

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 962**

51 Int. Cl.:

**G01R 27/20** (2006.01)

**G01R 19/00** (2006.01)

**G06F 17/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12198012 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2607909**

54 Título: **Pinza de tierra para medir la resistencia de tierra de instalaciones eléctricas**

30 Prioridad:

**23.12.2011 FR 1162431**

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

**13.02.2019**

73 Titular/es:

**CHAUVIN ARNOUX (100.0%)  
190, rue Championnet  
75018 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**LEGROS, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 699 962 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**

Pinza de tierra para medir la resistencia de tierra de instalaciones eléctricas

5 Campo de la Invención

La invención concierne a la medida de las resistencias de tierra de instalaciones eléctricas por medio de un dispositivo de control conocido bajo el término "pinza de tierra".

10 Técnica anterior

Es bien conocida la medida de resistencias de tierra mediante una pinza de tierra que abraza el conductor que va a medirse y que utiliza dos transformadores distintos, uno para la inyección de una tensión en el lazo y el otro para la medida de la corriente que da como resultado; véanse, para ejemplo, los documentos US 6396284 y EP 2249169. Tal medida, que no precisa clavar picas auxiliares, es particularmente apropiada cuando la instalación eléctrica dispone de múltiples puestas a tierra en paralelo en determinación de varios lazos de tierra sucesivos.

15 De este modo, un simple ceñimiento del conductor unido a tierra permite controlar la calidad de la interconexión a tierra mediante la medida de la impedancia del lazo de tierra y permite medir el valor de la corriente de fuga que circula de la instalación eléctrica hacia la tierra.

20 Estas corrientes de fuga de mayor o menor relevancia no están exentas de plantear problemas de seguridad para los operarios que intervienen para efectuar la instalación eléctrica o su control y que entran en contacto con los equipos conectados al conductor de protección. En efecto, los conductores de protección muchas veces se hallan sin aislar. Adicionalmente, pasando de una tensión dada, variable según los medios y objeto de una normalización, la barrera de aislamiento que constituye la piel humana corre el riesgo de ceder, provocando en el cuerpo humano un rapidísimo aumento de la circulación de la corriente eléctrica, motivo de daños irremediables. Esta es la razón por la que es corriente, para evitar este riesgo, antes de toda intervención, practicar pruebas complementarias o una medida de tensión, por ejemplo por medio de un voltímetro o de un VAT (verificador de ausencia de tensión), para cerciorarse de que la tensión en el punto de contacto no es un foco de peligro para los operarios que intervienen. Ahora bien, la utilización de tales medios complementarios de control no siempre es sencilla en instalaciones en las que el acceso a los conductores puede ser difícil.

30 Objeto y sumario de la Invención

La invención tiene, pues, por finalidad proponer una pinza de tierra que subsane estos inconvenientes, permitiendo obtener esta información acerca de la tensión de contacto sin recurrir a un equipo de control externo.

35 Estas finalidades se consiguen mediante una pinza de tierra que permite un control de la tensión de contacto, que incluye: un circuito de medida determinado a partir de un transformador de inducción de tensión que incluye un toroide seccionado y al menos un arrollamiento de varias vueltas  $m_1$  y de un transformador de medida de corriente que incluye un toroide seccionado y al menos un arrollamiento de varias vueltas  $m_2$ , adaptados ambos para ser acoplados mutuamente mediante un conductor de tierra cuya impedancia de tierra ha de medirse; y un microcontrolador para entregar una tensión alterna a frecuencia fija  $F_m$  a dicho transformador de inducción de tensión y, como respuesta, recibir señales de medida representativas de una tensión de referencia  $V_{ref}$  generada en dicho conductor de tierra y de una corriente de tierra  $i_{B+IF}$  (suma de una corriente de lazo  $i_B$  y de una corriente de fugas  $i_F$ ) inducida en dicho transformador de medida de corriente, caracterizada por que dicho microcontrolador está configurado para extraer mediante cálculo numérico una amplitud  $E$  de dicha tensión de referencia, una amplitud  $I_B$  y una amplitud  $I_F$  de dicha corriente de tierra y un desfase  $\phi$  entre dicha tensión de referencia y dicha corriente de lazo  $i_B$ , y deducir, a dicha frecuencia fija  $F_m$ , unas partes activa  $R_b$  y reactiva  $L_b$  de dicha impedancia de tierra, y para calcular a continuación dicha impedancia de tierra a una frecuencia determinada a partir de dichas partes activa  $R_b$  y reactiva  $L_b$ , y por que dicho microcontrolador calcula además, a dicha frecuencia determinada, dicha tensión de contacto  $U_c$  mediante el producto de dicha impedancia de tierra por dicha amplitud  $I_F$ .

