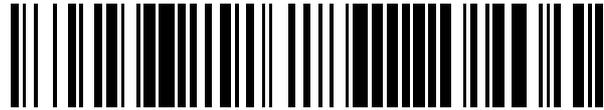


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 097**

51 Int. Cl.:

H02H 5/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2012** **E 12354041 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014** **EP 2551981**

54 Título: **Dispositivo de vigilancia de un conductor de tierra con medición de impedancia**

30 Prioridad:

29.07.2011 FR 1102383

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

30.05.2014

73 Titular/es:

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

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

72 Inventor/es:

**TIAN, SIMON y
VINCENT, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 464 097 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 vigilancia de un conductor de tierra con medición de impedancia

Campo técnico de la invención

5 La invención se refiere a un dispositivo de vigilancia de un conductor de tierra que puede medir la impedancia de la toma de tierra.

Estado de la técnica

El conductor de tierra, también llamado conductor de protección (« protective earth » en inglés, PE) conecta la cubierta metálica de un equipo eléctrico a tierra. De este modo, garantiza la protección del usuario y del equipo cuando se produce un fallo de aislamiento.

10 Esta protección está garantizada si el conductor PE es continuo entre la cubierta y la tierra. En efecto, en caso de rotura del conductor PE, la cubierta puede alcanzar un potencial eléctrico peligroso para el usuario.

Se distinguen varias formas de conexión a tierra. Según el esquema de conexión a tierra « TT », la cubierta y el conductor de neutro N de la red de distribución están conectados a diferentes tomas de tierra. Según el esquema « TN », la cubierta y el conductor de neutro N están conectados a una toma de tierra común.

15 La continuidad del conductor PE entre la toma de corriente y la carga se verifica por lo general por medio de un protocolo de comunicación. En caso de rotura del conductor, se interrumpe la comunicación, lo que acciona la apertura del disyuntor. La conexión entre el conductor PE y la tierra no se verifica de forma permanente en las instalaciones eléctricas. Esta conexión se puede controlar de forma empírica midiendo la tensión entre el conductor de neutro N y el conductor de tierra PE. Si la tensión N-PE es cercana a 0 V, esto significa que la conexión está garantizada.

20 Por otra parte, es importante verificar que la impedancia del conductor PE no supera un valor umbral. En efecto, la impedancia de conexión a tierra puede aumentar con el paso del tiempo y representa un riesgo para el usuario más allá de un determinado valor.

25 El documento GB 2167618 describe un circuito de protección eléctrica provisto de unos medios de determinación de la impedancia del conductor PE.

La figura 1A representa una parte del esquema eléctrico de dicho circuito de protección. Un tiristor 2 y una resistencia de medición R_M están conectados en serie entre el conductor de fase PH de un transformador 4 y el conductor de tierra PE (representado con líneas más gruesas).

30 La impedancia del conductor PE, con la referencia Z_{PE} en la figura 1A, se determina midiendo la tensión V_M en los bornes de la resistencia R_M , cuando se inyecta una señal de excitación en el conductor PE. La tensión V_M se suministra a un circuito de tratamiento 6, que controla la apertura de un disyuntor de corriente residual 8 cuando la impedancia Z_{PE} supera los 100 Ω .

35 La figura 1B representa con una línea de puntos la señal en la fase PH de la red eléctrica, es decir la tensión alterna procedente del transformador 4, y con una línea continua la tensión de excitación V_E aplicada a la resistencia de medición R_M para la determinación de la impedancia Z_{PE} .

La tensión de excitación V_E corresponde a una porción descendente de la tensión PH de la red, comprendida entre 0 V y 10 V. Esta se obtiene activando el tiristor 2 durante un corto periodo (100 μ s), lo que provoca una corriente de excitación I_E en la resistencia R_M y la impedancia Z_{PE} . El tiristor se controla mediante un circuito de retardo de fase (no representado).

