

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 213**

51 Int. Cl.:

**H02J 50/12** (2006.01)

**H02J 50/40** (2006.01)

**H02J 50/80** (2006.01)

**H02M 3/335** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2004** **E 11181814 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 2403095**

54 Título: **Fuente de alimentación inductiva adaptativa con comunicación**

30 Prioridad:

**04.02.2003 US 444794 P**

**20.10.2003 US 689148**

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

**13.06.2018**

73 Titular/es:

**PHILIPS IP VENTURES B.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 5**

**5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**BAARMAN, DAVID W.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 672 213 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**

Fuente de alimentación inductiva adaptativa con comunicación

5 Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere, en general, a las fuentes de alimentación sin contacto, y más específicamente a las fuentes de alimentación sin contacto capaces de comunicarse con todos los dispositivos que reciben la alimentación de la fuente de alimentación sin contacto.

10 Los sistemas de transmisión de energía sin contacto (CEETS) transfieren energía eléctrica desde un dispositivo a otro sin ninguna conexión mecánica. Debido a que no existe una conexión mecánica, los CEETS tienen muchas ventajas sobre los sistemas de energía convencionales. Por lo general, son más seguros debido a que existe poco peligro de chispas o descargas eléctricas debido al aislamiento de la fuente de alimentación. También tienden a tener una vida más larga ya que no hay contactos que se desgasten. Debido a estas ventajas, los CEETS se han usado en todo, desde cepillos de dientes hasta teléfonos portátiles y trenes.

Los CEETS están compuestos de fuentes de alimentación y dispositivos remotos. El dispositivo remoto podría ser un dispositivo cargable tal como una batería, un microcondensador o cualquier otra fuente de energía cargable. Como alternativa, los CEETS podrían alimentar directamente dispositivos remotos.

20 Un tipo de CEETS usa inducción magnética para transferir energía. La energía de un devanado primario en la fuente de alimentación se transfiere de manera inductiva a un devanado secundario en el dispositivo cargable. Debido a que el devanado secundario está separado físicamente del devanado primario, el acoplamiento inductivo se produce a través del aire.

Sin una conexión física entre el devanado primario y el devanado secundario, el control de retroalimentación convencional no está presente. Por lo tanto, el control de la transferencia de energía en un CEETS desde el primario al secundario es difícil.

30 Una solución común es diseñar un CEETS dedicado a un tipo de dispositivo. Por ejemplo, un CEETS para un cepillo de dientes recargable está diseñado solo para recargar un cepillo de dientes, mientras que un CEETS para un teléfono recargable solo funciona con un tipo específico de teléfono. Si bien esta solución permite que el CEET funcione de manera efectiva con un dispositivo específico, no es lo suficientemente flexible como para permitir que la fuente de alimentación funcione con diferentes dispositivos remotos.

Además, ya que el dispositivo remoto podría ser un dispositivo electrónico capaz de realizar varias tareas, puede desearse la comunicación con el dispositivo remoto. Uno de tales sistemas se describe en la patente de Estados Unidos N.º 6.597.076, en la que un accionador accionado por un CEET se comunica con un ordenador de proceso con el fin de proporcionar una información relacionada con la información de accionador actualizada. El dispositivo remoto se comunica con un transceptor localizado en un procesador central. Sin embargo, no se proporciona comunicación directa entre el CEET y el accionador.

45 En un sistema mostrado en el documento US 5.455.466, un dispositivo electrónico portátil recibe alimentación de un CEET. La comunicación entre un ordenador y el dispositivo electrónico portátil se proporciona a través del CEET. El CEET actúa como una tubería entre el dispositivo electrónico portátil y el ordenador. El CEET no obtiene información relacionada con la operación del CEET desde el dispositivo remoto.

50 Si bien estos sistemas de la técnica anterior proporcionan comunicación, fallan en proporcionar un método o medio para que el dispositivo remoto suministre información que podría ser útil para la operación del CEET. Por ejemplo, un CEET con una salida de alimentación ajustable podría usar los requisitos de alimentación del dispositivo remoto para operar de manera más eficiente ajustando su alimentación de salida. Por lo tanto, es altamente deseable permitir que un CEET se comunique con un dispositivo remoto con el fin de obtener los requisitos de alimentación de ese dispositivo remoto.

55 El documento EP 1 209 791 A desvela una disposición de fuente de alimentación que comprende un lado primario y un lado secundario. Hay un transformador de potencia entre el lado primario y el secundario. En el lado primario, ciertos medios de conmutación están dispuestos para conmutar repetidamente, a una frecuencia determinada, una corriente eléctrica acoplada al transformador de potencia para transferir cíclicamente energía desde el lado primario al lado secundario a dicha cierta frecuencia. Existe un enlace de retroalimentación inalámbrica entre el lado primario y el lado secundario. En el lado secundario hay medios de generación de pulsos de retroalimentación para generar pulsos de retroalimentación a una cierta frecuencia para transferirse desde el lado secundario al lado primario a través del enlace de retroalimentación inalámbrico. En el lado primario hay medios para usar los pulsos de retroalimentación en el control de la velocidad a la que se transfiere la energía desde el lado primario al lado secundario. Los medios de generación de pulsos de retroalimentación están dispuestos para generar los pulsos de

retroalimentación a una frecuencia que es diferente de la frecuencia usada por los medios de conmutación en el lado primario para conmutar repetidamente una corriente eléctrica acoplada a la alimentación.

5 En el documento GB 2 347 801 A, la batería de tracción de un vehículo accionado eléctricamente se carga a través de un acoplamiento inductivo entre un circuito inductivo primario, accionado desde un suministro a través de un rectificador y un inversor de alta frecuencia, y un circuito inductivo secundario montado en el vehículo y conectado a la batería a través de un rectificador, teniendo el sistema de carga medios para compensar la desalineación entre los circuitos primario y secundario. La frecuencia de operación del circuito primario se mantiene en un intervalo desde una frecuencia de resonancia seleccionada del circuito primario hasta una frecuencia que es menor que una frecuencia de resonancia seleccionada del circuito secundario. Puede proporcionarse una disposición de control remoto que incluye transceptores para mantener esta condición. Unos condensadores sintonizables pueden proporcionarse en los circuitos primario y secundario, la frecuencia de resonancia del circuito secundario puede establecerse cuando los circuitos primario y secundario estén acoplados de manera inductiva de manera óptima, y la capacitancia puede ajustarse de tal manera que el circuito primario resuene a una frecuencia por debajo de la frecuencia de resonancia del circuito secundario.

20 El documento US 2002/118004 A1 se refiere a un método y una configuración para suministrar un gran número de accionadores con una alimentación eléctrica sin el uso de cables, a un accionador y un devanado primario para este fin, y a un sistema para una máquina que tiene una gran cantidad de accionadores El método y la configuración pueden usarse, por ejemplo, para suministrar energía eléctrica a los accionadores, tal como los que se usan en los sistemas de accionadores o máquinas, por ejemplo, en sistemas de control de lazo abierto/lazo cerrado, en sistemas de control remoto, en tecnología de robots, en máquinas de producción automática y en máquinas de producción automatizadas, como elementos de visualización, y en sistemas de protección y seguridad (por ejemplo, en conjuntos de apartamiento de conexión exterior o interior).

25 El documento US 6 436 299 B1, desvela un método para proporcionar una radiación electromagnética en un sistema de tratamiento de fluidos, que comprende las etapas de: generar una señal eléctrica predeterminada con una unidad de control; dirigir dicha señal eléctrica predeterminada a un circuito de equilibrador acoplado de manera inductiva; y accionar de manera inductiva un dispositivo emisor de radiación electromagnética en dicho circuito de equilibrador acoplado de manera inductiva en respuesta a dicha señal eléctrica predeterminada desde dicha unidad de control.

Sumario de la invención

35 La invención se define por una fuente de alimentación sin contacto y un método de funcionamiento de una fuente de alimentación inductiva sin contacto con las características técnicas y las etapas en las reivindicaciones independientes 1 y 4, respectivamente.

40 Una fuente de alimentación sin contacto tiene un circuito de resonancia que tiene una frecuencia de resonancia variable y un devanado primario para transferir alimentación a un dispositivo remoto. La fuente de alimentación sin contacto también puede tener un receptor para comunicarse con el dispositivo remoto. El dispositivo remoto envía información de alimentación al controlador. El controlador modifica a continuación la operación del circuito de resonancia en respuesta a la información de alimentación. Por lo tanto, el controlador puede calibrar con precisión la fuente de alimentación para la operación con el dispositivo remoto, proporcionando una transferencia de alimentación de alta eficacia desde la fuente de alimentación sin contacto al dispositivo remoto.

45 La fuente de alimentación sin contacto podría tener un inversor y una fuente de alimentación además del circuito de resonancia acoplado al inversor. Con el fin de lograr una transferencia de alimentación de alta eficacia, el controlador puede modificar la tensión de carril de la fuente de alimentación, la frecuencia de operación del inversor, el ciclo de trabajo del inversor así como la frecuencia de resonancia del circuito de resonancia.

50 La fuente de alimentación sin contacto también puede estar provista de una memoria para almacenar la información de alimentación recibida desde el dispositivo remoto.

55 La fuente de alimentación sin contacto también podría operar con un número de dispositivos remotos. A continuación, la fuente de alimentación sin contacto recibiría la información de alimentación de receptor desde cada uno de los dispositivos remotos. Se mantiene una lista de la información de alimentación para cada uno de los dispositivos remotos. Basándose en la lista, el controlador determina un ajuste óptimo para la tensión de carril, la frecuencia de resonancia o el ciclo de trabajo basándose en la lista.

