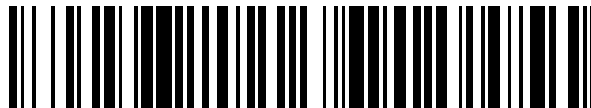


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 751**

51 Int. Cl.:

H05B 6/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2010 PCT/JP2010/070320**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.05.2012 WO12066623**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010 E 10859757 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2642820**

54 Título: **Sistema de cocina de calentamiento por inducción y proceso para controlar un sistema de cocina de calentamiento por inducción**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.09.2017

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 2 632 751 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 cocina de calentamiento por inducción y proceso para controlar un sistema de cocina de calentamiento por inducción

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un sistema de cocina de calentamiento por inducción que calienta por inducción un único objeto sometido a calentamiento por medio de una pluralidad de bobinas de calentamiento, y a un proceso de control del mismo.

Antecedentes de la técnica

- 10 Hasta ahora, se han propuesto diversos sistemas de cocina de calentamiento por inducción, por ejemplo, el documento de patente 1 de Japón (2009-238 575 A) y el documento de patente 2 de Japón (2009-238 613 A) describen una cocina de calentamiento por inducción que incluye una pluralidad de bobinas de calentamiento pequeñas o compactas dispuestas de acuerdo a un patrón de rejilla y una pluralidad de sensores dispuestos en correspondencia con cada una de las bobinas de calentamiento para la detección del objeto sometido a calentamiento, tal como un hervidor o una cazuela, el cual determina una superficie sobre una placa superior ocupada por el objeto sometido a calentamiento en función de la salidas generadas por los sensores, de manera que se accionan las bobinas de calentamiento seleccionadas alrededor de la superficie ocupada.
- 15

La solicitud de patente de EE.UU. nº 2010/0282740 es técnica anterior adicional que describe un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1 y un proceso según el preámbulo de la reivindicación 4.

Compendio de la invención**20 Problemas que ha de resolver la invención**

- No obstante, los sensores utilizados en la cocina de calentamiento por inducción descrita en los documentos de patente 1 y 2 son, por ejemplo, sensores ópticos, detectando únicamente cada uno de ellos si la cazuela está situada o no sobre las correspondientes bobinas de calentamiento (existencia o no existencia de la cazuela), y, por lo tanto, detectando la superficie ocupada por la cazuela de una manera aproximada. Aunque se accionen de forma selectiva únicamente las bobinas de calentamiento situadas alrededor de la superficie ocupada, estas cocinas de calentamiento por inducción convencionales no pueden determinar cómo está situada la cazuela sobre la placa superior de la cocina de calentamiento por inducción (la superficie de la ubicación de la cazuela).
- 25

- Por tanto, incluso cuando se detecta por medio de estos sensores que la cazuela está situada sobre la placa superior, la superficie de la ubicación de la cazuela sobre las correspondientes bobinas de calentamiento puede ser inapreciable o limitada. En este caso, dado que estas cocinas de calentamiento por inducción convencionales de los documentos de patente 1 y 2 accionan cada una de las bobinas de calentamiento bajo la misma condición de accionamiento, se puede calentar la parte inferior de la cazuela de manera desigual de acuerdo al lugar de ubicación de la cazuela, dando lugar a una variación de la temperatura superficial de la parte inferior de la cazuela (o de la potencia eléctrica aplicada por unidad de superficie por parte de las bobinas de calentamiento), lo cual, a su vez, puede dar lugar a que la comida se carbonice en la cazuela y/o a protuberancias parciales sobre la parte inferior de la cazuela.
- 30
- 35

Medios para resolver los problemas

Para la resolución de los inconvenientes anteriores, una realización de la presente invención es la provisión de un sistema de cocina de calentamiento por inducción que comprende:

- 40 una primera bobina de calentamiento;
- al menos una segunda bobina de calentamiento dispuesta en la proximidad de la primera bobina de calentamiento para el calentamiento de un único objeto sometido a calentamiento cooperando entre sí;
- unos sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo que suministran una corriente de alta frecuencia de la misma frecuencia de forma individual a las bobinas de calentamiento primera y segunda;
- 45 un primer extractor de componente de orden n (n: número natural) que extrae una componente de corriente de accionamiento de orden n de la corriente de accionamiento que circula por la primera bobina de calentamiento y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la primera bobina de calentamiento;
- 50 un segundo extractor de componente de orden n (n: número natural) que extrae una componente de corriente de accionamiento de orden n de la corriente de accionamiento que circula por la segunda bobina de calentamiento y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la segunda bobina de calentamiento; y

un controlador que está adaptado para calcular la resistencia de carga de las bobinas de calentamiento primera y segunda a partir de las componentes de corriente de accionamiento de orden n y de las componentes de tensión de accionamiento de orden n extraídas por medio de los extractores de componente de orden n primero y segundo.

- 5 El controlador de la presente invención está adaptado para controlar la energía eléctrica suministrada desde los sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo a las bobinas de calentamiento primera y segunda de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen del ratio de las resistencias de carga calculadas de las bobinas de calentamiento primera y segunda.

Ventaja de la invención

- 10 Según el sistema de cocina de calentamiento por inducción de la presente invención, el controlador está adaptado para calcular de forma instantánea una resistencia de carga de una pluralidad de bobinas de calentamiento y para controlar la energía eléctrica suministrada a las bobinas de calentamiento primera y segunda de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen del ratio de las resistencias de carga calculadas de las bobinas de calentamiento primera y segunda, al objeto de calentar la cazuela de manera uniforme o regular, evitando de esta forma la carbonización o el quemado de comida en la cazuela.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista en planta superior de la bobina de calentamiento de la realización 1 según la presente invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de bloques básicos de circuito de un sistema de cocina de calentamiento por inducción según la presente invención.

- 20 La figura 3 es una forma de onda de la tensión de accionamiento detectada por un detector de tensión de accionamiento, y de la corriente de accionamiento detectada por un detector de corriente de accionamiento.

Las figuras 4A – 4C son vistas en planta superior de unos discos hechos de diferentes materiales que se sitúan sobre una bobina de calentamiento.

- 25 Las figuras 5A – 5B son mapas que muestran la relación entre la frecuencia de resonancia y la resistencia de carga de discos hechos de diferentes materiales situados en diferentes lugares de ubicación.

Las figuras 6A – 6B son mapas que muestran la relación entre la inductancia y la resistencia de carga de discos hechos de diferentes materiales situados en diferentes lugares de ubicación.

La figura 7 es un diagrama de bloques de circuito esquemático de un sistema de cocina de calentamiento por inducción alternativo.

- 30 La figura 8 es un diagrama de bloques de circuito esquemático de un sistema de cocina de calentamiento por inducción de la realización 1.

La figura 9 es una vista en planta superior de la bobina de calentamiento de una modificación.

La figura 10 es una vista en planta superior de la bobina de calentamiento de otra modificación.

Significado de los números de referencia

- 35 1 = sistema de cocina de calentamiento por inducción
 2 = bobina de calentamiento
 10 = fuente de alimentación comercial
 12 = sistema de circuitos de rectificación
 14 = sistema de circuitos de accionamiento
 40 20 = calentador LCR de inducción
 24 = condensador de resonancia
 30 = detector de tensión de accionamiento
 32 = detector de corriente de accionamiento
 40 = extractor de componente principal

50 = controlador

P = cazuela

Descripción de las realizaciones

5 Haciendo referencia a los dibujos adjuntos, a continuación se describirán realizaciones de un sistema de cocina de calentamiento por inducción según la presente invención. Los componentes similares se denotan por los mismos números de referencia a lo largo de la descripción y los dibujos.

Realización 1

10 Haciendo referencia a las figuras 1 a 10, a continuación se describirá en detalle la realización 1 de un sistema de cocina de calentamiento por inducción según la presente invención. La figura 1 es una vista en planta de la bobina de calentamiento 2 de la realización 1. La bobina de calentamiento 2 de la realización 1 incluye una bobina de calentamiento interna 2a (una primera bobina de calentamiento) formada por medio del enrollamiento de un cable conductor en un plano y una bobina de calentamiento externa 2b (una segunda bobina de calentamiento) formada por medio del enrollamiento de otro cable conductor de forma concéntrica alrededor de la bobina central 2a.

15 Tal y como se describirá en detalle más adelante haciendo referencia a la figura 8, el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 incluye, en general, unos sistemas de circuitos de accionamiento (sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo) 14a, 14b para el accionamiento de las bobinas de accionamiento 2a, 2b, unos extractores de componente principal 30a, 30b para la extracción de las componentes principales de la tensión de accionamiento detectada y de la corriente de accionamiento detectada, y un controlador 50 para el control de los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b.

20 Antes de pasar a la descripción detallada de la estructura eléctrica y el funcionamiento de la realización 1 del sistema de cocina de calentamiento por inducción 1, en primer lugar se realizará la descripción en particular de la estructura eléctrica básica del extractor de componente principal.

25 La figura 2 es un diagrama de bloques de circuito esquemático de un sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 que tiene una única bobina de calentamiento 2. Haciendo referencia al mismo, se explicará en detalle un principio básico del sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 según la presente invención.

30 El sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 incluye, en general, un sistema de circuitos de rectificación 12 adaptado para la rectificación de la corriente alterna monofásica o trifásica de una fuente de alimentación comercial 10 en corriente continua, un sistema de circuitos de accionamiento 14 adaptado para el suministro de una corriente de alta frecuencia de una frecuencia de accionamiento determinada a una bobina de calentamiento 2, un calentador LCR de inducción 20 compuesto por la bobina de calentamiento 2 y por un condensador de resonancia 24 conectados en serie entre sí, un detector de tensión de accionamiento 30 adaptado para la detección de la tensión de accionamiento en el calentador LCR de inducción 20, y un detector de corriente de accionamiento 32 adaptado para la detección de la corriente de accionamiento que circula por el calentador LCR de inducción 20.

35 Más en concreto, el sistema de circuitos de rectificación 12 puede estar adaptado para una rectificación de onda completa o de media onda, y puede incluir un sistema de circuitos de filtrado que tenga una inductancia para la formación de la componente continua y un condensador (no mostrados). Además, el sistema de circuitos de accionamiento 14 puede estar compuesto por un inversor que tenga una pluralidad de elementos de conmutación tales como IGBTs (no mostrados), pudiendo ser cualquier tipo de inversor, por ejemplo, un sistema de circuitos inversor de medio puente y un sistema de circuitos inversor de puente completo.

