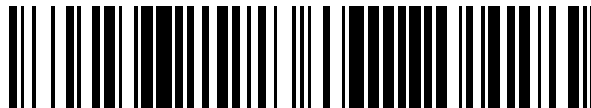


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 337**

51 Int. Cl.:

**H02J 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2013** E 13165635 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019** EP 2797199

54 Título: **Sistema de transferencia de potencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.05.2020**

73 Titular/es:

**USE SYSTEM ENGINEERING HOLDING B.V.**  
**(100.0%)**  
**Elektrostraat 17**  
**7483 PG Haaksbergen, NL**

72 Inventor/es:

**VENDERBOSCH, HERBERT;**  
**KASPERS, RAYMOND;**  
**EIKENDAL, MARTINUS PETER;**  
**BOKS, STEVEN FERDINAND y**  
**VAN DER KUIL, JOHANNES HERMANUS MARIA**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 761 337 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

Sistema de transferencia de potencia

5 La invención se refiere a un sistema de transferencia de potencia incluyendo un circuito de captación de transferencia para captar inductivamente potencia de un cable que transporta una corriente de alimentación alterna.

US8.093.758 describe un sistema de transferencia de potencia para transferencia de potencia inductivamente acoplada (ICPT). Describe un circuito que tiene un recorrido conductor primario al que se le suministra corriente alterna desde una fuente de alimentación que incluye un convertidor resonante. También se describe acoplar inductivamente un circuito secundario al primer circuito usando un transformador. El circuito secundario incluye un devanado y un condensador, por lo que el condensador está conectado en paralelo al devanado. El devanado forma un elemento inductivo. Una carga es paralela al elemento inductivo y el condensador. Se usa un interruptor de cortocircuito controlado para desacoplar el captador y por ello regular la impedancia al recorrido conductor primario. Sin el cortocircuito, el circuito secundario resonaría. El interruptor de cortocircuito controlado es paralelo al condensador inductivo y el elemento inductivo. Dado que el interruptor de cortocircuito controlado produce grandes pérdidas de conducción y para permitir variaciones de frecuencia de la corriente en el recorrido primario, US8.093.758 describe el uso de un inductor variable o un condensador variable en paralelo al elemento inductivo y el condensador. El sistema de transferencia de potencia incluye medios detectores para detectar una condición de la carga y medios de control para sintonizar o desintonizar selectivamente el circuito secundario en respuesta a condiciones de carga detectadas por los medios detectores variando la capacitancia o inductancia efectivas del circuito secundario para controlar la transferencia de potencia al circuito secundario dependiendo de la condición de carga detectada. Los medios de control incluyen dos conmutadores con accionadores apropiados para controlar la corriente que fluye a través de un inductor o condensador que por ello es variable. Los medios detectores detectan la fase de un voltaje en el circuito resonante. Los medios de control están adaptados para accionar medios de conmutación para conectar el inductor variable o para desconectar el condensador variable al circuito secundario un período de tiempo predeterminado después de un cruce por cero de voltaje. Por ello los medios de control varían la inductancia variable o el condensador variable de tal manera que la frecuencia resonante se desintoniza alejándose de resonancia (la frecuencia de pista) cuando la carga es pequeña y no necesita alta potencia para ser transferida a través del circuito secundario. El circuito secundario se sintoniza hacia la frecuencia de pista cuando la carga aumenta y se precisa transferencia de alta potencia para satisfacer la demanda de la carga incrementada.

Una desventaja del sistema de transferencia de potencia descrito en US8.093.758 es que se necesita un controlador relativamente caro y que el voltaje de salida a la carga debe ser detectado. Además, los conmutadores producen ruido en el circuito de captación y, por lo tanto, en el recorrido primario al conmutar. Este ruido puede perturbar la función de otros captadores acoplados al cable o puede requerir que el suministro de potencia sea robusto contra este ruido en el que la corriente alterna no queda afectada y permanece según lo previsto.

