

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 372 860**

(51) Int. Cl.:
H05B 6/16 (2006.01)
H05B 6/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- (96) Número de solicitud europea: **05823465 .9**
(96) Fecha de presentación: **28.10.2005**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1815718**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **08.08.2007**

(54) Título: **CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN POR EXPLORACIÓN.**

(30) Prioridad:
30.10.2004 US 623413 P

(73) Titular/es:
**INDUCTOTHERM CORP.
10 INDEL AVENUE, P.O. BOX 157
RANCOCAS, NEW JERSEY 08073, US**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.01.2012

(72) Inventor/es:
**WEISS, Kuno y
FISHMAN, Oleg, S.**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.01.2012

(74) Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 372 860 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

Calentamiento por inducción con exploración

Ámbito de la invención

La presente invención está relacionada con el calentamiento por inducción de una pieza de trabajo alargada con exploración de la pieza de trabajo con una bobina de inducción.

Antecedentes de la invención

Las piezas de trabajo alargadas, tales como árboles de accionamiento, requieren un tratamiento térmico de características seleccionadas en la pieza de trabajo. Por ejemplo, una primera característica, tal como un piñón, puede disponerse tal vez en un extremo de un árbol de accionamiento, y una segunda característica, tal como un acoplamiento universal, puede disponerse tal vez en el otro extremo. El engranaje y acoplamiento tienen configuraciones físicas diferentes y necesitan diferentes patrones de tratamiento térmico para el endurecimiento metalúrgico de estos componentes. Además una característica tratada térmicamente puede necesitar ser templada después del tratamiento térmico para liberar las tensiones metalúrgicas en el material de la característica.

Un método para el tratamiento térmico de piezas de trabajo y características de las piezas de trabajo es el tratamiento térmico por exploración con inducción eléctrica (o progresiva). En este procedimiento, la pieza de trabajo se mueve generalmente a través de uno o varios inductores de exploración, aunque en otras disposiciones la pieza de trabajo puede estar estacionaria y el uno o varios inductores (bobinas) de exploración pueden moverse a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo. Se aplica energía de CA al inductor de exploración para crear un campo magnético alrededor del inductor. El campo se acopla magnéticamente con la pieza de trabajo para calentar de manera inductiva la pieza de trabajo. La energía de CA al inductor de exploración puede variarse a medida que la pieza de trabajo pasa a través del inductor. Por ejemplo, la patente de EE.UU. nº 3.743.808 enseña cómo controlar la potencia de inducción y/o la velocidad de exploración del inductor de exploración mediante la comparación instantánea de la potencia y la velocidad instantánea con un perfil conocido de distribución de energía. El régimen al que se mueve la pieza de trabajo a través del inductor (régimen de exploración) puede utilizarse para controlar el grado de calentamiento en la sección transversal de la pieza de trabajo que está acoplada con el campo magnético.

La profundidad de penetración del calor por inducción (profundidad de penetración, δ) de corriente inducida de una pieza de trabajo se puede calcular con la fórmula:

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu F}}$$

donde δ está en metros; ρ es la resistividad eléctrica de la pieza de trabajo en ohmios -metros; μ es la permeabilidad magnética relativa de la pieza de trabajo; y F es la frecuencia de la energía de inducción suministrada en Hercios. Por lo tanto, la profundidad de penetración es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia de la corriente aplicada. Si la pieza de trabajo tiene dos características con una primera característica que necesita calentamiento a poca profundidad de penetración (p. ej. 2,5 mm) y una segunda característica que necesita calentamiento a una mayor profundidad de penetración (p. ej. 4,5 mm), el método convencional utiliza un inversor con una frecuencia de salida fija, por ejemplo 10.000 Hercios, para conseguir la profundidad de penetración menos profunda. A partir de la ecuación anterior, la frecuencia de salida del inversor debería ser inferior a 10.000 Hz para la profundidad más honda de la segunda característica de la pieza de trabajo, pero como la frecuencia es fija la exploración de calor por inducción de la segunda característica debe ralentizarse para permitir una penetración más profunda del calor por conducción de calor en la segunda característica. Además, debido al régimen de exploración más lento, la potencia de salida del inversor hacia la bobina de inducción debe reducirse para evitar un sobrecalentamiento de la superficie de la segunda característica. Además, la característica tratada con calor puede necesitar un templado para reducir las tensiones en la característica. Normalmente la característica se trata primero con calor en una primera exploración con baja potencia y alta frecuencia fija para el tratamiento con calor a la profundidad de penetración requerida, y luego se calienta en una segunda exploración con una frecuencia fija baja para templar la característica.

Un objetivo de la presente invención es variar la frecuencia de salida del inversor al tiempo que se ajusta el nivel de potencia de salida del inversor por modulación de anchura de impulsos, según se necesite para tratar con calor de manera inductiva y/o templar diversas características de una pieza de trabajo a diferentes profundidades de penetración en una exploración de inducción de la pieza de trabajo.

Breve sumario de la invención

La presente invención se define más ampliamente en las reivindicaciones 1 y 9, a las que ahora se debe hacer referencia. Características preferidas, pero opcionales, de la presente invención se especifican en las reivindicaciones dependientes, a las que se también se debería hacer referencia.

De este modo, en un aspecto, la presente invención es un aparato y un método para el suministro de energía de CA con frecuencia variable y un ciclo de trabajo a un inductor basándose en los requisitos de calentamiento de la parte de una pieza de trabajo que se mueve a través del inductor. Unos medios de detección de posición, tal como un servomotor, se pueden utilizar para proporcionar una entrada en un procesador que compara la posición instantánea introducida de la pieza de trabajo con una tabla almacenada de valores de posición de pieza de trabajo, cada uno de esos valores de posición de la pieza de trabajo puede estar relacionado con la frecuencia, nivel de potencia y duración en tiempo que corresponden a la energía térmica aplicada y necesaria en esa posición. En una realización de la invención, el procesador utiliza un algoritmo que genera una orden de modulación de anchura de impulso para los circuitos de entrada de conmutación de un inversor, de manera que una disminución de anchura de impulso del voltaje del inversor de impulsos tiene como resultado una potencia de salida inferior del inversor para compensar un aumento de la potencia de salida del inversor a frecuencias más bajas. Por el contrario, un aumento de la anchura de impulso del voltaje del inversor tiene como resultado una mayor potencia de salida del inversor para compensar una disminución de la potencia de salida por el inversor a mayores frecuencias.

