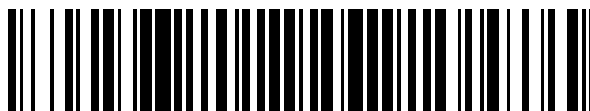


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 138**

51 Int. Cl.:

H01F 38/14 (2006.01)

H02J 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2010 E 10711503 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2409378**

54 Título: **Ajuste de impedancia adaptativo en una transmisión de potencia inalámbrica**

30 Prioridad:

20.03.2009 US 162157 P

07.05.2009 US 176468 P

25.02.2010 US 713123

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

04.12.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
Attn: International IP Administration, 5775
Morehouse Drive
San Diego, California 92121-1714, US

72 Inventor/es:

VON NOVAK, WILLIAM, H.;
TONCICH, STANLEY, S.;
OZAKI, ERNEST, T. y
WHEATLEY, CHARLES E., III

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 553 138 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

Ajuste de impedancia adaptativo en una transmisión de potencia inalámbrica

5 **Reivindicación de prioridad a tenor de 35 U.S.C. §119**

Esta solicitud reivindica prioridad a tenor de 35 U.S.C. §119(e) con respecto a:

10 Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos 61/162.157 titulada "WIRELESS POWER IMPEDANCE CONTROL", presentada el 20 de marzo de 2009;
y Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos 61/176.468 titulada "DC-BASED ADAPTIVE TUNING", presentada el 7 de mayo de 2009.

15 **Antecedentes**

Campo

La presente invención se refiere generalmente a una transferencia de potencia inalámbrica, y más específicamente a dispositivos, sistemas y métodos relacionados con la impedancia de ajuste adaptativo en un dispositivo receptor para mejorar la transferencia de potencia inalámbrica.

Antecedentes

25 Típicamente, cada dispositivo alimentado por batería, tal como un dispositivo electrónico inalámbrico, requiere su propio cargador y una fuente de alimentación, que normalmente es una toma de corriente de corriente alterna (CA). Tal configuración cableada puede llegar a ser engorrosa cuando han de cargarse muchos dispositivos.

Se están desarrollando enfoques que usan transmisión de energía por el aire o inalámbrica entre un transmisor y un receptor acoplado al dispositivo electrónico a cargar. Dichos enfoques generalmente están dentro de dos categorías.
30 Una se basa en el acoplamiento de radiación de onda plana (también denominada radiación de campo lejano) entre una antena transmisora y una antena receptora en el dispositivo a cargar. La antena receptora recoge la potencia irradiada y la rectifica para cargar la batería. Las antenas generalmente son de longitud resonante para mejorar la eficiencia de acoplamiento. Este enfoque se ve afectado por el hecho de que el acoplamiento de energía desciende rápidamente con la distancia entre las antenas, por lo que la carga por encima de distancias razonables (por ejemplo, menos de 1 a 2 metros) se hace difícil. Adicionalmente, puesto que el sistema de transmisión irradia ondas planas, una radiación accidental puede interferir con otros sistemas si no se controla apropiadamente a través de filtración.

Otros enfoques con respecto a técnicas de transmisión de energía inalámbrica se basan en un acoplamiento inductivo entre una antena transmisora integrada, por ejemplo, en una alfombrilla o superficie "de carga" y una antena receptora (más un circuito rectificador) integrada en el dispositivo electrónico que se va a cargar. Este enfoque tiene la desventaja de que la separación entre las antenas transmisora y receptora debe ser muy cercana (por ejemplo, en milímetros). Aunque este enfoque no tiene la capacidad de cargar simultáneamente múltiples dispositivos en la misma zona, esta zona es típicamente muy pequeña y requiere que el usuario coloque con precisión los dispositivos con respecto a una zona específica.

La eficiencia es muy importante en un sistema de transferencia de potencia inalámbrica debido a las pérdidas que se producen en el transcurso de la transmisión inalámbrica de energía. Dado que la transmisión de potencia inalámbrica a menudo es menos eficiente que la transferencia cableada, la eficiencia es un motivo todavía mayor de preocupación en un entorno de transferencia de potencia inalámbrica.

Como resultado, al intentar proporcionar potencia a uno o más dispositivos de carga inalámbrica, existe la necesidad de métodos y aparatos para la adaptación a los cambios en el acoplamiento entre una antena transmisora y una antena receptora para optimizar o de otro modo ajustar el suministro de potencia para un dispositivo receptor acoplado a la antena receptora.

Breve descripción de los dibujos

60 La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de transferencia de potencia inalámbrico.

La FIG. 2 muestra un diagrama esquemático simplificado de un sistema de transferencia de potencia inalámbrico.

65 La FIG. 3 muestra un diagrama esquemático de una antena de bucle para su uso en realizaciones ejemplares de la presente invención.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques simplificado de un transmisor, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques simplificado de un receptor, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La FIG. 6 muestra un esquema de una circuitería de transmisión y una circuitería de recepción que muestra el acoplamiento entre las mismas y una carga de CC ajustable.

Las FIG. 7A-7B muestran cartas de Smith que ilustran un cambio en la impedancia de entrada de un par de bobinas acopladas que responden a un cambio en la impedancia de CC en el dispositivo receptor.

Las FIG. 8A-8B muestran diagramas de amplitud que muestran un acoplamiento mejorado entre un par de bobinas acopladas que responden a un cambio en la impedancia de CC en el dispositivo receptor.

Las FIG. 9A-9B muestran esquemas simplificados de dispositivos receptores que ilustran realizaciones ejemplares para ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor.

Las FIG. 10A-10D muestran esquemas simplificados de dispositivos receptores que ilustran realizaciones ejemplares para ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor usando un convertidor de modulación por ancho de pulsos.

La FIG. 11 ilustra diversos parámetros de entrada y salida que pueden usarse al ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor.

Descripción detallada

La expresión "ejemplar" se usa en el presente documento en el sentido de "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración". No debe considerarse que cualquier realización descrita en el presente documento como "ejemplar" sea preferida o ventajosa con respecto a otras realizaciones.

La descripción detallada presentada a continuación, en relación con los dibujos adjuntos, debe interpretarse como una descripción de realizaciones ejemplares de la presente invención y no pretende representar solamente las realizaciones en las que la presente invención puede llevarse a la práctica. La expresión "ejemplar" usada a lo largo de esta descripción se refiere a "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración", y no debe interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso con respecto a otras realizaciones ejemplares. La descripción detallada incluye detalles específicos con el objetivo de proporcionar un entendimiento minucioso de las realizaciones ejemplares de la invención. A los expertos en la técnica les resultará evidente que las realizaciones ejemplares de la invención pueden llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En algunos casos, se muestran estructuras y dispositivos ya conocidos en forma de diagrama de bloques con el fin de evitar ocultar la novedad de las realizaciones ejemplares presentadas en el presente documento.

La expresión "potencia inalámbrica" se usa en el presente documento para referirse a cualquier forma de energía asociada a campos eléctricos, campos magnéticos, campos electromagnéticos, o de otro modo, que se transmite entre un transmisor a un receptor sin el uso de conductores electromagnéticos físicos.

La FIG. 1 ilustra una transmisión inalámbrica o sistema de carga 100, de acuerdo con diversas realizaciones ejemplares de la presente invención. Se proporciona una potencia de entrada 102 a un transmisor 104 para generar un campo radiado 106 para proporcionar una transferencia de energía. Un receptor 108 se acopla al campo radiado 106 y genera una potencia de salida 110 para su almacenamiento o consumo por parte de un dispositivo (no mostrado) acoplado a la potencia de salida 110. Tanto el transmisor 104 como el receptor 108 se separan por una distancia 112. En una realización ejemplar, el transmisor 104 y el receptor 108 se configuran de acuerdo con una relación de resonancia mutua y cuando la frecuencia de resonancia del receptor 108 y la frecuencia de resonancia del transmisor 104 están muy cercanas, las pérdidas de transmisión entre el transmisor 104 y el receptor 108 son mínimas cuando el receptor 108 se sitúa en el "campo cercano" del campo radiado 106.

El transmisor 104 incluye adicionalmente una antena transmisora 114 para proporcionar un medio para la transmisión de energía y el receptor 108 incluye adicionalmente una antena receptora 118 para proporcionar un medio para la recepción de energía. Las antenas transmisora y receptora se dimensionan de acuerdo con las aplicaciones y dispositivos que se asociarán con las mismas. Como se indica, se produce una transferencia de energía eficiente mediante el acoplamiento de una gran porción de la energía en el campo cercano de la antena transmisora con respecto a una antena receptora en lugar de propagar la mayor parte de la energía en una onda electromagnética al campo lejano. Cuando está en este campo cercano, puede desarrollarse un modo de acoplamiento entre la antena transmisora 114 y la antena receptora 118. El área alrededor de las antenas 114 y 118 donde este acoplamiento de campo cercano puede producirse se denomina en el presente documento como una

región en modo de acoplamiento.

La FIG. 2 muestra un diagrama esquemático simplificado de un sistema de transferencia de potencia inalámbrico. El transmisor 104 incluye un oscilador 122, un amplificador de potencia 124 y un circuito de filtro y adaptación 126. El oscilador se configura para generar una frecuencia deseada, que puede ajustarse en respuesta a una señal de ajuste 123. La señal del oscilador puede amplificarse por el amplificador de potencia 124 con una cantidad de amplificación que responde a una señal de control 125. El circuito de filtro y adaptación 126 puede incluirse para filtrar los armónicos u otras frecuencias no deseadas y adaptar la impedancia del transmisor 104 a la antena transmisora 114.

El receptor 108 puede incluir un circuito de adaptación 132 y un circuito de rectificador y conmutación 134 para generar una potencia de salida de CC para cargar una batería 136 como se muestra en la FIG. 2 o alimentar un dispositivo acoplado al receptor (no mostrado). El circuito de adaptación 132 puede incluirse para adaptar la impedancia del receptor 108 a la antena receptora 118. El receptor 108 y el transmisor 104 pueden comunicarse en un canal de comunicación separado 119 (por ejemplo, Bluetooth, zigbee, móvil, etc.).

Como se ilustra en la FIG. 3, las antenas usadas en las realizaciones ejemplares pueden configurarse como una antena de "bucle" 150, que también puede denominarse en el presente documento como una antena "magnética". Las antenas de bucle pueden configurarse para incluir un núcleo de aire o un núcleo físico, tal como un núcleo de ferrita. Las antenas de bucle con núcleo de aire pueden ser más tolerables a los dispositivos físicos extraños situados en las proximidades del núcleo. Además, una antena de bucle con núcleo de aire permite la colocación de otros componentes en el área del núcleo. Además, un bucle con núcleo de aire puede permitir más fácilmente la colocación de la antena receptora 118 (FIG. 2) en un plano de la antena transmisora 114 (FIG. 2) donde la región en modo acoplado de la antena transmisora 114 (FIG. 2) puede ser más potente.

Como se indica, la transferencia eficiente de energía entre el transmisor 104 y el receptor 108 se produce durante la resonancia adaptada o casi adaptada entre el transmisor 104 y el receptor 108. Sin embargo, cuando la resonancia entre el transmisor 104 y el receptor 108 no se corresponde, la energía puede transferirse con una eficiencia inferior. La transferencia de energía se produce acoplando la energía del campo cercano de la antena transmisora a la antena receptora que reside en la vecindad donde este campo cercano se establece en lugar de propagar la energía de la antena transmisora al espacio libre.

La frecuencia de resonancia de las antenas de bucle o magnéticas se basa en la inductancia y la capacitancia. La inductancia en una antena de bucle es en general sencillamente la inductancia creada por el bucle, mientras que la capacitancia se añade generalmente a la inductancia de la antena de bucle para crear una estructura resonante a una frecuencia de resonancia deseada. Como un ejemplo no limitante, pueden añadirse el condensador 152 y el condensador 154 a la antena para crear un circuito de resonancia que genera la señal de resonancia 156. Por consiguiente, para antenas de bucle de mayor diámetro, el tamaño de la capacitancia necesaria para inducir resonancia disminuye según el diámetro o inductancia del bucle aumenta. Además, según el diámetro de la antena de bucle o magnética aumenta, aumenta el área de transferencia de energía eficiente del campo cercano. Por supuesto, son posibles otros circuitos de resonancia. Según otro ejemplo no limitante, puede colocarse un condensador en paralelo entre los dos terminales de la antena de bucle. Además, los expertos en la técnica reconocerán que para las antenas de transmisión, la señal de resonancia 156 puede ser una entrada a la antena de bucle 150.

Las realizaciones ejemplares de la invención incluyen potencia de acoplamiento entre dos antenas que están en los campos cercanos de cada una. Como se indica, el campo cercano es un área alrededor de la antena en la que existen campos electromagnéticos pero no pueden propagarse o irradiarse lejos de la antena. Típicamente están limitados a un volumen que está cerca del volumen físico de la antena. En las realizaciones ejemplares de la invención, las antenas de tipo magnético, tales como antenas de bucle de una única o múltiples vueltas se usan tanto para sistemas de antenas transmisoras (Tx) como receptoras (Rx) puesto que las amplitudes de campo cercano magnético tienen a ser mayores para las antenas de tipo magnético en comparación con los campos cercanos eléctricos de una antena de tipo eléctrico (por ejemplo, un dipolo pequeño). Esto permite un acoplamiento potencialmente mayor entre el par. Además, también se contemplan antenas "eléctricas" (por ejemplo, dipolos y monopolos) o una combinación de antenas magnéticas y eléctricas.