40 WO 2009/061219 A2 describe otro sistema de transferencia de potencia con un circuito de captación.

Un objeto de la presente invención es mejorar uno o varios de estos problemas o al menos proporcionar un sistema alternativo de transferencia de potencia.

45 El objeto se logra con un sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1. Un sistema ejemplar de transferencia de potencia incluye un circuito de captación de transferencia para captar inductivamente potencia de un cable que transporta una corriente de alimentación alterna, incluyendo

50 un primer circuito incluyendo el devanado secundario de un transformador para proporcionar un acoplamiento inductivo al cable y un primer módulo capacitivo conectado en paralelo al transformador;

caracterizado porque

el circuito de captación de transferencia incluye

55 un segundo circuito conectado en paralelo al primer circuito e incluyendo un segundo módulo inductivo y medios para transferir potencia a una carga, estando los medios en serie con el segundo módulo inductivo.

60 El devanado secundario, el primer módulo capacitivo, el segundo módulo inductivo, los medios y la carga, donde esté presente, forman conjuntamente un circuito de captación de transferencia. El circuito de captación de transferencia es un circuito resonante, es decir, un circuito que puede resonar dependiendo de la frecuencia de la corriente de alimentación alterna.

65 El segundo módulo inductivo, el primer módulo capacitivo y el devanado secundario del transformador forman conjuntamente un filtro de paso bajo para ruido en la dirección del cable. Así, el ruido de la carga o los medios es filtrado. Por lo tanto, una fuente de la corriente de alimentación alterna en el cable no tiene que ser muy robusta y

otros circuitos de captación de transferencia de potencia acoplados inductivamente al cable pueden funcionar de forma óptima.

5 Preferiblemente, la corriente de alimentación alterna alterna a una frecuencia de cable y el primer circuito tiene una primera resonancia en un primer rango de frecuencias en torno a una primera frecuencia de resonancia inferior a la frecuencia de cable y el sistema de transferencia de potencia está dispuesto de modo que, cuando esté en uso, el segundo circuito forme una impedancia infinitamente alta, el transformador no se satura a la frecuencia de cable.

10 El devanado secundario puede ser modelado como un devanado de transformador ideal y una inductancia magnetizante paralela al devanado de transformador ideal. El devanado de transformador ideal tiene impedancia cero, es decir, la inductancia, la resistencia y la capacitancia del transformador ideal son cero.

15 En el circuito de captación de transferencia, el segundo circuito es paralelo al primer circuito. Poniendo el segundo circuito paralelo al primer circuito, la impedancia del segundo circuito es paralela a la impedancia del primer circuito. Por lo tanto, cuando la impedancia del segundo circuito es alta en comparación con la impedancia del primer circuito, el comportamiento del primer circuito es dominante. Además, si el segundo circuito forma una impedancia infinitamente alta durante el uso, el segundo circuito no desempeña efectivamente ningún papel.

20 En la práctica, los picos de resonancia de circuitos no tienen una anchura infinitamente pequeña, pero tienen una resonancia en un rango de frecuencias. En esta realización, el primer rango de frecuencias es en torno a una primera frecuencia de resonancia, donde la resonancia llega a un máximo. La primera frecuencia de resonancia es inferior a la frecuencia de cable, lo que quiere decir que, a la frecuencia de cable, la resonancia no está en su máximo.

25 Además, los transformadores tienen una transferencia de potencia máxima limitada por encima de la que se saturan. Por lo tanto, al menos por encima de un rango de frecuencias de saturación, el circuito de captación de transferencia hará que el transformador se sature. Por lo tanto, cuando en la práctica el segundo circuito forma una carga infinita a la frecuencia de cable, el circuito de captación de transferencia captará menos energía del cable que cuando el transformador se sature. En otros términos, hay un desacoplamiento del circuito de captación de transferencia del cable.

