tạp được xác định bởi sự kết hợp ảnh hưởng của tất cả các phóng điện trải suốt nhiều kilômét dọc theo đường dây ở cả hai phía của điểm thu. Cần chú ý là trường dẫn hướng chiếm ưu thế ở gần đường dây, trong khi trường bức xạ chiếm ưu thế ở cách xa đường dây. Sự chuyển đổi là không đột ngột và hiện tượng chưa được biết rõ. Ảnh hưởng của chuyển đổi này không quan trọng ở tần số thấp nhưng đáng kể ở tần số trung gian.

Tuy nhiên, đối với thành phần phổ trên 30 MHz có bước sóng gần bằng hoặc nhỏ hơn khoảng cách các dây dẫn của đường dây, vì không có sự truyền dọc theo đường dây nên ảnh hưởng của tạp có thể giải thích chủ yếu bằng lý thuyết bức xạ anten áp dụng cho nguồn tạp.

Tuy nhiên, cần phải đánh giá rằng tần số 30 MHz không tạo ra ranh giới rõ ràng giữa hai cơ chế tạo trường tạp khác nhau.

4.1.1.1 Lan truyền theo chiều dọc

Trong trường hợp một đường dây duy nhất lắp bên trên mặt đất, sóng điện áp $U(t)$ và sóng dòng điện $I(t)$ đồng thời lan truyền.

Với tần số cho trước, hai đại lượng này có quan hệ bởi biểu thức $U(\omega) = ZI(\omega)$ trong đó Z là trở kháng sóng của đường dây và cũng là hàm số của ω .

Trong quá trình truyền, các sóng suy giảm theo hệ số chung α , trong đó:

$$U_x = U_o e^{-\alpha x}$$

$$I_x = I_o e^{-\alpha x}$$

U_o và I_o là biên độ tại nguồn và x là khoảng cách truyền dọc theo đường dây.

Trong trường hợp đường dây nhiều pha, kinh nghiệm cho thấy rằng, bất kỳ hệ thống điện áp hoặc dòng điện nào cũng bị méo khi truyền, nghĩa là, độ suy giảm thay đổi theo khoảng cách truyền và khác nhau giữa các dây dẫn. Lý thuyết truyền và các phép đo thực tế trên đường dây tải điện cho thấy điện áp tạp trên dây dẫn pha có thể xem như được hình thành từ nhiều “phương thức”, mỗi phương thức chứa các thành phần trên từng dây dẫn. Có phương thức truyền giữa tất cả các dây dẫn song song và đất. Lại có các phương thức khác truyền giữa các dây dẫn. Mỗi phương thức lại có độ suy giảm truyền khác nhau. Lý thuyết hoàn chỉnh về phương thức truyền khá phức tạp và liên quan đến các phương trình ma trận không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này. Tài liệu tham khảo ở đây là CIGRÉ (Hội thảo quốc tế về hệ thống điện cao áp) và các ấn bản khác. Điều quan trọng cần lưu ý là độ suy giảm của phương thức truyền dây dẫn – đất tương đối cao, nghĩa là từ 2 dB/km đến 4 dB/km, trong khi độ suy giảm của các phương thức truyền dây dẫn – dây dẫn khác chỉ bằng một phần nhỏ của 1 dB/km ở tần số 0,5 MHz.

4.1.1.2 Trường điện từ

Điện áp và dòng điện truyền dọc theo đường dây tạo ra một trường điện từ liên kết truyền gần đường dây.

Điều cần lưu ý ở đây là trong không gian tự do, trường điện và trường từ liên kết với sóng điện từ bức xạ, chúng vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng. Tỷ số biên độ của chúng là một hằng số:

$$\frac{E_{(V/m)}}{H_{(A/m)}} = 377 \Omega$$

và được gọi là trở kháng nội hay trở kháng của không gian tự do.

Mặt khác, các trường gần đường dây liên quan đến điện áp và dòng điện tần số radio truyền dọc theo đường dây, và tỷ số của chúng phụ thuộc vào trở kháng sóng của đường dây ở các phương thức khác nhau. Hơn nữa, hướng của trường điện và trường từ này khác biệt so với hướng của các trường bức xạ trong không gian tự do vì chúng chủ yếu được xác định từ bố trí hình học của các dây dẫn đường dây. Vấn đề còn phức tạp hơn bởi thực tế là điều kiện của đất có ảnh hưởng khác nhau do hiệu ứng ảnh gương trong đất của trường điện và trường từ.

Điện trường $E(y)$ ở mức mặt đất của một dây duy nhất, là thành phần thẳng đứng của trường điện tổng, được cho bởi công thức gần đúng dựa trên giả thiết đơn giản:

$$E(y) = 120 I \frac{h}{h^2 + y^2}$$

trong đó I là dòng điện truyền trong dây dẫn, tính bằng ampe, h là chiều cao của dây dẫn, tính bằng mét, và y là khoảng cách theo chiều ngang, tính bằng mét, tính từ điểm ngay dưới dây dẫn đến điểm đo.

Ngoài ra, đối với một đường dây duy nhất có chiều dài vô tận, vùng cảm ứng, hoặc trường gần, có cùng tỷ số giữa trường điện và trường từ là trường xa tính từ máy phát thanh, nghĩa là 377Ω và giá trị này gần đúng cho mọi giá trị độ dẫn của đất.

Trong trường hợp đường dây nhiều pha, trường điện là tổng vectơ của các trường riêng của từng dây dẫn pha. Một nghiên cứu toàn diện hơn, cùng với các phương pháp đánh giá trường điện từ thực tế, được đề cập trong TCVN 7379-2 (CISPR 18-2) Đặc tính nhiễu tần số radio của đường dây tải điện trên không và thiết bị điện cao áp – Phần 2: Phương pháp đo và qui trình xác định giới hạn. Công thức nêu ở trên là một cách chuyển đổi đơn giản chính xác với $D = 20$ m và $f = 0,5$ MHz, trong đó D là khoảng cách, tính bằng mét, giữa anten của bộ đo và dây dẫn gần nhất của đường dây và f là tần số đo. Đối với dải khoảng cách D và dải tần số f rộng hơn, có thể cần tính đến mọi tham số ảnh hưởng đến công thức.

4.1.1.3 Hiệu ứng tổng hợp

Trong trường hợp nguồn tạp phân bố không đồng nhất, trường do một đơn vị chiều dài của dây dẫn pha sinh ra có thể được biểu diễn ở điểm bất kỳ dọc đường dây như một hàm số của khoảng cách theo chiều dài x và khoảng cách theo chiều ngang y , nghĩa là $E(y, x)$. Ở khoảng cách theo chiều ngang y cho trước,

$$E(y, x) = E_0(y)e^{-ax}$$

Các xung ngẫu nhiên trên một đường dây dài có nguồn tạp phân bố không đồng nhất kết hợp với nhau tạo nên trường tổng. Hiện vẫn chưa có sự thống nhất về cách kết hợp giữa các xung không giống nhau. Một số nhà nghiên cứu cho rằng chúng kết hợp theo dạng bậc hai:

$$E^2(y) = 2 \int_0^\infty E_0^2(y) e^{-2ax} dx$$

hoặc

$$E(y) = \frac{E_0}{\sqrt{a}}$$

Các nhà nghiên cứu khác cho rằng, nếu sử dụng bộ tách sóng tựa đỉnh để đo cường độ trường thì các xung riêng rẽ không cộng lại và một số người khác đã thu được kết quả giữa hai giá trị giới hạn. Sự khác nhau này chỉ quan trọng trong phương pháp dự đoán phân tích, các kết quả thu được bằng các phương pháp khác nhau chỉ chênh lệch khoảng 1 dB hoặc 2 dB.

Trong trường hợp đường dây nhiều pha, việc tính toán tuân theo cùng một nguyên tắc nhưng phức tạp do có nhiều phương thức, mỗi phương thức có hệ số suy giảm khác nhau. Nghiên cứu chi tiết hơn cùng với các ví dụ tính toán được nêu trong điều 6.

4.1.2 Xác định tạp

Giá trị tạp tức thời thay đổi liên tục và ngẫu nhiên, nhưng mức công suất trung bình của nó trong một khoảng thời gian đủ dài, ví dụ như 1 s, cho một đại lượng ngẫu nhiên ổn định có thể đo được. Một đại lượng khác thích hợp cho phép đo là giá trị đỉnh hoặc giá trị đỉnh có trọng số nào đó của mức tạp.

Máy đo tạp chính là vôn mét nhảy, có độ chọn lọc điều hưởng được với băng thông qui định. Khi nối với anten roi hoặc anten vòng thích hợp đã được hiệu chỉnh đúng, vôn mét có thể đo được thành phần điện hoặc thành phần từ của trường tạp.

Tùy thuộc vào thiết kế của thiết bị đo, mức tạp có thể được đo theo giá trị hiệu dụng, giá trị đỉnh hoặc giá trị tựa đỉnh. Giá trị hiệu dụng xác định tạp về mặt năng lượng. Nhiều loại tạp do các thiết bị điện, cũng như do văng quang của đường dây tải điện gây ra, gồm một chuỗi các xung ngắn có tần số lặp gần như ổn định. Trong các trường hợp như vậy, ảnh hưởng khó chịu của tạp có thể được thể hiện bằng loại vôn mét tựa đỉnh tốt hơn là vôn mét hiệu dụng. Giá trị tựa đỉnh thu được từ mạch điện gồm một điôt và một tụ điện có hằng số thời gian nạp tương đối ngắn và hằng số thời gian phóng tương đối dài. Điện áp trên các tụ điện dao động quanh một giá trị thấp hơn giá trị đỉnh một chút và phụ thuộc vào tốc độ lặp, nghĩa là đặc trưng trọng số nằm trong đáp tuyến. Nguyên tắc này được tuân thủ trong thiết bị đo CISPR, chi tiết được nêu trong tiêu chuẩn TCVN 6989 (CISPR 16). Do đó, mức tạp được xác định bởi giá trị đo được nhờ thiết bị đo này, đơn vị tính là microvôn hoặc microvôn trên mét. Bằng cách sử dụng tỷ số trường điện trên trường từ, $E/H = 377$, các giá trị đo được biểu diễn theo qui ước bằng microvôn trên mét ngay cả đối với các thiết bị sử dụng anten vòng đáp ứng với trường từ.

4.1.3 Ảnh hưởng của các tham số bên ngoài

Để xác định gradien bắt đầu văng quang g_c của dây dẫn hình trụ có bề mặt nhẵn, công thức Peek thường được sử dụng:

$$g_c (\text{kV/cm}) = 31 \delta \left[1 + \frac{0,308}{\sqrt{\delta r}} \right]$$

Đối với điện áp xoay chiều, g_c là giá trị đỉnh của gradien, r là bán kính của dây dẫn, tính bằng centimét,

$\delta = \frac{0,294p}{273+t}$ là mật độ không khí tương đối ($\delta = 1$ đối với $p = 1\,013$ mbar và $t = 25$ °C).

Tuy nhiên, điều kiện thực tế trên đường dây trên không không phù hợp với các giả thiết lý tưởng này. Các sợi dây dẫn bện, sự không hoàn hảo và không đồng đều của bề mặt làm tăng cục bộ trường điện và do đó điện áp khởi đầu văng quang thấp hơn so với giá trị thu được từ công thức trên. Điều này thường có nghĩa là gradien tới hạn để bắt đầu tạp radiô, trong điều kiện thời tiết xấu, bằng khoảng một nửa giá trị tính theo công thức Peek.

Điều kiện khí quyển cũng đóng một vai trò quan trọng. Trong điều kiện mưa, sương mù, tuyết hoặc sương đọng, các giọt nước đọng trên bề mặt dây dẫn và ở điều kiện nhiệt độ thấp có thể hình thành băng. Việc này làm giảm thêm điện áp khởi đầu văng quang và làm tăng mức tạp như đề cập trong điều 5 và 6.

Về mặt tiếp xúc xấu và sự phát sinh tia lửa điện nhỏ, ảnh hưởng của mưa và độ ẩm làm bắc cầu các khe hở liên quan bằng nước hoặc lớp ẩm, do đó làm giảm mức của loại tạp này.

Vì thế, mưa và độ ẩm tác động đến tạp do văng quang trên dây dẫn theo cách ngược với cách tác động do tiếp xúc xấu. Do đó, khi thấy có nhiễu trong lúc mưa hoặc sương mù, có thể kết luận nhiễu là do văng quang gây ra. Mặt khác, khi thấy có nhiễu trong giai đoạn thời tiết tốt và nhiễu bị mất hoặc giảm đi khi có mưa hoặc sương mù thì đó là do tiếp xúc xấu.

4.2 Đặc điểm chính của trường tạp do văng quang dây dẫn gây ra

Để hợp lý hóa phép đo tạp radiô từ một đường dây truyền tải và để đơn giản hóa việc so sánh giữa các đường dây khác nhau, cần phải tiêu chuẩn hóa các điều kiện mà phép đo được tiến hành.

Các đặc điểm chính của trường tạp là phổ tần số, biên dạng theo chiều ngang và thay đổi thống kê của tạp theo điều kiện thời tiết. Giả thiết gần đúng đầu tiên là đặc điểm này độc lập với nhau.

4.2.1 Phổ

Phổ là sự biến thiên của tạp radiô đo được tại một điểm cho trước trong vùng lân cận đường dây, như một hàm của tần số đo. Có hai hiện tượng liên quan:

a) Xung dòng điện

Các xung dòng điện sinh ra trong dây dẫn do phóng điện có một phổ cụ thể phụ thuộc vào hình dạng xung. Đối với loại phóng điện này, mức tạp đo được giảm theo tần số. Trong dải tần quảng bá, ở đó phóng điện dương có ảnh hưởng trội hơn, phổ độc lập với đường kính dây dẫn.

b) Độ suy giảm

Độ suy giảm của tạp truyền dọc theo đường dây tăng theo tần số. Hiệu ứng này làm thay đổi phổ do giảm mức tạp còn nhiều hơn khi tần số tăng.

Phổ đo được thường không đồng đều vì sóng đứng do các gián đoạn như cột góc hoặc cột cuối hoặc các thay đổi mức nền đột ngột gây ra. Ngoài ra, sự phát sinh tạp có thể thay đổi trong khi thực hiện phép đo.

“Phổ tiêu chuẩn” được sử dụng để hỗ trợ cho các tính toán dự đoán. Kinh nghiệm cho thấy tất cả các phổ có thể chia thành hai nhóm, một nhóm dùng cho cấu hình dây dẫn dàn ngang, nhóm còn lại dùng cho cấu hình mạch kép và cấu hình dây dẫn tam giác hoặc thẳng đứng. Sự khác nhau giữa hai nhóm này xuất phát từ hiện tượng đề cập ở điểm b) trên đây, việc truyền có khác biệt nhỏ tùy theo loại đường dây. Tuy nhiên, vì sự khác biệt không quan trọng so với độ chính xác của các tính toán này, nên chỉ một phổ tiêu chuẩn được cho theo giá trị tương đối, điểm chuẩn được lấy ở 0,5 MHz.

Công thức dưới đây đại diện tiêu biểu cho phổ này:

$$\Delta E(\text{dB}) = 5 [1 - 2 (\lg 10f)^2]$$

trong đó $\Delta E(\text{dB})$ là biến thiên của mức tạp radiô từ tần số chuẩn 0,5 MHz và f là tần số, tính bằng megahéc, trong dải từ 0,15 MHz đến 4 MHz.

Cần lưu ý là các nhà nghiên cứu khác đã đưa ra các công thức khác cũng cho các kết quả tương tự. Ở tần số cao hơn thì dự đoán phổ tạp khó hơn.

4.2.2 Biên dạng

Biến thiên của trường tạp là hàm số của khoảng cách tính từ đường dây được đặc trưng bởi mức giảm phụ thuộc vào tần số. Các phép đo được thực hiện dọc theo đường vuông góc với khoảng vượt giữa, càng gần với khoảng vượt trung bình của đường dây đang xem xét càng tốt. Phải tránh ở gần các trạm hoặc các mối nối liên kết, các góc ngoặt, các đường dây liên kế và thay đổi lớn về độ cao của địa hình.

Biên dạng được xác định ở độ cao 2 m phía trên mặt đất tính từ điểm ngay dưới dây dẫn nằm ngoài cùng trên chiều dài không quá 200 m. Ngoài khoảng cách này, mức tạp của đường dây nói chung là không đáng kể. Tần số chuẩn đối với các phép đo CISPR là 0,5 MHz.

Biên dạng đo được thường không đồng đều do sự dao động liên tục của tạp radiô trong suốt một loạt các phép đo và do sự không đều như cột góc hoặc cột cuối và thay đổi của địa hình.

Nhiều phép đo được tiến hành trên khoảng năm mươi đường dây khác nhau đã đưa ra hiểu biết thực nghiệm hữu ích về các biên dạng này, chúng cũng đã được khẳng định bằng các tính toán lý thuyết.

Phân tích chính xác cho phép vẽ các biên dạng như một hàm của các cấp điện áp đường dây và cấu hình đến khoảng cách khoảng 100 m, ngoài khoảng cách này, mức tạp thường quá thấp để thực hiện được các phép đo tin cậy.

Trong vùng lân cận của đường dây tải điện có hai trường tạp, trường trực tiếp hay trường dẫn hướng và trường bức xạ. Trường bức xạ là kết quả của sự không đều trên đường dây như độ võng đường dây, các thay đổi về hướng của đường dây và độ dẫn của đất không tốt. Trường trực tiếp giảm theo bình phương khoảng cách, trường bức xạ giảm tuyến tính theo khoảng cách. Trường trực tiếp chiếm ưu thế ở gần đường dây, trong khi trường bức xạ chiếm ưu thế ở khoảng cách lớn hơn. Dựa trên một số khái niệm về anten, hai trường có thể bằng nhau ở khoảng cách xấp xỉ $300/2\pi f$ mét, trong đó f tính bằng megahéc. Trong thực tế, độ suy giảm theo chiều ngang ở gần đường dây giảm chậm hơn bình phương khoảng cách. Hệ số suy giảm k với các tần số từ 0,5 MHz đến 1,6 MHz, ví dụ, là 1,65 (xem phụ lục C). Độ suy giảm theo chiều ngang ở gần đường dây có thể được mô tả bằng:

$$E = E_0 + 20k \lg D_0/D$$

trong đó:

E là mức tạp, tính bằng decibelen (1 $\mu\text{V/m}$) ở khoảng cách D

k là hệ số suy giảm

E_0 là mức tạp, tính bằng decibelen (1 $\mu\text{V/m}$) ở khoảng cách chuẩn D_0 .

Ở cách xa đường dây, hệ số suy giảm giảm dần cho đến khi đạt giá trị là một đơn vị. Một số nhà nghiên cứu xem như hai trường bằng nhau ở khoảng $300/2\pi f$ mét như nêu ở trên. Ví dụ, phương trình ở cuối 2.3.5.1 của TCVN 7379-2 (CISPR 18-2), thể hiện biên dạng trong băng tần từ 0,4 MHz đến 1,6 MHz, giả thiết khoảng cách tính từ đường dây là 100 m.

Biên dạng tiêu chuẩn được thể hiện theo khoảng cách bằng thang logarit, lấy mốc là khoảng cách thẳng đến dây dẫn là 20 m. Cách biểu diễn này thể hiện qui luật tự nhiên của trường tạp suy giảm như một hàm của khoảng cách tính từ dây dẫn gần nhất. Các biên dạng cũng có thể được biểu diễn như một hàm số của khoảng cách theo chiều ngang. Cách biểu diễn này thích hợp cho việc dự đoán độ rộng của hành lang chịu nhiễu.

4.2.3 Phân bố thống kê

Nghiên cứu có hệ thống về các dao động mức tạp radiô của một đường dây đòi hỏi phải ghi liên tục cường độ trường bên dưới đường dây này trong ít nhất một năm, ở khoảng cách cố định tính từ đường dây và với tần số đo cố định. Nhiều nhà nghiên cứu ở nhiều nước đã tiến hành các phép đo này với kết quả là có các dữ liệu tương đối tin cậy về sự thay đổi mức tạp radiô theo năm hoặc theo mùa. Các kết quả này thường được biểu diễn theo phương pháp phân tích thống kê, nghĩa là dưới dạng biểu đồ hoặc các phân bố lũy tích. Phân bố lũy tích biểu diễn phần trăm thời gian trong đó mức tạp radiô thấp hơn giá trị đã cho.

Nguyên nhân quan trọng nhất của sự dao động mức tạp radiô ghi được là:

- bản chất ngẫu nhiên của hiện tượng;
- sự thay đổi của điều kiện khí tượng, cả tại điểm đo lẫn dọc theo vài chục kilômét đường dây có đóng góp vào nhiễu cục bộ;

- thay đổi trạng thái bề mặt của dây dẫn, không chỉ do tác động của điều kiện thời tiết như mưa và sương mà còn do lắng đọng bụi, côn trùng và các phần tử khác.

Rất khó để đo một cách hệ thống các nguyên nhân này. Mặc dù các thay đổi của điện áp đặt của đường dây tạo ra các dao động trong mức tạp radiô, nhưng nguyên nhân này có thể đo được.

Sự phân bố của mức tạp cũng phụ thuộc vào loại khí hậu; khí hậu rất ẩm ướt, mưa nhiều, hoặc có nhiều tuyết hoặc sương sẽ làm tăng phần trăm của các mức cao, trong khi khí hậu rất khô sẽ làm giảm phần trăm đi.

Các đường cong trên các hình từ 3 đến 6, ở khí hậu ôn đới thể hiện các ví dụ về khảo sát phân bố trong mọi thời tiết, cùng với một phân bố trong thời tiết khô và một phân bố trong thời tiết mưa to trung bình. Có thể thấy rằng, đường cong tổng thể là sự kết hợp nhiều hoặc ít hơn hai hoặc ba phân bố Gausơ.

Trong phân bố ở mọi thời tiết, thông thường xác định được một số mức đặc tính:

- *Mức 99 %* là mức thực tế cao nhất có thể có của đường dây, tại điểm cho trước.
- *Mức mưa to trung bình* là mức ổn định nhất và có thể tái tạo, mưa được coi là to khi đạt 0,6 mm một giờ hoặc cao hơn. Vì lý do này, mức mưa to trung bình thường được chọn là mức chuẩn để tính tạp radiô. Trên thực tế, mức mưa to trung bình là mức 95 % và thấp hơn mức 99 % khoảng 5 dB.
- *Mức thời tiết tốt trung bình*, ứng với điều kiện dây dẫn khô. Điều này quan trọng đối với thực tế, nhưng do độ phân tán lớn hơn nên để thu được các kết quả tin cậy thì cần số lượng lớn các phép đo trong suốt một năm. Rất may là có thể dễ dàng thực hiện các phép đo trong điều kiện thời tiết tốt trung bình hơn là trong điều kiện mưa to trung bình.
- *Mức 50 %*, đọc trên đường cong lũy tích ở mọi thời tiết. Không được nhầm mức 50 % này với mức thời tiết tốt trung bình xác định ở trên, vì nó xuất hiện không chỉ ở điều kiện thời tiết khô mà còn xuất hiện trong toàn bộ dải điều kiện khí hậu phổ biến trong các ghi chép dài hạn. Ngoài ra, mức thời tiết tốt trung bình và mức 50 % còn phụ thuộc chủ yếu vào trạng thái bề mặt của dây dẫn; các mức này có thể thay đổi trên dải lớn hơn 10 dB tùy theo dây dẫn có bị bẩn, bị bôi mỡ, v.v... hay không. Một số chuyên gia cho rằng mức 50 % sẽ không thay đổi quá 10 dB trong một khoảng thời gian tương đối dài, nghĩa là một tháng hoặc một năm, cho dù các số đọc riêng rẽ có thể biến thiên hơn 10 dB.
- *Mức 80 %*, đọc trên đường cong phân bố mọi thời tiết, được chọn làm giá trị đặc trưng, được dùng làm cơ sở về giới hạn. Mức 80 % này nằm trong khoảng giữa mức thời tiết tốt và mức mưa to trung bình, ít phải chịu độ không ổn định hơn so với mức 50 % và do đó, được coi như là “mức đặc trưng”. Nghiên cứu nhiều đường cong lũy tích cho thấy chênh lệch giữa mức 95 % và mức 80 % nằm giữa 5 dB và 12 dB. Như đề cập trong 4.2.2, cần lưu ý là các phép đo tin cậy ở ngoài khoảng cách từ 100 m đến 200 m thường không thực hiện được. Các hướng dẫn chung ở trên được minh họa trên các hình từ 3 đến 6, liên quan đến đường dây từ 400 kV đến 750 kV và có hiệu lực đối với các đường dây mà nguồn tạp chiếm ưu thế là vầng quang trên dây dẫn.

5 Ảnh hưởng của vầng quang trên dây dẫn

5.1 Khía cạnh vật lý của vầng quang trên dây dẫn

5.1.1 Qui định chung

Sự phát sinh tạp radiô do vầng quang trên dây dẫn do phóng điện, xuất hiện tại hoặc gần bề mặt dây dẫn, thường gọi là vầng quang. Vầng quang được định nghĩa là “phóng điện có ánh sáng nhẹ sinh ra ở gần dây dẫn và giới hạn ở vùng bao quanh dây dẫn, tại đó trường điện vượt quá một giá trị nhất định”. Nhiều khía cạnh của phóng vầng quang trên đường dây còn chưa được biết và chưa xác định được; tuy nhiên, quá trình vật lý cơ bản là quá trình nhân điện tử hoặc hình thành thác điện tử. Gradient về điện ở vùng lân cận của dây dẫn là gradient lớn nhất và, nếu gradient này hoặc ứng suất điện đủ cao, các điện tử trong không khí bao quanh dây dẫn sẽ ion hóa các phân tử khí và các điện tử được tạo ra bởi quá trình ion hóa này sẽ gây nên hiện tượng thác. Nếu trên gradient này hình thành thêm một điện tử nhờ quá trình nào đó của thác điện tử đầu tiên thì một thác mới sẽ hình thành do quá trình thứ phát này và sinh ra phóng vầng quang.

