

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 601**

51 Int. Cl.:

**H02J 50/10** (2006.01)

**H02J 50/12** (2006.01)

**H02J 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2014 PCT/US2014/054787**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15038539**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2014 E 14766380 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 3036820**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para la conversión de impedancia de dos estados en la transferencia de energía inalámbrica**

30 Prioridad:

**13.09.2013 US 201314027097**

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

**04.10.2017**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)  
5775 Morehouse Drive  
San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**HUANG, CHANG-YU;  
BEAVER, JONATHAN;  
KEELING, NICHOLAS ATHOL;  
BUDHIA, MICKEL BIPIN y  
KISSIN, MICHAEL LE GALLAIS**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 635 601 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

Sistemas y procedimientos para la conversión de impedancia de dos estados en la transferencia de energía inalámbrica

### 5 **Campo**

La presente divulgación se refiere en general a una transferencia de energía inalámbrica y, más específicamente, a dispositivos, sistemas y procedimientos relativos a variar una relación de corriente de salida de inversor con la tensión de puente de inversor.

### 10 **Antecedentes**

Se han presentado sistemas remotos, tales como vehículos, que incluyen energía de locomoción derivada de la electricidad recibida de un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como una batería. Por ejemplo, los vehículos eléctricos híbridos incluyen cargadores incorporados que usan la energía del frenado del vehículo y de motores tradicionales para cargar los vehículos. Los vehículos que son únicamente eléctricos reciben en general la electricidad para cargar las baterías a partir de otras fuentes. A menudo se propone que los vehículos eléctricos de baterías (vehículos eléctricos) se carguen a través de algún tipo de corriente alterna (CA) por cable, tal como las fuentes de alimentación de CA domésticas o comerciales. Las conexiones de carga por cable requieren cables u otros conectores similares que estén conectados de forma física a una fuente de alimentación. Los cables y conectores similares pueden ser incómodos o engorrosos a veces y tener otros inconvenientes. Los sistemas de carga inalámbrica que sean capaces de transmitir en el espacio libre (por ejemplo, a través de un campo inalámbrico) energía que vaya a usarse para cargar vehículos eléctricos pueden superar algunas de las deficiencias de las soluciones de carga por cable.

En algunos diseños, un vehículo eléctrico puede estar configurado para recibir carga a través de una fuente de alimentación por cable y de una fuente de alimentación inalámbrica. Diversos vehículos eléctricos de doble fuente pueden recibir alimentación por cable e inalámbrica de forma alternativa o simultánea. Como tal, se requieren sistemas y procedimientos de carga inalámbrica que faciliten de forma eficiente y eficaz la recepción, el acondicionamiento y el almacenamiento de energía por cable e inalámbrica.

El documento WO 2013/115419 divulga un aparato inalámbrico de transmisión de energía que comprende una antena para transmitir energía de forma inalámbrica; una unidad de sensor para detectar tensiones y corriente de la antena inalámbrica de transmisión de energía; una unidad de condensador variable que incluya una pluralidad de condensadores que estén conectados en serie y en paralelo a la antena de transmisión inalámbrica de energía y una pluralidad de conmutadores para conmutar la conexión de la pluralidad de condensadores; y una unidad de control para calcular la impedancia usando las tensiones y la corriente detectadas a través de la unidad de sensor y ajustando la capacitancia de la unidad de condensador variable de acuerdo con la impedancia calculada.

### 40 **Resumen**

Diversas implementaciones de sistemas, procedimientos y dispositivos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas tienen cada uno varios aspectos, ninguno de los cuales es responsable únicamente de los atributos deseables descritos en el presente documento. Algunas características destacadas se describen en el presente documento sin limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Los detalles de uno o más implementaciones de la materia objeto descritos en esta memoria descriptiva se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción a continuación. Otras características, aspectos y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción de los dibujos y de las reivindicaciones. Obsérvese que las dimensiones relativas de las figuras siguientes pueden no estar dibujadas a escala.

Otro aspecto proporciona un receptor de energía inalámbrico. El transmisor de energía inalámbrico incluye una antena de transmisión configurada para generar un campo para energía de transmisión inalámbrica en una primera y segunda configuración. El transmisor de energía inalámbrico incluye además un primer condensador. El transmisor de energía inalámbrico incluye además al menos un conmutador configurado para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones. El primer condensador puede estar en serie con la antena de transmisión en la primera configuración y en paralelo con la antena de transmisión en la segunda configuración.

El transmisor de energía inalámbrico puede incluir además un segundo condensador en paralelo con la antena de transmisión. El primer condensador puede estar en paralelo con el segundo condensador en la primera configuración y en serie con el segundo condensador en la segunda configuración. El transmisor de energía inalámbrico puede incluir además un tercer condensador en serie con el al menos un conmutador. El tercer condensador puede estar configurado para compensar una carga reactiva adicional presente en la primera configuración.

El al menos un conmutador no puede formar parte de una trayectoria resonante. El al menos un conmutador puede estar configurado para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones basándose en un acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor. El transmisor de energía inalámbrico puede incluir además al menos un procesador configurado para medir el acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor y comparar el acoplamiento a un umbral.

El transmisor de energía inalámbrico puede incluir además un transformador de tomas múltiples configurado para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y en una segunda relación de giros en la segunda configuración. La primera relación de giros puede ser superior que la segunda relación de giros.

Otro aspecto proporciona un procedimiento para transmitir energía de carga inalámbrica en un transmisor de energía inalámbrico. El procedimiento incluye generar, en una antena de transmisión, un campo para la energía de transmisión inalámbrica tanto en una primera como en una segunda configuración. El procedimiento incluye además conectar de forma selectiva un primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones. El primer condensador está en serie con la antena de transmisión en la primera configuración y en paralelo con la antena de transmisión en la segunda configuración.

El procedimiento incluye además conectar el primer condensador en paralelo con un segundo condensador en la primera configuración y en serie con el segundo condensador en la segunda configuración. El segundo condensador está en paralelo con la antena de transmisión. En un modo de realización, el transmisor de energía inalámbrico puede incluir un tercer condensador en serie con al menos un conmutador, usándose el al menos un conmutador para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones. En un modo de realización, el tercer condensador puede estar configurado para compensar una carga reactiva adicional presente en la primera configuración.

En un modo de realización, la conexión puede ser a través de al menos un conmutador, que puede no formar parte de una trayectoria resonante. En un modo de realización, el procedimiento puede incluir además conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones basándose en un acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor. En un modo de realización, el procedimiento puede incluir además medir el acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor, y comparar el acoplamiento con un umbral.

En un modo de realización, el procedimiento puede incluir además la configuración de un transformador de tomas múltiples para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y en una segunda relación de giros en la segunda configuración. La primera relación de giros puede ser superior que la segunda relación de giros.

Otro aspecto proporciona un aparato para transmitir energía de carga inalámbrica. El aparato incluye un primer condensador. El aparato incluye además medios para generar un campo para energía de transmisión inalámbrica tanto en una primera como en una segunda configuración. El aparato incluye además medios para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones. El primer condensador está en serie con los medios para generar en la primera configuración y en paralelo con los medios para generar en la segunda configuración.

El aparato incluye además un segundo condensador y medios para conectar el primer condensador en paralelo con un segundo condensador en la primera configuración y en serie con el segundo condensador en la segunda configuración. El segundo condensador está en paralelo con los medios para generar. En un modo de realización, el aparato puede incluir además un tercer condensador en serie con los medios de conexión. En un modo de realización, el tercer condensador puede estar configurado para compensar una carga reactiva adicional presente en la primera configuración.

En un modo de realización, los medios de conexión pueden no formar parte de una trayectoria resonante. En un modo de realización, el aparato puede incluir además medios para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones basándose en un acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor. En un modo de realización, el aparato puede incluir además medios para conectar la medición del acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor y medios para conectar la comparación del acoplamiento con un umbral.

En un modo de realización, el aparato puede incluir además un transformador de tomas múltiples configurado para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y una segunda relación de giros en la segunda configuración. La primera relación de giros puede ser superior que la segunda relación de giros.

Otro aspecto proporciona un medio no transitorio legible por ordenador que incluye un código que, cuando se ejecuta, hace que un aparato implemente el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 19.

65 **Breve descripción de los dibujos**

- La FIG. 1 es un diagrama de un sistema de transferencia inalámbrica de energía a modo de ejemplo para cargar un vehículo eléctrico, de acuerdo con un ejemplo de modo de realización de la invención.
- 5 La FIG. 2 es un diagrama esquemático de componentes a modo de ejemplo del sistema de transferencia inalámbrica de energía de la FIG. 1.
- La FIG. 3 es otro diagrama de bloques funcional que muestra componentes principales y auxiliares a modo de ejemplo del sistema de transferencia inalámbrica de energía de la FIG. 1.
- 10 La FIG. 4 es un diagrama de bloques funcional que muestra una batería sin contacto reemplazable dispuesta en un vehículo eléctrico, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención.
- Las FIGS. 5A, 5B, 5C y 5D son diagramas de configuraciones a modo de ejemplo para la colocación de una bobina de inducción y de material de ferrita relativos a una batería, de acuerdo con modos de realización a modo de ejemplo de la invención.
- 15 La FIG. 6 es un gráfico de un espectro de frecuencia que muestra frecuencias a modo de ejemplo que pueden usarse para la carga inalámbrica de un vehículo eléctrico, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención.
- 20 La FIG. 7 es un gráfico que muestra frecuencias y distancias de transmisión a modo de ejemplo que pueden ser útiles en la carga inalámbrica de vehículos eléctricos, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención.
- 25 La FIG. 8 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base, de acuerdo con un modo de realización.
- La FIG. 9A es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización.
- 30 La FIG. 9B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización.
- La FIG. 10A es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización.
- 35 La FIG. 10B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización.
- 40 La FIG. 11 es un gráfico que muestra una corriente de salida de inversor frente a una cantidad de errores de sintonía.
- La FIG. 12A es un diagrama esquemático de otro sistema de carga inalámbrica base, de acuerdo con un modo de realización.
- 45 La FIG. 12B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización.
- La FIG. 12C es un diagrama esquemático de un circuito equivalente para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización.
- 50 La FIG. 13 es un diagrama esquemático de otro sistema de carga inalámbrica base que tiene un transformador de tomas múltiples, de acuerdo con un modo de realización.
- 55 La FIG. 14 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base que tiene un transformador de tomas múltiples en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización.
- La FIG. 15 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base que tiene un transformador de tomas múltiples en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización.
- 60 La FIG. 16 es un diagrama de flujo de un procedimiento a modo de ejemplo de transmisión de energía inalámbrica.
- La FIG. 17 es un diagrama de bloques funcional de un aparato para transmitir energía de carga inalámbrica, de acuerdo con un modo de realización de la invención.
- 65 Las diversas características ilustradas en los dibujos pueden no estar dibujadas a escala. Por consiguiente, las

dimensiones de las diversas características pueden ampliarse o reducirse de forma arbitraria para una mayor claridad. Además, algunos de los dibujos pueden no representar todos los componentes de un sistema, de un procedimiento o de un dispositivo dado. Finalmente, pueden usarse números de referencia similares para indicar características similares a lo largo de la memoria descriptiva y de las figuras.

5

### Descripción detallada

La descripción detallada expuesta a continuación en conexión con los dibujos adjuntos está prevista como una descripción de modos de realización a modo de ejemplo de la invención y no está prevista para representar los  
10 únicos modos de realización en los cuales la invención pueda llevarse a la práctica. La expresión "a modo de ejemplo" usada a lo largo de esta descripción significa "que sirve de ejemplo, caso o ilustración" y no debería interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa a través de otros modos de realización a modo de ejemplo. La descripción detallada incluye detalles específicos para el propósito de proporcionar un entendimiento profundo de los modos de realización a modo de ejemplo de la invención. En algunos casos, algunos dispositivos se muestran en  
15 forma de diagrama de bloques.

La transmisión inalámbrica de energía puede referirse a la transferencia de cualquier forma de energía asociada con campos eléctricos, campos magnéticos, campos electromagnéticos o de otra forma desde un transmisor hasta un receptor sin el uso de conductores eléctricos físicos (por ejemplo, la energía puede transferirse a través de espacio  
20 libre). La energía producida en un campo inalámbrico (por ejemplo, un campo magnético) puede recibirse, capturarse u acoplarse mediante una "bobina receptora" para lograr la transmisión de energía.

Un vehículo eléctrico se usa en el presente documento para describir un sistema remoto, un ejemplo del cual es un vehículo que incluye, como parte de sus capacidades de locomoción, energía eléctrica derivada de un dispositivo de  
25 almacenamiento de energía cargable (por ejemplo, una o más celdas electroquímicas recargables u otro tipo de batería). Como ejemplos no limitativos, algunos vehículos eléctricos pueden ser vehículos eléctricos híbridos que incluyan, además de motores eléctricos, un motor de combustión tradicional para la locomoción directa o para cargar la batería del vehículo. Otros vehículos eléctricos pueden obtener cualquier capacidad de locomoción a partir de energía eléctrica. Un vehículo eléctrico no está limitado a un automóvil y puede incluir motocicletas, carros, scooters  
30 y similares. A modo de ejemplo y no de limitación, se describe en el presente documento un sistema remoto en forma de un vehículo eléctrico (EV). Además, se contemplan también otros sistemas remotos que pueden alimentarse al menos parcialmente usando un dispositivo de almacenamiento de energía cargable (por ejemplo, dispositivos electrónicos tales como dispositivos informáticos personales y similares).

La FIG. 1 es un diagrama de un sistema de transferencia inalámbrica de energía 100 a modo de ejemplo para cargar un vehículo eléctrico 112, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención. El sistema de transferencia inalámbrica de energía 100 permite cargar un vehículo eléctrico 112 mientras el vehículo eléctrico 112  
35 está estacionado cerca de un sistema de carga inalámbrica base 102a. Se ilustran espacios para dos vehículos eléctricos en un área de estacionamiento que vayan a estacionarse sobre los sistemas inalámbricos de carga base 102a y 1610b correspondientes. En algunos modos de realización, un centro de distribución local 130 puede estar conectado a una red central de alimentación 132 y configurado para proporcionar un suministro de corriente alterna (CA) o de corriente continua (CC) a través de un enlace de energía 110 al sistema de carga inalámbrica base 102a. El sistema de carga inalámbrica base 102a incluye también una bobina de inducción de sistema base 104a para transferir o recibir energía de forma inalámbrica y una antena 136. Un vehículo eléctrico 112 puede incluir una  
45 unidad de batería 118, una bobina de inducción de vehículo eléctrico 116, un sistema de carga inalámbrica de vehículo eléctrico 114 y una antena 140. La bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 puede interactuar con la bobina de inducción de sistema base 104a, por ejemplo, a través de una región del campo electromagnético generado por la bobina de inducción de sistema base 104a.

En algunos modos de realización a modo de ejemplo, la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 puede recibir energía cuando la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 esté situada en un campo de energía producido por la bobina de inducción de sistema base 104a. El campo corresponde a una región donde la energía producida por la bobina de inducción de sistema base 104a puede capturarse mediante una bobina de inducción de vehículo eléctrico 116. Por ejemplo, la energía producida por la bobina de inducción de sistema base 104a puede estar a un nivel  
50 suficiente para cargar o alimentar el vehículo eléctrico 112 (por ejemplo, para cargar la unidad de batería 118). En algunos casos, el campo puede corresponder al "campo cercano" de la bobina de inducción de sistema base 104a. El campo cercano puede corresponder a una región en la cual existan fuertes campos reactivos resultantes de las corrientes y de las cargas en la bobina de inducción de sistema de base 104a que no irradian energía hacia fuera de la bobina de inducción de sistema base 104a. En algunos casos, el campo cercano puede corresponder a una  
55 región que esté dentro de aproximadamente  $1/2\pi$  de la longitud de onda de la bobina de inducción de sistema base 104a (y viceversa para la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116), como se describirá con más detalle a continuación.

El centro de distribución local 130 puede estar configurado para comunicarse con fuentes externas (por ejemplo, una red eléctrica) a través de una red de retorno de comunicación 134, y con el sistema de carga inalámbrica base 102a mediante un enlace de comunicación 108.  
65

Los sistemas de carga inalámbrica base 102a y 102b pueden estar configurados para comunicarse con el sistema de carga inalámbrica de vehículo eléctrico 114 a través de las antenas 136 y 138. Por ejemplo, el sistema de carga inalámbrica 102a puede comunicarse con el sistema de carga inalámbrica de vehículo eléctrico 114 usando un canal de comunicación entre las antenas 138 y 140. Los canales de comunicación pueden ser cualquier tipo de canales de comunicación tales como, por ejemplo, Bluetooth, ZigBee, móvil, red de área local inalámbrica (WLAN), etc. En diversos modos de realización, los sistemas de carga inalámbrica base 102a y 102b pueden incluir cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 802, 902A, 1002A, 1202A y/o 1302, descritos en el presente documento con respecto a las FIGS. 8, 9, 10, 12 y 13, respectivamente.

En algunos modos de realización, la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 puede estar alineada con la bobina de inducción de sistema de base 104a y, por lo tanto, dispuesta dentro de una región de campo cercano, simplemente por el conductor que coloque el vehículo eléctrico 112 correctamente relativo a la bobina de inducción de sistema de base 104a. En otros modos de realización, se le puede dar al conductor retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o combinaciones de las mismas para determinar cuándo el vehículo eléctrico 112 está colocado de forma apropiada para la transferencia inalámbrica de energía. En otros modos de realización más, el vehículo eléctrico 112 puede estar situado por un sistema de piloto automático, que puede mover el vehículo 112 hacia adelante y hacia atrás (por ejemplo, en movimientos en zigzag) hasta que un error de alineación haya alcanzado un valor tolerable. Esto puede realizarse de forma automática y autónoma por el vehículo eléctrico 112 sin o solamente con una intervención mínima del conductor siempre que el vehículo eléctrico 112 esté equipado con un volante de dirección asistida, sensores de ultrasonidos e inteligencia para ajustar el vehículo. En otros modos de realización más, la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116, la bobina de inducción de sistema base 104a o una combinación de las mismas pueden tener funcionalidad para desplazar y mover las bobinas de inducción 116 y 104a relativas entre sí para orientarlas de forma más precisa y desarrollar un acoplamiento más eficaz entre las mismas.

El sistema de carga inalámbrica base 102a puede estar situado en una variedad de ubicaciones. A modo de ejemplos no limitativos, algunas ubicaciones adecuadas incluyen un área de estacionamiento en una casa del propietario del vehículo eléctrico 112, áreas de estacionamiento reservadas para la carga inalámbrica de vehículos eléctricos modeladas a semejanza de las estaciones de servicio convencionales a base de petróleo y estacionamientos en otras ubicaciones tales como centros comerciales y lugares de trabajo.

La carga de vehículos eléctricos de forma inalámbrica puede proporcionar numerosos beneficios. Por ejemplo, la carga puede realizarse de forma automática, prácticamente sin intervención ni manipulaciones del conductor, mejorando de ese modo la comodidad para un usuario. Puede no haber también ningún contacto eléctrico expuesto y ningún desgaste mecánico, mejorando de ese modo la fiabilidad del sistema de transferencia inalámbrica de energía 100. Pueden no ser necesarias manipulaciones con cables y conectores y puede no haber cables, enchufes o tomas de corriente que puedan estar expuestos a la humedad y al agua en un entorno al aire libre, mejorando de este modo la seguridad. Puede no haber también tomas de corriente, cables y enchufes visibles o accesibles, reduciendo de este modo el posible vandalismo de los dispositivos de carga de energía. Además, puesto que un vehículo eléctrico 112 puede usarse como un dispositivo de almacenamiento distribuido para estabilizar una red eléctrica, puede usarse una solución de conexión a la red para aumentar la disponibilidad de los vehículos para el funcionamiento de vehículo a red (V2G).

Un sistema de transferencia inalámbrica de energía 100 como el descrito con referencia a la FIG. 1 puede proporcionar también ventajas estéticas y no obstaculizadoras. Por ejemplo, puede no haber columnas de carga ni cables que puedan ser barreras para vehículos y/o peatones.

