

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 000**

51 Int. Cl.:

**H02J 50/12** (2006.01)

**H02J 50/80** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2017 PCT/EP2017/050169**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.07.2017 WO17121672**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2017 E 17700071 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 3403313**

54 Título: **Transferencia inductiva inalámbrica de alimentación**

30 Prioridad:

**13.01.2016 EP 16151007**

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

**28.01.2020**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 5**

**5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**STARING, ANTONIUS, ADRIAAN, MARIA y  
VAN WAGENINGEN, ANDRIES**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 739 000 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**

Transferencia inductiva inalámbrica de alimentación

## 5 Campo de la invención

La invención se refiere a la transferencia inductiva de alimentación y en particular, pero no exclusivamente, a un transmisor de alimentación que proporciona transferencia inductiva de alimentación usando elementos compatibles con las especificaciones Qi para sistemas de transferencia inalámbrica de alimentación.

10

## Antecedentes de la invención

La mayor parte de los sistemas actuales requieren un contacto eléctrico dedicado para ser alimentados desde una fuente de alimentación externa. Sin embargo, esto tiende a ser poco práctico y requiere que el usuario inserte físicamente conectores o establezca en otra forma un contacto eléctrico físico. Por lo general, los requisitos de alimentación difieren también significativamente y actualmente la mayor parte de los dispositivos se proporcionan con su fuente de alimentación propia dedicada dando como resultado que un usuario típico tiene un gran número de diferentes fuentes de alimentación estando dedicada cada fuente de alimentación a un dispositivo específico. A pesar de que, el uso de baterías internas puede evitar la necesidad de una conexión por cable a una fuente de alimentación durante el uso, esto solo proporciona una solución parcial dado que las baterías necesitarán recarga (o sustitución). El uso de baterías puede añadirse también sustancialmente al peso y coste y tamaño potencial de los dispositivos.

Para proporcionar una experiencia de usuario significativamente mejorada, se ha propuesto usar una fuente de alimentación inalámbrica en la que la alimentación se transfiere inductivamente desde una bobina del transmisor en un dispositivo transmisor de alimentación a una bobina del receptor en los dispositivos individuales.

La transmisión de alimentación a través de la inducción magnética es un concepto bien conocido, principalmente aplicada en transformadores que tienen un acoplamiento estrecho entre una bobina del transmisor primaria y una bobina del receptor secundaria. Mediante la separación de la bobina del transmisor primaria y la bobina del receptor secundaria entre dos dispositivos, se hace posible la transferencia inalámbrica de alimentación entre estos basándose en el principio de un transformador libremente acoplado.

Dicha disposición permite una transferencia inalámbrica de alimentación al dispositivo sin requerir ningún cable o sin que se realicen conexiones eléctricas físicas. De hecho, puede permitir simplemente que un dispositivo se coloque adyacente a, o en la parte superior de, la bobina del transmisor para ser recargado o alimentado externamente. Por ejemplo, los dispositivos transmisores de alimentación pueden disponerse con una superficie horizontal sobre la que puede colocarse simplemente un dispositivo para ser alimentado.

Adicionalmente, dichas disposiciones de transferencia inalámbrica de alimentación pueden diseñarse ventajosamente de modo que el dispositivo transmisor de alimentación pueda usarse con una gama de dispositivos receptores de alimentación. En particular, un planteamiento de transferencia inalámbrica de alimentación conocido como las especificaciones Qi se han definido y actualmente están siendo adicionalmente desarrolladas. Este planteamiento permite que los dispositivos transmisores de alimentación que cumplen con las especificaciones Qi sean usados con dispositivos receptores de alimentación que también cumplan con las especificaciones Qi sin que estos tengan que ser del mismo fabricante o tengan que ser dedicados entre ellos. Las especificaciones Qi incluyen adicionalmente alguna funcionalidad para permitir que el funcionamiento se adapte al dispositivo específico receptor de alimentación (por ejemplo dependiendo del consumo específico de potencia).

La especificación Qi se desarrolló por el Consorcio de Alimentación Inalámbrica y puede hallarse más información, por ejemplo, en su sitio web: <http://www.wirelesspowerconsortium.com/index.html>, en donde en particular pueden hallarse los documentos de especificación definidos.

Un aspecto importante de la transmisión inalámbrica de alimentación es el control del punto de funcionamiento para la transferencia de alimentación y es en particular importante controlar la señal de transferencia de alimentación inducida para proporcionar una potencia apropiada al receptor de alimentación. Para controlar la transferencia de alimentación, sistemas tales como Qi, implementan un lazo de control de potencia en el que el receptor de alimentación durante la fase de transferencia de alimentación transmite continuamente mensajes de control de potencia de vuelta al transmisor de alimentación solicitando (o no) un cambio en la potencia de la señal de transferencia de alimentación. El transmisor de alimentación reacciona entonces incrementando o disminuyendo la potencia de la señal de transferencia de alimentación en respuesta a las solicitudes desde el receptor de alimentación. Dicho planteamiento puede proporcionar un control de potencia efectivo en muchos escenarios.

Por lo general, la operación de control de potencia se implementa de modo que el intervalo de funcionamiento se restringe a un intervalo que se considera seguro. Por ejemplo, para sistemas tales como Qi, la potencia de la señal de transferencia de alimentación puede limitarse a un valor máximo dado.

El documento WO 2014/060871 A1 describe dicho sistema en el que el lazo de control de potencia se basa en mensajes del control de potencia solicitando un cambio en la potencia según sea necesario. El documento EP 2958247 A1 describe un mecanismo de desconexión para proteger una carga de cualesquiera señales de potencia fuera del intervalo.

Sin embargo, aunque dicho planteamiento puede proporcionar un sistema adaptativo que sea capaz de adaptarse a variaciones en las condiciones de funcionamiento, puede no realizar una adaptación ideal en todas las circunstancias. Por ejemplo, puede, en algunos escenarios, no reaccionar suficientemente rápido para adaptarse a cambios bruscos en las condiciones de funcionamiento.

Por ello, un sistema de transferencia de alimentación mejorado puede ser ventajoso. En particular, un planteamiento que permita un funcionamiento mejorado, transferencia de alimentación mejorada, flexibilidad incrementada, implementación facilitada, funcionamiento facilitado, control de potencia mejorado, respuesta más rápida a variaciones en las características de funcionamiento de la transferencia de alimentación y/o rendimiento mejorado, sería ventajoso.

#### Sumario de la invención

Por consiguiente, la invención busca preferentemente mitigar, aliviar o eliminar una o más de las desventajas anteriormente mencionadas de modo único o en cualquier combinación.

De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un transmisor de alimentación para transferir alimentación a un receptor de alimentación, comprendiendo el transmisor de alimentación: un circuito resonante que comprende una impedancia capacitiva y una impedancia inductiva, comprendiendo la impedancia inductiva una bobina del transmisor para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación; un accionador para generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia; un receptor de mensajes para recibir mensajes desde el receptor de alimentación; un controlador del lazo de potencia para adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación por el receptor de mensajes, estando sometida la adaptación a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia, una tensión del circuito de resonancia y una potencia de la señal de accionamiento que estén por debajo de un límite máximo; y un adaptador dispuesto para adaptar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga indicativa de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación.

La invención puede proporcionar una transferencia de alimentación mejorada en muchos escenarios. En particular, puede conseguirse un control de potencia mejorado. En muchas realizaciones, el planteamiento puede proporcionar una fiabilidad mejorada y puede proporcionar en particular una protección mejorada contra condiciones de sobretensión que tienen lugar en el receptor de alimentación como resultado de cambios rápidos en el factor de acoplamiento resultado, por ejemplo, del movimiento del receptor de alimentación con relación al transmisor de alimentación.

En particular, los inventores se han dado cuenta de que muchos sistemas de transferencia de alimentación actuales (tales como los que siguen las especificaciones Qi) incluyen un lazo de control de potencia que puede, en algunos escenarios, dar como resultado condiciones de sobretensión que tienen lugar en los receptores de alimentación debido a cambios bruscos en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación. En particular, se ha descubierto que muchos planteamientos de control de potencia existentes cuando se extienden a niveles de potencia más altos pueden, cuando tiene lugar un rápido cambio en el acoplamiento, dar como resultado tensiones inducidas que superan niveles que se consideran inadecuados para los circuitos del receptor de alimentación.

Dichos escenarios pueden mitigarse o impedirse en particular mediante el planteamiento en el que los límites de funcionamiento del control de potencia se restringen a valores que se modifican dinámicamente en respuesta a indicaciones de la situación de carga sobre la señal de transferencia de alimentación proporcionada por el receptor de alimentación. En particular, los límites dinámicamente variables para la corriente, tensión y/o potencia pueden asegurar que la tensión inducida no excede niveles inaceptables incluso para cambios agudos en el acoplamiento mientras aún se permite que se proporcionen valores de transferencia de alimentación más altos.

El adaptador puede adaptar dinámicamente el límite máximo y, específicamente, puede adaptar dinámicamente el límite máximo durante la fase de transferencia de alimentación. Por ello, el adaptador puede permitir que se cambie una limitación de la corriente del circuito de resonancia y/o la potencia de la señal de accionamiento durante la transferencia de alimentación en línea con cambios en la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por parte del receptor de alimentación.

La corriente del circuito de resonancia puede específicamente ser una corriente de la impedancia inductiva y en muchas realizaciones puede ser una corriente a través de la bobina del transmisor. En algunas realizaciones, la corriente puede ser una corriente de la señal de accionamiento. En algunas realizaciones, el circuito de resonancia puede ser un circuito de resonancia en serie consistiendo la impedancia inductiva en la bobina del transmisor. En una tal realización, la corriente de/a través de la impedancia inductiva, la corriente de/a través de la bobina del transmisor

y la corriente de la señal de accionamiento pueden ser la misma corriente.

La corriente del circuito de resonancia puede ser típicamente la corriente de la bobina del transmisor y por ello el transmisor de alimentación puede disponerse para limitar directa o indirectamente la corriente de la bobina del transmisor.

La tensión del circuito de resonancia puede ser específicamente una tensión de la impedancia inductiva y/o la impedancia capacitiva y en muchas realizaciones puede ser una tensión sobre la bobina del transmisor y/o un condensador que está en serie o paralelo con la bobina del transmisor. En algunas realizaciones, la tensión puede ser una tensión de la señal de accionamiento. En algunas realizaciones, el circuito de resonancia puede ser un circuito de resonancia en paralelo consistiendo la impedancia inductiva en la bobina del transmisor. En una tal realización, la tensión sobre la impedancia inductiva, la bobina del transmisor y la tensión de la señal de accionamiento pueden ser la misma tensión.

En algunas realizaciones el controlador del lazo de potencia puede adaptar la potencia de la señal de accionamiento sometida a una restricción tanto de la corriente como de la tensión del circuito de resonancia.

La tensión del circuito de resonancia puede ser típicamente la tensión de la bobina del transmisor y por ello el transmisor de alimentación puede disponerse para limitar directa o indirectamente la tensión de la bobina del transmisor.

La corriente, tensión y/o potencia pueden ser un valor promediado en uno (o más) ciclos de la señal/oscilaciones de accionamiento. La corriente puede ser por ejemplo una corriente RMS o promedio (absoluta).

La señal de accionamiento puede ser una señal de potencia de salida que proporciona alimentación al circuito de resonancia. La señal de accionamiento puede comprender un componente de corriente y un componente de tensión, es decir la señal de accionamiento puede comprender una tensión de la señal de accionamiento y una corriente de la señal de accionamiento.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone para adaptar dinámicamente el límite máximo para reflejar variaciones en la situación de carga proporcionadas por el receptor de alimentación.

El planteamiento puede permitir un control de potencia eficiente a través de un gran intervalo dinámico mientras aún se impiden o mitigan, por ejemplo, situaciones de sobretensión resultantes de cambios bruscos en las condiciones de funcionamiento, tales como un incremento rápido en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación.

El adaptador puede disponerse para determinar el límite máximo en función de la situación de carga (corriente) de la señal de transferencia de alimentación. El adaptador puede disponerse para determinar el límite máximo en función de la (indicación de carga). La función puede ser una función monótona. En muchas realizaciones, La función puede ser una función monótonamente creciente.

La tasa de actualización del límite máximo puede en muchas realizaciones ser más alta que 0,1 Hz; 1 Hz o incluso 10 Hz.

En algunas realizaciones, el límite máximo puede determinarse como un valor que supera la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación en un margen. En muchas realizaciones, el margen puede determinarse en función de la indicación de situación de carga/ carga.

En algunas realizaciones, el límite máximo puede determinarse para superar la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación en un desplazamiento absoluto o relativo predeterminado (por ejemplo, el límite máximo puede superar la situación de carga de corriente en un porcentaje predeterminado de la situación de carga de corriente).

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone para adaptar el límite máximo durante una fase de transferencia de alimentación.

El planteamiento puede proporcionar un control de potencia eficiente durante la transferencia de alimentación activa mientras aún impide o mitiga, por ejemplo, situaciones de sobretensión resultantes de cambios bruscos en las condiciones de funcionamiento, tales como un incremento rápido en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación.

En la fase de transferencia de alimentación, el control de potencia puede realizarse basándose en los mensajes de control de potencia, es decir el funcionamiento dinámico del control de potencia basado en los mensajes del control de potencia desde el receptor puede estar activo. Por ello, el planteamiento puede permitir que tengan lugar variaciones en el límite máximo durante el tiempo en el que está activo el control de potencia basado en mensajes de

control de potencia.

El adaptador puede disponerse específicamente para adaptar y cambiar el límite máximo mientras la alimentación se controla mediante los mensajes de control de potencia (y por ello no restringida por el límite máximo). En algunas realizaciones/escenarios, los mensajes de control de potencia recibidos pueden dar como resultado un cambio en la potencia de la señal de transferencia de alimentación (y en la potencia extraída por el receptor de alimentación). La indicación de carga puede variar como resultado de la potencia cambiada y por ello los mensajes de control de potencia recibidos pueden dar como resultado un cambio en la indicación de carga y consecuentemente un cambio en el límite máximo (y en la potencia de la señal de transferencia de alimentación). Específicamente, el controlador del lazo de potencia puede disponerse para adaptar la potencia de la señal de accionamiento en respuesta a los mensajes de control de potencia y el adaptador puede disponerse para adaptar el límite máximo en respuesta a los mensajes de control de potencia (tanto directamente como a través del cambio en la potencia de la señal de accionamiento).

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el accionador se dispone para determinar una indicación de potencia que es indicativa de una potencia de la señal de accionamiento y el adaptador se dispone para determinar la indicación de carga en función de la indicación de potencia.

Esto puede proporcionar una limitación adaptativa dinámica ventajosa de la corriente, tensión y/o potencia y puede específicamente mitigar en muchas aplicaciones situaciones de sobretensión.

El adaptador puede disponerse para determinar el límite máximo en función de la indicación de potencia.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el controlador del lazo de potencia se dispone para limitar una corriente o tensión (o ambas) de al menos una de entre las señales de accionamiento y la bobina del transmisor.

En particular, en muchas realizaciones la adaptación del controlador del lazo de potencia puede someterse a que una corriente (y/o tensión) de la señal de accionamiento/corriente (y/o tensión) de la bobina del transmisor estén por debajo del límite máximo adaptándose el límite en respuesta a la indicación de potencia. Por ello, la corriente/tensión resultante del control de potencia puede someterse a un límite que se adapta dinámicamente en respuesta a una potencia de la señal de accionamiento. Específicamente, en muchas realizaciones, el control de potencia puede someterse a una restricción de que la señal de corriente/tensión de accionamiento esté por debajo del límite determinado en función de la potencia de la señal de accionamiento.

Esto puede proporcionar un control de potencia particularmente eficiente lo que en muchos escenarios puede impedir o reducir las situaciones de sobretensión que tienen lugar en el receptor de alimentación provocadas por cambios bruscos en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación.

La potencia de la señal de accionamiento puede determinarse en respuesta a, por ejemplo, mediciones de la corriente y tensión de la señal de accionamiento que se suministra al circuito de resonancia desde el accionador. La potencia de la señal de accionamiento es indicativa de la potencia extraída desde la señal de transferencia de alimentación y es por ello típicamente indicativa de la potencia extraída por el receptor de alimentación, es decir es indicativa de la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación. La potencia de la señal de accionamiento puede estimarse o determinarse por ejemplo en respuesta a, por ejemplo, mediciones de la corriente y tensión suministradas al accionador. Específicamente, una indicación de potencia para la potencia de la señal de accionamiento puede determinarse como la potencia de entrada para el accionador (o de un circuito de salida de este).

La corriente de la bobina del transmisor refleja la intensidad del campo magnético generado por la bobina del transmisor y por ello el planteamiento puede permitir que la intensidad máxima del campo magnético se adapte basándose en la potencia que se está extrayendo de la señal de transferencia de alimentación.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el límite máximo es una función monótonamente creciente de una situación de carga de potencia indicada por la indicación de carga.

Esto puede proporcionar una operación de control de potencia mejorada y puede en muchas realizaciones reducir las situaciones de sobretensión producidas por cambios bruscos en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación.

Específicamente, el límite máximo puede determinarse en función de la situación de carga de potencia de la señal de transferencia de alimentación tal como se indica por la indicación de carga. La función puede ser una función monótonamente creciente. Por ello, en muchas realizaciones, dado que la potencia que se extrae desde la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación se incrementa, así lo hace el límite máximo.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador (1309) se dispone para incrementar el límite máximo por encima de un primer umbral solamente si la indicación de carga es indicativa de que una potencia de la señal de accionamiento está por encima de un segundo umbral.

Esto puede proporcionar un funcionamiento efectivo y de baja complejidad en muchas realizaciones y escenarios.

En algunas realizaciones, el controlador del lazo de potencia se dispone para limitar la potencia de la señal de accionamiento para que esté por debajo del límite máximo.

5 Esto puede proporcionar un rendimiento ventajoso y puede en particular reducir el riesgo de situaciones de sobretensión en el receptor de alimentación debido a cambios bruscos en el acoplamiento entre el receptor de alimentación y el transmisor de alimentación.

10 De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone para determinar el límite máximo para incluir tanto un límite máximo de corriente para la corriente del circuito de resonancia (y/o un límite máximo de tensión para la tensión del circuito de resonancia) como un límite máximo de potencia para la potencia de la señal de accionamiento y la adaptación se realiza para que tanto la corriente del circuito de resonancia esté por debajo del límite máximo de corriente (y/o la tensión del circuito resonancia esté por debajo del límite máximo de tensión) como  
15 la potencia de la señal de accionamiento esté por debajo del límite máximo de potencia.

Esto puede proporcionar un funcionamiento mejorado en muchas realizaciones, en particular puede proporcionar protecciones mejoradas contra situaciones de sobretensión en muchos escenarios. De hecho, se ha comprendido que en muchos sistemas prácticos es posible mantener aceptablemente una baja sobretensión para un intervalo de funcionamiento creciente y, específicamente, potencias más altas, cuando tanto la potencia como la corriente están limitadas (y con límites potencialmente diferentes).

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone para determinar la indicación de carga en respuesta a datos de carga recibidos en al menos un mensaje desde el receptor de alimentación, siendo  
20 indicativos los datos de situación de carga de una carga de la señal de transferencia de potencia por el receptor de alimentación.

Esto puede proporcionar un funcionamiento mejorado y/o adaptación en muchas realizaciones. Puede permitir más control de la operación de transferencia de alimentación para que resida en el receptor de alimentación. En muchas  
30 realizaciones, puede permitir una complejidad más baja y/o una adaptación más precisa. Puede proporcionar una adaptación más fiable con menos necesidad de estimación de la situación de carga.

En algunas realizaciones, los datos de carga comprenden una indicación de al menos una de entre una corriente de carga y una tensión de carga para una carga del receptor de alimentación y el adaptador se dispone para determinar la indicación de carga en respuesta a la indicación de al menos una de entre la corriente de carga y la tensión de carga.

Esto puede proporcionar un funcionamiento mejorado en muchos escenarios. En particular, puede proporcionar en muchas realizaciones y aplicaciones un control y adaptación mejorados del campo magnético generado dando como resultado potencialmente una sobretensión reducida en el receptor de alimentación mientras que al mismo tiempo  
40 permite una complejidad más reducida en el receptor de alimentación.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone adicionalmente para cambiar el límite máximo en respuesta a una detección de un cambio en una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación.

Esto puede proporcionar un rendimiento mejorado en muchas realizaciones y puede, en particular, permitir una reacción más rápida a algunos cambios potenciales. Específicamente, el planteamiento puede permitir en muchas aplicaciones una adaptación precisa pero más lenta del límite basándose en la información proporcionada por el receptor de alimentación mientras que también permite que el transmisor de alimentación detecte independientemente y reaccione rápidamente a cambios bruscos potenciales en las condiciones de funcionamiento.

La detección de un cambio en la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación puede ser por una detección en un cambio en una corriente, una tensión y/o potencia de la señal de accionamiento.

55 De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación que comprende un receptor de alimentación y un transmisor de alimentación para transferir alimentación al receptor de alimentación, comprendiendo el transmisor de alimentación: un circuito resonante que comprende una impedancia capacitiva y una impedancia inductiva, comprendiendo la impedancia inductiva una bobina del transmisor para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación, un accionador para generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia, un receptor para recibir mensajes desde el receptor de alimentación, un controlador del lazo de potencia para adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación, estando sometida la adaptación a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia, una tensión del circuito de resonancia y una potencia de la señal de accionamiento que están por debajo del límite  
60 máximo y un adaptador dispuesto para determinar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga  
65

determinada basándose en datos de carga recibidos en un mensaje desde el receptor de alimentación, siendo indicativos los datos de carga de una situación de carga de la señal de transferencia de potencia por el receptor de alimentación; y comprendiendo al receptor de alimentación: un generador de datos para generar datos de carga que reflejen una situación de carga del receptor de alimentación y un transmisor para transmitir al menos un mensaje que comprende los datos de carga del transmisor de alimentación.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el generador de datos se dispone para determinar la situación de carga del receptor de alimentación en respuesta a al menos uno de entre una medición de una corriente de carga y una medición de la tensión de carga para una carga del receptor de alimentación.

