

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 822**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/28** (2006.01)

**G01R 21/00** (2006.01)

**H01Q 13/10** (2006.01)

**G01R 19/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2022** **E 22194946 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024** **EP 4206702**

54 Título: **Circuito de detección de potencia y circuito de control**

30 Prioridad:

**30.12.2021 CN 202111652210**

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

**31.10.2024**

73 Titular/es:

**DELTA ELECTRONICS, INC. (100.0%)  
No. 252, Shangying Road, Guishan District  
Taoyuan City, Taiwán 33341, CN**

72 Inventor/es:

**HUANG, MING-SHI;  
LI, ZHENG-FENG;  
HU, JHIH-CHENG;  
LIN, YI-LIANG;  
MENG, YU-MIN;  
LIN, CHUN-WEI;  
CHANG, CHUN y  
TAN, THIAM-WEE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 984 822 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

Circuito de detección de potencia y circuito de control

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta Solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente de China núm. 202111652210.5, presentada el 30 de diciembre de 2021.

10 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

15 La presente invención se refiere a un circuito de detección de potencia, y más en particular a un circuito de control para controlar un circuito resonante en respuesta a la detección de una potencia de banda base de ranura resonante.

Descripción del estado de la técnica

20 Los circuitos resonantes son circuitos utilizados en sistemas electrónicos para convertir energía. Por ejemplo, los circuitos resonantes se utilizan a menudo en dispositivos de transmisión y recepción para señales inalámbricas, convertidores de potencia, y similares. Cuando un dispositivo utiliza un circuito resonante, la potencia de entrada de la ranura resonante en el circuito resonante determina el rendimiento del dispositivo. Por lo tanto, es necesario detectar la potencia de entrada de la ranura resonante, y controlar o ajustar los circuitos o dispositivos posteriores del dispositivo de acuerdo con el resultado de detección. Sin embargo, en los métodos existentes para detectar la potencia de entrada de una ranura resonante, la corriente y el voltaje de la ranura resonante usualmente se obtienen utilizando muestreo, multiplicación, integración, y promediado de alta velocidad, lo que incrementa la complejidad de la operación y requiere un procesador de operación de alto nivel. La medición de potencia de técnica anterior de circuitos de ranura resonante se conoce de SCHWERT: "Un microsistema inalámbrico completamente pasivo para el registro de neuropotenciales por métodos de retrodispersión de RF", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, octubre de 2011, IEEE, XP011360781, que enseña un neuro-sensor basado en resonador de ranura con un interrogador externo que comprende un analizador/demodulador de espectro que mide la potencia reflejada del resonador; de US2017/315037, que divulga un sistema similar que tiene un sensor de potencia que mide la potencia reflejada de un detector de resonador; de CN204068705, que divulga un resonador de ranura accionado por una etapa pwm, y un sensor de corriente que mide la corriente en el mismo; y de US5334941, que divulga un sistema que tiene un sensor de resonador de ranura y un analizador de red que mide la potencia incidente y reflejada al sensor.

40 Breve descripción de la invención

Por lo tanto, la presente invención proporciona un circuito de detección de potencia y un circuito de control, que estiman la potencia de entrada de una ranura resonante de un circuito resonante utilizando la potencia de banda base de ranura resonante y controlan el circuito resonante en consecuencia.

45 Una modalidad de ejemplo de la presente invención proporciona un circuito de detección de potencia para detectar la potencia de entrada total de corriente de un circuito resonante. El circuito de detección de potencia comprende un circuito de detección y un circuito de estimación. El circuito de detección recibe una señal de corriente y obtiene potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con la señal de corriente para generar el valor de potencia de banda base. La señal de corriente representa una corriente de ranura resonante generada por el circuito resonante. El circuito de estimación recibe el valor de potencia de banda base y estima la potencia de entrada total de corriente de acuerdo con el valor de potencia de banda base para generar un valor de potencia estimado.

50 Otra modalidad de ejemplo de la presente invención proporciona un circuito de control para generar una primera señal de control para controlar un circuito resonante. El circuito de control comprende un circuito de detección, un circuito de estimación, y un circuito de ajuste. El circuito de detección recibe la señal de corriente y obtiene potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con la señal de corriente para generar un valor de potencia de banda base. La señal de corriente representa una corriente de ranura resonante generada por el circuito resonante. El circuito de estimación recibe el valor de potencia de banda base y estima una potencia de entrada total de corriente del circuito resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base para generar un valor de potencia estimado. El circuito de ajuste recibe el valor de potencia estimado y genera la primera señal de control. El circuito de ajuste calcula una diferencia de potencia entre el valor de potencia estimado y un valor de potencia preestablecido y ajusta un ciclo de trabajo de la primera señal de control de acuerdo con la diferencia de potencia.

55 Se proporciona una descripción detallada en las siguientes modalidades con referencia a las figuras anexas.

65

Breve descripción de los dibujos

La invención se puede entender más completamente al leer la siguiente descripción detallada y ejemplos con referencias hechas a las figuras anexas, en donde:

5 La FIGURA 1 muestra una modalidad de ejemplo de un dispositivo electrónico que comprende un circuito resonante y un circuito de detección de potencia;

10 La FIGURA 2 muestra un voltaje de ranura resonante del circuito resonante en la figura 1 y componentes armónicos del voltaje de ranura resonante;

La FIGURA 3 muestra otra modalidad de ejemplo de un dispositivo electrónico que comprende un circuito resonante, un circuito de detección de potencia y un circuito de ajuste;

15 La FIGURA 4 muestra porcentajes de potencia de banda base, potencia de duplicación de frecuencia, potencia de triplicación de frecuencia, potencia de pérdida de bobina y potencia de pérdida parásita de la ranura resonante con relación a la potencia total en diferentes ciclos de trabajo del circuito resonante; y

20 La FIGURA 5 muestra errores de los parámetros  $K_L$  y  $K_R$  y el parámetro correspondiente  $K_1$  bajo una operación general de una cocina de inducción.

Descripción detallada de la invención

25 La siguiente descripción es del modelo mejor contemplado de llevar a cabo la invención. Esta descripción se hace con el propósito de ilustrar los principios generales de la invención y no debe tomarse en un sentido limitante. El alcance de la invención se determina mejor por referencia a las reivindicaciones anexas.

30 La FIGURA 1 muestra una modalidad de ejemplo de un dispositivo electrónico. Con referencia a la FIGURA 1, un dispositivo electrónico 1 comprende un circuito resonante 10, un circuito de detección de potencia 11, un controlador 12, y un sensor de corriente 13. El circuito de detección de potencia 11 se utiliza para detectar la potencia de entrada total de corriente del circuito resonante 10. En una modalidad, el dispositivo electrónico 1 puede ser cualquier dispositivo que necesite convertir energía usando un circuito resonante, tal como un transceptor de señal inalámbrica, una cocina de inducción, y similares. En lo sucesivo, las características técnicas de la presente solicitud se describirán al tomar el dispositivo electrónico 1 como una cocina de inducción como un ejemplo.