Trong trường hợp dây dẫn của đường truyền dẫn, quá trình thứ phát quan trọng là sự bứt ra của các điện tử từ phần tử khí do tia cực tím năng lượng cao (quang ion hóa) sinh ra ở thác đầu tiên. Nhiều nghiên cứu cho thấy mức tạp radiô sinh ra khi dây dẫn dương lớn hơn nhiều so với mức tạp khi dây dẫn âm. Trong trường hợp đường dây tải điện trên không có cực tính dương, catốt ở cách xa đến nỗi mà phát xạ catốt không đáng kể và quá trình thứ phát tồn tại trong trường hợp này là sự quang ion hóa chất khí.

Khi dải vầng quang hình thành tại một điểm trên dây dẫn sẽ tồn tại hai trường xung. Gần dải hình thành trường cục bộ còn dọc đường dây là trường trực tiếp do các xung di chuyển xuống dưới đường dây. Đối với thiết kế của đường dây siêu cao áp, chỉ có trường trực tiếp được coi là đáng kể và các phép đo hữu ích nhất được thực hiện tại khoảng cách nhất định tính từ các vị trí của dải vầng quang trên dây dẫn của đường dây.

Nghiên cứu chi tiết hơn về các khía cạnh lý thuyết của vầng quang trên dây dẫn xem [1, 2]*.

5.1.2 Các yếu tố gây phát sinh vầng quang

Khả năng xuất hiện phóng vầng quang tại bề mặt của dây dẫn phụ thuộc vào nhiều yếu tố, đó là:

a) Gradient điện áp bề mặt dây dẫn về mặt lý thuyết phụ thuộc vào:

- 1) điện áp của hệ thống;
- 2) đường kính dây dẫn;
- 3) khoảng cách của dây dẫn so với đất và các dây pha khác;

* Các số trong ngoặc vuông đề cập đến “Tài liệu viện dẫn”.

- 4) số lượng dây dẫn trên một pha hoặc trong chùm dây;
- b) Đường kính dây dẫn.
- c) Điều kiện bề mặt dây dẫn.
- d) Điều kiện khí quyển và thời tiết.

Từng yếu tố trên sẽ được xem xét riêng.

5.1.2.1 Gradient điện áp bề mặt dây dẫn

Một trong các đại lượng quan trọng nhất trong việc xác định mức tạp radiô của đường dây, đặc biệt khi vắng quang trên dây dẫn chiếm ưu thế, là cường độ của trường điện trong không khí tại bề mặt của dây dẫn tức là gradient điện áp bề mặt.

Do vắng quang trên dây dẫn phụ thuộc chặt chẽ vào giá trị của gradient điện áp nên cần phải sử dụng phương pháp tính toán gradient với độ chính xác khoảng 1 %.

Vì dây dẫn thường là loại bện nên gradient điện áp bề mặt biến thiên trong khoảng giá trị trung bình quanh chu vi của dây dẫn. Tuy nhiên, thường tính gradient bề mặt đối với dây dẫn trơn nhẵn có cùng đường kính tổng, ngay cả khi đưa vào hệ số bện thực nghiệm.

Công thức tính gradient điện áp tại bề mặt của dây dẫn được cho trong phụ lục A đối với trường hợp đơn giản là đường dây một pha có đường về là đất hoặc đường dây một chiều đơn cực đến trường hợp phức tạp hơn là đường dây ba pha nhiều mạch và đường dây một chiều hai cực. Thông thường, các tính toán cần đến phương trình ma trận và các chương trình máy tính được sử dụng cho cả đường dây một pha và đường dây ba pha nhiều mạch và các đường dây một chiều cao áp phức tạp hơn.

5.1.2.2 Đường kính dây dẫn

Mức tạp radiô tăng khi đường kính dây dẫn tăng ngay cả khi gradient bề mặt của dây dẫn không thay đổi. Hiện tượng này là do sự suy giảm của trường điện ở bề mặt của dây dẫn giảm đi khi đường kính của dây dẫn tăng lên. Do đó, trường điện quanh dây dẫn lớn có dải vắng quang lâu hơn so với trường điện quanh các dây dẫn nhỏ.

5.1.2.3 Điều kiện bề mặt của dây dẫn

Loại dây dẫn, ví dụ như loại bện tròn hoặc bện chia đoạn, và điều kiện bề mặt của dây dẫn, nghĩa là độ trơn nhẵn hoặc độ nhám, có hay không có nhiễm bẩn, nước nhỏ giọt, băng tuyết, v.v... có ảnh hưởng lớn đến sự phát sinh vắng quang. Dây dẫn của đường dây truyền dẫn khi mới căng thường có sự hoạt động của vắng quang cao hơn do độ không đều của bề mặt như các gờ nhôm, phân chim, rác, cát, bùn hoặc các chất lắng đọng bất kỳ khác gây nên vắng quang ngay cả ở thời tiết tốt. Tuy nhiên, sau khi đường dây được cấp điện, vắng quang sẽ mất và mức tạp sẽ giảm theo thời gian. Thường có hai khoảng thời gian liên quan; khoảng thời gian thứ nhất là vài phút đầu tiên sau khi dây dẫn được cấp điện và sự hoạt động của vắng quang làm cháy rác và các phần tử khác tập trung trên dây dẫn từ trước

khi cấp điện. Khoảng thời gian dài hơn cần thiết để làm đen toàn bộ chiều dài dây dẫn, làm cho dây dẫn thay đổi màu sắc, hình dạng, đồng thời làm mất bề mặt dầu của dây dẫn mới.

Bằng chứng cho thấy, khi dây dẫn cũ đi, mức tạp radiô sẽ giảm, ngay cả trong trời mưa. Bề mặt của dây dẫn mới không thấm nước, do lớp dầu trên bề mặt dây dẫn trong quá trình chế tạo, và các giọt nước hình thành trên bề mặt dầu này. Khi dây dẫn cũ, bề mặt của nó có thể thấm nước do đó bề mặt dây dẫn hút các giọt nước vào sợi bên.

5.1.2.4 Điều kiện khí quyển và thời tiết

Áp suất khí quyển giảm hoặc nhiệt độ môi trường tăng, hoặc cả hai, có thể làm giảm mật độ không khí gây giảm cường độ đánh thủng của không khí và do đó, làm tăng khả năng phóng văng quang trên dây dẫn. Thông thường, yếu tố áp suất khí quyển chỉ kể đến ở độ cao trên 1 000 m so với mực nước biển. Ở những khu vực có mưa, sương mù, tuyết phủ hoặc nhiệt độ hạ thấp có thể dẫn đến việc hình thành băng hoặc đọng nước trên dây dẫn, phóng văng quang có nhiều khả năng xảy ra do các điều kiện này. Mưa và tuyết là nguyên nhân gây văng quang cao nhất tại bề mặt của dây dẫn và có thể làm tăng mức tạp radiô lớn hơn 20 dB so với mức tạp trên chính đường dây đó trong điều kiện khô. Các giọt nước đọng hoặc tuyết tích tụ trên bề mặt dây dẫn khi đang có bão làm thay đổi đáng kể trường điện, tạo ra một lượng lớn các nguồn gây văng quang. Phóng điện cũng có thể xảy ra khi tuyết hoặc nước mưa rơi qua dây dẫn và bắt đầu một phóng điện từ dây dẫn đến phần tử đó.

5.2 Phương pháp nghiên cứu văng quang bằng lồng và đường dây thử nghiệm

Hai phương pháp cơ bản đã được sử dụng để nghiên cứu hiện tượng văng quang từ đường dây truyền dẫn. Đó là lồng thử nghiệm và đường dây thử nghiệm [9, 21, 31].

5.2.1 Lồng thử nghiệm

Lồng thử nghiệm được nhiều người thử nghiệm sử dụng để xác định nhanh hàm kích thích của dây dẫn hoặc chùm dây phân pha [4 đến 6]. Hàm kích thích có quan hệ với dòng điện trong chùm dây như sau:

$$I = \Gamma \frac{C}{2\pi\epsilon_0} \quad (1)$$

trong đó I là dòng điện cao tần được truyền vào dây dẫn hoặc chùm dây, tính bằng A/m^{1/2}, C là điện dung, tính bằng F/m, Γ là hàm kích thích, tính bằng A/m^{1/2} và ϵ_0 là hằng số điện môi tuyệt đối của không khí. Ưu điểm chính của khái niệm hàm kích thích là ở chỗ nó là một đại lượng không phụ thuộc vào điện dung của dây dẫn trên một đơn vị chiều dài.

Đo dòng điện tạp radiô trong lồng thử nghiệm bằng thiết bị đo phù hợp với TCVN 6989 (CISPR 16): Qui định kỹ thuật đối với thiết bị đo và phương pháp đo nhiễu tần số radiô. Dòng điện ở một đầu của dây dẫn hoặc chùm dây chạy qua một mạch điện ghép cao tần như mô tả trong 1.3 của TCVN 7379-1

(CISPR 18–2). Trở kháng tương đương của các điện trở và thiết bị đo sử dụng trong mạch này thường bằng trở kháng đặc trưng của dây dẫn hoặc chùm dây phân pha để tránh xảy ra phản xạ liên tục.

Lồng thử nghiệm cho dữ liệu về tạp radiô tái tạo được trong điều kiện mưa to, nhưng trong điều kiện thời tiết tốt, lồng thử nghiệm chứng tỏ sự không phù hợp với số lượng nguồn tương đối ít trên một đơn vị chiều dài của dây dẫn ở ứng suất thông thường. Chiều dài của dây dẫn trong lồng thường quá ngắn để đại diện cho đường dây dài thực tế. Ngoài ra, điều kiện bề mặt của dây dẫn và điều kiện khí tượng bao quanh một đường dây ngắn gần mặt đất không giống với các điều kiện trên đường dây hoạt động.

Ứng dụng hàm kích thích với đường dây nhiều pha đòi hỏi việc sử dụng công thức (1) dưới dạng ma trận [7 đến 9].

$$[I] = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \times [C] \times [\Gamma] \quad (2)$$

5.2.2 Đường dây thử nghiệm

Trong khi lồng thử nghiệm được chế tạo vì lý do kinh tế và cơ sở thử nghiệm, thì đường dây thử nghiệm kích thước thực vẫn đang được xây dựng, trước tiên là để nghiên cứu hiện tượng vắng quang trên đường dây siêu cao áp tương lai. Không có chiều dài tiêu chuẩn đối với đường dây thử nghiệm. Các đường dây thử nghiệm, đường dây điện xoay chiều một pha và ba pha, và đường dây điện một chiều lưỡng cực, dài là 8 km và ngắn là 300 m đã được xây dựng, [10 đến 30].

Đã có một số cố gắng để đo hàm kích thích trên đường dây thử nghiệm ngắn và thu được kết quả nhất định, đặc biệt là trên các đường dây thử nghiệm điện một chiều ngắn, [28, 29].

Đối với đường dây truyền tải dài, phổ tần số tạp radiô có đặc tính suy giảm dần khi tần số tăng. Tuy nhiên, đối với đường dây thử nghiệm ngắn thì không có hiện tượng này. Do các phản xạ của điện áp và dòng điện tạp radiô tại đầu cuối đường dây nên tạo ra dạng sóng đứng trong phổ tần số. Phổ này được đặc trưng bởi các đỉnh nhọn và hõm rộng, dạng chính xác phụ thuộc vào chiều dài của đường dây và kiểu kết thúc, vị trí theo chiều dọc của điểm đo.

Phương pháp được hầu hết các nhà nghiên cứu sử dụng để hiệu chỉnh phổ tần số của đường dây ngắn thành phổ của đường dây dài là "Phương pháp trung bình hình học" [12, 14 đến 16, 18, 26, 29]. Việc hiệu chỉnh này được thực hiện bằng cách lấy trung bình hình học theo $\mu\text{V/m}$ các cực đại và cực tiểu liên tục của phổ tần số của đường dây ngắn. Trung bình số học tính theo $\text{dB } \mu\text{V/m}$.

Nói một cách chặt chẽ, phương pháp này chỉ phù hợp với trường hợp lý tưởng và đường dây một pha nằm ngang tuyệt đối, có kiểu kết thúc ở dạng hở mạch thuần túy đối với tần số radiô. Tuy nhiên, các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy, đối với tất cả các mục đích thực tiễn, phương pháp này là thích hợp với các đường dây xoay chiều và một chiều [28, 32, 33].

5.3 Phương pháp xác định trước

Do nhu cầu về điện áp truyền tải cao hơn, nên một lượng đáng kể nghiên cứu đã được tiến hành trong suốt 30 năm qua, ở nhiều nơi trên thế giới, để tìm hiểu về quá trình văng quang. Một trong các mục đích cơ bản của nghiên cứu này là để xây dựng các phương pháp xác định trước tạp radiô.

Các phép đo tạp radiô được tiến hành trên đường dây thử nghiệm xoay chiều một pha và ba pha kích thước thực, trên đường dây thử nghiệm một chiều, trên đường dây hoạt động và trong phòng thí nghiệm đã đưa ra một số công thức theo kinh nghiệm và bán kính nghiệm để dự đoán tạp radiô. Các công thức này có thể sử dụng để dự đoán tính năng tạp radiô của các đường dây điện cao áp khác nhau khi biết được điện áp và các tham số về thiết kế. Tất cả các phương pháp đều dựa trên dữ liệu thực nghiệm từ đường dây thử nghiệm, đường dây hoạt động hoặc lồng thử nghiệm. Hai phương pháp cơ bản được sử dụng nhiều năm, phương pháp thứ nhất là phân tích hoặc bán kính nghiệm và phương pháp thứ hai là kinh nghiệm hoặc so sánh.

5.3.1 Phương pháp phân tích

Không có một phương pháp phân tích thuần túy để dự đoán tạp radiô của đường dây truyền tải. Hai phương pháp bán kính nghiệm được Điện lực Pháp (EDF) [8] và Dự án siêu cao áp (UHV) [7] ở Mỹ đưa ra. Cả hai phương pháp phân tích này đều dựa trên dữ liệu tạp radiô từ lồng thử nghiệm và dựa trên các phân tích phức tạp, được mô tả đầy đủ trong tài liệu.

Việc tính toán tạp radiô từ đường dây truyền tải sử dụng các phương pháp phân tích này là một qui trình gồm hai bước. Hàm kích thích thu được từ lồng thử nghiệm, hệ thống điện dung của đường dây được thiết lập và dòng điện tạp truyền trên một đơn vị chiều dài của dây dẫn được tính toán bằng công thức (2). Lý thuyết về truyền theo phương thức được áp dụng để thu được dòng điện theo phương thức chạy trong mặt cắt ngang cho trước của đường dây. Các suy giảm truyền của các dòng điện phương thức này được tính toán và các dòng điện theo phương thức này được kết hợp lại thành dòng điện thực tần số cao có tính đến tổng bình phương trên toàn bộ chiều dài đường dây để thu được tổng dòng điện tạp.

Bước tiếp theo là tính trường tạp gần đường dây dựa trên tổng dòng điện tạp qua mặt cắt ngang của đường dây, hoặc điện áp tạp trên các pha. Sau đó, có thể thu được biên dạng theo chiều ngang của tạp (xem ví dụ trong 5.4).

Các chương trình máy tính thường được sử dụng để thực hiện các tính toán phức tạp này và các chương trình như vậy được viết tại EDF và Công trình UHV.

5.3.2 Phương pháp CIGRÉ

Công thức so sánh thường khá đơn giản và dễ sử dụng. Một số công thức áp dụng được đối với đường dây xoay chiều được mô tả trong ấn phẩm CIGRÉ [1] và tài liệu kỹ thuật [34, 35]. Ngoài ra còn có một số công thức so sánh đối với đường dây một chiều được mô tả trong điều 8.

Độ chính xác cao nhất của việc xác định trước, sử dụng công thức so sánh bất kỳ trên đây, thu được bằng cách chọn dữ liệu dài hạn của đường dây hoạt động chuẩn có sử dụng dây dẫn hoặc chùm dây phân pha giống với loại được nghiên cứu [36, 37, 38].

CIGRÉ đưa ra phân tích hoàn chỉnh hơn về các phương pháp xác định trước khác nhau sử dụng dữ liệu đã chọn lọc qua Khảo sát CIGRÉ/IEEE [6, 34, 35]. Từ phân tích này họ xây dựng một phương pháp mới có thể xem là tối ưu. Phương pháp này được biểu diễn bằng một công thức tương đối đơn giản nêu trong 11.2 của CISPR 18-3: Đặc tính nhiễu tần số radio của đường dây tải điện trên không và thiết bị cao áp – Phần 3: Qui phạm để giảm thiểu sự phát sinh của tạp radio.

5.4 Danh mục các biên dạng tiêu chuẩn

Một số lượng lớn các phép đo trên đường dây đang vận hành, cùng với các tính toán dựa trên các phép đo trong lồng và đường dây thử nghiệm, đã được tiến hành và các ví dụ về kết quả cho các thiết kế đường dây khác nhau được nêu trong phụ lục B. Các giá trị đưa ra chỉ thích hợp đối với đường dây có kết cấu và bảo trì theo thực tế thông thường và không bị nhiễm bẩn nặng vì nếu không các điều kiện này có thể làm tăng mức tạp radio cao hơn mức do vắng quang trên dây dẫn gây ra.

Phụ lục B đưa ra giá trị ước lượng của trường tạp radio có khả năng thu được trong các điều kiện xác định rõ nhất định. Phụ lục này cũng đưa ra các tham chiếu có thể dùng để xác định trước trường mà một đường dây mới có thể sinh ra. Phụ lục cũng đưa ra, làm ví dụ, các đường cong có trường là hàm của khoảng cách tính từ đường dây đối với các loại đường dây nhất định (xem hình B1 đến B11).

Đường dây nêu trong danh mục ở phụ lục B không có nghĩa là đường dây này sinh ra mức tạp radio chấp nhận được; danh mục chỉ đưa ra chỉ dẫn về thứ tự mức độ chấp nhận đối với thiết kế đường dây cho trước.

5.4.1 Nguyên tắc trình bày danh mục

Các phép đo tạp radio thực hiện trên cả đường dây hoạt động và đường dây thử nghiệm chỉ ra rằng độ ổn định và khả năng tái tạo của trường do vắng quang trên dây dẫn là chính xác nhất trong điều kiện mưa to và liên tục. Cần lưu ý là giá trị mưa to này có thể không phải là giá trị lớn nhất ở thời tiết xấu, mà giá trị lớn nhất này có thể cao hơn vài deciben.

Các nghiên cứu thống kê mở rộng cũng chỉ ra rằng có mối tương quan hợp lý giữa mức tạp radio khi mưa to và mức 50 % ở thời tiết tốt, mặc dù sự phân tán ở điều kiện thời tiết tốt là cao hơn. Vì mục đích thực tiễn, mức 50 % ở thời tiết tốt thường có tầm quan trọng cao hơn, giá trị này được rút ra từ mức mưa to liên tục bằng cách giảm từ 17 dB đến 25 dB, tùy theo điều kiện bề mặt của dây dẫn.

Do đó, có thể thiết lập danh mục các trường tạp radio đối với các đường dây truyền tải nhất định. Vì ứng dụng thực tiễn của danh mục này, đã xét đến ba mức tạp là mức 50 % ở thời tiết tốt và, tùy thuộc vào bản chất của biên dạng, hoặc là mức mưa to (cao hơn 20 dB) hoặc mức lớn nhất ở thời tiết xấu (cao hơn 24 dB). Từ những mức chuẩn này, có thể đánh giá được mức tạp radio đối với các loại thời tiết khác

nếu biết được phân bố thống kê hàng năm của các mức ở khu vực địa lý đang xem xét (xem, ví dụ, hình B13).

Các nguyên tắc này chỉ thích hợp đối với tạp radiô do văng quang trên dây dẫn sinh ra. Dòng điện tạp radiô do các thành phần khác của đường dây, chuỗi cách điện, phụ kiện đường dây, v.v... sinh ra thì không được xét đến. Các điều kiện này thoả mãn khi dây dẫn của đường dây chịu ứng suất bề mặt tương đối cao, ví dụ, vượt quá 14 kV hiệu dụng trên một centimét đối với dây dẫn trơn nhẵn. Tuy nhiên, đối với đường dây có dây dẫn chịu ứng suất bề mặt nhỏ hơn, ví dụ 12 kV hiệu dụng trên một centimét thì tạp radiô của cái cách điện và các phụ kiện đường dây khác có thể chiếm ưu thế, ở các điều kiện nhất định. Trong các điều kiện này, không thể sử dụng danh mục này để dự đoán mức tạp vì đã giả định cái cách điện và phụ kiện đường dây có chất lượng tốt.

Biên dạng của tạp radiô đối với đường dây 225 kV, 380 kV và 750 kV nằm trong danh mục này được tính bằng phương pháp phân tích [8].

Biên dạng đối với đường dây 362 kV, 525 kV và 765 kV được xác định từ kết quả khảo sát CIGRÉ – IEEE [35, 39].

Gradien bề mặt được tính bằng cách sử dụng phương pháp chung về hệ số điện thế. Phương pháp này đưa ra, với độ chính xác cao, gradien bề mặt về điện của từng dây dẫn của đường dây. Nghiên cứu về các phương pháp tính gradien điện áp bề mặt của đường dây truyền tải được nêu trong [40].

Hình dạng của biên dạng theo chiều ngang của trường tạp radiô phụ thuộc chủ yếu vào cấu hình dây dẫn. Khoảng cách giữa các pha và chiều cao của chúng so với mặt đất có ảnh hưởng lớn. Kiểu của dây dẫn hoặc chùm dây phân pha chỉ có ảnh hưởng nhỏ đến hình dạng của biên dạng do kết cấu của ma trận điện dung. Khi thay đổi từ loại dây dẫn này sang loại dây dẫn khác có cùng dạng hình học, với điều kiện là hai ma trận tỷ lệ với nhau, thì biên dạng sẽ không thay đổi đáng kể. Giả thiết này đủ chính xác để áp dụng trong thực tiễn.

Trong phụ lục B, biên dạng được tập hợp theo một số loại đường dây tải điện trên không. Ảnh hưởng của số lượng và cách bố trí các dây dẫn của từng pha, đường kính dây dẫn và gradien điện áp được tính đến bằng cách hiệu chuẩn thích hợp biên dạng chuẩn. Do đó, mỗi hình vẽ trong danh mục đưa ra biên dạng chuẩn, bảng các giá trị và các hiệu chuẩn áp dụng cho các đường dây khác sử dụng các dây dẫn và chùm dây phân pha khác.

Các biên dạng được đưa ra đối với phép đo ở tần số 0,5 MHz và mức tạp radiô đối với các tần số khác, từ 0,12 MHz đến 4 MHz, có thể thu được từ hình B12.

Các thay đổi về mức tạp radiô, do điều kiện khí hậu hoặc tình trạng bề mặt của dây dẫn, cũng có thể được xét đến bằng các hiệu chỉnh ước lượng các mức của biên dạng cơ bản (xem hình B13).

Ví dụ về các phép đo và tính toán được cho trong [8, 35, 39].

Danh mục tóm tắt trong phụ lục C theo các qui ước thoả thuận trong CISPR; nghĩa là cường độ của trường tạp radiô được vẽ như một hàm của khoảng cách, đo từ tâm của vòng anten đến dây dẫn gần nhất của đường dây, sử dụng thang lôgarit. Từ hình C1 có thể thấy là thu được các đường thẳng về cơ bản và cường độ trường ở khoảng cách chuẩn là 20 m thu được bằng phép nội suy.

Các mức tạp radiô chính, đưa ra trong danh mục, được liệt kê trong bảng của phụ lục C; từ bảng này có thể so sánh các mức của các đường dây khác nhau nêu trong danh mục và dự đoán, với đủ độ chính xác cho mục đích thực tiễn, cường độ trường có thể xuất hiện từ đường dây dự kiến có thiết kế tương tự, với điều kiện là khoảng cách giữa anten thu và dây dẫn gần nhất của đường dây lớn hơn 20 m.

6 Mức tạp radiô do cái cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm (không kể chỗ tiếp xúc xấu)

6.1 Khía cạnh vật lý của nguồn tạp radiô

Các cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm có thể là nguồn tạp radiô gây nhiễu đến thu thanh và, trong một số trường hợp, còn gây nhiễu đến thu hình. Việc này có thể do nhiều hiện tượng khác nhau như phóng vầng quang trong không khí tại cái cách điện và phụ kiện đường dây, phóng điện bề mặt trên cái cách điện và phóng tia lửa điện do tiếp xúc xấu. Các hiệu ứng chuyển mạch trong thiết bị chuyển đổi điện xoay chiều/một chiều cũng có thể là nguồn gây tạp radiô, được đề cập trong điều 8.

Điều này nghiên cứu hiện tượng phóng vầng quang và phóng điện bề mặt theo quan điểm vật lý; phóng tia lửa điện do tiếp xúc xấu được đề cập trong điều 7.

6.1.1 Tạp radiô do phóng vầng quang ở phụ kiện đường dây

Phóng vầng quang gây ra do gradien điện thế cao tại bề mặt phụ kiện đường dây nhất định như kẹp treo, vòng phân áp hoặc vành phân áp, thanh cách và khớp nối. Giả thiết là điện áp đặt tại phụ kiện đường dây tăng liên tục, xảy ra nhiều quá trình phóng điện khác nhau. Chỉ một số phóng điện trong số đó có khả năng sinh ra tạp radiô nhưng ở phạm vi nào đó thì tất cả đều phát sáng và có góp phần vào tổn thất vầng quang. Hiện tượng này giống với các hiện tượng mô tả ở 5.1 đối với dây dẫn. Tương tự, trong trường hợp này xảy ra nhiều phương thức vầng quang tùy thuộc vào điện áp đặt và theo trình tự sau: bắt đầu quang sáng, phát sáng mờ và tiền đánh thủng đối với vầng quang dương; trichel hoặc xung âm, phát sáng mờ và quang sáng tiền đánh thủng đối với vầng quang âm. Phóng điện mờ không gây ra tạp radiô nhưng bắt đầu quang sáng thì sinh ra tạp radiô. Các xung trichel sinh ra mức tạp radiô thấp còn quang sáng tiền đánh thủng sinh ra mức tạp rất cao ở điện áp rất cao.

Mức tạp cao nhất xuất hiện có phương thức ứng với quang sáng tiền đánh thủng, cả dương và âm; tuy nhiên, hiện tượng này xảy ra ở gradien cao hơn nhiều so với phương thức ứng với điện áp bình thường và vì thế trong thực tế ít được quan tâm.

