

CÁC PHƯƠNG PHÁP SỐ TÍNH TOÁN QUÁ ĐIỆN ÁP ĐÓNG CẮT TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Nguyễn Quân – Lê Minh Cường

Trường Đại học Kỹ thuật

(Bài nhận ngày 01/07/1999)

TÓM TẮT: Có rất nhiều phương pháp số để tính gần đúng quá điện áp trong hệ thống điện. Các phương pháp này đều có ưu và khuyết điểm riêng và việc lựa chọn chúng là tùy thuộc vào mô hình sử dụng của các phần tử, đối tượng nghiên cứu, độ chính xác cần thiết và công cụ tính. Trong bài viết này điếm qua vài phương pháp số cơ bản dùng để nghiên cứu quá điện áp đóng cắt trong hệ thống điện và một số ví dụ minh họa.

1. Phương pháp sóng chạy :

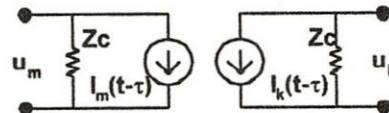
1.1 Giới thiệu : là phương pháp đầu tiên áp dụng thuật toán lặp vào giải hệ phương trình đường dây. Phương pháp này dựa trên giả thiết đường dây không tổn hao (chỉ đặc trưng bởi các thông số phân bố là L và C). Chính từ giả thiết này, ta có thể dẫn tới nhận xét : sóng tại một điểm k chính là sóng tại điểm m, cách k một đoạn λ , nhưng bị trễ đi một khoảng thời gian là $\tau = \frac{\lambda}{v}$, với v là tốc độ lan truyền của sóng.

1.2 Nội dung : Từ quan điểm trên , người ta có thể dùng một sơ đồ như hình 1 để thay thế cho toàn bộ đường dây giữa hai nút m và k. Trong đó Z_c : trở kháng sóng của đường dây và các nguồn dòng thêm vào được xác định theo :

$$I_k(t-\tau) = -\left[\frac{1}{Z_c} u_m(t-\tau) + i_{mk}(t-\tau)\right]$$

$$I_m(t-\tau) = -\left[\frac{1}{Z_c} u_k(t-\tau) + i_{km}(t-\tau)\right]$$

($i_{mk}(t)$: dòng hướng từ nút m đến nút k)



Hình 1

Đối với các phần tử khác thì dựa vào quan hệ áp dòng của nó để xây dựng phương trình lặp tương ứng. Ta xét một số phần tử điển hình sau:

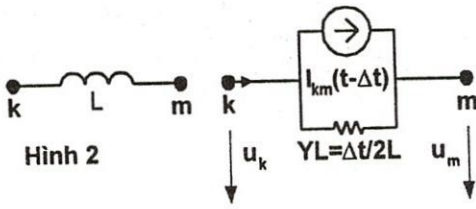
* Cuộn dây : nối giữa hai nút k và m , dòng qua nó được xác định theo :

$$\frac{di_{km}}{dt} = \frac{1}{L} (u_k - u_m)$$

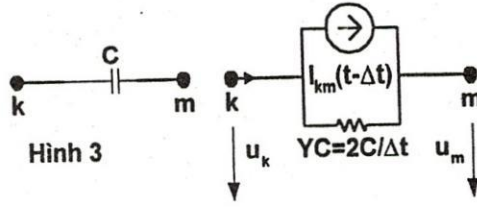
Áp dụng công thức hình thang , ta xây dựng được phương trình lặp :

$$i_{km}(t) = \frac{\Delta t}{2L} [u_k(t) - u_m(t)] + i_{km}(t - \Delta t)$$

Sơ đồ tương đương cho phần tử cuộn dây theo phương pháp này như trên hình 2.



Hình 2



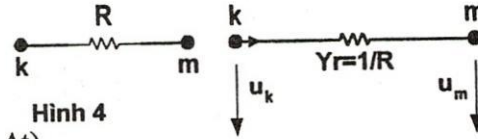
Hình 3

* Tự điện : nối giữa hai nút k và m , điện áp trên nó được xác định theo :

$$u_k - u_m = \frac{1}{C} \int_{t-\Delta t}^t i_{km} d\Omega + u_k(t-\Delta t) - u_m(t-\Delta t)$$

Áp dụng công thức hình thang , ta xây dựng được phương trình lập :

$$i_{km}(t) = \frac{2C}{\Delta t} [u_k(t) - u_m(t)] + i_{km}(t-\Delta t)$$



Hình 4

Sơ đồ tương đương cho phần tử tự điện theo phương pháp này như trên hình 3.

