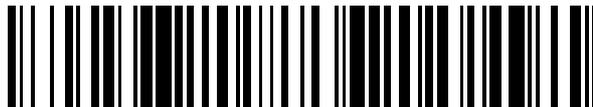


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 722**

51 Int. Cl.:

G01N 27/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2007 E 07788047 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2064538**

54 Título: **Dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora**

30 Prioridad:

03.08.2006 FR 0653275

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

07.10.2014

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

DECITRE, JEAN-MARC

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 503 722 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora

5

Campo técnico

La invención se refiere a un dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora.

10

Estado de la técnica anterior

El campo de la invención es el del control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión / recepción de una pieza eléctricamente conductora, que presenta una gran dinámica de funcionamiento y utiliza un conjunto de bobinados de emisión y de recepción muy compacto. Tal control es particularmente ventajoso para la detección de defectos de pequeño tamaño, en particular para el control no destructivo (END) de piezas eléctricamente conductoras.

15

El principio de la detección de defectos por corrientes de Foucault en una pieza eléctricamente conductora consiste en emitir, en la proximidad de esa pieza, con el concurso de al menos un bobinado de emisión, un campo electromagnético de frecuencia adaptada a la conductividad del material y a la profundidad de los defectos buscados. Se mide entonces, entre los bornes de al menos un bobinado de recepción, una fuerza electromotriz debida al acoplamiento directo de las líneas de campo magnético entre el bobinado de emisión y el bobinado de recepción en presencia de la pieza conductora. Se mide asimismo una pequeña variación de esta fuerza electromotriz que se superpone a la misma con la presencia de un defecto en el material. El campo de la invención se contrae así a los dispositivos que utilizan al menos un bobinado asignado a la emisión de la señal electromagnética apto para generar corrientes de Foucault en la pieza que se va a controlar y al menos un bobinado asignado a la recepción de las señales inducidas por las corrientes de Foucault, llamándose tal configuración "con funciones separadas".

20

25

30

La fuerza electromotriz inducida V_R en bornes de cada bobinado de recepción, que está a la misma frecuencia que la corriente enviada al bobinado de emisión asociado, permite, tras una demodulación, obtener la señal útil. En presencia de un defecto, esa fuerza electromotriz inducida V_R pasa a ser $V_R \pm \delta V_R$, siendo portadora de información solamente la variación δV_R , muy débil ante V_R . En la práctica, cuanto más pequeña sea la tensión V_R ante δV_R , más eficaz será la amplificación de la señal y mejor será la relación señal a ruido de la medida.

35

Con objeto de limitar el tiempo de comprobación de las superficies de las piezas y de minimizar los costes originados por la compra de uno o varios bancos mecánicos de uno o varios ejes, que muchas veces precisan de una gran precisión, se puede disponer sobre un mismo soporte una multitud de elementos equiespaciados. Se obtiene una barra (eventualmente con una disposición de los elementos en varias filas, al tresbolillo, si se desea obtener un paso de exploración inferior a la dimensión del elemento) que tan sólo precisa de un desplazamiento mecánico en un sólo eje. Se puede incluso crear matrices de elementos con el fin de obtener una imagen directa de la zona que se va a controlar y suprimir así los lentos y costosos desplazamientos mecánicos de precisión. Con la finalidad de aprovechar lo mejor posible las respuestas de los diferentes elementos, conviene obtener, en ausencia de defectos, configuraciones que presenten tensiones lo más cercanas posible en bornes de los diferentes canales receptores, con el fin de facilitar el equilibrado del dispositivo de control por corrientes de Foucault que se encarga de las demodulaciones de los canales.

40

45

Sin embargo, la utilización de numerosos elementos plantea un problema en cuanto al sistema de conexiones. Una solución de la técnica conocida, propuesta en el documento referenciado con [1] en el final de la descripción, describe un procedimiento que consiste, para elementos de tipo emisor/receptor separados dispuestos en matriz, en poner en serie las filas de bobinados de emisión, por una parte, y las columnas de bobinados de recepción, por otra. Tal arreglo permite reducir el número de conexiones y las espiras creadas por los hilos de conexiones, contando al propio tiempo con la posibilidad de interrogar todos los elementos. No obstante, para la detección de defectos de pequeñas dimensiones, es necesario disponer los elementos muy cercanos entre sí, de modo que, cualquiera que sea la posición del defecto en la zona que se va a comprobar, este sea detectado, en la adquisición, por al menos un elemento. Así pues, al hallarse en serie en una misma fila los bobinados de emisión, los bobinados de emisión contiguos a un elemento dado van a perturbar ese elemento. Entre los bornes del bobinado de recepción de dicho elemento en cuestión, van a añadirse:

50

55

60

- la fem (fuerza electromotriz) inducida proveniente del emisor asociado: V_R (mutua del elemento) y δV_R (señal útil),

- las fem inducidas por todos los campos magnéticos radiados por los bobinados de emisión contiguos activos (es decir, recorridos por una corriente y a la misma frecuencia).

