

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 294**

51 Int. Cl.:

H02H 3/347 (2006.01)

G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2011** **E 11354008 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018** **EP 2383856**

54 Título: **Identificación y detección direccional de un fallo en una red trifásica**

30 Prioridad:

30.04.2010 FR 1001847

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

17.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CUMUNEL, PASCAL y
VERNEAU, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 686 294 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

Identificación y detección direccional de un fallo en una red trifásica

Campo técnico

5 La invención se refiere a la identificación y a la detección direccional de un fallo entre dos fases de una red trifásica sin medida de tensión de la línea. En particular, la invención está relacionada con un procedimiento de detección de un fallo bifásico en una red que permite determinar además si el fallo está localizado corriente arriba o corriente abajo del punto de detección. El procedimiento según la invención se basa en las únicas señales representativas de las corrientes de cada fase de la red, cuyo tratamiento resulta en parámetros que permiten la localización direccional. El procedimiento de detección direccional del fallo bifásico puede acoplarse a otras etapas para identificar y localizar un fallo monofásico o trifásica.

10 En otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de detección apto para implementar el procedimiento anterior. En particular, el dispositivo de detección direccional de fallo comprende unos medios que permiten calcular parámetros a partir de las señales de corriente de cada fase, dando la interpretación de dichos parámetros la naturaleza y/o la localización relativa del fallo sin usar valores representativos de la tensión entre fases, ni valores representativos de las tensiones simples.

15 La invención se refiere por último a un dispositivo de señalización de fallo y a un relé de disparo que comprenden sensores de corriente asociados con cada fase de la red y que proporcionan al dispositivo de detección anterior las señales que permiten la señalización, por ejemplo mediante piloto, o el disparo de un dispositivo de corte de la red.

Estado de la técnica

20 Los dispositivos de detección de fallo en las redes trifásicas permiten disparar la protección de las cargas y/o ayudar a la localización de dichos fallos. Por ejemplo, la figura 1 representa un esquema de una red 1 de distribución eléctrica de media tensión que incluye un transformador 2 trifásico cuyo secundario está conectado a una línea principal 3 de distribución; el secundario incluye además un conductor común de neutro generalmente conectado a tierra por una impedancia. La línea principal 3 alimenta líneas de partida 4, 4', 4'', de las que algunas pueden incluir en cabecera un disyuntor u otro dispositivo de corte 5 que las proteja. Un dispositivo de detección de fallo de tipo cortocircuito 6 instalado en las líneas de partida 4', o tramos de línea 4, puede servir de indicador de paso de fallo, encendiendo por ejemplo un piloto luminoso 7; se puede asociar o integrar por otra parte un dispositivo 6₁ a un relé de protección 8 apto para controlar la apertura de los contactos del disyuntor 5.

30 Entre los conductores de línea 4 y la tierra pueden aparecer altos valores de capacidad 9, en el origen de la circulación de grandes corrientes homopolares I₀ en caso de fallo a tierra 10: para evitar una falsa detección de un dispositivo 6_{i+1} de detección de fallo a tierra generada por un fallo de una partida vecina por conexión capacitiva 9, unos dispositivos y procedimientos se han desarrollado para distinguir si un fallo a tierra 10 está localizado corriente abajo del dispositivo de detección 6_i, o corriente arriba del dispositivo 6_{i+1}. En particular, los documentos US 4 423 374, EP 1 475 874, EP 1 890 165, FR 2 936 319, FR 2 936 378 o WO 2006/136520 proponen soluciones que usan, entre otras, la medida de las corrientes por unos sensores adaptados 12. Varias fases pueden estar en fallo simultáneamente en la línea trifásica 3, 4, ya sea un fallo trifásico, un fallo bifásico a tierra o un fallo bifásico aislado. La identificación de la presencia de un fallo se basa en la detección de sobreintensidades en al menos una fase de la red 1, y ello en una duración mínima de fallo. Para precisar la naturaleza del fallo y/o su posición relativa, se debe realizar igualmente una medida de la tensión de cada fase, incluso de otros parámetros.

40 Resulta de este modo que los dispositivos de detección de fallo existentes no están optimizados para una amplia implementación por su complejidad, en concreto debida al número de sensores que hay que colocar cuando se quiere una localización direccional. Por otra parte, con los dispositivos de detección menos complejos y que solo comprenden sensores de intensidad 12, la distinción entre fallos bifásicos y monofásicos a tierra no está garantizada en ciertas aplicaciones, en concreto según el régimen de neutro.

Descripción de la invención

45 De entre otras ventajas, la invención contempla paliar inconvenientes de los dispositivos y procedimientos de detección direccional de fallo, en concreto bifásica, existentes. En particular, el principio implementado se basa en el análisis de la frecuencia de una señal representativa de la corriente de una línea trifásica para la identificación de la naturaleza del fallo y en el análisis de las amplitudes u otros valores normalizados de las corrientes de fase para la localización relativa del fallo, sin uso de las tensiones de red, y sin necesidad de un gran muestreo de las señales representativas de dichas corrientes (tradicionalmente, una frecuencia de muestreo inferior a 1 kHz, por ejemplo del orden de 600 Hz, es suficiente).

55 Más generalmente, la identificación de la naturaleza bifásica de un fallo se basa según la invención en el análisis frecuencial de la corriente suma de las alternancias de misma polaridad de cada fase. En concreto, en presencia de un fallo, cuando la relación entre los componentes continuo y de armónico dos de la corriente pseudohomopolar supera uno/cinco, el fallo se considera como bifásico, resultando dicha corriente pseudohomopolar de la suma

vectorial de las corrientes de fase rectificadas mono-alternancia. En caso de que la relación sea inferior a un 20 %, según un modo de realización preferente, es posible determinar si el fallo es monofásico o trifásico profundizando el análisis frecuencial anterior y comparando con la misma relación uno/cinco el componente continuo y el componente de frecuencia propia de la red. Ventajosamente, el análisis frecuencial anterior se completa con análisis de las amplitudes u otros valores normalizados de las corrientes de fase, para determinar la posición relativa del fallo con respecto al punto de medida de las corrientes de fase.

Bajo uno de sus aspectos, la invención está relacionada con un procedimiento de identificación y de detección direccional de fallo en una red trifásica, que comprende una primera etapa de detección del fallo, por ejemplo por verificación de la evolución de una señal representativa de la corriente, en concreto de la amplitud de la corriente que circula en cada fase.

Si la primera etapa detecta la presencia de un fallo en dicho tramo, se dispara la segunda etapa de identificación del fallo del procedimiento según la invención. La segunda etapa se basa en el análisis de un parámetro representativo de la corriente correspondiente a la suma de las alternancias de misma polaridad de las corrientes de fase. Una vez obtenido este parámetro, un análisis frecuencial permite comparar el componente de frecuencia doble de la red con el componente continuo con el fin de identificar la naturaleza bifásica del fallo; ventajosamente, la comparación con el componente continuo se realiza igualmente para el componente con frecuencia propia de la red para identificar los fallos monofásicos o trifásicos.

Se puede implementar una tercera etapa de localización relativa del fallo detectado; se basa en el tratamiento de las señales representativas de una norma de las corrientes de cada fase de dicho tramo, obteniéndose estas señales en una duración predeterminada suficiente, por ejemplo un número entero de semiperíodos de la red; cualquier norma de una corriente alterna conviene para la localización relativa según la invención pero, de manera preferente, se usan el valor eficaz de la corriente o su amplitud. Después de la adquisición de las señales representativas de la norma de las corrientes de fase, la tercera etapa del procedimiento se prosigue con un tratamiento de dichas señales para permitir interpretar si el fallo detectado en la primera etapa se sitúa corriente arriba o corriente abajo del punto de medida de las corrientes de fase. El tratamiento de las señales comprende según la invención el cálculo de la media de las señales representativas de las normas de las corrientes de fase, y la comparación de la media con cada una de las señales: si una única norma de las corrientes de fase después de la ocurrencia del fallo monofásico (respectivamente bifásico) es superior a la media de las normas calculadas para las tres fases, entonces el fallo se sitúa corriente abajo (respectivamente corriente arriba) de la detección.

Para precisar la naturaleza de un fallo bifásico, la tercera etapa puede prolongarse por una cuarta etapa, en la que se considera la evolución global de las corrientes de fase, y en concreto la norma representativa de las corrientes de cada fase se compara con el valor que tomaba antes del fallo. Según el número de fases que han visto su norma aumentar y en función de la localización relativa anteriormente definida, es posible distinguir un fallo bifásico a tierra de un fallo bifásico aislado. Paralelamente, la localización de un fallo trifásico puede realizarse por evaluación del componente continuo de la corriente homopolar o de la corriente correspondiente al primer parámetro.

