

Chương 2: Phụ tải điện

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH SỐ THIẾT BỊ ĐIỆN HIỆU QUẢ n_{hq}

Đề bài: Một tổ hợp thiết bị bao gồm: 8 thiết bị $\times 20\text{kW}$, 10 thiết bị $\times 15\text{kW}$, 16 thiết bị $\times 6\text{kW}$, 20 thiết bị $\times 3\text{kW}$, với hệ số sử dụng $k_{sd}=0,16$. Hãy tính số thiết bị điện hiệu quả?

Bài giải:

❖ $k_{sd} = 0,16 < 0,2$

$\rightarrow n_1 = 18 \text{ tb} (P_1 = 20.8 + 15.10 = 310\text{kW}, P = P_{\text{đm-nhóm}} = 466\text{kW})$

$$n_* = \frac{n_1}{n} = \frac{18}{54} = 0,33 \text{ và } P_* = \frac{P_1}{P} = \frac{310}{466} = 0,67$$

❖ Tra bảng, $n_{hq}^* = f(n_*, P_*) = f(0,33; 0,67) = 0,65$

$$n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n = 0,65 \cdot 54 = 35 \text{ tb}$$



BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

- Xác định n_{hq}^* theo công thức gần đúng:

$$n_{hq}^* = \frac{0,95}{\frac{P_s^2}{n_*} + \frac{(1-P_*)^2}{(1-n_*)}} = \frac{0,95}{\frac{0,67^2}{0,33} + \frac{(1-0,67)^2}{(1-0,33)}} = 0,62 \Rightarrow n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n = 0,62 \cdot 54 = 33$$

☐ Xác định K_{max} :

- Tra số tay, $K_{max} = f(n_{hq}, K_{sd}) = f(35; 0,16) = 1,4$
- Hoặc xác định K_{max} từ công thức kinh nghiệm:

$$K_{max} = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1 - K_{sd}}{n_{hq} \cdot K_{sd} + 2}} = 1 + 1,3 \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,16}{35 \cdot 0,16 + 2}} = 1,43$$

☐ Xác định phụ tải tính toán



$$P_{tt} = K_{max} \cdot P_{tb} = K_{max} \cdot K_{sd} \cdot P_{dm} = 1,43 \cdot 0,16 \cdot 466 = 104,38 \text{ kW}$$

1/26/2022

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

- ☐ Xác định PTTT của nhóm máy công cụ có số liệu sau ($k_{sd} = 0,2$). Hệ số $\cos \phi$ của nhóm tổ máy là 0,6.

TT	Máy	P_{dm} (kW)	Đặc điểm	Số lượng
1	Cầu trục	10	$k_d\% = 49\%$	1
2	Biến áp hàn	12	$U_d, k_d\% = 36\%$	1
3	Máy mài thô	10		2
4	Máy mài tinh	7		2
5	Máy tiện	5,5		3
6	Máy khoan	4,5		3
7	Quạt gió	1,7	U_f	1



1/26/2022

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ Quy đổi công suất của quạt gió, cầu trục, biến áp hàn về dài hạn ba pha

❖ Cầu trục: $P_{qd} = P_{dm} \sqrt{k_d\%} = 10\sqrt{0,49} = 7$ (kW)

❖ Biến áp hàn: $P_{qd} = \sqrt{3}P_{dm} \sqrt{k_d\%} = \sqrt{3}.12\sqrt{0,36} = 12,47$ (kW)

❖ Quạt gió: $P_{qd} = 3P_{dm} = 5,1$ (kW)

Bảng sắp xếp phụ tải theo thứ tự công suất nhỏ dần

TT	Máy	P _{dm} (kW)	Số lượng
1	Biến áp hàn	12,47	1
2	Máy mài thô	10	2
3	Máy mài tinh	7	2
4	Cầu trục	7	1
5	Máy tiện	5,5	3
6	Quạt gió	5,1	1
7	Máy khoan	4,5	3



1/26/2022



6

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ Tính toán n_{hq}

❖ Thiết bị có công suất lớn nhất là biến áp hàn 12,47 (kW), 1 nửa công suất là 6,24 (kW). Vậy có 6 thiết bị có công suất lớn hơn trị số này là biến áp hàn (1), máy mài thô (2), máy mài tinh (2) và cầu trục (1). $n_1=6$.

❖ Tổng công suất của 6 máy này là: $P_{n1} = (12,47+2.10+2.7+7)=53,47$ (kW)

❖ Xác định n_* , P_* :

$$n_* = \frac{n1}{n} = \frac{6}{13} \approx 0,5$$

$$P_* = \frac{P_{n1}}{P_{tổng}} = \frac{53,47}{53,47 + 5,5.3 + 5,1 + 4,5.3} \approx 0,67$$



1/26/2022



7

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

❑ Tra số tay với $n_* = 0,5, P_* = 0,67$ được $n_{hq*} = 0,85$

❑ Tính được $n_{hq} = n \cdot n_{hq*} = 13 \cdot 0,85 = 11,05 \approx 11$

❑ Tra số tay với $k_{sd} = 0,2$ và $n_{hq} = 11$ được $k_{max} = 1,71$

❑ Phụ tải tính toán của nhóm:

$$P_{tt} = k_{max} k_{sd} \sum_{i=1}^{13} P_{dmi} = 1,71 \cdot 0,2 \cdot 88,57 = 30,29 \text{ (kW)}$$

$$Q_{tt} = P_{tt} \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{30,29}{0,6,0,8} = 40,39 \text{ (kW)}$$

❑ Phụ tải tính toán của nhóm máy là: $S_{tt} = 30,29 + j40,39 \text{ (kVA)}$



1/26/2022

Chương 3: Sơ đồ hệ thống cung cấp điện

Câu hỏi tự luận

1. Trình bày cách chọn phương án cấp nguồn cho các hệ thống cung cấp điện ?
2. Trình bày ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của các dạng sơ đồ cung cấp điện cơ bản ?
3. Trình bày các sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện ?
4. Trình bày kết cấu chính của đường dây tải điện?



1/26/2022

Chương 4: Phân tích kinh tế - kỹ thuật cung cấp điện

BÀI TẬP 1

Động cơ tiêu thụ 4×10^6 kWh trong một năm. Nâng cấp động cơ này lên động cơ hiệu suất cao sẽ tiết kiệm điện 10% với vốn đầu tư cho nâng cấp là \$80,000. Giá thiết là giá 8 cents/một kWh và vòng đời động cơ là 20 năm với lãi suất là 20%. Chọn phương án tốt hơn bằng cả hai phương pháp đã học.

Giải:

1. Hàm chi phí tính toán hàng năm

$$\text{Phương án 1: } Z_1 = V_1 + Y_1 = 0 + 4 \times 10^6 \times 0.08\$ = \$320,000$$

Phương án 2: Chi phí khấu hao hàng năm V_2 :

$$K_{P/A} = \frac{(1+0.2)^{20}-1}{0.2(1+0.2)^{20}} = 4.87 \Rightarrow K_{hq} = \frac{1}{4.87} \approx 0.2$$

$$V_2 = V_{\text{đầu}} \times K_{hq} = 80,000 \times 0.2 = \$16,000$$

Chi phí điện hàng năm $Y_2 = 0.9 \times 320,000 = \$288,000$ (tiết kiệm 10%)

$$\Rightarrow Z_2 = V_2 + Y_2 = \$304,000 < Z_1$$

2. Hàm chi phí vòng đời

$$\text{Phương án 1: } V_1 = 0; Y_1 = \$320,000 \Rightarrow C_{vòng} = Y_1 \times K_{P/A} = \$1,558,400$$

$$\text{Phương án 2: } V_2 = \$80,000; Y_2 = 0.9 \times 320,000 = \$288,000$$

$$\Rightarrow C_{vòng} = V_2 + Y_2 \times K_{P/A} = \$1,482,560 < C_{vòng 1}$$



BÀI TẬP 2

Mạng cao áp cấp cho PT loại 2 có công suất $S=3000\text{kVA}$ và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.85$. Số lần mất điện trung bình $N=0.08$ lần/năm với thời gian $T_{mđ1}=24\text{h}$. Để giảm tổn thất dùng dây dư phòng thì $T_{mđ2}=1.5\text{h}$. Tính tổn thất mất điện biết giá mất điện $a=2000đ/\text{kWh}$.

Giải:

✓ Không dư phòng: $C_{mđ1} = P \cdot T_{mđ1} \cdot N \cdot a = 3000 \times 0.85 \times 24 \times 0.08 \times 2000 = 9.792.000đ$

✓ Có dư phòng: $C_{mđ1} = P \cdot T_{mđ1} \cdot N \cdot a = 3000 \times 0.85 \times 1.5 \times 0.08 \times 2000 = 612.000đ$

➔ Như vậy giảm khá nhiều tiền do xây đường dây dự phòng, nhưng mất vốn đầu tư ban đầu.



Chương 5: Tính toán về điện trong cung cấp điện

BÀI TẬP 1: Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây

Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây

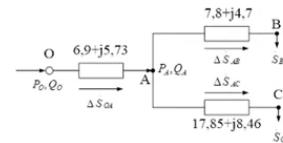
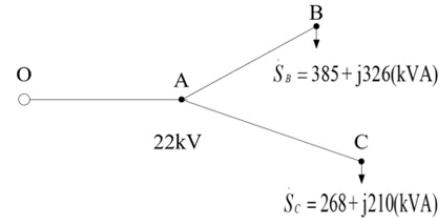
Ví dụ

Đoạn dây	OA	AB	AC
Dây dẫn AC	70	50	35
Chiều dài (km)	15	12	21

Giải

Đoạn dây	OA	AB	AC
$r_0 (\Omega/km)$	0,46	0,65	0,85
$x_0 (\Omega/km)$	0,382	0,392	0,403
R(Ω)	6,9	7,8	17,85
X(Ω)	5,73	4,7	8,46

- $\Delta P_{AB} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{AB} = \frac{385^2 + 326^2}{22^2} \cdot 7,8 = 4101 (W)$
- $\Delta Q_{AB} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_{dm}^2} \cdot X_{AB} = \frac{385^2 + 326^2}{22^2} \cdot 4,7 = 2474 (VAr)$
- $\Delta P_{AC} = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{AC} = \frac{268^2 + 210^2}{22^2} \cdot 17,85 = 4275 (W)$
- $\Delta Q_{AC} = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{dm}^2} \cdot X_{AC} = \frac{268^2 + 210^2}{22^2} \cdot 8,46 = 2067 (VAr)$



TOORELAB

BÀI TẬP 1: Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây

$$P_A = P_B + \Delta P_{AB} + P_C + \Delta P_{AC} = 385 + 4,101 + 268 + 4,275 = 661,4(kW)$$

$$Q_A = Q_B + \Delta Q_{AB} + Q_C + \Delta Q_{AC} = 326 + 2,474 + 210 + 2,067 = 540,5(kVAr)$$

$$\Delta P_{OA} = \frac{P_A^2 + Q_A^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{OA} = \frac{661,4^2 + 540,5^2}{22^2} \cdot 6,9 = 10401(W)$$

$$\Delta Q_{OA} = \frac{P_A^2 + Q_A^2}{U_{dm}^2} \cdot X_{OA} = \frac{661,4^2 + 540,5^2}{22^2} \cdot 5,73 = 8637 (VAr)$$

$$P_O = P_A + \Delta P_{OA} = 661,4 + 10,4 = 671,8 (kW)$$

$$Q_O = Q_A + \Delta Q_{OA} = 540,5 + 8,6 = 549,1 (kVAr)$$

Tổn thất điện áp:

$$\Delta U_{AB} = \frac{P_B \cdot R_{AB} + Q_B \cdot X_{AB}}{U_{dm}} = \frac{385 \cdot 7,8 + 326 \cdot 4,7}{22} = 206 (V)$$

$$\Delta U_{AC} = \frac{P_C \cdot R_{AC} + Q_C \cdot X_{AC}}{U_{dm}} = \frac{268 \cdot 17,85 + 210 \cdot 8,46}{22} = 298 (V)$$

$$\Delta U_{OA} = \frac{P_A \cdot R_{OA} + Q_A \cdot X_{OA}}{U_{dm}} = \frac{661,4 \cdot 6,9 + 540,5 \cdot 5,73}{22} = 348 (V)$$

Điện áp các nút:

$$U_A = U_{dm} - \Delta U_{OA} = 22000 - 348 = 21652 (V)$$

$$U_B = U_A - \Delta U_{AB} = 21652 - 206 = 21446 (V)$$

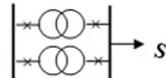
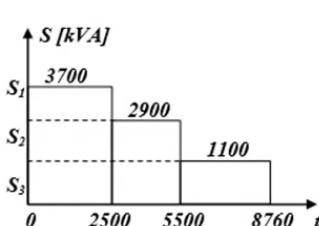
$$U_C = U_A - \Delta U_{AC} = 21652 - 298 = 21354 (V)$$



TOORELAB

BÀI TẬP 2: Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

- ❖ Hãy xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện năng trong 1 năm của trạm biến áp theo 2 trường hợp. Các thông số kỹ thuật của máy biến áp cho bên dưới.
- ✓ Xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện năng trong một năm của trạm theo đồ thị phụ tải dưới. Biết rằng trạm thực hiện vận hành kinh tế.
 - ✓ Xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện trong một năm của trạm theo phụ tải cực đại và τ . Biết rằng phụ tải của trạm cho bằng $S_{max} = 3700 \text{ kVA}$ và $\tau = 2550 \text{ giờ/năm}$, (trạm luôn vận hành 2 máy).



$$S_{dmB} = 2000 \text{ kVA}; U_{dm} = 35/10 \text{ kV}$$

$$\Delta P_0 = 4,8 \text{ kW}; I_0\% = 1,5 \%$$

$$\Delta P_N = 20 \text{ kW}; u_N\% = 6 \%$$

$$C = 1200 \text{ đ/kWh}$$

TOORELAB

Bài tập 2: Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

Mốc thời gian $t_1 = 2500$ (giờ); $t_2 = 3000$ (giờ); $t_3 = 3260$ (giờ)

$$\text{Trạm vận hành kinh tế: } S_{gh} = S_{dm} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_N} \cdot n \cdot (n+1)} = 2000 \sqrt{\frac{4,8}{20} \cdot 1 \cdot (1+1)} = 1385,6 \text{ (kVA)}$$

Điều này có nghĩa là nếu phụ tải vượt mức 1385,6 kVA thì nên vận hành 2 máy biến áp và ngược lại \Rightarrow Số máy vận hành tại các điểm $t_1; t_2; t_3$ là: $n_1 = 2; n_2 = 2; n_3 = 1$

$$\Delta A_{tram1} = 2\Delta P_0(t_1 + t_2) + \Delta P_N \left(\frac{S_1}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_2 + \frac{1}{1} \cdot \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_3}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_3 = 252\,945,50 \text{ (kWh/năm)}$$

Tiền tổn thất điện năng của trạm

$$C_{\Delta A_1} = \Delta A_{tram1} \times C = 252\,945,50 \times 1200 = 303\,534\,600 \text{ (đồng/năm)}$$



TOORELAB

Bài tập 2: Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

❖ Trong trường hợp trạm chỉ vận hành với 2 máy cả năm:

Trạm chỉ vận hành 2 máy với $S_{max} = 3700$ (kVA) và $\tau = 2550$ (giờ)

$$\Delta A_{tram2} = 2 \cdot \Delta P_0 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau = 2 \times 4,8 \times 8760 + 0,5 \times 20 \times \left(\frac{3700}{2000} \right)^2 \times 2550 =$$

171 369,75 (kWh/năm).

