

# PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN GIẢI TÍCH CÁC THÔNG SỐ CỦA XUNG ĐIỆN ÁP SÉT

Hồ Văn Nhật Chương  
Trường Đại Học Kỹ Thuật  
(*Bài nhận ngày 20/08/1998*)

**TÓM TẮT:** Cho đến nay, để xác định các thông số của xung điện áp sét người ta vẫn sử dụng phương pháp đồ thị. Phương pháp này có nhược điểm là sai số tồn tại lớn và không thuận tiện trong việc tính toán trên máy tính. Bài báo đã nghiên cứu và xây dựng một phương pháp giải tích để tính toán các thông số của sóng xung điện áp sét nhằm khắc phục các khuyết điểm của phương pháp vừa nêu.

## 1. MỞ ĐẦU

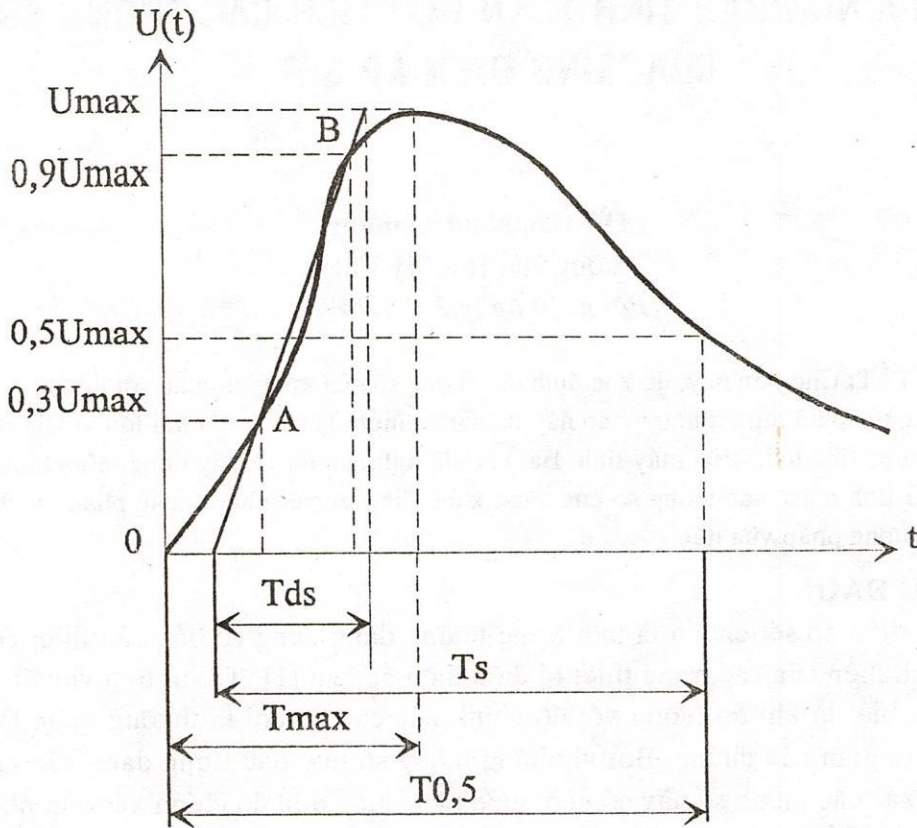
Xung điện áp sét chuẩn là một trong những dạng xung cơ bản cần thiết cho việc thử nghiệm cách điện của các trang thiết bị điện áp cao [1]. Trong lĩnh vực đo lường điện áp cao, đặc biệt là khi đo lường với độ chính xác cao, người ta thường quan tâm đến các thông số thời gian của chúng. Bởi vì những thông số này đặc trưng dạng của xung và xác định chính xác các thông số này có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của phép đo dạng xung trên [2]. Biểu thức toán học của dạng xung điện áp sét đã được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực kỹ thuật điện áp cao và có dạng [3]:

$$u(t) = U \left( e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right) \quad (1)$$

Ở đây:  $U$  - hằng số có thứ nguyên là điện áp;

$\tau_1, \tau_2$  - hằng số thời gian, với  $\tau_1 > \tau_2$ .

