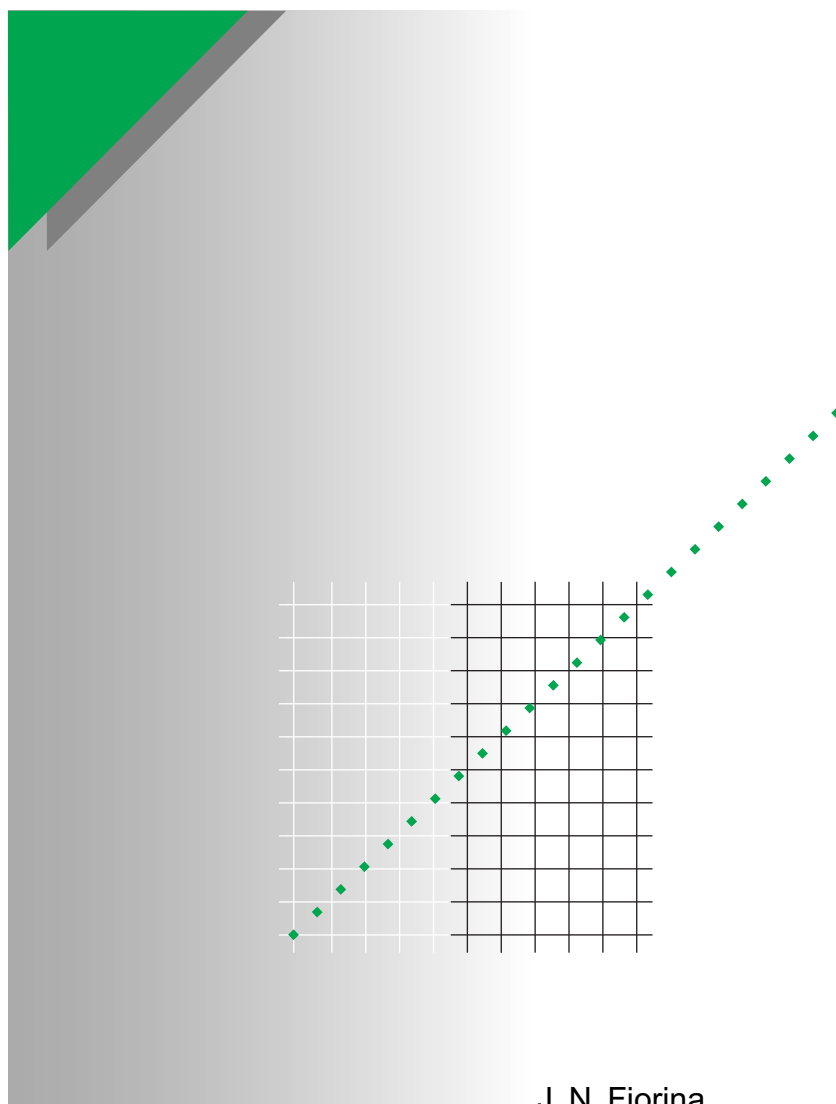


# Cuaderno Técnico nº 129

## Protección de personas en sistemas de alimentación estática ininterrumpida



J. N. Fiorina

**Merlin Gerin**

**Modicon**

**Square D**

**Telemecanique**

**Schneider**  
 **Electric**

La **Biblioteca Técnica** constituye una colección de títulos que recogen las novedades electrotécnicas y electrónicas. Están destinados a Ingenieros y Técnicos que precisen una información específica o más amplia, que complemente la de los catálogos, guías de producto o noticias técnicas.

Estos documentos ayudan a conocer mejor los fenómenos que se presentan en las instalaciones, los sistemas y equipos eléctricos. Cada uno trata en profundidad un tema concreto del campo de las redes eléctricas, protecciones, control y mando y de los automatismos industriales.

Puede accederse a estas publicaciones en Internet:

<http://www.schneiderelectric.es>

Igualmente pueden solicitarse ejemplares en cualquier delegación comercial de **Schneider Electric España S.A.**, o bien dirigirse a:

Centro de Formación Schneider  
C/ Miquel i Badia, 8 bajos  
08024 Barcelona

Telf. (93) 285 35 80

Fax: (93) 219 64 40

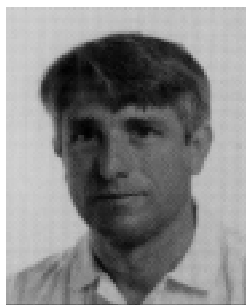
e-mail: [formacion@schneiderelectric.es](mailto:formacion@schneiderelectric.es)

La colección de **Cuadernos Técnicos** forma parte de la «Biblioteca Técnica» del **Grupo Schneider**.

### **Advertencia**

Los autores declinan toda responsabilidad derivada de la incorrecta utilización de las informaciones y esquemas reproducidos en la presente obra y no serán responsables de eventuales errores u omisiones, ni de las consecuencias de la aplicación de las informaciones o esquemas contenidos en la presente edición.

La reproducción total o parcial de este Cuaderno Técnico está autorizada haciendo la mención obligatoria: «Reproducción del Cuaderno Técnico nº 129 de Schneider Electric».



**Jean Noël FIORINA**

Se incorpora a la firma Merlin Gerin en 1968 como agente técnico de laboratorio en el departamento ACS, Alimentación de Convertidores Estáticos, participando en la puesta a punto de nuevos proyectos.

Se diploma en 1977, como Ingeniero de L'ENSERG (Francia), después de 3 años de estudios nocturnos. Se reincorpora al departamento ACS. Seguidamente accede como Ingeniero de desarrollo y como encargado de proyecto, llegando a responsable de concepción en el departamento EPS, Suministro de Potencia Eléctrica. Se le considera el padre de los onduladores de mediana y alta potencia.

Actualmente en la División de Alimentadores, es responsable de innovación en el área de alimentación ininterrumpida de futuros proyectos.

# cuaderno técnico nº 129

## Protección de personas en sistemas de alimentación estática ininterrumpida

Por: Jean Noël Fiorina

Trad.: J. A. Pérez

Edición francesa: mayo 1991

Versión española: marzo 2000

**Merlin Gerin**

**Modicon**

**Square D**

**Telemecanique**

**Schneider**  
 **Electric**

## Terminología

---

(Definiciones extraídas de la norma CEl 146-4)

**By-pass:** camino de derivación (shuntado) del convertidor indirecto de la corriente alterna (rectificador y ondulator).

**Contactador estático:** parte del interruptor de transferencia. Es un contactor a base de semiconductores (tiristores) encargado de la conexión instantánea entre la instalación aguas abajo (utilización) y la instalación aguas arriba (entrada alterna); normalmente se encuentra acompañado, en los SAI's de altas potencias, de un contactor electromagnético (**figuras 2 y 3**).

**CPA:** Controlador Permanente de Aislamiento para circuitos de cc.

**CPN:** Conductor común de Protección y Neutro.

**DCC:** Detector de Componente Continua.

**DDR:** Dispositivo de protección Diferencial de corriente Residual.

**Interruptor de transferencia:** interruptor de SAI que consta de uno o varios interruptores, que se emplean para transferir la potencia de una fuente a otra.

**Ondulador:** forma parte de un SAI. Se trata de un sistema electrónico de potencia que convierte una tensión continua en una alterna. Un SAI puede incorporar varios onduladores.

Por extensión, el término ondulator se aplica corrientemente al SAI (**figura 1**).

**SAI:** Sistema Alimentación Ininterrumpida.

**Unidad del SAI:** SAI completo, que incluye por lo menos una de las unidades funcionales siguientes: ondulator, rectificador y batería, u otro medio de acumulación de energía, que puede estar asociado a otras unidades de SAI para formar un SAI paralelo o redundante.

(En este Cuaderno Técnico, los conjuntos rectificador-batería de acumuladores-ondulator se denominan simplemente «cadenas»).

# Protección de personas en sistemas de alimentación estática ininterrumpida

## Índice

<b>1 Introducción</b>	¿Qué es un SAI?	<b>p. 6</b>
	Condiciones particulares	p. 8
	Protección contra los contactos directos	p. 8
	Protección contra los contactos indirectos	p. 9
	Esquemas de conexión de neutro a tierra	p. 9
<b>2 Protección contra contactos indirectos aguas abajo del ondulator</b>	La posición del neutro respecto a tierra, aguas abajo del SAI, puede ser distinta de la del neutro de la instalación que alimenta al SAI	<b>p. 11</b>
	SAI sin aislamiento galvánico	p. 11
	SAI con aislamiento galvánico	p. 14
	Síntesis	p. 15
<b>3 Protección contra los contactos indirectos en circuitos cc y batería</b>	Dispositivos de control de los circuitos cc	<b>p. 16</b>
	Interacción entre los dispositivos de control de los circuitos de cc y los de instalaciones aguas arriba y aguas abajo	p. 17
	Principales casos de aplicación	p. 18
	Casos particulares	p. 23
<b>4 Conclusión</b>		<b>p. 24</b>
<b>Anexo 1: Diferentes esquemas de SAI</b>	SAI unitario	<b>p. 25</b>
	SAI en paralelo	p. 26
	SAI redundantes	p. 27

La instalación de un SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) de tipo estático plantea problemas específicos en cuanto a la aplicación de las normas de seguridad definidas en la norma NF C 15-100 § 553 aplicable a las instalaciones generales en los edificios.

En este Cuaderno Técnico se recuerdan algunos conceptos, que son muy útiles e incluso indispensables, y que vienen complementados por algunos comentarios elaborados por Schneider.

# 1 Introducción

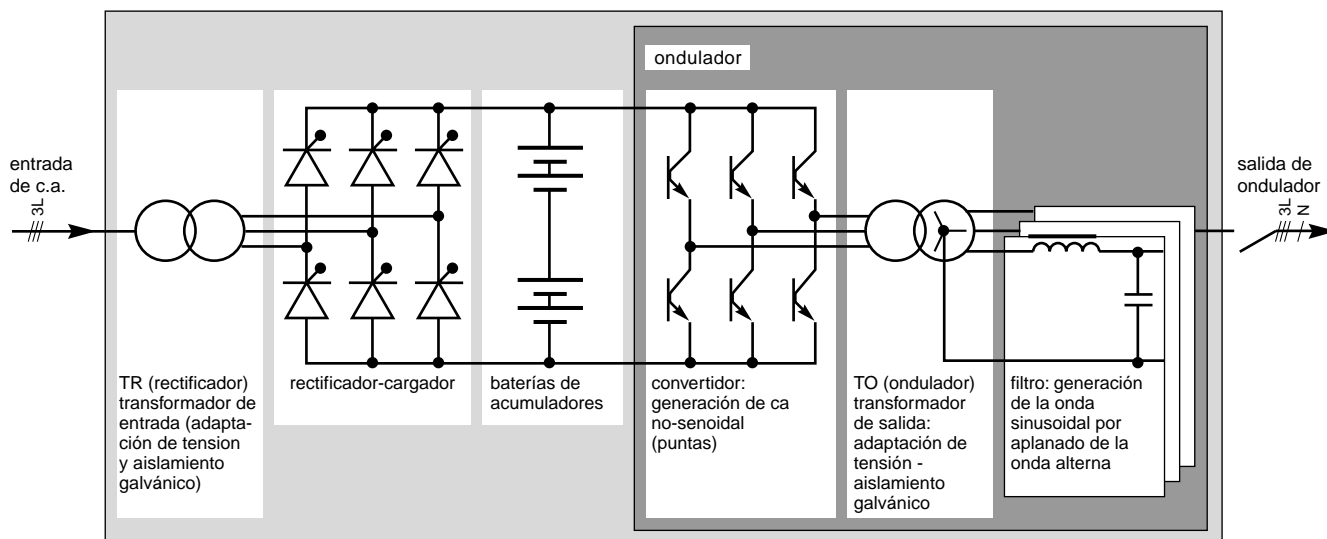
Con el fin de ganar precisión se emplearán, en este Cuaderno Técnico, frecuentemente los términos SAI «Sistema de Alimentación Ininterrumpida» e «interruptor de transferencia». Dichos términos están definidos en la Norma CEI 146 (**terminología**), que trata de los convertidores estáticos y, especialmente, de los SAI. Sustituyen respectivamente a las denominaciones «ondulador» y «contactor estático» (**terminología**).

## ¿Qué es un SAI?

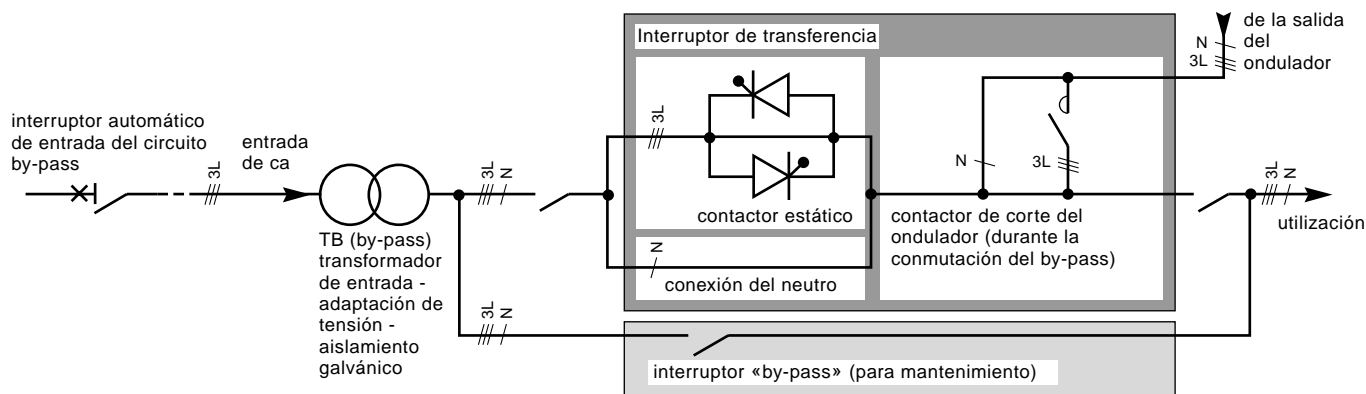
Un SAI (sistema de alimentación ininterrumpida), como su nombre indica, tiene la finalidad de mantener la alimentación de un receptor, por ejemplo, un ordenador. Para eso, cuando la tensión aguas arriba de un SAI estático desaparece, la instalación aguas abajo siempre estará alimentada con la energía suministrada por una batería de acumuladores eléctricos.

