

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9621-5:2013**

**IEC/TR 60479-5:2007**

Xuất bản lần 1

**ẢNH HƯỞNG CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN NGƯỜI VÀ GIA SÚC –  
PHẦN 5: GIÁ TRỊ NGƯỠNG ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC  
ĐỐI VỚI CÁC ẢNH HƯỞNG SINH LÝ**

*Effects of current on human beings and livestock –*

*Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects*

HÀ NỘI – 2013

**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
Lời giới thiệu .....	5
1 Phạm vi áp dụng .....	7
2 Tài liệu viện dẫn .....	8
3 Thuật ngữ và định nghĩa .....	8
4 Tình trạng và giá trị ngưỡng .....	9
5 Ngưỡng điện áp tiếp xúc – Thể hiện đường cong điện áp-thời gian .....	19
Phụ lục A (tham khảo) – Trở kháng của cơ thể.....	31
Phụ lục B (tham khảo) – Điện áp tiếp xúc – Giải thích phương pháp, để suy ra giá trị ước tính ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với phản ứng giật mình, phản ứng mạnh của cơ và rung tâm thất từ bảng trở kháng cơ thể và giới hạn dòng điện trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) .....	37
Phụ lục C (tham khảo) – Xác định ngưỡng điện áp theo tình trạng lựa chọn .....	55
Phụ lục D (tham khảo) – Giới hạn áp dụng .....	57
Thư mục tài liệu tham khảo .....	59

**Lời nói đầu**

TCVN 9621-5:2013 hoàn toàn tương đương với IEC/TR 60479-5:2007;

TCVN 9621-5:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn Quốc gia TCVN/TC/E1 *Máy điện và khí cụ điện* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 9621 (IEC 60479) *Ảnh hưởng của dòng điện lên người và gia súc* gồm các phần sau:

TCVN 9621-1:2013 (IEC/TS 60479-1:2005), Phần 1: Khía cạnh chung

TCVN 9621-2:2013 (IEC/TS 60479-2:2007), Phần 2: Khía cạnh đặc biệt

TCVN 9621-3:2013 (IEC/TR 60479-3:1998), Phần 3: Ảnh hưởng của dòng điện chạy qua cơ thể gia súc

TCVN 9621-4:2013 (IEC/TR 60479-4:2011), Phần 4: Ảnh hưởng của sét

TCVN 9621-5:2013 (IEC/TR 60479-5:2007), Phần 5: Giá trị ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với ảnh hưởng sinh lý

## Lời giới thiệu

Tiêu chuẩn này đưa ra phương pháp luận để đánh giá các ngưỡng điện áp dự kiến cung cấp hướng dẫn khi lựa chọn và áp dụng các giá trị giới hạn điện áp liên quan đến bảo vệ chống điện giật. Có thể sử dụng phương pháp luận này để tính toán lại các ngưỡng điện áp đề xuất hoặc xác định các giá trị ngưỡng điện áp mới dựa trên các tuyến dòng điện khác nhau, các giá trị ngưỡng dòng điện khác, tần số dòng điện xoay chiều khác nhau và các giá trị điện dung trên da khác, v.v...

Để đánh giá kiểu và mức khắc nghiệt của các ảnh hưởng sinh lý mà dòng điện có thể gây ra, cần xác định độ lớn và tuyến dòng điện chạy qua cơ thể người. Tuy nhiên, trên quan điểm thiết kế của thiết bị, việc này cho phép dự đoán các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn có thể hoặc chắc chắn xảy ra, cung cấp thông tin về mức điện áp trên các bề mặt dẫn tiếp cận được. Nếu điện áp lớn nhất có sẵn đủ thấp trong các trường hợp dự kiến là không thể gây ra dòng điện tiếp xúc đủ để gây ra các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn, thì có thể giảm hoặc bỏ qua các bảo vệ mà thường yêu cầu để tránh xảy ra các ảnh hưởng sinh lý này. Điện áp thấp hơn mức tới hạn mà ít có khả năng gây nguy hiểm về khía cạnh này thường được gọi là điện áp cực thấp (ELV).

Mục đích của tiêu chuẩn này nhằm đưa ra các giá trị ngưỡng điện áp tiếp xúc ứng với các vùng ảnh hưởng sinh lý (như thể hiện trên Hình 20 và 22 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1)), việc giới thiệu các kỹ thuật này giúp các nhà thiết kế có khả năng cung cấp các loại mạch điện đa dạng hơn để đưa ra mức mong muốn bảo vệ người sử dụng trong các trường hợp rộng hơn so với xem xét trước đây.

Ảnh hưởng sinh lý ứng với các giá trị điện áp ngưỡng cần giống với ảnh hưởng sinh lý đối với dòng điện tiếp xúc xuất hiện trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Ảnh hưởng sinh lý được xét trong tiêu chuẩn này là phản ứng giật mình của dòng điện, ảnh hưởng liên quan đến sự co cơ như mất khả năng thả tay và rung tâm thất. Ngưỡng dòng điện dựa trên các đường cong a, b và c1 trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Ngưỡng điện áp tiếp xúc liên quan đến ngưỡng dòng điện tiếp xúc và trở kháng cơ thể theo định luật Ôm. Tuy nhiên, trong trường hợp này, ứng dụng định luật Ôm không đơn giản. Trở kháng của cơ thể là một hàm của nhiều biến số kể cả điện áp ngang qua cơ thể, tuyến dòng điện, diện tích tiếp xúc giữa da và bề mặt dẫn, mức ẩm trên diện tích tiếp xúc, và thời gian điện áp chạy qua (hoặc dòng điện chạy qua) cơ thể. Khi điện áp được đặt vào cơ thể và dòng điện bắt đầu chạy qua thì thành phần điện trở của trở kháng da thay đổi xuống đến giá trị thấp nhất trong vài chục mili giây.

Tiêu chuẩn này đề cập đến điện áp xoay chiều hình sin 50/60 Hz và điện áp một chiều thuần túy có thành phần xoay chiều không đáng kể. Điện áp xoay chiều tần số cao hơn không được đưa vào phân tích này vì chúng đòi hỏi mô hình trở kháng cơ thể người phức tạp hơn và đòi hỏi phải sử dụng các hệ số tần số đối với các ngưỡng dòng điện cho các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn.

## Ảnh hưởng của dòng điện lên người và gia súc –

### Phần 5: Giá trị ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với ảnh hưởng sinh lý

*Effects of current on human beings and livestock –*

*Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects*

#### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp các ngưỡng kết hợp điện áp tiếp xúc-khoảng thời gian dựa trên phân tích các thông tin liên quan đến trở kháng của cơ thể và ngưỡng dòng điện ảnh hưởng sinh lý, như đã nêu trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Các kết hợp ngưỡng này liên quan đến các điều kiện môi trường và điều kiện tiếp xúc cụ thể qui định trở kháng của cơ thể đối với tuyến dòng điện nhất định.

Tiêu chuẩn này chỉ xem xét đến:

- (i) điện áp xoay chiều hình sin tần số 50/60 Hz không có thành phần tần số khác và không có thành phần điện áp một chiều đáng kể, và
- (ii) điện áp một chiều không có thành phần xoay chiều đáng kể.

Tiêu chuẩn này cung cấp các ngưỡng là kết quả của các tính toán được dựa trên các giá trị của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), với một số yếu tố không chắc chắn. Vì vậy các giá trị ngưỡng đề xuất trong tiêu chuẩn này cũng tương ứng với các giá trị với một số yếu tố không chắc chắn.

Tiêu chuẩn này không xem xét các phần cơ thể ngập trong nước và ứng dụng y học.

Ngưỡng kết hợp điện áp tiếp xúc-khoảng thời gian được sử dụng để xác định các giới hạn về điện áp tiếp xúc và khoảng thời gian điện áp tiếp xúc ở các tình huống môi trường khác nhau.

Việc xác định các giới hạn cần phải dựa trên đánh giá rủi ro. Các yếu tố thuộc về đánh giá rủi ro bao gồm các giá trị ngưỡng điện áp (có tính đến bề mặt tiếp xúc, tình trạng ẩm của da, tuyến dòng điện qua cơ thể) được cung cấp trong tiêu chuẩn này, cũng như các yếu tố khác không được đề cập đến như:

- giảm khả năng tiếp xúc (bằng chướng ngại vật, rào cản, cảnh báo, xa tầm với, đào tạo. v.v...); hoặc
- giảm điện áp tiếp xúc so với điện áp sự cố (ví dụ như bằng liên kết đẳng thế); hoặc
- bổ sung điện trở mắc nối tiếp với cơ thể người (như găng tay, giày, thảm, v.v...).

## **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi.

TCVN 9621-1:2013 (IEC/TS 60479-1:2005), *Ảnh hưởng của dòng điện lên người và gia súc – Phần 1: Khía cạnh chung*

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock (Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế – Phần 195: Nối đất và bảo vệ chống điện giật)*

IEC 60990, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current (Phương pháp đo dòng điện tiếp xúc và dòng điện trong dây dẫn bảo vệ)*

## **3 Thuật ngữ và định nghĩa**

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

### **3.1**

#### **Dòng điện tiếp xúc (touch current)**

Dòng điện chạy qua cơ thể người hoặc qua cơ thể động vật khi tiếp xúc vào một hoặc nhiều bộ phận tiếp cận được của công trình lắp đặt hoặc của thiết bị.

[IEV-195-05-21]

### **3.2**

#### **Điện áp tiếp xúc (touch voltage)**

Điện áp giữa các phần dẫn điện khi người hoặc động vật tiếp xúc cùng lúc.

[IEV-195-05-21]

CHÚ THÍCH: Điện áp tiếp xúc có thể khác với điện áp hở mạch giữa các phần dẫn điện này.

### **3.3**

#### **Ngưỡng (threshold)**

Mức kích thích vừa đủ để gây ra phản ứng.

CHÚ THÍCH: Ngưỡng không đồng nghĩa với giới hạn trong đó bao gồm đánh giá rủi ro, lẽ an toàn, v.v...

#### **3.3.1**

##### **Ngưỡng điện áp đối với phản ứng giật mình (voltage threshold for startle reaction)**

Giá trị nhỏ nhất của điện áp tiếp xúc đối với một tập hợp khi dòng điện chạy qua cơ thể là vừa đủ để gây ra cơ cơ không chủ ý cho người mà dòng điện đó chạy qua.

### 3.3.2

#### **Ngưỡng điện áp đối với phản ứng mạnh của cơ (voltage threshold for strong muscular reaction)**

Giá trị nhỏ nhất của điện áp tiếp xúc đối với một tập hợp khi một dòng điện chạy qua cơ thể là vừa đủ để khiến cơ co thắt không chủ ý, ví dụ như không có khả năng buông tay khỏi một điện cực (dòng điện xoay chiều), nhưng không bao gồm phản ứng giật mình.

### 3.3.3

#### **Ngưỡng điện áp đối với rung tâm thất (voltage threshold for ventricular fibrillation)**

Giá trị nhỏ nhất của điện áp tiếp xúc đối với một tập hợp khi một dòng điện chạy qua cơ thể là vừa đủ để gây rung tâm thất.

### 3.4

#### **Khoảng thời gian dài (long duration)**

Khoảng thời gian tương ứng với đường tiệm cận đứng của các đường cong "b" và "c<sub>1</sub>" của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) (ví dụ: 10 s).

### 3.5

#### **Khoảng thời gian ngắn (short duration)**

Bất kỳ khoảng thời gian nào nhỏ hơn khoảng thời gian dài.

## 4 Tình trạng và giá trị ngưỡng

### 4.1 Qui định chung

Ảnh hưởng sinh lý của điện qua cơ thể người là do dòng điện chạy qua cơ thể gây ra. Để đánh giá loại và mức độ ảnh hưởng sinh lý mà điện có thể gây ra phải xác định độ lớn và tuyến của dòng điện chạy qua cơ thể người. Tuy nhiên, theo quan điểm thiết kế thiết bị, sẽ là có lợi nếu như tiên đoán được ngay các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn là có thể hoặc sẽ xảy ra hay không mà chỉ dựa vào các thông tin về mức điện áp trên bề mặt dẫn điện tiếp cận được. Nếu điện áp sẵn có lớn nhất là đủ thấp để không thể gây ra dòng điện tiếp xúc có ảnh hưởng sinh lý không mong muốn, thì khi đó yêu cầu các biện pháp bảo vệ an toàn bình thường là cần thiết để tránh sự xuất hiện các ảnh hưởng sinh lý có thể được giảm hoặc loại bỏ.

**CHÚ THÍCH:** Tiêu chuẩn này chỉ ước tính điện áp tiếp xúc mà không ước tính ảnh hưởng của trở kháng nguồn. Điều này dẫn đến tình trạng xấu nhất. Trong tiêu chuẩn này, điện áp tiếp xúc có thể xảy ra được coi là bằng điện áp tiếp xúc hiệu dụng như đã xác định ở IEC 60050-195.

### 4.2 Ảnh hưởng sinh lý của dòng điện tiếp xúc

Ngưỡng cho các ảnh hưởng sinh lý kết hợp với dòng điện chạy qua cơ thể người được nêu trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

## TCVN 9621-5:2013

Tiêu chuẩn này đề cập đến phản ứng giật mình do dòng điện, phản ứng cơ mạnh mẽ không chủ ý, như là mất khả năng buông tay khỏi điện cực trong trường hợp rung tâm thất. Các dòng điện xoay chiều ảnh hưởng khác như là cảm nhận dòng điện, có thể là quan trọng đối với một số ứng dụng nhưng không được đề cập. Cần lưu ý rằng các ngưỡng dòng điện tương ứng phản ứng cơ mạnh mẽ và rung tâm thất phụ thuộc vào độ lớn dòng điện tiếp xúc, trong khi đó ngưỡng dòng điện tương ứng với phản ứng giật mình phụ thuộc nhiều hơn vào cường độ dòng điện. Tuy nhiên TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) đề cập một ngưỡng phản ứng giật mình của dòng điện tính bằng mA, cho thấy rằng ngưỡng phản ứng giật mình của dòng điện chỉ phụ thuộc vào độ lớn của dòng điện.

Trong tiêu chuẩn này, ngưỡng của ảnh hưởng sinh lý quan tâm chủ yếu là các đường cong a, b và c<sub>1</sub>. Đường cong a là mức mà nếu vượt qua thì phản ứng giật mình của dòng điện là có thể xảy ra. Đường cong b là đường biên dưới của các mức dòng điện mà nếu vượt qua thì các ảnh hưởng sinh lý nghiêm trọng hơn và không mong muốn bắt đầu xuất hiện. Đường cong c<sub>1</sub> là mức mà nếu vượt qua thì khả năng xảy ra rung tâm thất bắt đầu trở thành đáng lo ngại.

Các Hình 1 đến Hình 3 dưới đây chỉ ra các ngưỡng dòng điện tiếp xúc mà dựa vào đó xác định các ngưỡng điện áp. Các hình này chỉ dựa vào thông tin từ TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Hình 1, Hình 2 và Hình 3 tương ứng chỉ ra các giá trị dòng điện ngưỡng bàn tay-bàn tay; hai bàn tay-hai bàn chân hoặc bàn tay-mông (theo chiều dọc) của dòng điện.

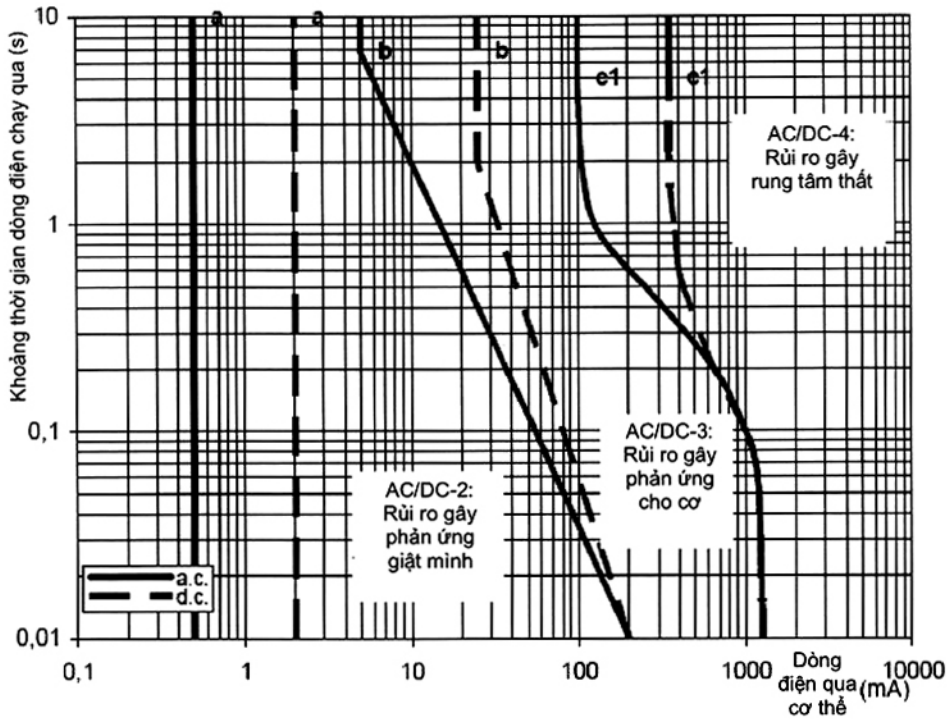
Hình 2 mô phỏng trực tiếp Hình 20 và Hình 22 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Các hình khác được suy ra từ TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) bằng cách sử dụng các yếu tố thích hợp của Bảng 5 để dòng điện ngưỡng phù hợp với tuyến bàn tay-bàn tay.

Các giá trị trong Bảng 1 liên quan đến khoảng thời gian dài khi dòng điện chạy qua thân. Đối với điện xoay chiều, mối quan ngại chính là mất khả năng buông tay đối với dòng điện chạy qua từng cánh tay. Vì vậy, giá trị dòng điện xoay chiều trong Bảng 1 và Hình 2 đã được tăng gấp đôi so với tuyến “hai bàn tay – hai bàn chân” cho khoảng thời gian dòng điện dài hơn (chỉ trên giao điểm với đường dòng điện một chiều). Đối với điện một chiều và khoảng thời gian xoay chiều ngắn hơn, giá trị không được tăng gấp đôi bởi vì dòng điện một chiều liên tục và khoảng thời gian ngắn của dòng điện xoay chiều không gây ra mất khả năng buông tay (kết quả là hai đường trùng nhau) (xem chú thích 1 của Bảng 1).

