

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 077**

51 Int. Cl.:

G01R 19/25 (2006.01)
G01R 29/12 (2006.01)
G01R 31/02 (2006.01)
G01R 31/08 (2006.01)
H04B 3/46 (2015.01)
G01R 15/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2017 PCT/EP2017/052951**
87 Fecha y número de publicación internacional: **17.08.2017 WO17137534**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2017 E 17703440 (2)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3414578**

54 Título: **Dispositivo de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna de una red eléctrica aérea**

30 Prioridad:

12.02.2016 FR 1651169

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

09.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CLEMENCE, MICHEL;
HOUBRE, PASCAL y
CONTINI, ERICK**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 773 077 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).

DESCRIPCION

Dispositivo de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna de una red eléctrica aérea

5 La invención se refiere a un dispositivo de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna en una red eléctrica aérea. La invención se refiere a un procedimiento de medida de dicha magnitud eléctrica.

De manera conocida, existen sensores para medir una magnitud eléctrica en una red eléctrica aérea, tal como una tensión eléctrica de una fase de una corriente alterna que circula en esta red. Por "red eléctrica aérea", se designa a una red de transporte eléctrica que comprende al menos una línea eléctrica aérea, es decir un conductor eléctrico que se extiende por encima del suelo y que está en contacto con el aire ambiente.

10 Un ejemplo de dicho sensor comprende una placa metálica dispuesta entre una línea eléctrica aérea de la red eléctrica y la tierra. Este sensor permite medir una magnitud eléctrica de la corriente eléctrica que circula en la línea.

Sin embargo, la medida de la magnitud eléctrica efectuada por este sensor, no es siempre fiable.

Del mismo modo se conocen los documentos siguientes del estado de la técnica: US-2015/0077088-A1 y US-2014/035595-A1.

15 El objetivo de la invención es por tanto proponer un dispositivo y un procedimiento de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna en una red eléctrica aérea, que permita proporcionar una medida más fiable de la magnitud eléctrica.

A tal efecto, la invención se refiere a un dispositivo de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una primera corriente eléctrica alterna en una red eléctrica aérea, este dispositivo que comprende:

20 - un sensor, configurado para engancharse a una línea eléctrica de la red eléctrica aérea, este sensor que comprende:

una placa eléctricamente conductora,

un conductor eléctrico, configurado para conectar eléctricamente la placa a la línea eléctrica, para la circulación de la primera corriente eléctrica desde la línea eléctrica a través del conductor eléctrico,

25 - una unidad de cálculo, configurada para determinar la magnitud eléctrica a partir de un valor de la primera corriente eléctrica y de un valor de una capacidad eléctrica entre la placa y el suelo.

De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende además un generador, conectado eléctricamente al conductor eléctrico y configurado para inyectar una segunda corriente eléctrica a través del conductor eléctrico, esta segunda corriente eléctrica que presenta una frecuencia diferente de la frecuencia de la primera corriente eléctrica, estando la unidad de cálculo además configurada para calcular el valor de la capacidad eléctrica entre la placa y el suelo en función de un valor de la segunda corriente eléctrica.

30 Gracias a la invención, es posible calibrar el dispositivo de medida antes de cada medida de la magnitud eléctrica midiendo el valor de la capacidad eléctrica entre la placa y la tierra. De hecho, el valor de la capacidad eléctrica entre la placa y la tierra no es constante y puede variar, de manera importante, en función de las condiciones medioambientales, tales como la temperatura o el nivel de humedad en el aire que rodea a la línea aérea. El valor de la capacidad eléctrica fluctúa por tanto en el transcurso del tiempo, hasta tal punto que el valor predefinido de esta capacidad, utilizado para determinar la tensión eléctrica, no se corresponde siempre con el valor real de esta capacidad eléctrica.

40 Esta medida se realiza por la inyección de la segunda corriente eléctrica cuyo valor es conocido. Como esta corriente eléctrica presenta una frecuencia diferente a la frecuencia de la primera corriente eléctrica, se puede medir de forma separada de la primera corriente eléctrica.

Según aspectos ventajosos pero no obligatorios de la invención, dicho dispositivo de medida comprende una o varias de las características siguientes, tomada según cualquier combinación técnicamente posible:

- una segunda placa eléctricamente conductora, y

45 - un segundo conductor eléctrico, configurado para conectar eléctricamente la segunda placa a la línea eléctrica para la circulación de al menos una parte de la primera corriente eléctrica desde la línea eléctrica hacia la segunda placa a través del segundo conductor eléctrico, el segundo conductor eléctrico está conectado eléctricamente a la salida del generador para la circulación de al menos una parte de la segunda corriente inyectada a través del segundo conductor;

- un primer aparato de medida configurado para medir la primera corriente eléctrica y la segunda corriente eléctrica que circula a través del conductor eléctrico;

- el primer conductor eléctrico presenta una primera resistencia eléctrica, el primer aparato de medida comprende un primer sensor de tensión para medir la tensión eléctrica en los bornes de la primera resistencia eléctrica;

5 - un segundo aparato de medida configurado para medir la primera corriente eléctrica y la segunda corriente eléctrica que circula a través del segundo conductor eléctrico;

- el segundo conductor eléctrico presenta una segunda resistencia eléctrica, el segundo aparato de medida comprende un segundo sensor de tensión para medir la tensión eléctrica en los bornes de la segunda resistencia eléctrica;

10 - la capacidad C_{pt} eléctrica es calculada por la unidad de cálculo según la ecuación:

$$C_{pt} = \frac{U_{m1} - U_{m2}}{\omega \times R_m (1 - K') \times (U_p - U_{m1})}$$

15 donde U_{m1} y U_{m2} son, respectivamente, las tensiones eléctricas medidas por el primer y segundo aparatos de medida, ω es la pulsación de la corriente alterna que circula en la red eléctrica aérea, U_p es la tensión eléctrica en los bordes de generador que inyectan la segunda corriente eléctrica, R_m es igual al valor de la primera resistencia y K' es un valor numérico que depende de la proporción entre la distancia d' y la distancia d , siendo d la distancia entre la primera placa y la línea eléctrica y siendo d' la distancia entre la segunda placa y la línea eléctrica;

20 - cuando el primer y segundo sensores son enganchados en la línea eléctrica, el dispositivo comprende una primera y una segunda capacidades eléctricas parásitas que conectan, respectivamente, la primera y segunda placas a la línea eléctrica y permiten la circulación, desde la línea eléctrica, de la primera y segunda corrientes eléctricas de fuga;

- el valor K' es igual a la relación entre la segunda y la primera corrientes eléctricas de fuga;

- la frecuencia de la segunda corriente eléctrica inyectada está comprendida entre 1 kHz y 1 MHz, con preferencia entre 10 kHz y 100 kHz;

- la magnitud eléctrica es la tensión de la fase de la corriente alterna.

