

PHƯƠNG PHÁP TỔNG QUÁT TÍNH TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC 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 phương pháp tổng quát tính toán từ trường cảm ứng của đường dây truyền tải điện cao áp, siêu cao áp và cực cao áp trên đất đồng nhất. Trong đó có xét tới ảnh hưởng của việc dùng pha phân chia, dòng phản hồi trong đất và điện trở suất đất đến tham số điện cảm đường dây. Kết quả tính toán với đường dây 230kV, 500kV và 765 kV được giới thiệu trên các đồ thị.

*** GIỚI THIỆU:**

Như đã biết một trong những biện pháp nâng cao khả năng truyền tải điện đi xa là nâng cấp điện áp của đường dây. Vì vậy trong ngành điện đã xuất hiện các đường dây cao áp (45 – 300kV), siêu cao áp (300 – 750kV) và cực cao áp (>750kV). Tuy nhiên việc nâng cao cấp điện áp như thế sẽ làm tăng ảnh hưởng từ trường cảm ứng của đường dây đến các vật thể đặt song song và gần đường dây như: dây chống sét, đường điện thoại, hàng rào, ống dẫn dầu, con người... Nghĩa là khi có một vật nằm ở một vị trí gần đường dây thì trên nó sẽ xuất hiện từ trường cảm ứng với biên độ cao được thể hiện qua điện áp cảm ứng, có thể đạt tới hàng chục kV. Điện áp cảm ứng này cũng là một nguyên nhân gây ảnh hưởng đến việc truyền thông tin (nhiều tín hiệu điện thoại) [1], gây nguy hiểm đến an toàn cho người khi chạm vào các thiết bị (ống dẫn dầu, hàng rào...) hoặc ngay chính người làm việc dưới các đường dây này [2], [3]... Như vậy đây là một vấn đề cần phải quan tâm và nghiên cứu.

Qua việc nghiên cứu các công trình đăng trên các tạp chí trong và ngoài nước [5], [8,9,10]... chúng tôi nhận thấy cần phải đề xuất một phương pháp tổng quát nhất để tính toán từ trường cảm ứng của các đường dây cao áp, siêu cao áp và cực cao áp. Vì vậy bài báo này đã trình bày một phương pháp trong đó đưa vào xem xét các yếu tố kỹ thuật như:

- a) - Xét ảnh hưởng của kỹ thuật dây pha phân chia đến tham số điện cảm của đường dây.
- b) - Xét ảnh hưởng của dòng phản hồi trong đất (return current) đến tham số điện cảm của đường dây được biểu diễn qua độ thấm sâu phức (complex depth).
- c) - Xét đất dẫn điện hữu hạn, điện trở suất đất là hàm phức theo tần số và thời gian phục hồi phân cực đất [7].
- d) - Xét giá trị từ trường cảm ứng của đường dây truyền tải trong một khoảng vượt.
- e) - Tính cho đường dây đơn, đường dây 3 pha và dẫn tới bài toán tổng quát trong hệ thống N pha.

Kết quả tính toán được trình bày trên các đồ thị với các số liệu thiết kế của đường dây 230kV; 500kV và 765kV - [11].

I/- PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN:

1/- Mô hình tổng trở đường dây phụ thuộc tần số:

Mô hình đường dây truyền tải điện trên cơ sở hệ phương trình sóng, được mô tả như sau [5]:

$$\frac{d^2V}{dx^2} = [ZY]V \quad (1)$$

$$\frac{d^2I}{dx^2} = [YZ]I \quad (2)$$

Trong đó ma trận tổng trở gồm:

$$[Z] = [R] + j\omega[L^{int} + L^{ext}] \quad (3)$$

$$[Z] = [Z^{int}] + [Z^{ext}] \quad (4)$$

Z^{int} : Tổng trở bản thân dây dẫn.

Z^{ext} : Tổng trở tương hỗ dây dẫn.

a/- Ma trận điện cảm của đường dây:

i/- Đường dây pha đơn:

Ma trận điện cảm của đường dây pha đơn được xác định gồm hai thành phần sau:

Thành phần điện cảm bản thân pha i - $[L^{int}]$:

$$L_{ii} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{2h_i}{r_i} \quad (5)$$

Thành phần hỗ cảm giữa pha i và pha j - $[L^{ext}]$:

$$L_{ij} = \frac{\mu}{4\pi} \ln \frac{(h_i + h_j)^2 + D_{ij}^2}{(h_i - h_j)^2 + D_{ij}^2} = \frac{\mu}{2\pi} .P \quad (6)$$

+ h_i và h_j : là độ cao của dây dẫn thứ i và thứ j [m].

+ r_i : là bán kính của dây dẫn pha thứ i [m].

+ D_{ij} : là khoảng cách giữa pha i và pha j [m].

+ μ : độ từ thẩm của không khí.

+ P là ma trận hệ số thế.

ii/- Đường dây có pha phân chia:

Đối với các đường dây siêu cao áp và cực cao áp để hạn chế khả năng xuất hiện vầng quang và nâng cao công suất tự nhiên, người ta đã dùng biện pháp pha phân chia [6]–(Hình-1). Khi đó mỗi pha của đường dây sẽ được thay thế bởi một chùm n dây dẫn nhỏ đặt trong khung định vị có bán kính R (hình -1).

Ma trận điện cảm của dây pha phân chia bây giờ được tính lại như sau:

Thành phần điện cảm bản thân pha i:

$$L_{ii} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{2h_{itb}}{r_{idt}} \quad (7)$$

Thành phần hỗ cảm giữa pha i và pha j:

$$L_{ij} = \frac{\mu}{4\pi} \ln \frac{(h_{itb} + h_{jtb})^2 + D_{ijt}^2}{(h_{itb} - h_{jtb})^2 + D_{ijt}^2} \quad (8)$$

+ h_{itb} và h_{jtb} : là độ cao trung bình của dây dẫn thứ i và thứ j [m].

+ r_{idt} : là bán kính đẳng trị của pha thứ i [m].

$$r_{idt} = \sqrt[n]{n \cdot r_i \cdot R^{n-1}} \quad (9)$$

n : là số dây con trong chùm dây pha.

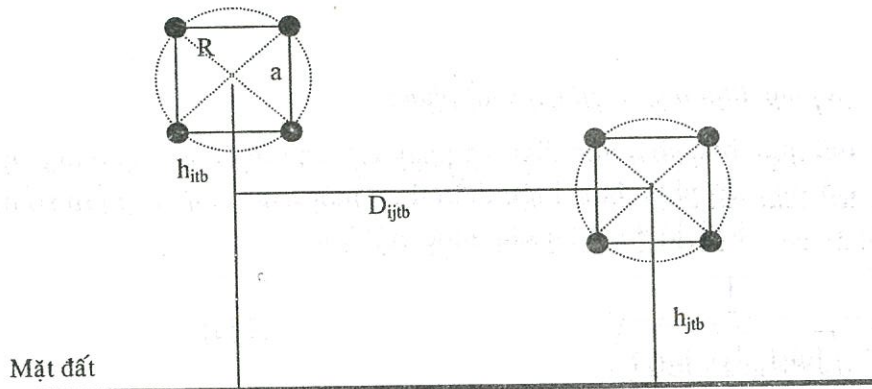
r_i : là bán kính của dây dẫn nhỏ trong chùm dây pha thứ i [m].