40 De este modo, determinando la tensión de contacto (el potencial del punto de medida con respecto a la tierra) directamente en correspondencia con la pinza de tierra sin medirla, se puede asegurar, por una parte, una seguridad real de las personas muy superior a la que ofrecen los dispositivos de la técnica anterior sin más que efectuar una simple medida de impedancia y, por otra, una retroalimentación de información sobre esta tensión de contacto mucho más sencilla y rápida que la actual, que requiere el auxilio de un equipo de control complementario.

45 Ventajasamente, dicha impedancia de tierra se calcula a una frecuencia de operación  $F_s$  y dicha tensión de contacto  $U_c$  se obtiene a dicha frecuencia de operación  $F_s$  mediante el producto de dicha impedancia de tierra por dicha amplitud  $I_F$ . Se puede generar entonces una alarma sonora o visual cuando dicha tensión de contacto sobrepasa un umbral predefinido que puede ser graduable.

50 Preferentemente, dichas amplitudes  $E$  e  $I_B$  y dicho desfase  $\phi$  se obtienen mediante una demodulación digital o un algoritmo de Goertzel y, dicha amplitud  $I_F$ , mediante un filtrado digital.

Ventajosamente, dicha frecuencia de operación es la frecuencia de la red eléctrica y dicha frecuencia fija se elige dentro de la banda de paso de funcionamiento de dichos dos transformadores sin dejar de estar alejada de dicha frecuencia de la red eléctrica y de sus armónicos.

5 Preferentemente, dicho transformador de inducción de tensión incluye dos arrollamientos rodeando cada uno de ellos un semitoroide, verificándose el gobierno de estos dos arrollamientos mediante dos amplificadores de tensión que, montados en puente, reciben cada uno de ellos dicha tensión alterna a frecuencia fija. Entre dichos dos arrollamientos se puede poner en serie un resistor derivador para, mediante una medida de la corriente que circula por dicho transformador de inducción de tensión, detectar cualquier apertura o defecto de cierre de dicha pinza de tierra.

10 Ventajosamente, dicho transformador de inducción de tensión incluye además otros dos arrollamientos rodeando cada uno de ellos uno de los dos semitoroides y puestos en serie para medir dicha tensión de referencia y entregarla a dicho microcontrolador. Dicha tensión de referencia se amplifica y muestrea antes de su entrega a dicho microcontrolador.

15 Preferentemente, dicho transformador de medida de corriente incluye dos arrollamientos rodeando cada uno de ellos un semitoroide, alimentando cada uno de estos dos arrollamientos un convertidor corriente/tensión cuyas tensiones de salidas son sumadas para entregar dicha corriente de tierra a dicho microcontrolador.

20 Ventajosamente, antes de su entrega a dicho microcontrolador, dicha corriente de tierra es filtrada, amplificada y muestreada para extraer de ella dicha corriente  $i_B$ .

Breve descripción de los dibujos

25 Se comprenderá mejor la invención con la lectura de la descripción que a continuación se lleva a cabo, a título ilustrativo pero no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de una pinza de tierra,
- la figura 2A es una vista de una línea eléctrica y de la red de tierras que se le asocia,
- la figura 2B es una vista de una edificación con múltiples empalmes a tierra,
- la figura 3 es un modelo ideal de la parte de medida de la pinza de tierra de la figura 1, y
- \* la figura 4 es un esquema de principio de la pinza de tierra de la figura 1.

Descripción detallada de formas de realización

35 Como muestra la figura 1, una pinza de tierra 10 es un dispositivo portátil que un operario puede sostener con una sola mano para controlar fácil y rápidamente la interconexión a tierra de instalaciones eléctricas o de torres de líneas eléctricas como las ilustradas en las figuras 2A y 2B. En efecto, contrariamente a los dispositivos tradicionales, la medida mediante pinza de tierra no precisa clavar picas auxiliares o abrir un enlace a tierra (barra de tierra, por ejemplo) para aislar la instalación eléctrica.