Ventajosamente, se filtran las señales representativas de las corrientes de fases, en concreto de forma analógica, y/o muestreadas; según la invención, es posible usar una frecuencia de muestreo relativamente baja, en concreto inferior a 1 kHz, por ejemplo del orden de 500 Hz o 600 Hz.

Según un modo de realización preferente del procedimiento según la invención, dicho procedimiento de detección direccional está asociado con un accionamiento de un dispositivo de corte para aislar el tramo a partir del punto corriente abajo del que se ha detectado un fallo.

En otro aspecto, la invención está relacionada con un dispositivo de identificación de un fallo de una línea en una red trifásica, eventualmente acoplada con la detección direccional, adaptado para el procedimiento anterior. El dispositivo según la invención puede estar asociado con sensores como toroidales de detección que le proporcionan las señales representativas de dichas corrientes. El dispositivo de identificación y/o de detección direccional puede formar parte además de un indicador de paso de fallo, por ejemplo por activación de medios de alerta de tipo piloto si se detecta un fallo corriente abajo en los sensores; otra señal, por ejemplo un color diferente, puede indicar por otra parte igualmente un fallo corriente arriba. En un modo de realización particularmente preferente, el dispositivo de detección direccional según la invención está asociado con un relé de protección de la línea, provocando los medios de alerta el accionamiento de un dispositivo de corte de la línea que permite aislar el tramo en el que se ha detectado un fallo.

En particular, el dispositivo de identificación según la invención comprende unos primeros medios para proporcionar un primer parámetro representativo de la corriente de cada fase de la línea que hay que vigilar, es decir la suma de las alternancias de misma polaridad de la corriente, o corriente "pseudohomopolar". Para la detección direccional, los primeros medios están adaptados para proporcionar igualmente un segundo parámetro representativo de una norma de la corriente de cada fase de la línea que hay que vigilar. Ventajosamente, los primeros medios están asociados a unos medios de filtrado de dichas señales, por ejemplo un filtro analógico; preferentemente, los primeros medios comprenden unos medios de muestreo para obtener un cierto número de valores discretos, por ejemplo con frecuencia 500 Hz o 600 Hz.

5 El dispositivo según la invención comprende unos segundos medios de tratamiento de las señales representativas obtenidas asociados con unos medios de activación de dichos medios de tratamiento, disparándose los medios de activación por la detección de la ocurrencia de un fallo. Preferentemente, la detección de la ocurrencia de un fallo que acciona los medios de activación se realiza por el dispositivo según la invención que comprende unos medios adaptados, en concreto unos medios para comparar las señales representativas de las corrientes de fase de la línea a uno o unos valores de referencia.

10 Los segundos medios de tratamiento de las señales del dispositivo según la invención comprenden unos medios para determinar la corriente pseudohomopolar procedente de los primeros parámetros, o para hacer un análisis frecuencial de ello, en particular comparando los componentes de armónico dos y uno con el componente continuo. Ventajosamente, los segundos medios del dispositivo según la invención comprenden además unos medios para calcular la media aritmética de las señales representativas de las normas de cada una de las fases. Preferentemente, los medios de cálculo están asociados con unos medios de temporización que permiten la adquisición de las señales durante una duración correspondiente a un número entero de semiperíodos de la red. Unos medios pueden preverse para comparar las señales representativas de las normas de cada una de las fases con su valor antes de fallo.

15 Los medios de tratamiento de las señales están acoplados en salida a unos medios de interpretación que permiten identificar la naturaleza del fallo y determinar de ello la posición relativa con respecto al punto de obtención de dichas señales. Los medios de interpretación comprenden comparadores entre los armónicos determinados, entre la media calculada y cada una de las señales que han servido para calcular dicha media.

20 En concreto, el dispositivo de identificación de un fallo en una red trifásica según la invención incluye: unos primeros medios para proporcionar unos parámetros representativos de las corrientes de cada una de las fases que comprenden unos medios de recepción de señales representativas de las corrientes de cada una de las fases, unos medios de rectificación monoalternancia de dichas señales que proporcionan unos primeros parámetros; unos segundos medios de tratamiento de los parámetros representativos que comprenden unos medios de cálculo de la corriente que resulta de la suma de los primeros parámetros y unos medios de análisis frecuencial de dicho resultado que comprenden una comparación de sus componentes de armónico cero y de armónico dos con respectivo a la frecuencia propia de la red; unos medios de activación de dichos segundos medios de tratamiento en función de una señal de detección de la ocurrencia de un fallo en la red; unos medios de interpretación de los resultados del tratamiento por los segundos medios de los primeros parámetros para determinar si el fallo es bifásico. Los medios de análisis frecuencial de los segundos medios pueden comprender además una comparación de los componentes de armónico cero y de armónico uno del resultado procedente de la suma de los primeros parámetros y los medios de interpretación de los resultados del tratamiento de los primeros parámetros pueden ser aptos entonces para determinar si el fallo es monofásico.

35 El dispositivo anterior puede estar adaptado para la detección direccional del fallo con los primeros medios que comprenden además unos medios de cálculo de una norma de las señales representativas de las corrientes de cada fase que proporcionan unos segundos parámetros, y comprendiendo los segundos medios además unos medios de cálculo de la media de las normas en una duración predeterminada y unos medios de comparación de cada una de las normas con dicha media calculada, estando entonces los medios de interpretación adaptados para tratar el resultado del tratamiento por los segundos medios de los segundos parámetros para determinar si el fallo está corriente arriba o corriente abajo del dispositivo. Cuando los medios de análisis frecuencial de los segundos medios comprenden además una comparación del armónico cero del resultado procedente de la suma de los primeros parámetros a un umbral, los medios de interpretación de los resultados del tratamiento por los segundos medios de los primeros parámetros pueden ser aptos para identificar un fallo trifásico y para localizarlo corriente arriba o corriente abajo del dispositivo.

45 El dispositivo de identificación puede comprender además unos medios de detección de la ocurrencia de un fallo de tipo cortocircuito en la red conectados a los medios de activación de los medios de tratamiento de las señales. En particular, sus segundos medios pueden comprender unos medios de almacenamiento de un valor de los segundos parámetros y dichos medios de detección comprender unos medios para comparar cada uno de los segundos parámetros con el valor almacenado.

50 De este modo, el procedimiento de identificación de un fallo bifásico según la invención comprende las etapas sucesivas de: disparo a continuación de la obtención de una señal indicadora de la presencia de dicho fallo; obtención de señales representativas de cada una de las corrientes de fase en una duración de al menos un semiperíodo de la red; rectificación monoalternancia de las señales representativas de las corrientes de fase; suma vectorial de las señales rectificadas; análisis frecuencial de la suma vectorial de las señales rectificadas; comparación de la señal de armónico 2 con la señal de armónico 0 del análisis frecuencial. Se puede prever una comparación de la señal de armónico 1 con la señal de armónico del análisis frecuencial. Para estar adaptado para la localización relativa del fallo, el procedimiento comprende además la determinación de una norma representativa de la corriente de cada fase; el cálculo de la media aritmética de las normas de cada una de las corrientes de fase en una duración predeterminada; la interpretación de los resultados del tratamiento de las señales, para indicar si el fallo detectado se sitúa corriente abajo o corriente arriba del sitio en el que se han obtenido las señales representativas de las normas de las corrientes de fase, por una comparación entre dicha media y dichas señales

representativas de la norma de cada una de las corrientes de fase.

Breve descripción de las figuras

Otras ventajas y características se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción que sigue de modos particulares de realización de la invención, dados a título ilustrativo y en ningún caso limitativos, representados en las figuras adjuntas.

La figura 1, ya descrita, representa una red eléctrica provista de dispositivos de detección de fallo de tipo cortocircuito.

La figura 2 muestra las diferentes señales usadas en un procedimiento de detección según la invención, para un fallo bifásico aislado corriente abajo de un dispositivo de detección.

La figura 3 muestra de manera esquemática y filtrada unas señales representativas de las corrientes de fase y de la corriente pseudohomopolar durante la aparición de un fallo bifásico a tierra, respectivamente corriente abajo y corriente arriba del dispositivo de detección.

Las figuras 4A y 4B ilustran el procedimiento de detección de la invención y uno de sus modos de realización preferentes.

La figura 5 representa un esquema de bloque de un dispositivo de detección direccional de fallo según un modo de realización preferente de la invención.

Descripción detallada de un modo de realización preferente

El dispositivo 15 de detección direccional de fallo 10 según la invención puede usarse en cualquier red trifásica 1, tal como la que se describe en la figura 1, en lugar de los dispositivos 6 existentes; en particular, aunque la descripción se refiere a una red 1 de frecuencia propia $F = 50$ Hz, el dispositivo y el procedimiento según la invención se adaptan de manera inmediata a las otras frecuencias. La descripción se hará a continuación para una red 1 equilibrada, es decir que a falta de fallo, la corriente homopolar I_0 (o "zero sequence current" según la terminología anglosajona) es nula, pero esto no es limitativo.

