

Efectos de la corriente sobre el hombre y el ganado

Parte 2: Aspectos particulares

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 202 *Instalaciones eléctricas*, cuya secretaría desempeña AFME.



EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-IEC 60479-2

UNE-IEC 60479-2

Efectos de la corriente sobre el hombre y el ganado
Parte 2: Aspectos particulares

Effects of current on human beings and livestock. Part 2: Special aspects.

Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques. Partie 2: Aspects particuliers.

Esta norma es idéntica a la Norma Internacional IEC 60479-2:2019.

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-IEC/TS 60479-2:2010 EX.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-IEC 60479-2

Las observaciones a este documento han de dirigirse a:

Asociación Española de Normalización

Génova, 6
28004 MADRID-España
Tel.: 915 294 900
info@une.org
www.une.org

© UNE 2022

Prohibida la reproducción sin el consentimiento de UNE.

Todos los derechos de propiedad intelectual de la presente norma son titularidad de UNE.

Índice

Prólogo	7
Introducción.....	9
1 Objeto y campo de aplicación.....	10
2 Normas para consulta	11
3 Términos y definiciones.....	11
4 Efectos de las corrientes alternas con frecuencias superiores a 100 Hz	13
4.1 Generalidades.....	13
4.2 Efectos de la corriente alterna en el rango de frecuencias superiores a 100 Hz hasta 1 000 Hz, incluyendo ésta.....	14
4.2.1 Umbral de percepción	14
4.2.2 Umbral de no soltar	15
4.2.3 Umbral de fibrilación ventricular	15
4.3 Efectos de la corriente alterna en el rango de frecuencias superiores a 1 000 Hz hasta 10 000 Hz, incluyendo ésta.....	16
4.3.1 Umbral de percepción	16
4.3.2 Umbral de no soltar	17
4.3.3 Umbral de fibrilación ventricular	17
4.4 Efectos de la corriente alterna en el rango de frecuencias superiores a 10 000 Hz.....	17
4.4.1 Generalidades.....	17
4.4.2 Umbral de percepción	17
4.4.3 Umbral de no soltar	17
4.4.4 Umbral de fibrilación ventricular	18
4.4.5 Otros efectos.....	18
5 Efectos de corrientes con formas de onda especiales	18
5.1 Generalidades.....	18
5.2 Amplitud equivalente, frecuencia y umbral	19
5.3 Efectos de corriente alterna con componentes de corriente continua.....	20
5.3.1 Formas de onda y umbrales de frecuencia y corriente.....	20
5.3.2 Umbral de la reacción de sobresalto	21
5.3.3 Umbral de no soltar	21
5.3.4 Umbral de fibrilación ventricular	23
6 Efectos de la corriente alterna con control de fase	27
6.1 Formas de onda y umbrales de frecuencia y corriente.....	27
6.2 Umbral de reacción de sobresalto y umbral de no soltar	28
6.3 Umbral de fibrilación ventricular	28
6.3.1 Generalidades.....	28
6.3.2 Control simétrico.....	28
6.3.3 Control asimétrico	28
7 Efectos de corriente alterna con control multicyclo.....	29
7.1 Formas de onda y frecuencias.....	29
7.2 Umbral de reacción de sobresalto y umbral de no soltar	29
7.3 Umbral de fibrilación ventricular	30
7.3.1 Generalidades.....	30
7.3.2 Duraciones de choque superiores a 1,5 veces el periodo del ciclo cardiaco.....	30