35 Con referencia a la FIGURA 1, el circuito resonante 10 se acopla a una fuente de voltaje 100 para recibir un voltaje de entrada  $V_{in}$ . El circuito resonante 10 comprende un elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$ , un elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$ , un condensador resonante  $C_r$ , un inductor  $L_{eq}$ , y un resistor  $R_{eq}$ . El elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$  se conectan en serie entre la terminal positiva y la terminal negativa de la fuente de voltaje 100. El controlador 12 genera señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$  para controlar los estados de encendido/apagado del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$ , respectivamente. En la modalidad, cada una de las señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$  tiene un ciclo de trabajo, tal que el elemento de conmutación controlado del brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación del brazo inferior  $Q_L$  operen de acuerdo con sus ciclos de trabajo correspondientes. A través del control de las señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$ , cada uno del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$  se conmuta entre el estado activado y el estado desactivado, y el tiempo activado del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el tiempo activado del elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$  no se traslapan.

40 Con referencia a la FIGURA 1, en casos donde el dispositivo electrónico 1 es una cocina de inducción, el inductor  $L_{eq}$  y el resistor  $R_{eq}$  en el circuito resonante 10 son la inductancia equivalente y el resistor equivalente de la olla colocada en el dispositivo electrónico (la cocina de inducción) 1, respectivamente. El condensador resonante  $C_r$ , el inductor  $L_{eq}$  y el resistor  $R_{eq}$ , que se conectan en serie, forman una ranura resonante del circuito resonante 10. El circuito resonante 10 se acopla al nodo común N10 entre el elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$ . Al controlar cada uno del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$  para conmutar entre el estado activado y el estado desactivado, se genera un voltaje de ranura resonante  $v_r$  entre el drenaje y la fuente del elemento de conmutación del brazo inferior  $Q_L$ , y una corriente de ranura resonante  $i_r$  fluye a través del condensador  $C_r$ . Como se muestra en la FIGURA 1, la corriente de ranura resonante  $i_r$  fluye desde el nodo común N10 a la ranura resonante. Se puede discernir a partir de la estructura de circuito del circuito resonante 10 que el circuito resonante 10 es un circuito resonante en serie de medio puente.

60 Como se muestra en la FIGURA 1, el sensor de corriente 13 se acopla a la ranura resonante del circuito resonante 10 en el nodo común N10 para detectar la corriente de la ranura resonante  $i_r$ . El sensor de corriente 13 genera una señal de corriente  $S_i$ , de acuerdo con la corriente de ranura resonante detectada  $i_r$ . En la modalidad de la figura 1,

el sensor de corriente 13 se arregla fuera del circuito de detección de potencia 11. En otras modalidades, el sensor de corriente 13 se puede incluir dentro del circuito de detección de potencia 11.

5 El circuito de detección de potencia 11 comprende un circuito de detección 110 y un circuito de estimación 111. El circuito de detección 110 recibe la señal de corriente  $S_{i_r}$  y obtiene la potencia de banda base  $P_{r1}$  de la ranura resonante de acuerdo con la señal de corriente  $S_{i_r}$  para generar el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$ . El circuito de estimación 111 recibe el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$  y estima la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  de la ranura resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$  para generar un valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ . Las operaciones detalladas del circuito de detección 110 y el circuito de estimación 111 se describirán a continuación.

15 Con referencia a la FIGURA 1, el circuito de detección 110 comprende un filtro de paso de banda 110A, un circuito de detección de pico 110B, y un circuito de medición 110C. El filtro de paso de banda 110A recibe la señal de corriente  $S_{i_r}$  del sensor de corriente 13 y realiza una operación de filtrado de paso de banda en la señal de corriente  $S_{i_r}$  para obtener una corriente de banda base  $i_{r1}$  de la ranura resonante (es decir, el componente de banda base de la corriente de ranura resonante  $i_r$ ). El filtro de paso de banda 110A genera una señal de corriente de banda base  $S_{i_{r1}}$  que representa la corriente de banda base  $i_{r1}$ , y la envía al circuito de detección de picos 110B.

20 El circuito de detección de pico 110B se acopla al filtro de paso de banda 110A y recibe la señal de corriente de banda base  $S_{i_{r1}}$  del filtro de paso de banda 110A. Puesto que la señal de corriente de banda base  $S_{i_{r1}}$  representa la corriente de banda base  $i_{r1}$ , el circuito de detección de picos 110B puede detectar un valor de pico  $VP_i$  de la corriente de banda base  $i_{r1}$  de acuerdo con la señal de corriente de banda base  $S_{i_{r1}}$ . El circuito de detección de picos 110B transmite el valor de pico detectado  $VP_i$  al circuito de medición 110C.

25 El circuito de medición 110C se acopla al circuito de detección de pico 110B y recibe el valor de pico  $VP_i$ . El circuito

$$P_{r1} (P_{r1} = \frac{1}{2} i_{r1}^2 R_1)$$

de medición 110C mide la potencia de banda base de la ranura resonante de acuerdo con el valor de pico  $VP_i$  y la resistencia de banda base  $R_1$  de la ranura resonante para generar un valor de potencia de banda base correspondiente  $VP_{r1}$ . En los casos donde se calcula la potencia de banda base  $P_{r1}$ , el parámetro  $i_{r1}$  (corriente de banda base) en la ecuación anterior se toma como el valor de pico  $VP_i$ . Después de que se calcula la potencia de banda base  $P_{r1}$ , el circuito de medición 110C genera el valor de potencia de banda base correspondiente  $VP_{r1}$  y lo transmite al circuito de estimación 111. En la modalidad, el valor de la resistencia de banda base  $R_1$  se predetermina y almacena en el circuito de medición 110C por adelantado. En otras modalidades, el valor de la resistencia de banda base  $R_1$  se predetermina y se puede almacenar en una memoria (no mostrada) del dispositivo electrónico 1 por adelantado. Cuando el circuito de detección de potencia 11 opera, el valor de la resistencia de banda base  $R_1$  se lee de la memoria.

30 El circuito de estimación 111 se acopla al circuito de medición 110C y recibe el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$ . El circuito de estimación 111 obtiene la potencia de banda base  $P_{r1}$  de la ranura resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$ . El circuito de estimación 111 también recibe una señal de indicación  $S_{11}$  que representa el ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OH}$ . En la modalidad, el circuito de estimación 111 determina si el ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OH}$  es mayor que un valor umbral (por ejemplo, 30% o 50%) de acuerdo con la señal de indicación  $S_{11}$ . En el caso donde se determina que el ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OH}$  no es mayor que el valor umbral, el circuito de estimación 111 compensa la potencia de banda base  $P_{r1}$  por un parámetro de compensación  $K$  para obtener la potencia de entrada total de corriente estimada  $P_{r12}$ , y genera un valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  de acuerdo con la potencia de entrada total de corriente estimada  $P_{r12}$ . En los casos donde se determina que el ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OH}$  es mayor que el valor umbral, el circuito de estimación 111 utiliza directamente el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$  como el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ .

50 En la modalidad, el parámetro de compensación  $K$  es igual a la relación de la potencia de duplicación de frecuencia predeterminada con respecto a la potencia de banda base predeterminada de la ranura resonante en un ciclo de trabajo específico  $D$ . El parámetro de compensación  $K$  se predetermina y se puede almacenar en el circuito de estimación 111 por adelantado. En otras modalidades, el valor del parámetro de compensación es un parámetro predeterminado, que se puede almacenar en una memoria (no mostrada) del dispositivo electrónico 1 por adelantado. Cuando el circuito de detección de potencia 11 opera, el parámetro de compensación  $K$  se lee de la memoria.

60 De acuerdo con las modalidades de la presente solicitud, sólo se requiere la potencia de banda base de la ranura resonante para estimar la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  de la ranura resonante sin cálculos complejos. Además, debido al mecanismo de compensación del circuito de estimación 111, la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  (el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ ) obtenida en la presente solicitud se obtiene con alta exactitud.