Cũng như trường hợp của dây dẫn, tạp radiô từ phụ kiện đường dây có xu hướng tăng khi độ ẩm cao hoặc mưa, kết quả của sự tăng gradient cục bộ do sự có mặt của các giọt nước đọng trên bề mặt của phụ kiện đường dây.

6.1.2 Tạp radiô do cái cách điện

Tạp trên cái cách điện có thể do nhiều nguyên nhân, chủ yếu có liên quan đến các hiện tượng xảy ra trên bề mặt cái cách điện, ví dụ, các phóng điện nhỏ do gradient cục bộ tăng cường, phóng vầng quang do sự không đồng đều mà các chất lắng đọng khô hoặc nước nhỏ giọt tạo ra, hoặc phóng tia lửa điện qua dải khô do dòng điện rò trên cái cách điện bẩn gây ra. Chỉ trong những trường hợp đặc biệt, ví dụ cái cách điện có khuyết tật, thì mới có tạp do các hiện tượng xảy ra bên trong cách điện, nghĩa là phóng tia lửa điện qua lỗ trống bên trong hoặc đánh thủng. Tuy nhiên, tạp radiô có thể do phóng điện giữa xi măng và sứ hoặc thủy tinh và có thể xuất hiện nếu có khe hở không khí nhỏ tại vùng này.

Khi bề mặt của cái cách điện sạch và khô, các phóng điện trong vùng có gradient điện thế cao sẽ sinh ra các xung dòng điện là nguồn sinh ra tạp radiô, tùy thuộc vào dạng hình học và vật liệu của cái cách điện và loại liên kết với mũ và chân. Hình 7, là ví dụ các đường đẳng thế, biểu diễn như một phần của điện áp đặt, theo mặt cắt ngang của một bát cách điện sạch và khô.

Cần chú ý là các đường dây này tập trung hơn và, do đó, có gradient cao hơn nhiều ở gần mũ và chân, nơi thực sự xảy ra phóng điện sinh ra tạp. Giá trị gradient điện thế cục bộ trong một bát cách điện, và theo đó mức tạp, phụ thuộc vào giá trị điện áp đặt đến bát và, trong trường hợp cái cách điện gồm nhiều bát, thì còn phụ thuộc vào phân bố điện áp dọc theo chuỗi cách điện. Phân bố này có xu hướng kém đồng nhất khi số lượng các bát tăng và, do vậy, đối với chuỗi cách điện dài hơn hoặc cái cách điện trụ thì cần có cơ cấu, như vòng kim loại, để cải thiện phân bố điện áp.

Xung dòng điện gây ra tạp radiô trên cái cách điện sạch và khô không có khác biệt đáng kể giữa cực dương và cực âm và, nói chung, các xung xuất hiện giữa giá trị “không” và giá trị đỉnh của điện áp đặt tần số nguồn. Dạng của các xung này và, do đó, tần số ngưỡng của phổ của chúng, phụ thuộc vào bản thân điện dung của cái cách điện và trở kháng sóng của đường dây mà cái cách điện được nối đến. Đối với giá trị bình thường của các tham số này, tần số ngưỡng là khoảng 1 MHz. Vì vậy, tạp do cái cách điện sạch và khô sinh ra bị giới hạn ở tần số đến khoảng 30 MHz và, nói chung, đối với cái cách điện có đặc trưng trung bình thường sinh ra mức tạp tương đối thấp. Tuy nhiên, thiết kế kém và liên kết không thích hợp có thể sinh ra mức cao hơn mở rộng đến tần số cao hơn. Cũng như trường hợp phóng vầng quang tại phụ kiện đường dây, việc thu truyền hình thường không bị ảnh hưởng bởi loại tạp radiô này.

Nếu cái cách điện bị bẩn nhẹ và khô vừa phải, ví dụ trong thời tiết tốt, thì ngoài hiện tượng mô tả ở trên còn xuất hiện phóng vầng quang ở chỗ không đồng đều của bề mặt cái cách điện do nhiễm bẩn gây ra. Nhìn chung, hiện tượng thứ hai gây ảnh hưởng ít nghiêm trọng hơn so với hiện tượng thứ nhất vì thế mức tạp không có khác biệt đáng kể, hoặc chỉ lớn hơn một chút so với mức tạp xuất hiện ở cái cách điện sạch và khô, ngoại trừ trường hợp loại nhiễm bẩn nhất định, ví dụ gần các xưởng hóa chất.

Nếu bề mặt của cái cách điện sạch nhưng ẩm hoặc ướt, thì sự có mặt của các giọt nước sinh ra phóng văng quang đáng kể mà, nhìn chung, tạo ra mức tạp radiô cao hơn mức do phóng điện từ các điểm của bề mặt bị bắn sinh ra. Trong điều kiện ẩm, hiện tượng thứ hai này có thể trở nên ít quan trọng nhờ phân bố điện áp tốt hơn. Với cái cách điện khô mức tạp thường cao hơn như lại bị giới hạn ở tần số đến vài megahéc.

Khi bề mặt của cái cách điện bị bắn nhiều và ẩm thì hiện tượng này hoàn toàn khác, vì tạp radiô được sinh ra do các xung dòng điện chạy qua khi xuất hiện phóng tia lửa điện qua dải khô do bị gia nhiệt khi dòng điện rò chạy trên bề mặt của cái cách điện. Biên độ và số lượng các xung này phụ thuộc vào ứng suất điện áp qua dải khô cách điện, hình dạng và kích thước của cái cách điện, độ dẫn điện bề mặt của lớp gây nhiễm bẩn và đặc tính của vật liệu tại bề mặt của cái cách điện. Tần số ngưỡng của phổ liên quan đến các xung này có thể tới vài chục megahéc và vì vậy tạp radiô cũng có thể ảnh hưởng đến tần số truyền hình. Với cái cách điện bằng thủy tinh hoặc sứ bị ướt và bắn, tạp radiô ở ứng suất điện áp bình thường, do yêu cầu chịu điện môi, có thể đạt tới mức cao hơn nhiều so với trong các điều kiện khác mô tả trước đây.

Có thể giảm các mức này, không chỉ bằng cách giảm ứng suất điện áp mà còn bằng cách sử dụng cái cách điện có tính chất đặc biệt. Ví dụ, cái cách điện làm bằng vật liệu hữu cơ, hoặc bằng thủy tinh hoặc sứ bôi mỡ, ngăn ngừa sự hình thành lớp ẩm liên tục và theo đó ngăn ngừa dòng điện rò và dải khô, nhờ có các thuộc tính chống nước của bề mặt. Do vậy, đây là các giải pháp thích hợp để làm giảm mức tạp trong điều kiện ướt và bắn. Tuy nhiên, khi các cái cách điện này bị lão hóa và bề mặt bị bắn và vì thế dễ bị ướt hơn thì có thể không còn là loại không tạp nữa. Loại cách điện tráng men bán dẫn cũng là một giải pháp vì được đặc trưng bởi mức tạp radiô tương đối thấp trong các điều kiện nhiễm bẩn do lớp men dẫn cải thiện việc kiểm soát phân bố điện áp và gia nhiệt nhờ có dòng điện chạy trong lớp men giữ cho dải khô đủ rộng để duy trì điện áp đặt mà không phóng tia lửa điện.

6.2 Tương quan giữa điện áp tạp radiô và trường tương ứng đối với các nguồn riêng và nguồn phân phối

Điều này đề cập đến mối tương quan giữa điện áp tạp radiô của một nguồn tạp khi có thể đo trong phòng thí nghiệm và trường tạp radiô thực sự phát sinh khi riêng nguồn đó hoạt động, hoặc khi có nhiều nguồn tương tự phân bố dọc theo đường dây hoặc có trong trạm.

Thông thường, nhiều nguồn đơn, có đặc tính giống nhau, được phân bố dọc theo đường dây, ví dụ cái cách điện và vòng đệm, hoặc có trong trạm, ví dụ như cái cách điện hình trụ, kẹp và mối nối. Tuy nhiên, đôi khi tạp radiô có thể chỉ do một nguồn sinh ra, ví dụ tạp do cái cách điện có khuyết tật hoặc phụ kiện đường dây bị lỏng hoặc không tốt trên đường dây, tạp truyền từ trạm hoặc tạp do bộ chuyển đổi điện xoay chiều/một chiều.

Một nguồn tạp radiô, ví dụ chuỗi cách điện, có thể được coi như một máy phát dòng lý tưởng tạo ra dòng điện I chạy qua dây dẫn mang điện và đất. Như nêu trong TCVN 7379-2 (CISPR 18-2), dòng

điện này có thể được đo trực tiếp trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng mạch điện thử nghiệm thích hợp mô phỏng mạch điện thực và bằng cách nối đối tượng cần thử nghiệm, bao gồm cả nguồn tap, tới mạch điện đó. Mặc dù dòng điện tap là một tham số không đổi giữa điều kiện hoạt động và phòng thí nghiệm, nhưng các kết quả của phép đo trong phòng thí nghiệm thường được biểu thị theo điện áp V qua điện trở $R\ 300\ \Omega$, tương ứng với khoảng một nửa trở kháng đột biến của đường dây điện hình lấy làm chuẩn. Quan hệ giữa điện áp tap V , tính bằng decibelen lấy chuẩn là $1\ \mu V$, và dòng điện tap I , tính bằng decibelen lấy chuẩn là $1\ \mu A$, được cho bằng biểu thức:

$$I = V - 20 \lg 300 = V - 49,5$$

Tóm tắt dưới đây được xem là các phương pháp và công thức để tính toán quan hệ giữa dòng điện I nêu trên và trường điện E sinh ra. Các phương pháp và công thức này chỉ áp dụng đối với các tần số đến vài megahéc.

6.2.1 Phương pháp bán thực nghiệm và công thức

6.2.1.1 Giới thiệu

Phương pháp chung để thiết lập quan hệ định lượng giữa dòng điện tap radiô I và trường tap radiô E tương ứng bao gồm các bước sau:

a) Một nguồn tap

- Xác định trực tiếp dòng điện I của nguồn trong phòng thí nghiệm thông qua phép đo điện áp V .
- Tính các dòng điện tap trên từng pha đối với đoạn đường dây có biên dạng của trường tap radiô cần tính toán. Bước này có tính đến độ suy giảm theo chiều dọc cũng như sự ghép nối lẫn nhau giữa các pha.
- Trên cơ sở dòng điện tap radiô trên đoạn đường dây nói trên, tính được trường tap radiô do các dòng điện này gây ra ở các khoảng cách theo chiều ngang khác nhau tính từ đường dây.
- Đối với từng khoảng cách theo chiều ngang, trường tổng thể thu được bằng tổng các trường nêu trên.

b) Nhiều nguồn tap

- Lặp lại các tính toán mô tả đối với một nguồn cho từng nguồn ở pha đang xét.
- Tổng hợp các trường tap đối với từng khoảng cách tính từ đường dây, được tính riêng cho từng nguồn trên pha đang xét.

Phương pháp trên xác định trường điện E_k do các nguồn tap trên pha k của một đường dây hoặc một trạm. Các tính toán được lặp lại đối với từng pha có nguồn tap. Trường tổng E tại mỗi khoảng cách theo chiều ngang thu được, theo nguyên tắc mô tả ở [1], bằng cách cộng từ 0 dB đến 1,5 dB với giá trị trường lớn nhất tính được ở từng pha tại khoảng cách theo chiều ngang cụ thể. Trong các trường hợp bình

thường có liên quan đến đường dây ba pha, với cùng các nguồn phân bố trên từng pha, việc hiệu chỉnh thu được từ qui tắc trên thường thấp hơn 1 dB và do đó có thể bỏ qua. Trường tổng E vì thế có thể tính được bằng cách chỉ xem xét các nguồn tạp trên pha gần nhất.

6.2.1.2 Công thức

Trên cơ sở phương pháp trên, có thể thu được công thức bán kinh nghiệm dưới đây:

a) Một nguồn tạp

1) Trong trường hợp đường dây chỉ có một dây dẫn, ví dụ đường dây một chiều đơn cực, trường điện $E(x)$, tính bằng decibelen lấy chuẩn là $1 \mu V/m$, tại khoảng cách theo chiều dọc x , tính bằng kilômét, tính từ điểm truyền của dòng điện nguồn tạp I , tính bằng decibelen lấy chuẩn là $1 \mu A/m$, và ở khoảng cách theo chiều ngang y cho trước, tính bằng mét, tính từ đường dây, có thể biểu diễn bằng công thức sau:

$$E(x) = I + A - Bx + C \quad (3)$$

trong đó: A có tính đến sự rẽ nhánh của dòng điện sang hai phía của điểm truyền. Có thể tính bằng công thức $A = 20 \lg \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$ trong đó Z_1 và Z_2 là trở kháng đột biến của hai đoạn trên hai phía của điểm truyền. Trong trường hợp phổ biến nhất là một nguồn tạp trên một đường dây dài, ví dụ một cái cách điện có khuyết tật, $Z_1 = Z_2$ thì khi đó $A = -6$ dB.

Số hạng Bx biểu diễn độ suy giảm dòng điện dọc theo đường dây. Hệ số B , trên thực tế, nằm giữa 2 dB/km và 4 dB/km; có thể giả định giá trị trung bình 3 dB đối với tần số khoảng 0,5 MHz.

C biểu thị quan hệ giữa cường độ trường tạp và dòng điện tạp trong đoạn đường dây có trường cần tính. Có thể xác định bằng thực nghiệm nhưng cũng có thể thu được giá trị này bằng cách sử dụng công thức dưới đây (ý nghĩa của các ký hiệu xem hình 8):

$$C = 20 \lg \left[60 \left(\frac{h}{h^2 + y^2} + \frac{h + 2P_g}{(h + 2P_g)^2 + y^2} \right) \right]$$

Đối với khoảng cách thẳng tính từ dây dẫn là 20 m, nghĩa là vị trí chuẩn CISPR, giá trị C nằm giữa 7 dB và 12 dB.

2) Trong trường hợp đường dây ba pha, có thể dùng công thức bán kinh nghiệm tương tự để xác định trường $E(x)$ do pha gần nhất sinh ra:

$$E(x) = I + A + F(x) + C \quad (4)$$

Khác biệt quan trọng nhất giữa hai trường hợp biểu thị bằng công thức (3) và (4) là trong trường hợp đường dây ba pha, độ suy giảm theo chiều dọc không thể biểu thị chỉ bằng một hằng số suy giảm; trong trường hợp này cần xác định hàm suy giảm $F(x)$. Hình 9 thể hiện khuynh hướng trung bình của hàm số

suy giảm này, dựa trên kết quả của các thực nghiệm thực hiện trên đường dây cao áp và siêu cao áp. Các ký hiệu khác trong công thức (4) cũng tương tự như trong công thức (3) [41, 45, 46, 47, 48, 49, 50].

b) Nhiều nguồn tạp

1) Trong trường hợp đường dây chỉ có một dây dẫn thì trường E do nhiều nguồn tạp phân bố đều dọc theo dây dẫn có thể biểu diễn bằng công thức:

$$E = I + A - 10 \lg (as) + C \quad (5)$$

A và C giống như trong công thức 3; s là khoảng cách giữa các nguồn, tính bằng mét; a là hằng số suy giảm trên mét và có liên quan đến hệ số B của công thức (3) theo quan hệ:

$$a = (B/8,7) 10^{-3}$$

Dãy giá trị giả định bằng hệ số a trên mét, tương ứng với dãy giá trị B đã nêu ở trên, nằm giữa $250 \cdot 10^{-6}$ và $450 \cdot 10^{-6}$. Công thức (5) áp dụng cho các đường dây có chiều dài vô tận còn đối với các đường dây ngắn hơn thì có thể áp dụng các hiệu chỉnh thích hợp.

2) Trong trường hợp đường dây ba pha, trường E, do các nguồn tạp phân bố trên ba pha, có thể được tính như sau:

$$E = I + A + (D - 10 \lg (s/500)) + C \quad (6)$$

trong đó, số hạng $D - 10 \lg (s/500)$ có tính đến tổng các nguồn tạp dọc theo đường dây trên cơ sở qui luật suy giảm trung bình cho trên hình 9. Giá trị trung bình của D nằm giữa 10 dB và 12 dB. Công thức (6) cũng áp dụng cho các đường dây có chiều dài vô tận và đối với các đường dây ngắn hơn thì có thể áp dụng các hiệu chỉnh thích hợp.

6.2.2 Phương pháp phân tích

Mối tương quan giữa dòng điện tạp và trường tạp cũng có thể đánh giá bằng các phương pháp phân tích tương tự như các phương pháp đã mô tả trong trường hợp hiệu ứng vầng quang trên dây dẫn (5.3). Khi biết được dòng điện tạp radiô I, do một nguồn trên dây dẫn sinh ra và truyền vào dây dẫn, việc xác định trường tạp radiô E, sinh ra tại vị trí cho trước so với dây dẫn, được tiến hành bằng cách xem xét sự rẽ nhánh của dòng điện I giữa hai đoạn của đường dây, khi nhìn từ điểm truyền. Ví dụ, trong trường hợp một nguồn tạp trên đường dây có chiều dài vô tận, dòng điện được chia đều giữa hai đoạn của đường dây. Khi đó, tính được độ suy giảm của dòng điện truyền dọc theo dây dẫn và, cuối cùng, đánh giá được trường do dòng điện tại vị trí cho trước sinh ra.

Trong trường hợp đường dây chỉ có một dây dẫn, ví dụ đường dây một chiều đơn cực, qui trình tính toán tương đối đơn giản, vì tất cả thông số cần thiết là đã biết, hằng số suy giảm là hàm số của tần số và điện trở suất của đất.

Trong trường hợp đường dây có nhiều hơn một dây dẫn, đường dây xoay chiều ba pha, đường dây một chiều lưỡng cực hoặc đồng cực, việc tính toán sự truyền của tạp phức tạp hơn một chút và thường sử

dụng đến phân tích phương thức. Lý thuyết phương thức hoàn chỉnh tương đối phức tạp và nhiều qui trình đơn giản hóa ít nhiều đã được thiết lập [2, 8, 42, 43, 44]. Tuy nhiên, nguyên tắc về cơ bản là giống nhau và hệ thống thực của dòng điện hoặc điện áp tạp radiô được giảm xuống còn một số hệ thống đơn giản, đặc trưng bởi qui luật truyền đơn giản hơn giống như các qui luật đối với hệ thống chỉ có một dây dẫn. Khi đó chỉ còn việc áp dụng các tính toán tương tự cho từng hệ thống và sau đó tính tổng các trường riêng biệt để xác định trường tổng.

Khi có nhiều nguồn phân bố trên một trong ba pha, thì qui trình tính toán cũng giống như mô tả đối với một nguồn trên đây. Trong trường hợp này, chỉ tính đến tổng các trường tạp khác nhau thường giả định là thuộc loại ngẫu nhiên.

Trong trường hợp các nguồn tạp trên cả ba pha, thì việc tính toán trường được tiến hành riêng đối với tạp truyền vào từng pha và trường tổng E cũng thu được bằng các qui trình tương tự như mô tả trong 6.2.1.1.

6.2.3 Ví dụ về áp dụng

Một ví dụ sử dụng phương pháp phân tích mô tả ở trên được thực hiện với đường dây 420 kV có chiều dài vô tận, có độ dài khoảng vượt trung bình là 400 m và chuỗi cách điện sinh ra điện áp tạp radiô, khi qui về 300 Ω , là 49,5 dB lấy chuẩn là 1 μV , nghĩa là dòng điện bằng 1 μA trên mỗi chuỗi. Các tính toán này được thực hiện bằng cách sử dụng chương trình máy tính thích hợp và các kết quả được tổng hợp trên hình 10, trong đó nêu cả các dữ liệu giả định trong các phép tính.

Nếu lặp lại các tính toán sử dụng công thức bán kinh nghiệm (6), với vị trí CISPR là 20 m tính từ dây dẫn gần nhất và giả định giá trị D trung bình là 11 dB, ta thu được giá trị trường điện như sau:

$$E = 0 - 6 + 11 + 10 \lg \frac{400}{500} + 20 \lg 60 \left(\frac{2 \times 9}{20^2} \right) = 14,5 \text{ dB } 1 \mu\text{V/m}$$

Giá trị này phù hợp với giá trị 13,5 dB tính được bằng phương pháp phân tích (xem hình 10).

6.3 Ảnh hưởng của điều kiện môi trường

Thông tin định tính về ảnh hưởng của điều kiện môi trường; độ ẩm, mưa, sương, nhiễm bẩn, về mức tạp radiô của cái cách điện và phụ kiện đường dây được nêu trong 6.1. Thông tin này chủ yếu dựa trên phân tích đơn giản về hiện tượng vật lý liên quan đến các tình huống khác nhau. Hiểu biết về các hiện tượng vật lý này thường là đủ để thiết lập các qui luật biến thiên định tính của mức tạp radiô như hàm của các tham số chính đặc trưng cho điều kiện bề mặt của cái cách điện và phụ kiện đường dây. Tuy nhiên, vẫn còn một số vấn đề chưa chắc chắn do ảnh hưởng mang tính định lượng của các tham số này. Cụ thể là một số kết quả của thử nghiệm tạp radiô do những người thử nghiệm khác nhau thực hiện trên cái cách điện nhiễm bẩn nhẹ, đặc biệt trong điều kiện khô là không nhất quán. Hiện tại không có thủ tục thống nhất để mô phỏng điều kiện hoạt động phổ biến nhất của cái cách điện nhiễm bẩn nhẹ

trong phòng thí nghiệm cũng như việc áp dụng tất cả các kết quả thử nghiệm liên quan như đề cập trong TCVN 7379-2 (CISPR 18-2).

Vấn đề này đang được nghiên cứu và sẽ được xem xét khi các kết quả của các nghiên cứu trong phạm vi CIGRÉ thu được dữ liệu thống nhất và cuối cùng.

7 Phóng tia lửa do tiếp xúc xấu

7.1 Khía cạnh vật lý của hiện tượng tạt radiô

Các bộ phận dẫn không liên kết của một đường dây tải điện hoặc trạm, hoặc thậm chí các hệ thống như hàng rào kim loại gần kề hoặc hệ thống thoát nước mưa, cũng có thể bị phóng điện khi ở trong trường điện mạnh của đường dây tải điện cao áp và thiết bị phụ trợ, và chênh lệch điện thế giữa các phần dẫn liền kề sẽ tăng ngay cả khi hai phần này đều không nối vào đâu, nghĩa là không nối với dây dẫn của đường dây hoặc không nối với đất.

Nếu khoảng cách giữa các bộ phận dẫn nhỏ thì cường độ trường tăng trong khoảng không gian ở giữa có thể đạt đến mức tới hạn và dẫn đến phóng điện hoàn toàn qua khe hở. Sự ion hóa dồn dập bắt đầu hình thành hồ quang, xuất hiện phóng điện qua khe hở, chênh lệch điện thế qua khe hở giảm xuống mức thấp và dập tắt hồ quang. Toàn bộ chuỗi sự việc này có thể lặp lại khi các bộ phận được nạp lại, vì khe hở một lần nữa lại chịu ứng suất điện và xảy ra phóng điện kế tiếp của khe hở.

Tốc độ lặp lại của chuỗi này phụ thuộc vào hằng số thời gian nạp và phóng của mạch điện và giá trị của trường điện bao quanh, cũng như chiều dài của khe hở. Các phóng điện riêng rẽ có thể xảy ra vài trăm đến vài nghìn lần một giây. Tuy nhiên, tốc độ lặp lại này thấp hơn ít nhất là một bậc về biên độ so với dãy tốc độ lặp của phóng vầng quang.

Ở gần các đỉnh điện áp tần số công nghiệp, khả năng xảy ra phóng điện qua khe hở cụ thể là cao hơn. Khi điện áp của đường dây và do đó cường độ trường tại khe hở vượt quá giá trị tới hạn, thì sẽ sinh ra phóng tia lửa điện liên tục hoặc đột ngột trong mỗi nửa chu kỳ.

Yếu tố quan trọng trong hình dạng của xung phóng điện là thời gian tăng sườn dốc của xung và, do đó, dải rộng các tần số cao được tạo ra và phát xạ. So sánh giữa các phổ tần số của trường tạt radiô do phóng vầng quang và phóng điện kiểu khe hở, tại khoảng cách nhất định tính từ đường dây, được thể hiện trên hình 11. Tần số phát xạ có thể mở rộng đến vài trăm megahéc. Nếu quá trình phóng điện làm kích thích phụ kiện đường dây hoặc linh kiện có thể bị dao động ở tần số cụ thể, do kích thước hình học của nó, thì bức xạ mạnh bằng tần hẹp tại tần số này có thể xảy ra vì phụ kiện đường dây hoặc linh kiện đóng vai trò như anten được điều hưởng. Vì vậy, phóng điện kiểu khe hở có thể gây nhiễu cho cả việc thu tín hiệu phát thanh điều biên lẫn thu tín hiệu hình của truyền hình. Ngược lại, tín hiệu phát thanh điều tần, trong băng tần VHF và tín hiệu tiếng của truyền hình lại ít có khả năng bị ảnh hưởng bởi loại nhiễu này.

Việc truyền dọc theo đường dây có trường điện và trường từ kết hợp, và bức xạ có hướng theo đó tần số tập radiô tới anten thu. Trên thực tế, tập tại các tần số tương ứng với băng sóng dài và băng sóng trung truyền được khoảng vài chục kilômét dọc theo đường dây. Tại tần số truyền hình và tần số phát thanh điều tần, việc truyền dọc theo đường dây ít quan trọng hơn bức xạ từ nguồn. Dạng hình học của đường dây, điện trở của đất phía dưới và tần số là các thông số quan trọng nhất đối với việc truyền. Đối với các tần số cao hơn, độ suy giảm dọc theo đường dây lớn hơn và khoảng cách truyền ngắn hơn.

Mức đáng kể của trường tập radiô thường nằm ở vùng ngay liền kề với đường dây, có thể đạt tới vài trăm mét về cả hai phía. Tuy nhiên, nếu xuất hiện điều kiện cộng hưởng ở phụ kiện đường dây hoặc linh kiện thì có thể đo bức xạ bằng kẹp ở khoảng cách đến vài kilômét. Đường cong biểu diễn quan hệ điển hình giữa cường độ trường và khoảng cách được cho trên hình 12. Các dao động là kết quả của sự tương tác giữa sóng trực tiếp với sóng phản xạ mặt đất.