30 Este desacoplamiento puede ser ventajoso en varias situaciones. Dado que el segundo circuito incluye medios para transferir potencia a una carga, la impedancia del segundo circuito depende de la impedancia de la carga (y, por lo tanto, también de la presencia de una carga). Además, la resistencia del segundo circuito se eleva con una resistencia creciente de la carga. Cuando el segundo circuito se cierra solamente por la presencia de la carga (es decir, cuando está abierto sin que haya carga), la resistencia del segundo circuito llega a un máximo cuando no hay carga conectada. La desactivación de la carga puede tener el mismo efecto. En combinación con el desacoplamiento a alta impedancia del segundo circuito, esto quiere decir que hay desacoplamiento a alta impedancia de la carga y especialmente cuando no hay carga conectada. Por ejemplo, esto quiere decir que hay una pérdida de potencia relativamente baja cuando no hay carga o cuando la carga está apagada y, de hecho, en tales situaciones, se desea que la pérdida de potencia sea mínima.

45 Para lograr este desacoplamiento, no se precisa controlador. Dado que no se precisa controlador, el captador de transferencia de potencia es relativamente barato y fiable. En cambio, la diferencia en el acoplamiento se logra por las diferentes propiedades resonantes del circuito de captación de transferencia dependiendo de la impedancia de la carga propiamente dicha.

50 Los autores de esta invención observaron que, dado que la inductancia magnética del transformador está separada de la inductancia magnética del módulo inductivo, podrían tener ventajosamente más libertad de aumentar la diferencia entre la primera frecuencia de resonancia y la frecuencia de cable sin deteriorar la capacidad de transferir potencia a una carga en comparación con la situación donde la carga sería paralela al primer circuito sin estar en serie con el segundo módulo inductivo.

55 En una realización de la invención, el segundo circuito incluye un segundo módulo capacitivo dispuesto en serie con el segundo módulo inductivo y paralelo a los medios, donde el segundo módulo capacitivo y el segundo módulo inductivo están dispuestos de modo que tengan una segunda resonancia en un segundo rango de frecuencias en torno a una segunda frecuencia de resonancia cuando, en la práctica, la impedancia de carga es infinitamente alta y donde la segunda resonancia está dispuesta de modo que la impedancia del circuito de captación de transferencia sea más baja que la impedancia del primer circuito a la frecuencia de cable cuando, en la práctica, la carga sea infinitamente alta.

60 Teniendo un módulo capacitivo en el segundo circuito, incluso con una impedancia infinitamente alta de la carga, el segundo circuito desempeña un papel en el circuito de captación de transferencia. Además, el segundo circuito tiene una segunda resonancia. Dado que el segundo circuito tiene el segundo módulo de capacidad en serie con el segundo módulo inductivo, la impedancia del segundo circuito es baja en la resonancia con un mínimo a la segunda

frecuencia de resonancia. Cuando el segundo circuito es paralelo al primer circuito, una impedancia baja del segundo circuito hace que la impedancia del circuito de captación de transferencia sea baja.

5 Dado que, en esta realización, el circuito de captación de transferencia tiene una impedancia más baja que el primer circuito, la potencia captada del cable se reduce más a la frecuencia de cable cuando, en el uso, la carga forma una impedancia infinitamente alta.

10 Cuando baja la impedancia de la carga, a la frecuencia de cable, la carga es más dominante con respecto al segundo módulo capacitivo, disminuyendo efectivamente la resonancia en serie. Esto hace posible la transferencia de potencia a la carga. En el caso donde la impedancia de carga se aproxima a cero, el segundo módulo capacitivo se omite por completo y el comportamiento del circuito con o sin un segundo módulo capacitivo es igual.

15 Preferiblemente, a la frecuencia de cable, la impedancia del segundo circuito es más baja que la impedancia del primer circuito cuando, en la práctica, la impedancia de carga es infinitamente alta.

Dado que la impedancia del segundo circuito es más baja que la impedancia del primer circuito, la impedancia del circuito de captación de transferencia se reduce de forma significativa.