25 Según otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una primera corriente eléctrica alterna en una red eléctrica aérea, este procedimiento que comprende:

a) el enganche de un sensor a una línea eléctrica aérea de la red eléctrica, este sensor que comprende:

- una placa eléctricamente conductora,

30 - un conductor eléctrico, configurado para conectar eléctricamente la placa a la línea eléctrica, de manera que la primera corriente eléctrica circula desde la línea eléctrica a través del conductor eléctrico,

b) la medida de la primera corriente eléctrica que circula a través del conductor eléctrico, por medio de un aparato de medida,

c) el cálculo de la magnitud eléctrica, por medio de una unidad de cálculo, a partir de la primera corriente eléctrica medida y del valor de la capacidad eléctrica entre la placa y el suelo,

35 caracterizado porque el procedimiento comprende, anteriormente al enganche, una secuencia de calibrado para determinar un valor de la capacidad eléctrica, esta secuencia de calibrado que comprende:

i) la inyección, por medio de un generador, de una segunda corriente eléctrica a través del conductor eléctrico, esta segunda corriente eléctrica que presenta una frecuencia diferente de la frecuencia de la primera corriente eléctrica.

40 ii) la medida, con la ayuda del aparato de medida, de la segunda corriente eléctrica que circula en el conductor eléctrico,

iii) la determinación a través de la unidad de cálculo y en función de la segunda corriente eléctrica medida, del valor de la capacidad eléctrica.

45 La invención se comprenderá mejor y otras ventajas de la misma aparecerán más claramente a la luz de la siguiente descripción, de un modo de realización de un dispositivo de medida dado únicamente a título de ejemplo no limitativo y realizado con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 representa esquemáticamente una porción de una red eléctrica aérea provista de un dispositivo según un primer modo de realización de la invención para medir una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna de esta red;
 - la figura 2 representa esquemáticamente una unidad de cálculo del dispositivo de medida de la figura 1;
- 5 - la figura 3 es un organigrama de un procedimiento de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna por medio del dispositivo de medida de la figura 1;
- la figura 4 representa esquemáticamente una porción de una red eléctrica aérea provista de un dispositivo según otro modo de realización de la invención para medir una magnitud eléctrica de una fase de una corriente eléctrica alterna de esta red.
- 10 La figura 1 representa un dispositivo 1 de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una corriente alterna en una red 2 eléctrica aérea.
- La red 2 está configurada para transportar una corriente eléctrica alterna. Por ejemplo, la red 2 es una red de distribución eléctrica de media tensión. En este ejemplo, esta corriente eléctrica alterna es una corriente trifásica y presenta una frecuencia de 50 Hz. Como variante, esta corriente presenta una frecuencia de 60 Hz.
- 15 Por ejemplo, la red 2 comprende tres líneas 21, 22, 23 eléctricas aéreas para conducir respectivamente tres fases eléctricas de corriente eléctrica alterna trifásica descrita anteriormente. Estas tres líneas 21, 22, 23 se supone que son idénticas. También, sólo la línea 21 es descrita con detalle a continuación.
- La línea 21 conecta eléctricamente una fuente 24 eléctrica de la red 2 a una carga 25 eléctrica a alimentar. La fuente 24 genera la corriente eléctrica alterna mientras que la carga 25 consume esta corriente.
- 20 La fuente 24 comprende en este caso un transformador de alta tensión - media tensión. De manera conocida, se modelizan las propiedades eléctricas de la línea 21 por medio de una impedancia R_L de línea, colocada en serie entre la fuente 24 y la carga 25 y de una capacidad C_L de línea, que conecta eléctricamente la línea 21 al suelo 10.
- La línea 21 se extiende en el aire y por encima del suelo 10. Se extiende a una altura H con respecto al suelo 10. La altura H es medida entre la línea 21 y el suelo 10 a lo largo de un eje vertical (no ilustrado) al nivel del emplazamiento
- 25 donde se sitúa el dispositivo 1. La altura H es por ejemplo superior o igual a 3 m, con preferencia incluso superior o igual a 5 m. En este caso, la altura H es igual a 10 m.
- En este ejemplo, la magnitud eléctrica que se desea determinar con la ayuda del dispositivo 1 es la tensión U eléctrica de la fase asociada a la línea 21, con respecto al suelo 10. El suelo 10 está en este caso conectado eléctricamente a la masa GND eléctrica.
- 30 El dispositivo 1 comprende un sensor 3, un generador 7 y una unidad 8 de cálculo.
- El sensor 3 comprende una placa 31 eléctricamente conductora y un conductor 32 eléctrico. El sensor 3 está además configurado para ser enganchado a la línea 21 y, como alternativa, es enganchado a la línea 21. Para hacer esto, comprende un dispositivo de enganche a la línea 21, tal como una pinza o un gancho.
- 35 El conductor 32 conecta eléctricamente la placa 31 a la línea 21 eléctrica. Permite la circulación de una corriente I_1 eléctrica desde la línea 21 hacia la primera placa 31 cuando el sensor 3 está enganchado a la línea 21. La frecuencia de la corriente I_1 es en este caso igual a la frecuencia de la corriente eléctrica trifásica que circula en la red 2. Esta frecuencias por ejemplo igual a 50 Hz.
- Se denomina "d" a la distancia entre la placa 31 y la línea 21 cuando el sensor 3 está enganchado a la línea 21. Esta distancia d es medida entre la línea 21 y el centro geométrico de la primera placa 31. De forma ventajosa, la distancia d es inferior a un 5 % o a un 2 % de la altura H. Con preferencia, la distancia d está comprendida entre 1cm y 1m, por ejemplo igual a 10cm.
- 40 Se denomina "D" a la distancia entre la placa 31 y el suelo 10 cuando el sensor 3 está anclado a la línea 21. La distancia D es medida a lo largo del eje vertical entre el centro geométrico de la placa 31 hoy el suelo 10. Por ejemplo, la distancia D es al menos superior a un 50 % de la altura H.
- 45 La placa 31 forma un condensador con una capacidad C_{pt1} eléctrica con respecto al suelo 10, denominada capacidad placa-tierra. Por tanto, cuando el sensor 3 está enganchado a la línea 21, la capacidad, C_L de línea por un lado, y el conjunto formado por el conductor 32, la placa 31 hoy por tanto la capacidad C_{pt1} placa-tierra, por otro lado, son conectadas en paralelo entre la línea 21 y el suelo 10. La corriente I_1 eléctrica circula desde la línea 21 hasta la placa 31 y circula después hasta la masa GND a través de la capacidad C_{pt1} placa-tierra, después hasta la línea 21 por
- 50 medio de la capacidad C_L de línea. Cuando sólo la corriente I_1 circula en el dispositivo 1, su valor es por tanto dado por la fórmula:

$$U = \frac{I_1}{\omega \times C_{pt1}} \quad (1)$$

donde ω es la pulsación de la corriente eléctrica alterna que circula en la red 2.