7.2 Ví dụ về nguồn gốc của khe hở

Khe hở trên đường dây tải điện trên không có thể do cái cách điện có mũ và chân có khối lượng nhỏ, trong đó khối lượng của cái cách điện là không đủ ngăn ngừa bề mặt tiếp xúc bằng kim loại khỏi bị ôxy hóa hoặc có các bộ phận kim loại bị ăn mòn hoặc khớp nối hỏng. Trong trường hợp bát cách điện bằng sứ, nghiên cứu cho thấy là phóng tia lửa điện có thể sinh ra do phóng điện ở lỗ trống nhỏ trong sứ. Cái cách điện bị vỡ, lớp sơn và thậm chí là các vật không phải là bộ phận hợp thành của đường dây truyền tải, như hàng rào kim loại gần đó không đảm bảo hoặc máng nước, có thể làm tăng nguy cơ phóng điện qua khe hở.

Khi sử dụng cột gỗ cho đường dây tải điện, có thể xuất hiện phóng tia lửa điện giữa các phụ kiện đường dây bằng kim loại gây nhiều nghiêm trọng cho việc thu truyền hình. Hiện tượng này thường xảy ra do sự co lại hoặc nở ra của gỗ khi độ ẩm thay đổi. Khi gỗ bị ngót, đai ốc và bu lông dùng để giữ xà ngang ở đúng vị trí, hoặc để giữ chặt chân cái cách điện với cột hoặc xà ngang, có thể bị rời lỏng. Nếu có sự ăn mòn giữa đai ốc và bu lông, hoặc gioăng, nếu có, sẽ dẫn đến tiếp xúc xấu và xảy ra phóng tia lửa điện.

Một nguồn nhiễu truyền hình khác từ các đường dây dùng cột gỗ có thể phát sinh từ đinh ghim dùng để giữ chặt dây đất với cột đó. Vì có chênh lệch điện thế giữa các đoạn cột nên đinh ghim có thể phát tia lửa với dây đất, đặc biệt nếu có sự ăn mòn giữa chúng.

Cuối cùng, tiếp xúc giữa cái cách điện kiểu có chân và dây dẫn pha có thể là một nguồn phóng tia lửa điện tại dây buộc, nơi dây dẫn nằm trên đỉnh rãnh hoặc tại vòng kẹp ở cạnh của rãnh. Vấn đề là túi khí nhỏ, có ứng suất cao giữa dây dẫn và cái cách điện có thể phóng tia lửa điện.

Cần lưu ý trong quá trình lắp đặt đường dây để đảm bảo tiến hành tốt từ đầu đến cuối và, trong quá trình bảo trì, để đảm bảo mọi khuyết tật gây nên, ví dụ do phá hoại, được phát hiện và tiến hành sửa chữa cần thiết. Cần chú ý đặc biệt đến thiết kế và bảo trì thiết bị để đảm bảo độ bền và tiếp xúc tốt tại, ví dụ, máy cắt mạch không khí, các mối nối mềm có trong thiết kế của các máy cắt này, giá đỡ cầu chảy và các điểm nối dây của đường dây.

Phóng điện qua khe hở bị ảnh hưởng lớn bởi thời tiết. Chỉ trong điều kiện thời tiết khô thì khe hở nhỏ, ví dụ, giữa hai phần dẫn có cách điện mới có thể bị đánh thủng. Trong thời tiết ẩm, khe hở có thể bị nước nổi tắt do đó hình thành một đường dẫn. Vì vậy, nhiễu do phóng điện qua khe hở gây ra là hiện tượng thường kết hợp với thời tiết tốt và thường không xuất hiện trong thời tiết ẩm. Do đó, loại nhiễu này thường được đề cập như tạp khô.

8 Hiệu ứng dòng một chiều đặc biệt

8.1 Qui định chung

Hệ thống truyền tải điện một chiều cao áp có thể sinh ra tạp radiô theo hai cách tương đối khác nhau: thứ nhất là do hoạt động bình thường của van chuyển đổi chính có thể là loại hồ quang thuỷ ngân hoặc thyristo và, thứ hai là do phóng vầng quang và các hiện tượng kết hợp trên thiết bị điện cao áp, thanh cái và đường dây tải điện trên không. Do đó, cần phải tính đến:

- a) hiệu ứng của vầng quang một chiều;
- b) hiệu ứng khởi động của van.

So sánh với hệ thống truyền tải điện xoay chiều cao áp, vấn đề tạp radiô từ hệ thống điện một chiều cao áp không quan trọng như đối với xoay chiều, vì chỉ có một số tương đối ít hệ thống đang hoạt động trên toàn thế giới. Do đó, kinh nghiệm về vấn đề tạp radiô liên quan đến các hệ thống điện một chiều cao áp ít hơn so với các hệ thống điện xoay chiều cao áp. Hầu hết thông tin về nhiễu của điện một chiều cao áp thu được từ các đường dây và lồng thử nghiệm, phần còn lại thu được từ các hệ thống hiện hành.

Hiện tại, các hệ thống truyền tải điện một chiều cao áp làm việc ở điện áp đến ± 500 kV và, trong tương lai gần, có thể sẽ sử dụng điện áp cao hơn.

8.2 Hiệu ứng của vầng quang từ dây dẫn

Mặc dù các nguyên nhân gây tạp radiô từ các hệ thống điện một chiều cao áp, do phóng vầng quang trên dây dẫn của đường dây, cái cách điện và phụ kiện đường dây, cũng tương tự như với hệ thống xoay chiều, nhưng về ảnh hưởng cũng có một số khác biệt đáng kể.

Khía cạnh vật lý của vầng quang xoay chiều được đề cập ở 5.1 còn về cơ chế hình thành vầng quang với dòng một chiều thì khác biệt vì:

- a) từng dây dẫn có lớp ion hóa tĩnh tại bao quanh;
- b) điện tích không gian hình thành trong khoảng trống còn lại giữa các dây dẫn với đất và giữa bản thân các dây dẫn với nhau.

Lớp ion hóa đóng vai trò một phần như tấm chắn, làm thay đổi trường điện ở gần dây dẫn và, do điện tích không gian, trường điện thực tế khác biệt rõ so với trường tĩnh lý thuyết.

Đối với đường dây điện xoay chiều, không có điện tích không gian tĩnh tại và hiệu ứng ion hóa gần dây dẫn hoạt động theo một cách khác.

Phóng xạ quang thường bắt đầu bởi các va chạm của các điện tử tự do với nguyên tử bền. Các điện tử này tồn tại trong khí quyển trong mọi điều kiện bình thường và chuyển động ra xa khỏi dây dẫn âm và đi về phía dây dẫn dương. Điều này dẫn đến sự khác biệt đáng kể giữa hai dạng xạ quang. Phóng xạ quang âm xuất hiện ở tần số lặp cao và biên độ vừa phải, trong khi hiện tượng này ít xảy ra ở gần dây dẫn dương và có biên độ lớn hơn nhiều.

Các đặc tính của tạp radiô: mức, phổ tần số và biên dạng theo chiều ngang của đường dây điện một chiều cao áp được xác định bằng:

- các tham số thiết kế;
- điện áp của đường dây hoặc gradien điện áp bề mặt của dây dẫn và cực tính;
- điều kiện thời tiết.

Các tác động chủ quan của trường tạp một chiều ít hơn so với tác động của trường, có cường độ đồng nhất, từ đường dây điện xoay chiều do đặc tính tạp khác nhau.

Tham số thiết kế

Không giống như các đường dây điện xoay chiều, đường dây điện một chiều thường là đơn cực, có đường về đất hoặc biển/đất, hoặc lưỡng cực, có dây dẫn đơn hoặc chùm dây. Chiều dài của cái cách điện và khoảng cách cột có thể tương đối nhỏ vì quá điện áp bên trong thấp hơn đáng kể so với điện xoay chiều, do khe hở không khí bị hỏng nhanh bởi van khóa, và chiều dài cái cách điện thường được quyết định bởi nhiễm bẩn hơn là bởi quá điện áp.

Điện áp đường dây hoặc gradien điện áp bề mặt của dây dẫn và cực tính

Trong trường hợp đường dây một chiều, việc lựa chọn điện áp của đường dây bị ảnh hưởng không chỉ bởi lý do kinh tế mà còn bởi bố trí của các trạm và van của bộ chuyển đổi. Mặc dù không có giá trị tiêu chuẩn của điện áp này, nhưng các đường dây một chiều hiện đang hoạt động thường làm việc ở điện áp từ 200 kV đến 450 kV. Tuy nhiên, trong tương lai gần, mức điện áp sẽ tăng lên đáng kể. Điện áp của đường dây cao áp bất kỳ có ảnh hưởng quan trọng nhất đến sự phát sinh của tạp radiô. Ảnh hưởng này phụ thuộc vào ứng suất bề mặt, hoặc gradien, của dây dẫn. Nếu, đối với một đường dây xoay chiều, sử dụng gradien E kV/cm hiệu dụng, thì gradien tương đương đối với đường dây một chiều khi đó sẽ là $\sqrt{2} E$ kV/cm. Tuy nhiên, đường dây một chiều sẽ sinh ra mức tạp thấp hơn so với đường dây xoay chiều.

Không xét đến ảnh hưởng của ion hóa và điện tích không gian, gradien lý thuyết có thể tính như đối với đường dây xoay chiều (điều 5) và cũng sử dụng giá trị này khi tính toán tạp radiô. Ảnh hưởng của gradien này lên mức tạp radiô được nghiên cứu trên nhiều đường dây thử nghiệm và kết quả cho thấy

trên dải từ 20 kV/cm đến 27 kV/cm, mức tạp radiô tăng đến khoảng 1,6 dB cho mỗi số gia 1 kV/cm và cao hơn khoảng 27 kV/cm thì mức tạp tăng ở tỷ lệ thấp hơn.

Biên dạng theo chiều ngang của đường dây một chiều lưỡng cực, có dây nối đất không bị văng quang, gần như đối xứng ở dây dẫn dương. Việc này có thể giải thích bởi thực tế là dây dẫn âm sinh ra mức tạp radiô thấp hơn dây dẫn dương, do cơ chế ion hóa khác nhau đề cập trong điều này. Với cùng một gradien cho cả hai dây dẫn, chênh lệch trong đóng góp mức tạp radiô của chúng ít nhất là 6 dB. Do đó, đóng góp của dây dẫn âm vào tổng mức tạp radiô của đường dây lưỡng cực có thể coi là không đáng kể. Đối với đường dây đơn cực âm tính, mức tạp thậm chí có thể thấp hơn 20 dB so với chính đường dây khi mang cực dương.

Điều kiện thời tiết

Mức tạp radiô từ đường dây xoay chiều bị ảnh hưởng đáng kể bởi điều kiện thời tiết. Giữa thời tiết tốt và mưa to, mức tạp có thể tăng đến 25 dB nhưng trong trường hợp đường dây một chiều, mức tạp thực tế lại giảm khi trời mưa.

Do đó, mức tạp radiô cao nhất của đường dây một chiều thường xuất hiện trong điều kiện thời tiết tốt. Khi bắt đầu mưa và mưa tuyết khô, mức này có thể tăng trong thời gian ngắn nhưng khi các dây dẫn bị ướt hoàn toàn thì mức tạp sẽ giảm khoảng 10 dB và trong một số trường hợp có thể giảm nhiều hơn nữa. Mức này cũng có thể bị ảnh hưởng bởi cấu hình của đường dây, gradien điện áp và các nhận xét nêu trên áp dụng cho các đường dây lưỡng cực và đơn cực dương. Tuy nhiên, các tiêu chí đề cập trong 1.4 của TCVN 7379-2 (CISPR 18-2) về mức 80 %/80 % vẫn có hiệu lực.

Để giải thích cho sự khác biệt về tác động, khi so sánh với đường dây xoay chiều, nhiều giả thiết được đưa ra nhưng chúng cần được chứng minh và cần có các nghiên cứu sâu hơn.

Một khía cạnh khác mà tính năng của đường dây một chiều khác biệt so với đường dây xoay chiều là ảnh hưởng của gió. Một số nghiên cứu cho thấy đối với một hướng gió từ dây dẫn âm đến dây dẫn dương, mức tạp radiô tăng theo tốc độ gió trên 3 m/s từ 0,3 dB đến 0,5 dB đối với mỗi số gia 1 m/s. Với hướng gió từ dây dẫn dương đến dây dẫn âm, hiệu ứng này thấp hơn đáng kể.

Hơn nữa, mức tạp radiô dài hạn của đường dây một chiều còn bị ảnh hưởng bởi mùa; vào mùa hè mức tạp thường cao hơn khoảng 5 dB so với mùa đông. Hiện tượng này có thể còn do côn trùng và các phần tử trong không khí trên bề mặt dây dẫn hoặc do độ ẩm tuyệt đối của không khí.

Phổ tần số

Trong trường hợp đường dây xoay chiều, phổ của tạp radiô là một trong những đặc trưng chính của đường dây cao áp. Phổ tần số đối với đường dây một chiều cũng có dạng tương tự trong toàn bộ băng sóng dài và sóng trung nhưng cần có các nghiên cứu sâu hơn.

Hiệu ứng chủ quan

Các nghiên cứu cho thấy đối với đường dây một chiều, tỷ số tín hiệu / tạp âm chấp nhận được thấp hơn so với đường dây xoay chiều nêu trong 2.3.4 của TCVN 7379-2 (CISPR 18-2). Đối với một số đọc cụ thể trên thiết bị đo CISPR, mức khó chịu chủ quan của đường dây một chiều có thể thấp hơn đối với đường dây xoay chiều nhiều nhất là 10 dB.

Tính toán mức tạp radiô do vắng quang trên dây dẫn

Có thể tính mức tạp radiô của đường dây xoay chiều, do vắng quang trên dây dẫn, bằng cách sử dụng phương pháp phân tích hoặc công thức thực nghiệm. Cả hai đều dựa trên các kết quả của nhiều giá trị đo được từ đường dây thử nghiệm, lồng thử nghiệm và các đường dây làm việc. Trong trường hợp đường dây một chiều, vì kinh nghiệm tương đối thiếu nên các dữ liệu thu được hầu như hoàn toàn từ các thiết bị thử nghiệm. Về nguyên tắc, các phương pháp phân tích áp dụng được cho đường dây một chiều tương tự như các phương pháp mô tả trong điều 5 đối với đường dây xoay chiều. Trong trường hợp này, rõ ràng là phải sử dụng các kết quả hàm kích thích (5.2), các phép đo trên đường dây thử nghiệm một chiều hoặc lồng thử nghiệm và cần tính đến các đặc tính truyền của đường dây một chiều.

Như đối với đường dây xoay chiều, các công thức theo kinh nghiệm khác nhau để tính toán mức tạp radiô đối với đường dây một chiều cũng được rút ra. Dựa trên các phép đo mở rộng trên các đường dây [55], với các cấu hình khác nhau, công thức dưới đây được khuyến dùng đối với đường dây lưỡng cực:

$$E = 38 + 1,6 (g_{\max} - 24) + 46 \lg r + 5 \lg n + \\ + \Delta E_f + 33 \lg \frac{20}{D} + \Delta E_w \text{ tính bằng dB } (\mu\text{V/m})$$

trong đó:

E – trường tạp radiô

g_{\max} – gradien bề mặt lớn nhất của đường dây, tính bằng kilôvôn trên centimét

r – bán kính của dây dẫn hoặc dây dẫn con, tính bằng centimét

n – số lượng dây dẫn con

D – khoảng cách giữa anten và dây dẫn gần nhất, tính bằng mét

ΔE_w – chênh lệch theo điều kiện thời tiết, tính bằng đêxiben

ΔE_f – chênh lệch tần số đo (xem dưới đây)

Giá trị g_{\max} được tính như đối với đường dây xoay chiều. Dòng đầu tiên của công thức đưa ra mức đối với tần số CISPR tiêu chuẩn là 0,5 MHz và khoảng cách CISPR tiêu chuẩn là 20 m tính từ dây dẫn gần nhất trong thời tiết tốt, khi ΔE_f , $\lg \frac{20}{D}$ và ΔE_w đều bằng "không".

Về cơ bản, công thức trên được dùng cho đường dây lưỡng cực. Công thức này cũng có thể dùng cho đường dây đơn cực dương nếu sử dụng đúng gradien điện áp của dây dẫn. Với cùng một điện áp đặt

vào cực, mức tạp sẽ thấp hơn so với mức tạp trên đường dây lưỡng cực khoảng từ 3 dB đến 6 dB. Xét đường dây truyền tải lưỡng cực, thiết kế như hai đường dây đơn cực riêng rẽ, đặc tính đơn cực sẽ chiếm ưu thế nếu khoảng cách cực lớn hơn 20 m.

Các phép đo cho thấy tỷ lệ suy giảm theo chiều ngang đối với đường dây một chiều tương đương với đường dây xoay chiều. Trong dải tần từ 0,4 MHz đến 1,6 MHz và đối với khoảng cách $\frac{300}{2\pi f}$ m, trong đó f tính bằng megahéc, công thức gần đúng dưới đây sẽ cho kết quả thỏa đáng:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{1,65}$$

trong đó E_2 và E_1 là mức tạp tại khoảng cách D_2 và D_1 , tương ứng, và trong đó E_1 và D_1 là giá trị chuẩn. Đối với khoảng cách CISPR tiêu chuẩn là 20 m tính từ dây dẫn gần nhất, công thức này có thể viết thành:

$$E_2 = E_1 + 33 \lg \frac{20}{D_2}$$

Biểu thức khoảng cách $33 \lg \frac{20}{D}$ là biểu thức cung cấp hiệu chỉnh gần đúng mức dưới đến khoảng 100 m và hiệu chỉnh mức trên xa hơn khoảng cách này.

Có những thay đổi đáng kể trong các kết quả đo của phổ tần số tại các vị trí khác nhau, đặc biệt tại các tần số thấp. Tuy nhiên, phổ tần số biểu diễn trên hình B12 và đề cập trong 4.2.1, có giá trị với đường dây xoay chiều, cũng được coi là một trung bình tốt đối với đường dây một chiều và, do đó, nên sử dụng phổ này cho đến khi có tài liệu tin cậy hơn. Việc hiệu chỉnh theo phổ này có thể viết thành:

$$\Delta E_f = 5 (1 - 2 (\lg 10f)^2)$$

trong đó f là tần số đo, tính bằng megahéc.

Biểu thức này có thể sử dụng ở tần số từ 0,15 MHz đến khoảng 3 MHz.

Đối với đường dây đơn cực âm, mức tạp radiô từ bản thân dây dẫn cực thường thấp nhưng nếu sử dụng dây nối đất thì dây nối đất sẽ đóng vai trò dây dẫn dương và mức tạp có thể tính như nêu ở trên.

8.3 Tạp radiô do cái cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm

Thông tin liên quan đến mức tạp radiô do cái cách điện, phụ kiện đường dây và thiết bị trạm còn thiếu. Tuy nhiên, kinh nghiệm sẵn có cho thấy không có khác biệt đáng kể so với mức tương đương của đường dây xoay chiều nêu trong điều 7.

Ở điều kiện thời tiết khô, mức tạp radiô do văng quang trên dây dẫn có thể chiếm ưu thế đối với gradient điện áp cao hơn. Tuy nhiên, mức tạp radiô của dây dẫn của đường dây một chiều giảm khi dây dẫn bị ướt và điều này ngược với mức do cái cách điện của đường dây sinh ra vì dòng điện rò trên các cách

điện này được xác định bởi điện trở thuần của ô nhiễm. Kinh nghiệm làm việc cho thấy, ngay cả ở những vùng có mức ô nhiễm công nghiệp tương đối thấp, thì bề mặt của cái cách điện một chiều cũng bị nhiễm bẩn trong thời gian tương đối ngắn. Khi bề mặt nhiễm bẩn này bị ướt, phóng điện cục bộ xuất hiện có thể làm cho mức tạp radiô tăng đáng kể. Do đó, sự chênh lệch trong suy giảm của mức tạp từ đường dây một chiều, ở một số điều kiện (xem điều kiện thời tiết nêu ở trên), có thể bị ảnh hưởng bởi tác động của cái cách điện bị nhiễm bẩn. Để khẳng định giả thiết này cần có thêm các thông tin.

8.4 Hiệu ứng khởi động của van

Cũng như các đường dây trên không, cáp ngầm dưới đất và các trạm, các hệ thống truyền tải điện một chiều cao áp cũng có trạm chuyển đổi cùng với thiết bị đóng mở của chúng. Các thiết bị này có thể sinh ra tạp radiô do tính năng hoạt động đặc biệt của chúng vì các van đóng vai trò như các chuyển mạch rất nhanh.

Một nhóm bộ chuyển đổi thường gồm sáu van, khởi động theo chu kỳ ở tần số công nghiệp và một hệ thống bộ chuyển đổi hoàn chỉnh có thể cấu thành từ nhiều bộ chuyển đổi như vậy. Mỗi lần van khởi động, điện áp đi qua nó giảm xuống và sinh ra một phổ tạp radiô rộng, kéo dài từ tần số rất thấp đến vài megahéc tùy thuộc vào kích thước vật lý của các mối nối. Do điện dung tập trung, điện dung phân bố và điện cảm trong các mối nối liên kết và thiết bị, mạch vòng cục bộ có thể cộng hưởng và sẽ tạo ra các đỉnh ở các tần số nhất định.

Tạp radiô này có thể phát xạ trực tiếp từ các van và thiết bị liên kết bao gồm, trong ví dụ này, chủ yếu là các fidor và thanh cái của trạm chuyển đổi. Các thanh cái này thường có chiều dài đáng kể và có khả năng hoạt động như các vật bức xạ hiệu quả. Tất nhiên, bộ chuyển đổi sẽ được nối với đầu vào và đầu ra của mạch điện xoay chiều và một chiều và cả hai đều có thể nằm trong kết cấu của đường dây trên không. Tạp radiô sẽ được dẫn hướng và phát xạ từ các đường dây trên không này.

Nếu không có biện pháp triệt nào thì mức tạp radiô là không chấp nhận được và vì thế, cần phải giảm mức này xuống một giá trị chấp nhận được. Điều này có thể thu được bằng các phương pháp khác nhau tùy thuộc vào loại van và lắp đặt kỹ thuật của trạm.

Trong hầu hết các sơ đồ điện một chiều cao áp hoạt động trước đây đều sử dụng van thủy ngân. Bố trí kỹ thuật của loại van này đòi hỏi một phòng để bảo vệ van khỏi ảnh hưởng của môi trường và giữ cho giới hạn nhiệt độ nằm trong dải qui định. Nhờ màn chắn điện từ của phòng này, mức tạp radiô bên ngoài có thể giảm đáng kể. Bằng cách sử dụng các tấm kim loại rắn hoặc lưới dây, có thể có giá trị độ suy giảm từ 40 dB đến 50 dB đối với tần số từ 0,15 MHz đến 5 MHz. Để giảm tạp đi qua các ống lót của phòng chứa van, cần lắp các bộ lọc trên tất cả các đường dây ra và việc lọc của đường dây một chiều phải đặc biệt có hiệu lực. Máy biến áp chuyển đổi, giữa nhóm van và đường dây xoay chiều, và các mạch lọc ở phía xoay chiều, có thể làm giảm khả năng dẫn của tạp radiô từ trạm chuyển đổi đến các đường dây xoay chiều này.

Trong trường hợp van thyristo, vấn đề tạp radiô có thể ít nghiêm trọng hơn một chút. Khi khởi động, van thyristo có thể có thời gian sụt điện áp đến $25\ \mu\text{s}$, so với van hồ quang thuỷ ngân là $1\ \mu\text{s}$. Một nguyên nhân giải thích cho điều này là việc sử dụng các mạch điện suy giảm trong van thyristo. Với thời gian sụt điện áp dài như vậy, có thể không cần màn chắn van, phòng, và bộ lọc tạp radiô có thể đơn giản hơn hoặc thậm chí không cần thiết.

Giải pháp khả thi để giảm bức xạ trực tiếp từ van là lắp đặt van thyristo bên trong thùng thép đóng vai trò màn chắn hiệu quả. Cần chú ý để thùng không bức xạ như một lưỡng cực hoặc bộ cộng hưởng.

Sự phát triển thêm của các trạm chuyển đổi điện một chiều cao áp sẽ nhằm vào các bố trí gọn hơn có các đấu nối ngắn hơn giữa các nhóm van, biến thế chuyển đổi và các trạm. Điều này có tác động tốt trong việc giảm tạp radiô từ các trạm chuyển đổi.

Nói chung, có thể giảm được tạp radiô do các van chuyển đổi và các bộ phận phụ trợ của chúng đến mức chấp nhận được. Chi phí cho việc giảm này phụ thuộc phần lớn vào loại van và thiết kế của trạm chuyển đổi.

Tài liệu tham khảo

- [1] Interference Produced by Corona Effect of Electric Systems (Description of Phenomena, Practical Guide for Calculation), International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE), Paris 1974.
- [2] D. E. Hedman: Propagation on Overhead Transmission Lines, IEEE Transactions on PAS, vol. 84, March 1964, pp. 200-211.
- [3] F. L. Taylor, C. J. Crockford, R. V. Nicolson: Investigation of radio noise from existing lines and equipment to aid in the design of future extra-high voltage lines, IEEE PAS, August 1957, pp. 436-445.
- [4] C. Gary, M. Morcau: Predetermination of the Radio Noise Level under Rain of an Extra-High-Voltage Line, IEEE Transactions (Power Apparatus and Systems). vol. PAS-88, pp. 653-660, May 1969.
- [5] G. W. Juetten, L. E. Zaffanella: Radio Noise Currents and Audible Noise on Short Sections of UHV Bundle Conductors, IEEE Transactions (power Apparatus and Systems). vol. PAS-89, No.5, pp. 902-913, May/June 1970.
- [6] N. Giao Trinh, P. Sarma Maruvada, B. Poirier: A comparative Study of the Corona Performances of Conductor Bundles for 1200 kV Transmission Lines, IEEE Transactions, vol. PAS-93, May/June 1974, pp. 940-949.
- [7] G. W. Juetten, L. E. Zaffanella: Radio Noise, Audible Noise and Corona Loss of EHV and UHV Transmission Lines under Rain: Predetermination based on Cage Test, IEEE Transactions, vol. PAS-89, Nov./Dec. 1970, pp. 1168-1178.
- [8] M. R. Morcau, C. H. Gary: Predetermination of the Radio Interference Level of High Voltage Transmission lines, Parts I and II, IEEE Transactions, vol. PAS-91. pp. 284-304, Jan./Feb. 1972.
- [9] N. G. Trinh, P. S. Maruvada: A Method of Predicting the Corona Performance of Conductor Bundles Based on Cage Test Results, IEEE Transactions. vol. PAS-96. pp. 312-325, Jan./Feb. 1977.
- [10] G. D. Lippert, W. E. Pakala, S. C. Barlett, C.D. Fahrnkopf: Radio Influence Tests in Field and Laboratory -500 kV Test Project of American Gas and Electric Company, AIEE Transactions, vol. 70, Part I, pp. 251-269, 1951.
- [11] L. M. Robertson, W. E. Pakala, E. R. Taylor, Jr.: Leadville High Altitude Extra-High-Voltage Test Project: Part III - Radio Influence Investigations, AIEE Transactions (Power Apparatus and Systems), vol. 80, pp. 732-743, Dec. 1961.
- [12] J. Reichman, J. R. Leslie: A Summary of Radio Interference Studies Applied to EHV Lines, IEEE Transactions (Power Apparatus and Systems), vol. 83, No.3, pp. 223-228, March 1964.