20 En la realización preferida, los medios incluyen preferiblemente un rectificador destinado a suministrar la carga desde el lado de salida de un rectificador y un módulo de depósito capacitivo conectado al lado de salida del rectificador destinado a estar en paralelo a la carga.

25 Dado que los medios son paralelos al segundo módulo capacitivo y tienen la finalidad de suministrar la carga desde el lado de salida del rectificador, una resistencia de carga creciente todavía da lugar a una resistencia incrementada del segundo circuito.

30 Dado que el módulo de depósito capacitivo está en paralelo a la carga y detrás del rectificador, hay un depósito de energía para la carga, de modo que se alisa la ondulación que puede haber en el lado de salida del rectificador en el voltaje y la corriente.

Preferiblemente, los medios incluyen un tercer módulo inductivo dispuesto de modo que esté en serie con la carga y el módulo de depósito capacitivo.

35 El módulo de depósito capacitivo se carga cuando el voltaje alterno en el lado de salida del rectificador llega a un valor umbral. Por lo tanto, se carga en las partes superiores de un voltaje alterno en el lado de salida del rectificador. Esta característica de carga puede perturbar la resonancia del circuito de captación de transferencia resonante. La ventaja de la inductancia del tercer módulo inductivo es que el circuito resonante se carga de forma relativamente uniforme y que el circuito secundario resonante sea menos perturbado.

40 Preferiblemente, una fuente para proporcionar la corriente de alimentación alterna donde la fuente está dispuesta para variar la frecuencia de cable.

45 Dado que la fuente puede variar la frecuencia de cable, la impedancia del captador de transferencia de potencia en el cable se puede variar para acomodar el número de captadores de transferencia de potencia inductivamente acoplados al cable. Además, la conmutación entre las frecuencias puede ser usada como una señal para un captador de transferencia de potencia inductivamente acoplado al cable.

50 Realizaciones de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos esquemáticos acompañantes en los que símbolos correspondientes indican partes correspondientes.

## Figuras

La figura 1 ilustra un sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado según la invención.

55 La figura 2a ilustra una representación de circuito eléctrico del sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado de la figura 1.

60 La figura 2b ilustra una representación de circuito eléctrico del sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado de la figura 1

La figura 3 ilustra la potencia captada del cable a frecuencias diferentes cuando la carga está a un valor nominal en el circuito de captación de transferencia de la figura 2b.

65 La figura 4 ilustra el voltaje de transformador primario máximo a frecuencias diferentes cuando la carga está a un valor nominal en el circuito de captación de transferencia de la figura 2b.

La figura 5 ilustra la potencia captada del cable a frecuencias diferentes con una impedancia muy alta como carga al circuito de captación de transferencia de la figura 2b.

5 La figura 6 ilustra el voltaje de transformador primario máximo a frecuencias diferentes con una impedancia muy alta como carga al circuito de captación de transferencia de la figura 2b.

La figura 7 ilustra una representación de circuito eléctrico del sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado de la figura 1

10 La figura 8 ilustra la potencia captada del cable a frecuencias diferentes cuando la carga está a un valor nominal en el circuito de captación de transferencia de la figura 7

La figura 9 ilustra el voltaje de transformador primario máximo a frecuencias diferentes cuando la carga está a un valor nominal en el circuito de captación de transferencia de la figura 7.

15 La figura 10 ilustra la potencia captada del cable a frecuencias diferentes con una impedancia muy alta como carga al circuito de captación de transferencia de la figura 7.

20 La figura 11 ilustra el voltaje máximo sobre el voltaje de transformador primario a frecuencias diferentes con una impedancia muy alta como carga al circuito de captación de transferencia de la figura 7.

La figura 12 ilustra un detalle alternativo del sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado de la figura 1.