5 El valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra depende por ejemplo de las dimensiones de la placa 31, de la distancia D y de las propiedades dieléctricas del medio que separa la placa 31 del suelo 10, en este caso el aire. Estas propiedades dieléctricas dependen de las condiciones medioambientales, tales como la temperatura o el nivel de humedad del aire alrededor de la placa 31. En este ejemplo, el valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra es inferior o igual a 10 picofaradios, con preferencia inferior o igual a 1 picofaradio, y es superior o igual a 10 femtofaradios, con preferencia superior o igual a 100 femtofaradios.

10 La placa 31 presenta en este caso una forma plana. Como variante, la placa 31 presenta una forma diferente, por ejemplo curvada. La superficie de la placa 31 es en este caso inferior a 100cm^2 , incluso a 50cm^2 , por ejemplo igual a 12cm^2 .

La placa 31 está formada de un material eléctricamente conductor, tal como metal. En este caso, una capa metálica se deposita sobre un soporte no metálico tal como una placa de resina epoxi.

15 Debido a esta dependencia del valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra de las condiciones medio ambientales, la medida de sólo la corriente I_1 eléctrica no es suficiente para obtener una determinación precisa de su valor.

Para hacer esto, una corriente I_2 eléctrica es inyectada a través del conductor 32 y después medida de forma separada de la corriente I_1 . La corriente I_2 presenta una frecuencia diferente de la frecuencia de la corriente I_1 . Por ejemplo, la corriente I_2 presenta una frecuencia comprendida entre 1 kHz y 1 MHz, con preferencia entre 10 kHz y 100 kHz. En este ejemplo, la corriente I_1 presenta una frecuencia igual a 50 kHz.

20 A tal efecto, el generador 7 está conectado eléctricamente al conductor 32 así como a la línea 21. De forma más precisa, conecta la línea 21 en serie con un extremo del conductor 32. El conductor 32 no está por tanto en este caso conectado directamente a la línea 21.

25 Éste generador 7 comprende por ejemplo un generador de impulsos controlable, alimentado eléctricamente por un circuito de alimentación dedicada (no ilustrado en la figura 1). Se denomina " U_p " a la tensión eléctrica en los bornes del generador que inyecta la corriente I_2 .

30 El dispositivo 1 comprende además un aparato 4 de medida, configurado para medir la corriente eléctrica que circula a través del conductor 32. En este ejemplo, el conductor 32 comprende una resistencia 41 eléctrica que presenta un valor R_m conocido. El aparato 4 comprende un sensor 42 de tensión para medir una tensión eléctrica en los bornes de la resistencia 41. Una tensión U_1 eléctrica se establece en los bornes de esta resistencia 41 cuando una corriente eléctrica circula a través del conductor 32. Con preferencia, la resistencia R_m no depende de la frecuencia.

35 El aparato 4 comprende además un circuito de filtrado de frecuencia de corriente medida en el conductor 32. Éste circuito de filtrado es apto para eliminar selectivamente, de la corriente medida en el conductor 32, los componentes de esta corriente que tengan una o varias frecuencias predefinidas. Esto permite por tanto medir de forma separada las corrientes I_1 e I_2 de frecuencias diferentes. En este caso, este circuito de filtrado está integrado en el sensor 42 de tensión.

En este ejemplo, el aparato 4 presenta una ganancia G de medida. La ganancia G es en este caso igual a la proporción, o relación, entre la tensión U_{m1} dada por el aparato 4 como resultante de la medida de la tensión U_1 en los bornes de la resistencia 41. Esta ganancia G tiene un valor conocido y ajustable durante la fabricación del dispositivo 1.

40 La figura 2 representa una unidad 8 electrónica de cálculo del dispositivo 1. Esta unidad 8 comprende un ordenador 81 electrónico, un soporte 82 de grabación de informaciones y una interfaz 83 de intercambio de datos que se comunican entre sí a través de un bus de intercambio de datos de la unidad 8. El ordenador 81 está configurado para ejecutar instrucciones contenidas en el soporte 82. Por ejemplo, se trata de un microprocesador. El soporte 82 graba instrucciones para la ejecución del procedimiento de la figura 3 cuando son ejecutadas por el ordenador 81. Por ejemplo, el soporte 82 comprende un módulo de memoria no volátil, tal como un módulo Flash o EEPROM. La interfaz 83 permite un intercambio de datos entre la unidad 8, el aparato 4 y el generador 7, a los cuales está conectada por enlaces de datos no ilustrados.

45 La unidad 8 está configurada para calcular el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra. La unidad 8 está además configurada para calcular la tensión U eléctrica de la fase de la corriente que circula en la línea 21 a partir de los valores de la corriente I_1 medidos por el aparato 4, así como la capacidad C_{pt1} placa-tierra calculada. Éste cálculo del valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra es en este caso realizado según la fórmula:

$$U_p = \frac{I_2}{\omega \times C_{pt1}} \quad (2)$$

- La inyección de la corriente I_2 , con una amplitud conocida, permite medir el valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra antes de una medida de la tensión U , de manera que toma en cuenta un valor actualizado de la capacidad C_{pt1} placa-tierra durante la determinación de la tensión U . De esta manera, el dispositivo 1 es calibrado fácilmente y simplemente, para obtener una medida más fiable de la tensión U . Por el contrario, en el estado de la técnica, la determinación de la tensión U se hacía con un valor predefinido de la capacidad C_{pt1} placa-tierra.
- La elección de una frecuencia de la corriente I_2 diferente a la de la corriente I_1 permite medir de forma separada estas corrientes I_1 e I_2 con la ayuda del mismo aparato 4.
- Un ejemplo de funcionamiento del dispositivo 1 para medir la tensión U eléctrica de la fase eléctrica asociada a la línea 21 se va a describir ahora con referencia al organigrama de la figura 3 y con la ayuda de las figuras 1 y 2.
- Inicialmente, durante una etapa 1000, el dispositivo 1 es conectado a la línea 21. Por ejemplo, el sensor 3 es enganchado a la línea 21, por medio del dispositivo de enganche. Una vez que se enganchado este sensor 3, la corriente I_1 circula desde la línea 21 hacia la placa 31.
- A continuación, durante una etapa 1002, la corriente I_2 eléctrica es inyectada por el generador 7 a través del conductor 32. Por ejemplo, la unidad 8 controla el generador 7 para que genere uno o varios impulsos eléctricos entre sus bornes con la tensión U_p . La corriente I_2 circula a continuación en dirección de la línea 21 por medio de la placa 31, de la masa GND eléctrica, de la capacidad C_{pt1} placa-tierra y de la capacidad C_L de línea.
- Durante una etapa 1004, la corriente I_2 eléctrica inyectada es medida en el conductor 32, a través del aparato 4 de medida. Por ejemplo, el sensor 42 de tensión mide la tensión U_1 , que corresponde a la superposición de las corrientes I_1 e I_2 que circulan en el conductor 32. La tensión U_1 medida es por tanto filtrada en frecuencia para eliminar la componente de baja frecuencia que se corresponde a la corriente I_1 , por ejemplo con una frecuencia de corte igual a 1 kHz para eliminar los componentes correspondientes a frecuencias inferiores a 1 kHz. El sensor 42 de tensión entrega a continuación el valor U_{m1} como resultado de la medida.
- Durante una etapa 1006 siguiente, la unidad 8 determina el valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra en función de las corrientes medidas por el aparato 4 durante la etapa 1004. Por ejemplo, la tensión U_{m1} es adquirida por la unidad 8. La unidad 8 calcula a continuación el valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra según la ecuación (2) mencionada anteriormente.
- Estas etapas 1002, 1004 y 1006 forman por tanto una secuencia de calibración del dispositivo 1, para actualizar el valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra. De esta manera las etapas posteriores del procedimiento son realizadas con el valor de capacidad actualizado.
- Durante una etapa 1008 posterior, el valor de la corriente I_1 que circula en el conductor 32 es medido con la ayuda del aparato 4. En esta fase, es necesario inyectar la corriente I_2 . Por ejemplo, el generador 7 es detenido. Por ejemplo, el sensor 42 de tensión mide la tensión U_1 en los bornes del conductor 32. La señal medida es filtrada en frecuencia para eliminar la componente de alta frecuencia y por tanto no conservar más que la componente que se corresponde a la corriente I_1 , por ejemplo con una frecuencia de corte igual a 1 kHz. El sensor 42 de tensión entrega por tanto un valor U_{m1} como resultado de la medida.
- Finalmente, durante una etapa 1010, la tensión U es determinada por la unidad 8 a partir de la corriente I_1 medida por el aparato 4 durante la etapa 1008 y del valor de la capacidad C_{pt1} placa-tierra calculado durante la etapa 1006. Por ejemplo, el valor de la tensión U_{m1} medida durante la etapa 1008 es adquirido por la unidad 8. El cálculo de la tensión U es por tanto efectuado según la ecuación (1) definida anteriormente.
- Aunque la determinación de la capacidad C_{pt1} placa-tierra se mejore gracias al dispositivo 1, es susceptible de ser aún más mejorada. De hecho, cuando el sensor 3 es enganchado a la línea 21, se forma una primera capacidad C_{cp1} eléctrica parásita entre la placa 31 y la línea 21. Esta primera capacidad C_{cp1} parásita provoca la circulación de una primera corriente I_{F1} eléctrica de fuga que circula desde la línea 21 a través del conductor 32 y la placa 31 hacia la línea 21. La intensidad de la primera corriente I_{F1} de fuga depende del valor de la primera capacidad C_{cp1} parásita. El valor de la primera capacidad C_{cp1} parásita es en particular función de la distancia d entre la primera placa 31 y la línea 21. La primera corriente I_{F1} de fuga presenta una frecuencia superior a la de la corriente I_1 . La primera capacidad C_{cp1} parásita se corresponde a una suma de varias capacidades parásitas.
- La figura 4 representa un dispositivo 1' de medida de la magnitud eléctrica en una red 2 eléctrica aérea, que reemplaza de forma ventajosa el dispositivo 1 mejorando incluso la determinación de la primera capacidad C_{pt1} placa-tierra. Para simplificar la figura 4, las líneas 22 y 23 no son representadas. El dispositivo 1' comprende el sensor 3, denominado a continuación primer sensor 3, y un segundo sensor 5, el generador 7 y la unidad 8 de cálculo.
- A continuación, de manera análoga, la placa 31 y el conductor 32 son denominados respectivamente "primera placa 31" y "primer conductor 32", la capacidad C_{pt1} placa-tierra es denominada "primera capacidad C_{pt1} placa-tierra" y el aparato 4 es denominado "primer aparato 4".

El segundo sensor 5 comprende una segunda placa 51 eléctricamente conductora y un segundo conductor 52 eléctrico. El segundo sensor 5 está además configurado para ser enganchado a la línea 21.

5 En este ejemplo, los sensores 3 y 5 son conectados mecánicamente entre sí. Por ejemplo, se albergan en el interior de una misma caja (no ilustrada) del dispositivo 1. Por tanto los sensores 3 y 5 son enganchados a la línea 21 de forma simultánea, por ejemplo gracias a un dispositivo de enganche del primer sensor 3. Como variante, este dispositivo de enganche pertenece al segundo sensor 5 o bien está en el exterior de los sensores 3 y 5. Como variante, cada uno de los sensores 3 y 5 comprende su propio dispositivo de enganche.

En este caso, los sensores 3 y 5 son idénticos y se distinguen únicamente por su posición respectiva con respecto a la línea 21.

10 El segundo sensor 5 está enganchado a la línea 21 a una distancia "d'" diferente de la distancia d. Se denomina D' a la altura con respecto al suelo 10 del segundo sensor 5.

Se denomina K a la proporción, o relación, entre la distancia d' y la distancia d. Esta proporción K es estrictamente superior a 1. Por ejemplo, está comprendida entre 2 y 50, y, de forma preferible entre 2 y 10. En este ejemplo, la proporción K es igual a 2.

15 De forma ventajosa, los sensores 3 y 5 son colocados de manera fija uno con respecto al otro en el seno del dispositivo 1' de tal manera que las distancias d y d' y que la relación K no varían una vez que los sensores 3 y 5 son ambos enganchados a la línea 21.

20 La segunda placa 51 y el segundo conductor 52 tienen el mismo papel, respectivamente, que la placa 31 y el segundo conductor 32. Todo lo que se ha descrito con referencia a la primera placa 31 y al primer conductor 32 aplica, respectivamente, a la segunda placa 51 y al segundo conductor 52.