Các hằng số thời gian  $\tau_1, \tau_2$  có liên quan đến các thông số của xung điện áp sét  $T_{ns}$  (thời gian đầu sóng),  $T_s$  (thời gian sóng). Giá trị định mức của các thông số này, theo [1], là  $T_{ns} = 1.2\mu s$  và  $T_s = 50\mu s$ . Dạng và các thông số của xung điện áp sét chuẩn được vẽ như trong hình H1.



**Hình H.1. Dạng và thông số của xung điện áp sét.**

Tuy nhiên, những giá trị định mức của các thông số của xung điện áp sét chuẩn theo [1] thì không những chỉ các giá trị đã nêu trên mà còn là một khoảng giá trị  $T_{ns} = 1.2 \pm 30 \mu s$ ,  $T_s = 50 \pm 10 \mu s$ .

Do đó, cần thiết phải nghiên cứu quan hệ giữa các thông số của xung điện áp sét chuẩn trong khoảng thay đổi của các thông số đó. Các quan hệ này đã được nghiên cứu và mô tả bằng một quan hệ đồ thị [3], [4] hoặc bằng một biểu thức giải tích cho quan hệ giữa các thông số của sóng xung điện áp thao tác không chu kỳ chuẩn [5]. Khi quan hệ giữa các thông số thời gian của xung được xác lập, thì với  $T_{ns}$ ,  $T_s$  đã biết có thể dễ dàng xác định được  $\tau_1, \tau_2$ .

**1. Xác định quan hệ giữa các thông số của xung điện áp sét chuẩn.**

Nghiên cứu biểu thức (1) dưới dạng cực trị, ta nhận được:

$$T_{max} = \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_1 - \tau_2} \ln \frac{\tau_1}{\tau_2}$$

(2)

Thay thế giá trị  $t = T_{max}$  vào phương trình (1) và sau khi biến đổi, tương tự với [3] và [6], tìm được phương trình sau đây:

$$x^{\frac{x}{1-x}} \left[ x^{\frac{Mx}{1-x}} - \alpha \right] - x^{\frac{1}{1-x}} \left[ x^{\frac{M}{1-x}} - \alpha \right] = 0 \tag{3}$$

Trong đó:  $x = \frac{\tau_2}{\tau_1}$  với  $0 < x < 1$ ;  $M = k - 1 = \frac{T_{0.5}}{T_{max}} - 1$  với  $k > 1$  và  $\alpha = 0.5$  khi  $t = T_{0.5}$ . Dĩ nhiên, phương trình (3) có thể sử dụng trong phạm vi rộng hơn với  $0 < \alpha < 1$ .

Từ hình vẽ H1 có thể xác định được các quan hệ giữa các tham số của xung điện áp sét như sau:

$$t_1 = \frac{3t_A - t_B}{2}; \quad t_2 = \frac{7t_B - t_A}{6}; \tag{4}$$

$$T_{ns} = \frac{5(t_B - t_A)}{3}; \quad T_s = T_{0.5} - t_1. \tag{5}$$

Trong đó  $t_A$  và  $t_B$  là hoành độ của điểm A và B (xem hình H.1) và là nghiệm duy nhất trong khoảng  $0 < t < T_{max}$  của các phương trình siêu việt sau đây:

$$0,3 \left( e^{-\frac{T_{max}}{\tau_1}} - e^{-\frac{T_{max}}{\tau_2}} \right) = e^{-\frac{t_A}{\tau_1}} - e^{-\frac{t_A}{\tau_2}}, \tag{6}$$

$$0,9 \left( e^{-\frac{T_{max}}{\tau_1}} - e^{-\frac{T_{max}}{\tau_2}} \right) = e^{-\frac{t_B}{\tau_1}} - e^{-\frac{t_B}{\tau_2}}. \tag{7}$$

