

DOCUMENTO TÉCNICO

CRITERIOS DE SEGURIDAD

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual

Justificación de los tiempos de disparo establecidos en la normas UNE-EN 61008-1 y UNE-EN 61009-1

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE MATERIAL ELÉCTRICO

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual – Justificación de los tiempos de disparo establecidos en la normas UNE- EN 61008-1 y UNE-EN 61009-1

PREÁMBULO

AFME es la Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico. Los miembros de AFME son fabricantes pertenecientes a los sectores de aparamenta industrial y doméstica, cables, iluminación, máquinas herramientas portátiles, sistemas de conducción de cables, dispositivos de conexión, automatización industrial y doméstica, dispositivos de protección industrial y domésticos y transformadores, agrupando 140 empresas con una facturación anual conjunta superior a 9 000 millones de Euros y con más de 20 000 empleados.

Este documento ha sido preparado por los Ingenieros de su organización:

- La Sra. Dña. Beatriz Novel, Ingeniero responsable del grupo Dispositivos de Protección de AFME, Secretario del AEN/CTN201/SC23E “Interruptores automáticos y aparamenta similar para uso doméstico e instalaciones análogas”, miembro del “23E Interpretation Panel” del Comité Europeo de Normalización Eléctrica (CENELEC) y Secretario del grupo de trabajo JWG CEN/TC247-CLC/TC 205 “Requisitos técnicos generales de automatización de viviendas y edificios”.
- El Sr. D. Enric Fajula Valero, Ingeniero responsable del grupo de Instalaciones Eléctricas de AFME, Secretario del AEN/CTN202/SC64 “Instalaciones Eléctricas en Edificios”, Coordinador del grupo de trabajo del Comité Europeo de Normalización Eléctrica (CENELEC) CLC/SC64B/WG215 “Instalación de luminarias”, Coordinador del grupo de trabajo del Comité Europeo de Normalización Eléctrica (CENELEC) CLC/SC64B/WG217 “Determinación de la sección de conductores y selección de los dispositivos de protección”, Coordinador del grupo de proyectos de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC/TC64/MT2/PT559 “Instalación de luminarias” y miembro del Grupo Asesor del Presidente del Comité de Instalaciones Eléctricas y protección contra el choque eléctrico de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC/TC64.

Este documento refleja una interpretación de la normativa citada y del estado de la técnica conocido en el momento de su edición. Si se conociesen nuevas informaciones que mejorasen la seguridad de las instalaciones o introdujesen cambios en las prescripciones actuales, este documento sería modificado de acuerdo con los nuevos principios¹.

¹ Toda copia impresa es un documento no controlado y pierde su vigencia. Los usuarios de la información contenida en este documento deberían contactar con AFME (interpretacion_rebt2004@afme.es) para confirmar su vigencia.

CONTENIDO

PREÁMBULO	3
1 Objeto	5
2 Definiciones	5
2.1 Tensión de contacto	5
2.2 Corriente de contacto	5
2.3 Curva de disparo del diferencial	7
3 Protección contra contactos indirectos	7
3.1 Contacto indirecto debido a un defecto de aislamiento de alta impedancia	8
3.2 Contacto indirecto debido a un defecto de aislamiento de baja impedancia	9
4 Conclusiones	11
5 Bibliografía	11
Fig. 1 - Contacto Indirecto.	6
Fig. 2 - Curva de disparo del diferencial.....	7
Fig. 3 - Efectos de la corriente en seres vivos	8
Fig. 4 - Defecto de aislamiento.	9
Fig. 5 - Efectos de la corriente en seres vivos.....	10
Tabla 1. Tiempos de disparo para diferenciales.	7

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual – Justificación de los tiempos de disparo establecidos en la normas UNE- EN 61008-1 y UNE-EN 61009-1

1 Objeto

Este documento tiene como objeto dar a conocer en un breve resumen los principios técnicos que justifican la elección de los tiempos de disparo de los interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual (de ahora en adelante diferenciales) establecidos en las normas UNE-EN 61008-1 y UNE-EN 61009-1.

