



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 345**

51 Int. Cl.:
G01R 11/24 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)
G01R 22/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07858714 .4**
96 Fecha de presentación : **19.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2089724**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.08.2009**

54 Título: **Contador de energía eléctrica que comprende por lo menos un sensor de medida de corriente alterna-
tiva de tipo inductivo, y sensor asociado.**

30 Prioridad: **30.11.2006 FR 06 55197**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.12.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.12.2010

73 Titular/es: **Actaris S.A.S.**
62 bis rue André Morizet
92100 Boulogne Billancourt, FR

72 Inventor/es: **Tissier, Jean-Francois y**
Fichen, Yvon

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 348 345 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

La presente invención concierne a un contador de energía eléctrica que comprende por lo menos un sensor de medida de corriente alternativa de tipo inductivo, así como un sensor de medida de corriente de tipo inductivo asociado.

5 Los sensores de medida de corriente alternativa son utilizados habitualmente en los contadores de consumo eléctrico de uso industrial o residencial. Más precisamente, está asociado un sensor a cada fase del contador. Así, en el caso de un contador monofásico se utiliza un solo sensor, mientras que en el caso de un contador trifásico se utilizan tres sensores de medida para permitir la medición de la corriente en cada fase.

10 Sensores como tales son de difícil realización porque requieren una gran inmunidad a las exigencias del entorno, ya sean de tipo termodinámicas (temperatura, presión, humedad) o electromagnéticas (campos eléctricos y magnéticos).

El sensor de medida de corriente, además, debe tener linealidad y precisión sobre una amplia dinámica de corriente y sobre una amplia banda de paso de 15 frecuencias, pudiendo contener la onda de corriente medida numerosos armónicos (fundamental = 50/60 Hz, armónicos hasta el orden 21).

Hoy en día las soluciones clásicas para tales sensores pueden ser agrupadas en cuatro grandes familias:

- los sensores pasivos de tipo resistivo (*shunt*),
- 20 - los transformadores de corriente,
- los sensores inductivos,
- los sensores activos de tipo Efecto Hall o sensores de campo magnético.

El principio físico utilizado por el sensor de corriente condiciona su inmunidad a 25 los parámetros del entorno, y determina en particular los medios de fraude que pueden ser aplicados al contador para falsificar la medida de corriente, y por consiguiente, la contabilización de energía eléctrica consumida.

Por ejemplo, un sensor resistivo de tipo *shunt*, basado en la ley de Ohm, es insensible por principio a los campos magnéticos continuos, y escasamente sensible a 30 los campos magnéticos alternativos. Por el contrario, éste presenta una mala estabilidad frente a la temperatura.

Se conoce además, a partir del documento FR 2 800 167, un sensor de medida de corriente de tipo inductivo, que comprende un conductor primario lineal de cobre en forma de U, destinado a llevar la corriente alternativa a medir, así como un bobinado 35 dispuesto en el interior de la U que forma el circuito secundario. De este modo, el

principio de la medición de corriente está basado en un acoplamiento magnético a través del aire entre el circuito primario, que es una fase de la red sobre la cual está situado el contador de electricidad, y el circuito secundario aislado galvánicamente del circuito primario. Un elemento de blindaje de material con alta permeabilidad magnética (del tipo hierro – níquel) rodea el conjunto.

Un sensor inductivo como tal, gracias al elemento de blindaje de alta permeabilidad magnética (superior a 100.000), tendrá una muy buena inmunidad frente a los campos magnéticos alternativos externos y, en el caso de un contador eléctrico de múltiples fases que necesita un sensor por fase, un muy buen rechazo a las influencias magnéticas entre fases internas al contador. En cambio, los materiales de alta permeabilidad magnética utilizados presentan unas inducciones de saturación bastante bajas, típicamente del orden de 0,7 T para una aleación del tipo hierro – níquel con un contenido de níquel del 80% (tipo mu – metal). En consecuencia, este mismo sensor inductivo tendrá una escasa inmunidad a los campos magnéticos continuos, en particular a aquéllos que son producidos por imanes permanentes de alta potencia que podrían ser utilizados por un defraudador. En efecto, la saturación del blindaje por parte de un imán permanente ocasionará en todos los casos una reducción de la inductancia mutua entre el circuito primario y la bobina que forma el circuito secundario, lo que se traducirá en una medida de corriente más escasa que la corriente realmente consumida.

Una solución conocida para inmunizar el sensor de medida de corriente de tipo inductivo precedente consiste en utilizar un blindaje suplementario que rodea el elemento de blindaje, siendo este blindaje suplementario de un material ferromagnético que presenta un valor elevado de inducción de saturación (típicamente superior a 2 T). Para un contador trifásico, este blindaje consiste en una única pieza ferromagnética de hierro dulce que rodea completamente los tres sensores de medida de corriente relativos a las tres fases.

Las dimensiones (tamaño y espesor) de esta pieza pueden ser muy importantes cuando se trata de evitar el fraude por ciertos tipos de imanes que presentan superficies polares de grandes dimensiones (50 x 50 mm) y cuyas inducciones remanentes son del orden de 1,2 T.

Esta solución contra el fraude es, sin embargo, incompatible con la tendencia actual que consiste en reducir las dimensiones de los contadores. En efecto, la reducción del volumen de los contadores de electricidad conduce a reducir las distancias entre las caras externas de estos contadores y los elementos de blindaje de

los sensores. Típicamente, las distancias mínimas son del orden de 15 mm sobre las caras laterales y entre 10 y 15 mm en la parte trasera del contador. Ahora bien, estas distancias reducidas imponen aumentar el espesor del blindaje suplementario de hierro dulce. El tamaño y el peso de la pieza de blindaje de hierro dulce se vuelven así demasiado importantes para una utilización en series grandes en el seno de un contador de electricidad.

Se conoce, a partir del documento GB 2 409 528 un contador de energía eléctrica que comprende por lo menos un sensor de medida de corriente de tipo inductivo que comprende un circuito primario destinado a ser recorrido por una corriente alternativa a ser medida, un circuito secundario acoplado magnéticamente a través del aire al circuito primario, un elemento de blindaje para el aislamiento magnético del conjunto formado por el circuito primario y el circuito secundario, y medios de medida del estado de saturación del elemento de blindaje cuando el contador de energía está en siendo utilizado, con el fin de detectar un fraude eventual por utilización de un imán permanente. En este documento, el medio de medida está constituido por un arrollamiento alrededor de una porción del elemento de blindaje.

La presente invención tiene como objetivo proponer una solución de dimensiones reducidas que permita detectar toda tentativa de fraude con imán permanente sobre un contador con sensor de medida de corriente de tipo inductivo.

Según la invención, los medios de medida comprenden:

- en cuanto al sensor inductivo, un arrollamiento que forma un circuito terciario insertado entre el circuito secundario y el elemento de blindaje, y destinado a ser recorrido por una corriente de inyección alternativa de frecuencia fija y distinta de las frecuencias fundamental y armónicos de la corriente a medir;

- en cuanto al contador, medios generadores para generar dicha corriente de inyección, medios de medida de un valor representativo de la inductancia mutua entre el circuito terciario y el circuito secundario, y un medio de comparación del valor medido con por lo menos un valor de calibración, pudiendo deducirse un estado de saturación parcial o total del elemento de blindaje en cuanto el valor medido es inferior al valor de calibración.

La corriente de inyección utilizada tiene, con preferencia, una forma de onda triangular. De este modo, esta forma de onda de corriente induce una tensión cuadrada en el circuito secundario y es posible extraer la frecuencia fundamental de la corriente de inyección mediante detección síncrona.

De manera ventajosa, el medio de comparación del valor medido compara dicho valor M_2 de la inductancia mutua con respecto a dos valores límite memorizados en el contador, correspondiendo un primer valor al valor de calibración representativo de un estado no saturado del elemento de blindaje, y correspondiendo un segundo valor a un estado de saturación total del elemento de blindaje.

El medio de comparación puede entonces generar una señal de alerta en cuanto el valor medido M_2 de la inductancia mutua esté situado en un intervalo predefinido situado entre dichos primero y segundo valores.

En el modo de realización preferido, el contador comprende además un módulo de corrección que permite recalcular la energía total realmente consumida por el contador cuando se ha detectado un fraude, a partir de la medida del valor representativo de la inductancia mutua entre el circuito terciario y el circuito secundario.