Đối với dòng điện một chiều, độ lớn thấp hơn của dòng điện là cần thiết để gây ra rung tâm thất khi dòng điện chạy lên từ hai bàn chân tới hai bàn tay (bàn chân mang điện dương so với thân trên của cơ thể) qua thân thay vì đi xuống. Tiêu chuẩn này giả định dòng điện đi lên trong tất cả các trường hợp liên quan đến dòng điện một chiều. Ngưỡng dòng điện gây ra rung tâm thất đối với dòng điện đi xuống là khoảng gấp đôi ngưỡng dòng điện tương ứng với dòng đi lên.

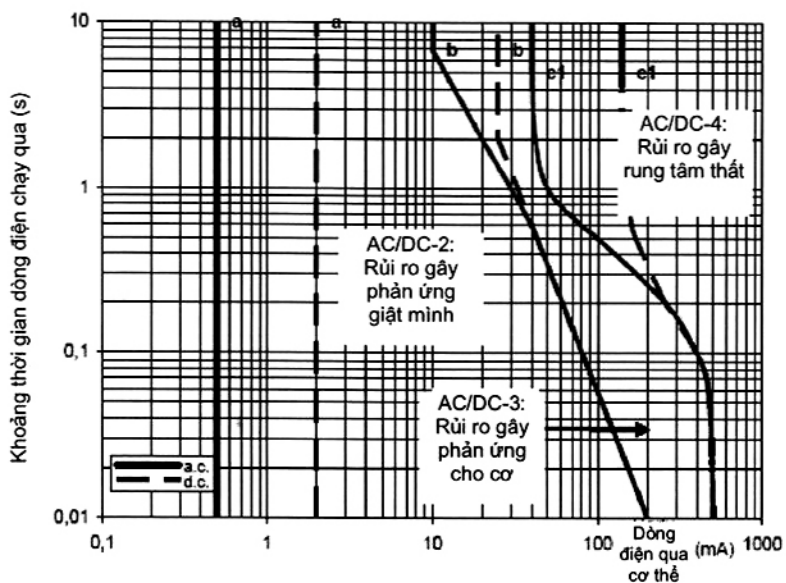
Khoảng thời gian ngắn của dòng điện (nhỏ hơn một chu kỳ tim) luôn được giả định trùng khớp với phần dễ bị tổn thương của chu kỳ tim.





CHÚ THÍCH: Đường cong "c<sub>1</sub>" đã được sửa đổi theo Bảng 12 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1); xem thêm đoạn cuối của 4.1 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1);

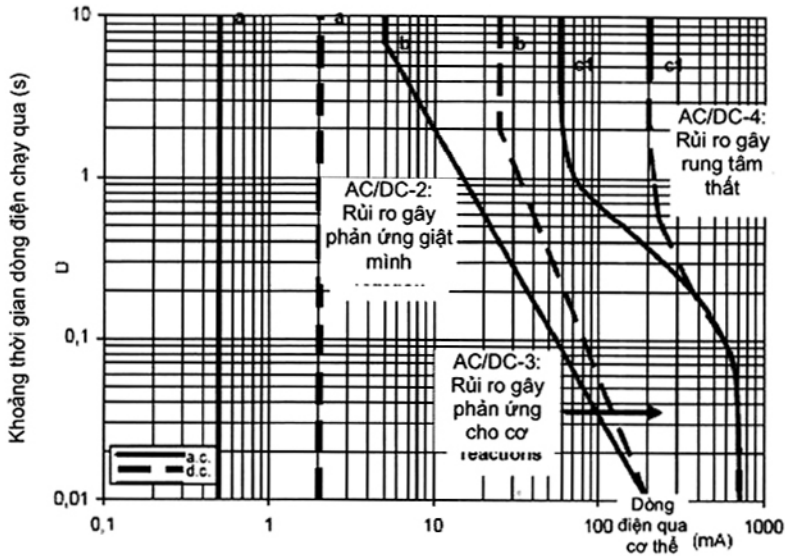
**Hình 1 – Ngưỡng sinh lý đối với điện xoay chiều (50/60 Hz) và điện một chiều chạy từ bàn tay sang bàn tay (theo chiều ngang) qua cơ thể người**



CHÚ THÍCH: Sửa đổi so với Hình 20 và Hình 22 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) bao gồm:

- tăng gấp đôi ngưỡng tương ứng với đường cong "b" đối với điện xoay chiều, đã được giải thích trong chú thích 1 của Bảng 1;
- phần dưới điểm giao nhau giữa gấp đôi đường cong xoay chiều và đường cong một chiều, hai đường cong trùng khớp với đường cong điện một chiều có độ an toàn cao hơn; xem giải thích ở đoạn 4 trong 4.1 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

**Hình 2 – Ngưỡng sinh lý đối với dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) và dòng điện một chiều chạy từ hai bàn tay sang hai bàn chân (theo chiều dọc) qua cơ thể người**



**Hình 3 – Ngưỡng sinh lý đối với dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) và dòng điện một chiều chạy từ bàn tay tới mông (theo chiều dọc) qua cơ thể người**

Để xác định ngưỡng điện áp, đã xem xét các ngưỡng dòng điện trong khoảng thời gian dài dưới đây. Chúng được xác định từ Hình 20 và Hình 22 và Bảng 12 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), tương ứng với đầu phía trên của các đường cong b hoặc c<sub>1</sub> trong Hình 1 đến Hình 3 ở trên.

**Bảng 1 – Giá trị ngưỡng dòng điện đối với mỗi tình trạng và trong khoảng thời gian dài**

Kiểu ngưỡng	Dòng điện	Tuyến dòng điện	mA
Dòng điện gây phản ứng giật mình	xoay chiều	Bàn tay-bàn tay	0,5
		Hai bàn tay-hai bàn chân	0,5
		Một bàn tay-mông	0,5
	một chiều	Bàn tay-bàn tay	2
		Hai bàn tay- hai bàn chân	2
		Một bàn tay-mông	2
Phản ứng mạnh của cơ	xoay chiều	Bàn tay-bàn tay	5
		Hai bàn tay-hai bàn chân (chú thích 1)	10
		Một bàn tay-mông	5
	một chiều	Bàn tay-bàn tay	25
		Hai bàn tay-hai bàn chân	25
		Một bàn tay-mông	25
Rung tâm thất (chú thích 3)	xoay chiều	Bàn tay-bàn tay	100
		Hai bàn tay-hai bàn chân	40
		Một bàn tay-mông	57
	một chiều	Bàn tay-bàn tay	350
		Hai bàn chân-hai bàn tay (Chú thích 2)	140
		Mông-một bàn tay (Chú thích 2)	200

CHÚ THÍCH 1: Các giá trị trong bảng này đề cập dòng điện chạy qua thân người. Đối với điện xoay chiều, mối quan ngại chính là mất khả năng buông tay khi dòng điện chạy qua mỗi cánh tay. Vì vậy, giá trị dòng điện tiếp xúc tổng trong bảng đã được tăng gấp đôi đối với khoảng thời gian dòng điện dài hơn.

CHÚ THÍCH 2: Tuyến dòng điện theo hướng từ hai chân sang hai tay được gọi là dòng điện đi lên. Ngưỡng dòng điện gây rung tâm thất đối với các dòng điện một chiều đi xuống là khoảng gấp hai lần ngưỡng dòng điện tương ứng với dòng điện đi lên.

CHÚ THÍCH 3: Các giá trị dòng điện khác với giá trị tương ứng với rung tâm thất có thể gây ra các ảnh hưởng nghiêm trọng khác như là ngừng hô hấp được mô tả ở TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

### 4.3 Trở kháng cơ thể

Ngưỡng điện áp tiếp xúc quan hệ với ngưỡng dòng điện tiếp xúc qua trở kháng của cơ thể theo định luật Ôm. Tuy nhiên, việc ứng dụng định luật Ôm là không đơn giản bởi vì giá trị thích hợp của trở kháng cơ thể cần sử dụng là hàm của nhiều yếu tố. Lựa chọn giá trị thích hợp phải bao gồm xem xét:

- kiểu nguồn điện (xoay chiều hoặc một chiều), và
- độ lớn của điện áp tiếp xúc, và

- tuyến dòng điện chạy qua cơ thể (bàn tay-bàn tay hoặc hai bàn tay-hai bàn chân hoặc bàn tay-mông), và

CHÚ THÍCH 1: Các tuyến dòng điện khác nhau này được lựa chọn là do các đặc tính của chúng. Lý do được đưa ra từ mô hình trở kháng của cơ thể được mô tả ở Phụ lục A. Các ngưỡng điện áp được xác định đối với tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân nói chung có thể coi là thận trọng hơn so với tuyến dòng điện một bàn tay xuống hai bàn chân.

- diện tích tiếp xúc của da, và
- tình trạng diện tích tiếp xúc của da (ướt nước muối, ướt nước, khô), và
- khoảng thời gian dòng điện chạy qua.

Trở kháng của cơ thể chỉ bao gồm trở kháng của da và trở kháng của mô bên trong.

Điện trở của da thay đổi như là một hàm của điện áp đặt lên da. Ở điện áp thấp, thay đổi là có thể đảo ngược. Giá trị thay đổi nhanh chóng trở về điện trở ban đầu sau khi rút bỏ điện áp. Ở điện áp cao, tổn thương da vĩnh viễn có thể xảy ra. Trong trường hợp này, sự thay đổi của điện trở da do điện áp đặt vào là không thể đảo ngược.

CHÚ THÍCH 1: Ngón tay có thể được giả định có điện trở xấp xỉ 1 000  $\Omega$ . Vì vậy, tiếp xúc bằng đầu ngón tay thay vì lòng bàn tay sẽ làm tăng trở kháng cơ thể lên đáng kể. Các tình trạng được mô tả bởi tiếp xúc bằng lòng bàn tay do vậy là thận trọng hơn.

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) có chứa các thông tin về trở kháng cơ thể nhận được từ các phép đo trên người sống tình nguyện và từ các phép đo trên tử thi. Phụ lục A cung cấp thêm chi tiết về trở kháng của cơ thể và các mô hình trở kháng của cơ thể. Trở kháng khác nhau giữa các cá nhân khác nhau và điều này được nêu trên các bảng của Phụ lục A bằng giá trị phần trăm.

Thông thường người to lớn về thể xác có điện trở trong của cơ thể thấp hơn vì diện tích mặt cắt lớn hơn. Người có thân thể nhỏ thường có điện trở trong của cơ thể lớn hơn. Một số phép đo [1]<sup>1</sup> của trở kháng cơ thể chỉ ra rằng trở kháng cơ thể không chịu ảnh hưởng nhiều bởi trọng lượng cơ thể. Vì vậy, không có đủ tương quan giữa trọng lượng cơ thể (trẻ em hoặc người trưởng thành) và các giá trị dòng điện sinh lý tương ứng với một ảnh hưởng cụ thể. Ba tỉ lệ phần trăm của một tập hợp đã được xem xét trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) (5 %, 50 %, và 95%). Tiêu chuẩn này chỉ xem xét các giá trị trở kháng của cơ thể tương ứng với 5 % phần trăm của một tập bao gồm hơn 95 % của tập hợp.

#### 4.4 Trở kháng bên ngoài cơ thể

Giả định rằng nguồn điện áp đặt lên cơ thể có trở kháng đầu ra thấp so với trở kháng cơ thể (đây là trường hợp xấu nhất). Độ lớn của dòng điện tiếp xúc chỉ được xác định bởi sự kết hợp của điện áp đặt vào và trở kháng cơ thể. Xem xét mọi trở kháng mạch đáng kể có thể mắc nối tiếp với cơ thể, và có ảnh hưởng đến dòng điện tiếp xúc có được từ nguồn điện áp, là ngoài phạm vi của tiêu chuẩn này.

## TCVN 9621-5:2013

CHÚ THÍCH 1: Trong một số trường hợp, trở kháng điện cảm lớn nối tiếp với cơ thể, điện áp tiếp xúc có thể cao hơn điện áp hở mạch của nguồn. Ảnh hưởng này có thể trở thành đáng kể ở 50/60 Hz với các điện cảm lớn hơn 100 mH.

Trở kháng ngoài do trang phục, kể cả găng tay, giày không được xét tới trong tiêu chuẩn này.

### 4.5 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến ngưỡng điện áp

Các yếu tố được xem xét:

- Nguồn: Điện áp hình sin xoay chiều 50/60 Hz không có thành phần một chiều hoặc điện một chiều không có thành phần xoay chiều.
- Tình trạng da: ướt nước muối, ướt nước và khô.

CHÚ THÍCH: Tình trạng da “khô” tương ứng với tình trạng bình thường ở trong nhà, tình trạng da ướt nước tương ứng với da đã được ngâm hơn một phút trong nước bình thường (giá trị trung bình  $\rho = 35 \Omega\text{m}$ ,  $\text{pH} = 7,7 - 9$ ), và tình trạng da ướt nước muối được coi là da đã ngâm hơn một phút trong dung dịch NaCl 3 % trong nước (giá trị trung bình  $\rho = 0,25 \Omega\text{m}$ ,  $\text{pH} = 7,5 - 8,5$ ).

Đồ mồ hôi có thể được xem là nằm giữa tình trạng ướt nước và tình trạng ướt nước muối. Suất dẫn của một số nước biển là hơi cao hơn so với tình trạng ướt nước muối.

- Tuyến tiếp xúc bàn tay-bàn tay hoặc tiếp xúc hai bàn tay- hai bàn chân hoặc tiếp xúc bàn tay-mông với các phần dẫn tiếp cận được.
- Diện tích tiếp xúc: tiếp xúc diện tích lớn, tiếp xúc diện tích trung bình, hoặc tiếp xúc bằng tay nhỏ với các phần dẫn tiếp cận được.

Đối với mục đích tính toán, tiếp xúc cả bàn tay lớn (L) được coi là có diện tích tiếp xúc bằng bàn tay với bề mặt là  $82 \text{ cm}^2$ . Diện tích tiếp xúc trung bình (M) được coi là  $12,5 \text{ cm}^2$  và có thể đại diện cho việc tiếp xúc một bộ phận dẫn trong lòng mỗi bàn tay. Diện tích tiếp xúc nhỏ (S) được coi là  $1 \text{ cm}^2$  và có thể đại diện cho việc tiếp xúc bằng bàn tay với một bộ phận dẫn nhỏ. Mọi tiếp xúc, ngoại trừ đối với bàn tay-mông, được giả định là đối xứng trong phân tích này. Giả định rằng tiếp xúc giữa mỗi bàn chân và một bề mặt tiếp xúc phụ dẫn điện sẽ có cùng kích thước như đối với tiếp xúc bề mặt của mỗi bàn tay.

Cần lưu ý rằng diện tích tiếp xúc có thể bị ảnh hưởng bởi việc sử dụng công cụ dẫn hoặc thiết bị kết nối (các phần dẫn điện tiếp cận được).

- Khoảng thời gian: 10 ms tới 10 s.

Trường hợp xấu nhất được trình bày trong tiêu chuẩn này tương ứng với trình trạng sau: dòng điện xoay chiều, khoảng thời gian dài, tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc rộng.

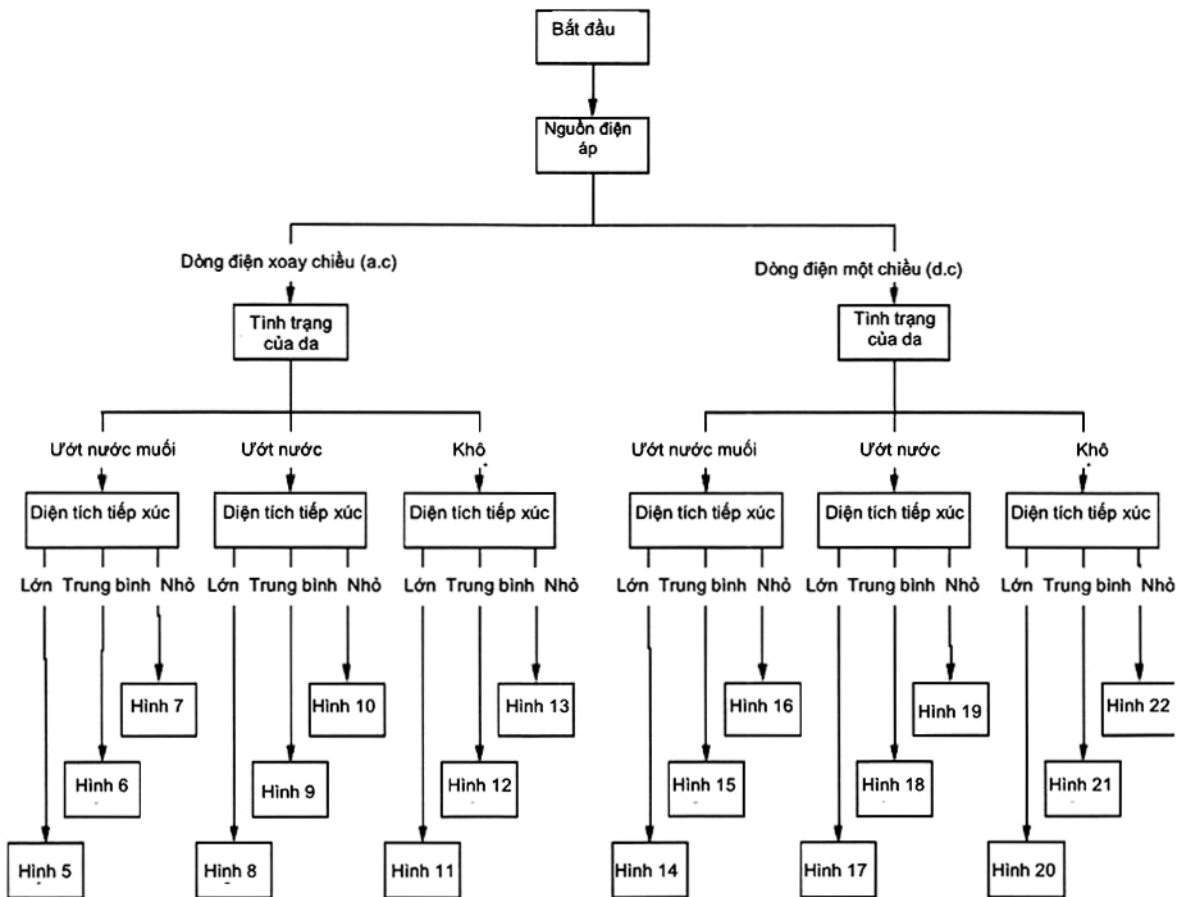
### 4.6 Ngưỡng điện áp tiếp xúc như hàm của khoảng thời gian

Dựa vào trở kháng của cơ thể người và các đường cong dòng điện-thời gian được cung cấp trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), một bộ các biểu đồ (xem từ Hình 5 đến Hình 22) cung cấp thời gian tối đa chấp nhận được đối với một nguồn điện áp tiếp xúc đã cho đặt lên cơ thể người. Các đường

cong mà đã được xây dựng bằng cách sử dụng phương pháp như mô tả trong Phụ lục B và với mô hình trong Phụ lục A.

