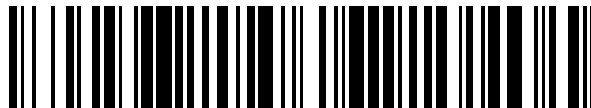


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 748**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011** E 17159565 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018** EP 3200561

54 Título: **Sistema de cocción de calentamiento por inducción**

30 Prioridad:

**22.11.2010 JP 2010259655**

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

**06.11.2018**

73 Titular/es:

**mitsubishi electric corporation (50.0%)  
7-3, Marunouchi 2-chome Chiyoda-Ku  
Tokyo 100-8310, JP y  
mitsubishi electric home appliance co.,  
ltd. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SHINDOI, TAKASHI;  
SHIKAI, MASAHIRO;  
SUMI, KAZUHIKO;  
TAKESHITA, MIYUKI;  
KINOSHITA, HIROKAZU y  
KAMEOKA, KAZUHIRO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 688 748 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**

Sistema de cocción de calentamiento por inducción

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un sistema de cocción de calentamiento por inducción que calienta inductivamente un único sujeto calentado en cooperación con una pluralidad de bobinas de calentamiento estrechamente dispuestas y un proceso de control del mismo y, en particular, se refiere a un sistema de cocción mediante calentamiento por inducción que es operable para determinar instantáneamente el material y la situación de colocación del sujeto calentado y capaz de proporcionar a las bobinas de calentamiento una corriente de alta frecuencia de frecuencia de accionamiento óptima, y un proceso de control del mismo.

**10 Antecedentes de la técnica**

Hasta ahora se han propuesto varios sistemas de cocción mediante calentamiento por inducción, por ejemplo, el Documento de Patente 1 (JP 2009-238 575 A) divulga una cocina de calentamiento por inducción que incluye una pluralidad de bobinas de calentamiento pequeñas o compactas dispuestas en un patrón de rejilla y una pluralidad de sensores dispuestos correspondientes a una de las bobinas de calentamiento para detectar si el sujeto calentado, tal como un hervidor o sartén, que determina un área sobre una placa superior ocupada por el sujeto calentado en base a las salidas de los sensores, de manera que se seleccionan unas de las bobinas de calentamiento alrededor del área ocupada.

20 Otro Documento de Patente 2 (JP 2008-293 871 A) divulga una cocina de calentamiento por inducción que incluye una pluralidad de bobinas de calentamiento pequeñas o compactas dispuestas también en un patrón de rejilla, una pluralidad de circuitos de accionamiento de medio puente (que tienen elementos de conmutación emparejados) para proporcionar individualmente a cada una de las bobinas de calentamiento corriente de alta frecuencia, y un circuito de control para controlar cada uno de los circuitos de accionamiento.

25 El circuito de control del Documento de Patente 2 detecta las cantidades de corriente que se extienden a través de cada una de las bobinas de calentamiento y las compara con un valor de umbral dado para determinar si la sartén está sobre cada una de las bobinas de calentamiento, controlando de este modo por separado cada uno de los circuitos de accionamiento para las bobinas de calentamiento sobre las que se coloca la sartén. Otro sistema de cocción de calentamiento por inducción de la técnica anterior se describe en el documento WO 2009/090152.

**Sumario de la invención****Problemas a resolver por la invención**

30 Sin embargo, los sensores utilizados para la cocina de calentamiento por inducción descrita en el Documento de Patente 1 son, por ejemplo, sensores ópticos, cada uno de los cuales detecta la sartén que está sobre la bobina correspondiente cuando recibe la reflexión desde la misma y no determina ninguna sartén sobre la bobina al no recibir ninguna reflexión y, por lo tanto, esos sensores se limitan a determinar si la sartén está o no sobre cada una de las bobinas de calentamiento (existencia o no existencia de la sartén).

35 Asimismo, el Documento de Patente 2 menciona que la cantidad de corriente a través de cada una de las bobinas de calentamiento se detecta y se compara con el valor de umbral dado y la sartén se determina sobre la bobina de calentamiento cuando la corriente detectada es menor que la corriente umbral predeterminada, y no cuando la corriente detectada es mayor que la misma. Del mismo modo, el Documento de Patente 2 simplemente sugiere determinar si la sartén está o no sobre cada una de las bobinas de calentamiento (existencia o no existencia de la sartén).

40 Por lo tanto, tales cocinas convencionales de calentamiento por inducción pueden determinar simplemente si la sartén está colocada sobre las bobinas de calentamiento por medio de los sensores ópticos, pero no puede determinar cómo está la sartén sobre la placa superior de la cocina de calentamiento por inducción (área de colocación de la sartén).

45 Además, dado que las cocinas de calentamiento por inducción del Documento de Patente 1 y 2 suministran una cantidad dada de corriente de alta frecuencia a las bobinas de calentamiento para las que los sensores detectan la sartén sobre las mismas, el fondo de la sartén puede calentarse de manera desigual de acuerdo con la situación de colocación de la sartén, lo que provoca una variación de la temperatura de la superficie del fondo de la sartén (o la potencia eléctrica aplicada al área de la unidad desde las bobinas de calentamiento), que a su vez puede generar cargas de alimento en la sartén y/o un golpeo parcial sobre el fondo de la sartén.

50 Es bien sabido que la sartén puede estar formada de diversos materiales, tales como SUS (acero inoxidable usado) magnético o no magnético, hierro, aluminio y que una condición de accionamiento optimizada de la bobina de calentamiento, tal como la frecuencia de accionamiento de la corriente de alta frecuencia aplicada a la bobina de calentamiento, puede variarse en base al material de la sartén. No obstante, el Documento de Patente 2 divulga

5 detectar cantidades de corriente que atraviesan cada una de las bobinas de calentamiento de la cocina de calentamiento por inducción, pero no divulga ni incluso sugiere la detección del material de la sartén que está dispuesto sobre las bobinas de calentamiento. De este modo, el horno de calentamiento por inducción del Documento de Patente 2 proporciona la corriente de alta frecuencia de frecuencia de accionamiento constante o fija con las bobinas de calentamiento, lo que puede impedir su alta eficiencia de calentamiento.

### Medios para resolver los problemas

10 Para abordar los inconvenientes anteriores, una realización de la presente invención es proporcionar un sistema de cocción de calentamiento por inducción, que comprende: una pluralidad ( $i = 2, 3, \dots$ ) de bobinas de calentamiento dispuestas de manera cercana para calentar un solo sujeto calentado en cooperación entre sí; una pluralidad de circuitos de accionamiento, suministrando cada uno de los circuitos de accionamiento corriente de alta frecuencia de la misma frecuencia individualmente a una de las bobinas de calentamiento;

15 una pluralidad de extractores de componentes de orden  $n$  ( $n$ : número natural), extrayendo cada uno de los extractores de componentes de orden  $n$  un componente de corriente de accionamiento de orden  $n$  de la corriente de accionamiento a través de cada una de las bobinas de calentamiento y un componente de tensión de accionamiento de orden  $n$  de la tensión de accionamiento a través de cada una de las bobinas de calentamiento; y

un controlador que calcula una resistencia de carga y una frecuencia de resonancia de cada una de las bobinas de calentamiento basándose en el componente de corriente de accionamiento de orden  $n$  y en el componente de tensión de accionamiento de orden  $n$  extraídos por los correspondientes extractores de componentes de orden  $n$ .

El controlador de acuerdo con la presente invención está adaptado para

20 a) determinar si el sujeto calentado está colocado o no sobre cada una de las bobinas de calentamiento de acuerdo con la resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{r_i}$ ) de cada una de las bobinas de calentamiento cuando se controla cada uno de los circuitos de accionamiento para suministrar la corriente de alta frecuencia que tiene una primera frecuencia de detección ( $F_{s1}$ ),

25 b) definir una frecuencia de accionamiento ( $F_D$ ) como la más alta de la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{r_i}$ ) de las bobinas de calentamiento más una frecuencia aditiva predeterminada ( $\Delta F$ ), y

c) controlar cada uno de los circuitos de accionamiento de las bobinas de calentamiento en las que se determina que está dispuesto el sujeto calentado, para suministrar la corriente de alta frecuencia que tiene la frecuencia de accionamiento ( $F_D$ ).

### Ventajas de la invención

30 De acuerdo con el sistema de cocción de calentamiento por inducción de la presente invención, cada una de las bobinas de calentamiento puede estar provista de una corriente de alta frecuencia que tiene una frecuencia de accionamiento ( $F_D$ ) que es la frecuencia de resonancia ( $F_{r_i}$ ) más una frecuencia aditiva predeterminada ( $\Delta F$ ), es decir, la frecuencia de accionamiento óptima para mejorar la eficiencia de calentamiento sin riesgo del impacto adverso sobre los elementos de conmutación de los circuitos de accionamiento, es decir, de forma segura y fiable.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático del circuito de un sistema de cocción de calentamiento por inducción que tiene una única bobina de calentamiento.

La figura 2 es una forma de onda de la tensión de accionamiento detectada por un detector de tensión de accionamiento, y una corriente de accionamiento detectada por un detector de corriente de accionamiento.

40 Las figuras 3A-3C son vistas en planta desde arriba de discos hechos de diversos materiales que están dispuestos sobre una bobina de calentamiento.

Las figuras 4A-4B son mapas que muestran la relación entre la frecuencia de resonancia y la resistencia de carga de los discos hechos de diversos materiales colocados en diferentes posiciones de colocación.

45 Las figuras 5A-5B son mapas que muestran la relación entre la inductancia y la resistencia de carga de los discos hechos de diversos materiales colocados en diferentes posiciones de colocación.

La figura 6 es un diagrama de bloques esquemático del circuito de un sistema de cocción de calentamiento por inducción alternativo que tiene una única bobina de calentamiento.

La figura 7 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento de la Realización 1 de acuerdo con la presente invención.

50

La figura 8 es un diagrama de bloques esquemático del circuito de un sistema de cocción de calentamiento por inducción de la Realización 1.

La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de la Realización 1;

5 La figura 10 es un diagrama de temporización que ilustra esquemáticamente un periodo de detección de carga y un periodo de accionamiento en el proceso de control de la Realización 1.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de la Realización 2.

Las figuras 12A y 12B son diagramas de flujo que ilustran un proceso de control de la Realización 2.

La figura 13 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento de la Realización 3.

La figura 14 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento modificada de la Realización 3.

10 La figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de la Realización 3.

La figura 16 es un diagrama de temporización que ilustra esquemáticamente un periodo de detección de carga y un periodo de accionamiento en el proceso de control de la Realización 3.

### Descripción de realizaciones

15 Antes de la descripción detallada de varias realizaciones de un sistema de cocción de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención, se describirá un principio teórico para detectar no solo la existencia o no existencia de un sujeto calentado, tal como una sartén, sobre una bobina de calentamiento electromagnética (a la que se hace referencia aquí simplemente como "bobina de calentamiento"), sino también situación de posición (área de posición) y el material del sujeto calentado, así como una frecuencia de accionamiento óptima de la corriente de alta frecuencia suministrada a las bobinas de calentamiento cuando el sujeto calentado se calienta, de una manera instantánea o dentro de una fracción de segundo. El proceso para detectar instantáneamente lo anterior puede citarse aquí simplemente como "detección de carga" o "detección de sartén".

### Principio teórico de la detección de carga

25 Con referencia a las figuras 1 a 6, se describirá en detalle el principio teórico de la detección de carga (detección de la sartén). La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático del circuito de un sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 que tiene una única bobina de calentamiento. El sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 incluye generalmente un circuito de rectificación 12, un circuito de accionamiento 14, un calentador de inducción LCR 20, un detector de tensión de accionamiento 30 y un detector de corriente de accionamiento 32. El circuito de rectificación 12 es operable para rectificar la corriente alterna monofásica o trifásica de una fuente de alimentación comercial 10 en corriente continua.

30 El circuito de accionamiento 14 está adaptado para suministrar corriente de alta frecuencia de una frecuencia de accionamiento dada a una bobina de calentamiento 22. El calentador de inducción LCR 20 está compuesto por la bobina de calentamiento 22 y un condensador de resonancia 24 conectados en serie entre sí. El detector de tensión de accionamiento 30 está adaptado para detectar la tensión de accionamiento a través del calentador de inducción LCR 20 y el detector de corriente de accionamiento 32 está adaptado para detectar la corriente de accionamiento a través del calentador de inducción LCR 20.

35 Más específicamente, el circuito de rectificación 12 puede estar adaptado para rectificación de onda completa o de media onda, y puede incluir un circuito de filtrado que tiene una inductancia para formar un componente directo y un condensador (no mostrado). Además, el circuito de accionamiento 14 puede estar compuesto por un inversor que tiene una pluralidad de elementos de conmutación tales como IGBTs (no mostrados), que pueden ser cualquier tipo de inversor, por ejemplo, un circuito de inversor de medio puente y un circuito de inversor de puente completo.

40 Como se ha explicado anteriormente, el calentador de inducción LCR 20 está compuesto por la bobina de calentamiento 22 y el condensador de resonancia 24 conectados en serie entre sí, y la bobina de calentamiento 22 se denomina en la figura 1, como circuitos equivalentes de inductancia  $L$  y resistencia de carga  $R$ . En este dibujo, ilustrado anteriormente, la inductancia  $L$  es el sujeto calentado  $P$  tal como una sartén. Cuando se suministra con corriente de alta frecuencia, la bobina de calentamiento 22 genera un campo magnético alternativo que enlaza magnéticamente con el sujeto calentado  $P$  hecho de material conductor, y provoca corrientes parásitas dentro del sujeto calentado  $P$ , calentando de este modo el propio sujeto calentado.

45 En general, la resistencia de carga  $R$  del calentador de inducción LCR 20 varía de acuerdo con la existencia y/o situación de posición (área y posición de ajuste) de la sartén  $P$ , es decir, con campo magnético alterno que se enlaza magnéticamente con la sartén  $P$ . Así, la resistencia de carga  $R$  del calentador de inducción LCR 20 es equivalente a la resistencia de cableado  $R_c$  de la bobina de calentamiento 22 cuando no hay ninguna sartén  $P$  sobre la bobina de calentamiento  $P$ , además de una resistencia aparente  $R_L$  de la sartén  $P$  aparecida cuando la sartén  $P$  se coloca sobre la bobina de calentamiento (es decir,  $R = R_c + R_L$ ).

5 Debe observarse que cualquier tipo de detectores de tensión comúnmente conocidos en la técnica pueden usarse como el detector de tensión de accionamiento 30 para detectar la tensión de accionamiento (tensión de salida) **V** a través del calentador de inducción LCR 20. Además, se puede utilizar cualquier tipo de detectores de corriente como el detector de corriente de accionamiento 32 para detectar la corriente de accionamiento (corriente de salida) **I** a través del calentador de inducción LCR 20, tal como un transformador de corriente.

10 El sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 de la presente invención incluye además un extractor 40 de componente primario conectado eléctricamente con el detector 30 de tensión de accionamiento y el detector 32 de corriente de accionamiento. Como se ha descrito anteriormente, aunque el circuito de accionamiento 14 es un inversor que tiene elementos de conmutación tales como IGBTs (transistores bipolares de puerta aislada), cada uno de los IGBTs del circuito de accionamiento 14 es accionado por una señal de control (señal de puerta) que tiene una frecuencia de accionamiento dada (30 kHz, por ejemplo), el detector de tensión de accionamiento 30 y el detector de corriente de accionamiento 32 detectan la tensión de accionamiento modulada de alta frecuencia **V** y la corriente de accionamiento **I**, como se muestra en la figura 2, que contienen una pluralidad de componentes de orden de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de accionamiento **I**, respectivamente.

15 La tensión de accionamiento modulada de alta frecuencia **V** y la corriente de accionamiento **I** se expresan generalmente como una forma de onda compuesta que contiene múltiples componentes de orden de formas de onda de tensión de accionamiento y formas de onda de corriente de accionamiento que tienen componentes de orden superior de múltiple integral de la frecuencia de accionamiento, respectivamente.