25 Por tanto, el segundo conductor 52 conecta eléctricamente la segunda placa 51 a la línea 21, para la circulación de al menos una parte de la corriente I₁ eléctrica desde la línea 21 hacia la segunda placa 51. De la misma manera, la segunda placa 51 define una capacidad C_{pt2} eléctrica con respecto al suelo 10, denominada capacidad placa-tierra. Por tanto, cuando el segundo sensor 5 es enganchado a la línea 21, la capacidad C_L de línea, por un lado, y el conjunto formado por el segundo conductor 52 de la segunda placa 51 y la segunda capacidad C_{pt2} placa-tierra por otro lado, se conectan en paralelo entre la línea 21 y el suelo 10. Por tanto, cuando sólo la corriente I₁ circula en el segundo conductor 52, su valor es dado por la fórmula:

$$U = \frac{I_1}{\omega \times C_{pt2}} \quad (3)$$

30 El valor de la segunda capacidad C_{pt2} placa-tierra depende por ejemplo de la distancia D' y de las propiedades eléctricas del medio que separa la segunda placa 51 del suelo 10.

35 De la misma forma, se denomina C_{cp2} a una segunda capacidad parásita entre la segunda placa 51 y la línea 21. Esta segunda capacidad C_{cp2} parásita permite la circulación de una segunda corriente I_{F2} eléctrica de fuga a lo largo del segundo conductor 52 y de la segunda placa 51 hacia la línea 21. La intensidad de la segunda corriente I_{F2} de fuga depende del valor de la segunda capacidad C_{cp2} parásita. El valor de la segunda capacidad C_{cp2} parásita es por ejemplo función de la distancia d' entre la placa 51 y la línea 21.

40 Teniendo en cuenta el valor de la proporción K y el valor de la distancia d con respecto a la altura H de la línea 21, la distancia D' es en este caso del mismo orden de magnitud que la distancia D, es decir igual a cerca de un 10 %, incluso acerca de un 5 %, a un incluso acerca de un 2 %. Además, debido a que los sensores 3 y 5 están situados próximos entre sí, por ejemplo una distancia inferior a 1m, las propiedades dieléctricas del medio que separa las placas 31 y 51 del suelo son esencialmente iguales. Además, las placas 31 y 51 son en este caso idénticas. Resulta que los valores de la primera y segunda capacidades C_{pt1} y C_{pt2} placa-tierra son muy próximas entre sí y varían en consonancia una con respecto a la otra cuando varían las propiedades dieléctricas del aire. Esta primera y segunda capacidades C_{pt1} y C_{pt2} placa-tierra son por tanto consideradas iguales a un mismo valor de capacidad C_{pt} placa-tierra. A continuación y salvo mención en contrario, el dispositivo 1' busca determinar este valor de capacidad C_{pt} placa-tierra.

45 Las primera y segunda capacidades C_{p1} y C_{p2} parásitas presentan en este caso valores diferentes cuya proporción permanece con preferencia constante en el transcurso del tiempo. La proporción entre los valores de la primera y segunda capacidades C_{p1} y C_{p2} parásitas es una función de la proporción K. En teoría, en el caso en el que las placas 31 y 51 son rigurosamente idénticas y presentan una misma orientación hacia la línea 21, esta proporción entre los valores de la primera y segunda capacidades C_{p1} y C_{p2} parásitas es proporcional a la proporción K. Sin embargo, en la práctica, las placas 31 y 51 no son siempre idénticas, ni están orientadas de la misma forma hacia la línea 21. Esta proporción no es por tanto rigurosamente proporcional a la proporción K. En este ejemplo, esta proporción es proporcional a la proporción K en cerca de un 10 %, o en cerca de un 20 %, incluso en cerca de un 30 %.

Se denomina K' a la proporción, relación, entre la segunda corriente I_{F2} de fuga y la primera corriente I_{F1} de fuga. La proporción K' representa por tanto en este caso un valor que depende de la proporción K.

En la práctica, el valor de la proporción K' es predefinido, por ejemplo durante una fase final de fabricación del dispositivo 1'. Para hacer esto, se mide una tensión conocida con la ayuda del dispositivo 1', y el valor de la proporción K' es determinado por medio de la ecuación (5) descrita a continuación. El valor de la proporción K' por tanto determinado es grabado, por ejemplo, en el seno de la unidad 8, y los valores de las ganancias G y G' son regulados en consecuencia. Dado que el soporte K no se supone que cambia durante el funcionamiento del dispositivo 1', el valor del soporte K' así determinado se puede utilizar posteriormente.

En este ejemplo, el generador 7 está conectado eléctricamente a los conductores 32 y 52 así como a la línea 21. De forma más precisa, conecta la línea 21 en serie con un punto de unión entre los extremos respectivos de los conductores 32 y 52. Los conductores 32 y 52 no son en este caso por tanto conectados directamente a la línea 21. En este caso, la conexión del generador 7 a la línea 21 y a los sensores 3 y 5 se realiza por medio de un transformador 71. Los bornes de salida del generador 7 son conectados a una primera bobina 71 del transformador. Esta primera bobina está acoplada a una segunda bobina del transformador 71 que conecta la línea 21 a un punto de unión entre los extremos respectivos de los conductores 32 y 52. Este punto de unión está en este caso conectado a una masa M eléctrica flotante. Como variante, el transformador 71 no está presente. El generador 7 está por tanto conectado directamente en serie entre la línea 21 y el punto de unión.

De forma ventajosa, la proporción, o relación, entre, por un lado, la distancia del generador 7 y la primera placa 31 y, por otro lado, entre el generador 7 y la segunda placa 51 es igual a cerca de un 5 %, incluso acerca de un 2 %, de la proporción K' . De esta manera, el acoplamiento eléctrico entre generador 7 y la segunda placa 51 es proporcional, con un coeficiente de proporcionalidad igual a la proporción K' , en el acoplamiento eléctrico entre generador 7 y la primera placa 31.

El dispositivo 1' comprende además un segundo aparato 6 de medida. Este primer y segundo aparatos 4 y 6 están en este caso en el interior de la caja del dispositivo 1'. Como variante, el primer y segundo aparatos 4 y 6 están dispuestos en el exterior de la caja del dispositivo 1'.

