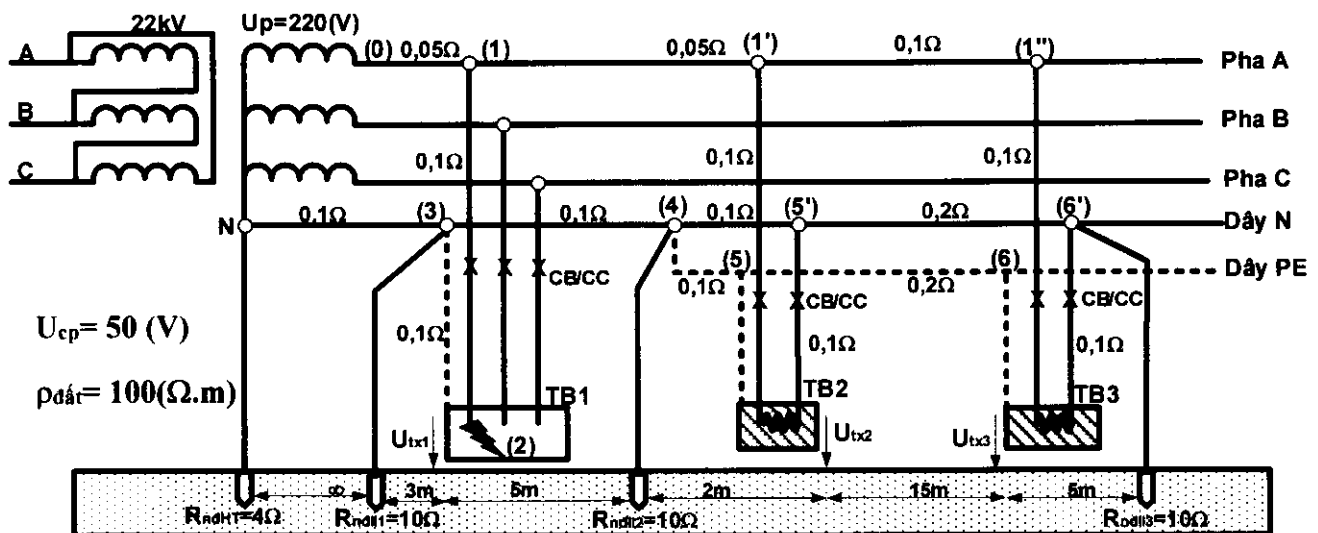


**LƯU Ý:**

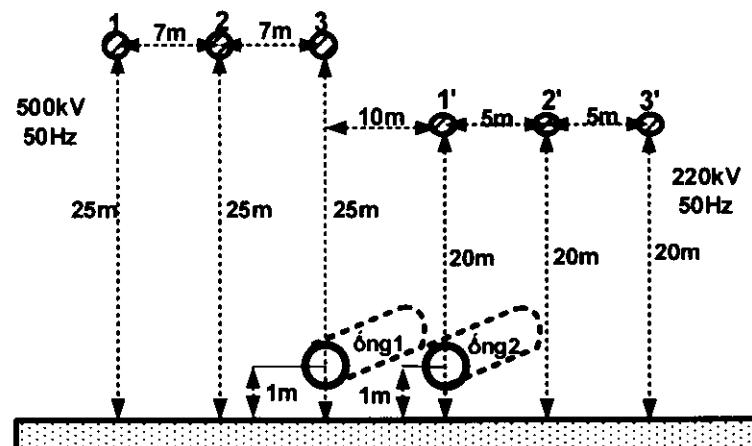
- Sinh viên **được phép** sử dụng tài liệu.
- Đề thi gồm 3 câu.