20 El extractor de componentes primarios 40 de acuerdo con la presente invención está adaptado para extraer solamente los componentes primarios de la tensión de accionamiento detectada **V** y la corriente de accionamiento detectada **I**, cada una de las cuales tiene la misma frecuencia que la frecuencia de accionamiento. El extractor de componentes primarios 40 está adaptado para extraerlos, muestreando datos de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de accionamiento **I** a una frecuencia de muestreo igual a dos o más veces (múltiple integral) de la frecuencia de accionamiento, y realizando una transformación discreta de Fourier con los datos muestreados de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I**.

25 De manera más tangible, el extractor de componentes primarios 40 incluye un convertidor A/D (no mostrado) para convertir la tensión de accionamiento analógica **V** y la corriente de accionamiento **I** en múltiples datos digitales a la frecuencia de muestreo superior a la frecuencia de accionamiento para extraer los componentes primarios de la tensión de accionamiento de muestreo **V** y la corriente de accionamiento **I** a partir de los múltiples componentes de orden de datos muestreados de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de accionamiento **I**. Debe tenerse en cuenta que el extractor de componentes primarios 40 puede utilizar cualquier tipo de algoritmos comercialmente disponibles para extraer los componentes primarios (componentes de primer orden de datos muestreados) de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I** de los componentes de orden múltiple de los datos muestreados.

30 Mientras tanto, el extractor de componentes primarios 40 está diseñado para procesar los componentes primarios de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I** expresada mediante una notación compleja como sigue:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_{1\text{ Re}} + j \times V_{1\text{ Im}} \\ I_1 &= I_{1\text{ Re}} + j \times I_{1\text{ Im}} \end{aligned} \quad \dots(1),$$

35 en el que **V**<sub>1</sub>, **I**<sub>1</sub> indican los componentes primarios de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de accionamiento **I**. Además, **V**<sub>1Re</sub>, **I**<sub>1Re</sub> indican partes reales de **V**<sub>1</sub>, **I**<sub>1</sub>; mientras que **V**<sub>1Im</sub>, **I**<sub>1Im</sub> indican partes imaginarias de **V**<sub>1</sub>, **I**<sub>1</sub>, respectivamente; y *j* es una unidad imaginaria.

La impedancia **Z** del calentador de inducción LCR 20 y el desplazamiento de fase  $\theta$  entre la tensión de accionamiento **V**<sub>1</sub> y la corriente de accionamiento **I**<sub>1</sub> (la fase de la tensión de accionamiento **V**<sub>1</sub> sobre la corriente de accionamiento **I**<sub>1</sub>, o la fase de la impedancia **Z**) se expresan como sigue:

$$\begin{aligned} Z &= V_1 / I_1 \\ \theta &= \arctan(\text{Im}(Z) / \text{Re}(Z)) \end{aligned} \quad \dots(2),$$

45 en el que Im(Z) y Re(Z) indican la parte real y la parte imaginaria de la impedancia **Z**, respectivamente. El desplazamiento de fase  $\theta$  puede expresarse con el "arcoseno" o el "arcocoseno" en lugar del "arcotangente", lo cual puede ser más beneficioso porque el "arcotangente" probablemente diverge y contiene muchos errores de cálculo en el desplazamiento de fase  $\theta$  cercano a 90°.

50

El sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 de la presente invención incluye además un controlador 50 conectado eléctricamente tanto al circuito de accionamiento 14 como al extractor de componente primario 40, como se ilustra en la figura 1. El controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la impedancia **Z** del calentador de inducción LCR 20 y el desplazamiento de fase  $\theta$  entre la tensión de accionamiento **V**<sub>1</sub> y la corriente de accionamiento **I**<sub>1</sub> basándose en la Fórmula (2) anterior, y para aplicar una serie de señales de control de accionamiento apropiadas (señales de puerta) al circuito de accionamiento 14 en consecuencia.

Además, el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la potencia eléctrica efectiva **W**<sub>E</sub> y la corriente efectiva **I**<sub>E</sub> como sigue:

$$\begin{aligned} W_E &= \text{Re}(V_1 \times I_1^*) / 2 \\ I_E &= \sqrt{I_1 \times I_1^*} / \sqrt{2} \end{aligned} \quad \dots(3).$$

10 en el que **I**<sub>1</sub><sup>\*</sup> es una conjugación compleja de la corriente de accionamiento **I**<sub>1</sub>.

Como se ha explicado anteriormente, basándose en la tensión de accionamiento primaria **V**<sub>1</sub> y la corriente de accionamiento primaria **I**<sub>1</sub>, el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la impedancia **Z** del calentador de inducción LCR 20, el desplazamiento de fase (argumento)  $\theta$  entre la tensión de accionamiento primaria **V**<sub>1</sub> y la corriente de accionamiento primaria **I**<sub>1</sub>, la potencia eléctrica efectiva **W**<sub>E</sub> y la corriente efectiva **I**<sub>E</sub>.

15 Por otro lado, en un circuito LCR típico que incluye el calentador de inducción LCR 20, parámetros tales como la resistencia de carga **R**, la impedancia **Z**, la inductancia **L** y la frecuencia de resonancia **Fr** de la bobina de calentamiento 22 se pueden expresar como sigue:

$$\begin{aligned} R &= W_E / I_E^2 \\ Z &= R + j \times (\omega L - 1 / \omega C) \\ L &= (R \tan \theta + 1 / \omega C) / \omega \\ Fr &= 1 / 2\pi \sqrt{LC} \end{aligned} \quad \dots(4),$$

20 en el que  $\omega$  es la frecuencia **f** de los componentes primarios (igual que la frecuencia de accionamiento por definición,  $\omega = 2\pi f$ ), y **C** es la capacitancia del condensador de resonancia 24, ambos conocidos. El controlador 50 de la presente invención es capaz de calcular adicionalmente la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** (= **R**<sub>c</sub> + **R**<sub>L</sub>) basada en la Fórmula (4) con la fase  $\theta$  calculada por la Fórmula (2).

Similarmente, se puede usar otro enfoque para el cálculo de la frecuencia de resonancia **Fr** tal como se describe en el presente documento. Como se ha explicado anteriormente, la resistencia de carga **R** y la impedancia **Z** se replican como sigue:

25

$$\begin{aligned} Z &= V_1 / I_1 \\ Z &= R + j \times (\omega L - 1 / \omega C) \end{aligned} \quad \dots(5).$$

Mediante la modificación de la Fórmula (5), la inductancia **L** puede expresarse como sigue:

$$\begin{aligned} R &= \text{Re}(Z) \\ L &= (\text{Im}(Z) + 1 / \omega C) / \omega \end{aligned} \quad \dots(6).$$

30 Por lo tanto, el controlador 50 es capaz de calcular la frecuencia de resonancia **Fr** con la inductancia **L** calculada por la Fórmula (6) y la capacitancia **C** conocida del condensador de resonancia 24.

$$Fr = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \quad \dots(7).$$

35 Como se describirá aquí en detalle, para cada una de las bobinas de calentamiento, al calcular la frecuencia de resonancia **Fr** (o inductancia **L**) y la resistencia de carga **R** de los componentes primarios de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I**, el controlador 50 de la presente invención es capaz de determinar instantáneamente la situación de colocación del sujeto calentado **P** (incluyendo si la sartén **P** está o no sobre la bobina de calentamiento) así como el material del sujeto calentado **P**, y controlar la potencia eléctrica de los circuitos

de accionamiento 14 según una relación de la resistencia de carga **R** influenciada por la sartén **P** para cada una de las bobinas de calentamiento.

5 Debe observarse que el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la frecuencia de resonancia **Fr** (o inductancia **L** de la bobina de calentamiento 22) y la resistencia de carga **R**, de los componentes primarios de la tensión de accionamiento modulado de alta frecuencia **V** y la corriente de accionamiento **I** detectada dentro de un solo "ciclo de accionamiento de la bobina" como se muestra en la figura 2 (en aproximadamente 33 microsegundos a la frecuencia de accionamiento de 30 kHz), en un periodo de tiempo bastante corto.

10 En este caso, se hará una descripción detallada con algunos ejemplos de cómo el controlador 50 de la presente invención determina la situación de colocación (área de colocación sobre la bobina de calentamiento) de la sartén **P** tras el cálculo de la frecuencia de resonancia **Fr** y de la resistencia de carga **R**.

Las figuras 3A, 3B y 3C son vistas en planta desde arriba de la bobina de calentamiento 22 y una pluralidad de discos 26 dispuestos sobre la bobina de calentamiento.

15 Se preparan cuatro discos 26 que están hechos de hierro, acero inoxidable magnético, acero inoxidable no magnético y aluminio. Cada uno de los discos 26 se considera una pseudo-sartén **P**. Los diámetros de la bobina de calentamiento 22 y el disco 26 son de aproximadamente 180 mm y aproximadamente 200 mm, respectivamente, y el espesor de cada disco 26 es de aproximadamente 1,5 mm. En la figura 3A, el disco 26 está dispuesto sobre un centro (denominado centro **O**) de la bobina de calentamiento 22, cuya situación de colocación se denomina "tasa de superposición del 100 %".

20 Además, en las figuras 3B y 3C, los discos 26 están separados del centro, de modo que los extremos periféricos **E** de los mismos se sitúan en un 75 % y un 50 % del diámetro de la bobina de calentamiento 22, cuyas situaciones de colocación se denominan "tasa de superposición del 75 %" y "tasa de superposición del 50 %", respectivamente. Por lo tanto, la situación de colocación con la tasa de superposición del 50 % significa que el disco 26 tiene el extremo periférico **E** del disco 26 situado en el centro **O** de la bobina de calentamiento 22.

25 Después de que cada uno de los discos 26 hechos de hierro, acero inoxidable magnético, acero inoxidable no magnético y aluminio se coloque sobre la bobina de calentamiento 22 de manera que la tasa de superposición sea del 100 %, 75 % y 50 % (correspondiente a las figuras 3A, 3B y 3C, respectivamente), la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** se calculan a partir de los componentes primarios de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de accionamiento **I** como se ha explicado anteriormente, y se representan en un mapa (diagrama) como se muestra en la figura 4A. Además, cuando no se coloca ningún disco sobre la bobina de calentamiento 22 (por lo tanto, la situación de colocación sin carga), la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** se calculan en un punto marcado por un doble círculo en las figuras 4A y 4B.

35 En la presente invención, para cada uno de los discos 26 hechos de materiales diferentes, los puntos trazados (**Fr**, **R**) que tienen las tasas de superposición de 100 %, 75 % y 50 % pueden alinearse continuamente, para definir una "región de supresión de accionamiento" que tiene la tasa de superposición inferior al 50 %, como se muestra mediante un sombreado en la figura 4B. Por lo tanto, cuando se detecta el punto de la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** que cae dentro de la región de supresión de accionamiento predeterminada que tiene la tasa de superposición inferior al 50 %, el controlador 50 de la presente invención puede operar para controlar el circuito de accionamiento 14 para no suministrar la energía eléctrica al calentador de inducción LCR 20, puesto que determina que la sartén **P** está insuficientemente colocada sobre la bobina de calentamiento 22 o simplemente hay un objeto pequeño sobre la misma.

Aparentemente, el umbral de la tasa de superposición para determinar la supresión de la fuente de alimentación eléctrica no está limitado al 50 %, que puede ser inferior al 40 % o inferior al 60 %.

45 Como se ha explicado anteriormente, el controlador 50 de la presente invención incluye una memoria que almacena la región predeterminada de supresión de accionamiento que prohíbe el suministro de la corriente de alta frecuencia al calentador de inducción LCR 20 y está adaptada para controlar el circuito de accionamiento 14, permitiendo la corriente de alta frecuencia al calentador de inducción LCR 20 solo cuando los parámetros detectados de la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** se sitúan fuera de la región de supresión de accionamiento. Además, la región de supresión de accionamiento puede extenderse sobre una región de menor resistencia de carga **R**, como se muestra en la figura 4B para no calentar la sartén **P** hecha de aluminio. De este modo, la región de supresión de accionamiento puede ajustarse arbitrariamente o seleccionarse de acuerdo con su especificación.

50 Alternativamente, la memoria del controlador 50 puede almacenar una expresión de función que define la región predeterminada de supresión de accionamiento con la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R**. Por ejemplo, varios puntos (**Fr**, **R**) que tienen la tasa de superposición mínima predeterminada, por ejemplo, 50 %, para cuatro discos 26 de material diferente, tal como acero inoxidable magnético, están conectados continuamente mediante un conjunto de líneas rectas o curvas, y el controlador 50 puede definir y almacenar funciones de supresión de accionamiento que pueden ser funciones de orden  $n$  lineales, cuádricas o superiores ( $n$  indica un número natural mayor que dos) siguiendo las líneas rectas o curvas que definen la región de supresión de accionamiento.

Las funciones de supresión de accionamiento pueden expresarse como  $R \leq p_i \times Fr + q_i$ , donde  $p_i$  y  $q_i$  son coeficientes para  $i = 1, 2, 3, \dots$ . De este modo, el controlador 50 está adaptado para controlar el circuito de accionamiento 14, permitiendo la corriente de alta frecuencia al calentador de inducción LCR 20 solo cuando los parámetros calculados de la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$  se encuentran fuera de la región de supresión de accionamiento definida por las funciones de supresión de accionamiento.

También mientras se conectan continuamente puntos que muestran las tasas de superposición del 100 %, 75 % y 50 %, la tasa de superposición del disco 26 hecha de cualquier material se puede estimar basándose en la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$ , como se muestra en la figura 4B. Por ejemplo, cuando la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$  representadas por un signo de estrella en la figura 4B, el controlador 50 de la presente invención determina que la sartén  $P$  está sobre la bobina de calentamiento 55 a la tasa de superposición del 75 %, puesto que el punto trazado se sitúa en la línea discontinua que conecta continuamente la tasa de superposición del 75 %.

Además, dado que el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular rápidamente la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$  de los componentes primarios de la tensión de accionamiento modulada de alta frecuencia  $V$  y la corriente de accionamiento  $I$  detectada dentro de un único ciclo (dentro de unos 33 microsegundos a la frecuencia de accionamiento de 30 kHz), para evitar el calentamiento del objeto pequeño que no se ha de calentar. Esto asegura un sistema más seguro y ahorra energía eléctrica eliminando el consumo indeseado de energía en ninguna carga de la bobina de calentamiento.

En otras palabras, de acuerdo con la presente invención, el cálculo de la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$  contribuyen a determinaciones rápidas del material y la situación de colocación de la sartén  $P$  (es decir, cuánta área de la sartén  $P$  está colocada sobre la bobina de calentamiento 22) para facilitar el calentamiento de la sartén  $P$  bajo la condición de calentamiento óptimo para el material y la situación de colocación de la sartén  $P$ .

En lo anterior, el controlador 50 está adaptado para detectar la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$ . Alternativamente, el controlador 50 puede estar diseñado para calcular la inductancia  $L$  de la bobina de calentamiento 22 y la resistencia de carga  $R$ , para controlar el circuito de accionamiento 14. Las figuras 5A y 5B son mapas (diagramas) que muestran una relación entre la inductancia  $L$  de la bobina de calentamiento 22 y la resistencia de carga  $R$  calculada a partir de los componentes primarios de la tensión de accionamiento  $V$  y la corriente de accionamiento  $I$ , que son similares a las figuras 4A y 4B. Cuando no se coloca ningún disco (es decir, la situación de colocación sin carga), la inductancia  $L$  y la resistencia de carga  $R$  se obtienen en un punto marcado por un doble círculo en las figuras 5A y 5B.

El controlador 50 puede operar para controlar el circuito de accionamiento 14, permitiendo la corriente de alta frecuencia al calentador de inducción LCR 20 solamente cuando los parámetros detectados de la inductancia  $L$  y la resistencia de carga  $R$  están fuera de la región de supresión de accionamiento (mostrada mediante un sombreado en la figura 5B). El umbral de la tasa de superposición para determinar la supresión de la fuente de alimentación eléctrica se puede fijar como inferior al 40 %. Además, la región de supresión de accionamiento puede estar definida para no calentar la sartén  $P$  hecha de aluminio.

