

# KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN

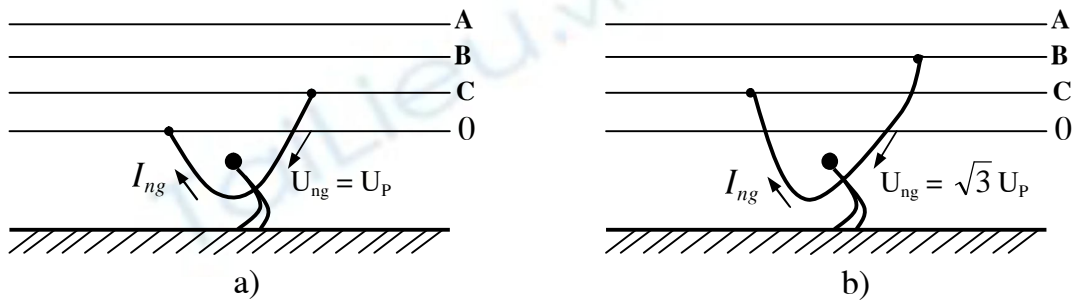
## CHƯƠNG 1 NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ AN TOÀN ĐIỆN

### 1-1. NGUYÊN NHÂN GÂY RA TAI NẠN VỀ ĐIỆN TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN ĐỐI VỚI CƠ THỂ CON NGƯỜI

#### 1.1.1. Nguyên nhân gây ra tai nạn về điện

Phân tích các tai nạn điện thấy rằng, các nguyên nhân gây ra tai nạn về điện là do :

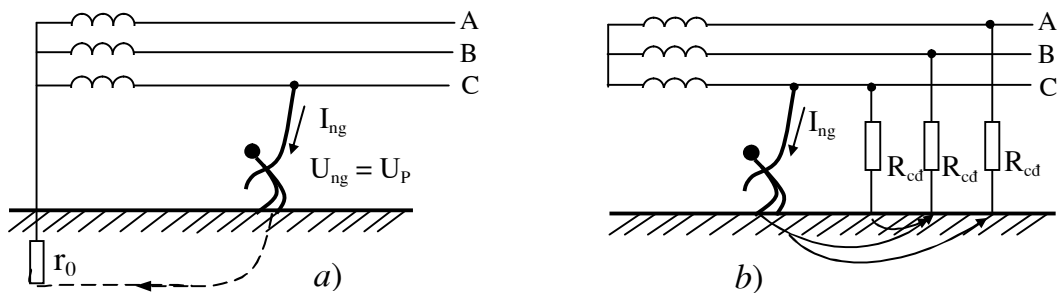
1. Người tiếp xúc với một dây pha và dây trung tính ở vị trí lớp cách điện bị hỏng. Trường hợp này điện áp đặt vào người là điện áp pha:  $U_{ng} = U_p$  (hình 1-1a).



Hình 1-1. a - Tiếp xúc với một dây pha và dây trung tính; b - Tiếp xúc với hai dây pha

2. Người tiếp xúc với hai dây pha khác nhau ở vị trí lớp cách điện bị hỏng. Lúc này điện áp đặt vào người bằng điện áp dây:  $U_{ng} = U_d = \sqrt{3} U_p$  (hình 1-1b).

3. Người đứng trên đất (không cách điện) chạm vào một dây pha của mạng điện ba pha trung tính nối đất (hình 1-2a) hoặc cách điện với đất (hình 1-2b). Ở trường hợp hình 1-2a, dòng điện đi qua người từ dây pha xuống đất và về nguồn qua điện trở nối đất của dây trung tính. Trong hình 1-2b, dòng điện đi qua người xuống đất về nguồn qua các điện trở cách điện ( $R_{cd}$ ) của dây dẫn đối với đất.