A modo de explicación adicional de la capacidad del vehículo a red, las capacidades de transmisión y recepción inalámbricas de energía pueden estar configuradas para ser recíprocas de tal manera que el sistema de carga inalámbrica base 102a transmita energía al vehículo eléctrico 112 y el vehículo eléctrico 112 transfiera energía al sistema de carga inalámbrica base 102a, por ejemplo, en momentos de déficit de energía. Esta función puede ser útil para estabilizar la red eléctrica de distribución permitiendo que los vehículos eléctricos aporten energía al sistema general de distribución en momentos de déficit de energía ocasionados por un exceso de demanda o déficit en la producción de energía renovable (por ejemplo, energía eólica o solar).

La FIG. 2 es un diagrama esquemático de componentes a modo de ejemplo del sistema de transferencia inalámbrica de energía 100 de la FIG. 1. Como se muestra en la FIG. 2, el sistema de transferencia inalámbrica de energía 200 puede incluir un circuito de transmisión de sistema base 206 que incluya una bobina de inducción de sistema base 204 que tenga una inductancia  $L_1$ . El sistema de transferencia inalámbrica de energía 200 incluye además un circuito de recepción de vehículo eléctrico 222 que incluye una bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 que tiene una inductancia  $L_2$ . Los modos de realización descritos en el presente documento pueden usar bucles de cable cargados de forma capacitativa (es decir, bobinas de giros múltiples) que formen una estructura resonante que sea capaz de acoplar de forma eficiente la energía desde una estructura primaria (transmisor) hasta una estructura secundaria (receptor) a través de un campo cercano magnético o electromagnético si tanto la estructura primaria como la secundaria están sintonizadas a una frecuencia de resonancia común. Las bobinas pueden usarse para la bobina de

inducción de vehículo eléctrico 216 y la bobina de inducción de sistema de base 204. El uso de estructuras resonantes para acoplar energía puede denominarse "resonancia magnética acoplada", "resonancia electromagnética acoplada" y/o "inducción resonante". El funcionamiento del sistema de transferencia inalámbrica de energía 200 se describirá basándose en la transferencia de energía desde un sistema de carga inalámbrica de energía base 202 hasta un vehículo eléctrico 112, pero no se limita a la misma. Por ejemplo, como se ha analizado anteriormente, el vehículo eléctrico 112 puede transferir energía al sistema de carga inalámbrica base 102a. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 202 puede incluir cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 802, 902A, 1002A, 1202A y/o 1302, descritos en el presente documento con respecto a las FIGS. 8, 9, 10, 12 y 13, respectivamente.

Con referencia a la FIG. 2, una fuente de alimentación 208 (por ejemplo, de CA o de CC) suministra energía  $P_{SDC}$  al sistema de carga inalámbrica de energía base 202 para transferir energía a un vehículo eléctrico 112. El sistema de carga inalámbrica de energía base 202 incluye un convertidor de energía de sistema de carga base 236. El convertidor de energía de sistema de carga base 236 puede incluir circuitos tales como un convertidor CA/CC configurado para convertir la energía de CA en la energía CC de la red estándar en un nivel de tensión adecuado y un convertidor de CC/baja frecuencia (LF) configurado para convertir la energía de CC en energía con una frecuencia de funcionamiento adecuada para la transferencia inalámbrica de alta energía. El convertidor de energía de sistema de carga base 236 suministra energía  $P_1$  al circuito de transmisión de sistema base 206 que incluye el condensador  $C_1$  en serie con la bobina de inducción de sistema base 204 para emitir un campo electromagnético a una frecuencia deseada. Puede proporcionarse un condensador  $C_1$  para formar un circuito resonante con la bobina de inducción de sistema base 204 que resuene a una frecuencia deseada. La bobina de inducción de sistema base 204 recibe energía  $P_1$  y transmite energía de forma inalámbrica a un nivel suficiente para cargar o alimentar el vehículo eléctrico 112. Por ejemplo, el nivel de energía proporcionado de forma inalámbrica por la bobina de inducción de sistema de base 204 puede ser del orden de kilovatios (kW) (por ejemplo, desde 1 kW a 110 kW, o más alto o más bajo).

El circuito de transmisión de sistema base 206 que incluya la bobina de inducción de sistema base 204 y el circuito de recepción de vehículo eléctrico 222 que incluya la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 pueden sintonizarse sustancialmente a las mismas frecuencias y pueden situarse dentro del campo cercano de un campo electromagnético transmitido por la bobina de inducción de sistema base 204 o por la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116. En este caso, la bobina de inducción de sistema base 204 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 pueden llegar a acoplarse entre sí de tal manera que la energía pueda transmitirse al circuito receptor de vehículo eléctrico 222 que incluya el condensador  $C_2$  y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116. Puede proporcionarse el condensador  $C_2$  que forme un circuito resonante con la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 que resuene a una frecuencia deseada. El elemento  $k(d)$  representa el coeficiente de acoplamiento mutuo resultante a una distancia dada de la bobina. Las resistencias equivalentes  $R_{eq,1}$  y  $R_{eq,2}$  representan las pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción 204 y 216 y a los condensadores antirreactancia  $C_1$  y  $C_2$ . El circuito receptor de vehículo eléctrico 222 que incluye la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 y el condensador  $C_2$  reciben la energía  $P_2$  y proporcionan la energía  $P_2$  a un convertidor de energía de vehículo eléctrico 238 de un sistema de carga de vehículo eléctrico 214.

El convertidor de energía de vehículo eléctrico 238 puede incluir, entre otras cosas, un convertidor de LF/CC configurado para convertir energía a una frecuencia de funcionamiento en una energía de CC a un nivel de tensión coincidente con el nivel de tensión de una unidad de batería del vehículo eléctrico 218. El convertidor de energía de vehículo eléctrico 238 puede proporcionar la energía convertida  $P_{LDC}$  para cargar la unidad de batería de vehículo eléctrico 218. La fuente de alimentación 208, el convertidor de energía de sistema de carga base 236 y la bobina de inducción de sistema base 204 pueden ser estacionarios y estar situados en diversas ubicaciones como se analizó anteriormente. La unidad de batería 218, el convertidor de energía de vehículo eléctrico 238 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 pueden estar incluidos en un sistema de carga de vehículo eléctrico 214 que forme parte del vehículo eléctrico 112 o del paquete de batería (no mostrado). El sistema de carga de vehículo eléctrico 214 puede estar configurado también para proporcionar energía de forma inalámbrica a través de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 al sistema de carga inalámbrica de energía base 202 para volver a suministrar energía a la red. La bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 y la bobina de inducción de sistema de base 204 pueden actuar como bobinas de inducción transmisoras o receptoras basándose en el modo de funcionamiento.

Aunque no se muestra, el sistema de transferencia inalámbrica de energía 200 puede incluir una unidad de desconexión de carga (LDU) para desconectar de forma segura la unidad de batería de vehículo eléctrico 218 o la fuente de alimentación 208 del sistema de transferencia inalámbrica de energía 200. Por ejemplo, en caso de una emergencia o de fallo del sistema, la LDU puede activarse para desconectar la carga del sistema de transferencia inalámbrica de energía 200. La LDU puede proporcionarse además a un sistema de gestión de batería para gestionar la carga de una batería o puede formar parte del sistema de gestión de batería.

Además, el sistema de carga de vehículo eléctrico 214 puede incluir un circuito de conmutación (no mostrado) para conectar y desconectar de forma selectiva la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 al convertidor de energía de vehículo eléctrico 238. La desconexión de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 puede suspender la carga y puede ajustar también la "carga" como "vista" por el sistema de carga inalámbrica base 102a (que actúa

como transmisor), que puede usarse para "ocultar" el sistema de carga de vehículo eléctrico 114 (que actúa como receptor) del sistema de carga inalámbrica base 102a. Los cambios de carga pueden detectarse si el transmisor incluye el circuito de detección de carga. Por consiguiente, el transmisor, tal como un sistema de carga inalámbrica base 202, puede tener un mecanismo para determinar cuándo los receptores, tales como un sistema de carga de vehículo eléctrico 114, están presentes en el campo cercano de la bobina de inducción de sistema de base 204.

Como se ha descrito anteriormente, en funcionamiento, suponiendo la transferencia de energía hacia el vehículo o la batería, la energía de entrada se proporciona desde la fuente de alimentación 208 de tal manera que la bobina de inducción de sistema base 204 genera un campo para proporcionar la transferencia de energía. La bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 se acopla al campo radiado y genera energía de salida para el almacenamiento o el consumo por el vehículo eléctrico 112. Como se ha descrito anteriormente, en algunos modos de realización, la bobina de inducción de sistema base 204 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 están configuradas de acuerdo con una relación de resonancia mutua de tal manera que la frecuencia de resonancia de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 y la frecuencia de resonancia de la bobina de inducción de sistema base 204 están muy próximas o son sustancialmente iguales. Las pérdidas de transmisión entre el sistema de carga inalámbrica de energía base 202 y el sistema de carga de vehículo eléctrico 214 son mínimas cuando la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 está situada en el campo cercano de la bobina de inducción de sistema base 204.

Como se indica, se produce una transferencia de energía eficiente acoplando una gran porción de la energía en el campo cercano de la bobina de inducción transmisora con una bobina de inducción receptora en lugar de propagar la mayor parte de la energía en una onda electromagnética al campo lejano. En el campo cercano, puede establecerse un modo de acoplamiento entre la bobina de inducción transmisora y la bobina de inducción receptora. El área alrededor de las bobinas de inducción donde puede producirse este acoplamiento de campo cercano se denomina en el presente documento región en modo de acoplamiento de campo cercano.

Aunque no se muestren, el convertidor de energía de sistema de carga base 236 y el convertidor de energía de vehículo eléctrico 238 pueden incluir ambos un oscilador, un circuito de control, tal como un amplificador de potencia, un filtro y un circuito de adaptación para el acoplamiento eficiente con la bobina de inducción de energía inalámbrica. El oscilador puede estar configurado para generar una frecuencia deseada, que puede ajustarse en respuesta a una señal de ajuste. La señal de oscilador puede amplificarse mediante el amplificador de potencia con una cantidad de amplificación sensible a las señales de control. El circuito de filtrado y adaptación puede incluirse para filtrar los armónicos u otras frecuencias no deseadas y adaptar la impedancia del módulo de conversión de energía a la bobina de inducción de energía inalámbrica. Los convertidores de energía 236 y 238 pueden incluir también un rectificador y una circuitería de conmutación para generar una producción de energía adecuada para cargar la batería.

La bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 y la bobina de inducción de sistema base 204 como se describe a través de los modos de realización divulgados pueden denominarse o configurarse como antenas de "bucle" y, más específicamente, antenas de bucle de giros múltiples. Las bobinas de inducción 204 y 216 pueden denominarse también en el presente documento o configurarse como antenas "magnéticas". El término "bobinas" está previsto para referirse a un componente que puede producir o recibir energía de forma inalámbrica para su acoplamiento a otra "bobina". La bobina puede denominarse también "antena" de un tipo que esté configurado para producir o recibir energía de forma inalámbrica. Como se usa en el presente documento, las bobinas 204 y 216 son ejemplos de "componentes de transferencia de energía" de un tipo que están configuradas para producir energía de forma inalámbrica, recibir energía de forma inalámbrica y/o transmitir energía de forma inalámbrica. Las antenas de bucle (por ejemplo, antenas de bucle de giros múltiples) pueden estar configuradas para incluir un núcleo de aire o un núcleo físico tal como un núcleo de ferrita. Una antena de bucle con núcleo de aire puede permitir la colocación de otros componentes en el área de núcleo. Las antenas con núcleo físico que incluyan materiales ferromagnéticos pueden permitir el desarrollo de un campo electromagnético más fuerte y un acoplamiento mejorado.

Como se ha analizado anteriormente, la transferencia eficiente de energía entre un transmisor y un receptor se produce durante la resonancia adaptada o casi adaptada entre un transmisor y un receptor. Sin embargo, incluso cuando la resonancia entre un transmisor y un receptor no está adaptada, la energía puede transferirse con una eficiencia inferior. La transferencia de energía se produce mediante el acoplamiento de energía del campo cercano de la bobina de inducción transmisora a la bobina de inducción receptora que reside en una región (por ejemplo, dentro de un intervalo de frecuencias predeterminado de la frecuencia de resonancia, o a una distancia predeterminada de la región de campo cercano) donde se establece este campo cercano en lugar de propagar energía desde la bobina de inducción transmisora al espacio libre.

Una frecuencia resonante puede basarse en la inductancia y en la capacitancia de un circuito de transmisión que incluya una bobina de inducción (por ejemplo, una bobina de inducción de sistema base 204) como se ha descrito anteriormente. Como se muestra en la FIG. 2, la inductancia puede ser en general la inductancia de la bobina de inducción, mientras que la capacitancia puede añadirse a la bobina de inducción para crear una estructura resonante a una frecuencia resonante deseada. A modo de ejemplo no limitativo, como se muestra en la FIG. 2, puede añadirse un condensador en serie con la bobina de inducción para crear un circuito resonante (por ejemplo, el

circuito de transmisión de sistema de base 206) que genere un campo electromagnético. Por consiguiente, para las bobinas de inducción de mayor diámetro, el valor de la capacitancia necesaria para inducir resonancia puede disminuir a medida que aumenta el diámetro o la inductancia de la bobina. La inductancia puede depender también de un número de giros de una bobina de inducción. Además, a medida que aumenta el diámetro de la bobina de inducción, puede aumentar el área de transferencia eficiente de energía del campo cercano. Son posibles otros circuitos resonantes. A modo de otro ejemplo no limitativo, puede colocarse un condensador en paralelo entre los dos terminales de la bobina de inducción (por ejemplo, un circuito resonante en paralelo). Además, puede diseñarse una bobina de inducción que tenga un factor de alta calidad (Q) para mejorar la resonancia de la bobina de inducción. Por ejemplo, el factor Q puede ser 300 o mayor.

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con algunos modos de realización, se divulga el acoplamiento de energía entre dos bobinas de inducción que están en el campo cercano mutuo. Tal como se ha descrito anteriormente, el campo cercano puede corresponder a una región alrededor de la bobina de inducción en la cual existan campos electromagnéticos pero no puedan propagarse ni irradiarse lejos de la bobina de inducción. Las regiones en modo de acoplamiento de campo cercano pueden corresponder a un volumen que esté cerca del volumen físico de la bobina de inducción, típicamente dentro de una pequeña fracción de la longitud de onda. De acuerdo con algunos modos de realización, se usan bobinas de inducción electromagnéticas, tales como antenas de bucle de un único giro o de giros múltiples, tanto para transmitir como para recibir puesto que las amplitudes de campo magnético cercano en los modos de realización prácticos tienden a ser superiores para las bobinas de tipo magnético en comparación con los campos eléctricos cercanos de una antena de tipo eléctrico (por ejemplo, un dipolo pequeño). Esto permite un acoplamiento potencialmente mayor entre el par. Además, pueden usarse también antenas "eléctricas" (por ejemplo, dipolos y monopolos) o una combinación de antenas magnéticas y eléctricas.

La FIG. 3 es otro diagrama de bloques funcional que muestra componentes principales y auxiliares a modo de ejemplo del sistema de transmisión inalámbrica de energía 100 de la FIG. 1. El sistema de transferencia inalámbrica de energía 300 ilustra un enlace de comunicación 376, un enlace de guía 366 y sistemas de alineación 352, 354 para la bobina de inducción de sistema base 304 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 316. Como se ha descrito anteriormente, con referencia a la FIG. 2, y suponiendo el flujo de energía hacia el vehículo eléctrico 112, en la FIG. 3 una interfaz de alimentación de sistema de carga de base 360 puede estar configurada para proporcionar energía a un convertidor de energía de sistema de carga 336 a partir de una fuente de energía, tal como una fuente de alimentación de CA o de CC 126. El convertidor de energía de sistema de carga base 336 puede recibir energía de CA o de CC de la interfaz de alimentación de sistema de carga base 360 para estimular la bobina de inducción de sistema base 304 en su frecuencia de resonancia o cerca de ella. La bobina de inducción de vehículo eléctrico 316, cuando esté en la región en modo de acoplamiento de campo cercano, puede recibir energía desde la región en modo de acoplamiento de campo cercano para oscilar a o cerca de la frecuencia de resonancia. El convertidor de energía de vehículo eléctrico 338 convierte la señal de oscilación de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 316 en una señal de energía adecuada para cargar una batería a través de la interfaz de alimentación de vehículo eléctrico.

El sistema de carga inalámbrica base 302 incluye un controlador de sistema de carga base 342 y el sistema de carga de vehículo eléctrico 314 incluye un controlador de vehículo eléctrico 344. El controlador de sistema de carga base 342 puede incluir una interfaz de comunicación de sistema de carga base con otros sistemas (no mostrados) tales como, por ejemplo, un ordenador, un dispositivo inalámbrico y un centro de distribución de energía o una red eléctrica inteligente. El controlador de vehículo eléctrico 344 puede incluir una interfaz de comunicación de vehículo eléctrico con otros sistemas (no mostrados) tales como, por ejemplo, un ordenador incorporado en el vehículo, otro controlador de carga de la batería, otros sistemas electrónicos de los vehículos y sistemas electrónicos remotos. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 302 puede incluir cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 802, 902A, 1002A, 1202A y/o 1302, descritos en el presente documento con respecto a las FIGS. 8, 9, 10, 12 y 13, respectivamente.

El controlador del sistema de carga base 342 y el controlador de vehículo eléctrico 344 pueden incluir subsistemas o módulos para aplicaciones específicas con canales de comunicación independientes. Estos canales de comunicación pueden ser canales físicos independientes o canales lógicos independientes. A modo de ejemplos no limitativos, un sistema de alineación de carga base 352 puede comunicarse con un sistema de alineación de vehículo eléctrico 354 a través de un enlace de comunicación 356 para proporcionar un mecanismo de retroalimentación para alinear de forma más cercana la bobina de inducción de sistema base 304 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 316, ya sea de forma autónoma o con la asistencia de un operario. Del mismo modo, un sistema de guía de carga base 362 puede comunicarse con un sistema de guía de vehículo eléctrico 364 a través de un enlace de guía 366 para proporcionar un mecanismo de retroalimentación para guiar a un operario en la alineación de la bobina de inducción de sistema base 304 y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 316. Además, puede haber enlaces de comunicación de uso general independientes (por ejemplo, canales), tales como el enlace de comunicación 376, soportado por el sistema de comunicación de carga base 372 y el sistema de comunicación de vehículo eléctrico 374 para comunicar otra información entre el sistema de carga inalámbrica de energía base 302 y el sistema de carga de vehículo eléctrico 314. Esta información puede incluir información sobre las características del vehículo eléctrico, las características de la batería, el estado de la carga y las funciones de alimentación del sistema de carga inalámbrica de energía base 302 y el sistema de carga de vehículo eléctrico 314,

así como datos de mantenimiento y diagnóstico para el vehículo eléctrico 112. Estos enlaces o canales de comunicación pueden ser canales de comunicación físicos independientes tales como, por ejemplo, canales de comunicaciones especializadas de corto alcance (DSRC), IEEE 802. 11x (por ejemplo, WiFi), Bluetooth, ZigBee, móviles, infrarrojos, etc.

5 El controlador de vehículo eléctrico 344 puede incluir también un sistema de gestión de batería (BMS) (no mostrado) que gestione la carga y la descarga de la batería principal de vehículo eléctrico, un sistema de asistencia al estacionamiento basándose en principios de microondas o de radar de ultrasonidos, un sistema de freno configurado para realizar una operación de estacionamiento semiautomático y un sistema asistido de volante de dirección  
10 configurado para ayudar a un estacionamiento por cable altamente automatizado que pueda proporcionar una mayor precisión en el estacionamiento, reduciendo por tanto la necesidad de una alineación horizontal mecánica de la bobina de inducción en cualquiera del sistema de carga inalámbrica base 102a y del sistema de carga de vehículo eléctrico 114. Además, el controlador de vehículo eléctrico 344 puede estar configurado para comunicarse con los sistemas electrónicos del vehículo eléctrico 112. Por ejemplo, el controlador de vehículo eléctrico 344 puede estar  
15 configurado para comunicarse con dispositivos de visualización de salida (por ejemplo, la pantalla del salpicadero), dispositivos acústicos/de audio de salida (por ejemplo, la alarma, los altavoces), dispositivos mecánicos de entrada (por ejemplo, el teclado, la pantalla táctil y los dispositivos de señalización tales como la palanca de mando, la rueda de desplazamiento, etc.) y dispositivos de audio de entrada (por ejemplo, un micrófono con reconocimiento electrónico de voz).

