

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 511 644**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/02** (2006.01)

**H02H 1/00** (2006.01)

**H02H 5/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2012 E 12354028 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014 EP 2533060**

54 Título: **Detección direccional de defecto resistivo a tierra y de rotura de conductor de media tensión**

30 Prioridad:

**07.06.2011 FR 1101730**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.10.2014**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35 rue Joseph Monier  
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**VERNEAU, GUILLAUME;  
SINISTRO, STÉPHANE y  
BAUMES, NATHALIE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 511 644 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

Detección direccional de defecto resistivo a tierra y de rotura de conductor de media tensión.

**Campo técnico**

5 La invención se refiere a la detección de defecto en una red eléctrica de distribución, en concreto de media tensión. En particular, la invención propone un principio de detección de defectos resistivos entre un conductor eléctrico de media tensión y la tierra, defecto por ejemplo causado por la rotura de dicho conductor, así como un dispositivo adaptado.

**Estado de la técnica**

10 Como se ilustra en la figura 1, las redes 1 de distribución se pueden descomponer en diferentes niveles, con una primera red 2 de transporte y de distribución de muy alta y alta tensiones MAT/AT (de 35 a más de 200 kV), utilizada para transportar o distribuir la energía eléctrica desde las centrales de producción a través de grandes distancias. Una red de distribución 5 de media tensión MT, habitualmente entre 1 y 35 kV, de manera más precisa 11 kV de tensión simple en Francia, le sucede para transportes a menor escala, hacia clientes de tipo industrial o subestaciones 10, 20, 30 que transforman la media tensión en baja tensión BT (en particular 0,4 kV en Francia); la red de baja tensión 15, 25, 35 suministra a los clientes de baja demanda energética a través de tres conductores de fase 15<sub>A</sub>, 15<sub>B</sub>, 15<sub>C</sub>, y un conductor de neutro 15<sub>N</sub>.

15 La red MT 5 se puede descomponer en líneas aéreas y/o en cables subterráneos. Sea cual sea la solución, la red 5 está sometida a diversos defectos, que es importante detectar y localizar con el fin de resolver los problemas generados: rotura de suministro, degradación de la resistencia de los materiales de aislamiento, por no mencionar la seguridad de las personas. Entre estos defectos 7, los más frecuentes son los defectos monofásicos, localizados fuera de la subestación de origen, en los cuales una fase está en contacto con la tierra, o la rotura de un cable aéreo en el caso de condiciones meteorológicas adversas en particular.

20 Estos defectos 7, como los defectos polifásicos que afectan a varias fases, son de tipo cortocircuito y están en el origen de corrientes elevadas, que pueden alcanzar varios miles o decenas de miles de amperios, mientras que los conductores y/o equipos están por lo general diseñados para soportar algunas centenas de amperios en funcionamiento nominal. Por ejemplo, cuando el neutro N del transformador está directamente conectado a tierra, la corriente de defecto corresponde a la tensión de la red 5, dividida por la suma de las resistencias del circuito, muy baja.

25 Una opción para detectar este tipo de defecto es medir la corriente que circula, o los parámetros que están relacionados con ella. Sin embargo, estas mediciones deben completarse con unas mediciones en las tensiones trifásicas, si se quiere dar la dirección relativa (aguas arriba o aguas abajo) con respecto al equipo de detección de los defectos. Ahora bien, la tensión MT de la red 5 genera una complicación en el acceso a los puntos de medición, y problemas de aislamiento del material electrónico: este tipo de detección direccional es difícil de implementar.

30 Por otra parte, la detección de la propia corriente de cortocircuito puede llegar a ser compleja. En particular, la conexión a tierra de la red MT ahora se realiza por lo general mediante una impedancia: un elemento limitativo de tipo resistencia o bobina de compensación se inserta entre el secundario del punto neutro N del transformador 3 y la tierra con el fin de aumentar la impedancia global del camino de circulación de la corriente de defecto, y por lo tanto reducir dicha corriente. Esto permite aliviar el estrés sobre los componentes de la red 5, y también proteger a las personas. Deben, por tanto, realizarse mediciones más precisas de la corriente (« *sensitive earth fault* »)

35 Por otra parte, otros elementos pueden limitar el valor de la corriente de defecto y complicar la detección: la resistencia del suelo entra en juego, al igual que la naturaleza del defecto 7. Ahora bien, aunque se pueden tener en cuenta los parámetros del suelo adaptando, en el momento de la instalación, los ajustes de los equipos de protección y de detección, no sucede lo mismo con las características del defecto, que no se pueden prever. Entre los defectos más difíciles de detectar, se encuentra en particular la rotura del conductor MT, que podrá producirse con o sin contacto a tierra.

40 Para estos defectos muy resistivos, se lleva a cabo una detección a través de la tensión. Por ejemplo, el documento EP 1 603 211 se refiere a un equipo de comunicación instalado en los extremos de las líneas: la detección de rotura de conductor se realiza por la simple detección de pérdida de tensión de línea. Estudios más teóricos indican la posibilidad de utilizar la tensión inversa y/o la tensión homopolar en la red MT 5; sin embargo, los problemas inherentes a la medición de la tensión en los conductores de fase de media tensión anteriormente mencionados siguen existiendo.

45 De este modo, parece que la detección y la localización de defectos resistivos en una red de media tensión, en particular en el caso de roturas de conductores, está poco desarrollada a causa de que hay que llevar a cabo mediciones complejas, en particular las tomas de tensión en los conductores de media tensión, y de las mediciones precisas de las corrientes de cortocircuito que circulan.

**Exposición de la invención**

Entre otras ventajas, la invención pretende resolver los inconvenientes de los sistemas de detección existentes y ofrecer una detección, de preferencia direccional, de defectos resistivos a tierra en media tensión, con especial hincapié en las roturas de conductores. En particular, la invención ofrece el uso de mediciones en la red de baja tensión, aguas abajo del puesto MT/BT, para detectar e identificar un defecto en el lado de la media tensión. La invención se define en particular en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de detección de un defecto resistivo a tierra, en particular de un defecto debido a la rotura de un conductor, en una red de media tensión que alimenta una multitud de salidas de baja tensión. El procedimiento comprende la determinación, para cada salida, de la tensión inversa correspondiente a la componente simétrica de las tensiones de fase, la comparación de la amplitud de estas tensiones inversas con un umbral, de manera ventajosa regulable, y la indicación de la aparición de un defecto cuando se sobrepasa el umbral al menos una vez.