Tiền tổn thất điện năng của trạm

$$C_{\Delta A_2} = \Delta A_{tram2} \cdot C = 171 369,5 \times 1200 = **205 643 700 (đồng/năm)**$$



TOORELAB

Bài tập 3 : Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

Mạng điện có 3 cấp điện áp.

MBA T1 38,5/11: $S_{dm} = 6300$ kVA, $U_N\% = 7,5\%$, $\Delta P_N = 46,5$ kW

MBA T2 10/0,4: $S_{dm} = 1000$ kVA, $U_N\% = 5,5\%$, $\Delta P_N = 8,6$ kW

Điện áp thanh cái A là 38 kV

Xác định điện áp tại thanh cái 2, 4, 5?

• **Giải**

B1: Chọn cấp điện áp cơ sở là 35kV

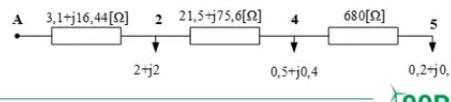
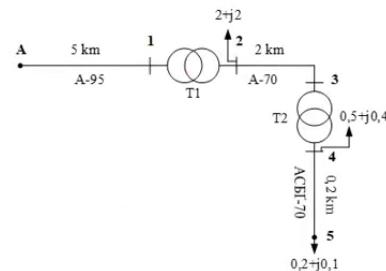
B2: Xác định thông số MBA

B3: Xác định thông số đường dây

B4: Quy đổi

B5: Xác định điện áp đã quy đổi

B6: Xác định điện áp thực: $U_i = U_i^o / \prod k_B$



TOORELAB

Bài tập 3 : Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B2: Xác định thông số MBA

$$Z_{T1} = \frac{\Delta P_N \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot 10^3 + j \frac{U_{N\%} \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10 = \frac{46,5(35)^2}{6300^2} \cdot 10^3 + j \frac{7,5(35)^2}{6300} \cdot 10 = 1,45 + j14,5[\Omega]$$
$$Z_{T2} = \frac{8,6(10)^2}{1000^2} \cdot 10^3 + j \frac{5,5(10)^2}{1000} \cdot 10 = 0,86 + j5,5[\Omega]$$

B3: Xác định thông số đường dây

- Tra số tay:

A-95 có $z_0 = 0,33 + j 0,357 [\Omega/km]$

A-70 có $z_0 = 0,45 + j 0,341 [\Omega/km]$

Cáp nhôm ACБГ-70 có $z_0 \approx 0,45 + j 0 [\Omega/km]$

- Tính toán

$$z_{A1} = (0,33 + j 0,357) \cdot 5 = 1,65 + j1,94 [\Omega]$$

$$z_{23} = (0,45 + j 0,341) \cdot 2 = 0,90 + j0,68 [\Omega]$$

$$z_{45} = (0,45 + j 0) \cdot 0,2 = 0,09 [\Omega]$$



Bài tập 3: Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B4: Quy đổi:

- $\overset{o}{Z}_{T2} = (0,86 + j5,5) \cdot (\frac{38,5}{11})^2 = 10,5 + j67,5 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{23} = (0,9 + j0,68) \cdot (\frac{38,5}{11})^2 = 11 + j8,3 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{45} = (0,09) \cdot (\frac{10}{0,4} \cdot \frac{38,5}{11})^2 = 680 [\Omega]$

Biến đổi sơ đồ:

- $\overset{o}{Z}_{A2} = Z_{A1} + Z_{T1} = (1,65 + j1,94) + (1,45 + j14,5) = 3,1 + j16,44 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{24} = \overset{o}{Z}_{23} + \overset{o}{Z}_{T2} = (11 + j8,3) + (10,5 + j67,5) = 21,5 + j75,6 [\Omega]$



Bài tập 3: Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B5: Điện áp tại các điểm 2, 4, 5 đã qui đổi về phía 35 kV :

- $\overset{o}{U}_2 = U_A - \Delta U_{A2} = 38 - \frac{(0,2+0,5+2).3,1+(0,1+0,4+2)16,44}{35} = 36,6 [kV]$
- $\overset{o}{U}_4 = U_2 - \Delta U_{24} = 36,6 - \frac{(0,2+0,5).21,5+(0,1+0,4)75,6}{35} = 35,1 [kV]$
- $\overset{o}{U}_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 35,1 - \frac{0,2.680}{35} = 31,2 [kV]$

B6: Điện áp thực tại các điểm 2,4,5:

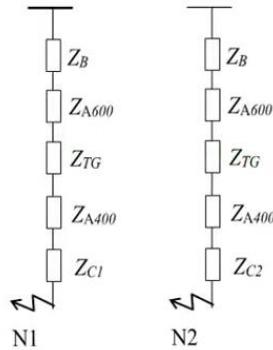
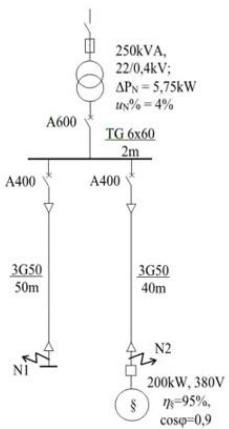
- $U_2 = \frac{U_2^*}{k_{T_1}k_{T_2}} = \frac{36,6}{38,5/11} = 10,3 [kV]$
- $U_4 = \frac{U_4^*}{k_{T_1}k_{T_2}} = \frac{35,1}{38,5/11.10/0,4} = 0,36 [kV]$
- $U_5 = \frac{U_5^*}{k_{T_1}k_{T_2}} = \frac{31,2}{38,5/11.10/0,4} = 0,356 [kV]$



Chương 6: Tính toán ngắn mạch trong hệ thống điện

Bài tập: Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới hạ áp

Tính dòng điện ngắn mạch 3 pha hiệu dụng và dòng điện xung kích tại điểm N_1 và N_2 trong mạng hạ áp phân xưởng cơ khí



Sơ đồ thay thế tính đến các
điểm ngắn mạch N_1, N_2

TOORELAB

Bài tập: Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới hạ áp

❖ Giải

✓ Tính tổng trở các phần tử

▪ Tổng trở MBA:

$$R_B = \frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} = \frac{5,75 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250^2} = 13,28 m\Omega$$

$$X_B = \frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{0,04 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250} = 23,1 m\Omega$$

▪ Tổng trở của áp tôt A400 và A600

- Tra số tay, thông số cuộn dây bảo vệ quá dòng của áp tôt

$$r_{RI400} = 0,15 m\Omega; x_{RI400} = 0,1 m\Omega$$

$$r_{RI600} = 0,12 m\Omega; x_{RI600} = 0,094 m\Omega$$

- Tra số tay cho áp tôt mát

$$r_{A400} = 0,2 m\Omega; r_{A600} = 0,15 m\Omega$$

▪ Tổng trở của thanh góp 6x60mm²

$$r_{TG} = r_{oTG} \cdot l = 0,056 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,112 m\Omega$$

$$x_{TG} = x_{oTG} \cdot l = 0,189 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,378 m\Omega$$

▪ Tổng trở của cáp

$$r_{C1} = r_{oC} \cdot l_1 = 0,387 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 19,35 m\Omega$$

$$r_{C2} = r_{oC} \cdot l_2 = 0,387 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 15,48 m\Omega$$

▪ Tính toán dòng điện ngắn mạch tại điểm N1

$$r_{\Sigma(N1)} = r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400} + r_{RI400} + r_{C1}$$

$$= 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 + 19,35$$

$$= 33,326 m\Omega$$

$$x_{\Sigma(N1)} = x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400}$$

$$= 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672 m\Omega$$

$$I_{N(N1)} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N1)}^2 + x_{\Sigma(N1)}^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{33,326^2 + 23,672^2}} = 5,36 kA$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N1)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,36 = 9,86 kA$$

TOORELAB



Bài tập: Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới hạ áp

❖ Giải:

✓ **Dòng điện ngắn mạch tại N2 không xét đến tác động của động cơ**

$$r_{\Sigma(N2)} = r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400} + r_{RI400} + r_{C2} \\ = 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 \\ + 15,48 = 29,492 \text{ m}\Omega$$

$$x_{\Sigma(N2)} = x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400} \\ = 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672 \text{ m}\Omega$$

$$I_{N(N2)} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N2)}^2 + x_{\Sigma(N2)}^2}} \\ = \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{29,492^2 + 23,672^2}} = 5,8 \text{ kA}$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,8 = 10,66 \text{ kA}$$

✓ **Dòng điện ngắn mạch tại N2 có xét đến tác động của động cơ**

$$I_{dc} = \frac{P_D}{\sqrt{3} U_D \eta_D \cos \varphi_D} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 355,4 \text{ A}$$

✓ **Kết luận:**

$$\bullet I'_{N(N2)} = I_{N(N2)} + I_{dc} \\ = 6,155 \text{ kA} (\text{tăng } 5,7\%)$$

$$\bullet i'_{xk(N2)} = i_{xk(N2)} + I_{xkD} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} + k_{xkD} I_{dc} = \\ 10,66 + 6,5 \cdot 355,4 \cdot 10^{-3} = 12,968 \text{ kA} (\text{tăng } 17,8\%)$$



Chương 7: Lựa chọn thiết bị trong cung cấp điện

Bài tập 1

Hãy chọn máy cắt và dao cách ly cho mạng điện 10kV, biết công suất truyền tải trên mạng điện là $S = 2540 \text{ kVA}$, giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là $I_k = 3,35 \text{ kA}$, $t_k = 0,65\text{s}$



Bài tập 1

Hãy chọn máy cắt và dao cách ly cho mạng điện 10kV, biết công suất truyền tải trên mạng điện là $S = 2540 \text{ kVA}$, giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là $I_k = 3,35 \text{ kA}$, $t_k = 0,65\text{s}$

Bài giải

Trước hết ta xác định dòng điện làm việc của mạng

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{25400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 146,65(A)$$

Giá trị hiệu dung của dòng xung kích:

$$I_{xk} = q_{xk} \cdot I_k = 1,52 \cdot 3,35 = 5,1 (kA)$$

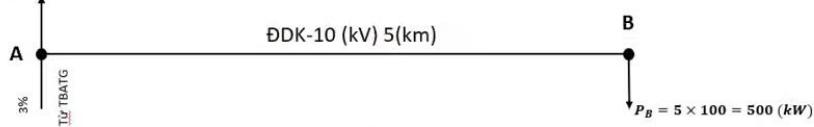
Căn cứ vào số liệu tính toán ta chọn máy cắt dâu loại BM \geq -10 và dao cách ly PBP(3)-10/630, các số liệu tính toán kiểm tra được thể hiện trong bảng sau:

Tham số	Điều kiện	Tham số máy cắt		Tham số dao cách ly	
		Tính toán	BM \geq -10	Tính toán	PBP(3)-10/630
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Điện áp (kV)	$U_n > U$	10	10	10	10
Phụ tải	$I_n \geq I_{lv}$	200	146,65	630	146,65
Ổn định nhiệt	$I_{odMC} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_k}{t_{od}}} = 22,7$	3,35 $\sqrt{\frac{0,65}{1}} = 22,7$	10	3,35 $\sqrt{\frac{0,65}{4}} = 1,35$	15
Ổn định động	$i_{Mc} \geq I_{xk}$	1,52.3,35=5,1	7.2	5,1	50
Khả năng cắt	$I_{cat} \geq I_k$	3,35	5,5		



Bài tập 2

Trạm bơm tiêu của huyện đặt 5 máy bơm 100 (kW). Trạm được cấp điện từ đường trục 10 (kV) tại điểm A (hình vẽ). Biết rằng tổn thất từ trạm BATG đến điểm A đã là 3%. Yêu cầu chọn tiết diện dây cho ĐDK – 10 (kV) từ A về đến trạm bơm B.



