

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 960**

51 Int. Cl.:
G01R 31/02 (2006.01)
H02H 3/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07354026 .2**
96 Fecha de presentación: **27.04.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1890165**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.02.2008**

54 Título: **Procedimiento de detección direccional de una falta a tierra y dispositivo para su puesta en práctica**

30 Prioridad:
23.06.2006 FR 0605668

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.05.2012

73 Titular/es:
SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
35 RUE JOSEPH MONIER
92500 RUEIL-MALMAISON, FR

72 Inventor/es:
Gotzig, Bernhard y
Bastard, Patrick

74 Agente/Representante:
Polo Flores, Carlos

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).

ES 2 380 960 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de detección direccional de una falta a tierra y dispositivo para su puesta en práctica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de detección direccional de falta a tierra aguas abajo, que comprende una etapa consistente en proporcionar señales representativas de las corrientes de fase y una etapa de tratamiento para señalar una detección de falta a tierra aguas abajo en función de dichas señales representativas de las corrientes de fase, así como a un dispositivo para su puesta en práctica.

10 Los dispositivos de detección de falta a tierra tales como los indicadores de paso de falta (IPD) así como los relés de protección que incorporan tales dispositivos son utilizados en particular en las redes de distribución eléctrica trifásicas de media tensión. En la figura 1 se representa un esquema de una red de distribución eléctrica. Esta red de distribución eléctrica 1 incorpora un transformador trifásico 2 que tiene un secundario 9 conectado a una línea principal de distribución 3 que alimenta unas líneas de salida 4. El secundario del transformador 2 incorpora un conductor común de neutro 5 generalmente conectado a tierra 6 mediante una impedancia 7. Algunas líneas de salida 4 incorporan un disyuntor 8 para proteger dicha línea. Sobre unas líneas o tramos de la red se pueden disponer dispositivos de detección de falta a tierra 10. Por ejemplo, unos dispositivos de detección 10 asociados a relés de protección 11 pueden gobernar la apertura de los contactos de un disyuntor 8, o bien unos dispositivos de detección 10 asociados a un indicador de paso de falta 14 pueden encender un piloto luminoso 15.

20 Cuando unas líneas de salida 4 que han de protegerse están constituidas a partir de cables enterrados, entre los cables y la tierra aparecen fuertes valores de capacidad. Estas capacidades, representadas en la figura 1 mediante condensadores 12, hacen circular grandes corrientes homopolares lo en líneas de salida sin falta a tierra o en la salida con falta aguas abajo de la falta cuando está presente una falta 13.

25 La figura 2 representa un esquema de un dispositivo conocido de detección de falta a tierra que utiliza señales de corriente IA, IB, IC proporcionadas por unos sensores de corriente 20A, 20B, 20C. Generalmente, el dispositivo incorpora un circuito de acondicionamiento 21 para proporcionar a un circuito de tratamiento 23 una señal Ir representativa de una corriente residual. El circuito de tratamiento incorpora un módulo de comparación 25 para tratar la señal representativa de una corriente residual y para comparar dicha señal Ir tratada con un umbral S1. Si se sobrepasa el umbral S1, se proporciona una señal de detección D para señalar la detección de una falta a tierra.

30 Semejante dispositivo no puede distinguir una falta a tierra aguas abajo de una falta a tierra aguas arriba, especialmente con líneas enterradas.

35 Para proteger líneas de salida fuertemente capacitivas, existen dispositivos de detección que incorporan, además de los sensores de corriente, transformadores de tensión para permitir una detección direccional de tierra. En la figura 3 se representa un esquema de bloques de tal dispositivo. Así, unos transformadores de tensión 26A, 26B y 26C proporcionan señales de tensión VA, VB y VC al circuito de acondicionamiento 22 para determinar una señal representativa de una tensión residual Vr. El circuito de tratamiento 23 utiliza la señal Ir para detectar la presencia de una falta a tierra y las señales Ir y Vr para detectar la dirección de una falta aguas abajo o aguas arriba.

40 Los dispositivos que utilizan transformadores son muy voluminosos y costosos. Además, no siempre están adaptados para disponerse en líneas ya instaladas. En ocasiones, incluso es imposible realizar una medida de la tensión sin poner en práctica medios muy onerosos.

45 En una falta a tierra en una red de media tensión, el conjunto de los detectores de falta miden una corriente llamada residual correspondiente a la suma de las tres corrientes de fase, ya se hallen situados estos aparatos aguas arriba o aguas abajo de la falta a tierra.

50 En el caso de una red cuyo neutro se halla puesto a tierra mediante una bobina de compensación (red con neutro compensado), el valor eficaz de la corriente residual no es suficiente para decidir si la falta queda situada aguas abajo o aguas arriba del detector. Los dispositivos conocidos utilizan entonces la tensión frente a la corriente residual para determinar la dirección de la falta.

