

NGHIÊN CỨU ĐIỆN TRƯỜNG ĐƯỜNG DÂY CAO ÁP 220 KV VỚI CÁC DẠNG KẾT CẤU KHÁC NHAU

TS. Nguyễn Hữu Kiên

Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia Điện cao áp-Viện Năng lượng-Bộ Công Thương

I - MỞ ĐẦU

Sự phát triển của hệ thống điện (HTĐ) cũng không tránh khỏi sự tác động của nó đối với môi trường, môi sinh. Đối với thiết bị điện và các đường dây (ĐD) truyền tải cấp điện áp càng cao, sự tác động của chúng đối với môi trường xung quanh càng thể hiện rõ nét. Ở đây vấn đề được dư luận và công chúng quan tâm chính là ảnh hưởng của điện trường (ĐT) đối với môi trường, môi sinh.

Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu điện trường đường dây cao áp 220kV với các dạng kết cấu khác nhau.

II- LÝ THUYẾT TÍNH ĐIỆN DUNG ĐD VỚI CÁC DẠNG KẾT CẤU KHÁC NHAU & ẢNH HƯỞNG CỦA DÂY CHỐNG SÉT ĐẾN ĐIỆN DUNG CỦA ĐD.

1. Lý thuyết tính toán điện dung của đường dây 220kV.

Điện dung của ĐD và đất được xác định từ bài toán phân bố ĐT trong môi trường không đồng nhất (vì có một nửa không gian là không khí và một nửa còn lại là đất). Không khí là môi trường cách điện nên điện dẫn suất $\gamma_k \approx 10^{-18} (1/\Omega.cm)$, còn đất là môi trường dẫn điện, có điện dẫn suất $\gamma_k = 10^7 (1/\Omega.cm)$ lớn gấp triệu lần so với không khí.

Như vậy so với không khí mặt đất vẫn được xem là mặt phẳng dẫn điện lý tưởng mà các đường sức ĐT khi tới mặt đất buộc phải vuông góc với nó (tại mặt đất ĐT không có thành phần tiếp tuyến do mặt đất là mặt đẳng thế và có thế bằng zêro). Dùng phương pháp soi gương các điện tích ta sẽ có được sự phân bố ĐT trong miền không khí.

+ Lắp kín miền đất bằng miền không khí có hằng số điện môi là ϵ .

+ Soi gương điện tích và đối dấu.

Từ đây ta sẽ xác định được sự phân bố điện thế, ĐT và xác định điện dung của hệ “3 dây - đất”.

2. Điện dung của hệ “3 dây - đất” có dây pha bố trí bất kỳ

Xét một hệ “3 dây - đất”, mỗi dây có độ treo cao h_i , bán kính r_i và có điện tích trên đơn vị dài q_i ($i = 1, 3$) như trên hình 1.

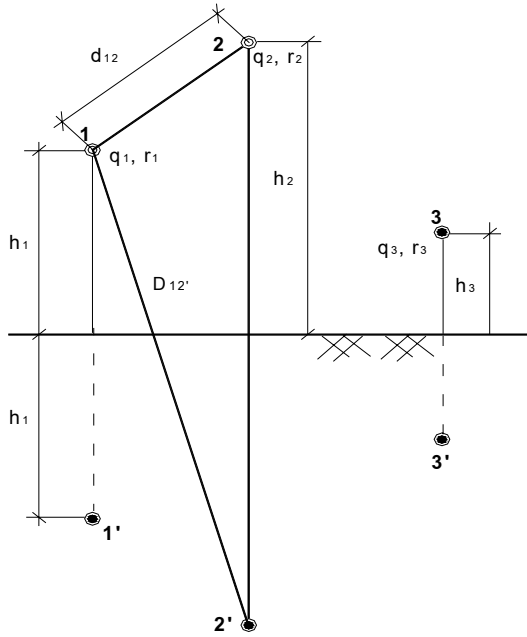
Đối với các đường dây tải điện ba pha dòng điện xoay chiều có dây dẫn bố trí theo sơ đồ đầu cột bất kỳ thì điện dung làm việc C_A, C_B, C_C hay C_1, C_2, C_3 của các pha được xác định trên cơ sở giải hệ phương trình Maxwell.