Bài giải:

Trạm bơm tiêu nông nghiệp làm việc theo mùa có T_{max} nhỏ và khoảng cách tải điện xa, tiết diện dây được chọn theo ΔU_{cp} . Tổn thất điện áp cho phép của đoạn đường dây AB cần thiết kế:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{cp} - 3\%U_{dm} = 500 - 300 = 200 (V)$$

Khi có lũ lụt hoặc mưa úng, trạm bơm phải huy động 100% máy bơm làm việc với 100% công suất, nghĩa là:

$$k_{dt} = k_t = 1$$

Vậy, công suất tính toán của trạm bơm bằng công suất đặt. Lấy $\cos\varphi = 0.8 \rightarrow \tan\varphi = 0.75$. Tính được:

$$S_{tt} = S_d = (5 \times 100) + j(5 \times 100)\tan\varphi = 500 + j375 (kVA)$$

Dự định dung dây AC, sơ bộ $x_0 = 0.35 \left(\frac{\Omega}{km}\right)$ xác định được thành phần tổn thất điện áp do Q gây ra theo công thức:

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \cdot Q_{tt} \cdot I_{AB}}{U_{dm}} = 65.5 (V)$$



Bài tập 2

Từ đây, ta tính được thành phần tổn thất điện áp do P gây ra trên R đường dây
 $\Delta U' = 200 - 65.5 = 134.4 (V)$

Tiết diện tính toán của dây với $\rho = 31.5 \left(\frac{\Omega \text{mm}^2}{km}\right)$ là:

$$F = \frac{\rho_A I_{AB} P_{tt}}{\Delta U' U_{dm}} = 58.59 (\text{mm}^2)$$

Chọn tiết diện tiêu chuẩn gần nhất lớn hơn là AC-70

Với dây AC-70 và $D_{tb} = 1,5\text{mm}$, tra sổ tay được:

$$r_0 = 0.46 \left(\frac{\Omega}{km}\right); x_0 = 0.36 \left(\frac{\Omega}{km}\right)$$

Tính được:

$$Z_{AB} = r_0 l + jx_0 l = 0.46 \times 5 + j0.36 \times 5 = 2.3 + j1.8 (\Omega)$$

Tổn thất điện áp trên đường dây AB là:

$$\Delta U_{AB} = \frac{500.2,3 + 375.1,8}{10} = 182,5 (V)$$

Nhận thấy $\Delta U_{AB} < \Delta U_{cp} = 200 (V)$. Vậy chọn dây dẫn AC-70 cấp điện cho trạm bơm là thỏa mãn.



Chương 8: Nâng cao chất lượng điện năng trong cung cấp điện

Bài tập 1: Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

Đề bài:

Chọn đầu phân áp cho MBA TM-1000/35, $U_{1(max)} = 33kV$, $U_{1(min)} = 32kV$; $\frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{35kV}{10kV}$
 $\Delta P_0 = 5.1kW$; $\Delta P_N = 15kW$; $U_N\% = 6,5$;
 $\Delta U_{cp}\% \leq 5\%$; $S_{dm} = 1000kVA$; $S_{max} = 1200 + j900kVA$; $S_{min} = 420 + j495kVA$

Giải

- Tham số của MBA: $R_B = \frac{\Delta P_N U_{1dm}^2}{S_{dm}^2} 10^3 = \frac{15.35^2}{1000^2} 10^3 = 18.375\Omega$; $X_B = \frac{U_N\% U_{1dm}^2}{S_{dm}} 10 = \frac{6,5.35^2}{1000} 10 = 79,625\Omega$
- Tổn thất trong MBA: $\Delta U_{B(max)} = \frac{1200.18,375+900.79,625}{35} 10^{-3} = 2,678kV$; $\Delta U_{B(min)} = \frac{420.18,375+495.79,625}{35} 10^{-3} = 1,347kV$



Bài tập 1: Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

Tính đầu phân áp

- Phụ tải nhỏ nhất: $U_{phân\ áp(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{10,5} = 33,16kV$
- Phụ tải lớn nhất: $U_{phân\ áp(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{9,5} = 35,11kV$
- Đầu phân áp trung bình: $U_{phân\ áp} = \frac{33,16+35,11}{2} = 34,135kV$
- MBA TM-1000 có đầu phân áp tiêu chuẩn 33,25kV; 35kV và 36,75kV → Chọn $U_{phân\ áp} = 33,25kV$
- Kiểm tra điện áp thực tế pha thứ cấp
 - Phụ tải min: $U_{2(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{33,25} = 10.47kV \rightarrow \Delta U\% = +4,7\%$
 - Phụ tải max: $U_{2(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{32,25} = 9.7kV \rightarrow \Delta U\% = -3\%$
- Cả hai chế độ làm việc trong giới hạn cho phép: $\Delta U\% \leq \pm 5\%$



Bài tập 2: Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia (tiếp):

▪ **Ví dụ:**

Mạng hình tia bốn nhánh. Thông số các nhánh như sau

$$r_1 = 0,1 \Omega; Q_1 = 400 \text{ kVAr}; r_2 = 0,05 \Omega; Q_2 = 400 \text{ kVAr}$$

$$r_3 = 0,06 \Omega; Q_3 = 500 \text{ kVAr}; r_4 = 0,2 \Omega; Q_4 = 200 \text{ kVAr}$$

Biết tổng dung lượng bù cho mạng là $Q_b = 1200 \text{ kVAr}$.

Xác định $Q_{b1}, Q_{b2}, Q_{b3}, Q_{b4}$?

▪ **Giải:**

$$R_{td} = r_1 // r_2 // r_3 // r_4 = 0,0149 \Omega$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1500 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q-Q_b) \cdot R_{td}}{r_1} = 400 - \frac{(1500-1200) \cdot 0,0149}{0,1} = 303 \text{ kVAr}$$

Tương tự $Q_{b2} = 406 \text{ kVAr}; Q_{b3} = 338 \text{ kVAr}; Q_{b4} = 153 \text{ kVAr}$



Bài tập 3: Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng liên thông: (tiếp)

$$r_3 = 0,025 \Omega; Q_3 = 50 \text{ kVAr}; r_2 = 0,012 \Omega; Q_2 = 200 \text{ kVAr}$$

$$r_{12} = 0,004 \Omega; Q_{12} = Q_2 + Q_3 = 250 \text{ kVAr}; r_1 = 0,008 \Omega; Q_1 = 100 \text{ kVAr}; Q_b = 250 \text{ kVAr};$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 350 \text{ kVAr}$$

Xác định Q_{b1}, Q_{b2}, Q_{b3} ?

Giải: $R_{td2} = r_2 // r_3 = 0,008 \Omega; R_{td1} = r_1 // (R_{td2} + r_{12}) = 0,0048 \Omega$

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q-Q_b) \cdot R_{td1}}{r_1} = 100 - \frac{(350-250) \cdot 0,0048}{0,008} = 40 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b12} = Q_b - Q_{b1} = 250 - 40 = 210 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q_{12}-Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_2} = 200 - \frac{(250-210) \cdot 0,008}{0,012} = 173 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - \frac{(Q_{12}-Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_3} = 25 - \frac{(250-210) \cdot 0,008}{0,025} = 37 \text{ kVAr}$$



Bài tập 4: Độ tin cậy

❖ Biết cường độ hỏng hóc của cầu dao và máy cắt là $\lambda_1 = 0,4 \cdot 10^{-6}$ lần/giờ và của MBA là $\lambda_2 = 1,88 \cdot 10^{-6}$ lần/giờ

➔ Tính độ tin cậy của hệ thống sau thời gian làm việc $t=10^4$ giờ ứng với trường hợp có và không có mạch dự phòng.

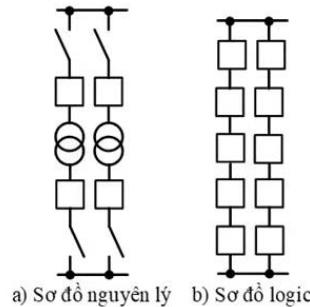
❖ Giải

✓ Không dự phòng:

$$P_1(t) = e^{-t \sum_{i=1}^5 \lambda_i} = e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t} = 0.965$$

✓ Có dự phòng:

$$\begin{aligned} P_2(t) &= 1 - \prod_{i=1}^2 \left(1 - e^{-t \sum_{j=1}^5 \lambda_j}\right) \\ &= 1 - (1 - e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t})^2 = 0.998 \end{aligned}$$



a) Sơ đồ nguyên lý b) Sơ đồ logic



Bài tập 4: Độ tin cậy

Ví dụ 2

• Mạch điện gồm 5 phần tử nối tiếp; Độ tin cậy các phần tử hệ thống như nhau là $p=0,9$.

➔ Tìm số mạch dự phòng với $P_{cp}=0,7$.

• Giải

• Độ tin cậy của một mạch: $P_1 = p^5$

• Độ tin cậy của hệ thống có m mạch dự phòng:

$$\bullet P_{ht} = 1 - (1 - p^5)^{m+1}$$

$$\bullet \text{Điều kiện: } P_{ht} \geq P_{cp} \leftrightarrow m \geq \frac{\ln(1-P_{cp})}{\ln(1-p^5)} - 1 \leftrightarrow m \geq 0,3$$

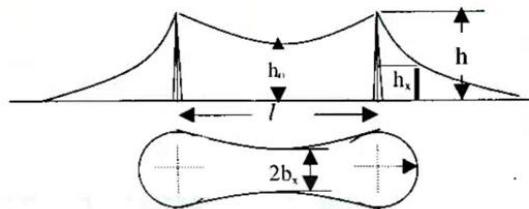
• Chọn số mạch dự phòng là 1.



Chương 9: Bảo vệ trong hệ thống điện

Bài tập 1

Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao $h = 27,4$ m, bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 18,25$ m. Khoảng cách giữa 2 cột thu lôi là $l = 38,25$ m.



Vùng bảo vệ cho cột chống sét kép trong đề bài



Bài tập 1

Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao $h = 27,4$ m, bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 18,25$ m. Khoảng cách giữa 2 cột thu lôi là $l = 38,25$ m.

Bài giải:

Chiều cao hiệu dung:

$$h_a = 27,4 - 18,25 = 9,15 \text{ (m)}$$

Bán kính vùng bảo vệ ở độ cao h_x : $r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 27,4 \cdot 9,15}{27,4 + 18,25} = 8,79 \text{ (m)}$

Bề ngang hẹp nhất của vùng bảo vệ xác định theo biểu thức:

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - 1}{14 \cdot h_a - 1} \cdot 4 \cdot r_x = \frac{(7 \cdot 9,15 - 38,25)}{14 \cdot 9,15 - 38,25} \cdot 4 \cdot 8,79 = 10,09 \text{ (m)}$$

Ta có, chiều cao: $h_0 = h - \frac{l}{7} = 27,4 - \frac{38,25}{7} = 21,94 \text{ (m)}$



Bài tập 2

Cần tính toán thiết bị hệ thống nối đất cho một trạm BAPP kiểu bêt, kích thước (6x9)m, biết $\rho = 0,4 \cdot 10^4 \left(\frac{\Omega}{cm} \right)$.

Bài giải:

Dự định thiết kế hệ thống nối đất cho trạm BAPP bằng một mạch vòng kín bao quanh trạm, coc dùng thép góc L 60x60x6 và thanh nối là thép det 40x4mm (Hình ở slide bên).

Lấy $k_m = 1,5$, tính được điện trở đất 1 coc:

$$R_{tt} = 0,00298 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 10^4 = 17,34 (\Omega)$$

Xác định số coc:

$$n = \frac{R_{lc}}{\eta_c \cdot R_{yc}} = \frac{17,34}{0,8,4} = 5,4 \text{ coc} \approx 6 \text{ (coc)}$$

Trong đó, tra số tay $\eta_c = 0,8$:

Mạch vòng sẽ đi bên trong tường rào trạm có chu vi $l = 2(a + b) = 2(5 + 6) = 22m$. Thép det chôn ở độ sâu 0,8m.

Tính điện trở nối đất ở độ sâu này phải nhân với hệ số 3. Điện trở của thanh thép nối:

$$R_t = \frac{(0,366 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 10^4 \cdot 3)}{2200} \times \log \frac{2,2200^2}{4,80} = 13,4 (\Omega)$$

Tra bảng tìm được $\eta_t = 0,45$, tính được điện trở nối đất thực tế của thanh nối:

$$R'_t = \frac{13,4}{0,45} = 28,77 (\Omega)$$



Bài tập 2

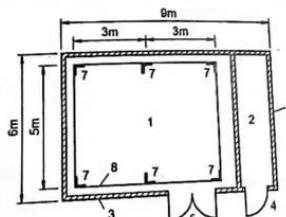
Điện trở nối đất cần thiết của n coc là:

$$R_c = \frac{4,28,77}{28,77 - 4} = 4,6 (\Omega)$$

Số coc cần phải đóng là:

$$n = R_{lc} / (\eta_c \cdot R_c) = \frac{17,34}{0,8 \cdot 4,6} = 4,6 \text{ (coc)}$$

Căn cứ vào mặt bằng trạm, quyết định đặt 6 coc như hình dưới. Điện trở nối đất thực tế nhỏ hơn 4 Ω



Hình 4.22. Mặt bằng trạm BAPP kiểu bêt và hệ thống nối đất

1. Phần ngoài trời;
2. Nhà phân phối hạ áp;
3. Tường bảo vệ;
4. Cửa nhà phân phối;
5. Cổng trạm;
6. Tường nhà phân phối;
7. Coc nối đất;
8. Thanh nối



Chương 10: An toàn điện trong cung cấp điện

Bài tập: 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

- Mang 10kV Trung tính cách điện: $R_{nd} = \frac{125}{15} = 8,33 [\Omega]$
- Theo quy phạm, với hạ áp: $R_d \leq 4 [\Omega] \rightarrow R_d = 4 [\Omega]$.

❖ Bước 2: $R_{tn} = 11\Omega > R_{nd} = 4 [\Omega] \rightarrow R_{nt} = \frac{R_{tn} \cdot R_{nd}}{R_{tn} - R_{nd}} = \frac{11 \cdot 4}{11 - 4} = 6,28 [\Omega]$

- 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 → Tra số tay, hệ số tăng cao của cọc là 1,5 và của thanh là 2,2. $\rightarrow \rho_{tt.c} = 70 \cdot 1,5 = 105 [\Omega \cdot m], \rho_{tt.t} = 70 \cdot 2,2 = 154 [\Omega \cdot m]$



Bài tập: 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 ($l = 2m, d = 20mm, \text{sâu } 0,7m (t=1,7m)$.

$$R_c = \frac{\rho_{tt.c}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{105}{2 \cdot \pi \cdot 2} \left(\ln \frac{2.2}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4.1,7+2}{4.1,7-2} \right) = 46,7 [\Omega]$$

❖ Bước 5: Tra số 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



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

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



Bài tập: 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.



Bài tập: 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 coc n = 9. Ta có tổng chiều dài thanh ngang L = (9-1).2 = 16m.