Alternativamente, el controlador 50 puede estar adaptado para almacenar una expresión de función, por avanzado, que define la región predeterminada de supresión de accionamiento con la inductancia  $L$  y la resistencia de carga  $R$ . Por ejemplo, varios puntos ( $L$ ,  $R$ ) que tienen la tasa de superposición mínima predeterminada, por ejemplo, 50 %, para cuatro discos 26 de material diferente, tal como acero inoxidable magnético, están conectados continuamente mediante un conjunto de líneas rectas o curvas, y el controlador 50 puede definir y almacenar funciones de supresión de accionamiento que pueden ser funciones de orden  $n$  lineales, cuadráticas o superiores ( $n$  indica un número natural mayor que dos) siguiendo las líneas rectas o curvas que definen la región de supresión de accionamiento.

Las funciones de supresión de accionamiento pueden expresarse como  $R \leq p_i \times L + q_i$ , donde  $p_i$  y  $q_i$  son coeficientes para  $i = 1, 2, 3, \dots$ . De este modo, el controlador 50 está adaptado para controlar el circuito de accionamiento 14, permitiendo la corriente de alta frecuencia al calentador de inducción LCR 20 solo cuando los parámetros calculados de la inductancia  $L$  y la resistencia de carga  $R$  se encuentran fuera de la región de supresión de accionamiento definida por las funciones de supresión de accionamiento.

También mientras se conectan continuamente puntos que muestran las tasas de superposición del 100 %, 70 % y 40 % como se muestra en la figura 5B, se puede estimar la tasa de superposición del disco 26 hecho de cualquier material basándose en la inductancia  $L$  y en la resistencia de carga  $R$ . Por ejemplo, cuando la inductancia  $L$  y la resistencia de carga  $R$  representadas por un signo de estrella en la figura 5B, el controlador 50 de la presente invención determina que la sartén  $P$  se apoya sobre la bobina de calentamiento 55 a una velocidad de superposición del 70%, puesto que el punto trazado se sitúa en la línea discontinua que conecta continuamente la tasa de superposición del 70 %.



En general, es bien conocido que la sartén **P** puede calentarse de la manera más eficaz cuando la frecuencia de accionamiento es igual a la frecuencia de resonancia única para la sartén **P**. El controlador 50 de la presente invención encuentra la frecuencia de resonancia **Fr**, para elegir la frecuencia de accionamiento igual a la frecuencia de resonancia **Fr**. Además, la frecuencia de accionamiento menor que la frecuencia de resonancia **Fr** proporciona un efecto adverso sobre los elementos de conmutación, tales como IGBTs, por lo tanto, si la frecuencia de resonancia **Fr** no se identificó exactamente en la técnica convencional, la frecuencia de accionamiento se ha elegido a menudo mucho más alta que la frecuencia de resonancia real.

Por ejemplo, la sartén **P** de aluminio tiene la frecuencia de resonancia **Fr** sustancialmente mayor que la del acero inoxidable magnético y el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 puede estar diseñado para calentar la sartén **P** tanto de aluminio como de acero inoxidable magnético. En este caso, la sartén **P** de acero inoxidable magnético debe calentarse a una frecuencia de accionamiento superior, incluso a la frecuencia de resonancia **Fr** de la sartén **P** de aluminio, lo que limitaría la corriente de Foucault generada en la sartén **P** de acero inoxidable magnético y, por lo tanto, la sartén **P** de acero inoxidable magnético no podría suministrarse con potencia tanto como aquella, que de otro modo podría suministrarse a la frecuencia de resonancia **Fr** de la sartén **P** de acero inoxidable magnético.

Esto reduciría sustancialmente el rendimiento del sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 para proporcionar a la bobina de calentamiento potencia suficiente. Sin embargo, de acuerdo con la detección de carga de la presente invención, la frecuencia de resonancia **Fr** de la sartén **P** puede detectarse instantáneamente como se ha descrito anteriormente, por lo que la frecuencia de accionamiento para optimizar la potencia de calentamiento deseada puede determinarse rápidamente, de manera que el rendimiento el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 se puede maximizar.

Aunque se utiliza un transformador de corriente para el detector de corriente de accionamiento 32 en la descripción anterior, alternativamente, se puede usar un detector de tensión de condensador 34 para determinar la corriente de accionamiento a través del calentador de inducción LCR 20 detectando la tensión de la capacitancia a través de la capacitancia de resonancia 24. La figura 6 es un diagrama de bloques de circuito esquemático alternativo similar a la figura 1.

Como se ilustra en la figura 6, el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 incluye el detector de tensión de condensador 34 conectado eléctricamente con el extractor de componentes primarios 40, para medir una tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>** a través de la capacitancia de resonancia 24. Similar a la tensión de accionamiento **V**, la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>** contiene componentes de orden superior de múltiplo integral de la frecuencia de accionamiento. De este modo, el extractor de componentes primarios 40 puede operar para extraer el componente primario (o componente de primer orden que tiene la frecuencia igual que la frecuencia de accionamiento) de la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>**, realizando la transformación discreta de Fourier con los datos muestreados de la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>**, que también puede expresarse mediante una notación compleja. Existe una relación entre el componente primario de la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>**, y la corriente de accionamiento **I<sub>1</sub>**, como sigue:

$$\begin{aligned} V_{C1} &= I_1 / j\omega C \\ I_1 &= j\omega C V_{C1} \end{aligned} \quad \dots(8),$$

en el que  $\omega$  es la frecuencia **f** de los componentes primarios (igual que la frecuencia de accionamiento por definición,  $\omega = 2\pi f$ ), y **C** es la capacitancia del condensador de resonancia 24, que son conocidos. Como se ve claramente a partir de la Fórmula (8), la corriente de accionamiento **I<sub>1</sub>** tiene una fase que avanza por delante de la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>** mediante  $\pi/2$ , es decir, 90°. Por lo tanto, cuando la tensión de capacitancia **V<sub>c</sub>** se expresa mediante una notación compleja, el componente primario de la corriente de accionamiento **I<sub>1</sub>** se puede calcular fácilmente, como sigue:

$$\begin{aligned} V_{C1} &= a + j \times b \\ I_1 &= (-b + j \times a) \times \omega C \end{aligned} \quad \dots(9).$$

Basándose en la corriente de accionamiento **I<sub>1</sub>**, la frecuencia de resonancia **Fr** (o la inductancia **L** de la bobina de calentamiento 22) y la resistencia de carga **R** se calculan como se ha descrito anteriormente para determinar el material de la sartén y la situación de colocación (incluyendo si la sartén **P** se coloca o no sobre la bobina de calentamiento 22). Además, dado que el transformador de corriente relativamente caro puede ser reemplazado por el detector de tensión de condensador 34 para detectar la corriente de accionamiento a un coste más razonable, de manera que se puede reducir el coste de fabricación de los sistemas de cocción de calentamiento por inducción.

En la descripción anterior, el extractor de componentes primarios 40 se utiliza para extraer los componentes primarios de la tensión de accionamiento **V** detectada por el detector de tensión de accionamiento 30 y la corriente de accionamiento **I** detectada por el detector de corriente de accionamiento 32, se puede utilizar extractor de componentes de orden **n** para extraer **n**-ésimos componentes de la tensión de accionamiento **V** y de la corriente de

accionamiento **I** para calcular la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R**.

En general, cuando se calienta por inducción el sujeto calentado **P** de aluminio, se requiere suministrar a la bobina de calentamiento, la corriente modulada de alta frecuencia que tiene una frecuencia mayor que la requerida para calentar por inducción el sujeto calentado **P** de hierro. Se ha propuesto el denominado sistema de cocción de calentamiento por inducción "totalmente metálico" que está adaptado para calentar sartenes de cualquier metal que tenga esta conductividad electrónica y permeabilidad magnética, tal como aluminio (por ejemplo, patente japonesa JP 3 460 997 B), y ahora está disponible comercialmente. La presente invención se puede incorporar también en el sistema de cocción de calentamiento por inducción "totalmente metálico".

Al calentar la sartén **P** de aluminio con la corriente de accionamiento **I** de frecuencia igual a  $n$  veces de la frecuencia de accionamiento, a menudo se controla de tal manera que se reduce el componente primario de la corriente de accionamiento y el componente de orden  $n$  de la corriente de accionamiento aumenta.

En el caso en que los componentes de orden  $n$  (por ejemplo, terceros componentes) de la corriente de accionamiento **I** y de la tensión de accionamiento **V** sean mayores que su componente primario, el extractor de componentes de orden  $n$  puede seleccionar los componentes de orden  $n$  para el cálculo instantáneo de la frecuencia de resonancia **Fr** y de la resistencia de carga **R** de una manera similar a la descrita anteriormente. En este ejemplo, este cálculo con los componentes de orden  $n$  elimina ventajosamente la necesidad de aumentar la resolución del convertidor A/D.

Aunque no se ilustra en detalle, se puede obtener un mapa (diagrama) que muestra una relación entre la frecuencia de resonancia **Fr** y la resistencia de carga **R** calculada a partir de los  $n$ -ésimos componentes de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I**, que es similar a la figura 4A. Sin embargo, la resistencia de carga del disco de aluminio es mayor que la de la figura 4A, ya que la frecuencia de resonancia es mayor. De este modo, el controlador 50 es operable para calcular la frecuencia de resonancia **Fr** (o inductancia **L**) y la resistencia de carga **R** de los componentes de orden  $n$  de la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I**.

Mientras tanto, como la tensión aplicada a través del calentador de inducción LCR 20 da impacto directo sobre la tensión de accionamiento **V** y la corriente de accionamiento **I** como se muestra en la figura 2, es preferible conformar su forma de onda como completamente plana. Aunque la tensión de la fuente de alimentación comercial 10 se rectifica mediante el circuito de rectificación 12 como se muestra en la figura 1, se requiere un condensador de alisado con una capacitancia bastante grande para rectificar completamente en corriente continua sin ninguna pulsación.

Por otra parte, como el condensador de alisado con esta gran capacidad reduce la eficiencia de la potencia, no es práctico usarlo. Más bien, en realidad, especialmente cuando la potencia suministrada a la bobina de calentamiento 20 es sustancial, incluso después de que la tensión a través del calentador de inducción LCR 20 se rectifica mediante el circuito de rectificación 12, tiene una forma de onda similar a una serie de medias ondas.

De este modo, aunque es ventajoso utilizar eficientemente el intervalo dinámico de la salida de tensión desde el extractor de componentes primarios 40 (convertidor A/D), como la variación de la forma de onda de la tensión rectificadas es relativamente menor cerca del pico de tensión, el controlador 50 está preferiblemente adaptado para realizar la detección de carga cerca del pico de la forma de onda de la tensión.

Por ejemplo, cuando una forma de onda de la tensión rectificadas que es similar a una serie de medias ondas tiene un ciclo CA (ciclo de suministro de energía) de aproximadamente 16,6 milisegundos a una frecuencia de CA de 60 Hz y un ciclo de accionamiento de la bobina de aproximadamente 40 microsegundos a una frecuencia de accionamiento de 25 kHz, el controlador 50 está preferiblemente adaptado para realizar la detección de carga en uno de los ciclos de CA cerca del pico de forma de onda y durante un ciclo de accionamiento de bobina de 40 microsegundos.

Como se ha explicado anteriormente, el proceso de la detección de carga de acuerdo con la presente invención se utiliza para determinar instantáneamente la situación de colocación (área de colocación) y el material de composición del sujeto calentado **P**, así como la frecuencia de accionamiento óptima de la corriente de alta frecuencia suministrada al calentar el sujeto calentado **P**.

### Realización 1

Ahora, al considerar el proceso de detección de carga como se ha descrito anteriormente, la realización 1 del sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 se describirá aquí en detalle con referencia a las figuras 7-10. La figura 7 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento 22 de la realización 1, que incluye una bobina central 22a formada enrollando un alambre conductor en un plano y una bobina periférica 22b formada enrollando otro alambre conductor concéntricamente alrededor de la bobina central 22a. La bobina central 22a y la bobina periférica 22b están situadas cerca y están adaptadas para calentar una sola sartén **P** en cooperación entre sí. Sin limitación, dos de las sub-bobinas (la bobina central 22a y la bobina periférica 22b), la bobina de calentamiento 22 de la presente invención puede incluir tres o más sub-bobinas mientras calienten de una única sartén **P** en cooperación entre sí.

La figura 8 es un diagrama de bloques de circuito esquemático del sistema de cocción de calentamiento por inducción 1, que incluye generalmente dos circuitos rectificadores 12a, 12b adaptados para rectificar corriente alterna bifásica o trifásica de la fuente de alimentación comercial 10 a circuitos de accionamiento de corriente continua 14a, 14b adaptados para suministrar corriente de alta frecuencia de una frecuencia de accionamiento dada a las bobinas de calentamiento 22a, 22b, calentadores de inducción LCR 20a, 20b compuestos de bobinas de calentamiento 22a, 22b y condensadores de resonancia 24a, 24b conectados en serie entre sí. Además, el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 incluye detectores de tensión de accionamiento 30a, 30b adaptados para detectar la tensión de accionamiento a través del calentador de inducción LCR 20a, 20b, y detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b adaptados para detectar la corriente de accionamiento a través del calentador de inducción LCR 20a, 20b.

Además, incluye extractores de componentes primarios 40a, 40b conectados con los detectores de tensión de accionamiento 30a, 30b y con los detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b, y un controlador 50 conectado con los circuitos de accionamiento 14a, 14b y con extractores de componentes primarios 40a, 40b. Como cada uno de los componentes mostrados en la figura 8 tiene una estructura y una característica iguales a las descritas anteriormente con la figura 1, no se eliminará ninguna descripción duplicada de los componentes comunes.

A continuación, haciendo referencia a la figura 9, se describirá en detalle un proceso de control del controlador 50 de la Realización 1. La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra el proceso de control de la Realización 1. Se describirá un ejemplo en el que el controlador 50 controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar corriente de alta frecuencia de una frecuencia de accionamiento dada a las bobinas de calentamiento 22a, 22b, después de que un usuario opere un interruptor de inicio (no mostrado) para empezar a cocinar.

En la etapa ST11 (periodo de detección de carga), el controlador 50 realiza la detección de carga para la bobina central 22a y la bobina periférica 22b. De este modo, el controlador 50 controla en primer lugar los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar corriente de alta frecuencia de una frecuencia de detección dada  $F_{S1}$  a las bobinas de calentamiento 22a, 22b. A continuación, el controlador 50 controla los detectores de tensión de accionamiento 30a, 30b y los detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b para detectar la tensión de accionamiento  $V$  y la corriente de accionamiento  $I$ , y los extractores de componentes primarios 40a, 40b para extraer los componentes primarios de la tensión de accionamiento  $V$  detectada y la corriente de accionamiento  $I$  detectada para calcular la resistencia de carga  $R_1$ ,  $R_2$  y la frecuencia de resonancia  $F_{r1}$ ,  $F_{r2}$  de las bobinas de calentamiento 22a, 22b, respectivamente.

Como se ha indicado anteriormente, como la frecuencia de accionamiento inferior a la frecuencia de resonancia  $F_r$  de la sartén  $P$  proporciona un efecto adverso a los elementos de conmutación tales como IGBTs de los circuitos de accionamiento 14a, 14b, la frecuencia de detección  $F_{S1}$  en el período de detección de carga en el inicio de la cocción se selecciona preferiblemente como el mismo o suficientemente alto para que la frecuencia máxima de resonancia  $F_r$  entre las sartenes  $P$  pueda utilizarse posiblemente para el calentamiento por inducción. Por lo tanto, la sartén  $P$  de aluminio tiene la frecuencia de resonancia  $F_r$  más alta entre las sartenes  $P$  usadas para cocinar, y la frecuencia de resonancia  $F_r$  de la sartén  $P$  de aluminio es de 30 kHz, donde la sartén  $P$  cubre una totalidad de las bobinas de calentamiento (tasa de superposición del 100 % en el mapa de la figura 4A), entonces la frecuencia de detección  $F_{S1}$  se selecciona preferiblemente como, por ejemplo, 35 kHz ( $F_{S1} = 35$  kHz).

