

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9621-3:2013**

**IEC/TR 60479-3:1998**

Xuất bản lần 1

**ẢNH HƯỞNG CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN NGƯỜI VÀ GIA SÚC –  
PHẦN 3: ẢNH HƯỞNG CỦA DÒNG ĐIỆN  
CHẠY QUA CƠ THỂ GIA SÚC**

*Effects of current on human beings and livestock –*

*Part 3: Effects of currents passing through the body of livestock*

**HÀ NỘI – 2013**

**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
Lời giới thiệu .....	5
1 Yêu cầu chung .....	7
1.1 Phạm vi áp dụng .....	7
1.2 Lưu ý chung .....	7
1.3 Tài liệu viện dẫn .....	8
1.4 Thuật ngữ và định nghĩa .....	8
2 Đặc tính trở kháng của cơ thể gia súc .....	9
3 Giá trị trở kháng tổng của cơ thể ( $Z_T$ ) .....	12
4 Giá trị điện trở ban đầu của cơ thể ( $R_o$ ) .....	13
5 Ảnh hưởng lên gia súc của dòng điện xoay chiều hình sin trong dải từ 15 Hz đến 100 Hz ..	14
Thư mục tài liệu tham khảo .....	17

**Lời nói đầu**

TCVN 9621-3:2013 hoàn toàn tương đương với IEC/TR 60479-3:1998;

TCVN 9621-3:2013 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 cung cấp hướng dẫn cơ bản về các ảnh hưởng của dòng điện lên người và gia súc để sử dụng khi thiết lập các yêu cầu an toàn điện.

Tuy nhiên, có các yếu tố khác cần tính đến, ví dụ như xác suất sự cố, xác suất tiếp xúc với các phần mang điện và phần bị hỏng, tỷ lệ giữa điện áp tiếp xúc và điện áp sự cố, kinh nghiệm đạt được, tính khả thi về kỹ thuật và yếu tố kinh tế. Các tham số này phải được xem xét cẩn thận khi đặt ra các yêu cầu về an toàn, ví dụ, đặc tính tác động của thiết bị bảo vệ dùng trong hệ thống lắp đặt điện.

Để bảo vệ gia súc tránh tiếp xúc gián tiếp, ngưỡng rung tâm thất là tiêu chí cần có những yêu cầu an toàn cụ thể. Vì lý do này, tiêu chuẩn này đưa ra các thông tin về trở kháng cơ thể của gia súc và độ lớn dòng điện của ngưỡng rung tâm thất. Vì chỉ có ít thông tin về trở kháng của động vật, giá trị trở kháng thấp nhất đối với gia súc, chân trước đến chân sau (xem Bảng 2), được sử dụng làm cơ sở để tính toán.

Trong tiêu chuẩn này, các loài động vật đều được coi là gia súc.

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

### **Phần 3: Ảnh hưởng của dòng điện chạy qua cơ thể gia súc**

*Effects of current on human beings and livestock –*

*Part 3: Effects of currents passing through the body of livestock*

#### **1 Yêu cầu chung**

##### **1.1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này đưa ra các giá trị về trở kháng của cơ thể gia súc là hàm của điện áp tiếp xúc, mức ẩm của da và tuyến dòng điện.

Hiện nay mới chỉ có sẵn các giá trị đối với bò.

Tiêu chuẩn mô tả ảnh hưởng của dòng điện xoay chiều hình sin trong dải tần từ 15 Hz đến 100 Hz chạy qua cơ thể gia súc.

**CHÚ THÍCH:** Nếu không có qui định nào khác, các giá trị dòng điện định nghĩa trong tiêu chuẩn này là giá trị hiệu dụng.

##### **1.2 Lưu ý chung**

Đối với tuyến dòng điện cho trước qua cơ thể, nguy hiểm phụ thuộc chủ yếu vào độ lớn và thời gian của dòng điện. Tuy nhiên, các quan hệ thời gian/dòng điện qui định trong Điều 5, trong nhiều trường hợp, không trực tiếp áp dụng được trong thực tế để thiết kế các biện pháp bảo vệ chống điện giật. Tiêu chí cần thiết là giới hạn chấp nhận được của điện áp tiếp xúc (tức là tích của dòng điện qua cơ thể và trở kháng của cơ thể) là hàm của thời gian. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp là không tuyến tính vì trở kháng của cơ thể gia súc thay đổi theo điện áp tiếp xúc và do đó cần có các dữ liệu về mối quan hệ này.