65

En la práctica, el campo electromagnético decrece con la distancia y sólo los uno o dos elementos contiguos tendrán

una influencia sobre la bobina receptora que se considere.

Así, al estar en serie los bobinados de recepción, la alimentación simultánea de varias filas de bobinados de emisión no permite dar con la información propia detectada por cada uno de los elementos, por lo que precisa de la
5 utilización de un multiplexador para conectar la fuente de corriente o de tensión sucesivamente a cada una de las filas de bobinados de emisión.

Además, en el caso de no ser posible alejar suficientemente entre sí los elementos en una misma fila, un
10 acoplamiento (o diafonía entre elementos) tiende a incrementar la tensión en bornes de los bobinados de recepción, lo cual es perjudicial para el aprovechamiento de la señal útil δV_R . Además, esta tensión inducida en ausencia de defectos por los diferentes bobinados de emisión contiguos puede ser diferente de una fila de bobinados de recepción a otra.

La invención tiene por objeto paliar tales inconvenientes al proponer un dispositivo de control por corrientes de
15 Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora, que permite evaluar la respuesta de una multitud de elementos simultáneamente y con independencia unos de otros.

Exposición de la invención

20 La invención se refiere a un dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora, que comprende varias filas de emisión constituidas a partir de bobinados de emisión y varias columnas de recepción constituidas cada una de ellas a partir de bobinados de recepción conectados en serie en al menos una serie, caracterizado porque los bobinados de emisión asociados a los bobinados de recepción de una serie son alimentados todos ellos por corrientes a frecuencias diferentes.

25 En una primera configuración, los bobinados de emisión en una misma fila son recorridos por una corriente de igual frecuencia. Ventajosamente, dos bobinados de emisión en una misma fila de emisión, espaciados un bobinado de emisión, tienen sentidos de arrollamiento opuestos. Los bobinados de recepción pueden tener todos ellos el mismo sentido de arrollamiento o ser tales que, en cada columna de recepción, dos bobinados de recepción, espaciados un
30 bobinado de recepción, tienen sentidos de arrollamiento opuestos. Ventajosamente, en ambos extremos de cada fila de emisión pueden ir dispuestos bobinados de emisión suplementarios.

En una segunda configuración, en cada fila de emisión, los bobinados de emisión de orden par y los bobinados de
35 emisión de orden impar son alimentados respectivamente por corrientes de frecuencias diferentes y, en cada columna de recepción, los bobinados de recepción se hallan dispuestos entre dos bobinados de emisión contiguos de una misma fila de emisión. Ventajosamente, en cada fila de emisión, al final de la fila de emisión va dispuesta al menos una columna suplementaria de bobinados de recepción en serie.

Ventajosamente, en estas dos configuraciones, las filas de emisión y las columnas de recepción se hallan dispuestas
40 a uno y otro lado de un soporte.

Para estas dos configuraciones, el dispositivo de la invención puede incorporar ventajosamente:

- 45 - amplificadores dispuestos cada uno de ellos a la entrada de una de las filas de emisión,
- uno o varios conectores, por ejemplo de fuerza de introducción nula,
- preamplificadores dispuestos cada uno de ellos a la salida de una de las columnas de recepción,
- 50 - un sistema de multiplexación para la parte de recepción.

Puede haber asimismo:

- 55 - bobinados de emisión de dos filas consecutivas que tienen sentidos de arrollamiento opuestos;
- bobinados de recepción de dos columnas consecutivas que tienen sentidos de arrollamiento opuestos;
- columnas de bobinados de recepción cableadas en diferencial;
- 60 - frecuencias de excitación que son cada una de ellas una suma de varias frecuencias.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1A a 1E ilustran una primera configuración multielemento del dispositivo de la invención, en una vista
65 desde arriba.

Las figuras 2A a 2D ilustran una segunda configuración multielemento del dispositivo de la invención, en una vista desde arriba.

5 La figura 3 ilustra la evolución del módulo de la tensión obtenida en bornes de un bobinado de recepción en función de la distancia entre el bobinado de recepción y un bobinado de emisión.

