

TÍNH TOÁN ĐIỆN TRƯỜNG CỦA ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN CAO ÁP

CACULATION OF ELECTRIC FIELD OF HIGH VOLTAGE TRANSMISSION LINES

Đoàn Kim Tuấn

tuan.doankim@gmail.com

Trường ĐHKT Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Ở Việt Nam, trong những năm qua, sự hội nhập về kinh tế dẫn tới nhu cầu điện năng là rất lớn, xuất hiện nhiều đường dây truyền tải siêu cao áp đi sâu vào tâm phụ tải, nên các vấn đề về ảnh hưởng của đường dây đối với dân sinh cần được xem xét. Ảnh hưởng bất lợi của điện trường (E) tần số công nghiệp đến con người và môi trường là vấn đề đã và đang được các nhà khoa học, các tổ chức trong nước cũng như quốc tế quan tâm nghiên cứu. Trong đó, tính toán E của đường dây tải điện trên không mà đặc biệt là đường dây siêu cao áp là một việc hết sức quan trọng nhằm xác định phạm vi ảnh hưởng nó. Bài báo này đưa ra một phương pháp tính toán E của đường dây tải điện trên không từ đó rút ra kết luận cũng như biện pháp nhằm giảm thiểu ảnh hưởng bất lợi của E.

ABSTRACT

The integration of Vietnam's economy in recent years has resulted in increasing demand of electricity, with the establishment of many ultra-high-voltage transmission lines leading to various load centers. Therefore, many of the effects of these lines on inhabitants need to be considered. The negative impacts of industrial frequency of electric fields on humans and the environment are matters of concern for scientists as well as for domestic and international organizations. For this reason, the calculation of electric fields of transmission lines, especially, super high voltage lines, is of paramount importance in the determination of electric field influences. This paper presents the method for calculating electric fields on electricity wire lines and some measures and solutions for the reduction of negative impacts of these fields will also be discussed.

Từ khóa: Điện trường của đường dây tải điện trên không.

1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển khoa học công nghệ ngày càng cao, điện năng ngày càng đóng vai trò quan trọng trong tất cả các ngành kinh tế, sự phát triển của nhu cầu tiêu thụ điện năng đánh giá sự phát triển của xã hội và nâng cao đời sống của một khu vực, một quốc gia. Do đó, hệ thống điện cũng ngày càng phát triển cả về quy mô lẫn công nghệ. Ngày nay đã hình thành nhiều hệ thống điện lớn trong phạm vi quốc gia hoặc liên quốc gia, xuất hiện nhiều đường dây truyền tải điện cao áp và siêu cao áp làm nhiệm vụ liên lạc và truyền tải công suất. Trong những năm qua, cùng với sự phát triển về kinh tế, nhu cầu điện năng của Việt Nam là rất lớn, xuất hiện nhiều đường dây truyền tải 220kV, 500kV. Với sự ra đời của

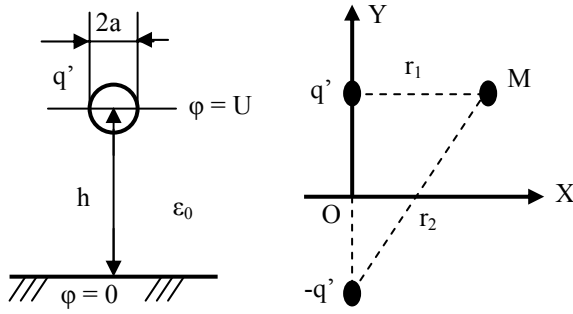
Nghị định 106/2005/NĐ-CP ngày 17/8/2005 cho phép người dân sinh sống dưới hành lang dưới đường dây có điện áp $\leq 220\text{kV}$. Bài báo trình bày phương pháp tính toán E của đường dây tải điện trên không nhằm đưa ra phương pháp hạn chế ảnh hưởng của điện trường đối với người dân sinh sống dưới hành lang lưới điện cao áp [4].