Esto puede proporcionar un funcionamiento más efectivo y permitir una complejidad más baja del transmisor de alimentación. Puede proporcionar información precisa de condiciones de carga en el receptor de alimentación que pueden permitir una adaptación más precisa del límite máximo para reflejar probables situaciones de sobretensión en caso de un cambio brusco en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y el receptor de alimentación.

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el transmisor se dispone para transmitir el al menos un mensaje al transmisor de alimentación en respuesta a la detección de que un cambio en la carga del receptor de alimentación cumple con un criterio de cambio de carga de la alimentación; siendo indicativos los datos de carga del al menos un mensaje del cambio que cumple con el criterio de cambio de carga de la alimentación; y en el que el adaptador se dispone para modificar el límite máximo en respuesta a detectar que el al menos un mensaje comprende datos de carga indicativos del cambio que cumple con el criterio de cambio de carga de la alimentación.

Esto puede proporcionar un funcionamiento particularmente eficiente en muchas realizaciones. Por ejemplo, puede reducir en muchas realizaciones el número de mensajes que necesitan comunicarse (y por ello los recursos de procesamiento requeridos para procesar y reaccionar a los mensajes).

De acuerdo con una característica opcional de la invención, el adaptador se dispone adicionalmente para cambiar el límite máximo en respuesta a una detección de un cambio en una indicación de potencia para la señal de accionamiento.

Esto puede proporcionar un funcionamiento ventajoso en muchas realizaciones y escenarios. La detección de un cambio en la indicación de potencia para la señal de accionamiento puede ser (al menos parcialmente) por la detección de un cambio en una corriente o tensión para la señal de accionamiento.

De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un método de funcionamiento para un transmisor de alimentación que transfiere alimentación a un receptor de alimentación, comprendiendo el transmisor de alimentación un circuito resonante que comprende una impedancia capacitiva y una impedancia inductiva, comprendiendo la impedancia inductiva una bobina del transmisor para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación; comprendiendo el método: generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia; recibir mensajes desde el receptor de alimentación; adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación, estando sometida la adaptación a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia, una tensión del circuito de resonancia y una potencia de la señal de accionamiento que estén por debajo de un límite máximo; y adaptar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga indicativa de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación.

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de, y aclarados con referencia a, la(s) realización(es) descrita(s) en el presente documento a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que

La Fig. 1 ilustra un ejemplo de elementos de un sistema de transferencia de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

La Fig. 2 ilustra un ejemplo de elementos de un sistema de transferencia de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

La Fig. 3 ilustra un ejemplo de elementos de un inversor en semi-puente para un transmisor de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de elementos de un inversor en puente completo para un transmisor de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

La Fig. 5 ilustra un ejemplo de un circuito de simulación equivalente para un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación;

La Fig. 6 ilustra un ejemplo de parámetros para el circuito de simulación equivalente de la Fig. 5;

Las Figs. 7-12 que ilustran ejemplos de señales en un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación;

La Fig. 13 ilustra un ejemplo de algunos elementos de un transmisor de alimentación de acuerdo con algunas

realizaciones de la invención;

Las Figs. 14-19 que ilustran ejemplos de señales en un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación;

La Fig. 20 ilustra un ejemplo de algunos elementos de un receptor de alimentación para un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; y

5 Las Figs. 20 y 21 ilustran ejemplos de mensajes de datos de carga que pueden usarse en un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Descripción detallada de algunas realizaciones de la invención

10 La descripción siguiente se enfoca en realizaciones de la invención aplicables a un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación que utiliza un planteamiento de transferencia de alimentación tal como se conoce por la especificación Qi. Sin embargo, se apreciará que la invención no está limitada a esta aplicación sino que puede aplicarse a muchos otros sistemas de transferencia inalámbrica de alimentación.

15 La Fig. 1 ilustra un ejemplo de un sistema de transferencia de alimentación de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. El sistema de transferencia de alimentación comprende un transmisor de alimentación 101 que incluye (o se acopla a) una bobina / inductor transmisor 103. El sistema comprende adicionalmente un receptor de alimentación 105 que incluye (o se acopla a) una bobina / inductor receptor 107.

20 El sistema proporciona una transferencia inductiva inalámbrica de alimentación desde el transmisor de alimentación 101 al receptor 105. Específicamente, el transmisor de alimentación 101 genera una señal de transferencia inductiva inalámbrica de alimentación (también denominada como una señal de transferencia de alimentación, la señal de transferencia de alimentación o una señal de transferencia inductiva de alimentación), que se propaga como un flujo magnético por la bobina o inductor del transmisor 103. La señal de transferencia de alimentación puede tener  
 25 típicamente una frecuencia entre aproximadamente 70 kHz a aproximadamente 150 kHz y frecuentemente para sistemas compatibles con Qi típicamente en el intervalo desde 95 kHz a 115 kHz. La bobina del transmisor 103 y la bobina del receptor 107 se acoplan libremente y por ello la bobina del receptor 107 recoge (al menos parte de) la señal de transferencia de alimentación desde el transmisor de alimentación 101. Por ello, la alimentación se transfiere desde  
 30 el transmisor de alimentación 101 al receptor de alimentación 105 a través de un acoplamiento inductivo inalámbrico desde la bobina del transmisor 103 a la bobina del receptor 107. La expresión de señal de transferencia de alimentación se usa principalmente para referirse a la señal inductiva/campo magnético entre la bobina del transmisor 103 y la bobina del receptor 107 (la señal de flujo magnético), pero se apreciará que por equivalencia puede considerarse y usarse también como una referencia a una señal eléctrica proporcionada a la bobina del transmisor 103 o recogida por la bobina del receptor 107.

35 El sistema se dispone para transferir niveles de potencia sustanciales y específicamente el transmisor de alimentación puede soportar niveles de potencia por encima de 500 mW, 1 W, 5 W o 50 W en muchas realizaciones. Por ejemplo, para aplicaciones correspondientes a Qi, las transferencias de alimentación pueden estar típicamente en el intervalo de potencia de 1-5 W para aplicaciones de baja potencia y por encima de 100 W y hasta más de 1000 W para  
 40 aplicaciones de alta potencia, tales como por ejemplo aplicaciones de cocina.

La FIG. 2 ilustra la arquitectura del sistema de un ejemplo específico del sistema de la FIG. 1 con un poco más de detalle. En este ejemplo, el circuito de salida del transmisor de alimentación 101 incluye un tanque resonante o circuito de resonancia 201, que incluye la bobina del transmisor 103 (en la FIG. 2, la bobina del transmisor 103 se muestra  
 45 por claridad externa al circuito de resonancia 201 pero se considera que es parte de este). El circuito de resonancia 201 del transmisor de alimentación 101 también se denominará como el circuito de resonancia del transmisor 201 (o a veces por brevedad solamente circuito de resonancia 201). El circuito de resonancia 201 puede ser típicamente un circuito de resonancia en serie o paralelo y puede consistir en particular en un condensador de resonancia conectado en paralelo o en serie con la bobina del transmisor 103. La señal de transferencia de alimentación se genera mediante  
 50 el accionamiento del circuito de resonancia de salida desde un accionador 203 que genera una señal de accionamiento con una frecuencia de accionamiento adecuada (típicamente en el intervalo de frecuencia de 20-200 kHz).

De forma similar, el circuito de entrada del receptor de alimentación 105 incluye un circuito de resonancia o tanque de resonancia 205 que incluye el inductor del receptor 107 (en la FIG. 2, el inductor del receptor 107 se muestra por  
 55 claridad externa al circuito de resonancia 205 pero se considera que es parte de este). El circuito de resonancia 205 del receptor de alimentación 105 también se denominará como el circuito de resonancia del receptor 205 o el circuito de resonancia receptor. El circuito de resonancia del receptor 205 puede ser típicamente un circuito de resonancia en serie o paralelo y puede consistir en particular en un condensador de resonancia conectado en paralelo (o serie) con el inductor del receptor 107. El circuito de resonancia del receptor 205 se conecta a un convertidor de potencia 207  
 60 que convierte la señal de transferencia de alimentación recibida, es decir la señal inducida proporcionada por el circuito de resonancia del receptor 205, en una alimentación que se proporciona a una carga externa 209 (típicamente mediante la realización de una conversión CA/CC como será conocido para el experto en la materia).

La carga puede ser por ejemplo una batería y el suministro de alimentación puede ser para cargar la batería. Como  
 65 otro ejemplo, la carga puede ser un dispositivo separado y el suministro de alimentación puede ser para alimentar este dispositivo.

El accionador 203 de la FIG. 2 genera una señal de accionamiento de tensión variable (y típicamente de CA) que se aplica al circuito de resonancia 201 (y por ello al condensador de resonancia (no mostrado en la FIG. 2) y a la bobina del transmisor 103). En algunas realizaciones, el circuito de resonancia del transmisor 201 puede ser un circuito de resonancia serie y la señal de accionamiento de tensión puede aplicarse a través del condensador y del inductor. En algunas realizaciones, el accionador 203 puede acoplarse directamente (o indirectamente) a la bobina de transmisión 103 y la señal de accionamiento de tensión puede proporcionarse a la bobina de transmisión 103.

Por ello, en el sistema, el accionador 203 genera una señal de accionamiento que se suministra al circuito de resonancia del transmisor 201/bobina de transmisión 103, haciendo que la bobina de transmisión 103 genere la señal de transferencia de alimentación que proporciona alimentación al receptor de alimentación 105. La señal de accionamiento se genera para tener una frecuencia dada denominada como la frecuencia de accionamiento, es decir la frecuencia de accionamiento es la frecuencia de la señal de accionamiento.

El accionador 203 genera la corriente y tensión que se suministran a la bobina del transmisor 103. El accionador 203 es típicamente un circuito de accionamiento en la forma de un inversor que genera una señal alterna a partir de una tensión de CC. La salida del accionador 203 es típicamente un puente de interruptores que genera la señal de accionamiento mediante la conmutación apropiada de interruptores del puente de interruptores. La FIG. 3 muestra un puente de interruptores/inversor en semi-puente. Los interruptores S1 y S2 se controlan de modo que nunca estén cerrados al mismo tiempo. Alternativamente S1 se cierra mientras S2 está abierto y S2 se cierra mientras S1 está abierto. Los interruptores se abren y cierran con la frecuencia deseada, generando de ese modo una señal alterna en la salida. Por lo general, la salida del inversor se conecta a la bobina del transmisor a través de un condensador de resonancia. La FIG. 4 muestra un puente de interruptores/inversor en puente completo. Los interruptores S1 y S2 se controlan de modo que nunca estén cerrados al mismo tiempo. Los interruptores S3 y S4 se controlan de modo que nunca estén cerrados al mismo tiempo. Alternativamente se cierran los interruptores S1 y S4 mientras están abiertos S2 y S3 y a continuación se cierran S2 y S3 mientras están abiertos S1 y S4, creando de ese modo una señal en onda cuadrada en la salida. Los interruptores se abren y cierran con la frecuencia deseada.

La descripción anterior corresponde al caso en el que el puente de la izquierda y de la derecha están desfasados 180° y proporcionan la potencia de salida máxima o ciclo de trabajo máximo. Sin embargo, en otros escenarios, los semi-puentes pueden estar parcialmente fuera de fase dando como resultado que tanto S2 como S4 o tanto S1 como S3 estén cerrados simultáneamente. En este estado, la tensión del puente será cero y por ello el planteamiento puede usarse para reducir la potencia de salida o ciclo de trabajo respecto a los valores máximos.

El accionador 203 genera en consecuencia una señal de accionamiento y aplica esta señal al circuito de resonancia del transmisor 201. El circuito de resonancia del transmisor 201 se forma mediante una impedancia inductiva y una impedancia capacitiva.

A continuación, se describirá el funcionamiento del transmisor de alimentación 101 y de los receptores de alimentación 105, 107 con referencia específica a una realización de acuerdo con la especificación Qi (excepto por las modificaciones y mejoras descritas en el presente documento (o sus consecuencias)). En particular, el transmisor de alimentación 101 y los receptores de alimentación 105, 107 pueden ser sustancialmente compatibles con la especificación Qi versión 1.0, 1.1 o 1.2 (excepto por las modificaciones y mejoras descritas en el presente documento (o sus consecuencias)).

Para controlar la transferencia de alimentación, el sistema puede proceder a través de diferentes fases, en particular se usan en el sistema Qi una fase de selección, una fase de señalización, una fase de identificación y configuración y una fase de transferencia de alimentación. Puede hallarse más información, por ejemplo, en el capítulo 5 de la parte 1 de la especificación de alimentación inalámbrica Qi.

Por ejemplo, cuando se configura la comunicación con el primer receptor de alimentación 105, el transmisor de alimentación 101 puede estar inicialmente en la fase de selección en la que simplemente supervisa la presencia potencial de un receptor de alimentación. El transmisor de alimentación 101 puede usar una variedad de métodos para esta finalidad, por ejemplo tal como se describe en la especificación de alimentación inalámbrica Qi. Si se detecta tal presencia potencial, el transmisor de alimentación 101 entra en la fase de señalización en la que se genera temporalmente la señal de alimentación. El primer receptor de alimentación 105 puede aplicar la señal recibida para alimentar su electrónica. Después de recibir la señal de alimentación, el receptor de alimentación 105 comunica un paquete inicial al transmisor de alimentación 101. Específicamente, se transmite un paquete de intensidad de señal que indica el grado de acoplamiento entre el transmisor de alimentación 101 y el primer receptor de alimentación 105. Puede hallarse más información en el capítulo 6.3.1 de la parte 1 de la especificación de alimentación inalámbrica Qi (o en la sección 5.2.3.1 de la versión 1.2). Por ello, en la fase de señalización se determina si está presente un receptor de alimentación 105 en la interfaz del transmisor de alimentación 101.

Tras recibir el mensaje de intensidad de señal, el transmisor de alimentación 101 se mueve a la fase de identificación y configuración. En esta fase, el receptor de alimentación 105 mantiene su carga de salida desconectada y comunica con el transmisor de alimentación 101 usando la modulación de la carga. El transmisor de alimentación proporciona una señal de alimentación de amplitud, frecuencia y fase constantes para esta finalidad (con la excepción del cambio

provocado por la modulación de la carga). Los mensajes que se usan por el transmisor de alimentación 101 para auto-configurarse según se solicita por el receptor de alimentación 105.

A continuación de la fase de identificación y configuración, el sistema se mueve a la fase de transferencia de alimentación en la que tiene lugar la transferencia de alimentación real. Específicamente, después de haber comunicado sus requisitos de alimentación, el receptor de alimentación 105 conecta la carga de salida y le suministra la alimentación recibida. El receptor de alimentación 105 supervisa la carga de salida y mide el error de control entre el valor real y el valor deseado de un cierto punto de funcionamiento. Comunica dichos errores de control al transmisor de alimentación 101 con una tasa mínima de, por ejemplo, cada 250 ms para indicar estos errores al transmisor de alimentación 101 así como el deseo de un cambio, o de no cambios, de la señal de alimentación.

Por ello, para preparar y controlar la transferencia de alimentación entre el transmisor de alimentación 101 y los receptores de alimentación 105, 107 en el sistema de transferencia inalámbrica de alimentación, los receptores de alimentación 105, 107 comunican información al transmisor de alimentación 101. Dicha comunicación se ha normalizado en la especificación Qi versión 1.0, 1.1 y 1.2.

En el nivel físico, el canal de comunicación desde el receptor de alimentación 105 al transmisor de alimentación 101 se implementa mediante el uso de una señal de alimentación inductiva inalámbrica como portadora. Los receptores de alimentación 105 transmiten mensajes de datos mediante la modulación de la carga de la bobina del receptor 107. Esto da como resultado variaciones correspondientes en la señal de alimentación en el lado del transmisor de alimentación. La modulación de la carga puede detectarse mediante un cambio en la amplitud y/o fase de la corriente en la bobina del transmisor o, alternativa o adicionalmente, por un cambio en la tensión de la bobina del transmisor 103. Basándose en este principio, el receptor de alimentación 105 puede modular los datos que el transmisor de alimentación 101 puede demodular a continuación. Estos datos se formatean en bytes y paquetes. Más información puede hallarse en el "System description, Wireless power Transfer, Volumen I: Low Power, Parte 1: Interface Definition, Versión 1.0 julio de 2010, publicada por el Wireless power Consortium" disponible a través de <http://www.wirelesspowerconsortium.com/downloads/wireless-power-specification-part-1.html>, también llamada la especificación de alimentación inalámbrica Qi, en particular el capítulo 6: Communications Interface (o en versiones posteriores de la especificación).

Para proporcionar una transferencia de alimentación eficiente, fiable y segura el sistema se dispone para controlar la alimentación de la señal de transferencia de alimentación generada mediante el control de una característica de la señal de accionamiento generada.

La transferencia de alimentación al receptor de alimentación 105 tiene lugar así principalmente en la fase de transferencia de alimentación. Durante esta fase, El receptor de alimentación supervisa las condiciones de la carga de salida y, específicamente, mide el error de control entre el valor real y el valor deseado de un cierto punto de funcionamiento. Comunica estos errores de control en los mensajes de error de control del transmisor de alimentación con una tasa mínima de, por ejemplo, cada 250 ms. Esto proporciona una indicación de la presencia continuada de receptor de alimentación para el transmisor de alimentación. Además, los mensajes de error de control se usan para implementar un control de potencia en lazo cerrado en el que el transmisor de alimentación adapta la señal de alimentación para minimizar el error notificado. Específicamente, si el valor real del punto de funcionamiento es igual al valor deseado, el receptor de alimentación comunica un error de control con un valor de cero dando como resultado ningún cambio en la señal de alimentación. En el caso de que el receptor de alimentación comunique un error de control diferente de cero, el transmisor de alimentación ajustará la señal de alimentación en consecuencia, es decir incrementará o disminuirá la potencia de la señal de transferencia de alimentación en respuesta a la realimentación desde el receptor de alimentación 106.

La regulación de alimentación real puede ser diferente en diferentes realizaciones. En algunos sistemas, la potencia puede ajustarse cambiando una tensión o una corriente de la señal de accionamiento. Sin embargo, en la mayor parte de aplicaciones prácticas, la potencia puede ajustarse mediante la modificación del tipo de trabajo o de una frecuencia de la señal de accionamiento. Por ejemplo, la señal de accionamiento generada puede ser una señal en onda cuadrada que tiene un valor dado (frecuentemente alternativamente positivo y negativo) durante intervalos de tiempo activos con intervalos de tiempo inactivos entre medias en los que la tensión es cero. Por ello, solo se proporciona alimentación al circuito de resonancia durante los intervalos de tiempo activos. El nivel de potencia puede incrementarse y disminuirse incrementando y disminuyendo respectivamente la duración del intervalo de tiempo activo. Por ello, puede modificarse el ciclo de trabajo para cambiar la potencia proporcionada al inductor de comunicación del transmisor 209 y por ello la potencia de la señal de transferencia de alimentación. En otras realizaciones, la frecuencia de accionamiento puede cambiarse incrementándose la potencia mediante el movimiento de la frecuencia de accionamiento hacia la frecuencia de resonancia del circuito de resonancia y disminuyéndose mediante el movimiento de la frecuencia accionamiento a separarse de la frecuencia de resonancia.

Por ello, durante la fase de transferencia de alimentación, el sistema activa un lazo de control de potencia basándose en los mensajes de error de control de potencia que se transmiten al transmisor de alimentación desde el receptor de alimentación. Este lazo de control de potencia ajusta el punto de funcionamiento a un valor deseado. Específicamente, en muchas realizaciones, el receptor de alimentación puede transmitir mensajes de control de potencia para controlar

la potencia de la señal de transferencia de alimentación para dar como resultado una tensión dada que se induce en el receptor de alimentación para una carga dada.

5 Además de la activación del lazo de control de potencia, el transmisor de alimentación puede adoptar también límites para el intervalo de funcionamiento para la transferencia de alimentación y así restringirla a dentro de lo que el lazo de control de potencia debe funcionar. En particular, para transmisores de alimentación la potencia que se proporciona al circuito de resonancia puede limitarse a estar por debajo de un límite dado.

10 Qi definió originalmente una transferencia inalámbrica de alimentación para dispositivos de baja potencia considerando que son dispositivos que tienen una extracción de potencia de menos de 5 W. Sin embargo, el sistema está siendo expandido a niveles de potencia más altos para dar soporte a un intervalo creciente de dispositivos y de aplicaciones de transferencia de alimentación. Sin embargo, los niveles de potencia incrementados han dado como resultado retos adicionales y se ha descubierto que en algunos escenarios los planteamientos usados para aplicaciones de potencia más baja no son apropiados para los niveles de potencia más alta.

15 En particular, se ha comprendido que los niveles de potencia crecientes (tales como los que se introducen por el perfil de potencia extendido de la especificación Qi v1.2.1) pueden dar como resultado potencialmente daños en algunos dispositivos receptores de alimentación en algunas situaciones. En particular, se ha comprendido que si el dispositivo receptor de alimentación se mueve bruscamente para incrementar el acoplamiento entre el receptor de alimentación y el transmisor de alimentación, puede tener lugar una situación de sobretensión en el receptor de alimentación debido a que el lazo de control de potencia es inherentemente relativamente lento. Adicionalmente, los niveles de potencia creciente requieren límites más altos, que se ha descubierto no son suficientes para impedir que dichas situaciones de sobretensión alcancen potencialmente niveles indeseables.

25 Específicamente, puede considerarse típicamente que la tensión de entrada máxima del receptor de alimentación desde la bobina del receptor de alimentación/circuito de resonancia del receptor no debería exceder una amplitud de 20 V. En la mayor parte de las implementaciones prácticas tensiones de hasta aproximadamente 25 V tenderán a no producir daños a los circuitos electrónicos (tales como los circuitos integrados adecuados). Sin embargo, tensiones más altas pueden, en algunos escenarios y aplicaciones, dañar potencialmente los circuitos dando como resultado defectos y daños al receptor de alimentación en sí mismo.

30 Por lo general, para aplicaciones de baja potencia, el control de potencia y los límites aplicados son tales que la tensión inducida no superará los 20 V incluso para cambios muy bruscos en, por ejemplo, el acoplamiento entre los dispositivos. Sin embargo, se ha descubierto que para niveles de potencia más altos esto no puede garantizarse en todas las situaciones.