60 La fuente de alimentación sin contacto también puede tener una interfaz de comunicaciones para comunicarse con una estación de trabajo. El controlador crearía un enlace de comunicación entre la estación de trabajo y el dispositivo remoto por medio de un transceptor.

65 El dispositivo remoto tiene un controlador de dispositivo remoto y un devanado secundario que tiene una variable de devanado secundario. El controlador de dispositivo remoto es capaz de variar la impedancia de la variable de devanado secundario. El dispositivo remoto tiene un transceptor de dispositivo remoto para comunicarse con la

fuelle de alimentaci3n sin contacto. El controlador de dispositivo remoto varía la impedancia variable de devanado secundario basándose en la informaci3n de la fuente de alimentaci3n sin contacto. El controlador de dispositivo remoto tambi3n podría desactivar la operaci3n del dispositivo remoto basándose en la informaci3n de la fuente de alimentaci3n sin contacto. Por lo tanto, el dispositivo remoto tambi3n podría operarse con una alta eficacia.

5 Por lo tanto, el sistema permite la optimizaci3n tanto de la fuente de alimentaci3n como del dispositivo conectado a la fuente de alimentaci3n.

10 Los dispositivos de alimentaci3n sin contacto y remotos operan con cada dispositivo remoto enviando informaci3n de uso de alimentaci3n al controlador y a continuaci3n, adaptando la fuente de alimentaci3n sin contacto en respuesta a la informaci3n de uso de alimentaci3n. La adaptaci3n de la fuente de alimentaci3n sin contacto incluye cambiar el ciclo de trabajo, la frecuencia del inversor, la frecuencia de resonancia o la tensi3n de carril.

15 La fuente de alimentaci3n tambi3n podría determinar si la fuente de alimentaci3n sin contacto es capaz de suministrar alimentaci3n a la pluralidad de dispositivos remotos. De lo contrario, algunos de los dispositivos remotos podrían apagarse.

20 La fuente de alimentaci3n sin contacto, el dispositivo remoto, y el m3todo de operaci3n de la fuente de alimentaci3n y el dispositivo remoto dan como resultado un m3todo extremadamente eficiente y muy adaptable de accionar una variedad de dispositivos a partir de la fuente de alimentaci3n. Adaptándose de manera continua a la adici3n o eliminaci3n de cargas a la fuente de alimentaci3n sin contacto, la fuente de alimentaci3n sin contacto sigue siendo altamente eficiente.

25 Estos y otros objetos, ventajas y característicás de la invenci3n se entenderán y se apreciarán más f3cilmente haciendo referencia a la descripci3n detallada de los dibujos.

#### Breve descripci3n de los dibujos

30 La figura 1 es un diagrama de bloques de un equilibrador inductivo adaptativo de acuerdo con una realizaci3n, que no est3 dentro del alcance de la invenci3n reivindicada.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un equilibrador de b3squeda de resonancia, marcado para mostrar los cambios para incorporar el equilibrador inductivo adaptativo de la presente invenci3n.

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra la operaci3n del equilibrador inductivo adaptativo.

35 La figura 4 es un diagrama de bloques de una realizaci3n alternativa que incorpora las comunicaciones de RF y un control de fase.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra la operaci3n del equilibrador inductivo adaptativo que incorpora la capacidad de comunicaciones.

La figura 6 muestra un sistema de transmisi3n de energía sin contacto conectado a un dispositivo remoto y a una estaci3n de trabajo.

40 La figura 7 es un diagrama de bloques para un sistema de transmisi3n de energía sin contacto adaptativo con capacidad de comunicaciones.

La figura 8 es un diagrama de bloques de un dispositivo remoto con capacidad de comunicaciones.

La figura 9 es un diagrama de flujo que muestra la operaci3n de un sistema de transmisi3n de energía sin contacto adaptativo, de acuerdo con la presente invenci3n.

45 La figura 10 es una lista a modo de ejemplo de dispositivos remotos accionados por una fuente de alimentaci3n sin contacto con capacidad de comunicaciones.

#### Descripci3n detallada de los dibujos

50 En la figura 1, se muestra un diagrama de bloques que muestra la construcci3n general de un equilibrador inductivo adaptativo 10 en una realizaci3n fuera del alcance de la presente invenci3n. Como se ilustra, el equilibrador inductivo adaptativo 10 incluye en general un microprocesador 12 que controla la operaci3n del circuito, un primario de multitomas 14 para generar un campo magn3tico, un conformador de ondas y un subcircuito de excitaci3n 16 que genera la seál aplicada al primario 14, un subcircuito de detecci3n de corriente 18 que monitoriza la seál aplicada al primario 14 y proporciona la retroalimentaci3n correspondiente al microprocesador 12, un conmutador de capacitancia 20 para ajustar los valores de capacitancia en el conformador de ondas y en el subcircuito de excitaci3n 16, y un conmutador de inductancia 22 para ajustar la inductancia del primario de multitomas 14. El microprocesador es un microprocesador convencional ampliamente disponible a partir de una variedad de proveedores.

60 El conmutador de capacitancia 20 incluye, en general, dos bancos de condensadores y una pluralidad de conmutadores, tales como unos transistores, que pueden accionarse de manera selectiva por el microprocesador 12 para controlar los valores de los dos bancos de condensadores. Los condensadores en cada banco pueden disponerse en serie o en paralelo en funci3n del intervalo deseado y de la distribuci3n de los posibles valores de capacitancia. El primer banco de condensadores reemplaza al condensador 271. De manera similar, el segundo banco de condensadores reemplaza al condensador 272 del equilibrador de b3squeda de resonancia preexistente mostrado. En efecto, el conmutador de capacitancia 20 transforma los condensadores 271 y 272 a partir del

equilibrador de búsqueda de resonancia preexistente en condensadores variables, cuyos valores se controlan por el microprocesador 12. Como alternativa, el conmutador de capacitancia 20 descrito puede reemplazarse por otra circuitería capaz de proporcionar una capacitancia variable.

5 El conmutador de inductancia 22 incluye, en general, un primario de multitomas 14 y una pluralidad de conmutadores, tales como unos transistores, que puede accionarse de manera selectiva por el microprocesador 12 para controlar los valores de la inductancia del primario 14. El primario de multitomas 14 reemplaza al primario 270 del equilibrador de búsqueda de resonancia preexistente. En efecto, el conmutador de inductancia 22 transforma el primario 270 a partir del equilibrador de búsqueda de resonancia preexistente en una bobina de inductancia variable  
10 variando el número de vueltas en el primario 14, cuyo valor se controla por el microprocesador 12. Como alternativa, el conmutador de inductancia 22 descrito puede reemplazarse por otra circuitería capaz de proporcionar una inductancia variable.

15 En la operación general, el microprocesador 12 está programado para recibir una entrada desde el subcircuito de detección de corriente 18, que es indicativo de la corriente aplicada al primario 14. El microprocesador 12 está programado para ajustar por separado el conmutador de capacitancia 20 y el conmutador de inductancia 22 para recorrer el intervalo de valores de capacitancia y de valores de inductancia disponibles para el circuito. El microprocesador 12 continúa monitorizando la entrada desde el circuito de detección de corriente 18 mientras ajusta los valores de capacitancia e inductancia para determinar qué valores proporcionan una corriente óptima al primario  
20 14. A continuación, el microprocesador 12 bloquea el equilibrador adaptativo en los ajustes óptimos.

Algunos de los cambios necesarios para adaptar el equilibrador inductivo de búsqueda resonancia se indican en el diagrama esquemático de la figura 2.

25 Un circuito de retroalimentación de equilibrador está conectado en el punto A y un circuito de control está conectado en el punto B. El oscilador 144 proporciona un inversor de medio puente 148 con una señal alterna por medio de la unidad 146. El inversor de medio puente acciona el circuito de tanque 150. El circuito de detección de corriente 218 proporciona retroalimentación al oscilador 144.

30 En la figura 2, un retardo de fase podría insertarse en E y puede controlarse como una línea de retardo. Este retardo puede usarse para regular la fase y controlar la amplitud secundaria. En F, la capacitancia conmutada puede ajustar la frecuencia de resonancia basándose en la inductancia primaria ajustable. Pueden usarse unos transistores simples para conectar y desconectar la capacitancia. La capacitancia se cambia cuando el inductor primario cambia para coincidir con la carga. En G, puede conmutarse la inductancia primaria para ajustar la alimentación necesaria por el circuito secundario. RFID o las comunicaciones directas pueden indicar la carga necesaria. Con esa información de carga, el procesador de control puede ajustar la inductancia como sea necesario para proporcionar la alimentación necesaria. La inductancia puede conmutarse usando transistores y múltiples tomas desde el inductor primario controlado por el microprocesador.  
35

40 La secuencia de operación del circuito de equilibrador inductivo adaptativo se describe con más detalle en relación con la figura 3. En operación, el sistema ilustrado espera hasta que determina que hay una carga antes de aplicar alimentación al primario 14. Esto ahorrará energía y puede realizarse proporcionando a cada dispositivo accionado de manera inductiva un imán que acciona un conmutador de láminas adyacente al primario. Como alternativa, puede proporcionarse un conmutador accionado por el usuario (no mostrado) de tal manera que el usuario pueda acoplar la fuente de alimentación cuando esté presente un dispositivo accionado de manera inductiva. Como otra alternativa, el dispositivo accionado de manera inductiva puede configurarse para accionar mecánicamente un conmutador cuando se coloca cerca del primario para señalar su presencia. Como una alternativa adicional, el mecanismo de conmutación puede eliminarse y el circuito de equilibrador puede proporcionar alimentación al primario 14 independientemente de la presencia de una carga.  
45