Breve descripción de los dibujos

- 15 El breve sumario anterior, así como la siguiente descripción detallada de la invención, se entiende mejor cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos. Con la finalidad de ilustrar la invención, se muestra en los dibujos unos ejemplos de formas de la invención que se prefieren actualmente; sin embargo, la invención no se limita a las disposiciones específicas e instrumentos descritos en los siguientes dibujos adjuntos:
- 20 La FIG. 1 es una vista esquemática simplificada de un ejemplo del aparato de calentamiento por inducción con exploración de la presente invención;
- La FIG. 2 es un esquema simplificado de un ejemplo de una fuente de alimentación y un circuito de carga utilizados con el aparato de calentamiento por inducción de exploración de la presente invención;
- La FIG. 3(a) y la FIG. 3(b) ilustran la aplicación de la modulación de anchura de impulsos para cambiar la salida del inversor de plena potencia a media potencia;
- 25 La FIG. 4(a) ilustra el cambio de la magnitud de corriente de carga con un cambio de la salida de frecuencia de un inversor sin modulación de anchura de impulsos;
- La FIG. 4(b) ilustra el cambio de la magnitud de potencia de carga con un cambio de la salida de frecuencia de un inversor sin modulación de anchura de impulsos;
- 30 La FIG. 4(c) ilustra el cambio de la magnitud de resistencia de carga con un cambio de la salida de frecuencia de un inversor sin modulación de anchura de impulsos;
- La FIG. 4(d) ilustra el cambio del factor Q del circuito de carga con un cambio de la salida de frecuencia de un inversor sin modulación de anchura de impulsos;
- La FIG. 5(a) ilustra la relación entre el voltaje de salida de un inversor y la corriente de carga con una frecuencia de salida del inversor de 3.000 Hercios y sin modulación de anchura de impulsos;
- 35 La FIG. 5(b) ilustra la relación entre el voltaje de salida de un inversor y la corriente de carga con una frecuencia de salida del inversor de 10.000 Hercios y sin modulación de anchura de impulsos;
- La FIG. 5(c) ilustra la relación entre el voltaje de salida de un inversor y la corriente de carga con una frecuencia de salida del inversor de 30.000 Hercios y sin modulación de anchura de impulsos;
- 40 La FIG. 6 ilustra la relación entre el voltaje de salida de un inversor y la corriente de carga para un inversor que utiliza modulación de anchuras de impulsos en un ejemplo de la presente invención; y
- La FIG. 7 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un ejemplo del esquema de control de potencia de inducción de la presente invención para controlar la potencia de inducción de exploración cuando la frecuencia de salida del inversor se cambia durante la exploración.

Descripción detallada de la invención

- 45 En las figuras se muestra un ejemplo del aparato de calentamiento por inducción con exploración de la presente invención. En la FIG. 1, el inversor 10 suministra una potencia de CA monofásica al inductor (bobina) 12 de exploración a través de unos conductores eléctricos adecuados tales como unas barras colectoras. La entrada de CC al inversor puede venir de cualquier fuente de alimentación adecuada de CC. El inductor puede comprender cualquier tipo de inductor conocido en la técnica, y puede ser, por ejemplo, un inductor de una espiral o múltiples espirales, o un conjunto de inductores individuales que se conectan a una o varias fuentes de alimentación de CA. La pieza de trabajo 14 se mantiene en su sitio por medio del movimiento de la pieza de trabajo a través del inductor, que puede ser, por ejemplo, un conjunto de impulsor de tornillo 16, con brazos extendidos, 16a, para sostener los

extremos de la pieza de trabajo. Como alternativa, la pieza de trabajo puede ser estacionaria y el inductor puede moverse a lo largo de la pieza de trabajo, se puede utilizar un movimiento coordinado y combinado de la pieza de trabajo y el inductor a la vez. También se pueden proporcionar unos medios para girar la pieza de trabajo, tales como un motor eléctrico 18, para girar la pieza de trabajo conforme se mueve a través del inductor. Unos medios de detección de posición, tales como un servomecanismo 20, proporcionan una señal 21 de salida de posición al procesador 22. La señal de salida de posición indica la posición en el eje Y de la sección transversal de la pieza de trabajo que está dentro del inductor (es decir, la sección de la pieza de trabajo que se acopla efectivamente con el campo magnético generador por el flujo de corriente en el inductor).

La pieza de trabajo puede tener una o varias características, tales como las características 14a, 14b y 14c que pueden necesitar diferentes profundidades de penetración de corriente de la potencia de calentamiento por inducción y/o templado cuando estas características pasan a través del inductor. Las zonas de la pieza de trabajo entre estas características pueden necesitar o no tratamiento térmico. Las múltiples características pueden separarse como se muestra en la FIG. 1 o situarse juntas entre sí.

El procesador 22 procesa la señal de salida de los medios de detección de posición para determinar el nivel de potencia, la frecuencia y la duración en tiempo para que se consiga el calentamiento por inducción en la posición introducida de la pieza de trabajo con relación a la bobina de inducción, como se describe adicionalmente más adelante.

La FIG. 2 es un esquema simplificado de un ejemplo de una fuente de alimentación de CA a CC utilizada con el inversor 10 que ilustra un método para suministrar energía de CC al inversor. El tramo 30 de rectificador comprende un rectificador de puente 32 de onda completa con una entrada de potencia de CA por las líneas A, B y C alimentadas desde una fuente adecuada, tal como la red eléctrica. El tramo de filtro 34 comprende un reactor de limitación de corriente L_{CLR} y un condensador de filtro de CC C_{FIL} . El tramo de inversor 10 comprende cuatro dispositivos de conmutación, S1, S2, S3 y S4, y unos diodos anti-paralelos asociados D1, D2, D3 y D4, respectivamente. Cada dispositivo de conmutación puede ser cualquier dispositivo adecuado de estado sólido, tal como un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). El circuito de carga conectado a la salida del inversor 10 comprende el inductor de exploración L_{BOBINA} y la pieza de trabajo 14, que tiene unas zonas o características que se acoplan con el campo magnético generado alrededor del inductor cuando la pieza de trabajo o el inductor se mueven relativamente entre sí. La resistencia de la pieza de trabajo y el inductor de exploración (R_{BOBINA}) comprende la resistencia de carga R_{CARGA} .

La FIG. 3(a) ilustra la forma de onda típica de salida ($V_{SALIDA COMPLETO}$) del inversor de puente mostrado en la FIG. 2 con modulación de las anchuras de impulsos de voltaje. Los conmutadores S1 y S4 del inversor conducen durante un primer periodo de tiempo, T1, y los conmutadores S2 y S3 del inversor conducen durante un segundo periodo de tiempo, T2, que no se superponen para producir la forma de onda de voltaje de salida completo con una frecuencia igual a $1/2T_1$. La FIG. 3(b) ilustra la forma de onda típica de voltaje de salida ($V_{SALIDA MEDIO}$) del inversor de puente con un 50 por ciento de ciclo de trabajo (a). Cada uno de los conmutadores del inversor continúa conduciendo durante el mismo periodo de tiempo, T1, que en la FIG. 3(a), pero con los periodos de conducción para los conmutadores S3 y S4 avanzados medio periodo de tiempo (es decir, el ciclo de trabajo es igual al 50 por ciento para producir la mitad ilustrada del voltaje de salida completo). Con esta disposición, la carga se corta cada medio periodo. El cambio de la duración de los periodos de conducción que se superponen para los conmutadores S3 y S4 tiene como resultados diferentes valores para el ciclo de trabajo. Como la potencia es proporcional al cuadrado del voltaje suministrado, la potencia aplicada al inductor también cambiará cuando cambie el ciclo de trabajo. En la presente invención, el control de frecuencia variable se consigue cambiando el periodo de tiempo, T1, mientras que la magnitud del voltaje (potencia) se ajusta cambiando el ciclo de trabajo.

