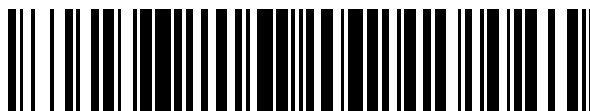


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 123**

51 Int. Cl.:

H02H 3/33 (2006.01)

H02H 3/347 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2017** **E 17154930 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.06.2021** **EP 3232526**

54 Título: **Dispositivo de detección de una corriente de defecto**

30 Prioridad:

12.04.2016 FR 1653183

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
16.11.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ALLAB, FARID;
STEPANEK, JIRI y
CADOUX, YVAN**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 877 123 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

Dispositivo de detección de una corriente de defecto

Campo técnico

5 La invención se refiere a un dispositivo para detectar una corriente de defecto que fluye en una línea de corriente de una instalación eléctrica.

La invención también se refiere a un aparato de protección diferencial eléctrica que comprende dicho dispositivo de detección así como un conjunto de dispositivos de protección diferencial.

Estado de la técnica

10 Los dispositivos de detección de corriente de defecto de corriente alterna se utilizan ampliamente en las instalaciones eléctricas alimentadas por redes de corriente alterna. Su función es detectar cualquier corriente de defecto, también llamada corriente de fuga, que generalmente circula entre la red eléctrica y la tierra o la masa de la instalación. Una corriente de defecto es la manifestación de un defecto de aislamiento en la red con respecto a tierra y debe eliminarse antes de que se produzcan daños. Estos dispositivos forman parte de las instalaciones eléctricas industriales o domésticas.

15 Con el desarrollo de las cargas electrónicas, por ejemplo las estaciones de recarga de vehículos eléctricos o la producción de electricidad por medio de paneles fotovoltaicos, la naturaleza de las corrientes de defecto ha cambiado: la presencia de rectificadores electrónicos, de convertidores de tensión o de frecuencia está en el origen de la aparición de corrientes de defecto directas o arrastradas. Los dispositivos de detección de corriente de defecto puramente de corriente alterna no son lo suficientemente sensibles a las corrientes de corriente continua o de sumidero. Por lo tanto, en las instalaciones eléctricas donde se instalan cargas electrónicas, es necesario instalar dispositivos de protección adecuados para detectar cualquier tipo de corriente alterna, continua o pulsada.

20 Una limitación para la implementación de estos dispositivos de protección es la necesidad de detectar una corriente de defecto relativamente baja, por ejemplo 30 mA, en una instalación eléctrica en la que circulan corrientes de algunos amperios a varias decenas de amperios. Para ello, la utilización de un toroide sumador es especialmente interesante, ya que el circuito magnético del toroide realiza la suma de los campos magnéticos generados por las corrientes que circulan por cada conductor de la línea de corriente. El campo resultante es sólo la imagen del desequilibrio de corriente de todas las fases. Un bobinado en el circuito magnético permite medir este desequilibrio de la corriente, llamado corriente diferencial.

25 Una dificultad importante es la de medir una corriente continua con un toroide que consiste en un circuito magnético. Se utilizan varios medios para resolver este problema.

La solicitud de patente EP 0 069 655 A1 o patente US 4 280 162 A describen un dispositivo de protección capaz de detectar de forma continua las corrientes de defecto de neutro a tierra y de fase a tierra de corriente alterna o corriente continua mediante la detección de un cambio en el estado magnético del toro en el que un oscilador genera un campo magnético de corriente alterna.

35 La solicitud de patente EP 1 533 880 A1 describe un dispositivo y un método de protección diferencial sensible a las corrientes diferenciales de corriente continua o a las corrientes que tienen una componente de corriente continua, evitando al mismo tiempo los disparos indeseables para determinadas frecuencias de corriente de defecto. Para ello, la detección de defectos debe confirmarse para diferentes frecuencias de excitación del circuito magnético.

40 La solicitud de patente EP 1 267 467 A2 utiliza dos transformadores de corriente: uno para generar un primer campo magnético al que se superpone el campo magnético creado por una corriente de defecto, un segundo transformador de corriente, conectado al primer transformador de corriente por un circuito en el que se inserta un circuito que produce una rotación de fase de aproximadamente 180°, estando este circuito dispuesto como un filtro de paso alto.

45 El uso de dos transformadores de corriente es interesante ya que el campo resultante siempre se minimiza y por lo tanto no es muy sensible a la saturación de los circuitos magnéticos. Sin embargo, una desventaja notable es el espacio y el coste que supone utilizar dos circuitos magnéticos.

El principio de funcionamiento de los dispositivos conocidos que utilizan un solo circuito magnético requiere un dimensionamiento adaptado del circuito magnético para que éste no se sature para una corriente de defecto igual al umbral de disparo más elevado. Además, debido a la gran dispersión de las características del material magnético y para garantizar que el producto funcione en el umbral de disparo más alto, el circuito magnético suele estar sobredimensionado. Esto tiene la desventaja de ser más voluminoso y más caro.

El propósito de la invención es detectar una corriente de defecto alterna, directa o pulsada con la ayuda de un solo circuito magnético, así como detectar por un medio económico y de ahorro de espacio la saturación de dicho circuito

magnético. La invención es especialmente adecuada para su uso en un dispositivo de protección diferencial de una instalación eléctrica de baja tensión.

Divulgación de la invención

Según la invención definida en la reivindicación 1, un dispositivo para detectar una corriente de defecto que fluye en una línea eléctrica comprende:

- un sensor de corriente formado por un circuito magnético por el que pasa la línea de corriente, formando este último un primario, dicho sensor comprende un primer devanado secundario enrollado en el circuito magnético,
- un generador conectado al primer devanado secundario para suministrarle una señal eléctrica alterna,
- un circuito de medición para medir una corriente que fluye en el devanado secundario,
- un circuito de procesamiento, conectado al circuito de medición de corriente, para proporcionar una primera señal de defecto cuando dicha medición de corriente supera un umbral,

e incluye un circuito de control:

- para controlar la señal eléctrica suministrada por el generador, y
- para proporcionar una segunda señal de defecto cuando dicha señal eléctrica es indicativa de la saturación del circuito magnético o en caso de defecto del generador.

Preferiblemente, el dispositivo detecta la saturación del circuito magnético representativa de una corriente de defecto de amplitud superior a un umbral de saturación.

Ventajosamente, el circuito de control mide la amplitud de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador y proporciona la segunda señal de defecto representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha amplitud es mayor o igual a un umbral alto.

Según una realización, el circuito de control mide la tensión de la señal eléctrica a través del devanado secundario y proporciona la segunda señal de defecto representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha tensión es inferior o igual a un umbral bajo.

Preferiblemente, el circuito de control mide la frecuencia de la señal eléctrica emitida por el generador y proporciona la segunda señal de defecto representativa de la saturación del circuito magnético cuando dicha frecuencia está dentro de una banda de frecuencia predefinida.

Preferiblemente, el circuito de control mide la amplitud de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador y proporciona la segunda señal de defecto representativa de un defecto del generador cuando dicha amplitud es inferior a un umbral bajo predefinido.

Según otra realización, el circuito de control mide una variación de flujo en función del tiempo en el circuito magnético y proporciona la segunda señal de defecto representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha variación de flujo está por debajo de un umbral bajo predefinido.

La medición de la variación de flujo en el circuito magnético se realiza preferentemente por medio de un segundo devanado secundario enrollado en el circuito magnético.

Preferiblemente, el dispositivo incluye un limitador de corriente que limita la amplitud de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador a un valor alto predefinido.

El generador es preferentemente auto-oscilante.