Cuando se asume un material que tiene incluso una frecuencia de resonancia  $F_r$  más alta, es más preferible seleccionar la frecuencia de detección  $F_{S1}$  en el periodo de detección de carga mucho más alta que la anterior. Debe tenerse en cuenta que a medida que la frecuencia de detección  $F_{S1}$  se ajusta más alta, los convertidores A/D utilizados para los extractores de componentes primarios 40a, 40b también deben tener una frecuencia de muestreo más alta. Sin embargo, dado que los convertidores A/D que operan a una frecuencia de muestreo más alta (por ejemplo, convertidores A/D de tipo de súper alta velocidad) son más caros y, por lo tanto, para minimizar el coste de fabricación, la frecuencia de detección  $F_{S1}$  se selecciona preferiblemente como la más baja posible.

Además del material de la sartén  $P$ , la frecuencia de resonancia  $F_r$  varía dependiendo de una especificación de diseño, tal como el tamaño, la forma, la disposición de las bobinas de calentamiento 22a, 22b y la capacitancia del condensador de resonancia 24, por lo tanto, la frecuencia de resonancia  $F_r$  preferiblemente se selecciona para cada producto del sistema de cocción de calentamiento por inducción 1.

También debe observarse que especialmente cuando la detección de la carga se realiza simultáneamente para la bobina central 22a y para la bobina periférica 22b, si la corriente de alta frecuencia suministrada a las bobinas de calentamiento tiene una frecuencia diferente entre sí, puede generarse un ruido de golpeo audible correspondiente a la diferencia de frecuencia, lo que hace que un usuario esté bastante incómodo. Por lo tanto, con la detección de carga simultánea para la bobina central 22a y para la bobina periférica 22b, la frecuencia de detección  $F_{S1}$  de la corriente de alta frecuencia debe ser la misma, mientras que, con la detección de carga no simultánea, la frecuencia de detección  $F_{S1}$  puede ser diferente entre sí.

En la etapa ST12, el controlador 50 compara la frecuencia de resonancia calculada  $F_{r1}$  y la resistencia de carga

calculada  $R_1$  con el mapa mostrado en la figura 4B y almacenada previamente en la memoria (no mostrada), determinando de este modo si la sartén **P** está sobre la bobina central 22a, es decir, si el punto calculado ( $Fr_1$ ,  $R_1$ ) está situado dentro o fuera de la región de supresión de accionamiento en el mapa. Cuando el controlador 50 determina que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a (en el caso de "Sí"), similarmente en la etapa ST13, el controlador 50 compara la frecuencia de resonancia  $Fr_2$  calculada y la resistencia de carga  $R_2$  calculada con el mapa mostrado en la figura 4B y almacenado previamente en la memoria (no mostrada), para determinar de este modo si la sartén **P** está sobre la bobina periférica 22b.

Cuando el controlador 50 determina que la sartén **P** no está sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST12), puede controlar cada uno de los circuitos de accionamiento 14a, 14b para detener el suministro de corriente de alta frecuencia a la bobina de calentamiento 22, con la suposición de que se coloca un objeto metálico pequeño, tal como una cuchara, pero la sartén **P** está colocada.

Cuando el controlador 50 determina que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y sobre la bobina periférica 22b, en la etapa ST14, el controlador 50 ajusta o define la frecuencia de accionamiento  $F_D$  como la más alta de la frecuencia de resonancia calculada  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de las bobinas de calentamiento 22a, 22b más una frecuencia aditiva  $\Delta F$  predeterminada.

$$\begin{aligned} F_D &= Fr_1 + \Delta F && \text{en el que} && Fr_1 > Fr_2 \\ F_D &= Fr_2 + \Delta F && \text{en el que} && Fr_1 < Fr_2 \end{aligned} \quad \dots(10).$$

La frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede ser un valor fijo predeterminado (una frecuencia constante) tal como 3 kHz o un valor ponderado de acuerdo con el material de la sartén **P** detectado en la detección de carga. La frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede seleccionarse como 2 kHz, 2,5 kHz y 3 kHz, de acuerdo con la frecuencia de resonancia  $Fr$  y la resistencia de carga  $R$  calculada en la detección de carga que están próximas a las de la sartén **P** de acero inoxidable magnético, acero inoxidable no magnético y hierro, respectivamente. De este modo, la frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede ponderarse sobre el material que compone la sartén **P**.

También la frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede ponderarse dependiendo de la frecuencia de resonancia calculada  $Fr$  y, por ejemplo, la frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede seleccionarse como 2 kHz o 3 kHz de acuerdo con la frecuencia de resonancia calculada  $Fr$  que es inferior o superior a 23 kHz. De este modo, la frecuencia aditiva  $\Delta F$  puede ponderarse dependiendo de la frecuencia de resonancia calculada  $Fr$  de la sartén **P**.

En la etapa ST15 (periodo de accionamiento), el controlador 50 controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar corriente de alta frecuencia de la frecuencia de accionamiento  $F_D$  como se definió anteriormente, a la bobina central 22a y a la bobina periférica 22b. Cuando los circuitos de accionamiento 14a, 14b están diseñados para operar a una frecuencia discreta (por ejemplo, frecuencia discreta con un incremento de 1 kHz en un intervalo entre 20 kHz a 35 kHz), el controlador 50 controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b, que pueden seleccionar una de la frecuencia de accionamiento discreta como la más próxima y más alta que la frecuencia de accionamiento  $F_D$  definida.

Las figuras 10A y 10B son diagramas de temporización que ilustran esquemáticamente el periodo de detección de carga (o el periodo de detección de la sartén) y el periodo de accionamiento del proceso de control mencionado anteriormente. En las figuras 10A y 10B, la longitud lateral ( $\tau$ ) de un cuadrado corresponde a un semiciclo de la fuente de energía comercial. En el periodo de detección de carga, la corriente de alta frecuencia de la frecuencia de detección  $F_{S1}$  se suministra durante ventanas de tiempo mostradas por un sombreado transversal, y en el periodo de accionamiento, la corriente de alta frecuencia de la frecuencia de accionamiento definida  $F_D$  se suministra para una cocción real durante las duraciones de tiempo mostradas mediante un sombreado simple. Las ventanas de tiempo en blanco en el gráfico indican que no se suministra corriente de alta frecuencia.

Como se ha explicado anteriormente, incluso después de que se haya rectificado la tensión de la fuente de alimentación comercial 10, la forma de onda de la tensión rectificada no puede ser completamente plana, sino que es similar a una serie de medias ondas. Dado que la variación de la forma de onda de la tensión rectificada es relativamente menor a medida que la forma de onda está más próxima al pico de tensión, el controlador 50 realiza preferiblemente la detección de carga en una fase particular más próxima al pico de la forma de onda de tensión.

Aunque el controlador 50 puede realizar la detección de carga extrayendo los componentes primarios de la tensión de accionamiento detectada  $V$  y la corriente de accionamiento detectada  $I$  solamente dentro de un único ciclo de la frecuencia de detección  $F_{S1}$  (aproximadamente 40 microsegundos a 25 kHz), el controlador 50 puede realizar repetidamente la detección de carga durante todo el medio ciclo de la fuente de alimentación comercial 10 (aproximadamente 8,3 milisegundos a 60 Hz), especialmente cuando la tensión rectificada necesita algún tiempo para ser estable.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 9 y en el diagrama de temporización de la figura 10A, el controlador 50 realiza preferentemente la detección de carga para la bobina central 22a y la bobina periférica 22b en secuencia, para evitar un efecto adverso debido a la inducción mutua de esas bobinas. Alternativamente, el controlador 50 puede realizar la detección de carga simultáneamente para las bobinas cuando ninguna inducción mutua da un impacto adverso sobre la detección de carga. Dicha detección simultánea de carga para múltiples bobinas requiere un circuito de retención de muestras mediante múltiples convertidores A/D, o un único convertidor A/D de alta velocidad capaz de conmutar a alta velocidad con costes más elevados.

También en la detección de carga, aunque son necesarios los componentes primarios de la tensión de accionamiento detectada  $V$  y la corriente de accionamiento detectada  $I$  dentro de al menos un ciclo de la frecuencia de detección  $F_{s1}$ , puesto que la frecuencia de detección  $F_{s1}$  es sustancialmente más alta que la frecuencia de la fuente de alimentación comercial 10, se utiliza un multiplexor para conmutar múltiples bobinas alternativamente, cada una en los ciclos de accionamiento de la bobina.

Cuando se realiza la detección de carga de las bobinas en secuencia, si la tensión de accionamiento necesita poco tiempo para ser estable, la tensión de accionamiento  $V$  y la corriente de accionamiento  $I$  se pueden muestrear en una temporización próxima al pico de la tensión rectificada, sin embargo, si la tensión de accionamiento necesita algún tiempo para la estabilización después de la conmutación a cada una de las bobinas, se puede muestrear la tensión de accionamiento  $V$  y la corriente de accionamiento  $I$  después de la conmutación para accionar las bobinas en cada pico de la tensión rectificada.

Haciendo referencia de nuevo al diagrama de flujo de la figura 9, en la etapa ST13, cuando el controlador 50 determina que la sartén  $P$  no está sobre la bobina periférica 22b (en el caso de "No"), en la etapa ST16, el controlador 50 ajusta o define de forma similar la frecuencia de accionamiento  $F_D$  como la frecuencia de resonancia calculada  $F_{r1}$  de la bobina de calentamiento 22a más la frecuencia de aditivo  $\Delta F$  predeterminada. Entonces, el controlador 50 controla el circuito de accionamiento 14a para suministrar la corriente de alta frecuencia solamente a la bobina central 22a. La figura 10B es otro diagrama de temporización en el que ninguna sartén  $P$  está sobre la bobina periférica 22b, de manera que solamente la bobina de calentamiento 22a se alimenta con energía.

Como se ha explicado anteriormente, el controlador 50 de acuerdo con la presente invención controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar a cada una de las bobinas de calentamiento 22 una corriente de alta frecuencia que tiene la frecuencia de accionamiento  $F_D$  mayor que la frecuencia de resonancia  $F_r$  mediante la frecuencia aditiva  $\Delta F$ , que es óptima para conseguir la potencia de calentamiento deseada con una eficiencia de calentamiento bastante alta y eliminar el riesgo del impacto adverso sobre los elementos de conmutación, logrando así un proceso de control seguro y fiable de los circuitos de accionamiento 14a, 14b.

## Realización 2

Haciendo referencia a las figuras 11 y 12, se describirá la realización 2 del sistema de cocción de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención. El controlador 50 de la Realización 2 es similar al de las Realizaciones 1 excepto que después de la primera detección de carga con la corriente de alta frecuencia de la frecuencia de detección  $F_{s1}$  se suministre a cada una de las bobinas de calentamiento 22 para definir la frecuencia de accionamiento  $F_D$  como la mayor de la frecuencia de resonancia calculada  $F_r$ , el controlador 50 realiza la segunda detección de carga con la corriente de alta frecuencia de la frecuencia de detección  $F_{s2}$  que es la misma que la frecuencia de accionamiento definida  $F_D$  para definir una frecuencia de resonancia  $F_r$  precisa. Por lo tanto, se eliminará la descripción duplicada en detalle para las características comunes.

De acuerdo con la Realización 1, la frecuencia de detección  $F_{s1}$  de la corriente de alta frecuencia suministrada a las bobinas de calentamiento 22 se selecciona como la misma frecuencia o la frecuencia máxima de resonancia  $F_r$  entre las sartenes  $P$  que pueden utilizarse posiblemente para calentamiento por inducción, por ejemplo, 35 kHz. Sin embargo, la frecuencia de resonancia  $F_r$  calculada por la detección de carga puede ser sustancialmente inferior a la frecuencia de detección  $F_{s1}$ , es decir, la frecuencia de resonancia real  $F_r$  de cada una de las bobinas de calentamiento 22 puede ser sustancialmente inferior a la frecuencia de detección  $F_{s1}$ . En este caso, puesto que la fase entre la corriente de accionamiento  $I$  y la tensión de accionamiento  $V$  extraída por el extractor 40 de componentes primarios está próxima a  $-90^\circ$ , un error aritmético en la frecuencia de resonancia calculada  $F_r$  puede aumentar y deteriorar la precisión de detección de carga.

Por lo tanto, de acuerdo con el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1, el controlador 50 realiza la primera detección de carga con la corriente de alta frecuencia de la primera frecuencia de detección  $F_{s1}$  para calcular la frecuencia de resonancia  $F_r$  para cada una de las bobinas de calentamiento 22, y seleccionar una de las frecuencias de resonancia más altas  $F_r$  para definir la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  de la corriente de alta frecuencia para la segunda detección de carga, mejorando así la precisión de detección de la carga.

Las figuras 11 y 12 son diagramas de flujo que ilustran el proceso de control de la Realización 2. Cuando un usuario comienza a cocinar, en el primer periodo de detección de carga (etapa ST21), el controlador 50 realiza la primera detección de carga para la bobina central 22a y la bobina periférica 22b a la frecuencia de detección  $F_{s1}$ . De este modo, el controlador 50 controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar corriente de alta frecuencia

que tiene la primera frecuencia de detección  $F_{s1}$  (por ejemplo, 35 kHz) a cada una de la bobina central 22a y la bobina periférica 22b, y determina la resistencia de carga  $R_1$ ,  $R_2$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de la bobina central 22a y de la bobina periférica 22b.

5 En las etapas ST22, ST23, el controlador 50 determina si la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y la bobina periférica 22b, haciendo referencia al mapa mostrado en la figura 4B de acuerdo con la resistencia de carga calculada  $R_1$ ,  $R_2$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de las bobinas de calentamiento 22a, 22b. Al determinar que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y la bobina periférica 22b (en el caso de "Sí" en ambas etapas ST22, ST23), el controlador 50 pasa a la etapa ST24.

10 Al determinar que la sartén **P** no está colocada sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST22), el controlador 50 controla ambos circuitos de accionamiento 14a, 14b para dejar de suministrar la corriente de alta frecuencia a la bobina central 22a y la bobina periférica 22b. Al determinar que la sartén **P** está solamente sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST23), el controlador 50 pasa a la etapa "A" mostrada en otro diagrama de flujo de la figura 12A.

15 Como se ha explicado anteriormente, puesto que la frecuencia de detección  $F_{s1}$  para la primera detección de carga se selecciona como la frecuencia de resonancia máxima  $Fr$  entre las sartenes **P** que se puede utilizar posiblemente para el calentamiento por inducción, la frecuencia de detección  $Fr$  sería inferior a la frecuencia de detección  $F_{s1}$ .

20 En el segundo periodo de detección de carga (etapa ST24), el controlador 50 define la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  como la más alta de la frecuencia de resonancia calculada  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de la bobina central 22a y la bobina periférica 22b más una frecuencia de aditivo  $\Delta F$  predeterminada. Además, en las etapas ST25, ST26, el controlador 50 realiza la segunda detección de carga a la frecuencia de detección  $F_{s2}$  para la bobina central 22a y la bobina periférica 22b para calcular la resistencia de carga  $R_1'$ ,  $R_2'$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1'$ ,  $Fr_2'$  de la bobina central 22a y la bobina periférica 22b.

25 En las etapas ST25, ST26, el controlador 50 determina si la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y la bobina periférica 22b, haciendo referencia al mapa mostrado en la figura 4B de acuerdo con la resistencia de carga  $R_1$ ,  $R_2$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de las bobinas de calentamiento 22a, 22b, que se calculan de nuevo en la etapa ST24.

30 Al determinar que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y la bobina periférica 22b (en el caso de "Sí" en ambas etapas ST25, ST26), el controlador 50 pasa a la etapa ST27. Al determinar que la sartén **P** no está colocada sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST25), el controlador 50 controla ambos circuitos de accionamiento 14a, 14b para dejar de suministrar la corriente de alta frecuencia a la bobina central 22a y la bobina periférica 22b. Al determinar que la sartén **P** está solamente sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST26), el controlador 50 pasa a la etapa "B" mostrada en otro diagrama de flujo mostrado en la figura 12B.