Un segundo objetivo de la invención concierne a un sensor de medida de corriente del tipo inductivo que comprende un circuito primario destinado a ser recorrido por una corriente alternativa a ser medida, un circuito secundario acoplado magnéticamente a través del aire al circuito primario y un elemento de blindaje para el aislamiento magnético del conjunto formado por el circuito primario y el circuito secundario, y un medio de medida de un estado de saturación del elemento de blindaje, con el fin de detectar un fraude eventual mediante la utilización de un imán permanente, caracterizado porque dicho medio de medida comprende un arrollamiento que forma un circuito terciario insertado entre el circuito secundario y el elemento de blindaje, y destinado a ser recorrido por una corriente de inyección de frecuencia fija y distinta de las frecuencias fundamental y armónicos de la corriente a medir.

Ventajosamente, el circuito terciario presenta una forma similar a la del circuito primario, con el fin de obtener, por una parte, una inductancia mutua entre el circuito terciario y el circuito secundario muy próxima a la inductancia mutua entre el circuito primario y el circuito secundario y, por otra parte, una inductancia mutua despreciable entre el circuito primario y el circuito terciario. De este modo, cuando el sensor es utilizado dentro de un contador, esta inductancia mutua es despreciable en cuanto a su influencia metrológica a la frecuencia de la red.

En un primer modo de realización posible del sensor, el circuito primario es un conductor lineal en forma general de U, el circuito secundario es una bobina de múltiples espiras centrada en el interior de la U y el circuito terciario es un bucle abierto formado por una pista conductora continua en forma general de U, extendiéndose ciertos tramos de la pista correspondientes a una entrada y a una salida del circuito

terciario en un primer plano paralelo al plano del circuito primario, extendiéndose por lo menos un tramo en un segundo plano paralelo al primer plano y dispuesto simétricamente con respecto al plano del circuito primario y simétricamente en el interior del elemento de blindaje.

5 En una variante, el circuito primario es una bobina de múltiples espiras, el circuito terciario es una pista conductora continua, extendiéndose ciertos tramos de la pista correspondientes a una entrada y a una salida del circuito terciario en un primer plano paralelo al plano del circuito primario, extendiéndose por lo menos un tramo en un segundo plano paralelo al primer plano y dispuesto simétricamente con respecto al
10 plano del circuito primario y simétricamente en el interior del elemento de blindaje, estando además los tramos situados enfrente de la bobina de múltiples espiras en forma de arco de círculo.

 En el segundo caso, esta disposición particularmente optimizada en dos planos simétricos con respecto al circuito primario permite detectar el fraude cualquiera que sea el costado o la cara del sensor efectivamente aproximada y parcialmente saturada
15 por el imán.

 Ventajosamente, dicho circuito terciario está dispuesto en el interior del sensor de forma tal que la entrada y la salida del circuito terciario estén opuestos a la entrada y a la salida del circuito primario.

20 En el modo de realización preferida, la pista conductora que forma el circuito terciario está grabada en un soporte de circuito impreso flexible.

 La invención y las ventajas que ésta procura serán mejor comprendidas en vista de la descripción siguiente, hecha con referencia a las figuras anexas, en las cuales:

25 - las figuras 1a a 1c ilustran dos perspectivas ensambladas y una perspectiva en despiece ordenado de un sensor según un primer modo de realización posible conforme a la invención;

 - la figura 2 ilustra el circuito terciario del sensor según el primer modo de realización;

30 - la figura 3 ilustra esquemáticamente en planta la unión del circuito primario y del circuito terciario del sensor según el primer modo de realización;

 - las figuras 4a a 4c ilustran dos perspectivas ensambladas y una perspectiva en despiece ordenado de un sensor según un segundo modo de realización posible conforme a la invención;

35 - la figura 5 ilustra el circuito terciario del sensor según el segundo modo de realización;

- la figura 6 ilustra esquemáticamente la unión del circuito primario y del circuito terciario del sensor según el segundo modo de realización;

- la figura 7 ilustra bajo la forma de esquema sinóptico de funcionamiento, un modo de realización preferida de un contador equipado con un sensor de tipo inductivo según la invención;

- la figura 8 ilustra esquemáticamente un ejemplo de circuito interno de un contador trifásico realizando la circulación de una misma corriente de inyección en cada uno de los circuitos terciarios de tres sensores de corriente.

10 Con referencia a las figuras 1a – 1c, 2 y 3, se va a describir ahora un primer modo de realización de un sensor 1 que permite la implementación de la invención. Se observará que la figura 1c ilustra una vista en despiece ordenado de este sensor, mientras que las figuras 1a y 1b representan dos perspectivas ensambladas, una vista desde arriba y la otra desde abajo, del sensor comprendiendo todos los elementos de
15 la figura 1c, a excepción del elemento de blindaje, por razones evidentes de claridad.

El sensor 1 comprende una base 2 de material eléctricamente aislante que sirve de alojamiento para recibir, en parte, a un primer conductor lineal 3 que constituye un circuito denominado primario del sensor. El primer conductor 3 se presenta sensiblemente bajo la forma de U, estando la base 2, por ejemplo, moldeada sobre la base de la U de forma tal de permitir un aislamiento eléctrico del circuito primario. Las extremidades de la U constituyen por sí mismas los bornes de conexión del sensor. De este modo, cuando el sensor está conectado, una corriente alternativa I a ser medida
20 recorre el circuito primario 3. La base 2 está formada, además, de forma tal de recibir y cooperar con un soporte de elemento sensible 4 de material igualmente aislante.

25 Como es visible más particularmente en la figura 1c, la base 2, globalmente en forma de paralelepípedo rectángulo, presenta una parte plana 20 delimitada a cada lado por rebordes 21. La parte plana 20 presenta un orificio 22 que forma un receptáculo y que está centrado sobre un eje central C. El soporte del elemento sensible 4 presenta en sí globalmente una forma de placa que comprende sobre una
30 cara un mandril alrededor del cual se posicionan coaxialmente una bobina de espiras múltiples 40 que forma el circuito secundario del sensor. En el ejemplo de realización representado aquí, el orificio 22 que forma el receptáculo de la base 2 es cilíndrico y es apto para cooperar con los rebordes de la bobina 40, para centrar el circuito secundario en el interior de la U del circuito primario 3. Una pieza 5 situada dentro del orificio 22
35 forma el elemento de aislamiento entre el circuito primario 3 y el circuito secundario 40.

El conjunto de los elementos 2 a 5 descrito anteriormente es ensamblado según el eje C y mantenido en posición gracias a un elemento de blindaje 6 (figura 1c) en forma de paralelepípedo, puesto en posición mediante deslizamiento sobre los rebordes 21 de la base 2. El elemento de blindaje 6 es realizado en una aleación
5 ferromagnética de tipo hierro – níquel cuyo contenido de níquel está comprendido entre 50% y 80% con el fin de garantizar una permeabilidad magnética elevada.

Hasta aquí, el sensor 1 es similar en todos los aspectos al sensor descrito en el documento FR 2 800 167 en nombre del Solicitante.

La diferencia aportada por la invención proviene del añadido, en el modo de
10 realización preferida de la invención, de un elemento suplementario asociado al sensor inductivo, que va a permitir, como se va a explicar a continuación, medir un estado de saturación parcial o total del elemento de blindaje 6, característico de una tentativa de fraude con imán permanente.

Este elemento suplementario consiste en un arrollamiento que forma un circuito
15 terciario 7 que se inserta entre el circuito secundario 40 y el elemento de blindaje 6.

El circuito terciario 7 está destinado, cuando el sensor 1 está asociado en particular a una fase de un contador durante la utilización conforme a la invención, a ser recorrido por una corriente alternativa denominada de inyección I_{INY} de escasa amplitud (típicamente del orden de 10 mA) y de frecuencia f_i fija y distinta de las
20 frecuencias fundamental y armónicos de la corriente a medir. Esta elección de frecuencia f_i es importante si se quiere estar en condiciones de distinguir, sobre el circuito secundario 40, las señales inducidas por el paso de la corriente I a ser medida en el circuito primario 3, de las señales inducidas por el paso de la corriente de inyección I_{INY} en el circuito terciario 7. Igualmente se podrá llevar a excluir, en la
25 elección de la frecuencia f_i , otras frecuencias, típicamente las frecuencias utilizadas en aplicaciones tales como el telecomando centralizado, las cuales son en sí frecuencias inter – armónicas. La elección de la frecuencia f_i puede verse igualmente afectada por la consideración de posibles variaciones de la frecuencia fundamental (50 ó 60 Hz) y de los armónicos asociados.