40 Este circuito de protección utiliza, por lo tanto, la fase de la red como fuente de excitación para la medición de la impedancia Z_{PE} . La tensión de excitación V_E experimenta entonces variaciones bruscas, a causa de las fluctuaciones de la red. Ahora bien, esta inestabilidad es perjudicial para la medición de la impedancia Z_{PE} . La tensión V_E también depende de la precisión del circuito de retardo de fase que controla al tiristor 2. Dicho circuito de control es complicado de implementar.

45 Por otra parte, el documento US 2003/156367 describe un dispositivo de protección eléctrica provisto de un ohmímetro conectado para medir la impedancia de bucle en el conductor de neutro y el conductor de tierra de un circuito de alimentación. El ohmímetro dispone de su propia fuente de tensión y de una impedancia de acoplamiento. La impedancia de bucle medida se compara con un umbral para provocar, si fuera necesario, una señal de alerta.

Resumen de la invención

50 La invención se refiere a un dispositivo de vigilancia de un conductor de tierra fácil de implementar y que permite una medición precisa de la impedancia del conductor de tierra.

Según la invención, se tiende hacia este objetivo por medio de un dispositivo de vigilancia de un conductor de tierra, destinado a conectarse a un conductor de fase o de neutro de una red eléctrica y que comprende un sensor de una primera magnitud eléctrica dispuesto entre el conductor de fase o de neutro y el conductor de tierra, un generador de una segunda magnitud eléctrica, diferente de la de la red eléctrica, conectado en serie con el sensor, y un circuito de procesamiento configurado para calcular la impedancia eléctrica del conductor de tierra a partir de la primera y de la segunda magnitudes eléctricas seleccionadas entre una tensión y una corriente que circula por el conductor de tierra. El dispositivo comprende, además, un circuito de conexión del generador al conductor de fase en un primer estado, al conductor de neutro en un segundo estado y de desconexión del generador en un tercer estado, y un circuito de reconocimiento del conductor de neutro configurado para controlar el circuito de conexión en el segundo estado.

Breve descripción de los dibujos

Se mostrarán de forma más clara otras ventajas y características de la descripción que viene a continuación de unas formas particulares de realización que se dan a título de ejemplos no limitativos y que se ilustran por medio de los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1A, anteriormente descrita, representa un circuito de protección con medición de la impedancia del conductor de tierra, según la técnica anterior;
- la figura 1B, anteriormente descrita, representa unas señales del circuito de protección según la figura 1A;
- la figura 2 representa un dispositivo de vigilancia de un conductor de tierra, según una primera forma de realización de la invención;
- la figura 3 representa una segunda forma de realización del dispositivo de vigilancia según la invención;
- la figura 4 representa una forma de realización del limitador de corriente utilizado en el dispositivo de vigilancia de las figuras 2 y 3; y
- la figura 5 representa un perfeccionamiento del dispositivo de vigilancia de las figuras 2 y 3.

Descripción de una forma preferente de realización de la invención

En lugar de utilizar la red eléctrica como fuente de excitación, se prevé un generador de tensión calibrado y estable para la medición de la impedancia de un conductor de tierra. El generador está conectado entre el conductor de tierra y un conductor de fase o de neutro de una red eléctrica, de tal modo que genera una corriente de excitación a través del conductor de tierra. Al medir esta corriente de excitación, se puede calcular la impedancia del conductor de tierra.

La figura 2 representa una forma preferente de realización de un dispositivo de vigilancia con medición de la impedancia del conductor de tierra. A título de ejemplo, este dispositivo de vigilancia está destinado a controlar un disyuntor diferencial cuando la impedancia Z_{PE} supera un valor umbral a causa del envejecimiento o de una rotura del conductor de tierra.

El dispositivo de vigilancia 10 está conectado al conductor de tierra PE de una instalación eléctrica y a una red de distribución 12 que comprende al menos dos conductores activos.

En el ejemplo de la figura 2, la red de distribución 12 es monofásica. Esta comprende un conductor de fase PH y un conductor de neutro N que proviene de un transformador 4. El neutro N y el conductor PE están todos conectados a tierra y cada uno dispone de una toma de tierra. La instalación está, por lo tanto, conectada a tierra según el régimen « TT ».

