

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 972**

51 Int. Cl.:

**H02J 50/90** (2006.01)

**H02J 7/02** (2006.01)

**H02J 50/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2014 PCT/US2014/049928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15021144**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2014 E 14834116 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 3031128**

54 Título: **Un procedimiento para detectar un error de alineación de la bobina en el campo de la transmisión inalámbrica inductiva de energía, y aparato para ello**

30 Prioridad:

**06.08.2013 US 201361862572 P**

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

**08.04.2019**

73 Titular/es:

**MOMENTUM DYNAMICS CORPORATION  
(100.0%)  
3 Pennsylvania Avenue  
Malvern, PA 19355, US**

72 Inventor/es:

**LONG, BRUCE RICHARD y  
DAGA, ANDREW WILLIAM**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 707 972 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

Un procedimiento para detectar un error de alineación de la bobina en el campo de la transmisión inalámbrica inductiva de energía, y aparato para ello

### Campo técnico

5 Esta solicitud de patente hace referencia a la transmisión de energía eléctrica por medio de inducción magnética resonante. Más específicamente, describe un procedimiento y un aparato para detectar la desalineación axial de las bobinas de transferencia inalámbrica inductiva resonante de energía y proporciona una indicación de la magnitud y la dirección del error de alineación, de tal manera que el error de alineación pueda ser minimizado o eliminado con ello, garantizando con ello una transferencia inalámbrica eficiente de energía.

### 10 Antecedentes

La transmisión de energía inductiva tiene muchas aplicaciones importantes en múltiples industrias y mercados. La figura 1 muestra una representación conceptual de un sistema convencional de transmisión de energía inductiva resonante. En la figura 1, la fuente de alimentación de CC 10, el inversor 12 y la red resonante 14 colaboran para proporcionar una fuente de energía eléctrica alterna que se aplica a la bobina primaria de inducción 16. El acoplamiento magnético entre la bobina primaria de inducción 16 y una bobina secundaria de inducción 18 transfiere energía a la bobina secundaria de inducción 18, que está retirada una cierta distancia de la bobina primaria de inducción 16. Las bobinas de inducción primaria y secundaria 16, 18 constituyen un transformador de núcleo de aire acoplado de manera flexible. La resonancia aplicada a la bobina primaria de inducción 16 aumenta la corriente del inductor del lado primario produciendo un aumento correspondiente en el flujo magnético en la corriente del inductor secundario y, por lo tanto, en la energía transferida del primario al secundario. La corriente del inductor secundario es procesada mediante una red resonante 20 y es rectificadora mediante un rectificador 22 de alta energía para su aplicación a la carga de CC 24 de una manera convencional.

La transferencia inalámbrica inductiva resonante eficiente de energía requiere que una parte importante de las líneas de flujo magnético emitidas por la bobina emisora se desplacen a través del área contenido por el perímetro de la bobina receptora para maximizar el acoplamiento magnético. La desalineación de la bobina axial reduce de manera importante el acoplamiento magnético de bobina a bobina y, por lo tanto, reduce la transferencia eficiente de energía. Además, la desalineación de la bobina axial altera la inductancia de la bobina con respecto a los valores de diseño esperados, lo que conduce a una pérdida de resonancia y a ineficiencias adicionales en la transferencia de energía.

30 Los errores de alineación axial de la bobina se encuentran de manera rutinaria y representan un problema crítico para los fabricantes de vehículos eléctricos e híbridos eléctricos que requieren una fuente inalámbrica de una fuente externa de energía. Se desea desarrollar un sistema para cargar vehículos que identifique la magnitud y la dirección del error de alineación de la bobina y proporcione información acerca de la dirección a un conductor humano o a un aparato no humano para que el vehículo pueda ser posicionado con un error mínimo de alineación de la bobina. La presente invención aborda estas necesidades en la técnica.

El documento US 2013/0049484 A1 describe un sistema de transferencia inductiva de energía operable en una serie de modos, que comprende un transmisor de energía inductiva capaz de proporcionar energía al receptor de energía inductiva en una región extendida. El sistema puede ser conmutable entre los diversos modos mediante un selector de modo operable para activar diversas características según sea necesario, tal como: un mecanismo de alineación, un sintonizador de resonancia, una disposición de bobina auxiliar o una disposición de búsqueda de resonancia.

### Compendio

Un aparato de detección de error de alineación axial y el procedimiento asociado que satisface las necesidades mencionadas anteriormente en la técnica incluye varias (por ejemplo, cuatro) bobinas de corrientes de Foucault de segmento de arco superpuestas sobre la bobina primaria de inducción de un sistema convencional de transmisión inalámbrica de energía de inductancia resonante. Las secciones lineales de los perímetros de la bobina de corriente de Foucault se alinean con los ejes hacia delante y hacia atrás y de izquierda a derecha de la bobina primaria de inducción. Cada bobina de corriente de Foucault de segmento de arco se conecta a un rectificador de puente y a un elemento de conmutación, tal como un transistor de efecto de campo. Los elementos de conmutación son activados de manera individual o al unísono mediante un secuenciador.

En el lado del vehículo del sistema de transmisión inalámbrica de energía, la bobina secundaria de inducción se conecta a una red resonante, a un rectificador de alta energía y a una carga de CC como en los sistemas convencionales de transmisión inalámbrica de energía de inducción resonante. El sistema de detección de error de alineación axial de la invención agrega un detector de tensión que incluye un rectificador de baja energía, un convertidor de analógico a digital (ADC – Analog – to – digital, en inglés), un enlace de datos, un microcontrolador y una interfaz del operador del vehículo al sistema convencional de transmisión inalámbrica de energía de inducción resonante del lado del vehículo.

