



BÀI GIẢNG KỸ THUẬT ĐIỆN CAO ÁP

CHƯƠNG 4 : TRUYỀN SÓNG QUÁ ĐIỆN ÁP TRÊN CÁC ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN

- 4.1. Khái niệm
- 4.2. Truyền sóng trong hệ thống nhiều dây dẫn
- 4.3. Phản xạ và khúc xạ của sóng
- 4.4. Truyền sóng trong mạch dao động
- 4.5. Xác định điện áp tại điểm nút bằng phương pháp đồ thị. Nguyên tắc sóng đứng trị.
- 4.6. ảnh hưởng của vầng quang xung kích đối với truyền sóng



◆ *Sóng quá điện áp trên các đường dây tải điện*

✓ Quá điện áp khí quyển do sét gây nên tác dụng lên cách điện của cả của đường dây và trạm biến áp.
Sóng quá điện áp lan truyền dọc theo đường dây xuất hiện do

- sét đánh thẳng vào đường dây
- sét đánh xuống mặt đất gần đường dây gây

✓ Các biện pháp bảo vệ chống sét cho hệ thống điện phải dựa trên tính toán quá trình truyền sóng trên đường dây

◆ *Lan truyền sóng quá điện áp thao tác*

- ✓ Sóng quá điện áp nội bộ xuất hiện khi chúng ta đóng cắt mạch điện (ví dụ như khi ta đóng đột ngột giữa hai dây dẫn mà trước đó không cùng thế)
- ✓ Sóng không sin lan truyền theo đường dây, khúc xạ, phản xạ từ nơi nối hai đường dây không cùng tổng trở, nhiều đường dây cùng nối với thanh cái, từ cuối đường dây hở mạch

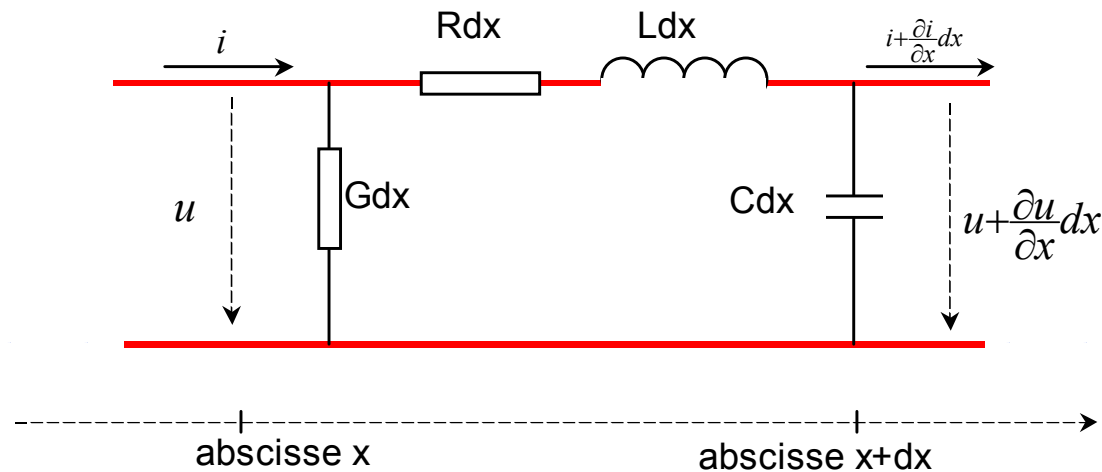
◆ *Lan truyền sóng quá điện áp khí quyển*

✓ Sóng quá điện áp khí quyển sẽ lan truyền từ điểm sét đánh, các sóng này sẽ khúc xạ, phản xạ và suy yếu dần giống như sóng quá điện áp nội bộ nhưng đầu sóng rất dốc khoảng $1\mu s$