$$\begin{aligned} U_1 &= \alpha_{11}q_1 + \alpha_{12}q_2 + \alpha_{13}q_3 \\ U_2 &= \alpha_{21}q_1 + \alpha_{22}q_2 + \alpha_{23}q_3 \\ U_3 &= \alpha_{31}q_1 + \alpha_{32}q_2 + \alpha_{33}q_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó α_{ii} , α_{ik} là các hệ số thế riêng và thế tương hỗ giữa dây thứ i và dây thứ k , được xác định theo các công thức tổng quát sau:

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{r_i}; \quad \alpha_{ik} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{ik}}{d_{ik}}$$

Trong trường hợp biết trước các giá trị điện thế U_1, U_2, U_3 giải hệ phương trình 3 ẩn ta có thể xác định được đại lượng điện tích trên các dây dẫn.



Hình 1: Điện dung của hệ “3 dây - đất” có dây pha bố trí bất kỳ (thứ tự 1, 2, 3 tương ứng với thứ tự pha A, B, C)

Trong chế độ ba pha đối xứng hệ phương trình (1) có thể viết dưới dạng ký hiệu, trong đó tỷ lệ dạng số phức giữa điện tích và điện áp mỗi pha $\frac{q_i}{U_i}; (i=1,3)$, chính là

điện dung làm việc của mỗi pha tương ứng.
 $C_0 = \frac{q_A}{U_A} = \frac{1}{\alpha_{ii} - \alpha_{ik}}$, thay thế các giá trị của α_{ii}, α_{ik} vào ta có:

$$C_0 = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{1}{r} \sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{31}} \cdot \frac{D_{11'} \cdot D_{22'} \cdot D_{33'}}{D_{12'} \cdot D_{23'} \cdot D_{31'}}\right)}$$

Từ công thức trên ta có điện dung thứ tự thuận của ĐD phân pha là:

$$C_0 = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{1}{r_{dt}} \sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{31}} \cdot \frac{D_{11'} \cdot D_{22'} \cdot D_{33'}}{D_{12'} \cdot D_{23'} \cdot D_{31'}}\right)} = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{\sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{31}}}{r_{dt}} - \ln\sqrt[3]{\frac{D_{12'} \cdot D_{23'} \cdot D_{31'}}{D_{11'} \cdot D_{22'} \cdot D_{33'}}}\right)}$$

(2)

III - TÍNH TOÁN & XÁC ĐỊNH SỰ PHÂN BỐ ĐIỆN TRƯỜNG Ở MỘT ĐỘ CAO BẤT KỲ BÊN DƯỚI ĐƯỜNG DÂY 220KV VỚI CÁC DẠNG KẾT CẤU KHÁC NHAU.

1. Tính toán phân bố điện thế bên dưới đường dây cao áp 1 mạch.

Xét ĐD 1 mạch trường hợp khi dây dẫn các pha được bố trí như trên hình 2.

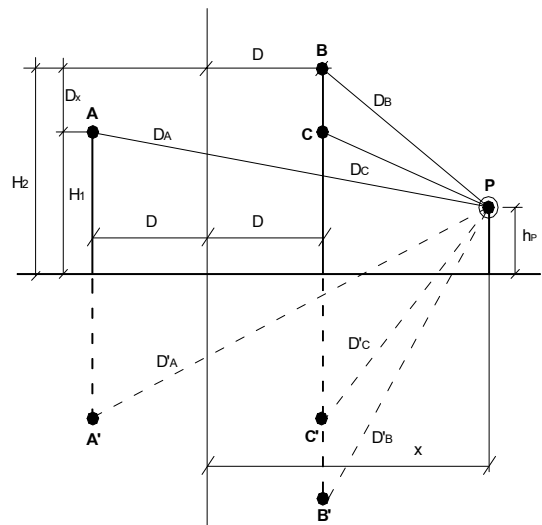
Trên các pha này có các điện tích q_A, q_B, q_C (ứng với đơn vị chiều dài) và trên ảnh của chúng sẽ có các điện tích $-q_A, -q_B, -q_C$. Ở những điểm khác nhau tương ứng với vị trí làm việc của công nhân thể tác động lên người sẽ khác nhau. Vì vậy, đường đặc tính phân bố ĐT trong hành lang dưới ĐD cũng như đường bao ĐT dọc theo khoảng cột được xác định tại các điểm khác nhau và ở các độ cao khác nhau tương đương với độ cao người đứng làm việc. Các điện tích q_A, q_B, q_C được xác định từ điện áp tức thời ở các pha có xét đến khi điện áp lưới tăng 10%:

$$q_C = C_0 \cdot u_C = 1,1 \sqrt{\frac{2}{3}} C_0 \cdot U \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$q_A = C_0 \cdot u_A = 1,1 \sqrt{\frac{2}{3}} C_0 \cdot U \cdot \sin(\omega t + 120^\circ);$$

$$q_B = C_0 \cdot u_B = 1,1 \sqrt{\frac{2}{3}} C_0 \cdot U \cdot \sin \omega t$$

Xét sơ đồ hình 2. Thế ở một điểm P bất kỳ do dây dẫn mang điện của ba pha gây nên bằng tổng hình học của thế do từng pha gây nên.



Hình 2: Sơ đồ tính thế tác động lên người tại độ cao h_p theo mặt cắt vuông góc với ĐDK 220kV một mạch

Cụ thể thế do các pha A, B, C gây nên là:

$$\varphi_A = \frac{q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D'_A}{D_A}; \quad \varphi_B = \frac{q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D'_B}{D_B};$$

$$\varphi_C = \frac{q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D'_C}{D_C}. \text{ Kết quả chúng ta nhận được}$$

biểu thức tính thế tác động lên người tại điểm ở độ cao đầu người h_p là:

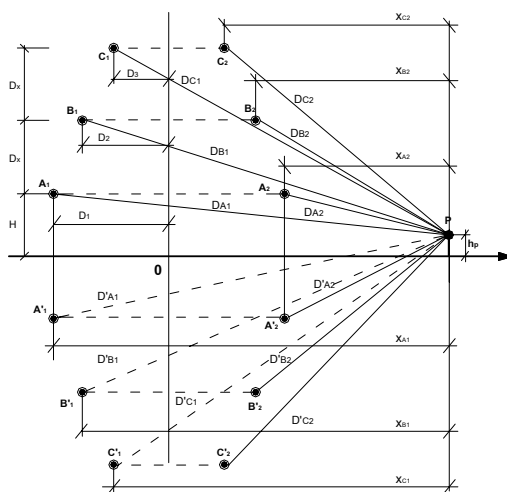
$$\varphi_P = \frac{1,1\sqrt{2}C_0 U_f}{2\sqrt{3}\pi\epsilon_0} \left[\sin(\omega t + 120) \ln \frac{D'_A}{D_A} + \sin \omega t \ln \frac{D'_B}{D_B} + \sin(\omega t - 120) \ln \frac{D'_C}{D_C} \right]$$

Vì điện thế tại mặt đất bằng zêro, do đó ta có giá trị E tại điểm người đứng ở độ cao h_p là: $E_p = \varphi_P / h_p$