2 Definiciones

2.1 Tensión de contacto

2.1.1 Tensión de contacto prevista

Tensión entre partes conductoras accesibles simultáneamente cuando esas partes conductoras no están siendo tocadas por una persona o un animal.

2.1.2 Tensión límite convencional de contacto (U_L)

Valor máximo de la tensión de contacto prevista que se puede mantener indefinidamente en condiciones especificadas de influencias externas.

La ITC-BT-24 del REBT:2002 y la norma UNE 20460-4-41 establecen los siguiente valores de tensión límite convencional de contacto:

- $U_L \leq 50$ V para locales secos
- $U_L \leq 25$ V para locales húmedos

2.1.3 Tensión de contacto efectiva

Tensión entre partes conductoras cuando son tocadas simultáneamente por una persona o un animal. Este valor es muy inferior al de la tensión de contacto prevista.

2.2 Corriente de contacto

La corriente de contacto es la corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo humano o el de un animal cuando este toca una o más partes accesible de una instalación o equipo.

3 Cálculo de la corriente de contacto

En un sistema TT, la corriente de contacto I_h circulando por una persona en contacto con la masa de un equipo con defecto de aislamiento es función de la intensidad de defecto I_d . Según la figura 1, I_h se calcula:

$$I_h = \left(\frac{R_A}{Z_T + R_{ca} + R_{em}} \right) \times I_d$$

Siendo

- R_A la suma de la resistencia del electrodo de puesta a tierra mas el conductor de protección.
- Z_T La resistencia del cuerpo humano entre una mano y los pies (seco o húmedo).
- R_{ca} la resistencia del calzado que se estima en 0 para suponer el caso más desfavorable
- R_{em} la resistencia del emplazamiento que se estima en 0 para suponer el caso más desfavorable
- I_d la corriente de defecto que circula por el circuito.

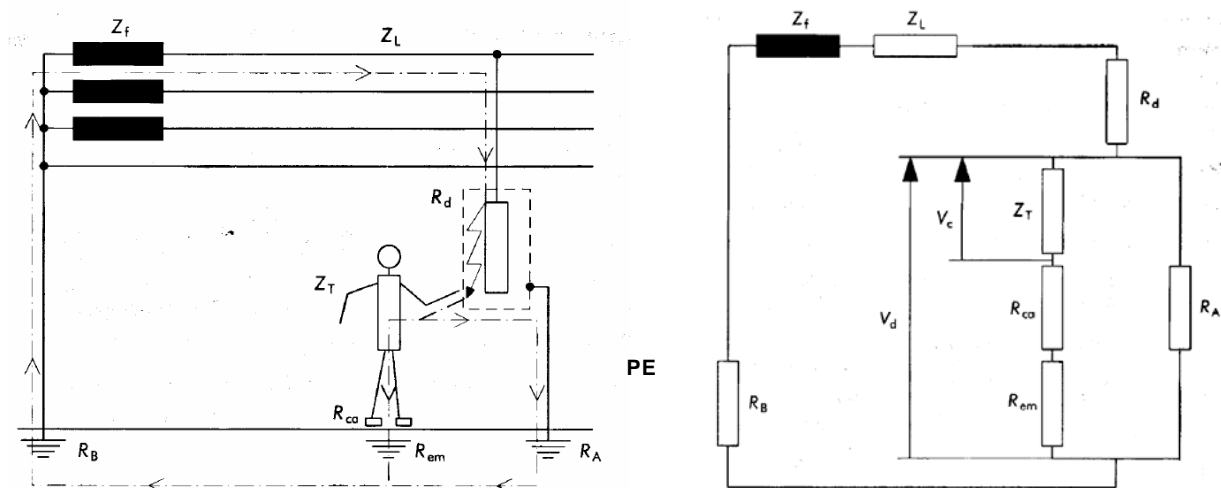


Fig. 1 - Contacto Indirecto.