Các đường cong này nên được sử dụng như hướng dẫn khi qui định thời gian ngắt của thiết bị bảo vệ được sử dụng để ngắt nguồn tự động. Các giới hạn lựa chọn cho thời gian ngắt có thể khác với các giá trị ngưỡng của tiêu chuẩn này do các yếu tố an toàn, tính không chắc chắn, dung sai, đánh giá rủi ro, v.v... có thể đã được đưa vào. Để biết thêm chi tiết, xem từ Hình 5 đến Hình 22.

Lưu đồ cung cấp dưới đây sẽ hướng dẫn người đọc xác định hình vẽ thích hợp thể hiện thông tin về điện áp ngưỡng dựa trên tình trạng cần quan tâm:



**Hình 4 – Lưu đồ sử dụng để lựa chọn hình vẽ thích hợp cung cấp khoảng thời gian tối đa ứng với mỗi ngưỡng điện áp tiếp xúc**

Phụ lục B minh họa phương pháp sử dụng để tính điện áp tiếp xúc dựa trên các dòng điện tiếp xúc và trở kháng của cơ thể.

## 4.7 Ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với khoảng thời gian dài

Các bảng sau đây, (từ Bảng 2a đến Bảng 2f), thể hiện cho một phần của hình minh họa trong Điều 5 đối với khoảng thời gian dài (dài hơn vài giây tương ứng với đường tiệm cận đứng của mỗi đường cong trong Điều 5). Phụ lục B minh họa phương pháp sử dụng để tính toán điện áp tiếp xúc dựa vào dòng điện tiếp xúc và trở kháng của cơ thể.

Các ngưỡng điện áp này có thể được sử dụng để giới hạn điện áp trong các tiêu chuẩn sản phẩm, bằng cách sử dụng các yếu tố rủi ro thích hợp.

**Bảng 2 – Các bảng cung cấp ngưỡng điện áp tiếp xúc nhỏ nhất điện xoay chiều và điện một chiều tương ứng với phản ứng giật mình, phản ứng cơ cơ mạnh và rung tâm thất (xem chú thích Bảng 1)**

**Bảng 2a – Phản ứng giật mình đối với dòng điện xoay chiều 50/60 Hz**

Phản ứng giật mình	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc xoay chiều đối với khoảng thời gian dài								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	0,5	1	1	3	1	4	21	2	9	40
Hai bàn tay-hai bàn chân	0,5	0,3	1	2	0,4	3	13	1	5	23
Bàn tay-mông	0,5	0,3	0,5	2	0,4	2	11	1	4	20

**Bảng 2b – Phản ứng cơ cơ mạnh đối với dòng điện xoay chiều 50/60 Hz**

Ảnh hưởng cơ cơ	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc xoay chiều đối với khoảng thời gian dài								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	5	5	9	27	7	25	93	11	40	104
Hai bàn tay-hai bàn chân	10	5	9	27	7	25	93	11	40	104
Bàn tay-mông	5	3	5	13	3	13	46	6	20	52

**Bảng 2c – Rung tâm thất đối với dòng điện xoay chiều 50/60 Hz**

Rung tâm thất	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc xoay chiều đối với khoảng thời gian dài								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	100	90	160	257	98	165	260	99	92	260
Hai bàn tay-hai bàn chân	40	20	36	94	24	71	149	33	82	149
Bàn tay-mông	57	27	49	99	31	65	100	34	65	100



Bảng 2d – Phản ứng giật mình đối với dòng điện một chiều

Phản ứng giật mình	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc một chiều đối với khoảng thời gian dài V								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	2	2	4	12	3	12	56	7	23	78
Hai bàn tay-hai bàn chân	2	1	2	6	2	7	35	4	15	59
Bàn tay-mông	2	1	2	6	1	6	28	3	12	39

Bảng 2e – Phản ứng cơ bắp mạnh mẽ đối với dòng điện một chiều

Ảnh hưởng cơ cơ mạnh	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc một chiều đối với khoảng thời gian dài V								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	25	24	44	112	29	81	156	43	89	156
Hai bàn tay-hai bàn chân	25	13	23	63	16	51	133	26	67	133
Bàn tay-mông	25	12	22	56	15	41	78	21	45	78

Bảng 2f – Rung tâm thất đối với dòng điện một chiều

Ngưỡng rung tâm thất	Ngưỡng dòng điện mA	Ngưỡng điện áp tiếp xúc một chiều đối với khoảng thời gian dài V								
		Ướt nước muối			Ướt nước			Khô		
		Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ	Tiếp xúc lớn	Tiếp xúc trung bình	Tiếp xúc nhỏ
Bàn tay-bàn tay	350	263	351	467	264	353	470	264	264	470
Hai bàn tay-hai bàn chân	140	68	121	220	75	143	223	87	143	223
Bàn tay-mông	200	83	126	201	85	127	203	85	127	203

Phụ lục B minh họa phương pháp sử dụng để tính điện áp tiếp xúc dựa trên các dòng điện tiếp xúc và trở kháng của cơ thể.

## 5 Ngưỡng điện áp tiếp xúc – Thể hiện đường cong điện áp-thời gian

Dựa vào trở kháng của cơ thể người và các đường cong dòng điện-thời gian được cung cấp trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), một bộ các biểu đồ dưới đây cung cấp thời gian tối đa đối với mỗi ảnh hưởng sinh lý được xem xét và đối với một điện áp tiếp xúc đã cho đặt lên cơ thể người. Các đường

## TCVN 9621-5:2013

cong này được xây dựng bằng cách sử dụng phương pháp như mô tả trong Phụ lục B và với mô hình mô tả trong Phụ lục A. Xem lưu đồ Hình 4 để chọn hình thích hợp.

Đối với mỗi loại dòng điện (dòng điện xoay chiều và dòng điện một chiều) có 9 sơ đồ tương ứng với các tham số sau:

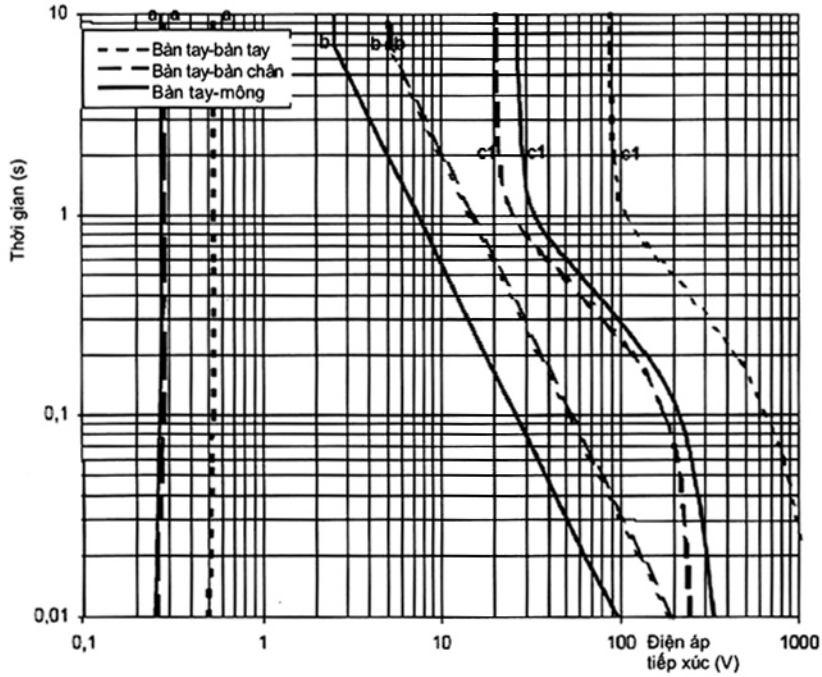
- tình trạng da (khô, ướt nước, và ướt nước muối); và
- diện tích tiếp xúc (lớn, trung bình và nhỏ).

Mỗi sơ đồ bao gồm một bộ 9 đường cong tương ứng với

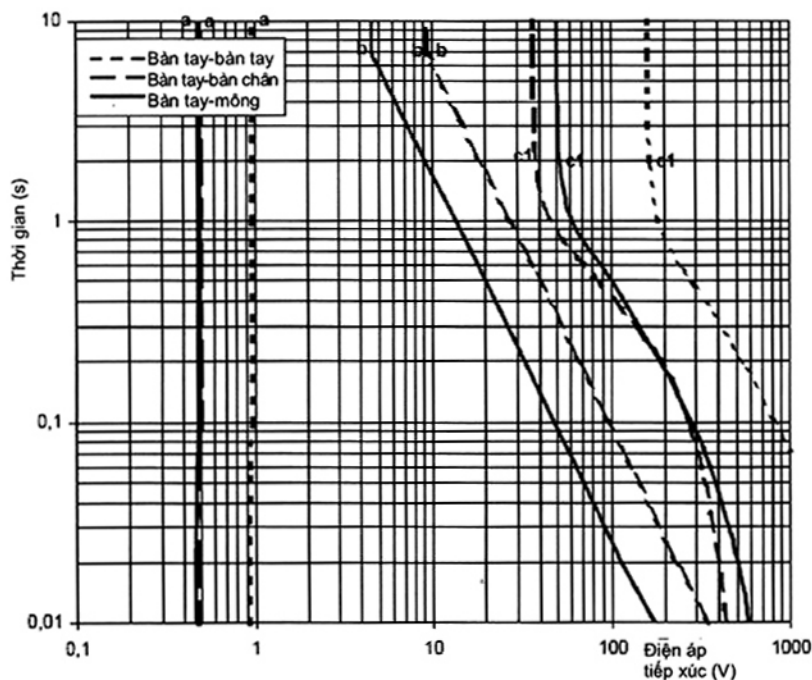
- ba tuyến dòng điện khác nhau chạy qua cơ thể người được xem xét trong tiêu chuẩn này (bàn tay-bàn tay, hai bàn tay-hai bàn chân và bàn tay-mông), và
- ba ngưỡng dòng điện khác nhau được xem xét trong tiêu chuẩn này (phản ứng giật mình, phản ứng cơ cơ mạnh và rung tâm thất).

Các đường cong được thiết kế để ban kỹ thuật sử dụng như một tài liệu hướng dẫn khi qui định các kết hợp thời gian ngắn tối đa mà cơ thể người có thể chịu đựng mà không có các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn. Ví dụ, các đặc điểm sau là các yếu tố cần được xem xét và có thể đem lại những điều chỉnh thích hợp trong quá trình lựa chọn giới hạn:

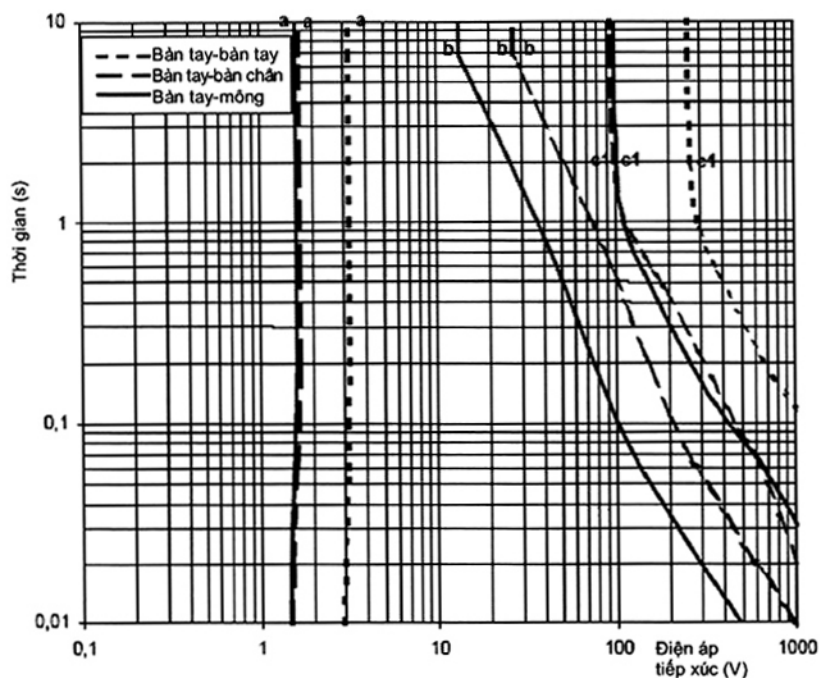
- hạn chế về tính đối xứng của mô hình điện do mô hình này không có khả năng cùng lúc xử lý nhiều hơn một điểm làm việc về điện do bản chất không tuyến tính của da;
- số lượng mức rất hạn chế về diện tích tiếp xúc, độ ẩm tiếp xúc và tuyến dòng điện tiếp xúc được giả định;
- hạn chế chỉ có ba ngưỡng sinh lý từ dòng điện (phản ứng giật mình, ảnh hưởng trực tiếp về cơ bao gồm mất khả năng thả tay ra và rung tâm thất).



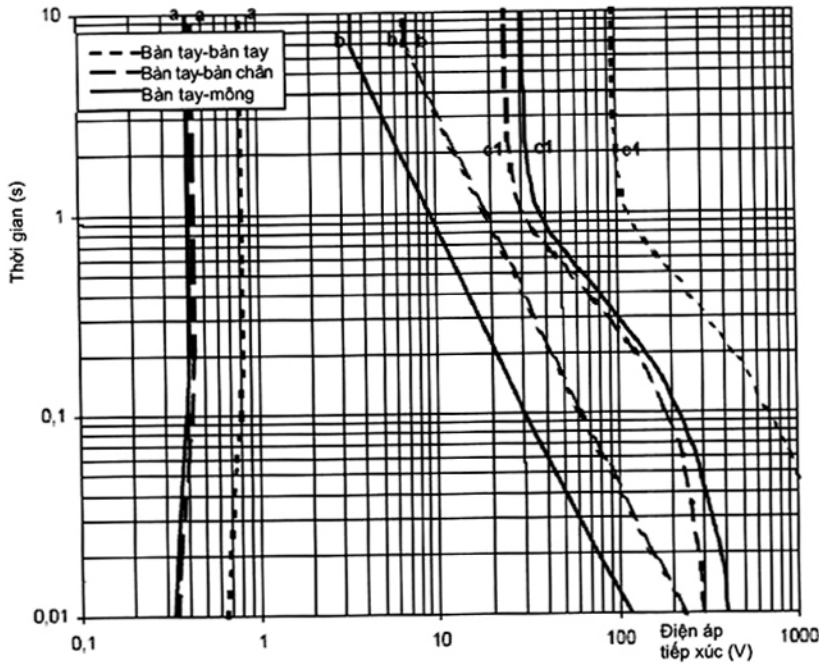
**Hình 5 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc lớn**



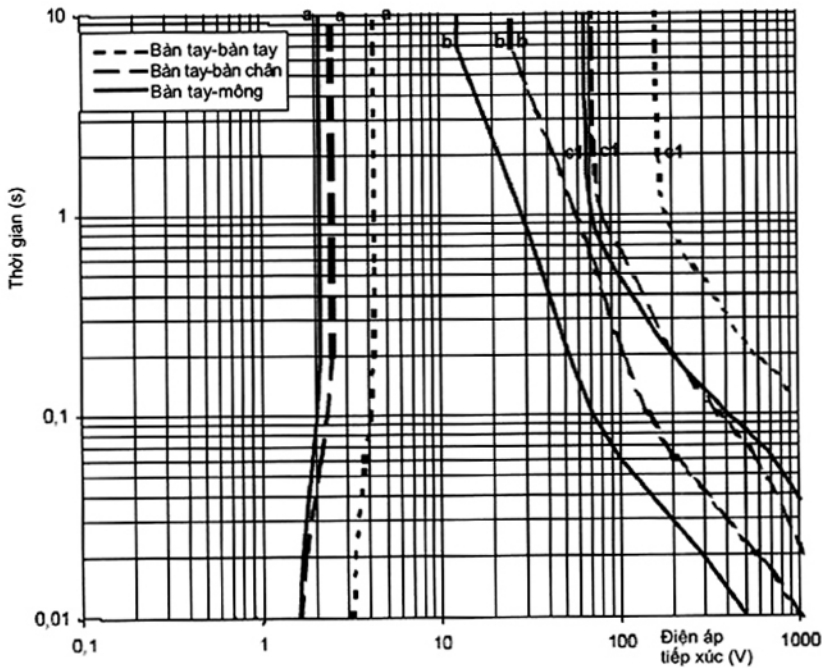
Hình 6 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc trung bình



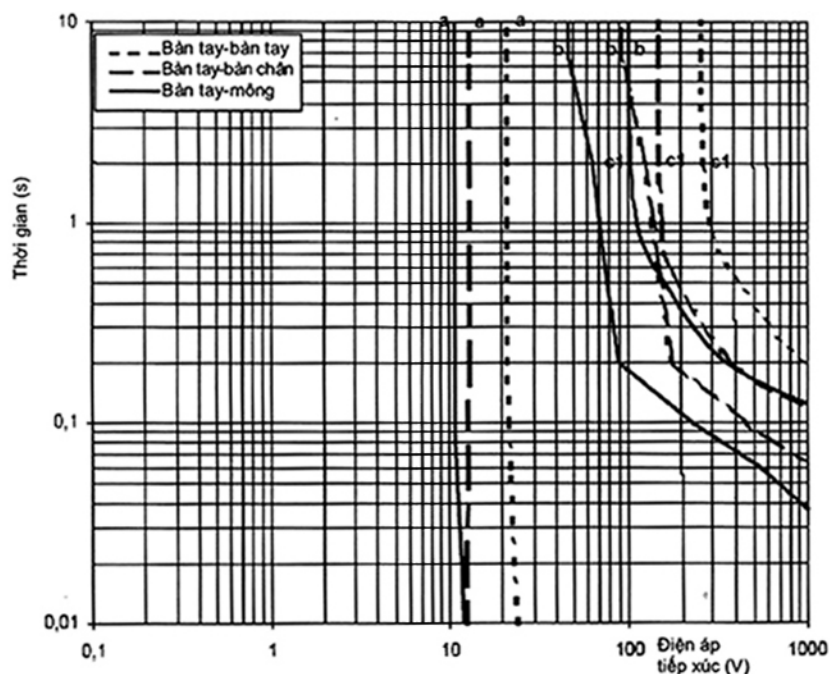
Hình 7 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc nhỏ



