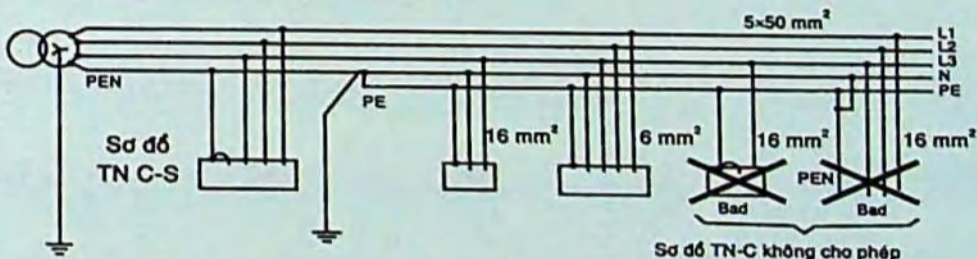
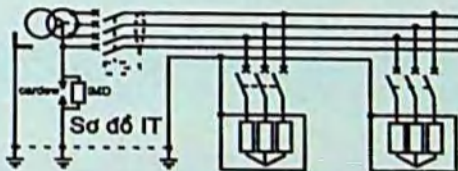
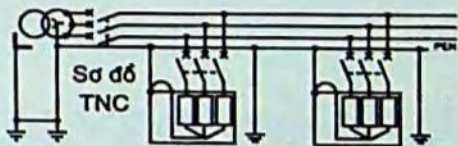
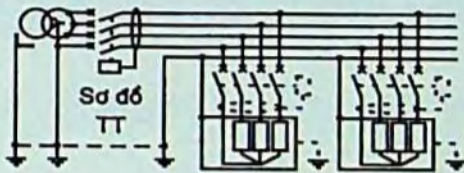


PHAN THỊ THU VÂN

# GIÁO TRÌNH AN TOÀN ĐIỆN



2019

C.1

910002662



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**Phan Thị Thu Vân**

**EBOOKBKMT.COM**

**GIÁO TRÌNH**

**AN TOÀN ĐIỆN**

*(Tái bản lần thứ ba)*

THƯ VIỆN TRUNG TÂM ĐHQG-HCM

910002662

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
TP HỒ CHÍ MINH - 2019**

**SÁCH LƯU CHIẾU**

**GIÁO TRÌNH  
AN TOÀN ĐIỆN**

**PHAN THỊ THU VÂN**

---

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐHQG-HCM, NXB ĐHQG-HCM và TÁC GIẢ.

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật Xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Nhà xuất bản.

**ĐỂ CÓ SÁCH HAY, CẢN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!**

© 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100

# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	7
<b>Chương mở đầu KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BẢO HỘ LAO ĐỘNG</b>	<b>9</b>
0.1 Một số khái niệm cơ bản	9
0.2 Mục đích, ý nghĩa, tính chất của công tác bảo hộ lao động	10
0.3 Một số vấn đề thuộc phạm trù lao động	11
0.4 Những nội dung chủ yếu trong công tác bảo hộ lao động	24
<b>Chương 1 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ AN TOÀN ĐIỆN</b>	<b>43</b>
1.1 Khái niệm chung	43
1.2 Các bước cần tiến hành khi xảy ra tai nạn điện	45
1.3 Các tác hại khi có dòng điện đi qua người	46
1.4 Các yếu tố liên quan đến tác hại của dòng điện qua người	48
1.5 Hiện tượng dòng đi vào trong đất	54
1.6 Điện áp tiếp xúc $u_{tx}$ ( $U_{touch}$ hay $U_{contact}$ )	59
1.7 Điện áp bước $U_{bước}$ ( $U_{step}$ )	59
1.8 Điện áp cho phép	60
1.9 Bài tập	61
<b>Chương 2 PHÂN TÍCH AN TOÀN KHI XẢY RA TAI NẠN ĐIỆN</b>	<b>64</b>
2.1 Tiếp xúc trực tiếp vào điện	64
2.2 Tiếp xúc gián tiếp vào điện áp	80
2.3 Bài tập	90
<b>Chương 3 CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ AN TOÀN</b>	<b>98</b>
3.1 Yêu cầu đối với nhân viên làm việc trực tiếp với các thiết bị điện	98
3.2 Tổ chức làm việc	98
3.3 Chống tiếp xúc điện trực tiếp	99
3.4 Chống tiếp xúc gián tiếp vào điện	100
3.5 Các biện pháp bảo vệ chống chạm điện trực tiếp và gián tiếp không cần cắt mạch	130
3.6 Lắp đặt và đo lường cực nối đất	136
3.7 Các thiết bị bảo vệ dòng rò theo nguyên tắc so lệch (rca)	142
3.8 Bài tập	150
<b>Chương 4 SỰ NGUY HIỂM KHI ĐIỆN ÁP CAO XÂM NHẬP     ĐIỆN ÁP THẤP</b>	<b>158</b>

4.1	Khái niệm chung	158
4.2	Phân tích hiện tượng	159
4.3	Các biện pháp bảo vệ	164
<b>Chương 5 ĐỀ PHÒNG TỈNH ĐIỆN</b>		<b>168</b>
5.1	Sự hình thành tĩnh điện	168
5.2	Các tính chất	170
5.3	Bảng phân loại vật liệu theo khả năng tích điện ( <i>Tribioelectric Series</i> )	173
5.4	Các định luật cơ bản của điện tích tĩnh điện	175
5.5	Vật chất và tĩnh điện	176
5.6	Hiện tượng phóng điện tích tĩnh điện ( <i>electrostatic discharges (ESD)</i> )	177
5.7	Những sự cố do điện tích tĩnh điện	178
5.8	Những mối nguy hiểm của tĩnh điện trong công nghiệp	180
5.9	Rủi ro từ thiết bị điện và mạng điện	190
5.10	Các biện pháp để phòng tĩnh điện	194
5.11	Chất khử tĩnh điện và các phương pháp trung hòa điện	195
5.12	Bài tập	199
<b>Chương 6 AN TOÀN KHI LÀM VIỆC TRONG TRƯỜNG ĐIỆN TỪ TẦN SỐ CAO VÀ CỰC CAO</b>		<b>205</b>
6.1	Sự hình thành trường điện từ tần số cao và cực cao trong một số thiết bị công nghiệp	206
6.2	Ảnh hưởng của trường điện từ đến cơ thể con người	208
6.3	Các biện pháp an toàn	211
<b>Chương 7 BẢO VỆ CHỐNG SÉT</b>		<b>214</b>
7.1	Hiện tượng sét ( <i>lightning</i> )	214
7.2	Các hậu quả của phóng điện sét	217
7.3	Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp	218
7.4	Bảo vệ chống sét cảm ứng	236
7.5	Tiêu chuẩn Việt Nam về thực hiện hệ thống điện trở nối đất chống sét	239
7.6	Tiêu chuẩn Việt Nam về thực hiện bảo vệ chống sét	241
7.7	Bài tập	245
<b>PHỤ LỤC</b>		<b>252</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>		<b>264</b>

## BẢNG CÁC KÝ HIỆU

$U_P$	Điện áp pha - trung tính
$U_N$	Điện áp trung tính - đất
$U_{lx}$	Điện áp tiếp xúc
$U_{ng}$	Điện áp đặt lên cơ thể người
$U_b$	Điện áp bước
$U_{cp}$	Điện áp cho phép
$U_L$	$U_{Limit}$ - điện áp cho phép
$I_d$	Đòng điện đi vào đất
$I_{ch}$	Đòng chạm vỏ
$I_{ng}$	Đòng điện qua cơ thể người
$\rho_d$	Điện trở suất của đất
$R_{ndHT}$	Điện trở nối đất nguồn
$R_{ndtb}$	Điện trở nối đất vỏ thiết bị
$R_{ndll}$	Điện trở nối đất lặp lại dọc dây trung tính
$R_{ndcs}$	Điện trở nối đất chống sét
$R_{ng}$	Điện trở người
$R_d$	Điện trở nối đất
$R_{cd}$	Điện trở cách điện
$Z_{ng}$	Tổng trở người
$R_N$	Điện trở dây trung tính
$I_{cpAC}$	Đòng điện cho phép xoay chiều (đòng ngưỡng nguy hiểm xoay chiều)
$I_{cpDC}$	Đòng điện cho phép một chiều (đòng ngưỡng nguy hiểm một chiều)

# LỜI NÓI ĐẦU

*Giáo trình AN TOÀN ĐIỆN được biên soạn nhằm trang bị cho sinh viên ngành Điện - Điện tử những kiến thức cơ bản liên quan đến vấn đề tai nạn điện, làm ảnh hưởng đến sức khỏe và tính mạng con người khi sử dụng và vận hành thiết bị điện.*

*Sách gồm có tám chương:*

*Chương mở đầu: Khái niệm cơ bản về bảo hộ lao động.*

*Chương 1: Phân tích các khái niệm cơ bản về an toàn như: hiện tượng điện giật, tổng trở người, điện áp bước, điện áp tiếp xúc...*

*Chương 2: Phân tích các trường hợp tiếp xúc vào nguồn điện; áp, dòng qua người; điều kiện an toàn trong từng trường hợp cụ thể.*

*Chương 3: Phân tích các biện pháp bảo vệ an toàn tránh tiếp xúc trực tiếp và gián tiếp vào nguồn áp; các biện pháp nối vỏ theo tiêu chuẩn Việt Nam và IEC được trình bày rất kỹ, kể cả cách tính toán chọn các thiết bị bảo vệ cũng được phân tích giúp sinh viên có cơ sở áp dụng được vào thực tế.*

*Chương 4: Phân tích tình trạng điện áp cao xâm nhập điện áp thấp, ảnh hưởng của tình trạng này đến thiết bị và con người đang vận hành; các biện pháp bảo vệ cần thiết.*

*Chương 5: Phân tích tác hại của trường điện từ tần số cao và cực cao đến cơ thể người; các biện pháp bảo vệ cần thiết.*

*Chương 6: Phân tích sự hình thành tĩnh điện, các tác hại, các biện pháp bảo vệ.*

*Chương 7: Phân tích sự hình thành hiện tượng sét; các tác hại và các biện pháp bảo vệ chống sét đánh trực tiếp và sét cảm ứng cho công trình công nghiệp và dân dụng.*

*Giáo trình này được biên soạn trên cơ sở kế thừa các tài liệu về an toàn như Kỹ thuật bảo hộ lao động; tài liệu Hướng dẫn lắp đặt điện theo tiêu chuẩn IEC của Group Schneider... Riêng chương mở đầu được bổ sung theo tài liệu Khoa học kỹ thuật Bảo hộ lao động - do PGS.TS Văn Đình Đệ chủ biên.*

*Tác giả xin chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp, bổ sung quý báu của PGS.TS Phan Thị Thanh Bình - HCMUT, TS Nguyễn Hùng - HUTECH và các thầy cô trong Bộ môn Cung cấp điện để cuốn sách được hoàn thành.*

*Lần xuất bản này chắc chắn còn thiếu sót, rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của quý độc giả.*

*Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về: Bộ môn Cung cấp điện, Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt - Q.10.*

*Điện thoại: (08) 38 647256.*

**Tác giả**

**ThS. Phan Thị Thu Vân**



## **Chương mở đầu**

# **KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BẢO HỘ LAO ĐỘNG**

### **0.1 MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN**

#### **0.1.1 Điều kiện lao động**

Điều kiện lao động là một tập hợp tổng thể các yếu tố tự nhiên, kỹ thuật, kinh tế, xã hội được biểu hiện thông qua các công cụ và phương tiện lao động, quá trình công nghệ, môi trường lao động và sự sắp xếp, bố trí, tác động qua lại của chúng trong mối quan hệ con người, tạo nên một điều kiện nhất định cho con người trong quá trình lao động.

Điều chúng ta quan tâm là các yếu tố biểu hiện điều kiện lao động có ảnh hưởng như thế nào đến sức khỏe và tính mạng con người.

Các công cụ và phương tiện lao động có tiện nghi, thuận lợi hay ngược lại gây khó khăn, nguy hiểm cho người lao động, đối tượng lao động, với các thể loại phong phú của nó ảnh hưởng tốt hay xấu, an toàn hay gây nguy hiểm cho con người (ví dụ: dòng điện, hóa chất, vật liệu nổ, chất phóng xạ...). Đối với quá trình công nghệ, trình độ cao hay thấp, thô sơ, lạc hậu hay hiện đại đều có tác động rất lớn đến người lao động trong sản xuất. Môi trường lao động đa dạng, có nhiều yếu tố tiện nghi, thuận lợi hay ngược lại rất khắc nghiệt, độc hại, đều tác động rất lớn đến sức khỏe người lao động.

Đánh giá, phân tích điều kiện lao động phải tiến hành đánh giá, phân tích đồng thời trong mối quan hệ tác động qua lại của tất cả các yếu tố trên.

#### **0.1.2 Các yếu tố nguy hiểm và có hại**

Trong một điều kiện lao động cụ thể, bao giờ cũng xuất hiện các yếu tố vật chất có ảnh hưởng xấu, nguy hiểm, có nguy cơ gây tai nạn hoặc bệnh nghề nghiệp cho người lao động, ta gọi đó là các yếu tố nguy hiểm và có hại. Cụ thể là:

- Các yếu tố vật lý như nhiệt độ, độ ẩm, tiếng ồn, rung động, các bức xạ có hại, bụi.
- Các yếu tố hóa học như các chất độc, các loại hơi, khí, bụi độc, các chất phóng xạ.
- Các yếu tố sinh vật, vi sinh vật như các loại vi khuẩn, siêu vi khuẩn, ký sinh trùng, côn trùng, rắn.
- Các yếu tố bất lợi về tư thế lao động, không tiện nghi do không gian chỗ làm việc, nhà xưởng chật hẹp, mất vệ sinh.
- Các yếu tố về tâm lý không thuận lợi... đều là những yếu tố nguy hiểm và có hại.

### **0.1.3 Tai nạn lao động**

Tai nạn lao động là tai nạn xảy ra trong quá trình lao động, do tác động đột ngột từ bên ngoài, làm chết người hay làm tổn thương, hoặc phá hủy chức năng hoạt động bình thường của một bộ phận nào đó của cơ thể. Nhiễm độc đột ngột cũng là tai nạn lao động.

### **0.1.4 Bệnh nghề nghiệp**

Bệnh nghề nghiệp là sự suy yếu dần sức khỏe của người lao động gây nên bệnh tật, do tác động của các yếu tố có hại phát sinh trong quá trình lao động lên cơ thể người lao động.

## **0.2 MỤC ĐÍCH, Ý NGHĨA, TÍNH CHẤT CỦA CÔNG TÁC BẢO HỘ LAO ĐỘNG**

### **0.2.1 Mục đích ý nghĩa của công tác bảo hộ lao động**

Mục tiêu của công tác bảo hộ lao động là thông qua các biện pháp về khoa học kỹ thuật, tổ chức, kinh tế, xã hội để loại trừ các yếu tố nguy hiểm và có hại phát sinh trong sản xuất, tạo nên một điều kiện lao động thuận lợi và ngày càng được cải thiện lao động tốt hơn, để ngăn ngừa tai nạn lao động và bệnh nghề nghiệp, hạn chế ốm đau, giảm sút sức khỏe cũng như những thiệt hại khác đối với người lao động, nhằm bảo đảm an toàn, bảo vệ sức khỏe và tính mạng người lao động, trực tiếp góp phần bảo vệ và phát triển lực lượng sản xuất, tăng năng suất lao động.

Bảo hộ lao động trước hết là một phạm trù sản xuất, nhằm bảo vệ yếu tố năng động nhất của lực lượng sản xuất là người lao động.

Mặt khác, việc chăm lo sức khỏe cho người lao động, mang lại hạnh phúc cho bản thân và gia đình họ còn có ý nghĩa nhân đạo.

### 0.2.2 Tính chất của công tác bảo hộ lao động

Bảo hộ lao động có ba tính chất:

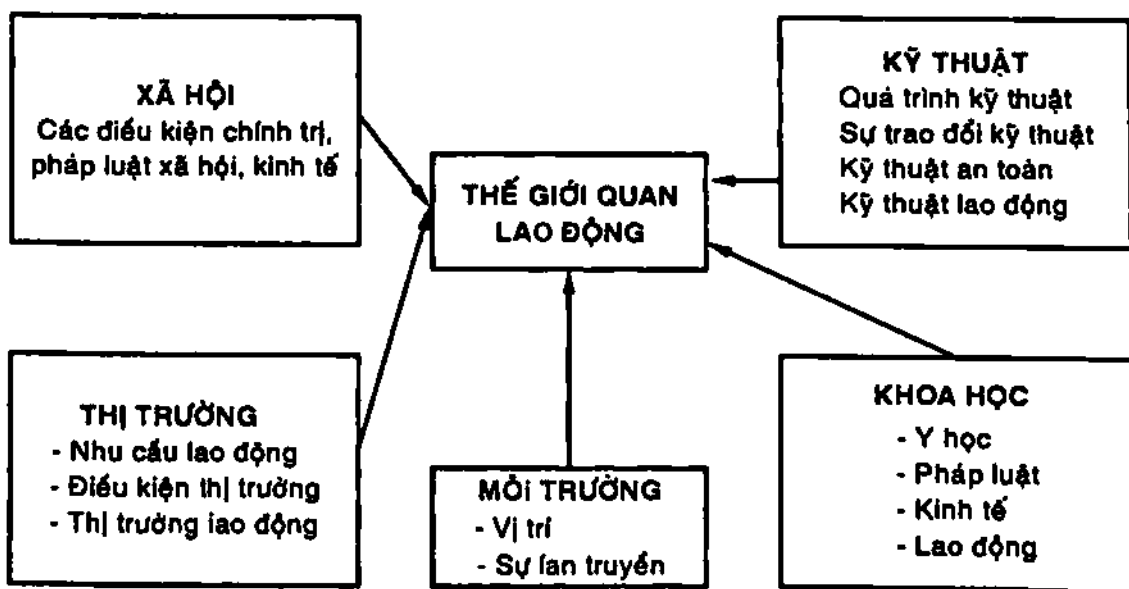
- 1- *Tính chất khoa học kỹ thuật*: mọi hoạt động của nó đều xuất phát từ những cơ sở khoa học và các biện pháp khoa học kỹ thuật.
- 2- *Tính chất pháp lý*: thể hiện trong luật lao động, quy định rõ trách nhiệm và quyền lợi của người lao động.
- 3- *Tính chất quần chúng*: người lao động là một số đông trong xã hội, ngoài những biện pháp khoa học kỹ thuật, còn có biện pháp hành chính. Việc giác ngộ nhận thức cho người lao động hiểu rõ và thực hiện tốt công tác bảo hộ lao động là cần thiết.

## 0.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ THUỘC PHẠM TRÙ LAO ĐỘNG

### 0.3.1 Lao động, khoa học lao động, vị trí giữa lao động và kỹ thuật

- Lao động của con người là một sự cố gắng bên trong và bên ngoài thông qua một giá trị nào đó để tạo nên những sản phẩm tinh thần, những động lực và những giá trị vật chất cho cuộc sống con người (ELISABERG 1926).

Thế giới quan lao động được ghi nhận bởi những ảnh hưởng khác nhau, những điều kiện và những yêu cầu (H.0.1).



Hình 0.1 Các yếu tố hình thành thế giới quan lao động

Lao động được thực hiện trong một hệ thống lao động và nó được thể hiện với việc sử dụng những tri thức về khoa học an toàn.

- Khoa học lao động là một hệ thống phân tích, sắp xếp, thể hiện những điều kiện kỹ thuật, tổ chức và xã hội của quá trình lao động với mục đích đạt hiệu quả cao.

Phạm vi thực tiễn của khoa học lao động là:

- Bảo hộ lao động là những biện pháp phòng tránh hay xóa bỏ những nguy hiểm cho con người trong quá trình lao động.
- Tổ chức thực hiện lao động là những biện pháp để đảm bảo những lời giải đúng đắn thông qua việc ứng dụng những tri thức về khoa học an toàn cũng như đảm bảo phát huy hiệu quả của hệ thống lao động.
- Kinh tế lao động là những biện pháp để khai thác và đánh giá năng suất về phương diện kinh tế, chuyên môn, con người và thời gian.
- Quản lý lao động là những biện pháp chung của xí nghiệp để phát triển, thực hiện và đánh giá sự liên quan của hệ thống lao động.
- Khi đưa kỹ thuật vào trong các hệ thống sản xuất hiện đại sẽ làm thay đổi những tác động với con người, chẳng hạn như về mặt tâm lý.

*Dưới đây là một vài ví dụ minh họa những khái niệm trên:*

- Giám sát và bảo dưỡng những thiết bị lớn cần sự tổng hợp cao (nguy hiểm khi đòi hỏi khắc phục nhiều nhanh, hay các chỉ số đạt dưới mức yêu cầu của chạy tự động).
  - Yêu cầu chú ý cao khi làm việc với những vật liệu nguy hiểm cũng như trong quá trình nguy hiểm.
  - Làm việc trong các hệ thống thông tin hay hệ thống trao đổi mới và thay đổi.
  - Những hình thức mới của tổ chức lao động và tổ chức hoạt động.
- + Phân công trách nhiệm

*Sự phát triển của kỹ thuật có ý nghĩa đặc biệt do nó tác động trực tiếp đến lao động và kết quả dẫn đến là:*

- + Chuyển đổi những giá trị trong xã hội.
- + Tăng trưởng tính toàn cầu của các cấu trúc hoạt động.
- + Những quy định về luật.

Đưa lao động đến gần thị trường người tiêu dùng.

Tính nhân đạo và sự thể hiện nó là mục đích chủ yếu của khoa học lao động.

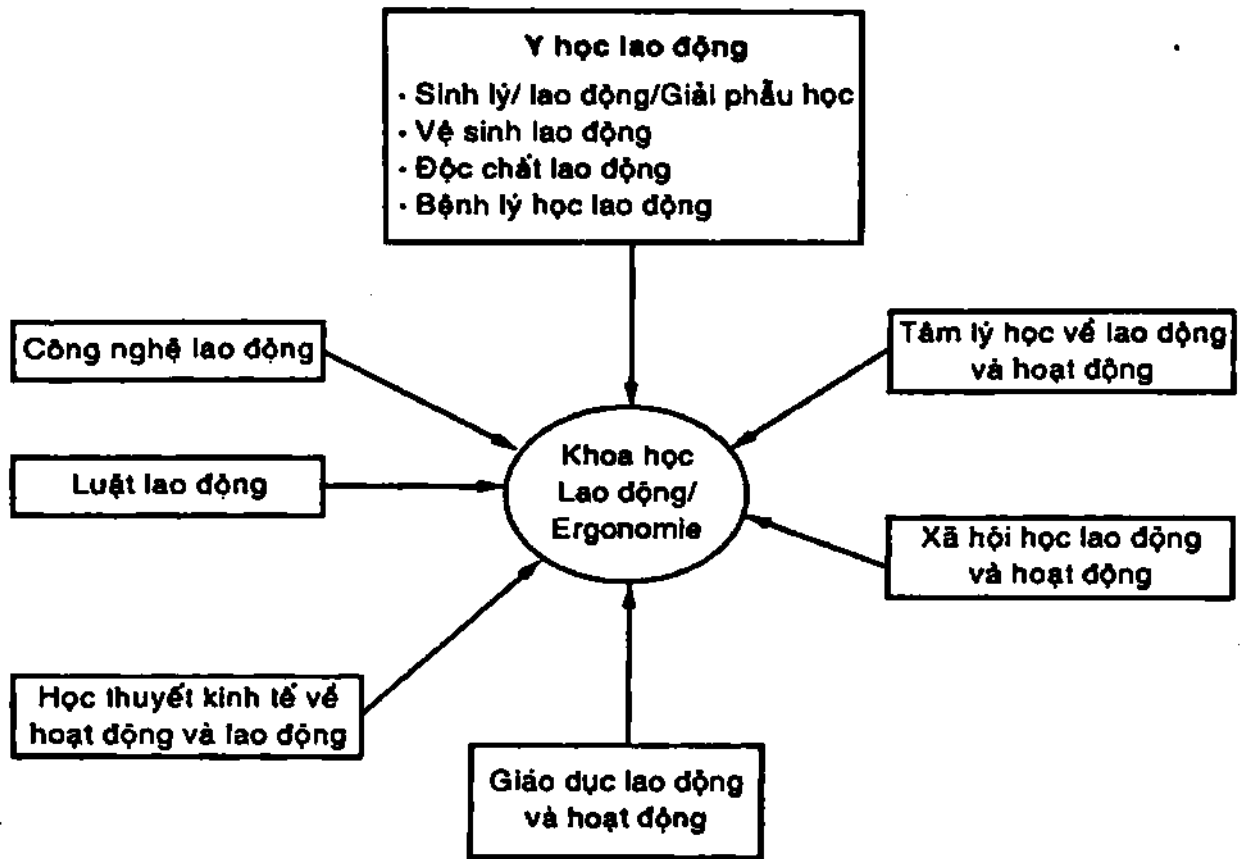
*Tương quan thay đổi giữa con người và kỹ thuật không bao giờ dừng lại, chính nó là động lực cho sự phát triển, đặc biệt qua các yếu tố:*

- Sự chuyển đổi các giá trị trong xã hội.
- Sự phát triển dân số.
- Công nghệ mới.
- Cấu trúc sản xuất thay đổi.
- Những bệnh tật mới phát sinh.

*Khoa học lao động có nhiệm vụ:*

- Trang bị kỹ thuật, thiết bị cho phù hợp (hay tối ưu) với việc sử dụng của người lao động.
- Nghiên cứu sự liên quan giữa con người trong những điều kiện lao động về tổ chức và kỹ thuật.

Để giải quyết được những nhiệm vụ có liên quan với nhau, khoa học lao động có một phạm vi rộng bao gồm nhiều ngành khoa học, kỹ thuật: các ngành khoa học cơ bản, y học, tâm lý học, toán học, thông tin, kinh tế... cũng như các phương pháp nghiên cứu của nó (H.0.2).



*Hình 0.2 Sự liên quan của các ngành khoa học-kỹ thuật trong khoa học lao động*

### 0.3.2 Đối tượng nghiên cứu và đối tượng thể hiện trong hệ thống lao động

Hệ thống lao động là một mô hình lao động, nó bao gồm con người và trang bị (ở đây phải kể đến khả năng kỹ thuật). Mục đích của việc trang bị hệ thống lao động là để hoàn thành những nhiệm vụ nhất định.

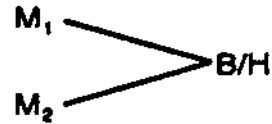
Một hệ thống lao động khi hoạt động sẽ có sự liên quan, trao đổi với môi trường xung quanh (chẳng hạn về vị trí, không gian, điều kiện xây dựng, môi trường), xuất hiện những tác động về tổ chức xã hội, các hiện tượng vật lý và hóa học. Sự liên quan và trao đổi này dẫn đến vấn đề bảo vệ môi trường cho một phạm vi nào đó, đồng thời nó cũng tác động đến sức khỏe của người lao động.

Hình thức lao động được tổ chức theo:

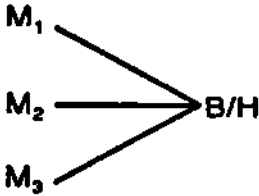
- Lao động riêng rẽ, lao động theo tổ hay nhóm.
- Lao động bên cạnh nhau, lao động lần lượt tiếp theo, lao động xen kẽ.
- Lao động tại một chỗ hay nhiều chỗ làm việc (H.0.3).



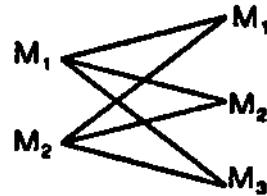
Một lao động với một chỗ làm việc



Làm việc theo nhóm với một chỗ làm việc



Một lao động với nhiều chỗ làm việc



Nhiều lao động với nhiều chỗ làm việc

**Hình 0.3 Các hình thức tổ chức lao động**

Trong hình thức lao động còn được chia ra kiểu và loại lao động. Chẳng hạn các loại lao động:

- + Lao động cơ bắp (như mang vác)
- + Lao động chuyển đổi (sửa chữa, lắp ráp)
- + Lao động tập trung (lái ô tô)
- + Lao động tổng hợp (thiết kế, quyết đoán)
- + Lao động sáng tạo (phát minh).

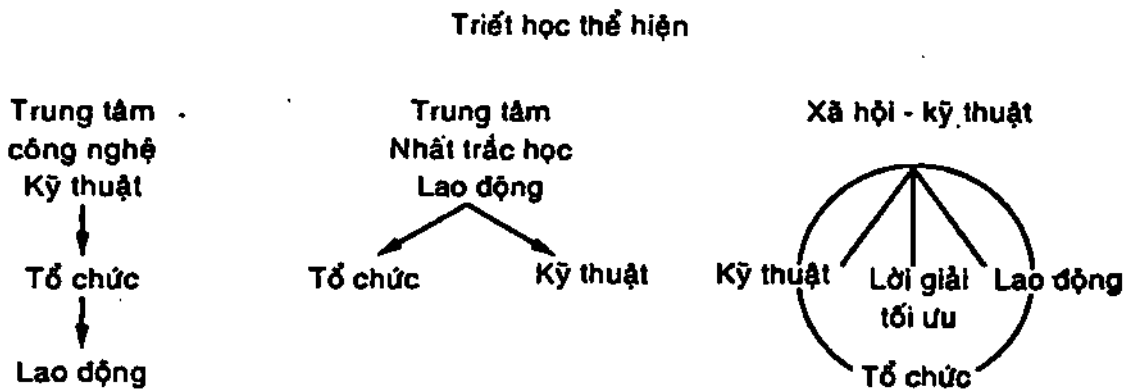
Hệ thống lao động được thiết lập để thỏa mãn những nhiệm vụ của hệ thống. Một cách giải quyết nào đó không chỉ được xác định bởi mục đích của hệ thống, của phương tiện, khả năng và các đại lượng ảnh hưởng, mà còn được quyết định bởi quan điểm của con người, ta gọi đó là triết học thể hiện, ở đây có ba phương thức:

1- *Ưu tiên kỹ thuật*, lấy tiêu chuẩn kỹ thuật để đánh giá - con người là đại lượng nhiều, là đối tượng tự do. Phương thức này những năm trước đây khá phổ biến và được ưu tiên, đến nay ít được nhắc đến.

2- *Ưu tiên con người*, phương thức này là trung tâm nhân trắc học lấy con người làm chủ thể, có những yêu cầu cao, đứng trên quan điểm kinh tế khó chuyển đổi.

3- *Phương thức kỹ thuật-xã hội*: hệ thống lao động trong trường hợp phát triển cần quan tâm toàn diện đến các yếu tố kỹ thuật, phương pháp nhiệm vụ, con người và giá thành, chính là những đại lượng

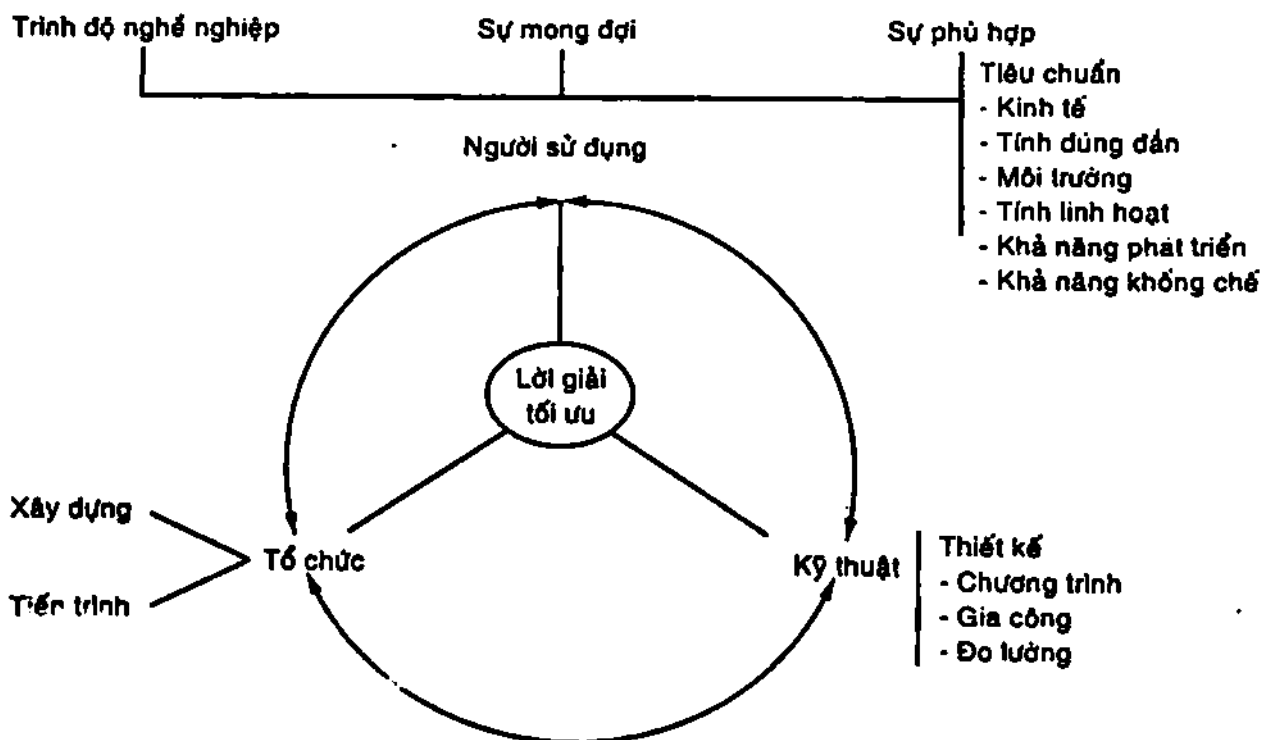
biến đổi (H.0.4), khả năng giải quyết không nên vội vã, quyết định đơn phương và ngay từ đầu không được cắt xén.



**Hình 0.4** Các phương thức ưu tiên trong hệ thống lao động

Hướng tới cách giải quyết tối ưu (H.0.5) những đòi hỏi có liên quan đến vấn đề bảo vệ con người phải được chú ý, trong đó tạo nên cách giải quyết hợp lý, nghĩa là nhiệm vụ và điều kiện lao động của con người đều phải được quan tâm như nhau (H.0.6).

Phương thức kỹ thuật - xã hội là nền tảng cho việc thể hiện hệ thống lao động. Nó thuận lợi cho việc chú ý đến những chức năng riêng như nhu cầu của con người trong hệ thống lao động, đặc biệt là “vai trò kép” cả đối tượng lẫn chủ thể của con người.



**Hình 0.5** Phương thức ưu tiên phối hợp



Người sử dụng lao động cần quan tâm đến:

Tuổi, giới tính, tình trạng sức khỏe, vấn đề xã hội, dân tộc đào tạo kinh nghiệm lao động			
Đặc điểm cơ thể	Khả năng của cơ thể	Tinh thần	Ý thích cá nhân
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chiều cao</li> <li>- Trọng lượng</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khả năng chuyển động của các bộ phận cơ thể</li> <li>- Khả năng thao tác và duy trì sức khỏe</li> <li>- Ảnh hưởng của môi trường do các yếu tố vật lý, hóa học</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiếp nhận thông tin (nhìn, nghe)</li> <li>- Chuyển đổi thông tin</li> <li>- Khả năng phản ứng</li> <li>- Giọng nói</li> <li>- Sự chú ý và nhạy cảm</li> <li>- Suy nghĩ logic và sáng tạo</li> <li>- Kinh nghiệm</li> <li>- Khả năng trừu tượng</li> <li>- Khả năng liếp thu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ làm việc</li> <li>- Khả năng chịu đựng xúc cảm và những tác động trong hoạt động và môi trường</li> <li>- Khả năng tập trung</li> </ul>

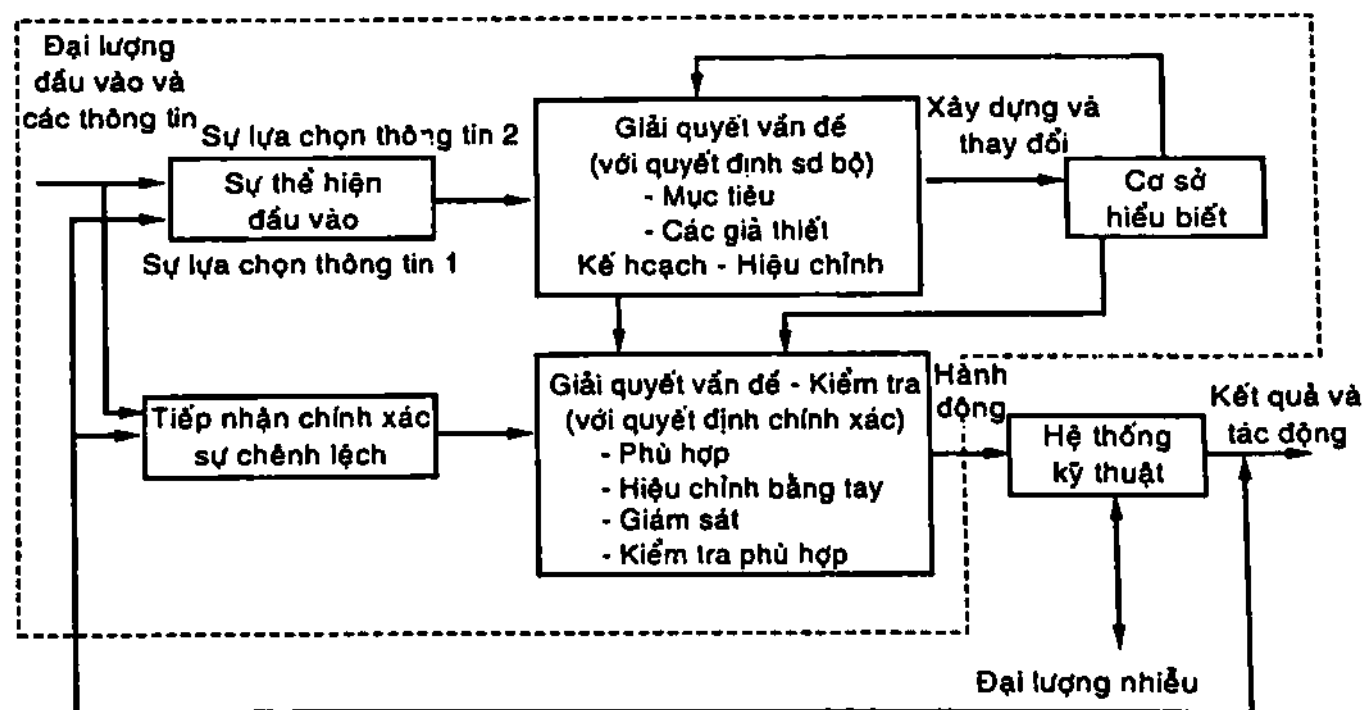
Hình 0.6 Những đặc điểm của người lao động cần được quan tâm

### 0.3.3 Con người mang lại năng suất trong hệ thống lao động

#### 1- Khả năng tạo ra năng suất lao động

Để vận hành một hệ thống lao động, con người đóng vai trò thiết yếu. Không có hệ thống lao động nào lại không có con người.

Nhiều tác giả đã xây dựng "Mô hình con người". Hình 0.7 là mô hình con người được Johannsen xây dựng năm 1993.



Hình 0.7 Mô hình con người (theo Johannsen 1993)

Khả năng tạo ra lao động được định nghĩa: Tất cả những tiên đề vật chất và tinh thần của con người được thể hiện trong lao động. Cụ thể là:

- Cá thể khác nhau (những người khác nhau có liên quan).
- Cá thể thay đổi (những người giống nhau có liên quan) (về sức khỏe, khả năng nâng cao trình độ, luyện tập, tuổi đời, tâm trạng, khí hậu).
- Khả năng thay đổi (đào tạo, luyện tập, huấn luyện, nâng cao trình độ, bệnh nghề nghiệp, tai nạn lao động).
- Giới hạn (giới hạn năng suất kéo dài, sự dự trữ năng suất “năng suất bình thường”).

Khả năng tạo ra năng suất phụ thuộc vào tuổi đời, chỗ làm việc, giới tính, thể trạng, trình độ, tiềm lực, khả năng chịu đựng của cá thể (về vật lý và tâm lý).

## **2- Điều chỉnh hành động là một đặc thù của hành động của con người**

Lý thuyết về khoa học hoạt động cho đặc thù của hành động con người được Taylor đưa ra vào đầu thế kỷ này về kỹ thuật tâm lý học, đến nay gọi là tâm lý học lao động hiện đại, luôn luôn còn những ý tưởng khác nhau.

Theo Taylor, xuất phát từ “Con người trung bình” để từ đó dẫn đến sự phân biệt “Người cho lao động trí óc” và “Người cho lao động chân tay”. Muộn hơn, người ta chú ý đến việc nghiên cứu và yêu cầu duy trì năng lực năng suất kéo dài của lao động, tạo nên hứng thú trong lao động, ảnh hưởng đến điều kiện xã hội và điều kiện tổ chức đến năng suất lao động luôn là vấn đề tồn tại và được bàn cãi, trao đổi. Những vấn đề như quan hệ con người với con người, con người với máy... cần được phân tích, đánh giá và thể hiện cụ thể trong mỗi hoạt động của lao động.

Nói một cách đơn giản, ý nghĩa của mô hình định hướng hoạt động của con người theo Kruppe là:

**“Đầu - Tay - Đầu”**

Điều chỉnh hành động là sự điều khiển mỗi hoạt động tổng hợp thông qua quá trình tâm lý (sự diễn biến tinh thần trong con người).

### **3- Hành động sai, sai trong hành động, độ tin cậy**

Sự an toàn trong tương quan giữa người và máy là vấn đề được trao đổi nhiều. Sự bất lực của con người trước những thảm họa hay những sai phạm trong kỹ thuật vẫn còn tồn tại.

Về nguyên tắc, một quá trình kỹ thuật phải đặt yếu tố an toàn đối với con người lên hàng đầu của sự ưu tiên. Tuy nhiên trong thực tế, người ta chỉ có thể hạn chế đến mức tối thiểu những sự cố xảy ra.

Phần lớn các tai nạn dẫn đến do sự bất lực của con người. Phân tích các tai nạn thấy rằng, ảnh hưởng của sự xử lý nhầm lẫn hay không phù hợp trong những tình huống, trên cơ sở đánh giá sai những hiện tượng vật lý, sự thiếu hiểu biết, sự chú quan hay bị sốc (stress). Thường trong hệ thống kỹ thuật và những chỉ dẫn hành động đều có chú ý phòng ngừa tai nạn xảy ra đối với con người. Những xử lý sai do con người gây ra thường dẫn đến tổn thương nghiêm trọng đối với con người, cơ sở vật chất và môi trường.

Nhóm các yếu tố ảnh hưởng đến lao động của con người là: Nhiệm vụ được giao, điều kiện lao động và các tiêu đề về năng suất.

Nguyên nhân chủ yếu dẫn đến những sai phạm của con người chính là chưa chú ý đầy đủ đến tính chất và khả năng của con người trong hệ thống lao động.

Hành động sai:

- Gặp lần đầu
- Đồng nhất hóa (không phân biệt rõ)
- Quyết định:
  - + Lựa chọn mục tiêu
  - + Lựa chọn nhiệm vụ
- Hành động:
  - + Phương pháp
  - + Thực hiện
  - + Thông tin

Sai trong hành động:

\* Không hoàn thành nhiệm vụ

- Sao nhãng từng bước của phương pháp
- Thực hiện không chính xác
- Chọn thời điểm sai cho từng bước của phương pháp
- Thực hiện có sai sót
- Sự hội tụ ngẫu nhiên của các biến cố khác nhau hay sai sót

Tán suất xuất hiện những sai phạm trong lao động được Zimolong và Dorfel định nghĩa về xác suất sai phạm trong lao động của con người là:

$$HEP = N/n$$

trong đó: N - là số sai phạm; n - là số khả năng có thể xảy ra.

Độ tin cậy R được xác định:  $R = 1 - HEP$   $R = 1 - N/n$

Độ tin cậy được định nghĩa là bản chất của một hệ thống, những yêu cầu của độ tin cậy được hoàn thành có liên quan với những yêu cầu cho trước trong một khoảng thời gian nhất định.

Có thể nói sai phạm là sự không hoàn thành những yêu cầu cho trước thông qua một giá trị đặc trưng. Nghĩa là sai phạm được thể hiện một tình trạng sai lệch không cho phép.

Sai phạm của con người trong hệ thống lao động là không thể loại trừ. Mục tiêu của loại hình lao động là tránh các sai phạm.

### 0.3.4 Sự chịu tải và những căng thẳng trong lao động

#### 1- Ảnh hưởng của điều kiện lao động

Điều kiện lao động bao gồm:

- Môi trường lao động: các yếu tố về vật lý, hóa học, sinh học cũng như văn hóa, xã hội, kể cả yếu tố tổ chức.
- Điều kiện xung quanh: vị trí chỗ làm việc, quan hệ với đồng nghiệp xung quanh, nhiệm vụ được giao, điều kiện chỗ làm việc... Điều kiện xung quanh mang tính tổng hợp.

**Bảng 0.1** Các điều kiện lao động ảnh hưởng đến người lao động

Các yếu tố về môi trường (vật lý và hóa học)	Tác động tốt		Tác động xấu				
	Giúp đỡ các hoạt động	Sức khỏe	Chịu tải	Nhiều	Cản trở/nặng nhọc	Tổn thương sức khỏe	Chấn thương cơ thể
X Ảnh hưởng O Không ảnh hưởng							
Chiếu sáng	X	X	X	X	X	X	
Màu sắc	X	X	O	X	X		
Khí hậu: (nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ...)	O	X	X		O	X	
Nhiệt độ trực tiếp		X	X				X
Áp lực khu vực		X	X		X	X	X
Vật liệu có hại: Không khí/hỗn hợp khí (ga, hơi nước, bụi sương mù)	O	X	X		X	X	X
Tiếng ồn		O	X	X	X	X	X
Các chùm tia		X	X	X	X	X	X
Rung động/ va chạm		O	X	X	X	X	X
Gia tốc			X	X	X	X	X
Tình trạng mắt trọng lượng			X	X	X	X	
Sự ẩm ướt			X	X	X	X	
Sự bẩn			X		X	X	

Điều kiện lao động ảnh hưởng đến người lao động theo những mức độ khác nhau (bảng 0.1), và chính nó sẽ ảnh hưởng đến năng suất lao động tăng lên hay giảm đi. Từ đầu những năm 1970, người ta mới chú ý nghiên cứu tổng thể ảnh hưởng của môi trường lao động đến con người.

Sự chịu đựng tâm lý trong môi trường làm việc hiện đại (chẳng hạn chỗ làm việc hiện đại tại một văn phòng) người lao động chịu nhiều áp lực như thời gian, sự tập trung khi giải quyết những vấn đề phức tạp, sự thiếu ngủ... dễ dẫn đến những căn bệnh như đau dạ dày, đau tim, mệt mỏi, đau đầu và kiệt sức...

Đặc trưng của "Lao động lạnh mạnh" trên quan điểm về tâm lý học, theo Karasek và Theorell (1990) là:

- \* An toàn chỗ làm việc và nghề nghiệp.
- \* Vùng xung quanh an toàn (không có các yếu tố nguy hiểm).
- \* Không chịu tải đơn điệu (ví dụ luôn luôn ngồi hay luôn đứng).
- \* Người lao động tự đánh giá được ý nghĩa và chất lượng lao động của mình.
- \* Giúp đỡ lẫn nhau trong lao động (thay vì cách biệt, ganh đua, giành giật lẫn nhau).
- \* Khắc phục được những xung đột và sốc.
- \* Cân bằng giữa cống hiến và hưởng thụ.
- \* Cân bằng giữa lao động và thời gian nghỉ.

Những năm gần đây, người ta còn hay nói đến một căn bệnh gọi là hội chứng chông chát (Stick - Building - Syndrom). Nguyên nhân của căn bệnh này là sự thiếu thông gió tự nhiên trong các nhà cao tầng, sử dụng một số các trang bị và vật liệu như vật liệu tổng hợp, các máy photocopy, máy tính, máy làm sạch hay chăm sóc thân thể... Phụ nữ và người có tuổi thường mắc căn bệnh này.

Theo Wallenstein sự thể hiện của căn bệnh này là:

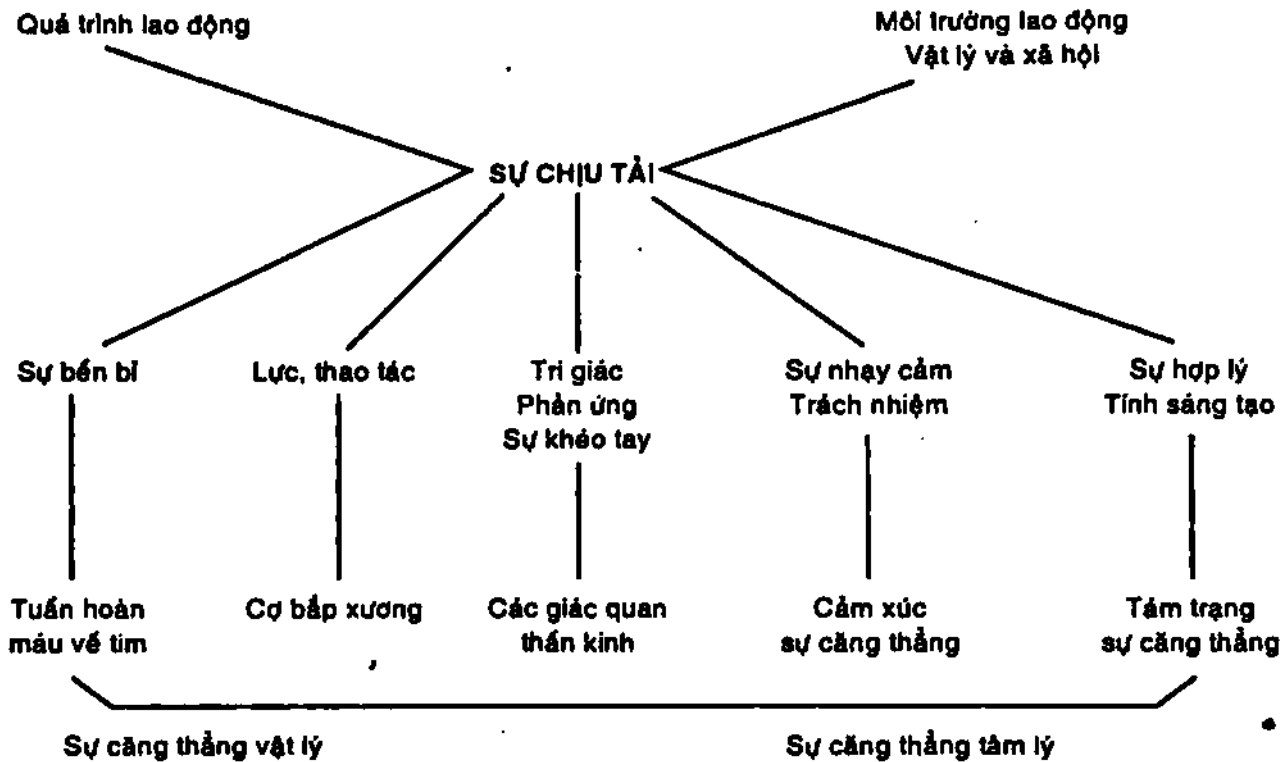
- \* Viêm mũi (tắc, sưng tấy).
- \* Đau mắt (ngứa, mắt đỏ, sưng tấy).
- \* Đau mồm (khô, sưng tấy, khản cổ).
- \* Viêm da (khô, sưng tấy, ửng đỏ).
- \* Những triệu chứng chung (đau đầu, mệt mỏi, choáng váng, không tập trung).

Ngoài ra còn rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo ra năng suất lao động: đi lại (phương tiện giao thông), thể thao, rượu, thuốc lá... cũng như sự hưng phấn trong công việc, hay ảnh hưởng của cuộc sống riêng tư.

## **2- Thể hiện của sự chịu tải và sự căng thẳng (H.0.9)**

Sự chịu tải trong lao động là tổng thể các điều kiện bên ngoài và các yêu cầu trong hệ thống lao động, những yếu tố đó có thể làm thay đổi tình trạng vật lý hay tâm lý của con người cũng như sự ổn định của quá trình (chẳng hạn tuổi thọ). Sự chịu tải đó có thể là tốt hay xấu. Nó tác động đến con người và cả quá trình.

Sự căng thẳng trong lao động là tác động của sự chịu tải lao động đối với con người, nó phụ thuộc vào tính chất và khả năng của mỗi cá thể.



Hình 0.9 Sự chịu tải trong lao động

### 3- Tác động của sự chịu tải và hậu quả của nó

Tác động của sự chịu tải trong lao động dẫn đến sự căng thẳng trong lao động. Kết quả của nó có thể là tích cực hay tiêu cực. Kết quả tích cực là tạo ra năng suất lao động, con người sẽ được rèn luyện, trưởng thành, có nhiều kinh nghiệm hơn, nhận thức đúng đắn về cuộc sống và lao động, có thu nhập cao hơn để cải thiện cuộc sống.

Mặt tiêu cực của nó là sự đảo ngược. Nó có thể làm giảm năng suất lao động. Khi yêu cầu vượt quá giới hạn cho phép nào đó sẽ gây ra căng thẳng trong lao động, sẽ dẫn đến mệt mỏi về tâm lý, buồn chán, bão hòa tâm lý, sốc.

Chẳng hạn như năng lượng chuyển đổi trong lao động và nhịp đập của tim sẽ thay đổi trong những điều kiện lao động khác nhau (bảng 0.2 và 0.3).

**Bảng 0.2 Sự chuyển đổi năng lượng trong lao động**

Sự chịu tải	Nam		Nữ	
	KJ/ca	KJ/phút	KJ/ca	KJ/phút
Công việc nhẹ đến hơi nặng	đến 4200	đến 9	đến 3000	đến 6
Công việc trung bình	> 4200 - 6300	> 9 - 13	> 3000 - 4200	> 6 - 9
Công việc nặng	6300 - 8400	> 13 - 17	> 4200 - 5700	> 9 - 12
Công việc rất nặng	> 8400	> 17	> 5700	> 12
		Giới hạn cho phép: 17		Giới hạn cho phép: 12

**Bảng 0.3 Sự thay đổi nhịp đập của tim trong những điều kiện lao động khác nhau**

Sự chịu tải	Nhịp đập của tim (số nhịp đập/phút)	Sự chênh lệch nhịp đập của tim trong lao động (số nhịp đập/phút)
Công việc nhẹ đến hơi nặng	đến 90	đến 20
Công việc trung bình	> 90 - 100	> 20 - 30
Công việc nặng	> 100 - 110	> 30 - 40
Công việc rất nặng	> 110	

Nhịp đập của tim ở trạng thái bình thường là 70 nhịp đập/phút  
Giới hạn cho phép sự chênh lệch nhịp đập đến 40 nhịp đập/phút

## 0.4 NHỮNG NỘI DUNG CHỦ YẾU TRONG CÔNG TÁC BẢO HỘ LAO ĐỘNG

### 0.4.1 Nội dung khoa học kỹ thuật

Nội dung khoa học kỹ thuật chiếm một vị trí rất quan trọng, là phần cốt lõi để loại trừ các yếu tố nguy hiểm và có hại, cải thiện điều kiện lao động.

Khoa học kỹ thuật bảo hộ lao động là lĩnh vực khoa học rất tổng hợp và liên ngành, được hình thành và phát triển trên cơ sở kết hợp và sử dụng thành tựu của nhiều ngành khoa học khác nhau, từ khoa học tự nhiên (như toán, vật lý, hóa học, sinh học...) đến khoa học kỹ thuật chuyên ngành (như y học, các ngành kỹ thuật chuyên môn...) và còn liên quan đến các ngành kinh tế, xã hội, tâm lý học...

Phạm vi và đối tượng nghiên cứu của Khoa học bảo hộ lao động rất rộng, nhưng cũng rất cụ thể, nó gắn liền với điều kiện lao động của con người ở những không gian và thời gian nhất định.



Những nội dung nghiên cứu chính của Khoa học bảo hộ lao động bao gồm những vấn đề:

### ***1- Khoa học vệ sinh lao động***

Môi trường xung quanh ảnh hưởng đến điều kiện lao động, và do đó ảnh hưởng đến con người, dụng cụ, máy và trang thiết bị, ảnh hưởng này còn có khả năng lan truyền trong một phạm vi nhất định. Sự chịu đựng quá tải (điều kiện dẫn đến nguyên nhân gây bệnh "tác nhân gây bệnh") dẫn đến khả năng sinh ra bệnh nghề nghiệp. Phòng ngừa bệnh nghề nghiệp cũng như tạo ra điều kiện tối ưu cho sức khỏe và tình trạng lành mạnh cho người lao động chính là mục đích của vệ sinh lao động (bảo vệ sức khỏe). Đặc biệt vệ sinh lao động có đề cập đến những biện pháp bảo vệ bằng kỹ thuật theo những yêu cầu nhất định. Ở những điều kiện môi trường lao động phù hợp vẫn có thể xảy ra nhiều rủi ro về tai nạn và do đó không bảo đảm an toàn. Sự giả tạo về thị giác hay âm thanh của thông tin cũng như thông tin sai có thể xảy ra. Bởi vậy, sự thể hiện các điều kiện của môi trường lao động là một phần quan trọng của sự thể hiện lao động.

Các yếu tố tác động xấu đến hệ thống lao động cần được phát hiện và tối ưu hóa. Mục đích này không chỉ nhằm đảm bảo về sức khỏe và an toàn lao động, đồng thời còn tạo nên những cơ sở cho việc làm giảm sự căng thẳng trong lao động, nâng cao năng suất, hiệu quả kinh tế, điều chỉnh những hoạt động của người lao động một cách thích hợp. Không những thế, nó còn liên quan đến chức năng về độ tin cậy, an toàn và tối ưu của kỹ thuật. Với ý nghĩa đó điều kiện môi trường lao động là điều kiện xung quanh của hệ thống lao động và cũng là thành phần của hệ thống. Thuộc thành phần của hệ thống là những điều kiện về không gian, tổ chức, trao đổi cũng như xã hội.

#### ***a) Đối tượng và mục tiêu đánh giá cũng như thể hiện các yếu tố của môi trường lao động***

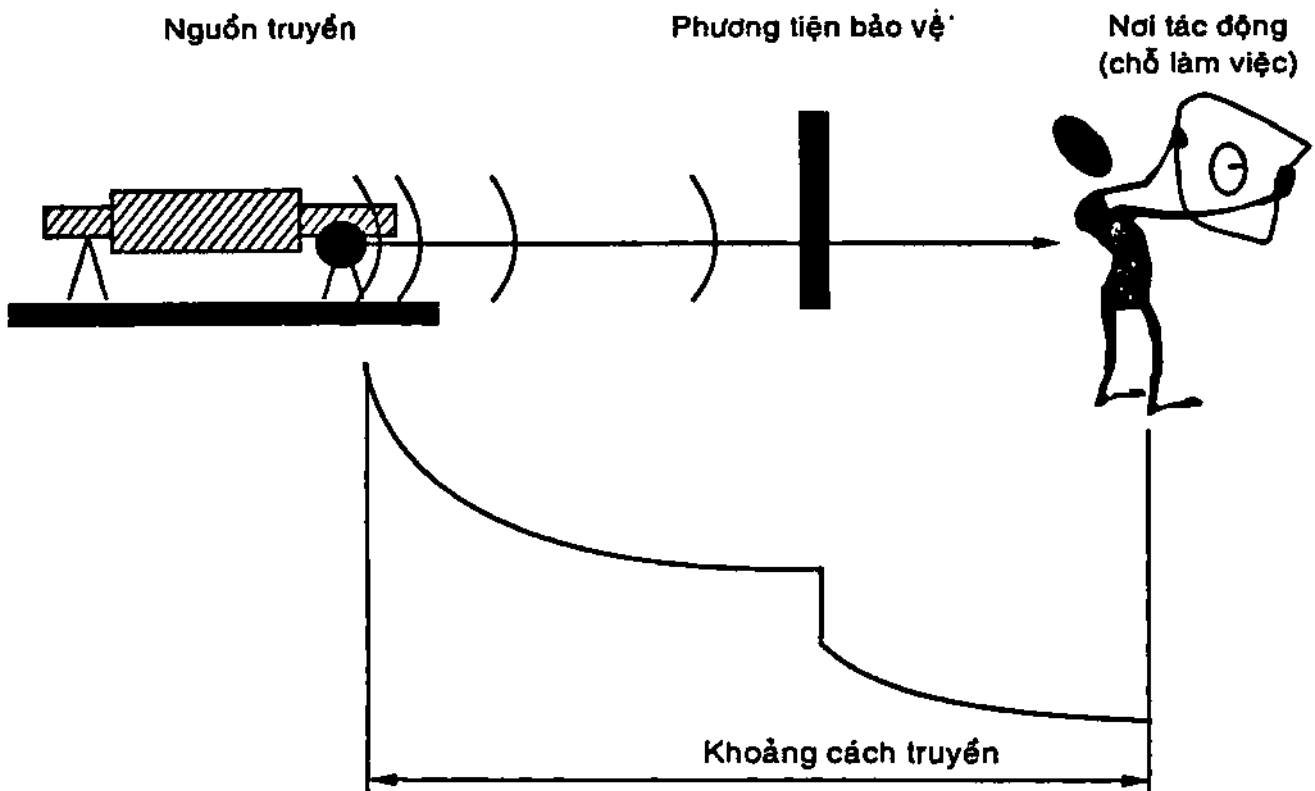
Các yếu tố của môi trường lao động được đặc trưng bởi các điều kiện xung quanh về vật lý, hóa học, vi sinh vật (như các bức xạ, rung động, bụi...)

Mục đích chủ yếu của việc đánh giá các điều kiện xung quanh là:

- Bảo đảm sức khỏe và an toàn lao động.
- Tránh căng thẳng trong lao động.
- Tạo khả năng hoàn thành công việc.
- Bảo đảm chức năng các trang thiết bị hoạt động tốt.
- Tạo điều kiện sản phẩm tiếp thị tốt.
- Tạo hứng thú trong lao động.

Cơ sở của việc đánh giá các yếu tố môi trường lao động là (H.0.10):

- Khả năng lan truyền của các yếu tố môi trường lao động từ nguồn.
- Sự lan truyền của các yếu tố này thông qua con người ở vị trí lao động.



**Hình 0.10** Cơ sở đánh giá các yếu tố trong môi trường lao động

**b) Tác động chủ yếu của các yếu tố môi trường lao động đến con người**

Các yếu tố tác động chủ yếu là các yếu tố môi trường lao động về vật lý, hóa học, sinh học, ở đây chỉ xét về mặt các yếu tố này gây ảnh hưởng đến con người, chẳng hạn khi đánh giá về chiếu sáng người ta lấy các thông số đánh giá là các đại lượng ảnh hưởng sinh học.

Tình trạng sinh lý của cơ thể cũng chịu tác động và phải được điều chỉnh thích hợp, xét cả hai mặt tâm lý và sinh lý.

Tác động của năng suất lao động cũng ảnh hưởng trực tiếp về mặt tâm lý đối với người lao động. Tất nhiên năng suất lao động còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau (chẳng hạn về nghề nghiệp, gia đình xã hội...). Vì vậy, khi nói đến các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động, phải xét cả các yếu tố tiêu cực như tổn thương, gây nhiễu... và các yếu tố tích cực như yếu tố sử dụng. Một điều cần chú ý là sự nhận biết mức độ tác động của các yếu tố khác nhau đối với người lao động để có các biện pháp xử lý thích hợp.

**c) Đo và đánh giá vệ sinh lao động**

Đầu tiên là phát hiện các yếu tố ảnh hưởng đến môi trường lao động về mặt số lượng, và chú ý đến những yếu tố ảnh hưởng chủ yếu. Từ đó tiến hành đo đánh giá. Ở đây cần xác định rõ ranh giới của phạm vi lao động (H.0.11). Tiếp theo là việc lập kế hoạch kiểm tra để phát hiện các yếu tố nguy hiểm (vượt quá giới hạn cho phép).

• Hướng dẫn chung

Trang bị thử nghiệm/công nhân	Trang bị thử	Vị trí thời gian	Mục tiêu
-------------------------------	--------------	------------------	----------

• Ranh giới của phạm vi đánh giá

Đặc trưng của chỗ làm việc về phương tiện đánh giá	Bố trí chỗ làm việc với phạm vi lao động, phạm vi đánh giá và những điểm đo	Lập bảng kê và đặc trưng của các phương tiện lao động và thiết bị	Mô tả chỗ làm việc	Tương quan hoạt động ảnh hưởng đến sự chịu đựng về môi trường
--	---	---	--------------------	---

• Hướng dẫn về công nghệ, đến lao động và cấu trúc thời gian

Hướng dẫn chung về công nghệ	Sự chuyển đổi công nghệ	Số và cấu trúc hoạt động	Hoạt động lao động (loại sự căng thẳng)	Tiến trình lao động	Cấu trúc thời gian
------------------------------	-------------------------	--------------------------	---	---------------------	--------------------

• Nguồn và các biện pháp

Nguồn truyền chính	Những biện pháp tồn tại	Tình trạng mong đợi/ Thiếu sót của các biện pháp
--------------------	-------------------------	---

Nguồn	Biện pháp kỹ thuật	Tổ chức	Cá nhân
-------	--------------------	---------	---------

**Hình 0.11** Cách đánh giá một loại hình lao động

**Bảng 0.4** Các đại lượng đặc trưng ảnh hưởng đến môi trường lao động

Các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động	Đại lượng đo (M) Đại lượng đánh giá (B)	Ký hiệu
Tiếng ồn đại lượng đánh giá là decibel (dB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hệ số mức độ áp lực âm kéo dài (M)</li> <li>- Mức độ trung bình (M)</li> <li>- Mức độ đánh giá (B) đại lượng đánh giá sự lan truyền đến người</li> <li>- Công suất âm (B) đại lượng đánh giá sự lan truyền âm đến máy và trang bị... (nguồn phát âm)</li> </ul>	<p>Leq</p> <p>Lm</p> <p>Lr</p> <p>Lw</p>
Rung động được đánh giá bằng gia tốc dao động .đơn vị đo bằng ms <sup>-2</sup>	Đánh giá bằng cường độ dao động	K <sub>eq</sub>
Chiếu sáng Cường độ chiếu sáng đơn vị đo bằng Lux (lx)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cường độ chiếu sáng ngang (M)</li> <li>- Cường độ chiếu sáng đứng (M)</li> <li>- Cường độ chiếu sáng trụ (M) là giá trị trung bình của cường độ chiếu sáng đứng với tất cả trang bị trong một phòng</li> </ul>	<p>E<sub>h</sub></p> <p>E<sub>v</sub></p> <p>E<sub>z</sub></p>
Mật độ chiếu sáng đơn vị đo là Candela/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cường độ chiếu sáng trung bình (M)</li> <li>- Cường độ chiếu sáng trung bình đo tại nhiều điểm khác nhau</li> </ul> <p>Cường độ chiếu sáng danh nghĩa (B)</p> <p>Giá trị trung bình của cường độ sáng trong phần phụ thuộc vào hoạt động lao động và nhiệm vụ cần nhìn thấy.</p> <p>Giá trị để đánh giá độ sáng của diện tích cũng như độ lóa và dùng đánh giá chiếu sáng bên ngoài(M) và (B).</p>	<p>E<sub>m</sub></p> <p>E<sub>n</sub></p> <p>L</p>
Thời tiết đại lượng của thời tiết	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sự dẫn nhiệt, sự trao đổi nhiệt và nhiệt độ không khí °C</li> <li>Tốc độ gió ms<sup>-1</sup></li> <li>Bức xạ nhiệt:</li> <li>Cường độ bức xạ hiệu dụng W/m<sup>2</sup></li> <li>Nhiệt độ bề mặt °C , độ ẩm%</li> <li>Nhiệt độ trong phòng cho phép °C</li> <li>Dòng nhiệt</li> <li>Nhiệt độ hiệu dụng ở đây cần đánh giá sự chuyển đổi của con người trong lao động</li> </ul>	<p>t<sub>a</sub></p> <p>v<sub>a</sub></p> <p>E<sub>eff</sub></p> <p>t<sub>p</sub></p> <p>U</p> <p>t<sub>o</sub></p>

Độ sạch của không khí	Giới hạn cho phép Nồng độ $mg/m^3$ , $ml/m^3$ Số lượng vi khuẩn cho phép / $m^3$	
Trường điện từ Trường điện từ thay thế đơn vị đo vôn/mét (V/M)	Cường độ trường điện từ thay thế (giá trị hiệu dụng) (M) và (B) Giá trị giới hạn phụ thuộc vào phạm vi tần số và giới hạn tồn tại	E
Trường điện từ đơn vị đo ampe/mét (A/M)	Cường độ trường điện từ thay thế (giá trị hiệu dụng) (M) và (B)	H
Trường tần số cao đơn vị đo Watt/ $m^2$ ( $W/m^2$ )	Mật độ dòng công suất (M) và (B) (giá trị giới hạn phụ thuộc vào phạm vi và thời gian tồn tại)	

Mỗi yếu tố ảnh hưởng đến môi trường lao động đều được đặc trưng bằng những đại lượng nhất định (bảng 0.4). Người ta có thể xác định nó bằng cách đo trực tiếp hay gián tiếp (thông qua tính toán).

Việc đánh giá các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động được thực hiện ở những mức độ khác nhau (tùy theo mức độ ảnh hưởng và tác hại). Một điều rất quan trọng đó là việc điều tiết mang tính quốc gia trong các lĩnh vực (ví dụ các biện pháp kỹ thuật và pháp lý...) sẽ có tính quyết định với các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động. Việc đưa ra các giá trị giới hạn của các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động dựa trên cơ sở:

- Giá trị giới hạn phụ thuộc vào tác động của điều kiện môi trường và các hoạt động (chẳng hạn về thời tiết, tiếng ồn).
- Những tiến bộ về tri thức của con người sẽ làm thay đổi giá trị giới hạn.
- Nhưng cũng do những bước phát triển về khoa học kỹ thuật, sẽ xuất hiện những yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động (chẳng hạn hội chứng chông chát).
- Việc xác định chênh lệch (dung sai) so với giá trị giới hạn là rất cần thiết, nó thể hiện các mặt chính trị, kinh tế, xã hội... của mỗi quốc gia.

**d) Cơ sở về các hình thức vệ sinh lao động**

Các hình thức của các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động là những điều kiện ở chỗ làm việc (trong nhà máy hay văn

phòng...) trạng thái lao động (làm việc ca ngày hay ca đêm...), yêu cầu của nhiệm vụ được giao (lắp ráp, sửa chữa, gia công cơ hay thiết kế, lập chương trình) và các phương tiện lao động, vật liệu.

Phương thức hành động phải chú ý đến các vấn đề sau:

- Xác định đúng các biện pháp về thiết kế, công nghệ, tổ chức và chống lại sự lan truyền các yếu tố ảnh hưởng của môi trường lao động (biện pháp ưu tiên)
- Biện pháp chống sự xâm nhập ảnh hưởng xấu của môi trường lao động đến chỗ làm việc, chống lan tỏa (biện pháp thứ hai).
- Hình thức lao động cũng như tổ chức lao động.
- Biện pháp tối ưu làm giảm sự căng thẳng trong lao động (thông qua tác động đối kháng).
- Các biện pháp cá nhân (bảo vệ đường hô hấp, tai)

## **2- Cơ sở kỹ thuật an toàn**

### **a) Lý thuyết về an toàn và phương pháp an toàn**

- Những định nghĩa:

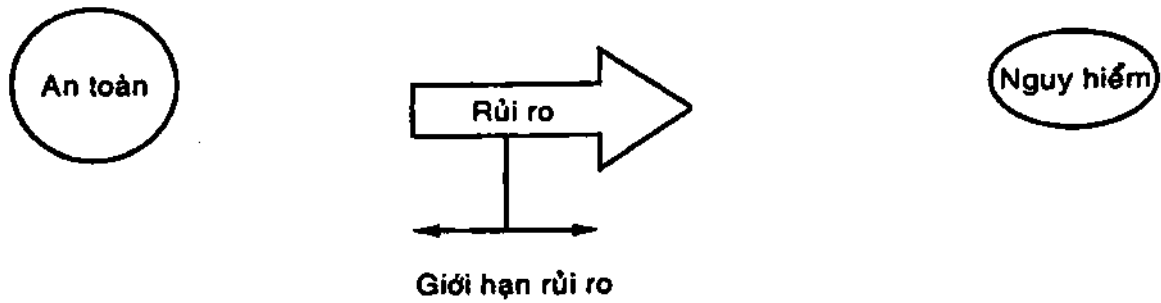
+ An toàn: Xác suất cho những sự kiện được định nghĩa (sản phẩm, phương pháp, phương tiện lao động...) trong một khoảng thời gian nhất định không xuất hiện những tổn thương đối với người, môi trường và phương tiện. Theo TCVN 3153-79 định nghĩa như sau: Kỹ thuật an toàn là hệ thống các biện pháp, phương tiện, tổ chức và kỹ thuật nhằm phòng ngừa sự tác động của các yếu tố nguy hiểm gây chấn thương sản xuất đối với người lao động.

+ Sự nguy hiểm là trạng thái hay tình huống, có thể xảy ra tổn thương thông qua các yếu tố gây hại hay yếu tố chịu đựng.

+ Sự gây hại là khả năng tổn thương đến sức khỏe của người hay xuất hiện bởi những tổn thương môi trường đặc biệt và sự kiện đặc biệt.

+ Rủi ro là sự phối hợp của xác suất và mức độ tổn thương (ví dụ tổn thương đến sức khỏe) trong một tình huống gây hại.

+ Giới hạn của rủi ro là một phạm vi, có thể xuất hiện rủi ro của một quá trình hay một trạng thái kỹ thuật nhất định (H.0.12).



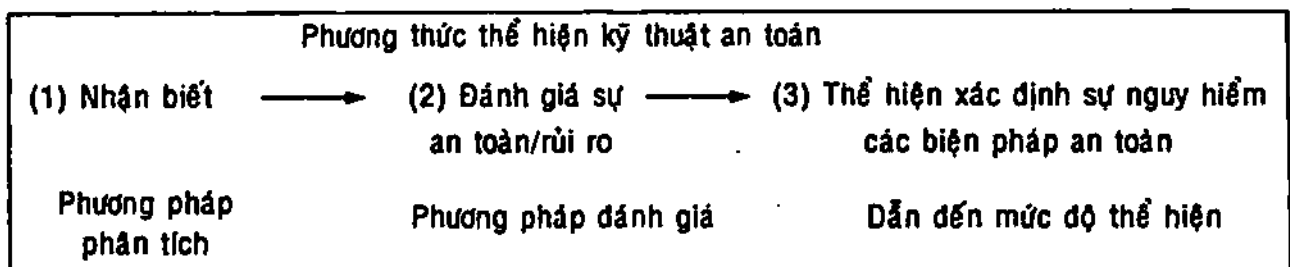
**Hình 0.12** Giới hạn giữa an toàn và rủi ro

Phương pháp giải thích sau đây dựa trên hai cách quan sát khác nhau:

- Phương thức tiến hành theo đối tượng riêng: phạm vi thử nghiệm là một địa điểm hay một quá trình vận chuyển, phương tiện lao động kỹ thuật.
- Phương thức tiến hành theo các yếu tố riêng.

Đối tượng thử nghiệm là các yếu tố nguy hiểm hay yếu tố chịu đựng, ví dụ: sự gây hại về cơ học, tiếng ồn.

Phương pháp thể hiện kỹ thuật an toàn trong một hệ thống lao động cũng như những thành phần của các hệ thống (ví dụ: phương tiện lao động, phương pháp lao động) là một diễn biến logic, nó có thể chia thành ba bước (H.0.13).



**Hình 0.13** Phương pháp thể hiện kỹ thuật an toàn trong một hệ thống lao động

**b) Đánh giá sự gây hại, an toàn và rủi ro**

Sự gây hại sinh ra do tác động qua lại giữa con người và các phần tử khác của hệ thống lao động được gọi là hệ thống Người - Máy - Môi trường.

Có nhiều phương pháp đánh giá khác nhau. Bên cạnh sự phân chia trong đó phân tích về quá khứ, hiện tại và tương lai, có thể phương pháp được phân biệt thông qua việc ứng dụng các thành phần đã nói đến của hệ thống lao động, con người hay phương tiện lao

động/ môi trường lao động, phân tích sự an toàn và tình trạng tác hại có thể xảy ra trong một hệ thống kỹ thuật nào đó (H.0.14).

Sự nguy hiểm + con người	Sự nguy hại	Tổn thương
Phân tích tình trạng		Phân tích tác động

**Hình 0.14** Phân tích tình trạng và tác động

Phân tích sự rủi ro được thể hiện qua việc tìm xác suất xuất hiện những sự cố không mong muốn (ví dụ tai nạn) trong tác động qua lại trong khuôn khổ khả năng tổn thương.

\* Phân tích tác động là phương pháp mô tả và đánh giá những sự cố không mong muốn xảy ra. Ví dụ tai nạn lao động, tai nạn trên đường đi làm, bệnh nghề nghiệp, nhiễm, hỏng hóc (sự cố), nổ.

Những tiêu chuẩn đặc trưng cho tai nạn lao động là:

- 1- Sự cố gây tổn thương và tác động từ bên ngoài.
- 2- Sự cố đột ngột.
- 3- Sự cố không bình thường.
- 4- Hoạt động an toàn.

Sự liên quan giữa sự cố xảy ra tại nạn và nguyên nhân của nó cũng như sự phát hiện điểm chủ yếu của tai nạn dựa vào đặc điểm sau:

- Quá trình diễn biến của tai nạn một cách chính xác cũng như địa điểm xảy ra tai nạn.
- Loại tai nạn liên quan đến yếu tố gây tác hại và yếu tố chịu tải.
- Mức độ an toàn và tuổi bền của các phương tiện lao động và các phương tiện vận hành.
- Tuổi, giới tính, năng lực, và nhiệm vụ được giao của người lao động bị tai nạn.
- Loại chấn thương.
- .....

Nhiều đặc điểm mang tính tổng hợp, người ta có thể thống kê so sánh các số liệu và tính toán gần đúng tổn thất do tai nạn gây ra:

- Số tai nạn xảy ra (tuyệt đối).
- Số ngày ngừng trệ, số ngày ngừng trệ do tai nạn lao động.



- Hệ số tai nạn tương đối (cho 1000 người lao động trong một năm)

$$U_q = (U/B)*1000$$

trong đó: U - số tai nạn xảy ra; B - số lao động tương ứng.

- Rủi ro tai nạn (hệ số diễn biến tai nạn)

$$U_{rq} = (T_H/T_c)*10$$

trong đó:  $T_H$  - thời gian tổn thất do tai nạn gây ra

$T_c$  - tổng thời gian lao động.

Các tai nạn xảy ra cần thông báo kịp thời đến những nơi cần thiết.

Bệnh nghề nghiệp cũng được xem như một tai nạn lao động, vì nó cũng gây tổn thương và tác hại đến người lao động và ảnh hưởng đến năng suất lao động.

\* Phân tích tình trạng:

<p><b>1. Biện pháp thứ nhất</b>                  Xóa hoàn toàn mối nguy hiểm                  Biện pháp này dựa trực tiếp vào nơi xuất hiện mối nguy hiểm</p>		
	↓	
<p><b>2. Biện pháp thứ hai</b>                  Bao bọc mối nguy hiểm                  Mối nguy hiểm vẫn còn, nhưng dùng các biện pháp kỹ thuật để tránh tác hại của nó</p>		
	↓	
<p><b>3. Biện pháp tổ chức</b>                  Tránh gây tác hại cũng như hạn chế nó                  Thông qua các biện pháp tổ chức điều chỉnh để tránh gây tác hại hay hạn chế nó</p>		
	↓	
<p><b>4. Biện pháp xử lý</b>                  Hạn chế tác động                  Hạn chế khả năng tác động của mối nguy hiểm</p>		

**Hình 0.15 Các biện pháp bảo đảm an toàn lao động**

Phân tích tình trạng là phương pháp đánh giá chung tình trạng an toàn và kỹ thuật an toàn của hệ thống lao động. Ở đây cần quan tâm là khả năng xuất hiện những tổn thương. Phân tích chính xác

những khả năng dự phòng trên cơ sở những điều kiện lao động và những giả thiết khác nhau.

Các biện pháp bảo đảm an toàn lao động cần được sắp xếp theo một thứ tự ưu tiên nhất định, những biện pháp nào là chủ yếu, cấp thiết, có những biện pháp sẽ có tác dụng trực tiếp, hoặc gián tiếp hay có tác dụng chỉ dẫn. Cần phân loại các biện pháp này thuộc phạm vi kỹ thuật, tổ chức hay thuộc người lao động. Có thể phân thứ bậc của các biện pháp này như (H.0.15).

### **3- Khoa học về các phương tiện bảo vệ người lao động**

Ngành khoa học này có nhiệm vụ nghiên cứu, thiết kế, chế tạo những phương tiện bảo vệ tập thể hay cá nhân người lao động để sử dụng trong sản xuất nhằm chống lại những ảnh hưởng của các yếu tố nguy hiểm và có hại, khi các biện pháp về mặt kỹ thuật vệ sinh và kỹ thuật an toàn không thể loại trừ được chúng. Để có được những phương tiện bảo vệ hiệu quả, có chất lượng và thẩm mỹ cao, người ta đã sử dụng thành tựu của nhiều ngành khoa học từ khoa học tự nhiên như vật lý, hóa học, khoa học về vật liệu, mỹ thuật công nghiệp... đến các ngành sinh lý học, nhân chủng học... Ngày nay, các phương tiện bảo vệ cá nhân như mặt nạ phòng độc, kính màu chống bức xạ, quần áo chống nóng, quần áo kháng áp, các loại bao tay, giày, ủng cách điện... là những phương tiện thiết yếu trong quá trình lao động.

#### **a) Biện pháp thứ nhất**

Xóa hoàn toàn mối nguy hiểm.

Biện pháp này dựa trực tiếp vào nơi xuất hiện mối nguy hiểm.

#### **b) Biện pháp thứ hai**

Bao bọc mối nguy hiểm.

Mối nguy hiểm vẫn còn, nhưng dùng các biện pháp kỹ thuật để tránh tác hại của nó.

#### **c) Biện pháp tổ chức**

Tránh gây tác hại cũng như hạn chế nó.

Thông qua các biện pháp tổ chức điều chỉnh để tránh gây tác hại hay hạn chế nó.

**d) Biện pháp xử lý**

Hạn chế tác động

Hạn chế khả năng tác động của mối nguy hiểm

**4- Ergonomics với an toàn sức khỏe người lao động**

**a) Định nghĩa:** Ergonomics (*Ergonomie*) từ tiếng gốc Hy Lạp "ergon" - lao động và "nomos" - quy luật: nghiên cứu và ứng dụng những quy luật chi phối giữa con người và lao động.

Tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam định nghĩa: Ergonomics là môn khoa học liên ngành nghiên cứu tổng hợp sự thích ứng giữa các phương tiện và môi trường lao động với khả năng của con người về giải phẫu, sinh lý, tâm lý nhằm đảm bảo cho lao động có hiệu quả nhất, đồng thời bảo vệ sức khỏe, an toàn cho con người.

**b) Sự tác động giữa Người - Máy - Môi trường**

Tại chỗ làm việc, Ergonomics coi cả hai yếu tố bảo vệ sức khỏe cho người lao động và năng suất lao động quan trọng như nhau.

Ergonomics tập trung vào sự thích ứng của máy móc, công cụ với người điều khiển nhờ vào việc thiết kế.

Tập trung vào sự thích nghi giữa người lao động với máy móc nhờ sự tuyển chọn, huấn luyện.

Tập trung vào việc tối ưu hóa môi trường xung quanh thích hợp với con người và sự thích nghi của con người với điều kiện môi trường.

Mục tiêu chính của Ergonomics trong quan hệ Người - Máy và Người - Môi trường là tối ưu hóa các tác động tương hỗ:

- Tác động tương hỗ giữa người điều khiển và trang bị
- Giữa người điều khiển và chỗ làm việc
- Giữa người điều khiển với môi trường lao động

Khả năng sinh học của con người thường chỉ điều chỉnh được trong một phạm vi giới hạn nào đó, vì vậy thiết bị thích hợp cho một nghề trước tiên phải thích hợp với người sử dụng nó, và vì vậy khi thiết kế các trang thiết bị người ta phải chú ý đến tính năng sử dụng phù hợp với người điều khiển nó.

Môi trường tại chỗ làm việc chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau, nhưng phải chú ý đến yêu cầu bảo đảm sự thuận tiện cho người lao động khi làm việc. Các yếu tố về ánh sáng, tiếng ồn, rung động, độ thông thoáng... tác động đến hiệu quả công việc. Các yếu tố về tâm sinh lý, xã hội, thời gian và tổ chức lao động, ảnh hưởng trực tiếp đến tinh thần của người lao động.

### **c) Nhân trắc học Ergonomics với chỗ làm việc**

Người lao động phải làm việc trong tư thế gò bó, ngồi hoặc đứng trong thời gian dài, thường bị đau lưng, đau cổ và căng thẳng cơ bắp. Hiện tượng bị chói lóa do ánh sáng không tốt làm giảm hiệu quả công việc, gây mệt mỏi thị giác và thần kinh, tạo nên tâm lý khó chịu.

Sự khác biệt về chủng tộc và nhân chủng học cần được chú ý, khi nhập khẩu hay chuyển giao công nghệ của nước ngoài có sự khác biệt về cấu trúc văn hóa, xã hội, có thể dẫn đến hiệu quả xấu. Chẳng hạn người châu Á nhỏ bé phải làm việc với máy móc công cụ, phương tiện vận chuyển được thiết kế cho người châu Âu to lớn, thì người điều khiển luôn phải gắng sức để với tới và thao tác trên các cơ cấu điều khiển nên nhanh chóng mệt mỏi, các thao tác sẽ chậm và thiếu chính xác.

Nhân trắc học Ergonomics với mục đích là nghiên cứu những tương quan giữa người lao động và các phương tiện lao động với yêu cầu bảo đảm sự thuận tiện nhất cho người lao động khi làm việc để có thể đạt được năng suất lao động cao nhất và bảo đảm tốt nhất sức khỏe cho người lao động.

- Những nguyên tắc Ergonomics trong thiết kế hệ thống lao động:

Chỗ làm việc là đơn vị nguyên vẹn nhỏ nhất của hệ thống lao động, trong đó có người điều khiển, các phương tiện kỹ thuật (cơ cấu điều khiển, thiết bị thông tin, trang bị phụ trợ) và đối tượng lao động.

Các đặc tính thiết kế các phương tiện kỹ thuật hoạt động cần phải tương ứng với khả năng con người, dựa trên nguyên tắc:

- + Cơ sở nhân trắc học, cơ sinh, tâm sinh lý và những đặc tính khác của người lao động.
- + Cơ sở về vệ sinh lao động.

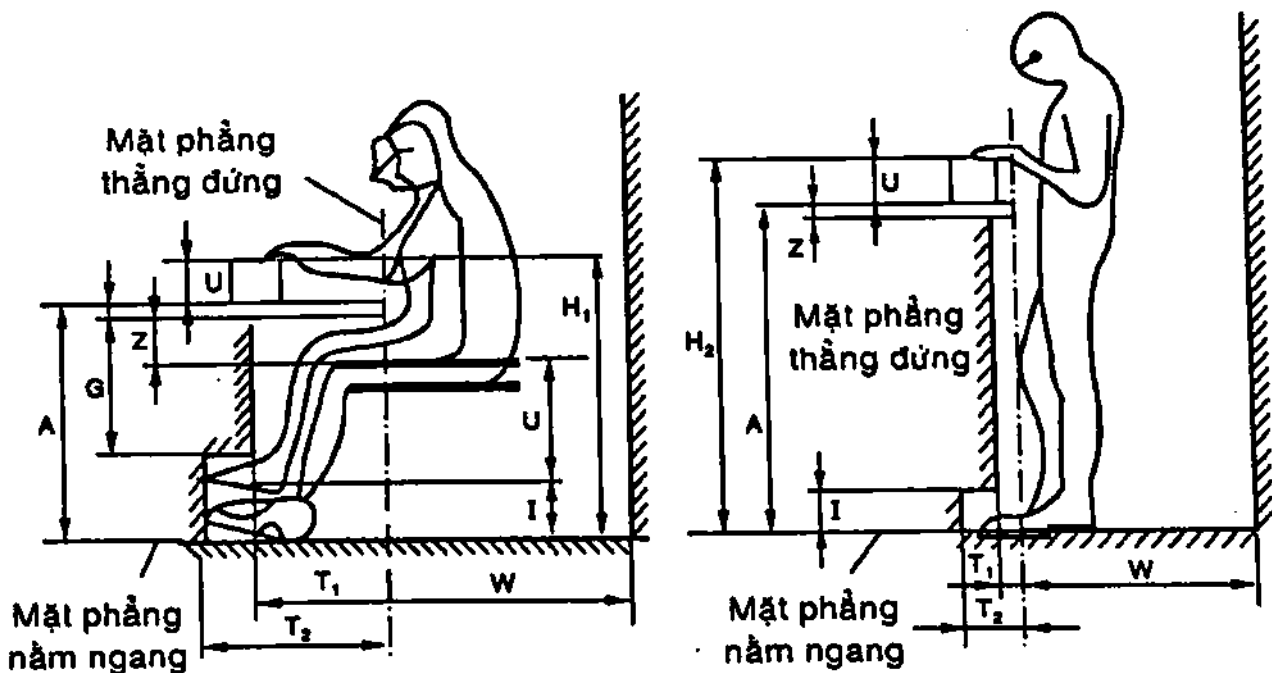
- + Cơ sở về an toàn lao động.
- + Các yêu cầu thẩm mỹ kỹ thuật.
- Thiết kế không gian làm việc và phương tiện lao động:
- Thích ứng với kích thước người điều khiển.
- + Phù hợp với tư thế của cơ thể con người, lực cơ bắp và chuyển động.
- + Có các tín hiệu, cơ cấu điều khiển, thông tin phản hồi.
- Thiết kế môi trường lao động:

Môi trường lao động cần phải được thiết kế và bảo đảm tránh được tác động có hại của các yếu tố vật lý, hóa học, sinh học và đạt điều kiện tối ưu cho hoạt động chức năng của con người.

- Thiết kế quá trình lao động:

Thiết kế quá trình lao động nhằm bảo vệ sức khỏe an toàn cho người lao động, tạo cho họ cảm giác dễ chịu, thoải mái, và dễ dàng thực hiện mục tiêu lao động. Cần phải loại trừ sự quá tải, gây nên bởi tính chất của công việc vượt quá giới hạn trên hoặc dưới của chức năng hoạt động tâm sinh lý của người lao động.

Dưới đây là một số nội dung đề cập đến nhân trắc học, và cơ sinh của người lao động (H.0.16, H.0.17, H.0.18 và H.0.19).



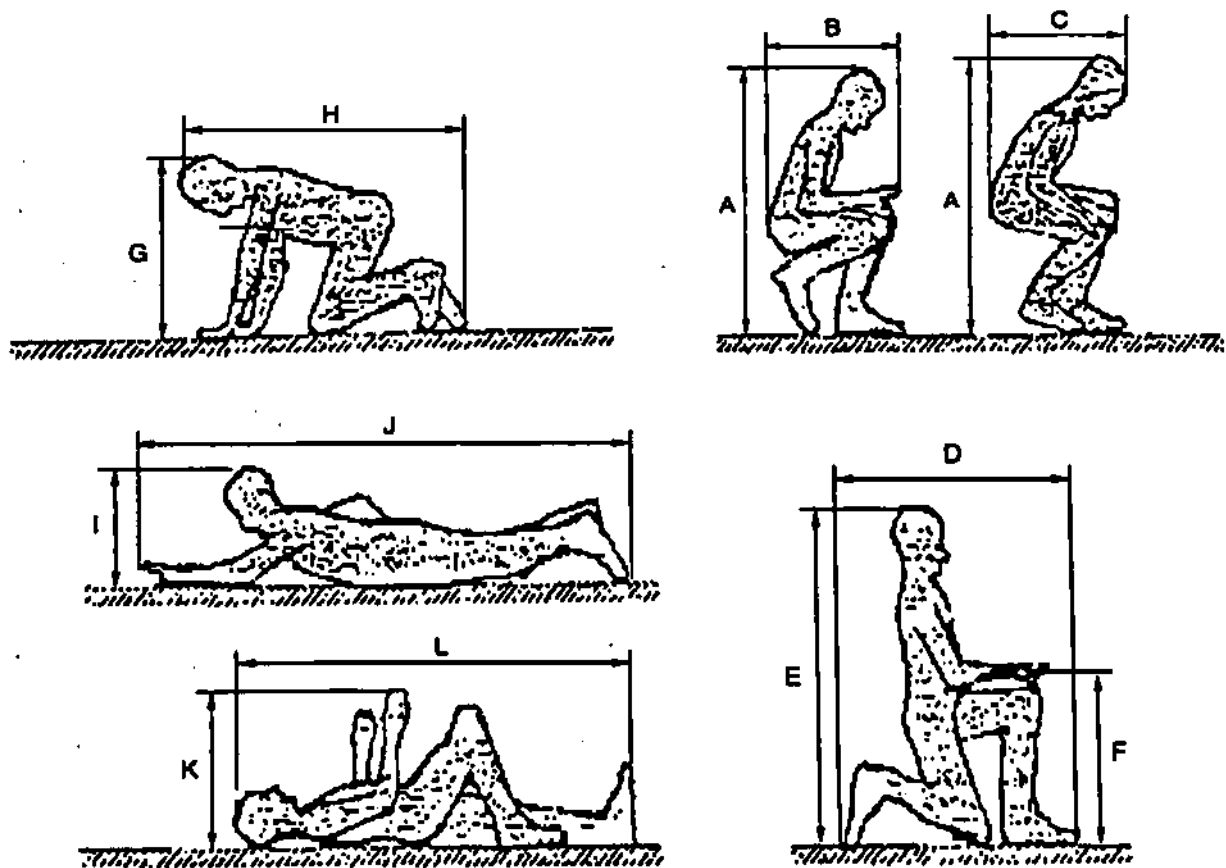
* Để xác định H1 và H2									
Yêu cầu công việc	Ví dụ	Chiều cao làm việc							
		H1 (ngồi)				H2 (đứng)			
		F	M	F	M	F	M	F	M
Yêu cầu cao Kiểm tra bằng mắt Tọa độ chính xác	Làm việc theo quy luật Lắp ráp những chi tiết nhỏ	400	450	500	550	1100	1200	1250	1350
Yêu cầu trung bình Kiểm tra bằng mắt Tọa độ chính xác	Lắp ráp những bộ phận nhỏ với lực rất nhỏ	300	350	400	450	1000	1100	1150	1250
Yêu cầu thấp Kiểm tra bằng mắt Chuyển động cánh tay tự do	Làm việc phân loại Bao gói Lắp ráp những chi tiết nặng	250		350		900	1000	1050	1150
** Để xác định Z và U F: nữ M: nam									
Ký hiệu		5%				95%			
		F		M		F		M	
Z min		140		140		195		180	
U		385		435		470		515	
*** Để xác định D, W, T1, T2, G, I và B									
Kích thước		Chỗ ngồi				Chỗ đứng			
Không gian tự do D		$\geq 1000$							
W		$\geq 1000$							
T1		$\geq 350$				$\geq 80$			
T2		$\geq 550$				$\geq 150$			
G		$\geq 350$				-			
I		-				$\geq 120$			
Không gian để chân B		$\geq 550$				-			

Kích thước chỗ làm việc theo DIN 33406.

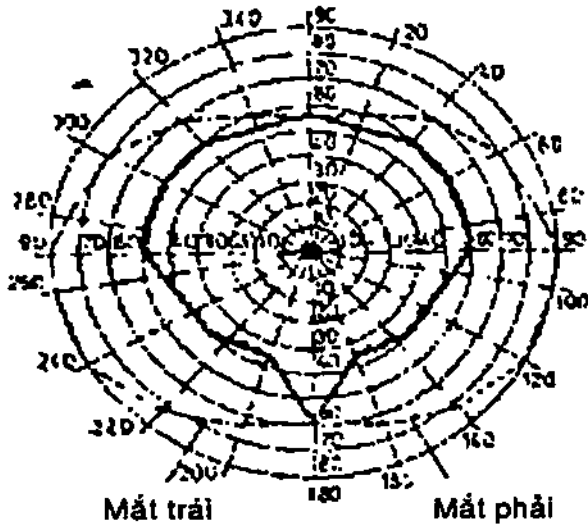
**Hình 0.16** Nhân trắc học của người lao động khi làm việc đứng và ngồi

Ký hiệu	Tình trạng chỗ làm việc	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị thích hợp	Khi mặc quần áo ấm
A	Làm việc khi ngồi			
B	Chiều cao	1220	-	1300
	Chiều rộng	690	915	1020
	Diện tích chiếm chỗ	-	690-1100	-
	Diện tích hoạt động	-	480-865	-

C	Làm việc khi cúi khom Chiều rộng Diện tích chiếm chỗ Diện tích hoạt động	915 - -	1020 815-1220 610-990	1120 - -
D	Làm việc khi quỳ	1070	1220	1270
E	Chiều rộng	1425	-	1500
F	Chiều cao của tay từ mặt đất	-	690	-
	Diện tích chiếm chỗ	-	715-1120	-
	Diện tích hoạt động	-	510-890	-
G	Làm việc nằm bô	790	915	965
H	Chiều cao	1500	-	1575
	Chiều dài			
I	Làm việc nằm sấp	436	510	610
J	Chiều cao	2440	-	-
	Chiều dài			
K	Làm việc nằm ngửa	510	610	660
L	Chiều cao	1880	1935	1980
	Chiều dài			



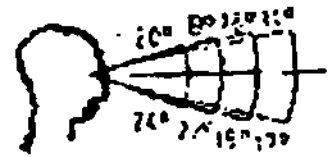
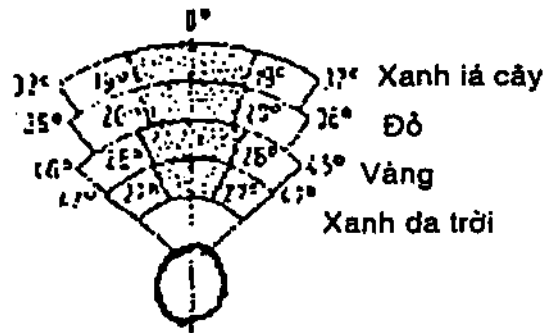
Hình 0.17 Nhân trắc học của người lao động khi làm việc ở các tư thế khác nhau



Tầm nhìn trái, phải và thị kính với ánh sáng thường

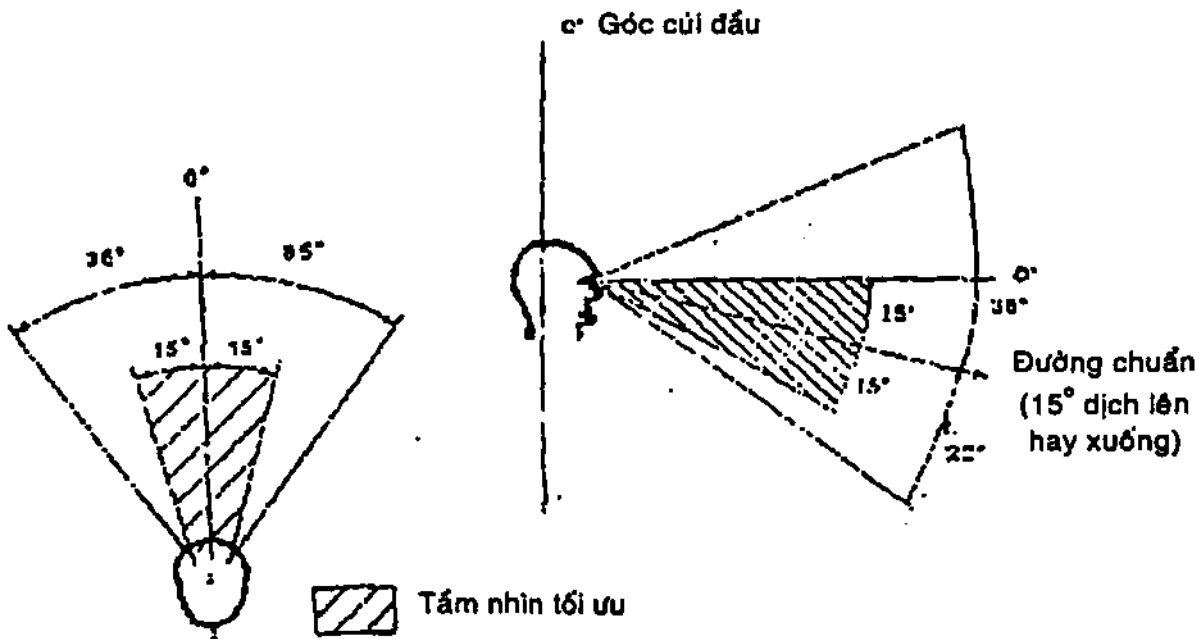


Tầm nhìn tối đa với ánh sáng thường thẳng đứng



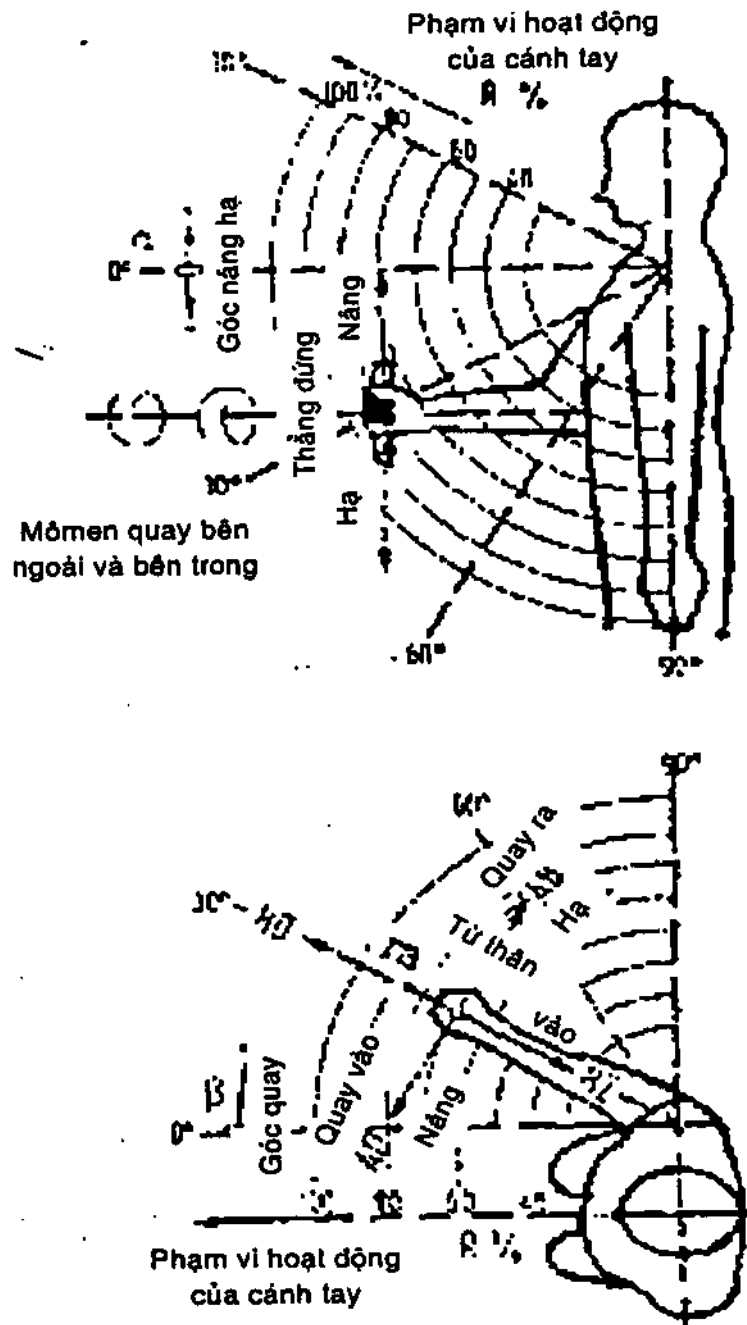
Xanh lá cây  
Vàng  
Đỏ  
Xanh da trời

Tầm nhìn với ánh sáng thường và ánh sáng màu Theo DIN 33414



Hình 0.18 Tầm nhìn của mắt phụ thuộc vào màu sắc





Góc nâng  $\alpha$ ; góc quay  $\beta$   
 Phạm vi hoạt động của cánh tay R  
 Theo Schidtke: Lehrbuch der Ergonomic 1981 - S393

**Hình 0.19** Khả năng hoạt động của cánh tay ở các tư thế khác nhau

**d) Đánh giá và chứng nhận chất lượng về an toàn lao động và Ergonomics đối với máy móc chiếm 10% tổng con số thống kê**

Có tới 39% tai nạn lao động do máy móc gây nên, làm mất một phần, mất hoàn toàn khả năng lao động hoặc gây chết người.