55 Es conocido el documento WO 2004/079378, que describe un procedimiento de detección de faltas a tierra en redes de distribución eléctrica trifásicas.

60 El documento EP 1 475 874 describe un procedimiento de detección direccional de una falta a tierra así como un dispositivo para la puesta en práctica de ese procedimiento, que permite evitar esa medida de la tensión. En ese dispositivo, los medios de tratamiento señalan una falta a tierra aguas abajo si un valor de dicha señal representativa de corriente residual sobrepasa un primer umbral predeterminado y si una relación entre un valor

representativo de la amplitud de la corriente inversa y un valor representativo de una señal de corriente residual sobrepasa al menos un segundo umbral predeterminado o bien está comprendida entre dos umbrales.

5 La presente invención tiene por objeto otro procedimiento y otro dispositivo que realizan la detección direccional de una falta a tierra sin medida de tensión.

10 A tal efecto, la presente invención tiene por objeto un procedimiento de detección direccional de una falta a tierra aguas abajo, que comprende una etapa consistente en proporcionar señales representativas de las corrientes de fase y una etapa de tratamiento para señalar una detección de falta a tierra aguas abajo en función de dichas
15 señales representativas de las corrientes de fase, caracterizándose este procedimiento porque dicha etapa de tratamiento comprende una etapa de cálculo de la corriente residual; una etapa consistente en proporcionar una señal representativa de la corriente residual, una etapa de comparación consistente en comparar la forma de la corriente residual con la forma de las corrientes de fase y una etapa de interpretación de esa comparación que permite deducir si la falta es una falta situada o no aguas abajo del aparato de detección de la falta.

20 De acuerdo con una realización particular de la invención, si la forma de la corriente residual se asemeja fuertemente a la forma de una de las corrientes de fase, se deduce que la falta es una falta aguas abajo y, si la forma de la corriente residual no se asemeja fuertemente a la forma de una de las corrientes de fase, sino que sólo se asemeja ligeramente a dos corrientes de fase, se deduce que la falta no es una falta situada aguas abajo del aparato de detección de la falta.

De acuerdo con una realización particular, este procedimiento se pone en práctica en una red trifásica.

25 De acuerdo con una característica particular, dicha etapa consistente en proporcionar señales representativas de las corrientes de fase comprende una etapa de muestreo de la corriente.

30 La presente invención tiene por objeto, todavía, un dispositivo de detección direccional de una falta a tierra aguas abajo para la puesta en práctica de un procedimiento que comprende las características anteriormente comentadas consideradas por separado o combinadas.

Este dispositivo incorpora:

- medios para recibir señales de corriente y proporcionar señales representativas de las corrientes de fase,
- 35 - medios de tratamiento de señal conectados a los primeros medios antedichos para recibir dichas señales representativas de las corrientes de fase y para proporcionar una señal de detección de falta a tierra en función de dichas señales representativas de las corrientes de fase, caracterizándose este dispositivo porque estos medios de tratamiento incorporan:
- 40 - medios de cálculo de la corriente residual, medios de comparación consistentes en comparar la forma de esa corriente residual con la forma de las corrientes de fase y medios de interpretación de esa comparación consistentes en deducir de esa comparación si la falta es o no una falta aguas abajo del aparato de detección de la falta.

45 De acuerdo con una característica particular de la invención, los medios de interpretación de esa comparación incorporan una red de neuronas, siendo los valores de las señales aplicadas en las entradas de la red de neuronas representativos de la semejanza entre la forma de las corrientes de fase y la forma de la corriente residual.

50 De acuerdo con otra característica particular, la red de neuronas incorpora tres capas de neuronas, seis entradas y una salida de señal de disparo, estando conectadas las seis entradas a una primera capa que incorpora seis neuronas, estando conectada la salida a una tercera capa que incorpora una neurona, estando conectada una segunda capa que incorpora tres neuronas a la primera y a la tercera capa.

55 De acuerdo con otra característica, el dispositivo incorpora un filtro analógico unido como entrada a las líneas de fases y como salida a las entradas de un dispositivo de muestreo cuyas salidas están unidas eléctricamente a las entradas de un dispositivo de pretratamiento unido como salida a las entradas de una red de neuronas.

De acuerdo con otra característica particular, el aparato de detección es un relé de protección destinado a dar una orden de disparo a un disyuntor.

60 De acuerdo con otra característica particular, el aparato de detección es un indicador de paso de falta destinado a dar una información acerca del paso de falta.