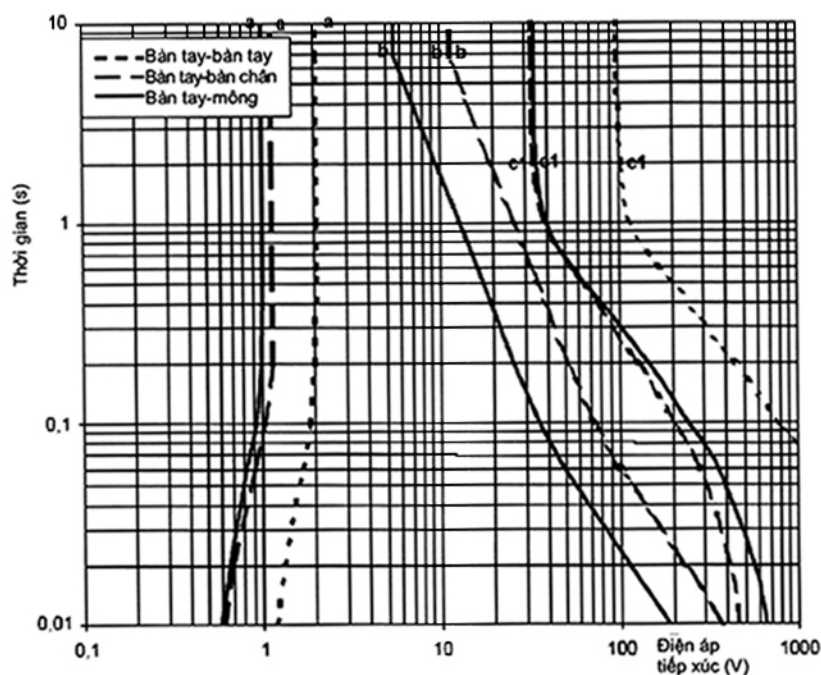
Hình 8 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc lớn



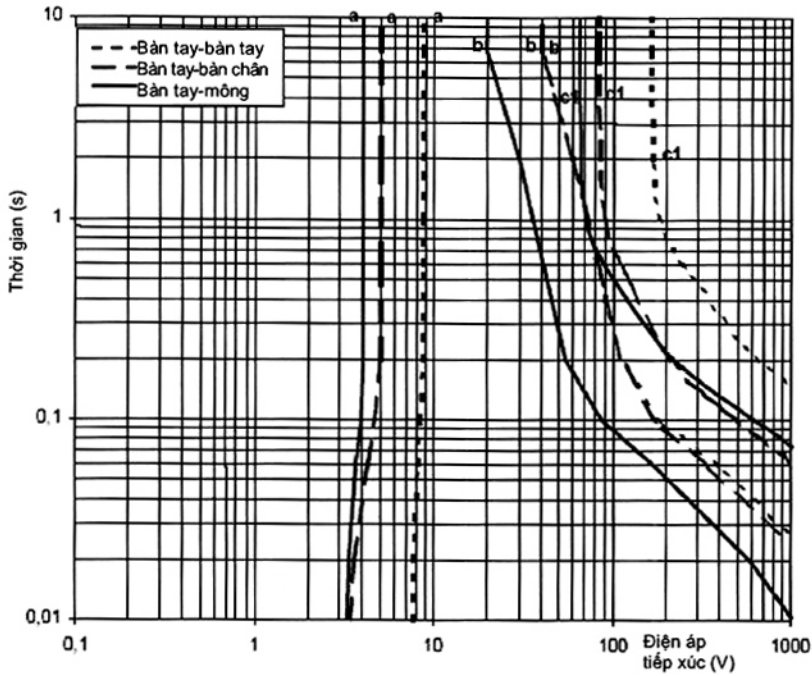
Hình 9 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc trung bình



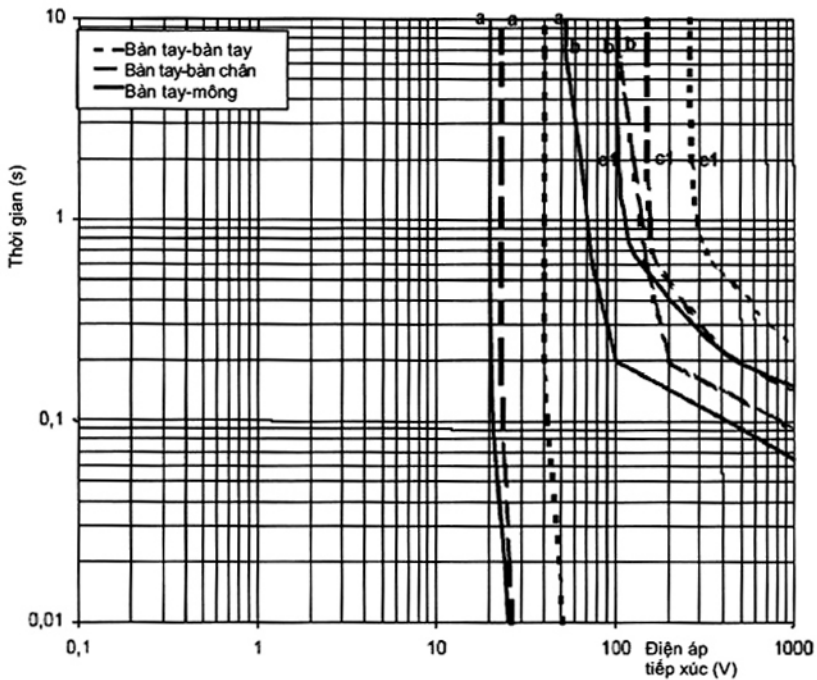
Hình 10 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc nhỏ



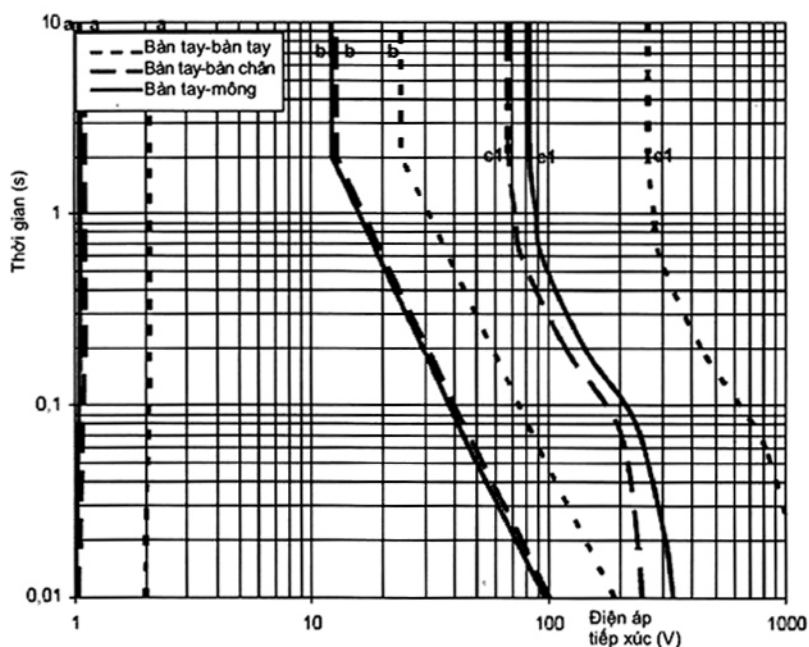
Hình 11 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc lớn



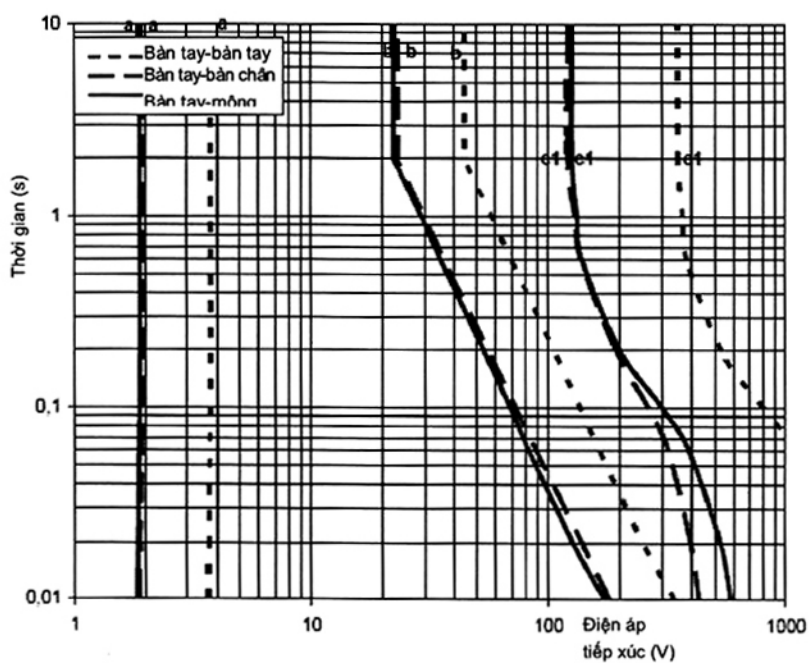
Hình 12 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc trung bình



Hình 13 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng dòng điện xoay chiều (50/60 Hz) trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc nhỏ

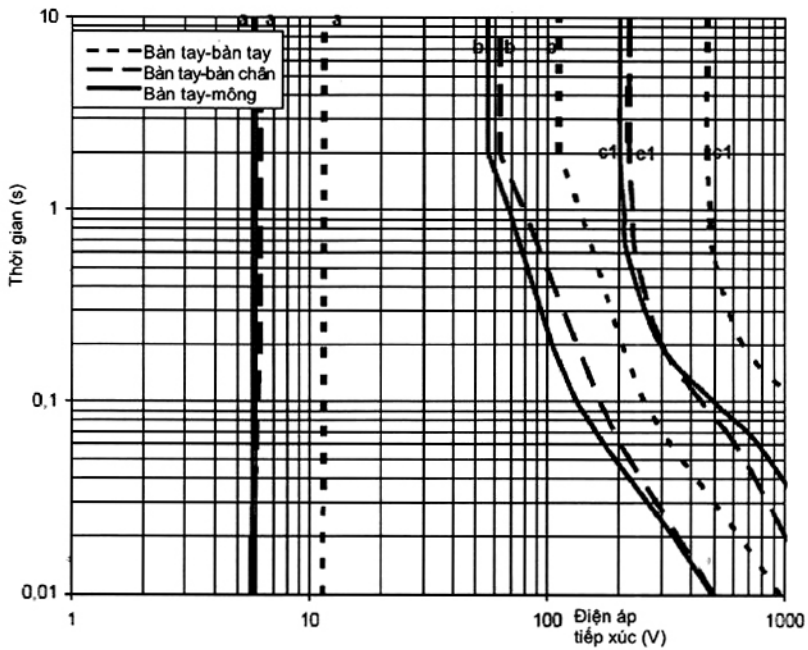


Hình 14 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc lớn

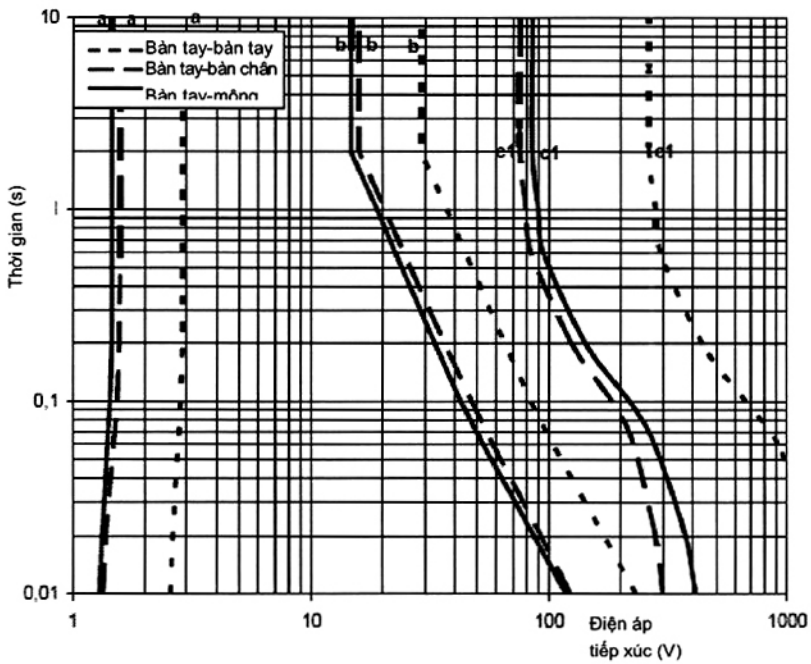


Hình 15 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc trung bình

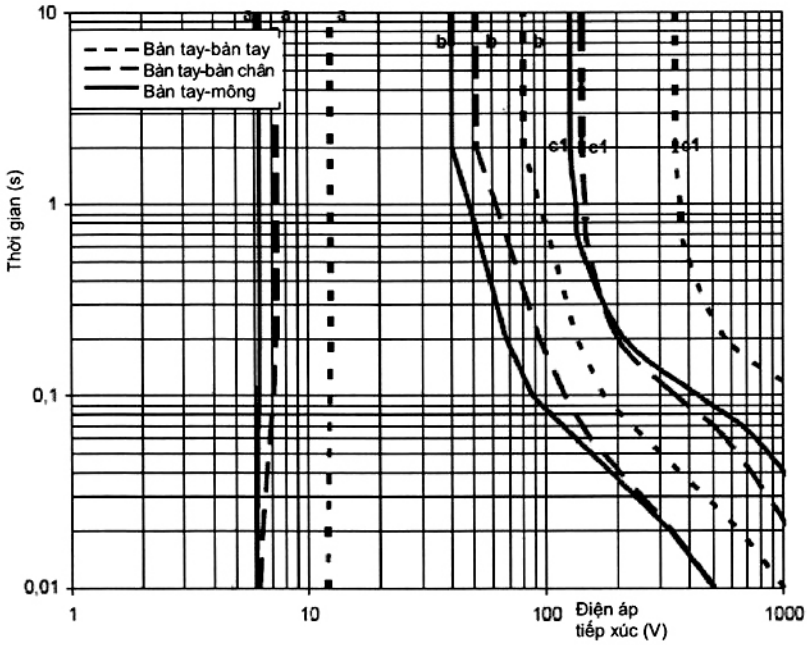




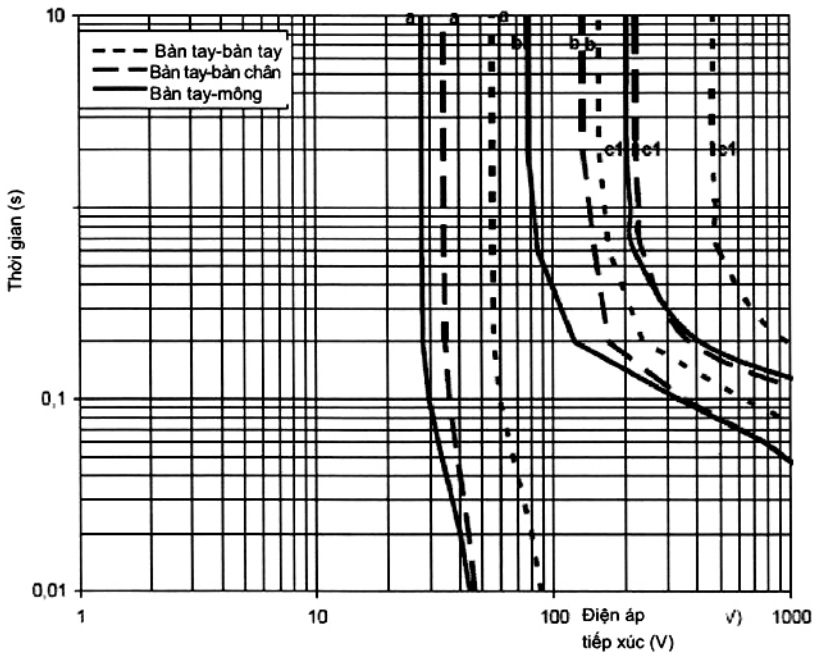
Hình 16 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước muối và diện tích tiếp xúc nhỏ



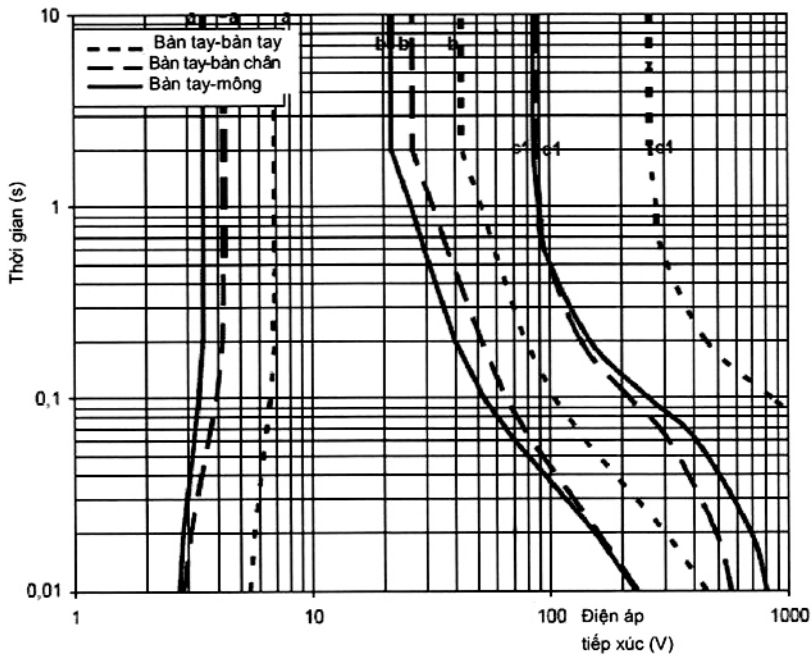
Hình 17 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc lớn



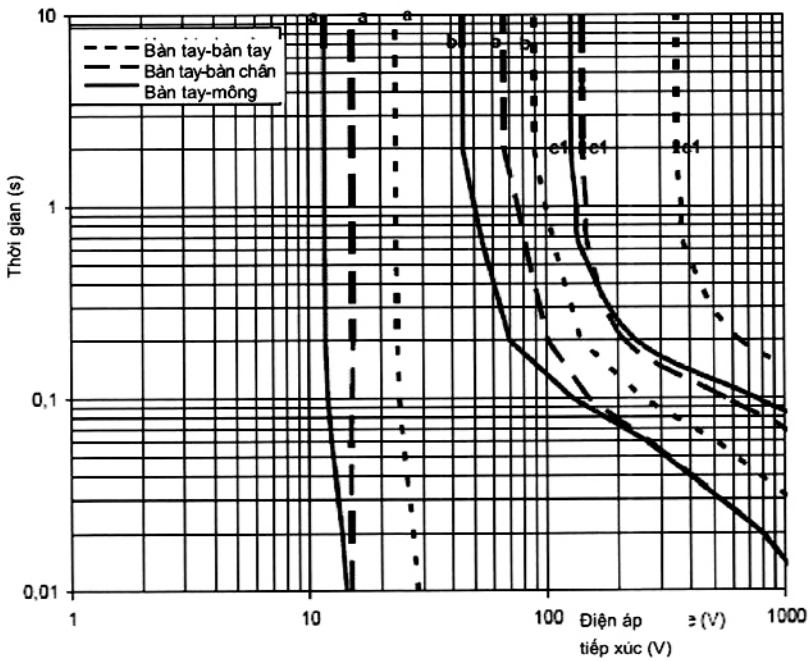
Hình 18 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc trung bình