40 La pinza de tierra incluye una mordaza 12 que se puede abrir por medio de una empuñadura 14 y permite abrazar el conductor unido a tierra y cuya impedancia de tierra  $Z_x$  se desea medir. La pinza de tierra incluye además una pantalla de visualización 16 para visualizar los parámetros y resultados de la medida, y diferentes botones de función 18 necesarios para su puesta en práctica.

45 El principio de la medida por pinza de tierra se ilustra esquemáticamente en la figura 3, que muestra el esquema equivalente ideal (modelo perfecto en el que se conserva la potencia instantánea y no se tienen en cuenta las pérdidas en el hierro en los devanados) de la parte de medida de la pinza de tierra que está determinada a partir de la asociación de un transformador de inyección de tensión (o transformador de mando 20 con relación de transformación  $m_1$ ) que en el primario recibe una tensión alterna  $U_1$  a frecuencia fija  $F_m$  y de un transformador de medida de corriente (transformador de medida 22 con relación de transformación  $m_2$ ) cuyo secundario en cortocircuito es recorrido por una corriente  $i_2$ , constituyendo el lazo de tierra de impedancia de lazo  $Z_b$ , a la vez, el arrollamiento de una vuelta del secundario del transformador de inyección de tensión y el arrollamiento de una vuelta del primario del transformador de medida de corriente.

50 La aplicación de las leyes de Faraday a los arrollamientos y del teorema de Ampere al circuito así constituido por la asociación de los dos transformadores y del lazo de tierra que ha de medirse permite con facilidad mostrar que la impedancia de lazo  $Z_b$  viene dada entonces por la siguiente relación:

60 
$$Z_b = \left(\frac{m_1}{m_2}\right) \left(\frac{U_1}{i_2}\right) \text{ o } Z_b = \frac{U_1}{i_2} \text{ cuando } m_1 = m_2$$

La amplitud de la tensión  $U_1$  depende de la relación de transformación elegida y de la impedancia de lazo que ha de medirse. Así, por ejemplo, con una relación de transformación de 1/200, una tensión  $U_1$  de 12 V en cresta permite generar una tensión llamada de referencia  $V_{ref}$  de 60 mV en el lazo de tierra. La frecuencia fija  $F_m$  se elige de

manera que quede dentro de la banda de paso de funcionamiento de los dos transformadores, a la vez que se halla suficientemente alejada de la frecuencia de la red eléctrica y de sus armónicos, fuentes de parásitos. Así, por ejemplo, con una frecuencia de red eléctrica a 50 ó 60 Hz, armónicos a 2160 (armónico 36 de los 60 Hz) o 2200 Hz (armónico 44 de los 50 Hz), resulta ser juiciosa una elección de  $F_m$  a 2181 Hz, ya que permite descartar estos armónicos a respectivamente 21 y 19 Hz a ambos lados de este valor, permitiendo entonces con facilidad un filtrado digital de  $i_2$  a  $F_m \pm 10$  Hz.

La corriente  $i_2$  medida por el transformador de medida de corriente 22 es la suma de una corriente de lazo  $i_B$  a la frecuencia fija  $F_m$  inducida por la tensión  $U_1$  y de una corriente de fuga  $i_F$  procedente de la instalación eléctrica, especialmente de los aparatos eléctricos unidos a la red eléctrica y, por tanto, compuesta por una señal de banda ancha que incluye esta frecuencia de red eléctrica y sus armónicos así como, ocasionalmente, otras frecuencias compuestas resultantes de señales por impulsos aleatorias (puesta en marcha de un motor, por ejemplo). Se hace notar, además, que las amplitudes de estas dos corrientes  $i_B$  e  $i_F$  pueden ser muy diferentes, por ejemplo una corriente de lazo de 1,2 mA y una corriente de fuga de 10 A.

También se puede mostrar que, cuando el conjunto de los lazos de tierra forman una red extendida de tierras como la de la figura 2, esta impedancia de lazo  $Z_b$  se compone de la impedancia  $Z_x$  de la toma de tierra abrazada en serie con todas las demás impedancias  $Z_1, Z_2, Z_n$  que, en paralelo, son equivalentes a una impedancia de pequeño valor y, en consecuencia, despreciable frente a  $Z_x$ , de modo que la impedancia  $Z_x$  es sensiblemente igual a la impedancia de lazo  $Z_b$  (que en todos los casos es un límite superior de  $Z_x$ ) medida por la pinza de tierra.

La figura 4 muestra el esquema de principio de la pinza de tierra según la invención.

