

Versión argentina: abril 2003

5.2 ECT-TT: «neutro a tierra»

Este esquema, como la corriente de defecto es muy débil (**capítulo anterior**), no permite a los DPCC asegurar la protección de las personas contra contactos indirectos. Es necesario emplear DDR (**figura 23 y 24**) asociados a los interruptores automáticos o a los interruptores (ver IEC 60364 § 413.1.4.2).

Estos dispositivos deben de cumplir una serie de normas, en especial:

- n IEC 60 755: reglas generales,
- IEC 61 008: interruptores automáticos «domésticos»,
- IEC 61 009: DPCC diferenciales «domésticos»,

■ IEC 60947-2: interruptores automáticos diferenciales «industriales».

Su instalación debe de cumplir los siguientes objetivos:

- de protección de personas:
 - sensibilidad $I\Delta n \leq U_L/R_a$,
 - tiempo de corte ≤ 1 s,
- de continuidad del servicio, con umbrales y temporizaciones que permitan la selectividad amperimétrica y cronométrica,
- de protección contra incendios, con $I\Delta n \leq 500$ mA.

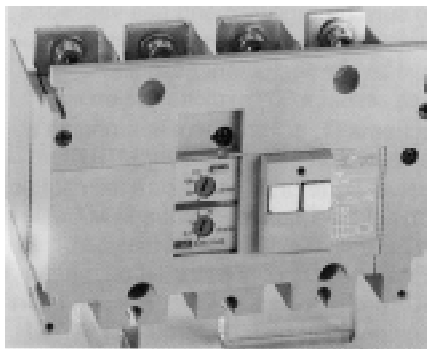


Fig. 23: Bloque vigi de Compact NS.

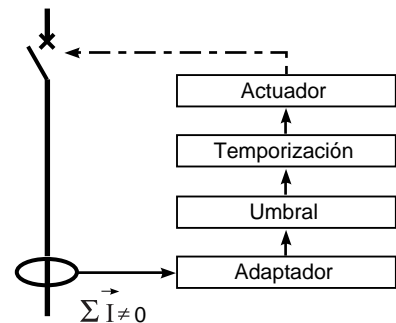


Fig. 24: Esquema funcional de un DDR.

5.3 ECT-IT: «neutro aislado»

Recordemos que en caso de defecto doble, la seguridad de las personas queda asegurada por los DPCC. Durante el primer defecto de aislamiento, el cálculo nos muestra que no hay peligro (tensión de contacto muy inferior a la tensión límite de seguridad). Por tanto, la desconexión automática no es obligatoria: es la ventaja esencial de este esquema.

Para conservar esta ventaja, las normas recomiendan (IEC 60364 - § 413. 1. 5.4) u obligan (la Francesa NF C 15-100) la instalación de un Controlador Permanente de Aislamiento –CPI– y la búsqueda del primer defecto. En efecto, si aparece un segundo defecto, el corte automático es imprescindible, porque hay riesgo de electrocución, actuando entonces los DPCC, eventualmente completados con DDR.

La búsqueda del primer defecto para su reparación (mantenimiento curativo) se facilita

muchísimo empleando dispositivos de localización de defectos –DLD–.

También es posible efectuar un mantenimiento predictivo, basado en el seguimiento (registro) de las variaciones de impedancias de aislamiento de cada circuito.

Las redes BT, explotadas según el esquema IT y que tienen su origen en un transformador MT/BT, deben de estar protegidas contra los riesgos de defecto de aislamiento entre la MT y la BT por un «limitador de sobretensión».

Por último, para fijar el potencial de la red de BT respecto a tierra, (red corta alimentada por un transformador MT/BT) y evitar el riesgo de ferresonancia, se puede instalar una impedancia entre el neutro del transformador y tierra. Su valor, que a 50 Hz es del orden de 1 500 Ω, es muy elevado en cc y en muy baja frecuencia, para no interferir en la medida de aislamiento y en la búsqueda de defectos.

■ Principio de funcionamiento de los CPI

Un defecto en un circuito se convierte, a nivel de la red, en una pérdida de aislación o más exactamente, en una disminución de la resistencia de la red respecto a tierra.