* Điện trở : nối giữa hai nút k và m thì có thể thay bằng sơ đồ tương đương như trên hình 4.

Khi đó , mạch điện thay thế toàn bộ hệ thống đường dây đã cho , có thể được xác định điện thế tại các nút theo ma trận thế nút:

$$Y u = i - I$$

Trong đó : Y = ma trận tổng dẫn nút ; u = ma trận thế các nút ; i = vecto nguồn dòng đổ vào nút ; I = vecto nguồn dòng tại bước tính trước .

2. Phương pháp dựa trên biến đổi Fourier :

2.1 Giới thiệu : là phương pháp chuyển đổi tượng khảo sát sang miền tần số , sử dụng biến đổi Fourier với định nghĩa :

$$U(x, \omega) = F\{u(x, t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} u(x, t) e^{-j\omega t} dt$$

$$I(x, \omega) = F\{i(x, t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} i(x, t) e^{-j\omega t} dt$$

2.2 Nội dung :

Thông qua biến đổi Fourier , các tín hiệu u(x,t) , i(x,t) trên đường dây và u(t) , i(t) tại các biên sẽ được chuyển sang miền tần số . Quan hệ áp dòng trên đường dây khi đó sẽ tuân theo :

$$\begin{cases} U(x, \omega) = A e^{-\gamma x} + B e^{\gamma x} \\ I(x, \omega) = \frac{1}{Z_c} [A e^{-\gamma x} - B e^{\gamma x}] \end{cases} \text{ với } \begin{cases} Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \\ \gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \end{cases}$$

Các hệ số A , B được tìm từ các điều kiện biên. Trong khi đó , quan hệ tại các biên trong miền tần số cũng có dạng :

$$\begin{cases} U1(\omega) = Z_s(\omega) I1(\omega) + E1(\omega) \\ U2(\omega) = Z_L(\omega) I2(\omega) + E2(\omega) \end{cases}$$

Trong đó : $U_1(\omega), U_2(\omega), I_1(\omega), I_2(\omega)$: áp , dòng tại đầu và cuối đường dây.
 $E_1(\omega), E_2(\omega), Z_S(\omega), Z_L(\omega)$: sức điện động và tổng trở tương đương phía đầu và cuối đường dây .

Việc giải tích ở đây tuân theo các phương pháp giải mạch xác lập , và tín hiệu ở miền thời gian sẽ được xác định từ ảnh Fourier thông qua phép biến đổi ngược.

Một số lưu ý khi giải theo phương pháp này:

+ Rút gọn : do trong phổ tần số , $F(-\omega) = F(\omega)$ nên ta có :

$$f(t) = \frac{1}{\pi} \operatorname{Re} \left[\int_0^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega \right]$$

+ Hiện tượng dao động Gibbs: Khi thực hiện việc tính toán $f(t)$, bao giờ người ta cũng thực hiện việc cắt bớt khoảng lấy tích phân $[0, \Omega]$, và khi $\Omega \rightarrow \infty$, kết quả sẽ tiến về nghiệm chính xác. Tuy nhiên , sự thay thế một hệ thống liên tục bằng hệ rời rạc ở đây sẽ làm phát sinh hiện tượng dao động của nghiệm khi dùng phương pháp này. Để khử hiện

tượng này , người ta thay thế hàm $F(\omega)$ bằng $F_1(\omega) = F(\omega) \frac{\sin \omega T/2}{\omega T/2}$.

+ Biến đổi của biến đổi Fourier: trong việc lấy tích phân số cho các bài toán đường dây , khi tiến về các cận , có khi các giá trị cực đại sẽ xuất hiện bên trong các bước chia tích phân, do đó cần phải chia nhỏ lại ở các bước này. Người ta thường dùng một hệ số a với $at=1$ để làm mềm đi việc tính toán tích phân số. Cuối cùng , hàm thời gian sẽ được xác định theo :

$$f(t) = \frac{e^{at}}{\pi} \int_0^{\Omega} [P(a, \omega) \cos(\omega t) - Q(a, \omega) \sin(\omega t)] \frac{\sin(\pi\omega/\Omega)}{\pi\omega/\Omega} d\omega$$

Với : $P(a, \omega) = \operatorname{Re}(F(a+j\omega))$; $Q(a, \omega) = \operatorname{Im}(F(a+j\omega))$.