El dispositivo 10 comprende un sensor de corriente 13 y un generador de tensión 14 conectados en serie entre la fase PH y el conductor PE. De este modo el dispositivo 10 y la red 12 forman un bucle PH-PE por el cual se propaga, además de la señal de la red 12, una señal de medición procedente del generador 14. Esta señal de medición atraviesa el sensor 13, el conductor de fase PH y el conductor de tierra PE.

En esta forma de realización, el generador 14 es un generador de tensión continua V, de preferencia comprendido entre 5 V y 24 V (tensión muy baja de seguridad). Una corriente 1, continua, se superpone, por lo tanto, a la corriente alterna procedente de la fase PH.

El sensor de corriente 13 mide la corriente continua I que circula a través del conductor PE. Está, por ejemplo, formado por una resistencia de precisión, por un sensor de efecto Hall, de efecto válvula de saturación, por un sensor magneto-resistivo...

De manera ventajosa, el dispositivo 10 comprende una impedancia de limitación R_M de la corriente, conectada al conductor de fase PH en serie con el sensor 13 y el generador 14. El limitador R_M tiene como objetivos soportar las tensiones de la red 12 (tensión 230 V, ondas de choque...) y limitar la corriente continua 1 inyectada en la red. De

este modo, se puede conectar directamente el circuito de vigilancia en la red y se limita la corriente 1 que atraviesa el conductor de protección durante la medición de impedancia. El limitador R_M está, de preferencia, formado por una resistencia con un valor comprendido entre 1 k Ω y 50 k Ω .

5 Un circuito de tratamiento 16 recibe en la entrada la corriente 1 medida por el sensor 13 y la tensión V que impone el generador 14, para calcular en la salida la impedancia del conductor PE, Z_{PE} . El circuito 16 es, por ejemplo, un microprocesador.

El cálculo de la impedancia Z_{PE} se basa en la Ley de Ohm. La relación entre la tensión V y la corriente I representa la impedancia total del bucle PH1-PE, es decir la suma de la impedancia Z_{PH} del conductor de fase, de la resistencia R_M y de la impedancia Z_{PE} , esto es:

$$\frac{V}{I} = Z_{PH} + R_M + Z_{PE} \quad (1).$$

10 Tradicionalmente, la impedancia Z_{PH} del conductor de fase es ampliamente inferior a la resistencia R_M y a la impedancia Z_{PE} . Por lo tanto, se puede no tener en cuenta, lo que permite simplificar la relación (1) de la siguiente manera:

$$\frac{V}{I} = R_M + Z_{PE} \quad (2).$$

15 Al conocerse la tensión continua V y la resistencia R_M , se puede calcular fácilmente la impedancia Z_{PE} por medio de la relación (2), tras haber medido la corriente 1.

20 Si se quiere tener en cuenta la impedancia Z_{PH} del conductor de fase en el cálculo de Z_{PE} (relación 1), se llevará a cabo previamente una medición de impedancia en el bucle PH-N. La impedancia del bucle PH-N es igual a la suma de la impedancia Z_{PH} del conductor de fase y de la impedancia Z_N del conductor de neutro. Ahora bien, las impedancias Z_{PH} y Z_N son sustancialmente iguales. Se puede, por lo tanto, calcular un valor de la impedancia Z_{PH} a partir de la impedancia del bucle PH-N.

Se utilizará, de preferencia, el circuito de vigilancia 10 para medir la impedancia Z_N , conectándolo a los conductores PH y N, y utilizando el mismo método de cálculo.

25 La figura 3 representa una segunda forma de realización de dispositivo de vigilancia, en el cual la fuente de tensión continua se sustituye por una fuente de tensión de baja frecuencia 14'.

30 El principio de medición es similar al que se describe en relación a la figura 2. En lugar de utilizar una señal de excitación continua, se utiliza una señal alterna a una frecuencia comprendida entre 1 Hz y 20 Hz. La impedancia del conductor de tierra Z_{PE} (de baja frecuencia) se calcula a partir de la tensión V_{BF} del generador 14' y de la corriente I_{BF} medida por el sensor de corriente 13. La amplitud de la señal de baja frecuencia está, de preferencia, comprendida entre 5 V y 24 V.