**Câu 1 (5 điểm)** Mạng điện như hình vẽ, áp nguồn xoay chiều ba pha có  $U_{pha}=220V$ ,  $f=50Hz$ .



- (L.O.3.2) Mạng được nối vỏ an toàn theo sơ đồ nối đất gì ? Thiết bị bảo vệ khi chạm vỏ? (0,5đ)
- (L.O.4.1; L.O.4.2 ) Thiết bị 1 chạm vỏ pha A . Xác định phân bố dòng sự cố , vẽ sơ đồ thay thế , tính dòng điện chạm vỏ, dòng chạy trên dây trung tính , các dòng I đất. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  . Kết luận gì về an toàn ?(2đ)
- (L.O.4.2 ) Trong khi đang bị chạm vỏ , dây N đứt giữa (5') và (6'), cho  $R_{tài2}=R_{tài3}=20\Omega$  ; xác định lại  $U_{tx2}$  và kết luận về an toàn . (1,5đ) .
- (L.O.3.3) Không xảy ra chạm vỏ, không đứt dây N , chạm từ trung thế sang trung tính hạ thế ,  $I_{chạm}=I_{đất}=110A$  . Tính  $U_{tx3}$  . Kết luận về an toàn và nêu giải pháp bảo vệ người.( bỏ qua điện trở dây dẫn trong tính toán ) . (1đ)

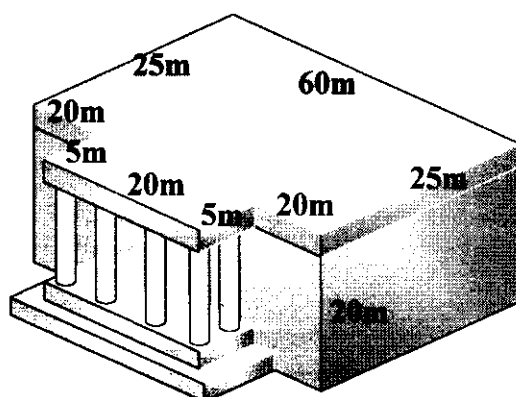
**Câu 2 (2 điểm)**



- a) (L.O.5.5) Tính điện áp cảm ứng trên các ống kim loại đặt cách ly với đất như hình vẽ ; nguồn 500kV và 220kV loại 3 pha ; cùng hệ thống điện . $C_{\text{ống1-đất}} = 100\text{nF}$  ,  $C_{\text{ống2-đất}} = 200\text{nF}$  ;  $R_{\text{ống-đất}} = 100\text{K}\Omega$  .(1 đ)
- b) (L.O.5.5) Người chạm tay vào ống nào sẽ nguy hiểm hơn ( $R_{\text{người}} = 1\text{k}\Omega$ ) ?  
Biện pháp an toàn (1đ)

**Câu 3 (3 điểm)**

- a) (L.O.6.3 ; L.O.6.4) Toà nhà được bảo vệ chống sét đánh trực tiếp theo **nguyên tắc bảo vệ toàn bộ** ,các kim thu sét có độ cao **3m** .Hãy chọn vị trí đặt , xác định số kim thu sét cần bố trí để bảo vệ cho công trình. Kiểm tra lại theo phương pháp quả cầu lăn cấp bảo vệ **III**,  $d_s=45\text{m}$  (2đ)
- b) (L.O.6.7) Giả sử toà nhà **được bảo vệ chống sét cấp I bằng 1 đầu ESE** , hãy chọn vị trí đặt , độ cao  $h$  ,loại đầu ESE để bảo vệ cho công trình.(1đ)



