

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 767**

51 Int. Cl.:

**H02H 3/08** (2006.01)

**H02H 3/347** (2006.01)

**G01R 31/02** (2006.01)

**G01R 31/08** (2006.01)

**G01R 19/175** (2006.01)

**H02H 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2011 E 11354036 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 2421110**

54 Título: **Detección direccional de un fallo a tierra con un solo sensor**

30 Prioridad:

**20.08.2010 FR 1003408**

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

**27.12.2018**

73 Titular/es:

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

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

72 Inventor/es:

**VERNEAU, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 694 767 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 un fallo a tierra con un solo sensor

### Campo técnico

5 La invención se refiere a la detección direccional de un fallo a tierra sin la medición de tensión de la línea. En particular, la invención se refiere a un procedimiento de detección de un fallo a tierra en una red que, además, permite determinar si el fallo está localizado hacia arriba o hacia abajo del punto de detección. El procedimiento según la invención se basa en el análisis de una sola señal representativa de la corriente homopolar, y en particular, de sus perturbaciones, permitiendo la localización direccional.

10 En otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de detección adecuado para implementar el procedimiento anterior. En particular, el dispositivo de detección direccional de fallo a tierra comprende medios que permiten interpretar las perturbaciones de la señal de corriente homopolar con el fin de proporcionar una localización relativa del fallo sin usar valores representativos de una tensión.

15 Finalmente, la invención se refiere a un dispositivo de señalización de fallo y un relé de disparo que comprende un sensor de corriente homopolar de la red y que proporciona las señales que permiten señalización al dispositivo de detección anterior, por ejemplo, mediante un indicador 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 diagrama de una red 1 de distribución eléctrica de media tensión que consta de un transformador 2 trifásico cuyo secundario está conectado a una línea 3 de distribución principal; el secundario incluye además un conductor común de neutro generalmente conectado a tierra por una impedancia. La línea 3 principal alimenta líneas de partida 4, 4', 4'', de las cuales algunas pueden constar en cabecera de un interruptor u otro dispositivo 5 de corte que las proteja. Un dispositivo 6 de detección de fallo de tipo de cortocircuito instalado en las líneas 4 de partida, o segmentos 4 de línea, puede servir de indicador de paso de fallo, encendiendo, por ejemplo, un indicador 7 de luminoso; se puede asociar o integrar por otra parte un dispositivo 6<sub>1</sub> a un relé de protección 8 adecuado para controlar la apertura de los contactos del interruptor 5.

25 Entre los conductores de línea 4 y la tierra, en particular, si las líneas 4 de partida son cables enterrados, pueden aparecer valores fuertes de capacidad 9, en el origen de la circulación de corrientes homopolares importantes  $I_0$  en caso de fallo 10 a tierra; por corriente homopolar  $I_0$  (o "zero sequence current" según la terminología anglosajona), se entiende, un posible factor de tres, la suma vectorial de las diferentes corrientes de fase, o incluso la corriente correspondiente a la resultante instantánea de las corrientes de fase, a veces llamada corriente residual, que posiblemente corresponde a la corriente de fallo a tierra ("ground default current" según la terminología anglosajona) o a la corriente de fuga. Para evitar la detección falsa de un dispositivo 6 de detección de fallo a tierra causados por una falta de una partida vecina por el enlace 9 capacitivo, se han desarrollado dispositivos y procedimientos para distinguir si un fallo 10 a tierra se encuentra hacia abajo del dispositivo 6 de detección, o hacia arriba del dispositivo 6<sub>i+1</sub>.

30 En particular, los documentos 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 medición de las corrientes por unos sensores adaptados 12. La identificación de la presencia de un fallo 10 se basa en la detección de sobrecorrientes en al menos una fase de la red 1, y esto durante un período mínimo de fallo. Para precisar la naturaleza del fallo y/o su posición relativa, una medición de la tensión de cada fase, incluso otros parámetros, también debe realizarse. Pero los transformadores de tensión son a la vez voluminosos y caros; que, además, no siempre están necesariamente adaptados para una instalación en las líneas 4 ya existentes, independientemente de que sean aéreas o subterráneas.

35 Por lo tanto, parece que los dispositivos de detección de fallo existentes no están optimizados para una implementación amplia debido a su complejidad, en concreto debida al número de sensores que hay que colocar cuando se quiere una localización direccional.

### Descripción de la invención

40 De entre otras ventajas, la invención tiene como objetivo superar los inconvenientes de los dispositivos y procedimientos de detección direccional de fallo a tierra existentes. En particular, el principio de direccionalidad implementado se basa en el análisis de los efectos de alta frecuencia debidos a elementos parásitos en las redes, sin el uso de corrientes de fase ni de tensiones de red, lo que permite implementarlo con un solo sensor y en equipos que no tienen memoria significativa al nivel de software y/o hardware.

45 En uno de sus aspectos preferentes, la invención se refiere a un procedimiento de detección direccional de fallo a tierra en una red multifásica que comprende una primera fase de detección de fallo comparando una señal representativa de la corriente homopolar que circula por la sección de línea supervisada con un umbral de detección. La red es preferentemente trifásica; puede comprender un cable multipolar o varias líneas de fase, de manera aérea

o subterránea.