Tal como se ilustra en la figura 2, unos medios 20 proporcionan una o unas señales representativas de la corriente que circula en cada uno de los tres conductores de fase 4_A , 4_B , 4_C de la línea 4; ventajosamente, los medios de medida de la corriente 20 forman parte del dispositivo 15 según la invención colocado en dicha línea 4, y están acoplados con dispositivos de medida directamente localizados en la línea 4, en concreto toroidales de detección 12_A , 12_B , 12_C . Durante la aparición de un fallo 10 en la red trifásica 1, la corriente de al menos una fase está alterada, en concreto corriente arriba del fallo 10, del mismo modo que la corriente homopolar I_0 . Además, tal como se esquematiza, se modifica igualmente la corriente I_{op} que resulta de la suma de las alternancias de misma polaridad de cada fase I_{Ap} , I_{Bp} , I_{Cp} ; esta corriente, llamada a continuación "corriente pseudohomopolar" presenta unas características adicionales generadas por una ausencia de alisado de los componentes de alta frecuencia. De este modo, en el caso de un fallo bifásico aislado 10 localizado corriente abajo de un dispositivo 12 de detección de las corrientes de fase I_x , se observa la alteración de la corriente de las dos fases B y C en fallo, mientras que la corriente de la tercera fase I_A permanece sustancialmente constante. Si la corriente homopolar que resulta I_0 presenta una discontinuidad, la corriente pseudohomopolar I_{op} muestra además unos componentes frecuenciales distintos, en concreto a una frecuencia f doble de la frecuencia propia F de la red 1.

Independientemente de que el fallo bifásico esté aislado o a tierra, localizado corriente arriba o corriente abajo de un detector de corriente 12, el componente $I_{op\ 100}$ a 100 Hz de la corriente pseudohomopolar I_{op} después de fallo es superior a un 20 % del componente continuo $I_{op\ DC}$, lo que no es el caso durante un fallo monofásico. Según la invención, esta señal I_{op} representativa de la corriente que circula en la línea 4 se usa por tanto para identificar la naturaleza N de un fallo 10.

Como una variación de carga Z produce igualmente un componente a 100 Hz que puede superar un 50 % del componente continuo, para eliminar definitivamente un simple enclavamiento/disparo de carga Z, es preferible verificar además el componente de armónico uno de la línea 4 después de fallo: de hecho, ningún componente a la frecuencia propia F de la red 1 se genera para una variación de carga Z, mientras que un fallo mono- o bifásico lo altera igualmente, con este componente I_{op50} superando en concreto un 5 % del componente continuo $I_{op\ DC}$. Otra opción sería verificar que las tres corrientes de fase I_A , I_B , I_C varían en el mismo sentido, signo de que una variación de carga Z genera la discontinuidad, mientras que si dos de las corrientes varían en un sentido y la tercera en el otro, un fallo bifásico 10 ha sobrevenido.

De este modo, según la invención, una vez que un fallo 10 se detecta D en la red 1, para identificar la naturaleza N bifásica del fallo 10, se mide la corriente I_x de cada fase, rectificadas en mono-alternancia I_{xp} , luego se suma I_{op} ; se analiza el espectro armónico de dicha suma I_{op} después de fallo, y se considera el componente $I_{op\ 2F}$ a 100 Hz. Si este componente es superior a un 20 % del componente continuo $I_{op\ DC}$, y si existe un componente $I_{op\ F}$ a 50 Hz, entonces hay un fallo bifásico. La detección inicial D de un fallo puede realizarse por cualquier medio existente, por

ejemplo tal como se describe en relación con el documento FR 2 936 319.

Además, al centrarse en las mismas señales representativas de las corrientes de fase I_x , es posible distinguir si dicho fallo bifásico 10 está localizado corriente abajo o corriente arriba del detector $20_i, 20_{i+1}$. De hecho, del mismo modo que para el fallo a tierra monofásico (véase FR 2 936 378), según su localización relativa, la variación diferencial de la amplitud de la corriente $\|I_x\|$ no sigue el mismo perfil. En particular, cuando el fallo 10 está corriente abajo del detector 20_i , resulta que se aumentan altamente las corrientes de las dos fases I_B, I_C en fallo, de manera análoga entre sí, mientras que la corriente de la tercera fase $\|I_A\|$ está poco alterada; al contrario, para el mismo fallo, los medios de detección corriente abajo 20_{i+1} dan una corriente de la fase no alterada A que varía ligeramente y una amplitud que permanece sustancialmente constante (ligeramente disminuida) para las dos fases B, C en fallo: véase figura 3 para un fallo 10 bifásico a tierra. Una comparación de la amplitud $\|I_x\|$ de la corriente de cada fase con la media μ de la amplitud de las tres corrientes de fase I_x permite distinguir de este modo un fallo bifásico corriente arriba de un fallo bifásico corriente abajo.

Según la invención, se calcula por tanto la media μ de las señales representativas de las amplitudes de las corrientes de cada fase $\|I_x\|$ después su posición con respecto a sus diferentes componentes se determina para localizar el fallo 10 con respecto a los sensores 12 y a los medios 20 que proporcionan señales representativas de las corrientes I_x de la línea 4, preferentemente filtradas. Ventajosamente, las señales se analizan en una duración suficiente T_{adq} , con en concreto una adquisición de las señales superior a un semiperíodo de la red 1, por ejemplo un período $1/F$ o cualquier número entero de semiperíodos. La localización como tal depende del número de veces en el que la media μ es superior a los elementos usados para calcularla: si la media de las amplitudes es una sola vez superior a las amplitudes, el fallo bifásico está corriente abajo.

Tal como se ilustra igualmente en la figura 4A, al estudiar la variación global de las amplitudes antes y después de la sobrevenida del fallo 10, una distinción entre un fallo bifásico a tierra o un fallo bifásico aislado es igualmente posible: corriente arriba de un fallo bifásico a tierra, las corrientes I_x de las tres fases aumentan en amplitud, mientras que solo dos están asignadas para un fallo aislado; corriente abajo de un fallo bifásico a tierra, una corriente aumenta en amplitud, mientras que para un fallo bifásico aislado, no hay aumento de amplitud. Es posible por otra parte combinar este procedimiento de identificación y de localización relativa de los fallos bifásicos con la identificación y/o la localización de un fallo monofásico: cuando el componente 100 Hz está ausente, si un componente a 50 Hz está presente, entonces se identifica un fallo monofásico. Al usar el método anterior de comparación de las amplitudes $\|I_x\|$ de corriente, tal como se describe igualmente en el documento FR 2 936 378, es posible distinguir si el fallo 10 está corriente arriba o corriente abajo del dispositivo de medida de la corriente 12, 20: se calcula la media μ de las señales representativas de las amplitudes de las corrientes de cada fase $\|I_x\|$ después se determina su posición con respecto a sus diferentes componentes; la localización L depende del número de veces en el que la media μ es superior a los elementos usados para calcularla (si la media de las amplitudes es una sola vez superior a las amplitudes, el fallo está corriente arriba).

A falta de componente a 100 Hz y a 50 Hz, si un fallo 10 se ha detectado anteriormente D, el fallo es trifásico, y es posible localizarlo: cuando ningún componente continuo $I_{op,DC}$ está presente en las corrientes detectadas I_x , o bien la línea 1 no está alimentada, o bien un fallo trifásico ha sobrevenido corriente arriba; cuando solo existe un componente continuo (con la excepción de un componente a 100 Hz y de un componente a 50 Hz) entonces un fallo trifásico ha sobrevenido corriente abajo de los medios de detección de la corriente 20.

Un análisis de las corrientes de fase I_x después de fallo 10, de su amplitud $\|I_x\|$ y de la suma vectorial de su alternancia de misma polaridad I_{op} permite de este modo identificar N y localizar L un fallo 10. Por otra parte, si unos medios de almacenamiento de los valores representativos de la amplitud de las corrientes de fase I_x están previstos y es posible comparar los valores antes y después de fallo, se puede identificar la naturaleza N' de un fallo bifásico. Puede ser, en este caso, deseable usar los medios de almacenamiento para proceder a la detección inicial de la presencia D de un fallo 10 en lugar de la comparación de la corriente homopolar I_0 con un umbral, cuyo valor puede depender no solo de la red, sino también de su estado de carga o de la naturaleza resistiva de dicho fallo: en cada muestreo de las señales representativas I_x , por ejemplo a la frecuencia propia F de la red 1, una comparación de las amplitudes $\|I_x\|_t$ de las corrientes de fase con una referencia $\|I_x\|_{ref}$ puede llevar del mismo modo al disparo del proceso de identificación y de localización; el valor de referencia $\|I_x\|_{ref}$ puede fijarse o actualizarse en cada cálculo de la norma, para una comparación entre la señal en un instante t y en un instante t + 1.

