



CHƯƠNG 10: AN TOÀN ĐIỆN TRONG CUNG CẤP ĐIỆN

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

Chương 10: An toàn điện trong cung cấp điện

§10.1. KHÁI NIỆM CHUNG

§10.2. PHÂN TÍCH AN TOÀN ĐIỆN KHI TIẾP XÚC TRỰC TIẾP

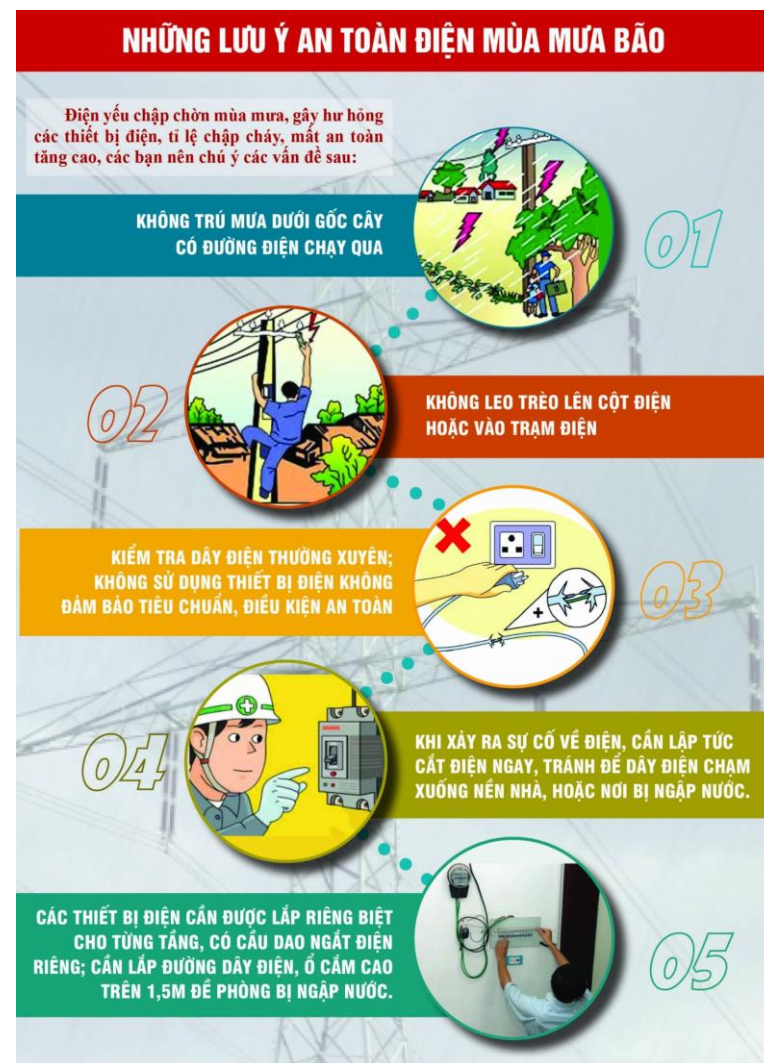
- 10.2.1. Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người
- 10.2.2. Điện trở của cơ thể người
- 10.2.3. Ảnh hưởng của trị số dòng điện giật
- 10.2.4. Ảnh hưởng của thời gian điện giật
- 10.2.5. Đường đi của dòng điện giật
- 10.2.6. Ảnh hưởng của tần số dòng điện giật
- 10.2.7. Điện áp cho phép

§10.3. PHÂN TÍCH AN TOÀN ĐIỆN KHI TIẾP XÚC GIÁN TIẾP

- 10.3.1. Hiện tượng dòng điện đi trong đất
- 10.3.2. Điện áp tiếp xúc
- 10.3.3. Điện áp bước

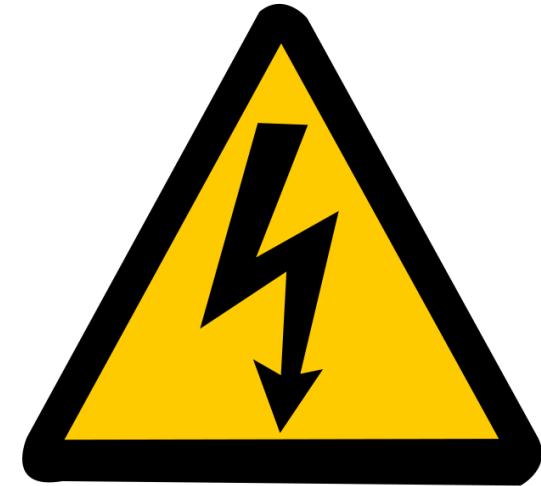
§10.4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO ĐẢM AN TOÀN ĐIỆN

- 10.4.1. Bảo vệ nối đất
- 10.4.2. Bảo vệ nối dây trung tính
- 10.4.3. Các phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành



1. Khái niệm về an toàn điện

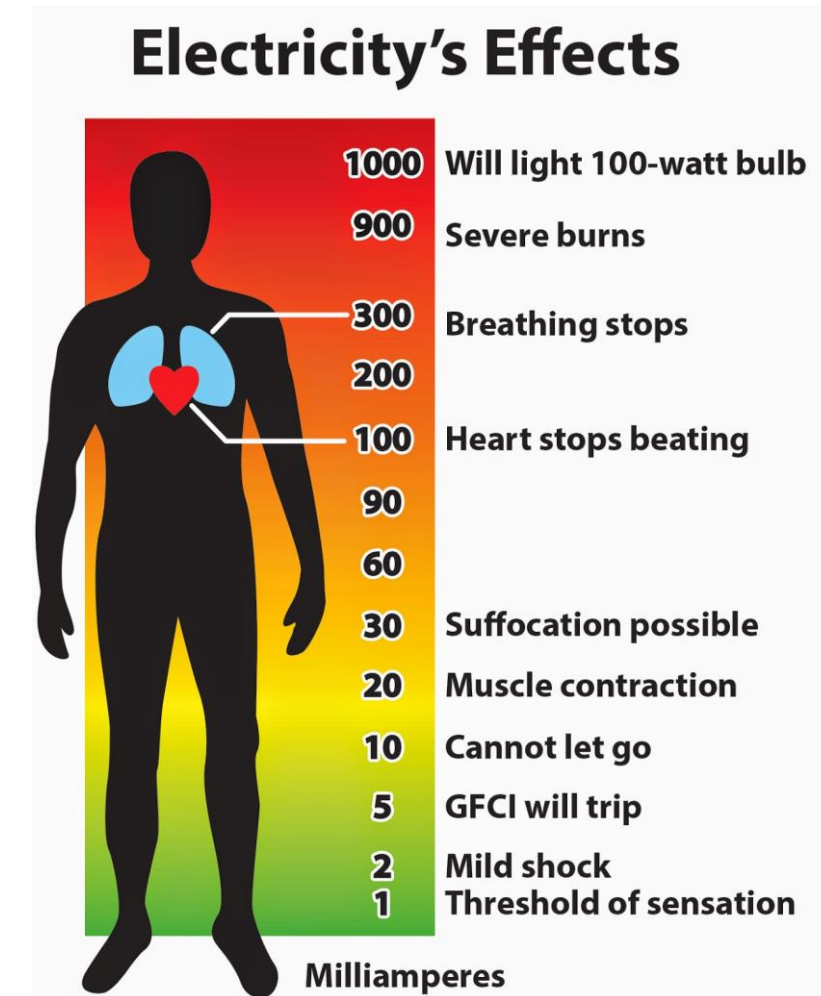
- ❖ Tác hại về sinh lý với cơ thể → Cần cung cấp điện an toàn
- ❖ Tai nạn: 70% hạ áp, 20% mạng trung cao áp; 40% ngành điện
- ❖ Nguyên nhân:
 - ✓ Trực tiếp chạm phần có điện 50% (không do yêu cầu 30%, do yêu cầu 1%, đóng nhầm điện 20%)
 - ✓ Chạm vào bộ phận bằng kim loại có điện áp: 22,8% (không nối đất 22,2%, có nối đất 0.6%)
 - ✓ Chạm vào bộ phận không phải kim loại có mang điện áp (tường, nền nhà, ...): hơn 20%
 - ✓ Bị chấn thương do hồ quang lúc thao tác thiết bị điện: hơn 1%
 - ✓ Bị chấn thương do cường độ điện trường cao ở môi trường hay trạm biến áp siêu cao: 0.08%



2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

❑ Tác dụng dòng điện với cơ thể con người

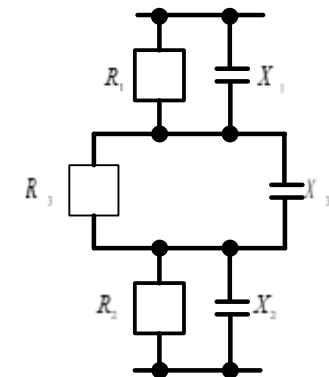
- ❖ Hậu quả tùy thuộc trị số và đường đi dòng điện, thời gian, tình trạng sức khỏe
- ❖ Gây phản ứng sinh lý phức tạp: tê liệt cơ thịt, sưng màng phổi, hủy hoại cơ quan hô hấp, hệ thần kinh, tuần hoàn máu.
- ❖ Các loại tổn thương:
 - ✓ Do chạm phải vật dẫn có mang điện áp
 - ✓ Do chạm vào vật kim loại mang điện áp do hỏng cách điện
 - ✓ Do điện áp bước xuất hiện chỗ hư hỏng cách điện hay chỗ dòng điện đi vào đất.
- ❖ Dòng điện lớn hơn 100mA có thể gây chết người
 - ✓ Một số trường hợp chỉ 5-10mA cũng có thể gây chết người tùy điều kiện nơi xảy ra tai nạn và trạng thái sức khỏe.



2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

□ Điện trở của cơ thể người

- ❖ Da là phần thân thể có lớp sừng có điện trở lớn nhất
- ❖ Điện trở người: $600\Omega \div$ vài chục $k\Omega$ (trạng thái sức khỏe, môi trường xung quanh, điều kiện tổn thương).
 - ✓ Điện trở người hạ thấp lúc da bị ẩm, thời gian tác dụng tăng lên, điện áp tăng
 - ✓ Thân người ấn mạnh vào điện cực thì điện trở da thấp đi
 - ✓ $50 \div 60V$: điện trở da tỷ lệ nghịch với điện áp tiếp xúc
 - ✓ Dòng điện đi qua, điện trở thân người giảm do da bị đốt nóng, mồ hôi toát ra: $0,1mA \rightarrow R_{ng}=500.000\Omega, 10mA \rightarrow R_{ng}=8000\Omega$
- ❖ Sơ đồ thay thế điện trở người
 - ✓ R_1, X_1 điện trở tác dụng, phản kháng da phía dòng điện vào
 - ✓ R_2, X_2 điện trở tác dụng, phản kháng da phía dòng điện ra
 - ✓ R_3, X_3 điện trở tác dụng và phản kháng của cơ quan bên trong thân người



Điện trở thân người

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

❑ Ảnh hưởng của trị số dòng điện giật

❖ Hiện nay quy định với dòng xoay chiều 50÷60Hz trị số dòng điện cho phép dưới 10mA, với dòng một chiều là 50mA.

Dòng điện (mA)	Dòng AC 50÷60Hz	Dòng DC
0,6÷1,5	Bắt đầu tê ngón tay	Không có cảm giác
2÷3	Tê rất mạnh	Không có cảm giác
3÷7	Bắt thịt co lại và rung	Đau như kim châm, thấy nóng
8÷10	Tay dính vào dây điện nhưng vẫn rời được Ngón tay, khớp tay, lòng bàn tay đau	Nóng tăng lên
20÷25	Tay dính chặt không rời được Đau, khó thở	Nóng càng tăng lên, thịt co quắp nhưng chưa mạnh
50÷80	Cơ quan hô hấp tê liệt, tim đập mạnh	Cảm giác nóng mạnh. Bắt thịt ở tay co rút, khó thở
90÷100	Cơ quan hô hấp bị tê liệt, kéo dài 3s hoặc hơn tim ngừng đập	Cơ quan hô hấp bị tê liệt.