En operación, en el lado primario del aparato de transferencia inalámbrica de energía por inducción resonante, una fuente de alimentación de corriente continua es impulsada, en general, por una corriente de línea comercial alterna. La corriente continua resultante alimenta una etapa de inversión que genera una forma de onda cuadrada, rectangular o sinusoidal en la frecuencia de resonancia de las bobinas primaria y secundaria de inducción. Si todos los elementos de conmutación de la bobina de la corriente de Foucault de segmento de arco están controlados en el estado desactivado por el secuenciador, las bobinas de corriente de Foucault están, de manera efectiva, en circuito abierto, no circula corriente en las bobinas de corriente de Foucault de segmento de arco, y la operación del aparato de transmisión inalámbrica de energía de inducción resonante de la técnica convencional no se ve afectada ni alterada de manera importante.

Sin embargo, si uno o más de los elementos de control de la corriente de Foucault están activos, las corrientes de Foucault circulan en las correspondientes bobinas de corriente de Foucault y, de acuerdo con la ley de Lenz, las corrientes de Foucault reducen el flujo magnético combinado en el interior del perímetro de la bobina de la corriente de Foucault, reduciendo con ello la magnitud neta del flujo de la bobina primaria en ese cuadrante. El secuenciador se comunica con la porción del lado del vehículo del aparato de alineación cuyas bobinas de corriente de Foucault están activas durante la determinación del error de alineación por medio de un enlace de datos de corto alcance. Los rectificadores de puente permiten a los elementos convencionales de conmutación de semiconductores unidireccionales, tales como los transistores de efecto de campo o bipolares, controlar la corriente alterna presente en una bobina de corriente de Foucault de segmento de arco activada. Alternativamente, se puede utilizar un conmutador semiconductor de corriente alterna unidireccional que comprende dos transistores de efecto de campo conectados de fuente a fuente y de puerta a puerta para los elementos de control de la bobina de corriente de Foucault, en lugar de la combinación del único transistor, rectificador de puente.

Durante el intervalo de medición de la alineación de la bobina, las variaciones espaciotemporales en el flujo de la bobina primaria inducidas por las corrientes de Foucault son detectadas mediante un detector de tensión que incluye el rectificador de baja energía, convertidas a representación digital mediante el convertidor de analógico a digital, y procesadas por el microcontrolador. Una bobina activa de corrientes de Foucault tiene el efecto de reducir el flujo magnético interceptado por la bobina secundaria de inducción, reduciendo con ello la tensión generada por el rectificador de baja energía.

La alineación se puede detectar activando las bobinas de corrientes de Foucault de manera secuencial. Si las bobinas de inducción primaria y secundaria están alineadas axialmente, las perturbaciones del campo de flujo magnético inducidas por las bobinas de Foucault individuales tendrán la misma magnitud y la bobina secundaria de inducción no detectará variaciones de la tensión durante la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault. Sin embargo, si las bobinas de inducción primaria y secundaria están desalineadas, habrá variaciones en la tensión detectada de la bobina secundaria de inducción durante la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault. El efecto de reducción del flujo magnético es mayor para aquellas bobinas de corriente de Foucault con la mayor superposición de las bobinas secundarias y la magnitud de la variación detectada indica la extensión de la superposición. Superposiciones grandes crean variaciones grandes, y superposiciones pequeñas generan variaciones proporcionalmente más pequeñas.

La correspondencia entre la secuencia de cambio de la bobina de corriente de Foucault y la mayor variación del flujo magnético indica la dirección del vector de error, mientras que la magnitud de las variaciones del flujo magnético indica la magnitud del vector de error. El enlace de datos proporciona la identificación de qué bobina de corriente de Foucault está activa. Por lo tanto, las componentes del vector de error de alineación, la dirección de desplazamiento y la magnitud, pueden ser determinadas y comunicadas fácilmente al operador del vehículo.

El aparato de alineación de la bobina de inducción se utiliza asimismo en aplicaciones que no son vehículos, tales como cargadores de dispositivos electrónicos de usuario, portátiles, tales como los que se utilizan para cargar cepillos de dientes, teléfonos móviles y otros dispositivos (por ejemplo, PowerMat™). Estas y otras realizaciones de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una representación conceptual de un sistema de transmisión de energía inductiva resonante de la técnica anterior.

La figura 2 muestra un sistema de transmisión de energía inductiva resonante de la técnica anterior con un aparato de detección de error de alineación de acuerdo con una primera realización de la invención.

La figura 3 muestra un sistema de transmisión de energía inductiva resonante de la técnica anterior con un aparato de detección de error de alineación que funciona sin un enlace de datos del vehículo a tierra de acuerdo con una segunda realización de la invención.

#### Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

Una realización a modo de ejemplo de la invención será descrita con respecto a las figuras 2 y 3, para su utilización en la carga de vehículos alimentados eléctricamente, aunque los expertos en la técnica apreciarán que las

explicaciones proporcionadas en este documento pueden ser utilizadas para determinar el error de alineación en otros sistemas inalámbricos de transferencia de energía por inducción magnética resonante no vehicular. Se pretende que dichas realizaciones estén dentro del alcance de la presente invención.

Se han propuesto muchos procedimientos para conseguir la alineación de la bobina empleando técnicas acústicas, de microondas y de radiofrecuencia, sistemas combinados de velocidad de propagación diferencial de radiofrecuencia acústica, sistemas de banda ultra ancha, infrarrojos, ópticos y sistemas de video, brazos robóticos controlados por reconocimiento de patrones de video, sistemas de GPS diferencial y ayudas a la alineación mecánica, tales como guías de neumáticos de vehículos y topes de parachoques. Cada uno tiene limitaciones que incluyen el coste, la complejidad y la susceptibilidad a la suciedad, el hielo y la humedad, la falta de precisión suficiente, la necesidad de una visión sin obstáculos del cielo y la necesidad de agregar aparatos más allá de los ya existentes para la transferencia de energía inalámbrica.