*(Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm)*

**CHỦ NHIỆM BỘ MÔN**

*tnh*

TS. Trương Phước Hòa

**GIÁO VIÊN RA ĐỀ**

*tnh*

KT


**Phan Thị Thu Vân**

Chú thích: L.O.x.x là chuẩn đầu ra môn học trong đề cương môn học

Nội dung câu hỏi trên đề thi		Nội dung chuẩn đầu ra môn học	
Câu 1			
Câu 1.a	Mạng được nối vỏ an toàn theo sơ đồ nối đất gì ? Thiết bị bảo vệ khi chạm vỏ?	L.O.3.2	Hiểu rõ cấu trúc và cách thực hiện các sơ đồ nối đất an toàn : TN-C , TN-S , TN-C-S; TT ; IT
Câu 1.b	Thiết bị 1 chạm vỏ pha A . Xác định phân bố dòng sự cố , vẽ sơ đồ thay thế , tính dòng điện chạm vỏ, dòng chạy trên dây trung tính , các dòng $I_{đất}$ . Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị $U_{tx1}$ , $U_{tx2}$ , $U_{tx3}$ . Kết luận gì về an toàn ?	L.O.4.1	Xây dựng được các sơ đồ mạch tương đương để tính dòng chạm vỏ , điện áp tiếp xúc .
		L.O.4.2	Tính toán được các đại lượng cần thiết để xác định mức độ nguy hiểm khi xảy ra tai nạn điện .
Câu 1.c	Trong khi đang bị chạm vỏ , dây N đứt giữa (5') và (6'), cho $R_{t\grave{a}i2}=R_{t\grave{a}i3}=20\Omega$ ; xác định lại $U_{tx2}$ và kết luận về an toàn	L.O.4.2	Tính toán được các đại lượng cần thiết để xác định mức độ nguy hiểm khi xảy ra tai nạn điện .
Câu 1.d	Không xảy ra chạm vỏ, không đứt dây N , chạm từ trung thế sang trung tính hạ thế , $I_{ch\grave{a}m}=I_{đ\grave{a}t}=110A$ . <b>Tính <math>U_{tx3}</math></b> . Kết luận về an toàn và nêu giải pháp bảo vệ người.( bỏ qua điện trở dây dẫn trong tính toán )	L.O.3.3	Hiểu rõ các đặc điểm vận hành ; các hệ quả khi xảy ra chạm vỏ ( rò điện) và các biện pháp cần áp dụng để bảo vệ an toàn cho người và hệ thống điện .
Câu 2			
Câu 2.a	Tính điện áp cảm ứng trên các ống kim loại đặt cách ly với đất như hình vẽ ; nguồn 500kV và 220kV loại 3 pha ; cùng hệ thống điện . $C_{\acute{o}ng1-đ\grave{a}t}=100nF$ , $C_{\acute{o}ng2-đ\grave{a}t}=200nF$ ; $R_{\acute{o}ng-đ\grave{a}t}=100\ K\Omega$	L.O.5.5	Tính toán được các đại lượng liên quan đến ảnh hưởng của điện từ trường do đường dây cao thế gây ra như điện áp cảm ứng trên vật thể
Câu 2.b	Người chạm tay vào ống nào sẽ nguy hiểm hơn ( $R_{ng\grave{u}y\grave{e}n}=1\ k\Omega$ ) ? Biện pháp an toàn	L.O.5.5	Tính toán được dòng điện qua người khi tiếp xúc và kết luận về an toàn .

Câu 3			
Câu 3.a	Toà nhà được bảo vệ chống sét đánh trực tiếp theo <b>nguyên tắc bảo vệ toàn bộ</b> , các kim thu sét có độ cao <b>3m</b> .Hãy chọn vị trí đặt , xác định số kim thu sét cần bố trí để bảo vệ cho công trình.	L.O.6.3	Tính toán chọn được chống sét theo phương pháp thông dụng .
Câu 3.a	Kiểm tra lại theo phương pháp quả cầu lăn cấp bảo vệ III, $d_s=45m$	L.O.6.4	Áp dụng phương pháp điện hình học ( Roll tính toán , kiểm tra và vẽ chống sét cho công trình
Câu 3.b	Giả sử toà nhà được bảo vệ chống sét cấp I bằng 1 đầu ESE , hãy chọn vị trí đặt , độ cao h ,loại đầu ESE để bảo vệ cho công trình.	L.O.6.7	Thực hành tính toán và vẽ hệ thống nối đất an toàn cho một hệ thống bảo vệ chống sét cho một công trình