Ở nước ta, việc áp dụng các yêu cầu, tiêu chuẩn Ergonomics trong thiết kế, chế tạo máy móc, thiết bị sản xuất chưa được quan tâm và đánh giá đúng mức.

Với tình trạng hiện tại, thiết bị máy móc cũ, thiếu đồng bộ, không bảo đảm các tiêu chuẩn an toàn và Ergonomics là tình trạng phổ biến. Vì vậy nguy cơ gây tai nạn lao động và bệnh nghề nghiệp đang đe dọa sức khỏe người lao động.

Việc nhập khẩu và chuyển giao công nghệ của nhiều nước khác nhau, gây cho người lao động gánh chịu hậu quả, bệnh nghề nghiệp, không đảm bảo an toàn và Ergonomics.

- Phạm vi đánh giá về Ergonomics và an toàn lao động đối với máy, thiết bị bao gồm:

- + An toàn vận hành: độ bền các chi tiết quyết định độ an toàn, độ tin cậy, sự bảo đảm tránh được sự cố, các chấn thương cơ học, tránh điện giật, chống cháy nổ, cũng như an toàn khi vận chuyển, lắp ráp và bảo dưỡng.
- + Tư thế và không gian làm việc
- + Các điều kiện nhìn rõ ban ngày và ban đêm.
- + Chịu đựng về thể lực: chịu đựng động và tĩnh đối với tay, chân và các bộ phận khác của cơ thể.
- + Đảm bảo an toàn đối với các yếu tố có hại phát sinh bởi máy móc, thiết bị, công nghệ cũng như môi trường xung quanh: bụi, khí, siêu âm, hơi nước, trường điện từ, vi khí hậu, tiếng ồn, rung động, các tia bức xạ...
- + Những yêu cầu về thẩm mỹ, bố cục không gian, sơ đồ chỉ báo, tạo dáng, màu sắc.
- + Những yêu cầu về an toàn và vệ sinh lao động ở mỗi quốc gia thường được thành lập hệ thống chứng nhận và cấp dấu chất lượng về an toàn và Ergonomics đối với thiết bị, máy móc.

#### **0.4.2 Những nội dung xây dựng và thực hiện pháp luật về bảo hộ lao động**

Ở mỗi quốc gia, công tác Bảo hộ lao động được đưa ra một luật riêng hoặc thành một chương về Bảo hộ lao động trong bộ luật lao động, ở một số nước, ban hành dưới dạng một văn bản dưới luật như pháp lệnh điều lệ.

Ở Việt Nam, quá trình xây dựng và phát triển hệ thống luật pháp chế độ chính sách bảo hộ lao động đã được Đảng và Nhà nước hết sức quan tâm.

# Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ AN TOÀN ĐIỆN

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1 Hiện tượng điện giật (electric shock hoặc electrocution)

Khi một mạng điện đang vận hành, các dây pha mang điện áp và các thiết bị điện làm việc được cách điện với vỏ và đất. Nhờ đó, người thao tác, người sử dụng không tiếp xúc với điện áp.

Điều kiện xảy ra điện giật:

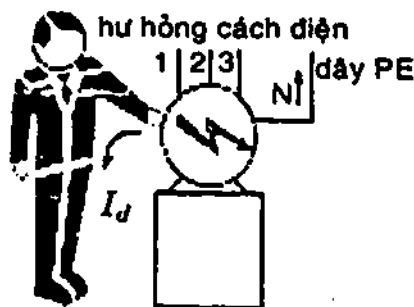
- Người tiếp xúc vào nguồn áp.
- Hình thành mạch khép kín nguồn áp tạo nên dòng điện chạy qua cơ thể người. Dòng có giá trị đủ lớn và tồn tại với thời gian đủ lâu.
- Gây nên những hậu quả sinh học (*pathophysiological effects*) làm ảnh hưởng tới các chức năng thần kinh, tuần hoàn, hô hấp hoặc gây phỏng, gây tử vong cho người bị tai nạn.

#### 1.1.2 Các dạng chạm điện

a) *Chạm trực tiếp*, xảy ra khi người tiếp xúc với dây dẫn trần đang mang điện trong tình trạng vận hành bình thường.



Hình 1.1a Chạm trực tiếp  
 $I_s$ : dòng do chạm trực tiếp



Hình 1.1b Chạm gián tiếp  
 $I_d$ : dòng do chạm vỏ

**b) Chạm gián tiếp** xảy ra khi một người tiếp xúc với phần tử dẫn điện lúc bình thường không mang điện, nhưng bất ngờ trở nên dẫn điện (do hư hỏng cách điện hoặc do vài nguyên nhân khác).

### 1.1.3 Vật dẫn điện và cách điện

**a) Vật dẫn điện (conductor)** gồm kim loại, nước không tinh chất, cơ thể người... Các vật chất này cho dòng điện chạy qua khi được mắc nối tiếp trong mạch kín có nguồn và có cùng điện áp tại mọi điểm của phần tử khi được mắc vào mạch hở có nguồn áp.

**b) Vật cách điện (insulator)** gồm gỗ, giấy, sứ, không khí... Các vật chất này không cho dòng điện chạy qua khi được mắc nối tiếp trong mạch kín có nguồn và có  $R_{cd} = \infty$  khi  $U \leq U_{cd}$ ; khi  $U > U_{cd}$ ,  $R_{cd} = 0$  hoặc khi bị ẩm ướt, vật trở nên dẫn điện.

### 1.1.4 Thống kê tình hình tai nạn điện

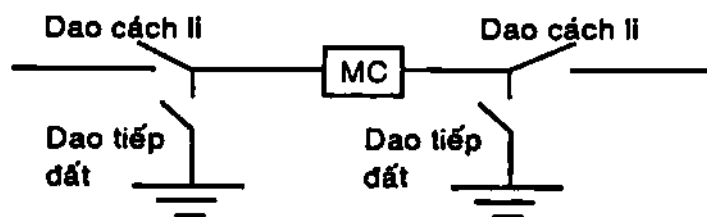
**Bảng 1.1** Thống kê tình hình tai nạn điện

Các yếu tố liên quan	Tỉ lệ bị điện giật (%)
* Theo cấp điện áp	
$U \leq 1000 \text{ V}$	76,4
$U > 1000 \text{ V}$	23,6
* Theo trình độ về điện	
- Nạn nhân thuộc nghề điện	42,2
- Nạn nhân không có chuyên môn về điện	57,8
* Các dạng bị điện giật	
1- Chạm trực tiếp vào điện	55,9
- Do vô tình, không phải do công việc yêu cầu tiếp xúc	6,7
- Do công việc yêu cầu tiếp xúc với dây dẫn	25,6
- Đóng điện nhầm lúc đang tiến hành sửa chữa, kiểm tra	23,6
2- Chạm gián tiếp vào bộ phận kim loại của thiết bị bị chạm vỏ	22,8
- Lúc thiết bị không được nối đất	22,2
- Lúc thiết bị có nối đất	0,6
3- Chạm vào vật không phải bằng kim loại có mang điện áp như tường, các vật cách điện, nền nhà...	20,1
4- Bị chấn thương do hồ quang sinh ra lúc thao tác các thiết bị (đóng mở cầu dao, FCO...)	1,2

**Tóm lại:**

- 1- Phần lớn các trường hợp bị điện giật là do chạm phải vật dẫn điện hoặc vật có điện áp xuất hiện bất ngờ và thường xảy ra đối với người không có chuyên môn về điện.
- 2- Nguyên nhân xảy ra tai nạn về điện:
  - \* Do trình độ tổ chức, quản lý công tác lắp đặt, xây dựng, sửa chữa công trình điện chưa tốt.
  - \* Do vi phạm quy trình kỹ thuật an toàn, đóng điện khi có người đang sửa chữa (quên đóng dao tiếp đất an toàn), thao tác vận hành thiết bị điện không đúng quy trình.

**Ví dụ:**



Phải đóng dao tiếp đất sau khi mở các dao cách ly để sửa chữa máy cắt.

3- Tai nạn về điện thường xảy ra ở cấp  $U \leq 1000V$ . Cụ thể ở lưới 220/380V (110/220V) do ở cấp điện áp này thường có nhiều thiết bị điện mà công nhân vận hành thường xuyên tiếp xúc trực tiếp và các cán bộ kỹ thuật, quản đốc phân xưởng thường không đánh giá hết mức độ nguy hiểm của hiện tượng điện giật nên không có các biện pháp tích cực để ngăn ngừa tai nạn.

## 1.2 CÁC BƯỚC CẦN TIẾN HÀNH KHI XẢY RA TAI NẠN ĐIỆN

Phụ thuộc vào cấp điện áp tại chỗ xảy ra tai nạn điện, các bước cần thực hiện như sau:

**-  $U < 1000V$**

+ Cách ly người bị nạn khỏi nguồn điện: cắt nguồn bằng mở cầu dao, CB hoặc dùng vật cách điện lấy dây điện ra khỏi người nạn nhân.

+ Nếu nạn nhân bị ngất, ngưng thở, ngưng tim, cần cấp cứu tại chỗ người bị nạn sau 1-2 phút (cho tới khi biết nạn nhân không còn khả năng sống) bằng các biện pháp hô hấp nhân tạo. Sau khi nạn nhân tạm hồi phục (thở và tim đập lại) mới chuyển nạn nhân tới bệnh viện cấp cứu.

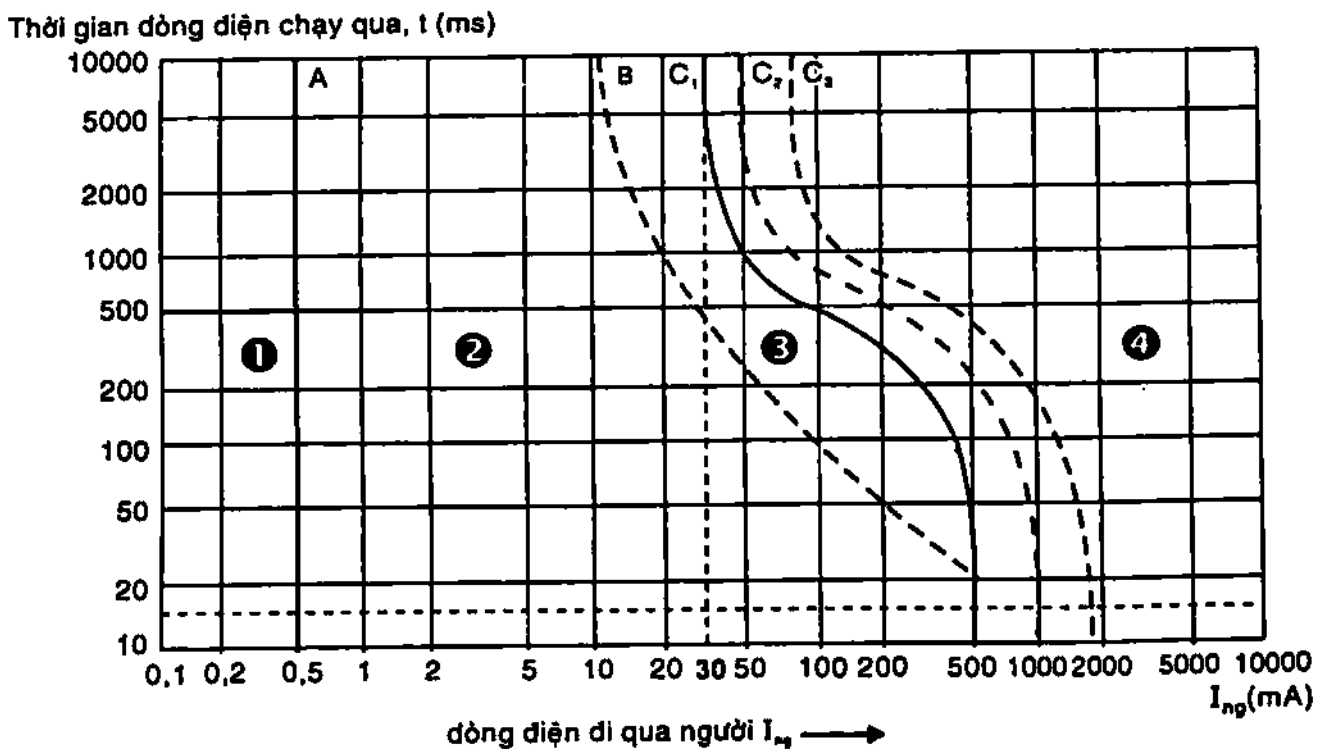
- + Quan sát hiện trường để xác định nguyên nhân.
- + Tìm biện pháp để khắc phục nguyên nhân gây tai nạn, tránh phát sinh lại, lập hồ sơ báo cáo một cách trung thực.

-  $U > 1000V$  (ví dụ nạn nhân nằm gần dây điện trung - cao thế của lưới điện) cần khẩn cấp gọi cấp cứu số điện thoại 115 hoặc 114 và báo cho ngành điện để họ cắt nguồn liên quan.

### 1.3 CÁC TÁC HẠI KHI CÓ DÒNG ĐIỆN ĐI QUA NGƯỜI

Khi người tiếp xúc trực tiếp hoặc gián tiếp với phần tử mang điện áp, sẽ xuất hiện dòng điện  $I_{ng}$  chạy qua cơ thể,  $I_{ng}$  có thể gây nên những phản ứng sinh học phức tạp như làm tê liệt các cơ thịt, sưng màng phổi, rối loạn nhịp tim, hủy hoại hệ thần kinh điều khiển... Mức độ nguy hiểm đối với nạn nhân bị tai nạn điện là một hàm phụ thuộc biên độ dòng điện, đường đi qua cơ thể người của  $I_{ng}$ , thời gian tồn tại...

Tiêu chuẩn IEC 479-1 xác định phạm vi vùng tác hại của dòng điện qua người (quan hệ trị hiệu dụng  $I_{ng}$  / thời gian tồn tại) theo đồ thị sau:



**Hình 1.2:** Phạm vi ảnh hưởng sinh học của dòng  $I_{ng}$  theo biên độ và thời gian tồn tại

Trên hình 1.2: Vùng 1: người chưa có cảm giác bị điện giật

Vùng 2: bắt đầu thấy tê, bắp thịt bị co rút

Vùng 3: bắp thịt bị co rút mạnh, khó thở, choáng

Vùng 4: mất ý thức - choáng hoặc ngất, tim đập mạnh, có thể ngưng thở, ngưng tim dẫn tới tử vong.

Đường cong  $C_1$ : giới hạn trường hợp chưa ảnh hưởng tới nhịp tim.

Đường cong  $C_2$ : giới hạn trường hợp 5% bị ảnh hưởng tới nhịp tim (nghet tâm thất).

Đường cong  $C_3$ : giới hạn trường hợp 50% bị ảnh hưởng tới nhịp tim.

*Hiện tượng ngệt tâm thất (ventricular fibrillation) làm tim không hoạt động bình thường được và do đó làm ngừng quá trình tuần hoàn máu khiến nạn nhân có thể chết sau thời gian ngắn.*

Chi tiết các ngưỡng giá trị  $I_{ng}$  gây tác hại lên cơ thể người.

**Bảng 1.2 Các I ngưỡng tác hại đối với người**

$I_{ng}$ (mA)	Tác hại đối với người	
	Điện AC ( $f = 50 - 60$ (Hz))	Điện DC
0,6 – 1,5	Bắt đầu thấy tê	Chưa có cảm giác
2 – 3	Tê tăng mạnh	Chưa có cảm giác
5 – 7	Bắp thịt bắt đầu co	Đau như bị kim châm
8 – 10	Tay khó rời vật có điện	Nóng tăng dần
20 – 25	Tay không rời vật có điện, bắt đầu khó thở	Bắp thịt co và rung
50 – 80	Tê liệt hô hấp, tim bắt đầu đập mạnh	Tay khó rời vật có điện và khó thở
90 – 100	Nếu kéo dài với $t \geq 3$ s tim ngừng đập	Hô hấp tê liệt

Căn cứ vào các ngưỡng cảm nhận và nguy hiểm, có thể kết luận điện xoay chiều tần số công nghiệp nguy hiểm đối với người hơn điện một chiều.

Các giới hạn dòng nguy hiểm ( $I_{Let-go out}$ )

$I_{cpAC}$ : Ngưỡng dòng giới hạn nguy hiểm điện AC

$I_{cpDC}$ : Ngưỡng dòng giới hạn nguy hiểm điện DC

## 1.4 CÁC YẾU TỐ LIÊN QUAN ĐẾN TÁC HẠI CỦA DÒNG ĐIỆN QUA NGƯỜI

### 1.4.1 Trị hiệu dụng dòng điện đi qua người ( $I_{ng}$ )

$I_{ng}$  càng lớn, nạn nhân càng bị nguy hiểm, khả năng bị tổn thương nặng hoặc tử vong càng cao.

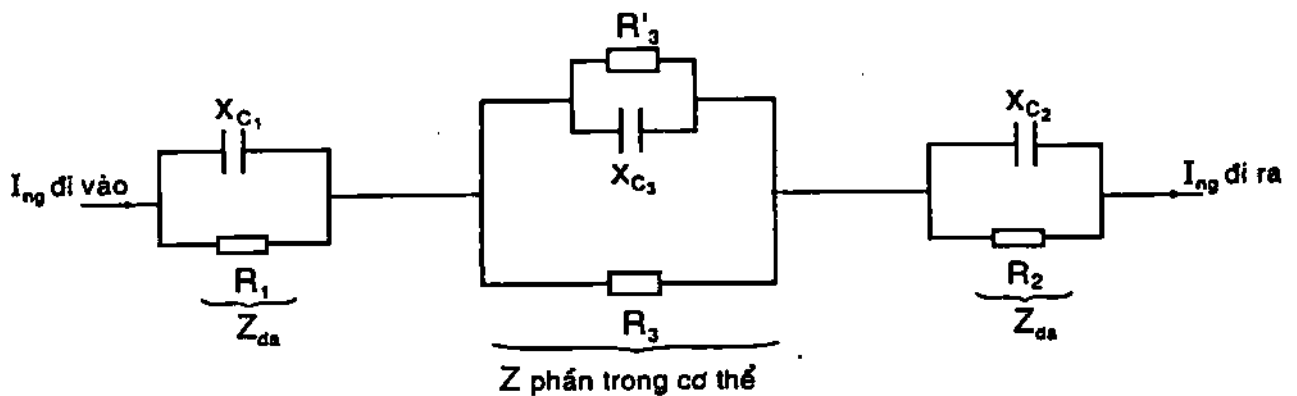
Biểu thức tính  $I_{ng}$  khi người bị điện giật:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{Z_{ng}} \cong \frac{U_{tx}}{Z_{ng}}$$

$I_{ng}$  phụ thuộc  $U_{ng}$  tức điện áp đặt lên cơ thể và tổng trở người ( $Z_{ng}$ ).

#### 1- Tổng trở người ( $Z_{ng}$ )

$Z_{ng}$  gồm lớp da tiếp xúc bên ngoài và các thành phần trong cơ thể như thịt, máu, mỡ, xương, dịch... Sơ đồ thay thế của  $Z_{ng}$  như sau:



Hình 1.3 Sơ đồ thay thế  $Z_{ng}$

Các đặc điểm:

- Thường các giá trị C rất bé nên ở  $f = 50 \text{ Hz}$  hoặc  $60 \text{ Hz}$  (tần số điện công nghiệp)  $X_c \rightarrow \infty$ ; có thể bỏ qua ảnh hưởng của  $X_c$ , vì vậy  $Z_{ng} \cong R_{ng}$ .

- Vì da có lớp sừng bên ngoài nên điện trở lớp da  $R_1, R_2$  có giá trị rất lớn hơn so với  $R_3$  là điện trở các phần bên trong cơ thể.

Khi da bình thường:  $R_{ng} = 1 \text{ k}\Omega + \text{vài chục k}\Omega$ ;

Khi mất lớp da:  $R_{ng} = 600 \Omega \div 750 \Omega$ .

-  $R_{ng}$  là một đại lượng không ổn định.  $R_{ng}$  phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: tình trạng sức khỏe của con người, môi trường chung quanh, độ ẩm của lớp da chỗ tiếp xúc với điện, điều kiện tổn thương, điện áp tiếp xúc, thời gian tồn tại dòng điện qua người...



- Khi điện áp tiếp xúc ( $U_{tx}$ ) lớn, dòng điện qua người tăng cao, trong cơ thể người xảy ra hiện tượng điện phân và mồ hôi toát ra làm  $R_{ng}$  giảm. Mặt khác, khi  $U_{tx}$  lớn sẽ xảy ra hiện tượng chọc thủng tại chỗ tiếp xúc làm  $R_1, R_2 \rightarrow 0$ . Do đó  $R_{ng}$  giảm rất nhiều, đặc biệt khi  $U_{tx} \geq 250$  V.

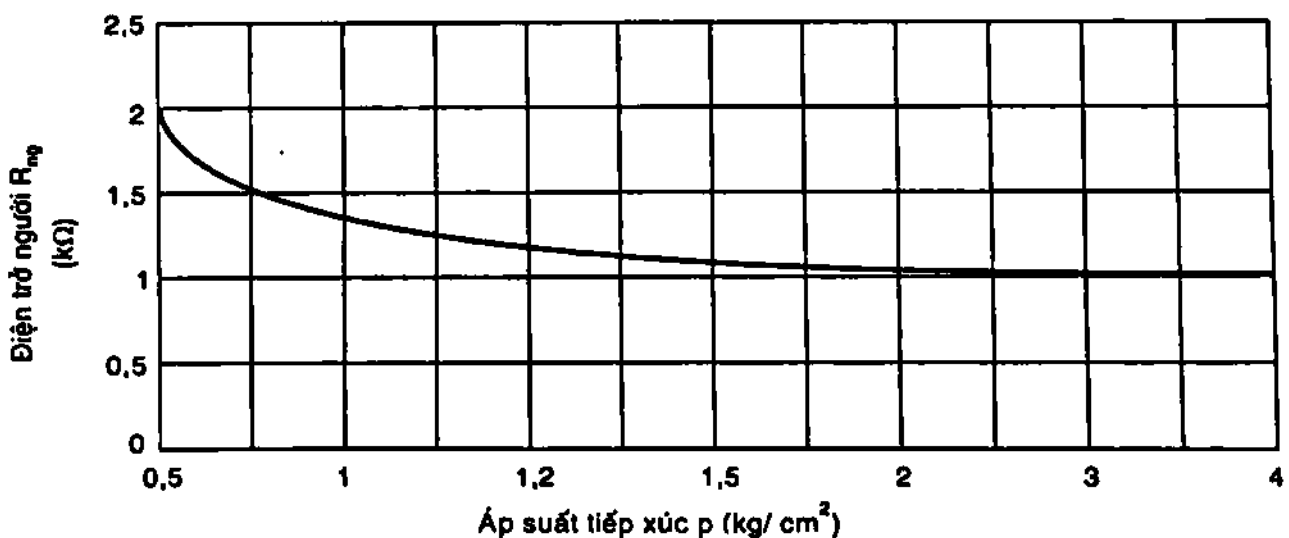
Sự phụ thuộc của  $R_{ng}$  vào  $U_{tx}$  theo báo cáo trong IEC 479.

**Bảng 1.3** Giá trị  $R_{ng}$  theo  $U_{tx}$  (TC IEC-479)

$U_{tx}$ (V)	$R_{ng}$ ( $\Omega$ )		
	Da mỏng và rất ẩm	Da ẩm bình thường	Da khô
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000V	700	1050	1500
Các giá trị khác	650	750	850
	5% dân số	50% dân số	45% dân số

- Khi thời gian tiếp xúc ( $t_{tx}$ ) lâu,  $R_{ng}$  càng bị giảm thấp hơn do quá trình phân hủy lớp da và hiện tượng điện phân phát triển.

- Khi áp suất tiếp xúc tăng,  $R_{ng}$  giảm theo quan hệ sau:



**Hình 1.4** Quan hệ  $R_{ng} = f(p)$

- Khi diện tích tiếp xúc ( $S_{tx}$ ) tăng,  $R_{ng}$  giảm vì đường đi của dòng  $I_{ng}$  có kích thước lớn hơn.

- Trạng thái của người cũng là yếu tố quan trọng làm thay đổi  $R_{ng}$ . Ví dụ: Người làm việc mệt ra nhiều mồ hôi, tim đập mạnh hoặc người say rượu bị bệnh thần kinh, bị ướt... đều có  $R_{ng}$  thấp hơn so với người bình thường và dễ bị tử vong khi có tai nạn về điện.

## 2- Điện áp tiếp xúc ( $U_{tx} - U_{touch}$ )

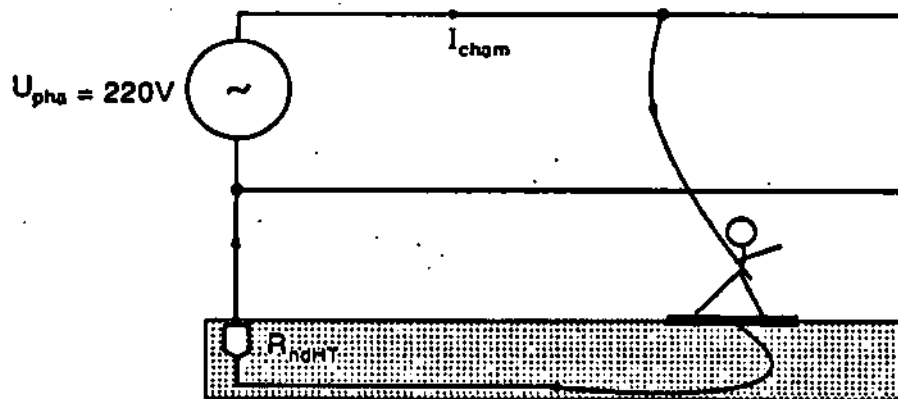
Giá trị  $U_{tx}$  phụ thuộc vào tình trạng tiếp xúc, điện áp và cấu trúc của mạng điện.

Điện áp tiếp xúc cho phép đối với người phụ thuộc thời gian tiếp xúc và loại nguồn điện AC, DC, theo tiêu chuẩn IEC 364-4-4.1 như sau:

**Bảng 1.4**  $t_{cp}$  theo  $U_{tx}$  (TC IEC 364-4-4.1)

Thời gian tiếp xúc tối đa	$U_{ac}$ (V)	$U_{dc}$ (V)
$\geq 5s$	50	120
1s	75	140
0,5s	90	160
0,2s	110	175
0,1	150	200
0,05	220	250
0,03s	280	310

$U_{tx}$  tỉ lệ với  $U_{ng}$ , khi  $U_{tx}$  lớn,  $R_{ng}$  sẽ bị ảnh hưởng, do đó  $I_{ng}$  có thể đủ lớn gây nguy hiểm.



**Hình 1.5** Tiếp xúc trực tiếp vào điện áp

Dòng điện chạm được xác định bằng biểu thức sau:

$$I_{chạm} = \frac{U_{pha}}{R_{dây} + R_{ng} + R_{nén} + R_{ndHT}}$$

**Ví dụ 1.1**

Khi  $R_{nón} = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R_{ng} = 2 \text{ k}\Omega$ ;  $R_{dây} = 0,1 \Omega$ ;  $R_{ndHT} = 4 \Omega$

$$I_{chạm} = \frac{220}{0,1 + 2 \times 10^3 + 10 \times 10^3 + 4} = 18,33 \text{ mA}$$

$$U_{ng} = I_{chạm} \times R_{ng} = 18,33 \times 2 = 36,66 \text{ V}$$

$$U_{ng} = 36,66 \text{ V} \neq U_{pha} = 220 \text{ V}$$

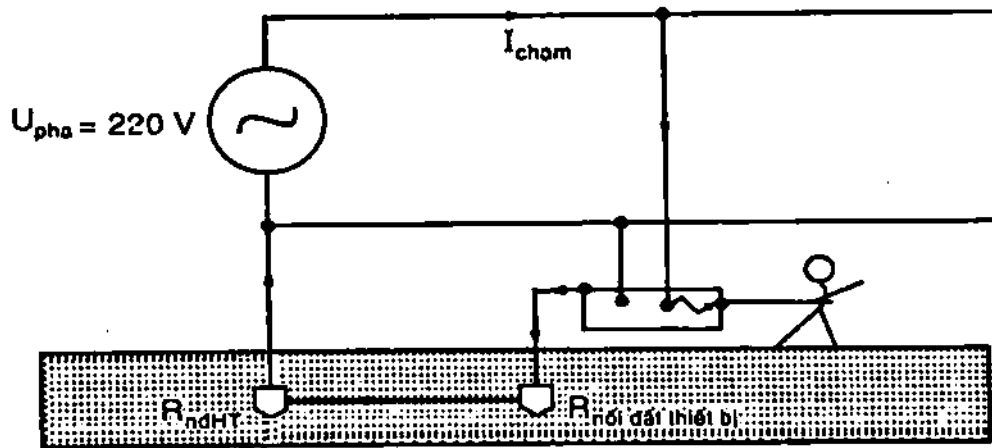
Khi  $R_{nén} = 0$

$$I_{chạm} = \frac{220}{0,1 + 2 \times 10^3 + 4} = 110 \text{ mA}$$

$$U_{ng} = I_{chạm} \times R_{ng} \cong 110 \times 2 = 220 \text{ V}$$

$$U_{ng} \cong 220 \text{ V}$$

**Ví dụ 1.2**



**Hình 1.6** Tiếp xúc gián tiếp vào điện áp

Dòng điện chạm có thể xác định bằng biểu thức sau:

$$I_{chạm} = \frac{U_{pha}}{R_{dây} + R_{nd thiết bị} + R_{dây nối vỏ thiết bị} + R_{ndHT}}$$

Khi  $R_{nd thiết bị} = 10 \Omega$  ;  $R_{ndHT} = 4 \Omega$  ;  $R_{dây} = 0,1 \Omega$

$$I_{chạm} = \frac{220}{0,1 + 10 + 4 + 0,1} = 15,5 \text{ A}$$

$$U_{t_x} = I_{chạm} \times R_{nd thiết bị} = 15,5 \times 10 = 155 \text{ V}$$

Khi  $R_{nén} = 0$ ;  $R_{ng} = 2 \text{ k}\Omega$

$$I_{ng} = \frac{155}{2000} = 77,5 \text{ mA}$$

$U_{ng} = I_{ng} \times R_{ng} = 155 \text{ V} > U_{cp} = 50 \text{ V}$  : Nguy hiểm đối với người

**Kết luận:**

- Chạm trực tiếp:  $U_{ng}$  có thể bằng hoặc khác điện áp mạng điện, phụ thuộc điện trở nền dưới chân nạn nhân.
- Chạm gián tiếp:  $U_{ng}$  có thể nhỏ hơn điện áp mạng điện, phụ thuộc vào cách nối đất vỏ thiết bị, cách nối đất trung tính mạng.

### 1.4.2 Ảnh hưởng của đường đi dòng điện qua người

Đây là yếu tố có mức độ ảnh hưởng đến sự nguy hiểm của nạn nhân nhiều nhất vì nó quyết định lượng dòng điện đi qua tim hay cơ quan tuần hoàn của nạn nhân.

Các thí nghiệm trên động vật cho kết quả sau:

**Bảng 1.5 Ảnh hưởng của đường đi  $I_{ng}$**

Đường đi của $I_{ng}$	Tỉ lệ $I_{ng}$ đi qua tim
Tay - thân - tay	3,3%
Tay phải - thân - chân	6,7%
Tay trái - thân - chân	3,7%
Chân - thân - chân	0,4%

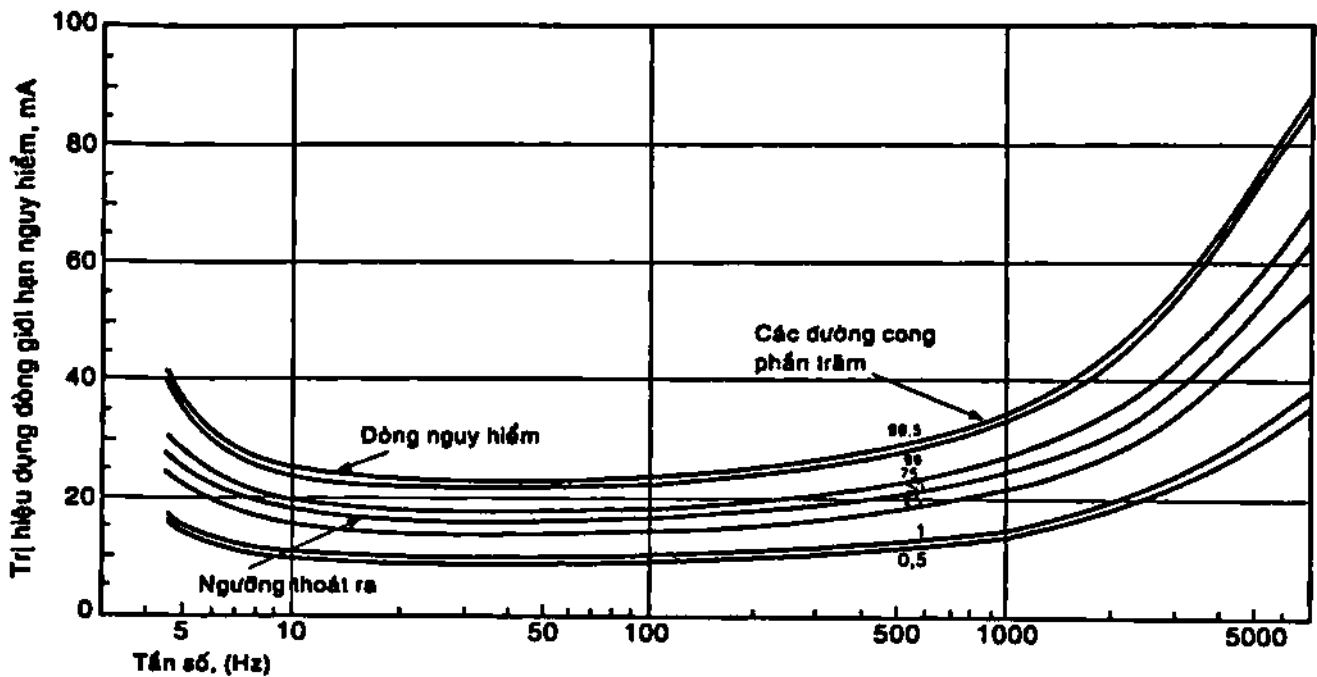
Dòng điện đi từ tay phải sang chân có phân lượng qua tim nhiều nhất vì phần lớn dòng điện đi qua tim theo trục dọc mà trục này nằm từ tay phải đến chân.

Do đó, khi bị điện giật, nguy hiểm nhất là chạm vào tay phải và dòng điện đi qua chân vì lượng dòng  $I_{ng}$  đi qua tim lớn nhất có thể làm rối loạn nhịp tim hoặc làm ngưng nhịp tim dễ gây tử vong.

### 1.4.3 Ảnh hưởng của tần số dòng điện

Khi  $f$  (tần số) tăng,  $Z_{og}$  giảm do  $X_C$  giảm. Tuy nhiên, khi  $f$  tăng cao, mức độ nguy hiểm của tai nạn giảm thấp hơn so với tần số điện công nghiệp (50 – 60 (Hz)).

Thí nghiệm trên người, khi tần số thay đổi để xác định mức nguy hiểm thông qua  $I_{ngưỡng \text{ nguy hiểm}}$  ( $I_{let \text{ go-out}}$ ) cho kết quả trên đồ thị hình 1.7.



Hình 1.7 Đồ thị giới hạn nguy hiểm  $I = f(f)$

**Giải thích:**

- Khi đặt điện áp một chiều lên các tế bào, các phân tử trong tế bào bị phân cực thành các ion trái dấu và bị hút ra phía ngoài tế bào. Do đó, các phân tử bị phân cực hóa và kéo dài thành ngẫu cực. Các chức năng hóa sinh của tế bào bị phá hoại ở một mức độ xác định phụ thuộc độ lớn điện áp DC và thời gian tồn tại.

- Khi đặt nguồn áp AC lên tế bào, các ion cũng chạy theo hai chiều khác nhau ra phía ngoài màng tế bào. Nhưng do điện AC đổi chiều theo thời gian nên các ion sẽ chuyển động theo chiều ngược lại. Ứng với một tần số nào đó (theo thí nghiệm  $f = 50-60$  Hz), tốc độ của ion đủ để trong một chu kỳ điện, các ion này chạy được hai lần hệ rộng của tế bào. Do đó, số lần va đập vào màng tế bào trong trường hợp này lớn nhất và sẽ làm cho các chức năng hóa sinh của tế bào bị phá hủy nhiều nhất.

- Khi tần số nguồn điện tăng lên đường đi của các ion rút ngắn, mức độ phá hủy tế bào giảm đi. Khi tần số rất cao, các ion hầu như không chuyển động kịp theo sự biến thiên của nguồn điện, các tế bào hầu như không bị phá hủy.

Ở tần số điện công nghiệp (50-60 (Hz)) mức độ phá hủy của các tế bào, đặc biệt là các tế bào có liên quan đến tim và hô hấp rất lớn, do đó trị số dòng nguy hiểm giới hạn bé nhất:  $I_{\text{giới hạn}} \leq 10 \text{ mA}$ .

## 1.5 HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐI VÀO TRONG ĐẤT

### 1.5.1 Nguyên nhân

Xét hai trường hợp sau:

- Dây pha bị đứt rơi xuống đất
- Thiết bị điện bị chạm vỏ do hư hỏng cách điện, vỏ thiết bị được nối qua điện trở tiếp đất  $R_d$ .



Hình 1.8 Các tình trạng dòng điện đi vào trong đất

Trong hai trường hợp này, dòng điện sự cố sẽ chạy giữa vị trí chạm đất hoặc điện cực nối đất, dòng này tỏa ra môi trường đất chung quanh để trở về nguồn hoặc đi qua điện cực nối đất khác. Để đơn giản trong khảo sát cần chấp nhận các giả thiết sau:

- Đất là đồng nhất (với  $\rho_{đk} = \text{const}$ ) và đẳng hướng.
- Nguồn của dòng  $I_d$  ở khoảng cách đủ lớn so với vị trí có dòng  $I_d$  đi vào trong đất, do đó dòng  $I_d$  sẽ phân bố đối xứng giữa cực và đất bao quanh.

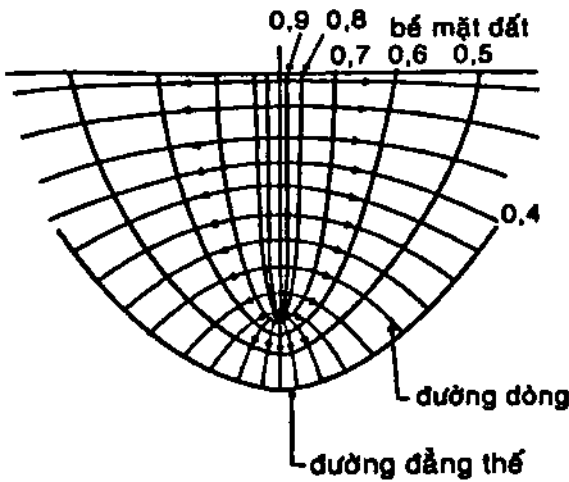
### 1.5.2 Phân bố điện thế trên mặt đất (GPR) khi có dòng chạm đất

Khi dòng sự cố chạy trong đất, giữa cực nối đất và đất bao xung quanh sẽ có phân bố điện thế trong và trên mặt đất.

Gần cực nối đất, độ dốc điện thế trong và trên bề mặt đất thường lớn nhất do đó là nguy hiểm nhất.

#### a) Bản chất của độ dốc (gradient) điện thế

Xét dạng nối đất phổ biến gồm một điện cực (cọc) chôn thẳng đứng, các cọc có thể đứng riêng lẻ hoặc nhiều cọc nối song song với nhau. Cực nối đất sẽ có điện áp trong hệ đơn vị tương đối là bằng 1 so với đất chuẩn ở xa ( $\varphi_d = 0$ ). Dòng và điện thế phân bố chung quanh điện cực khi có dòng điện qua nó đi vào đất được biểu diễn trên hình 1.9.



Hình 1.9 Dòng lý tưởng chạy trong đất và đường đẳng thế xung quanh một điện cực chôn thẳng đứng (Lưu ý: phương dòng điện trùng với phương điện trường trong đất)

**b) Đất ở xa và đất lân cận, vùng thế chuẩn 0**

Theo lý thuyết, vị trí xa vô cùng so với điện cực đang khảo sát là “đất chuẩn ở xa” và có thế bằng 0 ( $\varphi_{\text{chuẩn}} = 0$ ). Khi dòng chạy giữa hai cực nối đất, cũng có thể tồn tại vùng thế chuẩn 0 ở lân cận giữa hai điện cực này.

Khi có sự cố chạm đất, dòng điện chạy giữa cực nối đất nguồn và cực nối đất của lưới, sẽ tồn tại một mặt phẳng đẳng thế với diện tích vô hạn (tại một vị trí nào đó giữa hai cực). Mặt phẳng này vuông góc với đường đi của dòng sự cố (H.1.10) và là quỹ tích các điểm mà tại đó cường độ điện trường dương (A)<sup>(\*)</sup> bằng với cường độ của điện trường âm (B). Điều này có nghĩa mặt phẳng đẳng thế này có cực tính bằng 0 so với hai điện cực nối đất.

Từ đây có thể thấy mặt đẳng thế 0 cũng là biên của “hai vùng ảnh hưởng” của hai điện cực mà đôi khi còn được gọi là “vùng điện trở”. Điện trường của hai điện cực X và C trong thí nghiệm do điện trở cũng tương tự như điện trường nói trên. Vị trí của đất lân cận trong hình 1.10a sẽ được đánh dấu là 0.

$V_g$  - điện áp của máy phát thử nghiệm

$R_i$  - điện trở đo bằng dụng cụ

$V_1$  - điện áp để đo điện trở của điện cực A

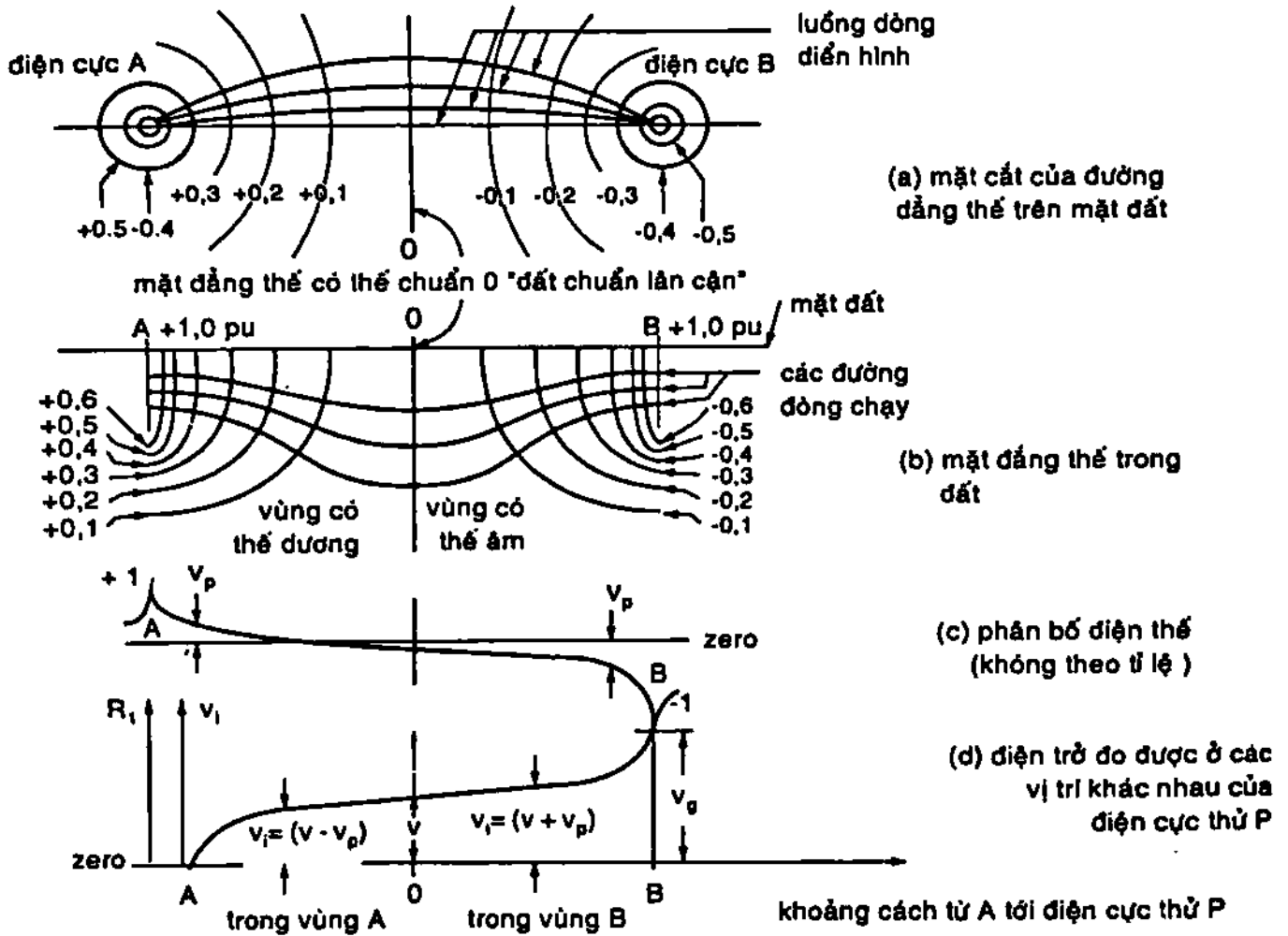
$V$  - điện áp của điện cực A so với đất chuẩn lân cận

$V_p$  - điện áp điện cực thử P so với đất chuẩn lân cận

Để đo chính xác điện trở của A, điện cực thử P cần đặt ở 0 (thường vị trí này không biết chính xác).

<sup>(\*)</sup> Vì hệ thống xoay chiều đang được khảo sát, mỗi điện cực sẽ đổi cực tính trong mỗi nửa chu kỳ.

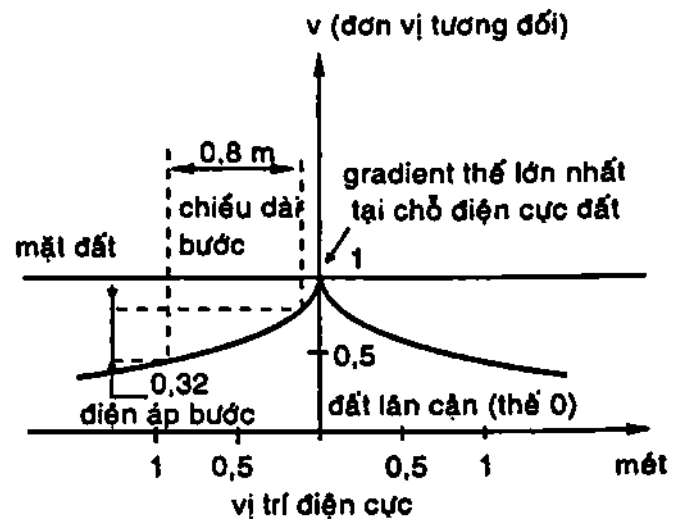
Phân bố thế của điện cực thẳng đứng.



Hình 1.10 Đất chuẩn lân cận thế 0 của hai điện cực nối đất

Hình 1.10 cho thấy mật độ dòng lớn nhất tại điện cực và tạo nên phân bố thế rất dốc trong đất ở vùng gần điện cực, được biểu thị bằng sự gần nhau của hai đường đẳng thế kế cận ở vùng này. Gradient ở trên mặt đất thì ít nguy hiểm hơn ở dưới mặt đất, và gradient lớn nhất trên mặt đất xảy ra tại vị trí đặt điện cực (H.1.11).

Các khảo sát cho thấy, trong một vùng đất đồng nhất,



Hình 1.11 Mặt cắt phân bố điện áp của điện cực đơn



với một điện cực rất dài hoặc một điện cực rất ngắn, và đo ở khoảng cách 1m cách điện cực sẽ có trị số điện áp khoảng 0,5 đến 0,8 điện áp của điện cực. Do đó, khi dòng đi vào đất lớn, vùng gần điện cực là rất nguy hiểm.

*Lưu ý:* Các đường đẳng thế trên mặt đất được nhìn từ phía trên sẽ là các vòng tròn đồng tâm xoay quanh vị trí đặt điện cực.

**c) Nguyên nhân của gradient điện thế**

Điện trở vật dẫn điện khi có dòng chạy qua là:  $R = \frac{\rho l}{S}$

với:  $\rho$  - điện trở suất của vật dẫn ( $\Omega \cdot m^2 / m = \Omega \cdot m$ )

$l$  - chiều dài (m) của đường dẫn điện

$S$  - tiết diện cắt ngang ( $m^2$ ) của vật dẫn.

Vậy với khoảng cách  $l$  đã cho, điện trở sẽ tỉ lệ  $l/S$ . Lớp đất tiếp xúc với điện cực có tiết diện  $S$  bằng với bề mặt tiếp xúc của điện cực. Trong khi ở các điểm cách xa điện cực, dòng sẽ đi qua một tiết diện lớn hơn. Nếu chiều dài đường đi là bằng nhau, điện trở sẽ càng giảm khi cách xa điện cực (H.1.10b) kéo theo sự giảm sụt áp và gradient điện thế sẽ nhỏ.

Một cách khác để lý giải tạo phân bố thế được trình bày trên hình 1.10a. Ở đây, mặt đẳng thế được biểu diễn theo các khoảng 0 hoặc 1 điện áp (tương đối). Vì có cùng một dòng đi qua các bề mặt đẳng thế, điện trở của khối đất giữa hai mặt đẳng thế kế tiếp sẽ như nhau. Điều này có ý nghĩa là các vùng có điện tích lớn thì chiều dài đường dòng đi giữa hai mặt kế cận cũng sẽ tăng lên để giữ nguyên  $R$  ( $R = \frac{\rho l}{S}$ ). Khoảng không gian giữa hai mặt liên tiếp do đó sẽ lớn hơn ( $l/S = \text{const}$ ) và điều này sẽ làm giảm gradient điện thế.

Căn cứ vào những phân tích trên, có thể chấp nhận giả thiết dòng điện phân bố theo dạng bán cầu chung quanh phần đất có dòng điện này đi vào. Do giả thiết đất là môi trường đồng nhất và đẳng hướng, mật độ dòng điện  $j$  xét theo một phương bất kỳ cách điện cực một khoảng  $x$  được tính bằng công thức:

$$|j| = \frac{I_d}{2\pi x^2} \quad (2\pi x^2 : \text{diện tích mặt bán cầu bán kính } x)$$

càng gần điện cực, diện tích mặt bán cầu càng bé, mật độ dòng điện càng lớn và ngược lại khi  $x$  lớn,  $|j| \rightarrow 0$ .

Đất là môi trường dẫn điện với điện dẫn suất  $\lambda_d$ ,  $E$  là cường độ điện trường theo một phương bất kỳ trong đất:

$$E = \rho_d \cdot j; \rho_d = \frac{1}{\lambda_d}: \text{điện trở suất của đất}$$

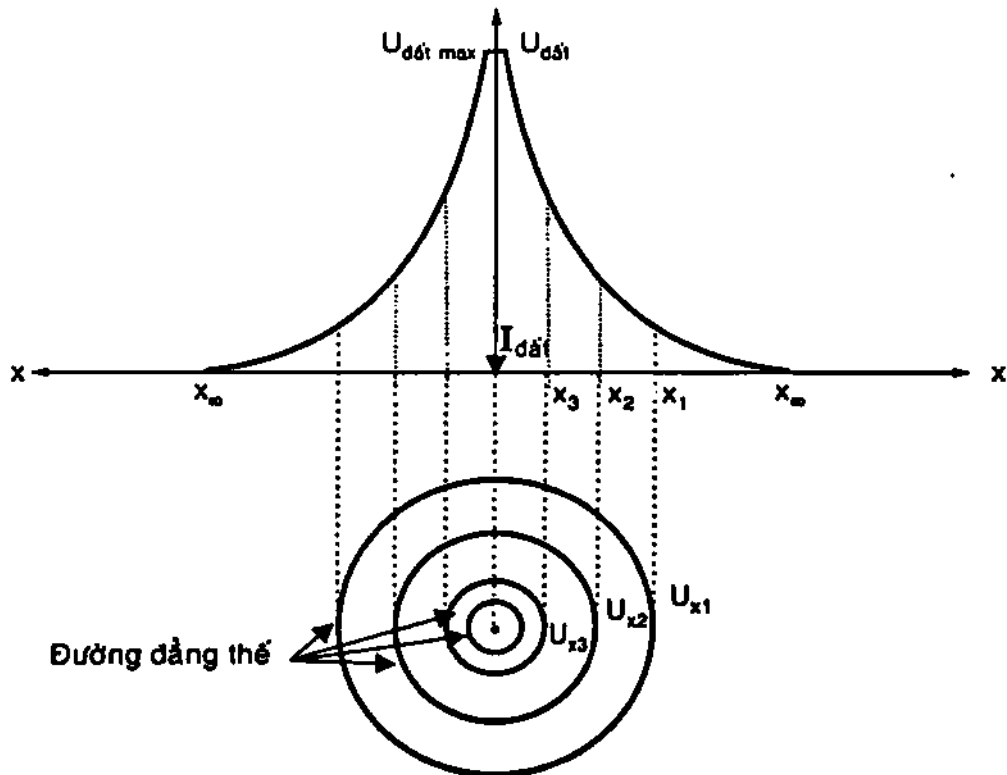
Vậy điện áp du giáng trên lớp đất có bề dày  $dx$ , cách điểm có  $I_d$  đi vào trong đất một khoảng  $x$  được tính theo biểu thức:

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

Như đã phân tích khi  $x \rightarrow \infty$  thì  $j \rightarrow 0$ , nghĩa là đất tại đây có điện áp  $U_d \sim 0$ . Vậy điện áp tại điểm có tọa độ  $x_A \neq \infty$  so với chỗ có dòng  $I_d$  đi vào đất được tính như sau:

$$\varphi_A = U_A = \int_{x_A}^{\infty} du = \rho_d I_d \int_{x_A}^{\infty} \frac{dx}{2\pi x^2} = \frac{\rho_d I_d}{2\pi} \left( \frac{1}{x_A} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{\rho_d I_d}{2\pi x_A}$$

Nếu  $x_A \rightarrow 0$  tức xét  $U_d$  tại vị trí có  $I_d$  đi vào,  $U_d \rightarrow \max$  có trị số  $U_{d \max} = I_d \cdot R_{nd}$  trong đó  $R_{nd}$  là điện trở tản của đất.



Hình 1.12 Đồ thị biểu diễn  $U_d = f(x)$

Do  $\rho_d, I_d, 2\pi$  có thể xem là không đổi, biểu thức tính  $U_d$  trở thành:

$$U_d = K \cdot \frac{1}{x}$$

Phân bố điện thế đất xung quanh chỗ có  $I_d$  đi vào có dạng hyperboloid tròn xoay như hình 1.12.

Vậy khi xuất hiện dòng đi vào trong đất, sẽ hình thành các vị trí có cùng độ tăng điện thế  $U_d$ , các vị trí này thuộc đường tròn có tâm nằm trùng với chỗ dòng đi vào trong đất và được gọi là các đường đẳng thế ứng với các giá trị  $U_{x1}, U_{x2}, U_{x3}, U_{x4} \dots$

$$U_{x1} < U_{x2} < U_{x3} < U_{x4} \dots \text{ khi } x_1 > x_2 > x_3 > x_4 \dots$$

### 1.6 ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC $U_{tx}$ ( $U_{touch}$ hay $U_{contact}$ )

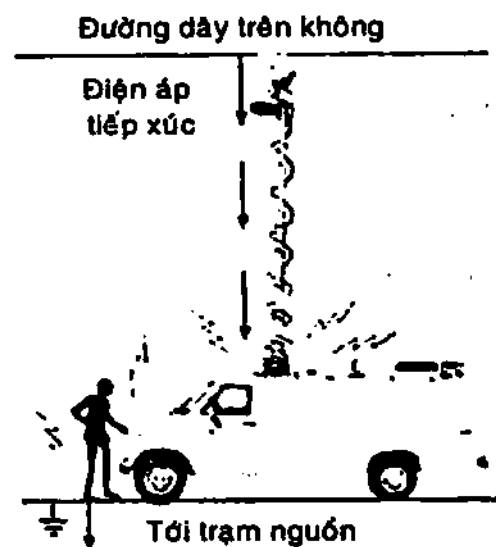
Điện áp tiếp xúc  $U_{tx}$  là giá trị điện áp lớn nhất có thể đặt lên hai vị trí khác nhau trên cơ thể khi người tiếp xúc vào vật có điện áp.

$$U_{tx} = U_{tay} - U_{chân}$$

hoặc  $U_{tx} = U_{tay} - U_{tay}$

hoặc  $U_{tx} = U_{chân} - U_{chân}$

$U_{tx}$  có giá trị phụ thuộc tình trạng tiếp xúc trực tiếp hay gián tiếp và nhiều yếu tố khác, được xác định với giả thiết cho  $I_{người} = 0$ .



Hình 1.13 Điện áp tiếp xúc

### 1.7 ĐIỆN ÁP BƯỚC $U_b$ ( $U_{step}$ )

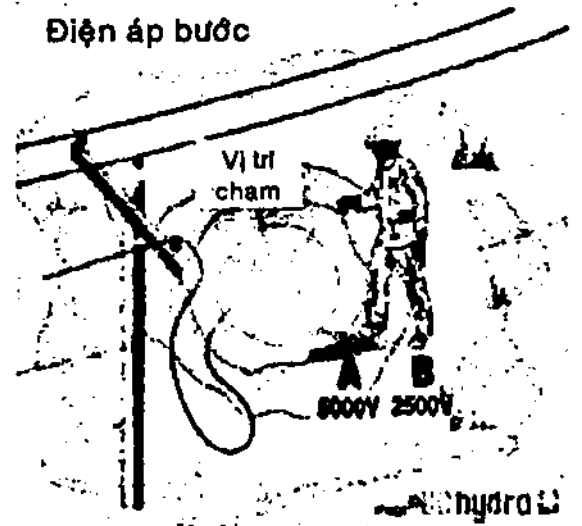
$U_b$  là điện áp giữa hai chân khi người đi vào vùng đất bị nhiễm điện. Đây là vùng đất có dòng điện đi vào đất làm cho thế của đất tăng lên và có trị số khác nhau tại các điểm không cùng nằm trên đường đẳng thế như hình 1.14.

Công thức xác định  $U_b$ :

$$\begin{aligned} U_b &= \int_x^{x+a} du = \rho_d I_d \int_x^{x+a} \frac{dx}{2\pi x^2} \\ &= \frac{\rho_d I_d}{2\pi} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) \\ &= \frac{\rho_d I_d}{2\pi} \cdot \frac{a}{x(x+a)} \end{aligned}$$

trong đó:  $x$  - khoảng cách từ chỗ chân người đứng tới chỗ dòng điện đi vào đất

$a$  - khoảng cách bước chân.



Hình 1.14 Điện áp bước

## 1.8 ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

Giới hạn an toàn đối với người căn cứ vào dòng điện nguy hiểm trong nhiều trường hợp không xác định được vì phụ thuộc rất nhiều yếu tố bên ngoài. Mặt khác, trị số  $Z_{ng}$  luôn luôn thay đổi trong các điều kiện khác nhau.

Do đó, trong tính toán thiết kế, thường sử dụng đại lượng điện áp cho phép ( $U_{cp}$ ) là mức giới hạn an toàn.

$U_{cp}$  ( $U_L$ ) ( $U_{Limit}$ ) được định nghĩa như sau:  $U_{cp}$  là mức điện áp lớn nhất mà con người khi tiếp xúc không bị nguy hiểm đến tính mạng.

$U_{cp}$  phụ thuộc tiêu chuẩn từng quốc gia, điều kiện khách quan của môi trường và tần số nguồn điện đang xét như bảng số liệu sau:

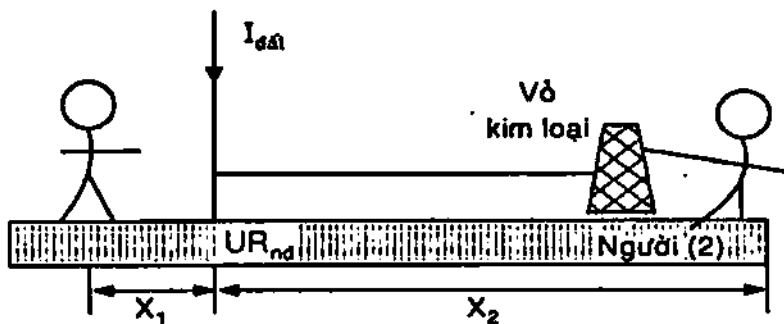
Bảng 1.6 Các giá trị  $U_{cp}$  ( $U_L$ )

Theo tiêu chuẩn	Theo tần số	Nơi khô ráo	Nơi ẩm ướt
IEC	AC	$U_{cp} = 50V$	$U_{cp} = 25V$
	DC	$U_{cp} = 120V$	$U_{cp} = 60V$
Hà Lan, Thụy Điển	AC	$U_{cp} = 25V$	$U_{cp} = 12V$
	DC	$U_{cp} = 60V$	$U_{cp} = 25V$
Việt Nam	AC	$U_{cp} = 50V$	$U_{cp} = 25V$
	DC	$U_{cp} = 80V$	$U_{cp} = 50V$

Ở những nơi đặc biệt nguy hiểm như hầm mỏ, phòng đông lạnh, bể bơi, nhà tắm, phòng nha sĩ, phòng mổ...  $U_{cp} = 6V$  hoặc  $12V$ .

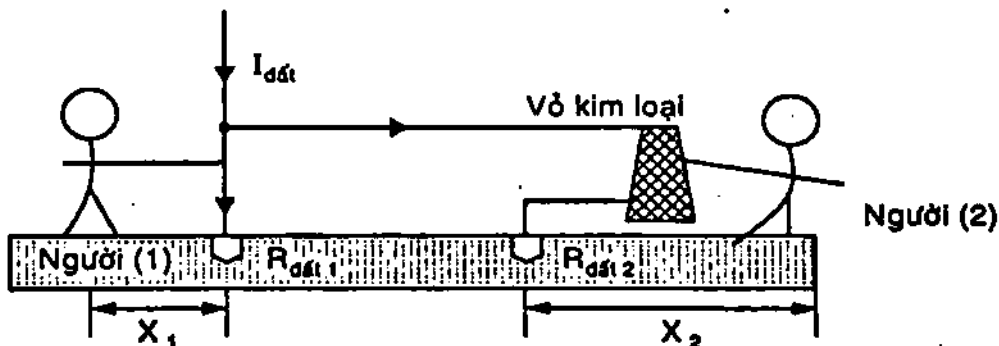
## 1.9 BÀI TẬP

- 1.1 Định nghĩa hiện tượng điện giật, cho ví dụ minh họa. Trình bày các ngưỡng cảm nhận chính và tóm tắt các yếu tố liên quan tới mức độ nguy hiểm, nguyên nhân gây tử vong khi xảy ra tai nạn do điện giật.
- 1.2 Sơ đồ thay thế tổng trở người. Các yếu tố ảnh hưởng tới tổng trở người.
- 1.3 Các ngưỡng ảnh hưởng của dòng qua người và các tác hại tương ứng. Nguyên nhân gây tử vong khi xảy ra tai nạn do bị điện giật. Ngưỡng cảm nhận và nguy hiểm đối với điện AC, DC.
- 1.4 Tính điện áp bước và điện áp tiếp xúc trong trường hợp sau:



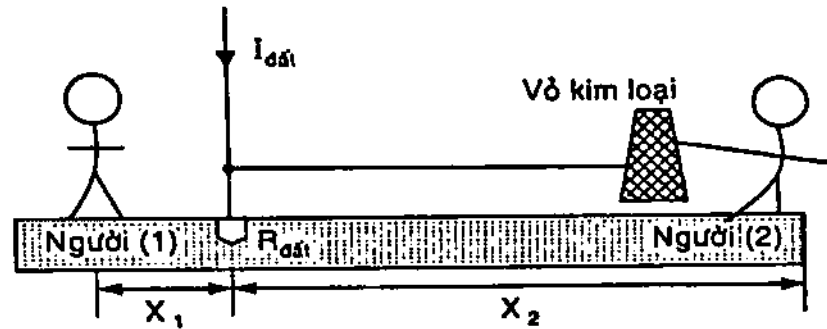
Cho biết  $I_{đđ} = 30A$ ,  $R_{đđ} = 5\Omega$ ,  $x_1 = 5m$ ,  $x_2 = 10m$ ,  $\rho_{đđ} = 100\Omega m$ ,  $a = 0,4m$  (khoảng cách bước chân). Dựa trên  $U_{bước}$  và  $U_{tiếp\ xúc}$  kết luận về an toàn của người (1) và người (2) khi  $R_n = 0$ .

- 1.5 Tính điện áp bước và điện áp tiếp xúc trong trường hợp sau:



Cho biết  $I_{đđ} = 45A$ ,  $R_{đđ1} = 10\Omega$ ,  $R_{đđ2} = 5\Omega$ ,  $x_1 = 5m$ ,  $x_2 = 6m$ ,  $\rho_{đđ} = 100\Omega m$ ,  $a = 0,6m$  (khoảng cách bước chân). Dựa trên  $U_{bước}$  và  $U_{tiếp\ xúc}$  kết luận về an toàn của người (1) và người (2). Biết  $U_{cp} = 50(V)$ .

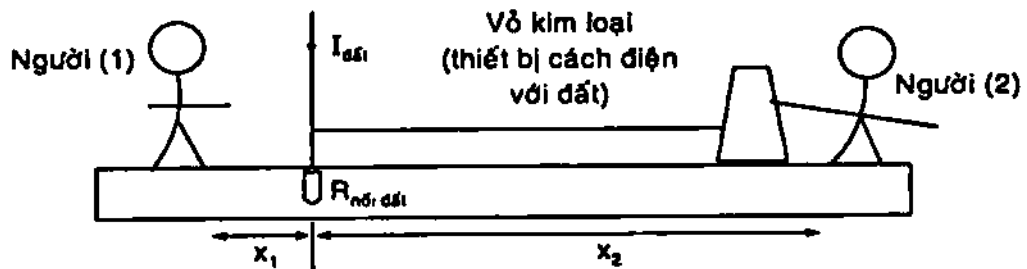
- 1.6 Tính điện áp bước và điện áp tiếp xúc trong trường hợp sau:



Cho biết  $I_{\text{đất}} = 50\text{A}$ ,  $R_{\text{đất}} = 5\ \Omega$ ,  $x_1 = 5\text{m}$ ,  $x_2 = 10\text{m}$ ,  $\rho_{\text{đất}} = 100\ \Omega\text{m}$ ,  $a = 0,8\text{m}$  (khoảng cách bước chân).

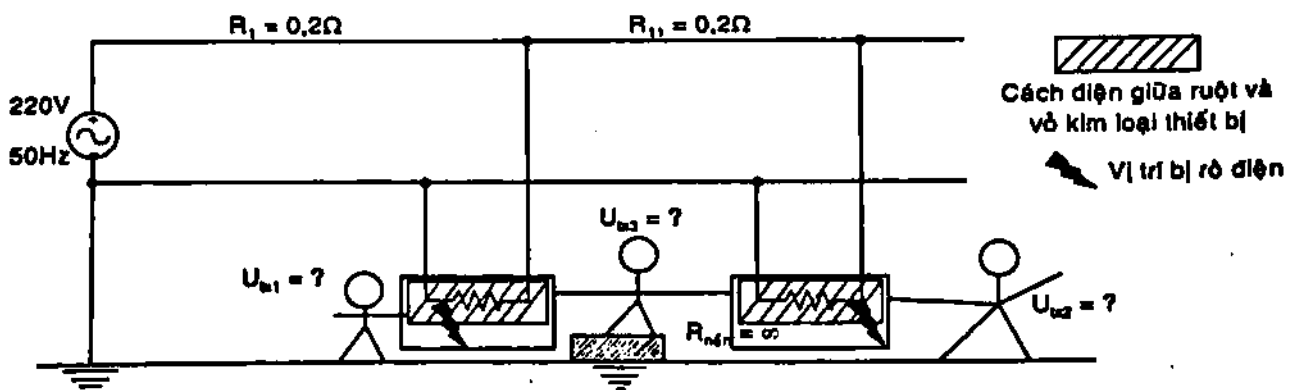
- a) Vẽ đường phân bố thế khi cho biết  $x_{\infty} = 10\text{m}$
- b) Tính  $U_{\text{bước}}$  và  $U_{\text{tiếp xúc}}$  kết luận về an toàn của người (1) và người (2).

1.7 Tính điện áp bước và điện áp tiếp xúc của mỗi người trong trường hợp sau:



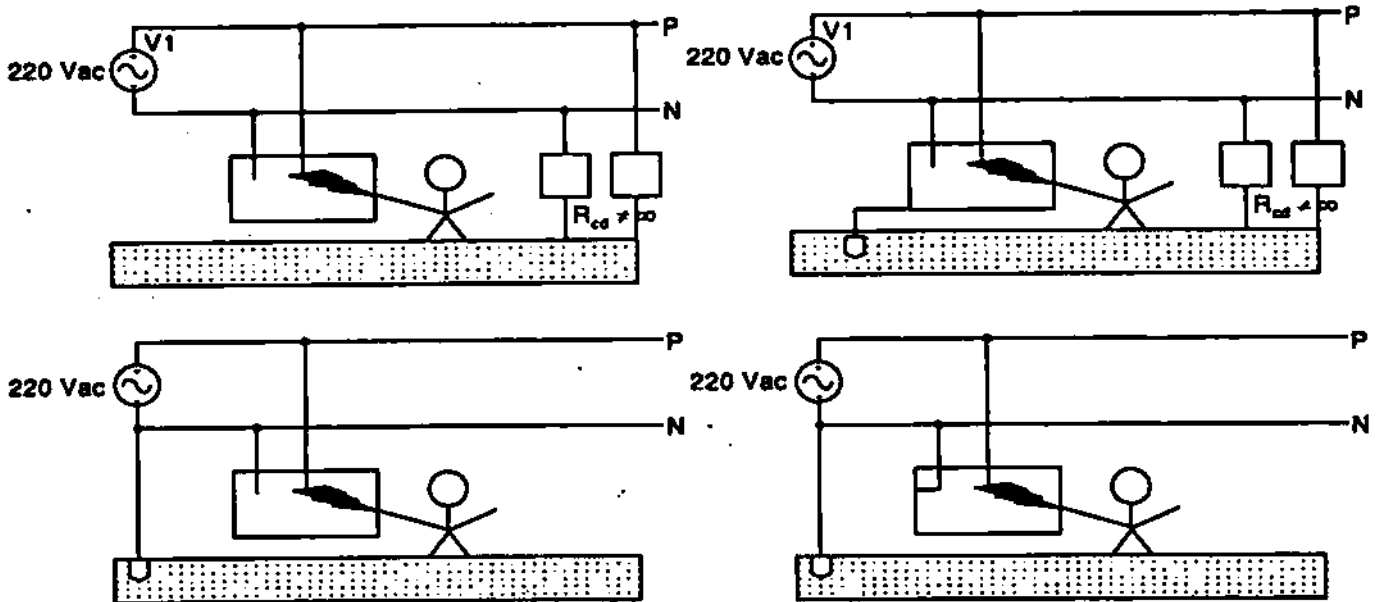
- a) Cho biết  $I_{\text{đất}} = 60\text{A}$ ,  $R_{\text{nối đất}} = 4\ \Omega$ ,  $x_1 = 0\text{m}$ ,  $x_2 = 5\text{m}$ ,  $\rho_{\text{đất}} = 100\ \Omega\text{m}$ ,  $a = 0,5\text{m}$  (khoảng cách bước chân). Dựa trên  $U_{\text{bước}}$  và  $U_{\text{tiếp xúc}}$  kết luận về an toàn của người (1) và người (2) khi  $U_{\text{cp}} = 25\text{V}$ ?
- b) Khi  $x_{\infty} = 20\text{m}$ ; vị trí an toàn nhất ( $U_{\text{bước}} \vee U_{\text{tiếp xúc}} \sim 0\text{V}$ ) đối với hai người này là ở các khoảng cách  $x_1$ ,  $x_2$  nào?

1.8 Phân tích an toàn trong ba trường hợp chạm điện như hình vẽ. Đây là tình trạng chạm trực tiếp hay gián tiếp? Giải thích. Tính điện áp tiếp xúc và kết luận về an toàn khi  $U_{\text{cp}} = 25\text{ (V)}$ . Cho dòng tải của hai thiết bị bằng nhau là  $20\text{A}$ , tải trở.

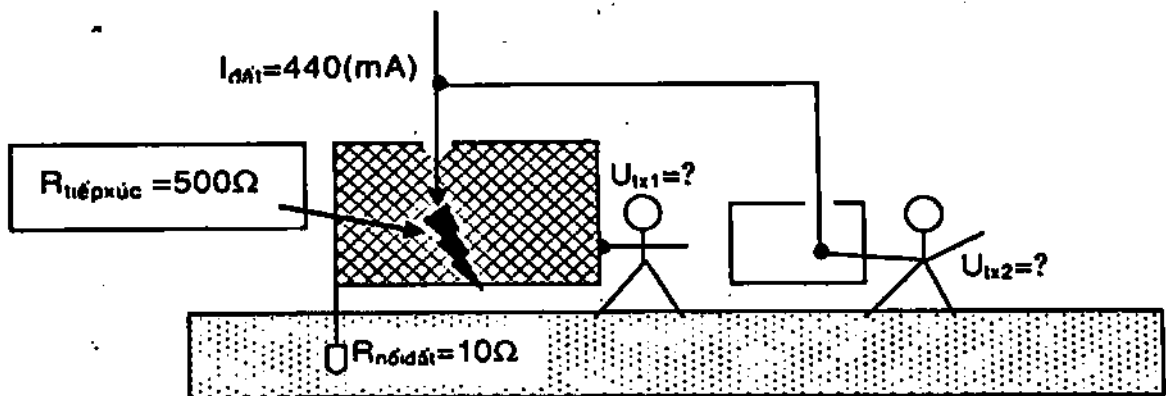


1.9 Cho áp nguồn một pha có trị hiệu dụng 220V;  $f = 50\text{Hz}$ ;  $R_{nén} = 0$ , thông số thiết bị và mạng giống nhau trong các trường hợp, môi trường khô ráo. Hỏi:

- Điện trở người trường hợp nào lớn nhất, tại sao?
- Trường hợp nào nguy hiểm nhất, tại sao? Trường hợp nào an toàn nhất, tại sao?



1.10



Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện như hình vẽ. Đây là tình trạng chạm trực tiếp hay gián tiếp? Giải thích. Tính điện áp tiếp xúc và kết luận về an toàn khi  $U_{cp} = 50\text{ (V)}$ .

*Đề nghị biện pháp bảo vệ an toàn cho 2 người này.*

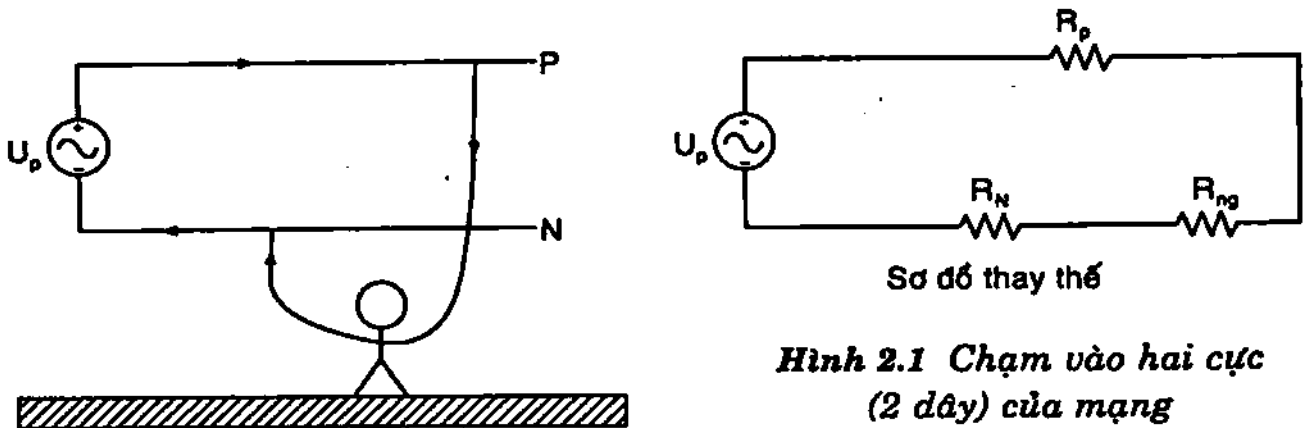
# Chương 2

## PHÂN TÍCH AN TOÀN KHI XẢY RA TẠI NẠN ĐIỆN

### 2.1 TIẾP XÚC TRỰC TIẾP VÀO ĐIỆN

#### 2.1.1 Lưới điện đơn giản (Mạng một pha hoặc điện DC) $U \leq 1000V$

##### 2.1.1.1 Chạm trực tiếp vào hai cực của mạng



Sơ đồ thay thế

Hình 2.1 Chạm vào hai cực  
(2 dây) của mạng

$U_{tx} = U_{ng} \cong U_p$  không phụ thuộc tình trạng vận hành của mạng điện (có tải hay không tải) và tình trạng nối đất của nguồn.

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_p + R_{ng} + R_N} \quad (2.1)$$

thường  $R_{dây} = R_p + R_N \ll R_{ng}$  nên có thể bỏ qua  $\Rightarrow I_{ng} \cong \frac{U_{ng}}{R_{ng}}$  (2.2)

Điều kiện an toàn:

-  $U_p \leq U_{cho\ ph\ ep}$

-  $t_{tx} \leq t_{cp}$

$t_{cp}$  phụ thuộc  $U_{tx}$  và điều kiện môi trường ( $U_{cp}$ )

Ví dụ mạng một pha 220V,  $U_{ng} = 220V$ . Vậy  $U_{ng} > U_{cp} = 50V$

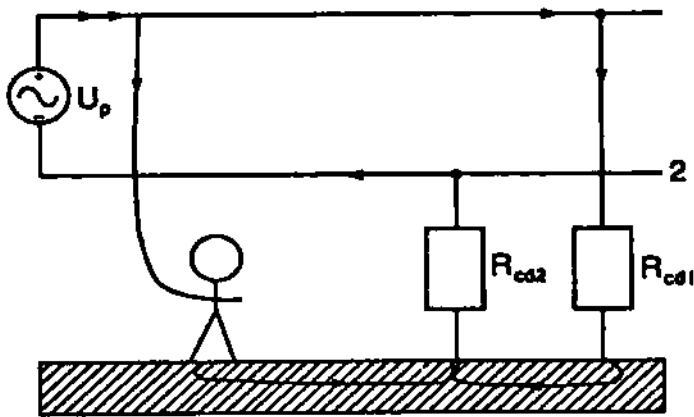
Nếu  $R_{ng} = 2k\Omega$ ;  $I_{ng} = \frac{220}{2 \cdot 10^3} = 110mA \gg 10mA = I_{cpAC}$  rất nguy hiểm.



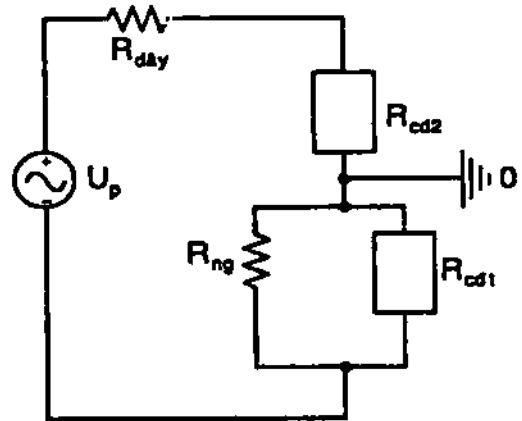
2.1.1.2 Chạm vào một cực của mạng

1- Mạng không nối đất (mạng cách ly)

\* Chạm một dây trong trạng thái mạng bình thường

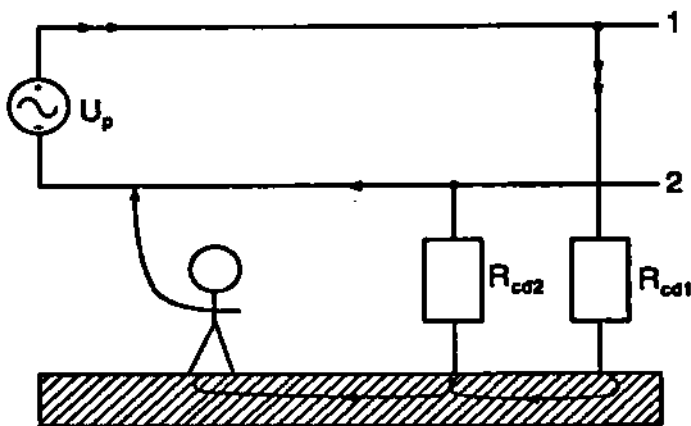


Hình 2.2 Chạm vào dây 1

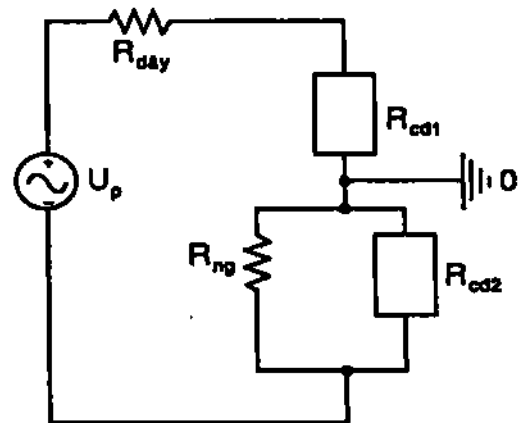


Sơ đồ thay thế hình 2.2

Trong cả hai trường hợp nếu  $R_{cd1} = R_{cd2} = R_{cd}$



Hình 2.3 Chạm vào dây 2



Sơ đồ thay thế hình 2.3

$$I_{ng} = I_z \times \frac{R_{cd}}{R_{cd} + R_{ng}} = \frac{U}{R_{cd} + \frac{R_{cd} \times R_{ng}}{R_{cd} + R_{ng}}} \times \frac{R_{cd}}{R_{cd} + R_{ng}}$$

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}}, R_{day} \ll R_{cd} \text{ có thể bỏ qua} \quad (2.3)$$

Điều kiện an toàn:

$$I_{ng} \leq I_{ngưỡng \text{ an toàn}} \Rightarrow$$

$$\frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \leq I_{ngưỡng} \Rightarrow R_{cd} \geq \frac{U}{I_{ngưỡng}} - 2R_{người} \quad (2.4)$$


Ví dụ:  $I_{cp} \leq 10\text{mA} \Rightarrow \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \leq 10\text{mA}$

Do đó:  $R_{cd} \geq \frac{U}{10 \cdot 10^{-3}} - 2R_{ng}$

Xét:  $R_{ng} = 1.000 \Omega$ ;  $U = 220\text{V}$

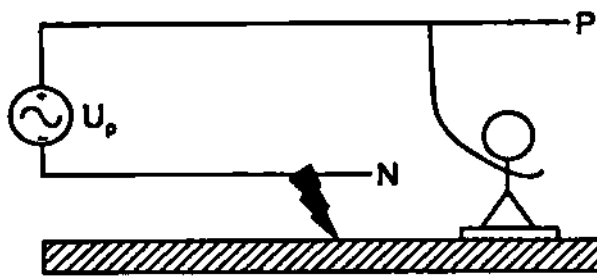
$$R_{cd} \geq \frac{220}{10^{-2}} - 2 \cdot 10^3; R_{cd} \geq 22 - 2 = 20\text{k}\Omega$$

Vậy để đảm bảo  $I_{ng} < 10\text{mA}$ ,  $R_{cd} > 20\text{k}\Omega$ .

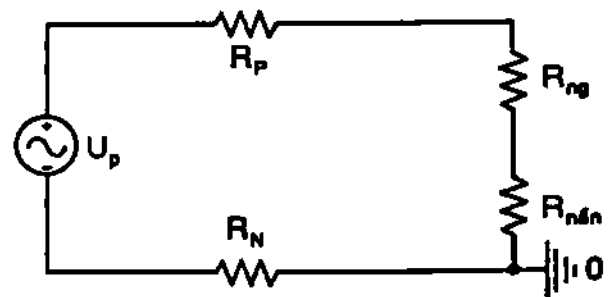
\*\* Nguồn cách ly có thể lấy qua máy biến áp cách ly có ký hiệu 

\* Chạm vào một dây khi dây còn lại bị ngắn mạch xuống đất

Trường hợp này dù dây pha hay dây trung tính bị ngắn mạch xuống đất, người chạm vào dây còn lại sẽ chịu dòng  $I_{ng}$  có giá trị:



Hình 2.4 Dây trung tính chạm đất



Sơ đồ thay thế

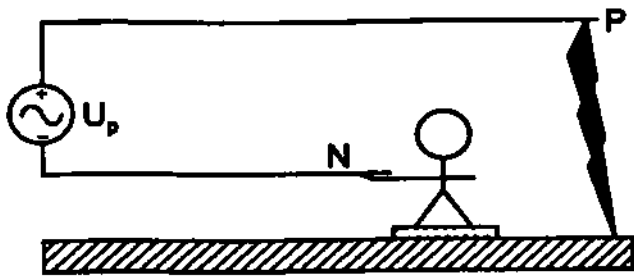
$$I_{ng} = \frac{U_p}{R_p + R_{ng} + R_{nén} + R_N}$$

Thường  $R_p$  và  $R_N$  rất bé so với  $R_{ng}$  và  $R_{nén}$  nên có thể bỏ qua:

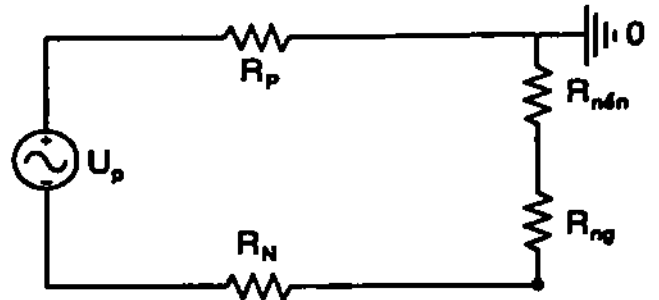
$$I_{ng} = \frac{U_p}{R_{ng} + R_{nén}} \quad (2.5)$$

Ví dụ:  $U_p = 220\text{V}$ ,  $R_{ng} = 2\text{k}\Omega$ ,  $R_{nén} = 10\text{k}\Omega$ ,  $I_{ng} = \frac{220}{12 \cdot 10^3} = 18\text{mA} > 10\text{mA}$ .

Người vẫn có thể bị nguy hiểm.



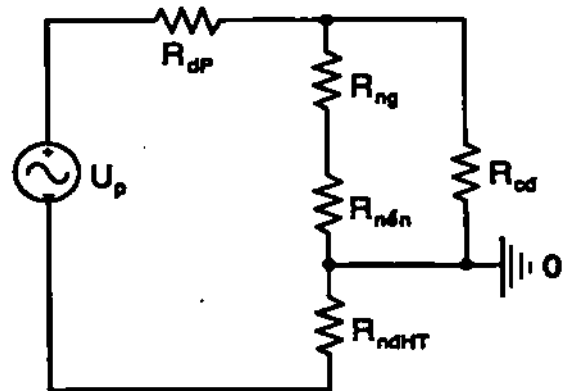
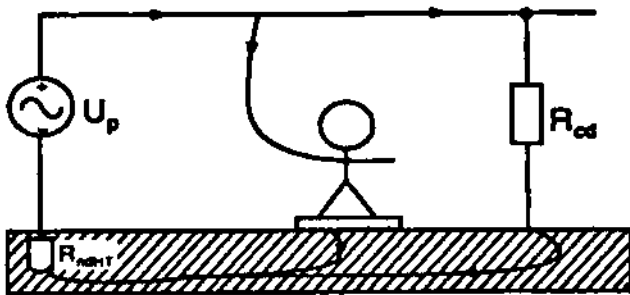
Hình 2.5 Dây pha chạm đất



Sơ đồ thay thế

2- Mạng có nối đất

a) Mạng một sợi là dây pha, đất là dây N



$$I_{\Sigma} = \frac{U_p}{R_{dp} + R_{nd} + \frac{R_{cd} (R_{nén} + R_{ng})}{R_{cd} + R_{nén} + R_{ng}}}$$

$$U_{tx} = I_{\Sigma} \cdot \frac{R_{cd} (R_{nén} + R_{ng})}{R_{cd} + R_{nén} + R_{ng}}$$

$$I_{ng} = I_{\Sigma} \cdot \frac{R_{cd}}{R_{cd} + R_{nén} + R_{ng}}$$

$$I_{ng} = \frac{U_p \cdot R_{cd}}{(R_{dp} + R_{nd})(R_{cd} + R_{nén} + R_{ng}) + R_{cd} (R_{nén} + R_{ng})}$$

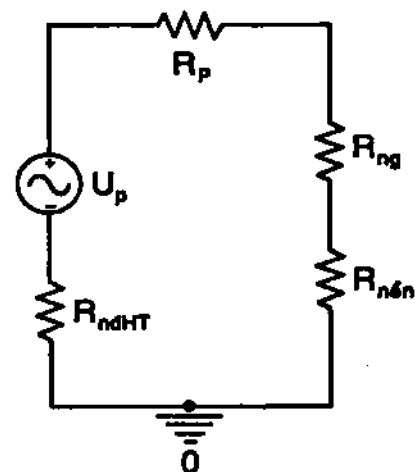
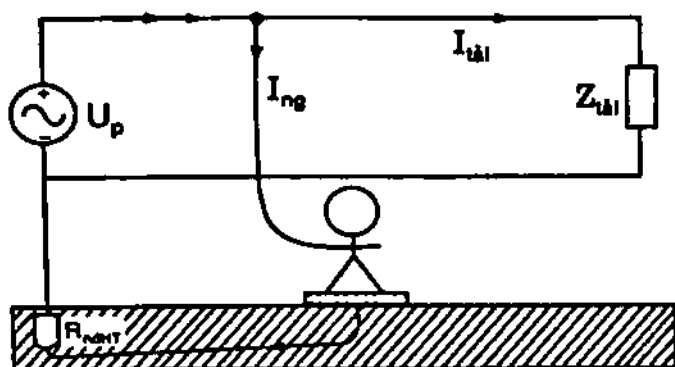
Khi  $R_{dp}$  và  $R_{nd}$  rất bé hơn  $R_{nén}$ , nên có thể bỏ qua:  $(R_{dp} + R_{nd}) \sim 0$

$$I_{ng} \cong \frac{U}{R_{nén} + R_{ng}} \tag{2.6}$$

Trường hợp này, nếu  $R_{nén}$  bé tức môi trường đất chỗ người đứng ẩm ướt,  $I_{ng}$  có thể đủ lớn gây nguy hiểm đối với người chạm trực tiếp vào dây pha của mạng.

b) Mạng hai dây

\* Chạm vào dây pha



Hình 2.6

Sơ đồ thay thế

$$U_{tx} = U_p$$

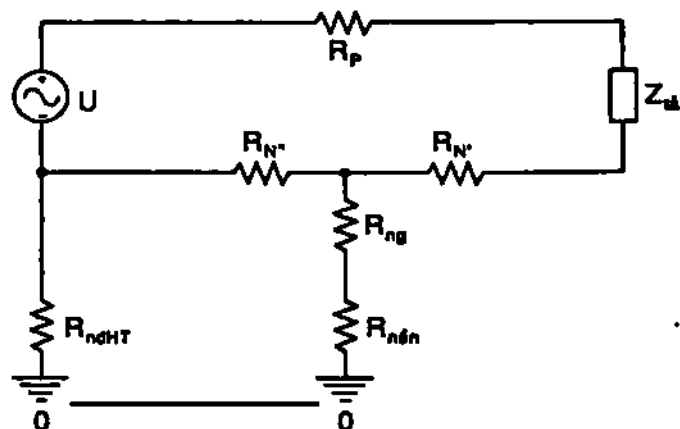
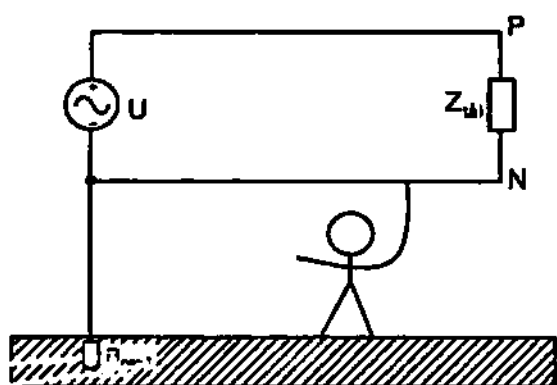
$$I_{ng} = \frac{U_p}{R_{ng} + R_{nen} + R_{ndHT}}$$

(2.7)

bỏ qua  $R_p$ ,  $Z_{tai}$ , và  $R_N$

\* Chạm vào dây trung tính

Phụ thuộc vị trí chạm trên dây trung tính



Hình 2.7

Sơ đồ thay thế

$$U_{tx} = I_{tai} \cdot R_{N'} = U_{\text{trung tính tại vị trí chạm so với đất}}$$

(2.8)

Nếu bỏ qua ảnh hưởng của nhánh rẽ qua  $R_{ng}$  (vì  $R_{ng} \gg R_{N'}$ )

Thực tế ở mạng  $U = 220/380V$ ,  $R_N$  rất bé nên  $U_{\text{trung tính}}$  thường rất bé: ( $U_{\text{trung tính max}} \sim 5\% U_{\text{pha}}$ )

$$\text{Do đó: } I_{ng} = \frac{5\%U_{pha}}{R_{ng} + R_{nón} + R_{ndftr}}$$

Ví dụ mạng 220V  $\Rightarrow 5\%U_{tx} = 11V < U_{cp} = 50V$  nên thường không gây nguy hiểm chết người. Tuy nhiên, trong môi trường ẩm ướt, khi  $R_N \rightarrow 0$ :

$$I_{ng} = \frac{11}{10^3} = 11mA > 10mA$$

Người vẫn bị điện giật và có thể bị nguy hiểm.

### 3- Mạng cáp điện với đất có điện dung lớn

Mạng cáp ngầm có trị số điện dung C rất lớn. Trị số C có thể được tính theo biểu thức sau:

$$C = \frac{2\pi_o\omega_o\omega_rl}{\ln\left(\frac{2h}{r}\right)}$$

$\omega_r$  - hằng số điện môi phụ thuộc cách điện giữa các sợi cáp

$\omega_o$  - hằng số điện môi vật liệu cách điện của cáp

Ví dụ:  $h = 50 \text{ mm}; l = 500 \text{ m}; r = 0,69 \text{ mm}$

$$\omega_r = 1 \text{ (không khí); } \omega_o = 0,8855 \cdot 10^{-13} \text{ F/cm}$$

$$\Rightarrow C = \frac{2\pi \cdot 0,8855 \cdot 10^{-13} \cdot 1.500 \cdot 10^2}{\ln\left(2 \cdot \frac{50}{0,69}\right)} \approx 5,59 \text{ nF}$$

Đường dây trên không khi  $U > 1.000 \text{ V}$ , trị số C có giá trị tương đối lớn và không thể bỏ qua trong tính toán.

- Hiện tượng xả điện tích khi tiếp xúc với đường dây sau khi cắt nguồn

Do trị số C lớn, trong quá trình vận hành sẽ xảy ra hiện tượng cảm ứng và tích lũy điện tích q có giá trị  $q = C \cdot U$  trên đường dây.

Khi cắt nguồn do lượng q tích được nên điện áp trên các dây tại thời điểm cắt nguồn khác 0 và bằng  $U_{du} \cdot U_{du}$  tắt dần theo hàm mũ.

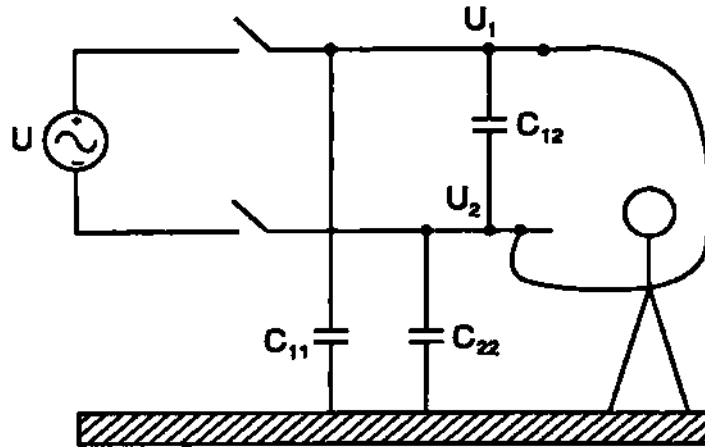
$$\text{Biên độ } U_{du} = |U_1 - U_2| = U_0 \leq 2U_{pha}$$

$$u_{du} = U_0 \times e^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.9}$$

- Người chạm vào hai dây tại thời điểm mạng vừa được cắt nguồn:

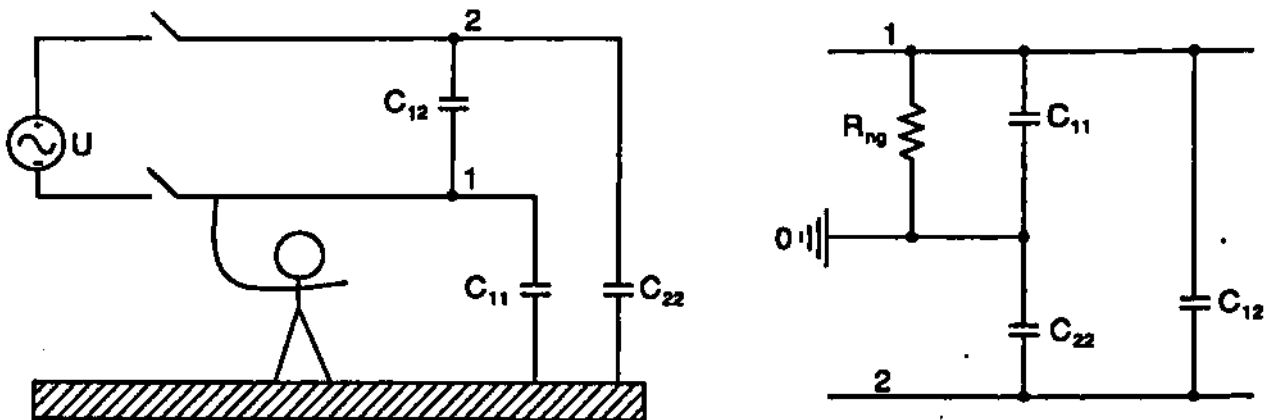
$$I_{ng} = \frac{U_o}{R_{ng}} e^{-\frac{t}{R_{ng}C_{12}}}$$

$U_o$  - giá trị  $U_{du}$  tại thời điểm người chạm vào hai dây



**Hình 2.8** Chạm hai dây khi nguồn vừa được cắt

- Người chạm vào một dây, ví dụ dây 1



**Hình 2.9** Chạm vào một dây sau khi cắt nguồn

Trường hợp này  $U_{ng} = \frac{U_o}{2}$ .

$$\text{Do đó } I_{ng} = \frac{U_o}{2.R_{ng}} e^{-\frac{t}{R_{ng}(C_{11}+2C_{12})}} \quad (2.10)$$

Dòng  $I_{ng}$  này không chỉ nguy hiểm do trị số có thể lớn, thời gian tồn tại phụ thuộc  $R_{ng}$  và  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  mà còn nguy hiểm do nhiệt lượng sinh ra lớn làm đốt nóng thân thể.

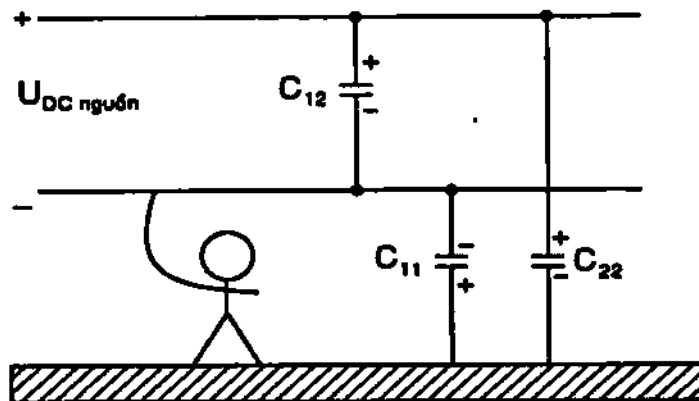
Nhiệt lượng sinh ra:

$$W = \frac{CU^2}{2} \text{ (J)} \quad (2.11)$$

Để đảm bảo an toàn, khi cắt điện để sửa chữa, cần nối đất các đầu dây để xả hết điện tích dư xuống đất trước khi có người thao tác.

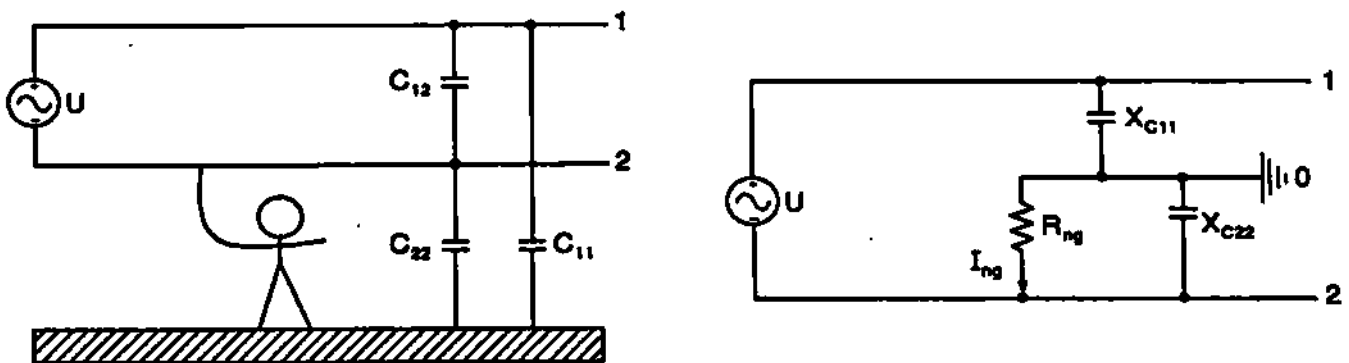
- *Mạng DC có điện dung lớn*: Khi người chạm vào mạng (một dây) sẽ có dòng phóng và nạp đi qua người trong thời gian rất ngắn vì trị số  $C$  tương đối bé.

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng}} e^{-\frac{t}{2R_{ng}C_{11}}} \quad (2.12)$$



Hình 2.10 Chạm một dây trong mạng DC có điện dung lớn

- *Mạng điện xoay chiều một pha có điện dung lớn*



Hình 2.11 Chạm một dây trong mạng DC có điện dung lớn

Bỏ qua  $X_{C12}$ , xem  $R_{cd \text{ pha-đất}} = \infty$

$$X_{C11} = X_{C22} = X_C = -j(\omega C)^{-1}$$

$$Z_{\Sigma} = -j(\omega C)^{-1} + \frac{-jR_{ng}(\omega C)^{-1}}{R_{ng} - j(\omega C)^{-1}}$$

$$I_{ng} = \frac{U \cdot \frac{-j(\omega C)^{-1}}{R_{ng} - j(\omega C)^{-1}}}{-j(\omega C)^{-1} + \frac{-jR_{ng}(\omega C)^{-1}}{R_{ng} - j(\omega C)^{-1}}} = \frac{U}{2R_{ng} - j(\omega C)^{-1}}$$

$$|I_{ng}| = \frac{U}{\sqrt{(2R_{ng})^2 + ((\omega C)^{-1})^2}} = \frac{U}{\sqrt{4R_{ng}^2 + ((\omega C)^{-1})^2}}$$

$$\text{Gọi } \frac{1}{\omega C} = X_C \Rightarrow |I_{ng}| = \frac{U}{\sqrt{4R_{ng}^2 + X_C^2}} \quad (2.13)$$

Dòng điện dung phụ thuộc chủ yếu vào điện áp của mạng, khi U lớn trị số  $I_C$  sẽ rất lớn gây nguy hiểm cho con người.

Dòng điện này chạy liên tục qua cơ thể người trong suốt quá trình người chạm vào một dây bất kỳ của mạng này.