Un aparato de transferencia inalámbrica de energía no alterado y sin suplemento puede proporcionar una indicación inicial del error de alineación de la bobina ya que, ignorando los efectos de la desintonización de la resonancia, la energía transferida se maximiza cuando el error de alineación es cero. En consecuencia, una transferencia de energía inferior a la esperada implica cierta medida de desalineación. Debido a que las bobinas primarias de transferencia inalámbrica inductiva resonante de energía tienen simetría axial, en el caso de las bobinas primarias circulares o cuadradas, o simetría cuadrática, en el caso de las bobinas primarias rectangulares u ovaladas, el patrón de flujo proyectado es también simétrico, lo que hace que la determinación del error de alineación acimutal sea imposible. La magnitud del error de alineación se puede suponer, pero no la dirección del error.

La solución a este problema de acuerdo con la invención es introducir asimetrías espaciales en el campo del flujo magnético que rodea la bobina primaria de inducción que, de ese modo, permite la determinación del error acimutal. Una manera de realizar esto es agregar bobinas auxiliares superpuestas o, inmediatamente por fuera del perímetro de la bobina primaria de inducción 16. Cada bobina auxiliar es impulsada por un generador para generar un flujo magnético que puede suplementar o cancelar parcialmente el flujo magnético generado por la bobina primaria de inducción 16 y, de esta manera, genera la asimetría axial necesaria para la determinación del vector de error. Sin embargo, se plantean varias dificultades prácticas con este enfoque. La primera es la necesidad de circuitos de impulsión de la bobina auxiliar más allá de los necesario para impulsar la bobina primaria de inducción 16. Una segunda dificultad surge de la red de generación de resonancia conectada entre el controlador de energía principal y la bobina primaria de inducción 16. El cambio de fase de la red resonante hace ligeramente ambigua la relación de fase entre la bobina primaria de inducción 16 y las corrientes de la bobina primaria de inducción. Por lo tanto, los impulsores de la bobina auxiliar deben supervisar la corriente de la bobina primaria de inducción, utilizándola como referencia en la generación de corrientes de la bobina auxiliar, un requisito no deseable que aumenta el coste y la complejidad del aparato. La generación y el control de la corriente de la bobina auxiliar se complica aún más por la presencia de una tensión inducida sustancial en las bobinas auxiliares, así como en la bobina auxiliar al acoplamiento mutuo de la bobina auxiliar, lo que hace que la impedancia del punto de excitación sea compleja y potencialmente inestable.

Las dificultades y complejidades descritas anteriormente se evitan en la realización a modo de ejemplo mostrada en la figura 2. Las bobinas de corrientes de Foucault 36, 38, 40 y 42 de segmento de arco radial son impulsadas por inducción magnética; no se requiere ningún inversor auxiliar y se evita por completo la ambigüedad de la fase de la corriente de impulsión. Los circuitos auxiliares de inversión para cada bobina de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 de segmento de arco radial son reemplazados por un rectificador de puente y un transistor de conmutación 48, 50, 52 y 54, respectivamente. Los rectificadores de puente 48, 50, 52 y 54 permiten el control de las corrientes de Foucault bidireccionales mediante un solo conmutador semiconductor unidireccional, permitiendo con ello que el dispositivo de conmutación de corriente continua unidireccional permita o impida el flujo de corrientes de Foucault inducidas en la bobina de corriente de Foucault 36, 38, 40 o 42 asociada. En una realización a modo de ejemplo, la bobina primaria de inducción 16 funciona a baja energía durante la operación de detección del error de alineación, mitigando con ello las corrientes de Foucault no deseadas inducidas en la parte inferior del vehículo y una fuga excesiva de campo magnético que puede resultar durante la operación de alta energía con bobinas de inducción primarias y secundarias muy desalineadas 16, 18. Resultará evidente para los expertos en la técnica que se puede utilizar un conmutador semiconductor de corriente alterna unidireccional que comprende dos transistores de efecto de campo conectados de fuente a fuente y de puerta a puerta para elementos de control de bobina de corriente de Foucault en lugar de la combinación de transistor único, rectificador de puente ilustrada en la Figura 2.

Según la ley de Lenz, las corrientes de Foucault que circulan en una bobina de corriente de Foucault activada generan un flujo magnético opuesto al campo de flujo magnético incidente, lo que disminuye el campo de flujo magnético neto directamente sobre la bobina de corriente de Foucault activa. El campo de flujo magnético localmente reducido reduce a su vez la magnitud de la tensión o la corriente inducida en la bobina secundaria del lado del vehículo 18. Si las bobinas de inducción primaria y secundaria 16, 18 están alineadas axialmente, todas las bobinas de corrientes de Foucault activas 36, 38, 40 y 42 reducen la tensión o la corriente de la bobina secundaria inducida en la misma medida. Sin embargo, si la bobina secundaria de inducción 18 se desplaza fuera de la alineación axial, por ejemplo, hacia la parte posterior y hacia la derecha, la bobina trasera derecha de corriente de Foucault influirá en la tensión o corriente inducida de la bobina secundaria de inducción en mayor medida que las otras tres bobinas de corriente de Foucault, siendo el grado de influencia proporcional a la

magnitud del error de alineación. Esto significa que la dirección y la magnitud del error de alineación se determinan fácilmente activando secuencialmente las bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 utilizando el secuenciador 46 y observando la tensión inducida por la bobina secundaria o las variaciones de amplitud de corriente inducidas que resultan. La determinación del error de alineación del lado secundario requiere el conocimiento en todo momento de qué bobina de corriente de Foucault está activa durante el proceso de determinación del error de alineación, y dicho conocimiento es comunicado al microcontrolador 30 del lado secundario por medio del enlace de datos que incluye el enlace de datos del lado primario 44 y el enlace de datos del lado secundario 32.