Các phần khác nhau của cơ thể gia súc (ví dụ như da, máu, cơ, mô và khớp) có trở kháng đối với dòng điện đi qua, trở kháng này gồm thành phần điện trở và thành phần điện dung. Đặc biệt, da khô trong dải điện áp lên đến vài trăm vôn thường có điện trở cao.

## TCVN 9621-3:2013

Giá trị của các trở kháng này phụ thuộc vào một số yếu tố, đặc biệt là loài động vật, tuyến dòng điện, điện áp tiếp xúc, thời gian dòng điện chạy qua, tần số, mức ẩm của da, diện tích bề mặt tiếp xúc, áp lực đặt vào và nhiệt độ.

Giá trị trở kháng được chỉ ra trong tiêu chuẩn này được rút ra từ việc xem xét kỹ lưỡng các giá trị thực nghiệm nhận được từ các phép đo tiến hành chủ yếu trên động vật sống.

Điều 5 chủ yếu dựa trên kết quả nghiên cứu liên quan đến ảnh hưởng của dòng điện ở tần số phổ biến nhất là 50 Hz hoặc 60 Hz trong các hệ thống lắp đặt điện. Các giá trị đưa ra được coi là có thể áp dụng cho dải tần từ 15 Hz đến 100 Hz, giá trị ngưỡng ở các giới hạn của dải này cao hơn giá trị ngưỡng ở 50 Hz hoặc 60 Hz.

Điều này được xem xét chủ yếu về rủi ro rung tâm thất là nguyên nhân chính gây tai nạn tử vong trong dải tần số này.

### 1.3 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới 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.

IEC 60479-1:1994, Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects (Ảnh hưởng của dòng điện lên người và gia súc – Phần 1: Khía cạnh chung) <sup>1</sup>

Guide 104:1997, The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications (Biên soạn các tiêu chuẩn an toàn và sử dụng các tiêu chuẩn an toàn cơ bản và các tiêu chuẩn an toàn theo nhóm)

ISO/IEC guide 51:1990,<sup>2</sup> Guidelines for the inclusion of safety aspects in standards (Hướng dẫn đưa khía cạnh an toàn vào tiêu chuẩn)

### 1.4 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa đưa ra ở TCVN 9621-1 (IEC 60479-1) và các thuật ngữ và định nghĩa sau.

#### 1.4.1

**Trở kháng trong của cơ thể ( $Z_i$ )** (internal impedance of the body)

Trở kháng giữa hai điện cực tiếp xúc với hai phần của cơ thể, bỏ qua trở kháng da và trở kháng móng guốc, nếu có.

---

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

<sup>2</sup> Đã có TCVN 6844:2001 (ISO/IEC Guide 51:1999) (Hướng dẫn đưa khía cạnh an toàn vào tiêu chuẩn)

**1.4.2**

**Trở kháng da ( $Z_p$ )** (impedance of the hide and skin)

Trở kháng giữa điện cực trên da và các mô dẫn điện nằm bên dưới.

**1.4.3**

**Trở kháng móng guốc ( $Z_h$ )** (impedance of the hoof)

Trở kháng giữa điện cực đặt bên dưới móng guốc và mô dẫn điện trên nó.

**1.4.4**

**Trở kháng tổng của cơ thể ( $Z_t$ )** (total impedance of the body)

Tổng véc-tơ của trở kháng trong và các trở kháng da và trở kháng móng guốc, nếu có (xem Hình 1).

**1.4.5**

**Điện trở ban đầu của cơ thể ( $R_o$ )** (initial resistance of the body)

Điện trở giới hạn giá trị đỉnh của dòng điện tại thời điểm khi xuất hiện điện áp tiếp xúc, bỏ qua điện trở da, nếu có nhưng bao gồm cả điện trở móng guốc, nếu có.

**1.4.6**

**Ngưỡng phản ứng** (threshold of reaction)

Giá trị nhỏ nhất của dòng điện gây ra cơ cơ vô thức.

**1.4.7**

**Ngưỡng tê liệt** (threshold of immobilization)

Giá trị nhỏ nhất của dòng điện chạy qua cơ thể gây ra phản ứng cơ khiến động vật không thể di chuyển chừng nào còn có dòng điện chạy qua.