35 Como un ejemplo, puede considerarse el siguiente escenario:

- 40 - Un usuario puede colocar su teléfono con un receptor de alimentación inalámbrico en un cargador que incluye un transmisor de alimentación inalámbrico. Puede colocarlo en una posición en la que el acoplamiento entre los dos es pobre, pero suficientemente alto para iniciar la transferencia de alimentación.
- Tras las etapas iniciales en el protocolo de comunicaciones, el teléfono dirige al cargador para proporcionar más potencia mediante el envío de los paquetes de error de control apropiados.
- 45 - El cargador responde incrementando la corriente de la bobina del transmisor hasta que el teléfono indica que está satisfecho (mediante el envío de paquetes de error de control de valor cero) o hasta que el cargador alcanza su límite de potencia y/o corriente. Esto típicamente no llevará más de uno o dos segundos después de que el cargador y el teléfono establezcan las comunicaciones y da como resultado un gran campo magnético.
- Una vez que el usuario descubre que el teléfono solo se está cargando a baja velocidad debido al bajo acoplamiento, lo mueve rápidamente a una posición en la que el acoplamiento es (mucho) mejor.
- 50 - En este momento, el campo magnético grande del cargador genera una alta tensión (posiblemente muy por encima de 20 V) en el teléfono, lo que puede dañar su electrónica.

55 La opción para acometer la situación de sobretensión potencial es añadir circuitos de protección o circuitos de regulación de tensión que pueden manejar tensiones por encima de 20 V en el receptor de alimentación. Sin embargo, esto es típicamente indeseable o incluso imposible debido a sus restricciones de diseño. En particular, tiende a introducir un incremento en coste y complejidad inaceptables.

60 Para considerar el escenario con más detalle, puede considerarse el circuito equivalente/de simulación de la FIG. 5. En el ejemplo el generador de señal 501 representa el accionador,  $C_p$  corresponde al condensador del circuito de resonancia del transmisor,  $L_p$  representa el inductor del circuito de resonancia del transmisor,  $R_p$  representa las pérdidas del transmisor de alimentación,  $C_s$  representa el condensador del circuito de resonancia del receptor,  $L_s$  el inductor del circuito de resonancia del receptor,  $R_s$  representa las pérdidas en el receptor de alimentación y  $K_{op}$  representa el acoplamiento entre los inductores del transmisor y receptor.  $Z_L$  representa el valor complejo de la carga alimentada por la señal de transferencia de alimentación (y puede incluir tanto algunos circuitos receptores de alimentación internos así como una carga externa).

La FIG. 6 ilustra valores del parámetro correspondientes a un perfil de alimentación  $Q_i$  extendido (15 W). Las restricciones sobre el punto de funcionamiento del transmisor de alimentación se listan debajo de la tabla.

En particular, el transmisor de alimentación

- solo tiene permitido funcionar a frecuencias por encima de los picos de resonancia en la función de transferencia del sistema;
- tiene un límite de corriente de 3 A (rms);
- no se le permite extraer más de 24 W (promedio) desde su fuente de alimentación; y
- ha de limitar la tensión a través de su condensador de resonancia a 120 V (rms).

Las FIGS. 7 y 8 ilustran el espacio de funcionamiento completo del sistema de las FIGS. 5 y 6 con un factor de acoplamiento de  $k_{op} = 0,56, 0,448, 0,336, 0,224, \text{ y } 0,112$ .

La FIG. 7 ilustra la entrada de potencia que corresponde a la potencia proporcionada al circuito de resonancia (y por ello la potencia de la señal accionamiento) por el accionador en función de la corriente a través de la bobina del transmisor 103. La FIG. 7 muestra la relación para diferentes factores de acoplamiento entre la potencia de la señal de accionamiento y la corriente de la bobina cuando la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación varía. Como puede verse, cuanto más bajo es el factor de acoplamiento, mayor es la corriente de la bobina que se requiere para proporcionar una potencia dada. Esto refleja que para factores de acoplamiento más bajos se requiere una intensidad del campo magnético incrementada para que el receptor de alimentación extraiga la potencia requerida. La intensidad del campo magnético viene dada por la corriente de la bobina y por ello se requiere una corriente de bobina más alta para un campo magnético más fuerte. Las figuras ilustran específicamente la relación entre la potencia de la señal de accionamiento y la corriente de la bobina del transmisor después de que el control de potencia se haya adaptado a la carga específica proporcionada por el receptor de alimentación.

En el ejemplo, la potencia de la señal de accionamiento se limita a un valor máximo de 24 W y la corriente de la bobina (y por ello la corriente de la señal de accionamiento) se limita a un valor máximo de 3 A (tal como se indica en la FIG. 7).

La FIG. 8 ilustra la tensión de carga del receptor de alimentación correspondiente en función de la corriente de carga para diferentes acoplamientos. Las diferentes curvas ilustran los valores máximos que pueden conseguirse para los diferentes acoplamientos bajo las restricciones indicadas en la FIG. 7, es decir las curvas muestran los valores máximos que pueden conseguirse antes de que se alcance cualquiera de los límites de potencia o corriente. Por consiguiente, las curvas delimitan los posibles puntos de funcionamiento que pueden conseguirse para los diferentes valores de acoplamiento.

Por ello, todos los puntos dentro de un contorno de una curva particular pueden ser alcanzables por el sistema en el acoplamiento asociado. El punto 801 indica el punto de funcionamiento pretendido del receptor de alimentación en el ejemplo específico. El sistema puede conseguir el punto de funcionamiento pretendido con factores de acoplamiento tan bajos como aproximadamente  $k_{op} = 0,336$  (se supone que el factor de acoplamiento de  $k_{op} = 0,56$  es el máximo posible dada una realización física particular). Este intervalo puede considerarse que proporciona al usuario suficiente tolerancia de posicionamiento. Puede verse también que el sistema puede funcionar potencialmente con una tensión de carga claramente por encima de  $u_L = 30$  V si la impedancia de carga está por encima de  $Z_L = 50 \Omega$ . Esta alta tensión potencial puede ser problemática dado que la mayor parte de circuitos se diseñan para una tensión máxima que preferentemente no excede típicamente 20 V en todas las circunstancias posibles.

Debería observarse que las leyendas de las figuras se muestran asociadas con los contornos superiores de las curvas. Sin embargo, debería observarse que estos son parte de contornos totalmente cerrados que representan los estados accesibles/puntos de funcionamiento para un factor de acoplamiento particular. Por ello, los contornos que definen los posibles puntos de funcionamiento para el acoplamiento también incluyen los límites de potencia y corriente de la FIG. 7 así como los contornos inferiores ilustrados (correspondientes por ejemplo a las curvas de abajo a la derecha de la FIG. 7 y cercanas a (0,0) para la FIG. 8). Sin embargo, dado que estos están muy próximos y no difieren significativamente para los diferentes acoplamientos, las leyendas individuales no se incluyen por claridad en las figuras. Adicionalmente, los siguientes comentarios, descripción y principios principales se aplican al efecto de los contornos más altos y límites para el punto de funcionamiento y por ello la consideración de los contornos inferiores no es significativa.

Las FIGS. 9 y 10 ilustran ejemplos de cómo pueden cambiar las señales cuando los sistemas controlan los parámetros de funcionamiento hacia el punto de funcionamiento objetivo 801 para los diferentes valores de acoplamiento.

Después de las fases de inicialización del protocolo de transferencia de alimentación, el receptor de alimentación controla en primer lugar su tensión hasta un nivel ( $u_s = 12,6$  V) justamente por encima de su tensión de funcionamiento pretendida ( $u_s = 12,0$  V). Esto se realiza a una impedancia de carga relativamente alta ( $800 \Omega$ ) y en consecuencia la corriente de carga es muy baja. Sin embargo, durante esta primera fase, la corriente de la bobina del transmisor de alimentación es aún relativamente significativa y es creciente para un acoplamiento decreciente. Por ejemplo, Como

5 puede verse en la FIG. 9, la corriente de la bobina para un acoplamiento de 0,56 es de aproximadamente 0,6 A y para  $k_{op} = 0,224$  es de aproximadamente 2,4 A. De hecho, para  $k_{op} = 0,112$  la corriente estaría por encima de 3 A para que la tensión del receptor de alimentación alcance 12,6 V y por ello incluso este punto de funcionamiento no puede alcanzarse para este valor de acoplamiento.

10 A continuación, el receptor de alimentación conecta su carga, lo que da como resultado un escalón de carga desde  $Z_L = 800 \Omega$  a  $Z_L = 8 \Omega$ . Este escalón de carga significativo hace que la tensión en el receptor de alimentación caiga. El punto de funcionamiento inmediato (intermedio) resultante depende del acoplamiento. De hecho, como se ilustra en la FIG. 10, para  $k_{op} = 0,56$  la tensión cae a aproximadamente 6 V y la corriente de carga se incrementa a aproximadamente 0,75 A. Para  $k_{op} = 0,224$  la tensión cae a aproximadamente 10 V y la corriente de carga se incrementa a aproximadamente 1,2 A. En el lado del transmisor de alimentación, la corriente de la bobina y la potencia de la señal de accionamiento se incrementan correspondientemente. Por ejemplo para  $k_{op} = 0,56$  la potencia de entrada se incrementa a aproximadamente 5 W y la corriente de la bobina se incrementa a aproximadamente 1,2 A. Para  $k_{op} = 0,224$  la potencia de entrada se incrementa a aproximadamente 13 W y la corriente de la bobina se incrementa a 3 A en donde se limita.

20 El sistema prosigue entonces para realizar el control de potencia. Específicamente, el receptor de alimentación solicita continuamente que se incremente la potencia hasta que se alcanza el punto de funcionamiento 801 deseado. En la FIG. 10 esto corresponde al punto de funcionamiento que se mueve hacia arriba en trayectoria lineal correspondiente a una resistencia de  $8 \Omega$  hasta que se alcance el punto de funcionamiento 801 de 12 V, 1,5 A. En el lado del transmisor de alimentación, esto da como resultado una potencia de entrada y corriente de bobina crecientes hasta que se alcanza el punto de funcionamiento. Esto es posible solamente para los tres factores de acoplamiento más elevados cuando los límites se dan para factores de acoplamiento más bajos. La potencia de entrada final/controlada en potencia en el transmisor de alimentación es casi la misma para los tres factores de acoplamiento principales (aproximadamente 20 W estando la diferencia en la pérdida de potencia en las resistencias que indican otras pérdidas). Sin embargo, la corriente de la bobina es diferente para los diferentes acoplamientos. En particular, es de aproximadamente 2,2 A para  $k_{op} = 0,56$  y de 2,8 A para  $k_{op} = 0,336$ .

30 En las figuras, se usan las siguientes leyendas:

Estrella: Punto de funcionamiento inicial.

Cuadrado: Punto de funcionamiento final después de intentar alcanzar el objetivo.

Rombo: Punto de funcionamiento después de moverse a acoplamiento máximo desde el valor indicado en la leyenda.

35 Círculo: Punto de funcionamiento después de moverse a acoplamiento cero desde el valor indicado en la leyenda.

40 La FIG. 11 muestra el efecto en el punto de funcionamiento instantáneo si el punto de acoplamiento se cambia bruscamente. Específicamente, La FIG. 11 muestra el cambio en el punto de funcionamiento si el acoplamiento se cambia bruscamente desde el nivel de acoplamiento actual al acoplamiento máximo de  $k_{op} = 0,56$  antes de que se incremente la carga (es decir cuando la impedancia de carga es aún de  $800 \Omega$  y antes de que haya caído a  $Z_L = 8 \Omega$ ). Como se espera, el cambio es más significativo para el escalón más alto en el acoplamiento es decir para un acoplamiento inicial de  $k_{op} = 0,112$  en donde la elevada corriente (en el límite de 3 A) da como resultado un campo magnético grande y por ello una tensión inducida alta. De hecho, como puede verse da como resultado una sobretensión de más de 35 V provocando por ello daños potenciales.

45 Por consiguiente, como puede verse, el sistema es susceptible de sobretensiones potenciales debido a la corriente de bobina incrementada requerida con bajos factores de acoplamiento. Este problema no puede superarse típicamente meramente mediante la reducción de los límites máximos dado que típicamente no reducirá suficientemente las sobretensiones sin dar como resultado que el intervalo de funcionamiento disponible quede restringido en más de lo aceptable (y por ello reducirá directamente la cantidad de potencia que puede transferirse). De hecho, la FIG. 12 ilustra el efecto de reducción de límite de corriente de la bobina desde 3 A a 2,25 A. Como puede verse esto puede aún provocar sobretensiones de hasta 30 V. Adicionalmente, El análisis y simulaciones muestran que el punto de funcionamiento deseado de 12 V, 1,5 solo puede soportarse para el acoplamiento máximo de  $k_{op} = 0,56$  si el límite de corriente se reduce en esta forma. Por ello, restringir el límite de corriente a 2,25 A no impide una sobretensión pero impide que el punto de funcionamiento deseado se alcance en ningún caso excepto para una posición óptima del receptor de alimentación. Reducir adicionalmente la corriente para reducir la sobretensión haría imposible alcanzar el punto de funcionamiento deseado.

60 Sin embargo, se ha comprobado adicionalmente que la sobretensión a plena carga, es decir con impedancia de carga  $Z_L = 8 \Omega$ , es menor. Esto se ilustra por el punto 1001 de la FIG. 10 que muestra la desviación máxima respecto al punto de funcionamiento 801 deseado que tienen lugar para un cambio brusco en el acoplamiento desde el valor más bajo al valor más alto. Como puede verse el incremento temporal de la tensión es relativamente bajo y realmente la tensión máxima está por debajo de 20 V y por ello se evita una situación de sobretensión.

65 La FIG. 13 ilustra elementos del transmisor de alimentación 101 con más detalle. El transmisor de alimentación 101 comprende funcionalidad que puede proporcionar regulación de potencia mejorada y que puede reducir

específicamente o incluso impedir en muchos escenarios y aplicaciones el riesgo de que ocurran situaciones de sobretensión inaceptables.

En el ejemplo, el transmisor de alimentación 101 comprende una impedancia inductiva que en el ejemplo específico corresponde directamente a la bobina del transmisor 103. Sin embargo, se apreciará que en otras realizaciones la impedancia inductiva puede ser cualquiera, por ejemplo un elemento con un puerto/ dos terminales que tiene al menos una impedancia inductiva parcial, es decir que tiene un componente de reactancia inductiva o en otras palabras que tiene una impedancia compleja con una parte imaginaria positiva. Por ello, la bobina del transmisor 103 de la FIG. 13 puede considerarse más generalmente que representa una impedancia inductiva que es un circuito lineal con dos terminales o (equivalente) un componente para el que la tensión en los terminales depende al menos parcialmente de una derivada de la corriente a través del componente/circuito. A continuación, se hará referencia a la impedancia inductiva por brevedad mediante referencia al ejemplo específico en el que la misma es la bobina del transmisor 103.

La bobina del transmisor 103 se acopla adicionalmente a una impedancia capacitiva que junto con la bobina del transmisor 103 (impedancia inductiva) forma un circuito de resonancia y específicamente un circuito de resonancia en serie. En este ejemplo específico, la impedancia capacitiva corresponde directamente a un único condensador de circuito de resonancia (denominado como el condensador del transmisor 1301) pero se apreciará que en otras realizaciones la impedancia capacitiva puede ser cualquiera por ejemplo un elemento de un puerto / dos terminales que tiene al menos impedancia capacitiva parcial, es decir tiene un componente de reactancia capacitiva o, en otras palabras, que tiene una impedancia compleja con una parte imaginaria negativa. Por ello, más en general el condensador del transmisor 1301 puede considerarse que representa una impedancia capacitiva que puede ser un circuito de dos terminales lineal o (equivalente) un componente para el que la corriente a través del circuito/componente en los terminales depende al menos parcialmente de una derivada de la tensión a través de los terminales.

Se apreciará que en la mayor parte de las realizaciones, la parte resistiva de las impedancias inductiva y capacitiva será típicamente mucho más pequeña y frecuentemente despreciable, en comparación con el componente de reactancia. Esto asegurará que las oscilaciones son relativamente no amortiguadas, es decir proporcionará una Q relativamente elevada para el circuito de resonancia.

Por claridad y brevedad, la descripción que sigue se enfocará así sobre la impedancia inductiva que es un inductor (ideal) y que es específicamente la bobina del transmisor 103 de las FIGS. 1 y 2 y siendo la impedancia capacitiva un condensador ideal, concretamente el condensador del transmisor 1301. Sin embargo, se apreciará que cualquier referencia a la bobina del transmisor 103 puede, según sea apropiado, sustituirse por una referencia a una impedancia o reactancia inductiva y que cualquier referencia al condensador del transmisor 1301 puede, según sea apropiado, sustituirse por una referencia a una impedancia o reactancia capacitiva. Por brevedad, el par de la bobina del transmisor 103 y el condensador del transmisor 1301 se denominan también como los componentes de resonancia.

La bobina del transmisor 103 y el condensador del transmisor 1301 se acoplan/conectan juntos en una configuración resonante. En el ejemplo, la bobina del transmisor 103 y el condensador del transmisor 1301 se acoplan en resonancia en serie pero se apreciará que en otras realizaciones pueden acoplarse en una configuración de resonancia en paralelo.

El circuito de resonancia formado por la bobina del transmisor 103 y el condensador del transmisor 1301 se acoplan a un accionador 1303 que puede tener una etapa de salida que se describe con referencia a las FIGS. 3 y 4 (y que corresponde al accionador 201 de la FIG. 2). Por ello, el accionador 1303 genera una señal de accionamiento que acciona el circuito de resonancia y que específicamente induce oscilaciones en el circuito de resonancia. La señal de accionamiento es una señal de potencia que proporciona la alimentación al circuito de resonancia. La señal de accionamiento proporciona así una tensión y una corriente al circuito de resonancia. La corriente de la señal de accionamiento (la corriente de accionamiento) es en este ejemplo específico la misma que la corriente del circuito de resonancia y la corriente a través de la bobina del transmisor 103 (y del condensador del transmisor 1301). La tensión de la señal de accionamiento (la tensión de accionamiento) es a través del condensador del transmisor 1301 y de la bobina del transmisor 103. Aunque la descripción que sigue se refiere a un circuito de resonancia en serie, se apreciará que los principios descritos pueden aplicarse también a un circuito de resonancia en paralelo (teniendo en mente la equivalencia de estos y especialmente la naturaleza complementaria de tensiones y corrientes en los circuitos de resonancia en serie y paralelo).

La potencia de la señal de accionamiento es en el ejemplo de la FIG. 13, en el que los componentes de resonancia se consideran ideales, la misma que la potencia de la señal de transferencia de alimentación e igual a la potencia que se extrae de la señal de transferencia de alimentación. En casos prácticos, parte de la potencia proporcionada por la señal de accionamiento se disipará como pérdidas tal como se representa por la resistencia de pérdidas  $R_p$  de la FIG. 5. Por ello, en la práctica la potencia de la señal de accionamiento puede ser ligeramente más alta que la potencia extraída de la señal de transferencia de alimentación.

La potencia extraída de la señal de transferencia de alimentación puede componerse de varias pérdidas parásitas, tales como las pérdidas resultantes de la inducción de corrientes parásitas en partes metálicas presentes en el campo

magnético generado por la bobina del transmisor 103. Dichas pérdidas, que incluyen diversas pérdidas parásitas en el receptor de alimentación 105 se representan por la resistencia de pérdidas  $R_s$  de la FIG. 5. Estas pérdidas son sin embargo típicamente pequeñas en comparación con la situación de carga máxima para una carga objetivo del receptor de alimentación, es decir por la situación de carga del objetivo pretendido para la transferencia de alimentación.

El transmisor de alimentación 101 comprende adicionalmente un receptor de mensajes 1305 que se dispone para recibir mensajes desde el receptor de alimentación 105. Estos mensajes pueden recibirse específicamente mediante modulación de la carga tal como será conocido para un experto en la materia. El receptor de mensajes 1305 puede disponerse específicamente para recibir mensajes de error del control de potencia indicando si el receptor de alimentación 105 requiere un nivel de potencia incrementado, disminuido o sin cambios en la señal de transferencia de alimentación.

El receptor de mensajes 1303 se acopla a un controlador del lazo de potencia 1307 que se acopla adicionalmente al accionador 1303. El controlador del lazo de potencia 1307 se dispone para adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de (error) del control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación 105. Por ello, el controlador del lazo de potencia 1307 implementa la operación del lazo de control de potencia que permite que la potencia de la señal de transferencia de alimentación se controle dinámicamente durante, en particular, la fase de transferencia de alimentación.

El control de la potencia de la señal de transferencia de alimentación se realiza mediante el control de la potencia de la señal de accionamiento y por ello de la potencia proporcionada al circuito de resonancia. El controlador del lazo de potencia 1307 controla por ello el accionador 1303 para adaptar la potencia de la señal de accionamiento.

Como se ha mencionado anteriormente, este control puede ser, por ejemplo, directo mediante el control de un componente de tensión o corriente de la señal de accionamiento pero frecuentemente se consigue mediante el control de un ciclo de trabajo o una frecuencia de la señal de accionamiento (es decir cuanto más alejada esté la frecuencia de la señal de accionamiento de la frecuencia de resonancia, menor será la potencia).

El controlador del lazo de potencia 1307 se dispone adicionalmente para limitar el intervalo de funcionamiento del transmisor de alimentación 101 para asegurar un funcionamiento fiable y seguro específicamente y el controlador del lazo de potencia 1307 puede buscar impedir, por ejemplo, valores de señal excesivos que potencialmente podrían dañar los componentes.

En particular, el controlador del lazo de potencia 1307 se dispone para controlar la señal de accionamiento sometido a una restricción de que de una corriente y/o tensión del circuito de resonancia y una potencia de la señal de accionamiento estén por debajo del límite máximo. En escenarios en los que tanto la corriente y/o la tensión como la potencia están restringidas, el límite máximo puede comprender naturalmente múltiples límites diferentes (por ejemplo siendo uno un límite máximo de potencia y siendo el otro un límite máximo de corriente). Por ello, el controlador del lazo de potencia 1307 se dispone para controlar la potencia de la señal de accionamiento sometido a al menos uno de entre una restricción de que la corriente y/o tensión del circuito de resonancia esté por debajo un límite máximo de corriente y una restricción de que la potencia de la señal de accionamiento esté por debajo del límite máximo de potencia. A continuación, el término límite máximo se usará para referirse tanto a límites máximos de corriente/tensión (para una restricción de corriente) como al límite máximo de potencia (para una restricción de potencia) según sea apropiado. Por ello, una indicación de que el límite máximo puede adaptarse puede considerarse que se refiere al límite máximo de corriente cuando se restringe la corriente y que se refiere a límite máximo de potencia cuando se restringe la potencia.