Si la primera fase detecta la presencia de un fallo a tierra en dicha sección, la segunda fase del procedimiento según la invención se dispara. La segunda fase está basada en el procesamiento de la señal representativa de la corriente homopolar de dicha sección, obtenida durante un período predeterminado de tiempo suficiente, en particular, más de medio período de la frecuencia propia de la red, por ejemplo, un número entero de períodos de la red. Ventajosamente, la señal es muestreada, con una frecuencia de muestreo relativamente alta, en particular, más de 400 veces la frecuencia de la red, por ejemplo, del orden de 20 kHz para una red de 50 Hz.

Después de la adquisición de la señal representativa de la corriente homopolar, la segunda fase del procedimiento continúa con un procesamiento de dicha señal para permitir la interpretación si el fallo detectado en la primera fase se sitúa hacia arriba del punto de medición de la corriente; el procesamiento comprende la determinación del número de pasos por cero de la corriente homopolar para la duración predeterminada, y la comparación de este número con un primer umbral predefinido, por ejemplo, 10: si el número de pasos es inferior al del umbral, entonces el fallo se sitúa hacia abajo de la detección.

Preferentemente, el procesamiento comprende, además, la determinación la derivada de la señal representativa de la corriente homopolar para la duración predeterminada, el recuento del número de pasos por cero de dicha derivada, y la comparación con un segundo umbral, por ejemplo, 50. De este modo, es posible localizar el fallo hacia arriba o hacia abajo del punto de medición de corriente: si se exceden el primer umbral y el segundo umbral, entonces el fallo se sitúa hacia arriba de la detección.

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 se refiere a un dispositivo de detección direccional de un fallo a tierra de una línea en una red multifásica, preferentemente trifásica, adaptado para el procedimiento anterior. El dispositivo de detección direccional según la invención puede asociarse a un sensor de corriente, por ejemplo, un toro de detección, o un sensor de campo magnético adaptado, que le proporciona la señal representativa de dicha corriente. El dispositivo de detección direccional, además, puede formar parte de un indicador de paso de fallo, por ejemplo, por activación de medios de alerta de tipo indicador si se detecta un fallo hacia abajo de los sensores. 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 detección direccional de un fallo a tierra según la invención comprende medios para recibir una señal representativa de la corriente de la línea a controlar; ventajosamente, los medios de recepción comprenden medios de muestreo para obtener un gran número de valores discretos, por ejemplo, a frecuencia 20 kHz para una red de 50 Hz.

El dispositivo según la invención comprende medios de procesamiento de la señal representativa obtenida asociada a los medios de activación de dichos medios de procesamiento, siendo los medios de activación disparados por la detección de la ocurrencia de un fallo a tierra. Preferentemente, la detección de la ocurrencia de un fallo a tierra que acciona los medios de activación se realiza mediante el dispositivo según la invención que comprende medios adaptados, en particular, medios de comparación de la señal representativa de la corriente homopolar con un umbral de detección.

Los medios de procesamiento de la señal del dispositivo según la invención comprenden medios para determinar el número de cambios de signo de la señal y para comparar este número con un umbral; preferentemente, se proporcionan medios de determinación de la derivada de la señal de corriente homopolar, y en comunicación con los medios anteriores. Los medios de procesamiento de la señal se están acoplados en la salida a medios de interpretación que permiten determinar la posición relativa del fallo a tierra detectado con respecto al punto de obtención de dichas señales.

**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 en la que se pueden usar dispositivos de detección de fallo a tierra.

La figura 2 muestra esquemáticamente una señal representativa de la corriente homopolar cuando ocurre un fallo, respectivamente hacia arriba y hacia abajo del dispositivo de detección.

La figura 3 ilustra el procedimiento de detección según un modo de realización preferente de la invención.

La figura 4 representa un diagrama de bloques de un dispositivo de detección de fallo a tierra según un modo de realización preferente de la invención.

#### **Descripción detallada de un modo de realización preferente**

5 El dispositivo 20 de detección direccional de fallo 10 según la invención se puede usar en cualquier red 1 trifásica, 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 inmediatamente a las otras frecuencias, y a cualquier número de fases superiores a dos. 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 cero, pero esto no es limitante: es posible desviarse de esta situación ideal.

10 Cuando aparece un fallo a tierra 10 en una línea 4, la corriente de las fases defectuosas se convierte (idealmente) en cero hacia abajo del fallo 10, mientras que se altera hacia arriba. En cuanto a las otras fases, aunque está puntualmente alterada, la corriente permanece casi constante, con una amplitud ligeramente modificada. De este modo, tal como se ilustra en la figura 2, hacia arriba del fallo 10, la corriente homopolar  $I_0$  detectada por un sensor  $12_j$  es casi idéntica a la corriente de fallo a tierra y, por lo tanto, tiene una amplitud relativamente grande. Por el contrario, un dispositivo  $12_{j+1}$  de detección de la corriente homopolar  $I_0$  situada hacia abajo del fallo 10, o un dispositivo  $12'$  situado en una partida adyacente, ven una corriente homopolar  $I_0$  principalmente debido a los retornos capacitivos, que, por lo tanto, tiene una amplitud más pequeña que en el caso anterior.