**1.4.8**

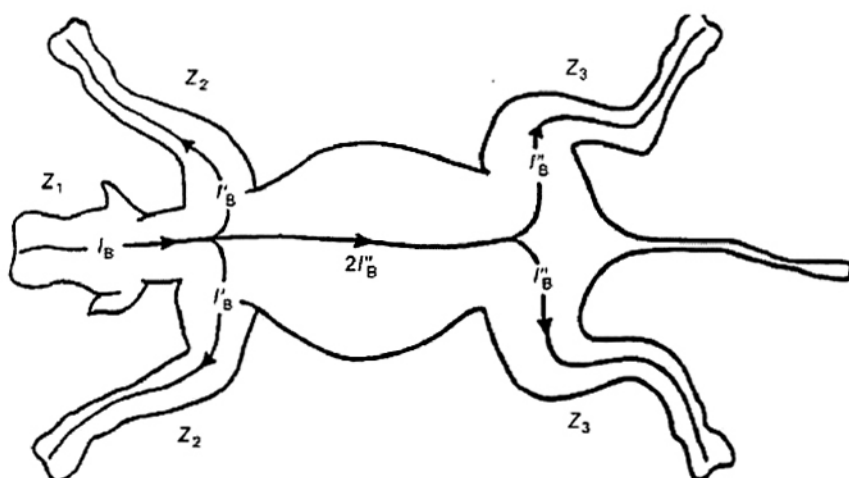
**Ngưỡng rung tâm thất** (threshold of ventricular fibrillation)

Giá trị nhỏ nhất của dòng điện chạy qua cơ thể động vật gây rung tâm thất.

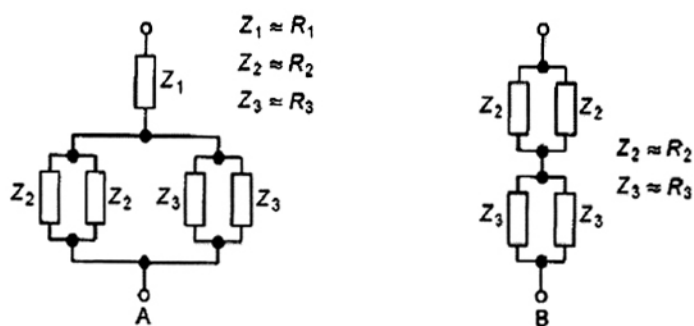
**2 Đặc tính trở kháng của cơ thể gia súc**

Sơ đồ trở kháng của cơ thể được thể hiện trên Hình 1.

Sơ đồ cũng nêu các tuyến dòng điện có ý nghĩa thực tiễn nhất, tức là từ mũi tới cả bốn chân và từ các chân trước tới các chân sau (Hình 2).



Hình 1 – Dòng điện qua và trở kháng của các phần liên quan của cơ thể bò đối với tuyến dòng điện từ mũi đến các chân



CHÚ THÍCH: Trở kháng móng guốc được tính vào trở kháng của các chi.

Hình 2 – Sơ đồ dùng cho động vật, đối với tuyến dòng điện từ mũi đến bốn chân (tuyến A) và từ hai chân trước tới hai chân sau (tuyến B)

## 2.1 Trở kháng trong của động vật ( $Z_i$ )

Trở kháng trong của cơ thể có thể coi về cơ bản là thuần trở. Giá trị của trở kháng phụ thuộc chủ yếu vào tuyến dòng điện và, ở mức độ ít hơn, phụ thuộc vào diện tích bề mặt tiếp xúc. Đối với các tuyến dòng điện từ mũi đến cả bốn chân và từ các chân trước đến các chân sau, trở kháng chủ yếu nằm ở các chi (chân trước và chân sau). Sơ đồ đơn giản hóa thể hiện ở Hình 1 và Hình 2 có thể được thiết lập nếu bỏ qua trở kháng thân của cơ thể.



Phép đo chỉ ra rằng trở kháng của chân sau nhỏ hơn trở kháng của chân trước (đối với bò, tỷ lệ đo được xấp xỉ bằng một nửa).

## 2.2 Trở kháng da ( $Z_p$ )

Trở kháng da phụ thuộc nhiều vào mức ẩm. Trong tình trạng khô, trên thực tế da có thể coi là vật cách điện với điện áp tới 100 V với các giá trị  $Z_p$  trong dải từ vài chục đến vài trăm kilo ôm (k $\Omega$ ).