Con el fin de limitar los cálculos y optimizar los tiempos de tratamiento de los datos, se pueden efectuar etapas intermedias y/o se pueden realizar las etapas anteriores en un orden diferente. Un modo preferente de realización del procedimiento según la invención está esquematizado en figura 4B, en el que las corrientes I_x de cada fase se miden a intervalos regulares, por ejemplo cada 1,5 ms; preferentemente, las señales representativas de las corrientes de fases se filtran I_{Af}, I_{Bf}, I_{Cf} , adquiridas en una duración de adquisición T_{adq} y muestreadas; según la invención, de cinco a diez valores de amplitudes en una duración del orden de un semiperíodo o de un período de red 1 es suficiente - una frecuencia de muestreo del orden de 500 a 1000 Hz para una corriente trifásica a 50 Hz está adaptada por ejemplo para el procedimiento según la invención. La norma de dichas señales muestreadas filtradas $\|I_{Af}^*\|, \|I_{Bf}^*\|, \|I_{Cf}^*\|$ se determina a continuación mediante las fórmulas apropiadas para la norma elegida.

Los valores $\|I_{xf}^*\|$ obtenidos de este modo comparados con una norma de referencia $\|I_x\|_{ref}$ que puede ser fija, o

característica de un período anterior de adquisición en una red sin fallo: si se detecta una diferencia significativa para una de las fases X, por ejemplo una diferencia superior a un 5 o un 6 %, un fallo 10 se considera como detectado D, y se dispara el procedimiento de identificación y de localización como tal. El último valor $\|I_A\|_0$, $\|I_B\|_0$, $\|I_C\|_0$ de las normas antes de fallo ($t < t_0$) se memoriza.

5 Después de la identificación del fallo, las señales representativas de corrientes de fase I_X se adquieren en una duración de adquisición T_{add} y la corriente pseudohomopolar I_{op} calculada. La componente continua de la corriente $I_{op DC}$ se compara con un umbral: en su ausencia, el fallo se refiere a un fallo trifásico corriente arriba o una línea no alimentada. Los componentes $I_{op 50}$ y $I_{op 100}$ a 50 Hz y 100 Hz de la corriente pseudohomopolar I_{op} se comparan igualmente con un umbral bajo, por ejemplo un 5 % del componente continuo $I_{op DC}$, con el fin de identificar una
10 variación de carga Z.

En los otros casos, se efectúa una determinación de las amplitudes de corrientes de fase $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$ filtradas muestreadas después de fallo en la duración de adquisición, se calcula su media aritmética μ . Asimismo, los componentes a 50 Hz y a 100 Hz del pseudohomopolar $I_{op 50}$, $I_{op 100}$ se comparan con unos umbrales más elevados, en concreto a un 20 % del componente continuo $I_{op DC}$, con el fin de identificar la naturaleza monofásica o bifásica del
15 fallo detectado 10; la comparación puede ser simultánea o sucesiva, empezando entonces con el componente a 100 Hz. La media aritmética μ se compara a continuación con cada una de las normas $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$ tomadas individualmente, para localizar relativamente el fallo corriente arriba o corriente abajo del punto de obtención de la señal representativa de las corrientes de fase I_A , I_B , I_C . Una etapa adicional de comparación de las normas después de fallo $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$ con respecto a las normas antes de fallo $\|I_A\|_0$, $\|I_B\|_0$, $\|I_C\|_0$ puede
20 realizarse para los fallos bifásicos corriente arriba, con el fin de precisar la naturaleza N' de dicho fallo bifásico 10.

El procedimiento según la invención puede colocarse en un relé de protección 8, en un indicador de fallo con sistema de alerta 7, mediante la implementación en un dispositivo de detección direccional de fallo 15 adaptado. Un dispositivo 15 según un modo de realización preferente de la invención está esquematizado en la figura 5, estando dicho dispositivo asociado con unos sensores 12, por ejemplo toroidales de detección, y que comprenden
25 preferentemente los medios 20 de obtención de las señales representativas de corriente de fase I_X proporcionadas por los sensores 12.

Los medios de obtención 20 comprenden ventajosamente unos medios de filtrado 22 como un filtro analógico. En el modo de realización preferente, las señales filtradas I_{Af} , I_{Bf} , I_{Cf} están condicionadas además en un módulo de muestreo 24, que funciona en concreto a menos de 1 kHz, proporcionando de este modo señales muestreadas
30 filtradas I_{Af}^* , I_{Bf}^* , I_{Cf}^* a unos medios de cálculo 26 de su norma, amplitud, valor eficaz u otro $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$; asimismo, los medios de obtención comprenden unos medios de rectificación monoalternancia 28 que permiten proporcionar una señal de fase I_{xp} para el cálculo de la corriente pseudohomopolar I_{op} . Los parámetros I_{xp} y $\|I_{xf}^*\|$ se tratan a continuación en el seno de un módulo de tratamiento 30.

El módulo de tratamiento 30 se activa en función de la detección de un fallo 10. Para este fin, el módulo de
35 tratamiento 30 está conectado a cualquier dispositivo de detección de fallo 32; en particular, el dispositivo de detección de fallo 32 comprende unos medios para comparar la norma $\|I_{xf}^*\|$ calculada por el módulo adaptado 26 del módulo de detección 20 con una referencia $\|I_X\|_{ref}$. si una diferencia en una de las fases supera un umbral, entonces se detecta un fallo D y se activa el módulo de tratamiento 30.

Ventajosamente, un valor de las normas de las corrientes de fase está almacenado en una memoria 34 mientras la
40 activación D no tiene lugar; este valor memorizado puede usarse entonces como valor de referencia en los medios de activación 32. Por ejemplo, en cada muestreo, se memoriza el resultado $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$, desencadenando paralelamente la activación del módulo de tratamiento 30 la desactivación de la memoria 34, de modo que se conserve el último valor de las normas $\|I_A\|_0$, $\|I_B\|_0$, $\|I_C\|_0$ representativo de la corriente justo antes de fallo 10.

El módulo de tratamiento 30 comprende de este modo una entrada relativa a la señal D procedente del dispositivo
45 de detección de fallo 32; asimismo, tres entradas relativas a los medios de cálculo de la norma de la corriente 26 están conectadas a un dispositivo de cálculo 36 de media aritmética μ de los tres datos introducidos $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$; un dispositivo de comparación 38 con cuatro entradas, estos tres valores y la media calculada, está conectado a continuación a unos medios de interpretación 40. Los medios de comparación 38 comparan cada uno de los valores de norma $\|I_{xf}^*\|$ con su media μ y dan ventajosamente una señal binaria según el sentido de la
50 comparación a los medios de interpretación 40.

Estas tres entradas, asociadas con los valores $\|I_X\|_0$ almacenados en memoria 34, están conectadas igualmente a un módulo 42 de comparación relativa de las amplitudes que está conectado a los mismos medios de interpretación
40; los medios de comparación 42 comparan cada uno de los valores de norma $\|I_{xf}^*\|$ con su valor almacenado $\|I_X\|_0$ y dan una señal en función del número de aumentos relativos a los medios de interpretación 40. Como alternativa, cuatro señales binarias pueden proporcionarse en función de la comparación del número de aumentos a uno y tres.

Por otra parte, el módulo de tratamiento 30 comprende tres entradas para los datos procedentes del módulo 28 de rectificación monoalternancia conectadas a un dispositivo 44 de cálculo de la corriente pseudohomopolar, cuya

5 salida está conectada a unos medios de determinación 46 de los coeficientes de Fourier de rango 0, 1 y 2; los coeficientes están introducidos en unos medios de comparación 48 que proporcionan dos salidas relativas al valor de las relaciones de los coeficientes de Fourier de los niveles 2 y 1 con el coeficiente de Fourier de nivel 0, o cuatro salidas binarias función de la comparación de estas relaciones con dos umbrales, por ejemplo un 5 % y un 20 %. Los resultados se transmiten ellos también al módulo de interpretación 40.

10 El módulo de interpretación 40 da entonces un resultado que precisa la realidad D del fallo, su naturaleza N (incluso N') y su localización relativa L con respecto a los sensores 12. Los medios 36 de cálculo de la media μ , del mismo modo que los medios de determinación de las normas 26, están asociados con unos medios de temporización con el fin de asegurarse de que las señales representativas de las normas de las corrientes de fase $\|I_{Af}^*\|$, $\|I_{Bf}^*\|$, $\|I_{Cf}^*\|$ se han adquirido en una duración suficiente T_{adq} , por ejemplo un semiperíodo o un período de la red 1, incluso más.

