

## SO SÁNH HAI PHƯƠNG PHÁP TÍNH TỪ TRƯỜNG CỦA ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN

Hoàng Việt - Vũ Phan Tú  
Đại học Bách Khoa Tp.HCM

(Bài nhận ngày 25 tháng 04 năm 2001, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 23 tháng 05 năm 2001)

### \* TÓM TẮT

Bài báo trình bày hai phương pháp tính từ trường của đường dây truyền tải điện được gọi là phương pháp chính xác và phương pháp gần đúng. Các kết quả so sánh hai phương pháp được thực hiện trên một số đường dây 110kV của Tp.HCM với các dạng bố trí pha khác nhau.

### \* GIỚI THIỆU:

Thực trạng hiện nay của Tp.HCM là tồn tại các đường dây cao thế trên không đi vào các khu vực dân cư, đi gần các đường dây thông tin và trạm thu phát viễn thông. Vấn đề cần đặt ra ở đây là từ trường sinh ra bởi các đường dây cao áp này ảnh hưởng đến con người và các tín hiệu truyền thông như thế nào và ở khoảng cách nào so với đường dây cao áp thì được coi là an toàn? Để đi vào nghiên cứu vấn đề này, bước đầu chúng tôi thực hiện việc xây dựng các phương pháp xác định từ trường đường dây.

Trong công trình trước chúng tôi đã xây dựng phương pháp chính xác tính toán từ trường của đường dây truyền tải cao áp, siêu cao áp và cực cao áp. Trong bài báo này dựa trên phương pháp gần đúng được giới thiệu trong [4] mà bản chất của nó là dùng một pha tương đương thay thế cho ba pha thực tế, chúng tôi phát triển mở rộng lên thành dạng tổng quát hơn để có thể so sánh với phương pháp chính xác.

Để kiểm tra mức độ sai số giữa hai phương pháp trên, chúng tôi thực hiện việc tính toán so sánh với số liệu thực tế của một số đường dây 110kV TpHCM và được trình bày trong các đồ thị.

### I/- TỪ TRƯỜNG ĐƯỜNG DÂY BA PHA – PHƯƠNG PHÁP CHÍNH XÁC:

Việc xác định từ trường đường dây 3 pha được thực hiện trên sơ đồ hình -1. Khi đó:

Thành phần từ trường theo trục x:

$$H_{x3\phi} = \sum \frac{I_k}{2\pi} \left( \frac{h_{ktb}(y) - z}{R_{1k}^2} + \frac{h_{ktb}(y) + z + 2p^*}{R_{2k}^2} \right) \quad (1)$$

Thành phần từ trường theo trục z:

$$H_{z3\phi} = \sum I_k \cdot x_k \left( \frac{1}{(h_{ktb}(y) - z)^2 + x_k^2} - \frac{1}{(h_{ktb}(y) + z + 2p^*)^2 + x_k^2} \right) \quad (2)$$

Trong đó: + k = a,b,c – các pha a, pha b, pha c.

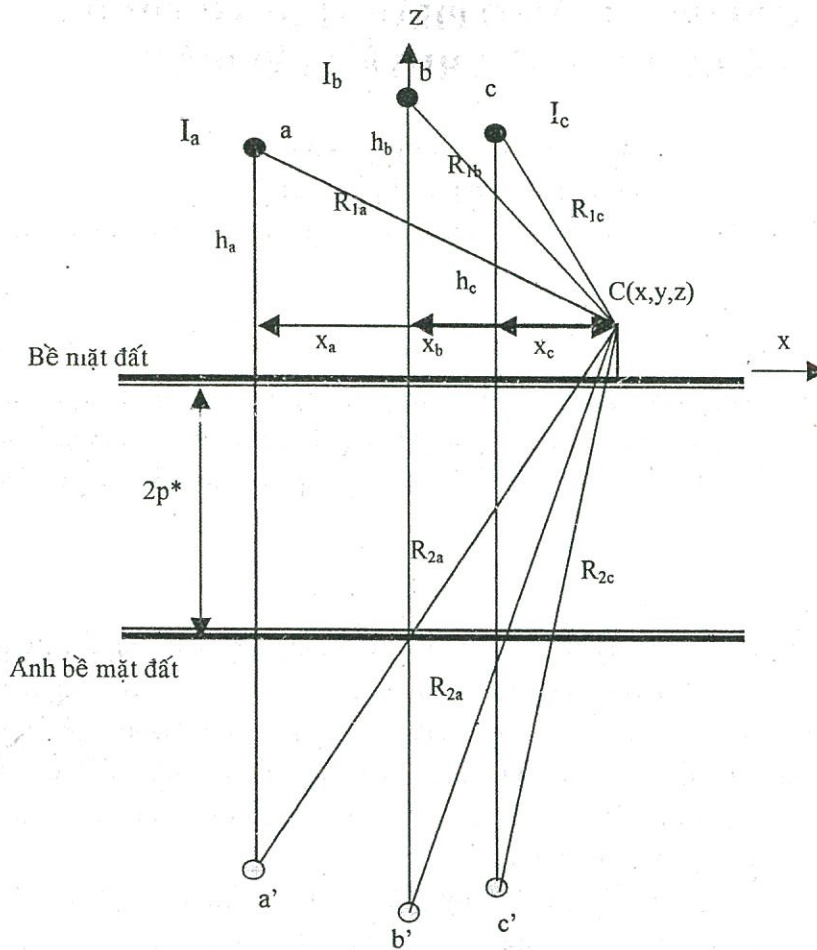
+  $I_k$ : là dòng điện chạy trong các pha [A].