En Francia, los CPI y los DPD deben de cumplir la norma de fabricación UTE 63080.

Los CPI tienen por tanto como misión supervisar esta resistencia.

En general, trabajan midiendo el valor de una corriente, alterna o continua, que inyectan entre la red y tierra (figura 25).

La inyección de corriente continua permite conocer permanentemente la resistencia de aislación de la red. Si ésta baja por debajo de un valor preestablecido, el CPI señala el defecto.

La inyección de corriente alterna de baja frecuencia (de algunos Hz) permite controlar la resistencia de defecto, pero con una distorsión debida a la presencia de capacidades de fuga de la red. Este inconveniente menor, vista la frecuencia de inyección, queda compensado con la ventaja de la capacidad de búsqueda del primer defecto (con un solo dispositivo de inyección).

Actualmente existen aparatos de inyección de corriente de BF capaces de indicar separadamente la resistencia y la reactancia de aislamiento de la red. Su técnica permite además la búsqueda del primer defecto sin abrir los circuitos y sin molestias debidas a salidas muy capacitivas.

■ Principio de funcionamiento de los DLD

La solución más frecuente consiste en inyectar una corriente identificable (de frecuencia diferente a la de la red). El generador puede ser el CPI. Unos cuantos captadores magnéticos (transformadores toroidales y/o pinzas amperimétricas), con un amplificador adecuado a la frecuencia de la corriente inyectada, siguen el recorrido hasta el punto del defecto (figura 26).

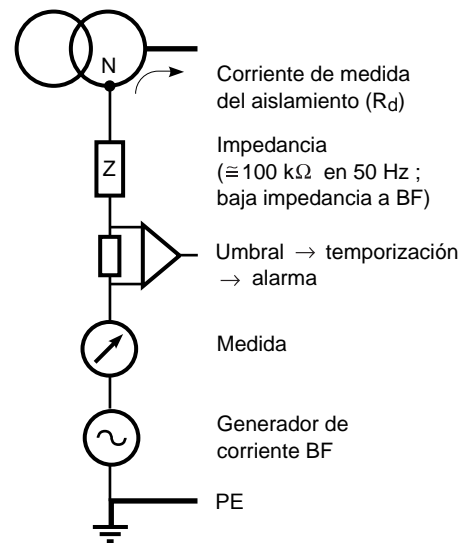


Fig. 25: Esquema funcional de un controlador permanente de aislamiento (CPA).

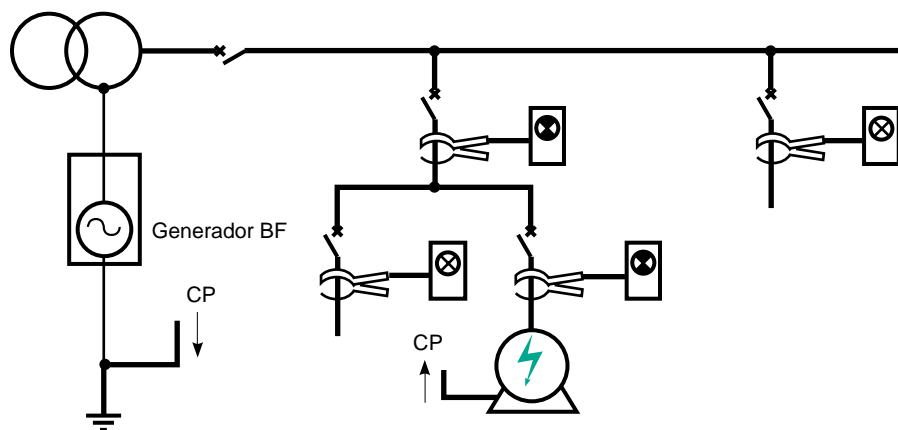


Fig. 26: Localización del defecto de aislación siguiendo el trayecto de una corriente de baja frecuencia inyectada al principio de la instalación.

Por último, se usa otra solución, consistente en comparar, permanentemente y para cada salida, el valor de su resistencia con un valor definido y programable.