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN

  
TS. Trương Phước Hòa

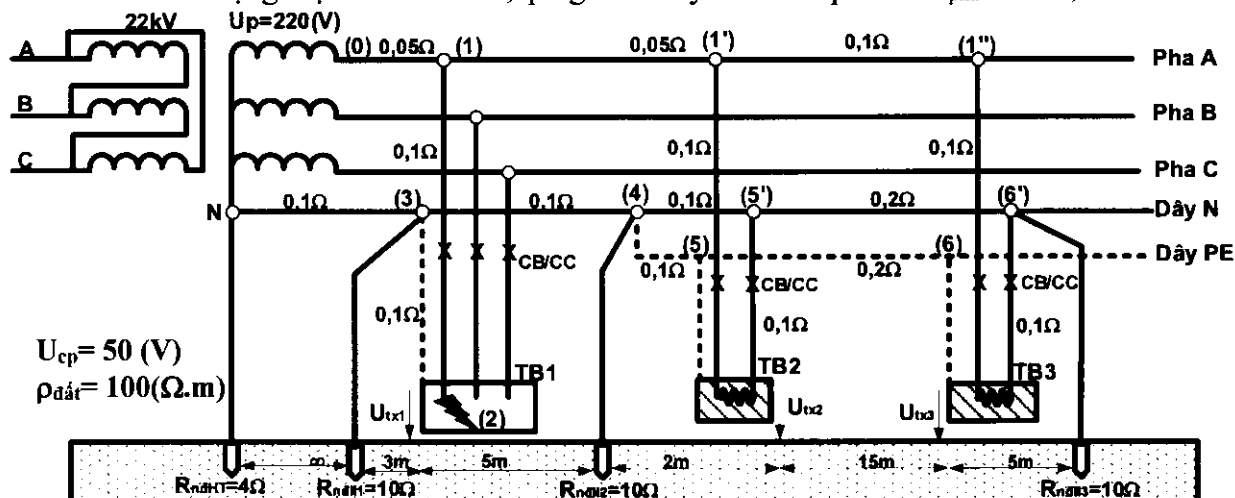
GIÁO VIÊN

  
Phan Thị Tuyết

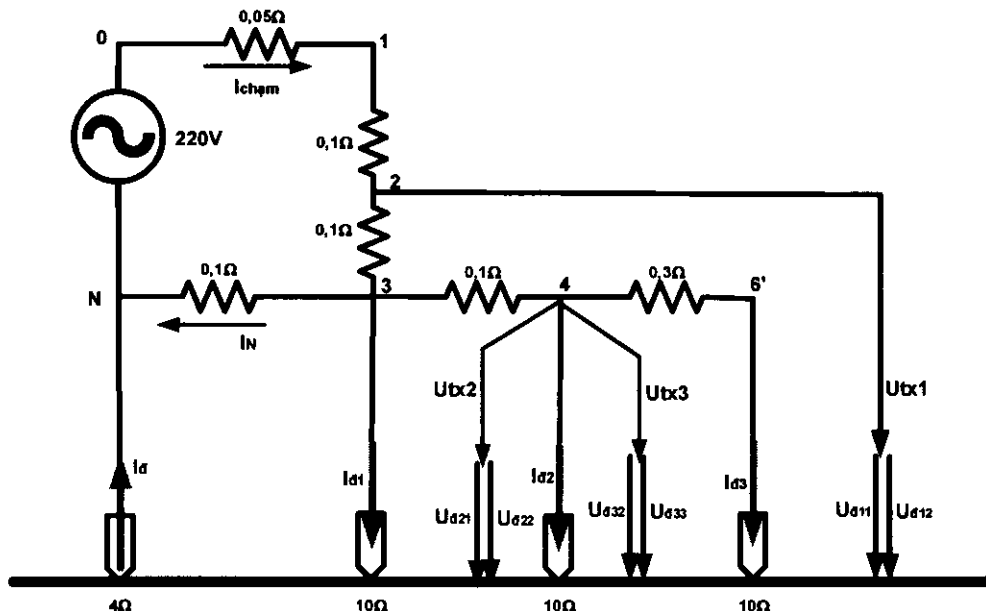
**Đáp án**

**CÂU 1. (5 điểm)**

Mạng điện như hình vẽ, áp nguồn xoay chiều ba pha có  $U_{pha}=220V$ ,  $f=50Hz$ .