Ventajosamente, el dispositivo incluye una inductancia conectada en serie entre el generador y el primer devanado secundario para fijar la frecuencia de oscilación del generador dentro de la banda de frecuencia predefinida cuando el circuito magnético está saturado.

Ventajosamente, la segunda señal de defecto activa un dispositivo de indicación de defecto, un relé de control o un módulo de comunicación.

La invención también se refiere a un aparato de protección eléctrica diferencial que comprende:

- elementos de conexión a una red eléctrica y elementos de conexión a una o varias cargas eléctricas,

- un dispositivo de interrupción de la línea de corriente dispuesto entre los elementos de conexión a la red y los elementos de conexión de la carga o cargas eléctricas, dicho dispositivo de interrupción comprende contactos eléctricos,
 - un mecanismo de control para abrir los contactos eléctricos, y
- 5 • un dispositivo de detección de una corriente de defecto, tal y como se ha definido anteriormente, de forma que el mecanismo de control de la apertura de los contactos se active por la primera señal de defecto o por la segunda señal de defecto.

La invención también se refiere a un conjunto de protección diferencial que comprende:

- elementos de conexión a la red eléctrica y elementos de conexión a una o varias cargas eléctricas,
- 10 • un dispositivo de interrupción de la línea de corriente dispuesto entre los elementos de conexión a la red eléctrica y los elementos de conexión de la carga o cargas eléctricas, dicho dispositivo de interrupción comprende contactos eléctricos,
- un mecanismo de control para abrir los contactos eléctricos, estando dicho conjunto formado por un :
 - un primer dispositivo de detección de una corriente de defecto tal como se ha definido anteriormente,
 - 15 - un segundo dispositivo de protección diferencial dispuesto para proporcionar una señal de defecto, y
 de tal manera que el mecanismo de control de apertura de contactos se active por la primera señal de defecto o por la segunda señal de defecto del primer dispositivo o por la señal de defecto del segundo dispositivo de protección diferencial.

Breve descripción de los dibujos

- 20 Otras ventajas y características se harán más claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones particulares de la invención, dadas como ejemplos no limitantes, y mostradas en los dibujos anexos en los que:
- la figura 1 representa un diagrama de bloques de un dispositivo de detección de corriente de defecto según una primera realización de la invención;
 - las figuras 2a, 2b, 2c representan las señales de corriente en el dispositivo respectivamente en ausencia de una corriente de defecto, en presencia de una corriente de defecto y en una situación de saturación de un circuito magnético;
 - la figura 3 representa un diagrama detallado de un aparato de protección diferencial que comprende un dispositivo de detección de corriente de defecto según el primer modo de realización de la invención;
 - la figura 4 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de detección de corriente de defecto según una segunda realización;
 - la figura 5 representa un diagrama detallado de un aparato de protección diferencial que comprende un dispositivo de detección de corriente de defecto según el segundo modo de realización de la invención;
 - la figura 6 representa un diagrama de bloques de un conjunto de protección diferencial que comprende un dispositivo de protección diferencial según un modo de realización de la invención.

35 Descripción detallada de los modos de realización preferentes

La figura 1 representa un diagrama de bloques de un dispositivo de detección de corriente de defecto según una primera realización de la invención. Una red de alimentación eléctrica 1 alimenta una o varias cargas 3 mediante una línea de alimentación 5 formada por al menos un conductor de potencia. La red de alimentación eléctrica 1 puede ser una red de distribución pública trifásica, por ejemplo con una tensión de 400 voltios y una frecuencia de 50 Hz, estando el neutro conectado a una tierra 2 y distribuido con las fases como se muestra en la figura 1. En este caso, la línea de corriente 5 tiene cuatro conductores de corriente. Cuando el conductor neutro no está distribuido, la línea eléctrica tiene tres conductores de corriente. La red 1 también puede ser un convertidor de tensión o de frecuencia. La red 1 también puede ser una fuente de tensión continua fotovoltaica. En este caso, la línea de corriente 5 tiene dos conductores de corriente, un conductor de polaridad positiva y un conductor de polaridad negativa. La carga 3 puede ser un receptor eléctrico industrial como un motor asociado a un variador de velocidad o representar un conjunto de cargas eléctricas presentes en un edificio industrial o residencial. Para proteger a las personas contra los defectos eléctricos, la caja de carga 3 está conectada a una toma de tierra 4. La tierra 2 y la tierra 4 están al mismo potencial eléctrico.

En el caso de un defecto de aislamiento en la carga 3, una corriente de defecto puede fluir hacia la tierra. Esta corriente de defecto seguirá un bucle: red de alimentación 1, línea de alimentación 5, carga 3, conexión a tierra 4, y retorno a la red de alimentación a través de la conexión a tierra 2. El dispositivo de detección de una corriente de defecto está destinado a detectar esta corriente de defecto y a proporcionar una señal de defecto o a controlar un mecanismo de apertura de la conexión eléctrica entre la red de alimentación 1 y la carga 3.

El dispositivo de detección de corriente de defecto se basa en el principio de un sensor de circuito magnético. Comprende un sensor de corriente 10 que consiste preferentemente en un circuito magnético 11 de forma sustancialmente toroidal por el que pasan los conductores de la línea de corriente 5. Los conductores de la línea de corriente 5 se comportan así como el equivalente a un devanado primario. El circuito magnético 11 tiene un devanado secundario 12. Un generador 13 está conectado a través del devanado secundario 12. Dicho generador puede ser auto-oscilante o de frecuencia fija. Suministra una señal eléctrica de frecuencia F_{osc} creando una corriente I_g que se aplica en el devanado secundario 12. La figura 2a muestra un ejemplo de dicha corriente I_g en ausencia de una corriente de defecto. La corriente I_g induce un campo magnético en el circuito magnético 11.

La señal eléctrica suministrada es preferentemente una señal alterna, es decir, aplicada alternativamente en una dirección y luego en la dirección opuesta, simétricamente, a la frecuencia F_{osc} . Dicha señal eléctrica es preferentemente de forma rectangular, pero también puede ser cuadrada, sinusoidal o trapezoidal.

El dimensionamiento del circuito magnético 11, del bobinado secundario 12 y de la señal generada por el generador 13 son tales que el circuito magnético 11 sigue una fase de magnetización P1 y luego se satura después de un tiempo que es función del valor de la inductancia del bobinado secundario, de las resistencias en serie del generador 13 y del bobinado secundario 12. En el punto de saturación P2, la inductancia del circuito magnético 11 disminuye y la corriente I_g aumenta bruscamente.

En presencia de una corriente de defecto que circula por la línea de corriente, se produce un desplazamiento del campo magnético en el circuito magnético 11 que se manifiesta como una componente, proporcional a la corriente de defecto, superpuesta a la corriente I_g . La figura 2b muestra una corriente asimétrica de este tipo.

Cuando se utiliza un generador auto-oscilante, el generador 13 invierte la polaridad de la señal generada tan pronto como se detecta la saturación en el punto P2, es decir, cuando la corriente I_g aumenta bruscamente. Cuando el circuito magnético está saturado por un campo que no está relacionado con el funcionamiento del generador 13, la fase de magnetización P1 desaparece. El resultado es un aumento de la frecuencia del generador. La figura 2c muestra dicha corriente. Este aumento de la frecuencia es, pues, un indicador representativo de la saturación del circuito magnético 11. El diseño del circuito magnético es tal que no se satura para una corriente de defecto igual al umbral de disparo más alto. Una detección de saturación del circuito magnético será, por tanto, una indicación de la presencia de una corriente de defecto superior al umbral de disparo más alto.