El dispositivo de la figura 5 puede estar asociado ventajosamente con un relé de protección 8 para redes eléctricas, o a un indicador de paso de fallo para líneas 4 de meda tensión subterráneas conectadas en red 1, disparando la salida del módulo de interpretación 40 el corte de un disyuntor 5, el encendido de un piloto 7 o cualquier otro medio de seguridad y/o de alerta.

15 De este modo, según la invención, un procedimiento y un dispositivo 15 de identificación y de detección direccional de un fallo 10 de una línea de una red trifásica 1 se han realizado sin medida de tensión, lo que alivia tanto los dispositivos como su implementación: por análisis simultáneo de las amplitudes de las corrientes de fase inmediatamente después del fallo, de las variaciones fase a fase de las amplitudes de corriente, y de los componentes armónicos de la corriente pseudohomopolar, es posible asegurar la detección, la discriminación y la orientación del fallo.

20 Aunque la invención se haya descrito con referencia a una red 1 de distribución trifásica 50 Hz en la que el neutro se pone a tierra por impedancia compensada, no se limita a ello.

25 Otros regímenes de neutro pueden estar concernidos por la invención, y otras frecuencias propias F; por otra parte, aunque se haya presentado con la amplitud de la corriente, el procedimiento según la invención puede aplicarse igualmente con cualquier norma representativa de la variación de la señal representativa de la corriente de fase. En concreto, la amplitud puede sustituirse por el valor eficaz ("*Root Mean Square Value*" según la terminología anglosajona), o por la norma euclidiana (es decir la norma 2), o incluso por la norma 1 (igualmente conocida con el nombre de "*Taxicab norm*" o "*Manhattan norm*"), incluso la norma infinita (o norma sup).

30 Los diferentes circuitos, módulos y funciones presentados en el marco del modo de realización preferente de la invención pueden realizarse en componentes analógicos, digitales o bajo una forma programable que opera con microcontroladores o microprocesadores, y las señales representativas descritas pueden tener formas de señales eléctricas o electrónicas, de valores de datos o de información en memorias o en registros, de señales ópticas visualizables en concreto en pilotos o pantallas, o de señales mecánicas que actúan con actuadores. Asimismo, los sensores de corriente pueden ser diferentes de los transformadores descritos, como sensores con efecto Hall o magnetorresistencias. Además, los diferentes módulos presentados pueden organizarse de manera diferente: los medios de cálculo de la norma 26 pueden ser por ejemplo exteriores al módulo 20 de obtención de señales representativas de la corriente, del mismo modo que el módulo de determinación 28 de las corrientes de fase rectificadas monoalternancia I_{xp} .

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (15) de análisis usado en una red trifásica (1) que tiene una frecuencia propia (F) que incluye:

- unos primeros medios (20) para proporcionar unos parámetros representativos de las corrientes (I_x) de cada una de las fases que comprenden unos medios de recepción (22) de señales representativas de las corrientes de cada una de las fases, unos medios de rectificación monoalternancia (28) de dichas señales que proporcionan unos primeros parámetros (I_{xp});
- unos segundos medios de tratamiento (30) de los parámetros representativos que comprenden unos medios de cálculo (44) de la corriente que resulta de la suma (I_{op}) de los primeros parámetros (I_{xp}) y unos medios de análisis frecuencial (46, 48) de dicho resultado (I_{op});

caracterizado porque:

- los medios de análisis frecuencial (46, 48) de los segundos medios de tratamiento (30) comprenden una comparación de los componentes de armónico cero ($I_{op\ DC}$) y de armónico dos ($I_{op\ 2F}$) del resultado (I_{op}) de los medios de cálculo (44) con respecto a la frecuencia propia (F) de la red (1); y
- dicho dispositivo de análisis (15) está adaptado para la identificación de un fallo (10) en una red trifásica (1), y comprende además:
 - unos medios de activación (32) de dichos segundos medios de tratamiento (30) en función de una señal (D) de detección de la ocurrencia de un fallo (10) en la red (1);
 - unos medios (40) de interpretación de los resultados del tratamiento por los segundos medios (30) de los primeros parámetros (I_{xp}) para determinar si el fallo (10) es bifásico.

2. Dispositivo (15) de identificación según la reivindicación 1 en el que los medios de análisis frecuencial (46, 48) de los segundos medios (30) comprenden además una comparación de los componentes de armónico cero ($I_{op\ DC}$) y de armónico uno ($I_{op\ F}$) con respecto a la frecuencia propia (F) de la red (1) del resultado (I_{op}) procedente de la suma de los primeros parámetros (I_{xp}), y en el que los medios de interpretación (40) de los resultados del tratamiento de los primeros parámetros (I_{xp}) son aptos para determinar si el fallo (10) es monofásico.

3. Dispositivo (15) de identificación y de detección direccional de un fallo (10) en una red trifásica (1) que tiene una frecuencia propia (F) que comprende un dispositivo de identificación según una de las reivindicaciones 1 o 2 en el que:

- los primeros medios (20) comprenden además unos medios de cálculo (26) de una norma de las señales representativas de las corrientes de cada fase (I_x) que proporcionan unos segundos parámetros ($\|I_x\|$);
- los segundos medios (30) comprenden además unos medios de cálculo (36) de la media (μ) de los segundos parámetros ($\|I_x\|$) en una duración predeterminada (T_{adq}) y unos medios de comparación (38) de cada una de las normas ($\|I_x\|$) con dicha media calculada (μ);
- los medios (40) de interpretación están adaptados para tratar el resultado del tratamiento por los segundos medios (30) de los segundos parámetros ($\|I_x\|$) para determinar si el fallo está corriente arriba o corriente abajo del dispositivo (15).

4. Dispositivo de identificación y de detección direccional (15) según la reivindicación 3 en el que los medios de análisis frecuencial (46, 48) de los segundos medios (30) comprenden además una comparación del armónico cero ($I_{op\ DC}$) del resultado (I_{op}) procedente de la suma de los primeros parámetros (I_{xp}) a un umbral y en el que los medios de interpretación (40) de los resultados del tratamiento por los segundos medios (30) de los primeros parámetros (I_{xp}) son aptos para identificar un fallo trifásico y para localizarlo corriente arriba o corriente abajo del dispositivo (15).

5. Dispositivo de identificación y de detección direccional (15) según una de las reivindicaciones 3 o 4 en el que los primeros medios (20) comprenden unos medios de muestreo (24) y unos medios de almacenamiento (34) de un valor de referencia ($\|I_x\|_0$) procedente de los medios de cálculo de la norma (26) antes de fallo.

6. Dispositivo de identificación y de detección direccional (15) según la reivindicación 5 en el que los segundos medios (30) comprenden unos medios (42) para comparar los segundos parámetros ($\|I_x\|$) a la norma de referencia ($\|I_x\|_0$) de los medios de almacenamiento (34), y los medios de interpretación (40) de los resultados del tratamiento de los segundos parámetros ($\|I_x\|$) son aptos para identificar la naturaleza del fallo bifásico (10).

7. Dispositivo de identificación (15) según una de las reivindicaciones 1 a 6 que comprende además unos medios (32) de detección de la ocurrencia de un fallo de tipo cortocircuito (10) en la red (1) conectados a los medios de activación de los medios de tratamiento de las señales (30).

8. Dispositivo de identificación y de detección direccional (15) según la reivindicación 6 en el que los segundos medios (30) comprenden unos medios de almacenamiento (34) de un valor de los segundos parámetros ($\|I_x\|_{ref}$) y que comprenden además unos medios (32) de detección de la ocurrencia de un fallo de tipo cortocircuito (10) en la red (1) conectados a los medios de activación de los medios de tratamiento de las señales (30) y a los medios de almacenamiento (34), comprendiendo dichos medios de detección (32) unos medios para comparar cada uno de los segundos parámetros ($\|I_x\|$) con el valor almacenado ($\|I_x\|_{ref}$).