De acuerdo con otro aspecto, el procedimiento de detección está asociado a una localización relativa del defecto detectado. Para ello, se tratan las tensiones de fase y el resultado del tratamiento permite determinar si el defecto detectado está aguas arriba o aguas abajo del punto de medición. En particular, se determina la norma o la amplitud de las tensiones de fase de cada salida, así como su valor medio y su valor mínimo para cada salida; el valor medio se compara con las amplitudes, y el valor mínimo se compara con un umbral.

De acuerdo con otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo adaptado al procedimiento de detección, y de preferencia al anterior procedimiento de detección direccional, adaptado para una red de media tensión que comprende al menos una subestación de transformación media tensión / baja tensión que define una salida hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión.

El dispositivo anterior está, de acuerdo con otro aspecto de la invención, asociado con un sistema con el fin de permitir supervisar la red de media tensión. Para ello, el dispositivo recibe unas señales representativas de las tensiones de cada conductor para cada salida y está adaptado para tratarlas, o se implementa una multitud de dispositivos en cada salida, o cualquier otra combinación con, por ejemplo, un dispositivo adaptado para recibir las informaciones relativas a una rama de la red. El sistema comprende, además, unos medios para indicar la aparición del defecto, y de preferencia su localización relativa, aguas arriba o aguas abajo, con respecto a los puntos de obtención de las señales recibidas por el sistema.

En particular, el dispositivo de detección de un defecto resistivo a tierra comprende unos medios para recibir unas señales representativas de las tensiones de cada conductor de una salida de baja tensión, unos medios de obtención de las señales representativas de las tensiones de fase a partir de las señales de tensión recibidas, unos medios para determinar la componente simétrica de tensión inversa de la salida, unos medios para comparar la tensión inversa con un umbral de activación, y de manera ventajosa unos medios de regulación del umbral de activación. De preferencia, el dispositivo de detección se instala en cada una de las salidas de baja tensión alimentadas, en particular localizado en la subestación de transformación, y el sistema así formado comprende unos medios para indicar la aparición de un defecto en la red de media tensión cuando los medios de comparación de uno de los dispositivos de detección dan un resultado en el cual el módulo de la tensión inversa sobrepasa el umbral de activación. Como alternativa, el sistema de detección de un defecto resistivo en una red de media tensión de acuerdo con la invención comprende al menos un dispositivo de detección cuyos medios están adaptados para recibir unas señales representativas de las tensiones de cada conductor de cada salida de baja tensión, para obtener unas señales representativas de las tensiones de fase para cada salida, para determinar la componente simétrica de tensión inversa de esta, y para comparar el módulo de cada tensión inversa con el umbral de activación, así como unos medios para indicar la aparición de un defecto en la red de media tensión cuando los medios de comparación dan un resultado en el cual una tensión inversa sobrepasa el umbral de activación.

En el caso en el que el neutro de las subestaciones de transformación media tensión / baja tensión está conectado a tierra, el sistema de acuerdo con la invención comprende, además, unos sensores de tensión en cada conductor de fase y en el conductor de neutro.

El dispositivo de acuerdo con la invención está especialmente bien adaptado para la detección direccional del defecto resistivo, comprendiendo, además, unos medios de tratamiento de las señales representativas de las tensiones de fase, y unos medios de interpretación de los resultados del tratamiento de las señales para determinar si el defecto está aguas arriba o aguas abajo del punto de medición de las señales recibidas por dicho dispositivo. En particular, los medios de tratamiento comprenden unos medios de cálculo de la norma de las tensiones de fase, unos medios de cálculo de la media de las normas, unos medios de determinación del mínimo de las normas, unos primeros medios de comparación de la norma de las tensiones de fase con su media, y unos segundos medios de comparación del mínimo de las normas con un umbral.

**Breve descripción de las figuras**

Se mostrarán otras ventajas y características de manera más clara en la descripción dada a continuación de unas formas particulares de realización de la invención, que se dan a título ilustrativo y en modo alguno limitativo,

representadas en las figuras adjuntas.

La figura 1 ilustra una red en la cual se utiliza la detección de acuerdo con la invención.

Las figuras 2A y 2B muestran algunas consecuencias de diferentes defectos en las tensiones de las líneas BT.

La figura 3 esquematiza las etapas de un procedimiento de acuerdo con una forma de realización de la invención.

La Figura 4 representa un dispositivo de detección direccional de acuerdo con una forma preferente de realización de la invención.

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

Cuando aparece un defecto resistivo a tierra 7 en la red MT 5, la tensión que circula se altera al menos en la fase concernida, y estas perturbaciones se pueden identificar en las redes BT 15, 25, 35 distribuidas por la red MT 5. En la red multifásica 1 anteriormente descrita en la figura 1, la detección de un defecto de acuerdo con la invención se lleva a cabo por medio de unos dispositivos de detección direccional 100, 200, 300 en cada salida BT.

15 En la forma preferente de realización y de uso de la invención que se ilustra, el dispositivo 100 está asociado a cada transformador 10, que comprende tres conductores de fase 15<sub>A</sub>, 15<sub>B</sub>, 15<sub>C</sub> y un conductor de neutro 15<sub>N</sub>. Sin embargo, es posible desviarse de esta situación ideal, y la red puede comprender otro número de fases, y en particular se puede compensar el neutro.

20 En caso de defecto resistivo 7 en la red MT 5, se presentan tres opciones: unos dispositivos de detección direccional 100 están asociados a unas salidas sanas 15, unos dispositivos 200 están situados aguas arriba del defecto 7 y unos dispositivos 300 están localizados aguas abajo del defecto 7. El defecto 7 genera una alteración evidente en la tensión V de las fases que asigna aguas abajo de dicho defecto; sin embargo, en algunos casos, se pueden alterar otras fases, como también las redes BT aguas arriba, e incluso las propias salidas sanas 15.

25 En particular, en las figuras 2 se ilustran algunos defectos en el caso de redes aéreas trifásicas; se ha retomado la misma representación trifásica, con el lado aguas arriba del defecto situado a la izquierda en el esquema. Se pueden identificar seis tipos de defectos (descartando la situación de tres conductores rotos, ya que entonces no hay disponible ninguna información de orden eléctrico, y solo se toman en consideración los defectos simultáneos):

- i) rotura en un « jumper », elemento que permite pasar los aislantes a ambos lados del poste que soporta las líneas (es decir que el defecto 7 es de resistencia infinita, con ningún conductor a tierra);
- 30 ii) rotura de un único conductor con conexión a tierra en el lado de aguas arriba;
- iii) rotura de un único conductor con conexión a tierra en el lado de aguas abajo;
- iv) rotura de dos conductores, uno estando conectado a tierra en el lado de aguas arriba y el otro lado en el lado de aguas abajo;
- v) rotura de dos conductores con conexión a tierra en el lado de aguas abajo;
- 35 vi) rotura de dos conductores con conexión a tierra en el lado de aguas arriba.