Los efectos de las características de generación de una fuente de alimentación con frecuencia de salida variable que no utiliza el control de modulación de anchura de impulsos de la presente invención se ilustra con un circuito de carga de línea de referencia para una pieza de trabajo en particular. Para un inversor que tiene una potencia de salida de 100.000 vatios ($P(f_0)$) a 635 voltios (V_{SALIDA}), y frecuencia (f_0) de 10.000 Hercios, las características del circuito de carga de línea de referencia se establecen como:

$$L_0 = 30 \times 10^{-6} \text{ Henrios, inductancia de la carga del inversor;}$$

$$R_0 = 0,4 \text{ ohmios, resistencia de la carga del inversor; y}$$

$$Q_0 = (2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L_0) / R_0 = 4,712 \text{ para el factor Q del circuito de carga.}$$

La corriente de carga máxima de línea de referencia, I_0 , se puede calcular como 772,45 amperios a partir de la ecuación (1):

$$I_0 = \frac{V_{SALIDA}}{R_0} \left(1 - e^{-\frac{R_0}{2L_0f_0}} \right)$$

La FIG. 4(a) ilustra la disminución de la corriente, $I(f)$, del inductor normalizada a la corriente de la línea de referencia, a medida que aumenta la frecuencia de salida, f , del inversor, que puede calcularse con la ecuación (2):

$$I(f) = \frac{V_{SALIDA}}{2R_0\sqrt{\frac{f}{f_0}}} \left(1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0\sqrt{f+f_0}}}\right)^2$$

5 La FIG. 4(b) ilustra la disminución de la potencia de calentamiento por inducción, $P(f)$, normalizada a la potencia de la línea de referencia, a medida que aumenta la frecuencia de salida, f , del inversor, que puede calcularse con la ecuación (3):

$$P(f) = \frac{V_{SALIDA}^2}{2R_0\sqrt{\frac{f}{f_0}}} \left(1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0\sqrt{f+f_0}}}\right)^2$$

La FIG. 4(c) ilustra el aumento de la resistencia de carga $R(f)$, cuando aumenta la frecuencia de salida, f , del inversor, que puede calcularse con la ecuación (4):

$$R(f) = R_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

10 La FIG. 4(d) ilustra el aumento del factor Q del circuito de carga cuando aumenta la frecuencia de salida, f , del inversor, que puede calcularse con la ecuación (5):

$$Q(f) = Q_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

15 De la FIG. 5(a) a la FIG. 5(c) ilustran las relaciones generalizadas de la FIG. 4(a) a la FIG. 4(d) para un ejemplo específico en el que no se utiliza el control de modulación de anchuras de impulsos de la presente invención. La FIG. 5(c) representa gráficamente la generación de voltaje y corriente de un inversor funcionando a plena potencia nominal y a una frecuencia de 30.000 Hercios sin control de modulación de anchura de impulsos.

20 En la FIG. 5(a) la frecuencia de salida del inversor se disminuye a 3.000 Hercios y la salida de corriente (y potencia) es relativamente alta sin control de modulación de anchura de impulsos. En la presente invención el control de modulación de anchura de impulsos de la salida del inversor se puede utilizar para producir la salida de potencia del inversor utilizando un ciclo de trabajo relativamente largo.

25 En la FIG. 5(b) la frecuencia de salida del inversor está en 10.000 Hercios y la salida de potencia es menor que la potencia de salida a 3.000 Hercios sin control de modulación de impulsos, pero todavía es mayor que la plena potencia nominal (corriente) del inversor mostrado en la FIG. 5(c). En la presente invención el control de modulación de anchura de impulsos de la salida del inversor se puede utilizar con un ciclo de trabajo inferior al utilizado a 3.000 Hercios para mantener la salida de potencia del inversor igual o por debajo del valor nominal.

30 En general, en la presente invención, el control de modulación de anchura de impulsos se utiliza para cambiar la potencia de salida del inversor a cualquier frecuencia de funcionamiento de la que se produciría sin control de modulación de anchura de impulsos. En general, el ciclo de trabajo se aumenta cuando la frecuencia disminuye para reducir la potencia de salida del inversor, y el ciclo de trabajo se disminuye cuando la frecuencia aumenta para aumentar la potencia de salida del inversor.

La FIG. (6) ilustra además las características de la corriente de carga con control de modulación de anchura de impulsos. Cuando hay un voltaje de salida de inversor distinto de cero, la corriente de carga, I_{CARGA} , puede calcularse con la ecuación (6):

$$I_{CARGA} = \frac{V_{SALIDA}}{R_{CARGA}} \left(1 - e^{\frac{R_{CARGA}t}{L_{CARGA}}}\right)$$

35 Cuando hay un voltaje de salida de inversor igual a cero, la corriente de carga, puede calcularse con la ecuación (7):

$$I_{CARGA} = I_{INICIAL} \cdot e^{\frac{R_{CARGA}t}{L_{CARGA}}}$$

donde $I_{INICIAL}$ es la magnitud de corriente cuando el voltaje de salida del inversor se transforma en cero.

De la FIG. 6, cuanto más corto es el ciclo de trabajo, más pequeño es el valor máximo de la corriente de carga (y la potencia) antes de que la corriente caiga cuando el voltaje de salida es cero. Por el contrario cuanto más largo es el ciclo de trabajo, más grande es el valor máximo de la corriente de carga (y la potencia) antes de que la corriente caiga cuando el voltaje de salida es cero.

- 5 La FIG. 7 ilustra un diagrama de flujo simplificado para un ejemplo no limitativo del proceso de calentamiento por inducción con exploración de la presente invención. Las rutinas identificadas en el diagrama de flujo se pueden implementar en un software informático que puede ejecutarse con un equipo adecuado. La rutina 100 introduce una coordenada de exploración (Y) de la pieza de trabajo (WP) que representa la posición de la pieza de trabajo dentro del inductor 12. La rutina 102 introduce valores de potencia (P_Y), frecuencia (F_Y) y tiempo (T_Y) para el calentamiento por inducción en la posición Y. Estos valores pueden almacenarse previamente en un dispositivo de memoria, por ejemplo, como una tabla de búsqueda basándose en valores establecidos por ensayos experimentales de la pieza de trabajo con el aparato. Como alternativa un operario del aparato de inducción de exploración puede introducir manualmente estos valores o se puede utilizar otro método para determinar la frecuencia, el nivel de potencia y, si se usa, el valor variable de tiempo necesarios para el tratamiento con calor de inducción de cada posición de la pieza de trabajo. La rutina 104 calcula el ciclo de trabajo necesario (DC_Y) para la salida del inversor a partir de la ecuación (8):

$$\text{Ciclo de Trabajo (en porcentaje)} = [P_Y / P (F_Y)] \times 100,$$

donde $P (F_Y)$ se calcula con la ecuación (3) con un circuito de carga de línea de referencia adecuado determinado a partir de la pieza de trabajo real que se trata con calor de inducción.