50 Una vez que se activa el circuito de fuente de alimentación, el circuito ajusta su frecuencia para optimizar la corriente aplicada al primario. Después de que se haya determinado la frecuencia de operación apropiada a los valores de capacitancia e inductancia iniciales, el microprocesador bloquea el circuito de equilibrador en la frecuencia de operación y a continuación comienza a recorrer el intervalo de valores de inductancia disponibles a través del primario de multitomas. Después de cada cambio en el valor de inductancia, el microprocesador desbloquea la frecuencia de operación y permite que el circuito de equilibrador busque la resonancia, estableciéndose a una frecuencia que proporciona una corriente óptima al primario. El microprocesador continúa cíclicamente a través de los valores de inductancia disponibles hasta que haya determinado qué valor proporciona la corriente óptima al primario. En una realización, se usa un proceso de exploración progresiva para determinar el valor de inductancia apropiado. Esto se logra iniciando el proceso de exploración con el valor de inductancia más bajo y aumentando secuencialmente el valor de la inductancia hasta que el cambio en el valor de la inductancia de como resultado una reducción en la corriente aplicada al primario. A continuación, el microprocesador retrocederá un valor de inductancia, donde se ha logrado la mayor corriente. Como alternativa, el proceso de exploración puede comenzar con el valor de inductancia más alto, y disminuir secuencialmente el valor de inductancia hasta que el cambio en el valor de inductancia de como resultado una reducción en la corriente aplicada al primario. A continuación, el microprocesador retrocederá un valor de inductancia, donde se ha logrado la mayor corriente. Como otra alternativa,  
55  
60  
65

el microprocesador puede atravesar cada valor de inductancia para determinar la corriente correspondiente, y después de recorrer cada valor, volver al valor de inductancia que proporcionó la mayor corriente al primario.

5 Después de que se determine el valor de inductancia apropiado, el microprocesador ve el circuito en el valor de la inductancia determinada y comienza a desplazarse a través de los valores de capacitancia. En una realización, el microprocesador usa una técnica de exploración progresiva para determinar la capacitancia que proporciona al primario la mayor corriente. El proceso de exploración puede progresar hacia arriba desde el valor de capacitancia más bajo o hacia abajo desde el valor de capacitancia más alto, como se ha descrito anteriormente junto con el proceso de exploración para el valor de inductancia. Como una alternativa a un proceso de exploración progresivo, el microprocesador puede recorrer cada valor de capacitancia para determinar la corriente correspondiente, y a continuación de recorrer cada valor, regresar al valor de capacitancia que ha proporcionado la mayor corriente al primario.

15 En esta realización, no se permite variar la frecuencia del circuito de equilibrador una vez que se ha determinado el valor de la inductancia apropiada. El microprocesador puede, como alternativa, programarse para permitir que el circuito de equilibrador busque la resonancia después de cada cambio en el valor de capacitancia.

20 En una realización alternativa, el microprocesador puede programarse para proporcionar un ajuste de solo el valor de la capacitancia o solo el valor de la inductancia del circuito de fuente de alimentación. En la primera alternativa, el primario de multitomas puede reemplazarse por un primario convencional de una sola toma y puede eliminarse el conmutador de inductancia. En la última alternativa, el banco de condensadores puede reemplazarse por un solo conjunto de condensadores y puede eliminarse el conmutador de capacitancia. En otra realización alternativa, el microprocesador puede programarse para ajustar la capacitancia antes de ajustar la inductancia.

25 Como se ha observado anteriormente, la presente invención no está limitada a usarse junto a un equilibrador de búsqueda de resonancia. En otras aplicaciones, puede incorporarse un sensor de corriente en el equilibrador para proporcionar una entrada al microprocesador que sea representativa de la corriente que se está aplicando al primario. En operación sin un equilibrador de búsqueda de resonancia, el microprocesador recorrerá por separado los diversos valores de capacitancia e inductancia para determinar los valores que proporcionan la alimentación óptima al primario.

35 En una realización alternativa adicional, el equilibrador inductivo adaptativo 10 puede incluir una circuitería de retardo de fase (no mostrada) que permite que el equilibrador 10 regule la fase y controle la amplitud secundaria. La circuitería de retardo de fase puede incluir una línea de retardo o un procesador de señal digital (DSP) que está conectado al conformador de ondas y al circuito de excitación 16 que sigue al amplificador operacional 210.

40 Una realización alternativa adicional de la presente invención se describe junto con las figuras 4-5. En esta realización, la equilibrador inductivo adaptativo 10' y el dispositivo accionado de manera inductiva tienen la capacidad de comunicarse, por ejemplo, usando comunicaciones de RF convencionales o comunicaciones directas.

45 La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra los componentes generales del equilibrador inductivo adaptativo 10'. El equilibrador inductivo adaptativo 10' incluye una bobina de comunicación (no mostrada) que está separada de la inductancia primaria conmutada y de la bobina primaria 22'. La bobina de comunicación podría ser parte del primario. La bobina de comunicación está conectada al microprocesador 12', que está programado para recibir la información del dispositivo accionado de manera inductiva y para efectuar la operación del equilibrador inductivo adaptativo 10' basándose en esa información. El dispositivo accionado de manera inductiva también incluye una bobina de comunicación que podría estar separada de o estar integrada con el secundario que recibe alimentación del primario. La carga accionada de manera inductiva y la fuente de alimentación inductiva adaptativa 10' se comunican usando técnicas y aparatos de comunicaciones convencionales, por ejemplo, usando una circuitería de comunicaciones convencional y un protocolo de comunicaciones convencional.

55 La operación del equilibrador adaptativo 10' es, en general, idéntica a la del equilibrador 10 descrito anteriormente, excepto como se indica a continuación. Un diagrama de flujo que muestra las etapas generales de operación del equilibrador 10' se muestra en la figura 5. A través del uso de su capacidad de comunicación, el dispositivo accionado de manera inductiva puede transmitir información de carga al equilibrador inductivo adaptativo 10', tal como el vatiaje de la carga. El equilibrador inductivo adaptativo 10' puede usar esta información para determinar los valores de capacitancia e inductancia apropiados. Más específicamente, esta información puede usarse para garantizar que el primario de la inductancia primaria conmutada y la bobina primaria 22' están operando en el vatiaje correcto. Si no, la inductancia primaria conmutada de la inductancia primaria conmutada y la bobina primaria 22' y el conmutador de capacitancia 20' pueden usarse para ajustar la alimentación del primario. Esta realización puede, en algunas aplicaciones, proporcionar una operación mejorada sobre el equilibrador inductivo adaptativo 10 descrito anteriormente debido a que no impulsa necesariamente al primario a su valor de corriente más alto posible. En cambio, esta realización coincide con la salida de alimentación del primario con los requisitos de alimentación del dispositivo alimentado de manera inductiva, lo que significa que puede reducir la alimentación y ahorrar energía cuando no se requiere una alimentación total.

El sistema mencionado anteriormente de las figuras 1-5 se mejora y se explica adicionalmente haciendo referencia a las figuras 6-9.

5 La figura 6 muestra un sistema de transmisión de energía sin contacto adaptativo que incorpora una realización de la presente invención. La fuente de alimentación sin contacto 305 está acoplada de manera inductiva al dispositivo remoto 306. La fuente de alimentación sin contacto 305 también está conectada a la estación de trabajo 307. La red 308 está, a su vez, conectada a la estación de trabajo 307.

10 En una realización, la fuente de alimentación sin contacto 305 establece un enlace de comunicación entre la estación de trabajo 307 y el dispositivo remoto 306, permitiendo que la información se transmita a y desde el dispositivo remoto 306. Si el dispositivo remoto 306 fuera un PDA (asistente digital personal), la información del PDA podría intercambiarse con la estación de trabajo 307. Por ejemplo, un PDA podría sincronizar automáticamente un calendario y una lista de direcciones mientras se carga el PDA. Como otro ejemplo, si el dispositivo remoto 306 fuera un reproductor de MP3, entonces las canciones podrían descargarse a y desde el reproductor de MP3 mientras se carga el reproductor de MP3.

La figura 7 muestra un diagrama de bloques para una realización de un sistema de transmisión de energía sin contacto adaptativo con comunicación para comunicarse con una pluralidad de dispositivos remotos.

20 El sistema de transmisión de energía sin contacto de adaptación tiene la fuente de alimentación sin contacto 305 y el dispositivo remoto 338, 340, 342.

25 Como se sabe bien, la fuente de alimentación 310 es una fuente de alimentación de CC que proporciona alimentación de CC (corriente continua) al inversor 312. El inversor 312 convierte la alimentación de CC a alimentación de CA (corriente alterna). El inversor 312 actúa como una fuente de alimentación de CA que suministra la alimentación de CA al circuito de tanque 314. El circuito de tanque 314 es un circuito de resonancia. El circuito de tanque 314 está acoplado de manera inductiva al devanado secundario 316 del dispositivo remoto 338.

30 Los devanados secundarios de los dispositivos remotos 338, 340, 342 no tienen núcleo. La línea discontinua 320 indica un entrehierro entre los dispositivos remotos 338, 340, 342 y la fuente de alimentación 305.