De hecho, en los demás casos, por ejemplo un conductor a tierra y un puente roto, uno de los dos fenómenos precede al otro y se habrá detectado con anterioridad.

40 En los cuatro primeros casos i), ii), iii) y iv), como se ilustra en la figura 2A, solo se ve afectada la tensión V aguas abajo del defecto 7; una de las fases se mantiene sin cambios, y las otras dos tensiones de fase reducen su amplitud. En el caso v) de la rotura de dos conductores con conexión a tierra en el lado de aguas abajo también (figura 2B), solo se ve afectada la tensión aguas abajo, con reducción de la tensión de cada fase, incluso anulándose una de estas. Por el contrario, en el caso vi) de la rotura de dos conductores con conexión a tierra en el lado de aguas arriba, se producen modificaciones de la tensión también aguas arriba 25, e incluso en la salida sana 15, con anulación completa aguas abajo 35.

45 Para cada uno de los puntos de medición, se puede calcular, a través de una matriz de Fortescue, las componentes simétricas de la tensión (V<sub>d</sub> directa, V<sub>i</sub> tensión inversa y V<sub>o</sub> tensión homopolar para las tensiones de fase V<sub>AN</sub>, V<sub>BN</sub>, V<sub>CN</sub>):

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_i \\ V_o \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{AN} \\ V_{BN} \\ V_{CN} \end{bmatrix}, \text{ con } a = e^{j\frac{2\pi}{3}},$$

50 En todos los casos ya mencionados de defecto, hay que señalar que el módulo de la tensión inversa V<sub>i</sub> sobrepasa

un umbral  $S_d$  que se puede fijar entre un 4 y un 20 % de la corriente nominal, de preferencia un 12 %, en al menos uno de los puntos de medición 100, 200, 300. De este modo se puede detectar la presencia de un defecto mediante el cálculo de esta componente simétrica. En caso de una red de  $n$  fases, las fórmulas anteriores, en particular la de la matriz de Fortescue, hay que adaptarlas sustituyendo la cifra 3 por  $n$ .

5 El defecto detectado está aguas abajo del punto de medición, con la excepción de una situación vi) en la que únicamente las salidas aguas arriba 25 y sana 15 indican su presencia. Para localizar de manera relativa el defecto 7 con respecto al punto de medición 100, 200, 300, es por lo tanto importante identificar el último caso vi) en el cual  $V_{i300} < S_d$ . Se constata que, para los cuatro primeros casos i), ii), iii), iv) solamente y, no en el caso del problema vi), para el punto de medición aguas abajo del defecto, la media  $\mu$  entre las amplitudes de las tensiones de fase es superior a dos valores nominales  $\|V_{XN}\|$ . Por otra parte, para discriminar los dos casos restantes v) y vi), en los cuales la media entre las amplitudes de las tensiones de fases es inferior a dos valores nominales ya sea aguas arriba o aguas abajo del defecto 7, se constata que el punto de medición aguas abajo del defecto indica que al menos una de las tensiones de fases se ha anulado, es decir que el mínimo  $V_{\min}$  de las amplitudes de tensiones de fase  $\|V_{XN}\|$  es inferior a un umbral  $S_v$ . Es por lo tanto posible, solo conociendo las tensiones de fases, determinar si el defecto detectado está aguas arriba o aguas abajo de la medición.

De este modo, el principio de detección y localización de acuerdo con la invención se basa en la medición en las redes BT 15, 25, 35 distribuidas de las tensiones de fase únicamente para detectar, a través de la tensión inversa, y a continuación localizar de manera relativa, a través de las amplitudes, un defecto resistivo de tipo rotura de conductor. En una primera fase, como se ilustra en la figura 3, la tensión  $V_A, V_B, V_C$  de cada fase se mide en la red BT 15, 25, 35, así como la tensión del neutro  $V_N$ ; la componente simétrica inversa  $V_i$  se determina mediante la fórmula adaptada. Si la tensión inversa  $V_i$  no sobrepasa un umbral de activación  $S_d$ , no se detecta ningún defecto en la red que alimenta directamente a la salida, y prosiguen las mediciones con un intervalo definido, para una supervisión continua.

Cando la tensión inversa  $V_i$  sobrepasa el umbral de activación  $S_d$ , se identifica un defecto resistivo y se puede llevar a cabo la segunda fase del procedimiento, es decir la localización direccional. La detección simple de la aparición de un defecto se puede notificar al usuario mediante la iluminación de un diodo, u otro sistema de alerta.

Para localizar el defecto 7 aguas arriba o aguas abajo del punto de medición de las tensiones  $V_{XN}$ , se determinan las amplitudes  $\|V_{XN}\|$  de las tensiones, por ejemplo el valor eficaz RMS (« *Root Mean Square* » según la terminología anglosajona) u otro, para cada fase  $X$  y se calcula su media aritmética  $\mu$ . Si al menos dos valores de normas  $\|V_{XN}\|$  sobrepasan la media  $\mu$ , entonces el defecto 7 está aguas arriba del punto de medición 300. En caso contrario, se calcula el valor mínimo  $V_{\min}$  de las amplitudes de tensiones de fase  $\|V_{XN}\|$ , y si este valor mínimo  $V_{\min}$  sobrepasa un umbral  $S_v$  fijado, por ejemplo, en un 5 % del valor nominal de la red, el defecto 7 está aguas arriba del punto de medición 300, en caso contrario está aguas abajo.

Evidentemente, la localización del defecto 7 aguas abajo del punto de medición concierne tanto a una salida sana 15 como a un transformador 20 situado en la línea con el defecto. Sin embargo, es entonces fácil identificar la rama de la red MT 5 con el defecto, dado que es la única salida para la cual al menos un detector 300 instalado no indica un defecto. De hecho, un defecto se localiza  $L$  entre dos puntos de medición, cumpliendo uno con todos los criterios anteriores y el otro no.

El resultado  $D, L$  se puede indicar bien directamente en las subestaciones de transformación, mediante la iluminación de diodos, en particular de un color diferente, o bien a través de un sistema centralizado de tipo informe en un esquema funcional de la red 1, por ejemplo mediante la asignación remota hacia un centro de control.

En conclusión, por medio de este principio de señalización, se puede localizar el defecto 7, que, en todos los casos y en cualquier situación, se sitúa entre un detector « iluminado » y un detector « apagado »: la detección de defecto resistivo a tierra, de rotura de conductor MT, se realiza sin sensor de corriente (por lo tanto, sin límite bajo de detección), mediante unas mediciones de tensión instalada en BT, que, además de la facilidad de instalación, ofrecen una mayor precisión de medición.