- [13] J. J. LaForest, C. B. Lindh, D. D. McCarthy, F. Olsen, M. W. Schultz. Jr.: Radio Noise and Corona Loss Results from Project EHV, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 82, pp. 735-750.
- [14] V. L. Chartier, D. F. Shankle, N. Kolcio: The Apple Grove 750 kV Project - Statistical Analysis of Radio Influence and Corona Loss Performance of Conductors at 775 kV, IEEE Transactions (Power Apparatus and Systems), vol. 89, May/June 1970.
- [15] E. R. Taylor, Jr., W. E. Pakala, N. Kolcio: The Apple Grove 750 kV Project - 515 kV Radio Influence and Corona Loss Investigation, IEEE Transactions (Power Apparatus and Systems), vol. PAS-84, No.7, pp. 561-573, July 1965.
- [16] Y. Sawada: Calculating Method of Radio Noise Level and Its Application to Design of AC Power Transmission Line, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 89, pp. 844-853, May/June 1970.
- [17] M. Magnien, J. Clade, C. Gary: The Electricité de France Test Station for Corona Studies on Future EHV Lines, CIGRÉ, 1966, Paper No. 427.
- [18] N. Knudsen, H. Bergqvist, P. Forsgren: Results from 3-Year Operation of the HVDC Test Station in Anneberg, CIGRÉ Report, No. 31-04, 1970.
- [19] F. W. Hirsch, E. Schafer: Progress Report on the HVDC Test Line of the 400 kV - Forschungsgemeinschaft: Corona Losses and Radio Interference, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 88, pp. 1061-1069, July 1969.
- [20] E. H. Gehrig, A. C. Peterson, C. F. Clark, T. C. Redmour: BPA's 1100 kV DC Test Project, Part II, Radio Interference and Corona Loss, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 86, March 1967.
- [21] N. Knudsen: Corona Loss and Radio Interference Measurements at High Voltage AC on Test Lines in Sweden, Paper. No.411, CIGRÉ, 1964.
- [22] R. Bartenstein. G. Lesch: Measurements of Corona Losses and Interference Levels at the 400 kV Research Station in Mannheim - Rheinau (Germany) with Special Reference to Bundle Conductors, CIGRE Report, No. 402, 1956.
- [23] R. Keitley, et al.: Corona Power Loss and Radio Interference Measurements at 400 kV and 750 kV on the Leatherhead Experimental Line, CIGRÉ Paper, No. 419, 1966.
- [24] J. G. Anderson, J. M. Schamberger: UHV Transmission Research Results from Project UHV, 1968-1969, CIGRÉ Paper, No. 31-07, August 1970.
- [25] M. G. Comber, J. R. Doyle, H. M. Schneider, L. E. Zaffanella: Three-phase Test Facilities at EPRI's Project UHV.

- [26] R. M. Morris, B. Rakoshdas: An Investigation of Corona Loss and Radio Interference from Transmission Line Conductors at High Direct Voltages, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 83, pp. 5-16, January 1964.
- [27] S. A. Annestraud, G. A. Parks, D. E. Perry: Bonneville Power Administration's 1200 kV Transmission Line Project. CIGRÉ Paper, No. 31-09, 1978.
- [28] P. S. Maruvada, N. G. Trinh, D. Dallaire, N. Rivest: Corona Performance of a Conductor Bundle for Bipolar HVDC Transmission at ± 750 kV, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 96, pp. 1872-1881, Nov./Dec. 1977.
- [29] Y. Sawada, T. Sasano, Y. Sunaga, T. Tsurzura: The Radio Interference Characteristics of Four and Three-Conductor Bundles of HVDC Line: Shiobara 600 kV Laboratory, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 96, 1901-1907, Nov./Dec. 1977.
- [30] E. Bagala, F. Galli, C. Malaguti, L. Paris, M. Sforzini, M. Valtorta: Italian 1000 kV Project and Related Test Facilities, CIGRE 1978, Report 31.16.
- [31] J. J. Clade, C. H. Gary, M. R. Moreau: Usage and Checking of the Theoretical Relations Between Fields, Current, and Excitation Functions in Radio Frequencies in the Case of Short Test Lines, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 88, pp. 1501-1511, October 1969.
- [32] C. W. Helstrom: The Spectrum of Corona near a Transmission Line, AIEE Transactions, Part III (Power Apparatus and Systems), vol. 80, Dec. 1961, pp. 831-837.
- [33] C. R. Bond, W. E. Pakala, R. E. Graham, J. E. O'Heil: Experimental Comparisons of Radio Influence Fields from Short and Long Transmission Lines, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 82, April 1963, pp. 175-185.
- [34] Report of Working Group 1 of CIGRÉ Study Committee 36: Comparison of Radio Noise Prediction Methods with CIGRÉ-IEEE Survey Results, CIGRÉ-Electra, No. 22, May 1972.
- [35] CIGRÉ-IEEE Committee Report: Comparison of Radio Noise Prediction Methods with CIGRÉ-IEEE Survey Results, IEEE Transactions PAS, May/June 1973, vol. 92, pp. 1029-1042.
- [36] Report by the Swedish National Committee on Recording of Radio Interference from a 400 kV Power Line, TELE (English edition), vol. 26, No.2, 1974, pp. 14-21, published by the Swedish Telecommunications Administration.
- [37] R. Cortina, W. Serravalli, M. Sforzini: Radio Interference Long-term Recording on a 420 kV Operating Line, IEEE Transactions, on PAS, vol. 89, May/June 1970, pp. 881-892.
- [38] R. Bartenstein, E. Schafer: Continuous Measurements of the High Frequency Interference Level of HV Transmission - Lines and their Statistical Evaluation, Paper 409, CIGRE, 1962.

- [39] CIGRÉ-IEEE Survey on Extra High Voltage Transmission Radio Noise, CIGRÉ SC 36-WG 01 and IEEE Radio Noise Sub-Committee WG 01, IEEE Trans PAS, May/June 1973, vol. 92, pp. 1019-1028.
- [40] A survey of Methods for Calculating Transmission Line Conductor Surface Voltage Gradients, IEEE Corona and Field Effects Sub-Committee Report, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. vol. PAS-98, Nov./Dec. 1979, pp.1996-2014.
- [41] L. Paris, M. Sforzini: RI Problems in HV Line Design, IEEE Transactions on PAS, April 1968.
- [42] Transmission line reference book, 345 kV and above, Electric Power Research Institute, 1975.
- [43] M. C. Perz: Propagation analysis of HF currents and voltages on lossy power lines, IEEE Transactions on PAS, Nov./Dec. 1973
- [44] G. N. Juette, G. M. Roe: Modal Components in Multiphases Transmission Line Radio Noise Analysis, IEEE Transactions on PAS, Mar./Apr. 1971.
- [45] J. Meyer de Stadelhofen, W. Walter: Contribution Relative à l'estimation du pouvoir radioperturbateur de lignes à très haute tension, Bulletin technique PTT, N 11-1957.
- [46] W. Serralvalli, M. Sforzini: Il radiodisturbo prodotto di linee ad alta tensione, alcuni risultati di indagini sperimentali, Rendiconti AEI di Palermo, 1964, Report No. 113.
- [47] G. E. Adams. T. W. Liao, M. G. Poland, F. J. Trebby: Radio noise propagation and attenuation tests on Bonneville Power Administration McNary-Ross 345 kV line, AIEE Transactions, Part III, vol. 78, June 1959, pp. 380-388.
- [48] L. O. Barthold, J. J. La Forest, R. H. Schlomann, F. J. Trebby: Radio noise attenuation and field factor measurements on the American Electric Power Corporation Breed-Olive 345 kV line, AIEE Transactions, Part III, vol. 79, June 1960, pp. 303-309.
- [49] J. Davey, H. L. Deloney, J. J. La Forest: Effect of station radio noise sources on transmission line noise levels. Experimental results, IEEE Transactions on PAS, vol. 86, No.8, August 1967, pp. 1007-1011.
- [50] P. B. Barber, J. M. Cranmer. E. M. Dembinski, J. S. T. Looms: Measurements of acoustic and radio noise from UK transmission lines, CIGRÉ Rep. 36-05, 1972.
- [51] H. Witt: Insulation Levels and Corona Phenomena on HV DC Transmission Lines, Techn Dr dissertation Gothenburg (Sweden) 1961.
- [52] E. H. Gehrig, A. C. Peterson, C. F. Clark, T. C. Rednour: Bonneville Power Administration's 1100 kV direct current test project, Radio Interference and Corona Loss, IEEE Transactions PAS, vol. 36, No.3, March 1967.
- [53] Stig A. Annestrand: Radio Interference from HV DC Converter Stations, IEEE PAS, vol. 91, No.3, May/June 1972.

- [54] G. L. Reiner, E. H. Gehrig: Celilo–Sylmar ± 400 kV Line RI Correlation with Short Test Line, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS 96, No.3, May/June 1977.
- [55] Transmission Line Reference Book HV DC To + 600 kV, published by Electric Power Research Institute, 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, CA 94304.

Phụ lục A

Tính toán gradien điện áp tại bề mặt dây dẫn của đường dây tải điện trên không

Có nhiều phương pháp để tính gradien điện áp tại bề mặt dây dẫn của đường dây tải điện trên không. Tất cả những phương pháp này cho kết quả rất giống nhau đối với cả dây dẫn không phải chùm dây lẫn chùm dây phân pha đối xứng gồm một số ít dây dẫn con; đến ba hoặc bốn dây. Đối với chùm dây phân pha có nhiều dây dẫn con và đối với chùm dây phân pha không đối xứng, các phương pháp thích hợp nhất là các phương pháp dựa trên nguyên tắc ảnh nối tiếp [A1]. Với máy tính số, hiện nay các chương trình tính toán dựa trên các phương pháp này được sử dụng rộng rãi. Đối với phần lớn cấu hình đường dây, có độ cao của các dây dẫn so với mặt đất và khoảng cách giữa các pha hoặc các cực lớn so với đường kính của dây dẫn hoặc kích thước của chùm dây phân pha và khoảng cách dây dẫn con lớn so với đường kính dây dẫn con, thì có thể sử dụng phương pháp ảnh đơn.

Một phép gần đúng hơn với phương pháp này là tính điện tích trên từng dây dẫn hoặc dây dẫn con, sử dụng phương pháp hệ số điện thế Macxoen, rồi sau đó tính gradien điện áp tại bề mặt của dây dẫn hoặc dây dẫn con chỉ quan tâm đến điện tích trên dây dẫn đang xét. Trong trường hợp chùm dây phân pha, có thể lấy làm đại diện một dây dẫn đơn tương đương có cùng điện dung với chùm dây phân pha. Đối với các dây dẫn đơn và chùm dây phân pha đối xứng có một số ít dây dẫn con, từ giá trị điện tích có thể sử dụng công thức rất đơn giản để xác định gradien điện áp.

Gradien trung bình, g_{av} , thu được bằng cách áp dụng định lý Gauxơ, mà ở gradien này trường điện tại bề mặt của dây dẫn bằng mật độ điện tích bề mặt σ chia cho hằng số điện môi ϵ_0 :

$$g_{av} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0 n \pi d} \quad (A1)$$

trong đó:

q – điện tích bề mặt trên một đơn vị độ dài

n – số lượng dây dẫn con trong chùm dây phân pha

d – đường kính của dây dẫn con, tính bằng centimét

$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9}$, hằng số điện môi trong không gian tự do, tính bằng fara trên mét

Trong trường hợp đường dây một pha có trở về đất hoặc đường dây một chiều đơn cực, việc tính toán điện tích q như hàm số của điện áp đặt U rất đơn giản vì điện dung trên đơn vị độ dài C được cho bởi:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_o}{\ln \frac{2h}{r_{eq}}}$$

trong đó:

h – chiều cao của dây dẫn so với mặt đất, tính bằng centimét. Thông thường, sử dụng độ cao trung bình và giá trị này tính được bằng cách lấy chiều cao của dây dẫn tại cột, hoặc trung bình của chiều cao tại hai cột của khoảng vượt nếu có chênh lệch về độ cao, rồi trừ đi 2/3 dây chùng tại điểm thấp nhất của dây dẫn.

r_{eq} – bán kính của dây dẫn hoặc bán kính của dây dẫn tương đương chùm dây, tính bằng centimét

$r_{eq} = \frac{d}{2}$ trong trường hợp dây dẫn đơn

$r_{eq} = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{nd}{b}}$ trong trường hợp chùm dây phân pha

trong đó b là đường kính bước tròn của dây dẫn con.

Khi đó

$$g_{av} = \frac{q}{\pi\epsilon_o nd} = \frac{CU}{\pi\epsilon_o nd} = \frac{U}{\frac{nd}{2} \ln \frac{2h}{r_{eq}}} \quad (A2)$$

Để thu được giá trị g_{av} , tính bằng kilôvôn trên centimét, U phải được tính bằng kilôvôn và, trong trường hợp đường dây xoay chiều thì thường dùng giá trị hiệu dụng.

Trong trường hợp chung của đường dây nhiều pha hoặc đường dây một chiều nhiều cực, việc tính điện tích trên từng dây dẫn hoặc chùm dây phân pha đòi hỏi phải giải các phương trình dưới đây:

$$[p] \cdot [q] = [U] \quad (A3)$$

trong đó $[q]$ và $[U]$ là ma trận một cột của điện tích và điện áp trên dây dẫn hoặc chùm dây phân pha còn $[p]$ là ma trận vuông của hệ số điện thế của cấu hình nhiều dây dẫn:

$$p_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \ln \frac{2h_i}{r_{eqi}}$$

$$p_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \ln \frac{D'_{ij}}{D_{ij}}$$

trong đó:

D_{ij} – khoảng cách giữa các dây dẫn hoặc chùm dây phân pha i và j

D'_{ij} – khoảng cách giữa dây dẫn hoặc chùm dây phân pha i và ảnh trên mặt đất của dây dẫn hoặc chùm dây phân pha j

Khi xét ma trận điện áp, cần xem xét các thành phần dưới đây cho các trường hợp thực tế sau:

a) Đường dây ba pha một mạch điện

$$[U] = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = U \begin{bmatrix} 1 \\ a \\ a^2 \end{bmatrix} \text{ với } a = -\frac{1}{2} + \frac{j\sqrt{3}}{2}$$

trong đó U là môđun điện áp pha–đất của đường dây. Ma trận trên liên quan đến các đường dây không có một hoặc nhiều dây nối đất. Để tính đến sự có mặt của các dây nối đất, các điện áp bằng không trên các dây này phải được đặt trong ma trận điện áp. Bậc của ma trận tăng nhưng không gây khó khăn trong việc giải phương trình (A3). Tuy nhiên, có thể chia ma trận các hệ số điện thế thành các ma trận con liên quan đến dây dẫn pha và dây nối đất và các ma trận ghép để giảm bậc của ma trận qui về như đối với đường dây không có dây nối đất. Sự có mặt của dây nối làm tăng gradient điện áp trên dây dẫn nhưng, với cấu hình thông thường, mức tăng này tương đối nhỏ; 1 % đến 3 %.

b) Đường dây ba pha nhiều mạch điện

Trong trường hợp này, ma trận điện áp $[U]$ bao gồm một loạt thành phần có tính đến tất cả các dây dẫn pha hoặc chùm dây phân pha và, dây nối đất của đường dây, nếu có. Ví dụ, ma trận điện áp của đường dây ba pha mạch kép có hai dây nối đất là một ma trận cột bậc 8. Ma trận hệ số điện thế tương ứng là một ma trận vuông bậc 8, phép nghịch đảo của ma trận này đòi hỏi phải sử dụng máy tính thích hợp. Tuy nhiên, hiện nay máy tính có đủ phạm vi khả năng để tính gradient điện áp của loại đường dây ba pha nhiều mạch bất kỳ.

Cần lưu ý là vị trí tương đối của các pha tương ứng trong các mạch điện khác nhau ảnh hưởng đến điện tích trên dây dẫn và điều quan trọng là cần tính đến ảnh hưởng này khi tính gradient của đường dây nhiều mạch. Ví dụ, dạng dàn ngang của hai mạch điện xác định bởi 1, a , a^2 và 1, a , a^2 sẽ dẫn đến gradient cao hơn so với cấu hình 1, a , a^2 và a^2 , a , 1.

c) Đường dây một chiều lưỡng cực

$$[U] = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = U \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

trong đó U là giá trị điện áp cực–đất.

Có thể tính đến sự có mặt của dây nối đất theo cách tương tự như đối với đường dây xoay chiều ba pha.

Gradient điện áp thu được từ (A1) là giá trị trung bình g_{av} quanh chu vi của dây dẫn hoặc dây dẫn con, trong giá trị tính được nhiều nhất dựa trên mật độ điện tích trung bình trên dây dẫn:

$$\left(\sigma = \frac{q}{n\pi d} \right)$$

Đối với các dây dẫn đơn, mật độ điện tích này có thể coi như đồng nhất quanh chu vi dây dẫn và, vì thế, gradient được coi là hằng số. Đối với các dây dẫn con trong một chùm dây phân pha, mật độ điện tích không đồng nhất, do hiệu ứng chắn lẫn nhau của các dây dẫn con, mật độ điện tích và do đó cả gradient lớn hơn về phía ngoài và nhỏ hơn về phía trong của chùm dây phân pha.

Một phương pháp đơn giản để thu được độ biến thiên của gradient này quanh chu vi được cho bởi công thức sau:

$$g_0 = g_{av} \left(1 + \frac{(n-1)d}{b} \cos \theta \right)$$

trong đó θ là góc giữa:

- bán kính từ tâm của dây dẫn con đến một điểm đã chọn trên bề mặt của dây dẫn con
- đường đi qua tâm của chùm dây phân pha và điểm có gradient lớn nhất trên chính dây dẫn đó

Đặc biệt, gradient lớn nhất g_{max} được cho bởi:

$$g_{max} = g_{av} \left(1 + \frac{(n-1)d}{b} \right)$$

Tham khảo:

[A1] IEEE Corona and Field Effects Sub-Committee Report – Radio Noise Working Group: A Survey of Methods for Calculating Transmission Line Conductor Surface Voltage Gradients, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-98, No. 6, Nov./Dec. 1979, pp. 1996–2014. (Báo cáo của tiểu ban IEEE về hiệu ứng vầng quang và trường – Nhóm công tác về tạp radiô: Nghiên cứu các phương pháp tính toán gradient điện áp bề mặt của dây dẫn đường dây, Văn kiện hội nghị của IEEE về Thiết bị và hệ thống điện)

Phụ lục B

Danh mục các biên dạng của trường tạp radiô do vầng quang dây dẫn đối với một số loại đường dây tải điện

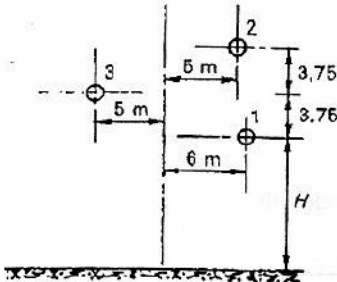
Đường dây liệt kê trong danh mục không có nghĩa là đường dây đó sinh ra mức tạp radiô chấp nhận được.

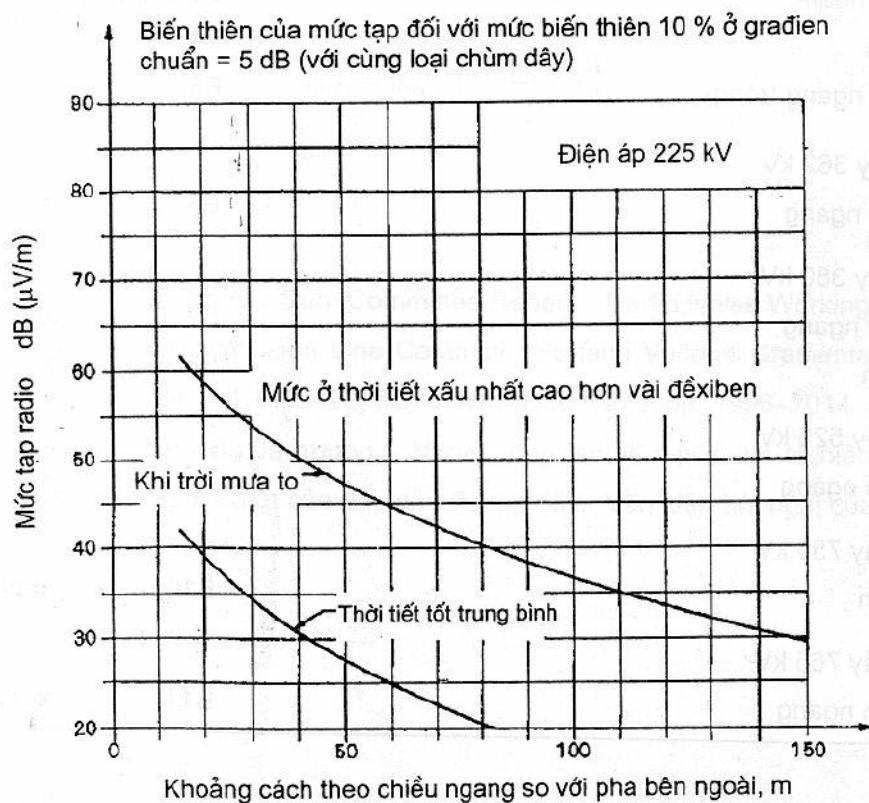
Danh mục các biên dạng

(Các biên dạng này liên quan đến điểm giữa khoảng vượt còn các mức liên quan đến điện áp cho trên góc trên của mỗi hình)

		Hình	Tài liệu tham khảo
I.	Đường dây 225 kV		
	Dây dẫn dạng tam giác	B1 và B2	} xem [8]
	Dạng dàn ngang	B3	
	Dạng vòm	B4	
	Dạng dàn ngang (rộng)	B5	
II.	Đường dây 362 kV		
	Dạng dàn ngang	B6	xem [35], [39]
III.	Đường dây 380 kV		
	Dạng dàn ngang	B7	xem [8]
	Dạng vòm	B8	xem [8]
IV.	Đường dây 525 kV		
	Dạng dàn ngang	B9	xem [35], [39]
V.	Đường dây 750 kV		
	Dạng vòm	B10	xem [8]
VI.	Đường dây 765 kV		
	Dạng dàn ngang	B11	xem [35], [39]
Hiệu chỉnh:			
I.	Tần số	B12	xem [8]
II.	Loại thời tiết	B13	xem [8]

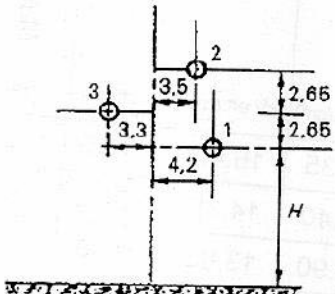
Đường dây 225 kV

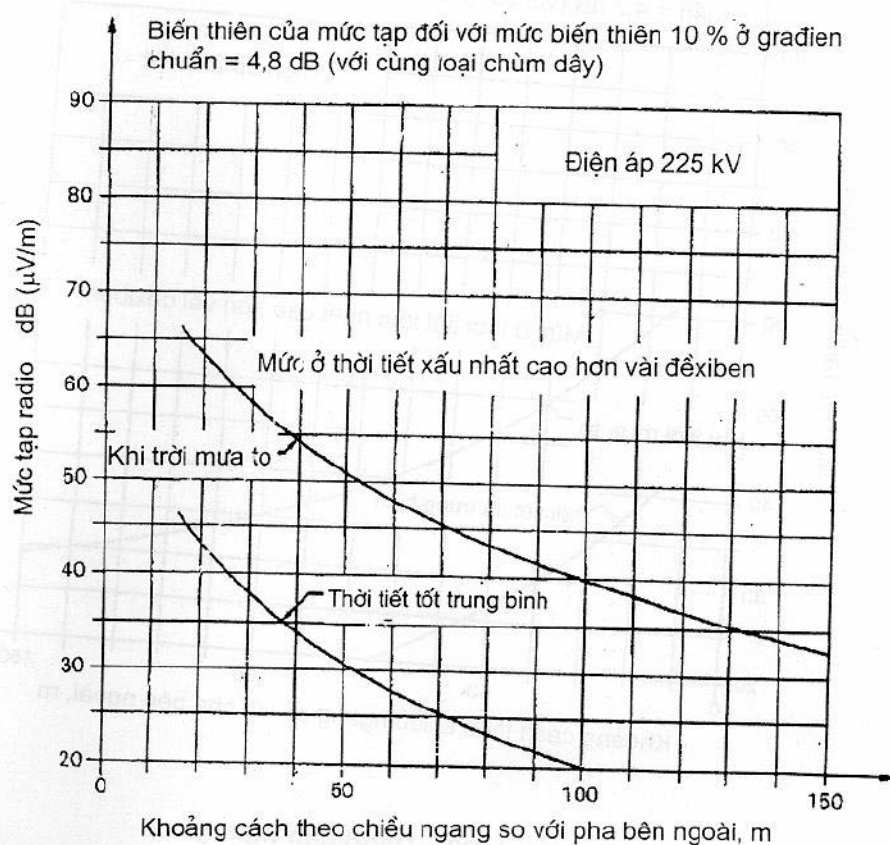
Tần số 0,5 MHz H trung bình 15 m H nhỏ nhất 11 m	Dây dẫn				Gradien lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	1	–	–	13,2	15,40	15,05	14,60	0
	1	–	–	15,5	13,45	13,15	12,75	– 6,4
	1	–	–	16,2	12,95	12,55	12,30	– 8,0