Cuando se utiliza un generador de frecuencia fija, el generador 13 espera hasta el final de cada medio período para invertir la polaridad de la señal generada. Esta última variante es más sencilla de aplicar que en el caso auto-oscilante, pero no permite utilizar la variación de frecuencia como indicador del estado de saturación del circuito magnético 11.

Según el diagrama de bloques de la figura 1, un primer circuito 14 realiza una medición de corriente I_g . El circuito de medición 14 está conectado a un circuito de tratamiento 15 que realiza preferentemente un filtrado de paso bajo 16 para atenuar las componentes de alta frecuencia contenidas en la señal de corriente I_g , en particular la componente a la frecuencia de oscilación F_{osc} , y realiza a continuación una comparación entre el valor de corriente obtenido y un umbral determinado mediante un comparador 17. Si se supera el umbral, el comparador 17 proporciona una primera señal de defecto 18 que indica la presencia de una corriente de defecto.

La frecuencia de corte F_c del filtro de paso bajo 16 es preferiblemente de 150 Hz.

El umbral de conmutación del comparador 17 se determina para una corriente de defecto en la línea de corriente mayor que, por ejemplo, 30 mA o 100 mA o 500 mA, siendo estos valores no limitantes.

Preferentemente, la frecuencia de oscilación F_{osc} se elige para que sea superior a la frecuencia de la red de alimentación eléctrica 1, por ejemplo del orden de 2 kHz, siendo este valor no limitante. En el caso de la elección de un generador auto-oscilante 13, la frecuencia de oscilación F_{osc} es principalmente una función del valor de la inductancia del devanado secundario 12 y de la suma de las resistencias en serie del generador 13 y del devanado secundario 12. Estos componentes se eligen para que la frecuencia de auto-oscilación F_{osc} sea la deseada en ausencia de corriente de defecto.

Por encima de una corriente de defecto de amplitud determinada I_{sat} en la línea de corriente 5, por ejemplo 10 A, el circuito magnético 11 se satura y la corriente I_g generada por el generador 13 no es suficiente para crear un campo magnético capaz de compensar el campo magnético generado por la corriente de defecto. En este caso, la inductancia del devanado 12 disminuye bruscamente y la frecuencia de auto-oscilación aumenta hasta una frecuencia situada en una banda de frecuencias F_{sat} muy superior a F_{osc} . Por ejemplo, $F_{sat} = 30$ a 50 kHz mientras que $F_{osc} = 2$ kHz. La figura 2c muestra dicha corriente. En consecuencia, dado que la corriente I_g es una corriente

cuya frecuencia está situada en la banda de frecuencias F_{sat} , la señal a la salida del filtro de paso bajo 16 no tiene suficiente amplitud para conmutar el comparador 17. Por lo tanto, el circuito de procesamiento 15 no puede proporcionar una primera señal de defecto 18.

La invención pretende por tanto remediar este inconveniente y se refiere a la detección de este cambio en el modo de funcionamiento del oscilador y a la detección de la saturación del circuito magnético 11 para proporcionar una segunda señal de defecto 25.

Un sensor 21 mide la corriente I_g . El sensor 21 está conectado mediante un enlace 210 a un circuito de control 22. El circuito de control 22 está dispuesto para realizar uno o más procesamientos de la medición de la corriente I_g :

- una medición de la frecuencia de la corriente I_g , si la frecuencia de la corriente I_g está dentro de la banda de frecuencias F_{sat} , esto es una indicación de una saturación del circuito magnético y el circuito de control proporciona la segunda señal de defecto 25,
- una comparación de la corriente I_g con un umbral $I_{g_{mini}}$, por ejemplo 10 mA, si la corriente I_g es inferior a $I_{g_{mini}}$, se trata de una indicación representativa de un defecto en el generador 13 o de una rotura en el bobinado 12 o incluso de una rotura en la conexión entre el generador 13 y el bobinado 12, el circuito de control proporciona entonces la segunda señal de defecto 25,
- una comparación de la corriente I_g con un umbral $I_{g_{maxi}}$, por ejemplo 30 mA, si la corriente I_g es superior a $I_{g_{maxi}}$, es una indicación representativa de una perturbación procedente de la red eléctrica y transmitida por el circuito magnético 11, el circuito de control proporciona la segunda señal de defecto 25.

El circuito de control 22 también está dispuesto para realizar una medición de la tensión a través del devanado secundario (12) por medio de un sensor 23. La medición de la tensión consiste en medir la diferencia de potencial entre un extremo V1 del devanado 12 y el otro extremo V2 del devanado 12. Si la tensión medida está por debajo de un umbral V_{min} , por ejemplo 2 voltios, esto es una indicación de saturación del circuito magnético, la inductancia del devanado 12 ha disminuido significativamente. En este caso, el circuito de control proporciona la segunda señal de defecto 25.

El procesamiento realizado por el circuito de control 22 puede llevarse a cabo de forma aislada, en paralelo o en combinación. El circuito de control 22 puede implementarse mediante circuitos electrónicos discretos, funciones programadas en un microprocesador o cualquier otro medio técnico conocido.

La figura 3 representa un diagrama detallado de un aparato de protección diferencial que comprende un dispositivo de detección de corriente de defecto según la primera realización de la invención. El aparato comprende elementos de conexión 7 a la red eléctrica y elementos de conexión 8 a una o varias cargas eléctricas. Estos elementos son preferentemente en forma de abrazaderas de jaula, pero también pueden ser orejetas o conexiones soldadas. Un dispositivo de interrupción de la línea eléctrica 50 está dispuesto entre los elementos de conexión 7 y 8. El dispositivo de interrupción 50 comprende contactos eléctricos que tienen la capacidad de interrumpir la corriente que fluye entre los elementos de conexión 7 y 8. El dispositivo de interrupción 50 se acciona mediante un mecanismo de control de la apertura de los contactos eléctricos 40 por medio de un enlace mecánico 41. El mecanismo de control 40 es preferentemente un actuador electromagnético.

El mecanismo de control 40 se activa por un estado o transición a un estado activo de la salida 31 del circuito 30. El circuito 30 realiza una función lógica "O" entre sus dos entradas conectadas a la primera señal de defecto 18 y a la segunda señal de defecto 25. De este modo, en presencia de la primera o segunda señal de defecto o en presencia simultánea de ambas señales de defecto, la salida 31 activa el mecanismo de control 40, dicho mecanismo de control 40 acciona el dispositivo de interrupción 50 de la línea eléctrica 5. Por tanto, la corriente de defecto ya no puede circular entre la red eléctrica 1 y la(s) carga(s) 3. Esto garantiza la seguridad de los bienes y las personas.

Preferentemente, una inductancia 131 está conectada en serie entre el generador 13 y el devanado 12 para controlar la frecuencia del generador 13 en modo auto-oscilante, cuando el circuito magnético 11 está saturado. Cuando el circuito magnético 11 está saturado, su inductancia se vuelve despreciable en comparación con la inductancia 131. La frecuencia de auto-oscilación en la banda de frecuencias F_{sat} es, por tanto, función del valor de la inductancia 131 y de las resistencias en serie del generador 13 y del devanado secundario 12. La frecuencia de auto-oscilación se hace así controlable y puede ajustarse a un valor predefinido. El valor de la inductancia 131 es preferentemente del orden de 1 mH, siendo este valor no limitante, para que la frecuencia de auto-oscilación se encuentre en la banda de frecuencias F_{sat} situada preferentemente entre 30 kHz y 50 kHz.