❖ Dòng điện một chiều, tổng trở người không có điện dung, sự phân cực tăng lên nên điện trở của người lớn hơn và giá trị dòng điện nguy hiểm thường cao hơn với dòng xoay chiều.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

□ Ảnh hưởng của thời gian điện giật

- ❖ Thời gian tác động của dòng điện quan trọng và hình thức biểu hiện:
 - ✓ Đến điện trở người: thời gian càng lâu, điện trở càng giảm, dòng điện càng lớn, tác hại lớn
 - ✓ Đến nhịp đập tim: mỗi chu kỳ co dẫn tim kéo dài 1s với 0,4s tim nghỉ làm việc là thời điểm rất nhạy cảm với dòng điện, nếu đủ lâu để dòng điện trùng thời điểm này thì nguy hiểm.
 - ❖ Với điện áp cao: ít gây tim ngừng đập vì nạn nhân chưa kịp chạm vào vật mang điện thì hồ quang đã phát sinh và dòng điện qua người lớn (vài A) tác động mạnh vào người và gây cho cơ thể một sự phòng thủ mãnh liệt.
 - ✓ Chỗ bị đốt sinh ra lớp hữu cơ cách điện của thân người → ngăn cách dòng điện đi qua thân người hiệu quả.
- ➔ Kết quả hồ quang bị dập tắt ngay (hoặc chuyển sang bộ phận mang điện bên cạnh) → dòng điện tồn tại chỉ vài %s.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

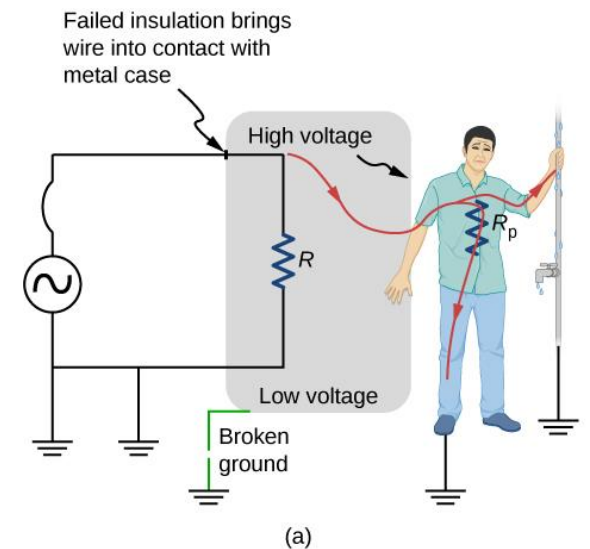
❑ Đường đi của dòng điện giết

❖ Đường đi của dòng điện giết có bao nhiêu phần trăm qua cơ quan hô hấp và tim phổi phụ thuộc vào cách tiếp xúc của người với mạch điện. Dòng điện phân bố khá đều trên cơ lồng ngực.

- ✓ Đi từ tay sang tay sẽ có 3,3% dòng điện tổng qua tim
- ✓ Đi từ tay phải sang chân có 6,7% dòng điện tổng qua tim.
- ✓ Đi từ chân sang chân có 0,4% dòng điện tổng qua tim

❖ Ví dụ thử nghiệm điện qua chân chó:

- ✓ 960V trong 12s thì không con nào chết
- ✓ Tăng lên 6000V vẫn không làm chó chết.



Tuy nhiên, khi điện áp qua chân các bắp thịt và cơ của chân bị co rút lại và ngã xuống, đường đi dòng điện sẽ khác đi.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

□ Ảnh hưởng của tần số dòng điện giật

- ❖ Tổng trở cơ thể giảm khi tần số tăng lên do điện kháng người gồm điện dung $x = \frac{1}{2\pi fC}$ → dòng điện tăng và nguy hiểm hơn.
- ❖ Thực tế tần số tăng lên mức độ nào đó nguy hiểm lại giảm đi. Do với tần số cao thì đường đi ion ngắn không đủ đập vào màng tế bào gây kích thích hủy hoại tế bào.

Số TT	Tần số (Hz)	Điện áp (V)	Số chó thí nghiệm (con)	Xác suất chết (%)
1	50	117÷120	15	100
2	100	117÷120	21	45
3	125	100÷121	10	20
4	150	120÷125	10	0

- ❖ 50÷60Hz là nguy hiểm nhất
- ❖ 3000Hz, 10.000Hz không xảy ra điện giật

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

❑ Điện áp cho phép

- ❖ Dự đoán trị số dòng điện qua người gặp khó khăn do điện trở người tính rất phức tạp
 - ➔ Xác định giới hạn an toàn thường dùng điện áp thay vì dòng điện.
 - Điện áp thuận lợi vì mỗi mạng điện đều có điện áp định mức
 - Tiêu chuẩn mỗi nước khác nhau do khác điều kiện làm việc
- ❖ Ba Lan, Thụy Sĩ, Tiệp Khắc: điện áp cho phép 50V
- ❖ Hà Lan, Thụy Điển, Pháp: điện áp cho phép 24V
- ❖ Liên Xô cũ: điện áp cho phép 65V, 36V, 12V tùy môi trường làm việc.

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

□ Hiện tượng dòng điện đi trong đất

- ❖ Giả thiết dòng điện chạm đất đi vào đất qua cực kim loại hình bán cầu, dòng điện tản ra từ tâm hình bán cầu theo bán kính.

$$j = \gamma E \text{ hay } E = \rho j$$

- ✓ γ – điện dẫn suất của đất; ρ – điện trở suất của đất, j – mật độ dòng điện, E – điện áp trên một đơn vị chiều dài dọc theo đường đi của dòng điện (cường độ điện trường trong đất)

- ❖ Mật độ dòng điện tại điểm cách tâm bán cầu x :

$$j = \frac{I_d}{2\pi x^2}, I_d - \text{dòng điện chạm đất}$$

- ❖ Điện áp trên du dọc đường đi của dòng điện:

$$du = E dx = j \rho dx = \frac{I_d}{2\pi x^2} \rho dx$$

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

□ Hiện tượng dòng điện đi trong đất (tiếp)

❖ Điện áp một điểm A bất kỳ = hiệu số điện áp giữa điểm A và điểm vô cùng xa: $U_A = \frac{I_d}{2\pi x} \rho$

❖ Dịch chuyển điểm A đến gần mặt của vật nối đất có điện áp cao nhất đối với đất: $U_d = \frac{\rho I_d}{2\pi x_d}$

- x_d : bán kính của vật nối đất hình bán cầu.

$$\rightarrow \frac{U_A}{U_d} = \frac{x_d}{x_A} \rightarrow U_A = U_d \frac{x_d}{x_A} = K \frac{1}{x_A}$$

❖ Sự phân bố điện áp trong vùng dòng điện rò trong đất với điểm xa vô cùng ngoài vùng dòng điện rò có dạng đường hypecbon. Đường phân bố điện áp này gọi là đường thế hiệu.

