(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 626 572**

(21) Número de solicitud: 201630084

(51) Int. Cl.:

H05B 6/04 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

25.01.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

25.07.2017

Fecha de concesión:

07.06.2018

(45) Fecha de publicación de la concesión:

14.06.2018

(73) Titular/es:

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (100.0%)
C/ Pedro Cerbuna 12
50009 Zaragoza (Zaragoza) ES

(72) Inventor/es:

SARNAGO ANDÍA, Héctor;
LUCÍA GIL, Óscar;
BURDÍO PINILLA, José Miguel y
NAVAL PALLARÉS, Alejandro

(74) Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

(54) Título: **CONVERTIDOR DE POTENCIA RESONANTE DE FRECUENCIA DUAL APTO PARA SU USO EN APLICACIONES DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN**

(57) Resumen:

Convertidor de potencia resonante de frecuencia dual apto para su uso en aplicaciones de calentamiento por inducción.

La invención se refiere a un convertidor de potencia resonante de frecuencia dual, apto para su uso en aplicaciones de calentamiento por inducción, que comprende una etapa de potencia formada por una rama de generación de tensión cuadrada $V_{,O,LF}$ de frecuencia $f_{O,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, conectada a una rama de generación de tensión cuadrada $V_{O,HF}$ de frecuencia $f_{O,HF}$ y corriente $i_{O,HF}$. Ventajosamente, la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{O,LF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{LF} que comprende al menos un condensador $C_{r,LF}$ y una bobina $L_{r,LF}$; la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{O,HF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{HF} que comprende al menos un condensador $C_{r,HF}$; las salidas de las impedancias Z_{LF} y Z_{HF} se encuentran conectadas a la entrada de una carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) con corriente i_O; y la salida de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra conectada a las entradas de ambas ramas de generación de tensión $V_{O,LF}$ y $V_{O,HF}$.

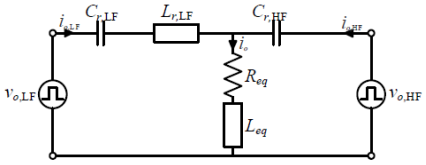

FIG. 3

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

ES 2 626 572 B1

DESCRIPCIÓN

CONVERTIDOR DE POTENCIA RESONANTE DE FRECUENCIA DUAL APTO PARA SU USO EN APLICACIONES DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca dentro del campo técnico correspondiente a las técnicas de generación de potencia resonante. Más concretamente, la invención se refiere a un convertidor de frecuencia dual simultánea cuya aplicación preferente son las técnicas de calentamiento por inducción, tanto de uso industrial como doméstico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El calentamiento por inducción es una tecnología en auge que está desplazando a otras técnicas de calentamiento tradicionales, tales como el gas o el calentamiento resistivo, debido a las grandes ventajas que presenta en términos de prestaciones, eficiencia, ausencia de contacto y control preciso. Ello ha hecho que las aplicaciones del calentamiento por inducción se extiendan significativamente desde el ámbito industrial hasta otros campos técnicos, como por ejemplo el de las aplicaciones domésticas o el de las tecnologías médicas.

Los procedimientos de calentamiento por inducción se basan en someter a un material conductor y/o ferromagnético que se desea calentar a un campo magnético alterno. Como consecuencia, se produce el calentamiento del material, principalmente debido a dos fenómenos físicos: corrientes inducidas e histéresis magnética. En la mayoría de procesos de calentamiento por inducción, tanto industriales como domésticos, las corrientes inducidas son el mecanismo de calentamiento predominante. Así, un campo magnético de una frecuencia determinada, aplicado a un material con una conductividad y una permeabilidad relativa a la permeabilidad del vacío, generará unas corrientes inducidas con una determinada profundidad de penetración. Como consecuencia, dicha frecuencia de excitación tiene una importancia fundamental en la profundidad del calentamiento y, por consiguiente, en el proceso industrial que se desea llevar a cabo.

La Figura 1 del presente documento muestra un generador de inducción conocido, basado en un inversor de puente completo formado por dos ramas equipadas con sendos

transistores (S_{HA}, S_{LA} y S_{HB}, S_{LB}), donde la carga del inversor está formada por un condensador $C_{r,HF}$, por una bobina de inducción y por la pieza a calentar (representadas respectivamente como L_{eq} y R_{eq}). De acuerdo con el número de dispositivos de conmutación, las topologías de inversor comúnmente utilizados en calentamiento de inducción son de puente completo (como se muestra en la figura), de medio puente o inversores resonantes compuestos por un solo dispositivo activo. La topología de puente completo se utiliza habitualmente para potencias de salida superiores a 5 kW, y es la opción estándar para los sistemas industriales. Por el contrario, la topología de medio puente es la preferida para los sistemas de inducción domésticos de hasta 5 kW, mientras que los inversores resonantes de conmutación única se utilizan en pequeños generadores de calentamiento de inducción y sistemas domésticos de hasta 2 kW.