La descripción que sigue se concentrará en realizaciones en las que están limitadas tanto la potencia como la corriente pero se apreciará que esto no es esencial para los principios descritos. Adicionalmente, las realizaciones se concentrarán en realizaciones en las que la corriente del circuito de resonancia está restringida/limitada mientras que no se determina y aplica límite específico a cualquier tensión del circuito de resonancia. Sin embargo, se apreciará que el principio descrito puede aplicarse también a límites de tensión (tanto alternativa como adicionalmente al (a los) límite(s) de corriente/potencia).

El límite de la potencia y/o corriente pueden conseguirse de diferentes formas en diferentes realizaciones. En algunas realizaciones, el accionador 1303 puede comprender por ejemplo un limitador de corriente que se controla por un controlador del lazo de potencia 1307. En otras realizaciones, el transmisor de alimentación 101 puede implementar por ejemplo un lazo de control interno rápido. Por ejemplo, la corriente a través de la bobina del transmisor 103 puede supervisarse continuamente y si se incrementa por encima del límite máximo de corriente el controlador del lazo de potencia 1307 puede controlar inmediatamente el accionador 1303 para cambiar la amplitud/ frecuencia/ ciclo de trabajo de la señal de accionamiento para reducir la corriente por debajo del límite máximo de corriente. En algunas realizaciones, el sistema puede implementar un lazo de control de potencia exterior que controla el punto de funcionamiento de la transferencia de alimentación con un lazo de control interno más rápido que impone los límites máximos.

El transmisor de alimentación 101 comprende adicionalmente un adaptador 1309 que se dispone para adaptar el límite

máximo en respuesta a una indicación de carga indicativa de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación. Por ello, en el transmisor de alimentación 101 de la FIG. 13 los límites impuestos sobre el control de potencia y específicamente los valores máximos o límites no son fijos sino que se adaptan dinámicamente para reflejar variaciones en la situación de carga proporcionada por el receptor de alimentación 105. Por ello, en el sistema de la FIG. 13 se implementa un limitador que aplica un límite variable a o bien la potencia de la señal de accionamiento, a la corriente del circuito de resonancia o bien posiblemente a ambas.

Este planteamiento puede acometer en muchos escenarios y aplicaciones el problema de sobretensiones con niveles de potencia más altos. El planteamiento puede reflejar la afirmación de que la condición de sobretensión frecuentemente puede tener lugar si el usuario mueve al receptor de alimentación a una mejor posición (acoplamiento más alto) cuando el transmisor de alimentación está funcionando con una corriente de bobina alta (y por lo tanto generando un fuerte campo magnético) pero en donde, a pesar de la alta corriente, el transmisor de alimentación solo suministra una pequeña cantidad de potencia.

Por ello, el sistema puede detectar específicamente e impedir escenarios en los que la corriente es alta mientras la potencia es baja. Aunque dichos escenarios pueden evitarse pueden tener por ejemplo un límite fijo sobre la corriente máxima, dicho límite fijo restringirá típicamente el intervalo de funcionamiento inaceptablemente y específicamente no permitirá que se consigan niveles de potencia más altos. Por ejemplo, impediría la extensión de las especificaciones  $Q_i$  a niveles de potencia más altos. Sin embargo, en algunas realizaciones, el transmisor de alimentación 101 de la FIG. 13 puede aplicar un valor máximo de corriente, es decir un límite de corriente, que depende de la potencia proporcionada.

Por ejemplo, el valor máximo/límite de corriente para la corriente a través de la bobina del transmisor 103, que en el ejemplo de la FIG. 13 es la misma que la corriente proporcionada por el accionador 1303 (es decir la corriente de accionamiento), se restringirá a un valor máximo que depende de la potencia de la señal de accionamiento. El límite de corriente (el límite máximo de corriente) se reducirá a un nivel bajo para una potencia baja correspondiente a una situación de carga baja por el receptor de alimentación 105. Esto asegurará que el campo magnético se mantiene relativamente bajo (lo que no es un problema cuando la situación de carga del receptor de alimentación es baja). Por consiguiente, si el usuario mueve el receptor de alimentación de ese modo bruscamente incrementando el acoplamiento, la tensión inducida aún se mantendrá en niveles más bajos y puede impedirse una situación de sobretensión. Sin embargo, si la potencia se incrementa, puede incrementarse también el límite de corriente y por ello se permite una intensidad de campo magnético más alta. Esto permite el soporte de puntos de funcionamiento de nivel de potencia más alto y reflejan una situación de carga incrementada del receptor de alimentación. Adicionalmente, si el acoplamiento se mejora bruscamente, por ejemplo por el movimiento del usuario del receptor de alimentación desde una posición subóptima, la situación de carga incrementada del receptor de alimentación da como resultado una excursión de tensión que se reduce sustancialmente.

Por ello, en muchas realizaciones, el transmisor de alimentación limitará la corriente de la bobina dependiendo de la cantidad de potencia que está proporcionando, en donde el límite es más bajo si la cantidad de potencia es más baja. Por ello, el límite máximo de corriente puede determinarse como una función monótonamente creciente de la potencia de la señal de accionamiento (y por ello de la potencia proporcionada al circuito de resonancia).

El funcionamiento puede ilustrarse adicionalmente en las FIGS. 14, 15 y 16 que corresponden a las FIGS. 7 a 12 pero con un límite de corriente variable que depende de la potencia de la señal de accionamiento y específicamente teniendo el límite de corriente una relación lineal con la potencia de la señal de accionamiento.

En el ejemplo, el controlador del lazo de potencia 1307 asegura que la señal de accionamiento proporciona una cantidad mínima de potencia para corrientes por encima de  $I_p = 1,5$  A, es decir fijándose el límite de corriente que se proporciona para potencia cero en  $I_p = 1,5$  A. Cuando se incrementa la potencia, el límite de corriente también se incrementa linealmente. El límite de corriente escala linealmente desde 1,5 A a potencia mínima hasta 3 A a potencia máxima de 24 W, es decir una pendiente de aproximadamente 62,5 mA por vatio. Esto se ilustra en la FIG. 14. Los intervalos de funcionamiento resultantes para diferentes acoplamientos se muestran en la FIG. 15. La FIG. 16 ilustra las sobretensiones que pueden tener lugar cuando el acoplamiento se cambia bruscamente desde un nivel más bajo al acoplamiento máximo de  $K_{op} = 0,56$ .

Como puede verse, el problema de sobretensión potencial se reduce mucho a la impedancia de  $Z_L = 800 \Omega$ . El análisis (y específicamente simulaciones) también que el incremento en la tensión a la corriente y potencia más alta es aún bajo y realmente la tensión máxima (para un escalón desde el acoplamiento más bajo al más alto) es solo de aproximadamente 13 V. Por ello, en ese caso, la tensión no se eleva por encima de 20 V y no tiene lugar una situación de sobretensión. El rebasamiento exacto y la tensión máxima pueden depender naturalmente de varias características que incluyen en particular la velocidad de la regulación de corriente del transmisor de alimentación.

Sin embargo, aunque la relación lineal entre el límite de corriente y potencia puede proporcionar rendimiento ventajoso en muchos casos, puede en algunos escenarios no ser óptima. Por ejemplo, en el ejemplo específico la tensión máxima aún alcanza aproximadamente 22 V, que está por encima del límite preferido de 20 V. Más aún, a la impedancia de carga de justamente por encima de  $Z_L = 50 \Omega$ , el espacio de funcionamiento en el receptor de

- 5 alimentación aún tiene picos en un nivel de tensión de  $u_L > 35$  V. Se puede mitigar esto diseñando el sistema de tal manera que el factor de acoplamiento nunca pueda alcanzar más de por ejemplo  $k_{op} = 0,336$  (ref. a la FIG. 15). Sin embargo, si se toma este planteamiento, el punto de funcionamiento pretendido del receptor de alimentación debe asimismo ajustarse dado que el intervalo de funcionamiento disponible está sustancialmente limitado. Otro problema con este planteamiento es que reduce sustancialmente la tolerancia de posicionamiento: si el factor de acoplamiento se reduce desde  $k_{op} = 0,336$  a  $k_{op} = 0,224$ , el sistema no será incluso capaz de transferir una potencia de 5 W. En consecuencia, una relación lineal entre la potencia de entrada y el límite de corriente de la bobina puede no ser ideal para todos los escenarios.
- 10 En algunas realizaciones, puede ser preferible usar una relación no lineal. Por ejemplo, Las FIGS. 17-19 corresponden a las de las FIGS. 14-16 pero usando una segunda relación polinómica de segundo orden entre la potencia de entrada y en el límite de corriente de la bobina.
- 15 En el transmisor de alimentación 101 de la FIG. 13, el valor máximo para la corriente del circuito de resonancia se determina por ello en función de una indicación de carga que refleja una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación.
- 20 La indicación de carga puede determinarse específicamente considerando la potencia proporcionada al circuito de resonancia, es decir la potencia de la señal de accionamiento. El accionador 1303 puede determinar específicamente una indicación de potencia que es indicativa de una potencia de la señal de accionamiento. Esto puede determinarse por ejemplo mediante medición directa por ejemplo de la corriente y tensiones de la señal de accionamiento y calculando a continuación la potencia instantánea. Esta puede entonces filtrarse paso bajo y por ejemplo puede determinarse el valor de la potencia RMS.
- 25 Sin embargo, en muchas realizaciones, la potencia puede determinarse como la potencia de entrada del accionador 1303. Esto puede ser en muchas realizaciones más fácil y dar como resultado menor complejidad. De hecho, la tensión de entrada del accionador 1303 es frecuentemente una tensión en CC y por ello la potencia puede determinarse directamente a partir de la corriente de entrada al accionador 1303. Dado que las pérdidas en el accionador 1303 son típicamente relativamente bajas comparadas con la potencia de la señal de accionamiento, la potencia de entrada al accionador 1303 tiende a ser una medida precisa de la potencia de la señal de accionamiento y por ello de la potencia extraída desde la señal de transferencia de alimentación. Es también en consecuencia una indicación de la potencia extraída desde la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación 105 y por ello la situación de carga del receptor de alimentación 105.
- 30 La indicación de carga puede generarse en consecuencia basándose en la indicación de potencia para la señal de accionamiento, es decir puede generarse a partir de la potencia de entrada al accionador 1303. Por ejemplo, las pérdidas en el accionador 1303 y el circuito de resonancia pueden estimarse y restarse de la potencia de entrada medida para generar la estimación de potencia de la señal de transferencia de alimentación que puede usarse como la indicación de carga para el receptor de alimentación. En otras realizaciones, La potencia de entrada determinada puede usarse directamente como la indicación de carga.
- 35 En el ejemplo, el accionador 1303 se dispone para restringir/limitar la corriente de la señal de accionamiento y como esta es la misma que la corriente de bobina del transmisor, esto también restringe/limita inherentemente la corriente de bobina del transmisor. En algunas realizaciones, la corriente de la señal de accionamiento y la corriente de la bobina del transmisor pueden no ser idénticas (por ejemplo si hay componentes en paralelo con la bobina del transmisor 103). En dichos escenarios, el transmisor de alimentación 101 puede limitar específicamente la corriente de bobina del transmisor, por ejemplo mediante un limitador de corriente en serie con la bobina del transmisor 103. En algunas realizaciones, la trayectoria de la bobina del transmisor puede incluir un sensor de corriente para medir la corriente de bobina del transmisor y la señal de accionamiento puede controlarse de modo que esta corriente medida no supere el valor máximo de corriente.
- 40 En este ejemplo específico, el adaptador 1309 determina el límite máximo como una función monótonamente creciente de una situación de carga indicada por la indicación de carga y específicamente de la indicación de potencia (por ejemplo depende de la potencia/ corriente/ tensión de la señal de accionamiento). Específicamente, el límite máximo de corriente puede determinarse como una función monótonamente creciente de la potencia de la señal de accionamiento, por ejemplo tal como se estima por la potencia de entrada del accionador. Esto puede reducir las situaciones de sobretensión mientras que aún permite al sistema soportar puntos de funcionamiento con niveles de potencia más altos.
- 45 En algunas realizaciones, la función puede ser una función lineal pero puede concebirse en muchos escenarios un funcionamiento ventajoso descrito anteriormente usando una función no lineal.
- 50 En algunas realizaciones, el adaptador 1309 se dispone para incrementar el límite máximo por encima de un primer umbral solamente si la indicación de carga es indicativa de que una potencia de la señal de accionamiento está por debajo de un segundo umbral. Por ejemplo, en el ejemplo de la FIG. 14, el adaptador 1309 se dispone para incrementar únicamente el límite de corriente por encima del umbral de 1,5 A si la potencia de la señal de accionamiento se
- 55
- 60
- 65

incrementa por encima del umbral de 0 W. Se apreciará que en otras realizaciones, pueden incluirse otros o realmente más umbrales. Por ejemplo, el límite de corriente puede incrementarse solamente a, digamos, 2 A si la potencia de la señal de accionamiento se incrementa por encima de, digamos, 7 W. Se apreciará que los valores exactos dependerán de las preferencias y requisitos de la realización individual. En particular, puede depender de diversas propiedades eléctricas del transmisor de alimentación y del receptor de alimentación así como de los intervalos de funcionamiento pretendidos.

En muchas realizaciones, el adaptador se dispone para determinar el límite máximo en función de la situación de carga (corriente) de la señal de transferencia de alimentación. El adaptador puede disponerse para determinar el límite máximo en función de la (indicación de carga).

En algunas realizaciones, el límite máximo puede determinarse como un valor que supera la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación en un margen, que, por ejemplo, puede determinarse en función de la indicación de situación de carga/ carga. Por ejemplo, el límite máximo puede determinarse para superar la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación en un desplazamiento absoluto o relativo predeterminado (por ejemplo, el límite máximo puede superar la situación de carga de corriente en un porcentaje predeterminado de la situación de carga de corriente).

Los ejemplos anteriores se han enfocado en un escenario en el que el límite de corriente se ha adaptado basándose en la indicación de carga. Sin embargo, tal como se describe, en algunas realizaciones, el adaptador 1309 puede alternativa o adicionalmente disponerse para adaptar el límite de potencia máximo basándose en las condiciones de carga actualmente experimentadas. Por ello, en algunas realizaciones, en lazo de control de potencia que está en funcionamiento, por ejemplo, durante la fase de transferencia de alimentación puede disponerse para accionar el sistema hacia su punto de funcionamiento deseado sometido a que la potencia máxima de la señal de accionamiento no supere un límite que se adapta dinámicamente basándose en la indicación de carga que refleja la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por parte del receptor de alimentación.

La adaptación y modificación del límite puede ser típicamente más lenta que la velocidad a la que tienen lugar los cambios en la carga. Por ejemplo, el sistema puede funcionar en el punto de funcionamiento deseado de 12 V y 1,5 A, es decir con una carga de 18 W. En respuesta, el adaptador 1309 puede restringir la potencia de la señal de accionamiento a, digamos, 20 W. En este caso, el usuario mueve ahora el receptor de alimentación dando como resultado un incremento brusco en el acoplamiento entre el transmisor de alimentación y al receptor de alimentación, esto puede dar como resultado que se induzca una tensión incrementada en el receptor de alimentación. Sin embargo, esta tensión incrementada puede dar como resultado una corriente incrementada en la impedancia de carga (por ejemplo si esta se suministra directamente desde la tensión inducida) y por ello un consumo de potencia incrementado por el receptor de alimentación. Por ello, la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación se incrementa bruscamente pero dado que la adaptación del límite es típicamente relativamente lenta, el límite permanecerá (al menos durante un tiempo) en 20 W. Por ello, la potencia disponible para el receptor de alimentación se restringe por el límite máximo y en consecuencia la potencia solo puede incrementarse en una cierta cantidad. Por ello, la sobretensión inicial se restringirá a un nivel bajo. Adicionalmente, el control de potencia se adaptará de modo relativamente rápido al acoplamiento más alto y restaurará la transferencia de alimentación para que esté en el punto de funcionamiento de 12 V y 1,5 A y por ello el sistema se adaptará al punto de funcionamiento deseado con solamente una excursión relativamente baja en la tensión del receptor de alimentación.

Sin embargo, si en su lugar el punto de funcionamiento deseado fuera en 12 V y 0,1 A, correspondientes a una transferencia de potencia de 1,2 W, un límite de potencia de 20 W podría dar como resultado que se genere una sobretensión y corriente potencialmente grande en el receptor de alimentación. De hecho, la potencia podría incrementarse temporalmente (hasta ser corregida por el lazo de control de potencia) en un factor de más de 16 veces provocando de ese modo una excursión a corto plazo en la tensión de más de 50 V (para una carga resistiva constante suministrada directamente desde la tensión inducida).

Sin embargo, en el presente caso, el límite de potencia se ajustaría para reflejar el punto de funcionamiento más bajo. Por ejemplo, el adaptador 1309 puede adaptar el límite de potencia para que sea por ejemplo 1,8 W. En este caso, la excursión de sobretensión es menor de 15 V. entonces se regulará de vuelta al punto de funcionamiento de 12 V, 0,1 A por el lazo de control de potencia.

Por ello, el límite de potencia puede adaptarse dinámicamente dando como resultado una excursión reducida en la sobretensión que surge potencialmente de un cambio brusco en el factor de acoplamiento.

Se apreciará que diferentes controles y regulaciones pueden funcionar con diferentes constantes de tiempo en muchas realizaciones. Por ejemplo, en muchas realizaciones, la adaptación del límite máximo puede ser sustancialmente más lenta que la adaptación del lazo de control de potencia. De hecho, en muchas realizaciones una constante de tiempo de la regulación del lazo de control de potencia puede ser al menos cinco o diez veces más lenta (más rápida) que una constante de tiempo de la regulación/adaptación del límite máximo en respuesta a la indicación de carga. La reacción más lenta puede provocarse, por ejemplo, porque la indicación de carga se determine con más promediado o filtro paso bajo que el aplicado al lazo de control de potencia.

También, la imposición del límite máximo puede ser un lazo interno rápido en el transmisor de alimentación. Una constante de tiempo de la limitación puede típicamente ser al menos cinco o diez veces más lenta (más rápida) que una constante de tiempo de la regulación del lazo de control de potencia.

5 Sin embargo, se apreciará que este no es siempre el caso. Por ejemplo, en el ejemplo en el que la corriente se limita a un valor que depende de la potencia de la señal de accionamiento, la adaptación puede en algunas realizaciones tener una constante de tiempo correspondiente o incluso una constante de tiempo más baja que para el funcionamiento del lazo de control de potencia.

10 La tasa de actualización del límite máximo puede en muchas realizaciones ser más alta que 0,1 Hz; 1 Hz o incluso 10 Hz.

La adaptación del límite máximo puede tener lugar así durante una fase de transferencia de alimentación y específicamente durante un tiempo en el que es activo el funcionamiento del control de potencia basado en mensajes de control de potencia (y específicamente en momentos en los que las restricciones no son activas).

15 En algunas realizaciones/escenarios, los mensajes de control de potencia recibidos puedan dar como resultado un cambio en la potencia de la señal de transferencia de alimentación (y en la potencia extraída por el receptor de alimentación). La indicación de carga puede variar como resultado de la potencia cambiada y por ello los mensajes de control de potencia recibidos pueden dar como resultado un cambio en la indicación de carga y consecuentemente un cambio en el límite máximo. Específicamente, el controlador del lazo de potencia puede disponerse para adaptar la potencia de la señal de accionamiento en respuesta a los mensajes de control de potencia y el adaptador puede disponerse para adaptar el límite máximo en respuesta a los mensajes de control de potencia (tanto directamente como a través del cambio en la potencia de la señal de accionamiento).

20 En los ejemplos anteriormente descritos, la indicación de carga se determina por el transmisor de alimentación basándose en propiedades determinadas por el transmisor de alimentación. Sin embargo, En otras realizaciones, la indicación de carga puede determinarse basándose en datos de carga que se reciben desde el receptor de alimentación siendo los datos de carga indicativos de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación.

25 Como un ejemplo de baja complejidad, el receptor de alimentación puede transmitir regularmente mensajes del valor de la carga  $Z_L$  y el transmisor de alimentación puede usar directamente este valor como la indicación de carga, es decir puede fijar directamente el límite máximo dependiendo del valor de la carga (por ejemplo basándose en datos almacenados en una tabla de búsqueda).

30 El transmisor de alimentación puede adaptar entonces el límite de corriente y/o potencia basándose en los datos de carga recibidos desde el receptor de alimentación. Por ejemplo, para los parámetros de la FIG. 6, el transmisor de alimentación puede fijar el límite de corriente de bobina a 1,2 A para una impedancia de carga  $Z_L = 800 \Omega$  y a 3 A para una impedancia de carga  $Z_L = 10 \Omega$ .

35 Un ejemplo de elementos del receptor de alimentación 105 dispuesto para proporcionar datos de carga para el transmisor de alimentación 101 se ilustra en la FIG. 20. El receptor de alimentación 105 comprende la bobina del receptor de alimentación 107 y un condensador del receptor 2001 que se acopla en serie para proporcionar un circuito de resonancia de recepción. El circuito de resonancia de recepción se acopla a un controlador del receptor de alimentación 2003 que incluye diversa funcionalidad para el funcionamiento del receptor de alimentación 105 que incluye la conversión de tensión, control etc. El controlador del receptor de alimentación 2003 se acopla adicionalmente a una carga externa 2005 correspondiente a la carga  $Z_L$ . El funcionamiento de estos elementos puede corresponder sustancialmente al funcionamiento en receptores de alimentación convencionales como es conocido para el experto en la materia. Puede emplear los planteamientos previamente descritos con referencia a las FIGS. 1 y 2.

40 El receptor de alimentación 105 comprende adicionalmente un generador de datos 2007 que se dispone para generar los datos de carga que reflejan la situación de carga del receptor de alimentación y específicamente en muchas realizaciones que indican directamente el valor de la carga  $Z_L$ .

45 El generador de datos 2007 se acopla a un transmisor 2009 que se dispone para transmitir mensajes de carga que comprenden los datos de carga para el transmisor de alimentación. Los mensajes que comprenden los datos de carga pueden transmitirse de la misma manera que los mensajes de error de control de potencia, es decir pueden comunicarse usando modulación de carga y pueden comunicarse, por ejemplo, periódicamente. De hecho, en algunas realizaciones, los datos de carga pueden añadirse a los mensajes de error de control de potencia.