40 Tal y como se ha explicado con anterioridad, el calentador LCR de inducción 20 está compuesto de la bobina de calentamiento 2 y del condensador de resonancia 24 conectados en serie entre sí, estando indicada la bobina de calentamiento 2 en la figura 2 de acuerdo a sus circuitos equivalentes de inductancia L y de resistencia de carga R. En este dibujo, lo que se ilustra por encima de la inductancia L es el objeto sometido a calentamiento P, por ejemplo una cazuela.

45 Cuando se alimenta con corriente de alta frecuencia, la bobina de calentamiento 2 genera un campo magnético alterno que se acopla magnéticamente con el objeto sometido a calentamiento P hecho de material conductor, y da lugar a una corriente de Foucault en el interior del objeto sometido a calentamiento P, calentando de esta forma el propio objeto sometido a calentamiento P.

50 En general, la resistencia de carga R del calentador LCR de inducción 20 varía de acuerdo a la existencia y/o al lugar de la ubicación (superficie y posición) del objeto sometido a calentamiento P, es decir, de acuerdo al campo magnético alterno que se acopla magnéticamente con el objeto sometido a calentamiento P. Por tanto, la resistencia de carga R del calentador LCR de inducción 20 es equivalente a la resistencia del cableado RC de la bobina de calentamiento 2 cuando no se sitúa ninguna cazuela P sobre la bobina de calentamiento, la cual se suma a una resistencia aparente RL de la cazuela P que aparece cuando la cazuela se sitúa sobre la bobina de calentamiento
55 (es decir, $R = RC + RL$).

Se debe observar que se puede utilizar cualquier tipo de detector de tensión de los comúnmente conocidos en la técnica como detector de tensión de accionamiento 30 para la detección de la tensión de accionamiento V (tensión de salida) a través del calentador LCR de inducción 20. Además, se puede utilizar cualquier tipo de detector de corriente como detector de corriente de accionamiento 32 para la detección de la corriente de accionamiento I (corriente de salida) que circula por el calentador LCR de inducción 20, tal como un transformador de corriente.

El sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 de la presente invención incluye además un extractor de componente principal 40 conectado eléctricamente con el detector de tensión de accionamiento 30 y con el detector de corriente de accionamiento 32. Tal y como se ha descrito con anterioridad, mientras que el sistema de circuitos de accionamiento 14 es un inversor que tiene elementos de conmutación, tales como IGBTs (transistores bipolares de puerta aislada, insulated gate bipolar transistors, por sus siglas en inglés), estando accionado cada uno de los IGBTs del sistema de circuitos de accionamiento 14 por medio de una señal de control (señal de puerta) que tiene una frecuencia de accionamiento determinada (30 kHz, por ejemplo), el detector de tensión de accionamiento 30 y el detector de corriente de accionamiento 32 detectan la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia, tal y como se muestra en la figura 3, las cuales contienen una pluralidad de componentes de orden de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I, respectivamente.

La tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia se expresan, por lo general, como una forma de onda compuesta que contiene múltiples componentes de orden de las formas de onda de la tensión de accionamiento y de las formas de onda de la corriente de accionamiento que tienen componentes de orden superior de múltiplo entero de la frecuencia de accionamiento, respectivamente. El extractor de componente principal 40 según la presente invención está adaptado para extraer únicamente las componentes principales de la tensión de accionamiento V detectada y de la corriente de accionamiento I detectada, teniendo cada una de ellas la misma frecuencia que la frecuencia de accionamiento.

El extractor de componente principal 40 está adaptado para extraerlas por medio del muestreo de datos de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I a una frecuencia de muestreo igual a k veces (k es un número natural de valor 2 o mayor) la frecuencia de accionamiento, y por medio de la realización de una transformación de Fourier discreta sobre los datos muestreados de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I.

Además, el extractor de componente principal 40 está diseñado para procesar las componentes principales de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I de acuerdo a su expresión en notación compleja como sigue:

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

en donde V1, I1 indican las componentes principales de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I; V1Re, I1Re indican las partes reales de V1, I1; V1Im, I1Im indican las partes imaginarias de V1, I1, respectivamente; y j representa la unidad imaginaria.

La impedancia Z del calentador LCR de inducción 20 y el desfase angular θ entre la tensión de accionamiento V1 y la corriente de accionamiento I1 (la fase de la tensión de accionamiento V1 con respecto a la corriente de accionamiento I1, o la fase de la impedancia Z) se expresan como sigue:

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

en donde Im(Z) y Re(Z) indican la parte real y la parte imaginaria de la impedancia Z, respectivamente. El desfase angular θ entre la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I se puede expresar con el "arco seno" o el "arco coseno", en lugar de con la "arco tangente", lo cual puede ser más beneficioso ya que la "arco tangente" probablemente se haga divergente y contenga muchos errores de cálculo con desfases angulares θ próximos a 90°.

El sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 de la presente invención incluye además un controlador 50 conectado eléctricamente tanto al sistema de circuitos de accionamiento 14 como al extractor de componente principal 40, tal y como se ilustra en la figura 2. El controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la impedancia Z del calentador LCR de inducción 20 y el desfase angular θ (argumento) entre la tensión de accionamiento V1 y la corriente de accionamiento I1 a partir de la fórmula (2) anterior, y para aplicar en consecuencia una serie de señales de control de accionamiento apropiadas (señales de puerta) al sistema de circuitos de accionamiento 14.

Además, el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la potencia eléctrica eficaz W_E y la corriente eficaz I_E como sigue:

$$W_E = \text{Re}(V_1 \times I_1^*) / 2$$

$$I_E = \sqrt{I_1 \times I_1^*} / \sqrt{2} \quad \dots(3),$$

en donde I_1^* es el complejo conjugado de la corriente de accionamiento I_1 .

5 Tal y como se ha explicado con anterioridad, a partir de la tensión de accionamiento principal V_1 y de la corriente de accionamiento principal I_1 , el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la impedancia Z del calentador LCR de inducción 20, el desfase angular θ (argumento) entre la tensión de accionamiento principal V_1 y la corriente de accionamiento principal I_1 , la potencia eléctrica eficaz W_E y la corriente eficaz I_E .

10 Por otro lado, en un típico sistema de circuitos LCR que incluye el calentador LCR de inducción 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 2 se pueden expresar de la siguiente manera:

$$R = W_E / I_E^2$$

$$Z = R + j \times (\omega L - 1 / \omega C)$$

$$L = (R \tan \theta + 1 / \omega C) / \omega$$

$$Fr = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \quad \dots(4),$$

15 en donde ω es la frecuencia f de las componentes principales (igual a la frecuencia de accionamiento por definición, $\omega = 2\pi f$), y C es la capacidad del condensador de resonancia 24, siendo ambos conocidos. El controlador 50 de la presente invención es capaz de calcular también la frecuencia de resonancia Fr y la resistencia de carga R (= $RC + RL$) a partir de la fórmula (4), con el desfase angular θ calculado por medio de la fórmula (2).

De manera similar, se puede utilizar otro enfoque para el cálculo de la frecuencia de resonancia Fr , tal y como se ha analizado en la presente memoria. Como se ha explicado con anterioridad, la resistencia de carga R y la impedancia Z se calculan de la siguiente forma:

$$Z = V_1 / I_1$$

$$Z = R + j \times (\omega L - 1 / \omega C) \quad \dots(5).$$

Si se modifica la fórmula (5), la inductancia L se puede expresar como sigue:

$$R = \text{Re}(Z)$$

$$L = (\text{Im}(Z) + 1 / \omega C) / \omega \quad \dots(6).$$

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

$$25 \quad Fr = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \quad \dots(7).$$

30 Tal y como se analizará en detalle en la presente memoria, para cada una de las bobinas de calentamiento, tras el cálculo de la frecuencia de resonancia Fr (o de la inductancia L de la bobina de calentamiento 2) y de la resistencia de carga R a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I , el controlador 50 de la presente invención es capaz de determinar de forma instantánea el lugar de la ubicación del objeto sometido a calentamiento P (incluyendo si la cazuela P está o no sobre la bobina de calentamiento), así como el material del objeto sometido a calentamiento P , y de controlar la potencia eléctrica de los sistemas de circuitos de accionamiento 14 (es decir, la cantidad de calor generado en las zonas de la cazuela P situadas sobre las correspondientes bobinas de calentamiento) de acuerdo a un ratio de la resistencia de carga R que es generada por la cazuela P para cada una de las bobinas de calentamiento.

Se debe observar que el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular la frecuencia de resonancia F_r (o la inductancia L de la bobina de calentamiento 2) y la resistencia de carga R , a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia detectadas en un único "ciclo de accionamiento de bobina" como el mostrado en la figura 2 (durante aproximadamente 33 microsegundos a una frecuencia de accionamiento de 30 kHz), en un periodo de tiempo bastante corto.

A continuación, se realizará la descripción detallada con algunos ejemplos relativos a cómo el controlador 50 de la presente invención determina el lugar de la ubicación (la superficie de la ubicación sobre la bobina de calentamiento) de la cazuela P , tras el cálculo de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R . Las figuras 4A, 4B y 4C son vistas en planta superior de la bobina de calentamiento 2 y de una pluralidad de discos 26 situados sobre la bobina de calentamiento. Se disponen cuatro discos 26, los cuales están hechos de hierro, acero inoxidable magnético, acero inoxidable no magnético y aluminio.

Se considera cada uno de los discos 26 como una pseudo-cazuela P . Los diámetros de la bobina de calentamiento 2 y de los discos 26 son de aproximadamente 180 mm y de aproximadamente 200 mm, respectivamente, y el grosor de cada disco 26 es de aproximadamente 1,5 mm. En la figura 4A, el disco 26 está situado alrededor del centro (indicado como centro O) de la bobina de calentamiento 2, y se hace referencia a su lugar de ubicación como de "tasa de solapamiento del 100 %".

Además, en las figuras 4B y 4C, los discos 26 están desviados con respecto al centro, de manera que los bordes periféricos E de los mismos están situados a un 75 % y a un 50 % del diámetro de la bobina de calentamiento 2, y se hace referencia a sus lugares de ubicación como de "tasa de solapamiento del 75 %" y de "tasa de solapamiento del 50 %", respectivamente. Por lo tanto, el lugar de ubicación de tasa de solapamiento del 50 % significa que el disco 26 tiene el borde periférico E del disco 26 situado sobre el centro O de la bobina de calentamiento 2.