De hecho, un SAI estático tiene particularidades esenciales en cuanto a la protección de personas:

- tiene circuitos de corriente alterna y circuitos de corriente continua con una batería. En adelante, en este CT, los circuitos de corriente continua se denominarán «circuitos cc»;
- es:
- un receptor, respecto a la instalación aguas arriba,



**Fig. 1:** Repaso de los elementos constructivos de una cadena con rectificador, batería de acumuladores y ondulador; (se hace notar que, no siendo indispensables para el funcionamiento, no se prevén sistemáticamente los transformadores TR y TO).



**Fig. 2:** Repaso de los elementos constitutivos del circuito by-pass; (se hace notar que, no siendo obligatorio el transformador de entrada TB, en su ausencia la alimentación del by-pass se hace en trifásica con neutro).

- una fuente de energía, respecto a la instalación aguas abajo;
- cuando falla la tensión de ca de alimentación, su rectificador queda bloqueado y no puede atravesarlo ninguna corriente;
- su ondulator sólo puede dar pequeñas corrientes de cortocircuito (alrededor de 2 In).

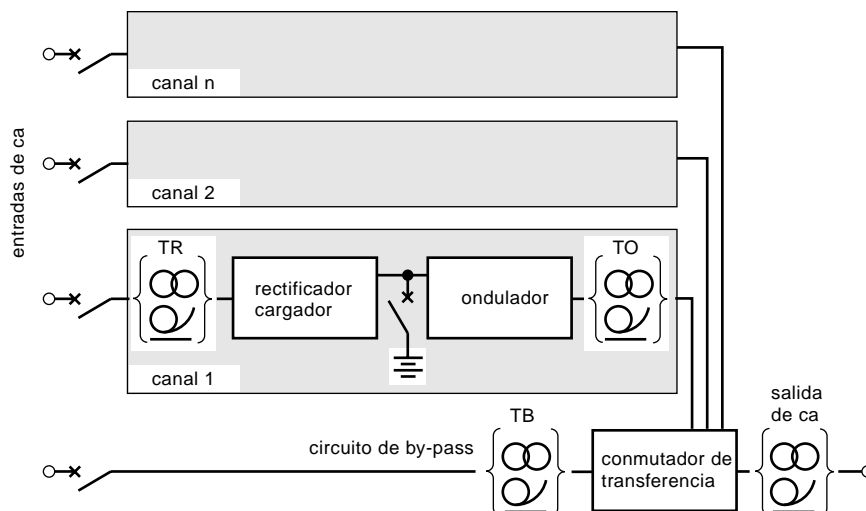
### La protección de personas tiene una relación específica con los diferentes tipos de SAI

Para comprender todas estas características, en primer lugar es necesario conocer la constitución de un SAI (figuras 1 y 2) y su configuración general (figura 3), mientras que los principales esquemas de la norma CEE 146-4 están recogidos en el anexo 1.

Para todas las instalaciones de baja tensión, las medidas destinadas a la protección de personas dependen de la posición del neutro de la instalación respecto a tierra (o de una fase si el neutro no existe o es inaccesible), definida por el «esquema de conexión del neutro a tierra». Esta fórmula sustituye a la antigua denominación «régimen de neutro». Los esquemas de la figura 4 indican las diferentes posibles interconexiones del neutro en un SAI, realizándose estas interconexiones cuando las instalaciones de alimentación (aguas arriba) y de utilización (aguas abajo) tengan un mismo esquema de conexión del neutro a tierra.

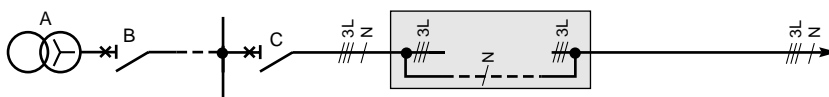
Cuando las instalaciones aguas arriba y aguas abajo tienen diferentes esquemas de conexión del neutro a tierra, habrá que prever transformadores de separación que aseguren el aislamiento galvánico total y permanente entre las instalaciones aguas arriba y aguas abajo (figura 3).

**Nota:** las diferentes entradas de ca son, generalmente, salidas de la misma fuente BT, los transformadores A de los esquemas de la figura 4. Están alimentados por salidas diferentes del cuadro general de BT (interruptores automáticos C, Cb, C1, C2, Cn). Los esquemas de conexión del neutro de dos entradas de ca son los mismos. Son posibles otras soluciones, pero para ello se precisan estudios complementarios.

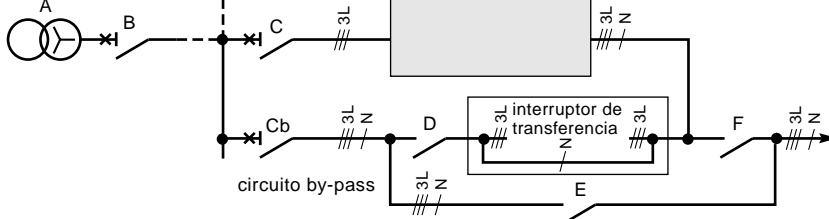


**Fig. 3:** Configuración de un SAI, y emplazamiento de los transformadores eventuales (necesarios para las adaptaciones de tensión y/o el aislamiento galvánico).

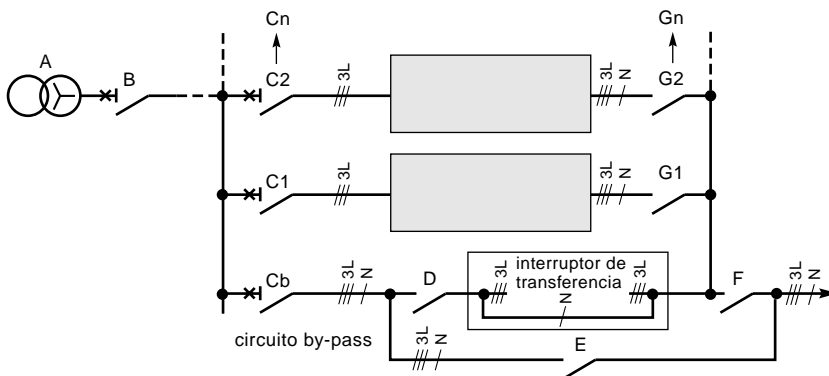
#### a) SAI único, sin by-pass



#### b) SAI con by-pass individual



#### c) Varios SAI's conectados con un by-pass común



A notar:

1. que la conexión eventual del neutro a tierra de la instalación aguas abajo en un SAI sin by-pass se hace a nivel de sus conectores de alimentación y de utilización,
2. que es posible acoplar varios SAI's con by-pass individual.

**Fig. 4:** Interconexiones posibles del neutro en una instalación entre las redes aguas arriba (alimentación) y aguas abajo (utilización) de uno o varios SAI's.

## Condiciones particulares

### Existencia de aislamiento galvánico en un SAI

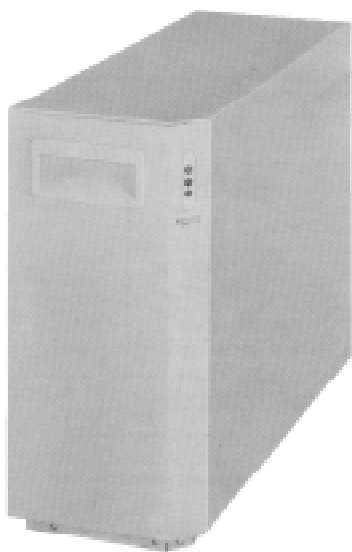
Además de todas estas consideraciones de orden general, también es preciso saber que puede haber un aislamiento galvánico entre las diferentes partes constituyentes de un SAI, precisándose el examen minucioso de los casos siguientes:

- con o sin aislamiento galvánico entre las instalaciones aguas arriba y aguas abajo, lo que es objeto de estudio en el **capítulo 2**,
- con o sin aislamiento galvánico entre la batería y los circuitos de corriente continua por una parte y las instalaciones aguas arriba y aguas abajo por otra, lo que es objeto de estudio en el **capítulo 3**.

### Máxima continuidad de servicio exigida

La búsqueda de la mejor continuidad de alimentación para los receptores alimentados por un SAI exige la selectividad en las protecciones para todos los disparos, ya se produzcan tras un defecto entre conductores activos o por un defecto de aislamiento.

Siendo la capacidad de sobrecarga del ondulator relativamente baja, las protecciones se deben escoger con mucha atención.



**Fig. 5:** Micropac SX300, 300VA, un SAI de Merlin Gerin para un equipo micro-informático.

Además, la presencia eventual de filtros antiparásitos, en particular para receptores de tipo informático, deberá considerarse al definir las protecciones. En efecto, los condensadores situados entre los conductores activos y tierra pueden provocar funcionamientos indeseables de las protecciones diferenciales (Cuaderno Técnico n° 114).

## Protección contra los contactos directos

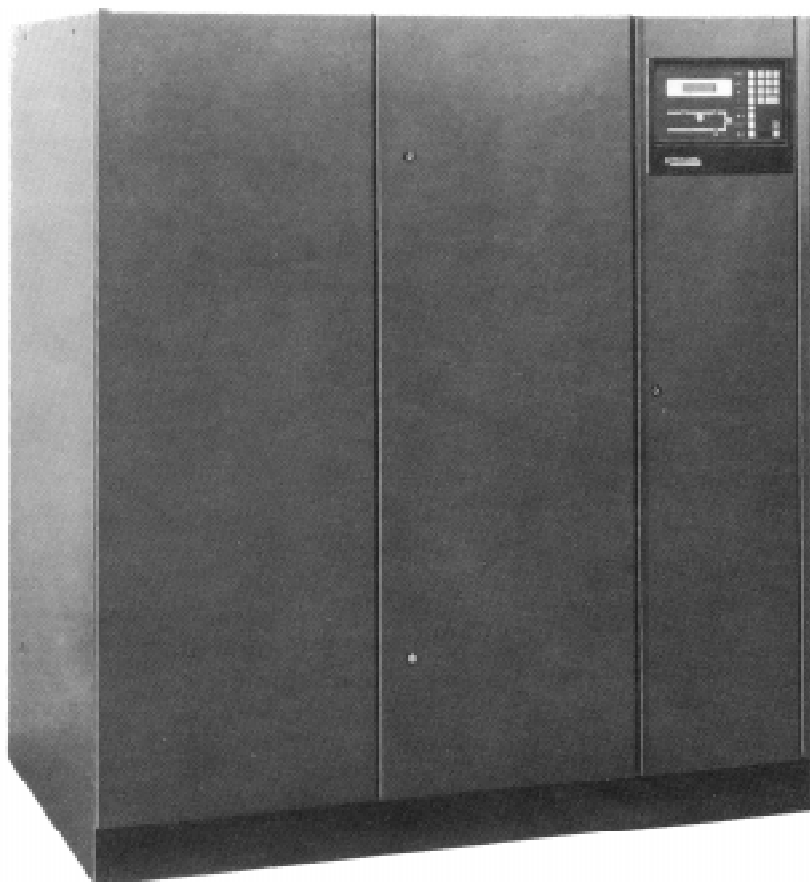
La protección de personas contra los contactos directos, por el contacto con una pieza normalmente en tensión, está asegurada cuando el material se instala con recubrimiento (envolventes). El grado de protección de estas envolventes, como mínimo, será IP 2xx ó IP xxB (según CEI 529).

Las normas que rigen la protección de personas son:

- la CEI 364-41 para la instalación,
- la CEI 349 para los conjuntos de serie o derivados de serie (anteriormente conocidos como «conjuntos montados en fábrica»).

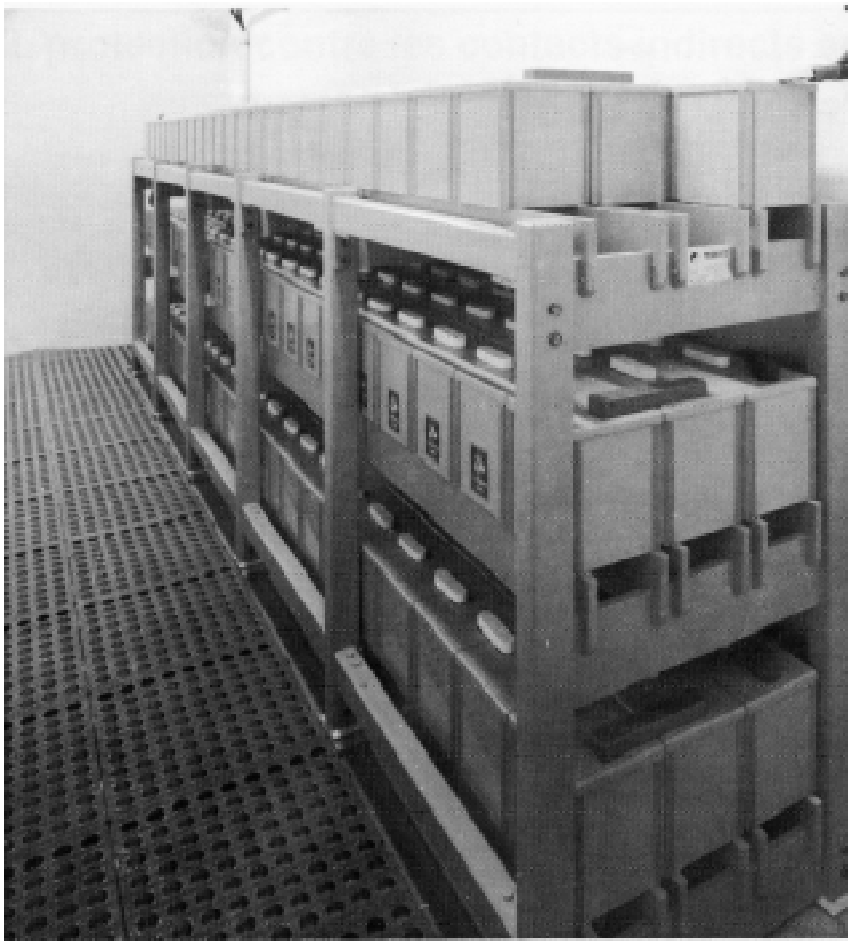
En lo que concierne a las baterías de acumuladores, considerar estas normas y las condiciones de funcionamiento conduce a dos formas distintas de instalación:

- integración de baterías con los otros constituyentes de la alimentación estática (rectificador, ondulator, by-pass, interruptor de transferencia, armario del interruptor automático, batería, señalizaciones, ...) en armarios que tengan un grado de protección IP 2xx ó IP xxB, ver IP 3xx ó IP xxC (**figuras 5 y 6**).