Considérese el caso en el que el secuenciador 46 mostrado en la figura 2 activa las bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 de segmento de arco en la secuencia indicada en la Tabla 1:

Estado	Bobinas activadas
1	Delantera derecha
2	Trasera derecha
3	Trasera izquierda
4	Delantera izquierda

Tabla 1- Secuencia del secuenciador a modo de ejemplo

El cuarto estado del secuenciador está seguido por el retorno a un primer estado de la secuencia y el patrón se repite. Durante cada estado del secuenciador de la misma duración, el microcontrolador del lado secundario 30 mide y registra la tensión inducida por la bobina secundaria,  $E_{IND}$  por medio de un detector de tensión tal como el rectificador de baja potencia 26, que proporciona la tensión medida al Conversor de analógico a digital (ADC) 28 para su digitalización antes de la aplicación al microcontrolador 30.

En este ejemplo, el error de alineación de Delante Atrás (Front – Back Alignment Error, en inglés) determina como:

$$AE_{FB} = [E_{IND-FL} + E_{IND-FR}] - [E_{IND-BL} + E_{IND-BR}]$$

Donde  $AE_{FB}$  es el error de alineación de delante atrás,

$E_{IND-FL}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault delantera izquierda activada,

$E_{IND-FR}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault delantera derecha activada,

$E_{IND-BL}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault trasera izquierda activada, y

$E_{IND-BR}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault trasera derecha activada.

Cuando  $AE_{FB} = 0$ , el error de alineación de delante atrás es cero,

$AE_{FB} > 0$ , el vehículo está demasiado lejos hacia delante y  $|AE_{FR}|$  indica la magnitud del error, y

$AE_{FB} < 0$ , el vehículo está demasiado lejos hacia atrás y  $|AE_{FR}|$  indica la magnitud del error.

En este ejemplo, el error de alineación de izquierda a derecha (Left - Right Alignment Error, en inglés) se determina como:

$$AE_{LR} = [E_{IND-FL} + E_{IND-BL}] - [E_{IND-FR} + E_{IND-BR}]$$

Donde  $AE_{LR}$  es el error de alineación de izquierda a derecha,

$E_{IND-FL}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault delantera izquierda activada,

$E_{IND-BL}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault trasera izquierda activada,

$E_{IND-FR}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault delantera derecha

activada, y

$E_{\text{IND-BR}}$  es la tensión de la bobina secundaria con la bobina de corriente de Foucault trasera derecha activada.

Cuando  $AE_{\text{LR}} = 0$ , el error de alineación de izquierda a derecha es cero,

- 5  $AE_{\text{LR}} > 0$ , el vehículo está demasiado lejos hacia la izquierda y  $|AE_{\text{LR}}|$  indica la magnitud del error, y  
 $AE_{\text{LR}} < 0$ , el vehículo está demasiado lejos hacia la derecha y  $|AE_{\text{LR}}|$  indica la magnitud del error.

10 Las magnitudes del error de alineación de derecha a izquierda y de delante atrás pueden combinarse en un solo vector de error de alineación mediante la utilización de la aritmética de vectores convencional conocida por los expertos en la técnica. Cualquier desalineación de las bobinas primaria y secundaria de inducción 16, 18 es comunicada al usuario / operador del vehículo a través de la interfaz del operador del vehículo 34, de modo que el usuario / operador del vehículo pueda realizar los ajustes apropiados para mejorar la alineación de las bobinas primaria y secundaria de inducción 16, 18.

15 Resultará evidente para los expertos en la materia que son posibles otros patrones de conmutación del secuenciador, incluida la activación secuencial de las bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 en sentido horario o antihorario o la activación simultánea de varias o todas las bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40, y 42, siendo cada bobina impulsada por un reloj único con magnitud de error y dirección determinadas por medio del procesamiento matemático de la tensión inducida por la bobina secundaria de inducción resultante.

20 La figura 3 muestra una segunda realización que elimina la necesidad de un enlace de datos de lado primario a lado secundario 44, 32. En esta realización, el secuenciador 46 impulsa las cuatro bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 de segmento de arco simultáneamente con la bobina delantera izquierda impulsada por un reloj de onda cuadrada a la frecuencia  $f_1$ , la bobina de corriente de Foucault delantera derecha impulsada a la frecuencia  $f_2$ , la bobina de corriente de Foucault trasera derecha impulsada a la frecuencia  $f_3$ , y la bobina de corriente de Foucault trasera izquierda impulsada a la frecuencia  $f_4$ . La diferencia de frecuencia entre la frecuencia más alta y la más baja debe ser inferior a un octavo para evitar la confusión de las frecuencias de reloj reales generadas y los armónicos de las frecuencias de reloj generadas posiblemente por la distorsión. Por ejemplo, las cuatro frecuencias de reloj del secuenciador  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  y  $f_4$ , podrían ser 800 hercios, 900 hercios, 1000 hercios y 1100 hercios. Asimismo, las formas de onda de onda rectangular y sinusoidal también se pueden utilizar en las respectivas frecuencias  $f_1$  a  $f_n$ , donde n es el número de bobinas de corriente de Foucault.

30 En el lado secundario, el microcontrolador 30 examina la serie de tiempos de datos generadas por el convertidor de analógico a digital 28 y realiza una transformación rápida de Fourier o una conversión similar en el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia en la serie de tiempos de datos del ADC. Los parámetros de la FFT se seleccionan de tal manera que cada tono de reloj del secuenciador caiga de manera única en un solo contenedor del dominio de la frecuencia. De esta manera, la operación de la FFT por el microcontrolador 30 determina las contribuciones relativas de las bobinas de corriente de Foucault en cuadratura 36, 38, 40 y 42. Amplitudes iguales del tono de reloj del secuenciador indican un error de alineación cero. Amplitudes distintas del tono de reloj indican un error de alineación y las relaciones de amplitud del tono de reloj indican la magnitud y la dirección del error de alineación. Los requisitos de cálculo de la FFT del microcontrolador son bajos porque no se requiere una resolución de alta frecuencia y el número de cálculos aritméticos de la FFT es bajo. No se requiere un enlace de datos porque cada bobina de corriente de Foucault se identifica de forma única por su frecuencia de modulación específica.