+  $R_{1k}$ : là khoảng cách từ pha thứ k đến mạch vòng C. [m]

+  $R_{2k}$ : là khoảng cách từ ảnh của pha thứ k đến mạch vòng C. [m]

+  $h_{ktb}(y)$  là độ treo cao của pha k. [m]

+  $x_k$  là khoảng cách từ pha k đến điểm khảo sát [m].



Hình-1: Mô hình đường dây 3 pha.

## II. TỬ TRƯỜNG ĐƯỜNG DÂY BA PHA – PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG: [4]

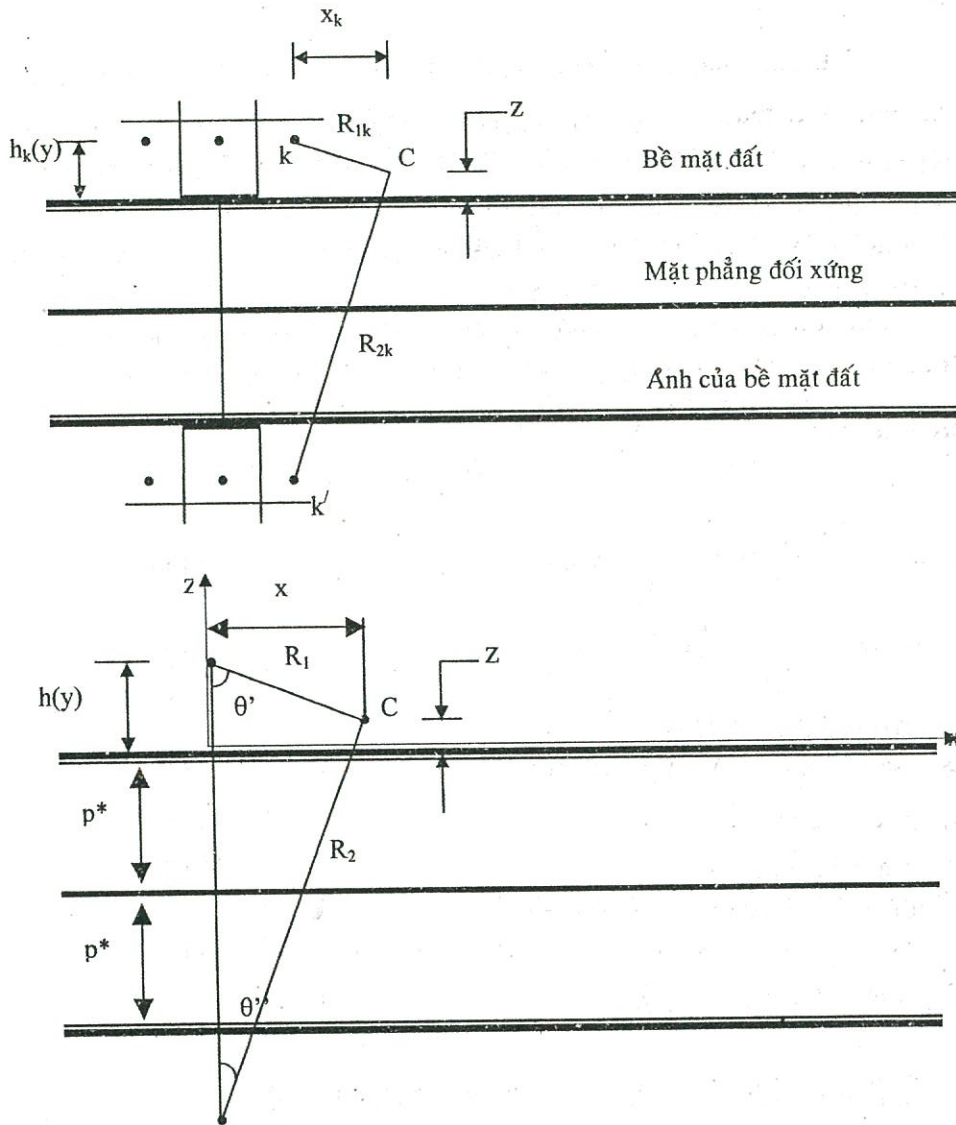
Phương pháp gần đúng là phương pháp tính toán từ trường tổng hợp của đường dây ba pha thực bằng cách tính từ trường của một pha đơn tương đương thay thế cho ba pha thực này. Vị trí thích hợp của pha tương đương thường được chọn tại vị trí đối xứng của của các pha thực được mô tả trên hình 2. Ví dụ như đối với các dạng bố trí ba pha nằm ngang hay nằm thẳng đứng chúng ta sẽ chọn pha tương đương đặt tại pha ở giữa, đối với dạng ba pha dấu tam giác chúng ta sẽ chọn là điểm tâm vòng tròn ngoại tiếp tam giác.