Pero otras ventajas y características de la invención aparecerán de una manera más evidente en la descripción detallada que sigue y que se refiere a los dibujos que se adjuntan, dados únicamente a título de ejemplo y en los que:

5 la figura 1 representa un esquema de una red eléctrica en la que se pueden utilizar dispositivos de detección de falta a tierra,

las figuras 2 y 3 representan sendos esquemas de bloques de dispositivos de detección de [falta a] tierra según formas de realización del estado de la técnica,

10 la figura 4 representa un esquema de bloques de un dispositivo de detección de falta a tierra según una forma de realización particular de la invención,

15 las figuras 5 y 6 son una representación esquemática de la red de neuronas del dispositivo según la invención,

la figura 7 es una representación gráfica que ilustra la corriente residual medida mediante el conjunto de los aparatos de detección de falta en función del tiempo, en el caso de una falta situada aguas abajo de los aparatos,

20 las figuras 8, 9 y 10 son sendas representaciones gráficas que ilustran respectivamente la corriente en una primera fase, en una segunda fase y una tercera fase del circuito eléctrico, en función del tiempo, en el caso de una falta situada aguas abajo de los aparatos,

25 la figura 11 es una representación gráfica que ilustra la corriente residual medida mediante el conjunto de los aparatos de detección de falta en función del tiempo, en el caso de una falta situada aguas arriba de los aparatos,

las figuras 12, 13 y 14 son sendas representaciones gráficas que ilustran respectivamente la corriente en una primera fase, en una segunda fase y una tercera fase del circuito eléctrico, en función del tiempo, en el caso de una falta situada aguas arriba de los aparatos.

30 En la figura 4, el dispositivo de detección direccional de falta a tierra 16 según la invención incorpora un dispositivo de filtrado analógico 17, un dispositivo de muestreo 18, un dispositivo de pretratamiento 19, una red de neuronas 20 y un dispositivo de confirmación 21 del resultado. El dispositivo de filtrado 17 recibe a su entrada las tres corrientes de fase ia, ib, ic de las fases a, b y c y entrega en su salida tres señales de corriente iaf, ibf, icf respectivamente unidas a las tres entradas del dispositivo de muestreo 18, el cual entrega en su salida tres señales de salida iaf*, ibf* e icf* respectivamente unidas a las tres entradas del dispositivo de pretratamiento 19. Este dispositivo de pretratamiento 19 incorpora seis salidas unidas a las seis entradas e1, e2, e3, e4, e5 y e6 de una red de neuronas 20 que presenta una salida SRN unida como entrada a la entrada del dispositivo de confirmación 21, que incorpora una sola salida S. La red de neuronas es tal y como se representa en las figuras 5 y 6 e incorpora tres capas de neuronas 27, 28, 29, seis entradas e1, e2, e3, e4, e5 y e6 y una salida de señal de disparo SRN, estando conectadas las seis entradas e1, e2, e3, e4, e5 y e6 a una primera capa 27 que incorpora seis neuronas n, estando conectada la salida a una tercera capa 29 que incorpora una neurona, estando conectada una segunda capa 28 que incorpora tres neuronas a la primera 27 y a la tercera 29.

45 En las figuras 7 a 10, se representan respectivamente la corriente residual y las tres corrientes de fase en el caso de una falta a tierra situada aguas abajo del aparato de protección eléctrica, a saber, un relé de protección o un detector de falta, estando expresadas las corrientes en A y, los tiempos, en segundos.

Se observa que, en el caso de una falta aguas abajo de un aparato, la corriente residual Ires se asemeja fuertemente a la corriente I1 en una de las fases, en este caso concreto la primera fase.

50 En las figuras 11 a 14, se representan respectivamente la corriente residual Ires (fig. 11) y las tres corrientes de fase I1, I2, I3 (fig. 12, fig. 13 y fig. 14) recibidas por el aparato en el caso de una falta a tierra situada aguas arriba del aparato de detección.

55 Se observa que, en este caso, la corriente residual Ires (fig. 11) se asemeja un poco a las corrientes I2, I3 de dos fases eléctricas, en este caso concreto las fases 2 y 3 (fig. 13, fig. 14).

En adelante se va a describir el funcionamiento del dispositivo según el procedimiento de la invención haciendo referencia a las figuras:

60 En primer lugar, las corrientes de fase ia, ib, ic son recibidas por el dispositivo de filtrado 17, que envía tres señales de corriente iaf, ibf e icf al dispositivo de muestreo 18, el cual emite en su salida tres señales de corriente

muestreadas i_{af}^* , i_{bf}^* e i_{cf}^* que son recibidas por el dispositivo de pretratamiento 19.

Este dispositivo de pretratamiento 19 efectúa las siguientes operaciones:

- 5 siendo T_e el período de muestreo, siendo nT_e el instante actual, siendo N el número de puntos en un período y siendo I_{Rn} la máxima corriente activa eficaz circulante por la resistencia de neutro.