Hình 1-2. Chạm vào một dây pha của mạng 3 pha trung tính nối đất (a) và trung tính cách điện (b)

4. Điện giật do điện áp bước  $U_b$ . Khi một dây dẫn bị đứt và chạm đất (hoặc vỏ thiết bị có nối đất bị chạm một pha) thì dòng điện sẽ đi vào trong lòng đất. Vì đất có điện trở nên có sự phân bố điện áp. Điện thế tại mỗi điểm trên mặt đất giảm dần khi càng xa điểm chạm đất. Ở ngoài phạm vi 20 m thì điện thế đó có thể xem như bằng 0. Đường

phân bố điện thế có dạng hình hypecbol (hình 1-3). Nếu người đi vào vùng đất trong đó có dòng điện chạy qua thì giữa 2 chân người có một điện áp, gọi là điện áp bước ( $U_b$ ). Dưới tác dụng của điện áp bước, dòng điện đi từ chân nọ qua người sang chân kia gây tai nạn điện giật. Điện áp bước có giá trị phụ thuộc vào độ lớn của bước chân người, khoảng cách  $x$  từ điểm chạm đất tới người và phụ thuộc vào điện áp của mạng điện. Càng xa chỗ chạm đất ( $x$  càng lớn) thì  $U_b$  càng nhỏ. Điện áp mạng càng lớn thì  $U_b$  càng lớn.

5. Do điện áp tiếp xúc  $U_{tx}$ . Khi người chạm vào vật mang điện, giữa tay và chân người có một điện áp đặt vào người (hình 1-3) gọi là điện áp tiếp xúc. Dòng điện chạy qua người trong trường hợp này bằng:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}}$$

trong đó  $U_{tx}$  - điện áp tiếp xúc;

$R_{ng}$  - điện trở của người.

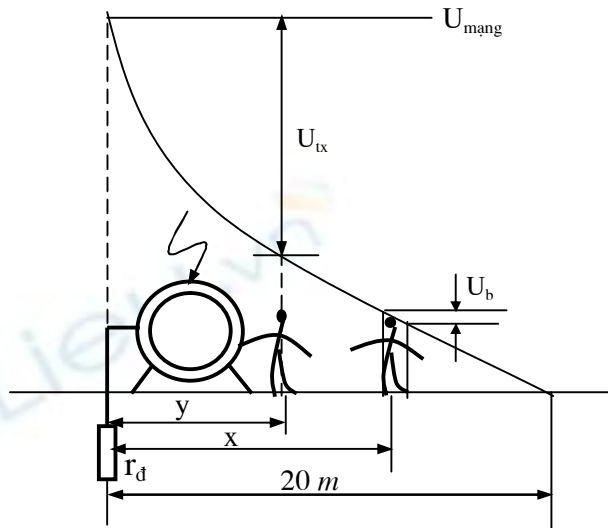
Điện áp tiếp xúc phụ thuộc vào khoảng cách  $y$  từ chỗ người đứng tới chỗ nối đất ( $y$  càng lớn thì  $U_{tx}$  càng lớn), phụ thuộc vào điện áp của mạng ( $U_{mang}$  càng lớn thì  $U_{tx}$  càng lớn).

6. Phóng điện do điện áp cao. Đối với đường dây cao áp hay điện áp cao, khi người đến gần, mặc dù chưa tiếp xúc trực tiếp, nhưng ở khoảng cách đủ nhỏ thì sẽ có hiện tượng phóng điện do cao áp. Dòng điện đi qua cơ thể rất lớn và gây tai nạn trầm trọng.

7. Tai nạn do hồ quang điện. Khi đóng cắt các máy cắt điện, các cầu dao có phụ tải lớn, hay khi ngắn mạch, v.v... thì hồ quang phát sinh. Nhiệt độ của tia hồ quang rất lớn ( $3.000 \div 6.000^{\circ}C$ ) và nếu người ở trong tâm hoạt động của hồ quang thì sẽ bị tai nạn do hồ quang sinh ra. Một phần hay toàn bộ cơ thể bị huỷ hoại vì bỏng nặng, vết thương do hồ quang gây ra thường sâu và khó chữa trị.