- Với:
- +  $R_{1k}$  là khoảng cách từ dây dẫn k đến điểm C. [m]
  - +  $R_{2k}$  là khoảng cách từ ảnh dây dẫn k là k' đến điểm C. [m]
  - +  $h_{ktb}(y)$  là độ treo cao của dây k. [m]
  - +  $x_k$  là khoảng cách theo phương ngang từ dây dẫn k đến điểm C. [m]

$$R_{1k} = \sqrt{x_k^2 + (h_{ktb}(y) - z)^2} \quad (3)$$

$$R_{2k} = \sqrt{x_k^2 + (h_{ktb}(y) + z + 2p^*)^2} \quad (4)$$





Hình-2: Mô hình thay thế ba pha bằng một pha.

$R_1$  : khoảng cách từ dây thay thế đến điểm C. [m]

$x$  : Khoảng cách theo phương ngang từ dây thay thế đến điểm C. [m]

$h(y)$  : Độ treo cao dây thay thế. [m]

$R_2$  : Khoảng cách từ ảnh của dây thay thế đến điểm C.

$$R_1 = \sqrt{x^2 + (h(y) - z)^2} \quad (5)$$

$$R_2 = \sqrt{x^2 + (h(y) + z + 2p^*)^2} \quad (6)$$

Việc giải gần đúng các phương trình (1) và (2) dựa trên phép tính gần đúng của hàm đa biến [4] :

Ví dụ gọi  $F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$  là một hàm số theo  $n$  biến  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ .

Biểu thức vi phân hàm  $F(.)$  có dạng như sau:

$$dF(.) = \frac{\partial F(.)}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial F(.)}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial F(.)}{\partial x_i} dx_i + \dots + \frac{\partial F(.)}{\partial x_n} dx_n \quad (7)$$

và biểu thức tính gần đúng hàm  $F(.)$  được xác định như sau:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \approx F(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{i0}, \dots, x_{n0}) + dF(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{i0}, \dots, x_{n0}) \quad (8)$$

Như vậy về mặt các biểu thức (1) và (2) có thể được biểu diễn dưới dạng như sau:

$$\sum I_k [F_1(.) - F_2(.)] = \sum_k I_k \cdot F_1(.) - \sum_k I_k F_2(.) \quad (9).$$

- Xét  $\sum I_k F_1(.)$  là thành phần từ trường của các dòng điện thực chạy trong các dây pha.

$F_1(.)$  là hàm chứa các tham số  $R_{1k}, x_k, h_{ktb}(y) : F_1(R_{1k}, x_k, h_{ktb}(y))$

Và tại một vị trí  $y$  nào đó trên đường dây thì  $R_{1k}$  được xác định theo (3) chứa 2 tham số ( $x_k, h_{ktb}(y)$ ). Điều này tương đương với việc chúng ta đặt trục tọa độ Ox, Oz tại ngay vị trí đó. Nên để hiểu rằng trong công thức khai triển chúng tôi không quan tâm đến biến  $y$  vì sự dịch chuyển vị trí các pha chỉ xảy ra trong mặt phẳng xOz.