35 Dado que la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  es inferior a la primera frecuencia de detección  $F_{s1}$  y más próxima a la frecuencia real de resonancia  $Fr_1$ ,  $Fr_2$  de la bobina central 22a y la bobina periférica 22b, los errores aritméticos en la frecuencia de resonancia  $Fr_1'$ ,  $Fr_2'$  de la bobina central 22a y de la bobina periférica 22b calculada en la segunda detección de carga pueden reducirse para mejorar la precisión de la detección de la carga.

40 En la etapa ST27, similar a la Realización 1, el controlador 50 define la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  como la más alta de la frecuencia de resonancia calculada  $Fr_1'$ ,  $Fr_2'$  de la bobina central 22a y la bobina periférica 22b más una frecuencia de aditivo  $\Delta F$  predeterminada. Además, en el periodo de accionamiento (etapa ST28), el controlador 50 controla los circuitos de accionamiento 14a, 14b para suministrar corriente de alta frecuencia que tiene la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  a la bobina central 22a y a la bobina periférica 22b.

Mientras tanto, el controlador 50 pasa a la etapa "A" mostrada en otro diagrama de flujo de la figura 12A cuando se determina que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a, pero no sobre la bobina periférica 22b.

45 En el segundo periodo de detección de carga (etapa ST31), el controlador 50 define la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  como la frecuencia de resonancia calculada  $Fr_1$  de la bobina central 22a más una frecuencia aditiva  $\Delta F$  predeterminada. Además, en la etapa ST31, el controlador 50 realiza la segunda detección de carga a la frecuencia de detección  $F_{s2}$  para la bobina central 22a para calcular la resistencia de carga  $R_1'$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1'$  de la bobina central 22a.

50 En la etapa ST32, el controlador 50 determina si la sartén **P** está sobre la bobina central 22a con referencia al mapa mostrado en la figura 4B, de acuerdo con la resistencia de carga  $R_1'$  y la frecuencia de resonancia  $Fr_1'$  de la bobina central 22a, que se calculan nuevamente en la etapa ST31.

55 Al determinar que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a (en el caso de "Sí" en la etapa ST32), el controlador 50 continúa a la etapa ST33. Al determinar que la sartén **P** no está colocada sobre la bobina central 22a (en el caso de "No" en la etapa ST32), el controlador 50 controla el circuito de accionamiento 14a para dejar de suministrar la corriente de alta frecuencia a la bobina central 22a.

En la etapa ST33, el controlador 50 define la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  como la frecuencia de resonancia calculada  $F_{r1}'$  de la bobina central 22a más una frecuencia de aditivo predeterminada  $\Delta F$ . Además, en el periodo de accionamiento (etapa ST34), el controlador 50 controla solamente el circuito de accionamiento 14a para suministrar corriente de alta frecuencia que tiene la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  a la bobina central 22a.

Cuando se determina que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a, pero no sobre la bobina periférica 22b en las etapas ST25, ST26, en el segundo periodo de detección de carga (etapa ST35) de la figura 12B, el controlador 50 define la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  como la frecuencia de resonancia calculada  $F_{r1}'$  de la bobina central 22a más una frecuencia aditiva  $\Delta F$  predeterminada. Además, en el periodo de accionamiento (etapa ST36), el controlador 50 controla solamente el circuito de accionamiento 14a para suministrar corriente de alta frecuencia que tiene la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  a la bobina central 22a.

Como se ha explicado anteriormente, puesto que la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  utilizada en la segunda detección de carga es inferior a la primera frecuencia de detección  $F_{s1}$  y más próxima a la frecuencia de resonancia real de la bobina de calentamiento, los errores aritméticos en la frecuencia de resonancia  $F_r'$  de la bobina de calentamiento calculada en la segunda detección de carga pueden reducirse para aumentar la precisión de la detección de la carga y permitir calentar la sartén **P** a una frecuencia de accionamiento  $F_D$  aún más eficaz.

### Realización 3

Haciendo referencia a las figuras 13-16, se describirá la realización 3 del sistema de cocción de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención. El sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 de la Realización 3 es similar a las Realizaciones 1, excepto que incluye tres o más bobinas de calentamiento secundarias. Por lo tanto, se eliminará la descripción duplicada en detalle para las características comunes.

El sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 incluye una bobina central 22a y cuatro de las bobinas periféricas 22b-22e formadas en forma de un arco de un cuarto de círculo (como un plátano o pepino). Aunque no se muestra en detalle, cada una de las bobinas secundarias de calentamiento, es decir, la bobina central 22a y las bobinas periféricas 22b-22e, incluye un calentador de inducción LCR 20, un detector de tensión de accionamiento 30 y un detector 32 de corriente de accionamiento, un extractor de componentes primarios 40, y un solo controlador 50 para controlar esos componentes. Alternativamente, el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 puede incluir una pluralidad de bobinas de calentamiento secundarias 22 dispuestas en una matriz, por lo que la presente invención no se limita a la forma y a la disposición descritas e ilustradas en el presente documento.

La figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de la realización 3, y la figura 16 es un diagrama de temporización que ilustra esquemáticamente el periodo de detección de carga y el periodo de accionamiento. Cuando un usuario comienza a cocinar, en el primer periodo de detección de carga (en la etapa ST41), el controlador 50 suministra a cada una de las bobinas de calentamiento secundarias 22, corriente de alta frecuencia de la primera frecuencia de detección preestablecida (o predeterminada)  $F_{s1}$  para realizar la primera detección de carga, para calcular la resistencia de carga  $R_i$  y la frecuencia de resonancia  $F_{ri}$  de las bobinas de calentamiento secundarias 22 ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

A continuación, en la etapa ST42, el controlador 50 determina si la sartén **P** está colocada sobre al menos una de las bobinas de calentamiento secundarias 22 de acuerdo con la resistencia de carga  $R_i$  calculada y la frecuencia de resonancia  $F_{ri}$  de las bobinas de calentamiento secundarias 22. Cuando se determina que la sartén **P** no se encuentra sobre ninguna de las bobinas de calentamiento secundarias 22 (en el caso de "No" en la etapa ST42), entonces el controlador 50 controla cada uno de los circuitos de accionamiento 14 para dejar de suministrar la corriente de alta frecuencia a las bobinas secundarias 22.

Cuando se determina que la sartén **P** se apoya sobre al menos una de las bobinas secundarias de calentamiento 22 (en el caso de "Sí" en la etapa ST42), el controlador 50 selecciona una de la frecuencia de resonancia más alta  $F_r$  para definir la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  de la corriente de alta frecuencia para la segunda detección de carga como la frecuencia de resonancia más alta  $F_r$  más una frecuencia aditiva predeterminada  $\Delta F$  y realiza la segunda detección de cargada que se suministra a cada una de las bobinas de calentamiento secundarias 22, la corriente de alta frecuencia de la segunda frecuencia de detección  $F_{s2}$  para realizar la segunda detección de carga, para calcular la resistencia de carga  $R_i'$  y la frecuencia de resonancia  $F_{ri}'$  de las bobinas de calentamiento secundarias 22 ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

En la etapa ST45, similar a la Realización 1, el controlador 50 define la segunda frecuencia de accionamiento  $F_D'$  como la más alta de la frecuencia de resonancia calculada  $F_{ri}'$  de las bobinas de calentamiento secundarias 22 más una frecuencia aditiva predeterminada  $\Delta F$ . En el periodo de accionamiento (en la etapa ST46), el controlador 50 controla cada uno de los circuitos de accionamiento 14 para suministrar la corriente de alta frecuencia a cada una de las bobinas de calentamiento secundarias 22. Por lo tanto, el sistema de cocción de calentamiento por inducción de la Realización 3 puede detectar instantáneamente la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D'$  para suministrar la corriente de alta frecuencia de la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D'$  a las bobinas de calentamiento secundarias 22 para calentar la sartén **P** de una manera eficiente.

5 Supongamos que si la sartén **P** está colocada sobre la placa superior fuera del centro de la bobina de calentamiento central 22a como se muestra en una línea discontinua de la figura 13, el controlador 50 determina que la sartén **P** está sobre la bobina central 22a y las bobinas periféricas 22b, 22c, y realiza la segunda detección de carga (etapa ST41) para definir la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D'$  para controlar cada uno de los circuitos de accionamiento 14 para suministrar la corriente de alta frecuencia a las bobinas secundarias de calentamiento 22. De este modo, el sistema de cocción de calentamiento por inducción 1 de acuerdo con la Realización 3 puede detectar instantáneamente la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D'$  para calentar la sartén **P** a la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D'$ .

10 Como se ha explicado anteriormente, puesto que la segunda frecuencia de detección  $F_{S2}$  utilizada en la segunda detección de carga es inferior a la primera frecuencia de detección  $F_{S1}$  y más próxima a la frecuencia de resonancia real  $F_r$  de la bobina de calentamiento, los errores aritméticos en la frecuencia de resonancia  $F_r'$  de la bobina de calentamiento calculada en la segunda detección de carga pueden reducirse para aumentar la precisión de la detección de la carga y permitir calentar la sartén **P** a una frecuencia de accionamiento  $F_D'$  aún más eficaz.

15 Si se desea, la tercera o posterior detección de carga puede realizarse repetidamente para suministrar la corriente de alta frecuencia a las bobinas de calentamiento secundarias 22 a la frecuencia de accionamiento  $F_D'$ , que está más próxima a la frecuencia de resonancia real  $F_r$  de la sartén **P**, aumentando así la eficiencia de calentamiento. Asumiendo también que la frecuencia de accionamiento óptima  $F_D$  puede variarse, por ejemplo, cuando un usuario coloca los ingredientes en la sartén **P**, la detección de carga puede realizarse de forma regular a cada tiempo constante transcurrido después de la cocción.

20 **Indicación de los números de referencia**

- 1 sistema de cocción por inducción
- 10 fuente de energía comercial
- 12 circuitos rectificadores
- 14 circuito de accionamiento
- 25 20 calentador por inducción LCR
- 22 bobina de calentamiento
- 22a bobina central
- 22b bobina periférica
- 24 condensador de resonancia
- 30 30 detector de tensión de accionamiento
- 32 detector de corriente de accionamiento
- 40 extractor de componentes primarios
- 50 controlador
- P sujeto calentado (sartén)

35



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de cocción de calentamiento por inducción, que comprende:

- una pluralidad ( $i = 2, 3, \dots$ ) de bobinas de calentamiento (22) dispuestas de manera cercana para calentar un único sujeto calentado (P) en cooperación entre sí;

5 - una pluralidad de circuitos de accionamiento (14), suministrando cada uno de los circuitos de accionamiento (14) una corriente de alta frecuencia de la misma frecuencia individualmente a una de las bobinas de calentamiento (22);

10 - una pluralidad de extractores de componentes de orden  $n$  ( $n$ : número natural), extrayendo cada uno de los extractores de componentes de orden  $n$  un componente de corriente de accionamiento de orden  $n$  de la corriente de accionamiento a través de cada una de las bobinas de calentamiento (22) y un componente de tensión de accionamiento de orden  $n$  de la tensión de accionamiento a través de cada una de las bobinas de calentamiento (22); y

15 - un controlador (50) que calcula una resistencia de carga ( $R_i$ ) y una frecuencia de resonancia ( $F_{ri}$ ) de cada una de las bobinas de calentamiento (22) basándose en el componente de corriente de accionamiento de orden  $n$  y en el componente de tensión de accionamiento de orden  $n$  extraídos por los correspondientes extractores de componentes de orden  $n$ ;

en el que el controlador (50) está operativo para:

medir una duración de tiempo cuando a cada una de las bobinas de calentamiento (22) se le suministra la corriente de alta frecuencia; y

20 a cada tiempo constante transcurrido, calcular una resistencia de carga ( $R_i$ ) y una frecuencia de resonancia ( $F_{ri}$ ) de cada una de las bobinas de calentamiento (22) a las que se suministra la corriente de alta frecuencia, y determinar si el sujeto calentado (P) está colocado o no sobre cada una de las bobinas de calentamiento (22) de acuerdo con la resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{ri}$ ) de cada una de las bobinas de calentamiento (22).

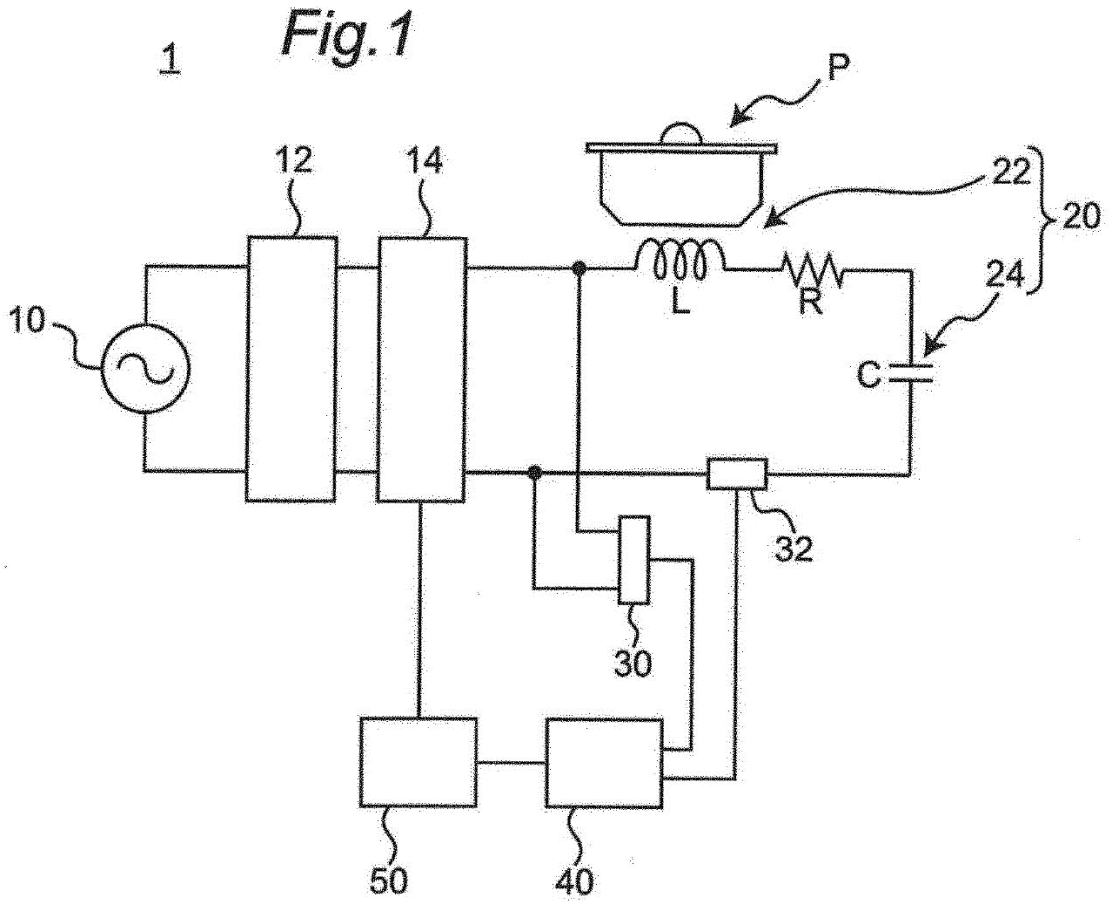
25 2. El sistema de cocción de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el controlador (50) está operativo para definir una frecuencia de accionamiento ( $F_D$ ) de cada uno de los circuitos de accionamiento (14) que suministra a cada una de las bobinas de calentamiento (22) de acuerdo con su resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{ri}$ ).

30 3. El sistema de cocción de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el controlador (50) está operativo para definir de nuevo una frecuencia de accionamiento ( $F_D$ ) de cada uno de los circuitos de accionamiento (14) si su resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{ri}$ ) son diferentes de las calculadas previamente.