Exposición detallada de modos particulares de realización

10 Tal como se ilustra en las figuras 1A y 2A, el dispositivo de la invención es un dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora, que comprende varias filas de emisión 1-4, constituidas a partir de bobinados de emisión 55, y varias columnas a-h constituidas a partir de bobinados de recepción 56 conectados entre sí en serie en una misma columna en al menos una serie, en el que los bobinados de emisión asociados a los bobinados de recepción de una misma serie en una misma columna son alimentados todos ellos por corrientes a frecuencias diferentes f1, f2, f3, f4.

15 Por lo tanto, el dispositivo de la invención es una configuración multielemento que permite realizar una etapa de demodulación específica de las técnicas de las corrientes de Foucault de manera paralela, simultánea para cada uno de los elementos y con independencia de los elementos contiguos.

20 Tal como se ilustra en las figuras 1A y 2A, el dispositivo de la invención comprende un elemento duplicado en forma de "barra multifila". Por "elemento" se entiende el conjunto constituido a partir de un bobinado de emisión 55 y de un bobinado de recepción 56.

25 Para una configuración matricial regular que no precisa de desplazamiento mecánico, se diversifican los mismos tipos de disposición con una ubicación de los elementos con ordenación en bloque cuadrado o triangular.

30 La invención permite, por una parte, interrogar independientemente cada una de las filas utilizando frecuencias de trabajo diferenciadas. Por otra parte permite, merced a unos sentidos de arrollamiento de los bobinados de emisión y de recepción bien definidos, limitar el acoplamiento entre los elementos de una misma fila e incluso obtener ventajosamente un mismo valor de acoplamiento cualquiera que sea la columna.

Primera configuración

35 Una primera configuración del dispositivo de la invención, ilustrada en la figura 1A, comprende cuatro filas de ocho elementos diferenciados, representados con un solapamiento de los bobinados de emisión 55 y de recepción 56. La flecha 50 da la dirección de desplazamiento del dispositivo de la invención. Todos los elementos son equidistantes un paso p según la dirección perpendicular al desplazamiento 50. Al desplazar el soporte 52 según la dirección 50, el dispositivo adquiere puntos de medida espaciados ese paso p. Las líneas verticales 51 materializan la respuesta de los elementos en el desplazamiento del dispositivo. Ventajosamente, las pistas de conexión correspondientes respectivamente a los bobinados de emisión y a los bobinados de recepción pueden estar dispuestas a uno y otro lado del soporte 52.

45 En esta primera configuración, los bobinados de emisión 55 son puestos en serie para cada una de las filas numeradas 1 a 4. Los bobinados de recepción 56 son puestos en serie para cada una de las columnas numeradas a a h. Los bobinados 55 y 56, que pueden estar dispuestos a uno y otro lado de un soporte 52, determinan unos elementos numerados (i, j), siendo i el número de fila que va de 1 a 4 y j, el número de columna que va de a a h.

50 Los triángulos 57 y 58 representan amplificadores electrónicos, a saber, cuatro amplificadores 57 en las filas de emisión 1 a 4 y ocho preamplificadores de recepción 58, ventajosamente de bajo ruido, en las columnas de recepción a a h. Sobre el soporte 52 puede ir dispuesto un conector 54, de cara simple o doble, con el fin de permitir una unión entre las pistas de conexión sobre el soporte y la electrónica de tratamiento (amplificaciones, multiplexación, demodulación...). Los amplificadores y, eventualmente, multiplexadores o demultiplexadores pueden ir dispuestos sobre una y/u otra de las caras del soporte 52.

55 En esta primera configuración, se escogen tantas frecuencias diferenciadas como bobinados de recepción en serie haya en una columna (cuatro frecuencias señaladas con f1 a f4 en el ejemplo). Las señales procedentes de los cuatro elementos van a añadirse a unas frecuencias diferenciadas. Así, en cada uno de los ocho canales de recepción, cuatro demodulaciones (simultáneas, eventualmente secuencialmente) a estas cuatro mismas frecuencias f1 a f4 permiten deducir las respuestas independientes de los cuatro elementos de la columna. Las frecuencias f1 a f4 se escogen generalmente bastante afines, con objeto de que las respuestas del elemento (VR y δVR) sean idénticas a estas frecuencias. Se puede trabajar igualmente a varias frecuencias simultáneas.

65 Para una aplicación dada que implica pequeños defectos salientes a la superficie, se puede trabajar, por ejemplo, con una frecuencia de 10 MHz. En el caso de la configuración considerada anteriormente, se puede elegir por ejemplo f1 = 9,8 MHz, f2 = 9,9 MHz, f3 = 10,0 MHz y f4 = 10,1 MHz.