MÔ HÌNH ĐƯỜNG DÂY CHẾ ĐỘ BA PHA ĐỐI XỨNG

- ✓ Các đường dây tải điện cao áp là hệ thống tham số phân bố, các đại lượng vật lý như điện trở, điện cảm và điện dung phân bố dọc theo chiều dài đường dây chứ không tập trung tại một điểm



- ✓ điện áp xuất hiện trên đường dây xác định bằng cách giải hệ phương trình vi phân

$$\begin{cases} -\frac{\partial u(x)}{\partial x} = Ri(x) + L \frac{\partial i(x)}{\partial t} \\ -\frac{\partial i(x)}{\partial x} = Gu(x) + C \frac{\partial u(x)}{\partial t} \end{cases}$$

- ✓ Giải hệ phương trình vi phân ở dạng tổng quát với cả bốn tham số sẽ rất phức tạp, và không cần thiết



- ◆ *Do đó sẽ đề xuất một số giả thiết nhằm đơn giản hoá.*
- ◆ *Xét quá trình truyền sóng quá điện áp (sét hoặc nội bộ), thời gian biến thiên rất ngắn có thể bỏ qua*
 - ✓ điện dẫn tác dụng của dây dẫn vì tham số này quyết định bởi tổn thất do rò điện là do vàng quang (đường dây cao áp có mức cách điện rất cao nên rò điện rất bé nhỏ không đáng kể, trừ khi sóng quá điện áp có biên độ rất lớn sẽ làm xuất hiện quá trình phóng điện vàng quang làm cho tổn thất vàng quang tăng).
 - ✓ điện trở R của dây dẫn gây tổn hao và làm biến dạng sóng. Khi có sét đánh vào dây dẫn, đường dây sẽ có điện áp đối với đất nên dòng điện thứ tự thuận của sóng sẽ truyền dọc theo dây dẫn còn dòng điện thứ tự ngược sẽ trở về trong đất.
 - ✓ Do vậy có thể xem điện trở R bao gồm điện trở của dây dẫn và điện trở trở về rd, nghĩa là bằng bằng điện trở thứ tự không của dây dẫn. đối với các đường dây cao áp, điện trở thứ tự không phụ thuộc vào tiết diện dây dẫn và điện trở suất của đất và có giá trị 0,1 đến 0,4Ω/km. ở trạng thái sóng khi tốc độ biến thiên của dòng điện theo thời gian rất lớn thì hiệu ứng mặt ngoài trong đất sẽ làm cho điện trở rd tăng cao và làm biến dạng sóng. Tuy nhiên chỉ trong vùng đất xấu (điện trở suất của đất lớn) và khi độ dài truyền sóng lớn thì biến dạng đầu sóng mới đáng kể. Thực tế thường gặp các trường hợp truyền sóng rất ngắn nên có thể không xét đến biến dạng sóng



◆ *hệ phương trình vi phân truyền sóng được xem không có tổn hao ($R = 0$ et $G=0$)*

$$\begin{cases} \frac{\partial u(x)}{\partial x} = -L \frac{\partial i(x)}{\partial t} \\ \frac{\partial i(x)}{\partial x} = -C \frac{\partial u(x)}{\partial t} \end{cases}$$