20 Además, el sistema de transferencia inalámbrica de energía 300 puede incluir sistemas de detección y sensores. Por ejemplo, el sistema de transferencia inalámbrica de energía 300 puede incluir sensores para su uso con sistemas para guiar de forma apropiada al conductor o al vehículo hasta el punto de carga, sensores para alinear de forma mutua las bobinas de inducción con la separación/acoplamiento requeridos, sensores para detectar objetos que  
25 puedan impedir que la bobina de inducción de vehículo eléctrico 316 se mueva hasta una altura y/o posición particular para lograr el acoplamiento y sensores de seguridad para su uso con sistemas para realizar un funcionamiento fiable, libre de daños y seguro del sistema. Por ejemplo, un sensor de seguridad puede incluir un sensor para la detección de la presencia de animales o niños que se acerquen a las bobinas de inducción inalámbrica de energía 104a, 116 más allá de un radio de seguridad, la detección de objetos metálicos cerca de la  
30 bobina de inducción de sistema base 304 que puedan calentarse (calentamiento por inducción), la detección de eventos peligrosos tales como objetos incandescentes en la bobina de inducción de sistema base 304 y la supervisión de la temperatura de los componentes del sistema de carga inalámbrica de energía base 302 y el sistema de carga de vehículo eléctrico 314.

35 El sistema de transferencia inalámbrica de energía 300 puede soportar también la carga enchufable a través de una conexión por cable. Un puerto de carga por cable puede integrar las salidas de los dos cargadores diferentes antes de transferir energía hacia o desde el vehículo eléctrico 112. Los circuitos de conmutación pueden proporcionar la funcionalidad como se necesite para soportar tanto la carga inalámbrica como la carga a través de un puerto de carga por cable.

40 Para comunicarse entre un sistema de carga inalámbrica base 302 y un sistema de carga de vehículo eléctrico 314, el sistema de transferencia inalámbrica de energía 300 puede usar señalización dentro de banda y un módem de datos RF (por ejemplo, Ethernet sobre radio en una banda sin licencia). La comunicación fuera de banda puede proporcionar ancho de banda suficiente para la asignación de servicios de valor añadido al usuario/propietario del  
45 vehículo. Una modulación de amplitud o de fase de baja profundidad de la portadora inalámbrica de energía puede servir de sistema de señalización dentro de banda con una interferencia mínima.

Además, parte de la comunicación puede realizarse a través del enlace inalámbrico de energía sin usar antenas de comunicaciones específicas. Por ejemplo, las bobinas de inducción inalámbrica de energía 304 y 316 pueden estar  
50 configuradas también para actuar como transmisores de comunicación inalámbrica. Por lo tanto, algunos modos de realización del sistema de carga inalámbrica de energía base 302 pueden incluir un controlador (no mostrado) para permitir la introducción del tipo de protocolo en la ruta inalámbrica de energía. Mediante la introducción del nivel de energía de transmisión (modulación por desplazamiento de amplitud) a intervalos predefinidos con un protocolo predefinido, el receptor puede detectar una comunicación en serie desde el transmisor. El convertidor de energía de  
55 sistema de carga base 336 puede incluir un circuito de detección de carga (no mostrado) para detectar la presencia o ausencia de receptores activos del vehículo eléctrico en las proximidades del campo cercano generado por la bobina de inducción de sistema base 304. A modo de ejemplo, un circuito de detección de carga supervisa la corriente que fluye hacia el amplificador de potencia, que se ve afectada por la presencia o ausencia de receptores activos en las proximidades del campo cercano generado por la bobina de inducción de sistema base 104a. La  
60 detección de cambios en la carga del amplificador de potencia puede supervisarse mediante el controlador de sistema de carga base 342 para su uso en la determinación de si permitir que el oscilador transmita energía, para comunicarse con un receptor activo o para una combinación de los mismos.

65 Para permitir la transmisión inalámbrica de alta energía, algunos modos de realización pueden estar configurados para transferir energía a una frecuencia en el intervalo de 10-60 kHz. Este acoplamiento de baja frecuencia puede permitir la conversión de energía de alta eficiencia que pueda lograrse usando dispositivos de estado sólido.

Además, puede haber menos problemas de coexistencia con sistemas de radio en comparación con otras bandas.

El sistema de transferencia inalámbrica de energía 100 descrito puede usarse con una variedad de vehículos eléctricos 102 que incluyan baterías recargables o reemplazables.

5 La FIG. 4 es un diagrama de bloques funcional que muestra una batería sin contacto reemplazable dispuesta en un vehículo eléctrico 412, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención. En este modo de realización, la posición de batería baja puede ser útil para una unidad de batería de vehículo eléctrico que integre una interfaz inalámbrica de energía (por ejemplo, una interfaz inalámbrica de cargador a batería 426) y que pueda recibir energía de un cargador (no mostrado) integrado en el suelo. En la FIG. 4, la unidad de batería de vehículo eléctrico puede ser una unidad de batería recargable y puede alojarse en un compartimiento de batería 424. La unidad de batería de vehículo eléctrico proporciona también una interfaz inalámbrica de energía 426, que puede integrar todo el subsistema inalámbrico de energía de vehículo eléctrico que incluye una bobina de inducción resonante, circuitería de conversión de energía y otras funciones de control y comunicaciones como se necesite para la transferencia inalámbrica de energía eficiente y segura entre una unidad de carga inalámbrica situada en el suelo y la unidad de batería de vehículo eléctrico.

20 Puede ser útil que la bobina de inducción de vehículo eléctrico esté integrada al mismo nivel que un lado inferior de la unidad de batería de vehículo eléctrico o que la carrocería del vehículo de modo que no haya partes salientes y pueda mantenerse el espacio especificado entre el suelo y el vehículo. Esta configuración puede requerir que se dedique algo de espacio en la unidad de batería del vehículo eléctrico al subsistema inalámbrico de energía de vehículo eléctrico. La unidad de batería de vehículo eléctrico 422 puede incluir también una interfaz inalámbrica de batería a EV 422 y una interfaz inalámbrica de cargador a batería 426 que proporcione energía y comunicación sin contacto entre el vehículo eléctrico 412 y un sistema de carga inalámbrica base 102a, tal como se muestra en la FIG. 1.

30 En algunos modos de realización, y con referencia a la FIG. 1, la bobina de inducción de sistema base 104a y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 pueden estar en una posición fija y las bobinas de inducción se sitúan dentro de una región de acoplamiento de campo cercano mediante la colocación total de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 relativa al sistema de carga inalámbrica base 102a. Sin embargo, con el fin de realizar la transmisión de energía de forma rápida, eficiente y segura, puede ser necesario reducir la distancia entre la bobina de inducción de sistema base 104a y la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 para mejorar el acoplamiento. Por tanto, en algunos modos de realización, la bobina de inducción de sistema base 104a y/o la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 pueden ser desplegadas y/o desplazables para alinearlas mejor.

35 Las FIGS. 5A, 5B, 5C y 5D son diagramas de configuraciones a modo de ejemplo para la colocación de una bobina de inducción y de material de ferrita relativos a una batería, de acuerdo con modos de realización a modo de ejemplo de la invención. La FIG. 5A muestra una bobina de inducción 536a con ferrita completamente integrada. La bobina de inducción inalámbrica de energía puede incluir un material de ferrita 538a y una bobina 536a enrollada alrededor del material de ferrita 538a. La propia bobina 536a puede estar fabricada de hilo de Litz trenzado. Puede proporcionarse una capa de protección conductora 532a para proteger a los pasajeros del vehículo de una transmisión de EMF excesiva. La protección conductora puede ser particularmente útil en vehículos fabricados de plástico o de materiales compuestos.

45 La FIG. 5B muestra una placa de ferrita dimensionada de forma óptima (es decir, soporte de ferrita) para mejorar el acoplamiento y reducir las corrientes inducidas (disipación de calor) en la capa protectora conductora 532b. La bobina 536b puede estar totalmente integrada en un material no conductor y no magnético (por ejemplo, plástico). Por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 5A-5D, la bobina 536b puede estar integrada en un alojamiento protector 534b. Puede haber una separación entre la bobina 536b y el material de ferrita 538b como resultado de un compromiso entre el acoplamiento magnético y las pérdidas por histéresis de la ferrita.

50 La FIG. 5C ilustra otro modo de realización donde la bobina 536c (por ejemplo, una bobina de giros múltiples de hilo de Litz de cobre) puede ser desplazable en una dirección lateral ("X"). La FIG. 5D ilustra otro modo de realización donde el módulo de bobina de inducción se despliega en dirección descendente. En algunos modos de realización, la unidad de batería incluye uno de un módulo de la bobina de inducción de vehículo eléctrico desplegable y no desplegable 542d como parte de la interfaz de alimentación inalámbrica. Para impedir que los campos magnéticos penetren en el espacio de batería 530d y en el interior del vehículo, puede haber una capa protectora de capa conductora 532d (por ejemplo, una lámina de cobre) entre el espacio de batería 530d y el vehículo. Además, puede usarse una capa protectora no conductora (por ejemplo, plástico) 534d para proteger la capa protectora de capa conductora 532d, la bobina 536d y el material de ferrita 538d de los impactos ambientales (por ejemplo, daños mecánicos, oxidación, etc.). Además, la bobina 536d puede ser desplazable en las direcciones laterales X y/o Y. La FIG. 5D ilustra un modo de realización en el que el módulo de la bobina de inducción de vehículo eléctrico 540d se despliega en una dirección Z descendente relativa a un cuerpo de la unidad de batería.

65 El diseño de este módulo desplegable de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d es similar al de la FIG. 5B excepto en que no hay protección conductora en el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d. La

capa protectora conductora 532d permanece con el cuerpo de unidad de batería. Cuando el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d no está en un estado desplegado, se proporciona la capa protectora 534d (por ejemplo, una capa de plástico) entre la capa protectora conductora 532d y el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d. La separación física del módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d del cuerpo de unidad de batería puede tener un efecto positivo en el rendimiento de la bobina de inducción.

Como se ha analizado anteriormente, el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d que está desplegado puede contener solamente la bobina 536d (por ejemplo, cable de Litz) y el material de ferrita 538d. Puede proporcionarse soporte de ferrita para mejorar el acoplamiento y para impedir pérdidas excesivas de corrientes inducidas en la parte inferior del vehículo o en la capa protectora de capa conductora 532d. Además, el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d puede incluir una conexión de cable flexible para los sistemas electrónicos de conversión de energía y los sistemas electrónicos de sensores. Este conjunto de cables puede estar integrado en el engranaje mecánico para desplegar el módulo de bobina de inducción de vehículo eléctrico 542d.

Con referencia a la FIG. 1, los sistemas de carga descritos anteriormente pueden usarse en diversas ubicaciones para cargar un vehículo eléctrico 112 o volver a transferir energía a una red eléctrica. Por ejemplo, la transferencia de energía puede producirse en el entorno de un estacionamiento. Se observa que un "área de estacionamiento" puede denominarse también en el presente documento "plaza de estacionamiento". Para mejorar la eficiencia de un sistema de transferencia inalámbrica de energía de un vehículo 100, un vehículo eléctrico 112 puede alinearse en una dirección X y en una dirección Y para permitir que una bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 dentro del vehículo eléctrico 112 se alinee de forma adecuada con un sistema de carga inalámbrica base 102a dentro un área de estacionamiento asociada.

Además, los modos de realización divulgados son aplicables a estacionamientos que tengan una o más plazas de estacionamiento o áreas de estacionamiento, en los que al menos una plaza de estacionamiento dentro de un estacionamiento pueda comprender un sistema de carga inalámbrica base 102a. Pueden usarse sistemas de guía (no mostrados) para ayudar a un operario de un vehículo a colocar un vehículo eléctrico 112 en un área de estacionamiento para alinear una bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 en el vehículo eléctrico 112 con un sistema de carga inalámbrica base 102a. Los sistemas de guía pueden incluir enfoques basados en sistemas electrónicos (por ejemplo, posicionamiento por radio, principios de búsqueda de direcciones y/o procedimientos de detección óptica, cuasióptica y/o por ultrasonidos) o enfoques basados en sistemas mecánicos (por ejemplo, guías de ruedas para vehículos, carriles o topes) o cualquier combinación de los mismos para ayudar al operario de un vehículo eléctrico a colocar un vehículo eléctrico 112 para permitir que una bobina de inducción 116 dentro del vehículo eléctrico 112 se alinee de forma adecuada con una bobina de inducción de carga dentro de una base de carga (por ejemplo, el sistema de carga inalámbrica base 102a).

Como se ha analizado anteriormente, el sistema de carga de vehículo eléctrico 114 puede colocarse en la parte inferior del vehículo eléctrico 112 para transmitir y recibir energía de un sistema de carga inalámbrica base 102a. Por ejemplo, una bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 puede estar integrada en la parte inferior del vehículo preferentemente cerca de una posición central que proporcione la distancia de seguridad máxima en lo que respecta a la exposición a EM y que permita el estacionamiento hacia delante y marcha atrás del vehículo eléctrico.

La FIG. 6 es un gráfico de un espectro de frecuencia que muestra frecuencias a modo de ejemplo que pueden usarse para la carga inalámbrica de un vehículo eléctrico, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención. Como se muestra en la FIG. 6, los posibles intervalos de frecuencia para la transferencia inalámbrica de alta energía para vehículos eléctricos pueden incluir: VLF en una banda de 3 kHz a 30 kHz, LF inferior en una banda de 30 kHz a 150 kHz (para aplicaciones similares a ISM) con algunas exclusiones, HF de 6,78 MHz (banda ISM de ITU-R de 6,765-6,795 MHz), HF de 13,56 MHz (banda ISM de ITU-R de 13,553-13,567) y HF de 27,12 MHz (banda ISM de ITU-R de 26,957-27,283 MHz).

La FIG. 7 es un gráfico que muestra frecuencias y distancias de transmisión a modo de ejemplo que pueden ser útiles en la carga inalámbrica de vehículos eléctricos, de acuerdo con un modo de realización a modo de ejemplo de la invención. Algunas distancias de transmisión de ejemplo que pueden ser útiles para la carga inalámbrica de vehículos eléctricos son de aproximadamente 30 mm, aproximadamente 75 mm y aproximadamente 150 mm. Algunas frecuencias a modo de ejemplo pueden ser de aproximadamente 27 kHz en la banda VLF y alrededor de 135 kHz en la banda LF.

Durante un ciclo de carga de un vehículo eléctrico, una unidad de carga base (BCU) del sistema de transferencia inalámbrica de energía puede pasar por diversos estados de funcionamiento. El sistema de transferencia inalámbrica de energía puede denominarse "sistema de carga." La BCU puede incluir el sistema de carga inalámbrica base 102a y/o 102b de la FIG. 1. La BCU puede incluir también un controlador y/o una unidad de conversión de energía, como por ejemplo un convertidor de energía 236 como se ilustra en la FIG. 2. Además, la BCU puede incluir una o más plataformas de carga base que incluyen una bobina de inducción, tal como las bobinas de inducción 104a y 104b como se ilustra en la FIG. 1. A medida que la BCU atraviesa los diversos estados, la BCU interactúa con una estación de carga. La estación de carga puede incluir el centro de distribución local 130, como se

ilustra en la FIG. 1, y puede incluir además un controlador, una interfaz de usuario gráfica, un módulo de comunicaciones y una conexión de red con un servidor remoto o con un grupo de servidores remotos.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base 802, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 802 puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, y 302, descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 802 incluye un puente de inversor H, un condensador  $C_B$ , un primer inductor  $L_B$ , un transformador de aislamiento TX, un primer conmutador S1, un segundo conmutador S2, un condensador  $C_{1A}$ , un condensador  $C_{1B}$  y una bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Una carga útil R representa una carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 802 se muestran en la FIG. 8, un experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o disponerse, o pueden incluirse otras porciones. Por ejemplo, los conmutadores S1 y S2 de un único polo de un único tiro (SPST) pueden reemplazarse por un conmutador de un único polo de doble tiro (SPDT). Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en un componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

El puente de inversor H sirve para generar una señal que varíe con el tiempo para la transmisión inalámbrica de energía. En diversos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir, por ejemplo, circuitería tal como un convertidor CA/CC configurado para convertir energía de CA en energía de CC de la red eléctrica estándar a un nivel de tensión adecuado y un convertidor CC/baja frecuencia (LF) configurado para convertir la energía de CC en energía a una frecuencia de funcionamiento adecuada para la transferencia inalámbrica de alta energía. En algunos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir el convertidor de energía de sistema de carga base 236 y/o 336, analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 2 y 3, respectivamente. El puente de inversor H mostrado en la FIG. 8 proporciona una tensión de salida de inversor  $V_i$  y una corriente de salida de inversor  $I_i$ . En el modo de realización ilustrado, el puente de inversor H incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del condensador CB y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal de una bobina primaria del transformador de aislamiento TX.

El condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  sirven como impedancia de adaptación  $jX$ . Juntos, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden formar un primer elemento inductivo de una red LCL girada para  $jX$ . En diversos modos de realización, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden reemplazarse por otra red reactiva que tenga la impedancia característica  $jX$ . En el modo de realización ilustrado, el condensador  $C_B$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del puente de inversor H y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del primer inductor  $L_B$ . En el modo de realización ilustrado, el primer inductor  $L_B$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del condensador  $C_B$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal de la bobina primaria del transformador de aislamiento TX.

El transformador de aislamiento TX sirve para aislar de forma eléctrica la bobina de inducción de sistema base de transmisión  $L_1$  de la red eléctrica. En algunos modos de realización, el transformador de aislamiento TX puede propagar la corriente de salida de inversor  $I_i$  a los conmutadores S1 y S2. En algunos modos de realización, el transformador de aislamiento TX puede omitirse. En el modo de realización ilustrado, el transformador de aislamiento TX tiene una relación de giros de 1:1. En otros modos de realización, el transformador de aislamiento TX puede tener otra relación de giros tal como, por ejemplo, 1:n1.

En el modo de realización ilustrado, el transformador de aislamiento TX incluye una bobina primaria y una bobina secundaria. La bobina primaria incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del primer inductor  $L_B$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del puente de inversor H. La bobina secundaria incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del primer conmutador S1 y a un primer terminal del segundo conmutador S2 y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del condensador  $C_{1B}$  y a un segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ .

Pueden proporcionarse los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  para formar un circuito resonante con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  que resuene a una frecuencia deseada. En algunos modos de realización, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  pueden formar el condensador  $C_1$ , descrito anteriormente con respecto a la FIG. 2. El condensador  $C_{1A}$  tiene una impedancia característica de  $-j\beta X$ , donde  $\beta$  es una variación de sintonización descrita con mayor detalle en el presente documento. El condensador  $C_{1B}$  tiene una impedancia característica de  $-j(1-\beta)X$ .

El condensador  $C_{1A}$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del primer conmutador S1 y a un primer terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del segundo conmutador S2 y a un primer terminal del condensador  $C_{1B}$ . El condensador  $C_{1A}$  puede establecerse de forma dinámica en una o al menos dos configuraciones, por ejemplo mediante el funcionamiento de los conmutadores S1 y S2. En una primera configuración, denominada también configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en serie con el condensador  $C_{1B}$ . En una segunda configuración, denominada también configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ . La configuración en paralelo se muestra y describe en el presente documento con respecto a las FIGS. 9A-B y la configuración en serie parcial se muestra y describe en el presente documento con respecto a las FIGS. 10A-E.

El condensador  $C_{1B}$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del segundo conmutador S2 y al segundo terminal del condensador  $C_{1A}$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con el condensador  $C_{1B}$  y en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con el condensador  $C_{1B}$  y en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  puede llevar una corriente  $I_C$ .

El primer conmutador S1 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el segundo conmutador S2, el primer conmutador S1 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo o en serie parcial. El primer conmutador S1 puede incluir, por ejemplo, un relé mecánico o un conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El primer conmutador S1 incluye un primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al primer terminal del segundo conmutador S2 y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del condensador  $C_{1A}$  y al primer terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El primer conmutador S1 puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

El segundo conmutador S2 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo o en serie parcial. El segundo conmutador S2 puede incluir, por ejemplo, un relé mecánico o un conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El segundo conmutador S2 incluye un primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al primer terminal del primer conmutador S1 y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del condensador  $C_{1A}$  y al primer terminal del condensador  $C_{1B}$ . El segundo conmutador S2 puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  sirve para transmitir energía de forma inalámbrica a un nivel suficiente para cargar o alimentar el vehículo eléctrico 112. Por ejemplo, el nivel de energía proporcionado de forma inalámbrica por la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede ser del orden de kilovatios (kW) (por ejemplo, cualquier valor entre 1 kW y 110 kW, o más alto o más bajo). En algunos modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede incluir la bobina de inducción de sistema base 204 descrita anteriormente con respecto a la FIG. 2. En otros modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede servir para otros propósitos, no limitados a la carga inalámbrica o eléctrica del vehículo.