## 25 Descripción

### Ejemplo sin módulo capacitivo en el circuito de transferencia

30 En un ejemplo según una realización de la invención, un suministro de potencia (1) está destinado a suministrar una corriente alterna a un cable (2) con una fuente de corriente. Esto se representa en la figura 1. Un captador de transferencia de potencia (3) incluyendo un elemento de ferrita (4) está colocado cerca del cable (figuras 2a y 2b). El captador de transferencia de potencia incluye además un devanado secundario (17) alrededor del elemento de ferrita (4). El elemento de ferrita (4) forma el núcleo de un transformador y está al menos parcialmente dentro del devanado secundario. El captador de transferencia de potencia (3) está colocado de tal manera que haya un acoplamiento inductivo entre el cable (2) y el captador de transferencia de potencia (3).

40 La figura 2a representa un diagrama de circuito eléctrico del captador de transferencia de potencia (3). El captador de transferencia de potencia (3) incluye además un primer módulo capacitivo (7). El primer módulo capacitivo (7) está conectado en paralelo al devanado secundario (17) y la combinación del primer módulo capacitivo y el devanado secundario forma un primer circuito (8).

45 Para explicar la invención usando dibujos del circuito eléctrico, el devanado secundario puede ser modelado como la parte secundaria (5) de un transformador ideal y un primer módulo inductivo (6) paralelo a la parte secundaria (5) del transformador ideal. El primer módulo inductivo (6) representa la inductancia magnetizante del transformador. La figura 2b representa el diagrama de circuito eléctrico del captador de transferencia de potencia usando este modelo. El captador de transferencia de potencia incluye además un segundo circuito (9) conectado en paralelo al primer circuito (8). El segundo circuito (9) incluye un segundo módulo inductivo (10).

50 En la figura 2a y la figura 2b, el diagrama de circuito se representa con una carga conectada al segundo circuito (9) mediante medios de conexión (16) que están en serie con el segundo módulo inductivo (10). Los medios de conexión (16) están formados por un par de receptáculos para un enchufe.

55 La carga es una bombilla de luz conmutable. La bombilla de luz se enciende y apaga a demanda, lo que quiere decir que la carga varía. La bombilla de luz es resistiva. Cuando la bombilla de luz está apagada, la resistencia de la bombilla de luz es infinitamente alta. Cuando la bombilla de luz está encendida, la resistencia tiene un valor nominal. La carga está conectada a los medios por un enchufe. Esto facilita un cambio rápido y fácil de la bombilla de luz.

60 El primer circuito y el segundo circuito forman conjuntamente un circuito de captación de transferencia que es resonante. Para explicar la invención y la opción de valores para los componentes en el circuito de captación de transferencia, se describirán varias situaciones diferentes.

El primer módulo capacitivo (7) tiene una capacitancia  $C_p$  con un valor de aproximadamente 64 nF. El segundo módulo inductivo (10) es una bobina con una inductancia  $L_s$  de 820 uH. El primer módulo inductivo (6) tiene un valor  $L_p$  de 1944 uH, es decir, el devanado secundario del transformador tiene una inductancia de 1944 uH.

65

Estos valores han sido elegidos para que la frecuencia de resonancia ( $f_{transfer\ pick-up}$ ) del circuito captador de transferencia esté cerca de una frecuencia de cable de 26 kHz cuando la carga es un corto (es decir, tiene impedancia cero). Por lo tanto, los valores se eligen usando

$$f_{transfer\ pick-up} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L_p L_s}{L_p + L_s} C_p}}$$

5 Como apreciarán los expertos en la materia, no todos los valores están fácilmente disponibles para los condensadores, bobinas y transformadores, de modo que la frecuencia de resonancia ( $f_{transfer\ pick-up}$ ) puede desviarse un poco de la frecuencia de cable exacta. En este ejemplo, un condensador con un valor de capacitancia de 64 nF no está fácilmente disponible (es decir, los condensadores con este valor no se producen por defecto). Por lo tanto, el primer módulo capacitivo (7) incluye dos condensadores conectados en paralelo con valores 56 nF y 8,2 nF que son valores por defecto. Además, hay típicamente grandes tolerancias de producción en los condensadores, las bobinas y los transformadores. Por ejemplo, el valor de los condensadores puede variar 50%, 10%, 5% o 1% y la inductancia de una bobina puede variar 20% o 10% a causa de las tolerancias de producción. Además, las resonancias tienen lugar en un rango de frecuencias en torno a una frecuencia donde la resonancia es máxima.