En esta primera configuración, una eventual diafonía entre bobinados en una misma fila se corrige asimismo escogiendo sentidos de arrollamiento de los bobinados bien definidos. Para un bobinado de recepción, por ejemplo el bobinado de recepción del elemento (2, c), los efectos de los bobinados de emisión de los dos elementos situados inmediatamente a la derecha y a la izquierda en la misma fila (bobinados de emisión de los elementos (2, b) y (2, d)) se anulan escogiendo un sentido contrario de arrollamiento de esos dos bobinados de emisión. Los campos magnéticos creados por los bobinados de emisión inmediatamente contiguos a ese bobinado de recepción, al ser de igual amplitud pero de sentido opuesto, se anulan en el bobinado de recepción (todos los bobinados de recepción están devanados, por ejemplo, en el mismo sentido). Las figuras 1B (sentido +) y 1C (sentido -) dan los sentidos de arrollamiento de los bobinados de emisión situados en 60 y 61, ilustrando los puntos 62 unos agujeros metalizados. Así, todos los elementos se hallan situados, en cada fila, entre dos elementos que tienen, uno de ellos, un arrollamiento del bobinado de emisión de sentido + y, el otro, un arrollamiento del bobinado de emisión de sentido -. Con objeto de evitar eventuales efectos de borde y de obtener la misma tensión sea cual sea la columna de bobinados de recepción que se considere (lo cual facilita la fase de equilibrado del aparato por corrientes de Foucault), se pueden añadir bobinados de emisión suplementarios 65 en ambos extremos de cada fila 1, 2, 3 y 4, devanados en sentido contrario al del bobinado de emisión contiguo situado en la misma fila.

En un ejemplo de realización ventajoso, se toma un elemento constituido a partir de un bobinado de emisión 55 y de un bobinado de recepción 56 grabados sobre una película de Kapton de 50 μm de espesor, teniendo ambos bobinados 1 mm de diámetro externo y 500 μm de diámetro interno y 6 espiras. El bobinado de emisión está alimentado por una corriente de 20 mA con cuatro frecuencias muy próximas a 10 MHz. La distancia d entre los dos bobinados de un mismo elemento se elige igual a 730 μm con el propósito de minimizar la mutua y maximizar la respuesta debida a un defecto de dimensiones típicas que ha de detectarse, fijadas en este ejemplo en 400 μm de longitud, 200 μm de ancho y 200 μm de profundidad. El valor elegido para d , obtenido por simulación o experimentalmente, conduce a un solapamiento de los bobinados.

La figura 3 presenta la evolución de la mutua VR obtenida en bornes de un bobinado de recepción en función de la distancia que separa un bobinado de emisión y un bobinado de recepción de dos elementos distintos. Para la distancia optimizada de $d = 730 \mu\text{m}$, la mutua VR en el seno de un elemento vale 3,26 mV. Si se desea obtener una mutua entre dos elementos de 20 dB inferior a 3,26 mV (esto es, 326 μV), hay que posicionar dos elementos contiguos (en una misma fila o una misma columna) de manera tal que el bobinado de recepción de uno de los elementos diste $d_{ER} = 1,65 \text{ mm}$ del bobinado de emisión del otro elemento. Por donde se deduce que la distancia entre dos elementos contiguos en una misma fila debe ser de $\sqrt{d_{ER}^2 - d^2} = 1,48 \text{ mm}$ como mínimo.

En el caso de frecuencias f_1 a f_4 cercanas, se puede considerar los bobinados de emisión y/o los bobinados de recepción de dos filas consecutivas con sentidos de arrollamiento opuestos. Esto permite anular entre ellos, al menos parcialmente, los acoplamientos VR de cada uno de los elementos en vez de sumarlos.

• Primera variante de realización

En el citado ejemplo, el número de filas de elementos está fijado a 4, de tal modo que las filas tienen que quedar espaciadas $\sqrt{d_{ER}^2 - d^2} = 1,61 \text{ mm}$, valiendo el paso p 350 μm con el propósito de limitar el acoplamiento entre los elementos de una misma columna. El espacio ocupado por el dispositivo según el eje de desplazamiento 50 es igual a $(2x_{r_{ext}} + 4xd + 3x_{1,61}) = 8,75 \text{ mm}$ (r_{ext} : radio externo de los bobinados).

Para paliar este problema de acoplamiento y realizar sensores menos voluminosos y en matriz con un paso fino, una primera variante, presentada en la figura 1D, consiste en conectar en serie uno de cada dos bobinados de recepción en cada una de las columnas y en utilizar el doble de canales receptores. Con los anteriores valores numéricos, la distancia de este nuevo arreglo da una ocupación de espacio de 6,9 mm en lugar de 8,75 mm. Con objeto de limitar el número de frecuencias de emisión, esta variante se puede utilizar con únicamente dos frecuencias.