A continuación se describirá el análisis con relación a cómo el circuito de detección de potencia 11 de la presente

solicitud puede obtener la potencia de entrada total de corriente exacta  $P_{r12}$  de acuerdo con la potencia de banda base de la ranura resonante.

5 La FIGURA 2 muestra el voltaje de ranura resonante  $v_r$  del circuito resonante 10 y los componentes armónicos del voltaje de ranura resonante  $v_r$ . Con referencia a la FIGURA 2, el valor máximo del voltaje de ranura resonante  $v_r$  es el voltaje de entrada  $V_{in}$ .  $v_{r1}$  representa el componente de banda base del voltaje de ranura resonante  $v_r$  (también llamado el voltaje de banda base de la ranura resonante),  $v_{r2}$  representa el componente de duplicación de frecuencia del voltaje de ranura resonante  $v_r$  (también llamado el voltaje de duplicación de frecuencia de la ranura resonante), y  $v_{r3}$  representa el componente de triplicación de frecuencia del voltaje de ranura resonante  $v_r$  (también llamado el componente de triplicación de frecuencia de la ranura resonante). El voltaje de ranura resonante  $v_r$  se puede expresar como:

$$v_r(t) = \begin{cases} V_{in}, & |t| \leq DT \\ 0, & |t| > DT \end{cases}, 0 \leq t \leq T \quad \text{Ecuación (1)}$$

15 en donde:

$f_s$  representa la frecuencia de conmutación del voltaje de ranura resonante  $v_r$ ;

$$T (= \frac{1}{f_s})$$

representa el período de conmutación de la frecuencia de conmutación; y

20 D representa el ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OH}$  (es decir, la relación del tiempo de encendido del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  al período).

La ecuación (1) se expresa con base en la serie de Fourier como:

$$v_r(t) = DV_{in} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2V_{in}}{n\pi} |\sin(nD\pi)| \sin\left(\frac{2n\pi}{T}t + \theta_n\right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

25

$$\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(2nD\pi)}{1 - \cos(2nD\pi)}\right)$$

en donde:

30  $V_{in}$  representa el valor máximo de la onda cuadrada del voltaje de ranura resonante  $v_r$  (es decir, el voltaje de entrada);

$n$  representa el orden armónico del voltaje de ranura resonante  $v_r$ ; y

$\theta_n$  representa el ángulo de fase del armónico n-ésimo.

35 Suponiendo que el ciclo de trabajo D es igual al 30% como un ejemplo. Después que se aplica  $D=0,3$  a la ecuación (2), se obtiene:

$$v_r(t) = 0,3V_{in} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2V_{in}}{n\pi} |\sin(0,3n\pi)| \sin\left(\frac{2n\pi}{T}t + \theta_n\right) \quad \text{Ecuación (3)}$$

40 En los casos donde sólo se consideran los valores pico (valores máximos) del voltaje, los valores pico del voltaje de banda base  $v_{r1}$ , el voltaje de duplicación de frecuencia  $v_{r2}$  y el voltaje de triplicación de frecuencia  $v_{r3}$  son  $0,515V_{in}$ ,  $0,303V_{in}$  y  $0,066V_{in}$ , respectivamente. A partir de estos valores, se puede observar que el valor de pico del voltaje de banda base  $v_{r1}$  es mayor que el valor de pico del voltaje de duplicación de frecuencia  $v_{r2}$  y es mucho mayor que el valor de pico del voltaje de triplicación de frecuencia  $v_{r3}$ . Por lo tanto, la influencia del voltaje de triplicado de frecuencia  $v_{r3}$  se puede ignorar para la detección de potencia.

45 Puesto que la impedancia de entrada de la ranura resonante incrementa con el incremento de la frecuencia de operación del circuito resonante 10, sólo es necesario considerar el efecto de los armónicos de voltaje de orden bajo (es decir, el armónico de banda base y el armónico de duplicación de frecuencia) en la potencia de entrada total de la ranura resonante en respuesta al análisis anterior para el voltaje de banda base  $v_{r1}$ , el voltaje de

duplicación de frecuencia  $v_{r2}$  y el voltaje de triplicación de frecuencia  $v_{r3}$ .

El solicitante de la presente solicitud simuló la distribución de potencia del circuito resonante 10. La FIGURA 4 muestra los porcentajes de la potencia de banda base  $P_{r1}$ , la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$ , la potencia de triplicación de frecuencia  $P_{r3}$ , la potencia de pérdida de bobina  $P_{bobina}$ , y la potencia de pérdida parásita  $P_{parásita}$  en la potencia total  $P_r$  cuando el ciclo de trabajo  $D$  es 10%, 20%, 30%, 40%, y 50%, respectivamente. Como se muestra en la FIGURA 4, cuando el ciclo de trabajo  $D$  es igual a o menor que 30%, la potencia de banda base  $P_{r1}$  representa menos de 90% de la potencia total  $P_r$ , y la potencia de triplicado de frecuencia  $P_{r3}$ , la potencia de pérdida de bobina  $P_{bobina}$ , y la potencia de pérdida parásita  $P_{parásita}$  cada una representa menos de 5% de la potencia total  $P_r$ . Cuando el ciclo de trabajo  $D$  es mayor que 30%, la potencia de banda base  $P_{r1}$  es casi igual a la potencia total  $P_r$ , y la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$ , la potencia de triplicación de frecuencia  $P_{r3}$ , la potencia de pérdida de bobina  $P_{bobina}$ , y la potencia de pérdida parásita  $P_{parásita}$  también representan cada una menos de 5% de la potencia total  $P_r$ .

De acuerdo con el análisis anterior, cuando el ciclo de trabajo  $D$  es grande, puesto que la potencia de banda base  $P_{r1}$  es casi igual a la potencia total  $P_r$ , el circuito de estimación 111 no necesita compensar la potencia de banda base  $P_{r1}$  y usa directamente el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$  como el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ , tal que la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  del circuito resonante 10 se pueda estimar exactamente. Como se menciona anteriormente, cuando el ciclo de trabajo  $D$  es pequeño, la potencia de banda base  $P_{r1}$  representa menos del 90% de la potencia total  $P_r$  y la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$  aún representa una proporción considerable en la potencia total  $P_r$ . A fin de estimar más exactamente la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  de acuerdo con la potencia de banda base  $P_{r1}$ , el circuito de estimación 111 compensa la potencia de banda base  $P_{r1}$  utilizando el parámetro de compensación  $K$  para obtener el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ .

En una modalidad, el circuito de estimación 111 establece un valor umbral y determina si compensar la potencia de banda base  $P_{r1}$  de acuerdo con si el ciclo de trabajo  $D$  es mayor que el valor umbral. De acuerdo con la descripción anterior, el umbral se puede establecer en 30%.

La definición del parámetro de compensación  $K$  se describirá a continuación.