Theo hình-2 khi chúng ta dịch chuyển dây thay thế từ vị trí có tạo độ ( $x, h(y)$ ) đến vị trí ( $x_k, h_{ktb}(y)$ ) thì theo biểu thức (3) sẽ biến thiên một lượng được tính như sau:

$$dR_1(x, h) = \frac{\partial R_1(x, h(y))}{\partial x} \Delta x_k + \frac{\partial R_1(x, h(y))}{\partial h} \Delta h_k \quad (10)$$

Đặt :

$$+ K_{1x} = \frac{\partial R_1(x, h(y))}{\partial x} = \frac{x}{R_1} = \sin \theta' \quad (11)$$

$$+ K_{1h} = \frac{\partial R_1(x, h(y))}{\partial h} = \frac{h(y) - z}{R_1} = \cos \theta' \quad (12)$$

Biểu thức (10) bây giờ có dạng:

$$\rightarrow dR_1(x, h(y)) = K_{1x} \Delta x_k + K_{1h} \Delta h_k \quad (13)$$

$$\text{Trong đó : } \Delta x_k = x_k - x \quad (14)$$

$$\Delta h_k = h_{ktb}(y) - h(y) \quad (15)$$

Áp dụng biểu thức gần đúng (8) chúng ta có :

$$R_{1k}(x_k, h_{ktb}(y)) \approx R_1(x, h(y)) + dR_1(x, h(y)) \quad (16)$$

$$\rightarrow R_{1k} \approx R_1 + K_{1x} \cdot \Delta x_k + K_{1h} \cdot \Delta h_k \quad (17)$$

- Xét  $I_k F_2(.)$  là thành phần từ trường của các dòng điện ảnh

Hàm  $F_2(.)$  chứa các tham số  $R_{2k}, x_k, h_{ktb}(y) : F_2(R_{2k}, x_k, h_{ktb}(y))$

Trong đó :  $R_{2k}$  được xác định theo biểu thức (4)

Tương tự trên ta có :

$$R_{2k} \approx R_2 + K_{2x} \cdot \Delta x_k + K_{2h} \cdot \Delta h_k \quad (18)$$

Trong đó :

$$K_{2x} = \frac{\partial R_2(x, h(y))}{\partial x} = \frac{x}{R_2} = \sin \theta'' \quad (19)$$

$$K_{2h} = \frac{\partial R_2(x, h(y))}{\partial h} = \frac{h(y) + x + 2p^*}{R_2} = \cos \theta'' \quad (20)$$

Cuối cùng chúng ta có biểu thức gần đúng để xác định từ trường của đường dây truyền tải điện như sau:

Thành phần từ trường theo trục x:

$$H_{x3\phi} = \frac{I_a}{2\pi} \left[ \left( -\frac{2(h(y)-z)K_{1x}}{R_1^3} - \frac{2(h(y)+z+2p^*)K_{2x}}{R_2^3} \right) \Delta_x + \left( -\frac{2(h(y)-z)K_{1h}}{R_1^3} - \frac{2(h(y)+z+2p^*)K_{2h}}{R_2^3} + \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \Delta_h \right] \quad (21)$$

$$H_{x3\phi} = \frac{I_a}{2\pi} \left[ \left( -\frac{2x(h(y)-z)}{R_1^4} - \frac{2x(h(y)+z+2p^*)}{R_2^4} \right) \Delta_x + \left( -\frac{2(h(y)-z)^2}{R_1^4} - \frac{2(h(y)+z+2p^*)}{R_2^4} + \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \Delta_h \right] \quad (22)$$

Thành phần từ trường theo trục z:

$$H_{z3\phi} = \frac{I_a}{2\pi} \left[ \left( -\frac{2x.K_{1x}}{R_1^3} + \frac{2x.K_{2x}}{R_2^3} + \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \Delta_x + \left( -\frac{2x.K_{1h}}{R_1^3} + \frac{2x.K_{2h}}{R_2^3} \right) \Delta_h \right] \quad (23)$$

$$H_{z3\phi} = \frac{I_a}{2\pi} \left[ \left( -\frac{2x^2}{R_1^4} + \frac{2x^2}{R_2^4} + \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \Delta_x + \left( -\frac{2x(h(y)-z)}{R_1^4} + \frac{2x(h(y)+z+2p^*)}{R_2^4} \right) \Delta_h \right] \quad (24)$$

Với:

$$\Delta_x = \Delta x_a + \Delta x_b \cdot e^{j240} + \Delta x_c \cdot e^{j120} = \Delta x_a - \frac{1}{2}(\Delta x_b + \Delta x_c) + j \frac{\sqrt{3}}{2}(\Delta x_c - \Delta x_b) \quad (25)$$

$$\Delta_h = \Delta h_a + \Delta h_b \cdot e^{j240} + \Delta h_c \cdot e^{j120} = \Delta h_a - \frac{1}{2}(\Delta h_b + \Delta h_c) + j \frac{\sqrt{3}}{2}(\Delta h_c - \Delta h_b) \quad (26)$$