La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede accionar una carga del lado receptor, representada en la FIG. 8 por la carga útil R. La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede llevar una corriente de salida de sistema base  $I_1$ , que puede denominarse también corriente de resonancia  $I_1$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede ser un múltiplo de la corriente de salida de inversor  $I_i$  tal como, por ejemplo, entre alrededor de dos y alrededor de seis veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ , alrededor de cuatro veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ , o alrededor de cinco veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede estar entre alrededor de 30 A y alrededor de 50 A, tal como alrededor de 40 A. Por consiguiente, la corriente de salida de inversor  $I_i$  puede estar entre alrededor de 6 A y alrededor de 12 A, tal como alrededor de 8 A, alrededor de 9 A o alrededor de 10 A.

En diversos modos de realización, la carga útil R puede variar con el tiempo. Por ejemplo, la alineación de un dispositivo receptor (por ejemplo, la bobina de inducción de vehículo eléctrico 216 de la FIG. 2) puede variar con respecto a la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ , ocasionando el acoplamiento magnético y la variación de la energía de salida. Por consiguiente, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede variar. Sin embargo, la corriente de salida de inversor  $I_i$  puede controlarse y estar limitada por cuatro factores: una tensión de bus de corriente continua (CC) del puente de inversor H, una tensión máxima de salida de inversor  $V_i$ , una relación de giros de transformador de aislamiento TX y una impedancia característica de la red LCL en la FIG. 8. En algunos modos de realización, puede ser imposible y/o ineficiente ajustar los tres primeros factores. Particularmente, el intervalo de variación del bus de CC puede limitarse a una clasificación de dispositivo. Por lo tanto, una gran variación p puede

obligar al sistema de carga inalámbrica base 802 a alejarse de funcionar cerca de un punto óptimo o esperado de eficiencia. En algunos casos, la tensión de bus de CC puede ser fija.

5 En algunos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 802 puede estar configurado para introducir un cambio de etapa de variación en la impedancia característica de red LCL usando los conmutadores de CA S1 y S2. Particularmente, como se ha analizado anteriormente, los conmutadores S1 y S2 pueden estar configurados para conmutar el condensador  $C_{1A}$  entre la configuración en serie parcial y la configuración en paralelo. El cambio de etapa puede reducir una cantidad de control en el puente de inversor H durante el funcionamiento. Con un pequeño cambio incremental (de 10 % a 30 %) en la impedancia de red LCL, el puente de inversor H y la unidad de  
10 corrección de factor de energía de entrada pueden mantener la operación en una región preferida. Por ejemplo, conmutando entre la configuración en serie parcial y la configuración en paralelo, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede variarse sin cambiar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

15 En un modo de realización, los conmutadores S1 y S2 pueden abrirse y cerrarse mediante un controlador. Por ejemplo, el controlador de sistema de carga base 342 (FIG. 3) puede estar configurado para conmutar el condensador  $C_{1A}$  a partir de la configuración en serie parcial a la configuración en paralelo y viceversa. En la configuración en paralelo, el controlador de sistema de carga base 342 puede cerrar el primer conmutador S1 y abrir el segundo conmutador S2. En la configuración en serie parcial, el controlador de sistema de carga base 342 puede abrir el primer conmutador S1 y cerrar el segundo conmutador S2. En algunos modos de realización, el controlador  
20 de sistema de carga base 342 no abre de forma simultánea los conmutadores S1 y S2 ni cierra de forma simultánea los conmutadores S1 y S2. En otros modos de realización, los conmutadores S1 y S2 se abren y/o se cierran de forma simultánea.

25 La FIG. 9A es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base 902A en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 902A puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, 302 y 802 descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3 y 8, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 902A incluye el puente de inversor H, el condensador  $C_B$ , el primer inductor  $L_B$ , el transformador de aislamiento TX, el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , el  
30 condensador  $C_{1B}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

35 Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 902A se muestran en la FIG. 9A, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o disponerse, o pueden incluirse otras porciones. Por ejemplo, los conmutadores S1 y S2 de un único polo de un único tiro (SPST) pueden reemplazarse por el conmutador de un único polo de doble tiro (SPDT). Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por  
40 ejemplo, integrando múltiples componentes en el componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

45 En el modo de realización ilustrado de la FIG. 9A, el primer conmutador S1 está cerrado y el segundo conmutador S2 está abierto. Por consiguiente, el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en paralelo. En otras palabras, cerrando el primer conmutador S1 y abriendo el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , que tiene una impedancia de  $-j\beta X$ , está configurado en serie con el condensador  $C_{1B}$ , que tiene una impedancia de  $-j(1-B)X$ . Además, el condensador  $C_{1A}$  y el condensador  $C_{1B}$  están configurados en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ , que tiene una impedancia de  $jX$ , para formar una red resonante paralela. En esta configuración, la  
50 impedancia característica de la red LCL es X. Un circuito equivalente de esta configuración de compensación paralela se muestra en la FIG. 9B, a continuación.

55 En la configuración en paralelo, el segundo condensador  $C_{1A}$  lleva la corriente  $I_C$ . El primer conmutador S1 lleva la corriente  $I_i$ . El esfuerzo eléctrico a través del segundo conmutador S2 mientras el primer conmutador S1 está en cortocircuito se determina mediante la ecuación 1:

$$V_{s2} = I_C * \beta X \quad \dots (1)$$

60 La FIG. 9B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente 902B para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización. En un modo de realización, el circuito equivalente 902B puede incluir un equivalente para el sistema de carga inalámbrica base 902A, descrito anteriormente con respecto a la FIG. 9A. Como se muestra, el circuito equivalente 902B incluye el puente de inversor H, un condensador equivalente  $C_B$ , un inductor equivalente  $L_B$ , un condensador equivalente  $C_{1A}+C_{1B}$ , un inductor equivalente  $L_1$  y la carga útil R. La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo,  
65 el sistema de carga de vehículo eléctrico 114, 214 y/o 314 descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3,

respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ). Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 902B se muestran en la FIG. 9B, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones.

Debido a que el condensador  $C_{1A}$  y el condensador  $C_{1B}$  están en serie, el condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$  tiene una impedancia característica de  $-jX$ . El inductor equivalente  $L_1$  tiene una impedancia característica de  $jX$ , en resonancia con el condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$ . El condensador equivalente de adaptación  $C_B$  y el inductor equivalente  $L_B$  tienen también una impedancia combinada de  $jX$ . Por consiguiente, el condensador equivalente  $C_B$  y el inductor equivalente  $L_B$  forman el primer inductor de una red LCL, el condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$  forma el condensador de la red LCL, y el inductor equivalente  $L_1$  y la carga útil R forman el segundo inductor de la red LCL.

La FIG. 10A es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base 1002A en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 1002A puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, 302 y 802 descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3 y 8, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 1002A incluye el puente de inversor H, el condensador  $C_B$ , el primer inductor  $L_B$ , el transformador de aislamiento TX, el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , el condensador  $C_{1B}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctrico 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1002A se muestran en la FIG. 10A, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones. Por ejemplo, los conmutadores S1 y S2 de un único polo de un único tiro (SPST) pueden reemplazarse por el conmutador de un único polo de doble tiro (SPDT). Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en el componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

En el modo de realización ilustrado de la FIG. 10A, el primer conmutador S1 está abierto y el segundo conmutador S2 está cerrado. Por consiguiente, el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en serie parcial. En otras palabras, al abrir el primer conmutador S1 y cerrar el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , que tiene una impedancia de  $-j\beta X$ , está configurado en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ , que tiene una impedancia de  $jX$ . Además, el condensador  $C_{1A}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  están configurados en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ , que tiene una impedancia de  $-j(1-\beta)X$ , para formar una red de resonancia paralela. En esta configuración, la impedancia característica de la red LCL es  $(1-\beta)X$ . En otras palabras, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  se aumenta un factor de  $1/(1-\beta)$ . Un circuito equivalente de esta configuración de compensación paralela se muestra en la FIG. 10B, a continuación.

En la configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  lleva la corriente  $I_1$ . El segundo conmutador S2 lleva la corriente  $I_1$ . El esfuerzo eléctrico a través del primer conmutador S1 mientras el segundo conmutador S2 está en cortocircuito se determina mediante la Ecuación 2:

$$V_{S2} = I_1 * \beta X \quad \dots (2)$$

La FIG. 10B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente 1002B para un sistema de carga inalámbrico base en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización. En un modo de realización, el circuito equivalente 1002B puede incluir un equivalente para el sistema de carga inalámbrica base 1002A, descrito anteriormente con respecto a la FIG. 10A. Como se muestra, el circuito equivalente 1002B incluye el puente de inversor H, un condensador equivalente  $C_B$ , un inductor equivalente  $L_B$ , un condensador equivalente  $C_{1B}$ , un inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  y la carga útil R. La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículo eléctrico 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ). Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1002B se muestran en la FIG. 10B, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones.

Debido a que el condensador  $C_{1A}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  están en serie, el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  tiene una impedancia característica de  $j(1-\beta)X$ . El condensador equivalente  $C_{1B}$  tiene una impedancia característica de  $-j(1-\beta)X$ , en resonancia con el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$ . En consecuencia, el condensador

equivalente  $C_B$  y el inductor equivalente  $L_B$  forman el primer inductor de una red LCL, el condensador equivalente  $C_{1B}$  forma el condensador de la red LCL y el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  y la carga útil  $R$  forman el segundo inductor de la red LCL.

- 5 Debido al cambio de la impedancia característica de la red LCL, el condensador equivalente  $C_B$  y el inductor equivalente  $L_B$  tienen de forma equivalente un componente reactivo adicional con un valor de impedancia de  $j\beta X$ . Este componente reactivo adicional con valor de  $j\beta X$  puede obligar al puente de inversor a suministrar un reactivo de voltio-amperio (VAR) adicional. La relación de este VAR adicional sobre la energía suministrada con respecto a la variación de sintonización,  $p$ , y a una  $Q$  de resonancia cargada de la red LCL se da en la Ecuación 3:

10

$$\frac{\text{VAR}}{P} = \frac{-\beta R}{(1-\beta)^2 X} = \frac{-\beta}{(1-\beta)Q} \quad \dots (3)$$

15

Debido a que  $VA^2=P^2+VAR^2$ , para la misma tensión de salida de inversor  $V_i$ , el incremento de la corriente de salida de inversor  $I_i$  (considerando solamente el componente fundamental) puede expresarse como se muestra en la Ecuación 4:

$$\Delta I_i \propto \sqrt{1 + \left( \frac{\beta}{(1-\beta)Q} \right)^2} \quad \dots (4)$$

20

En algunos modos de realización, la  $Q$  de resonancia de fuente alimentación se mantiene igual o mayor que 1. Por ejemplo, con una variación  $\beta$  de 0,5 y una  $Q$  de 1,5, para la misma tensión de salida de inversor  $V_i$ , el aumento de la magnitud para  $I_i$  puede estar alrededor del 20 %. Un gráfico del aumento de  $I_i$  frente a la cantidad de errores de sintonización  $\beta$  se muestra en la FIG. 11.

25

La FIG. 11 es un gráfico 1100 que muestra una corriente de salida de inversor frente a una cantidad de errores de sintonización. El eje  $x$  muestra una cantidad de errores de sintonización  $\beta$  como se ha descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 8-10B. El eje  $y$  muestra el cambio en la corriente de salida de inversor  $I_i$ , analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 8-10B. El gráfico 1100 supone una tensión de salida máxima estable de inversor  $V_i$  y una  $Q$  cargada de 1,5.

30

Con referencia de nuevo a las FIGS. 8-10, en algunos modos de realización, la carga reactiva  $j\beta X$  adicional puede compensarse mediante la adición de uno o más condensadores en serie con los conmutadores  $S1$  y  $S2$ . Por ejemplo, cuando cada conmutador  $S1$  y  $S2$  está cerrado, uno o más condensadores pueden formar el primer ramal de la red LCL con una impedancia de  $jX$  para mantenerla sintonizada. En algunos modos de realización, los condensadores adicionales pueden no ser necesarios para conseguir una red LCL completamente sintonizada en ambos estados de funcionamiento.

35

La FIG. 12A es un diagrama esquemático de otro sistema de carga inalámbrica base 1202, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 1202A puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, y 302, descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 1202A incluye el puente de inversor  $H$ , el condensador  $C_B$ , el primer inductor  $L_B$ , el transformador de aislamiento  $TX$ , el primer conmutador  $S1$ , el segundo conmutador  $S2$ , el condensador  $C_{1A}$ , el condensador  $C_{1B}$ , un cuarto condensador  $C_{TX1}$ , un quinto condensador  $C_{TX2}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Una carga útil  $R$  representa la carga del lado receptor, tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículo eléctrico 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil  $R$  puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

40

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1202A se muestran en la FIG. 12A, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o disponerse, o pueden incluirse otras porciones. Por ejemplo, los conmutadores  $S1$  y  $S2$  de un único polo de un único tiro (SPST) pueden reemplazarse por el conmutador de un único polo de doble tiro (SPDT). Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en el componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.). Por ejemplo, en algunos modos de realización, el cuarto condensador  $C_{TX1}$  puede reemplazarse por un segundo inductor  $L_{TX1}$  (no mostrado), dependiendo de la polaridad del componente reactivo adicional durante la conmutación  $C_{1A}$  desde la configuración en paralelo hasta la configuración en serie parcial y viceversa. A modo de ejemplo, en un modo de realización donde la impedancia total del condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  es  $j(1-\beta)X$ , durante la configuración en paralelo, el segundo inductor  $L_{TX1}$  puede tener una impedancia de  $j\beta X$  para mantener la red LCL sintonizada. A continuación, durante la configuración en serie parcial, puede omitirse

55

60

el quinto condensador  $C_{TX2}$  (o un tercer inductor  $L_{TX2}$ , no mostrado).

5 El puente de inversor H sirve para generar la señal que varía con el tiempo para la transmisión de energía inalámbrica. En diversos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir, por ejemplo, circuitería tal como el convertidor CA/CC configurado para convertir energía de CA en energía de CC de la red eléctrica estándar en un nivel de tensión adecuado y el convertidor CC/baja frecuencia (LF) configurado para convertir la energía de CC en energía a la frecuencia de funcionamiento adecuada para la transferencia inalámbrica de alta energía. En algunos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir el convertidor de energía de sistema de carga base 236 y/o 336, analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 2 y 3, respectivamente. El puente de inversor H  
10 mostrado en la FIG. 12A proporciona la tensión de salida de inversor  $V_i$  y la corriente de salida de inversor  $I_i$ . En el modo de realización ilustrado, el puente de inversor H incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del condensador  $C_B$  y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal de la bobina primaria del transformador de aislamiento TX.

15 El condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  sirven como impedancia de acoplamiento  $jX$ . Juntos, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden formar el primer elemento inductivo de la red LCL girada para  $jX$ . En diversos modos de realización, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden reemplazarse por otra red reactiva que tenga la impedancia característica  $jX$ . En el modo de realización ilustrado, el condensador  $C_B$  incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del puente de inversor H y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del primer inductor  $L_B$ . En el modo de realización ilustrado, el primer inductor  $L_B$   
20 incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del condensador  $C_B$  y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina primaria del transformador de aislamiento TX.

25 El transformador de aislamiento TX sirve para aislar de forma eléctrica la bobina de inducción de sistema base de transmisión  $L_1$  de la red eléctrica. En algunos modos de realización, el transformador de aislamiento TX puede propagar la corriente de salida de inversor  $I_i$  a los conmutadores S1 y S2. En algunos modos de realización, el transformador de aislamiento TX puede omitirse. En el modo de realización ilustrado, el transformador de aislamiento TX tiene la relación de giros de 1:1. En otros modos de realización, el transformador de aislamiento TX  
30 puede tener otra relación de giros tal como, por ejemplo, 1:n1.

En el modo de realización ilustrado, el transformador de aislamiento TX incluye la bobina primaria y la bobina secundaria. La bobina primaria incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del primer inductor  $L_B$  y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del puente de inversor H. La bobina secundaria incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del primer conmutador S1 y al primer terminal del segundo conmutador S2 y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al  
35 segundo terminal del tercer condensador  $C_{1B}$  y al segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ .

Pueden proporcionarse los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  para formar el circuito de resonancia con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  que resuene a la frecuencia deseada. En algunos modos de realización, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  pueden formar el condensador  $C_1$ , descrito anteriormente con respecto a la FIG. 2. El condensador  $C_{1A}$  tiene la impedancia característica de  $-j\beta X$ , donde  $-\beta$  es la variación de sintonización descrita con más detalle en el presente documento. El condensador  $C_{1B}$  tiene la impedancia característica de  $-j(1-\beta)X$ .  
40

45 El condensador  $C_{1A}$  incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del cuarto condensador  $C_{TX1}$  y al primer terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del quinto condensador  $C_{TX2}$  y al primer terminal del condensador  $C_{1B}$ . El condensador  $C_{1A}$  puede establecerse de forma dinámica en una o al menos dos configuraciones, por ejemplo mediante el funcionamiento de los conmutadores S1 y S2. En la primera configuración, denominada también configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en serie con el condensador  $C_{1B}$ . En la segunda configuración, denominada también configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ .  
50

55 El condensador  $C_{1B}$  incluye al menos el primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del quinto condensador  $C_{TX2}$  y al segundo terminal del condensador  $C_{1A}$  y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con el condensador  $C_{1B}$  y en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con el condensador  $C_{1B}$  y en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  puede llevar la corriente  $I_c$ .  
60

65 El primer conmutador S1 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el segundo conmutador S2, el primer conmutador S1 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en

5 paralelo o en serie parcial. El primer conmutador S1 puede incluir, por ejemplo, el relé mecánico o el conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El primer conmutador S1 incluye el primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al primer terminal del segundo conmutador S2 y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del cuarto condensador  $C_{TX1}$ . El primer conmutador S1 puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

10 El segundo conmutador S2 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo o en serie parcial. El segundo conmutador S2 puede incluir, por ejemplo, el relé mecánico o el conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El segundo conmutador S2 incluye el primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina secundaria del transformador de aislamiento TX y al primer terminal del primer conmutador S1 y el segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del quinto condensador  $C_{TX2}$ . El segundo conmutador S2 puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

15 La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  sirve para transmitir energía de forma inalámbrica al nivel suficiente para cargar o alimentar el vehículo eléctrico 112. Por ejemplo, el nivel de energía proporcionado de forma inalámbrica por la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede ser del orden de kilovatios (kW) (por ejemplo, cualquier valor entre 1 kW y 110 kW, o mayor o menor). En algunos modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede incluir la bobina de inducción de sistema base 204 descrita anteriormente con respecto a la FIG. 2. En otros  
20 modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede servir para otros propósitos, no limitados a la carga inalámbrica o eléctrica del vehículo.

La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede accionar la carga de lado receptor, representada en la FIG. 12A por la carga útil R. La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede llevar la corriente de salida de sistema base  $I_1$ , que puede denominarse también corriente de resonancia  $I_1$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede ser el múltiplo de la corriente de salida de inversor  $I_i$  tal como, por ejemplo, entre alrededor de dos y alrededor de seis veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ , alrededor de cuatro veces la corriente de salida de inversor  $I_i$  o alrededor de cinco veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede estar entre aproximadamente 30 A y alrededor de 50 A, tal como  
30 alrededor de 40 A. Por consiguiente, la corriente de salida de inversor  $I_i$  puede estar entre alrededor de 6 A y alrededor de 12 A, tal como alrededor de 8 A, alrededor de 9 A, o alrededor de 10 A.