El transformador de inducción de tensión 20 incluye dos arrollamientos 200, 202 rodeando cada uno de ellos un semitoroide 20A, 20B, verificándose el gobierno de estos dos arrollamientos mediante dos amplificadores de tensión 24, 26 que, montados en puente, reciben cada uno de ellos la tensión alterna  $U_1$  a frecuencia fija  $F_m$ . El seccionamiento en dos partes del transformador es indispensable para permitir la inserción del conductor de tierra sin tener que abrir el lazo de tierra. Por el contrario, el hecho de recurrir a dos arrollamientos alimentados por un montaje en puente en vez de uno solo amplificado de modo convencional viene justificado por la elección de obtención de una elevada precisión de medida con un reducido consumo eléctrico. La tensión alterna  $U_1$  proviene de la conversión mediante un convertidor digital/analógico 28 de una tensión digital entregada por el microcontrolador 30.

Entre los dos arrollamientos 200, 202 va puesto en serie un resistor derivador 32 para, mediante una medida de la corriente que circula por el transformador de inducción de tensión 20, detectar cualquier apertura o defecto de cierre de dicha pinza de tierra resultante, por ejemplo, de la presencia de suciedad entre las mordazas de la pinza. Esta medida analógica de corriente se amplifica a través de un amplificador diferencial 34 y se convierte a una señal digital mediante un convertidor analógico/digital 36 para ser enviada al microcontrolador 30. Los convertidores 28 y 36 son, por ejemplo, convertidores de 10 ó 12 bits de 1 canal.

El transformador de inducción de tensión 20 incluye además otros dos arrollamientos 204, 206, denominados arrollamientos de referencia más adelante en la descripción, rodeando cada uno de ellos uno de los dos semitoroides 20A, 20B y puestos en serie para medir la tensión de referencia y entregarla al microcontrolador 30. La tensión de referencia se amplifica mediante un amplificador de tensión 38 y es objeto de una conversión analógica/digital mediante un convertidor analógico/digital 40 antes de su entrega al microcontrolador 30.

El transformador de medida de corriente 22 incluye dos arrollamientos 220, 222 rodeando cada uno de ellos un semitoroide 22A, 22B, alimentando cada uno de estos dos arrollamientos un convertidor corriente/tensión 42, 44 cuyas tensiones de salidas son sumadas (en un sumador 46) para entregar la corriente de tierra  $i_2$  que a continuación es procesada en dos canales de adquisición paralelos antes de su entrega al microcontrolador 30 por intermedio de un muestreador de 2 canales 48. El primer canal no filtra la señal, la cual, por tanto, simplemente se amplifica mediante un amplificador de ganancia variable 50 (ganancia dependiente del rango de medida) antes de ser objeto de una conversión analógica/digital, recibiendo, por tanto, el microcontrolador los valores muestreados de la suma de las corrientes  $i_B$  e  $i_F$ . El segundo canal, en cambio, filtra la señal, por ejemplo mediante un filtro paso alto 52 de segundo orden y de frecuencia de corte comprendida entre 600 y 1000 Hz, y la amplifica luego mediante un amplificador de ganancia variable 54 (ganancia dependiente también del rango de medida) y, a continuación, la somete asimismo a una conversión analógica/digital, recibiendo, por tanto, el microcontrolador los valores muestreados de la corriente de lazo  $i_B$  y de la corriente  $i_F$  atenuada, con el fin de evitar la saturación del convertidor analógico/digital 40. La conversión analógica/digital se realiza ventajosamente en un mismo convertidor analógico/digital 40 que es, preferentemente, el que ya se encarga de la conversión analógica/digital de la tensión de referencia (por ejemplo, un convertidor de 24 bits de 2 canales).

Por lo tanto, el microcontrolador 30 recibe del convertidor analógico/digital 40 unos valores muestreados de la tensión de referencia, de la corriente  $i_B$  y de la suma de las corrientes  $i_B$  e  $i_F$ , a partir de los cuales va a poder calcular la impedancia de lazo  $Z_b$  y, por supuesto, la tensión de contacto perseguida  $U_c$ . Esta impedancia de lazo se

5 calculará, además, a una frecuencia de operación cualquiera (aunque, por supuesto, no deja de estar disponible una medida a la frecuencia de medida), es decir, en general, la frecuencia de la red eléctrica (pero también es concebible otra frecuencia de operación, por ejemplo, a 128 Hz). En efecto, cada lazo se compone de una parte resistiva  $R_b$  y de una parte inductiva  $L_b$ . Cuando el lazo de medida es grande, esta parte inductiva puede resultar ser nada desdeñable. Ahora bien, la parte inductiva de la impedancia es dependiente de la frecuencia de medida ( $Z = L \omega$ ).