La antena Tx puede funcionar a una frecuencia que sea suficientemente baja y con un tamaño de antena que sea lo suficientemente grande para conseguir un buen acoplamiento (por ejemplo, >-4 dB) a una antena receptora pequeña a distancias significativamente mayores que las permitidas por el campo lejano y los enfoques inductivos que se han mencionado antes. Si la antena transmisora se dimensiona correctamente, pueden conseguirse altos niveles de acoplamiento (por ejemplo, de -1 a -4 dB) cuando la antena receptora en un dispositivo huésped se sitúa dentro de una región en modo de acoplamiento (es decir, en el campo cercano) de la antena de bucle transmisora accionada.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques simplificado de un transmisor 200, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. El transmisor 200 incluye circuitería transmisora 202 y una antena transmisora 204. En general, la circuitería transmisora 202 proporciona potencia RF a la antena transmisora 204 proporcionando una

señal oscilante que da como resultado la generación de energía de campo cercano alrededor de la antena transmisora 204. A modo de ejemplo, el transmisor 200 puede funcionar en la banda ISM de 13,56 MHz.

La circuitería transmisora ejemplar 202 incluye un circuito de adaptación de impedancia fijo 206 para adaptar la impedancia de la circuitería transmisora 202 (por ejemplo, 50 ohmios) a la antena transmisora 204 y un filtro de paso bajo (LPF) 208 configurado para reducir las emisiones de armónicos a niveles para impedir la autointerferencia de los dispositivos acoplados a los receptores 108 (FIG. 1). Otras realizaciones ejemplares para el circuito de adaptación pueden incluir inductores y transformadores. Otras realizaciones ejemplares para el filtro de paso bajo pueden incluir diferentes topologías de filtro, incluyendo, pero sin limitación, filtros de corte que atenúan las frecuencias específicas al pasar otros y pueden incluir una adaptación de impedancia adaptativa, que puede variarse basándose en métricas de transmisión medibles, tal como la potencia de salida a la antena o el consumo de corriente de CC por parte del amplificador de potencia. La circuitería transmisora 202 incluye adicionalmente un amplificador de potencia 210 configurado para accionar una señal RF según se determina por un oscilador 212 (también denominado en el presente documento como generador de señal). La circuitería transmisora puede consistir en dispositivos o circuitos discretos o, como alternativa, puede consistir en un conjunto integrado. Una potencia de salida RF ejemplar de la antena transmisora 204 puede estar en el orden de 2,5 a 8,0 W.

La circuitería transmisora 202 incluye adicionalmente un controlador 214 para habilitar el oscilador 212 durante las fases de transmisión (o ciclos de trabajo) para los receptores específicos, para ajustar la frecuencia del oscilador, para ajustar el nivel de potencia de salida, para implementar un protocolo de comunicación para interactuar con los dispositivos adyacentes a través de sus receptores adjuntos. El controlador 214 también sirve para determinar los cambios de impedancia en la antena transmisora 204 debido a cambios en la región en modo de acoplamiento debido a los receptores situados en la misma.

La circuitería transmisora 202 puede incluir adicionalmente un circuito de detección de carga 216 para detectar la presencia o ausencia de receptores activos en la proximidad del campo cercano generado por la antena transmisora 204. A modo de ejemplo, un circuito de detección de carga 216 supervisa la corriente que fluye al amplificador de potencia 210, que se ve afectado por la presencia o ausencia de receptores activos en la proximidad del campo cercano generado por la antena transmisora 204. La detección de los cambios para la carga en el amplificador de potencia 210 se supervisa por el controlador 214 para su uso al determinar si habilitar el oscilador 212 para transmitir energía para comunicar con un receptor activo.

La antena transmisora 204 puede implementarse como una antena de parche con el espesor, anchura y tipo de metal seleccionados para conservar bajas pérdidas resistivas. En una implementación convencional, la antena transmisora 204 puede configurarse generalmente para su asociación con una estructura mayor, tal como una mesa, alfombrilla, lámpara u otra configuración menos portátil. Por consiguiente, la antena transmisora 204 generalmente no necesitará "vueltas" para ser de una dimensión práctica. Una implementación ejemplar de una antena transmisora 204 puede ser "eléctricamente pequeña" (es decir, fracción de la longitud de onda) y adaptada para resonar a frecuencias útiles inferiores usando condensadores para definir la frecuencia de resonancia. En una aplicación ejemplar en la que la antena transmisora 204 puede ser de mayor diámetro, o longitud de lado si es un bucle cuadrado, (por ejemplo, 0,50 metros) con respecto a la antena receptora, la antena transmisora 204 no necesitará necesariamente un gran número de vueltas para obtener una capacitancia razonable para resonar la antena transmisora a la frecuencia deseada.

El transmisor 200 puede reunir y rastrear información sobre el paradero y el estado de los dispositivos receptores que pueden asociarse con el transmisor 200. Por lo tanto, la circuitería transmisora 202 puede incluir un detector de presencia 280, un detector encerrado 290, o una combinación de los mismos, contactados al controlador 214 (también denominado como un procesador en el presente documento). El controlador 214 puede ajustar una cantidad de potencia suministrada por el amplificador 210 en respuesta a las señales de presencia del detector de presencia 280 y el detector encerrado 290. El transmisor puede recibir potencia a través de varias fuentes de energía, tal como, por ejemplo, un convertidor CA-CC (no mostrado) para convertir la energía de CA convencional presente en un edificio, un convertidor CC-CC (no mostrado) para convertir una fuente de energía de CC convencional en una tensión adecuada para el transmisor 200, o directamente de una fuente de energía CC convencional (no mostrada).

Como un ejemplo no limitante, el detector de presencia 280 puede ser un detector de movimiento utilizado para detectar la presencia inicial de un dispositivo que se va a cargar que se inserta en el área de cobertura del transmisor. Después de la detección, el transmisor puede encenderse y la potencia RF recibida por el dispositivo puede usarse para conmutar un interruptor en el dispositivo receptor de una manera predeterminada, que a su vez da como resultado cambios en la impedancia del punto de accionamiento del transmisor.

Como otro ejemplo no limitante, el detector de presencia 280 puede ser un detector capaz de detectar un ser humano, por ejemplo, por detección infrarroja, detección de movimiento u otro medio adecuado. En algunas realizaciones ejemplares, puede haber regulaciones que limiten la cantidad de potencia que una antena transmisora puede transmitir a una frecuencia específica. En algunos casos, estas regulaciones pretenden proteger a los seres humanos de la radiación electromagnética. Sin embargo, puede haber entornos en los que las antenas transmisoras

se coloquen en áreas no ocupadas por seres humanos, o no ocupadas frecuentemente por seres humanos, tales como, por ejemplo, talleres, plantas de producción, tiendas, y similares. Si estos entornos están libres de seres humanos, pueden ser permisible aumentar la potencia de salida de las antenas transmisoras por encima de las regulaciones de restricción de potencia normales. En otras palabras, el controlador 214 puede ajustar la potencia de salida de la antena transmisora 204 a un nivel reglamentario o inferior en respuesta a la presencia de seres humanos y ajustar la potencia de salida de la antena transmisora 204 a un nivel por encima del nivel reglamentario cuando un ser humano está fuera de una distancia reglamentaria del campo electromagnético de la antena transmisora 204. Además, el detector de presencia 280 puede ser un detector capaz de detectar objetos situados en la región de la antena transmisora. Esto puede ser útil para reducir o detener la potencia de salida cuando objetos que no están diseñados para recibir potencia inalámbrica y pueden dañarse por los campos magnéticos se colocan cerca de la antena transmisora.

Como un ejemplo no limitante, el detector encerrado 290 (también puede denominarse en el presente documento como un detector de compartimento cerrado o un detector de espacio cerrado) puede ser un dispositivo, tal como un conmutador de detección para determinar cuando un recinto está en un estado cerrado o abierto. Cuando un transmisor está en un recinto que está en un estado encerrado, puede aumentarse un nivel de potencia del transmisor.

En realizaciones ejemplares, puede usarse un método mediante el cual el transmisor 200 no permanece encendido indefinidamente. En este caso, el transmisor 200 puede programarse para apagarse después de una cantidad de tiempo determinada por el usuario. Esta característica impide que el transmisor 200, particularmente el amplificador de potencia 210, funcione mucho tiempo después de que los dispositivos inalámbricos en su perímetro están completamente cargados. Este evento puede deberse al fallo del circuito para detectar la señal enviada desde el repetidor o la bobina receptora de que un dispositivo está completamente cargado. Para impedir que el transmisor 200 se apague automáticamente si otro dispositivo se coloca en su perímetro, la característica de apagado automático del transmisor 200 puede activarse únicamente después de un periodo de tiempo establecido de falta de movimiento detectado en su perímetro. El usuario puede ser capaz de determinar el intervalo de tiempo de inactividad, y cambiarlo según sea necesario. Como un ejemplo no limitante, el intervalo de tiempo puede ser mayor del necesario para cargar completamente un tipo específico de dispositivo inalámbrico bajo la suposición de que el dispositivo inicialmente está totalmente descargado.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques simplificado de un receptor 300, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. El receptor 300 incluye circuitería receptora 302 y una antena receptora 304. El receptor 300 se acopla adicionalmente al dispositivo 350 para proporcionar la potencia recibida al mismo. Cabe apreciarse que el receptor 300 se ilustra como externo al dispositivo 350 pero puede integrarse en el dispositivo 350. Generalmente, la energía se propaga de forma inalámbrica a la antena receptora 304 y después se acopla a través de la circuitería receptora 302 al dispositivo 350.

La antena receptora 304 se sintoniza para resonar a la misma frecuencia, o casi la misma frecuencia, que la antena transmisora 204 (FIG. 4). La antena receptora 304 puede dimensionarse de forma análoga con la antena transmisora 204 o puede dimensionarse de forma diferente basándose en las dimensiones del dispositivo asociado 350. A modo de ejemplo, el dispositivo 350 puede ser un dispositivo electrónico portátil que tiene una dimensión en diámetro o longitud menor que la longitud de la antena transmisora 204. En tal ejemplo, la antena receptora 304 puede implementarse como una antena multivuelta para reducir el valor de la capacitancia de un condensador de sintonía (no mostrado) y aumentar la impedancia de la antena receptora. A modo de ejemplo, la antena receptora 304 puede colocarse alrededor de la circunferencia sustancial del dispositivo 350 con el fin de maximizar el diámetro de la antena y reducir el número de vueltas del bucle (es decir, bobinados) de la antena receptora y la capacitancia de inter-bobinado.

La circuitería receptora 302 proporciona una adaptación de la impedancia con respecto a la antena receptora 304. La circuitería receptora 302 incluye un circuito de conversión de potencia 306 para convertir una fuente de energía RF recibida en potencia de carga para su uso por el dispositivo 350. La circuitería de conversión de potencia 306 incluye un convertidor RF a CC 308 y también puede incluir un convertidor de CC en CC 310. El convertidor RF a CC 308 rectifica la señal de energía RF recibida en la antena receptora 304 en una potencia no alterna mientras que el convertidor de CC en CC 310 convierte la señal de energía RF rectificada en un potencial de energía (por ejemplo, tensión) que es compatible con el dispositivo 350. Se contemplan diversos convertidores RF a CC, incluyendo rectificadores parciales y completos, reguladores, puentes, dobladores, así como convertidores lineales y de conmutación.

La circuitería receptora 302 puede incluir adicionalmente circuitería de conmutación 312 para conectar la antena receptora 304 a la circuitería de conversión de potencia 306 o, como alternativa, para desconectar la circuitería de conversión de potencia 306. La desconexión de la antena receptora 304 de la circuitería de conversión de potencia 306 no sólo suspende la carga del dispositivo 350, sino también cambia la "carga" que "se ve" por el transmisor 200 (FIG. 2), que puede usarse para "ocultar" el receptor del transmisor.

Como se ha desvelado anteriormente, el transmisor 200 incluye el circuito de detección de carga 216 que detecta

fluctuaciones en la corriente de polarización proporcionada al amplificador de potencia del transmisor 210. Por consiguiente, el transmisor 200 tiene un mecanismo para determinar cuando los receptores están presentes en el campo cercano del transmisor.

5 Cuando están presentes múltiples receptores 300 en un campo cercano de un transmisor, puede ser deseable multiplexar por tiempo la carga y descarga de uno o más de los receptores para permitir que otros receptores se acoplen más eficientemente al transmisor. Un receptor también puede ocultarse para eliminar el acoplamiento a otros receptores cercanos o para reducir la carga en los transmisores cercanos. Esta "descarga" de un receptor también se conoce en el presente documento como un "encubrimiento". Además, esta conmutación entre descarga y
10 carga controladas por el receptor 300 y detectadas por el transmisor 200 proporciona un mecanismo de comunicación del receptor 300 al transmisor 200 como se explica en más detalle a continuación. Adicionalmente, puede asociarse un protocolo con la conmutación que permita el envío de un mensaje del receptor 300 al transmisor 200. A modo de ejemplo, la velocidad de conmutación puede estar en el orden de 100 μ s.

15 En una realización ejemplar, la comunicación entre el transmisor y el receptor se refiere a un mecanismo de control de detección y carga de dispositivo, en lugar de una comunicación de dos vías convencional. En otras palabras, el transmisor usa la manipulación de encendido/apagado de la señal transmitida para ajustar si la energía está disponible en el campo cercano. Los receptores interpretan estos cambios de energía como un mensaje del transmisor. Del lado del receptor, el receptor usa el ajuste y desajuste de la antena receptora para ajustar cuanta potencia se acepta del campo cercano. El transmisor puede detectar esta diferencia de potencia usada del campo cercano e interpretar estos cambios como un mensaje del receptor.

