

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 225**

51 Int. Cl.:

**G01R 27/18** (2006.01)

**G01R 31/02** (2006.01)

**H02H 3/16** (2006.01)

**H02H 3/17** (2006.01)

**G01R 31/08** (2006.01)

**H02H 3/33** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2013** **E 13305363 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2648008**

54 Título: **Sistema de control de aislamiento para red eléctrica segura**

30 Prioridad:

**06.04.2012 FR 1201039**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**04.10.2016**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS**  
**(100.0%)**

**35 rue Joseph Monier**  
**92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**DALBAN PILON, BERNARD y**  
**GRUFFAZ, FRANCK**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 585 225 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de control de aislamiento para red eléctrica segura

**Campo técnico**

5 La invención se refiere a la identificación de la presencia de un defecto de aislamiento para una red de distribución eléctrica con neutro aislado que comprende unas derivaciones, asociada en particular a la localización y la medición de defectos de aislamiento. La invención se refiere de manera más particular a la redundancia del control de aislamiento en las aplicaciones que lo requieren con el fin de incrementar la seguridad de funcionamiento.

**Estado de la técnica**

10 El control de aislamiento de una red de distribución permite identificar si se produce un defecto: se miden unos parámetros de forma continua, y la disminución de la resistencia de aislamiento de la red permite detectar la presencia de un defecto para reaccionar, por ejemplo dando la alarma, y a veces cortando una red o una parte de una red eléctrica. En particular, un dispositivo conocido con el acrónimo CPA, o controlador permanente de aislamiento, se conecta tradicionalmente al transformador de la red de forma que determine la impedancia de aislamiento y evalúe una "anormalidad" característica de la presencia de un defecto: véase por ejemplo el  
15 documento FR 2 647 220 o el documento EP 0 593 007.

Para una red provista de derivaciones, puede además ser importante localizar el defecto detectado al nivel central mediante el CPA, e incluso conocer perfectamente sus características. Se han desarrollado diferentes métodos, en lo que se han instalado unos medios de medición en las derivaciones, asociados a unos medios de tratamiento y cálculo, formando de este modo unos "localizadores" de defectos de aislamiento, que pueden ser móviles o  
20 permanentes: véanse los documentos FR 2 963 679, FR 2 676 821 y FR 2 917 838.

De este modo, una arquitectura de control de aislamiento está constituida por un controlador de aislamiento al nivel del transformador, solo o asociado a unos dispositivos de localización de defecto al nivel de las salidas. Sin embargo, en caso de avería del controlador de aislamiento, aunque los relés tengan chivato de avería, puede producirse una no detección de un defecto o a la inversa un disparo inesperado. Ahora bien, la redundancia de los  
25 equipos de medición no se puede preconizar para cada uno de los aparatos y/o funciones, ya sea por razones técnicas, de costes, de tamaño o de superficie disponible de tarjeta electrónica en los medios de tratamiento.

**Descripción de la invención**

Entre otras ventajas, la invención pretende ofrecer una solución simple y económica para incrementar la seguridad de funcionamiento de los sistemas de control de aislamiento existentes, con el fin en particular de cumplir con las  
30 normas IEC 61508 e IEC 61557-15.

De este modo la invención se refiere a un procedimiento de control del aislamiento de una red eléctrica que tiene varias ramas aguas abajo de un transformador, que comprende la inyección de una corriente de tensión predeterminada y de frecuencia diferente de la de la red, por ejemplo 2,5 Hz para una red trifásica a 50 Hz, y dos  
35 determinaciones independientes de la impedancia de aislamiento, la primera mediante la medición directa de la corriente inyectada, la segunda aguas abajo del transformador, en particular por medio de uno o varios núcleos. Cada uno de los dos valores de impedancia se compara con un mismo umbral (por ejemplo un centenar de ohmios) que, cuando no se alcanza (es decir que la impedancia es inferior, que la corriente supera un valor predefinido, permite detectar si se produce un defecto de aislamiento. Para garantizar una fiabilidad máxima, evitando que un defecto de inyección provoque una no detección, el procedimiento comprende también la verificación de la realidad  
40 de la inyección, comparando la medición de la corriente realizada aguas abajo del transformador en un valor fijado que se debe superar; esta comparación de la medición de la corriente se realiza, de preferencia, por medio de la impedancia de aislamiento determinada por otra parte, debiendo mantenerse dicha impedancia bajo un segundo umbral, por ejemplo del orden de 10 MΩ. El procedimiento puede comprender el encendido de un piloto luminoso o la activación de un relé; de preferencia, la indicación se diferencia de forma que identifique qué resultado de  
45 comparación es problemático.