Por lo tanto, se instalan unos medios de detección 50 de tipo sensor de tensión en cada salida BT, en particular en el nivel BT de los transformadores 10, 20, 30 alimentados por la red MT 5. Están asociados a un sistema de supervisión de la red MT, que comprende unos dispositivos de detección direccional 100, 200, 300 que permiten tratar las informaciones de cada salida, pudiendo integrarse dichos dispositivos 100, 200, 300 en cada transformador 10, 20, 30 o formar parte de un sistema central al cual se transmiten las informaciones de cada sensor 50. Los datos de estos dispositivos de detección direccional 100, 200, 300 permitirán identificar la localización relativa del defecto, entre dos dispositivos. En la figura 4 se ilustra una forma preferente de realización de un dispositivo adaptado para implementar el procedimiento de acuerdo con la invención.

El dispositivo de detección direccional de acuerdo con la invención 100 comprende unos medios 110 que permiten obtener unas señales representativas de las tensiones de fase  $V_A, V_B, V_C, V_N$  suministradas por los sensores 50 y recibidas por unos medios adaptados del dispositivo 100. En la forma preferente de realización, las señales, de manera ventajosa filtradas por unos medios 112 adaptados como un filtro analógico,  $V_{Af}, V_{Bf}, V_{Cf}, V_{Nf}$  están, además,

condicionadas y los medios de obtención de las señales representativas 110 comprenden un módulo de muestreo 114, que funciona en particular a más de 1 kHz, suministrando de este modo unas señales muestreadas filtradas  $V_{Af}^*$ ,  $V_{Bf}^*$ ,  $V_{Cf}^*$  a unos medios de cálculo de los fasores compuestos 116 que permiten obtener las tensiones de fase  $V_{AN}$ ,  $V_{BN}$ ,  $V_{CN}$ . Hay que señalar que si el neutro de la red BT no está distribuido, el empleo de las mediciones de las tensiones entre fases  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_A$  permite reconstituir un neutro artificial mediante la transformación triángulo estrella.

Las señales  $V_{XN}$  procedentes de los medios de obtención 110 se transmiten a un bloque de detección 120 de un defecto 7, que comprende en particular unos medios 122 de determinación de al menos una  $V_i$  de las componentes simétricas de la tensión, en particular por medio de una matriz de Fortescue. El módulo de la tensión inversa  $|V_i|$  se determina mediante los medios adecuados 124. El bloque de detección 120 comprende unos medios 126 de comparación del módulo de la tensión inversa  $|V_i|$  con un umbral de detección  $S_d$ : si se sobrepasa el umbral, entonces se detecta un defecto D y se activa un bloque de tratamiento 130. De manera ventajosa, se prevén unos medios 128 para regular el umbral  $S_d$  de activación, en particular entre un 4 y un 20 % del valor nominal en Francia.

El bloque de tratamiento 130 recibe las señales  $V_{AN}$ ,  $V_{BN}$ ,  $V_{CN}$  de los medios de obtención 110. Este comprende unos medios de cálculo 132 de su norma (o amplitud, valor eficaz u otro)  $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$ ; el valor obtenido se transmite a unos primeros medios de comparación 134 del mínimo de la norma  $V_{min}$  con un umbral  $S_V$ . De forma paralela, las normas obtenidas  $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$  se transmiten de forma sucesiva a unos medios de cálculo 136 de la media aritmética  $\mu$  de tres datos de entrada, y a unos segundos medios de comparación 138, que comprenden una cuarta entrada correspondiente a la media calculada  $\mu$ . Los medios de comparación 132, 138 están conectados a unos medios de interpretación 140 cuya salida es una señal L de detección direccional de defecto a tierra aguas abajo o aguas arriba de los sensores 50 según el resultado de la interpretación.

Los segundos medios de comparación 138 comparan cada uno de los valores de norma  $\|V_{XN}\|$  con su media  $\mu$  y ofrecen de manera ventajosa una señal binaria según el sentido de la comparación a los medios de interpretación 140; en una forma preferente de realización, los medios de interpretación 140 o los segundos medios de comparación 138 comprenden unos medios de suma de los resultados binarios de la comparación.

Los elementos 110, 120, 130 del dispositivo de detección direccional pueden estar agrupados en el interior de un aparato, que puede por ejemplo estar acoplado a cuatro sensores 50, y localizados en una subestación de transformación MT / BT; también pueden estar separados, con por ejemplo los medios de obtención 110 asociados a los sensores 50 en el interior de una subestación de transformación, y los bloques de detección y de tratamiento integrados en una central de control, transmitiéndose las tensiones de fase a estos bloques de forma automática o no. En particular, es posible que cada uno de los bloques 110, 120, 130 esté adaptado para tratar una multitud de salidas, de forma simultánea o secuencial, y comprenda unas memorias de almacenamiento adaptadas.

De este modo, de acuerdo con la invención, se instalan unos medios de medición de la tensión de cada conductor en las salidas BT, de preferencia en cada transformador alimentado por la red MT que hay que vigilar. Los medios de medición se adaptan para medir la tensión de cada fase y la tensión del neutro; las señales obtenidas se transmiten a uno o varios dispositivos de detección que están adaptados para determinar la tensión inversa resultante así como la amplitud. La solución de acuerdo con la invención presenta la ventaja de tomar en consideración el problema de la rotura de conductores MT al situarse desde el punto de vista de las tensiones en la red BT en la cual el instrumental de medición es más simple, y al considerar de manera exhaustiva el conjunto de las situaciones posibles para uno o dos conductores rotos (para una red trifásica).

El sistema o el procedimiento de acuerdo con la invención pueden estar asociados a unos aparatos de protección de la red 5, por ejemplo un relé de protección que activa y aísla la rama de la red con el defecto en caso de detección de un defecto en dicha rama. De acuerdo con otra opción, se puede considerar solo una señalización diferida, por ejemplo por medio de un registro de eventos. De hecho, se puede asociar cualquier tipo de señalización directa, local o a distancia, inmediata o diferida, o cualquier tipo de acción más radical a la detección de acuerdo con la invención.