**Fig. 6:** De 40 a 4 800 kVA, EPS 5 000, un SAI Merlin Gerin. A destacar en esta fotografía su cuadro de control, y el armario de baterías incorporado.





**Fig. 7:** Sala de baterías de un SAI de 200 kVA con una autonomía de 10 minutos.

■ agrupando las baterías en locales especializados (delimitados por las paredes de un edificio, o dentro de un armario) reservados a servicios eléctricos (**figura 7**).

Además, los riesgos inherentes a las baterías de acumuladores (emanación de gases explosivos, sustancias corrosivas) que imponen condiciones especiales de instalación.

## Protección contra los contactos indirectos

Por contactos indirectos se entienden los contactos de personas o de animales con masas puestas accidentalmente en tensión tras un defecto de aislamiento.

Generalmente esta protección se realiza mediante:

- la interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas de una instalación (equipotencialidad);
- la eliminación de un defecto peligroso para las personas (y los bienes) por medio de un dispositivo de protección cuya elección depende de los esquemas de conexión del neutro a tierra.

La seguridad también puede obtenerse empleando otros métodos (clase II, transformador de aislamiento,...) generalmente no aplicables en instalaciones que incluyen SAI.

## Esquemas de conexión de neutro a tierra (norma CEI 364-3)

Esta norma define, en instalaciones de baja tensión, tres tipos de esquemas de conexión a tierra:

- esquema TT: llamado neutro a tierra,
- esquema TN: llamado de neutro a tierra,
- esquema IT: llamado de neutro aislado o con impedancia.

Se simbolizan por 2 letras:

- la primera indica la situación del neutro en el origen de la instalación, respecto a tierra:

- T: conexión directa del neutro a tierra,
- I: o bien con aislamiento de todas las partes activas respecto a tierra, o bien con conexión del neutro a tierra a través de una impedancia;

- la segunda indica la situación de las masas respecto a tierra:

T: masas conectadas directamente a tierra,

N: masas conectadas al neutro.

Además, en régimen TN se emplean otras 2 letras:

- TN-S: cuando la función de protección la asegura un conductor distinto del neutro o del conductor activo puesto a tierra;
- TN-C: cuando las funciones de neutro y de protección se unen en un solo conductor (CPN).

La tabla de la **figura 8** resume el conjunto de la norma que trata de la instalación y explotación de estos esquemas.

### Neutro a tierra (TT) (figura a)

Es el esquema habitual de la distribución pública.

#### Técnica de explotación:

Corte al primer defecto de aislamiento.

#### Técnica de protección de personas:

La puesta a tierra de las masas está asociada obligatoriamente al empleo de dispositivos diferenciales a corriente residual (DDR), al menos uno en cabecera de la instalación. Es la solución más sencilla, tanto de estudio como de instalación. No precisa control permanente de aislamiento, pero cada defecto origina un corte del elemento en cuestión.

**Nota:** Si aguas abajo de un SAÍ, por especiales condiciones de funcionamiento, es preciso separar la toma de tierra de las masas (de las utilidades) de la toma de tierra del neutro (ondulador), sólo se puede emplear el esquema de neutro a tierra (TT).

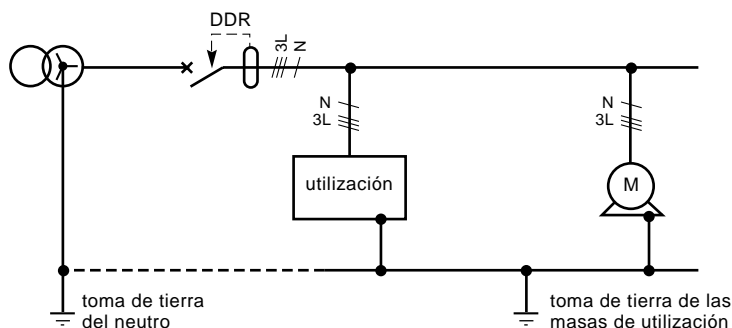


Fig. a: DDR: Dispositivo de protección Diferencial de corriente Residual

### Puesta al neutro (TN) (figura b)

#### Técnica de explotación:

Corte al primer defecto de aislamiento.

#### Técnica de protección de personas:

- interconexión y puesta a tierra imperativa de las masas y del neutro;
- corte al primer defecto realizado por disparo de las protecciones de sobreintensidad (interruptores automáticos o fusibles) o por dispositivo diferencial.

El esquema TN precisa de un estudio de la instalación y un personal de explotación competente. Ello es debido a la circulación de grandes corrientes de defecto, pudiendo dañar ciertos aparatos sensibles.

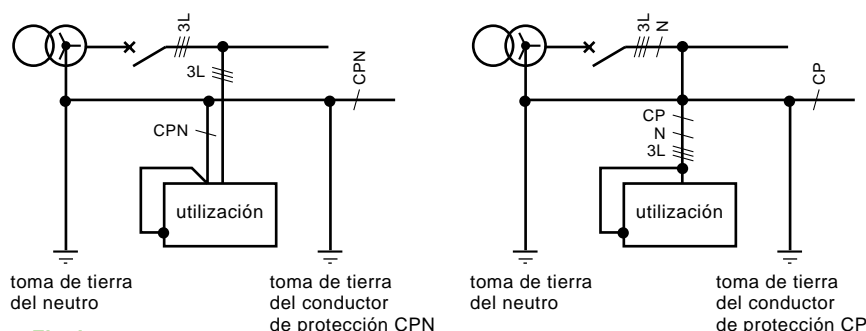


Fig. b:

**Esquema TN-C:** neutro y conductor de protección confundidos; este esquema no se puede utilizar para secciones inferiores a 10 mm<sup>2</sup>, y aguas abajo del esquema TN-S.

**Esquema TN-S:** neutro y conductor de protección separados.

### Neutro aislado (IT) e impedante (figura c)

Con este esquema, el primer defecto de aislamiento no es peligroso.

#### Técnica de explotación:

- señalización del primer defecto de aislamiento;
- búsqueda y eliminación obligatoria del defecto;
- corte si se producen dos defectos simultáneos de aislamiento.

#### Técnica de protección de personas:

- interconexión (a) y puesta a tierra de las masas, según esquema TT si no están interconectadas todas las masas, y según esquema TN en el caso contrario;
- vigilancia del primer defecto por el controlador permanente de aislamiento;
- corte al segundo defecto por protección de sobreintensidad (interruptores automáticos o fusibles) o por dispositivo diferencial.

El esquema IT es la solución que asegura la mejor continuidad de servicio. La señalización del primer defecto permite una prevención contra todo riesgo de electrocución. Precisa de un personal de vigilancia competente, (búsqueda del primer defecto).

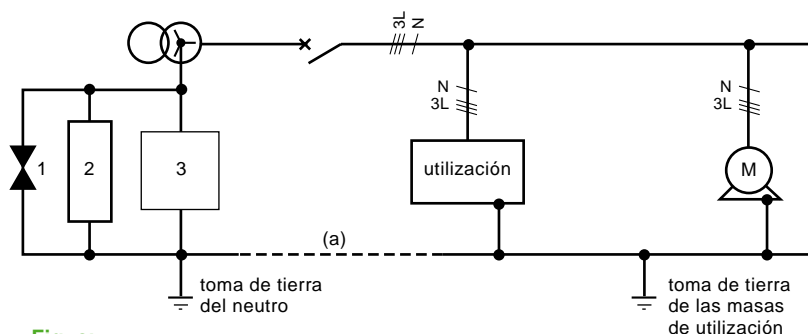


Fig. c:

Si la interconexión (a) no es posible, es obligatorio el empleo de un dispositivo diferencial.

1. limitador de sobretensión conectado entre la toma de tierra del neutro y el neutro del transformador, si dicho transformador es MT/BT.
2. controlador permanente de aislamiento.
3. impedancia eventual.

Fig. 8: Resumen de los 3 esquemas de conexión del neutro a tierra.

## 2 Protección contra contactos indirectos aguas abajo del ondulador

Los dispositivos previstos por las normas en cuanto a la protección de personas (**figura 8**) siempre son aplicables. Pero el buen funcionamiento de los dispositivos de protección en una instalación que incluya un SAI precisa disponer de disposiciones complementarias detalladas en los subcapítulos siguientes; las precauciones detalladas a continuación se aplican en todos los casos:

### ■ Esquema TT

La protección de personas contra los contactos indirectos está asegurada por Dispositivos de Corriente Diferencial Residual (DDR). Para su correcto funcionamiento hay que mantener la conexión a tierra del neutro sea cual sea la configuración.

### ■ Esquema TN

La protección de personas contra los contactos indirectos está realizada en principio por las protecciones de sobreintensidad, pero las corrientes de cortocircuito suministradas por los onduladores son de pequeño valor (alrededor de 2 In). También la eliminación del defecto aguas abajo de un SAI se obtiene en las diferentes cargas:

□ bien sea por la apertura de los interruptores automáticos cuyo nivel (umbral) de disparo instantáneo es inferior a la Icc máxima del SAI,

□ o con el esquema TN-S, por la apertura de DDR.

**Nota:** Puede tenerse en consideración el empleo de interruptores automáticos que tengan un umbral más elevado y «sensibles al defecto» con conmutación automática en la instalación aguas arriba por medio del by-pass. Pero esta solución es desaconsejable porque en ausencia de tensión aguas arriba del by-pass hay riesgo de no disparo y de parada del SAI.

### ■ Esquema IT

Se debe asegurar la señalización del primer defecto de aislamiento sea

cual sea la configuración. La protección al segundo defecto estará entonces asegurada:

□ como en el esquema TN, si las masas están conectadas,

□ como en el esquema TT, si las masas no están conectadas.

### La posición del neutro respecto a tierra, aguas abajo del SAI, puede ser distinta de la del neutro de la instalación que alimenta al SAI

Esta posibilidad está directamente relacionada con el aislamiento galvánico que exista o no entre las entradas y la salida del SAI. Este aislamiento galvánico se obtiene con transformadores de devanados separados (**figura 3**).

#### Observación:

El circuito «by-pass», en adelante denominado simplemente by-pass, así como los interruptores de transferencia, por principio, no implican aislamiento galvánico. Por ello, en ausencia del transformador en el by-pass, los esquemas de conexión del neutro aguas arriba y aguas abajo serán necesariamente idénticos (**figura 4**).

### SAI sin aislamiento galvánico

Esta configuración se da cada vez que las cadenas o el by-pass están en conexión directa o no incluyen más que un autotransformador entre las instalaciones aguas arriba y aguas abajo.

Habrà que considerar entonces dos casos de ausencia de tensión:

■ ausencia sin interrupción de los circuitos que aseguran la continuidad del neutro de la instalación de alimentación, por ejemplo por falta de tensión en el transformador A y no

apertura de los aparatos B y C (**figura 4a**) o B y Cb (**figura 4b**).

En el primer caso el esquema inicial de las conexiones a tierra se mantiene y ciertos dispositivos de protección de la instalación de alimentación (aguas arriba) pueden ser empleados para la protección de la instalación de utilización (aguas abajo);

■ ausencia con interrupción de circuito, provocando la ruptura del neutro en la instalación de alimentación general, por ejemplo por apertura de los aparatos B o C en esquema TT (**figura 4a**) o B y Cb (**figura 4b**).

En este caso, durante el periodo de corte o interrupción del neutro, es conveniente:

□ restablecer provisionalmente el esquema de conexión a tierra del neutro aguas abajo del SAI, y según la «posición del neutro respecto a tierra», poner en servicio dispositivos de control,

□ si es preciso, adoptar las disposiciones que aseguran el control de circuitos cc (**capítulo 3**).

### Esquema TT

Sin aislamiento galvánico, en marcha normal (presencia de tensión alterna aguas arriba o en ausencia de tensión sin interrupción del conductor de neutro), la puesta a tierra del neutro aguas abajo del SAI se realiza a nivel del transformador A (**figura 9**).

Cuando hay ausencia de tensión aguas arriba del SAI con interrupción del conductor neutro (por ejemplo por apertura de un interruptor aguas arriba), para asegurar el funcionamiento de los DDR es conveniente conectar automáticamente el neutro del SAI a tierra (a nivel del regletero); precisamente ésta es la utilidad del relé R2 en el esquema de la **figura 9**. Esta conexión temporal a tierra puede sustituirse por una conexión permanente a la toma de tierra del

transformador A, si es accesible y próximo. En todo caso el conductor empleado para dicha conexión debe estar definido, en sección y caída de tensión, en referencia a la instalación.

En el caso de que cada línea incluya un transformador TR o TO, el circuito by-pass es el único que controla la ausencia de tensión (entonces será éste el único circuito que asegura la conexión galvánica).

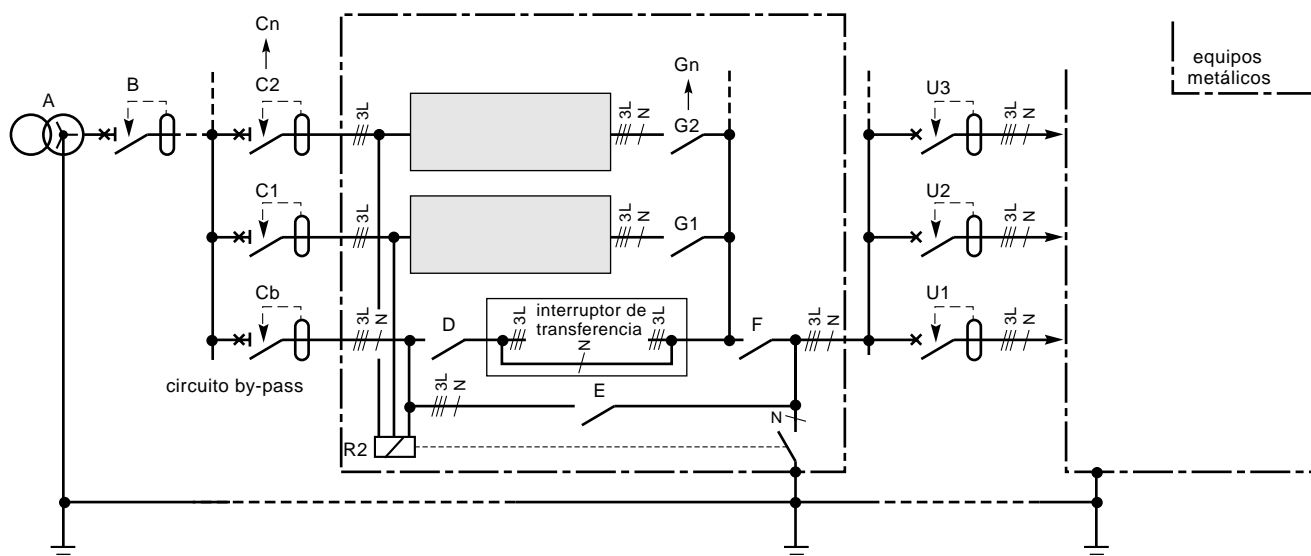
**Nota:** la continuación de la explotación en las partidas o cargas no afectadas por el defecto obliga a que las protecciones diferenciales aguas arriba del SAI sean selectivas con las de la instalación aguas abajo.