Esta última solución, utilizada en medios informáticos, permite a la vez, tanto local como remotamente:

- señalar el primer defecto (CPI),
- después indicar su localización (DLD) para su reparación (mantenimiento curativo) (figura 27),

o y conocer la evolución, en el tiempo, de la aislación, salida por salida, para poder intervenir en aquéllas cuyo nivel de aislación baje anormalmente (mantenimiento predictivo).

n Limitadores de sobretensión NF C 63-150)

Se conectan entre un conductor activo (fase o neutro) de la instalación y tierra. Su tensión de cebado U_e debe por tanto adaptarse a la instalación prevista; así, para redes de 230/400 V, 50 Hz, existen dos modelos:

- 250 V, para conectarlo al neutro ($400 \text{ V} < U_e \leq 750 \text{ V}$),
- 400 V, para conectarlo a una fase ($700 \text{ V} < U_e \leq 1\,100 \text{ V}$).

Su misión es doble:

- limitar la tensión en la red de BT durante una descarga MT/BT en el transformador de

distribución; en este caso, el limitador debe derivar a tierra la corriente «residual» de la red de MT, y

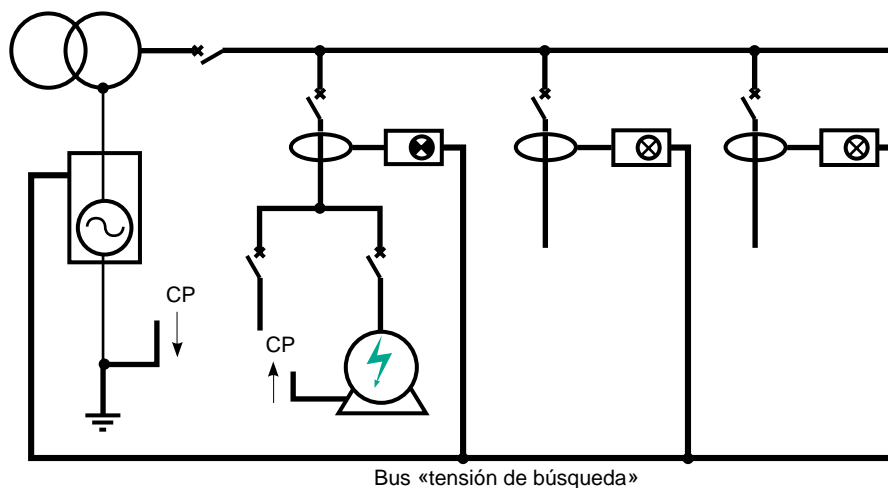
- limitar las sobretensiones de rayo.

De ahí sus características, por ejemplo, para el modelo de 250 V, que son:

- U_n : 250 V,
- U_{cebado} a 50 Hz: mínimo 400 V, máximo 750 V,
- U_{cebado} según la onda 1,2/50 μs : $\hat{u} < 1\,570 \text{ V}$,
- \hat{i}_{rayo} : 20 veces 2 500 A (onda 8/20 μs) sin cortocircuitarse,
- $\hat{i}_{50 \text{ Hz}}$:
 - 20 000 A / 0,2 s,
 - 5 000 A / 5 s,
 - 1 200 A / 2 min.

Esta resistencia a la corriente de cresta ($\hat{i}_{50 \text{ Hz}}$) es muy superior al valor de la corriente «residual» de la red de MT. Esto se explica por el hecho de que un limitador que se ha «cebado» con una sobretensión muy fuerte, puede quedar cortocircuitado; aún así, debe de ser capaz de soportar una corriente de cortocircuito de BT que se produzca a continuación de un primer defecto de aislamiento en la red protegida.

Los limitadores que se comercializan con la marca Merlin Gerin pueden soportar 40 kA/0,2 s.



El paso por los conductores de la corriente de búsqueda se detecta con los captadores magnéticos (toroides). Cada receptor, que tiene su amplificador selectivo (ajustado a la frecuencia y fase de la corriente de búsqueda) calcula la resistencia y la capacidad del circuito (con la tensión y la fase que tiene como referencia en el bus) e indica la presencia de un defecto.

Fig. 27: Principio de funcionamiento de un DLD para la medida de la impedancia en BF.