35 El sensor de circuito 324 está acoplado a la salida del circuito de tanque 314. El sensor de circuito 324 también está acoplado al controlador 326. El sensor de circuito 324 proporciona información sobre los parámetros de operación de la fuente de alimentación. Por ejemplo, el sensor de circuito podría ser un sensor de corriente y proporcionar información con respecto a la fase, la frecuencia y la amplitud de la corriente en el circuito de tanque 314.

40 El controlador 326 podría ser uno cualquiera de una multitud de microcontroladores disponibles comúnmente programados para realizar las funciones descritas en lo sucesivo en el presente documento, tal como el Intel 8051 o el Motorola 6811, o cualquiera de las muchas variantes de estos microcontroladores. El controlador 326 podría tener una ROM (memoria de solo lectura) y una RAM (memoria de acceso aleatorio) en el chip. El controlador 326 podría tener una serie de salidas analógicas y digitales para controlar las diversas funciones dentro de la fuente de alimentación inductiva adaptativa.

45 El controlador 326 está conectado a la memoria 327. El controlador 326 está acoplado también al circuito de excitación 328. El circuito de excitación 328 regula la operación del inversor 312. El circuito de excitación 328 regula la frecuencia y la sincronización de inversor 312. El controlador 326 está acoplado también a la fuente de alimentación 310. El controlador 326 puede manipular la tensión de carril de la fuente de alimentación 310. Como se conoce bien, al alterar la tensión de carril de la fuente de alimentación 310, también se altera la amplitud de la salida del inversor 312.

50 Por último, el controlador 326 está acoplado al inductor variable 330 y al condensador variable 332 del circuito de tanque 314. El controlador 326 puede modificar la inductancia del inductor variable 330 o la capacitancia del condensador variable 332. Modificando la inductancia del inductor variable 330 y la capacitancia del condensador variable 332, puede cambiarse la frecuencia de resonancia del circuito de tanque 314.

55 El circuito de tanque 314 podría tener una primera frecuencia de resonancia y una segunda frecuencia de resonancia. El circuito de tanque 314 también podría tener varias frecuencias de resonancia. Como se usa en el presente documento, la expresión "frecuencia de resonancia" se refiere a una banda de frecuencias dentro de la cual resonará el circuito de tanque 314. Como se conoce bien, un circuito de tanque tendrá una frecuencia de resonancia, pero continuará resonando dentro de un intervalo de frecuencias. El circuito de tanque 314 tiene al menos un elemento de impedancia variable que tiene una impedancia variable. Al variar la impedancia variable, se variará la frecuencia de resonancia del circuito de tanque 314. El elemento de impedancia variable podría ser el inductor variable 330 o el condensador variable 332, o ambos.

65 El inductor variable 330 puede ser un inductor variable controlado por tiristor, un inductor variable compresible, un inductor variable de núcleo laminado paralelo, una serie inductores y conmutadores capaces de colocar inductores

fijos seleccionados en el circuito de tanque 314, o cualquier otro inductor variable controlable. El condensador variable podría ser un conjunto de condensadores conmutados, una serie de condensadores fijos y conmutadores capaces de colocar capacitores fijos seleccionados en el circuito de tanque 314, o cualquier otro condensador variable controlable.

5 El circuito de tanque 314 incluye también un devanado primario 334. El devanado primario 334 y el inductor variable 330 se muestran por separado. Como alternativa, el devanado primario 334 y el inductor variable 330 podrían combinarse en un único elemento. El circuito de tanque 314 se muestra como un circuito de tanque resonante en serie. También podría usarse un circuito de tanque resonante en paralelo.

10 El transceptor de fuente de alimentación 336 también está acoplado al controlador. El transceptor de fuente de alimentación 336 podría ser simplemente un receptor para recibir información en lugar de un dispositivo que permita la comunicación bidireccional. El transceptor de fuente de alimentación 336 se comunica con diversos dispositivos remotos 338, 340, 342. Obviamente, se podrían usar más o menos dispositivos que tres con el sistema.

15 En esta realización, la fuente de alimentación sin contacto 305 también tiene una interfaz de comunicaciones 311 para la conexión a la estación de trabajo 307. La interfaz de comunicaciones 311 podría ser cualquiera de una serie de interfaces propietarias bien conocidas tales como USB, FireWire o RS-232. La estación de trabajo 307 está conectada a la red 308. La red 308 podría ser una LAN (red de área local) o Internet.

20 La fuente de alimentación sin contacto 305 también podría tener un controlador de comunicaciones 313. El controlador de comunicaciones 313 gestiona la entrada y salida de datos a través de la interfaz de comunicaciones 311 y el transceptor de fuente de alimentación 336. El controlador de comunicaciones 313 realiza las funciones de control necesarias, tales como la conversión de código, la conversión de protocolo, el almacenamiento en búfer, la compresión de datos, la comprobación de errores, la sincronización y la selección de ruta, así como la recopilación de la información de gestión. El controlador de comunicaciones 313 establece sesiones de comunicación entre los dispositivos remotos 338, 340, 342 y la estación de trabajo 307 o cualquier otro dispositivo dentro de la red 308. El controlador de comunicaciones 313 podría ser un procesador frontal. En función de las capacidades del controlador 326, el controlador de comunicaciones 313 podría ser un módulo de software que se ejecuta dentro del controlador 326.

25 La figura 8 muestra un diagrama de bloques del dispositivo remoto 338. El dispositivo remoto 338 es también un ejemplo de los dispositivos remotos 340, 342. El dispositivo remoto 338 incluye la carga 350. La carga 350 recibe alimentación del secundario variable 353. La carga 350 podría ser una batería recargable o cualquier otro tipo de carga.

35 El secundario variable 353 preferentemente no tiene núcleo, permitiendo que el secundario variable 353 opere en un intervalo más amplio de frecuencias. El secundario variable 353 se muestra como un inductor variable, aunque podrían usarse otros tipos de dispositivos en lugar del inductor variable.

40 El controlador de dispositivo remoto 352 controla la inductancia de secundario variable 353 y la operación de la carga 350. Por ejemplo, el controlador de dispositivo remoto 352 puede alterar la inductancia de secundario variable 353 o activar o descargar 350. Similar al controlador 326, el controlador de dispositivo remoto 352 podría ser uno cualquiera de una multitud de microcontroladores comúnmente disponibles programados para realizar las funciones descritas a continuación en el presente documento, tales como el Intel 8051 o el Motorola 6811, o cualquiera de las muchas variantes de estos microcontroladores. El controlador 352 podría tener una ROM (memoria de solo lectura) y una RAM (memoria de acceso aleatorio) en el chip. El controlador 352 también podría tener una serie de salidas analógicas y digitales para controlar las diversas funciones dentro de la fuente de alimentación inductiva adaptativa.

45 La memoria 354 contiene, entre otras cosas, un número ID (identificación) de dispositivo e información de alimentación acerca del dispositivo remoto 338. La información de alimentación incluiría la tensión, la información de consumo de corriente y energía para el dispositivo remoto 338. Si la carga 350 fuese una batería recargable, la memoria 354 podría incluir velocidades de descarga y velocidades de carga.

50 El dispositivo remoto 338 también incluye un transceptor remoto 356. El transceptor remoto 356 recibe y transmite información hacia y desde el transceptor de fuente de alimentación 336. El transceptor remoto 356 y el transceptor de fuente de alimentación 336 podrían enlazarse de una miríada de diferentes maneras, tales como WiFi, infrarrojos, Bluetooth o móvil. Además, los transceptores podrían comunicarse por medio de bobinas adicionales en el primario o secundario. O, ya que la alimentación se suministra mediante la fuente de alimentación 305 a los dispositivos remotos 338, 340, 342, mediante uno cualquiera de muchos sistemas de comunicación de líneas de alimentación diferentes.

55 Como alternativa, el transceptor remoto 356 podría ser simplemente un transmisor inalámbrico para enviar información al transceptor 336. Por ejemplo, el transceptor remoto 356 podría ser una etiqueta RFID (identificación de frecuencia de radio).

65



5 El procesador 357 representa el componente funcional del dispositivo remoto 338. Por ejemplo, si el dispositivo remoto 338, fuese una cámara digital, el procesador 357 podría ser un microprocesador dentro de la cámara digital. Si el dispositivo remoto 338 fuese un reproductor de MP3, el procesador 357 podría ser un procesador de señal digital o un microprocesador y una circuitería relacionada para convertir archivos MP3 en sonidos. Si el dispositivo remoto 338 fuese un PDA, entonces el procesador 357 sería un microprocesador y una circuitería relacionada que proporcionaría la funcionalidad de un PDA. El procesador 357 podría acceder a la memoria 354.

10 El procesador 357 está también acoplado al transceptor de dispositivo secundario 356. Por lo tanto, el procesador 357 podría comunicarse a través de transceptor de dispositivo secundario 356 con la fuente de alimentación sin contacto 305, y por lo tanto podría comunicarse con otros dispositivos conectados a la fuente de alimentación 305, tal como una estación de trabajo.

15 Debido a la presencia de la interfaz de comunicaciones 311, el dispositivo remoto 338 podría comunicarse con la estación de trabajo 307 o la red 308. Con el fin de permitir la comunicación entre el dispositivo remoto 338 y la estación de trabajo 307, el controlador 326 podría establecer un enlace de comunicación con el dispositivo remoto 338 por medio del transceptor 336.

20 La figura 9 muestra la operación del sistema de transmisión de energía adaptativa sin contacto con capacidad de comunicación.