El cuarto condensador  $C_{TX1}$  sirve para formar un primer ramal de una red LCL, junto con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , cuando el primer conmutador S1 está cerrado. En otras palabras, el cuarto condensador  $C_{TX1}$   
35 puede sintonizar el sistema de carga inalámbrica base 1202A cuando esté en la configuración en paralelo. En un modo de realización, el cuarto condensador  $C_{TX1}$  puede omitirse. El quinto condensador  $C_{TX2}$  sirve para formar un primer ramal de una red LCL, junto con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , cuando el segundo conmutador S2 esté cerrado. En otras palabras, el quinto condensador  $C_{TX2}$  puede sintonizar el sistema de carga inalámbrica base 1202A cuando esté en la configuración en serie parcial. La impedancia total del cuarto condensador  $C_{TX1}$ , en conjunción con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , puede ser  $jX$ . La impedancia total del quinto condensador  $C_{TX2}$ , en conjunción con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , puede ser  $j(1-\beta)X$ . Los circuitos equivalentes para las configuraciones en paralelo y en serie parcial se muestran en las FIGS. 12B-12C, a continuación.

La FIG. 12B es un diagrama esquemático de un circuito equivalente 1202B para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización. En un modo de realización, el circuito equivalente 1202B puede incluir un equivalente para el sistema de carga inalámbrica base 902A, descrito anteriormente con respecto a la FIG. 9A. Como se muestra, el circuito equivalente 1202B incluye el puente de inversor H, un condensador equivalente  $C_B$ , un inductor equivalente  $L_B$ , un condensador equivalente  $C_{TX1}$ , un condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$ , un inductor equivalente  $L_1$ , y la carga útil R. La carga útil R representa la carga del lado receptor, tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ). Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1202B se muestran en la FIG. 12B, el experto en la materia medio apreciará que una o más  
50 porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones.

Debido a que el condensador  $C_{1A}$  y el condensador  $C_{1B}$  están en serie, el condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$  tiene una impedancia característica de  $-jX$ . El inductor equivalente  $L_1$  tiene una impedancia característica de  $jX$ , en resonancia con el condensador equivalente  $C_{1B+C_{1A}}$ . El condensador equivalente  $C_B$ , el inductor equivalente  $L_B$  y el condensador equivalente  $C_{TX1}$  tienen una impedancia combinada de  $jX$ . Por consiguiente, el condensador equivalente  $C_B$ , el inductor equivalente  $L_B$  y el condensador equivalente  $C_{TX1}$  forman el primer inductor de una red LCL, el condensador equivalente  $C_{1A+C_{1B}}$  forma el condensador de la red LCL y el inductor equivalente  $L_1$  y la carga útil R forman el segundo inductor de la red LCL.

65 La FIG. 12C es un diagrama esquemático de un circuito equivalente 1202C para un sistema de carga inalámbrica base en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización. En un modo de realización, el

circuito equivalente 1202C puede incluir un equivalente para el sistema de carga inalámbrica base 1002A, descrito anteriormente con respecto a la FIG. 10A. Como se muestra, el circuito equivalente 1202C incluye el puente de inversor H, un condensador equivalente  $C_B$ , un inductor equivalente  $L_B$ , un condensador equivalente  $C_{TX2}$ , un condensador equivalente  $C_{1B}$ , un inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  y la carga útil R. La carga útil R representa la carga del lado receptor, tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los cuarto y quinto condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ). Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1202C se muestran en la FIG. 12C, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o disponerse, o pueden incluirse otras porciones.

Debido a que el condensador  $C_{1A}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  están en serie, el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  tiene una impedancia característica de  $j(1-\beta)X$ . El condensador equivalente  $C_{1B}$  tiene una impedancia característica de  $-j(1-\beta)X$ , en resonancia con el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$ . El condensador equivalente  $C_B$ , el inductor equivalente  $L_B$  y el condensador equivalente  $C_{TX2}$  tienen una impedancia combinada de adaptación de  $j(1-\beta)X$ . Por consiguiente, el condensador equivalente  $C_B$ , el inductor equivalente  $L_B$  y el condensador equivalente  $C_{TX2}$  forman el primer inductor de una red LCL, el condensador equivalente  $C_{1B}$  forma el condensador de la red LCL y el inductor equivalente  $L_1+C_{1A}$  y la carga útil R forma el segundo inductor de la red LCL.

En un modo de realización, un sistema de carga inalámbrica base puede ajustar también una relación de giros de transformador mientras que cambia de forma simultánea la impedancia característica de la red LCL. Por consiguiente, un controlador puede ajustar una relación entre  $I_1$  y  $V_i$  basándose en una variación de acoplamiento magnético detectada y requisitos de carga. Un modo de realización de una fuente de alimentación primaria que tiene un transformador de tomas múltiples secundario se muestra en las FIGS. 13-15.

La FIG. 13 es un diagrama esquemático de otro sistema de carga inalámbrica base 1302 que tiene un transformador de tomas múltiples, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 1302 puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, y 302, descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 1302 incluye un puente de inversor H, un condensador  $C_B$ , un primer inductor  $L_B$ , un transformador TX de tomas múltiples, un primer conmutador S1, un segundo conmutador S2, un condensador  $C_{1A}$ , un condensador  $C_{1B}$ , un cuarto condensador  $C_{TX1}$ , un quinto condensador  $C_{TX2}$  y una bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Una carga útil R representa una carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1302 se muestran en la FIG. 13, un experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o disponerse, o pueden incluirse otras porciones. Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en un componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

El puente de inversor H sirve para generar una señal que varíe con el tiempo para la transmisión inalámbrica de energía. En diversos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir, por ejemplo, circuitería tal como un convertidor CA/CC configurado para convertir energía de CA en energía de CC de la red eléctrica estándar a un nivel de tensión adecuado y un convertidor CC/baja frecuencia (LF) configurado para convertir la energía de CC en energía a una frecuencia de funcionamiento adecuada para la transferencia alta inalámbrica de energía. En algunos modos de realización, el puente de inversor H puede incluir el convertidor de energía de sistema de carga base 236 y/o 336, analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 2 y 3, respectivamente. El puente de inversor H mostrado en la FIG. 13 proporciona una tensión de salida de inversor  $V_i$  y una corriente de salida de inversor  $I_i$ . En el modo de realización ilustrado, el puente de inversor H incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del condensador  $C_B$ , y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal de una bobina primaria del transformador TX de tomas múltiples.

El condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  sirven como impedancia de adaptación  $jX$ . Juntos, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden formar un primer elemento inductivo de una red LCL girada para  $jX$ . En diversos modos de realización, el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$  pueden reemplazarse por otra red reactiva que tenga la impedancia característica  $jX$ . En el modo de realización ilustrado, el condensador  $C_B$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del puente de inversor H y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del primer inductor  $L_B$ . En el modo de realización ilustrado, el primer inductor  $L_B$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del condensador  $C_B$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal de la bobina primaria del transformador TX de tomas múltiples.

- El transformador TX de tomas múltiples sirve para aislar de forma eléctrica la bobina de inducción de sistema base de transmisión  $L_1$  de la red eléctrica. En algunos modos de realización, el transformador TX de tomas múltiples puede propagar la corriente de salida de inversor  $I_i$  a los conmutadores S1 y S2. En algunos modos de realización, puede omitirse el transformador TX de tomas múltiples. En el modo de realización ilustrado, el transformador TX de tomas múltiples tiene una relación de giros seleccionable basándose en una salida de toma. La relación de giros seleccionable puede ser, por ejemplo, 1:1, 2:1, etc. En otros modos de realización, el transformador TX de tomas múltiples puede tener otras relaciones de giros tales como, por ejemplo, 1:n1.
- En el modo de realización ilustrado, el transformador TX de tomas múltiples incluye una bobina primaria y una bobina secundaria. La bobina primaria incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del primer inductor  $L_B$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del puente de inversor H. La bobina secundaria incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del cuarto condensador  $C_{TX1}$ , un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un primer terminal del quinto condensador  $C_{TX2}$  y un tercer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del condensador  $C_{1B}$  y a un segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Una tensión de salida en el primer terminal de la bobina secundaria es  $V_{TX1}$  y una tensión de salida en el segundo terminal de la bobina secundaria es  $V_{TX2}$  que puede ser una fracción de  $V_{TX1}$ .
- Pueden proporcionarse los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  para formar un circuito resonante con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  que resuene a una frecuencia deseada. En algunos modos de realización, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  pueden formar el condensador  $C_1$ , descrito anteriormente con respecto a la FIG. 2. El condensador  $C_{1A}$  tiene una impedancia característica de  $-j\beta X$ , donde  $\beta$  es una variación de sintonización descrita con mayor detalle en el presente documento. El condensador  $C_{1B}$  tiene una impedancia característica de  $-j(1-\beta)X$ .
- El condensador  $C_{1A}$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del segundo conmutador S2 y a un primer terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del primer conmutador S1 y a un primer terminal del condensador  $C_{1B}$ . El condensador  $C_{1A}$  puede establecerse de forma dinámica en una o al menos dos configuraciones, por ejemplo mediante el funcionamiento de los conmutadores S1 y S2. En una primera configuración, denominada también configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en serie con el condensador  $C_{1B}$ . En la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  puede recibir la segunda tensión de toma  $V_{TX2}$ , que puede tener un valor absoluto inferior a la primera tensión de toma  $V_{TX1}$ . En una segunda configuración, denominada también configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  y en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ . En la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  puede recibir la primera tensión de toma  $V_{TX1}$ , que puede tener un valor absoluto más alto que la segunda tensión de toma  $V_{TX2}$ . La configuración en paralelo se muestra y describe en el presente documento con respecto a la FIG. 14 y la configuración en serie parcial se muestra y describe en el presente documento con respecto a la FIG. 15.
- El condensador  $C_{1B}$  incluye al menos un primer terminal acoplado de forma eléctrica a un segundo terminal del primer conmutador S1 y al segundo terminal del condensador  $C_{1A}$  y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal de la bobina secundaria del condensador  $C_{1A}$  del transformador TX de tomas múltiples y al segundo terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  está configurado en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en serie con el condensador  $C_{1B}$  y en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  está configurado en paralelo con el condensador  $C_{1B}$  y en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El condensador  $C_{1B}$  puede llevar una corriente  $I_C$ .
- El primer conmutador S1 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el segundo conmutador S2, el primer conmutador S1 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo o en serie parcial. El primer conmutador S1 puede incluir, por ejemplo, un relé mecánico o un conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El primer conmutador S1 incluye un primer terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal de la bobina secundaria del transformador TX de tomas múltiples (a través de un segundo terminal del cuarto condensador  $C_{TX1}$ ) y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal del condensador  $C_{1A}$  y al primer terminal del condensador  $C_{1B}$ . El primer conmutador S1 puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .
- El segundo conmutador S2 sirve para acoplar de forma selectiva los primer y segundo terminales. En conjunción con el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2 puede establecer el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo o en serie parcial. El segundo conmutador S2 puede incluir, por ejemplo, un relé mecánico o un conmutador de corriente alterna (CA) semiconductor. El segundo conmutador S2 incluye un primer terminal acoplado de forma eléctrica al segundo terminal de la bobina secundaria del transformador TX de tomas múltiples (a través de un segundo terminal del quinto condensador  $C_{TX2}$ ) y un segundo terminal acoplado de forma eléctrica al primer terminal del condensador  $C_{1A}$  y al primer terminal de la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . El segundo conmutador S2

puede llevar la corriente de salida de inversor  $I_i$ .

La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  sirve para transmitir energía de forma inalámbrica a un nivel suficiente para cargar o alimentar el vehículo eléctrico 112. Por ejemplo, el nivel de energía proporcionado de forma inalámbrica por la bobina de inducción de sistema base 1 puede ser del orden de kilovatios (kW) (por ejemplo, cualquier valor entre 1 kW y 110 kW, o mayor o menor). En algunos modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede incluir la bobina de inducción de sistema base 204 descrita anteriormente con respecto a la FIG. 2. En otros modos de realización, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede servir para otros propósitos, no limitados a la carga inalámbrica o eléctrica del vehículo.

La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede accionar una carga del lado receptor, representada en la FIG. 13 por la carga útil R. La bobina de inducción de sistema base  $L_1$  puede llevar una corriente de salida de sistema base  $I_1$ , que puede denominarse también corriente de resonancia  $I_1$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede ser un múltiplo de la corriente de salida de inversor  $I_i$  tal como, por ejemplo, entre alrededor de dos y alrededor de seis veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ , alrededor de cuatro veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ , o alrededor de cinco veces la corriente de salida de inversor  $I_i$ . En diversos modos de realización, la corriente de salida de sistema base  $I_1$  puede estar entre alrededor de 30 A y alrededor de 50 A, tal como alrededor de 40 A. Por consiguiente, la corriente de salida de inversor  $I_i$  puede estar entre alrededor de 6 A y alrededor de 12 A, tal como alrededor de 8 A, alrededor de 9 A o alrededor de 10 A.

El cuarto condensador  $C_{TX1}$  sirve para formar un primer ramal de una red LCL, junto con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , cuando el primer conmutador S1 esté cerrado. En otras palabras, el cuarto condensador  $C_{TX1}$  puede sintonizar el sistema de carga inalámbrica base 1202 cuando esté en la configuración en serie parcial. El quinto condensador  $C_{TX2}$  sirve para formar un primer ramal de una red LCL, junto con el condensador  $C_B$  y el primer inductor  $L_B$ , cuando el segundo conmutador S2 esté cerrado. En otras palabras, el quinto condensador  $C_{TX2}$  puede sintonizar el sistema de carga inalámbrica base 1202 cuando esté en la configuración en paralelo. En un modo de realización, el quinto condensador  $C_{TX2}$  puede omitirse.

Cuando el segundo conmutador S2 está cerrado, el transformador TX de tomas múltiples puede funcionar en un estado de relación de giros baja y la red LCL puede funcionar en un estado de impedancia  $jX$  relativamente superior, como se muestra y describe a continuación con respecto a la FIG. 14. Una tensión inferior  $V_{TX1}$  y una impedancia superior darán como resultado una corriente inferior  $I_1$  en la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . Cuando el primer conmutador S1 está cerrado, el transformador TX de tomas múltiples puede funcionar en un estado de relación de giros alta y la red LCL puede funcionar en un estado de impedancia  $j(1-\beta)X$  relativamente inferior, como se muestra y describe a continuación con respecto a la FIG. 15. Por lo tanto, una tensión  $V_{TX2}$  superior y una impedancia inferior dará como resultado una corriente  $I_1$  superior en la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ .

La FIG. 14 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base 1402 que tiene un transformador de tomas múltiples en una configuración en paralelo, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 1402 puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, 302 y 1302 descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3 y 8, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 1402 incluye el puente de inversor H, el condensador  $C_B$ , el primer inductor  $L_B$ , el transformador TX de tomas múltiples, el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , el condensador  $C_{1B}$ , el cuarto condensador  $C_{TX1}$ , el quinto condensador  $C_{TX2}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1402 se muestran en la FIG. 14, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones. Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en el componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

En el modo de realización ilustrado de la FIG. 14, el primer conmutador S1 está abierto y el segundo conmutador S2 está cerrado. Por consiguiente, el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en paralelo y el transformador TX de tomas múltiples se establece en una configuración de relación de giros baja. En otras palabras, abriendo el primer conmutador S1 y cerrando el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , que tiene una impedancia de  $-j\beta X$ , está configurado en serie con el condensador  $C_{1B}$ , que tiene una impedancia de  $-j(1-\beta)X$ . Además, el condensador  $C_{1A}$  y el condensador  $C_{1B}$  están configurados en paralelo con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ , que tiene una impedancia de  $jX$ , para formar una red resonante paralela. En esta configuración, la impedancia característica de la red LCL es X. Un circuito equivalente de esta configuración de compensación paralela se muestra en la FIG. 12B, anteriormente.

La FIG. 15 es un diagrama esquemático de un sistema de carga inalámbrica base 1502 que tiene un transformador de tomas múltiples en una configuración en serie parcial, de acuerdo con un modo de realización. En diversos modos de realización, el sistema de carga inalámbrica base 1502 puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de carga inalámbrica base 102a, 102b, 202, 302 y 1302 descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3 y 8, respectivamente. Como se muestra, el sistema de carga inalámbrica base 1502 incluye el puente de inversor H, el condensador  $C_B$ , el primer inductor  $L_B$ , el transformador TX de tomas múltiples, el primer conmutador S1, el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , el condensador  $C_{1B}$ , el cuarto condensador  $C_{TX1}$ , el quinto condensador  $C_{TX2}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ . La carga útil R representa la carga del lado receptor tal como, por ejemplo, el sistema de carga de vehículos eléctricos 114, 214 y/o 314, descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, respectivamente. La carga útil R puede incluir también pérdidas que pueden ser inherentes a las bobinas de inducción (por ejemplo, la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ ) y condensadores antirreactancia (por ejemplo, los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$ ).

Aunque diversas porciones del sistema de carga inalámbrica 1502 se muestran en la FIG. 15, el experto en la materia medio apreciará que una o más porciones pueden extraerse, reemplazarse o rediseñarse, o pueden incluirse otras porciones. Además, diversos condensadores, inductores y/o resistores descritos en el presente documento pueden reemplazarse por circuitos equivalentes (por ejemplo, integrando múltiples componentes en el componente individual, dividiendo componentes individuales en múltiples componentes, etc.).

En el modo de realización ilustrado de la FIG. 15, el primer conmutador S1 está cerrado y el segundo conmutador S2 está abierto. Por consiguiente, el condensador  $C_{1A}$  se establece en la configuración en serie parcial y el transformador TX de tomas múltiples se establece en una configuración de relación de giros alta. En otras palabras, cerrando el primer conmutador S1 y abriendo el segundo conmutador S2, el condensador  $C_{1A}$ , que tiene una impedancia de  $-j\beta X$ , está configurado en serie con la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ , que tiene una impedancia de  $jX$ . Además, el condensador  $C_{1A}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  están configurados en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ , que tiene una impedancia de  $-j(1-\beta)X$ , para formar una red de resonancia paralela. En esta configuración, la impedancia característica de la red LCL es  $(1-\beta)X$ . En otras palabras, la corriente de salida de sistema base  $I_s$  se aumenta un factor de  $1/(1-\beta)$  encima de cualquier aumento debido a cambios en la relación de giros de TX. Un circuito equivalente de esta configuración de compensación paralela se muestra en la FIG. 12C, anteriormente.

La FIG. 16 es un diagrama de flujo 1600 de un procedimiento a modo de ejemplo de transmisión inalámbrica de energía. Aunque el procedimiento del diagrama de flujo 1600 se describe en el presente documento con referencia a los sistemas de transferencia inalámbrica de energía 100, 200 y 300 analizados anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3, los sistemas de carga inalámbrica base 102, 202, 302, 802, 902A, 902B, 1002A, 1002B, 1202A, 1202B, 1202C, 1302, 1402 y 1502 analizados anteriormente con respecto a las FIGS. 1-3 y 8-15, un experto en la materia medio apreciará que el procedimiento del diagrama de flujo 1600 puede implementarse mediante otro dispositivo descrito en el presente documento o cualquier otro dispositivo adecuado. En un modo de realización, las etapas en el diagrama de flujo 1600 pueden realizarse mediante un procesador o un controlador, tal como, por ejemplo, el controlador 432 (FIG. 3). Aunque el procedimiento del diagrama de flujo 1600 se describe en el presente documento con referencia a un orden particular, en diversos modos de realización, los bloques en el presente documento pueden realizarse en un orden diferente, u omitirse, y pueden añadirse bloques adicionales.

Primero, en el bloque 1610, el sistema de carga inalámbrica base 102 genera, en una antena de transmisión, un campo para la energía de transmisión inalámbrica, tanto en una primera como en una segunda configuración. Por ejemplo, el puente de inversor H del sistema de carga inalámbrica base 802 puede alimentar la bobina de inducción de sistema base  $L_1$  para generar el campo, como se ha analizado anteriormente con respecto a la FIG. 8.

A continuación, en el bloque 1620, el sistema de carga inalámbrica base 102 conecta de forma selectiva un primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones. El primer condensador está en serie con la antena de transmisión en la primera configuración y en paralelo con la antena de transmisión en la segunda configuración. Por ejemplo, el controlador de sistema de carga base 342 puede abrir y cerrar de forma selectiva los primer y segundo conmutadores S1 y S2 para conectar el condensador  $C_{1A}$  en las configuraciones en serie parcial o en paralelo, tal como de la manera analizada anteriormente con respecto a las FIGS. 10A y 10B, respectivamente.