Với các quan hệ (4), (5), (6) và (7), nhận thấy rằng: có thể tìm một quan hệ giữa các thông số  $T_{ns}$  và  $T_s$  của xung điện áp sét theo  $T_{max}$  và  $T_{0.5}$ . Hay là: nếu đặt  $M_0 = \frac{T_s}{T_{ns}} - 1$  thì có thể xây dựng một quan hệ toán học giữa  $M$  và  $M_0$ :  $M = f(M_0)$ .

Nghiên cứu phương trình siêu việt (3) trong khoảng thay đổi của  $M_0$  tạo bởi các giá trị  $T_{ns}$ ,  $T_s$  đã nói ở trên cho thấy rằng: phương trình (3) có nghiệm duy nhất – nghiệm  $x$ .

Lập chương trình và sử dụng máy tính, đã tính được các giá trị của nghiệm  $x$  đối với các phương án của các cặp thông số  $T_{ns} = 0.84; 0.90; 0.96; 1.02; 1.08; 1.14; 1.20; 1.26; 1.32; 1.38; 1.44; 1.5; 1.56 \mu s$  và  $T_s = 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 54; 56; 68; 60 \mu s$  (tất cả 143 phương án) với sai số của  $x$  không vượt quá 0.000001%.

Trong bảng số liệu B.1, chỉ nêu lên một số thông số tiêu biểu:

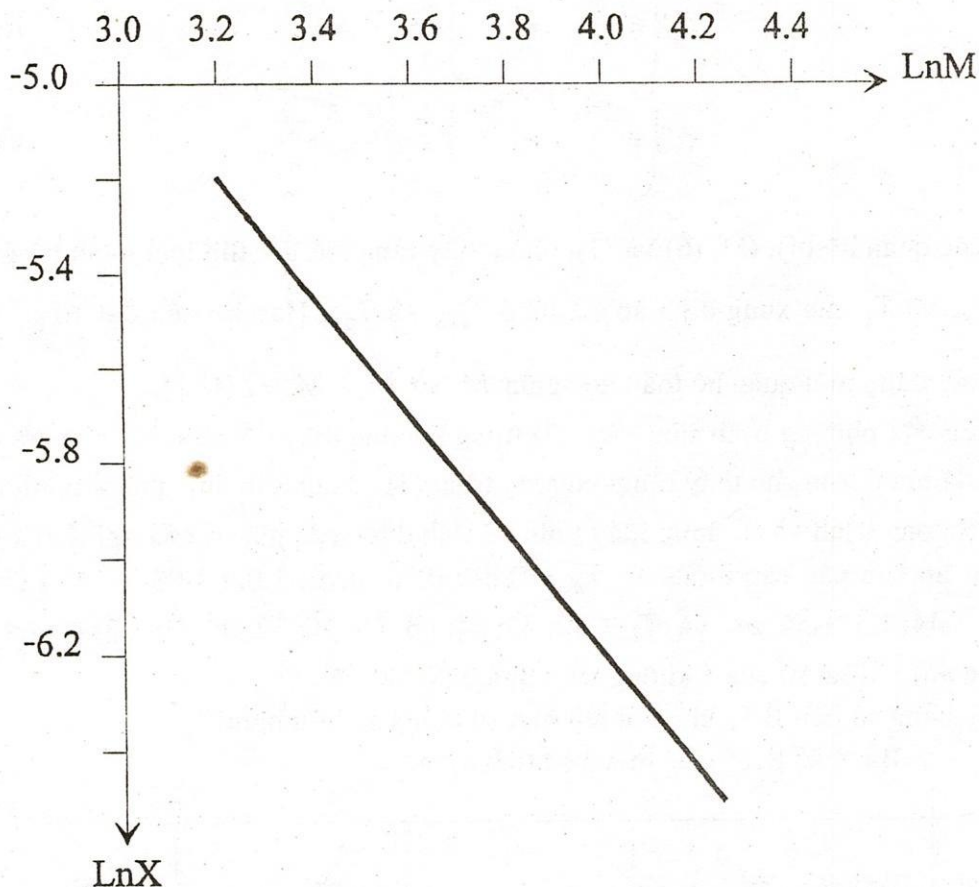
Bảng số B.1: Các thông số tính toán.