Después de que cada uno de los discos 26 hechos de hierro, acero inoxidable magnético, acero inoxidable no magnético y aluminio haya sido situado sobre la bobina de calentamiento 2 de manera que la tasa de solapamiento sea del 100 %, 75 % y 50 % (lo cual se corresponde con las figuras 4A, 4B y 4C, respectivamente), se calcula la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I , tal y como se ha explicado con anterioridad, y se representan gráficamente en un mapa (gráfico), tal y como se muestra en la figura 5A.

Además, cuando no se sitúa ningún disco sobre la bobina de calentamiento 2 (por lo tanto, lugar de ubicación sin carga), la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R se calculan en un punto representado por un círculo doble en las figuras 5A y 5B.

En la presente invención, para cada uno de los discos 26 hechos de materiales diferentes, los puntos representados gráficamente (F_r , R) que tienen tasas de solapamiento del 100 %, 75 % y 50 % se pueden unir por líneas de forma continua, al objeto de definir una "zona de supresión de accionamiento" que tiene una tasa de solapamiento inferior al 50 %, tal y como se muestra por medio de un sombreado en la figura 5B.

Por tanto, cuando se detecta que el punto de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R cae dentro de la zona de supresión de accionamiento predeterminada que tiene la tasa de solapamiento inferior al 50 %, el controlador 50 de la presente invención actúa para controlar que el sistema de circuitos de accionamiento 14 no suministre potencia eléctrica al calentador LCR de inducción 20, debido a que determina que la cazuela P no está suficientemente situada sobre la bobina de calentamiento 2 o que únicamente es un pequeño objeto el que está situado sobre la misma. Aparentemente, el umbral de la tasa de solapamiento para la determinación de la supresión del suministro de potencia eléctrica no está limitado al 50 %, pudiendo ser de menos del 40 % o de menos del 60 %.

Asimismo, además de conectar de forma continua los puntos que muestran unas tasas de solapamiento del 100 %, 75 % y 50 %, también se puede estimar la tasa de solapamiento de un disco 26 hecho de cualquier material a partir de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R como se muestra en la figura 5B. Por ejemplo, cuando se da el caso de una frecuencia de resonancia F_r y una resistencia de carga R como las representadas gráficamente por medio de un símbolo de estrella en la figura 5B, el controlador 50 de la presente invención determina que la cazuela P está situada sobre la bobina de calentamiento 55 con una tasa de solapamiento del 75 %, debido a que el punto representado gráficamente se ubica sobre la línea discontinua que une de forma continua las tasas de solapamiento del 75 %.

Además, dado que el controlador 50 de la presente invención está adaptado para calcular rápidamente la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia detectadas en un solo ciclo (durante aproximadamente 33 microsegundos a la frecuencia de accionamiento de 30 kHz), de esta manera se evita el calentamiento del objeto pequeño que no se haya de calentar.

Esto garantiza un sistema más seguro y ahorra energía eléctrica al eliminar el consumo de energía no deseado cuando no hay carga sobre la bobina de calentamiento. Dicho de otro modo, según la presente invención, el cálculo

de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R contribuye a la rápida determinación del material y del lugar de ubicación de la cazuela P (es decir, cuánta superficie de la cazuela está situada sobre la bobina de calentamiento 2) al objeto de facilitar el calentamiento de la cazuela P bajo una condición óptima de calentamiento para el material y el lugar de ubicación de la cazuela P .

5 En lo anterior, el controlador 50 está adaptado para la detección de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R . De forma alternativa, el controlador 50 se puede diseñar para calcular la inductancia L de la bobina de calentamiento 2 y la resistencia de carga R , al objeto de controlar el sistema de circuitos de accionamiento 14. Las figuras 6A y 6B son mapas (gráficos) que muestran una relación entre la inductancia L de la bobina de calentamiento 2 y la resistencia de carga R calculadas a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I , las cuales son similares a las figuras 5A y 5B.

10 Cuando no se sitúa ningún disco (es decir, lugar de ubicación sin carga), la inductancia L y la resistencia de carga R se obtienen en un punto representado por un círculo doble en las figuras 6A y 6B. El controlador 50 se hace funcionar para controlar que el sistema de circuitos de accionamiento 14 permita que la corriente de alta frecuencia circule por el calentador LCR de inducción 20 únicamente cuando los parámetros detectados de la inductancia L y la resistencia de carga R queden situados por fuera de la zona de supresión de accionamiento (tal y como se muestra por medio de un sombreado en la figura 6B). El umbral de la tasa de solapamiento para la determinación de la supresión del suministro de potencia eléctrica se puede fijar a menos del 40 %. Además, la zona de supresión de accionamiento se puede definir para que no se caliente una cazuela P hecha de aluminio.

15 Asimismo, además de conectar de forma continua los puntos que muestran unas tasas de solapamiento del 100 %, 70 % y 40 %, como se muestra en la figura 6B, también se puede estimar la tasa de solapamiento de un disco 26 hecho de cualquier material a partir de la inductancia L y la resistencia de carga R .

20 Por ejemplo, cuando se da el caso de una inductancia L y una resistencia de carga R como las representadas gráficamente por medio de un símbolo de estrella en la figura 6B, el controlador 50 de la presente invención determina que la cazuela P está situada sobre la bobina de calentamiento 55 con una tasa de solapamiento del 70 %, debido a que el punto representado gráficamente se ubica sobre la línea discontinua que une de forma continua las tasas de solapamiento del 70 %.

25 En general, es bien conocido que la cazuela P se puede calentar de la manera más eficiente si la frecuencia de accionamiento es igual a la frecuencia de resonancia propia de la cazuela P . El controlador 50 de la presente invención halla la frecuencia de resonancia F_r al objeto de elegir la frecuencia de accionamiento de manera que sea igual a la frecuencia de resonancia F_r .

30 Además, una frecuencia de accionamiento inferior a la frecuencia de resonancia F_r da lugar a un efecto adverso sobre los elementos de conmutación IGBTs, por lo tanto, en la técnica anterior, si no se identifica de forma exacta la frecuencia de resonancia F_r , a menudo se elige una frecuencia de accionamiento que es mucho mayor que la frecuencia de resonancia real.

35 Esto hace que un usuario disfrute únicamente de una capacidad de calentamiento limitada del sistema de cocina de calentamiento por inducción, ya que de otra forma se podría suministrar más corriente que la de la frecuencia de accionamiento inferior u óptima. Sin embargo, según la presente invención, el controlador puede determinar la frecuencia de resonancia F_r al objeto de elegir la frecuencia de accionamiento óptima en función de la potencia de calentamiento deseada.

40 A pesar de que en el análisis anterior se utiliza un transformador de corriente para el detector de corriente de accionamiento 32, de forma alternativa, se puede utilizar un detector de tensión capacitivo 34 para la determinación de la corriente de accionamiento que circula por el calentador LCR de inducción 20 por medio de la detección de la tensión de condensador en el condensador de resonancia 24. La figura 7 es un diagrama de bloques de circuito esquemático alternativo, similar al de la figura 2.

45 Tal y como se ilustra en la figura 7, el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 incluye un detector de tensión capacitivo 34 conectado eléctricamente con el extractor de componente principal 40, para la medición de una tensión de condensador VC en el condensador de resonancia 24. De forma similar a la tensión de accionamiento V , la tensión de condensador VC contiene componentes de orden superior de múltiplo entero de la frecuencia de accionamiento.

50 Por lo tanto, se hace funcionar el extractor de componente principal 40 para la extracción de la componente principal (o de la componente de primer orden que tenga la frecuencia igual a la frecuencia de accionamiento) de la tensión de condensador VC , por medio de la realización de una transformación de Fourier discreta sobre los datos muestreados de la tensión de condensador VC , la cual se puede expresar también por medio de una notación compleja.

55 Existe una relación entre la componente principal de la tensión de condensador VC y la corriente de accionamiento I , tal como la que sigue:

$$V_{C1} = I_1 / j\omega C$$

$$I_1 = j\omega C V_{C1} \quad \dots(8),$$

5 en donde ω es la frecuencia f de las componentes principales (igual a la frecuencia de accionamiento por definición, $\omega = 2\pi f$), y C es la capacidad del condensador de resonancia 24, siendo ambos conocidos. Como se ve de forma evidente a partir de la fórmula (8), la corriente de accionamiento I_1 tiene una fase que va adelantada con respecto a la de la tensión de condensador V_C en $\pi/2$, es decir, en 90° . Por tanto, puesto que la tensión de condensador V_{C1} está expresada por medio de una notación compleja, la componente principal de la corriente de accionamiento I_1 se puede calcular de forma sencilla, como sigue:

$$V_{C1} = a + j \times b$$

$$I_1 = (-b + j \times a) \times \omega C \quad \dots(9).$$

10 A partir de la corriente de accionamiento I_1 , la frecuencia de resonancia F_r (o la inductancia L de la bobina de calentamiento 2) y la resistencia de carga R se calculan tal y como se ha analizado con anterioridad al objeto de determinar el material de la cazuela y el lugar de la ubicación (incluyendo si la cazuela P está o no sobre la bobina de calentamiento 2), tal y como se ha analizado en la realización 1. Además, puesto que el transformador de corriente relativamente caro se puede reemplazar por el detector de tensión capacitivo 34 para la detección de la corriente de accionamiento a un coste más razonable, se puede reducir el coste de fabricación de los sistemas de cocina de calentamiento por inducción, tal y como se ha analizado en la realización 1.

15 En el análisis anterior, se utiliza el extractor de componente principal 40 para la extracción de las componentes principales de la tensión de accionamiento V detectada por el detector de tensión de accionamiento 30 y de la corriente de accionamiento I detectada por el detector de corriente de accionamiento 32; se puede utilizar un extractor de componente de orden n para la extracción de las componentes de orden n de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I por medio del muestreo de datos de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I a una frecuencia de muestreo igual a k veces (k es un número natural de valor 2 o mayor) la frecuencia de accionamiento, y por medio de la realización de una transformación de Fourier discreta sobre los datos muestreados de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I , calculando de esta forma la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R .

25 En general, cuando se calienta por inducción el objeto sometido a calentamiento P de aluminio, se requiere suministrar a la bobina de calentamiento una corriente modulada de alta frecuencia que tenga una frecuencia superior a la que se requiere para el calentamiento por inducción del objeto sometido a calentamiento P de hierro.