Para simular unas condiciones muy desfavorables, escogemos un valor de R_A superior al máximo exigido en el REBT:1973 (37 Ω), valor que se podría encontrar en instalaciones antiguas,

$$R_A = 40 \Omega$$

Nota: En el REBT: 2002 no se prescribe el valor máximo de R_A , pero en instalaciones nuevas, este valor no supera los 15 Ω .

Los valores de Z_T se obtienen de la norma UNE 20572 (IEC 60479-1):

(1): Local seco (tensión de contacto 50V): $Z_T=1087\Omega$

(2): Local húmedo (tensión de contacto 25V): $Z_T=984\Omega$

Considerando los valores para un local húmedo, la corriente de contacto que circularía por la persona que tocara la masa en tensión sería alrededor de un 4% de la corriente de defecto.

$$I_h = \left(\frac{R_A}{Z_T + R_{ca} + R_{em}} \right) \cdot I_d = \left(\frac{40}{984+0+0} \right) \cdot I_d \approx 0,04 \cdot I_d$$

4 Curva de disparo del diferencial

La tabla 1 está extraída de la norma UNE-EN 61008-1 y muestra los tiempos de disparo de un diferencial para una corriente residual dada.

Tabla 1. Tiempos de disparo para diferenciales (basada en Tabla 1 de la UNE EN 61008-1).

Tipo	I _n	I _{Δn}	Tiempos normales de disparo (s) para una corriente residual de:				Tiempos máximos de disparo
			I _{Δn}	2 I _{Δn}	5 I _{Δn}	5A, 10A, 20A, 50A, 100A, 200A, 500A	
General (disparo instantáneo)	Cualquier valor	Cualquier valor (≥0,03A)	0,3	0,15	0,04	0,04	

El diferencial se ensaya para asegurar que para las intensidades dadas, se cumplen los tiempos de disparo.

Representando gráficamente los valores de la tabla 1, obtenemos la curva de disparo del diferencial (Figura 2). Los valores de la tabla definen una curva que proporciona el límite del tiempo de disparo para una intensidad de defecto dada.

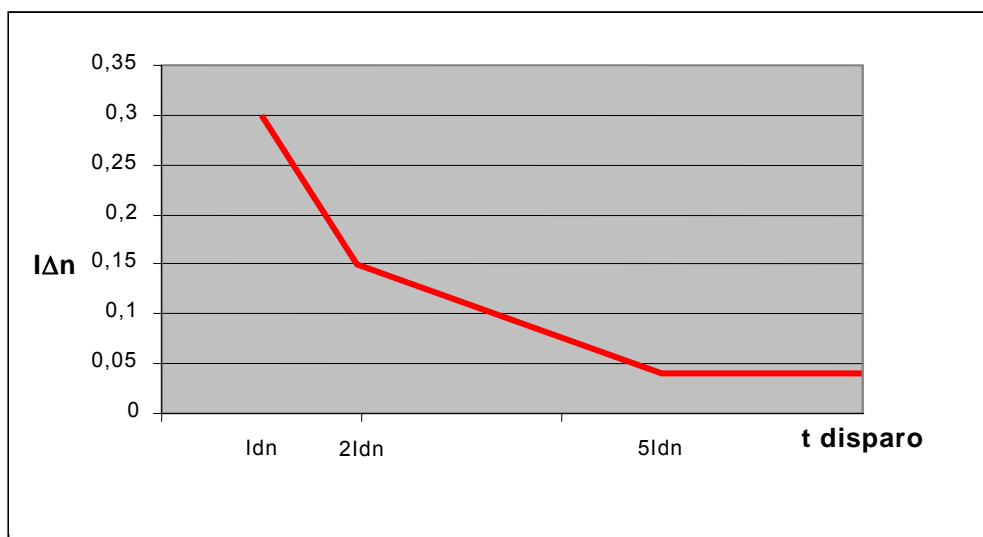


Fig. 2 - Curva de disparo del diferencial.

5 Protección contra contactos indirectos

El REBT establece que la función de la protección diferencial es la de proteger contra contactos indirectos. A continuación se analiza el efecto de la protección diferencial en caso

de contactos indirectos debidos tanto a defectos de alta impedancia como de baja impedancia.