25 La circuitería receptora 302 puede incluir adicionalmente un detector de señalización y circuitería de baliza 314 usada para identificar fluctuaciones de energía recibida, que puede corresponder a la señalización de información del transmisor al receptor. Además, la señalización y la circuitería de baliza 314 también pueden usarse para detectar la transmisión de una energía de señal RF reducida (es decir, una señal de baliza) y para rectificar la energía de señal RF reducida en una potencia nominal para despertar circuitos no alimentados o agotados en la circuitería receptora 302 para configurar la circuitería receptora 302 para la carga inalámbrica.

30 La circuitería receptora 302 incluye adicionalmente el procesador 316 para coordinar los procesos del receptor 300 descrito en el presente documento, incluyendo el control de la circuitería de conmutación 312 que se describe en el presente documento. El encubrimiento del receptor 300 también puede producirse tras la aparición de otros eventos, incluyendo la detección de una fuente de carga externa por cable (por ejemplo, alimentación de pared/USB) que proporciona potencia de carga al dispositivo 350.

35 El procesador 316, además de controlar el encubrimiento del receptor, también puede supervisar la circuitería de baliza 314 para determinar un estado de baliza y extraer mensajes enviados del transmisor. El procesador 316 también puede ajustar el convertidor de CC en CC 310 para un mejor rendimiento.

40 En algunas realizaciones ejemplares, la circuitería receptora 320 puede señalar un requisito de potencia a un transmisor en forma de, por ejemplo, un nivel de potencia deseado, un nivel de potencia máxima, un nivel de corriente deseado, un nivel de corriente máxima, un nivel de tensión deseado, y un nivel de tensión máxima. Basándose en estos niveles, y la cantidad real de potencia recibida del transmisor, el procesador 316 puede ajustar el funcionamiento del convertidor de CC en CC 310 para regular su salida en forma del ajuste del nivel de corriente,
45 el ajuste del nivel de tensión, o una combinación de los mismos.

Las realizaciones ejemplares de la presente invención se refieren a circuitos y mecanismos de ajuste que permiten el ajuste de una impedancia de carga que termina en la antena receptora del dispositivo receptor de un modo que puede compensar los cambios en los efectos de acoplamiento entre las antenas transmisoras y las antenas receptoras.
50

Las soluciones actuales para ajustar las impedancias de carga se basan en el uso de componentes RF. Estos incluyen sintonizadores basados en condensadores e inductores fijos conmutables, condensadores de tensión variable (por ejemplo, ferro-eléctricos, sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS), y diodos varactores). El enfoque de los condensadores e inductores fijos conmutables puede tener demasiada pérdida óhmica para ser práctico para un sistema de carga. Los sintonizadores variables basados en dispositivos ferro-eléctricos y condensadores de tensión variable MEMS pueden no ser comercialmente viables en este momento. Los sintonizadores basados en diodos varactores pueden no ser capaces de manipular las potencias RF anticipadas en aplicaciones de energía inalámbrica.
55

60 Como se ha descrito anteriormente, los sistemas de carga inalámbrica incluyen típicamente una antena transmisora (es decir, una bobina de acoplamiento de transmisión), que transmite energía RF a una o más antenas receptoras (es decir, bobinas de acoplamiento de recepción) integradas en dispositivos receptores que se van a cargar o suministrados de otro modo con energía. La energía recibida se rectifica, acondiciona y entrega a la batería del dispositivo u otra circuitería operativa. Es típico que estas antenas funcionen a bajas frecuencias donde son eléctricamente pequeñas para acoplarse magnéticamente en lugar de radiar potencia.
65

Estas antenas pequeñas pueden conseguir una mejor eficiencia de acoplamiento cuando las dos bobinas son resonantes; es decir, cuando ambas se ajustan a la frecuencia usada para transmitir la potencia de una antena a la otra. Desafortunadamente, aunque la transferencia de potencia eficiente es un aspecto importante de cualquier esquema de transferencia de potencia inalámbrica, un subproducto del uso de antenas pequeñas y acopladas de forma resonante es que el ancho de banda resultante a veces es demasiado pequeño, haciendo que las antenas se desajusten y tengan posibles pérdidas dramáticas de eficiencia. Otro problema del uso de antenas resonantes pequeñas, acopladas holgadamente es que el acoplamiento mutuo entre las dos antenas variará según la antena receptora se mueve alrededor con respecto a la antena transmisora (por ejemplo, en un lugar diferente en sobre una almohadilla de carga), o cuando se múltiples dispositivos que se van a cargar se sitúan en proximidad cercana entre sí en la almohadilla de carga. Estos cambios de colocación variarán el acoplamiento entre las bobinas transmisoras y receptoras y darán como resultado una variación de la impedancia vista en la antena transmisora, dando como resultado una transferencia de potencia menos eficiente entre las antenas transmisoras y receptoras en el sistema de carga. Muchos de estos problemas pueden corregirse, o al menos reducirse en gran medida variando la resistencia de carga RF que se presenta a la antena receptora.

En la variación de la resistencia de carga RF para afectar a un cambio en la impedancia vista por el amplificador transmisor, se conoce bien que esta impedancia vista por la fuente puede variar de forma resistiva, reactiva, o una combinación de las mismas, dependiendo de los circuitos de adaptación usados en las antenas transmisoras y receptoras. Para maximizar la eficiencia del sistema, es mejor variar únicamente el valor real (es decir, el valor resistivo) y mantener el valor reactivo de esta impedancia de entrada lo más constante posible. Aunque es posible compensar los cambios reactivos, esto puede aumentar en gran medida la complejidad del todo el sistema. Puede mostrarse que hay un circuito de adaptación que puede cumplir una meta de transferencia de potencia máxima sobre cualquier intervalo en las variaciones de carga resistiva. Ese circuito de adaptación puede ser un transformador sintonizado (resonante), que es simplemente una extensión de las antenas transmisoras y receptoras resonantes usadas para transferir la potencia. El uso de esta forma de circuito de adaptación se asume en los siguientes análisis.

La FIG. 6 muestra un esquema de una circuitería transmisora y una circuitería receptora que muestra el acoplamiento entre las mismas y una carga de CC ajustable 450. Como se muestra en la figura 6, un sistema de carga 405 puede caracterizarse por un modelo de transformador de bobina acoplada 430 donde la electrónica del transmisor se conecta a una bobina primaria 432 (es decir, una antena transmisora) y la electrónica del rectificador/regulador en el lado del receptor se conecta a una bobina secundaria 434 (es decir, una antena receptora).

Un excitador 410 genera una señal de oscilación a una frecuencia de resonancia deseada, tal como, por ejemplo, aproximadamente 13,56 MHz. Como un ejemplo, este excitador 41 puede configurarse como un excitador de clase E como se ilustra en la figura 6. Un circuito de adaptación de paso bajo 420 filtra y adapta la impedancia a la señal del excitador 410 con respecto a la antena transmisora 432 del modelo de transformador de bobina acoplada 430.

La energía se transfiere a través de radiación de campo cercano a la antena receptora 434 del modelo de transformador de bobina acoplada 430. La señal de oscilación acoplada a la antena receptora 434 se acopla a un circuito de adaptación de impedancia y rectificador 440 para proporcionar una adaptación de impedancia de CA para la antena receptora 434 y rectificar la señal de oscilación a una señal de CC sustancialmente. Un convertidor de CC en CC 450 convierte la señal de CC del rectificador 440 en una salida de CC útil por la circuitería en un dispositivo receptor (no mostrado). El convertidor de CC en CC 450 también se configura para ajustar la impedancia de CC vista por el rectificador 440, que a su vez ajusta la impedancia de CA total de la entrada al rectificador 440. Como resultado, los cambios en la impedancia de CC en la entrada del convertidor de CC en CC 450 pueden crear una mejor adaptación con respecto a la impedancia de la antena receptora 434 y un mejor acoplamiento mutuo entre la antena receptora 434 y la antena transmisora 432.

Las auto-inductancias (L_{tx} y L_{rx}), la inductancia mutua (m), y las resistencias de pérdida del modelo de transformador 430 pueden obtenerse a partir de las características de acoplamiento medidas o simuladas del par de antenas.

Puede mostrarse que, dada la inductancia mutua (m), y las pérdidas resistivas, R_1 y R_2 de las antenas transmisoras y receptoras, respectivamente, hay una carga óptima para antena receptora que maximizará la eficiencia de transferencia de potencia máxima. Esta carga óptima puede definirse como:

$$R_{eff} = R_1 [1 + (\omega m)^2 / (R_1 R_2)]^5.$$

Típicamente, R_{eff} puede estar en un intervalo de 1 a 20 ohmios. A través del uso del control de carga de CC, la carga RF vista por la bobina receptora 434 puede ajustarse a su valor más eficiente, ya que la inductancia mutua (m) varía debido a las razones que se han descrito anteriormente.

Otro uso para controlar la carga RF es que puede usarse una variación en la carga para controlar la potencia

suministrada al dispositivo receptor. Esto puede ser a costa de algo de eficiencia, pero permite el uso máximo de la potencia disponible al servir una mezcla de dispositivos inalámbricos en diversos estados de carga.

Aún otro uso para controlar la carga RF es que puede usarse una variación en la carga para ampliar el ancho de banda de la función de transferencia, cuyo resultado depende de la red de adaptación 420 entre una impedancia muy baja, o impedancia reactiva, el amplificador de potencia de transmisión 410, típico para los amplificadores de carga inalámbrica, y la antena transmisora 432. Este ajuste del ancho de banda puede funcionar mejor sobre una gran variación en la inductancia mutua (m) y la carga si el circuito de adaptación de entrada incluye una tercera inductancia sintonizada (no mostrada), acoplada solidariamente a la antena TX 432. En este caso, el ancho de banda aumentará linealmente con el aumento de la resistencia de carga RF si el amplificador de potencia tiene una impedancia fuente muy baja.

Los sistemas de carga inalámbrica existentes parecen ajenos al ancho de banda, ya que el ancho de banda permitido por FCC es bastante pequeño. Como se ha indicado anteriormente, el cambio de la carga para ampliar el ancho de banda puede reducir la eficiencia ligeramente desde su valor máximo, pero esto puede ser útil para mantener un sistema de carga funcional cuando puede ser necesario un aumento del ancho de banda. Aunque no es una opción sustancialmente deseable en la carga inalámbrica donde se requiere una alta eficiencia, este efecto de expansión del ancho de banda puede aplicarse a un sistema de comunicación de corto alcance donde la eficiencia es bastante menos importante.

El uso de una baja inductancia mutuamente acoplada a la antena transmisora 432 proporciona ventajas del sistema significativas sobre una adaptación pasiva más común. Este convertidor de CC en CC ajustado de la serie de entrada 450 da como resultado una segunda inversión de la impedancia, siendo la primera entre las antenas transmisoras y receptoras (432 y 434). Como resultado, cuando la impedancia de carga aumenta, la impedancia de entrada aumenta. Esto permite que la carga "oculte" el receptor del transmisor simplemente elevando la impedancia de carga del receptor. Este efecto puede repetirse ya que la conductancia de entrada puede ser una función lineal de la conductancia de carga.

Sin esta característica de encubrimiento, la carga del receptor tendrá que tener un corto para ocultar, usando un mecanismo, tal como el elemento 312 que se ha analizado anteriormente con referencia a la figura 5. Como resultado, una almohadilla de carga sin ningún dispositivo receptor presente aparecerá como un cortocircuito altamente ajustado en lugar de un circuito abierto. Además, cuando múltiples cargas descubiertas están presentes, la conductancia de entrada total para la antena transmisora 432 será la suma de las conductancias individuales de las antenas receptoras 434 y la potencia se distribuirá de acuerdo con su valor relativo.

Otra ventaja más de la adaptación de transformador de entrada ajustado es que la admitancia de entrada/salida resultante es real en la frecuencia (resonante) central y está coronada "plana" con respecto a la frecuencia. Por lo tanto, las primeras variaciones de orden en los parámetros del circuito afectan poco al proceso de transferencia de potencia.

Las FIG. 7A-7B muestran cartas de Smith que ilustran un cambio en la impedancia de entrada de un par de bobinas acopladas (adaptación inductiva no añadida) que responden a un cambio en la impedancia de CC en el dispositivo receptor. En las FIGS. 7A y 7B, los círculos oscuros 510 y 520, respectivamente, indican círculos de resistencia constante.

Haciendo referencia a las FIGS. 7A y 6, una impedancia de CC R_{dc} de aproximadamente 10,2 ohmios en la entrada al convertidor de CC en CC 450 da como resultado una impedancia de entrada compleja en la antena transmisora 432 de aproximadamente 50 ohmios y muy poca reactancia. Haciendo referencia a las FIGS. 7B y 6, una impedancia de CC R_{dc} de aproximadamente 80 ohmios en la entrada al convertidor de CC en CC 450 da como resultado una impedancia de entrada compleja en la antena transmisora 432 de mucho menos de 50 ohmios, con muy poca reactancia.