10 Para conseguir esto, el microcontrolador 30 va a proceder a una demodulación digital, en sí conocida, de la tensión de referencia a la frecuencia fija  $F_m$  para obtener su amplitud  $E$ . Esta demodulación digital pone en práctica un filtrado digital paso bajo, por ejemplo a 10 Hz, para eliminar las frecuencias parásitas. De igual modo, va a proceder a una demodulación digital semejante, a la frecuencia fija  $F_m$ , de la corriente  $i_B$  para extraer de ella la amplitud  $I_B$  y el desfase  $\varphi$  entre la tensión de referencia y la corriente  $i_B$ , obteniéndose la amplitud  $I_F$  de la corriente  $i_F$  mediante simple filtrado digital paso bajo de la suma de las corrientes  $i_B$  e  $i_F$ . La puesta en cascada de dos filtros de Tchebychev de orden 2 permite ventajosamente encargarse del filtrado paso bajo de la tensión de referencia y de la corriente  $i_B$  para la obtención de  $E$ ,  $I_B$  y  $\delta$  y, la puesta en cascada de cuatro filtros elípticos de orden 4, la de la suma de las corrientes  $i_B$  e  $i_F$  para extraer de ellas la amplitud  $I_F$ .

15 Las medidas de  $I_B$  y de  $I_F$  se efectúan sucesivamente o, ventajosamente, en paralelo, con un par de medida establecido al menos 2 veces por segundo (frecuencia de regeneración de la presentación visual), al ser, en efecto, más precisa una medida en paralelo que dos medidas sucesivas que implican una estabilidad de las dos corrientes medidas durante el intervalo de medida.

20 La evaluación de la impedancia de lazo conduce, con los dispositivos de medida de la técnica anterior, a un valor válido a la frecuencia de medida  $F_m$ , mientras que esta impedancia va a estar recorrida en realidad por corrientes de fugas mayoritariamente de más bajas frecuencias (50 ó 60 Hz y armónicos cercanos).

25 Así pues, de acuerdo con la invención, la impedancia de lazo  $Z_b$  reside en los siguientes cálculos:

30 1) Cálculo de la parte resistiva ( $R_b$ ) e inductiva ( $L_b$ ) de la impedancia de lazo:  $R_b = E/I_B \cos(\varphi)$  y  $L_b = 1/2\pi F_m E/I_B \sin(\varphi)$

2a) Cálculo de la impedancia  $Z_b$  reducida a la frecuencia de medida  $F_m$ :  $Z_b = \sqrt{(R_b)^2 + (L_b \cdot 2\pi \cdot F_m)^2}$  o, como variante preferente,

35 2b) Cálculo de la impedancia  $Z_b$  reducida a la frecuencia de la red eléctrica  $F_s$ :  $Z_b = \sqrt{(R_b)^2 + (L_b \cdot 2\pi \cdot F_s)^2}$

A continuación es evaluada la tensión de contacto  $U_c$  a partir de la impedancia de lazo  $Z_b$  y de  $I_F$ , bien a la frecuencia de medida, o bien preferiblemente a  $F_s$ :  $U_c = Z_b I_F$ .

40 De este modo, la pinza de tierra permite conocer en un momento dado el valor de la corriente de fuga ( $i_F$ ), así como un límite superior de la impedancia de puesta a tierra ( $R_b \geq R_x$ ), de modo que es posible proporcionar al usuario información de seguridad suplementaria:

45 1) un límite superior del valor de la tensión de contacto en el punto de medida,  
2) una alarma (visual y/o sonora) en caso de superación de un umbral predefinido que puede ser variable de la tensión de contacto.

Se hace notar que se habrían podido emplear otros métodos digitales conocidos como un filtrado digital paso banda o un algoritmo de Goertzel en sustitución de la demodulación digital para la obtención de  $E$  e  $I_B$  y del desfase  $\varphi$ .