$T_s (\mu s)$	$T_{ns} (\mu s)$	$M_0$	$x$	$\tau_1 (\mu s)$	$\tau_2 (\mu s)$
40,00	1,56	24,6410	0,0103137883	52,927402	0,545882
			0,0051138666		

40,00	0,84	46,6190		54,880786	0,280653
50,00	1.20	40,6667	0,0059333658	68,235538	0,404866
60,00	1,56	37,4615	0,0064905907	81,616214	0,529737
60,00	0,84	70,4286	0,0032821107	83,722619	0,274786

Các quan hệ giữa  $x$  theo  $M$ ,  $M$  theo  $M_0$  và  $T_{0.5}$  theo  $T_s$  được xây dựng dựa trên các nghiệm  $x$  của phương trình (3) và quan hệ của  $x$  theo  $M$  được vẽ trên hình H.2 (được đặc trưng trong tỷ lệ logarit). Việc xây dựng các biểu thức toán học gần đúng  $\ln x = f_1(\ln M)$ ;  $\ln M = f_2(\ln M_0)$  và  $T_{0.5} = f_3(T_s)$  cho phép thực hiện một phép tính bằng phương pháp giải tích các thông số của xung điện áp sét chuẩn đối với bất kỳ các cặp thông số  $T_{ns}, T_s$  trong khoảng cho phép của [1].

Hình H.2: Quan hệ của  $\ln x$  theo  $\ln M$



Ưu điểm của phương pháp tính các thông số của xung điện áp sét bằng giải tích như thế so với [3] và [4] là độ chính xác cao hơn. Mặt khác, đối với phương pháp đề xuất, đặc

trung các quan hệ giữa các thông số xung điện áp sét chuẩn chỉ thông qua một biến  $x(M_0)$ , chứ không phải hai phiếm hàm như trong [3] và [4] đã thực hiện.

Để xây dựng các biểu thức toán học gần đúng  $\ln x = f_1(\ln M)$ ,  $\ln M = f_2(\ln M_0)$  đã sử dụng đa thức bậc hai và  $T_{0.5} = f_3(T_s)$  - đa thức bậc nhất. Các hệ số của các đa thức này được xác định dựa trên các điểm "nền" (mà các đa thức sẽ đi qua) như thế nào đó để sai số cực đại của các thông số  $x$ ,  $M$ ,  $T_{0.5}$  trong khoảng thay đổi của  $M_0$ :

$$24\frac{25}{39} \leq M_0 \leq 70\frac{3}{7} \quad (8)$$

là bé nhất và được tính theo giá trị tuyệt đối.

Cuối cùng, nhận được các đa thức  $\ln x = f_1(\ln M)$ ,  $\ln M = f_2(\ln M_0)$  và  $T_{0.5} = f_3(T_s)$  với sai số của  $x$  trong khoảng (8) không vượt quá  $\pm 0.06\%$ :

$$\ln x = 0.0276046749n^2 M - 1.4144635954n M - 0.972337818; \quad (9)$$

$$\ln M = -0.0023390009n^2 M_0 + 0.8962680238n M_0 - 0.160539485; \quad (10)$$

$$T_{0.5} = T_s - 41x + 0,02.$$

(11)

Từ (9), (10) và (11) đã tính toán lại sai số của  $M$ ,  $T_{0.5}$ ,  $\tau_1$  và  $\tau_2$ . Sai số cực đại của các tham số này không vượt quá lần lượt là:  $\pm 0.04\%$ ;  $\pm 0.1\%$ ;  $\pm 0.05\%$  và  $\pm 0,01\%$ .