#### Esquema TN

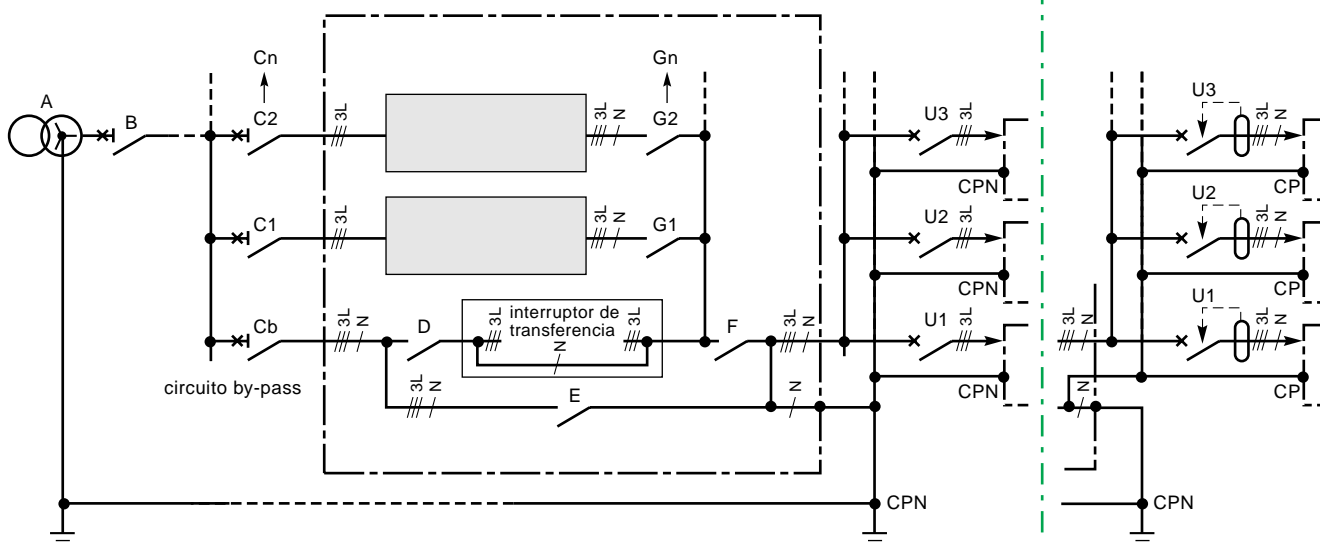
Se pueden considerar dos esquemas, referentes a la continuidad de los conductores de neutro y de protección:

■ la instalación aguas arriba y la instalación aguas abajo están en TN-C (el neutro y el conductor de protección son comunes). En este caso, es suficiente conectar permanentemente el neutro a la salida del SAI al conductor común de protección y de neutro CPN, (**figura 10a**).

■ la instalación aguas abajo está en TN-S (neutro y conductor de protección separados).



**Fig. 9:** Dispositivos de protección de personas en una instalación que incluye un SAI sin aislamiento galvánico, en esquema de conexión de neutro TT.



**Fig. 10a:** Dispositivos de protección de personas en una instalación que incluye un SAI sin aislamiento galvánico, en esquema de conexión neutro TN.

**Fig. 10b:** Dispositivo de protección con esquema TN-S.

Es suficiente conectar de forma permanente el neutro del SAI al conductor común de protección y de neutro (CPN) como en el caso anterior, después de distribuir aguas abajo del SAI los dos conductores (figura 10b); pudiendo entonces instalar DDR en las salidas U1, U2, U3, ...

Si la instalación aguas arriba ya está en TN-S, sólo es posible una solución: tener un esquema de conexión del neutro a tierra aguas abajo distinto del esquema aguas arriba con la realización de un aislamiento galvánico al nivel del SAI.

(Los dos esquemas TN-C y TN-S pueden ser empleados en una misma instalación con la condición que el esquema TN-C sea utilizado aguas arriba del esquema TN-S).

#### Esquema IT (Figura 11)

Sin aislamiento galvánico, en marcha normal un Controlador Permanente de Aislamiento «CPA» CPA1, situado en el origen de la instalación, la controla toda incluso aguas abajo del ondulator, del hecho de la no ruptura del neutro.

En el caso de desaparición de la tensión en todas las entradas aguas arriba del SAI, el CPA2 se pone en servicio automáticamente, por medio de un relé de ausencia de tensión (R2).

Mientras que haya ausencia de tensión en el transformador A, es preciso vigilar para que el CPA1, que no está alimentado, no perturbe el funcionamiento del CPA2.

Dependiendo de los tipos de CPA empleados, se necesitará de un relé de ausencia de tensión (R1) que separe el CPA1 de la instalación aguas arriba.

#### Notas:

- el CPA2 debe ser instalado de tal manera que se asegure su funcionamiento, incluso durante el mantenimiento de una de las líneas en paralelo;
- el CPA2, cuando está en servicio, vigila el conjunto de las instalaciones aguas abajo, y aguas arriba, hasta los órganos de ruptura abiertos de la instalación aguas arriba;

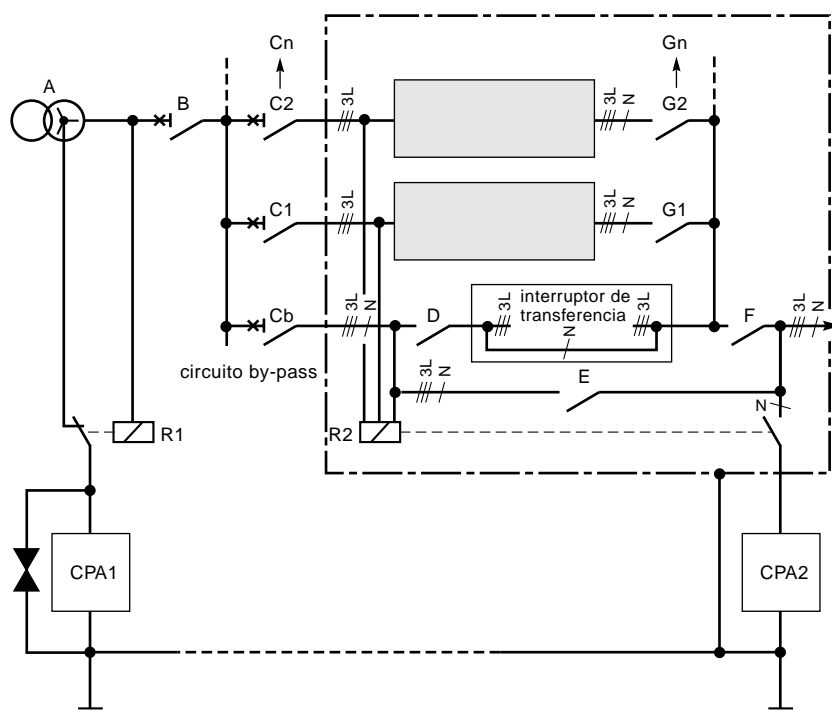


Fig. 11: Dispositivos de protección de personas en una instalación que incluye un SAI sin aislamiento galvánico, en esquema de conexión de tierra IT.

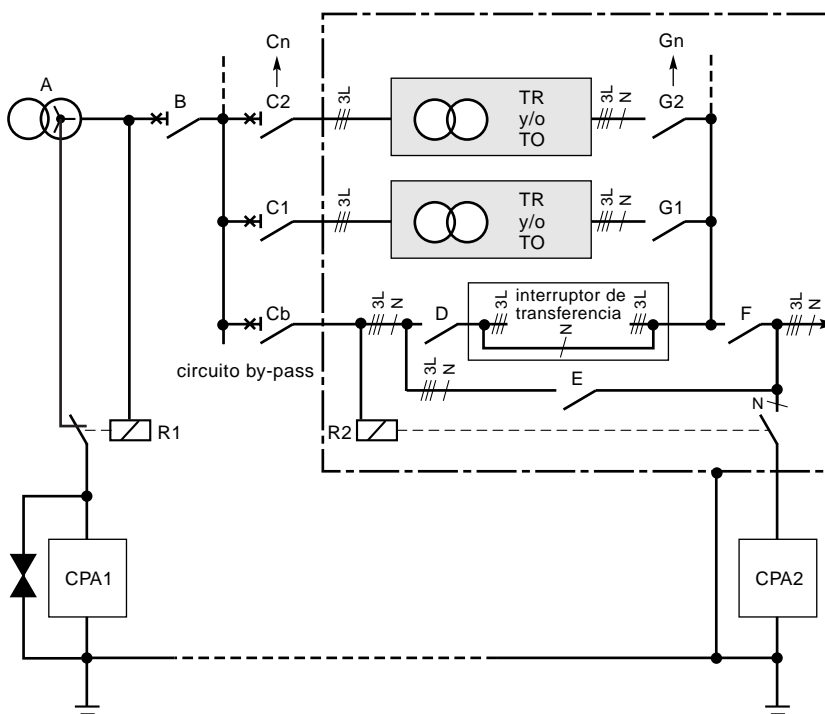


Fig. 12: SAI con aislamiento galvánico parcial por presencia de un transformador TR y/o TO, en esquema de conexiones de neutro IT.

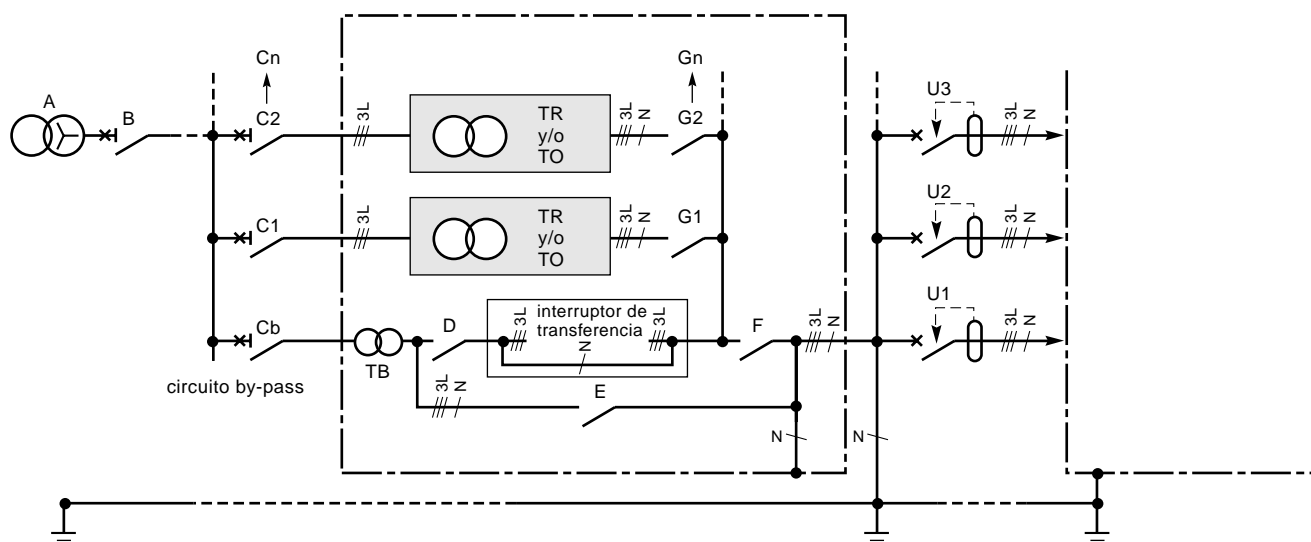
■ en la práctica, las líneas rectificador-ondulador son idénticas e incluyen normalmente al menos un transformador de aislamiento TR, TO o los dos (**figura 12**). Así, la puesta en servicio del CPA2 únicamente depende de la ausencia de tensión aguas arriba del by-pass, y su control se amplía entonces a la instalación aguas arriba salvo cuando se produce la apertura de un aparato de corte en el by-pass.

## SAI con aislamiento galvánico

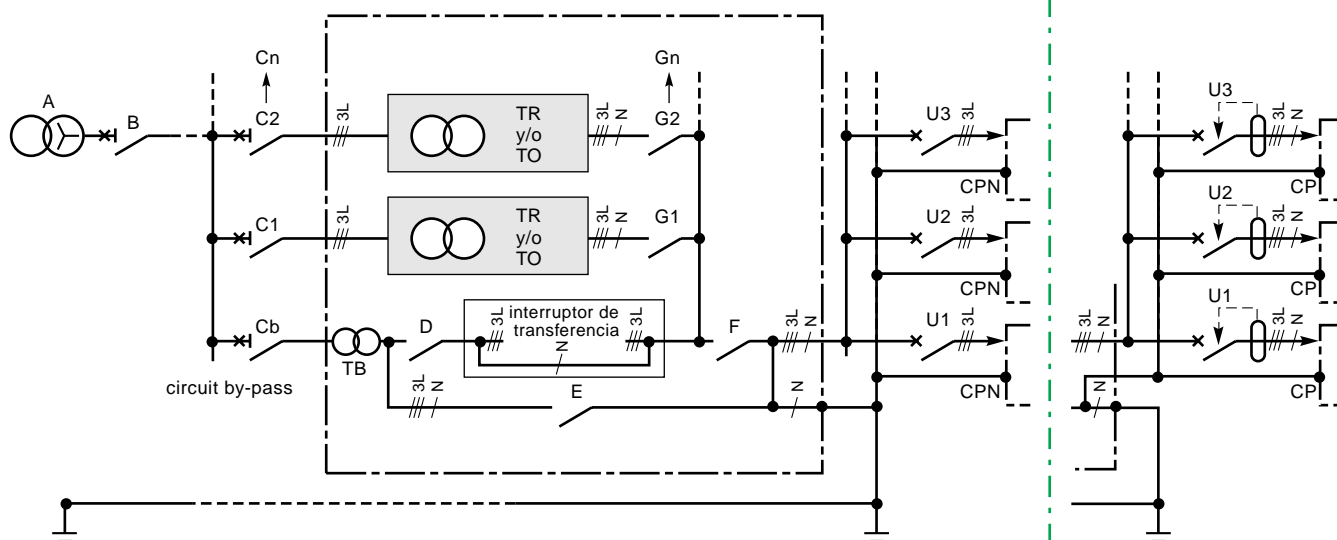
**Los esquemas de conexión del neutro aguas arriba y abajo pueden ser distintos o no**

La separación galvánica es necesaria siempre que las condiciones de funcionamiento aguas arriba no sean compatibles con el esquema de conexión a tierra

del circuito aguas abajo, e inversamente. Esta separación está asegurada por transformadores de devanados separados situados en cada una de las vías rectificador/ondulador (TR o TO) y en el by-pass (TB) o por un transformador de devanados separados situado aguas abajo del SAI (**figura 3**). El esquema de neutro deseado para la utilización se crea entonces en los bornes aguas abajo del SAI.