Una 1ª etapa de cálculo de la corriente residual:

- 10 $i_{rf}^* = i_{af}^* + i_{bf}^* + i_{cf}^*$, siendo i_{af}^* , i_{bf}^* e i_{cf}^* los valores de las corrientes muestreadas,

una 2ª etapa de cálculo de las siguientes magnitudes intermedias:

15
$$\text{mod_}ia(nT_e) = |ia|_{\sin/\cos}^2$$

$$\text{mod_}ib(nT_e) = |ib|_{\sin/\cos}^2$$

$$\text{mod_}ic(nT_e) = |ic|_{\sin/\cos}^2$$

20
$$\text{mod_}ir(nT_e) = |ir|_{\sin/\cos}^2$$

con $|ia|_{\sin/\cos}^2$, $|ib|_{\sin/\cos}^2$, $|ic|_{\sin/\cos}^2$ y $|ir|_{\sin/\cos}^2$ los módulos al cuadrado de las señales calculadas a partir de un tratamiento de Fourier que extrae la componente de 50 Hz.

25
$$\text{mod_}da(nT_e) = \frac{(|ia - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e)))}{\max(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e))}$$

$$\text{mod_}db(nT_e) = \frac{(|ib - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e)))}{\max(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e))}$$

30
$$\text{mod_}dc(nT_e) = \frac{(|ic - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e)))}{\max(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e))}.$$

Una 3ª etapa de cálculo de las entradas de una red de neuronas

35
$$e_1 = \max(\text{mod_}da, \text{mod_}db, \text{mod_}dc)$$

$$e_2 = \min(\text{mod_}da, \text{mod_}db, \text{mod_}dc)$$

$$e_3 = \text{mod_}da + \text{mod_}db + \text{mod_}dc - e_1 - e_2$$

40
$$e_4 = \frac{\text{mod_}ir}{2 * I_{Rn}^2}$$

$$e_5 = \left| \frac{1}{N} \sum_{k=n-N+1}^n (i_{rf}^*(kT_e)) \right|$$

$$e_6 = \frac{\max(abs(mod_ia - mod_ib, mod_ib - mod_ic, mod_ic - mod_ia))}{mod_ia + mod_ib + mod_ic}.$$

Aquí se trata del valor máximo de los tres valores absolutos.

5 El tratamiento comprende también una 4ª etapa de cálculo de la red de neuronas (RN) tal y como se ilustra en las figuras 5 y 6. Tal como se muestra en las fig. 5 y 6, la red de neuronas efectúa una multitud de operaciones de tipo multiplicaciones y sumas y la función tanh (tangente hiperbólica). Los márgenes de los coeficientes de la red de neuronas serán ventajosamente los siguientes:

10 Para los 36 pesos de la capa n° 1 (w1,11 ... w1,66) entre: -3 y 7.
Para los 18 pesos de la capa n° 2 (w2,11...w2,36) entre -8 y 7.
Para los 3 pesos de la capa n° 3 (w3,11...w3,3) entre -15 y 9.

Para los factores de polarización de la capa 1 (b1,1... b1,6) entre -4 y 4.
15 Para los factores de polarización de la capa 2 (b2,1... b2,3) entre -1 y 4.
Para el factor de polarización b de la capa 3 (b3,1) entre 0 y 1.

El dispositivo según la invención funciona como sigue:

20 Si la forma de la corriente residual Ires se asemeja fuertemente a la forma de una de las corrientes de fase, es decir, la fase 1 representada en la figura 8, entonces la red de neuronas deduce que se trata de una falta situada aguas abajo del aparato de detección.

25 Si la forma de la corriente residual (fig. 11) se asemeja ligeramente a dos señales de fase, en este caso concreto las dos señales de fase I2 e I3 representadas en las figuras 13 y 14, entonces la red de neuronas 20 deduce que no se trata de una falta situada aguas abajo del aparato de detección.

El dispositivo de detección incorpora además un dispositivo de confirmación 21 del resultado que funciona como sigue:

30 El disparo de la función de detección de falta a tierra se activa si se cumplen las 2 condiciones siguientes: S(t) > 0,5, siendo S(t) la salida de la red de neuronas en el instante actual e IR > Ios, es decir, siendo el valor máximo de la corriente residual superior a un umbral los ajustable.

35 Así, la distinción entre las faltas a tierra aguas arriba y las faltas a tierra aguas abajo se basa en el reconocimiento de forma de la corriente residual en una sola de las corrientes de fase, para las faltas «aguas abajo».

40 Se ha realizado por tanto, gracias a la invención, un procedimiento así como un dispositivo para su puesta en práctica, que permite detectar faltas a tierra en redes de distribución de energía, siendo el propósito el de determinar si una falta a tierra se encuentra o no aguas abajo del aparato, y ello sin medida de la tensión.

El procedimiento según la invención permite utilizar tan sólo la medida de las corrientes de fase, mientras que los procedimientos tradicionales miden la tensión para determinar la dirección de la falta.