- 20 La rutina 106 controla la conmutación de los dispositivos de conmutación de suministro de energía para conseguir la frecuencia de salida y el ciclo de trabajo deseados. En este ejemplo no limitativo, la rutina 106 genera señales de control de inversor de puerta para los circuitos de entrada para que los conmutadores del inversor consigan la frecuencia requerida, F_Y , y el ciclo de trabajo DC_Y . La rutina 108 determina si la potencia de salida medida real está en la potencia establecida P_Y . La potencia generada de salida real puede introducirse utilizando dispositivos adecuados de detección. Si la potencia medida real no es igual a la potencia establecida requerida, entonces el ciclo de trabajo se ajusta adecuadamente en la rutina 110 y la rutina 108 se repite. Si la potencia medida real es igual a la potencia establecida requerida, entonces la rutina 112 comprueba si el tiempo establecido T_Y ha transcurrido. Si el tiempo establecido no se ha cumplido, entonces se repite la rutina 108; si se ha cumplido el tiempo establecido, entonces la rutina 114 genera una señal de control para el sistema de colocación de pieza de trabajo para hacer avanzar la pieza de trabajo a la siguiente posición progresiva para el tratamiento térmico por inducción y regresa a la rutina 100 para la ejecución. En otros ejemplos de la invención, el tiempo para el calentamiento por inducción en cada posición Y será el mismo para todas las posiciones de la pieza de trabajo dentro del inductor. Para esta disposición, el control de la frecuencia y el control del ciclo de trabajo, a medida que cambia la frecuencia, se utilizan para calentar por inducción cada posición del inductor a medida que cada posición se hace avanzar por pasos a través del inductor con un régimen de velocidad constante.

- 35 En otros ejemplos de la invención, el movimiento y colocación de la pieza de trabajo a través del inductor puede ser predeterminado, por ejemplo, cuando un aparato de exploración de inducción trata con calor de manera secuencial muchas piezas de trabajo idénticas. En estas disposiciones, los ajustes de potencia, frecuencia, tiempo y ciclo de trabajo en cada posición de la pieza de trabajo pueden ser predeterminados por ensayos experimentales con la pieza de trabajo y el aparato de exploración de inducción de la presente invención, y ser ejecutados sin una entrada o cálculo adicionales de alguno o todos estos valores para cada pieza de trabajo sucesiva idéntica tratada con calor con el aparato. La colocación progresiva o sucesiva de las partes o características de la pieza de trabajo en el inductor puede conseguirse como un movimiento discreto escalonado de la pieza de trabajo o el inductor, o una combinación de ambos, ya sea en pasos diminutos delicados que se aproximan a un movimiento continuo de la pieza de trabajo o el inductor, o como pasos más bastos que se pueden apreciar visualmente como un movimiento escalonado. Mientras que los términos "parte seleccionada", "múltiples características" y "ubicaciones" se utilizan para describir secciones de la pieza de trabajo colocadas dentro del inductor para el tratamiento con calor de inducción con frecuencia y ciclo de trabajo variables, la presente invención incluye la variación de frecuencia y/o ciclo de trabajo mientras la parte, característica o ubicación pasan a través del inductor. Es decir que sub-secciones de cada parte, característica o ubicación pueden tratarse con calor con frecuencias y ciclos de trabajo variables cuando las sub-secciones de la parte, característica o ubicación pasan a través del inductor.

- 40 En otros ejemplos de la invención el control de modulación de anchura de impulsos puede ser utilizado para controlar la salida de potencia del inversor ya que la frecuencia de salida del inversor varía en una posición dada de la pieza de trabajo, por ejemplo, para lograr un tratamiento térmico de templado para una característica de la pieza de trabajo. Un tratamiento adicional secuencial con calor de las características que comprende la pieza de trabajo no se limita al tratamiento secuencial con calor con el fin de que las características se coloquen en la pieza de trabajo. Por ejemplo, haciendo referencia a la pieza de trabajo 14 de la FIG. 1, las características 14a, 14b y 14c se pueden colocar y tratar con calor de manera secuencial con ese orden a través del inductor. Como alternativa, por ejemplo, las características 14a, 14c y 14b pueden colocarse y tratarse con calor de manera secuencial en ese orden a través del inductor.

5 Cabe señalar que los ejemplos anteriores se han proporcionado meramente con la finalidad de explicación y de ninguna manera deben interpretarse como limitativos de la presente invención. Si bien la invención se ha descrito haciendo referencia a diversas realizaciones, se entiende que las palabras que se han utilizado en esta memoria son palabras descriptivas e ilustrativas, en vez de palabras limitativas. Además, aunque la invención se ha descrito en esta memoria haciendo referencia a unos medios, materiales y realizaciones particulares, la invención no pretende limitarse a los detalles descritos en esta memoria; en cambio, la invención se extiende a todas las estructuras, método y usos funcionalmente equivalentes que están dentro del alcance de las reivindicaciones anexas. Los expertos en la técnica, que tienen el beneficio de las enseñanzas de esta memoria descriptiva, pueden efectuar numerosas modificaciones de la misma y se pueden hacer cambios sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para calentamiento por inducción de una pieza de trabajo (14), el aparato comprende:
 una fuente de alimentación (10) que tiene una salida de CA;
 un inductor (12) conectado a la salida de CA para generar un campo magnético de CA;
 unos medios (16, 20) para producir un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el inductor para acoplar magnéticamente por lo menos una parte seleccionada (14a, 14b, 14c) de la pieza de trabajo con el campo magnético; y
 unos medios para detectar por lo menos una posición relativa del inductor y la pieza de trabajo;

5 caracterizado porque

la salida de CA de la fuente de alimentación tiene un control de modulación de anchura de impulsos;

10 y por

unos medios (22) sensibles a los medios de detección de posición para ajustar de manera selectiva la frecuencia de la salida de CA a una frecuencia deseada de tratamiento con calor cuando cada una o varias de las partes seleccionadas de la pieza de trabajo se acopla con el campo magnético para el tratamiento con calor de inducción; y

15 unos medios para ajustar de manera selectiva la potencia de la salida de CA mediante el cambio del ciclo de trabajo de la salida de CA de acuerdo con la frecuencia del tratamiento con calor.

2. Un aparato según la reivindicación 1, en el que los medios (16, 20) de producción de movimiento se disponen para mover la pieza de trabajo (14) a través del inductor (12).

3. Un aparato según la reivindicación 1, en el que los medios (16, 20) de producción de movimiento se disponen para mover el inductor (12) a lo largo de la pieza de trabajo (14).

20 4. Un aparato según la reivindicación 1, en el que los medios (16, 20) de producción de movimiento se disponen para mover simultáneamente la pieza de trabajo (14) a través del inductor (12) y el inductor a lo largo de la pieza de trabajo.

5. Un aparato según cualquier reivindicación anterior, que incluye unos medios (22) para ajustar selectivamente el periodo de tiempo que cada una de las una o varias partes seleccionadas (14a, 14b, 14c) se acopla con el campo magnético para el tratamiento con calor de inducción.

25 6. Un aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que los medios para ajustar selectivamente la frecuencia y la potencia de la salida de CA comprenden un procesador (22) que tiene una o varias señales de salida para el control de la frecuencia y voltaje de salida de la fuente de alimentación.