25 Después de que se inicie la fuente de alimentación sin contacto 305 (etapa 400), se sondan todos los dispositivos remotos por medio del transceptor 336. Etapa 402. La etapa 402 puede ser continua, donde el avance a la etapa 404 solo se produce si está presente un dispositivo remoto. Como alternativa, las etapas siguientes podrían realizarse antes de repetir el sondeo, aunque las operaciones se realizarían haciendo referencia a un conjunto nulo. Si hay un dispositivo remoto presente, recibe la información de uso de alimentación desde el dispositivo remoto. Etapa 404.

30 La información de uso de alimentación podría incluir información real en relación con la tensión, la corriente, y los requisitos de alimentación para el dispositivo remoto 338. Como alternativa, la información de uso de alimentación podría ser simplemente un número de ID para el dispositivo remoto 338. Si es así, el controlador 326 podría recibir el número de ID y buscar el requisito de alimentación para el dispositivo remoto 338 a partir de una tabla contenida en la memoria 327.

35 Después de que se hayan sondeado todos los dispositivos y se haya recibido la información de alimentación para cada dispositivo, la fuente de alimentación sin contacto 305 determina a continuación si hay algún dispositivo que ya no está presente. Si es así, entonces se actualiza una lista de dispositivos remotos. Etapa 408.

40 La lista de dispositivos remotos mantenida por el controlador 326 se muestra en la figura 10. La lista de dispositivos remotos podría contener un ID de dispositivo, una tensión, una corriente y un estado para cada dispositivo remoto 338, 340, 342. El número de dispositivo se asigna por el controlador 326. La ID de dispositivo se recibe desde los dispositivos remotos 338, 340, 342. Si dos dispositivos remotos son del mismo tipo, la ID de dispositivo podría ser la misma. La tensión y la corriente son la cantidad de tensión o corriente necesaria para alimentar el dispositivo. La tensión y la corriente podrían transmitirse discretamente mediante los dispositivos remotos 338, 340, 342, o podrían obtenerse usando la ID de dispositivo como una clave para una base de datos de dispositivos remotos mantenidos en la memoria 327. El estado es el estado actual del dispositivo. Por ejemplo, el estado del dispositivo podría ser 'encendido', 'apagado', 'cargando', etc.

50 A continuación, la fuente de alimentación sin contacto 305 determina si ha cambiado el estado de cualquier dispositivo. Etapa 410. Por ejemplo, el dispositivo remoto 338 podría tener una batería recargable. Cuando la batería recargable está completamente cargada, el dispositivo remoto 338 ya no necesitaría alimentación. Por lo tanto, su estado cambiaría de "carga" a "apagado". Si cambia el estado del dispositivo, entonces la lista de dispositivos remotos se actualiza. Etapa 412.

55 La fuente de alimentación sin contacto 305 determina a continuación si están presentes los dispositivos. Etapa 414. Si es así, entonces se actualiza la lista de dispositivos remotos. Etapa 416. A continuación, se verifica la lista de dispositivos remotos. Etapa 418. Si la lista no se ha actualizado, entonces el sistema vuelve a sondear los dispositivos y el proceso se reinicia. Etapa 402

60 Si la lista se ha actualizado, entonces ha cambiado el uso de la alimentación por los dispositivos remotos, y por lo tanto la alimentación suministrada por la fuente de alimentación sin contacto 305 también debe cambiar. El controlador 326 usa la lista de dispositivos remotos para determinar los requisitos de alimentación de todos los dispositivos remotos. A continuación, se determina si el sistema puede reconfigurarse para alimentar adecuadamente a todos los dispositivos. Etapa 420.

65 Si la fuente de alimentación sin contacto 305 puede suministrar alimentación a todos los dispositivos remotos, entonces el controlador 326 calcula los ajustes para la frecuencia de inversor, el ciclo de trabajo, la frecuencia de

5 resonancia, y la tensión de carril. Además, el controlador determina el mejor ajuste para la impedancia variable del devanado secundario 353 de los dispositivos remotos 338, 340, 342. Etapa 422. A continuación, se establece la frecuencia de inversor, el ciclo de trabajo, la frecuencia de resonancia y la tensión de carril. Etapa 424. También se ordena a los dispositivos remotos 338, 340, 342 establecer la impedancia variable del devanado secundario 353 al nivel deseado. Etapa 424.

10 Por otro lado, si la fuente de alimentación sin contacto 305 no puede suministrar alimentación a todos los dispositivos remotos, el controlador 326 determina los mejores ajustes de alimentación posibles para todo el sistema. Etapa 426. A continuación, puede ordenar a uno o más de los dispositivos remotos 338, 340, 342 que se apaguen o cambien su consumo de energía. El controlador determina el mejor ajuste para la impedancia variable del devanado secundario 353 de los dispositivos remotos 338,340, 342. Etapa 428. A continuación, se establece la frecuencia de inversor, el ciclo de trabajo, la frecuencia de resonancia y la tensión de carril para el sistema. Etapa 430. El controlador ordena a los dispositivos remotos 338, 340, 342 establecer la impedancia variable del devanado secundario 353 en el nivel deseado. El sistema vuelve a sondear los dispositivos y el proceso se repite. Etapa 402

15 La descripción anterior es de la realización preferida. Pueden realizarse diversas alteraciones y cambios sin alejarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

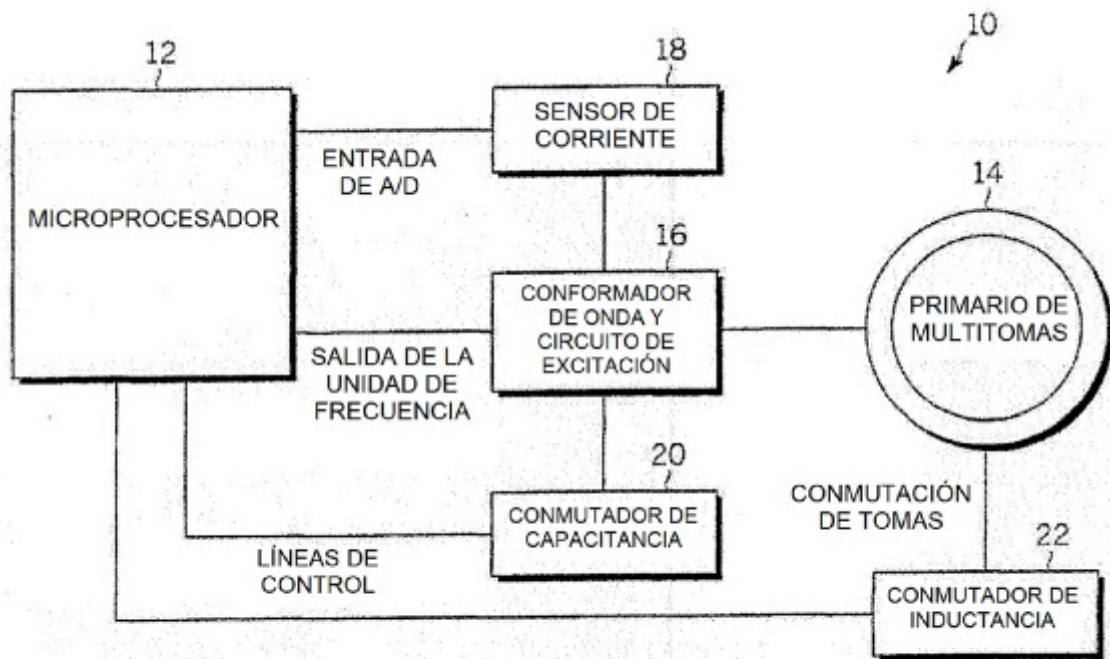
- 5 1. Un sistema de suministro de alimentación sin contacto para transmitir alimentación desde una fuente de alimentación sin contacto (305) a una pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342), comprendiendo el sistema de suministro de alimentación sin contacto:
- 10 un inversor (312), teniendo el inversor (312) un ciclo de trabajo y una frecuencia de operación;  
un circuito de resonancia acoplado al inversor (312), teniendo el circuito de resonancia una frecuencia de resonancia, teniendo el circuito de resonancia un primario para transferir alimentación de manera inductiva;  
una fuente de alimentación (310) acoplada al inversor (312), teniendo la fuente de alimentación (310) una tensión de carril;  
un transceptor para comunicarse con la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342), en el que el transceptor incluye un receptor que recibe información de alimentación de cada uno de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342);  
15 un controlador (326) en comunicación eléctrica con el receptor, estando el controlador (326) programado para crear en una memoria (327) una lista de información de alimentación, en el que el controlador (326) está programado para determinar un ajuste óptimo para al menos uno de entre la frecuencia de operación, la tensión de carril, la frecuencia de resonancia y el ciclo de trabajo basándose en la lista; y en el que el controlador (326) está programado para adaptar la fuente de alimentación sin contacto (305) para operar de acuerdo con el ajuste óptimo para proporcionar alimentación de manera inductiva a la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 20 340, 342).
- 25 2. El sistema de suministro de alimentación sin contacto de la reivindicación 1, que comprende además una interfaz de comunicaciones (311) para comunicarse con una estación de trabajo (307).
- 30 3. El sistema de suministro de alimentación sin contacto de la reivindicación 2, en el que el controlador (326) crea un enlace de comunicación entre la estación de trabajo (307) y al menos uno de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342) por medio del transceptor.
- 35 4. Un método para operar un sistema de suministro de alimentación inductivo sin contacto que incluye una fuente de alimentación inductiva y una pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342), teniendo la fuente de alimentación inductiva un primario, comprendiendo el método:
- 40 suministrar alimentación desde una fuente de alimentación a la fuente de alimentación sin contacto (305), para transferir alimentación a dicho uno o más dispositivos remotos (306, 338, 340, 342) usando un inversor (312), transferir alimentación a dicho uno o más dispositivos remotos (306, 338, 340, 342) usando un circuito de resonancia que tiene un primario;  
acoplar de manera inductiva la fuente de alimentación inductiva a la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342);  
45 recibir, en un transceptor en la fuente de alimentación inductiva, información de alimentación almacenada de cada uno de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342);  
crear en una memoria (327) una lista de la información de alimentación recibida de cada uno de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342);  
determinar un ajuste óptimo para al menos uno de entre la frecuencia de operación, la tensión de carril, la frecuencia de resonancia y el ciclo de trabajo basándose en la lista; y  
50 adaptar la fuente de alimentación inductiva para operar de acuerdo con el ajuste óptimo para proporcionar alimentación de manera inductiva a la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342).
- 55 5. El método de la reivindicación 4, en el que la información de alimentación almacenada es una identificación de dispositivo.
- 60 6. El método de la reivindicación 4, que comprende además detectar una característica de alimentación, en el que la característica detectada de alimentación es una característica detectada en la fuente de alimentación inductiva que se ve afectada por la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342).
- 65 7. El sistema o método, según sea el caso, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador está configurado para o el método incluye, en respuesta a la información recibida de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342), ajustar una primera característica, siendo una de entre una frecuencia de resonancia de un circuito de tanque (314) en la fuente de alimentación inductiva, una frecuencia de operación de la fuente de alimentación inductiva, un ciclo de trabajo de la fuente de alimentación inductiva, y una tensión de carril de la fuente de alimentación inductiva.
8. El sistema o método, según sea el caso, de acuerdo con la reivindicación 7, en el que se ajusta una segunda característica, siendo la segunda característica una de entre la frecuencia de resonancia y la tensión de carril, en el que la segunda característica es diferente de la primera característica.