8. Tai nạn cũng có thể xảy ra khi người tiếp xúc với các phần tử đã được cắt ra khỏi nguồn điện nhưng vẫn còn điện tích (do điện dung). Trường hợp này thường xảy ra đối với đường dây cao áp trên không, cáp ngầm cao áp hoặc hạ áp, tuy đã cắt điện nhưng vẫn còn điện áp do điện dung của đường dây gây nên. Để tránh tai nạn, người ta dùng tiếp đất di động để nối đất đường dây sau khi đã cắt điện, sau đó mới tiếp xúc.

Như vậy, phần lớn các trường hợp tai nạn về điện xảy ra 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 hoặc không tuân theo các nguyên tắc về kỹ thuật an toàn điện. Có thể nói, nguyên nhân chính của tai nạn là do trình độ tổ chức quản lý chưa tốt, do vi phạm quy định về kỹ thuật an toàn, kết quả là thao tác, vận hành thiết bị không đúng quy trình, đóng điện lúc có người đang sửa chữa, ...



Hình 1-3. Sự phụ thuộc của điện áp bước và điện áp tiếp xúc vào khoảng cách từ chỗ người đứng đến chỗ nối đất

### 1.1.2. tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người

Khi người tiếp xúc với mạng điện sẽ có dòng điện chạy qua người và người sẽ chịu tác dụng của dòng điện. Có thể chia tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người làm hai loại:

*Tác dụng kích thích.* Phần lớn các trường hợp chết người vì điện giật là do tác dụng kích thích gây nên. Đặc điểm của nó là dòng điện qua người bé ( $25 \div 100 \text{ mA}$ ), điện áp đặt vào người không lớn lắm, thời gian dòng điện qua người tương đối ngắn (vài giây). Khi người mới chạm vào điện, vì điện trở của người còn lớn, dòng điện qua người bé, tác dụng của nó chỉ làm bắp thịt tay, ngón tay co quắp lại. Nếu nạn nhân không rời khỏi vật mang điện được thì điện trở của người dần dần giảm xuống và dòng điện tăng lên, hiện tượng co quắp càng tăng. Thời gian tiếp xúc với vật mang điện càng lâu càng nguy hiểm vì người không còn khả năng rời khỏi vật mang điện, dẫn đến tê liệt tuần hoàn và hô hấp. Một đặc điểm của tác dụng kích thích là không thấy rõ chỗ dòng điện vào người và người bị nạn không có thương tích.

*Tác dụng gây chấn thương.* Tác dụng gây chấn thương thường xảy ra khi người tiếp xúc với điện áp cao. Khi người đến gần vật mang điện (6kV hay lớn hơn), tuy chưa chạm phải, nhưng vì điện áp cao sinh ra hồ quang điện, dòng điện hồ quang chạy qua người tương đối lớn. Do phản xạ tự nhiên của người rất nhanh, ngay lúc ấy người có khuynh hướng tránh xa vật mang điện, kết quả là hồ quang chuyển qua vật nổi đất gần đấy, vì vậy dòng điện qua người trong thời gian rất ngắn, tác dụng kích thích không đưa đến tê liệt tuần hoàn và hô hấp, nhưng người bị nạn có thể bị chấn thương hay chết do đốt cháy da thịt.

Hồ quang điện có thể sinh ra khi thao tác đóng cắt các máy cắt, các cầu dao có phụ tải lớn, hay khi ngắn mạch,... Nhiệt độ tia hồ quang rất lớn ( $3000 \div 6000^{\circ}\text{C}$ ), nếu người đứng trong tâm hoạt động của hồ quang thì sẽ bị tai nạn do hồ quang điện gây ra. Một phần cơ thể bị huỷ hoại, vết thương do hồ quang gây ra thường sâu và khó chữa trị.

Cũng có trường hợp điện giật, tuy dòng điện chưa trực tiếp làm tổn thương hay chết người, nhưng do co giật hay hốt hoảng mà nạn nhân rơi xuống đất nên bị chấn thương hoặc chết.