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pinza de tierra (10) que permite un control de la tensión de contacto, que incluye: un circuito de medida determinado a partir de un transformador de inducción de tensión (20) y que incluye un toroide seccionado (20A, 20B) y al menos un arrollamiento de varias vueltas (m1) y de un transformador de medida de corriente (22) que incluye un toroide seccionado (22A, 22B) y al menos un arrollamiento de varias vueltas (m2), adaptados ambos para ser acoplados mutuamente mediante un conductor de tierra cuya impedancia de tierra ha de medirse; y un microcontrolador (30) para entregar una tensión alterna a frecuencia fija  $F_m$  a dicho transformador de inducción de tensión y, como respuesta, recibir señales de medida representativas de una tensión de referencia  $V_{ref}$  generada en dicho conductor de tierra y de una corriente de tierra  $i_{B+i_F}$ , suma de una corriente de lazo  $i_B$  y de una corriente de fugas  $i_F$ , inducida en dicho transformador de medida de corriente, **caracterizada por que** dicho microcontrolador está configurado para extraer mediante cálculo numérico una amplitud  $E$  de dicha tensión de referencia, una amplitud  $i_B$  y una amplitud  $I_F$  de dicha corriente de tierra y un desfase  $\phi$  entre dicha tensión de referencia y dicha corriente de lazo  $i_B$ , y deducir, a dicha frecuencia fija  $F_m$ , unas partes resistiva  $R_b$  e inductiva  $L_b$  de dicha impedancia de tierra, y para calcular a continuación dicha impedancia de tierra  $Z_b$  a una frecuencia determinada a partir de dichas partes activa  $R_b$  y reactiva  $L_b$ , y por que dicho microcontrolador calcula además, a dicha frecuencia determinada, dicha tensión de contacto  $U_c$  mediante el producto de dicha impedancia de tierra por dicha amplitud  $I_F$ .
- 20 2. Pinza de tierra según la reivindicación 1, **caracterizada por que** dicha impedancia de tierra se calcula a una frecuencia de operación  $F_s$  y dicha tensión de contacto  $U_c$  se obtiene a dicha frecuencia de operación  $F_s$  mediante el producto de dicha impedancia de tierra por dicha amplitud  $I_F$ .
- 25 3. Pinza de tierra según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizada por que** se genera una alarma sonora o visual cuando dicha tensión de contacto sobrepasa un umbral predefinido que puede ser graduable.
4. Pinza de tierra según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizada por que** dichas amplitudes  $E$  e  $i_B$  y dicho desfase  $\phi$  se obtienen mediante una demodulación digital o un algoritmo de Goertzel y, dicha amplitud  $I_F$ , mediante un filtrado digital.
- 30 5. Pinza de tierra según la reivindicación 2, **caracterizada por que** dicha frecuencia de operación es la frecuencia de la red eléctrica.
- 35 6. Pinza de tierra según la reivindicación 5, **caracterizada por que** dicha frecuencia fija se elige dentro de la banda de paso de funcionamiento de dichos dos transformadores sin dejar de estar alejada de dicha frecuencia de la red eléctrica y de sus armónicos.
- 40 7. Pinza de tierra según la reivindicación 1, **caracterizada por que** dicho transformador de inducción de tensión incluye dos arrollamientos (200, 202) rodeando cada uno de ellos un semitoroide, verificándose el gobierno de estos dos arrollamientos mediante dos amplificadores de tensión (24, 26) que, montados en puente, reciben cada uno de ellos dicha tensión alterna a frecuencia fija  $F_m$ .
- 45 8. Pinza de tierra según la reivindicación 7, caracterizada por incluir además, puesto en serie entre dichos dos arrollamientos, un resistor derivador (32) para, mediante una medida de la corriente que circula por dicho transformador de inducción de tensión, detectar cualquier apertura o defecto de cierre de dicha pinza de tierra.
- 50 9. Pinza de tierra según la reivindicación 1, **caracterizada por que** dicho transformador de inducción de tensión incluye además otros dos arrollamientos (204, 206) rodeando cada uno de ellos uno de los dos semitoroides y puestos en serie para medir dicha tensión de referencia y entregarla a dicho microcontrolador.
- 55 10. Pinza de tierra según la reivindicación 9, **caracterizada por que** dicha tensión de referencia se amplifica (38) y muestrea (40) antes de su entrega a dicho microcontrolador.
11. Pinza de tierra según la reivindicación 1, **caracterizada por que** dicho transformador de medida de corriente incluye dos arrollamientos (220, 222) rodeando cada uno de ellos un semitoroide, alimentando cada uno de estos dos arrollamientos un convertidor corriente/tensión (42, 44) cuyas tensiones de salidas son sumadas (46) para entregar dicha corriente de tierra a dicho microcontrolador.
- 60 12. Pinza de tierra según la reivindicación 9, **caracterizada por que**, antes de su entrega a dicho microcontrolador, dicha corriente de tierra es filtrada (52), amplificada (54) y muestreada (56) para extraer de ella dicha corriente  $i_B$ .