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

□ Hiện tượng dòng điện đi trong đất (tiếp)

❖ Điện trở của vật nối đất: $R_{\text{đ}} = \frac{U_{\text{đ}}}{I_{\text{đ}}}$

❖ Ví dụ:

- ✓ Mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất qua điện trở r_0
- ✓ Điện trở tản của dòng điện tại chỗ chạm đất $r_{ph\text{đ}}$ (tỷ số giữa điện áp xuất hiện trên vật nối đất hay dây dẫn chạm đất với dòng điện rò đi qua nó) :

➔ Xác định điện áp đối với đất khi có một pha chạm đất:

- ✓ Điện áp pha A với đối với đất: $U_A = I_{\text{đ}} r_{ph\text{đ}}$
- ✓ Điện áp của dây trung tính với đất: $U_0 = I_{\text{đ}} r_0$
- ✓ Nếu tiến hành đo trực tiếp $U_A, U_0, I_{\text{đ}}$ thì $r_{ph\text{đ}} = \frac{U_A}{I_{\text{đ}}}$; $r_0 = \frac{U_0}{I_{\text{đ}}}$

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

❑ Điện áp tiếp xúc

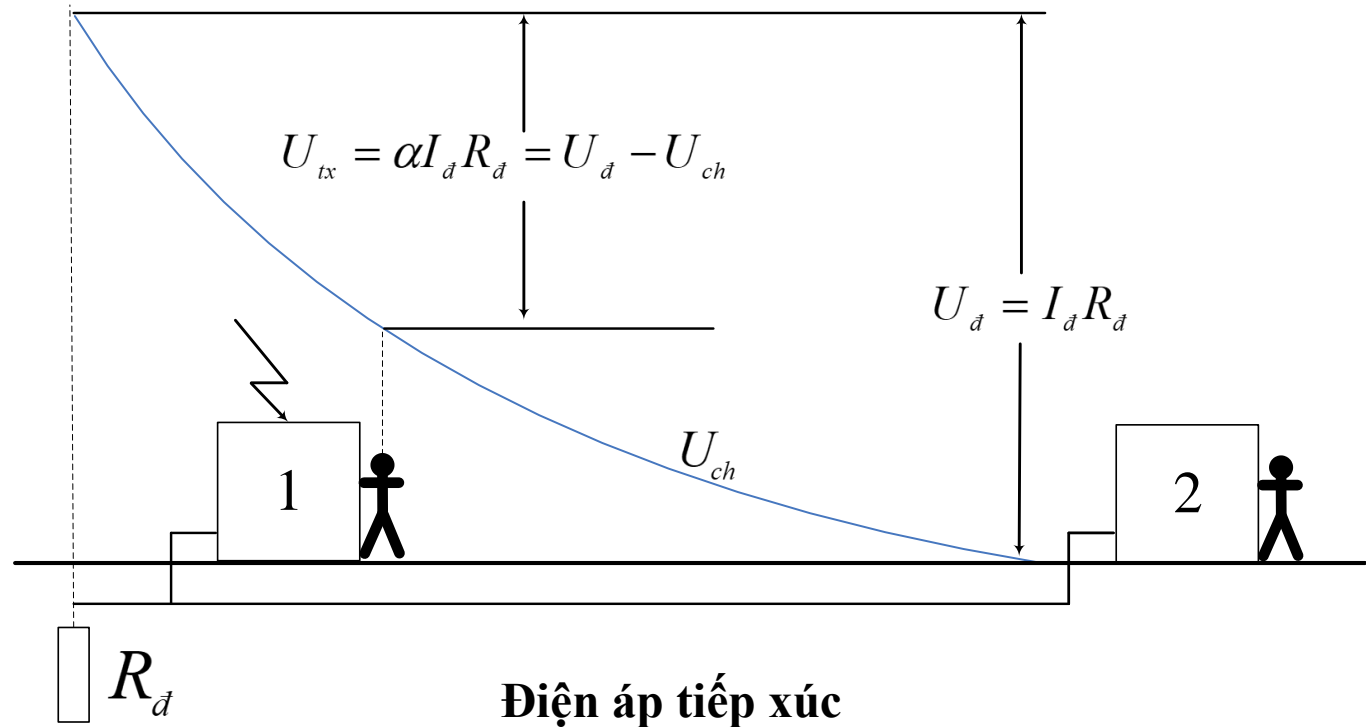
- ❖ Điện áp tiếp xúc U_{tx} : phần điện áp đặt vào thân người
- ❖ R_d : điện trở vật nối đất cho vỏ hai động cơ
- ❖ Vỏ thiết bị 1 bị chọc thủng cách điện 1 pha.

$$U_{tx} = U_d - U_{ch}$$

$$> 20m: U_{tx} = U_d$$

$$U_{tx} = \alpha U_d$$

α - hệ số tiếp xúc ($\alpha < 1$)



Điện áp tiếp xúc

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

❑ Điện áp bước

- ❖ Điện áp đối với đất ở chỗ trực tiếp chạm đất: $U_d = I_d r_d$
- ❖ Những vòng tròn đồng tâm mà tâm điểm là chỗ chạm đất sẽ là vòng tròn đẳng thế. $U_b = 0$ nếu chân đặt trên vòng tròn đẳng thế
- ❖ Điện áp giữa hai chân do dòng chạm đất tạo → điện áp bước U_b .