El sistema de carga inalámbrica base 102 conecta el primer condensador en paralelo con un segundo condensador en la primera configuración y en serie con el segundo condensador en la segunda configuración. El segundo condensador está en paralelo con la antena de transmisión. Por ejemplo, cuando el controlador de sistema de carga base 342 conecta el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en paralelo, el condensador  $C_{1A}$  puede estar en serie con el condensador  $C_{1B}$ , tal como de la manera analizada anteriormente con respecto a la FIG. 10A. Cuando el controlador de sistema de carga base 342 conecta el condensador  $C_{1A}$  en la configuración en serie parcial, el condensador  $C_{1A}$  puede estar en paralelo con el condensador  $C_{1B}$ , tal como de la manera analizada anteriormente con respecto a la FIG. 10A.

En un modo de realización, el transmisor de energía inalámbrico puede incluir un tercer condensador en serie con al menos un conmutador. Por ejemplo, los sistemas de carga inalámbrica base 1202A-1202C pueden incluir uno o

ambos de los condensadores  $C_{TX1}$  y  $C_{TX2}$ , como se ha analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 12A-12C. En un modo de realización, el tercer condensador está configurado para compensar una carga reactiva adicional presente en la primera configuración. Por ejemplo, el tercer condensador que incluye  $C_{TX1}$  y/o  $C_{TX2}$  puede compensar el componente reactivo  $j\beta X$  adicional cuando el condensador  $C_{1A}$  esté en la configuración en serie parcial. En un modo de realización, el tercer condensador puede tener una impedancia característica de  $-j\beta X$ .

En un modo de realización, el sistema de carga inalámbrica base 102 puede conectar el primer condensador a través de al menos un conmutador que no forma parte de una trayectoria de resonancia. Por ejemplo, el controlador del sistema de carga base 342 puede hacer funcionar los primer y segundo conmutadores S1 y S2 del sistema de carga inalámbrica base 802, como se ha analizado anteriormente con respecto a la FIG. 8. Los conmutadores S1 y S2 no forman parte de la trayectoria de resonancia que incluye los condensadores  $C_{1A}$  y  $C_{1B}$  y la bobina de inducción de sistema base  $L_1$ .

En un modo de realización, el sistema de carga inalámbrica base 102 puede conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones basándose en un acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor. Por ejemplo, el controlador de sistema de carga base 342 puede seleccionar una de las configuraciones en serie parcial y en paralelo para mantener la tensión de salida de inversor  $V_i$ . En un modo de realización, el sistema de carga inalámbrica base 102 puede medir el acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor y comparar el acoplamiento con un umbral.

En un modo de realización, el sistema de carga inalámbrica base 102 puede configurar un transformador de tomas múltiples para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y en una segunda relación de giros en la segunda configuración. La primera relación de giros puede ser superior que la segunda relación de giros. Por ejemplo, el controlador de sistema de carga base 342 puede hacer funcionar los primer y segundo conmutadores S1 y S2 del sistema de carga inalámbrica base 1302 a fin de derivar el transformador TX de tomas múltiples, como se ha analizado anteriormente con respecto a la FIG. 13.

La FIG. 17 es un diagrama de bloques funcional de un aparato 1700 para transmitir energía de carga inalámbrica, de acuerdo con un modo de realización de la invención. Los expertos en la técnica apreciarán que un aparato de comunicación inalámbrica puede tener más componentes que el aparato 1700 simplificado mostrado en la FIG. 17. El aparato 1700 para transmitir energía de carga inalámbrica incluye solamente esos componentes útiles para describir algunas características destacables de implementaciones dentro del alcance de las reivindicaciones. El aparato 1700 para transmitir energía de carga inalámbrica incluye un primer condensador 1705, medios 1710 para generar un campo para energía de transmisión inalámbrica en unas primera y segunda configuraciones y medios 1720 para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones, estando el primer condensador en serie con los medios para generar en la primera configuración y en paralelo con los medios para generar en la segunda configuración.

En un modo de realización, el primer condensador 1705 puede incluir, por ejemplo, el condensador  $C_{1A}$  analizado anteriormente con respecto a las FIGS. 8-15. En algunos modos de realización, el primer condensador 1705 puede ser en su lugar unos medios para almacenar carga, unos medios para ajustar una impedancia característica, medios para reactancia, etc.

En un modo de realización, los medios 1710 para generar un campo para energía de transmisión inalámbrica en unas primera y segunda configuraciones pueden estar configurados para realizar una o más de las funciones descritas anteriormente con respecto al bloque 1610 (FIG. 16). En diversos modos de realización, los medios 1710 para generar un campo para energía de transmisión inalámbrica tanto en una primera como en una segunda configuración pueden implementarse mediante uno o más del controlador de sistema de carga base 342, las bobinas 104A (FIG. 1), 104B (FIG. 1), 204 (FIG. 2), 304 (FIG. 3) y  $L_1$  (FIGS. 8-15), los inversores H (FIGS. 8-15), el circuito de transmisión de sistema base 206 (FIG. 2) y el convertidor de energía de sistema de carga base 236 (FIG. 2).

En un modo de realización, los medios 1720 para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones pueden estar configurados para realizar una o más de las funciones descritas anteriormente con respecto al bloque 1620 (FIG. 16). En diversos modos de realización, los medios 1720 para conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones pueden implementarse mediante uno o más del controlador de sistema de carga base 342, de las bobinas 104A (FIG. 1) y de los primer y segundo conmutadores S1 y S2 (FIGS. 8-15).

Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse por cualquier medio adecuado capaz de realizar las operaciones, tales como diversos componente(s), circuitos y/o módulo(s) de hardware y/o software. En general, cualquier operación ilustrada en las Figuras puede realizarse por medios funcionales correspondientes capaces de realizar las operaciones.

La información y las señales pueden representarse usando cualquiera de una amplia variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que puedan haberse mencionado a lo largo de la descripción anterior, pueden representarse

mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

5 Los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmos ilustrativos descritos en conexión con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, se han descrito anteriormente diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos en general en términos de su funcionalidad. Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la aplicación específica y las restricciones de diseño impuestas al sistema completo. La funcionalidad descrita puede implementarse de formas variables para cada aplicación particular, pero no debería interpretarse que dichas decisiones de implementación ocasionan un alejamiento del alcance de los modos de realización de la invención.

15 Los diversos bloques, módulos y circuitos ilustrativos descritos en conexión con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador puede implementarse también como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores en conjunción con un núcleo de DSP o cualquier otra dicha configuración.

25 Las etapas de un procedimiento o algoritmo y las funciones descritas en conexión con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse en o transmitirse sobre, como una o más instrucciones o código, un medio no transitorio tangible legible por ordenador. Un módulo de software puede residir en una memoria de acceso aleatorio (RAM), en una memoria flash, en una memoria de solo lectura (ROM), en una memoria ROM programable de forma eléctrica (EPROM), en una memoria ROM borrable programable de forma eléctrica (EEPROM), en registros, en un disco duro, en un disco extraíble, en un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento está acoplado con el procesador de modo que el procesador puede leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El término disco, como se usa en el presente documento, incluye un disco compacto (CD), un disco láser, un disco óptico, un disco versátil digital (DVD), un disco flexible y un disco Blu-ray donde los discos reproducen usualmente datos de forma magnética, mientras que el resto de discos reproducen datos de forma óptica con láseres. Las combinaciones de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

45 Para los propósitos de resumir la divulgación, ciertos aspectos, ventajas y características novedosas de las invenciones se han descrito en el presente documento. Se entenderá que no pueden lograrse necesariamente todas dichas ventajas de acuerdo con cualquier modo de realización particular de la invención. Por tanto, la invención puede realizarse o llevarse a cabo de una manera que logre u optimice una ventaja o un grupo de ventajas como se enseña en el presente documento, sin lograr necesariamente otras ventajas como puede enseñarse o sugerirse en el presente documento.

50 Diversas modificaciones de los modos de realización descritos anteriormente resultarán evidentes fácilmente y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin alejarse del alcance de la invención. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización mostrados en el presente documento, sino que se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para transmitir energía de carga inalámbrica, que comprende:

5 un primer condensador (1705,  $C_{1A}$ );  
 medios para generar (1710,  $L_1$ ) un campo para la transmisión de energía inalámbrica tanto en una primera  
 como en una segunda configuración;  
 medios para conectar de forma selectiva (1720,  $S_1$ ,  $S_2$ ) adaptados para conectar el primer condensador en  
 una de las primera y segunda configuraciones, estando el primer condensador en serie con los medios para  
 10 generar en la primera configuración y en paralelo con los medios para generar en la segunda configuración; y  
 un segundo condensador ( $C_{1B}$ ) en paralelo con los medios para generar el campo; y **caracterizado porque:**

15 dichos medios para conectar de forma selectiva están adaptados para conectar el primer condensador en  
 paralelo con el segundo condensador en la primera configuración y en serie con el segundo condensador  
 en la segunda configuración.

2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 en el que los medios para generar comprenden:

20 una antena de transmisión ( $L_1$ ); y  
 medios para conectar de forma selectiva al menos un conmutador ( $S_1$ ,  $S_2$ ) configurado para conectar de  
 forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones, estando el primer  
 condensador en serie con la antena de transmisión en la primera configuración y en paralelo con la antena de  
 transmisión en la segunda configuración.

25 3. El aparato de la Reivindicación 2, que comprende además un tercer condensador ( $C_{TX1}$ ) en serie con el al  
 menos un conmutador.

4. El aparato de la Reivindicación 3, en el que el tercer condensador está configurado para compensar por una  
 30 carga reactiva adicional presente en la primera configuración.

5. El aparato de la Reivindicación 2, en el que el al menos un conmutador no forma parte de una trayectoria de  
 resonancia.

6. El aparato de la Reivindicación 2, en el que el al menos un conmutador está configurado para conectar de  
 35 forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones en base a un  
 acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor.

7. El aparato de la Reivindicación 5, que comprende además al menos un procesador configurado para medir el  
 40 acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor y para comparar el acoplamiento a un umbral.

8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un transformador de tomas  
 múltiples configurado para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y en una  
 segunda relación de giros en la segunda configuración, siendo la primera relación de giros superior a la  
 45 segunda relación de giros.

9. Un procedimiento para transmitir energía de carga inalámbrica en un transmisor de energía inalámbrico,  
 comprendiendo el transmisor un primer condensador ( $C_{1A}$ ) y un segundo condensador ( $C_{1B}$ ) donde el segundo  
 condensador ( $C_{1B}$ ) está conectado en paralelo con una antena de transmisión ( $L_1$ ), el procedimiento  
 50 comprendiendo:

generar (1610), en la antena de transmisión ( $L_1$ ), un campo para energía de transmisión inalámbrica, tanto en  
 una primera como en una segunda configuraciones, y  
 conectar de forma selectiva (1620) el primer condensador ( $C_{1A}$ ) en una de las primera y segunda  
 configuraciones, estando el primer condensador en serie con la antena de transmisión en la primera  
 55 configuración y en paralelo con la antena de transmisión en la segunda configuración y **caracterizado  
 porque:**

60 conecta el primer condensador en paralelo con el segundo condensador en la primera configuración y en  
 serie con el segundo condensador en la segunda configuración.

10. El procedimiento de la Reivindicación 9, en el que:

65 el transmisor comprende al menos un conmutador ( $S_1$ ,  $S_2$ ) para conectar de forma selectiva, y el  
 procedimiento comprende además conectar un tercer condensador ( $C_{TX1}$ ) en serie con el al menos un  
 conmutador ( $S_1$ ,  $S_2$ ), donde el tercer condensador está configurado para compensar por una carga reactiva  
 adicional presente en la primera configuración.

11. El procedimiento de la Reivindicación 9, en el que dicha conexión es a través de al menos un conmutador que no forma parte de una trayectoria de resonancia.
- 5 12. El procedimiento de la Reivindicación 9, que comprende además conectar de forma selectiva el primer condensador en una de las primera y segunda configuraciones en base a un acoplamiento entre la antena de transmisión y un receptor.
- 10 13. El procedimiento de la Reivindicación 12, que comprende además medir el acoplamiento entre la antena de transmisión y el receptor y comparar el acoplamiento con un umbral.
- 15 14. El procedimiento de la Reivindicación 9, que comprende además configurar un transformador de tomas múltiples para funcionar en una primera relación de giros en la primera configuración y en una segunda relación de giros en la segunda configuración, siendo la primera relación de giros superior que la segunda relación de giros.
- 15 15. Un medio no transitorio legible por ordenador que comprende códigos que, cuando se ejecutan, hacen que un aparato implemente el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14.