- a) Mạng được nối vỏ an toàn theo sơ đồ nối đất gì ? Thiết bị bảo vệ khi chạm vỏ? (0,5đ)  
b) Thiết bị 1 chạm vỏ pha A . Xác định phân bố dòng sự cố , vẽ sơ đồ thay thế , tính dòng điện chạm vỏ, dòng chạy trên dây trung tính , các dòng  $I_{đất}$  . Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  . Kết luận gì về an toàn?(2đ)



$$0,35I_1 - 0,1I_2 - 0I_3 = 220 \quad (1)$$

$$-0,1I_1 + 14,1I_2 - 10I_3 = 0 \quad (2)$$

$$-0I_1 - 10I_2 + 15,174I_3 = 0 \quad (3)$$

$$I_{chạm} = 630,972 \text{ A} ; I_d = 8,4 \text{ A} ; I_{d1} = 2,87 \text{ A} ; I_{d2} = 2,8 \text{ A} ; I_{d3} = 2,724 \text{ A}$$

$$U_{tx2} = 2,8 \cdot 10 - \frac{100 \cdot 2,8}{2\pi \cdot 2} - \frac{100 \cdot 2,87}{2\pi \cdot 10} = 1,14(V) < U_{cp} = 50(V) : \text{an toàn}$$

$$U_{rx3} = 2,8 * 10 - \frac{100 * 2,8}{2\pi * 17} - \frac{100 * 2,724}{2\pi * 5} = 16,705(V) < U_{cp} = 50(V) : \text{an toàn}$$

$$U_{\text{rx2}} = 2,38 \cdot 10 - \frac{100 \cdot 2,38}{2\pi \cdot 2} - \frac{100 \cdot 2,35}{2\pi \cdot 10} = 1,024(\text{V}) < U_{\text{cp}} = 50(\text{V}) : \text{an toàn}$$

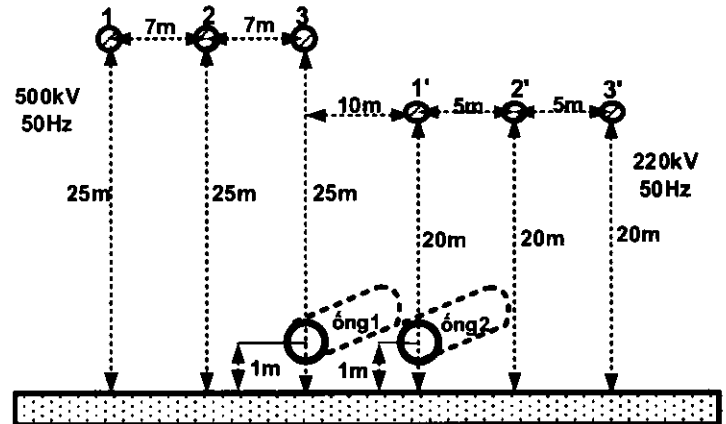
$$I_d = 110 * \frac{\frac{10}{3}}{4 + \frac{10}{3}} = 50A ; I_N = 110 * \frac{4}{4 + \frac{10}{3}} = 60A ; I_{d1} = I_{d2} = I_{d3} = \frac{60}{3} = 20A ;$$

$$U_{\alpha 3} = 20 * 10 - \frac{100 * 20}{2\pi * 17} - \frac{100 * 20}{2\pi * 5} = 117,576(V) > U_{cp} : \text{nguy hiểm}$$

Biện pháp an toàn : tăng số điểm nối đất lặp lại sao cho  $U_{\alpha \max} \leq U_{cp} = 50 \text{ V}$