20 La portadora de las corrientes  $I_0$  detectadas por los dispositivos 12 apropiados también se ve alterada por las oscilaciones de alta frecuencia (HF) debidas a las resonancias de los elementos parásitos de la red 1, en particular, las capacidades e inductancias, en particular, líneas y cables; unos filtros están asociados convencionalmente a los medios de detección de señales de corriente con el fin de superar estas perturbaciones. La invención opta por una menor calidad de la señal detectada, preferentemente sin filtrado, y usa oscilaciones parásitas para la detección direccional. De hecho, las oscilaciones de HF son de amplitud sustancialmente constante y mucho más inferiores a la amplitud de la corriente de homopolar  $I_0$  detectada. Muy presente inmediatamente después de la ocurrencia del fallo 10, en particular, en los próximos 20 ms que siguen, es decir, durante un período de la red 1 a 50 Hz, en una portadora de baja amplitud detectada hacia abajo del fallo, estas oscilaciones causan numerosos pasos por cero de la señal de corriente; por el contrario, si en la portadora de gran amplitud de la señal de corriente detectada hacia arriba del fallo, la forma general está alterada, sin embargo, sin muchos cambios de signos de la corriente transitoria.

30 Esta diferencia entre los pasos por cero se encuentra nuevamente para la derivada temporal de  $dI_0/dt$  de la corriente homopolar. En el procedimiento según la invención, la cantidad de pasos por cero de la corriente homopolar y de la derivada de la corriente homopolar permiten, de este modo, determinar la posición del fallo con respecto al dispositivo de detección.

35 También es ventajoso, por otra parte, en un procedimiento según la invención, usar la misma corriente homopolar  $I_0$  para la detección inicial de la presencia de un fallo 10, en particular, comparando la amplitud de la corriente detectada con un umbral  $S_d$ , que se puede ajustar en un valor de detección mínimo para el cual está homologado el sensor de corriente 12: ver la figura 3. De este modo, en el procedimiento según la invención, una vez detectado el fallo D, la señal representativa de la corriente homopolar  $I_0$  se adquiere para una duración de adquisición  $T_{acq}$ , por ejemplo, del orden de un período de red 1, o al menos superior a medio período de la frecuencia  $F$  de la red 1, duración durante la cual las perturbaciones parasitarias alteran la señal de corriente más. Según un modo de realización ventajoso de la invención, la señal  $I_0$  se muestrea para procesar seguidamente valores discretos; en vista del uso de los parásitos HF, la frecuencia de muestreo es suficientemente alta, por ejemplo, más de 400 veces la frecuencia de la red 1, al menos 20 kHz para una corriente trifásica a 50 Hz.

45 Una vez, muestreada la corriente homopolar  $I_0^*$  obtenida, el número  $N$  de pasos por cero se determina por cualquier procedimiento, gráfico u otro; preferentemente, se determina el signo de la corriente transitoria  $I_0^*$  y se recuenta el número de cambios de dicho signo. El número  $N$  de pasos por cero se compara luego con un umbral  $Z$ , elegido en la instalación en la red 1 en función de sus características capacitivas e inductivas, y en particular, de las características de los cables y líneas. Si el umbral  $Z$  se supera por  $N$ , el fallo D está ubicado  $L$  hacia arriba del lugar donde se ha obtenido la corriente homopolar  $I_0$ . De hecho, aunque el número  $N$  de pasos por cero de la corriente homopolar  $I_0$  disminuye a medida que uno se aproxima al fallo 10, se ha encontrado, tanto para una red 1 lineal con una carga distribuida como para una red 1 lineal con una carga de final de línea, que  $N < 10$  para todos los sensores  $12_{j,j=1 \rightarrow i}$  y  $N > 10$  para todos los sensores  $12_{j,j=i+1 \rightarrow n}$ .

55 Para redes con que comprenden arborescencias, la corriente homopolar  $I_0$  en una partida saludable 4' puede ser perturbada por el fallo 10 de una rama adyacente, con luego una pequeña amplitud; la influencia relativa de los parásitos HF en la señal representativa de la corriente homopolar  $I_0$  detectada por el sensor  $12'$  puede generar, entonces, un número de pasos por cero bajo, en particular, inferior al umbral  $Z$ ; ahora bien, por convención, un fallo 10 ubicado en una rama 4 adyacente al lugar  $12'$  de detección debería considerarse como hacia arriba. Por lo tanto, es ventajoso, cuando se excede el umbral  $Z$ , en particular para este tipo de red que comprende más de una partida 4, continuar el análisis mediante el uso de la señal derivada con respecto al tiempo de la corriente homopolar  $I_0$ , señal para la cual la influencia de los parásitos es más precisa.

Para este fin, se determina la derivada con respecto al tiempo  $d^* = di_0^*/dt$  de la señal representativa de la corriente homopolar muestreada obtenida durante la duración de adquisición  $T_{acq}$ . De la misma manera, el número  $dN$  de pasos por cero de esta derivada  $d^*$  se recuenta y se compara con un umbral  $dZ$ . Si el umbral  $dZ$  se excede, el fallo se encuentra hacia arriba del punto donde se ha obtenido la corriente homopolar  $i_0$ ; si no, está hacia abajo; el umbral  $dZ$  también se selecciona en la instalación en la red 1 en función de sus características capacitivas e inductivas, y en particular, de las características de los cables y líneas.

En la práctica, para todas las redes 1, un umbral  $dZ$  del orden de 50 es apropiado. Además, se debe tener en cuenta que cuando  $dN < dZ$ , también tenemos  $N < Z$ : hay coherencia de los resultados. Por lo tanto, es posible que el procedimiento no distinga las dos situaciones para el procesamiento de la señal de la derivada  $d^*$  y que, sin tener en cuenta la comparación entre  $N$  y  $Z$ , se proceda a la determinación de la derivada  $d^*$ , en el recuento su número de pasos por cero y comparándolo con el segundo umbral  $dZ$ . En particular, esta comparación doble permite confirmar los resultados para una detección de un fallo que ocurre cuando la corriente de la fase en cuestión está cercano a su paso por cero en su senoide de referencia.