Suponiendo que la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  se estima por la potencia de banda base  $P_{r1}$  y la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$  de la ranura resonante,  $P_{r12}$  se puede expresar como:

$$P_{r12} = P_{r1} + P_{r2} = P_{r1} \left(1 + \frac{P_{r2}}{P_{r1}}\right) \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$P_{r1} = \left(\frac{V_{r1}}{Z_1}\right)^2 R_1 \quad P_{r2} = \left(\frac{V_{r2}}{Z_2}\right)^2 R_2$$

Y se aplican a la ecuación (4), y entonces la ecuación (4) se reescribe como:

$$P_{r12} = P_{r1} \left[1 + \left(\frac{V_{r2}}{V_{r1}}\right)^2 \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \frac{R_2}{R_1}\right] \quad \text{Ecuación (5)}$$

en donde:

$$V_{r1} (= \frac{2V}{\pi} \sin(D\pi)) \quad \text{representa el voltaje de banda base de la ranura resonante;}$$

$$V_{r2} (= \frac{V}{\pi} \sin(2D\pi)) \quad \text{representa el voltaje de duplicación de frecuencia de la ranura resonante;}$$

$$Z_1 (= R_1 + j\omega_s L_1 - j\frac{1}{\omega_s C_1}) \quad \text{representa la impedancia de banda base de entrada de la ranura resonante;}$$

$$Z_2 (= R_2 + j2\omega_s L_2 - j\frac{1}{2\omega_s C_2}) \quad \text{representa la impedancia de duplicación de frecuencia de entrada de la ranura}$$

resonante;

$R_1, R_2$  representan la resistencia de banda base y la resistencia de duplicación de frecuencia de la ranura resonante, respectivamente;

$L_1, L_2$  representan la inductancia de banda base y la inductancia de duplicación de frecuencia de la ranura resonante, respectivamente;

$\omega_s$  representa la velocidad angular de operación.

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \frac{R_2}{R_1}$$

en la Ecuación (5) se reescribe como:

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2(R_1^2 + (\omega_s L_1 - \frac{1}{\omega_s C_r})^2)}{R_1(R_2^2 + (2\omega_s L_2 - \frac{1}{2\omega_s C_r})^2)} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$\left(\frac{v_{r2}}{v_{r1}}\right)^2 \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \frac{R_2}{R_1}$$

en la Ecuación (5) se establece como K, en donde  $\left(\frac{v_{r2}}{v_{r1}}\right)^2$  es  $K_v$ , y  $\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \frac{R_2}{R_1}$  es  $K_1$ , y entonces la Ecuación (5) se reescribe como:

$$P_{r12} = P_{r1}(1 + K) = P_{r1}(1 + K_v K_1) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Además,

$$K_v = \left(\frac{v_{r2}}{v_{r1}}\right)^2 = \left(\frac{\sin(2D\pi)}{2\sin(D\pi)}\right)^2 \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$K_1 = K_R \frac{R_1^2 + (\omega_s L_1)^2 (1 - K_o)^2}{(K_R R_1)^2 + (2\omega_s K_L L_1)^2 (1 - K_o)^2} \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$K_o = \left(\frac{\omega_o}{\omega_s}\right)^2 \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$K_R = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$K_L = \frac{L_2}{L_1} \quad \text{Ecuación (12)}$$

en donde,  $\omega_o$  es la velocidad angular resonante natural.

De acuerdo con la Ecuación (4) y la Ecuación (7), el parámetro de compensación K es la relación de la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$  con respecto a la potencia de banda base  $P_{r1}$ . De acuerdo con la Ecuación (5), la Ecuación (7) y la Ecuación (8), el parámetro  $K_v$  es con relación a la relación del voltaje de duplicación de frecuencia  $v_{r2}$  con respecto al voltaje de banda base  $v_{r1}$ , y el parámetro  $K_1$  es con relación a la relación de la resistencia de duplicación de frecuencia y el resistencia de banda base. Cuando el ciclo de trabajo D es 10%, 20% y 30%, el parámetro  $K_v$  es 0,9, 0,65 y 0,35, respectivamente. Por lo tanto, de acuerdo con la Ecuación (8), se puede conocer que cuando el ciclo de trabajo D es mayor, la proporción de la potencia de doble frecuencia  $P_{r2}$  es menor, lo que significa que el error que se induce cuando la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  se estima de acuerdo con la potencia de banda base  $P_{r1}$  es menor.

De acuerdo con lo anterior, cuando el ciclo de trabajo D es menor, el parámetro  $K_v$  es mayor, es decir, la proporción de la potencia de duplicación de frecuencia  $P_{r2}$  es mayor. Por lo tanto, cuando la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  se estima de acuerdo con la potencia de banda base  $P_{r1}$ , la potencia de banda base  $P_{r1}$  se necesita compensar. En la modalidad de la presente solicitud, el parámetro de compensación K se utiliza para compensar la potencia de banda base  $P_{r1}$ , en donde el parámetro de compensación K es igual a la relación de la potencia de

duplicación de frecuencia  $P_{r2}$  con respecto a la potencia de banda base  $P_{r1}$  y además igual al producto de los parámetros  $K_v$  y  $K_1$  ( $K = K_v K_1$ ).

De acuerdo con la Ecuación (10) a la Ecuación (12), el parámetro  $K_1$  se determina de acuerdo con los parámetros  $K_L$  y  $K_R$ . La FIGURA 5 muestra errores de los parámetros  $K_L$  y  $K_R$  y el parámetro correspondiente  $K_1$  bajo una operación general de una cocina de inducción. Como se muestra en la figura 5, dentro de un amplio intervalo de variación de los parámetros  $K_L$  y  $K_R$  (las áreas marcadas con puntos en la figura 5), el error del parámetro  $K_1$  es menor que 10%, lo que significa que el intervalo de variación del parámetro  $K_1$  no es grande. El parámetro  $K_1$  se puede considerar como un parámetro no afectado por el ciclo de trabajo  $D$ . Por lo tanto, de acuerdo con la modalidad de la presente solicitud, el dispositivo electrónico 1 puede obtener primero el parámetro de compensación  $K$  en un ciclo de trabajo específico  $D$  a través de una prueba o análisis, entonces obtener el parámetro  $K_v$  de acuerdo con la Ecuación (8), y finalmente estimar que el parámetro  $K_1$  es de acuerdo con el parámetro de compensación  $K$  y el parámetro  $K_v$ . El parámetro de compensación obtenido  $K$  y los parámetros  $K_v$  y  $K_1$  se almacenan en una memoria del dispositivo electrónico 1 o se almacenan en el circuito de estimación 111 como parámetros predeterminados que se pueden utilizar por el circuito de detección de potencia 11 durante la operación.

En una modalidad, el dispositivo electrónico 1 predetermina el parámetro de compensación  $K$  y los parámetros  $K_v$  y  $K_1$  que corresponden todos al ciclo de trabajo  $D$  de 10%. En este caso, el circuito de estimación 111 establece el valor umbral como 30% como un criterio para determinar si compensar la potencia de banda base  $P_{r1}$ .

En otras modalidades, el dispositivo electrónico 1 puede predeterminar una pluralidad de parámetros de compensación  $K$  y una pluralidad de parámetros  $K_v$  y  $K_1$  que corresponden a una pluralidad de ciclos de trabajo como los parámetros predeterminados. Cuando el circuito de detección de energía 11 opera, se puede seleccionar un parámetro de compensación  $K$  o un conjunto de parámetros  $K_v$  y  $K_1$  entre los parámetros predeterminados de acuerdo con la señal de indicación  $S_{11}$  que representa el ciclo de trabajo  $D$  de la señal de conmutación  $G_{OH}$  para compensar la energía de banda base  $P_{r1}$ .