El procedimiento también comprende el control del aislamiento para las ramas, por medio de una comparación similar de la impedancia de aislamiento de las ramas, determinada basándose en la medición de la corriente en la frecuencia de inyección que circula en estas, con un umbral que se puede fijar para cada rama, en particular entre  
50 10 kΩ y 1 MΩ. Los resultados de las diversas comparaciones se pueden indicar de forma diferenciada o común.

La medición de la corriente aguas abajo del transformador es independiente y se realiza mediante unos medios específicos.

La invención se refiere también a un sistema de control del aislamiento que permite la implementación del procedimiento anterior. En particular, el sistema de control comprende unos medios para inyectar una señal de corriente alterna de tensión fijados en la parte de la red aguas arriba del transformador, al nivel del secundario o de  
55 preferencia al nivel del neutro del transformador. El sistema de control comprende un primer controlador permanente

de aislamiento, con unos medios para medir la intensidad de la corriente inyectada y para determinar si la impedancia calculada a partir de esta intensidad supera o no un primer umbral.

5 El sistema de control comprende, por otra parte, unos medios para medir la corriente en la frecuencia de inyección aguas abajo del transformador, y unos medios para verificar que la intensidad medida es superior a un valor umbral, lo que permite validar el correcto funcionamiento de los medios de inyección, tradicionalmente integrados en el controlador permanente de aislamiento. El sistema de control comprende también unos medios de tratamiento y cálculo de la señal medida para calcular la impedancia a partir de esta intensidad aguas abajo y unos medios para determinar si la impedancia calculada supera o no el primer umbral; el resultado de esta comparación es de este modo redundante, lo que permite aumentar la seguridad garantizada por el sistema de control, en particular en las aplicaciones de tipo central nuclear o centro de datos informáticos que lo requieran. La verificación de la intensidad de la corriente se puede realizar por medio de una comparación de la impedancia calculada en un segundo umbral.

De preferencia, el sistema de control comprende unos medios para medir la tensión en la frecuencia de inyección aguas abajo del transformador, y los medios de determinación de las impedancias utilizan esta medición.

15 El sistema de control comprende, además, unos medios para medir la corriente en la frecuencia de inyección al nivel de las ramas, de preferencia de cada una, de los medios de tratamiento y cálculo de la señal para calcular la impedancia a partir de esta intensidad de rama y unos medios para determinar si la impedancia calculada supera o no un umbral fijado en función de las características de carga de la rama, con el fin de localizar un eventual defecto de aislamiento.

20 El localizador así formado por los medios de medición, los medios de tratamiento y cálculo y los medios de determinación asociados a cada rama, está adaptado para realizar la segunda medición de la corriente en la frecuencia de inyección, aguas abajo del transformador, y el tratamiento que esta experimenta. De manera ventajosa, los medios de determinación y de comparación del localizador, elemento del sistema aguas abajo del transformador, se agrupan en una misma tarjeta de cálculo, por ejemplo una tarjeta de doce vías, que permite verificar el aislamiento de once derivaciones además de la verificación global en la duodécima.

25 Por último, el sistema de control comprende unos medios para indicar la sospecha de defecto de aislamiento o de defecto en la inyección, por ejemplo unos pilotos luminosos. Según una forma de realización, las indicaciones se diferencian, con una salida para cada tipo de resultado de comparación defectuoso detectado; en una alternativa, los mismos medios pueden dispararse con independencia del tipo de avería, por ejemplo con un único piloto que se enciende para las dos comparaciones procedentes de la medición de la corriente aguas abajo del transformador.

30 La invención también se refiere a una red protegida por el anterior sistema.

### **Breve descripción de las figuras**

Se mostrarán otras ventajas y características de manera más clara de la descripción que viene a continuación de unas formas particulares de realización de la invención, dadas a título ilustrativo y en modo alguno limitativas, representadas en las figuras adjuntas.

35 La figura 1 ilustra una red provista de un sistema de control del aislamiento según una forma de realización preferente de la invención.

Las figuras 2A y 2B representan los elementos aguas arriba y aguas abajo de un sistema de control según una forma de realización de la invención.