Con el fin de que los resultados de detección direccional  $L$  sean confiables, los valores de umbral anteriores se pueden establecer en función de los parámetros de la red y, en particular, los parámetros que pueden influir en el principio según la invención, es decir, los caracteres más o menos capacitivos y la red 1 más o menos inductiva considerada, principalmente relacionado con el tipo de cable o de línea utilizada (de hecho, los estudios han demostrado que no dependen de parámetros tales como la resistencia a fallo, el régimen neutral). En efecto, la diferencia entre el número de pasos por cero entre hacia arriba y hacia abajo para líneas aéreas, con elementos parásitos capacitivos más pequeños y elementos inductivos más grandes que los cables subterráneos, es más importante, y es posible usar, por ejemplo,  $Z = 20$  y  $dZ = 60$ .

El procedimiento según la invención puede colocarse en un relé de protección 8, en un indicador de fallo con sistema 7 de alerta, mediante implementación en un dispositivo direccional de detección de fallo 20 a tierra adaptado, esquematizado en la figura 4 en un modo de realización preferente. El dispositivo 20 comprende medios para obtener una señal representativa de la corriente 22 homopolar, a partir de los medios 12 de determinación apropiados. El sensor 12 asociado al dispositivo 20 según la invención puede ser de cualquier tipo, en particular, en forma de un toro de hipódromo (o toro homopolar) que rodea el conjunto de los conductores de la línea 4; para las redes aéreas, es habitual que la corriente homopolar  $i_0$  se determine mediante un sensor 12 de campo magnético.

La señal suministrada por los medios 12 de determinación de la corriente homopolar es recibida por los medios 22 de obtención del dispositivo 20 de detección direccional que comprende ventajosamente un módulo 24 de muestreo, funcionando, en particular, a más de 20 kHz, para proporcionar de ese modo una señal muestreada  $i_0^*$  a un módulo de procesamiento 26, activado en función de la detección de un fallo 10 a tierra. Para este fin, el módulo 26 de procesamiento está conectado a cualquier dispositivo 28 de detección de fallo; en particular, el dispositivo 28 de detección de fallo está asociado a los medios 22 para obtener la señal representativa de la corriente homopolar  $i_0$  y comprende un módulo de comparación de la corriente homopolar  $i_0$  con un umbral de detección  $S_d$ : si el umbral se excede, entonces se detecta un fallo  $D$  y se activa el módulo 26 de procesamiento.

El módulo 26 de procesamiento consta de medios 30 de determinación de la derivada  $d^*$  de la señal de corriente homopolar muestreada  $i_0^*$ , medios 32 de recuento del número de pasos por cero de la señal de corriente homopolar  $i_0^*$  y su derivada  $d^*$ , y medios 34 para de comparación de los recuentos  $N$ ,  $dN$  obtenidos en los umbrales  $Z$ ,  $dZ$ . Los medios 32 de recuento pueden ser únicos con dos entradas y dos salidas para las dos señales o, pueden estar divididos 32, 32', comprendiendo cada uno solo una entrada y una salida para cada una de las señales de corriente homopolar  $i_0^*$  y su derivada  $d^*$ ; la misma alternativa puede estar presente para los medios 34, 34' de comparación de los recuentos con los umbrales. Las salidas de los medios 34, 34' de comparación se comunican a los medios 36 de interpretación, cuya salida es una señal  $L$  de detección direccional de fallo a tierra hacia abajo o hacia arriba de los sensores 12.

El dispositivo de la figura 4 puede asociarse ventajosamente a un relé 8 de protección para redes eléctricas, o con un indicador de paso de fallo para líneas 4 de media tensión conectadas en una red 1, disparando la salida del módulo de interpretación 36 el corte de un interruptor 5, el encendido de un indicador 7 o cualquier otro medio de seguridad y/o de alerta.

De este modo, según la invención, un procedimiento y un dispositivo 20 de detección direccionalmente un fallo 10 a tierra de una línea de una red 1 multifásica se han realizado sin medición de tensión, lo que alivia tanto los dispositivos como su implementación. Que, además, un único sensor 12 de corriente es necesario, haciendo posible el uso del principio según la invención que consiste en tener en cuenta las perturbaciones de alta frecuencia inherentes a cualquier red, para cualquier configuración, incluso en cables tripolares únicos, bajo tierra o de manera aérea, o en las redes aéreas existentes, independientemente de su tensión o la distancia entre sus líneas y, por lo tanto, los campos electromagnéticos inducidos. Adicionalmente, los procesamientos de la información proporcionada por el sensor son simples, presentando de este modo facilidades en términos de memoria y de procesador para dicho dispositivo.

5 Aunque la invención se ha descrito con referencia a una red de distribución trifásica en la que el neutro está conectado a tierra por impedancia compensada, no está limitado a eso: otros tipos de redes multifásicas pueden estar relacionados con la invención; en particular, cualquier régimen de neutro es apropiado. Por otra parte, aunque se describe con determinación y procesamiento de la corriente homopolar instantánea  $I_0$ , el procedimiento según la invención puede usar la variación de dicha corriente  $I_0$  con respecto a su valor determinado en un período anterior: esta variante es particularmente interesante en el caso de las redes que presentan un ligero desequilibrio entre las fases, cuya corriente homopolar  $I_0$  es, por lo tanto, diferente de cero en la situación de ausencia de fallo.