Existen procesos industriales de calentamiento por inducción en los que resulta esencial aplicar de manera precisa varias frecuencias de excitación, con un reparto de potencia determinado. Esta necesidad resulta crítica en piezas de geometría compleja, siendo un ejemplo representativo el calentamiento de engranajes en su parte alta (diente) y baja (valle). No obstante, las técnicas conocidas para la aplicación de inducción con varias frecuencias simultáneas se ven limitadas en cuanto a la capacidad de control de las frecuencias de operación, así como de la potencia aplicada por el generador. Dichas técnicas se dividen, actualmente, en tres grupos, representados en la Figura 2:

a) Calentamiento con doble bobina y doble convertidor (Figura 2a): es la técnica que posee una implementación más sencilla, y consiste en utilizar dos generadores o etapas de potencia y sus correspondientes bobinas, para generar con cada una de ellas las frecuencias requeridas. La principal ventaja de esta alternativa es su facilidad de realización, ya que se basa en la utilización simultánea de dos generadores de frecuencia única, lo que permite además un control preciso de la potencia suministrada con cada bobina. Sin embargo, esta opción plantea importantes desventajas, como son su elevado coste (por requerir la utilización de dos generadores de frecuencia única) o su dificultad de montaje, así como unas prestaciones limitadas, ya que el calentamiento de la pieza no se realiza de manera simultánea. Adicionalmente, el acoplo electromagnético entre las bobinas puede ocasionar serios problemas en el control global del sistema de generación.

b) Calentamiento con bobina única y doble convertidor (Figura 2b): esta implementación consiste en utilizar dos etapas de potencia independientes para generar cada una de

las frecuencias requeridas y acopladas, típicamente, mediante un transformador, tal y como se describe por ejemplo en la patente EP1363474B1. Su uso permite unas mayores prestaciones y control de la potencia aplicada. Sin embargo, esta tecnología presenta un elevado coste por la necesidad de varios convertidores de potencia.

c) Calentamiento con bobina única y convertidor único (“Simultaneous Dual Frequency”, o SDP) (Figura 2c): esta implementación consiste en la utilización de una única bobina y un único generador o etapa de potencia, capaz de generar de manera simultánea las dos frecuencias de excitación requeridas. De este modo, se define el ratio de reparto de corriente (o RRC) como el cociente entre el valor de corriente de baja frecuencia, $i_{o,LF}$, y de alta frecuencia, $i_{o,\mathrm{HF}}$, esto es, RRC=$i_{o,\mathrm{LF},rms}/i_{o,\mathrm{HF},rms}$. Esta alternativa presenta unas mayores prestaciones y una mejor optimización del proceso que las técnicas basadas en calentamiento de doble bobina, y se implementa actualmente de dos formas diferentes: bien utilizando varios generadores o etapas de potencia acoplados mediante un transformador (lo que implica mayor complejidad y costes), o bien utilizando una única etapa de potencia alimentando a una red multi-resonante, tal y como se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente EP2148551A1. Esta última implementación resulta más competitiva en cuanto a costes. Sin embargo, y como consecuencia del diseño específico de su etapa única de potencia, esta tecnología presenta serias limitaciones en cuanto al control independiente de la potencia entregada y su eficiencia. En primer lugar, la etapa presenta un ratio RRC fijo para cada potencia de salida, dado por el valor de los componentes del tanque resonante del circuito, lo que resta flexibilidad a la etapa de potencia y hace compleja su adaptación a diferentes procesos industriales. En segundo lugar, la operación en distintos puntos de RRC puede dar lugar a condiciones de operación no óptimas, implicando típicamente una conmutación fuerte de los dispositivos, en lugar de una conmutación suave o ZVS (“Zero Voltage Switching”), reduciendo drásticamente la eficiencia de la etapa de potencia.

Según lo descrito en los párrafos anteriores se hace necesario, en el presente campo técnico, plantear alternativas que permitan resolver los problemas presentes en el estado de la técnica, con el objetivo de obtener generadores de inducción de múltiples frecuencias que no se vean limitados en cuanto a la distribución de potencia, y que no requieran la duplicación de la etapa de generación, con el incremento sustancial de costes que ello conlleva.

La presente invención está destinada a resolver dichos problemas, mediante un novedoso convertidor de potencia resonante de frecuencia dual, que permite mejorar los procesos de calentamiento por inducción industriales, proporcionando unas mayores prestaciones y nuevas aplicaciones del calentamiento por inducción mediante un convertidor único. Con ello, se obtiene un impacto beneficioso en la calidad de los procesos industriales de calentamiento por inducción y, en consecuencia, también en el medio ambiente.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCIÓN

Un objeto de la presente invención es, pues, proporcionar una tecnología de inducción basada en una etapa de potencia capaz de generar dos frecuencias de excitación de manera simultánea, y que comprenda un único convertidor con capacidad de control de la potencia entregada, en cada frecuencia, en condiciones de conmutación óptimas.

El citado objeto de la invención se realiza, preferentemente, mediante un convertidor de potencia resonante de frecuencia dual, apto para su uso en aplicaciones de calentamiento por inducción, que comprende una etapa de potencia principal formada por una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,LF}$ de frecuencia $f_{0,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, conectada a una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,HF}$ de frecuencia $f_{0,HF}$ y corriente $i_{0,HF}$.

Ventajosamente, el generador de la invención comprende, además, la siguiente configuración:

- la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,LF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{LF} que comprende al menos un condensador $C_{r,LF}$ y una bobina $L_{r,LF}$;

- la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,HF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{HF} que comprende al menos un condensador $C_{r,HF}$;

donde $C_{r,LF}$, $L_{r,LF}$ y $C_{r,HF}$ conforman los tanques resonantes de la etapa de potencia principal;

- las salidas de las impedancias Z_{LF} y Z_{HF} se encuentran conectadas a la entrada de una carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) con corriente i_0; y

- la salida de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra conectada a las entradas de ambas ramas de generación de tensión $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, de forma que $i_0 = i_{o,LF} + i_{0,HF}$.