30 Se ha propuesto un denominado sistema de cocina de calentamiento por inducción "para todo metal" que está adaptado para el calentamiento de cazuelas de cualquier metal que tenga una elevada conductividad electrónica y permeabilidad magnética tal como la del aluminio (véase, por ejemplo, la patente de Japón nº 3.460.997 B), el cual está disponible comercialmente en la actualidad. La presente invención se puede incorporar asimismo en el sistema de cocina de calentamiento por inducción "para todo metal".

35 Cuando se calienta el objeto sometido a calentamiento P de aluminio con una corriente de accionamiento I de una frecuencia igual a n veces la frecuencia de accionamiento, esto se controla a menudo de manera que se reduzca la componente principal de la corriente de accionamiento y se incremente la componente de orden n de la corriente de accionamiento. En el caso en el que las componentes de orden n (por ejemplo, las componentes terceras) de la corriente de accionamiento I y de la tensión de accionamiento V son mayores que la componente principal de las mismas, el extractor de componente de orden n puede elegir las componentes de orden n para el cálculo instantáneo de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R de una forma similar a la analizada con anterioridad. En este ejemplo, este cálculo con las componentes de orden n elimina de forma ventajosa la necesidad de aumentar la resolución del convertidor A/D.

Aunque no se ilustra en detalle, se puede obtener un mapa (gráfico) que muestra una relación entre la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R calculadas a partir de las componentes de orden n de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I , el cual es similar al de la figura 5A.

45 Sin embargo, la resistencia de carga del disco de aluminio es mayor que la de la figura 5A debido a que la frecuencia de resonancia del mismo es más elevada. Por lo tanto, el controlador 50 se hace funcionar para calcular la frecuencia de resonancia F_r (o la inductancia L) y la resistencia de carga R a partir de las componentes de orden n de la tensión de accionamiento V y la corriente de accionamiento I .

50 Haciendo referencia ahora a la figura 8, se describirá más en detalle el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 de la realización 1. El sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 mostrado en la figura 8 incluye dos sistemas de circuitos de rectificación 12a, 12b adaptados para la rectificación de la corriente alterna de la

fuelle de alimentaci3n comercial 10 en corriente continua, unos sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b adaptados para el suministro de una corriente de alta frecuencia de una frecuencia de accionamiento determinada a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b, unos calentadores LCR de inducci3n 20a, 20b compuestos por las bobinas de calentamiento 2a, 2b y unos condensadores de resonancia 24a, 24b conectados en serie entre s3.

5 Adem3s, el sistema de cocina de calentamiento por inducci3n 1 incluye unos detectores de tensi3n de accionamiento 30a, 30b adaptados para la detecci3n de la tensi3n de accionamiento en los calentadores LCR de inducci3n 20a, 20b, y unos detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b adaptados para la detecci3n de la corriente de accionamiento que circula por los calentadores LCR de inducci3n 20a, 20b.

10 Adem3s, incluye unos extractores de componente principal 40a, 40b conectados tanto con los detectores de tensi3n de accionamiento 30a, 30b como con los detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b, y un controlador 50 conectado con los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b y con los extractores de componente principal 40a, 40b.

15 Se debe observar que a pesar de que cada uno de los sistemas de circuitos de rectificaci3n 12a, 12b de la figura 8 se proporciona para el suministro de corriente continua a los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b, alternativamente se podr3a compartir un 3nico sistema de circuitos de rectificaci3n 12 al objeto de suministrar corriente continua a los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b.

20 Cada componente mostrado en la figura 8, por ejemplo, los sistemas de circuitos de rectificaci3n 12a, 12b, los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b (sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo), los calentadores LCR de inducci3n 20a, 20b que tienen las bobinas de calentamiento 2a, 2b (bobinas de calentamiento interna y externa) y los condensadores de resonancia 24a, 24b conectados en serie entre s3 para calentar de forma conjunta una 3nica cazuela P, los detectores de tensi3n de accionamiento 30a, 30b, los detectores de corriente de accionamiento 32a, 32b, los extractores de componente principal 40a, 40b y el controlador 50, son los mismos que los que se han descrito haciendo referencia a las figuras 2 y 7, en consecuencia se prescindir3 de la descripci3n repetida de estos componentes comunes.

25 Dado que las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b est3n adaptadas para el calentamiento conjunto o simult3neo de la 3nica cazuela P, ambas est3n dispuestas f3sicamente pr3ximas entre s3. Por ello, cuando las corrientes de alta frecuencia suministradas a las bobinas de calentamiento tienen frecuencias diferentes entre s3, se puede generar un ruido pulsante audible que se corresponde con la diferencia de frecuencias, lo cual hace que el usuario se sienta bastante inc3modo.

30 Por lo tanto, al objeto de evitar el indeseable ruido pulsante, el controlador 50 necesita controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar la corriente de alta frecuencia con una misma frecuencia a ambas bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b.

35 Tal y como se ha descrito con anterioridad, el controlador 50 de la presente invenci3n mostrado en la figura 8 puede calcular la resistencia de carga R a partir de las componentes principales de la tensi3n de accionamiento V y la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia detectadas en un 3nico "ciclo de accionamiento de bobina" (durante aproximadamente 33 microsegundos), en un periodo de tiempo bastante corto.

40 Adem3s, cuando se realiza la detecci3n de la carga de las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b, se pueden extraer las componentes principales de la tensi3n de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I para cada una de las bobinas de calentamiento de forma simult3nea, o alternativamente en secuencia, es decir, una a una, al objeto de minimizar de esta forma la adversa influencia mutua debida al acoplamiento magn3tico entre las bobinas de calentamiento 2a, 2b.

45 Seg3n el sistema de cocina de calentamiento por inducci3n 1 de la realizaci3n 1, se supone que la resistencia de carga R es un indicador del calor espec3fico (es decir, la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura en una unidad) de la parte de la cazuela P que est3 situada sobre las bobinas de calentamiento. Por lo tanto, el controlador 50 est3 adaptado para controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b de manera que la energ3a el3ctrica Q mayor se suministra a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b que tienen la mayor resistencia de carga R, calentando de esta forma la cazuela P de manera uniforme o regular.

50 M3s en concreto, el controlador 50 est3 adaptado para calcular unos ratios de distribuci3n de energ3a r1 y r2 que se pueden expresar por medio de la resistencia de carga R1 y R2 de las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b de la siguiente forma.

$$r_1 = R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$r_2 = R_2 / (R_1 + R_2) \quad \dots(10).$$

Además, el controlador 50 está adaptado para distribuir la energía eléctrica total Q0 correspondiente a la "potencia de calentamiento" elegida por el usuario para la totalidad de la cazuela P, en unas energías eléctricas parciales Q1, Q2 que se han de suministrar a cada una de las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b en función de los ratios de distribución de energía r1 y r2.

- 5 Por tanto, el controlador 50 calcula las energías eléctricas parciales Q1, Q2 para las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b tal y como se expresa a continuación, y controla los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar las energías eléctricas parciales Q1, Q2 a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b.

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_0 \times r_1 \\ Q_2 &= Q_0 \times r_2 \end{aligned} \quad \dots(11).$$

- 10 Dado que la energía eléctrica Q se puede calcular como el valor integral de la potencia eléctrica W a lo largo de un periodo de tiempo determinado, el controlador 50 puede utilizar cualesquiera procesos y dispositivos para calcular las citadas energías eléctricas Q1, Q2 para el control de los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b.

15 Por ejemplo, en el caso en el que a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b se les suministra de forma contante una potencia eléctrica predeterminada W1, W2 (es decir, un accionamiento de potencia constante), el controlador 50 puede controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar las potencias eléctricas W1, W2, que se expresan a continuación por medio de un parámetro de la potencia eléctrica total W0 (= dQ0/dt), a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b.

$$\begin{aligned} W_1 &= W_0 \times r_1 \\ W_2 &= W_0 \times r_2 \end{aligned} \quad \dots(12).$$

- 20 De forma alternativa, en un caso en el que a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b se les suministra de forma intermitente la misma potencia eléctrica W0, pero con duraciones de tiempo (periodos t1, t2) de suministro de potencia diferentes entre sí (es decir, un accionamiento por impulsos), el controlador 50 puede controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar la misma potencia eléctrica W0 durante los periodos t1, t2 expresados a continuación, a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b. Por definición, se introduce Q1 = W0 x t1, Q2 = W0 x t2 y Q0 = W0 x (t1 + t2) en la fórmula (11) para obtener la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Q_1 &= W_0 \times (t_1 + t_2) \times r_1 & \therefore t_1 &= (t_1 + t_2) \times r_1 \\ Q_2 &= W_0 \times (t_1 + t_2) \times r_2 & \therefore t_2 &= (t_1 + t_2) \times r_2 \\ \therefore t_1 / t_2 &= R_1 / R_2 & (\because \text{Fórmula (11)}) & \dots(13). \end{aligned}$$

- 25 Por lo tanto, al objeto de conseguir la energía eléctrica deseada Q1, Q2 en las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b, el controlador 50 puede utilizar las potencias eléctricas W1, W2 de la fórmula (12) en el proceso de accionamiento de potencia constante, o puede controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b en el proceso de accionamiento por impulsos de manera que el ratio (t1/t2) del tiempo de duración del suministro de potencia eléctrica a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b sea igual al ratio (R1/R2) de las resistencias de carga de las mismas.

30 Además, el controlador 50 puede combinar el proceso de accionamiento de potencia constante y el proceso de accionamiento por impulsos para controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de conseguir las energías eléctricas Q1, Q2 obtenidas por la fórmula (11), para calentar de esta forma la totalidad de la cazuela P de manera uniforme.

35 Por lo tanto, el controlador 50 de la presente invención puede calcular la resistencia de carga R1 y R2 y los ratios de distribución de energía r1 y r2 al objeto de distribuir la totalidad de la energía eléctrica Q0 en las apropiadas energías eléctricas Q1, Q2 para las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b, calentando de esta forma la cazuela P de manera uniforme o regular.

- 40 A pesar de que las anteriores energías eléctricas Q1, Q2 se calculan por medio de la fórmula (13) suponiendo que dependen linealmente de los ratios de distribución de energía r1 y r2, las energías eléctricas Q1, Q2 puede que no varíen de forma lineal con los ratios de distribución de energía r1 y r2, o que no estén ponderadas por ellos. La ponderación de la energía eléctrica se puede determinar cuando se diseña cada uno de los productos del sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 a partir de la medida real de la relación entre la resistencia de carga y la energía de calentamiento deseada.