9. El sistema o método, según sea el caso, de acuerdo con la reivindicación 7, en el que se ajusta una segunda característica, siendo la segunda característica la frecuencia de resonancia, en la que la frecuencia de resonancia se ajusta mediante (1) el ajuste de una capacitancia de un condensador variable (332) y (2) el ajuste de una inductancia de un inductor variable (330).

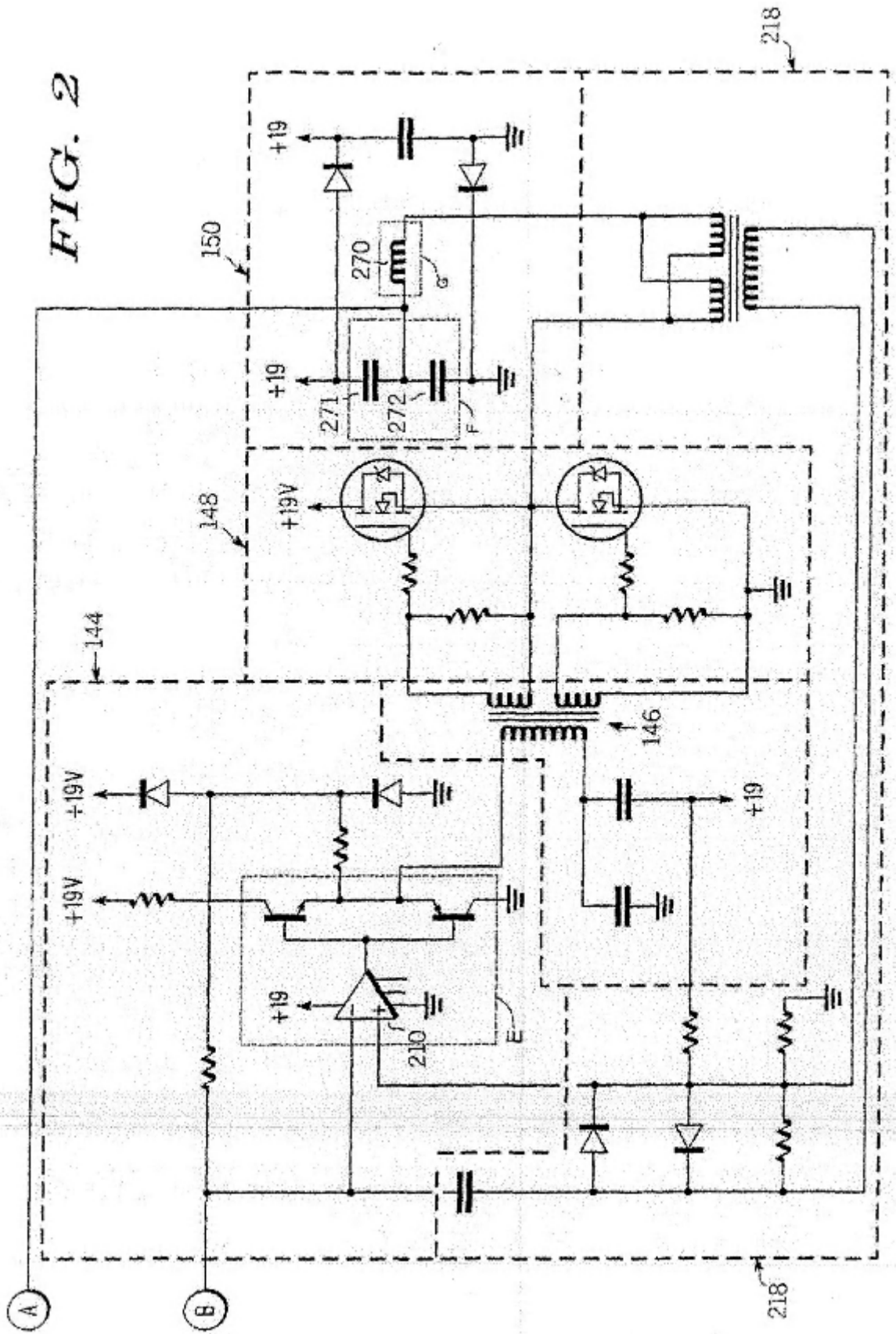
5

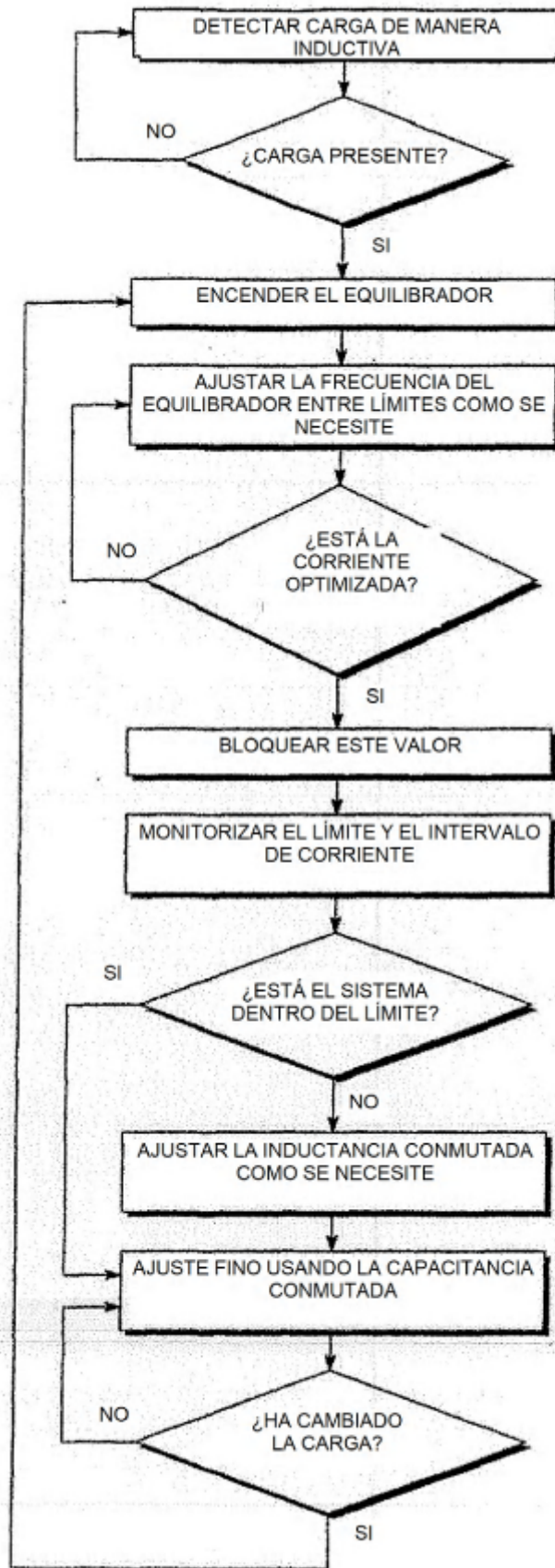
10. El sistema o método, según sea el caso, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se recibe información desde cada uno de la pluralidad de dispositivos remotos (306, 338, 340, 342) a través de uno de entre un primario, un transceptor de RF, un receptor de RF, una bobina de comunicación separada del primario, y una bobina de comunicación que es parte del primario.