30 7. Un aparato según la reivindicación 6, en el que una o varias señales de salida comprenden una señal de salida para controlar los medios (16, 20) de producción de movimiento en respuesta a la frecuencia y ciclo de trabajo del tratamiento con calor.

8. Un aparato según cualquier reivindicación anterior, que incluye un sensor para detectar la potencia real de la salida de CA y enviar la potencia real detectada a los medios para ajustar de manera selectiva la potencia de la salida de CA.

35 9. Un método para el tratamiento térmico por inducción eléctrica de una pieza de trabajo (14), el método comprende las etapas de

colocar de manera secuencial la pieza de trabajo en una pluralidad de posiciones con relación a por lo menos un inductor (12);

40 suministrar energía eléctrica al por lo menos un inductor para generar un campo magnético para acoplarse con la pieza de trabajo en la pluralidad de posiciones relativas;

detectar la posición relativa del inductor (12) y la pieza de trabajo (14) para identificar por lo menos una parte de la pieza de trabajo actualmente acoplada con el campo magnético;

caracterizada por:

45 modular la anchura de impulsos, como respuesta a la posición relativa detectada del inductor (12) y la pieza de trabajo (14), de la potencia eléctrica suministrada mientras se ajusta la frecuencia de la potencia eléctrica para la parte identificada de la pieza de trabajo, y

ajustar la magnitud de la potencia eléctrica mediante el ajuste del ciclo de trabajo de la potencia eléctrica cuando se ajusta la frecuencia de la potencia eléctrica.

10. Un método según la reivindicación 9, en el que la pieza de trabajo (14) y el inductor (12) se colocan de manera secuencial mediante el movimiento de la pieza de trabajo a través del inductor.
- 5 11. Un método según la reivindicación 9, en el que la pieza de trabajo (14) y el inductor (12) se colocan de manera secuencial mediante el movimiento del inductor a lo largo de la pieza de trabajo.
12. Un método según la reivindicación 9, en el que la pieza de trabajo (14) y el inductor (12) se colocan de manera secuencial mediante el movimiento simultáneo de la pieza de trabajo a través del inductor y el inductor a lo largo de la pieza de trabajo.
- 10 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que incluye la etapa de ajustar el periodo de tiempo que la parte identificada (14a, 14b, 14c) de la pieza de trabajo (14) se acopla con el campo magnético.
- 15 14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que incluye las etapas de ajustar la frecuencia de la potencia eléctrica para la parte identificada (14a, 14b, 14c) de la pieza de trabajo (14) a un valor de frecuencia almacenado en un dispositivo de memoria para la parte identificada, y ajustar el ciclo de trabajo de la potencia eléctrica necesaria para una magnitud de potencia eléctrica almacenada en un dispositivo de memoria para la parte identificada.
- 20 15. Un método según la reivindicación 14, que incluye la etapa de calcular el ciclo de trabajo de la potencia eléctrica mediante la división de la magnitud de potencia eléctrica almacenada en el dispositivo de memoria con un valor calculado para la potencia eléctrica con un ciclo de trabajo del 100 por cien.
- 25 16. Un método según la reivindicación 13, que incluye las etapas de:
ajustar la frecuencia de la potencia eléctrica para la parte identificada (14a, 14b, 14c) de la pieza de trabajo (14) a un valor de frecuencia almacenado en un dispositivo de memoria para la parte identificada;
ajustar el ciclo de trabajo de la potencia eléctrica necesaria para una magnitud de potencia eléctrica almacenada en un dispositivo de memoria para la parte identificada; y
ajustar el periodo de tiempo que la parte identificada de la pieza de trabajo se acopla con el campo magnético con un valor de tiempo almacenado en un dispositivo de memoria para la parte identificada.
- 30 17. Un método según la reivindicación 16, que incluye la etapa de calcular el ciclo de trabajo de la potencia eléctrica mediante la división de la magnitud de potencia eléctrica almacenada en el dispositivo de memoria con un valor calculado para la potencia eléctrica con un ciclo de trabajo del 100 por cien.
- 35 18. Un método según la reivindicación 16, que incluye las etapas de:
medir la magnitud real de la potencia eléctrica;
comparar la magnitud real de la potencia eléctrica con la magnitud de la potencia eléctrica almacenada en el dispositivo de memoria; y
ajustar además el ciclo de trabajo de la potencia eléctrica para eliminar cualquier diferencia entre la magnitud real de la potencia eléctrica y la magnitud de la potencia eléctrica guardada en el dispositivo de memoria.
- 40 19. Un método según la reivindicación 18, que incluye las etapas de:
medir el periodo real de tiempo que la parte identificada de la pieza de trabajo se acopla con el campo magnético con el valor de tiempo almacenado en la memoria; y
hacer avanzar la pieza de trabajo a otra de la pluralidad de posiciones relativas cuando el periodo de tiempo real es igual al valor de tiempo almacenado en la memoria.
- 45 20. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 19, en el que las etapas de ajuste de la frecuencia y magnitud de la potencia eléctrica incluyen el aumento del ciclo de trabajo de la potencia eléctrica cuando la frecuencia disminuye y disminuir el ciclo de trabajo de la potencia de trabajo cuando la frecuencia aumenta.