Al ser la impedancia de un conductor de tierra esencialmente resistiva, el valor de Z_{PE} que se obtiene a baja frecuencia es sustancialmente idéntico al que se obtiene por medio del montaje de la figura 2.

35 De manera ventajosa, un interruptor K está conectado en serie con el limitador R_M y el generador de tensión 14 o 14' (figura 2 o 3). Este permite desconectar el dispositivo de vigilancia 10 cuando no se precisa la medición de la impedancia Z_{PE} . A título de ejemplo, se puede desear realizar una prueba de impedancia solo al inicio de la puesta en funcionamiento del equipo.

40 La impedancia Z_{PE} del conductor de tierra se mide a partir de las señales de excitación, continuas en la forma de realización de la figura 2 (I y V) y a baja frecuencia en la forma de realización de la figura 3 (I_{BF} y V_{BF}). La señal de excitación es, por lo tanto, distinta de la tensión de la red, en el sentido de que tiene una frecuencia y/o una amplitud diferentes de las de la red.

Para mejorar la precisión de medición, es preferible aislar las señales de excitación en el bucle PH1-PE, filtrando la señal alterna de la red 12, por lo general a una frecuencia de 50 Hz. El filtrado se puede realizar en el circuito de procesamiento 16, de forma analógica o digital.

45 En una forma de implementación, el filtrado de la tensión de la red se realiza aguas arriba del circuito de procesamiento 16, por ejemplo por medio de un filtro de paso bajo cuya frecuencia de corte es inferior a 50 Hz, y superior a dos veces la frecuencia de excitación aproximadamente cuando se utiliza el generador 14'. De este modo,

el circuito 16 únicamente tiene en cuenta la componente continua o de baja frecuencia de la corriente (respectivamente I o I_{BF}) para el cálculo de la impedancia Z_{PE} .

5 La figura 4 representa una variante de implementación para eliminar la frecuencia de la red 12. La impedancia de limitación R_M constituye un filtro, por ejemplo de tipo supresor. Este filtro comprende, de preferencia, un condensador C y una inductancia L montados en paralelo (circuito LC paralelo). Los valores de L y C se seleccionan de tal modo que se obtenga una frecuencia de resonancia igual a la frecuencia de la red. Una resistencia r está conectada, de preferencia, en serie con el condensador C , para protegerlo contra la sobretensión cuando se conecta el dispositivo 10 a la fase PH.

10 A la frecuencia de la red, la impedancia del circuito LC paralelo es alta, lo que permite conducir la corriente de fuga a tierra con un valor despreciable. En corriente continua o a baja frecuencia, la impedancia R_M es más bien baja, lo que permite, por una parte, reducir la señal de excitación para la medición y, por otra parte, obtener una gran precisión de medición para los bajos valores de Z_{PE} .

15 Este tipo de filtros son especialmente simples de implementar, en particular en el caso de la figura 2. El filtrado de la tensión de la red mejora la precisión de la medición de la impedancia Z_{PE} . Como contrapartida, el tiempo necesario para esta medición es mayor, en particular cuando la señal de excitación es de baja frecuencia.

20 La figura 5 representa una mejora del dispositivo de vigilancia que pretende reducir las tensiones de la red en la medición de la impedancia Z_{PE} . En lugar de inyectar la señal de excitación en el bucle PH-PE, se conecta el dispositivo de vigilancia 10 en el conductor de neutro N de la red 12 y a continuación se mide la impedancia del bucle N-PE. De este modo se prescinde de la tensión de la red y del filtro asociado. En este caso, la impedancia R_M se puede reducir a un valor bajo (algunos ohmios), e incluso suprimirse.