50 En algunas realizaciones, el generador de datos 2007 puede disponerse para determinar la situación de carga del receptor de alimentación en respuesta a una medición de la corriente de carga, la tensión de carga o de hecho tanto de la corriente de carga como de la tensión de carga para la carga del receptor de alimentación.

55 Por ejemplo, el controlador del receptor de alimentación 2003 puede comprender la funcionalidad para medir la tensión

sobre y la corriente a través de la carga 2005. Estos valores pueden suministrarse al generador de datos 2007 que procede a calcular o bien la potencia (multiplicando los valores) o bien la impedancia (dividiendo la tensión por la corriente) y enviando estos al transmisor 2009 para su transmisión al transmisor de alimentación 101.

5 En otras realizaciones, el generador de datos 2007 puede disponerse para transmitir la tensión y/o corriente de carga al transmisor de alimentación 101 que pueda proceder a continuación a generar, por ejemplo, los valores de potencia o impedancia. Estos pueden usarse entonces como una indicación de carga.

10 Por ello, en algunas realizaciones, la funcionalidad para el cálculo de la indicación de carga puede estar en el transmisor de alimentación 101 mientras que en otras realizaciones puede estar en el receptor de alimentación 105.

15 El receptor de alimentación 105 puede transmitir por ejemplo información sobre la impedancia de carga  $Z_L$  al transmisor de alimentación 101 usando un paquete de datos estructurado como se muestra en la FIG. 21 (en donde el valor de impedancia se proporciona en ohmios). Alternativamente (o adicionalmente), puede usarse un paquete de datos tal como se ilustra en la FIG. 22 para indicar la tensión y corriente de carga. Los valores de los datos pueden convertirse a valores de corriente y tensión usando las relaciones:

$$u_L = \text{Tensión de carga} \times 2^{\text{Exponente de tensión}} \text{ en milivoltios.}$$

$$i_L = \text{Corriente de carga} \times 2^{\text{Exponente de carga}} \text{ en miliamperios.}$$

20 El bit de acuse de recibo en estos paquetes de datos indica si el receptor de alimentación solicita una respuesta de acuse de recibo desde el transmisor de alimentación (UNO) o no (CERO). El formato del paquete de datos de la FIG. 21 es más corto, pero requiere que el receptor de alimentación calcule la impedancia de carga. El paquete de datos de la FIG. 22 desplaza el esfuerzo de cálculo de la impedancia de carga desde el receptor de alimentación al transmisor de alimentación.

25 En algunas realizaciones, el transmisor 2009 puede disponerse para transmitir un mensaje de carga al transmisor de alimentación en respuesta a una detección de que un cambio en la carga del receptor de alimentación cumple con un criterio de cambio de carga de la alimentación. El criterio de cambio de carga de la alimentación puede ser por ejemplo que la carga ha cambiado en más de una cantidad dada desde la última carga que se notificó o puede por ejemplo indicar que la carga cruza un umbral. Se apreciará que el criterio exacto para cuándo transmitir un mensaje de carga puede depender de la realización individual.

30 El mensaje puede indicar que el criterio se ha satisfecho pero puede en algunas realizaciones no incluir un valor de carga específico. El adaptador 1309 puede proceder entonces a adaptar el límite máximo basándose en el mensaje recibido. Por ejemplo, el mensaje puede indicar simplemente que la carga ha cambiado para caer en una categoría diferente y el adaptador 1309 puede adaptar, por ejemplo, el límite de corriente para reflejar las características de funcionamiento típicas para esta categoría específica.

35 Por ejemplo, el receptor de alimentación puede enviar un paquete al transmisor de alimentación para indicar si la carga está o no por encima o debajo de un umbral que refleja si es seguro o no usar un límite de corriente más alto. Por ejemplo, si el receptor de alimentación no ha conectado la carga externa, la impedancia mirando a su bobina es típicamente alta y la situación de sobretensión puede ocurrir fácilmente. Sin embargo, si el receptor de alimentación ha conectado la carga externa entonces la impedancia mirando a su bobina puede ser suficientemente baja para que no tenga lugar fácilmente una situación de sobretensión. Los datos de carga pueden indicar simplemente si la carga externa está conectada o no y el transmisor 2009 puede disponerse para transmitir un mensaje de carga cuando la carga se conecta o desconecta. De manera más específica, un receptor de alimentación puede, por ejemplo, enviar un paquete al transmisor de alimentación tanto cuando la impedancia mirando a su bobina cae por debajo de, por ejemplo,  $15 \Omega$  como cuando esta impedancia se eleva a un nivel por encima de  $15 \Omega$ . El transmisor de alimentación puede entonces, por ejemplo, conmutar el límite máximo entre dos valores predeterminados dependiendo de si la información se recibe indicando que la carga está desconectada o si indica que la carga está conectada.

40 Como un ejemplo específico, el transmisor de alimentación puede fijar inicialmente sus límites de corriente y potencia a niveles que son apropiados para un dispositivo de perfil de potencia  $Q_i$  básico correspondiente al transmisor que pueda transmitir hasta aproximadamente 5 W de potencia. Para estos límites, el sistema puede ser tal que se asegure que una sobretensión no supere el valor deseado de  $u_L = 20 \text{ V}$ . Dado que el transmisor de alimentación no puede proporcionar más de aproximadamente 5 W de potencia, el receptor de alimentación puede entonces usar primero el lazo de control de potencia para establecer un punto de funcionamiento intermedio a un nivel de potencia restringido por el perfil de potencia básico (es decir con una potencia menor de 5 W). Después de que haya alcanzado este punto de funcionamiento intermedio, el receptor de alimentación puede comunicar al transmisor de alimentación que la impedancia de carga ha alcanzado un valor por debajo de un umbral crítico (por ejemplo  $Z_L < 15 \Omega$ ). El transmisor de alimentación puede en respuesta a recibir los datos de carga que indican que la impedancia de carga está por debajo del umbral, ajustar los límites de corriente y potencia a niveles que sean apropiados para un perfil de potencia extendido  $Q_i$  que proporciona niveles de potencia más altos. Puede opcionalmente confirmar adicionalmente los nuevos límites para el receptor de potencia mediante el envío de una respuesta de Acuse de recibo. El receptor de alimentación puede incrementar posteriormente su demanda de potencia hasta el punto de funcionamiento pretendido.

Si la impedancia de carga del receptor de alimentación  $Z_L$  se incrementa posteriormente para superar el nivel crítico ( $Z_L > 15 \Omega$ ), el receptor de alimentación genera un nuevo mensaje de carga indicando esto y lo transmite al transmisor de alimentación. En respuesta a recibir esto, el transmisor de alimentación reduce los límites de vuelta a los límites de perfil de potencia básicos.

5 En algunas realizaciones, en lugar de solamente informar al transmisor de alimentación cuando se cruza un umbral de carga, el receptor de alimentación puede transmitir información al transmisor de alimentación indicando el valor de umbral adecuado y proceder a continuación a transmitir regularmente simples mensajes de carga que indican una carga actual. El transmisor de alimentación puede comparar entonces los valores recibidos con el umbral recibido y fijar en consecuencia los límites. Por ello, con este planteamiento, el esfuerzo de comparación se desplaza desde el receptor de alimentación al transmisor de alimentación.

10 Una vez por segundo o cada pocos segundos puede ser frecuentemente una tasa de actualización apropiada para que la información de carga se transmita al transmisor de alimentación para su uso en el control de los límites. Por ello, la tasa de actualización es típicamente más baja que la del lazo de control de potencia.

15 En algunas realizaciones en las que los límites se determinan en respuesta a mensajes desde el receptor de alimentación, el transmisor de alimentación puede disponerse también para adaptar autónomamente el (los) límite(s) máximo(s) en respuesta a una detección de un cambio en la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación/ un cambio en la potencia de la señal de accionamiento.

20 Por ejemplo, si el sistema está funcionando en el punto de funcionamiento deseado de 12 V y 1,5 A, el límite de potencia puede fijarse en, digamos, 20 W y el límite de corriente en, digamos, 3 A. Adicionalmente, el accionador 1303 puede producir aproximadamente 19 W (es decir se pierde 1 W en pérdidas parásitas). El receptor de alimentación puede transmitir un mensaje de carga cada 2 segundos. Sin embargo, el adaptador de potencia 1309 puede supervisar continuamente la potencia de la señal de accionamiento y si cae bruscamente a, digamos, 2 W, es probable que pueda haber ocurrido un cambio súbito y drástico en la situación de carga del receptor de alimentación. Por ejemplo, un usuario puede simplemente haber retirado o apagado la carga externa del receptor de alimentación.

25 Sin embargo, el transmisor de alimentación no estará informado de esto hasta que se reciba el siguiente mensaje de carga que en el peor de los casos puede no serlo durante otros 2 segundos. Si el usuario mueve adicionalmente el receptor de alimentación para incrementar el acoplamiento, puede surgir una situación de sobretensión y esto puede no ser mitigado efectivamente por los límites altos de corriente. Esto podría producir potencialmente daños, por ejemplo, a los circuitos del receptor de alimentación.

30 Sin embargo, en el ejemplo, el adaptador 1309 puede detectar rápidamente el nivel de potencia reducida y proceder a reducir inmediatamente los niveles. Por ejemplo, en el momento en que se detecta un cambio drástico de potencia, el adaptador 1309 pueden ajustar los niveles en consecuencia. En este ejemplo específico, el adaptador 1309 puede en respuesta a la detección del cambio en la potencia de la señal de accionamiento proceder a reducir instantáneamente los límites a por ejemplo 3 W y 1,5 A. El adaptador 1309 puede esperar entonces al siguiente mensaje de carga (o mensajes de carga) y adaptar entonces los límites en respuesta a estos. Por ello, en algunos ejemplos el transmisor de alimentación puede implementar una adaptación independiente y muy rápida de los límites.

35 Como otro ejemplo, basándose en la información recibida desde el receptor de alimentación en relación a la tensión y corriente de carga, pueden determinarse los parámetros de funcionamiento correspondientes para el transmisor. Por ello, puede establecerse una relación entre la indicación de carga recibida y los parámetros del transmisor de alimentación (específicamente las propiedades de la señal de accionamiento) durante el funcionamiento normal. Por ejemplo, las propiedades de la señal de accionamiento para una situación de carga de 5 W, 10 W y 15 W pueden establecerse y almacenarse en una tabla de búsqueda. Adicionalmente, pueden identificarse los límites adecuados para los diferentes puntos de funcionamiento y almacenarse en la tabla de búsqueda.

40 En caso de que el receptor de alimentación cambie bruscamente su carga, este cambio puede detectarse en el transmisor de alimentación antes de que el receptor de alimentación proporcione cualquier información del cambio. En respuesta, el transmisor de alimentación puede identificar uno de los puntos de funcionamiento almacenados considerado como el más cercano que refleja las condiciones de corriente detectadas. Puede entonces recuperar los valores de funcionamiento almacenados para este punto de funcionamiento y aplicarlos, incluyendo los límites almacenados.

45 Por ello, dichos planteamientos pueden permitir un funcionamiento preciso basándose en información desde el receptor de alimentación mientras que aún permiten que el transmisor de alimentación reaccione muy rápidamente a cambios de carga bruscos reduciendo de ese modo el riesgo de cualquier situación de sobretensión.

50 En los ejemplos descritos, la intensidad de los campos magnéticos y por ello la intensidad de la señal de transferencia de alimentación, se ha limitado mediante un límite adaptativo. La intensidad del campo magnético depende directamente de la corriente a través de la bobina del transmisor 103 y la descripción se ha enfocado en ejemplos en los que la corriente de la bobina del transmisor se ha limitado usando un límite adaptativo.

La limitación de la corriente puede realizarse directa o indirectamente. Por ejemplo, puede introducirse un limitador de corriente directamente en serie con la bobina del transmisor. Un planteamiento más indirecto puede ser limitar la corriente de la señal de accionamiento controlando los parámetros de funcionamiento para el accionador, tal como mediante el control del ciclo de trabajo, la frecuencia de la señal de accionamiento, la tensión del circuito de salida del accionador o la corriente de entrada al accionador. En el ejemplo, en el que la bobina del transmisor está en serie con el condensador y el accionador (es decir el circuito de resonancia es un circuito de resonancia en serie acoplado directamente a la salida del accionador y sin otras trayectorias de corriente paralelas), la corriente de accionamiento (la corriente de salida desde el accionador) es la misma que la corriente de la bobina del transmisor y por ello el control y limitación de la corriente del accionador es también un control y limitación directos de la corriente de la bobina del transmisor.

De forma similar, la determinación de la corriente de la bobina del transmisor para determinar si excede el límite o no puede realizarse directa o indirectamente. Por ejemplo, puede conseguirse mediante un detector de corriente que detecta directamente la corriente a través de la bobina del transmisor (por ejemplo mediante un detector de corriente que proporciona una salida que es función de la intensidad del campo magnético (por ejemplo mediante una bobina de medición situada próxima a la bobina del transmisor)). Dicho planteamiento puede ser particularmente eficiente para escenarios en los que la corriente de la bobina del transmisor no es la misma que la corriente de accionamiento, tal como por ejemplo si el circuito de resonancia es un circuito de resonancia en paralelo o si hay trayectorias de la corriente en paralelo para la salida del accionador.

En otras realizaciones, puede aplicarse una medición indirecta de la corriente de la bobina del transmisor, tal como por ejemplo midiendo la corriente de entrada al circuito de salida del accionador.

Se apreciará también que en muchas realizaciones, pueden integrarse la limitación y la medición. Por ejemplo, la corriente de la bobina del transmisor puede medirse y limitarse por el sistema imponiendo un límite de corriente ajustable para el suministro de entrada al circuito de salida del accionador. En otras realizaciones, pueden evaluarse y controlarse diferentes propiedades. Por ejemplo, para un circuito de resonancia en paralelo, la corriente a través de la bobina del transmisor puede detectarse directamente mediante una bobina detectora de corriente separada y basándose en este valor puede imponerse un límite a la corriente de entrada al circuito de salida del accionador.

Por ello, para limitar la intensidad de la señal de transferencia de alimentación, la corriente de la bobina es el parámetro que se limita. Para hacer esto, pueden medirse y/o limitarse otros parámetros relacionados, tal como, por ejemplo, la tensión de la bobina o la tensión del condensador de resonancia. Aunque la corriente de accionamiento dentro del circuito de resonancia influirá en la corriente de la bobina, la relación entre esta y la corriente de la bobina puede depender fuertemente de otros parámetros en algunas realizaciones (tales como, por ejemplo, la frecuencia de funcionamiento). En particular, si el condensador de resonancia está en paralelo con la bobina del transmisor, requiere solamente una corriente de accionamiento muy pequeña para conseguir una elevada corriente de la bobina cuando el factor de calidad del circuito de resonancia es alto y la frecuencia de accionamiento corresponde a la frecuencia de resonancia. En particular, para dichas realizaciones, puede ser ventajoso por ejemplo medir directamente la corriente de la bobina del transmisor y, por ejemplo, limitarla mediante la reducción de, por ejemplo, la tensión de la señal de accionamiento si la corriente medida excede el límite.

Se apreciará también que pueden usarse diferentes medidas para, por ejemplo, la corriente. Por ejemplo, el límite de corriente puede ser límite para un valor de corriente promedio, de amplitud o RMS. Los valores de corriente y/o potencia son por ello valores típicos que reflejan todo el ciclo y que no varían debido a variaciones dentro de un único ciclo. Los valores representan las propiedades de todo el ciclo y son valores típicos promediados sobre al menos un ciclo (de la señal de accionamiento/ circuito de resonancia).

En conclusión, los principales planteamientos descritos están dirigidos al control de potencia en un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación. Los mensajes de control de potencia se reciben desde un receptor de alimentación y la potencia de la señal de transferencia de alimentación se adapta de acuerdo con estos mensajes. Sin embargo, en lugar de un lazo de potencia convencional, el planteamiento introduce adicionalmente una restricción sobre esta adaptación en respuesta a mensajes de potencia por parte del controlador de potencia que realiza la adaptación sometido a que la potencia esté por debajo del límite máximo. Por ello, el controlador de potencia puede adaptar y modificar la potencia de la señal de transferencia de alimentación pero está acotado por el límite máximo. Por ello, la adaptación del control de potencia se somete simultáneamente a dos consideraciones, concretamente a los mensajes de control de potencia recibidos y al límite máximo.

Adicionalmente, el límite máximo no es un límite constante o fijo sino por el contrario se adapta en respuesta a la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación. Por ello, el límite máximo impuesto sobre la potencia de la señal de transferencia de alimentación tal como se controla por el lazo de control de potencia se ajusta basándose en la situación de carga de la señal de transferencia de alimentación (y por ello se relaciona con la potencia de la señal de transferencia de alimentación).

El planteamiento proporciona un control de potencia muy flexible en una señal de transferencia inalámbrica de alimentación en el que el control de la potencia puede proporcionar tanto un control muy flexible como preciso que

cubre un intervalo dinámico muy grande mientras que al mismo tiempo impide situaciones de sobretensión que se experimentan en los sistemas tradicionales cuando, por ejemplo, el factor de acoplamiento cambia rápidamente, por ejemplo, debido a que se mueve el receptor de alimentación.

5 El planteamiento puede proporcionar en particular un planteamiento de control de potencia en el que el control de potencia está libremente disponible en un gran intervalo dinámico mientras al mismo tiempo asegura que se impone un límite de seguridad para impedir daños por situaciones de sobretensión que tengan lugar. Significativamente, este planteamiento permite que el límite de seguridad esté dentro del intervalo dinámico cubierto por el control de potencia y por ello permite que esté muy próximo al punto de funcionamiento actual que en la práctica es necesario para impedir potencialmente daños por situaciones de sobretensión. El planteamiento proporciona una solución a los problemas en conflicto de cómo impedir las situaciones de sobretensión en caso de cambios bruscos en el factor de acoplamiento y cómo proporcionar un control de potencia eficiente sobre un intervalo dinámico muy grande.

15 Se apreciará que la descripción anterior ha descrito realizaciones de la invención por claridad con referencia a los diferentes circuitos funcionales, unidades y procesadores. Sin embargo, será evidente que puede usarse cualquier distribución adecuada de la funcionalidad entre diferentes circuitos funcionales, unidades o procesadores sin detrimento de la invención. Por ejemplo, la funcionalidad ilustrada a ser realizada por procesadores o controladores separados puede realizarse por el mismo procesador o controladores. Por ello, referencias a unidades o circuitos funcionales específicos han de ser vistas solamente como referencias a medios adecuados para proporcionar la funcionalidad adecuada en lugar de indicativas de una estructura u organización lógica o física estricta.

25 La invención puede implementarse en cualquier forma adecuada incluyendo hardware, software, firmware o cualquier combinación de estos. La invención puede implementarse opcionalmente al menos parcialmente como software informático en ejecución sobre uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señal digital. Los elementos y componentes de una realización de la invención pueden implementarse físicamente, funcionalmente y lógicamente en cualquier forma adecuada. De hecho, la funcionalidad puede implementarse en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de otras unidades funcionales. En consecuencia, la invención puede implementarse en una única unidad o puede distribuirse física y funcionalmente entre diferentes unidades, circuitos y procesadores.

30 Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con algunas realizaciones, no se pretende que esté limitada a la forma específica expuesta en el presente documento. En su lugar, el alcance de la presente invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas. Adicionalmente, aunque una característica pueda parecer que se describe en conexión con realizaciones particulares, un experto en la materia reconocería que pueden combinarse diversas características de las realizaciones descritas de acuerdo con la invención. En las reivindicaciones, el término comprendiendo no excluye la presencia de otros elementos o etapas.