45 Este dispositivo está destinado a ser asociado ventajosamente, aunque no exclusivamente, con relés de protección para redes eléctricas o con indicadores de paso de falta para redes de media tensión subterráneas conectadas en red.

50 Se hace notar que la descripción se ha basado en una componente fundamental de 50 Hz, pero se puede utilizar otra componente, como es una componente a 60 Hz.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección direccional de una falta a tierra aguas abajo, que comprende una etapa consistente en proporcionar señales representativas de las corrientes de fase y una etapa de tratamiento para señalar una detección de falta a tierra aguas abajo en función de dichas señales representativas de las corrientes de fase, **caracterizado porque** dicha etapa de tratamiento comprende una etapa de cálculo de la corriente residual, una etapa consistente en proporcionar una señal representativa de la corriente residual, una etapa de comparación consistente en comparar la forma de la corriente residual con la forma de las corrientes de fase y una etapa de interpretación de esa comparación que permite deducir si la falta es o no una falta situada aguas abajo del aparato de detección de la falta.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, si la forma de la corriente residual se asemeja fuertemente a la forma de una de las corrientes de fase, se deduce que la falta es una falta aguas abajo y, si la forma de la corriente residual no se asemeja fuertemente a la forma de una de las corrientes de fase, sino que sólo se asemeja ligeramente a dos de las corrientes de fase, se deduce que la falta no es una falta situada aguas abajo del aparato de detección de la falta.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** se pone en práctica en una red trifásica y **porque** si la forma de la corriente residual no se asemeja fuertemente a la forma de sólo una corriente de fase, sino que sólo se asemeja ligeramente a dos corrientes de fase, se deduce que la falta no es una falta situada aguas abajo del aparato de detección de la falta.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** dicha etapa consistente en proporcionar señales representativas de las corrientes de fase comprende una etapa de muestreo de la corriente.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la etapa de tratamiento comprende una etapa de pretratamiento que comprende las siguientes etapas:

siendo T_e el período de muestreo, siendo nT_e el instante actual, siendo N el número de puntos en un período y siendo I_{Rn} la máxima corriente activa eficaz circulante por la resistencia de neutro.

Una 1ª etapa de cálculo de la corriente residual:

$i_{rf}^* = i_{af}^* + i_{bf}^* + i_{cf}^*$, siendo i_{af}^* , i_{bf}^* e i_{cf}^* los valores de las corrientes muestreadas,

una 2ª etapa de cálculo de las siguientes magnitudes intermedias:

$$\text{mod_}ia(nT_e) = |ia|_{\sin/\cos}^2$$

$$\text{mod_}ib(nT_e) = |ib|_{\sin/\cos}^2$$

$$\text{mod_}ic(nT_e) = |ic|_{\sin/\cos}^2$$

$$\text{mod_}ir(nT_e) = |ir|_{\sin/\cos}^2$$

con $|ia|_{\sin/\cos}^2$, $|ib|_{\sin/\cos}^2$, $|ic|_{\sin/\cos}^2$ y $|ir|_{\sin/\cos}^2$ los módulos al cuadrado de las señales calculadas a partir de un tratamiento de Fourier que extrae la componente fundamental,

$$\text{mod_}da(nT_e) = \frac{(|ia - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e)))}{\max(\text{mod_}ia(nT_e), \text{mod_}ib(nT_e), \text{mod_}ic(nT_e))}$$

$$\text{mod_db}(nT_e) = \frac{\left(|ib - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_ia}(nT_e), \text{mod_ib}(nT_e), \text{mod_ic}(nT_e)) \right)}{\max(\text{mod_ia}(nT_e), \text{mod_ib}(nT_e), \text{mod_ic}(nT_e))}$$

$$\text{mod_dc}(nT_e) = \frac{\left(|ic - ir|_{\sin/\cos}^2 - \min(\text{mod_ia}(nT_e), \text{mod_ib}(nT_e), \text{mod_ic}(nT_e)) \right)}{\max(\text{mod_ia}(nT_e), \text{mod_ib}(nT_e), \text{mod_ic}(nT_e))}.$$

5 Una 3ª etapa de cálculo de las entradas de una red de neuronas

$$e_1 = \max(\text{mod_da}, \text{mod_db}, \text{mod_dc})$$

$$e_2 = \min(\text{mod_da}, \text{mod_db}, \text{mod_dc})$$

10

$$e_3 = \text{mod_da} + \text{mod_db} + \text{mod_dc} - e_1 - e_2$$

$$e_4 = \frac{\text{mod_ir}}{2 * I_{Rn}^2}$$

15

$$e_5 = \left| \frac{1}{N} \sum_{k=n-N+1}^n (i_{rf}^*(kT_e)) \right|$$

$$e_6 = \frac{\max(\text{abs}(\text{mod_ia} - \text{mod_ib}, \text{mod_ib} - \text{mod_ic}, \text{mod_ic} - \text{mod_ia}))}{\text{mod_ia} + \text{mod_ib} + \text{mod_ic}}.$$

20 6. Procedimiento de detección según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la etapa de tratamiento comprende asimismo una 4ª etapa de cálculo de la red de neuronas (RN).