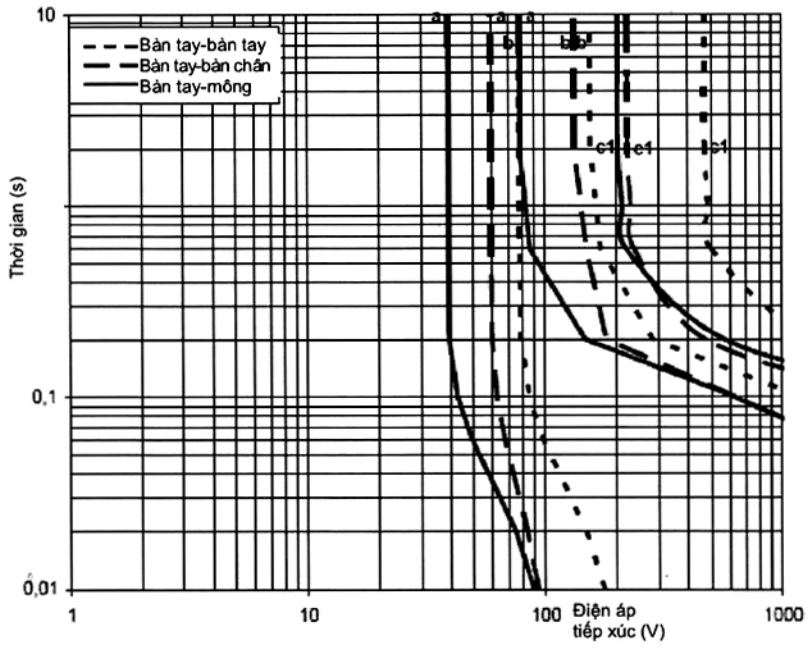
Hình 19 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng ướt nước và diện tích tiếp xúc nhỏ



Hình 20 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc lớn



Hình 21 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc trung bình



Hình 22 – Các vùng thời gian/điện áp qui ước về ảnh hưởng của dòng điện một chiều trên người đối với tình trạng khô và diện tích tiếp xúc nhỏ

**Phụ lục A**

(tham khảo)

**Trở kháng của cơ thể****A.1 Giá trị của trở kháng cơ thể**

Các bảng trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) chỉ ra giá trị tổng của trở kháng cơ thể bàn tay-bàn tay đối với cấp tỷ lệ 5 %, 50 % và 95 % của tập hợp cho tình trạng khô, tình trạng ướt nước hoặc tình trạng ướt nước muối. Tiếp xúc bằng cả bàn tay, điện cực bề mặt lớn, tiếp xúc bề mặt cỡ trung bình và tiếp xúc bề mặt cỡ nhỏ đã được xem xét. Một số bảng bao gồm các giá trị đối với điện áp xoay chiều 50/60 Hz; các bảng khác bao gồm các giá trị đối với điện áp một chiều.

Chỉ các giá trị tương ứng với 5 % của tập hợp (đại diện cho hơn 95 % của tập hợp) được xem xét trong tiêu chuẩn này. Giá trị trở kháng của cơ thể tương ứng với phần trăm này của tập hợp nhỏ hơn so với giá trị tương ứng với phần trăm cao hơn của tập hợp. Do đó, giá trị 5 % được xem là thận trọng hơn xét theo điểm an toàn bởi vì chúng tương ứng với dòng điện lớn hơn chạy qua cơ thể.

Khi đặt điện áp lên cơ thể, da bị hủy hoại cục bộ ở nhiều chỗ xét về đặc tính cách điện. Quá trình này làm giảm điện trở tổng của da, và thời gian để quá trình này xảy ra, thường là trên vài chục mili giây. Thay đổi điện áp càng lớn thì thay đổi điện trở da càng lớn. Trở kháng cơ thể đo được như báo cáo trong các nguồn dữ liệu có sẵn áp dụng cho các thời gian qui định khi phép đo được thực hiện sau khi đặt điện áp lên cơ thể. Ví dụ các phép đo trên tử thi được thực hiện sau 3 s dòng điện tiếp xúc chạy qua. Trường hợp người tình nguyện tham gia, thời gian thực hiện phép đo đôi khi là trở kháng vẫn còn giảm do điện áp đặt vào, nhưng sự chịu đựng và an toàn của người tình nguyện phải được tính đến. Các phép đo đối tượng sống được thực hiện sau 0,1 s hoặc từ 20 ms đến 25 ms của dòng điện tiếp xúc tùy thuộc vào tiềm năng gây tổn hại cho đối tượng. Điều này có thể là một nguồn dẫn đến tính không chắc chắn của các giá trị sử dụng để tính toán điện áp tiếp xúc bởi vì có thể chưa đạt tới các điều kiện xác lập. Thay đổi về điện trở da nhanh chóng phục hồi đối với các mức điện áp thấp khi mà tổn thương da vĩnh viễn chưa xảy ra.

Giá trị tổng của trở kháng cơ thể bàn tay-bàn tay đối với cấp tỷ lệ của một tập hợp (5 %, 50 %, 95 %) với cùng diện tích lớn của tiếp xúc khô, nhưng với dòng điện một chiều (không có thành phần xoay chiều), được thể hiện trong Bảng 10 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

Các bảng dưới đây là ví dụ của việc ứng dụng các dữ liệu trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

**Bảng A.1 – Tổng trở kháng của cơ thể tính bằng ôm đối với tiếp xúc diện tích bề mặt lớn khô, bàn tay–bàn tay, dòng điện xoay chiều 50/60 Hz, (TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) Bảng 1)**

Điện áp tiếp xúc V	Giá trị tính bằng ôm không cao hơn đối với		
	5 % của tập hợp	50 % của tập hợp	95 % của tập hợp
25	1 750	3 250	6 100
50	1 375	2 500	4 600
75	1 125	2 000	3 600
100	990	1 725	3 125
125	900	1 550	2 675
150	850	1 400	2 350
175	825	1 325	2 175
200	800	1 275	2 050
225	775	1 225	1 900
400	700	950	1 275
500	625	850	1 150
700	575	775	1 050
1 000	575	775	1 050
Giá trị tiệm cận	575	775	1 050

**Bảng A.2 – Tổng trở kháng của cơ thể tính bằng ôm đối với tiếp xúc diện tích bề mặt lớn, khô, bàn tay–bàn tay, dòng điện một chiều (TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) Bảng 10)**

Điện áp tiếp xúc V	Giá trị tính bằng ôm không cao hơn đối với		
	5 % của tập hợp	50 % của tập hợp	95 % của tập hợp
25	2 100	3 875	7 275
50	1 600	2 900	5 325
75	1 275	2 275	4 100
100	1 100	1 900	3 350
125	975	1 675	2 875
150	875	1 475	2 475
175	825	1 350	2 225
200	800	1 275	2 050
225	775	1 225	1 900
400	700	950	1 275
500	625	850	1 150
700	575	775	1 050
1 000	575	775	1 050
Giá trị tiệm cận	575	775	1 050

Các giá trị tiệm cận chỉ ra trong Bảng 1 và Bảng 2 là các giá trị nhỏ nhất của tổng trở kháng của cơ thể, các thể giá trị này xảy ra khi trở kháng da được loại bỏ hoàn toàn, chẳng hạn như khi điện áp đặt lên cơ thể là rất cao. Ở điện áp rất cao, da bị phá hủy, khiến trở kháng bị triệt tiêu. Khi đó, không có da, tổng trở kháng của cơ thể bằng điện trở trong của cơ thể.

## A.2 Mô hình trở kháng của cơ thể

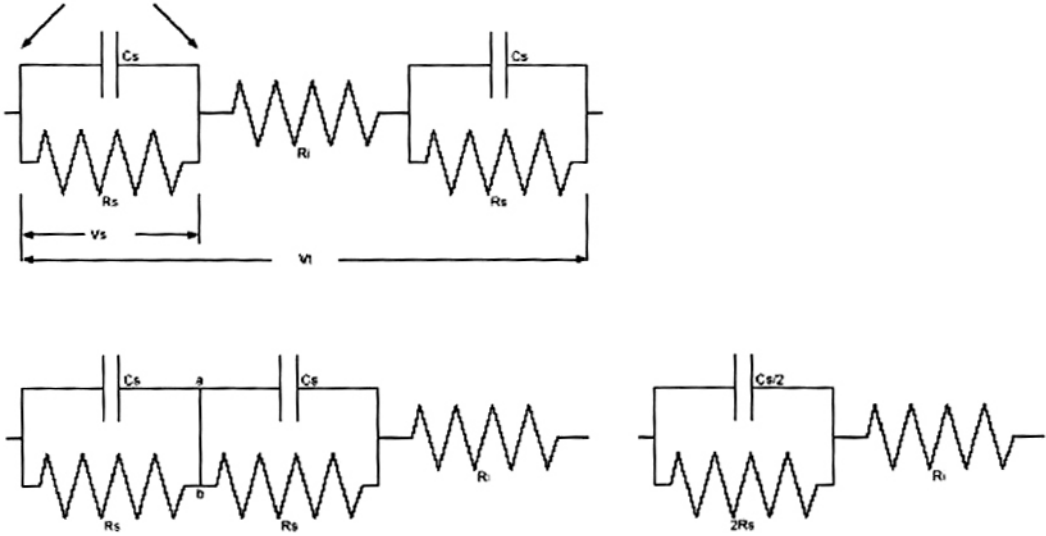
Mô hình trở kháng của cơ thể được sử dụng trong phân tích này biểu diễn cơ thể người là mô hình ba thành phần bao gồm một điện trở mắc nối tiếp với điện trở và tụ điện mắc song song. Cơ thể bên trong được biểu diễn bởi điện trở mắc nối tiếp. Điện trở và tụ điện kết hợp mắc song song biểu diễn da kết hợp tại chỗ dòng điện tiếp xúc đi vào và đi ra. Để đơn giản hóa các tính toán có thể là khó khăn nếu hai hoặc nhiều hơn điện trở nhạy với điện áp đang làm việc ở các điện áp khác nhau, sau đây giả định hoặc là:

- da ở chỗ dòng điện đi vào và da ở chỗ dòng điện đi ra giống hệt nhau về diện tích, độ ẩm, v.v... để mô hình đối xứng, hoặc
- trở kháng của một diện tích tiếp xúc của da là lớn hơn nhiều so với trở kháng tiếp xúc của chỗ da kia và do đó trở kháng tiếp xúc da thấp hơn có thể bỏ qua trong tính toán để chỉ tính một điện trở nhạy với điện áp.

Mẫu trở kháng cơ thể năm thành phần đề cập da ở chỗ dòng điện đi vào và da ở chỗ dòng điện đi ra một cách độc lập sẽ đa năng hơn và do đó hữu ích hơn để xử lý nhiều tình huống thực tế hơn. Tuy nhiên sự phức tạp trong việc giải mô hình sẽ nâng lên một mức cao hơn.

Hình A.1 cho thấy mô hình cho trường hợp bàn tay-bàn tay được sử dụng trong tất cả các phép đo tổng trở kháng cơ thể. Tiếp xúc da của hai tay với điện cực là giống nhau và do đó có thể được kết hợp thành một điện trở và tụ điện kết hợp song song trong mô hình. (Khi hai trở kháng của da là giống nhau, đường a-b, thể hiện trong hình dưới đây trong sơ đồ mạch dưới bên trái, sẽ không có dòng điện chạy qua do cân bằng các thành phần, mạch đẳng thế a-b này do đó có thể loại trừ). Tụ điện của da trong mô hình ba thành phần bằng một nửa điện dung tiếp xúc da thực tế của mỗi bàn tay bởi vì các tụ điện của hai bàn tay mắc nối tiếp. Điện trở của da trong mô hình là gấp đôi điện trở tiếp xúc của da ở mỗi bàn tay thực tế. Điện áp qua da trong mô hình gấp đôi điện áp qua tiếp xúc da của mỗi bàn tay thực tế. Điện trở nối tiếp trong mô hình là bằng điện trở trong của cơ thể thực tế (giá trị tiệm cận của trở kháng cơ thể trong bảng) từ bàn tay sang bàn tay.

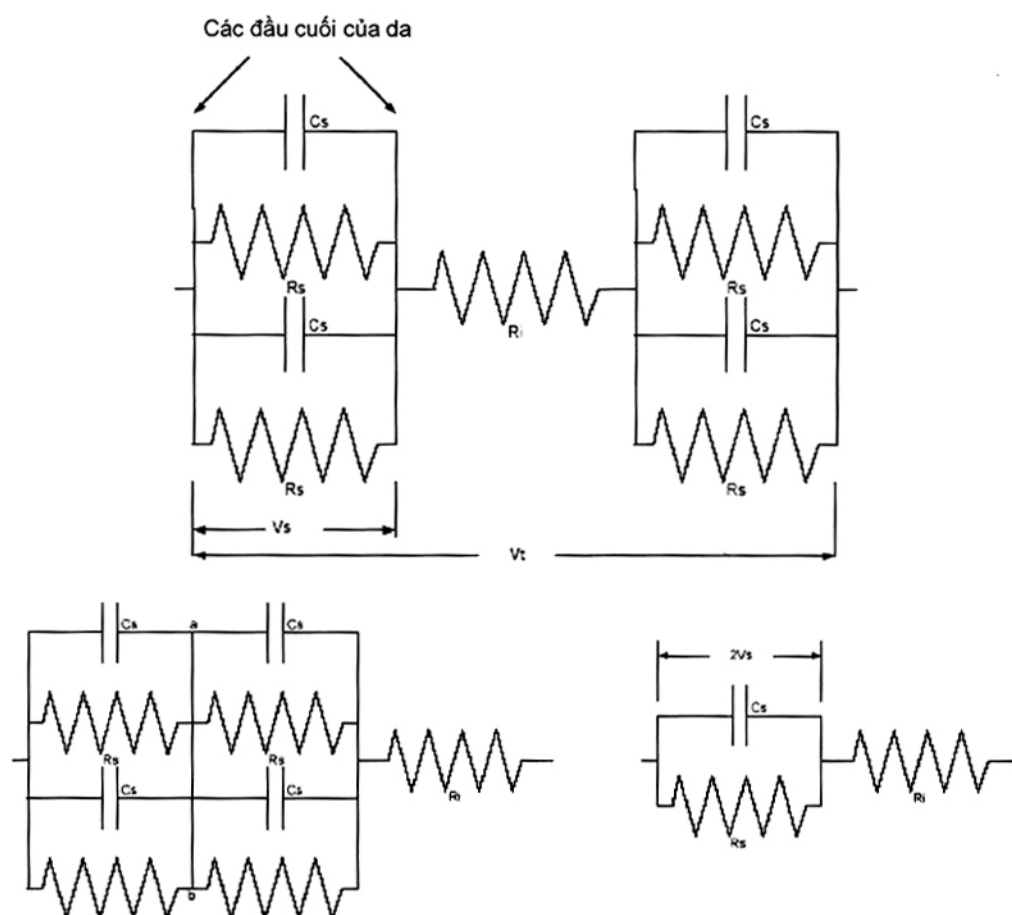
Các đầu cuối của da



**Hình A.1 – Mô hình dùng cho tiếp xúc bàn tay-bàn tay**

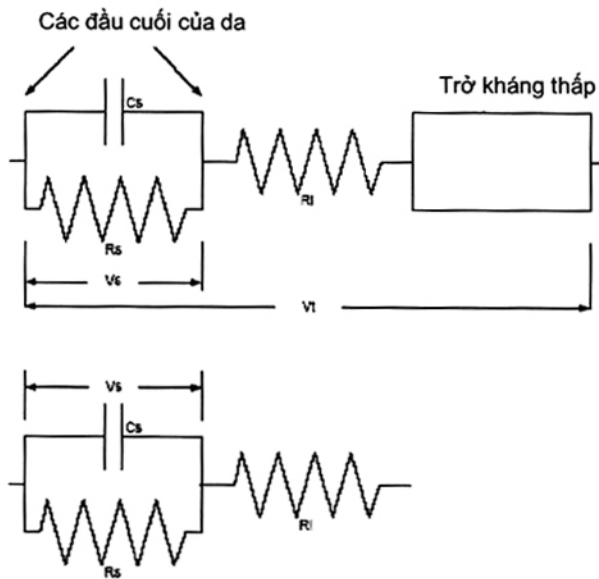
Trên Hình A.2, bốn tiếp xúc da của bàn tay/bàn chân với các điện cực là giống nhau, và do đó có thể được kết hợp thành một điện trở và tụ điện kết hợp trong mô hình. Khi trở kháng của da là giống nhau, đường a-b chỉ ra trong hình dưới đây trong sơ đồ mạch dưới bên trái, sẽ không có dòng điện chạy qua do cân bằng các thành phần, mạch đẳng thế a-b này do đó có thể loại trừ. Tụ điện của da trong mô hình bằng điện dung tiếp xúc của da của mỗi bàn tay. Điện trở da trong mô hình bằng điện trở tiếp xúc của da của mỗi bàn tay thực tế. Điện áp qua da bằng hai lần điện áp qua tiếp xúc da của mỗi bàn tay thực tế. Điện trở nối tiếp trong mô hình bằng điện trở cơ thể bên trong bàn tay-bàn tay (giá trị tiệm cận của trở kháng cơ thể) được sửa đổi theo hệ số suy ra từ Hình 3 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), là tỷ số của điện trở hai bàn tay-hai bàn chân chia cho điện trở bàn tay-bàn tay.





**Hình A.2 – Mô hình dùng cho tiếp xúc hai bàn tay-hai bàn chân**

Trên Hình A.3, trở kháng của tiếp xúc da với điện cực ở móng được giả định là rất thấp về giá trị so với trở kháng của tiếp xúc da tay. Vì vậy, trở kháng móng được bỏ qua trong mô hình. Tụ điện của da trong mô hình bằng điện dung da của tiếp xúc tay thực tế. Điện trở của da trong mô hình bằng điện trở của da của tiếp xúc tay thực tế. Điện áp qua da trong mô hình bằng điện áp qua da của tiếp xúc tay thực tế. Điện trở nối tiếp trong mô hình bằng điện trở trong của cơ thể bàn tay-bàn tay (giá trị tiệm cận của trở kháng cơ thể) được sửa đổi theo hệ số suy ra từ Hình 3 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) bằng tỷ số của điện trở bàn tay-thân chia cho điện trở bàn tay-bàn tay.