En una realización preferente de la invención, la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) comprende una bobina L_{eq} y una pieza a calentar R_{eq}. Más preferentemente, la frecuencia $f_{0,LF}$ posee un valor de 0,1-100 kHz, y la frecuencia $f_{0,HF}$ posee un valor de 100-1000 kHz.

En otra realización preferente de la invención, el convertidor comprende una etapa electrónica de potencia de tipo puente, compuesta por cuatro transistores ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) agrupados en dos pares, donde uno de dichos pares ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$) forma la rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,LF}$ de frecuencia $f_{0,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, y otro de dichos pares ($S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) forma la rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,HF}$ de frecuencia $f_{0,HF}$ y corriente $i_{0,HF}$.

En otra realización preferente de la invención, la etapa de potencia principal comprende al menos un transformador en la rama de frecuencia $f_{0,LF}$ y/o en la rama de frecuencia $f_{0,HF}$.

En otra realización preferente de la invención, el convertidor comprende uno o más inversores de tipo puente, conectados a la etapa de potencia principal de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}).

En otra realización preferente de la invención, la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se acopla mediante un transformador por cuyo primario circula i_o, con objeto de incrementar el nivel de corriente.

Otro objeto de la presente invención se refiere al uso de un convertidor según una realización basada en una etapa electrónica de potencia de tipo puente, compuesta por cuatro transistores ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) agrupados en dos pares, donde $f_{0,LF}$ y/o $f_{0,HF}$ poseen valores por encima de la frecuencia de resonancia de los tanques resonante ($C_{r,LF}$, $L_{r,LF}$ y $C_{r,HF}$) comprendidos en la etapa de potencia principal, obteniéndose un régimen de conmutación de paso a ON suave (ZVS) en los transistores correspondientes ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$).

Como se detallará a continuación, las principales ventajas de la invención respecto a los dispositivos del estado de la técnica son, principalmente:

- Generación de excitación de doble frecuencia, utilizando una única bobina.
- Generación de excitación de doble frecuencia mediante el uso de un único convertidor.

- Control independiente y completo de la potencia y de la corriente entregada a cada frecuencia de aplicación.

- Condiciones de conmutación óptimas en todo el rango de potencias de operación, asegurando elevada eficiencia y fiabilidad.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra un generador de inducción en configuración de puente para la generación de una única frecuencia de inducción, según una realización del estado de la técnica basada en un inversor formado por dos ramas de generación.

La Figura 2 muestra tres ejemplos de técnicas conocidas para la aplicación de inducción con varias frecuencias simultáneas, según diferentes realizaciones del estado de la técnica. La Figura 2a muestra una realización basada en calentamiento con doble bobina y doble convertidor. La Figura 2b muestra una realización basada en calentamiento con bobina única y doble convertidor. La Figura 2c muestra una realización basada en calentamiento con bobina única y convertidor único.

La Figura 3 muestra una realización preferente del convertidor de la invención, según una realización preferente de la misma representada por su circuito equivalente.

La Figura 4 muestra una realización específica del convertidor de la Figura 3, basada en un inversor de puente con dos ramas de generación de frecuencias $f_{0,LF}$ y $f_{0,HF}$.

La Figura 5 muestra diferentes modos de operación de la invención, según la realización preferente de la Figura 4. La Figura 5a muestra la tensión de salida $v_{0,LF}$ y la corriente i_0 cuando la rama de frecuencia $f_{0,HF}$ se encuentra desactivada. La Figura 5b muestra la tensión de salida $v_{0,HF}$ y la corriente i_0 cuando la rama de frecuencia $f_{0,LF}$ se encuentra desactivada. La Figura 5c muestra las tensiones de salida $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, y la corriente i_0 cuando ambas ramas de frecuencia $f_{0,LF}$ *y* $f_{0,HF}$ se encuentran activadas, con predominancia de la frecuencia $f_{0,HF}$. La Figura 5d muestra las tensiones de salida $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, y la corriente i_0 cuando ambas ramas de frecuencia $f_{0,LF}$ *y* $f_{0,HF}$ se encuentran activadas, con predominancia de la frecuencia $f_{0,LF}$.

La Figura 6 muestra un ejemplo de la región de control de potencia entregada en las frecuencias $f_{0,LF}$ y $f_{0,HF}$, así como los límites de la zona de conmutación óptima (ZVS), en la realización preferente de la invención de la Figura 4.

La Figura 7 muestra una realización específica del convertidor de la Figura 3, basada en un inversor de puente con dos ramas de generación de frecuencias $f_{0,LF}$ y $f_{0,HF}$, incluyendo una etapa con transformador para adaptar la impedancia de carga.

La Figura 8 muestra una realización específica del convertidor de la Figura 3, basada en múltiples inversores de puente, para el caso específico de una realización de la invención que comprende una etapa con transformador.

La Figura 9 muestra una realización específica del convertidor de la Figura 3, donde la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra acoplada mediante un transformador, por cuyo primario circula una corriente i_o y que permite incrementar el nivel de corriente en la bobina.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Se expone, a continuación, una descripción detallada de la invención referida a diferentes realizaciones preferentes de la misma, basadas en las Figuras 3-9 del presente documento. Dicha descripción se aporta con fines ilustrativos, pero no limitativos, de la invención reivindicada.