### CÂU 2. (2 điểm)

- a) Tính điện áp cảm ứng trên các ống kim loại đặt cách ly với đất như hình vẽ ; nguồn 500kV và 220kV loại 3 pha ; cùng hệ thống điện (1 đ) .  $C_{\text{ống1-đất}} = 100\text{nF}$  ,  
 $C_{\text{ống2-đất}} = 200\text{nF}$  ;  $R_{\text{ống-đất}} = 100 \text{ K}\Omega$  ;  
b) Người chạm tay vào ống nào sẽ nguy hiểm hơn ( $R_{\text{người}} = 1 \text{ k}\Omega$ ) ? Biện pháp an toàn (1đ)



**Điện áp cảm ứng trên ống dẫn 1 :**

$$d_{11a} = \sqrt{24^2 + 14^2} = \sqrt{772}$$

$$d_{12a} = \sqrt{24^2 + 7^2} = \sqrt{625} ; d_{3a} = \sqrt{24^2} = \sqrt{576}$$

$$U_{1a} = 0,25 * 500 * 25 * 1 \sqrt{\frac{1}{772^2} + \frac{1}{625^2} + \frac{1}{576^2} - \left( \frac{1}{772 * 625} + \frac{1}{772 * 576} + \frac{1}{625 * 576} \right)} = 1221,63 \text{ V}$$

$$d_{11b} = \sqrt{19^2 + 10^2} = \sqrt{461} ; d_{12b} = \sqrt{19^2 + 15^2} = \sqrt{586}$$

$$d_{13b} = \sqrt{19^2 + 20^2} = \sqrt{761}$$

$$U_{1b} = 0,25 * 220 * 20 * 1 \sqrt{\frac{1}{461^2} + \frac{1}{586^2} + \frac{1}{761^2} - \left( \frac{1}{461 * 586} + \frac{1}{461 * 761} + \frac{1}{586 * 761} \right)} = 815,54 \text{ V}$$

$U_{\text{cảm ứng 500kV}} = 1221,55 \text{ V} ; U_{\text{cảm ứng 220kV}} = 815,54 \text{ V} ;$

$U_{\text{tổng trên ống 1}} = 1221,63 + 815,54 = 2037,17 \text{ V} .$

**Điện áp cảm ứng trên ống dẫn 2 :**

$$d_{21a} = \sqrt{24^2 + 24^2} = \sqrt{1152}$$

$$d_{22a} = \sqrt{24^2 + 17^2} = \sqrt{865} ; d_{3a} = \sqrt{24^2 + 10^2} = \sqrt{676}$$

$$U_{2a} = 0,25 \cdot 500 \cdot 25 \cdot 1 \sqrt{\frac{1}{1152^2} + \frac{1}{865^2} + \frac{1}{676^2} - \left( \frac{1}{1152 \cdot 865} + \frac{1}{1152 \cdot 676} + \frac{1}{865 \cdot 676} \right)} = 1655,12 \text{ V}$$

$$d_{21b} = \sqrt{19^2 + 10^2} = \sqrt{461} ; d_{22b} = \sqrt{19^2 + 5^2} = \sqrt{386}$$

$$d_{23b} = \sqrt{19^2} = \sqrt{361}$$

$$U_{2b} = 0,25 \cdot 220 \cdot 20 \cdot 1 \sqrt{\frac{1}{461^2} + \frac{1}{386^2} + \frac{1}{361^2} - \left( \frac{1}{461 \cdot 386} + \frac{1}{461 \cdot 361} + \frac{1}{386 \cdot 361} \right)} = 587,7 \text{ V}$$

U cảm ứng 500kV = 1655,12 V ; U cảm ứng 220kV = 587,7 V ;

U tổng trên ống 2 = 1655,12 + 587,7 = 2242,82 V .