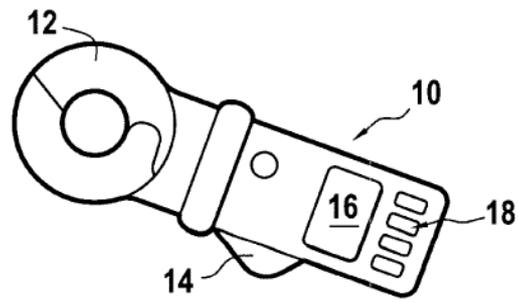


FIG. 1

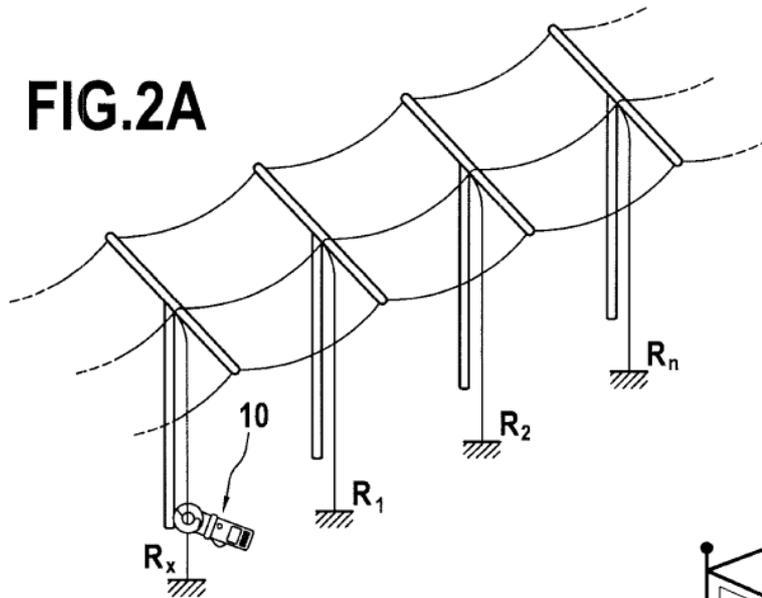


FIG. 2A

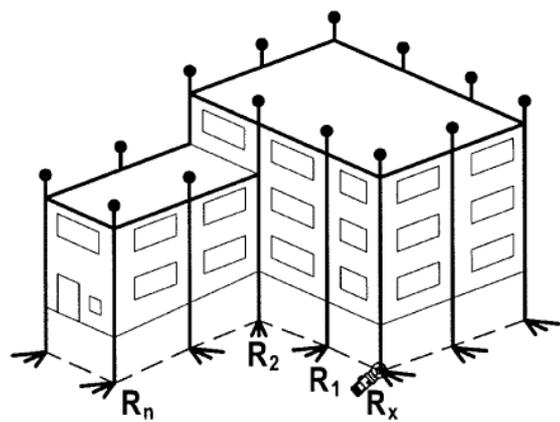