El segundo aparato 6 está configurado para medir las corrientes eléctricas que circulan a través del segundo conductor 52. El segundo aparato 6 comprende en este caso un segundo sensor 62 de tensión. El segundo aparato 6 juega con respecto al segundo conductor 52 el mismo papel que el primer aparato 4 con respecto al primer conductor 32. Por ejemplo, el segundo aparato 6 es idéntico al primer aparato 4, con la sola diferencia que el segundo aparato 6 presenta una ganancia de medida denominada G' .

En este ejemplo, el segundo conductor 52 presenta una resistencia 61 eléctrica de valor R'_m conocido. Se denomina U_2 a la tensión eléctrica en los bornes de esta resistencia 61 cuando una corriente circula en el segundo conductor 52 y " U_{m2} " al resultado de la medida de esta tensión U_2 . La ganancia G' es por tanto igual a la relación entre U_{m2} y U_2 .

De forma ventajosa, los valores R_m y R'_m de las resistencias 41 y 61 así como las ganancias G y G' son elegidas tal que:

$$\frac{R'_m}{R_m} \times \frac{G'}{G} = K' \quad (4)$$

cerca de un 5 %, incluso cerca de un 2 %.

En este ejemplo, los valores de las ganancias G y G' son iguales. En este caso, la relación de los valores R_m y R'_m es igual a cerca de un 5 %, incluso a cerca de un 2 %, de la proporción K' .

Como variante, los valores de las resistencias R_m y R'_m son iguales. La relación entre la ganancia G' y la ganancia G es igual a cerca de un 5 %, incluso acerca de un 2 %, de la proporción K' . Los valores de las ganancias G y G' están por ejemplo regulados a un valor deseado durante la fabricación del dispositivo 1' y no son ya modificados a continuación. Como variante, las ganancias G y G' no se incorporan en los aparatos 4 y 6 sino que se añaden durante el tratamiento, por la unidad 8, de los datos medidos por estos aparatos 4 y 6.

Los aparatos 4 y 6 están alimentados eléctricamente por medio de un circuito de alimentación distinto de la alimentación del generador 7, por ejemplo un circuito común a los aparatos 4 y 6 y que está conectado a la masa M eléctrica.

De forma ventajosa, el dispositivo 1' comprende un material cuyo coeficiente de permisividad no varía en el transcurso del tiempo y que rodea a las placas 31 y 51. Por ejemplo, el interior de la caja del dispositivo 1' está relleno de una espuma sintética. Esto permite evitar que los valores de capacidades parásitas varíen de manera incontrolada o independiente entre sí, en el caso en el que varíen las propiedades dieléctricas del aire circundante alrededor de la línea 21 y de las placas 31 y 51.

En este ejemplo, la unidad 8 está además configurada para calcular el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra. La unidad 8 está por ejemplo albergada en el interior de la caja del dispositivo 1'. Como variante, la unidad 8 está aislada del exterior de esta caja. La unidad 8 está además configurado para calcular la tensión U eléctrica de la fase de corriente

que circula en la línea 21 a partir de los valores I_1 de la corriente medidos por los aparatos 4 y 6, así como la capacidad C_{pt} placa-tierra calculada. El cálculo del valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra en este caso se realiza según la fórmula:

$$C_{pt} = \frac{U_{m1} - U_{m2}}{\omega \times R_m (1-K') \times (U_p - U_{m1})} \quad (5)$$

5 El dispositivo 1' permite por tanto calcular el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra sin tomar en cuenta las corrientes de fuga parásitas que se superponen a la corriente I_2 durante la medida de esta corriente I_2 . De hecho, las corrientes I_{F1} e I_{F2} de fuga debido a las capacidades C_{cp1} y C_{cp2} parásitas, presentan una frecuencia del mismo orden de magnitud que la de la corriente I_2 . Como estas corrientes I_{F1} e I_{F2} de fuga se superponen a la corriente I_2 inyectada, son medidas al mismo tiempo que la corriente I_2 y no se distinguen. Esto introduce un error en el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra calculada. Gracias a la elección de los valores de ganancia G , G' y de las resistencias R_m y R'_m según la
10 proporción K' , los componentes de la corriente eléctrica medidos en los conductores 32 y 52 relacionados con estas corrientes parásitas y superpuestas a la corriente I_2 se eliminan simplemente calculando la diferencia de los valores de tensión U_{m1} y U_{m2} medidos, sin que sea necesario tener que recurrir a circuitos de medida complejos y más sofisticados. Resulta un cálculo más simple del valor de la capacidad C_{pt} , a la vez que preciso.

15 El funcionamiento del dispositivo 1' para medir la tensión U eléctrica de la fase eléctrica asociada a la línea 21 es análogo al del dispositivo 1 descrito con referencia al organigrama de la figura 3, con la diferencia aproximada, en particular, de que los sensores 3 y 5 funcionan en común, de manera que:

- durante la etapa 1000, los sensores 3 y 5 son enganchados de forma simultánea a la línea 21, por medio del dispositivo de enganche. Una vez que estos sensores 3 y 5 están enganchados, la corriente I_1 circula desde la línea 21 hacia cada una de las placas 31 y 51.
- 20 - durante la etapa 1002, la corriente I_2 eléctrica es inyectada por el generador 7 a través del conductor 32 y del conductor 52 y circula a continuación en dirección de la línea 21 por medio de las placas 31 y 51, de la masa GND eléctrica, de la primera y segunda capacidades C_{pt1} y C_{pt2} placa-tierra y de la capacidad C_L de línea.
- durante la etapa 1004, la corriente I_2 eléctrica inyectada es medida en los conductores 32 y 52, respectivamente, a través de los aparatos 4 y 6 de medida. El funcionamiento del segundo sensor 62 de tensión es análogo al del
25 primer sensor 42 de tensión, con respecto al segundo conductor 52 y a la corriente I_{F2} de fuga. El segundo sensor 62 de tensión entrega el valor U_{m2} como resultado de la medida.
- durante la etapa 1006, la unidad 8 determina el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra en función de las corrientes medidas por cada uno de los aparatos 4 y 6 durante la etapa 1004. Por ejemplo, las tensiones U_{m1} y U_{m2} son adquiridas por la unidad 8. La unidad 8 calcula a continuación el valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra según la
30 fórmula (5) definida anteriormente.
- durante la etapa 1010, la tensión U es determinada por la unidad 8 a partir de la corriente I_1 medida por uno u otro de los aparatos 4 y 6 durante la etapa 1008 y del valor de la capacidad C_{pt} placa-tierra calculado durante la etapa 1006. Por ejemplo, el valor de tensión U_{m1} medido durante la etapa 1008 es adquirido por la unidad 8. El cálculo de la tensión U es por tanto efectuado según la ecuación:

$$35 \quad U \approx \frac{I_1}{\omega \times C_{pt}} \quad (6)$$

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1; 1') de medida de una magnitud (U) eléctrica de una fase de una primera corriente eléctrica alterna en una red (2) eléctrica aérea, este dispositivo comprende:

- 5 - un sensor (3, 5), configurado para ser anclado a una línea (21, 22, 23) eléctrica de la red eléctrica aérea, este sensor (3, 5) comprende:
 - una placa (31, 51) eléctricamente conductora,
 - un conducto (32, 52) eléctrico configurado para conectar eléctricamente la placa a la línea eléctrica, para la circulación de la primera corriente (I₁) eléctrica desde la línea eléctrica a través del conductor eléctrico,
- 10 - una unidad (8) de cálculo, configurada para determinar la magnitud eléctrica a partir de un valor de la primera corriente (I₁) eléctrica y de un valor de una capacidad (C_{pt}) eléctrica entre la placa y el suelo (10),

caracterizado porque el dispositivo comprende además:

- un generador (7) conectado eléctricamente al conductor eléctrico configurado para inyectar una segunda corriente (I₂) eléctrica a través del conductor eléctrico, esta segunda corriente eléctrica que presenta una frecuencia diferente de la frecuencia de la primera corriente eléctrica,
- 15 estando la unidad (8) de cálculo además configurada para calcular el valor de la capacidad (C_{pt}) eléctrica entre la placa y el suelo en función del valor de la segunda corriente (I₂) eléctrica.

2. Dispositivo (1') según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además:

- una segunda placa (51) eléctricamente conductora,
- 20 - un segundo conductor (52) eléctrico conductor, configurado para conectar eléctricamente la segunda placa a la línea (21) eléctrica para la circulación de al menos una parte de la primera corriente (I₁) eléctrica desde la línea eléctrica hacia la segunda placa (51) a través del segundo conductor eléctrico, estando conectado el segundo conductor eléctrico eléctricamente en la salida del generador (7) para la circulación de al menos una parte de la segunda corriente inyectada a través del segundo conductor.

3. Dispositivo (1; 1') según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el dispositivo comprende además un primer aparato (4) de medida configurado para medir la primera corriente (I₁) eléctrica y la segunda corriente (I₂) eléctrica que circula a través del conductor (32) eléctrico.

4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el primer conductor (32) eléctrico presenta una primera resistencia (41) eléctrica, el primer aparato (4) de medida que comprende un primer sensor (42) de tensión para medir la tensión eléctrica en los bornes de la primera resistencia (41) eléctrica.

5. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el dispositivo comprende además un segundo aparato (6) de medida configurado para medir la primera corriente (I₁) eléctrica y la segunda corriente (I₂) eléctrica que circula a través del segundo conductor (52) eléctrico.

6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el segundo conductor (52) eléctrico presenta una segunda resistencia (61) eléctrica, el segundo aparato (6) de medida que comprende un segundo sensor (62) de tensión para medir la tensión eléctrica en los bornes de la segunda resistencia (61) eléctrica.

7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 4 y 6, **caracterizado porque** la capacidad C_{pt} eléctrica se calcula por la unidad (8) de cálculo según la ecuación:

$$C_{pt} = \frac{U_{m1} - U_{m2}}{\omega \times R_m (1 - K') \times (U_p - U_{m1})}$$

donde U_{m1} y U_{m2} son, respectivamente, las tensiones eléctricas medidas por el primer y segundo aparatos (4, 6) de medida, ω es la pulsación de la corriente alterna que circula en la red (2) eléctrica aérea, U_p es la tensión eléctrica en los bornes del generador (7) que inyectan la segunda corriente (I₂) eléctrica, R_m es igual al valor de la primera resistencia (41) y K' es un valor numérico que depende de la proporción entre la distancia d' y la distancia d, siendo d la distancia entre la primera placa (31) y la línea (21) eléctrica y siendo d' la distancia entre la segunda placa (51) y la línea (21) eléctrica;

8. Dispositivo (1') según la reivindicación 7, **caracterizado porque**:

- cuando el primer y segundo sensores (3, 5) son anclados en la línea (21) eléctrica, el dispositivo (1') comprende una primera y una segunda capacidades (C_{ep1} y C_{ep2}) eléctricas parásitas que conectan, respectivamente, la primera y segunda placas (31, 51) a la línea (21) eléctrica y permiten la circulación, desde la línea eléctrica, de la primera y segunda corrientes (I_{F1} e I_{F2}) eléctricas de fuga;

5 - el valor K' es igual a la relación entre la segunda y la primera corrientes (I_{F2} e I_{F1}) eléctricas de fuga;

9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la frecuencia de la segunda corriente (I_2) inyectada está comprendida entre 1 kHz y 1 MHz, con preferencia entre 10 kHz y 100 kHz.

10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la magnitud (U) eléctrica es la tensión de la fase de la corriente alterna.

10 11. Procedimiento de medida de una magnitud eléctrica de una fase de una primera corriente eléctrica alterna en una red (2) eléctrica aérea, este procedimiento comprende:

a) el enganche (1000) de un sensor (3) a una línea (21) eléctrica aérea de la red eléctrica, este sensor (3) comprende:

- una placa (31) eléctricamente conductora,

15 - un conductor (32) eléctrico, configurado para conectar eléctricamente la placa a la línea eléctrica, de manera que la primera corriente (I_1) eléctrica circula desde la línea eléctrica a través del conductor eléctrico,

b) la medida (1008) de la primera corriente eléctrica que circula a través del conductor eléctrico, por medio de un aparato (4) de medida,

20 c) el cálculo (1010) de la magnitud (U) eléctrica, por medio de una unidad (8) de cálculo, a partir de la primera corriente eléctrica medida y del valor de la capacidad (C_{pt}) eléctrica entre la placa (31) y el suelo (51),

caracterizado porque el procedimiento comprende, anteriormente al enganche, una secuencia de calibrado para determinar un valor de la capacidad (C_{pt}) eléctrica, esta secuencia de calibrado que comprende:

25 i) la inyección (1002), por medio de un generador, de una segunda corriente (I_2) eléctrica a través del conductor eléctrico, esta segunda corriente eléctrica presenta una frecuencia diferente de la frecuencia de la primera corriente eléctrica.

ii) la medida (1004), con la ayuda del aparato (4) de medida, de la segunda corriente eléctrica que circula en el conductor eléctrico,

iii) la determinación (1006) a través de la unidad (8) de cálculo y en función de la segunda corriente eléctrica medida, del valor de la capacidad (C_{pt}) eléctrica.