Las FIG. 8A y 8B muestran diagramas de amplitud (530 y 540, respectivamente) que muestran un acoplamiento mejorado entre un par de bobinas acopladas que responden a un cambio en la impedancia de CC en el dispositivo receptor. En la FIG. 8A la amplitud en la frecuencia central de 13,56 MHz es aproximadamente -4,886 dB. Después de ajustar la impedancia de entrada con respecto al convertidor de CC en CC 450 (FIG. 6), la amplitud en la frecuencia central de 13,56 MHz se mejora a aproximadamente -3,225 dB, dando como resultado un mejor acoplamiento entre la antena receptora y la antena transmisora, que da como resultado más potencia transferida a la antena receptora.

Las FIG. 9A-9B muestran esquemas simplificados de dispositivos receptores que ilustran realizaciones ejemplares para ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor. En ambas FIGS. 9A y 9B, la antena receptora 304 alimenta un circuito de adaptación de impedancia ejemplar 320 que incluye los condensadores C1 y C2. Una salida del circuito de adaptación de impedancia 320 alimenta un simple rectificador 330 (como un ejemplo) que incluye los diodos D1 y D2 y el condensador C3 para convertir la frecuencia RF en una tensión de CC. Por supuesto, se contemplan muchos otros circuitos de adaptación de impedancia 320 y rectificadores 330 dentro del alcance de las

realizaciones de la presente invención. Un convertidor de CC en CC 350 convierte la señal de entrada de CC 340 del rectificador en una señal de salida de CC 370 adecuada para su uso por un dispositivo receptor (no mostrado).

La FIG. 9A ilustra un sencillo aparato para mantener una impedancia puntual de potencia óptima en un sistema de transmisión de potencia inalámbrico. Un comparador 348 compara la señal de entrada de CC 340 con una referencia de tensión 345, que se selecciona de tal forma que para una potencia esperada dada, la impedancia que se ve por el transmisor dará como resultado una cantidad máxima de potencia acoplada a la señal de salida de CC 370. La salida 361 del comparador 348 alimenta el convertidor de CC en CC 350 con una señal para indicar si el convertidor de CC en CC 350 debe aumentar o disminuir su impedancia de CC de entrada. En realizaciones que usan un convertidor de conmutación de CC en CC 350, esta salida del comparador 361 puede convertirse en una señal de modulación por ancho de pulsos (PWM), que ajusta la impedancia de CC de entrada, como se explica a continuación. Este circuito de retroalimentación de tensión de entrada regula la impedancia de CC de entrada aumentando el ancho de pulso PWM según la tensión aumenta, disminuyendo de este modo la impedancia y la tensión.

La FIG. 9B ilustra un aparato ligeramente más complejo para mantener una impedancia puntual de potencia óptima en un sistema de transmisión de potencia inalámbrica. En la FIG. 9B, puede incluirse un detector de corriente 344 y puede usarse un multiplexor 346 para la conmutación si se muestrea una tensión o corriente en la señal de entrada de CC 340 por un procesador 360 en cualquier momento dado. En este sistema, la tensión (V_r) y la corriente (I_r) de la señal de entrada de CC 340 se miden, y una señal PWM 362 para el convertidor de CC en CC 350 puede variarse sobre un rango asignado previamente. El procesador 360 puede determinar que ancho de pulso para la señal PWM 362 produce la potencia máxima (es decir, la corriente por la tensión), que es una indicación de la mejor impedancia de entrada de CC. Este ancho de pulso determinado puede usarse durante su operación con el fin de transferir una cantidad óptima de potencia a la señal de salida de CC 370. Este proceso de muestreo y ajuste puede repetirse tanto como se desee para rastrear el cambio de las relaciones de acoplamiento, transmitir potencias o transmitir impedancias.

Como se ha indicado anteriormente, con el fin de obtener una potencia externa máxima a partir de una fuente con una resistencia o impedancia de salida finitas, la resistencia o la impedancia del receptor debe ser igual que en la fuente. En muchos casos, es deseable operar sistemas de potencia inalámbricos con el fin de maximizar la potencia recibida, para hacer un mejor uso de una fuente de potencia RF limitada.

Esta transferencia de potencia maximizada no siempre es la misma que la eficiencia máxima. En muchos casos, puede ser ventajoso operar la carga a una impedancia o resistencia mayor que igual para aumentar la eficiencia del sistema. En cualquier caso, sin embargo, el mantenimiento de una impedancia específica en el receptor puede ser útil para regular la cantidad de potencia transferida entre un transmisor y un receptor.

En sistema de potencia inalámbricos sencillos, puede no haber control de la impedancia de entrada; la carga de salida (a menudo una batería o dispositivo inalámbrico) puede ser el único excitador de la impedancia del sistema. Esto conduce a un ajuste de la impedancia del transmisor/receptor subóptima, con pérdidas consecuentes de transferencia de potencia, eficiencia, o una combinación de las mismas.

La impedancia de CC se define por (tensión/corriente). Por lo tanto, en cualquier corriente dada y una impedancia deseada, existe una tensión deseada = (corriente * impedancia deseada). Con un convertidor PWM, esta tensión deseada (y como resultado la impedancia deseada) puede conseguirse proporcionando un término de retroalimentación que compara la tensión de entrada con el término (corriente * impedancia deseada), y ajusta el ancho de pulso arriba o abajo para mantener este término.

Las FIG. 10A-10D muestran esquemas simplificados de dispositivos receptores que ilustran realizaciones ejemplares para ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor usando un convertidor de modulación por ancho de pulsos. En las FIGS. 10A-10D, los elementos comunes incluyen la antena receptora 304 que alimenta un circuito de adaptación de impedancia 320. Una salida del circuito de adaptación de impedancia 320 alimenta un simple rectificador, que se muestra simplemente como el diodo D3. Por supuesto, se contemplan muchos otros circuitos de adaptación de impedancia 320 y rectificadores dentro del alcance de las realizaciones de la presente invención. Un convertidor de CC en CC 350 convierte la señal de entrada de CC 340 del rectificador en una señal de salida de CC 370 adecuada para su uso por un dispositivo receptor (no mostrado). Un procesador 360 muestrea los parámetros de la señal de entrada de CC 340, la señal de salida de CC 270, o una combinación de las mismas, y genera una señal PWM 362 para el convertidor de CC en CC 350.

El convertidor de CC en CC 350 es un convertidor en modo conmutación en el que la señal PWM 362 controla un conmutador S1 para cargar periódicamente un circuito de filtrado que incluye el diodo D4, el inductor L1 y el condensador C4. Los expertos en la técnica reconocerán que el convertidor de CC en CC 350 como un convertidor reductor, que convierte una tensión en la señal de entrada de CC 340 en una tensión inferior en la señal de salida de CC 370. Aunque no se muestra, los expertos en la técnica también reconocerán que el convertidor de CC en CC en modo conmutador 350 también puede implementarse como un convertidor elevador para generar una señal de salida de CC 370 con una tensión que es mayor que la tensión en la señal de entrada de CC 340.

En la mayor parte de los casos, un requisito para regular la tensión de salida del receptor de potencia inalámbrico será más importante. Para la carga de la batería, por ejemplo, a menudo es importante no exceder una corriente de salida máxima o una tensión de salida máxima. Esto significa que con frecuencia el término de control de la tensión de salida dominará las reglas de control para el ancho de pulso de la señal PWM 362.

Sin embargo, en muchos casos, la batería aceptará potencia a menos de una tasa máxima. Como un ejemplo, durante la carga de una batería de ión litio a tasas menores que su capacidad nominal, la tensión estará por debajo de la tensión de batería máxima y la corriente puede limitarse por la potencia máxima disponible a partir del sistema de potencia inalámbrico. Durante estos casos, el término de control de la impedancia secundario se hará dominante en el ajuste del ancho de pulso de la señal PWM con el fin de controlar la impedancia de CC.

Las realizaciones ejemplares de la divulgación proporcionan control de la impedancia de CC usando un término de retroalimentación en el convertidor de CC en CC en modo conmutación 350 para simular eficazmente una resistencia de CC de estado estable en el receptor. En otras palabras, la impedancia de CC se controla ajustando la frecuencia o el ciclo de trabajo de la señal PWM 362 con respecto al convertidor de CC en CC en modo conmutación 350 para simular una impedancia de CC dada.

La retroalimentación para el sistema se crea muestreando una o más características de la señal de entrada de CC 340, la señal de salida de CC 370, o una combinación de las mismas mediante un procesador 360. El procesador 360 usa entonces esta información muestreada, posiblemente junto con otra información, tal como transferencia de potencia esperada y eficiencia del convertidor de CC en CC 350 para ajustar la señal PWM 362, que ajusta la señal de entrada de CC y la señal de salida de CC para cerrar el bucle de retroalimentación.

Las diferencias individuales de los que se muestrea y cómo se generan los parámetros de la señal PWM se analizan con referencia a cuatro realizaciones ejemplares diferentes ilustradas como las FIGS. 10A-10D.

En la FIG. 10A, el procesador 360 muestrea una tensión de la señal de entrada de CC 340, una corriente de la señal de entrada de CC 340, una tensión de la señal de salida de CC 370, y una corriente de la señal de salida de CC 370.

En algunas realizaciones, puede usarse un detector de tensión 342 entre la señal de entrada de CC 340 y el procesador 360. De forma análoga, puede usarse un detector de tensión 372 entre la señal de salida de CC 370 y el procesador 360. En otras realizaciones, los detectores de tensión 342 y 372 pueden no ser necesarios y el procesador 360 puede muestrear directamente tensiones en la señal de entrada de CC 340 y la señal de salida de CC 370.

En algunas realizaciones, puede usarse un detector de corriente 344 entre la señal de entrada de CC 340 y el procesador 360. De forma análoga, puede usarse un detector de corriente 374 entre la señal de salida de CC 370 y el procesador 360. En otras realizaciones, los detectores de corriente 344 y 374 pueden no ser necesarios y el procesador 360 puede muestrear directamente la corriente en la señal de entrada de CC 340 y la señal de salida de CC 370.

Con las mediciones de corriente y tensión de tanto la señal de entrada de CC 340 como de la señal de salida de CC 370, el procesador 360 puede determinar todos los parámetros necesarios para el sistema de conversión de potencia. La entrada de potencia en la señal de entrada de CC 340 puede determinarse como la tensión de entrada por la corriente de entrada. La potencia de salida en la señal de salida de CC 370 puede determinarse como la tensión de salida por la corriente de salida. La eficiencia del convertidor de CC en CC 350 puede determinarse como una diferencia entre la potencia de salida y la entrada de potencia. La impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340 puede determinarse como la tensión de entrada dividida por la corriente de entrada.

El procesador 360 puede muestrear periódicamente todas las entradas (por ejemplo, aproximadamente una vez cada segundo, u otro periodo adecuado) para determinar la potencia de salida en ese momento. En respuesta, el procesador 360 puede cambiar el ciclo de trabajo de la señal PWM 362, que cambiará la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340. Por ejemplo, un ancho de pulso estrecho en la señal PWM 362 permite que la tensión de entrada permanezca relativamente alta y la corriente de entrada permanezca relativamente baja, lo que conduce a una mayor impedancia de CC para la señal de entrada de CC 340. Por el contrario, un ancho de pulso más amplio en la señal PWM 362 permite que se extraiga más corriente de la señal de entrada de CC 340, dando como resultado una tensión de entrada inferior y una impedancia de CC inferior para la señal de entrada de CC 340.

El muestreo y el ajuste periódico crea el bucle de retroalimentación que puede encontrar una impedancia de CC óptima para la señal de entrada de CC 340, y como resultado, una potencia óptima para la señal de salida de CC 370. A continuación, se analizan los detalles para encontrar estos valores con referencia a la FIG. 11.

En la FIG. 10B, el procesador 360 muestrea una tensión de la señal de entrada de CC 340, una tensión de la señal de salida de CC 370, y una corriente de la señal de salida de CC 370. Como se ha explicado anteriormente con referencia a la FIG. 10A, el detector de tensión 342, el detector de tensión 372, y el detector de corriente 374 puede

incluirse entre sus señales respectivas y el procesador 360 dependiendo de la realización.

Al igual que en la FIG. 10A, en la FIG. 10B, la potencia de salida en la señal de salida de CC 370 puede determinarse como la tensión de salida por la corriente de salida. En muchos casos, la eficiencia del convertidor de CC en CC 350 se conocerá y será relativamente constante sobre el rango operativo deseado. Por lo tanto, el procesador 360 puede calcular la potencia de entrada en la señal de entrada de CC 340 basándose en la potencia de salida y una estimación de la eficiencia en el punto operativo de la corriente para el convertidor de CC en CC 350. Con la potencia de entrada estimada, y la tensión de entrada medida, puede determinarse la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340. Una vez más, el muestreo y el ajuste periódicos crea el bucle de retroalimentación que puede encontrar una impedancia de CC óptima para la señal de entrada de CC 340, y como resultado, una potencia óptima para la señal de salida de CC 370.

En la FIG. 10C, el procesador 360 muestrea una tensión de la señal de entrada de CC 340 y una corriente de la señal de entrada de CC 340. Como se ha explicado anteriormente con referencia a la FIG. 10A, el detector de tensión 342 y el detector de corriente 344 pueden incluirse entre la señal de entrada de CC 340 y el procesador 360 dependiendo de la realización.

En la FIG. 10C, la potencia de entrada en la señal de entrada de CC 340 puede determinarse como la tensión de entrada por la corriente de entrada y la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340 puede determinarse como la tensión de entrada dividida por la corriente de entrada. Al igual que en la FIG. 10B, en la FIG. 10C la eficiencia del convertidor de CC en CC 350 se conocerá y será relativamente constante sobre el intervalo operativo deseado. Por lo tanto, el procesador 360 puede calcular la potencia de salida en la señal de salida de CC 370 basándose en la potencia de entrada y una estimación de la eficiencia en el punto de operativo de la corriente para convertidor de CC en CC 350. Una vez más, el muestreo y el ajuste periódicos crea el bucle de retroalimentación que puede encontrar una impedancia de CC óptima para la señal de entrada de CC 340, y como resultado, una potencia óptima para la señal de salida de CC 370.