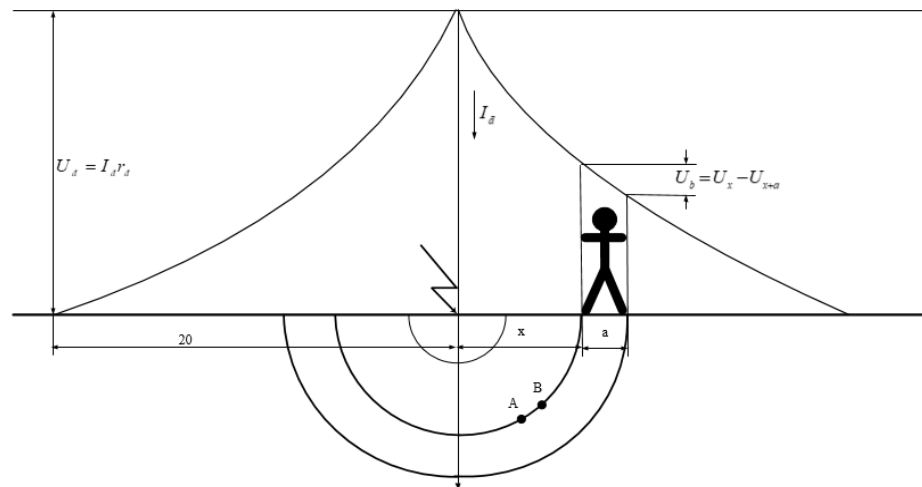
$$U_b = U_x - U_{x+a} = \frac{I_d \rho}{2\pi x} \frac{a}{x+a}$$

- ❖ Ví dụ: $x=2200 \text{ cm}$, $I_d=1000\text{A}$, $\rho = 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$

$$U_b = \frac{1000}{2\pi 2200} \frac{80 \cdot 10^4}{2280} = 25,4\text{V}$$

- ❖ Càng xa, U_b càng bé
- ❖ Sự phụ thuộc khoảng cách U_b trái ngược U_{tx}
 - Cấm đến gần 4÷5m trong nhà, 8÷10m ngoài trời tới chỗ chạm đất

- a độ dài của bước chân (0,4÷0,8m)
- x – khoảng cách đến chỗ chạm đất.



4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Yêu cầu bảo vệ nối đất

Hệ thống điện phải có các biện pháp an toàn chống điện giật do:

- ❖ Hệ thống điện phân bố trên diện tích rộng và thường xuyên có người làm việc trên các thiết bị điện
- ❖ Cách điện thiết bị điện bị chọc thủng, sét đánh trực tiếp hay gián tiếp gây nguy hiểm cho người và thiết bị

Các biện pháp:

- ❖ Nối đất thiết bị điện
- ❖ Tác dụng của nối đất: *Tản dòng điện* và giữ *mức điện thế thấp* trên các vật được nối đất khi xảy ra quá điện áp trên thiết bị điện

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Các loại nối đất

❖ Theo chức năng

- ✓ Nối đất làm việc: đảm bảo thiết bị làm việc bình thường (Trung tính MBA, MBA đo lường, Kháng điện bù ngang...)
- ✓ Nối đất an toàn: đảm bảo an toàn khi cách điện hư hỏng (vỏ thiết bị, giá đỡ, chân sứ...). Điện thế luôn thấp khi hư hỏng
- ✓ Nối đất chống sét: tản dòng sét (sét cột thu sét, dây chống sét) để điện thế than cột không quá lớn gây **phóng điện ngược**.

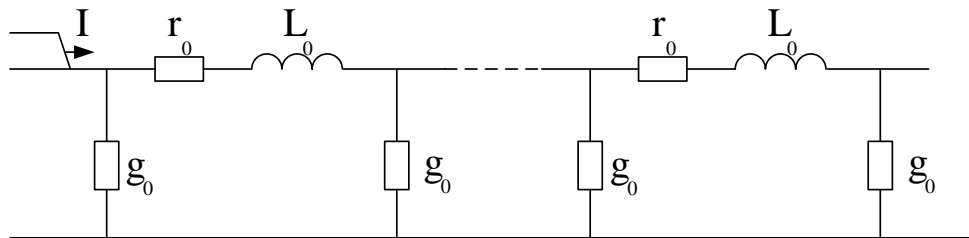
❖ Theo thiết bị nối đất

- ✓ Nối đất tự nhiên: sử dụng ngay các bộ phận kim loại công trình làm thiết bị nối đất (ống nước, khung sắt bê tông)
- ✓ Nối đất nhân tạo: sử dụng các điện cực đảm bảo yêu cầu về điện trở nối đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Sơ đồ thay thế nối đất

- ❖ Lưới 1c, xoay chiều, ảnh hưởng L không đáng kể, chỉ xét điện trở tản R
- ❖ Với dòng biến thiên tốc độ cao (dòng sét)
 - ✓ $\tau_{đs} \approx T$ (nối đất có điện cực dài) \rightarrow xét L \rightarrow xét tổng trở Z
 - ✓ $\tau_{đs} \gg T$ (nối đất có điện cực ngắn) \rightarrow quá độ kết thúc khi xét \rightarrow Xét R



Sơ đồ thay thế của nối đất

- r và L : điện trở tác dụng và điện cảm của điện cực nối đất
- $g = \frac{1}{R}$: điện dẫn tản của môi trường xung quanh điện cực
- $r \ll L, g \rightarrow$ thường bỏ qua
- L chỉ tác dụng trong thời gian quá độ $T = \frac{L}{R} = L_o g_o l^2$
- l : Chiều dài điện cực. $L = L_o \cdot l$; $R = \frac{1}{g_o \cdot l}$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất

- ❖ Xét điện cực hình bán cầu
- ❖ Dòng điện I tạo điện áp giáng $U_d = I.R$ trên bộ nối đất
- ❖ Dòng điện I tản trong đất tạo nên các mặt đẳng thế bán cầu
- ❖ Trị số điện trở tản lớp đất giới hạn bởi mặt đẳng thế r và $r+dr$

$$dR = \frac{\rho \cdot dr}{2\pi \cdot r^2}$$

- ❖ Điện trở tản của nối đất hình bán cầu bán kính r_o

$$R = \int_{r_o}^{\infty} dR = \int_{r_o}^{\infty} \frac{\rho \cdot dr}{2\pi \cdot r^2} = \frac{\rho}{2\pi r_o}$$