En algunos casos, puede no conocerse qué conductor de la red 12 es el neutro. Con el fin de resolver este problema, el dispositivo 10 comprende de manera ventajosa un circuito 18 de reconocimiento del conductor de neutro y un circuito de conexión del generador 14 al conductor de neutro. Este circuito de conexión comprende, por ejemplo, un relé de conexión K' con tres estados.

25 En un primer estado del relé K' , el generador 14 está conectado al conductor de fase PH de la red 12. En un segundo estado, el generador 14 está conectado al conductor de neutro N . El dispositivo 10 está desconectado de la red 12 en un tercer estado del relé K' .

30 El circuito 18 está configurado para reconocer al conductor de neutro N y al conductor de fase PH de la red 12. Este comprende dos bornes de entrada a los cuales están conectados los conductores PH y N . La detección del conductor N se lleva a cabo, de preferencia, midiendo la tensión entre uno de los bornes de entrada y la tierra, es decir, la tensión N-PE o la tensión PH-PE (en régimen « TT » o « TN »). A título de ejemplo, al medir un potencial de aproximadamente 0 V en uno de los bornes, se deduce de este que el conductor N está conectado a este borne. En el otro borne está conectado un conductor de fase PH y el potencial es de aproximadamente 230 V.

35 Una vez detectado el conductor de neutro N , el circuito 18 controla el relé K' con el fin de que conecte al generador 14 en el neutro N .

De este modo, ya no es necesario detectar de forma previa al conductor de neutro, es el dispositivo de protección el que se encarga de hacerlo. El dispositivo simplemente se conecta a los dos conductores, sin tener que preocuparse por saber qué conductor es el neutro.

40 Aunque se han representado y descrito de forma separada, el circuito de procesamiento 16 y el circuito de control 18 podrán formar un solo y mismo circuito electrónico.

En las formas de realización de las figuras 2-3 y 5, la fuente de excitación es un generador de tensión aislado de la red eléctrica. La señal de medición que emite esta fuente no es, por lo tanto, sensible a las fluctuaciones de la red. La impedancia Z_{PE} del conductor de tierra puede entonces determinarse con precisión.

45 Los dispositivos de vigilancia que se han descrito con anterioridad se pueden conectar a una instalación eléctrica conectada a tierra según el régimen « TT » o según el régimen « TN ». En el modo « TN », que se representa en la figura 5, el conductor PE y el conductor N comparten la misma toma de tierra.

Por el contrario, el dispositivo no es operativo en modo « IT », en el cual el neutro N del transformador está aislado. En efecto, en este caso no puede formarse un bucle de corriente, y las señales de excitación no recorren el conductor PE.

50 Se consideran numerosas aplicaciones del dispositivo de vigilancia. En particular, el dispositivo se podrá integrar en los bornes de recarga de vehículos eléctricos. Este tipo de instalaciones exigen un elevado grado de protección. En efecto, resulta indispensable garantizar la seguridad de las personas verificando la correcta puesta a tierra del vehículo eléctrico durante la carga.

Para esta aplicación, la forma de realización de la figura 2 resulta especialmente adecuada ya que la medición de la

impedancia Z_{PE} no es por tanto sensible a los condensadores de filtrado del vehículo eléctrico, dispuestos entre la fase y el conductor de tierra.

5 Al experto en la materia se le ocurrirán numerosas variantes y modificaciones del dispositivo de vigilancia. El dispositivo se ha descrito en relación con una red de distribución monofásica. No obstante, podría estar conectado a una red bifásica o trifásica.

El cálculo de la impedancia Z_{PE} se basa en dos magnitudes físicas, que son la corriente y la tensión en el bucle PH-PE (o N-PE). Por lo tanto, se podría sustituir el generador de tensión por un generador de corriente, y la medición de corriente por una medición de tensión. De este modo la fuente de excitación (no perfecta) puede ser cualquiera, lo que facilitará su realización.