30

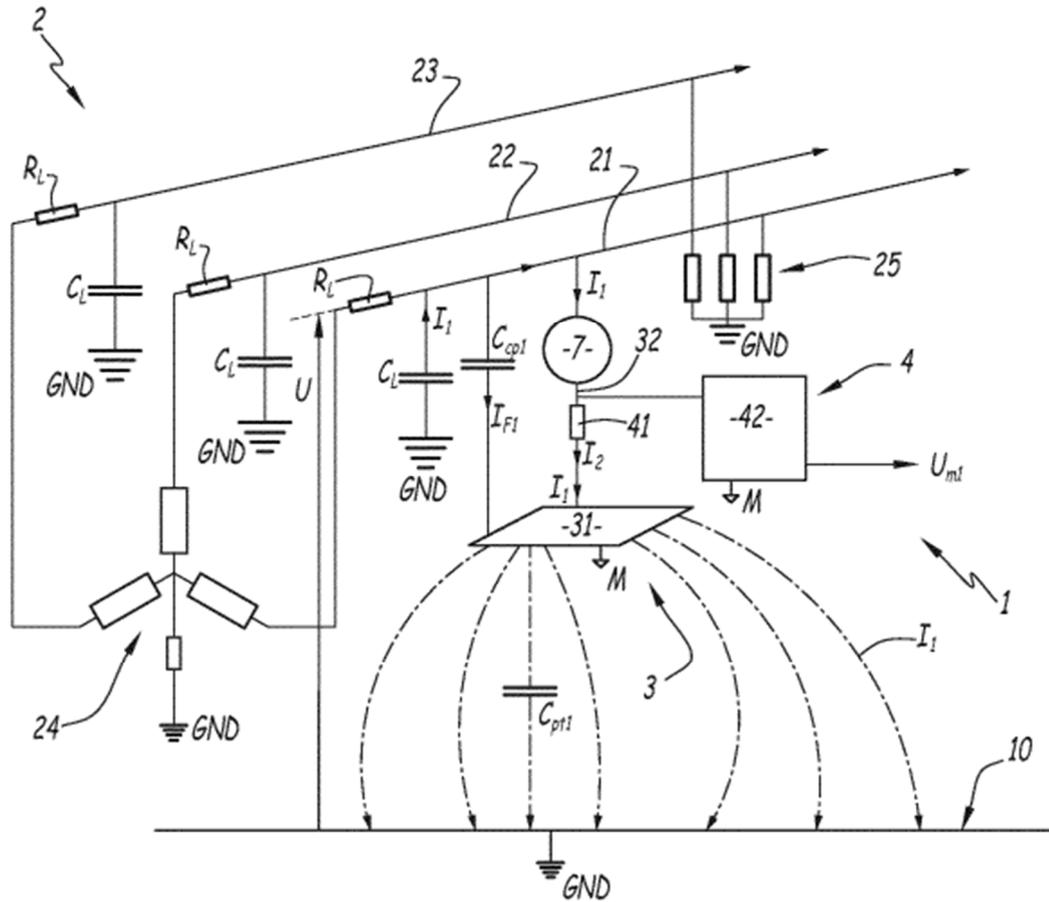


Fig.1

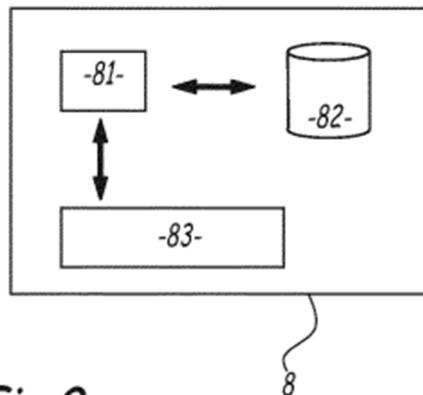


Fig.2

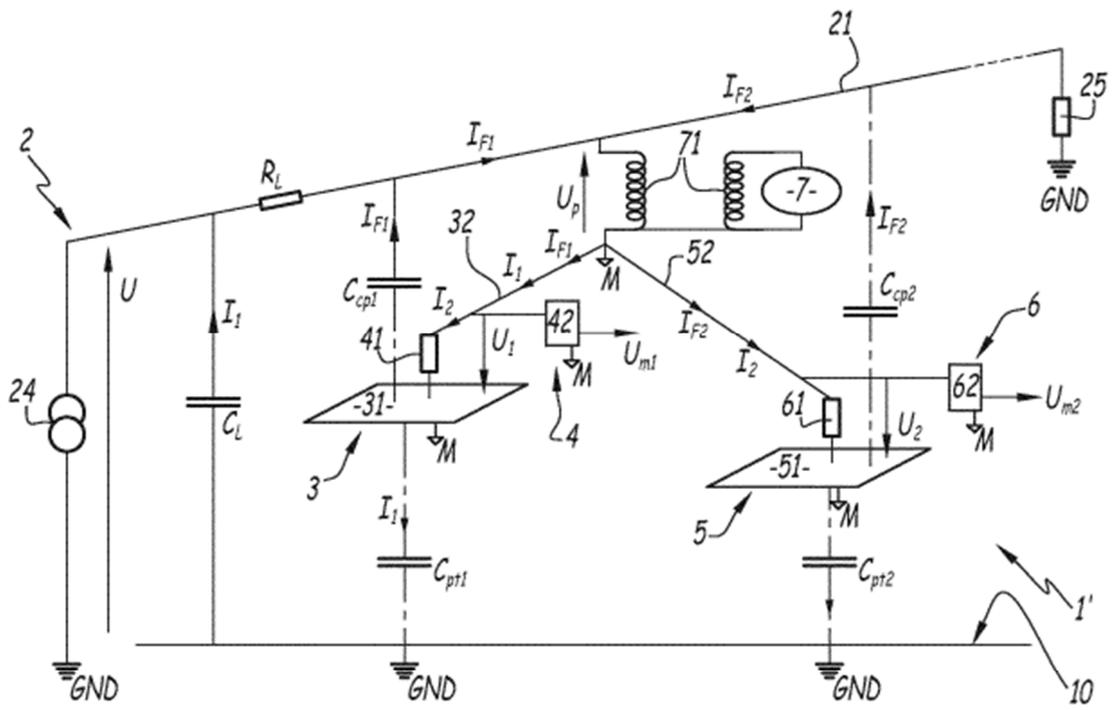


Fig.4

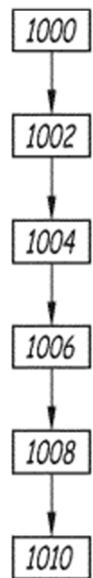


Fig.3