Tal y como se muestra en la Figura 3, el convertidor de potencia resonante propuesto por la presente invención permite controlar la frecuencia y potencia de excitación en aplicaciones de calentamiento por inducción de doble frecuencia. Para ello, el convertidor de la invención comprende, preferentemente, una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,LF}$ de frecuencia $f_{0,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, conectada a una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,HF}$ de frecuencia $f_{0,HF}$ y corriente $i_{0,HF}$ donde habitualmente, se designará la $f_{0,LF}$ como “baja frecuencia”, y $f_{0,HF}$ como “alta frecuencia”.

En dichas ramas de baja y alta frecuencia, la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,LF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{LF}, que comprende al menos un condensador $C_{r,LF}$ y una bobina $L_{r,LF}$. Por su parte, la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,HF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{HF} que comprende al menos un condensador $C_{r,HF}$.

Asimismo, y con el objetivo de su aplicación a tecnologías de calentamiento por inducción, las salidas de las impedancias Z_{LF} y Z_{HF} se encuentran conectadas a la entrada de una carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) con corriente i_0. Asimismo, la salida de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra conectada a las entradas de ambas ramas de generación de tensión $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, de forma que $i_0 = i_{o,LF} + i_{0,HF}$. Como se ha mencionado previamente, la carga de inducción representa la bobina (L_{eq}) y la pieza a calentar (R_{eq}).

El circuito equivalente de la Figura 3 representa, de modo general, el principio de funcionamiento y elementos esenciales de la invención. No obstante, en la práctica es posible llevar a cabo el convertidor propuesto bajo diferentes diseños, en función de las exigencias específicas de una determinada aplicación. De este modo, en una realización preferente ilustrada por la Figura 4, se utiliza una etapa electrónica de potencia de tipo puente compuesta por cuatro transistores ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) dispuestos en dos ramas. Según lo descrito anteriormente, la carga de inducción, esto es, el conjunto formado por la bobina y por la pieza a calentar, ha sido modelada como una resistencia R_{eq} y una inductancia L_{eq} equivalentes. Adicionalmente, se disponen tres elementos reactivos, compuestos por dos condensadores ($C_{r,LF}$, $C_{r,HF}$) y por una bobina $L_{r,LF}$, que conforman los tanques resonantes de la etapa de potencia principal.

El funcionamiento de dicha etapa de potencia se puede analizar considerando el funcionamiento por separado de cada una de las ramas de la etapa puente (superposición). La rama de baja frecuencia $f_{0,LF}$ excita la carga resonante, donde dicha frecuencia y, en consecuencia, el diseño de los elementos del tanque resonante es típicamente de unos pocos kHz (baja frecuencia). De forma complementaria, la rama de alta frecuencia $f_{0,HF}$, excita también la carga resonante, siendo la frecuencia de excitación, en este caso, típicamente de varios centenares de kHz (alta frecuencia).

En la Figura 5 se muestran las principales formas de onda de la etapa propuesta, incluyendo la rama de baja frecuencia y la de alta frecuencia, describiendo diferentes repartos de potencia, es decir, diferentes RRC. Así, la Figura 5a muestra la tensión de salida $v_{0,LF}$ y la corriente i_0 cuando la rama de frecuencia $f_{0,HF}$ se encuentra desactivada. La Figura 5b muestra la tensión de salida $v_{0,HF}$ y la corriente i_0 cuando la rama de frecuencia $f_{0,LF}$ se encuentra desactivada. La Figura 5c muestra las tensiones de salida $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, y la corriente i_0 cuando ambas ramas de frecuencia $f_{0,LF}$ *y* $f_{0,HF}$ se encuentran activadas, con predominancia de la frecuencia $f_{0,HF}$. La Figura 5d muestra las tensiones de salida $v_{0,LF}$ y

$v_{0,HF}$, y la corriente i_0 cuando ambas ramas de frecuencia $f_{0,LF}$ y $f_{0,HF}$ se encuentran activadas, con predominancia de la frecuencia $f_{0,LF}$.

Utilizando la etapa electrónica de potencia propuesta, es posible controlar las frecuencias de excitación seleccionadas mediante la frecuencia de conmutación de los transistores de cada una de las ramas. Además, la amplitud o potencia suministrada en cada frecuencia se puede controlar ajustando el ciclo de servicio de cada una de las ramas o mediante pequeñas variaciones en la frecuencia de conmutación que no afecten al proceso de calentamiento. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de la región de control de potencia entregada en alta y baja frecuencia (trazo delgado en la figura), así como los límites de la zona de conmutación óptima (trazo grueso).

Adicionalmente, cabe destacar que mediante la etapa propuesta es posible obtener un régimen de conmutación de paso a ON suave (ZVS) en todos los transistores, incrementando considerablemente la eficiencia y robustez del sistema. En la Figura 6 se ha incluido la región de operación ZVS, mostrando que se opera en ella siempre que se opere por encima de la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes de baja y alta frecuencia, respectivamente.

De forma alternativa al convertidor propuesto en la realización preferente mostrada en la Figura 4, se proponen las siguientes implementaciones adicionales de la invención:

La Figura 7 muestra una realización de la invención basada en una etapa que comprende un transformador en la rama de baja y/o de alta frecuencia. Esta configuración permite adaptar la impedancia de la carga del inversor, reduciendo la corriente por los dispositivos de las ramas inversoras y logrando una operación más eficiente y segura.

La Figura 8 muestra una realización de la invención basada en el uso de un único inversor basado en uno o más puentes conectados a la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}). Esta configuración permite un mayor control de la potencia entregada a dicha carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}), y está preferentemente indicada para potencias elevadas.

La Figura 9 muestra una realización de la invención basada en el uso de un transformador en la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}), con el objetivo de incrementar el nivel de corriente i_0 en la bobina L_{eq}.