**Hình A.3 – Mô hình dùng cho tiếp xúc bàn tay-mông**

Giá trị điện trở trong của cơ thể đối với tuyến bàn tay-bàn tay được giả định là bằng giá trị tiệm cận của trở kháng cơ thể trong các bảng của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Trong mỗi bảng, giá trị tiệm cận là giá trị trở kháng cơ thể thấp nhất ở phía điện áp cao ở đó có thể giả định rằng da không góp phần trong tổng trở kháng cơ thể. Giá trị này được sửa đổi theo các tỷ lệ được đề xuất bởi Hình 3 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) khi thay đổi tuyến của dòng điện tiếp xúc.

Các giá trị của điện trở da có thể thay đổi trong dải rất rộng tùy thuộc vào diện tích tiếp xúc của da và các độ ẩm và tạp chất liên quan với tiếp xúc.

## Phụ lục B

(tham khảo)

### **Điện áp tiếp xúc – Giải thích phương pháp, để suy ra giá trị ước tính ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với phản ứng giật mình, phản ứng mạnh của cơ và rung tâm thất từ bảng trở kháng cơ thể và giới hạn dòng điện trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1)**

#### **B.1 Qui định chung**

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) có thông tin về trở kháng cơ thể và ngưỡng dòng điện tiếp xúc. Phân tích trong phụ lục này đề xuất phương pháp kết hợp thông tin về trở kháng của cơ thể và thông tin về ngưỡng dòng điện để suy ra thông tin về ngưỡng điện áp tiếp xúc hoàn toàn tương thích với TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

Phụ lục tham khảo này rà soát và giải thích phương pháp được chọn để xác định các ngưỡng mới về điện áp tiếp xúc dựa trên các thông tin mới này trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

Theo các mô hình của cơ thể người, những người có kích thước lớn có xu hướng có trở kháng trong của cơ thể thấp hơn so với những người có kích thước nhỏ. Các nghiên cứu đã được thực hiện và cho thấy tổng trở kháng của cơ thể và khối lượng của cơ thể trên thực tế là khá độc lập với nhau. Tuy nhiên, mối tương quan ở mức thấp giữa các biến này làm cho phương pháp thống kê thông thường để ước tính ngưỡng điện áp tiếp xúc dựa vào dòng điện tiếp xúc trở nên không phù hợp. Phương pháp được sử dụng trong tiêu chuẩn này là giả định độc lập bằng cách sử dụng con số 5 % trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Đây có lẽ là cách tiếp cận hợp lý hơn nhưng kém thận trọng hơn.

#### **B.2 Phương pháp tính toán**

##### **B.2.1 Số các tham số**

Số lượng các kết hợp cần xem xét trong số các đại lượng biến thiên góp phần ảnh hưởng đến ngưỡng điện áp tiếp xúc có thể rất lớn.

Theo TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1), nhiều tham số ảnh hưởng đến giá trị trở kháng của cơ thể người. Các tham số ảnh hưởng cụ thể được xem xét trong phân tích này được nêu trong Bảng B.1 và Bảng B.2.

**Bảng B.1 – Loại và số tham số ảnh hưởng đến trở kháng của cơ thể người được xem xét trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1)**

Tham số ảnh hưởng	Kiểu	Số các tham số	Tổng số các kết hợp cộng dồn
Loại dòng điện	Xoay chiều Một chiều	2	2
Tuyến dòng điện	Bàn tay-bàn tay Hai bàn tay-hai bàn chân Bàn tay-mông	3	6
Tình trạng của da	Trình trạng khô Tình trạng ướt nước Tình trạng ướt nước muối	3	18
Diện tích tiếp xúc của da	Diện tích tiếp xúc lớn Diện tích tiếp xúc trung bình Diện tích tiếp xúc nhỏ	3	54
Điện áp tiếp xúc	25 V, 50 V, 75 V, 100 V, 125 V, 150 V, 175 V, 200 V, 225 V, 400 V, 500 V, 700 V và 1 000 V	13	702
% của tập hợp	5 %	1	702

Các tham số khác sau đó sẽ được dựa vào trong cách tính điện áp tiếp xúc như trong Bảng B.2.

**Bảng B.2 – Các tham số phụ ảnh hưởng đến trở kháng của cơ thể người**

Tham số ảnh hưởng	Kiểu	Số các tham số	Tổng số các kết hợp cộng dồn
Ngưỡng sinh lý	Phản ứng giật mình Phản ứng mạnh của cơ Rung tâm thất	3	2 106
Điện dung của da	0,01 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 0,03 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 0,05 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$	3	6 318
Khoảng thời gian của dòng điện chạy qua cơ thể người*	0,01 s, 0,02 s, 0,06 s, 0,1 s, 0,2 s, 0,6 s, 1 s, 2 s, 7 s và 10 s	10	63 180
* Thời gian ở đây đã được lựa chọn để biểu thị xác định tối ưu của các đường cong logarit.			

Điều này có nghĩa cần phải lập bảng cho 63 180 phép tính riêng rẽ. Một cách tốt để thực hiện số lượng lớn các phép tính từ dữ liệu cơ bản, vốn là các giá trị rời rạc, là sử dụng bảng tính toán.

### B.2.2 Phương pháp chung

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) cung cấp các giá trị trở kháng của cơ thể người cho tất cả các tình huống như mô tả ở Bảng B.1 nhưng chỉ đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

Vì vậy, tất cả giá trị trở kháng của cơ thể người đối với hai tuyến dòng điện còn lại (hai bàn tay-hai bàn chân và bàn tay-mông) phải được xác định cho mỗi tình trạng da và mỗi điện áp tiếp xúc. Từ các ước tính này có thể tính toán điện áp tiếp xúc bằng cách nội suy đối với mỗi ngưỡng dòng điện. Sự so sánh này được thực hiện cho mỗi giá trị của khoảng thời gian.

### B.2.3 Giả thuyết và giới hạn tính toán

#### B.2.3.1 Xác định điện dung của da

Hoạt động đầu tiên là đánh giá điện dung của da được biết đến từ thí nghiệm [3] đến [8]. Các giá trị thực nghiệm của điện dung này là trong khoảng từ  $0,01 \mu\text{F}/\text{cm}^2$  đến  $0,05 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ .

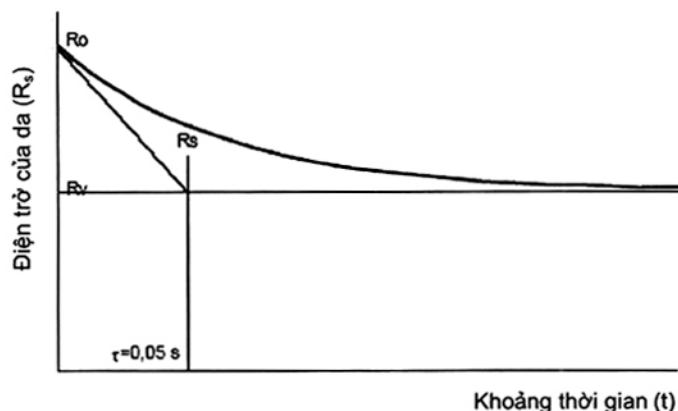
Xem xét dải này, tính toán đã được thực hiện xem xét ba con số điện dung sau:

- giá trị nhỏ nhất:  $0,01 \mu\text{F}/\text{cm}^2$
- giá trị trung bình:  $0,03 \mu\text{F}/\text{cm}^2$
- giá trị lớn nhất:  $0,05 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ .

Từ các giá trị đó và diện tích tiếp xúc da, có thể có một dải các con số về điện dung của da tương ứng với mỗi diện tích tiếp xúc. Kết quả tính toán điện áp tiếp xúc chỉ ra rằng sự khác biệt nhỏ tồn tại trong dải điện dung của da. Do đó, một giá trị điện dung của da đã được chọn phù hợp với trở kháng cơ thể được cung cấp bởi TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

#### B.2.3.2 Điện trở của da như là một hàm của thời gian

Điện áp đặt lên da là 0 trước khi dòng điện bắt đầu chạy qua da, nhưng ngay từ đầu, điện áp tiếp xúc đã xuất hiện và dòng điện bắt đầu chạy qua. Phải mất một phần nhỏ của giây để điện trở của da kịp điều chỉnh theo hiệu điện thế đặt lên nó. Theo ước tính từ kết quả thử nghiệm, điện trở da giảm dần theo hàm số mũ có thể biểu diễn sự biến thiên ở mức xấp xỉ chấp nhận được của hiện tượng này. Hằng số thời gian 50 ms được sử dụng trong tiêu chuẩn này [9]. Xem Hình B.1.



Hình B.1 – Ước lượng sự thay đổi điện trở của da như một hàm của khoảng thời gian điện giật

$$(R_s(t) - R_v) = (R_0 - R_v)e^{-t/0,05} \quad (\text{B.1})$$

trong đó:

- $R_s(0)$  điện trở của da khi không có điện áp tiếp xúc;
- $R_v$  điện trở của da sau thời gian vô hạn đặt điện áp;
- $\tau$  hằng số thời gian.

Như vậy giá trị của  $R_s$  cũng là hàm của khoảng thời gian dòng điện chạy qua cơ thể người. Giá trị của  $R_s(t)$  được cho bởi công thức sau:

$$R_s(t) = R_s + (R_s(0) - R_s)e^{-t/0,05} \quad (\text{B.2})$$

Ban đầu, dòng điện sẽ thay đổi bởi vì điện trở của da điều chỉnh theo điện áp da cuối cùng. Trong khoảng thời gian ngắn dòng điện ngừng lại trước khi điện trở da được điều chỉnh hoàn toàn. Công thức này được sử dụng cho khoảng thời gian giữa khi dòng điện ban đầu chạy qua và thời điểm dòng điện tắt. Điều này chủ yếu sẽ đưa vào một sự hiệu chỉnh đối với các khoảng thời gian ngắn đến bằng ba lần hằng số thời gian.

### B.2.3.3 Phương pháp đo trở kháng của cơ thể người

Giá trị trở kháng của cơ thể người được cung cấp bởi TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) được cho là tương ứng với thời gian tiếp xúc dài. Điện trở của da phụ thuộc vào điện áp đặt trực tiếp lên da. Nhưng trong trường hợp tiếp xúc với điện áp "cao" ở tình trạng khắc nghiệt (như là da ướt nước và diện tích tiếp xúc của da lớn) các phép đo thực hiện trên các tình nguyện viên để xác định trở kháng của cơ thể người là rất đau đớn. Để tránh quá nhiều đau đớn và rủi ro của những người này, thời gian đặt điện áp tiếp xúc đã được giảm xuống. Trong những trường hợp như vậy, trở kháng đo được có thể cao hơn so với trở kháng thực tế có thể đạt được nếu điện áp đặt trên da trong khoảng thời gian dài hơn.

### B.2.3.4 Giá trị giới hạn của trở kháng cơ thể người

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) cung cấp trở kháng của cơ thể người, nhưng không phải tất cả các trường hợp cần thiết cho tính toán điện áp tiếp xúc tương ứng với các ảnh hưởng sinh lý đều được cung cấp. Chúng phải được tính toán một cách gián tiếp.

- a) Đo trở kháng cơ thể người đã được thực hiện từ điện áp tối thiểu 25 V. Tuy nhiên theo B.2.3.2 giá trị  $R_0$  là cần thiết. Trong tiêu chuẩn này ngoại suy tuyến tính từ các giá trị 25 V và 50 V đã được sử dụng để ước tính một cách thận trọng giá trị trở kháng của cơ thể người ở 0 V.
- b) Đối với tình trạng khắc nghiệt (da ướt nước hoặc ướt nước muối) chưa có phép đo nào ở điện áp tiếp xúc vượt quá 200 V được thực hiện. Các điều kiện thử nghiệm này là quá nặng nề do các tình nguyện viên phải chịu những cảm giác rất đau đớn. Ở điện áp tiếp xúc khoảng 1 000 V, chỉ còn lại trở kháng trong và không tính đến trở kháng của da.

### B.2.3.5 Phép nội suy

So sánh dòng điện chạy qua cơ thể người với các ngưỡng dòng điện đối với các ảnh hưởng sinh lý khác nhau có thể yêu cầu phải nội suy giữa các giá trị tính toán đã được thực hiện trên biểu đồ logarit.

### B.2.3.6 Độ chính xác

Do đặc tính thống kê của các dữ liệu cơ sở, không thể ước lượng được độ chính xác của các giá trị ngưỡng điện áp tiếp xúc suy ra từ tính toán.

## B.3 Tính toán

### B.3.1 Thuật toán tính trở kháng đối với điện xoay chiều

Tất cả các công thức được sử dụng trong điều nhỏ này được suy ra trực tiếp từ mô hình được mô tả trong Phụ lục A cho mỗi tuyến dòng điện.

#### B.3.1.1 Tuyến bàn tay-bàn tay

##### a) Tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay

Điểm bắt đầu tương ứng với các giá trị được cung cấp bởi TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) về trở kháng cơ thể người  $Z_{th-h}$  đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay và đối với mỗi điện áp tiếp xúc  $V_{t,h-h}$  (bàn tay-bàn tay).

Dòng điện bàn tay-bàn tay được cho bởi:

$$I_{h-h} = \frac{V_{th-h}}{Z_{h-h}} \quad (B.3)$$

Đối với các phép tính tiếp theo tương ứng với các tuyến dòng điện khác, cần phải tính các bộ phận thành phần khác nhau của trở kháng cơ thể.

##### b) Điện trở trong

Điện trở trong  $R_{th-h}$  tương ứng với điện trở của các mô nằm ở giữa hai bàn tay. Chúng bao gồm các cánh tay và thân khi dòng điện chạy qua theo chiều ngang. Rất khó đo một điện trở như vậy, nhưng vẫn có thể ước tính gián tiếp. Đối với điện áp cao hơn, các giá trị đo được của trở kháng bàn tay-bàn tay trở thành tiệm cận với một giá trị tương ứng với điện trở trong này đối với tuyến dòng điện đang được xem xét. Điều này được giải thích bởi thực tế da bị phá vỡ ở điện áp này và điện trở của da và điện dung của da bị nối tắt hoàn toàn.

Theo quan điểm thực tiễn, điện trở trong được coi là bằng trở kháng tổng của cơ thể đo được ở điện áp khoảng 1 000 V.

$$R_{th-h} = Z_{h-h} \text{ ở } \approx 1000 \text{ V} \quad (B.4)$$

## TCVN 9621-5:2013

### c) Điện dung của da

Ước tính trở kháng của da là cần thiết. Để làm điều này cần phải ước tính điện dung  $C_s$  của da. Điện dung này của da được tính toán từ sự thay đổi điện dung của da theo diện tích  $C_s/S_s$  (từ  $0,01 \mu\text{F}/\text{cm}^2$  đến  $0,05 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ ) và từ bề mặt tiếp xúc  $S_c$ :

$$C_s = S_c \times \left( \frac{C_s}{S_s} \right)_{C_s/S_s=0,01 \mu\text{F}/\text{cm}^2}^{C_s/S_s=0,05 \mu\text{F}/\text{cm}^2} \quad (\text{B.5})$$

### d) Điện trở của da

Tính điện trở của da lại khó khăn hơn và phải được thực hiện bằng phép tính xấp xỉ liên tiếp. Điều này có thể được giải quyết bằng phần mềm tính toán.

Điện trở của da là một phần của tổng trở kháng của cơ thể người. Nhưng điện trở này phụ thuộc vào điện áp được đặt trực tiếp lên da, mà điện áp này tự nó lại phụ thuộc vào sự phân chia của tổng trở kháng cơ thể người.

Điều này dẫn tới việc tìm giá trị đúng đối với điện trở da  $R_s$  như là  $Z_{h-h}$  đưa ra bởi công thức sau trở nên bằng với giá trị đưa ra trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1).

$$Z_{h-h} = \frac{\sqrt{(2\pi f)^2 + \left( \frac{R_{ih-h} + 2R_s}{R_{ih-h} \times 2R_s \times \frac{C_s}{2}} \right)^2}}{\sqrt{(2\pi f)^2 + \left( \frac{1}{2R_s \times \frac{C_s}{2}} \right)^2}} \quad (\text{B.6})$$

trong đó:

$f$  tần số của dòng điện chạy qua cơ thể người.

CHÚ THÍCH: Đối với một số trường hợp, cho đến nay vẫn chưa thể ước tính giá trị chính xác của  $R_s$  để phù hợp với giá trị cung cấp bởi TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Đó là vì giá trị của dung kháng của da trở nên quá nhỏ. Vì lý do này, tiêu chuẩn sử dụng giá trị nhỏ nhất của điện dung của da.

Công thức cho  $Z_{h-h}$  cũng phụ thuộc vào  $R_{ih-h}$ , tương ứng với điện trở trong mô đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

### e) Điều chỉnh lại điện trở da

Giá trị được tìm thấy cho  $R_s$  tương ứng với một điện trở cho khoảng thời gian dài của điện áp tiếp xúc (đã giả thiết rằng giá trị trở kháng cơ thể người  $Z_{h-h}$  tương ứng với khoảng thời gian điện áp tiếp xúc, đủ dài để  $R_s$  tự điều chỉnh về điện áp đặt trực tiếp lên da). Đối với khoảng thời gian ngắn hơn (nhỏ hơn



ba lần hằng số thời gian) điện trở của da không đủ thời gian để điều chỉnh được hoàn toàn. Phép tính này điều chỉnh đường cong này là hàm của thời gian được đưa ra trong B.2.3.2.

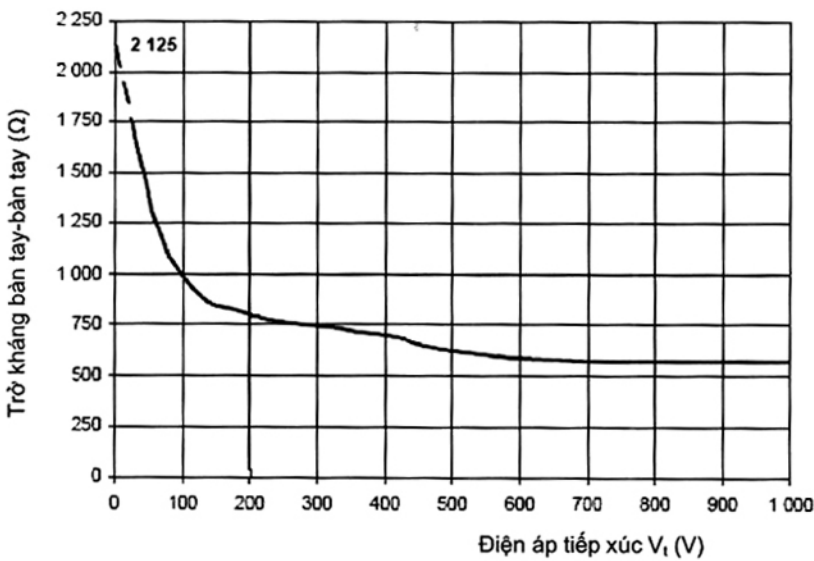
$$R_s(t) = R_s + (R_s(0) - R_s)e^{-t/0,05} \quad (\text{B.7})$$

Để áp dụng thuật toán này, cần ước tính  $R_s(0)$ , là điện trở của da trước khi điện giật.

f) Ước tính điện trở ban đầu của da

Ngoại suy tuyến tính của đường cong cho  $Z_{h-h}$  như là một hàm của  $V_t$  cho ta giá trị ban đầu ước tính của  $Z_{h-h}(0)$  cho phép tính toán  $R_s(0)$ .