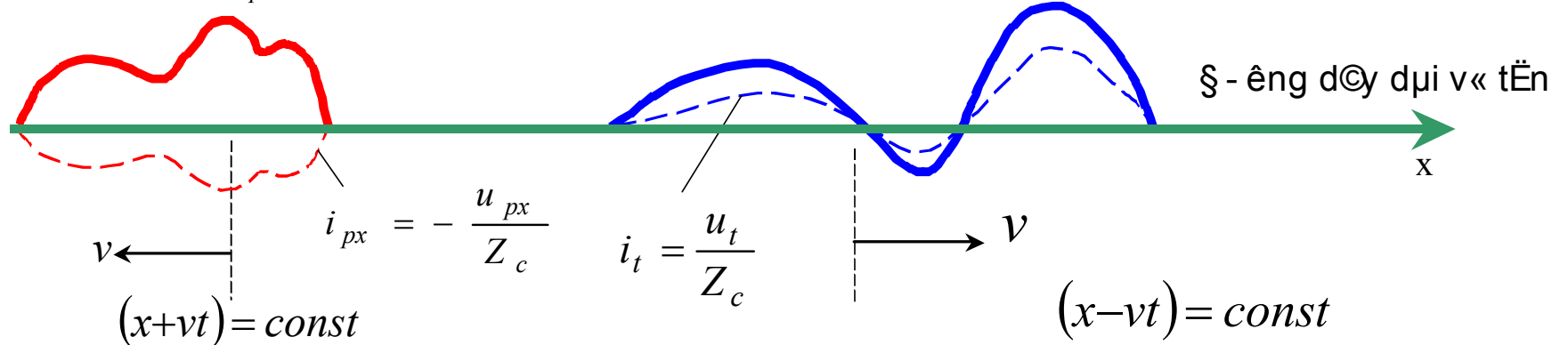
$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u(x)}{\partial x^2} = -L \frac{\partial^2 u(x)}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 i(x)}{\partial x^2} = -C \frac{\partial^2 i(x)}{\partial t^2} \end{cases}$$

✓ *Nghiệm tổng quát của hệ phương trình*

$$\begin{cases} u(x, t) = u_t(x - vt) + u_{px}(x + vt) \\ i(x, t) = i_t(x - vt) + i_{px}(x + vt) \end{cases}$$

Sãng phản xạ $u_{px}(x + vt)$

Sãng tới $u_t(x - vt)$





✓ Nghiệm tổng quát được biểu thị ở dạng tổng hai thành phần

sóng tới di chuyển về phía dương của trục x

sóng phản xạ di chuyển theo chiều ngược lại

$$u(x, t) = u_t(x - vt) + u_{px}(x + vt) \left| \begin{array}{l} y \equiv x - vt \\ z \equiv x + vt \end{array} \right. \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{du_t}{dy} + \frac{du_{px}}{dz}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{d^2 u_t}{dy^2} + \frac{d^2 u_{px}}{dz^2}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -LC \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad \Rightarrow \quad LC \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = LC v^2 \frac{d^2 u_t}{dy^2} + LC v^2 \frac{d^2 u_{px}}{dz^2}$$

$$\Rightarrow \quad LCv^2 = 1$$

✓ Vận tốc truyền sóng

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



✓ Trường hợp đường dây không có tổn hao

$$u(x, t) = u_t(x - vt) + u_{px}(x + vt)$$

$$\left\{ \frac{\partial u}{\partial x} = -L \frac{\partial i}{\partial t} \right. \longrightarrow \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{du_t}{dy} + \frac{du_{px}}{dz} \qquad \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{du_t}{dy} + \frac{du_{px}}{dz}$$

$$i(x, t) = i_t(x - vt) + i_{px}(x + vt) \longrightarrow -L \frac{\partial i}{\partial t} = Lv \frac{di_t}{dy} - Lv \frac{di_{px}}{dz} \qquad \begin{cases} i_t = \frac{u_t}{Lv} + const \\ i_{px} = \frac{u_{px}}{Lv} + const \end{cases}$$

✓ Nếu đường dây dài vô tận thì sẽ không có sóng phản xạ từ cuối đường dây và hàm số $f_t(x-vt)$ được quyết định bởi quy luật biến thiên của nguồn theo thời gian

✓ Tốc độ truyền sóng dọc theo đường dây không có tổn hao

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

đôi với đường dây trên không nó có trị số bằng vận tốc ánh sáng. Như vậy thời gian sóng truyền từ đầu đường dây đến cuối đường dây sẽ bằng l/v .