R : là bán kính khung định vị [m].

a : là khoảng cách giữa hai dây nhỏ lân cận trong bó dây [m].

+ D_{ijtb} : là khoảng cách giữa hai độ cao trung bình của pha i và pha j [m].

$$R = \frac{a}{2 \cdot \sin \frac{\pi}{n}} \quad (10)$$



Hình - 1: đường dây phân pha (mô hình đường dây 500kV - Việt Nam).

Bảng 1: Điện cảm bản thân của chùm dây mỗi pha (số liệu r_0 - [6])

	2 x 600	3 x 400	4 x 300	5 x 240
r_0 (cm)	1,655	1,36	1,175	1,08
r_{dt} (cm)	8,629	14,016	19,726	25,873
L_{ii} (mH/km)	1,116	1,069	1	0,946

Bảng 1 cho thấy khi tăng số dây trong mỗi pha thì sẽ làm giảm điện cảm của đường dây.

b/- Ma trận điện cảm của đường dây có pha phân chia có tính đến ảnh hưởng của dòng về trong đất:

Các đường dây cao áp, siêu cao áp và cực cao áp được vận hành ở chế độ trung tính trực tiếp nối đất. Tuy nhiên trong thực tế vận hành thì thông thường tải trên các pha không cân bằng do đó sẽ tồn tại một dòng điện chạy trong đất về trung tính nguồn. Dòng điện này được gọi là dòng phản hồi (return current), nó có ảnh hưởng đến tham số điện cảm đường dây. Do hiệu ứng bề mặt dòng phản hồi trong đất được xem như tập trung trên một mặt phẳng tưởng tượng đặt song song và cách mặt đất một đoạn được gọi là độ thấm sâu phức (complex depth), được xác định [7]:

$$p = \frac{1}{\sqrt{j\omega\mu_0 \cdot \rho^{-1}}} \quad \text{với } \rho: \text{ điện trở suất thực của đất } [\Omega\text{m}]. \quad (11)$$

Từ biểu thức (11) chúng ta thấy độ thấm sâu tỉ lệ với tần số nguồn và điện trở suất đất. Khi tần số nguồn tăng thì p sẽ giảm, nghĩa là khi tần số tăng thì dòng điện phản hồi có

khuyh hướng tập trung càng gần bề mặt đất. Ngoài ra khi điện trở suất tăng (VD: 10 → 1000 Ωm) thì p cũng tăng (200 → 2000m).

Ma trận điện cảm đường dây có hiệu chỉnh theo dòng phản hồi trong đất:

Thành phần điện cảm bản thân pha i:

$$L_{ii} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{2(h_{ib} + p)}{r_{idt}} \quad (12)$$

Thành phần hổ cảm giữa pha i và pha j:

$$L_{ij} = \frac{\mu}{4\pi} \ln \frac{(h_{ib} + h_{jib} + 2p)^2 + D_{ijb}^2}{(h_{ib} - h_{jib})^2 + D_{ijb}^2} \quad (13)$$

i/- Độ thâm sâu phức tính theo điện trở suất phức:

Theo [7], để thể hiện bản chất dẫn điện và phân cực của đất dưới tác dụng của nguồn có tần số ω thì điện trở suất đất phải được biểu diễn theo một hàm phức của tần số nguồn và thời gian phục hồi phân cực. Khi đó độ thâm sâu được viết lại:

$$p^* = \frac{1}{\sqrt{j\omega\mu_0 \cdot (\rho(j\omega))^{-1}}} \quad (14a)$$

Với: $\rho(j\omega) = [\sigma(\omega) + j\omega \cdot \epsilon(\omega)]^{-1}$ (14b)

Qua so sánh giữa pt(11) và pt(14a) [7], có thể nhận thấy, điện trở suất phức của đất sẽ giảm (so với giá trị DC của nó) khi tần số tăng. Như vậy pt(14a) sẽ cho giá trị p^* nhỏ hơn so với pt(11) tức là làm cho dòng điện phản hồi có khuyh hướng tập trung gần bề mặt đất hơn.

ii/- Ma trận điện cảm của đường dây có pha phân chia có có tính đến ảnh hưởng của dòng về trong đất khi điện trở suất đất là hàm phức theo tần số:

Thành phần điện cảm bản thân pha i:

$$L_{ii} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{2(h_{ib} + p^*)}{r_{idt}} \quad (15)$$

Thành phần hổ cảm giữa pha i và pha j:

$$L_{ij} = \frac{\mu}{4\pi} \ln \frac{(h_{ib} + h_{jib} + 2p^*)^2 + D_{ijb}^2}{(h_{ib} - h_{jib})^2 + D_{ijb}^2} \quad (16)$$

2/- Từ trường cảm ứng của đường dây truyền tải điện:

a/- Từ trường cảm ứng của đường dây đơn:

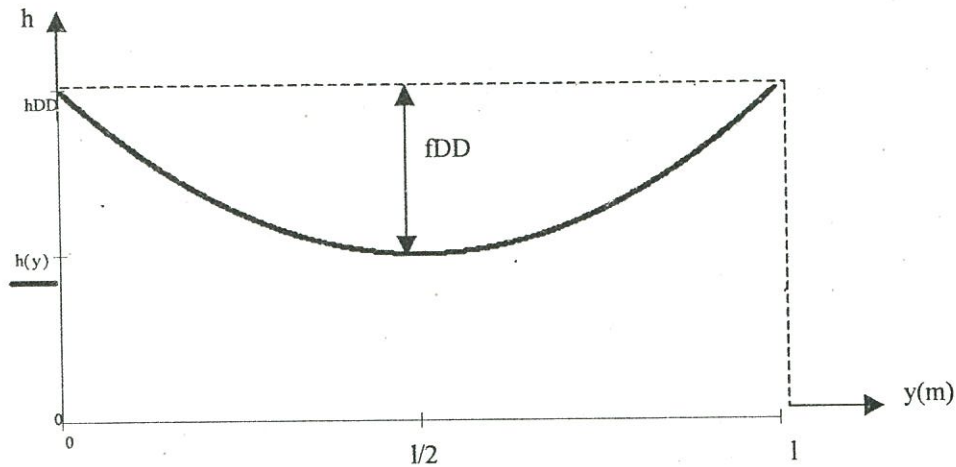
i/- Xác định h_i trong một khoảng vượt của đường dây:

Trong thực tế các đường dây cao áp, siêu cao áp và cực cao áp có chiều dài khoảng vượt và độ võng của dây dẫn tương đối lớn. Vì thế chúng ta phải xây dựng hàm h_i theo độ võng trong một khoảng vượt như sau:

$$h_{ib}(y) = \frac{4 \cdot f_{DD}}{l^2} \cdot y^2 - \frac{4 \cdot f_{DD}}{l} \cdot y + h_{DD} \quad (18)$$

+ f_{DD} là độ võng của dây dẫn. [m]

+ h_{DD} là độ treo cao dây dẫn tại cột điện. [m]
 + l là chiều dài khoảng vượt. [m]



Hình 2: Đường dây một pha trong khoảng vượt.