Aunque se ha descrito la invención en referencia a una red aérea, no está limitada a esta: la invención encuentra la misma aplicación y las mismas formas de realización para una red parcial o totalmente subterránea, en la cual las roturas de cables pueden producirse como consecuencia del deterioro de los aislamientos o de las roturas de otros elementos que pueden estar cubiertos por la invención. Además, los elementos presentados para realizar las funciones anteriores se pueden sustituir por elementos similares: en particular, la tensión se puede medir mediante cualquier tipo de sensor (resistivo, capacitivo, de campo eléctrico...) y los medios de tratamiento de las señales pueden adoptar las formas adaptadas, en particular para el cálculo de la tensión inversa.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (100) de detección de un defecto resistivo a tierra (7) en una red de media tensión (5) que comprende al menos una subestación de transformación media tensión / baja tensión (10) que define una salida (15) hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión (15<sub>A</sub>, 15<sub>B</sub>, 15<sub>C</sub>), comprendiendo dicho dispositivo (100):
  - 5        – unos medios para recibir unas señales representativas de las tensiones de cada conductor de una salida de baja tensión (15);
  - unos medios de obtención (110) de las señales representativas de las tensiones de fase ( $V_{AN}$ ,  $V_{BN}$ ,  $V_{CN}$ ) a partir de las señales de tensión recibidas;
  - 10       – unos medios (122) para determinar la componente simétrica de tensión inversa ( $V_i$ ) de la salida;
  - unos medios (126) para comparar la tensión inversa ( $V_i$ ) con un umbral de activación ( $S_d$ ).
  
2. Dispositivo de detección de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende, además, unos medios (128) de regulación del umbral de activación ( $S_d$ ).
  
3. Sistema de detección de un defecto resistivo (7) en una red de media tensión (5) que comprende una multitud de subestaciones de transformación media tensión / baja tensión (10, 20, 30) que definen, cada una, una salida (15, 25, 35) hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión (15<sub>A</sub>, 15<sub>B</sub>, 15<sub>C</sub>), comprendiendo dicho sistema:
  - 15       – al menos un dispositivo de detección (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando los medios (110, 122, 126) de dicho dispositivo de detección (100) adaptados para recibir las señales representativas de las tensiones de cada conductor de cada salida de baja tensión (15, 25, 35), para obtener las señales representativas de las tensiones de fase para cada salida (15, 25, 35), para determinar la componente simétrica de tensión inversa ( $V_i$ ), y para comparar el módulo de cada tensión inversa ( $V_i$ ) con el umbral de activación ( $S_d$ ); y
  - 20       – unos medios para indicar (D) la aparición de un defecto (7) en la red de media tensión (5) cuando los medios de comparación (126) dan un resultado en el cual una tensión inversa ( $V_i$ ) sobrepasa el umbral de activación ( $S_d$ ).
  
- 25       4. Sistema de detección de un defecto resistivo (7) en una red de media tensión (5) que comprende una multitud de subestaciones de transformación media tensión / baja tensión (10, 20, 30) que definen, cada una, una salida (15, 25, 35) hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión, comprendiendo dicho sistema un dispositivo de detección (100, 200, 300) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2 asociado a cada salida (15, 25, 35) y unos medios para indicar (D) la aparición de un defecto (7) en la red de media tensión (5) cuando los medios de comparación (126) de uno de los dispositivos de detección (300) dan un resultado en el cual el módulo de la tensión inversa ( $V_i$ ) sobrepasa el umbral de activación ( $S_d$ ).
  
- 30       5. Sistema de detección de acuerdo con la reivindicación 4 en el cual cada dispositivo de detección (100, 200, 300) está localizado en la subestación de transformación (10, 20, 30).
  
- 35       6. Sistema de detección de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5 en el cual el neutro de las subestaciones de transformación media tensión / baja tensión (10, 20, 30) está conectado a tierra, y comprende además unos sensores de tensión en cada conductor de fase y en el conductor de neutro.
  
- 40       7. Dispositivo (100) de detección direccional de un defecto resistivo (7) en una red de media tensión (5) que comprende al menos una subestación de transformación media tensión / baja tensión (10) que define una salida (15) hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión (15<sub>A</sub>, 15<sub>B</sub>, 15<sub>C</sub>), comprendiendo dicho dispositivo un dispositivo de detección de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, unos medios de tratamiento (130) de las señales representativas de las tensiones de fase ( $V_{AN}$ ,  $V_{BN}$ ,  $V_{CN}$ ), y unos medios (140) de interpretación de los resultados del tratamiento de las señales para determinar si el defecto está aguas arriba o aguas abajo del punto de medición de las señales recibidas por dicho dispositivo (100).
  
- 45       8. Dispositivo de detección direccional de acuerdo con la reivindicación 7 en el cual los medios de tratamiento (130) comprenden:
  - unos medios de cálculo (132) de la norma de las tensiones de fase ( $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$ );
  - unos medios (136) de cálculo de la media ( $\mu$ ) de las normas ( $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$ );
  - unos medios de determinación del mínimo de las normas ( $V_{min}$ );
  - unos primeros medios (138) de comparación de la norma de las tensiones de fase con su media ( $\mu$ );
  - 50       – unos segundos medios de comparación (134) del mínimo de las normas con un umbral ( $S_v$ ).
  
- 55       9. Sistema de detección y localización de un defecto resistivo (7) en una red de media tensión (5) que comprende una multitud de subestaciones de transformación media tensión / baja tensión (10, 20, 30) que definen, cada una, una salida (15, 25, 35) hacia una multitud de conductores de fase de baja tensión, comprendiendo dicho sistema un sistema de detección de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6 en el cual los dispositivos de detección (100, 200, 300) son unos dispositivos de detección direccional de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, y en el cual los medios para indicar (D) la aparición de un defecto (7) en la red de media tensión (5) están adaptados para

## ES 2 511 644 T3

indicar si el defecto está aguas arriba o aguas abajo del punto de medición de las señales recibidas por dichos dispositivos de detección.

- 5 10. Procedimiento de detección de un defecto resistivo a tierra (7) en una red de media tensión (5) que comprende la obtención de las tensiones de cada fase de las salidas de baja tensión (15, 25, 35) alimentados por la red de media tensión (5), la determinación de la tensión inversa ( $V_i$ ) de las salidas de baja tensión, la comparación de los módulos de las tensiones inversas ( $V_i$ ) con un umbral ( $S_d$ ), la indicación de la aparición de un defecto (7) cuando una comparación al menos indica que se ha sobrepasado el umbral ( $S_d$ ).
11. Procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 10 que comprende, además, la regulación de los umbrales ( $S_d$ ).
- 10 12. Procedimiento de detección y localización de un defecto resistivo a tierra (7) en una red de media tensión (5) que comprende el procedimiento de detección de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, la determinación de la norma de las tensiones de fase ( $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$ ), el tratamiento de las normas de las tensiones de fase ( $\|V_{AN}\|$ ,  $\|V_{BN}\|$ ,  $\|V_{CN}\|$ ), la determinación de la localización del defecto detectado aguas arriba o aguas abajo del punto de medición.
- 15 13. Procedimiento de detección y localización de acuerdo con la reivindicación 12 en el cual el tratamiento de las normas comprende el cálculo de su media aritmética, la comparación de la amplitud de las tensiones con su media, la comparación del mínimo de tensión con un umbral.