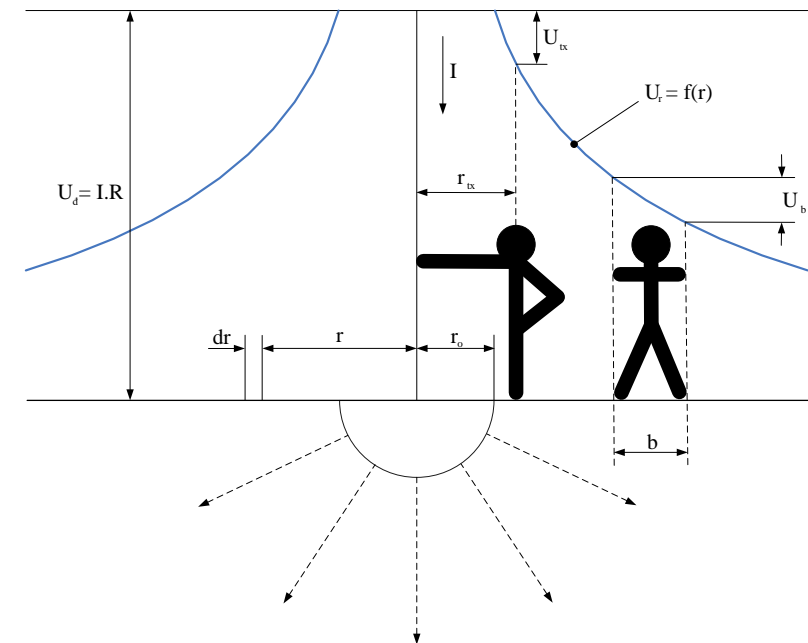
4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

❖ Phân bố điện thế trên mặt đất theo khoảng cách đến vị trí nối đất sẽ: $U_r = f(r) = I \cdot \int_r^\infty dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi \cdot r}$

- $U_{tx} = I \cdot \int_{r_o}^{r_{tx}} dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_o} - \frac{1}{r_{tx}} \right)$
- $U_b = I \cdot \int_r^{r+b} dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{(r+b)} \right)$

- Nếu trị số điện trở tản tính chưa đạt được trị số yêu cầu thì phải dùng hình thức nối đất tổ hợp gồm nhiều điện cực.
- Tuy nhiên, khi có nhiều điện cực đặt gần nhau thì hiệu quả tản dòng điện trong đất của điện trở giảm đi do *hiệu ứng màn chắn*.

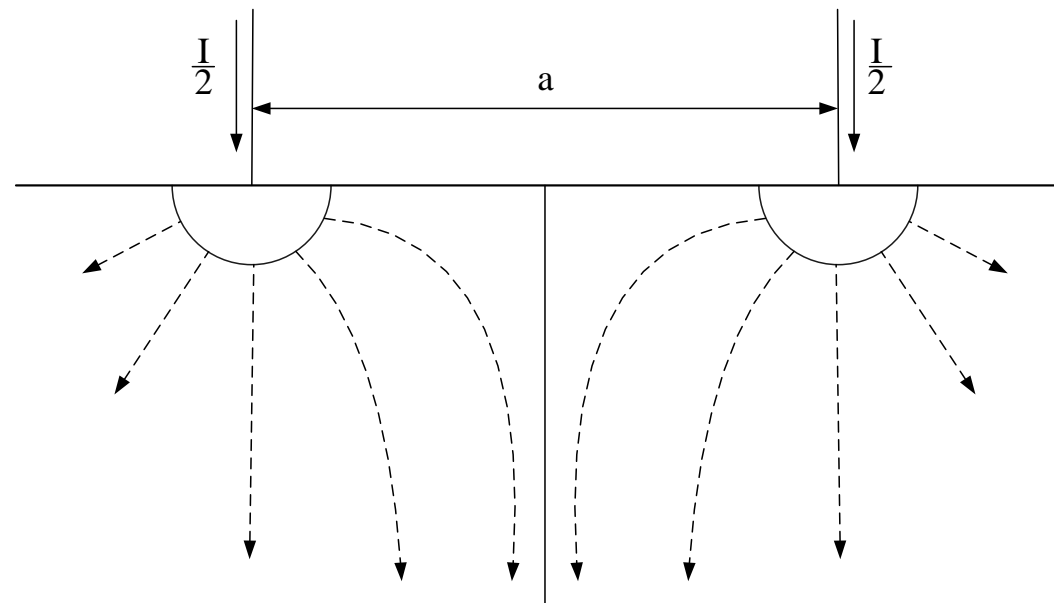


Phân bố điện thế trên mặt đất khi có dòng điện qua nối đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nổi đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nổi đất (tiếp)

- ❖ Điện trở tản khi 2 điện cực cạnh nhau: $R_{ht} = \frac{U}{I} = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{a} \right)$
- ❖ Hệ số sử dụng của điện cực nổi đất: $\eta = \frac{\frac{1}{2}R}{R_{ht}} = \frac{1}{1 + \frac{r_0}{a}}$
- ❖ Hệ thống nổi đất thường gồm nhiều cọc được liên kết với nhau bởi thanh dạng hình tia hoặc mạch vòng: $R_{ht} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + R_t \cdot n \cdot \eta_c}$
Trong đó, R_c : Điện trở tản của cọc.