Un circuito limitador de corriente 130 está conectado en serie entre el generador 13 y el devanado secundario 12 para limitar la corriente I_g entregada por el generador cuando el circuito magnético 11 está saturado. Así, la corriente no puede superar un umbral $I_{g_{maxi}}$, lo que reduce el consumo de energía del aparato y limita el calentamiento interno. El limitador de corriente 130 limita la corriente añadiendo una impedancia en serie cuando la corriente que la atraviesa tiende a superar el nivel $I_{g_{maxi}}$. El valor de $I_{g_{maxi}}$ es del orden de 30 mA, siendo este valor no limitante.

El primer circuito de medición de corriente 14 es preferentemente un shunt o resistencia. También puede ser un sensor de efecto Hall, de magnetorresistencia gigante (GMR) o de magnetoimpedancia gigante (GMI). El circuito de procesamiento 15 incluye un circuito de filtrado 16 que consiste en una inductancia 160 en serie con un convertidor de corriente-voltaje 161. La inductancia 160 tiene preferentemente un valor de 10 mH. La utilización preferente del convertidor de corriente-voltaje 161 garantiza un muy buen rechazo de las altas frecuencias, especialmente de la frecuencia F_{osc} , ya que tiene una impedancia de carga mínima. Por lo tanto, el componente de corriente continua y los componentes de baja frecuencia de la corriente I_g fluirán principalmente a través de la inductancia 160 y el convertidor de corriente-voltaje 161 en lugar de en la derivación 14.

La salida del convertidor de corriente-voltaje 161 se conecta a un amplificador 170. La salida del amplificador 170 se conecta a una entrada positiva del comparador 172. El comparador 172 compara la señal entregada por la salida del amplificador 170 con un umbral fijo 171. Cuando la señal de salida del amplificador 170 es mayor que el umbral 171, la salida del comparador 172 pasa a un estado activo, que constituye la primera señal de defecto 18. El amplificador 170 permite ajustar el nivel de la señal para que la salida de la primera señal de defecto corresponda a una corriente de defecto específica, por ejemplo 30 mA o 300 mA o 5A, siendo estos valores no limitantes.

Los componentes 170, 171 y 172 forman parte del circuito comparador 17 que proporciona la primera señal de defecto 18.

Los circuitos 16 y 17 pueden ser implementados usando circuitos electrónicos analógicos tales como amplificadores operacionales o circuitos digitales tales como microprocesadores.

El circuito de supervisión 22 está dispuesto para supervisar la señal eléctrica suministrada por el generador 13 y para proporcionar una segunda señal de defecto 25 en caso de una perturbación de la señal eléctrica relacionada con una saturación del circuito magnético 11 o un defecto del generador 13. Según la realización mostrada en la figura 3, la medición de la corriente I_g se obtiene mediante una conexión con el sensor 14 por medio del enlace 210. Esto ahorra el coste y el espacio de un sensor actual 21.

Un control de la frecuencia de la señal eléctrica entregada por el generador 13 es realizado por un circuito de medición de frecuencia 221 cuya entrada está conectada al sensor 14 a través del enlace 210 y cuya salida está conectada a la entrada de un circuito comparador 224. La salida del comparador 224 se conecta a una de las entradas de un circuito 227 que realiza una "O" lógica de todas sus entradas. La salida 25 del circuito 227 estará activa si una o más de sus entradas están activas.

El circuito 221 realiza una medición de la frecuencia de la corriente I_g . El comparador 224 activa su salida cuando la frecuencia de la corriente I_g está en la banda de frecuencia F_{sat} que es representativa de una saturación del circuito magnético 11. La salida del comparador 224 está conectada a una de las entradas del circuito 227 que realiza la "O" lógica de todas sus entradas. Cuando el comparador 224 activa su salida, se activa por tanto la salida del circuito 227, que proporciona la segunda señal de defecto 25.

El circuito de control 22 incluye un conjunto de módulos 222, 225 dispuestos para controlar el nivel de corriente emitido por el generador 13. El módulo 222 es un circuito de medición cuya entrada está conectada al sensor 14 a través del enlace 210 y cuya salida está conectada a la entrada de un circuito comparador 225. En los casos en que el sensor 14 es una derivación, la corriente se mide midiendo la tensión entre el enlace 210 y una referencia de potencial 9. Esta referencia de potencial 9 también es utilizada por los distintos módulos de medición y tratamiento del aparato. La salida del comparador 225 está conectada a una de las entradas del circuito 227 que efectúa la "O" lógica de todas sus entradas. El módulo 222 mide la corriente I_g en una amplia gama de frecuencias. El módulo 225 compara el nivel de señal medido por el módulo 222 con un umbral mínimo de corriente $I_{g_{mini}}$. Cuando la corriente I_g es inferior a $I_{g_{mini}}$, se trata de un defecto en el generador 13 o de una rotura en el bobinado 12 o de una rotura en la conexión entre el generador 13 y el bobinado 12. En este caso, se activa la salida del comparador 225. La salida del comparador 225 se conecta a una de las entradas de un circuito 227 que realiza la "O" lógica de todas sus entradas. Cuando se activa la salida del comparador 225, se activa la salida del circuito 227, que proporciona la segunda señal de defecto 25. El valor de $I_{g_{mini}}$ es del orden de 10 mA, siendo este valor no limitante.

Es posible añadir otras funciones al módulo 22, en particular una comparación de la medida de corriente I_g con un umbral de corriente máxima $I_{g_{maxi}}$ representativo de una perturbación procedente de la red eléctrica y transmitida por el circuito magnético 11. En este caso, el módulo 22 proporciona la segunda señal de defecto 25. El valor de $I_{g_{maxi}}$ es del orden de 30 mA, siendo este valor no limitante.

El circuito de control 22 incluye un módulo de medición de tensión 223, una de cuyas entradas está conectada a un extremo V2 del devanado 12 a través del enlace 200 y la otra entrada está conectada al otro extremo V1 del devanado 12 a través del enlace 210. El módulo de medición de tensión 223 mide así una tensión diferencial a través del devanado 12. La salida del módulo de medición de tensión 223 se conecta a la entrada de un módulo de comparación de umbrales 226. La salida del módulo comparador 226 se conecta a una de las entradas del circuito 227.

Cuando la tensión de la señal eléctrica a través del devanado secundario (12) medida por el módulo 223 es inferior a un umbral $V_{\min}$, se produce una saturación del circuito magnético caracterizada por una baja inductancia del devanado 12. Como la demanda de corriente se hace mayor o igual a $I_{g\max}$, el generador no tiene la capacidad de proporcionar suficiente corriente de compensación I_g , el limitador de corriente 130 añade una impedancia en serie para limitar la corriente a un nivel $I_{g\max}$. En este caso, se activa la salida del módulo de comparación 226 y, como resultado, se activa la salida del circuito 227 que proporciona la segunda señal de defecto 25.

El procesamiento realizado por los circuitos 221, 222, 223, 224, 225, 226 del módulo de control 22 puede llevarse a cabo individualmente, en paralelo o en combinación, utilizando circuitos electrónicos analógicos como amplificadores operacionales o circuitos digitales como microprocesadores.

Los diferentes umbrales $I_{g\max}$, $I_{g\min}$, F_{sat} , $V_{\min}$, se fijan preferentemente por construcción del dispositivo, pero también pueden hacerse parametrizables por ajuste en producción, ajuste mediante mandos de ajuste implantados en el panel frontal del dispositivo, o mediante un dispositivo de comunicación, por ejemplo NFC ("Near Field Communication"), no mostrado en la figura 3.

Los circuitos 13, 16, 17, 21, 30, 40 son alimentados por un módulo de alimentación, no mostrado en la figura 3, que preferentemente toma la energía de la línea de alimentación 5.