40 El número de bobinas de corriente de Foucault 36, 38, 40 y 42 y el ancho del arco de la bobina pueden variar. Por ejemplo, se pueden utilizar cuatro bobinas en forma de "D" superpuestas, cada una de las cuales cubre un segmento de ancho de arco de 180 grados, dos bobinas para la determinación del error de delante atrás y otras dos bobinas utilizadas para la determinación del error de izquierda a derecha. Alternativamente, se pueden utilizar tres bobinas de corriente de Foucault no superpuestas, cada una de las cuales cubre un arco de 120 grados. Además, se pueden utilizar un gran número de bobinas de corriente de Foucault, cada una de las cuales abarca un segmento de arco de menos de 90 grados para mejorar la precisión y resolución del error de alineación.

45 Además, se pueden utilizar configuraciones del rectificador distintas de la configuración del rectificador de puente para el control de la corriente de Foucault. Asimismo, el par de control de la corriente de Foucault rectificador - transistor se puede reemplazar con un dispositivo de control bidireccional, tal como un relé de cierre, un diodo TRAC o un dispositivo similar. Asimismo, con la conmutación de circuito apropiada y la protección de sobrecarga, el bloque rectificador de baja potencia 26 en la figura 2 y la figura 3 se puede eliminar con el rectificador de alta potencia 22 utilizado en su lugar.

55 Además, aunque la invención contenida en el presente documento hace referencia a la provisión de energía eléctrica a los vehículos, se debe entender que esta es solo una de las muchas posibles aplicaciones, y son posibles otras realizaciones que incluyen aplicaciones que no son para vehículos. Por ejemplo, resultará evidente para los expertos en la materia que existen numerosas aplicaciones de alineación de bobina de inducción en aplicaciones que no son para vehículos, tales como cargadores de dispositivos electrónicos portátiles para el

5 usuario, como los que se utilizan para cargar cepillos de dientes, teléfonos móviles y otros dispositivos (por ejemplo, PowerMat™). Dichos dispositivos utilizan uno o más devanados y la alineación es un problema. Incluso con bobinas superpuestas, la tecnología de alineación descrita en este documento puede ayudar a aumentar la transferencia de energía. En una realización a modo de ejemplo para un cargador de teléfono móvil, se carga en el teléfono móvil una aplicación u otro medio de notificación que hace que el teléfono móvil emita un sonido o vibre cuando está alineado correctamente sobre la bobina de carga. Esto es particularmente útil para aplicaciones de vehículos, en los es deseable indicar la alineación del teléfono con el cargador sin que el conductor tenga que mirar hacia abajo. En consecuencia, estas y otras aplicaciones similares están incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un aparato para detectar un error de alineación de la bobina en un sistema de transmisión inalámbrica inductiva resonante de energía que comprende una bobina inductiva primaria (16) y una bobina inductiva secundaria (18) dispuesta para constituir un transformador de núcleo de aire acoplado de manera suelta, por lo que la energía en la bobina inductiva primaria es transferida a la bobina inductiva secundaria cuando la bobina inductiva primaria está activada, caracterizado por que el aparato comprende:
- 10 por lo menos dos bobinas de corriente de Foucault (36, 38, 40, 42) de segmento de arco superpuestas sobre la bobina inductiva primaria, estando dispuestas dichas al menos dos bobinas de corriente de Foucault de segmento de arco para corresponderse con los respectivos sectores de la bobina inductiva primaria, por lo que una bobina de corriente de Foucault activa tiene el efecto de reducir un flujo magnético interceptado por la bobina inductiva secundaria;
- un conmutador, conectado a cada bobina de corriente de Foucault de segmento del arco;
- un secuenciador (46), dispuesto para activar selectivamente dichos conmutadores de manera individual o conjuntamente en una secuencia de conmutación; y
- 15 un detector de tensión, que detecta variaciones de tensión en la bobina inductiva secundaria durante dicha secuencia de conmutación, por lo que la alineación de dicha bobina inductiva primaria y dicha bobina inductiva secundaria se detecta activando secuencialmente las bobinas de corriente de Foucault y midiendo las variaciones de tensión detectadas de la bobina inductiva secundaria durante la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y, por lo tanto, la correspondencia entre la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y la mayor variación del flujo magnético de dicha bobina inductiva secundaria indica una dirección del vector de error, y la magnitud de las variaciones del flujo magnético de la bobina inductiva secundaria indican la magnitud del vector de error.
- 20 2. Aparato según la reivindicación 1, que comprende, además, un rectificador de puente (48, 50, 52, 54) conectado a cada bobina de corriente de Foucault de segmento de arco para controlar una corriente alterna presente en una bobina de corriente de Foucault de segmento de arco que se activa secuencialmente de acuerdo con dicha secuencia de conmutación.
- 25 3. Aparato según la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos conmutadores comprende un conmutador semiconductor de corriente alterna unidireccional que comprende dos transistores de efecto de campo conectados de fuente a fuente y de puerta a puerta.
- 30 4. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además un enlace de datos inalámbrico entre dicho secuenciador y dicho detector de tensión, comunicando dicho enlace de datos una indicación de qué bobina de corriente de Foucault está activa en todo momento durante un proceso de detección de error de alineación desde dicho secuenciador a dicho detector de tensión.
- 35 5. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho detector de tensión comprende un rectificador de baja potencia (26) y un convertidor de analógico a digital (28) que convierte una salida de dicho rectificador de baja potencia en datos digitales que son procesados por un microcontrolador (30) para detectar dicha correspondencia entre la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y la mayor variación del flujo magnético de dicha bobina inductiva secundaria y la magnitud de dichas variaciones del flujo magnético de la bobina inductiva secundaria.
- 40 6. Aparato según la reivindicación 5, que comprende, además, una interfaz de usuario (34) conectada a dicho microcontrolador para mostrar dicha dirección del vector de error y dicha magnitud del vector de error para un usuario de dicho aparato, para su utilización en el ajuste de la alineación de dicha bobina inductiva primaria y dicha bobina inductiva secundaria que utiliza dicha dirección del vector de error y dicha magnitud del vector de error, preferiblemente en el que dicha bobina inductiva primaria está interconectada con un cargador, dicha bobina inductiva secundaria está interconectada con un vehículo, y dicha interfaz de usuario proporciona dicha dirección del vector de error y dicha magnitud del vector de error a un operador de dicho vehículo.
- 45 7. Aparato según la reivindicación 1, en el que el secuenciador acciona simultáneamente cada bobina de corriente de Foucault de segmento de arco a diferentes frecuencias de reloj, preferiblemente con una onda cuadrada, una onda rectangular o una forma de onda sinusoidal a diferentes frecuencias de reloj.
- 50 8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho detector de tensión comprende un rectificador de baja potencia (26) y un convertidor de analógico a digital (28) que convierte una salida de dicho rectificador de baja potencia en datos digitales que son procesados por un microcontrolador (30) para detectar dicha correspondencia entre la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y la mayor variación del flujo magnético de dicha bobina inductiva secundaria y una magnitud de dichas variaciones de flujo magnético de la bobina inductiva secundaria, preferiblemente en el que dicho microcontrolador procesa una serie de tiempos de datos digitales generada por dicho convertidor de analógico a digital realizando una conversión del dominio del tiempo al
- 55