## 1-2. NHỮNG YẾU TỐ CHÍNH XÁC ĐỊNH TÌNH TRẠNG NGUY HIỂM CỦA ĐIỆN GIẬT

Dòng điện chạy qua cơ thể con người sẽ làm co giật các bắp thịt, phá hoại các quá trình sinh lý bên trong cơ thể dẫn tới tê liệt thần kinh, tê liệt tuần hoàn và hô hấp. Tính chất tác hại của dòng điện và hậu quả của nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố: trị số của dòng điện giật, loại dòng điện, điện trở của cơ thể người, đường đi của dòng điện qua cơ thể người, thời gian tác dụng của dòng điện, môi trường xung quanh và tình trạng sức khoẻ của người.

### 1.2.1. Điện trở của người

Cơ thể con người có thể coi như một điện trở. Lớp sừng trên da (dày khoảng  $0,05 - 0,2 \text{ mm}$ ) có điện trở lớn nhất, xương cũng có điện trở tương đối lớn, còn thịt và máu có điện trở bé. Khi người tiếp xúc vào vật mang điện, nếu da khô ráo, không có thương tích gì thì điện trở của người có thể đến 10.000 hay 100.000  $\Omega$ . Nếu mất lớp sừng trên

da thì điện trở của người còn khoảng  $800 \div 1000$  ôm, và nếu mất hết lớp da thì điện trở của người chỉ còn  $600 \div 800$  ôm. Điện trở của người không phải là trị số cố định mà thay đổi phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chủ yếu là: tình trạng của da (da sạch hay bẩn, khô hay ướt), chiều dày lớp sừng, diện tích và áp suất tiếp xúc, điện áp, tần số dòng điện, trạng thái thần kinh của người.

Nếu da người bị ướt hay có mồ hôi thì điện trở của người giảm xuống. Diện tích tiếp xúc càng lớn thì điện trở càng nhỏ, với điện áp bằng 50 – 60V có thể xem điện trở người tỷ lệ nghịch với diện tích tiếp xúc. Khi áp suất tiếp xúc khoảng  $1 \text{ kg/cm}^2$  trở lên, điện trở của người tỷ lệ nghịch với áp suất tiếp xúc. Khi dòng điện qua người tăng, da bị đốt nóng lên, người có mồ hôi, do đó điện trở của người giảm. Thời gian tác dụng của dòng điện càng lâu, điện trở của người càng giảm xuống vì da càng bị nóng, mồ hôi ra càng nhiều và vì những biến đổi điện phân trong cơ thể con người. Điện áp đặt vào người cũng có ảnh hưởng rất nhiều đến điện trở của người. Khi điện áp tăng lên thì điện trở của người giảm xuống vì ngoài hiện tượng điện phân nói trên còn có hiện tượng chọc thủng. Với lớp da mỏng, hiện tượng chọc thủng đã có thể xuất hiện ở điện áp 10 – 30V. Nhưng nói chung ảnh hưởng của điện áp thể hiện rõ rệt nhất ứng với trị số điện áp từ 250V trở lên.

### 1.2.2. Trị số dòng điện qua người

Như đã phân tích ở trên ta thấy rằng, nguy hiểm đối với người là do dòng điện chạy qua người. Qua kết quả phân tích các tai nạn về điện đã xảy ra trên thực tế chúng ta rút ra được tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người như sau (bảng 1 –1).

**Bảng 1-1**

Dòng điện (mA)	Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể người	
	Dòng điện xoay chiều tần số 50 – 60 Hz	Dòng điện một chiều
0,6 ÷ 1,5	Bắt đầu thấy tê ngón tay	Không có cảm giác
2 ÷ 3	Ngón tay tê rất mạnh	Không có cảm giác
5 ÷ 7	Bắp thịt tay co lại và rung	Đau như kim đâm và thấy nóng
8 ÷ 10	Tay khó rời vật mang điện nhưng có thể rời được, ngón tay, khớp tay, bàn tay cảm thấy đau.	Nóng tăng lên rất mạnh
20 ÷ 25	Tay không thể rời vật mang điện, đau tăng lên. khó thở.	Nóng tăng lên và bắt đầu có hiện tượng co quắp
50 ÷ 80	Hô hấp bị tê liệt, tim đập mạnh	Rất nóng, các bắp thịt co quắp, khó thở
90 ÷ 100	Hô hấp bị tê liệt, kéo dài 3 giây thì tim bị tê liệt và ngừng đập.	Hô hấp bị tê liệt

Từ bảng 1-1 thấy rằng, với một trị số dòng điện nhất định, sự tác dụng của nó vào cơ thể con người hầu như không thay đổi. Ở tần số 50 - 60 Hz, dòng điện xoay chiều an toàn đối với người phải bé hơn 10 mA, còn với dòng điện một chiều phải bé hơn 50 mA.