10 De hecho, 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 que pueden visualizarse, en particular, en indicadores o pantallas, o señales mecánicas que actúan con accionadores. Asimismo, el sensor de corriente puede ser diferente de los ejemplos presentados, como un sensor de efecto Hall, Peltier, Faraday o Seebeck, o resistencias magnéticas.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (20) de detección direccional de un fallo (10) a tierra en una red (1) multifásica que consta de:
  - medios (22) para recibir una señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) de la línea (4) de la red (1);
  - medios (26) de procesamiento de la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ), que comprende medios (32) de determinación de un primer número (N) de pasos por cero de la señal durante una duración predeterminada ( $T_{acq}$ ) y medios (34) de comparación del primer número de pasos (N) con un primer umbral (Z);
  - medios (28) de activación de dichos medios (26) de procesamiento en función de una señal (D) de detección de la ocurrencia de un fallo a tierra en la red (1);
  - medios (36) de interpretación de los resultados del procesamiento de la señal para determinar si el fallo está hacia arriba del dispositivo (20) en función de los resultados de la comparación.
2. Dispositivo (20) de detección direccional según la reivindicación 1 en el que los medios (22) para recibir la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) comprenden medios (24) de muestreo a una frecuencia superior a 400 veces la frecuencia de la red (1).
3. Dispositivo (20) de detección direccional según una de las reivindicaciones 1 o 2 que comprende, además, medios (28) de detección de la ocurrencia de un fallo (10) a tierra en la red (1) conectados a los medios de activación de los medios (26) de procesamiento de las señales, comprendiendo dichos medios (28) de detección un comparador de la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) con un umbral de detección ( $S_d$ ).
4. Dispositivo (20) de detección direccional según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los medios (26) de procesamiento comprenden, además, medios (30) de determinación de la derivada ( $d^*$ ) con respecto al tiempo de la señal procedente de los medios (22) de recepción, medios (32') de determinación de un segundo número (dN) de pasos por cero de la derivada ( $d^*$ ) de la señal, medios (34') de comparación del segundo número (dN) de pasos con un segundo umbral (dZ) y en el que los medios (36) de interpretación de los resultados del procesamiento de señal son aptos para determinar si el fallo está hacia arriba o hacia abajo del dispositivo (20).
5. Dispositivo (20) de detección direccional según la reivindicación 4, en el que la duración predeterminada ( $T_{acq}$ ) es superior a la mitad de un período de la frecuencia de la red (1), el primer umbral (Z) es superior o igual a 10 y el segundo umbral (dZ) es superior o igual a 50.
6. Indicador de paso de fallo a tierra que comprende un sensor (12) de corriente dispuesto en la línea (4) de la red (1) eléctrica a supervisar y que comprende un dispositivo (20) de detección de fallo direccional según una de las reivindicaciones 1 a 5 conectado a dicho sensor (12) de corriente para recibir la señal representativa de la corriente homopolar.
7. Relé (8) de protección a tierra que comprende al menos un indicador de fallo según la reivindicación 6 y medios (5) de accionamiento de un dispositivo de corte en función de los resultados de los medios (36) de interpretación del dispositivo de detección (20) direccional del indicador.
8. Procedimiento de detección direccional (D, L) de un fallo (10) a tierra en una red (1) multifásica que comprende el disparo, después de obtener una señal (D) que indica la presencia de dicho fallo (10) a tierra, de la determinación direccional (L) del fallo (10), comprendiendo dicha determinación direccional las etapas sucesivas de:
  - obtención de una señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) durante una duración ( $T_{acq}$ ) de al menos un período de la red (1);
  - procesamiento de la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) que comprende el recuento del número (N) de pasos por cero de la señal ( $I_0$ ) durante la duración predeterminada ( $T_{acq}$ ) y la comparación de dicho recuento (N) con un primer umbral (Z);
  - interpretación de los resultados del procesamiento en función de los resultados de la comparación para indicar si el fallo detectado (D) se sitúa hacia arriba del lugar donde se ha obtenido la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la obtención de una señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) comprende, además, un muestreo a una frecuencia superior a 400 veces la frecuencia de la red (1).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 o 9, en el que la etapa de procesamiento de la señal comprende, además, calcular la derivada con respecto al tiempo de la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ), el recuento de un segundo número (dN) de pasos por cero de dicha derivada ( $d^*$ ), y la comparación del segundo número (dN) de pasos por cero con un segundo umbral (dZ), y en el que la interpretación de los resultados del procesamiento permite indicar si el fallo detectado (D) se sitúa hacia arriba o hacia abajo del lugar donde se ha obtenido la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ).
11. Procedimiento de detección direccional según una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que la señal (D) que indica la presencia de un fallo (10) a tierra se obtiene comparando la señal representativa de la corriente homopolar ( $I_0$ ) con un umbral de detección de fallo ( $S_d$ ).

12.Procedimiento de protección de una línea (5) de corriente ante la aparición de un fallo (10) a tierra que comprende el accionamiento de un dispositivo (6) de corte de dicha línea (5) si un fallo (10) a tierra ha sido detectado por un procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 11 hacia abajo de dicho dispositivo (6) de corte.