Bỏ qua R ng = 1k Ω , dòng qua người khi chạm tay vào các ống 1 và 2 như sau :

$$I_{ng\_ống 1} = 2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 2037,17 = 63,96 \text{ mA} ;$$

1mA < I<sub>ng\_ống 1</sub> = 6,396mA < 10mA : người bị điện giật nhưng chưa bị co rút bắp thịt .

$$I_{ng\_ống 2} = 2\pi \cdot 50 \cdot 200 \cdot 10^{-9} \cdot 2242,82 = 140,85 \text{ mA}$$

I<sub>ng\_ống 1</sub> = 63,96mA >>> 30mA : người bị điện giật và có nguy cơ tử vong

I<sub>ng\_ống 2</sub> = 140,85mA >>> 30mA : người bị điện giật và có nguy cơ tử vong

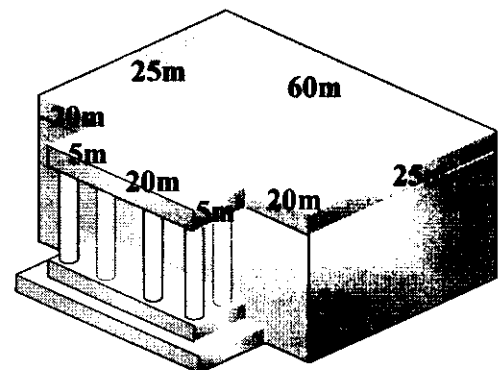
Chạm tay vào ống 2 nguy hiểm hơn do I<sub>ng\_ống 2</sub> = 140,85mA > I<sub>ng\_ống 1</sub> = 63,96mA .

Biện pháp an toàn : nối đất dọc ống dẫn .

### CÂU 3. ( 3 điểm )

a) Toà nhà được bảo vệ chống sét đánh trực tiếp theo **nguyên tắc bảo vệ toàn bộ**, các kim thu sét có độ cao 3m .Hãy chọn vị trí đặt , xác định số kim thu sét cần bố trí để bảo vệ cho công trình. **Kiểm tra lại theo phương pháp quả cầu lăn** cấp bảo vệ III, Ds=45m (2đ)

b) Giả sử toà nhà được bảo vệ chống sét cấp I bằng 1 đầu ESE , hãy chọn vị trí đặt , độ cao h ,loại đầu ESE để bảo vệ cho công trình.(1đ)



a) Bảo vệ chống sét toàn bộ

h<sub>x</sub> = 20m ; h = 20 + 3 = 23m ; p = 1 ; bố trí kim thu sét cao 3m tại các góc của mái nhà và dọc các cạnh

Điều kiện bảo vệ chống sét trọng điểm các cạnh :  $a \leq (h - h_x) \cdot 7 \cdot p = (23 - 20) \cdot 7 \cdot 1 = 21 \text{ m}$

Cạnh 60 m  $N_1 \geq \left( \frac{60}{21} + 1 \right) = 3,857$  chọn 4 kim thu sét . Khoảng cách giữa các kim  $a = \frac{60}{4-1} = 20\text{m}$



Cạnh 25 m  $N_1 \geq \left(\frac{25}{21} + 1\right) = 2,19$  chọn 3 kim thu sét .Khoảng cách giữa các kim  $a = \frac{25}{3-1} = 12,5m$

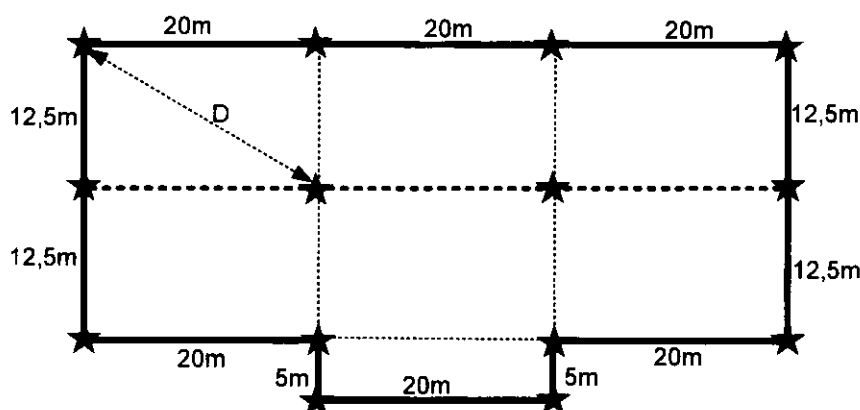
Do bảo vệ chống sét toàn bộ nên cần đảm bảo điều kiện  $D \leq 8(h-h_x)p = 8(23-20)1 = 24m$  .  
Nếu không đặt thêm kim trên mặt bằng nóc nhà sẽ không thoả điều kiện này , vậy bố trí thêm kim như hình vẽ .