Trở kháng da có thể được coi như một mạng gồm các điện trở và điện dung. Kết cấu của da bao gồm một lớp nữa cách điện và đối với các loài động vật có đường dẫn mồ hôi (tuyến mồ hôi), là các phần tử dẫn điện nhỏ. Trở kháng da giảm mạnh khi tăng dòng điện.

Giá trị trở kháng da phụ thuộc vào điện áp, tần số, thời gian dòng điện chạy qua, diện tích bề mặt tiếp xúc, áp lực tiếp xúc, mức ẩm của da và nhiệt độ.

## 2.3 Trở kháng (điện trở) móng guốc ( $Z_h, R_h$ )

Trở kháng móng guốc chủ yếu là điện trở. Đối với loài bò, các giá trị sau đây có thể giả định đối với các điện áp lên đến 230 V. (Một số phép đo thực hiện trên móng guốc của ngựa (có đóng móng) và trên móng guốc của cừu cho thấy trở kháng móng guốc của ngựa cao hơn chút ít so với trở kháng móng guốc của móng guốc của cừu và trở kháng móng guốc của cừu cao hơn đáng kể so với trở kháng móng guốc của bò).

Các giá trị trong Bảng 1 đã được đo trên mười móng guốc của bò khác nhau về kích thước và trọng lượng trong tình trạng ướt (dung dịch nước muối NaCl 3 %, xem [7]). Các giá trị đo đã được đánh giá thống kê với giả định cấp tỷ lệ phần trăm của tập hợp 5 %, 50 %, 95 % tuân theo hàm phân bố loga. Các điện trở được đo sau khoảng thời gian của dòng điện chạy qua là 20 ms ở dải điện áp từ 10 V đến 200 V và không phụ thuộc nhiều vào điện áp.

**Bảng 1 – Trở kháng (điện trở) móng guốc của bò ( $Z_h, R_h$ )  
ở điện áp xoay chiều đến 230 V, 50/60 Hz**

Các giá trị điện trở ( $\Omega$ ) không cao hơn đối với cấp tỷ lệ phần trăm của tập hợp		
5 %	50 %	95 %
250	350	500

## 2.4 Trở kháng tổng của cơ thể ( $Z_T$ )

Trở kháng tổng của cơ thể gồm thành phần điện trở và thành phần điện dung.

Trong điều kiện khô do tính chất cách điện của da,  $Z_T$  có thể đạt các giá trị trong dải từ vài chục đến vài trăm kilo ôm (k $\Omega$ ).

Khi động vật đứng trên nền dẫn điện,  $Z_T$  sẽ bao gồm cả trở kháng của các móng guốc nếu có.

**2.5 Điện trở ban đầu của cơ thể ( $R_0$ )**

Tại thời điểm xảy ra điện áp tiếp xúc, các điện dung của cơ thể chưa được tích điện. Do đó, trở kháng da  $Z_p$  là không đáng kể. Kết quả là điện trở ban đầu  $R_0$  xấp xỉ bằng trở kháng trong của cơ thể  $Z_i$  cộng với điện trở móng guốc, nếu có).  $R_0$  phụ thuộc chủ yếu vào tuyến dòng điện và ít phụ thuộc hơn vào diện tích bề mặt tiếp xúc.

Điện trở ban đầu  $R_0$  giới hạn dòng điện đỉnh của các xung ngắn (ví dụ điện giật do bộ điều khiển hàng rào điện).

**3 Giá trị trở kháng tổng của cơ thể ( $Z_T$ )**

Các giá trị trở kháng tổng của cơ thể cho trong Bảng 2 là có nghĩa đối với dòng điện hình sin tần số 50/60 Hz cho động vật sống và cho tuyến dòng điện từ mũi đến cả bốn chân, và từ hai chân trước đến hai chân sau, đối với bò ở trình trạng khô khi đứng trên sàn dẫn.

CHÚ THÍCH: Đối với các động vật khác, các giá trị trở kháng tổng của cơ thể hiện chưa được biết.