7.3.3	Duraciones de choque inferiores a 0,75 veces el periodo del ciclo cardiaco.....	31
8	Estimación del umbral de corriente equivalente para frecuencias mixtas	31
8.1	Umbral de percepción y umbral de no soltar.....	31
8.2	Umbral de fibrilación ventricular	31
9	Efectos de ráfagas de pulsos de corriente y formas de onda irregulares complejas aleatorias.....	31
9.1	Umbral de fibrilación ventricular de múltiples pulsos de corriente separados por 300 ms o más.....	31
9.2	Umbral de fibrilación ventricular de múltiples pulsos de corriente separados por menos de 300 ms	32
9.2.1	Generalidades.....	32
9.2.2	Ejemplos	33
9.2.3	Formas de onda irregulares complejas aleatorias.....	35
10	Efectos de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano sumergido	37
10.1	Generalidades.....	37
10.2	Resistividad de las soluciones de agua y del cuerpo humano.....	38
10.3	Corriente conducida a través del cuerpo sumergido	39
10.4	Efectos fisiológicos de la corriente a través del cuerpo sumergido.....	40
10.5	Valores de umbrales de corriente	41
10.6	Valores de tensión intrínsecamente seguros	42
11	Efectos de impulsos simples unidireccionales de corriente de corta duración.....	42
11.1	Generalidades.....	42
11.2	Efectos de las corrientes de impulso unidireccional de corta duración.....	42
11.2.1	Formas de onda.....	42
11.2.2	Determinación de la energía específica de fibrilación F_e	43
11.3	Umbral de percepción y umbral de dolor para descarga de condensador.....	45
11.4	Umbral de fibrilación ventricular	47
11.4.1	Generalidades.....	47
11.4.2	Ejemplos	48
Anexo A (Informativo)	Análisis de forma de onda irregular compleja aleatoria.....	51
A.1	Generalidades.....	51
A.2	Declaración teórica formal del método.....	51
A.3	Demostración del cálculo	53
A.3.1	Generalidades.....	53
A.3.2	Elección de corriente justificada.....	55
A.3.3	Elección del tamaño del paso de muestreo	56
A.4	Ejemplos 1 y 2	56
Bibliografía		60

Figura 1 – Variación del umbral de percepción dentro del rango de frecuencia de 50/60 Hz a 1 000 Hz	14
Figura 2 – Variación del umbral de no soltar dentro del rango de frecuencia de 50/60 Hz a 1 000 Hz	15

Figura 3 – Variación del umbral de fibrilación ventricular dentro del rango de frecuencia de 50/60 Hz a 1 000 Hz, duraciones de choque más largas que el ciclo cardíaco y trayectorias longitudinales de la corriente a través del tronco.....	16
Figura 4 – Variación del umbral de percepción dentro del rango de frecuencia de 1 000 Hz a 10 000 Hz.....	16
Figura 5 – Variación del umbral de no soltar dentro del rango de frecuencia de 1 000 Hz a 10 000 Hz.....	17
Figura 6 – Variación del umbral de fibrilación ventricular para corriente continua sinusoidal (1 000 Hz a 150 kHz).....	18
Figura 7 – Formas de onda de corriente	20
Figura 8– Umbrales de no soltar para hombres, mujeres y niños	21
Figura 9 – Percentil 99,5 del umbral de no soltar para combinaciones de corriente alterna sinusoidal de 50/60 Hz y corriente continua	22
Figura 10 – Corriente compuesta alterna y continua con probabilidad equivalente de fibrilación ventricular.....	24
Figura 11 – Formas de onda de corrientes alternas rectificadas	25
Figura 12 – Formas de onda de corriente alterna con control de fase.....	27
Figura 13 – Formas de onda de corriente alterna calculadas con factor de control multiciclo	29
Figura 14 – Umbral de fibrilación ventricular (valor medio) de corriente alterna con control multiciclo para varios grados de control (resultados experimentales con cerdos jóvenes).....	30
Figura 15 – Serie de cuatro impulsos rectangulares de corriente unidireccional.....	33
Figura 16 – Serie de cuatro impulsos rectangulares de corriente unidireccional.....	34
Figura 17 – Serie de cuatro impulsos rectangulares de corriente unidireccional.....	35
Figura 18 – Ejemplo de corriente frente al tiempo transcurrido en un aislante contaminado	36
Figura 19 – PC trazada sobre las curvas de tiempo-corriente de corriente alterna (figura 20 de la Norma IEC 60479-1:2018)	37
Figura 20 – Formas de corriente de impulsos rectangulares, sinusoidales y descargas de condensador.....	43
Figura 21 – Impulso rectangular, impulso sinusoidal y descarga de condensador con la misma energía específica de fibrilación y la misma duración de descarga.....	45
Figura 22 – Umbral de percepción y umbral de dolor para la corriente de una descarga de condensador (manos secas, gran superficie de contacto)	46
Figura 23 – Probabilidad de riesgo de fibrilación de la corriente que fluye a través del cuerpo desde la mano izquierda hacia ambos pies.....	48
Figura A.1 – Definición de un segmento de una forma de onda compleja aleatoria.....	51
Figura A.2 – Definición de una duración dentro de una muestra	52
Figura A.3 – PC para un ejemplo de demostración del método de la forma de onda compleja aleatoria representada sobre las curvas de tiempo-corriente para valor eficaz en corriente alterna	55
Figura A.4 – Forma de onda aleatoria compleja típica de las utilizadas en el ejemplo 1	56