Modificación 1

5 A pesar de que el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 de la realización 1 incluye la bobina de calentamiento interna 2a y la bobina de calentamiento externa 2b dispuestas de forma concéntrica alrededor de la bobina central 2a, tal y como se ilustra en la figura 1, éste puede incluir una única bobina central 2a y cuatro bobinas periféricas 2b a 2e dispuestas según la forma de un cuarto de arco de círculo (como un plátano o un pepino), tal y como se ilustra en la figura 9. De forma alternativa, el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 puede incluir una pluralidad de bobinas de calentamiento 2 secundarias circulares dispuestas en una matriz, tal y como se ilustra en la figura 10.

10 En estos casos, se puede proporcionar una pluralidad de sistemas de circuitos de accionamiento 14 y de extractores de componente principal 40 (o de extractores de componente de orden n) de manera que el controlador 50 calcula la resistencia de carga R de cada una de las bobinas de calentamiento 2 y controla la energía eléctrica Q que se ha de suministrar a las mismas de acuerdo con los ratios de distribución de energía al objeto de calentar la totalidad de la cazuela P de manera uniforme.

15 Además, incluso cuando un usuario cambia la posición de la cazuela P, por ejemplo, al remover los ingredientes en la cazuela P, el controlador 50 de la presente invención puede actualizar repetidamente la resistencia de carga R de cada una de las bobinas de calentamiento 2 al objeto de conservar la adecuada energía eléctrica para cada una de las bobinas de calentamiento, obteniendo de esta forma un calentamiento uniforme de la cazuela P.

20 Hay que indicar a este respecto que cada una de las bobinas de calentamiento 2 tiene, por lo general, la máxima energía eléctrica que suministra la corriente de alta frecuencia por segundo, es decir, la máxima potencia eléctrica nominal WMAX. Cuando ambas bobinas de calentamiento 2 se accionan bajo las mismas condiciones de accionamiento (es decir, con la misma relación de servicio o duración temporal de la corriente de alta frecuencia), una de las bobinas de calentamiento 2 a la que se ha de suministrar potencia puede tener la resistencia de carga R mayor que la otra.

25 Por tanto, por ejemplo, la potencia eléctrica W1 suministrada a la bobina de calentamiento central 2a para la energía eléctrica deseada Q, la cual se calcula en función de los ratios de distribución de energía r1 y r2 ($Q = W \times t$), puede ser mayor que la máxima potencia eléctrica nominal WMAX.

30 Por lo tanto, como con anterioridad, la energía eléctrica Q se puede calcular como el valor integral de la potencia eléctrica W a lo largo de un periodo de tiempo predeterminado; cuando la duración temporal del suministro de energía eléctrica a cada una de las bobinas de calentamiento 2 se fija de forma igual y la energía eléctrica Q para cada una de ellas se distribuye en función de los ratios de distribución de energía r1 y r2, una bobina de calentamiento 2 particular puede tener una potencia eléctrica W que exceda de la máxima potencia eléctrica nominal WMAX, lo cual, a su vez, puede deteriorar la fiabilidad del sistema de cocina de calentamiento por inducción 1.

35 Por tanto, según la modificación 1, el controlador 50 da mayor prioridad a la consecución de un calentamiento fiable que a la consecución de una energía de calentamiento suficiente, a la vez que asegura un calentamiento uniforme de la cazuela P, por medio de la limitación de la energía eléctrica total a Q0' para todas las bobinas de calentamiento 2, si no, la potencia eléctrica W calculada para la obtención de la energía eléctrica deseada Q1, Q2 por medio de la fórmula (11) sería mayor que la máxima potencia eléctrica nominal WMAX.

40 Esto proporciona un sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 que calienta la totalidad de la cazuela P de una manera uniforme o regular a la vez que mantiene la potencia eléctrica W suministrada a cada una de las bobinas de calentamiento por debajo de la máxima potencia eléctrica nominal WMAX, al objeto de mejorar de esta forma la fiabilidad del mismo.

Además, en la descripción anterior, el propósito de calcular la resistencia de carga R y los ratios de distribución de energía r y de controlar la potencia eléctrica para cada una de las bobinas de calentamiento 2 es el de calentar de manera uniforme la cazuela P, aunque no está limitado a ello.

45 Por lo tanto, por ejemplo, si se deseara calentar la cazuela P de manera no uniforme, por ejemplo, de manera más intensa en una parte periférica que en una parte central de la cazuela P, el controlador 50 puede calcular la resistencia de carga R y controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar las energías eléctricas ponderadas Q1', Q2' a las bobinas de calentamiento 2.

Realización 2

50 A continuación, se describirá la realización 2 del sistema de cocina de calentamiento por inducción según la presente invención. Al objeto de distribuir de forma apropiada la energía eléctrica entre cada una de las bobinas de calentamiento 2, en la realización 2 el controlador 50 calcula los ratios de distribución de energía r en función de la tasa de solapamiento (la superficie de la ubicación sobre la bobina de calentamiento 2) de la cazuela P, mientras que en la realización 1 lo hace en función de la resistencia de carga R de cada una de las bobinas de calentamiento 2. Dado que las otras características de la realización 2 son similares a las de la realización 1, no se repetirá ninguna descripción en detalle de las características comunes.

Tal y como se ha descrito haciendo referencia a la figura 8, el controlador 50 de la presente invención puede calcular de forma instantánea cualquier par de entre la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R , o la inductancia L y la resistencia de carga R de las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b a partir de las componentes principales de la tensión de accionamiento V y de la corriente de accionamiento I moduladas de alta frecuencia detectadas en un solo ciclo de accionamiento de bobina.

Además, haciendo referencia a los mapas mostrados en las figuras 5 y 6 y almacenados previamente en la memoria (no mostrada), el controlador 50 de la presente invención puede determinar fácilmente la tasa de solapamiento de la cazuela P situada sobre las bobinas de calentamiento 2a, 2b tomando como referencia el punto representado gráficamente (por ejemplo, el símbolo de estrella) de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R sobre el mapa de la figura 5B, o el representado gráficamente de la inductancia L y la resistencia de carga R sobre el mapa de la figura 6B.

La superficie en la que la cazuela P situada sobre las bobinas de calentamiento 2a, 2b es calentada de forma efectiva es fija al depender del tamaño y la forma de las bobinas de calentamiento 2; por lo tanto, una vez que se ha determinado la tasa de solapamiento de la cazuela P , se puede calcular la superficie de la ubicación S_1 , S_2 de la cazuela P sobre las bobinas de calentamiento 2a, 2b.

Según el sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 de la realización 2, se supone que la superficie de la ubicación S de la cazuela P es un indicador del calor específico de la parte de la cazuela P que está situada sobre las bobinas de calentamiento 2a, 2b. Por lo tanto, el controlador 50 está adaptado para controlar los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b de manera que la energía eléctrica Q mayor se suministra a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b que tienen la mayor superficie de ubicación S , calentando de esta forma la cazuela P de manera uniforme o regular.

Más en concreto, el controlador 50 está adaptado para calcular unos ratios de distribución de energía r_1 y r_2 que se pueden expresar por medio de superficie de la ubicación S_1 y S_2 de las bobinas de calentamiento 2a, 2b de la siguiente forma.

$$\begin{aligned} r_1 &= S_1 / (S_1 + S_2) \\ r_2 &= S_2 / (S_1 + S_2) \end{aligned} \quad \dots(14).$$

Además, el controlador 50 está adaptado para distribuir la energía eléctrica total Q_0 correspondiente a la "potencia de calentamiento" elegida por el usuario para la totalidad de la cazuela P , en unas energías eléctricas parciales Q_1 , Q_2 que se han de suministrar a cada una de las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b en función de los ratios de distribución de energía r_1 y r_2 .

Por tanto, el controlador 50 calcula las energías eléctricas parciales Q_1 , Q_2 para las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b tal y como se expresa a continuación, y controla los sistemas de circuitos de accionamiento 14a, 14b al objeto de suministrar las energías eléctricas parciales Q_1 , Q_2 a las bobinas de calentamiento interna y externa 2a, 2b.

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_0 \times r_1 \\ Q_2 &= Q_0 \times r_2 \end{aligned} \quad \dots(15).$$

Se debe observar que la superficie de la ubicación S_1 , S_2 de la cazuela P sobre las bobinas de calentamiento 2a, 2b se puede determinar haciendo referencia a los mapas mostrados en las figuras 5B y 6B tras tener en cuenta los factores, no sólo de la resistencia de carga R , sino además de la frecuencia de resonancia F_r y la resistencia de carga R de las bobinas de calentamiento 2a, 2b, los cuales pueden variar de forma substancial de acuerdo al material de composición de la cazuela P .

En consecuencia, el controlador 50 de esta realización puede distribuir una energía eléctrica que sea incluso más apropiada para cada una de las bobinas de calentamiento 2a, 2b que el de la realización 1, al objeto de mejorar de esta forma el calentamiento uniforme o regular de la cazuela P .

De forma similar a la realización 1, al objeto de conseguir las energías eléctricas Q_1 , Q_2 expresadas con anterioridad, el controlador 50 puede controlar la potencia eléctrica W_1 , W_2 suministrada a las bobinas de calentamiento 2a, 2b en el proceso de accionamiento de potencia constante, o de forma alternativa puede controlar la duración temporal t_1 , t_2 del suministro de potencia en el proceso de accionamiento por impulsos.

Además, las energías eléctricas Q_1 , Q_2 mencionadas con anterioridad se pueden calcular como si dependieran linealmente de los ratios de distribución de energía r_1 y r_2 , o puede que no varíen de forma lineal o que no estén ponderadas por ellos. También de forma similar a la realización 1, la ponderación de la energía eléctrica se puede

determinar cuando se diseña cada uno de los productos del sistema de cocina de calentamiento por inducción 1 a partir de la medida real de la relación entre la resistencia de carga y la energía de calentamiento deseada.