• Segunda variante de realización

Cada elemento puede tener geometrías variadas: bobinados de emisión y de recepción idénticos o no, dispuestos con o sin solapamiento, coaxiales o no, el bobinado de emisión o de recepción se puede descomponer eventualmente en dos bobinados diferenciados conectados en serie o en diferencial. La figura 1E retoma la configuración ilustrada en la figura 1A, estando ahora compuesto cada bobinado de recepción por dos bobinados cableados en diferencial.

60 Segunda configuración

En una segunda configuración, ilustrada en la figura 2A, el eje de un elemento definido por el centro de los bobinados de emisión y de recepción se halla orientado a 90° con relación al desplazamiento 50 del sensor. Los

bobinados de emisión van dispuestos en varias filas, por ejemplo dos. Los bobinados de recepción van dispuestos en las filas de emisión e intercalados entre dos bobinados de emisión. Los bobinados de recepción determinan columnas y, como en la anterior configuración, estos son puestos en serie por columna en al menos una serie.

5 Así, un bobinado de recepción queda asociado a los dos bobinados de emisión contiguos (el situado a la derecha y el situado a la izquierda) de la misma fila. Así, cada una de las columnas de dos bobinados de recepción lleva asociados cuatro bobinados de emisión. Con objeto de poder separar la señal obtenida, se utilizan cuatro frecuencias diferenciadas, para cada uno de los bobinados de emisión. Los bobinados de emisión de orden par y los bobinados de emisión de orden impar de una misma fila se alimentan con corrientes de frecuencias diferenciadas f_1 y f_2 . Las columnas, para las cuales los bobinados de recepción se hallan en serie, son alimentadas por corrientes de frecuencias f_3 y f_4 distintas de las de las filas anteriores.

10 En uno y/u otro extremo de las filas, se puede añadir una columna de bobinados de recepción suplementaria 74 con sus conexiones (enlace 76).

15 Todos los bobinados de recepción pueden ir dispuestos sobre una misma cara del soporte 52 y todos los bobinados de emisión pueden ir dispuestos sobre la otra cara de ese mismo soporte.

20 La figura 2B ilustra la puesta en serie de un bobinado de emisión en 70. Las figuras 2C y 2D ilustran el sentido de los respectivos arrollamientos de un bobinado de emisión 71, con agujeros metalizados 73, y de un bobinado de recepción 72.

25 Los bobinados de emisión y/o de recepción pueden no tener más que una sola espira. En tal caso, no son necesarios los agujeros metalizados 62, 73. Además, cada uno de los bobinados de emisión o de recepción de un elemento puede estar compuesto por varios bobinados conectados en serie. Por ejemplo, un bobinado puede estar compuesto por dos bobinados coaxiales y grabados enfrentados sobre cada una de las caras de una película de Kapton y conectados en serie por intermedio del agujero metalizado, siendo los sentidos de arrollamiento tales que las tensiones en sus bornes se añaden. Asimismo, por ejemplo, un bobinado de emisión o de recepción puede estar compuesto por dos bobinados (o más) no coaxiales conectados en diferencial y distando del correspondiente emisor una distancia afín.

30 En esta segunda configuración, con los valores del ejemplo considerado anteriormente, un bobinado de emisión de un elemento está separado 2,1 mm del bobinado de recepción del elemento siguiente que trabaja a la misma frecuencia, lo cual da una diafonía mucho mejor que 20 dB en una misma fila.

35 Esta segunda configuración, por otro lado, tiene la ventaja de minimizar el número de bobinados sobre el soporte. El principio se puede extender a un mayor número de filas. También son posibles configuraciones diferenciales cableando en diferencial dos columnas de recepción consecutivas.

40 En el dispositivo de la invención, en el caso de frecuencias f_1 a f_4 cercanas, se pueden utilizar bobinados de emisión o bobinados de recepción de dos filas consecutivas con sentidos de arrollamiento opuestos. Esto permite anular entre ellos, al menos en parte, los acoplamientos de cada uno de los elementos en vez de sumarlos.

45 Las filas de bobinados de emisión pueden ir dispuestas en serie con el fin de que cada uno de ellos sea recorrido por una corriente idéntica, lo cual permite minimizar las desviaciones de respuesta entre los elementos. Sin embargo, en ciertos casos, en particular si la impedancia de los bobinados de emisión es considerable y produce en bornes de esos bobinados una gran caída de tensión, cabe el riesgo de que la fuente eléctrica (de tensión y de corriente) no permita alimentar correctamente toda la fila de bobinados de emisión. Entonces, se pueden disponer todos los bobinados de emisión en paralelo en una misma fila. Son posibles soluciones intermedias, cableando un pequeño número definido y constante de bobinados de emisión consecutivos en serie y luego cableando en paralelo los conjuntos así conformados.