## 2.1.2 Mạng ba pha

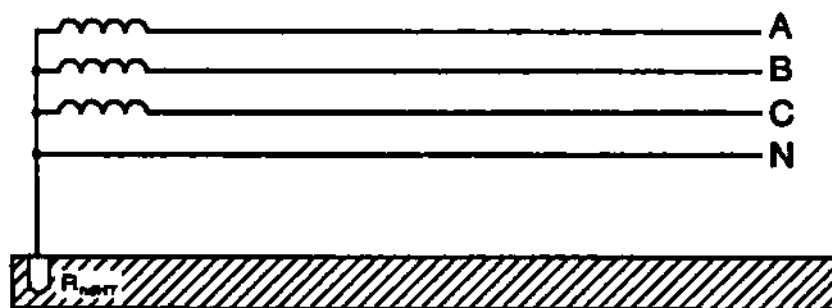
### 2.1.2.1 Cấu trúc mạng ba pha

#### a) Mạng ba pha có trung tính nối đất trực tiếp

Sơ đồ đầu dây nguồn  $Y_o$ ,  $R_{ndHT}$  trung tính nguồn có trị số bé,

$U \geq 110 \text{ kV}$ ;  $R_{ndHT} \leq 0,5 \Omega$ ;  $U < 110 \text{ kV}$ ;  $R_{ndHT} \leq 4 \Omega$

Sơ đồ nối mạng



Hình 2.12 Cấu trúc mạng ba pha trung tính nối đất trực tiếp

$$U_{đất} = U_N; U_{pha} = U_{A-N} = U_{A-đất} = U_{cách điện thiết bị}$$

Khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm đất,  $U_{đất} = U_N = 0$ , điện áp cách điện của các pha không thay đổi, dòng điện sự cố rất lớn, các thiết bị bảo vệ có thể tác động cắt nguồn với thời gian rất ngắn.



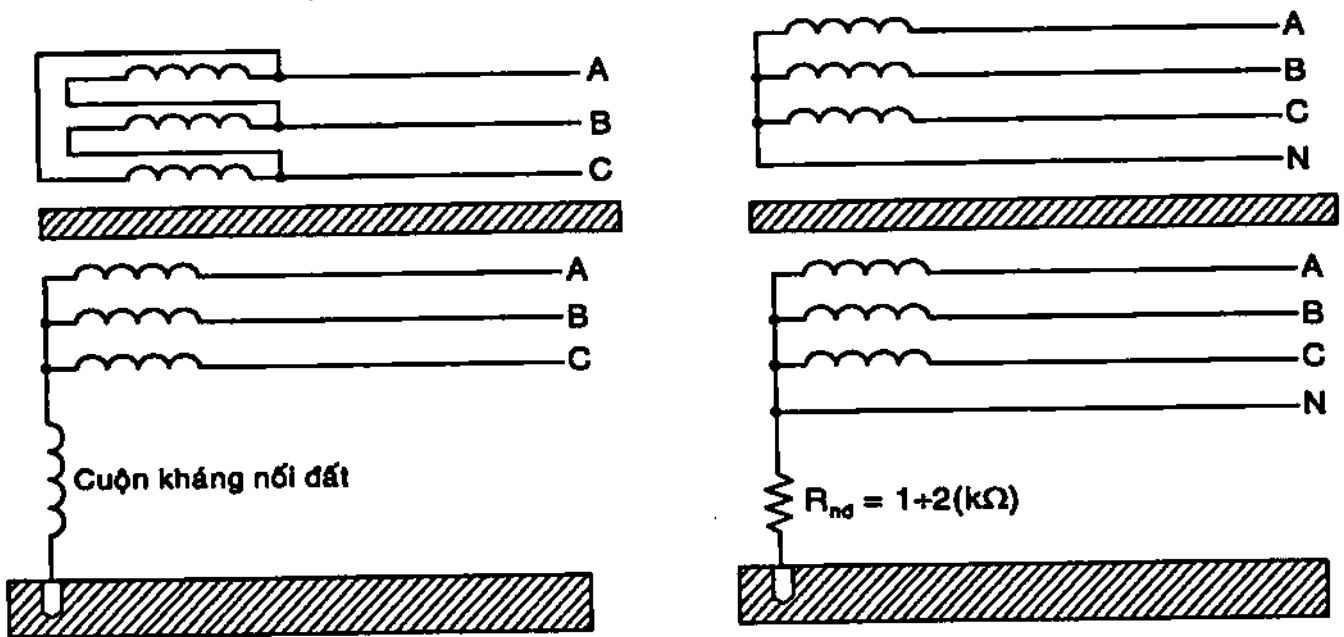
Mạng có cấu trúc  $Y_0$  được áp dụng ở các cấp điện áp:

$U \geq 110$  kV vì lý do kinh tế ( $U_{cd} = U_{pha}$ ) và an toàn trong vận hành.

$U \leq 15$  kV (22 kV) do có rất nhiều phụ tải một pha nối vào mạng (tổ ba máy biến áp một pha...); phụ tải thứ cấp các máy biến áp trung / hạ là loại hệ tiêu thụ một pha và để đảm bảo vận hành an toàn khi bị trôi trung tính thông qua thực hiện nối đất lặp lại dọc dây trung tính.

**b) Mạng có trung tính cách điện (hoặc nối đất qua cuộn kháng, điện trở có trị số lớn)**

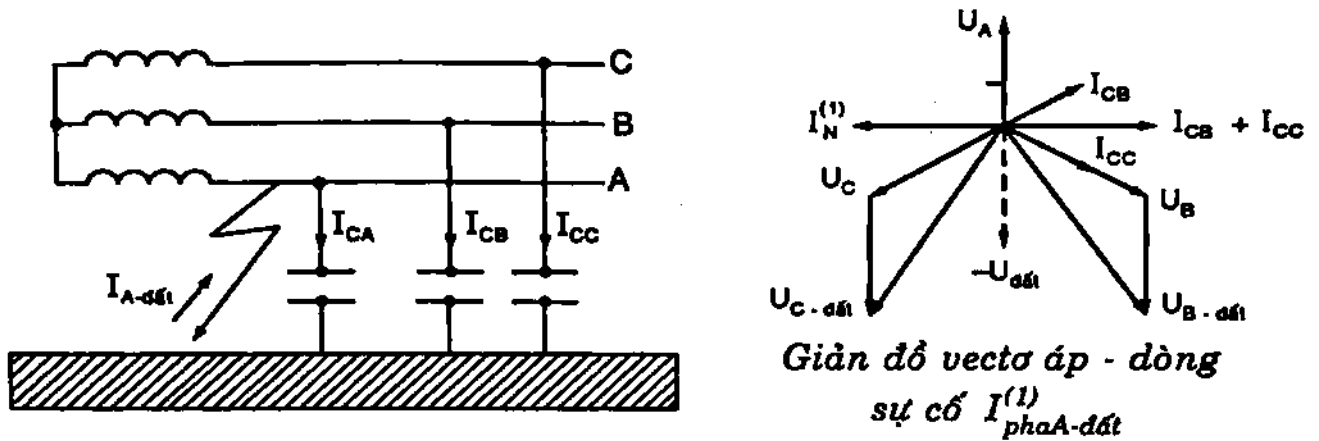
Cấu trúc mạng:



**Hình 2.13** Các cấu trúc mạng ba pha không nối đất trực tiếp

Trong mạng này, khi xảy ra chạm đất một pha, dòng chạm đất có trị số rất nhỏ. ( $I_N = I_c$ ) do đó không cần cắt nguồn. Khi xảy ra chạm đất thêm điểm thứ hai, sự cố trở thành ngắn mạch hai pha chạm đất, dòng điện ngắn mạch lớn, các thiết bị bảo vệ sẽ cắt nguồn.

Giản đồ vectơ dòng - áp khi chạm đất một pha ở mạng này như sau:



Hình 2.14 Chạm đất một pha dòng sự cố  $I_N^{(1)} = -(I_{CB} + I_{CC})$

Khi vận hành bình thường:

$$\dot{I}_\Sigma = \dot{I}_{CA} + \dot{I}_{CB} + \dot{I}_{CC} = 0$$

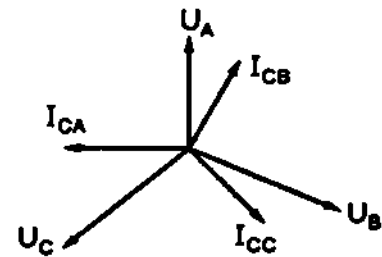
Pha A chạm đất,  $C_{\text{pha A}}$  bị nối tắt

$$I_{CA} = 0; \quad \dot{U}_{\text{dất}} = \dot{U}_A$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{B-\text{dất}} &= \dot{U}_B - \dot{U}_{\text{dất}} \\ &= \dot{U}_B - \dot{U}_A = \dot{U}_{BA} \end{aligned}$$

$$\dot{U}_{C-\text{dất}} = \dot{U}_C - \dot{U}_{\text{dất}} = \dot{U}_C - \dot{U}_A = \dot{U}_{CA}$$

$$|\dot{U}_{B-\text{dất}}| = U_{B-\text{dất}} = \sqrt{3} U_{\text{pha}} = U_{\text{dây}}$$



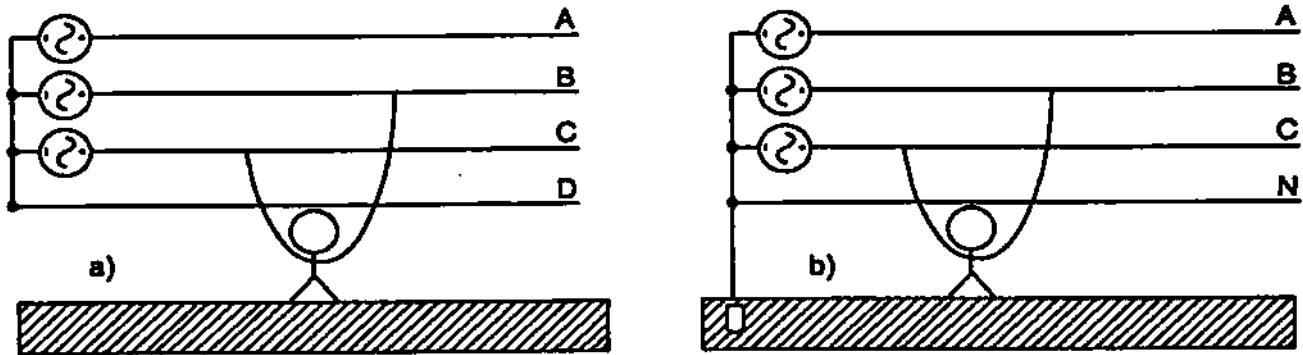
Giản đồ vectơ áp-dòng rò do điện dung đường dây sinh ra trong khi vận hành bình thường

$U_{C-\text{dất}} = U_{B-\text{dất}}$  là điện áp cách điện mà các thiết bị phải chịu khi xảy ra chạm đất. Vậy: Trong tình trạng một pha bị chạm đất, điện áp cách điện so với đất mà hai pha không bị chạm phải chịu tăng lên bằng  $U_{\text{dây}}$ , do đó các thiết bị được sử dụng trong mạng này phải có mức cách điện là  $U_{\text{dây}}$ , giá thành của thiết bị sẽ tăng cao không kinh tế khi cấp điện áp của mạng lớn ( $U \geq 110$  kV).

Ở Việt Nam, cấp điện áp có trung tính cách ly là  $U = 66$  kV; 35 kV; 10,5 kV; 6 kV; 3 kV.  $U = 380$  V chỉ áp dụng mạng trung tính không nối đất khi cần đảm bảo tính liên tục cung cấp điện cao.

2.1.2.2 Chạm trực tiếp trong mạng ba pha

1- Chạm hai dây

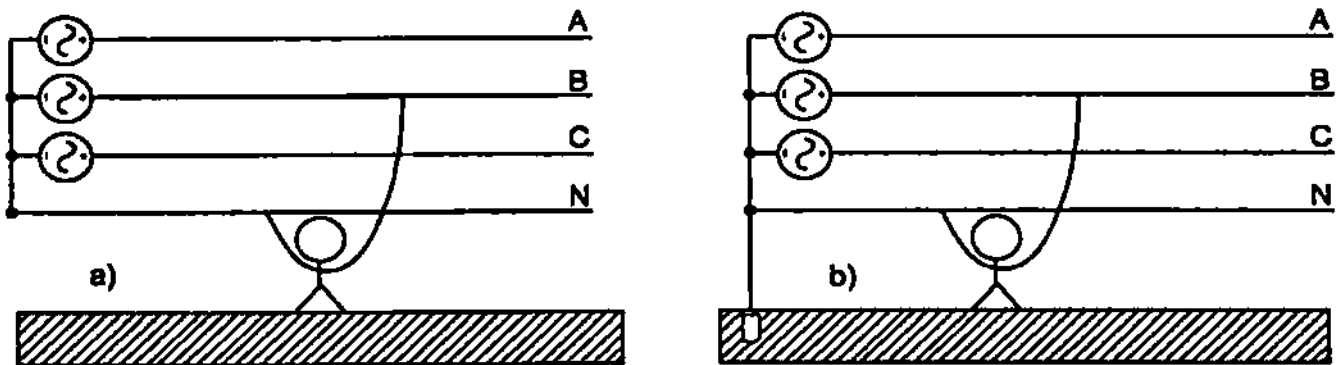


Hình 2.15 Chạm vào hai pha trong mạng không nối đất (a) và mạng có nối đất (b)

$$U_{tx} = U_{dây} \Rightarrow I_{ng\ddot{u}oi} \cong \frac{U_{d\ddot{a}y}}{R_{ng\ddot{u}oi}} \quad (2.14)$$

Điều kiện an toàn:

- $U_{d\ddot{a}y} \leq U_{cp}$
- $t_{ti\ddot{e}p\ x\ddot{u}c} \leq t_{cho\ ph\ddot{e}p}$



Hình 2.16 Chạm vào dây pha và dây trung tính trong mạng không nối đất (a) và mạng có nối đất (b)

$$U_{tx} = U_{pha} \Rightarrow I_{ng\ddot{u}oi} \cong \frac{U_{pha}}{R_{ng\ddot{u}oi}} \quad (2.15)$$

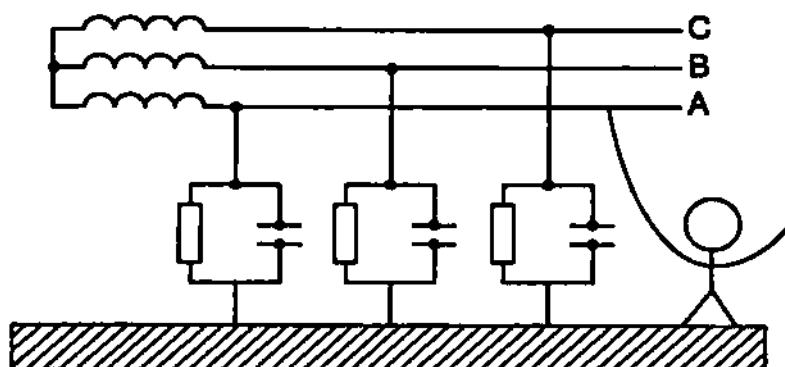
Điều kiện an toàn:

- $U_{pha} \leq U_{cp}$
- $t_{ti\ddot{e}p\ x\ddot{u}c} \leq t_{cho\ ph\ddot{e}p}$

## 2- Chạm một dây

### a) Chạm dây pha

#### a) Mạng ba pha không nối đất trung tính



Hình 2.17 Chạm vào một pha trong mạng không nối đất

\*\* Xét:  $R_{cd} = \infty \Rightarrow g = \frac{1}{R_{cd}} = 0$ ;  $C_A = C_B = C_C = C_{pha}$ . Gọi:  $g_{ng} = \frac{1}{R_{ng}}$

Giải bài toán mạch ba pha không đối xứng,  $U_d$  khi có người đứng trên mặt đất, tiếp xúc vào một trong các dây pha sẽ có trị số khác 0 và được tính bằng biểu thức sau:

$$\begin{aligned}\dot{U}_d &= \frac{(g_{ng} + j\omega C)\dot{U}_A + j\omega C\dot{U}_B + j\omega C\dot{U}_C}{j\omega C + j\omega C + j\omega C + g_{ng}} \\ &= \frac{(g_{ng} + j\omega C)\dot{U}_A + j\omega C(\dot{U}_B + \dot{U}_C)}{3j\omega C + g_{ng}}\end{aligned}$$

Ta có:  $\dot{U}_B + \dot{U}_C = -\dot{U}_A$ . Do đó:  $\dot{U}_d = \frac{\dot{U}_A \cdot g_{ng}}{3j\omega C + g_{ng}}$

$$\dot{U}_{ng} = \dot{U}_A - \dot{U}_d = \dot{U}_A \left( 1 - \frac{g_{ng}}{3j\omega C + g_{ng}} \right) = \frac{j3\omega C \dot{U}_A}{j3\omega C + g_{ng}}$$

Dòng qua người:

$$\dot{I}_{ng} = \frac{\dot{U}_{ng}}{R_{ng}} = \frac{\dot{U}_A}{R_{ng}} \cdot \frac{j3\omega C}{j3\omega C + \frac{1}{R_{ng}}} = \frac{3\dot{U}_A}{3R_{ng} + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\Rightarrow |I_{ng}| = \frac{3U_A}{\sqrt{\left( 9R_{ng}^2 + \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right)}} \quad (2.16)$$

**\*\* Xét  $C_{pha} \rightarrow 0$ ;  $g_A = g_B = g_C = \frac{1}{R_{cd}}$ ;  $g_{ng} = \frac{1}{R_{ng}}$**

Khi người chạm vào một pha:

$$\dot{U}_{đất} = \frac{(g_{ng} + g) \cdot \dot{U}_A + g(\dot{U}_B + \dot{U}_C)}{3g + g_{ng}} = \frac{\dot{U}_A \cdot g_{ng}}{3g + g_{ng}}$$

$$\dot{U}_{ng} = \dot{U}_A - \dot{U}_{đất} = \dot{U}_A \left( 1 - \frac{g_{ng}}{3g + g_{ng}} \right) = \frac{\dot{U}_A \cdot 3g}{3g + g_{ng}}$$

$$I_{ng} = \frac{U_A}{R_{ng}} \cdot \frac{3g}{3g + \frac{1}{R_{ng}}} = \frac{3U_A}{3R_{ng} + R_{cd}}$$

$$I_{ng} = \frac{3U}{3R_{ng} + R_{cd}} \tag{2.17}$$

**\* Xét mạng có  $g$  và  $C$ ; khi người ta chạm vào pha A**

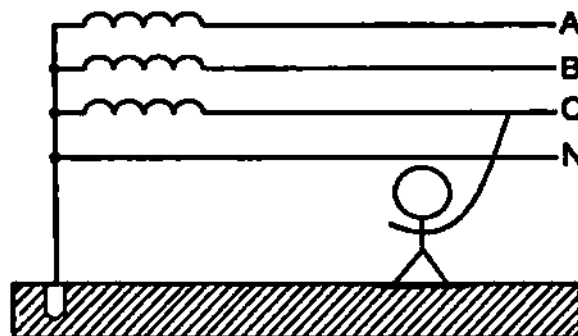
$$U_{đất} = \frac{U_A (g_{ng} + j\omega C + g) + (g + j\omega C)(U_B + U_C)}{3g + 3j\omega C + g_{ng}} = \frac{g_{ng} \cdot U_A}{3(g + j\omega C) + g_{ng}}$$

$$U_{A - đất} = U_{ng} = U_A - U_{đất} = \frac{U_A (3(g + j\omega C))}{3(j\omega C + g) + g_{ng}}$$

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{U_A}{R_{ng}} \cdot \frac{3(g + j\omega C)}{3(j\omega C + g) + g_{ng}} = \frac{3U_A}{3R_{ng} + \frac{1}{g + j\omega C}} = \frac{3U_A}{3R_{ng} + \frac{R_{cd}}{1 + jR_{cd}\omega C}}$$

$$I_{ng} = \frac{3U_A}{3R_{ng} + \frac{R_{cd}(1 - jR_{cd}\omega C)}{1 + R_{cd}^2 \cdot (\omega C)^2}} \tag{2.18}$$

**$\beta$ ) Mạng có trung tính nối đất trực tiếp**



**Hình 2.18** Chạm trực tiếp một pha trong mạng trung tính nối đất

Trường hợp (a) người chạm trực tiếp vào một pha:  $U_{ng} = U_{pha}$

$$I_{ng} = \frac{U_{pha}}{R_{ng} + R_{nén} + R_{nd}} \quad (2.19)$$

Nếu  $R_{nén}$  bé, dòng  $I_{ng}$  sẽ đủ lớn khiến người bị nguy hiểm.

**b) Chạm dây trung tính**

-  $U_{tx} = 0$  khi mạng không tải hoặc tải ba pha đối xứng (ví dụ động cơ điện ba pha)

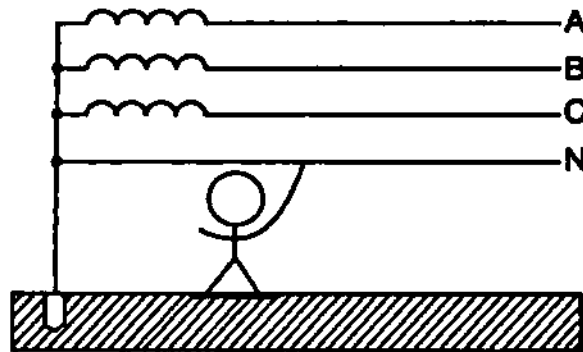
-  $U_{tx} \neq 0$  khi tải không đối xứng:

+ Có dây trung tính nối từ tải về trung tính nguồn:

$$U_{tx} = \sum I_{Ni} \cdot R_{Ni}; \quad i = 1 \div n \text{ đoạn dây trung tính có dòng điện.} \quad (2.20)$$

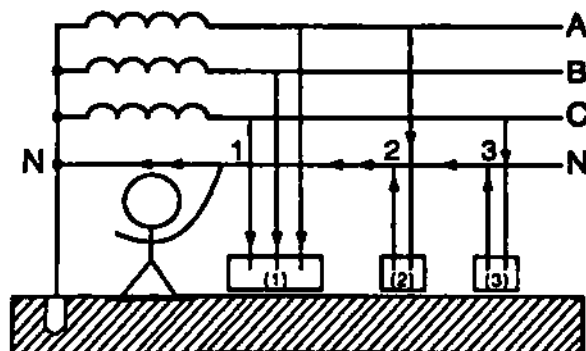
+ Đứt dây trung tính (trôi trung tính)

$$\dot{U}_{tx} = \frac{\dot{U}_A \cdot \dot{Y}_A + \dot{U}_B \cdot \dot{Y}_B + \dot{U}_C \cdot \dot{Y}_C}{\dot{Y}_A + \dot{Y}_B + \dot{Y}_C} \quad (2.21)$$



**Hình 2.19** Chạm dây trung tính trong mạng trung tính nối đất

Ví dụ:

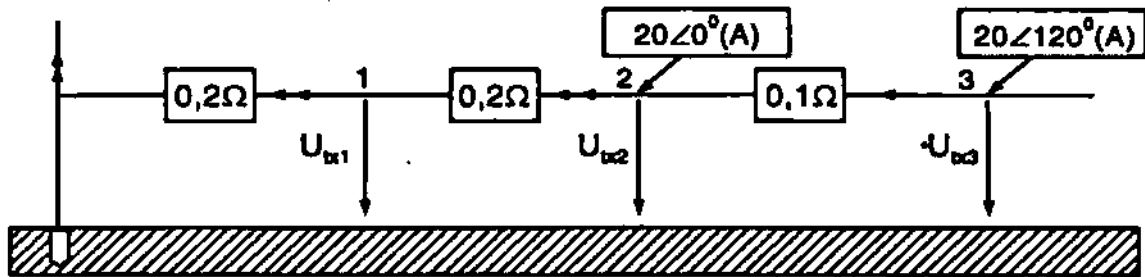


**Hình 2.20a** Ví dụ tính  $U_{tx}$  khi chạm dây trung tính

Tải (1) loại ba pha,  $I_A = I_B = I_C = 50$  (A); tải (2) loại một pha,  $I_A = I_N = 20$  (A); tải (3) loại một pha,  $I_C = I_N = 20$  (A);  $\cos\varphi$  tải  $\cong 1$ . Bỏ qua  $X_{\text{dây}}$ ;  $R_{N1} = 0,2\Omega$ ;  $R_{12} = 0,2\Omega$ ;  $R_{23} = 0,1\Omega$ . Tính  $U_{\text{tx}}$  khi người đứng dưới đất tay chạm lần lượt vào nút 1; 2; 3.

**\*\* Khi dây N'N không bị đứt:**

Mạch thay thế dây trung tính để tính  $U_{\text{tx}}$ .



**Hình 2.20b** Mạch tương đương hình 2.20a

Chọn  $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ$  (V)  $\Rightarrow I_{(2)} = 20\angle 0^\circ$  (A);  $I_{(3)} = 20\angle 120^\circ$  (A)

$I_{32} = I_{(3)} = 20\angle 120^\circ$  (A)

$I_{21} = I_{(2)} + I_{(3)} = 20\angle 120^\circ + 20\angle 0^\circ = 20\angle 60^\circ$  (A)

$U_{\text{tx1}} = 0,2 \times 20\angle 60^\circ = 4\angle 60^\circ$  (V)  $< U_{\text{CP}} = 50$  (V)

$U_{\text{tx2}} = 0,4 \times 20\angle 60^\circ = 8\angle 60^\circ$  (V)  $< U_{\text{CP}} = 50$  (V)

$U_{\text{tx3}} = 8\angle 60^\circ + 0,1 \times 20\angle 120^\circ = 9,17\angle 70,89^\circ$  (V)  $< U_{\text{CP}} = 50$  (V)

**Kết luận:** Khi dây trung tính có điện trở bé, các  $U_{\text{tx}}$  có trị số rất bé, chạm vào dây trung tính sẽ an toàn.

**\*\* Đứt dây trung tính:**

+ Giữa N và 1:

Bỏ qua điện trở dây đoạn 3-2.

$U_{\text{tx1}} = U_{\text{tx2}} = U_{\text{tx3}}; Y_A = Y_B = \frac{20}{220} \left(\frac{1}{\Omega}\right)$

$U_{\text{tx}} = \frac{\dot{U}_A \dot{Y}_A + \dot{U}_C \dot{Y}_C}{\dot{Y}_A + \dot{Y}_C} = \frac{\dot{U}_A + \dot{U}_C}{2} = -\dot{U}_B = -\frac{220\angle -120^\circ}{2} = 110\angle 60^\circ$  (V)

+ Giữa 1 và 2:  $U_{\text{tx1}} = 0; U_{\text{tx2}} = U_{\text{tx3}} = 110$  (V) tương tự trường hợp trên.

+ Giữa 2 và 3:

$I_{21N} = 20\angle 0^\circ$  (A);  $U_{\text{tx1}} = 0,2 \times 20\angle 0^\circ = 4$  (V)

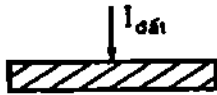
$U_{\text{tx2}} = 0,4 \times 20\angle 0^\circ = 8$  (V);  $U_{\text{tx3}} = 220\angle 120^\circ > U_{\text{cp}} = 50$  (V)

## 2.2 TIẾP XÚC GIÁN TIẾP VÀO ĐIỆN ÁP

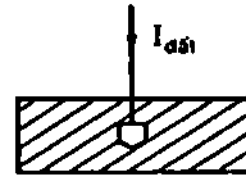
### 2.2.1 Hiện tượng dòng điện đi trong đất ( $I_{đ\grave{a}t}$ ) và sự tăng điện thế đất (GPR: *Ground Potential Rise*)

Xét hai trường hợp sau:

Khi dây pha bị đứt rơi xuống đất



Khi thiết bị điện xảy ra hiện tượng chạm vỏ do hư hỏng cách điện, vỏ thiết bị được nối đất qua điện trở tiếp đất  $R_d$



Trong hai trường hợp này, dòng điện sự cố sẽ chạy giữa vị trí chạm đất hoặc điện cực nối đất, tỏa ra môi trường đất xung quanh để trở về nguồn hoặc đi qua điện cực nối đất khác.

Hiện tượng này đã được phân tích trong chương 1.

Như đã phân tích khi  $x \rightarrow \infty$  thì  $\vec{j} \rightarrow 0$  nghĩa là đất tại đây có điện áp  $U_d \sim 0$ . Vậy độ tăng điện áp (GPR) tại điểm có tọa độ  $x_A \neq \infty$  so với chỗ có dòng  $I_d$  đi vào đất được tính như sau:

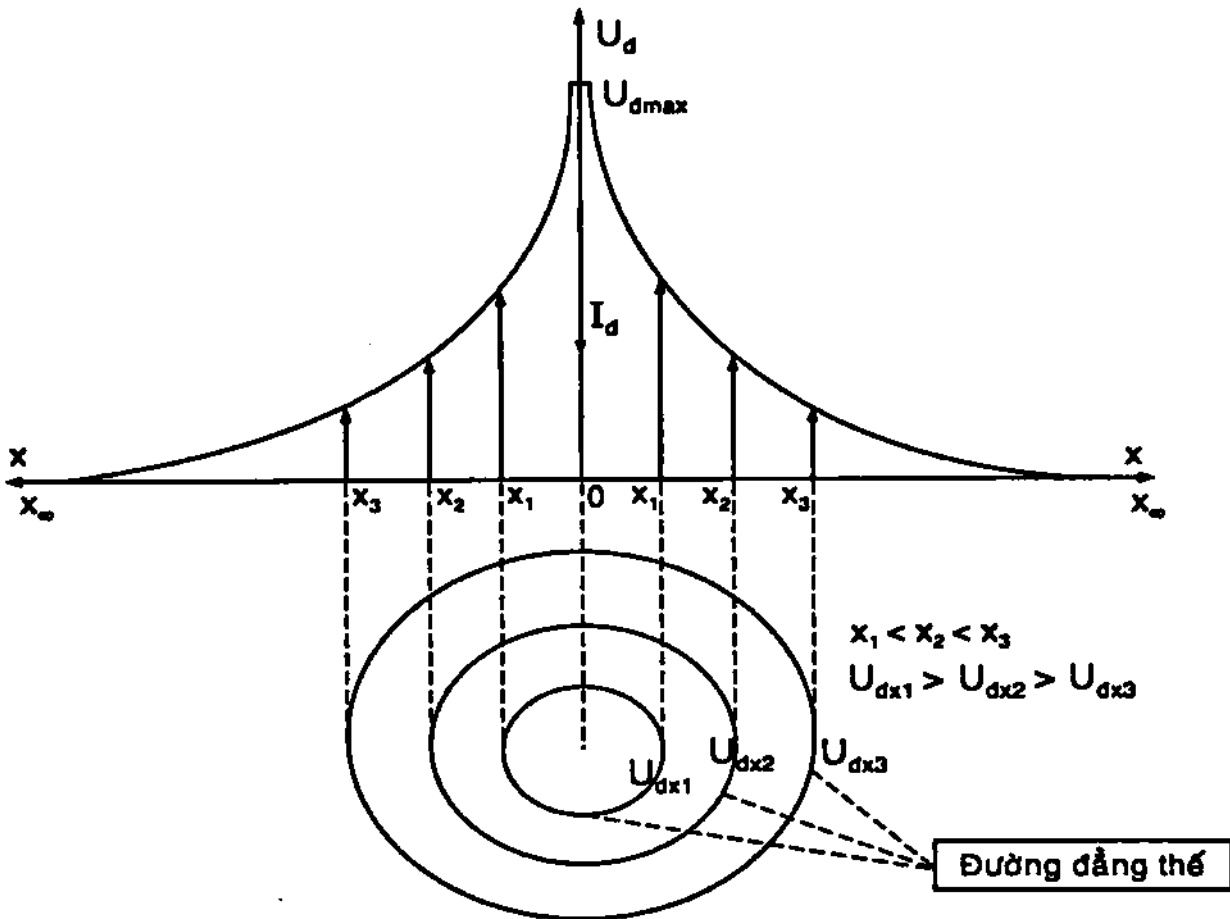
$$\rho_A = U_A = \int_{x_A}^{\infty} du = \rho_d I_d \int_{x_A}^{\infty} \frac{dx}{2\pi x^2} = \frac{\rho_d I_d}{2\pi} \left( \frac{1}{x_A} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{\rho_d I_d}{2\pi x_A} \quad (2.22)$$

Nếu  $x_A \rightarrow 0$  tức xét  $U_d$  tại vị trí có  $I_d$  đi vào ta có  $U_d \rightarrow \max$  với trị số được xác định:  $U_{d\max} = I_d \cdot R_{nd}$  trong đó  $R_{nd}$  điện trở tản của đất.

Do  $\rho_d, I_d$  có thể xem là hằng số, ta có:  $U_{đ\grave{a}t}$  bất kỳ  $x = K \cdot \frac{1}{x}$ ;  $K = \frac{\rho_d}{2\pi}$

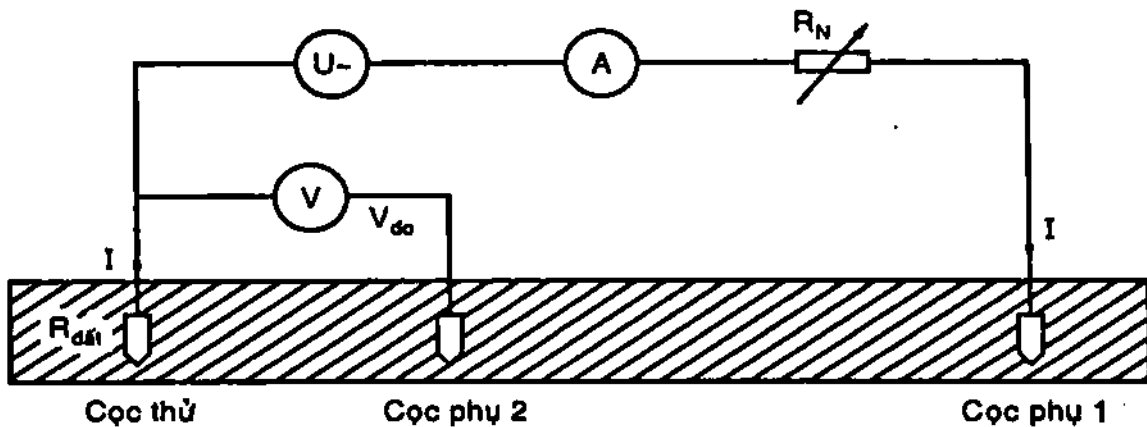
Vậy sự phân bố độ tăng điện thế đất xung quanh chỗ có  $I_d$  đi vào có dạng *hyperboloid* tròn xoay như hình vẽ minh họa sau:





Hình 2.21 Đồ thị biểu diễn  $U_d$  (GPR) =  $f(x)$  đo bằng thực nghiệm

Cách đo để xác định sự phân bố GPR quanh chỗ có  $I_d$  đi vào:



Hình 2.22 Cách xác định sự phân bố điện thế  $U_{dất}$  (GPR) bằng thực nghiệm

Điện thế của đất tại vị trí bất kỳ  $U_{dất x}$  được xác định bằng công thức sau:

$$U_{dx} = I \cdot R_d - V_{do}$$

$R_d$  - điện trở tản của đất ứng với cọc thử

$I$  - dòng chạy từ cọc phụ 1 tới cọc thử đo được bằng Ampere kế

$V_{do}$  - độ chênh áp giữa cọc phụ 2 và cọc thử đo bằng Volt kế.

Di chuyển cọc phụ 2 ở các vị trí hợp lý, có thể xây dựng được đường phân bố thế quanh cọc thử.

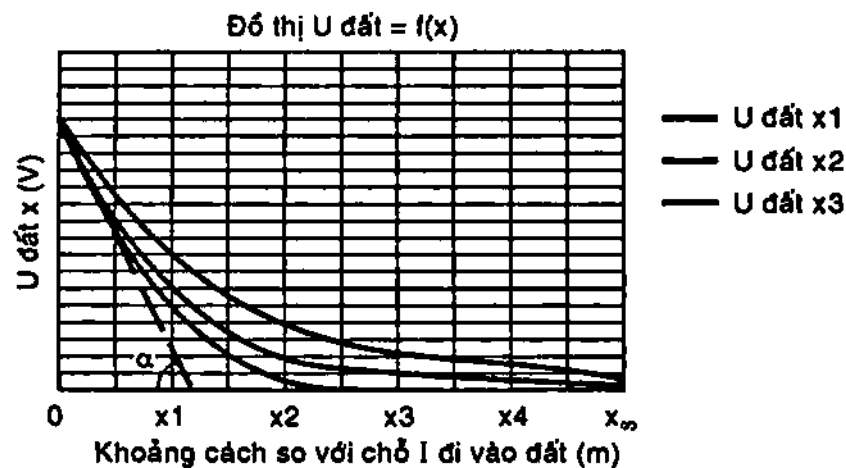
$U_{\sim}$  - nguồn độc lập có tần số khác tần số công nghiệp,  $f = 85\text{Hz} \div 135\text{Hz}$  không sử dụng nguồn một chiều tránh sai số do ảnh hưởng dòng tản (*stray current*) và dòng rò trong đất từ các hệ thống thông tin hoặc hệ thống điện lân cận.

Độ dốc của đường phân bố thế  $\alpha$  (*potential gradient*):

Mật độ dòng điện  $\vec{j}$  tại chỗ dòng điện đi vào trong đất rất cao so với các vị trí lân cận, do đó độ dốc điện áp tại đây rất lớn:

$$\alpha = \text{arctg} \frac{du}{dx} \quad \text{hay} \quad \alpha = \text{arctg} \frac{\Delta u}{\Delta x}$$

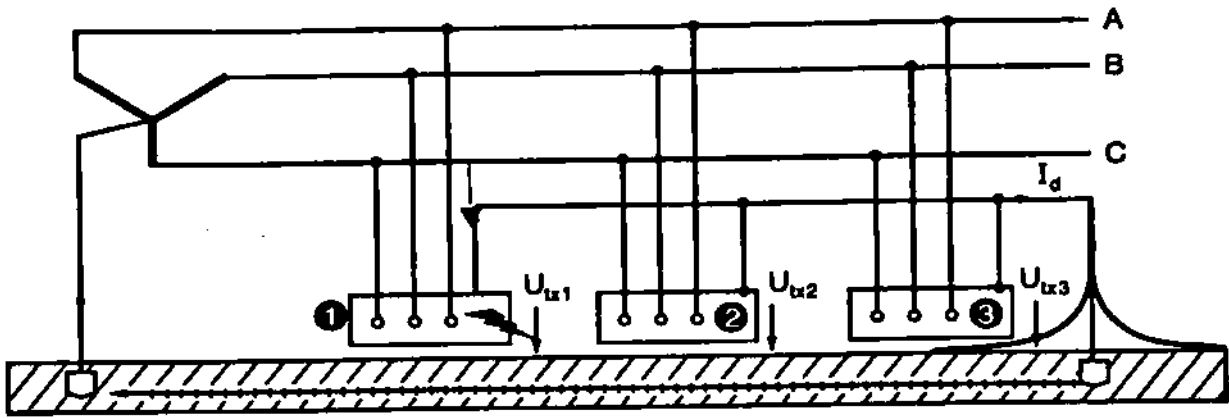
Càng cách xa chỗ dòng điện đi vào trong đất, điện trở càng giảm, do đó điện áp rơi dọc theo các lớp đất càng giảm dần. Ứng với các loại đất khác nhau,  $\alpha$  sẽ có các giá trị khác nhau:  $\alpha$  càng lớn, mối nguy hiểm do điện áp tiếp xúc hoặc điện áp bước càng lớn.



**Hình 2.23** Các đường phân bố điện thế có độ dốc khác nhau

### 2.2.2 Điện áp tiếp xúc ( $U_{tx}$ )

$U_{tx}$  là điện áp lớn nhất có thể đặt lên cơ thể người ở hai điểm khác nhau (tay-chân, tay-tay,...) khi người tiếp xúc vào vật có mang điện áp do hiện tượng hư hỏng cách điện của các phần tử có liên quan trong mạch điện.



Hình 2.24 Ví dụ về điện áp tiếp xúc

Ví dụ: Khi thiết bị (1) bị chạm vỏ,  $U_{v0}$  tất cả ba thiết bị  $= I_d \cdot R_{ndTB}$

Giả sử có ba người đang đứng trên mặt đất, tay chạm vào vỏ của các thiết bị, họ sẽ chịu các điện áp  $U_{tx}$  sau:

$$U_{tx1} = U_{tay1} - U_{chân1} = U_{v01} - U_{x1} = I_d \cdot R_{ndTB} \text{ vì } U_{x1} \sim 0$$

$$U_{tx2} = U_{tay2} - U_{chân2} = U_{v02} - U_{x2} = I_d \cdot R_{ndTB} \text{ vì } U_{x2} \sim 0$$

$$U_{tx3} = U_{tay3} - U_{chân3} = U_{v03} - U_{x3}; U_{tx3} < I_d R_{ndTB} \text{ vì } U_{x3} \neq 0.$$

Do  $x_3 < x_2 < x_1$  nên  $U_{x1}$  và  $U_{x2} < U_{x3} \Rightarrow U_{tx1}, U_{tx2} > U_{tx3}$ .

Trong trường hợp độ dốc  $\alpha$  (potential gradient) lớn, vị trí  $x_\infty$  rất gần so với chỗ dòng đi vào đất,  $U_{x1}$  và  $U_{x2}, U_{x3} = 0, U_{tx} \equiv U_{v0} = I_d \cdot R_{ndTB}$ , các  $U_{tx}$  đạt trị số rất lớn ( $\equiv I_d \cdot R_{ndTB}$ ) và có thể gây nguy hiểm đối với người nếu không có các biện pháp bảo vệ thích hợp.

### 2.2.3 Điện áp bước ( $U_{bước}$ )

**Định nghĩa:** Điện áp bước là điện áp giáng giữa hai chân người khi người đi vào vùng đất có điện.

$$U_b = \int_x^{x+a} \frac{I_d \cdot \rho_d}{2\pi x} dx = \frac{I_d \cdot \rho_d}{2\pi} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{I_d \cdot \rho_d \cdot a}{2\pi \cdot x \cdot (x+a)} \quad (2.23)$$

trong đó:  $\rho_d$  - điện trở suất của đất ( $\Omega \cdot m$ )

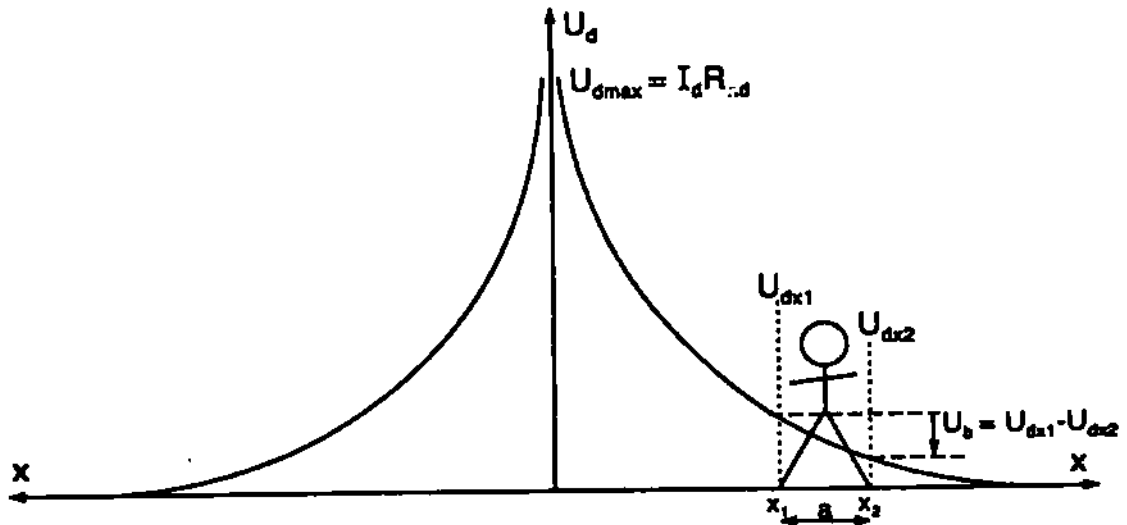
$I_d$  - dòng điện đi vào trong đất (A)

$x(m)$  - vị trí từ chỗ chân người đứng tới chỗ dòng  $I_d$  đi vào đất

$a$  - chiều dài bước chân, thường chọn  $a = 0,8 \text{ m}$

**Chú ý:** • Khi  $x \rightarrow 20 \text{ m}$ ,  $U_b \rightarrow 0$

- Khi người đứng hai chân tại hai điểm của cùng một đường đẳng thế  $U_b = 0$
- Khi người đứng chụm hai chân lại,  $a \rightarrow 0$ ,  $U_b \rightarrow 0$



**Hình 2.25** Cách xác định  $U_{bước}$

### 2.2.4 Biện pháp giảm $U_{bước}$ và $U_{tx}$ bằng cách làm giảm gradient điện thế (giảm góc $\alpha$ )

Theo quy định  $U_{HT} > 1.000 \text{ V}$ ;  $U_{tx \text{ max}} < 250 \text{ V}$ ;  $t_{cắt \text{ nguồn}} < 0,1 \text{ s}$

$U_{HT} < 1.000 \text{ V}$   $U_{tx \text{ max}} < 50 \text{ V}$

Trong nhiều trường hợp, để giảm  $U_b$  và  $U_{tx}$ , người ta thực hiện các biện pháp sau:

#### 2.2.4.1 Giảm trị số dòng chạm đất

a) Nối đất trung tính nguồn (máy phát hoặc máy biến áp) qua điện trở hoặc điện kháng - biện pháp này sẽ làm tăng tổng trở mạch vòng sự cố do đó  $I_d$  giảm.

$$I_d = \frac{U_p}{R_{dây} + R_{ndtb} + R_{ndHT} + R} \quad (2.24)$$

Trong trường hợp này,  $I_d$  sẽ nhỏ hơn so với khi trung tính nguồn không có điện trở  $R$ .

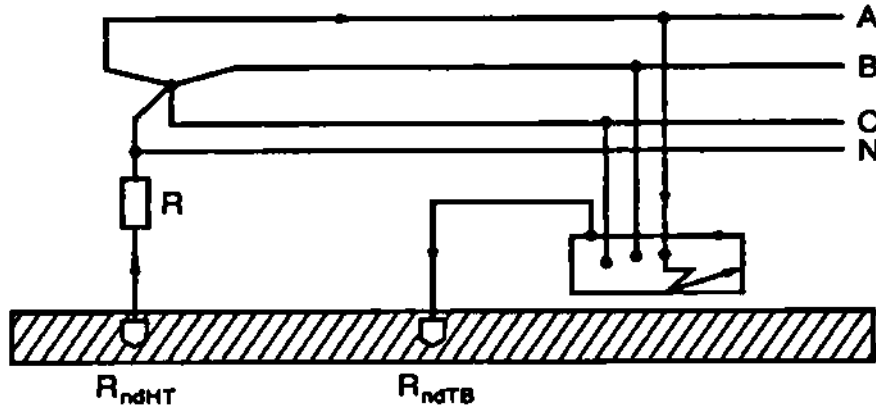
$$I_d = \frac{U_p}{R_p + R_{ndTB} + R_{ndHT}}; \quad U_{tx \text{ max}} = I_d \cdot R_{ndtb}$$

Ví dụ:  $U_p = 220V$ ;  $x = x_{\infty}$ ;  $R_p = 0$ ;  $R_{ndtb} = 10 \Omega$ ;  $R_{ndHT} = 4 \Omega$ .

Trước khi mắc R:  $U_{\alpha} = \frac{220}{10+4} \cdot 10 = 157 V$

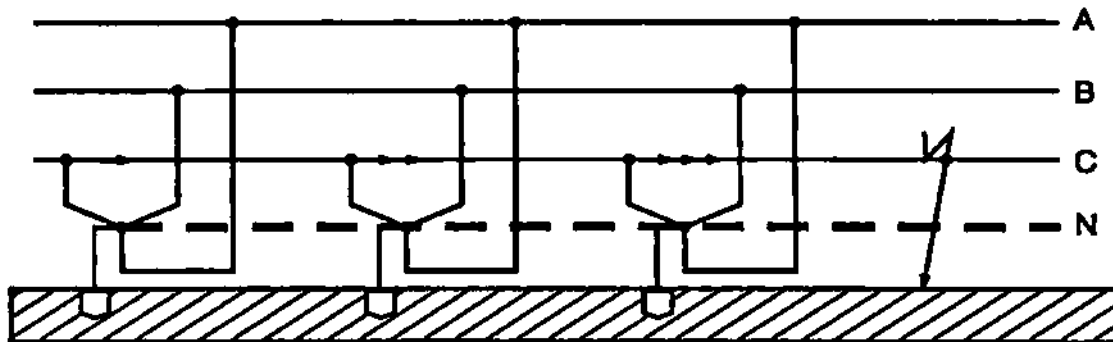
Ví dụ chọn  $R = 30 \Omega$ .

Sau khi mắc R:  $U_{\alpha} = \frac{220}{10+4+30} \cdot 10 = 50 V$



**Hình 2.26** Giảm  $I_{đđt}$  bằng cách nối trung tính qua R

b) Trong trường hợp có nhiều máy phát và máy biến áp làm việc song song, có thể cắt bớt trung tính nối đất của một vài máy phát hay máy biến áp.

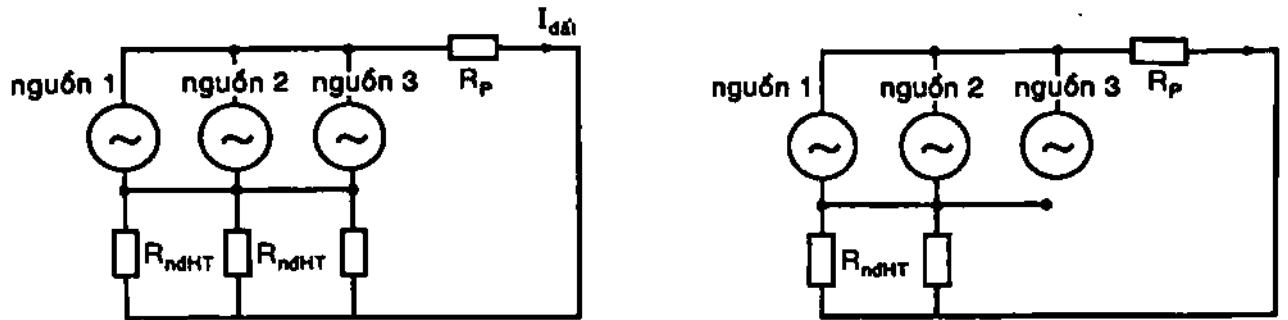


**Hình 2.27a**  $I_{đđt}$  trong mạng có ba nguồn nối đất trung tính

Sơ đồ thay thế khi nối đất trung tính ba máy phát:

$$I_{đđt} = \frac{U_{pha}}{R_{pha} + \frac{R_{ndHT}}{3}} = \frac{3U_{pha}}{3R_{pha} + R_{ndHT}}$$

Khi hở mạch trung tính - đất nguồn 3

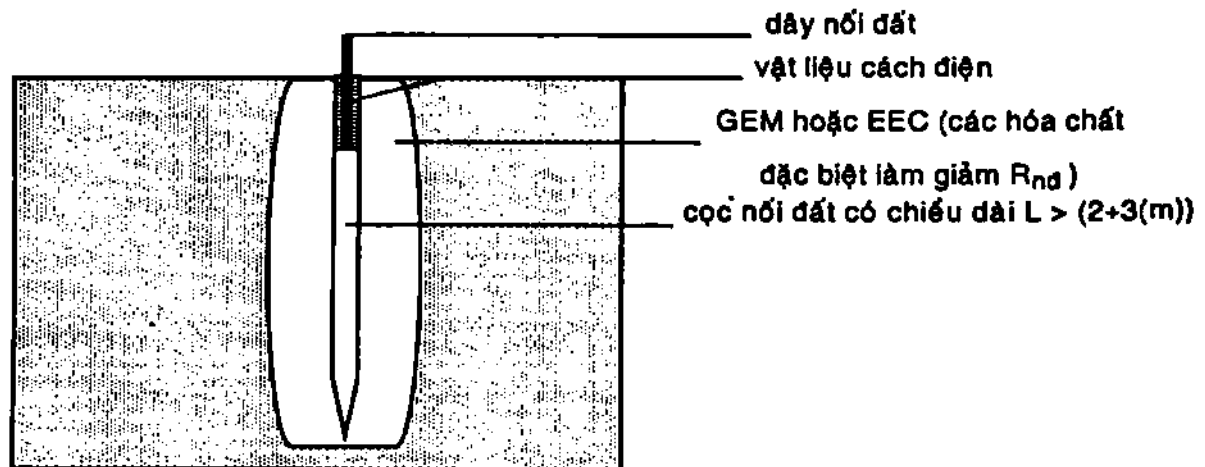


**Hình 2.27b** *Cắt trung tính nối đất nguồn 3*

Nguồn 3 không tham gia vào mạch tạo dòng sự cố, dòng chạm đất được tính bằng công thức sau:

$$I_{\text{đất}} = \frac{2U_{\text{pha}}}{2R_{\text{pha}} + R_{\text{ndHT}}}$$

#### **2.2.4.2** *Tăng chiều dài và số lượng cọc nối đất để giảm điện trở nối đất*

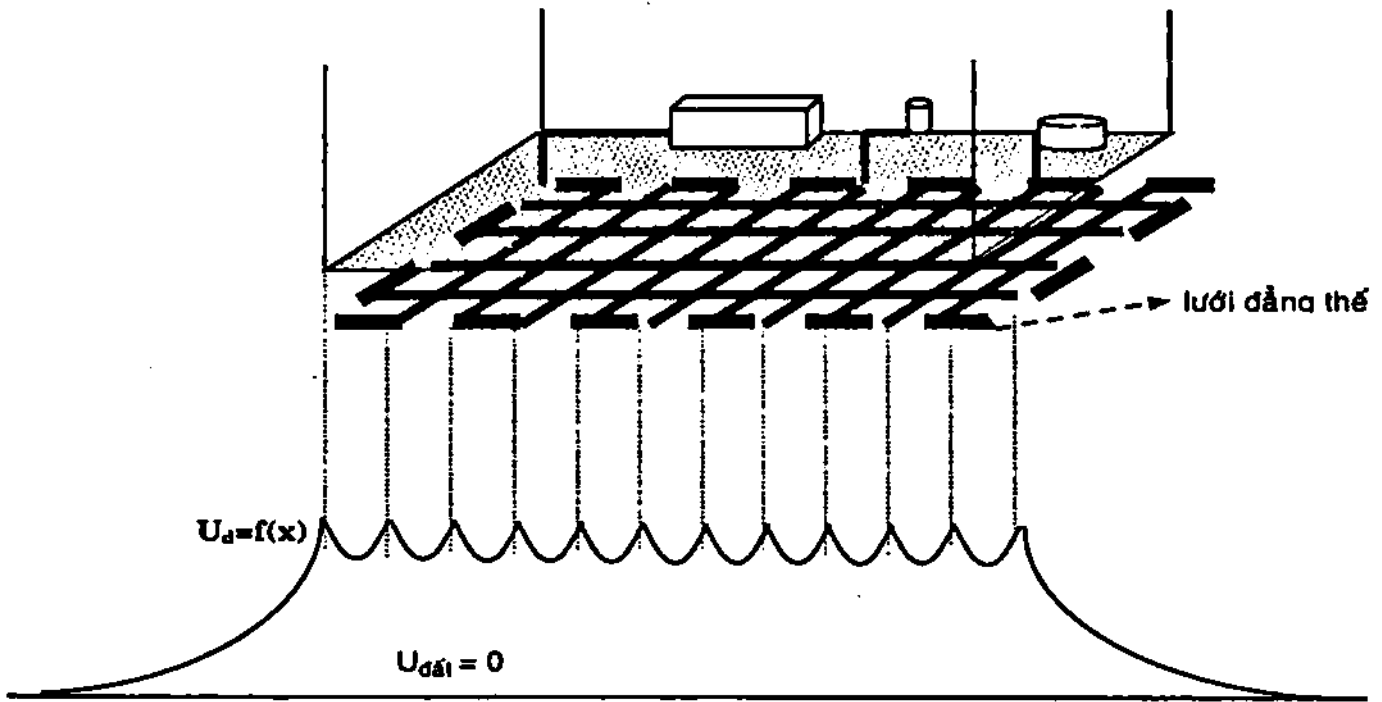


**Hình 2.28** *Giảm  $R_{\text{nối đất}}$  bằng cách tăng chiều dài cọc*

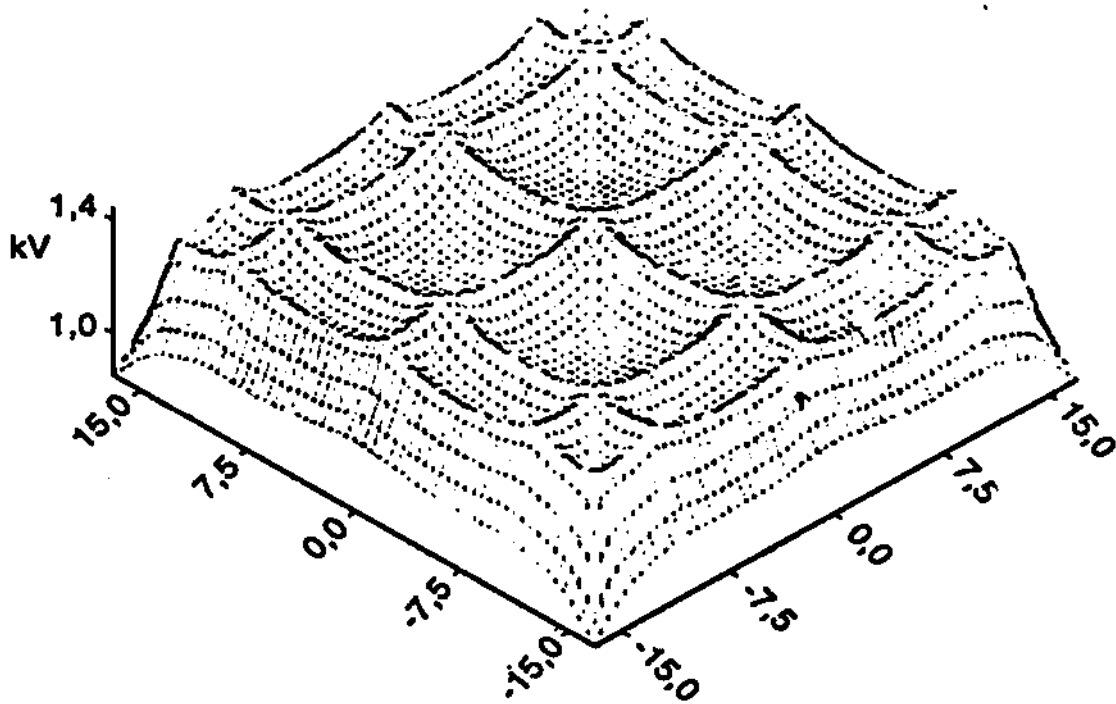
#### **2.2.4.3** *Sử dụng loại “đất” đặc biệt làm giảm $R_{\text{nd}}$ bọc chung quanh các điện cực nối đất (Ground Enhancement Material-GEM)*

Khi  $\rho_{\text{đất}}$  rất cao có thể sử dụng *Earth Enhancing Compound (EEC)*.

2.2.4.4 Sử dụng lưới đẳng thế nối đất (earthing grids)

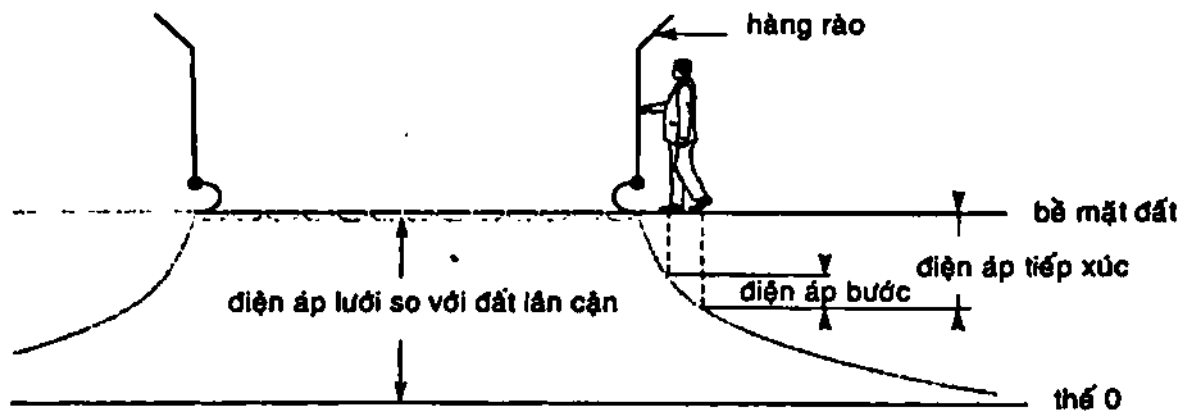


Hình 2.29a San bằng điện thế bằng lưới đẳng thế



Hình 2.29b Phân bố điện thế trên lưới đẳng thế 16 mức lưới có cọc nối đất

Sử dụng lưới đẳng thế nối đất trong trường hợp phạm vi ảnh hưởng của sự phân bố điện thế lớn do  $I_{\text{chạm vỏ}} = I_{\text{đất}}$  rất lớn. Ví dụ các sân phân phối thiết bị của trạm biến áp hoặc nhà máy điện; người ta sử dụng lưới nối đất thay vì cọc nối đất nhằm san phẳng điện áp trên bề mặt đất của toàn khuôn viên khi có  $I_d$  đi vào lưới (H.2.29).



Hình 2.30 Phân bố điện thế của lưới nối đất

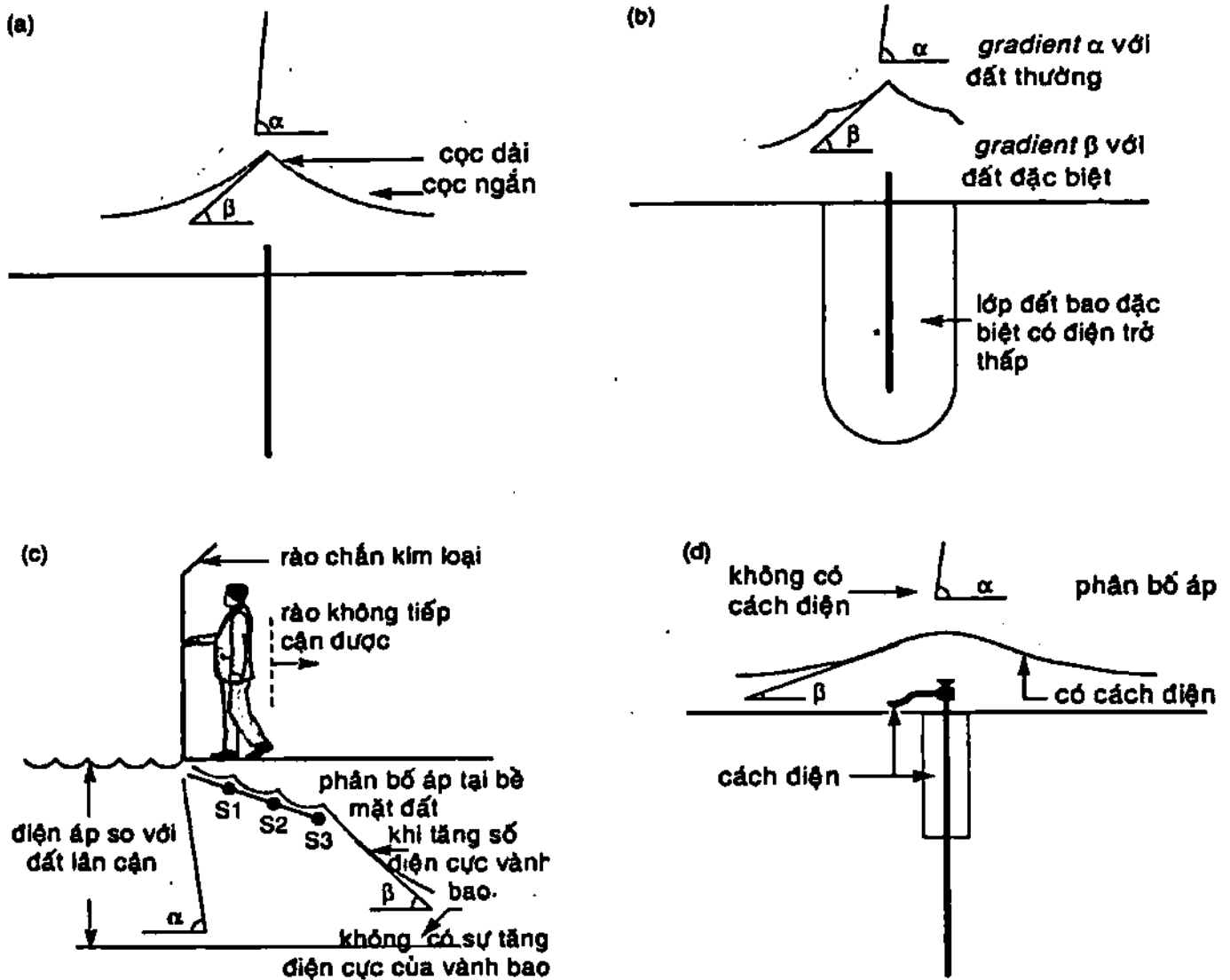
Vậy, khi người đứng trong phạm vi lưới nối đất  $U_{\text{lx}}$  và  $U_b$  có thể giảm thấp đến trị số an toàn. Tuy nhiên, khi người từ ngoài bước vào trạm hoặc chạm tay vào hàng rào (cửa) bằng kim loại có thể chịu  $U_b$  hoặc  $U_{\text{lx}}$  lớn. Người ta hạn chế mối nguy hiểm trong các trường hợp này bằng cách chôn các điện cực dạng thanh theo các độ sâu tăng dần (*grading*) dọc lối vào cổng (H.2.30).

**\* Các biện pháp khác để giảm nguy hiểm gradient điện thế trên mặt đất**

Phương pháp đơn giản nhất là tạo hàng rào chắn xung quanh điện cực nối đất và có biển báo. Thông dụng hơn là phủ lớp cách điện trên sàn (bằng plastic, thảm cao su...) hoặc ở các vị trí ngoài trời, có thể đổ các lớp vật liệu có điện trở cao như đá nhỏ, nhựa đường hoặc đá cuội, sỏi sạch để tăng điện trở nền, giảm dòng chạy qua chân người.

Cần chú ý với mức điện áp đã cho thì điện áp tiếp xúc là nguy hiểm hơn so với điện áp bước (vì ở trường hợp đầu, một phần đáng kể dòng điện sẽ đi qua cơ thể sống vào ngực). Nếu sự phân bố thế thỏa tiêu chuẩn về điện áp tiếp xúc, thì điều kiện về điện áp bước cũng thỏa.





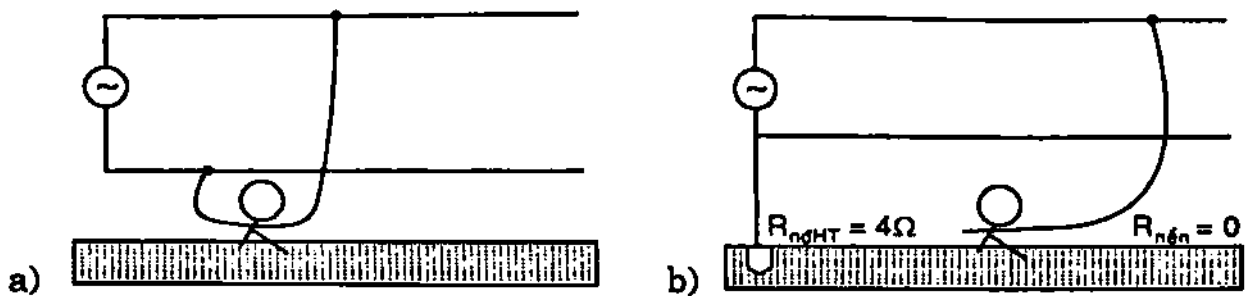
**Hình 2.31** Điện áp và các phương pháp giảm gradient điện thế trong kiểu nối đất thông dụng

*Lưu ý:* Các cọc của lưới đẳng thế được chôn hoàn toàn trong đất và nối tới một đầu nối. Điểm nối vào đầu cọc cần phải được bọc cách điện.  $S_1, S_2, S_3$  là các điện cực chạy song song với hàng rào và được nối với nhau theo nguyên tắc giật cấp, khoảng cách chôn sâu giữa các cọc cần đảm bảo là bằng nhau.

Điện trở gần đúng của cọc tỉ lệ nghịch với chiều dài của nó.

### 2.3 BÀI TẬP

2.1 Phân tích an toàn trong hai trường hợp sau:



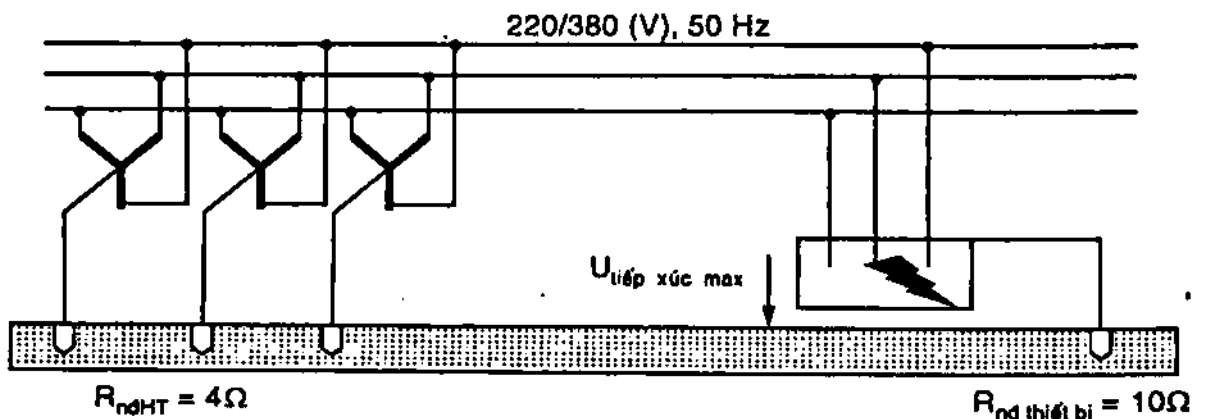
$U_{hiệudụng} = 220V, f = 50Hz, U_{chopphép} = 50V$ , môi trường khô ráo.

Bỏ qua điện trở dây dẫn.

Người trong hai trường hợp có da thuộc loại bình thường.

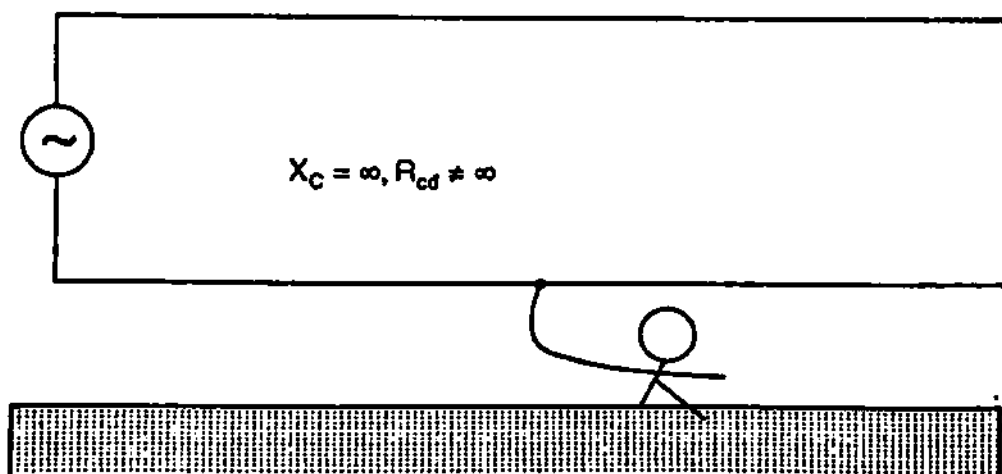
2.2 Bỏ qua điện trở dây dẫn. Tính  $U_{tiếpxúcmax}$  trong trường hợp trên. Kết luận về an toàn khi  $U_{chopphép} = 50V$ .

Hãy nêu các biện pháp có thể giảm  $U_{tiếpxúcmax}$  trong trường hợp này.

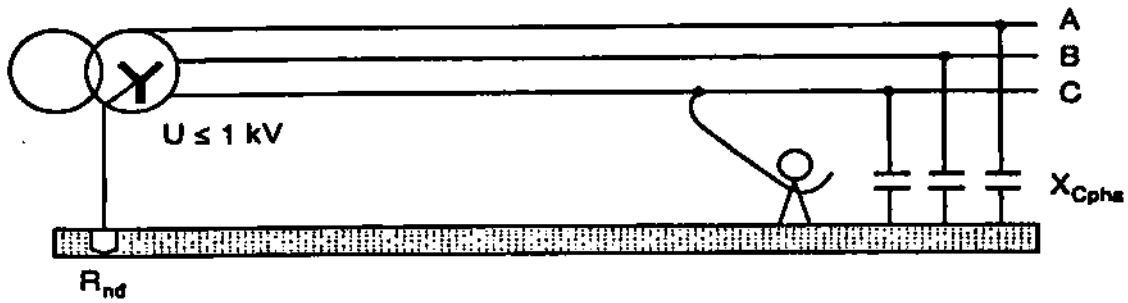


2.3 Xác định điều kiện an toàn trong trường hợp sau:

$U_{hiệudụng} = 220V, f = 50Hz$ .

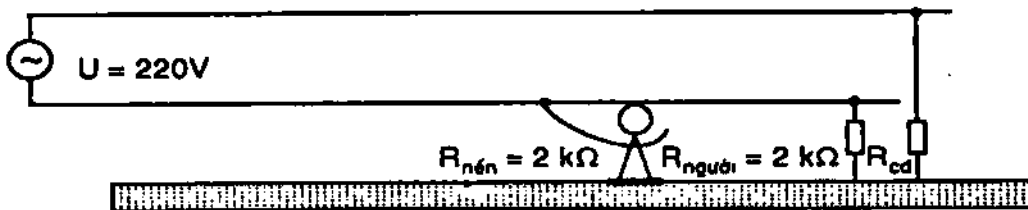


2.4 Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện trực tiếp sau:



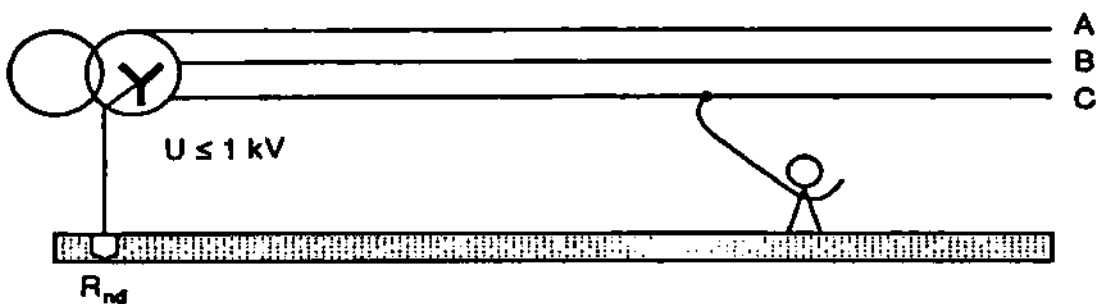
Vẽ phân bố dòng qua người, viết biểu thức tính  $I_{ng}$ , nêu điều kiện để người được an toàn.

2.5 Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện trực tiếp sau:



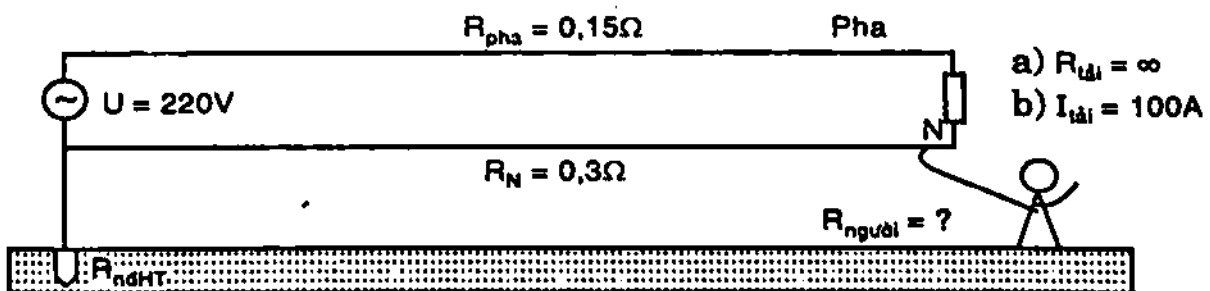
Vẽ phân bố dòng qua người, viết biểu thức tính  $I_{ng}$ , kết luận về điều kiện an toàn ( $R_{cd}$ ) trong trường hợp nêu trên.

2.6 Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện trực tiếp sau:



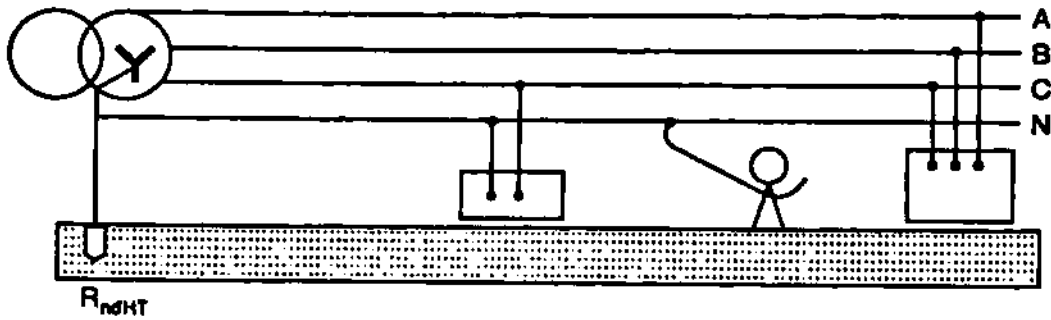
Vẽ phân bố dòng qua người, viết biểu thức tính  $I_{ng}$ , nêu điều kiện để người được an toàn.

2.7 Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện trực tiếp sau:



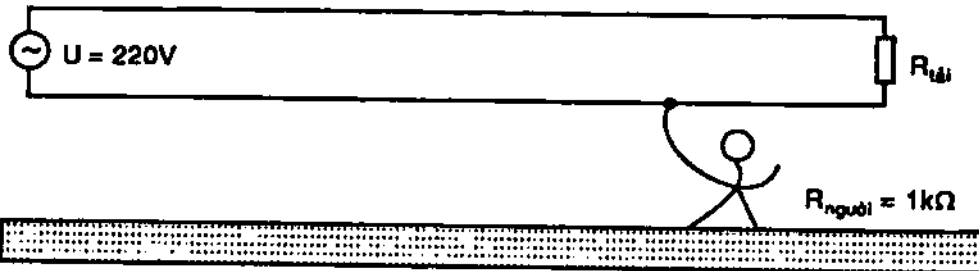
Vẽ phân bố dòng qua người, viết biểu thức tính  $I_{ng}$ , kết luận về an toàn trong hai trường hợp (a),(b) nêu trên  $R_{nén} = 0$ .

2.8 Phân tích an toàn trong trường hợp chạm điện trực tiếp sau:

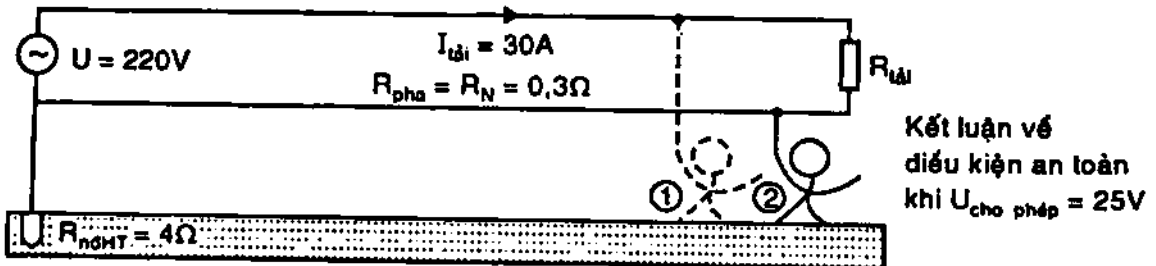


Vẽ phân bố dòng qua người, viết biểu thức tính  $I_{ng}$ , nêu điều kiện để người được an toàn.

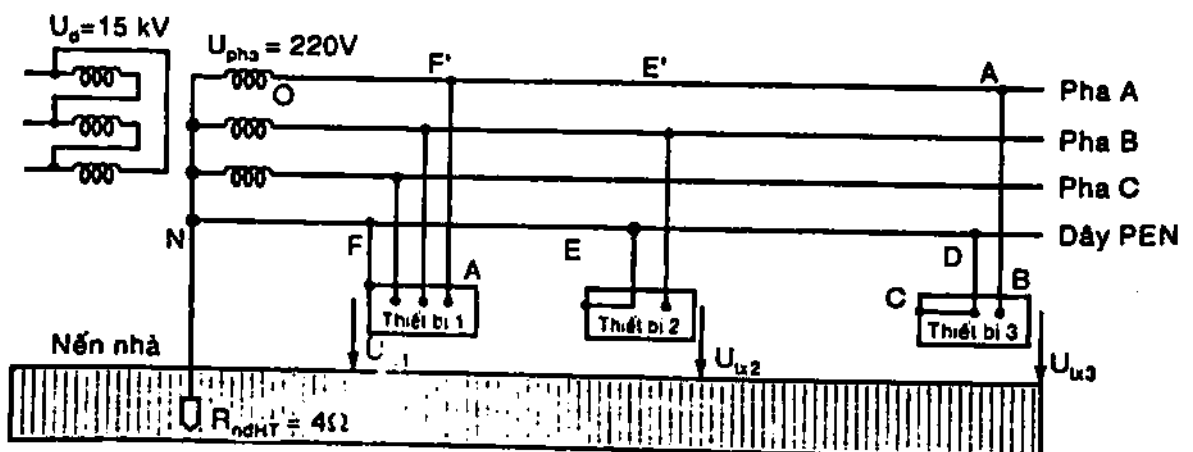
2.9 Phân tích an toàn trong trường hợp sau (xét mạng cách ly có  $R_{cd} \neq \infty, X_C = \infty$ ).



2.10 Phân tích an toàn trong hai trường hợp sau (xét từng trường hợp riêng).



2.11 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng áp pha là 220V,  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 300 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{FN} = 300 \text{ m}\Omega$ .

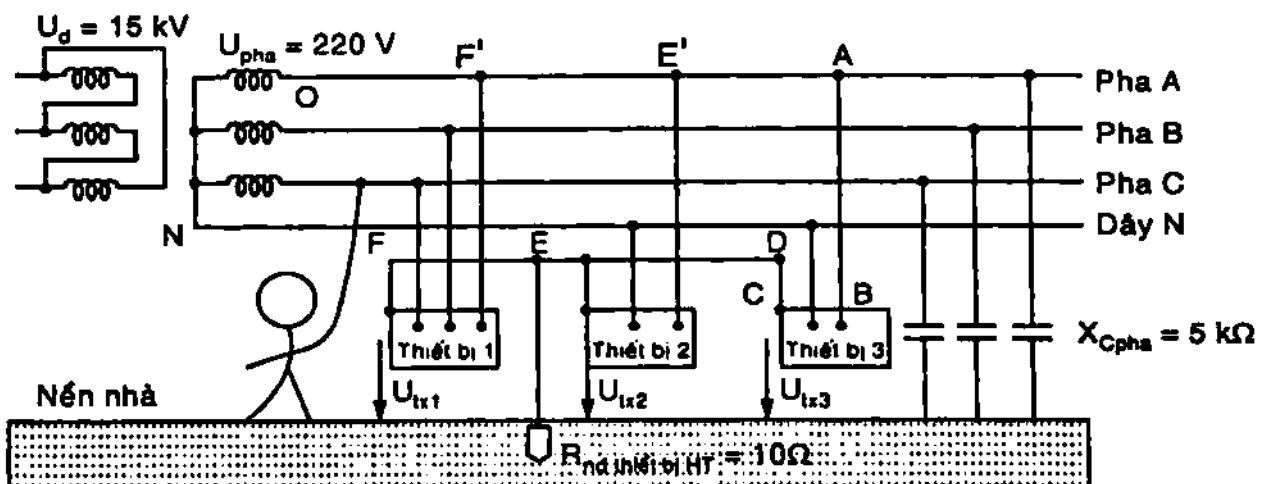
Thiết bị số 1 loại ba pha (tải đối xứng); thiết bị 2, 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:

$$I_{\text{thiết bị 1}} = 150\text{A}; I_{\text{thiết bị 2}} = 50\text{A}; I_{\text{thiết bị 3}} = 50\text{A}$$

Cho  $\cos\varphi \cong 1$  với cả ba tải.

- Xác định dòng chạy trên dây trung tính? Vẽ sơ đồ thay thế và phân bố dòng trung tính trong trạng thái tải được mô tả, cho  $R_{\text{pha}} = R_{\text{PEN}}$ .
- Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất (điện thế 0).
- Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{\text{tx1}}$ ,  $U_{\text{tx2}}$ ,  $U_{\text{tx3}}$  (hiệu điện thế giữa tay - chân), giả sử  $R_{\text{nén}} = 0$  và điện trở người có giá trị không đổi  $1 \text{ k}\Omega$  trong tính toán. Kết luận gì về an toàn?

2.12 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng áp pha là  $220\text{V}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ,  $U_{\text{cp}} = 50 \text{ (V)}$ .



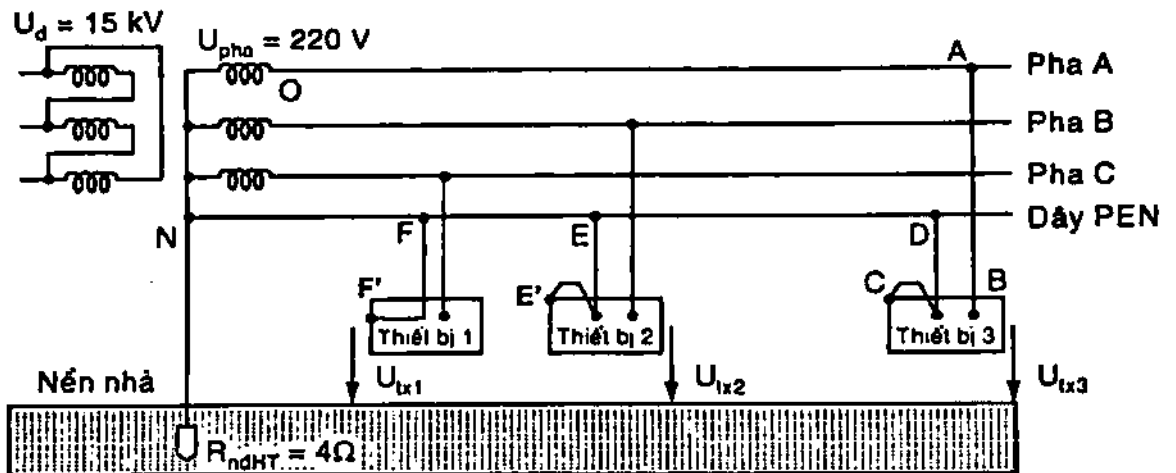
Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 300 \text{ m}\Omega$ . Giả sử  $R_{\text{nén}} = 0$  và điện trở người có giá trị không đổi  $2\text{k}\Omega$  trong tính toán.

Thiết bị số 1 loại ba pha (tải đối xứng); thiết bị 2, 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau  $I_{\text{thiết bị 1}} = 150\text{A}$ ,  $I_{\text{thiết bị 2}} = 50\text{A}$ ,  $I_{\text{thiết bị 3}} = 50\text{A}$ . cho  $\cos\varphi \cong 1$  với cả ba tải.

- Xác định dòng chạy trên dây trung tính?

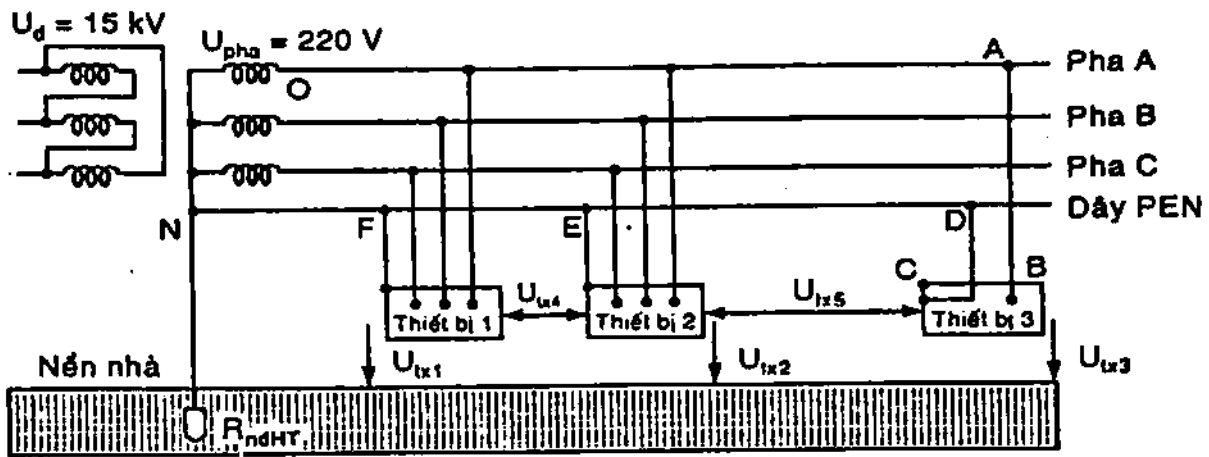
- b) Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  (hiệu điện thế giữa tay - chân). Kết luận gì về an toàn?
- c) Xét người chạm vào pha C như hình vẽ. Tính dòng chạy qua người, kết luận về an toàn.

**2.13** Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng áp pha là 220V,  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 150\text{ m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 150\text{ m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 300\text{ m}\Omega$ ,  $R_{FF'} \equiv 0$ ,  $R_{EE'} \equiv 0$ ,  $R_{FN} = 500\text{ m}\Omega$ . Các thiết bị số 1, 2, 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:  $I_{thiếtbị1} = 50\text{A}$ ,  $I_{thiếtbị2} = 50\text{A}$ ,  $I_{thiếtbị3} = 50\text{A}$ . Cho  $\cos\varphi \equiv 1$  với cả ba tải.

- a) Vẽ phân bố dòng trung tính trong trạng thái tải được mô tả. Xác định dòng chạy trên các đoạn dây trung tính?
- b) Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất (điện thế 0).
- c) Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  (hiệu điện thế giữa tay - chân), giả sử  $R_{nền} = 0$  và điện trở người có giá trị không đổi  $2\text{k}\Omega$  trong tính toán. Kết luận gì về an toàn?
- d) Giả sử dây trung tính đứt giữa đoạn EF, tính lại câu (c).
- 2.14** Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng áp pha là 220V,  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 50 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 200 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{FN} = 100 \text{ m}\Omega$ .

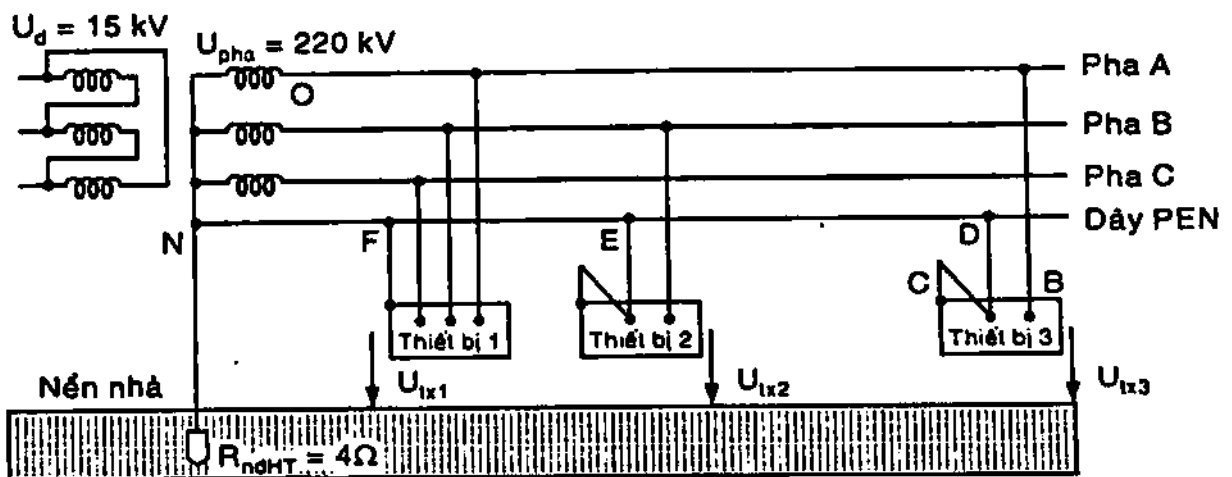
Thiết bị số 1, 2 loại ba pha (tải đối xứng); thiết bị 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:

$$I_{\text{thiết bị 1}} = 250\text{A}, I_{\text{thiết bị 2}} = 150\text{A}, I_{\text{thiết bị 3}} = 100\text{A}$$

Xác định dòng chạy trên dây trung tính? Vẽ sơ đồ thay thế và phân bố dòng trung tính trong trạng thái tải được mô tả.

- Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất (điện thế 0).
- Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  (hiệu điện thế giữa tay - chân), giả sử điện trở người có giá trị không đổi  $1\text{k}\Omega$  trong tính toán. Kết luận gì về an toàn? Xác định điện áp  $U_{tx5}$  và  $U_{tx4}$ . Kết luận?

**2.15** Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng áp pha là  $220\text{V}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ .



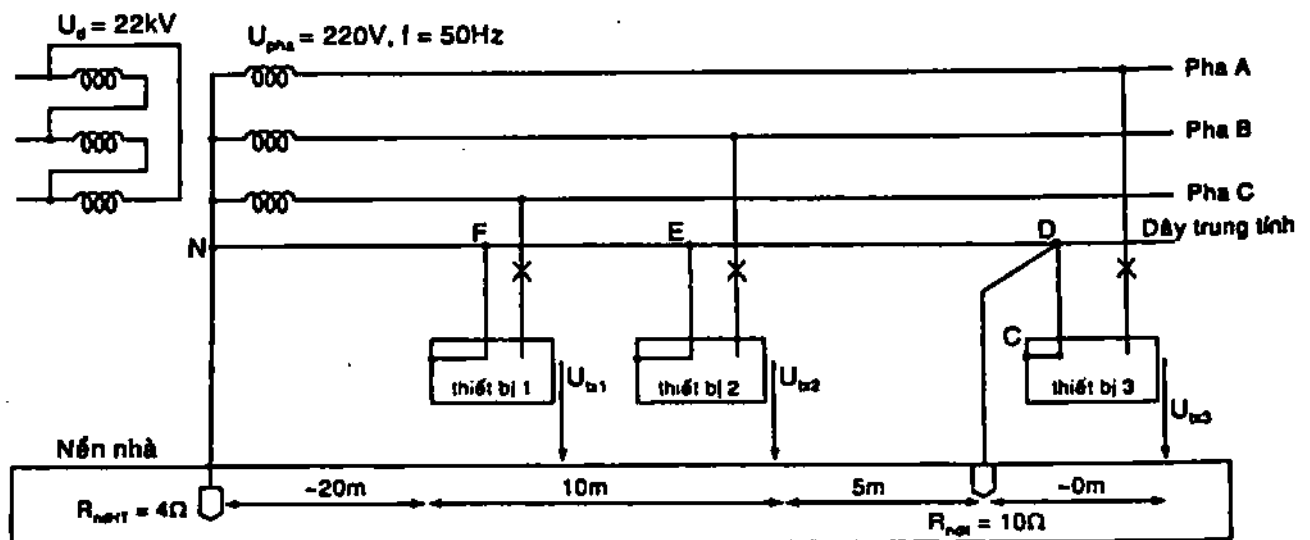
Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 300 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 300 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 300 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{FN} = 300 \text{ m}\Omega$ . Bỏ qua  $R$  dây nối của thiết bị 2 vào mạng điện.

Thiết bị số 1 loại ba pha (tải đối xứng); thiết bị 2, 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:

$$I_{\text{thiết bị 1}} = 50\text{A}, I_{\text{thiết bị 2}} = 30\text{A}, I_{\text{thiết bị 3}} = 30\text{A}. \text{ Cho } \cos\varphi \approx 1 \text{ với cả ba tải.}$$

- Xác định dòng chạy trên dây các đoạn dây trung tính? Điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất (điện thế 0).
- Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{\text{tx1}}, U_{\text{tx2}}, U_{\text{tx3}}$  (hiệu điện thế giữa tay - chân), giả sử  $R_{\text{nén}} = 0$  và điện trở người có giá trị không đổi  $2\text{ k}\Omega$  trong tính toán. Tính dòng qua người. Kết luận gì về an toàn?
- Giả sử dây trung tính đứt giữa đoạn NF, tính lại câu (b).

2.16 Cho mạng điện ba pha nguồn áp đối xứng như hình vẽ:



Điện trở các đoạn dây:  $R_{\text{CD}} = 300\text{ m}\Omega$ ,  $R_{\text{DE}} = 300\text{ m}\Omega$ ,  $R_{\text{EF}} = 300\text{ m}\Omega$ ,  $R_{\text{FN}} = 500\text{ m}\Omega$ .

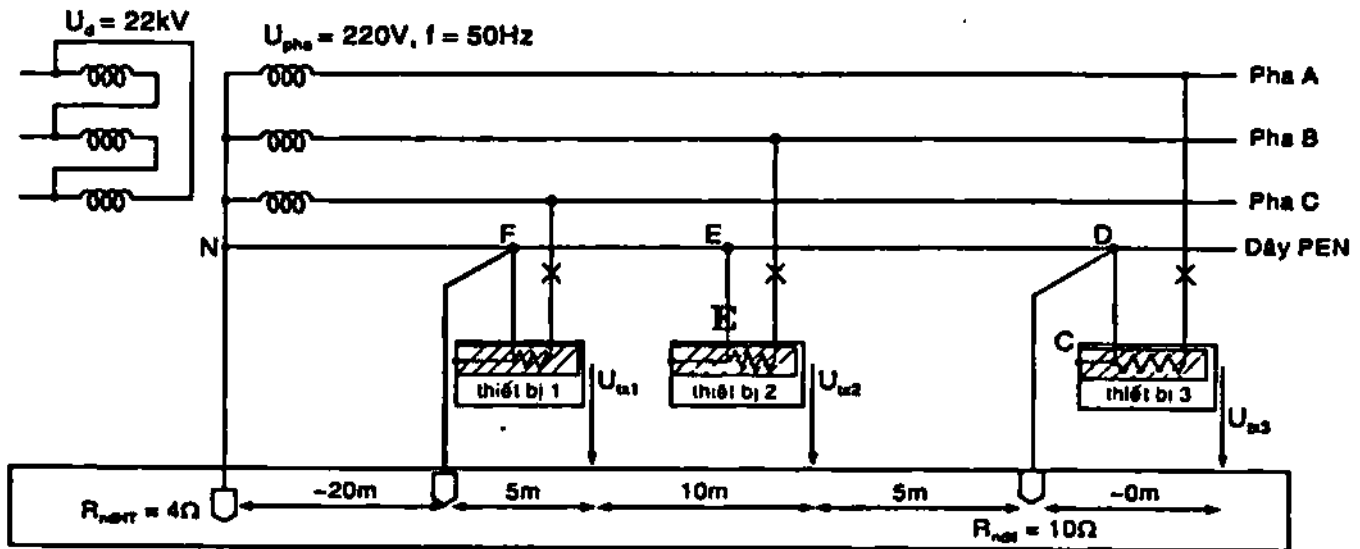
Thiết bị số 1,2,3 loại một pha. Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:

$$I_{\text{thiết bị 1}} = 30\text{A}, I_{\text{thiết bị 2}} = 40\text{A}, I_{\text{thiết bị 3}} = 50\text{A}, \cos\varphi_{\text{tải}} \approx 1; \rho_{\text{đất}} = 100\Omega\text{m}$$

- Xác định dòng trên các đoạn dây trung tính? (chọn  $U_A = 220\angle 0^\circ\text{ V}$ ; tính phân dòng qua dây trung tính và  $R_{\text{đất}}$ ).
- Tính điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{\text{tx1}}, U_{\text{tx2}}, U_{\text{tx3}}$ . Kết luận gì về an toàn khi  $U_{\text{cho phép}} = 25\text{ (V)}$ ?
- Giả sử dây trung tính đứt giữa ED. Xác định điện áp tiếp xúc  $U_{\text{tx3}}$ . Kết luận về an toàn? Các thiết bị có hoạt động bình thường không? Giải thích.



2.17 Cho mạng điện ba pha nguồn áp đối xứng như hình vẽ



Điện trở các đoạn dây:  $R_{CD} = 0,5 \Omega$ ;  $R_{DE} = 0,3 \Omega$ ;  $R_{EF} = 0,5 \Omega$ ;  $R_{FN} = 0,3 \Omega$ .  $\rho_{\text{đất}} = 100 \Omega\text{m}$ . Thiết bị số 1, 2, 3 loại một pha (xem hình). Dòng điện tải của ba thiết bị như sau:

$I_{\text{thiết bị 1}} = I_{\text{thiết bị 2}} = I_{\text{thiết bị 3}} = 40\text{A}$ ,  $\cos\varphi_{\text{tải}} \approx 1$ , bỏ qua điện trở dây nối tới các thiết bị 1 và 2.

- Xác định dòng trên các đoạn dây trung tính? (chọn  $U_A = 220\angle 0^\circ \text{V}$ ; tính phân dòng qua dây trung tính và các  $R_{\text{nd}}$ ).
- Tính điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{\text{tx1}}$ ,  $U_{\text{tx2}}$ ,  $U_{\text{tx3}}$  (hiệu điện thế giữa tay - đất tại vị trí chân người đứng). Kết luận gì về an toàn khi  $U_{\text{chophép}} = 25 \text{ (V)}$ ?
- Giả sử dây trung tính đứt giữa ED. Xác định điện áp tiếp xúc  $U_{\text{tx1}}$ ,  $U_{\text{tx2}}$ ,  $U_{\text{tx3}}$ ; kết luận về an toàn? Các thiết bị có hoạt động bình thường không? Giải thích.

2.18 Trình bày sơ đồ nguyên lý hoạt động của thiết bị một pha bảo vệ phụ chống chạm điện trực tiếp và phân tích thông số ngưỡng cần chọn để bảo vệ an toàn cho người.

2.19 Trình bày sơ đồ nguyên lý hoạt động của thiết bị ba pha bảo vệ phụ chống chạm điện trực tiếp (đường dây nguồn gồm ba dây pha và dây trung tính); phân tích thông số ngưỡng cần chọn để bảo vệ an toàn cho người.

## CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ AN TOÀN

### 3.1 YÊU CẦU ĐỐI VỚI NHÂN VIÊN LÀM VIỆC TRỰC TIẾP VỚI CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN

- Về tuổi:  $\geq 18$  tuổi.
- Về sức khỏe: phải qua kiểm tra đủ sức khỏe, không bị tim, mắt nhìn rõ.
- Phải có kiến thức, hiểu biết về điện, hiểu rõ các sơ đồ điện và có khả năng ứng dụng các quy phạm về kỹ thuật an toàn điện, biết cấp cứu người bị điện giật.

*Ví dụ:* Công nhân điện bậc thợ và bậc an toàn cao mới có quyền thao tác một mình (bậc thợ tương đương trình độ hiểu biết về sơ đồ, thiết bị; bậc an toàn về an toàn điện).

### 3.2 TỔ CHỨC LÀM VIỆC

- Phải có phiếu giao nhiệm vụ (có ký giao nhận), ghi rõ làm việc gì, nơi làm việc, thời gian, yêu cầu bậc thợ, số người cùng làm việc, phạm vi... Thường, vi phạm về thời gian, nơi khác căn cứ phiếu công tác sẽ đóng điện làm thợ đang sửa chữa bị tai nạn.

- Ghi rõ điều kiện an toàn (phải đi ủng, mang găng tay, sào cách điện, nối đất...).

- Phiếu công tác phải có hai bản:
  - + Một bản để ở phòng quản lý giao việc
  - + Một bản giao cho công nhân thi hành

Các phiếu công tác phải được các nhân viên chuyên môn kiểm tra. Khi tiến hành công tác, chỉ có người chỉ huy mới có quyền ra lệnh làm việc. Trước khi làm việc, người chỉ huy phải hướng dẫn trực tiếp tại chỗ về nơi làm việc, nội dung công việc, những chỗ có điện

nguy hiểm, những quy định về an toàn, chỗ cần nối đất, cần che chắn... Sau khi hướng dẫn xong, tất cả các thành viên của tổ phải ký vào phiếu giao nhiệm vụ.

- Kiểm tra trong thời gian làm việc: tất cả các công việc cần tiếp xúc với mạng điện, cần trèo cao, làm việc trong phòng kín phải có ít nhất hai người, người lãnh đạo là thợ bậc cao chỉ huy, theo dõi và kiểm tra công việc. Tuy nhiên, khi công việc quá phức tạp, cần thợ bậc cao tiến hành thì người lãnh đạo phải tiến hành công việc và cử người khác trong tổ giám sát theo dõi. Trong thời gian tiến hành công việc, người theo dõi không phải làm bất cứ công việc gì mà chỉ chuyên trách về các nguyên tắc kỹ thuật an toàn cho tổ.