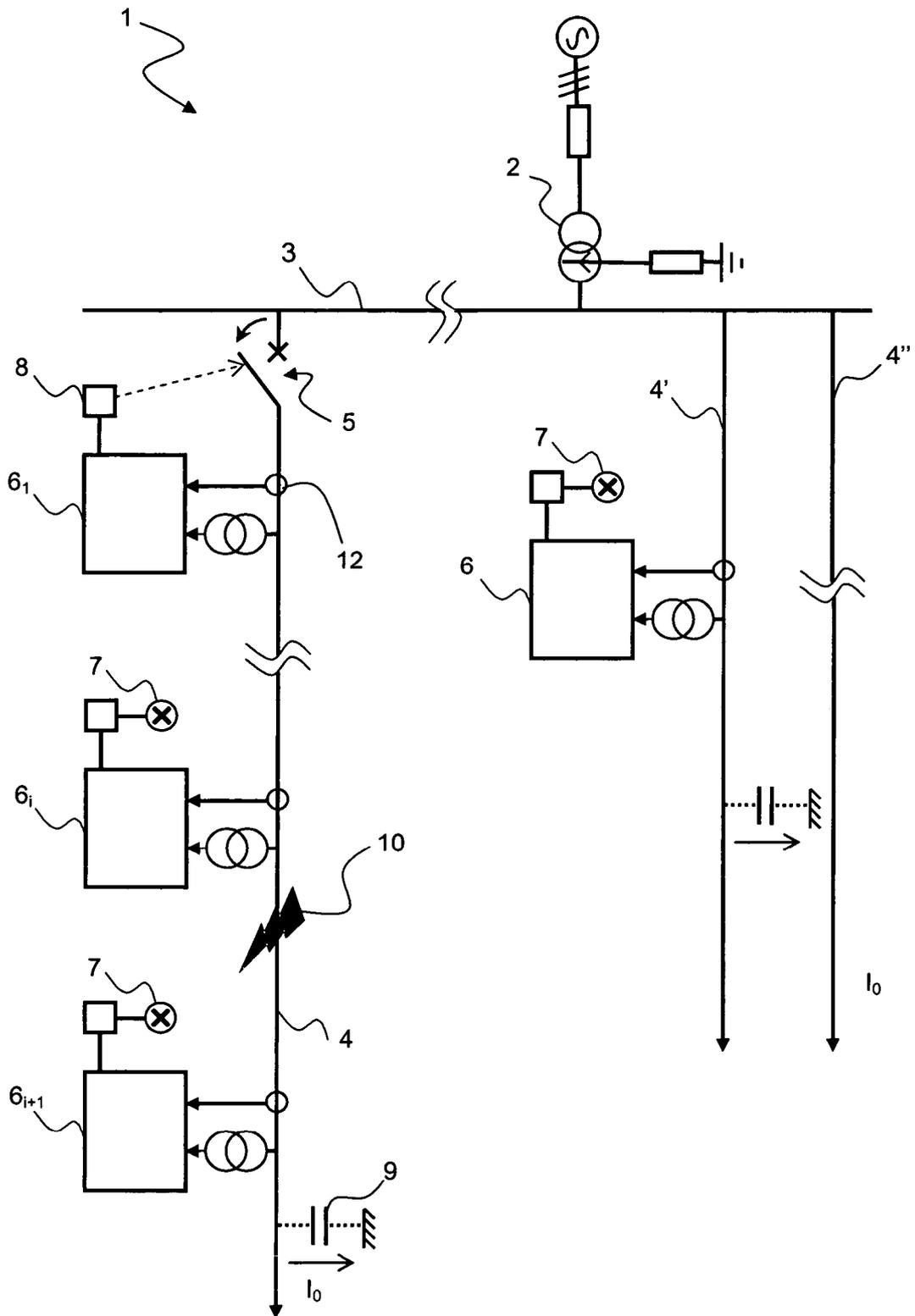


Fig.1