- dominio de la frecuencia de la serie de tiempos de datos digitales, y seleccionando los parámetros de conversión del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia de tal manera que cada tono de reloj de dicho secuenciador caiga de forma única en un solo intervalo del dominio de la frecuencia, por lo que el microcontrolador determina la contribución relativa de dichas bobinas de corriente de Foucault de segmento de arco de las amplitudes del tono de reloj y las relaciones de la amplitud del tono de reloj para determinar una magnitud y dirección en dichos únicos intervalos del dominio de la frecuencia correspondientes a cada una de dichas bobinas de corriente de Foucault de cada segmento de arco.
- 5
9. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además i) cuatro bobinas de corriente de Foucault en forma de "D" superpuestas, cada una de las cuales cubre un segmento de arco de 180 grados de ancho de dicha bobina inductiva primaria "D", en el que dos de dichas bobinas de corriente de Foucault en forma de "D" proporcionan una determinación del error de delante atrás y otras dos de dichas bobinas de corriente de Foucault en forma de "D" proporcionan una determinación del error izquierda a derecha, o ii) tres bobinas de corriente de Foucault no superpuestas, cubriendo cada una de dichas bobinas de corriente de Foucault no superpuestas un segmento de ancho de arco de 120 grados de dicha bobina inductiva primaria.
- 10
10. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicha bobina inductiva primaria forma parte de un cargador de dispositivo electrónico de usuario portátil y dicha bobina inductiva secundaria forma parte de un dispositivo electrónico de usuario portátil, que comprende además medios de notificación para notificar a un usuario cuándo el dispositivo electrónico de usuario portátil está correctamente alineado con el cargador de dispositivo electrónico de usuario portátil durante una operación de carga.
- 15
11. Procedimiento para detectar el error de alineación de la bobina en un sistema de transmisión inalámbrica inductiva de energía por resonancia que comprende una bobina inductiva primaria (16) y una bobina inductiva secundaria (18) dispuestas para constituir un transformador de núcleo de aire de acoplamiento suelto mediante el cual la energía en la bobina inductiva primaria es transferida a la bobina inductiva secundaria cuando se activa la bobina inductiva primaria, que comprende las etapas de:
- 20
- disponer por lo menos dos bobinas de corriente de Foucault (36, 38, 40, 42) de segmento arco para estar superpuestas sobre la bobina inductiva primaria y para corresponderse con los sectores respectivos de la bobina inductiva primaria;
- 25
- activar selectivamente dichas bobinas de corriente de Foucault de segmento de arco individualmente o en unión en una secuencia de conmutación, por lo que una bobina activa de corriente de Foucault tiene el efecto de reducir un flujo magnético interceptado por la bobina inductiva secundaria;
- 30
- detectar las variaciones de una tensión detectada de la bobina inductiva secundaria durante dicha secuencia de conmutación; y
- 35
- detectar la alineación de dicha bobina inductiva primaria y dicha bobina inductiva secundaria activando secuencialmente las bobinas de corriente de Foucault y midiendo las variaciones detectadas en la tensión de la bobina inductiva secundaria durante la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault, por lo que la correspondencia entre la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y una mayor la variación del flujo magnético de dicha bobina inductiva secundaria indica una dirección del vector de error y una magnitud de las variaciones del flujo magnético de la bobina inductiva secundaria indican una magnitud del vector de error.
- 40
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que cada bobina de corriente de Foucault de segmento de arco se activa secuencialmente de acuerdo con dicha secuencia de conmutación, comprendiendo además preferiblemente comunicar una indicación de qué bobina de corriente de Foucault está activa en todo momento durante un proceso de detección del error de alineación desde un secuenciador (46) que genera dicha secuencia de conmutación a un procesador que determina si dicha bobina inductiva primaria y dicha bobina inductiva secundaria están alineadas.
- 45
13. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además mostrar dicha dirección del vector de error y dicha magnitud del vector de error a un usuario de dicho sistema de transmisión inalámbrico inductivo resonante de energía para permitir al usuario ajustar la alineación de dicha bobina inductiva primaria y dicha bobina inductiva secundaria utilizando dicha dirección del vector de error y dicha magnitud del vector de error.
- 50
14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la activación selectiva de dichas bobinas de corriente de Foucault de segmento de arco comprende la activación de cada bobina de corriente de Foucault del segmento de arco simultáneamente a diferentes frecuencias de reloj, preferiblemente con una onda cuadrada, una onda rectangular o una forma de onda sinusoidal a diferentes frecuencias de reloj.
- 55
15. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la detección de variaciones de una tensión detectada de la bobina inductiva secundaria durante dicha secuencia de conmutación comprende convertir una salida de un detector de tensión en un lado secundario de dicho sistema de transmisión inalámbrica inductiva resonante de energía en datos digitales que son procesados por un microcontrolador (30) para detectar dicha correspondencia