5.1 Contacto indirecto debido a un defecto de aislamiento de alta impedancia

El defecto de aislamiento de alta impedancia se caracteriza por un aumento progresivo de la corriente de defecto I_d .

En este caso existe una tensión de contacto a causa de la corriente de defecto, pero, considerando la instalación protegida por un diferencial de sensibilidad $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$, el diferencial disparará antes de que la tensión de contacto alcance un valor peligroso.

El valor más desfavorable de la corriente de defecto I_d será 30mA , considerando el instante inmediatamente anterior al disparo del diferencial.

Con estos valores, se calcula la corriente de contacto que circularía por la persona que tocara la masa en tensión.

$$I_{h(1)} = \left(\frac{R_A}{Z_T + R_{ca} + R_{em}} \right) \times I_d \approx 0,04 \times I_d = 0,04 \times 0,030 = 1,2\text{mA}$$

El diferencial dispara a $I_{\Delta n}$ (30mA), por lo que el tiempo de disparo según tabla 1 debe ser $t_d \leq 0.3 \text{ s}$.

Introduciendo los valores obtenidos para I_h y t_d en la figura 3, estaríamos en la zona AC-2, que se considera segura para cualquier ser humano.

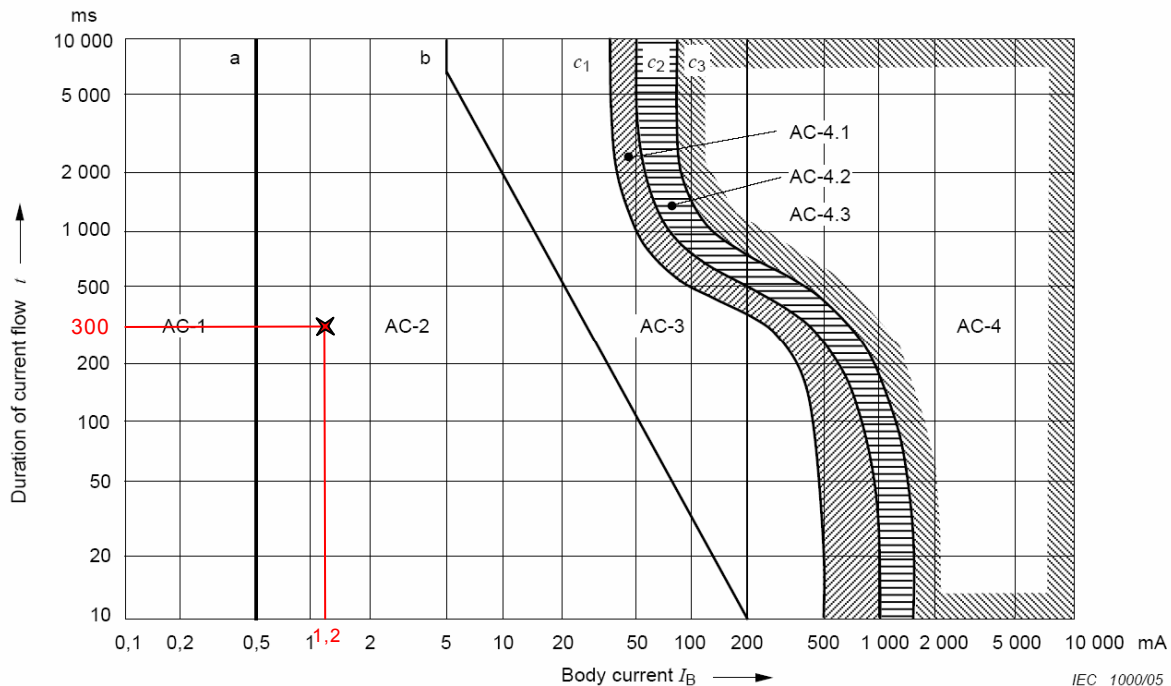


Fig. 3 (Fig. 20 - IEC 60479-1) - Efectos de la corriente en seres vivos

Adicionalmente, podemos comprobar cuál es la tensión de contacto prevista:

$$U_c = R_A \times I_d = 40 \times 0,03 \approx 1,2V$$

Calculando la tensión a la que está sometida la persona durante el contacto en este caso (tensión de contacto efectiva).

$$U_{c_1} = Z_T \times I_h = 984 \times 0,0012 \approx 1,18V$$

Este valor de 1,18V es muy inferior al límite establecido en la ITC-BT-24 del REBT para locales húmedos (caso más restrictivo):

$$U_c \leq 25 V$$

Por tanto el contacto está lejos de ser peligroso.