REIVINDICACIONES

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

- una primera bobina de calentamiento (2a);
- al menos una segunda bobina de calentamiento (2b) dispuesta en la proximidad de la primera bobina de calentamiento (2a) para el calentamiento de un único objeto sometido a calentamiento (P) cooperando entre sí;
- unos sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo (14a, 14b) que suministran una corriente de alta frecuencia de la misma frecuencia de forma individual a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b);

5

10

caracterizado por que comprende además:

- un primer extractor de componente de orden n, siendo n un número natural, que extrae una componente de corriente de accionamiento de orden n de la corriente de accionamiento que circula por la primera bobina de calentamiento (2a) y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la primera bobina de calentamiento (2a);
- un segundo extractor de componente de orden n, siendo n un número natural, que extrae una componente de corriente de accionamiento de orden n de la corriente de accionamiento que circula por la segunda bobina de calentamiento (2b) y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la segunda bobina de calentamiento (2b); y
- un controlador (50) que está adaptado para calcular la resistencia de carga de las bobinas de calentamiento primera y segunda a partir de las componentes de corriente de accionamiento de orden n y de las componentes de tensión de accionamiento de orden n extraídas por medio de los extractores de componente de orden n primero y segundo,

15

20

en el que el controlador (50) está adaptado para controlar la energía eléctrica suministrada desde los sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo (14a, 14b) a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen del ratio de las resistencias de carga calculadas de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b).

25

2. El sistema de cocina de calentamiento por inducción según la reivindicación 1, en el que el controlador está adaptado para:

- a) calcular una frecuencia de resonancia o una inductancia de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) a partir de las componentes de corriente de accionamiento de orden n y de las componentes de tensión de accionamiento de orden n extraídas por medio de los extractores de componente de orden n primero y segundo,
- b) determinar las superficies de ubicación primera y segunda del objeto sometido a calentamiento (P) situado sobre las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) por medio de un mapa que muestra una relación entre la frecuencia de resonancia calculada y la resistencia de carga calculada de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b), o entre la inductancia calculada y la resistencia de carga calculada de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b), y
- c) controlar la energía eléctrica suministrada a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen de las superficies de ubicación calculadas primera y segunda de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b).

30

35

40

3. El sistema de cocina de calentamiento por inducción según la reivindicación 1 o 2, en el que se dispone una pluralidad de segundas bobinas de calentamiento (2b – 2e) de forma concéntrica alrededor de la primera bobina de calentamiento (2a), o se disponen según la forma de un arco de círculo o de un círculo.

4. Un proceso de control de un sistema de cocina de calentamiento por inducción, comprendiendo el sistema de cocina de calentamiento por inducción una primera bobina de calentamiento (2a), al menos una segunda bobina de calentamiento (2b) dispuesta en la proximidad de la primera bobina de calentamiento (2a) para el calentamiento de un único objeto sometido a calentamiento (P) cooperando entre sí, incluyendo el proceso:

45

- suministrar una corriente de alta frecuencia de la misma frecuencia de forma individual a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b);

50

caracterizado por:

- extraer una componente de corriente de accionamiento de orden n , siendo n un número natural, de la corriente de accionamiento que circula por la primera bobina de calentamiento (2a) y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la primera bobina de calentamiento (2a);
- 5
- extraer una componente de corriente de accionamiento de orden n , siendo n un número natural, de la corriente de accionamiento que circula por la segunda bobina de calentamiento (2b) y una componente de tensión de accionamiento de orden n de la tensión de accionamiento en la segunda bobina de calentamiento (2b);
- 10
- calcular una resistencia de carga de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) a partir de las componentes de corriente de accionamiento de orden n y de las componentes de tensión de accionamiento de orden n , y
- controlar la energía eléctrica suministrada desde los sistemas de circuitos de accionamiento primero y segundo (14a, 14b) a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen del ratio de las resistencias de carga calculadas de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b).
- 15
5. El proceso según la reivindicación 4, en el que la etapa de control tiene unas sub-etapas que incluyen:
- a) calcular una frecuencia de resonancia o una inductancia de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) a partir de las componentes de corriente de accionamiento de orden n y de las componentes de tensión de accionamiento de orden n extraídas por medio de los extractores de componente de orden n primero y segundo (40),
- 20
- b) determinar las superficies de ubicación primera y segunda del objeto sometido a calentamiento (P) situado sobre las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) por medio de un mapa que muestra una relación entre la frecuencia de resonancia calculada y la resistencia de carga calculada de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b), o entre la frecuencia de resonancia calculada y la inductancia calculada de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b), y
- 25
- c) controlar la energía eléctrica suministrada a las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b) de acuerdo a unos ratios de distribución de energía que dependen de las superficies de ubicación calculadas primera y segunda de las bobinas de calentamiento primera y segunda (2a, 2b).