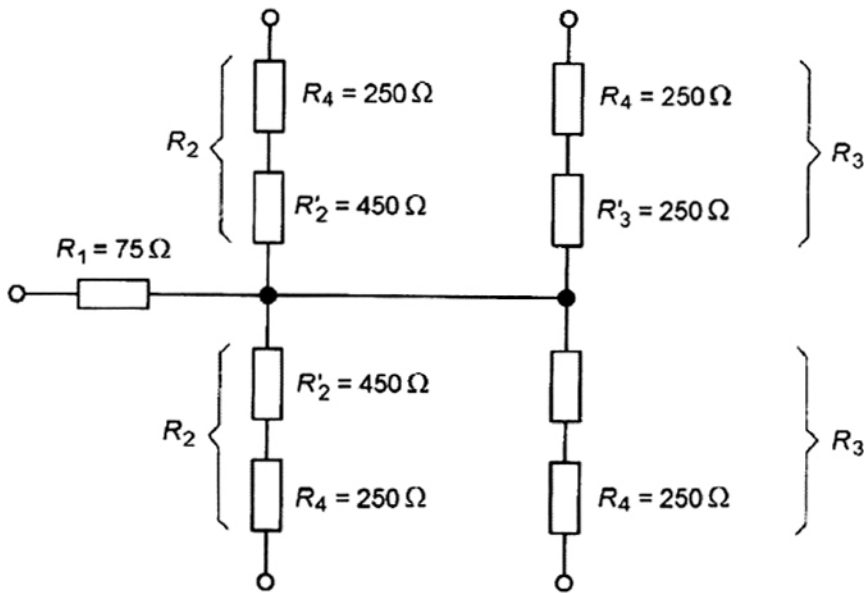
Các giá trị đã được đo với điện áp khác nhau và được coi là áp dụng được đối với các điện áp tiếp xúc lên tới 230 V. Tại điện áp thấp hơn 100 V các giá trị cho trong bảng có thể được coi là dự phòng an toàn bổ sung.

**Bảng 2 – Trở kháng tổng của cơ thể  $Z_T$  ở dòng điện xoay chiều tần số 50/60 Hz của bò đối với các điện áp tiếp xúc tới 230 V**

Tuyến dòng điện	Giá trị đối với trở kháng tổng của cơ thể ( $\Omega$ ) không lớn hơn đối với cấp tỷ lệ phần trăm của tập hợp		
	5 %	50 %	95 %
Từ mũi đến bốn chân	220	300	425
Từ các chân trước đến các chân sau	600	850	1 250

CHÚ THÍCH: Các giá trị này được làm tròn từ phân tích thống kê của kết quả đo của 80 con bò.

Sơ đồ trở kháng tổng của cơ thể bò được suy ra từ các giá trị của Bảng 1 và Bảng 2 đối với cấp tỷ lệ 5 % của tập hợp được nêu ở Hình 3.



Điện trở  $R_1$ : mũi-thân

Điện trở  $R_2 = R_2' + R_4$  : thân-chân trước có móng guốc

Điện trở  $R_3 = R_3' + R_4$  : thân-chân sau có móng guốc

Điện trở  $R_2'$  : thân-chân trước không có móng guốc

Điện trở  $R_3'$  : thân-chân sau không có móng guốc

**Hình 3 – Sơ đồ trở kháng tổng của cơ thể bò ở cấp tỷ lệ 5 % của tập hợp**

#### 4 Giá trị điện trở ban đầu của cơ thể ( $R_o$ )

Hiện chưa có giá trị đo được.

Lấy gần đúng tỷ số giữa trở kháng tổng của cơ thể  $Z_T$  và điện trở ban đầu của cơ thể  $R_o$  bằng của người ( $Z_T$  5 % giá trị tiệm cận 650 Ω ở Bảng 1 của IEC 60479-1 và  $R_o = 500$  Ω với 5 % của tập hợp ở 2.6 của IEC 60479-1, các giá trị dưới đây của Bảng 3 có thể được rút ra từ điện trở ban đầu của cơ thể  $R_o$  của gia súc với cấp tỷ lệ 5 % của tập hợp.

Bảng 3 – Điện trở ban đầu của cơ thể  $R_0$  đối với bò

Tuyến dòng điện	Giá trị điện trở ban đầu của cơ thể ( $\Omega$ ) đối với cấp tỷ lệ 5 % của tập hợp
Từ mũi tới 4 chân	175
Từ các chân trước tới các chân sau	450

## 5 Ảnh hưởng lên gia súc của dòng điện xoay chiều hình sin trong dải từ 15 Hz đến 100 Hz

Điều này chủ yếu dựa trên các phát hiện liên quan đến ảnh hưởng của dòng điện 50 Hz hoặc 60 Hz là những tần số phổ biến nhất của các hệ thống lắp đặt điện. Các giá trị đưa ra được coi là áp dụng được cho dải tần từ 15 Hz đến 100 Hz, giá trị ngưỡng tại các giới hạn của dải này cao hơn so với ở 50 Hz và 60 Hz.