Hình B1 – Dạng tam giác (1)

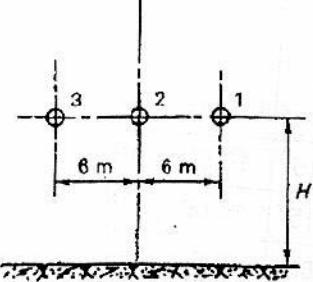
Đường dây 225 kV

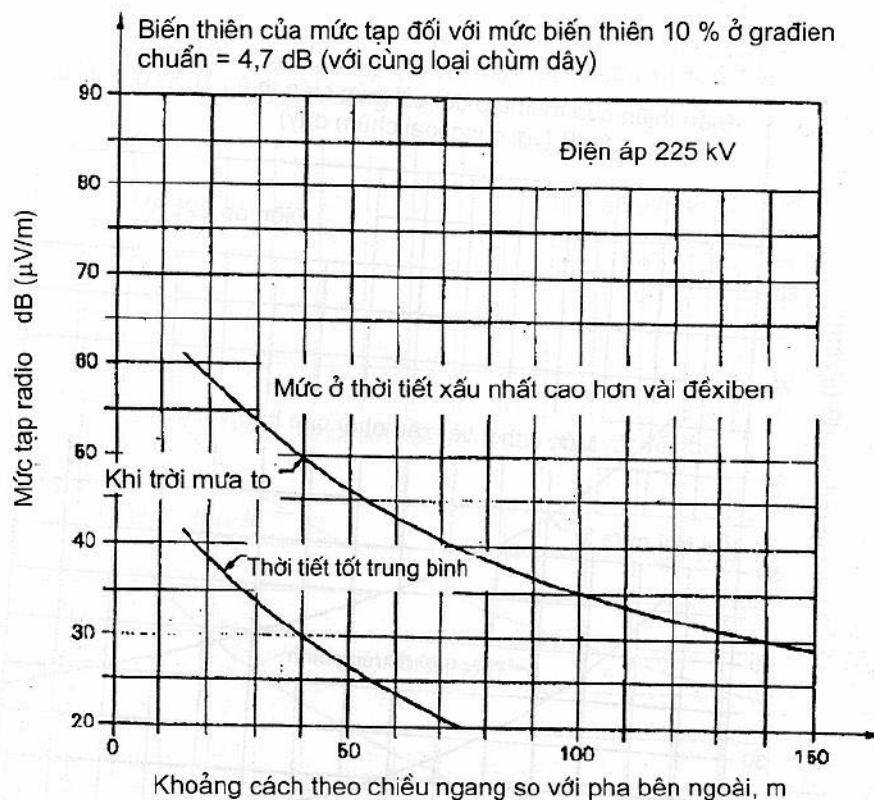
Tần số 0,5 MHz H trung bình 15 m H nhỏ nhất 11 m 	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	1	—	—	13,2	16,15	16,00	15,45	0
	1	—	—	15,5	14,15	14,00	13,50	- 6
	1	—	—	16,2	13,65	13,50	13,00	- 7,6



Hình B2 – Dạng tam giác (2)

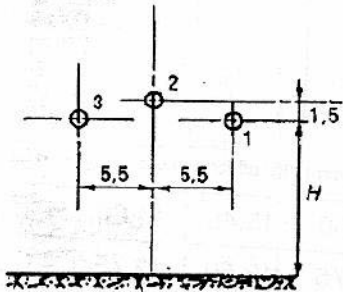
Đường dây 225 kV

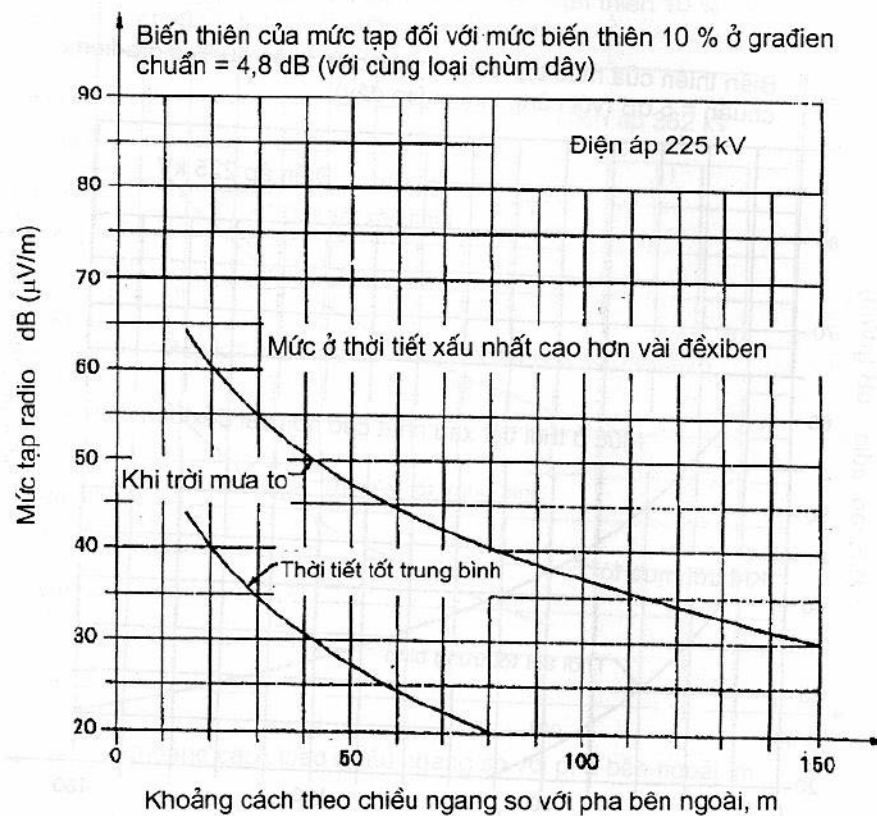
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh
H trung bình 15 m H nhỏ nhất 11 m	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha	Bán kính của chùm dây	Bán kính của dây dẫn	Pha 1	Pha 2	Pha 3	
		S (m)	R (mm)	r (mm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)	(dB)
	1	6	–	13,2	15,35	16,40	15,35	0
	1	6	–	15,5	13,40	14,35	13,40	– 6
	1	6	–	16,2	12,90	13,85	12,90	– 7,5



Hình B3 – Dạng dàn ngang

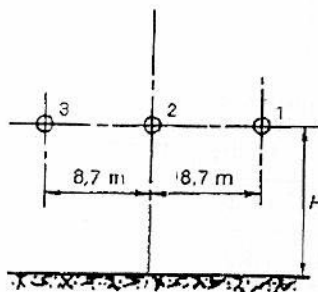
Đường dây 225 kV

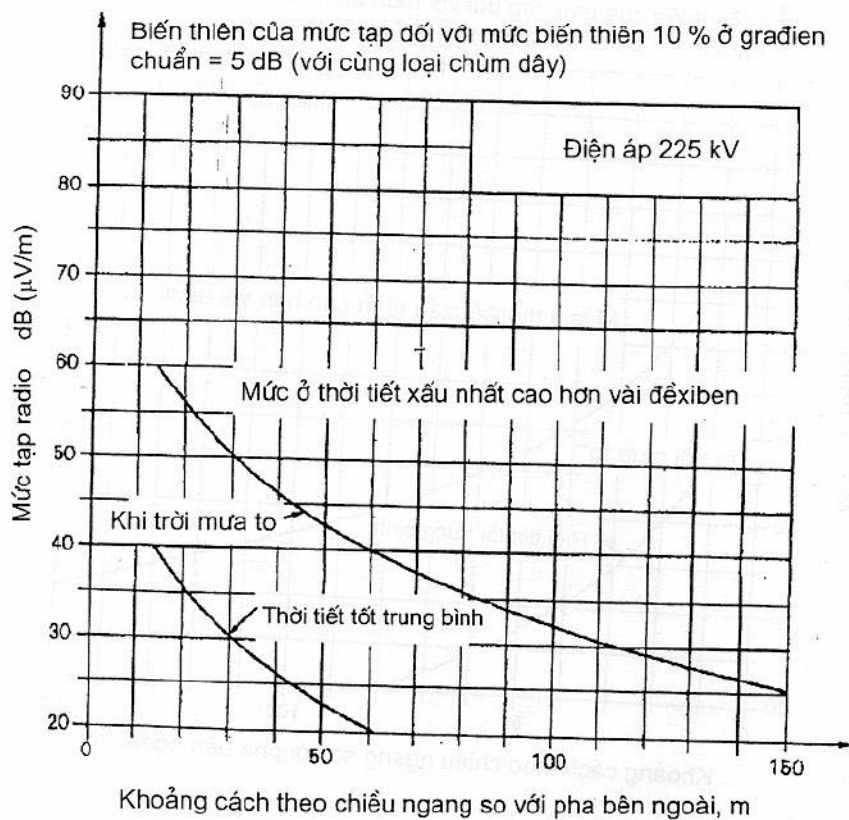
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh
H trung bình 15 m H nhỏ nhất 11 m 	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	1	5,5	—	13,2	15,55	16,45	15,55	0
	1	5,5	—	15,5	13,60	14,40	13,60	- 6
	1	5,5	—	16,2	13,10	13,90	13,10	- 7,6



Hình B4 – Dạng vòm

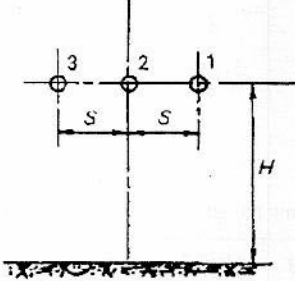
Đường dây 225 kV

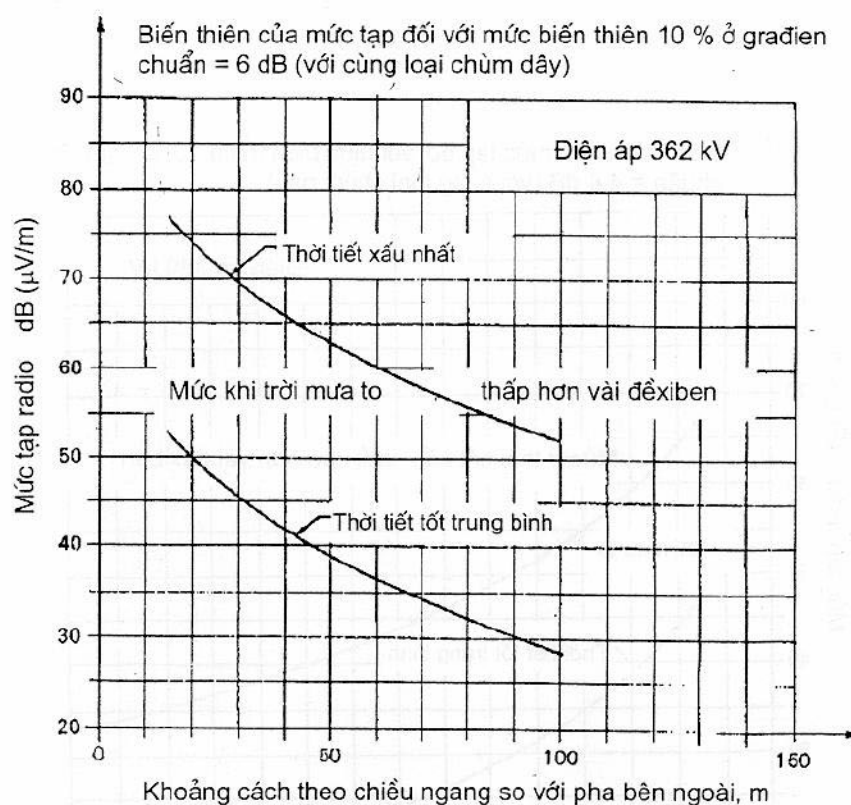
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
H trung bình 15 m H nhỏ nhất 11 m 	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	1	8,7	–	13,2	14,60	15,45	14,60	0
	1	8,7	–	15,5	12,75	13,50	12,75	– 6,3
	1	8,7	–	16,2	12,30	13,00	12,30	– 8,0



Hình B5 – Dạng dàn ngang rộng

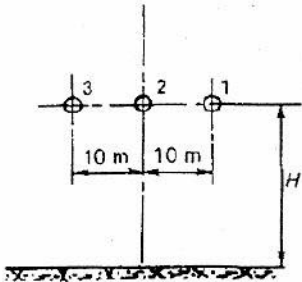
Đường dây 362 kV

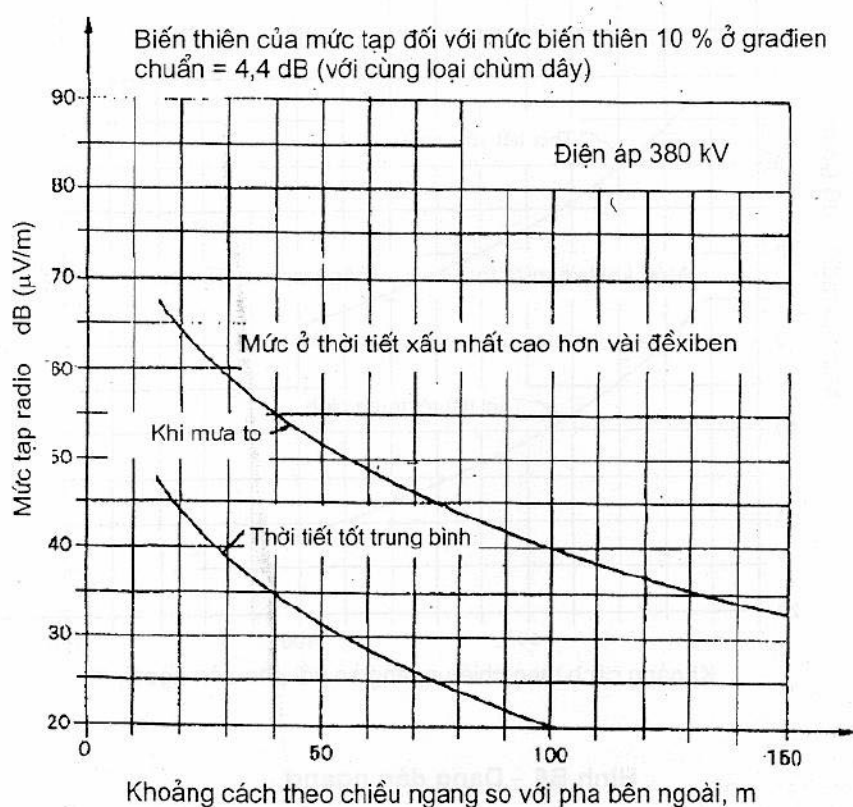
Tần số 0,5 MHz H trung bình 14,0 m H nhỏ nhất 10,0 m 	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	1	9,75	–	20,35	16,1	17,0	16,1	0
	2	9,0	–	13,4	16,7	17,8	16,7	– 4



Hình B6 – Dạng dàn ngang

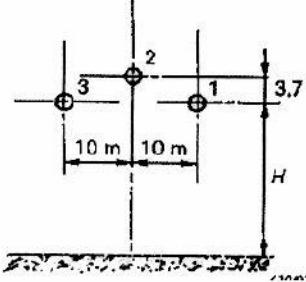
Đường dây 380 kV

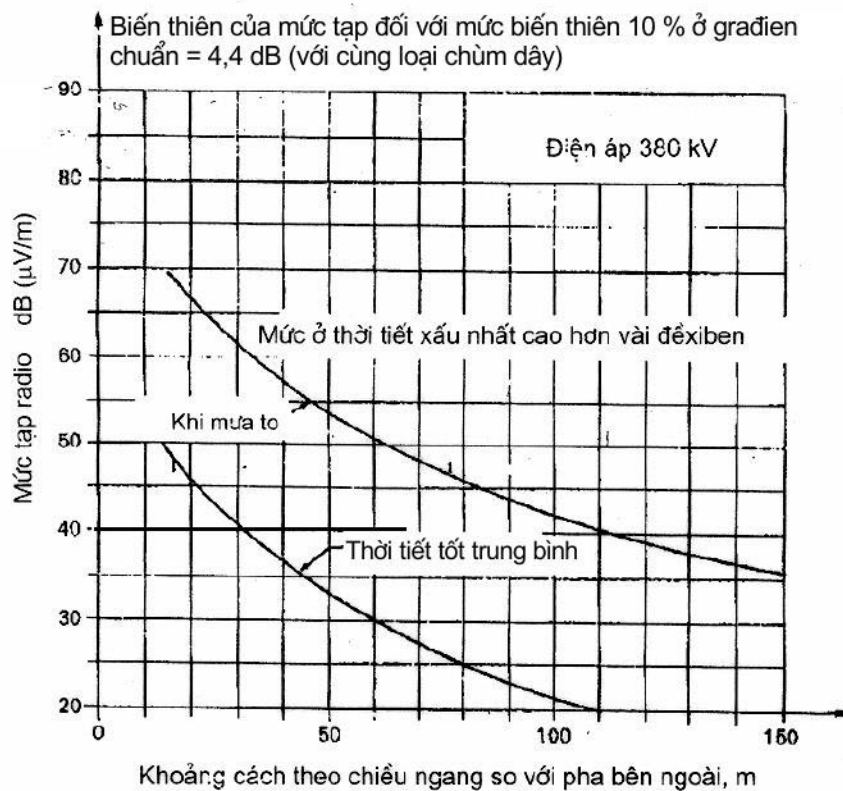
Tần số 0,5 MHz H trung bình 16 m H nhỏ nhất 12 m	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	2	10,0	200	13,2	17,20	18,50	17,20	0
	2	10,0	200	15,5	15,05	16,20	15,05	- 5,5
	2	10,0	200	16,2	14,50	15,60	14,50	- 7,0
	1	10,0	-	22,4	15,50	16,40	15,50	+ 6,5



Hình B7 – Dạng dàn ngang

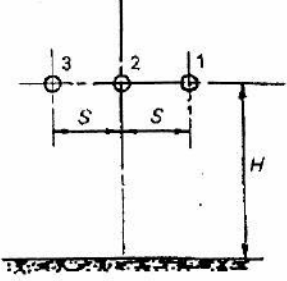
Đường dây 380 kV

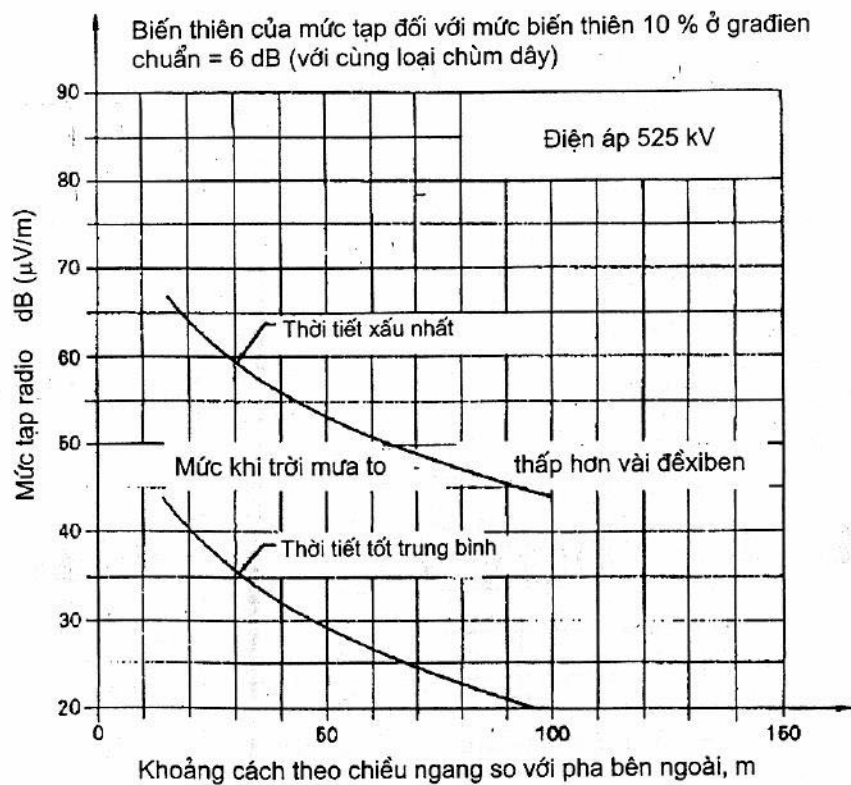
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh
H trung bình 16 m H nhỏ nhất 12 m 	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	2	10,0	200	13,2	17,20	18,00	17,20	0
	2	10,0	200	15,5	15,05	15,75	15,05	-5,5
	2	10,0	200	16,2	14,60	15,30	14,60	-6,7
	1	10,0	—	22,4	15,50	16,00	15,50	+8,7



Hình B8 – Dạng vòm

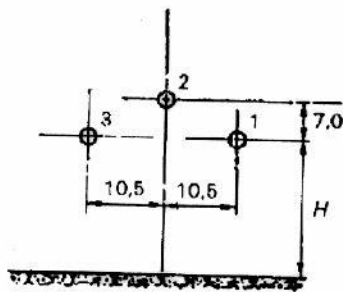
Đường dây 525 kV

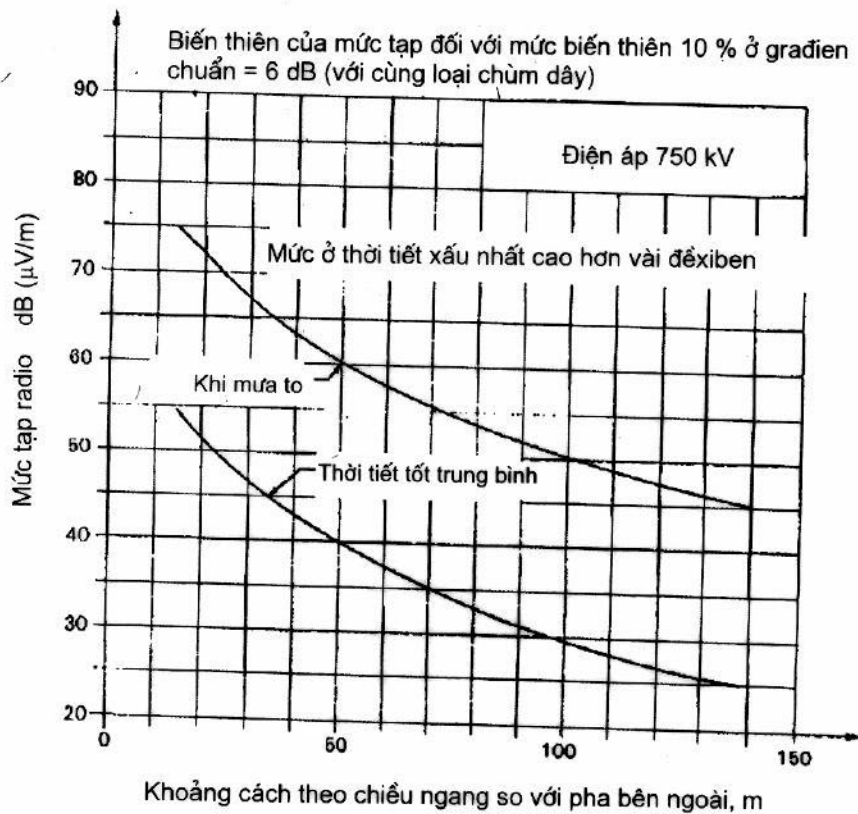
Tần số 0,5 MHz H trung bình 17 m H nhỏ nhất 12 m 	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha S (m)	Bán kính của chùm dây R (mm)	Bán kính của dây dẫn r (mm)	Pha 1 (kV eff./cm)	Pha 2 (kV eff./cm)	Pha 3 (kV eff./cm)	
	4	12,2	323	10,80	17,9	19,3	17,9	0
	3	9,2	264	14,80	17,3	19,0	17,3	+1
	2	9,1	229	20,95	16,5	17,9	16,5	+7



Hình B9 – Dạng dàn ngang

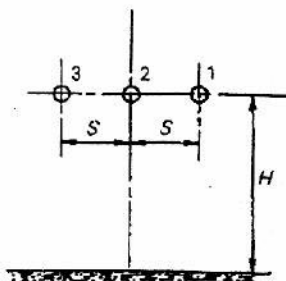
Đường dây 750 kV

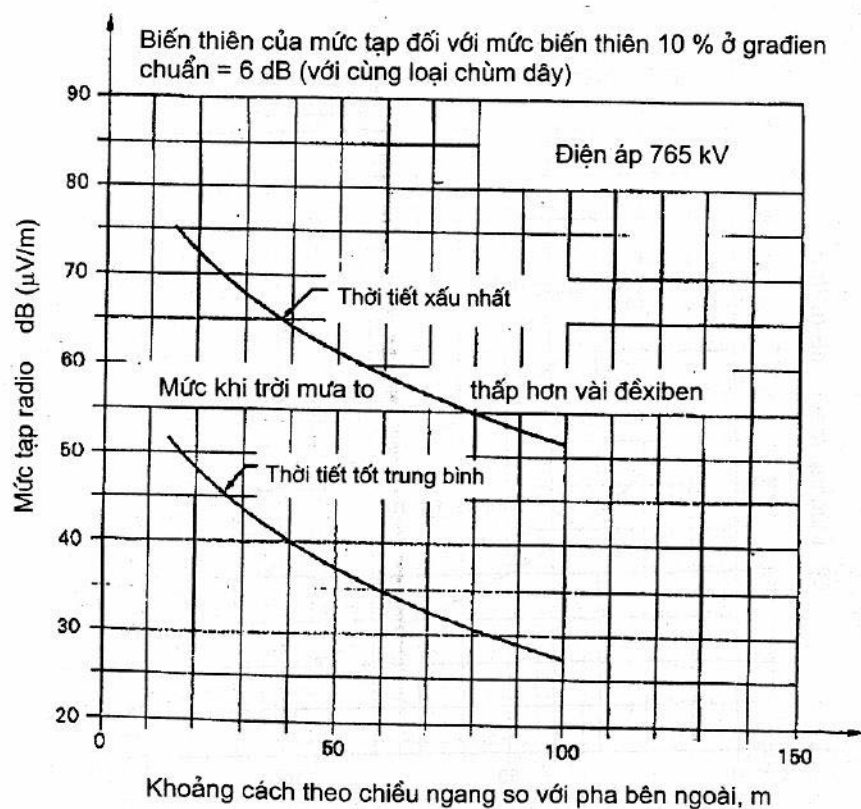
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh (dB)
H trung bình 18 m H nhỏ nhất 14 m	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha	Bán kính của chùm dây	Bán kính của dây dẫn	Pha 1	Pha 2	Pha 3	
	S (m)	R (mm)	r (mm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)		
	4	10,5	212	15,5	18,30	17,00	18,30	
	4	10,5	212	18,95	15,70	14,60	15,70	
	4	10,5	323	15,5	18,40	17,05	18,40	
	4	10,5	323	18,95	15,65	14,50	15,65	