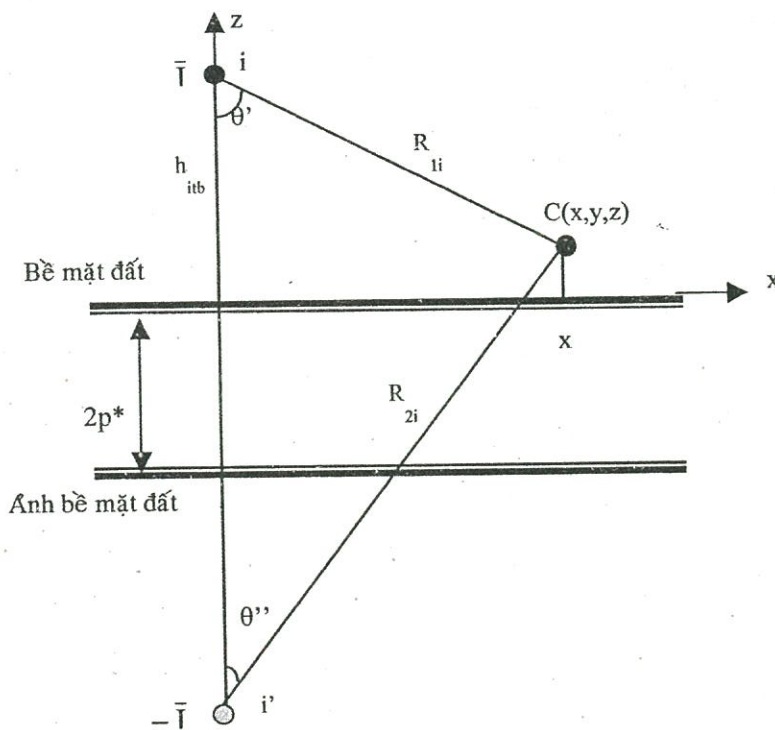
Ở đây chúng tôi không đi sâu vào chi tiết của vấn đề cơ khí đường dây, nên biểu thức (18) là dạng hàm parabol được xây dựng trên các tham số chiều dài và độ võng đường dây.

ii/- Tổng trở tương hỗ của đường dây đơn:

Xét mô hình một pha như trên hình -3. Khi đó tổng trở tương hỗ của đường dây đơn được tính như sau:

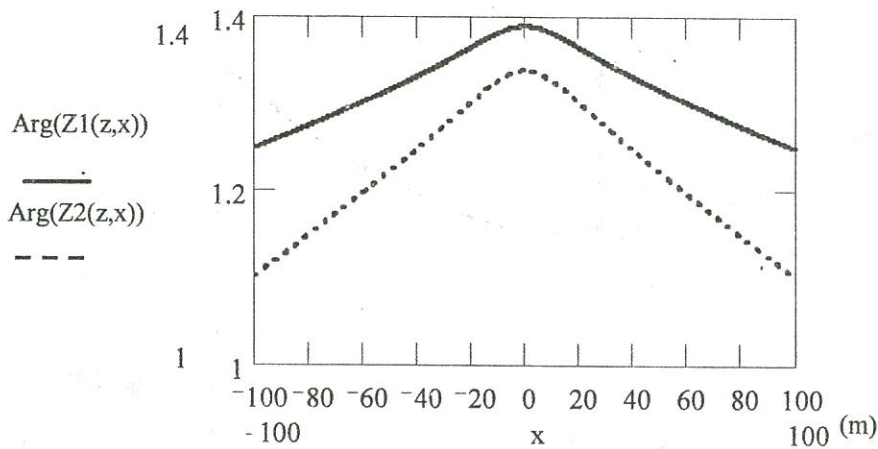
$$Z(\omega) = j\omega \cdot \frac{\mu}{2\pi} \cdot \ln \frac{R_{2i}}{R_{1i}} \quad (17)$$

$$R_{1i} = \sqrt{(h_{itb}(y) - z)^2 + x^2} \quad ; \quad R_{2i} = \sqrt{(h_{itb}(y) + z + 2p^*)^2 + x^2} \quad (18)$$



Hình 3: Mô hình dòng điện ảnh

Đồ thị hình-4 biểu diễn sự thay đổi giá trị của tổng trở tương hỗ theo điện trở suất đất trong trường hợp điện trở suất đất là trị số thực và số phức.



Hình 4: Tổng trở tương hỗ của đường dây khi x thay đổi với z = 0,

Z1 – pt (17) khi điện trở suất đất là số thực.

Z2 – pt(17) khi điện trở suất đất là hàm phức theo tần số theo pt(14b).

Từ đồ thị trên chúng ta thấy sự thay đổi của điện trở suất đất theo tần số sẽ làm thay đổi giá trị của tổng trở hỗ cảm của đường dây.

iii/- Từ trường cảm ứng của dây đơn có pha phân chia:

Từ trường cảm ứng do dòng điện I chạy trong dây thứ i sinh ra tại điểm C(x,y,z) (điểm C này tương trưng cho đường dây điện thoại, dây chống sét, ống dẫn dầu, hàng rào hay con người) được tính như sau:

$$\Phi = \frac{Z(\omega).I}{j\omega} = I \cdot \frac{\mu}{4\pi} \ln \frac{(h_{ib}(y) + z + 2p^*)^2 + x^2}{(h_{ib}(y) - z)^2 + x^2} \quad (19)$$