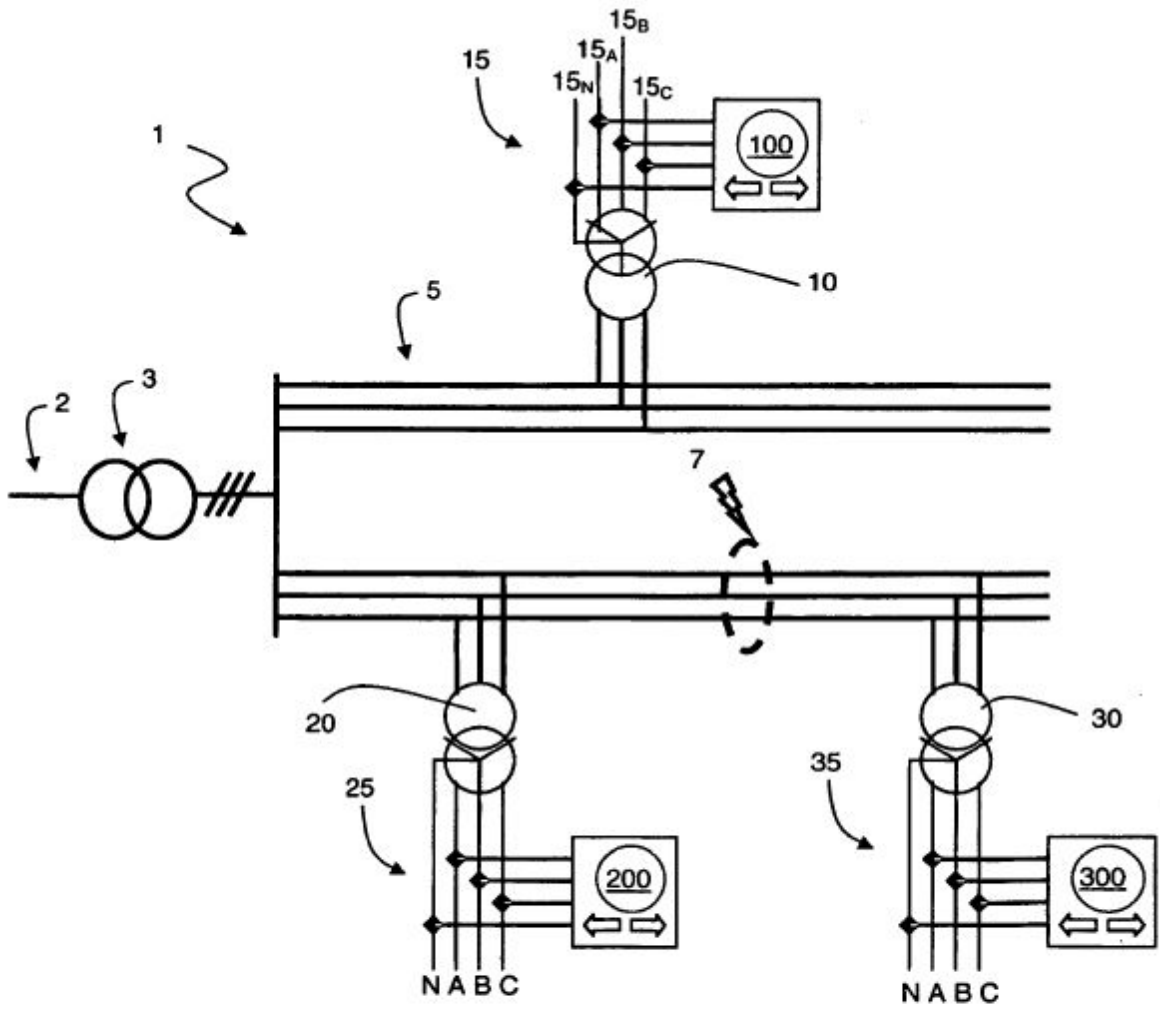


Fig. 1

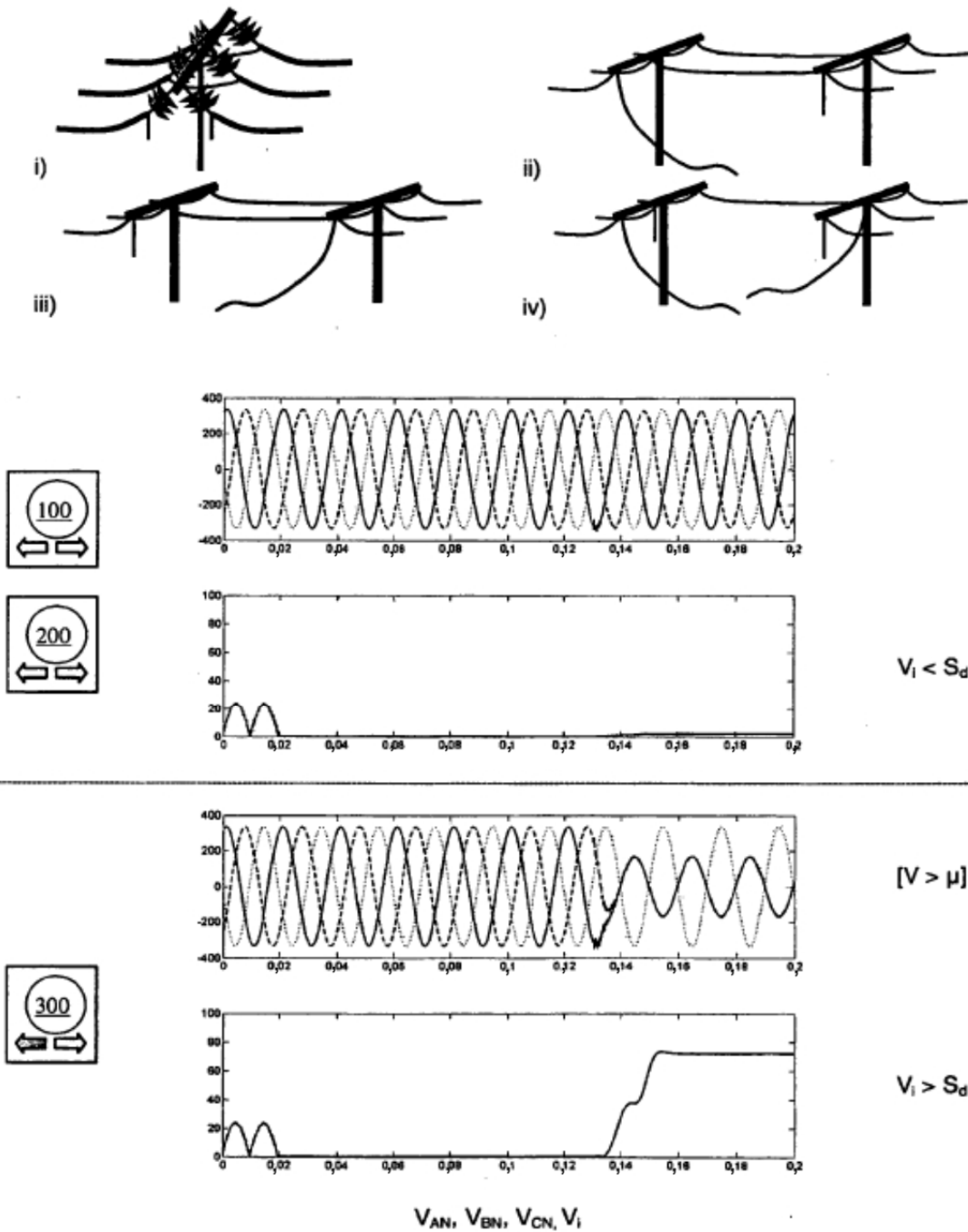
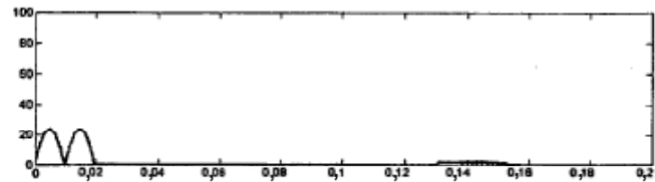
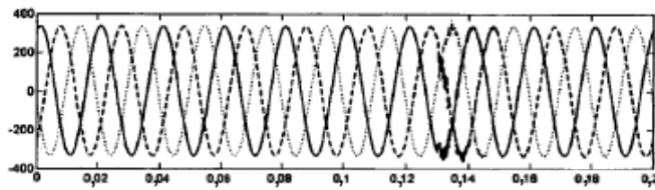
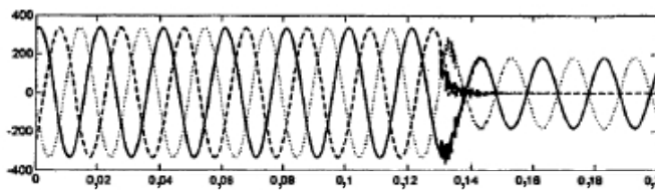


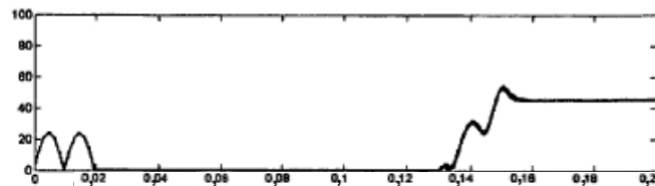