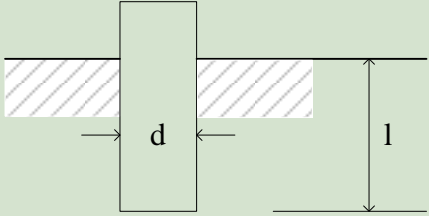
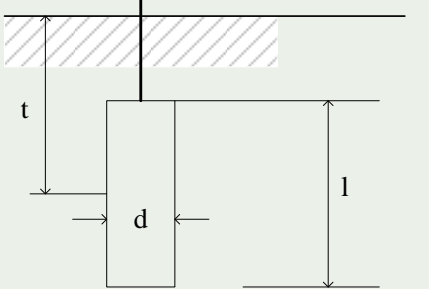


Ảnh hưởng lẫn nhau giữa các điện cực nổi đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

- Công thức tính điện trở nối đất của cọc

Hình thức nối đất	Sơ đồ nối đất	Công thức tính điện trở tản(Ω)
Cọc chôn nổi		$R_c = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln\left(\frac{4l}{d}\right)$
Cọc chôn sâu dưới mặt đất		$R_c = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln\frac{4t+l}{4t-l} \right)$
Khi dùng cọc dạng sắt góc, trị số d được thay bằng 0,95b (b:Chiều rộng của sắt góc)		

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

❖ Công thức tính điện trở nối đất của cọc

- ✓ R_t : Điện trở tản của mạch liên kết các cọc (tia hoặc mạch vòng): $R_t = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \ln\left(\frac{L^2}{d \cdot t}\right)$
- ✓ L : chiều dài tia hoặc mạch vòng. Ngoài ra, nếu thanh là thép dẹt thì thay $d = \frac{b}{2}$ với b là chiều rộng của thép dẹt.
- ✓ n : Số cọc
- ✓ η_c : Hiệu suất sử dụng của cọc
- ✓ η_t : Hiệu suất sử dụng của tia hoặc mạch vòng
- ✓ η_c, η_t tra trong sổ tay kỹ thuật phụ thuộc số cọc trong mạch vòng hoặc tia nối đất và tỷ số $\frac{a}{l}$ (trong đó a là khoảng cách giữa các cọc và l là chiều dài cọc).

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Yêu cầu điện trở bộ nối đất:

- ✓ Càng bé tản dòng càng tốt, giữ điện thế thấp cho vật nối đất
- ✓ Càng bé càng tốn kim loại và tốn công xử lý vùng đất
- ✓ Quy định hiện hành:
 - >1kV có dòng NM lớn (TT nối đất trực tiếp): $R_{nđ} \leq 0,5 [\Omega]$
 - >1kV có dòng NM bé (TT cách điện):
 - Phần nối đất chỉ dùng cho thiết bị >1kV: $R_{nđ} \leq \frac{250}{I} [\Omega]$
 - Phần nối đất dùng chung cả >1kV & <1kV: $R_{nđ} \leq \frac{125}{I} [\Omega] (<10 \Omega)$
 - <1kV, TT cách ly: $R_{nđ} \leq 4[\Omega]$.
 - Thiết bị nhỏ ($\leq 100kVA$): $R_{nđ} \leq 10[\Omega]$
 - Nối đất lặp lại 380/220V: $R_{nđ} \leq 10[\Omega]$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất:

✓ Bước 1: Xác định $R_{nđ}$ cho phép.

✓ Bước 2: Xác định R_{tn} (nếu có)

- $R_{tn} < R_{nđ}$: không cần thực hiện nối đất nhân tạo

- $R_{tn} > R_{nđ}$: Phải thực hiện để tìm: $\frac{1}{R_{nt}} = \frac{1}{R_{nđ}} - \frac{1}{R_{tn}}$

✓ Bước 3: Tìm điện trở xuất tính toán của đất $\rho_{tt} = \rho \cdot k$

- ρ : Trị số điện trở suất trung bình của đất

- k : Hệ số nâng cao điện trở suất của đất đối với các môi trường có độ ẩm khác nhau.

- ρ và k được tra trong các sổ tay ứng với môi trường đang tính toán nối đất.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất: (tiếp)

✓ Bước 4: Chọn chiều dài cọc nối đất, thường $l = (2 \div 3)m$

- Xác định điện trở nối đất cọc R_c theo bảng Slide 22

✓ Bước 5: Xác định số cọc: $n = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R_{nt}}$

- η_c : Hệ số sử dụng của cọc khi không xét đến ảnh hưởng của thanh, được tra trong sổ tay.
- n phải lớn hơn 2.
- η_c tra trong sổ tay cũng lại phụ thuộc số cọc n và sơ đồ thanh ngang (tia hay mạch vòng) → rờ từng cặp n và η_c đến khi nào gần thỏa mãn công thức trên. Từ n và η_c cũng suy ra tỷ số $\frac{a}{l}$ và xác định khoảng cách giữa các cọc a .

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất (tiếp):

✓ Bước 6: Thiết kế sơ đồ nối đất

- Từ $\frac{a}{l}$, a , chọn sơ đồ nối đất (tia hay vòng)

- Xác định điện trở tản: $R'_t = \frac{R_t}{\eta_t}$

- R_t : Điện trở tản của thanh (mạch tia hay vòng)

- η_t : Hệ số sử dụng của thanh tra trong sổ tay phụ thuộc dạng sơ đồ (tia hay vòng), tỷ số $\frac{a}{l}$ và số cọc n .

✓ Bước 7: Xác định điện trở cọc $R'_c = \frac{R'_t \cdot R_{nt}}{R'_t - R_{nt}}$

✓ Bước 8: Xác định lại số cọc $n' = \frac{R'_c}{\eta_c \cdot R_c}$

✓ Bước 9: Kiểm tra lại điện trở nối đất nhân tạo có thỏa mãn yêu cầu hay không

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

- ❖ Bước 1: Hệ thống nối đất dùng chung cho cả cao và hạ áp
 - Mạng 10kV Trung tính cách điện: $R_{nđ} = \frac{125}{15} = 8,33 [\Omega]$
 - Theo quy phạm, với hạ áp: $R_d \leq 4 [\Omega] \Rightarrow R_d = 4 [\Omega]$.
- ❖ Bước 2: $R_{tn} = 11\Omega > R_{nđ} = 4 [\Omega] \Rightarrow R_{nt} = \frac{R_{tn} \cdot R_{nđ}}{R_{tn} - R_{nđ}} = \frac{11 \cdot 4}{11 - 4} = 6,28 [\Omega]$
 - Vùng đất sét: $\rho = 70 [\Omega \cdot m]$.
- ❖ Bước 3: Giả thiết hệ thống nối đất: cọc dài 2÷3m, sâu 0,5m và thanh nằm ngang sâu 0,8m \Rightarrow Tra sổ tay, hệ số tăng cao của cọc là 1,5 và của thanh là 2,2. $\Rightarrow \rho_{tt.c} = 70 \cdot 1,5 = 105 [\Omega \cdot m]$, $\rho_{tt.t} = 70 \cdot 2,2 = 154 [\Omega \cdot m]$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω. Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 4: Chọn cọc dạng ống ($l = 2\text{m}$, $d = 20\text{mm}$, sâu 0,7m ($t=1,7\text{m}$)).