En la FIG. 10D, el procesador 360 muestrea únicamente la tensión de la señal de entrada de CC 340. Como se ha explicado anteriormente con referencia a la FIG. 10A, el detector de tensión 342 puede incluirse entre la señal de entrada de CC 340 y el procesador 360 dependiendo de la realización.

En la FIG. 10D, puede hacerse una estimación predeterminada en cuanto a la cantidad de potencia que se espera recibir a través de la antena receptora y el rectificador y administrada en la señal de entrada de CC. Usando esta estimación predeterminada, la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340 puede determinarse con respecto a la tensión de entrada. Al igual que con la FIG. 10B, en la FIG. 10C la eficiencia del convertidor de CC en CC 350 se conocerá y será relativamente constante por el rango operativo deseado. Por lo tanto, el procesador 360 puede estimar la potencia de salida en la señal de salida de CC 370 basándose en la estimación de potencia de entrada predeterminada y una estimación de la eficiencia en el punto operativo de la corriente para el convertidor de CC en CC 350. Una vez más, el muestreo y el ajuste periódicos crea el bucle de retroalimentación que puede encontrar una impedancia de CC óptima para la señal de entrada de CC 340, y como resultado, una potencia óptima para la señal de salida de CC 370.

La estimación de potencia predeterminada puede ser un valor fijo programado en el dispositivo receptor o puede comunicarse al dispositivo receptor desde el dispositivo transmisor, que puede tener medios para determinar qué cantidad de la potencia transmitida se acoplará a este dispositivo receptor particular.

La FIG. 11 ilustra diversos parámetros de entrada y salida que pueden usarse al ajustar la impedancia de CC en el dispositivo receptor. Este gráfico representa un sistema que tiene una impedancia fuente específica, pero donde se permite que una resistencia de carga varíe sobre un amplio intervalo. Esta resistencia de carga se representa como la resistencia variable del convertidor de CC en CC 450 de la FIG. 6. Como alternativa, la resistencia de carga puede representarse por la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340 con respecto al convertidor de CC en CC 350 que se muestra en las FIGS 9A-10D.

En la FIG. 11, se excita una impedancia fuente de 50 ohm por una señal con un acoplamiento 1:1 de fuente-carga. La línea 620 muestra la corriente a través de la resistencia de carga. Se aprecia que según aumenta la impedancia de carga, la corriente disminuye debido a la Ley de Ohm. La línea 610 muestra la tensión a través de la resistencia de carga. Se aprecia que según la impedancia de carga aumenta, la tensión aumenta también por la ecuación divisora de la resistencia.

Estos dos conjuntos de datos para la corriente y la tensión de la resistencia de carga dan la potencia a través de la resistencia de carga, como se muestra por la línea 640. Ha de apreciarse que la potencia tiene picos en una cierta impedancia de carga. En este caso (acoplamiento de carga 1:1), este punto de potencia máxima se produce cuando la impedancia de carga es igual a, o está cerca, de la impedancia fuente. Si el acoplamiento es diferente, el punto de potencia pico puede desplazarse también.

La línea 650 representa una configuración PWM (fuera de 100) que tiene una relación inversa con respecto a la

impedancia de salida. Ésta es la función mostrada por la mayor parte de los convertidores reductores. Como puede observarse, hay una configuración PWM ideal que maximiza la potencia recibida por la resistencia de carga. Los esquemas de control de la impedancia de potencia inalámbrica usados con referencia a las realizaciones ejemplares analizadas en el presente documento intentan descubrir y mantener esta configuración PWM ideal.

Por supuesto, como se ha indicado anteriormente, no siempre es necesaria una transferencia de potencia óptima. Usando las realizaciones de la invención que se ha analizado anteriormente en las FIGS. 6 y 9A-10D, la impedancia de CC de la señal de entrada de CC 340, y como resultado la impedancia de CA de la antena receptora pueden desajustarse eficazmente a partir de una transferencia de potencia óptima para limitar la cantidad de potencia entregada en la señal de salida de CC 370. Esta limitación de potencia puede ser útil cuando el dispositivo receptor no puede aceptar la potencia máxima que puede entregarse a partir del convertidor de CC en CC 350. Algunos ejemplos no limitantes de esta necesidad de potencia reducida pueden encontrarse cuando una batería en el dispositivo receptor está casi cargado completamente o el convertidor de CC en CC 350 puede entregar más potencia que una capacidad nominal para la batería.

Los expertos en la técnica entenderán que la información y señales pueden representarse usando cualquiera de una diversidad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y chips, que pueden haber sido mencionados a lo largo de la descripción anterior, pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticas, campos o partículas ópticas, o cualquier combinación de los mismos.

Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en relación con las realizaciones ejemplares dadas a conocer en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos, generalmente, en términos de su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa como hardware o software, dependerá de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas sobre todo el sistema. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes maneras para cada aplicación particular, pero no debe interpretarse que tales decisiones de implementación suponen un apartamiento del alcance de las realizaciones ejemplares de la invención.

Además, los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con las realizaciones ejemplares dadas a conocer en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), con una matriz de puertas de campo programable (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, lógica de transistor o de puertas discretas, componentes de hardware discretos, o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con las realizaciones ejemplares dadas a conocer 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. Un módulo de software puede residir en memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria flash, memoria de sólo lectura (ROM), memoria ROM programable borrable (EPROM), memoria ROM programable borrable eléctricamente (EEPROM), registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar está acoplado al procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, los medios de almacenamiento. Como alternativa, los medios de almacenamiento puede ser una parte integrante del procesador. El procesador y los medios de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y los medios de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

En una o más realizaciones ejemplares, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse en o transmitirse como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informáticos como medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medios de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de manera limitativa, tales medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Además, cualquier conexión puede denominarse de manera apropiada medio legible por

ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas se incluyen en la definición de medio. Los discos, tal y como se usan en el presente documento, incluyen discos compactos (CD), discos de láser, discos ópticos, discos versátiles digitales (DVD), discos flexibles y discos blu-ray, donde los discos normalmente reproducen datos de manera magnética así como de manera óptica con láser. Las combinaciones de lo anterior también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

La anterior descripción de las realizaciones ejemplares dadas a conocer se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estas realizaciones ejemplares resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin apartarse del espíritu o el alcance de la invención. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a las realizaciones mostradas en el presente documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas dados a conocer en el presente documento.

Implementaciones adicionales

Se describen implementaciones adicionales como se indica a continuación.

Una implementación proporciona un receptor de potencia inalámbrico. El receptor de potencia inalámbrico incluye un rectificador para el acoplamiento operativo a una antena receptora a acoplar con radiación de campo cercano en una región en modo de acoplamiento, el rectificador para convertir la señal RF en una señal de entrada de CC. El receptor de potencia inalámbrico incluye adicionalmente un convertidor de corriente continua de CC a CC acoplado de forma operativa a la señal de entrada de CC y una señal de modulación por ancho de pulsos para generar una señal de salida de CC que responde a la señal de entrada de CC y la señal de modulación por ancho de pulsos. El receptor de potencia inalámbrico también incluye un modulador de pulso acoplado de forma operativa a la señal de modulación por ancho de pulsos para ajustar una impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico modificando un ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos con respecto al convertidor de CC en CC que responde a una tensión de la señal de entrada de CC.

El convertidor de CC en CC puede ajustar adicionalmente una potencia de salida de la señal de salida de CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC. El modulador de pulso puede modificar adicionalmente la señal de modulación por ancho de pulsos con respecto al convertidor de CC en CC que responde a una corriente de la señal de entrada de CC. El modulador de pulso puede modificar adicionalmente la señal de modulación por ancho de pulsos con respecto al convertidor de CC en CC que responde a al menos una de una tensión de la señal de salida de CC y una corriente de la señal de salida de CC. El modulador de pulso puede incluir adicionalmente un comparador acoplado operativamente a la señal de entrada de CC y una señal de referencia de tensión para comparar la señal de entrada de CC con la señal de referencia de tensión para generar la señal de modulación por ancho de pulsos que responde a la comparación.

El modulador de pulso puede comprender adicionalmente un procesador acoplado operativamente a la señal de entrada de CC. El procesador puede muestrear la tensión de la señal de entrada de CC. El procesador puede ajustar el ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos para maximizar sustancialmente una potencia de salida en la señal de salida de CC ajustando la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que responde a la tensión muestreada de la señal de entrada de CC.

El procesador puede muestrear al menos una de una corriente de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC, y una corriente de la señal de salida de CC. El procesador puede ajustar adicionalmente el ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos para maximizar sustancialmente la potencia de salida en la señal de salida de CC ajustando la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que responde a la corriente muestreada de la señal de entrada de CC, la tensión muestreada de la señal de salida de CC, la corriente muestreada de la señal de salida de CC, o combinaciones de las mismas.

El receptor de potencia inalámbrico puede incluir un detector de corriente de entrada acoplado operativamente a la señal de entrada de CC y para generar una señal de detección de corriente de entrada que responde a una corriente de la señal de entrada de CC. El procesador puede acoplarse de forma operativa a la señal de detección de corriente de entrada. El procesador puede muestrear la señal de detección de corriente de entrada. El procesador puede ajustar adicionalmente el ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos para maximizar sustancialmente la potencia de salida en la señal de salida de CC ajustando la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que responde a la señal muestreada de detección de corriente de entrada.

El receptor de potencia inalámbrico puede incluir un detector de corriente de salida acoplado operativamente a la señal de salida de CC para generar una señal de detección de corriente de salida que responde a una corriente de la señal de salida de CC. El procesador puede acoplarse operativamente a la señal de detección de corriente de salida.

El procesador puede muestrear la señal de detección de corriente de salida. El procesador también puede muestrear la tensión de la señal de salida de CC. El procesador puede ajustar adicionalmente la señal de modulación por ancho de pulsos para maximizar sustancialmente la potencia de salida en la señal de salida de CC ajustando la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que responde a la tensión muestreada de la señal de salida de CC y la señal muestreada de detección de corriente de salida.

El modulador de pulso puede incluir adicionalmente un procesador acoplado operativamente a la señal de entrada de CC. El procesador incluido puede muestrear la tensión de la señal de entrada de CC. El procesador puede ajustar el ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos para reducir una potencia de salida en la señal de salida de CC a un nivel de potencia inferior al óptimo y aceptable para un dispositivo receptor acoplado operativamente a la señal de salida de CC ajustando la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que responde a la tensión muestreada de la señal de entrada de CC.

El convertidor de CC en CC puede ser un convertidor reductor o un convertidor elevador. El convertidor puede acoplarse operativamente a la señal de entrada de CC, la señal de salida de CC y la señal de modulación por ancho de pulsos. El convertidor de CC en CC puede ajustar una impedancia de entrada en la señal de entrada de CC. El convertidor de CC en CC puede ajustar una tensión de la señal de salida de CC con respecto a la señal de entrada de CC que responde al ciclo de trabajo de la señal de modulación por ancho de pulsos.

Aún otra implementación proporciona un método que incluye el acoplamiento de radiación de campo cercano en una región en modo de acoplamiento para generar una señal RF para un receptor de potencia inalámbrico. El método incluye adicionalmente la rectificación de la señal RF con respecto a una señal de entrada de CC. El método también incluye la conversión de la señal de entrada de CC en una señal de salida de CC usando un convertidor de CC en CC. Adicionalmente, el método incluye la modificación de una impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico ajustando una potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a una tensión de la señal de entrada de CC.

La modificación de la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico puede incluir ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC y una corriente de la señal de entrada de CC. En algunas implementaciones, la modificación de la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico incluye ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC, y una corriente de la señal de salida de CC. En algunas implementaciones, la modificación de la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico incluye ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC, una corriente de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC y una corriente de la señal de salida de CC.

El método también puede incluir comparar la señal de entrada de CC con una señal de referencia de tensión para determinar una cantidad para la modificación de la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico.

La conversión de la señal de entrada de CC en la señal de salida de CC usando el convertidor de CC en CC puede realizarse usando un convertidor reductor o un convertidor elevador. La conversión puede incluir muestrear la tensión de la señal de entrada de CC. La conversión puede incluir determinar una potencia de salida máxima que responde a la tensión muestreada de la señal de entrada de CC. La conversión también puede incluir ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos con respecto al convertidor de CC en CC para maximizar sustancialmente la potencia de salida de la señal de salida de CC. En algunas implementaciones, la conversión incluye ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos al convertidor de CC en CC para reducir una potencia de salida en la señal de salida de CC a un nivel de potencia inferior al óptimo y accesible con respecto a un dispositivo receptor acoplado operativamente a la señal de salida de CC.

El método puede incluir muestrear al menos una de una corriente de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC, y una corriente de la señal de salida de CC. El método puede incluir determinar la potencia de salida máxima que responde a una o más de la tensión muestreada de la señal de entrada de CC, la corriente muestreada de la señal de entrada de CC, la tensión muestreada de la señal de salida de CC, y la corriente muestreada de la señal de salida de CC.