35 Adicionalmente, aunque se listen individualmente, una pluralidad de medios, elementos, circuitos o etapas del método pueden implementarse mediante, por ejemplo, un único circuito, unidad o procesador. Adicionalmente, aunque pueden incluirse en diferentes reivindicaciones características individuales, estas pueden posiblemente combinarse ventajosamente y la inclusión en diferentes reivindicaciones no implica que una combinación de características no sea factible y/o ventajosa. También, la inclusión de una característica en una categoría de reivindicaciones no implica una limitación a esta categoría sino por el contrario indica que la característica es igualmente aplicable a otras categorías de reivindicación según sea apropiado. Adicionalmente, el orden de las características en las reivindicaciones no implica ningún orden específico en el que deban colaborar las características y en particular el orden de las etapas individuales en una reivindicación de método no implica que las etapas deban realizarse en este orden. En su lugar, las etapas pueden realizarse en cualquier orden adecuado. Además, las referencias singulares no excluyen una pluralidad. Por ello, las referencias a "un", "una", "primer", "segundo" etc. no excluyen una pluralidad. Los signos de referencia en las reivindicaciones se proporcionan meramente como un ejemplo de clarificación que no deben interpretarse como limitativos del alcance de las reivindicaciones en ninguna forma.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Un transmisor de alimentación (101) para transferir alimentación a un receptor de alimentación (105), comprendiendo el transmisor de alimentación (101):
- un circuito de resonancia (201) que comprende una impedancia capacitiva (1301) y una impedancia inductiva (103), comprendiendo la impedancia inductiva (103) una bobina del transmisor (103) para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación (105);
  - un accionador (1303) para generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia (201);
  - un receptor de mensajes (1305) para recibir mensajes desde el receptor de alimentación (105);
  - un controlador del lazo de potencia (1307) para adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación (105) por el receptor de mensajes (1305), caracterizado por que la adaptación está sometida a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia, una tensión del circuito de resonancia (201) y una potencia de la señal de accionamiento que estén por debajo de un límite máximo; y
  - un adaptador (1309) dispuesto para adaptar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga indicativa de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación (105).
2. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el adaptador (1309) se dispone para adaptar dinámicamente el límite máximo para reflejar variaciones en la situación de carga proporcionada por el receptor de alimentación.
3. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 o 2 en el que el adaptador (1309) se dispone para adaptar el límite máximo durante una fase de transferencia de alimentación.
4. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el accionador (1303) se dispone para determinar una indicación de potencia que es indicativa de una potencia de la señal de accionamiento y el adaptador (1309) se dispone para determinar la indicación de carga en función de la indicación de potencia.
5. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el controlador del lazo de potencia (1307) se dispone para limitar al menos una de entre una corriente y una tensión de al menos una de las señales de accionamiento y de la bobina del transmisor (1303).
6. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el límite máximo es una función monótonamente creciente de una situación de carga de la alimentación indicada por la indicación de carga.
7. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el adaptador (1309) se dispone para incrementar el límite máximo por encima de un primer umbral solamente si la indicación de carga es indicativa de que una potencia de la señal de accionamiento está por encima de un segundo umbral.
8. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el adaptador (1309) se dispone para determinar el límite máximo para incluir tanto un límite máximo de corriente para la corriente del circuito de resonancia (201) como un límite máximo de potencia para la potencia de la señal de accionamiento y la adaptación se somete tanto a que la corriente del circuito de resonancia esté por debajo del límite máximo de corriente como a que la potencia de la señal de accionamiento esté por debajo del límite máximo de potencia.
9. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 1 en el que el adaptador (1309) se dispone para determinar la indicación de carga en respuesta a los datos de carga recibidos en al menos un mensaje desde el receptor de alimentación (105), siendo indicativos los datos de carga de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación (105).
10. El transmisor de alimentación (101) de la reivindicación 9 en el que el adaptador (1309) se dispone adicionalmente para cambiar el límite máximo en respuesta a una detección de un cambio en una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación.
11. Un sistema de transferencia inalámbrica de alimentación que comprende un receptor de alimentación (105) y un transmisor de alimentación (101) para transferir alimentación al receptor de alimentación (105), comprendiendo el transmisor de alimentación (101):
- un circuito de resonancia (201) que comprende una impedancia capacitiva (1301) y una impedancia inductiva (103), comprendiendo la impedancia inductiva (103) una bobina del transmisor (103) para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación (105),
  - un accionador (203) para generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia (201),
  - un receptor (1305) para recibir mensajes desde el receptor de alimentación (105),
  - un controlador del lazo de potencia (1307) para adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación (105), caracterizado por que la

adaptación está sometida a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia (201), una tensión del circuito de resonancia (201) y una potencia de la señal de accionamiento que estén por debajo de un límite máximo y

- 5 - un adaptador (1309) dispuesto para determinar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga determinada basándose en unos datos de carga recibidos en un mensaje desde el receptor de alimentación (105), siendo indicativos los datos de carga de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación (105); y

comprendiendo al receptor de alimentación (105):

- 10 - un generador de datos (2007) para generar datos de carga que reflejen una situación de carga del receptor de alimentación (105) y
- un transmisor (2009) para transmitir al menos un mensaje que comprende los datos de carga al transmisor de alimentación (101).

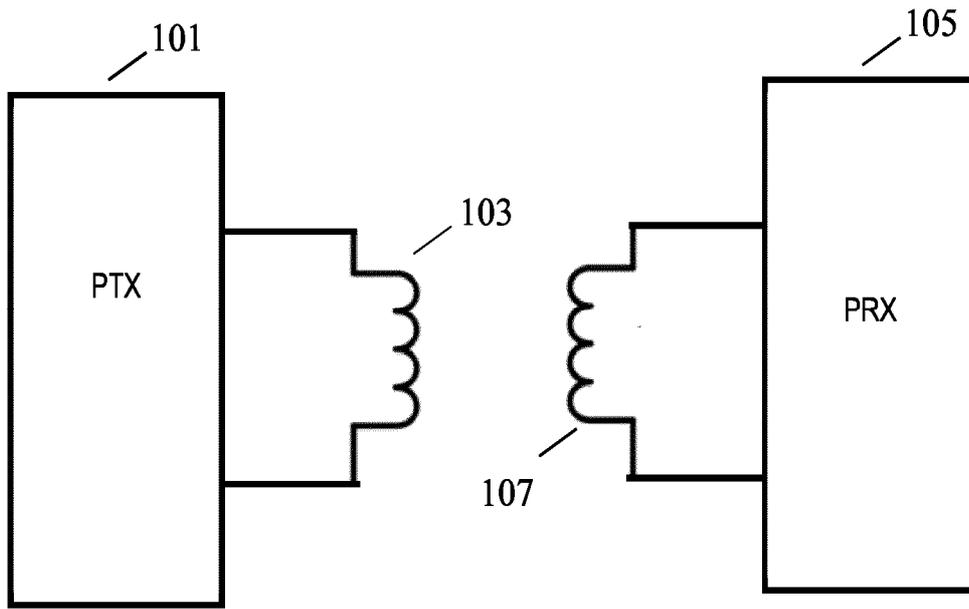
15 12. El sistema de transferencia inalámbrica de alimentación de la reivindicación 11 en el que el generador de datos (2007) se dispone para determinar la situación de carga del receptor de alimentación (105) en respuesta a al menos uno de entre una medición de una corriente de carga y una medición de una tensión de carga para una carga del receptor de alimentación (105).

20 13. El sistema de transferencia inalámbrica de alimentación de la reivindicación 11 en el que el transmisor (2009) se dispone para transmitir el al menos un mensaje al transmisor de alimentación (101) en respuesta a una detección de que un cambio en una carga del receptor de alimentación (105) cumple con un criterio de cambio de carga de la alimentación; siendo indicativos los datos de carga del al menos un mensaje del cambio que cumple con el criterio de cambio de carga de la alimentación; y en el que el adaptador (1309) se dispone para modificar el límite máximo en respuesta a detectar que el al menos un mensaje comprende datos de carga indicativos del cambio que cumple con el criterio de cambio de carga de la alimentación.

25 14. El sistema de transferencia inalámbrica de alimentación de la reivindicación 11 en el que el adaptador (1309) se dispone adicionalmente para cambiar el límite máximo en respuesta a una detección de un cambio en una indicación de potencia para la señal de accionamiento.

30 15. Un método de funcionamiento para un transmisor de alimentación (101) que transfiere alimentación a un receptor de alimentación (105), comprendiendo el transmisor de alimentación (101) un circuito de resonancia (201) que comprende una impedancia capacitiva (1301) y una impedancia inductiva (103), comprendiendo la impedancia inductiva (103) una bobina del transmisor (103) para generar una señal de transferencia de alimentación para transferir de modo inalámbrico alimentación al receptor de alimentación (105);  
comprendiendo el método:

- 40 - generar una señal de accionamiento para el circuito de resonancia (201);
- recibir mensajes desde el receptor de alimentación (105);
- adaptar una potencia de la señal de accionamiento en respuesta a mensajes de control de potencia recibidos desde el receptor de alimentación (105), caracterizado por que la adaptación está sometida a una restricción de al menos una de entre una corriente del circuito de resonancia, una tensión del circuito de resonancia (201) y una potencia de la señal de accionamiento que estén por debajo de un límite máximo; y
- 45 - adaptar el límite máximo en respuesta a una indicación de carga indicativa de una situación de carga de la señal de transferencia de alimentación por el receptor de alimentación (105).



**FIG. 1**

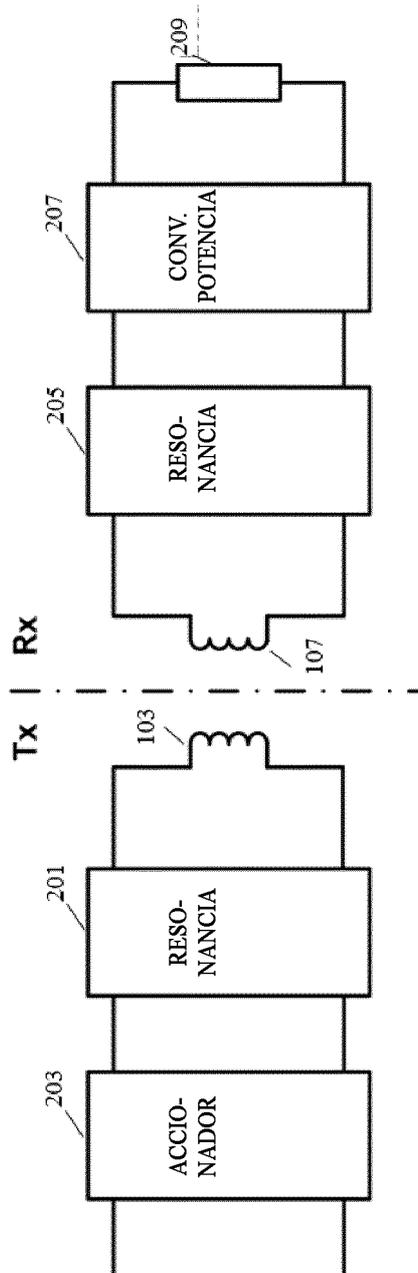


FIG. 2

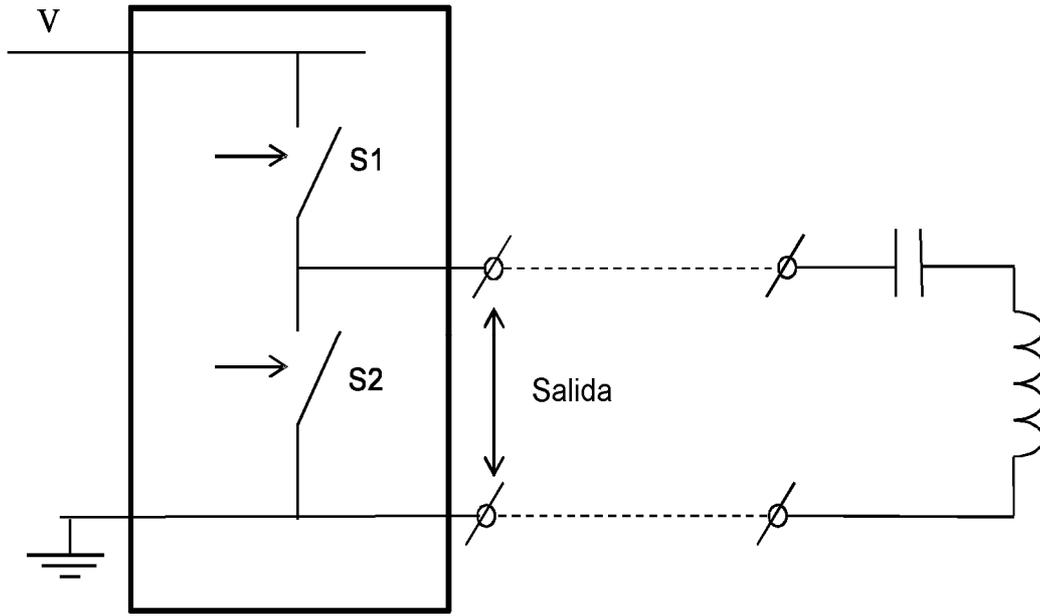


FIG. 3

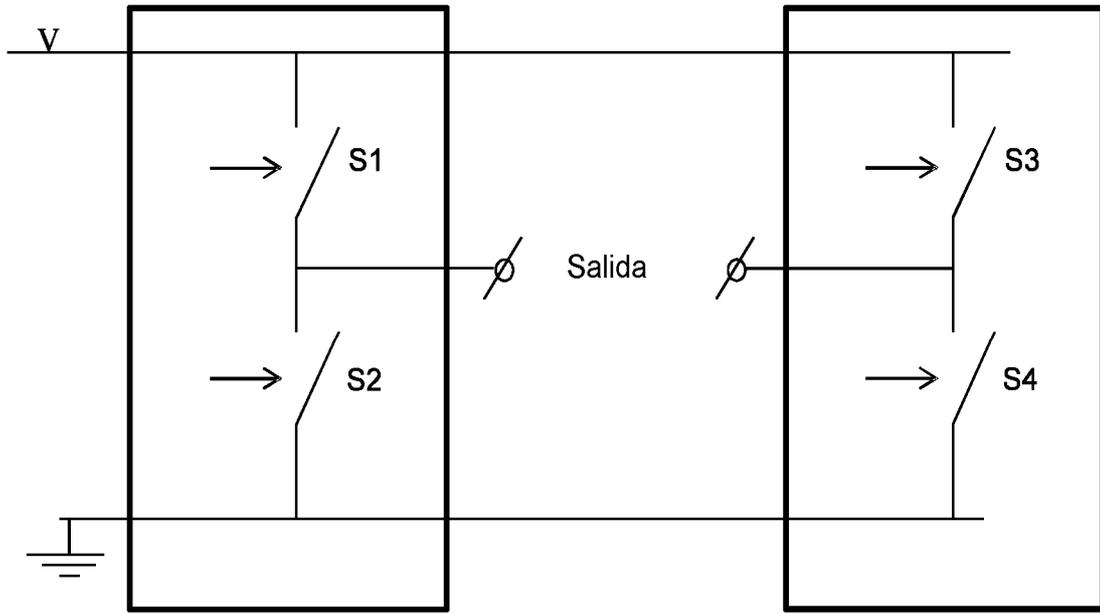


FIG. 4

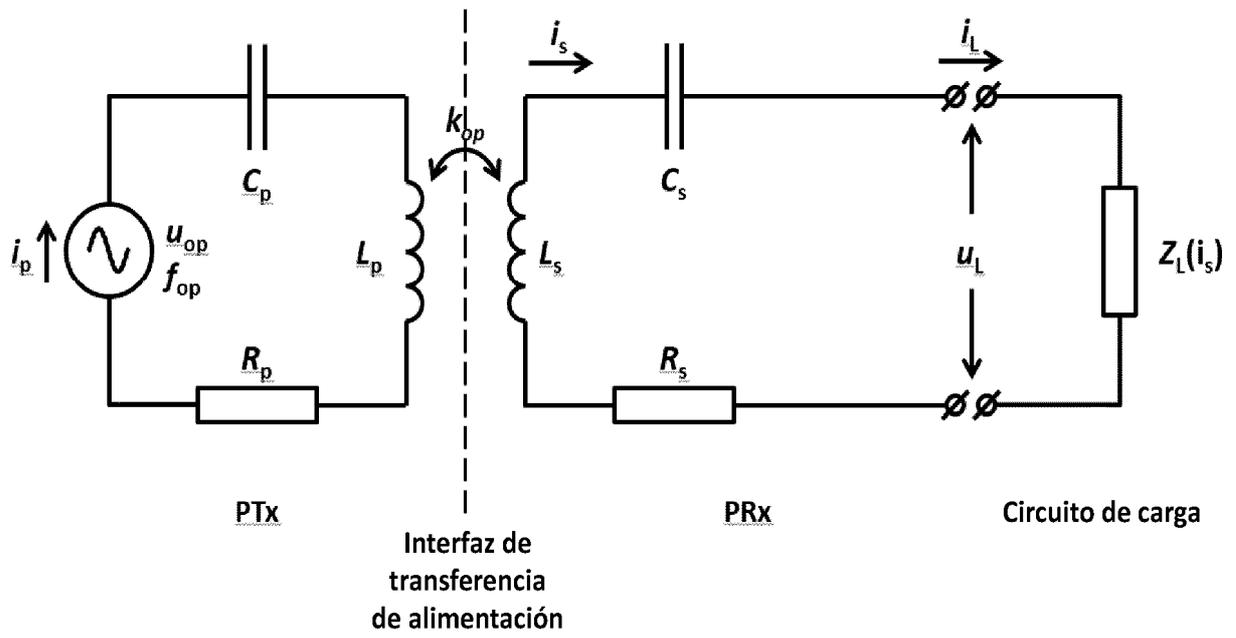


FIG. 5

PTx			PRx		
$L_p$	25	$\mu\text{H}$	$L_s$	35	$\mu\text{H}$
$f_p$	100	kHz	$f_s$	100	kHz
$Q_p$	100	$2\pi f_p L_p / R_p$	$Q_s$	40	$2\pi f_s L_s / R_s$
$u_{op}$	2...24	V (pico)	$U_L$	12,0	V (rms)
$f_{op}$	100...200	kHz	$I_L$	1,5	A (rms)
$u_{señal}$	24	V (pico)	$Z_L$	0,1...1000	$\Omega$
$f_{señal}$	175	kHz	$Z_{señal}$	800	$\Omega$

Restricciones

- $I_p(f_{op})$  disminuye con el incremento de  $f_{op}$
- $I_p \leq I_{p, \text{máx}} = 3,0 \text{ A (rms)}$
- $P_p \leq P_{p, \text{máx}} = 24 \text{ W (promedio)}$
- $U_t \leq U_{t, \text{máx}} = 120 \text{ V (rms)}$