Nhận xét, đánh giá kết quả

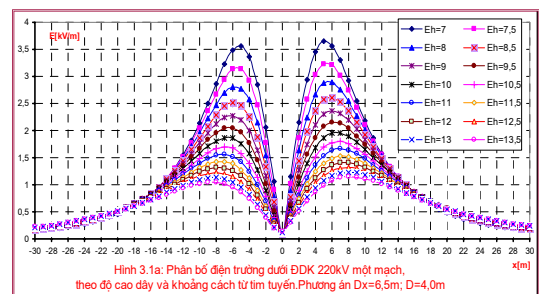
Kết quả nghiên cứu tính toán đã minh họa và làm sáng tỏ những nội dung đã nêu ở trên đối với ĐD 220kV. Việc xác định phạm vi ảnh hưởng của ĐT (E) được thực hiện trên cơ sở tính toán và thiết lập những đường đặc tính của E. Phạm vi ảnh hưởng của E là phạm vi trong đó $E > 5\text{kV/m}$. Phạm vi ảnh hưởng của ĐT được xác định cho toàn bộ chiều dài tuyến truyền tải là khoảng cách từ tâm ra 2 phía. Qua kết quả tính toán ở trên đã xây dựng được những cơ sở số liệu ban đầu về phạm vi ảnh hưởng của ĐT. Đây là một bộ cơ sở dữ liệu khoa học để tham khảo áp dụng cho HTĐ cao áp của Quốc gia và bổ sung cho Nghị định 54/1999 ngày 08/07/1999 của chính phủ về bảo vệ an toàn lưới điện cao áp.

Kết quả tính toán lý thuyết được thực hiện với những sơ đồ cột điện hình và giả thiết mặt đất phía dưới ĐD là mặt phẳng lý tưởng, ϵ_0 của không khí gần bằng với chân không, trên đó không có các đối tượng làm méo các đường phân bố ĐT. Đối với ĐD 220kV phạm vi ảnh hưởng của ĐT phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: độ cao của dây dẫn so với mặt đất, khoảng cách pha, địa hình, điều kiện thời tiết môi trường v.v



Hình 3: Sơ đồ tính thế tác động lên người tại độ cao h_p theo mặt cắt vuông góc với ĐD 220kV hai mạch hình tháp.

Từ số liệu trong hình 3.1a, ta thấy với khoảng cách pha 4,0m, khi dây dẫn có độ treo cao trung bình giảm dần từ 11,5 m đến 7m. Giá trị E giảm dần và luôn $< 5\text{kV/m}$. Điều này có nghĩa, hành lang an toàn kể từ pha biên của ĐD 220kV 1 mạch đối với ĐT là hoàn toàn đảm bảo. Ngoài ra, để đảm bảo trong hành lang bảo vệ an toàn lưới điện cấp điện áp 220kV là 6m kể từ mặt cắt đứng chứa dây ngoài cùng, mà $E < 5\text{kV/m}$, độ treo cao dây dẫn thấp nhất so với mặt đất phải có giá trị là 7m. Điều này hoàn toàn phù hợp với quy định ngành (TCN-03-92) khi ĐD 220kV đi qua các vùng dân cư.



Tuy nhiên để tăng công suất truyền tải của các ĐD220kV, hiện nay đã vận hành và đang xây dựng các ĐD220kV 2 mạch phân pha. Có thể tiến tới sử dụng 4 sợi trong mỗi pha.