2. Cơ sở tính toán

E được hình thành từ các điện dung của các dây dẫn so với nhau hoặc so với mặt đất [1]. Tính toán E của đường dây trên không dựa trên phương pháp “*soi gương*” của vật dẫn với điều kiện biên là dây chông sét và mặt đất có điện thế bằng không. Chương trình tính toán sử dụng phần mềm EMFACDC.

Xét tiết diện mặt cắt ngang của một dây dẫn pha theo phương vuông góc với dây dẫn

pha nằm cách mặt đất một khoảng h như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc soi gương vật dẫn

Điện dẫn của vật dẫn viết dưới dạng phức:

$$\underline{\sigma} = \sigma + j\omega\varepsilon \quad [\text{S/m}] \quad (2.1)$$

Theo hình 1, điện thế tại điểm M được xác định theo biểu thức:

$$\varphi = \frac{q'}{2\pi\varepsilon} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \quad [\text{V}] \quad (2.2)$$

Cho $r_1 = a$, $\varphi = U$ ta có:

$$\varphi = U = \frac{q'}{2\pi\varepsilon} \cdot \ln \frac{2h+a}{a} \quad [\text{V}] \quad (2.3)$$

Suy ra:

$$q' = \frac{U 2\pi\varepsilon}{\ln\left(\frac{2h+a}{a}\right)} \quad [\text{C}] \quad (2.4)$$

Thay (2.4) vào (2.2), ta được:

$$\varphi = \frac{U}{\ln\left(\frac{2h+a}{a}\right)} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \quad [\text{V}] \quad (2.5)$$

Mô hình toán học của E trong không gian (r, θ, z) bao quanh đường dây được viết như sau:

$$\vec{E} = E \cdot \hat{z}, E_r = 0, E(\theta) = 0, E = E(r) \quad (2.6)$$

Theo phương trình sóng Helmholtz:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dE}{dr} \right) + k^2 E = j \frac{\omega\mu I}{2\pi r} \delta(r) \quad (2.7)$$

Khi $r \rightarrow \infty$, phương trình (2.7) trở thành:

$$\frac{\partial E}{\partial r} + E \left(j + \frac{1}{2kr} \right) = 0, r \rightarrow \infty \quad (2.8)$$

Giải (2.8) ra ta được nghiệm:

$$E = CH_0^{(2)}(kr) \quad [\text{kV/m}] \quad (2.9)$$

Trong đó:

$$H_0^{(2)}(kr) = J_0(kr) - jN_0(kr) \quad (2.10)$$

Với:

$$H_0^{(2)}(kr): \text{Vi phân cấp 2 của hàm}$$

sóng.

$J_0(kr)$: Phần thực của hàm sóng.

$N_0(kr)$: Phần ảo của hàm sóng.

C được xác định theo điều kiện khi $k \rightarrow 0$

$$H = j \frac{kC}{\omega\mu} H_1^{(2)}(kr); \lim_{\omega \rightarrow 0} H = \frac{I}{2\pi r} \quad (2.11)$$

Khi $kr \rightarrow 0$ ta có:

$$J_1(kr) \rightarrow \frac{kr}{2} \text{ và } N_1(kr) \rightarrow -\frac{2}{\pi kr} \quad (2.12)$$

Thu được:

$$C = -\frac{\omega\mu I}{4} \quad (2.13)$$

Thay (2.13) vào (2.9) ta được:

$$E = -\frac{\omega\mu I}{4} H_0^{(2)}(kr) \quad [\text{kV/m}] \quad (2.14)$$

Vậy:

$$E = E_c + j \frac{\omega\mu I}{2\pi} \ln r, kr \rightarrow 0 \quad [\text{kV/m}] \quad (2.15)$$

Bởi:

$$J_0(kr) \rightarrow 1 \text{ và } N_0(kr) \rightarrow \frac{2}{\pi}, kr \rightarrow 0 \quad (2.16)$$

Trong đó: E_c là hằng số được xác định từ điều kiện biên.