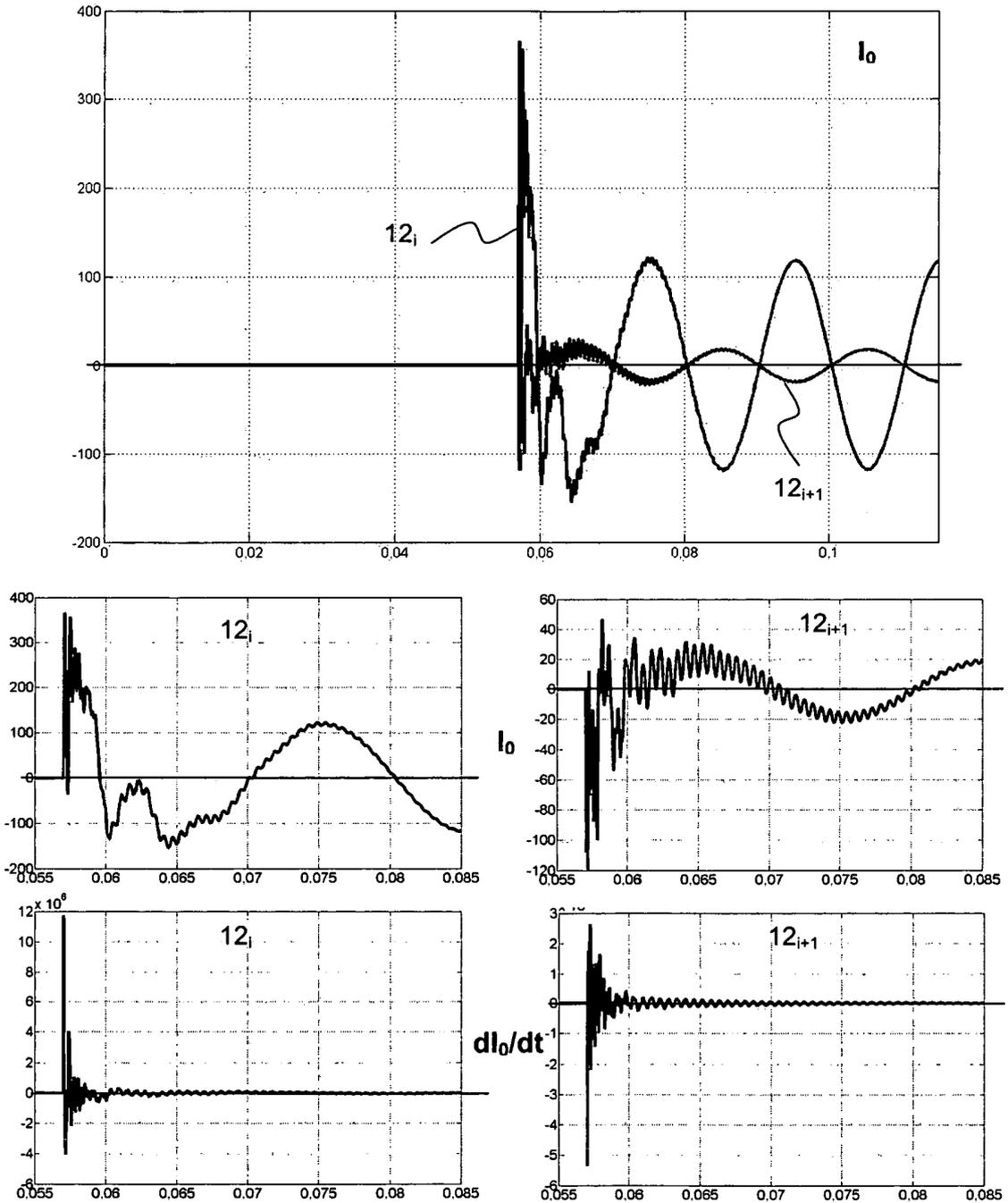
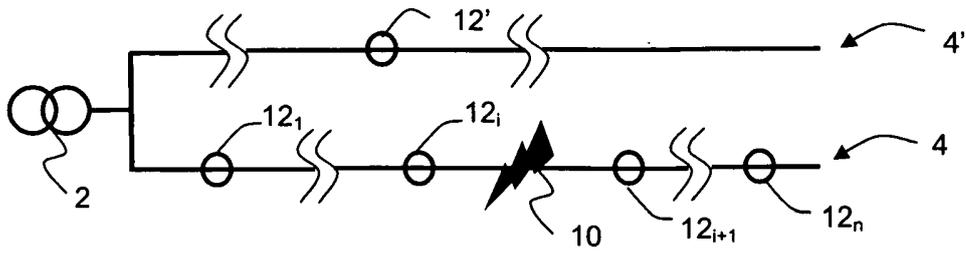