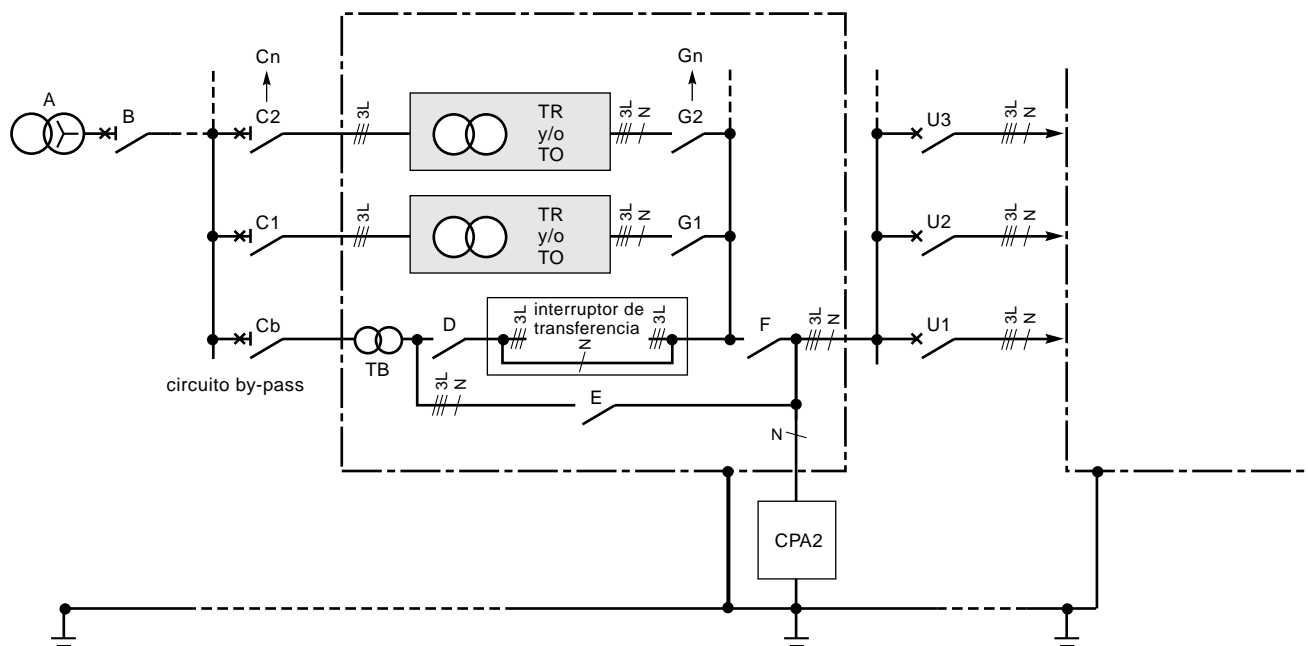


**Fig. 13:** Dispositivos de protección de personas, en una instalación que incluye un SAI con aislamiento galvánico, esquema de conexiones de neutro TT aguas abajo (esquema de conexiones de neutro aguas arriba indiferente (TT, TN o IT)).



**Fig. 14a:** Dispositivos de protección de personas, en una instalación que incluye un SAI con aislamiento galvánico, esquema de conexiones de neutro TN aguas arriba (esquema de conexiones de neutro aguas arriba indiferente (TT, TN o IT)).

**Fig. 14b**



**Fig. 15:** Dispositivos de protección de personas en una instalación que incluye un SAI con aislamiento galvánico, esquema de conexión de neutro IT aguas abajo (esquema de conexión de neutro aguas arriba indiferente (TT, TN o IT)).

## Esquema TT

El neutro de la utilización está conectado a tierra al nivel de los bornes aguas abajo del SAI.

La protección de personas se realiza o bien globalmente o individualmente por carga mediante un DDR asociado a un interruptor automático, (**figura 13**).

## Esquema TN

El neutro de la utilización está conectado a tierra al nivel del regletero del SAI.

Las protecciones de sobrecorrientes aseguran la protección de personas. Si el esquema de conexión del neutro de la utilización está en TN-C, a partir de este regletero se distribuye el conductor común de protección y de neutro CPN (**figura 14a**).

En caso de que el esquema del neutro de la utilización estuviera en TN-S, que es el caso más frecuente, el conductor de protección y el neutro están conectados a la misma toma de tierra del regletero del SAI (**figura 14b**) y en este caso se pueden instalar DDR en las salidas U1, U2, U3, ...

Tipos de esquemas de conexión del neutro a tierra	Condiciones de realización	
	sin by-pass	con by-pass
<b>Esquemas «aguas arriba» y «aguas abajo» idénticos sin aislamiento galvánico</b>	Unir los neutros de las dos redes. Atención a las condiciones de empleo del esquema TN.	
<b>Esquemas «aguas arriba» y «aguas abajo» distintos o no, con aislamiento galvánico</b> (hay creación de una sub-red)	Mínimo necesario: un transformador con devanados separados, TR o TO, o un transformador con devanados separados aguas abajo del SAI.	Hay varias soluciones posibles, con diferentes transformadores: ■ TR y/o TO y TB; ■ transformador con devanados separados aguas abajo del SAI.

Nota: En esta tabla, TR, TO y TB son transformadores (de bobinados separados). Los autotransformadores, puesto que no pueden tener aislamiento galvánico, no se tienen en cuenta.

**Fig. 16:** Tabla de síntesis de las interconexiones entre las instalaciones aguas arriba y abajo.

## Esquema IT

Un CPA2 (Controlador Permanente de Aislamiento), conectado entre uno de los conductores activos aguas abajo del SAI y tierra, controla los defectos de aislamiento en la utilización así como los del SAI hasta los transformadores TR o TO, (**figura 15**).

Protecciones de sobrecorrientes aseguran, normalmente, la protección de personas, al segundo defecto, (**figura 8**).

## Síntesis

La tabla de la **figura 16** muestra el conjunto de interconexiones posibles entre las instalaciones de aguas arriba y abajo de un SAI.



### 3 Protección contra los contactos indirectos en circuitos cc y batería

La batería, reserva de energía indispensable en un SAI estático, debe estar aislada de tierra, porque este modo de explotación favorece la continuidad de servicio.

Por ausencia de transformador y emplear semiconductores en los SAI estáticos, hay continuidad eléctrica entre la instalación aguas arriba, el SAI y la instalación aguas abajo; por ello:

- los dispositivos de protección de las instalaciones «aguas arriba y aguas abajo» detectarán cualquier defecto de aislamiento de los circuitos cc;
- la existencia de un defecto de aislamiento de los circuitos cc puede alterar los dispositivos de protección;
- en algunas secuencias de funcionamiento, la batería y los circuitos cc pueden estar completamente aislados de las instalaciones «aguas arriba y aguas abajo».

No es obligatorio un control específico de estos circuitos (NFC-15-100) si:

- la batería y los circuitos cc están en el mismo armario que el resto de componentes del SAI (equipotencialidad local del SAI);
- si hay aislamiento suplementario por conexión de clase II cuando la batería está separada del resto de la alimentación.

Además en los demás casos, las condiciones impuestas a la instalación de la batería y a su conexión hasta el interruptor automático «batería», tienen un riesgo de defecto altamente improbable; lo que es considerado como suficiente para asegurar la protección de personas contra los contactos indirectos en esta sección de la instalación.

Queda solamente examinar los medios a aplicar para asegurar la

protección de personas en la zona de cc de la instalación que puede presentar riesgos; estando delimitada dicha zona por el rectificador, el ondulador y el interruptor automático «batería».

#### Dispositivos de control de los circuitos cc

Como se ha indicado anteriormente, la batería de acumuladores de un SAI es de polos aislados. Por esto los Controladores Permanentes de Aislamiento «CPA» son los dispositivos más empleados para vigilar los circuitos cc, pero según los esquemas de conexión del neutro de las instalaciones en alterna, se emplean otros aparatos: DDR y el dispositivo de Detección de Componente Continuo «DCC», que serán objeto de los párrafos siguientes.

#### Controlador Permanente de Aislamiento por inyección de corriente de baja frecuencia (2,5 ó 10 Hz) (figura 17)

Principio básico: aplica una fuente de tensión alterna de baja frecuencia entre uno de los polos de los circuitos cc y tierra; la aparición de un defecto de aislamiento en los circuitos cc hace circular una corriente que es detectada por los circuitos de medida (por ejemplo el Vigilhom XM100, figura 18).

Estos controladores, que tanto vigilan las redes de corriente alterna, mixtas y continuas, permiten también la búsqueda de defectos de aislamiento (Vigilhom system XM100); se recomiendan si:

- existe una verdadera red de cc (varias utilizaciones);
- no hay aislamiento galvánico entre la batería y la instalación «aguas abajo» del SAI (caso raro).

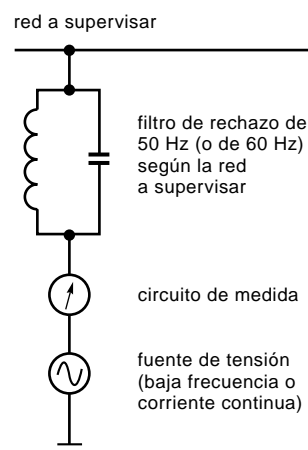


Fig. 17: Esquema de principio de un Controlador Permanente de Aislamiento CPA por inyección de corriente.



Fig. 18: CPA Merlin Gerin por inyección de corriente alterna, Vigilhom XM100.

#### Controlador Permanente de Aislamiento por inyección de corriente continua

El principio es el mismo que el utilizado por los CPA por inyección de corriente de baja frecuencia, pero la fuente de tensión es del tipo cc.

Este tipo de CPA, muy preciso en la vigilancia de redes de ca y generalmente desaconsejable en redes mixtas (ca y cc), no es conveniente para circuitos de cc por que la tensión continua que aparece



cuando se produce un defecto de aislamiento modifica la sensibilidad del dispositivo de nivel del controlador.

Algunos CPA son capaces de señalar la presencia de un defecto en la parte «continua» de una red (por ejemplo, Vigilhom TR22A).

### Controlador Permanente de Aislamiento por balance voltimétrico (ver figura 19)

Es un controlador permanente de aislamiento pasivo.

Está compuesto de un divisor resistivo que crea un punto medio para la tensión continua. El circuito de detección de defecto está situado entre ese punto medio y tierra.

Un defecto de aislamiento en el (+) o en el (-) hace circular una corriente a tierra a través de una de las resistencias y el circuito de detección que, asociado a un dispositivo de nivel, produce una alarma o un disparo (Vigilhom TR5A, por ejemplo, figura 20).

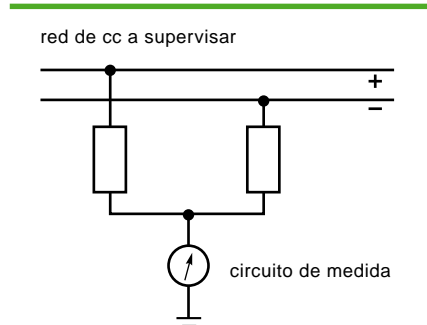


Fig. 19: Esquema de principio de un CPA por balance voltimétrico.



Fig. 20: CPA Merlin Gerin por balance voltimétrico Vigilhom TR5A.

### Otros dispositivos:

#### ■ Dispositivo Diferencial de corriente Residual «DDR»

Destinado a detectar cualquier corriente anormal de defecto a tierra. Sin embargo hay que adoptar una serie de precauciones antes de su elección cuando la instalación tiene una parte de corriente continua y una de corriente alterna sin separación galvánica (red mixta):

□ cuando la instalación comprende convertidores (rectificador y ondulator) monofásicos, conviene un DDR de tipo A,

□ con convertidores trifásicos, la tasa de ondulación es más baja y la componente continua más elevada, un DCC completa generalmente la protección por DDR.

#### ■ Detector de Componente Continua «DCC»

Destinado a emplearse asociado con DDR cuando éstos corren el riesgo de verse afectados por una componente continua. En presencia de una componente de ese tipo, controla la apertura de la alimentación del circuito en cuestión.

### Perturbaciones debidas a los filtros:

Filtros a base de condensadores conectados a tierra se encuentran corrientemente delante de los ordenadores y a veces delante de los SAI. Pueden afectar a los dispositivos de protección (alarma y/o disparos indeseables). En particular:

■ Con DDR: Normalmente son la causa de funcionamientos intempestivos de los DDR:

□ en servicio, (corriente de fuga a tierra debida al desequilibrio de capacidades entre fases y tierra), el nivel de los DDR deberá ser entonces aumentado,

□ a la puesta en tensión (carga de sus capacidades), el empleo de una temporización adecuada en los DDR es suficiente para remediarlo.

■ Con CPA: A veces pueden provocar una señal pasajera de defecto a la puesta en tensión, para los CPA por inyección de cc (carga de los condensadores), incluso permanente con CPA por inyección de ca. Para evitar estos fenómenos, a título

indicativo, estos filtros no deberán tener una capacidad total superior a:

□ a 30  $\mu\text{F}$ , para un CPA por inyección de 2,5 Hz,

□ a 6  $\mu\text{F}$ , para un CPA por inyección de 10 Hz.

## Interacción entre los dispositivos de control de los circuitos de cc y los de instalaciones aguas arriba y aguas abajo

### Esta interacción está directamente relacionada con el esquema del SAI

En particular depende:

- de la presencia o no de un contactor estático,
- de número de SAI's, uno o varios en redundancia pasiva o activa (anexo 1);
- de la presencia o no de transformadores de aislamiento galvánico TR o TO.