2. Tính toán phân bố điện thế bên dưới ĐD cao áp 2 mạch

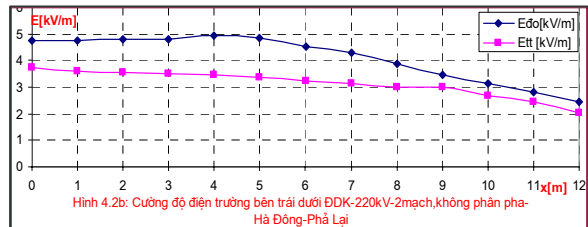
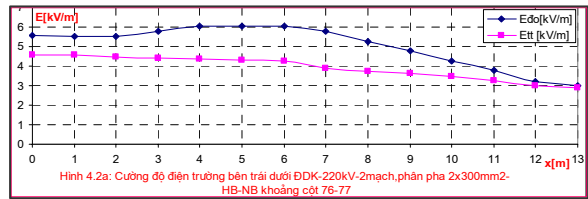
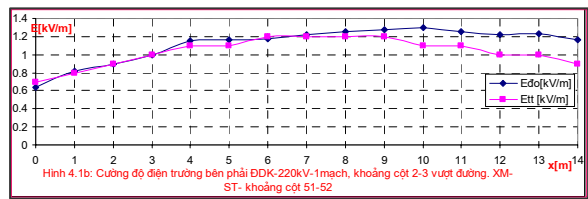
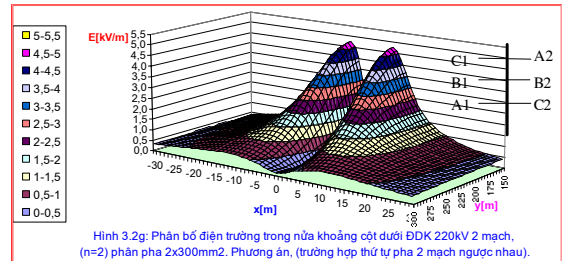
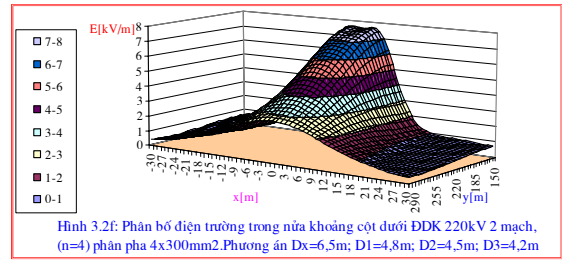
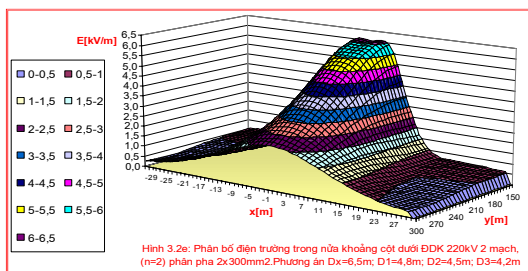
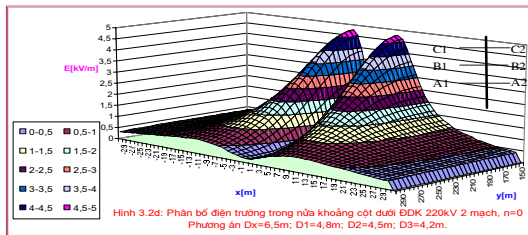
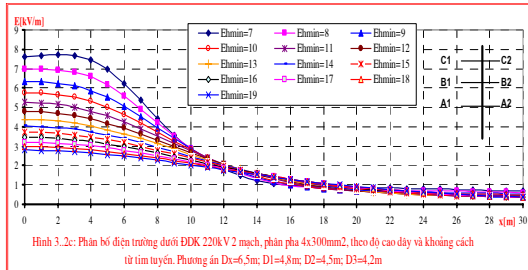
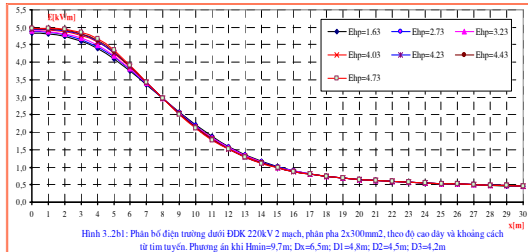
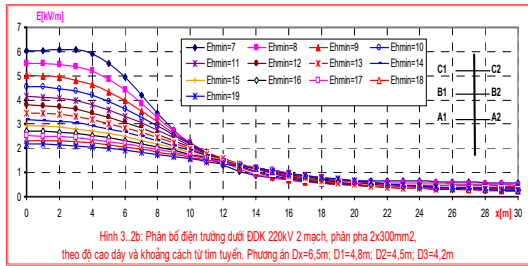
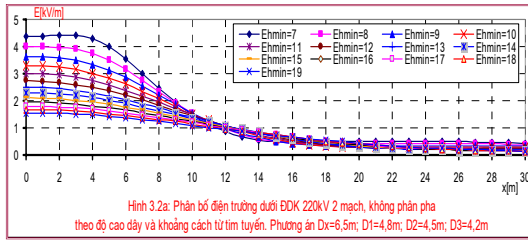
Trong trường hợp ĐD 2 mạch, ta phải xác định thế do từng mạch gây nên tại điểm người đứng, sau đó tính thế tổng do 2 mạch gây nên theo phép cộng vector: $\vec{\varphi}_P = \vec{\varphi}_1 + \vec{\varphi}_2$; với $\vec{\varphi}_1, \vec{\varphi}_2$ lần lượt là vector điện thế do mạch 1 và 2 gây nên tại điểm người đứng.