REIVINDICACIONES

1.- Convertidor de potencia resonante de frecuencia dual, apto para su uso en aplicaciones de calentamiento por inducción, que comprende una etapa de potencia principal formada por una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,LF}$ de frecuencia $f_{0,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, conectada a una rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,HF}$ de frecuencia $f_{0,HF}$ y corriente $i_{0,HF}$,

caracterizado por que:

- la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,LF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{LF} que comprende al menos un condensador $C_{r,LF}$ y una bobina $L_{r,LF}$;

- la salida de la rama de generación de frecuencia $f_{0,HF}$ se encuentra conectada a una impedancia Z_{HF} que comprende al menos un condensador $C_{r,HF}$;

donde $C_{r,LF}$, $L_{r,LF}$ y $C_{r,HF}$ conforman los tanques resonantes de la etapa de potencia principal;

- las salidas de las impedancias Z_{LF} y Z_{HF} se encuentran conectadas a la entrada de una carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) con corriente i_0; y

- la salida de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra conectada a las entradas de ambas ramas de generación de tensión $v_{0,LF}$ y $v_{0,HF}$, de forma que $i_0 = i_{o,LF} + i_{0,HF}$.

2.- Convertidor según la reivindicación anterior, donde la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) comprende una bobina L_{eq} y una pieza a calentar R_{eq}.

3.- Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la frecuencia $f_{0,LF}$ posee un valor de 0,1-100 kHz, y la frecuencia $f_{0,HF}$ posee un valor de 100-1000 kHz.

4.- Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa electrónica de potencia de tipo puente, compuesta por cuatro transistores ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) agrupados en dos pares, donde uno de dichos pares ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$) forma la rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,LF}$ de frecuencia $f_{0,LF}$ y corriente $i_{o,LF}$, y otro de dichos pares ($S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$) forma la rama de generación de tensión cuadrada $v_{0,HF}$ de frecuencia $f_{0,HF}$ y corriente $i_{0,HF}$,

5.- Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de potencia principal comprende al menos un transformador en la rama de frecuencia $f_{0,LF}$ y/o en la rama de frecuencia $f_{0,HF}$.

6.- Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende uno o más inversores de tipo puente conectados a la etapa de potencia principal de la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}).

7.- Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la carga de inducción (R_{eq}, L_{eq}) se encuentra acoplada mediante un transformador por cuyo primario circula la corriente i_o.

8.- Uso de un convertidor según la reivindicación 4, donde $f_{0,LF}$ y/o $f_{0,HF}$ poseen valores por encima de la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes ($C_{r,LF}$, $L_{r,LF}$, $C_{r,HF}$) comprendidos la etapa de potencia principal, obteniéndose un régimen de conmutación de paso a ON suave (ZVS) en los transistores correspondientes ($S_{H,LF}$, $S_{L,LF}$, $S_{H,HF}$, $S_{L,HF}$).