$$R_c = \frac{\rho_{tt.c}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right) = \frac{105}{2 \cdot \pi \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 46,7 [\Omega]$$

❖ Bước 5: Tra sổ tay: $\eta_c = 0,72$ ứng với sơ đồ nối cọc hình tia và $\frac{a}{l} = 1$ ($a = 2$) sẽ cho $n = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R_{nt}} = \frac{46,7}{0,72 \cdot 6,28} = 10,3$. ➔ Sơ bộ chọn số cọc $n = 10$

❖ Bước 6: Tìm điện trở tản

- Chọn thanh ngang: thép ống như cọc và được hàn đầu cọc

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 6: (tiếp)

- Với sơ đồ hình tia, $a = 2\text{m}$, tổng chiều dài thanh ngang $(10-1).2 = 18\text{m}$. Hệ số sử dụng của thanh ứng với sơ đồ hình tia, $n = 10$ và $\frac{a}{l} = 1$ sẽ là $\eta_t = 0,62$.

$$R_t = \frac{\rho_{tt.c}}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \left(\frac{L^2}{d \cdot t} \right) = \frac{154}{2 \cdot \pi \cdot 18} \ln \left(\frac{18^2}{0,02 \cdot 0,7} \right) = 13,68[\Omega]$$
$$R'_t = \frac{R_t}{\eta_t} = \frac{13,68}{0,62} = 22,07[\Omega]$$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 7: Xác định lại điện trở tản của cọc có xét đến tác dụng của thanh.

$$R'_c = \frac{R'_t \cdot R_{nt}}{R'_t - R_{nt}} = \frac{22,07 \cdot 6,28}{22,07 - 6,28} = 8,77[\Omega]$$

❖ Bước 8: Xác định chính xác số cọc

$$n' = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R'_c} = \frac{46,7}{0,62 \cdot 8,77} = 8,6 \text{ cọc.}$$

Vậy chọn số cọc bằng 9.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

□ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω. Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 9: Kiểm tra điện trở nối đất nhân tạo

- Xác định lại điện trở tản của thanh ngang ứng với số cọc $n = 9$. Ta có tổng chiều dài thanh ngang $L = (9-1).2 = 16\text{m}$.

$$R_t = \frac{\rho_{tt.c}}{\eta_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot L} \ln \left(\frac{L^2}{d \cdot t} \right) = \frac{154}{2 \cdot \pi \cdot 16} \ln \left(\frac{16^2}{0,02 \cdot 0,7} \right) = 15,03[\Omega]$$
$$R_{ht} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + R_t \cdot n \cdot \eta_c} = \frac{46,7 \cdot 15,03}{46,7 \cdot 0,62 + 15,03 \cdot 9 \cdot 0,62} = 6,22[\Omega] < 6,28[\Omega]$$

- Vậy thiết kế nối đất cho trạm đã thỏa mãn yêu cầu

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối dây trung tính

- ❖ Bảo vệ nối dây trung tính: thực hiện nối các bộ phận không mang điện áp với dây trung tính, dây trung tính này được nối đất ở nhiều chỗ.
- ❖ Dùng thay cho bảo vệ nối đất trong các mạng điện 4 dây điện áp thấp 380/220V và 220/110V trung tính có nối đất.
- ❖ Thực hiện trong các trường hợp:
 - ✓ Xưởng đặc biệt nguy hiểm về mặt an toàn (ví dụ: chi tiết kim loại hay tiếp xúc)
 - ✓ Thiết bị đặt ngoài trời.
- ❖ Mạng 3 pha TT nối đất qua điện trở nối đất làm việc r_0 , khi vỏ của thiết bị 1 pha điện áp U chạy qua thanh nối đất điện trở r_d , $\Rightarrow I_d = \frac{U}{r_d + r_0}$, điện áp trên vỏ: $U_d = \frac{U r_d}{r_d + r_0} \Rightarrow$ giảm điện áp này mức an toàn: $\frac{r_0}{r_d} = \frac{U - U_d}{U_d}$ với $U_d = I_d r_d = 10A4\Omega = 40V$.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành

❑ Phương tiện bảo vệ:

❖ Phương tiện bảo vệ chia thành nhóm:

- ✓ Phương tiện cách điện, tránh điện áp (bước, tiếp xúc, làm việc): sào cách điện, kìm cách điện, dụng cụ có tay cầm cách điện, găng tay cao su, giày ủng cao su, đệm cao su.
- ✓ Thiết bị thử điện di động, kìm đo dòng điện.
- ✓ Bảo vệ nối đất di chuyển tạm thời, hàng rào, bảng báo hiệu.
- ✓ Phương tiện bảo vệ tránh tác động của hồ quang mạnh kim loại, các hư hỏng cơ học: kính bảo vệ, găng tay bằng vải bạt, dụng cụ chống khí độc.



4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành

☐ Phương tiện bảo vệ:

- ❖ Ngoài các thiết bị bảo vệ tốt, an toàn thì tuân thủ quy trình, trình độ, sức khỏe... cũng là yếu tố quan trọng tránh được các tai nạn điện:
 - ✓ Các thiết bị cần phải được tu sửa theo thời gian đã định
 - ✓ Phải sửa chữa theo đúng quy trình vận hành, có trực ban xem xét và ghi chép
 - ✓ Cán bộ phải nghiêm túc tuân thủ quy trình và có trình độ chuyên môn tốt
 - ✓ Các cán bộ đến nhận công tác phải được huấn luyện về thiết bị và an toàn đầy đủ.



THE END!

Q&A