7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado porque** la etapa de tratamiento comprende además una etapa llamada de confirmación en la que el disparo se activa si se cumplen las 2 condiciones siguientes: S(t) > 0,5, siendo S(t) la salida de la red de neuronas en el instante actual e IR > los, es decir, siendo el valor máximo de la corriente residual superior a un umbral los ajustable.

8. Dispositivo de detección direccional de una falta a tierra aguas abajo para la puesta en práctica de un procedimiento de detección según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

30 9. Dispositivo de detección direccional de una falta a tierra aguas abajo para la puesta en práctica de un procedimiento de detección según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que incorpora:

- unos primeros medios (17, 18) para recibir señales de corriente y proporcionar señales representativas de las corrientes de fase,

35 - unos segundos medios de tratamiento de señal (19, 20, 21) conectados a los primeros medios antedichos (17, 18) para recibir dichas señales representativas de las corrientes de fase y para proporcionar una señal de detección de falta a tierra en función de dichas señales representativas de las corrientes de fase, **caracterizado porque** estos medios de tratamiento (19, 20, 21) incorporan:

40 - medios de pretratamiento (19), que incorporan medios de cálculo para calcular la corriente residual, y medios de comparación (19) para comparar la forma de esa corriente residual con la forma de las corrientes de fase y medios llamados de interpretación (20, 21) para interpretar esa comparación y deducir de esa comparación si la falta es o no una falta aguas abajo del aparato de detección de la falta.

45 10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** los medios de interpretación (20, 21) de esa comparación incorporan una red de neuronas (20), siendo los valores de las señales aplicadas en las entradas (e1, e2, e3, e4, e5 y e6) de la red de neuronas (20) representativos de la semejanza entre la forma de las corrientes de fase (iaf*, ibf* e icf*) y la forma de la corriente residual (irf*).

50

11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la red de neuronas (20) incorpora tres capas (27, 28, 29) de neuronas n, seis entradas (e1, e2, e3, e4, e5 y e6) y una salida de señal de disparo SRN, estando conectadas las seis entradas (e1, e2, e3, e4, e5 y e6) a una primera capa (27) que incorpora seis neuronas n, estando conectada la salida SRN a una tercera capa (29) que incorpora una neurona, estando conectada una segunda capa (28) que incorpora tres neuronas a la primera (27) y a la tercera capa (29).
12. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado por** incorporar un filtro analógico (17) unido como entrada a las líneas de fases (a, b, c) y como salida a las entradas de un dispositivo de muestreo (18) cuyas salidas están unidas eléctricamente a las entradas de un dispositivo de pretratamiento (19) unido como salida a las entradas (e1 a e6) de una red de neuronas (20).
13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** el dispositivo de pretratamiento (19) incorpora tres entradas y seis salidas, que están unidas a las seis entradas (e1, e2, e3, e4, e5 y e6) de la red de neuronas (20), que incorpora una salida SRN.
14. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** el aparato de detección eléctrica es un relé de protección.
15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** el aparato de detección eléctrica es un indicador de paso de falta.