### **Descripción detallada de una forma preferente de realización**

40 Como se ilustra en la figura 1, las tres líneas de distribución de una red trifásica 1 se alimentan con energía eléctrica alternativa mediante un transformador 2; aguas abajo del transformador 2, la red principal 1 suministra energía eléctrica a varias impedancias de uso  $Z_j$  conectadas cada una en una rama  $B_j$  trifásica ( $j = 1 \rightarrow p$ ). En particular, en un aparato según la invención, las salidas  $B_j$  se concentran en un lugar definido, por ejemplo dentro de un armario o de una estación de distribución. La red 1 ilustrada se denomina "con neutro aislado", es decir que el neutro N del transformador 2 está conectado a tierra mediante una resistencia (o impedancia) de aislamiento de la red 1; de este modo, se puede determinar una resistencia  $R_f$  global, constituida principalmente por unas resistencias de aislamiento de los cables, por unos equipos, etc.

50 Cuando una de las impedancias  $Z_j$  de carga o de uso presenta un defecto 4 de aislamiento con respecto a tierra, esto se traduce en la presencia perjudicial de una impedancia  $Z_d$  de defecto entre al menos uno de los tres hilos de fase o el neutro y la tierra. Una impedancia  $Z_d$  de defecto se esquematiza habitualmente mediante un circuito adicional que comprende una resistencia  $R_d$  en paralelo con una capacidad  $C_d$ ; esta impedancia  $Z_d$  de defecto altera (en particular disminuye) el valor de la impedancia  $Z_f$  de aislamiento "normal" de la red 1 entre el borne N neutro del CPA 10 y la tierra.

Para detectar y medir la presencia de este tipo de fuga 4, un controlador 10 permanente de aislamiento, o CPA, está por ejemplo cableado entre el neutro N del transformador 2 y la tierra. El CPA 10 comprende unos medios 12 para generar e inyectar en la red de alimentación 1 una tensión  $U_0$  alternativa de frecuencia  $f_1$  diferente y habitualmente inferior a la frecuencia  $F_0$  propia de la red 1 eléctrica de alimentación, en particular un submúltiplo. La inyección en la red 1 provoca la circulación de una corriente  $I_f$  de fuga que se puede medir al nivel del CPA mediante unos medios 14 de medición, en particular una resistencia de medición.

En presencia del defecto 4 de aislamiento, la corriente  $I_f$  de fuga circula en la impedancia  $Z_d$  de defecto y se cierra en bucle hacia el CPA 10 a través de la tierra y de los medios 14 de medición; cuando supera un umbral, esta corriente se denomina entonces corriente  $I_d$  de defecto e indica la presencia de un defecto 4.

De este modo, un CPA 10 comprende tradicionalmente unos medios 14 adaptados para determinar los valores de la resistencia  $R_f$  y de la capacidad  $C_f$  de aislamiento, y unos medios 16 para determinar si estos valores no corresponden a la impedancia "normal" de la red 1, con el fin de dar una alarma (figura 2A). En particular, en caso de defecto 4 de aislamiento, la impedancia de aislamiento global disminuye: cuando esta pasa por debajo de un primer umbral D, que se puede fijar tradicionalmente en uno o varios cientos de ohmios, una señal sonora y/o visual advierte al usuario de la posibilidad de que se produzca un defecto 4. De forma suplementaria, se pueden instalar unos medios para visualizar los valores de impedancia  $Z_f$  de aislamiento general de la red 1, así como unos medios para transmitir el resultado a una unidad central para una acción sobre la red 1 (no ilustrada).

Por otra parte, para cada una de las derivaciones  $B_j$ , se instala un dispositivo 20 de localización de defecto de aislamiento (véase también en la figura 2B). En particular, unos medios  $22_j$  de medición de la corriente de defecto local transmiten la señal representativa a unos medios 24 de tratamiento y cálculo, de preferencia comunes para todos los medios 22 de medición; la transmisión se puede realizar mediante cualquier medio, pero para proteger el sistema y como la aplicación se refiere de preferencia a una red 2 compacta, se prefieren las conexiones por cable. Los medios 24 de tratamiento y cálculo y/o los medios 22 de medición funcionan, de forma independiente del CPA 10, de forma continua o intermitente.

Según la opción seleccionada, el localizador 20 puede indicar simplemente la presencia de un defecto en la salida, por ejemplo comparando mediante unos medios 26 adaptados las impedancias  $Z_{fj}$  calculadas en cada salida  $B_j$  en un umbral  $D_j$  determinado en función de las características de la salida  $B_j$ , tradicionalmente entre 10 K $\Omega$  y 1 M $\Omega$ , y que se debe superar cuando la salida  $B_j$  está bien; en una alternativa, el localizador da una medición de la impedancia  $Z_{fj}$  de aislamiento mediante unos medios adaptados conocidos de la técnica anterior.