### 3.3 CHỐNG TIẾP XÚC ĐIỆN TRỰC TIẾP

#### 3.3.1 Bảo vệ chính

a) Đảm bảo mức cách điện cần thiết: tạo  $R_{cd}$  thích hợp theo cấp điện áp  $R_{cd}$ , được thực hiện thông qua các lớp bọc bằng giấy cách điện, nhựa PVC, XLPE, chân không, khí trơ, sứ...

b) Bảo vệ bằng cách sử dụng rào chắn các phần mang điện, đặt chúng trên cao ở các vị trí không với tới, hoặc đặt trong tủ kín ...

*Ví dụ:* dây dẫn trần treo trên cao có sứ cách điện; các tủ hợp bộ bên trong có các thanh cái đặt trên sứ được khóa kín, tủ chỉ được mở sau khi đã cắt nguồn bằng cách sử dụng các chìa khóa đặc biệt.

c) Bảo vệ bằng cách sử dụng điện áp cực thấp (24V, 12V hoặc 6V). Trường hợp này, công suất của mạng rất thấp nên chỉ được áp dụng ở nơi đặc biệt nguy hiểm ví dụ hầm mỏ, phòng nha khoa, phòng mổ...

#### 3.3.2 Bảo vệ phụ

Các biện pháp ngăn ngừa chạm điện trực tiếp là đủ để bảo vệ chống chạm điện trực tiếp. Tuy vậy, đôi khi vẫn có thể xảy ra tai nạn chạm điện trực tiếp do sai sót, nhầm lẫn, lắp đặt sai... (*ví dụ:* hư hỏng lớp bọc cách điện do tác động cơ, nhiệt, do lão hóa...). Trong những trường hợp này, người ta sử dụng thêm bảo vệ phụ bằng cách đặt các thiết bị chống dòng rò RCD (*Residual Current Device*). RCD là thiết bị bảo vệ có độ nhạy cao tác động theo dòng rò với  $I_{tác động}$  rất khoảng vài mA. Ví dụ  $I_{tác động}$  cắt ( $I_{\Delta n}$ ) = 5 hoặc 10, 20, 30 mA.

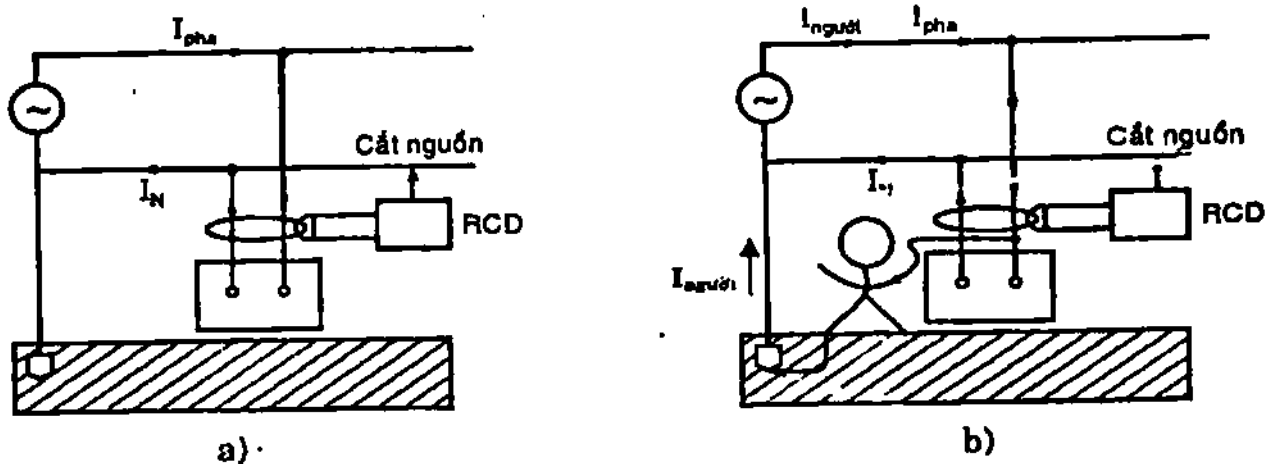
Trong chế độ làm việc bình thường (H.3.1a):

$$\dot{I}_{\text{pha}} = -\dot{I}_N \Rightarrow \dot{I}_{\text{RCD}} = 0$$

Khi có người chạm vào dây pha (H.1b):

$$\dot{I}_{\text{pha}} = -\dot{I}_N + \dot{I}_{\text{người}} \Rightarrow \dot{I}_{\text{RCD}} = \dot{I}_{\text{người}}$$

Do đó  $I_{\text{RCD}} \neq 0$ , thiết bị này điều khiển tự động cắt nguồn điện.



**Hình 3.1** Nguyên tắc hoạt động của thiết bị chống dòng rò (RCD)

Ví dụ: mạng điện một pha trung tính nối đất trực tiếp có  $U = 220\text{V}$ , người tiếp xúc trực tiếp vào dây pha sẽ chịu dòng:

$$I_{\text{ng}} \cong \frac{U_{\text{pha}}}{R_{\text{ng}}} = \frac{220}{2000} = 110 \text{ mA}$$

Nếu sử dụng RCD có dòng ngưỡng tác động cắt  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$  sẽ đảm bảo cắt nhanh nguồn điện, không gây nguy hiểm chết người.

Mạng  $U \leq 1 \text{ kV}$ , RCD thường được sử dụng là loại ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) hoặc GFCI (*Ground Fault Current Interruptor*)...

### 3.4 CHỐNG TIẾP XÚC GIÁN TIẾP VÀO ĐIỆN

Xét mạng hạ áp  $U \leq 1 \text{ kV}$ , tiếp xúc gián tiếp vào điện xảy ra khi người chạm vào vật có điện áp do bị chọc thủng cách điện (thiết bị chạm vỏ) hoặc người đi vào vùng đất bị nhiễm điện (có dòng điện chạy trong đất). Trong các xí nghiệp sản xuất, số lượng thiết bị điện thường rất lớn, công nhân vận hành có nhiều nguy cơ tiếp xúc gián tiếp vào điện do sự cố chạm vỏ.

Biện pháp bảo vệ an toàn trong trường hợp này bao gồm:

- Thực hiện nối vỏ kim loại (sơ đồ nối đất) thích hợp;
- Sử dụng thiết bị bảo vệ cắt nguồn thích hợp với thời gian giới hạn cho phép.

Thời gian thiết bị bảo vệ cắt nguồn khi chạm vỏ phụ thuộc trị số  $U_{lx}$  và loại nguồn điện như trong bảng sau:

**Bảng 3.1** Trị số thời gian cắt nguồn max (thời gian cho phép tồn tại  $U_{lx}$  tương ứng) với các  $U_{cp}$  khác nhau

a)  $U_{cp} = 50 V$

$U_{lx}$ (V)	Thời gian cho phép tồn tại (s)	
	Điện AC	Điện DC
< 50	5,00	5,0
50	5,00	5,0
75	0,60	5,0
90	0,45	5,0
120	0,34	5,0
150	0,27	1,0
220	0,17	0,4
280	0,12	0,3
350	0,08	0,2
500	0,04	0,1

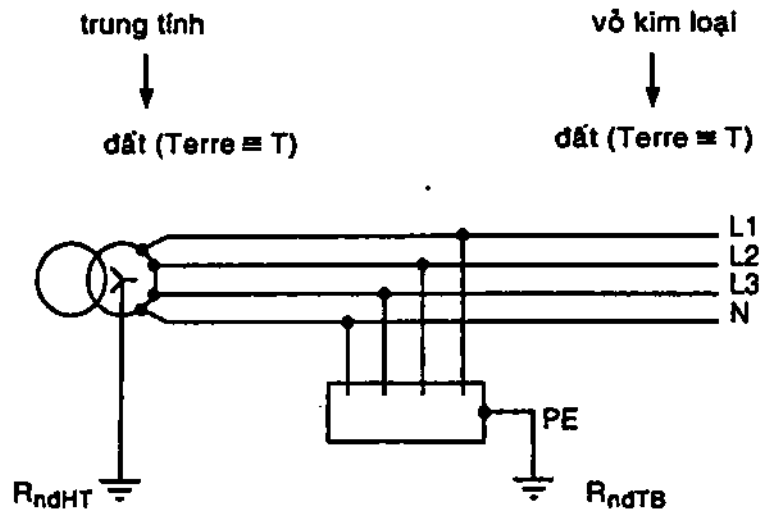
$U_{cp} = 25 V$

$U_{lx}$ (V)	Thời gian cho phép tồn tại (s)	
	Điện AC	Điện DC
25	5,00	5,00
50	0,48	5,00
75	0,30	2,00
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

### 3.4.1 Các hệ thống nối đất trong mạng hạ áp theo tiêu chuẩn IEC

Các sơ đồ nối đất được mô tả theo các đặc tính về phương pháp nối đất điểm trung tính của mạng hạ áp và phương pháp nối đất vỏ kim loại của các thiết bị điện trong mạng.

#### a) Sơ đồ TT (Bảo vệ nối đất) (ba pha 5 dây)



Hình 3.2 Sơ đồ TT

#### Đặc tính

##### - Phương pháp nối đất:

Điểm nối sao của nguồn (hoặc cuộn hạ nối sao trong biến thế phân phối) được nối trực tiếp với đất. Các bộ phận cần nối đất và vật dẫn tự nhiên sẽ nối chung tới cực nối đất riêng của lưới. Điện cực này có thể độc lập hoặc phụ thuộc về điện với điện cực của nguồn, hai vùng ảnh hưởng có thể bao trùm lẫn nhau mà không liên quan đến tác động của các thiết bị bảo vệ.

##### - Bố trí dây PE: (*Protective Earth*: dây nối đất bảo vệ)

Dây PE riêng biệt với dây trung tính và có tiết diện được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.

##### - Bố trí bảo vệ chống chạm điện gián tiếp:

Mạch sẽ được tự động ngắt khi có hư hỏng cách điện gây chạm vỏ. Thực tế, các RCD sẽ đảm nhận chức năng này. Dòng tác động của chúng sẽ nhỏ do có điện trở mắc nối tiếp của hai điện cực nối đất.

**Hệ quả:**

- Quá áp: Thế của vỏ và cực nối đất như nhau trong điều kiện làm việc bình thường. Tuy nhiên trong một số trường hợp, chúng sẽ rất khác nhau như trường hợp sét đánh ở nông thôn do dây trung tính nối tới một điện cực nối đất riêng với vỏ thiết bị. Đối với lưới đô thị, do các điện cực nối đất thường bố trí gần nhau nên có sự bao trùm vùng GPR của hai cực nối đất lên nhau, quá áp có thể chấp nhận được. Cần thiết đặt các van chống sét bảo vệ cho cách điện của thiết bị.

- Tương hợp điện từ: Khi có sự cố chạm vỏ, dòng sự cố thường nhỏ. Ví dụ, các cực nối đất có  $r \approx 2,3 \Omega$ , dòng sự cố khoảng  $230V/2,3 \Omega \approx 100A$ . Độ sụt áp, các nhiễu điện từ và sự khác biệt điện áp quá độ giữa hai thiết bị được nối với nhau bằng cáp thường không nguy hiểm.

Trong điều kiện bình thường, trên dây PE không có điện áp rơi nên không gây nhiễu cho thiết bị. Khi có hư hỏng cách điện, xung điện áp xuất hiện trên PE thường thấp và các nhiễu có thể bỏ qua.

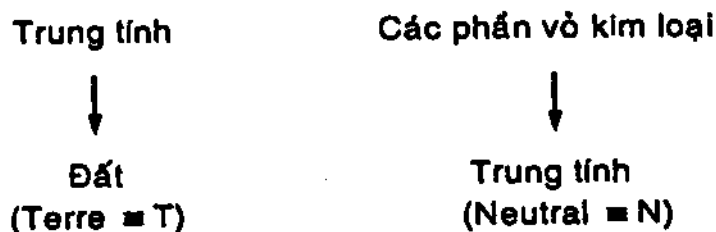
- Bố trí bảo vệ chống chạm điện gián tiếp:

+ Tự động ngắt điện khi có sự cố hư hỏng cách điện bằng RCD. Dòng tác động  $I_{\Delta n}$  của RCD phải nhỏ; RCD thường được lắp thêm dưới dạng role vào CB và dưới dạng RCCB vào cầu chì. Chúng có thể bảo vệ mạch đơn hoặc nhóm mạch và dòng thao tác thường được chọn theo giá trị lớn nhất của điện trở cực nối đất của các vỏ thiết bị.

+ Sự có mặt của RCD làm đơn giản hóa thiết kế và các điều kiện ràng buộc. Không cần thiết phải biết tổng trở nguồn và không có giới hạn về chiều dài mạch (ngoại trừ khi cần tránh độ sụt áp quá lớn). Lưới có thể được cải tạo hoặc mở rộng mà không cần tính hoặc đo lại.

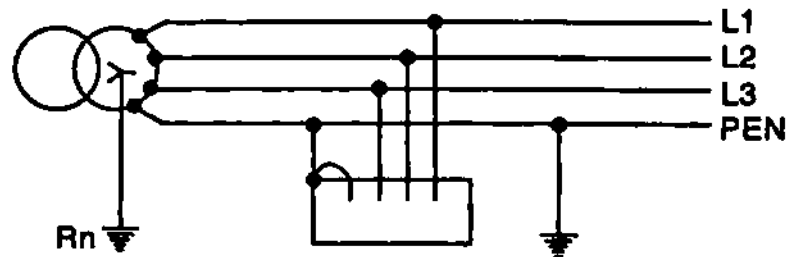
- Hỏa hoạn: Sử dụng RCD với dòng  $\leq 300 \text{ mA}$  sẽ tránh được hỏa hoạn do điện.

**b) Sơ đồ TN (Bảo vệ nối trung tính, nối không)**



Nguồn được nối đất như sơ đồ TT. Trong mạng, cả vỏ kim loại và các vật dẫn tự nhiên của lưới sẽ được nối với dây trung tính. Một vài phương án của sơ đồ TN là:

*Sơ đồ TN-C (3 pha 4 dây) (C- compound, composed)*



**Hình 3.3** Sơ đồ nối đất TN-C

*Đặc tính:*

Dây trung tính là dây bảo vệ và được gọi là PEN. Sơ đồ này không được phép sử dụng đối với các dây nhỏ hơn  $10 \text{ mm}^2$  (dây Cu) và  $16 \text{ mm}^2$  (Al) và thiết bị điện cầm tay.

Sơ đồ (TN-C) cần phải thực hiện nhiều điểm nối đất lặp lại dọc dây trung tính để tạo đẳng thế trung tính với đất. Các vỏ kim loại của thiết bị và vật dẫn tự nhiên sẽ được nối với dây trung tính.

- Cách lắp PE: dây trung tính và PE được sử dụng chung gọi là dây PEN.

- Bố trí bảo vệ chống chạm điện gián tiếp: sơ đồ có dòng chạm vỏ và điện áp tiếp xúc lớn nên:

- + Cần cắt nguồn điện trong trường hợp hư hỏng cách điện.
- + Ngắt điện được thực hiện bằng CB (*Circuit Breaker*: máy cắt tự động hạ thế) hoặc cầu chì. RCD (thiết bị chống dòng rò) không sử dụng được vì sự cố chạm vỏ chính là ngắn mạch pha - trung tính.

*Hệ quả:*

- Quá áp:
  - + Ở điều kiện bình thường, điểm trung tính, vỏ thiết bị và đất có cùng điện thế.
  - + Khi xảy ra sự cố chạm từ trung sang hạ áp trong máy biến áp nguồn, dòng sẽ qua điện cực nối đất của trung tính cuộn hạ.

$$U_{n\text{-đất}} = U_{\text{vỏ thiết bị hạ áp-đất}} \neq 0 \text{ và có trị số lớn}$$



- + Độ tin cậy cung cấp điện, nhiễu điện từ và phòng cháy: khi hư hỏng cách điện dòng rất lớn (vài kA), độ sụt áp nguồn, nhiễu điện từ và khả năng hư hỏng (cháy) thường cao.
- + Khi hư hỏng cách điện hạ áp (chạm vỏ thiết bị), điểm trung tính của tam giác điện áp sẽ dịch chuyển và điện áp giữa pha và vỏ thiết bị sẽ vượt quá điện áp pha - trung tính. Thực tế, thường lấy giá trị  $U_{\text{pha-vỏ}} = 1,45 U_{\text{pha}}$  trong tính toán gần đúng.

Đây PEN cần thỏa các điều kiện của hai chức năng là dây trung tính và chức năng PE.

Sơ đồ TN-C không được dùng cho dây mềm kéo di động.

- Chống cháy: Sơ đồ TN-C không dùng nơi có khả năng cháy nổ cao. Nguyên nhân là khi nối các vật dẫn tự nhiên của tòa nhà với dây PEN sẽ tạo nên dòng chạy trong công trình gây hiểm họa cháy và nhiễu điện từ.

- Tương hợp điện từ: Khi có dây PEN, dòng do tải không đối xứng chạy qua sẽ tạo nên điện áp rơi và tạo các độ lệch điện thế. Do đó sẽ phát sinh dòng chạy trong mạch tạo bởi vỏ thiết bị, vật dẫn tự nhiên, cáp đồng trục và vỏ máy tính hoặc hệ thống thông tin.

Các điện áp rơi sẽ được khuếch đại trong các công trình hiện đại do sự tồn tại các thiết bị tạo hài bậc 3. Biên độ của những hài này sẽ tăng gấp 3 lần trong các dây trung tính.

Trong lưới phân phối, do không cân bằng pha nên trong dây trung tính sẽ có dòng và tạo nên trường điện từ gây nhiễu lên các ống cực *cathode*, màn hình, các thiết bị y khoa với ngưỡng chừng 0,7 A/m (nghĩa là 5A trên 1 m từ các thiết bị nhạy cảm). Hiện tượng này sẽ được khuếch đại lên khi có hư hỏng cách điện.

- Ăn mòn: Sự ăn mòn bắt nguồn từ thành phần dòng DC mà dây PEN có thể tải và thành phần dòng điện đất. Chúng ăn mòn điện cực nối đất và kết cấu kim loại trong trường hợp nối đất lặp lại nhiều lần.

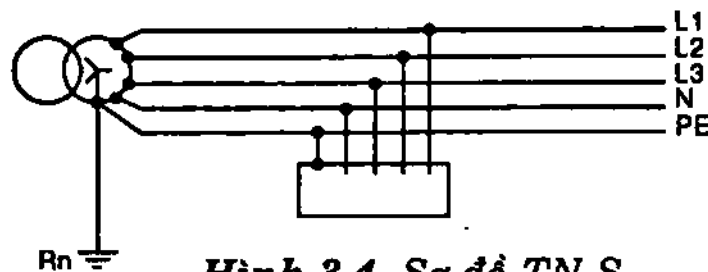
- Thiết kế và vận hành:

+ Khi dùng CB hoặc cầu chì, tổng trở nguồn của mạch phía trước và sau thiết bị bảo vệ cần được biết khi thiết kế. Tổng trở này cần được đo sau khi lắp đặt điện và theo định kỳ. Đặc tính các thiết bị bảo vệ sẽ được xác định theo điện trở này.

+ Khi công trình được cung cấp từ hai nguồn (UPS, máy phát...), các đặc tính cắt của CB và cầu chì cần phải được xác định cho mỗi nguồn sử dụng.

+ Bất kỳ sự cải tạo nào của lưới cũng đòi hỏi sự kiểm tra lại các điều kiện bảo vệ.

*Sơ đồ TN-S (3 pha 5 dây) (S - Seperate)*



**Hình 3.4** Sơ đồ TN-S

**Đặc tính:** Dây bảo vệ và trung tính là riêng biệt. Đối với cáp có vỏ bọc chì, dây bảo vệ thường là vỏ chì. Hệ TN-S là bắt buộc đối với mạch có tiết diện nhỏ hơn  $10 \text{ mm}^2$  (Cu) và  $16 \text{ mm}^2$  (Al) hoặc các thiết bị di động.

- Cách nối đất: Điểm trung tính của biến áp được nối đất một lần tại đầu vào của lưới. Các vỏ kim loại và vật dẫn tự nhiên sẽ được nối với dây bảo vệ PE. Dây này sẽ được nối với trung tính của biến áp.

- Bố trí dây PE: Dây PE tách biệt với dây trung tính và được định kích cỡ theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.

- Bố trí bảo vệ chống chạm điện: do dòng sự cố và điện áp tiếp xúc lớn nên:

+ Tự động ngắt điện khi có hư hỏng cách điện

+ Các CB, cầu chì sẽ đảm nhận vai trò này, hoặc các RCD, vì bảo vệ chống chạm điện sẽ tách biệt với bảo vệ ngắn mạch pha - pha hoặc pha - trung tính.

**Hệ quả:**

- Quá điện áp: trong điều kiện bình thường, trung tính biến áp, vỏ các thiết bị sẽ có cùng điện thế, thậm chí ngay cả khi xảy ra hiện tượng chạm từ trung sang hạ.

- Khả năng liên tục cung cấp điện và nhiễu điện từ, phòng cháy: ảnh hưởng của sự cố trung/hạ, hư hỏng cách điện cuộn sơ và thứ sẽ tương tự như ở sơ đồ TN-C. Dòng sự cố khi hư hỏng cách điện sẽ lớn.

- Dây PE không được nối đất lặp lại. Điều này để tránh điện áp rơi và dòng trong dây bảo vệ trong điều kiện vận hành bình thường.

- Tương hợp điện từ: trong điều kiện bình thường, trên dây PE không có sụt áp và các nhược điểm của sơ đồ TN-C được khắc phục. Khi có hư hỏng cách điện, điện áp xung lớn sẽ xuất hiện dọc theo PE, tạo nên hiện tượng quá độ giống như sơ đồ TN-C.

Nếu bảo vệ chống tiếp xúc gián tiếp được trang bị thiết bị bảo vệ quá dòng thì các đặc tính tương tự như của sơ đồ TN-C sẽ được sử dụng.

- Thiết kế và vận hành:

+ Tính toán tổng trở của nguồn và của mạch có kiểm tra bằng đo lường sau khi lắp đặt và định kỳ sau đó;

+ Xác định điều kiện cắt khi công trình được cung cấp từ hai nguồn (máy phát dự phòng...).

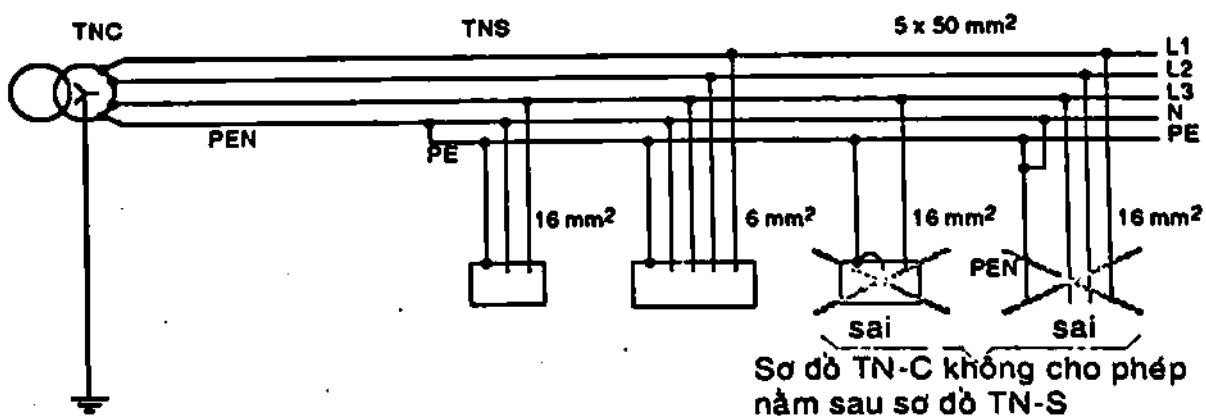
- Kiểm tra điều kiện bảo vệ khi có sự cải tạo lưới.

Nếu bảo vệ chạm điện gián tiếp có trang bị RCD: để tránh nhiễu hài bậc ba, thường dùng dòng rò lớn (lớn hơn 1A).

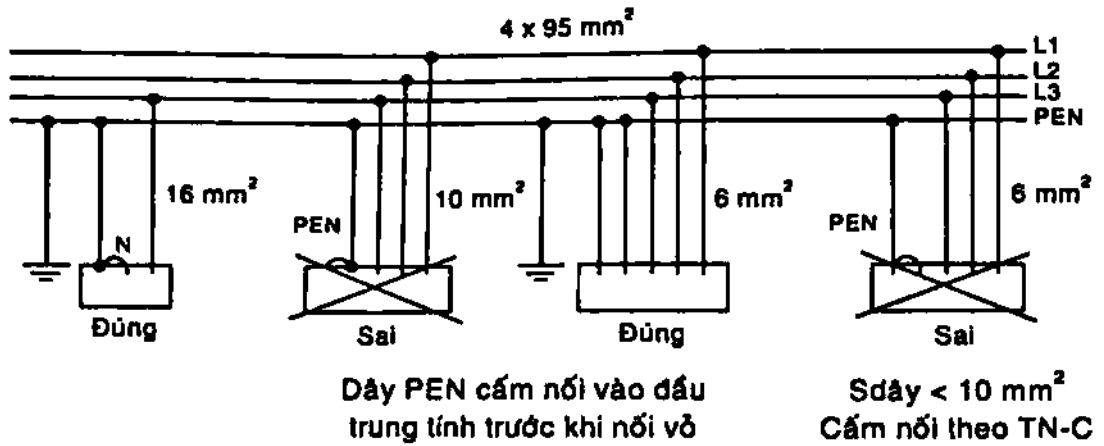
- Sử dụng RCD với dòng tác động 500 mA sẽ tránh được hư hỏng về điện. Những hư hỏng này xảy ra do hư hỏng cách điện hoặc ngắn mạch qua tổng trở.

### Sơ đồ TN-C-S

Sơ đồ TN-C và TN-S có thể được cùng sử dụng trong cùng một lưới. Trong sơ đồ TN-C-S, sơ đồ TN-C (4 dây) không bao giờ được sử dụng sau sơ đồ TN-S. Điểm phân dây PE tách khỏi dây PEN thường là điểm đầu của lưới.

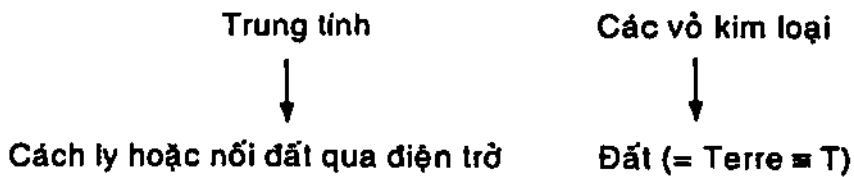


Hình 3.5 Sơ đồ TN-C-S

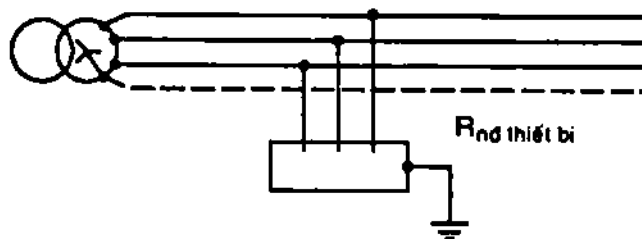


Hình 3.6 Nối vỏ thiết bị vào dây PEN trong sơ đồ TN-C

c) Sơ đồ IT (trung tính cách ly, bảo vệ nối đất)



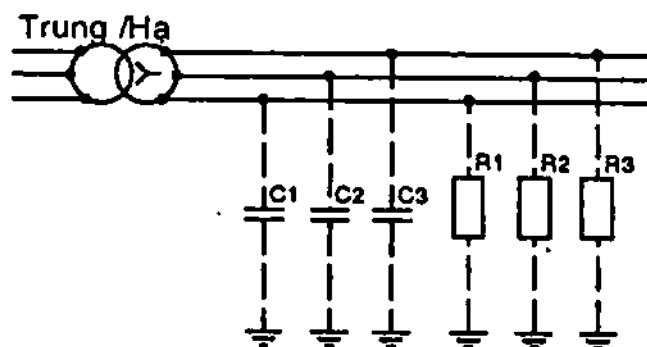
I ≡ Isolate ≡ cách ly



Hình 3.7 Sơ đồ IT

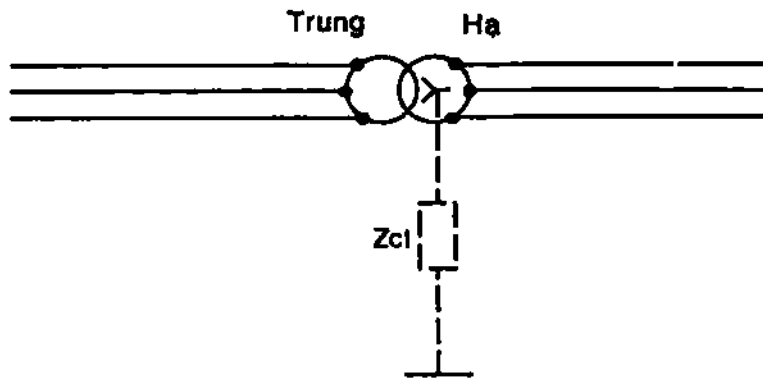
Vỏ kim loại và vật dẫn tự nhiên sẽ được nối tới một điện cực nối đất chung.

Trên thực tế, mọi dây dẫn đều có một điện kháng đối với đất vì không có cách điện nào là hoàn hảo. Song song với đường rò điện trở sẽ có đường rò dòng dung với đất.



Hình 3.8 Tổng trở cách điện trong sơ đồ IT

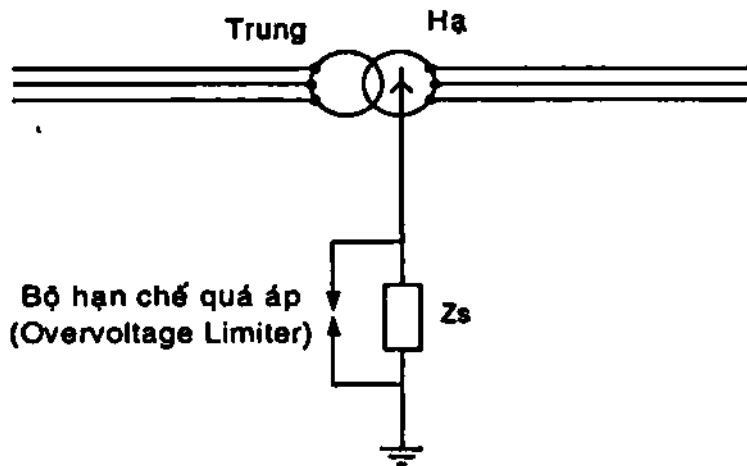
*Vi dụ:* Trong sơ đồ ba pha, ba dây hạ áp, 1 km cáp sẽ cho tổng trở rò  $C_1, C_2, C_3$  và  $R_1, R_2, R_3$  và tương đương với một  $Z_{ct}$  bằng 3.000 đến 4.000  $\Omega$ .



**Hình 3.9** Tổng trở tương đương với tổng trở cách điện trong sơ đồ IT

**Sơ đồ IT (nối đất qua điện trở)**

Một điện trở (1 - 2 k $\Omega$ ) được nối giữa điểm trung tính cuộn hạ biến áp phân phối và đất (H.3.9). Các vỏ kim loại và vật dẫn tự nhiên sẽ nối tới cực nối đất. Nguyên nhân dùng  $Z_s$  là để tạo một thể cố định so với đất ( $Z_s$  nhỏ hơn các  $Z_{ct}$ ) của các lưới nhỏ và do đó giảm ngưỡng quá áp do sự cố chạm từ cuộn cao thế của máy biến áp nguồn sang cuộn hạ. Tuy nhiên, việc lắp thêm  $Z_s$  sẽ làm tăng dòng sự cố khi xảy ra chạm vỏ điểm thứ nhất.



**Hình 3.10** Sơ đồ IT (nối đất qua tổng trở)

**Đặc tính:**

- Cách nối đất: trung tính của máy biến áp được cách ly với đất hoặc nối đất qua điện trở và bộ hạn chế quá áp. Trong điều kiện bình thường, ở mạng ba pha, điện dung rò với đất của mạch và thiết bị là giống nhau nên thế của trung tính so với đất gần bằng 0.

Vỏ kim loại của thiết bị và vật dẫn tự nhiên của tòa nhà sẽ được nối tới điện cực nối đất riêng.

- Dây PE sẽ tách biệt với dây trung tính và có tiết diện được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể.

- Bố trí bảo vệ chống chạm điện gián tiếp: dòng sự cố khi chỉ có một điểm chạm vỏ thường thấp và không nguy hiểm.

#### *Hệ quả:*

- Quá áp: Trong điều kiện bình thường, dây trung tính, vỏ thiết bị và cực nối đất có chung một điện thế.

Bộ hạn chế quá áp (OL) cần được đặt để ngăn chặn khả năng tăng điện thế giữa phần mang điện và vỏ thiết bị. Hiệu điện thế này có thể vượt quá điện áp chịu đựng của thiết bị hạ thế khi có sự cố chạm từ trung áp sang hạ áp trong máy biến áp nguồn. Bảo vệ quá áp cần được thực hiện theo tiêu chuẩn chung cho các sơ đồ nối đất.

- Tính liên tục cung cấp điện và tương hợp điện từ: Dòng sự cố chạm vỏ điểm thứ nhất khi hỏng cách điện thường thấp. Do đó sẽ không tạo ra sụt áp hoặc nhiễu điện từ, không cần cắt thiết bị chạm vỏ khỏi nguồn điện.

- Quá áp: Sau chạm vỏ điểm thứ nhất, các thiết bị tiếp tục làm việc bình thường và thế của dây PE (thế của đất) chính là thế của pha bị chạm vỏ, điện áp dây sẽ xuất hiện giữa pha không bị chạm và vỏ thiết bị. Cách điện của thiết bị điện cần được chọn theo điều kiện này.

#### *Lưu ý:*

- Tiêu chuẩn IEC 950 (hoặc EN 60950) xác định cần sử dụng sơ đồ IT cấp nguồn cho các loại thiết bị xử lý thông tin.

- Nếu chống sét van được sử dụng, thì điện áp định mức của chúng phải được chọn gần với điện áp dây.

- Sự cố điểm thứ hai có thể xảy ra trên pha khác, nó sẽ tạo dòng ngắn mạch và gây nguy hiểm. Khi sử dụng sơ đồ IT cần lưu ý sao cho tình trạng này không xảy ra.

- Trong điều kiện bình thường và thậm chí khi có sự cố chạm vỏ điểm thứ nhất, không có sụt áp trên PE; tồn tại sự đẳng thế giữa PE, vỏ các thiết bị và vật dẫn tự nhiên của tòa nhà.

- Bố trí chống chạm điện gián tiếp: Dòng sự cố khi có sự cố chạm vỏ điểm thứ nhất thường rất bé và không nguy hiểm. Sự cố chạm vỏ hai điểm đồng thời là khó có thể xảy ra nếu có lắp đặt thiết bị kiểm soát cách điện. Thiết bị này sẽ theo dõi và chỉ thị sự cố điểm thứ nhất để giúp định vị và loại trừ nó. Các thiết bị bảo vệ được thiết kế để vận hành khi có sự cố hai điểm. Nếu CB hoặc cầu chì được sử dụng thì các quy tắc cũng sẽ tương tự như cho sơ đồ TN.

Thiết bị chống dòng rò cũng có thể được dùng. Nếu hai sự cố xảy ra phía sau của cùng một RCD, thiết bị có thể coi dòng sự cố như dòng tải và có thể không tác động. Một RCD tách biệt cần được lắp riêng cho mỗi mạch. Nếu hai nơi trên cùng lưới sử dụng một sơ đồ IT có các điện cực nối đất của chúng tách biệt nhau thì RCD cần phải được đặt trên đầu vào của chúng. Điều này cho phép tránh hư hỏng cách điện trên pha thứ nhất của nơi thứ nhất và hư hỏng cách điện trên pha thứ hai của nơi thứ hai.

- Hỏa hoạn: Sử dụng bộ kiểm soát hỏng cách điện và có thể dùng RCD với dòng  $\leq 300\text{mA}$  để tránh hỏa hoạn do sự cố về điện.

- Thiết kế và vận hành:

+ Các nhân viên bảo trì được huấn luyện để có khả năng định vị đúng và loại trừ sự cố điểm thứ nhất.

+ Công trình điện cần được thiết kế cẩn thận: sử dụng sơ đồ IT khi có yêu cầu cao về liên tục cung cấp điện, khảo sát ảnh hưởng của dòng rò và chú ý tới RCD, cô lập và phân chia lưới...

+ Nếu RCD 30mA được dùng để bảo vệ mạch ổ cắm thì:

. Dòng rò điện dung - đất phía sau RCD không được vượt quá 10mA. Tính toán dòng này theo điện áp dây cho pha và điện áp pha cho trung tính do thế của đất lúc này bằng thế của pha sự cố;

. Nếu các tải của các mạch như vậy không quan trọng lắm, thiết bị RCD sẽ tác động khi có sự cố hư hỏng cách điện điểm thứ nhất và loại trừ nó. Nếu không, nên tránh sử dụng ổ cắm hoặc cần phải thực hiện các biện pháp khác.

+ Lưu ý: Dây nối đất được thiết bị bảo vệ 4 cực (bao gồm cả bảo vệ trung tính) hoặc thiết bị hai cực bảo vệ. Trong tủ điện cuối nguồn, thiết bị bảo vệ một cực + bảo vệ trung tính có thể được dùng nếu tiết diện dây pha và trung tính như nhau và khi RCD được lắp ở phía trước đó.

**\* Các tiêu chuẩn chọn lựa**

Không có một sơ đồ nối đất nào là đa dụng cả. Khi lựa chọn sơ đồ nối đất, cần phân tích các trường hợp riêng biệt và **sự lựa chọn cuối cùng dựa theo các ràng buộc đặc biệt của lưới điện.**

Sự lựa chọn tốt nhất thường bao gồm nhiều sơ đồ nối đất khác nhau cho các phần khác nhau của lưới.

Phương án lựa chọn cần thỏa mãn các tiêu chuẩn cơ bản sau:

- Chống điện giật
- Chống hỏa hoạn do điện
- Cung cấp điện liên tục
- Bảo vệ chống quá áp
- Bảo vệ chống nhiễu điện từ.

So sánh các sơ đồ nối đất khác nhau cho thấy:

- Sơ đồ dạng TT nên dùng cho lưới bị hạn chế sự kiểm tra hoặc lưới có thể mở rộng hoặc cải tạo (đối với lưới công cộng hoặc khách hàng), nguyên nhân là vì sơ đồ này rất đơn giản. Mặt khác, do sử dụng hai hệ thống nối đất riêng biệt, cần phải lưu ý bảo vệ quá áp.

- Trạm khách hàng với sơ đồ TN:

Điện áp cách điện (pha-vỏ) của thiết bị nhỏ ( $U_2 = 220 \text{ V}$ )

Điện áp giữa vỏ và đất của thiết bị  $U_f = I_f \times R_{nd}$  khi có sự cố chạm từ trung sang hạ ( $I_f$  là dòng sự cố khi chạm từ trung sang hạ )

- Hộ tiêu thụ hạ áp với sơ đồ TT

Cách điện xung bên trong thiết bị phải chịu được khi ở gần nơi bị sét đánh ( $R_b - I_f$ ).

Khi sử dụng đúng, ảnh hưởng của hư hỏng cách điện phía trung thế sẽ bị loại trừ.

- Sơ đồ IT: thường sử dụng khi cần độ tin cậy cung cấp điện cao. Tuy nhiên nó đòi hỏi:

- Một sự nghiên cứu kỹ lưỡng và tổ chức thử nghiệm quá áp, xác định dòng dung rò.

- Các nhân viên bảo dưỡng thiết bị được huấn luyện để đảm bảo khả năng xác định vị trí sự cố điểm thứ nhất và kiểm tra mở rộng của lưới.



• Sơ đồ TN-S: nên dùng cho lưới được theo dõi kiểm tra thường xuyên hoặc lưới không mở rộng, cải tạo. Sơ đồ này thường chỉ cần các RCD có độ nhạy trung bình.

Không nên dùng các sơ đồ TN-C và TN-C-S để tránh hỏa hoạn và nhiễu điện từ do:

- Sụt áp dọc theo dây PEN;
- Dòng sự cố do hỏng cách điện lớn;
- Dòng chạy ở bộ phận nối đất tự nhiên, vỏ cáp, vỏ thiết bị;
- Không thể loại bỏ được sự cố qua tổng trở, vì vậy cần có sự nghiên cứu kỹ lưỡng.

Người ta có thể phối hợp các sơ đồ nối đất lại với nhau trong một mạng điện nếu cần thiết.

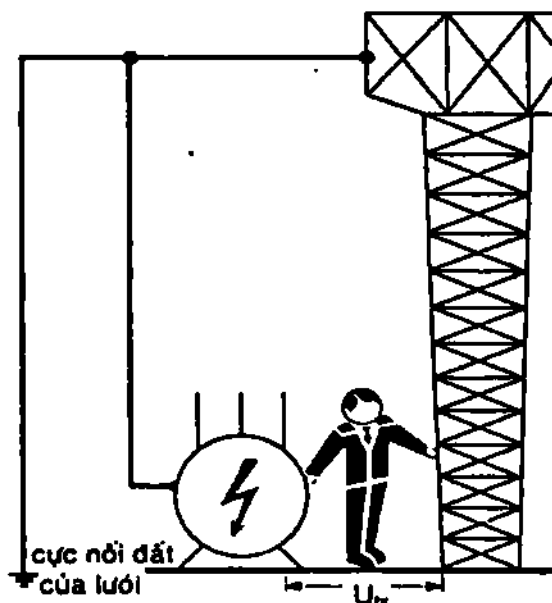
### 3.4.2 Các biện pháp bảo vệ bằng cách tự động cắt nguồn cung cấp

*Nguyên tắc:* biện pháp bảo vệ này phụ thuộc vào hai yêu cầu căn bản:

- Nối đất tất cả vỏ kim loại của các thiết bị trên mạng và kết cấu của lưới đẳng thế.

- Tự động cắt phần mang điện có liên quan, sao cho các yêu cầu về an toàn: điện áp tiếp xúc /thời gian an toàn tương ứng với mức điện áp cho phép  $U_{cp}$  được tuân thủ.

Giá trị  $U_{lx}$  càng lớn càng phải nhanh chóng cắt nguồn cung cấp (xem bảng). Giá trị cao nhất của  $U_{lx}$  có thể được xem là không nguy hiểm cho người được gọi là giới hạn về mức điện áp tiếp xúc -  $U_{cp}$ .



**Hình 3.11** Minh họa điện áp tiếp xúc  $U_{lx}$  nguy hiểm giữa hai tay người

### a) Tự động cắt điện đối với mạng được nối đất kiểu TN

*Nguyên lý:* Mạng nối đất kiểu TN có tất cả vỏ kim loại của thiết bị và các bộ phận nối đất tự nhiên (vật dẫn tự nhiên) được nối trực tiếp tới điểm nối đất của nguồn cung cấp bằng dây bảo vệ (dây PE).

Hình 3.12 trình bày phương pháp nối kiểu TN-C, trong đó dây trung tính có chức năng vừa là dây nối đất bảo vệ (*Protective Earth*) và vừa là dây trung tính của mạng (*Neutral*). Trong tất cả các mạng kiểu TN, những sự cố chạm vỏ do chọc thủng cách điện sẽ dẫn đến ngắn mạch pha - đất (trung tính).

Các dòng sự cố lớn làm đơn giản hóa các yêu cầu về bảo vệ nhưng có thể làm tăng cao điện áp tiếp xúc quá 50% điện áp pha - trung tính tại chỗ xảy ra sự cố kéo dài suốt khoảng thời gian trước khi cắt sự cố.

Vì vậy, trong thực tế, các điện cực nối đất lặp lại thường được đặt cách khoảng dọc dây trung tính của mạng cung cấp; trong khi đó, tại các hộ tiêu thụ, cần phải lắp đặt các cực nối đất tại chỗ đặt tủ điện. Đối với các mạng cung cấp lớn, các điện cực nối đất lặp lại thường được lắp đặt để giảm  $U_{lx}$  tới mức có thể. Ở nhà cao tầng, các bộ phận nối đất tự nhiên sẽ được nối đất với dây bảo vệ ở mỗi tầng.

Để bảo vệ hiệu quả, dòng chạm đất  $I_d$  phải đảm bảo điều kiện:

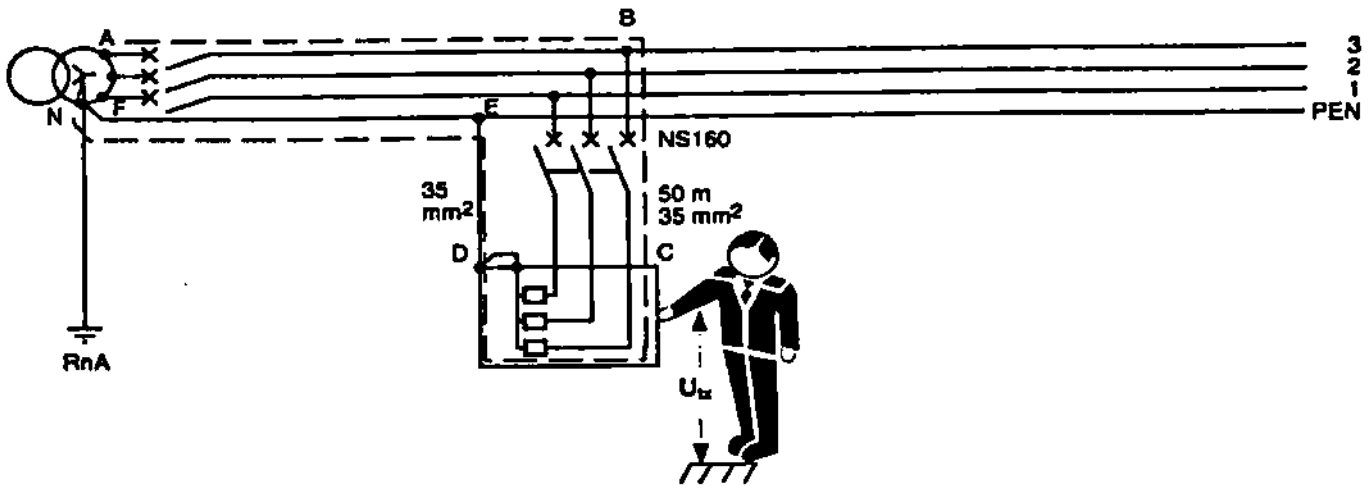
$$I_d \leq \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{hoặc} \quad 0,8 \frac{U_o}{Z_c} \geq I_n$$

$U_o$  - điện áp pha - trung tính định mức.

$Z_s$  - tổng trở mạch vòng chạm đất mà dòng chạm đất chạy qua bằng tổng của các tổng trở sau: nguồn, dây dẫn pha tới chỗ xảy ra sự cố, dây bảo vệ từ điểm xảy ra sự cố tới nguồn.

$Z_c$  - tổng trở vòng sự cố; bỏ qua tổng trở nguồn do có giá trị bé hơn so với dây dẫn và xem sụt áp tới mạch sự cố là 20%  $U_o$ .

$I_d$  - dòng sự cố;  $I_n$  - dòng chính định đối với các thiết bị bảo vệ tương ứng thời gian tác động định sẵn.



**Hình 3.12** Tự động cắt nguồn trong mạng nối đất kiểu TN

Trong hình 3.12, điện áp tiếp xúc:  $U_{tx} = \frac{220}{2} = 110V$  và vì vậy

$U_{tx}$  này gây nguy hiểm.

Tổng trở ngắn mạch:  $Z_s = Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{DE} + Z_{EN} + Z_{NA}$

Nếu  $Z_{BC}$  và  $Z_{DE}$  là trội hơn thì:  $Z_s = 2\rho \frac{L}{S} = 64,3 \text{ m}\Omega$

Vì vậy:  $I_d = \frac{220}{64,3 \times 10^{-3}} = 3,42 \text{ kA}$

( $\approx 21 I_n$  đối với CB có dòng định mức 160A)

Trị số đặt của mạch ngắt tức thời kiểu từ của CB nhỏ hơn nhiều lần so với 3 420 A, vì vậy đảm bảo CB sẽ cắt nguồn trong khoảng thời gian ngắn nhất.

Chú ý: Có một vài tài liệu tính trường hợp chạm vỏ trên dựa vào giả thiết cho rằng điện áp rơi khoảng 20% trên tổng trở mạch vòng BANE và trong ví dụ này, dòng sự cố được tính như sau:

$$I_d = \frac{220 \times 80\%}{64,3 \times 10^{-3}} = 2,736 \text{ kA} = 2736 \text{ A} (= 17 I_{nCB})$$

**Thời gian cắt tối đa cho phép**

Thời gian cho phép là một hàm phụ thuộc vào điện áp định mức pha - đất - hay điện áp pha trung tính trong mạng nối đất kiểu TN.

**Bảng 3.2** Thời gian cắt tối đa quy định đối với mạng nối đất kiểu TN (IEC 364-4-41)

$U_0$ (volt) pha-trung tính	Thời gian cắt (giây) $U_{ep} = 50V$
127	0,8
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

**Chú thích 1:**

Thời gian cắt trễ hơn các giá trị được trình bày trên (nhưng phải < 5 s) được cho phép đối với một vài trường hợp của mạng phân phối, cũng như đối với mạch cuối nuôi nhiều thiết bị cố định, với điều kiện điện áp tiếp xúc nguy hiểm sẽ không xuất hiện trên các thiết bị khác. IEC khuyến cáo và một số quốc gia bắt buộc nối lưới đẳng thế an toàn mọi phần kim loại của các thiết bị và các vật dẫn tự nhiên ở những nơi có ổ cắm ngoài - các ổ cắm này được sử dụng để cung cấp nguồn cho các thiết bị di động hoặc xách tay.

Thanh cái của lưới đẳng thế chung được lắp ở tủ phân phối đối với phạm vi cần quan tâm.

**Chú thích 2:**

Khi điện áp cho phép là 25 V, thời gian cắt cho phép là

0,35 s đối với 127 V

0,2 s đối với 230 V

0,05 s đối với 400 V

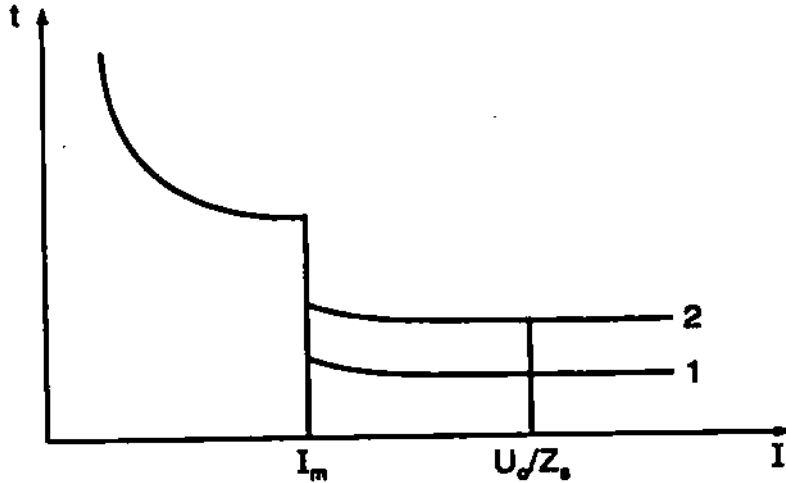
Nếu phần tử được xét là phần tử cuối, những thời gian cắt nêu trên dễ dàng đạt được bằng cách sử dụng các RCD.

**Chú thích 3:**

Việc sử dụng RCD có thể là cần thiết đối với mạng nối đất kiểu TN, như đã giải thích ở *Chú thích 2*. Sử dụng RCD ở mạng nối đất kiểu TN-C-S có nghĩa là dây bảo vệ và dây trung tính phải được tách rời phía trước RCD và thường được thực hiện ở tại tủ điện.

**Bảo vệ bằng cách sử dụng CB**

Bộ tác động kiểu tức thời của CB sẽ ngắt dòng ngắn mạch pha - đất trong thời gian nhanh hơn 0,1 s.

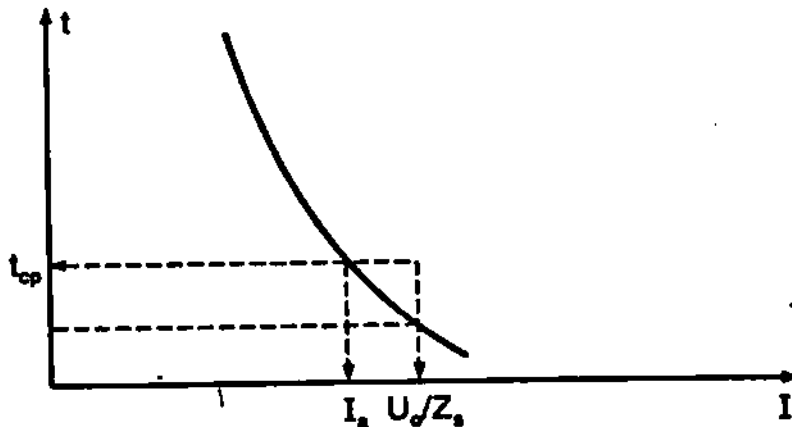


1- cắt tức thời; 2- cắt trễ trong khoảng thời gian ngắn

**Hình 3.13** Cắt nguồn bằng CB đối với mạng nối đất kiểu TN

Ngoài ra, khi  $I_a = I_m$ , các bộ tác động có thời gian trễ tác động bằng từ hay điện tử, sẽ đảm bảo tự động cắt nguồn với khoảng thời gian cho phép tối đa.

Tuy nhiên, cần xem xét đến những sai khác nhất định khi áp dụng đối với các tiêu chuẩn khác nhau.



**Hình 3.14** Cắt bằng cầu chì đối với mạng nối đất kiểu TN

Để đảm bảo cắt sự cố trong khoảng thời gian cho phép, cần đảm bảo điều kiện dòng sự cố tính toán  $U/Z_0$  hay  $0,8 \frac{U_0}{Z_c}$  phải lớn hơn dòng đặt cắt tức thời hoặc lớn hơn mức ngưỡng của đặc tuyến  $t = f(I)$ .

**Bảo vệ bằng cầu chì:**  $I_a$  có thể được xác định từ đặc tuyến của cầu chì. Trong bất kỳ trường hợp nào, việc bảo vệ không thể thực hiện được nếu tổng trở vòng sự cố  $Z_0$  hay  $Z_c$  vượt quá một giá trị nào đó.

Giá trị dòng nhằm đảm bảo cầu chì tác động đúng có thể được xác định từ đặc tuyến dòng điện / thời gian của cầu chì được sử dụng.

Dòng sự cố  $U/Z_s$  hay  $0,8 U/Z_c$  như đã tính ở trên phải lớn hơn giá trị dòng cần thiết nhằm đảm bảo cầu chì tác động chắc chắn.

Điều kiện cần khảo sát là:

$$I_n \leq \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{hoặc} \quad 0,8 \frac{U_o}{Z_c} \quad \text{nếu được chỉ ra ở hình 3.14.}$$

*Ví dụ:* Điện áp định mức pha - trung tính của mạng là 220V và thời gian cắt tối đa cho trên đồ thị hình 3.14 là 0,4s. Giá trị  $I_n$  tương ứng có thể đọc được từ đồ thị. Tổng trở mạch vòng ngắn mạch có thể tính từ  $I_n$  và giá trị điện áp 220V như sau:

$$Z_s = \frac{220}{I_n} \quad \text{hay} \quad Z_c = \frac{0,8 \times 220}{I_n}$$

Tổng trở mạch vòng thực tế không thể vượt quá giá trị này và nên có giá trị bé hơn để đảm bảo cầu chì hoạt động đúng.

### ***b) Tự động cắt nguồn trong mạng TT***

#### ***Trường hợp chung***

Bảo vệ chống chạm điện gián tiếp được thực hiện nhờ các RCD. Dòng chính định phải đảm bảo điều kiện:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50V^{(1)}}{R_{ndtb}}$$

(1) 25 V đối với mạng nông thôn và công trường.

Dòng chính định đối với từng trường hợp là một hàm theo điện trở  $R_{ndtb}$  của mạng hạ áp.

***Bảng 3.3***  $R_{ndtb}$  theo  $I_{\Delta n}$  của RCD và  $U_{cp}$

$I_{\Delta n}$	Điện trở nối đất lối đa ( $\Omega$ )	
	50 V	25 V
3 A	16	8
1 A	50	25
500 mA	100	50
300 mA	166	83
30 mA	1666	833

Bảng giá trị giới hạn trên của điện trở nối đất của lưới với độ nhạy khác nhau của RCD ứng với điện áp cho phép  $U_L$  là 50 V và 25 V.

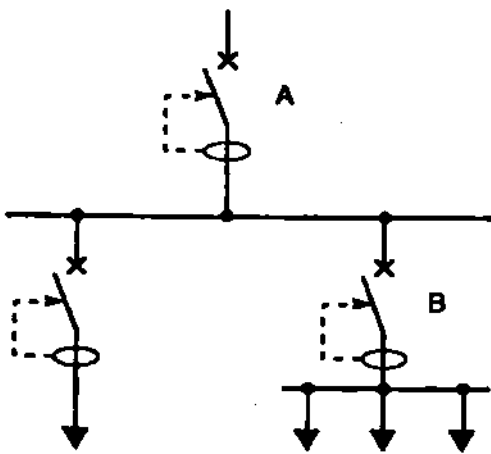
*Trường hợp mạch phân phối*

Tiêu chuẩn IEC 364-4-41 và một số tiêu chuẩn quốc gia khác công nhận thời gian cắt sự cố tối đa là 1s đối với mạch phân phối (ngược lại với các mạch cuối). Điều này cho phép đảm bảo tính chọn lọc theo từng cấp.

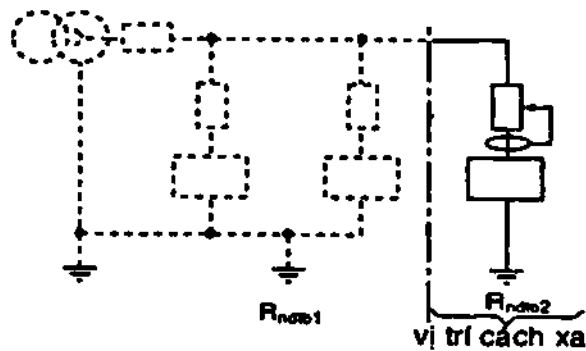
Ví dụ: Ở tại A: RCD tác động có thời gian trễ ví dụ loại S.

Ở tại B: RCD tác động tức thời.

*Trường hợp vỏ các thiết bị, hoặc một nhóm thiết bị được nối đất riêng*



**Hình 3.15** Các mạch phân phối



**Hình 3.16** Các cực nối đất tách rời nhau

Trường hợp này, bảo vệ chống chạm điện gián tiếp được thực hiện bằng các RCD riêng đặt cho từng thiết bị hoặc nhóm thiết bị có nối đất chung. Độ nhạy của chúng phải tương ứng với điện trở của cực nối đất.

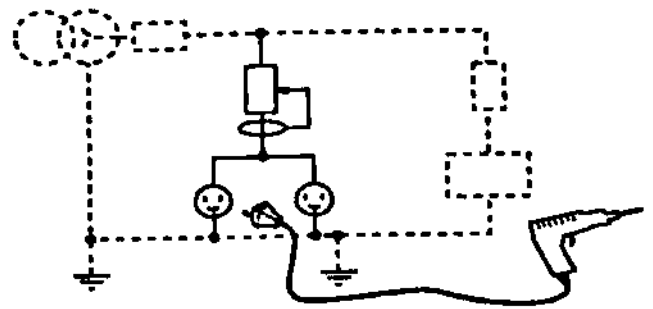
**RCD có độ nhạy cao**

Tiêu chuẩn IEC 364-4-471 khuyến cáo sử dụng RCD có độ nhạy cao ( $\leq 30$  mA) trong các trường hợp sau:

- Các ổ cắm ngoài có dòng định mức 32 A ở các vị trí đặc biệt nguy hiểm;
- Các ổ cắm ở nơi ẩm ướt với dòng định mức bất kỳ;
- Các ổ cắm trong mạng lắp tạm thời;
- Mạch điện cung cấp cho phòng giặt và bể bơi;

- Mạch cung cấp điện cho các công trường, xe cắm trại, du thuyền, hội chợ du lịch. Bảo vệ này có thể áp dụng cho mạng độc lập hoặc từng nhóm;

- Ổ cắm ngoài  $\geq 20$  A (là bắt buộc nếu mạng này cung cấp cho thiết bị cầm tay dùng ngoài trời).

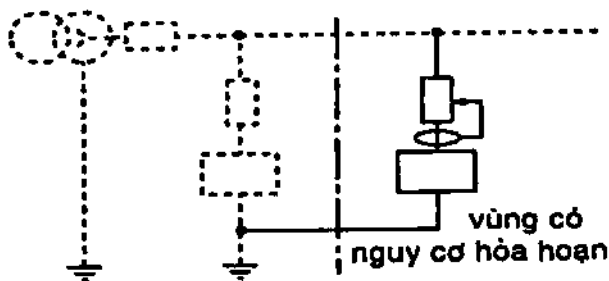


Hình 3.17 Các mạch cấp điện cho ổ cắm

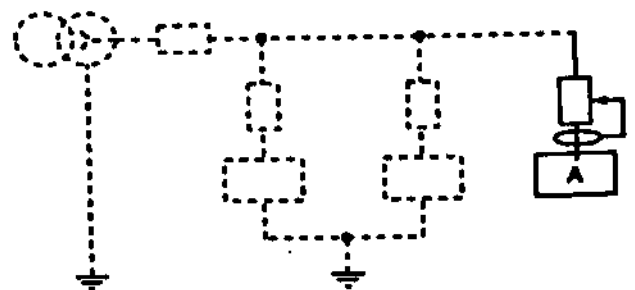
### Ở nơi có nguy cơ cháy cao

Bảo vệ bằng RCD tại các máy cắt cấp nguồn, ở nơi có nguy cơ cháy cao là cần thiết, đặt ở vài vị trí đặc biệt và bắt buộc đối với vài quốc gia. Độ nhạy của RCD không vượt quá 500 mA.

Bảo vệ khi vỏ thiết bị không được nối đất (trong trường hợp mạng điện ở nơi đất khô, không thể thi công hệ thống nối đất hoặc trong trường hợp dây nối đất bị đứt).



Hình 3.18 Vị trí có nguy cơ cháy cao



Hình 3.19 Các phần vỏ thiết bị (A) không được nối đất

Các RCD có độ nhạy cao ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA) sẽ làm việc hiệu quả trong hai trường hợp để tránh nguy hiểm do chạm điện gián tiếp và bảo vệ phụ chống nguy hiểm do chạm điện trực tiếp.

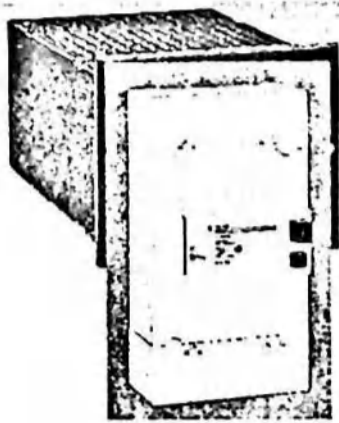
#### \* Các loại RCD

Các RCD thường được lắp chung trong các thiết bị sau:

- Loại CB công nghiệp có bảo vệ dòng so lệch theo tiêu chuẩn IEC 947-2.
- Loại CB dân dụng có bảo vệ dòng rò (RCCB) theo tiêu chuẩn IEC 755, 1008 và 1009.
- Các công tắc có bảo vệ so lệch theo tiêu chuẩn riêng của từng quốc gia.

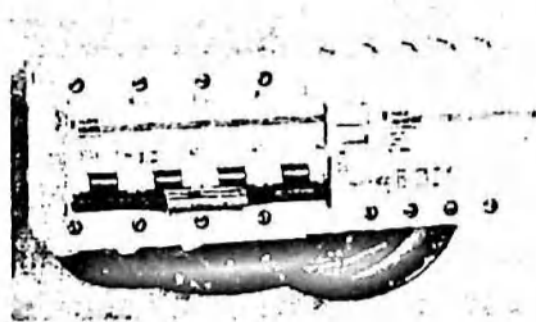


- Các rơle với biến dòng dạng xuyên, theo tiêu chuẩn IEC - 755. Các RCD phải đặt ở đầu nguồn trong mạng TT, chúng phải có khả năng cắt chọn lọc so với các RCD khác trong mạch nhằm đảm bảo tính liên tục cung cấp điện.



In: CB đầu vào có thời gian trễ S

**Hình 3.20** CB dân dụng có mạch bảo vệ chống chạm đất



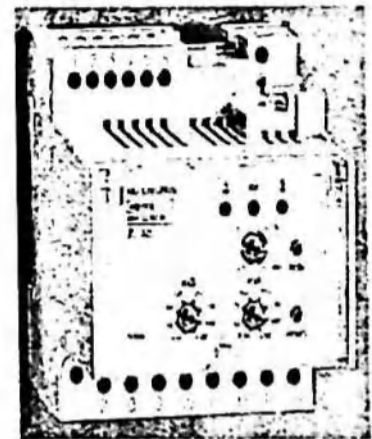
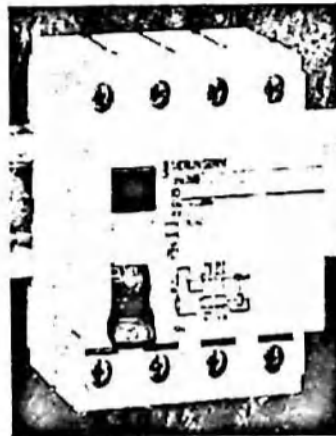
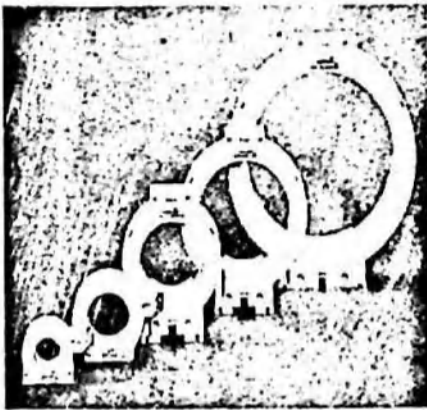
CB treo DIN với RCD



CB so lệch dạng "Monobloc" dùng cho bảo vệ mạch ổ cắm và mạch cuối

**Hình 3.21** CB dân dụng có mạch bảo vệ chống chạm đất

- RCD với biến dòng dạng xuyên có thể dùng kèm với CB hoặc công tắc tơ.



**Hình 3.22** Các RCD với máy biến dòng dạng xuyên

**RCCB, RCBO và CBR**

- RCCB (CB chống dòng rò)

Các thiết bị này theo tiêu chuẩn IEC 1008 là bộ cắt mạch giống LBS (*Load Break Switches*: cầu dao phụ tải). Chúng được thiết kế theo khả năng cắt và chịu dòng ngắn mạch song chúng không cắt được dòng ngắn mạch. Vì vậy nhất thiết phải có một SCPD

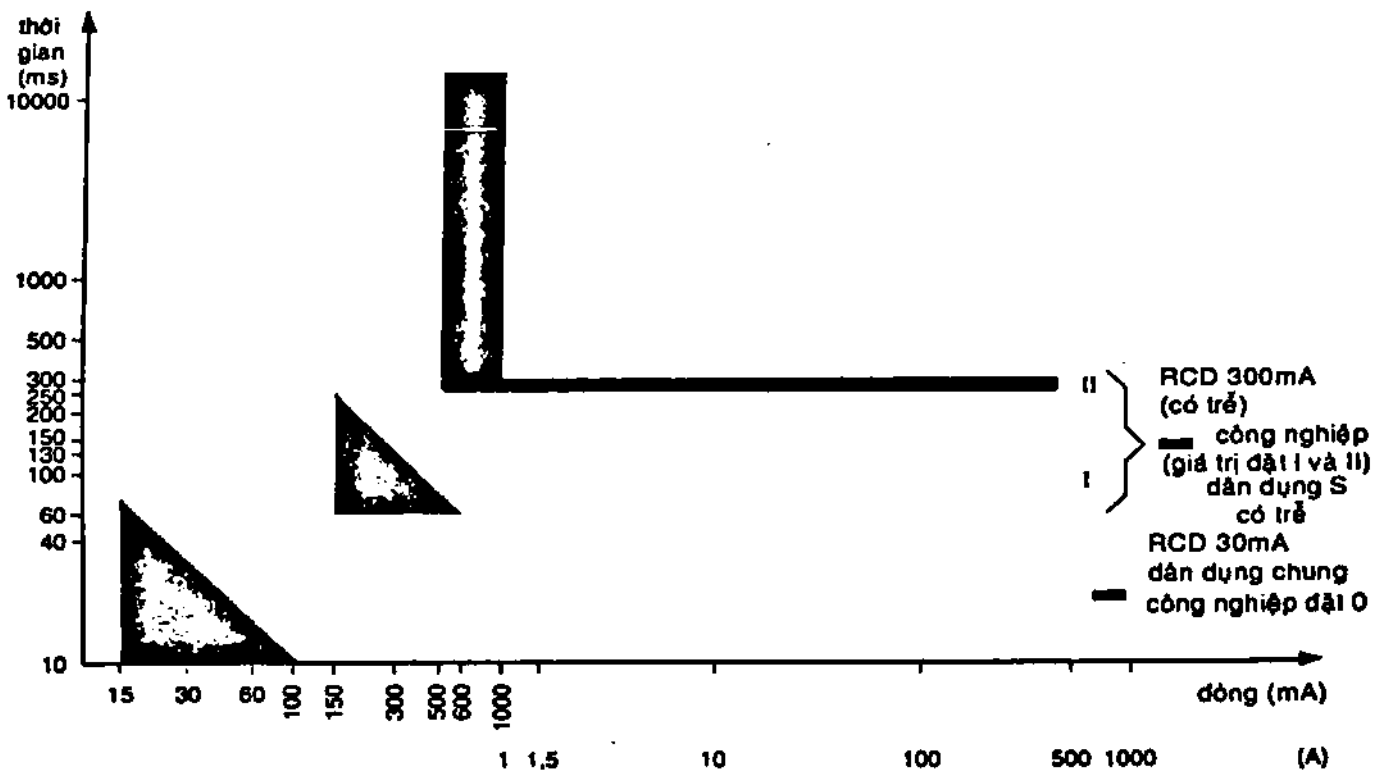
(*Short Circuit Protective Device*: thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch) được mắc nối tiếp với RCCB.

- RCBO: Chữ O ký hiệu cho *Overcurrent* có nghĩa là thiết bị này ngoài chức năng chống dòng rò còn có thể bảo vệ quá dòng. RCBO có dòng cắt ngắn mạch định mức. Nó được xem là một CB và được chế tạo theo tiêu chuẩn IEC 1009.

*Lưu ý*: cả RCCB và RCBO theo IEC 1008 và 1009 cho phép cách ly hoàn toàn mạch khi mở. Các thiết bị này thường dùng cho lưới dân dụng.

- CBR là thiết bị có chứa bảo vệ chống dòng rò mắc vào CB hạ áp xí nghiệp theo tiêu chuẩn IEC 947-2. Theo IEC 1008 và 1009, các CB được trang bị như vậy được gọi là CBR.

*\* Phối hợp giữa các thiết bị bảo vệ so lệch*



**Hình 3.23** Phối hợp làm việc của RCD

Việc phối hợp nhằm cắt sự cố có chọn lọc được thực hiện bằng cách tạo thời gian trễ hoặc bằng cách chia nhỏ các mạch, theo đó, mỗi phần tử hoặc mỗi nhóm được bảo vệ riêng.

Tính chọn lọc được đảm bảo khi chỉ có CB phía trước vị trí sự cố là tác động.

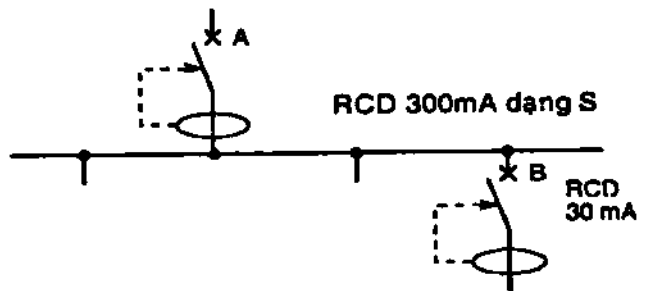
Trong trường hợp các thiết bị được sắp xếp tuần tự, mức chọn lọc được thực hiện theo ba hoặc bốn mức như sau:

- Tại tủ phân phối chính
- Tại tủ phân phối khu vực
- Tại tủ phân phối phụ
- Tại ổ cắm hoặc các thiết bị độc lập.

Thông thường, ở các tủ phân phối và các bảo vệ thiết bị riêng rẽ, các thiết bị tự động cắt nguồn khi có nguy cơ chạm điện gián tiếp được mắc chung với bảo vệ bổ sung chống chạm điện trực tiếp.

**\* Tính chọn lọc giữa các RCD**

Sự chọn lọc được thực hiện bằng việc sử dụng nhiều mức độ nhạy khác nhau: 30 mA, 100 mA, 300 mA và các thời gian cắt tương ứng như hình 3.24.



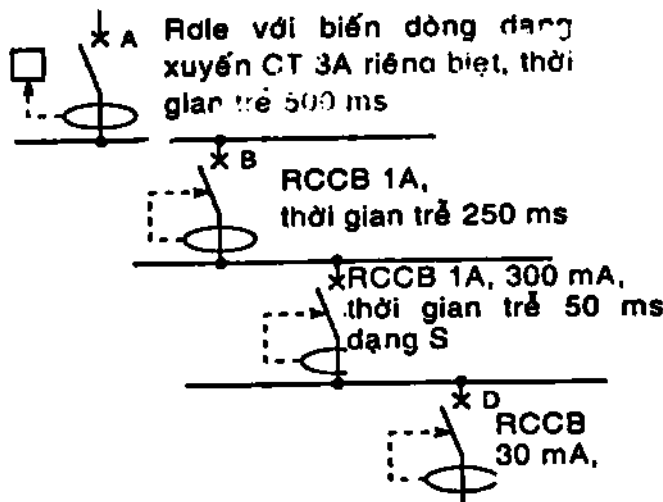
Hình 3.24 Chọn lọc theo hai mức

- Sự chọn lọc theo hai mức

**Bảo vệ**

Mức A: RCD có mức chỉnh thời gian trễ I (đối với thiết bị công nghiệp), loại S (cho dân dụng) để bảo vệ chống chạm điện gián tiếp.

Mức B: RCD tác động tức thời với độ nhạy cao được đặt đối với ổ cắm hoặc thiết bị điện làm việc trong chế độ nguy hiểm (ví dụ như máy giặt).



Hình 3.25 Phối hợp bảo vệ ba hoặc bốn mức

- Sự chọn lọc theo ba hoặc bốn mức.

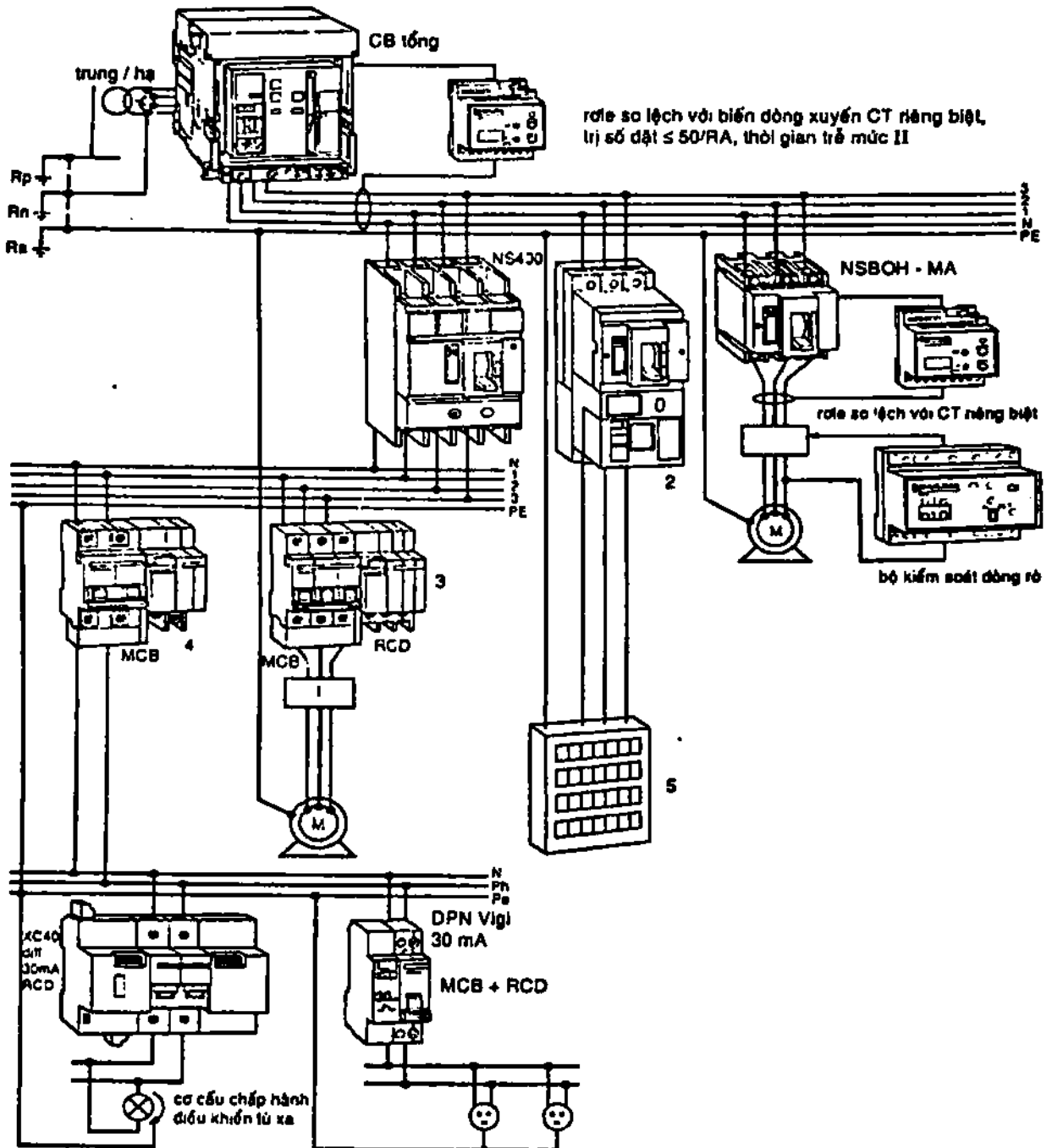
**Bảo vệ:**

Mức A: RCD có thời gian trễ (trị đặt theo mức III)

Mức B: RCD có thời gian trễ (trị đặt theo mức II)

Mức C: RCD có thời gian trễ (trị đặt theo mức I) hoặc loại S

Mức D: RCD tác động tức thời



1- Công tắc tơ ngắt; 2- Vigi Compact NS100, trị đặt 300 mA

3- Cát tức thời 300 mA; 4- RCD 300 mA dạng S, có trễ; 5- Hộp phân phối

**Hình 3.26** Bảo vệ ba mức cho thấy biện pháp bảo vệ trong mạng nối đất kiểu TT. Một động cơ được bảo vệ đặc biệt

### 3.4.4 Tự động cắt nguồn khi bị chạm đất tại hai điểm trong mạch nối đất kiểu IT

#### Chạm đất điểm thứ nhất

Trong sơ đồ mạng kiểu IT, cần chú ý rằng chạm đất điểm thứ nhất sẽ không gây tác động cắt nguồn.

Khi xảy ra chạm đất một điểm, dòng sự cố rất nhỏ, vì vậy  $I_d \times R_A < 50 \text{ V}$  và không gây nên điện áp tiếp xúc nguy hiểm.

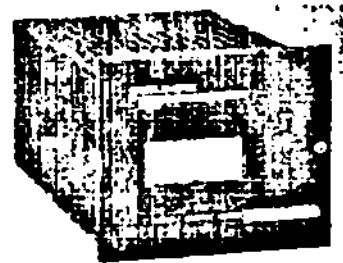
Thực tế dòng  $I_d$  là rất nhỏ, nó không đe dọa người sử dụng cũng không ảnh hưởng tới thiết bị.

Tuy nhiên trong sơ đồ này:

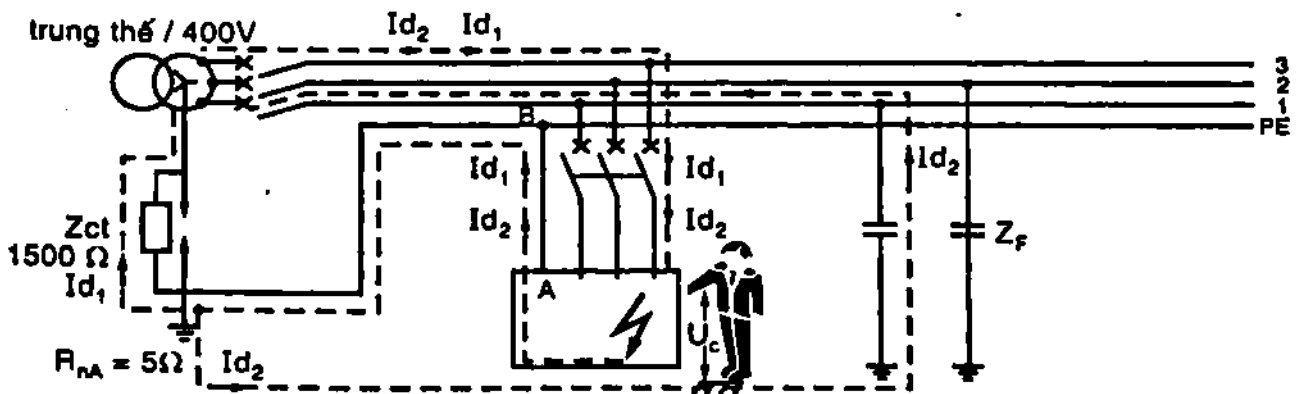
- Cần thường xuyên theo dõi điều kiện cách điện so với đất, phải báo tín hiệu (bằng âm thanh hoặc đèn chớp) khi xảy ra chạm đất điểm thứ nhất;

- Cần nhanh chóng xác định điểm bị chạm đất và tiến hành sửa chữa nếu muốn hệ thống nối đất kiểu IT làm việc trong chế độ hoàn toàn tin cậy;

- Ngoài ra, hệ thống IT còn cho phép tiếp tục cung cấp điện khi bị chạm đất điểm thứ nhất, đây là một ưu điểm lớn so với các hệ thống khác.



Hình 3.27 Rơle giám sát cách điện giữa các pha với đất (được đặt ở mạng nối đất kiểu IT)



Hình 3.28 Đường đi của dòng sự cố khi có chạm đất điểm thứ nhất trong mạng nối đất kiểu IT

*Vi dụ:* Mạng có dây dẫn dài 1 km, dung kháng so với đất  $Z_f = 3500 \Omega$ . Khi làm việc bình thường (không bị sự cố), dòng điện dung rò (\*) xuống đất là:

$$\frac{U_o}{Z_f} = \frac{230}{3500} = 66 \text{ mA / pha}$$

Khi xảy ra sự cố một pha chạm đất, như đã chỉ ra trên hình 3.28, dòng điện chạy qua điện trở nối đất  $R_{nA}$  và có giá trị bằng tổng véctơ của các dòng điện dung trên các pha không bị sự cố. Điện áp của các pha không bị sự cố (do khi xảy ra một pha chạm đất) bị tăng lên  $\sqrt{3}$  lần so với  $U_{\text{pha-đất}}$  lúc bình thường, do đó dòng điện dung cũng tăng lên  $\sqrt{3}$  lần tương ứng. Những véctơ dòng điện dung này lệch pha nhau  $60^\circ$  vì vậy khi cộng các vectơ, giá trị dòng đi qua cực nối đất  $R_{nA} = 3 \times 66 \text{ mA} = 198 \text{ mA}$  và là  $I_{d_1}$  trên hình vẽ.

Điện áp tiếp xúc vì vậy sẽ là  $198 \times 5 \times 10^{-3} = 0,99 \text{ V} = U_{lx}$  và không nguy hiểm cho người.

Dòng điện đi qua chỗ bị sự cố là tổng véctơ của dòng đi qua tổng trở nối đất trung tính  $I_{d_1} \left( \frac{230}{1500} = 153 \text{ mA} \right)$  và dòng điện dung ( $I_{d_2}$ ).

Do phần vỏ dẫn điện của các thiết bị được nối trực tiếp với đất, tổng trở của nối đất trung tính  $Z_{CT}$  không tham gia việc tạo  $U_{lx}$  đối với đất.

### ***Chạm đất điểm thứ hai***

Việc xuất hiện đồng thời hai điểm chạm đất một lúc (trên hai pha khác nhau) là nguy hiểm. Việc cắt nhanh sự cố bằng cầu chì hay CB phụ thuộc vào kiểu nối đất cụ thể và có hay không có các điện cực nối đất riêng.

Khi xuất hiện thêm điểm chạm đất thứ hai trên pha khác, hoặc trên dây trung tính bắt buộc phải nhanh chóng cắt nguồn. Việc cắt sự cố được thực hiện khác nhau trong từng trường hợp sau đây:

---

(\*) Dòng rò điện trở đi qua đất xuyên qua lớp cách điện của thiết bị được giả sử là nhỏ và bỏ qua trong ví dụ này.

\* Khi mạng có tất cả các vỏ thiết bị được nối trực tiếp tới dây PE chung như trên hình 3.29, trường hợp này, các điện cực nối đất không nằm trong đường đi của dòng chạm đất, vì vậy dòng sự cố sẽ đạt giá trị lớn và các thiết bị bảo vệ quá dòng thông thường sẽ được sử dụng, ví dụ các CB và cầu chì.

Điểm sự cố đầu có thể xảy ra ở cuối của mạng, trong khi đó điểm chạm đất thứ hai có thể xảy ra ở phía đầu nguồn của mạng. Do đó, khi tính toán dòng sự cố thích hợp để chỉnh định cho các thiết bị bảo vệ quá dòng thường quy ước nhân đôi tổng trở của mạch vòng sự cố.

Khi hệ thống bao gồm cả dây trung tính thêm vào dây pha, dòng ngắn mạch nhỏ nhất xảy ra khi một trong hai điểm chạm đất là từ dây trung tính xuống đất (cả bốn dây này đều cách điện so với đất trong tình trạng nối đất kiểu IT).

Vì vậy trong mạng nối đất kiểu IT có 4 dây, khi tính dòng ngắn mạch để xác định các mức bảo vệ, phải tính với điện áp pha - trung tính, nghĩa là:

$$0,8 \frac{U_o}{2Z_c} \geq I_n \quad (1)$$

trong đó:  $U_o$  - điện áp pha - trung tính

$Z_c$  - tổng trở mạch vòng sự cố

$I_n$  - trị số dòng đặt của bộ tác động.

Nếu không có dây trung tính, điện áp được dùng để tính dòng sự cố là  $U_{pha \cdot pha}$ .

$$0,8 \frac{U_d}{2Z_c} \geq I_n, \quad (*) - \text{theo phương pháp quy ước} \quad (2)$$

*Thời gian chảy - cầu chì / thời gian cắt sự cố*

Thời gian cắt sự cố đối với mạng ba pha ba dây sơ đồ IT khác so với sơ đồ ba pha bốn dây theo sơ đồ IT và được cho trong bảng sau:

**Bảng 3.4 Thời gian cắt sự cố lớn nhất đối với mạng nối đất kiểu IT (IEC 364-4-41)**

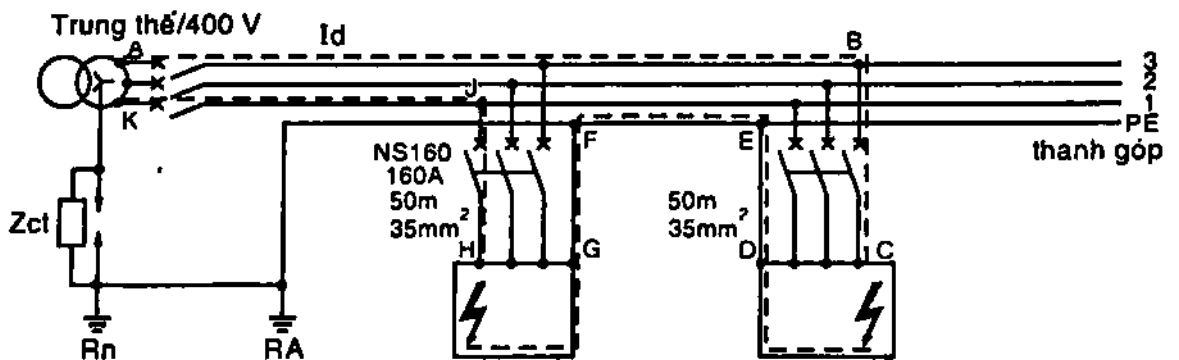
a)  $U_{cp} = 50 V$

$U_o / U$ (volts) $U_o$ : điện áp pha (Volt) $U$ : điện áp dây (Volt)	Thời gian cắt sự cố (giây)(s) $U_L = 50 V$ (1)	
	Ba pha - ba dây	Ba pha - bốn dây
127/220	0,8	5
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

b)  $U_{cp} = 25 V$

Mạng ba pha - ba dây		Mạng ba pha - bốn dây	
127/220 V	0,4s	127/220 V	1,0s
230/400 V	0,2s	230/400 V	0,5s
400/690 V	0,06s	400/690 V	0,2s

Ví dụ:



**Hình 3.29 CB tác động khi xảy ra chạm đất điểm thứ hai trong trường hợp các vỏ máy bị chạm điện được mắc vào dây bảo vệ chung**

Trong trường hợp ở hình 3.29, trị số dòng tác động của bộ tác động tức thời hoặc có trễ cần được xác định. Có thể áp dụng các mức thời gian cắt sự cố như đã trình bày trong bảng.

Ví dụ: Trong ví dụ hình 3.29, bảo vệ chống ngắn mạch được thực hiện bằng cách cung cấp CB 160A là thích hợp để cắt sự cố ngắn mạch pha-pha ở các phía cuối mạch.



Lưu ý, trong một mạng điện kiểu IT, các phân mạch của hai nhánh cùng chạm vỏ được giả sử là có cùng chiều dài và dây dẫn cùng tiết diện. Dây PE cũng cùng tiết diện như dây pha. Trong trường hợp này, tổng trở mạch vòng ngắn mạch khi sử dụng phương pháp quy ước sẽ gấp đôi so với khi tính một mạch trong mạng TN.

Vì vậy tổng trở của mạch vòng 1 (FGHJ)

$$R_{FGHJ} = 2 R_{HJ} = 2\rho \frac{l}{S} \text{ (m}\Omega\text{)}$$

trong đó:  $\rho$  - điện trở suất của dây đồng ( $\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

$l$  - chiều dài mạch (m);  $S$  - tiết diện dây dẫn  $\text{mm}^2$

Do đó tổng trở mạch vòng 1 là:

$$R_{FGHJ} = 2 \times 22,5 \times \frac{50}{35} = 64,3 \text{ m}\Omega$$

Và tổng trở vòng B, C, D, E, F, G, H, J sẽ là:

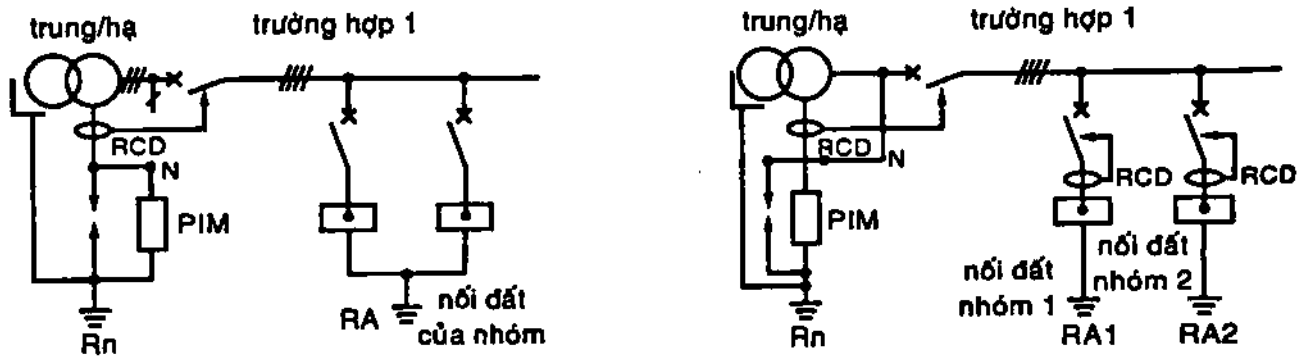
$$2 \times 64,3 = 129 \text{ m}\Omega$$

Dòng sự cố sẽ là:

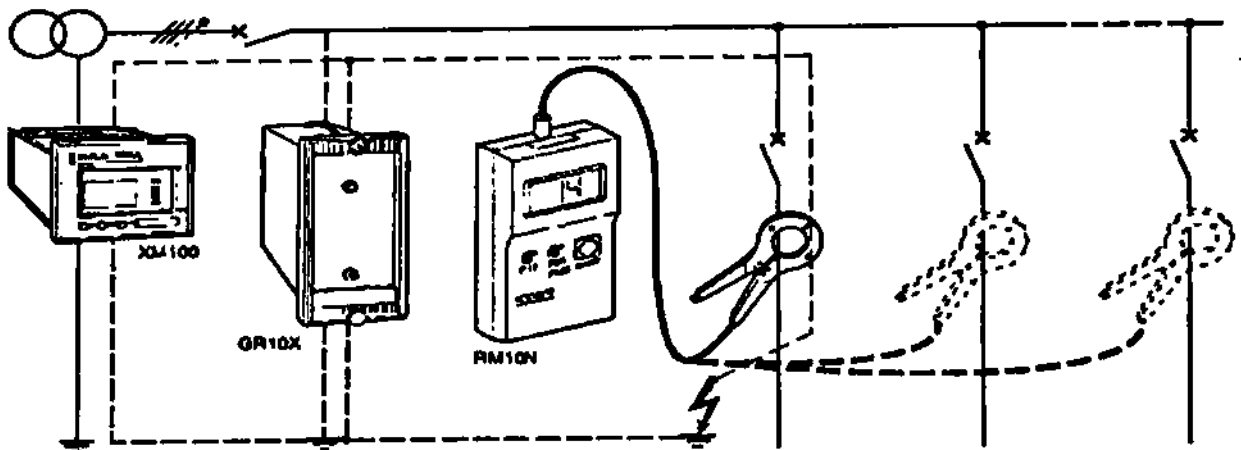
$$\frac{0,8\sqrt{3} \times 230 \times 10^3}{129} = 2470 \text{ {A}}$$

*\* Nếu tất cả các vỏ máy không được nối tới cực nối đất chung của cả hệ thống có thể xảy ra trường hợp chạm đất thêm điểm thứ hai ở một nhóm độc lập khác hay ở một thiết bị có nối đất độc lập khác. Vì vậy việc thêm vào một bảo vệ khác so với bảo vệ được mô tả ở trường hợp một là cần thiết. Đó là các RCD được đặt ở các máy cắt tổng của cả nhóm và tại từng nhánh thiết bị có nối đất riêng.*

Lý do của việc đặt thêm các RCD là khi các điện cực nối đất độc lập "kết nối" qua đất, dòng ngắn mạch pha-pha thường bị giới hạn khi đi qua các điện trở nối đất, điều này làm cho các bảo vệ quá dòng lớn làm việc không tin cậy. Các RCD có độ nhạy cao hơn nên sẽ tác động chắc chắn hơn, tuy nhiên, trường hợp này các RCD phải có dòng đặt lớn hơn dòng chạm đất điểm thứ nhất. Khi xảy ra chạm đất điểm thứ hai bên trong một nhóm có điện cực nối đất chung, các bảo vệ quá dòng sẽ tác động như đã mô tả ở phần trên trong trường hợp một trong mạng ba pha bốn dây, bảo vệ chống quá dòng trong dây trung tính đôi khi được thực hiện bằng cách dùng biến dòng kiểu xuyên đặt trên dây trung tính trong hình 3.30.



**Hình 3.30a** Sử dụng các RCD khi các vỏ máy được nối đất độc lập, hoặc theo từng nhóm trên mạng nối đất kiểu IT



**Hình 3.30(b)** Sử dụng dụng cụ đo dòng rò xác định vị trí chạm đất bằng tay trên mạng nối đất kiểu IT

### 3.5 CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CHỐNG CHẠM ĐIỆN TRỰC TIẾP VÀ GIÁN TIẾP KHÔNG CẦN CẮT MẠCH

#### 3.5.1 Sử dụng SELV (Safety by Extra Low Voltage)

Mạng đảm bảo an toàn bằng điện áp cực thấp (SELV) được sử dụng ở những nơi có nhiều mối nguy hiểm khi vận hành trang bị điện như các bể bơi, công viên giải trí...). Mạng SELV được cung cấp với mức điện áp cực thấp từ thứ cấp của máy biến áp theo tiêu chuẩn quốc tế (IEC 742).

Mức cách điện xung giữa cuộn sơ và thứ cấp của máy biến áp này rất cao, đôi khi có thể sử dụng một màn kim loại có nối đất đặt giữa hai cuộn dây. Giá trị hiệu dụng của điện áp phía thứ cấp không bao giờ lớn hơn 50 V.

Ba điều kiện áp dụng để đảm bảo chống chạm điện gián tiếp là:

- Không có bất kỳ dây pha nào của mạng SELV được nối xuống đất;
- Tất cả các phần vỏ kim loại của thiết bị được cấp từ mạng SELV không được nối đất với các vỏ kim loại của thiết bị khác hoặc với vật dẫn tự nhiên;
- Tất cả các dây mang điện của mạch SELV và các phần của mạch có áp cao hơn phải được cách ly bằng một  $R_{ca}$  ít nhất tương đương với  $R_{ca}$  giữa cuộn sơ và thứ của máy biến áp cách ly.

Các mạch SELV phải được đặt trong ống cách điện chế tạo đặc biệt cho mạng này, cáp có cách điện theo điện áp lớn nhất của các mạch khác có thể dùng cho SELV.

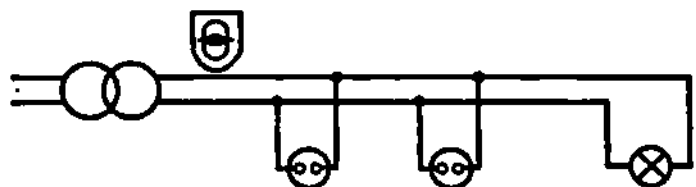
Các ổ cắm ngoài của mạng SELV không được có đầu cắm với dây đất. Ổ cắm và đầu cắm của mạng SELV phải được chế tạo đặc biệt để tránh sự cắm nhầm vào các điện áp khác.

*Chú ý: Trong điều kiện thông thường, khi mạng SELV có  $U < 25V$ , không cần bảo vệ chống chạm điện trực tiếp.*

### 3.5.2 Sử dụng mạng PELV (Protection by Extra Low Voltage)

Mạng này thường được dùng ở nơi cần cấp điện áp thấp, hoặc thích hợp với lý do an toàn, hoặc ở nơi nguy hiểm khác với những nơi đã đề cập ở trên. Các quan điểm thiết kế giống với mạng SELV chỉ khác ở chỗ mạch phía thứ cấp có nối đất tại một điểm.

Tiêu chuẩn IEC 364-4-41 định nghĩa một cách rõ ràng và đầy đủ các tính chất quan trọng của mạng PELV. Bảo vệ chống chạm điện trực tiếp thường cần phải được lắp đặt trừ khi thiết bị được đặt ở vùng có nối đẳng thế hoặc ở



*Hình 3.31 Điện áp thấp được lấy từ máy biến áp cách ly an toàn như đã định nghĩa trong IEC742*

mức điện áp định mức không vượt quá 25 V (trị hiệu dụng) và thiết bị được đặt ở nơi khô ráo, không có khả năng tiếp xúc với cơ thể con người trên phạm vi rộng. Trong tất cả các trường hợp khác, 6 V là trị số điện áp lớn nhất cho phép (trị hiệu dụng), trường hợp này không cần bảo vệ chống chạm điện trực tiếp.

### 3.5.3 Hệ thống PELV (Functional Extra Low Voltage)

Vì các lý do vận hành, điện áp 50 V hoặc thấp hơn được sử dụng nhưng không phải tất cả các yêu cầu như đã nêu trong SELV và FELV đều được đáp ứng đầy đủ. Các yêu cầu cụ thể được trình bày trong IEC 364-4-41 phải được tuân thủ nhằm bảo vệ con người chống chạm điện trực tiếp và gián tiếp phụ thuộc vị trí và công dụng của mạch này.

*Chú ý:* Những điều kiện như vậy có thể thường thấy khi mạch này chứa các thiết bị (máy biến áp, relays, công tắc tơ, công tắc điều khiển từ xa...) mà chúng có mức cách điện không đủ so với mạch ở phía điện áp cao hơn.

### 3.5.4 Mạch điện cách ly

Nguyên tắc của cách ly mạch (thường là mạch một pha), đảm bảo an toàn dựa trên những yếu tố sau:

- Hai dây dẫn được lấy từ cuộn thứ cấp một pha không nối đất của máy biến áp cách ly sẽ được cách điện so với đất.

- Nếu xảy ra tiếp xúc trực tiếp với một dây, dòng điện đi qua người đạt trị số rất bé. Dòng điện qua người đi qua đất và trở về dây kia thông qua các điện dung pha - đất. Do điện dung pha - đất rất bé dòng điện thường bé hơn mức người có thể cảm nhận được.

Khi chiều dài cáp tăng lên, dòng qua người khi chạm đất trực tiếp sẽ tăng theo tới mức có thể gây điện giật đối với người.

Ngay cả khi chiều dài cáp rất ngắn, dòng điện dung không gây nguy hiểm nhưng khi điện trở cách điện có trị số thấp cũng gây nguy hiểm, vì dòng điện sẽ chạy qua cơ thể người đi xuống đất và trở về dây còn lại thông qua điện trở cách điện pha đất thấp của các dây dẫn.

Vì vậy, cáp được sử dụng trong mạng cách ly phải có chiều dài ngắn và mức cách điện cao.

Các máy biến áp được thiết kế đặc biệt cho nhiệm vụ này, với mức cách điện cao giữa cuộn sơ và cuộn thứ, hoặc với sự bảo vệ tương đương chẳng hạn màn kim loại có nối đất đặt ở giữa hai cuộn dây.

Cấu trúc của máy biến áp thuộc tiêu chuẩn cách điện cấp II.

Để đảm bảo đáp ứng được các yêu cầu trên cần phải:

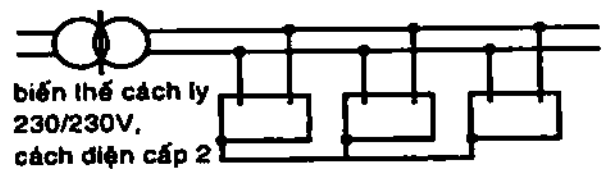
- Không được nối đất bất cứ phần vỏ kim loại của thiết bị nào ở phía mạch thứ cấp cũng như bản thân dây dẫn;
- Chiều dài của mạch thứ cấp phải được giới hạn để tránh trị số điện dung lớn có thể xảy ra<sup>(\*)</sup>;
- Cấp và các thiết bị trong mạch phải có mức điện trở cách điện cao luôn được duy trì.

Những điều kiện nêu trên thường làm hạn chế việc ứng dụng biện pháp an toàn này và nó được dùng cho các thiết bị riêng lẻ.

Trường hợp có nhiều thiết bị được nối chung vào một máy biến áp cách ly, cần phải tuân thủ các điều kiện sau:

- Vỏ của tất cả các thiết bị phải được nối với nhau bằng một dây bảo vệ có cách điện, nhưng không được nối xuống đất;
- Các ổ cắm phải có chân nối đất, chân này được nối vào dây nối đẳng thế chung của các thiết bị (không được nối xuống đất).

Trường hợp có chạm đất thêm điểm thứ hai, bảo vệ quá dòng phải tác động cắt mạch tự động giống như trong mạng nối đất kiểu IT.

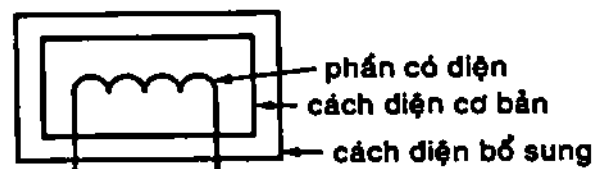


Hình 3.32 Cấp điện từ biến thế cách ly

### 3.3.5 Các thiết bị cách điện cấp II

Ký hiệu 

Những thiết bị này cũng được xem như “có hai lần cách điện” vì ở các thiết bị cách điện cấp II, một lớp cách điện phụ được thêm vào lớp cách điện chính, không cần nối phần dẫn điện nào của thiết bị với dây bảo vệ:



Hình 3.33 Nguyên lý của mức cách điện loại II

- Hầu hết các thiết bị cầm tay hoặc bán cố định, ví dụ vài loại đèn, máy biến áp được thiết kế với mức cách điện đôi. Điều quan

<sup>(\*)</sup> Theo IEC 364-4-41, tích điện áp định mức lưới (V) và chiều dài (m) của hệ thống dây không vượt quá 1000 Vm, đồng thời chiều dài lớn nhất phải nhỏ hơn 500 m.

trọng là phải bảo trì cẩn thận đối với thiết bị cách điện cấp II và kiểm tra định kỳ để tránh trường hợp hư hỏng cách điện ví dụ hỏng lớp vỏ bọc, ... các thiết bị điện tử, radio, vô tuyến truyền hình (TV) có mức cách điện tương đương cấp II.