Thành phần từ trường theo trục x:

$$H_x = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (20)$$

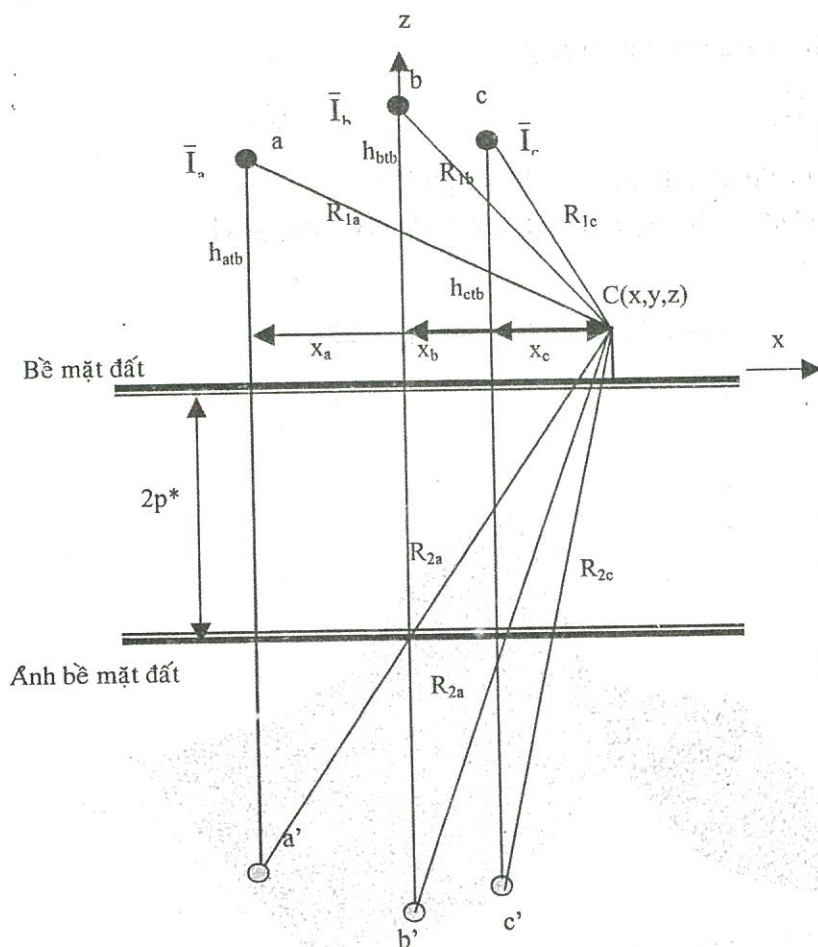
$$H_x = \frac{I}{2\pi} \left(\frac{h_{ib}(y) - z}{R_{1i}^2} + \frac{h_{ib}(y) + z + 2p^*}{R_{2i}^2} \right) \quad (21)$$

Thành phần từ trường theo trục z:

$$H_z = -\frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} \quad (22)$$

$$H_z = \frac{I.x}{2\pi} \left(\frac{1}{(h_{ib}(y) - z)^2 + x^2} - \frac{1}{(h_{ib}(y) + z + 2p^*)^2 + x^2} \right) \quad (23)$$

b/- Từ trường cảm ứng của đường dây ba pha có pha phân chia:



Hình 5: Mô hình xác định từ trường đường dây 3 pha

Thành phần từ trường theo trục x:

$$H_{x3\phi} = \sum \frac{I_k}{2\pi} \left(\frac{h_{ktb}(y) - z}{R_{1k}^2} + \frac{h_{ktb}(y) + z + 2p'}{R_{2k}^2} \right) \quad (24)$$

Thành phần từ trường theo trục z:

$$H_{z3\phi} = \frac{\sum I_k \cdot x_k}{2\pi} \left(\frac{1}{(h_{ktb}(y) - z)^2 + x_k^2} - \frac{1}{(h_{ktb}(y) + z + 2p')^2 + x_k^2} \right) \quad (25)$$

+ 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} là độ treo cao trung bình của pha k [m].

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

c) – Từ trường cảm ứng của đường dây gồm N dây:

Để tính từ trường cảm ứng của hệ thống gồm N dây dẫn, chúng ta sử dụng phương pháp xếp chồng của từng dây đơn, khi đó:

Thành phần từ trường theo trục x:

$$H_{x3\phi} = \sum_{n=1}^N H_{xn} \quad (26)$$

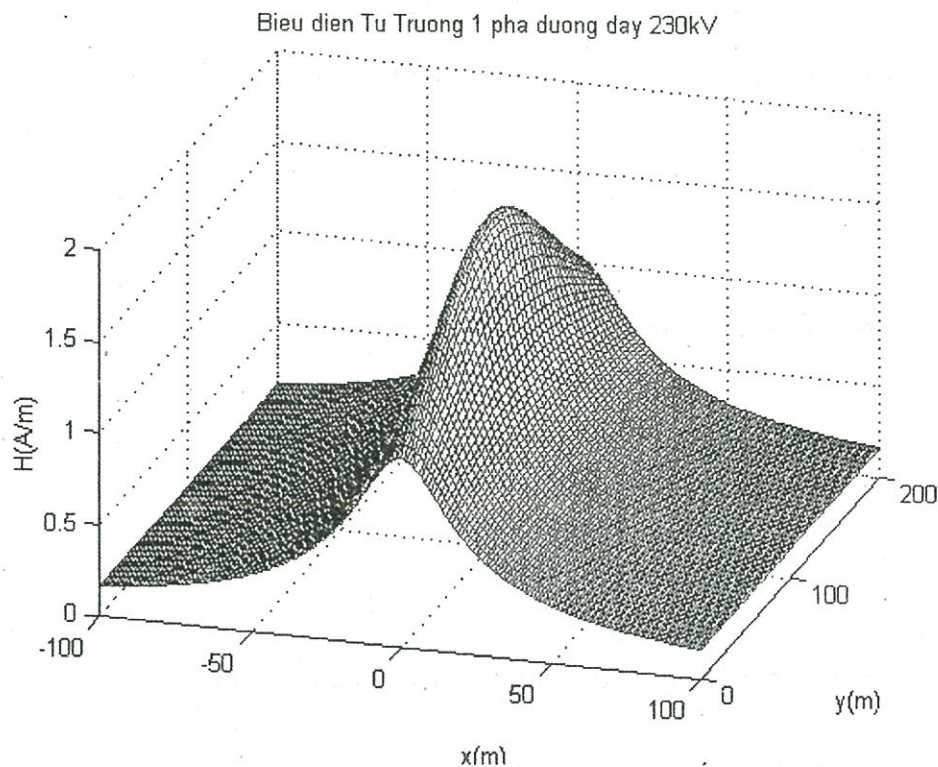
Thành phần từ trường theo trục y:

$$H_{z3\phi} = \sum_{n=1}^N H_{zn} \quad (27)$$

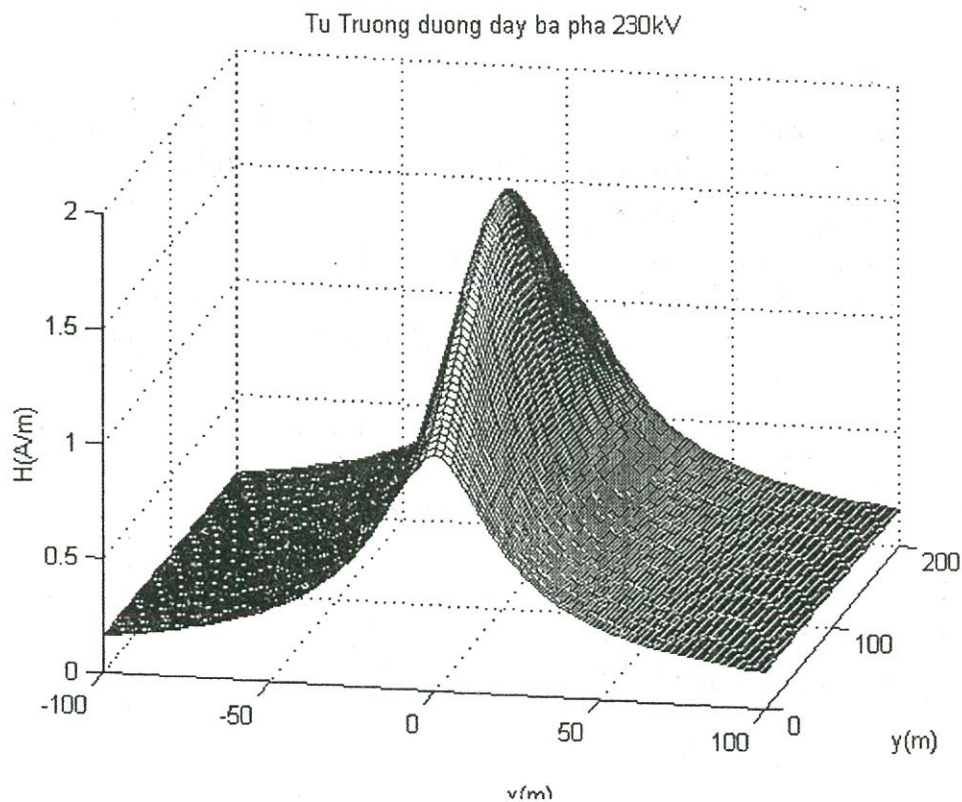
Trong đó H_{xn} và H_{zn} được tính theo pt(20) và pt(22).

III/ - KẾT QUẢ TÍNH TOÁN: Số liệu đường dây được lấy trong [11]:

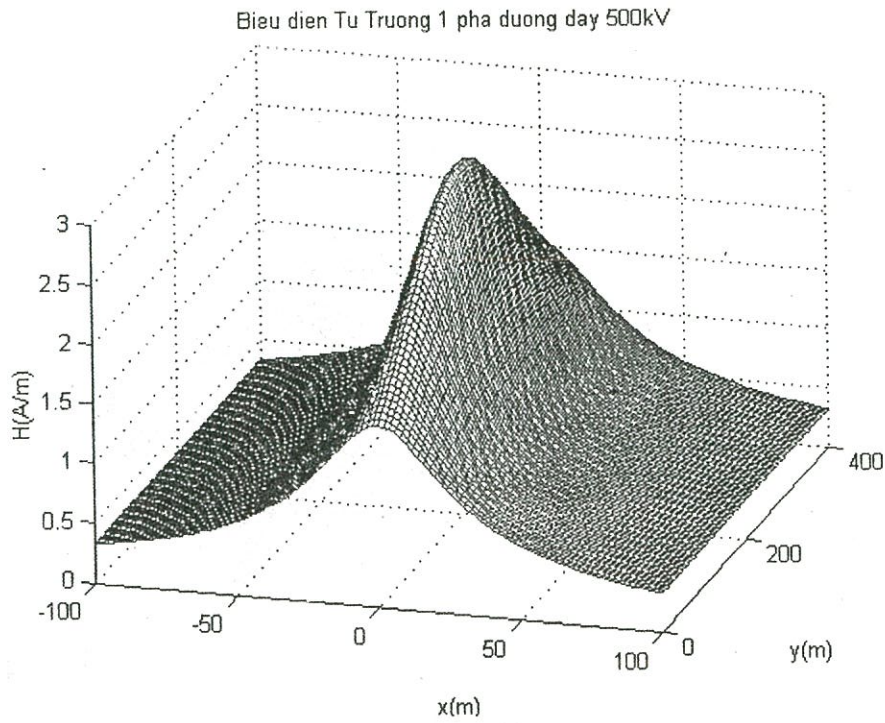
1/- Đường dây 230kV:



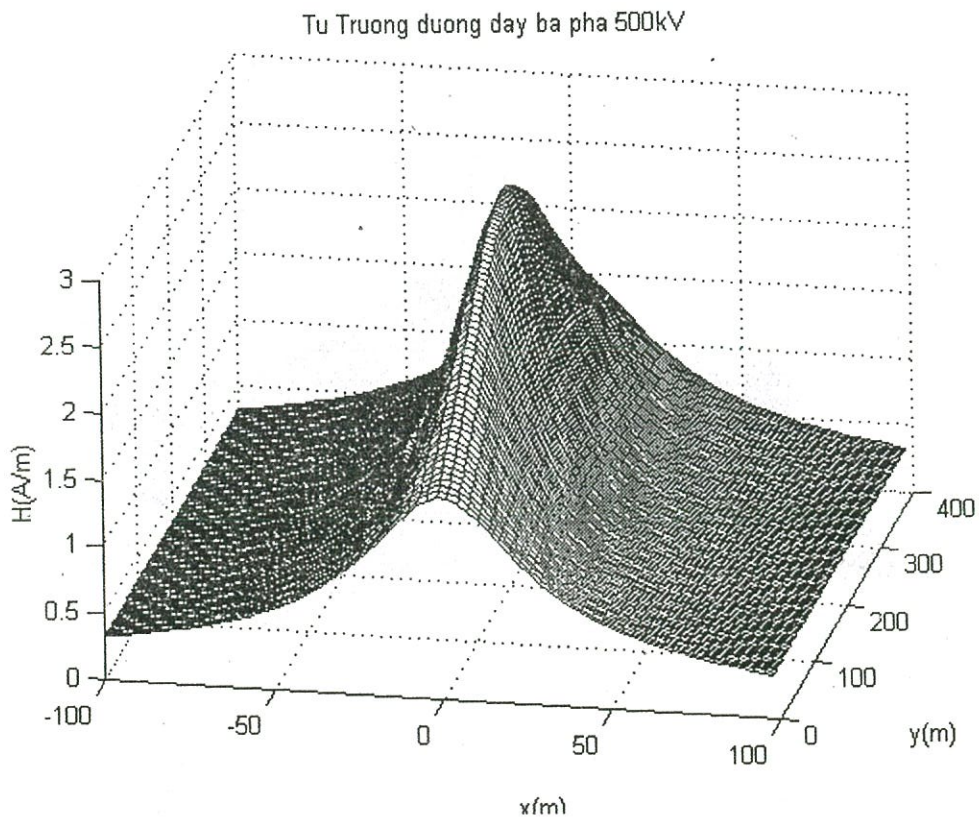
Hình 6a: Từ trường một pha của đường dây 230kV tại mặt đất (z=0)