### 1.2.3. Thời gian điện giật

Khi thời gian dòng điện chạy qua người tăng lên, do ảnh hưởng của phát nóng, lớp sừng trên da có thể bị chọc thủng làm cho điện trở của người giảm xuống, do đó dòng điện qua người sẽ tăng lên và càng nguy hiểm.

Khi dòng điện qua người trong thời gian ngắn thì tính chất nguy hiểm phụ thuộc vào nhịp đập của tim. Mỗi chu kỳ co giãn của tim kéo dài độ 1 giây, trong chu kỳ đó có khoảng 0,1 giây tim nghỉ làm việc (giữa trạng thái co và giãn). Ở thời điểm này tim rất nhạy cảm với dòng điện qua nó. Nếu thời gian dòng điện qua người lớn hơn 1 giây thì thế nào cũng trùng với thời điểm tim nghỉ nói trên. Thí nghiệm cho thấy rằng, dù dòng điện lớn (gần bằng 10A) đi qua người mà không gặp thời điểm nghỉ của tim cũng không có nguy hiểm gì.

Căn cứ vào những lý luận trên chúng ta có thể giải thích tại sao ở các mạng điện cao áp như 110 kV, 35 kV, 10 kV, 6 kV, ... tai nạn do điện gây ra ít dẫn đến trường hợp tim ngừng đập hay ngừng hô hấp. Với điện áp cao, dòng điện xuất hiện trước khi người chạm vào vật mang điện, nạn nhân chưa kịp chạm vào vật mang điện thì hồ quang đã phát sinh và dòng điện qua rất lớn (có thể đến vài ampe). Dòng điện này tác động rất mạnh vào người và gây cho cơ thể người một phản xạ phòng thủ rất mãnh liệt. Kết quả là hồ quang bị dập tắt ngay (hoặc chuyển sang bộ phận dẫn điện bên cạnh), dòng điện chỉ tồn tại trong thời gian khoảng vài phần của giây. Với thời gian ngắn như vậy rất ít khi làm tim ngừng đập hay hô hấp bị tê liệt. Ở chỗ bị đốt cháy sẽ sinh ra một lớp hữu cơ cách điện của thân người, chính lớp này ngăn cách dòng điện qua người một cách hiệu quả. Tuy nhiên, ta không nên kết luận điện áp cao không nguy hiểm vì dòng điện qua người trong thời gian ngắn nhưng có thể đốt cháy nghiêm trọng hay làm chết người.

#### 1.2.4. Đường đi của dòng điện qua người

Người ta đo phân lượng dòng điện qua tim để đánh giá mức độ nguy hiểm của các con đường dòng điện qua người. Phân lượng dòng điện qua tim theo các con đường dòng điện qua người cho trong bảng 1-2.

**Bảng 1-2**

Đường dòng điện qua người	Phân lượng dòng điện qua tim (%)
Từ chân qua chân	0,4
Từ tay qua tay	3,3
Từ tay trái qua chân	3,7
Từ tay phải qua chân	6,7

Đường đi của dòng điện từ chân qua chân là ít nguy hiểm nhất. Song nếu vì hốt hoảng, người ngã ra, mạch điện thay đổi chuyển thành các trường hợp sau nguy hiểm hơn.

#### 1.2.5. Tần số dòng điện

Tần số dòng điện xoay chiều cũng có ảnh hưởng nhiều đến tai nạn về điện. Qua nghiên cứu thấy rằng, với tần số 50 – 60 Hz là nguy hiểm hơn cả. Tần số càng cao càng ít nguy hiểm. Tần số trên 500.000 Hz không giật nhưng có thể gây bỏng.