Fig. 2A



$V_i < S_d$



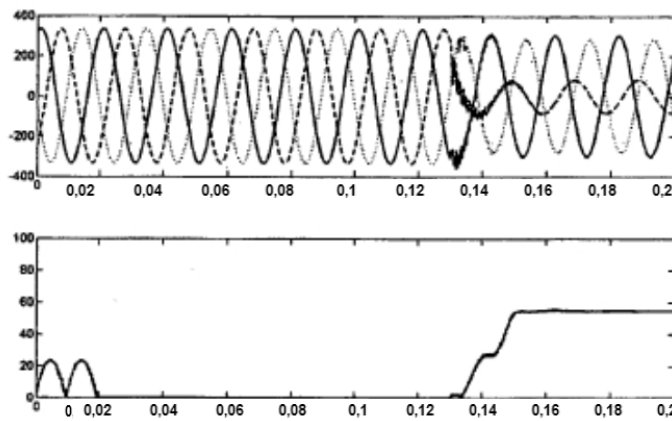
$[V > \mu] = 2$   
 $\text{Min}(V) < S_v$



$V_i > S_d$

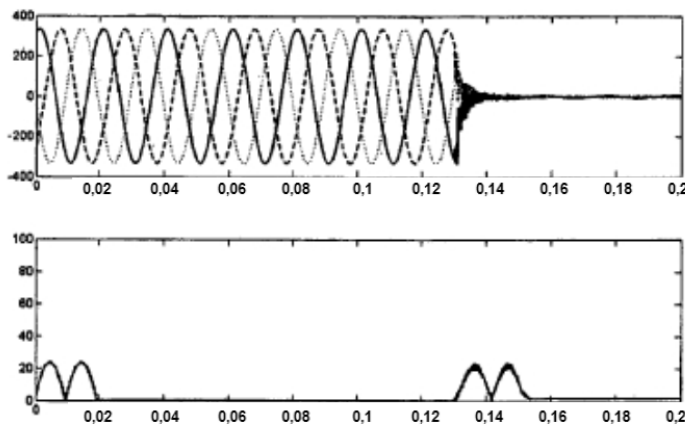
$V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}, I_i$