### Esta interacción es directamente dependiente de los dispositivos de protección elegidos y del esquema de conexión del neutro de las instalaciones «aguas arriba» y «aguas abajo».

Hay que hacer notar que:

- para el esquema más corriente (SAI interno, sin transformador en el by-pass) es imperativo tener aguas abajo el mismo esquema de conexión del neutro que aguas arriba del SAI, lo que no excluye el paso de TT a TN-S o de TN a TT;
- para la continuidad de servicio, el esquema IT aguas abajo (y en aguas arriba) es la mejor solución.

### Esta interacción puede ser:

- **positiva:** por ejemplo el dispositivo de protección aguas arriba vigila igualmente los circuitos de cc;
- **negativa:** entre dos CPA

Como en los circuitos en alterna, dos aparatos del mismo tipo conectados a dos instalaciones no separadas eléctricamente, se afectan mutuamente. Por ello es necesario evitar esta posibilidad empleando por

ejemplo un relé como el R1 en el esquema de la **figura 11**.

■ entre un CPA de inyección y un CPA de balance volumétrico

Un CPA de inyección de corriente continua o de baja frecuencia mide la resistencia interna ( $R/2$ ) de un dispositivo de balance volumétrico (algunas decenas de  $k\Omega$ ).

Situados en ambas partes de un convertidor de potencia (rectificador u ondulator) sin aislamiento galvánico, la perturbación de uno al otro será directamente dependiente de la tasa de conducción de los semiconductores del convertidor.

■ o nula:

■ si hay aislamiento galvánico entre la batería y las instalaciones (en alterna) aguas arriba y aguas abajo,

■ entre CPA y DDR o interruptor automático.

## Principales casos de aplicación

Las soluciones indicadas en este párrafo completan las disposiciones a adoptar, para la protección de personas en las instalaciones aguas abajo del SAI ya descritos en el **capítulo 2**. Salvo excepciones, se aplicarán a nivel de cada cadena del SAI.

Cuando un SAI incluye circuitos cc no aislados en instalaciones aguas arriba y/o aguas abajo, y cuando la protección de personas hace preciso el empleo de DDR, éstos deberán ser de tipo A, eventualmente completados con un DCC.

De forma general cuando los circuitos cc están aislados, el CPA3 destinado a vigilar su aislamiento, puede ser por balance voltimétrico o por inyección de corriente a baja frecuencia. La protección al segundo defecto estará ahora asegurada por el interruptor automático «batería» H.

Cuando los circuitos cc no estén aislados, la protección de personas se debe estudiar según las conexiones eléctricas de estos circuitos con las instalaciones aguas arriba y aguas abajo, de donde se desprenden los distintos casos siguientes.

**Nota:** El aislamiento de los circuitos cc significa que los interruptores automáticos C y G de las cadenas en cuestión están abiertas.

**Batería aislada de las instalaciones aguas arriba y aguas abajo** (presencia de un transformador TR y TO)

No hay interacción de los dispositivos de control.

Estando entonces aislados de tierra los circuitos cc, hay posibilidad de emplear un CPA: el CPA3 (**figura 21**). La protección al segundo defecto estará entonces asegurada:

■ por el interruptor automático H cuando el SAI es autónomo;

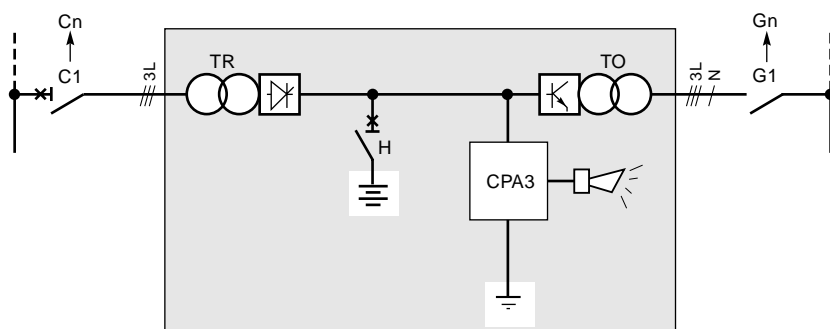
■ por el interruptor automático H y la protección aguas arriba (o interna) del rectificador C cuando el SAI es alimentado.

**Batería no aislada de la instalación aguas arriba (caso más frecuente para SAI's de grandes potencias)**

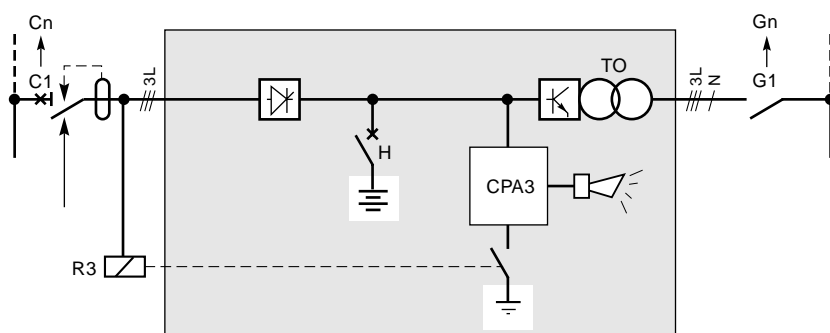
(presencia de un transformador TO pero no del TR)

■ instalación aguas arriba según esquema TT.

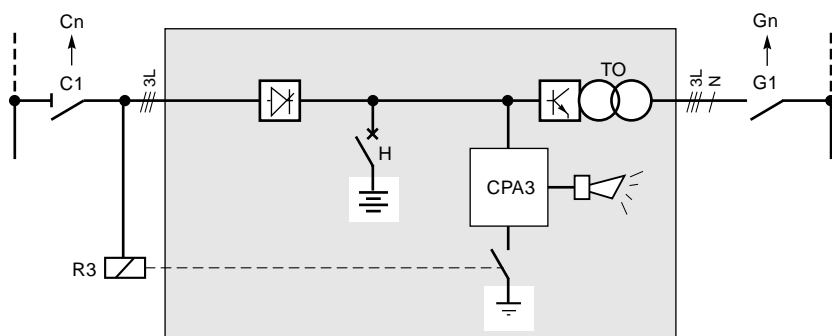
Cuando hay tensión aguas arriba del rectificador, el DDR situado en la alimentación del SAI asegura la protección provocando la apertura del interruptor automático C (**figura 22**).



**Fig. 21:** Vigilancia del aislamiento de una cadena de SAI's con batería de acumuladores aislada de la instalación aguas arriba y aguas abajo.



**Fig. 22:** Vigilancia del aislamiento de una cadena de SAI's con batería de acumuladores no aislada de la instalación aguas arriba según esquema TT, y aislada de la instalación aguas abajo.



**Fig. 23:** Vigilancia del aislamiento de una cadena de SAI's con batería de acumuladores no aislada de la instalación aguas arriba según esquema TN o IT, y aislada de la instalación aguas abajo.

Cuando desaparece esta tensión, son aplicables las condiciones aplicadas al caso de los circuitos de cc aislados, ya que el rectificador está ahora bloqueado. Hay que destacar que el CPA3, encargado de señalar el primer defecto de aislamiento, se conecta automáticamente por medio de un relé de tensión R3.

■ instalación aguas arriba según esquema TN.

En presencia de tensión aguas arriba del rectificador, la protección de personas puede quedar asegurada mediante:

□ el interruptor automático C colocado en la alimentación del SAI, si el cálculo de la impedancia del bucle de defecto ha permitido elegir tal opción,

□ un DDR o una interconexión adicional, con el esquema TN-S.

Cuando desaparece esta tensión, se tienen las condiciones aplicadas en el caso de circuitos cc aislados, debido a que el rectificador está bloqueado. Hay que destacar que el CPA3, encargado de señalar el primer defecto de aislamiento, se conecta automáticamente por medio de un relé de tensión R3 (figura 23).

■ instalación aguas arriba según esquema IT.

En presencia de tensión aguas arriba del rectificador, el CPA1 de la instalación aguas arriba controla el aislamiento de los circuitos cc (interacción positiva).

Cuando desaparece esta tensión, el CPA3, encargado de señalar el primer defecto de aislamiento, se

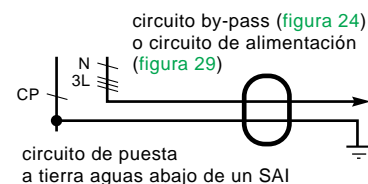
conecta automáticamente por medio de un relé R3 (figura 23). La protección contra el segundo defecto estará ahora asegurada por:

□ el interruptor automático C situado en la alimentación del SAI, si el cálculo de la impedancia del bucle de defecto ha permitido confirmar su elección,

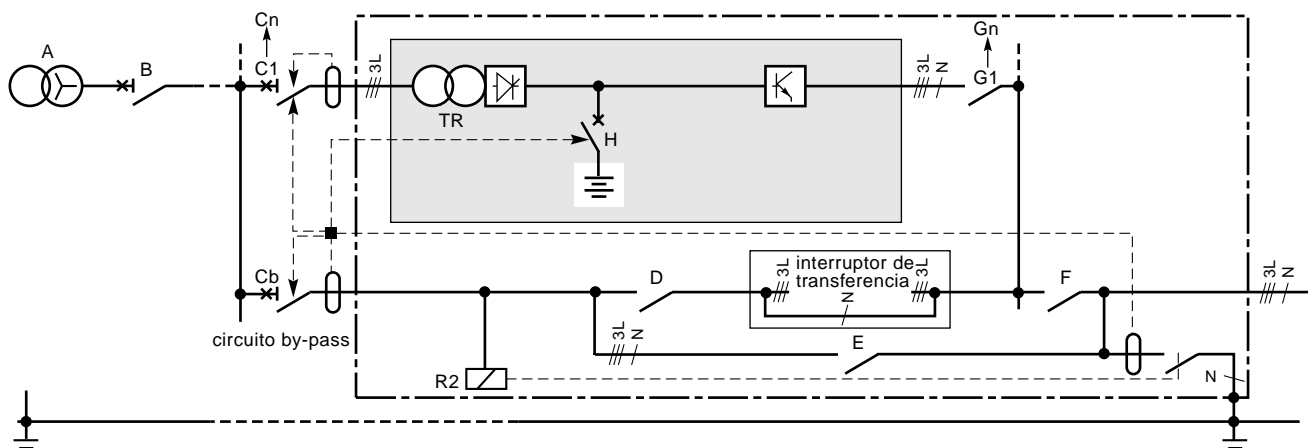
□ o un DDR, en caso contrario.

Caso particular: SAI alimentado por medio de tomas de corriente, de corriente asignada mayor o igual a 32A.

Estas tomas de corriente se protegerán mediante un DDR de alta sensibilidad,  $I_{\Delta n} < 30\text{mA}$ . También, cuando estos SAI no incorporan ningún transformador TR (caso excepcional) y no se aplican medidas especiales (clase II, doble



**Fig. 25:** Posición de un toroide, captador de DDR, permitiendo utilizar únicamente uno y utilizar el mismo DDR para vigilar simultáneamente el circuito de puesta a tierra aguas abajo del SAI y el circuito by-pass (figura 24) o el circuito de alimentación (figura 29).



**Fig. 24:** Dispositivos de protección de personas para circuitos CC de una cadena de SAI con batería de acumuladores aislada de la instalación aguas arriba, y no aislada de la instalación aguas abajo según esquema TT, sin transformador TB.

aislamiento) conviene realizar dicha protección con un DDR de tipo A, de alta sensibilidad.

### Batería no aislada de la instalación aguas abajo (con transformador TR pero no TO)

En este caso, si los esquemas de neutro aguas arriba y aguas abajo del SAI son diferentes, se podrá colocar un transformador de aislamiento TB.

■ instalación aguas abajo según esquema TT.

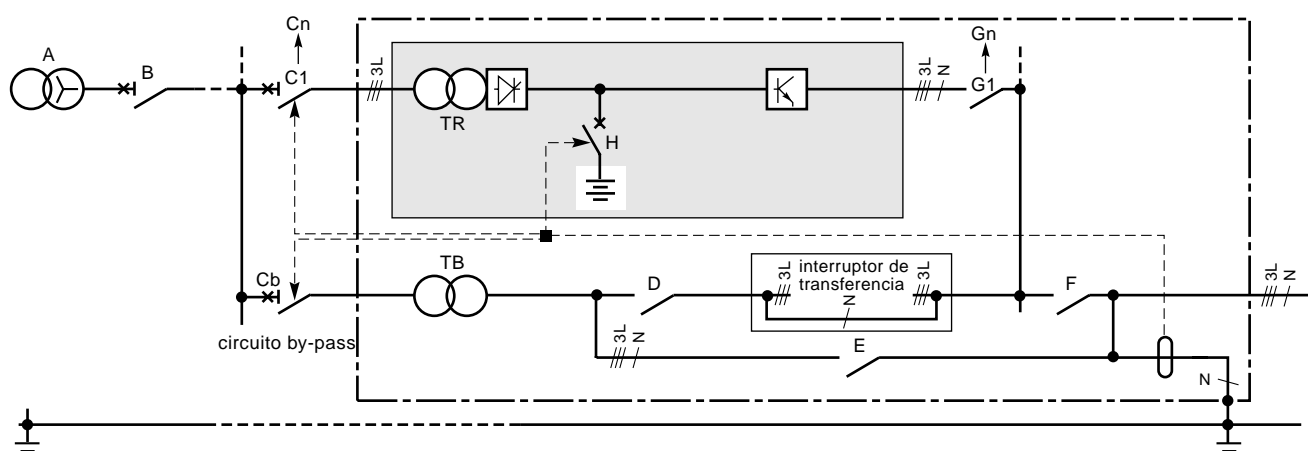
### □ sin TB

En presencia de tensión aguas arriba del rectificador, el DDR (Cb) situado en el by-pass asegura la protección en caso de defecto en el circuito cc provocando la apertura del interruptor automático H de batería y de los interruptores automáticos C situados en la alimentación del SAI (figura 24). Cuando desaparece esta tensión, un segundo DDR situado en la conexión

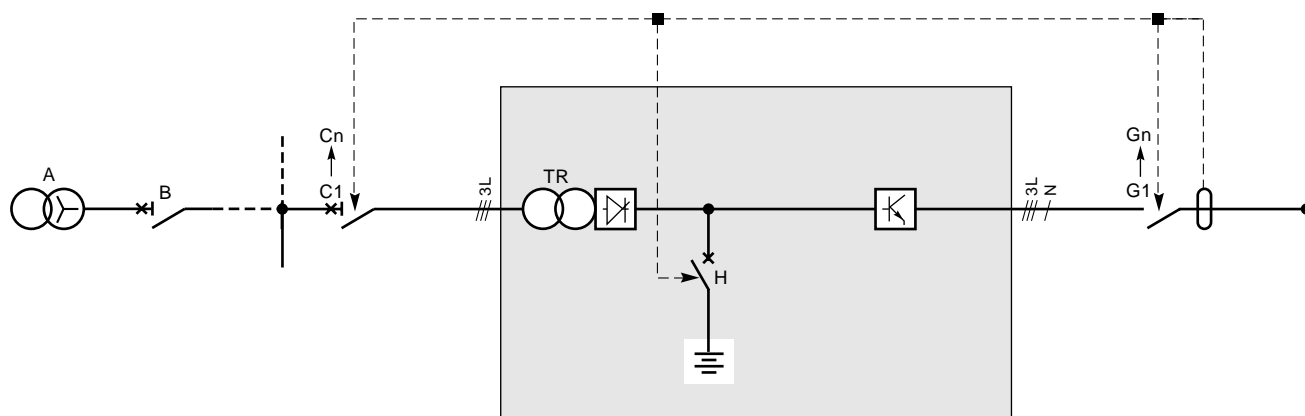
a tierra realizada en la salida del SAI por el relé de ausencia de tensión (R2), asegura la misma protección. (figura 25 para el empleo de un solo DDR)

### □ con TB

La misma protección está asegurada ahora permanentemente por un DDR situado en la conexión a tierra a la salida del SAI (figura 26).