- Tiêu chuẩn IEC 364-4-41 hoặc theo vài tiêu chuẩn quốc gia như NFC 15-100 (Pháp) mô tả chi tiết về các biện pháp thực hiện cách điện phụ trong toàn mạng điện.

Ví dụ đơn giản như việc đi cáp trong ống PVC.

- Đối với tủ phân phối và các thiết bị tương tự, IEC 439-11 mô tả toàn bộ các yêu cầu đối với "cách điện toàn bộ" tương đương cách điện cấp II;

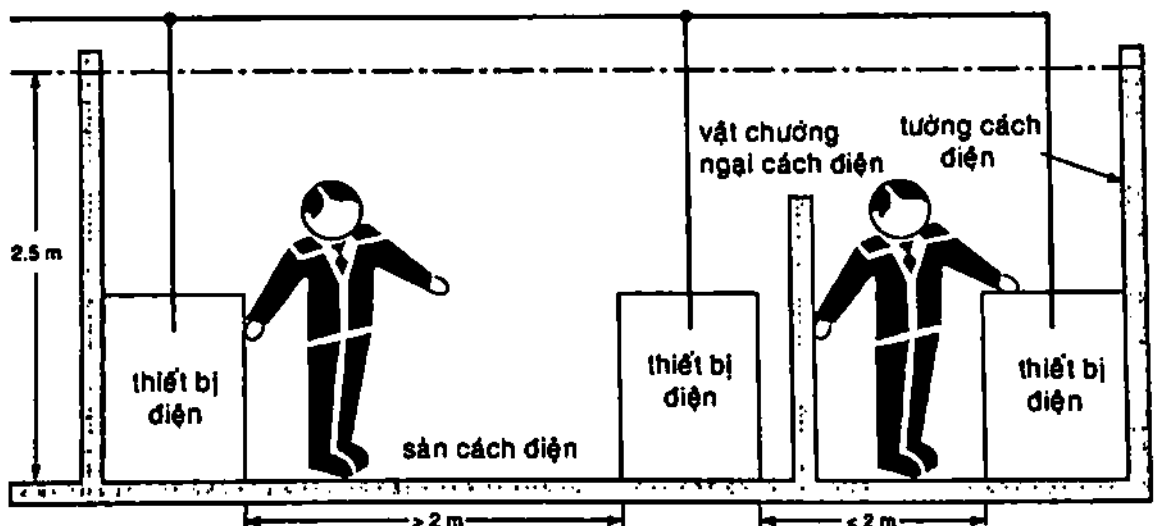
- Vài loại cáp được coi như tương đương cách điện cấp II đối với tiêu chuẩn của một vài quốc gia.

### 3.5.6 Đặt thiết bị trên sàn cách điện

Thực tế, biện pháp này chỉ có thể áp dụng được đối với những nơi khô ráo và phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Sàn và tường của gian phòng phải làm bằng vật không dẫn điện, có nghĩa là điện trở đối với đất ở bất kỳ điểm nào phải  $> 50 \text{ k}\Omega$  ( $U \leq 500 \text{ V}$ ) và  $> 100 \text{ k}\Omega$  ( $500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}$ );

- Các lối vào phòng đặt thiết bị điện đang xét phải được sắp xếp sao cho người từ ngoài bước vào không bị nguy hiểm, ví dụ một người đứng ở một sàn dẫn điện ngoài phòng đang xét không thể chạm vào phần vỏ kim loại của các thiết bị của phòng này qua lối cửa chính, chẳng hạn như các công tắc đèn treo trong hộp kín bằng vỏ kim loại.



**Hình 3.34** Bảo vệ bằng cách đặt các thiết bị ngoài tầm tay với hoặc ngăn cách các thiết bị bằng vật chắn cách điện

### 3.5.7 Phòng đẳng thế cách ly với đất

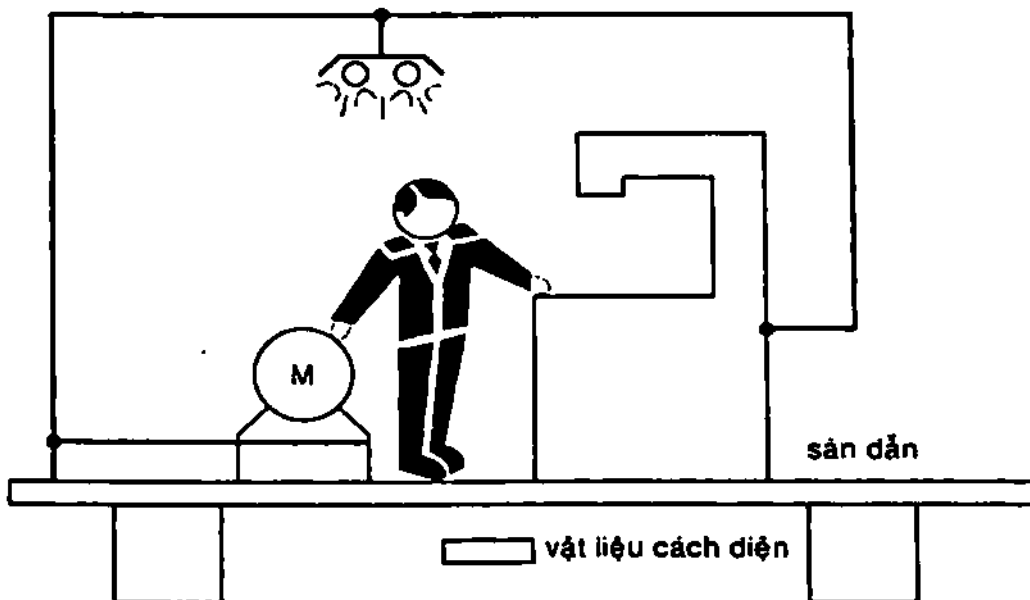
Phòng đẳng thế cách ly với đất được áp dụng đối với mạng điện đặc biệt (ví dụ phòng thí nghiệm...) và sẽ có một số khó khăn khi lắp ráp mạng.

Trong sơ đồ này, tất cả các phần vỏ dẫn điện của thiết bị, bao gồm cả sàn nhà được nối với nhau bằng các dây dẫn có kích cỡ đủ lớn, nhờ vậy trong phòng khi xảy ra sự cố hư hỏng cách điện giữa dây đang có điện và cả vỏ kim loại của thiết bị sẽ khiến cho căn phòng giống như “một cái lồng” mang điện áp bằng điện áp pha so với đất, tuy nhiên sẽ không có dòng sự cố chạy qua. Trong tình trạng này, nếu có một người từ ngoài bước vào phòng, họ có thể bị nguy hiểm (vì họ có thể đang bước lên sàn có điện).

Các biện pháp phòng ngừa cần được thực hiện để bảo vệ người tránh những mối nguy hiểm như đã nêu ở trên (ví dụ làm sàn không dẫn điện ở lối vào...).

*Cần thiết phải có các thiết bị đặc biệt để kiểm tra cách điện do khi có hư hỏng về cách điện không có dòng sự cố xuất hiện trong mạng kiểu này.*

*Ghi chú:* Các phần nối đất tự nhiên đi vào (hoặc ra khỏi) phạm vi khu đẳng thế (ví dụ ống dẫn nước...) phải được bao bọc bởi vật liệu cách điện thích hợp và không được nối vào mạng đẳng thế do những phần này thường được nối vào dây bảo vệ (dây đất) khác trong mạng điện chung.



**Hình 3.35** Kết lưới đẳng thế các vỏ thiết bị có thể tiếp cận đồng thời

### 3.6 LẮP ĐẶT VÀ ĐO LƯỜNG CỰC NỐI ĐẤT

Một điện cực nối đất có điện trở bé sẽ cải thiện đáng kể việc bảo vệ cách điện chống ảnh hưởng điện từ và quá áp khí quyển. Chất lượng của điện cực nối đất phụ thuộc chủ yếu vào:

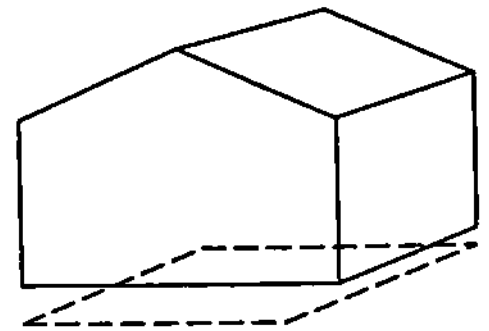
- Cách lắp đặt;
- Bản chất của đất.

#### 3.6.1 Cách lắp đặt

Có ba cách lắp đặt:

*a) Điện cực dạng dây dẫn tạo nên mạch vòng bên dưới tòa nhà (H.3.36).*

Cách này nên dùng đặc biệt cho các tòa nhà mới. Điện cực cần chôn dọc theo chu vi hố đào của nền móng. Cần để dây trần tiếp xúc trực tiếp với đất (không được đặt trong sỏi, cát của nền bê tông). Ít nhất cần có bốn dây thẳng nối lên từ điện cực để kết lưới và ở những nơi cần thiết, cọc của kết cấu bê tông phải nối với điện cực.



*Hình 3.36 Mạch vòng nối đất dưới móng nhà*

Dây dẫn sẽ tạo nên điện cực nối đất, nhất là khi chúng được chôn sâu 50 cm dưới phần móng bê tông. Cả điện cực lẫn dây nối lên đều không được tiếp xúc với nền móng bê tông.

Đối với những tòa nhà hiện hữu, dây điện cực cần chôn xung quanh tường, ở độ sâu ít nhất 1 m. Theo quy định chung, mọi liên kết lên từ cực nối đất đến phần trên mặt đất cần bọc cách điện với điện áp 600 V – 1.000 V.

Dây có thể là:

- Đồng trần hoặc nhiều sợi với tiết diện  $> 25 \text{ mm}^2$ ;
- Thép không rỉ hoặc nhiều sợi với tiết diện  $\geq 35 \text{ mm}^2$ ;
- Thép mạ.

Đồng là vật liệu đắt nhất, nhưng lại có tính chống ăn mòn cao nhất.



Việc sử dụng nhiều vật liệu khác nhau trong cùng chỗ là không nên vì chúng (ví dụ Zn/Cu) bị ăn mòn trong đất ẩm. Kẽm sẽ bị ăn mòn bởi đồng. Cọc bằng thép trong bê tông lại có điện thế trong chuỗi phản ứng hóa - điện như của đồng trong đất, do đó điện cực bằng đồng có thể nối với lõi thép của bê tông.<sup>(\*)</sup> Điện cực bằng thép ở trong đất sẽ bị ăn mòn nếu nối với lõi thép của bê tông. Nhôm và chì không nên sử dụng làm cực nối đất.

Điện trở gần đúng của cực nối đất:  $\frac{2\rho}{L}$  ( $\Omega$ ).

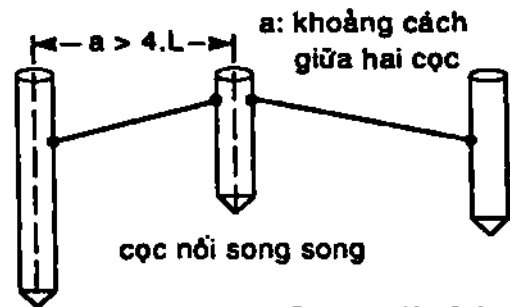
với: L - chiều dài của dây (m);

$\rho$  - điện trở suất của đất ( $\Omega.m$ ).

**b) Cọc nối đất (H.3.37)**

Cọc nối đất thẳng đứng thường được dùng cho các tòa nhà hiện hữu hoặc khi cần đóng sâu xuống trong điều kiện cải thiện điện trở nối đất.

Cọc có thể là: - đồng hoặc đồng mạ thép. Loại sau có chiều dài 1 m tới 2 m và có đầu nhọn để đóng được sâu;



Hình 3.37 Cọc nối đất

- Ống thép mạ đường kính  $\geq 25$  mm hoặc cọc đường kính  $\geq 15$ mm, với chiều dài hơn 2 m. Thường phải dùng nhiều cọc và khoảng cách giữa chúng lớn hơn chiều dài khoảng hai - ba lần.

Điện trở tương đương sẽ bằng điện trở của một cọc chia cho số cọc (trong trường hợp đất đồng nhất):

$$R = \frac{\rho}{nL}$$

(nếu khoảng cách giữa các cọc  $> 4L$ ) với:

L - chiều dài của cọc (m)

$\rho$  - điện trở suất của đất ( $\Omega.m$ )

n = số cọc.

<sup>(\*)</sup> thực tế chỉ ra rằng sự ăn mòn sẽ không lớn với sự chênh lệch thế nhỏ hơn 0,3 V.

**c) Bàn cực nối đất (H.3.38)**

Bản hình chữ nhật, mỗi cạnh có chiều dài  $\geq 0,5$  m, được chôn theo phương thẳng đứng sao cho tâm của bản cách bề mặt đất ít nhất là 1 m.

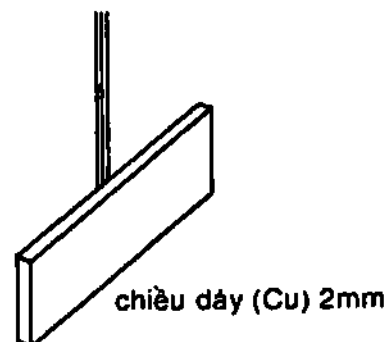
Bản này có thể là:

- Bằng đồng dày 2 mm;
- Thép mạ dày 3 mm.

$$\text{Điện trở } R \text{ là: } \frac{0,8\rho}{L}$$

với:  $\rho$  - điện trở suất của đất ( $\Omega.m$ )

L - chu vi của bản (m)



**Hình 3.38 Bàn đứng**

**Điện trở suất của các loại đất**

Loại đất	Điện trở suất ( $\Omega.m$ )
Đất lầy, đầm lầy	1 – 30
Đất bồi, phù sa	20 – 100
Đất mùn	10 – 150
Than bùn	5 – 100
Đất sét mềm	50
Đất sét cứng, macrơ	100 – 200
Macrơ kỹ Jurra	30 – 40
Sét cát	50 – 500
Cát silic	200 – 300
Đất đá	1500 – 3000
Đất tầng có sỏi đá	300 – 500
Đất đá phấn	100 – 300
Đá vôi	1000 – 5000
Đá vôi nứt	500 – 1000
Diệp thạch, đá phiến sét	50 – 300
Đá phiến mica	800
Granite và sa thạch	1500 – 10000
Granite phân ly và đá cát	100 – 600

**Bảng 3.5** Trị trung bình của điện trở suất của đất để đánh giá điện trở cực nối đất so với đất ở xa

Loại đất	Trị trung bình của điện trở suất ( $\Omega\text{m}$ )
Đất trống, đất ụ ẩm	50
Đất trống pha đá, sỏi	500
Đất đá, đất trăn, cát khô, đá dăm	3000

### 3.6.2 Đo lường điện trở của các điện cực nối đất

Điện trở điện cực / đất thường thay đổi. Các yếu tố ảnh hưởng tới giá trị điện trở này là:

- Độ ẩm của đất: Độ ẩm thay đổi theo mùa, rõ rệt nhất là ở độ sâu tới 2 m. Ở độ sâu 1 m, giá trị điện trở suất có thể thay đổi theo tỷ số từ 1 đến 3, từ mùa đông ẩm tới mùa hè khô ở các vùng có khí hậu ôn hòa.

- Sương giá: Đất đóng băng có thể làm tăng điện trở suất của đất lên vài bậc. Đó cũng là nguyên nhân để chôn sâu điện cực.

- Lão hóa: vật liệu dùng để làm điện cực có thể bị thoái hóa do vài nguyên nhân như:

- + Phản ứng hóa học (axit hoặc đất kiềm);

- + *Galvanic*: do dòng một chiều lạc trong đất từ các phần của hệ thống hoặc do các kim loại khác nhau trong phần tử điện cực. Các loại đất khác nhau sẽ tác động lên cùng dây dẫn và tạo vùng cực *cathode* và *anode*, kéo theo sự ăn mòn bề mặt kim loại. Hơn thế nữa, điều kiện thuận lợi để điện trở tản thấp cũng là điều kiện cho những dòng điện này dễ dàng đi qua.

- + Oxit hóa: những chỗ nối hàn là những vị trí dễ dàng bị oxit hóa nhất. Nếu làm sạch mối hàn và phủ một lớp cần thiết có thể ngăn được oxit hóa.

#### \* Đo điện trở cực nối đất

Luôn luôn cần có các mối nối có thể tháo rời nhằm cho phép cô lập điện cực nối đất với lưới điện, nhờ vậy có thể tiến hành kiểm tra định kỳ điện trở cực nối đất. Để làm điều này, cần hai điện cực phụ, mỗi cực là một cọc khoan thẳng đứng.

a) Phương pháp đo bằng Ampe kế (H.3.39):

$$A = R_T + R_{i1} = \frac{U_{T11}}{i_1}$$

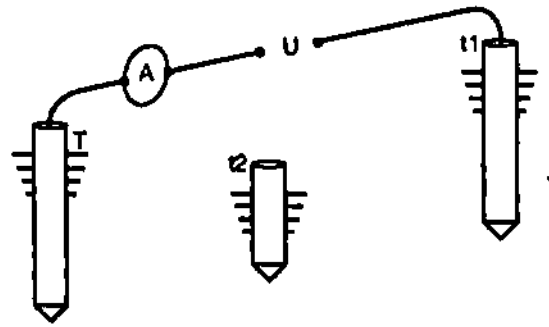
$$B = R_{i1} + R_{i2} = \frac{U_{1112}}{i_1}$$

$$C = R_{i2} + R_T = \frac{U_{T12}}{i_3}$$

$$A + C - B = 2 R_T$$

Khi điện áp nguồn  $U$  là hằng (chỉnh định như nhau trong các thí nghiệm) thì:

$$R_T = \frac{U}{2} = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_3} - \frac{1}{i_2}$$



Hình 3.39 Đo điện trở cực nối đất của lưới bằng Ampe kế

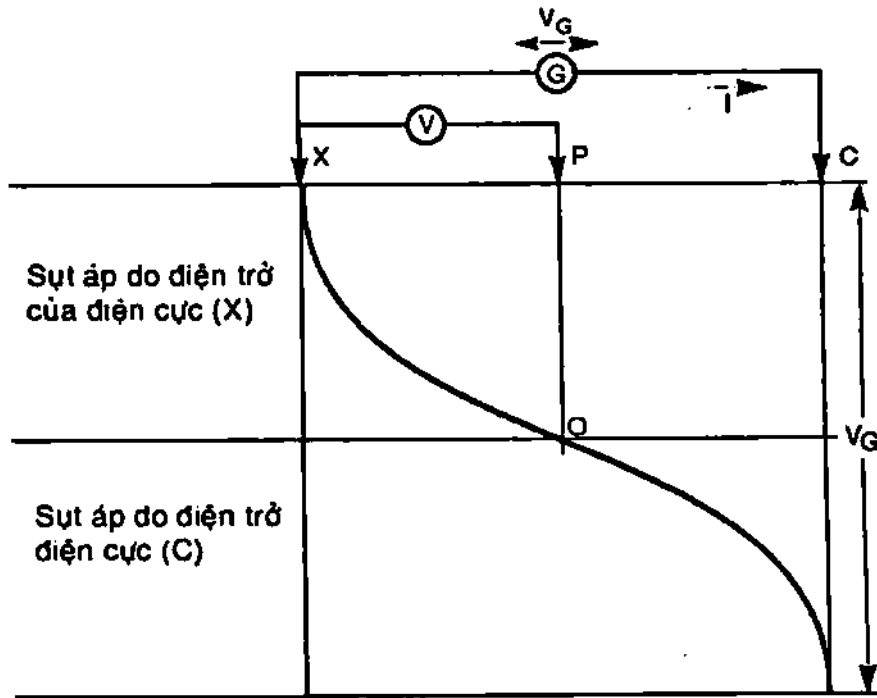
Để tránh sai số do dòng lạc trong đất hoặc dòng điện rò từ lưới và mạng thông tin, dòng thử nghiệm phải là dòng xoay chiều, nhưng ở các tần số khác với tần số công nghiệp hoặc khác với các hài bậc cao trong lưới điện. Các dụng cụ đo dùng máy phát điện quay tay sẽ tạo dòng áp xoay chiều ở tần số giữa 85 Hz và 135 Hz.

Khoảng cách giữa các điện cực là không quan trọng. Các thử nghiệm được tiến hành trên các khoảng cách và hướng khác nhau để kiểm tra chéo các kết quả thử nghiệm.

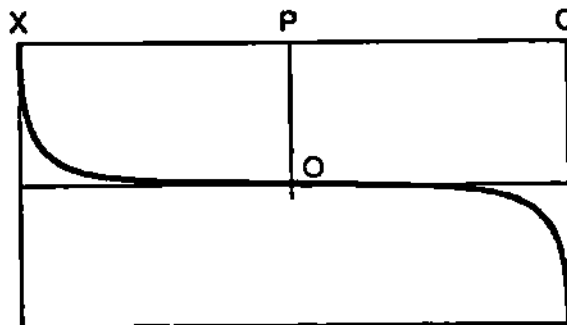
b) Dùng Ohm kế để đo trực tiếp:

Có thể dùng máy phát điện quay tay hoặc điện tử, sử dụng hai cực phụ với khoảng cách để cho vùng ảnh hưởng của cực được thử nghiệm không được lấn sang vùng của điện cực thử nghiệm (C). Điện cực thử nghiệm (C) được đặt cách xa nhất so với điện cực (X) cần đo. Dòng điện qua C xuống đất và vào cực X, trong khi đó điện cực thử nghiệm thứ hai (P) sẽ tạo áp. Điện áp này, khi được đo giữa (X) và (P) sinh bởi dòng thử sẽ dùng để đo điện trở tiếp xúc (của điện cực được thử) với đất. Cần phải lựa chọn kỹ lưỡng khoảng cách từ (X) tới (P) để cho kết quả chính xác. Nếu khoảng cách từ (X) tới (C) tăng và các vùng điện trở của (X) và (C) càng trở nên quá xa, thì đường cong phân bố điện thế sẽ càng gần trùng với trục ngang ở gần điểm (O) (H.3.40).

Thực tế, khoảng cách (X) và (C) sẽ được tăng cho tới khi kết quả đọc được ở ba điểm: tại (P), cách (P) 5 m ở mỗi phía sẽ là như nhau. Khoảng cách (X) tới (P) thường khoảng 0,68 khoảng cách từ (X) tới (C).



(a) Nguyên lý đo lường dựa trên giả thiết đất đồng nhất và vùng ảnh hưởng của điện cực C và X là trùm lên nhau. Vị trí của điện cực thử nghiệm khó xác định để cho kết quả thỏa đáng



(b) Hiệu ứng của phân bố thế khi X và C đặt xa nhau. Vị trí của điện cực P là không quan trọng và có thể xác định dễ dàng

Hình 3.40 Đo điện trở đất bằng Ohm kế

**c) Phương pháp đơn giản (cho sơ đồ TT)**

Trong sơ đồ TT, phương pháp đơn giản để đo điện trở cực nối đất được sử dụng. Phương pháp này sẽ đo tổng trở giữa điện cực nối đất và dây trung tính. Nó sẽ bằng tổng của điện trở cực nối đất của hộ tiêu thụ và điện trở điện cực nối đất của biến thế phân phối. Giá trị này luôn là xấu nhất vì điện trở cực nối đất của biến thế phân phối luôn nhỏ hơn 5Ω.

$$R_{do} = R_{nd} + R_{HT} \text{ thường } R_{HT} \leq 5 \Omega$$

$$\text{Mạng } U \leq 1000 \text{ V; } S \leq 100 \text{ kVA; } R_{nd \text{ max}} = 30 \Omega$$

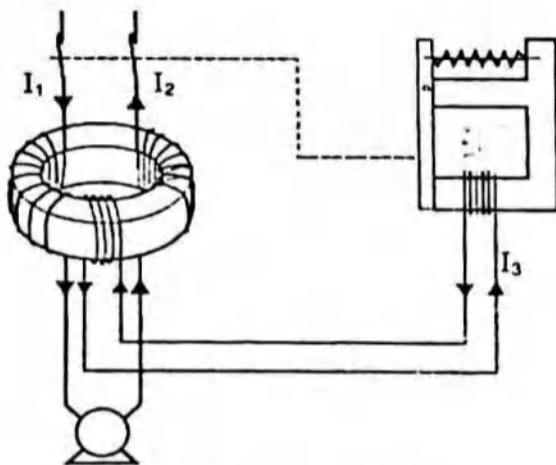
$$S > 100 \text{ kVA; } R_{nd \text{ max}} \leq 4 \Omega$$

### 3.7 CÁC THIẾT BỊ BẢO VỆ DÒNG RÒ THEO NGUYÊN TẮC SO LỆCH (RCD)

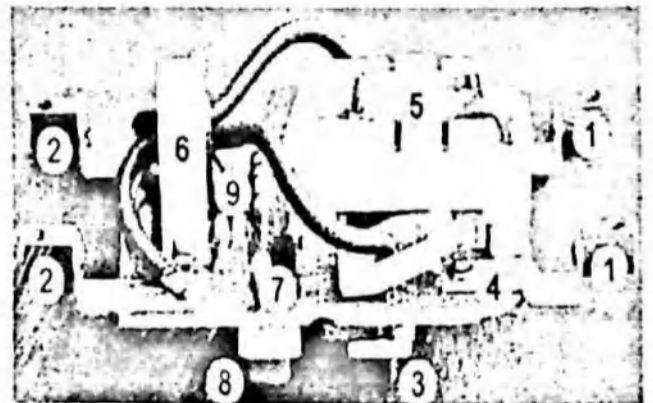
#### 3.7.1 Nguyên tắc hoạt động

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của RCD được vẽ trên hình 3.41. Theo đó, dòng điện chạy qua các dây dẫn của mạng (dây pha, dây trung tính) được cho đi qua lõi của một mạch từ. Từ thông sinh ra trong mạch từ phụ thuộc vào tổng đại số các từ thông sinh ra do các thành phần dòng chạy trên các dây dẫn. Dòng theo một chiều nào đó được coi là dương thì dòng chạy theo chiều ngược lại là âm.

Trong mạch đang làm việc bình thường  $i_1 + i_2 = 0$ , sẽ không có từ thông sinh ra trên lõi từ, và không có sức điện động sinh ra trên cuộn dây. Khi xảy ra chạm vỏ thiết bị, sẽ có dòng chạm  $i_d$  đi qua lõi tới chỗ sự cố và trở về nguồn qua đất hoặc qua dây PE trong sơ đồ TT hoặc TN-S. Ta có:  $i_1 + i_2 \neq 0$ , dòng không cân bằng này tạo nên từ thông  $\Phi$  trong mạch từ, nguyên tắc này thực hiện giống trong trường hợp bảo vệ so lệch. Từ thông xoay chiều sinh ra trên mạch từ sẽ cảm ứng sức điện động trong cuộn dây, vì vậy dòng  $i_3$  chạy qua cuộn cắt của thiết bị RCD. Nếu dòng rò vượt quá giá trị cần thiết của cuộn cắt, máy cắt liên quan sẽ tác động cắt.



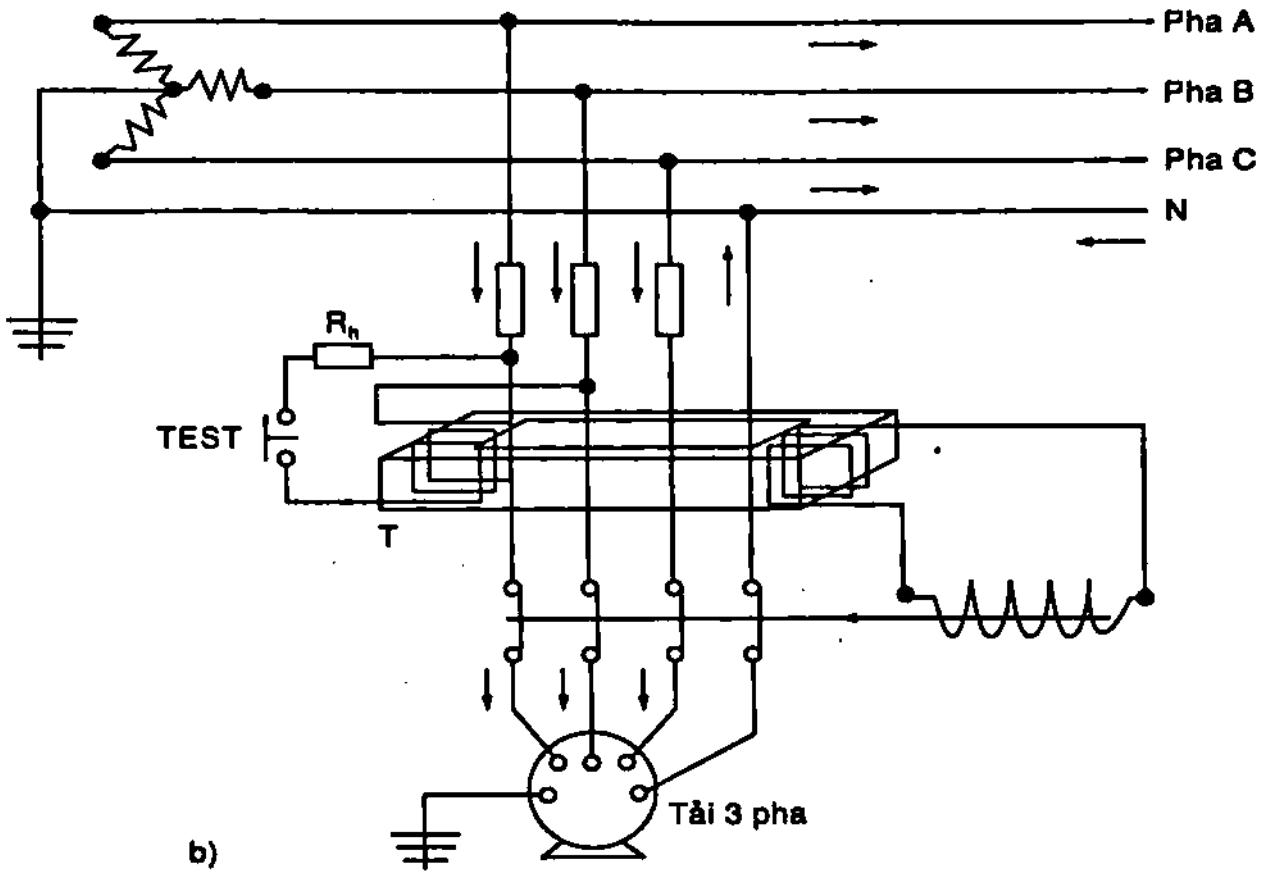
(1) Sơ đồ nguyên lý



(2) Mạch thực tế

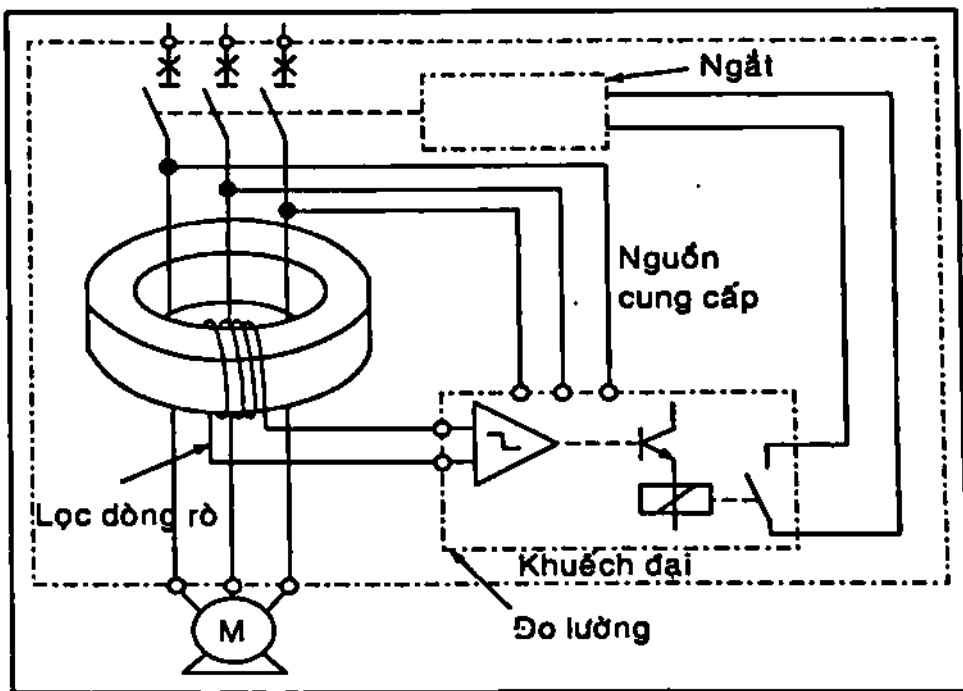
a)

1,2: đầu vào và ra của RCD; 3: nút reset; 4: tiếp điểm chính; 5: cuộn dây cảm ứng; 6: lõi từ lọc dòng rò; 7: mạch khuếch đại; 8: nút Test; 9: dây nối mạch thử



Hình 3.41 Nguyên lý làm việc của RCD

a) Loại một pha; b) Loại ba pha



Hình 3.41b Nguyên lý làm việc của RCD bảo vệ động cơ 3 pha

### 3.7.2 Ứng dụng của RCD

a) *Dòng rò xuống đất thường trực*: Mỗi mạng hạ áp đều tồn tại dòng rò xuống đất thường xuyên, do cách điện của mạng không hoàn hảo và do điện dung giữa các pha cũng như điện dung pha - đất.

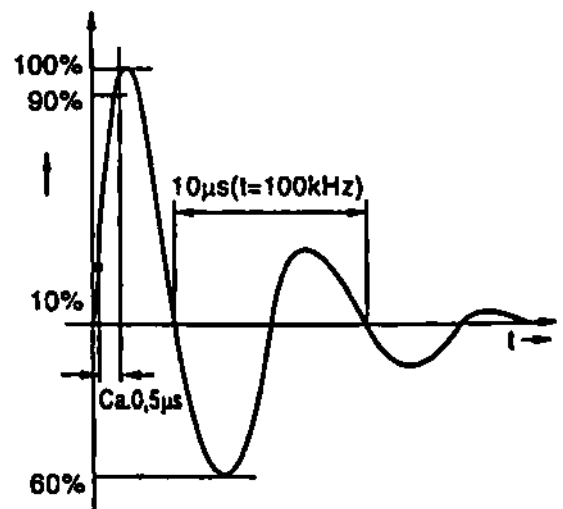
Mạng điện càng lớn, điện trở cách điện càng thấp, điện dung của chúng càng lớn và đương nhiên là dòng rò càng tăng.

Ở mạng ba pha, dòng điện dung rò xuống đất có thể bằng không nếu điện dung pha - đất của ba pha bằng nhau, điều kiện này thực tế không xảy ra được. Dòng dung đi xuống đất đôi khi tăng đáng kể do các tụ lọc trong các thiết bị điện tử (hệ thống thông tin, tự động, mạng máy tính...). Khi thiếu các thông tin cần thiết, dòng rò thường trực trong các mạng điện có thể ước tính từ các giá trị sau (theo số liệu của Bulletin de l' UTE - tháng 4-1992):

Đo ở mạng	$U = 230 \text{ V}; f = 50 \text{ Hz}$
Đầu cực máy Fax	0,5 - 1,0 mA
Mạng IT <sup>(*)</sup>	1 - 2 mA
Đầu nối IT	1 - 2 mA
Máy in (mạng IT)	< 1 mA
Máy photocopier	0,5 - 1,5 mA

#### b) *Dòng rò quá độ*:

Dòng quá độ ban đầu của thành phần điện dung nói trên sẽ tăng cao với tần số quá độ lớn trong khoảng thời gian rất ngắn, xem hình 3.42. Sự xuất hiện đột ngột của điểm chạm đất đầu trong mạng nối đất kiểu IT cũng tạo nên dòng rò quá độ ở tần số cao do sự tăng thế đột ngột trên hai pha bình thường.



Hình 3.42 Dạng sóng dòng quá độ chuẩn 0,5  $\mu\text{s}$  / 100 kHz

(\*) Information Technology (công nghệ thông tin).

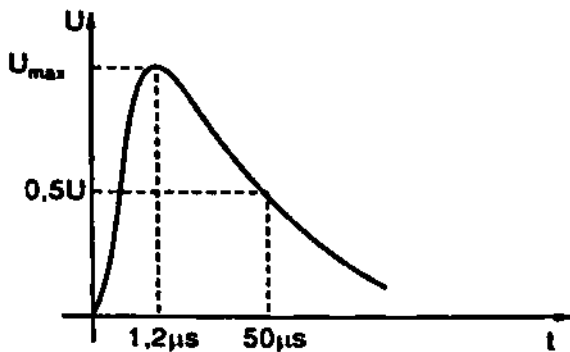


c) *Ảnh hưởng của quá điện áp:* Quá điện áp xảy ra trong mạng điện do các nguyên nhân khác nhau: quá điện áp khí quyển hoặc nội bộ như các điều kiện vận hành của mạng (sự cố, thao tác thiết bị đóng cắt, bảo vệ tác động cắt, ...). Các thay đổi đột ngột này thường gây nên điện áp quá độ lớn và dòng điện quá độ lớn chạy trong mạch có tính cảm và tính dung trước khi trạng thái xác lập đạt được.

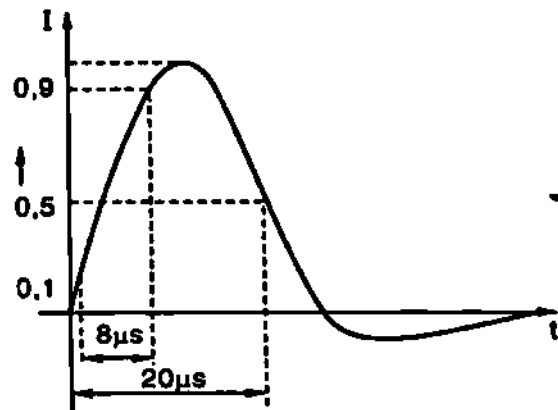
Các ghi nhận cho thấy rằng điện áp quá độ thường thấp hơn 6 kV trong lưới hạ thế và có thể đặc trưng bằng dạng sóng 1,2/50  $\mu$ s (H.3.43).

Các điện áp quá độ này sẽ gây nên dòng quá độ đặc trưng bằng sóng xung dòng dạng 8/20  $\mu$ s, giá trị đỉnh khoảng vài chục Ampe (H.3.44).

*Dòng quá độ này chạy vào đất qua điện dung của bộ chống sét hoặc qua các chỗ rò cách điện.*



Hình 3.43 Dạng điện áp chuẩn 1,2/50



Hình 3.44 Dạng xung dòng chuẩn 8/20  $\mu$ s

d) *Sự tương hợp điện từ (EMC):*

Dòng và điện áp cao quá độ ở tần số cao (xung một hướng, còn gọi là đơn cực) được nêu trên cùng với các nguồn gây dao động điện từ (cuộn dây các *Contactors*, *Relays*, tiếp điểm), bộ nạp xả, bộ bức xạ sóng điện từ (radio, mạch kích, ...) làm gia tăng sự lưu tâm đáng kể tới hiện tượng EMC (*electro - magnetic compatibility*).



Hình 3.45 Ký hiệu chuẩn được áp dụng trong vài quốc gia đối với việc bảo vệ chống lại thao tác sai do quá độ

Cần thiết phải đảm bảo sao cho các RCD không tác động nhầm do ảnh hưởng của các xung dao động điện từ.

### e) Thực hiện

Mỗi RCD được lắp đặt phải có mức sai số tối thiểu nhằm đảm bảo không tác động nhầm theo bảng số liệu sau. RCD loại "S" hoặc có trị đặt tạo trễ mức I hoặc II không chế được các dòng rò quá độ, kể cả mạng có LA, khi thời gian tồn tại các dòng quá độ này nhỏ hơn 40 ms.

Dòng rò thường trực của mạch sau chỗ đặt RCD cần được xem xét, đặc biệt trong mạng lớn và / hoặc khi tồn tại các mạch lọc hoặc trong mạng nối đất kiểu IT. Nếu biết giá trị điện dung của mạng, dòng rò tương đương được dùng để chọn độ nhạy cho RCD là:

$$i_{mA}^{(*)} = 0,072C \text{ khi } f = 50 \text{ Hz}; \quad i_{mA} = 0,086C \text{ khi } f = 60 \text{ Hz}$$

C (nF): điện dung pha - đất

Vì các RCD tuân theo tiêu chuẩn IEC và tiêu chuẩn của nhiều quốc gia cho phép làm việc trong mức  $0,5 I_{\Delta n} - I_{\Delta n}$ , dòng rò sau chỗ đặt RCD không được vượt quá  $0,5 I_{\Delta n}$ .

Việc giới hạn dòng rò thường trực tới  $0,25 I_{\Delta n}$  sẽ giới hạn các ảnh hưởng của tất cả các dòng quá độ.

Trong các trường hợp đặc biệt, chẳng hạn mở rộng hoặc cải tạo lại mạng có sơ đồ nối đất kiểu IT, cần có lời khuyên của nhà chế tạo.

**Bảng 3.6** Mức thử tương hợp điện từ của RCD

Loại nhiễu	Hình thức kiểm tra	Mức chịu đựng yêu cầu
Quá điện áp	Xung 1,2/50 $\mu$ s	6 kV đỉnh
Dòng quá độ	Xung 0,5 $\mu$ s /100 kHz	200 A đỉnh**
	Xung 8/20 $\mu$ s	200 A đỉnh 60 A đỉnh đối với RCD 10 mA 5 kA đỉnh đối với loại "S" hoặc loại tác động có trễ
Đứng cắt	Theo IEC 801-4	4 kV
Tĩnh điện	Phóng tĩnh điện theo IEC801-2	8 kV
Sóng bức xạ	Trường điện từ bức xạ theo IEC 801-3	3 V/m

*Lưu ý:* RCD tác động trễ thường đặt gần trạm, nơi mà sóng dòng từ bên ngoài rất khắc nghiệt. Kiểm tra mức 5 kA đỉnh phản ánh điều này.

$$(*) i_{mA} = \frac{230V \times 100\pi \times 10^3}{10^9} \times C_{(nF)} = 0.072 C_{(mA)} \text{ ở } 50 \text{ Hz}$$

(\*\*) RCD có  $I_{\Delta n} < 10 \text{ mA}$  không yêu cầu kiểm tra (IEC 1(X)8 - 1)

*f) Các dòng một chiều*

Nguồn một chiều cung cấp tự dùng cho điều khiển và đo lường của thiết bị điện và cơ thường được lấy từ các bộ chỉnh lưu (diode, triac, thyristor).

Khi xảy ra sự cố chạm đất sau bộ chỉnh lưu, dòng sự cố có thể chứa thành phần một chiều.

Sự nguy hiểm phụ thuộc mức cách điện của mạch DC trong thiết bị và cần xem xét trong trường hợp riêng. Vấn đề này thường liên quan tới lĩnh vực công nghiệp.

IEC phân loại các RCD theo khả năng tác động khi tồn tại thành phần DC trong dòng rò.

Có ba loại:

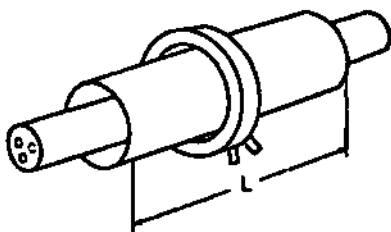
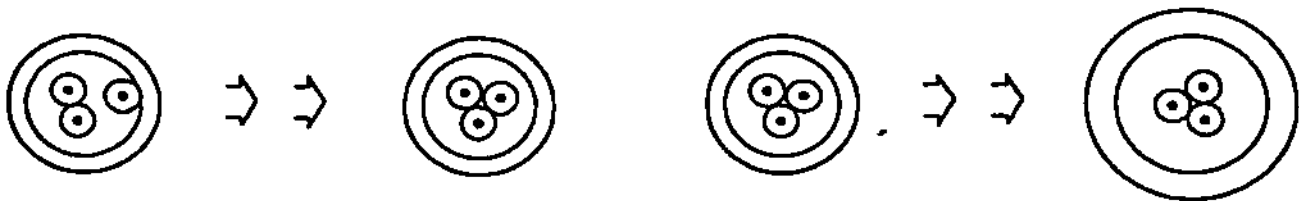
Loại AC chỉ tác động theo dòng xoay chiều

Loại A: tác động nếu dòng rò chứa xung một hướng (đơn cực)

Loại B: tác động theo thành phần một chiều

*Ghi chú:* Thường sử dụng loại RCD loại AC, loại A có thể sử dụng khi có yêu cầu đặc biệt như là một biến dạng của loại AC.

*g) Những khuyến cáo có liên quan tới việc lắp đặt RCD với biến dòng kiểu xuyên.*



*Lắp thêm màn từ hình ống*

*L = hai lần đường kính vòng từ*

**Hình 3.46** Các biện pháp làm giảm tỷ số

Phần tử kiểm tra dòng rò là một mạch từ khép kín (thường có dạng xuyên) có độ từ thẩm rất cao trên đó có quấn một cuộn dây, toàn bộ các phần này kết hợp với nhau tạo thành biến dòng kiểu xuyên. Do có độ từ thẩm cao, khi xảy ra những dao động của mạch ba pha đối xứng chạy trên dây sơ cấp bao quanh mạch từ và do ảnh hưởng của các vật liệu sắt từ đặt gần lõi (vỏ thép, khung máy...) các yếu tố này có thể ảnh hưởng tới sự cân bằng các lực từ động sinh ra trên mạch từ, đặc biệt là trong trường hợp dòng tải lớn (dòng khởi động của động cơ, dòng đóng

máy biến áp, ...) làm cho các RCD tác động nhầm. Tỷ số giữa dòng làm việc  $I_{\Delta n}$  với dòng pha lớn nhất  $I_{phmax}$  thường nhỏ hơn 1/1000 trừ phi người ta thực hiện các biện pháp đặc biệt. Mức giới hạn này có thể được tăng nhờ các biện pháp được chỉ ra trên hình 3.46 tập trung hóa các dây cáp nằm trong vòng từ sử dụng vòng từ có kích thước lớn hơn.

**Bảng 3.7 Các biện pháp làm giảm tỷ số  $I_{\Delta n}/I_{phmax}$**

Biện pháp	Đường kính (mm)	Hệ số giảm bớt độ nhạy
Sắp xếp một cách trung tâm hóa cẩn thận các dây cáp vào trong vòng từ		3
Tăng kích thước của vòng từ hình xuyên	$\Phi 50 > 100$	2
	$\Phi 80 > 200$	2
	$\Phi 120 > 200$	6
Sử dụng ống chắn bằng sắt mềm hoặc thép: - Bề dày 0,5mm - Có chiều dài = 2 x đường kính trong của vòng từ hình xuyên - Che chắn toàn bộ quanh dây dẫn và trùm phủ vòng từ ở cả hai đầu	$\Phi 50$	4
	$\Phi 80$	3
	$\Phi 120$	3
	$\Phi 200$	2

Các biện pháp này có thể được kết hợp chung với nhau bằng cách tập trung một cách cẩn thận các dây cáp bên trong một vòng hình xuyên đường kính 200 mm (trên thực tế chỉ cần vòng đường kính 50 mm là đủ), kết hợp với việc sử dụng một ống làm màn chắn, tỷ số 1/1.000 có thể trở thành 1/30.000.

### 3.7.3 Chọn các đặc tính của CB chống dòng rò

(Residual - Current Circuit Breaker-RCCB-IEC 1.008)

#### a) Dòng định mức

Dòng định mức của RCCB được chọn theo dòng tải làm việc lâu dài. Nếu RCCB được mắc nối tiếp và ở phía sau một CB, dòng định mức của cả hai phải được chọn giống nhau, có nghĩa là  $I_n \geq I_{n1}^{(*)}$  (H.3.47a).

Nếu RCCB được đặt trước một số các thiết bị, các thiết bị này được bảo vệ bằng các CB riêng như trên hình 3.47b dòng định mức của RCCB được cho:

$$I_n \geq k_u \times k_s (I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} + I_{n4})$$

(\*) Vài tiêu chuẩn quốc gia yêu cầu kiểm tra khả năng chịu nhiệt khi dòng lớn hơn  $I_n$  nhằm đảm bảo việc phối hợp bảo vệ tốt hơn.



Hình 3.47 CB chống dòng rò RCCB

b) Yêu cầu về khả năng chịu được lực điện động

Bảo vệ chống ngắn mạch phải được đảm bảo bằng thiết bị SC PD (bảo vệ ngắn mạch) đặt phía trước. Tuy vậy, cần nhận thấy rằng, khi RCCB đặt trong tủ phân phối với các CB (hoặc cầu chì) của mạch ra, các SCPD bảo vệ chống ngắn mạch cần được lựa chọn tương thích. Cần có sự phối hợp giữa RCCB và SCPD, do đó các nhà chế tạo thường cung cấp các bảng phối hợp giữa RCCB và các CB hoặc cầu chì (xem bảng sau).

Bảng 3.8 Phối hợp của CB và RCCB - dòng ngắn mạch lớn nhất (kA) (xét trị hiệu dụng)

CB phía trước	Loại	C60a	C60N	C60H	C60L	NC 100H	NC 100L
RCCB phía sau loại 2 cực	25A	10	16	20	45	-	45
	40A	10	16	20	40	-	45
	63A	-	16	20	30	5	45
	80A	-	-	-	-	5	-
loại 4 cực	25A	5	8	10	25	-	22
	40A	5	8	10	25	-	22
	63A	-	8	10	15	5	22

Bảng 3.9 Phối hợp giữa RCCB và cầu chì : dòng ngắn mạch tối đa (không áp dụng đối với cầu chì loại aM)

Cầu chì phía trước loại gì	Loại	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A
RCCB phía sau loại 2 cực	25 A	100	100	100	-	-	-	-	-
	40 A	-	100	100	80	-	-	-	10 (1)
	63 A	-	-	-	80	50	30	20	10 (1)
	80 A	-	-	-	-	-	30	20	-
4 cực	25 A	100	100	100	-	-	-	-	10 (1)
	40 A	-	100	100	80	-	-	-	10 (1)
	63 A	-	-	-	80	50	30	20	10 (1)
	80 A	-	-	-	-	-	30	20	10 (1)

(1) Cầu chì 100 A với nhiều RCCB phía sau: khả năng chịu nhiệt.

Bảng phối hợp giữa RCCB, CB, và cầu chì theo một số nhà sản xuất tiêu biểu.

c) Dòng ngưỡng tác động hay độ nhạy  $I_{\Delta n}$

Được chọn theo chức năng bảo vệ:

+ Chống chạm điện trực tiếp:

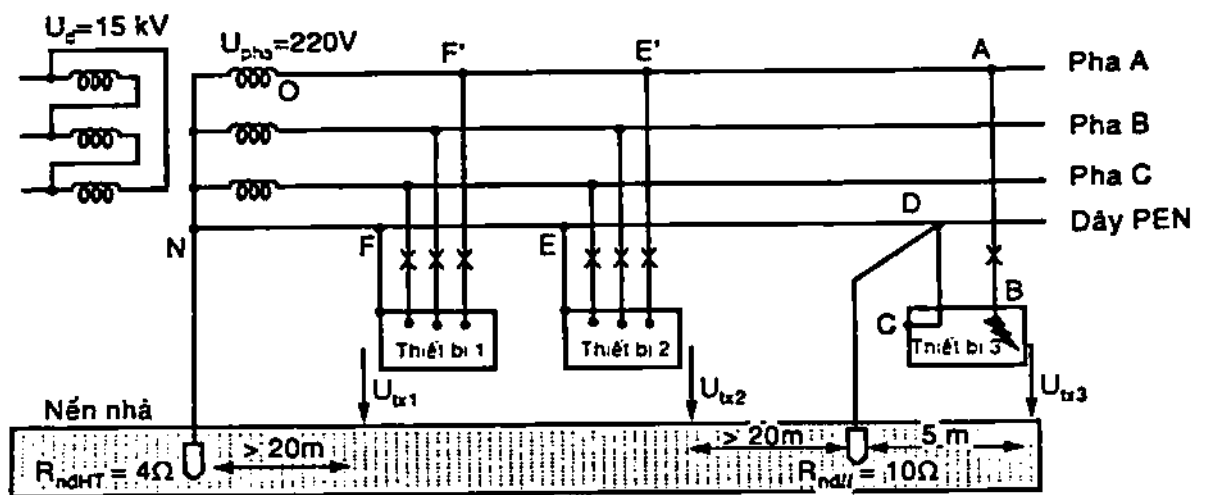
$$I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}; 20 \text{ mA}; 25 \text{ mA} \text{ và } 30 \text{ mA}.$$

+ Chống chạm vô:

$I_{\Delta n}$  phụ thuộc loại sơ đồ nối đất an toàn TN-S; TT; IT.

### 3.8 BÀI TẬP

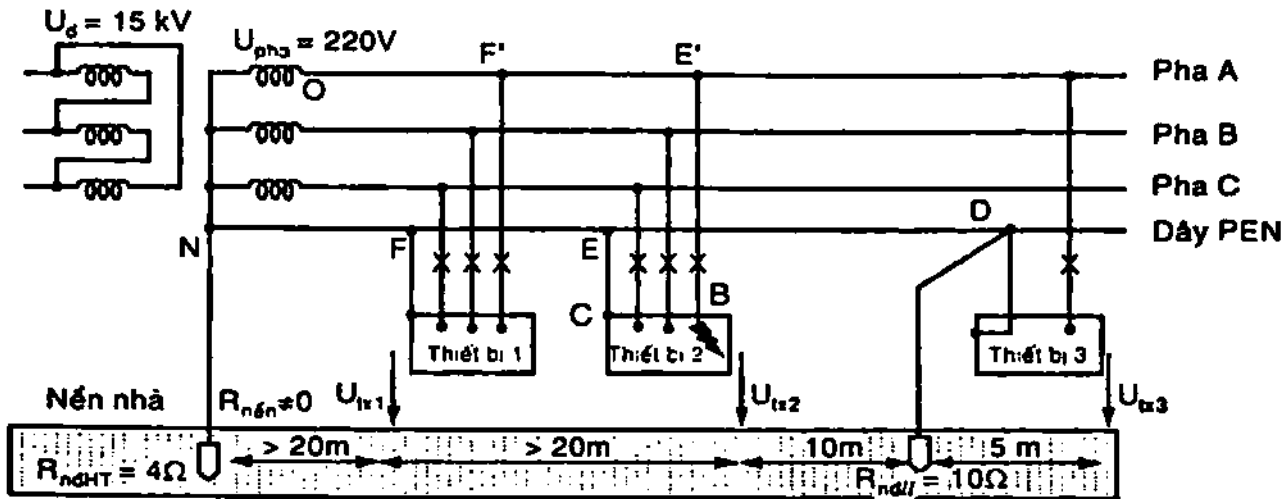
3.1 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{AB} = R_{CD} = 50 \text{ m}\Omega$ ;  $R_{AE'} = R_{DE} = 150 \text{ m}\Omega$ ,  
 $R_{FN} = 2R_{FO} = 100 \text{ m}\Omega$ ;  $R_{EF} = 2R_{E'F'} = 200 \text{ m}\Omega$ ;  $\rho_s = 100 \Omega \cdot \text{m}$ .

- Mạng được nối vô bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ? Nhiệm vụ của điện trở nối đất lập lại?
- Thiết bị 3 chạm vô pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vô, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vô. Tính trị số dòng chạm vô trong trường hợp này. Xác định điện áp vô thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với trung tính N. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vô thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận gì về an toàn?

3.2 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .

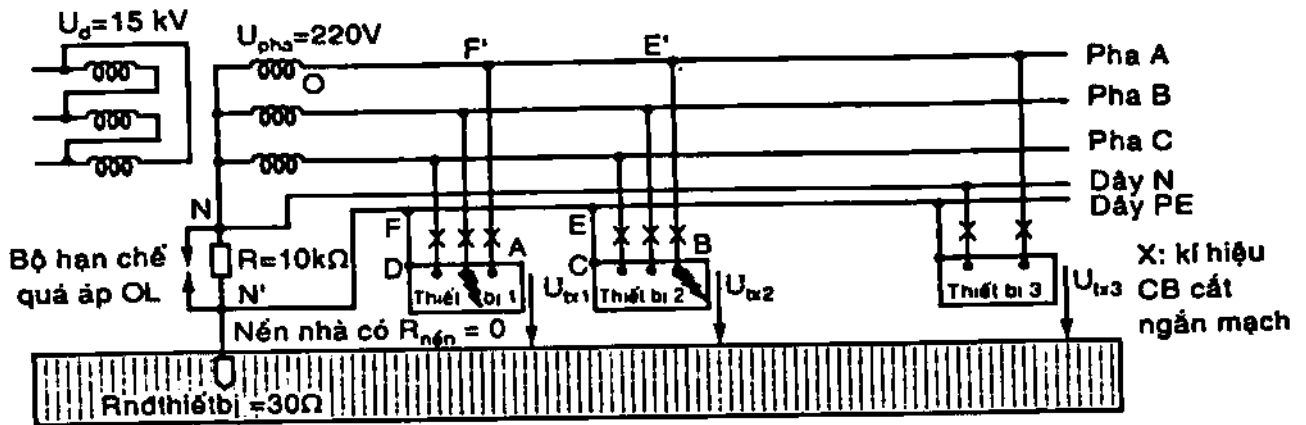


Điện trở các đoạn dây:  $R_{E'B} = R_{E'C} = 50\text{m}\Omega$ ,  $R_{DE} = 150\text{m}\Omega$ ,

$R_{FN} = 2R_{F'O} = 100\text{m}\Omega$ ,  $R_{E'F} = 2R_{E'F'} = 200\text{ m}\Omega$ .

- Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; Thiết bị bảo vệ? Phạm vi ứng dụng?
- Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Về phân bố dòng chạm vỏ, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với trung tính N. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận về an toàn theo  $R_{nền}$  khi  $I_{ngưỡng\ nguy\ hiểm} = 10\text{ mA}$ ?  $\rho_{đất} = 150\ \Omega.m$ .
- Tính lại câu b khi dây PEN đứt giữa đoạn ED. Kết luận về biện pháp giảm  $U_{tiếpxúc}$  trong trường hợp nối vỏ thiết bị theo sơ đồ này?
- Xét mạng điện ở hình bài tập 3.2, khi chạm từ trung sang hạ thế, dòng chạm  $I_N = 500\text{A}$ . Tính điện áp tiếp xúc của người 3. Giả sử tại E, F đều có đặt  $R_{ndHT}$ , các  $U_{tiếpxúc}$  tăng hay giảm, tại sao?

3.3 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .

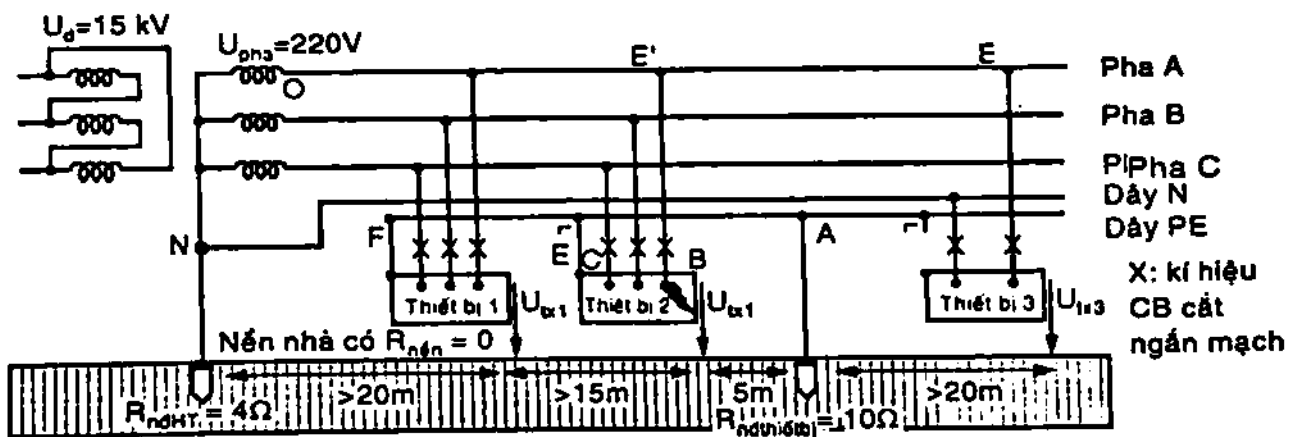


Điện trở các đoạn dây:  $R_{E'B} = R_{EC} = 0,15\Omega$ ,  $R_{AF'} = R_{DF} = 0,15\Omega$ ,  
 $R_{FN'} = R_{F'O} = 0,1\Omega$ ,  $R_{EF} = 2R_{E'F'} = 0,2\Omega$ .

Điện dung pha  $X_C \text{ pha} = 10\text{k}\Omega / \text{pha}$ .  $R_{\text{cáchđiện}} = \infty$

- a) Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ chống chạm vỏ? Phạm vi ứng dụng?
- b) Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất có thể chuẩn bằng 0. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{\text{chophép}} = 25\text{V}$ ?
- c) Trong khi thiết bị 2 đang chạm vỏ pha A, thiết bị 1 bị chạm vỏ thêm trên pha B. Hãy tính dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Tính  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$  khi CB chống ngắn mạch chưa cắt hai thiết bị chạm vỏ ra khỏi mạng điện? Kết luận về an toàn khi  $U_{\text{chophép}} = 25\text{V}$ ?

3.4 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{E'B} = R_{EC} = 0,15\Omega$ ;  $R_{E'O} = 0,1\Omega$ ;  $R_{EA} = 0,15\Omega$

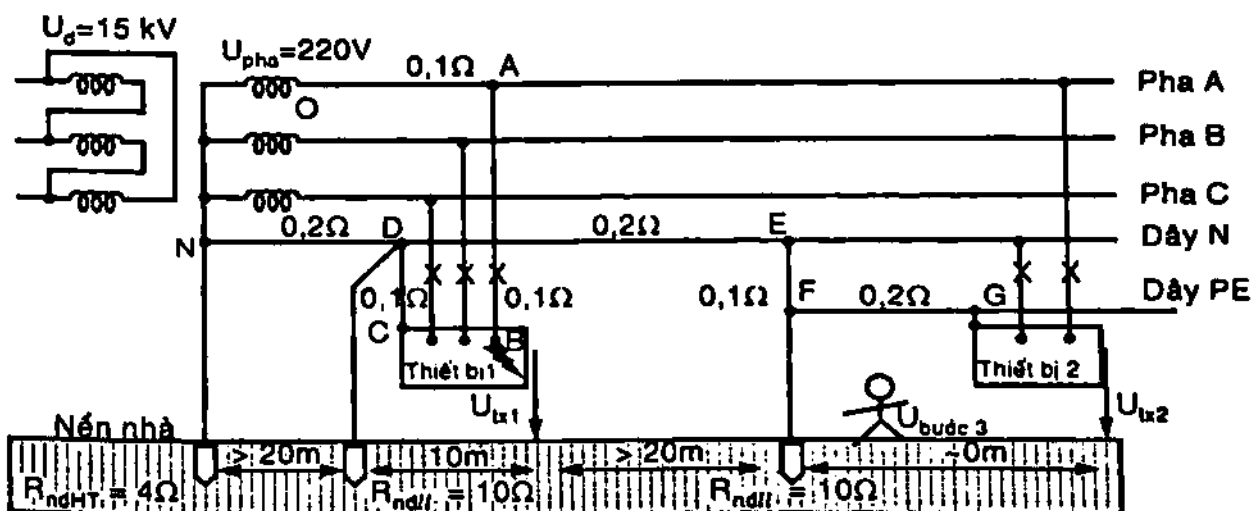


- a) Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ chống chạm vỏ? Phạm vi ứng dụng?
- b) Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất có thể chuẩn bằng 0. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{cp} = 25V$ ?  $\rho_d = 100\Omega.m$ .
- c) Giả sử mạng được bảo vệ bằng RCD có trị số ngưỡng tác động là 5A,  $U_{chophép} = 25V$ . Hãy tính lại trị số  $R_{nốiđấtthiếtbị}$ , dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Tính  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ , kết luận về an toàn?

3.5 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50Hz$ .

Điện trở các đoạn dây:  $R_{AB} = R_{CD} = 0,1\Omega$ ;  $R_{AO} = R_{DN} = 0,1\Omega$ ;  $\rho_d = 100\Omega.m$ . Khoảng cách bước chân  $a = 0,8m$ .  $U_{chophép} = 50V$ .

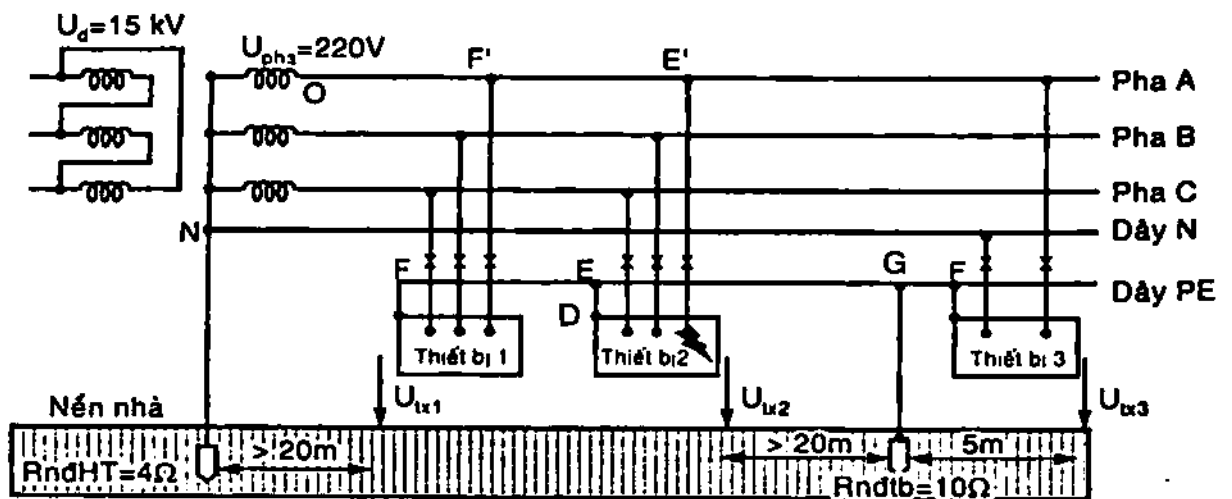
- a) Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ? Nhiệm vụ của điện trở nối đất lặp lại?
- b) Thiết bị 1 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$  và  $U_{b3}$ . Kết luận gì về an toàn?
- c) Chạm từ trung sang hạ,  $I_{chạm} = 100A$ . Tính  $U_{tx1,2}$  và  $U_{b3}$  trong trường hợp này (mạng hạ thế không bị chạm vỏ).



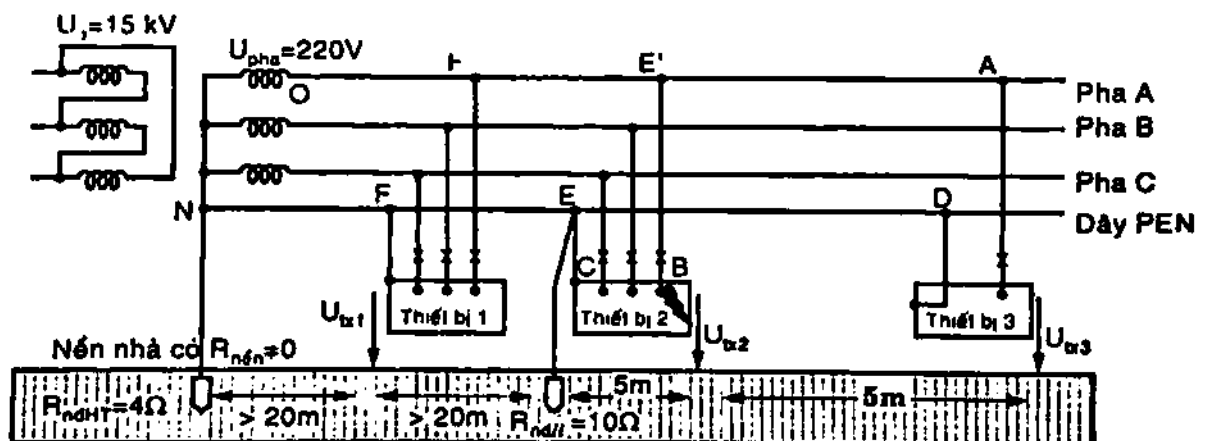
3.6 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .

Điện trở các đoạn dây:  $R_{E'D} = R_{ED} = 50\text{m}\Omega$ ,  $R_{EG} = 150\text{m}\Omega$ ,  $R_{F'O} = 50\text{m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 2R_{E'F'} = 200\text{m}\Omega$ ,  $\rho_d = 100\Omega\cdot\text{m}$ ,  $U_{cp} = 25\text{V}$ .

- Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ? Chọn thông số ngưỡng của thiết bị bảo vệ.
- Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất có thể chuẩn bằng 0? Thiết bị bảo vệ có cắt được dòng chạm vỏ không? Chứng minh. 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?
- Giả sử dây PE đứt giữa đoạn EG. Hãy tính lại  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận gì về an toàn?



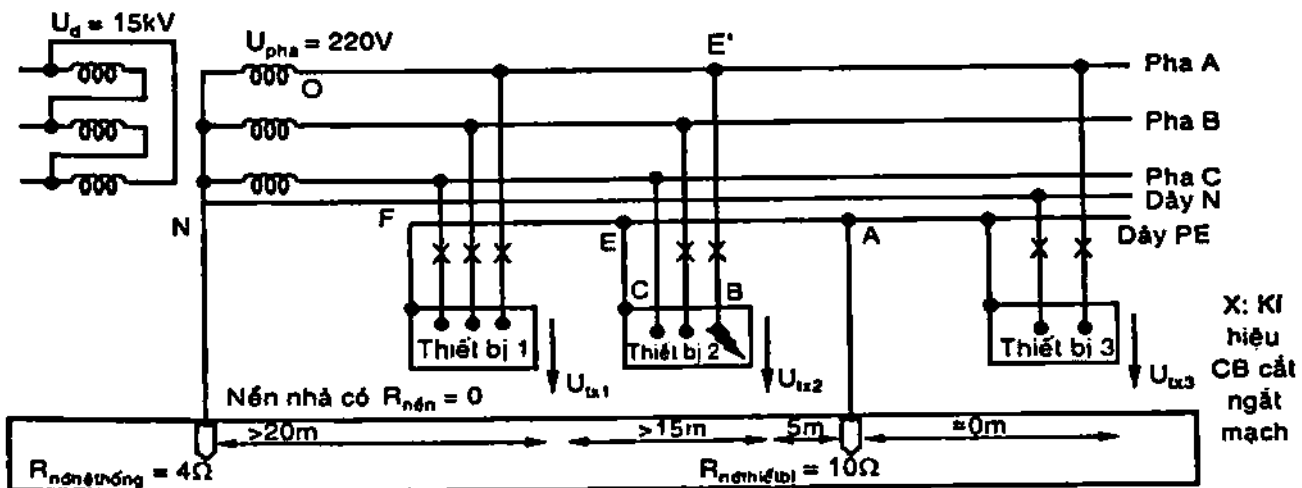
3.7 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{EB} = R_{EC} = 50\text{m}\Omega$ ,  $R_{AE'} = R_{DE} = 150\text{m}\Omega$ ,  $R_{FN} = 2R_{F'O} = 100\text{m}\Omega$ ,  $R_{EF} = 2R_{E'F'} = 200\text{ m}\Omega$ .

- Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ? Phạm vi ứng dụng?
- Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với trung tính N. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận về an toàn theo  $R_{nén}$  khi  $I_{ngưỡng\ nguy\ hiem} = 10\text{ mA}$ ?  $\rho_d = 150\ \Omega.m$ .
- Tính lại câu 2 khi dây PEN đứt giữa đoạn FE; ED. Kết luận về biện pháp giảm  $U_{tx}$  trong trường hợp nối vỏ thiết bị theo sơ đồ này?

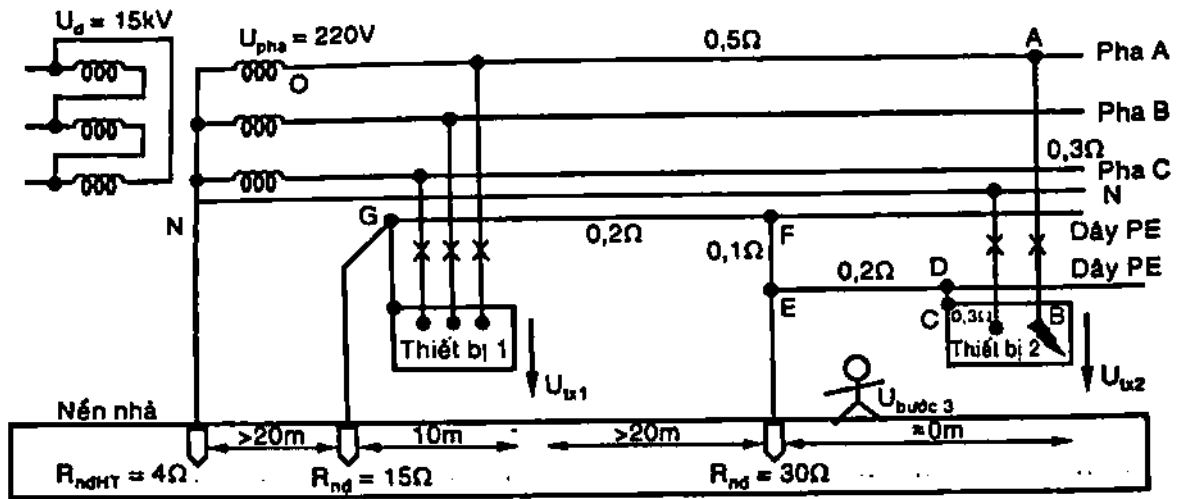
3.8 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{EB} = R_{EC} = 0,15\Omega$ ;  $R_{E'O} = 0,1\Omega$ ;  $R_{EF} = 0,2\Omega$ ;  $R_{EA} = 0,15\Omega$ .

- Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ chống chạm vỏ? Phạm vi ứng dụng?
- Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp vỏ thiết bị 1, 2, 3 tăng lên bao nhiêu so với đất có thể chuẩn bằng 0. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{chophép} = 25\text{V}$ ?
- Giả sử mạng được bảo vệ bằng RCD có trị số ngưỡng tác động là  $5\text{A}$ ,  $U_{chophép} = 25\text{V}$ . Hãy tính lại trị số  $R_{nối\ đất\ thiết\ bị}$ , dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Tính  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$ ,  $U_{tx3}$ , kết luận về an toàn?

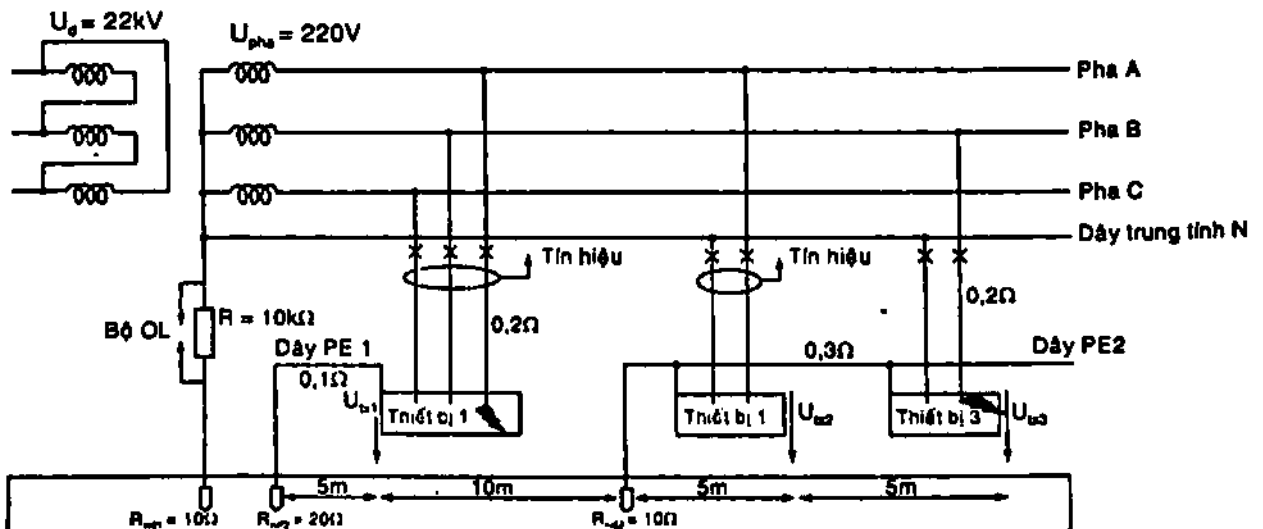
3.9 Cho mạng điện như hình vẽ. Áp nguồn xoay chiều ba pha  $f = 50\text{Hz}$ .



Điện trở các đoạn dây:  $R_{AB} = R_{CD} = 0,3\Omega$ ;  $R_{AO} = 0,5\Omega$ ;  $\rho_{\text{đất}} = 100\Omega\cdot\text{m}$ .  
 Khoảng cách bước chân  $a = 0,8\text{m}$ .  $U_{\text{chophép}} = 50\text{V}$ .

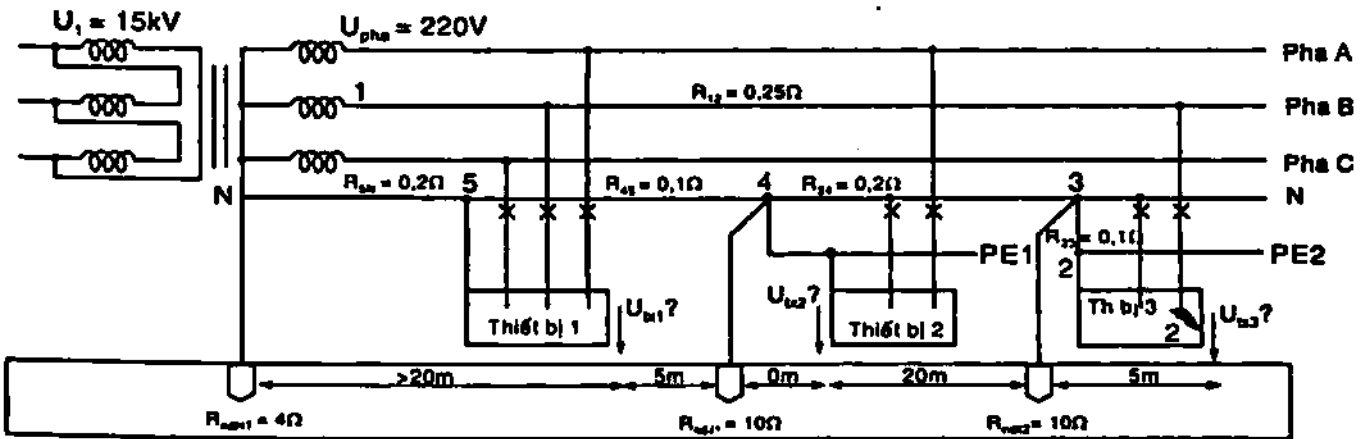
- Mạng được nối vỏ bảo vệ an toàn theo sơ đồ gì? Các ưu, khuyết điểm chính; thiết bị bảo vệ và thông số ngưỡng cắt dòng chạm vỏ?
- Thiết bị 2 chạm vỏ pha A. Vẽ phân bố dòng chạm vỏ, sơ đồ thay thế mạch dòng chạm vỏ. Tính trị số dòng chạm vỏ trong trường hợp này. Xác định điện áp tiếp xúc khi người chạm tay vào vỏ thiết bị  $U_{tx1}$ ,  $U_{tx2}$  và  $U_{b3}$ . Kết luận gì về an toàn?
- Chạm từ trung áp sang hạ áp của máy biến áp nguồn,  $I_{\text{chạm}} = 100\text{A}$ . Tính  $U_{tx1,2}$  và  $U_{b3}$  và áp đặt lên cách điện thiết bị trong trường hợp này? Kết luận về an toàn và nêu biện pháp bảo vệ.

3.10 Mạng ba pha được cấp nguồn từ máy biến áp trung/ hạ, tần số 50Hz. Cho  $R_{\text{cách điện pha-đất}} = \infty$ ;  $X_{\text{Cpha-đất}} = 10\text{ k}\Omega$ ,  $\rho_{\text{đất}} = 100\Omega\cdot\text{m}$ .



- a) Mạng được nối đất theo sơ đồ an toàn gì? Biện pháp bảo vệ chống chạm vỏ? Ưu, khuyết điểm, phạm vi ứng dụng. Nhiệm vụ của bộ OL gồm  $R = 10k\Omega$  mắc song song khe hở phóng điện.
- b) Chạm vỏ điểm thứ nhất tại thiết bị 3. Tính dòng chạm,  $U_{tx}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{cp} = 25V$ .
- c) Trong khi thiết bị 3 chạm vỏ pha B, thiết bị 1 chạm thêm điểm thứ hai trên pha A. Vẽ sơ đồ mạch dòng chạm hai điểm cùng một lúc, tính  $I_{chạm}$  và  $U_{tx}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{cp} = 25V$ .
- d) Mạch không bị chạm vỏ, chạm từ trung sang hạ trong máy biến áp nguồn, xác định  $U_{tx}$  của cả ba vị trí, kết luận về an toàn cho người và thiết bị. Cho  $I_d = 50A$  sau khi khe hở không khí phóng điện.

3.11 Mạng 3 pha được cấp nguồn từ máy biến áp trung/hạ, tần số 50Hz.  $\rho_{đất} = 100\Omega m$ .



- a) Mạng được nối đất theo sơ đồ an toàn gì? Biện pháp bảo vệ chống chạm vỏ? Ưu, khuyết điểm, phạm vi ứng dụng.
- b) Chạm vỏ tại thiết bị 3. Tính dòng chạm,  $U_{tx1,2,3}$ . Kết luận về an toàn khi  $U_{cp} = 25V$ .
- c) Mạch không bị chạm vỏ, xảy ra sự cố chạm từ trung sang hạ trong máy biến áp nguồn, xác định  $U_{tx}$  của cả 3 vị trí, kết luận về an toàn cho người và thiết bị (bỏ qua điện trở dây trung tính).

Cho  $I_d = I_{chạm}$  đi qua trung tính hạ thế = 100A

## SỰ NGUY HIỂM KHI ĐIỆN ÁP CAO XÂM NHẬP ĐIỆN ÁP THẤP

### 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Có một số thiết bị điện khi vận hành tồn tại hai hoặc ba cấp điện áp khác nhau trong cùng một vỏ, các cấp điện áp có thể chênh nhau rất lớn  $U_{cao} \gg U_{thấp}$

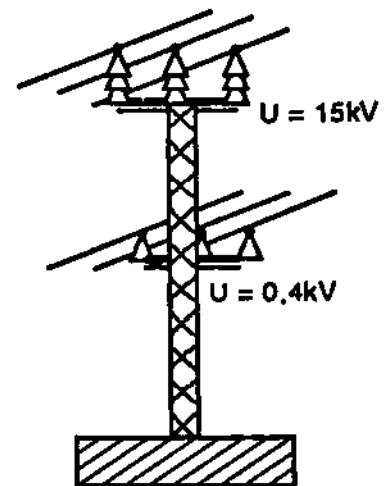
*Ví dụ:* máy biến áp, TV...

Các phần cao, trung và hạ áp được chế tạo với mức cách điện tương ứng. Khi lớp cách điện này bị chọc thủng (do lão hóa, do ảnh hưởng của môi trường xung quanh (ví dụ độ ẩm cao), do quá độ điện từ...) sẽ xảy ra tình trạng  $U_{cao}$  xâm nhập sang  $U_{thấp}$ .

Do mức cách điện của phía  $U_{thấp}$  bé hơn phía  $U_{cao}$ , nên khi  $U_{cao}$  xâm nhập sang  $U_{thấp}$ , cách điện phía  $U_{thấp}$  có thể bị chọc thủng gây hư hỏng thiết bị và có thể xuất hiện điện áp cao ở vỏ máy rất nguy hiểm đến người sử dụng.

Đối với mạng điện phân phối trên không, thường các đường dây tải điện ở hai, ba cấp điện áp đi song song nhau, ví dụ (H.4.1) xét đường dây 15 kV; 0,4 kV nhánh cái là dây trần, khi đường dây 15 kV bị đứt có thể rơi vắt trên dây 0,4 kV khiến cho thiết bị phía 0,4 kV phải bị chịu áp  $\frac{15}{\sqrt{3}}$  kV.

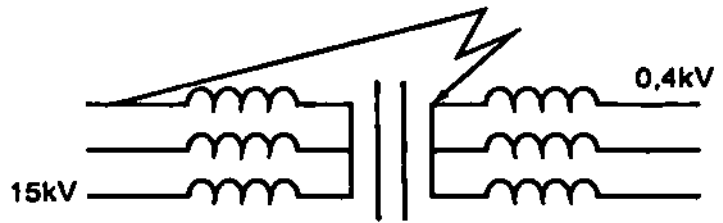
*Chú ý:* Trong các máy biến áp, thường cuộn cao và hạ quấn trên cùng một lõi từ, các cuộn dây cao - hạ cách điện với nhau; cuộn cao



Hình 4.1 Đường dây 15 kV và 0,4 kV đi song song

được quấn phía trong do dòng bé, cuộn hạ được quấn phía ngoài. Do đó khi bị hỏng cách điện, nguy hiểm nhất là khi đầu pha cuộn cao chạm với trung tính cuộn hạ (xem H.4.2).

Tóm lại, sự cố chạm từ phía  $U_{cao}$  sang  $U_{thấp}$  sẽ gây hư hỏng thiết bị và có thể nguy hiểm đến người sử dụng. Đặc biệt là tình trạng hỏng cách điện của các máy biến áp nguồn cấp cho phía hạ áp. Đo đó ở mục 4.2 sẽ phân tích sự cố  $U_{cao}$  xâm nhập  $U_{thấp}$  theo các sơ đồ nối đất an toàn cụ thể.



Hình 4.2 Chạm từ cuộn cao sang cuộn hạ trong máy biến áp 15/0,4 kV

## 4.2 PHÂN TÍCH HIỆN TƯỢNG

### 4.2.1 Mạng IT

#### 1- Máy biến áp nguồn nối Y/Y

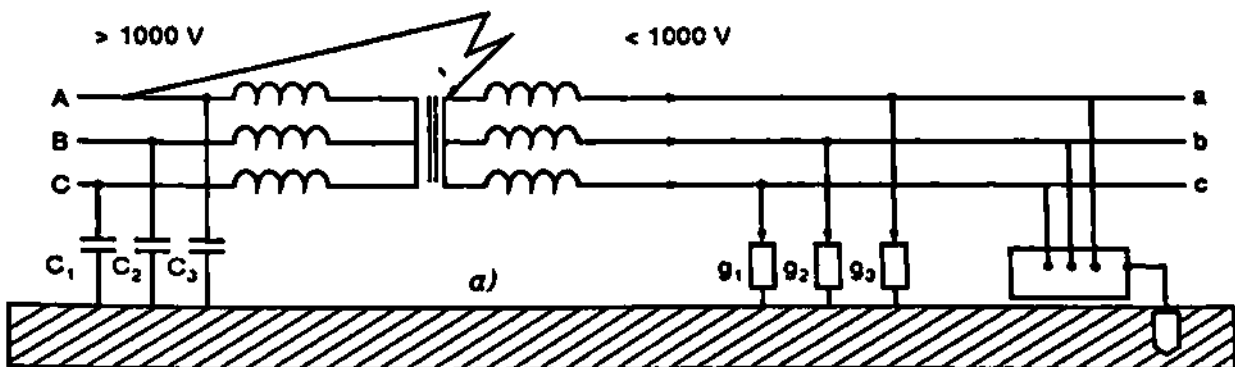
Bình thường  $U_{n-dất} \cong 0$  (trung tính cách điện so với đất)

Khi sự cố:  $U_{n-dất} \cong U_{pha\ cao\ áp}$

$$I_d = \frac{3\omega C_{pha\ cao\ áp} U_{pha\ cao}}{\sqrt{9(R_{ct}^2) C_{pha\ cao\ áp}^2 \omega^2 + 1}} \tag{4.1}$$

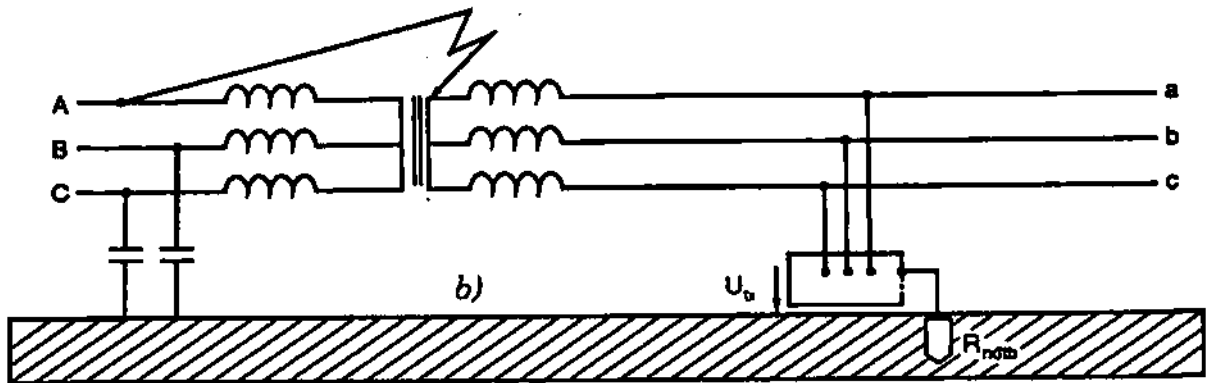
$$g_1 = g_2 = g_3 = g_{ct} = \frac{1}{R_{ct}}; C_{phacao1} = C_{phacao2} = C_{phacao3} = C_{phacao\ áp}$$

$$U_{trung\ tính\ hạ\ áp\ đất} = \frac{I_{d\ đất}}{g_1 + g_2 + g_3} \cong U_{pha\ cao\ áp} \tag{4.2}$$



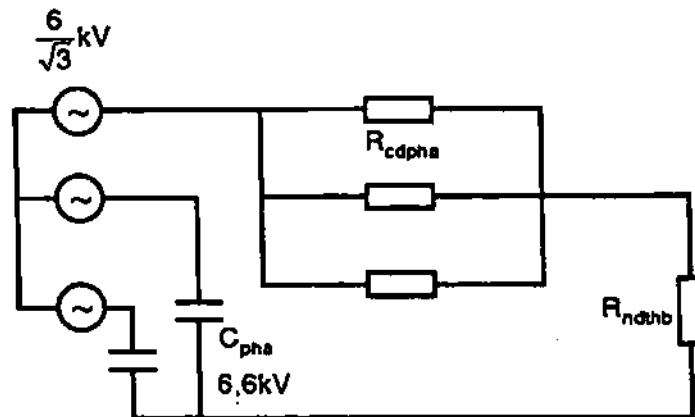
Hình 4.3a Sự phân bố dòng - áp sự cố trong mạng IT khi cách điện thiết bị 0,4 kV chưa bị chọc thủng

Thiết bị trong sơ đồ IT sẽ chịu  $U_{\text{vô-pha}} = U_{\text{đặt lên cách điện}}$  cao tại thời điểm bị chạm.



**Hình 4.3b** Sự phân bố dòng - áp sự cố trong mạng IT khi cách điện thiết bị 0,4 kV đã bị chọc thủng

Sơ đồ tương đương



Ví dụ: Máy biến áp 6,6 / 0,4 kV.

Tại thời điểm chạm  $U_{\text{cao}}$  sang  $U_{\text{thấp}}$

$$U_{\text{vô thiết bị 0,4kV-đất}} = 0$$

$$U_{\text{đặt lên cách điện thiết bị 0,4 kV}} = U_{\text{pha-vô}}$$

$$U_{\text{pha-vô}} \cong \frac{6,6}{\sqrt{3}} \text{ kV} \text{ gây hiện tượng chọc thủng } R_{\text{cd}} \text{ 0,4 kV và}$$

xuất hiện dòng:

$$I_N \cong 3\omega C_{\text{pha 6,6kV}} \cdot U_{\text{pha 6,6 kV}}$$

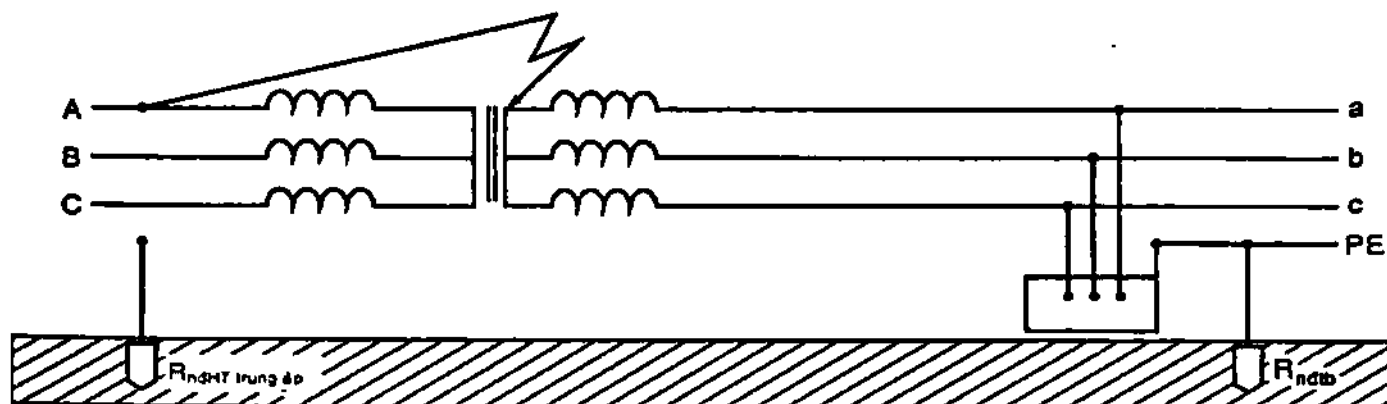
Dòng này có giá trị nhỏ, hệ thống bảo vệ phía 6,6 kV sẽ không cắt nguồn.

$$U_{\text{vô-đất}} = I_N \cdot R_{\text{ndtb}} \text{ có trị số lớn}$$



Ví dụ:  $I_N = 10A$ ;  $R_{ndtb} = 10\Omega$ ;  $U_{v\grave{o}-d\grave{a}t} = U_{tx} = 100 (V) > U_{cp}$ . Do đó, khi xảy ra hiện tượng chạm từ cao sang hạ thế máy biến áp nguồn, thiết bị phía hạ thế sẽ chịu áp cao và hư hỏng, nếu tình trạng duy trì, vỏ thiết bị sẽ xuất hiện áp lớn nguy hiểm cho người sử dụng.

**2- Máy biến áp nguồn nối  $Y_0/Y$**



**Hình 4.4** Mạng IT trung tính trung thế nối đất trực tiếp

Tại thời điểm chạm,  $U_{pha-v\grave{o}} \approx U_{c\grave{a}ch\ di\grave{e}n} \approx U_{pha\ trung\ th\grave{e}}$  có giá trị rất lớn, do đó cách điện phía 0,4 kV sẽ bị chọc thủng, dòng điện sự cố đi qua đất được tính bằng biểu thức sau:

$$I_d = \frac{U_p}{R_{ndtb} + R_{ndHT\ trung\ \acute{a}p} + R_{l\grave{a}y}} \tag{4.3}$$

(bỏ qua  $g = \frac{1}{R_{cd}}$ : điện dẫn phía hạ áp)

Nếu bảo vệ phía trung áp không cắt nguồn, tổn tại điện áp vỏ thiết bị được tính bằng biểu thức sau:

$$U_{v\grave{o}-d\grave{a}t} = U_d = I_d \cdot R_{ndtb} \tag{4.4}$$

$I_d$  có giá trị lớn,  $R_{ndtb} \leq 30\Omega$ , do đó  $U_{v\grave{o}}$  có giá trị rất lớn, nguy hiểm đối với người sử dụng.

**4.2.2 Sơ đồ TN**

**a) Máy biến áp nối kiểu  $Y/Y_0$  hoặc  $\Delta/Y_0$ , phía trung thế nguồn không nối đất**

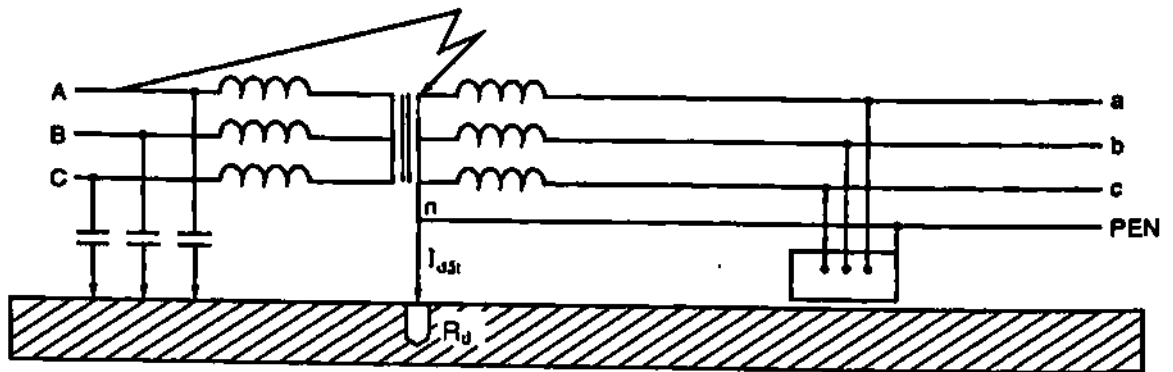
$$I_d = \frac{3\omega C U_p}{\sqrt{9R_d^2 C^2 \omega^2 + 1}}$$

Nếu  $\omega C$  bé, bảo vệ phía cao áp không cắt nguồn, tồn tại điện áp trung tính, vỏ thiết bị được tính bằng các biểu thức sau:

$$\text{Trung tính mạng } U_{\text{tháp}} \text{ có điện áp: } U_{n-\text{đất}} = \frac{3\omega C U_p R_d}{\sqrt{9R_d^2 C^2 \omega^2 + 1}} \quad (4.5)$$

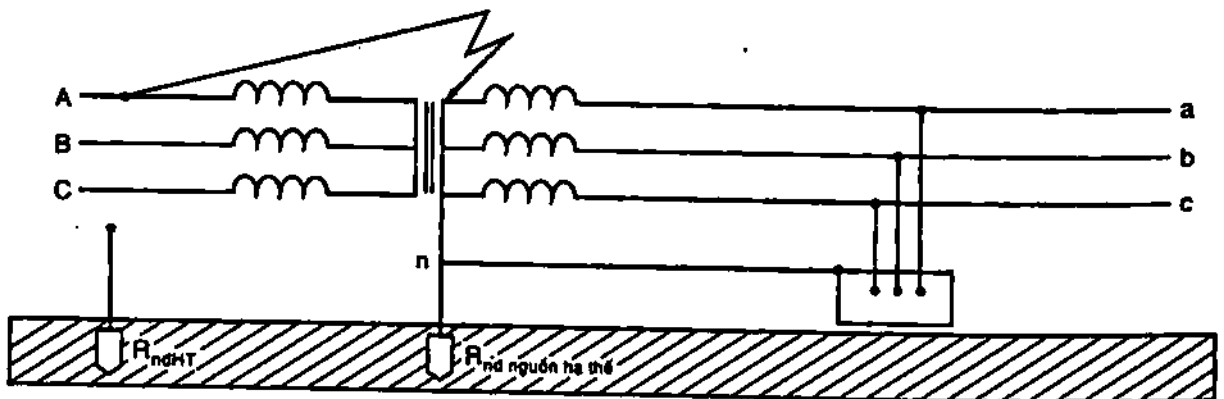
Thiết bị được nối theo sơ đồ TN-C, vỏ thiết bị sẽ xuất hiện  $U_{\text{vỏ-đất}} = U_n = U_{\text{tx}}$  có thể đủ lớn, nguy hiểm đối với người vận hành.

$U_{\text{pha-vỏ}} \equiv U_{\text{đặt lên cách điện}} \equiv U_{\text{pha}}$ : an toàn đối với thiết bị.



Hình 4.5 Mạng TN trung tính trung thế không nối đất

b) Máy biến áp nối theo sơ đồ  $Y/Y_0$  hoặc  $\Delta/Y_0$  phía trung thế nguồn có nối đất



Hình 4.6 Mạng TN trung tính trung thế nối đất trực tiếp

Tương đương tình trạng  $N^{(1)}$  (ngắn mạch một pha) phía trung áp ở mạng có trung tính nối đất trực tiếp:

$$I_d = \frac{U_p}{R_{\text{nd nguồn hạ thế}} + R_{\text{nd HT}} + Z_{\text{đây}}} \quad (4.6)$$

dòng điện sự cố trong trường hợp này rất lớn, các thiết bị bảo vệ phía trung thế tác động cắt nguồn nhanh. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian xảy ra sự cố, áp của trung tính hạ thế và vỏ thiết bị có giá trị lớn và được xác định theo các biểu thức:

$$U_{n-d\grave{a}t} = I_d \cdot R_{nd \text{ nguồn hạ thế}}, U_{v\grave{o}-d\grave{a}t} = U_{n-d\grave{a}t} = U_{tx} \quad (4.7)$$

$$U_{v\grave{o}-pha} \cong U_{pha} \cong U_{d\grave{a}t \text{ lên cách điện thiết bị hạ thế}}$$

Ví dụ:  $I_d = 100A$ ;  $R_{nd \text{ nguồn hạ thế}} = 4\Omega \Rightarrow U_{v\grave{o}-d\grave{a}t} = U_{n-d\grave{a}t} = U_{tx} = 100 \cdot 4 = 400(V)$   $U_{tx} > U_{cp}$ : Trường hợp này không an toàn đối với người sử dụng nhưng với  $U_{pha-v\grave{o}} = 220(V)$  thiết bị được an toàn.

### 4.2.3 Sơ đồ TT

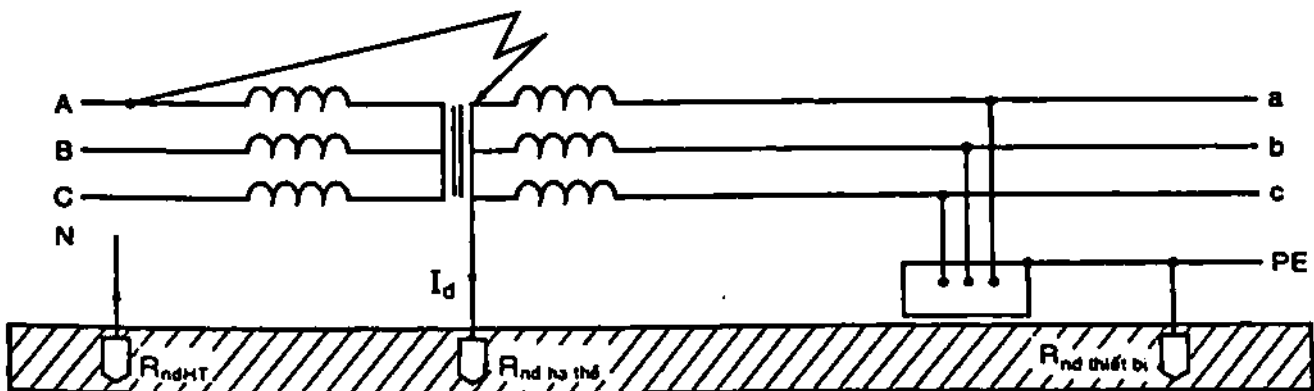
Chạm từ trung sang hạ tương đương tình trạng N<sup>(1)</sup> (ngắn mạch một pha) phía trung thế ở mạng có trung tính nối đất trực tiếp:

$$I_d = \frac{U_p}{R_{nd \text{ hạ thế}} + R_{nd \text{ TT}} + Z_{l\grave{a}y}}; U_n = I_d \cdot R_{nd \text{ hạ thế}} \quad (4.8)$$

dòng điện sự cố trong trường hợp này rất lớn, các thiết bị bảo vệ phía trung thế tác động cắt nguồn nhanh. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian sự cố, do hệ thống điện áp phía hạ thế bị trôi theo trung tính  $U_{n-d\grave{a}t}$  nên áp xuất hiện giữa các dây pha, trung tính với vỏ thiết bị có giá trị lớn và được xác định theo biểu thức:

$$|\dot{U}_{v\grave{o}-pha}| = |\dot{U}_{pha} - \dot{U}_d| > U_{pha}; U_{v\grave{o}-d\grave{a}t} = 0 = U_{tx} \quad (4.9)$$

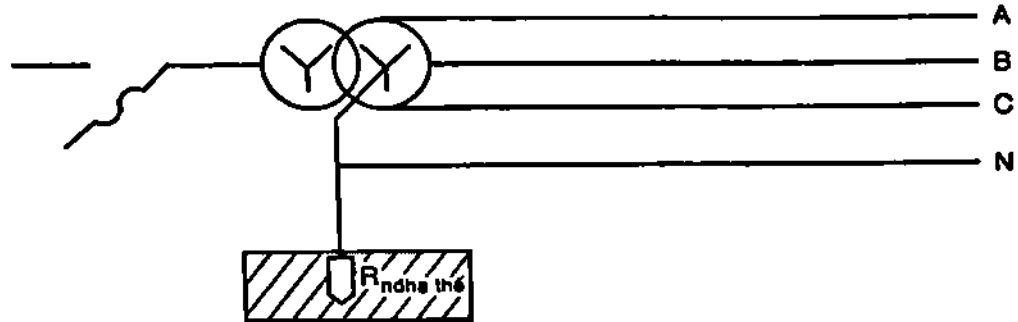
an toàn đối với người sử dụng nhưng có thể gây quá áp và chọc thủng cách điện thiết bị phía hạ thế.