50 Igualmente, se pueden superponer varias matrices unas sobre otras con el fin de disminuir el paso p entre los elementos, escogiendo frecuencias que no originen acoplamiento entre los elementos de cada una de las matrices.

55 Con el propósito de cubrir grandes superficies, y para poder alimentar un gran número de bobinados de emisión en serie, se pueden utilizar varias matrices de elementos de configuraciones idénticas tales como las descritas anteriormente. Estas matrices pueden ser independientes entre sí. También pueden estar cableadas de manera tal que las series de bobinados de emisión estén cableadas en serie o paralelo y los bobinados de recepción en serie.

60 En la práctica, en los controles por corrientes de Foucault, muchas veces se trabaja a varias frecuencias con un sensor monoelemento. Estas frecuencias son superpuestas sumando al menos dos corrientes o tensiones a frecuencias diferentes. Por lo tanto, se puede aprovechar esta técnica multifrecuencia en las configuraciones anteriormente presentadas. Las filas 1 a 4 de bobinados de emisión no son alimentadas entonces cada una de ellas por corrientes monofrecuencia f_1 a f_4 , sino por una suma de n corrientes a frecuencias diferentes, f_{11} a f_{1n} para la fila 1, f_{21} a f_{2n} para la fila 2, etc. La demodulación se efectúa en cada una de las frecuencias f_{11} , ..., f_{1n} , f_{21} , ..., f_{2n} ,

etc. Puede convenir, por ejemplo, trabajar por una parte a 10 MHz y, por otra, a 1 MHz, con el fin de poder evaluar la profundidad de un defecto saliente a la superficie. Se puede elegir entonces: $f_{11} = 9,8$ MHz, $f_{12} = 0,98$ MHz, $f_{21} = 9,9$ MHz, $f_{22} = 0,99$ MHz, $f_{31} = 10$ MHz, $f_{32} = 1$ MHz, $f_{41} = 10,1$ MHz, $f_{42} = 1,1$ MHz, eligiéndose estas mismas frecuencias como frecuencias de demodulación.

5

Referencias

[1] Documento US 5047719

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de control por corrientes de Foucault con funciones separadas de emisión/recepción de una pieza eléctricamente conductora, comprendiendo este dispositivo varias filas de emisión (1-4), constituidas cada una de ellas a partir de bobinados de emisión (55), y varias columnas de recepción (a-h), constituidas cada una de ellas a partir de bobinados de recepción (56) conectados en serie en al menos una serie, caracterizado porque comprende medios de alimentación de filas de bobinados de emisión asociados a bobinados de recepción con corrientes a frecuencias diferentes (f1, f2, f3, f4), de manera tal que en los bobinados de recepción de una columna las señales se añaden a esas frecuencias diferentes (f1, f2, f3, f4).
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que hay un solapamiento de los bobinados de emisión (55) y de los bobinados de recepción (56).
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que, en cada fila de emisión, dos bobinados de emisión, espaciados un bobinado de emisión, tienen sentidos de arrollamiento opuestos.
4. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que, en cada columna de recepción, dos bobinados de recepción, espaciados un bobinado de recepción, tienen sentidos de arrollamiento opuestos.
- 20 5. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que, en cada columna de recepción, todos los bobinados de recepción tienen el mismo sentido de arrollamiento.
- 25 6. Dispositivo según la reivindicación 1, que comprende bobinados de emisión suplementarios (65) en ambos extremos de cada fila de emisión (1- 4).
7. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que, en cada columna de recepción, los bobinados de recepción se hallan dispuestos entre dos bobinados de emisión contiguos de una misma fila de emisión (1-2).
- 30 8. Dispositivo según la reivindicación 7, que comprende al menos una columna suplementaria de bobinados de recepción (74) en serie, dispuesta al final de la fila de emisión.
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las filas de emisión y las filas de recepción se hallan dispuestas a uno y otro lado de un soporte (52).
- 35 10. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que comprende amplificadores (57) dispuestos cada uno de ellos a la entrada de una de las filas de emisión (1-4).
- 40 11. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que comprende preamplificadores (58) dispuestos cada uno de ellos a la salida de una de las columnas de recepción (a-h).
12. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que comprende uno o varios conectores.
13. Dispositivo según la reivindicación 12, en el que el (o los) conector(es) son de fuerza de introducción nula.
- 45 14. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que los bobinados de emisión de dos filas consecutivas tienen sentidos de arrollamiento opuestos.
15. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que los bobinados de recepción de dos columnas consecutivas tienen sentidos de arrollamiento opuestos.
- 50 16. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que las columnas de bobinados de recepción están cableadas en diferencial.