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

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



Chương 2

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân loại phụ tài điện theo yêu cầu cung cấp điện và theo chế độ làm việc ?
2. Nêu định nghĩa và cách xác định các đặc trưng công suất của phụ tài điện ?
3. Nêu định nghĩa và cách xác định các đặc trưng hệ số của phụ tài điện ?
4. Đồ thị phụ tài là gì ?
5. Trình bày nội dung và phạm vi ứng dụng của các phương pháp xác định phụ tài tính toán sau đây
 - Xác định phụ tài tính toán theo hệ số nhu cầu và công suất đặt ?
 - Xác định phụ tài tính toán theo hệ số đồng thời ?
 - Xác định phụ tài tính toán theo suất phụ tài trên một đơn vị diện tích ?
6. Biểu đồ phụ tài là gì ? Cách xác định tâm phụ tài ?
7. Trình bày tóm tắt các phương pháp dự báo phụ tài ?

Bài tập

Bài 2.1. Xác định phụ tải tính toán của một nhà máy cơ khí địa phương biết

+

TT	Tên phân xưởng	P _{đãt} (kW)	TT	Tên phân xưởng	P _{đãt} (kW)
1	Phân xưởng (PX) kết cấu kim loại	2200	6	PX gia công gỗ	200
2	PX lắp ráp cơ khí	1500	7	PX sửa chữa cơ khí	300
3	PX đúc	800	8	Trạm bom	150
4	PX rèn	1200	9	Phòng kiểm định	200
5	PX nén khí	500	10	Khu văn phòng	100

Giải

Tra số tay để xác định hệ số nhu cầu K_{nc} và $\cos\varphi$ của các phân xưởng. Từ đó xác định phụ

tải tính toán theo $P_n = K_{nc} \cdot P_{đãt}$; $Q_n = P_n \operatorname{tg}\varphi = P_n \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi}$

TT	Tên phân xưởng	P _{đãt} (kW)	K _{nc}	cosφ	P _n (kW)	Q _n (kVAr)
1	Phân xưởng (PX) kết cấu kim loại	2200	0,6	0,7	1320	943
2	PX lắp ráp cơ khí	1500	0,3	0,5	450	390
3	PX đúc	800	0,6	0,7	480	343
4	PX rèn	1200	0,5	0,6	600	480
5	PX nén khí	500	0,6	0,7	300	214
6	PX gia công gỗ	200	0,4	0,6	80	64
7	PX sửa chữa cơ khí	300	0,2	0,5	60	52
8	Trạm bom	150	0,6	0,7	90	64
9	Phòng kiểm định thử nghiệm	200	0,7	0,7	140	100
10	Khu văn phòng	100	0,7	0,8	70	42

Phụ tải tính toán của toàn nhà máy:

Phụ tải tính toán của toàn nhà máy:

$$P_{NM} = K_{dt}(P_1 + P_2 + \dots + P_{10}) \\ = 0,85.(1320 + 450 + 480 + 600 + 300 + 80 + 60 + 90 + 140 + 70) = 3051,5\text{kW}$$

$$Q_{NM} = K_{dt}(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{10}) \\ = 0,85.(943 + 390 + 343 + 480 + 214 + 64 + 52 + 64 + 100 + 42) = 2288,2\text{kVAr}$$

██████████

I

$$S_{NM} = \sqrt{P_{NM}^2 + Q_{NM}^2} = \sqrt{3051,5^2 + 2288,2^2} = 3814,12\text{kVA}$$

Bài 2.2. Một trạm biến áp phân phối cấp điện cho 4 nhà kho với P_d lần lượt là 250 kVA, 200 kVA, 150 kVA và 400 kVA, cùng với $\cos\varphi = 0,9$, $K_u = 0,9; 0,8; 0,75$ và $0,85$. Hệ số không đồng thời $K_{dt} = 1,5$. Tính phụ tải tính toán mà trạm biến áp cần tải.

Giải

Phụ tải tính toán của nhóm 4 nhà kho:

$$P_{tt,nhóm} = K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n P_{i,tt} = K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n K_{i,u} P_{i,d} \\ = 0,9 \times (250 \times 0,9 + 200 \times 0,8 + 150 \times 0,75 + 400 \times 0,85) / 1,5 \\ = 502,5 \text{ kW}$$

Bài 2.3. Xác định phụ tải tính toán của một phân xưởng nhỏ có 3 nhóm động cơ với công suất định mức P_{dm} và hệ số sử dụng lớn nhất K_u được cho trong bảng sau:

	Số thứ tự của thiết bị	Công suất định mức (kW)	Hệ số sử dụng lớn nhất
Nhóm 1	1	6	0,9
	2	2	1
	3	8	0,8
	4	4	0,8
Nhóm 2	5	7	1
	6	3	1
	7	6	0,8
	8	6	0,8
Nhóm 3	9	5	0,8
	10	3	0,8
	11	3	0,8
	12	5	0,8
	13	4	1

14

4

1

Giải

Áp dụng hai phương pháp xác định phụ tải theo hệ số sử dụng lớn nhất (phần 2.4.1) và hệ số đồng thời (phần 2.4.4), ta có công thức tính phụ tải tính toán của một nhóm như sau:

$$P_{tt,nhóm} = K_{đt,nhóm} \cdot \sum_{i=1}^n P_{i,tt} = K_{đt,nhóm} \cdot \sum_{i=1}^n K_{i,tt} P_{i,dm}$$

Phụ tải tính toán toàn phân xưởng:

$$P_{tt,px} = K_{đt,px} \cdot \sum_{j=1}^m P_{tt,nhóm,j}$$

Kết quả tính toán được tổng kết trong bảng dưới đây:

Nhóm	$P_{i,dm}$ (kW)	$K_{i,u}$		$P_{i,tt}$ (kW)		$K_{dt,nhóm}$	$P_{tt,nhóm}$ (kW)		$K_{dt,px}$	$P_{tt,px}$ (kW)
Nhóm 1	6	0,9	→	5,4	→	0,7	11,9	→	0,8	32,144
	2	1	→	2	→					
	8	0,8	→	6,4	→					
	4	0,8	→	3,2	→					
Nhóm 2	7	1	→	7	→	0,7	13,72	→	0,8	32,144
	3	1	→	3	→					
	6	0,8	→	4,8	→					
	6	0,8	→	4,8	→					
Nhóm 3	5	0,8	→	4	→	0,6	14,56	→	0,8	32,144
	3	0,8	→	2,4	→					
	3	0,8	→	2,4	→					
	5	0,8	→	4	→					



	4	1		4					
	4	1		4					

Bài 2.4. Một trạm biến áp cấp điện cho các phụ tải có công suất cực đại tương ứng như sau:

- Phụ tải công nghiệp: 1500kW,
- Phụ tải thương mại: 750kW,
- Phụ tải dân cư: 100kW,
- Chiếu sáng và các dịch vụ công cộng: 450kW

Biết công suất tải cực đại của trạm biến áp là 2500kW và lượng điện năng tiêu thụ trong 1 năm là 4500MWh.

Tính hệ số không đồng thời và hệ số tải của trạm.

I

Giải

Hệ số không đồng thời của các phụ tải:

$$K_{kdr} = \frac{1500 + 750 + 100 + 450}{2500} = 1,12$$

Công suất tải trung bình của trạm:

$$P_{tr} = \frac{4500 \times 10^3}{8760} = 513,7 \text{ kW}$$

Hệ số tải của trạm:

$$K_t = \frac{513,7}{2500} = 0,205 = 20,5\%$$

Bài 2.5. Một đường dây cấp điện cho ba phụ tải có công suất đặt và hệ số nhu cầu lần lượt như sau:

	Công suất đặt (kW)	Hệ số nhu cầu
Phụ tải 1	10	0,65
Phụ tải 2	12	0,6

Phụ tải 3	15	0,7
-----------	----	-----

Hệ số không đồng thời của các phụ tải này là 1,3. Tính công suất tải của đường dây.

Giải

Áp dụng công thức xác định phụ tải tính toán $P_{\pi} = K_{nc} \cdot P_{dat}$, ta có kết quả trong bảng sau:

	Công suất đặt (kW)	Hệ số nhu cầu	Công suất tính toán (kW)
Phụ tài 1	10	0,65	6,5
Phụ tài 2	12	0,6	7,2
Phụ tài 3	15	0,7	10,5

Công suất tải của đường dây:

$$P_{\pi} = \frac{6,5 + 7,2 + 10,5}{1,3} = 18,6 \text{ kW}$$

Bài 2.6. Một trạm biến áp trung gian cấp điện cho các phụ tải sau:

- 1000 hộ dân có công suất đặt mỗi hộ là 1,5kW. Hệ số nhu cầu của mỗi hộ là 0,4. Hệ số không đồng thời của các hộ dân là 2,5.
- 1 nhà máy có công suất cực đại là 90kW.
- 10 máy bơm có công suất cực đại là 7kW/máy bơm và vận hành cùng lúc vào buổi sáng.

Hệ số không đồng thời của 3 loại phụ tải trên là 1,2. Hỏi trạm biến áp cần có công suất tối thiểu là bao nhiêu?

Giải

Công suất tính toán của 1000 hộ dân được tính như sau:

$$P_{mt} = \frac{(1,5 \times 0,4) \times 1000}{2,5} = 240 \text{ kW}$$

Công suất tính toán của nhà máy được lấy bằng công suất cực đại:

I

$$P_{n_2} = 90kW$$

Do 10 máy bơm vận hành cùng lúc vào buổi sáng nên hệ số đồng thời được lấy bằng 1.

Công suất tính toán của 10 máy bơm được tính như sau:

$$P_{n_3} = 7 \times 7 = 49kW$$

Công suất tính toán của 3 loại phụ tải:

$$P_n = \frac{240 + 90 + 49}{1,2} = 316kW$$

Như vậy, trạm biến áp cần có công suất tối thiểu là 316kW.

Bài tập không có lời giải

Bài 2.7.

Một nhà máy sản xuất bánh kẹo có sản lượng $M_o = 4.000.000$ thùng/năm. Biết suất tiêu hao năng lượng để sản xuất ra 1 thùng bánh kẹo là $w_0 = 200Wh/thùng$, thời gian sử dụng công suất lớn nhất của nhà máy là $T_{max} = 4500h$. Tính P_{tt} của nhà máy.

Đáp án: 177,78kW

Bài 2.8.

Cho 1 khu chung cư có 20 tầng, mỗi tầng có 8 căn hộ. Biết công suất đặt của mỗi hộ là $P_0 = 4kW / hộ$. Hệ số nhu cầu của mỗi hộ là 0,7. Xác định phụ tải tính toán cho khu chung cư trên.

Đáp án: 179,2kW

Bài 2.9.

Một trạm điện cấp điện cho 4 phụ tải lớn với công suất cực đại lần lượt là 10000kW, 5000kW, 8000kW và 7000kW. Hệ số không đồng thời của các phụ tải trên là 1,5 và hệ số tài trung bình của 1 năm là 60%. Tính công suất tài cực đại của trạm và lượng tiêu thụ điện năng của 1 năm.

Đáp án: 20000kW và $105,12 \times 10^6 kWh$

Bài 2.10.

Một trạm biến áp cấp điện cho các phụ tải thông qua bốn xuất tuyến. Xuất tuyến 1 cấp điện cho 6 khách hàng có công suất cực đại trong ngày lần lượt là 70kW, 90kW, 20kW, 50kW, 10kW và 20kW. Hệ số không đồng thời của các khách hàng này là 1,3. Xuất tuyến 2 cấp điện cho 4 khách hàng có công suất cực đại trong ngày lần lượt là 60 kW, 40 kW, 70 kW và 30 kW với hệ số không đồng thời là 1,25. Xuất tuyến 3 và 4 có công suất cực đại trong ngày là 150kW và 200kW. Công suất tải cực đại của trạm là 600kW

- i) Tính công suất tính toán của xuất tuyến 1 và 2
- ii) Tính hệ số không đồng thời của bốn xuất tuyến.

Đáp án: i) 200kW và 160kW

ii) 1,183

I

Chương 3 **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Trình bày các thành phần chi phí cơ bản dùng trong phân tích kinh tế - kỹ thuật trong cung cấp điện ?
2. Phi tổn vận hành hàng năm là gì ? Nêu các thành phần chi phí trong phi tổn vận hành hàng năm.
3. Trình bày phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật dùng hàm chi phí tính toán hàng năm để so sánh hai và nhiều phương án thiết kế cung cấp điện ? Trình bày cách xác định mật độ dòng điện kinh tế ?
4. Chi phí vòng đời là gì ? Lập hàm chi phí vòng đời.

Chương 4

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày cách chọn phương án cấp nguồn cho các hệ thống cung cấp điện ?
2. Trình bày ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của các dạng sơ đồ cung cấp điện cơ bản ?
3. Trình bày các sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện ?

-
4. Trình bày kết cấu chính của đường dây tải điện?
 5. Trình bày điều kiện chọn vị trí, số lượng và công suất các trạm biến áp?

Chương 5

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu ý nghĩa vật lý và cách tính toán các thông số đặc trưng của sơ đồ thay thế đường dây tải điện ?
2. Phạm vi ứng dụng của các dạng sơ đồ thay thế của đường dây tải điện ?
3. Trình bày các tính các thông số của sơ đồ thay thế máy biến áp ?
4. Tính tần số điện áp của đường dây một, nhiều phụ tải và đường dây có phụ tải phân bố đều.
5. Tính tần số điện năng của đường dây có phụ tải phân bố đều ?
6. Trình bày giả thiết tính toán và phương pháp tính tính phân bố công suất của các mạng điện hở ?
7. Điểm phân công suất là gì ? Trình bày phương pháp cắt hở mạch vòng ?

BÀI TẬP

Bài 5.1. Xác định tần số công suất và tần số điện năng hàng năm của hệ thống cung cấp điện bao gồm một trạm biến áp 35/10kV và hai đường dây trên không 10kV cấp điện cho 3 xí nghiệp có dạng như Hình 5.14 sau đây

- Phụ tải của xí nghiệp

$$S_1 = 1000 \text{ kVA}, \cos \varphi_1 = 0,8$$

$$S_2 = 3000 \text{ kVA}, \cos \varphi_2 = 0,6$$

$$S_3 = 2000 \text{ kVA}, \cos \varphi_3 = 0,8$$

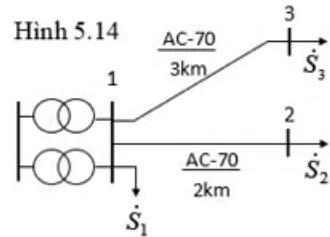
- Dây dẫn AC-70 có $r_o = 0,46 \Omega/km$

- Trạm biến áp có 2 máy biến áp

$$S_{dmB} = 4000 \text{ kVA}$$

$$\Delta P_o = 12,5 \text{ kW}, \Delta P_N = 42 \text{ kW}$$

Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của các xí nghiệp đều bằng 5000 giờ.