✓ Tổng trở sóng của đường dây không tổn hao

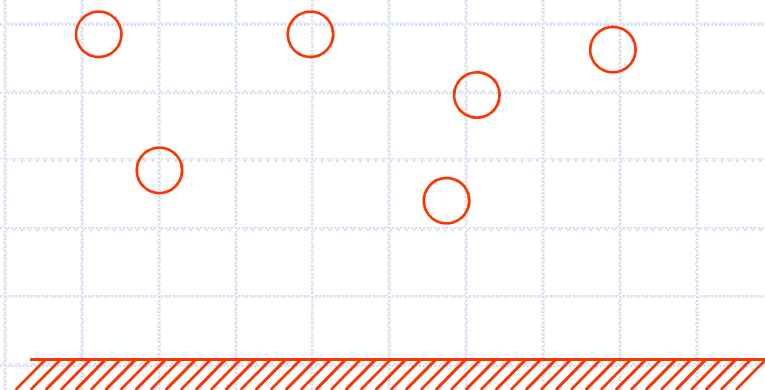
$$Lv = \sqrt{\frac{L^2}{LC}} = \sqrt{\frac{L}{C}} = Z \longrightarrow \begin{cases} i_{px}(x+t) = -\frac{u_{px}(x+vt)}{Z} \\ i_t(x-t) = \frac{u_t(x-vt)}{Z} \end{cases}$$

TRUYỀN SÓNG TRONG HỆ THỐNG NHIỀU DÂY DẪN

✓ Nghiên cứu quá trình truyền sóng trên đường tải điện gồm nhiều dây : mỗi dây dẫn đều bị ảnh hưởng của điện từ trường do sự lan truyền sóng trong các dây kia

✓ Sử dụng phương trình Maxwell áp dụng cho hệ thống nhiều dây

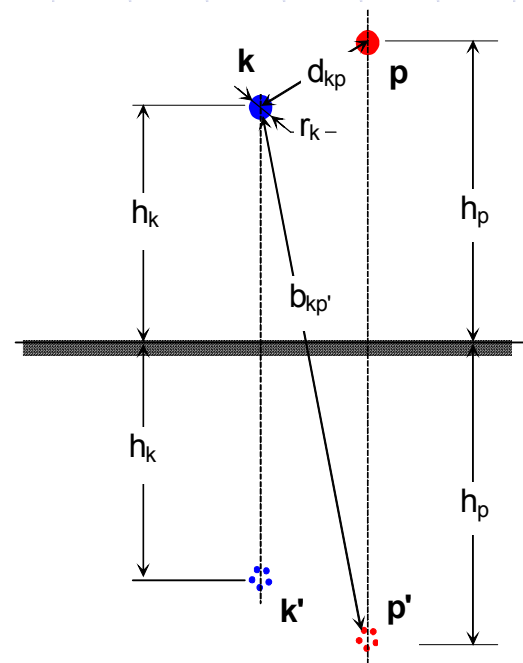
$$\begin{cases} U_{1n} = \alpha_{11}q_1 + \alpha_{12}q_2 + \dots + \alpha_{1n}q_n \\ U_{2n} = \alpha_{21}q_1 + \alpha_{22}q_2 + \dots + \alpha_{2n}q_n \\ \vdots \\ U_{nn} = \alpha_{n1}q_1 + \alpha_{n2}q_2 + \dots + \alpha_{nn}q_n \end{cases}$$



$$\begin{pmatrix} U_{1n} \\ U_{2n} \\ \vdots \\ U_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

✓ Ma trận α gọi là ma trận hệ số thế là một ma trận đối xứng vì $\alpha_{kj} = \alpha_{jk}$

$$\begin{cases} \alpha_{kk} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{2h_k}{r_k} \\ \alpha_{kp} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b_{pk}}{d_{pk}} \end{cases}$$





✓ Sóng lan truyền theo đường dây không tổn hao, do vậy ta có thể xác định dạng sóng của điện trường bằng cách dịch chuyển tất cả điện tích cố định dọc theo dây dẫn với vận tốc v .