10

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de vigilancia (10) de un conductor de tierra (PE), destinado a conectarse a un conductor de fase (PH) o de neutro (N) de una red eléctrica (12) y que comprende:
- 5 - un sensor (13) de una primera magnitud eléctrica dispuesto entre el conductor de fase o de neutro y el conductor de tierra;
 - un generador (14, 14') de una segunda magnitud eléctrica, distinta de la de la red eléctrica, conectado en serie con el sensor;
 - 10 - un circuito de procesamiento (16) configurado para calcular la impedancia eléctrica (Z_{PE}) del conductor de tierra a partir de la primera y de la segunda magnitudes eléctricas seleccionadas entre una tensión (V , V_{BF}) y una corriente que circula por el conductor de tierra (I , I_{BF}),
- caracterizado porque** comprende:
- 15 - un circuito (K') de conexión del generador (14, 14') al conductor de fase (PH) en un primer estado, al conductor de neutro (N) en un segundo estado y de desconexión del generador en un tercer estado; y
 - un circuito (18) de reconocimiento del conductor de neutro (N) configurado para controlar el circuito de conexión (K') en el segundo estado.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la primera magnitud eléctrica es la corriente (I , I_{BF}) que circula por el conductor de tierra y la segunda magnitud eléctrica es una tensión de medición (V , V_{BF}).
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el generador de tensión de medición es un generador (14) de tensión continua (V) comprendida entre 5 V y 24 V.
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el generador de tensión de medición es un generador (14') de tensión alterna (V_{BF}) a una frecuencia comprendida entre 1 Hz y 20 Hz.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** comprende un filtro configurado para eliminar la tensión de la red eléctrica.
- 25 6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** comprende una impedancia de limitación (R_M) de la corriente que circula por el conductor de tierra.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la impedancia de limitación (R_M) comprende una inductancia (L) y un condensador (C) conectados en paralelo y seleccionados de tal modo que se obtenga una frecuencia de resonancia igual a la frecuencia de funcionamiento de la red eléctrica.
- 30 8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el circuito de conexión comprende un relé de tres estados (K').

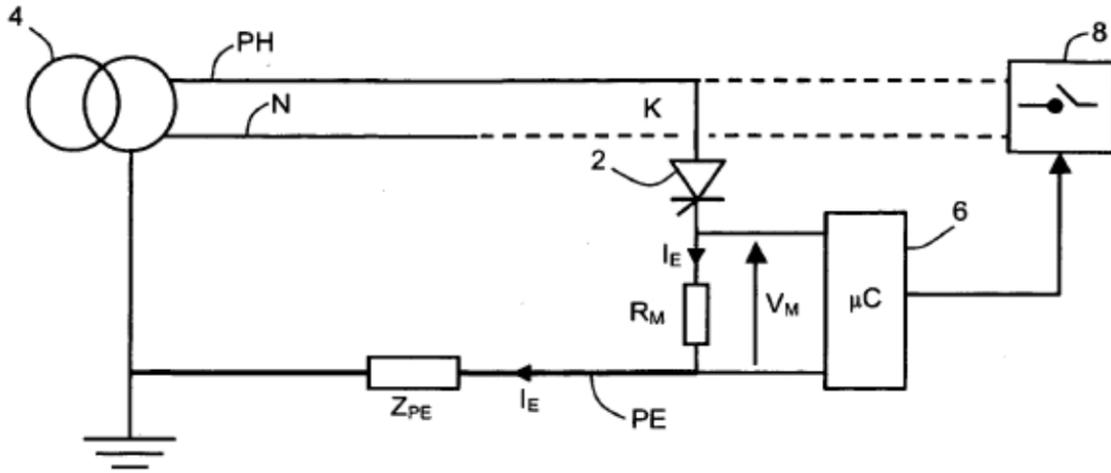


FIG. 1A (Técnica anterior)

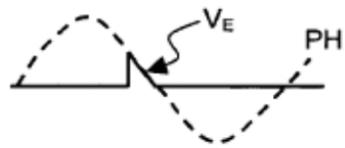


FIG. 1B (Técnica anterior)