En la modalidad anterior, el circuito de estimación 11 determina si compensar la potencia de banda base  $P_{r1}$  de acuerdo con si el ciclo de trabajo  $D$  es mayor que un valor umbral. En otras modalidades, independientemente del ciclo de trabajo  $D$  de la señal de conmutación  $G_{OH}$ , el circuito de estimación 111 compensa la potencia de banda base  $P_{r1}$  de acuerdo con el parámetro de compensación  $K$  para obtener la potencia de entrada total de corriente estimada  $P_{r12}$ , y genera el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  de acuerdo con la potencia de entrada total de corriente estimada  $P_{r12}$ .

La FIGURA 3 muestra otra modalidad de ejemplo de un dispositivo electrónico. Con referencia a la FIGURA 3, el dispositivo electrónico 3 comprende un circuito resonante 10, un circuito de detección de potencia 11, un controlador 12, y un sensor de corriente 13 como se muestra en la figura 1. Las operaciones del circuito resonante 10, el circuito de detección de potencia 11, el controlador 12, y el sensor de corriente 13 se describen en los párrafos con relación a la modalidad de la figura 1, y la descripción se omite aquí.

Como se muestra en la FIGURA 3, el dispositivo electrónico 3 comprende además de circuito de ajuste 14. Un circuito de control 15 se compone del circuito de detección de potencia 11 y el circuito de ajuste 14 para controlar el circuito resonante 10. El circuito de ajuste 14 recibe el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  del circuito de estimación 111 y genera las señales de control  $G_H$  y  $G_L$ . El circuito de ajuste 14 calcula una diferencia de potencia entre el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  y el valor de potencia preestablecido  $VP_r$  y ajusta los respectivos ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  de acuerdo con la diferencia de potencia.

En la modalidad de la figura 3, el sensor de corriente 13 se arregla fuera del circuito de control 15. En otras modalidades, el sensor de corriente 13 se puede incluir dentro del circuito de control 15.

El controlador 12 recibe las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  del circuito de ajuste 14 y genera las señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$  de acuerdo con las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  para controlar los estados de encendido/apagado del elemento de conmutación de brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación de brazo inferior  $Q_L$ , respectivamente. Por lo tanto, el circuito de ajuste 14 ajusta o cambia los respectivos ciclos de trabajo de las señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$  al ajustar los respectivos ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$ . En la modalidad, el ciclo de trabajo de la señal de control  $G_H$  es igual al ciclo de trabajo ( $D$ ) de la señal de conmutación  $G_{OH}$ , y el ciclo de trabajo de la señal de control  $G_L$  es igual al ciclo de trabajo de la señal de conmutación  $G_{OL}$ .

Con referencia a la FIGURA 3, el circuito de ajuste 14 incluye un restador 140, un ajustador de potencia 141, y un generador de señal 142. El restador 140 recibe el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  y el valor de potencia preestablecido  $VP_r$  y calcula la diferencia entre el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  y el valor de potencia preestablecido  $VP_r$  para generar un valor de diferencia de potencia  $VP_d$ . El restador 140 transmite el valor de diferencia de potencia  $VP_d$  al ajustador de potencia 141.

5 El ajustador de potencia 141 recibe la diferencia de potencia  $VP_d$  y genera una señal de ajuste S14 de acuerdo con al menos una característica de la diferencia de potencia  $VP_d$ . En la modalidad, la al menos una característica de la diferencia de potencia  $VP_d$  comprende al menos una de la magnitud de la diferencia de potencia  $VP_d$  y la polaridad (positiva o negativa) de la misma. La señal de ajuste S14 indica cómo ajustar los ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$ . Por ejemplo, la señal de ajuste S14 indica al menos uno de un intervalo de ajuste y una dirección de ajuste (ya sea creciente o decreciente) para ajustar los ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$ . El ajustador de potencia 141 proporciona la señal de ajuste S14 al generador de señal 142.

10 El generador de señal 142 recibe la señal de ajuste S14 y genera las señales de control  $G_H$  y  $G_L$ . El generador de señales 142 ajusta los ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  de acuerdo con la señal de ajuste S14. El generador de señales 142 proporciona las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  al controlador 12. El controlador 12 genera señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$  de acuerdo con las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  para controlar los estados de encendido/apagado del elemento de conmutación del brazo superior  $Q_H$  y el elemento de conmutación del brazo inferior  $Q_L$ , respectivamente.

15 A través de las operaciones del circuito de detección de potencia 11 y el circuito de ajuste 14 en el circuito de control 15, el circuito de control 15 puede estimar la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  del circuito resonante 10 de acuerdo con el valor de potencia de banda base  $VP_{r1}$  para generar el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$ . Los ciclos de trabajo de las señales de control  $G_H$  y  $G_L$  se ajustan con base en la diferencia entre el valor de potencia estimado  $VP_{r12}$  y el valor de potencia preestablecido deseado  $VP_r$ , ajustando de esta manera las señales de conmutación  $G_{OH}$  y  $G_{OL}$ . A través de las operaciones de estimación y ajuste del circuito de control 15, la potencia de entrada total de corriente  $P_{r12}$  del circuito resonante 10 es finalmente cercana a, o igual al valor de potencia preestablecido deseado  $VP_r$ .

25 En tanto que la invención se ha descrito a manera de ejemplo y en términos de las modalidades preferidas, se va a entender que la invención no se limita a las modalidades divulgadas. Por el contrario, se limita sólo por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito de detección de potencia (11) para detectar la potencia de entrada total de corriente de un circuito resonante (10), que comprende:

5 un circuito de detección (110) que recibe una señal de corriente y obtiene potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con la señal de corriente para generar un valor de potencia de banda base, donde la señal de corriente representa una corriente de ranura resonante generada por el circuito resonante; y  
 10 un circuito de estimación (111) que recibe el valor de potencia de banda base y estima la potencia de entrada total de corriente de acuerdo con el valor de potencia de banda base para generar un valor de potencia estimado.

2. El circuito de detección de potencia como se reivindica en la reivindicación 1, donde:

15 el circuito resonante comprende un elemento de conmutación, y el elemento de conmutación opera de acuerdo con un ciclo de trabajo, y  
 el circuito de estimación obtiene la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base y compensa la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con un parámetro de compensación para generar el valor de potencia estimado.

3. El circuito de detección de potencia como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, donde:

20 el circuito resonante comprende un elemento de conmutación, y el elemento de conmutación opera de acuerdo con un ciclo de trabajo,  
 cuando el ciclo de trabajo es mayor que un valor umbral, el circuito de estimación recibe el valor de potencia de banda base como el valor de potencia estimado,  
 25 cuando el ciclo de trabajo no es mayor que el valor umbral, el circuito de estimación obtiene la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base y compensa la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con un parámetro de compensación para generar el valor de potencia estimado, y  
 30 el parámetro de compensación está con relación a una relación entre una potencia de duplicación de frecuencia predeterminada y una potencia de banda base predeterminada del circuito resonante en un valor específico del ciclo de trabajo.