Según la invención, la red 1 es segura; en particular, la red 1 alimenta unas cargas Z críticas que conviene no interrumpir, como un centro informático o una central nuclear. De este modo, el sistema 10, 20 de control de aislamiento comprende un segundo circuito de alarma de defecto 4 de aislamiento, independiente del CPA 10 y que da una información redundante de modo que identifica una avería al nivel del CPA 10 y evita un retraso en el tratamiento de un problema notificado por este dispositivo.

Como las funciones 12 de inyección y 14 de detección de un CPA 10 están estrechamente superpuestas, la doble medición 14 de la corriente inyectada sin doble inyección 12 es poco realista técnicamente. Según la invención, una segunda medición se lleva a cabo, por lo tanto, por medio del localizador 20, que tiene una función extensa de forma que pueda llevar a cabo también una medición de la resistencia de aislamiento de la red 1 completa, siendo esta segunda medición redundante e independiente de la llevada a cabo por el CPA 10.

También importa, por lo tanto, que el localizador 20, y en particular sus medios 24 de tratamiento y cálculo sean independientes del CPA 10; para ello, en la forma de realización según la invención, el dispositivo 20 de localización comprende unos medios 28 para medir la tensión aguas abajo del transformador 2 de forma que calcula simplemente las impedancias  $Z_{fj}$  en cada salida  $B_j$ .

Además, en la forma preferente de realización, para reducir al máximo los riesgos de avería, unos medios de medición independientes de la corriente 30 inyectada se instalan aguas abajo del transformador 2 y dan una señal representativa de la corriente que circula en la frecuencia  $f_1$  de inyección, con el fin de evaluar de forma redundante la realidad de la inyección mediante el CPA 10. Por ejemplo, cuando todas las derivaciones  $B_j$  están provistas de unos medios  $22_j$  de medición de un localizador 20 de defecto de aislamiento (en ausencia de cargas Z ilustradas con línea de puntos en la figura 1), los medios 30 de medición de la corriente inyectada en la red 1 comprenden unos medios para hacer que la suma de las corrientes medidas mediante los medios  $22_j$  de medición asociados a cada derivación  $B_j$  (no ilustrado).

Sin embargo, para superar la acumulación de las imprecisiones de medición, los medios de medición comprenden un núcleo 30 alrededor de tres conductores en la salida del transformador 2. Esta realización permite una independencia completa de la medición redundante, y aumenta la precisión en el valor del parámetro medido con el fin de evaluar más adelante la realidad del funcionamiento del CPA.

Esta información relativa a la corriente inyectada medida aguas abajo del transformador 2 se transmite a unos medios 24' de cálculo y tratamiento para determinar la impedancia  $Z_{f0}$  relativa a esta. En particular, la misma tarjeta de cálculo se utiliza para el tratamiento de los dos tipos de señales, es decir que la tarjeta comprende una entrada

específica para la corriente procedente de los medios 30 de medición globales y una entrada para la medición 22<sub>j</sub> llevada a cabo en cada rama B<sub>j</sub>; el cálculo de la impedancia Z<sub>f0</sub> de fuga global también se realiza de la misma manera que para los demás medios 22 de medición, en particular por medio de la medición de la tensión 28.

5 El resultado Z<sub>f0</sub> de esta segunda medición, que corresponde a la medición redundante de la impedancia de aislamiento mediante los medios de medición situados aguas abajo del transformador 2, se compara aquí también mediante unos medios 26' adaptados con un umbral D, que es idéntico al utilizado para la primera medición por el CPA 10: si no se alcanza el umbral D, es decir Z<sub>f0</sub> < D < unos 100 Ω y, por lo tanto, la corriente detectada superior a una corriente "normal" de fuga, se implementan unos medios de alerta, de forma similar a lo que se ha descrito con anterioridad para el CPA 10. De este modo, se completa la redundancia, mientras que estos segundos medios 24', 10 26', 30 de identificación de la presencia de un defecto 4 tiene como único elemento común con el CPA 10 la utilización de la corriente de medición inyectada.