La señal de defecto 25 puede utilizarse para activar un dispositivo de señalización de defecto, como una luz o una sirena, o un relé de control a un dispositivo de señalización, o activar un módulo de comunicación por cable o radio para enviar un mensaje a un dispositivo de supervisión de la instalación eléctrica. Este modo de utilización se adapta bien al caso de vigilancia de una corriente de defecto en el enlace de tierra 2 dentro de un centro de transformación de tensión situado en un lugar aislado. En este caso, la línea de corriente 5 tiene un solo conductor de corriente.

La figura 4 muestra en forma de diagrama de bloques un dispositivo de detección de corriente de defecto según una segunda realización de la invención. En esta realización, la detección de la saturación del circuito magnético 10 se proporciona midiendo la variación de flujo Φ_g en dicho circuito magnético mediante un sensor de flujo 20. Preferiblemente, el sensor de flujo 20 es una bobina enrollada en el circuito magnético 11. Comprende N_{20} vueltas, siendo N_{20} preferentemente igual al número de vueltas N_{12} del devanado 12. Preferiblemente $N_{12} = N_{20} = 50$. Un cambio en el flujo Φ_g en el circuito magnético 11 induce una tensión E_g a través del segundo devanado del sensor de flujo 20 tal que: $E_g = N_{20} \cdot d\Phi_g/dt$ (donde Φ_g es el flujo magnético y t es el tiempo). Por ejemplo, una medición del valor de pico de la tensión E_g es representativa de la variación del flujo Φ_g . El sensor 20 está conectado mediante un enlace 200 a un circuito de control 22. El circuito de control 22 está dispuesto para realizar uno o más procesamientos de la medición de la tensión E_g como:

- medición de la frecuencia de la tensión E_g , si dicha frecuencia se encuentra en la banda de frecuencias F_{sat} , se trata de una saturación del circuito magnético, el circuito de control 22 proporciona la segunda señal de defecto 25;
- comparación con un umbral $E_{g\min}$, si la tensión E_g es inferior a $E_{g\min}$, esto indica una saturación del circuito magnético 11 o un defecto en el generador 13 o una rotura en el devanado 12 o una rotura en la conexión entre el generador 13 y el devanado 12 y en este caso el circuito de control 22 suministra la segunda señal de defecto 25;
- comparación con un umbral $E_{g\max}$, si la tensión E_g es superior a $E_{g\max}$, se trata de una perturbación procedente de la red eléctrica, transmitida por el circuito magnético 11, el circuito de control 22 proporciona la segunda señal de defecto 25. Preferiblemente, el valor máximo de $E_{g\min} = 2$ voltios.

Preferiblemente, el valor máximo de $E_{g\max} = 4$ voltios.

El procesamiento realizado por el circuito de control 22 puede llevarse a cabo de forma aislada, en paralelo o en combinación. El circuito de control 22 puede implementarse mediante circuitos electrónicos discretos, funciones programadas en un microprocesador o cualquier otro medio técnico conocido.

El sensor de flujo 20 y el circuito de control 22 son funcionalmente independientes de los circuitos 14 y 15. Al no existir un circuito común, esta configuración del dispositivo proporciona una mayor fiabilidad.

La figura 5 representa un diagrama detallado de un dispositivo de protección diferencial según la segunda realización de la invención.

El sensor de flujo 20 es un devanado adicional enrollado en el circuito magnético 11. Dicho sensor constituye un sensor de flujo del circuito magnético 11 y la tensión E_g a través de él es representativa de la variación de flujo Φ_g en el circuito magnético. Cuando el circuito magnético 11 está saturado, la variación $d\Phi_g/dt$ es pequeña, la tensión E_g es cercana a cero. El sensor 20 está conectado a las entradas de corriente alterna de un puente de diodos 224. El puente de diodos 224 rectifica la señal de corriente alterna proporcionada por el sensor 20. Un condensador 225 está conectado entre las salidas positiva y negativa del puente de diodos 224. Una resistencia 226 conectada en

paralelo al condensador 225 asegura la descarga de dicho condensador cuando la tensión E_g es baja. La salida positiva del puente de diodos 224 se conecta a la entrada negativa del comparador 223. Dicho comparador 223 compara la tensión entre su entrada negativa y su entrada positiva conectada al umbral 222, igual a $E_{g_{\min}}$, y activa la salida 25 cuando la tensión en su entrada negativa es inferior al umbral 222.

- 5 Así, cuando el circuito magnético 11 está saturado, la tensión E_g es cercana a cero, la tensión a través del condensador 225 es cercana a cero, la salida del comparador 223 se activa y proporciona la segunda señal de defecto 25.

El funcionamiento del dispositivo es idéntico si el generador 13 es defectuoso o en caso de rotura del bobinado 12 o de rotura de la conexión entre el generador 13 y el bobinado 12.

- 10 El valor de la resistencia 226 se selecciona para que el tiempo de descarga del condensador 225 sea inferior a un tiempo T_d . Así, al producirse una corriente de defecto o un defecto interno del dispositivo, la salida del comparador 223 se activa después de un retardo máximo T_d y, como resultado, activa el mecanismo de control 40, dicho mecanismo actuando el dispositivo de interrupción 50 de la línea de corriente 5. La eliminación de la corriente de defecto tiene así una duración cercana a T_d . El tiempo T_d se determina preferentemente de acuerdo con un tiempo de activación máximo normativo. Este tiempo es preferiblemente de 40 ms.

Alternativamente, para reducir el coste del dispositivo o su huella, el puente de diodos 224 puede ser sustituido por un diodo rectificador conectado entre uno de los terminales del sensor 20 y uno de los terminales del condensador 225, con el otro terminal del sensor 20 conectado al otro de los terminales del condensador 225.

- 20 A pesar de ser muy simple, el circuito de control 22 según esta realización permite la detección de una saturación del circuito magnético y por lo tanto la presencia de una corriente de defecto importante en la línea de corriente 5 o permite la detección de un defecto interno del dispositivo. Como el sensor 20 y el circuito de control 22 son independientes del circuito de medición 14, del circuito de filtrado 16 y del circuito de comparación 17, la fiabilidad del dispositivo aumenta.

- 25 La figura 6 muestra, en forma de diagrama de bloques, un conjunto de protección diferencial según la invención. El conjunto está compuesto por un primer módulo de protección diferencial 70 que comprende un sensor de corriente 71 por el que pasa la línea de corriente 5 compuesta por dos conductores eléctricos, por ejemplo un conductor de fase y un conductor de neutro, estando dicho sensor 71 conectado a un módulo de procesamiento 72. El módulo de procesamiento 72 mide el nivel de corriente de defecto diferencial y proporciona una señal de defecto 73 cuando el nivel de corriente de defecto supera un umbral.

- 30 El módulo 70 es preferentemente un módulo sensible a la corriente de defecto de corriente alterna pura o un módulo sensible a la corriente de defecto de corriente alterna pulsada. No es muy sensible a la corriente de defecto de corriente continua o a la corriente de defecto con una frecuencia muy inferior a la de la red de alimentación eléctrica 1. El módulo 70 se autoalimenta preferentemente mediante su sensor 71, que proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del módulo de procesamiento 72 y para la activación de la señal de defecto 73.

- 35 El módulo 60 es preferentemente un módulo que comprende el dispositivo de la invención. Activa la señal de defecto 31 en presencia de una corriente de defecto que supera un umbral establecido o cuando se detecta la saturación del circuito magnético del sensor 10. El suministro de energía para el funcionamiento del módulo 60 se realiza mediante una conexión a los conductores de la línea de alimentación 5 por medio de los enlaces 61.