entre la secuencia de conmutación de la bobina de corriente de Foucault y la mayor variación del flujo magnético de dicha bobina inductiva secundaria y una magnitud de dichas variaciones del flujo magnético de la bobina inductiva secundaria.

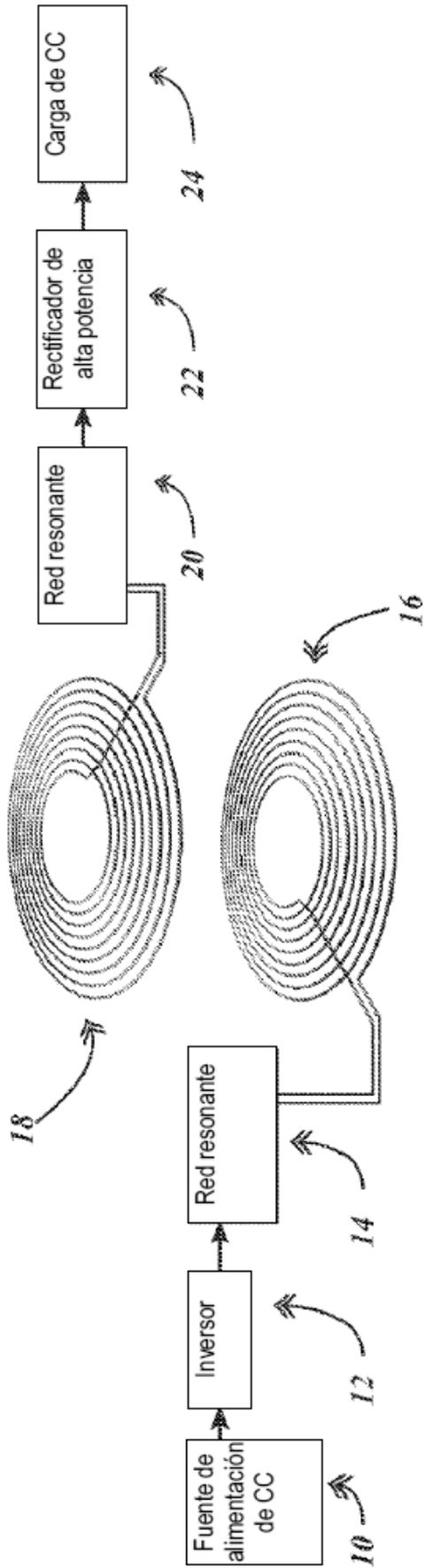


Figura 1.