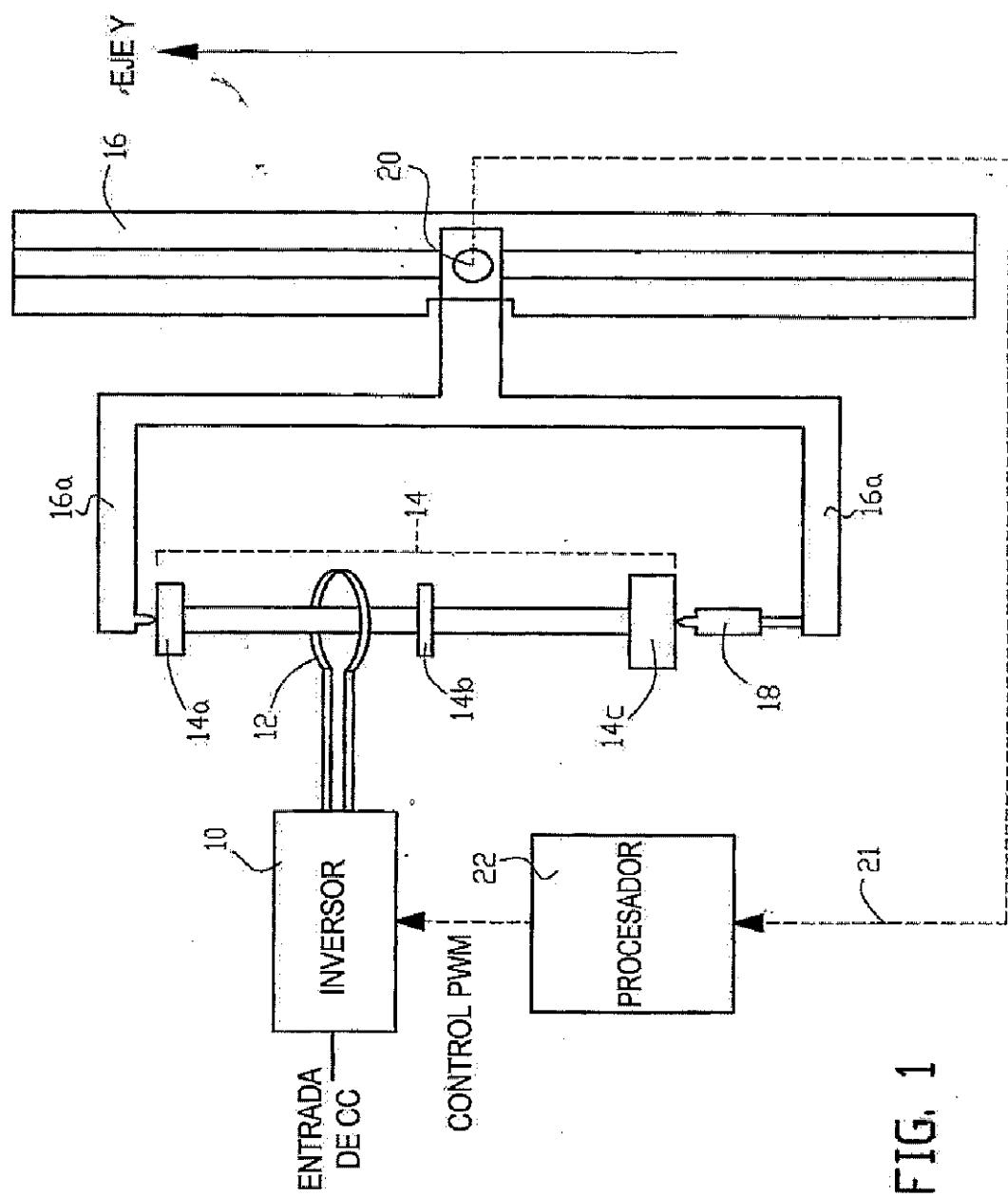


FIG. 1

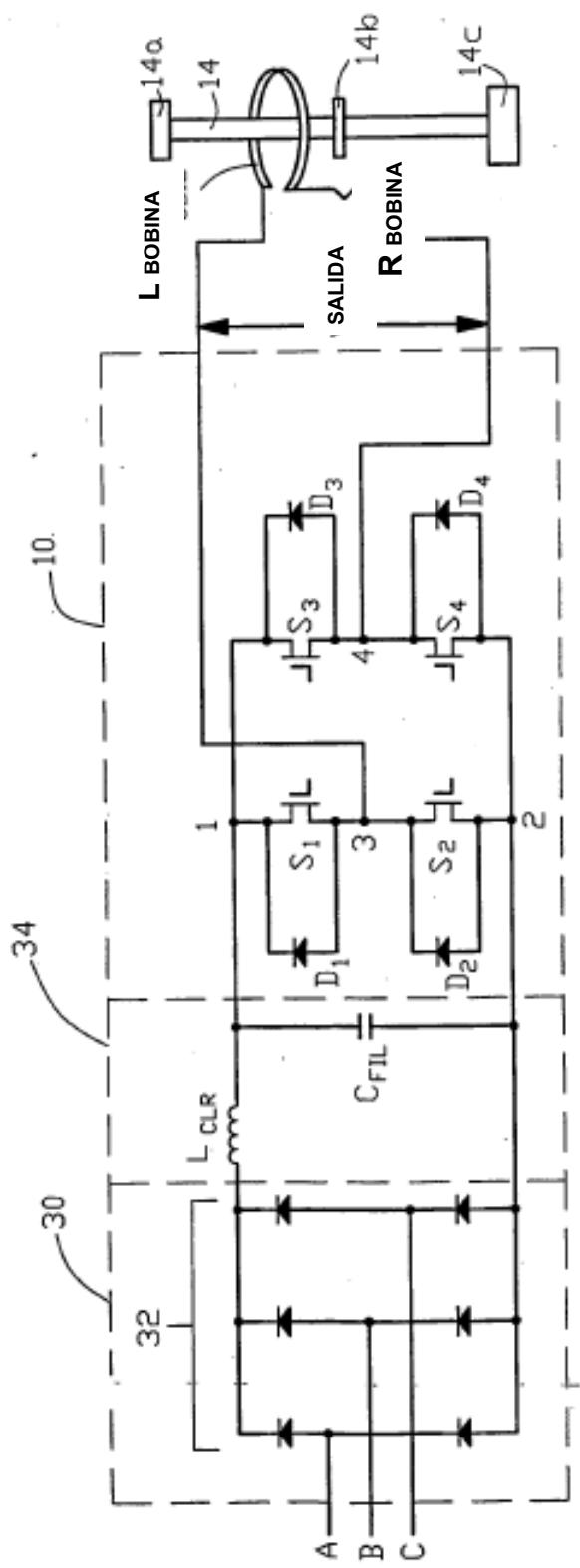


FIG. 2

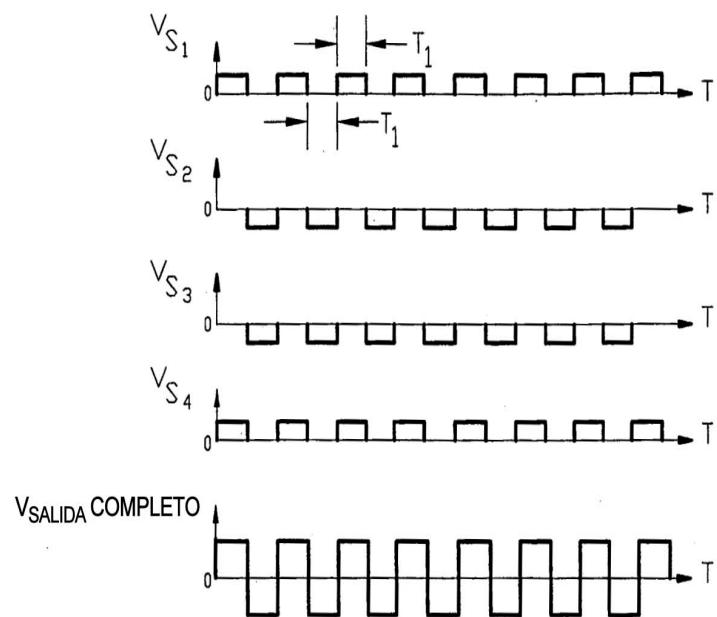


FIG. 3(a)