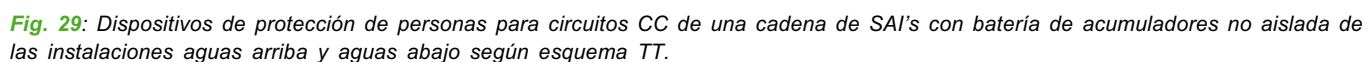
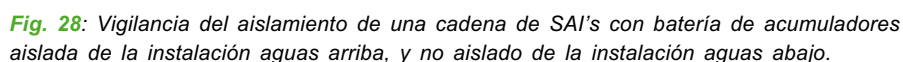


**Fig. 26:** Dispositivos de protección de personas para circuitos cc de una cadena SAI con batería de acumuladores aislada de la instalación aguas arriba, y no aislada de la instalación aguas abajo según esquema TT, con transformador TB (cualquier esquema de neutro aguas arriba).



**Fig. 27:** Dispositivos de protección para aislar una cadena de SAI's con batería de acumuladores aislada de la instalación aguas arriba, y no aislada de la instalación aguas abajo según esquema TT, con o sin transformador TB (cualquier esquema de neutro aguas arriba).

Quando una cadena está fuera de servicio, caso de aislamiento de circuitos cc, un CPA3 es conectado automáticamente tras la apertura del interruptor automático G de la cadena (**figura 28**).



■ instalación aguas abajo según esquema TN

La protección de las personas está normalmente asegurada, tras la aparición de un defecto de aislamiento, por la apertura de los interruptores C y H. Si las condiciones necesarias para el buen funcionamiento de los interruptores automáticos, no se cumplen, por ejemplo en razón de la estructura del SAI, o si se debe evitar la parada completa del SAI, se pueden adoptar las disposiciones previstas en el párrafo anterior (para el esquema TT).

■ instalación aguas abajo según esquema IT

La vigilancia de circuitos cc está asegurada por:

- el CPA1, cuando el by-pass mantiene la continuidad eléctrica,
- el CPA2, cuando el SAI alimenta las utilidades en autonomía (figura 12),
- el CPA3 previsto para vigilar el aislamiento de circuitos cc y conectado automáticamente tras la apertura del interruptor automático G de la cadena (figura 28).

La protección central del segundo defecto estará entonces asegurada:

- como en el esquema TN si las masas están interconectadas,
- como en el esquema TT si las masas no están interconectadas.

### Batería no aislada de las instalaciones aguas arriba y aguas abajo

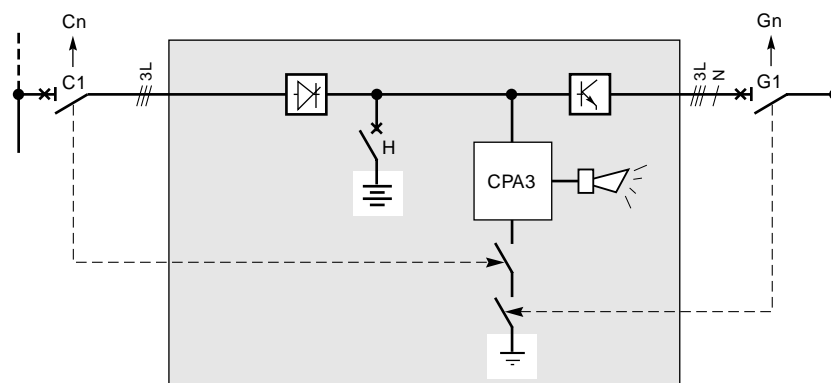
En este caso, los esquemas de neutro aguas arriba y aguas abajo del SAI han de ser obligatoriamente idénticas.

■ instalaciones según esquema TT.

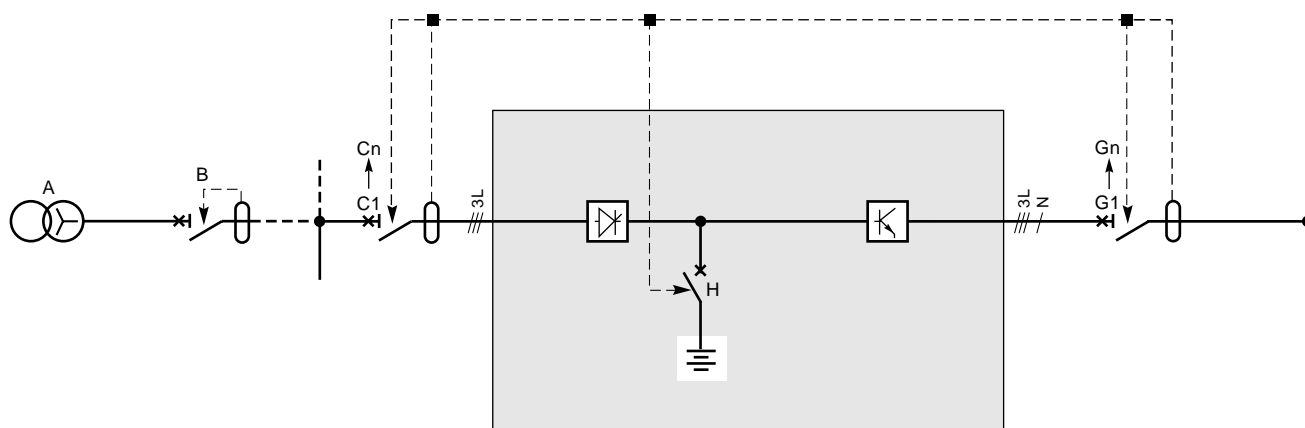
En presencia de tensión aguas arriba del rectificador y del by-pass, el DDR, situado en la alimentación común a todas las entradas del SAI, asegura la protección provocando la apertura del interruptor general del SAI o de

los interruptores automáticos C (si no hay interruptor general) y H (figuras 29, y 25 para el empleo de un único DDR).

Sin embargo, estas disposiciones presentan el inconveniente de provocar el corte total de la alimentación de los receptores. Del mismo modo que para una instalación aguas abajo en esquema TT, cuando la continuidad del servicio es indispensable y en particular en el caso de un SAI redundante, se deben adoptar las siguientes disposiciones: dos DDR,



**Fig. 31:** Vigilancia del aislamiento de una cadena de SAI con batería de acumuladores no aislada de las instalaciones aguas arriba y aguas abajo según esquema TT.



**Fig. 30:** Dispositivos de protección para aislar una cadena de un SAI con batería de acumuladores no aislada de las instalaciones aguas arriba y aguas abajo según esquema TT.

uno situado en C y el segundo en la salida de cada cadena, que provoquen la apertura de los interruptores automáticos C y H y del interruptor G (**figura 30**).

Cuando una cadena está fuera de servicio, puede haber un CPA3 previsto para vigilar el aislamiento de circuitos cc, estando conectado automáticamente a la apertura del interruptor automático C y del interruptor G de la cadena (**figura 31**).

■ instalaciones según esquema TN  
De igual manera que para un SAI que incluya baterías no aisladas de la instalación aguas abajo según esquema TN, la protección de personas está normalmente asegurada desde la aparición de un defecto de aislamiento, por la apertura de los interruptores automáticos C y H. Si las condiciones necesarias para el buen funcionamiento de los interruptores

automáticos no se cumplen, por ejemplo, por razón de la estructura del SAI, o si debe evitarse el paro completo del SAI, se deberán adoptar las disposiciones previstas anteriormente (para el esquema TT).

■ instalaciones según esquema IT (**figura 8**)

La vigilancia de circuitos cc está asegurada por:

- el CPA1, cuando la tensión está presente aguas arriba del rectificador y del by-pass,
- el CPA2, cuando las tensiones aguas arriba del SAI desaparecen y el SAI alimenta a los receptores en autonomía,
- el CPA3 (uno por cadena) que, cuando la cadena no está en servicio (interruptor automático de utilización abierto), se conecta automáticamente por un relé de tensión R3 (**figura 32**).

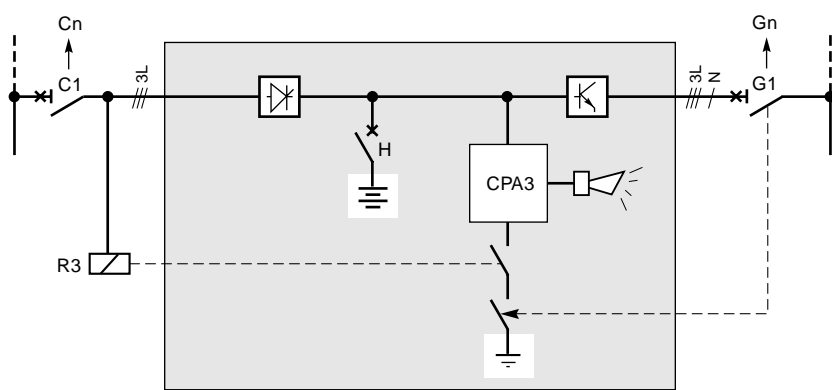
## Casos particulares

### SAI de alta potencia

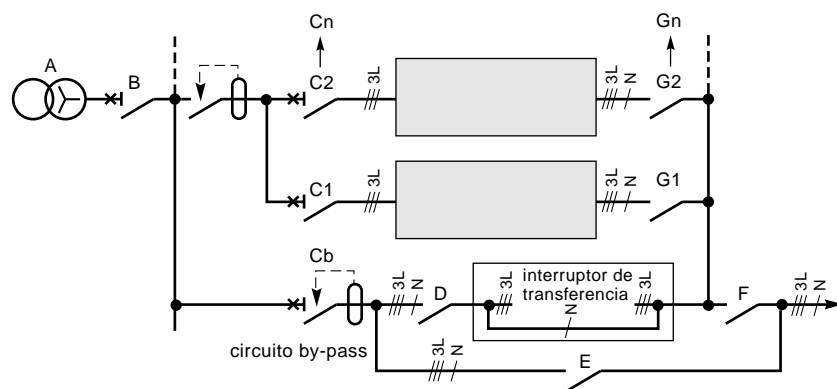
Cuando para aumentar la potencia disponible se ponen en paralelo varias unidades SAI, y se utiliza una batería de acumuladores común (estando pues en paralelo sus circuitos cc), puede aparecer un desequilibrio de corriente debido a la asimetría de los elementos constitutivos de las diferentes cadenas. Cuando es necesario un DDR (y un DCC eventual) éste debe ser común a todas las entradas de SAI (**figura 33**). Sin embargo, cuando están previstos transformadores TR, según su tipo de conexión (por ejemplo triángulo-estrella), es posible instalar un DDR aguas arriba de cada SAI.

Notas correspondientes a la conexión en paralelo de los rectificadores:

- exige que los dispositivos de regulación estén diseñados para este efecto y adaptados a las características de carga de la batería,
- con SAI's redundantes, por razones económicas, aunque a veces



**Fig. 32:** Vigilancia del aislamiento de una cadena SAI con batería de acumuladores no aislada de las instalaciones aguas arriba y aguas abajo según esquema IT.



**Fig. 33:** Único DDR para vigilar todas las entradas del rectificador cuando la batería es común a varias cadenas o SAI.



se prevea su instalación, no debe emplearse esta disposición ya que impone una batería única de acumuladores, lo que limita la fiabilidad del conjunto. Además un defecto en uno de los circuitos de cc implica la no disponibilidad, al menos temporalmente, de todas las cadenas del SAI.

#### SAI en espera activa (anexo 1)

Estos SAI's, llamados también onduladores reversibles, no disponen de rectificador específico. Siempre tienen un by-pass y sólo una entrada alterna (figura 34).

En la práctica, se aplican igualmente a este tipo de SAI's todas las precauciones y disposiciones indicadas anteriormente para los SAI's que disponen de un transformador TR.

#### SAI en espera pasiva (anexo 1)

Estos SAI's, llamados también onduladores «off line», están constituidos como los SAI's tradicionales (capítulo 1). Su particularidad reside en el dimensionamiento del rectificador, únicamente destinado a la recarga de la batería de acumuladores.

En la práctica, todas las precauciones y disposiciones indicadas anteriormente se aplican también a este tipo de SAI's; pero sin embargo, es preciso saber que la mayor parte de estos SAI's, teniendo en cuenta la pequeña potencia de su rectificador, incluyen un transformador TR.

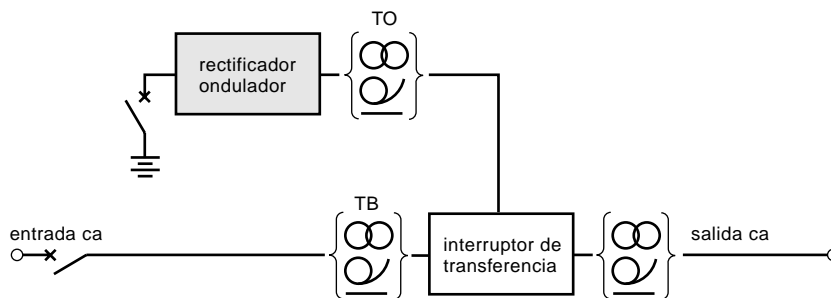


Fig. 34: Configuración de un SAI en espera activa.