Hình 4.7 Mạng TT trung tính trung thế nối đất trực tiếp

### 4.3 CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ

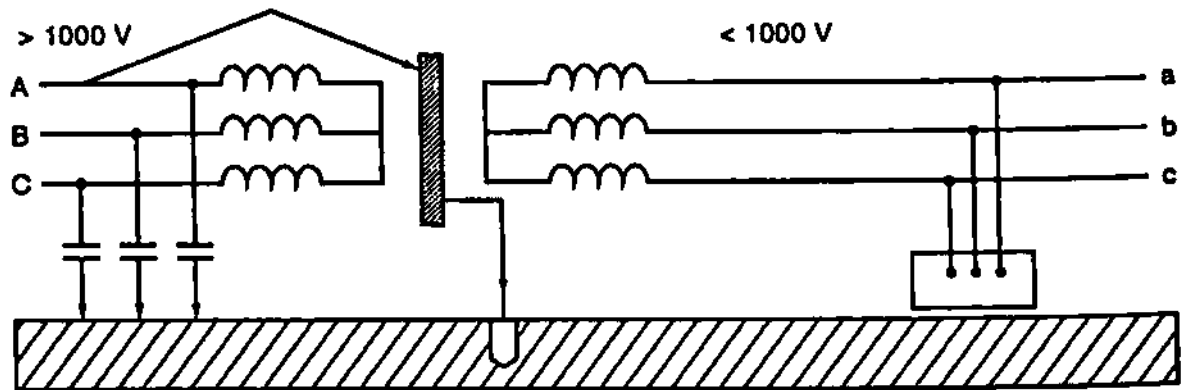
a) Trong mạng có trung tính nối đất trực tiếp ở cả trung và hạ thế, thiết bị bảo vệ phía cao áp cần cắt được dòng ngắn mạch một pha sau máy biến áp.  $R_{nd}$  trung tính máy biến áp  $\leq 4\Omega$  (phía hạ thế).



Hình 4.8 Bảo vệ bằng thiết bị cắt nguồn trung thế

b) Sử dụng màn chắn bằng kim loại giữa cuộn  $U_{cao}$  và cuộn  $U_{thấp}$

Sự cố hư hỏng cách điện trung - hạ thế sẽ trở thành ngắn mạch xuống đất qua màn chắn kim loại, bảo vệ phía hạ thế không bị điện áp cao xâm nhập. Mặt khác, dòng sự cố cũng sẽ được tăng cao đủ để thiết bị bảo vệ trung thế tác động cắt nguồn.



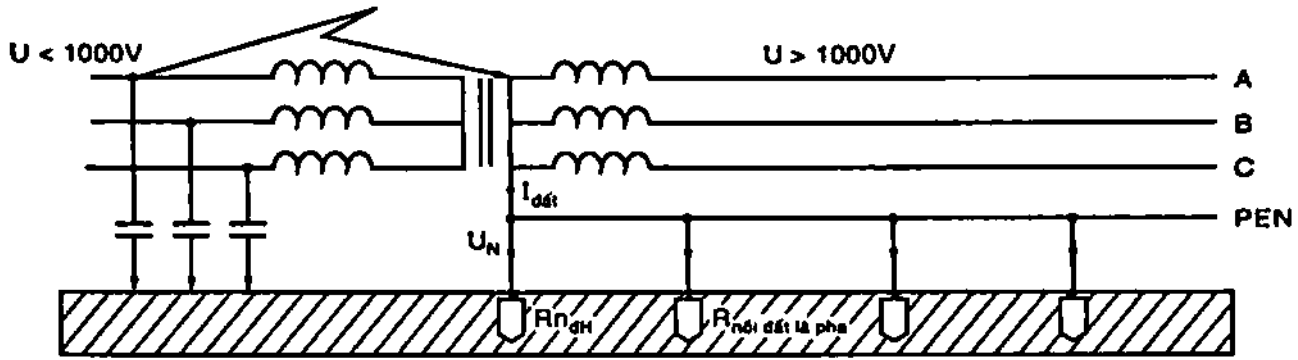
Hình 4.9 Bảo vệ bằng màn chắn kim loại giữa cách điện cao - hạ

c) Thực hiện  $R_{nd}$  lặp lại nhiều lần với trị số bé để giảm  $U_N \cong U_v$

Áp dụng đối với sơ đồ TN

$$U_N = U_d = \frac{I_{d\text{đt}} \cdot R_{\text{đt}} \cdot R_{u_v}}{R_{ndHT} + R_{ll}}; \quad \frac{1}{R_{ll}} = \frac{1}{R_{ll1}} + \frac{1}{R_{ll2}} + \frac{1}{R_{ll3}} + \dots + \frac{1}{R_{lln}} \quad (4.10)$$

$$I_d = \frac{3\omega C U_p}{\sqrt{9(R_{\text{đt}} // R_{ll})^2 C^2 \omega^2 + 1}} \quad (4.11)$$

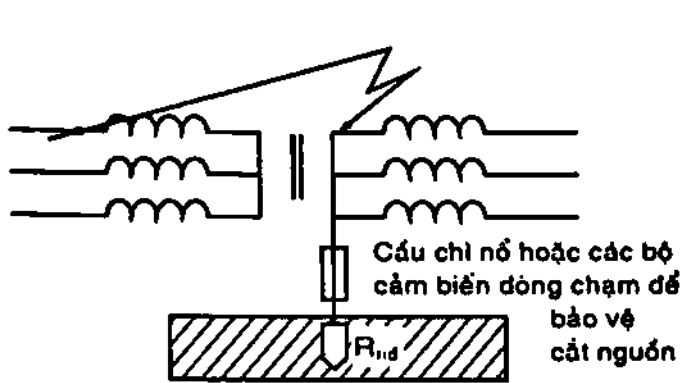


Hình 4.10 Nối đất lặp lại dây PEN để giảm  $U_N$

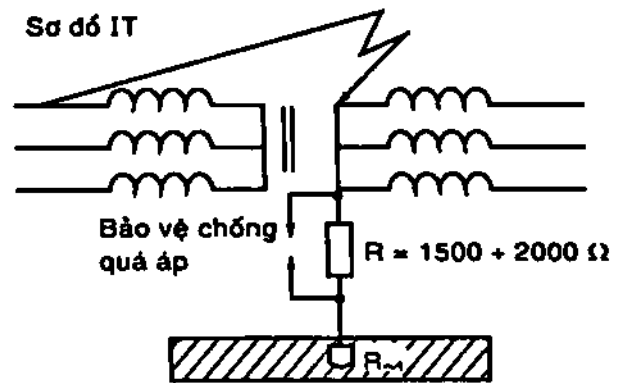
d) Thực hiện các bảo vệ cắt nguồn khi có sự cố

Máy biến áp nguồn có  $S >$  vài chục MVA đặt bảo vệ dòng điện cắt nhanh trên dây nối vỏ đất. Cũng có thể đặt các bảo vệ cắt nhanh nguồn khi bị chạm trên dây nối trung tính với đất đối với sơ đồ TT và TN.

Dùng cầu chì nổ hoặc bảo vệ bằng rơle hơi, bảo vệ so lệch dọc khi  $U > 1$  kV.

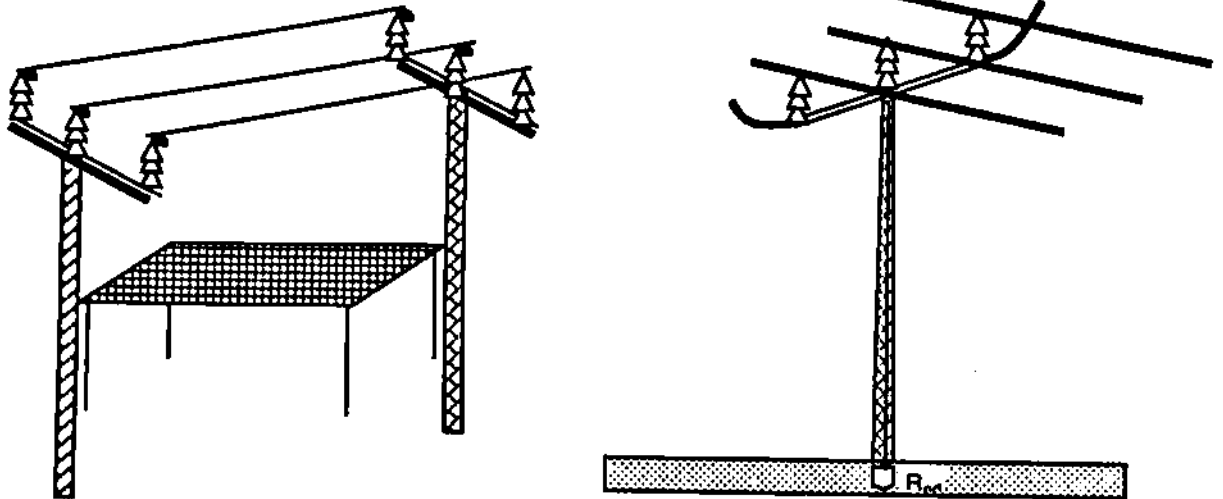


Hình 4.11 Bảo vệ chống chạm trung - hạ bằng cầu chì trên dây nối đất trung tính



Hình 4.12 Bảo vệ trong sơ đồ IT

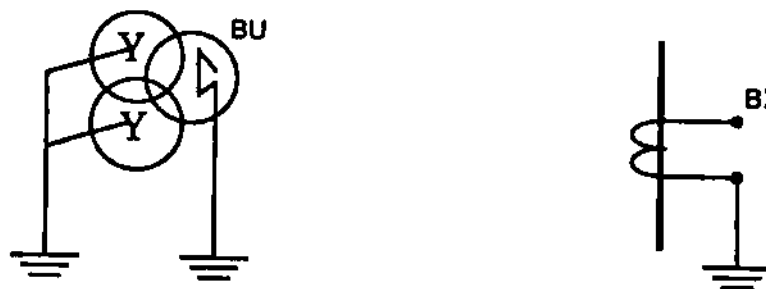
e) Thực hiện các lưới bằng kim loại ở sân phân phối điện áp cao hoặc dây cao áp bằng ngang lõi đi khu vực đông người cần có màn chắn kim loại có nối đất đặt bên dưới.



**Hình 4.13** Bảo vệ đối với đường dây trên không

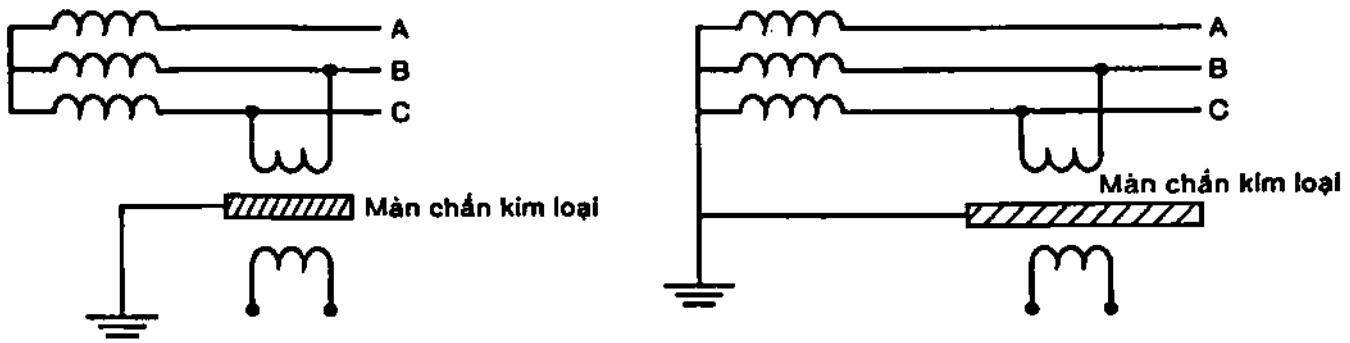
f) Vòng kim loại đỡ dây dẫn bị đứt tạo ngắn mạch một pha, bảo vệ đường dây cắt nguồn, tránh hiện tượng điện áp cao do dây đứt xâm nhập các đường dây, thiết bị điện áp thấp hoặc con người đang ở bên dưới đường dây này.

g) Với thiết bị đo lường, ví dụ biến điện áp, biến dòng điện cần nối đất phía thứ cấp để bảo vệ người sử dụng tiếp xúc với phía  $U_{thấp}$ .



**Hình 4.14** Nối đất bảo vệ chống chạm từ  $U_{cao}$  sang  $U_{thấp}$  trong các máy biến áp đo lường

h) Sử dụng màn chắn kim loại đặt giữa cách điện cuộn cao và hạ thế máy biến áp nguồn cách ly nhằm biến sự cố chạm từ cao thế sang hạ thế thành chạm đất phía cao thế, bảo vệ cao thế cắt nguồn, tránh hư hỏng phía hạ thế.

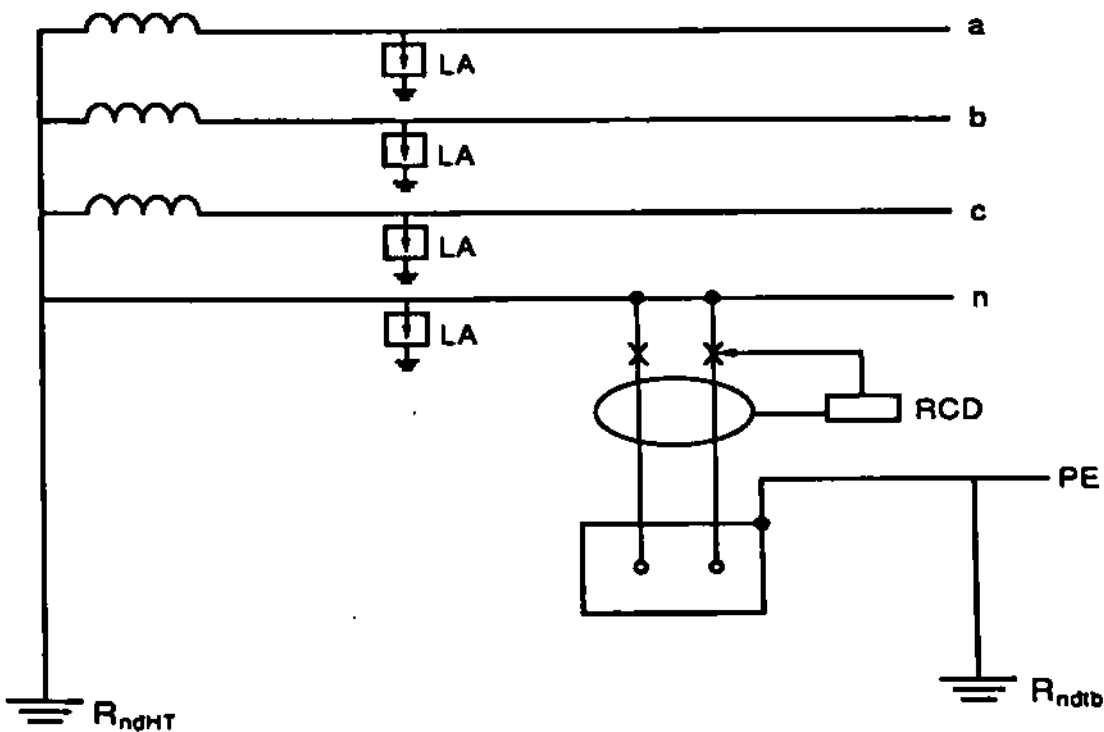


a) Biến áp cách ly khi nguồn không nối đất

b) Biến áp cách ly khi nguồn có nối đất

Hình 4.15 Bảo vệ trong máy biến áp cách ly

i) Đặt bộ bảo vệ chống quá áp ở đầu ra máy biến áp nguồn trung/hạ trong sơ đồ TT. Sử dụng thiết bị LA (Lightning Arrester).



Hình 4.16 Bảo vệ chống  $U_{cao}$  xâm nhập  $U_{thấp}$  trong mạng TT

j) Trong mạch IT, đặt bộ hạn chế quá áp (Overvoltage Limiter) tại trung tính máy biến áp nguồn như đã trình bày trong sơ đồ IT loại 2 ở chương 3 (H.3.10).

## ĐỀ PHÒNG TÍNH ĐIỆN

### 5.1 SỰ HÌNH THÀNH TÍNH ĐIỆN

Tính điện (*electrostatic*) là một điện tích ở trạng thái đứng yên, nó được tạo ra do sự mất cân bằng trong cấu trúc nguyên tử của những vật cách điện như chất dẻo, giấy hoặc vật dẫn điện như sắt...

Mọi vật đều được cấu tạo từ những nguyên tử. Nguyên tử được cấu tạo từ những Proton, Electron và Neutron. Proton mang điện tích dương, Electron mang điện tích âm, và Neutron không mang điện. Thông thường, nguyên tử có cùng số Proton và số Electron. Vì vậy, nguyên tử không mang điện và được gọi là trung hòa.

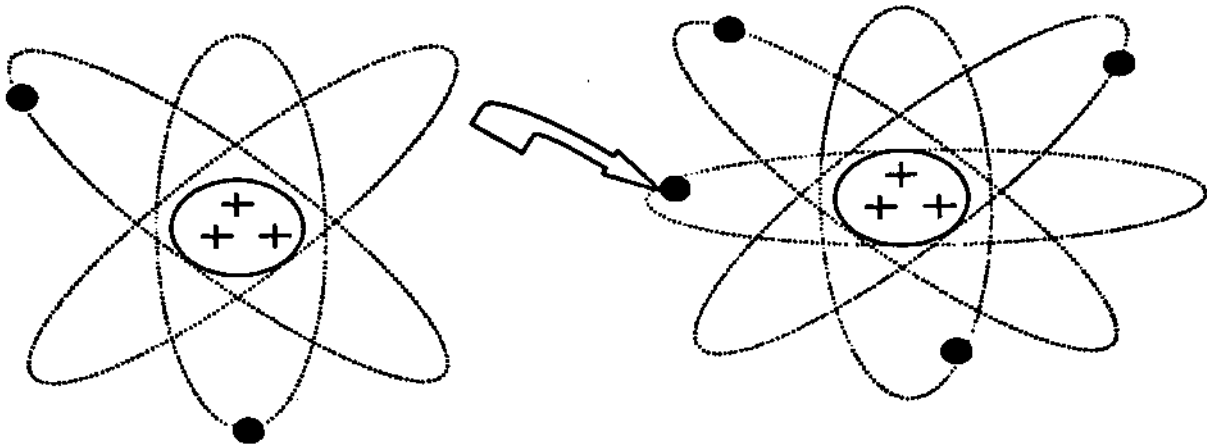
Khi xảy ra hiện tượng những Electron của nguyên tử vật liệu này dịch chuyển sang nguyên tử của vật liệu khác, các nguyên tử nhận thêm Electron thì mang điện tích âm, còn các nguyên tử mất Electron thì mang điện tích dương. Hiện tượng tính điện xảy ra khi hai vật được nạp điện phân biệt như trên.

Sự tích điện phần lớn được tạo ra bởi hai vật thể khác loại bị cọ xát với nhau. Tính điện cũng có thể được tạo ra bởi sự nén hay sự phân rã (H.5.2 a,b). Ma sát làm nóng và kích động những phân tử của vật chất. Sau đó, hai vật chất bị phân hủy, và Electron dịch chuyển từ vật chất này sang vật chất khác. Khi Electron dịch chuyển, sự thiếu vắng hay dư thừa những Electron tạo ra một trường tính điện.

Tính điện cũng có thể được tạo ra bởi sự phá vỡ cấu trúc phân tử do các vết cắt hay xé nhỏ. Nó cũng có thể tạo ra do thay đổi nhanh nhiệt độ, do phát tia phóng xạ, và những thay đổi hóa học ở vật chất. Những quá trình này làm tăng sự mất cân bằng giữa những Ion dương và những Ion âm trên bề mặt của vật chất.

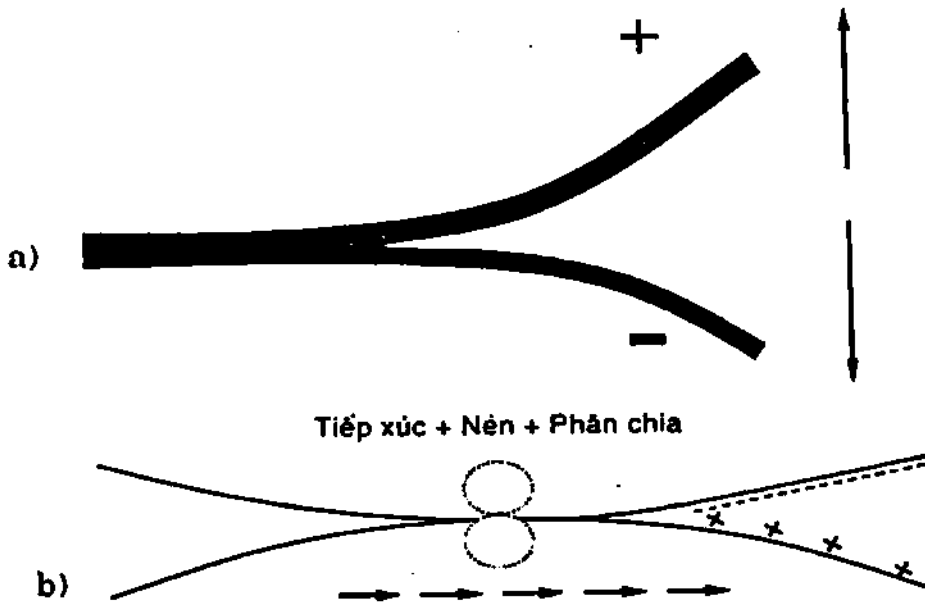
Lượng tính điện phát ra phụ thuộc vào vật chất bị ma sát hay phân chia, mức độ ma sát hay phân chia và độ ẩm của môi trường. Chất dẻo nói chung sẽ tạo ra điện tích tĩnh lớn nhất.





**Hình 5.1** Electron di chuyển từ vật chất A sang vật B

Trong điều kiện độ ẩm thấp (không khí khô), ví dụ như không khí bị khô lên trong mùa đông, cũng có thể làm phát triển nhanh sự hấp thu điện tích tĩnh. Khi không khí có độ ẩm cao, nước trong không khí giúp các Electron rò rỉ nhanh chóng và vì vậy làm cho hiện tượng tích điện không diễn ra mạnh như khi không khí khô.



**Hình 5.2** a) Hai vật liệu tiếp xúc với nhau và sau đó tách ra  
b) Ma sát, nén và phân chia là nguyên nhân chính gây ra tĩnh điện

Vậy:

- Tĩnh điện (*electrostatics*) phát sinh ra do sự ma sát giữa các vật cách điện khác nhau với nhau hoặc giữa vật cách điện và các vật dẫn điện, do sự va đập của các chất lỏng cách điện khi chuyển rót hoặc va đập của chất lỏng cách điện với kim loại.

- Tĩnh điện còn tạo ra ở trên các hạt nhỏ rắn cách điện trong quá trình nghiền nát.

- Sự xuất hiện điện tích tĩnh điện là kết quả của những quá trình phức tạp có liên quan đến sự phân bố lại các điện tử và ion khi tiếp xúc giữa hai vật khác nhau.

- Tĩnh điện còn xuất hiện do hiện tượng cảm ứng tĩnh điện hay do tiếp xúc.

## 5.2 CÁC TÍNH CHẤT

Theo giả thuyết nhiễm điện tiếp xúc của vật chất, sau quá trình ma sát, do sự không cân bằng của các lực nguyên tử và phân tử trên bề mặt tiếp xúc sẽ tạo ra một lớp điện tích kép trái dấu nhau.

Khoảng cách giữa các lớp điện tích bằng một vài lần đường kính phân tử, còn điện áp tiếp xúc bằng một vài mili Volt.

Những bề mặt này có các điện tích tĩnh điện trái dấu, ta coi chúng như là tụ điện có *điện tích Q* được xác định bằng công thức:

$$Q = u.C \text{ (coulomb)}$$

$u$  - thế hiệu ở trên các mặt tụ điện (Volt)

$C$  - điện dung (Farad):  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot S}{d}$

$\epsilon_0$  - hằng số điện môi chân không

$S$  (cm<sup>2</sup>) - diện tích bản cực

$d$  - khoảng cách giữa hai bản cực

$\epsilon_r$  - hằng số điện môi không khí, môi trường ma sát

- Trong thời gian tiếp xúc giữa các bề mặt mang điện, điện dung có trị số lớn nhất, còn thế hiệu có trị số rất nhỏ.

- Đối với mỗi trường hợp, khi  $Q = \text{const}$  và đủ lớn, giảm dung tích  $C$  bằng cách tăng khoảng cách giữa các bề mặt mang điện của tụ điện sẽ làm tăng thế hiệu. Ví dụ nếu khoảng cách giữa các tấm nạp điện tích của tụ điện là  $10^{-5}$  cm tương ứng với điện áp là 10V thì khi tăng khoảng cách này lên  $10^{-2}$  cm điện dung sẽ giảm đi 1000 lần còn điện áp tăng đến 1000V. Tiếp tục tăng khoảng cách đến 1 cm sẽ làm

tăng hiệu thế lên đến một vài ngàn volts. Tuy nhiên khả năng tăng thế hiệu sẽ được xác định bởi cường độ điện trường chọc thủng của môi trường ngăn cách các điện tích trái dấu nhau. Ví dụ: đối với không khí, điện trường giới hạn chọc thủng khoảng 30 kV/cm.

- Khi điện trường đạt đến trị số chọc thủng sẽ xảy ra hiện tượng phóng điện giữa các tấm nạp điện làm phát sinh tia lửa điện.

- Thế hiệu cao chỉ có thể thu được trong những trường hợp vật dẫn được cách điện tốt. Khi cách điện không đủ ở trên vật dẫn điện do cảm ứng điện từ, điện tích sẽ bị rò xuống đất và sẽ không thu được thế hiệu cao. Dựa vào đặc điểm này người ta đặt cơ sở cho việc đề phòng tĩnh điện.

- Khả năng nhiễm điện đến thế hiệu cao phụ thuộc vào tính dẫn điện của vật chất, vào thành phần các chất chứa ở trong nó và các nguyên nhân khác. Khi điện trở riêng của vật chất  $\rho \geq 10^6 \Omega$  thì khả năng nhiễm điện ở thế hiệu cao sẽ nguy hiểm do có thể gây phóng tia lửa điện qua không khí.

- Sự phóng tia lửa điện là điều nguy hiểm vì có thể làm bốc cháy môi trường cháy khi năng lượng tỏa ra do tia lửa điện lớn hơn trị số tối thiểu của năng lượng bốc cháy của môi trường đó.

Ví dụ đối với các hỗn hợp hơi, khí và bụi (trong các giới hạn nổ của chúng) năng lượng tối thiểu gây cháy thay đổi trong phạm vi lớn từ 0,10 đến 100 J/m<sup>3</sup> và cao hơn.

Năng lượng phóng tia lửa điện xác định theo công thức:

$$W = 0,5C.U^2 \quad (\text{Joule})$$

C - điện dung (Farad)

U - điện áp giữa các bản cực (Volt).

- Trong điều kiện sản xuất, điện tích tĩnh điện phát sinh và tích lũy khi:

- + Vận chuyển các chất lỏng không dẫn điện ở trong thùng chứa không được tiếp đất và ở trong các đường ống làm cách ly với đất.
- + Các chất khí, trong đó có chứa bụi hoặc chất lỏng ở dạng sương mù, bị nén hoặc đốt nóng xì ra khỏi ống hay bình chứa.
- + Vận chuyển hỗn hợp bụi không khí bằng đường ống (vận chuyển khói thải của các nhà máy...).

- + Đai truyền động tạo ma sát vào trục và các quá trình khác có ma sát, trong các trường hợp trên thế hiệu thường đạt tới 20 - 50kV, còn khi đai truyền chạy với vận tốc 15m/s thế hiệu đạt tới 80kV.

Việc tích điện áp lớn như vậy rất nguy hiểm, vì khi thế hiệu là 3kV tia lửa điện có thể gây cháy phần lớn các khí cháy, còn khi thế hiệu là 5kV sẽ gây cháy phần lớn các loại bụi cháy.

- Sự nhiễm điện của vật sẽ tăng lên khi điện tích tăng. Do đó cần chú ý đến các khối hạt cứng và lỏng rất nhỏ (khối bụi, khói) khi bị nhiễm điện. Khi các hạt bị va chạm nhiều lần và khi chúng bị ma sát với không khí hoặc bề mặt các ống dẫn, hạt nhỏ sẽ tích điện. Trường hợp có phóng tia lửa điện các hạt nhỏ cháy được có thể bốc cháy và nổ.

- Điện tích tĩnh điện còn có thể tích lũy ngay trên cơ thể con người nếu người cách ly với đất bằng giày có đế không dẫn điện và sàn cách điện. Những điện tích này phát sinh ra khi công nhân mặc quần áo bằng len, tơ, sợi nhân tạo di chuyển trên sàn không dẫn điện và khi thao tác với các chất dẫn điện.

Đã có những trường hợp xảy ra nổ trong các phòng có sàn được phủ bằng cao su, chất dẻo do sự phóng tia lửa điện từ cơ thể con người lên các vật kim loại của thiết bị đã được tiếp đất.

### ***Tác dụng sinh học của tĩnh điện lên người***

Phụ thuộc vào năng lượng phóng điện và biểu thị dưới dạng xuyên hoặc va đập thường không nguy hiểm vì tuy điện áp lớn như vậy nhưng cường độ dòng điện rất nhỏ - vài micro ampe. Tuy nhiên, do sự sợ hãi nên đã có trường hợp người ngã từ trên cao xuống gây chấn thương. Mặt khác, nếu bị phóng điện nhiều lần có thể bị ảnh hưởng xấu tới sức khỏe và có thể sinh ra một số bệnh, đặc biệt là đối với hệ thần kinh.

Nhiều hoạt động diễn ra hàng ngày cũng có thể tạo ra sự tích tụ điện tích trên người, ví dụ một người bước ra khỏi xe hơi có thể bị điện giật khi đóng cửa. Tĩnh điện được tích tụ giữa cơ thể người và chỗ ngồi trên xe hơi suốt trong khi người ngồi trên xe cho đến khi đứng dậy. Khi bước ra khỏi xe hơi, người có thể tích tĩnh điện đủ lớn. Nếu không có đường dẫn xả điện tích đi thì tĩnh điện có thể nhanh chóng tạo ra được điện áp rất cao lên đến vài ngàn Volt. Khi người chạm vào cửa

xe, điện áp cao gây ra phóng điện tích và nhanh chóng xả điện từ người vào xe hơi. Trường hợp này, người nên chạm tay vào khung kim loại ở cửa xe trước khi rời khỏi chỗ ngồi, điều này cho phép người xả điện tích từ từ, tránh bị điện giật do hiện tượng phóng điện.

Khi một người bước ngang qua một sàn trải thảm vào một ngày khô ráo, cơ thể của người có thể tạo ra hiệu điện thế lên đến vài ngàn Volt, điện áp này được phóng qua không khí khi ngón tay của người này gần chạm vào tay nắm cửa. Một dòng hồ quang điện được tạo ra xuyên qua lớp cách điện thông thường của không khí.

Bảng 5.1 liệt kê những hoạt động thông thường của con người tạo nên hiện tượng tích tĩnh điện có điện áp tương ứng với những giá trị khác nhau của độ ẩm không khí.

**Bảng 5.1 Những hoạt động hàng ngày của con người phát sinh điện áp tĩnh điện**

Cách thức phát ra tĩnh điện	Điện áp tĩnh điện (kV)		
	Độ ẩm		
	10%	40%	55%
Người đi nhanh qua thảm thảm	35	15	7,5
Người đi nhanh qua nơi có sàn bằng nhựa vinyl	12	5	0,3
Công nhân ngồi trên ghế	6	0,5	0,4
Đồ gốm ngám trong ống bằng nhựa	2	0,7	0,4
Đồ gốm ngám trong styrofoam	14,5	5	3,5
Mạch đóng gói khi các bọt nhựa được loại bỏ	26	20	7

### 5.3 BẢNG PHÂN LOẠI VẬT LIỆU THEO KHẢ NĂNG TÍCH ĐIỆN (TRIBIOELECTRIC SERIES)

Khi hai vật liệu khác nhau cọ xát với nhau, một vật sẽ được nạp điện tích dương và vật kia sẽ được nạp điện tích âm. Các nhà khoa học đã phân loại những vật chất phụ thuộc vào khả năng giữ hay phóng Electron của nó và sắp xếp chúng vào thành một bảng phân loại vật liệu theo khả năng tích điện (bảng 5.2 cho với một số loại vật liệu thông thường).

Bảng này cung cấp thứ tự sắp xếp của một số vật liệu thông thường. Cách sử dụng chuỗi ma sát điện này là chú ý đến vị trí của hai vật chất cần quan tâm. Vật chất có thể được nạp điện tích dương

sẽ ở gần hơn ở đầu dương của chuỗi, và vật chất ở gần đầu âm sẽ được nạp điện âm. Vì vậy, chức năng tích điện của vật liệu được xác định bằng vị trí của nó ở trong chuỗi. Vật chất có khả năng tích điện cao hơn có khuynh hướng nhận Electron từ những vật chất có khả năng tích điện thấp hơn.

**Bảng 5.2** Bảng phân loại vật liệu theo khả năng tích điện

---

**Đầu mang điện tích dương**

- Bàn tay người
- Khoáng chất Amiăng
- Thủy tinh
- Mica
- Tóc người
- Ni Ion
- Đồ len
- Lông
- Chì
- Tơ lụa
- Nhôm
- Giấy
- Bông sợi vải
- Thép
- Gỗ
- Hồ phách
- Cao su rắn
- Niken và đồng
- Đồng thau và bạc
- Vàng và bạch kim
- Cao su nhân tạo
- Vải Ooclông
- Sợi Polyetylen
- Orlon
- Teflon
- Cao su hóa học

**Đầu mang điện tích âm**

---

Có một số vấn đề cần lưu ý khi sử dụng bảng phân loại vật liệu theo khả năng tích điện. vật chất thực tế hiếm khi tinh khiết và thường nhiễm bẩn hoặc có tạp chất trên bề mặt, điều này làm ảnh hưởng mạnh đến sự nhiễm điện do ma sát. Ngoài ra, khoảng cách giữa những vật chất trong bảng không cho ta biết độ lớn của điện tích nạp với mức độ tin cậy cao. Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả. những yếu tố khác nhau này là năng lượng bề mặt phân tử, sự tinh khiết của bề mặt, tính dẫn điện và tính chất cơ khí của vật liệu.

#### 5.4 CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA ĐIỆN TÍCH TÍNH ĐIỆN

Hiện tượng tĩnh điện đã được nghiên cứu hàng trăm năm nay. Rất nhiều nhà khoa học nghiên cứu về hiện tượng này như Ampère, Priestley, Franklin, Faraday, Volta và Coulomb.

Charles Coulomb đã trình bày nhiều chuỗi thí nghiệm trong năm 1785. Ông dùng những thanh xoắn mỏng cân bằng do mình phát minh để xác định độ lớn lực tương tác giữa hai vật thể mang điện. Coulomb phát biểu rằng: Lực tương tác giữa hai vật mang điện tích nhỏ trong chân không hay trong không khí với khoảng cách rất lớn so với kích thước của chúng thì tỷ lệ thuận với điện tích của mỗi vật và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Ta có thể viết lại như sau:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (5.1)$$

trong đó:  $q_1$  và  $q_2$  là độ lớn điện tích âm hoặc dương,  $r$  là khoảng cách giữa hai vật mang điện, và  $k$  là hằng số cân bằng. Nếu sử dụng trong hệ đơn vị quốc tế (SI) thì đơn vị của các thông số trong (5.1) là  $q(C)$ ,  $r(m)$ ,  $F(N)$ , hằng số  $k$  được tính là:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Hằng số  $\epsilon_0$  được gọi là hằng số điện môi chân không, có độ lớn là  $8,854 \times 10^{-12} F/m$ . Lực tương tác có tác dụng dọc theo đường nối giữa hai điện tích, hai vật sẽ đẩy nhau nếu chúng mang điện tích cùng dấu và hút nhau nếu chúng mang điện tích trái dấu.

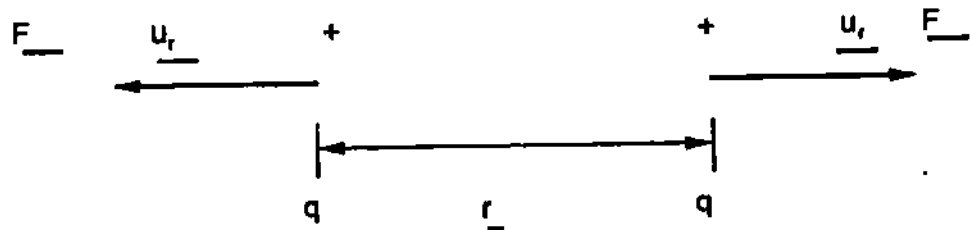
Lực tương tác  $F$  là đại lượng vector, gồm biên độ và hướng. Phương trình (5.1) được viết lại theo phương trình vector và thay thế giá trị  $k$ , ta có:

$$\underline{F} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \underline{u}_r \quad (5.2)$$

Đây là phương trình vector tổng quát của định luật Coulomb trong hệ đơn vị chuẩn SI, trong đó,  $\underline{u}_r$  là vector đơn vị của lực tương tác  $\underline{F}$ .

## 5.5 VẬT CHẤT VÀ TÍNH ĐIỆN

Một số kim loại như đồng, bạc có một electron ở phía ngoài cùng lớp vỏ nguyên tử. Electron này dễ dàng thoát ra để dịch chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác khi có một trường tĩnh điện tác dụng. Những vật liệu cho phép Electron dịch chuyển gọi là vật dẫn điện. Bạc và đồng là những vật liệu dẫn điện tốt, điện trở của chúng rất nhỏ. Một số vật dẫn tốt có 2 Electron ở lớp ngoài cùng. Một số ít như Aluminum có 3 Electron ở lớp ngoài cùng. Trong tất cả những vật dẫn, những Electron ngoài cùng rất lỏng lẻo và nhanh chóng dịch chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác. Những Electron như thế được gọi là những điện tích tự do. Khi một dây dẫn được nạp điện, toàn bộ dây dẫn có cùng hiệu điện thế và phân cực như nhau.



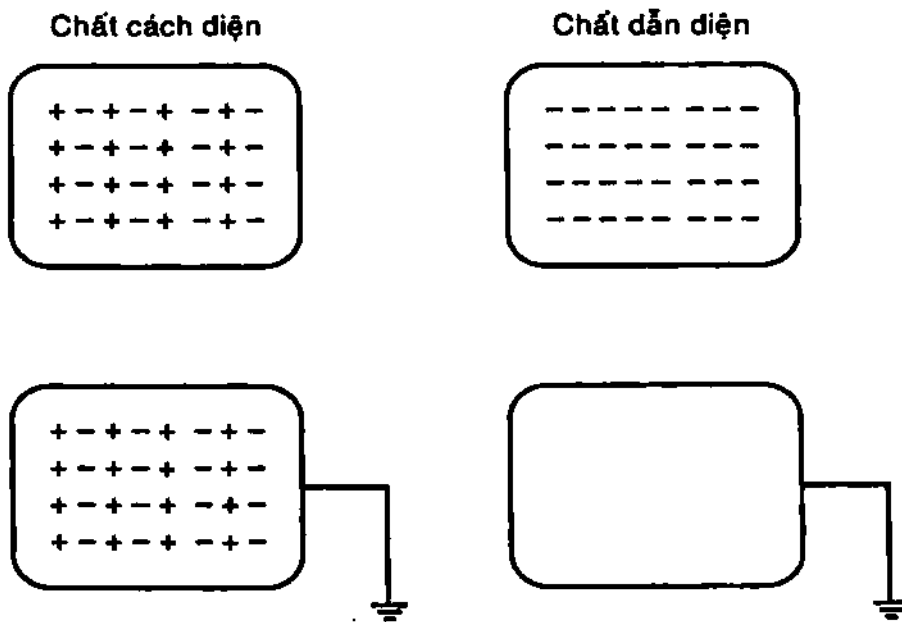
Hình 5.3 Hai điện tích điểm trái dấu thì đẩy nhau

Đối với những loại vật chất khác, những Electron bị giữ chắc chắn gần hạt nhân nguyên tử và vì vậy chúng khó có thể bị tách ra bởi lực hút tĩnh điện. Những loại vật chất này được gọi là chất điện môi hay vật cách điện. Mặc dù trường tĩnh điện đặt lên một vật cách điện có thể không gây ra sự nạp điện nhưng nó có thể tạo ra cực tính của vật cách điện hay điện môi đó, sự đi chuyển của các Electron thể hiện tính mất cân bằng. Việc nạp điện cho những vật cách điện được gọi là nạp cực tính và trái ngược với việc nạp điện thông thường cho vật dẫn điện. Vì lý do này, một vật cách điện có thể lưu trữ nhiều điện tích với các dạng cực tính và điện áp khác nhau ở nhiều vùng



khác nhau trên bề mặt của chúng. Điều này giải thích tại sao một số vùng của vật chất thường hút nhau và những vùng khác thì đẩy nhau. Nối vật cách điện với đất sẽ không tạo ra dòng chuyển dời các Electron như những loại vật chất dẫn điện khác. Do đó, một khái niệm mới được sử dụng cho điện tích tĩnh trung tính trên những vật cách điện.

Tính chất điện của vật liệu như điện trở suất và tính chất xả điện là rất quan trọng trong nhiều chi tiết vật liệu kĩ thuật. Những tính chất này phải được đo đạc theo dựa theo những tiêu chuẩn của quốc gia hay quốc tế.



*Hình 5.4 Chất cách điện và chất dẫn điện có khả năng tích điện và nối đất khác nhau*

### 5.6 HIỆN TƯỢNG PHÓNG ĐIỆN TÍCH TÍNH ĐIỆN (ELECTROSTATIC DISCHARGES (ESD))

Sự phóng điện tích tĩnh điện được định nghĩa là hiện tượng chuyển dời điện tích giữa hai vật có hiệu điện thế khác nhau. Nó phát sinh khi điện tích tĩnh điện được tích lũy trên một vật thể không dẫn điện và sau đó có một đường dẫn truyền xuống đất.

Tích tụ điện tích được hình thành bởi những vật liệu nhân tạo như nylon bị chà lên một vật cách điện. Hiện tượng này diễn ra hàng ngày trong văn phòng và trong gia đình, đặc biệt là nếu có những tấm thảm dệt nhân tạo trong phòng.

Một người bước ngang qua một căn phòng trải thảm sẽ được nạp điện khi những lon chuyển dịch từ những thớ thảm tới người chúng ta. Khi người đã được nạp điện thì tùy thuộc vào độ ẩm, hiện tượng phóng điện xảy ra khi người đó chạm vào một bề mặt có điện thế thấp hơn.

Ví dụ nếu hiện tượng phóng điện được thông qua bàn phím máy vi tính thì hàng ngàn Volt điện áp sẽ nhanh chóng xuất hiện trên các thiết bị nhạy về điện trong máy vi tính. Hiện tượng phóng điện có thể trực tiếp hay gián tiếp phá hoại các thiết bị bán dẫn và hệ thống điện tử.

Hiện tượng phóng điện tác động mạnh đến hiệu suất và độ tin cậy của những hệ thống sản phẩm điện tử. Mặc dù có những nỗ lực lớn nhiều năm qua, sự phóng điện vẫn có những ảnh hưởng tới hiệu suất của sản phẩm, giá thành sản xuất, chất lượng và độ tin cậy của sản phẩm, lợi nhuận của nhà sản xuất.

Trong nhiều ngành công nghiệp và hoạt động thương mại, hiện tượng tĩnh điện vừa có thể đem lại nhiều thành tựu hữu ích vừa có thể gây nên những tác hại.

Minh họa cho những phát minh từ phóng điện như máy photocopy và máy gây tê. Mặt khác, có nhiều nguy hiểm về điện làm giảm chất lượng sản phẩm, phá hủy thiết bị, hiện tượng phóng điện còn có thể gây ra cháy nổ dẫn tới bị thương hay chết người. Dự đoán về mất mát năng lượng trung bình trong thiết bị sản xuất vào khoảng từ 16% đến 22%, còn đối với người sử dụng thì vào khoảng 27% đến 33%.

## 5.7 NHỮNG SỰ CỐ DO ĐIỆN TÍCH TÍNH ĐIỆN

Điện tích tĩnh điện là một trong những nguyên nhân gây rủi ro cao đối với các ngành công nghiệp. Đó là hiện tượng gây ra nhiều sự cố mà các ngành công nghiệp phải tiêu tốn hàng triệu Dollar mỗi năm. Tại châu Âu và Mỹ, sự cố về phóng điện xảy ra rất thường xuyên. Những sự cố do tĩnh điện được trình bày sau đây.

### 5.7.1 Những vấn đề liên quan đến chất lượng sản phẩm và làm giảm tốc độ sản xuất

Điện tích tĩnh trên các dây máng tự động cho gia súc ăn hay trong một số trường hợp cho ăn bằng tay, có thể dẫn tới sự phân chia hay tách rời một máng khỏi các máng kế bên. Một điện tích tĩnh sẽ phát ra một trường tĩnh điện có tác dụng như một nam châm. Nam

châm này đẩy những vật có cùng điện tích và hút những vật có điện tích trái dấu hay trung hòa về điện.

Điều này giải thích cho lực hấp dẫn giữa những vật liệu tích điện và hệ thống máy móc hoặc trục lăn gây ra hãm động cơ. Trong nhiều trường hợp, động cơ bắt buộc phải chạy ở tốc độ thấp để tránh những sự cố gây ra bởi tĩnh điện.

### 5.7.2 Tác hại của bụi

Nhiều sản phẩm như các loại chất dẻo bám bụi và phim nhựa tích tụ điện tích tĩnh rất lớn trên bề mặt của chúng. Những điện tích cao ở bề mặt sẽ hấp thụ bụi bẩn trong không khí, đôi khi chỉ cách chúng 1m, và giữ chặt bụi bẩn trên bề mặt. Những hoạt động như in ấn hay đúc, sản phẩm sau cùng có thể bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi những loại bụi tạp chất đó.

### 5.7.3 Gây tổn thương cho người

Khi chạm tay vào các vật liệu tích điện cao, người sẽ bị tổn thương do điện giật trực tiếp hay gián tiếp. Có một số người thì nhạy cảm về điện hơn so với những người khác, thường là do tính chất cách điện của giày dép họ đang mang.

Một ví dụ trường hợp điện giật trực tiếp là khi một người bước ra khỏi chỗ ngồi trong xe ô tô và sau đó chạm tay vào cửa xe.

Công nhân có thể bị điện giật tại điểm phân phối cuối của băng chuyền sấy khô. Khi độ nóng của mạng dây đai thay đổi đột ngột, nó sẽ trở thành vật tích điện cao, và người vận hành thì thường tiếp xúc với các bộ phận của máy móc.

Những người buôn bán chứng khoán cũng thường bị sốc điện khi họ kéo các cuộn phim (*barrier film*) hay khi tách các tấm thẻ tín dụng.

### 5.7.4 Các hiện tượng cháy nổ

Điện tích tĩnh điện thường tìm thấy trên các vật liệu không dẫn điện hay có điện trở suất cao ngăn cản sự chuyển động của điện tích. Có hai trạng thái mà điện tích tĩnh có thể chuyển động nhanh chóng và rất nguy hiểm đối với môi trường dễ cháy nổ. Trạng thái thứ nhất là khi một vật được tích điện tích tĩnh điện cho đến khi điện trường tĩnh này vượt qua ngưỡng phóng điện của không khí thì sẽ xuất hiện

tia lửa điện. Trạng thái thứ hai là điện tích trên một dây dẫn điện nổi có bọc vỏ cách điện. Điện tích trong trường hợp này rất dễ chuyển động và sẽ phát ra tia lửa khi ở gần mặt đất ngay lần phóng điện đầu tiên.

### 5.7.5 Tác hại đối với kỹ thuật in

Điện tích tĩnh điện được ứng dụng trong chỉnh sửa ảnh... Sau khi chổi lăn được chà lên hình ảnh nhiều lần, sự ma sát gây ra một điện tích để tạo nên mạng Polyester. Màn ảnh thường mang điện tích âm được áp đặt lên một nền bằng nhựa cũng mang điện tích âm trong suốt chu kỳ in. Hai vật tích điện trái dấu thì đẩy nhau, làm mực bắn lung tung và tạo ra lỗi trên hình ảnh.

## 5.8 NHỮNG MỐI NGUY HIỂM CỦA TĨNH ĐIỆN TRONG CÔNG NGHIỆP

Điện năng được sử dụng trong hầu hết các quá trình công nghiệp và những hoạt động của cuộc sống hàng ngày. Sự tích lũy điện tích tĩnh vào những bộ phận của sản phẩm trong suốt quá trình xử lý tạo ra điện thế có thể lên đến hàng chục ngàn kV. Vì vậy hiện tượng phóng điện có thể xảy ra dẫn tới phá hủy tất cả hay một phần các thiết bị.

Nhiều ngành công nghiệp rất nhạy cảm với hiện tượng phóng điện, thậm chí chỉ vài trăm Volt, ví dụ như công nghiệp dầu mỏ và hóa chất. Những ngành công nghiệp khác với các hoạt động như dệt, phân bón, giấy, cao su, sản xuất bột mì, chuyên chở thóc lúa, bệnh viện... chịu thiệt hại từ hiện tượng phóng điện và giảm độ chính xác đo lường hay giảm mức độ cho phép khi tích tụ điện tích.

Nhiều hoạt động thường ngày của con người tạo ra điện thế tĩnh điện trên cơ thể họ lên đến 30 kV khi bước ngang qua sàn nhà. Điện áp này phụ thuộc vào chất liệu của sàn nhà, trải thảm hay nhựa vinyl, giày và vớ người sử dụng. Với những sàn bằng vật liệu vinyl, điện áp lên đến vài kV.

### 5.8.1 Công nghiệp điện tử

Cùng với sự tiến bộ của kỹ thuật điện tử, những thiết bị điện tử ngày càng nhỏ hơn. Kích thước giảm xuống, khoảng cách cách điện càng nhỏ và mạch điện trong đó cũng giảm đi, vì vậy sẽ làm tăng khả năng phóng điện. Phá hủy do phóng điện có thể xuất hiện trên

các linh kiện điện tử khi điện áp tối thiểu là 20V. Mặc dù hiện tượng phóng điện có thể không diễn ra nhưng gây ra nhiều ảnh hưởng xấu lên các thiết bị điện tử.

Những vật dụng dùng ở nơi làm việc như tách pha cà phê, chất liệu sàn nhà, thùng đựng rác, và thậm chí cả quần áo cũng là nguồn vật liệu phát ra tĩnh điện. Khi không có chương trình chống giải phóng tĩnh điện, lúc cầm vào các thiết bị điện tử người công nhân có thể phá hỏng chúng mà bên ngoài không thể phát hiện được.

**Bảng 5.3** Mức giới hạn điện áp của các loại linh kiện điện tử

Loại thiết bị	Tầm nhạy cảm phóng điện (VESD)
MOSFET	100-200
JFET	140-10,000
CMOS	250-2000
Schottky diode, TTL	300-2500
Bipolar transistor	380-10,000
SCR	680-1000

Những hoạt động của con người gây phá hỏng các bộ phận điện là một trong những vấn đề quan trọng cần phải xử lý đối với ngành công nghiệp điện tử. Những phát minh về thiết kế IC là bố trí mạch điện dày đặc hơn, có nhiều chức năng hơn và vì vậy nhạy cảm hơn về phóng điện. Bảng 5.3 cho biết khả năng chịu đựng của một số loại linh kiện.

Nếu điện thế tĩnh điện có thể giữ dưới 100V thì sự cố điện không thể xảy ra. Khái niệm cơ bản của bảo vệ tĩnh điện hoàn toàn cho các thiết bị điện là phòng ngừa những nơi dễ dàng phát sinh điện tích và nhanh chóng loại bỏ điện tích tồn tại.

Phá hủy các thiết bị điện có thể gây ra những thiệt hại rất trầm trọng. Tổn thất có thể trực tiếp hay tiềm ẩn. Những thiệt hại trực tiếp là khi các bộ phận bị phá hủy và không bao giờ có khả năng hồi phục. Điều này dễ dàng xảy ra khi có phóng điện do tĩnh điện và thường được tìm ra khi kiểm tra thử.

Phá hủy tiềm ẩn xuất hiện khi có phóng điện yếu từ thiết bị đến những điểm mà nó vẫn làm việc tốt lúc kiểm tra, nhưng theo thời gian, những thiết bị này sẽ làm suy yếu hoạt động của hệ thống

và thậm chí dẫn đến hư hỏng toàn bộ hệ thống. Chi phí cho sửa chữa rất cao bởi vì những sự cố tiềm ẩn xuất hiện sau khi kiểm tra sản phẩm lần cuối cùng hay đã tới tay người tiêu dùng. Kiểu hư hỏng này rất khó tìm ra và có ảnh hưởng nghiêm trọng đến danh tiếng sản phẩm của công ty.

Một hỏng hóc nữa xuất hiện khi phóng điện là gây ra một dòng điện không đủ gây ra toàn bộ thiệt hại nhưng khi sử dụng, sẽ gây ra mất mát từng đoạn phần mềm hay lưu trữ thông tin sai.

### 5.8.2 Vận chuyển thóc gạo

Thóc gạo cũng như lúa mì được vận chuyển bằng ống hay những dây chuyền băng tải. Khi vận chuyển bằng ống, tương tác giữa chuyển động của gạo và thành ống gây ra ma sát và vì vậy hạt gạo được nạp điện tích tĩnh điện. Khi gạo chạy dọc ống nó sẽ tích tụ năng lượng điện càng lớn. Tổng năng lượng điện tích được nạp của các phần nhỏ gạo phụ thuộc vào tốc độ, tiết diện bề mặt và sự rò rỉ điện. Nếu điện tích được nạp vào các phần gạo tạo nên trường tĩnh điện giữa chúng và thành ống vượt quá giới hạn điện thế phóng điện ứng với nhiệt độ đó thì sẽ hình thành tia lửa điện. Tia lửa điện có thể dẫn tới cháy nổ cả hệ thống dây chuyền băng tải và gây tai nạn cho người vận hành gần đấy.

Đánh giá trường tĩnh điện cho những hệ thống như vậy là rất khó khăn trừ khi biết tỷ trọng điện. Tỷ trọng điện bề mặt ( $\rho_s$ ) khoảng chừng  $10\mu\text{C}/\text{m}^2$ , dựa trên yếu tố này, ta có giới hạn tỷ trọng điện bề mặt của không khí là  $25\mu\text{C}/\text{m}^2$ . Tuy nhiên, điện thế và trường tĩnh điện dọc theo ống có thể xác định theo phương trình sau:

$$V = \frac{\rho_o \cdot a^2}{4\epsilon} \left( 1 - \frac{x^2}{r^2} \right) \quad (5.3)$$

$$E = \frac{\rho_o \cdot x}{2\epsilon} \quad (5.4)$$

trong đó:  $V$  và  $E$  - bán kính trường điện thế và điện trường ứng với khoảng cách  $x$

$\rho_o$  - mức độ dày đặc của ống

$x$  - khoảng cách tính từ tâm ống;  $r$  - bán kính của ống;

$\epsilon$  - hằng số điện môi truyền trong ống;  $a$  - tiết diện ống dẫn.

Crowley (1986) đã chỉ ra rằng điện thế có thể lên đến vài MV trong quá trình vận chuyển ngũ cốc. Dĩ nhiên, những giá trị này có thể không đáng kể khi điện tích rò rỉ từ những hạt gạo xuống đất thông qua những ống dẫn làm giảm bớt điện áp đến giá trị nhỏ hơn nhiều.

Những băng chuyền dây đai cũng thường được sử dụng trong công nghiệp xay xát như nâng lúa gạo, nghiền ngũ cốc... Trong những ngành công nghiệp này, môi trường không khí bị ô nhiễm bởi những hạt bụi bắn trong không khí, và những hạt bụi này rất dễ gây ra phóng điện tại mức năng lượng giới hạn. Phóng điện tích tĩnh có thể tạo ra từ hai nguồn chính. Nguồn thứ nhất là dây đai băng chuyền khi có sự ma sát giữa nó và các hạt gạo truyền tải. Nguồn thứ hai là từ người công nhân vận hành khi di chuyển xung quanh và phát ra điện tích tĩnh điện khi ma sát với sàn. Trong những điều kiện thuận lợi, điện tích tích lũy trên người của một công nhân đủ lớn để làm phóng ra một tia lửa điện khi người đó chạm vào một vỏ bọc kim loại hay khung máy. Một ảnh hưởng khác của tĩnh điện trong những ngành công nghiệp này là khả năng tích lũy điện tích trên người khi họ bị dính những hạt bụi bắn, vì vậy, mọi thứ cần được vệ sinh thường xuyên.

### 5.8.3 Ngành công nghiệp xăng dầu

Sự hình thành điện tích tĩnh điện trong công nghiệp xăng dầu là vấn đề cần quan tâm hàng đầu vì nếu hệ thống có khả năng phát ra tia lửa điện thì sẽ dẫn tới hỏa hoạn và thiệt hại nghiêm trọng về tài sản và con người. Sự phóng điện tích tĩnh điện có thể xảy ra khi các hạt mang điện tích lù trên bề mặt của hai vật liệu đang nối với nhau và bất chợt bị tách rời ra. Năng lượng phát sinh phóng điện phụ thuộc vào các hạt mang điện tích lù, tính chất hai loại vật liệu, độ ẩm, vùng bề mặt của các loại vật liệu liên kết.

Trong công nghiệp xăng dầu, không khí xung quanh thường là hơi và gaz dễ cháy. Nếu năng lượng do phóng tia lửa điện vượt qua mức năng lượng đánh lửa của hơi và gaz thì sự đánh tia lửa sẽ xuất hiện. Năng lượng này được tính bằng:

$$W = \frac{1}{2} C \cdot V^2 \quad (5.5)$$

với: W - năng lượng đo bằng J; V - điện thế tính bằng V  
C - điện dung giữa các vật thể tính bằng F.

Năng lượng đánh lửa tối thiểu của các vật chất cháy tùy thuộc vào tỷ lệ phần trăm của chúng trong không khí, độ dài tia lửa điện và hình dạng của cực phát tia lửa điện. Ví dụ: Năng lượng đánh lửa tối thiểu của Benzen và Gaz tự nhiên vào khoảng một vài mJ.

Gaz sạch và những sản phẩm khác không sinh ra nạp điện tích khi chạy trong các ống trừ khi chúng đem theo hơi ẩm và các hạt nhỏ tạp chất.

### 1- Đổ xăng vào thùng chứa

Các thùng xăng được đổ đầy bằng cách bơm gaz hay các sản phẩm khác thông qua một ống và đổ vào các thùng từ đáy hoặc đỉnh. Trong quá trình bơm, chất lỏng trong ống sẽ tăng cường sự hình thành điện tích tĩnh do cọ xát với thành ống. Nếu ống và thùng không được nối đất hoàn toàn, các hạt tĩnh điện sẽ tích lũy dần trong chất lỏng và trong ống. Nếu thùng được đổ đầy với vận tốc lớn, những giọt chất lỏng hình thành và càng làm tăng cường sự hình thành tĩnh điện trong chất lỏng và thùng xăng tương tự như cách nạp điện của các đám mây. Điện áp của một thùng cách điện loại lớn có thể đến hàng trăm kV so với mặt đất trong suốt quá trình đổ xăng, và vì vậy xuất hiện những tia lửa điện mang năng lượng lớn phóng xuống đất hay những cấu trúc kim loại ở gần đó. Tia lửa điện dài khoảng 3m có thể xảy ra giữa bề mặt của xăng và thành phuy xăng dẫn đến hỏa hoạn hoặc nổ.

Để làm giảm sự tích lũy điện tích, người ta thường bảo vệ bằng cách nối đất và liên kết các ống dẫn và thùng.

Các thùng sử dụng để chứa các sản phẩm xăng dầu cần được nối đất cẩn thận và điện trở nối đất không vượt quá  $7\Omega$ .

Nếu như giá trị điện trở này không thể thực hiện được do mối liên hệ trực tiếp giữa các phuy với đất khi các phuy cách biệt với các đường ống và các nối kết khác thì cần sử dụng thêm các cực nối đất ngoài.

Đối với những phuy có đường kính nhỏ hơn 30m, nên sử dụng tối thiểu hai cực nối đất, còn nếu đường kính của phuy lớn hơn 30m thì nên dùng tối thiểu ba cực nối đất. Các cực này nên được bố trí với khoảng cách đối xứng và mỗi cực nên được nối kết riêng biệt với thùng chứa.

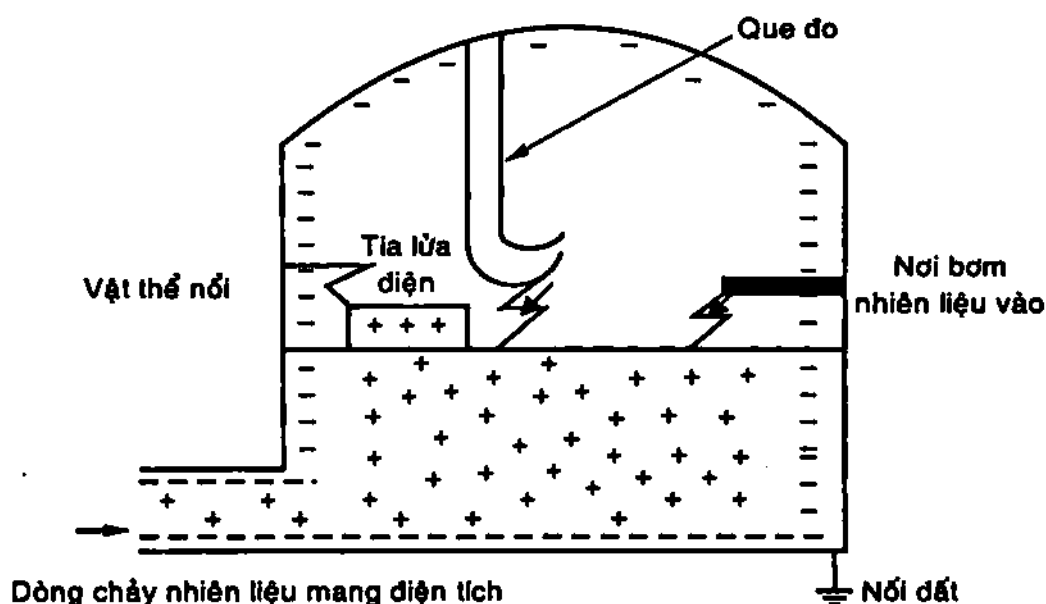


Để tránh hiện tượng tĩnh điện gây ra do sự tán nhỏ chất lỏng trong suốt quá trình đổ xăng, người ta thường sử dụng phuy mái nổi và trong trường hợp này xăng được đổ vào từ dưới đáy.

Khi đổ xăng vào thùng, tia lửa điện có thể phát sinh giữa thành thùng và cần đo dung tích hay do bất cứ bộ phận nào bên trong phuy xăng đến bề mặt chất lỏng. Cũng như vậy, bất cứ vật thể nào chuyển động bên trong cũng có thể gây ra tia lửa điện đối với thành phuy xăng.

Khi đổ chất lỏng vào hay lấy ra, thường sử dụng các vòi cao su có thể co giãn, sự hình thành tĩnh điện phát sinh do cọ sát giữa chất lỏng và thành ống cao su. Khi phuy xăng ở xa bờ, chiều dài đường ống dẫn khá dài và hiện tượng tĩnh điện sinh ra rất đáng kể. Để tránh rủi ro do hỏa hoạn và những tổn thất nghiêm trọng, các vòi được cấu tạo bởi những dây kim loại hình xoắn ốc.

Để mặt ngoài và độ lớn điện trở suất giảm xuống khoảng  $1M\Omega$ . Dây bên trong được làm bằng kim loại. Hai đầu vòi dẫn nên được nối đất để tránh tích lũy điện tích. Điện trở nối đất càng nhỏ hiệu quả của truyền điện tích xuống đất càng cao. Điện trở nối đất thường khoảng vài Ohm.



**Hình 5.5** Tia lửa trong thùng chứa xăng dầu trong quá trình đổ nhiên liệu

Trong các trạm xăng, các vòi bơm xăng vào xe hơi được nối đất để không làm xuất hiện tia lửa điện trong quá trình đổ xăng. Đối với các xe tải, khi đến các trạm xăng sau một chuyến đi dài, sự tích lũy

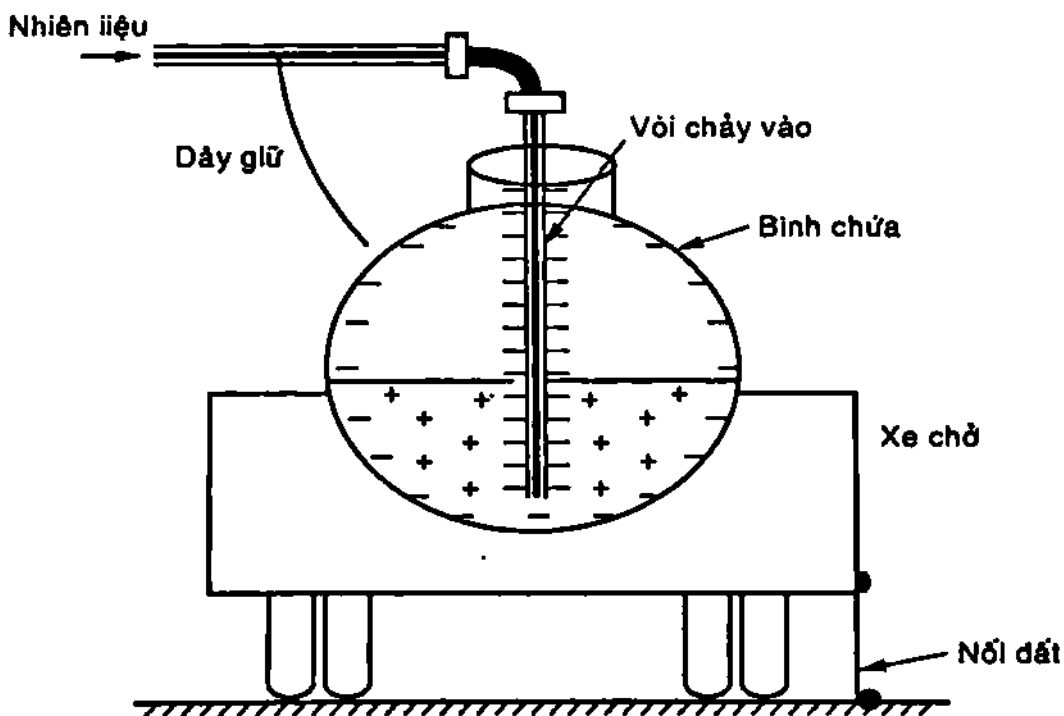
điện tích rất đáng kể và nếu chúng được đổ xăng vào ngay lập tức, tia lửa điện có thể xuất hiện giữa điểm nối vòi vào điểm bơm xăng vào xe, cùng với sự góp mặt của hơi xăng thì lửa có thể bùng phát. Để tránh vấn đề này, xe tải và phuy xăng phải được nối đất ở trạm xăng trước khi đổ xăng nhằm xả hết điện tích của xe xuống đất. Trước đây, người ta thường dùng dây kim loại (thường là dây xích) để nối phuy xăng với đất khi xe chạy trên đường. Với những con đường bằng xi măng, tia lửa điện có thể xuất hiện nếu dây xích đánh mạnh vào mặt đường. Nhưng nếu không có dây xích thì càng nguy hiểm hơn. Khi hút xăng ra khỏi thùng xe, nối đất và liên kết giữa các thanh ray bằng thép, ống dẫn và phần vòi nằm trong phuy đều rất cần thiết.

Vận tốc đổ xăng vào phuy có ảnh hưởng đáng kể đến sự tích lũy điện tích. Một công thức đơn giản liên quan đến vận tốc và đường kính ống dẫn (theo API 1991) là:

$$v \cdot d < 0,5 \quad (5.6)$$

$v$  - vận tốc đổ xăng (m/s);  $d$  - đường kính bên trong ống dẫn (m).

Ngoài ra, vận tốc dòng chảy không được vượt quá 7m/s. Nếu trong nhiên liệu có lẫn thêm nước hay các hạt vật chất khác, vận tốc dòng chảy không được vượt quá 1m/s.



**Hình 5.6** Kết nối của thùng xe tải chở nhiên liệu

## 2- Dòng chảy nhiên liệu trong ống

Dầu thô được bơm vào các nhà máy lọc từ các thùng chứa dầu thông qua hệ thống ống dẫn bằng kim loại có khoảng cách dài.

Nếu dòng chảy có lẫn một lượng đáng kể nước và các hạt tạp chất bên ngoài sẽ gây ra tĩnh điện, tĩnh điện này phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy, số lượng tạp chất và điều kiện bề mặt của ống dẫn. Cũng giống như việc vận chuyển thóc lúa bằng ống dẫn, trừ khi ống dẫn được nối đất, thì một lượng lớn hạt tĩnh điện được tạo ra có thể dẫn tới phóng điện giữa dầu và thành ống hoặc tại điểm cuối đường ống. Những ống dẫn dài được cấu tạo từ những bộ phận nhỏ gắn chặt vào nhau để ngăn dầu và hơi rò rỉ ra ngoài. Các bộ phận này được nối với nhau và mỗi bộ phận đều được nối đất để tránh sự tích lũy điện tích.

### 5.8.4 Công nghiệp hóa học

Các trang bị trong ngành công nghiệp hóa học như các nhà máy phân bón thường chịu nhiều thiệt hại do hỏa hoạn và cháy nổ do tĩnh điện nếu như chúng không được bảo vệ hoàn toàn.

Một sản phẩm hóa học hoàn chỉnh thường phải trải qua nhiều quá trình xử lý công nghiệp như: ép, nghiền, tán nhỏ, trộn buộc chặt và vận chuyển bằng ống. Tất cả các quá trình này khi phối hợp với nhau đều gây ra tĩnh điện. Phần lớn các nguyên tố trong các sản phẩm hóa học dễ bay hơi và dễ cháy.

Cũng như thế, các hạt bụi nhỏ gây ra quá trình tĩnh điện và sự tích lũy chúng trên các chi tiết có thể gây ra hiện tượng phóng điện. Trong một số trường hợp, trong điều kiện không khí khô, những tia lửa điện rất nhỏ có thể xuất hiện giữa các hạt với nhau và dẫn đến cháy nổ.

Trong một số ngành công nghiệp, độ ẩm của môi trường xung quanh có thể là một giải pháp để làm giảm điện tích tĩnh, nhưng hầu hết các quá trình hóa học đều làm tăng độ ẩm và gây ra một ảnh hưởng bất lợi cho sản phẩm.

Trong công nghiệp hóa học, cần có những biện pháp nghiêm khắc để tránh hiện tượng phóng điện. Các biện pháp là liên kết và nối đất tất cả các phần tử bằng kim loại, quét sạch bụi đóng bằng máy hút bụi thì tốt hơn là thổi vì thổi chỉ làm bụi bay khắp mọi nơi

và tình trạng càng xấu hơn: thổi không khí với vận tốc lớn vào bụi làm tăng thêm tĩnh điện giữa các hạt bụi này và bề mặt kim loại. Bao phủ bề mặt bằng kim loại chống tĩnh điện là một biện pháp phụ.

### 5.8.5 Công nghiệp dệt

Công nghiệp dệt chịu nhiều thiệt hại do tĩnh điện sinh ra trong suốt quá trình sản xuất. Khi ngừng các ống sợi, sợi vải tích lũy tĩnh điện lên tới vài kV. Sợi vải có điện trở suất lớn và gây ra sự tích lũy điện tích cao hơn các sản phẩm khác có điện trở suất thấp hơn phụ thuộc vào thời gian phân rã điện tích.

Quá trình quay các khung vải ở tốc độ cao gây ra điện tích cao và đôi khi dẫn tới phóng tia lửa điện làm phá hủy bề mặt vải và gây ra hỏa hoạn. Khi in lên vải, sợi vải càng dễ bị cháy do một số vật liệu dễ bay hơi và dễ cháy được sử dụng trong quá trình in. Trong công nghiệp vải len và cotton, tĩnh điện còn ảnh hưởng lên các khung vải trong suốt quá trình chải và quay, làm yếu và gây những sự cố bất thường lên sợi vải. Giữ độ ẩm môi trường xung quanh ở mức 50% là rất quan trọng trong công nghiệp dệt do những ảnh hưởng của nó lên độ co giãn của sợi và đồng thời làm xác suất phóng điện.

Mối nguy hiểm do tĩnh điện gây ra trong công nghiệp giấy cũng tương tự như những gì gây ra cho công nghiệp dệt vì việc quay và in thì tương đối giống nhau.

Công nghiệp sản xuất cao su cũng có nguy cơ xảy ra phóng điện trong suốt nhiều công đoạn sản xuất. Với sự tăng lên về nhu cầu sử dụng cao su nhân tạo, nguy cơ phóng điện càng tăng lên so với sử dụng cao su tự nhiên. Cao su nhân tạo được chế tạo chủ yếu từ xăng dầu và các nguyên tố dễ bay hơi và dễ cháy. Để giảm nguy cơ tích lũy điện tích, nối đất tất cả các chi tiết bằng kim loại trong hệ thống sản xuất là một phương pháp thường được sử dụng. Hiện nay, người ta dùng những nguyên tố khử tĩnh điện (*charge neutralizers*).

### 5.8.6 Bệnh viện

Các bệnh viện, đặc biệt là các phòng mổ, chịu khá nhiều rủi ro về tĩnh điện. Những bệnh nhân cấp cứu được đẩy trên xe cứu thương dọc sàn nhà có điện trở lớn gây tích lũy điện tích và có thể gây ra phóng điện. Trong các phòng mổ, sự có mặt của thuốc tê và sự rò rỉ của loại thuốc này trong suốt quá trình làm việc có thể gây ra những

tai nạn nghiêm trọng cho bác sĩ, y tá và bệnh nhân, tai nạn này có thể là cháy nổ. Tương tự như vậy, trong những ngày mùa đông khô ráo, việc thay khăn trải giường hay quần áo cho bệnh nhân đều có thể dẫn tới phóng điện.

Để loại bỏ những rủi ro này, nền nhà nên được lót bằng loại vật liệu chống tĩnh điện có điện trở suất tương đối thấp. Sự tích lũy điện tích do đi bộ có thể giảm đáng kể bằng cách mang giày tiếp đất để có được đường dẫn liên tục giữa người và sàn chống tĩnh điện. Nếu thời gian nạp điện tích cho mỗi người vào khoảng vài chục ms, thì sẽ không có cơ hội cho việc tích lũy điện tích vì thời gian để thực hiện một bước đi thì lâu hơn thế.

Vì vậy, cần phải quan tâm đến việc giảm hơi thuốc tê trong môi trường xung quanh và sử dụng một hệ thống thông gió tốt. Khăn trải giường cho bệnh nhân, quần áo cho bác sĩ phẫu thuật và y tá nên sử dụng các loại vật liệu dẫn điện.

### 5.8.7 Dây đai kéo

Trong rất nhiều ứng dụng công nghiệp, các dây chuyển cơ khí được vận chuyển bằng bằng hệ thống ròng rọc và dây đai. Nếu vật liệu làm dây đai cách điện tốt và kết nối chặt với bề mặt ròng rọc thì sẽ tích lũy điện tích lên cả hai bề mặt.

Do vật liệu làm dây đai có tính dẫn điện thấp nên sẽ xuất hiện sự tích lũy điện tích tĩnh. Điện thế của dây đai có thể lên tới vài kV và dẫn tới phát sinh tia lửa điện ở vài nơi trong hệ thống. Những tia lửa điện này không chỉ gây tai họa cho công nhân mà nó có thể dẫn tới cháy nổ trong các khu công nghiệp.

Cũng như thế, rotor của động cơ quay quanh trục với một lớp mỏng dầu bôi trơn có những tính chất cách điện nhất định sẽ tạo cơ hội tích lũy điện tích lên rotor, vì vậy, điện thế giữa rotor và stator có thể lên tới vài kV.

Những động cơ không đồng bộ thường có những khe hở không khí nhỏ hơn 1 mm. Trong nhiều điều kiện hoạt động, không khí cách điện trong các khe hở giữa rotor và stator bị nóng lên và một tia lửa điện có thể xuất hiện ở đó, dẫn tới phá hủy dây quấn của động cơ. Tương tự như thế, những tia lửa điện có thể xuất hiện tại các trục trong các lớp dầu mỏng bôi trơn.

Các tai nạn phụ thuộc vào mức độ nhiễm tĩnh điện ví dụ như là tóc của các công nhân nữ có thể thấy ở mọi nơi.

Để loại bỏ những rủi ro, cần phải có những biện pháp phòng ngừa cẩn thận, vật liệu làm dây đai và ròng rọc phải là những vật liệu có tính dẫn điện cao để làm giảm sự tích lũy điện tích đến một giá trị cho phép. Nếu vật liệu làm dây đai không có tính dẫn điện, dầu chảy qua nó với những khoảng thời gian có thể vài tháng. Tương tự, rotor có thể được nối cố định với đất thông qua các chổi than.

## 5.9 RỦI RO TỪ THIẾT BỊ ĐIỆN VÀ MẠNG ĐIỆN

Các hệ thống máy móc bao gồm nhiều thiết bị được lắp đặt trong nhà hay ngoài trời, nhiều phần tử trong các thiết bị đó là nguồn phát tĩnh điện. Những nguồn tĩnh điện này có thể ảnh hưởng đến những thiết bị lắp đặt khác không phải là những thành phần của thiết bị năng lượng, hay ảnh hưởng đến một vài thiết bị khác trong hệ thống.

Sau đây, chúng ta sẽ xem xét hai ví dụ cụ thể: tĩnh điện trong máy biến áp và từ các đường dây truyền tải điện

### 5.9.1 Tĩnh điện trong các máy biến áp

Máy biến áp là thành phần quan trọng trong hệ thống năng lượng, khả năng hư hỏng và ngừng hoạt động của chúng có ý nghĩa quan trọng đến tính liên tục của nguồn cung cấp đồng thời cần tránh thời gian bảo trì và sửa chữa kéo dài.

Những máy biến áp công suất lớn được làm mát bằng cách luân chuyển dầu nóng ở trên đỉnh thùng chứa đi qua các ống tản nhiệt và sau đó quay trở lại thùng.

Trong quá trình dầu chảy, dầu phát ra điện tích do ma sát với lõi sắt, các ống dẫn và bộ tản nhiệt. Nếu các thiết bị này không được nối đất, tĩnh điện sẽ tích tụ trên hệ thống ống dẫn và lõi sắt, làm xuất hiện điện áp lên tới vài kV tại nhiều điểm trên máy biến áp. Trong một số điều kiện, những tia lửa điện có thể phát triển bên trong hoặc bên ngoài máy biến áp. Nếu những tia lửa điện xuất hiện một cách thường xuyên thì sẽ làm lão hóa và phá hủy dây quấn và dầu trong máy biến áp, làm cho máy biến áp mau hư. Sự nhiễm tĩnh điện tùy thuộc vào chất lỏng điện môi...

Tích lũy tính điện trong máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện của dầu (độ tinh khiết hay tuổi thọ), tốc độ chảy, khối lượng dầu, vật liệu làm ống dẫn, độ nhám của bề mặt và nhiệt độ của dầu. Những thí nghiệm của Radwan chỉ ra rằng, dầu khi ma sát với thép, nhôm và đồng thau thì có mức độ nhiễm tính điện theo thứ tự giảm dần. Ma sát với miếng bìa ép có mức độ nhiễm tính điện gấp 8 lần so với khi ma sát với thép.

Để giảm tích lũy tính điện trong máy biến áp và hệ thống làm mát, cần thiết phải nối đất các lõi, thùng và hệ thống ống dẫn dầu. Trộn thêm trong dầu những chất phụ gia làm giảm đáng kể những hậu quả của tính điện. Có một vài chất phụ gia như là chlorothiazide, hexamine, và theophylline. Năm 1992, Radwan đã phát hiện rằng, nếu thêm 10ppm theophylline vào trong dầu thì sẽ làm giảm nguy cơ nhiễm tính điện lên 77%, tiêu tốn cho sự giảm tuổi thọ của dầu chỉ là 5,6%.

### 5.9.2 Rủi ro từ những đường dây truyền tải điện thế cao

Năng lượng điện được truyền đi bằng các đường dây truyền tải dài với điện áp từ 220kV đến 500kV. Những đường dây này được lắp đặt ở những nơi tập trung dân cư. Vì thế, những khoảng cách an toàn phải được tiến hành để đảm bảo cho dân cư và các công trình xây dựng, bảng tiêu chuẩn cho an toàn các cấp điện áp:

**Bảng 5.4 Tiêu chuẩn về khoảng cách an toàn theo cấp điện áp**

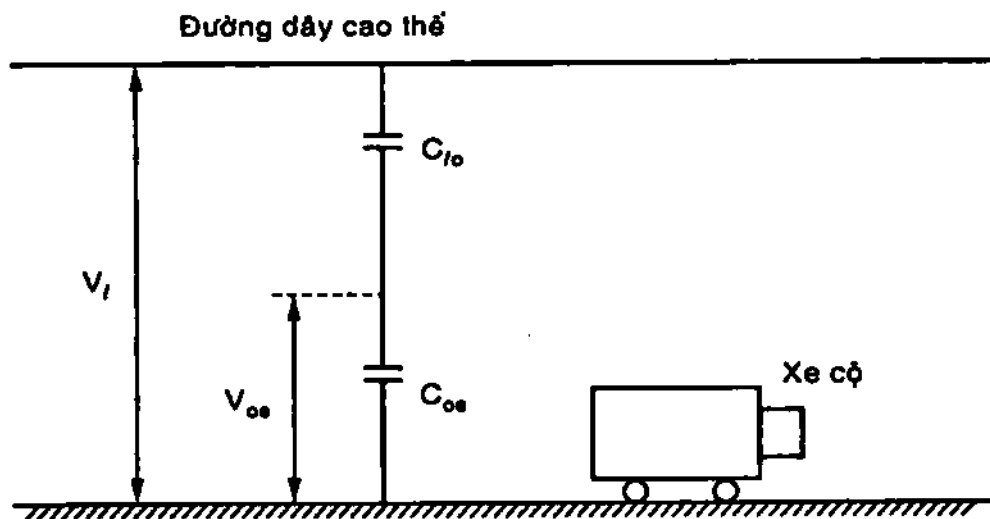
Cấp điện áp (kV)	Khoảng cách an toàn (m)
500	29
220	24
132	15
66	14
35	12
22	5
11	5

Các giá trị trong bảng trên có thể khác nhau giữa các nước, tuy nhiên giá trị sai biệt thường chỉ vào khoảng  $\pm 20\%$ .

Nông dân, động vật, thực vật, ống dẫn nhiên liệu, hàng rào và xe cộ là những thứ dễ bị ảnh hưởng bởi đường dây truyền tải. Những ảnh hưởng này là kết quả từ điện dung, điện cảm và điện trở xuất

hiện giữa đường dây truyền tải và các vật đó. Phần này sẽ phân tích về các điện dung ký sinh vì điện áp cảm ứng phụ thuộc vào nó.

Nguyên tắc cơ bản của việc hình thành điện dung ký sinh giữa các vật thể với đất là do các điện tích được cảm ứng từ điện dung hệ thống và vì vậy dẫn tới sự phân chia điện áp giữa chúng. Điện áp dưới đường dây truyền tải được tính như sau:



Hình 5.7 Điện áp cảm ứng lên xe cộ phía dưới đường dây điện cao thế

$$V_{0e} = V_1 \frac{C_{10}}{C_{10} + C_{0e}} \quad (5.7)$$

với:  $V_1$  - điện áp dây cao thế;  $V_{0e}$  - điện áp giữa vật hay xe cộ với đất  
 $C_{10}$  - điện dung giữa dây và vật;  $C_{0e}$  - điện dung giữa vật và đất.

Những ống dẫn và rào chạy song song với đường dây truyền tải được nạp điện tích và điện áp do hiện tượng cảm ứng có thể lên tới vài kV khi chúng cách điện với đất. Giá trị điện áp này phụ thuộc vào năng lượng điện áp đường dây, khoảng cách giữa chúng với đường dây cao thế, và sự sắp đặt các pha của đường dây. Điện áp của đường ống cách điện được tính theo công thức:

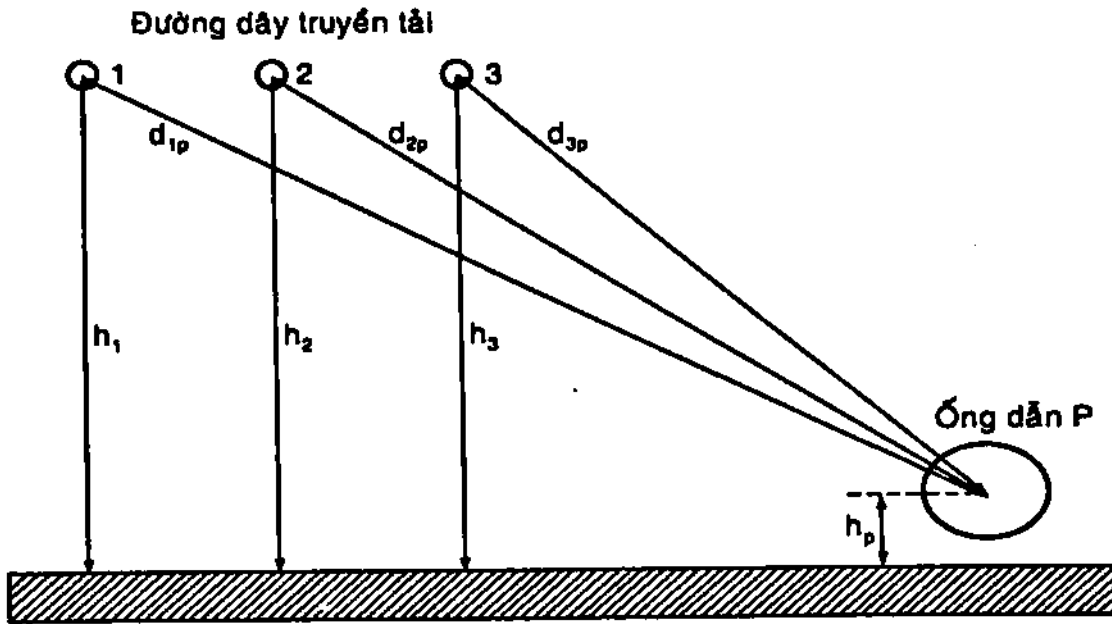
$$V_{op} = 0,25U \cdot h_p \sqrt{\frac{h_1^2}{d_{1p}^4} + \frac{h_2^2}{d_{2p}^4} + \frac{h_3^2}{d_{3p}^4} - \frac{h_1 h_2}{d_{1p}^2 d_{2p}^2} - \frac{h_2 h_3}{d_{2p}^2 d_{3p}^2} - \frac{h_3 h_1}{d_{3p}^2 d_{1p}^2}} \quad (5.8)$$

$U$  - điện áp dây (kV);  $h_p$  - chiều cao của tâm ống dẫn so với đất (m)

$h_j$  - khoảng cách thực giữa dây dẫn với đất (m)

$d_{jp}$  - khoảng cách giữa dây pha  $j$  và ống dẫn (m).



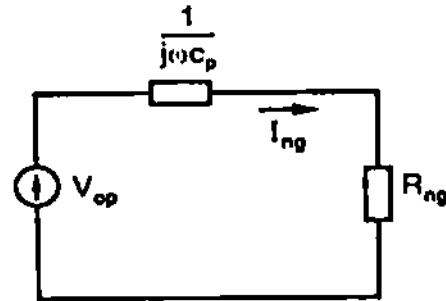


Hình 5.8 Điện áp cảm ứng từ đường dây điện cao thế lên ống dẫn

Nếu ống dẫn được nối đất tại một điểm, dòng điện ngắn mạch sẽ chạy xuống đất theo công thức sau:

$$I_{ng} = j\omega c l V_{op}$$

với  $c$  là điện dung của ống dẫn với đất trên một đơn vị chiều dài và  $l$  là chiều dài của ống.



Hình 5.9 Mạch điện tương đương khi người chạm vào đường ống dẫn

Nếu người hay công nhân chạm vào ống dẫn trong quá trình lắp đặt, họ có thể bị điện giật. Tính nghiêm trọng của điện giật phụ thuộc vào điện áp đặt được của ống dẫn. Dòng điện chạy qua người khi chạm vào ống là dòng điện ngắn mạch tại điểm đó. Có thể mô phỏng hiện tượng trên bằng mạch điện hình 5.9.

Biểu thức tính dòng qua người:

$$I_{ng} = \frac{V_{op}}{\frac{1}{j\omega C_p} + R_{ng}} = V_{op} \frac{j\omega C_p}{1 + j\omega C_p R_{ng}} \tag{5.9}$$

với:  $C_p$  - tổng điện dung của ống với đất  
 $R_{ng}$  - điện trở của người chạm vào.

Dung kháng  $1/\omega C_p$  thường lớn hơn rất nhiều so với tổng trở của người tiếp xúc, vì vậy dòng qua người gần xấp xỉ so với dòng ngắn mạch trong phương trình (5.9). Dòng qua người là một hàm số của chiều dài dây dẫn và hoàn toàn độc lập với tổng trở tiếp xúc.

Điện dung trên một đơn vị chiều dài giữa ống dẫn và đất thay đổi từ 20pF/m đến 40pF/m, phụ thuộc vào tỷ số của chiều cao với bán kính, là 20pF/m nếu  $h/r > 5$  và 40pF/m nếu  $h/r = 2$ , với  $h$  là chiều cao của ống dẫn so với đất và  $r$  là bán kính của ống dẫn.

Những hàng rào bằng kim loại được tính toán giống như ống dẫn khi đánh giá điện áp cảm ứng và dòng ngắn mạch.

## 5.10 CÁC BIỆN PHÁP ĐỂ PHÒNG TÍNH ĐIỆN

1. Truyền điện tích tĩnh điện đi bằng cách tiếp đất cho các thiết bị sản xuất, các bể chứa, các ống dẫn...; ví dụ xe bồn chở xăng phải có dây xích sắt tiếp đất.

2- Tăng độ ẩm tương đối của không khí ở trong các phòng có nguy hiểm tĩnh điện lên 70% hoặc làm ẩm các vật vì phần lớn các vụ nổ do tĩnh điện gây ra khi độ ẩm của không khí thấp từ 30 - 40 % và dẫn điện kém; một số các biện pháp khác như thực hiện ion hóa không khí để nâng cao tính dẫn điện của không khí.

3- Trong bộ phận đai truyền chuyển động - dây được coi như máy phát tĩnh điện vĩnh cửu với điện áp cảm ứng rất cao - tốt nhất phải tiếp đất cho phần kim loại, còn đai truyền thì bôi lớp dầu dẫn điện đặc biệt (ví dụ graphít) lên bề mặt ngoài trong lúc máy nghỉ.

4- Để truyền tĩnh điện tích lũy trên người đi khi thực hiện bằng các cách sau:

- Làm sàn dẫn điện hoặc vùng tiếp đất; tiếp đất quả dấm tay mở cửa, tay vịn cầu thang và tay quay các thiết bị máy móc.
- Phát cho công nhân giấy dẫn điện (giấy có đế bằng da cao su dẫn điện hoặc cao su có đóng đinh không bị xòe lửa khi va đập, ma sát).
- Cấm mặc áo quần bằng len, tơ, sợi có khả năng nhiễm điện cao, cấm đeo nhẫn, vòng có thể tích lũy điện tích tĩnh điện.

- Sàn và giấy có thể coi là vật dẫn điện nếu điện trở riêng giữa bề mặt sàn và đất hoặc giữa các điện cực bên trong và ngoài giấy ở để không quá  $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ . Các sàn không dẫn điện như là: sàn atspan, sàn trải thảm cao su, vải sơn.

5- Ở các công trường, việc sử dụng bơm để đưa vữa lên các tầng theo đường ống cao su có thể tạo ra tĩnh điện và tích lũy điện áp trên ống cao su không dẫn điện. Nếu chỉ tiếp đất trên máy bơm thì không đảm bảo truyền điện tích từ ống đi, do đó cần phải quấn lớp dây trần trên các ống với bước quấn là 10cm, sau đó gắn một đầu dây vào vòi phun, đầu kia với thân của bơm vữa.

- Các thiết bị tiếp đất để để phòng tĩnh điện cần phải có điện trở bằng hoặc lớn hơn  $10 \Omega$ .
- Trong những trường hợp không thể làm tiếp đất để bảo vệ tĩnh điện được, những thiết bị tiếp đất đó sẽ nối với thiết bị tiếp đất cho các thiết bị điện. Để phát hiện và đo thế năng điện tích tĩnh điện, người ta dùng các thiết bị và máy móc khác nhau: vôn kế tĩnh điện, tĩnh nghiệm điện có tụ điện, tín hiệu tự động báo có tĩnh điện...

Cuối cùng, cần lưu ý là để dẫn tĩnh điện của bể chứa, đường ống, cầu nổi, máy móc để trong kho, các xitéc (thùng chứa) trên tàu hỏa và ô tô cần phải tiếp đất chu đáo.

## 5.11 CHẤT KHỬ TĨNH ĐIỆN VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TRUNG HÒA ĐIỆN

Chất khử tĩnh điện được dùng trong các ứng dụng công nghiệp như một công cụ chống lại các vấn đề về tĩnh điện. Chúng được sử dụng để trung hòa điện tích tĩnh trong suốt quá trình sản xuất giấy, vải - chủ yếu là trong công nghiệp dệt, nhựa và những quá trình sản xuất tương tự khác. Các chất này đóng vai trò chủ đạo trong việc tối đa hóa sản xuất, giảm chất thải và tăng cường an toàn. Chất khử tĩnh điện bao gồm chất xịt và chải chống tĩnh điện nhằm ngăn cản sự phát sinh tích lũy điện tích tĩnh trong ống kính hiển vi, ổ đĩa, nguyên liệu chụp ảnh và cuộn dây kim loại.

### 5.11.1 Nối đất

Để đảm bảo làm việc an toàn về tĩnh điện, điện tích tĩnh được loại bỏ hoàn toàn bằng cách sử dụng hợp lý các mặt bàn nối đất, dây đeo tay và thảm trải sàn. Tốc độ xả điện phụ thuộc vào điện dung của dây dẫn và điện trở của đường dây nối đất.

Việc nối đất cơ thể người được xem là hiệu quả nhất trong trường hợp các vật dẫn tích điện. Mặt khác, khi các vật thể tích điện không có khả năng dẫn điện, việc nối đất là không có ý nghĩa. Thay vào đó, việc ion hóa không khí, tăng độ ẩm và sử dụng các tác nhân chống tĩnh điện lại là các phương pháp hiệu quả trong các trường hợp này. Bằng phương pháp nối đẳng thế và nối đất, mối nguy hiểm do phát sinh tích tụ điện tích cao của hiện tượng tĩnh điện bị làm suy giảm đáng kể.

Nối đất là quá trình nối một hoặc nhiều vật thể dẫn điện vào đất. Việc nối đất tất cả các máy móc sản xuất, các bộ phận bằng kim loại và các vật xung quanh là điều cần thiết bởi vì nó sẽ liên tục làm giảm điện tích tĩnh điện.

Dây đeo tay tạo đẳng thế (*Wrist strap*) và các liên kết khác - được sử dụng nhằm nối đất các công nhân - phải được nối đất một cách chắc chắn ở những nơi cần bảo vệ tĩnh điện, ví dụ sử dụng trong các ngành công nghiệp bán dẫn, điện tử và chất nổ. Nối đất ngăn ngừa tình trạng bị điện giật khi có sự cố ngắn mạch từ một nguồn áp tới dây dẫn đeo tay.

Nối đất chỉ là một phương pháp trợ giúp cho việc làm giảm các vấn đề về điện tích tĩnh điện, đây không phải là là một giải pháp hoàn thiện. Chẳng hạn, nối đất các thợ máy cũng không thể quét sạch điện tích tĩnh điện trên quần áo họ và trên các hộp nhựa mà họ có thể đang giữ.

Nối đẳng thế là quá trình nối hai hay nhiều vật thể dẫn điện với nhau bằng một dây dẫn điện. Nối đẳng thế sẽ làm cân bằng điện thế giữa hai bộ phận kim loại không dẫn dòng điện ở gần nhau. Bộ phận kẹp nối đất chỉ được chấp nhận đối với nối đẳng thế tĩnh điện.

### 5.11.2 Trung hòa điện tích

Có bốn phương pháp chính để trung hòa điện tích: phương pháp chủ động, bị động, ion hóa không khí và phương pháp phóng xạ. Bốn phương pháp này tạo ra sự ion hóa không khí và vô hiệu hóa tích điện bằng sự di chuyển của các ion đối lập về bề mặt tích điện.

### **1- Trung hòa bị động**

Bằng cách sử dụng điện tích trên bề mặt bị trung hòa để tăng cường một điện trường tại các bề mặt nối đất liền kề và vì vậy, tập trung điện trường tại nhiều điểm bán kính cong nhỏ, gây ra sự phá hủy điện nội bộ trong không khí gần những điểm này. Sự phá hủy này diễn ra trong nội bộ và tạo ra một hồ quang điện bắc qua khe hở của bề mặt. Quá trình phá hủy này tạo ra hàng loạt các Ion không khí và chúng di chuyển vào trong điện trường nằm giữa khu vực phóng điện vầng quang và bề mặt. Các Ion có điện tích khác dấu trên bề mặt sẽ di chuyển trên bề mặt và có khuynh hướng kết hợp để trở thành trung hòa về điện. Quá trình này sẽ hoạt động đến khi nào điện trường tại các điểm mạnh hơn sức mạnh phá hủy của không khí.

Biện pháp trung hòa điện thực tế thường sử dụng một mạng các dây bằng kim loại tốt và được gắn vào một thanh sắt đỡ. Việc sử dụng dây dẫn bằng sợi cacbon có đường kính dây khoảng 10  $\mu\text{m}$  là một loại dây thay thế rất hữu hiệu.

Bất tiện của phương pháp trung hòa này là sự bất lực nếu hoạt động trong điều kiện mật độ tích điện bề mặt và khuynh hướng bù đắp của chúng ở mức rất thấp. Sự bù đắp này kết hợp với sự thay đổi khí động lực học của dòng ion chảy trên bề mặt bằng sự di chuyển không khí gây ra do sự di chuyển bề mặt. Ảnh hưởng này có thể tối thiểu hóa bằng cách sử dụng một tác nhân trung hòa thứ hai, tốt nhất là dây hoặc điểm kim loại phóng điện nóng.

### **2- Trung hòa chủ động**

Các tác nhân này có những điểm tương tự với tác nhân trung hòa bị động trong việc tập trung trường tĩnh điện tại những điểm chính hay một dây kim loại được sử dụng để cung cấp một nguồn phát Ion. Điểm khác nhau chính là phải sử dụng nguồn năng lượng điện xoay chiều điện áp cao để tạo ra trường tĩnh điện này. Sự phát sinh Ion không phụ thuộc vào mức độ điện tích trên bề mặt. Trường tĩnh điện tạo ra trên bề mặt chỉ liên quan tới cách di chuyển của những Ion có cực tính và số lượng thích hợp để có thể đạt được trung hòa điện.

Thường sử dụng cấp điện áp từ 6 kV đến 12 kV đối với tần số làm việc chính. Đối với những đĩa quay chuyển động với vận tốc lớn hơn 2m/s, cần sử dụng tần số cao hơn để có thể đạt được độ trung hòa đồng đều.

Mức độ rủi ro gây giạt điện cho người và cháy nổ không khí có thể được hạn chế bằng cách sử dụng trung hòa tích cực bởi cầu nối điện dung giá trị thấp của nguồn cung cấp tới mỗi điểm phóng điện. Nối đất những điểm xả điện và lắp đặt các cực điện thế cao ở gần nhau trong khoảng cách thích hợp cũng có thể làm giảm rủi ro điện giạt.

### **3- Ion hóa không khí**

Cách này tương tự với cách trung hòa chủ động nhưng sử dụng một dòng không khí để thổi những luồng Ion mang điện tích dương và âm tới bề mặt tích điện cần trung hòa. Mục đích chính của cách này là tạo ra một hỗn hợp trung hòa gồm những Ion dương và Ion âm với điện tích và dấu thích hợp có thể tách ra bởi trường điện tích của bề mặt mang điện. Một số lượng lớn các Ion cân bằng về điện sẽ thổi gần bề mặt tích điện để trung hòa bề mặt tích điện đó. Theo cách này, các Ion trong không khí sẽ làm giảm tính dẫn điện của vùng đang xử lý. Phương pháp này thường được sử dụng trong các nhà máy sản xuất bán dẫn.

Những khuyết điểm chính của phương pháp này là khó khăn trong việc tạo ra hỗn hợp Ion trung hòa tốt về điện, mối nguy hiểm do có khí Ozone trong môi trường làm việc, và mối nguy hiểm do điện trường của những điện tích bảo vệ gây ra hiện tượng tích điện trên các bề mặt trung hòa gần đó khác.

### **4- Trung hòa bằng phóng xạ**

Phương pháp phóng xạ sử dụng nguồn phát ra các hạt alpha ( $\alpha$ ) giống như phương pháp phát ra các luồng Ion, điện tích trên bề mặt cũng được trung hòa bằng cách hấp thu các Ion trong không khí với số lượng và điện tích thích hợp. Po 210 là chất đồng vị phóng xạ thường được sử dụng bởi vì nó tạo ra hạt alpha năng lượng cao cùng với một lượng nhỏ hạt gama và có thêm một thuận lợi là nửa chu kỳ phân rã là 138 ngày. Nguồn trung hòa có dòng điện trong khoảng  $9\mu\text{A/m}$  (theo Hadden, 1983).

Phương pháp trung hòa phóng xạ không cho ta dòng trung hòa cao như các phương pháp chủ động và bị động khác. Hoạt động của nó có chu kỳ vào khoảng vài tháng. Phương pháp trung hòa phóng xạ khá đơn giản và tích hợp, không cần nguồn năng lượng ngoài và còn có thể được sử dụng trong môi trường không khí dễ cháy do không xảy ra hiện tượng phóng tia lửa điện nếu điện áp nạp vượt quá điện áp giới hạn phóng điện xuống đất.

5.12 BÀI TẬP

5.1 a) Một người có điện dung  $C = 100\text{pF}$ , điện trở  $R = 10^9\Omega$  được nạp điện thế  $20\text{kV}$  khi đi ngang qua một phòng trải thảm. Tính hằng số thời gian của người và thời gian cần thiết để điện thế của người giảm xuống còn  $10\text{kV}$  và  $100\text{V}$ ?

*Hướng dẫn:* Gọi  $i$  là dòng điện xả qua người khi xả điện áp xuống đất, sơ đồ mạch điện có thể vẽ lại như hình vẽ, ta có công thức:

$$i = -C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$\Leftrightarrow R \cdot i = -R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} \Leftrightarrow u_c = -R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$$



Phương trình trên có nghiệm là:  $u_c = K \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$

$t = 0$  khi bắt đầu xả điện  $\Rightarrow u_c = K \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} = K = 20 \text{ (kV)}$

Điện áp trên người sau thời gian  $t$  là:  $u_c = 20 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} = 20e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ (kV)}$

Hằng số thời gian xả điện là:  $\tau = RC = 100 \cdot 10^{-12} \cdot 10^9 = 0,1 \text{ (s)}$

Khi điện áp trên người còn  $10 \text{ kV}$ , ta có

$$u_c = 20 \cdot e^{-\frac{t_1}{0,1}} = 10 \Rightarrow t_1 = 0,0693 \text{ (s)}$$

Khi điện áp trên người còn  $100\text{V}$ , ta có

$$u_c = 20 \cdot e^{-\frac{t_2}{0,1}} = 100 \cdot 10^{-3} \Rightarrow t_2 = 0,5298 \text{ (s)}$$

b) Một người như trong câu a đi nhanh qua phòng đó với vận tốc  $6,5\text{km/h}$  và mỗi bước đi dài  $0,9\text{m}$ . Hỏi người này có được tích tụ điện tích khi bước đi không?