10



*FIG. 1*





*FIG.*  
*3*

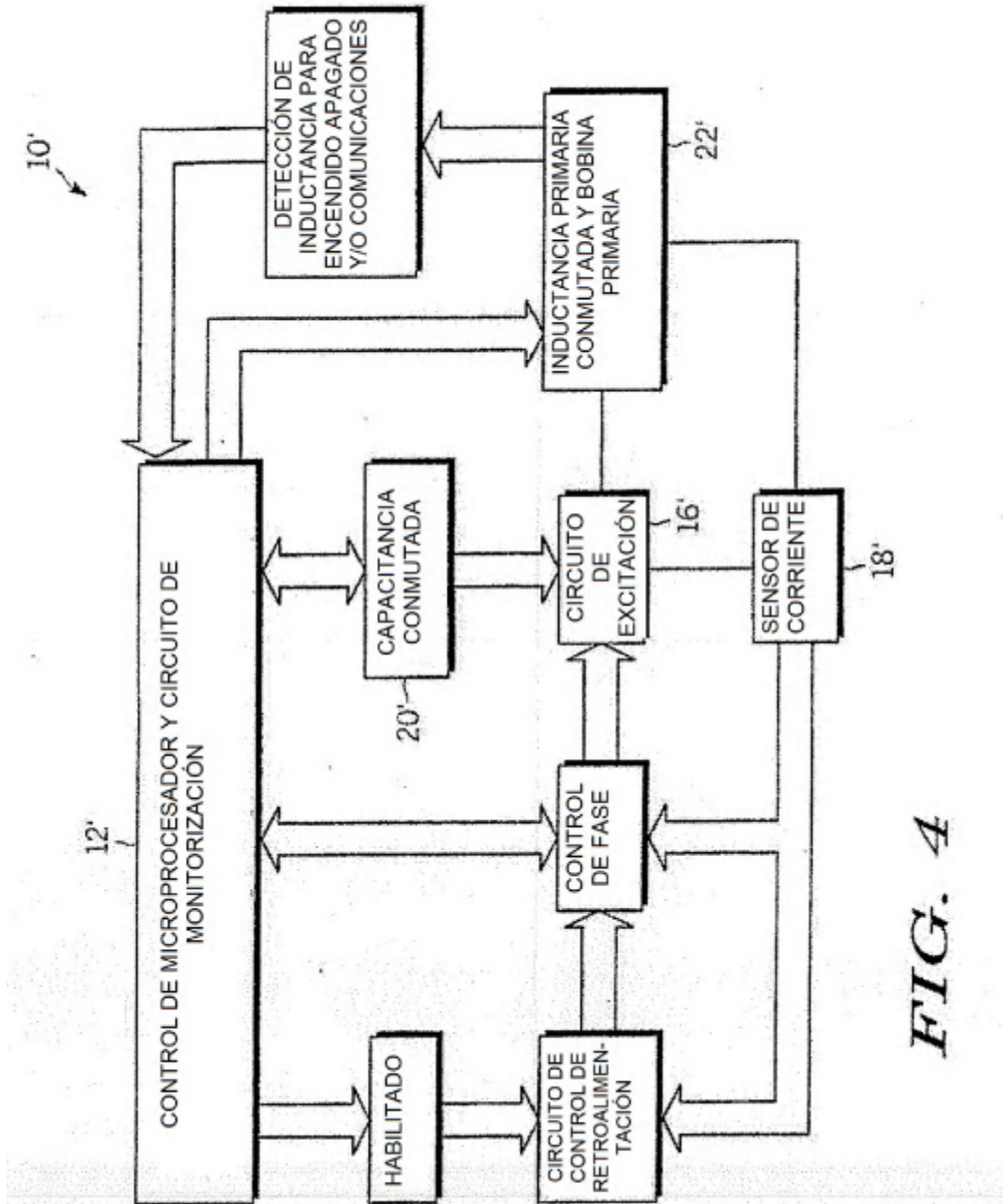


FIG. 4



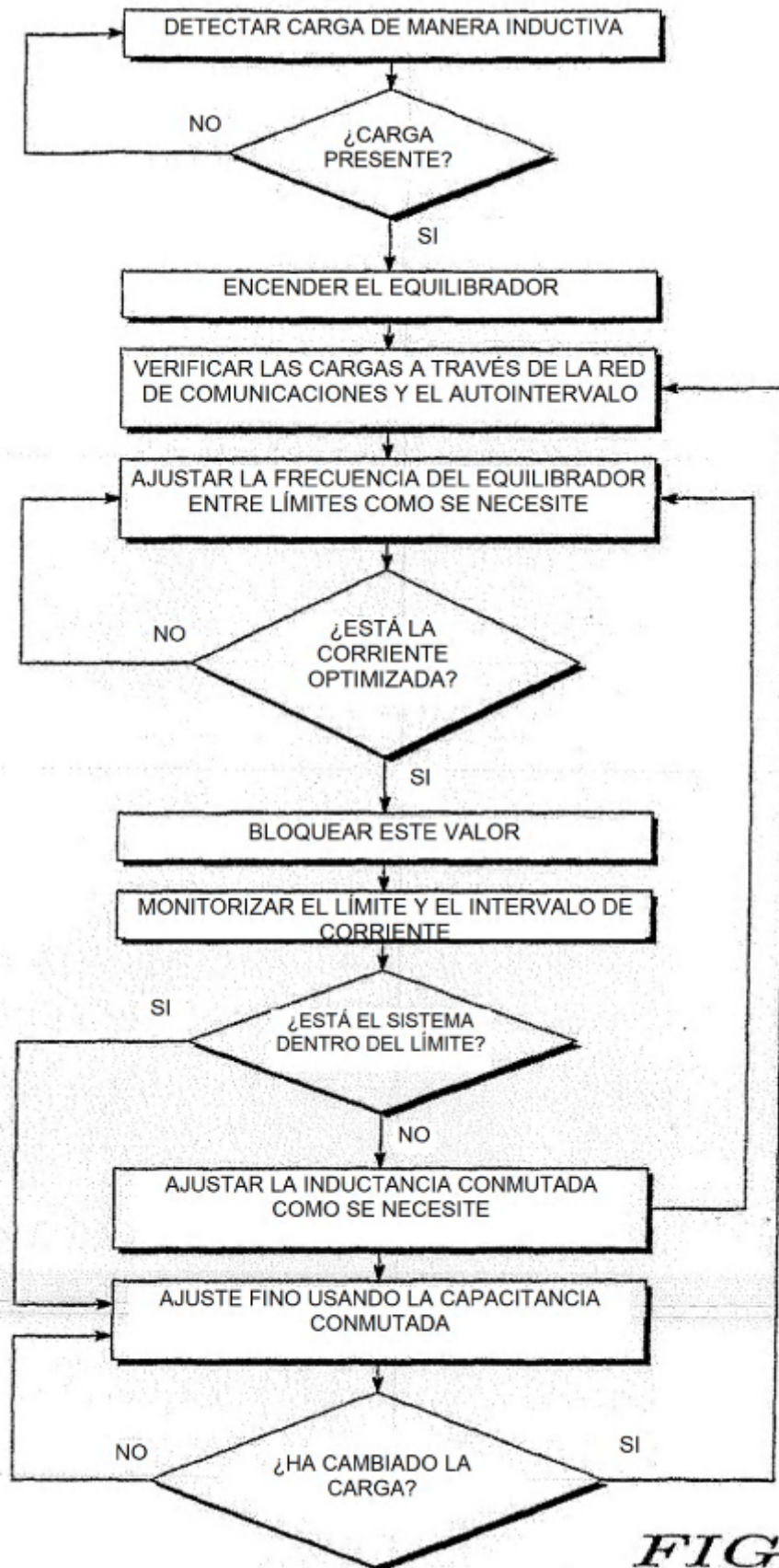


FIG. 5

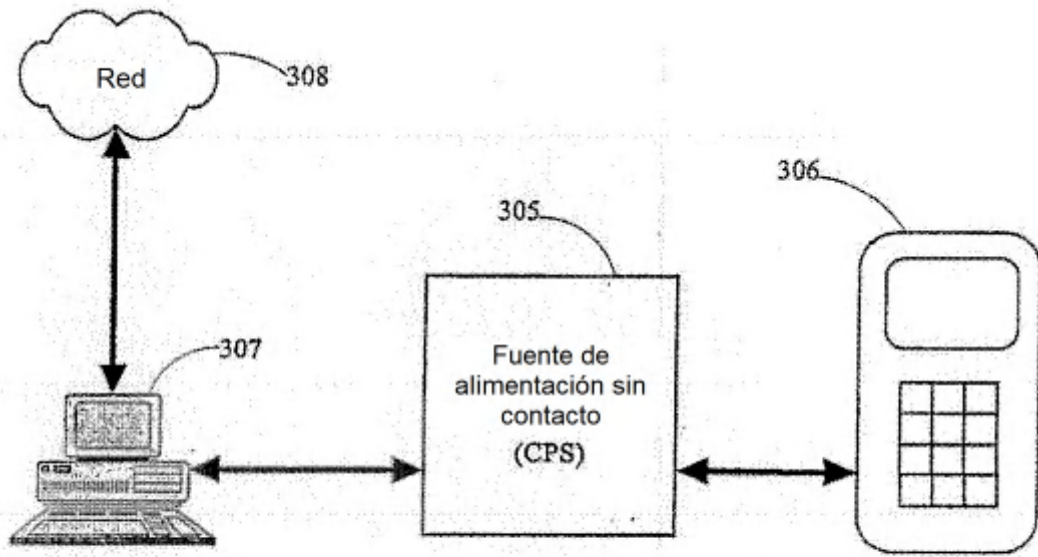


FIG. 6

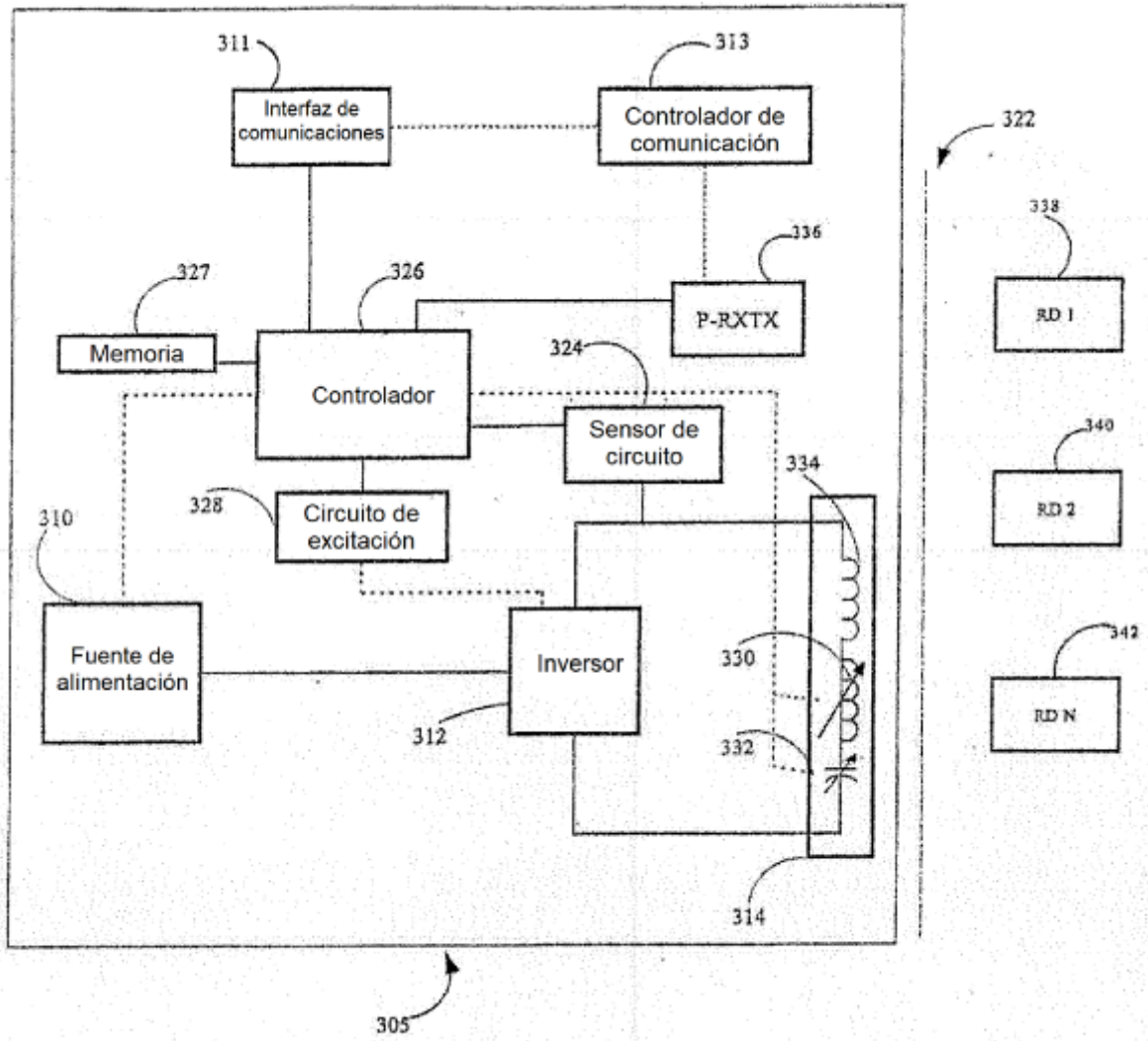


Fig. 7