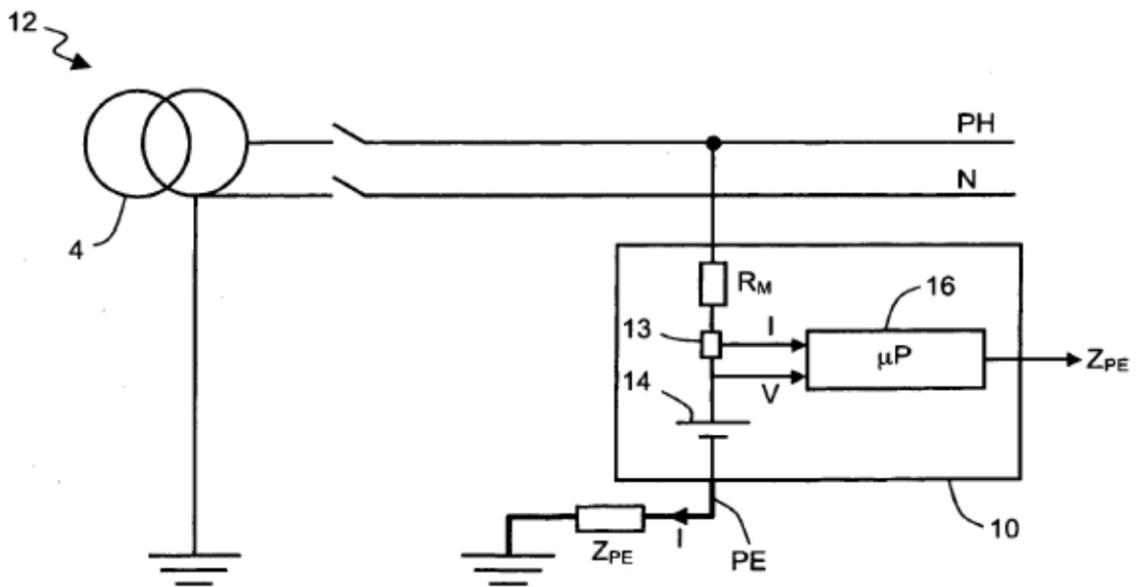


FIG. 2

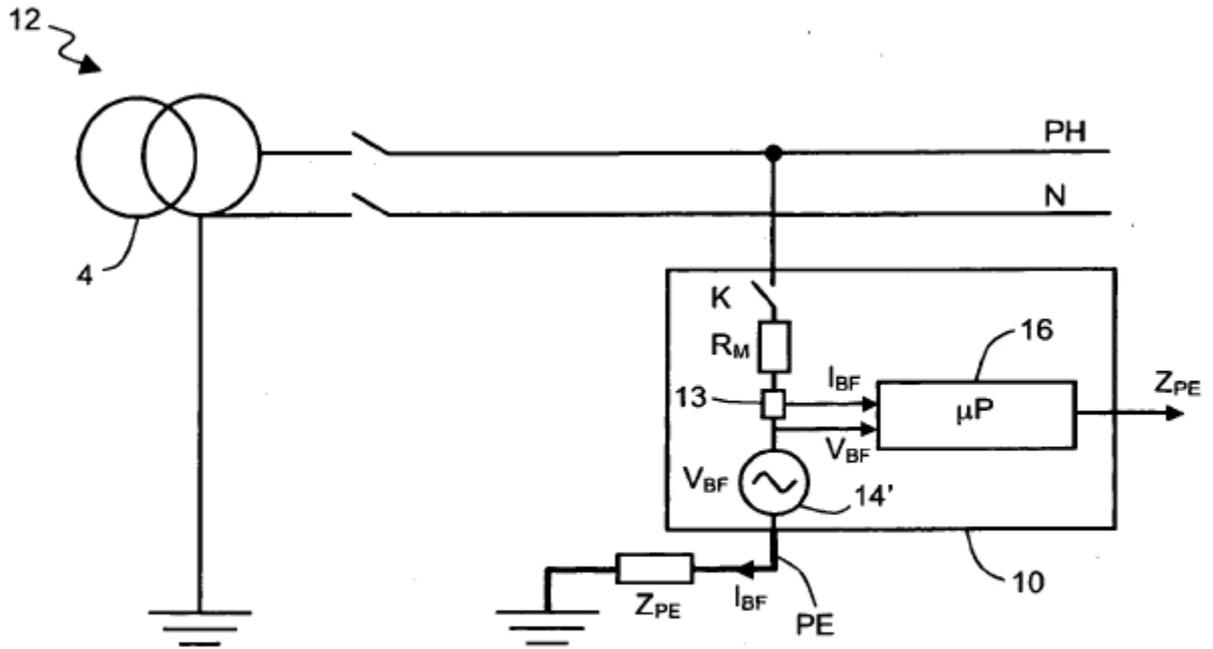


FIG. 3