*Hướng dẫn:* Vận tốc của người là  $v = 6,5 \text{ km/h} = 1,8 \text{ m/s}$ , nên khi người đó bước mỗi bước dài  $0,9\text{m}$  trong khoảng thời gian là  $0,5\text{s}$  mà thời hằng xả điện của người đó là  $\tau = 0,1 \text{ (s)}$ .

- c) Một người có điện dung  $C = 120\text{pF}$ , điện trở rất lớn đi ngang qua một phòng trải thảm. Người đó tích tụ được điện tích  $12 \cdot 10^{-9}\text{C}$  trong mỗi bước đi. Tính số bước đi cần thiết để người đó đạt được điện thế  $10\text{kV}$ ?

*Hướng dẫn:* Điện tích người đạt được khi điện thế là  $10\text{kV}$ :

$$Q = C \cdot U = 120 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^3 = 1200 \cdot 10^{-9}\text{C}$$

Số bước người đó cần đi:

$$\frac{Q}{q} = \frac{1200 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-9}} = 100 \text{ bước}$$

- 5.2 a) Phân tích lý do cần giữ độ ẩm trong khu vực sản xuất của nhà máy dệt cao ( $> 50\%$ ).
- b) Một người đang tích điện áp tĩnh điện  $U = 20\text{kV}$ . Biết điện dung của người là  $100\text{pF}$ , điện trở chân người so với đất bằng  $10\text{M}\Omega$ . Hãy xác định:
- Hằng số thời gian xả điện của người.
  - Thời gian để điện áp người giảm xuống còn  $10\text{kV}$ ;  $100\text{V}$ .
- 5.3 Một thùng chứa nhiên liệu cách điện được đổ đầy bằng một ống dẫn. Thùng có thể chứa được  $2.4$  triệu gallon và được đổ đầy trong  $10$  ngày. Tỷ lệ của dòng điện tích nạp cho thùng là  $4 \cdot 10^{-10}\text{C} / 1 \text{ gallon} / 1 \text{ phút}$  và điện dung của thùng là  $10\text{nF}$ . Tính:
- a) Điện áp giữa thùng và đất là bao nhiêu sau  $10$  phút đổ nhiên liệu?
- b) Nếu xuất hiện tia lửa điện từ thùng xuống đất thì năng lượng của tia lửa điện là bao nhiêu? Năng lượng này có khả năng đốt cháy hỗn hợp nhiên liệu và không khí không? Biết rằng ngưỡng năng lượng cần thiết để đốt cháy là  $10^{-3}\text{J}$ .
- c) Có tồn tại điện áp giữa thùng chứa với đất cho đến khi thùng chứa đầy không? Giải thích câu trả lời.

$$1 \text{ gallon} = 4,54 \text{ lít (En)} = 3,78 \text{ lít (USA)}$$

*Hướng dẫn:*

- a) Số gallon được đổ vào thùng trong  $1$  phút là

$$\frac{2,4 \cdot 10^6}{10 \cdot 24 \cdot 60} = 166,67 \text{ gallon/phút}$$



Điện tích nạp sau 10 phút

$$166,67.10.4.10^{-10} = 666,67.10^{-9} \text{ C}$$

Điện thế của thùng là

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{666,67.10^{-9}}{10.10^{-9}} = 66,67 \text{ V}$$

b) Năng lượng tia lửa điện

$$W = \frac{1}{2}.CU^2 = \frac{1}{2}.10.10^{-9}.66,67^2 = 22,22.10^{-6} \text{ J} = 0,022.10^{-3} \text{ J}$$

Vì  $W = 0,022.10^{-3} \text{ J} < W_{ng} = 10^{-3} \text{ J}$  nên năng lượng này không đủ để đốt cháy hỗn hợp nhiên liệu và không khí.

c) Điện tích nạp sau 10 ngày đổ đầy 2,4 triệu gallon nhiên liệu vào thùng:

$$10.24.60.166,67.4.10^{-10} = 9,6.10^{-4} \text{ C}$$

Năng lượng của thùng chứa nếu đổ đầy nhiên liệu

$$W = \frac{1}{2}.CU^2 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(9,6.10^{-4})^2}{2.10.10^{-9}} = 46,08 \text{ J} \gg W_{ng} = 10^{-3} \text{ J}$$

Do đó không thể tồn tại việc đổ đầy thùng chứa nhiên liệu mà sẽ xuất hiện cháy nổ trong thời gian đổ xăng.

**5.4** Một xe tải thùng di chuyển với vận tốc 80km/h trên một đường nhựa. Điện tích nạp tích lũy vào xe với tỷ lệ  $10^{-8} \text{ C/km}$ . Nếu xe tải đến trạm cuối cùng sau 8 giờ và điện dung và điện trở của xe lần lượt là  $400 \text{ pF}$ ,  $10^{10} \Omega$ . Hãy tính:

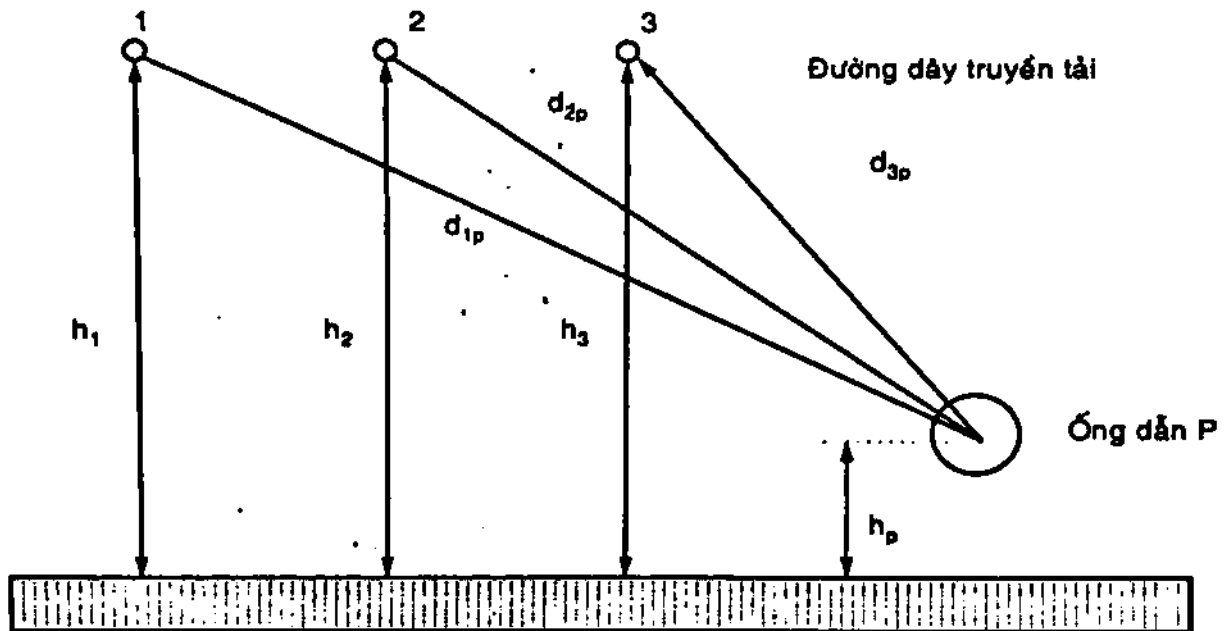
a) Điện tích nạp lên thùng xe khi nó đi hết đoạn đường?

b) Điện áp giữa thùng xe tải và đất khi nó đến trạm cuối?

c) Thời gian cần thiết để xả điện hết khỏi xe tải?

d) Thời gian cần thiết để xe tải xả điện đến còn 10kV.

**5.5** Một ống dẫn có đường kính 0,5m chạy song song với đường dây truyền tải điện cao thế 500kV,  $f = 50 \text{ Hz}$ . Kích thước và khoảng cách (như hình vẽ) trong đó:  $h_1 = h_2 = h_3 = 18 \text{ m}$ ;  $d_{12} = d_{23} = 12 \text{ m}$ .



Khoảng cách vuông góc giữa dây dẫn gần nhất và ống dẫn là 20m. Khoảng cách giữa ống dẫn với đất là 1m. Tính điện áp trên ống dẫn và từ đó tính dòng điện chạy qua người khi người chạm vào ống dẫn? Biết điện dung của ống so với đất là  $30\text{pF/m}$ , ống dài 500m.

*Hướng dẫn:*

Ta có:

$$d_{1p} = \sqrt{(12 + 12 + 20)^2 + (18 - 1)^2} = 47,17\text{m}$$

$$d_{2p} = \sqrt{(12 + 20)^2 + (18 - 1)^2} = 36,23\text{m}$$

$$d_{3p} = \sqrt{(20)^2 + (18 - 1)^2} = 26,25\text{m}$$

Điện áp trên ống dẫn cách điện là:

$$V_{op} = 0,25 U h_p \sqrt{\frac{h_1^2}{d_{1p}^4} + \frac{h_2^2}{d_{2p}^4} + \frac{h_3^2}{d_{3p}^4} - \frac{h_1 h_2}{d_{1p}^2 d_{2p}^2} - \frac{h_2 h_3}{d_{2p}^2 d_{3p}^2} - \frac{h_1 h_3}{d_{3p}^2 d_{1p}^2}}$$

$$V_{op} = 0,25 \cdot 500 \cdot 10^3$$

$$\cdot \sqrt{\frac{18^2}{47,17^4} + \frac{18^2}{36,23^4} + \frac{18^2}{26,25^4} - \frac{18 \cdot 18}{47,17^2 \cdot 36,23^2} - \frac{18 \cdot 18}{36,23^2 \cdot 26,25^2} - \frac{18 \cdot 18}{26,25^2 \cdot 47,17^2}}$$

$$= 3724,57 \text{ (V)}$$

Dòng điện chạy qua người khi chạm vào ống dẫn:

$$I_{sc} = j\omega \cdot C_0 \cdot l \cdot V_{op}$$

$$= j2\pi \cdot 50 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 500 \cdot 3724,57 = j1,754 \cdot 10^{-2} \text{ (A)}$$

Vậy độ lớn dòng chạy qua người là:

$$I_{sc} = I_{ng} = 17,54\text{mA}$$

Kết luận về an toàn:  $I_{ng} = 17,54\text{mA} > I_{ngưỡng\ nguy\ hiem} = 10\text{mA}$

- 5.6** a) Cho đường dây siêu cao áp  $U_{dây} = 500\text{kV}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ , khoảng cách giữa các pha 12m, độ treo cao trung bình 20m. Một xe ô tô có điện dung quy đổi  $C = 500\text{pF}$  nằm ngay dưới pha giữa. Hãy tính điện áp cảm ứng trên xe và dòng điện chạy qua người khi chạm tay vào xe. Kết luận về an toàn. Cho khoảng cách từ đất đến xe là 1m, xe cao 2m,  $R_{người} = 2\text{k}\Omega$ .
- b) Trình bày sơ đồ nguyên lí hoạt động của thiết bị ba pha bảo vệ phụ chống chạm điện trực tiếp và phân tích thông số ngưỡng cần chọn để bảo vệ an toàn cho người.

- 5.7** Một ống dùng để đổ đầy vào thùng chứa xăng có đường kính trong là 128,2mm. Hãy tính tốc độ dòng chảy nhiên liệu tối ưu và tính lượng xăng đổ được trên 1 phút?

*Hướng dẫn:* Công thức liên hệ giữa vận tốc của dòng chảy xăng và đường kính ống dẫn để tránh nguy cơ tĩnh điện cao là:

$$v \cdot d < 0,5 \Rightarrow v < \frac{0,5}{d} = \frac{0,5}{0,1282} = 3,9 \text{ m/s} = 39\text{dm/s}$$

Vận tốc dòng chảy nhiên liệu tối ưu là  $v = 3,9 \text{ m/s}$

$$1\text{gallon} = 4,54 \text{ lít (En)} = 3,78 \text{ lít (USA)}$$

Diện tích bề mặt ống dẫn

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 0,01291 \text{ (m}^2\text{)} = 1,2910 \text{ (dm}^2\text{)}$$

Dung tích xăng đổ được trong 1 phút là:

$$V = 39 \cdot 1,29 \cdot 60 = 3018,6 \text{ dm}^3/\text{phút} = 798,6 \text{ gallon (US)/phút}$$

- 5.8** Một dây chuyền cơ khí được vận chuyển bằng hệ thống dây đai cách điện. Đai truyền chạy với vận tốc 15m/s. Điện tích tích lũy trên đai là  $10^{-12} \text{ C/m}$ . Dây chuyền làm việc liên tục trong 8h. Điện dung và trở của đai so với đất là  $10^{-11} \text{ F}$  và  $10^9 \Omega$ . Hãy xác định:

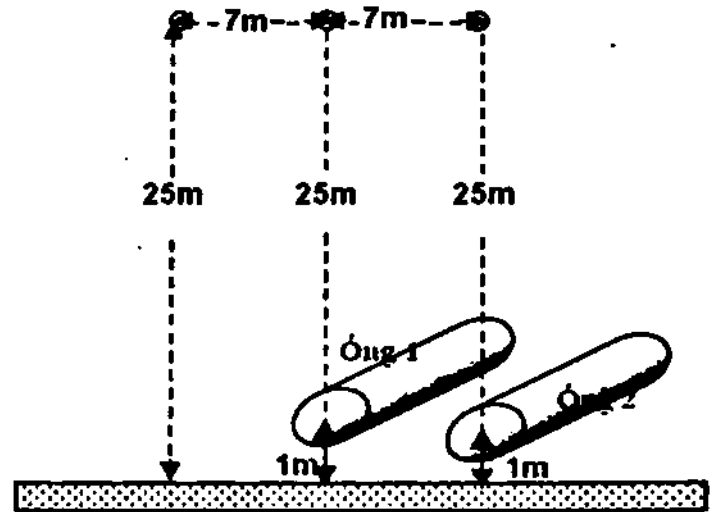
- a) Điện tích nạp lên dây đai sau quá trình làm việc trên.
- b) Điện áp tĩnh điện hình thành giữa dây đai và đất.

- c) Hằng số thời gian xả điện. Thời gian xả điện để điện áp giảm xuống còn 100V.
- d) Kết luận về an toàn khi người có  $R_{\text{người}} = 2\text{k}\Omega$  chạm tay vào dây chuyển tại thời điểm nó ngừng làm việc.

**5.9** Hai đường ống song song nhau và song song với đường dây điện cao thế 500kV, 50Hz, treo cao cách mặt đất 25m như hình vẽ.

Biết ống làm bằng kim loại đặt cách ly với đất.

Điện dung và điện trở của ống 1 so với đất 100mF và 100k $\Omega$ . Ống 2 so với đất 400nF và 100k $\Omega$ .

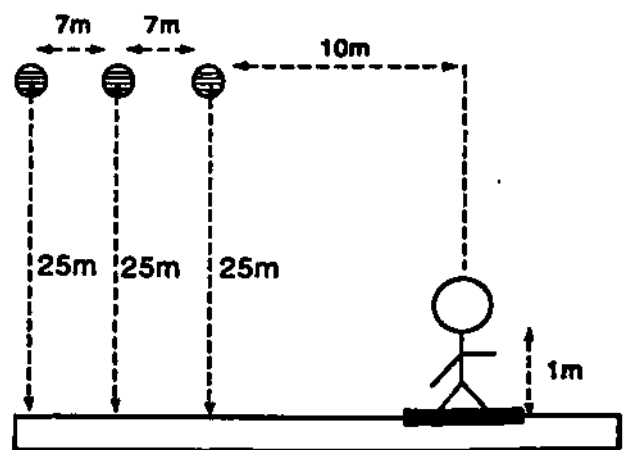


a) Tính điện áp cảm ứng trên từng ống.

b) Giả sử người có điện trở so với đất là 2k $\Omega$  chạm tay vào từng ống. Hỏi trường hợp nào nguy hiểm hơn? Biện pháp an toàn.

**5.10** Tính điện áp cảm ứng trên người trong trường hợp sau:

Cho  $U_{\text{dây}} = 500\text{kV}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ,  $C_{\text{người}} = 400\text{pF}$ ,  $R_{\text{người-đất}} = 50\text{k}\Omega$ , hỏi nếu người chạm tay vào sườn nhà bằng kim loại (xem như nối đất qua điện trở 100 $\Omega$ ) có nguy hiểm không?



**5.11** Cho đường dây siêu cao áp  $U = 500\text{kV}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ , khoảng cách giữa các pha 18m, độ treo cao trung bình 22m. Một xe ô tô có điện dung quy đổi  $C = 700\text{pF}$  nằm cách pha bìa theo phương thẳng góc một khoảng 10m. Hãy tính điện áp cảm ứng trên xe và dòng điện chạy qua người khi chạm tay vào xe. Kết luận về an toàn. Cho khoảng cách từ đất đến xe là 1m, xe cao 3m.

## Chương 6

# AN TOÀN KHI LÀM VIỆC TRONG TRƯỜNG ĐIỆN TỬ TẦN SỐ CAO VÀ CỰC CAO

Trong các lĩnh vực kinh tế, quốc phòng và ngay cả trong dân dụng, hiện nay các máy phát sóng được sử dụng ngày càng nhiều (như trong các ngành vô tuyến truyền thanh, vô tuyến truyền hình, radar, vô tuyến thiên văn, vật lý trị liệu, mobile phone, wireless telephone, lò vi sóng...).

Ở nhiều ngành công nghiệp, năng lượng của dòng điện tần số cao được dùng để đốt nóng kim loại như khi đúc, rèn, nhiệt luyện, tán nối và còn dùng để sấy, dán, thêu kết các chất phi kim loại.

Việc sử dụng dòng điện tần số cao cho phép tiến hành quá trình công nghệ nhanh chóng hơn, đảm bảo chất lượng gia công cao hơn, đồng thời tạo điều kiện để ứng dụng rộng rãi các thiết bị cơ khí hóa và tự động hóa. Sự thay thế các lò đúc, lò sấy đốt nóng bằng nhiệt liệu, bằng các lò dùng dòng điện tần số cao đã làm giảm hẳn độ bụi bẩn của không khí trong sản xuất, rút ngắn thời gian và giảm cường độ bức xạ của các tia nhiệt đến công nhân.

Các thiết bị nhiệt luyện bằng điện cao tần phát ra năng lượng điện từ, các năng lượng này lại biến thành công có ích. Song khi đó, trong vùng làm việc có một trường điện từ có thể gây tác hại đối với cơ thể con người. Vì sự xuất hiện tác hại đó, ta không nhìn thấy được và tác dụng của chúng cũng không cảm thấy được bằng giác quan nên sự nguy hiểm do nhiễm các tia năng lượng này lại càng tăng lên.

## 6.1 SỰ HÌNH THÀNH TRƯỜNG ĐIỆN TỪ TẦN SỐ CAO VÀ CỰC CAO TRONG MỘT SỐ THIẾT BỊ CÔNG NGHIỆP

Ta đã biết rằng xung quanh dây dẫn điện xuất hiện đồng thời một điện trường và một từ trường. Các trường này sẽ không có liên hệ với nhau nếu dòng điện không thay đổi theo thời gian (dòng điện một chiều). Khi dòng điện thay đổi (dòng điện xoay chiều chẳng hạn), trường từ và trường điện có liên hệ với nhau nên khi nghiên cứu chúng cần phải tiến hành đồng thời và coi chúng như một trường điện từ thống nhất.

Trường điện từ tần số cao có khả năng tỏa lan ra không gian không cần dây dẫn điện với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng.

$$V = \frac{c}{n} \quad (6.1)$$

$c$  - vận tốc ánh sáng ( $3 \cdot 10^8$  km/s)

$n$  - chiết suất của môi trường.

Trường điện từ thay đổi theo tần số của dòng điện sinh ra nó.

Tần số và chu kỳ của trường điện từ có quan hệ tỉ lệ nghịch.

$$f = \frac{1}{T} \quad (6.2)$$

$f$  - tần số dao động của trường điện từ (Hz)

$T$  - chu kỳ dao động của trường điện từ (s)

Khoảng cách mà trường điện từ đã lan ra sau một chu kỳ gọi là **bước sóng**  $\lambda$  của trường điện từ:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{c \cdot T}{n} = \frac{c}{n \cdot f} \quad (6.3)$$

$\lambda$  - bước sóng;  $\lambda_0$  - bước sóng của sóng điện từ trong chân không.

Bước sóng của sóng điện từ phụ thuộc vào môi trường, bước sóng có giá trị lớn nhất trong chân không. Sóng điện từ (đơn sắc) được phân loại theo độ lớn của tần số (Hz) hay bước sóng (trong chân không).

Ngoài ra, người ta còn sắp xếp các loại sóng điện từ theo thang sóng điện từ như sau:

**Bảng 6.1** Thang sóng điện từ

Tần số (Hz)		Bước sóng $\lambda$ (cm)
Sóng vô tuyến	Siêu cao: $f = 3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^8$	$10^4 - 10^2$
	Cực cao: $f = 3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10}$	$10^2 - 10^0$
Sóng hồng ngoại: $f = 3 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{14}$		$10^2 - 10^{-4}$
Quang phổ thấy được: $f = 3 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}$		$10^{-4} - 10^{-6}$
Sóng tử ngoại: $f = 3 \cdot 10^{16}$		$10^{-6}$
Tia Roentgen: $f = 3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{20}$		$10^{-8} - 10^{-10}$
Tia Gamma: $f = 3 \cdot 10^{22}$		$10^{-12}$

Sự tỏa lan trường điện từ trong không gian mang theo năng lượng của nó.

Trong công nghiệp, ta thấy ứng dụng các trường điện từ tần số cao khoảng  $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^6$  Hz, bước sóng từ 10.000 m đến 100 m, tần số siêu cao từ  $3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^8$  Hz, bước sóng từ 100 m đến 1 m, tần số cực cao,  $3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^{11}$  Hz, bước sóng từ 100 cm đến 0,1 cm.

Các lò cao tần dùng để nung nóng các vật liệu, phôi và chi tiết khác nhau. Từ trường được tạo thành trong các lò này chính là nhờ các cuộn dây cảm ứng, các máy biến áp và các thiết bị cảm ứng đốt nóng.

**Nguyên tắc nung nóng vật liệu bằng năng lượng cao tần:**

- Khi đặt một vật bằng kim loại trong từ trường thay đổi liên tục, vật bị cảm ứng một sức điện động có tần số bằng với tần số của trường. Dưới tác dụng của sức điện động này, vật bằng kim loại sẽ phát sinh dòng điện xoáy (dòng điện xoáy), nó làm nóng kim loại. Dòng điện cảm ứng phát sinh chủ yếu trên bề mặt của vật bằng kim loại. Khi tần số của dòng điện càng cao, lớp bề mặt bị nung nóng càng mỏng. Sự đốt nóng các lớp kim loại sâu hơn phải nhờ vào quá trình truyền nhiệt.

- Các vật liệu cách điện không thể nung nóng bằng phương pháp này vì dòng điện phát sinh trong chúng không đủ lớn để nung nóng chúng.

Để nung nóng các vật phi kim loại, nhờ dòng điện cảm ứng, những tấm kim loại này nóng lên rồi truyền nhiệt cho chúng. Mặt

khác, dưới tác dụng của điện trường, một số ít các điện tử tự do có trong vật phi kim loại tạo ra một dòng điện nhỏ, còn số lớn điện tử liên kết với nhau bằng sức hút phân tử được sắp xếp lại theo hướng của điện trường, nghĩa là bị phân cực. Sự phân cực của các điện tử không tự do xảy ra, phụ thuộc vào sự thay đổi hướng của điện trường và có tần số như tần số của điện trường. Lực hút phân tử chống lại quá trình phân cực này. Cũng giống như hiện tượng ma sát của hai vật rắn trong chuyển động trượt, cơ năng tiêu hao để khắc phục lực ma sát sẽ biến thành nhiệt năng. Trong trường hợp này, năng lượng của trường điện từ tiêu hao để chống lại lực hút phân tử sẽ biến thành nhiệt năng rồi nung nóng vật cách điện.

## 6.2 ẢNH HƯỞNG CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ ĐẾN CƠ THỂ CON NGƯỜI

### *Các đặc điểm*

a) Cận các nguồn của các trường cao tần hình thành một vùng cảm ứng và vùng bức xạ. Cách nguồn phát không quá  $1/6$  bước sóng sẽ là vùng có ưu thế cảm ứng, được gọi là vùng cảm ứng, bên ngoài vùng này được gọi là vùng bức xạ.

b) Trong vùng cảm ứng, con người sẽ ở trong các trường từ và trường điện thay đổi theo chu kỳ. Còn trong vùng bức xạ thì trường điện từ tác dụng lên con người cùng một lúc với tất cả các thành phần từ và điện thay đổi đều đặn.

c) Mức độ tác dụng của trường điện từ lên cơ thể con người phụ thuộc vào độ dài bước sóng, tính chất công tác của nguồn (xung hay liên tục), cường độ bức xạ, thời gian tác dụng, khoảng cách từ nguồn đến cơ thể và sự cảm thụ riêng của từng người.

d) Trong vùng cảm ứng, năng lượng trường điện từ bị hấp thụ và tiêu tán trên cơ thể phụ thuộc vào tính chất dẫn điện của các bộ phận của cơ thể con người.

e) Trong vùng bức xạ, năng lượng mà cơ thể hấp thụ có thể phản xạ ra ngoài phụ thuộc vào độ dày của lớp mỡ của phần cơ thể đang xét.

g) Tần số càng cao (nghĩa là bước sóng càng ngắn) năng lượng điện từ mà cơ thể hấp thụ càng tăng như bảng số liệu sau:



**Bảng 6.2** % năng lượng cơ thể hấp thụ theo tần số sóng điện từ

Loại tần số	% Năng lượng cơ thể hấp thụ so với tổng mức năng lượng truyền qua
Tần số cao	20%
Tần số siêu cao	25%
Tần số cực cao	50%

\* Tần số càng cao, mức hấp thụ năng lượng điện từ càng lớn nhưng độ thấm sâu ít nên chỉ gây bỏng rộp lớp da, ít nguy hiểm cho các bộ phận bên trong cơ thể.

Song, tác hại của sóng điện từ không chỉ phụ thuộc vào năng lượng bức xạ bị hấp thụ mà còn phụ thuộc vào độ thấm sâu của sóng bức xạ vào cơ thể. Độ thấm sâu càng cao thì tác hại càng nhiều. Bảng số liệu biểu diễn mối liên hệ giữa độ thấm sâu của năng lượng trường điện từ tần số cao vào bước sóng như sau:

**Bảng 6.3** Độ thấm sâu năng lượng sóng điện từ theo bước sóng

Bước sóng	Độ thấm sâu
Loại mm	Bề mặt lớp da
Loại cm	Da và các tổ chức dưới da
Loại dm	Vào sâu trong các tổ chức khoảng 10-15 cm
Loại m	Vào sâu hơn 15 cm

\* Độ thấm sâu và lượng năng lượng hấp thụ cho trong các bảng nêu trên có thể làm rõ tính chất sau đây của sóng điện từ: sóng decimeter gây biến đổi lớn nhất đối với cơ thể so với sóng centimeter và sóng meter. Sóng milimeter gây tác dụng bệnh lý rất ít so với sóng centimeter và decimeter.

### Các tác hại

• *Tác hại trong vùng cảm ứng:* dưới tác dụng của các trường điện từ tần số cao, các ion của các tổ chức cơ thể sẽ chuyển động. Trong các tổ chức này sẽ xuất hiện một dòng điện cao tần. Do đó mà một phần năng lượng của trường bị thấm hút.

• *Tác hại trong vùng bức xạ:* mức độ hấp thụ năng lượng điện từ và sự tỏa nhiệt trong các bộ phận phụ thuộc vào tần số của nguồn bức xạ. Song vì các cơ quan bên trong có độ truyền dẫn khác nhau nên tác dụng nhiệt có tính lựa chọn và xuất hiện ở một số cơ quan nhất

định nào đó mạnh mẽ hơn. Gọi  $n$  là trị số độ truyền dẫn của tổ chức cơ thể tỉ lệ với thành phần chất lỏng có trong tổ chức đó. Độ truyền dẫn mạnh nhất là ở máu và các bắp thịt, còn yếu nhất ở các mô mỡ. Chiều dày lớp mỡ ở nơi bị bức xạ có ảnh hưởng đến mức độ phản xạ sóng bức xạ ra ngoài cơ thể. Đại não, tủy xương sống có lớp mỡ mỏng, còn mắt thì hoàn toàn không có nên các bộ phận này chịu tác dụng nhiều hơn cả.

- Năng lượng điện từ được hấp thụ gây ra việc phá hủy tính định hướng không gian của dịch thể phân tử lưỡng cực chứa trong cơ thể. Năng lượng đó được biến thành nhiệt và nung nóng các bộ phận. Cường độ nung nóng phụ thuộc vào cường độ bức xạ và tốc độ tản nhiệt của các bộ phận cơ thể hấp thụ. Ở các bộ phận được cấp ít máu (như nhân mắt, vỏ não...) và ở các cơ quan nước bão hòa cao (như gan, tuyến tụy, lá lách, thận...) dễ bị nung nóng. Tác dụng của sóng điện từ lên các cơ quan này thường làm tăng các quá trình viêm mãn tính, gây đau đớn cho cơ thể. Ảnh hưởng của quá trình nung nóng này gây ra những vết loét lan truyền, làm chảy máu bên trong cơ thể. Đặc biệt nguy hiểm là sự phỏng nhiệt ở các tổ chức nằm sâu bên trong, gây ra do sự thấm sâu của các tia bức xạ.

- Chịu tác dụng của trường điện từ có tần số khác nhau và cường độ lớn hơn cường độ giới hạn cho phép một cách có hệ thống và kéo dài sẽ dẫn tới sự thay đổi một số chức năng của cơ thể, trước hết là hệ thống thần kinh trung ương, mà chủ yếu là làm rối loạn hệ thần kinh thực vật và rối loạn hệ thống tim mạch. Sự thay đổi đó có thể làm nhức đầu, dễ mệt mỏi, khó ngủ hoặc buồn ngủ nhiều, suy yếu toàn thân, sinh ra nóng nảy và hàng loạt triệu chứng khác. Ngoài ra, nó có thể làm chậm mạch, giảm áp lực máu, đau tim, khó thở, làm biến đổi gan và lá lách.

- Tác dụng của năng lượng điện từ tần số siêu cao có thể làm biến đổi máu, giảm sự thính mũi, biến đổi nhân mắt. Những triệu chứng trên có thể xuất hiện ngay sau vài tháng làm việc. Tuổi nghề càng tăng, tỷ lệ bệnh càng cao. Sóng vô tuyến còn có thể gây rối loạn chu kỳ kinh nguyệt của phụ nữ. Nói chung, phụ nữ chịu tác hại của sóng điện từ mạnh hơn nam giới.

- Tác dụng sinh vật của trường điện từ có thể làm tổn thương các chức năng của cơ thể và có khả năng tích lũy lại. Nhưng ngược lại, những tổn thương này có thể mất đi nếu ngừng tiếp xúc với các tia bức xạ và nếu điều kiện lao động được cải thiện.

• Để đánh giá lượng bức xạ của trường điện từ có tần số cao và siêu cao, người ta dùng cường độ tác dụng của trường mà cường độ này được biểu thị bằng trị số điện áp của nó. Trị số điện áp giới hạn cho phép của trường ứng với các tần số này quy định là  $5 \text{ V/m}$  ở chỗ làm việc, còn đối với lò đúc cảm ứng và các thiết bị cảm ứng nung nóng, vì có khó khăn về kỹ thuật, không thể bao che kín được nên tạm thời cho phép điện áp của trường đến  $10 \text{ V/m}$ .

• Để đánh giá lượng bức xạ của trường điện từ có tần số cực cao, người ta dùng cường độ bức xạ, mà cường độ này được biểu thị bằng trị số mật độ của dòng công suất trung bình trong khoảng không gian ở nơi đó. Mật độ của dòng công suất được xác định bằng số năng lượng truyền qua diện tích  $1 \text{ cm}^2$  vuông góc với phương truyền sóng trong 1 giây. Đơn vị tính toán là  $\mu\text{W/cm}^2$ ,  $\text{mW/cm}^2$ ,  $\text{W/cm}^2$ .

• Trị số cường độ bức xạ giới hạn cho phép của trường điện từ có tần số cực cao tại chỗ làm việc được xác định như sau: khi chịu tác dụng cả ngày làm việc thì cường độ bức xạ không lớn hơn  $10 \mu\text{W/cm}^2$ , khi chịu tác dụng không quá 2 giờ trong một ngày thì không lớn hơn  $100 \mu\text{W/cm}^2$ , khi chịu tác dụng không quá 15 - 20 phút trong một ngày thì không lớn hơn  $1 \text{ mW/cm}^2$  và khi đó nhất định phải đeo kính để bảo vệ mắt.

### 6.3 CÁC BIỆN PHÁP AN TOÀN

- Các máy phát tần số cao, siêu cao và cực cao, tùy điều kiện của quá trình công nghệ, có thể đặt trong gian nhà sản xuất chung nhưng cần che kín luồng công nghệ của nó: tốt nhất là đặt chúng trong các phòng riêng biệt. Dù đặt máy ở đâu cũng nhất thiết phải chấp hành nghiêm chỉnh "Nội quy vệ sinh tạm thời khi làm việc với các máy phát sóng centimét".

- Khi làm việc, các mạch điện của các máy nhiệt luyện cao tần xuất hiện điện áp tới hàng chục kilovolt. Bởi vậy, các thiết bị tần số cao, siêu cao và cực cao là những thiết bị điện có điện áp cao, cần áp dụng đầy đủ các quy phạm an toàn điện đã được Nhà nước ban hành.

- Khi đặt các thiết bị này trên dây chuyền trong cùng một gian nhà sản xuất chung, khoảng cách giữa chúng và các trang bị khác không được nhỏ hơn 2 m. Khi đặt các thiết bị này trong phòng riêng biệt, mỗi một thiết bị công suất nhỏ hơn 30 kW cần có diện tích

không nhỏ hơn 25 m<sup>2</sup>, công suất lớn hơn 30 kW thì không nhỏ 40 m<sup>2</sup>. Trong phòng đặt thiết bị không nên để những vật bằng kim loại không cần thiết. Sở dĩ có quy định như vậy là vì kim loại phản xạ sóng vô tuyến điện (sóng điện từ) rất tốt và chính chúng lại có thể trở thành nguồn dao động điện từ thứ hai.

- Kích thước chỗ làm việc của các công nhân sản xuất hoặc nhân viên phục vụ các thiết bị cao tần được xác định theo các điều kiện của quá trình công nghệ và kích thước sản phẩm. Tuy vậy, chiều rộng chỗ làm việc bên cạnh các bảng điều khiển không được hẹp hơn 1,2 m và không được hẹp hơn 0,8 m ở cạnh các thiết bị đốt nóng (như lò đúc, lò cảm nung ứng, các tụ điện làm việc...).

- Các thiết bị nung nóng, các đèn phát, các máy liên hợp khác, trong lúc làm việc và ngay cả các đối tượng gia công sẽ phát ra một nhiệt lượng rất lớn. Không khí ở trong các phòng làm việc này sẽ bị bẩn do hơi của các dung dịch tôi, do hơi khí sinh ra khi dầu mỡ trên các đối tượng gia công bị cháy. Vì vậy, ở các phòng có thiết bị cao tần cần phải có thông gió nhân tạo.

- Trong trường hợp, khi có một thiết bị gia công nào đó tỏa ra nhiều bụi bẩn, cần có hút gió cục bộ. Chụp hút đặt trên các lò đúc cảm ứng có độ cao không lớn hơn 0,8 m. Vận tốc hút không khí ở miệng chụp không được nhỏ hơn 1,5 m/s. Ở các lò nung cảm ứng, người ta thường đặt các bộ phận hút không khí ở bên cạnh với tốc độ hút khoảng 2 - 4 m/s. Vật liệu làm chụp hút và các ống nối với chúng thường dùng vật liệu phi kim loại, có tính chịu nhiệt cao như xi-măng amianthus, hetinắc (một loại nhựa cách điện), tectolit... Không cho phép dùng kim loại làm các bộ phận hút khí đặt gần các lò cảm ứng vì kim loại sẽ bị đốt nóng bởi các dòng điện cảm ứng.

- Hệ thống hút gió trong các buồng sấy để sấy gỗ phải bảo đảm việc hút gió đầy đủ để ngăn ngừa các hơi khí sinh ra trong quá trình sấy dưới áp lực nhiệt tràn vào phòng làm việc.

- Chiếu sáng trên các thiết bị cao tần cần đảm bảo độ rọi trên phương thẳng đứng tại các bảng điều khiển không nhỏ hơn 150 lux trên các chỗ làm việc gần thiết bị nung, không nhỏ hơn được 130 lux.

- Bảng điều khiển có thể đặt trên tấm chắn bảo vệ hoặc lắp ngoài phòng đặt máy phát, hướng về phía người thợ làm việc. Trên

bảng điều khiển này thường đặt các tay quay, nút bấm, núm vặn, công-tắc điện, cầu dao cần thiết để điều khiển thiết bị. Các bộ phận điều khiển trên nằm ra ngoài vỏ bảo vệ cũng cần phải trang bị sao cho chúng không bị nhiễm từ của từ trường.

- Trong trường hợp, khi một máy phát phục vụ cho nhiều chỗ làm việc, bảng điều khiển có thể làm chung, nhưng trên mỗi chỗ làm việc cần phải có công-tắc an toàn để cắt rời thiết bị đó ra khỏi nguồn.

- Trên bảng điều khiển của mỗi thiết bị cao tần cần có đèn tín hiệu. Đèn xanh biểu thị sự chuẩn bị sơ đồ, thiết bị để nạp điện và mở máy biến áp. Còn đèn đỏ báo hiệu máy biến áp đang làm việc.

- Toàn bộ thiết bị cần có bao che kín để tránh trường điện từ tỏa lan ra phòng làm việc. Vỏ bao che thường được chế tạo ngay ở nhà máy chế tạo thiết bị, song trong trường hợp vỏ bao che đó không đáp ứng yêu cầu cần thiết thì cần phải có biện pháp phụ thêm. Vỏ bao che cần phải chế tạo bằng các tấm kim loại có độ dẫn điện cao và chiều dày không mỏng hơn 0,5 mm.

- Trên vỏ bao che có những lỗ nhỏ để lắp công-tắc, nút bấm, tay quay... Tại những chỗ đó cần bọc những lưới sắt mắt dày (mắt không quá  $4 \times 4$  mm). Mỗi tấm che riêng biệt nhất thiết phải nối đất. Vỏ bao che cần làm nhiều lớp: vỏ che chung quanh máy phát, vỏ che chung quanh chỗ làm việc (chỗ đúc, chỗ sấy, nung...) và vỏ che cho toàn bộ thiết bị.

- Để đảm bảo an toàn về điện và tránh bị điện giật khi tiếp xúc với các bộ phận bằng kim loại của thiết bị khi xảy ra sự cố, tất cả các bộ phận đó phải nối đất.

- Các dây nối đất cần phải bố trí sao cho có chiều dài nhỏ nhất. Các dây nối đất ở gần các khu vực phát sóng thì không nên làm thành các vòng kín vì vòng kín như thế có thể bị đốt nóng bởi dòng điện cảm ứng và sẽ dẫn đến làm tăng điện trở của dây tiếp đất.

- Các thiết bị cao tần phải có các công nhân chuyên môn phục vụ. Thợ điện để điều chỉnh, theo dõi tình trạng làm việc của máy có trình độ chuyên môn không thấp hơn bậc 4, còn thợ đúc, thợ nhiệt luyện thì không thấp hơn bậc 2.

- Các đài phát sóng vô tuyến cần thực hiện nguyên tắc lồng Faraday ở các phòng làm việc để bảo vệ nhân viên vì nguồn sóng vô tuyến công suất lớn đặt rất gần.

## BẢO VỆ CHỐNG SÉT

### 7.1 HIỆN TƯỢNG SÉT (*Lightning*)

Sét là hiện tượng phóng điện trong khí quyển giữa đám mây dông mang điện tích với đất hoặc giữa các đám mây dông mang điện tích trái dấu nhau.

Điện áp giữa mây dông và đất có thể đạt tới trị số hàng chục, thậm chí hàng trăm triệu volt. Khoảng cách phóng điện, tức là độ dài của tia chớp mà ta nhìn thấy, thay đổi trong phạm vi một vài tới hàng chục kilômét.

Như vậy, muốn có sét trước hết phải có những đám mây dông mang điện tích. Vì trong khí quyển có thể tồn tại nhiều điều kiện rất khác nhau, cho nên quá trình hình thành mây dông rất phức tạp. Có nhiều giả thuyết nhằm giải thích quá trình này, chúng ta hãy xét một vài cách giải thích chủ yếu được nhiều người công nhận.

Trong phân tử nước, ion hydro dương ( $H^+$ ) và nhóm hydroxyl âm ( $OH^-$ ) tạo thành một lưỡng cực. Do những tác động bên ngoài, ví dụ lực hút của trái đất, các luồng gió,... các phần trái dấu của lưỡng cực có thể bị tách ra. Lực hút kéo phần nặng hơn xuống phía dưới, và trong những điều kiện nhất định có thể hình thành mây dông (xem H.7.1a). Thông thường, điện tích âm tập trung trong một khu vực hẹp với mật độ cao hơn, còn điện tích dương phân bố rải rác ở xung quanh, chủ yếu ở phía trên khu vực có điện tích âm.

Quá trình tập trung điện tích sẽ làm tăng cường độ điện trường tại các điểm gần đám mây. Khi điện trường có cường độ khoảng 20 - 30 kV/cm (mà người ta thường gọi là trị số tới hạn đối với không khí), không khí bắt đầu bị phóng điện. Trong giai đoạn đầu từ phía đám mây sẽ có tia phóng điện phát triển hướng xuống đất với tốc độ trung bình khoảng  $2 \cdot 10^7$  cm/s. Điện tích từ mây xuống khe phóng điện và giữ cho khe có một điện dẫn nhất định (xem hình (2)). Quá trình

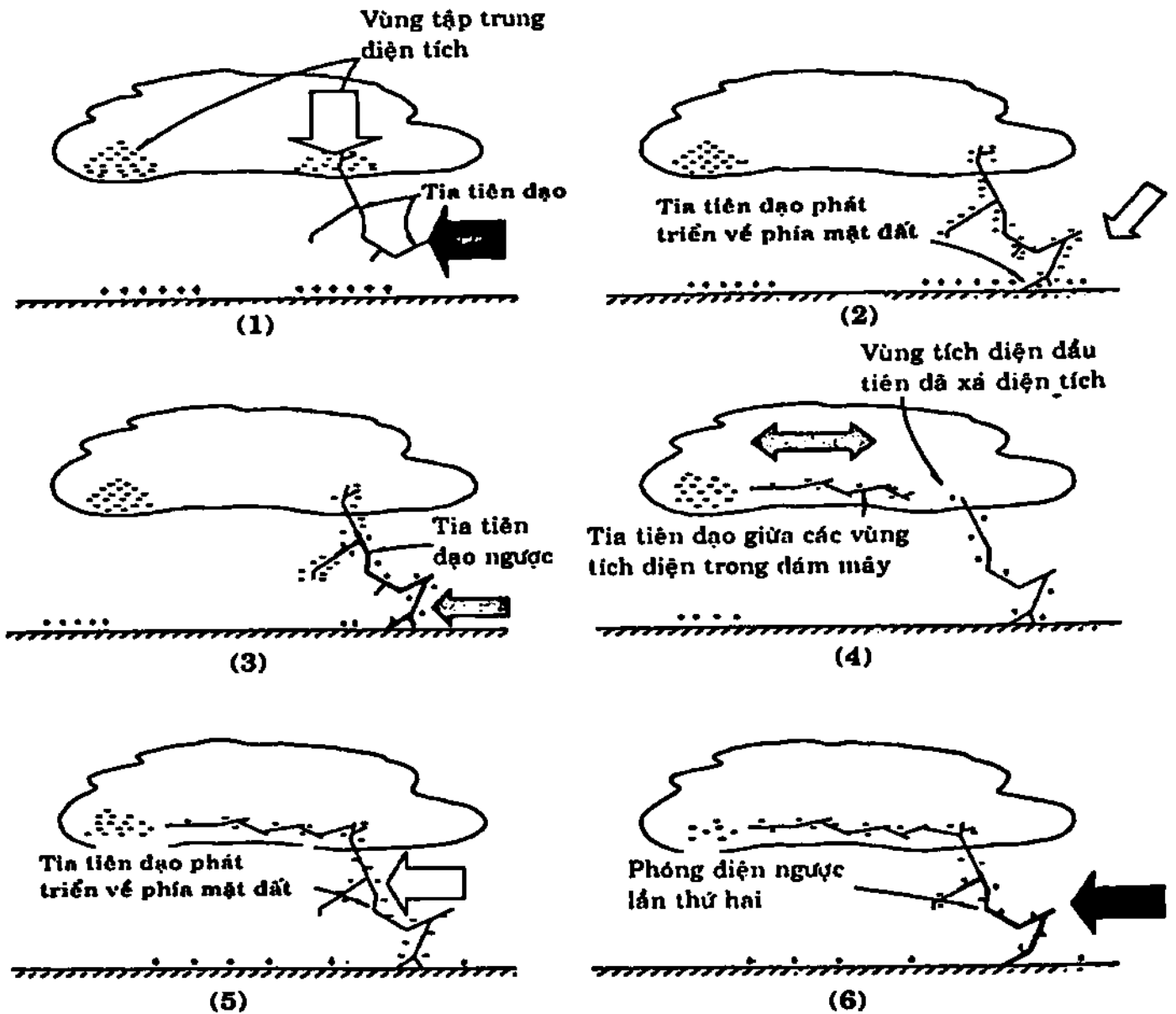
này phát triển chậm nên dòng điện không lớn, do đó nhiệt độ chưa đủ cao, mật độ ion trong plasma chưa đủ lớn. Vì thế độ phát sáng yếu và bằng mắt thường ta không thấy được. Giai đoạn này gọi là sự hình thành dòng tiên đạo (the first leader). Khi dòng tiên đạo tiến gần tới mặt đất thì những điện tích của nó sẽ cảm ứng một số điện tích trái dấu ràng buộc tại mặt đất và các phần kim loại của các công trình. Tới một thời điểm nhất định, những điện tích này có thể tạo nên cường độ điện trường đủ lớn tại các đỉnh nhọn và gây nên một dòng phóng điện hướng từ dưới lên. Dòng này có tên là dòng tiên đạo ngược (xem H.7.1(3)). Khi hai dòng tiên đạo gặp nhau, vì chúng mang những điện tích trái dấu, sẽ xảy ra phóng điện chủ yếu. Đây là quá trình trung hòa điện tích trái dấu theo hai phía vì dòng tiên đạo đã có mật độ dẫn điện nhất định nên tốc độ phát triển của quá trình này rất lớn. Nó có thể đạt tới trị số 0,1 - 0,5 tốc độ ánh sáng, nghĩa là gấp mười tốc độ tiên đạo.

Trong một thời gian rất ngắn, chỉ khoảng một phần vạn của giây, phải trung hòa toàn bộ số điện tích, cho nên dòng điện sẽ rất lớn. Theo kết quả đo được thì trị số cực đại của dòng điện có thể đạt tới hai, ba trăm kA (*kilo ampere*). Nhiệt độ của khe phóng điện có thể bằng 20, 30 ngàn độ C, vì thế độ lóe sáng rất lớn mà chúng ta thường thấy và quen gọi là chớp (xem H.7.1b).

Cũng do bị nung nóng nên khe phóng điện giãn rộng ra với tốc độ khá lớn gây nên trong không khí một sóng xung với áp suất lớn ở đầu sóng. Khi tác động vào màng tai chúng ta, sóng xung này gây cảm giác một tiếng nổ lớn - tiếng nổ đó chính là sét.

Trong quá trình hình thành, có thể có nhiều đám mây dông ở gần nhau cho nên thường xảy ra phóng điện nhiều lần. Như những kết quả nghiên cứu sét cho thấy số lần phóng điện có thể thay đổi từ 2, 3 đến 20, 30 lần. Vì vậy, ta thường nghe thấy một loạt tiếng nổ liên tục. (Chú ý là do độ dài của tia phóng điện rất lớn, do sự phản xạ nhiều lần sóng âm thanh từ các đám mây hoặc những địa hình nhất định cũng có thể tạo cho chúng ta cảm giác sấm rền).

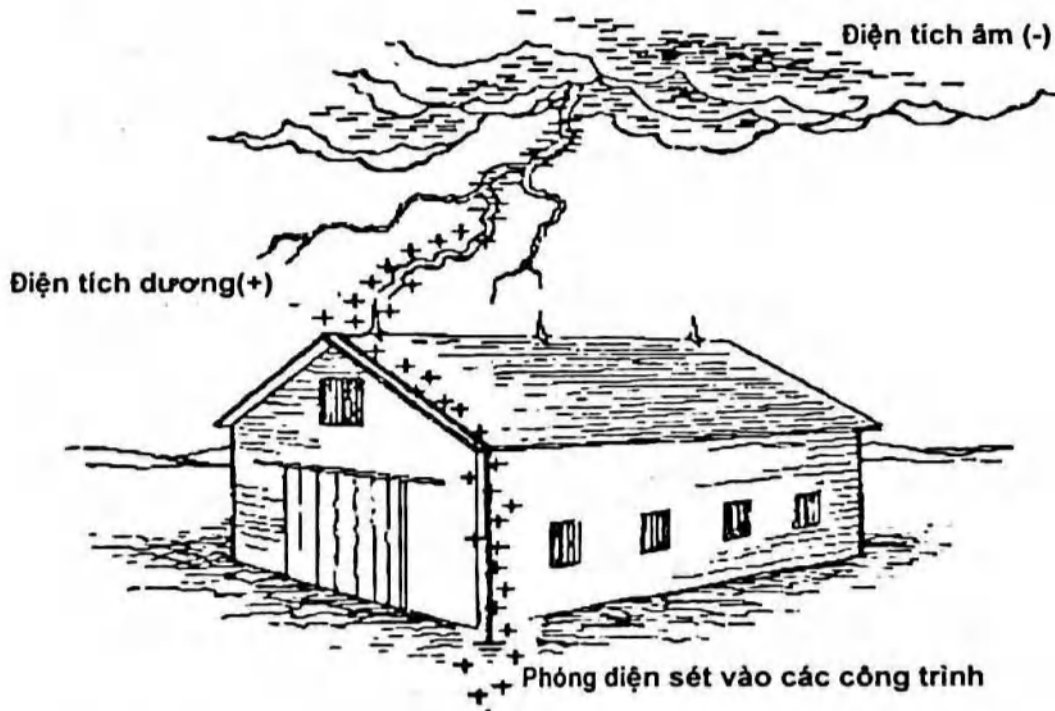
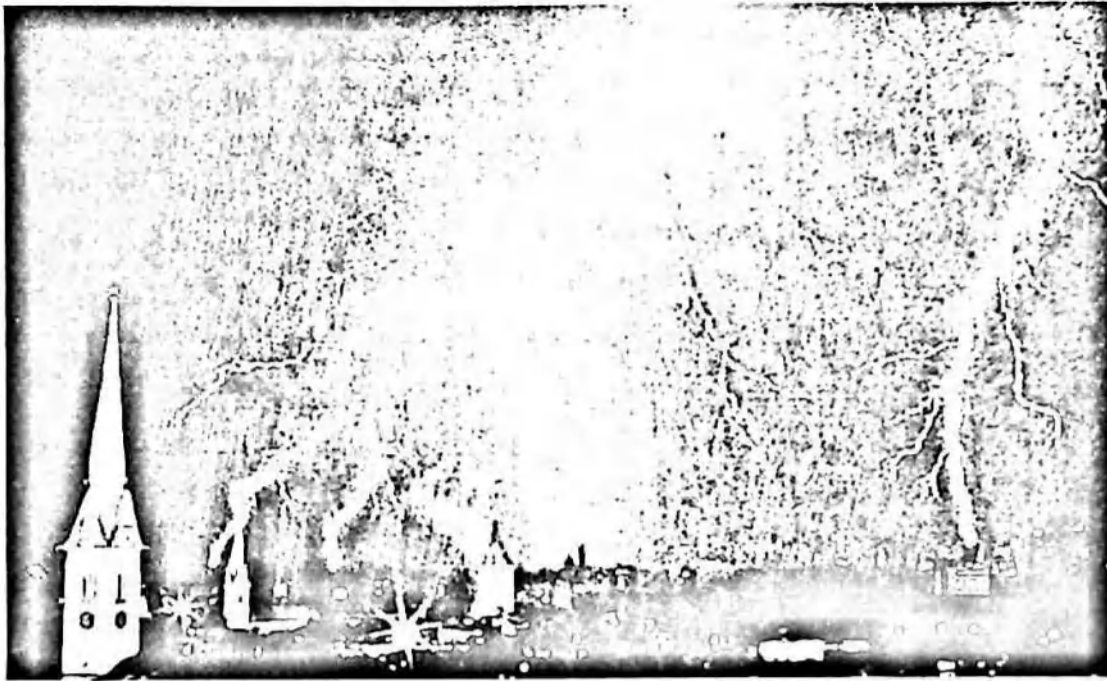
Nước ta ở vào vùng khí hậu nhiệt đới, nóng và ẩm, rất thuận lợi cho việc hình thành mây dông và sét, ở Việt Nam, mỗi năm có tới trên 100 ngày có sét. Vì thế bảo vệ chống sét là một vấn đề đáng quan tâm và phải được giải quyết một cách thích đáng đối với các công trình cũng như trong cuộc sống hàng ngày vì các hậu quả của nó rất nguy hiểm.



Nguồn: *Electrical Transmission and Distribution Reference Book, NXB Central Station Engineer of the Westinghouse Electric Corporation, East Pittsburgh Pennsylvania, Fourth Edition, 1964*

**Hình 7.1a** Quá trình hình thành sét theo tiêu chuẩn IEEE 998-1996  
 (1) Hình thành mây dông với những vùng mang điện tích trái dấu;  
 (2) Dòng tiên đạo phát triển; (3)(4) Sét hình thành bằng phóng điện ngược;  
 (5)(6) Phóng điện sét lặp lại cho đến khi xả hết điện tích âm





*Hình 7.1b Hình ảnh về hiện tượng sét*

## 7.2 CÁC HẬU QUẢ CỦA PHÓNG ĐIỆN SÉT

Đối với người và các súc vật, sét nguy hiểm trước hết như một nguồn điện áp cao có dòng lớn. Như chúng ta đã biết, chỉ cần một dòng điện rất nhỏ khoảng vài chục milli ampere đi qua cũng có thể gây nên chết người. Vì thế, rất dễ hiểu tại sao khi bị sét đánh trực tiếp người thường bị chết ngay.

Nhiều khi sét không phóng điện trực tiếp cũng gây nguy hiểm. Lý do là khi dòng điện sét đi qua một vật nổi đất, nó gây nên một sự chênh lệch thế khá lớn tại những vùng đất gần nhau, hay nói một cách khác là có một gradient điện thế lớn. Nếu người hoặc gia súc đứng trú mưa khi có dông dưới các cây cao ngoài cánh đồng, nếu cây bị sét đánh, có thể điện áp bước sẽ gây nguy hiểm. Trong thực tế đã có những trường hợp hàng trăm con bò bị chết vì sét đánh.

Dòng sét gây nhiệt độ rất lớn, khi phóng vào các vật cháy được như mái nhà tranh, gỗ khô, nó có thể gây nên đám cháy lớn. Điểm này cần đặc biệt chú ý đối với việc bảo vệ các kho nhiên liệu và các vật liệu dễ nổ.

Sét còn có thể phá hủy về mặt cơ học. Đã có nhiều trường hợp các tháp cao, cây cối bị nổ tung vì khi dông sét đi qua nung nóng phần lõi, hơi nước bốc ra quá nhanh và phá vỡ thân cây.

Nếu các công trình nối liền với các vật dẫn điện kéo dài, ví dụ như đường dây điện, dây điện thoại, đường ray, ống nước,... những vật dẫn ấy có thể mang điện thế cao từ xa tới (khi chúng bị sét đánh), và gây nguy hiểm cho người hoặc các vật dễ cháy nổ.

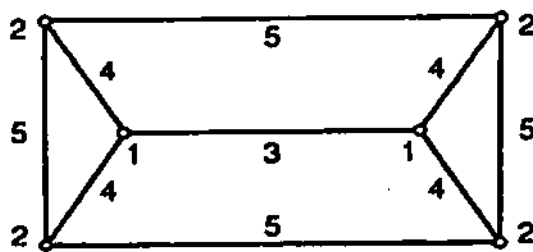
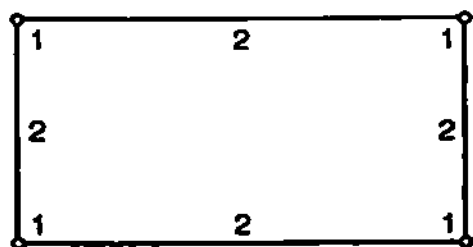
Rất đáng chú ý tới điện áp có thể cảm ứng trên các vật dẫn (cảm ứng tĩnh điện) hoặc các dây dài tạo thành những mạch vòng hở cảm ứng điện từ khi có phóng điện sét ở gần. Điện áp xung cảm ứng có thể lên tới hàng chục kilovolt và rất nguy hiểm.

## 7.3 BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP

### 7.3.1 Các nguyên tắc thực hiện

#### *a) Bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm*

Theo phương thức bảo vệ trọng điểm, chỉ những bộ phận thường hay bị sét đánh mới phải bảo vệ. Đối với công trình mái bằng, trọng điểm bảo vệ là bốn góc, xung quanh tường chắn mái và các kết cấu nhô cao lên khỏi mặt mái. Đối với các công trình mái dốc, trọng điểm là các đỉnh hồi, bờ nóc, bờ chày, các góc diềm mái và các kết cấu nhô cao lên khỏi mặt mái - nếu công trình lớn thì thêm cả xung quanh diềm mái, như (H.7.2). Bảo vệ cho những trọng điểm trên đây có thể đặt các kim thu sét ngắn (200 đến 300 mm) cách nhau khoảng 5 đến 6 m tại những trọng điểm bảo vệ hoặc đặt những đai thu sét diềm lên những trọng điểm bảo vệ đó.



**Hình 7.2 Phương thức bảo vệ chống sét trọng điểm**

*Nhà mái bằng:* 1- góc nhà; 2- tường chắn mái

*Nhà mái dốc:* 1- góc nhà (góc hồi); 2- góc điểm (góc chần mái)

3- bờ nóc; 4- bờ chày; 5- điểm mái (chần mái)

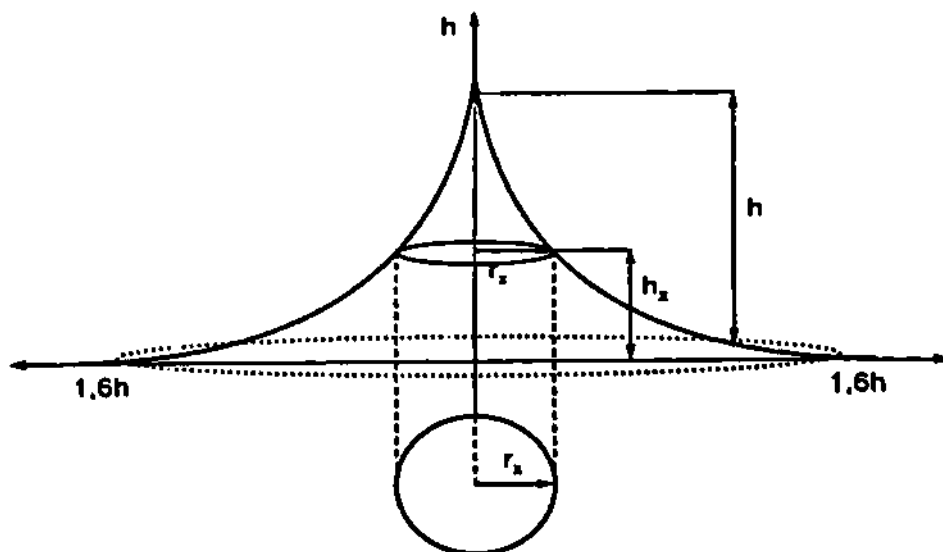
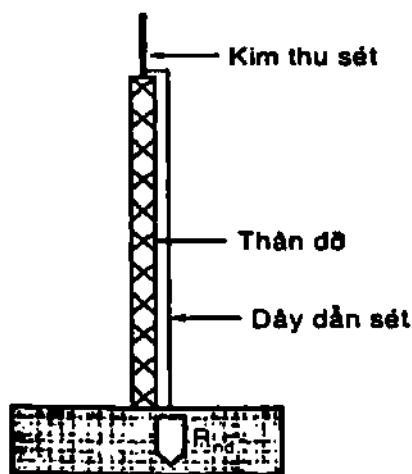
**b) Bảo vệ chống sét theo nguyên tắc toàn bộ**

Phương thức bảo vệ toàn bộ - toàn bộ công trình phải nằm trong phạm vi bảo vệ của bộ phận thu sét.

**7.3.2 Cột chống sét và phạm vi bảo vệ theo thực nghiệm**

**a) Cột chống sét sử dụng kim thu sét (kim Franhlin - 1753)**

Để đảm bảo chống sét đánh trực tiếp vào các công trình, thường dùng cột chống sét hay còn gọi là cột thu sét. Đây là một cột hoặc tháp có độ cao lớn hơn độ cao của công trình cần được bảo vệ. Trên đỉnh cột có gắn mũi nhọn kim loại - kim thu sét. Kim này được nối với dây dẫn sét xuống đất để đi vào vật nối đất ( $R_{nối đất}$ ).



**Hình 7.3 Cấu trúc cột thu sét sử dụng kim**

**Hình 7.4 Phạm vi bảo vệ của cột thu sét**

Kim thu sét được phát minh bởi Benjamin Franklin, một nhà khoa học Mỹ, từ năm 1751 và được áp dụng năm 1753. Khả năng bảo vệ của cột thu sét sử dụng kim xuất phát từ đặc điểm sét thường dễ phóng điện vào những vật cao hơn và có dạng mũi nhọn vì trong quá trình tiên đạo các vị trí này có cường độ điện trường lớn nhất.

Không gian chung quanh cột thu sét được bảo vệ (sét chỉ đánh vào cột và năng lượng dòng sét được tản xuống đất) gọi là phạm vi bảo vệ. Có thể xác định phạm vi bảo vệ bằng thực nghiệm trên mô hình. Tuy còn nhiều nhược điểm, nhưng đã qua một thời gian khá dài được kiểm nghiệm trong thực tế, kết quả của mô hình có thể chấp nhận được với độ tin cậy lớn.

Hình 7.4 vẽ phạm vi bảo vệ của một cột thu sét độc lập, đó là một hình nón xoay với đường sinh xác định theo công thức:

$$r_x = 1,6h \frac{h - h_x}{h + h_x} \cdot p \quad (7.1)$$

trong đó:  $h$  - độ cao của cột thu sét;  $h_x$  - độ cao công trình cần bảo vệ  
 $r_x$  - bán kính được bảo vệ ở độ cao  $h_x$ .

$$p = 1 \quad \text{nếu } h \leq 30 \text{ m}$$

$$p = \frac{5,5}{\sqrt{h}} \quad \text{nếu } 30 \text{ m} < h \leq 60 \text{ m}$$

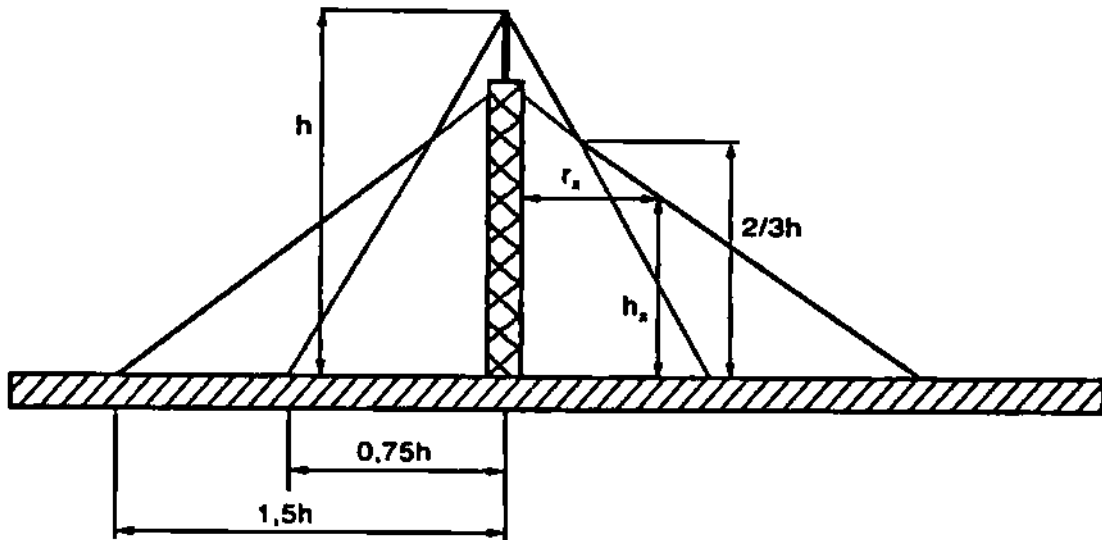
$$60\text{m} < h \leq 100\text{m} \Rightarrow h' = h - \Delta h; \Delta h = 0,5(h-60)$$

$$100\text{m} < h \leq 250\text{m} \Rightarrow h' = h - \Delta h; \Delta h = 0,2h$$

Để đơn giản hơn trong khi sử dụng người ta thường thay thế đường cong bậc hai  $r_x = f(h_x)$  bằng một đường thẳng gãy khúc với các phương trình đơn giản sau:

$$\text{Khi } h_x < \frac{2}{3}h : r_x = 1,5h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)p \quad (7.2)$$

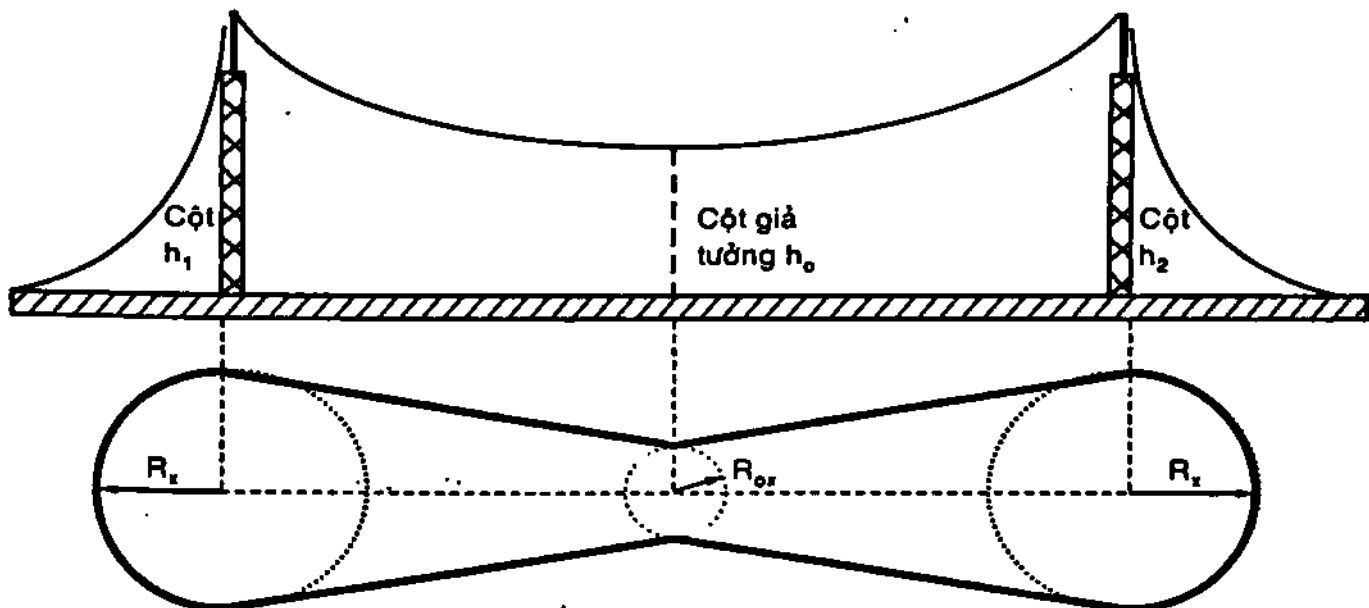
$$\text{Khi } h_x > \frac{2}{3}h : r_x = 0,75h \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)p \quad (7.3)$$



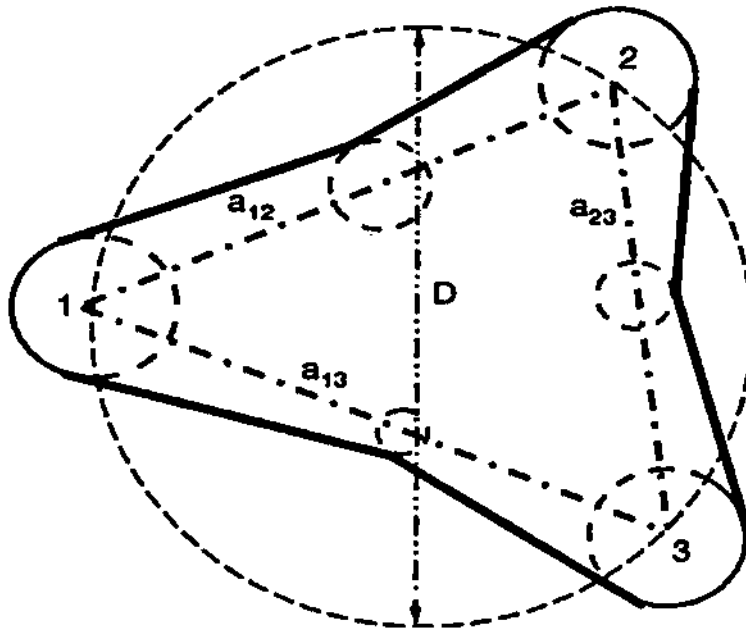
**Hình 7.5** Phạm vi bảo vệ của cột thu sét với cách vẽ đơn giản hóa

Thực tế cho thấy là nên dùng nhiều cột với độ cao không lớn để bảo vệ thay cho một cột độ cao quá lớn.

Hình 7.6 vẽ phạm vi bảo vệ của hai cột. Phía ngoài vẽ tương tự như của cột độc lập. Khoảng giữa hai cột được xác định bằng vòng cung tròn qua ba điểm: hai điểm là hai đỉnh cột thu sét và một điểm  $(\frac{a}{2}, h_0)$ , mà  $h_0 = h - \frac{a}{7p}$ ; và  $a$  là khoảng cách giữa hai cột.



**Hình 7.6** Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét cao bằng nhau



**Hình 7.7** Phạm vi bảo vệ ở độ cao  $h_x$  của ba cột thu sét có độ cao bằng nhau

Khi phối hợp nhiều cột để bảo vệ một diện tích rộng, từng đôi cột một có phạm vi bảo vệ như hai cột. Phạm vi bảo vệ phía trong các cột không cần vẽ, nhưng có yêu cầu như sau:

Khi phối hợp nhiều cột để bảo vệ một diện tích rộng, từng đôi cột một có phạm vi bảo vệ như hai cột. Phạm vi bảo vệ phía trong các cột không cần vẽ, nhưng có yêu cầu như sau:

$$D \leq 8(h - h_x)p \quad (7.4)$$

trong đó:  $D = \frac{a_{12}a_{23}a_{13}}{2\sqrt{P(P - a_{12})(P - a_{23})(P - a_{13})}}$  ;

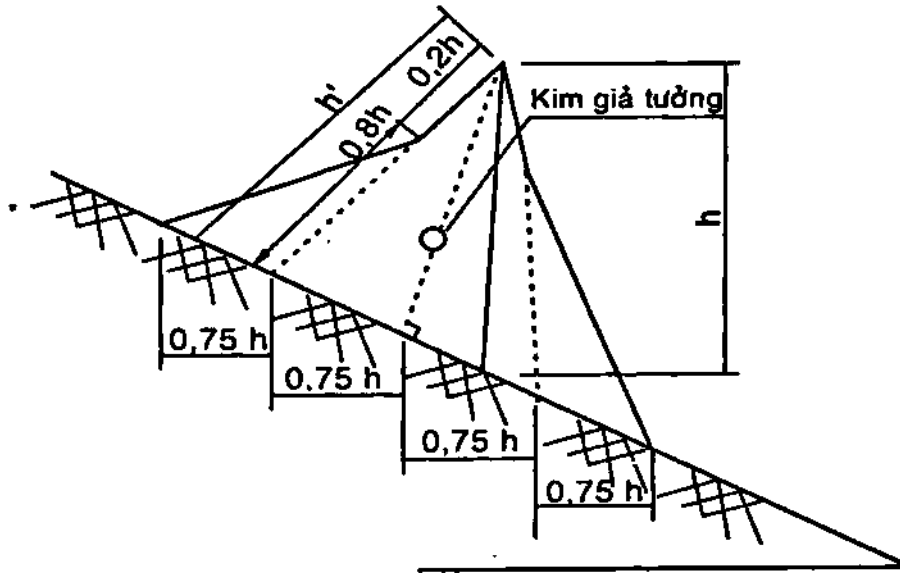
$$P = \frac{1}{2}(a_{12} + a_{23} + a_{13})$$

$D$  - đường kính đường tròn ngoại tiếp tam giác hoặc đa giác mà các đỉnh là các cột

$h$  - độ cao của cột thu sét

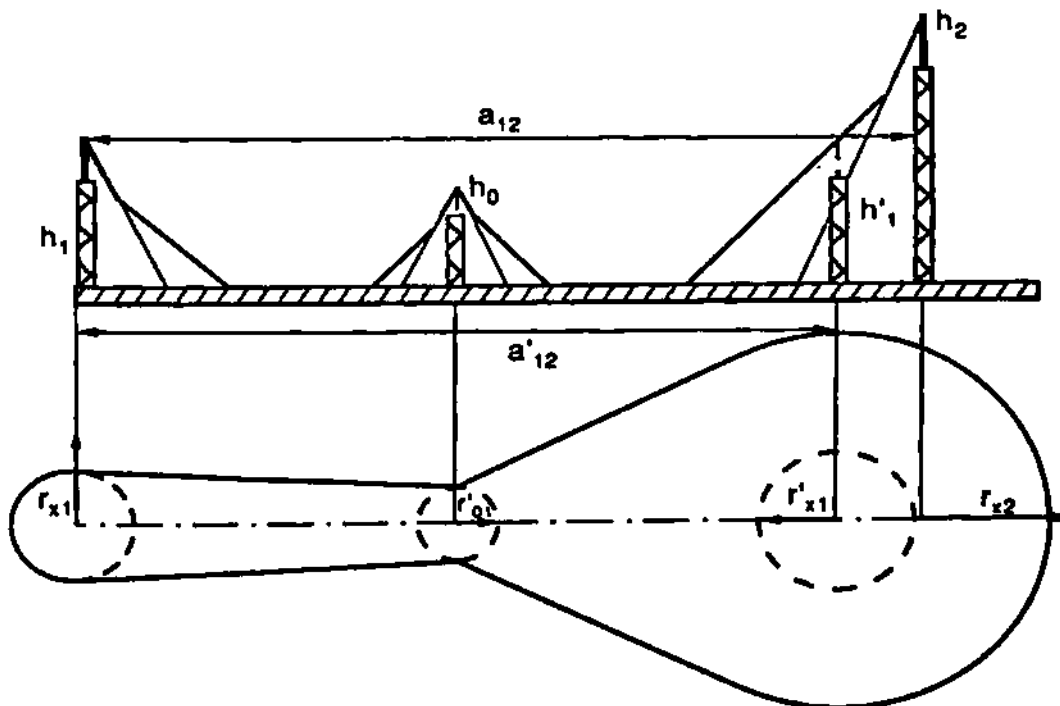
$h_x$  - độ cao của thiết bị cần bảo vệ

Hình 7.8 vẽ phạm vi bảo vệ một cột thu lôi dựng trên mặt nghiêng, ví dụ trên sườn đồi.



**Hình 7.8 Phạm vi bảo vệ của kim thu sét trên mặt phẳng nghiêng**

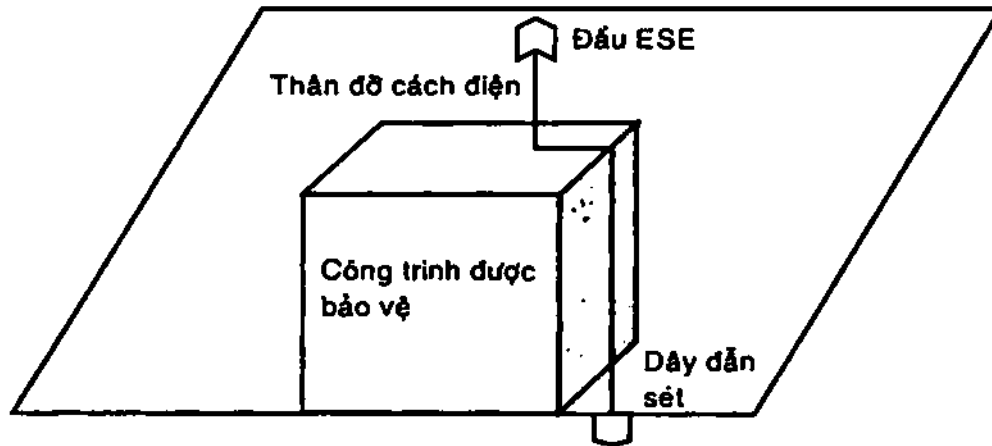
Hình 7.9 vẽ phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có độ cao khác nhau. Khi đó, bán kính bảo vệ  $r_x$  của cột thấp xác định theo khoảng cách  $a'$  bằng khoảng cách giữa cột thấp  $h_1$  và cột tưởng tượng  $h'_1$  có độ cao bằng nó. Vị trí cột  $h'_1$  được xác định như trên hình 7.9.



**Hình 7.9 Phạm vi bảo vệ của hai kim thu sét có độ cao không bằng nhau**

**b) Bảo vệ bằng cột thu sét sử dụng đầu thu sét phát tia tiên đạo sớm (ESE: Early Streamer Emission)**

• **Cách lắp đặt:** Đầu ESE có thể được lắp đặt trên cột độc lập hoặc trên kết cấu công trình được bảo vệ, sao cho đỉnh kim cao hơn các độ cao cần bảo vệ.



**Hình 7.10** Cách lắp đặt đầu ESE bảo vệ chống sét trực tiếp cho công trình

• **Nguyên lý hoạt động:** ESE hoạt động dựa trên nguyên lý làm thay đổi trường điện từ chung quanh cấu trúc cần được bảo vệ thông qua việc sử dụng vật liệu áp điện (*piezoelectric*) (theo thiết kế của Franklin France). Cấu trúc đặc biệt của ESE tạo sự gia tăng cường độ điện trường tại chỗ, tạo thời điểm kích hoạt sớm, tăng khả năng phát xạ ion, nhờ đó tạo được những điều kiện lý tưởng cho việc phát triển phóng điện sét.

• **Cấu tạo ESE:**

**Đầu thu:** có hệ thống thông gió nhằm tạo dòng lưu chuyển không khí giữa đỉnh và thân ESE. Đầu thu còn làm nhiệm vụ bảo vệ thân kim.

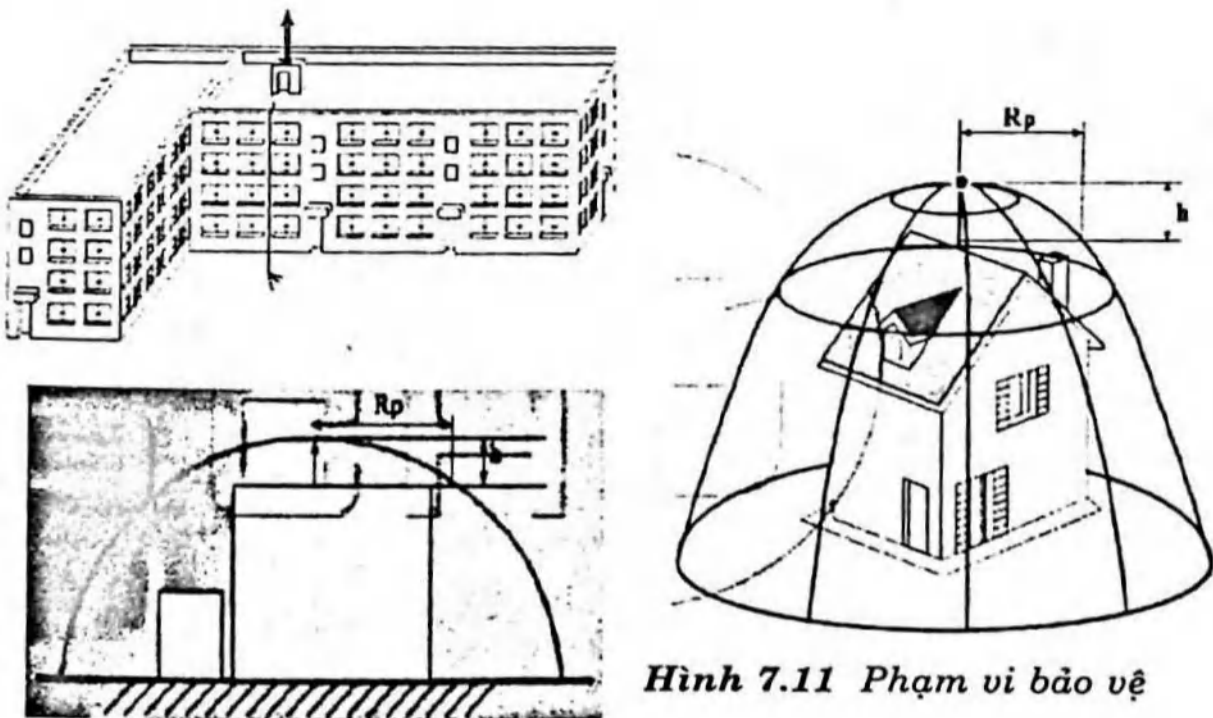
**Thân kim:** được làm bằng đồng xử lý hoặc inox, phía trên có một hoặc nhiều đầu nhọn làm nhiệm vụ phát xạ ion. Các đầu này được làm bằng thép không gỉ và được luồn trong ống cách điện nối tới các điện cực của bộ kích thích. Thân kim luôn được nối với điện cực nối đất chống sét.

**Bộ kích thích áp điện:** được làm bằng ceramic áp điện (*piezoelectric ceramic*) đặt phía dưới thân kim, trong một ngăn cách điện, nối với các đỉnh nhọn phát xạ ion đã nêu trên bằng cáp cách điện cao áp.



\* **Vật liệu piezoelectric:** Đây là những cấu trúc tinh thể, trong đó, các lưỡng cực điện đã được làm tăng áp lực theo một hướng định trước bằng cách tạo cho chúng một trường phân cực ban đầu có mật độ cao. Vật liệu được sử dụng là zircotitanate chì, rất cứng, đầu kim được phủ một lớp mỏng điện cực nickel. Các vật liệu này được chế tạo thành nhiều đoạn nối tiếp, với đặc tính áp điện của chúng, các ceramic này tạo ra điện áp rất cao, lên đến 20kV tới 25kV trên nhiều đoạn nối tiếp nhau. Mức điện áp cao này đảm bảo đủ điều kiện để tạo ra các ion như mong muốn.

\* **Sự kích thích áp điện:** Khi xuất hiện đám mây dông mang điện tích, điện trường khí quyển ở trạng thái tĩnh, kết hợp với hiện tượng cộng hưởng xảy ra trong bản thân kim ESE, do áp lực được tạo trước, trong bộ kích thích sẽ sinh ra những áp lực biến đổi ngược nhau. Kết quả là tại các đầu nhọn phát xạ ion sẽ tạo ra điện thế cao, do đó, tại đây sinh ra một lượng lớn ion ( $7,65 \cdot 10^{10}$  ở mức điện áp 2,5 đến 6,5kV). Những ion này ion hóa dòng khí quyển xung quanh và phía trên đầu thu nhờ hệ thống lưu chuyển không khí gắn trong đầu thu. Điều này giúp làm giảm điện áp ngưỡng phóng điện, đồng thời làm gia tăng vận tốc phóng điện corona.



Hình 7.11 Phạm vi bảo vệ

\* **Điểm thu sớm nhất:** Khả năng gia tăng sự kích thích ở trường tĩnh điện thấp (khả năng phát xạ sớm) tăng cường khả năng thu của kim thu sét. Nhờ đó, nó trở thành điểm thu sớm nhất so với các điểm khác của tòa nhà cần bảo vệ. Các kim thu sét này hoạt động ngay cả với dòng sét có cường độ thấp (2 kA đến 5 kA ứng với các khoảng cách kích hoạt D nhỏ  $D = 10I^{2/3}$ ; I : trị đỉnh dòng sét tính bằng kA).

\* **Vùng bảo vệ:** Vùng bảo vệ của ESE là một hình nón có đỉnh là đầu kim thu sét, bán kính bảo vệ  $R_p(m) = f$  (khoảng cách kích hoạt sớm trung bình  $\Delta L(m)$  của kim thu sét, khoảng cách kích hoạt D(m) tùy theo mức độ bảo vệ).

Công thức tính bán kính bảo vệ  $R_p$  của đầu thu sét ESE, áp dụng khi  $h \geq 5m$  theo tiêu chuẩn NF-C 17 102 của Pháp:

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad (7.5)$$

D(m) phụ thuộc cấp bảo vệ I, II, III

h - chiều cao đầu thu sét tính từ đỉnh kim đến bề mặt được bảo vệ.

$\Delta L(m)$  - độ lợi về khoảng cách phóng tia tiên đạo

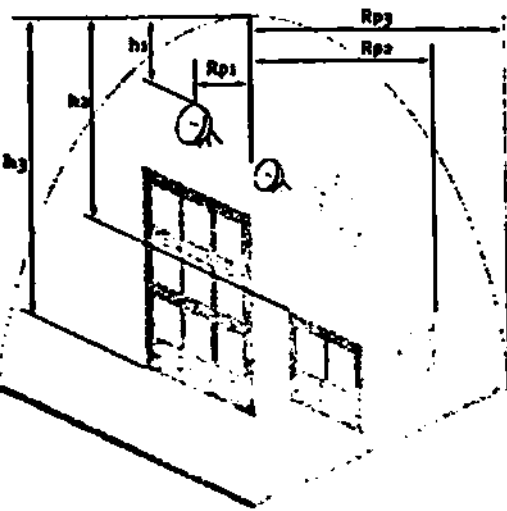
$$\Delta L = v \cdot \Delta T; \quad \Delta T (\mu s) \text{ độ lợi về thời gian}$$

**Bảng 7.1** Bán kính bảo vệ của đầu thu sét hiệu Saint - Elmo

$R_p(m)$	SE 6- $\Delta L = 15m$			SE 9- $\Delta L = 30m$			SE12- $\Delta L = 45m$			SE15- $\Delta L = 60m$		
Cấp bảo vệ h(m)	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	D=(20m)	D=(45m)	D=(60m)									
2	13	18	20	19	25	28	25	32	36	31	39	43
4	25	36	41	38	51	57	51	65	72	63	78	85
6	32	46	52	48	64	72	63	81	90	79	97	107
8	33	47	54	49	65	73	64	82	91	79	98	108
10	34	49	56	49	66	75	64	83	92	79	99	109
20	35	55	63	50	71	81	65	86	97	80	102	113
30	35	58	69	50	73	85	65	89	101	80	104	116
60	35	60	75	50	75	90	65	90	105	80	105	120

Số liệu của đầu thu sét Stormaster

Stormaster-ESE-15 =  $\Delta T$  ( $\mu s$ ) 15  
 Stormaster-ESE-30 =  $\Delta T$  ( $\mu s$ ) 30  
 Stormaster-ESE-50 =  $\Delta T$  ( $\mu s$ ) 50



Bán kính bảo vệ $R_p$ (m)									
Độ cao h(m) của đầu Stormaster so với vùng được bảo vệ	2	4	5	6	10	15	20	45	60
<b>Bảo vệ cấp 1 (Mức cao)</b>									
Stormaster 15	13	25	32	32	33	34	35	35	35
Stormaster 30	19	28	48	48	49	50	50	50	50
Stormaster 50	28	55	68	69	69	70	70	70	70
Stormaster 60	32	64	79	79	79	80	80	80	80
<b>Bảo vệ cấp 2 (Mức trung bình)</b>									
Stormaster 15	18	36	45	46	49	52	55	60	60
Stormaster 30	25	50	63	64	66	68	71	75	75
Stormaster 50	35	69	86	87	88	90	92	95	95
Stormaster 60	40	78	97	97	99	101	102	105	105
<b>Bảo vệ cấp 3 (Mức chuẩn)</b>									
Stormaster 15	20	41	51	52	56	60	63	73	75
Stormaster 30	28	57	71	72	75	77	81	89	90
Stormaster 50	38	76	95	96	98	100	102	110	110
Stormaster 60	44	87	107	107	109	111	113	120	120

**\*\* Chú ý:** Hệ thống bảo vệ sử dụng đầu thu sét ESE không được phép áp dụng theo tiêu chuẩn NFPA của Mỹ (US Nation Fire Protection Association), IEEE, IEC và một số tiêu chuẩn khác.

7.3.3 Bảo vệ bằng dây chống sét

Nếu chúng ta cần bảo vệ những vật kéo dài như đường dây điện, đường dây liên lạc hoặc đường ống, v.v... dùng dây chống sét sẽ hợp lý hơn. Cũng như đối với cột thu lôi, dây chống sét phải được nối đất tốt. Phạm vi bảo vệ của dây chống sét cũng được xác định bằng thực nghiệm và có thể tính theo các công thức sau:

$$\text{Nếu } h_x < \frac{2}{3}h, \text{ thì } b_x = 1,2h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right).p \tag{7.6}$$

$$\text{Nếu } h_x > \frac{2}{3}h, \text{ thì } b_x = 0,6h \left( 1 - \frac{h_x}{h} \right).p \tag{7.7}$$

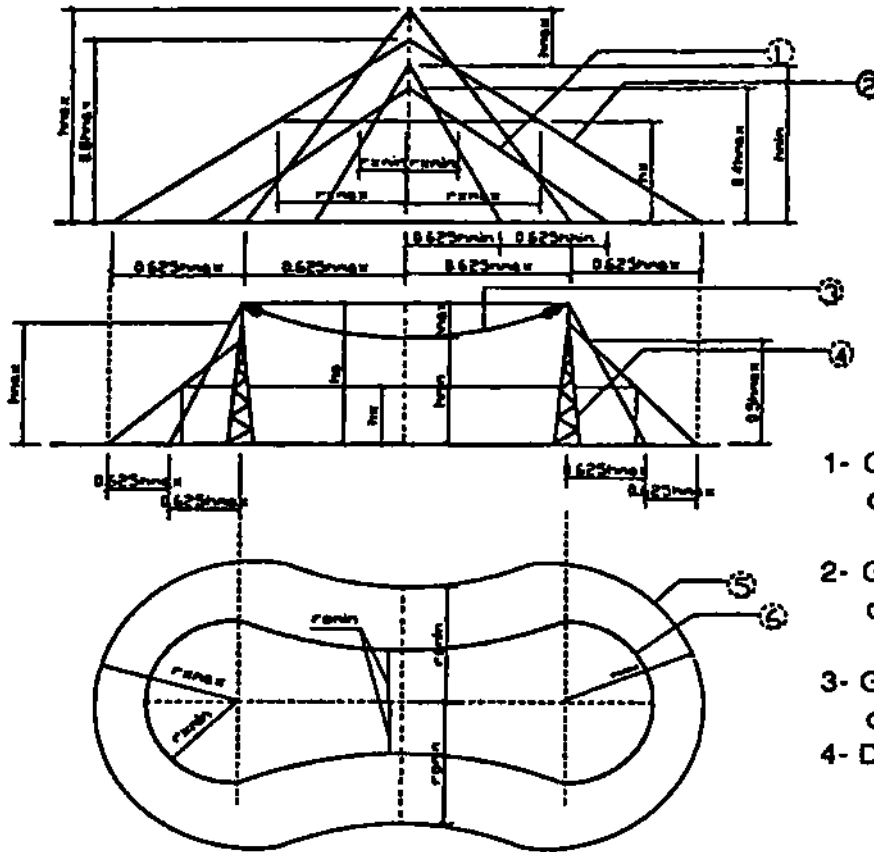
- c.1- Đường sinh giới hạn phạm vi bảo vệ ở hai đầu mút của dây thu sét
- c.2- Đường sinh giới hạn phạm vi bảo vệ tại điểm thấp nhất của dây thu sét
- c.3- Dây thu sét
- c.4- Cột căng dây thu sét
- c.5- Đường giới hạn phạm vi bảo vệ theo mặt bằng tại mặt đất ( $h_x = 0$ )

c.6- Đường giới hạn phạm vi bảo vệ ở mặt bằng với độ cao  $h_x$

$h_{\max}$  = chiều cao của đầu mút dây

$h_{\min}$  = chiều cao của điểm thấp nhất

$f_{\max}$  = độ võng lớn nhất của dây

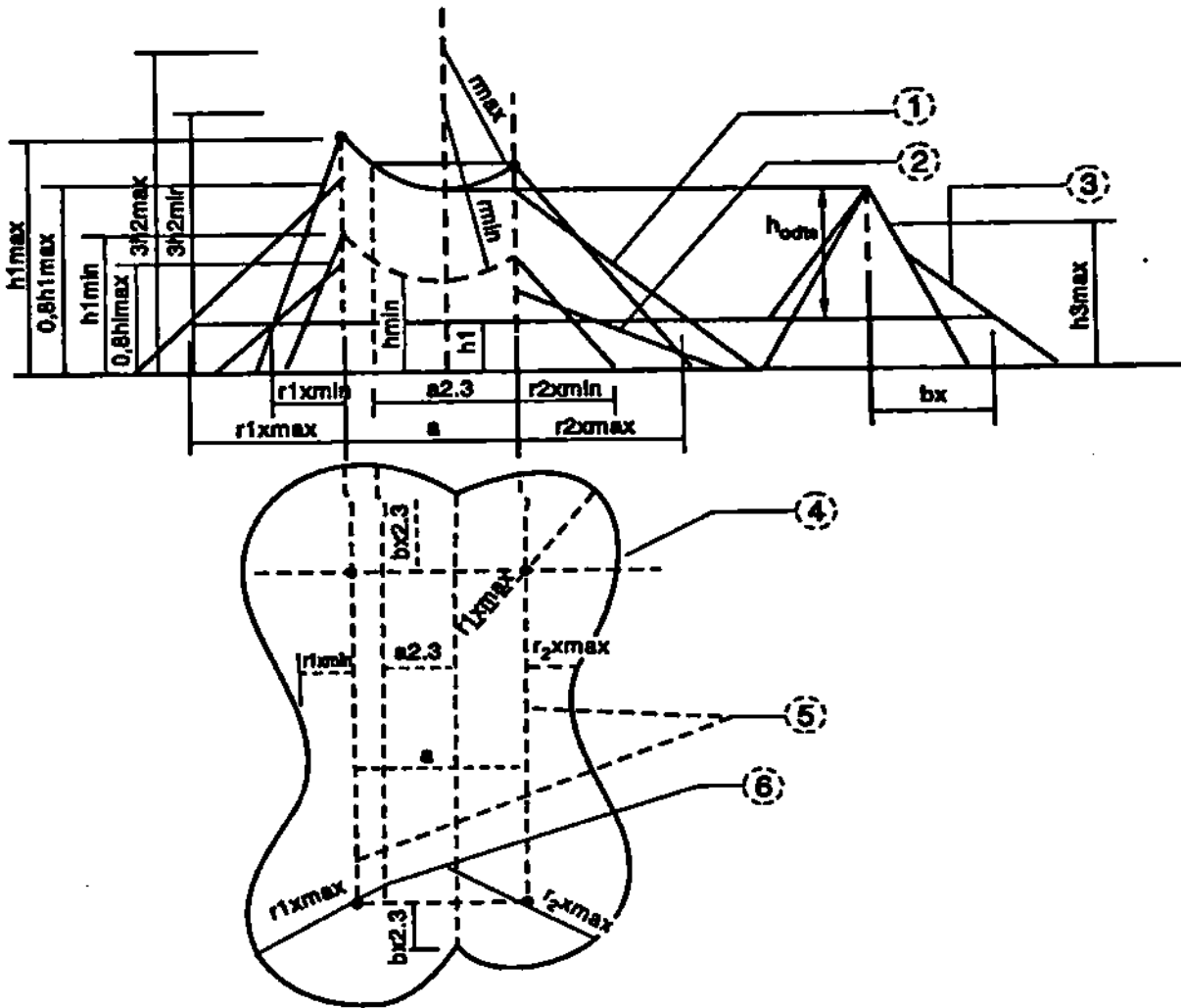


- 1- Giới hạn bảo vệ trên mặt phẳng đứng qua hai đầu mút của dây thu sét
- 2- Giới hạn bảo vệ trên mặt phẳng đứng tại điểm thấp nhất của dây thu sét
- 3- Giới hạn bảo vệ theo mặt bằng ở độ cao  $h_x$  bất kỳ
- 4- Dây thu sét

**Hình 7.12a** Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét đứng riêng rẽ

Kinh nghiệm cho thấy là nếu đảm bảo vật bảo vệ nằm trong phạm vi bảo vệ của dây hoặc cột thu sét, và nếu các cột và dây được nối đất an toàn thì hầu như không xảy ra phóng điện sét vào các vật đó.

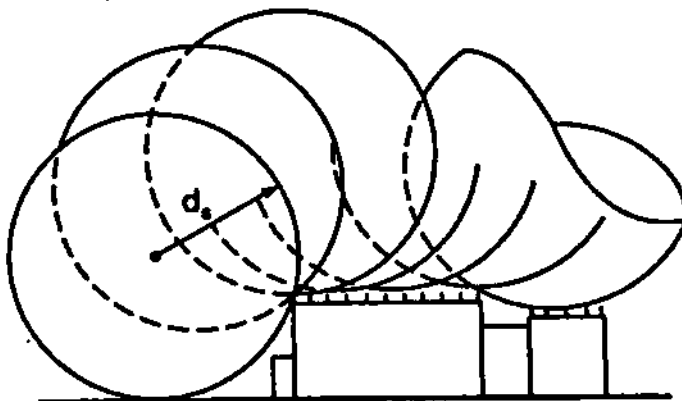
Dây giá đỡ ở giữa  $h_{\text{odts}}$  nằm giữa hai dây thu sét có độ cao bằng nhau  $h_{\text{dlx}}$ :  $h_{\text{odts}} = h_{\text{dlx}} - \frac{a}{4 \cdot p}$ ;  $a$  - khoảng cách giữa hai dây thu sét.



Hình 7.12b Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét có chiều cao khác nhau

**7.3.4 Xác định phạm vi bảo vệ chống sét theo mô hình điện hình học (phương pháp quả cầu lăn (Rolling Sphere method))**

**1- Nguyên tắc:** Phương pháp Rolling Sphere dựa trên mô hình điện hình học (Electrogeometric model (EGMs)) xét khả năng bắt sét của kim thu sét là một hàm theo khoảng cách phóng điện  $d_s$ ,  $d_s$  được xác định theo trị đỉnh dòng sét.