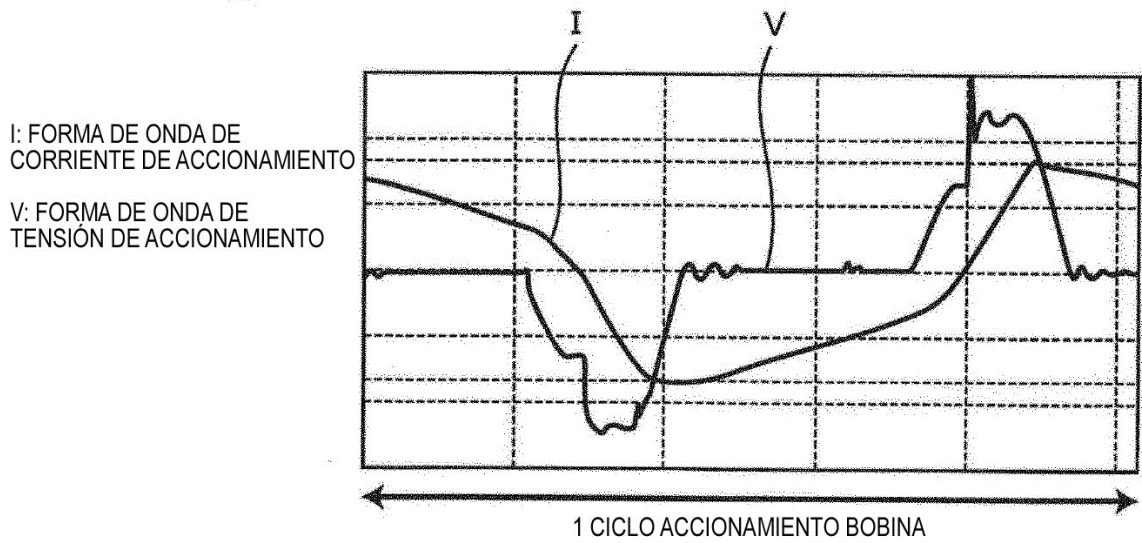
35 4. El sistema de cocción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el controlador (50) controla de forma operativa cada uno de los circuitos de accionamiento (14) para detener el suministro de la corriente de alta frecuencia a cada una de las bobinas de calentamiento (22) para las que el sujeto calentado (P) no está dispuesto sobre cada una de las bobinas de calentamiento (22) de acuerdo con su resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{ri}$ ).

40 5. El sistema de cocción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las bobinas de calentamiento (22) incluyen una bobina central (22a) y una pluralidad de bobinas periféricas (22b) dispuestas alrededor de la bobina central (22a), y conformada para calentar el único sujeto calentado (P) en cooperación entre sí; y en el que el controlador (50) controla de forma operativa cada uno de los circuitos de accionamiento (14) para detener el suministro de la corriente de alta frecuencia a todas las bobinas de calentamiento (22) tras la determinación de que el sujeto calentado (P) no está colocado sobre la bobina central (22a) de acuerdo con su resistencia de carga calculada ( $R_i$ ) y la frecuencia de resonancia calculada ( $F_{ri}$ ).