Giải

- Lập sơ đồ thay thế (Hình 5.15). Thông số các phần tử trên sơ đồ được tính toán như sau

$$R_{12} = 0,46 \cdot 2 = 0,92 \Omega$$

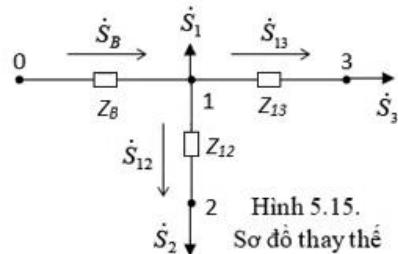
$$R_{13} = 0,46 \cdot 3 = 1,38 \Omega$$

$$\dot{S}_{12} = \dot{S}_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_2 + j \cdot S_2 \cdot \sin \varphi_2 = 1800 + j2400 (\text{kVA})$$

$$\dot{S}_{13} = \dot{S}_3 = S_3 \cdot \cos \varphi_3 + j \cdot S_3 \cdot \sin \varphi_3 = 1600 + j1200 (\text{kVA})$$

$$\dot{S}_1 = S_1 \cdot \cos \varphi_1 + j \cdot S_1 \cdot \sin \varphi_1 = 800 + j600 (\text{kVA})$$

$$\dot{S}_B = \dot{S}_{12} + \dot{S}_{13} + \dot{S}_1 = 4200 + j4200 (\text{kVA})$$



- Tính toán tốn thất điện năng

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3410 \text{ giờ}$$

$$\Delta P_{12} = \frac{S_{12}^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{12} = \frac{1800^2 + 2400^2}{10^2} \cdot 0,92 \cdot 10^{-3} = 82,8 \text{ kW}$$

$$\Delta A_{12} = \Delta P_{12} \cdot \tau = 82,8 \cdot 3410 = 282348 \text{ kWh/năm}$$

$$\Delta P_{13} = \frac{S_{13}^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{13} = \frac{1600^2 + 1200^2}{10^2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} = 55,2 \text{ kW}$$

$$\Delta A_{13} = \Delta P_{13} \cdot \tau = 55,2 \cdot 3410 = 188232 \text{ kWh/năm}$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{4200^2 + 4200^2} = 5940 \text{ kVA}$$

$$\Delta P_B = N_B \cdot \Delta P_0 + \frac{1}{N_B} \left(\frac{S_B}{S_{dmB}} \right)^2 \Delta P_N = 2.12,5 + \frac{1}{2} \left(\frac{5940}{4000} \right)^2 .42 = 65 \text{ kW}$$

$$\Delta A_B = N_B \cdot \Delta P_0 \cdot T_{năm} + \frac{1}{N_B} \left(\frac{S_{\max}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_N \cdot \tau = 2.12,5 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \left(\frac{5940}{4000} \right)^2 \cdot 42 \cdot 3410 = 376916 \text{ kWh}$$

$$\Delta A = \Delta A_{12} + \Delta A_{13} + \Delta A_B = 282348 + 188232 + 376916 = 847496 \text{ kWh/năm}$$

Bài 5.2.

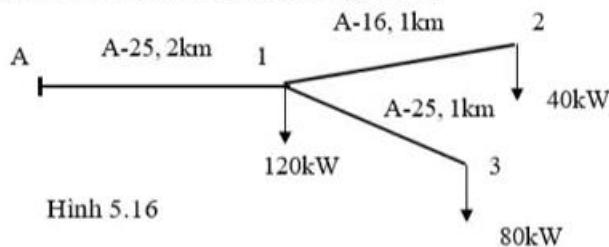
Đường dây 6 kV cung cấp điện cho cụm phụ tải có thông số ghi trên sơ đồ (Hình 5.16). Các phụ tải đều có $\cos\phi = 0,8$ và có cùng thời gian sử dụng công suất cực đại. Toàn bộ 3 pha phụ tải trong 1 năm tiêu thụ hết 900.000 kWh.

Xác định :

- Tốn thất điện áp lớn nhất trong mạng.
Biết: dây A-25 có $r_0 = 1,15 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,356 \Omega/\text{km}$

A-16 có: $r_0 = 1,8 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,36 \Omega/\text{km}$.

- Tốn thất công suất và tốn thất điện năng trong 1 năm.



Giải

Công suất các phụ tải:

$$S_1 = P_1 + jQ_1 = P_1 + jP_1 \tan \varphi = 120 + j120 \times 0.75 = 120 + j90(kVA)$$

$$S_2 = P_2 + jQ_2 = P_2 + jP_2 \tan \varphi = 40 + j40 \times 0.75 = 40 + j30(kVA)$$

$$S_3 = P_3 + jQ_3 = P_3 + jP_3 \tan \varphi = 80 + j80 \times 0.75 = 80 + j90(kVA)$$

Tồn thắt điện áp từ nguồn đến nút phụ tải 2:

$$\begin{aligned}\Delta U_{A2} &= \frac{(P_1 + P_2 + P_3)R_{A1} + (Q_1 + Q_2 + Q_3)X_{A1} + P_2 R_{12} + Q_2 X_{12}}{U_{dm}} \\ &= \frac{(120 + 40 + 80) \times 1,15 \times 2 + (90 + 30 + 60) \times 0,356 \times 2 + 40 \times 1,8 \times 1 + 30 \times 0,36 \times 1}{6} \\ &= 127,16(V)\end{aligned}$$

Tồn thắt điện áp từ nguồn tới nút phụ tải 3

$$\begin{aligned}\Delta U_{A2} &= \frac{(P_1 + P_2 + P_3)R_{A1} + (Q_1 + Q_2 + Q_3)X_{A1} + P_3 R_{13} + Q_3 X_{13}}{U_{dm}} \\ &= \frac{(120 + 40 + 80) \times 1,15 \times 2 + (90 + 30 + 60) \times 0,356 \times 2 + 80 \times 1,15 \times 1 + 60 \times 0,356 \times 1}{6} \\ &= 132,25(V)\end{aligned}$$

Như vậy tồn thắt công suất lớn nhất trong lưới là 132,25V tương ứng với phần tồn thắt từ nguồn đến nút 3. Ta cũng có thể kết luận rằng nút 3 là nút có điện áp thấp nhất trong lưới.

Tồn thắt công suất trong lưới:

$$\begin{aligned}\Delta P_2 &= \frac{[(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2]R_{A1} + [P_2^2 + Q_2^2]R_{12} + [P_3^2 + Q_3^2]R_{13}}{U_{dm}^2} \\ &= \frac{[(120 + 40 + 80)^2 + (90 + 30 + 60)^2] \times 1,15 \times 2 + [40^2 + 30^2] \times 1,8 \times 1 + [80^2 + 60^2] \times 1,15 \times 1}{6^2} \\ &= 6,194(kW)\end{aligned}$$

Thời gian sử dụng công suất cực đại của các phụ tải:

$$T_{max} = \frac{A}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{900000}{120 + 80 + 40} = 3750h$$

Thời gian tồn thắt công suất cực đại:

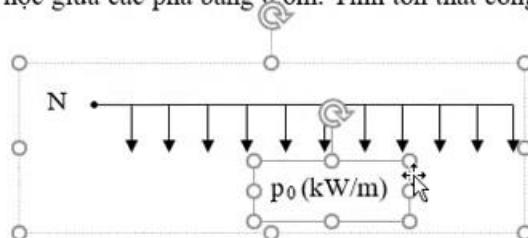
$$\tau = (0,124 + T_{max} 10^{-4})^2 \times 8760 = (0,124 + 3750 \times 10^{-4})^2 \times 8760 = 2181h$$

I

Tồn thắt điện năng trong lưới trong một năm:

$$\Delta A_2 = \Delta P_2 \tau = 6,194 \times 2181 = 13510.083 kWh$$

Bài 5.3. Mạng điện ba pha điện áp 380V chiều dài 100m, có phụ tải phân phai đều dọc theo chiều dài đường dây (Hình 5.17) Công suất tác dụng của phụ tải trên một đơn vị chiều dài đường dây là $p_0 = 0,15\text{kW/m}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 1,0$. Dây dẫn A-25 có khoảng cách trung bình hình học giữa các pha bằng 0,6m. Tính tốn thất công suất và tốn thất điện áp trên đường dây.



Giải

Đường dây A-25 có thông số như sau: $r_0 = 1,27 \Omega \cdot \text{km}$, $x_0 = 0,345 \Omega / \text{km}$.

Tổng trở đường dây:

$$Z = (r_0 + jx_0)l = (1,27 + j0,345) \cdot 0,1 = 0,127 + j0,0345 (\Omega)$$

Tổng công suất tác dụng của phụ tải:

$$P = p_0 l = 0,15 \cdot 100 = 15 (\text{kW})$$

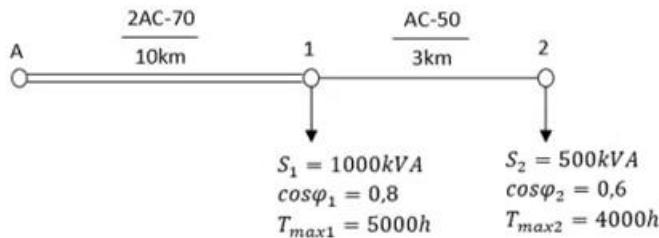
Tốn thất công suất tác dụng trên đường dây:

$$\Delta P = \frac{1}{3} \cdot \frac{P^2}{U_{dn}^2} \cdot R = \frac{1}{3} \cdot \frac{15000^2}{380^2} \cdot 0,127 = 65,96 (\text{W})$$

Tốn thất điện áp trên đường dây:

$$\Delta U = \frac{1}{2} \cdot \frac{PR + QX}{U_{dn}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{15000 \cdot 0,127}{380} = 2,5 (\text{V})$$

Bài 5.4



Hình 5.18

Đường dây 10kV cấp điện cho hai nhà máy với các thông số như trên hình 5.18. Tính tổng tốn thất điện năng trên đường dây.

Giải

Đường dây AC-70 có $r_0 = 0,46 \Omega/\text{km}$. Điện trở của đường dây là:

$$R_{A1} = \frac{1}{2} \cdot 0,46 \cdot 10 = 2,3(\Omega)$$

Đường dây AC-50 có $r_0 = 0,65 \Omega/\text{km}$. Điện trở của đường dây là:

$$R_{12} = 0,65 \cdot 3 = 1,95(\Omega)$$

Công suất các phụ tải:

$$\dot{S}_1 = P_1 + jQ_1 = S_1(\cos\varphi_1 + j\sin\varphi_1) = 1000(0,8 + j0,6) = 800 + j600(\text{kVA})$$

$$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2 = S_2(\cos\varphi_2 + j\sin\varphi_2) = 500(0,6 + j0,8) = 300 + j400(\text{kVA})$$

Tồn thất công suất trên các đoạn đường dây:

$$\Delta P_{1-2} = \frac{[P_2^2 + Q_2^2]R_{12}}{U_{dm}^2} = \frac{[300^2 + 400^2] \times 1,95}{10^2} = 4,875(\text{kW})$$

$$\Delta P_{A-1} = \frac{[(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2]R_{A1}}{U_{dm}^2} = \frac{[(800 + 300)^2 + (600 + 400)^2] \times 2,3}{10^2} = 50,83(\text{kW})$$

Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của dòng công suất chạy trên đường dây A-1:

$$T_{max A-1} = \frac{P_1 T_{max1} + P_2 T_{max2}}{P_1 + P_2} = \frac{800 \cdot 5000 + 300 \cdot 4000}{800 + 300} = 4727 \text{ h}$$

Thời gian tồn thất công suất lớn nhất:

$$\tau_{A-1} = (0,124 + T_{max A-1} \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = (0,124 + 4727 \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = 3119 \text{ h}$$

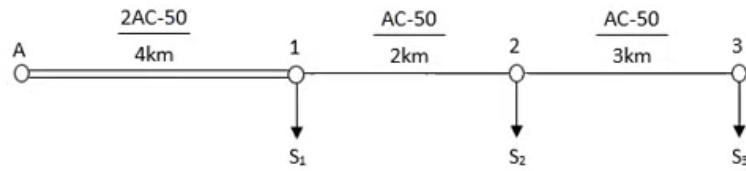
$$\tau_{1-2} = (0,124 + T_{max1-2} \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = (0,124 + 4000 \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = 2405 \text{ h}$$

Tổng tồn thất điện năng trong lưới:

$$\Delta A_L = \Delta P_{A-1} \tau_{A-1} + \Delta P_{1-2} \tau_{1-2} = 50,83 \times 3119 + 4,875 \times 2405 = 170263,145 \text{ kWh}$$

b. Bài tập tự giải

Bài 5.5. Đường dây trên không 35kV, AC-50 cấp điện cho 2 phụ tải có các thông số như sau



Hình 5.19

$$S_1 = 5000 \text{kVA}, \cos\phi_1 = 0,8; S_2 = 3000 \text{kVA}, \cos\phi_2 = 0,6; S_3 = 1500 \text{kVA}, \cos\phi_3 = 0,8$$

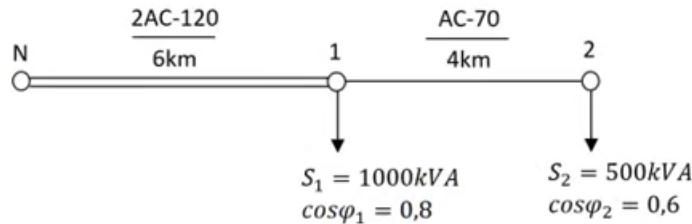
Dây AC-50 có $r_o = 0,65\Omega/\text{km}$, $x_o = 0,38\Omega/\text{km}$.