Con el fin, además, de superar un problema causado por una potencial avería de la inyección de corriente en la frecuencia f<sub>1</sub> de medición mediante el CPA 10, los segundos medios 30 de medición también se utilizan para verificar la presencia de la corriente inyectada, es decir el funcionamiento correcto de los medios 12 específicos. En particular, si la corriente global detectada por los medios 30 de medición de la corriente es inferior a un valor umbral, se dispara una alarma. La comparación se puede realizar directamente en la señal medida mediante los medios 15 específicos (no ilustrado); en una alternativa, como se indica en la figura 2B, el resultado Z<sub>f0</sub> del tratamiento y cálculo de la impedancia de defecto global se compara con un segundo umbral D'' mediante unos medios 26'' adaptados, indicando la superación de este segundo umbral D'' por la impedancia (Z<sub>f0</sub> > D'' > unos 100 MΩ) que la corriente inyectada es insuficiente. La alarma puede ser común para el resultado del tratamiento de la señal procedente de los 20 segundos medios 30 de medición, o diferenciada, con dos alarmas que se disparan según si el problema detectado es la insuficiencia de corriente o la presencia de un defecto.

De hecho, ninguno de los dispositivos existentes tiene en cuenta la opción de que el CPA 10 no inyecte corriente: en los dispositivos existentes, en caso de avería del CPA, se considera que no hay defecto, siendo la impedancia calculada infinita, y por lo tanto siempre superior al primer umbral D. 25

De este modo, la red 1 está equipada con un sistema 10, 20 de identificación y de localización de defecto 4 de aislamiento que comprende, de preferencia:

- un inyector 12 de corriente, que funciona de forma permanente;
- un controlador 10 central de aislamiento conectado en el neutro del transformador 2 y que funciona de forma permanente;
- unos medios 22, 30 de medición de la corriente en la frecuencia f<sub>1</sub> inyectada aguas abajo del transformador 2, para medir de forma permanente la corriente global de la red 1 y la corriente en cada rama B<sub>j</sub> de dicha red 1;
- unos medios 28 de medición de la tensión en la frecuencia f<sub>1</sub> de inyección aguas abajo del transformador 2;
- unos medios 24 de tratamiento y cálculo de las impedancias aguas abajo del transformador 2, basándose en las mediciones de la corriente y en la medición de la tensión;
- unos medios 26'' de determinación de forma permanente de la realidad de la inyección de la corriente por medio de los medios 30 de medición aguas abajo;
- unos medios 26' de control del aislamiento de forma permanente de la red 1 aguas abajo del transformador 2;
- unos medios 26 de localización de defectos de aislamiento en las ramas B<sub>j</sub>.

40 Los medios 24, 26 de tratamiento y cálculo aguas abajo del transformador 2 están agrupados, y son totalmente independientes del controlador 10 aguas arriba. El sistema formado por el CPA 10 y los medios 20 de localización modificados según la invención, permite mejorar el nivel de SIL ("*Safety Integrity Level*") como se define en las normas IEC 61508 e IEC 61557-15 incrementando la tolerancia de defectos HFT ("*Hard Fault Tolerance*") de las funciones de alerta local de aislamiento LIW ("*Local Insulation Warning*") y de alerta remota de aislamiento RIW ("*Remote Insulation Warning*"). En particular, las características del sistema 10, 20 de control están definidas para cumplir con el criterio SIL-2 ("*Safety Integrity Level 2*"), es decir reducir en un factor entre 100 y 1.000 el riesgo de aparición de un peligro, e incluso SIL-3 (reducción en un factor entre 1.000 y 10.000), de forma económica y poco consumidora de recursos de cálculo y/o medios de tratamiento, sin añadir material (la aparición de un peligro que corresponde aquí a la no detección de un primer defecto en la red 1 que tiene como potencial consecuencia un choque eléctrico o una pérdida crítica de alimentación si se produce un segundo defecto cuando el primer defecto aun no se ha eliminado). 50

Aunque se ha descrito la invención en referencia a una red 1 trifásica en el neutro N al cual se conecta la inyección 12 del sistema 10, 20 de control permanente de aislamiento, esta no está limitada a esto: la solución propuesta se puede aplicar a diferentes alimentaciones, por ejemplo con otra frecuencia distinta de 50 Hz o monofásica, o unos grupos de emergencia de tipo grupo electrógeno u ondulator o unas fuentes de tensión continua, y/o el dispositivo de inyección 12 puede inyectar su señal en una fase de la red. Se pueden utilizar los diferentes métodos de identificación, localización y cálculo: por ejemplo, los medios 12 de inyección se pueden adaptar para las inyecciones simultáneas o consecutivas en varias frecuencias y los medios 22, 30 de medición y tratamiento también... 55