Với sai số tính toán như trên, phải thừa nhận rằng việc sử dụng các biểu thức toán học để tính toán các thông số xung điện áp sét là một điều thuận tiện và có thể áp dụng để tính toán và nghiên cứu.

Sử dụng các giá trị của các thông số đã tính ở trên để tìm các phiếm hàm của [3] và [4]. Nhận thấy rằng các kết quả hoàn toàn trùng khớp nhau.

## 2. KẾT LUẬN:

a). Quan hệ giữa các thông số của xung quá điện áp sét có thể nhận được bằng một biểu thức toán học gần đúng với sai số cho phép, chứ không phải là hai phiếm hàm như đã được chấp nhận để tính toán ở trong tài liệu;

b). Với quan hệ giải tích giữa các thông số của xung điện áp sét chuẩn nhận được dẫn đến một phương pháp tính các thông số của nó bằng phương pháp giải tích khi tính toán các bài toán thực tế và nghiên cứu về độ chính xác của phép đo xung này.

## 3. Phương pháp tính các thông số của xung điện áp sét chuẩn.

Như vậy, để tính toán các thông số của xung điện áp sét chuẩn có thể thực hiện theo các bước sau:

a). Bước 1: Cho các thông số  $T_{ns}$ ,  $T_s$ ;

b). Bước 2: Tính các giá trị  $M_0$ ,  $\ln M$ ,  $M$  bằng các công thức sau:

$$M_0 = \frac{T_s}{T_{ns}} - 1,$$

$$\ln M = -0.0023390009 \ln^2 M_0 + 0.8962680238 \ln M_0 - 0.1605394854 ;$$

$$\text{và } M = e^{\ln M} .$$

c). **Bước 3:** Tính giá trị của nghiệm  $x$  :

$$\ln x = 0.0276046749 \ln^2 M - 1.4144635954 \ln M - 0.9723378186;$$

$$\text{và } x = e^{\ln x} .$$

d). **Bước 4:** Tính các giá trị  $\tau_1, \tau_2$ :

$$T_{0.5} = T_s - 41x + 0.02;$$

$$T_{\max} = \frac{T_{0.5}}{M + 1};$$

$$\tau_2 = T_{\max} (1 - x) / (-\ln x);$$

$$\tau_1 = \frac{\tau_2}{x} .$$

#### AN ANALYTICAL CALCULATING METHOD FOR THE PARAMETERS OF LIGHTNING VOLTAGE IMPULSE

Ho Van Nhat Chuong

**ABSTRACT:** At present, the graphic method is usually applied to determine the parameters of standard lightning voltage impulse. However, the defect of this method is large error and disadvantageous for making calculations on computer. The paper studied and built the analytical calculating method for the parameters of standard lightning voltage impulse to overcome defect of method which was just said.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Standard GOST 1516.2-76.
- [2]. Brzhezitsky V.A. Frequency characteristics method research. Proc. 8-th Intern. Symp. On high voltage eng., Rep. 53 g., Yokohama. (1993).
- [3]. Manfred Beyer, Wonfram Boeck, Klaus Moller, Waltz Zaengl. Hochspannungs-technik Theoretische und Praktische Grundlagen. Springer-Verlag, 555p., (1986).
- [4]. M. Aguet, M. Ianoz. Haute Tension. Presses Polytechniques Romandes, 425p., (1987).
- [5]. Brzhezitsky V.A., Ho Van Nhat Chuong. To the calculation of commutative voltage impulse parameters. Technical Electrodynamics. N<sup>o</sup> 1, pp. 29-30, (1996).
- [6]. Nguyen Quan, Ho Van Nhat Chuong. Applicable condition of analytical expression for nonperiodic switching voltage impulse. Science and Technology Development. Vol. 1.- No 4, pp. 13-16, (1998).