Xét một ĐD 2 mạch với sơ đồ cột có 3 tầng xà. Dây dẫn các pha của mỗi mạch được bố trí thẳng hình tháp, dọc ở 2 bên của cột, như trên hình 3. $\vec{\varphi}_1 = \vec{\varphi}_{A1} + \vec{\varphi}_{B1} + \vec{\varphi}_{C1}$; $\vec{\varphi}_2 = \vec{\varphi}_{A2} + \vec{\varphi}_{B2} + \vec{\varphi}_{C2}$. Thế tại điểm P là: $\vec{\varphi}_P = (\vec{\varphi}_{A1} + \vec{\varphi}_{A2}) + (\vec{\varphi}_{B1} + \vec{\varphi}_{B2}) + (\vec{\varphi}_{C1} + \vec{\varphi}_{C2})$ Kết quả chúng ta nhận được biểu thức tính thế tác động lên người tại điểm P ở độ cao đầu người h_p là:

$$\varphi_P = \frac{C_0 U_f}{2\pi\epsilon_0} \left[\ln \left(\frac{D'_{A1}}{D_{A1}} \cdot \frac{D'_{A2}}{D_{A2}} \right) + a^2 \ln \left(\frac{D'_{B1}}{D_{B1}} \cdot \frac{D'_{B2}}{D_{B2}} \right) + a \ln \left(\frac{D'_{C1}}{D_{C1}} \cdot \frac{D'_{C2}}{D_{C2}} \right) \right]$$

$$\varphi_P = \frac{1,1\sqrt{2}C_0 U_f}{2\sqrt{3}\pi\epsilon_0} \left[\sin(\omega t + 120) \ln \left(\frac{D'_{A1}}{D_{A1}} \cdot \frac{D'_{A2}}{D_{A2}} \right) + \sin \omega t \ln \left(\frac{D'_{B1}}{D_{B1}} \cdot \frac{D'_{B2}}{D_{B2}} \right) + \sin(\omega t - 120) \ln \left(\frac{D'_{C1}}{D_{C1}} \cdot \frac{D'_{C2}}{D_{C2}} \right) \right]$$

Kết quả tính toán ta sẽ thu được giá trị các thông số ảnh hưởng của ĐT đối với con người khi đứng dưới ĐD220kV 2 mạch:



Từ số liệu trong các hình 3.2a, 3.2b và 3.2c ta thấy với khoảng cách pha 4,8m 4,5m và 4,2 m, khi dây dẫn có độ treo cao trung bình giảm dần từ 19m đến 7m, để có $E \leq 5kV/m$. Phạm vi ảnh hưởng của ĐT được xác định cho toàn bộ chiều dài tuyến ĐD truyền tải kể từ tâm ĐD220kV 2 mạch ra mỗi phía là 8,0 m. Ngoài ra, để đảm bảo trong hành lang bảo vệ an toàn lưới điện 220kV là 6m kể từ mặt cắt đứng chứa dây ngoài cùng $E < 5kV/m$, độ treo cao dây dẫn thấp nhất so với mặt đất phải có giá trị là 10m (đối với ĐD 220kV 2 mạch phân pha $2 \times 300mm^2$) và 12m (đối với ĐD220kV 2 mạch phân pha $4 \times 300mm^2$). Điều này hoàn toàn phù hợp với quy định ngành TCN-03-

92 và Nghị định 81/2009/NĐ-CP ngày 12/10/2009 của Chính phủ (sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 106/2005/NĐ-CP ngày 17 tháng 8 năm 2005) quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật Điện lực về bảo vệ an toàn công trình lưới điện cao áp khi ĐD220kV 2 mạch đi qua các vùng dân cư.

3. Kết quả đo E bên dưới ĐD220 kV tại một số khu vực, điểm điển hình.

+ Dưới một số đoạn ĐD đi qua khu đất bằng phẳng, trồng trãi

+ Tại một số vị trí đặc biệt có độ cao dây dẫn cực thấp so với mặt đất.