#### 1.2.6. Môi trường xung quanh

Nhiệt độ và đặc biệt là độ ẩm cũng có ảnh hưởng đến điện trở của người và các vật cách điện, do đó cũng làm thay đổi dòng điện qua người.



### 1-3. HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐIỆN TẢN TRONG ĐẤT ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC, ĐIỆN ÁP BƯỚC

#### 1.3.1. Hiện tượng dòng điện tản trong đất

Trong tất cả các thiết bị điện, giữa phần có điện và các bộ phận nối đất, các bộ phận người có thể chạm vào đều được ngăn cách với nhau bằng chất cách điện.

Khi lớp cách điện bị chọc thủng, phần mang điện tiếp xúc với phần nối đất và có dòng điện đi từ mạng điện xuống đất qua chỗ nối đất.

Với giả thiết đất là đồng nhất và đẳng hướng, dòng điện chạy trong đất sẽ phân bố đều, nghĩa là mật độ dòng điện tại những điểm cách chỗ dòng điện đi vào đất một khoảng  $x$  tính bằng công thức:

$$J = \frac{I_d}{2\pi x^2} \quad (1-1)$$

trong đó :  $I_d$  - dòng điện tại chỗ chạm đất,

$x$  - khoảng cách tính từ chỗ chạm đất đến điểm đang xét.

Dòng điện trong đất gây nên một điện trường có thể xem là đều. Do đó, điện áp giáng trên một lớp đất dày  $dx$  cách điểm chạm đất một khoảng  $x$  tính theo công thức:

$$dU = \frac{I_d r dx}{2\pi x^2} \quad (1-2)$$

trong đó  $\rho$  là điện trở suất của đất,  $\Omega m$ .

Từ đó suy ra thế tại một điểm A cách điểm chạm đất một khoảng  $x$  bằng:

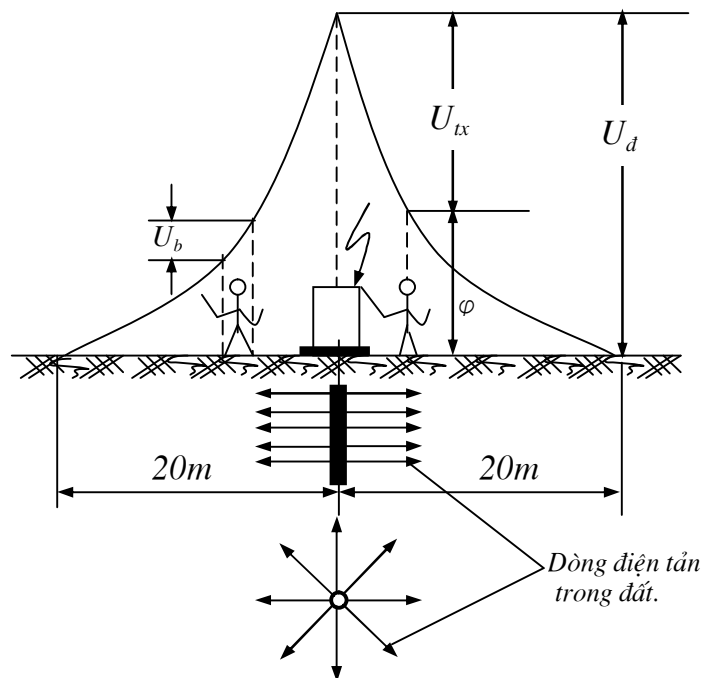
$$j_A = U_A - U_\infty = \int_x^\infty dU = \frac{I_d r}{2\pi} \int_x^\infty \frac{dx}{x^2} = \frac{I_d r}{2\pi x} \quad (1-3)$$

Theo biểu thức (1-3) ta có thể biểu diễn được điện thế của các điểm xung quanh vật nối đất khi có dòng điện chạy vào đất như hình 1- 4.