4. El circuito de detección de potencia como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de detección comprende:

35 un filtro de paso de banda que recibe la señal de corriente y realiza una operación de filtrado de paso de banda en la señal de corriente para generar una señal de corriente de banda base, donde la señal de corriente de banda base representa una corriente de banda base de ranura resonante del circuito resonante;  
 40 un circuito de detección de valor de pico que recibe la señal de corriente de banda base y detecta un valor de pico de la corriente de banda base de ranura resonante de acuerdo con la señal de corriente de banda base; y  
 un circuito de medición que recibe el valor de pico y mide la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con el valor de pico y una resistencia de banda base para generar el valor de potencia de banda base, donde la resistencia de banda base representa una resistencia de banda base de ranura resonante del circuito resonante.  
 45

5. Un circuito de control para generar una primera señal de control y una segunda señal de control para controlar un circuito resonante, que comprende:

50 un circuito de detección de potencia como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y  
 un circuito de ajuste que recibe el valor de potencia estimado y genera la primera señal de control, donde el circuito de ajuste calcula una diferencia de potencia entre el valor de potencia estimado y un valor de potencia preestablecido y ajusta un ciclo de trabajo de la primera señal de control de acuerdo con la diferencia de potencia, donde el circuito de ajuste ajusta además la segunda señal de control de acuerdo con la diferencia de potencia, y  
 55 donde el circuito resonante comprende un elemento de conmutación de brazo superior y un elemento de conmutación de brazo inferior que se conectan en serie, la primera señal de control se aplica para controlar el elemento de conmutación de brazo superior, y la segunda señal de control se aplica para controlar el elemento de conmutación de lado de brazo inferior.

6. El circuito de control como se reivindica en la reivindicación 5, donde:

60 cuando el ciclo de trabajo de la primera señal de control es mayor que un valor umbral, el circuito de estimación recibe el valor de potencia de banda base como el valor de potencia estimado,  
 cuando el ciclo de trabajo de la primera señal de control no es mayor que el valor umbral, el circuito de estimación obtiene la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con el valor de potencia de banda base y compensa la potencia de banda base de ranura resonante de acuerdo con un parámetro de compensación para  
 65

generar el valor de potencia estimado, y  
donde el parámetro de compensación está con relación a una relación entre una potencia de duplicación de  
frecuencia predeterminada y una potencia de banda base predeterminada del circuito resonante en un valor  
específico del ciclo de trabajo.

5

7. El circuito de control como se reivindica en la reivindicación 5 o 6, donde el circuito de ajuste comprende:

un restador que recibe el valor de potencia estimado y el valor de potencia preestablecido y que calcula la diferencia  
entre el valor de potencia estimado y el valor de potencia preestablecido para generar el valor de diferencia de  
potencia;

10

un ajustador de potencia que recibe la diferencia de potencia y genera una señal de ajuste de acuerdo con al  
menos una característica de la diferencia de potencia; y

un generador de señal que genera la primera señal de control, donde el generador de señal recibe la señal de  
ajuste y ajusta el ciclo de trabajo de la primera señal de control de acuerdo con la señal de ajuste,

15

donde la por lo menos una característica de la diferencia de potencia comprende por lo menos una de una magnitud  
y una polaridad de la diferencia de potencia, y

la señal de ajuste indica al menos una de una amplitud de ajuste y una dirección de ajuste para ajustar el ciclo de  
trabajo.