**Fig. 2B**



$[V > \mu] = 2$   
 $\text{Min}(V) > S_v$

$V_i > S_d$



$\text{Min}(V) < S_v$

$V_i < S_d$

$V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}, V_i$

**Fig. 2C**

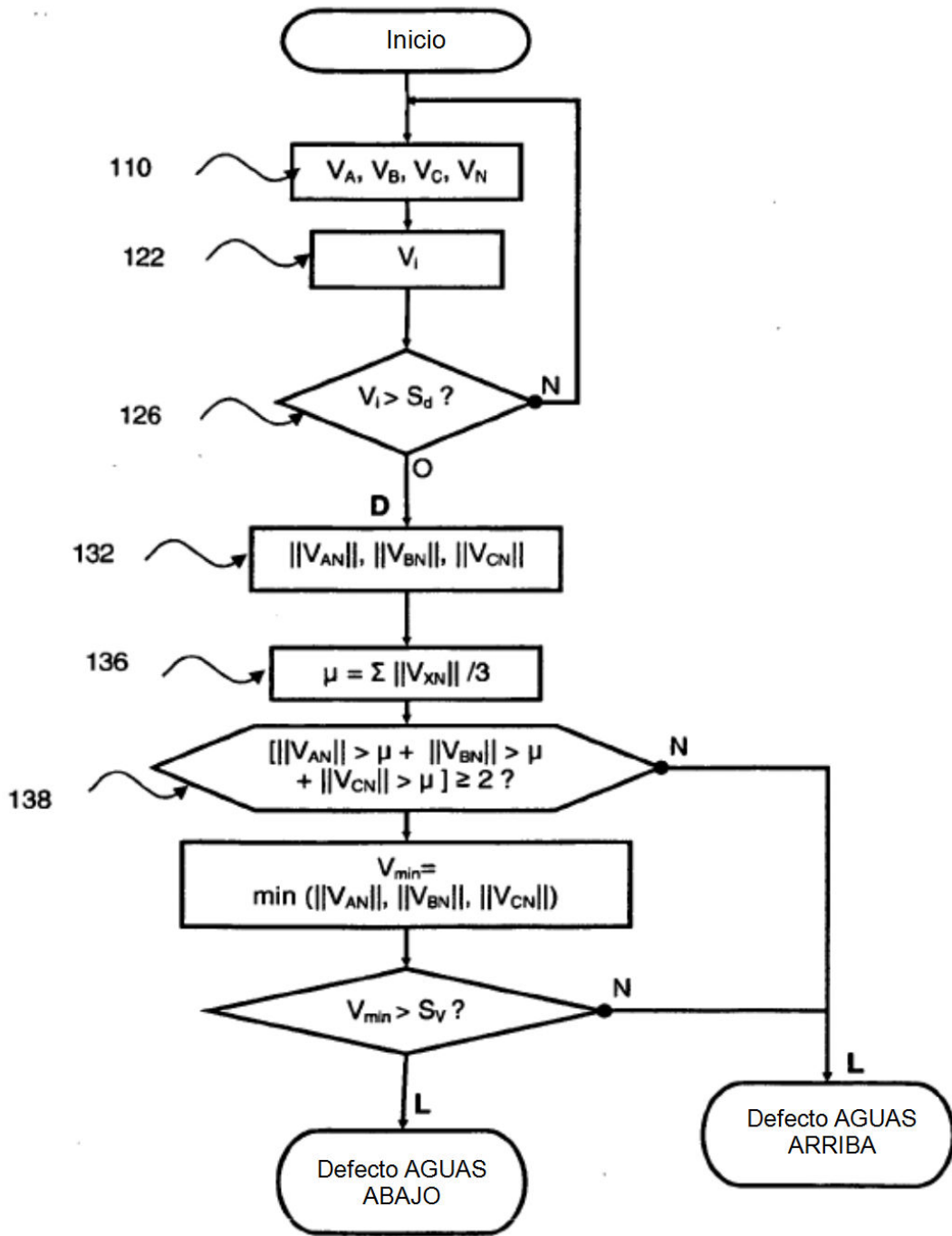


Fig.3

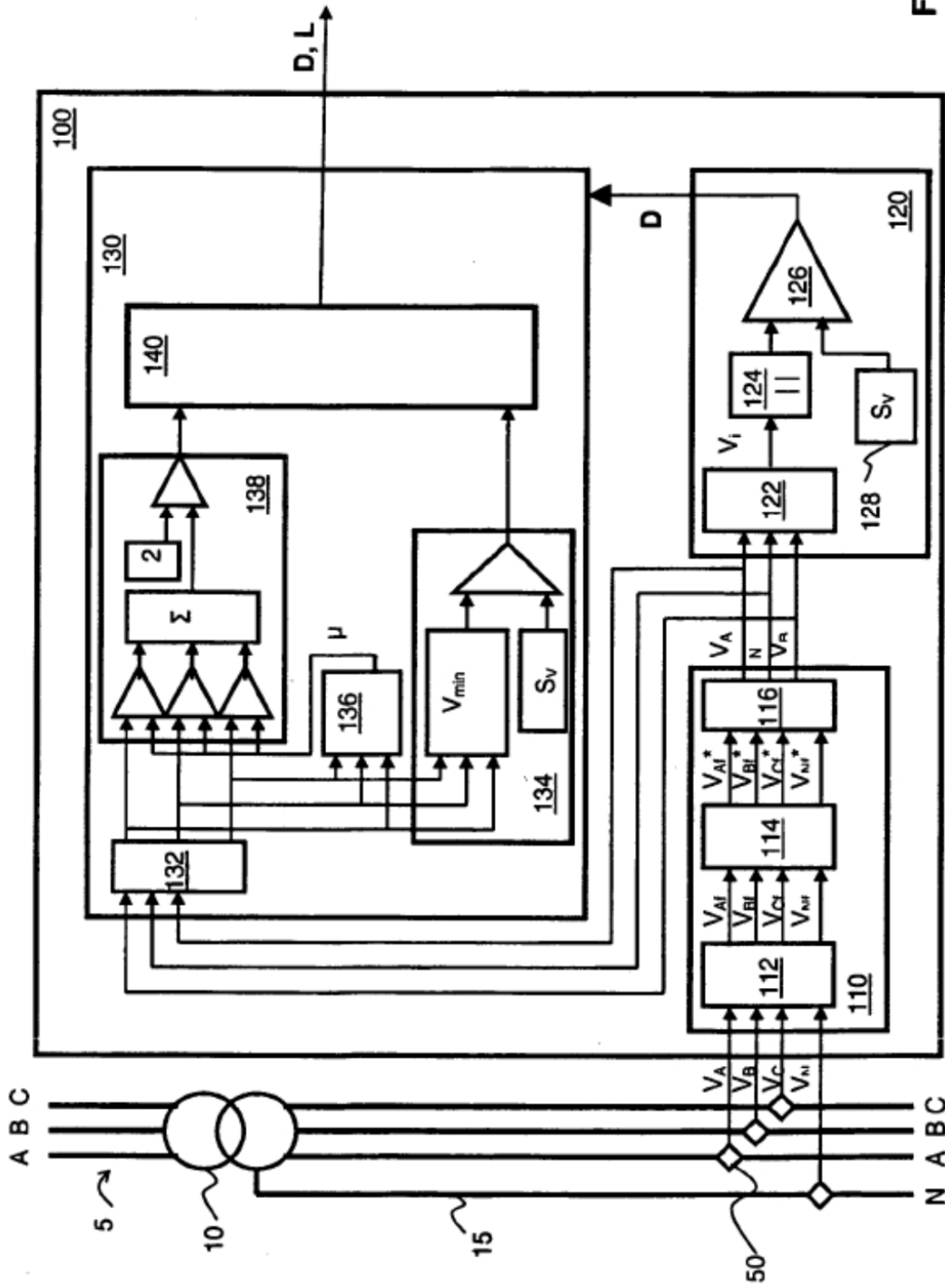


Fig.4