Biểu đồ dưới đây (Hình B.2) cho phép ngoại suy để có được giá trị ban đầu của trở kháng bàn tay-bàn tay  $Z_{h-h}(0)$ . Ngoại suy tuyến tính cung cấp giá trị 2 125  $\Omega$  đối với trở kháng cơ thể bàn tay-bàn tay ở 0 V.



**Hình B.2 – Ví dụ về ngoại suy trở kháng cơ thể bàn tay-bàn tay ở 0 V trong tình trạng khô, diện tích tiếp xúc lớn**

g) Trở kháng của da

Một khi đã biết điện trở của da và điện dung của da, có thể ước tính trở kháng da  $Z_s(t)$ , tại một thời gian nhất định của dòng điện chạy qua, bằng cách sử dụng công thức sau:

$$Z_{sh-h}(t) = \frac{\left(\frac{1}{C_s}\right)}{\sqrt{(2f\pi)^2 + \left(\frac{1}{R_s(t) \times C_s}\right)^2}} \quad (\text{B.8})$$

## TCVN 9621-5:2013

### h) Điện áp của da

Từ giá trị trở kháng của da, có thể ước tính điện áp đặt trực tiếp lên da  $V_s(t)$  (ở các "đầu cuối" của da). Điện áp này phụ thuộc vào dòng điện chạy qua da và đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, dòng điện này bằng dòng điện bàn tay-bàn tay được tính ở a):

$$V_s(t) = Z_s(t) \times I_{h-h} \quad (\text{B.9})$$

Giá trị này của  $V_s(t)$  sẽ được sử dụng cho các tuyến dòng điện đi qua cơ thể người.

Tất cả các tính toán này cần phải được lặp lại cho các giá trị khác nhau và các kết hợp khác nhau của các tham số sau:

- điện áp tiếp xúc;
- mật độ điện dung da;
- tình trạng da (khô, ướt nước, ướt nước muối);
- thời gian dòng điện chạy.

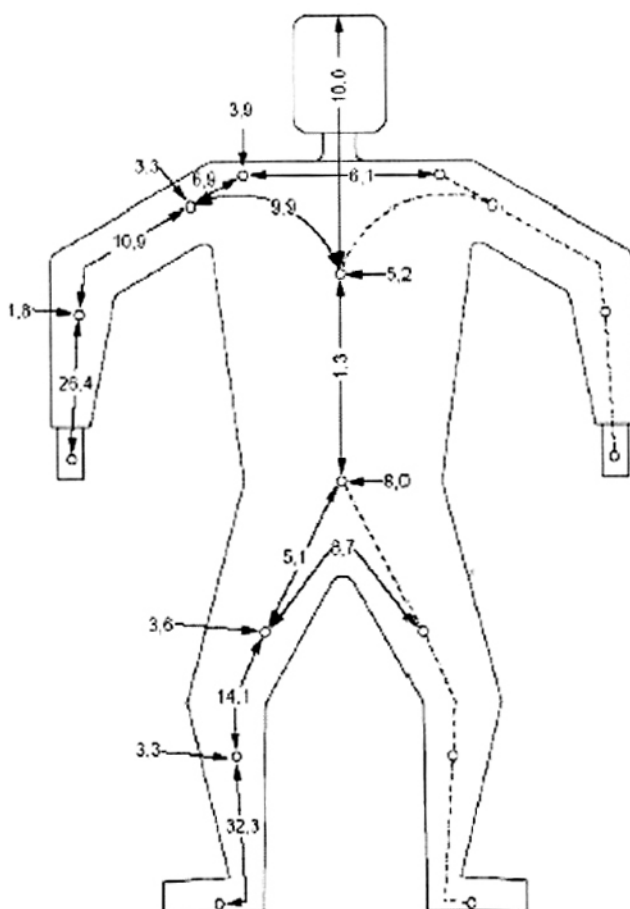
### B.3.1.2 Tuyến hai bàn tay-hai bàn chân

#### a) Tính toán điện trở trong

Đối với các tuyến dòng điện tới khác nhau, điện trở của mô bên trong có giá trị khác nhau. Giá trị mới  $R_{i,h-f}$  cho tuyến dòng điện từ hai bàn tay tới hai bàn chân có thể được ước tính từ điện trở trong tương ứng với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay ( $R_{i,h-h}$ ) bằng phương pháp sau đây.

Tất cả các giá trị của tổng trở kháng được cung cấp bởi TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) tương ứng với một tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay. Mô bên trong mà dòng điện chạy qua tương ứng với mô bên trong của hai cánh tay và thân mà dòng điện chạy qua theo chiều ngang (xem Hình B.3).

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) cũng cung cấp khả năng tìm kiếm các giá trị điện trở trong tương ứng với các tuyến dòng điện khác nhau bằng cách sử dụng tỷ lệ phần trăm của điện trở trong đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.



Hình B.3 – Tỷ lệ phần trăm điện trở trong của cơ thể người đối với phần cơ thể có liên quan

- Tỷ lệ phần trăm đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay:

$$26,4\% + 10,9\% + 6,9\% + 6,1\% + 6,9\% + 10,9\% + 26,4\% = 94,5\%$$

- Tỷ lệ phần trăm đối với tuyến dòng điện hai tay- hai chân:

$$\frac{(26,4\% + 10,9\% + 9,9\%)}{2} + 1,3\% + \frac{(5,1\% + 14,1\% + 32,3\%)}{2} = 50,65\%$$

Bởi vì việc tham chiếu tương ứng với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, nên đối với tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân, giá trị trở kháng tương ứng với  $\frac{50,65\%}{94,5\%} = 0,536$  lần giá trị điện trở trong đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

Có thể ước tính điện trở trong  $R_{i-h}$  của cơ thể người đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay từ điện trở trong  $R_{i-h}$  đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay như sau:

$$R_{i-h} = R_{i-h} \times 0,536 \quad (\text{B.10})$$

**TCVN 9621-5:2013**

b) Dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân

Từ giá trị trở kháng da  $Z_{s\ h-h}(t)$  tính toán cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay và từ điện áp da  $V_s(t)$  cũng được tính toán cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, có thể tính toán giá trị tương ứng của dòng điện chạy qua cơ thể người đối với tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân  $I_{h-f}$  từ công thức sau:

$$I_{h-f} = 2 \times \frac{V_s(t)}{Z_{sh-h}(t)} \tag{B.11}$$

Hệ số 2 xuất phát từ thực tế là dòng điện chạy qua thân gấp hai lần dòng điện chạy qua một bàn tay, bởi vì trong tính huống này hai tay tiếp xúc với một phần mang điện ở cùng điện áp (xem mô hình mô tả ở Hình A.2 của Phụ lục A).

c) Tổng trở kháng

Bây giờ có thể ước tính giá trị tổng trở kháng mới cho cơ thể người bằng cách sử dụng công thức dưới đây:

$$Z_{h-f} = \frac{R_{ih-f} \times \sqrt{(2f\pi)^2 + \frac{(R_{ih-f} + R_s(t))^2}{(R_{ih-f} \times R_s(t) C_s)^2}}}{\sqrt{(2f\pi)^2 + \left(\frac{1}{R_s(t) C_s}\right)^2}} \tag{B.12}$$

Rõ ràng, giá trị mới này của trở kháng cơ thể người ứng với tuyến hai bàn tay-hai bàn chân không tương ứng với điện áp tiếp xúc được tính toán cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay. Giá trị mới của điện áp tiếp xúc mới tương ứng với điện áp tiếp xúc cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

d) Điện áp tiếp xúc

Điện áp tiếp xúc mới  $V_{th-h}$  có thể ước tính theo cách sau:

$$V_{th-f} = Z_{h-f} \times I_{h-f} \tag{B.13}$$

Một lần nữa, các tính toán này phải được thực hiện cho mỗi tham số được đề cập ở trên.

**B.3.1.3 Tuyến tay-mông**

a) Tính điện trở trong

Tương tự như đã giải thích ở B.3.1.2 a), có thể ước tính trở kháng trong của cơ thể người cho tuyến dòng điện cụ thể này từ điện trở trong tương ứng với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

Tỷ lệ phần trăm cho tuyến dòng điện một bàn tay-mông như sau:

$$26,4\% + 10,9\% + 9,9\% + 1,3\% = 48,5\%$$

Đối với tuyến dòng điện một tay-mông, giá trị trở kháng trong tương ứng với  $\frac{48,5\%}{80,7\%} = 0,601$  lần giá trị

điện trở trong tương ứng với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay.

Vi vậy có thể ước tính điện trở trong  $R_{i,h-f}$  của cơ thể người cho tuyến dòng điện bàn tay-mông từ điện trở trong  $R_{i,h-h}$  của tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, như sau:

$$R_{i,h-s} = R_{i,h-h} \times 0,601 \quad (\text{B.14})$$

b) Tổng trở kháng

Phương pháp này tương tự như được sử dụng cho tuyến hai bàn tay-bàn chân, với một số sửa đổi.

Giá trị mới của tổng trở kháng của cơ thể người được đưa ra từ công thức sau đây:

$$Z_{h-s} = \frac{R_{i,h-s} \times \sqrt{(2f\pi)^2 + \frac{(R_{i,h-f} + R_s(t))^2}{(R_{i,h-f} \times R_s(t)C_s)^2}}}{\sqrt{(2f\pi)^2 + \left(\frac{1}{R_s(t)C_s}\right)^2}}$$

Đối với tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân, giá trị mới này của trở kháng bàn tay-mông của cơ thể người không tương ứng với cùng một điện áp tiếp xúc như được tính toán cho tuyến bàn tay-bàn tay.

c) Dòng điện bàn tay-mông

Từ giá trị trở kháng da  $Z_{s,h-h}(t)$  tính toán cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay và từ điện áp da  $V_s(t)$  cũng tính toán cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, có thể tính toán giá trị tương ứng của tuyến dòng điện chạy qua cơ thể người đối với tuyến dòng điện bàn tay-mông từ công thức sau:

$$I_{h-s} = \frac{V_s(t)}{Z_{sh-h}(t)} \quad (\text{B.16})$$

Trong tình huống này, dòng điện chạy qua thân bằng dòng điện chạy qua tay (xem mô hình mô tả ở Hình A.3 của Phụ lục A).

d) Điện áp tiếp xúc

Điện áp tiếp xúc mới  $V_{i,h-s}$  được ước tính theo cách sau:

$$V_{i,h-s} = Z_{h-s} \times I_{h-s} \quad (\text{B.17})$$

Các tính toán mới này cần được thực hiện đối với các tham số khác được đề cập ở trên.

### B.3.2 Thuật toán tính ngưỡng điện áp dòng điện xoay chiều

#### B.3.2.1 Tuyến bàn tay-bàn tay

Các giá trị  $Z_{h-h}$  và  $I_{h-h}$  đã được ước tính đối với mỗi điện áp tiếp xúc  $V_{i,h-h}$ . Bây giờ có thể vẽ các đồ thị biểu diễn các dòng điện chạy qua cơ thể người như một hàm của điện áp tiếp xúc  $V_{h-h}$ .

**TCVN 9621-5:2013**

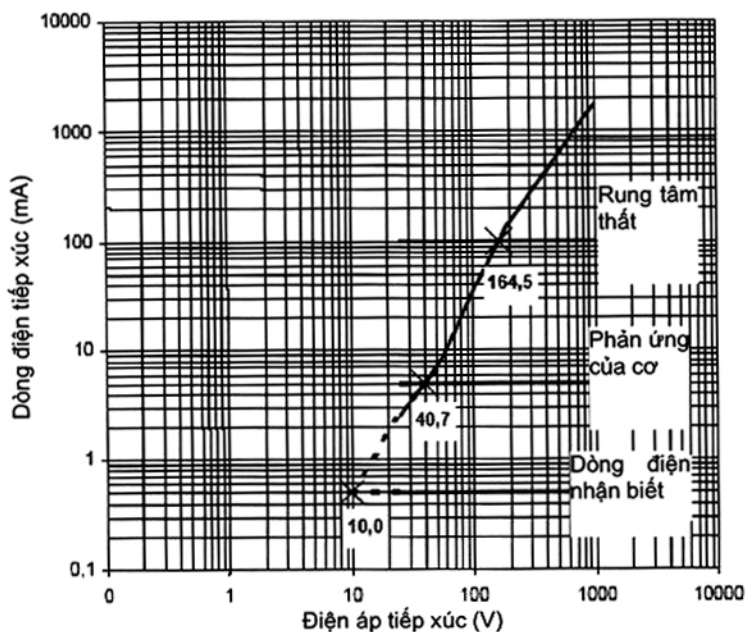
Ngoài ra, cần phải xếp chồng các giá trị của ngưỡng điện áp tối thiểu tương ứng với các ảnh hưởng sinh lý được xem xét. Các ngưỡng, đối với tuyến bàn tay-bàn tay, được cho trong Bảng 3:

**Bảng 3 – Ngưỡng dòng điện xoay chiều lớn nhất tương ứng với khoảng thời gian dòng điện chạy qua cho mỗi ảnh hưởng dòng điện được xem xét và cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay**

Ngưỡng dòng điện (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Phản ứng mạnh của cơ	200	135	73	55	37	20	15	10	5	5
Rung tâm thất	1 250	1 238	1 175	1 000	650	200	125	105	100	100

Đối với khoảng thời gian của dòng điện là 200 ms, đường dòng điện tiếp xúc cắt đường cong ngưỡng dòng điện phản ứng giật mình (SR) 0,5 mA ở 0,5 V, cắt đường cong ngưỡng dòng điện ảnh hưởng cơ (ME) 37 mA ở 35 V và cắt đường cong ngưỡng dòng điện rung tâm thất (VF) 650 mA ở 438 V (xem Hình C.1).

Dòng điện tiếp xúc là hàm của điện áp tiếp xúc và tương ứng với đặc tính trở kháng cơ thể.



**Hình B.4 – Ví dụ về giản sơ đồ ước lượng ngưỡng phản ứng cơ mạnh và ngưỡng rung tâm thất đối với dòng điện xoay chiều, tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, diện tích tiếp xúc rộng và tình trạng khô, khoảng thời gian dòng điện là 10 ms**

Trong ví dụ đưa ra ở Hình B.4, các đường cong được vẽ trong các hệ trục loga-loga trông như đường thẳng. Do đó việc tính toán các giá trị tương ứng với các điểm cắt các đường cong bằng cách sử dụng nội suy logarit có thể coi là hợp lý.

Tất cả các tính toán mô tả ở trên phải được thực hiện cho các giá trị khác nhau của tham số sau:

- tình trạng của da (khô, ướt nước, ướt nước muối);
- diện tích tiếp xúc của da (nhỏ, trung bình, lớn);
- thời gian dòng điện chạy qua.

### B.3.2.2 Tuyến hai bàn tay-hai bàn chân

Phương pháp tương tự được áp dụng cho cho tuyến dòng điện này chạy qua cơ thể người. Áp dụng các giá trị khác nhau của ngưỡng dòng điện tối thiểu như thể hiện ở Bảng 4:

**Bảng 4 – Ngưỡng dòng điện xoay chiều lớn nhất tương ứng với khoảng thời gian dòng điện đối với mỗi ảnh hưởng dòng điện được xét, tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân**

Ngưỡng dòng điện (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Phản ứng mạnh của cơ	400	270	146	110	74	40	30	20	10	10
Rung tâm thất	500	495	470	400	260	80	50	42	40	40

Một lần nữa, các tính toán phải được thực hiện cho tất cả các tham số được mô tả ở trên.

### B.3.2.3 Tuyến bàn tay-mông

Phương pháp tương tự cũng được áp dụng như trước, bằng cách sử dụng các giá trị ngưỡng dòng điện tối thiểu như thể hiện trong Bảng 5:

**Bảng 5 – Ngưỡng dòng điện xoay chiều lớn nhất tương ứng với khoảng dòng điện đối với mỗi ảnh hưởng dòng điện được xét, tuyến dòng điện bàn tay-mông**

Ngưỡng dòng điện (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Phản ứng mạnh của cơ	200	135	73	55	37	20	15	10	5	5
Rung tâm thất	714	707	671	571	371	114	71	60	57	57

Một lần nữa, các tính toán phải được thực hiện cho tất cả các tham số được mô tả ở trên.

**B.3.2.4 Biểu đồ điện áp/thời gian**

Sau khi tất cả tính toán mô tả ở trên đã được thực hiện, khi đó có thể vẽ các biểu đồ điện áp/thời gian bằng cách thu thập các giá trị tương ứng với các ứng dụng tương tự (tuyến dòng điện, tình trạng da, diện tích da tiếp xúc) nhưng đối với các khoảng thời gian tăng của dòng điện chạy qua.

Một số đơn giản hoá là cần thiết:

Tất cả tính toán đã được thực hiện cho ba giá trị của mật độ điện dung da (thấp, trung bình và cao) (xem B.2.2.1). Vì lý do an toàn cho người, có thể chọn giá trị điện dung dẫn tới kết quả ngưỡng điện áp thấp nhất.

Với giả thuyết đơn giản hoá này, bây giờ có thể vẽ các đường cong điện áp ngưỡng/thời gian tương ứng với các đường cong thời gian/ngưỡng dòng điện của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Tất cả các hình vẽ đều được cung cấp trong Điều 5.

**B.3.3 Thuật toán tính trở kháng cho dòng điện một chiều**

Tính toán dòng điện một chiều là đơn giản hơn so với dòng điện xoay chiều bởi vì có thể bỏ qua ảnh hưởng điện dung của da. Phương pháp được sử dụng tương tự như đã sử dụng đối với dòng xoay chiều.

**B.3.3.1 Tuyến bàn tay-bàn tay**

a) Dòng điện bàn tay-bàn tay

TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1) cung cấp các giá trị điện trở của cơ thể người  $R_{th-h}$  cho tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay và cho mỗi điện áp tiếp xúc  $V_{th-h}$  (bàn tay-bàn tay).