FIG. 2B

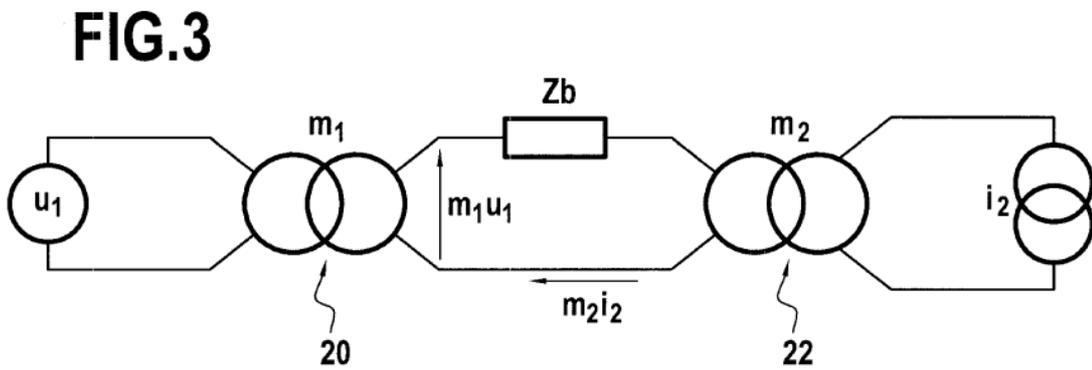


FIG. 3

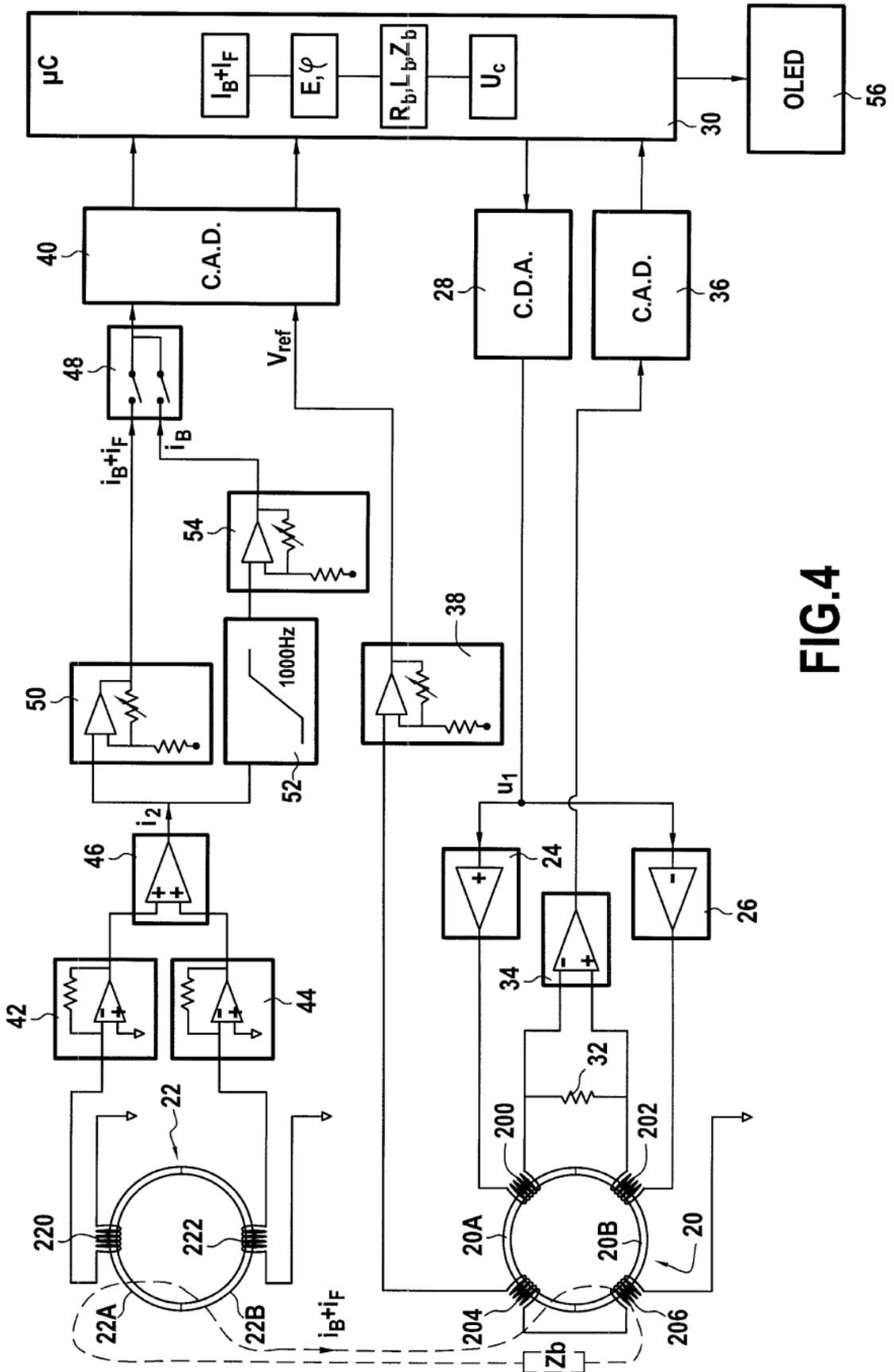


FIG.4