1. Tính tổng thất điện áp của toàn bộ đường dây trong chế độ làm việc bình thường và sự cố đứt một dây của lô kép A1.
2. Xác định điện áp tại các nút phụ tải A, 1 và 3 ở chế độ làm việc bình thường biết điện áp tại nút 2 là $U_2 = 35,25\text{kV}$.

Đáp án: 1) 676V; 1,073kV

2) 35.83kV; 35.433kV; 34.29kV

Bài 5.6. Đường dây có điện áp định mức 10kV cấp cho hai phụ tải S_1 và S_2 với các thông số như trên hình 5.20. Biết điện áp tại nút 1 là 10,3kV, xác định điện áp tại nút nguồn N và nút 2.



Hình 5.20

Đáp án: $U_N = 10,49\text{kV}$ và $U_2 = 10,18\text{kV}$

Bài 5.7. Trạm biến áp có 2 máy, công suất mỗi máy là $S_{\text{đm}} = 10 \text{ MVA}$, có thông số $\Delta P_o = 18 \text{ kW}$, $\Delta P_n = 60 \text{ kW}$, điện áp là 115/11 kV cung cấp điện cho khu công nghiệp. Phụ tải cực đại của trạm là $P_{\text{max}} = 12 \text{ MW}$ trong 3000 giờ/năm. Thời gian còn lại phụ tải bằng 40% phụ tải cực đại.

Xác định : tần thuat điện năng trong một năm khi:

- Cả hai máy đều vận hành song song suốt năm.
- Cắt bớt 1 máy khi phụ tải giảm còn bằng 40% phụ tải cực đại.

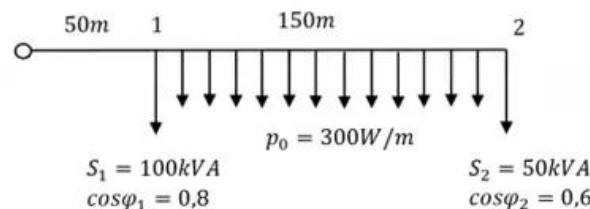
Biết hệ số công suất phụ tải trong cả năm không đổi là $\cos \varphi = 0,9$.

Đáp án: 1) 524512 kWh

I

2) 469984 kWh

Bài 5.8.



Hình 5.21

Đường dây cáp hạ áp cấp cho hai phụ tải tập trung 1 và 2. Trên đoạn đường dây 1-2 có phụ tải phân bố đều với mật độ phụ tải 300W/m và hệ số công suất $\cos\varphi=1,0$. Biết loại dây cáp là cáp PVC 4G70 do hãng Lens chế tạo. Tính tần số tháp điện áp lớn nhất trên đường dây.

Đáp án: 13,9V

Chương 6

Câu hỏi ôn tập

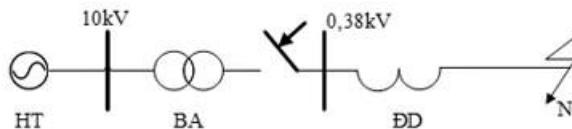
1. Các đặc trưng quan trọng của dòng điện ngắn mạch ? Hệ số xung kích của dòng điện ngắn mạch phụ thuộc những yếu tố nào ?
2. Nguyên nhân và các tác động của sự cố ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện ?
3. Nêu các đặc điểm riêng của tính toán ngắn mạch trong lưới điện trung áp và hạ áp ?
4. Thế nào gọi là ngắn mạch không đối xứng ? Trình bày cách xác định dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ trong các trường hợp ngắn mạch không đối xứng ?

Bài tập tham khảo

Bài 6.1

Tính toán ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như Hình 6.1.a. Biết các tham số:

- Hệ thống có công suất vô cùng lớn nên có thể bỏ qua điện trở.
- Máy biến áp TM 560/10: $S_B = 560 \text{ kVA}$, $\Delta P_N = 7,2 \text{ kW}$; $u_N = 5,7\%$.
- Đường dây A25 dài $l = 250\text{m}$; $r_0 = 1,8 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,368 \Omega/\text{km}$.
- Có xét đến điện trở của các thiết bị phụ: thanh cái bằng đồng kích thước $30 \times 4\text{mm}$ dài $1,7\text{m}$; áp-tô-mát tổng loại A3134 có dòng định mức 600 A ; máy biến dòng loại TK Φ400/5.



Hình BT.6.1.a Sơ đồ mạng điện bài toán 6.1

Giải

Xác định điện trở các phần tử trong hệ đơn vị có tên, chọn $U_{eb} = 0,38\text{kV}$

- Tra bảng, xác định điện trở tiếp xúc, điện trở của cuộn dây áp-tô-mát:
 $r_{tx} = 0,25 \text{ m}\Omega$; $r_{AP} = 0,12 \text{ m}\Omega$; $x_{AP} = 0,094 \text{ m}\Omega$
- Thanh cái: $r_{TC} = 0,167 \text{ m}\Omega$; $x_{TC} = 0,233 \text{ m}\Omega$
- Điện trở máy biến áp:

$$Z_B = \frac{u_N \% U_{eb}^2}{100 S_B} = \frac{5,7 \cdot 0,38^2}{100 \cdot 0,56} = 14,7 \cdot 10^{-3} \Omega = 14,7 \text{ m}\Omega$$

$$R_1 = R_B = \frac{\Delta P_N U_{eb}^2}{100 S_B} = \frac{7,2 \cdot 0,38^2}{560 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \Omega = 3,3 \text{ m}\Omega$$

$$X_1 = X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3} \sqrt{14,7^2 - 3,3^2} = 14,32 \cdot 10^{-3} \Omega = 14,32 \text{ m}\Omega$$

- Đường dây: $R_d = R_d l = 1,8 \cdot 0,25 \cdot 10^3 = 450 \text{ m}\Omega$

$$X_d = X_d l = 0,363 \cdot 0,25 \cdot 10^3 = 90 \text{ m}\Omega$$

- Tổng điện trở phụ gồm hai thanh cái, áp-tô-mát và máy biến dòng.

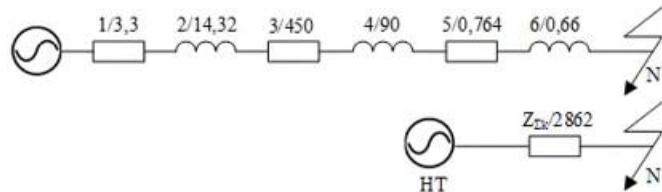
$$R_f = R_f = 0,12 + 0,25 + 0,11 + 1,7 \cdot 0,0167 = 0,764 \text{ m}\Omega;$$

$$X_s = X_f = 0,094 + 0,17 + 1,7 \cdot 0,233 = 0,66m\Omega$$

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha;

Điện trở thứ tự không của dây dẫn: $X_{0d} = 2X_d = 2 \cdot 90 = 180m\Omega$

Điện trở thứ tự không của máy biến áp: $X_{0B} = 1 \frac{\sum r^2}{S_{B4}} = \frac{0,38^2}{0,56} = 257,86 \cdot 10^{-3} \Omega = 257,86m\Omega$



Hình BT.6.1.b Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên.

Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_B + 6R_{dd} + R_f)^2 + (2X_B + X_{0B} + 7X_{dd} + X_f)^2}$$

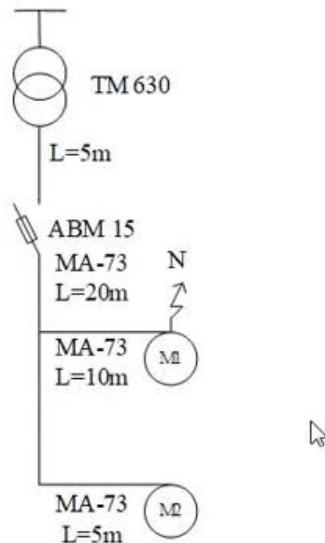
$$Z_\Sigma = \sqrt{(3 \cdot 3,3 + 6 \cdot 450 + 0,764)^2 + (2 \cdot 14,32 + 257,86 + 7 \cdot 90 + 0,66)^2}$$

$$Z_\Sigma = 2862m\Omega = 2,862\Omega$$

$$\text{Dòng ngắn mạch một pha: } I_k^{lf} = \frac{3 \cdot 0,95 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 2,862} = 218,48A$$

Bài 6.2

Hãy xác định dòng điện ngắn mạch ở điểm N của lưới điện phân xưởng (Hình 6.2); nếu ở trạm điện phân xưởng người ta đặt máy biến áp TM 630/6 có $\Delta P_N = 7,6 \text{ kW}$ và $u_N = 5.5\%$. Máy biến áp được nối đến 0,4 kV bằng thanh cái nhôm $60 \times 8 \text{ mm}^2$, đặt nằm ngang với khoảng cách giữa các pha là $a = 200\text{mm}$; trên đường dẫn người ta đặt một máy cắt tự động ABM - 15. Ở phân xưởng, đặt hệ thống dẫn chính MA - 73 : Cũng từ đây, hệ thanh dẫn được phân nhánh bằng các thanh dẫn PA - 73. Tại điểm N người ta nối đèn nhôm động cơ điện M_1 có công suất chung là 200 kW, $U_{dm} = 380\text{V}$, $\eta = 0.94$ và $\cos \Phi = 0.91$. Trên nhánh khác của hệ thống thanh dẫn chính đặt nhóm động cơ thứ hai M_2 có công suất 150 kW điện áp định mức $U_{dm} = 380\text{V}$, hiệu suất $\eta = 0.92$, $\cos \Phi = 0.84$.



Hình BT.6.2. Sơ đồ tính toán ngắn mạch

Giải

Chúng ta hãy giả thiết là điện áp trên thanh cái 6 kV của trạm biến áp phân xưởng không thay đổi. Trở kháng từ nguồn cung cấp đến thanh cái này không tính đến. Tính trở kháng ở đơn vị có tên ($m\Omega$), $U_{cb} = 400V$.

Trở kháng của máy biến áp :

$$r_B = \frac{\Delta P_N U_{cb}^2 \cdot 10^3}{S_{dm}^2} = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^3}{630^2} = 3,06 m\Omega$$

$$x_B = \sqrt{U_N^2 \cdot \left(\frac{\Delta P_N}{S_{dm}} \right)^2} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100} \right)^2 \cdot \left(\frac{7,6}{630} \right)^2} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,63 m\Omega$$

Trở kháng của cuộn dây dòng điện của máy cắt tự động tra số tay:

$$r_{MCTD} = 0,12 m\Omega; x_{MCTD} = 0,094 m\Omega$$

Điện trở quá độ của tiếp xúc: $r_x = 0,35 m\Omega$

Trở kháng của thanh cái nối tiếp đến bảng điện 0,4 kV

$$r_{TC} = r_o l = 0,074 \cdot 6 = 0,444 m\Omega; x_{TC} = x_o l = 0,176 \cdot 6 = 1,056 m\Omega$$

Ở đây r_o và x_o được tra từ bảng đổi với thanh cái 60×8 khi các thanh cuộn của các pha được đặt nằm ngang và khoảng cách trung bình giữa các pha là: $d_{ph} = 1,26 \cdot 200 = 252 mm$

Trở kháng của thanh dẫn chính (tra bảng $r_o = 0,031 m\Omega/m$; $x_o = 0,017 m\Omega/m$) do vậy :

$$r_{oM4} = 0,031 \cdot 20 = 0,62 m\Omega; x_{oM4} = 0,017 \cdot 20 = 0,34 m\Omega$$

Trở kháng của thanh dẫn PA - 73 (tra bảng $r_o = 0,13 m\Omega/m$, $x_o = 0,1 m\Omega/m$) :

$$r_{oPA4} = 0,13 \cdot 5 = 0,65 m\Omega; x_{oPA4} = 0,1 \cdot 5 = 0,5 m\Omega$$



Trở kháng tổng đến điểm ngắn mạch là:

$$r_{\sum} = r_B + r_{MCTD} + r_x + r_{TC} + r_{oM4} + r_{oPA4} = 3,06 + 0,12 + 0,25 + 0,444 + 0,62 + 0,65 = 5,144 m\Omega$$

$$x_{\sum} = x_B + x_{MCTD} + x_{TC} + x_{oM4} + x_{oPA4} = 13,63 + 0,094 + 1,056 + 0,34 + 0,5 = 15,62 m\Omega$$

Xác định dòng điện ngắn mạch từ nguồn (hệ thống) :

$$I_{ck}^{(3)} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3} \sqrt{x_{\sum}^2 + r_{\sum}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{15,62^2 + 5,144^2}} = 14,06 kA$$

Tính dòng điện xung kích (từ hệ thống) :

$$I_{xk} = \sqrt{2} k_{xk} I_{ck}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,33 \cdot 14,06 = 26,37 kA$$

$$(k_{xk} \text{ tra theo đường cong với } \frac{x}{r} = \frac{15,62}{5,144} = 3,03 \text{ được } k_{xk} = 1,33)$$

Tính toán đèn ảnh hưởng của nhóm động cơ điện M₁ đối với dòng ngắn mạch. Đối với nhóm động cơ điện M₂ ở xa vị trí ngắn mạch bởi thanh dẫn l = 10 cm và bởi những thanh dẫn phân nhánh có l = 5 m nên rất ít ảnh hưởng đèn đến dòng ngắn mạch, do vậy ta sẽ không xét ảnh hưởng của nhóm M₂.

Khi ngắn mạch, điện áp tại chỗ ngắn mạch sẽ giảm xuống rất nhanh và các động cơ điện không đồng bộ sẽ quay theo quán tính, do vậy nên chúng sẽ phát ra dòng điện vào chỗ ngắn mạch. Dòng điện này tắt dần rất nhanh. Do vậy ảnh hưởng của động cơ điện phải kể đến khi xác định I' và i_{xk} .