60

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema (4) de control del aislamiento en una red (1) que comprende un transformador (2) y una pluralidad de derivaciones ( $B_j$ ) aguas abajo del transformador (2), comprendiendo dicho sistema (10, 20) de control un controlador (10) permanente de aislamiento al nivel del transformador (2), con unos medios (12) de inyección de una señal de corriente alterna de tensión ( $U_0$ ) predeterminada en una primera frecuencia ( $f_1$ ), unos medios (14) para medir la intensidad ( $I_f$ ) de la primera señal de corriente, y unos medios (16) para determinar si la impedancia ( $Z_f$ ) calculada en función de la intensidad ( $I_f$ ) de la primera señal de corriente inyectada es inferior a un primer umbral ( $D$ ), y al menos un localizador (20) al nivel de una derivación ( $B_j$ ), comprendiendo el localizador: unos medios (22<sub>i</sub>) para medir la intensidad de la señal de corriente en la primera frecuencia ( $f_1$ ) al nivel de la derivación ( $B_j$ ), unos medios (24) de tratamiento y cálculo para calcular la impedancia ( $Z_{fj}$ ) en función de la intensidad de la señal de corriente medida, unos medios (26) para determinar si la impedancia ( $Z_{fj}$ ) calculada es inferior a un umbral respectivo ( $D_j$ ), comprendiendo, además, dicho sistema unos medios indicadores para indicar si se ha alcanzado uno de los umbrales ( $D_j$ ) respectivos; **caracterizado porque** el sistema de control consta, además, de:
- unos medios (30) de medición globales para medir la intensidad de la señal de corriente global en la primera frecuencia ( $f_1$ ) en la red (1) aguas abajo del transformador (2); estando dichos medios (30) de medición globales en la salida de dicho transformador (2);
  - unos medios (26'') para determinar si la intensidad de la señal de corriente global aguas abajo en la primera frecuencia ( $f_1$ ) es superior a un valor umbral;
  - unos medios (24) de tratamiento y cálculo para dar un segundo valor de impedancia ( $Z_{f0}$ ) en función de la intensidad de la señal de corriente global aguas abajo en la primera frecuencia ( $f_1$ );
  - unos medios (26')
  - unos medios (26') para determinar si el segundo valor de impedancia ( $Z_{f0}$ ) es inferior al primer umbral ( $D$ );
  - unos medios indicadores para indicar si no se alcanza el primer umbral ( $D$ ) y/o si se supera el valor umbral.
2. Sistema de control según la reivindicación 1 en el que los medios indicadores permiten indicar cuál entre el primer umbral ( $D$ ) y el valor umbral no se ha alcanzado o superado.
3. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 o 2 en el que los medios (26'') para determinar si la intensidad de la señal de corriente aguas abajo en la primera frecuencia ( $f_1$ ) es superior a un valor umbral están adaptados para utilizar el segundo valor de impedancia ( $Z_{f0}$ ) y compararlo con un segundo umbral ( $D''$ ).
4. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 3 en el que los medios indicadores permiten indicar cuál de cada uno de los umbrales respectivos ( $D_j$ ) se alcanza.
5. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 4 en el que los medios (24) de tratamiento y cálculo de la impedancia son comunes a todos los localizadores del sistema.
6. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 5 en el que los umbrales ( $D_j$ ) respectivos no son iguales entre sí.
7. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 6 en el que los medios (24) de cálculo y tratamiento comprenden una tarjeta con varias vías.
8. Sistema de control según la reivindicación 7 en el que tarjeta comprende una vía de entrada para calcular el segundo valor de impedancia ( $Z_{f0}$ ) y las demás vías están adaptadas para permitir calcular la impedancia ( $Z_{fj}$ ) de cada rama ( $B_j$ ).
9. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 8 en el que cada derivación ( $B_j$ ) de la red (1) comprende un localizador, y los medios (30) para medir la intensidad de la señal de corriente en la primera frecuencia ( $f_1$ ) aguas abajo del transformador (2) comprenden unos medios para hacer la suma de todas las intensidades detectadas por los localizadores.
10. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 8 en el que los medios (30) para medir la intensidad de la señal de corriente en la primera frecuencia ( $f_1$ ) aguas abajo del transformador (2) comprenden un núcleo (30) de detección situado alrededor de las líneas de la red (1) aguas abajo del transformador (2).
11. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 10 que comprende, además, unos medios (28) para medir la tensión en la primera frecuencia aguas abajo del transformador (2), y los medios (24) de tratamiento y cálculo de las impedancias están adaptados para utilizar el valor de la tensión.
12. Procedimiento de control de la presencia de un defecto (4) de aislamiento en una red (1) eléctrica trifásica con una pluralidad de ramas ( $B_j$ ) aguas abajo de un transformador (2) que comprende:
- la inyección de una corriente ( $U_0$ ) de tensión predeterminada en una primera frecuencia ( $f_1$ ) diferente de la frecuencia de la red (1) al nivel del transformador (2);
  - la determinación de un primer valor ( $Z_f$ ) de la impedancia de aislamiento al nivel de la inyección por medio de la medición ( $I_f$ ) de la corriente inyectada;