## 4 Conclusión

La aplicación de materiales destinados a la protección de personas contra los contactos indirectos en redes que incluyen circuitos cc se revela efectivamente más delicado de lo que parecía al principio.

Convendrá estar muy atento a las diferentes configuraciones que se pudieran instalar o que pudieran aparecer en el transcurso de la explotación, por ejemplo tras un defecto.



## Anexo 1: Diferentes esquemas de SAI

### Extraídos de la norma CEI 146-4

(Los comentarios del autor están en cursiva)

### SAI unitario

Es la configuración más simple de SAI.

#### SAI unitario sin by-pass

Un SAI unitario puede asegurar la alimentación permanente de la carga mientras que funcione en sus límites específicos. Normalmente la carga no se verá afectada por un corte de la red de alimentación alterna (**figura 35**).

#### SAI unitario con rectificador común al ondulator y a la batería

El ondulator suministra siempre la potencia a la carga: esta potencia la toma bien de la entrada alterna a través del rectificador o bien de la batería (**figura 35**). El rectificador debe estar controlado de tal manera que pueda recargar la batería y la mantenga cargada.

En caso de interrupción de la red de alimentación alterna, la batería suministrará la potencia a tensión continua decreciente, hasta que la tensión sea demasiado baja para conservar una tensión de salida del ondulator satisfactoria. El tipo y la capacidad de la batería determinarán el tiempo durante el cual el sistema podrá funcionar sin red de alimentación alterna.

Las frecuencias, el número de fases y los niveles de tensión en la entrada y en la salida pueden ser diferentes.

La salida puede estar prevista de tal manera que responda a especificaciones mucho más estrictas que las que son normalmente suministradas por la red de alimentación, es decir, tolerancias de tensión y de frecuencia más estrechas, variaciones transitorias reducidas, al mismo tiempo que una protección contra un corte de la red de alimentación.

### SAI unitario con cargador de batería separado

Las especificaciones de un rectificador que alimenta a un ondulator y de un cargador de baterías pueden ser contradictorias. Entonces se puede prever un SAI con cargador de baterías separado.

Desde el punto de vista del usuario, los comentarios anteriores sobre el SAI unitario siguen vigentes.

#### SAI unitario con by-pass

##### ■ funcionamiento permanente

Se puede mejorar la continuidad de la alimentación de la carga cerrando el interruptor by-pass por medio de un interruptor de transferencia en caso de:

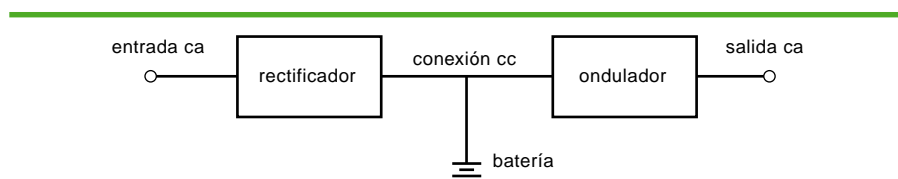
□ fallo del SAI,

□ transitorios de la corriente de carga (corrientes de eliminación de defecto),

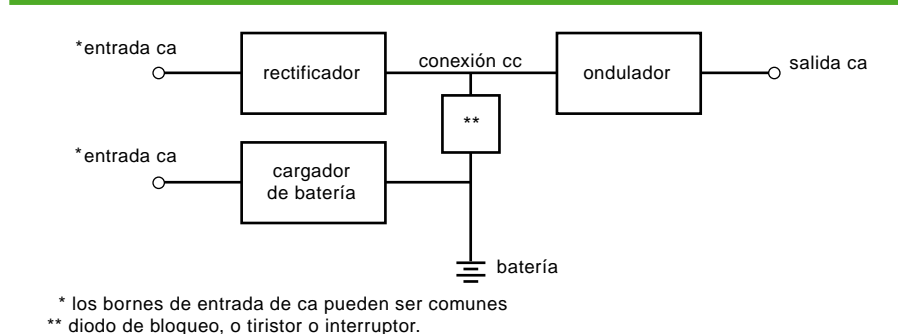
□ cresta de carga (**figura 37**).

Las condiciones restrictivas a la incorporación de un by-pass son las siguientes: las frecuencias de entrada y salida deben normalmente ser idénticas y, si los niveles de tensión son diferentes, es preciso un transformador de by-pass. Para ciertas cargas, hay que sincronizar la red de alimentación del by-pass y el SAI para mantener la continuidad de la alimentación de la carga.

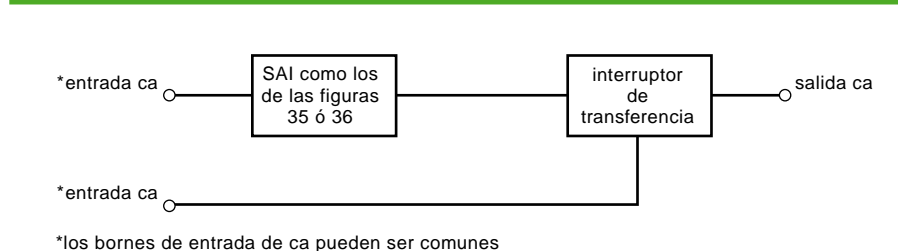
**Nota:** En caso de funcionamiento en by-pass, una perturbación de la red alterna puede afectar a la utilización.



**Fig. 35:** SAI unitario con rectificador común para la batería y el ondulator.



**Fig. 36:** SAI unitario con cargador de batería separado.



**Fig. 37:** SAI unitario con by-pass.

#### ■ funcionamiento en espera activa

En el funcionamiento en espera activa, la carga está alimentada por la red alterna a través del by-pass (funcionando en vacío el ondulator), y en caso de corte de la red de alimentación, el ondulator y la batería mantienen la continuidad de la carga. Se aplican todas las restricciones mencionadas en el párrafo «funcionamiento permanente».

#### ■ funcionamiento en espera pasiva

En el funcionamiento en espera pasiva, la carga está alimentada por la red alterna a través del by-pass, y en caso de corte de la red, el ondulator se pone en marcha y, con la batería, suministra la continuidad de la alimentación de la carga. Se aplican todas las restricciones mencionadas en el párrafo «funcionamiento permanente».

### SAI en paralelo

La puesta en paralelo de dos o más SAI's permite aumentar la potencia disponible, incluso también obtener una mayor fiabilidad de la distribución.

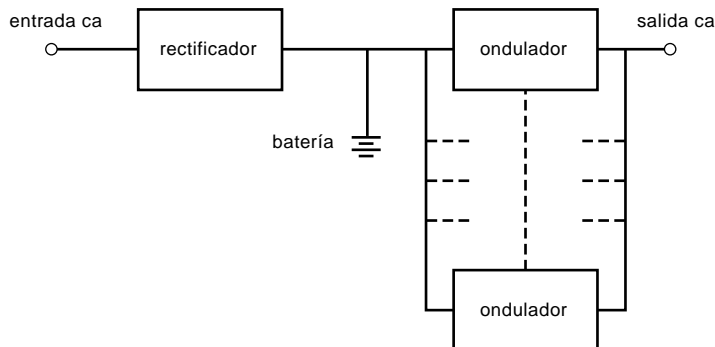
#### SAI en paralelo sin by-pass

Si se emplean unidades de SAI en paralelo o en paralelo parcial, el sistema es considerado como un único SAI. Dos ejemplos de SAI en paralelo y en paralelo parcial se muestran en las **figuras 38a y 38b**.

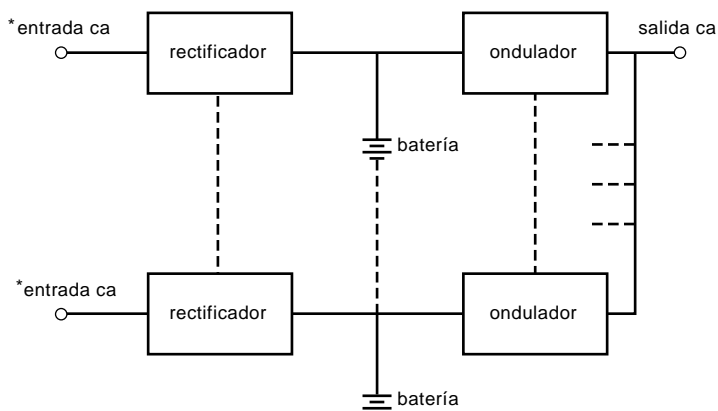
Las prestaciones de estos SAI's en paralelo son idénticas a las de un SAI unitario.

#### SAI en paralelo con by-pass

Todos los comentarios del párrafo «SAI unitario con by-pass» se aplican perfectamente al SAI en paralelo funcionando como SAI unitario, y la configuración del sistema es igual a la de la **figura 37**.



**Fig. 38a:** SAI en paralelo parcial (con ondulatorios en paralelo).



\*los bornes de entrada de ca pueden ser comunes

**Fig. 38b:** SAI en paralelo (con unidades SAI en paralelo).

## SAI redundantes

La instalación del SAI en redundancia tiene como principal objetivo el obtener una mayor fiabilidad de la distribución.

### SAI en redundancia pasiva

En caso de fallo del SAI en funcionamiento, el SAI de reserva entra en servicio y vuelve a coger la carga; el SAI con fallo se desconecta.

■ SAI en redundancia pasiva sin by-pass (figura 39)

Este sistema requiere las características indicadas en el párrafo «SAI unitario sin by-pass» y proporciona un medio para mejorar la continuidad de la alimentación de la carga.

■ SAI en redundancia pasiva con by-pass (figura 40)

Un circuito by-pass puede añadirse para mejorar aún más la continuidad de la alimentación de la carga, como se ha indicado en el párrafo «funcionamiento permanente», y además para proporcionar un medio de transferencia de la carga de un SAI a otro. Siendo baja su impedancia, el by-pass puede ser atravesado por la corriente total de carga sin reducción apreciable de la tensión de salida.

### SAI en redundancia activa

Un SAI en redundancia activa incluye varias unidades de SAI que se reparten la corriente de carga. La potencia total de los SAI en paralelo rebasará la potencia requerida por la carga de la potencia de al menos una unidad SAI; por ello una o varias de estas unidades pueden desconectarse, mientras que las otras aseguran la continuidad de la alimentación de la carga.

■ SAI en redundancia activa sin by-pass (figura 41)

Si un SAI falla, debe ser aislado del resto para que no les afecte, con el fin de que los demás puedan continuar asegurando la continuidad de la alimentación de la carga. Además, para estos sistemas son necesarios circuitos de reparto de la corriente de carga y una sincronización.

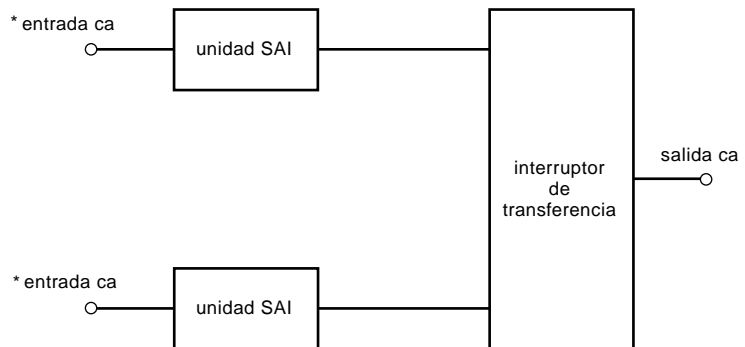
**Nota:** Algunos elementos de un SAI en redundancia activa pueden ser comunes a todas las unidades. Si hay fallo de uno de esos elementos comunes, la continuidad de la carga puede no quedar asegurada.

■ SAI en redundancia activa con by-pass

Se pueden añadir uno o varios by-pass al sistema anterior, ofreciendo las posibilidades del párrafo «funcionamiento permanente».

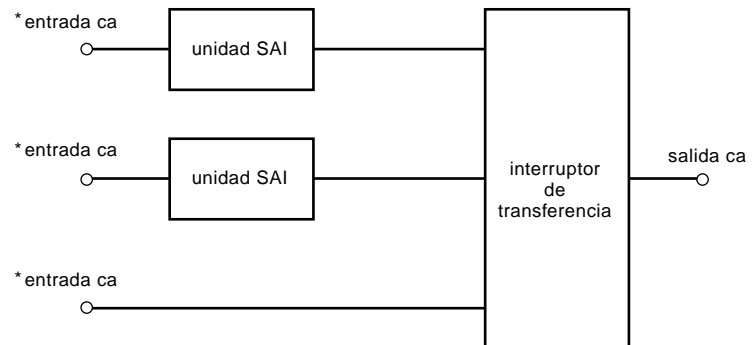
En caso de funcionamiento en espera activa, el ondulator es generalmente de tipo reversible y es el empleado para cargar la batería. En este caso, el rectificador no existe y el ondulator realiza ambas funciones.

En caso de funcionamiento en espera pasiva, el ondulator, si está parado, no puede cargar la batería y, en este caso, el SAI incluye un cargador de batería dimensionado únicamente para este uso.



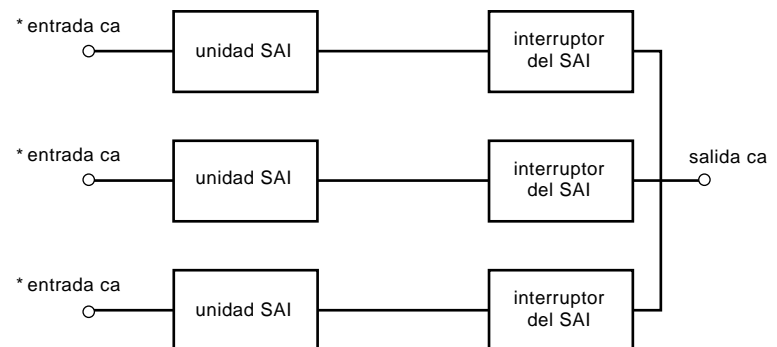
\* los bornes de entrada de ca pueden ser comunes

Fig. 39: SAI en redundancia pasiva.



\* los bornes de entrada de ca pueden ser comunes

Fig. 40: SAI en redundancia pasiva con by-pass.



\* los bornes de entrada de ca pueden ser comunes

Fig. 41: SAI en redundancia activa.