Điều này về cơ bản để xem xét rủi ro của rung tâm thất là nguyên nhân chính gây tai nạn trong dải tần này.

### 5.1 Ngưỡng phản ứng

Ngưỡng của các phản ứng khác nhau phụ thuộc vào một vài tham số, ví dụ như diện tích của cơ thể tiếp xúc với điện cực (diện tích tiếp xúc), tình trạng tiếp xúc (khô, ướt, áp lực, nhiệt độ), loại phản ứng (chuyển động cơ bắp, giảm sản xuất sữa trong trường hợp là bò) và loại động vật và đặc điểm sinh lý của nó.

Một số phép đo chỉ ra rằng ngưỡng phản ứng của bò là cỡ 3 mA đối với mỗi chân. Một số nghiên cứu được tiến hành liên quan đến phản ứng trốn chạy, sản xuất sữa, v.v... nhưng không có tầm quan trọng thực tiễn về biện pháp bảo vệ chống điện giật (xem [7]).

### 5.2 Ngưỡng tê liệt

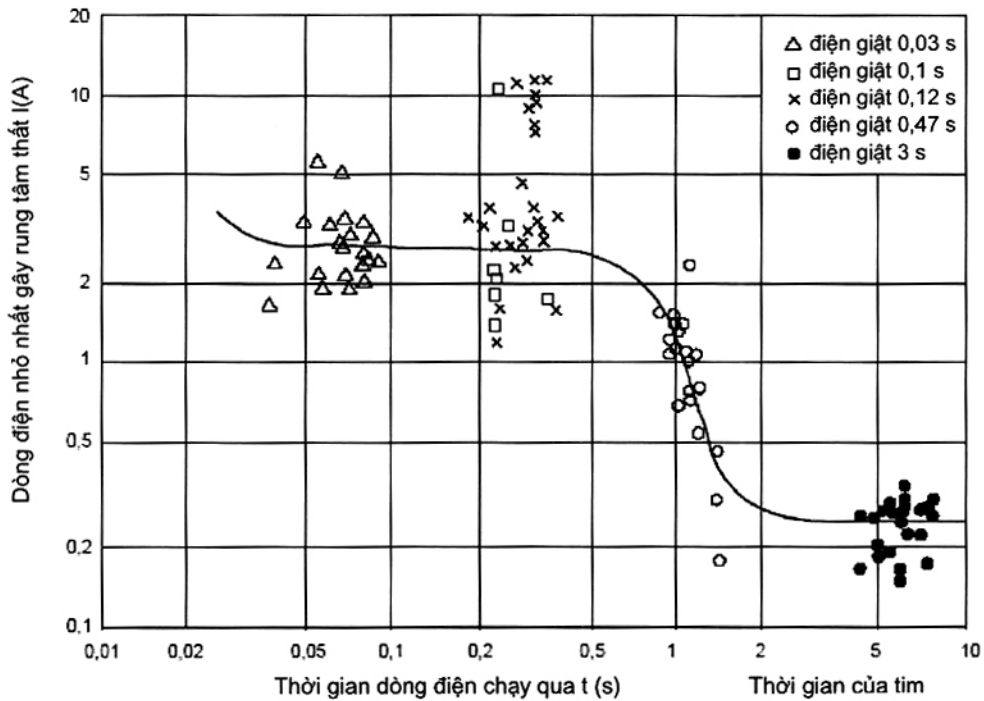
Đang được xem xét.

### 5.3 Ngưỡng rung tâm thất

Ngưỡng rung tâm thất phụ thuộc vào loài động vật và các tham số sinh lý (giải phẫu cơ thể, tình trạng hoạt động của tim, v.v...) cũng như các tham số về điện (thời gian và tuyến dòng điện, loại dòng điện, v.v...)

Với dòng điện xoay chiều hình sin (50 Hz hoặc 60 Hz), ngưỡng rung tâm thất giảm đáng kể nếu dòng điện chạy qua trong thời gian dài hơn một chu kỳ tim. Ảnh hưởng này là do gia tăng tính không đồng nhất về trạng thái kích thích của tim do ngoại tâm thu được cảm ứng bởi dòng điện.

Hình 4 thể hiện sự thay đổi đột ngột của ngưỡng rung tâm thất của cừu [1].