9. Indicador de paso de fallo de tipo cortocircuito que comprende unos sensores de corriente (12_A, 12_B, 12_C) dispuestos en cada conductor de fase (4_A, 4_B, 4_C) de una red eléctrica (1) que hay que vigilar y que comprende un dispositivo de identificación de fallo (15) según una de las reivindicaciones 1 a 8 conectado a dichos sensores de corriente (12_A, 12_B, 12_C) para recibir las señales representativas de las normas de las corrientes de fase ($\|I_x\|$).
- 5 10. Relé (8) de protección a tierra que comprende al menos un indicador de fallo según la reivindicación 9 y unos medios de accionamiento de un dispositivo de corte (5) en función de los resultados de los medios de interpretación (40) del dispositivo de identificación (15) del indicador.
11. Procedimiento de identificación (N) de un fallo (10) en una red trifásica (1) que comprende las etapas sucesivas de:
- 10 - disparo a continuación de la obtención de una señal (D) indicadora de la presencia de dicho fallo (10);
 - obtención de señales representativas de cada una de las corrientes de fase en una duración (T_{adq}) de al menos un semiperíodo de la red;
 - rectificación monoalternancia de las señales representativas de las corrientes de fase (I_A , I_B , I_C);
 - suma vectorial (I_{0p}) de las señales rectificadas (I_{Ap} , I_{Bp} , I_{Cp});
- 15 - análisis frecuencial de la suma vectorial de las señales rectificadas (I_{0p});
 - comparación de la señal de armónico 2 ($I_{0p\ 2F}$) con la señal de armónico 0 ($I_{0p\ DC}$) del análisis frecuencial.
12. Procedimiento según la reivindicación 11 que comprende además una comparación de la señal de armónico 1 ($I_{0p\ F}$) con la señal de armónico 0 ($I_{0p\ DC}$) del análisis frecuencial.
- 20 13. Procedimiento de identificación (N) y de localización relativa (L) de un fallo (10) en una red trifásica (1) que comprende un procedimiento de identificación según una de las reivindicaciones 11 o 12 y que comprende además:
- la determinación de una norma ($\|I_A\|$, $\|I_B\|$, $\|I_C\|$) representativa de la corriente de cada fase;
 - el cálculo de la media aritmética (μ) de las normas de cada una de las corrientes de fase ($\|I_A\|$, $\|I_B\|$, $\|I_C\|$) en una duración predeterminada (T_{adq});
 - la interpretación de los resultados del tratamiento de las señales, para indicar si el fallo detectado (D) se sitúa
- 25 corriente abajo o corriente arriba del sitio en el que se han obtenido las señales representativas de las normas de las corrientes de fase ($\|I_A\|$, $\|I_B\|$, $\|I_C\|$), mediante una comparación entre dicha media (μ) y dichas señales representativas de la norma de cada una de las corrientes de fase ($\|I_A\|$, $\|I_B\|$, $\|I_C\|$).
- 30 14. Procedimiento de detección direccional según la reivindicación 13 en el que la señal (D) indicadora de la presencia de un fallo (10) se obtiene mediante la comparación de las señales representativas de las normas con una referencia de fase ($\|I_A\|_{\text{ref}}$, $\|I_B\|_{\text{ref}}$, $\|I_C\|_{\text{ref}}$).
15. Procedimiento de protección de una línea de corriente (4) durante la aparición de un fallo (10) que comprende el accionamiento de un dispositivo de corte (5) de dicha línea (4) si un fallo (10) se ha detectado por un procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 14 corriente abajo de dicho dispositivo de corte (6).

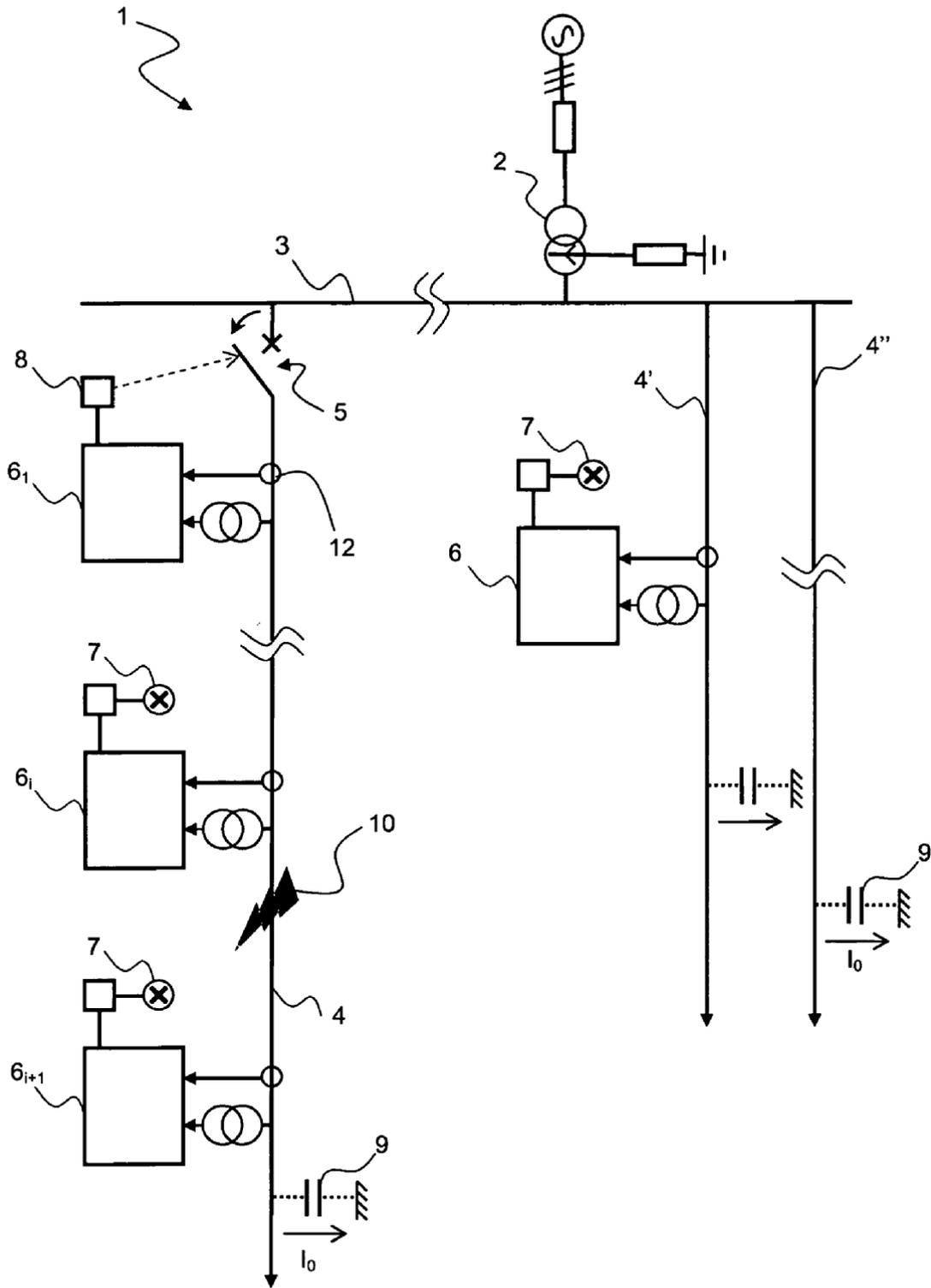
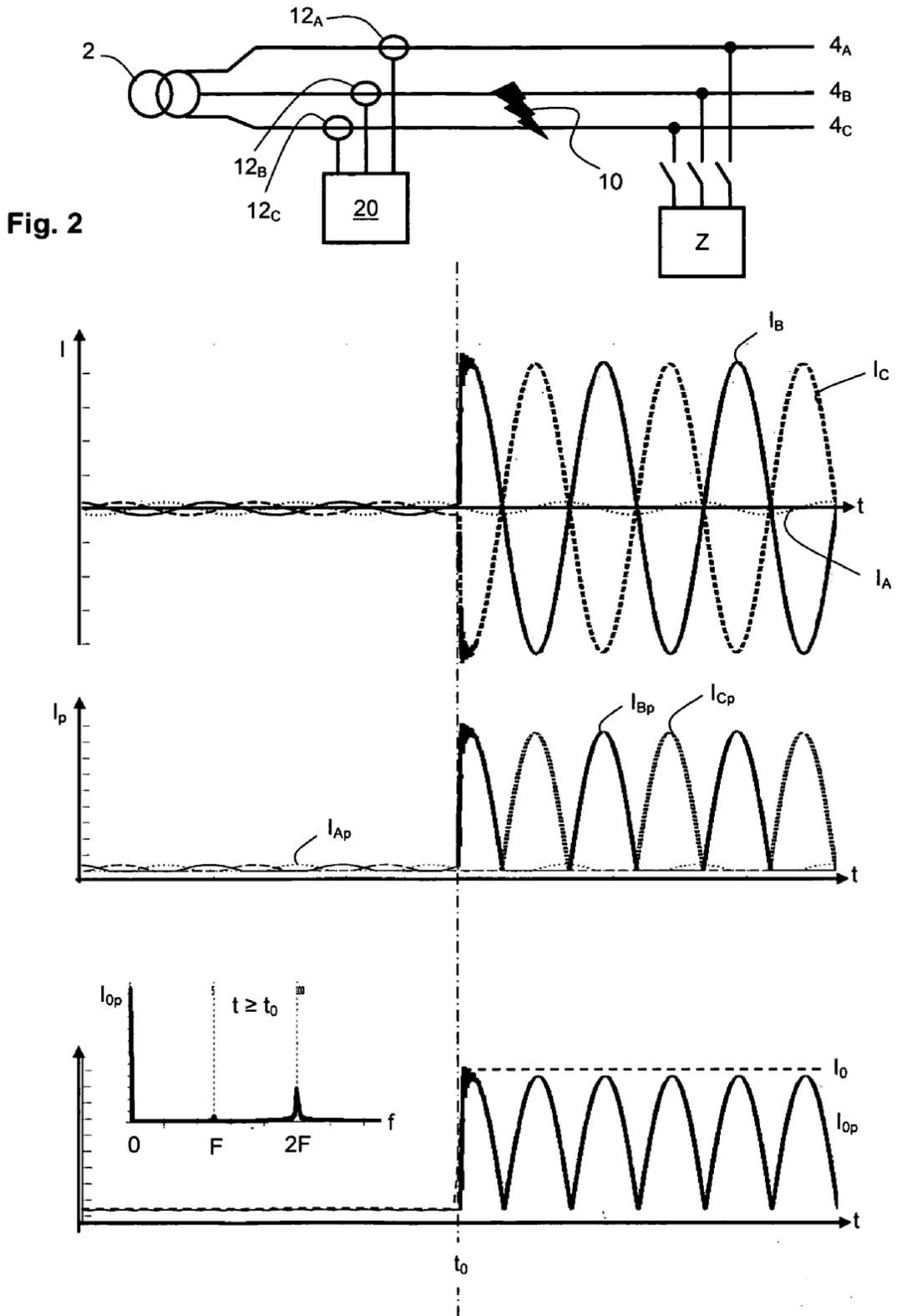