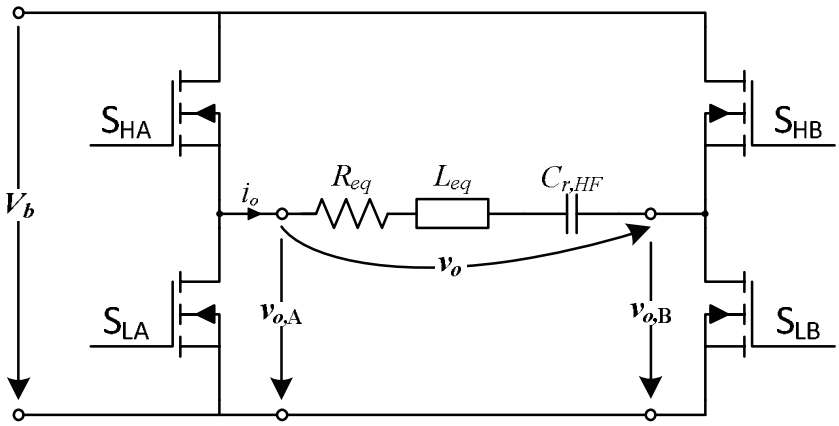

FIG. 1

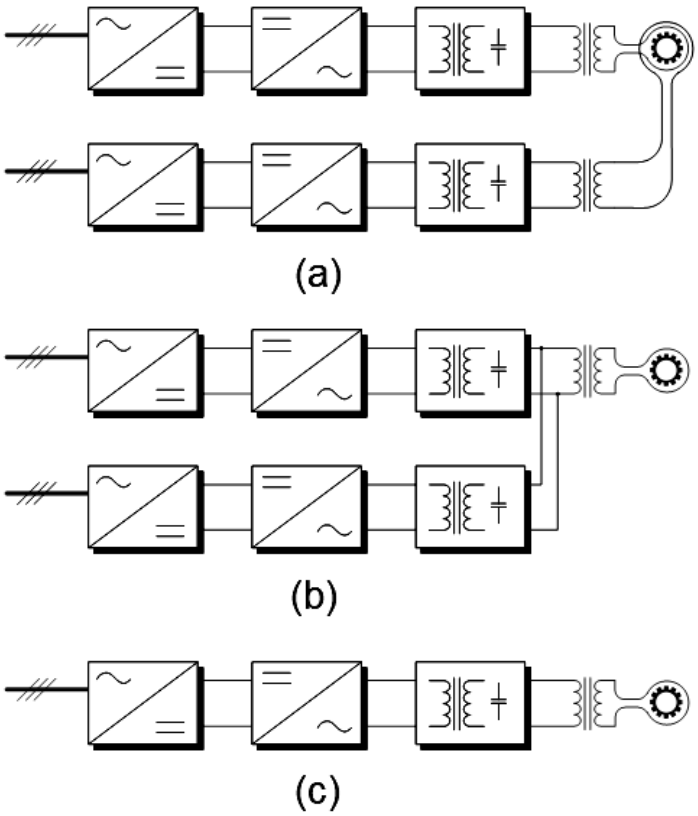

FIG. 2

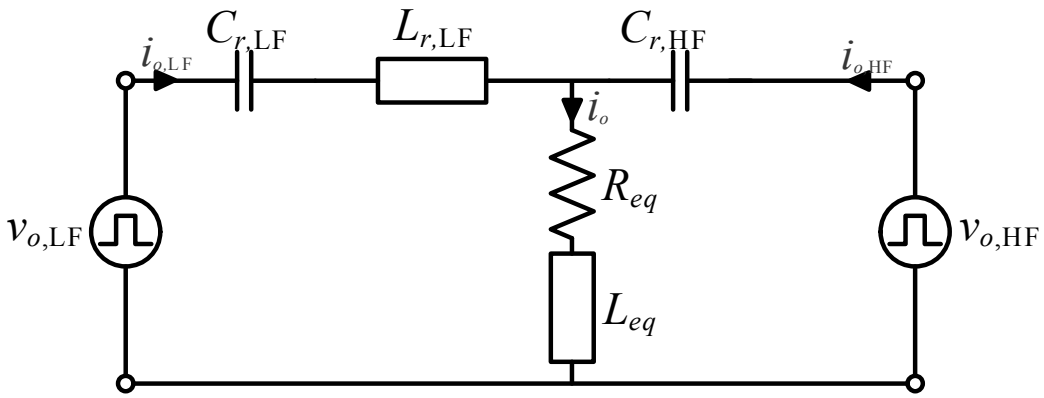
$C_{r,\mathrm{LF}}$
$L_{r,\mathrm{LF}}$
$C_{r,\mathrm{HF}}$
$i_{o,\mathrm{LF}}$
$i_{o,\mathrm{HF}}$
i_o
R_{eq}
L_{eq}
$v_{o,\mathrm{LF}}$
$v_{o,\mathrm{HF}}$

FIG. 3

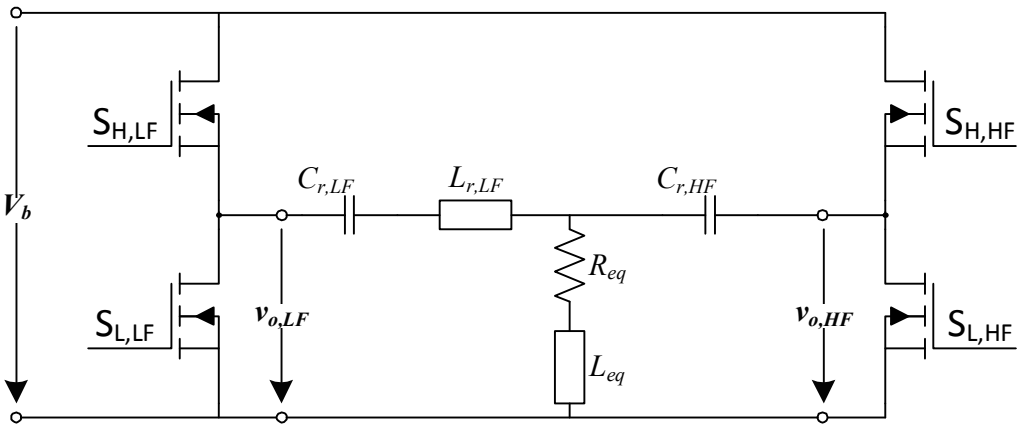
$S_{H,LF}$
$S_{H,HF}$
$S_{L,LF}$
$S_{L,HF}$
V_b
$C_{r,LF}$
$L_{r,LF}$
$C_{r,HF}$
R_{eq}
L_{eq}
$v_{o,LF}$
$v_{o,HF}$