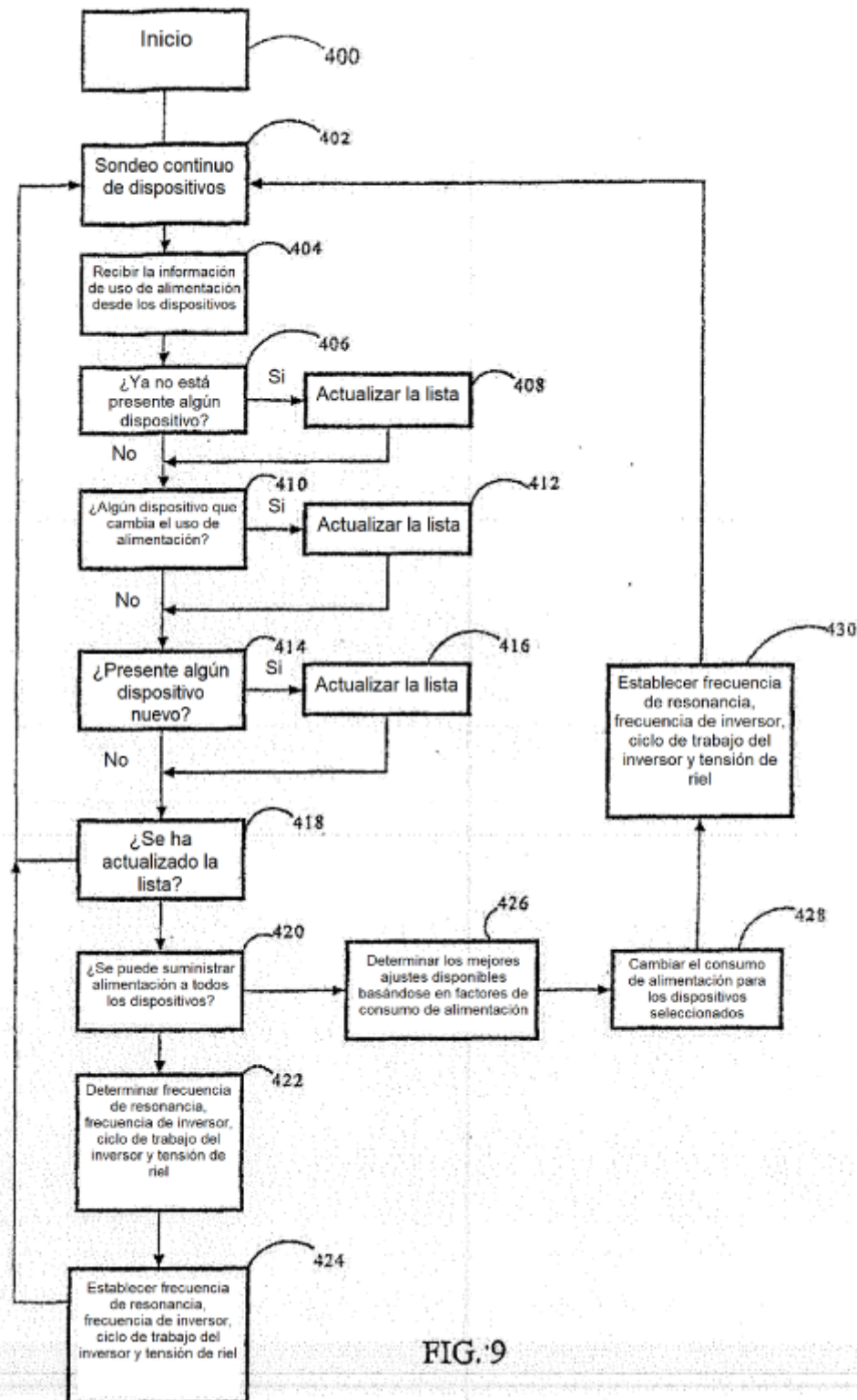


FIG. 9

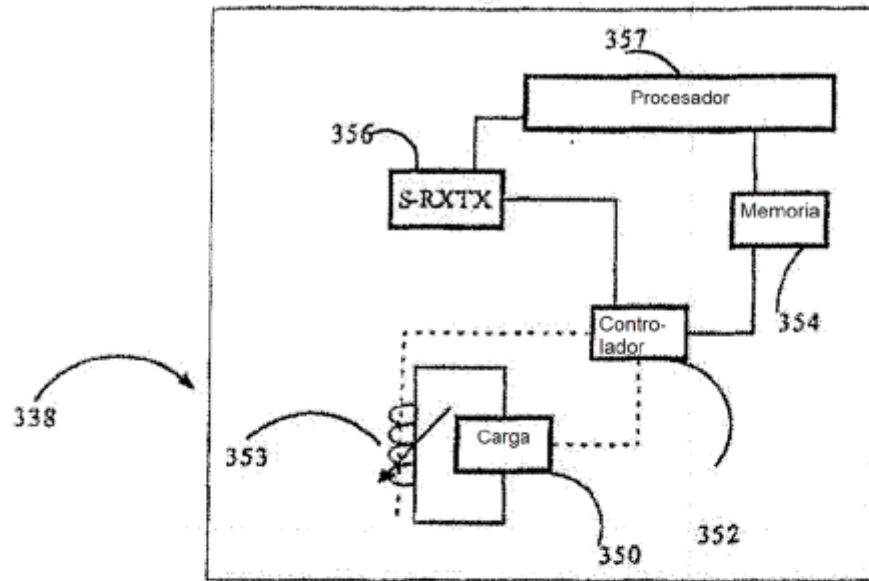


FIG. 8

Dispositivo	ID#	Tensión	Corriente	Estado
-1-	12345	4,0 V	100 mA	Encendido
-2-	12346	2,5 V	1000 mA	Apagado
-3-	12347	1,0 V	10 mA	Cargando

FIG. 10