3. Mô phỏng tính toán

Các điều kiện biên áp dụng ở đây là điện thế tại mặt đất và đường dây chống sét bằng không. Giả định phụ tải cân bằng. Các dây dẫn được sử dụng để mô phỏng là dây nhôm lõi thép (ACSR) có các thuộc tính sau đây: điện dẫn $(\sigma) = 0,8 \times 10^7$ S/m, độ từ thẩm tương đối $(\mu_r) = 300$ H/m, và hằng số điện môi tương đối $(\varepsilon_r) = 3,5$ F/m [3]. Lưu ý hằng số điện môi của chân không $(\varepsilon_0) = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m và độ từ thẩm của chân không $(\mu_0) = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m. Tần số của lưới điện $f = 50$ Hz.

3.1. Trình tự giải bài toán

Bước 1: Xây dựng cấu trúc soi gương của vật dẫn.

Bước 2: Xác định các điều kiện biên của bài toán.

Bước 3: Tính các hệ số của phương trình đại số.

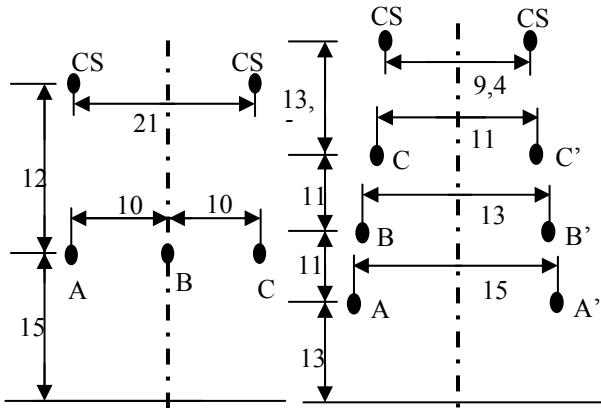
Bước 4: Giải hệ phương trình đại số.

Bước 5: Khai thác kết quả.

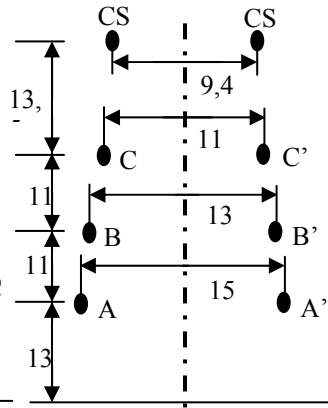
3.2. Kết quả mô phỏng

Thông số dùng để mô phỏng của các đường dây được cho trên các Hình 2, 3, 8, 9, 14 và 15.

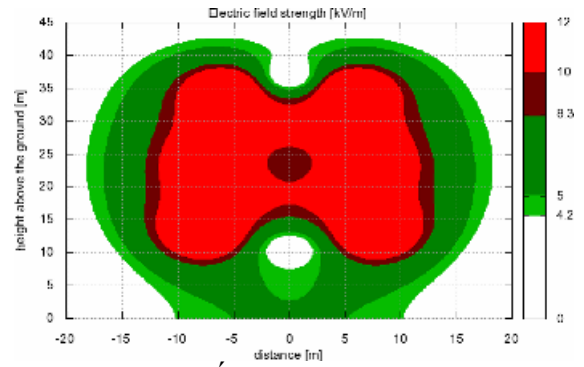
Kết quả mô phỏng và tính toán được chỉ ra trên các Hình 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18 và 19.



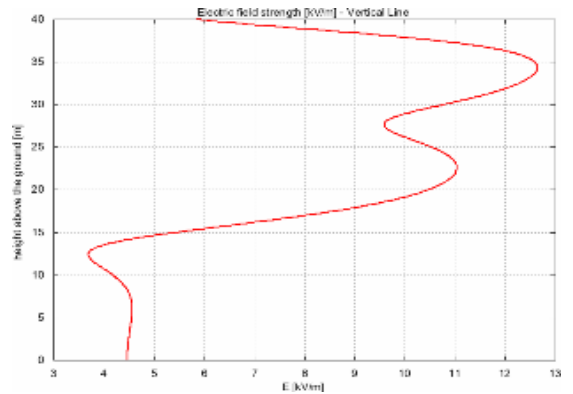
Hình 2. Kích thước của ĐDK 500kV 1 mạch ở độ võng lớn nhất (m)