$$D = \sqrt{20^2 + 12,5^2} = 23,58 m < 24m$$

Bán kính bảo vệ của cột 23m với độ cao 20 m :

$$r_x = 1,6 * 23 * \frac{23 - 20}{23 + 20} * 1 = 2,56m$$

Vậy cần đặt thêm kim thu sét ở 2 góc của cạnh nhô ra 5m của toà nhà .



Kiểm tra theo phương pháp quả cầu lăn

Điều kiện : độ võng max tính toán  $p_{tt}$  ứng với khoảng cách xa nhất giữa 2 kim thu sét phải bé hơn độ cao của kim thu sét gắn trên mái nhà :  $p_{tt} < h_{kts}$

BVCS cấp III , khoảng cách xa nhất giữa 2 CTS  $a = 23,58 m$  ;

độ cao kim thu sét  $h_{KTS} = 3m > p_{tt} = 45 - \sqrt{45^2 - \left(\frac{23,58}{2}\right)^2} = 1,57 m$  . Vậy nhà được bảo vệ chống sét toàn bộ .

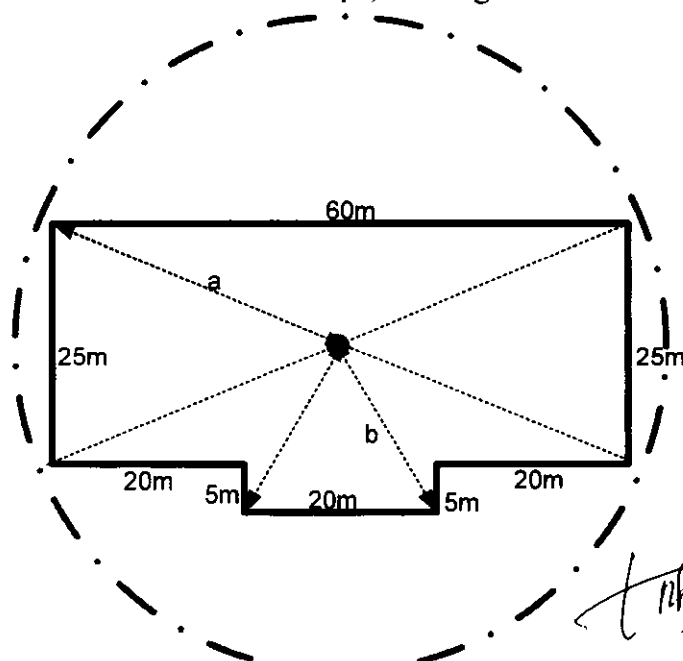
**b) Bảo vệ bằng 1 đầu thu ESE**

Cấp bảo vệ I , chọn  $h=6m$  , đặt đầu thu ESE ở tâm hình chữ nhật ; khoảng cách xa nhất ở độ cao 20m cần bảo vệ là

$$a = \sqrt{30^2 + 12,5^2} = 32,5m$$

$$b = \sqrt{10^2 + 17,5^2} = 20,15 m$$

Chọn đầu thu sét SE-9 ;  $\Delta L=30m$  ,  
 $h=6m$  , bảo vệ cấp I ,  
 $R_p=48m > 32,5m$  . bảo vệ được toàn bộ toà nhà



th 5