Dòng điện bàn tay-bàn tay được cho bằng công thức:

$$I_{h-h} = \frac{V_{th-h}}{Z_{h-h}} \tag{B.18}$$

b) Điện trở trong

Với dòng điện xoay chiều, điện trở trong  $R_{i,h-h}$  tương ứng với giá trị tiệm cận của đường cong trở kháng bàn tay-bàn tay như là hàm của điện áp tiếp xúc. Trên thực tế các ảnh hưởng sinh lý tương tự cũng xuất hiện với dòng điện một chiều.

$$R_{th-s} = Z_{h-h}(1000) \tag{B.19}$$

c) Điện trở da

Điện trở cơ thể người bằng tổng của hai điện trở da của hai bàn tay và điện trở mô bên trong. Vì vậy bây giờ có thể ước tính điện trở da của một bàn tay duy nhất theo công thức sau:



$$R_s = \frac{Z_{h-h} - R_{ih-h}}{2} \quad (\text{B.20})$$

d) Điều chỉnh lại điện trở da

Cũng như với dòng điện xoay chiều, điện trở của da đòi hỏi một phần của giây để điều chỉnh chính xác về giá trị cuối cùng của nó, phụ thuộc vào điện áp đặt trực tiếp lên nó. Điện trở của da  $R_s(t)$  tại thời điểm  $t$  đã cho được ước tính bằng cách sử dụng công thức sau đây:

$$R_s(t) = R_s + (R_s(0) - R_s)e^{-t/0,05} \quad (\text{B.21})$$

Trong đó  $R_s(0)$  tương ứng với giá trị ban đầu của  $R_s$  khi điện áp trên da là 0.

e) Ước tính điện trở ban đầu của da

Có thể thực hiện ước tính này bằng ngoại suy tuyến tính đường cong  $R_{h-h}$  là hàm của  $V_t$  tại giá trị  $V_t = 0$  V.

Từ giá trị ban đầu của điện trở bàn tay-bàn tay  $R_{h-h}(0)$  này, có thể thực hiện phép tính tương tự như ở c) và d) để xác định giá trị ban đầu của điện trở da  $R_s(0)$ .

f) Điện áp trên da

Một lần nữa, có thể tính điện áp đặt trực tiếp áp lên da  $V_s$ . Điện áp này được ước tính theo cách giống như đối với dòng điện xoay chiều.

$$V_s = R_s(t) \times I_{h-h} \quad (\text{B.22})$$

Một lần nữa, giá trị  $V_s$  này sẽ được sử dụng cho các tuyến dòng điện khác đi qua cơ thể người.

Tất cả các tính toán mô tả ở trên phải được thực hiện cho các giá trị khác nhau của tham số sau:

- điện áp tiếp xúc;
- tình trạng của da (khô, ướt nước, ướt nước muối);
- diện tích tiếp xúc (nhỏ, trung bình, lớn);
- khoảng thời gian dòng điện chạy qua.

### B.3.3.2 Tuyến hai bàn tay-hai bàn chân

a) Điện trở trong

Đối với một tuyến dòng điện khác, trở kháng trong được ước tính như một điện trở, cũng khác. Tham số hiệu chỉnh áp dụng cho điện áp xoay chiều cũng áp dụng được cho dòng điện một chiều.

$$R_{ih-f} = R_{ih-f} \times 0,628 \quad (\text{B.23})$$

b) Dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân

Dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân được xác định theo cách tương tự như đối với dòng điện xoay chiều.

$$I_{h-f} = 2 \times \frac{V_s}{Z_{h-h}} \quad (\text{B.24})$$

Hệ số tương tự 2 cũng được áp dụng.

c) Tổng trở kháng

Việc ước tính điện trở tổng là đơn giản hơn nhiều trong trường hợp này so với dòng điện xoay chiều bởi vì không phải tính đến góc pha do sự có mặt của điện dung da. Áp dụng công thức sau đây:

$$R_{m-p} = 2 \times R_p(t) + R_{im-p} \quad (\text{B.25})$$

d) Điện áp tiếp xúc

Tìm được điện áp tiếp xúc mới  $V_{cm-p}$  theo cách sau:

$$V_{cm-p} = R_{m-p} \times I_{m-p} \quad (\text{B.26})$$

Tuy nhiên, những tính toán này cần phải được thực hiện cho các tham số khác nhau được đề cập ở trên.

### B.3.3.3 Tuyến bàn tay-mông

a) Điện trở trong

Cũng như đối với tuyến dòng điện hai bàn tay-bàn chân, khác với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay, là tuyến tham khảo để tính toán, điện trở trong là khác. Hệ số hiệu chỉnh được sử dụng trong dòng điện xoay chiều cũng áp dụng được cho dòng điện một chiều.

$$R_{ih-s} = R_{ih-h} \times 0,601 \quad (\text{B.27})$$

b) Dòng điện bàn tay-mông

Dòng điện bàn tay-mông bây giờ có thể ước tính bằng công thức sau:

$$I_{h-s} = \frac{V_s}{Z_{h-h}} \quad (\text{B.28})$$

Không được quên rằng trong tình huống này, dòng điện đi qua thân bằng dòng điện đi qua bàn tay.

c) Điện trở tổng

Giá trị mới của điện trở tổng của cơ thể người chỉ đơn giản là tổng đại số của điện trở da và điện trở trong:

$$R_{h-s} = R_{ih-s} + R_s(t) \quad (\text{B.29})$$

d) Điện áp tiếp xúc

Điện áp tiếp xúc mới  $V_{th-s}$  tìm được theo cách sau:

$$V_{th-s} = R_{h-s} \times I_{h-s} \quad (B.30)$$

Tuy nhiên, các tính toán này phải được thực hiện cho các tham số khác nhau như mô tả ở trên.

### B.3.4 Thuật toán tính ngưỡng điện áp cho dòng điện một chiều

#### B.3.4.1 Tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay

Cùng một cách như đối với dòng điện xoay chiều, các giá trị của  $R_{h-h}$  và của  $I_{h-h}$  cho mỗi giá trị của  $V_{h-h}$  đã được ước tính. Bây giờ có thể vẽ đường cong thể hiện dòng điện đi qua cơ thể người  $I_{h-h}$  như là hàm của điện áp tiếp xúc  $V_{h-h}$ .

Nếu các giá trị của ngưỡng dòng điện đối với các hiệu ứng sinh lý mong muốn được xếp chồng lên các đường cong này thì có thể ước tính các giá trị ngưỡng điện áp bằng cách tính toán hoành độ của các giao điểm của các đường cong này.

Các giá trị ngưỡng tối thiểu về dòng điện đối với tuyến dòng điện này được thể hiện trong Bảng B.6.

**Bảng 6 – Ngưỡng dòng điện một chiều lớn nhất tương ứng với khoảng thời gian dòng điện cho mỗi ảnh hưởng của dòng điện đối với tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay**

Ngưỡng dòng (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Phản ứng mạnh của cơ	200	153	99	81	62	40	33	25	25	25
Rung tâm thất	1 250	1 238	1 175	1 000	650	400	375	350	350	350

Trong ví dụ này, các đường cong vẽ trong các hệ trục loga-loga trông như là đường thẳng. Có vẻ như đây là điều kiện thuận lợi để tính toán các giá trị tại giao điểm của các đường cong bằng cách nội suy logarit. Tuy nhiên, các đường cong không phải lúc nào cũng là đường thẳng trong hệ trục loga này và đó là lý do tại sao nên sử dụng cả hai kiểu nội suy đã biết (xem 4.2.4).

Tất cả các tính toán này được mô tả ở trên cần phải được thực hiện cho các giá trị của các tham số sau đây:

- tình trạng da (khô, ướt nước, ướt nước muối);
- diện tích tiếp xúc (nhỏ, trung bình, lớn);
- phần trăm của tập hợp;
- khoảng thời gian dòng điện chạy qua.

#### B.3.4.2 Tuyến hai bàn tay-hai bàn chân

Cũng phương pháp trên được áp dụng cho tuyến dòng điện này chạy qua cơ thể người. Các giá trị khác nhau của ngưỡng dòng điện nhỏ nhất phải được sử dụng như thể hiện trong Bảng B.7.

**Bảng B.7 – Ngưỡng dòng điện một chiều lớn nhất tương ứng với khoảng thời gian dòng điện chạy qua cho mỗi ảnh hưởng dòng điện, tuyến dòng điện hai bàn tay-hai bàn chân**

Ngưỡng dòng (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Phản ứng mạnh của cơ	200	153	99	81	62	40	33	25	25	25
Rung tâm thất	500	495	470	400	260	160	150	140	140	140

Một lần nữa cũng các phép tính phải được thực hiện cho tất cả các tham số được liệt kê ở trên.

### **B.3.4.3 Tuyến bàn tay-mông**

Một lần nữa các phương pháp tương tự như đã sử dụng trước đây áp dụng với các giá trị ngưỡng tối thiểu của dòng điện như thể hiện trong Bảng B.8:

**Bảng 8 – Ngưỡng dòng điện một chiều lớn nhất tương ứng với khoảng thời gian dòng điện chạy qua cho mỗi ảnh hưởng dòng điện được xét cho tuyến dòng điện bàn tay-mông**

Ngưỡng dòng điện (mA)	0,01 s	0,02 s	0,06 s	0,1 s	0,2 s	0,6 s	1 s	2 s	6,8 s	10 s
Phản ứng giật mình	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Phản ứng mạnh của cơ	200	153	99	81	62	40	33	25	25	25
Rung tâm thất	714	707	671	571	371	229	214	200	200	200

Một lần nữa cùng các phép tính này phải được thực hiện cho tất cả các tham số được liệt kê ở trên.

### **B.3.4.4 Biểu đồ thời gian/điện áp**

Đối với dòng điện xoay chiều, có thể vẽ các biểu đồ thời gian/điện áp bằng cách thu thập các giá trị tương ứng với các ứng dụng tương tự (tuyến dòng điện, tình trạng da, diện tích tiếp xúc) nhưng tăng khoảng thời gian của dòng điện chạy qua.

Một số đơn giản hóa là cần thiết đối với dòng điện một chiều liên quan đến việc lựa chọn giữa hai kiểu nội suy. Cũng như đối với dòng điện xoay chiều, và để có lợi cho sự an toàn của người, lựa chọn sẽ được thực hiện trên kiểu nội suy đưa ra ngưỡng điện áp nhỏ nhất.

Với giả thiết đơn giản hóa này, bây giờ có thể vẽ các đường cong của các vùng thời gian/điện áp tương ứng với các vùng thời gian/dòng điện của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Tất cả các hình vẽ đều được cung cấp trong Điều 5.

**Phụ lục C**

(tham khảo)

**Xác định ngưỡng điện áp theo tình trạng lựa chọn****C.1 Ví dụ đơn giản hóa**

Đối với các tình huống đáp ứng các tiêu chí sau:

- tuyến dòng điện tương ứng với hai bàn tay-hai bàn chân,
- diện tích tiếp xúc rộng,

Bảng C.1 là ví dụ về các kết quả.

**Bảng C.1 – Ví dụ về ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với điện xoay chiều và điện một chiều tương ứng với ảnh hưởng mạnh của cơ và rung tâm thất, đối với tình trạng môi trường qui định ở trên**

Điện áp tiếp xúc nhỏ nhất V		Ướt nước	Khô
Phản ứng giật mình	xoay chiều	0,4	1
	một chiều	2	4
Phản ứng mạnh của cơ	xoay chiều	7	11
	một chiều	16	26
Rung tâm thất	xoay chiều	24	33
	một chiều	75	87

Các tình huống này tương ứng với các Hình 8, 9, 17 và 20.

**C.2 Tình huống thường gặp**

Các ví dụ sau đây tương ứng với các tình huống thường gặp sẽ minh họa cho cách sử dụng Bảng 2:

**a) Phòng tắm**

Một người có thể đứng trên sàn ướt, hai bàn tay trần và hai bàn chân trần. Khi cầm vào máy sấy khăn chạy điện bị rò điện, điện áp tiếp xúc không vượt quá 24 V xoay chiều sẽ không gây rung tâm thất.

**b) Khu vực dẫn điện được ngăn cách**

Một người sửa chữa bể kim loại lớn từ bên trong có thể một tay tiếp xúc liên tục với bể kim loại trong khi tay kia tiếp xúc với dây dẫn mang điện. Giả sử rằng người đó đang không đổ mồ hôi, việc tiếp xúc với điện áp nhỏ hơn 104 V xoay chiều sẽ không gây ra mất khả năng thả tay. Giá trị này tương ứng với tình trạng khô, tuyến dòng điện bàn tay-bàn tay và vùng tiếp xúc nhỏ.

## **TCVN 9621-5:2013**

### **c) Bể bơi**

Nước trong bể bơi có chứa hóa chất sẽ làm tăng độ dẫn điện và người bơi có hai bàn tay trần và hai bàn chân trần. Khi đang chơi, người ướt có thể chạm vào thiết bị điện và có thể chịu được trong thời gian dài điện áp tiếp xúc nhỏ hơn 11 V xoay chiều, tương ứng với điện tích tiếp xúc trung bình về mất khả năng thả tay ra. Đối với người bơi ngập trong bể nước, ngưỡng điện áp tiếp xúc cho phép sẽ thấp hơn nhiều.

## Phụ lục D

(tham khảo)

### Giới hạn áp dụng

#### D.1 Điện áp và dòng điện hình sin tần số cao hơn

Tiêu chuẩn này chỉ thảo luận về điện áp xoay chiều hình sin 50/60 Hz và điện áp một chiều thuần túy không có thành phần xoay chiều đáng kể. Điện áp xoay chiều tần số cao hơn, bao gồm các nguồn tần số hỗn hợp phức tạp và nhiều thành phần xoay chiều và các dạng sóng kết hợp điện xoay chiều và điện một chiều yêu cầu một mô hình trở kháng cơ thể phức tạp hơn và yêu cầu điều chỉnh các ngưỡng dòng điện đối với các ảnh hưởng sinh lý không mong muốn.

Khi tần số tăng lên trên 50/60 Hz, trở kháng cơ thể người giảm (xem Hình 12 của TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1)) trong khi ảnh hưởng sinh lý của dòng điện giảm [2]. Tuy nhiên, sự giảm trở kháng trong cơ thể chỉ bắt đầu xuất hiện ở tần số thấp hơn so với tần số tại đó ngưỡng dòng điện đối với ảnh hưởng sinh lý bắt đầu tăng. Kết quả là khi tần số tăng từ 50/60 Hz, ngưỡng điện áp tiếp xúc đối với ảnh hưởng sinh lý như là phản ứng giật mình, mất khả năng thả tay, hoặc rung tâm thất giảm rồi sau đó bắt đầu tăng theo tần số.

IEC 60990 đưa ra dung sai thích hợp đối với dòng điện tiếp xúc tần số cao theo các điều kiện được đưa ra trong TCVN 9621-1 (IEC/TS 60479-1). Mô hình trở kháng cơ thể được thiết kế để đại diện cho cơ thể đối với các điện áp từ 100 V đến 240 V, nhưng mô hình này có thể là sự đơn giản hóa quá mức ở một số điều kiện.

#### D.2 Ngập trong nước

Các ngưỡng điện áp không dễ dàng sử dụng cho các ứng dụng liên quan đến các bộ phận cơ thể ngập trong nước như các sản phẩm sử dụng trong bể bơi, spa, bồn tắm và các mục đích tương tự. Một sự rắc rối là trường điện trong nước bị biến dạng do sự có mặt của cơ thể trong nước. Một sự rắc rối khác là số lượng lớn các tuyến có thể có để dòng điện đi vào và đi ra khỏi cơ thể trên các diện tích lớn của da. Chuyển động của cơ thể trong nước so với hướng của trường điện có thể làm thay đổi dòng điện tiếp xúc và do đó có thể làm thay đổi ảnh hưởng của trường điện lên cơ thể. Hướng của cơ thể với trường điện qui định biên độ của dòng điện chạy qua các phần khác nhau của cơ thể, và điều đó ảnh hưởng đến các dạng ảnh hưởng sinh lý có thể xảy ra như là kết quả của trường điện.

Dòng điện đi qua cơ thể người bơi dưới nước có thể bao gồm cả đầu. Ảnh hưởng của dòng điện đi qua đầu có thể cản trở khả năng bơi của người đó. Chết đuối có thể xảy ra, bổ sung cho các ảnh hưởng sinh lý khác bao gồm các hiệu ứng về cơ thường được đề cập.

Nếu không có giới hạn dòng điện trong nguồn điện, ảnh hưởng có hại có thể gây ra khi một người ngập trong nước với điện áp vài vôn có sẵn. Các sản phẩm được sử dụng trong các ứng dụng ở đó cơ

## **TCVN 9621-5:2013**

thể ngập trong nước nói chung nên là loại sản phẩm giới hạn dòng điện và được đánh giá dựa trên các đặc điểm về giới hạn dòng điện, không dựa vào giới hạn điện áp. Vì vậy tiêu chuẩn này không bao gồm các tình huống cơ thể người ngập trong nước.

### **D.3 Ứng dụng y học**

Môi trường y tế cần được quan tâm đặc biệt bởi vì đó là nơi có thể có mặt các bệnh nhân hết sức nhạy cảm với dòng điện (ví dụ bệnh nhân dùng ống thông). Cả hai ngưỡng dòng điện và điện áp có thể khác đi đáng kể đối với các tình huống đặc biệt này. Thông tin về ngưỡng điện áp như là một phần của nhiệm vụ này không nhằm mục đích áp dụng cho các thiết bị y tế hoặc môi trường y tế.



**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] WHITAKER, H.B. *"Electric shock as it pertains to the Electric fence"*, 1939 Underwriters Laboratories Inc.
- [2] HART, W. F., *"A Five-Part Resistor-Capacitor Network for Measurement of Voltage and Current Levels Related to Electric Shock and Burns"*, in J. E. Bridges, G. L. Ford, I. A. Sherman, and M. Vainberg (eds.) *"Electrical Shock Safety Criteria"*, 1985, Pergamon Press, New York
- [3] FREIBURGER, H. *"The electrical resistance of the human body to commercial direct and alternating currents"*, Springer 1934
- [4] CONRAD, HAGGARD and TEARE, *"Electrical studies of living tissues"*, Electrical engineering, July 1936
- [5] BIEGELMEIER, *"Experiments on the electrical impedance of human body"*, IEC, TC64 WG4, October 1976
- [6] OSYPKA, *"Quantitative investigation of current strength, duration and routing in a.c. electrocution accidents involving human beings and animals: their evaluation and application to power installations"*, Elektromedizin band 8/1963, Nr3
- [7] BARNETT, *"The phase angle of normal human skin"*, J. Physiol. 1938 Vol 93
- [8] REILLY, *"Electrical stimulation and electropathology"*, Cambridge university press 1992
- [9] Underwriters Laboratories Inc, *"Development of test equipment and methods for measuring potentially lethal and otherwise damaging current levels"*, CPSC-C-79-1034, 1981, revised 1982
-