Fig.2

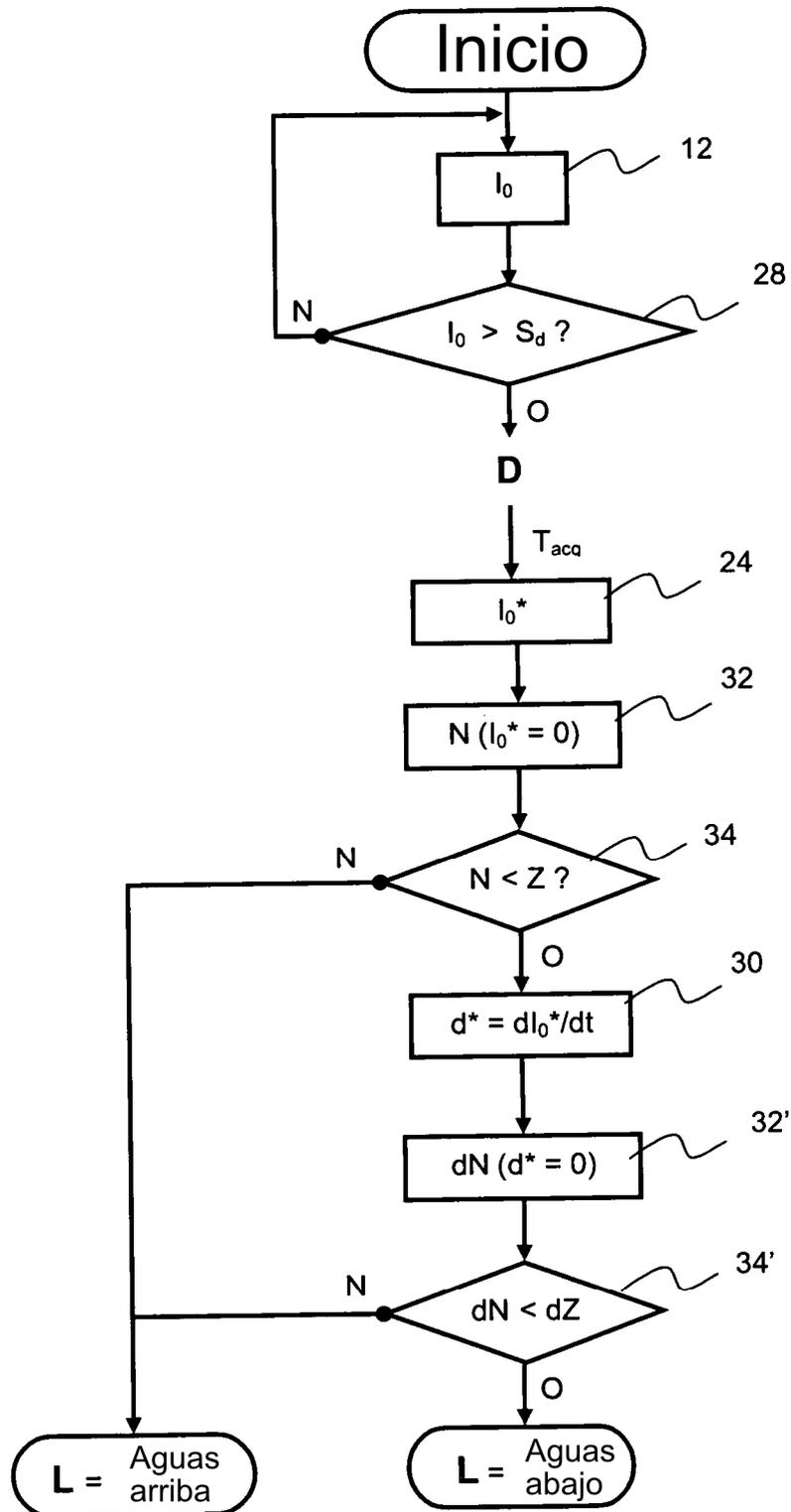


Fig.3

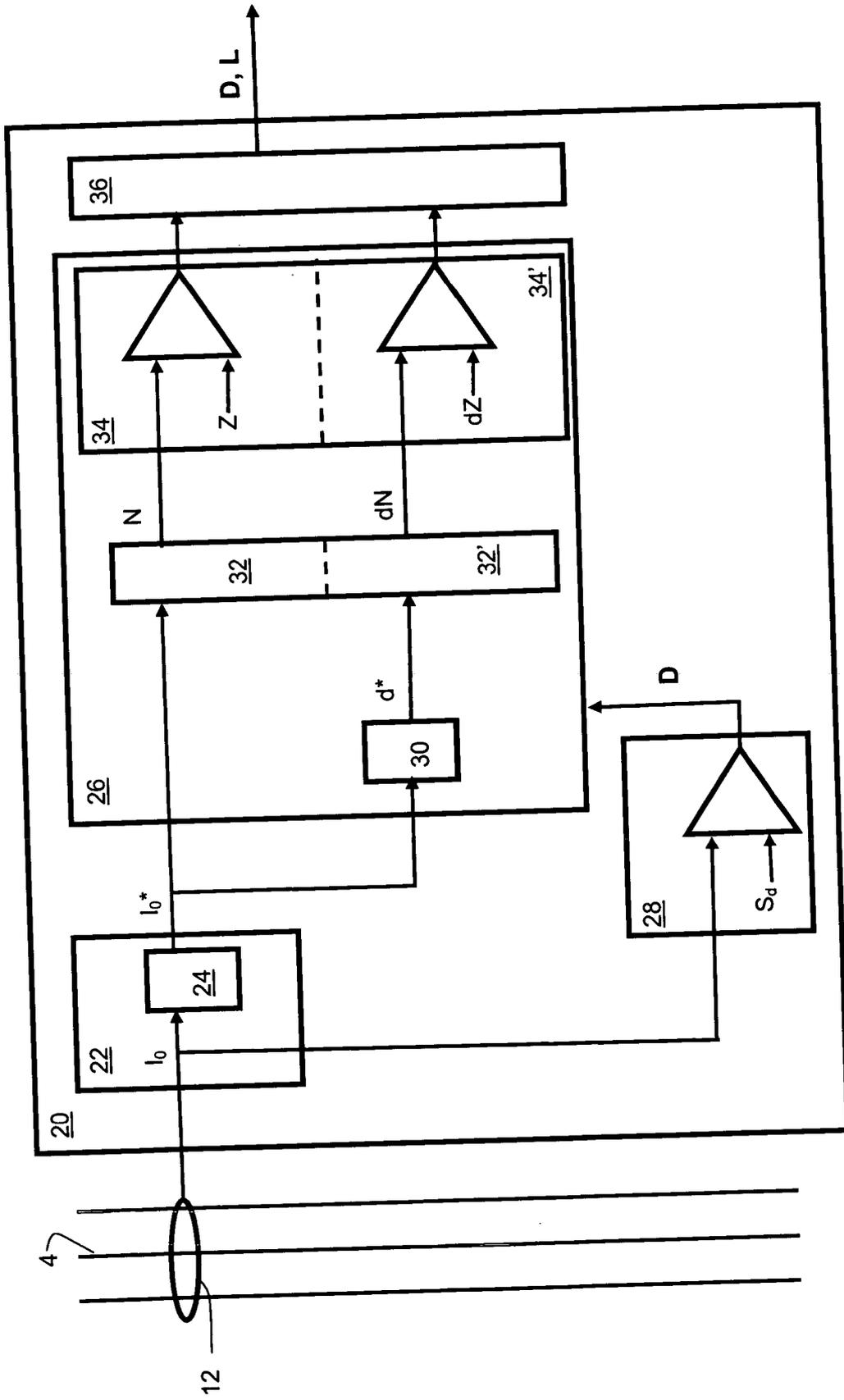


Fig.4