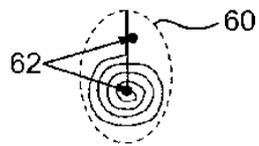
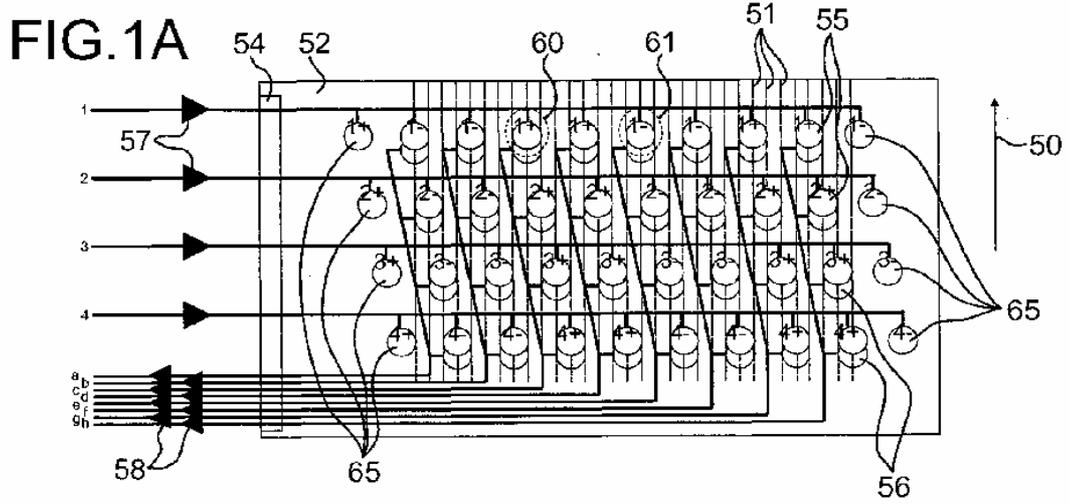