Figura A.5 – Forma de onda aleatoria compleja típica de las utilizadas en el ejemplo 2	57
Figura A.6 – PC para los ejemplos 1 y 2 de la forma de onda compleja aleatoria representadas sobre las curvas de tiempo-corriente para valor eficaz en corriente alterna	59
Tabla 1 – Estimación del umbral de fibrilación ventricular después de cada pulso de corriente en una serie de pulsos excitando, cada uno de ellos, el tejido cardíaco de tal manera que desencadena respuestas ventriculares	33
Tabla 2 – Resistividad de las soluciones de agua [24], [25]	38
Tabla 3 – Resistividad de los tejidos del cuerpo humano	39
Tabla 4 – Interacción relativa entre la resistividad de la solución de agua y la impedancia característica de la fuente de energía	40
Tabla 5 – Efectos de los choques	49
Tabla 6 – Efectos de los choques	50

1 Objeto y campo de aplicación

Esta parte de la Norma IEC 60479, describe los efectos sobre el cuerpo humano cuando lo atraviesa una corriente alterna sinusoidal en la gama de frecuencias por encima de 100 Hz.

También se exponen los efectos del paso a través del cuerpo humano de

- corriente alterna sinusoidal con componentes de corriente continua;
- corriente alterna sinusoidal con control de fase; y
- corriente alterna sinusoidal con control multicitelo;

pero sólo se consideran aplicables para frecuencias de corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz.

Se proporcionan los medios para extender la frecuencia de aplicabilidad de sinusoidales puros a una frecuencia de 150 kHz, complementando los datos de la Norma IEC 60479-1.

Se proporcionan medios para examinar formas de onda irregulares complejas aleatorias.

Este documento describe los efectos de la corriente que pasa por el cuerpo humano en forma de impulsos rectangulares unidireccionales sucesivos únicos y múltiples, impulsos sinusoidales e impulsos resultantes de descargas de condensadores.

Se considera que los valores indicados se aplicarán para duraciones de impulso de 0,1 ms hasta 10 ms, inclusive.

Este documento sólo considera las corrientes resultantes de la aplicación directa de una fuente de corriente al cuerpo, al igual que en la Norma IEC 60479-1. No tiene en cuenta corrientes inducidas en el cuerpo causadas por su exposición a un campo electromagnético externo.

Esta norma básica de seguridad está destinada principalmente para usarse por los comités técnicos en la preparación de normas de acuerdo con los principios establecidos en las Guías IEC 104 e ISO/IEC 51. No está destinada a los fabricantes ni a los organismos de certificación.

Una de las responsabilidades de un comité técnico es, hacer uso de las normas básicas de seguridad en la preparación de sus publicaciones, siempre que corresponda. Los requisitos, métodos de ensayo o condiciones de ensayo de esta norma básica de seguridad no se aplicarán a menos que se mencionen o se incluyan específicamente en las publicaciones correspondientes.

2 Normas para consulta

En el texto se hace referencia a los siguientes documentos de manera que parte o la totalidad de su contenido constituyen requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluida cualquier modificación de esta).

IEC 60479-1, *Efectos de la corriente sobre el hombre y el ganado. Parte 1: Aspectos generales.*

IEC 60990, *Métodos de medición de la corriente de contacto y de la corriente en el conductor de protección.*

Guía IEC 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications.*

Guía ISO/IEC 51:2014, *Safety aspects. Guidelines for their inclusion in standards.*