30 La geometría y posición de este circuito terciario 7 con respecto, por una parte, a los circuitos primario 3 y secundario 40 y, por otra parte, al elemento de blindaje 6, están además optimizados para responder con preferencia a las tres exigencias siguientes:

- la inductancia mutua entre el circuito terciario 7 y el circuito secundario 40
35 debe ser muy próxima a la inductancia mutua entre el circuito primario 3 y el circuito

secundario 40. Esta exigencia es requerida sobre todo en el caso de un contador según el modo de realización preferido que lleva a cabo no sólo la detección de fraude, sino igualmente la corrección de la energía realmente consumida;

5 - los circuitos respectivamente primario 3 y terciario 7 deben influir lo menos posible uno sobre el otro, lo cual significa en otras palabras que la inductancia mutua entre estos dos circuitos debe ser lo más débil posible para ser considerada como despreciable. Esto permite en particular evitar que la presencia del circuito terciario llegue a perturbar la metrología del contador reduciendo la sensibilidad del sensor 1;

10 - el circuito terciario 7 debe estar repartido dentro del espacio confinado en el interior del elemento de blindaje 6, según el eje C del sensor, de forma tal de poder detectar un estado de saturación parcial del blindaje cualesquiera sean las caras o los costados del elemento de blindaje 6 efectivamente aproximados por el imán permanente durante una tentativa de fraude.

15 Un circuito terciario 7 que responde a las tres exigencias anteriores está representado en las figuras 1c, d y 3. Como es visible, en particular en las figuras 2 y 3, el circuito terciario 7 es una pista conductora que forma un bucle abierto. Ciertos tramos de pista correspondientes a una entrada E (tramos 70 en la figura 2) y a una salida S (tramos 71 en la figura 2) del circuito terciario 7, se extienden en un primer
20 plano 80 paralelo al plano del circuito primario 3, y por lo menos otro tramo 72 de pista se extiende en un segundo plano 81, paralelo al primer plano 80, y dispuesto en oposición al primer plano, con preferencia simétricamente a este primer plano 80 con respecto al circuito primario 3. Los dos planos 80 y 81 se encuentran así situados simétricamente dentro del espacio confinado en el interior del elemento de blindaje 6.
25 Por último, unos tramos laterales 73, 74 unen los tramos de los dos planos 80 y 81 con el fin de formar una pista continua. Se hace notar que, para facilitar la comprensión, en la figura 2 los tramos de pista 70, 71 y 74 son visibles por transparencia.

Se destaca además que el tramo 72 presenta una forma redondeada elegida juiciosamente similar a la forma de la base de la U del circuito primario 3 (véase la
30 figura 3). De este modo, el circuito terciario 7, proyectado sobre un plano, presenta globalmente la misma forma que el circuito primario 3, lo cual permite responder a las dos primeras exigencias enumeradas anteriormente relativas a las diferentes inductancias mutuas. Por otra parte, se responde a la tercera exigencia enumerada anteriormente mediante la repartición de los tramos activos del circuito terciario 7 en los
35 dos planos 80 y 81.

En el modo de realización preferido, el circuito terciario 7 está dispuesto dentro del sensor 1 de forma tal que su entrada E y su salida S estén opuestas a las del circuito primario (véase la figura 3). Esta disposición permite no solamente facilitar la conexión del sensor en el interior del contador, sino también garantizar un buen aislamiento galvánico entre estos dos circuitos.

El circuito terciario 7 es realizado, con preferencia, bajo la forma de una pista conductora grabada en un soporte de circuito impreso flexible 8. De este modo, durante el ensamblaje de los diferentes elementos del sensor, es muy fácil plegar el soporte flexible 8 alrededor del conjunto formado por la base 2, el soporte del elemento sensible 4 y la bobina secundaria 40, de manera tal que éste presente la forma ilustrada en la figura 2. El elemento de blindaje 6 es entonces posicionado mediante deslizamiento y mantiene el conjunto de los elementos del sensor 1.

El sensor según el primer modo de realización está adaptado particularmente para la medición de corrientes de gran amplitud (típicamente entre 10 mA y 100 mA). Estos sensores son utilizados en contadores de electricidad situados sobre redes de baja tensión en las cuales las fases de la red atraviesan los contadores.

Las figuras 4a – 4c, 5 y 6 son representaciones similares a las figuras descritas anteriormente, excepto en que éstas representan un segundo modo de realización de un sensor 1' conforme a la invención, particularmente adaptado para la medición de corriente de escasa amplitud (típicamente entre 1 mA y 10mA). Estos sensores son utilizados en contadores de electricidad situados sobre redes de baja tensión de alta potencia o de alta tensión, redes en las cuales los sensores de corriente están unidos a transformadores reductores de corriente.

Este sensor 1' no difiere del sensor 1 salvo en la forma de los circuitos primario y terciario. Los otros elementos son invariables, y por ello llevan idénticas referencias a las ya descritas.

El circuito primario 3' del sensor 1' utiliza un conductor eléctrico de diámetro más escaso que el circuito primario 3 del sensor 1, típicamente del orden de 1,2 mm de diámetro. En consecuencia, en lugar de tener una forma de simple U como el circuito primario 3 del sensor 1, el circuito primario 3' se presenta aquí bajo la forma de una bobina de múltiples espiras. La geometría del circuito terciario 7' es, por ello, igualmente diferente, en particular por la presencia de tres tramos de pista 70', 71' y 72' (figura 5) situados enfrente de la bobina de múltiples espiras en forma de arco de círculo. Aquí de nuevo, los tramos 70' y 71' se hacen visibles por transparencia en la figura 5. De este modo, proyectados sobre un plano, los tres tramos 70', 71' y 72'

forman un bucle circular situado enfrente del circuito primario. Aquí de nuevo, la similitud de forma de los circuitos primario 3' y terciario 7' permite obtener, por una parte, una inductancia mutua entre el circuito terciario 7' y el circuito secundario 40 muy próxima a la inductancia mutua entre el circuito primario 3' y el circuito secundario 40 y, por otra parte, una inductancia mutua despreciable entre el circuito primario 3' y el circuito terciario 7'.

Cualquiera sea el sensor 1 ó 1' utilizado, ahora se va a describir el principio de detección de tentativa de fraude mediante utilización de un imán permanente.

A continuación se llamará:

- 10 - M_1 al valor de la inductancia mutua entre los circuitos primarios 3 ó 3' y secundarios 40;
- M_2 al valor de la inductancia mutua entre los circuitos terciarios 7 ó 7' y secundarios 40;
- 15 - M_3 al valor de la inductancia mutua entre los circuitos primarios 3 ó 3' y terciarios 7 ó 7';

Se notará, por otra parte, para cada una de las inductancias mutuas M_i (siendo i un entero que varía de 1 a 2):

20 - $M_{i\text{máx}}$, el valor máximo de la inductancia mutua M_i correspondiente a un elemento de blindaje 6 en un estado normal, es decir, no saturado, incluso parcialmente. Este valor, que constituye de este modo un valor de referencia, es obtenido en el momento de la calibración del contador equipado con el sensor y es memorizado dentro del contador.

25 - $M_{i\text{sat}}$, el valor de la inductancia mutua M_i durante una saturación total del elemento de blindaje 6. Este valor es estimado por construcción como el correspondiente al valor de la inductancia mutua sin elemento de blindaje 6, y es igualmente memorizado dentro del contador.

- $M_i(x)$, todo valor de la inductancia mutua M_i correspondiente a un estado más o menos importante de saturación del elemento de blindaje 6.

30

De este modo, se tiene la relación siguiente:

$$M_{i\text{sat}} < M_i(x) < M_{i\text{máx}}$$

que traduce el hecho de que toda tentativa de fraude reduce más o menos las inductancias mutuas M_1 y M_2 consecutivamente al aumento de la reluctancia de los circuitos magnéticos visto por las inducciones magnéticas primarias y terciarias.

Con las precauciones geométricas tomadas para el circuito terciario, la inductancia mutua M_3 tiene, por otra parte, un valor muy escaso (inferior a 5 nH, es decir, 1500 veces más pequeño que la inductancia mutua M_1).

Una interpolación lineal permite relacionar la variación de la inductancia mutua M_1 y la variación de la inductancia mutua M_2 . De este modo, se puede demostrar que la ley de variación entre las inductancias mutuas M_1 y M_2 es la siguiente:

10

$$(1) \quad M_1(x) / M_{1\text{máx}} = (1 + a) (M_2(x) / M_{2\text{máx}}) - a$$

con

$$a = ((M_{2\text{sat}} / M_{2\text{máx}}) - (M_{1\text{sat}} / M_{1\text{máx}})) / (1 - (M_{2\text{sat}} / M_{2\text{máx}}))$$

15

Esta ley lineal traduce el hecho de que si $M_2(x) = M_{2\text{máx}}$, entonces $M_1(x) = M_{1\text{máx}}$, lo cual corresponde al estado estándar (calibración) del elemento de blindaje y que si $M_2(x) = M_{2\text{sat}}$, entonces $M_1(x) = M_{1\text{máx}}$, lo cual corresponde al estado totalmente saturado del elemento de blindaje.