- la medición de la corriente en la primera frecuencia al nivel del transformador (2);
  - la comparación de dicha corriente con un valor umbral;
  - la determinación de un segundo valor ( $Z_{f0}$ ) de la impedancia de aislamiento por medio de la medición de corriente global que circula en la red (1) en la primera frecuencia ( $f_1$ ) aguas abajo en la salida del transformador (2);
- 5
- la comparación del primer valor y del segundo valor de impedancia de aislamiento con un primer umbral (D);
  - la determinación de la impedancia ( $Z_{fj}$ ) de aislamiento al nivel de cada rama ( $B_j$ ) y la comparación de dicha impedancia ( $Z_{fj}$ ) con un umbral ( $D_i$ ) de cada rama ( $B_j$ ).
- 10
13. Red (1) eléctrica segura que comprende un transformador (2) trifásico que alimenta una pluralidad de derivaciones ( $B_j$ ), estando dicha red (1) equipada con un sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 11.

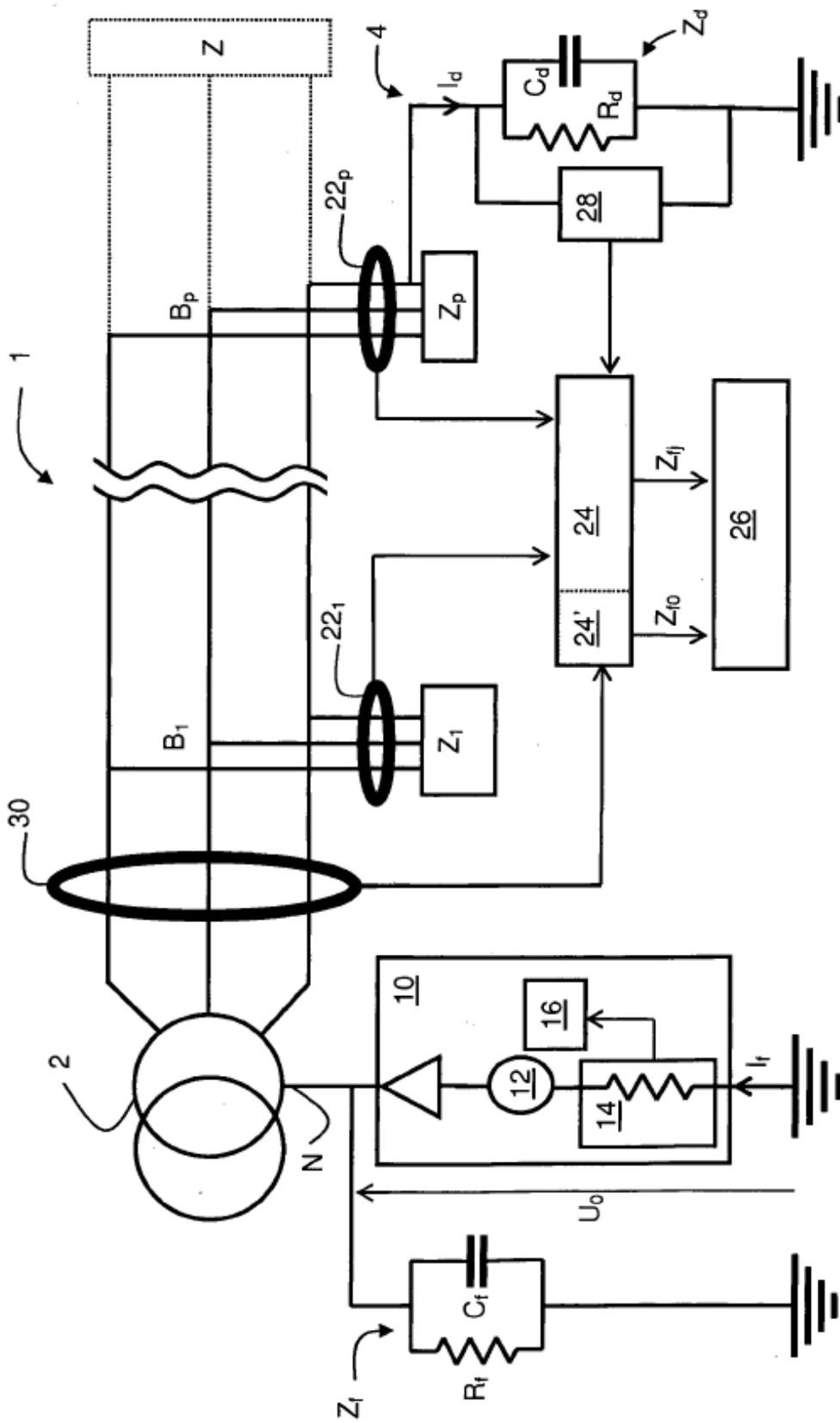


Fig. 1

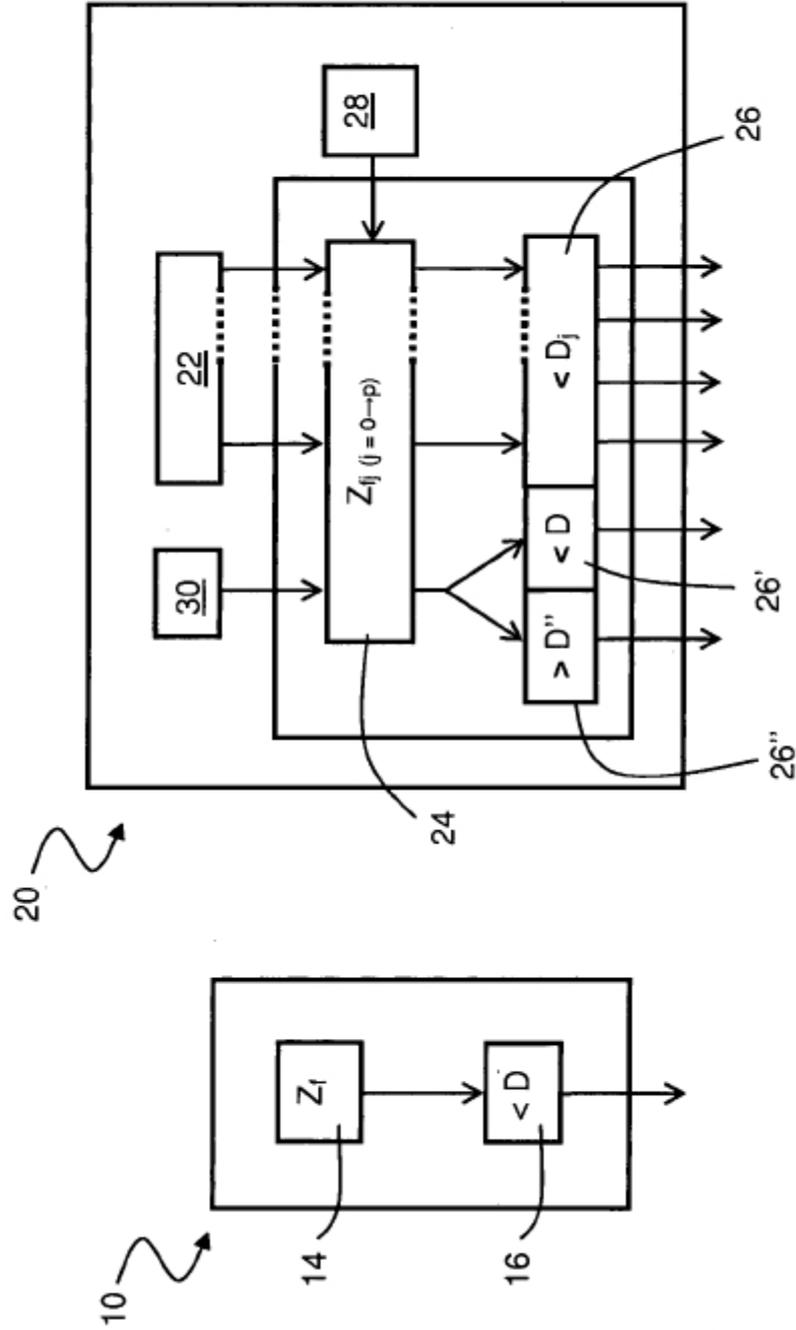


Fig. 2B

Fig. 2A