Fig. 1

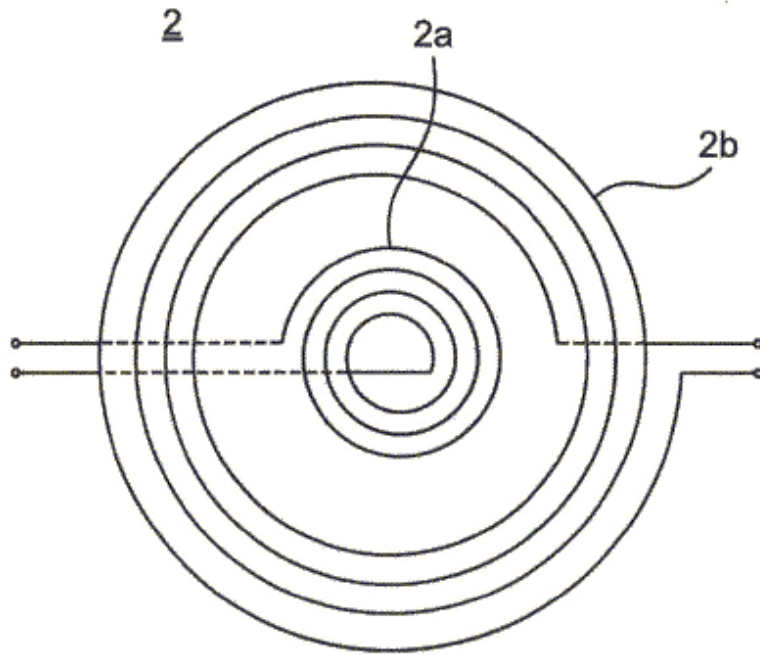


Fig.2

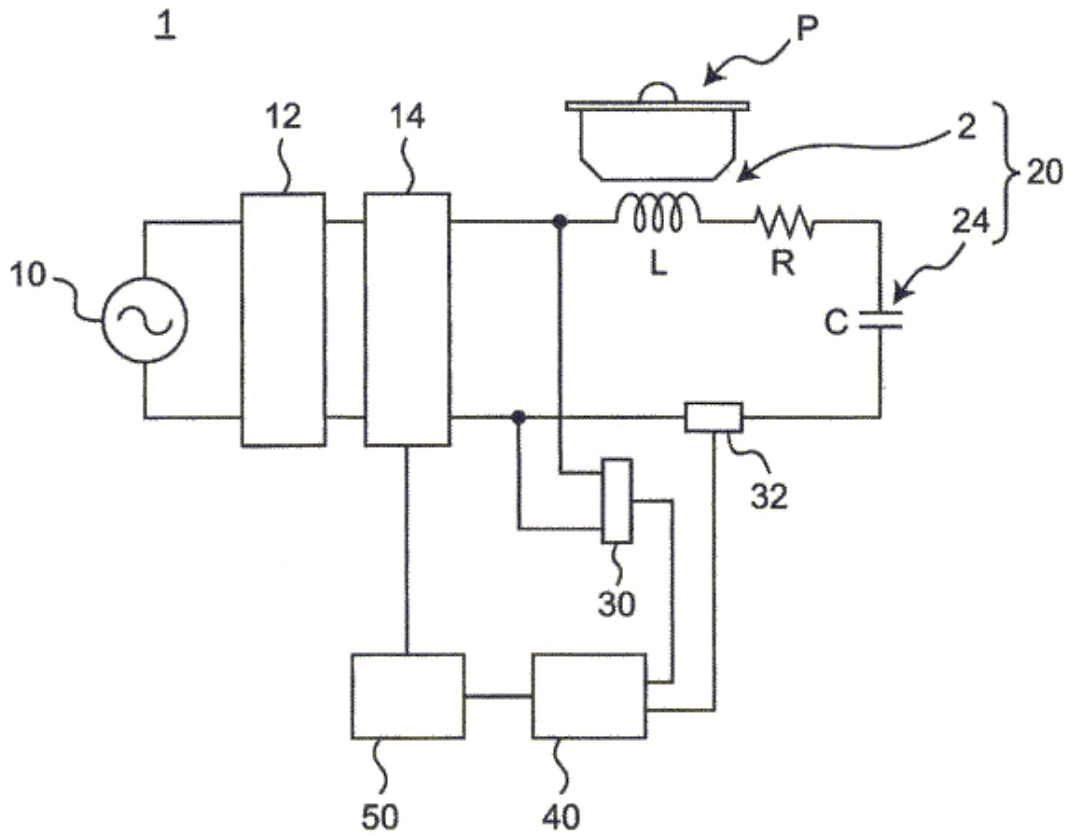


Fig.3

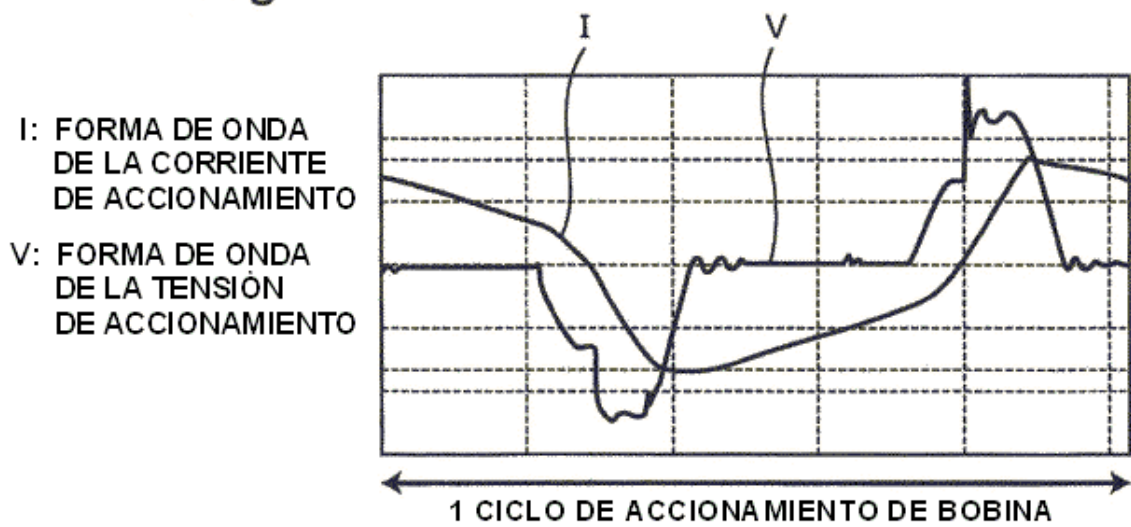


Fig.4A

TASA DE SOLAPAMIENTO DEL 100 %

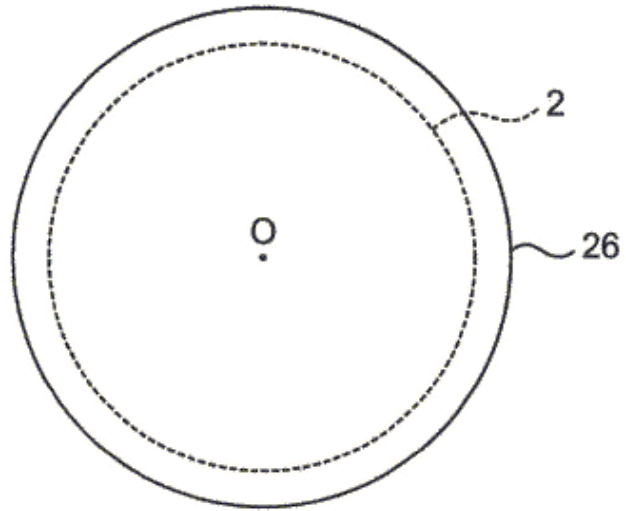


Fig.4B

TASA DE SOLAPAMIENTO DEL 75 %

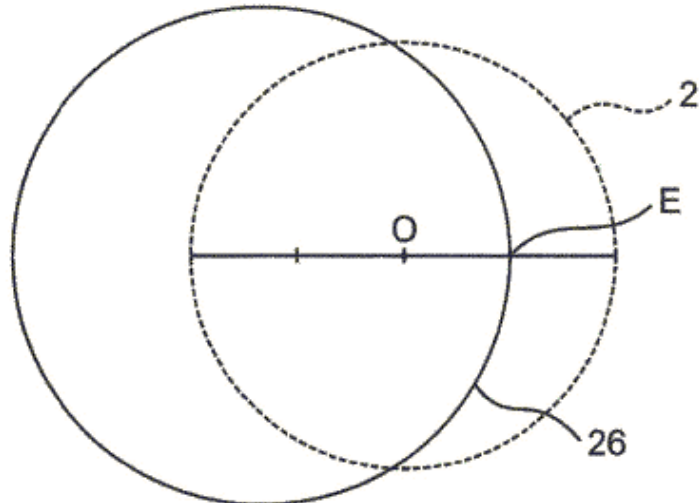


Fig.4C

TASA DE SOLAPAMIENTO DEL 50 %

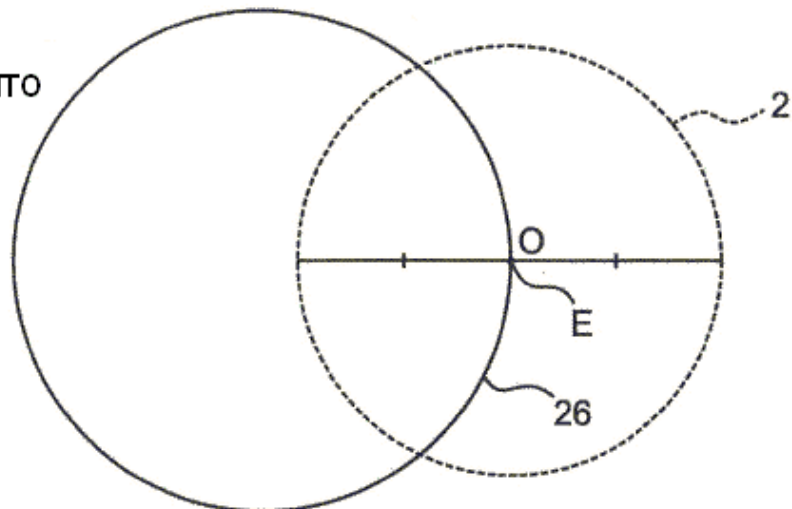