20

La consonancia de la variación de la inductancia mutua $M_2(x)$ con respecto a su valor de referencia $M_{2\text{máx}}$ va a permitir, como mínimo, detectar un estado de saturación parcial o total del elemento de blindaje, característico del fraude mediante imán permanente, incluso corregir mediante cálculo el valor de la inductancia mutua $M_1(x)$ con respecto a su valor de referencia, y en consecuencia, compensar los valores de corriente medida.

25

El principio de la detección y de la corrección va a ser explicado ahora con referencia a la figura 7 que ilustra, bajo la forma de esquema sinóptico simplificado, los diferentes componentes de un contador conforme a la invención.

30

En este esquema sinóptico se encuentra un sensor 1 ó 1' tal como el descrito anteriormente, destinado a medir la corriente alternativa I ligada a una fase de la red sobre la cual el contador está conectado. El contador comprende además un microprocesador 9 que controla los diferentes elementos del contador. El contador comprende, por último, conforme a la invención, medios de generación de la corriente de inyección alternativa I_{INY} a la frecuencia f_i fija y distinta de las frecuencias utilizadas por la red eléctrica. Se elegirá, por ejemplo, una frecuencia f_i igual a 327,23 Hz.

35

Siendo el sensor de tipo inductivo derivador, la forma de onda de la corriente de inyección será elegida, con preferencia, triangular. De este modo, la forma de onda resultante a la salida del sensor será una señal cuadrada y la medida de la componente fundamental a la frecuencia f_i podrá hacerse ventajosamente mediante una detección
5 síncrona. Una forma de onda de corriente de inyección como tal puede obtenerse mediante un generador de frecuencia 90 a la frecuencia f_i , interno al microprocesador 9 y controlado para entregar una señal cuadrada de frecuencia f_i a un circuito 10 integrador de la señal que genera una señal de tensión triangular a la frecuencia f_i . La corriente de inyección es fijada entonces por la relación entre la tensión generada por
10 el circuito integrador 10 y la resistencia de carga. En una variante, se podría utilizar un oscilador local para generar la señal cuadrada de frecuencia f_i para el circuito integrador.

El circuito terciario del sensor, simbolizado aquí por su entrada E y su salida S, está situado dentro de un bucle de corriente, en serie entre la salida del circuito 10 de
15 formación de la onda triangular y dos resistencias R1 y R2 unidas a la masa, de forma tal que el circuito terciario es recorrido por la corriente de inyección I_{INY} a la frecuencia f_i .

El contador dispone además, de forma clásica, de medios 11 que permiten extraer la tensión de entrada U del sensor 1, 1', correspondiente a la tensión de la fase,
20 y de medios 12 para extraer, a partir de la tensión de salida de este sensor, una tensión representativa de la corriente I medida por el sensor 1, 1'. A continuación, las señales de salida de los medios 11 y 12 son muestreadas de forma clásica por un convertidor analógico – digital 13. En los dos casos, los medios 11 y 12 son puentes divisores resistivos que permiten además bajar el nivel de tensión a un valor compatible con el
25 nivel de entrada aceptado por el convertidor analógico – digital 13.

A continuación, las muestras van a sufrir dos vías de tratamiento en paralelo. Los diferentes tratamientos están representados en el interior del microprocesador 9 por el hecho de que se trata, en la implementación preferida, de tratamientos de naturaleza puramente lógica.

30 La primera vía de tratamiento, más a la izquierda en la figura 7, corresponde a la extracción clásica de la energía consumida por el contador sobre la fase asociada. Esta comprende en primer lugar un integrador numérico 14 que va a permitir recobrar muestras imágenes de señales U e I. Esta integración se vuelve necesaria debido a la utilización del sensor inductivo, por naturaleza derivador de las señales. A
35 continuación, las muestras de tensión y de corriente a la salida del integrador numérico

14 son multiplicadas dos a dos en el módulo principal de metrología, y la energía media
 W consumida es calculada a partir de los diferentes productos obtenidos sobre una
 duración dada, por ejemplo, un segundo. Se hace notar que las muestras de corriente
 a la frecuencia f_i no tienen ninguna participación en el cálculo de esta energía media
 5 puesto que no hay ninguna señal de tensión a esta frecuencia f_i . A continuación, la
 potencia media W es memorizada en un registro o en una memoria 16 del contador.

Ahora se va a describir la segunda vía de tratamiento, que permite, según la
 realización preferida de la invención, medir las variaciones de la inductancia mutua M_2
 a continuación de una detección síncrona, deducir de ésta una fraude con imán
 10 permanente y corregir la inductancia mutua M_1 de forma tal de poder corregir el valor
 de la energía efectivamente consumida:

Se recuerda, en primer lugar, que la señal de salida del sensor 1, 1' es la
 superposición de señales a la frecuencia de la red (50 / 60 Hz) y a la de sus armónicos,
 y de señales a la frecuencia f_i y a la de sus armónicos. Un detector síncrono 17 realiza,
 15 a partir de las muestras generadas por el convertidor analógico – digital 13, la
 multiplicación de la señal de salida V_s del sensor por una primera señal senoidal y por
 una segunda señal cosenoidal a la frecuencia f_i , siendo por otra parte esta frecuencia f_i
 proporcionada por el oscilador 90. Mediante estas dos multiplicaciones, se obtiene a la
 salida del detector síncrono 17, dos señales V_{det1} y V_{det2} tales que:

$$20 \quad V_{det1} = V_s \text{ sen } (2\pi f_i t)$$

$$V_{det2} = V_s \text{ cos } (2\pi f_i t)$$

Se hace notar que, en el caso en que se utiliza un oscilador local en lugar del
 generador de frecuencia 90, será necesario recrear las señales a la frecuencia f_i .

25 A continuación, estas dos señales V_{det1} y V_{det2} son filtradas por filtros pasa bajos
 18 que tienen una frecuencia de corte baja de modo tal de estar en condiciones de
 eliminar la amplitud de la ondulación creada por la modulación entre la frecuencia de la
 corriente generada sobre el terciario y las componentes frecuenciales de la corriente
 sobre el circuito primario, y de no generar más que los valores continuos de las señales
 30 V_{det1} y V_{det2} .

Ahora bien, la componente frecuencial a la salida del sensor 1, 1' a la frecuencia
 f_i puede expresarse igualmente de la siguiente forma:

$$V_s(f_i) = M_2 I_i 2\pi f_i \cos(2\pi f_i t - \varphi_1) = 2\sqrt{V_{det1}^2 + V_{det2}^2} \cos(2\pi f_i t - \varphi_1)$$

relación en la cual I_i es la amplitud de la corriente de inyección I_{INY} en el circuito terciario.

De este modo, el conocimiento de los valores continuos de las señales V_{det1} y V_{det2} , de la frecuencia f_i de la corriente de inyección y de la amplitud I_i permite
5 determinar la inductancia mutua M_2 entre el circuito secundario y el circuito terciario del sensor, según la relación:

$$M_2 = \frac{2\sqrt{V_{det1}^2 + V_{det2}^2}}{2\pi I_i f_i} = \frac{A}{2\pi I_i f_i} \quad (2)$$

10 con $A = 2\sqrt{V_{det1}^2 + V_{det2}^2}$.

El valor de A se extrae de un módulo de cálculo 19 que recibe las salidas de los filtros pasa – bajos 18.

La amplitud I_i puede ser un parámetro fijado y memorizado por el contador. En
15 este caso, la inductancia mutua M_2 puede deducirse directamente aplicando la relación (2) anterior.

En una variante, y según la realización preferida representada en el esquema sinóptico, el microprocesador 9 del contador efectúa en tiempo real una medida de la amplitud de la tensión desarrollada por la corriente de inyección I_{INY} que recorre el
20 circuito terciario, a través de una resistencia de referencia, aquí la resistencia R_2 . De este modo, el contador dispone, como se representa en el esquema sinóptico de la figura 7, de un medio 20 de medición de la corriente de inyección que toma la tensión en los bornes de la resistencia de referencia R_2 y de un medio de extracción de la amplitud B tal que:

25

$$B = R_2 I_{INY}$$

En este caso, el valor de la inductancia mutua M_2 es calculada por un módulo de extracción 22 aplicando la siguiente relación:

30

$$M_2 = (A / B) \cdot (R_2 / 2\pi f_i) \quad (2 \text{ bis})$$

El interés de efectuar una medición en tiempo real de la amplitud de la tensión desarrollada por la corriente de inyección I_{INY} reside en el hecho de que se controla en todo momento la presencia real de una corriente de inyección, sin la cual no puede aplicarse el principio de detección de fraude y de corrección asociada. También en la realización preferida, el contador dispone además de medios de comparación 23 que permiten verificar que el valor extraído B esté bien situado entre dos límites respectivamente inferior B_{\min} y superior B_{\max} conocidos y previamente memorizados en el contador. En caso contrario, el contador será susceptible de generar una señal de error S_{ERR1} indicando en particular que no debe tomarse en cuenta el valor extraído de M_2 . Esta señal de error es memorizada, por ejemplo, en un registro de errores 24.