45

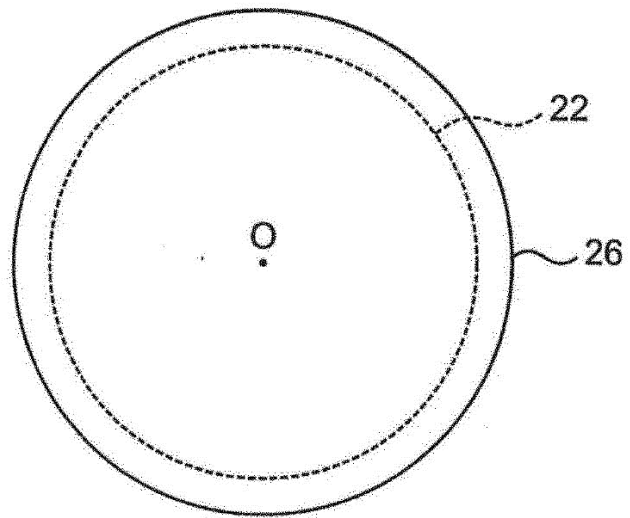


**Fig. 2**



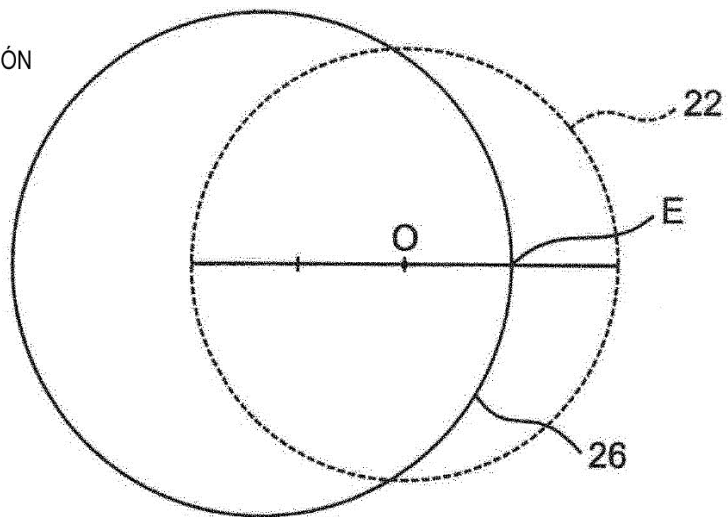
**Fig.3A**

TASA DE SUPERPOSICIÓN  
DEL 100%



**Fig.3B**

TASA DE SUPERPOSICIÓN  
DEL 75%



**Fig.3C**

TASA DE SUPERPOSICIÓN  
DEL 50%

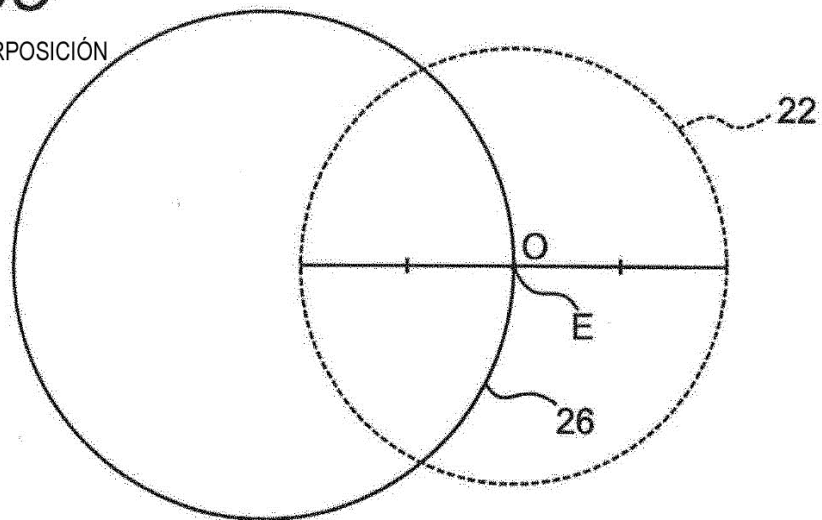


Fig.4A

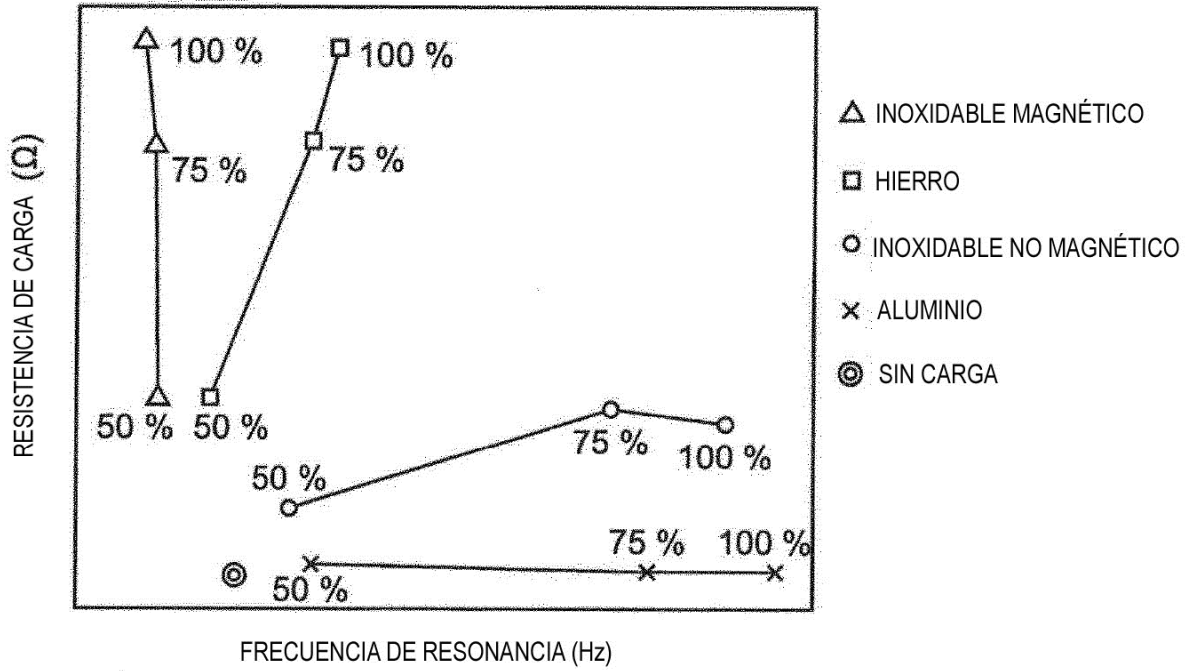


Fig.4B

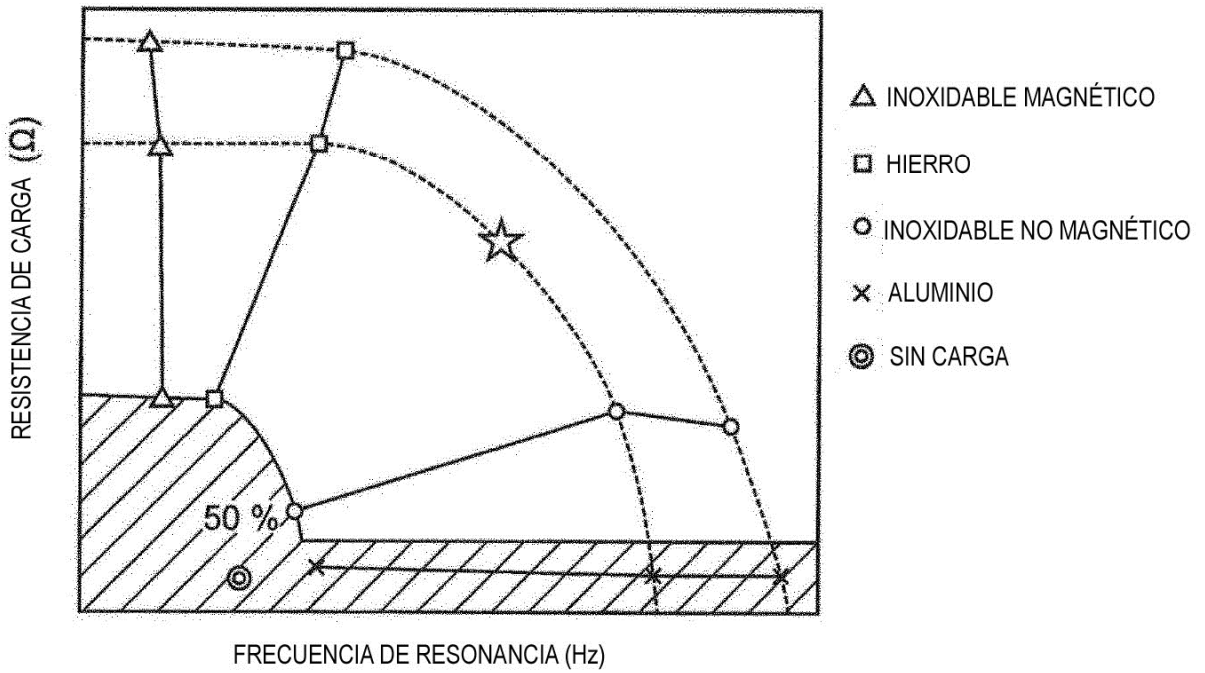


Fig.5A

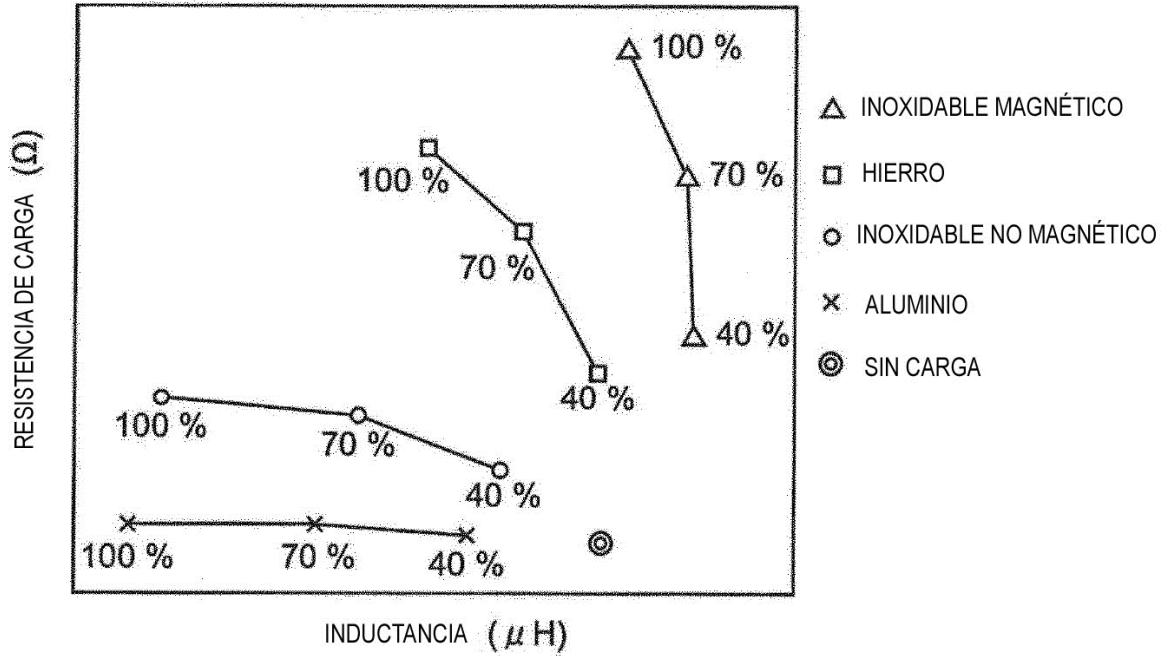
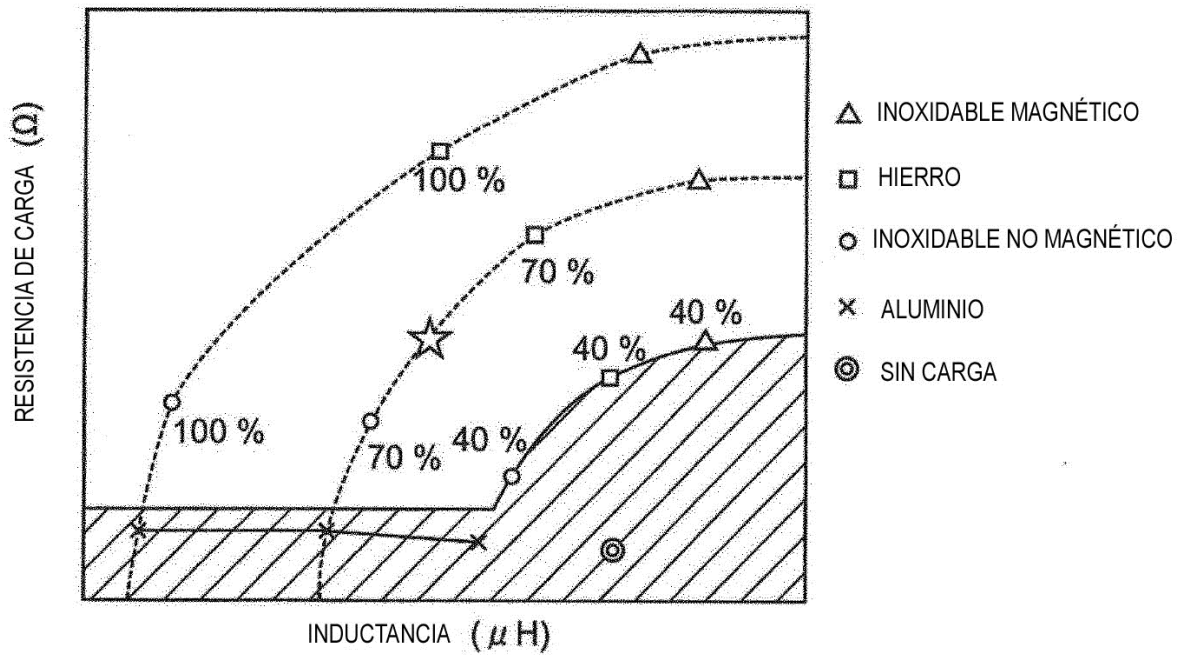
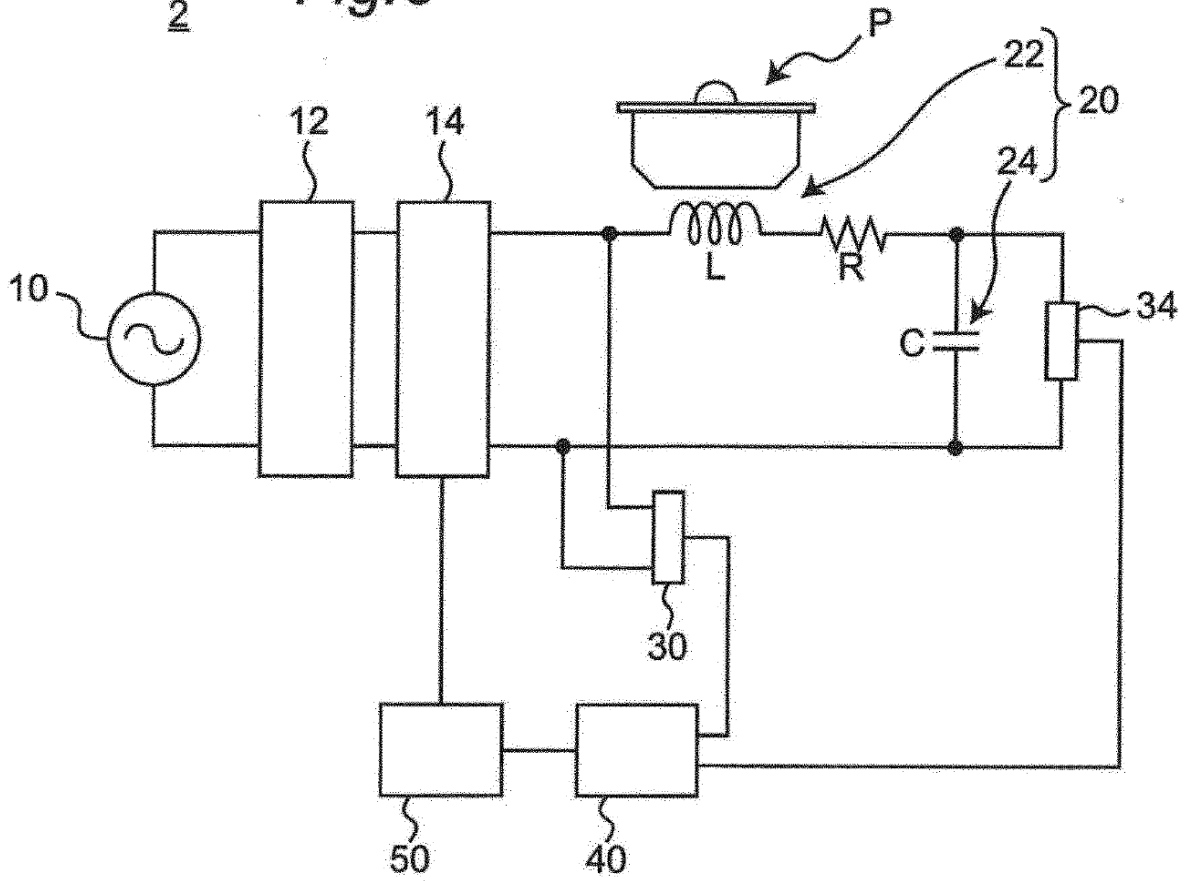


Fig.5B



2 *Fig.6*



*Fig.7*

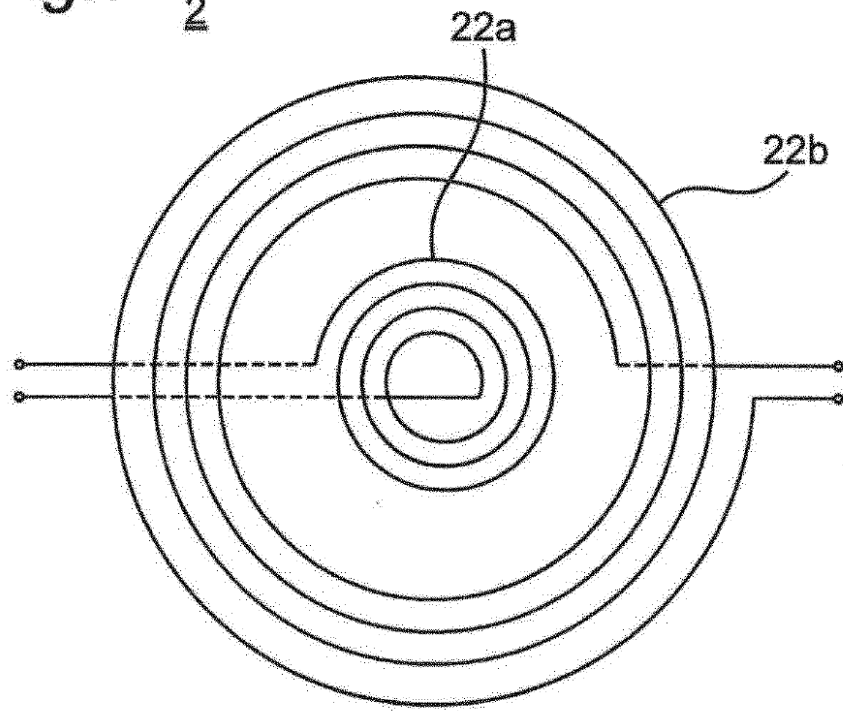


Fig.8

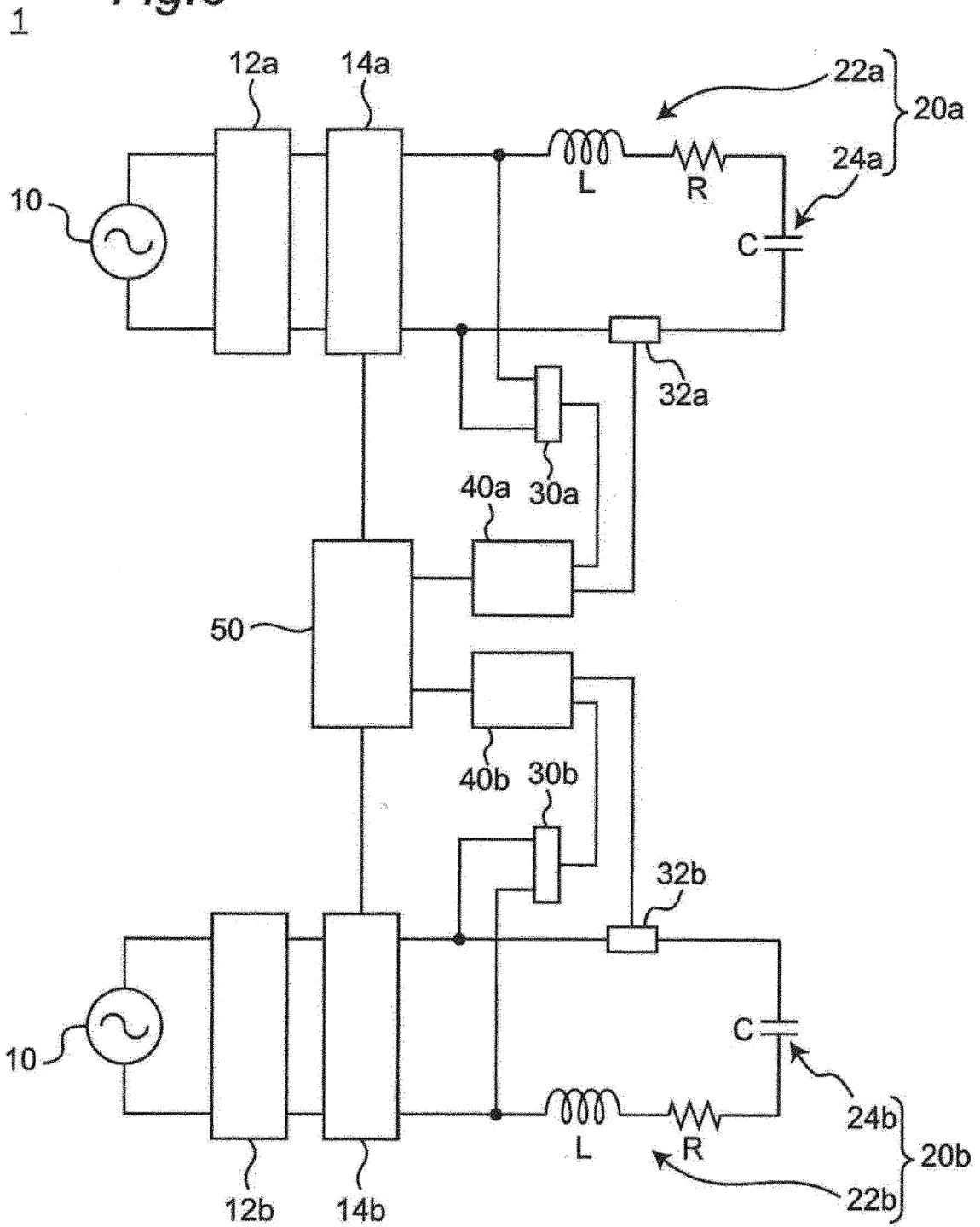
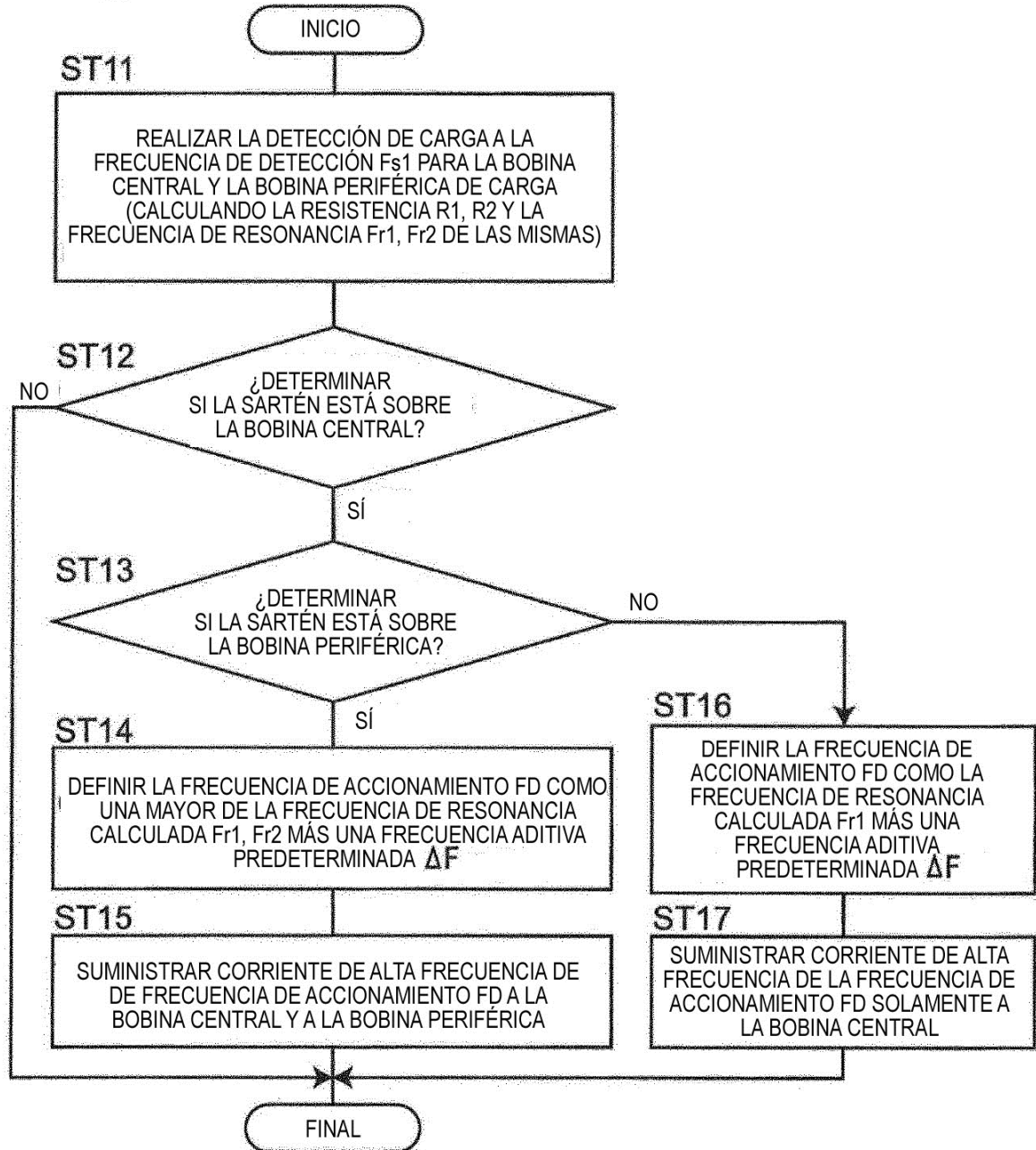
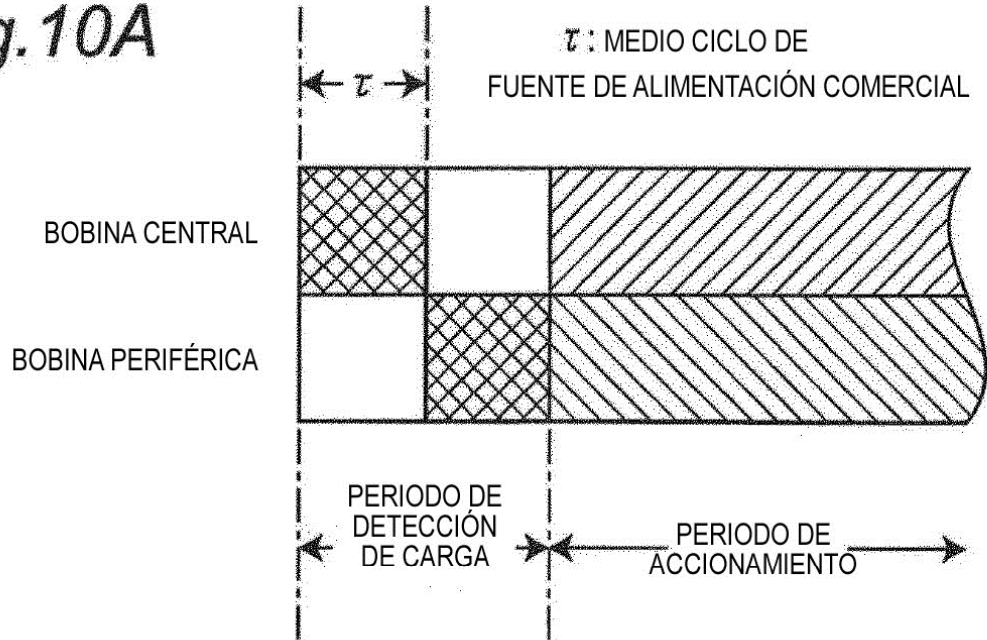