Hình 3. Kích thước của ĐDK 500kV 2 mạch ở độ võng lớn nhất (m)

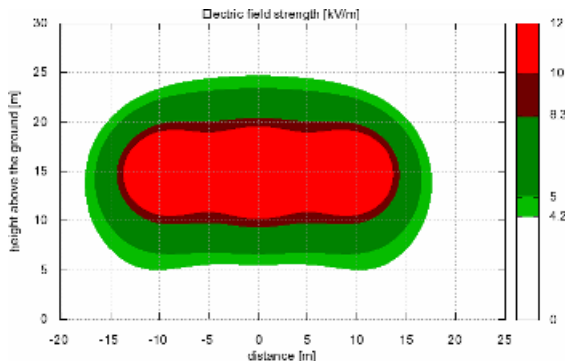


Hình 6. Phân bố E của ĐDK 500kV 2 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang

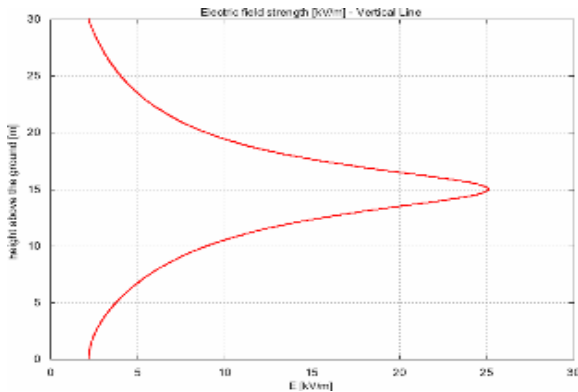


Hình 7. E của ĐDK 500kV 2 mạch

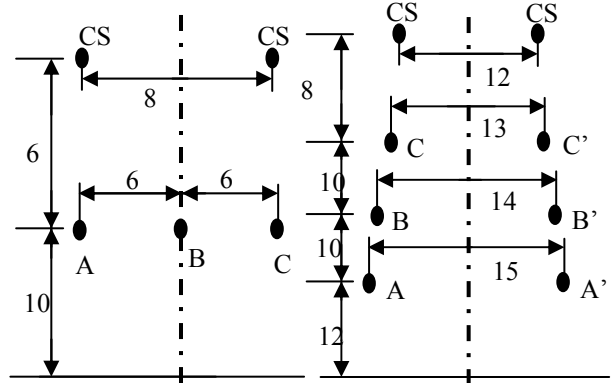
Kết quả mô phỏng và tính toán:



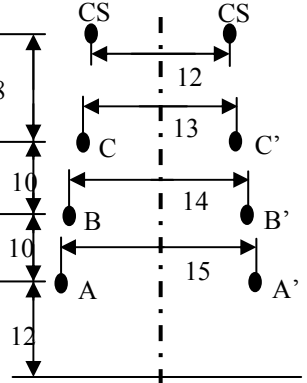
Hình 4. Phân bố E của ĐDK 500kV 1 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang



Hình 5. E của ĐDK 500kV 1 mạch

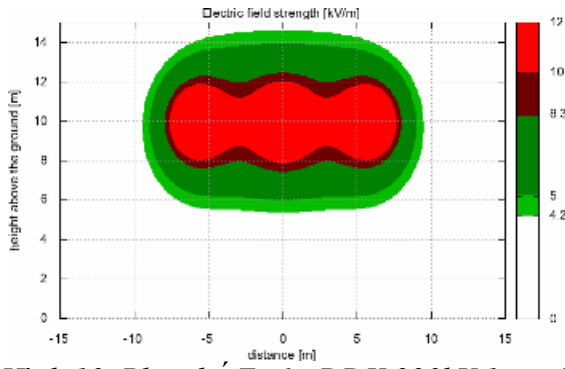


Hình 8. Kích thước của ĐDK 220kV 1 mạch ở độ võng lớn nhất (m)