+ Dưới một số đoạn ĐD cắt qua đường giao thông và đường đê.

III- KẾT LUẬN

1. Về điện dung của ĐD: khi độ treo cao trung bình của dây dẫn không lớn hơn nhiều so với khoảng cách giữa các pha thì điện dung của ĐD tăng lên, điều đó chứng tỏ rằng chiều cao của ĐD làm thay đổi điện dung của ĐD khi có dây chống sét thì điện dung của ĐD tăng lên từ 5 ÷ 10%.

2. Về phương pháp tính toán ĐT: áp dụng các định luật cơ bản trong lý thuyết trường điện từ, đặc biệt là định luật Gauss, đã đưa ra hai phương pháp tính ĐT: PP tính trực tiếp và PP tính gián tiếp qua hàm thế φ . Chúng tôi đã phân tích và lựa chọn PP tính gián tiếp cường độ ĐT qua hàm thế φ cho ĐD 220kV 1 mạch và 2 mạch có kết cấu khác nhau và có xét đến ảnh hưởng của dây chống sét. Đây là một phương pháp đơn giản nhưng có độ tin cậy cao và đã được kiểm chứng qua các kết quả đo đạc thực tế.

3. Trên cơ sở các thông số đặc trưng của ĐD220kV đã xây dựng và đang vận hành, tính toán điện dung, đường phân bố E và dòng điện qua người cho các trường hợp điển hình đối với ĐD 1 mạch, 2 mạch, 2 dây chống sét với các thông số khác nhau theo mặt phẳng vuông góc với trục của ĐD khi khoảng cách thay đổi từ 0 (tâm của ĐD) ra 2 phía ± 30 m. Đường phân bố E và đường bao là họ các đường phân bố dọc theo khoảng cột (L_{kc}) cho 1 số trường hợp điển hình.

4. Về sự phân bố ĐT bên dưới ĐD 220kV.

Kết quả tính toán lý thuyết được thực hiện với những sơ đồ cột điển hình và giả thiết mặt đất phía dưới ĐD là mặt phẳng lý tưởng, không có các đối tượng làm méo các đường phân bố ĐT. Trong thực tế, do việc bố trí cột trên tuyến khá phức tạp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: độ cao của dây dẫn so với mặt đất, khoảng cách pha khác nhau, địa hình gồ ghề v.v... nên khi cần thiết phải kiểm tra chi tiết bản vẽ cắt dọc có bố trí cột để có những số liệu tính toán chính xác và cụ thể hơn.

5. Với địa hình mặt đất bằng phẳng, để đạt được giá trị $E < 5$ kV/m dưới các ĐD 220kV 2 mạch phân pha (2×300 mm²) ở độ cao an toàn trong hành lang bảo vệ lưới điện thì độ cao thấp nhất của các dây dẫn so với mặt đất phải có giá trị 10m trở lên, và 12m trở lên khi dây dẫn phân pha có tổng tiết diện 4×300 mm².

Các kết quả nghiên cứu và tính toán trên đây có thể áp dụng để kiểm tra E theo độ cao, theo khoảng cách từ tâm tuyến ĐD ra 2 phía cũng như ở trong khoảng cột và từ đó xác định được hành lang bảo vệ an toàn cho lưới điện cao áp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Field effects of overhead Transmission Lines and stations. (Transmission Line Reference Book .Edison electric institute New York).
2. Electric and magnetic fields produced by transmission systems. Description of phenomena and practical guide for calculation, 1980. CIGRE WG 36-2001 (interference and fields)
3. World Health Organisation handbook on “Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields”. 2003
4. Cơ sở lý thuyết trường điện từ. Nguyễn Bình Thành, Nguyễn Trần Quân, Lê Văn Bằng. (NXB ĐH và THCN - Hà Nội 1970).

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Hữu Kiên – Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia Điện cao áp – Viện Năng lượng – Bộ Công Thương.

Số 6- phố Tôn Thất Tùng – quận Đống Đa - Hà Nội; Email: kiennh@hvlab.gov.vn