Una vez que se ha extraído y validado la inductancia mutua M_2 como se explicó anteriormente, el contador va a poder verificar dónde se encuentra este valor entre el valor $M_{2\max}$ característico de un elemento de blindaje no saturado y el valor M_{2sat} característico de un elemento de blindaje totalmente saturado. Se recuerda que esos dos valores extremos resultan de la calibración del contador y han sido previamente memorizados dentro del contador.

Para hacer esto, el contador dispone de un medio 25 de comparación que permite comparar el valor M_2 con un primer límite superior, inferior a $M_{2\max}$ (por ejemplo, igual a $0,97 M_{2\max}$), y un segundo límite inferior, superior a M_{2sat} (por ejemplo, igual a $1,05 M_{2sat}$). De este modo, el contador puede deducir que hay una tentativa de fraude desde el momento en que el valor medido de M_2 esté comprendido en el intervalo situado entre este límite inferior y este límite superior. Con preferencia, toda comparación sólo será efectuada si la medida de M_2 permanece estable durante una cierta duración, por ejemplo, del orden de varios segundos, de forma tal de tener en cuenta el tiempo de respuesta de los filtros pasa – bajos 18.

En este estadio, el medio de comparación 25 del contador puede igualmente verificar que el valor extraído de M_2 no se sitúe por debajo del valor M_{2sat} ó por encima del valor $M_{2\max}$. En caso contrario, éste puede generar una señal de error S_{ERR2} memorizada en el registro de errores 24.

En caso de que se detecte una tentativa de fraude con imán permanente a nivel del medio de comparación 25, este último genera una señal de alerta S_{ALERT} con destino a un registro 26 de sucesos y / o hacia un dispositivo (no representado) de tipo led o pantalla de avisos que permite visualizar la señal de alerta desde el exterior del contador.

Además, en la realización preferida, el contador estará en condiciones de corregir por sí mismo el valor de energía W memorizado en el registro 16, siendo este valor, a causa del fraude, inferior al valor real.

Para hacer esto, y teniendo en cuenta la relación (1) anterior que permite deducir el valor M_1 a partir de la medida de M_2 , un módulo 27 de corrección recalcula la energía corregida W_{CORR} aplicando la relación siguiente:

$$W_{\text{CORR}} = W (M_{1\text{máx}} / M_1(x))$$

Esta energía es la suma de la energía W calculada por la cadena metrológica del contador a la cual se añade la energía complementaria deducida de la corrección:

$$W_{\text{COMPL}} = W (M_{1\text{máx}} / M_1(x) - 1)$$

es decir,

$$W_{\text{CORR}} = W + W_{\text{COMPL}}$$

El esquema sinóptico de la figura 7 no comprende más que un solo sensor 1 ó 1'. Por supuesto, la invención se aplica de la misma manera en el caso de un contador polifásico que comprenda una pluralidad de sensores 1, 1', cada uno asociado a una fase del contador. De este modo, es posible detectar, incluso corregir, un fraude con imán permanente de forma independiente sobre cada fase.

En este caso, no obstante, se podrá simplificar ventajosamente el contador previendo un solo bucle de corriente de inyección asociada al contador, estando situados en serie los circuitos terciarios de cada sensor en este bucle de corriente. Esta disposición asegura una unicidad del valor de la corriente de inyección en cada uno de los circuitos terciarios y, en consecuencia, se simplifican los cálculos de las inductancias mutuas M_2 para cada uno de los sensores de fase. La figura 8 ilustra esquemáticamente tres sensores de tipo 1 ó 1' utilizados dentro de un contador trifásico, y cuyos circuitos terciarios respectivos están conectados en serie en el bucle de corriente de inyección I_{INY} .

El sensor y el contador según la invención permiten conservar la inmunidad a los campos magnéticos alternativos externos conferida por el elemento de blindaje a la vez que permite un control permanente del estado de saturación parcial o total de este

elemento de blindaje durante una tentativa de fraude con imán permanente. En su versión preferida (esquema sinóptico de la figura 7), el contador dispone además de medios para compensar los errores de medida de corriente resultantes de un fraude con imán permanente como tal. La geometría y la disposición del circuito terciario pueden ser optimizados, además para garantizar una detección del fraude cualquiera que sea la forma en que ha sido aproximado el imán permanente.

REIVINDICACIONES

1. Sensor (1, 1') de medida de corriente del tipo inductivo que comprende un circuito primario (3, 3') destinado a ser recorrido por una corriente alternativa a ser medida, un circuito secundario (40) acoplado magnéticamente a través del aire al circuito primario (3, 3') y un elemento de blindaje (6) para el aislamiento magnético del conjunto formado por el circuito primario (3, 3') y el circuito secundario (40), y un medio (7, 7') de medida de un estado de saturación del elemento de blindaje (6), con el fin de detectar un fraude eventual mediante la utilización de un imán permanente, **caracterizado porque** dicho medio de medida comprende un arrollamiento que forma un circuito terciario (7, 7') insertado entre el circuito secundario (40) y el elemento de blindaje (6), y destinado a ser recorrido por una corriente de inyección (I_{INY}) de frecuencia fija (f_i) y distinta de las frecuencias fundamental y armónicos de la corriente a medir.

15

2. Sensor (1, 1') según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el circuito terciario (7, 7') presenta una forma similar a la del circuito primario (3, 3'), con el fin de obtener, por una parte, una inductancia mutua (M_2) entre el circuito terciario (7, 7') y el circuito secundario (40) muy próxima a la inductancia mutua (M_1) entre el circuito primario (3, 3') y el circuito secundario (40) y, por otra parte, una inductancia mutua (M_3) despreciable entre el circuito primario (3, 3') y el circuito terciario (7, 7').

20

3. Sensor (1) según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el circuito primario (3) es un conductor lineal en forma general de U, **porque** el circuito secundario (40) es una bobina de múltiples espiras centrada en el interior de la U, y **porque** el circuito terciario (7) es un bucle abierto formado por una pista conductora continua en forma general de U, extendiéndose ciertos tramos de la pista (70, 71) correspondientes a una entrada (E) y a una salida (S) del circuito terciario (7) en un primer plano (80) paralelo al plano del circuito primario (3), extendiéndose por lo menos un tramo (72) en un segundo plano (81) paralelo al primer plano y dispuesto simétricamente con respecto al plano del circuito primario y simétricamente en el interior del elemento de blindaje (6).

25

30

4. Sensor (1') según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el circuito primario (3') es una bobina de múltiples espiras y **porque** el circuito terciario (7') es una

35

pista conductora continua, extendiéndose ciertos tramos (70', 72') de la pista correspondientes a una entrada (E) y a una salida (S) del circuito terciario (7') en un primer plano paralelo (80) al plano del circuito primario (3'), extendiéndose por lo menos un tramo (71') en un segundo plano (81) paralelo al primer plano y dispuesto simétricamente con respecto al plano del circuito primario y simétricamente en el interior del elemento de blindaje (6), estando además los tramos (70', 71', 72') situados enfrente de la bobina de múltiples espiras en forma de arco de círculo.

5
10 5. Sensor (1, 1') según cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, **caracterizado porque** dicho circuito terciario (7, 7') está dispuesto en el interior del sensor (1, 1') de forma tal que la entrada (E) y la salida (S) del circuito terciario (7, 7') estén opuestos a la entrada y a la salida del circuito primario (3, 3').

15 6. Sensor (1, 1') según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** la pista conductora que forma el circuito terciario (7, 7') está grabada en un soporte (8) de circuito impreso flexible.

20 7. Sensor (1, 1') según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el elemento de blindaje (6) sirve de soporte a los circuitos primario, secundario y terciario del sensor.

25 8. Contador de energía eléctrica que comprende al menos un sensor (1, 1') de medida de corriente de tipo inductivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dichos medios de medida comprenden, además, a nivel del contador, medios generadores (10, 90) para generar dicha corriente de inyección (I_{INY}), medios (17 – 19, 21, 22) de medida de un valor representativo de la inductancia mutua (M_2) entre el circuito terciario (7, 7') y el circuito secundario (40), y un medio (25) de comparación del valor medido con por lo menos un valor de calibración ($M_{2m\acute{a}x}$), pudiendo deducirse un estado de saturación parcial o total del elemento de blindaje en cuanto el valor medido es inferior al valor de calibración.