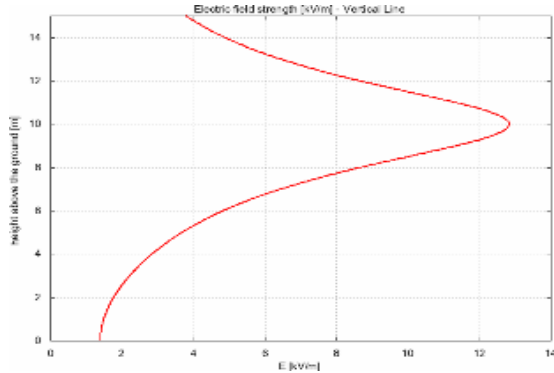


Hình 9. Kích thước của ĐDK 220kV 2 mạch ở độ võng lớn nhất (m)

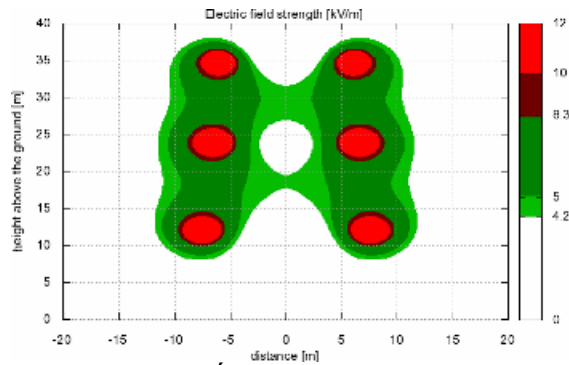
Kết quả mô phỏng và tính toán:



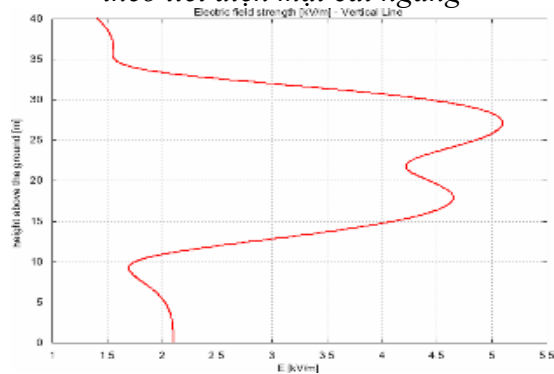
Hình 10. Phân bố E của ĐDK 220kV 1 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang



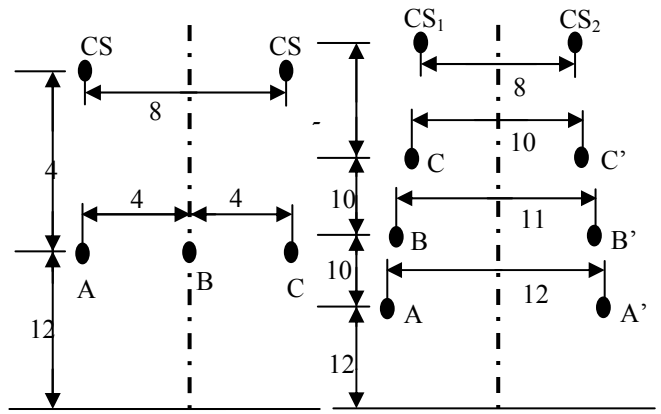
Hình 11. E của ĐDK 220kV 1 mạch



Hình 12. Phân bố E của ĐDK 220kV 2 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang



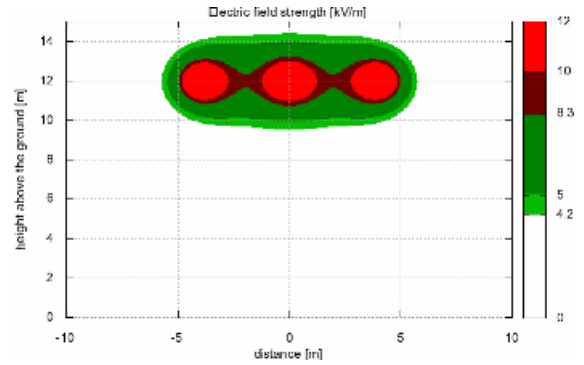
Hình 13. E của ĐDK 220kV 2 mạch



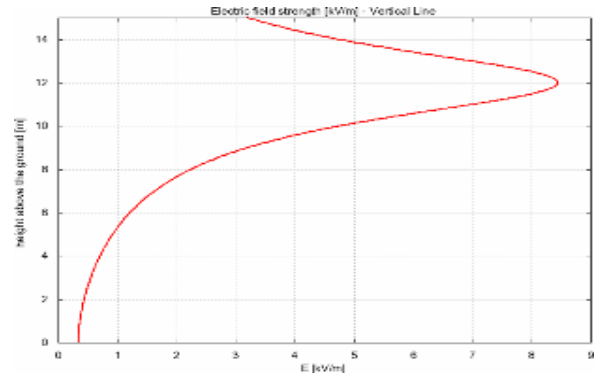
Hình 14. Kích thước của ĐDK 220kV 1 mạch ở độ võng lớn nhất (m)

Hình 15. Kích thước của ĐDK 220kV 2 mạch ở độ võng lớn nhất (m)

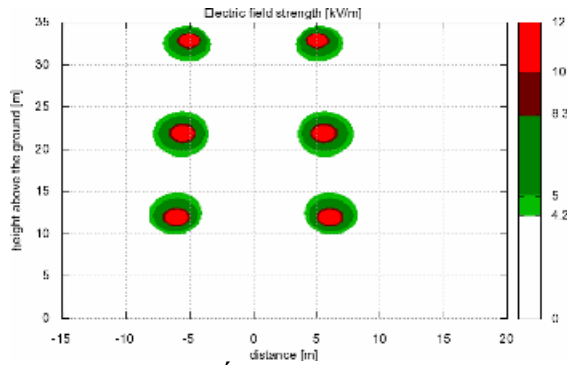
Kết quả mô phỏng và tính toán:



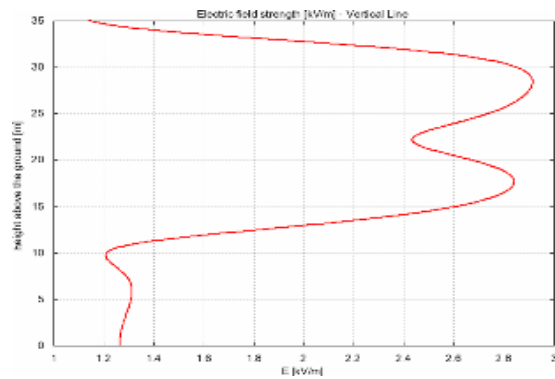
Hình 16. Phân bố E của ĐDK 110kV 1 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang



Hình 17. E của ĐDK 110kV 1 mạch



Hình 18. Phân bố E của ĐDK 110kV 2 mạch theo tiết diện mặt cắt ngang



Hình 19. E của ĐDK 110kV 2 mạch

bằng cách sử dụng phương pháp soi gương của vật dẫn kết hợp với phần mềm EMFACDC và kết quả cho thấy rằng E của cả hai trường hợp mạch đơn và mạch kép của các đường dây truyền tải 500 kV, 220 kV, 110 kV ở độ cao 2 m so với mặt đất được giả định là môi trường làm việc của con người ở dưới đường dây. Theo tiêu chuẩn quy định của Việt Nam [2] và kết quả tính toán cho thấy con người được đảm bảo an toàn với mức $E < 5$ kV/m.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Bình Thành, Nguyễn Trần Quân, Lê Văn Bằng, *Cơ sở lý thuyết trường điện từ*. NXB ĐH và THCN - Hà Nội 1970.
- [2] Nghị định 54/1999/NĐ-CP.
- [3] CIGRE WG 36-2001, *Electric and magnetic fields produced by transmission systems*. Description of phenomena and practical guide for calculation, 1980.
- [4] *Field effects of overhead Transmission Lines and stations*. Edison electric institute New York.

4. Kết luận

Bài viết này đã nghiên cứu sự phân bố của E và xung quanh đường dây truyền tải điện cao áp trong điều kiện phụ tải đối xứng. Các mô phỏng bằng máy tính được thực hiện