### III- VÍ DỤ SO SÁNH HAI PHƯƠNG PHÁP TRÊN MỘT SỐ ĐƯỜNG DÂY CAO ÁP CỦA TP.HCM:

#### 1/- Đường dây THỦ ĐỨC - BÌNH TRIỆU (Đồ Thị hình 3)

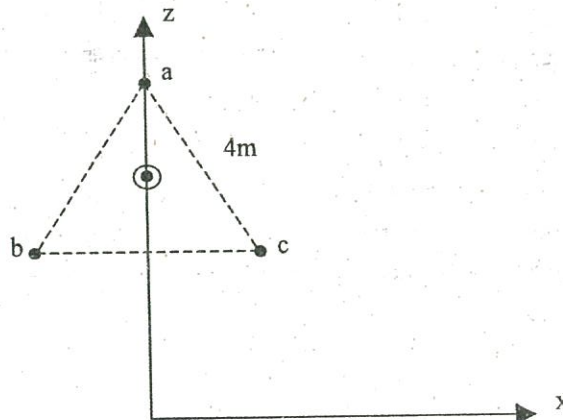


Số liệu thực tế:

- Điện áp định mức : 110kV
- Dòng điện định mức : 610A
- Khoảng cách pha - pha : 4m
- Số mạch : 1
- Bố trí dây dẫn : tam giác đều

Số liệu ước lượng:

- $h_a = 16,73 \text{ m}$
- $h_b = 14,27 \text{ m}$
- $h_c = 14,27 \text{ m}$
- $\Delta h_a = 1,73 \text{ m}$
- $\Delta h_b = -1,73 \text{ m}$
- $\Delta h_c = -1,73 \text{ m}$
- $\Delta x_a = 0$
- $\Delta x_b = 2 \text{ m}$
- $\Delta x_c = -2 \text{ m}$
- $h(\text{dây thay thế}) = 15 \text{ m}$





2/- Đường dây PHÚ LÂM – BÀ QUỆO (Đồ Thị hình 4)

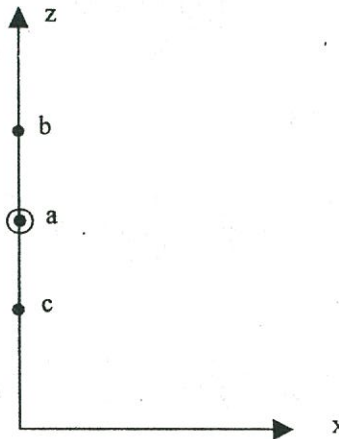
Số liệu thực tế:

- Điện áp định mức : 110kV
- Dòng điện định mức : 610A
- Khoảng cách pha - pha : 4m
- Số mạch : 1
- Bố trí dây dẫn : thẳng đứng.

↗ Số liệu ước lượng:

- $h_a = 15 \text{ m}$
- $h_b = 19 \text{ m}$
- $h_c = 11 \text{ m}$
- $\Delta h_a = 0$
- $\Delta h_b = 4 \text{ m}$
- $\Delta h_c = -4 \text{ m}$
- $\Delta x_a = 0$
- $\Delta x_b = 0$
- $\Delta x_c = 0$

$h(\text{dây thay thế}) = 15 \text{ m}$



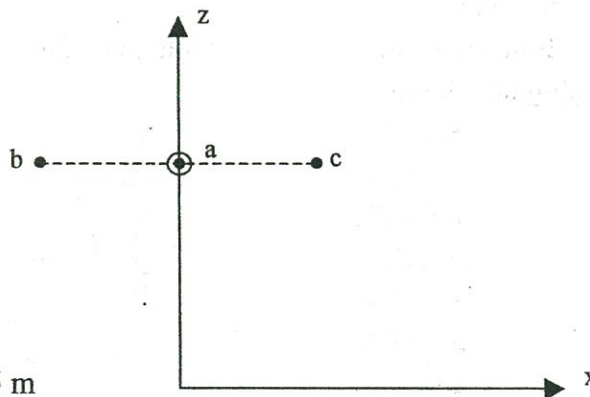
3/- Đường dây PHÚ LÂM – BÀ QUỆO (Đồ Thị hình 5)

↗ Số liệu thực tế:

- Điện áp định mức : 110kV
- Dòng điện định mức : 610A
- Khoảng cách pha - pha : 4m
- Số mạch : 1
- Bố trí dây dẫn : nằm ngang

↗ Số liệu ước lượng:

- $h_a = 15 \text{ m}$
  - $h_b = 15 \text{ m}$
  - $h_c = 15 \text{ m}$
  - $\Delta h_a = 0$
  - $\Delta h_b = 0$
  - $\Delta h_c = 0$
  - $\Delta x_a = 0$
  - $\Delta x_b = 4 \text{ m}$
  - $\Delta x_c = -4 \text{ m}$
- $h(\text{dây thay thế}) = 15 \text{ m}$