35 9. Contador según la reivindicación 8, **caracterizado porque** los medios generadores (10, 90) generan una corriente de inyección (I_{INY}) con forma de onda triangular **y porque** los medios (17 – 19, 21, 22) de medida de un valor representativo de la inductancia mutua (M_2) entre el circuito terciario (7, 7') y el circuito secundario (40)

comprenden un detector síncrono (17) que genera una primera señal (V_{det1}) y una segunda señal (V_{det2}) que resultan de la multiplicación de la señal de salida (V_s) del sensor (1, 1') respectivamente por una primera señal senoidal y por una segunda señal cosenoidal a la frecuencia (f_i) de la corriente de inyección (I_{INY}), y medios de filtrado (18) que generan los valores continuos de dichas primera y segunda señales (V_{det1} , V_{det2}).

10. Contador según la reivindicación 9, **caracterizado porque** dichos medios (17 – 19, 21, 22) de medida de un valor representativo de la inductancia mutua (M_2) entre el circuito terciario (7, 7') y el circuito secundario (40) comprenden además un módulo de extracción (22) que calcula el valor M_2 de dicha inductancia mutua, según la relación:

$$M_2 = \frac{A}{2\pi I_i f_i}$$

en la cual:

- 15 - f_i es la frecuencia de la corriente de inyección;
- A es una primera variable tal que $A = 2\sqrt{V_{\text{det1}}^2 + V_{\text{det2}}^2}$, siendo V_{det1} y V_{det2} los valores continuos de dichas primera y segunda señales, e
- I_i es una segunda variable que representa la amplitud de la corriente de inyección en el circuito terciario (7, 7').

20

11. Contador según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la segunda variable I_i es predeterminada y memorizada por el contador.

12. Contador según la reivindicación 10, **caracterizado porque** éste comprende un medio (20) de medición de la amplitud de la corriente de inyección en el circuito, que genera un valor B representativo de la amplitud de una tensión en los bornes de una resistencia de valor conocido (R_2) recorrida por la corriente de inyección (I_{INY}).

13. Contador según la reivindicación 12, **caracterizado porque** éste comprende medios de comparación (23) del valor B con dos valores límite respectivamente inferior (B_{min}) y superior ($B_{\text{máx}}$) conocidos del contador, generando dichos medios de comparación (23) una señal de error (S_{ERR1}) si el valor B no está comprendido entre esos dos valores límite.

30

14. Contador según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** dicho medio (25) de comparación compara dicho valor (M_2) de inductancia mutua con respecto a dos valores límite memorizados en el contador, correspondiendo un primer valor ($M_{2m\acute{a}x}$) al valor de calibración representativo de un estado no saturado del elemento de blindaje (6), y un segundo valor (M_{2sat}) correspondiente a un estado de saturación total del elemento de blindaje (6).

15. Contador según la reivindicación 14, **caracterizado porque** el medio (25) de comparación genera una señal de alerta (S_{ALERT}) en cuanto dicho valor medido (M_2) de la inductancia mutua está situado en un intervalo predefinido situado entre dichos primero y segundo valores.

16. Contador según la reivindicación 15, **caracterizado porque** el medio (25) de comparación sólo genera dicha señal de alerta (S_{ALERT}) en la medida en que dicho valor (M_2) es estable durante varios segundos.

17. Contador según cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, **caracterizado porque** dicha señal de alerta (S_{ALERT}) es generada con destino a un registro de sucesos (26) del contador y / o hacia un dispositivo de avisos del contador que permite visualizar la alerta desde el exterior del contador.

18. Contador según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, **caracterizado porque** dicho medio (25) de comparación genera además una señal de error (S_{ERR2}) en caso de que dicho valor (M_2) de la inductancia mutua no esté comprendida entre dichos primero y segundo valores.

19. Contador según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 18, **caracterizado porque** éste comprende además un módulo de corrección (27) que permite recalcular la energía total realmente consumida por el contador cuando se ha detectado un fraude, a partir de la medida del valor representativo de la inductancia mutua (M_2) entre el circuito terciario (7, 7') y el circuito secundario (40).

20. Contador según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, **caracterizado porque** éste comprende una pluralidad de sensores (1, 1') de medida inductivos asociados cada uno a una fase del contador **y porque** los circuitos terciarios

correspondientes al conjunto de los sensores están conectados en serie en un único bucle de corriente recorrido por dicha corriente de inyección (I_{INY}).