- 40 Las señales de defecto 31 y 73 activan el mecanismo de control de apertura de contactos eléctricos 50 mediante una conexión mecánica 41.

La conexión de la línea de alimentación 5 entre los módulos 60 y 70 puede realizarse por conexión de cable, por conexión de peine, por conector o puede soldarse.

- 45 Alternativamente, un mecanismo de control 40 puede ser implementado en el módulo 60 y un segundo mecanismo de control 40 puede ser implementado en el módulo 70, siendo cada mecanismo de control 40 capaz de accionar el enlace mecánico 41.

En otra variante, el módulo 60 puede ser un dispositivo de protección diferencial según la invención al que se asocia un módulo 70 de detección de corriente de defecto pura de corriente alterna o de corriente de defecto pulsada de corriente alterna.

- 50 La ventaja de este conjunto de protección diferencial es que proporciona protección contra las corrientes alternas puras, las corrientes continuas puras y todas las corrientes pulsantes, combinando las propiedades de cada uno de los dispositivos de protección diferencial que lo componen. Su modularidad permite reducir el número de referencias comerciales, ya que con una base de dos conjuntos se pueden fabricar tres productos con características diferentes.

El dispositivo según la invención está particularmente destinado a la protección de las personas y de los bienes contra las corrientes de defecto diferenciales alternas en una amplia gama de frecuencias, incluida la frecuencia de

5 la red eléctrica, y contra las corrientes de defecto diferenciales directas o arrastradas. El circuito de control 22 permite detectar la saturación del circuito magnético 11 del sensor de corriente 10. Así, incluso en presencia de una corriente de defecto muy elevada, el dispositivo según la invención es capaz de asegurar la apertura de los contactos eléctricos 50 para cortar la corriente de defecto. Además, según la realización preferente del circuito de supervisión 22, se detecta cualquier anomalía de funcionamiento interno del generador 13 que genera una señal de defecto 22. La fiabilidad operativa del dispositivo es, por tanto, superior a la de los dispositivos descritos en el arte previo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección de una corriente de defecto que circula por una línea de corriente (5), que comprende:
 - un sensor de corriente (10) formado por un circuito magnético (11) por el que pasa la línea de corriente (5), formando este último un primario, comprendiendo dicho sensor al menos un primer devanado secundario (12) enrollado en el circuito magnético (11),
 - un generador (13) conectado al primer devanado secundario (12) para suministrarle una señal eléctrica alterna,
 - un circuito de medición (14) para medir una corriente que fluye en el devanado secundario (12),
 - un circuito de procesamiento (15), conectado al circuito de medición de corriente (14), para proporcionar una primera señal de defecto (18) cuando dicha medición de corriente supera un umbral,

caracterizado porque dicho dispositivo comprende un circuito de control (22):

 - para controlar la señal eléctrica suministrada por el generador, y
 - para proporcionar una segunda señal de defecto (25) cuando dicha señal eléctrica es indicativa de la saturación del circuito magnético (11).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo detecta una saturación del circuito magnético (11) representativa de una corriente de defecto de amplitud superior a un umbral de saturación (I_{sat}).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** el circuito de control (22) mide la amplitud (I_g) de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador y proporciona la segunda señal de defecto (25) representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha amplitud (I_g) es mayor o igual que un umbral alto (I_{gmaxi}).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el circuito de control (22) mide la tensión de la señal eléctrica en los bornes del devanado secundario (12) y proporciona la segunda señal de defecto (25) representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha tensión es inferior o igual a un umbral bajo (V_{min}).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el circuito de control (22) mide la frecuencia de la señal eléctrica entregada por el generador y proporciona la segunda señal de defecto (25) representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha frecuencia se sitúa en una banda de frecuencia predefinida (F_{sat}).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el circuito de control (22) mide la amplitud de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador y proporciona la segunda señal de defecto (25) representativa de un defecto del generador cuando dicha amplitud es inferior a un umbral bajo (I_{gmini}).
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el circuito de control (22) mide una variación de flujo en función del tiempo en el circuito magnético (11) y suministra la segunda señal de defecto (25) representativa de una saturación del circuito magnético cuando dicha variación de flujo es inferior a un umbral bajo (E_{gmini}).
8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la medición de la variación de flujo en el circuito magnético (11) se realiza mediante un segundo devanado secundario (20) enrollado en el circuito magnético (11).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un limitador de corriente que limita la amplitud (I_g) de la corriente de la señal eléctrica entregada por el generador (13) a un valor alto (I_{gmaxi}).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el generador (13) es auto-oscilante.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado porque** comprende una inductancia (131) conectada en serie entre el generador (13) y el primer devanado secundario (12) para fijar la frecuencia de oscilación del generador (F_{osc}) en la banda de frecuencia (F_{sat}) cuando el circuito magnético (11) está saturado.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la segunda señal de defecto (25) activa un dispositivo de señalización de defecto, un relé de control o un módulo de comunicación.
13. Aparato de protección eléctrica diferencial que comprende:
 - elementos de conexión (7) a una red eléctrica y elementos de conexión (8) a una o varias cargas eléctricas,

- un dispositivo de interrupción de la línea de alimentación (50) dispuesto entre los elementos de conexión a la red eléctrica (7) y los elementos de conexión (8) de la(s) carga(s) eléctrica(s), dicho dispositivo de interrupción comprende contactos eléctricos, y

5 - un mecanismo de control de la apertura (40) de los contactos eléctricos, **caracterizado porque** comprende un dispositivo de detección de una corriente de defecto según una de las reivindicaciones 1 a 12 y porque el mecanismo de control de la apertura de los contactos (40) se activa por la primera señal de defecto (18) o por la segunda señal de defecto (25).

14. Conjunto de protección diferencial que comprende:

10 - elementos de conexión (7) a la red eléctrica y elementos de conexión (8) a una o varias cargas eléctricas,
- un dispositivo de interrupción de la línea de alimentación (50) dispuesto entre los elementos de conexión a la red eléctrica (7) y los elementos de conexión (8) de la(s) carga(s) eléctrica(s), dicho dispositivo de interrupción comprende contactos eléctricos, y

15 - un mecanismo de control de apertura (40) de los contactos eléctricos, **caracterizado porque** dicho conjunto está formado por un ensamblaje:

- de un primer dispositivo de detección de corriente de defecto (60) según una de las reivindicaciones 1 a 13,

- un segundo dispositivo de protección diferencial (70), dispuesto para proporcionar una señal de defecto (73),

20 de manera que el mecanismo de control de apertura de los contactos (40) se active por la primera señal de defecto (18) o por la segunda señal de defecto (25) del primer dispositivo (60) o por la señal de defecto (73) del segundo dispositivo de protección diferencial (70).