5.2 Contacto indirecto debido a un defecto de aislamiento de baja impedancia

Es el defecto más habitual, ej. Parte activa que toca una envolvente metálica puesta a tierra.

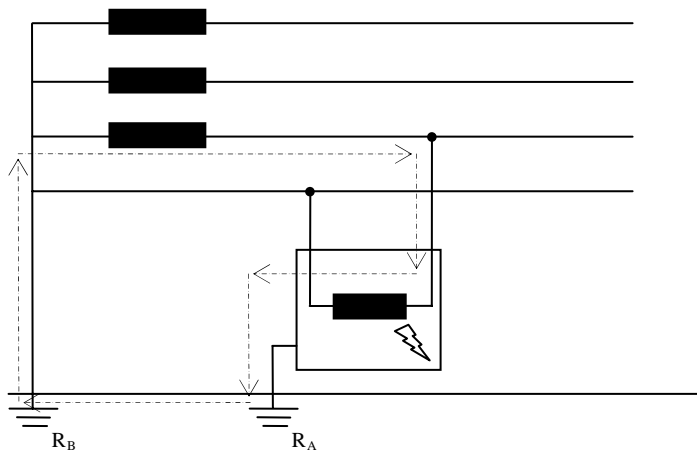


Fig. 4 - Defecto de aislamiento.

De acuerdo con la figura 4, en el caso de un defecto a tierra, por el circuito circulará una corriente de defecto I_d .

Considerando:

- R_A resistencia del electrodo de puesta a tierra más el conductor de protección.
- R_B resistencia de puesta a tierra de la alimentación

Para simular unas condiciones muy desfavorables, escogemos un valor de R_A superior al máximo exigido en el REBT: 1973 (37 Ω), valor que nos podríamos encontrar en instalaciones antiguas, y un valor de R_B el doble del habitual (5 Ω).

$$R_A = 40 \Omega$$

$$R_B = 10 \Omega$$

NOTA: En el REBT: 2002 no se prescribe el valor máximo de R_A , pero en instalaciones nuevas, este valor no supera los 15 Ω .

El valor de la corriente de defecto en estas condiciones será:

$$I_d = \frac{U_L}{R_B + \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{Z_T} \right)^{-1}} = \frac{230}{10 + \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{984} \right)^{-1}} = \frac{230}{38,44} = 4,75A$$

Considerando el aumento de corriente de defecto de 0 a 4,75 A prácticamente instantáneo.

Suponiendo que el circuito, de acuerdo con la ITC - 25 del REBT, está protegido por un diferencial de sensibilidad 30mA, este actuaría en un tiempo de acuerdo con la tabla 1 de la norma UNE EN 61008-1 (ver tabla 1 de este documento).

El valor de corriente diferencial nominal (0,03A) se rebasará muy rápidamente y por tanto el diferencial disparará en aproximadamente un tiempo correspondiente a $5I_{\Delta n}$, es decir, 40 ms.

En el hipotético caso de un contacto indirecto (figura 1) durante esta mínima fracción de tiempo durante la que se produce la falta, la intensidad que circularía por el individuo sería:

$$I_h = \left(\frac{R_A}{Z_T + R_{ca} + R_{em}} \right) \times I_d \approx 0,04 \times I_d = 0,04 \times 4,75 = 190mA$$

Introduciendo este valor en la figura 5, suponiendo un tiempo de disparo de 40ms, estaríamos en el límite de la zona AC-3, zona sin riesgo para la vida humana.