Càng xa vật nối đất, điện thế càng giảm. Thực tế cho thấy, 68% điện áp rơi trong phạm vi 1m, 24% từ 1m đến 10m, cách xa vật nối đất 20m trên thực tế thế bằng không.

Khi đi vào đất, dòng điện bị điện trở của đất cản trở, điện trở này gọi là điện trở tản hay gọi tắt là điện trở nối đất. Điện trở nối đất chính là điện trở của khối đất có thể tích bằng 1/2 hình cầu có tâm là chỗ nối đất, bán kính bằng 20m. Nếu bỏ qua điện trở rất nhỏ của dây dẫn nối đất, điện trở nối đất tính như sau:

$$r_d = \frac{U_d}{I_d} \quad (1-4)$$



Hình 1-4. Dòng điện phân tán trong đất. Quan hệ giữa điện thế của các điểm trong vùng có dòng điện chạy trong đất.

Trị số điện trở của đất phụ thuộc vào chất đất và thời gian đo.

### 1.3.2. Điện áp tiếp xúc

Khi người chạm vào vật mang điện, giữa tay và chân người có một điện áp đặt vào người (xem hình 1-4), gọi là điện áp tiếp xúc. Dòng điện qua người trong trường hợp này bằng:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} \quad (1-5)$$

trong đó  $U_{ng}$ - điện áp tiếp xúc,

$R_{ng}$ - điện trở của người.

Càng đứng xa chỗ nối đất thì điện áp tiếp xúc càng lớn.

### 1.3.3. Điện áp bước

Nếu người đi vào vùng đất trong đó có dòng điện chạy qua thì giữa hai chân người có một điện áp, gọi là điện áp bước.

$$U_b = \varphi_1 - \varphi_2$$

trong đó:  $U_b$  - điện áp bước,

$\varphi_1, \varphi_2$  thế tại chân thứ 1 và chân thứ 2.

Từ hình vẽ 1-4 ta thấy rằng, càng đi vào gần vật nối đất thì điện áp bước càng lớn.

Dưới tác dụng của điện áp bước, dòng điện đi qua người là:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng} + 2R_{ch}} \quad (1-6)$$

trong đó  $R_{ch}$  là điện trở dưới chân người.

Khi điện áp bước khoảng 100 đến 250V, các cơ bắp của người bị co quắp, người có thể bị ngã và sơ đồ mạch điện thay đổi gây nguy hiểm cho người. Để đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người, khi xảy ra chạm đất cấm người đến gần chỗ chạm đất 4 ÷ 5m (đối với thiết bị trong nhà) và 8 ÷ 10m đối với thiết bị ngoài trời.

### 1.3.4. Điện áp cho phép

Như đã biết ở trên, ở tần số 50 - 60 Hz, trị số dòng điện xoay chiều an toàn đối với người phải bé hơn 10 mA, còn đối với dòng điện một chiều phải bé hơn 50 mA.

Việc xác định trị số dòng điện qua người trong nhiều trường hợp không làm được vì điện trở người là một đại lượng không cố định, nó thay đổi và phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Do vậy xác định giới hạn an toàn cho người không dựa vào "dòng điện an toàn" mà phải theo "điện áp cho phép". Dùng điện áp cho phép rất thuận lợi vì với mỗi mạng điện điện áp tương đối ổn định.

Điện áp cho phép (còn gọi là điện áp an toàn) là điện áp mà trong điều kiện làm việc nếu người có chạm vào thì dòng điện qua người không vượt quá mức độ nguy hiểm đến tính mạng của người.

Cần nhớ rằng, hiện nay về phương diện kỹ thuật người ta phân ra điện áp cao và điện áp thấp, nhưng điện áp thấp ở đây không có nghĩa là an toàn đối với người. Theo cách phân biệt trên, thiết bị điện áp thấp là thiết bị mà điện áp của bất cứ một dây nào của hệ thống này đối với đất đều bé hơn 250 V. Thực tế cho thấy, điện áp của máy hàn bé hơn 65 V nhưng vẫn có hiện tượng điện giật chết người.