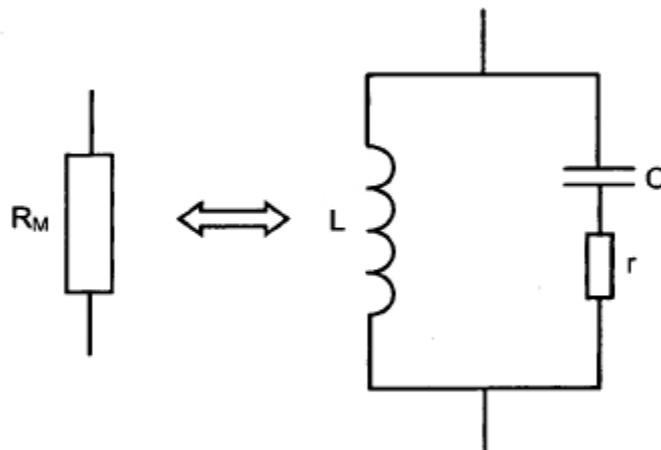


FIG. 4

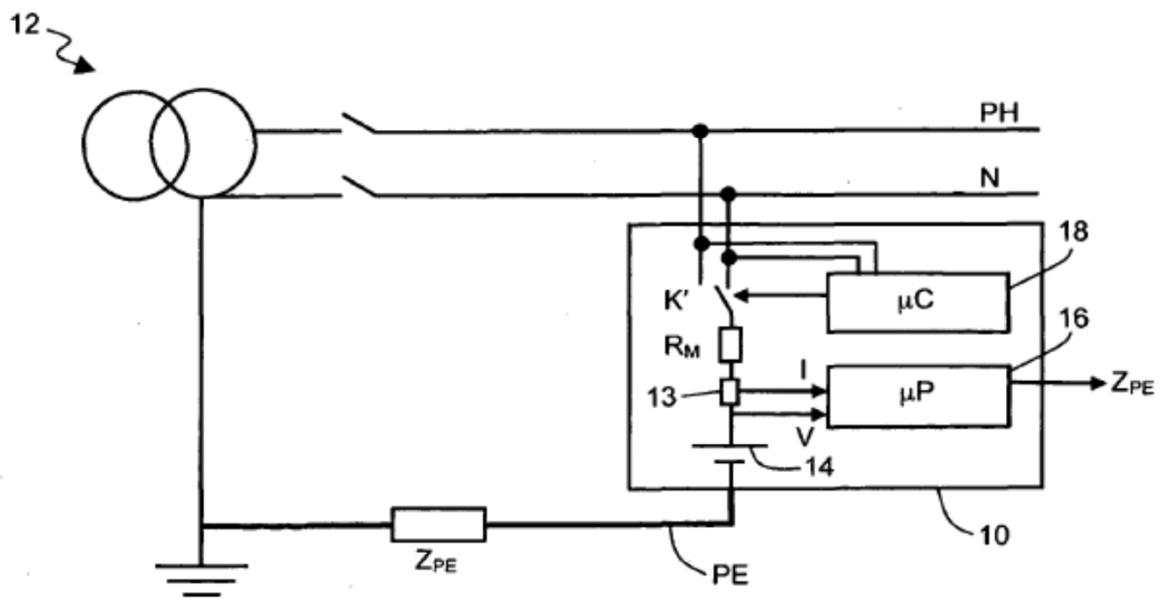


FIG. 5