Fig. 1



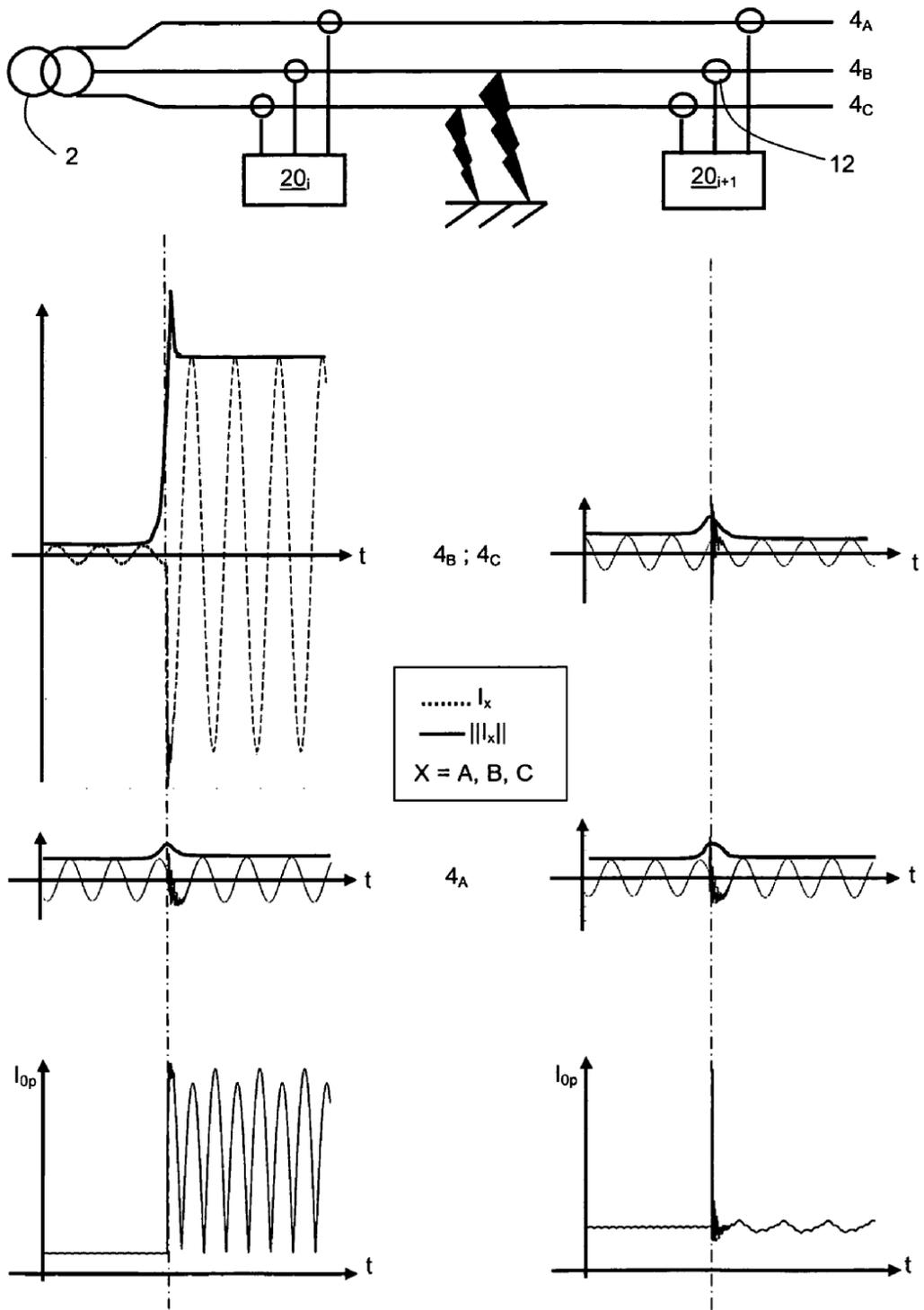


Fig. 3

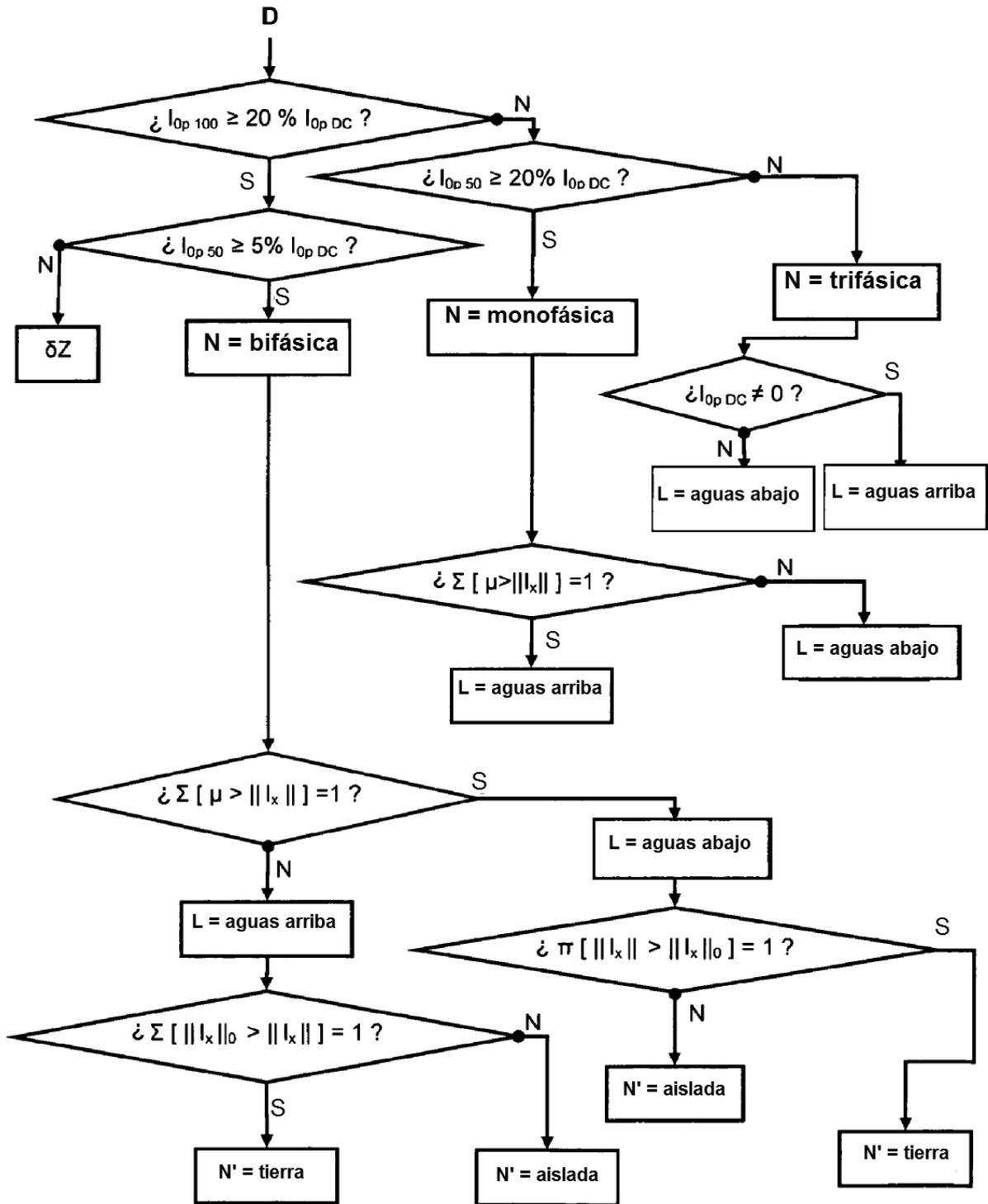