En este caso la frecuencia de resonancia combinada según los valores nominales de los componentes tiene un valor de aproximadamente 26,197 kHz, es decir, es menos de uno por ciento de la frecuencia de cable.

20 La corriente alterna es suministrada por una fuente de corriente del suministro de potencia (1). La potencia transferida a la carga (potencia de carga) se representa en la figura 3 con respecto a un rango de frecuencias. La figura 3 representa que la potencia de carga es o se aproxima a un máximo para los valores elegidos.

25 Los valores anteriores fueron elegidos para la situación donde la carga tiene un valor como el previsto durante el uso, es decir, tiene un valor nominal. En este caso, éste es aproximadamente 61 Ω.

30 Sin embargo, los valores para  $L_p$ ,  $L_s$  y  $C_p$  se eligen despreciando la carga nominal. Esto es útil para el diseño de un circuito donde la impedancia de la carga todavía no es conocida (exactamente). Al diseñar el captador de transferencia, los valores de impedancia para la bombilla de luz pueden ser usados para que el máximo del pico (que está a la frecuencia de resonancia del circuito de captación de transferencia) esté lo más cerca que sea posible de la frecuencia de cable cambiando los valores de  $C_p$ , o  $L_p$  o  $L_s$ . Esto se obtiene resolviendo la ecuación para que la impedancia compleja del circuito de captación de transferencia tenga una parte imaginaria cero para una cierta impedancia de carga ( $Z_{load}$ ) según

$$\Im\{Z_{transfer\ pick-up}\} = \Im\left\{\frac{1}{\frac{1}{j\omega L_p} + j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L_s + Z_{load}}}\right\} = 0$$

35 donde Z se usa para indicar la impedancia y (se usa para indicar partes imaginarias.

40 La figura 4 representa el voltaje de transformador primario máximo (en la figura se denomina  $V_{peak}$ ) en función de la frecuencia de cable para la misma situación que la figura 3. El voltaje de transformador primario máximo es la máxima caída de voltaje que experimenta el cable en el captador de transferencia de potencia. La caída de voltaje varía con el tiempo cuando la corriente es una corriente alterna. Cuando la corriente alterna es suministrada por una fuente de corriente, la caída de voltaje experimentada por el cable corresponde a la potencia captada del cable.

45 En caso de que la carga tenga una impedancia infinitamente alta, la potencia captada por el circuito de transferencia de potencia alcanza el pico a una frecuencia diferente de la corriente alterna en el cable. En la figura 5 se representa una situación donde la carga tiene una impedancia muy alta. El comportamiento de la potencia captada del cable cuando la carga tiene una impedancia muy alta se aproxima al comportamiento cuando la carga tiene una impedancia infinita. La figura 6 representa el voltaje de transformador primario máximo para esta situación.

50 El voltaje de transformador primario se limita a 5,0 V por el núcleo (4) del transformador. Cuando el núcleo (4) se hace de ferrita, se satura a una densidad de flujo de aproximadamente 0,3 a 0,5 Tesla. La densidad de flujo se determina por

$$B_{max} = \frac{U_{max}}{2\pi f N A_e}$$

donde  $U_{max}$  es el voltaje pico sobre el transformador,  $A_e$  es la sección transversal efectiva del núcleo,  $N$  es el número de devanados y  $f$  es la frecuencia.