FIG. 6

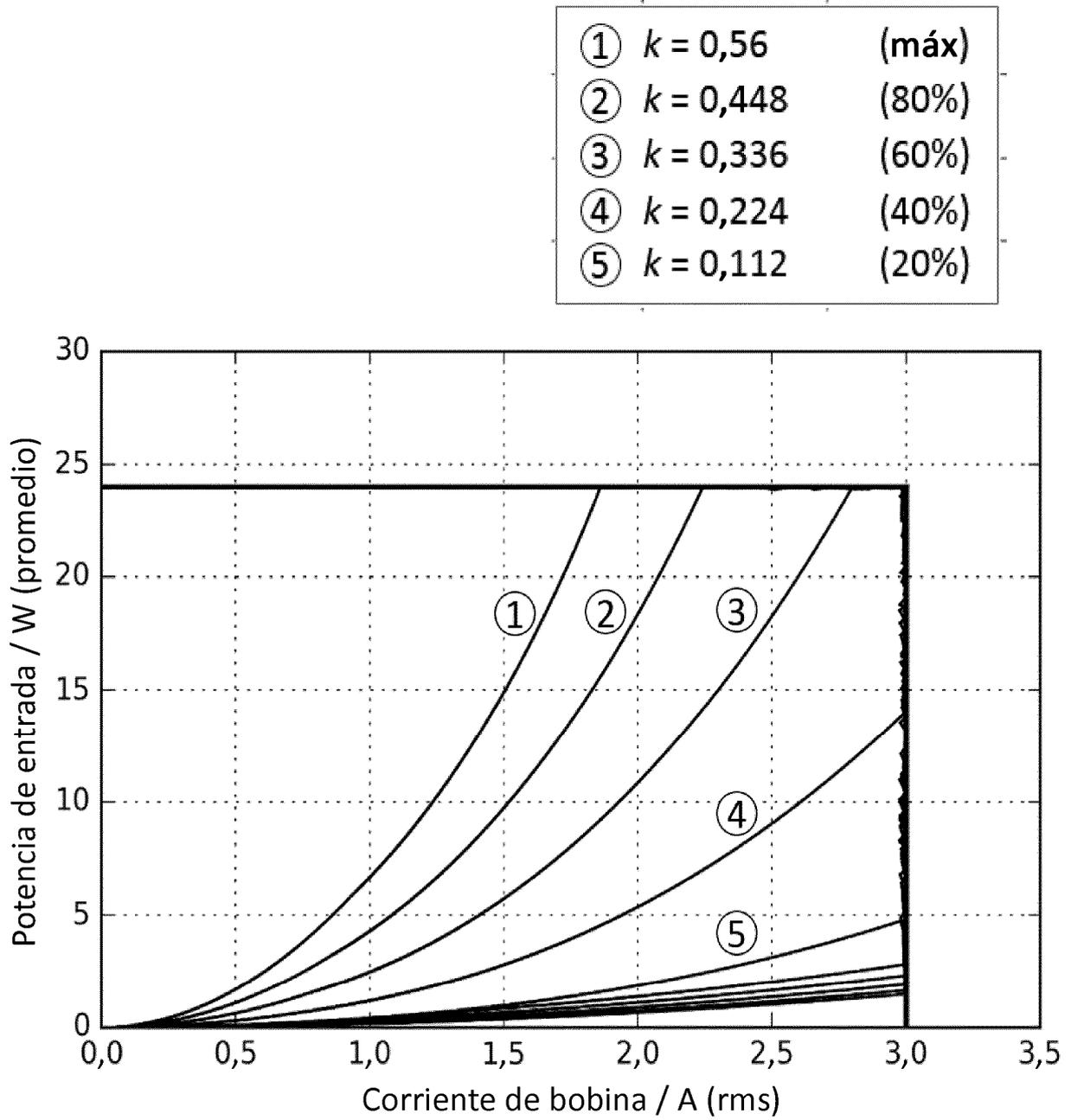


FIG. 7

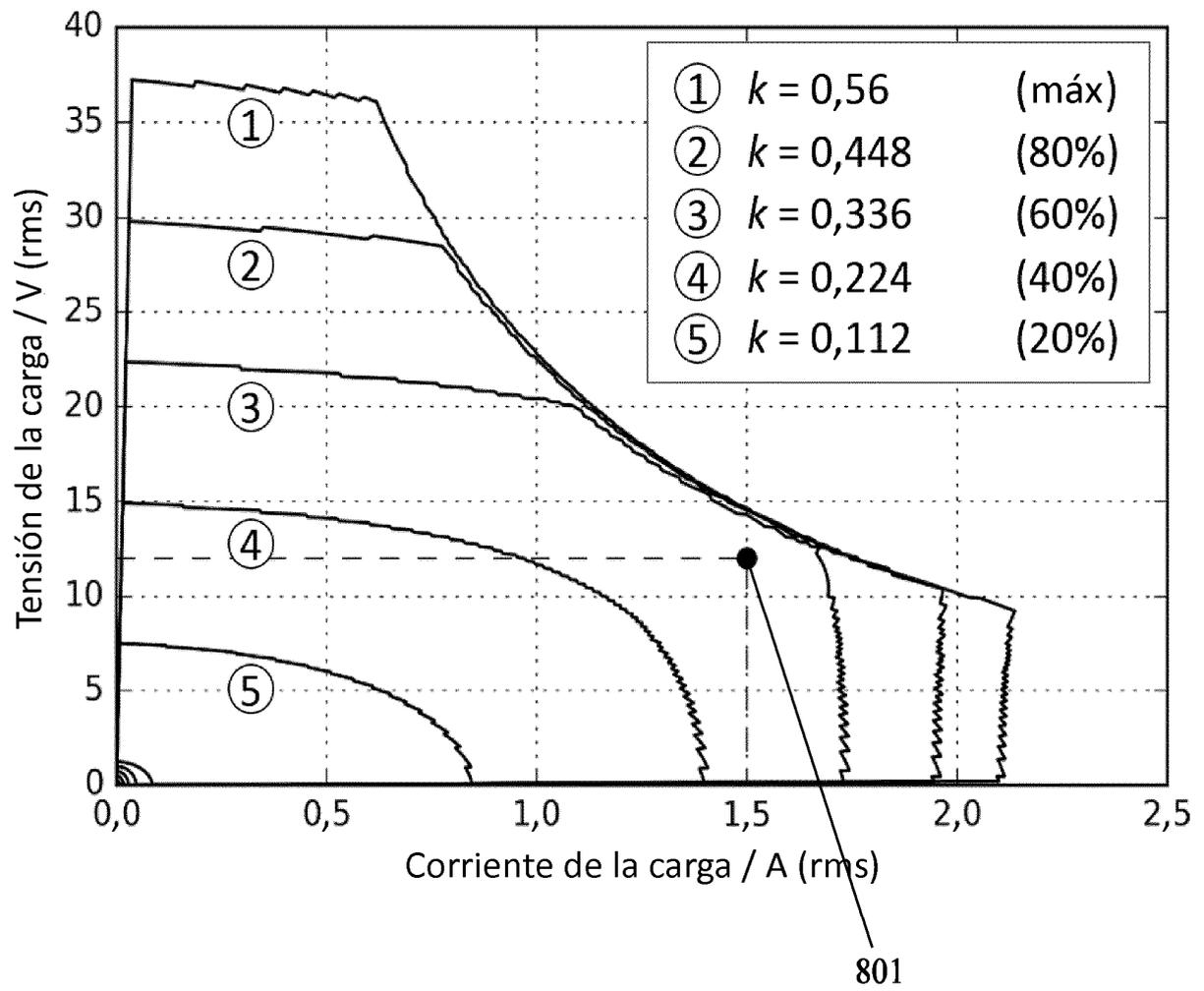


FIG. 8

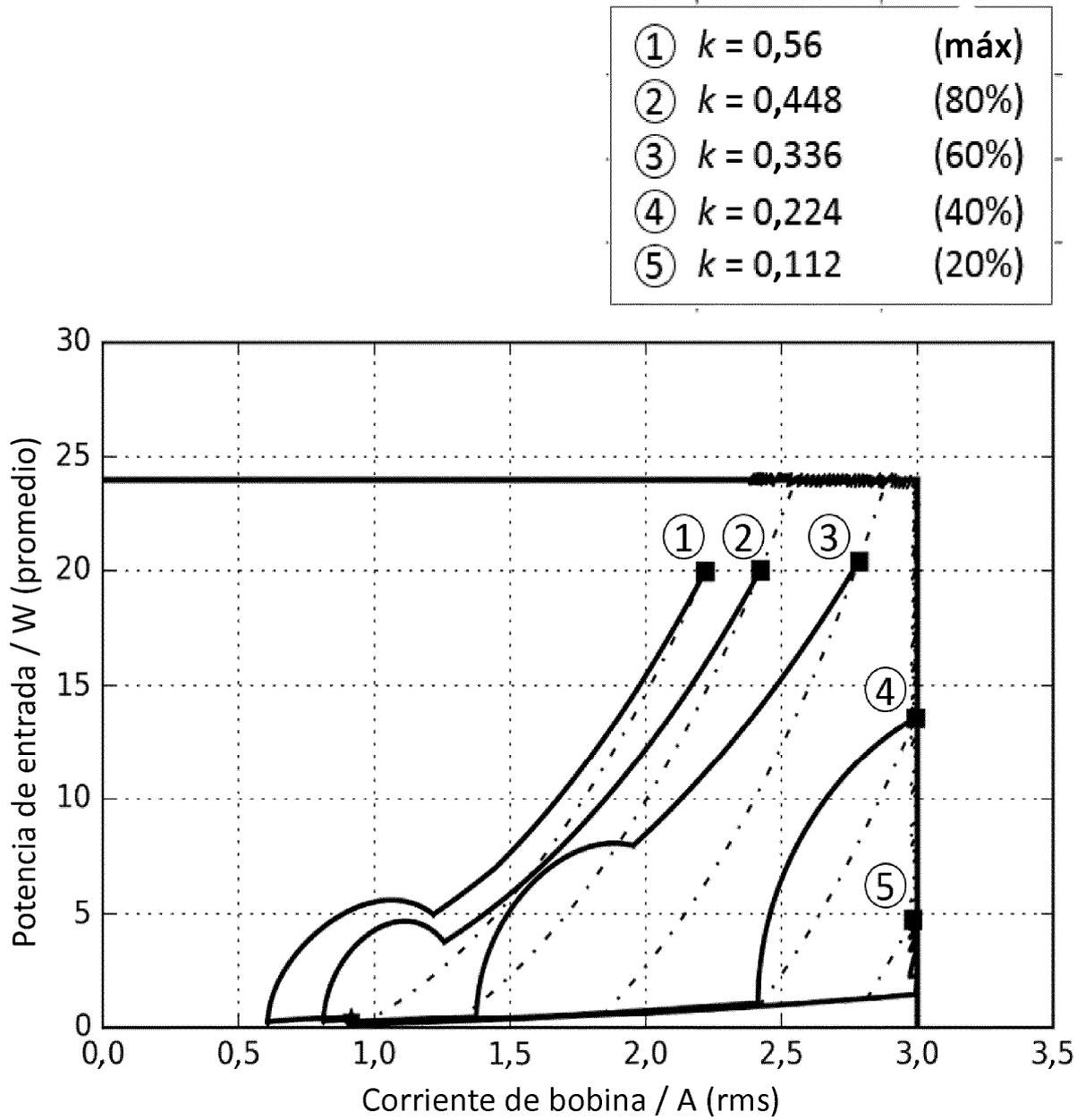


FIG. 9

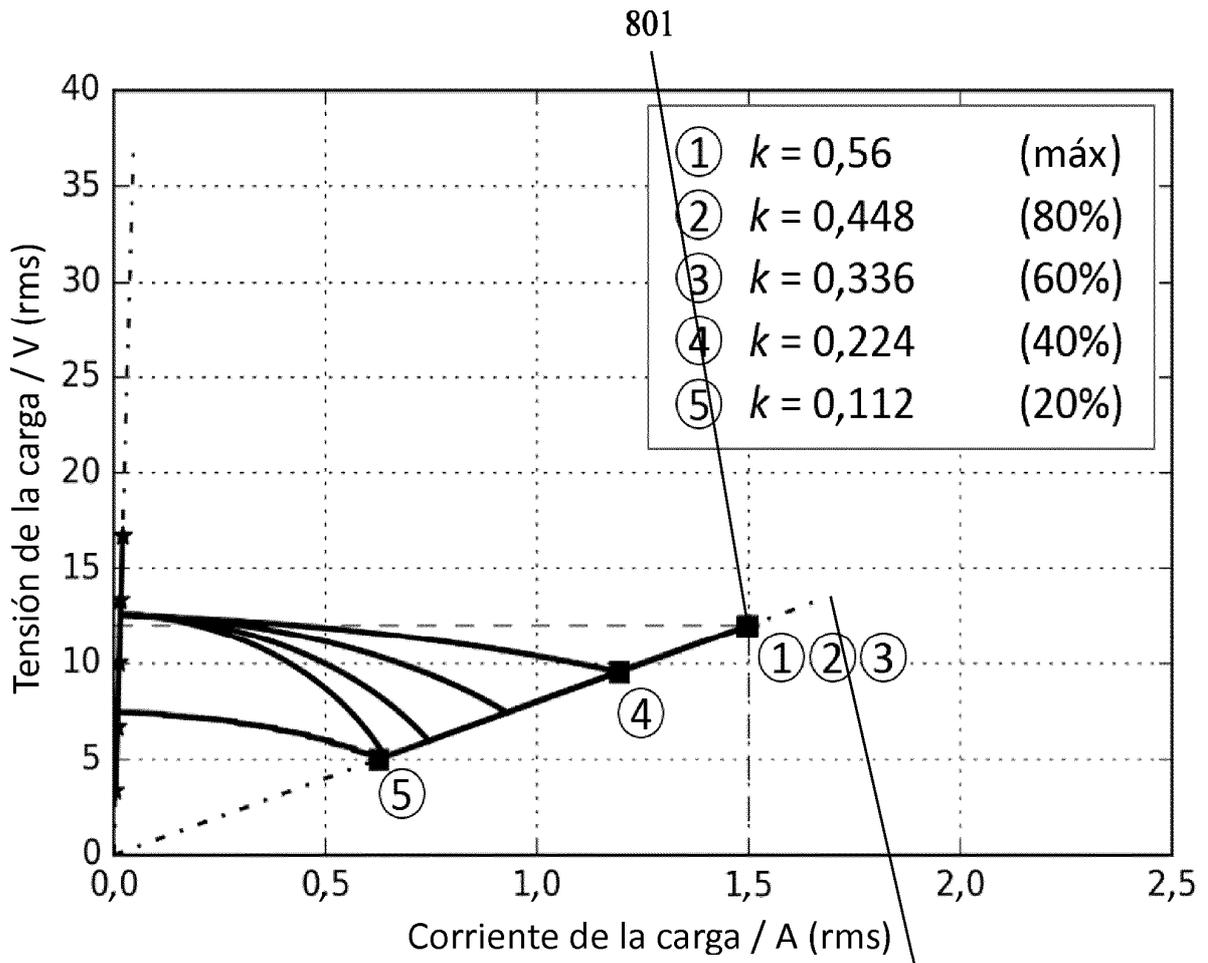


FIG. 10

1001

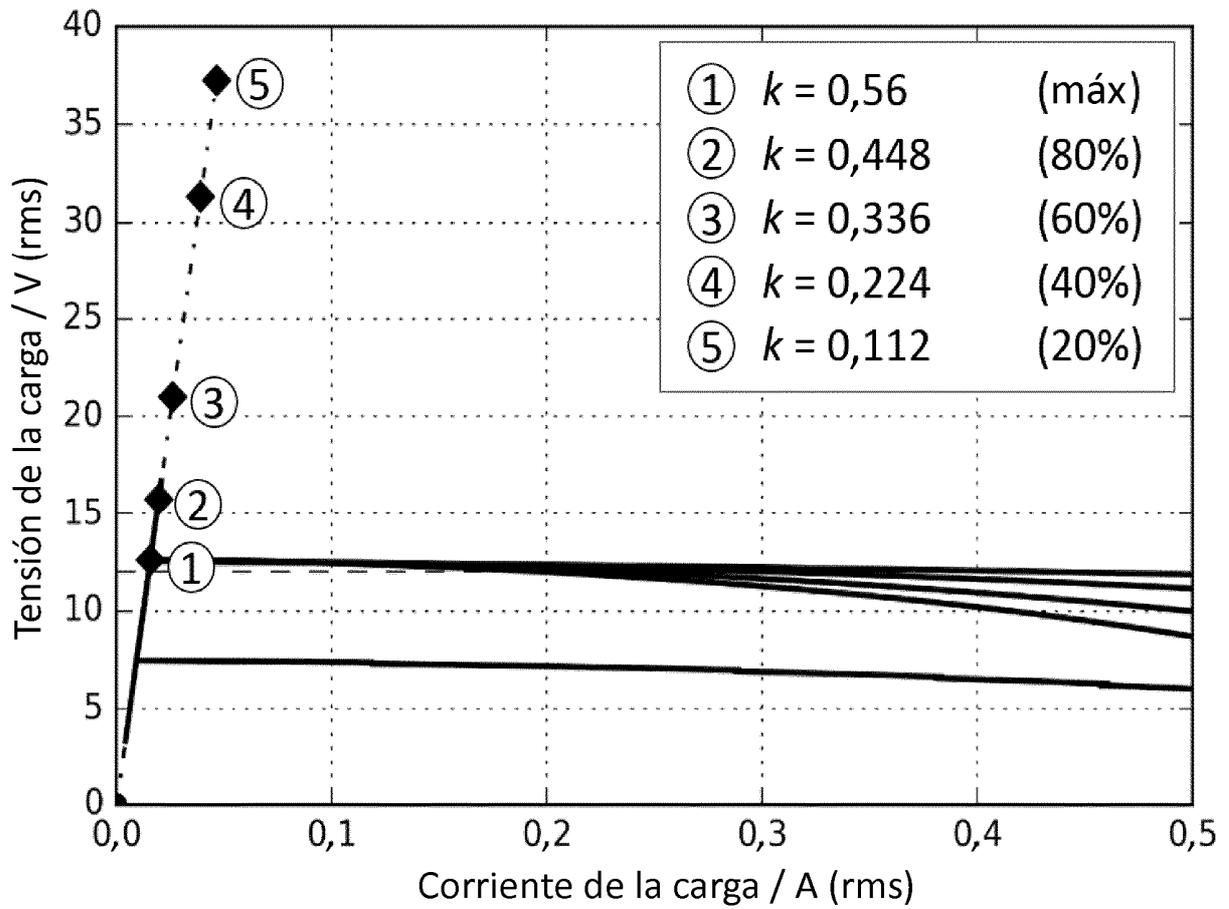


FIG. 11

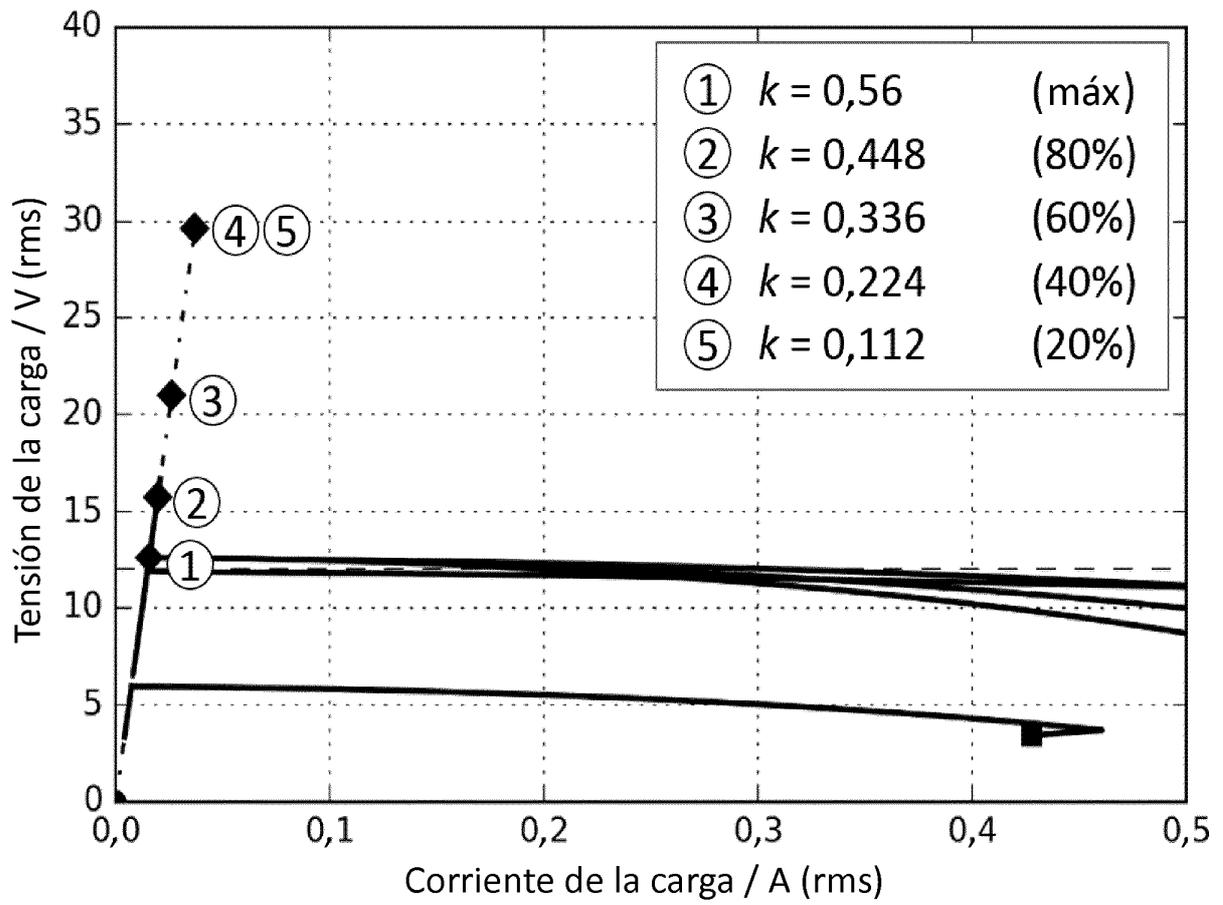
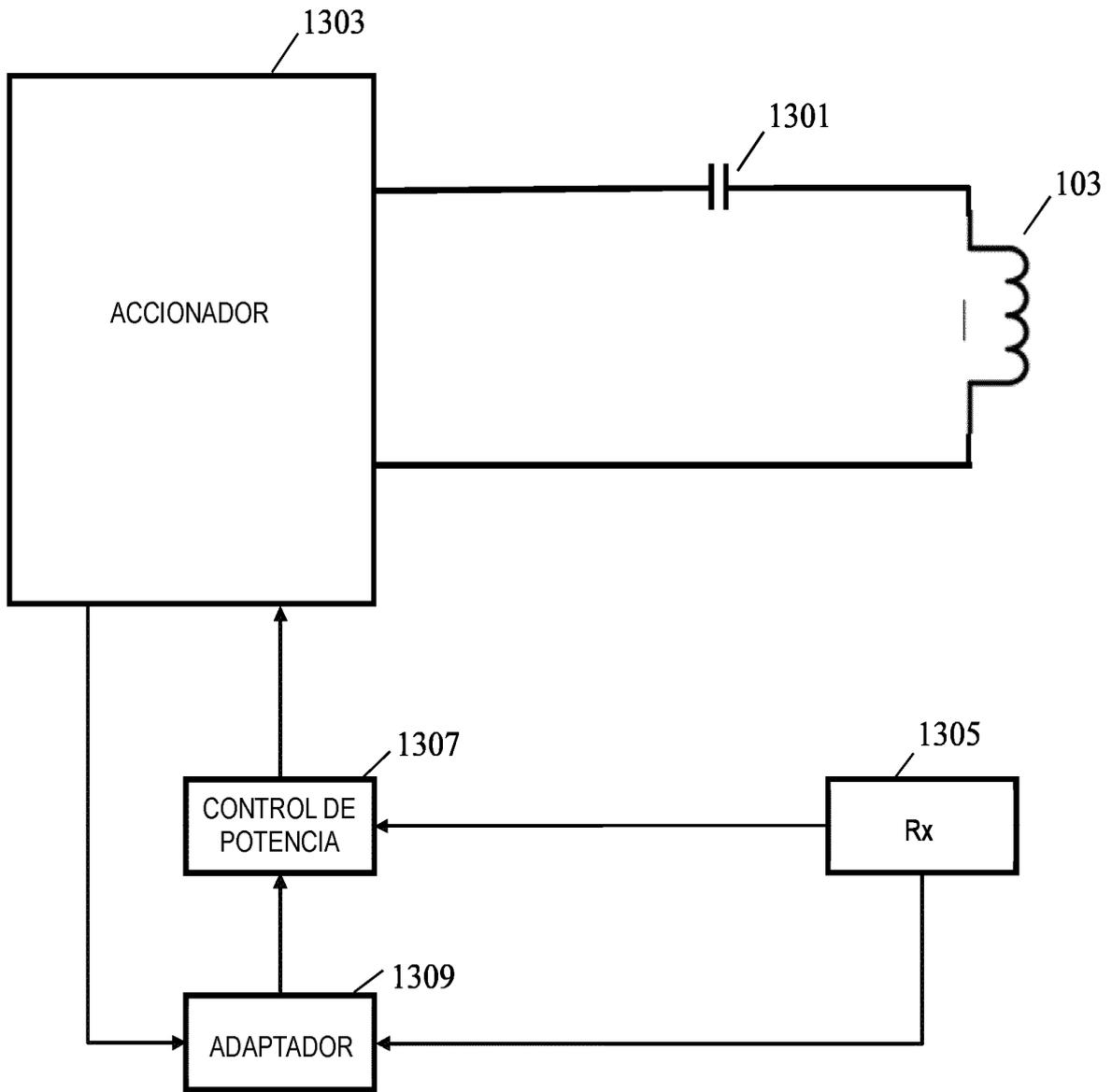
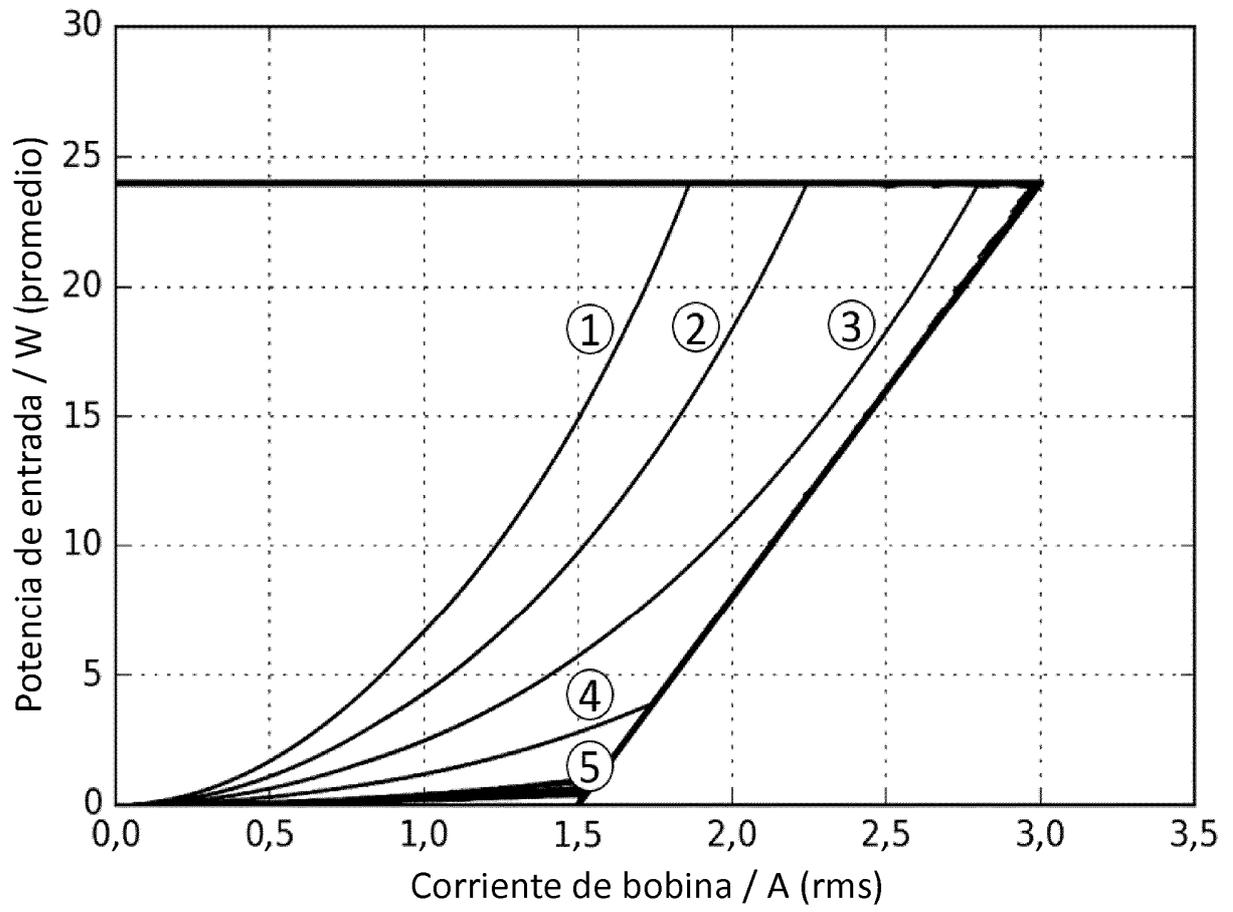