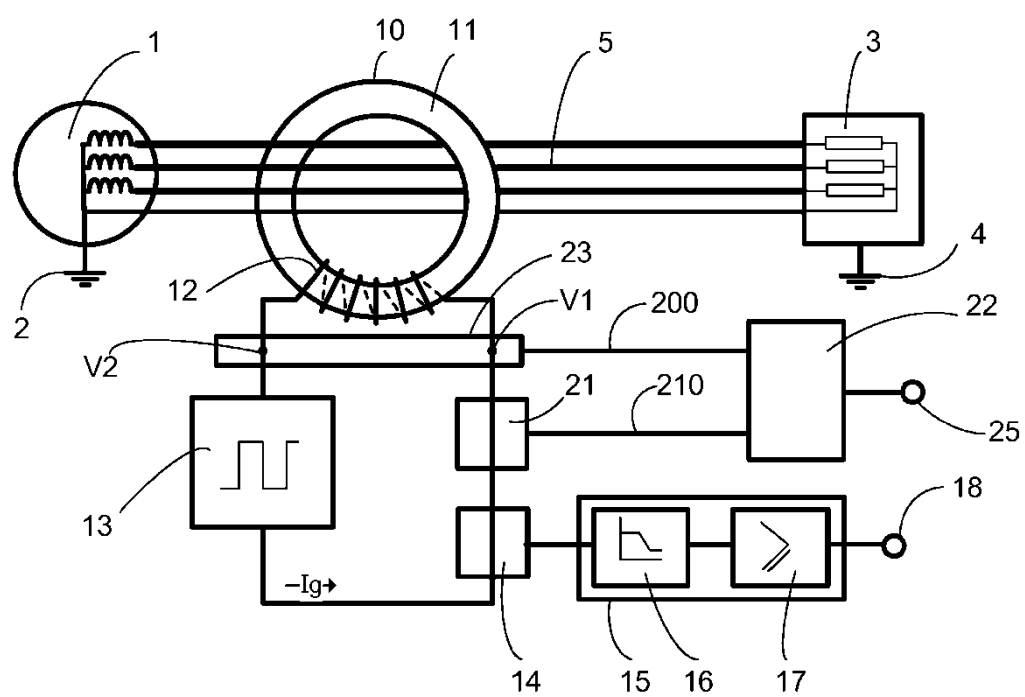


FIG.1

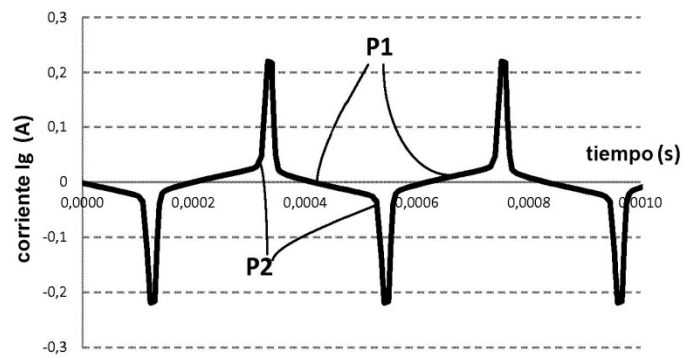


FIG.2a

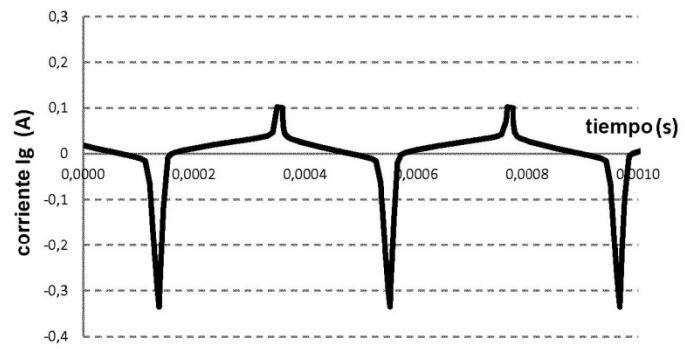


FIG.2b

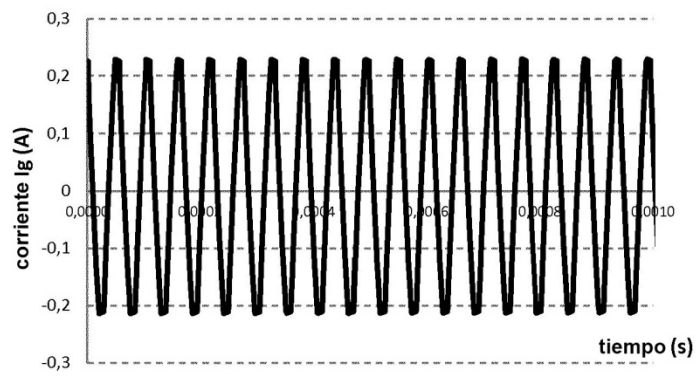


FIG.2c