FIG. 4

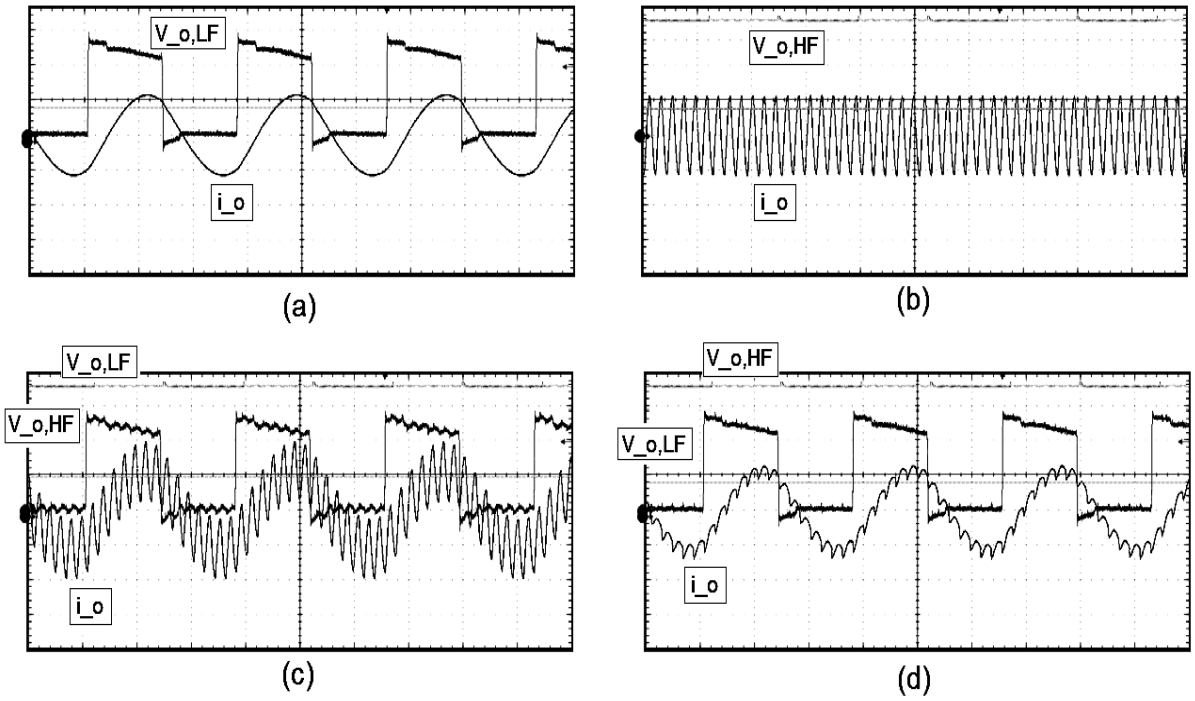
V_o,LF
i_o
(a)
V_o,HF
i_o
(b)
V_o,LF
V_o,HF
i_o
(c)
V_o,HF
V_o,LF
i_o
(d)

FIG. 5

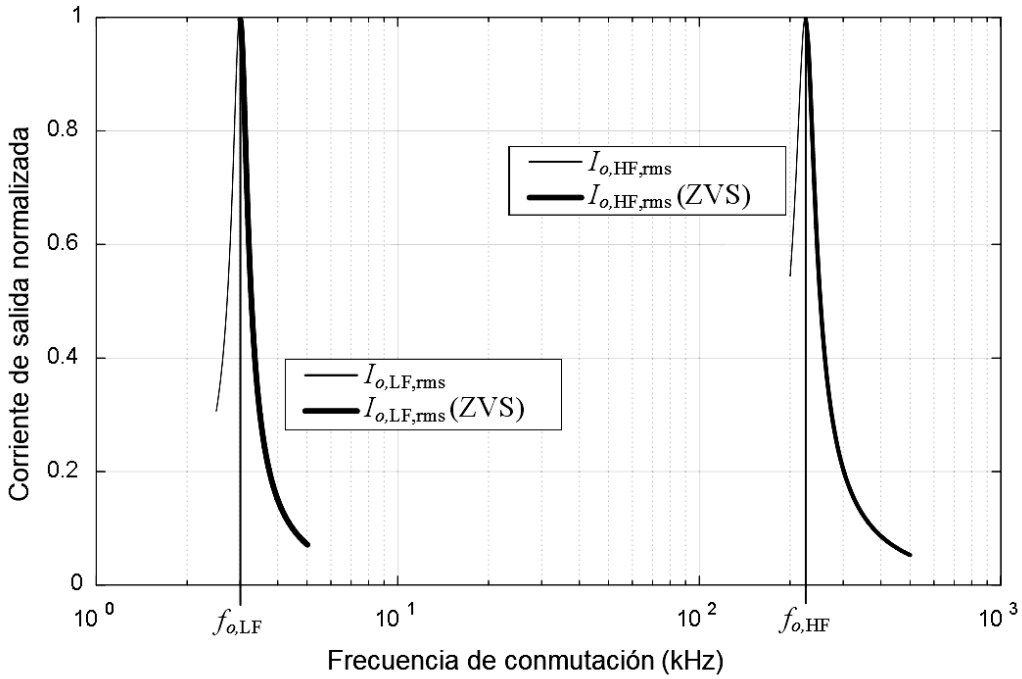
Corriente de salida normalizada
Frecuencia de conmutación (kHz)
$I_{o,\mathrm{HF,rms}}$
$I_{o,\mathrm{HF,rms}}$ (ZVS)
$I_{o,\mathrm{LF,rms}}$
$I_{o,\mathrm{LF,rms}}$ (ZVS)
$f_{o,\mathrm{LF}}$
$f_{o,\mathrm{HF}}$
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
10^0
10^1
10^2
10^3