3. Phương pháp sai phân hữu hạn :

3.1 : Giả thiết : xem áp và dòng trên đường dây thỏa phương trình điện báo , với các ma trận thông số rải R, L, C, G , và quan hệ áp dòng tại hai đầu đường dây được cho dưới dạng hệ phương trình vi tích phân.

3.2 : Nội dung: Chiều dài đường dây là L và miền thời gian khảo sát $[0, t_{\max}]$ thuận lợi để xây dựng một lưới sai phân U_h, n với bước khoảng cách là $\Delta x = L/M$ và bước thời gian $\Delta t = t_{\max}/N$. Điện áp và dòng tại một điểm $h\Delta x$ và thời điểm $n\Delta t$ là :

$$\begin{cases} \mathbf{u}_h^n = u(h\Delta x, n\Delta t); h = 1 \rightarrow M \\ \mathbf{i}_h^n = i(h\Delta x, n\Delta t); n = 1 \rightarrow N \end{cases}$$

Chuyển hệ phương trình đường dây về một biến dòng hoặc áp (để nghiệm hội tụ) ta được một phương trình vi phân riêng phần như sau :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{R}{L} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{LC} \frac{\partial^2 u}{\partial X^2}$$

Sai phân phương trình này theo phương pháp sai phân trung tâm ta có :

$$\frac{(u_h^{n+1} - 2u_h^n + u_h^{n-1}))}{\Delta t^2} + \frac{R}{2L} \frac{(u_h^{n+1} - u_h^{n-1}))}{\Delta t} = \frac{1}{LC} \frac{(u_{h+1}^n - 2u_h^n + u_{h-1}^n)}{\Delta x^2}$$

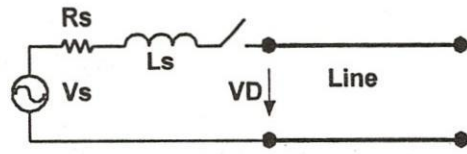
Để giải một phương trình sai phân như trên cần phải có :

+ Điều kiện biên : cho hai vị trí khoảng cách , thường ở hai đầu đường dây.

+ Điều kiện đầu : ví xuất phát là phương trình vi phân cấp hai nên phải có hai điều kiện đầu , tại $t = 0$ và $t = \Delta t$.

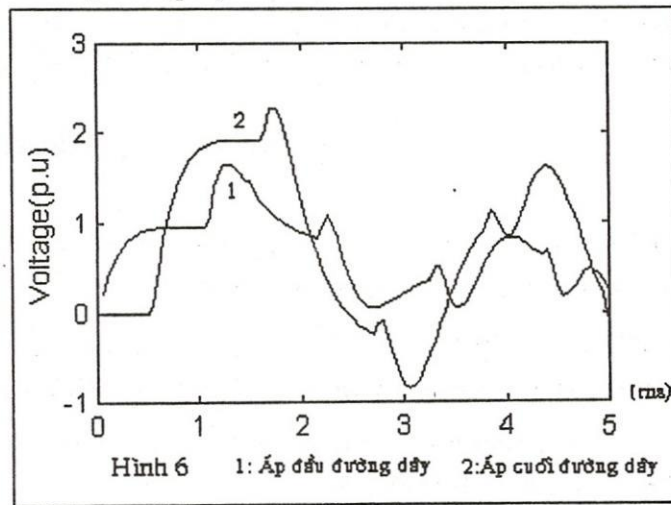
4. Ví dụ áp dụng :

Để minh họa cho các phương pháp nêu trên ta sử dụng một ví dụ đóng điện đường dây 400 kV như trên hình 5 . Điện áp $V_s = V \sin(\omega t + \phi)$ với góc pha lúc đóng $\phi = \pi/2$, $V = 1$ (p.u)