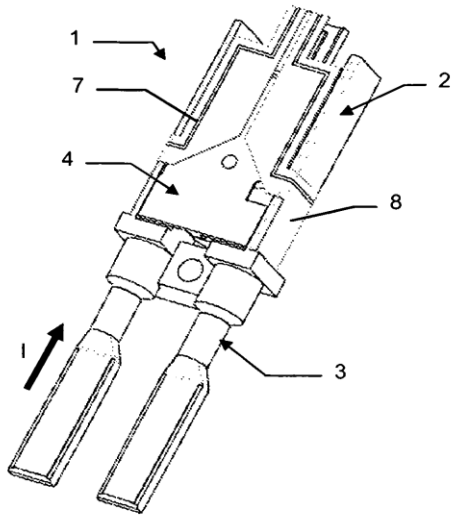


FIG. 1a

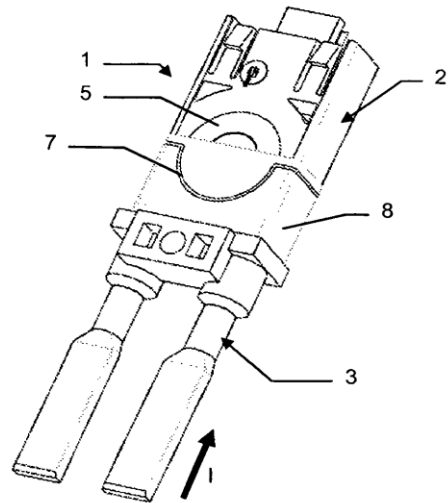


FIG. 1b

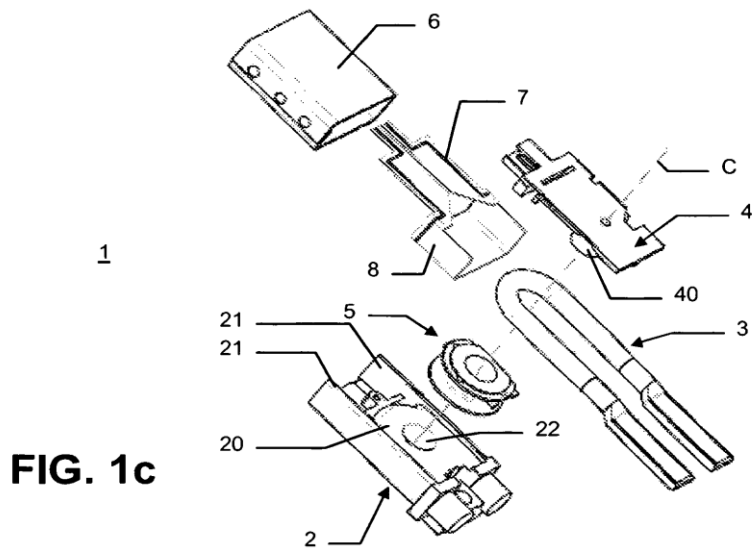


FIG. 1c

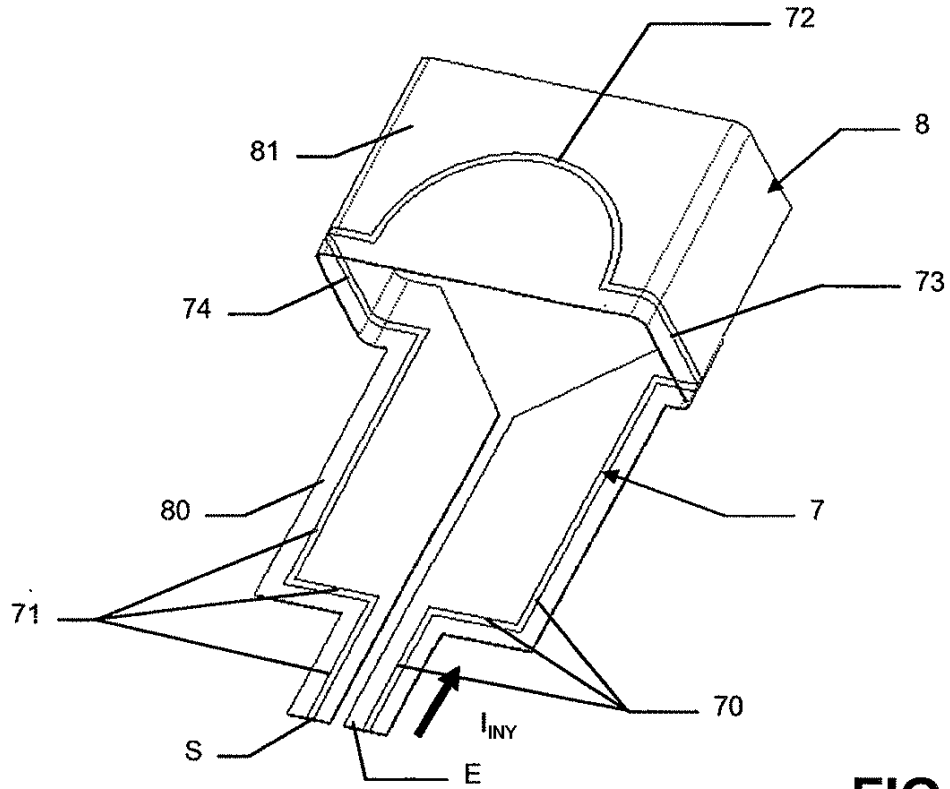


FIG. 2

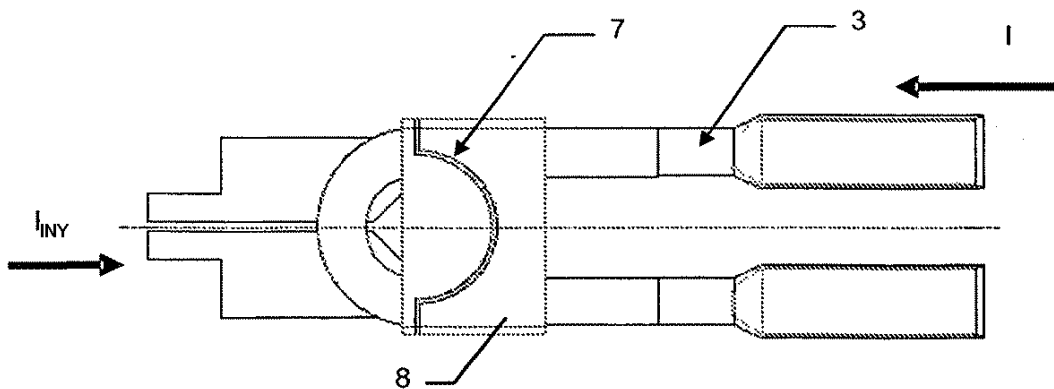


FIG. 3

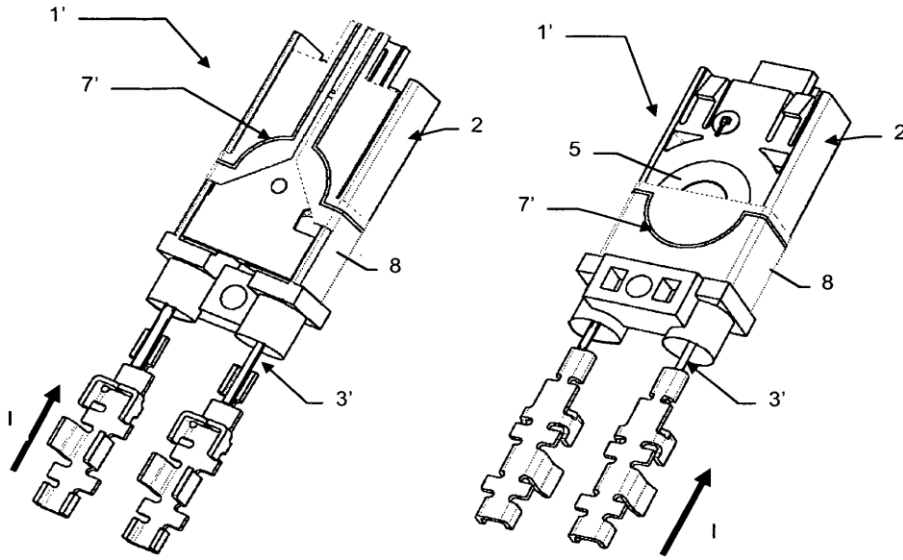