$$\begin{aligned}
 U_{1n} &= (\alpha_{11}q_1 + \alpha_{12}q_2 + \dots + \alpha_{1n}q_n) \frac{v}{v} \\
 &= \left(\frac{\alpha_{11}}{v}\right)(q_1v) + \left(\frac{\alpha_{12}}{v}\right)(q_2v) + \dots + \left(\frac{\alpha_{1n}}{v}\right)(q_nv) \\
 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + \dots + Z_{1n}I_n
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases}
 U_{1n} = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + \dots + Z_{1n}I_n \\
 U_{2n} = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + \dots + Z_{2n}I_n \\
 \vdots \\
 U_{nn} = Z_{n1}I_1 + Z_{n2}I_2 + \dots + Z_{nn}I_n
 \end{cases}$$

$$|U| = |Z||I|$$

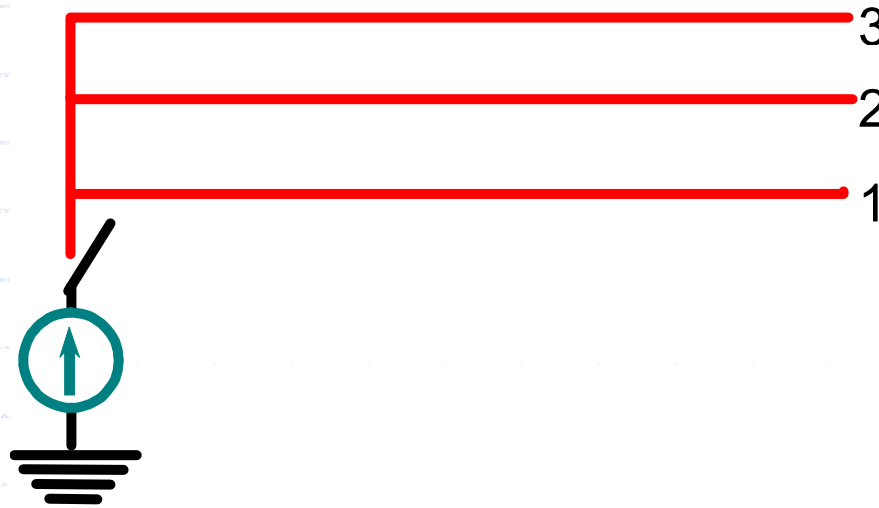
$$\begin{cases}
 Z_{ckk} = \frac{\alpha_{kk}}{v} = \frac{1}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{2h_k}{r_k} = \frac{1}{2\pi \cdot 1.8.85 \cdot 10^{-12}} \ln \frac{2h_k}{r_k} = 138 \cdot \log \frac{2h_k}{r_k} \\
 Z_{ckp} = \frac{\alpha_{pk}}{v} = \frac{1}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{b_{kp'}}{d_{kp}} = \frac{1}{2\pi \cdot 1.8.85 \cdot 10^{-12}} \ln \frac{b_{kp'}}{d_{kp}} = 138 \cdot \log \frac{b_{kp'}}{d_{kp}}
 \end{cases}$$

Le système des équations a $(n-1)$ équations avec $2(n-1)$ variées donc il est résoluble dans les cas particuliers.



◆ Trường hợp các dây dẫn đều nối với nguồn

✓ Ví dụ đường dây không treo dây chống sét, sét đánh thẳng vào dây dẫn, quá điện áp xuất hiện do phóng điện ngược qua cách điện hoặc do cảm ứng



✓ điện áp trên các dây dẫn sẽ bằng nhau

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n = U$$

$$\begin{cases} U = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + \dots + Z_{1n}I_n \\ U = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + \dots + Z_{2n}I_n \\ \vdots \\ U = Z_{n1}I_1 + Z_{n2}I_2 + \dots + Z_{nn}I_n \end{cases}$$

→ ✓ I=?