Hình 6b: Từ trường ba pha của đường dây 230kV tại mặt đất ($z=0$)
2/- Đường dây 500kV:



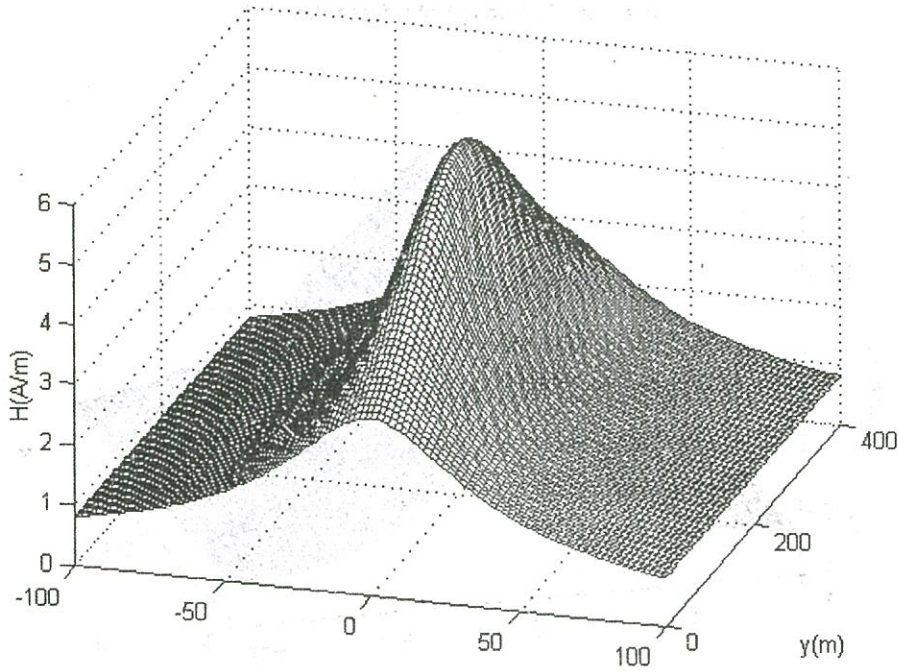
Hình 7a: Từ trường một pha của đường dây 500kV tại mặt đất ($z=0$)



Hình 7b: Từ trường ba pha của đường dây 500kV tại mặt đất ($z=0$)

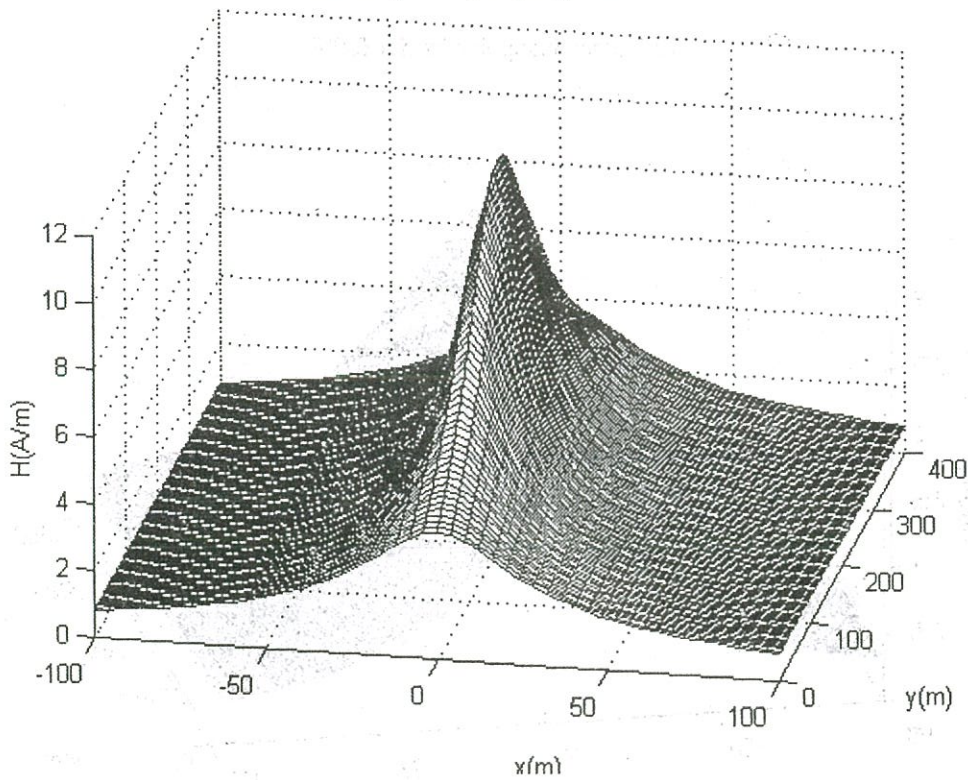
3/- Đường dây 765kV:

Bieu dien Tu Truong 1 pha duong day 765kV



Hình 8a: Từ trường một pha của đường dây 765kV tại mặt đất (z=0)

Tu Truong duong day ba pha 765kV



Hình 8b: Từ trường ba pha của đường dây 765kV tại mặt đất (z=0)

Từ các hình 6 – 7 và 8 ở trên chúng ta thấy: Từ trường tổng sẽ giảm dần về hai phía của đường dây. Trên các đồ thị thì từ khoảng cách 100m từ trường có giá trị rất bé, vùng có từ trường lớn nhất là tại ngay dưới vị trí võng nhất của đường dây (giữa khoảng vệt). Ngoài ra

chúng ta phải nhận thấy rằng các đồ thị trên đây chỉ tính ví dụ cho các điểm tại mặt đất ($z=0$), trong thực tế các đường dây điện thoại hay đường dây hạ thế thường nằm ngay bên dưới các đường dây cao thế ($z \neq 0$), nên để hiểu rằng từ trường cảm ứng của đường dây cao thế sẽ ảnh hưởng đáng kể đến các đường dây này.