Fig. 4A

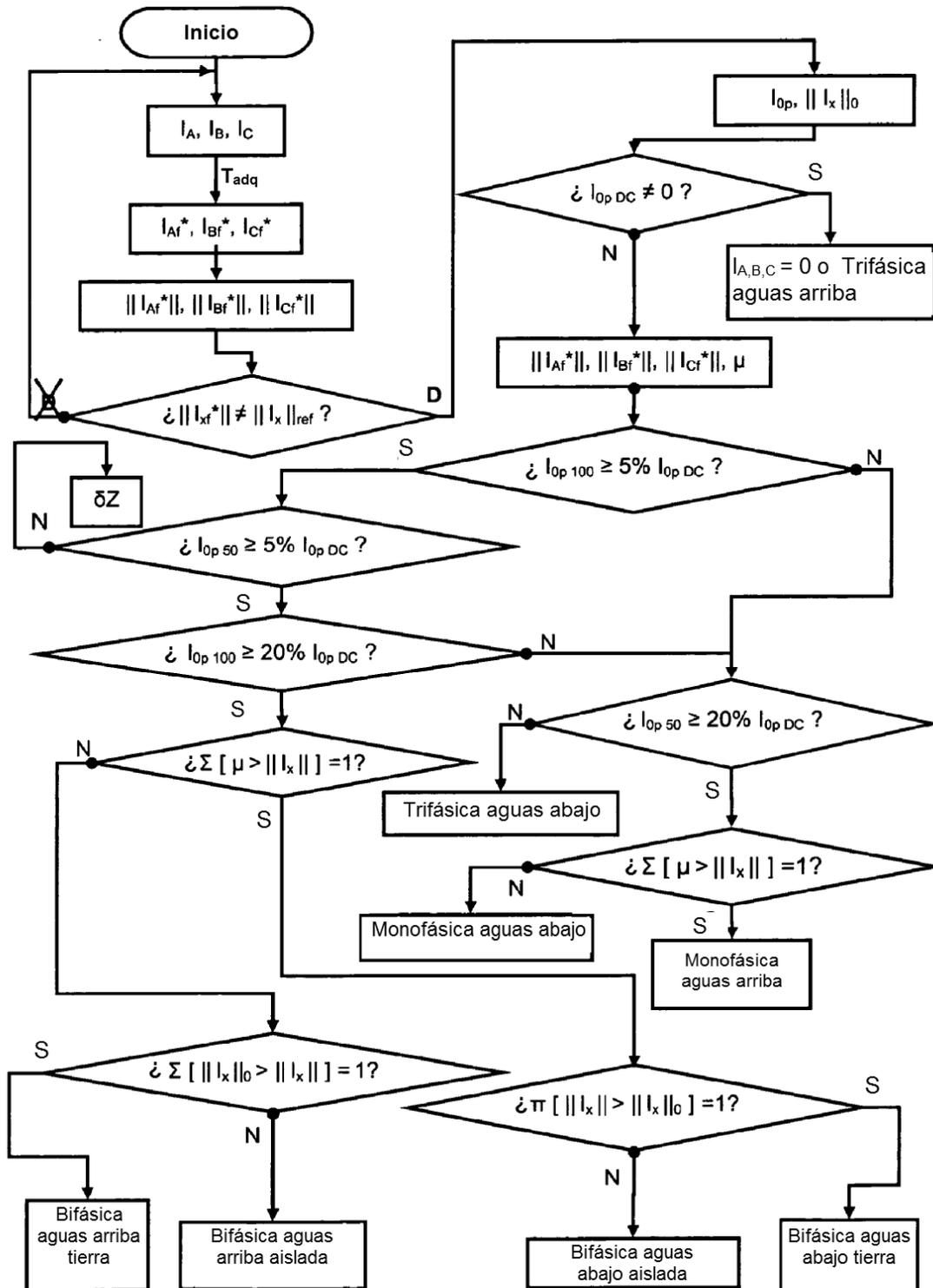


Fig. 4B

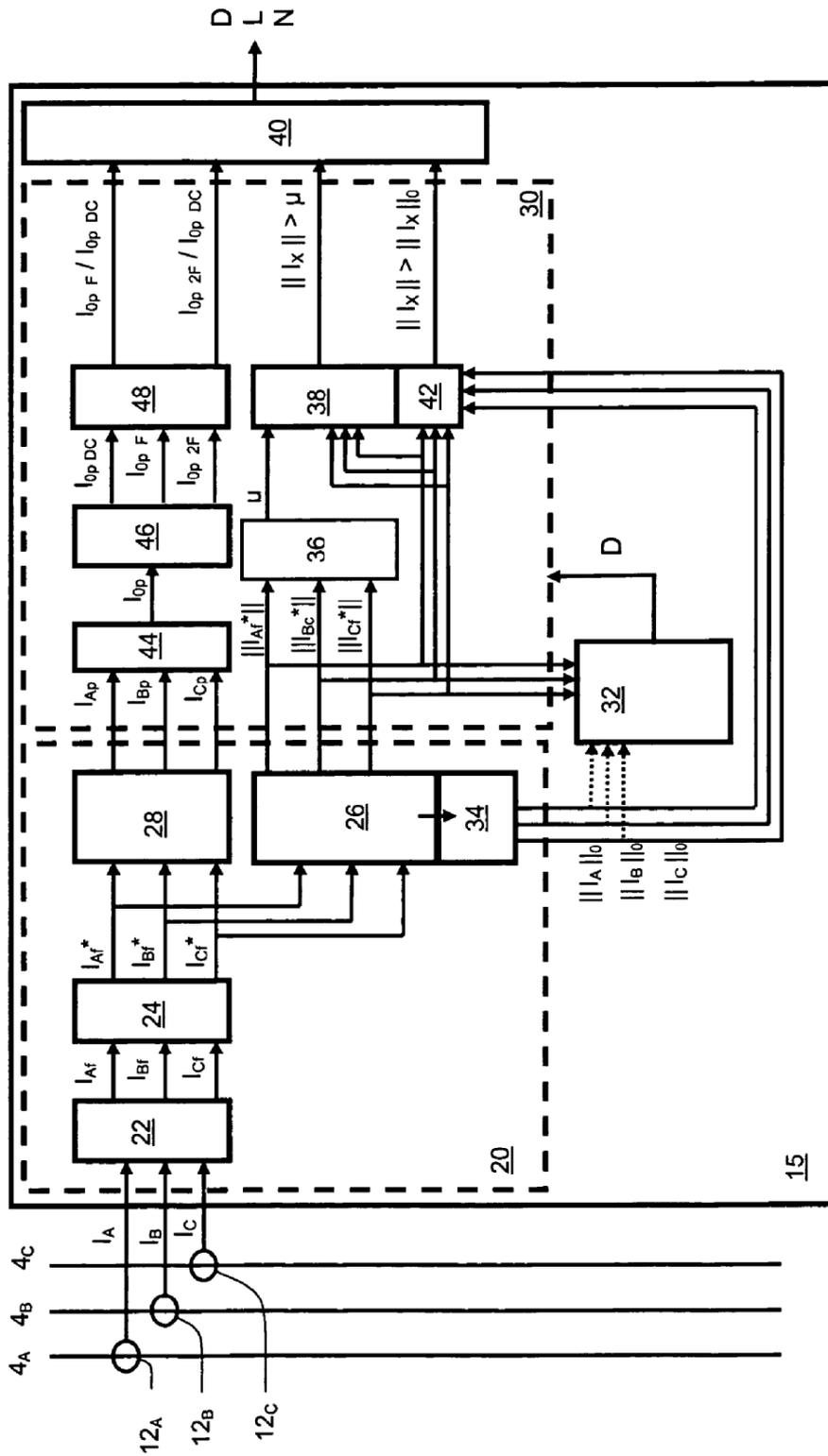


Fig. 5