Dòng điện $I_{dk}^{(3)}$ do các động cơ điện không đồng bộ tạo nên được tính như sau $I_{dk}^{(3)} = \frac{0,9}{x_{ad}} I_{dmec}$. Trị số 0,9 ở công thức này là trị số sức điện động tính toán trong hệ tương đối. Ở đây x_{ad} điện kháng cảm ứng siêu quá độ trong hệ tương đối của động cơ điện không đồng bộ, có thể lấy trị số trung bình $x_{ad} = 0,2$. I_{dmec} là dòng điện định mức của các động cơ điện đồng thời làm việc.

$$I'_{dk} = \frac{0,9}{0,2} I_{dmec} = 4,5 I_{dmec} = 4,5 \frac{P_{dmec}}{\sqrt{3} U_{dm} \eta \cos \varphi} = 4,5 \frac{200}{\sqrt{3} 380 \cdot 0,94 \cdot 0,91} = 4,5 \cdot 0,36 = 1,62 kA$$

Dòng điện ngắn mạch xung kích của động cơ:

$$i_{xkdc} = \sqrt{2} I'_{dk} = \sqrt{2} \cdot 4,5 I_{dmec} = 6,5 I_{dmec}$$

$$i_{xkdc} = 6,5 \cdot 0,36 = 2,36 kA$$

Dòng điện ngắn mạch lại điểm N :

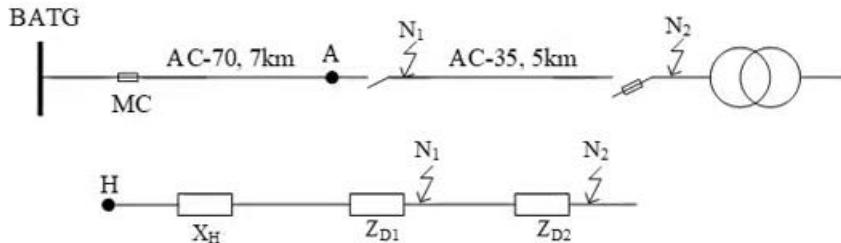
$$I_N^{(3)} = I_{ck}^{(3)} + I_{dk}^{(3)} = 14,06 + 1,62 = 15,68 kA$$

$$i_{xk} = i_{xk} \text{ từ hệ thống} + i_{xkdc} = 26,37 + 2,36 = 28,73 kA$$

Bài tập không có lời giải:

Bài 6.3

Theo số liệu chi nhánh điện cung cấp, từ trạm BATG của huyện về đến điểm đầu A, dài 7 km, dây AC-70, máy cắt đầu nguồn có $S = 2500$ MVA. Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế tính ngắn mạch cho trên Hình 6.3. Tính dòng điện ngắn mạch tại các điểm N_1 và N_2 .



Hình BT.6.3. Sơ đồ tính toán ngắn mạch

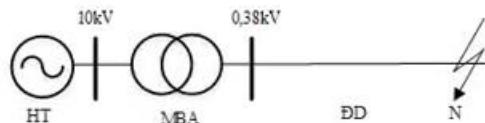
Đáp án: $I_{N1} = 4,5 \text{ kA}$, $i_{sk1} = 11,42 \text{ kA}$; $I_{N2} = 2,89 \text{ kA}$, $i_{sk2} = 7,33 \text{ kA}$

Bài 6.4

Tính toán dòng ngắn mạch trong mạng hạ áp tại điểm N. Biết:

$$S_N = 342 \text{ MVA}; S_{\text{đmB}} = 180 \text{ kVA}; u_N \% = 5,5\%; \Delta P_N = 4,1 \text{ kW}; l = 0,65 \text{ km}; r_0 = 0,34; x_0 = 0,30 \Omega / \text{km}$$

Bỏ qua điện trở các thiết bị phụ.



Hình BT.6.4. Sơ đồ mạng điện

Đáp án:

Dòng điện ngắn mạch ba pha $I_N^{(3)} = 0,635 \text{ kA}$, $i_{sk} = 1,109 \text{ kA}$

Dòng ngắn mạch một pha: $I_N^{(1)} = 236,94 \text{ kA}$



Chương 7

Câu hỏi ôn tập

1. Căn cứ vào những chế độ làm việc cơ bản nào để tính toán lựa chọn thiết bị điện ? Các điều kiện lựa chọn thiết bị điện tương ứng với các chế độ làm việc đó là gì ?
2. Trình bày các điều kiện lựa chọn thiết điện dây dẫn ? Lựa chọn cáp trung áp và cáp hạ áp khác nhau thế nào ? Tương tự, chọn thiết điện dây dẫn cho lưới điện nông thôn và đô thị có gì khác nhau ?
3. Trình bày phương pháp lựa chọn thiết điện dây dẫn theo tồn thắt điện áp cho phép đối với đường dây một và nhiều phụ tải ?
4. Trình bày cách lựa chọn thanh dẫn và sứ đỡ ?
5. Nếu chức năng và các điều kiện chọn máy cắt và áp tô mát ?
6. Trình bày cách chọn cầu chì bảo hộ áp bảo vệ cho một hoặc một nhóm động cơ điện?
7. Chức năng và điều kiện chọn biến dòng điện và biến điện áp ?

Chương 8

Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày ý nghĩa của việc nâng cao $\cos\phi$ của phụ tải?
2. Trình bày các biện pháp nâng cao $\cos\phi$ tự nhiên?
3. Trình bày các biện pháp nâng cao $\cos\phi$ nhân tạo?
4. Nếu đặc điểm của các thiết bị bù công suất phản kháng trong hệ thống cung cấp điện?
5. Nếu cách chọn vị trí đặt bù công suất phản kháng ?
6. Trình bày phương pháp phân phối dung lượng bù công suất phản kháng giữa phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp?
7. Trình bày phương pháp phân phối dung lượng bù công suất phản kháng trong mạng điện hình tia và liên thông?
8. Nếu các nguyên tắc điều chỉnh dung lượng bù công suất phản kháng?

Bài 8.1. Phân bổ dung lượng bù công suất phản kháng tại các nút phụ tải 1, 2, 4, 5 và 6 của một mạng điện xí nghiệp 10kV (Hình 8.8) từ các thông số lưới điện và công suất phản kháng của các phụ tải như sau :

$$r_1 = 0,03\Omega ; Q_1 = 600 \text{ kVAr}$$

$$r_2 = 0,06\Omega ; Q_2 = 500 \text{ kVAr}$$

$$r_3 = 0,04\Omega ; Q_4 = 400 \text{ kVAr}$$

$$r_4 = 0,04\Omega ; Q_5 = 250 \text{ kVAr}$$

$$r_5 = 0,08\Omega ; Q_6 = 50 \text{ kVAr}$$

$$r_6 = 0,08\Omega ;$$

Tổng dung lượng bù: $Q_b = 1000 \text{ kVAr}$

Giải

$$Q_{03} = Q_4 + Q_5 + Q_6 = 700 \text{ kVAr}$$

$$Q = Q_{03} + Q_1 + Q_2 = 1800 \text{ kVAr}$$

$$R_{td1} = r_4//r_5//r_6 = 0,02\Omega$$

$$r_{03} = R_{td1} + r_3 = 0,06\Omega$$

$$R_{td} = r_{03}/r_1//r_2 = 0,015\Omega$$

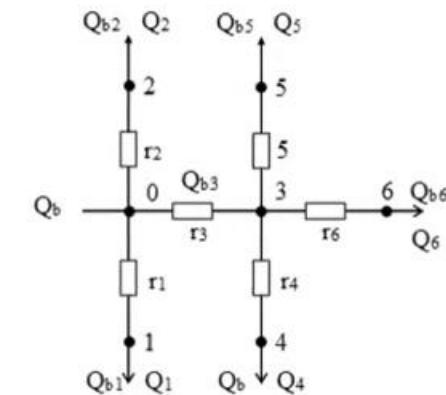
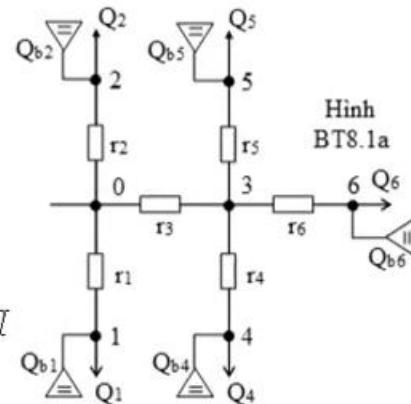
$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{Q - Q_b}{r_1} \cdot R_{td1} = 600 - \frac{1800 - 1000}{0,03} \cdot 0,015 = 200 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{Q - Q_b}{r_2} \cdot R_{td1} = 500 - \frac{1800 - 1000}{0,06} \cdot 0,015 = 300 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b03} = Q_b - Q_{b1} - Q_{b2} = 1000 - 500 = 500 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b4} = Q_4 - \frac{Q_{03} - Q_{b3}}{r_4} \cdot R_{td2} = 400 - \frac{700 - 500}{0,04} \cdot 0,02 = 300 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b5} = Q_5 - \frac{Q_{03} - Q_{b3}}{r_5} \cdot R_{td2} = 250 - \frac{700 - 500}{0,08} \cdot 0,02 = 200 \text{ kVAr}$$



Bài 8.2. Thiết kế lắp đặt bộ tụ bù cho một trạm bơm cao áp

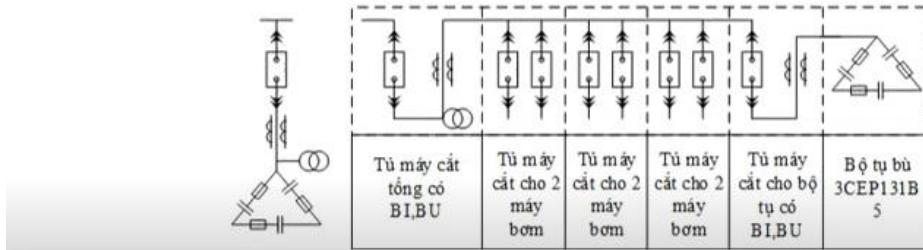
Yêu cầu thiết kế, lắp đặt bộ tụ bù cho trạm bơm 6 kV tiêu ứng của huyện, đặt 6 máy bơm 75 kW. Khi làm việc, hệ số công suất của trạm bơm có trị số 0,7 và yêu cầu đặt tụ điện để nâng hệ số công suất lên 0,95.

Giải

Xác định được công suất bộ tụ cần đặt để đưa $\cos\varphi_1 = 0,7$ lên $\cos\varphi_2 = 0,95$ là:

$$Q_b = 6,75 \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) = 6,75 \cdot (1 - 0,33) = 301,5 \text{ kVAr}$$

Chọn dùng loại tụ 6,6 kV, CEP 131 B5 của hãng Cooper (Pháp), có dung lượng 100 kVAr một pha, ba bộ đấu theo hình tam giác, có cầu chì bảo vệ riêng từng bộ và thao tác bằng máy cắt. Để đo đếm, điều khiển máy cắt và bộ tụ, có đặt BU và BI. Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ lắp đặt bộ tụ và máy cắt cho trên Hình 8.2. Tổng dung lượng bù $Q_b = 3 \cdot 100 = 300 \text{ kVAr}$. Trong sơ đồ trên, BU còn được dùng làm điện trở phỏng điện khi cắt bộ tụ bù.



*Hình BT 8.2. Sơ đồ nguyên lý đấu bộ tụ bù
và sơ đồ lắp đặt tủ tụ bù cùng các tủ điện 6kV trong trạm bom*

Bài 8.3. Lựa chọn bộ tụ bù nâng cao $\cos\varphi$ cho xưởng cơ khí

Yêu cầu lựa chọn bộ tụ bù để nâng cao $\cos\varphi$ của một xưởng cơ khí lên 0,95. Công suất tinh toán của xưởng là $80 + j106$ kVA. Xét khả năng giảm công suất máy biến áp khi đặt bộ tụ bù.

Giải

Hệ số công suất của xưởng trước khi đặt bù: $\cos\varphi = \frac{80}{\sqrt{80^2 + 106^2}} \approx 0,6$

Công suất bộ tụ cần đặt để nâng hệ số công suất từ 0,6 lên 0,95 là:

$$Q_b = P \cdot (\overline{\tan\varphi_1} - \overline{\tan\varphi_2}) = 80 \cdot (1,33 - 0,33) = 80 \text{ kVAR}$$

Công suất tinh toán toàn phần của xưởng trước và sau khi đặt bù:

$$S_1 = \sqrt{80^2 + 106^2} = 133 \text{ kVA}$$

$$S_2 = \sqrt{80^2 + 26^2} = 84 \text{ kVA}$$

Vậy nếu không đặt bộ tụ bù, phải chọn máy biến áp 160 kVA, sau khi đặt bù chỉ cần chọn đặt máy 100 kVA.

Chọn dùng 2 bộ tụ 3 pha, công suất mỗi bộ 40 kVAr, đấu song song, do Liên Xô(cũ) chế tạo, hiện đang có bán tại Việt Nam 2 x KC2 – 0,38 – 40 – 3Y1. Bộ tụ được bảo vệ bằng áp tố mát, công tắc tơ K dùng để đóng mở tự động bộ tụ, cuộn điện cảm L lõi không khí tự chế bằng cách quấn từ 10+12 vòng, băng đúng tiết diện dây nối vào bộ tụ, để hạn chế dòng điện đóng ban đầu vào bộ tụ. Trong tủ tụ bù có đặt bóng đèn làm điện trở phóng điện. Điện trở phóng điện được xác định theo công thức:

$$R_{pd} = 15 \cdot \frac{U_p^2}{Q} \cdot 10^6 \Omega$$

Trong đó:

Q - dung lượng của bộ tụ, kVAr ;

U – điện áp pha, V ; I

Trong trường hợp bù cho xưởng cơ khi 80 kVAr, điện trở phóng điện cần có trị số:

$$R_{pd} = 15 \cdot \frac{0,22}{80} \cdot 10^6 = 9075 \Omega$$

Dùng bóng đèn 40W làm điện trở phóng điện:

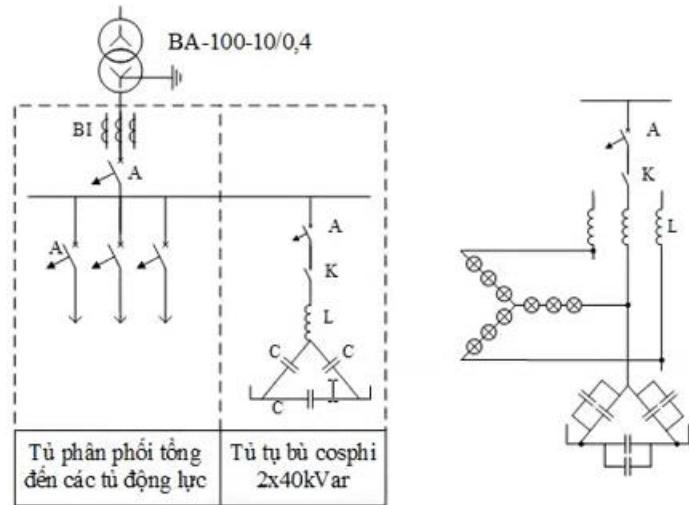
$$R_{pd} = \frac{U_p^2}{40} = \frac{220^2}{40} = 1210 \Omega$$

Số bóng đèn cần dùng:

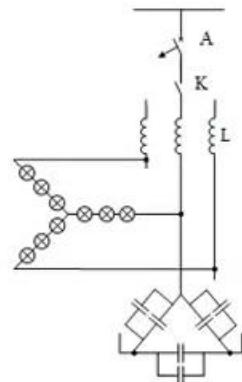
$$n = \frac{9075}{1210} = 7,5 \text{ bóng.}$$

Như vậy sẽ dùng 9 bóng loại 40W, điện áp 220V, mỗi pha 3 bóng làm điện trở phóng điện cho bộ tụ. Với công nghệ mới hiện nay, nhà chế tạo đã đặt sẵn điện trở phóng điện bên trong tụ bù, rất thuận tiện cho việc lắp đặt.

Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ lắp đặt tủ tụ bù cho trên Hình 8.3



a)



b)

Hình BT 8.3. Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ lắp đặt tủ tụ bù $\cos\varphi$ trong trạm biến áp

- a) *Sơ đồ tổng hợp trạm biến áp và tủ tụ bù*
- b) *Sơ đồ chi tiết nối dây cuộn cảm và bóng đèn làm điện trở phóng điện*

Bài tập không có lời giải

Bài 8.4

Một siêu thị đặt trạm biến áp 250 kVA; điện áp 22/0,4 kV yêu cầu tính toán đặt bộ tụ bù tại thanh cái hạ áp để nâng $\cos\varphi$ lên 0,9.

Đáp án:

Công suất bộ tụ cần đặt: $Q_b=54\text{kVar}$

Bài 8.5

Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất $\cos\varphi$ lên giá trị 0,9, biết các tham số trung bình tại trạm tiêu thụ là $P=124,6 \text{ kW}$; $U=380\text{V}$; $I=268,56 \text{ A}$.

Đáp án

Công suất bộ tụ cần đặt: $Q_b=66,5\text{kVar}$

Bài 8.6

I

Một xưởng cơ khí nồng nghiệp công suất 100 kW, $\cos\varphi_1 = 0,6$. Yêu cầu xác định công suất bộ tụ bù để nâng $\cos\varphi_2 = 0,9$.

Đáp án

Công suất bộ tụ cần đặt: $Q_b=85\text{kVar}$

Bài 8.7

Một mạng hình tia có 4 nhánh, điện áp 6 kV, điện trở và phụ tải phản kháng của từng nhánh:

$$R_1 = 0,1\Omega; Q_1 = 400\text{kVAr}$$

$$R_2 = 0,05\Omega; Q_2 = 600\text{kVAr}$$

$$R_3 = 0,06\Omega; Q_3 = 500\text{kVAr}$$

$$R_4 = 0,2\Omega; Q_4 = 200\text{kVAr}$$

Dung lượng bù của mạng $Q_{bu} = 1200\text{kVAr}$. Hãy tính dung lượng bù của từng nhánh.

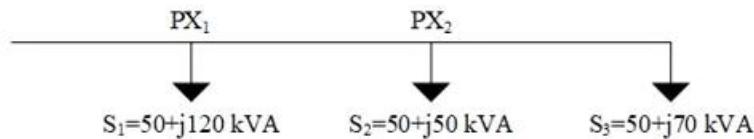
Đáp án

I

$$Q_{bu1} = 303\text{kVAr}; Q_{bu2} = 406\text{kVAr}; Q_{bu3} = 339\text{kVAr}; Q_{bu4} = 153\text{kVAr}$$

Bài 8.8

Xí nghiệp cơ khí gồm 3 phân xưởng có mặt bằng và số liệu phụ tải cho trên hình vẽ. Yêu cầu đặt tụ bù bên cạnh các tủ phân phối của 3 phân xưởng để $\cos\varphi = 0,95$.



Hình BT 8.16.a. Sơ đồ mạng điện

Chọn đường cáp từ TBA về 3 phân xưởng có các số liệu cho trong bảng

Bảng 8.16. Thông số đường dây các đoạn

Dường dây	Loại cáp	$l(km)$	$r_0(\Omega/km)$	$R(\Omega)$
TBA-PX1	PVC(3x50+1,35)	50	0,387	0,0194
TBA-PX2	PVC(3x25+1,16)	70	0,727	0,0509
TBA-PX3	PVC(3x16+1,10)	100	1,15	0,115

Đáp án

$$Q_{bu1} = 81 \text{ kVAR}; Q_{bu2} = 35 \text{ kVAR}; Q_{bu3} = 64 \text{ kVAR}$$

Chương 9

Chương 10 CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu các loại nồi đất và mục đích làm việc ?
2. Xác định điện trở tàn xoay chiều của bộ nồi đất gồm một hoặc hai điện cực hình bán cầu ?
3. Trình bày các yêu cầu đối với điện trở nồi đất an toàn ?
4. Trình tự các bước tính toán điện trở nồi đất an toàn ?
5. Nguyên nhân và diễn biến của quá trình phóng điện sét ?
6. Cấu trúc hệ thống bảo vệ chống sét theo tiêu chuẩn IEC 62305 ?
7. Trình bày các phương pháp chống sét đánh trực tiếp và chống sóng sét truyền từ đường dây vào trạm điện ?

I

Bài Tập

Bài 10.1. Hãy tính toán nồi đất cho trạm biến áp công suất 320 kVA đặt trên một khu đất có diện tích $5,6 \times 8\text{m}$, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là $R_m = 45\Omega$, điện trở suất của đất là $p_0 = 0,45 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ do trong điều kiện ẩm ướt ($k_{co} = 2$ và $k_{ng} = 3$); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_b^{(1)} = 360\text{A}$, thời gian tồn tại của ngắn mạch là $t = 1,5$ giây.

Giải

Như đã biết, điện trở nồi đất cho phép đối với trạm biến áp có công suất $> 100\text{kVA}$ là $R_d = 4\Omega$. Trước hết ta xác định điện trở tiếp địa nhân tạo $\overset{\leftrightarrow}{R}_{nt} = \frac{R_m R_d}{R_m - R_d} = \frac{45 \cdot 4}{45 - 4} = 4,39\Omega$

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5\text{m}$, đường kính $d = 6\text{cm}$ đóng sâu cách mặt đất $h = 0,5\text{m}$. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị...

$$\text{Chiều sâu trung bình của cọc } h_b = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 175\text{cm}$$

$$R_{co} = \frac{k_{co} P_0}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_b + l}{4h_b - l} \right) = \frac{2,0 \cdot 45 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \left(\ln \frac{2,250}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,175 + 250}{4,175 - 250} \right) = 25,39\Omega$$

$$\text{Số bộ chọn số lượng cọc: } n = \frac{R_{co}}{R_{nt}} = \frac{25,39}{4,39} = 5,8, \text{ chọn } n = 6 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng xung quanh trạm biến áp theo chu vi: $L = 2 \cdot (5,6 + 8) = 27,2\text{m}$

Khoảng cách trung bình giữa các cọc là $l_a = L/n = 27,2/6 = 4,53\text{m}$

Tra bảng, ứng với tỷ lệ $l_a/l = 4,53/2,5 = 1,81$ và số lượng cọc là 6, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa là $\eta_{coc} = 0,72$, hệ số lợi dụng của thanh nối $\eta_{ngn} = 0,47$. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 6$ cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{ngn} = \frac{k_{ngn} \cdot P_0}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bh} = \frac{3.0,45 \cdot 10^4}{2.3,14 \cdot 2720} \ln \frac{2.2720^2}{5.50} = 9,1 \Omega$$

$$\text{Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng } \eta_{ngn} : R_{ngn} = \frac{R_{ngn}}{\eta_{ngn}} = \frac{9,1}{0,47} = 19,34 \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến thanh nối ngang và điện trở tiếp địa tự nhiên: $R_{nt} = \frac{R_{ngn} \cdot R_{nt}}{R_{ngn} - R_{nt}} = \frac{19,34 \cdot 4,39}{19,34 - 4,39} = 5,68 \Omega$

Số lượng cọc chính thức: $n_{ct} = \frac{R_{nt}}{n_{coc} \cdot R_{nt}} = \frac{25,39}{0,72 \cdot 5,68} = 6,2$ cọc, nên chọn $n_{ct} = 7$ cọc

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa:

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C} = 360 \cdot \frac{\sqrt{1,5}}{74} = 5,96 < S_m = 50,6 = 300 \text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thoả mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

Bài 10.2. Hãy tính toán nối đất lặp lại cho mạng điện hạ áp được cung cấp từ trạm biến áp công suất 50 kVA, điện trở suất của đất là $p_0 = 2 \cdot 10^4 \Omega \text{cm}$ do trong điều kiện ẩm ướt ($k_{coc} = 2$ và $k_{ngn} = 3$)

Giải

Như đã biết, điện trở nối đất của trạm biến áp công suất nhỏ hơn 100 kVA là 10Ω , do đó điện trở nối đất lặp lại cho phép lớn hơn điện trở của hệ thống nối đất của trạm biến áp một gấp, tức là $R_d = 30 \Omega$.

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5 \text{ m}$, đường kính $d = 6 \text{ cm}$ đóng sâu cách mặt đất $h = 0,5 \text{ m}$. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 175\text{ cm}$

$$R_{coc} = \frac{k_{coc} P_0}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l} \right) = \frac{2.2.10^4}{2.3.14.250} \left(\ln \frac{2.250}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4.175 + 250}{4.175 - 250} \right) = 112,83\Omega$$

$$\text{Số bộ chọn số lượng cọc: } n = \frac{R_{coc}}{R_{nt}} = \frac{122,83}{30} = 3,76, \text{ chọn } n = 4 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng theo dây khoảng cách nhau bằng chiều dài cọc, vậy tổng chiều dài thanh nối sẽ là: $L = 3.2,5 = 7,5\text{ m}$

Tra bảng, ứng với tỷ lệ và số lượng cọc là 4, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa $\eta_{coc} = 0,69$, hệ số lợi dụng của thanh nối $\eta_{nga} = 0,45$. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 4\text{ cm}$. Điện trở tiếp xúc của thanh nối:

$$R_{nga} = \frac{k_{nga} P_0}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{b \cdot h} = \frac{3.2.10^4}{2.3.14.500} \ln \frac{2.500^2}{5.50} = 113,66\Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η :

$$R'_{nga} = \frac{R_{nga}}{\eta_{nga}} = \frac{113,66}{0,45} = 252,59\Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến thanh nối ngang:

$$R'_{nt} = \frac{R'_{nga} R_{nt}}{R'_{nga} - R_{nt}} = \frac{252,59.30}{252,59 - 30} = 34,04\Omega$$

Số lượng cọc chính thức:

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{n_{coc} R'_{nt}} = \frac{113,66}{0,69.34,04} = 4,8 \text{ cọc, nên chọn số lượng cọc là } 5$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{f_k}}{C} = 465 \cdot \frac{\sqrt{0,85}}{74} = 8,6 < S_m = 50,4 = 200\text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thỏa mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

Bài tập không có lời giải

Bài 10.3. Hãy tính toán hệ thống nối đất của trạm biến áp 35/6kV. Lưới 35 và 6kV có trung tính cách điện nối đất. Phía 35kV có dòng chạm đất 1 pha là: $I_d = 8A$, phía 6kV là: $I_d = 25A$ tự dùng của trạm được cung cấp bằng máy biến áp 6/0,4kV có trung tính nối đất trực tiếp ở phía hạ áp. Điện trở suất của đất đo được là $86\Omega \cdot m$. Thiết bị của trạm chiếm diện tích $(18 \times 8)m^2$. Biết không có sử dụng điện trở nối đất tự nhiên và cho hệ số mùa của các cọc là $K_{mc} = 2$, của các thanh ngang $K_{mn} = 3$.

Đáp án

Số cọc: $n = 16$ cọc

Bài 10.4. Yêu cầu tính nối đất mạch vòng cho trạm 110/10kV có các số liệu sau:

Dòng điện lớn nhất đi qua vật nối đất khi ngắn mạch châm đất ở phía 110kV là 3,2 kA; dòng điện lớn nhất đi qua vật nối đất khi ngắn mạch ở phía 10kV là 42A; loại đất ở nơi đặt trạm là đất sét; để nối đất phụ ta sử dụng hệ thống cáp-cọc có điện trở nối đất là $1,2\Omega$

Đáp án

Số cọc: $n = 16$ cọc

Bài 10.5. Yêu cầu tính nối đất lắp lại ở cuối đường dây 380/220V có trung tính nối đất, công suất của máy biến áp cung cấp là 100kVA, đặt trong vùng đất có $\rho_d = 2 \cdot 10^4 \Omega \cdot cm$, hệ số K (tăng cao) là: $K=2$, đối với thanh nằm ngang, và $K=1,5$ đối với điện cực thẳng đứng. Ở đây không có nối đất tự nhiên.

Đáp án

Số cọc: $n = 10$ cọc

Chương 11

Câu hỏi ôn tập

1. Phân loại các hệ thống chiếu sáng ?
2. Đặc điểm của phụ tải chiếu sáng ?
3. Nêu các đặc trưng quang học của ánh sáng ?
4. Trình bày định nghĩa các đại lượng đo quang học cơ bản ?

I

5. Trình bày đặc điểm của thiết bị chiếu sáng dùng đèn sợi đốt và đèn huỳnh quang ?
6. Các yêu cầu chiếu sáng chung ?
7. Trình bày phương pháp hệ số sử dụng trong tính toán chiếu sáng chung ?