5 Si la carga tiene una impedancia infinitamente alta, el segundo circuito también tiene una impedancia infinitamente alta y efectivamente el segundo circuito no es relevante para el comportamiento del circuito resonante de captación de transferencia. La resonancia del circuito de captación de transferencia se determina por el primer circuito, que tiene una resonancia con un máximo a una frecuencia de alrededor de 15 kHz. Para distinguirla de otras frecuencias de resonancia en el circuito de transferencia de potencia, esta frecuencia de resonancia también se denominará la primera frecuencia de resonancia.

10 La relación entre la primera frecuencia de resonancia ( $f_{first}$ ), la inductancia magnetizante del primer módulo inductivo y la capacitancia del primer módulo capacitivo viene dada por

$$15 \quad f_{first} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C_p}}$$

Esta fórmula también se utiliza para seleccionar los valores para la inductancia magnetizante del primer módulo inductivo y la capacitancia del primer módulo capacitivo.

20 A esta primera frecuencia de resonancia, el núcleo (4) está saturado. Dado que el núcleo está saturado, la potencia captada por el captador de transferencia de potencia está limitada y el voltaje de transformador primario máximo está limitado.

25 Como es claro por las frecuencias dadas anteriormente, así como por la comparación de las figuras 3 y 5 o las figuras 4 y 6, la frecuencia de resonancia del circuito de captación de transferencia (el circuito que combina el primer circuito (8) y el segundo circuito (9)) que incluye una carga con impedancia nominal está más próxima a la frecuencia de cable que la primera frecuencia de resonancia.

30 Ejemplo con módulo capacitivo en el circuito de transferencia

En un ejemplo según una realización preferida de la invención, el circuito de transferencia de potencia es como el descrito anteriormente, pero el segundo circuito incluye además un segundo módulo capacitivo (11) paralelo a los medios (16) para transferir potencia a la carga. El segundo módulo capacitivo (11) también está en serie con el segundo módulo inductivo (10). El segundo módulo capacitivo (11) tiene un valor  $C_s$  para la capacitancia. Cuando no hay carga conectada a los medios (16), y se toma por separado del resto del circuito de captación de transferencia, el segundo circuito tiene una resonancia con un máximo (es decir, una impedancia mínima) a una segunda frecuencia de resonancia ( $f_{second}$ ) determinada por

$$40 \quad f_{second} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}$$

En este ejemplo, el valor nominal  $C_s$  es 44 nF, que da lugar a un valor para la segunda frecuencia de resonancia del segundo circuito ( $f_{second}$ ) de aproximadamente 26,496 kHz. Aunque esto se desvía menos de 2% de la frecuencia de cable, pueden usarse componentes fácilmente disponibles. El segundo módulo capacitivo (11) incluye dos condensadores conectados en paralelo con valores 22 nF y 22 nF, que son componentes fácilmente disponibles. Los expertos apreciarán que, en otros ejemplos de la invención, puede ser posible usar un solo condensador fácilmente disponible en el segundo módulo capacitivo.

La figura 8 representa la potencia transferida a la carga para esta realización para diferentes frecuencias de cable para la situación donde la carga tiene impedancia nominal. Como en el ejemplo anterior, esta impedancia de carga nominal es aproximadamente 61  $\Omega$ . Esta figura 8 deberá compararse con la figura 3 para comparar la situación con y sin el segundo módulo capacitivo. Por la comparación será claro a los expertos que el comportamiento del circuito de captación de transferencia con el segundo módulo capacitivo (11) es comparable al comportamiento del circuito de captación de transferencia sin el segundo módulo capacitivo (11).

Además, la figura 9 representa el voltaje de transformador primario máximo para este valor de la capacidad del segundo módulo capacitivo (11). La figura 9 deberá compararse con la figura 4, para comparar la situación con y sin

el segundo módulo capacitivo. Por la comparación será claro a los expertos que el comportamiento del circuito captador de transferencia con el segundo módulo capacitivo (11) es comparable al comportamiento del circuito de captación de transferencia sin el segundo módulo capacitivo (11). La ventaja de la presencia del segundo módulo capacitivo (11) se muestra en las figuras 10 y 11.