FIG. 12

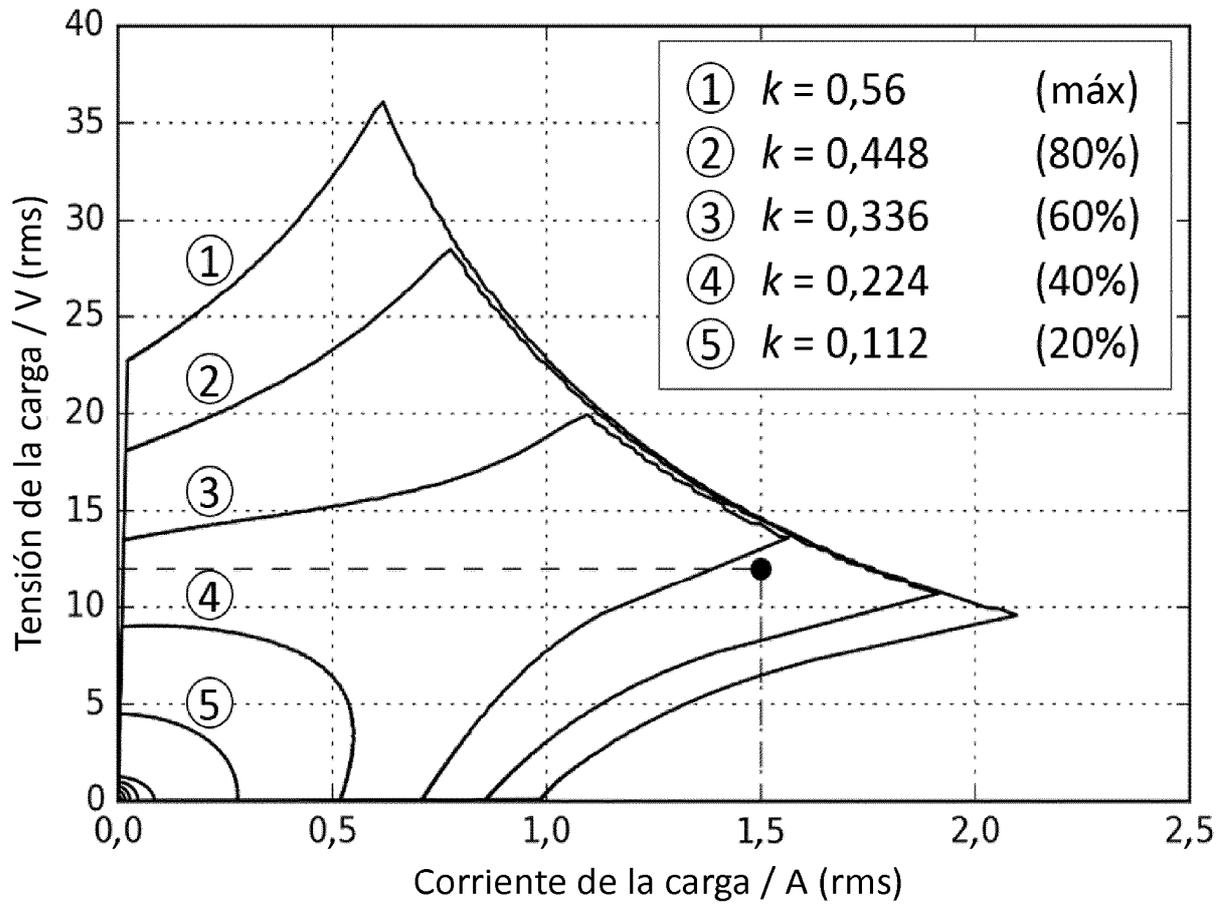


101

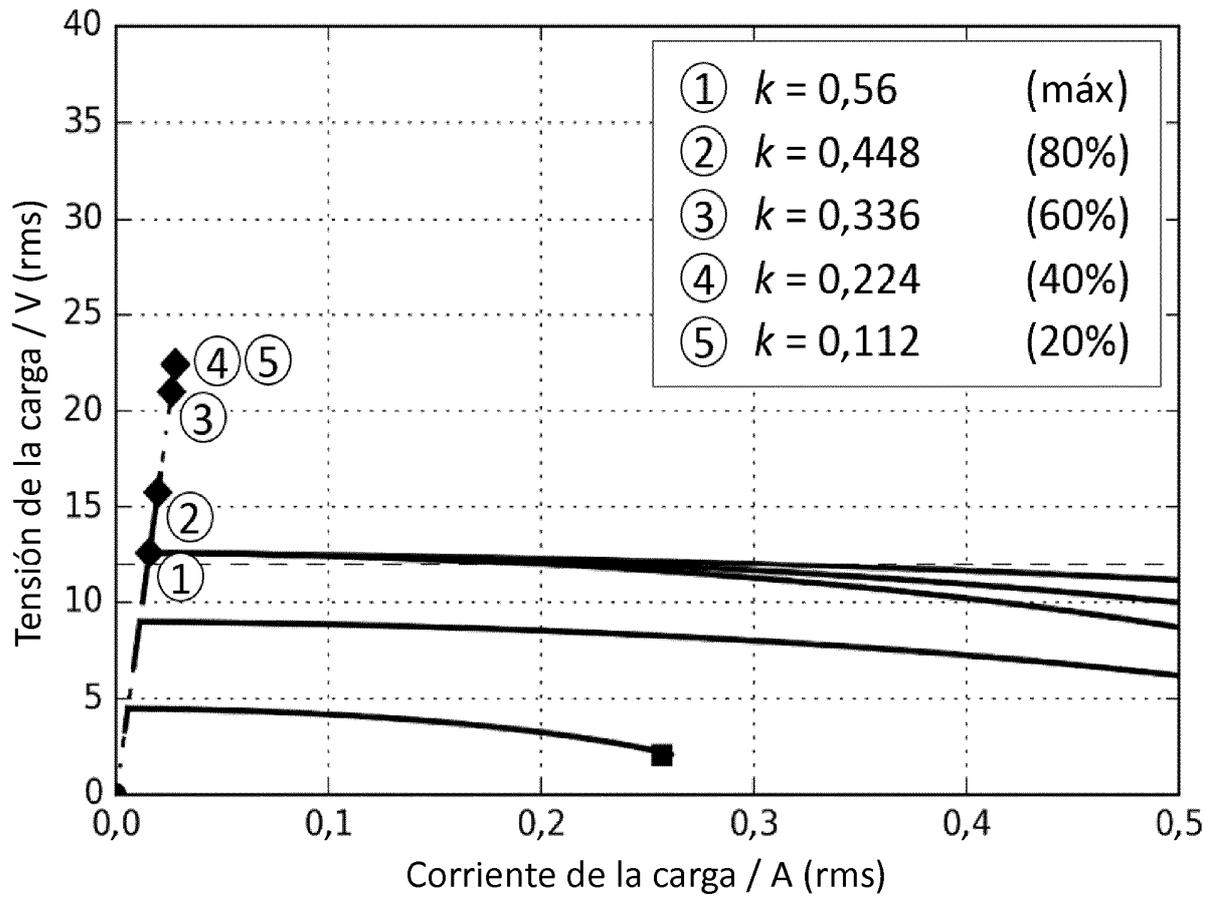
**FIG. 13**



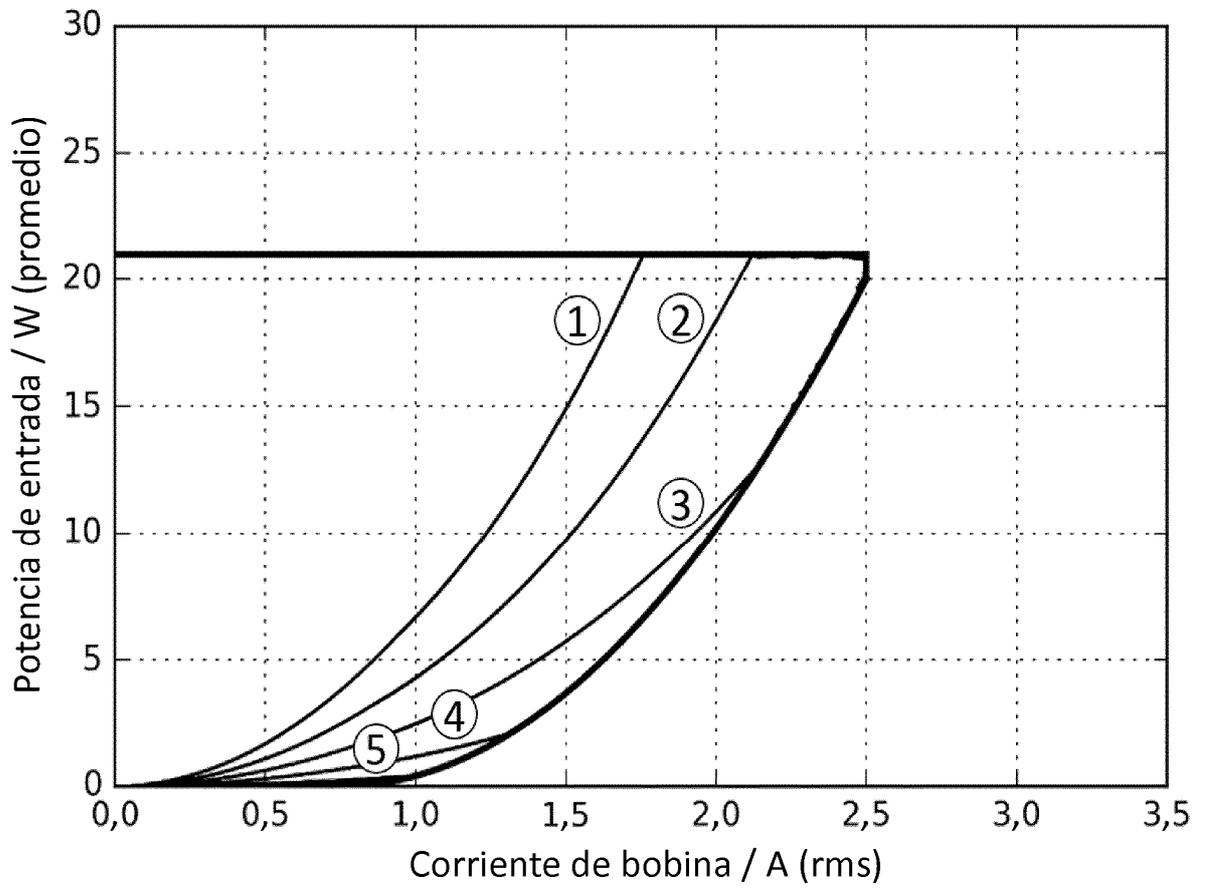
**FIG. 14**



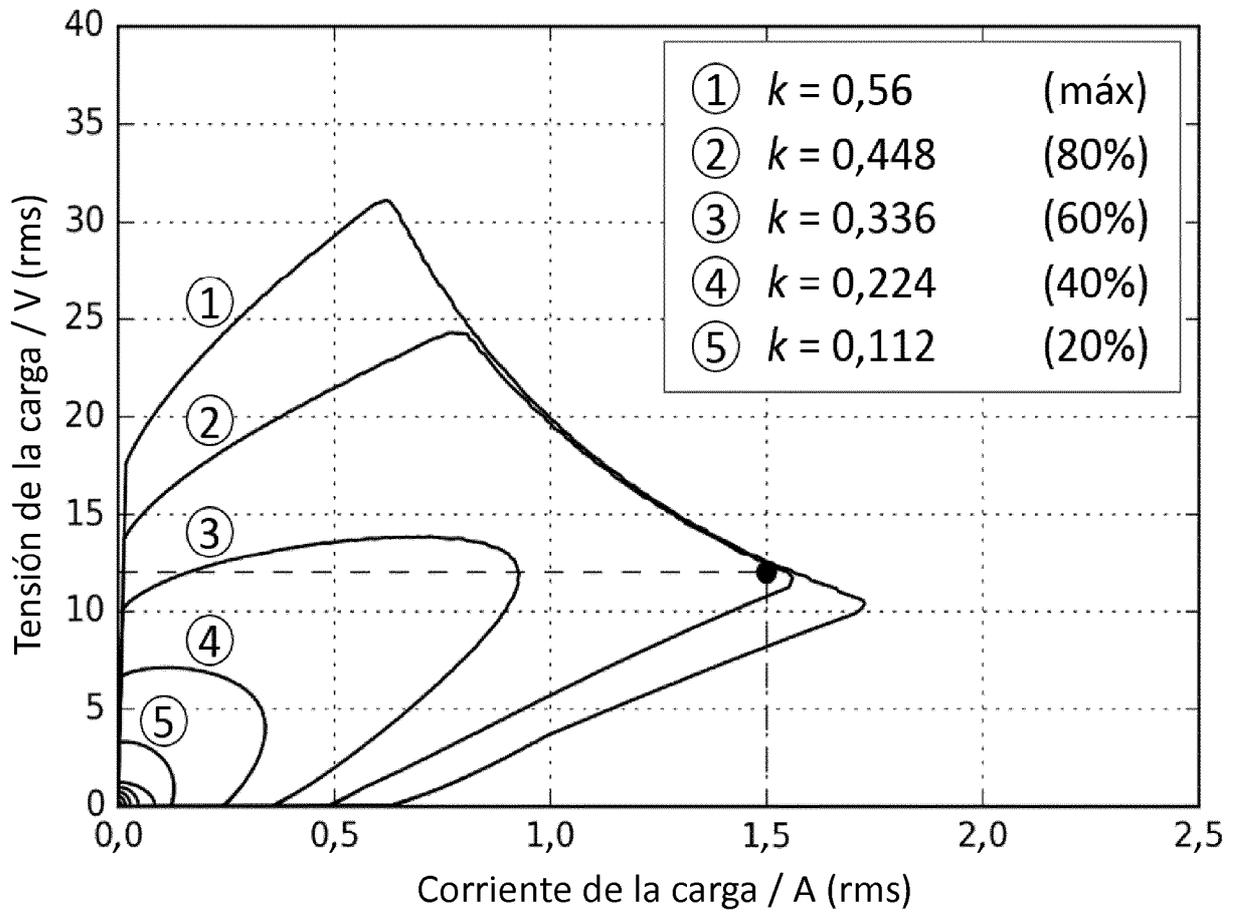
**FIG. 15**



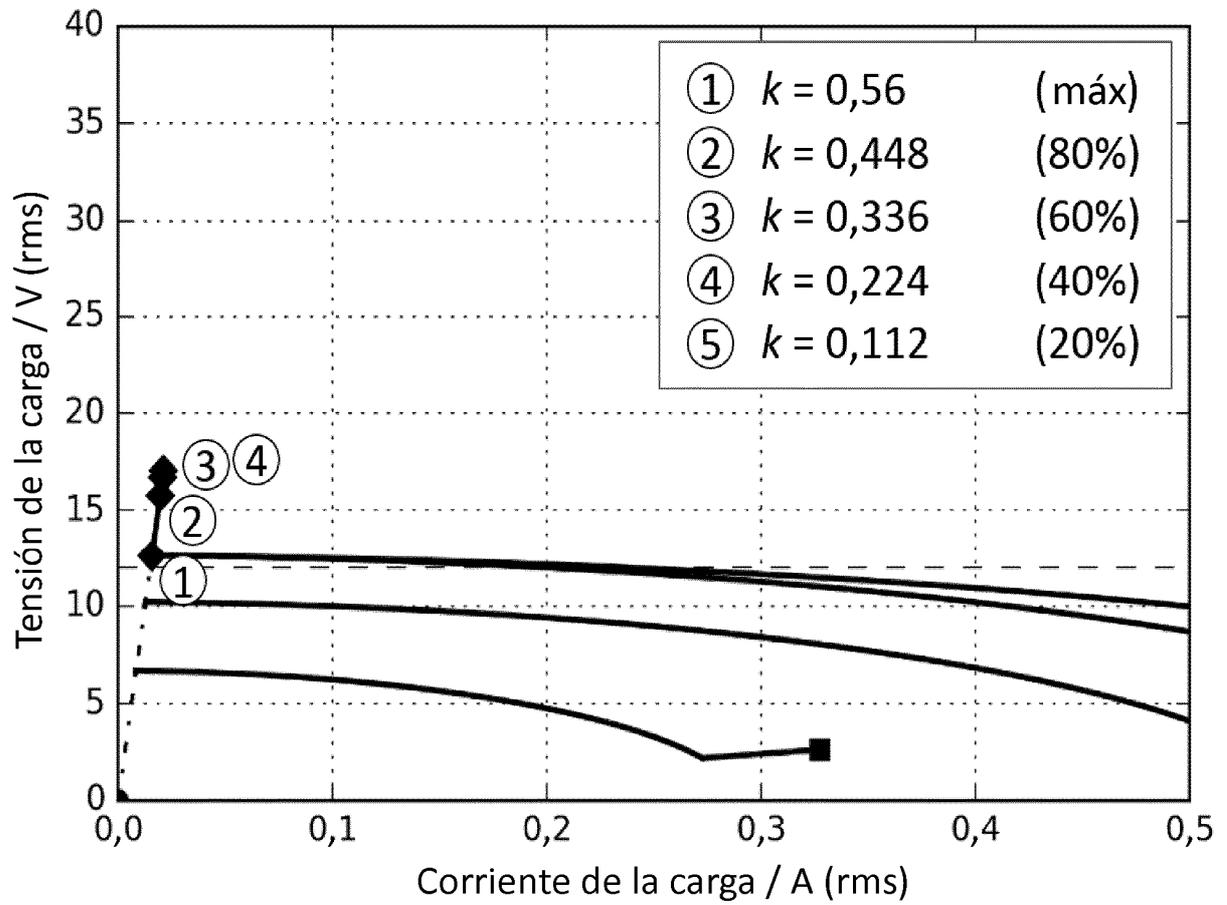
**FIG. 16**



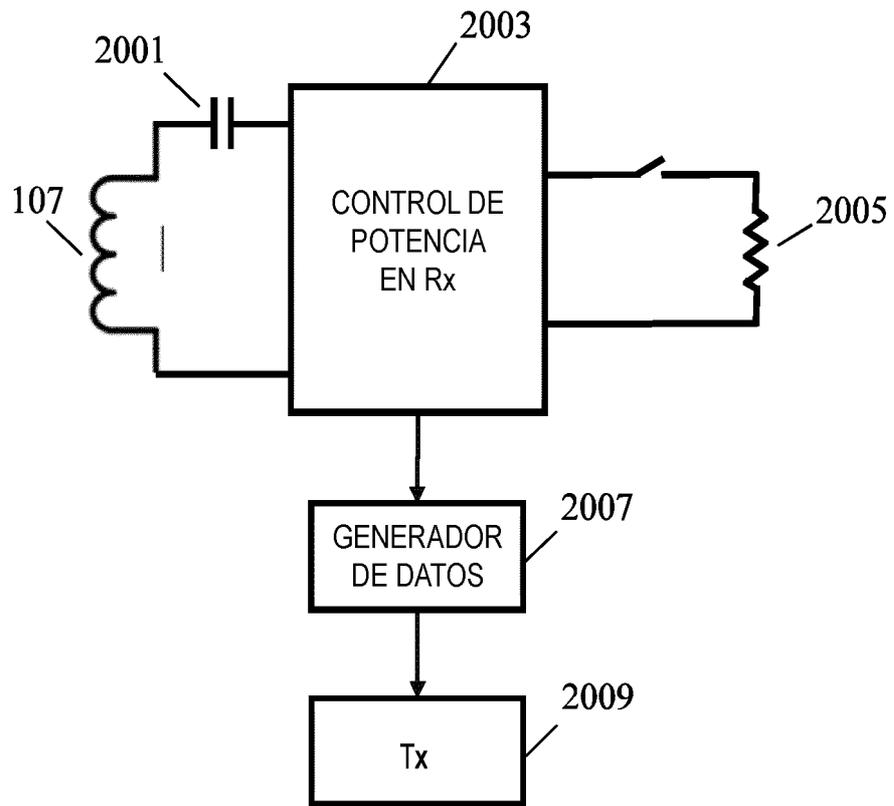
**FIG. 17**



**FIG. 18**



**FIG. 19**



**FIG. 20**

	<b>b<sub>7</sub></b>	<b>b<sub>6</sub></b>	<b>b<sub>5</sub></b>	<b>b<sub>4</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>0</sub></b>
<b>B<sub>0</sub></b>	Acuse recibo	Reservados			(msb)			
<b>B<sub>1</sub></b>	Impedancia de carga							(lsb)

**FIG. 21**

	<b>b<sub>7</sub></b>	<b>b<sub>6</sub></b>	<b>b<sub>5</sub></b>	<b>b<sub>4</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>0</sub></b>
<b>B<sub>0</sub></b>	Acuse recibo	Exponente de tensión			Reservados	Exponente de corriente		
<b>B<sub>1</sub></b>	Tensión de la carga							
<b>B<sub>1</sub></b>	Corriente de la carga							

**FIG. 22**