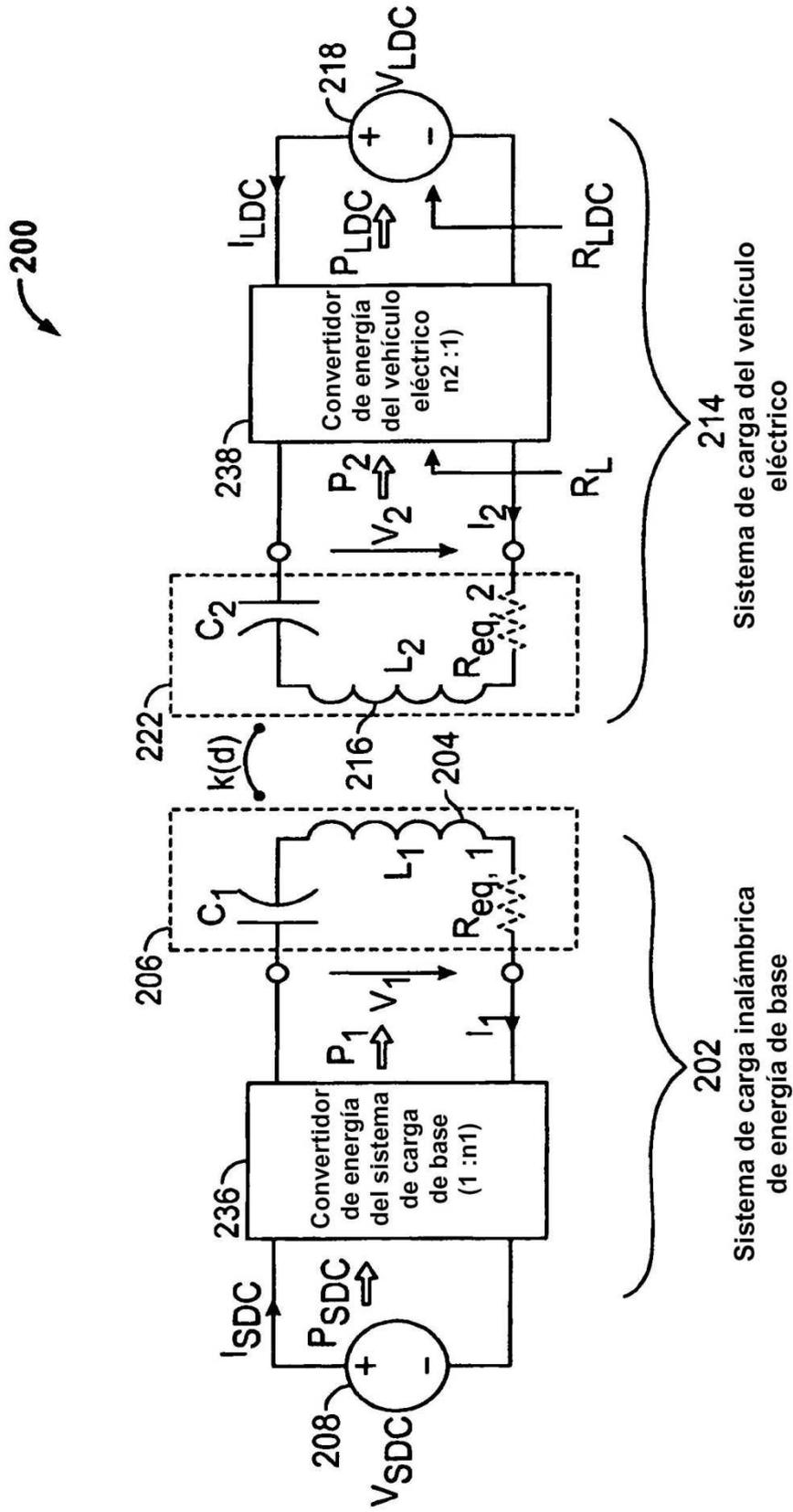


Figura 2

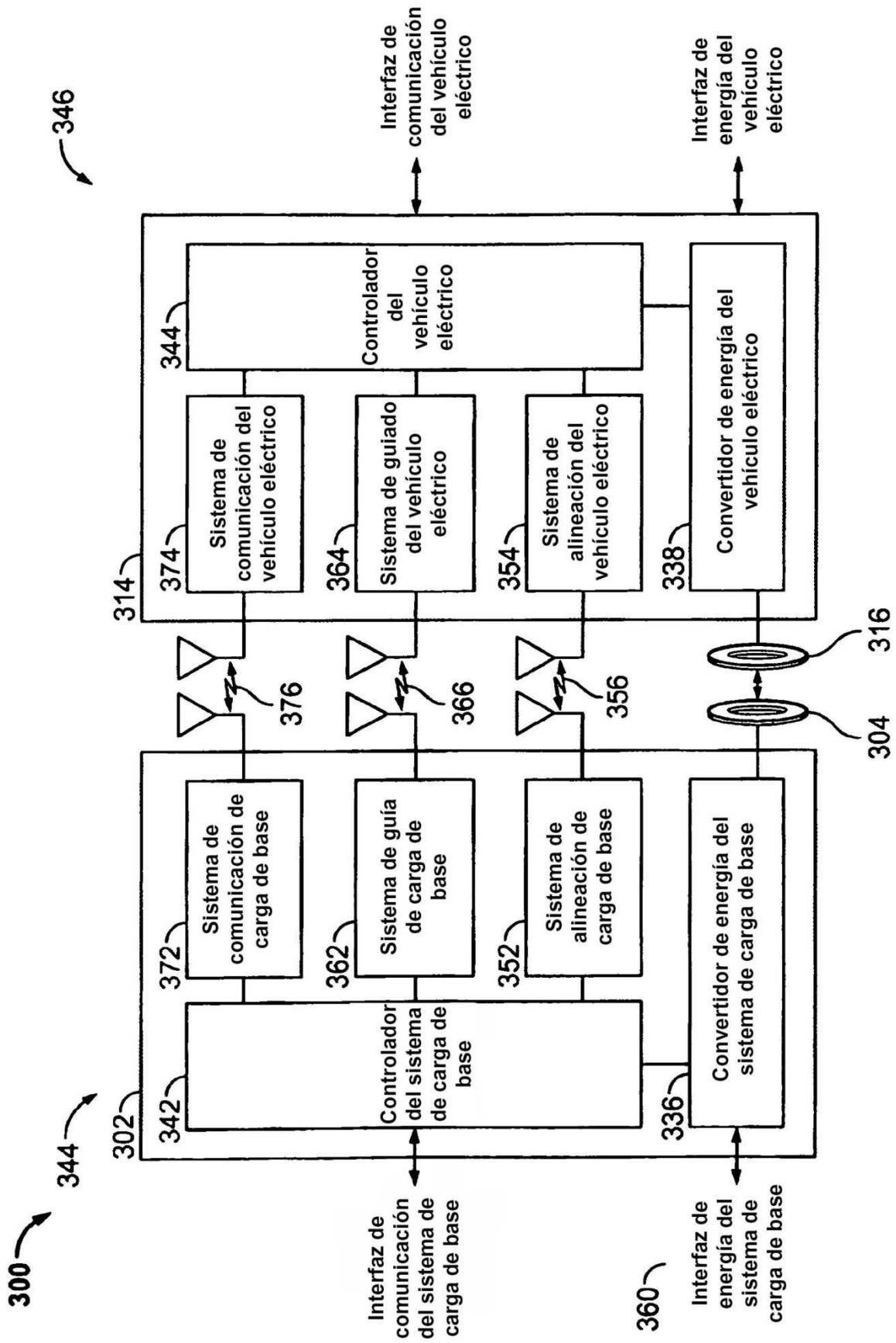


Figura 3

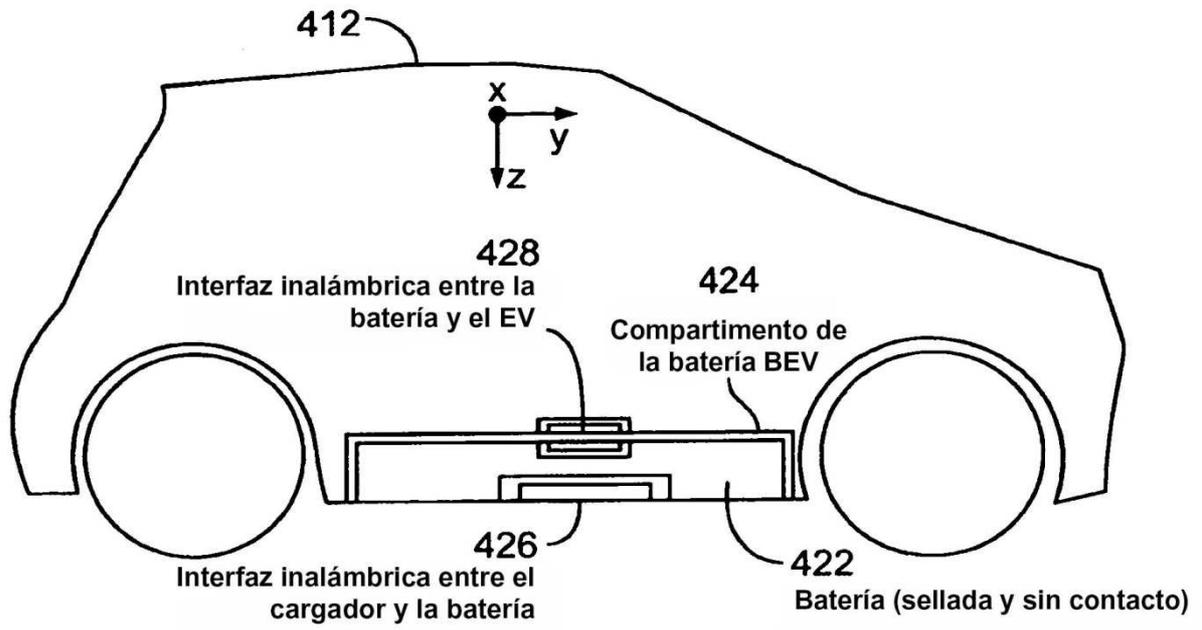


Figura 4

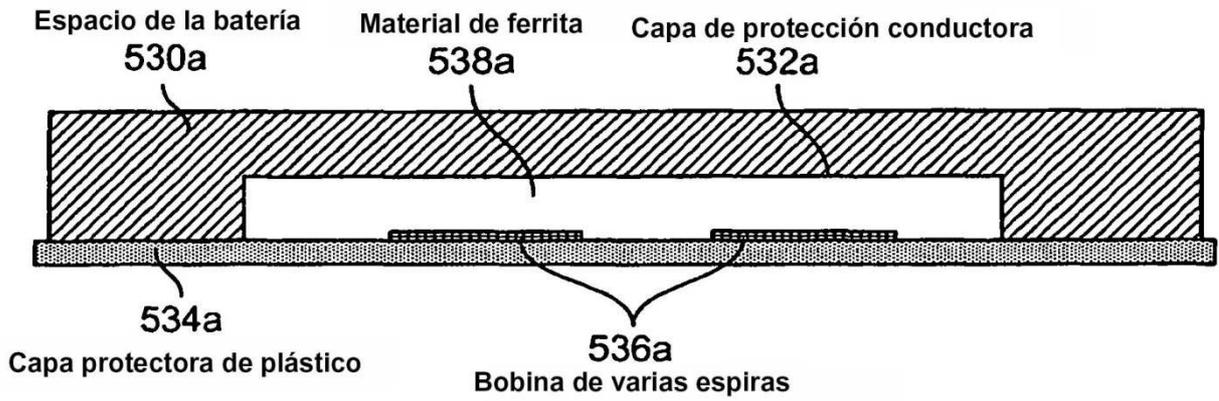


Figura 5A

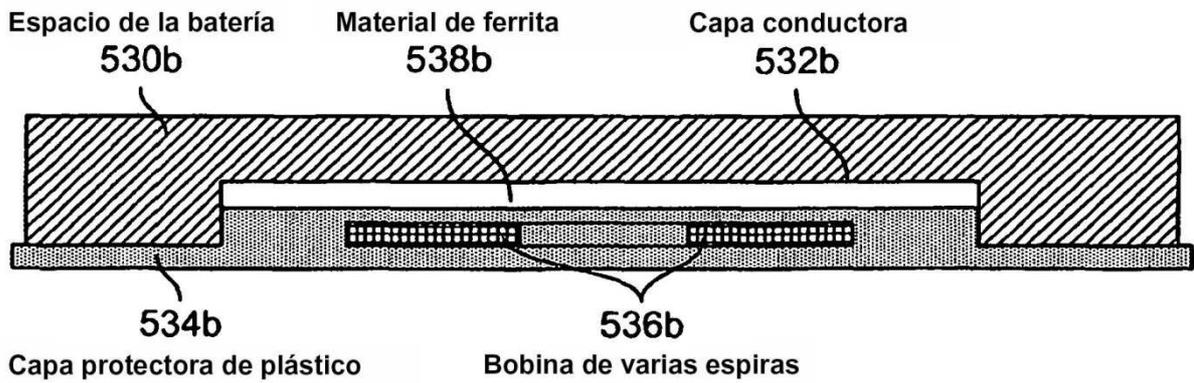


Figura 5B

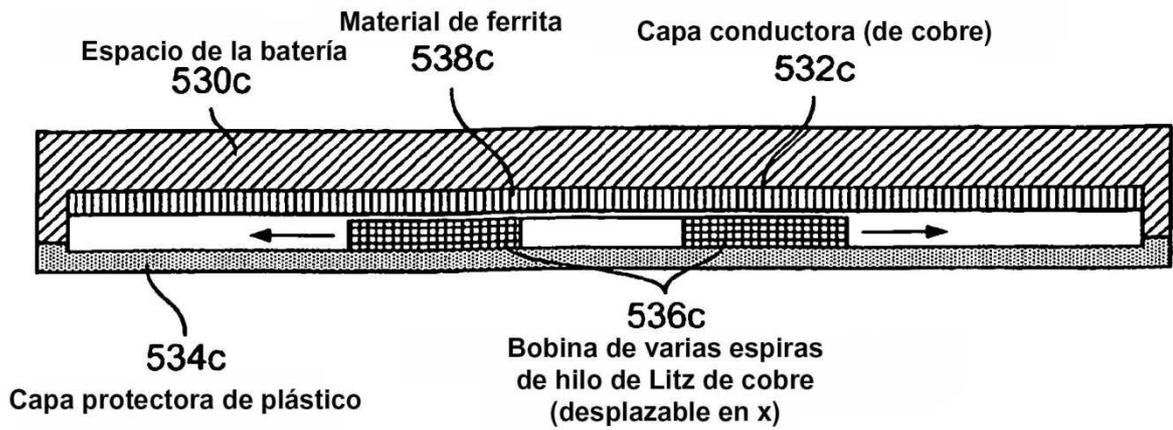


Figura 5C

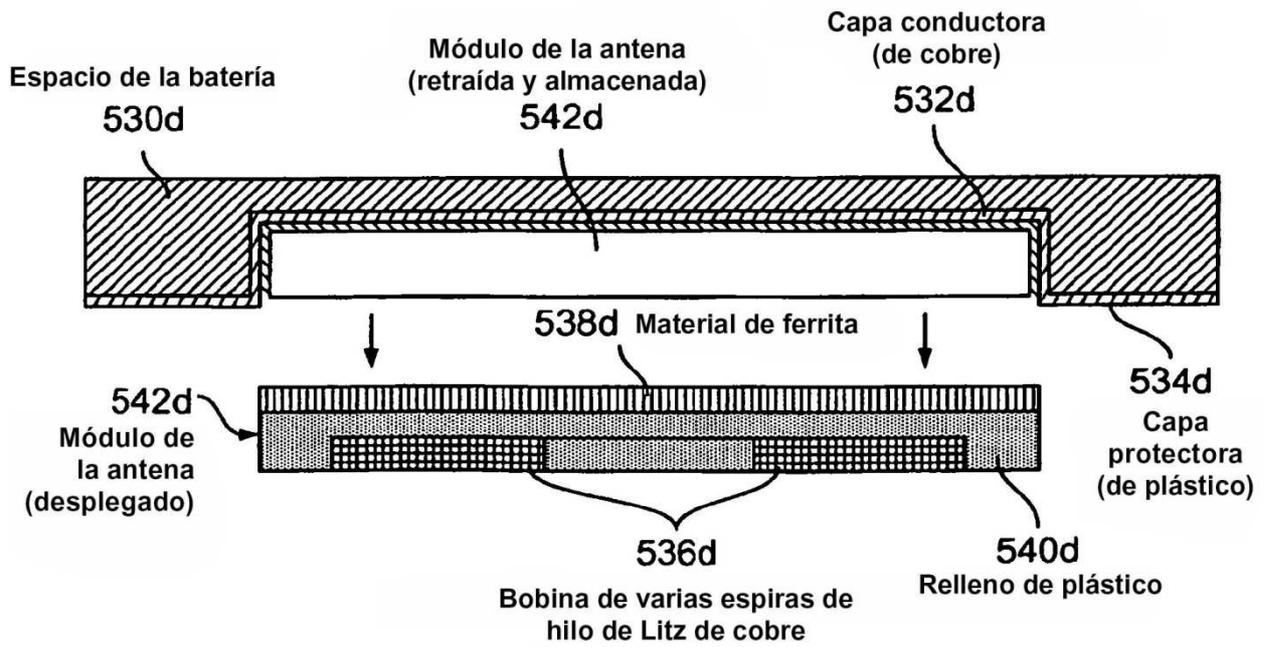


Figura 5D

Frecuencias potenciales para la transferencia inalámbrica de alta energía

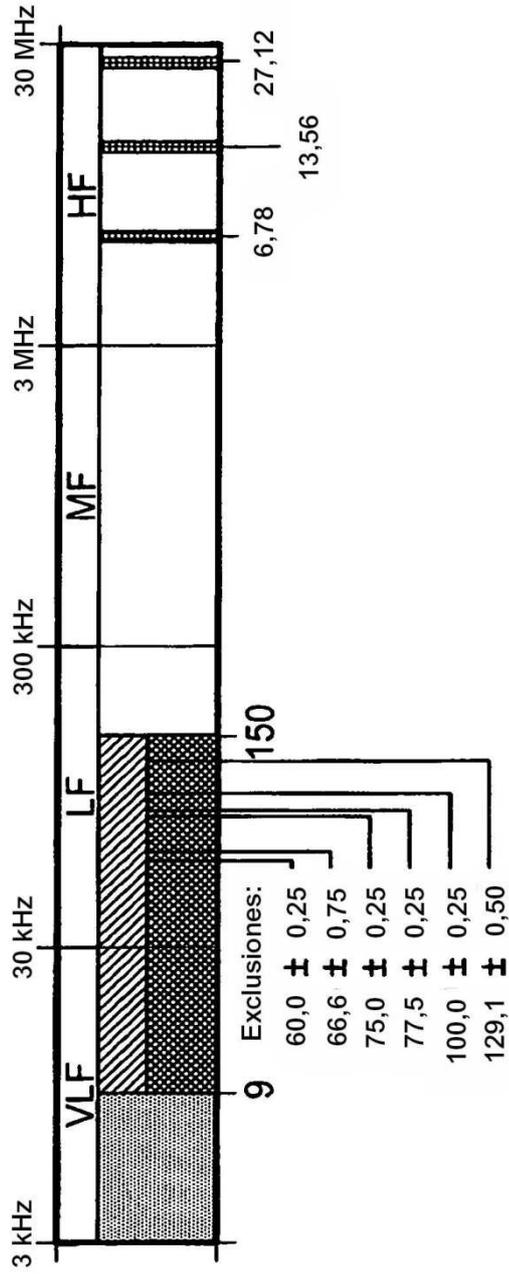
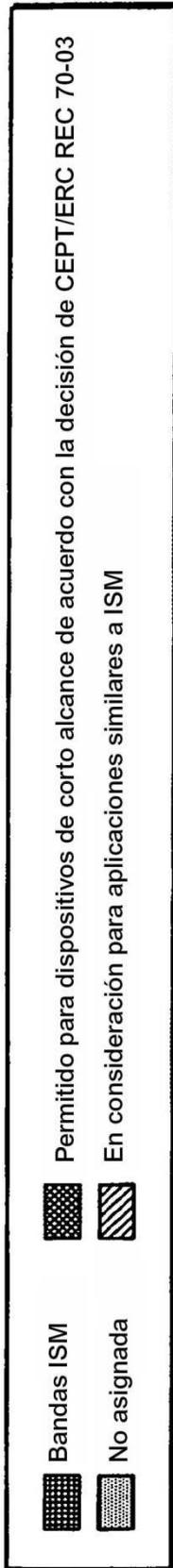