Técnica anterior

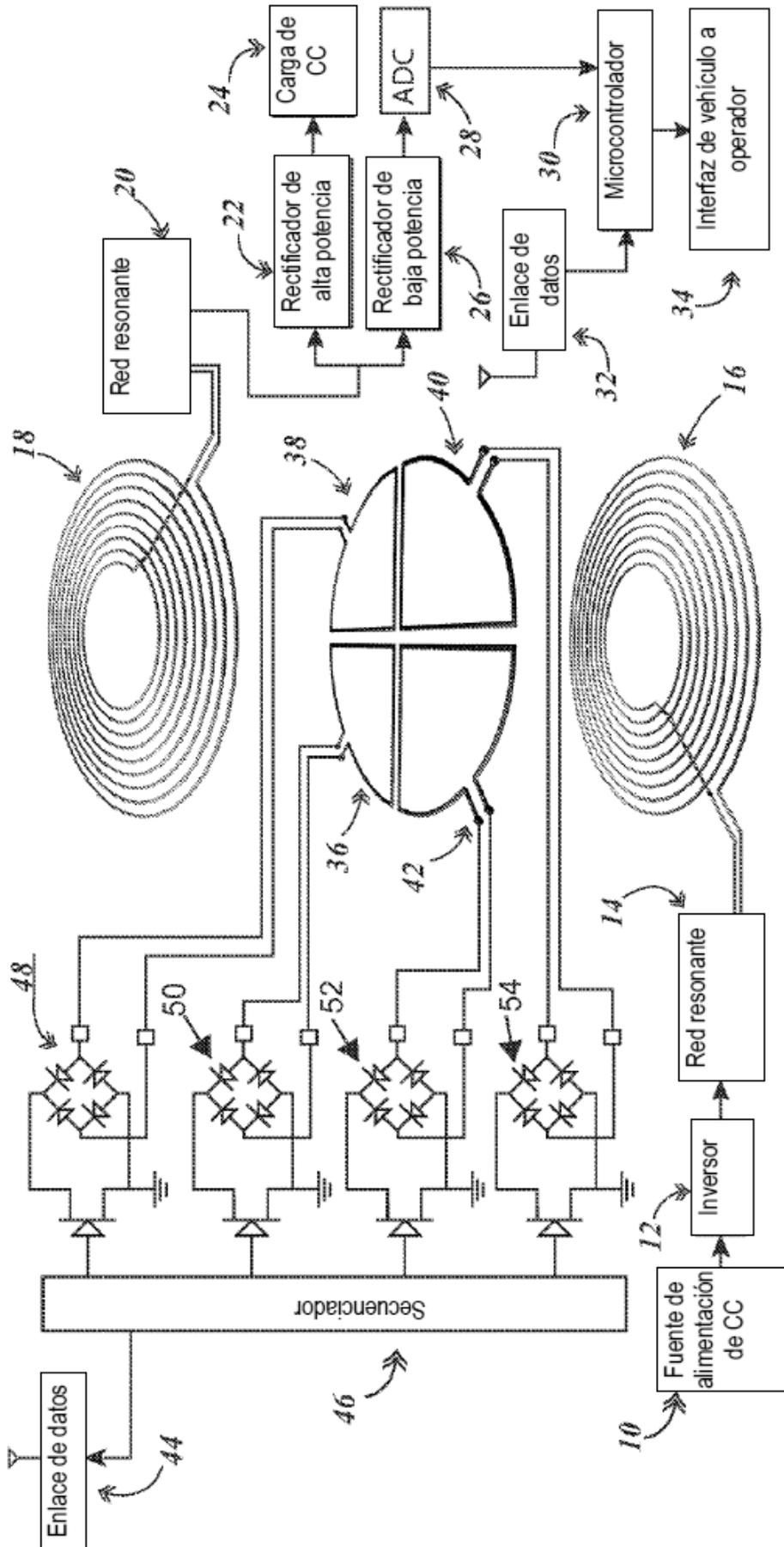


Figura 2.

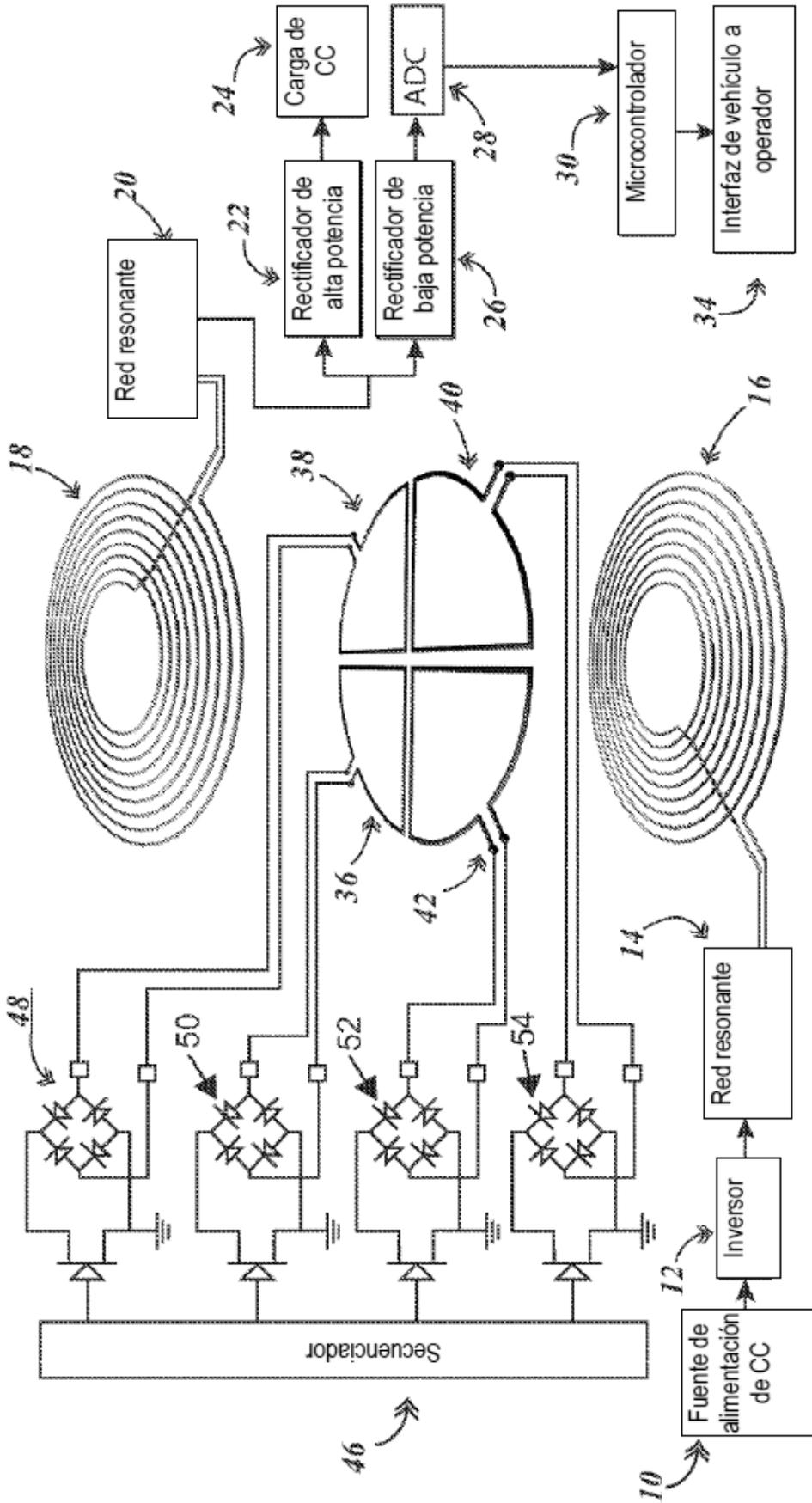


Figura 3.