Hình 7.13 Nguyên tắc xác định vùng bảo vệ

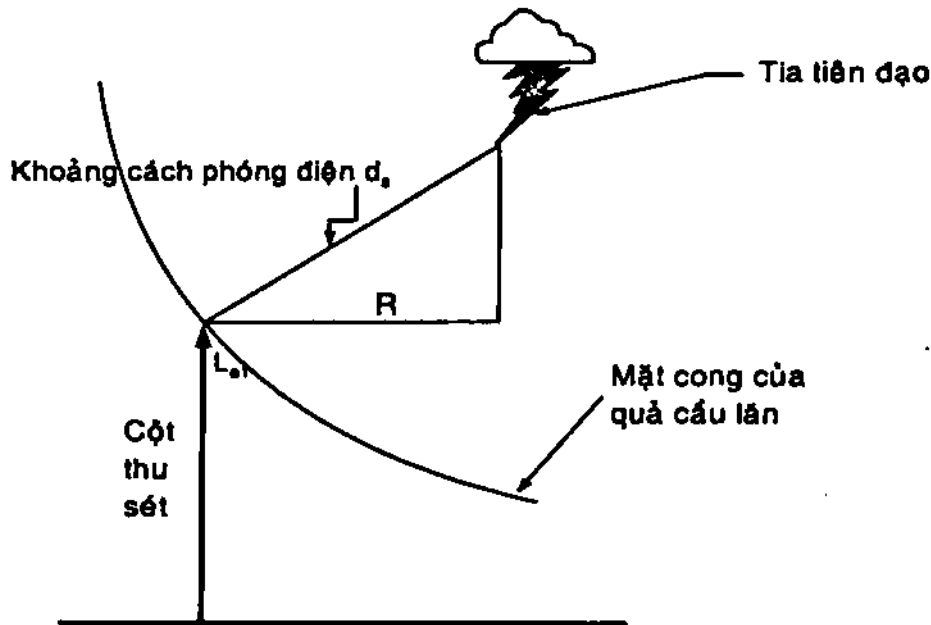
## 2- Tính toán

Khoảng cách phóng điện  $d_s$  có thể được tính theo các công thức sau:

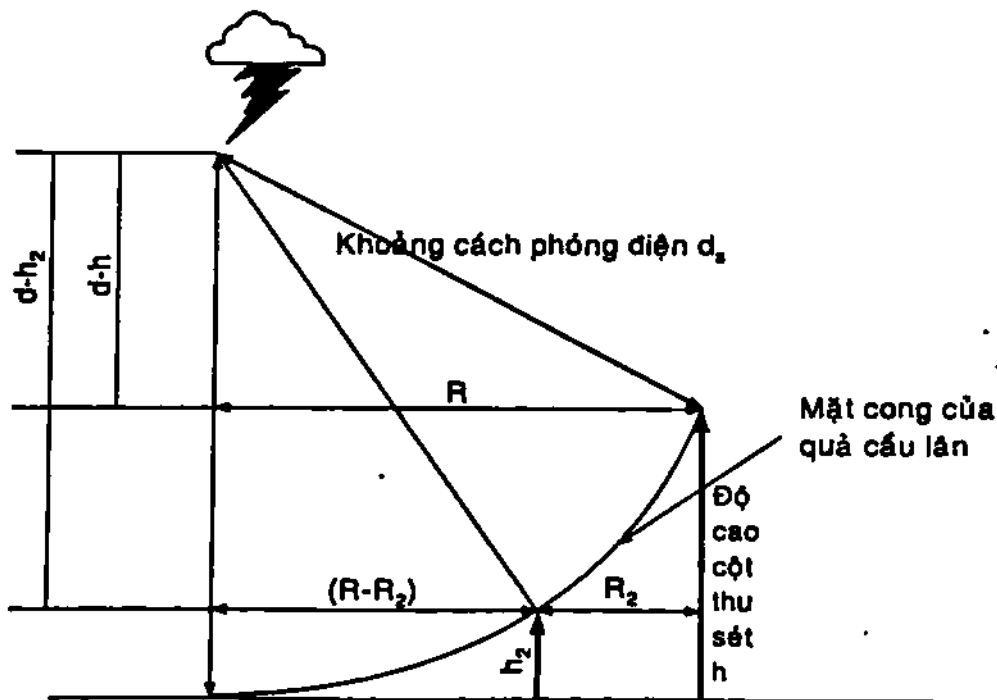
$$\text{Yuan (2001): } d_s = 7,28h_1^{0,771} \cdot I_p^{0,4882} \text{ (m)} \quad (h_1 < 13\text{m})$$

$$\text{Yuan (2001): } d_s = 52,47I_p^{0,4862} + 0,35(h_1 - 13) \text{ (m)} \quad (h_1 > 13\text{m})$$

$$\text{E.R.Love: } d_s = 10I_p^{0,65} \text{ (m)} \text{ (công thức này được sử dụng phổ biến)}$$



Hình 7.14 Bán kính hấp thu R



Hình 7.15 Bán kính hấp thu (R) của kim thu sét và vùng bảo vệ đối với vật cao  $h_2$

$$d_s = R^2 + (d_s - h_1)^2 \quad (7.8)$$

$$\text{Do đó: } R^2 = 2d_s h_1 - h_1^2 \Rightarrow R = \sqrt{2d_s h_1 - h_1^2} = \sqrt{h_1(2d_s - h_1)} \quad (7.9)$$

Xét vật có độ cao  $h_2$ , bán kính bảo vệ  $R_2$

$$d_s^2 = (R - R_2)^2 + (d_s - h_2)^2 \Rightarrow R_2 = R \left[ 1 - \sqrt{\frac{2d_s h_2 - h_2^2}{2d_s h_1 - h_1^2}} \right] \quad (7.10)$$

**Ví dụ:** Cột thu sét cao  $h = 12\text{m}$ , xét bảo vệ chống sét với  $I_s = 6\text{kA}$ , khoảng cách phóng điện  $d_s = 10.6^{0.65} = 32\text{m}$

Bán kính bảo vệ xét ở độ cao  $h_x = 0\text{m}$  (mặt đất)

$$R_0 = \sqrt{h(2d_s - h)} = \sqrt{12(2.30 - 12)} = 24\text{m}$$

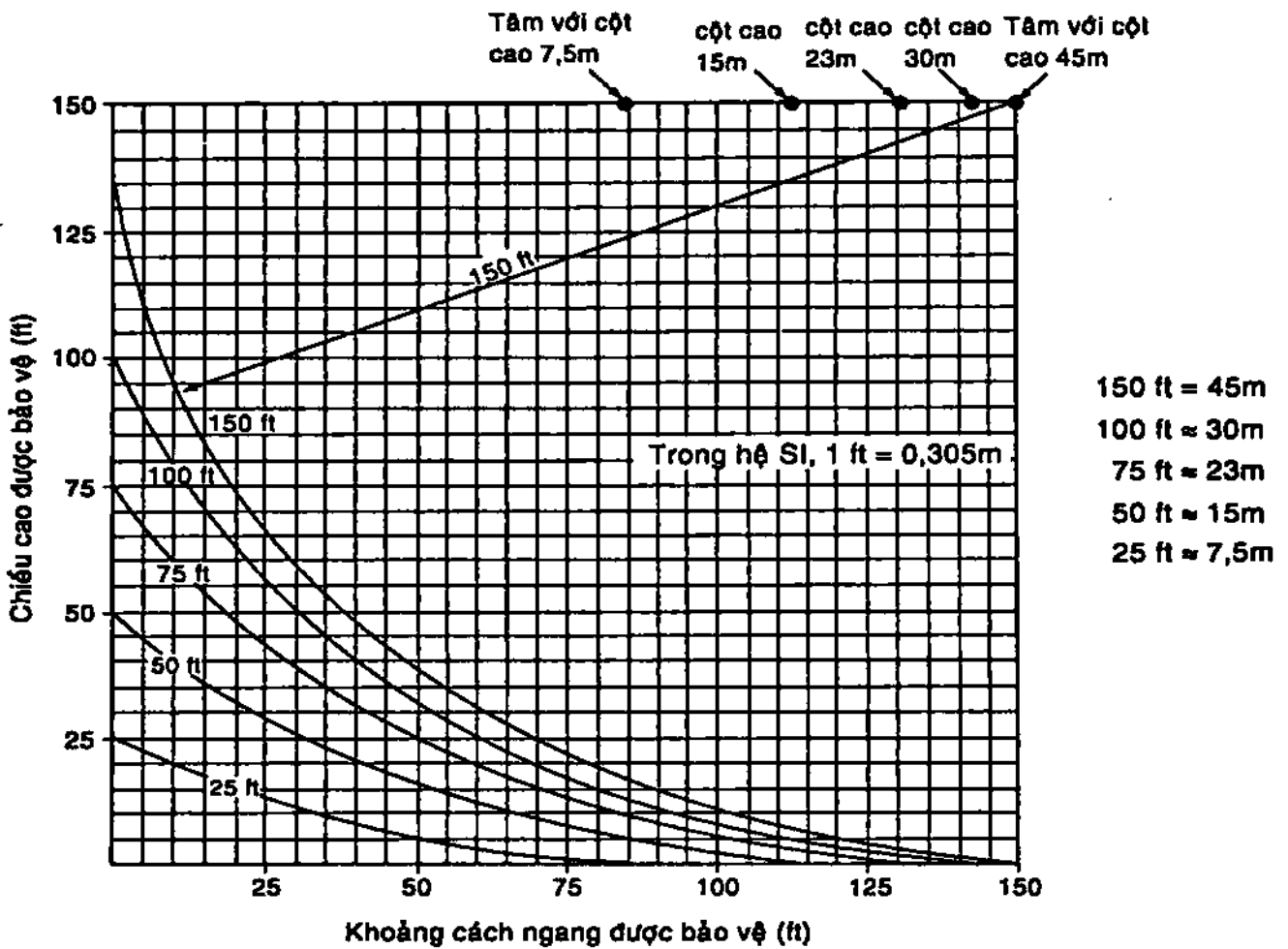
Giả sử người cao  $1,6\text{m}$ , bán kính bảo vệ chống sét ứng với cột thu sét sẽ là:

$$R_p = 24 \left[ 1 - \sqrt{\frac{2(32.1,6) - 1,6^2}{2(32.12) - 12^2}} \right] = 14,4\text{m}$$

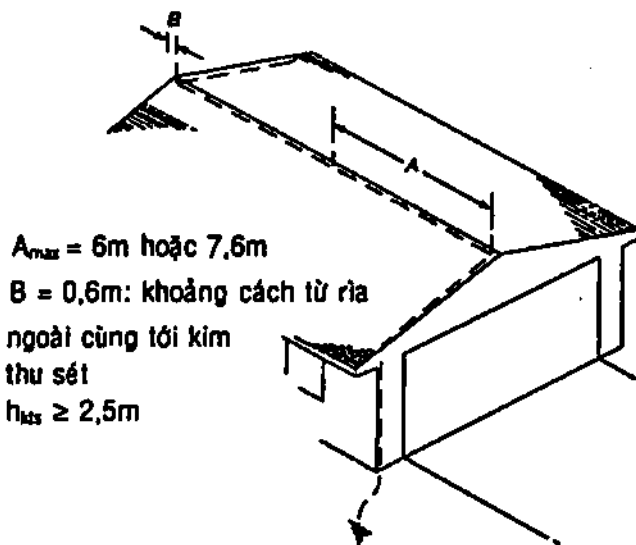
Vậy người cao  $1,6\text{m}$  đứng cách cột thu sét tối đa  $14,4\text{ m}$  sẽ được bảo vệ an toàn.

**Bảng 7.2** Cấp bảo vệ chống sét theo tiêu chuẩn IEC 61024-1

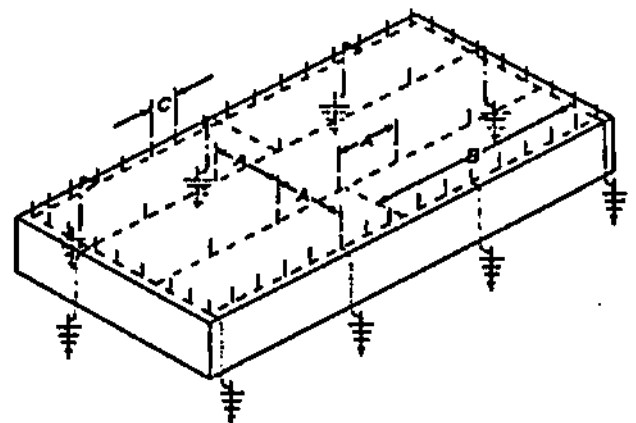
Trị đỉnh dòng sét $I_p$	Cấp bảo vệ	Khoảng cách phóng điện $d_s$ (m)	Hiệu quả bắt sét
2,9 kA	I	20	99%
5,4kA	II	30	97%
10,1 kA	III	45	91%
15,7 kA	IV	60	84%



**Hình 7.16** Vùng bảo vệ ứng với các cột thu sét có độ cao khác nhau xét với cùng khoảng cách phóng điện  $d_s = 45m$



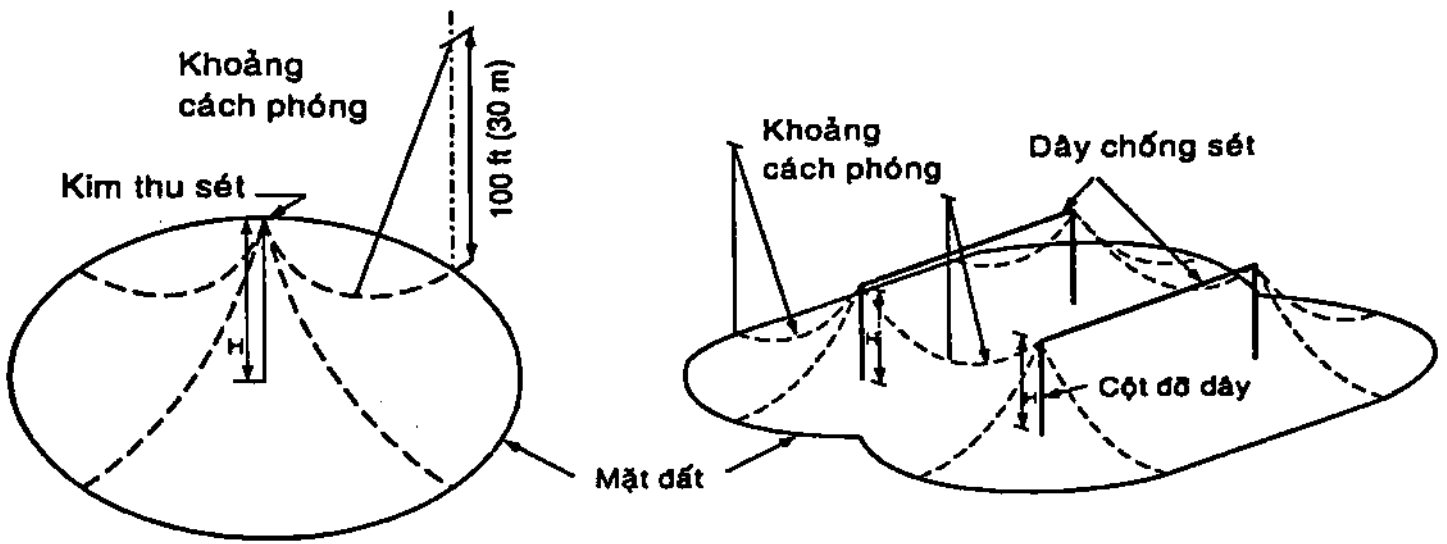
**Hình 7.17a** Bố trí kim thu sét trên nhà mái dốc



$A_{max} = 15m$ : khoảng cách tối đa giữa hai kim thu sét  
 $B_{max} = 45m$ : khoảng cách tối đa cho phép không nối tới dây dẫn sét xuống đất  
 $C_{max} = 6m$  hoặc  $7,6m$ : khoảng cách giữa hai kim thu sét bố trí dọc cạnh

**Hình 7.17b** Bố trí kim thu sét trên nhà mái bằng





a) Cột thu sét đơn

Vùng bảo vệ là đường đứt nét

b) Dây thu sét

Vùng bảo vệ là đường đứt nét

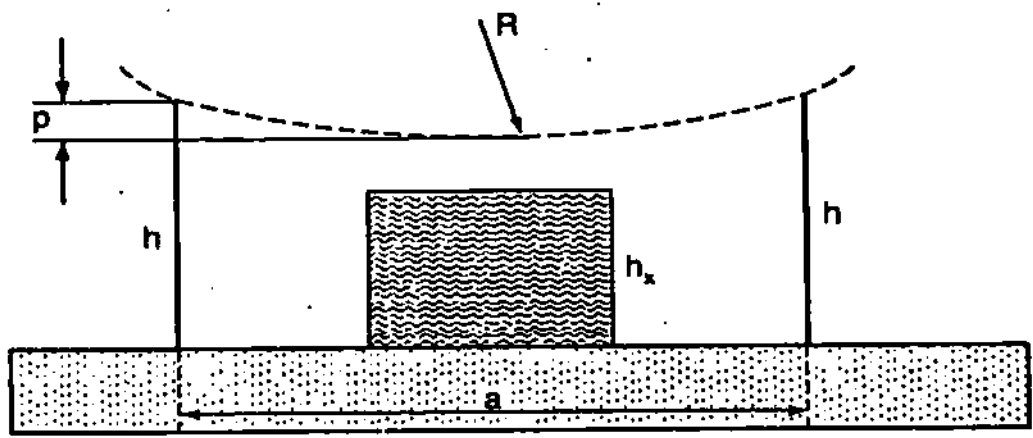
Hình 7.17c Phạm vi bảo vệ của một kim thu sét (a) và dây chống sét (b)

Độ võng giữa hai cột thu sét p theo bán kính quả cầu lăn:

$$p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} \tag{7.11}$$

R - bán kính quả cầu lăn

a - khoảng cách giữa hai kim thu sét hoặc hai dây thu sét song song.



Hình 7.17d Độ võng p giữa hai cột thu sét cao bằng nhau

Ví dụ: Tính chọn độ cao kim thu sét Δh:

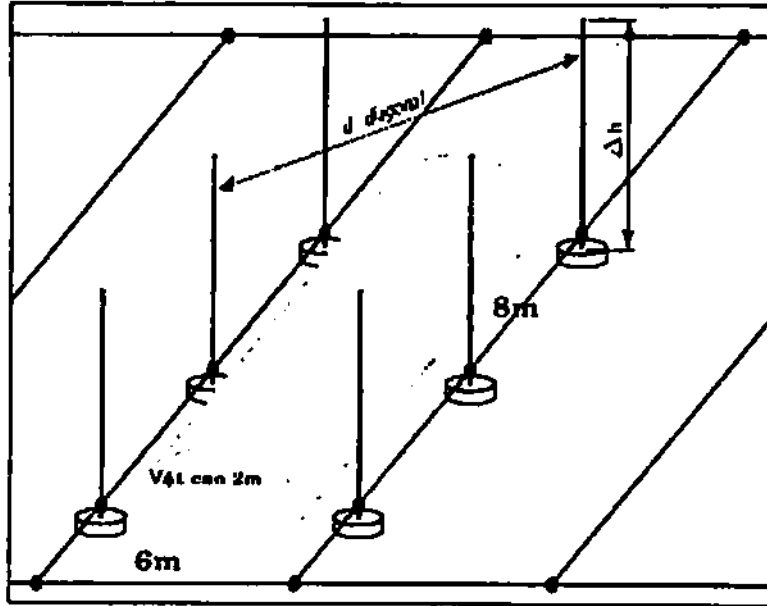
- 1- Chọn cấp bảo vệ (I, II, III, IV).
- 2- Chọn vị trí đặt kim thu sét.
- 3- Tính khoảng cách xa nhất cần bảo vệ giữa các kim thu sét đ.
- 4- Xác định p theo bảng.

5- Tính độ cao  $\Delta h \geq (h_x + p)$

Ví dụ: Bảo vệ cấp I,  $d = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\text{m}$

Tra bảng:  $p = 0,64\text{m}$ ;  $h_x = 2\text{m} \Rightarrow \Delta h \geq 2,64\text{m}$

Chọn kim thu sét cao 3m.



Hình 7.17e Ví dụ lắp kim thu sét theo phương pháp quả cầu lăn

Bảng 7.3 Độ võng  $p$  của quả cầu lăn trên hai cột thu sét cao bằng nhau hoặc hai dây thu sét song song

a Khoảng cách giữa 2 cột thu sét	Độ võng $p$ (m) theo phương pháp quả cầu lăn			
	Cấp bảo vệ theo bán kính quả cầu lăn			
	I(20m)	II(30m)	III(45m)	IV(45m)
2	0,03	0,02	0,01	0,01
4	0,1	0,07	0,04	0,03
6	0,23	0,15	0,1	0,08
8	0,4	0,27	0,18	0,13
10	0,64	0,42	0,28	0,21
12	0,92	0,61	0,4	0,3
14	1,27	0,83	0,55	0,41
16	1,67	1,09	0,72	0,54
18	2,14	1,38	0,91	0,68
20	2,68	1,72	1,13	0,84
23	3,64	2,29	1,49	1,11
26	4,8	2,96	1,92	1,43
29	6,23	3,74	2,4	1,78
32	8	4,62	2,94	2,17
35	10,32	5,63	3,54	2,61

### 7.3.5 Những điểm cần chú ý khi bảo vệ chống sét

Kỹ thuật bảo vệ chống sét cho các loại thiết bị khác nhau có nêu tỉ mỉ trong các quy trình quy phạm của Nhà nước. Ở đây chỉ nhắc tới mấy điểm cơ bản nhất.

Cột thu sét có thể đặt độc lập hoặc đặt ngay trên các thiết bị cần bảo vệ. Những cột độc lập làm bằng thép ống, nếu độ cao lớn hơn 20 m thì làm bằng cột hàn khung mắt cáo. Nếu dùng cột bê - tông cốt thép thì rẻ hơn, thậm chí có thể dùng cột bằng tre hoặc gỗ. Nếu cột thép thì dùng ngay nó làm đường dẫn dòng điện xuống đất, nếu cột tre, gỗ thì phải dùng dây dẫn dòng sét xuống đất. Để đảm bảo dây không bị phá hủy khi có dòng điện sét đi qua thì tiết diện của dây không được nhỏ hơn  $50 \text{ mm}^2$ .

Để tránh hiện tượng mang điện thế cao ra những vùng nối đất xấu, không được dùng các dây néo để giữ cột thu lôi.

Những công trình có mái lợp bằng tôn không cần có thu sét. Trong trường hợp này, mái nhà sẽ làm nhiệm vụ thu sét, do đó phải nối đất tốt mái nhà ở hai điểm. Nếu nhà dài hơn 20 m thì phải có những dây dẫn dòng sét phụ thêm. Các tượng, đài kỷ niệm có độ cao lớn cũng phải được chống sét tốt. Thường thì ngay trong quá trình xây dựng đặt dây vào trong tượng.

Những mái nhà không dẫn điện được bảo vệ bằng lưới thép với ô kích thước  $5 \times 5 \text{ m}$ . Các chỗ tiếp xúc phải hàn tốt. Mạng lưới này phải được nối đất tốt và dây dùng làm lưới phải có  $\Phi 7,8 \text{ mm}$ .

Nói chung phải hàn tại các chỗ tiếp xúc, nếu dùng bu-lông để giữ thì ít nhất chỗ nối phải có tiết diện gấp đôi tiết diện dây. Các dây dẫn được sơn hoặc tráng kẽm để tránh han gỉ.

Điểm cuối cùng đáng nhớ là phải định kỳ kiểm tra mạng lưới chống sét nhất là vào những kỳ trước mùa mưa.

### 7.3.6 Khoảng cách cần thiết giữa cột thu sét và vật cần bảo vệ

Tất cả những vật được bảo vệ phải nằm trọn vẹn trong phạm vi bảo vệ của cột thu sét, nhưng đồng thời cũng cần cách cột thu sét một khoảng nhất định.

Có thể chứng minh được điều kiện cần thiết để chọn khoảng cách trong không khí và trong đất như sau:

$$S_{kk} \geq (0,3 R + 0,1 l) \cong (5 \div 7 \text{ (m)}) \quad (7.12)$$

trong đó:  $S_{kk}$  - khoảng cách tối thiểu trong không khí

$R$  - điện trở nối đất xung kích của cột thu sét

$l$  - độ cao của vật được bảo vệ

$$S_d \geq 0,5R \cong 5 \text{ m} \quad (7.13)$$

$S_d$  - khoảng cách tối thiểu trong đất (giữa các cực nối đất của cột thu sét và vật được bảo vệ).

## 7.4 BẢO VỆ CHỐNG SÉT CẢM ỨNG

Để chống cảm ứng tĩnh điện, tất cả các bộ phận kết cấu kim loại và các máy móc lớn có trong công trình phải nối với một bộ phận nối đất chống cảm ứng sét hay nối với bộ phận nối đất bảo vệ thiết bị điện.

Bộ phận nối đất chống cảm ứng sét phải có trị số điện trở tản dòng điện tần số công nghiệp không lớn hơn  $10 \Omega$  và phải đặt cách xa bộ phận nối đất chống sét đánh thẳng một khoảng cách  $S_d$  như đã nêu ở phần trên.

Để chống cảm ứng điện từ, phải nối tất cả các đường ống kim loại, các kết cấu kim loại dài, đai và vỏ kim loại của các cáp tại những chỗ chúng đi gần nhau nhất (trong phạm vi 100mm). Nếu chúng song song với nhau, dọc theo chiều dài cứ cách nhau 15 đến 20m phải nối liên hệ với nhau. Nếu các đoạn song song đó không dài quá 20m thì phải nối tại hai đầu ống.

Các mối nối, mặt bít hay măng - xông nối của các đường ống phải bảo đảm điện trở tiếp xúc  $0,03 \Omega$ , nếu không bảo đảm tiếp xúc tốt phải hàn vát thêm các cầu nối bằng thép tròn hay thép dẹt.

Để chống điện áp cao của sét lan truyền trong công trình nếu có hệ đường ống ngầm bằng kim loại dẫn vào, ở vị trí đầu vào công trình phải nối hệ đường ống với bộ phận nối đất chống cảm ứng sét hay nối với bộ phận nối đất bảo vệ thiết bị điện.

Bộ phận nối đất chống sét đánh thẳng phải đặt cách xa hệ đường ống ngầm và các bộ phận nối đất khác một khoảng cách  $S_d$  như đã nêu trên.

Để chống điện áp cao của sét lan truyền trong công trình nếu có hệ đường ống bằng kim loại đặt nối ở bên ngoài dẫn vào cần phải:

a) Nếu hệ đường ống đặt trên các trụ đỡ, ở vị trí đầu vào công trình - nối ống với bộ phận nối đất chống cảm ứng sét. Tại trụ đỡ thứ nhất (gần công trình) nối đất với vị trí điện trở tản dòng điện tần số công nghiệp  $10 \Omega$  và trụ đỡ thứ hai là  $20 \Omega$ .

Đọc theo đường ống khoảng 20 đến 30 m nối đất lặp lại với điện trở tản dòng điện tần số công nghiệp  $30 \Omega$ .

b) Nếu hệ đường ống đặt ở mặt đất, tại vị trí đầu vào công trình, nối ống với bộ phận nối đất chống cảm ứng sét. Ở các điểm dọc theo chiều dài ống, cách vị trí đầu vào công trình 10 và 20 m, nối đất với điện trở tản dòng điện tần số công nghiệp tương ứng bằng  $10 \Omega$  và  $20 \Omega$ . Sau đó cứ tiếp nhau từng khoảng 20 đến 30 m nối đất lặp lại với điện trở tản dòng điện tần số công nghiệp  $30 \Omega$ .

Các đường dây dẫn vào công trình có điện áp dưới 1.000 V (ngoài ra, các đường dây khác đều không được dẫn vào) nhất thiết phải đặt cáp ngầm suốt từ trạm biến áp cung cấp tới công trình, đồng thời phải áp dụng thêm các biện pháp sau:

a) Tại trạm biến áp cung cấp điện, ở phía điện áp thấp và tại hộp đấu cáp của công trình, trên các lõi cáp phải đặt bộ chống sét hạ áp.

b) Vỏ hộp đấu cáp, đai và vỏ kim loại của cáp ở đầu vào công trình phải nối với bộ phận nối đất của các bộ chống sét hạ áp.

**\* Thiết bị chống sét lan truyền (lọc sét SRF: *Surge Reduction Filter*):**

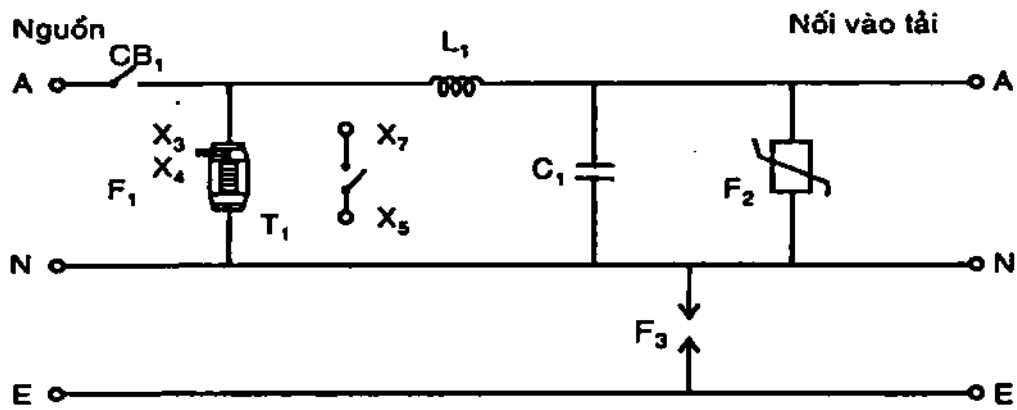
SRF là thiết bị kết hợp hai chức năng gồm mạch kẹp năng lượng cao và mạch lọc đặc biệt, SRF được mắc nối tiếp trên mạch động lực, thường là ở đầu phía nguồn vào. Chức năng bảo vệ được thực hiện thông qua ba tầng mạch sau:

- Mạch kẹp điện: áp quá độ cao ở đầu vào và trả năng lượng này về nguồn hoặc giải phóng xuống đất, phần tử chủ yếu của mạch là điện trở phi tuyến loại oxide kim loại (Movtec).

- Mạch lọc tần số cao nhằm loại bỏ năng lượng quá độ, đảm bảo giữ lại dạng sóng sin nguồn.

- Mạch lọc thứ cấp, bảo vệ tình trạng quá độ gây ra bởi hiện tượng cảm ứng ở cáp đầu ra của bộ SRF hoặc do tải.

**\* Các sơ đồ nguyên lý mạch SRF:**



$F_1$  là một điện trở phi tuyến Movtec (MT xxxV - 135K - A)  
làm nhiệm vụ bảo vệ sơ cấp

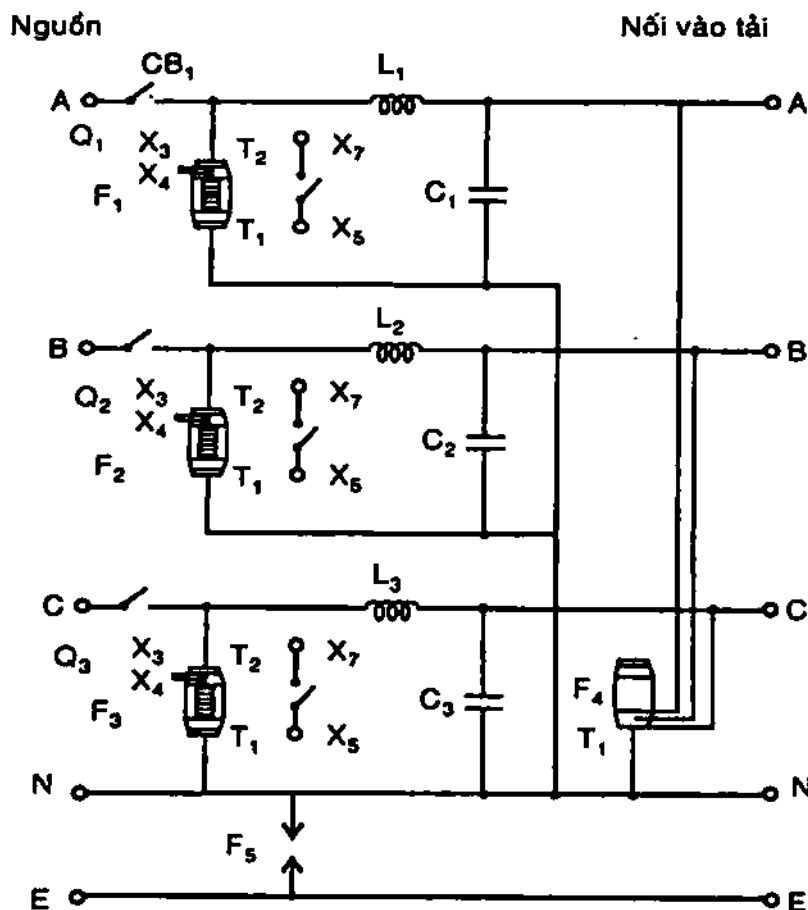
**Hình 7.18 SRF một pha**

$F_1$  - bảo vệ sơ cấp (điện trở phi tuyến Movtec)

$F_2$  - bảo vệ thứ cấp (điện trở phi tuyến)

L - C - mạch lọc

$F_3$  - khe phóng điện giải phóng năng lượng sét xuống đất



$F_{1..3}$  - điện trở phi tuyến loại Movtec (MT - 135K - A) làm nhiệm vụ bảo vệ sơ cấp

$F_4$  - điện trở phi tuyến bảo vệ thứ cấp đặt ở trung tính và các pha

**Hình 7.19 SRF ba pha**

**7.5 TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VỀ THỰC HIỆN HỆ THỐNG ĐIỆN TRỞ NỔ ĐẤT CHỐNG SÉT**

• Khi  $\rho_d \leq 300 \text{ m}\Omega$  sử dụng hình thức nối đất tập trung  $l_{\text{cọc}} = 2 \div 3 \text{ m}$ , nếu  $\rho_{\text{đất}}$  ở dưới sâu có trị số nhỏ hoặc có các mạch nước ngầm cần sử dụng hình thức nối đất chôn sâu với chiều dài cọc  $l_{\text{cọc}} \leq 6 \text{ m}$ .

• Khi  $\rho_{\text{đất}}$  lớp trên nhỏ, phía dưới là sỏi, đá hoặc có  $\rho_{\text{đất}}$  lớn hơn sử dụng hình thức nối đất hình tia  $l_{\text{tia}} \leq 20 \text{ m}$ , chôn sâu  $0,5 - 0,8 \text{ m}$  số tia  $\leq 4$ , góc giữa các tia  $\geq 90^\circ$ .

• Khi  $\rho_d = 300 \div 700 (\Omega \text{ m})$ , sử dụng hình thức nối đất tổng hợp cọc - tia, số tia  $\leq 4$ ,  $l_{\text{tia}} \leq 30 \text{ m}$ . Các cọc chỉ nên đóng cọc từ chỗ dây nối vào tia đến  $2/3$  chiều dài tia.

• Khi  $\rho_d > 700 \Omega \text{ m}$ , sử dụng hình thức nối đất tia, mạch vòng hoặc hỗn hợp (khi  $\rho_{\text{đất}}$  tại chỗ quá lớn có thể kéo dây dài đến chỗ có  $\rho_d$  nhỏ nhưng khoảng kéo  $\leq 100 \text{ m}$ ).

• Khoảng cách giữa các cọc  $a \geq 2$  chiều dài cọc, khi điều kiện cụ thể không cho phép ít nhất phải đảm bảo  $a \sim l_{\text{cọc}}$ .

•  $R_{\text{nd-}}$  : điện trở nối đất tần số công nghiệp.

Khi hệ thống nối đất do  $n$  bộ phận nối đất giống nhau hợp thành,  $R_{\text{nd-}}$  được tính bằng công thức sau:

$$R_{\text{nd-}} = \frac{R_{0-}}{n \cdot \eta_-} \tag{7.14}$$

$R_{0-}$  - điện trở nối đất tần số công nghiệp của một bộ phận nối đất

$\eta_-$  - hệ số sử dụng ở tần số công nghiệp.

**Bảng 7.4** Hệ số sử dụng  $\eta_-$  của tia nối đất nằm ngang độ chôn sâu  $0,5 \div 0,8 \text{ m}$

$l_{\text{tia}} \text{ (m)}$	$n = 3 \text{ tia}$	$n = 4 \text{ tia}$
3	0,75	0,62
6	0,77	0,65
9	0,78	0,68
12	0,80	0,70
18	0,81	0,71

$$R_{\Sigma-} = \frac{R_{0\text{tia}}}{n \eta_-} \tag{7.15}$$

$$R_{\text{ndxungkích}} = R_{\text{nd-}} \cdot \eta_{\text{xk}} \tag{7.16}$$

$\eta_{\text{xk}}$  - hệ số sử dụng xung kích.

Bảng 7.5 Hệ số sử dụng  $\eta_-$  và  $\eta_{xk}$ 

Hình thức nối đất	Giản đồ	$\rho_{đất}$ ( $\Omega m$ )	$\eta_-$	$\eta_{xk}$
Hai cọc thẳng đứng $l = 3 + 8$ (m); $a = 6 + 16$ (m)		100 + 1000	0,9	0,8
Ba cọc thẳng đứng $l = 3 + 8$ (m); $a = 6 + 18$ (m)		500 + 5000	0,87	0,75
Bốn cọc thẳng đứng $l = 8$ m $a = 6 + 12$ (m)		500 + 5000	0,8	0,75
Hỗn hợp cọc-tia $l = 3 + 6$ (m) $a = 6 + 12$ (m)		1000 + 5000	0,8	0,75
Hỗn hợp cọc-tia $l = 8$ (m) $a = 16$ (m)		1000 + 5000	0,8	0,75
Hai tia thẳng hàng $l = 6 + 20$ (m)		100 + 1000	1	1
Ba tia nằm ngang $l = 6 + 12$ (m)		100 + 1000	0,85	0,75
Hai tia nằm ngang		500 + 5000	0,8	0,75



**Bảng 7.6** Hệ số sử dụng bộ phận nối đất hỗn hợp cọc-tia

a/	Số cọc n	η-	
		η <sub>cọc</sub>	η <sub>thanh</sub>
1	2	0,85	0,8
	3	0,8	0,8
	5	0,7	0,75
	10	0,6	0,6
2	2	0,9	0,9
	3	0,85	0,9
	5	0,8	0,85
	10	0,75	0,75
3	2	0,95	0,95
	3	0,9	0,9
	5	0,85	0,8

Điện trở tương đương:

$$\frac{1}{R_y} = \frac{1}{R_{cọc\Sigma}} + \frac{1}{R_{thanh\Sigma}} = \frac{1}{\frac{R_{cọc}}{n \cdot \eta_{cọc}}} + \frac{1}{\frac{R_{thanh}}{\eta_{thanh}}} = \frac{n \cdot \eta_{cọc}}{R_{cọc}} + \frac{\eta_t}{R_{thanh}}$$

$$R_{y-} = \frac{R_{cọc} \cdot R_{thanh}}{R_{cọc} \cdot \eta_{thanh} + n \eta_{cọc} R_{thanh}} \quad (7.17)$$

## 7.6 TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VỀ THỰC HIỆN BẢO VỆ CHỐNG SÉT

Đối với các công trình không cao hơn 16 m, không rộng hơn 20 m, không có các phòng có nguy cơ cháy nổ, không tập trung đông người và xây dựng tại những vùng có mật độ sét đánh thẳng không cao, có thể áp dụng phương thức bảo vệ trọng điểm như sau:

- a) Đối với công trình mái bằng, chỉ cần bảo vệ cho các góc nhà và dọc theo chu vi của đường viền tường chắn mái.
- b) Đối với các công trình mái dốc, mái răng cưa, mái chông diêm, chỉ cần bảo vệ cho các góc nhà, góc diêm mái, dọc theo bờ nóc và diêm mái. Nhưng nếu chiều dài của công trình không quá 30 m thì không cần bảo vệ bờ nóc, và nếu độ dốc mái lớn hơn 28° thì cũng không cần bảo vệ diêm mái.
- c) Bảo vệ cho những bộ phận kết cấu nhô cao lên khỏi mặt mái phải bố trí các kim hoặc đai thu sét.

Những kim hoặc đai này phải được nối với bộ phận thu sét của công trình.

Đối với những công trình có mái kim loại được phép sử dụng mái làm bộ phận thu và dẫn sét nếu bề dày của mái:

- Lớn hơn 4 mm, đối với những công trình có một số phòng có nguy cơ nổ, cháy.
- Lớn hơn 3,5 mm, đối với những công trình không có nguy cơ nổ, cháy.
- Khi sử dụng mái làm bộ phận thu và dẫn sét phải đảm bảo được sự dẫn điện liên tục của mái. Nếu không, phải hàn nối các bộ phận riêng rẽ của mái với nhau, mỗi bộ phận ít nhất phải có hai mối nối.

Đọc theo chu vi mái cứ cách nhau 20 đến 30 m phải đặt một dây xuống, nếu công trình nhỏ ít nhất cũng có hai dây xuống.

Trường hợp bề dày mái kim loại nhỏ hơn các trị số quy định trên, phải đặt bộ phận thu sét riêng để bảo vệ, chỉ được sử dụng mái để dẫn sét và cũng phải bảo đảm yêu cầu dẫn điện liên tục như trên.

Đối với các công trình bằng tranh, tre, nứa, lá phải bố trí thiết bị chống sét độc lập với công trình. Nếu xung quanh công trình có các cây xanh, tốt nhất là sử dụng cây xanh đó để đặt thiết bị chống sét, nhưng cũng phải bảo đảm các khoảng cách an toàn như quy định.

Trường hợp có lợi nhiều về kinh tế - kỹ thuật thì được phép đặt thiết bị chống sét ngay trên công trình, nhưng cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

a) Phải sử dụng kim thu sét lắp trên cột cách điện (gỗ, tre, ...) khoảng cách từ các phần dẫn điện của kim đến mái công trình không được nhỏ hơn 400 mm.

b) Dây xuống phải bố trí trên các chân đỡ không dẫn điện và cách mái từ 150 mm trở lên.

c) Dây xuống không được xuyên qua mái. Trường hợp đặc biệt phải xuyên qua mái, phải luồn trong ống sành hoặc sứ cách điện.

Đối với công trình chăn nuôi gia súc (loại gia súc lớn) phải bố trí thiết bị chống sét độc lập. Bộ phận thu sét và bộ phận nối đất phải đặt cách xa móng công trình và cửa ra vào một khoảng cách ít nhất là 10 m.

Trường hợp có lợi về kinh tế, được phép đặt bộ phận thu sét ngay trên công trình, nhưng bộ phận nối đất phải đặt cách móng công trình và cửa ra vào một khoảng cách ít nhất là 5 m. Nếu không bảo đảm được khoảng cách nói trên, khi đặt xong bộ phận nối đất phải phủ lấp lên trên một lớp đá dăm (hoặc sỏi) nhựa đường có chiều dày từ 100 mm trở lên, kèm theo nên đặt một biển báo phòng ngừa.

Đối với kim hay dây thu sét - từ mỗi kim hoặc dây thu sét phải có ít nhất là hai dây xuống.

Đối với lưới thu sét - làm bằng thép tròn, kích thước mỗi ô lưới không được lớn hơn  $5 \times 5$  m. Các mắt lưới phải được hàn nối với nhau.

Trường hợp công trình có mái bằng kim loại, nếu bề dày mái lớn hơn 4 mm, có thể sử dụng mái để thu và dẫn sét. Nếu mái kim loại có bề dày nhỏ hơn 4 mm chỉ được sử dụng mái để dẫn sét. Trong mọi trường hợp, phải bảo đảm sự dẫn điện liên tục giữa các bộ phận riêng rẽ của mái với nhau.

Trên mái của công trình, nếu có đặt các bộ phận nhô cao bằng kim loại (như ống thông hơi, thang chữa cháy...) thì mỗi bộ phận này phải bảo đảm dẫn điện liên tục và phải được hàn nối với lưới thu sét hay mái kim loại nếu các bộ phận nhô cao nói trên không bằng kim loại (như ống khói, ống thông hơi xây bằng gạch...), phải đặt lên trên các bộ phận thu sét phụ (kim hoặc đai thu sét) và hàn nối bộ phận thu sét phụ này với lưới thu sét hay mái kim loại.

Đối với các công trình cao quá 15 m, cần phải thực hiện đẳng áp từng tầng. Tại các tầng của công trình, phải đặt các đai san bằng điện áp bao quanh công trình, các dây xuống phải nối với các đai san bằng điện áp và tất cả các bộ phận bằng kim loại, kể cả các bộ phận kim loại không mang điện của các thiết bị, máy móc ở các tầng cũng phải được nối với các đai san bằng điện áp bằng dây nối. Trường hợp này phải thực hiện nối đất mạch vòng bao quanh công trình.

Khi sử dụng bộ phận nối đất cọc hay cụm cọc chôn thẳng đứng, các dây xuống phải đặt ở phía ngoài trên các mặt tường của công trình. Khi sử dụng bộ phận nối đất kéo dài hay mạch vòng, dây xuống phải đặt cách nhau không quá 15 đến 20 m dọc theo chu vi mái công trình.

Có thể sử dụng các bộ phận kết cấu kim loại của công trình (như: cốt thép, vì kèo thép...) cũng như cốt thép trong các cấu kiện bê tông cốt thép (trừ cốt thép có ứng lực trước và cốt thép của cấu kiện

bê tông nhẹ) để làm dây xuống, với điều kiện kĩ thuật thi công phải đảm bảo được sự dẫn điện liên tục của các bộ phận kim loại được sử dụng để làm dây xuống nói trên (bằng phương pháp hàn điện).

Ở những vùng đất có trị số điện trở suất nhỏ hơn hoặc bằng  $3 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ , được phép sử dụng cốt thép trong các loại móng bằng bê tông cốt thép để làm bộ phận nối đất, với điều kiện kỹ thuật thi công phải đảm bảo được sự dẫn điện liên tục của các cốt thép trong các loại móng nói trên.

Khoảng cách giữa các bộ phận của thiết bị chống sét và các bộ phận kim loại công trình, các đường ống, đường dây điện lực, điện yếu (điện thoại, truyền thanh...) dẫn vào công trình:

a) Phía trên mặt đất không được nhỏ hơn 1,5 m; phía dưới mặt đất không được nhỏ hơn 3 m.

b) Trường hợp thực hiện khoảng cách qui định trên gặp nhiều khó khăn và không hợp lí về kinh tế - kĩ thuật thì được phép nối chúng và cả các bộ phận kim loại không mang điện của các thiết bị điện với thiết bị chống sét, trừ các phòng có nguy cơ gây ra cháy nổ, và phải thực hiện thêm các phương pháp sau:

- Các đường dây điện lực, điện nhẹ phải luồn trong các ống thép, hoặc sử dụng các loại cáp có vỏ bằng kim loại và nối các ống thép, hoặc vỏ kim loại của cáp với đai san bằng điện áp tại chỗ chúng gần nhau nhất.

- Phải đặt đai san bằng điện áp bên trong công trình.

Đai san bằng điện áp là một mạng các ô lưới đặt nằm ngang, chôn ở độ sâu không nhỏ hơn 0,5 m so với mặt sàn, làm bằng thép tròn hoặc thép dẹt tiết diện không được nhỏ hơn  $10 \text{ mm}^2$  và bề dày thép dẹt không nhỏ hơn 4 mm.

Kích thước mỗi ô lưới không được lớn hơn  $5 \times 5 \text{ m}$ .

- Nhất thiết phải sử dụng hình thức nối đất mạch vòng bao quanh công trình và dọc theo mạch vòng nối đất, cứ cách nhau từng khoảng 10 đến 15 m phải hàn nối liên hệ với đai san bằng điện áp trong công trình: diện trở xung kích của mạch vòng nối đất không vượt quá trị số đã nêu trên.

- Khi sử dụng cốt thép trong các móng bằng bê tông cốt thép của công trình để làm bộ phận nối đất, không yêu cầu đặt đai san bằng điện áp bên trong công trình.

Chống sét cho các bể chứa kín đặt ở ngoài trời.

a) Trường hợp bể chứa bằng kim loại, nếu thành bể có bề dày từ 5 mm trở lên, được sử dụng thành bể để thu và dẫn sét, nếu bể dày thành bể nhỏ hơn 5 mm thì phải đặt bộ phận thu sét riêng, thành bể chỉ được sử dụng để dẫn sét.

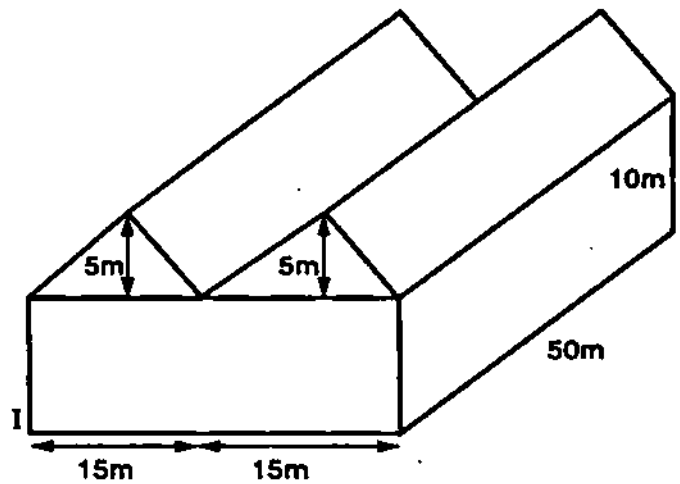
b) Trường hợp các bể chứa bằng bê tông cốt thép, có thể bố trí thiết bị chống sét độc lập, cách li hay đặt trực tiếp trên bể chứa đó.

c) Nếu có ống thông hơi hoặc thoát khí trên bể thì khoảng không gian trên các ống đó cũng phải được bảo vệ như đã nêu trên.

d) Điện trở nối đất xung kích của bộ phận nối đất không được lớn hơn 20  $\Omega$  và phải có ít nhất là hai dây xuống nối thành bể hay bộ phận thu sét với bộ phận nối đất.

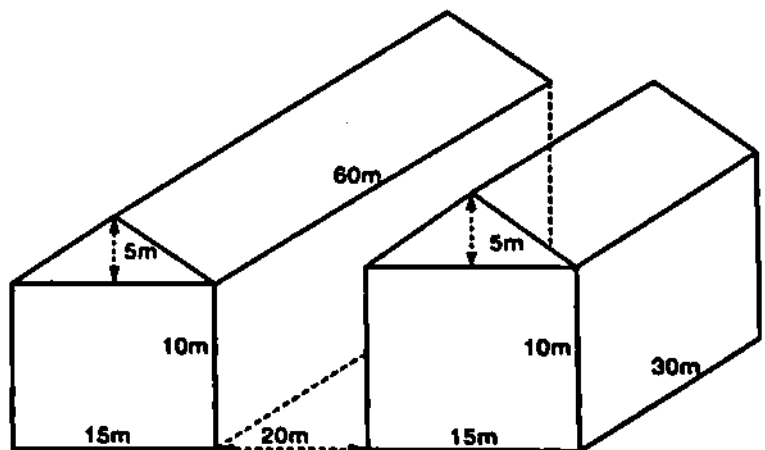
## 7.7 BÀI TẬP

7.1 Công trình được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho công trình được bảo vệ. Cho  $h_{kim} = 3m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ.



Ngoài biện pháp bảo vệ bằng kim thu sét cổ điển nêu trên, sinh viên hãy trình bày các thiết bị chống sét đánh trực tiếp khác có thể áp dụng trong trường hợp này.

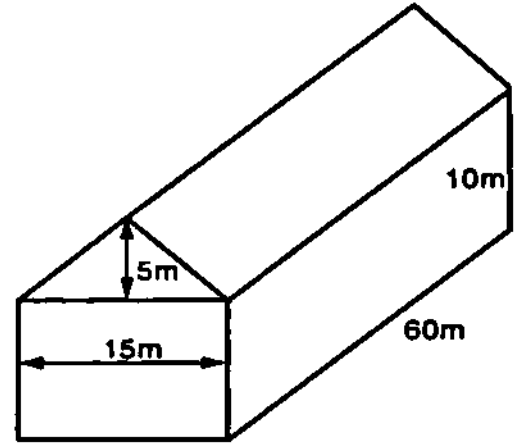
7.2 a) Công trình được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho các công trình được bảo vệ. Cho  $h_{kim} = 2m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ.



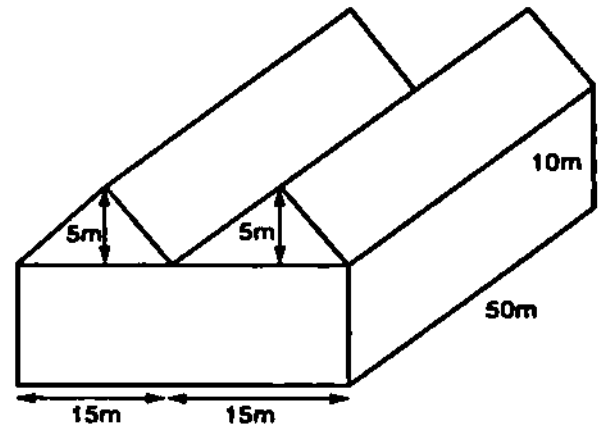
b) Xét trường hợp bảo vệ bằng đầu ESE, cấp bảo vệ II. Chọn vị trí đặt đầu, loại đầu, chiều cao  $H$  cần thiết để bảo vệ cho hai công trình trên.

**7.3** Công trình được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho công trình được bảo vệ. Cho  $h_{kim} = 3m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ.

Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE. Hãy chọn vị trí đặt, loại đầu, độ cao  $h$ . Cho cấp bảo vệ loại cấp III. Vẽ phạm vi bảo vệ.



**7.4** Công trình được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho công trình được bảo vệ. Cho  $h_{kim} = 3m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ.



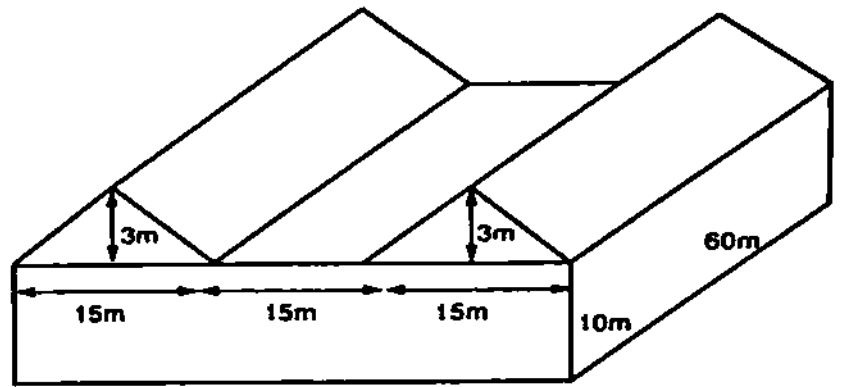
Ngoài biện pháp bảo vệ bằng kim thu sét cổ điển nêu trên, sinh viên hãy trình bày các thiết bị chống sét đánh trực tiếp khác có thể áp dụng trong trường hợp này.

**7.5** Công trình có mái bằng vật liệu không dẫn điện được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho công trình được bảo vệ.

Cho  $h_{kim} = 2m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ. Xem hình bài tập 7.6.

Ngoài biện pháp bảo vệ bằng kim thu sét cổ điển nêu trên, sinh viên hãy trình bày các thiết bị chống sét đánh trực tiếp khác có thể áp dụng trong trường hợp này.

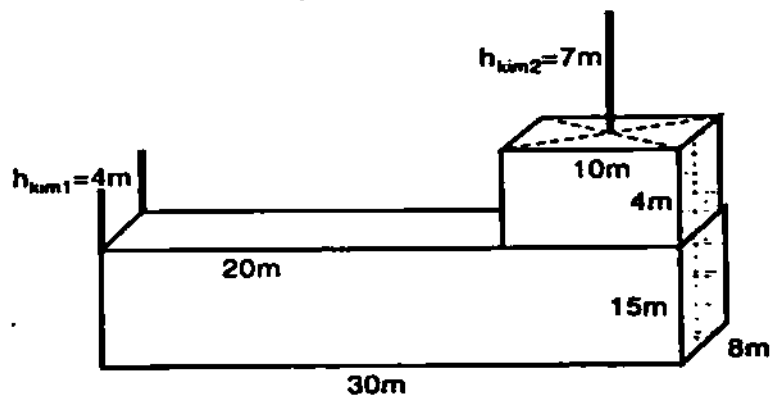
**7.6** Công trình có mái bằng vật liệu không dẫn điện được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc toàn bộ. Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho công trình được bảo vệ.



Cho  $h_{kim} = 3m$ . Yêu cầu vẽ phạm vi bảo vệ trên hình chiếu bằng ứng với các độ cao cần bảo vệ.

Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE, hãy chọn vị trí đặt, cấp bảo vệ, độ cao  $h$ , loại đầu và vẽ phạm vi bảo vệ.

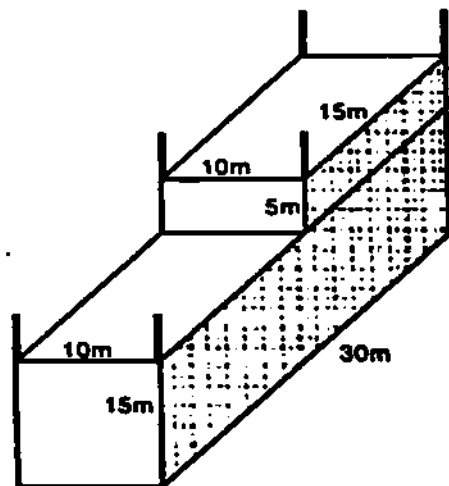
**7.7** a) Công trình mái bằng được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Các kim thu sét cổ điển được bố trí trên công trình như hình vẽ. Hãy tính toán kiểm tra điều kiện bảo vệ đối với các độ cao cần thiết.



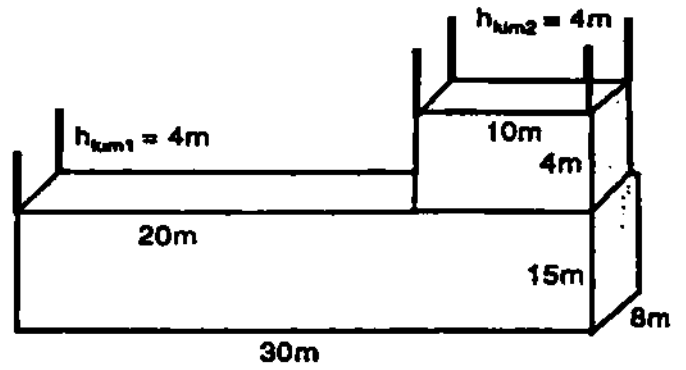
b) Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE, hãy chọn vị trí đặt, độ cao  $h$ , cấp bảo vệ, loại đầu ESE và vẽ phạm vi bảo vệ để chứng minh công trình được bảo vệ.

**7.8** Công trình được bảo vệ chống sét trực tiếp theo nguyên tắc bảo vệ trọng điểm. Các kim thu sét có độ cao 4m và được bố trí như hình vẽ.

Hỏi các kim này có bảo vệ được cho tòa nhà không? (tính các phạm vi bảo vệ để chứng minh).

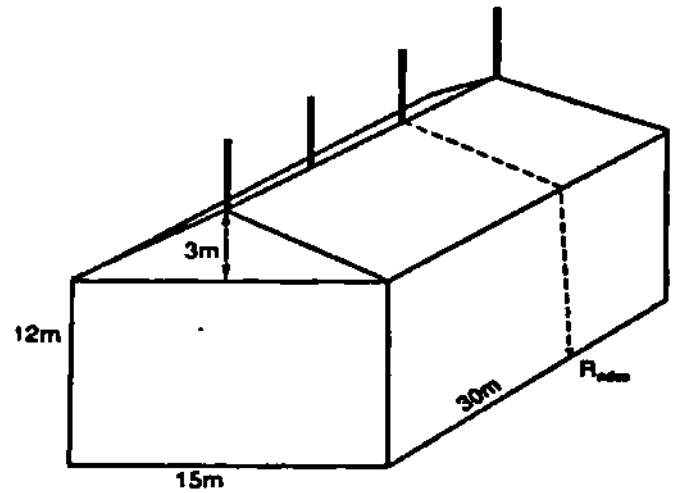


7.9 a) Công trình mái bằng được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm. Các kim thu sét cổ điển được bố trí trên công trình như hình vẽ. Hãy tính toán kiểm tra điều kiện bảo vệ đối với các độ cao cần thiết.



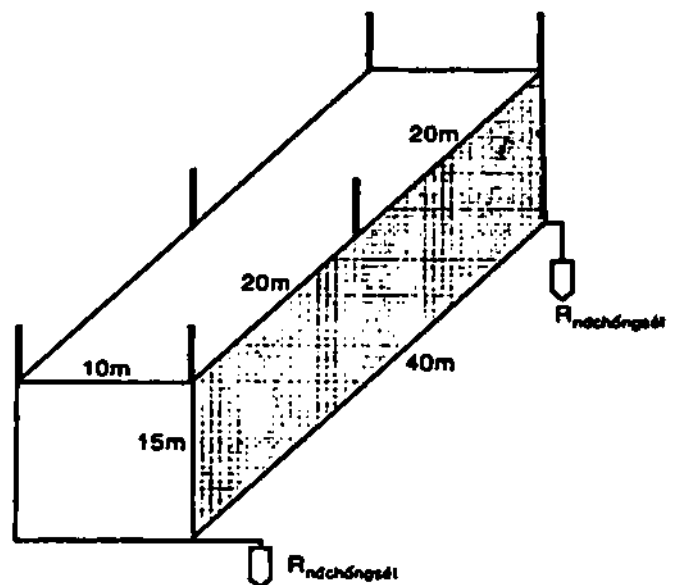
b) Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE, hãy chọn vị trí đặt, độ cao  $h$ , cấp bảo vệ, loại đầu ESE và vẽ phạm vi bảo vệ để chứng minh công trình được bảo vệ.

7.10 Công trình được bảo vệ chống sét trực tiếp theo nguyên tắc bảo vệ trọng điểm. Các kim thu sét có độ cao 4m và được bố trí cách đều nhau như hình vẽ.



Hỏi các kim này có bảo vệ được cho tòa nhà không? (tính các phạm vi bảo vệ để chứng minh).

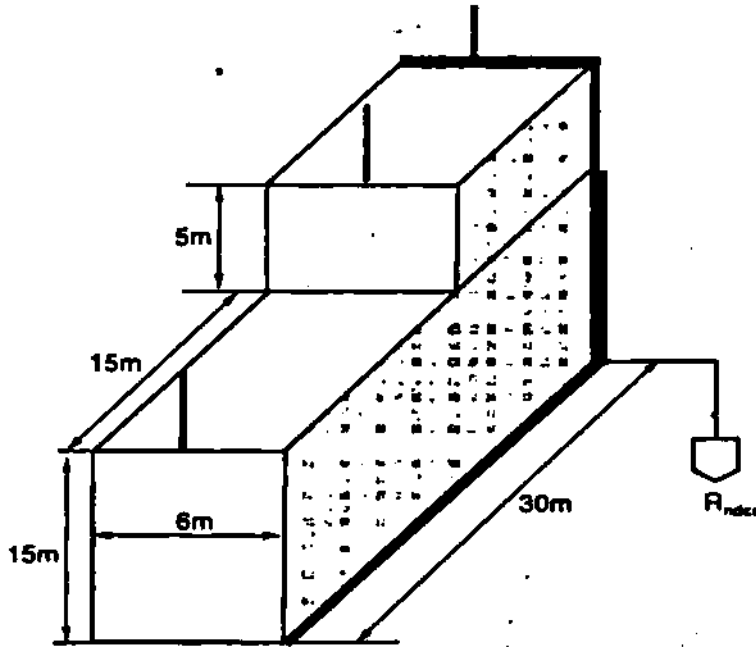
7.11 Công trình được bảo vệ chống sét trực tiếp theo nguyên tắc bảo vệ trọng điểm. Các kim thu sét có độ cao 4m và được bố trí như hình vẽ.



Hỏi các kim này có bảo vệ được cho tòa nhà không? (tính và vẽ phạm vi bảo vệ để chứng minh).

7.12 Công trình dân dụng cần bảo vệ chống sét đánh trực tiếp như hình vẽ, xét bảo vệ trọng điểm, cho  $h_{kim} = 4m$ . Hỏi kim thu sét có bảo vệ được tất cả các điểm cần thiết của công trình không? Chứng minh.



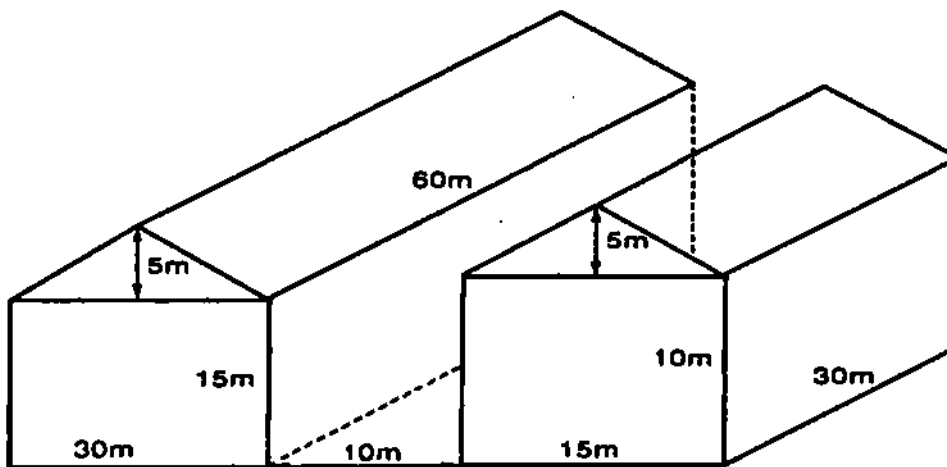


Nếu công trình không được bảo vệ, hãy đề nghị các biện pháp hiệu chỉnh cần thiết (tăng số kim hoặc đặt đầu thu sét phát tia tiên đạo sớm; tính hoặc vẽ các phạm vi bảo vệ cần thiết.

7.13 a) Công trình được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc trọng điểm.

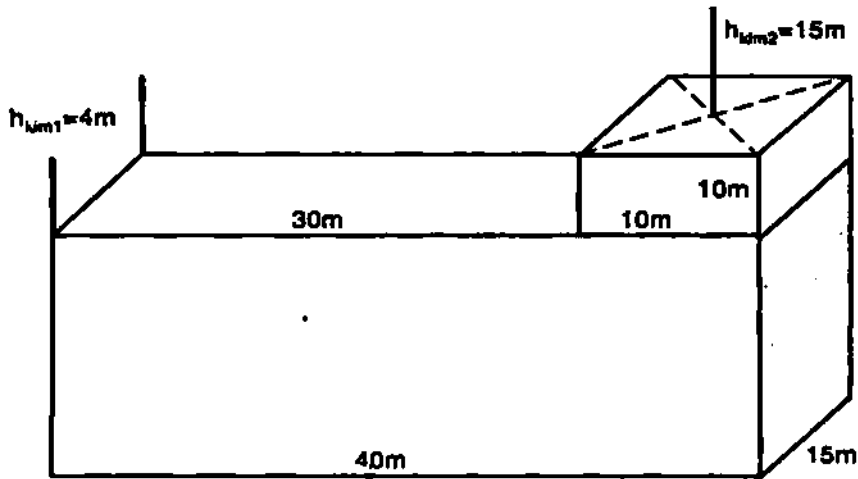
Hãy tính toán bố trí các kim thu sét cổ điển sao cho các công trình được bảo vệ. Cho  $h_{kim} = 4m$ . Nếu chỉ đặt kim trên nhà dài 60m có bảo vệ được cho nhà dài 30m không? Chứng minh.

b) Xét trường hợp bảo vệ bằng một đầu ESE, cấp bảo vệ II. Chọn vị trí đặt đầu, loại đầu, chiều cao H cần thiết để bảo vệ cho hai công trình trên.

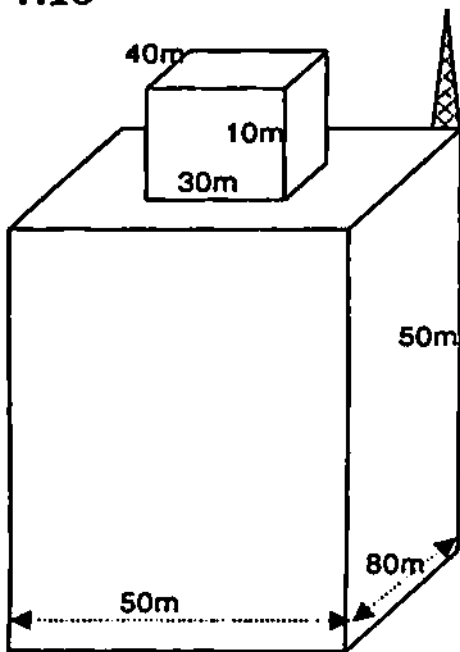


7.14 a) Công trình mái bằng được bảo vệ chống sét theo nguyên tắc toàn bộ. Các kim thu sét cổ điển được bố trí trên công trình như hình vẽ. Hãy tính toán kiểm tra điều kiện bảo vệ đối với các độ cao cần thiết.

b) Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE, đặt tại vị trí của cột thu sét 2, hãy chọn cấp bảo vệ, độ cao H, loại đầu ESE để bảo vệ cho cả công trình.

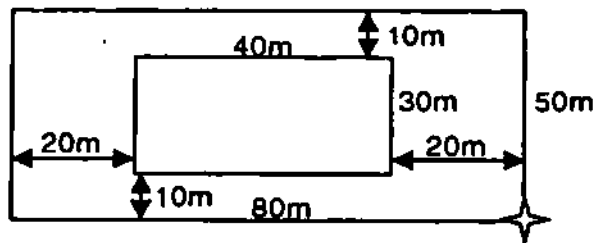


7.15



a) Công trình khối chữ nhật dưới cao 50m, khối hình chữ nhật trên nằm giữa nóc cao 10m, kích thước  $30 \times 40m^2$ . Cột anten cao 10m. Các kim thu sét có độ cao 3m, hãy bố trí các kim này để bảo vệ chống sét trọng điểm cho toàn công trình.

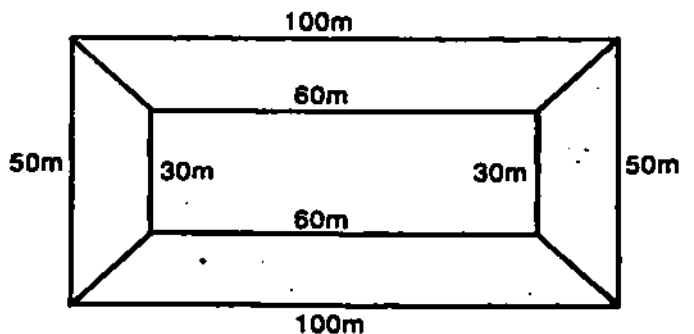
b) Giả sử công trình được bảo vệ bằng đầu ESE, cấp bảo vệ I, hãy chọn vị trí đặt, độ cao h, loại đầu ESE để bảo vệ cho cả công trình.



**Bài 7.16** Công trình mái bằng như hình vẽ.

Biết nhà cao 30m.

a) Sử dụng kim thu sét  $h_{kim} = 3m$  và đai thu sét (nếu cần thiết) để bảo vệ chống sét toàn bộ cho công trình. Chọn vị trí đặt, số lượng kim cần thiết, cách bố trí đai thu sét.

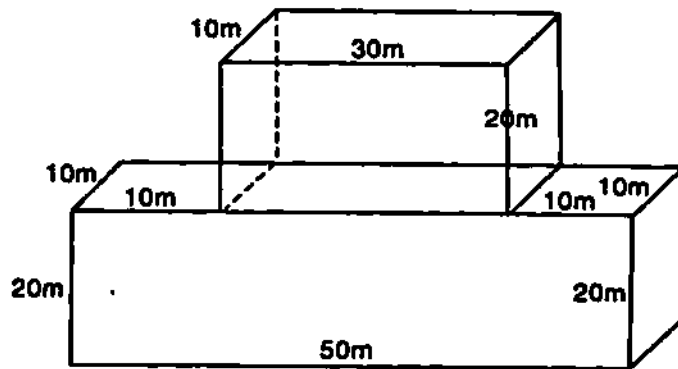


- b) Bảo vệ chống sét cho toàn bộ công trình bằng một đầu thu sét phát tia tiên đạo sớm, cấp bảo vệ I. Chọn vị trí đặt, độ cao  $h (\leq 8m)$ , loại đầu ESE sao cho thiết bị này có mức  $\Delta L$  nhỏ nhất.

**7.17** Tính bảo vệ chống sét toàn bộ theo phương pháp quả cầu lăn (mô hình điện hình học) cho công trình sau:

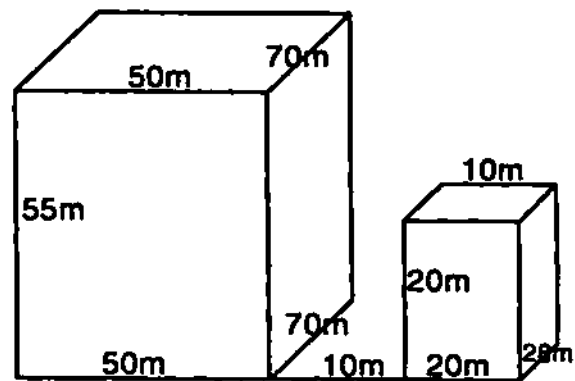
Cho  $h_{kim\ thu\ sét} = 2m$ , cấp bảo vệ I.

- a) Chọn vị trí đặt và số lượng kim thu sét để bảo vệ cho toàn công trình.



- b) Tính lại bảo vệ chống sét toàn bộ theo phương pháp cổ điển dùng kim thu sét 2m. So sánh kết quả.

**7.18** Cho hai công trình mái bằng như hình vẽ.



- a) Sử dụng kim thu sét  $h_{kim} = 3m$  để bảo vệ chống sét trọng điểm cho công trình cao 55m. Chọn vị trí đặt, số lượng kim cần thiết. Không đặt kim thu sét trên nhà cao 20m, với các kim thu sét đã bố trí trên nhà cao 55m. Hãy kiểm tra điều kiện bảo vệ chống sét toàn bộ đối với nhà cao 20m.
- b) Bảo vệ chống sét cho các công trình bằng một đầu thu sét phát tia tiên đạo sớm, cấp bảo vệ I. Chọn vị trí đặt, độ cao  $h (\leq 8m)$ , loại đầu ESE sao cho thiết bị này có mức  $\Delta L$  nhỏ nhất có thể.
- c) Tính bảo vệ chống sét toàn bộ theo phương pháp quả cầu lăn; sử dụng kim thu sét  $h_{kim} = 3m$ , cấp bảo vệ I.

## Phụ lục

# CẤP CỨU NGƯỜI BỊ ĐIỆN GIẬT

Nguyên nhân chính làm người chết vì điện giật là do hiện tượng kích thích chứ không phải do bị chấn thương.

Người làm nghề điện phải biết cách cấp cứu người bị điện giật. Kỹ thuật cắt nguồn điện lúc có người bị điện giật cũng như phương pháp cứu chữa đều có ghi trong quy trình an toàn. Dưới đây chỉ trình bày những nguyên tắc cơ bản.

Người bị điện giật sau khi được cắt khỏi nguồn điện, nếu chỉ bị ngất thôi thì chỉ cần mở cửa sổ cho thoáng, nới rộng áo quần và cho người hơi amôniac.

Nếu nạn nhân ngừng thở và tim ngừng đập, phải tìm mọi cách hô hấp sao cho tim đập trở lại.

Nhiều cuộc thí nghiệm và thực tế chứng minh rằng từ lúc bị điện giật đến một phút sau cứu chữa ngay thì 90% trường hợp cứu sống được, để sáu phút sau mới cứu chỉ có thể sống 10%, nếu để từ mười phút trở đi mới cấp cứu thì rất ít trường hợp cứu sống được.

Trước kia, người ta dùng những phương pháp không đúng để cứu người bị sét đánh cũng như bị điện giật như:

- Lay nạn nhân thật mạnh rồi ném xuống đất.
- Cởi hết áo quần đem chôn đứng dưới đất ngang cổ.

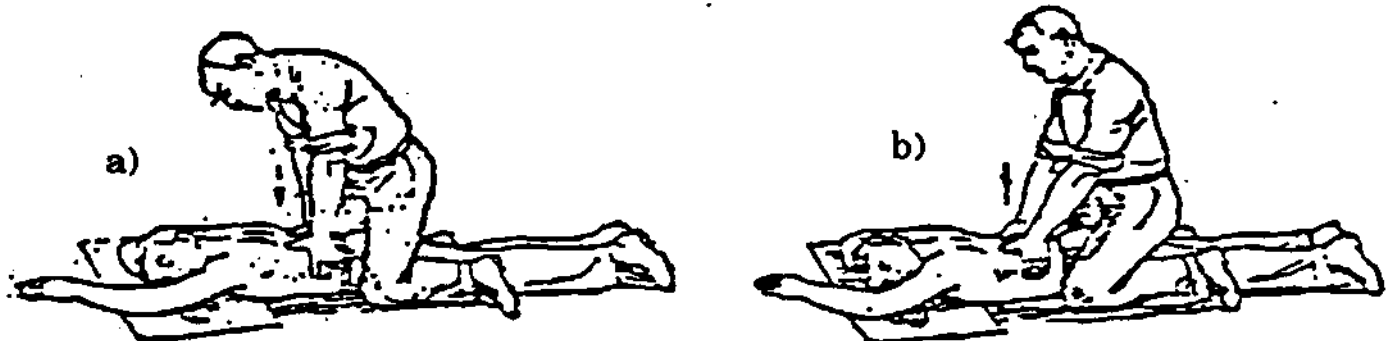
Hiện nay thường dùng ba phương pháp hô hấp nhân tạo sau đây: phương pháp nằm sấp, phương pháp nằm ngửa, phương pháp thổi ngạt (hà hơi thổi ngạt).

Trước khi làm hô hấp nhân tạo phải chuẩn bị các việc sau đây:

- Nhanh chóng cởi áo, nới thắt lưng để khỏi cản trở hô hấp.
- Dùng vật cứng cạy miệng nạn nhân, lấy các vật trong miệng ra, kéo lưỡi vì lưỡi thường bị tụt sâu bên trong.

## 1. PHƯƠNG PHÁP NẪM SẤP

Đặt người bị nạn nằm sấp, một tay đặt dưới đầu (H.P1.1). Đặt đầu nghiêng và tay còn lại để duỗi thẳng. Người cứu chữa quỳ trên lưng và hai tay cứ bóp theo hơi thở của mình, ấn vào hoành cách mô theo hướng tim.



a) Thở ra

b) Hít vào

**Hình P1.1** Cấp cứu theo phương pháp nằm sấp

Khi tim đập được thì hô hấp sẽ dần dần hồi phục được.

Khuyết điểm của phương pháp này là khối lượng không khí vào phổi ít.

Ưu điểm của phương pháp nằm sấp là với vị trí đặt nạn nhân như trên, các chất dịch vị và nước miếng không theo đường khí quản vào làm cản trở sự hô hấp.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NẪM NGỬA

Nếu người cấp cứu có thêm người giúp sức thì đặt nạn nhân nằm ngửa (H.P2.1). Dưới lưng kê thêm áo quần cho đầu ngả ra sau và lồng ngực được rộng rãi thoải mái.

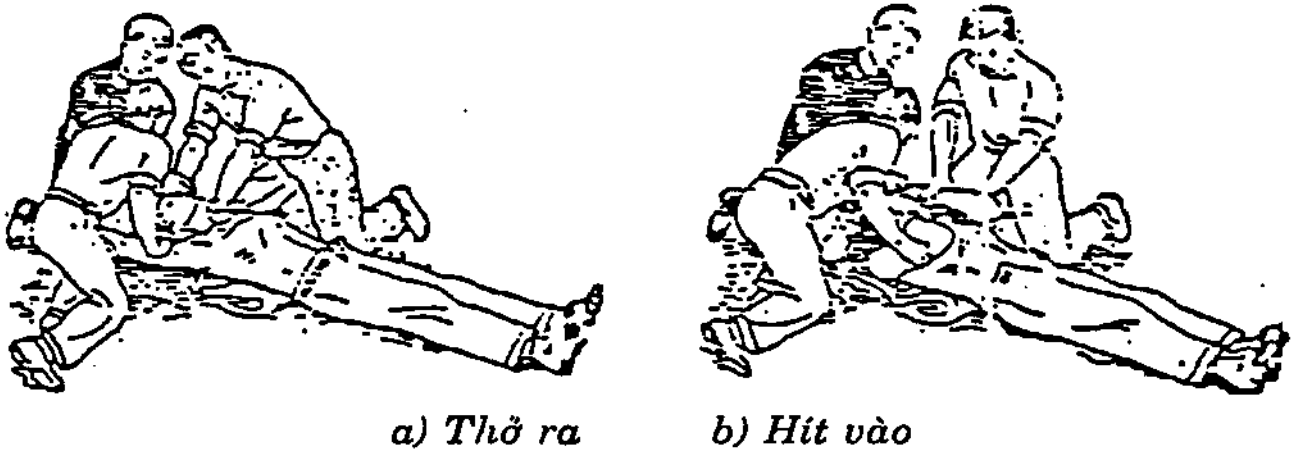


a) Thở ra

b) Hít vào

**Hình P2.1** Cấp cứu theo phương pháp nằm ngửa

Người cấp cứu chính quì ở đằng đầu cầm hai tay của nạn nhân kéo lên thả xuống theo nhịp thở của mình. Người giúp sức thì kéo lười. Nếu có hai người giúp sức thì công việc kéo tay lên xuống do hai người làm, còn người ở phía đầu chỉ kéo lười (H.P2.2). Phương pháp này có nhược điểm là nạn nhân nằm giữa nên dịch vị chạy lên cuống họng làm cản trở hô hấp. Lúc làm hô hấp nhân tạo chú ý theo dõi chuyển biến của nạn nhân. Lúc thấy có hiện tượng tốt (mí mắt rung rinh, môi rung) thì lập tức nghỉ hô hấp nhân tạo vài giây để cho nạn nhân tự hô hấp. Lúc nạn nhân đã tự thở được phải đắp cho họ thật ấm và không cho cử động vì tim lúc này hãy còn yếu có thể nạn nhân bị ngất lại.



**Hình P2.2** Cấp cứu theo phương pháp nằm giữa lúc có hai người giúp sức

### 3. PHƯƠNG PHÁP THỐI NGẠT (Hà hơi thối ngạt)

Trong cấp cứu nạn nhân bị ngừng thở hay ngất, trước kia ta thường làm theo hai phương pháp nói trên (phương pháp nằm sấp và phương pháp nằm giữa).

Các phương pháp này hiệu lực kém vì chỉ đem rất ít lượng không khí vào phổi. Ngoài ra còn có phần khó khăn nếu có thêm phần thương tổn khác như nạn nhân bị gãy xương sườn, gãy cột sống.. vì các động tác này quá mạnh. Tuy vậy, đối với các trường hợp bị thương ở hàm mặt các phương pháp trên vẫn có tác dụng. Những năm gần đây ở trên thế giới phương pháp hô hấp nhân tạo được thay bằng phương pháp thối ngạt. Cứu chữa theo phương pháp này lượng không khí vào phổi nhiều hơn hai phương pháp trên từ 6 đến 15 lần.

**Cách thực hiện:** Trước một nạn nhân ngừng thở hay thoi thóp việc đầu tiên là phải thổi ngạt ngay.

Đặt nạn nhân nằm ngửa, người cấp cứu quỳ bên cạnh, sát ngang vai, nhìn mắt nạn nhân. Một tay nâng gáy, một tay nâng cằm, ngửa hẳn đầu nạn nhân ra phía trước để cho cuống lưỡi không bịt kín đường hô hấp (H.P3.1). Cũng có khi chỉ dùng động tác này khi nạn nhân bắt đầu thở được.



**Hình P3.1** Cấp cứu theo phương pháp thổi ngạt

Nếu nạn nhân chưa thở được, người cấp cứu vẫn để đầu nạn nhân ở tư thế trên, một tay mở miệng, một tay luồn một ngón có cuốn vải sạch, kiểm tra họng nạn nhân lau hết đờm dãi, chất nôn và moi hết hàm răng giả, răng gãy... đang làm vướng cổ họng. Đặt một miếng gạc mỏng che kín miệng nạn nhân.

Người cấp cứu hít thật mạnh, một tay vẫn mở miệng, một tay bóp hai bên bịt kín mũi nạn nhân, áp kín miệng mình vào miệng nạn nhân rồi thổi mạnh (đối với trẻ em thì thổi nhẹ hơn).

Ngực nạn nhân phồng lên, người cấp cứu ngẩng đầu lên hít hơi thứ hai, khi đó nạn nhân sẽ tự thở ra được do sức đàn hồi của lồng ngực.

Tiếp tục như thế với nhịp độ 10 lần một phút, liên tục cho đến khi nạn nhân hồi tỉnh: hơi thở trở lại, môi mất hồng hào, hoặc cho đến khi nạn nhân có dấu hiệu đã chết hoàn toàn biểu hiện bằng đồng tử trong mắt dân to (thường là một, hai giờ sau).

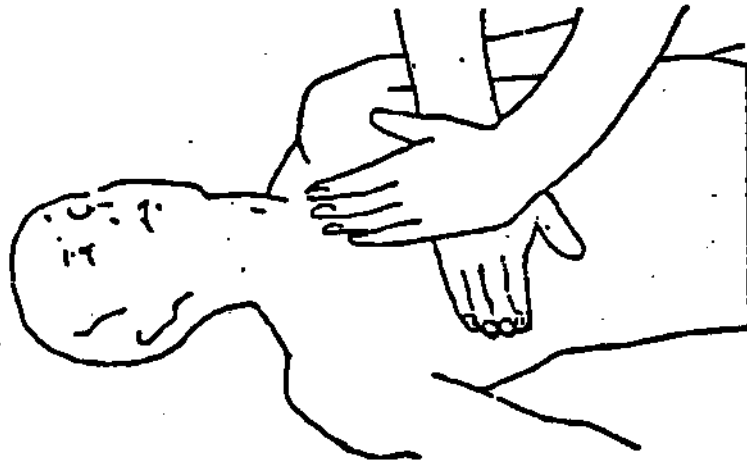
Thổi ngạt kết hợp với ấn tim ngoài lồng ngực.

Nếu gặp nạn nhân mê man, không nhúc nhích, tím tái, ngừng thở, không nghe tim đập phải lập tức ấn tim ngoài lồng ngực kết hợp với thổi ngạt.

Một người tiến hành thổi ngạt như trên.

Người thứ hai làm việc ấn tim.

Hai tay chống lên nhau, đè vào 1/3 dưới xương ức. Ấn mạnh bằng cả sức cơ thể, tì xuống vùng xương ức (không tì sang phía xương sườn để phòng nạn nhân có thể bị gãy xương (H.P3.2)).



**Hình P3.2** Cấp cứu theo phương pháp ấn tim ngoài lồng ngực

Sau mỗi lần ấn xuống, lại nới nhẹ hai tay để lồng ngực trở lại như cũ.

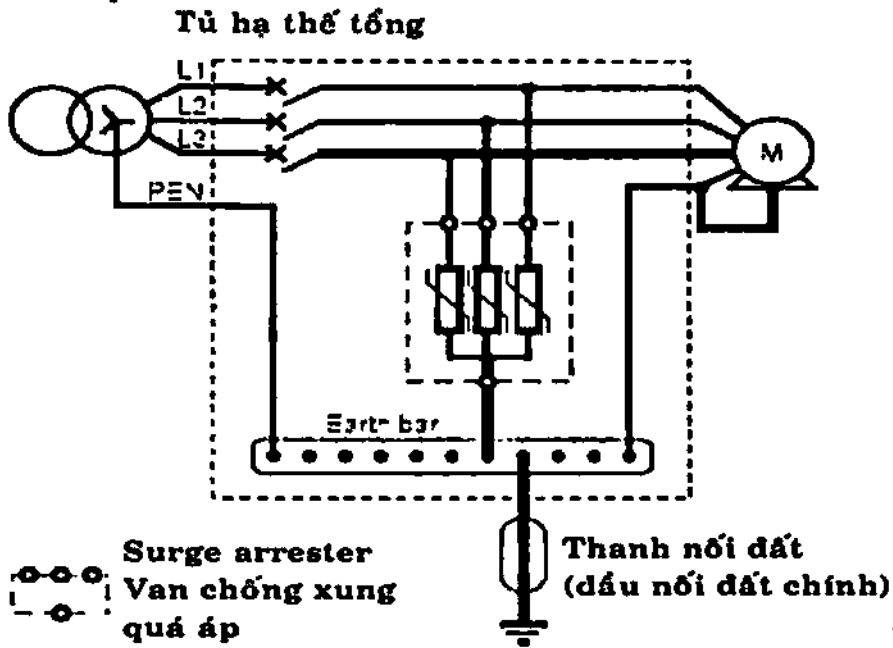
Nhịp độ phối hợp giữa hai người như sau: cứ ấn tim 5 đến 6 lần lại thổi ngạt một lần, tức là 50 đến 60 lần trong một phút.

Thổi ngạt kết hợp với ấn tim là phương pháp hiệu quả nhất nhưng cần chú ý là khi nạn nhân bị tổn thương cột sống không nên làm động tác ấn tim.



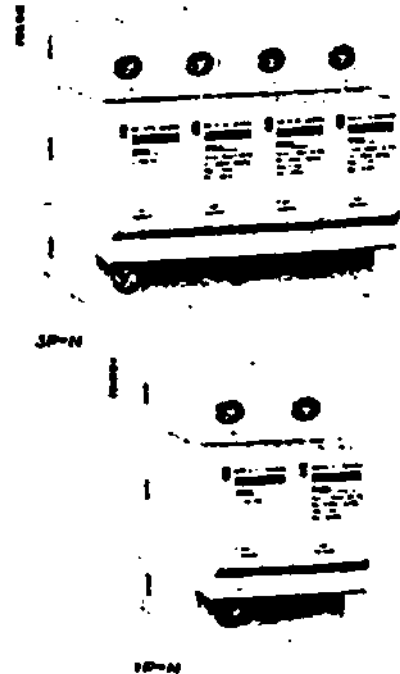
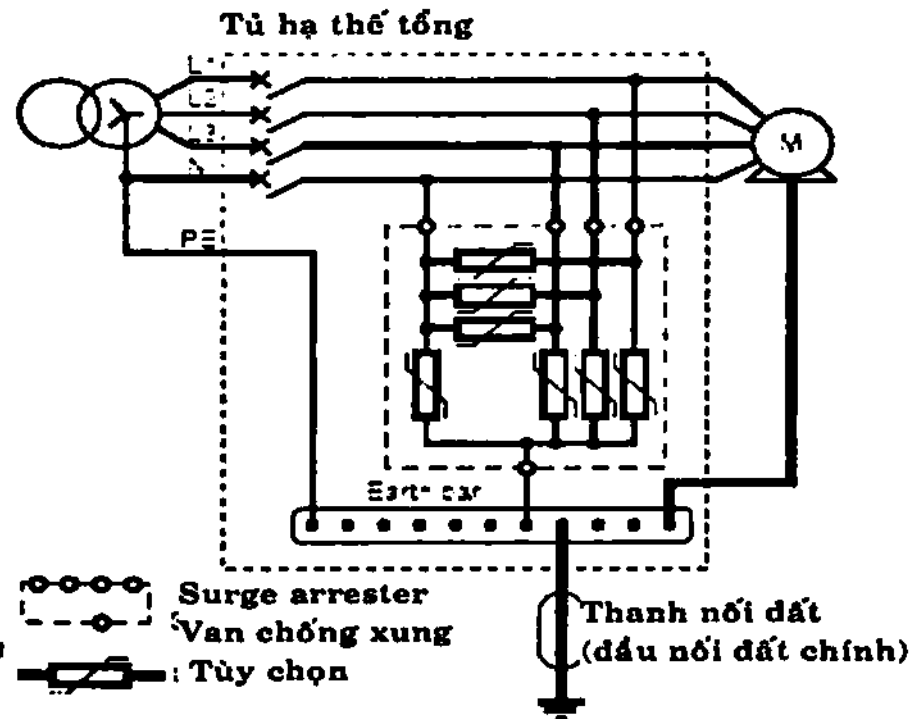
# THIẾT BỊ VÀ LẮP ĐẶT CHỐNG QUÁ ÁP LAN TRUYỀN MẠNG HẠ THỂ

## a) Mạng TN-C

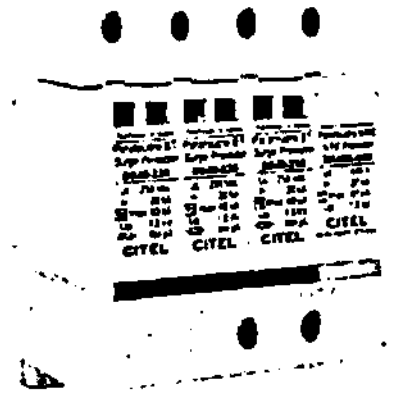
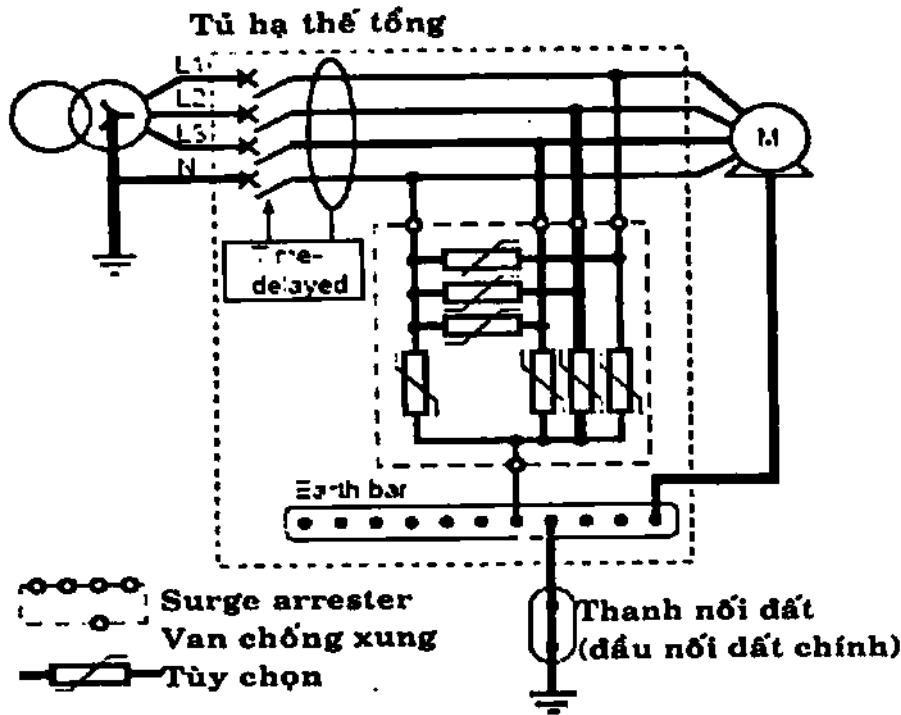


*Van chống xung 1,3 pha hạ thế và sơ đồ nguyên lý của hãng Schneider*

## b) Mạng TN-S

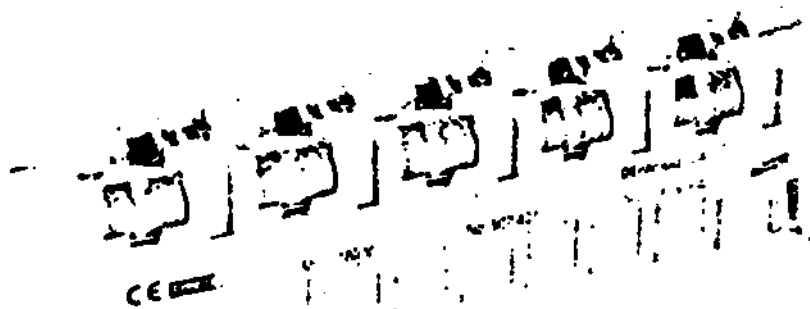
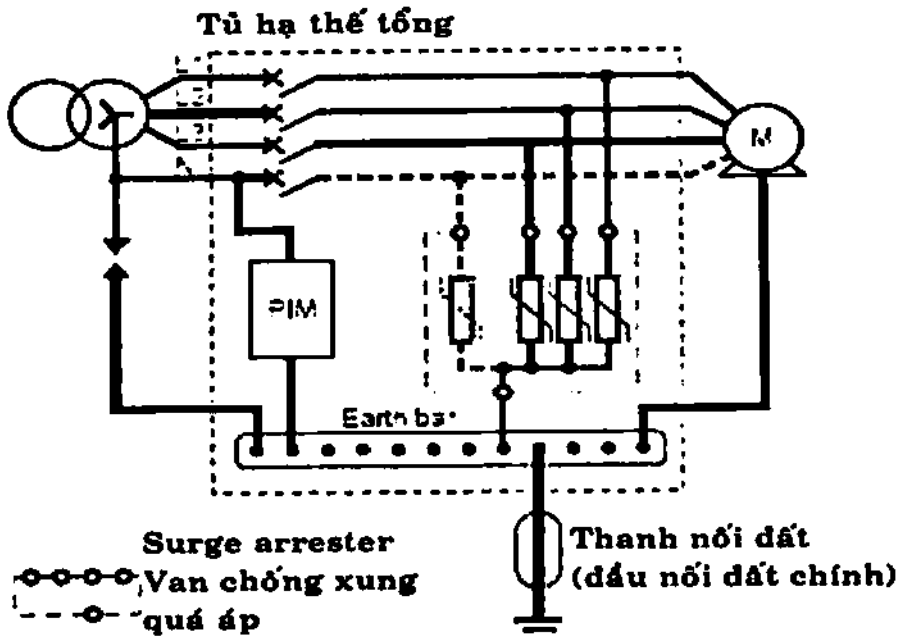


c) Mạng TT



Thiết bị bảo vệ chống sét cảm ứng dùng cho đường dây nguồn

d) Mạng IT

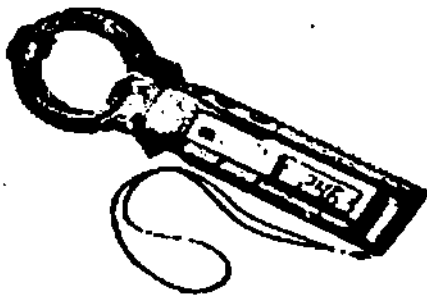


Thiết bị chống sét cảm ứng sơ cấp DRL 10 B 180 dùng cho mạng truyền thông của hãng DEHN

## THIẾT BỊ ĐO DÒNG RÒ

### DCM300E

### Earth Leakage Clampmeter



- Đo được dòng rò đến 0,01mA
- Tầm đo 30mA, 300mA, 30A&300A
- Đường kính kẹp đo 40mm
- Hiển thị số
- Phù hợp tiêu chuẩn EMC&ENG-1

### DET14C and DET24C Digital Earth Clamps



- Đo được trị hiệu dụng dòng rò xuống đất từ 0,5mA đến 35A
- Đo điện trở đất từ 0,05Ω đến 1500Ω
- Gọng kẹp dạng ellipse, có thể đo được cáp ngầm và dây dẫn đến 50mm
- Hiển thị bằng đèn LED
- Định mức an toàn CAT IV 600V

## MÃ BẢO VỆ THEO TIÊU CHUẨN IEC (International Protection IP)

### 1. Ý nghĩa của mã IP

Mã IP được dùng để xác định mức bảo vệ chống lại sự xâm nhập của ngoại vật là chất rắn và nước có thể gây nguy hiểm. Bảo vệ chống sự xâm nhập của ngoại vật rắn cũng được sử dụng như cách bảo vệ người chống tai nạn do tiếp xúc vào phần mang điện.

### 2. Định dạng mã IP

Mã IP được định nghĩa trong "IEC60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP code)" gồm 2 số và 2 ký tự thêm vào tùy chọn. Số thứ nhất từ 0, 1,...6, hoặc X xác định mức bảo vệ chống sự xâm nhập của vật rắn và chống tiếp cận phần nguy hiểm. Số thứ hai từ 0, 1,...8, hoặc X xác định mức bảo vệ chống sự xâm nhập của nước.

#### Sắp xếp của mã IP

	IP	2	3	C	H
Ký tự của mã (International Protection)	_____				
Số đặc tính đầu Số từ 0 đến 6 hoặc chữ X	_____	_____	_____	_____	_____
Số đặc tính thứ hai Số từ 0 đến 8 hoặc chữ X	_____	_____	_____	_____	_____
Ký tự thêm vào (tùy chọn) Ký tự A, B, C, D	_____	_____	_____	_____	_____
Ký tự phụ (tùy chọn) Ký tự H, M, S, W	_____	_____	_____	_____	_____

Số có giá trị càng lớn, mức bảo vệ càng cao. Số thứ nhất ứng với hai mục đích, vì vậy có hai định nghĩa.

- Bảo vệ người không chạm vào phần nguy hiểm
- Bảo vệ thiết bị chống sự xâm nhập của ngoại vật rắn.

Ký tự X được dùng khi không cần bảo vệ sự xâm nhập của ngoại vật rắn và nước.

Phần tử	Số hay ký tự	Ý nghĩa bảo vệ thiết bị	Ý nghĩa bảo vệ người
Ký tự Mã	IP	-	-
Ý nghĩa số thứ nhất	X 0 1 2 3 4 5 6	<b>Chống sự xâm nhập của vật rắn:</b> Không yêu cầu (không bảo vệ) Đường kính ≥ 50mm Đường kính ≥ 12,5mm Đường kính ≥ 2,5mm Đường kính ≥ 1,0mm Bảo vệ bụi Ngăn bụi.	<b>Chống tiếp xúc bằng</b>  Không yêu cầu (không bảo vệ) Lưng bàn tay Ngón tay Dụng cụ Dây dẫn Dây dẫn Dây dẫn
Ý nghĩa số thứ hai	X 0 1 2 3 4 5 6 7 8	<b>Chống sự xâm nhập của nước gây nguy hiểm:</b> Không yêu cầu (không bảo vệ) Rơi thẳng đứng Rơi nghiêng 15° Phun vào Bắn vào Bắn thành tia Bắn thành tia rất mạnh ngâm nước tạm thời ngâm nước liên tục	-
Ký tự thêm vào Tùy chọn	A B C D	-	<b>Chống tiếp xúc vào phần nguy hiểm bằng:</b>  Lưng bàn tay Ngón tay Dụng cụ Dây dẫn
Ký tự bổ sung Tùy chọn	H M S W	<b>Đặc biệt bổ sung cho:</b> Khí cụ điện cao áp Chuyển động khi kiểm tra nước Đứng yên khi kiểm tra nước Những điều kiện về thời tiết	-

### 3. Ví dụ mã IP

#### IP00

Mã này có nghĩa không bảo vệ yếu tố nào cả. Ví dụ như máy biến áp khô không đặt trong tủ. Máy biến áp này nên đặt trong nhà, trong một ngăn có cửa đóng kín ngăn ngừa tai nạn xảy ra do chạm vào phần mang điện.

#### IPXXB

Không yêu cầu bảo vệ chống sự xâm nhập của vật rắn và nước, bảo vệ chống chạm vào phần nguy hiểm do tiếp xúc bằng ngón tay.

#### IP2X

Mã IP này cần thiết nhằm ngăn việc chạm vào phần nguy hiểm bằng ngón tay và bảo vệ thiết bị trong tủ điện, chống sự xâm nhập của vật rắn có đường kính 12,5 mm và lớn hơn.

#### IP3XD

Đây là mã IP tiêu biểu cho thiết bị đóng cắt cao và hạ thế và thiết bị điều khiển được đặt trong phòng điện và bảo vệ người chống chạm vào phần nguy hiểm do thao tác dây dẫn.

#### IP53

Đây là mã IP thấp nhất có thể áp dụng cho thiết bị ngoài trời. IP54 là chọn lựa tốt hơn vì số 4 có nghĩa bảo vệ chống nước bắn vào từ mọi hướng trong khi số 3 chỉ bảo vệ nước bắn vào theo góc  $60^\circ$ .

Ký hiệu	Tiếng Anh	Ý nghĩa
IEC	International Electrical Commission	Ủy ban Quốc tế về điện
AC	Alternate Current	Điện xoay chiều
DC	Direct Current	Điện một chiều
GPR	Ground Potential Rise	Dộ tăng điện thế trên mặt đất khi có dòng đi vào trong đất
RCD	Residual Current Device	Thiết bị tác động theo dòng rò
ELCB(ECB)	Earth Leakage Circuit Breaker	Thiết bị cắt mạch tự động theo dòng rò xuống đất
TN	Terre Neutral	Sơ đồ nối vỏ kiểu trung tính nối đất, vỏ thiết bị nối vào trung tính
PE	Protective Earth	Dây nối đất vỏ thiết bị
TN-C	Terre Neutral-Common (composed)	Sơ đồ TN có dây trung tính & dây PE chung
TN-S	Terre Neutral-Separate	Sơ đồ TN có dây trung tính & dây PE tách rời
TT	Terre Terre	Sơ đồ nối vỏ kiểu trung tính nối đất, vỏ thiết bị nối đất riêng
IT	Isolate Terre	Sơ đồ nối vỏ kiểu trung tính cách ly với đất, vỏ thiết bị nối đất
RCCB	Residual Current Circuit Breaker	Thiết bị cắt mạch tự động theo dòng rò (dòng so lệch)
RCBO	Residual Current Breaker Overcurrent	Thiết bị cắt mạch tự động theo dòng so lệch & có khả năng bảo vệ quá dòng
CBR	Circuit Breaker Residual	Thiết bị cắt mạch tự động có chứa bảo vệ tác động theo dòng rò
G	Ground	Đất
ESE	Early Streamer Emission	Đấu thu sét phát tia tiên đạo sớm
SRF	Surge Reduction Filter	Bộ lọc sét
GFCI	Ground Fault Current (circuit) Interruptor	Thiết bị cắt mạch khi có dòng chạm đất
LIVE	Live , Hot	Đang có điện

## **Tài liệu tham khảo**

1. Viện Bảo hộ Lao động, *Kỹ thuật bảo hộ lao động*, Nhà xuất bản Lao động, 1979.
2. Groupe Schneider, *Electrical Installation Guide*, 2010.
3. Bộ Điện lực, *Quy phạm trang bị điện*, 1984.
4. Wolfgang Hofheinz, *Protective Measures with Insulation Monitoring*, Vde Verlag, 1993.
5. R. Bourgeois & D. Cogneil, *Mémotech électrotechnique*, Nhà xuất bản Educavivre, 1998.
6. Siemens, *Electrical Installation Handbook*, 1987.
7. Giuseppe Parise, *A Summary of the IEC Protection Against Electric Shock*, IEEE - Vol.34.N<sup>o</sup>.5, 1998.
8. Bộ Xây dựng, *Tiêu chuẩn an toàn điện*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2007.
9. Phan Kế Phúc, *Bài giảng An toàn điện*, Trường Đại học Bách khoa TP HCM, 1992.
10. PGS.TS Văn Đình Đệ, *Khoa học kỹ thuật bảo hộ lao động*, Hà Nội, 5-2001.
11. Mazen Abdel - Salam, Hussein Anis, Ahdab El Morshedy, Roshdy Radwan, *High Voltage Engineering - Thoery and Practice*.
12. DOE Department Of Energy, *Electrical Safety Improvement Project*
13. W. M. M. Menheere, Holec Holland N. V., The Netherlands, *Degrees of Protection IP codes*.
14. DET14C\_DET24C\_ĐS\_EN\_V01, website về thiết bị đo dòng rò, [www.megger.com](http://www.megger.com)
15. NFPA-An International Codes and Standards Organization, *NFPA 780 - Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*, 2000.
16. Bộ môn Cung Cấp điện, Đại học Quốc gia TP HCM, *Hướng dẫn lắp đặt điện theo tiêu chuẩn IEC*, NXB KHKT Hà Nội, 2011.
17. An International Codes and Standards Organization, *NFPA 780, Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*, 2000.



**GIÁO TRÌNH  
AN TOÀN ĐIỆN**

**PHAN THỊ THU VÂN**

**NHÀ XUẤT BẢN**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh  
Đầy C, số 10-12 Đinh Tiên Hoàng, Phường Bến Nghé, Quận 1,  
TP Hồ Chí Minh

ĐT: 08 6272 6361 – 08 6272 6390

E-mail: [vnuhp@vnuhcm.edu.vn](mailto:vnuhp@vnuhcm.edu.vn)

**PHÒNG PHÁT HÀNH**

Đầy C, số 10-12 Đinh Tiên Hoàng, Phường Bến Nghé, Quận 1,  
TP Hồ Chí Minh

ĐT: 08 6272 6361 – 08 6272 6390

Website: [www.nxbdhqghcm.edu.vn](http://www.nxbdhqghcm.edu.vn)

Nhà xuất bản ĐHQG-HCM và tác giả/đồng tác  
liên kết giữ bản quyền<sup>©</sup>

Copyright © by VNU-HCM Press and author/  
co-partnership All rights reserved

**TRUNG TÂM SÁCH ĐẠI HỌC**

Đầy C, số 10-12 Đinh Tiên Hoàng, Phường Bến Nghé, Quận 1,  
TP Hồ Chí Minh

ĐT: 08 6272 6350 - 08 6272 6353

Website: [www.sachdaihoc.edu.vn](http://www.sachdaihoc.edu.vn)

*Chịu trách nhiệm xuất bản*

**ĐỖ VĂN BIÊN**

*Chịu trách nhiệm nội dung*

**ĐỖ VĂN BIÊN**

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền*

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐHQG – HCM**

*Biên tập*

**LÊ THỊ THU THẢO**

*Sửa bản in*

**PHAN KHÔI**

*Trình bày bìa*

**VÔ THỊ HỒNG**

Số lượng 1.000 cuốn,

Khổ 16 x 24 cm,

ĐKKHXB số: 207-2019/CXBIPH/

20-04/ĐHQGTPHCM,

Quyết định XB số 28/QĐ-

ĐHQGTPHCM-TB

của NXB ĐHQG-HCM

cấp ngày 20-02-2019.

In tại: Xưởng in trường ĐHBK

Đ/c: 268 – Lý Thường Kiệt –

Quận 10 – TP HCM

Nộp lưu chiếu: Quý I/2019

**ISBN: 978 – 604 – 73 – 6690 – 3**



NXB ĐHQG-HCM ISBN: 978-604-73-6690-3

786047366903

GIÁ: 44.000 đ

Depository Collection