IV/- BIỆN PHÁP GIẢM TỪ TRƯỜNG:

Từ các biểu thức (24) và (25)

Chúng ta khai triển công thức Taylor tại điểm x theo dạng sau:

$$f(x_k, h_{ktb}) = f(x, h) + \frac{1}{1!} \frac{\partial f(x, h)}{\partial x} \Delta x_k + \frac{1}{1!} \frac{\partial f(x, h)}{\partial h} \Delta h_k + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 f(x, h)}{\partial x^2} \Delta x_k^2 + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 f(x, h)}{\partial h^2} \Delta h_k^2 + \dots \tag{28}$$

Trong đó:

$$\Delta x_k = x_k - x \tag{29}$$

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

x_k là khoảng cách từ pha thứ k đến điểm $C(x, y, z)$ cần khảo sát.

$$\sin \theta'' = \frac{x}{\sqrt{x^2 + (h(y) + z + 2p^*)^2}}, \cos \theta' = \frac{h(y) - z}{\sqrt{x^2 + (h(y) - z)^2}} \tag{30}$$

$$\sin \theta' = \frac{x}{\sqrt{x^2 + (h(y) - z)^2}}, \cos \theta'' = \frac{h(y) + z + 2p^*}{\sqrt{x^2 + (h(y) + z + 2p^*)^2}}$$

Kết quả áp dụng công thức Taylor:

$$H_{x3\phi} = (R + S) \sum \frac{I_k}{2\pi} + \frac{1}{1!} (A + C) \sum \frac{I_k \Delta x_k}{2\pi} + \frac{1}{1!} (B + D) \sum \frac{I_k \Delta h_k}{2\pi} + \frac{1}{2!} (I + K) \sum \frac{I_k \Delta x_k^2}{2\pi} + \frac{1}{2!} (J + L) \sum \frac{I_k \Delta h_k^2}{2\pi} + \dots \tag{31}$$

$$H_{x3\phi} = \left(\frac{\cos \theta'}{R_1} + \frac{\cos \theta''}{R_2} \right) \sum \frac{I_k}{2\pi} - \left(\frac{\sin 2\theta'}{R_1^2} + \frac{\sin 2\theta''}{R_2^2} \right) \sum \frac{I_k \Delta x_k}{2\pi} - \left(\frac{\cos 2\theta'}{R_1^2} + \frac{\cos 2\theta''}{R_2^2} \right) \sum \frac{I_k \Delta h_k}{2\pi} - \left(\frac{\cos 3\theta'}{R_1^3} + \frac{\cos 3\theta''}{R_2^3} \right) \sum \frac{I_k \Delta x_k^2}{2\pi} + \left(\frac{\cos 3\theta'}{R_1^3} + \frac{\cos 3\theta''}{R_2^3} \right) \sum \frac{I_k \Delta h_k^2}{2\pi} + \dots \tag{32}$$

$$H_{y3\phi} = (T - W) \sum \frac{I_k}{2\pi} + \frac{1}{1!} (E - G) \sum \frac{I_k \Delta x_k}{2\pi} + \frac{1}{1!} (F - H) \sum \frac{I_k \Delta h_k}{2\pi} + \frac{1}{2!} (M - P) \sum \frac{I_k \Delta x_k^2}{2\pi} + \frac{1}{2!} (N - Q) \sum \frac{I_k \Delta h_k^2}{2\pi} + \dots \tag{33}$$

$$H_{y3\phi} = \left(\frac{\sin \theta'}{R_1} - \frac{\sin \theta''}{R_2} \right) \sum \frac{I_k}{2\pi} + \left(\frac{\cos 2\theta'}{R_1^2} - \frac{\cos 2\theta''}{R_2^2} \right) \sum \frac{I_k \Delta x_k}{2\pi} - \left(\frac{\sin 2\theta'}{R_1^2} - \frac{\sin 2\theta''}{R_2^2} \right) \sum \frac{I_k \Delta h_k}{2\pi} - \left(\frac{\sin 3\theta'}{R_1^3} - \frac{\sin 3\theta''}{R_2^3} \right) \sum \frac{I_k \Delta x_k^2}{2\pi} + \left(\frac{\sin 3\theta'}{R_1^3} - \frac{\sin 3\theta''}{R_2^3} \right) \sum \frac{I_k \Delta h_k^2}{2\pi} + \dots \tag{34}$$

	Các thành phần đạo hàm của từ trường do dòng điện chính		Các thành phần đạo hàm của từ trường do dòng điện ảnh	
Các thành phần đạo hàm của $H_{x3\phi}$	$A = -\frac{\sin 2\theta'}{R_1^2}$ $\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow$	$I = -\frac{2 \cos 3\theta'}{R_1^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$	$C = -\frac{\sin 2\theta''}{R_2^2}$ $\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow$	$K = -\frac{2 \cos 3\theta''}{R_2^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$
	$B = -\frac{\cos 2\theta'}{R_1^2}$ $\frac{\partial f}{\partial h} \rightarrow$	$J = \frac{2 \cos 3\theta'}{R_2^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial h^2}$	$D = -\frac{\cos 2\theta''}{R_2^2}$ $\frac{\partial f}{\partial h} \rightarrow$	$L = \frac{2 \cos 3\theta''}{R_2^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial h^2}$
Các thành phần đạo hàm của $H_{y3\phi}$	$E = \frac{\cos 2\theta'}{R_1^2}$ $\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow$	$M = -\frac{2 \sin 3\theta'}{R_1^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$	$G = \frac{\cos 2\theta''}{R_2^2}$ $\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow$	$P = -\frac{2 \sin 3\theta''}{R_2^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$
	$F = -\frac{\sin 2\theta'}{R_1^2}$ $\frac{\partial f}{\partial h} \rightarrow$	$N = \frac{2 \sin 3\theta'}{R_1^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial h^2}$	$H = -\frac{\sin 2\theta''}{R_2^2}$ $\frac{\partial f}{\partial h} \rightarrow$	$Q = \frac{2 \sin 3\theta''}{R_2^3}$ $\frac{\partial^2 f}{\partial h^2}$

Trong các biểu thức (32) và (34) khi các điều kiện sau được thỏa mãn:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_k I_k = 0 \end{array} \right. \quad (35)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_k \Delta h_k I_k = 0 \end{array} \right. \quad (36)$$

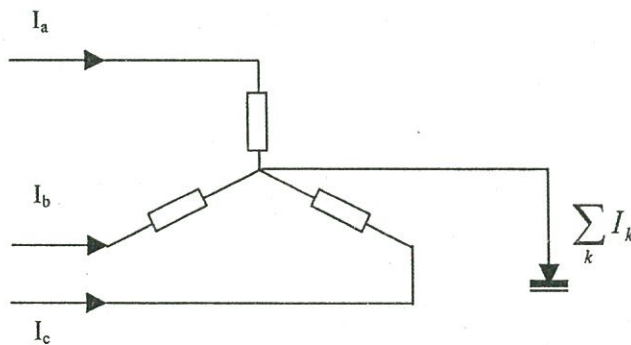
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_k \Delta x_k I_k = 0 \end{array} \right. \quad (37)$$

thì từ trường tổng hợp sẽ giảm rất nhiều.