Aún otra implementación proporciona un receptor de potencia inalámbrico que incluye medios para acoplar la radiación de campo cercano en una región en modo de acoplamiento para generar una señal RF. El receptor de potencia inalámbrico incluye medios para rectificar la señal RF con respecto a una señal de entrada de CC; medios para convertir la señal de entrada de CC en una señal de salida de CC usando un medio convertidor de CC en CC. El receptor de potencia inalámbrico incluye adicionalmente medios para modificar una impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico que comprende un medio para ajustar una potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a una tensión de la señal de entrada de CC.

En algunas implementaciones, los medios para modificar de la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico incluye medios para ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en

- CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC y una corriente de la señal de entrada de CC. En algunas implementaciones, los medios para modificar la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico incluye medios para ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC, y una corriente de la señal de salida de CC. En una implementación, los medios para modificar la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico incluye medios para ajustar la potencia de salida de la señal de salida de CC del convertidor de CC en CC que responde a la tensión de la señal de entrada de CC, una corriente de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC y una corriente de la señal de salida de CC.
- 5
- 10 El receptor de potencia inalámbrico puede incluir medios para comparar la señal de entrada de CC con una señal de referencia de tensión para determinar una cantidad para los medios para modificar la impedancia de CA del receptor de potencia inalámbrico. Los medios para convertir la señal de entrada de CC en la señal de salida de CC usando el convertidor de CC en CC pueden realizarse usando un medio de convertidor reductor o un medio de convertidor elevador. Los medios para convertir pueden incluir medios para muestrear la tensión de la señal de entrada de CC.
- 15 Los medios para convertir pueden incluir medios para determinar una potencia de salida máxima que responde a la tensión muestreada de la señal de entrada de CC. Los medios para convertir pueden incluir medios para ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos con respecto a los medios para convertir la señal de entrada de CC en la señal de salida de CC para maximizar sustancialmente la potencia de salida de la señal de salida de CC. En algunas implementaciones, los medios para convertir pueden incluir medios para ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos con respecto a los medios para convertir la señal de entrada de CC en la señal de salida de CC para reducir la potencia de salida en la señal de salida de CC a un nivel inferior que el óptimo y aceptable para un dispositivo receptor acoplado operativamente a la señal de salida de CC
- 20
- 25 Los medios para modificar la impedancia de CA, los medios para muestrear, los medios para determinar la potencia de salida máxima, y los medios para ajustar la señal de modulación por ancho de pulsos pueden incluirse en un medio de procesador.
- 30 El receptor de potencia inalámbrico puede incluir adicionalmente medios para muestrear al menos una de una corriente de la señal de entrada de CC, una tensión de la señal de salida de CC, y una corriente de la señal de salida de CC. En algunas implementaciones, los medios para determinar la potencia de salida máxima responde a al menos una de la tensión muestreada de la señal de entrada de CC, la corriente muestreada de la señal de entrada de CC, la tensión muestreada de la señal de salida de CC, y la corriente muestreada de la señal de salida de CC.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor de potencia inalámbrico (108) que comprende:

medios para recibir (430) una señal de potencia inalámbrica (106);

medios para rectificar (440) la señal de potencia inalámbrica a una señal de entrada en corriente continua; medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua (450); y

medios para modificar una impedancia en corriente alterna del receptor de potencia inalámbrico que comprende medios para ajustar, basándose en parte en la señal de entrada en corriente continua, una potencia de salida de la señal de salida en corriente continua de los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua.

2. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 1, en el que los medios para recibir comprenden una antena (304), en el que los medios para rectificar comprenden un rectificador (440) acoplado selectivamente con los medios para recibir, y en el que los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua comprenden un convertidor de corriente continua-a-corriente continua (310).

3. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 1, en el que los medios para modificar la impedancia en corriente alterna del receptor de potencia inalámbrico comprende adicionalmente medios para ajustar la potencia de salida de la señal de salida en corriente continua de los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua basándose en parte en una o más de una tensión de la señal de entrada en corriente continua, una corriente de la señal de entrada en corriente continua, una tensión de la señal de salida en corriente continua, y una corriente de la señal de salida en corriente continua.

4. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente medios para comparar (348) la señal de entrada en corriente continua con respecto a una señal de referencia de tensión (345) para determinar un valor, los medios para modificar la impedancia en corriente alterna (350) del receptor de potencia inalámbrico configurados para modificar la impedancia en corriente alterna basándose en parte en el valor.

5. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 1, en el que los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua comprende al menos uno de los medios para la conversión reductora o medios para la conversión elevadora, y en el que los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en la señal de salida en corriente continua comprende adicionalmente:

medios para muestrear uno o más valores de la señal de entrada en corriente continua (342, 344); medios para determinar (360) una potencia de salida máxima basándose en parte en los valores muestreados de la señal de entrada en corriente continua; y

medios para ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos (362) recibida por los medios para convertir la señal de entrada en corriente continua en la señal de salida en corriente continua para maximizar la potencia de salida de la señal de salida en corriente continua.

6. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 5, en el que el uno o más valores muestreados es una o más de una corriente de la señal de entrada en corriente continua y una tensión de la señal de entrada en corriente continua.

7. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 5, en el que los medios para modificar la impedancia en corriente alterna, los medios para muestrear, los medios para determinar la potencia de salida máxima, y los medios para ajustar la señal de modulación por ancho de pulsos están comprendidos en un medio de procesador (360).

8. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente:

medios para generar una señal de detección de corriente (344, 374) basándose en parte en una o más de una corriente de la señal de entrada en corriente continua y una corriente de la señal de salida en corriente continua;

medios para muestrear (360) uno o más valores de la señal de detección de corriente,

en el que los medios para modificar la impedancia en corriente alterna del receptor de potencia inalámbrico se configura adicionalmente para modificar la impedancia en corriente alterna basándose en parte en el valor muestreado de la señal de detección de corriente para maximizar la potencia de salida en la señal de salida en corriente continua.

9. El receptor de potencia inalámbrico de la reivindicación 8, en el que la señal de detección de corriente comprende una o más de una señal de detección de corriente de entrada y una señal de detección de corriente de salida.

10. Un procedimiento, que comprende:

recibir una señal de potencia inalámbrica;

rectificar la señal de potencia inalámbrica a una señal de entrada en corriente continua;

convertir la señal de entrada en corriente continua en una señal de salida en corriente continua; y

modificar, basándose en parte en la señal de entrada en corriente continua, una impedancia en corriente alterna del receptor de potencia inalámbrico ajustando una potencia de salida de la señal de salida en corriente continua.

11. El método de la reivindicación 10, en el que la modificación de la impedancia en corriente alterna comprende ajustar la potencia de salida de la señal de salida en corriente continua del convertidor de corriente continua a corriente continua basándose en parte en una o más de una tensión de la señal de entrada en corriente continua, una corriente de la señal de entrada en corriente continua, una tensión de la señal de salida en corriente continua y una corriente de la señal de salida en corriente continua.

12. El método de la reivindicación 10, en el que modificar la impedancia en corriente alterna se basa en parte en una comparación de la señal de entrada en corriente continua con respecto a una señal de referencia de tensión.

13. El método de la reivindicación 10, en el que la conversión de la señal de entrada en corriente continua en la señal de salida en corriente continua comprende una conversión reductora o una conversión elevadora, comprendiendo adicionalmente la conversión:

muestrear uno o más valores de una señal de corriente continua;

determinar una potencia de salida máxima basándose en parte en el uno o más valores muestreados de la señal de corriente continua; y

ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos para maximizar la potencia de salida de la señal de salida en corriente continua.

14. El método de la reivindicación 10, en el que la conversión de la señal de entrada en corriente continua en la señal de salida en corriente continua comprende una conversión reductora o una conversión elevadora, comprendiendo adicionalmente la conversión:

muestrear uno o más valores de una señal de corriente continua;

determinar una potencia de salida máxima basándose en parte en el uno o más valores muestreados de la señal de corriente continua; y

ajustar una señal de modulación por ancho de pulsos para reducir una potencia de salida en la señal de salida en corriente continua con respecto a un nivel de potencia inferior al óptimo y aceptable para un dispositivo receptor configurado para recibir la señal de salida en corriente continua.

15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, en el que el muestreo comprende muestrear uno o más valores de al menos una de una tensión de la señal de entrada en corriente continua, una corriente de la señal de entrada en corriente continua, una tensión de la señal de salida en corriente continua, una corriente de la señal de salida en corriente continua.