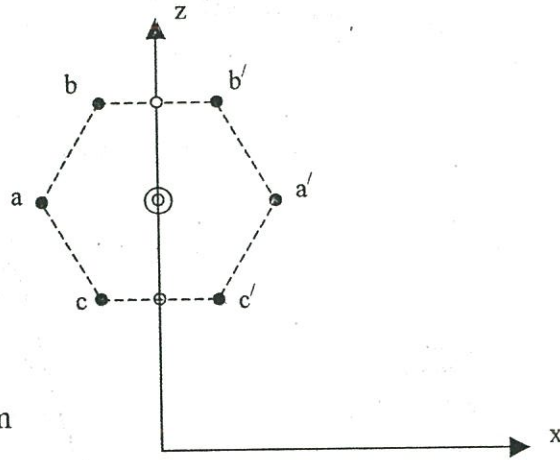
4/- Đường dây PHÚ LÂM – CHỢ LỚN (Đồ Thị hình 6)

⇨ Số liệu thực tế :

- Điện áp định mức : 110kV
- Dòng điện định mức : 610A
- Khoảng cách pha - pha : 4m
- Số mạch : 2
- Bố trí dây dẫn : tam giác + thẳng đứng . (Dạng 1)

⇨ Số liệu ước lượng :

- $h_a = 15 \text{ m}$
- $h_b = 18,46 \text{ m}$
- $h_c = 11,54 \text{ m}$
- $\Delta h_a = 0$
- $\Delta h_b = 3,46 \text{ m}$
- $\Delta h_c = -3,46 \text{ m}$
- $\Delta x_a = 0$
- $\Delta x_b = 0$
- $\Delta x_c = 0$
- $h(\text{dây thay thế}) = 15 \text{ m}$



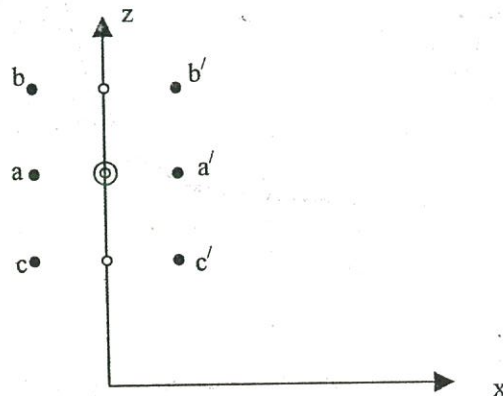
5/- Đường dây NHÀ BÈ – HIỆP PHƯỚC (Đồ Thị hình 7)

⇨ Số liệu thực tế :

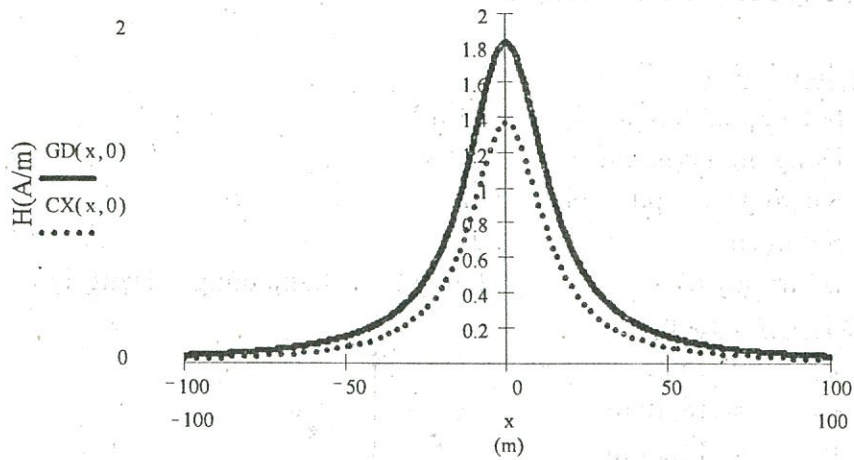
- Điện áp định mức : 110 kV
- Dòng điện định mức : 610 A
- Khoảng cách pha - pha : 3,5 m
- Số mạch : 2
- Bố trí dây dẫn : thẳng đứng (Dạng 2)

⇨ Số liệu ước lượng :