Figura 6

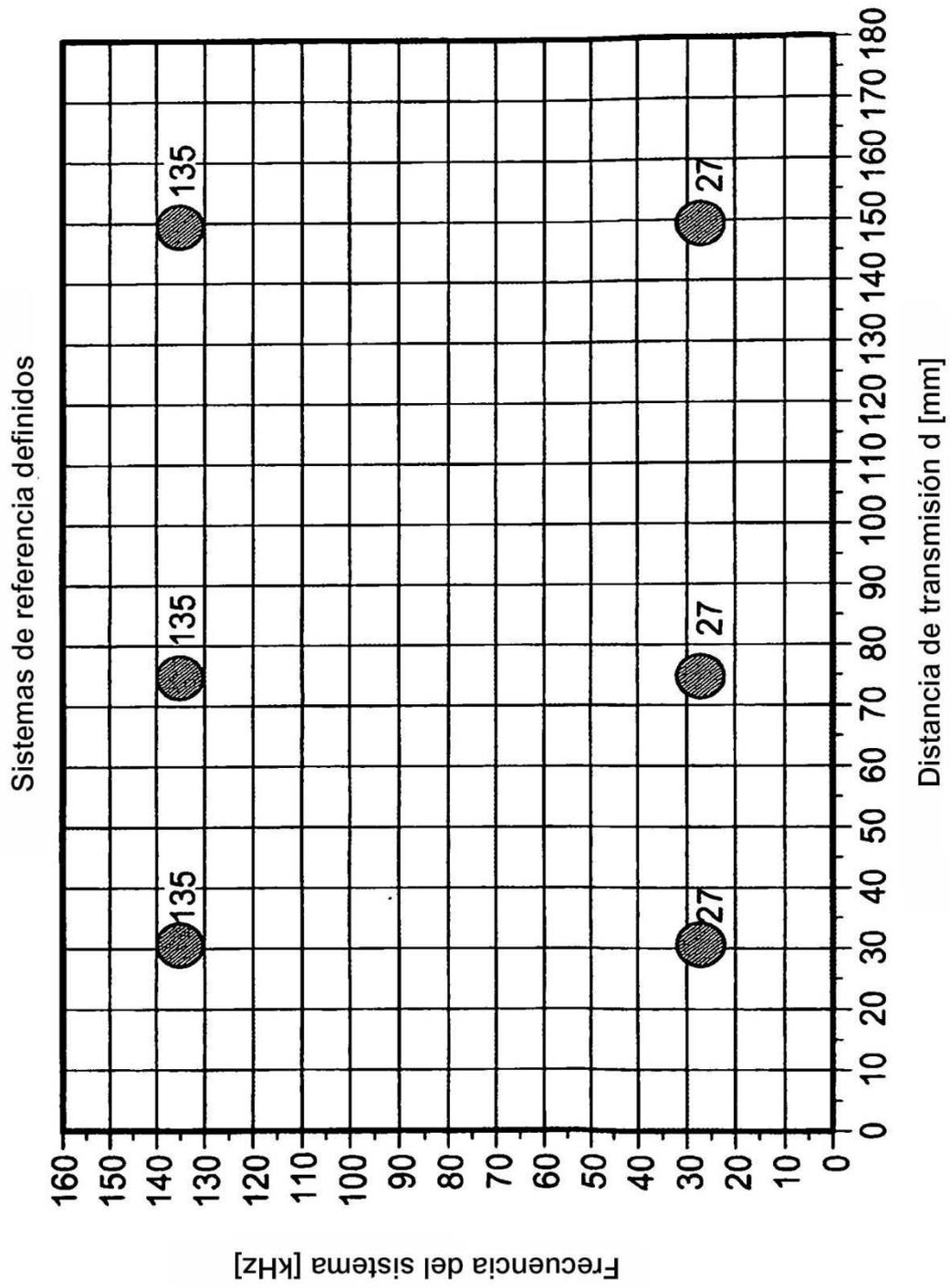


Figura 7

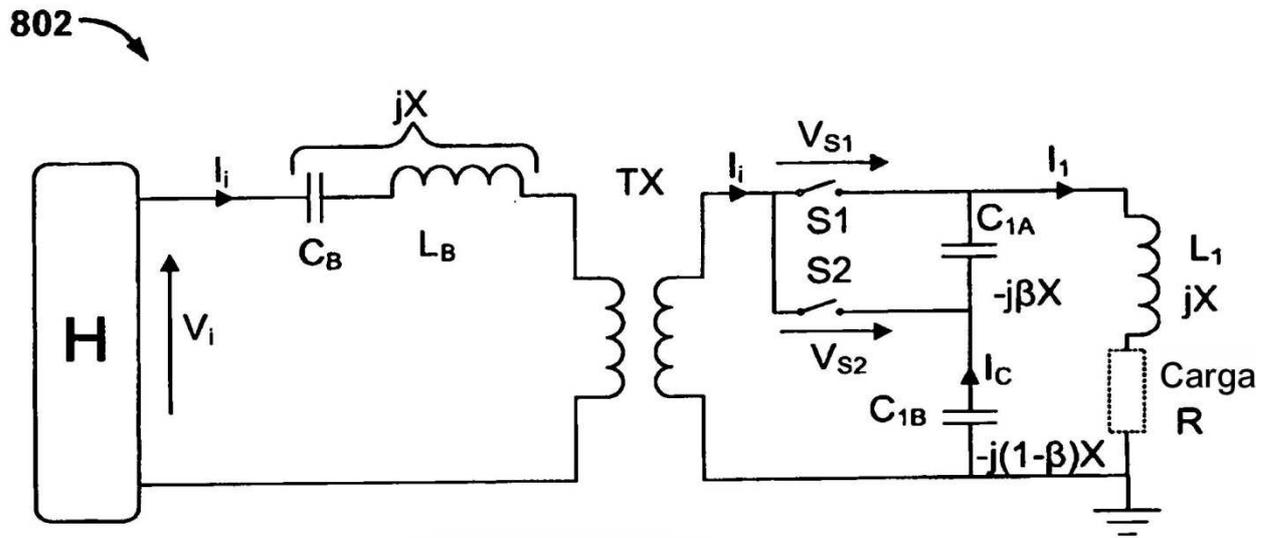


Figura 8



1002A

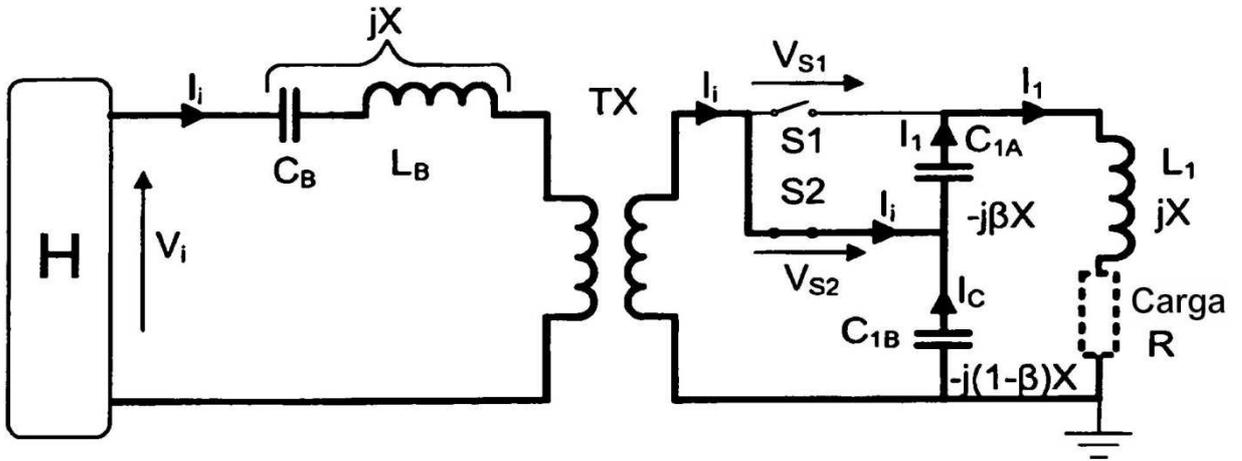


Figura 10A

1002B

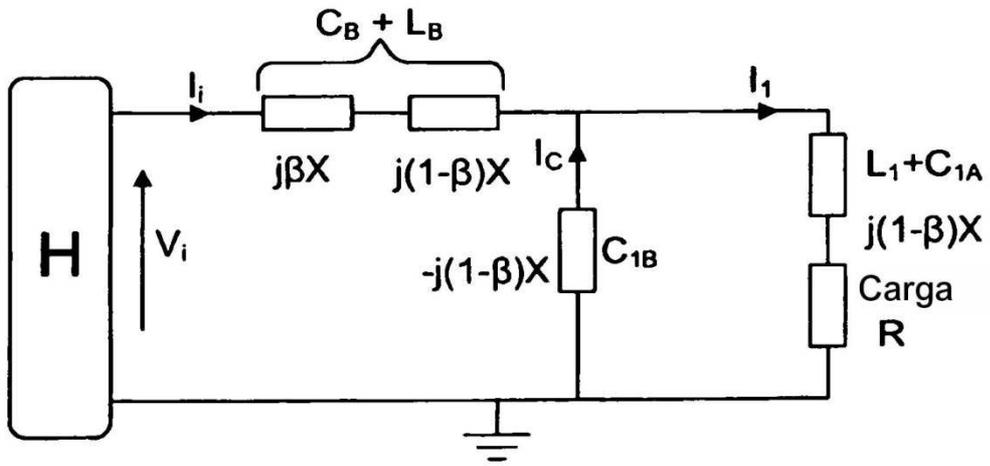


Figura 10B

1100 

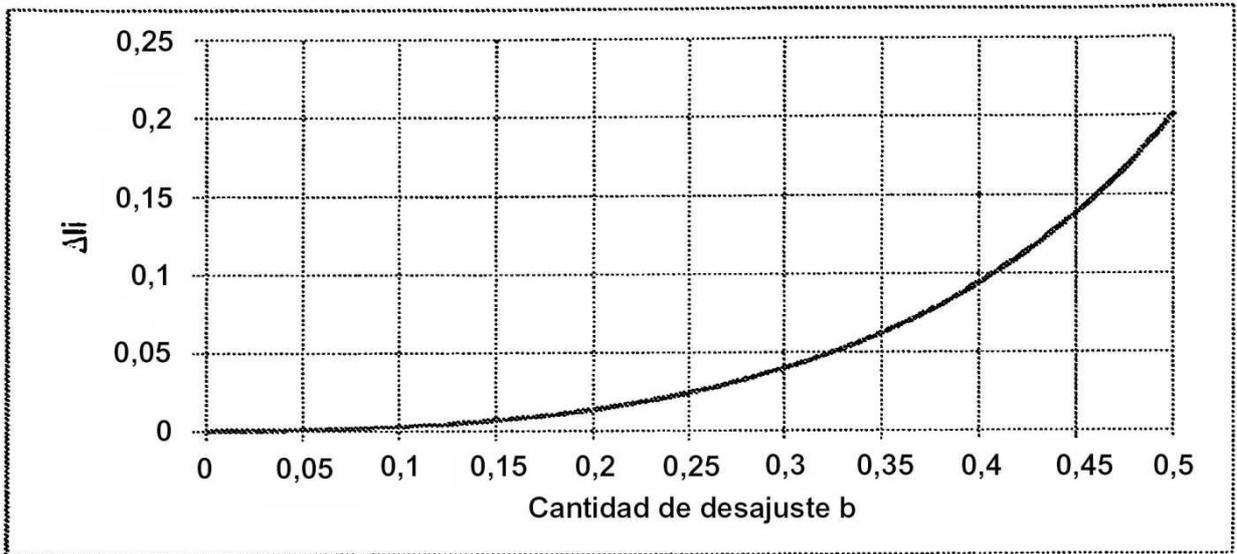


Figura 11

1202A

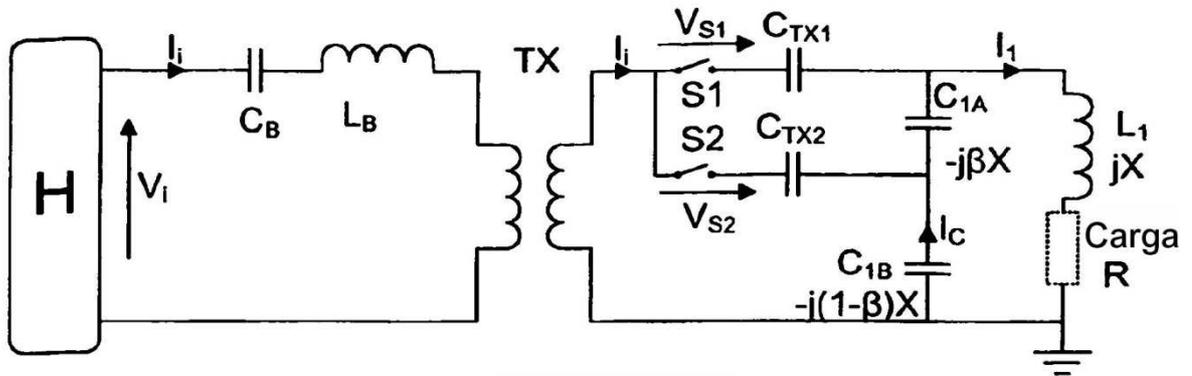


Figura 12A

1202B

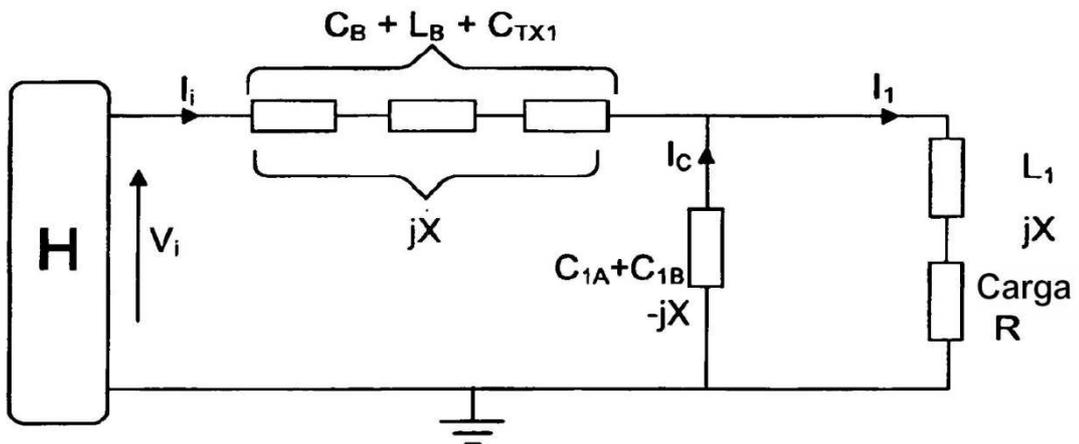


Figura 12B

1202C

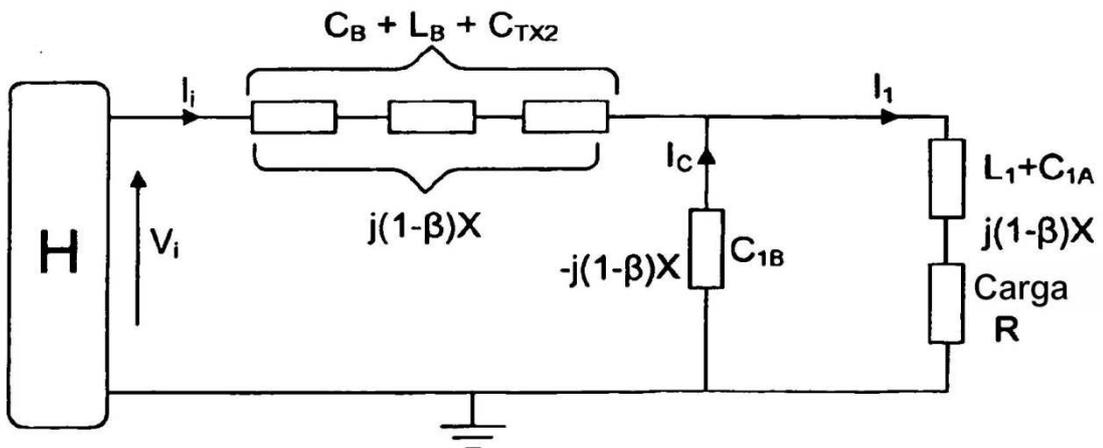


Figura 12C

1302

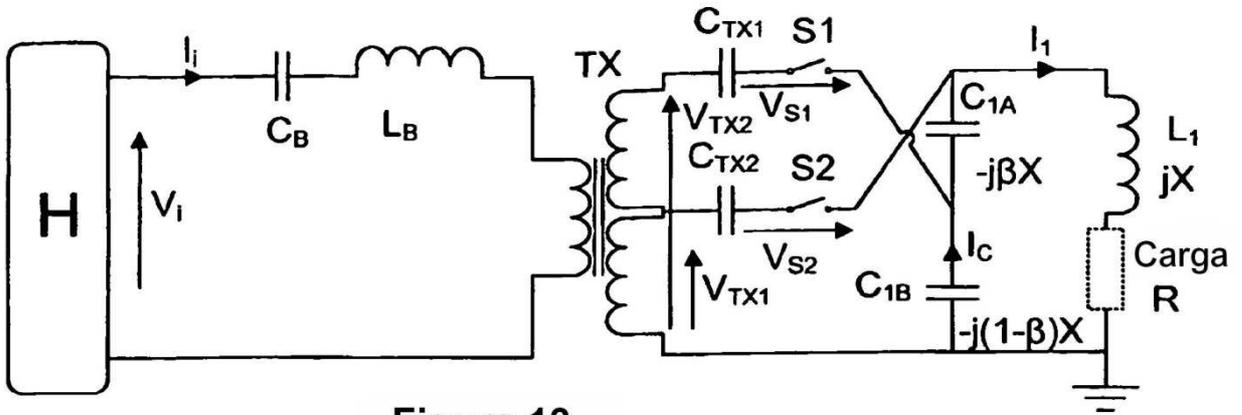


Figura 13

1402

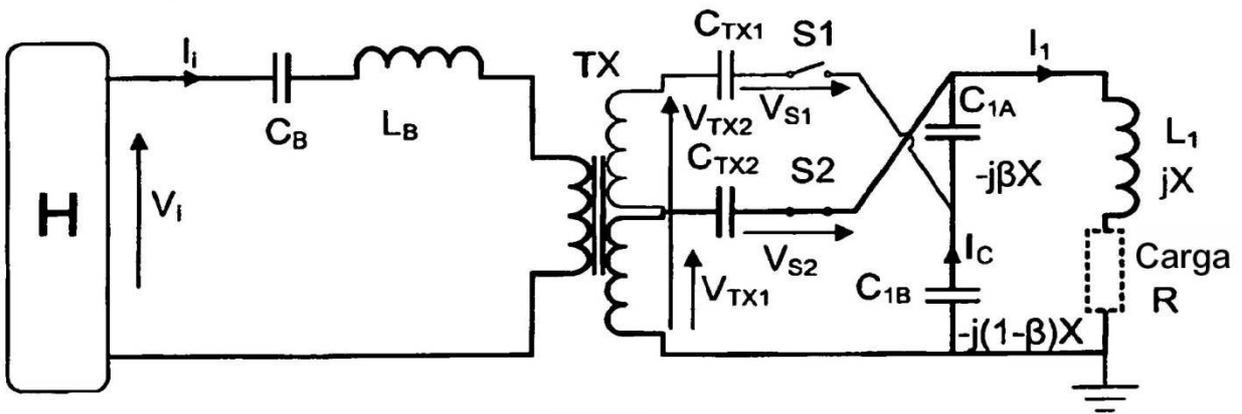


Figura 14

1502

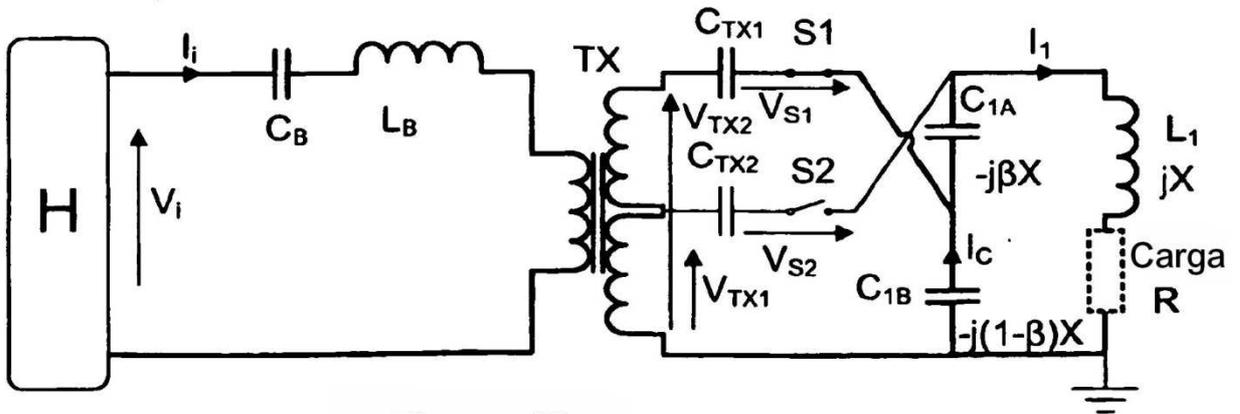


Figura 15

1600

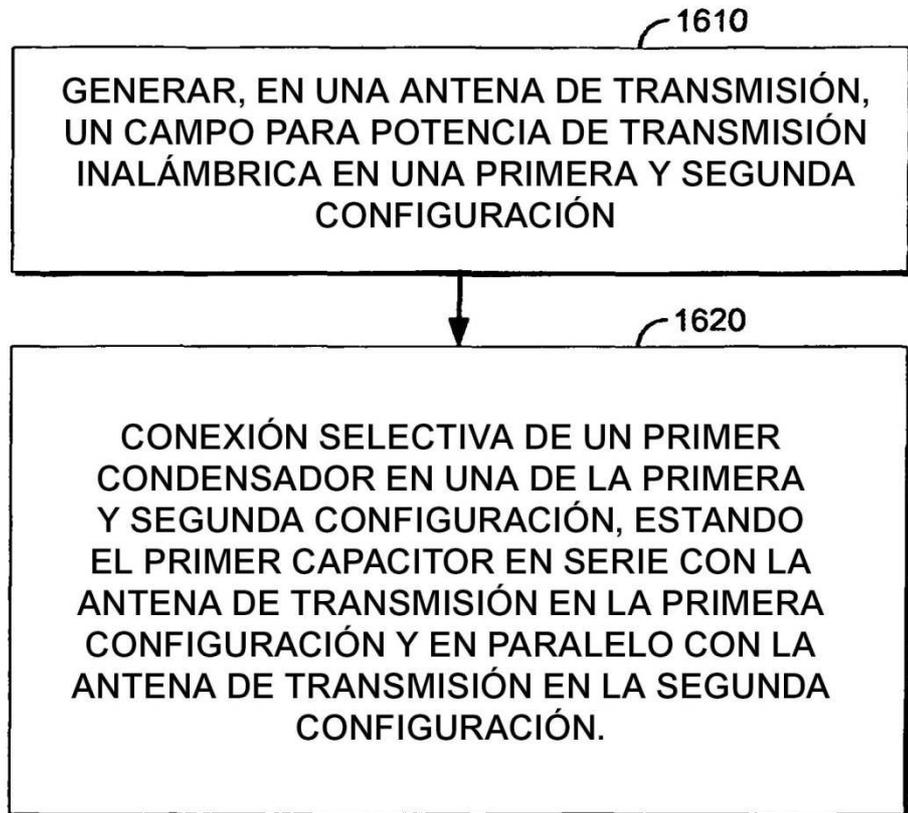


Figura 16

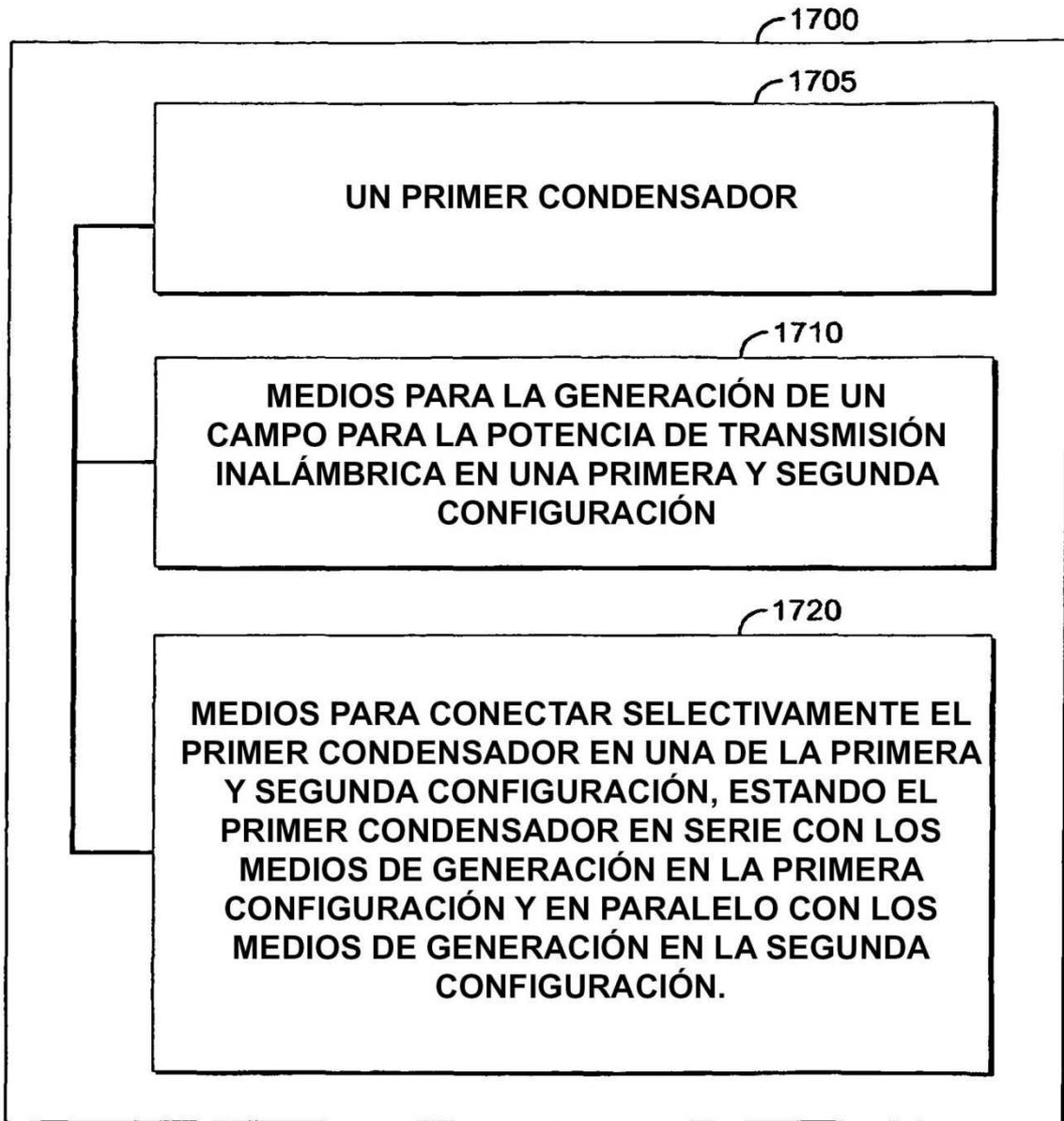


Figura 17