CHÚ THÍCH: Thời gian điện giật được thể hiện dưới dạng khoảng thời gian trung bình của một nhịp đập tim (thời gian trung bình của nhịp đập tim bằng 0,45 s), điện xoay chiều 60 Hz, tuyến dòng điện từ chân trước bên phải đến chân sau bên trái. Hình lấy từ [8].

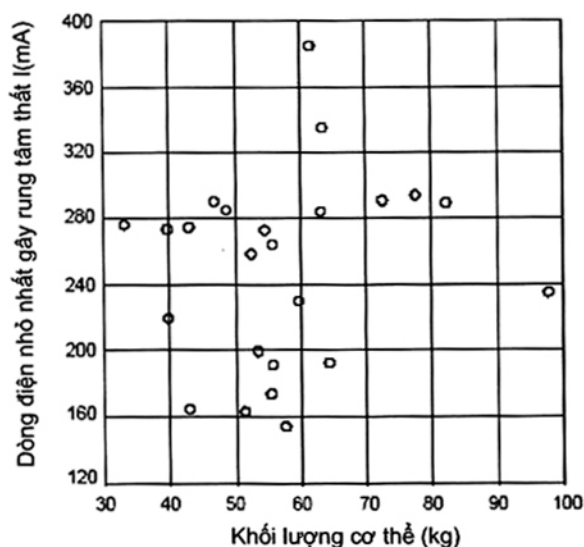
Hình 4 – Rung tâm thất đối với cừu

Bảng 4 – Ngưỡng rung tâm thất đối với điện xoay chiều 50/60 Hz [1] [2] đối với các loài gia súc khác nhau, thời gian điện giật là 3 s

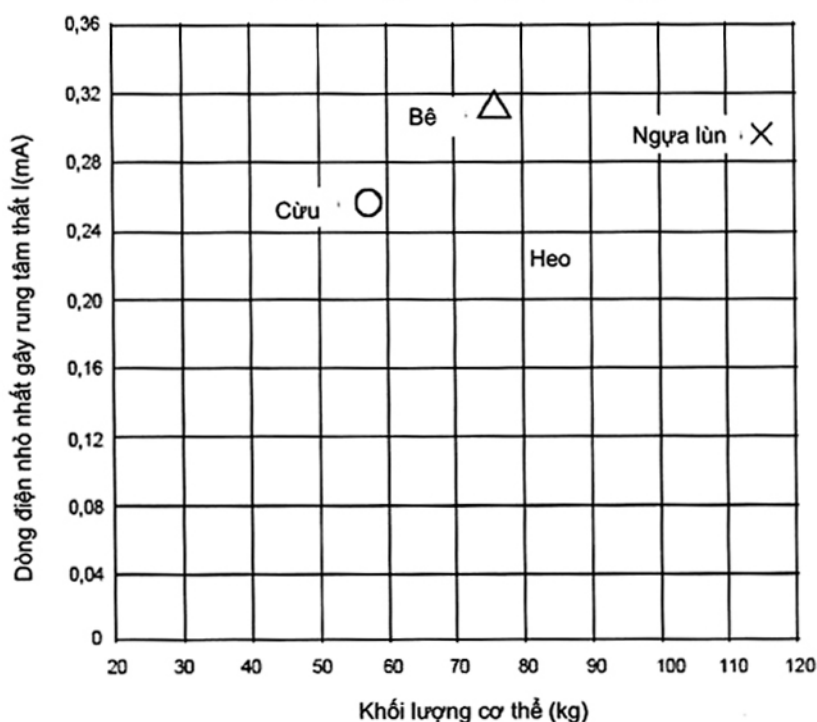
Loài	Khối lượng trung bình		Dòng điện nhỏ nhất gây rung tâm thất	
	Cơ thể kg	Tim g	Trung bình A	Dài A
Heo	79	300	0,24	Từ 0,17 đến 0,27
Cừu	56	270	0,25	Từ 0,16 đến 0,39
Bê	70	420	0,31	Từ 0,21 đến 0,47
Ngựa lùn	115	–	0,3	Từ 0,16 đến 0,41

CHÚ THÍCH: Dữ liệu sẵn có quá ít đối với ngựa nên không thể được đưa vào bảng này.