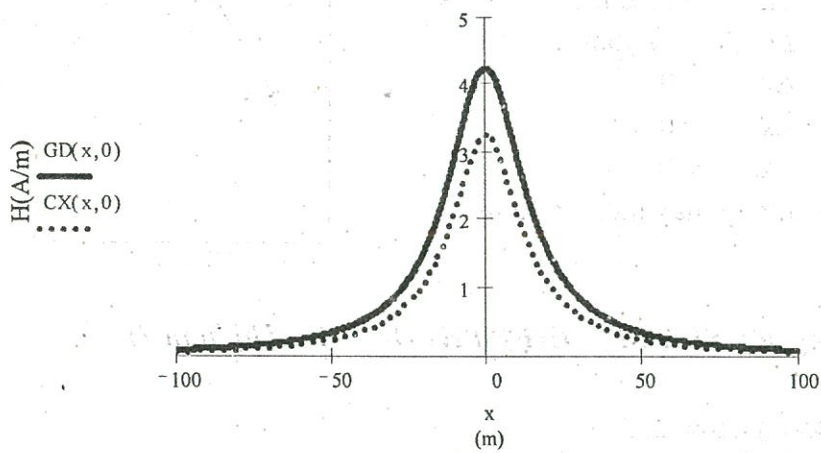
- $h(\text{dây thay thế}) = 15 \text{ m}$
- $\Delta h_a = 0$
- $\Delta h_b = 3,5 \text{ m}$
- $\Delta h_c = -3,5 \text{ m}$
- $\Delta x_a = 0$
- $\Delta x_b = 0$
- $\Delta x_c = 0$



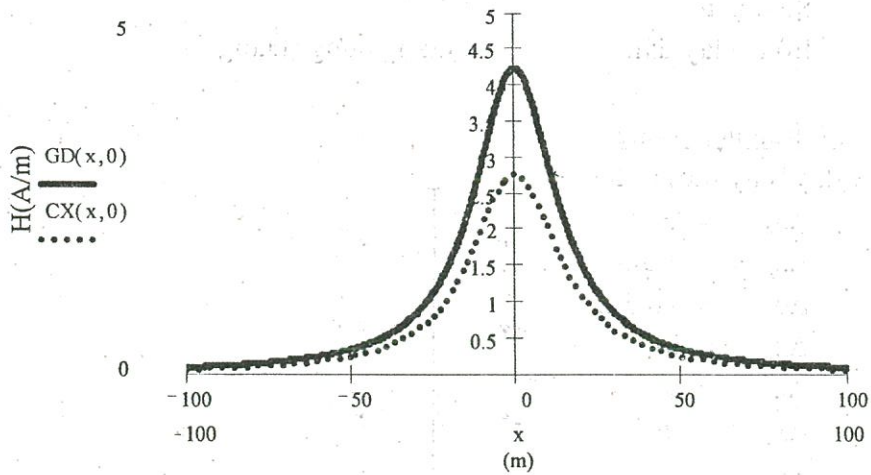
\* Kết quả:



Hình 3 – Bố trí ba pha - tam giác đều

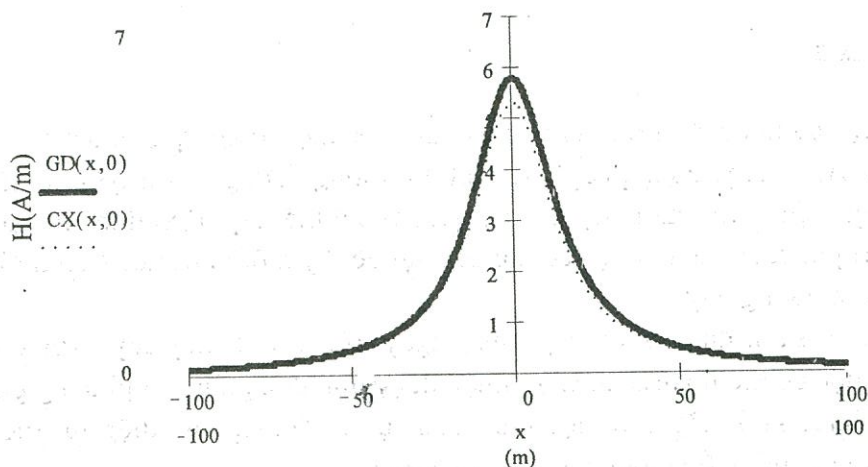


Hình 4: Bố trí ba pha - thẳng đứng

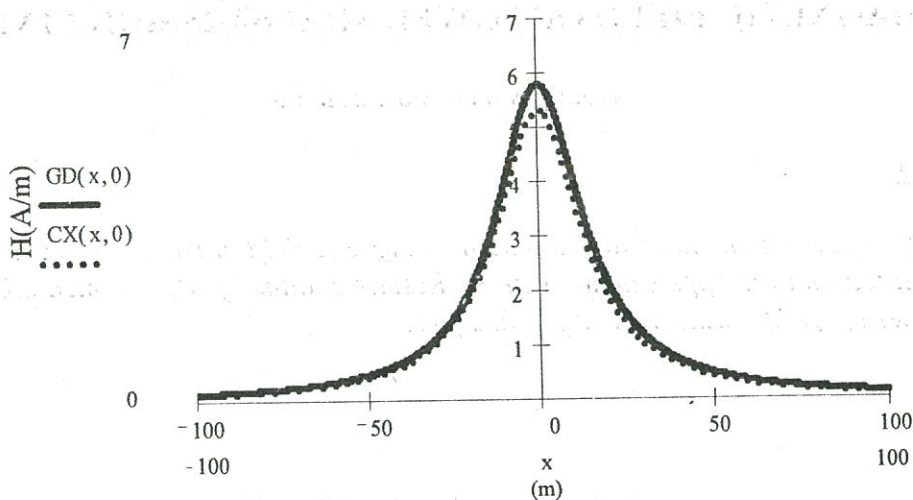


Hình 5: Bố trí ba pha - nằm ngang





Hình 6: Đường dây lộ kép dạng 1



Hình 7: Đường dây lộ kép dạng 2

Ghi chú:  $GD(x,z)$ : là hàm tính từ trường tổng theo phương pháp gần đúng.

$CX(x,z)$ : là hàm tính từ trường tổng theo phương pháp chính xác.

$z = 0$  – Từ trường cảm ứng tại mặt đất.

**\* Nhận xét:**

Qua các đồ thị hình 3 → 7 chúng ta thấy độ sai lệch về giá trị từ trường theo hai phương pháp có thể chấp nhận được đối với những điểm khảo sát ở xa đường dây, như với những điểm nằm cách khoảng 100m (về hai bên đường dây) trở lên thì mức độ chính xác hoàn toàn tuyệt đối. Đối với các đường dây lộ đơn thì từ trường tại các điểm ngay dưới đường dây (nhất là các điểm tại vị trí  $x=0$ ) theo hai phương pháp có độ chênh lệch từ 1A/m đến 2,5A/m.

Trong các đồ thị 3-4-5: chúng ta thấy với cùng cấp điện áp, cùng trị số dòng định mức, cùng tiết diện dây...nhưng đồ thị 3 lại có biên độ từ trường nhỏ nhất (dạng bố trí tam giác đều). Như vậy đây chính là một biện pháp làm giảm từ trường của đường dây.

Trong các đồ thị 6-7 độ chênh lệch giá trị từ trường giữa hai phương pháp < 1A/m. Ngoài ra việc bố trí các pha cũng không gây ảnh hưởng nhiều đến biên độ của từ trường.

#### **IV/- KẾT LUẬN:**

Qua việc nghiên cứu trên, bài báo đã đạt được một số kết quả như sau:

+ Phát triển hai phương pháp xác định từ trường đường dây truyền tải là phương pháp chính xác và gần đúng trở thành dạng tổng quát để có thể lập trình tính cho các cấp điện áp, các dạng bố trí pha khác nhau hoặc có thể tính tại bất kỳ một vị trí nào bên dưới và trong một khoảng vượt của đường dây...

+ Việc so sánh được được thực hiện ngay trên các đường dây 110kV của Tp.HCM. Qua đó người đọc có thể hoàn toàn chấp nhận được tính đơn giản của phương pháp gần đúng.

+ Tạo bước khởi đầu cho việc tính toán sự ảnh hưởng của điện từ trường đường dây đến các thiết bị hạ thế, viễn thông và trên con người.

### **A COMPARISON OF TWO METHODS USED IN CALCULATION OF MAGNETIC FIELD OF POWER TRANSMISSION LINES**

**Hoang Viet – Vu Phan Tu**

#### **ABSTRACT**

*This paper presents two methods to compute the magnetic field of transmission lines are called the exact method and the approximate method. Results obtained from two methods are applied on 100kV lines of HCMC with some different styles.*

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- 1/-J.A Orr and D.J Pileggi – Determination of harmonic interference voltages induced in paired cable communications circuits by harmonic currents in adjacent power lines - IEEE Trans on PAS – Vol PAS-102, No.7, pp 2278 – 2283, (1983).
- 2/-M.A Stuchly – Magnetic field induced currents in the human body in proximity of power lines - IEEE Trans on Power Delivery – Vol.11, pp 102 – 108, (1996).
- 3/-T.W Dawson – Organ dosimetry for human exposure to non-uniform 60Hz magnetic fields - IEEE Trans on Power Delivery – Vol.14, No.4, pp 1234 – 1239, (1999).
- 4/-Huỳnh Văn Hậu – Tính toán từ trường cảm ứng của đường dây cao và siêu cao áp –LVTN, Kỹ Sư 2000 – GVHD ThS Vũ Phan Tú.