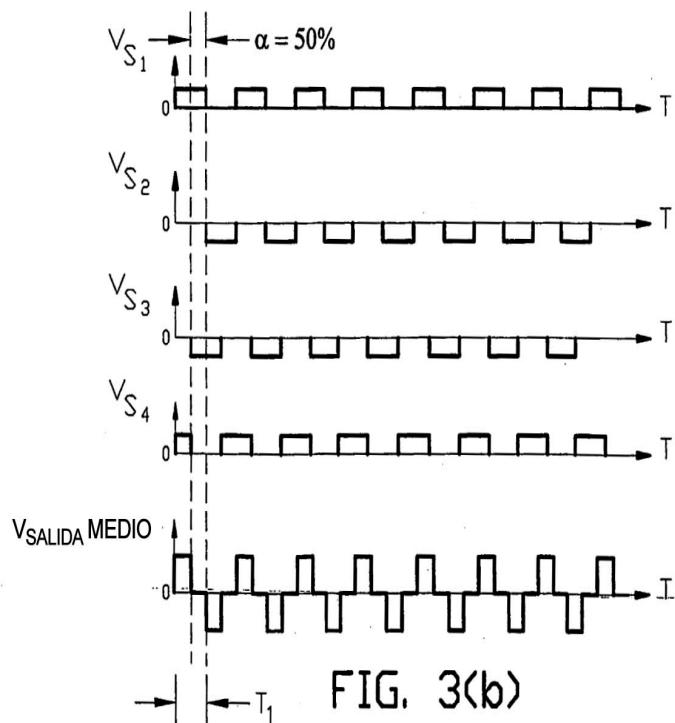


FIG. 3(b)

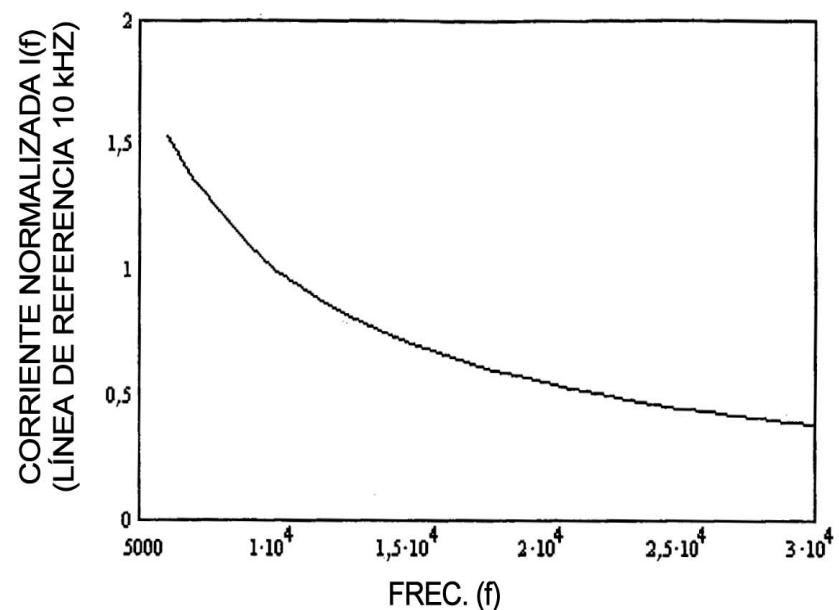


FIG. 4(a)

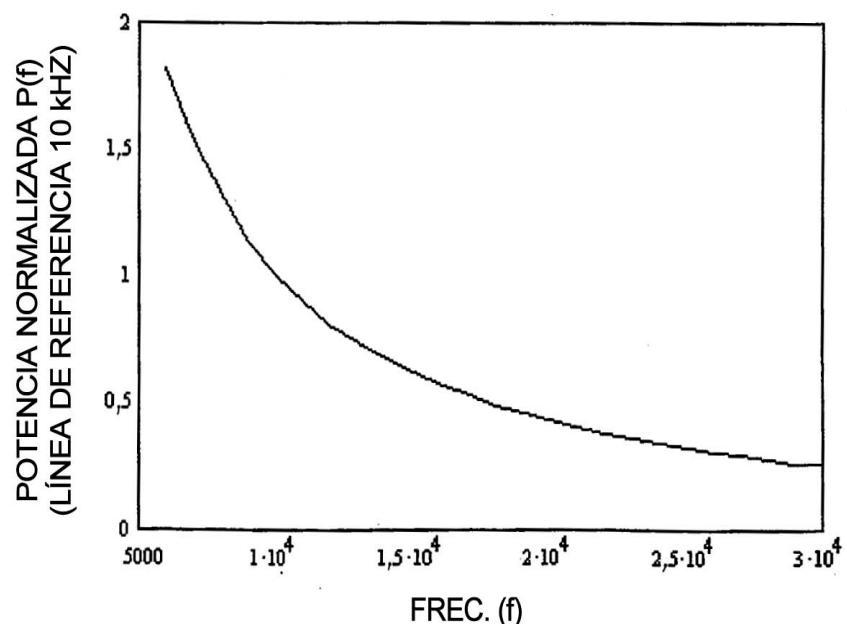


FIG. 4(b)

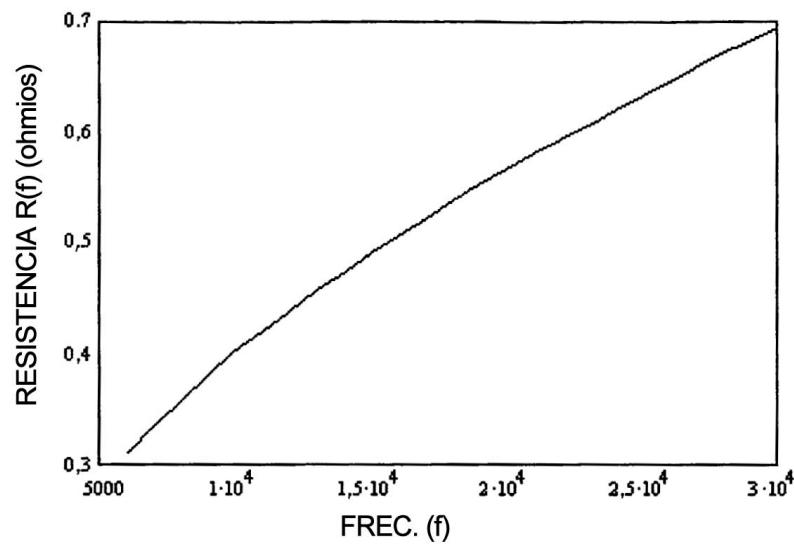


FIG. 4(c)

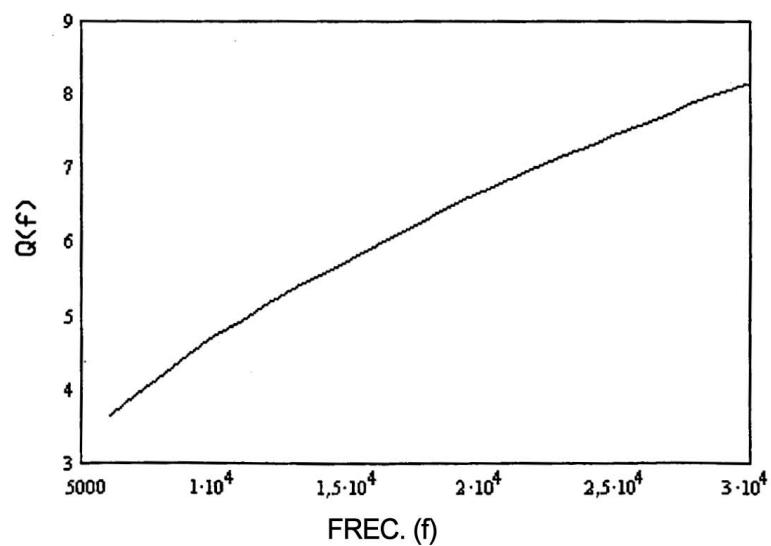


FIG. 4(d)