5.4 Protección del neutro, según el ECT

El neutro debe de **cortarse** con un dispositivo de corte omnipolar:

- en régimen TT y TN, si la sección del neutro es inferior a la de las fases,
- en distribución final, puesto que frecuentemente se intercambian neutro y fase entre sí.

El neutro debe de estar **protegido y cortarse**:

- en régimen IT, por la actuación de la protección de doble defecto, pues uno de los defectos puede estar sobre el neutro,
- en régimen TT y TN-S, si la sección del neutro es inferior a la de las fases,

- cualquiera que sea el ECT, si la instalación genera corrientes armónicas de tercer orden y sus múltiplos (sobre todo, si la sección del neutro es reducida).

La **figura 28** muestra cuáles son los tipos de interruptores automáticos utilizados en función del ECT. Hay que destacar que los ECT TT y TN pueden utilizar los mismos aparatos (con bloque diferencial, además, en el TT).

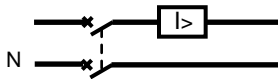

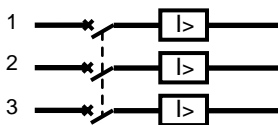
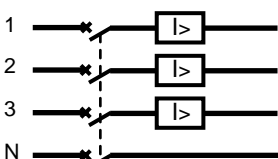
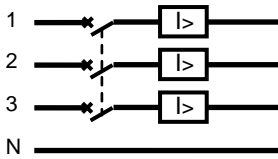
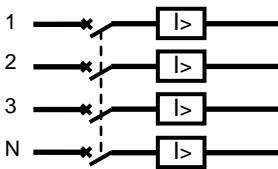
Circuitos	Esquemas			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Circuitos monofásicos				
Circuitos monofásicos con protección unipolar	no	sí	sí	no
 <p>Interruptor automático bipolar (1 polo protegido, 2 polos cortados)</p>				
Circuitos monofásicos con protección bipolar	no	sí	sí	sí
 <p>Interruptor automático bipolar (con 2 polos protegidos)</p>				
Circuitos trifásicos sin neutro				
Con protección bipolar	sí	sí	sí	sí
 <p>Interruptor automático tripolar</p>				
Circuito trifásico con neutro				
Sin detección de sobreintensidad en el neutro	no	sí	sí	no
 <p>Interruptor automático tetrapolar (con 3 polos protegidos)</p>				
 <p>Interreuptor automático tripolar</p>	sí	sí	sí	no
Con detección de sobreintensidad en el neutro	no	sí	sí	sí
 <p>Interruptor tetrapolar (con 4 polos protegidos)</p>				

Fig. 28: Empleo de los interruptores automáticos según los ECT.

6 Elección del ECT y conclusión

Los tres ECT mundialmente utilizados y normalizados por la CEI 60364 tienen como objetivo común la búsqueda de la mayor **seguridad** posible.

En el terreno de la protección de personas, los tres regímenes son equivalentes, si se respetan todas las reglas de instalación y utilización. Dadas las características específicas de cada régimen, no puede hacerse una elección apriorística.

Esta elección debe de ser el resultado de un acuerdo entre el usuario y el diseñador de la red (oficina técnica del instalador...), sobre:

- las características de la instalación,
- las condiciones e imperativos de explotación.

Es ilusorio querer utilizar una red con neutro aislado en una parte de una instalación que, por naturaleza, tiene un mal nivel de aislamiento (sólo algunos miles de ohms): instalaciones viejas, muy extensas, con líneas a la intemperie... Del mismo modo sería incongruente elegir una explotación con puesta al neutro en una industria donde son esenciales la continuidad del servicio o la productividad, e importante el riesgo de incendio.

6.1 Método para elegir el ECT

■ Antes de empezar **no hay que olvidar que pueden coexistir los tres ECT** en una misma instalación eléctrica, lo que es una garantía de poder obtener la mejor respuesta a las necesidades de seguridad y de disponibilidad.

■ Además, **hay que asegurarse que la elección no venga ya recomendada o impuesta** por las normas o la legislación (Decretos y Reglamentos de los Ministerios).