FIG.1B

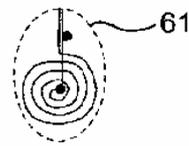


FIG.1C

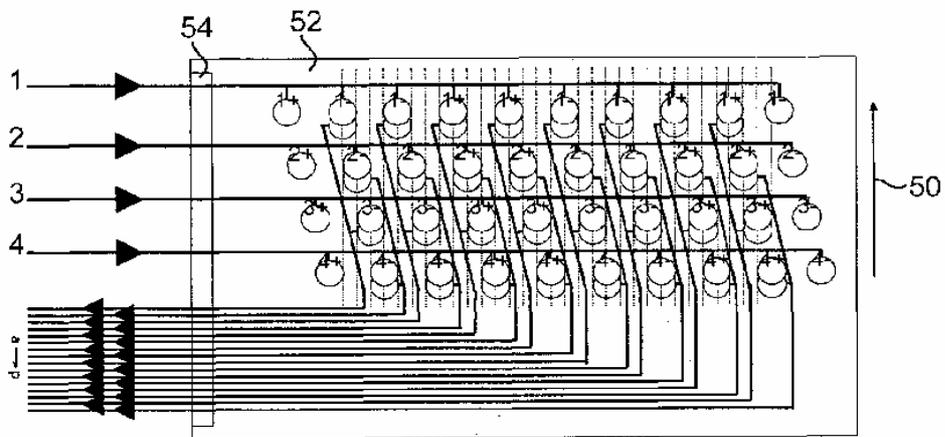


FIG.1D

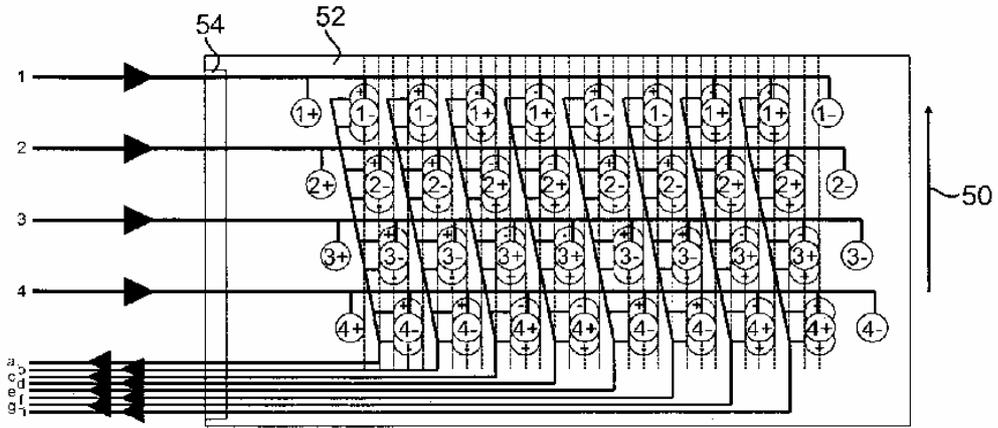


FIG. 1E

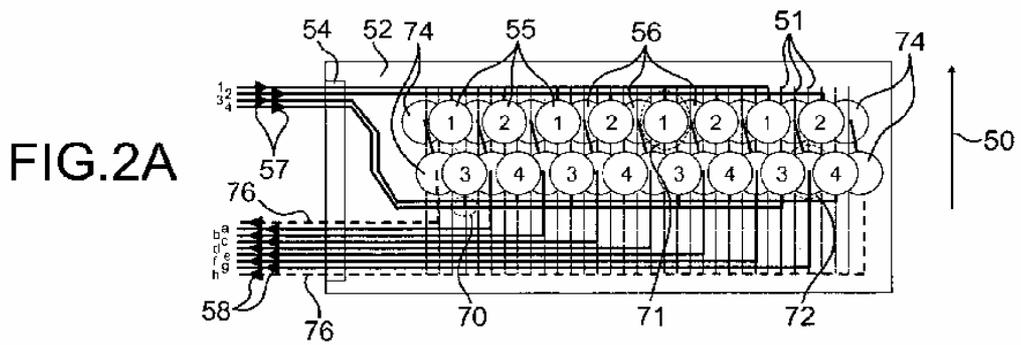


FIG. 2A

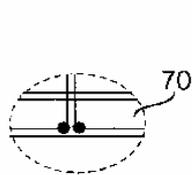


FIG. 2B

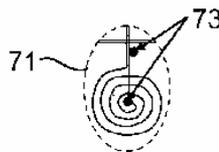


FIG. 2C

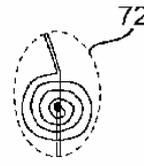


FIG. 2D

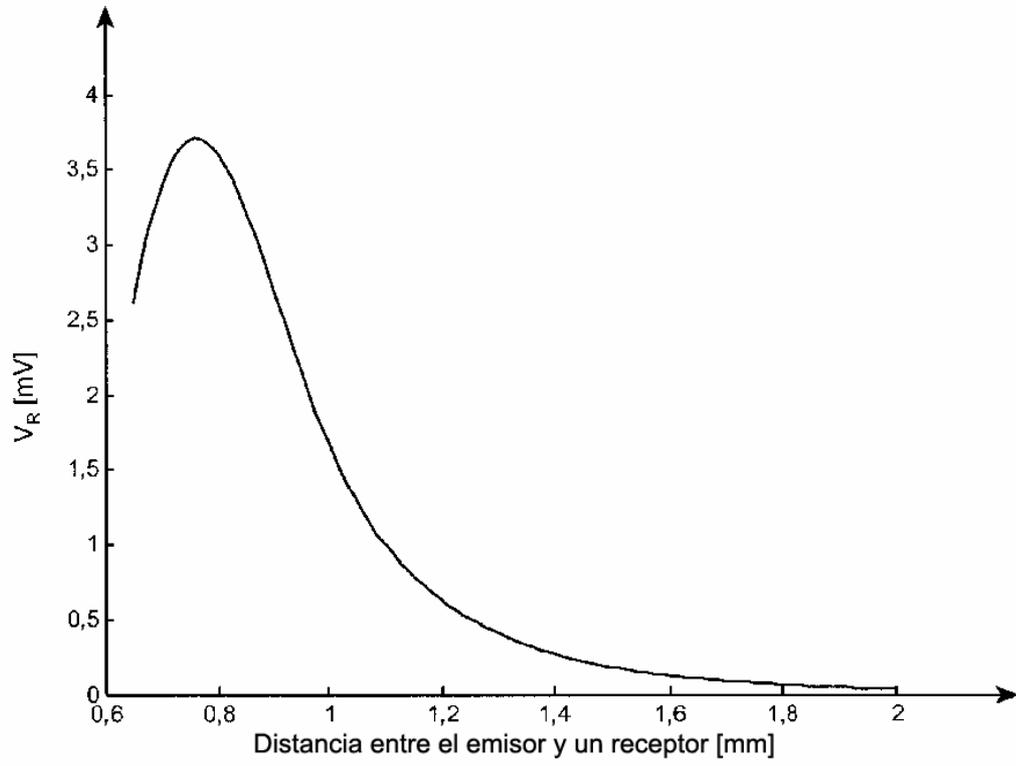


FIG.3