Fig.5A

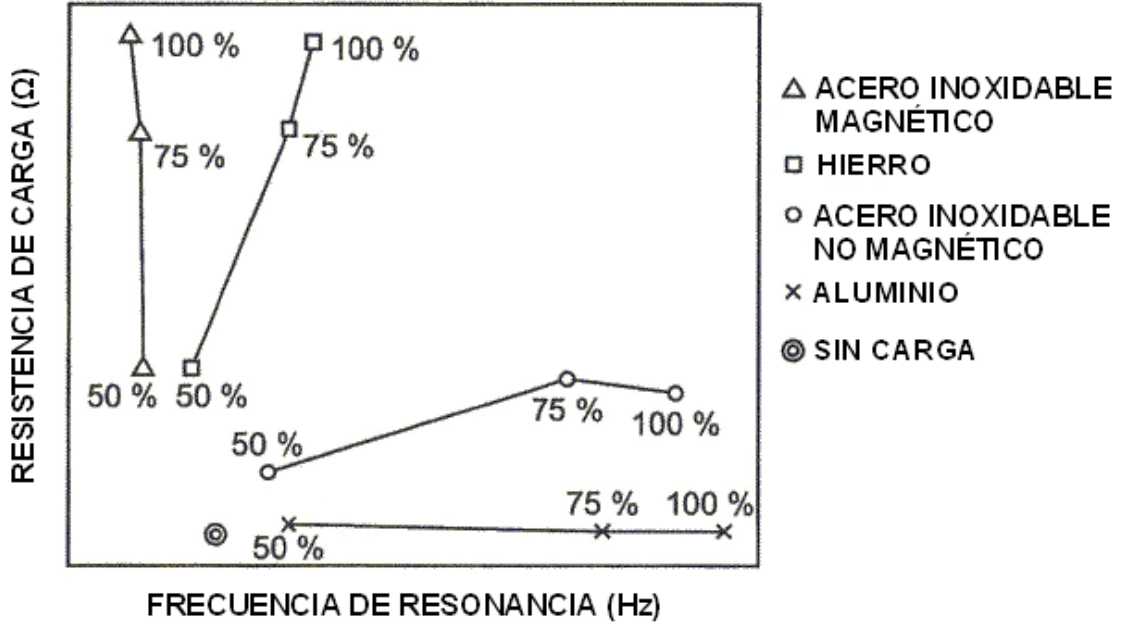


Fig.5B

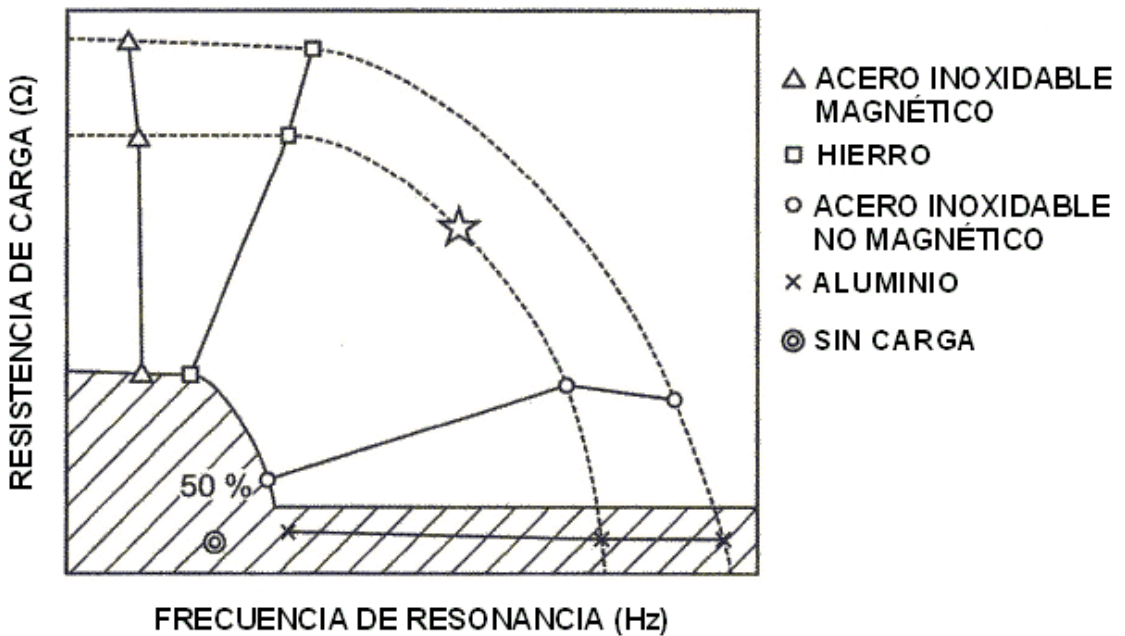


Fig.6A

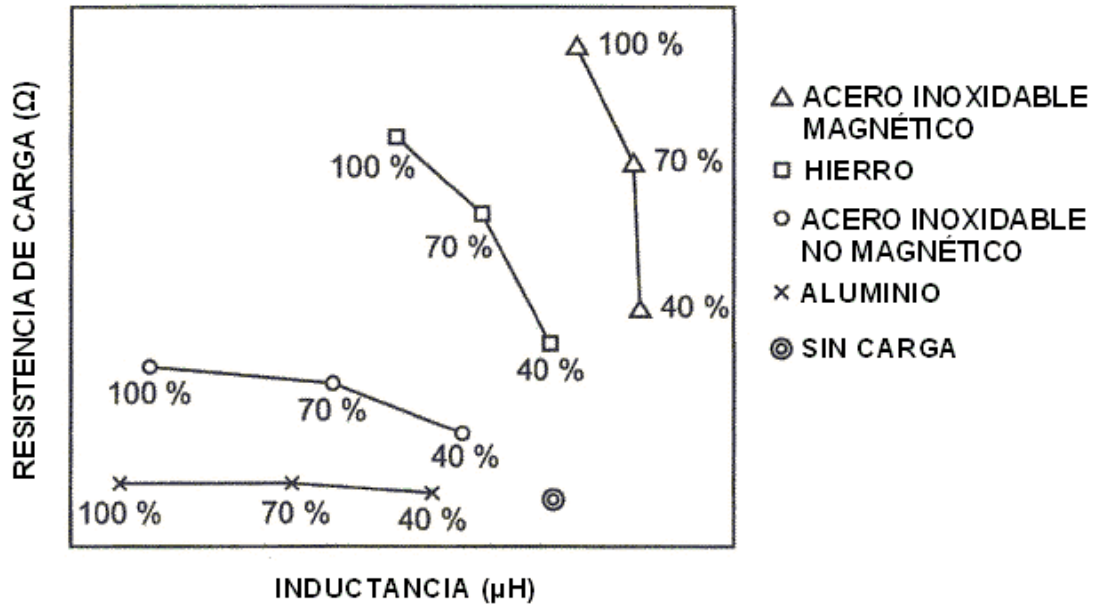


Fig.6B

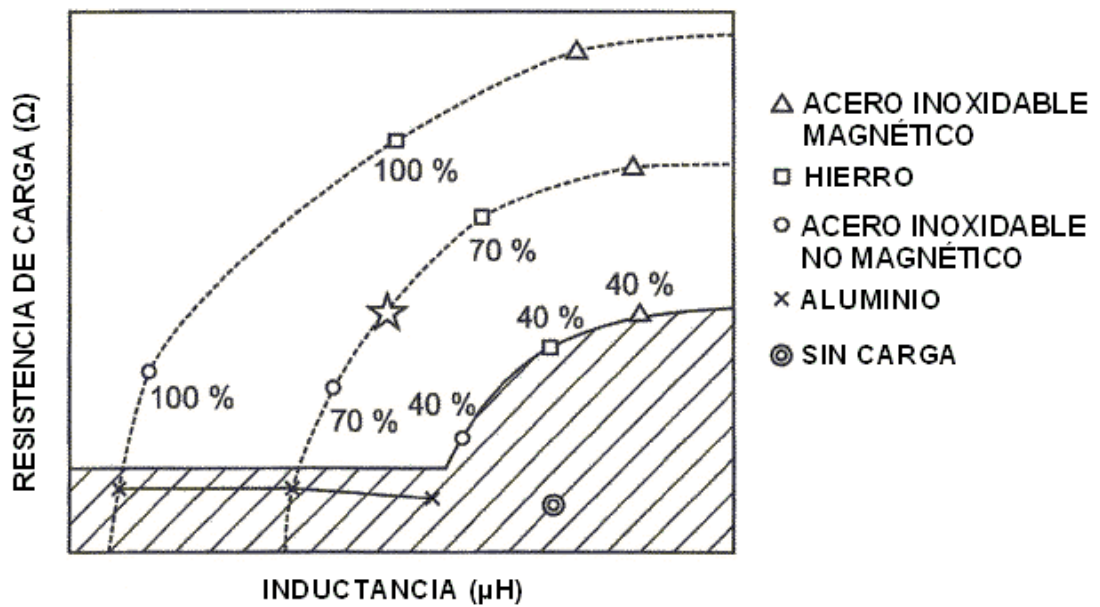


Fig.7

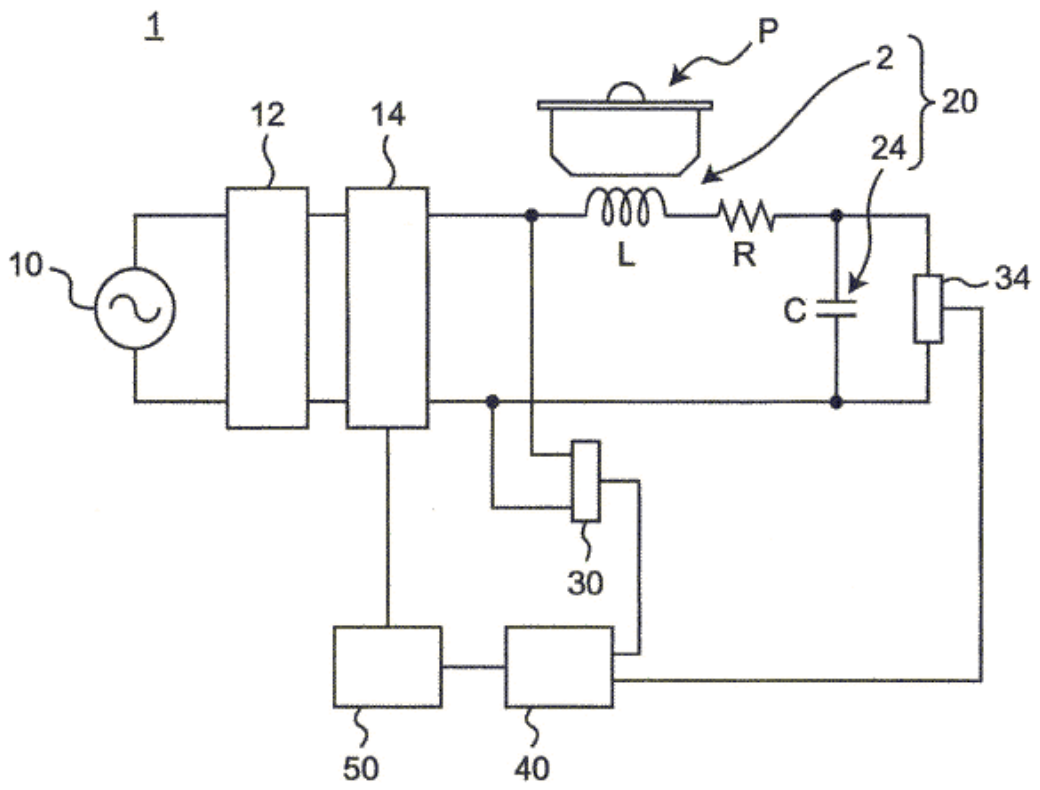


Fig.8

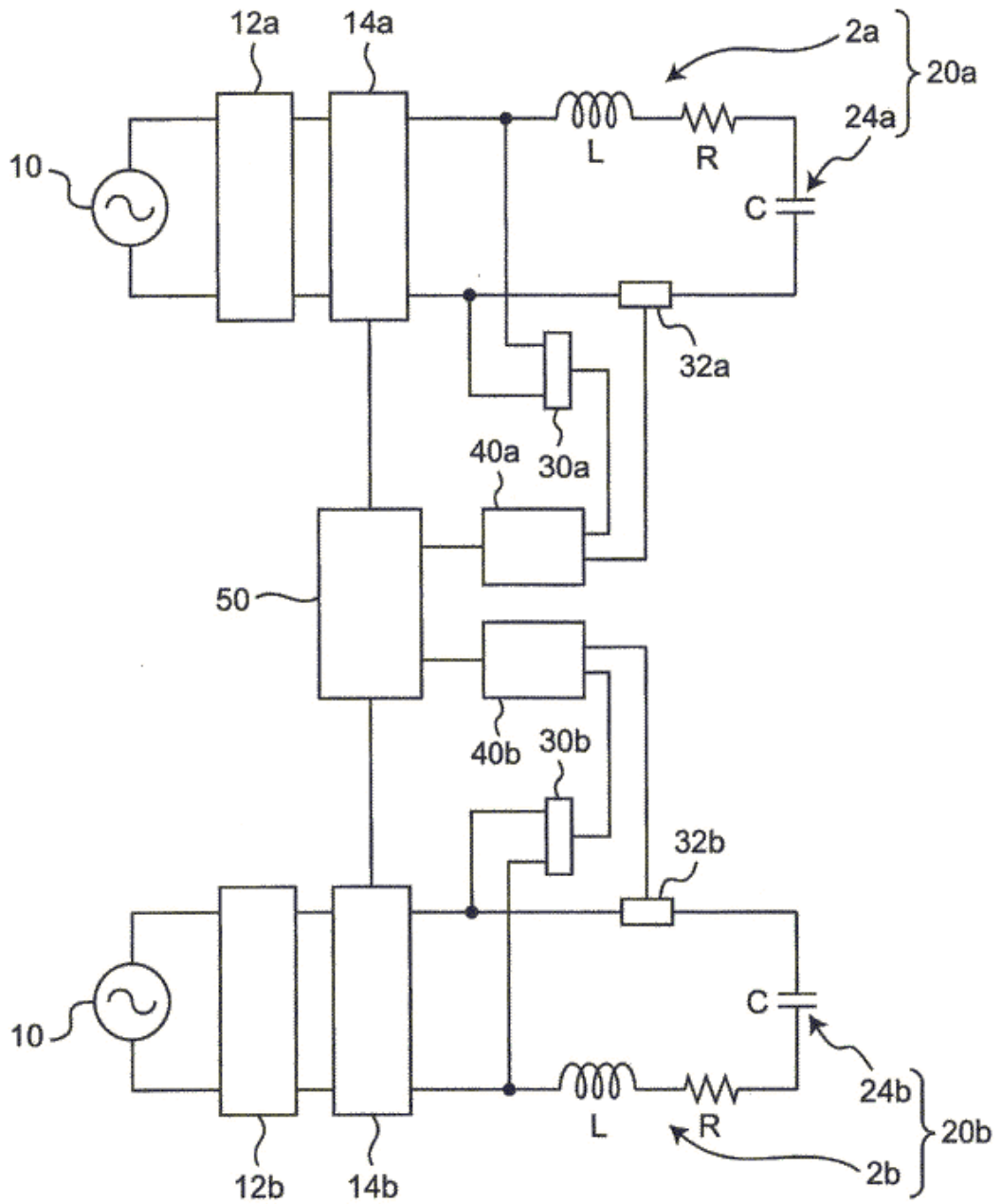


Fig.9

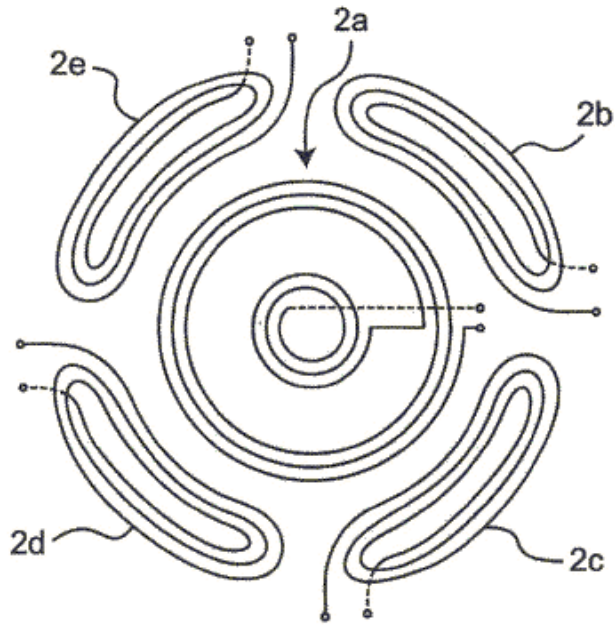


Fig.10