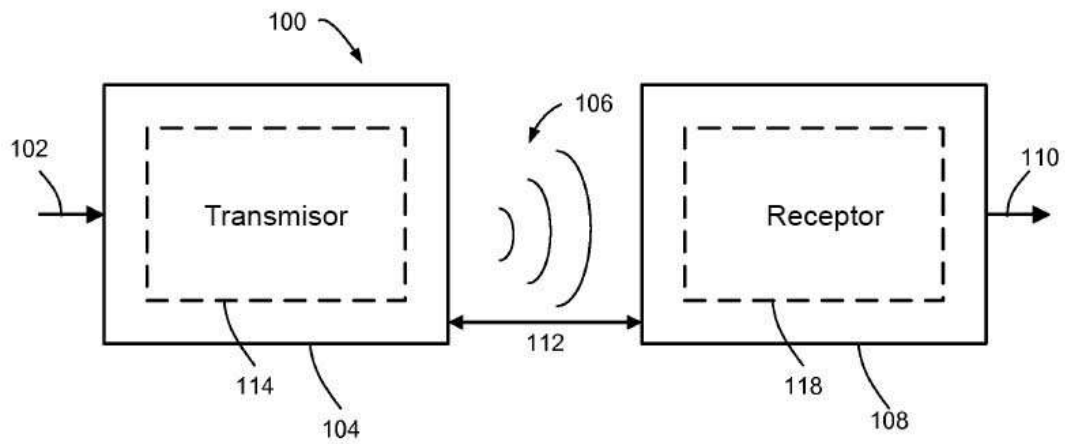


FIG. 1

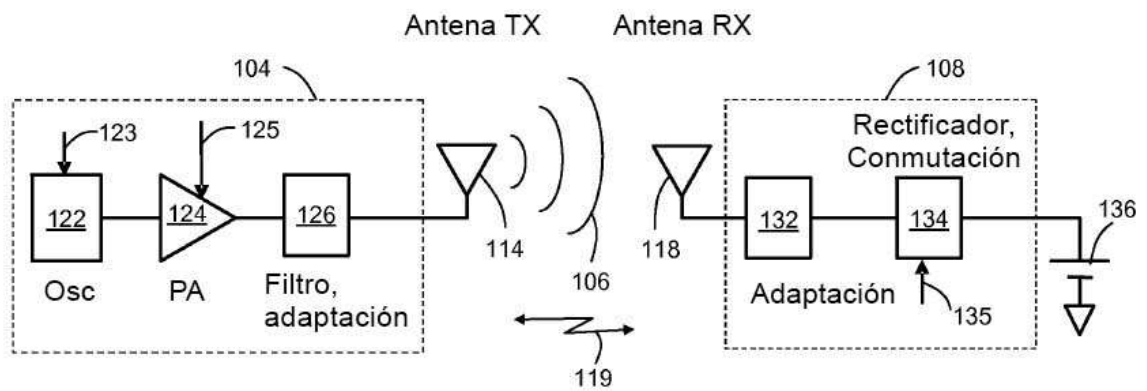


FIG. 2

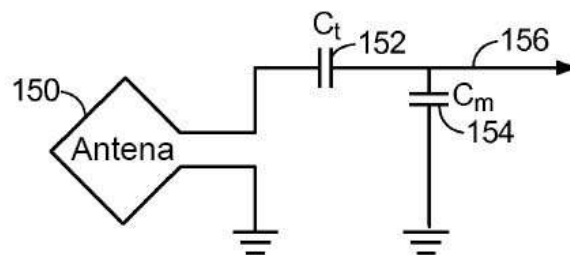


FIG. 3

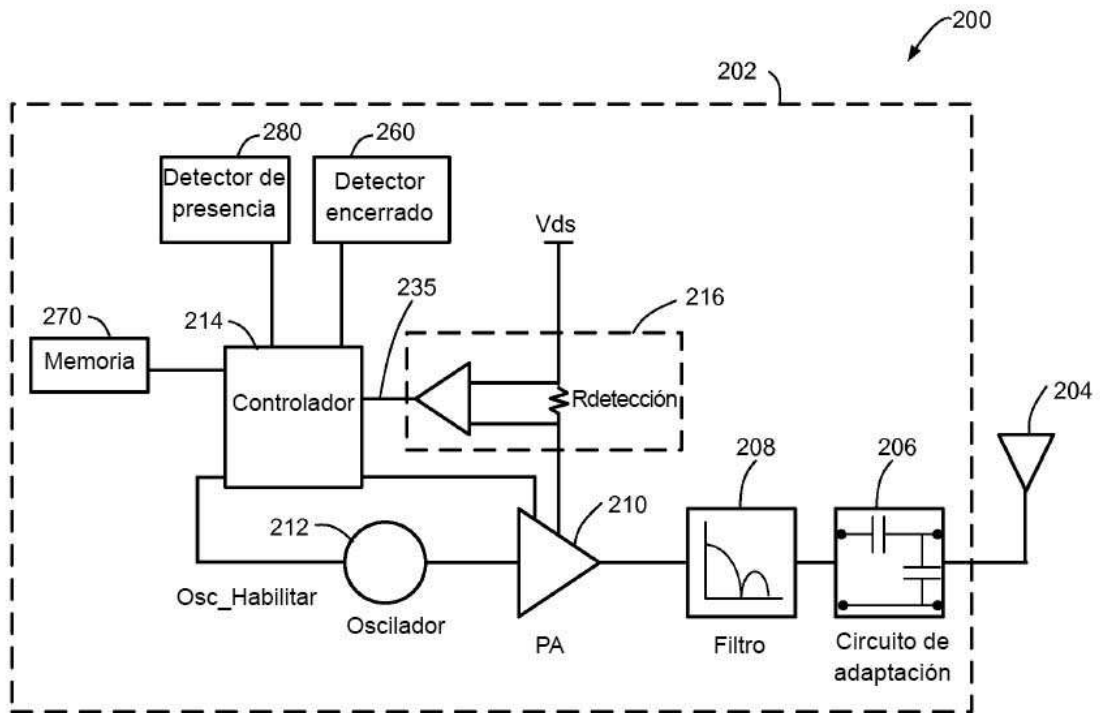


FIG. 4

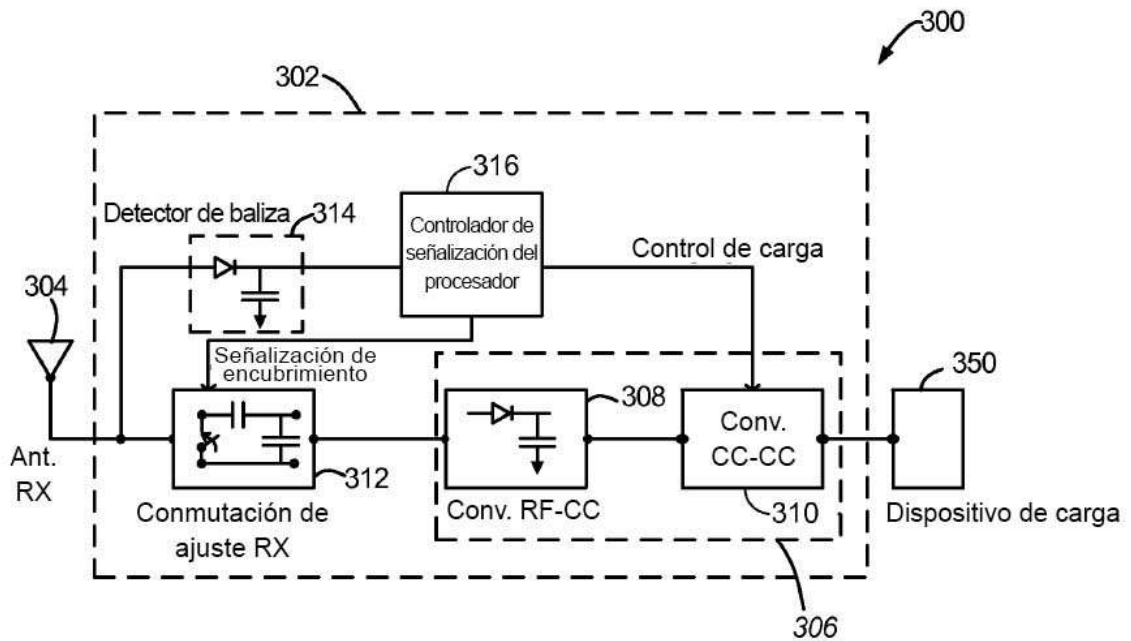


FIG. 5

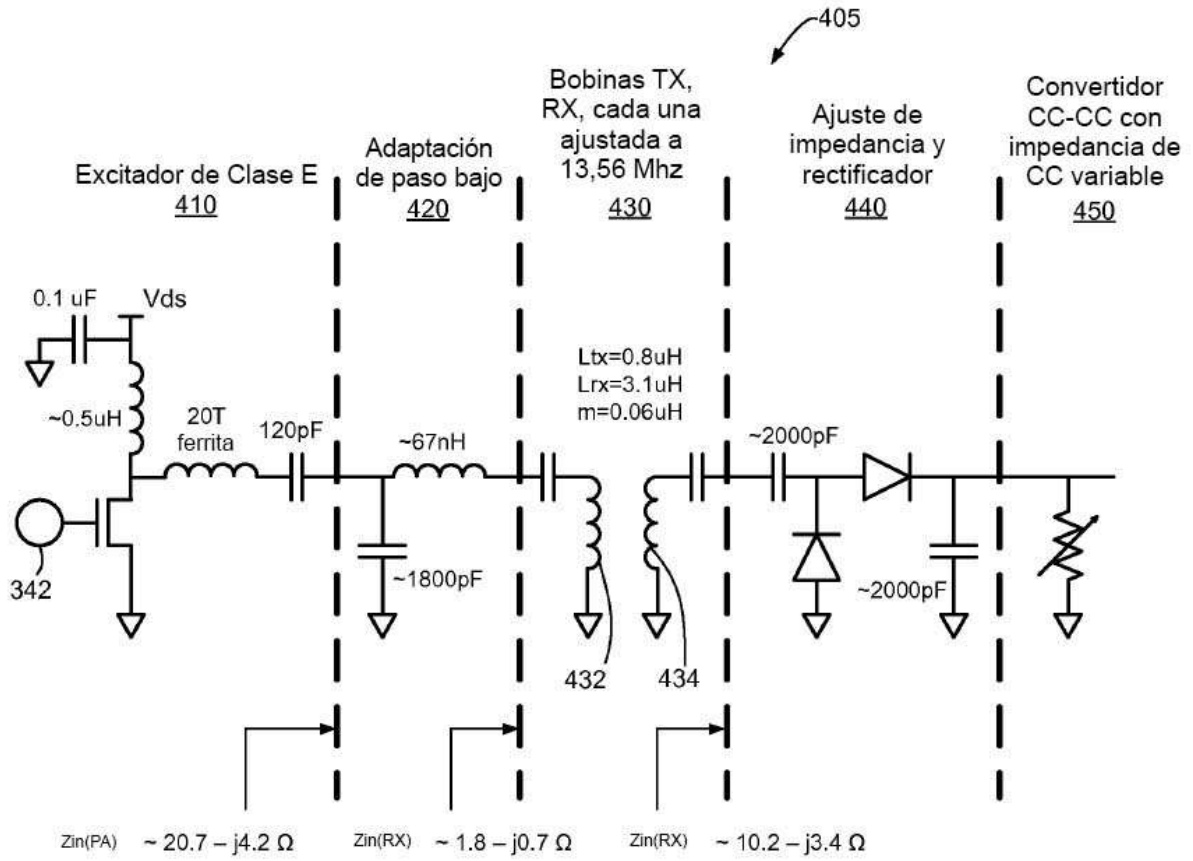


FIG. 6

Impedancia de Entrada para $R_{dc} = 10,2$ Ohmios

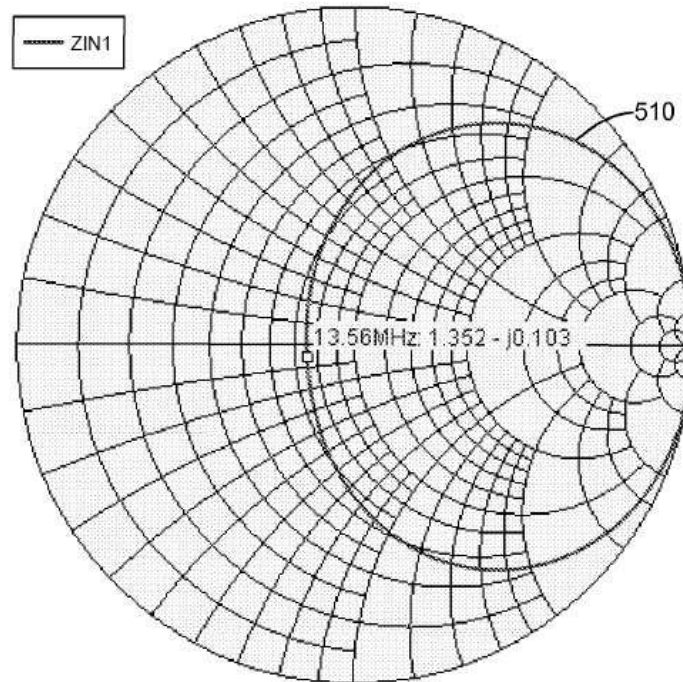


FIG. 7A

Impedancia de Entrada para $R_{dc} = 80$ Ohmios

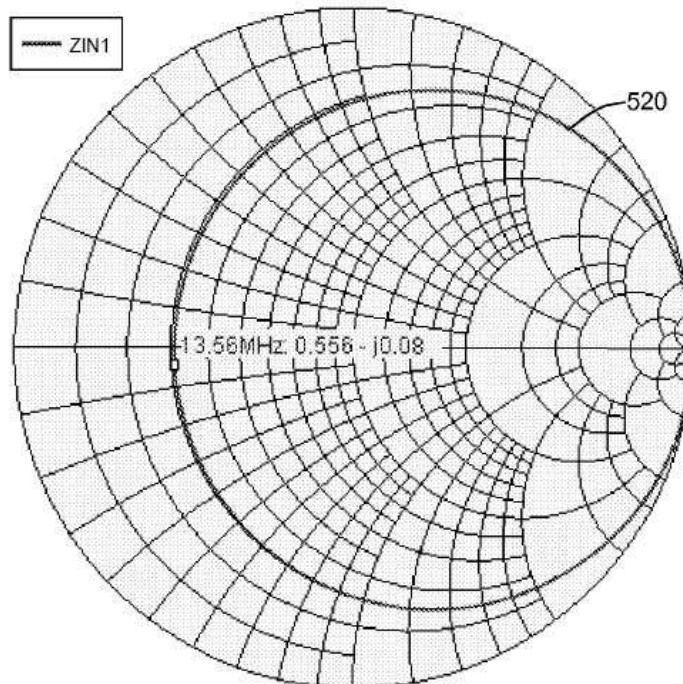


FIG. 7B