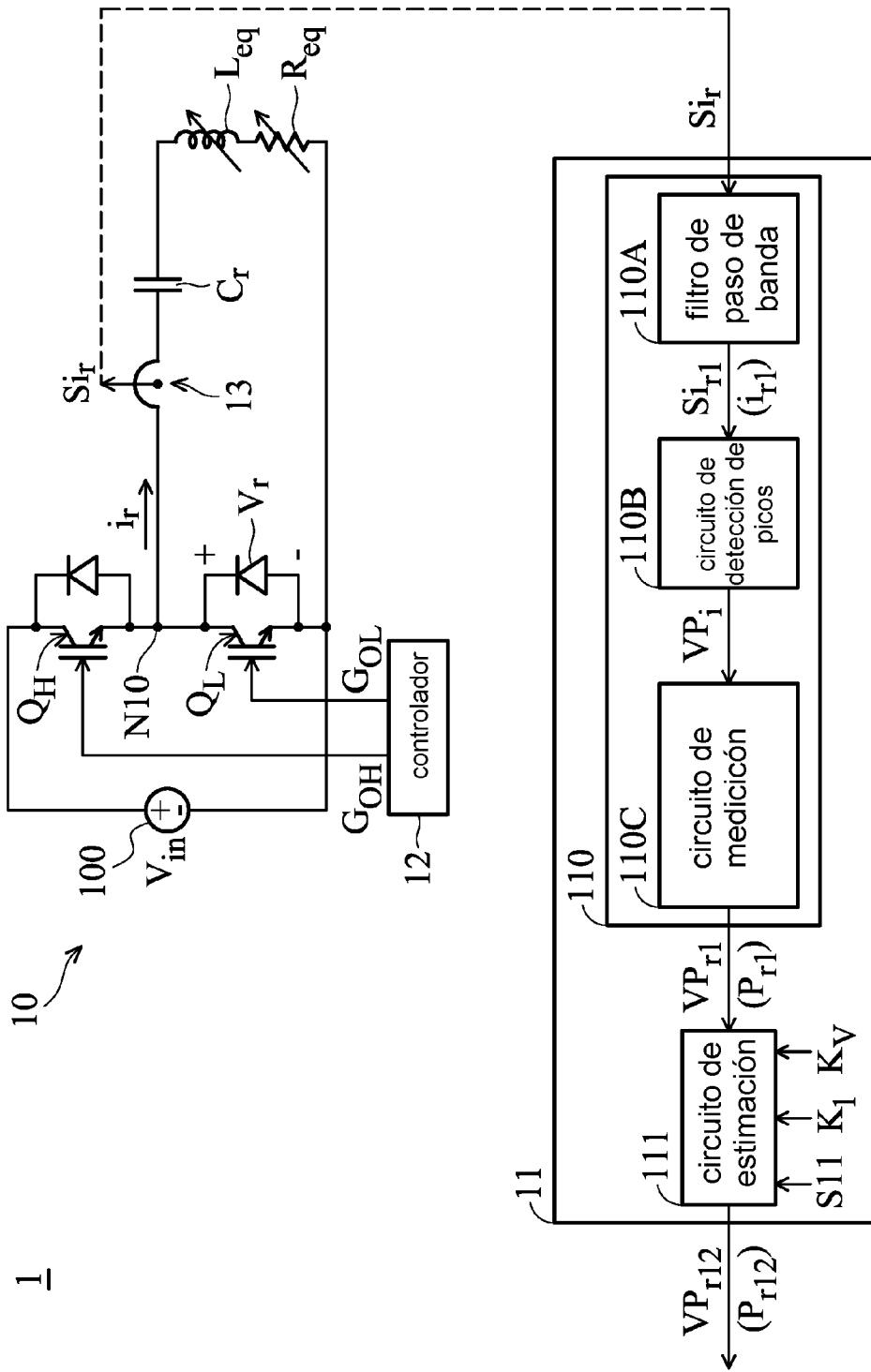


FIGURA 1

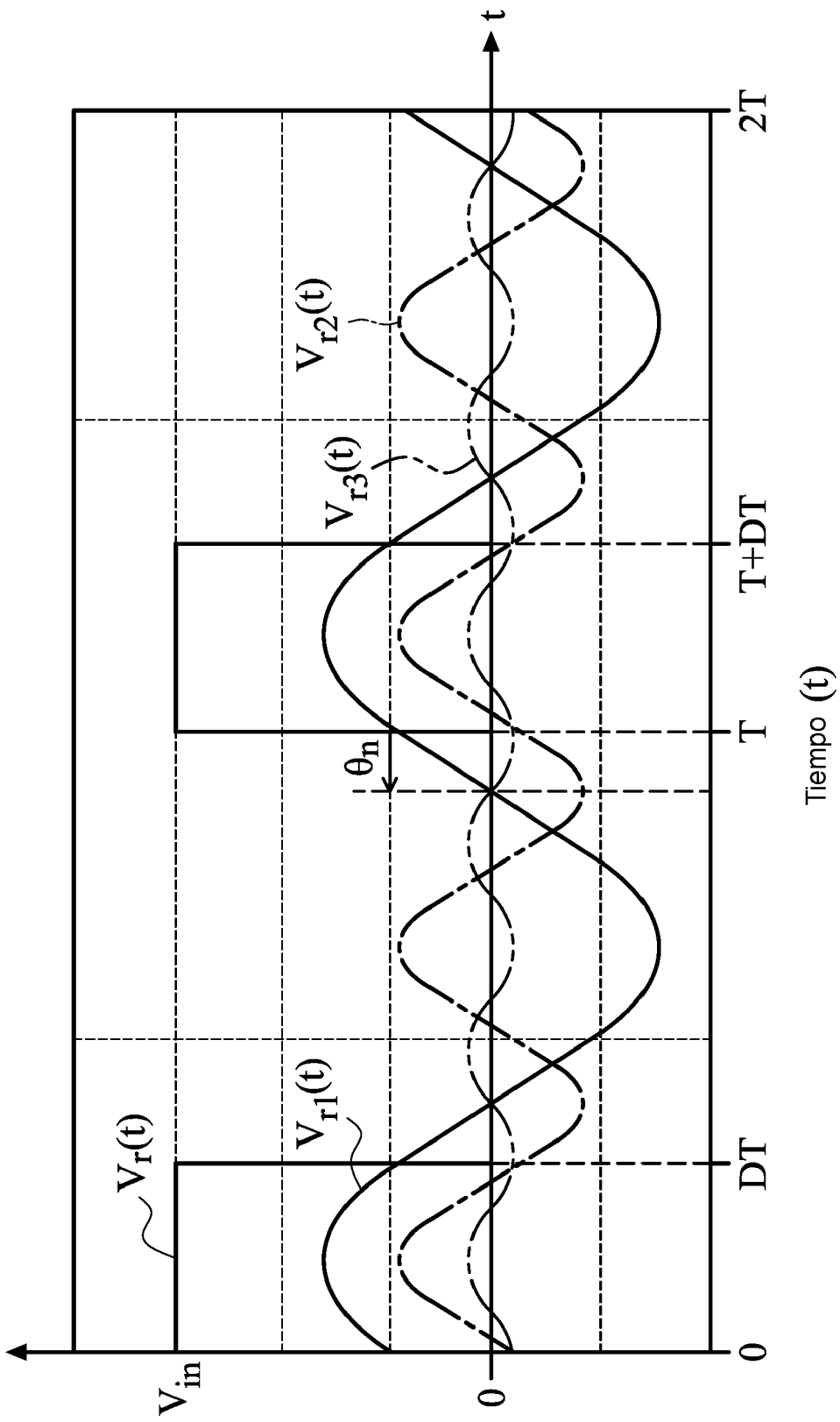


FIGURA 2

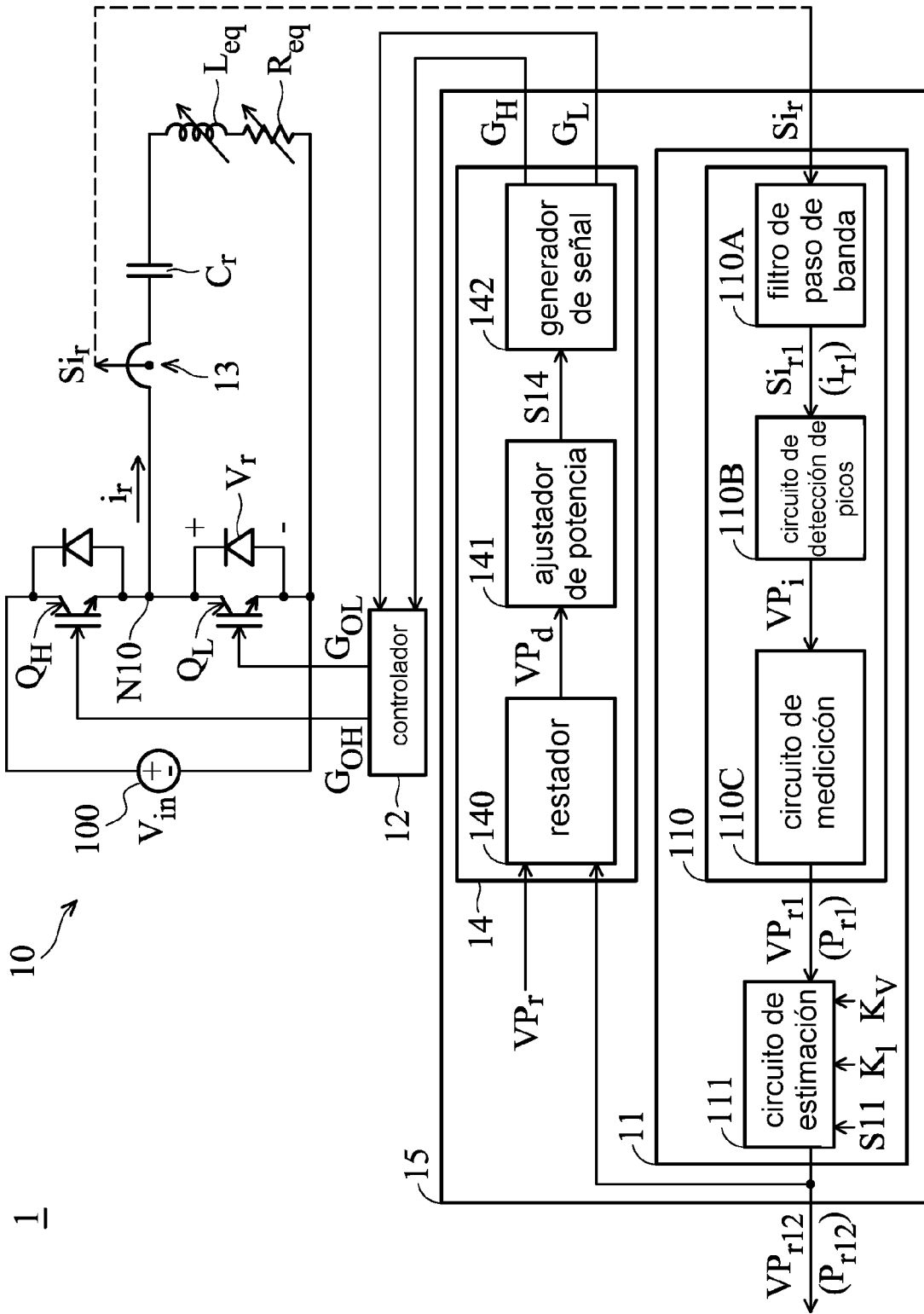