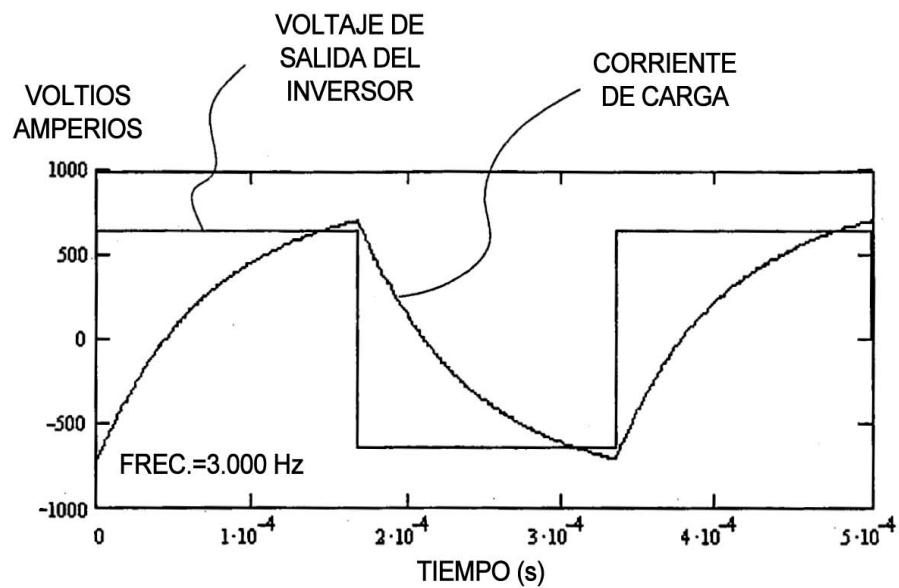


FIG. 5(a)

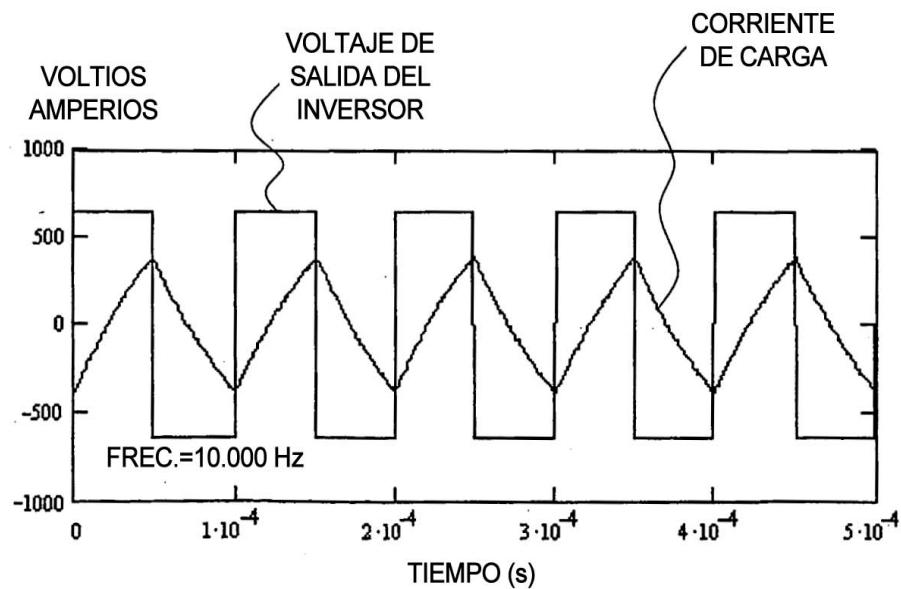


FIG. 5(b)

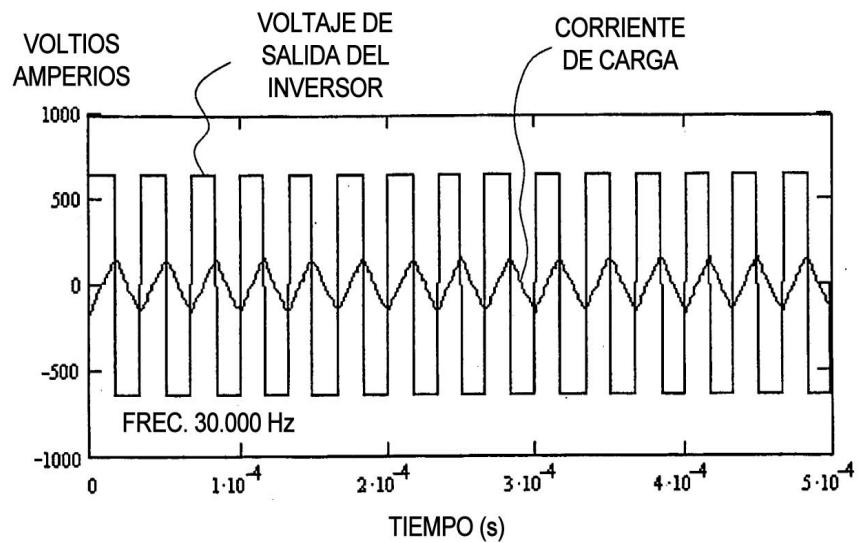


FIG. 5(c)

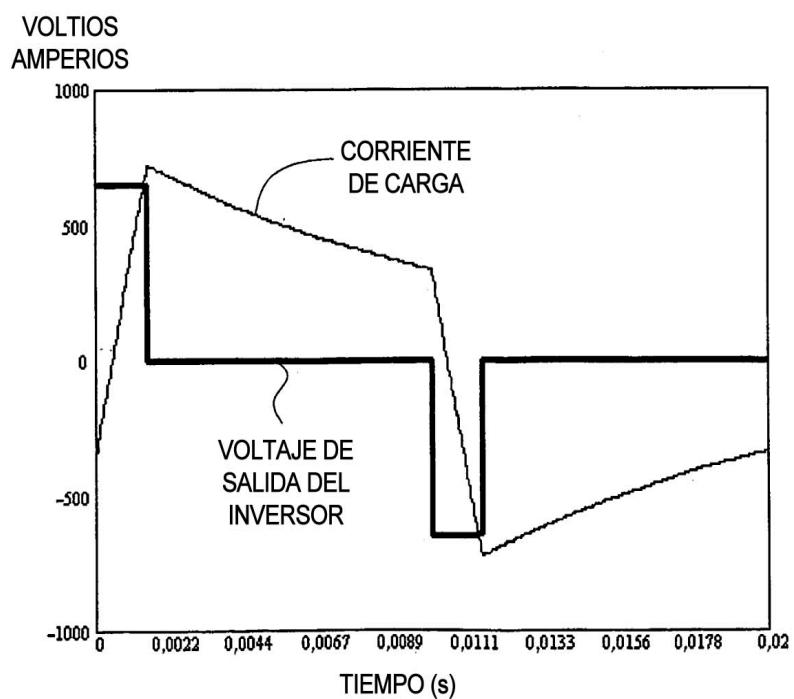


FIG. 6