Từ các dữ liệu này, ngưỡng rung tâm thất trong một loài được coi là độc lập với khối lượng của động vật. Hình 5 thể hiện dòng điện nhỏ nhất gây rung tâm thất ở một loài (cừu) là hàm của khối lượng. Hình 6 thể hiện dòng điện nhỏ nhất gây rung tâm thất ở nhiều loài gia súc là hàm của khối lượng.



Hình 5 – Dòng điện nhỏ nhất gây rung tâm thất ở cừu là hàm của khối lượng, thời gian điện giật là 3 s [3]



Hình 6 – Dòng điện nhỏ nhất (trung bình) gây rung tâm thất của các loài gia súc khác nhau là hàm của khối lượng, thời gian điện giật là 3 s [1]

### Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] BACHL, H., BIEGELMEIER, G., EVANS, T.H., and MÖRX, A.: *Über den Schutz von Nutztieren gegen gefährliche Körperströme*; Bull. SEV/VSE 83 (1992), H. 3, pp. 65-72
- [2] LANGE, W. and DECKER, W.: *Über das elektrische Widerstandsverhalten des Tierkörpers; Mitteilung: Untersuchungen über den Hautwiderstand und den Tierkörperwiderstand beim Rind; Sonderdruck aus dem Archiv für experimentelle Veterinärmedizin*, Vol. 21 (1967), No. 5, pp. 1273-1283 and pp. 1286-1293
- [3] LANGE, W., MATTHÄUS, H.U., and RADTKE, H.J.: *Untersuchungen zum elektrischen Körperinnenwiderstand beim Rind*; Arch. exper. Vet. med. (1973), pp. 653-659
- [4] CRAINE, L.B.: *Effects on mammals of grounded neutral voltages from distribution power lines*; Inst. Elect. Eng. 75-303-3-IA (1975)
- [5] NORELL, GUSTAFSON R.J., APPLEMAN, R.D. and OVERMEIR: *Behavioral studies of dairy cattle sensitivity to electrical currents; Transactions of the American Society of Agricultural Engineering* (1983), pp. 1506-1511
- [6] APPLEMAN, R.D. and GUSTAFSON, R.J.: *Behavioral experiments quantifying animal sensitivity to AC and DC currents*; Publ. Agricultural Engineers Dept. Univ. Minnesota (1985)
- [7] BIEGELMEIER, G., BRUGERE, H., GOURBIERE, E., KIEBACK, D., LAMBROZO, J., RABITSCH, G. and VIDAL, R.: *Die Bedeutung der Widerstände der Hufe von Nutztieren und der Schuhe von Menschen für die konventionellen Grenzen der Fehlerspannung und der Berührungsspannung*; Bulletin SEV, 19 (1993), pp. 41-48
- [8] FERRIS, L.P., KING, B.G., SPENCE, P.W. and WILLIAMS, H.B.: *Effect of electric shock on the heart*; Electr. Eng., Vol. 55 (1936), p. 498
- [9] GEDDES, L.A., CABLER, B., MOORE, A.G., ROSBOROUGH, H. and TACKER, W.A.: *Threshold 60 Hz current required for ventricular fibrillation in subjects of various body weights; IEEE-transactions on biomedical engineering*, Vol. BME-20, No. 6 (Nov 1973), pp. 465-468
- [10] BIEGELMEIER, G.: *Quantitative und qualitative Bemerkungen zum Stand des Wissens über das Herzkammerflimmern nach elektrischen Durchströmungen mit Wechselstrom 50/60 Hz*; E. u. M., Vol. 97 (1980), No. 5, pp. 207-216
- [11] KOUWENHOVEN, W.B., KNICKERBOCKER, G.G., CHESNUT, R.W., MILNOR, W.R. and SASS, D.J.: *A.C. shocks on varying parameters affecting the heart*; Trans. Amer. Inst. Electr. Eng. Part 1, Vol. 78 (1959), p. 163

**TCVN 9621-3:2013**

[12] BUNTENKÖTTER, S., JACOBSEN, J. and REINHARDT, H.J.: *Experimentelle Untersuchungen an Schweinen zur Frage der Mortalität durch sinusförmige, phasenangeschnittene sowie gleichgerichtete elektrische Ströme*; Biomedizinische Technik, Vol. 20 (1975), No. 3, p. 99

[13] BIEGELMEIER, G. and LEE, W.R.: *New considerations on the threshold of ventricular fibrillation for a.c. shocks at 50-60 Hz*; I.E.E. Proc. Vol. 127, No. 2, Pt. A, (March 1980), p. 103

---