FIG. 6

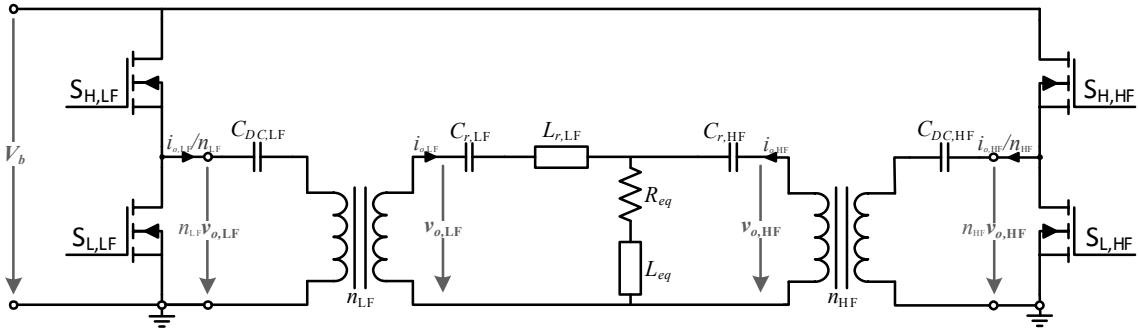

FIG. 7

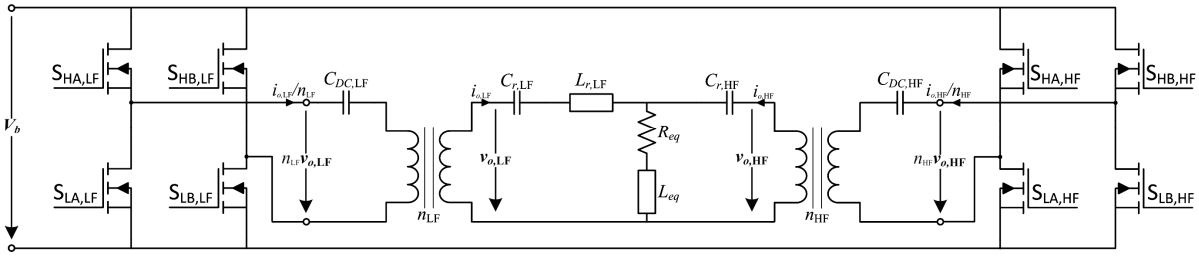

FIG. 8

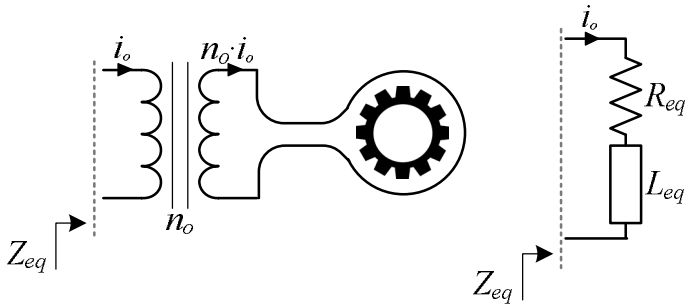

Fig. 9

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201630084

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 25.01.2016

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***H05B6/04*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JP H11288780 A (SHINKO ELECTRIC CO LTD) 19/10/1999, figuras.	1-8
A	Esteve V et al. INDUCTION HEATING INVERTER WITH SIMULTANEOUS DUAL-FREQUENCY OUTPUT. 19/03/2006, Páginas 1505 - 1509 [en línea][recuperado el 16/05/2017]. ISSN ISBN 978-0-7803-9547-3 ; ISBN 0-7803-9547-6, <DOI: doi:10.1109/APEC.2006.1620739>	1-8
Y	WO 9115935 A1 (ELVA INDUKSJON AS) 17/10/1991, Descripción; figuras.	1-8
Y	EP 2148551 A1 (GH ELECTROTERMIA S A) 27/01/2010, Descripción; figuras.	1-8
A	Sarnago H et al. CLASS-D/DE DUAL-MODE-OPERATION RESONANT CONVERTER FOR IMPROVED-EFFICIENCY DOMESTIC INDUCTION HEATING SYSTEM. 01/03/2013, Vol. 28, Páginas 1274 - 1285 [en línea][recuperado el 16/05/2017]. ISSN 0885-8993, <DOI: doi:10.1109/TPEL.2012.2206405>	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
25.05.2017	M. d. López Sábater	1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H05B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, IEEE, elsevier, internet

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.05.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	3,5,7,8	**SI**
	Reivindicaciones	1,2,4,6	**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		**SI**
	Reivindicaciones	1-8	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP H11288780 A (SHINKO ELECTRIC CO LTD)	19.10.1999

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Reivindicación 1:

El documento más cercano a esta primera reivindicación en el estado de la técnica anterior es D01, en el que se divulga un convertidor de potencia resonante de frecuencia dual apto para su uso en aplicaciones de calentamiento por inducción que comprende, como puede verse en su figura 2(A), una etapa de potencia principal formada por una rama de generación de tensión y corriente a baja frecuencia fL, conectada a una rama de generación de tensión y corriente a alta frecuencia fH: La salida de la rama de generación de frecuencia fL se encuentra conectada a una impedancia 2L que comprende al menos un condensador C2L y una bobina L1. La salida de la rama de generación de frecuencia fH se encuentra conectada a una impedancia 2H que comprende al menos un condensador C2H. C2L, L1 y C2H; conforman los tanques resonantes de la etapa de potencia principal. Las salidas de las impedancias 2L y 2H se encuentran conectadas a la entrada de una carga de inducción (R, L). La salida de la carga de inducción (R, L), se encuentra conectada a las entradas de ambas ramas de generación de tensión y corriente, de forma que la corriente por la carga ha de ser la suma de las corrientes por las impedancias 2L y 2H, a pesar de la presencia de los filtros 3L y 3H.
A la vista de lo anterior, esta primera reivindicación carece de novedad tal según el artículo 6 de la Ley de Patentes 11/86.

Reivindicaciones 2, 4 y 6:

Se considera que estas reivindicaciones dependientes tampoco son nuevas por encontrarse recogidas de manera explícita o implícita en D01.

Reivindicaciones 3, 5, 7 y 8:

Estas reivindicaciones carecen de características adicionales que, en combinación con las características de las reivindicaciones de las que dependen cumplan el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes 11/86, dado que consisten en refinamientos de aspectos no técnicos o en aspectos técnicos bien conocidos para su implementación.