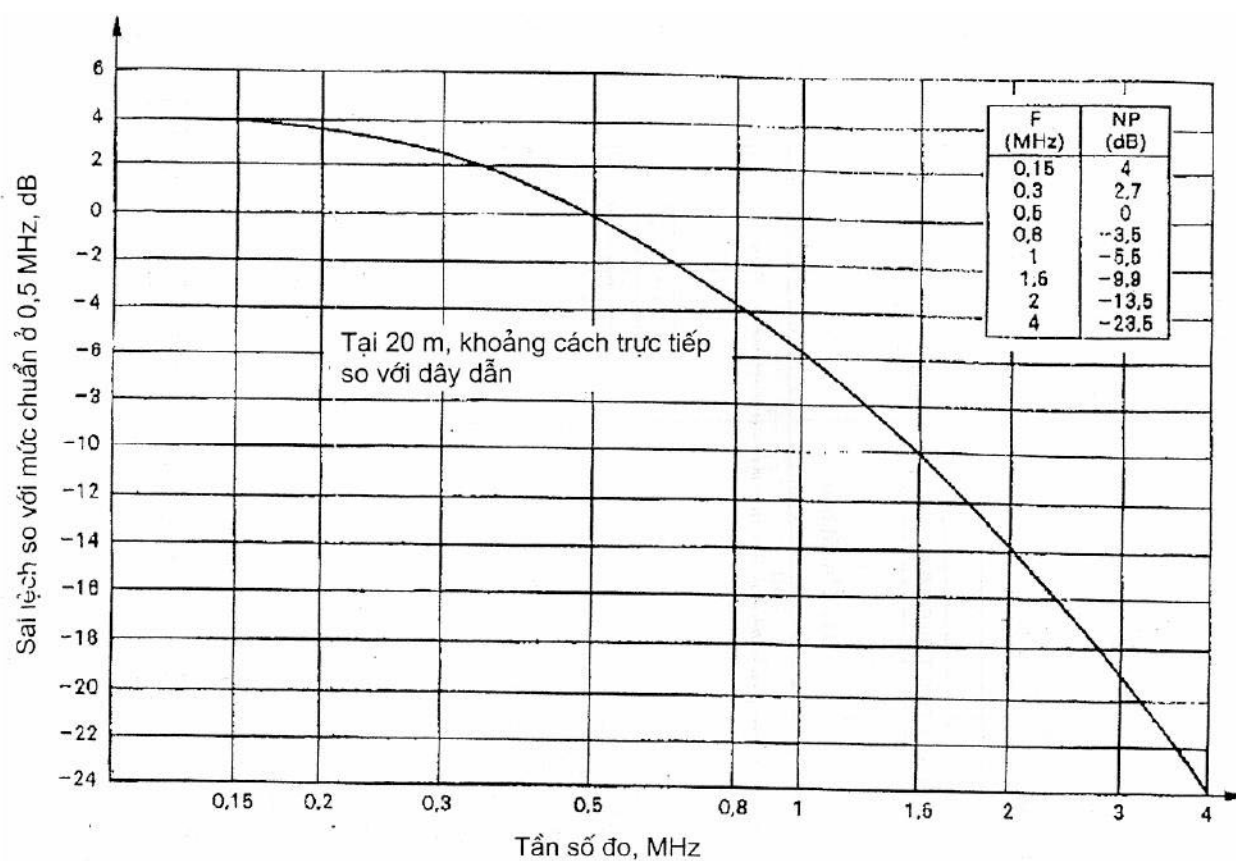
Hình B10 – Dạng vòm

Đường dây 765 kV

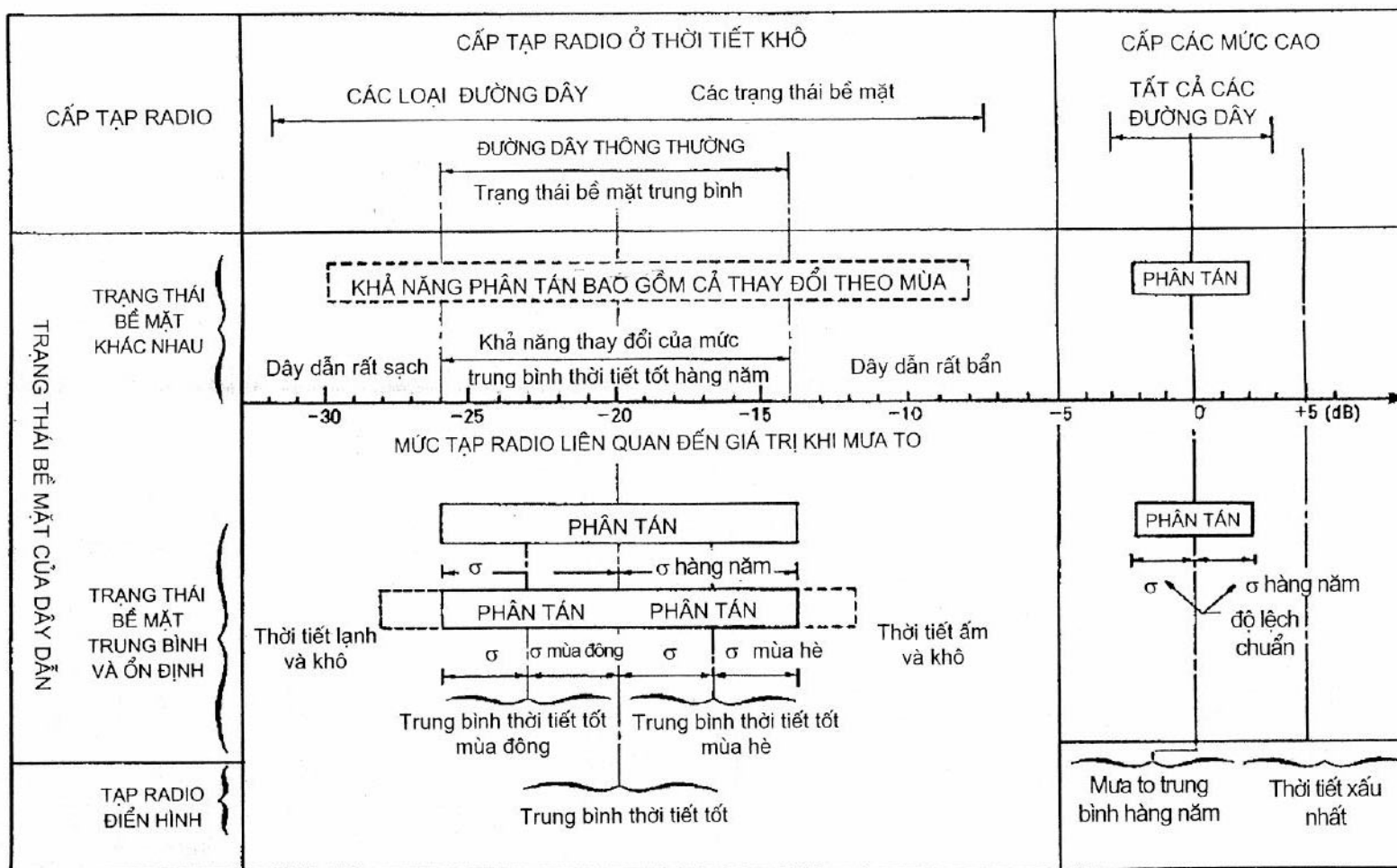
Tần số 0,5 MHz	Dây dẫn				Gradient lớn nhất			Mức hiệu chỉnh
H trung bình 18 m H nhỏ nhất 14 m 	Số lượng dây dẫn	Khoảng cách pha	Bán kính của chùm dây	Bán kính của dây dẫn	Pha 1	Pha 2	Pha 3	
		S (m)	R (mm)	r (mm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)	(kV eff./cm)	(dB)
	4	15,2	323	17,55	16,9	18,0	16,9	0
	4	13,7	323	15,19	19,2	20,6	19,2	+ 6,0



Hình B11 – Dạng dàn ngang



Hình B12 – Phổ tần số điển hình đối với tạp radiô của đường dây tải điện cao áp








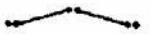





N. B. – Sự thay đổi thời tiết khô hàng ngày không nằm trong sơ đồ này

Hình B13 – Dự đoán về mức tạp radio của đường dây truyền tải đối với các loại thời tiết

Phụ lục C

Tóm tắt danh mục các biên dạng tạp radiô theo khuyến cáo của CISPR

Số hình	Điện áp kV	Cấu hình	Trường tạp tại khoảng cách chuẩn: $D_o = 20 \text{ m}^{1)}$		Số mũ $n^{2)}$
			Mưa to (dB/1 $\mu\text{V/m}$)	Thời tiết khô (dB/1 $\mu\text{V/m}$)	
B1	225	Tam giác 	<u>52-60</u>	<u>32-40</u>	-1,65
B2	225	Tam giác 	<u>54-62</u>	<u>34-42</u>	-1,65
B3	225	Dàn ngang 	<u>52-59</u>	<u>32-39</u>	-1,65
B4	225	Vòm 	<u>54-60</u>	<u>34-40</u>	-1,7
B5	225	Dàn ngang, rộng 	<u>49-57</u>	<u>29-37</u>	-1,7
B6	362 ³⁾	Dàn ngang 	<u>68-72</u>	<u>48-52</u>	-1,6
B7	380	Dàn ngang 	<u>59-66</u>	<u>39-46</u>	-1,7
B8	380	Vòm 	<u>60-67</u>	<u>40-47</u>	-1,75
B9	525 ³⁾	Dàn ngang 	<u>63-70</u>	<u>43-50</u>	-1,55
B10	750	Vòm 	<u>69-75</u>	<u>49-55</u>	-1,65
B11	765 ³⁾	Dàn ngang 	<u>71-77</u>	<u>51-57</u>	-1,55

¹⁾ Giá trị nội suy từ các biên dạng của hình B1 đến B11. Dãy (ví dụ 52-60) có tính đến các đường kính dây dẫn và các kích thước chùm dây khác nhau.

²⁾ Số mũ của hệ số suy giảm theo khoảng cách D

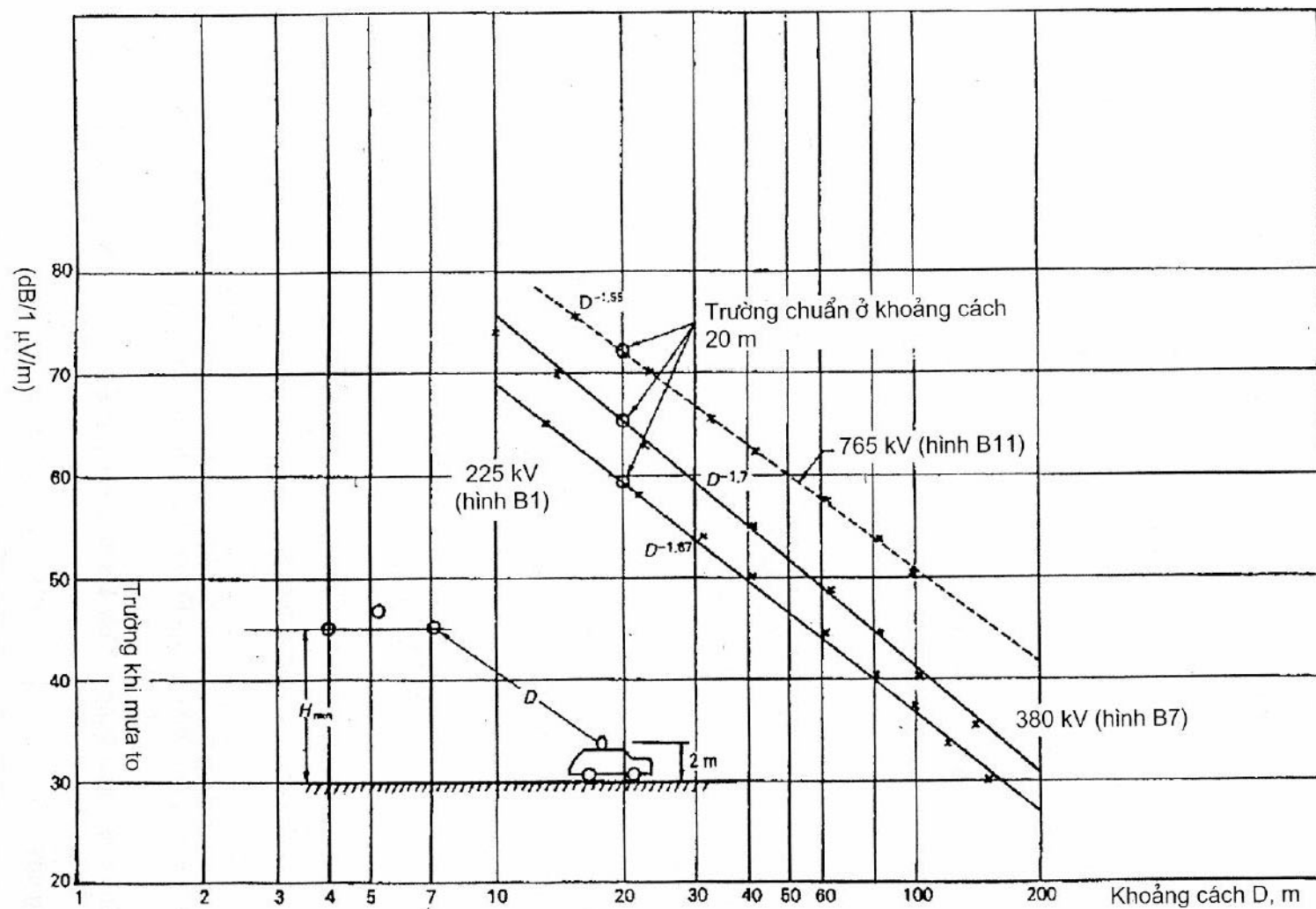
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{E_o} (\mu\text{V/m}) = \left(\frac{D}{D_o} \right)^n \\ E(\text{dB}) = E_o + 20 n \log \frac{D}{D_o} \end{array} \right.$$

D là khoảng cách trực tiếp, tính bằng mét, giữa dây dẫn gần nhất và dây anten của thiết bị đo tạp radiô.

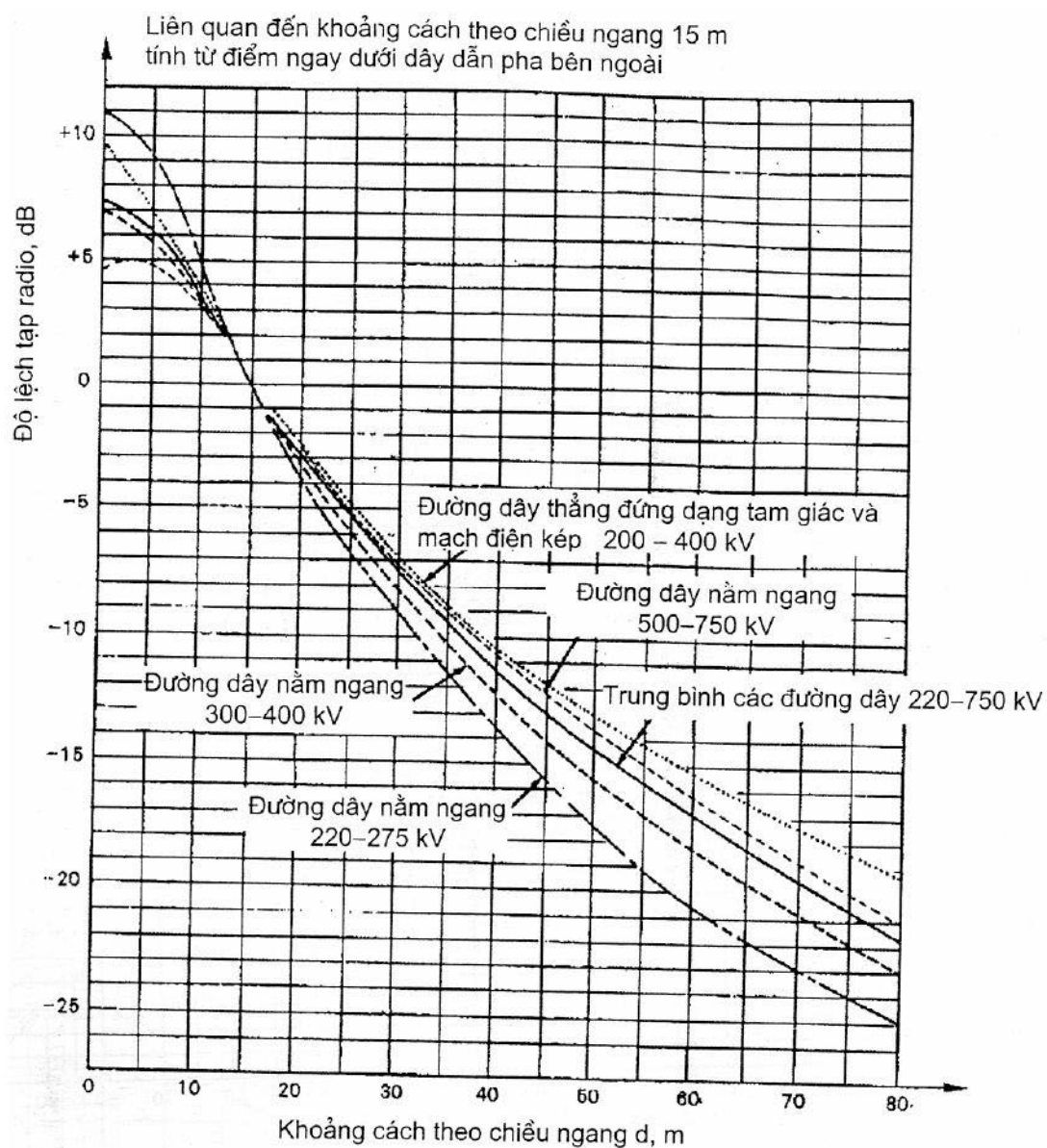
³⁾ Các giá trị tạp có liên quan đến điện áp lớn nhất của đường dây (theo qui định của IEC)

⁴⁾ Giá trị trung bình của n gần bằng -1,65. Do đó công thức $E = E_o - 33 \lg \frac{D}{D_o}$ có thể coi là thích hợp với mọi loại đường dây.

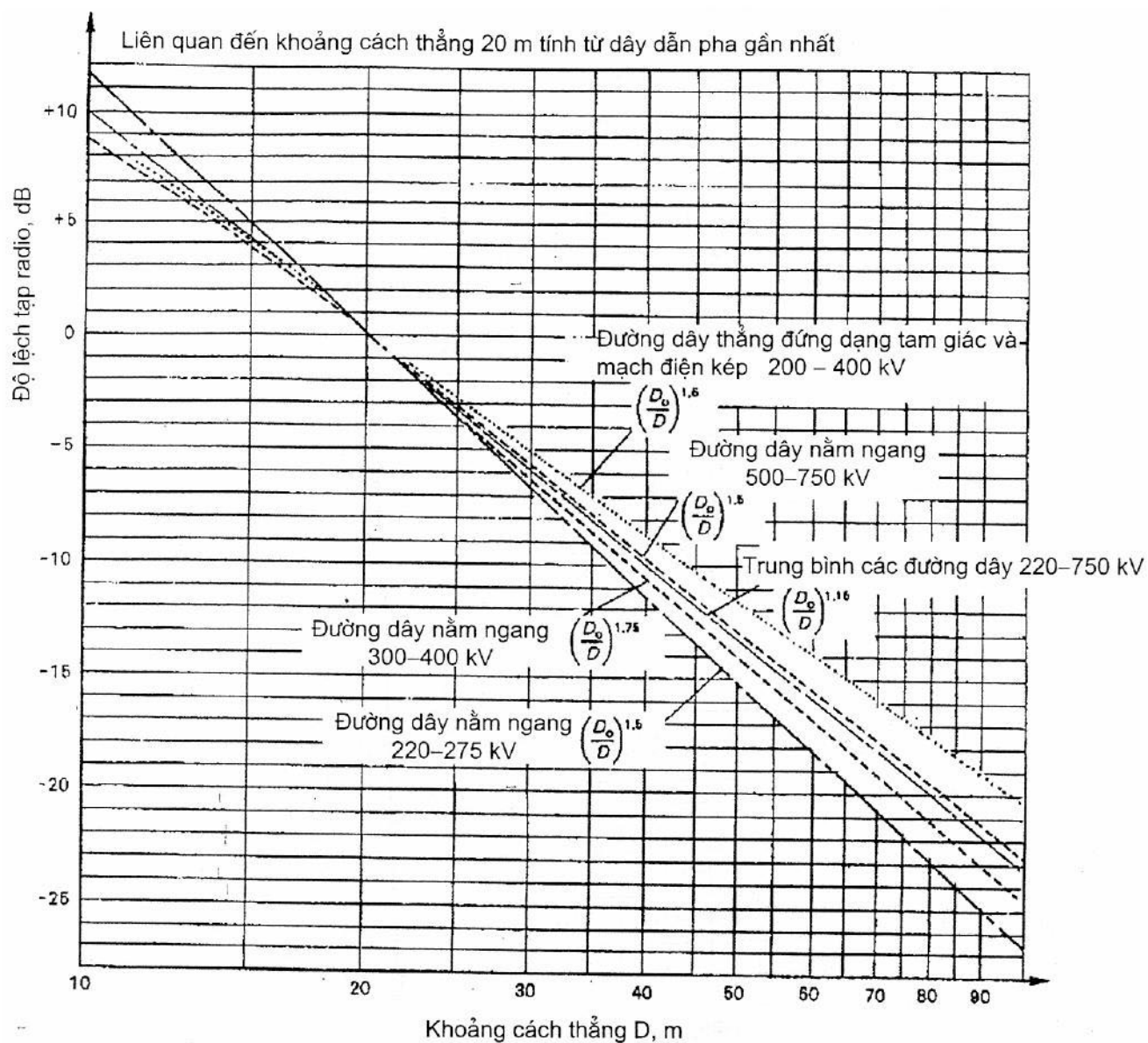
⁵⁾ _____ = giá trị cơ sở _____ = giá trị thu được



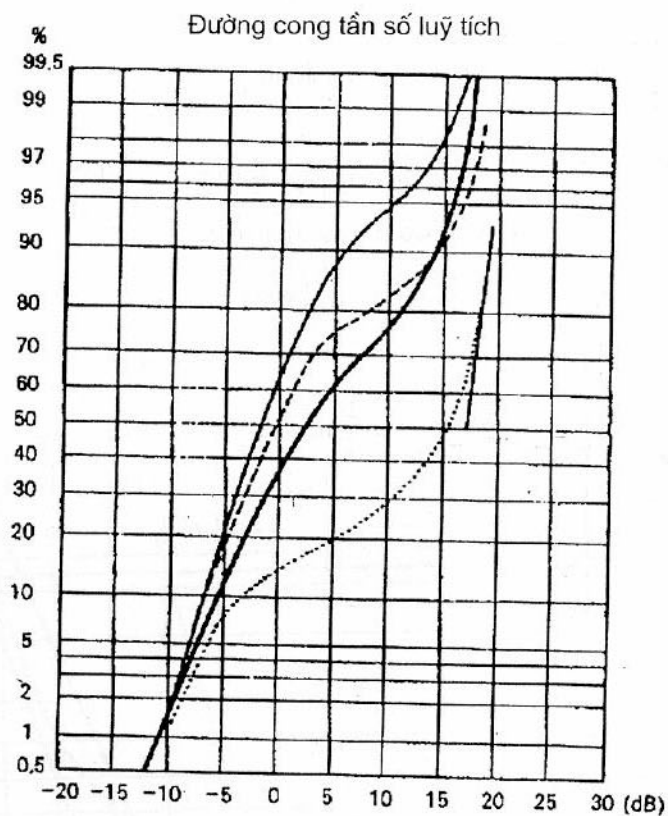
Hình C1 – Ví dụ về các biến đổi của biên dạng từ hình B1 đến B11



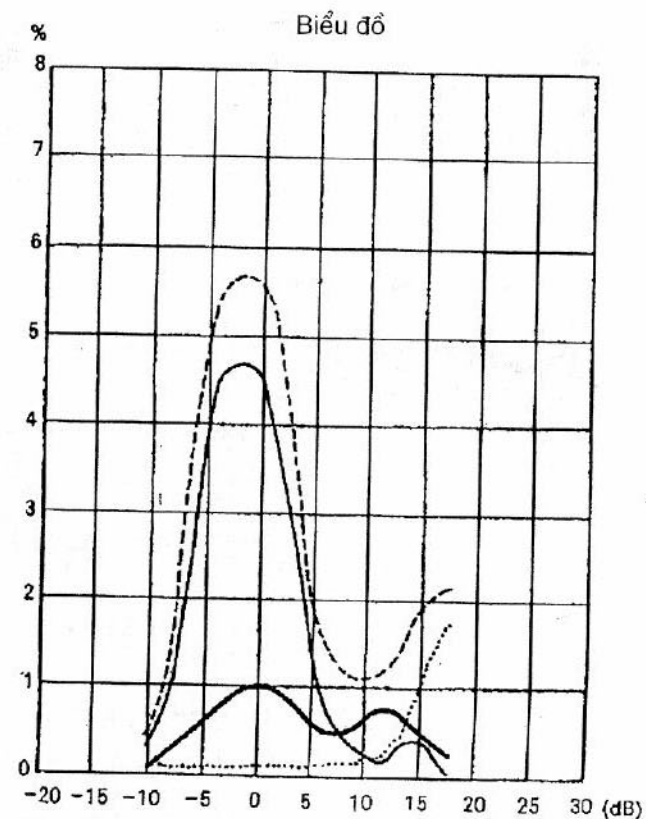
Hình 1 – Đường cong suy giảm theo chiều ngang điển hình đối với các đường dây điện cao áp