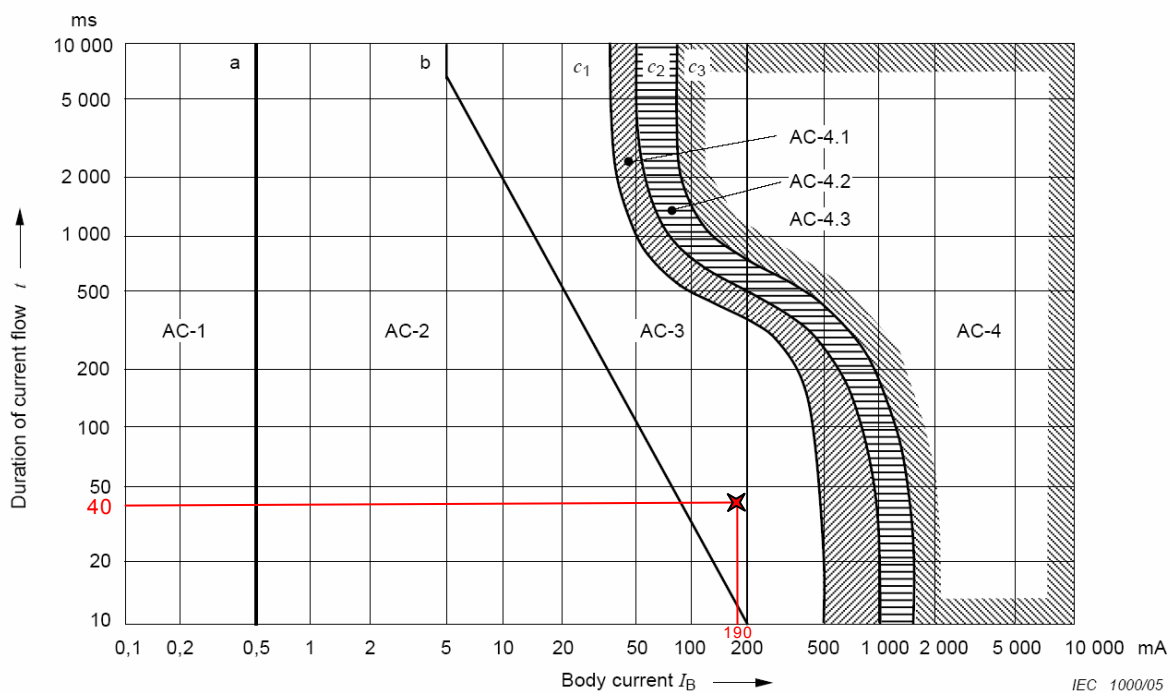


Fig. 5 (Figura 20 – IEC 60479-1) - Efectos de la corriente en seres vivos.

Comprobamos que, incluso en el caso en que la persona esté sometida a una corriente causada por un defecto de impedancia despreciable, el uso de un diferencial como dispositivo de protección contra contactos indirectos protege a las personas frente a los efectos peligrosos de la corriente eléctrica.

6 Conclusiones

Queda demostrado por tanto que, mediante el uso de interruptores automáticos por corriente diferencial que cumplan con las normas de producto correspondientes, en caso de producirse un contacto indirecto, el diferencial limitaría la corriente que atraviesa el cuerpo humano a unos valores que, considerando su tiempo de disparo, están lejos de ser peligrosos para cualquier persona.

7 Bibliografía

Para la realización de este documento se ha tenido en cuenta lo establecido en los siguientes reglamentos y normas:

R. D. 842/2002. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)

UNE-EN 61008-1 – Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual sin dispositivo de protección contra sobreintensidades para usos domésticos y análogos. Reglas generales.

UNE-EN 61009-1 – Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual con dispositivo de protección contra sobreintensidades para usos domésticos y análogos. Reglas generales.

UNE 20460-4-41 – Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.

UNE 20460-6-6 – Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación. Verificación inicial.

CEI 60050-195 – Vocabulario Electrotécnico Internacional. Protección contra el choque eléctrico.

UNE 20572-1 – Efecto de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos. Parte 1: Aspectos generales.