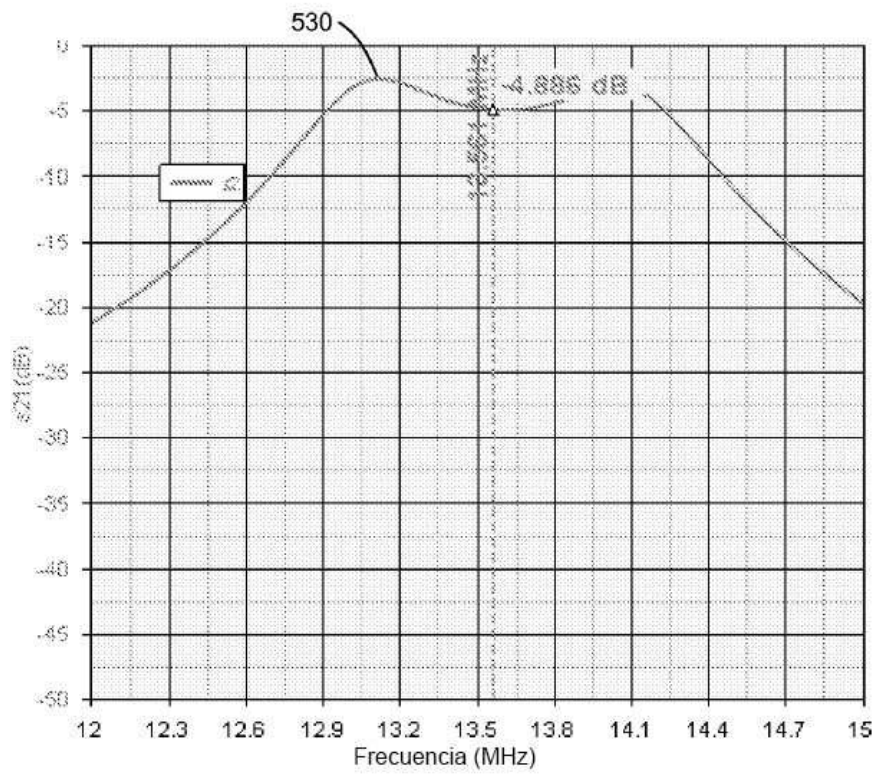


FIG. 8A

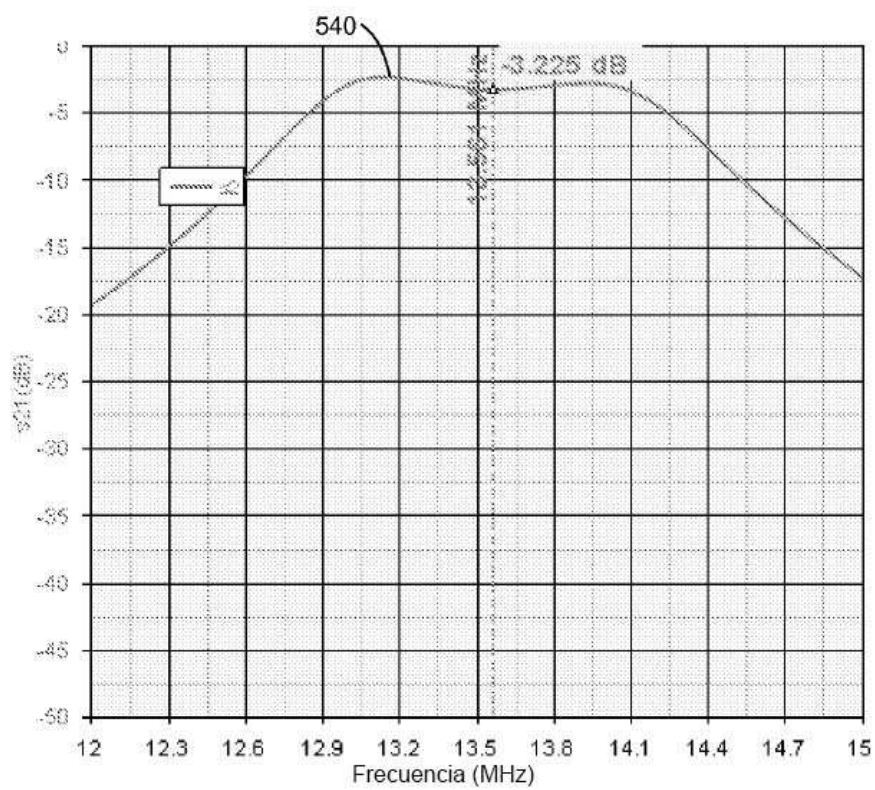


FIG. 8B

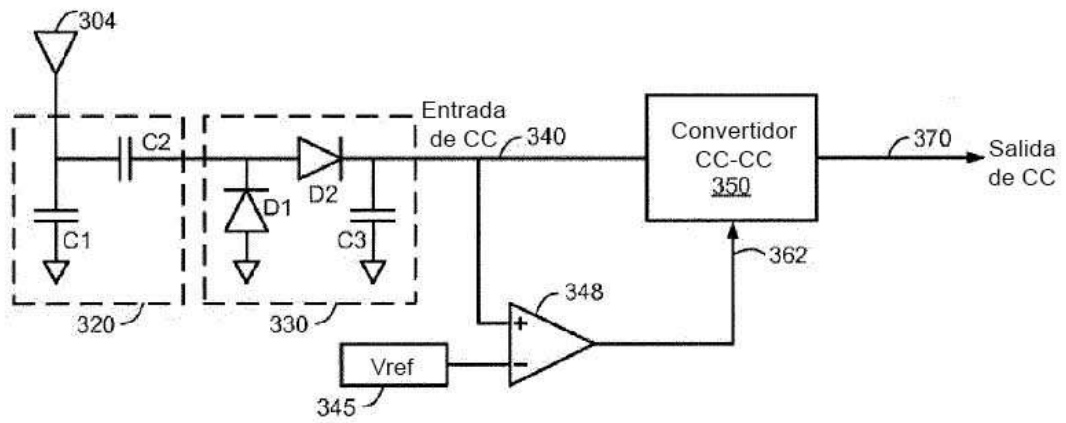


FIG. 9A

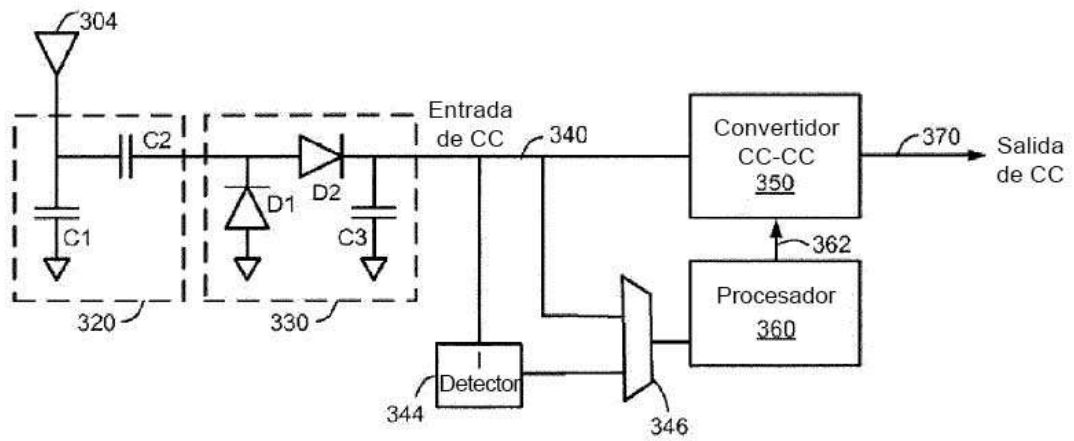


FIG. 9B

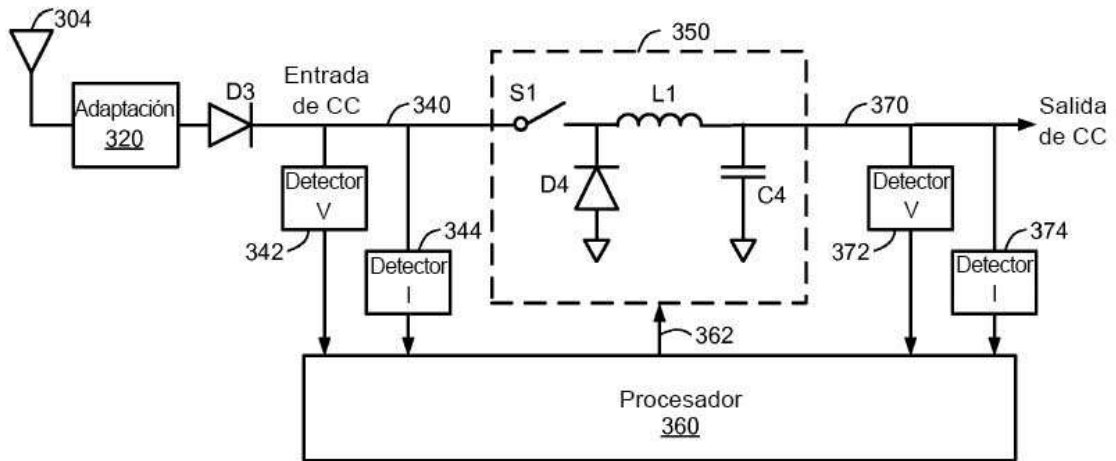


FIG. 10A

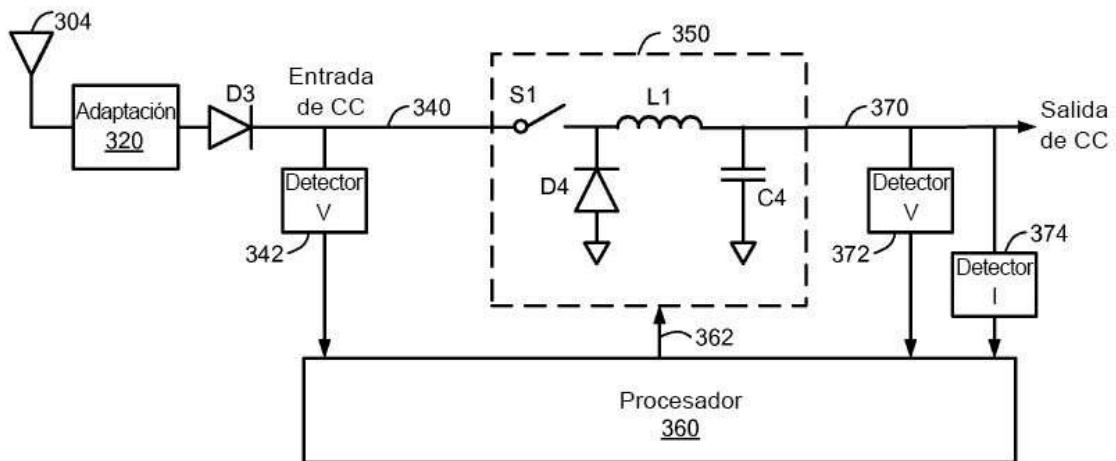


FIG. 10B

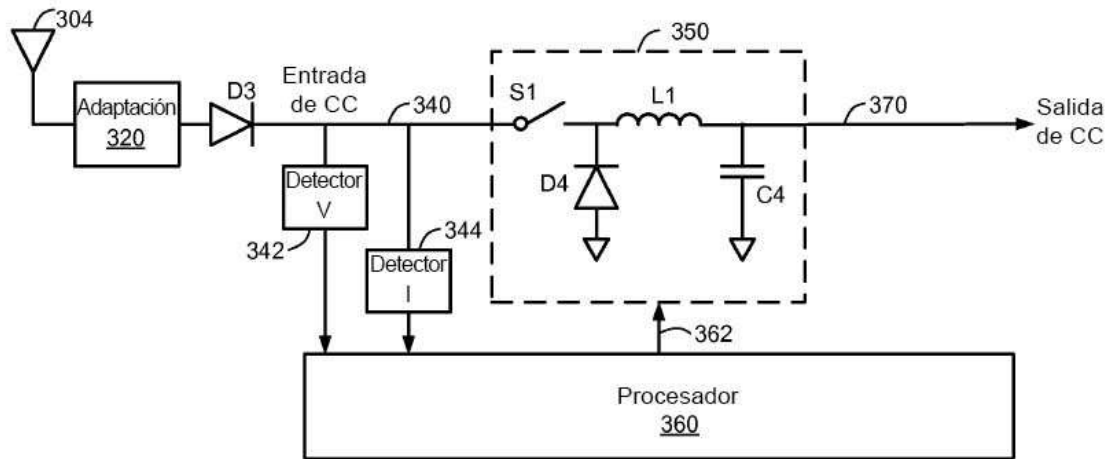


FIG. 10C

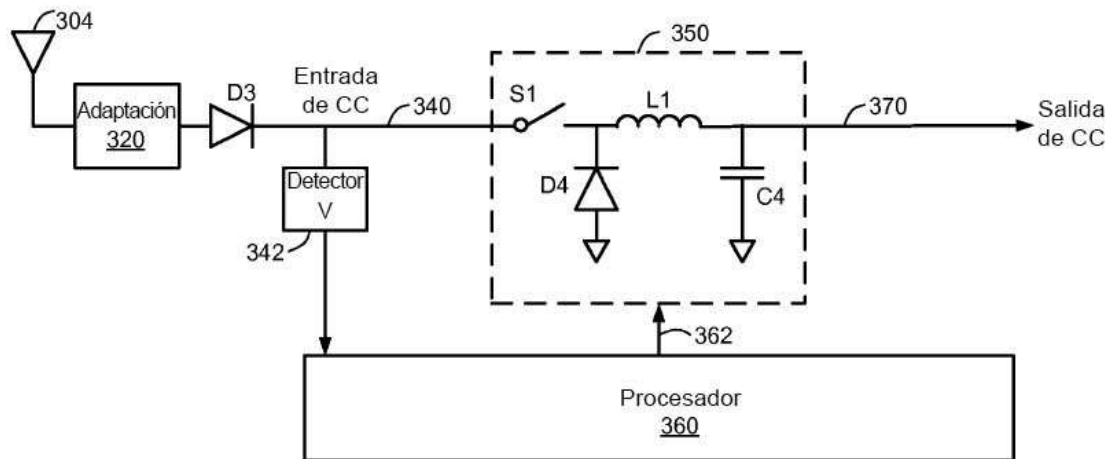


FIG. 10D

Potencia frente a Impedancia de Carga

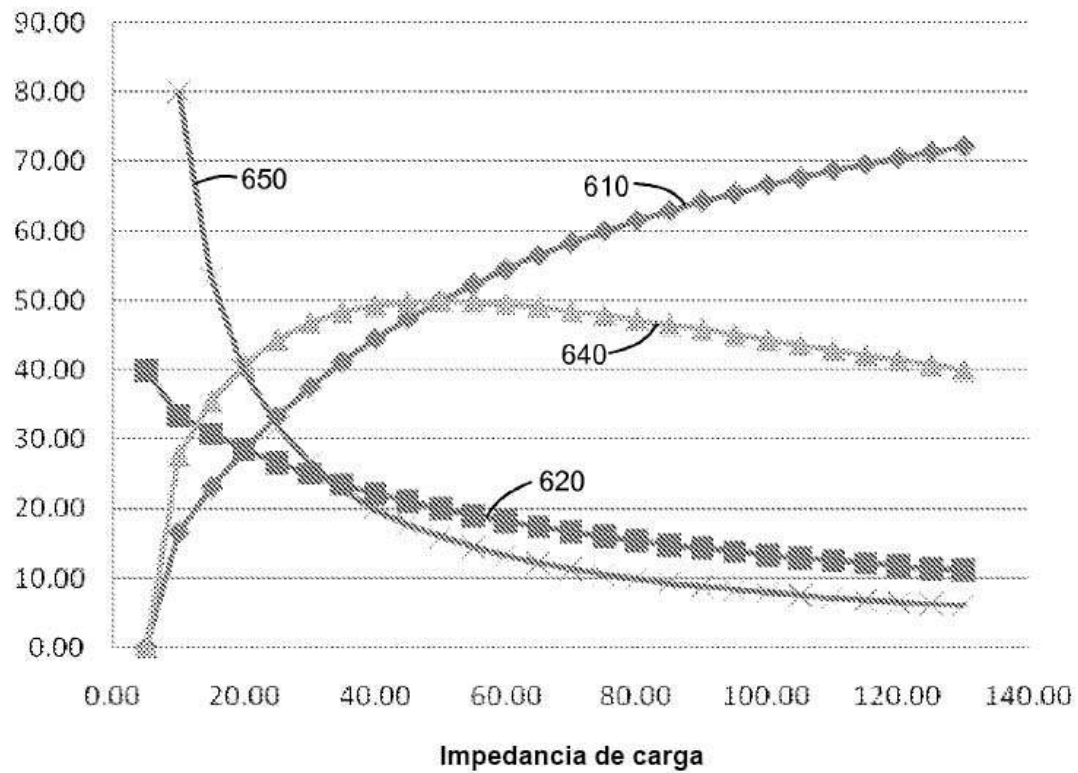


FIG. 11