Hình 2 – Đường cong suy giảm theo chiều ngang điện hình đối với các đường dây điện cao áp



Hình 3a



Hình 3b

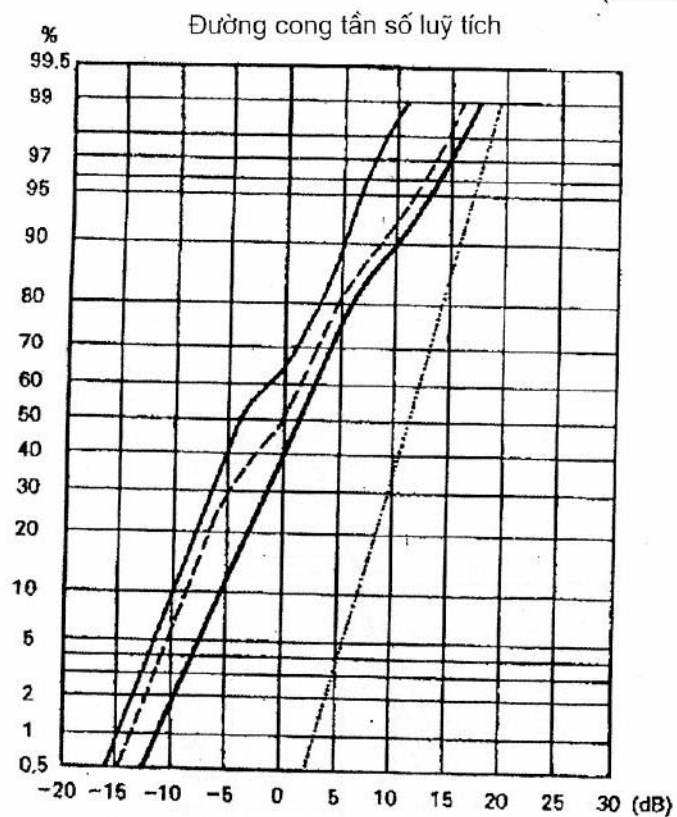
---- 100 % toàn bộ ——— 66 % thời tiết tốt ——— 21 % ngay trước và sau khi mưa 13 % mưa

Mức tạp radio tương đối, dB(μ V/m) 50 %, mọi thời tiết

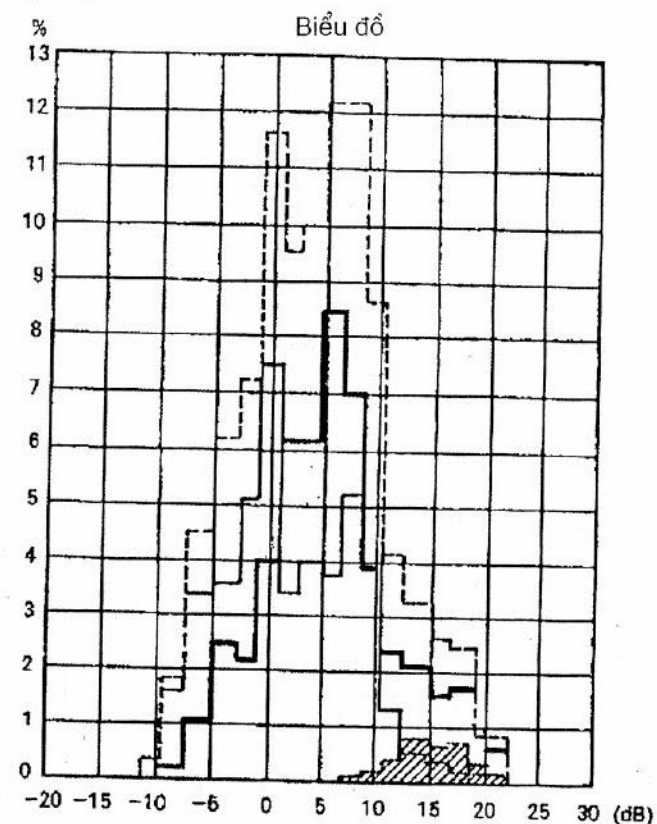
Đường dây 420 kV – Dây dẫn đơn 50 mm – Độ dốc điện áp 15 kV/cm – Italia

Hình 3 – Ví dụ về phân bố mức tạp radio thống kê hàng năm ghi liên tục trên các đường dây tải điện trên không

(52 700 phép đo)



Hình 4a



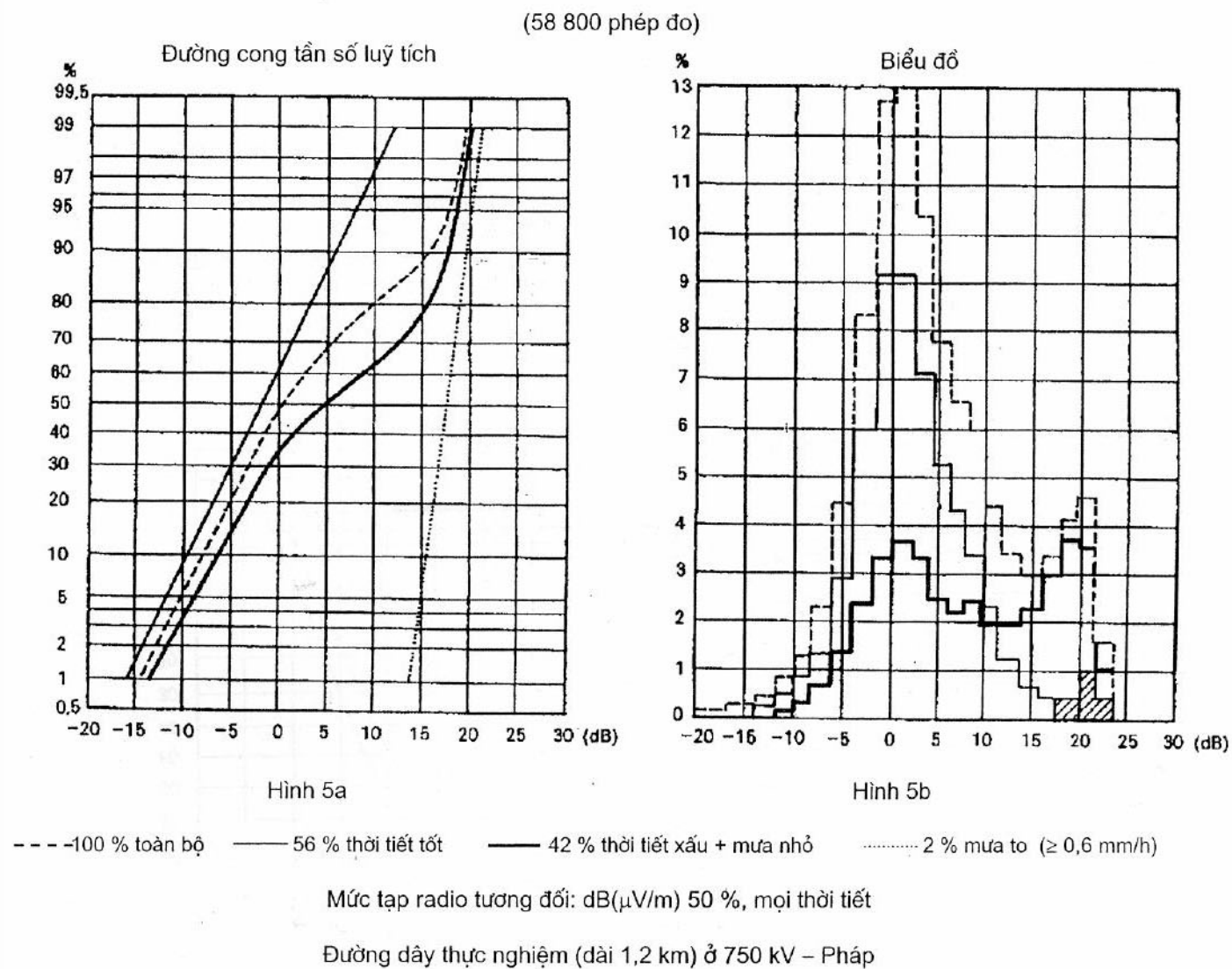
Hình 4b

--- 100 % toàn bộ — 45 % thời tiết tốt — 52 % thời tiết xấu + mưa nhỏ 3 % mưa to ($\geq 0,6$ mm/h)

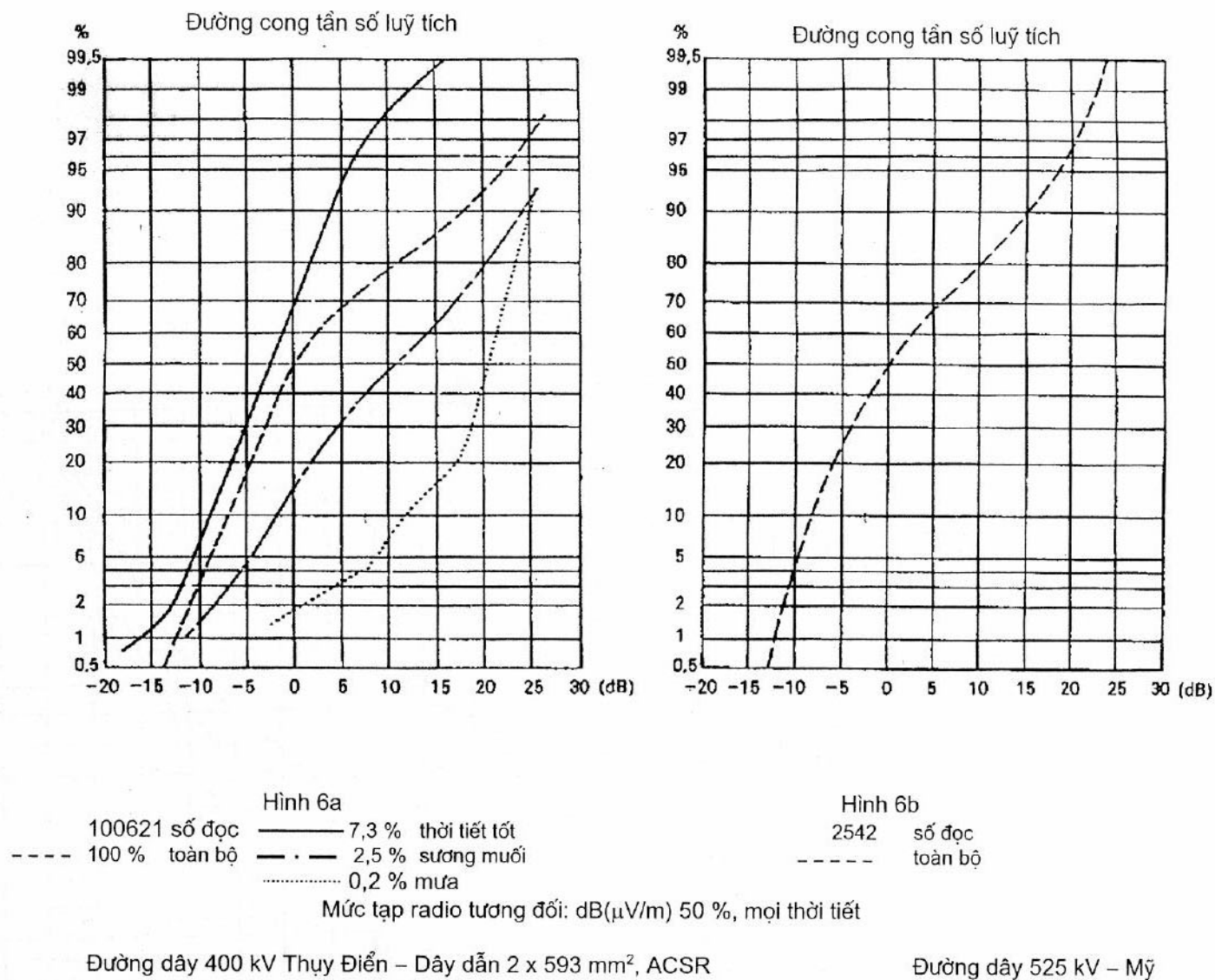
Mức tạp radio tương đối: dB(μ V/m) 50 %, mọi thời tiết

Đường dây 400 kV GENISSIAT-ALBERTVILLE – Dây dẫn 2 x 26,4 mm – Pháp

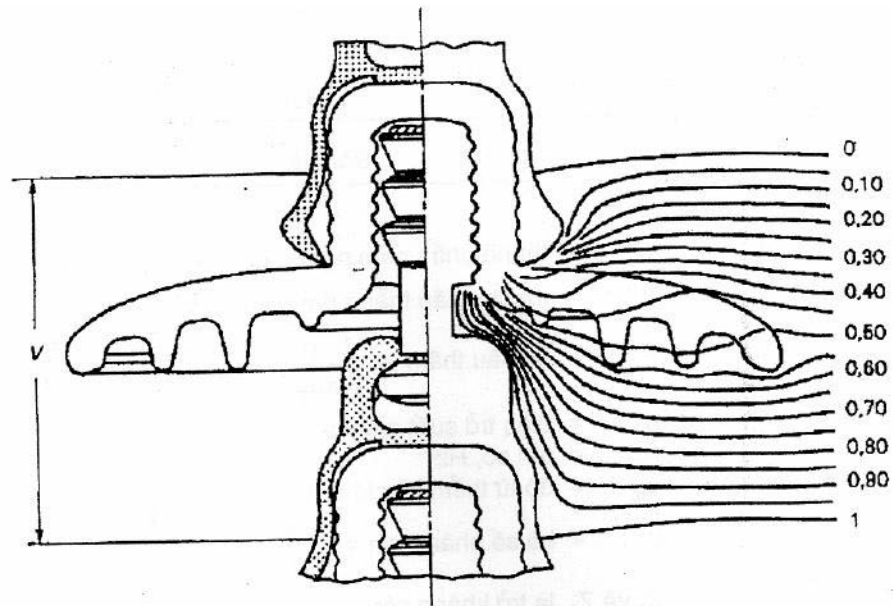
Hình 4 – Ví dụ về phân bố mức tạp radio thống kê hàng năm ghi liên tục trên các đường dây tải điện trên không



Hình 5 – Ví dụ về phân bố mức tạp radio thống kê hàng năm ghi liên tục trên các đường dây tải điện trên không



Hình 6 – Ví dụ về phân bố mức tạp radio thống kê hàng năm ghi liên tục trên các đường dây tải điện trên không

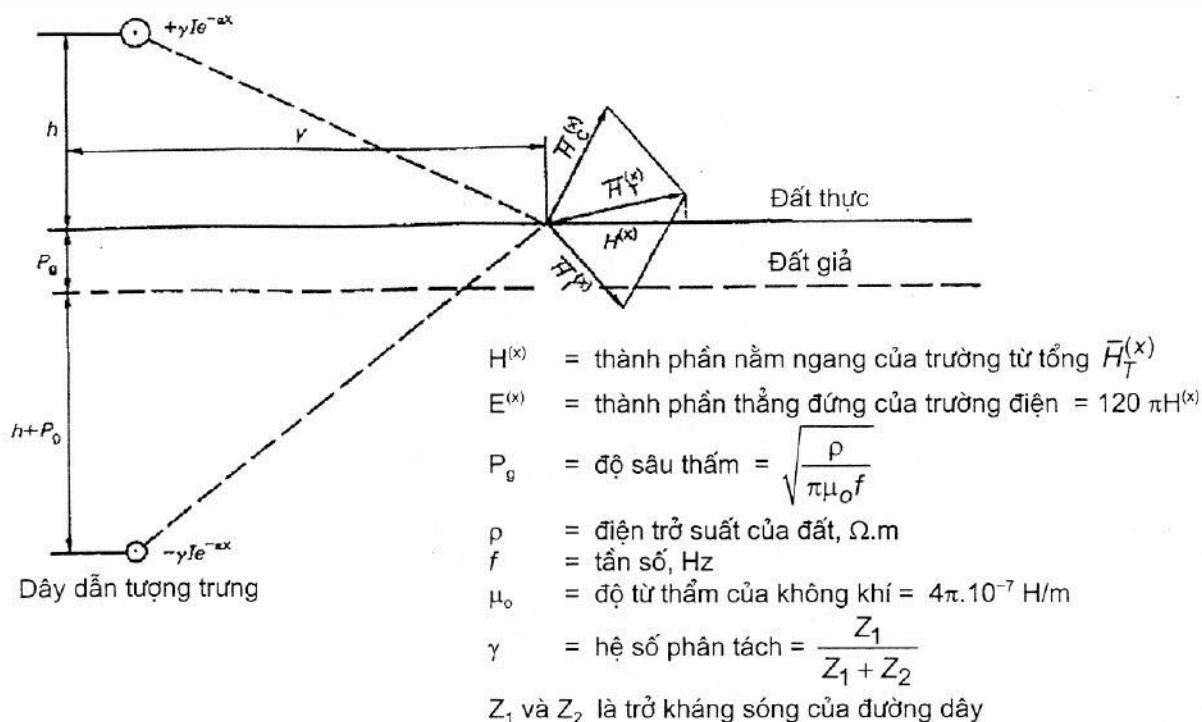


Hình 7 – Đường đẳng thế dùng cho bát cách điện sạch và khô*

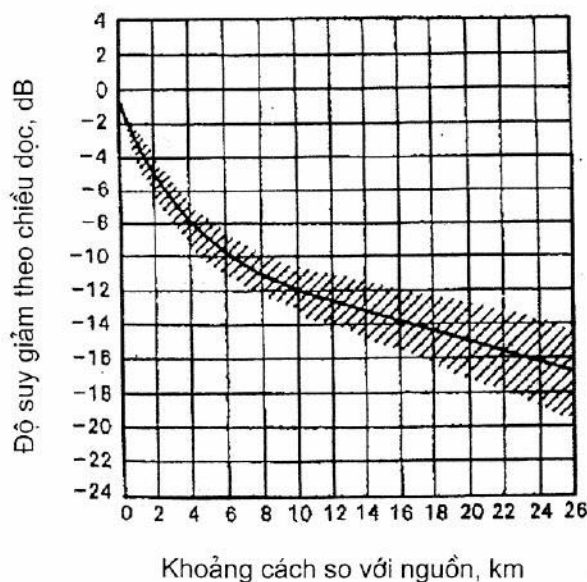
* Biểu đồ được vẽ từ báo cáo:

L.Paris, M.Sforzini: L'isolamento delle linee a 380 kV: criteri di progetto dedotti da una serie di prove comparative.

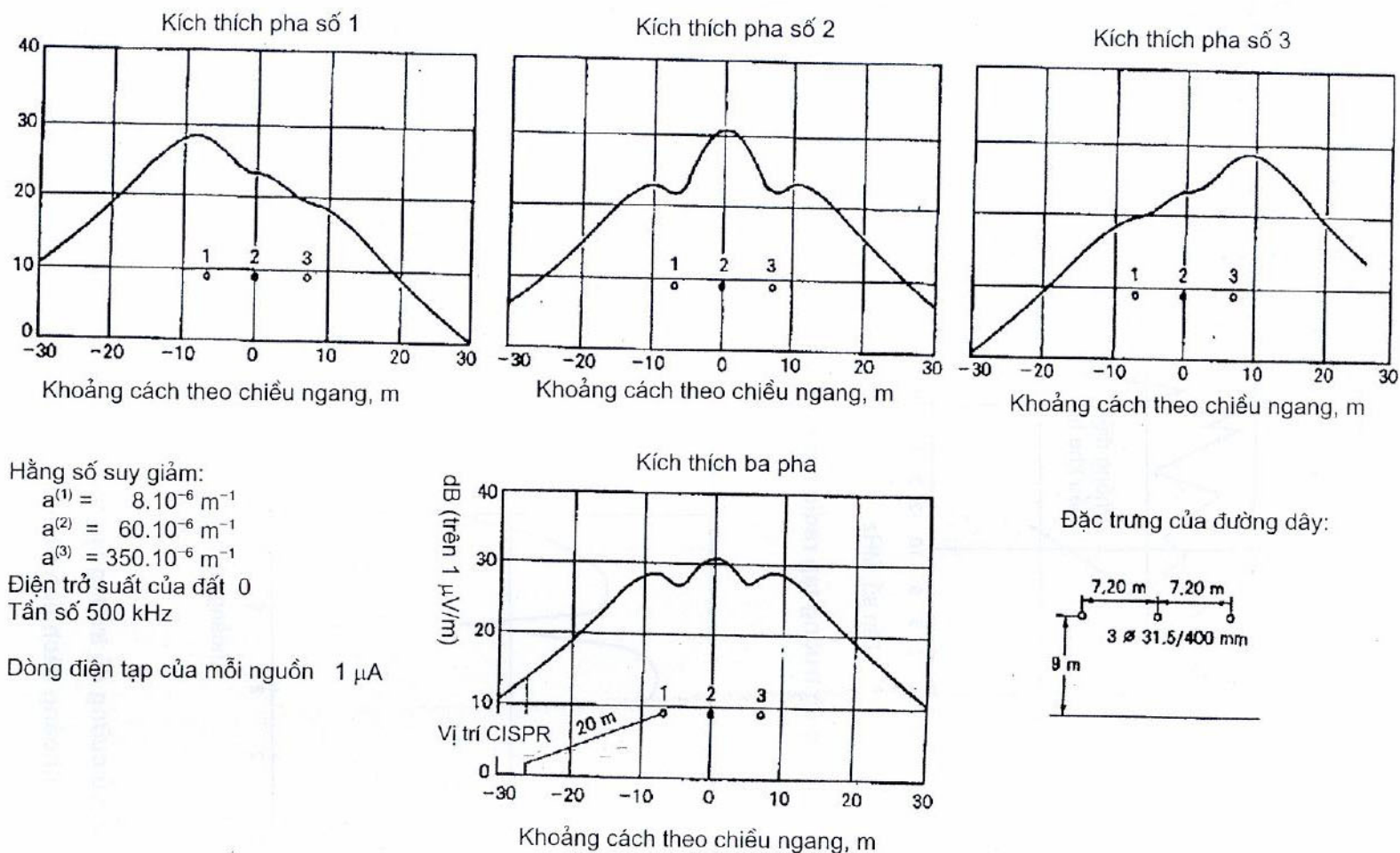
Rendiconti della LXV Riunione Annuale dell'AEI, Palermo, 1964.



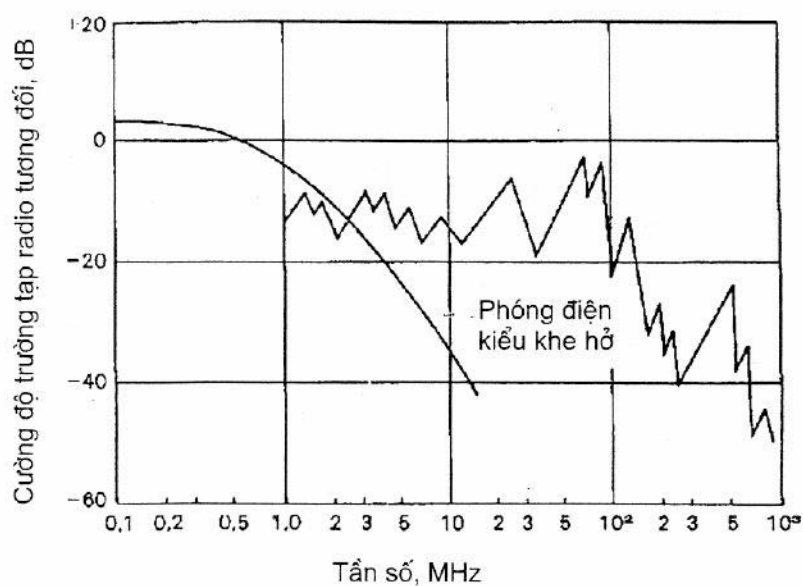
Hình 8 – Xác định từ trường từ đường dây và vuông góc với một đoạn đường dây, ở khoảng cách x tính từ điểm truyền của dòng điện tập /



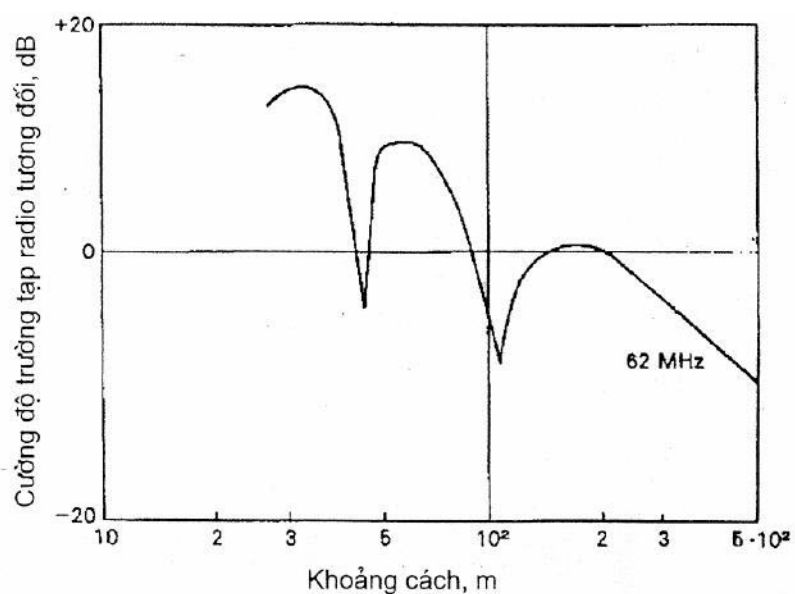
Hình 9 – Độ suy giảm tập theo chiều dọc tỷ lệ với khoảng cách tính từ nguồn tập (từ các kết quả thử nghiệm ở các tần số thực nghiệm khoảng 0,5 MHz)



Hình 10 – Biên dạng theo chiều ngang của trường tập radio do các nguồn phân bố rời rạc trên đường dây 420 kV có chiều dài vô tận



Hình 11 – Ví dụ về cường độ trường tạt radiô tương đối là hàm của tần số



Hình 12 – Ví dụ về cường độ trường tạt radiô tương đối là hàm của khoảng cách tính từ đường dây