FIGURA 3

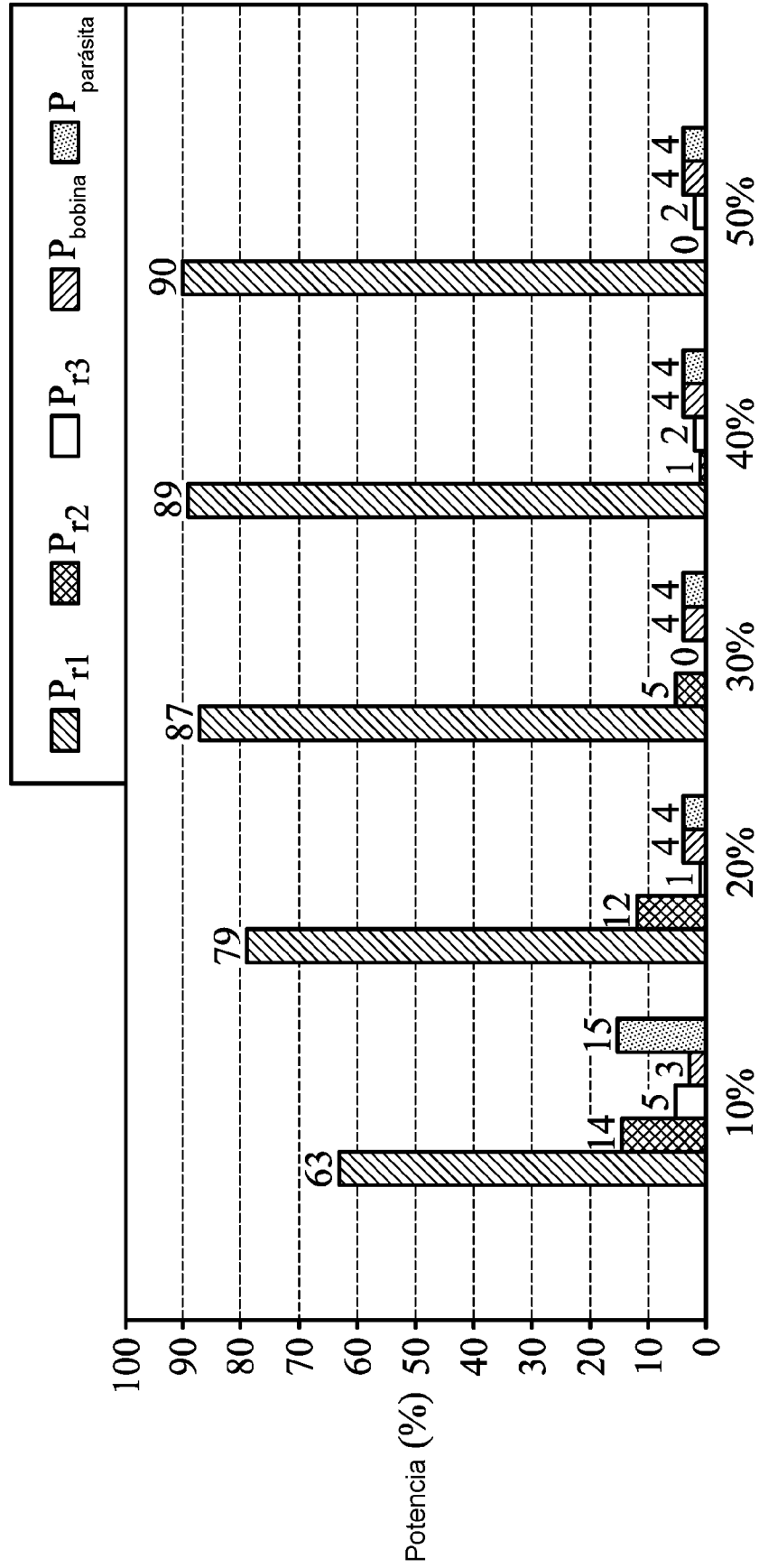


FIGURA 4

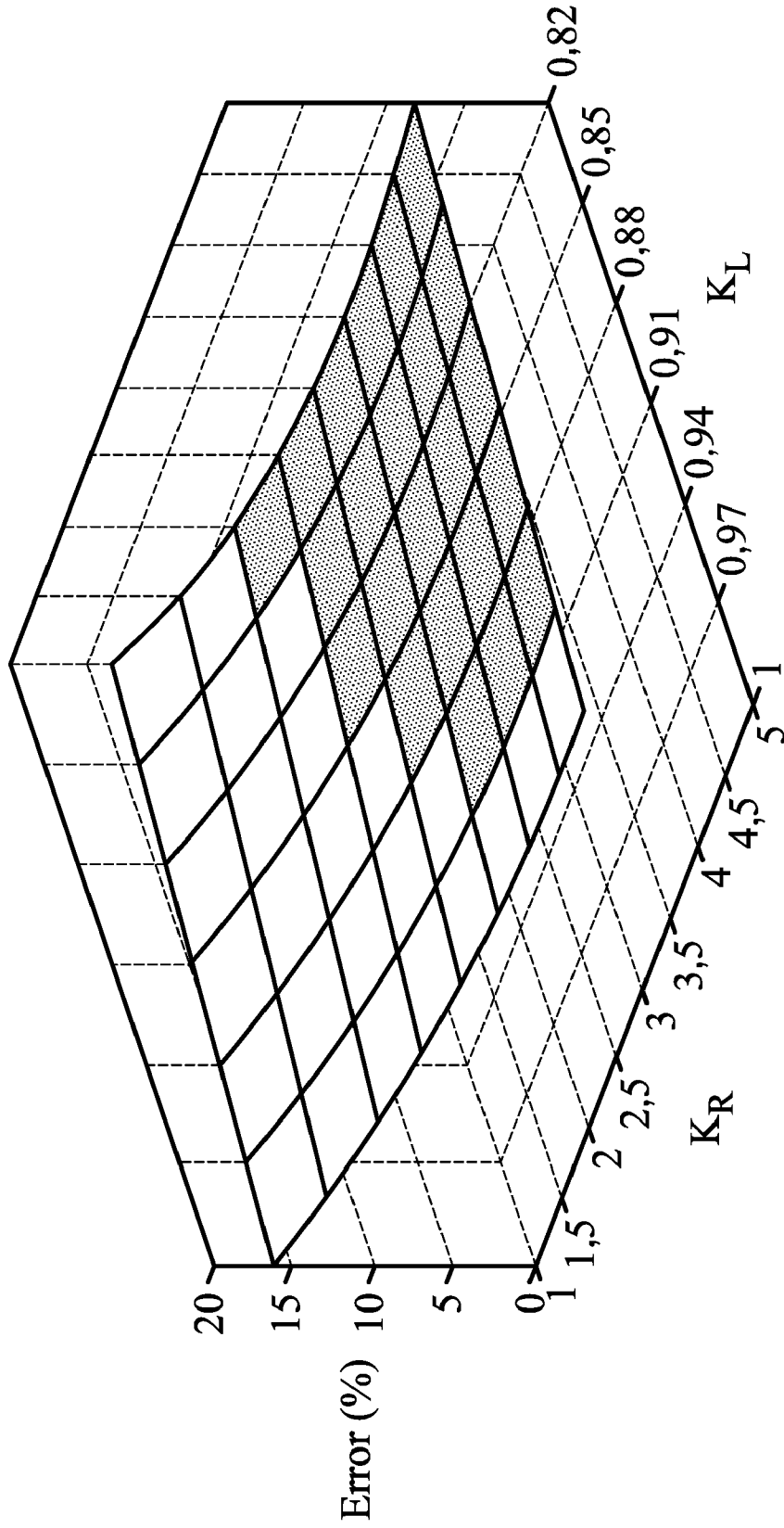


FIGURA 5