Hình 5 :Sơ đồ đường dây ví dụ

Các thông số đường dây và nguồn cho như sau : $R = 0.032$ [Ω /mile]; $L = 1.42$ [mH/mile] ; $C = 2.09 \cdot 10^{-8}$ [F/mile] ; $L = 100$ [mile] , $R_s = 0.384$ [Ω] ; $L_s = 48.8$ [mH]. Đường dây là hở mạch cuối. Kết quả xác định điện áp tại đầu và cuối đường dây cho trên hai hình :



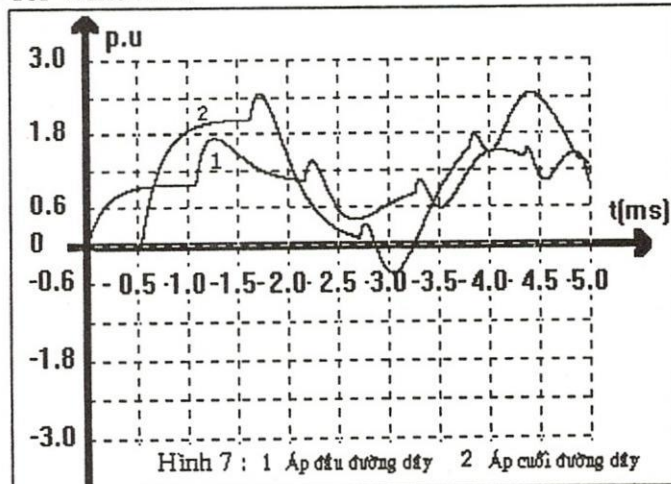
Hình 6 1: Áp đầu đường dây 2:Áp cuối đường dây

+ Hình 6 : Phương pháp Fourier lập trình trên MATLAB.

+ Hình 7 : Phương pháp sai phân hữu hạn lập trình trên C++ for Windows.

5. Nhận xét các phương pháp :

+ Phương pháp sóng chạy : có ưu điểm về thời gian tính . Tuy nhiên nó áp dụng mô hình đường dây không tổn hao . Có phương án đưa ra là chia đường dây thành các đoạn và thêm vào các điện trở đặc trưng cho tổn hao. Cách làm này sẽ dẫn đến sự phức tạp rất lớn cho mô hình nhận được .



Hình 7 : 1 Áp đầu đường dây 2 Áp cuối đường dây

+ Phương pháp biến đổi Fourier : cách lập trình đơn giản, thừa hưởng các phương pháp giải tích xác lập . Điểm bất lợi là việc tính toán các tích phân số . Điểm nổi bật của nó là khảo sát được các hệ thống có thông số thay đổi theo tần số.

+ Phương pháp sai phân hữu hạn : linh động trong việc quyết định sai số , có thể khảo sát các hệ thống chứa phần tử phi tuyến. Tuy nhiên không sử dụng được nếu muốn khảo sát ảnh hưởng của tần số.

Với vài nhận xét trên đây, sẽ cho thấy việc sử dụng phương pháp nào là hoàn toàn tùy thuộc vào đối tượng và mục đích nghiên cứu. Tuy nhiên , thiết nghĩ hai phương pháp biến đổi Fourier và sai phân hữu hạn là hữu hiệu hơn cả.

THE DIGITAL SOLUTIONS TO ANALYSIS SWITCHING TRANSIENT IN POWER SYSTEMS

Nguyen Quan – Le Minh Cuong

ABSTRACT: There are several different digital methods of electromagnetic transient analysis in power systems. The applications from them are dependent on model of elements, research areas, accuracy and computation tools. The paper first introduces some typical methods to calculate switching overvoltage , and then shows some results obtained when using them on an example.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.J. Battivson , S. J. Day, Prof. N. Mullineux, K. C. Parton “ Calculation of switching phenomena in power systems” , Proc IEEE, Vol 114, No.4, April 1967.
- [2] E.M. Stafford , D.J. Evans , N.G. Hingorani “Calculation of travelling waves on transmission systems by finite differences” , Proc IEE, Vol.112, No.5, May 1965.
- [3] J.C. Sabonnadiere , Ph. Auriol “Surtensions de manoeuvre dans les réseaux HT et THT”, R.G.E – Tome82-No. 11- Novembre 1973.