Fig.9



**Fig. 10A**



**Fig. 10B**

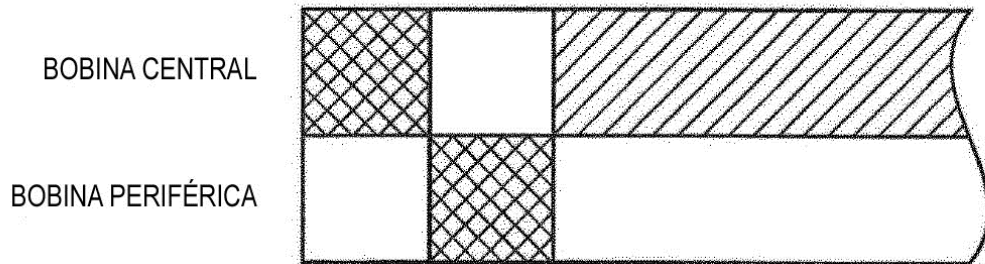


Fig. 11

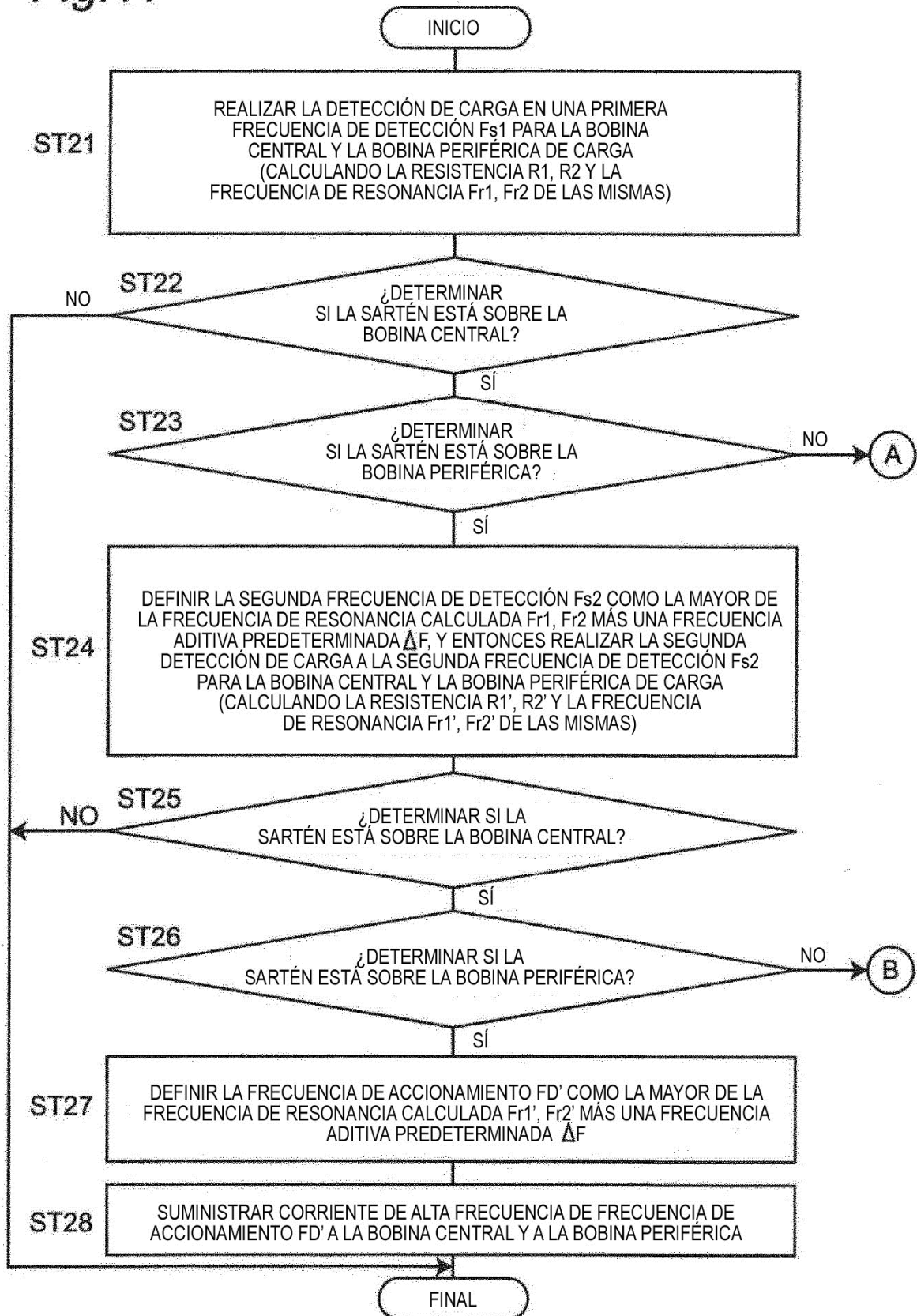


Fig.12A

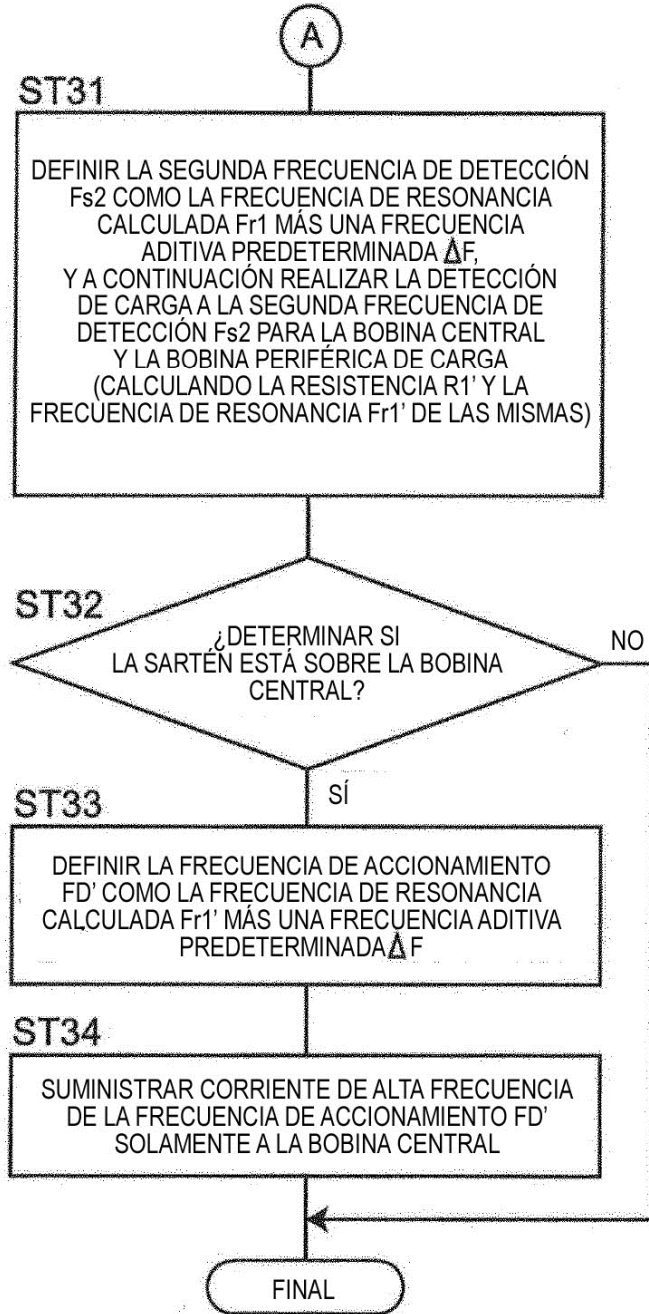


Fig.12B

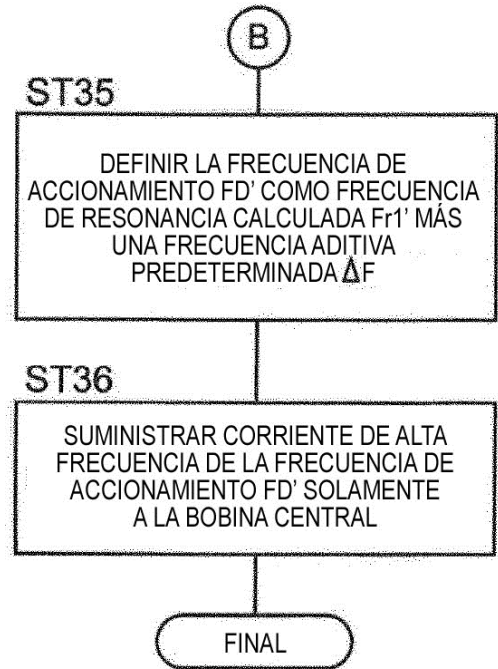


Fig. 13

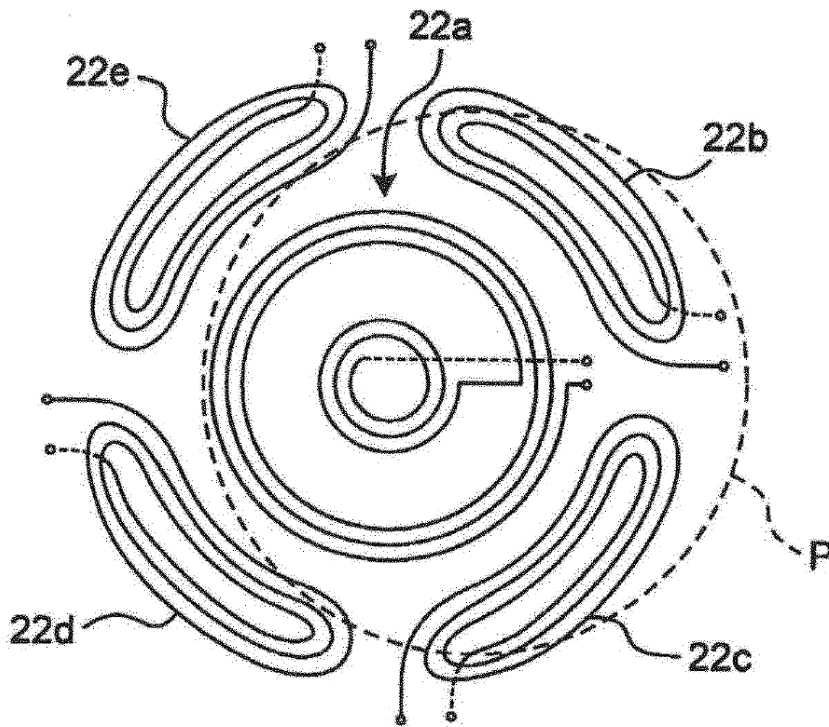


Fig. 14

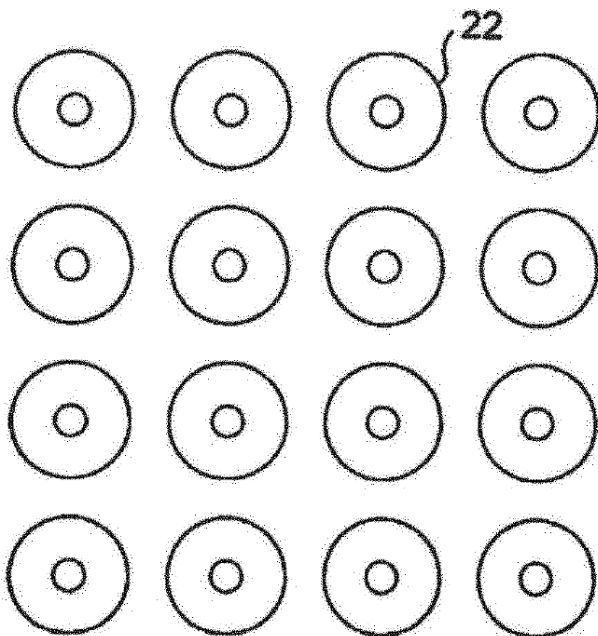


Fig.15

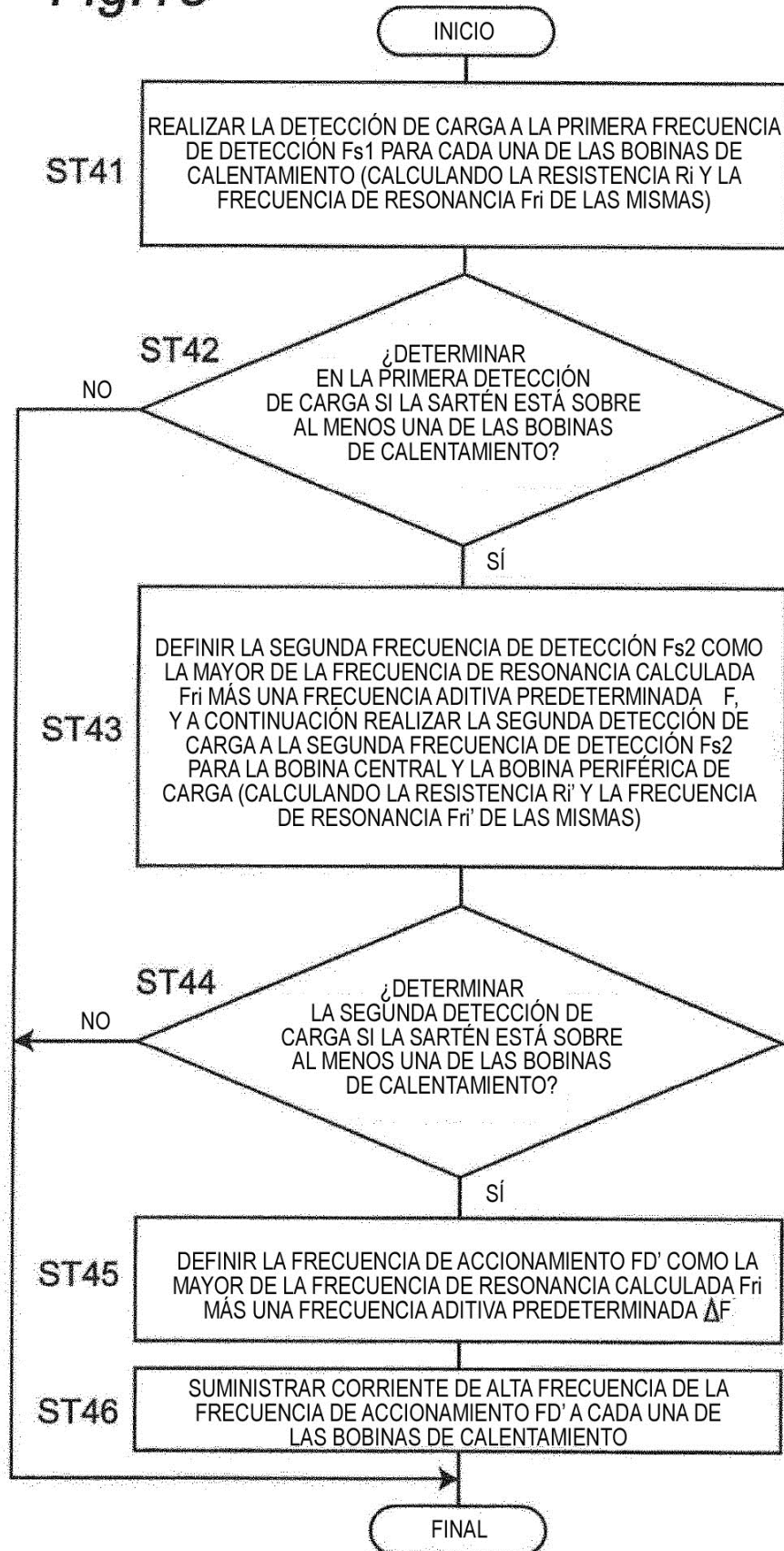


Fig.16