FIG. 4a

FIG. 4b

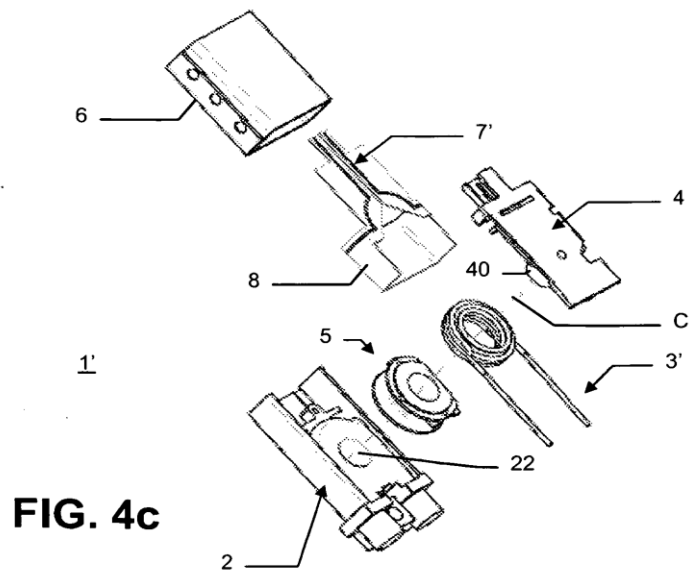


FIG. 4c

EP 2 089 724 B1

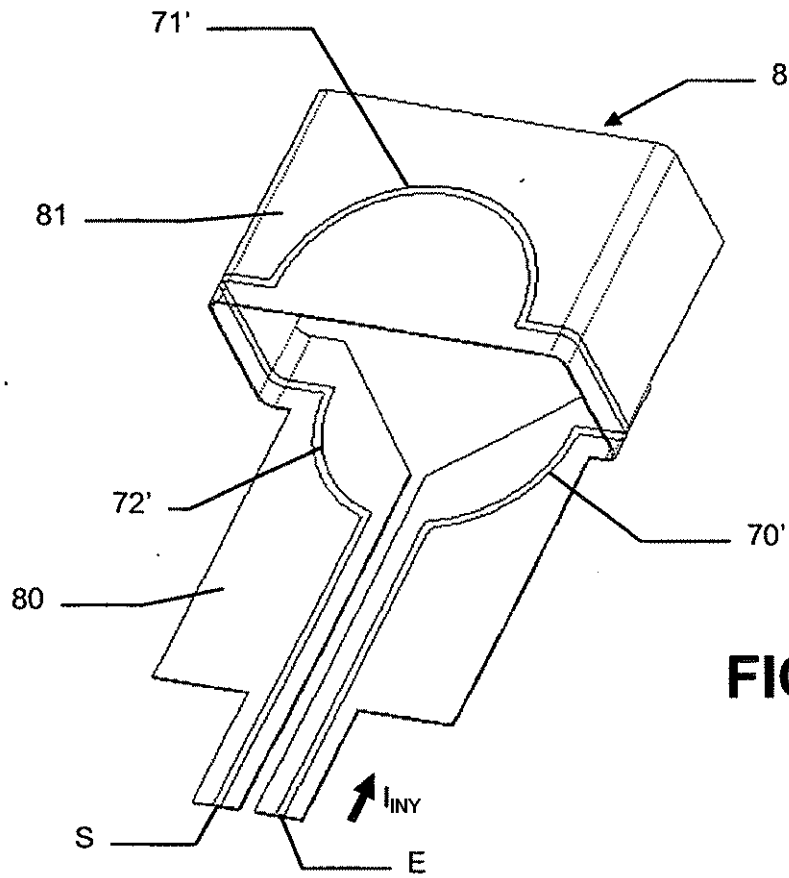


FIG. 5

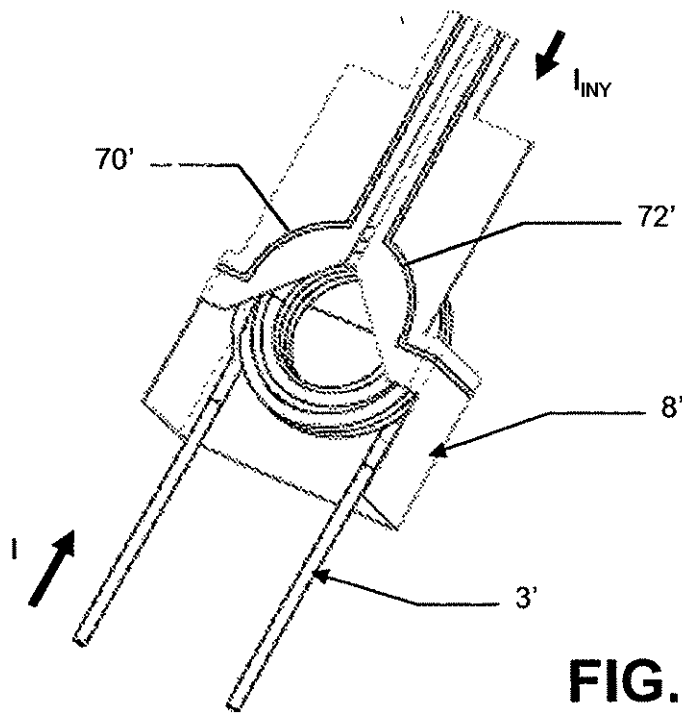


FIG. 6

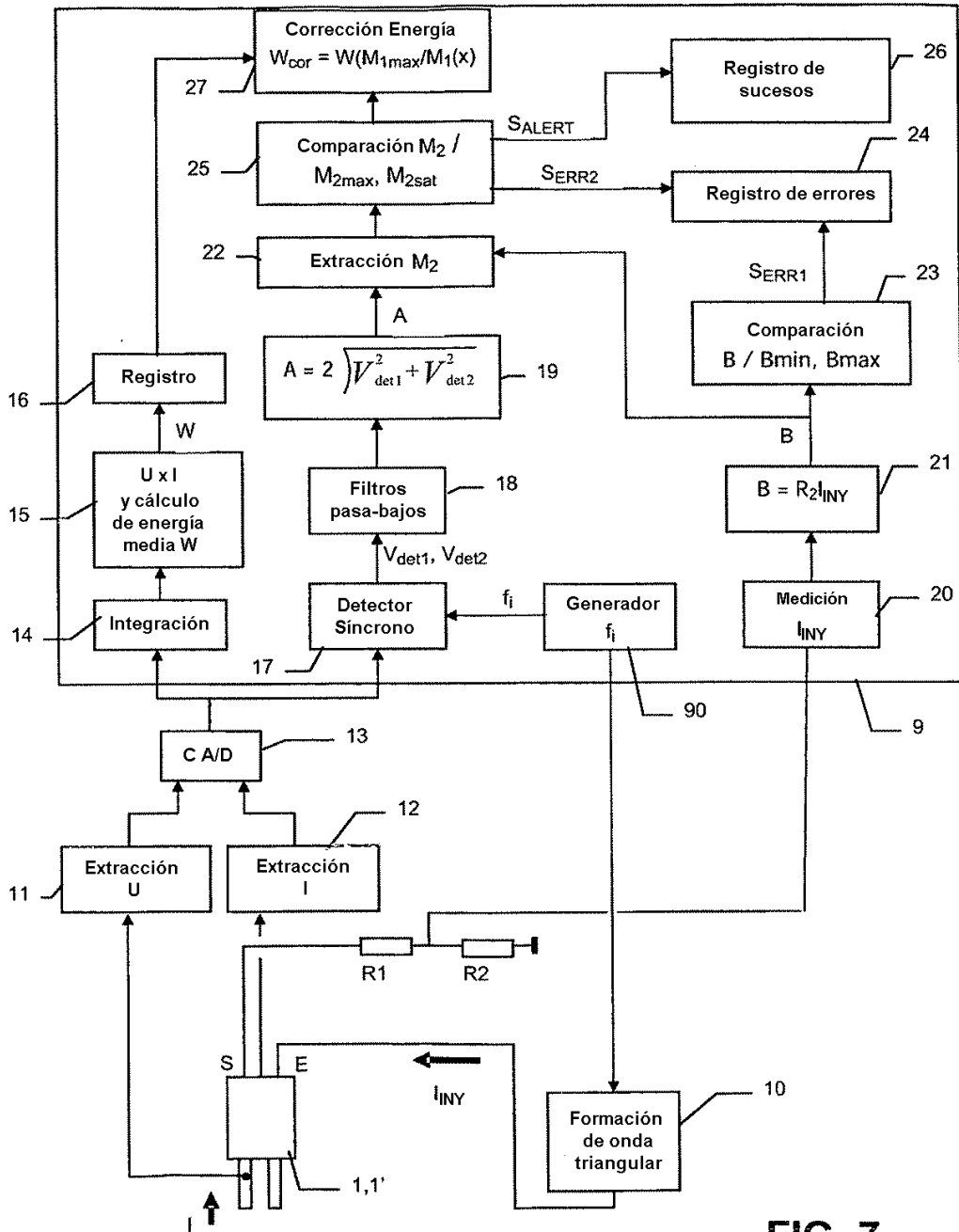


FIG. 7

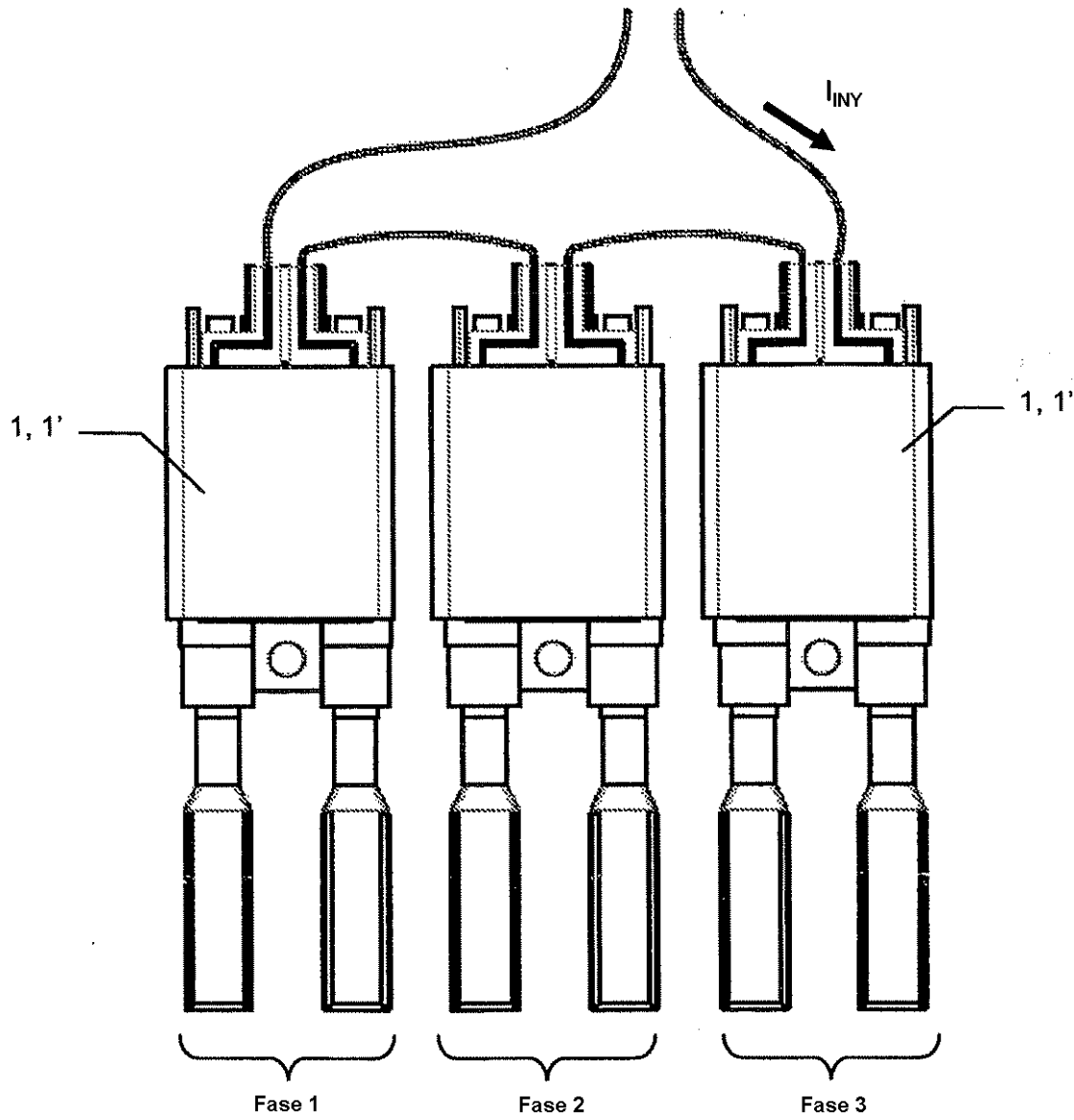


FIG. 8