Dựa vào biểu thức (35), (36) và (37) chúng ta có thể đưa một số ví dụ về biện pháp làm giảm từ trường như sau:

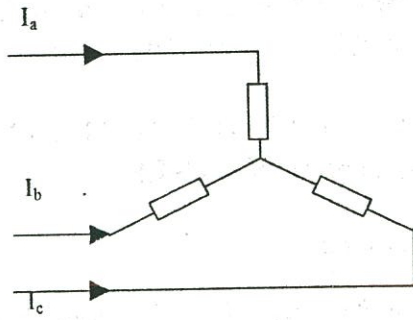
a/- Trong hệ thống điện có thể thay thế hệ thống trung tính nối đất trực tiếp (hình - 9) bằng hệ thống trung tính cách điện với đất (hình - 10a,b):

- *Trung tính trực tiếp nối đất.*

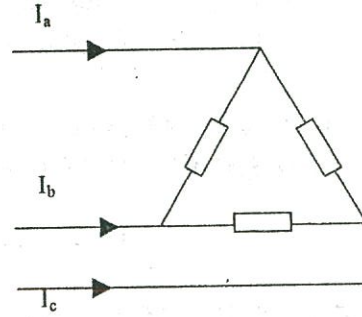


Hình 9 – ba pha đấu sao trung tính nối đất trực tiếp.

● Trung tính cách điện với đất.



Hình 9a – ba pha đấu sao hở



Hình 9b – ba pha đấu tam giác.

b/- Bố trí tải các pha đối xứng hoặc gần đối xứng, khi đó sẽ dẫn đến dòng điện tổng $\sum_k I_k$ bằng không hoặc gần bằng không.

c/- Trong các biểu thức (36) và (37), chúng ta có:

$$\sum_k \Delta x_k I_k = I_a \cdot \Delta x_a + I_b \cdot \Delta x_b + I_c \cdot \Delta x_c = 0 \quad (38)$$

$$\sum_k \Delta h_k I_k = I_a \cdot \Delta h_a + I_b \cdot \Delta h_b + I_c \cdot \Delta h_c = 0 \quad (39)$$

Như vậy trong biểu thức (38) và (39) nếu

$$\Delta x_a = \Delta x_b = \Delta x_c \quad (40a)$$

$$x_a - x = x_b - x = x_c - x \quad (40b)$$

$$\Delta h_a = \Delta h_b = \Delta h_c \quad (41a)$$

$$h_a - h = h_b - h = h_c - h \quad (41b)$$

thì
$$\Delta x_a \cdot \sum_k I_k = 0 \quad (42a)$$

$$\Delta h_a \cdot \sum_k I_k = 0 \quad (42b)$$

Như vậy từ trường tổng sẽ triệt tiêu khi thỏa mãn điều kiện như biểu thức (35). Chúng ta có thể lấy ví dụ dạng bố trí pha như: ba pha bố trí trên đỉnh của tam giác đều. Với các đường dây lộ kép (6 dây), khi đó chúng ta bố trí các pha nằm trên cùng một vòng tròn thì sẽ làm giảm được từ trường tổng của đường dây lộ kép.

VI - KẾT LUẬN:

Qua việc nghiên cứu được trình bày ở trên, bài báo đã đưa ra một phương pháp tổng quát tính toán từ trường cảm ứng của các đường dây truyền tải điện dựa trên việc xây dựng mô hình đường dây (cụ thể là điện cảm đường dây) phụ thuộc vào tần số, vào kỹ thuật phân pha, dòng phản hồi trong đất và điện dẫn phức của đất. Ngoài ra từ trường cảm ứng của đường dây cũng được tính trong một khoảng vượt, từ đó cho thấy độ võng của đường dây ảnh hưởng lớn đến giá trị từ trường cảm ứng trong một khoảng vượt. Kết quả tính toán được biểu diễn trên các đồ thị cho thấy mức độ tổng quát và chính xác của phương pháp.

Ưu điểm của phương pháp này là đã xây dựng được một dạng phương trình tổng quát nhất để tính từ trường cảm ứng của đường dây truyền tải. Nó tạo điều kiện rất thuận lợi cho những người lập trình tính toán. Vì qua phương pháp này có thể áp dụng tính được cho tất cả các cấp điện áp truyền tải, các chế độ vận hành khác nhau của điểm trung tính, các dạng bố trí dây pha trên trụ điện như: ba pha nằm ngang, ba pha bố trí tam giác và bố trí thẳng đứng.

ngoài ra có thể tính cho đường dây lộ đơn và lộ kép...Chẳng hạn từ các biểu thức (24) và (25) chúng ta có thể áp dụng vào tính cho đường dây cao áp như việc thay h_{itb} bằng h_i ; r_{idt} bằng r_i , và tính trong chế độ vận hành của hệ thống điện như trường hợp dòng ba pha cân bằng hoặc ba pha trung tính cách điện với đất khi đó bỏ qua thành phần độ thấm sâu phức p^*

THE GENERAL METHOD USED IN CALCULATION OF MAGNETIC FIELD OF POWER TRANSMISSION LINES

Hoang Viet – Vu Phan Tu

This paper presents a general method to compute magnetic field induced by super-voltage and extra-voltage transmission lines above homogeneous earth, in which the influence of bundled conductors using, return current and earth resistivity on the inductance of the line is taken into account. Results obtained with 230kV, 500kV and 765kV lines are presented by mean of diagrams.

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/- F.Castellanos, J.R. Marti – Full frequency dependent phase – domain transmission line model – IEEE Trans Power System, Vol.12, No.3, pp 1331 – 1339, (1997)
- 5/- Daming Zhang – Theoretical analysis of the electrical and magnetic field distributions in a toroidal core with circular cross section – IEEE trans on magnetic Vol 35; No 3, pp. 1924- 1931 - (1999)
- 6/- VÕ VIẾT ĐẠM – Một số vấn đề kỹ thuật điện cao áp ở siêu cao áp và cực cao áp – ĐHBK Hà Nội – 1993.
- 7/- HOÀNG VIỆT & VŨ PHAN TÚ – Phân tích hai phương pháp đo điện trở suất đất hai lớp ở dạng hàm phức – Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ– Vol.3; pp 22 – 30; (4-2000)
- 8/- P. Petterson – propagation of waves on a wire above a lossy ground different formulations with approximations – IEEE Trans on Power Delivery, Vol.14, No.3, pp 1173 – 1180, (1999)
- 9/- M.A. Abd Allah – effects of electrical soil properties on electrical fields around EVH transmission lines. – IEEE (2000).
- 10/- C.M Portela – Quasi modes frequency dependent three phase transmission line model analysing the earth conductivity influence to electromagnetic transient phenomena – IEEE (2000).
- 11/- ABDUL M. MOUSA – The lightning performance of unshielded steel – structure transmission lines - IEEE Trans on Power Delivery – Vol.4, No.1, pp 437 – 445, (1989).