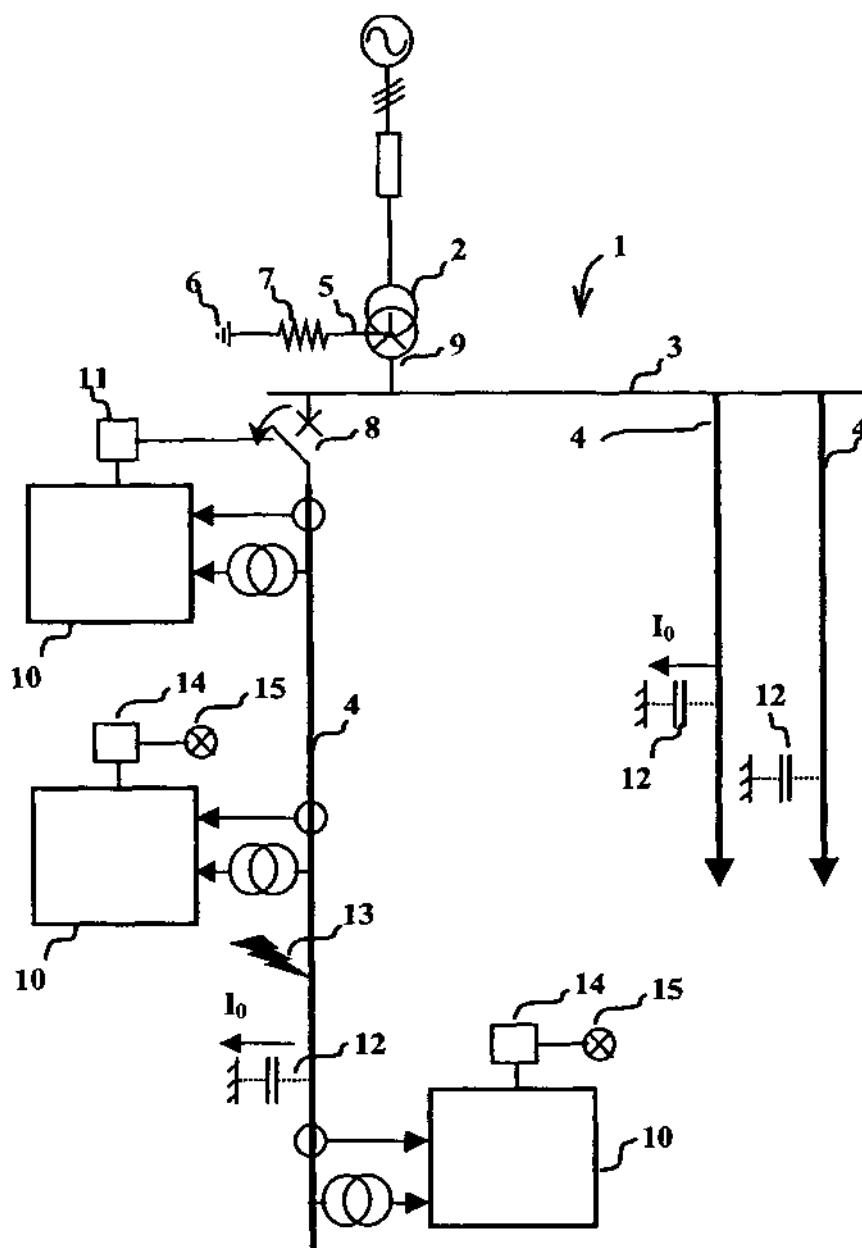


FIG. 1 (Técnica anterior)

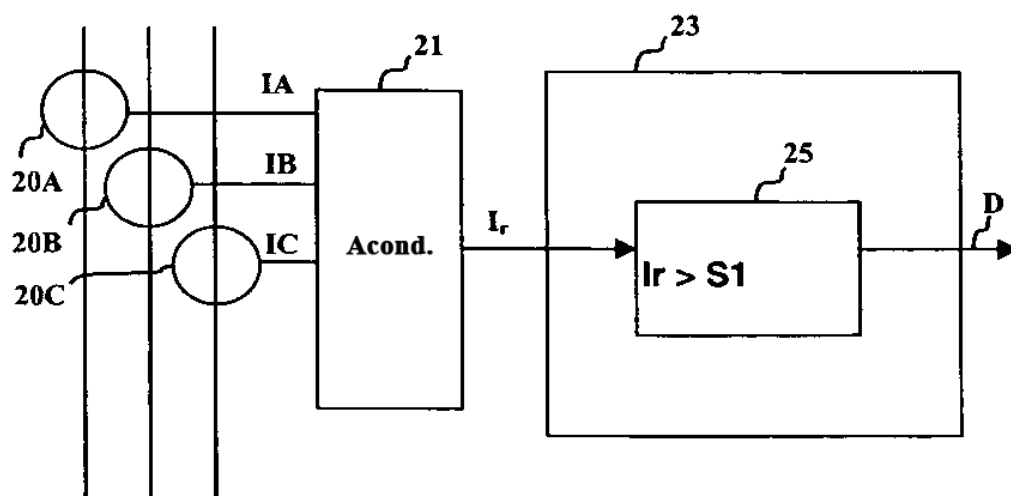


FIG. 2 (Técnica anterior)