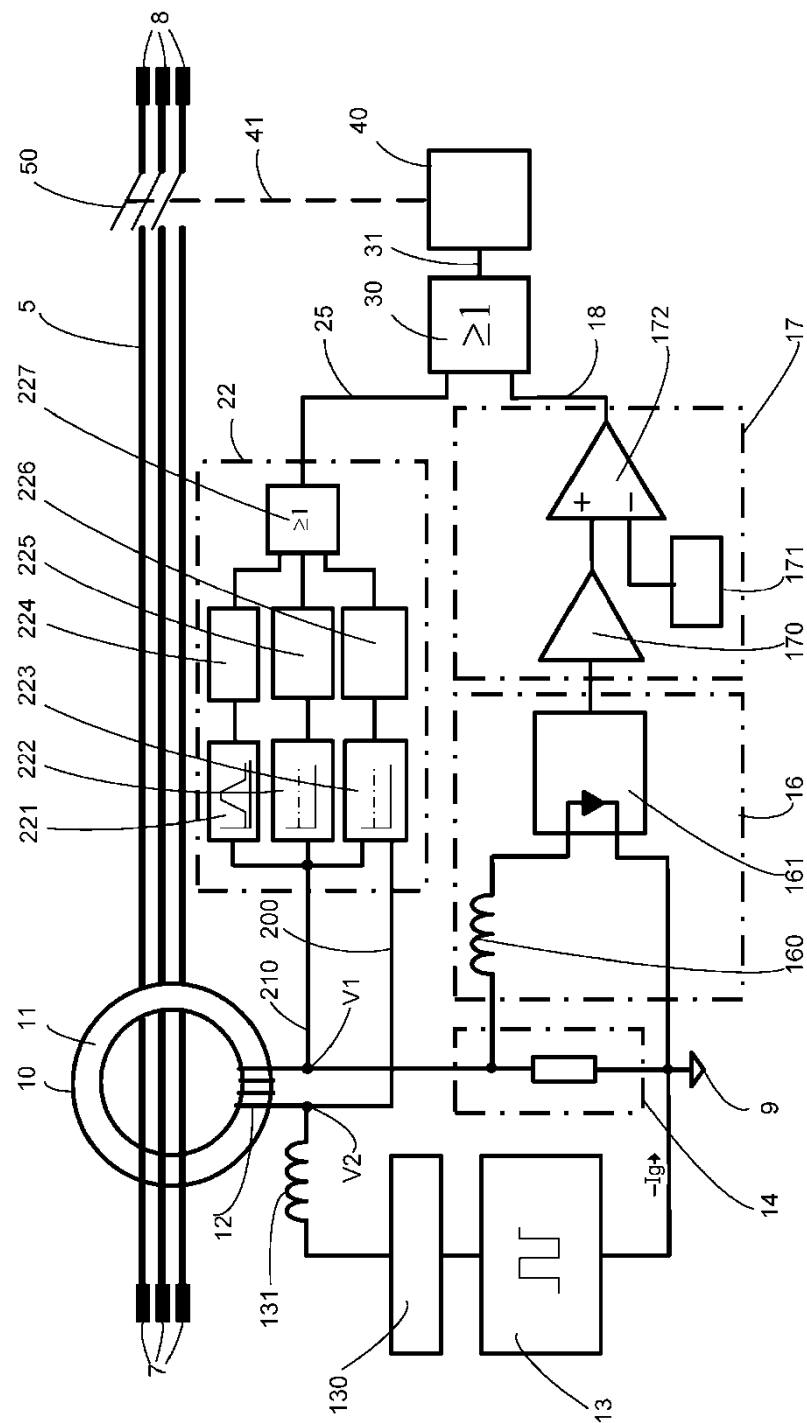


FIG.3

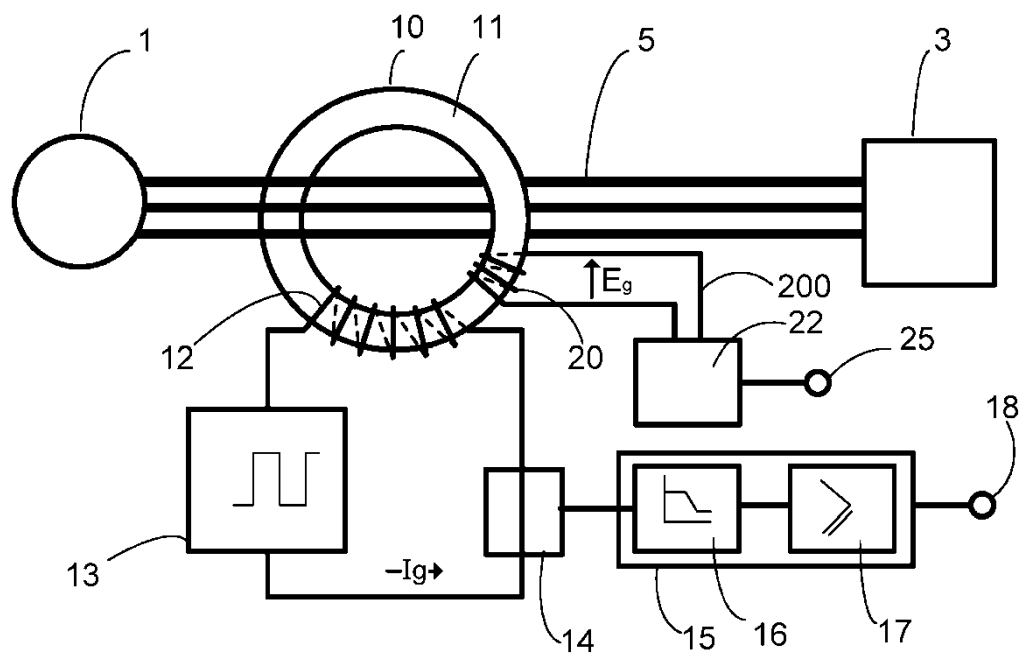


FIG.4

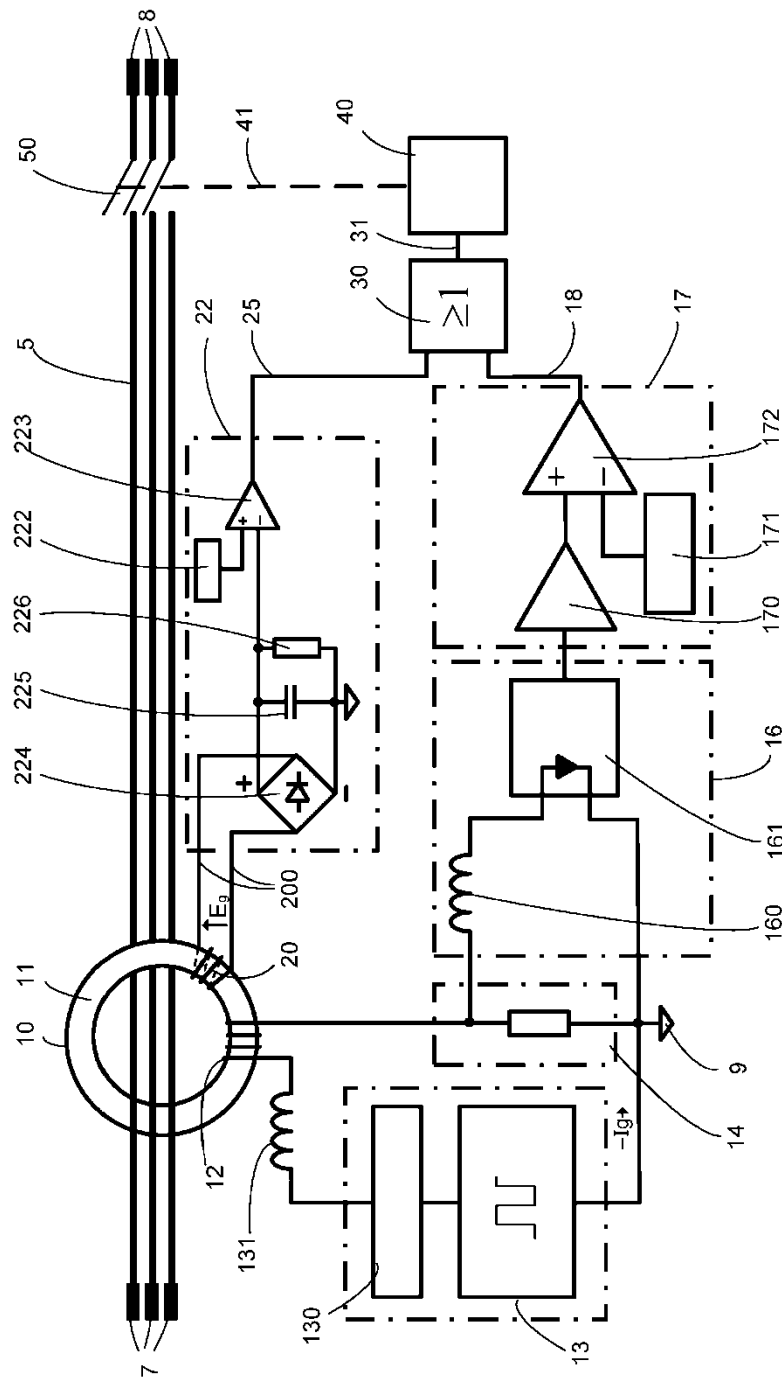


FIG.5

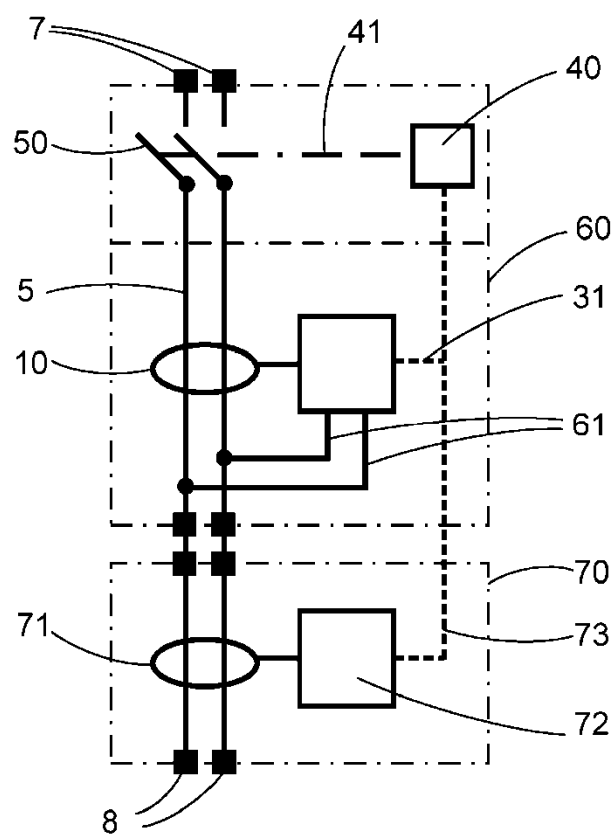


FIG.6