■ Después, se tiene que **escuchar al usuario o cliente** para conocer sus exigencias y sus medios:

- necesidad de continuidad en el servicio,
- servicio atendido o no,
- riesgo de incendio.

Generalizando:

- para la continuidad en el servicio y servicio atendido: la solución es el IT,
- para la continuidad en el servicio y servicio no atendido: ninguna solución es totalmente satisfactoria: preferir el TT con el que la selectividad al disparo es más fácil de instalar y que minimiza los daños respecto al TN. Las ampliaciones son fáciles de hacer (sin cálculos).

continuidad en el servicio no obligatoria y servicio de mantenimiento competente: preferir el TN-S (reparación y extensiones rápidas y ejecutadas según las normas),

continuidad en el servicio no obligatoria y sin servicio de mantenimiento: preferir el TT,

riesgo de incendio: IT si hay servicio de mantenimiento y se emplea DDR de 0,5 A, o TT.

■ tener en cuenta la especificidad de la red o de los receptores:

redes muy extensas o con una gran corriente de fuga: preferir el TN-S,

utilización de alimentaciones de emergencia y de socorro: preferir el TT,

receptores sensibles a grandes corrientes de defecto (motores): preferir el TT o el IT,

receptores con bajo aislamiento natural (hornos) o con filtros de HF importantes (grandes ordenadores): preferir el TN-S,

alimentación de sistemas de mando y control: preferir el IT (continuidad en el servicio) o el TT (mejor equipotencialidad de los aparatos de comunicaciones).

6.2 Conclusiones

Con un sólo ECT, **en la mayoría de los casos**, no existe la solución ideal, por lo que es conveniente, en muchos casos, usar varios ECT en una misma instalación.

En general, es preferible una instalación en «rastrillo» (en la que se distinguen bien los servicios preferentes y los no preferentes, en la que se utilizan fuentes de emergencia o socorro, o alimentaciones sin interrupción) que una instalación monolítica en árbol.

El objeto de este Cuaderno Técnico era perfeccionar los conocimientos sobre los ECT; esperamos que esto permita optimizar la seguridad de las instalaciones.

7 Bibliografía

Leyes, decretos, reglamentaciones y normas

- Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo 19587, Decreto Reglamentario N° 351/79
- Reglamentación Asociac Electro Arg./02
- CEI 60 364: Instalaciones eléctricas en edificios.
- CEI 60 479: Efectos del paso de la corriente por el cuerpo humano.
- CEI 60 755: Reglas generales para dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- CEI 60 947-2: Aparellaje para baja tensión - 2ª parte: Interruptores automáticos.
- NFC 15-100: Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- NFC 63-150: Limitadores de sobretensión: normas.
- NFC 63-080: Dispositivos de control permanente de aislamiento y dispositivos asociados de localización de defectos.
- Decreto francés de 14.11.88

Cuadernos Técnicos

- Puesta a tierra del neutro en una red industrial de AT. CT n° 62. F. SAUTRIAU
- Los dispositivos diferenciales residuales. CT n° 114. R. CALVAS
- Protección de personas y alimentaciones sin corte. CT n° 129. J. N. FIORINA

- Las perturbaciones eléctricas en BT. CT n° 141. R. CALVAS.
- Interruptor automático con SF₆ Fluarc y protección de motores de MT. CT n° 143. J. HENNEBERT y D. GIBBS.
- Introducción al diseño de la seguridad. CT n° 144. P. BONNEFOI.
- Sobretensiones y coordinación del aislamiento. CT n° 151. D. FULCHIRON.
- El rayo y las instalaciones eléctricas AT. CT n° 168. B. DE METZ NOBLAT.
- Los esquemas de conexión a tierra en el mundo y su evolución. CT n° 173. B. LACROIX y R. CALVAS.
- Conocimiento y empleo de los ECT con neutro aislado. CT n° 178. E. TISON y I. HERITIER.

Publicaciones diversas

- Guía de la instalación eléctrica (parte G). Ed. FRANCE IMPRESSION CONSEIL 1991.
- Guía de ingeniería eléctrica. Ed. ELECTRA 1986.
- Electrical Review. Nov-1991 - oct-1992.
- La protección diferencial. Cuaderno Técnico J3E - 02/90.