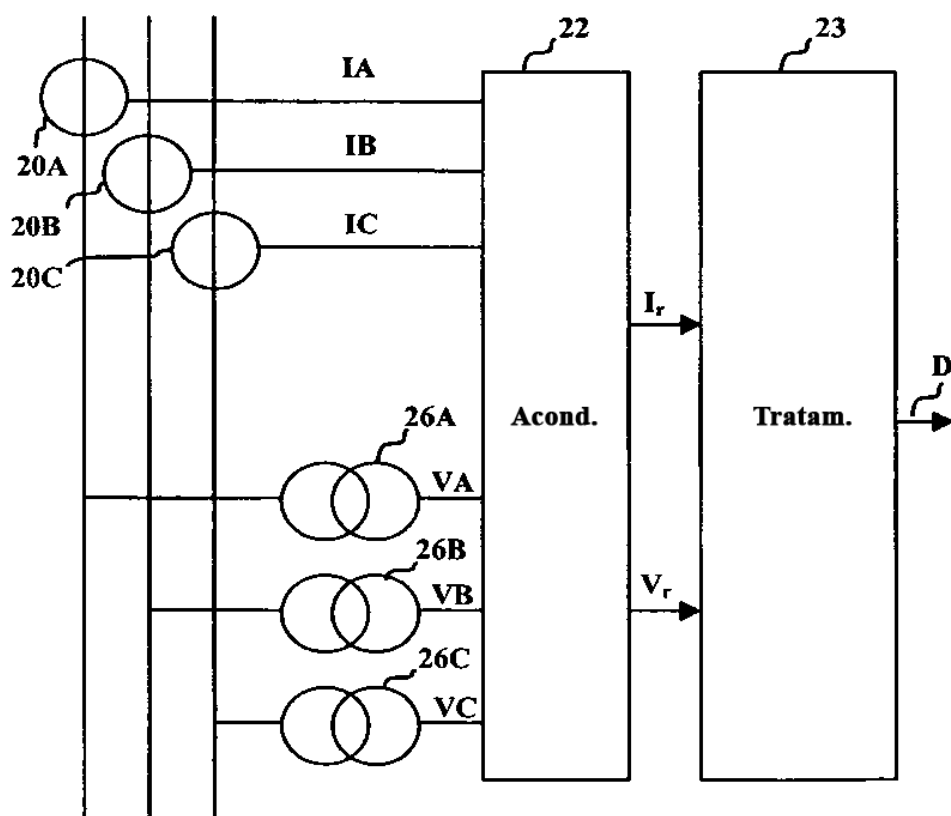


FIG. 3 (Técnica anterior)

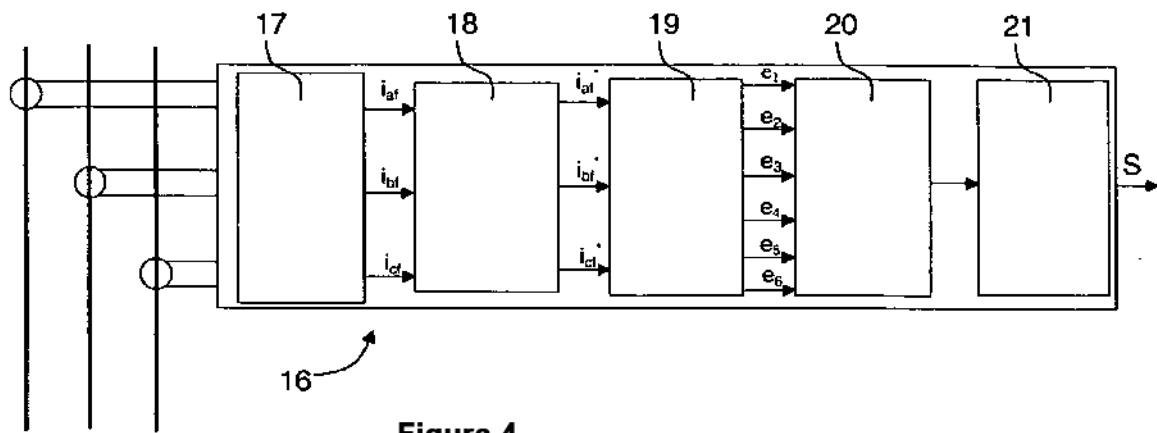


Figura 4

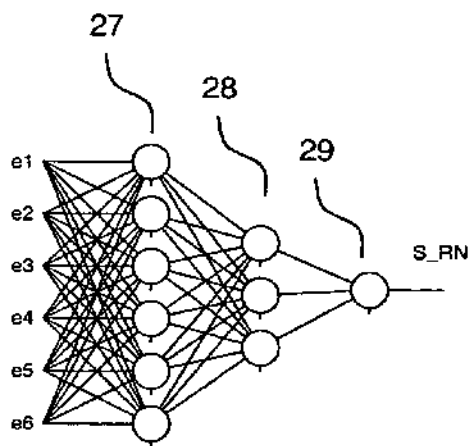


Figura 5

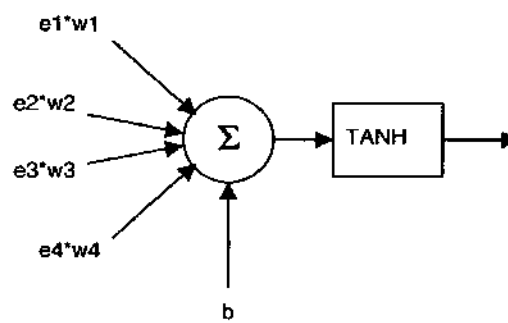


Figura 6