La figura 11 representa el comportamiento del circuito de captación de transferencia cuando la carga es muy alta. El comportamiento se aproxima a la situación donde no hay carga (es decir, tiene una impedancia infinita). En este caso, lo que se representa es el comportamiento en forma del voltaje de transformador primario máximo en función de la frecuencia de cable. Aquí, como en la situación sin el módulo capacitivo secundario (11), el voltaje de transformador primario máximo se recorta cuando el núcleo (4) se satura en un rango de frecuencias, pero no a la frecuencia de cable. Como se ha explicado anteriormente, el segundo circuito tiene una segunda frecuencia de resonancia a la frecuencia de cable (es decir, se desvía tanto que permite el uso de componentes con los valores por defecto disponibles en el mercado). Dado que el segundo circuito es un circuito serie, el segundo circuito forma un corto (paralelo al primer circuito) a la segunda frecuencia de resonancia. La frecuencia de cable no es exactamente la segunda frecuencia de resonancia, sino que, a la frecuencia de cable, la impedancia del segundo circuito todavía es baja. La ventaja del segundo módulo capacitivo es que, a la frecuencia de cable de 26 kHz, el circuito de captación de transferencia forma una impedancia más baja con el cable que el primer circuito. En este ejemplo, incluso el voltaje de transformador primario máximo es despreciable porque la impedancia del segundo circuito es muy baja y mucho más baja que la impedancia del primer circuito. Esto corresponde a la potencia captada del cable que es despreciable a la frecuencia de cable de 26 kHz en la figura 10. Esto quiere decir que, a causa de la presencia del segundo módulo capacitivo (11) y con los valores del primer módulo inductivo, el segundo módulo inductivo, el primer módulo capacitivo y el segundo módulo capacitivo a esta frecuencia de cable, si no hay carga conectada al captador de transferencia de potencia (o si la carga está apagada), no hay potencia captada del cable (2) y el captador de transferencia de potencia (3) no influirá en el sistema de transferencia de potencia inductivamente acoplado al que está acoplado.

De forma análoga a la figura 11, la figura 10 representa el comportamiento del circuito de captación de transferencia cuando la carga es muy alta como una aproximación del comportamiento cuando no hay carga en forma de la potencia transferida a la carga en función de la frecuencia de cable. El circuito de captación de transferencia tiene ahora una tercera frecuencia de resonancia, que es superior a la frecuencia de cable.

#### Ejemplo con rectificador

En otra realización (figura 12), el primer módulo capacitivo (7) incluye dos condensadores (71, 72) conectados en paralelo uno a otro, donde un condensador (71) tiene un valor de 33 nF y el otro condensador (72) tiene un valor de 100 nF.

En la realización, el módulo capacitivo secundario (11) también incluye dos condensadores (111, 112) conectados en paralelo uno a otro. Un condensador (111) tiene un valor de 4,7 nF y el otro condensador tiene un valor de 56 nF.

La inductancia magnetizante ( $C_p$ ) del devanado secundario tiene un valor de 847  $\mu$ H y la inductancia del segundo módulo de inductancia tiene un valor de 1000  $\mu$ H.

Con estos valores, el circuito de captación de transferencia está dispuesto para captar potencia del cable cuando la frecuencia de cable conmuta entre 20 kHz y 21 kHz. Esto quiere decir que la frecuencia de cable está en un rango de frecuencias de cable de 20 kHz a 21 kHz, siendo 21 kHz el límite superior de frecuencia. La impedancia prevista de la carga, en este ejemplo una luz LED, es 220  $\Omega$ . La frecuencia de resonancia del circuito de captación de transferencia está dentro del rango de frecuencias de cable. Cuando está conectada una carga con la impedancia prevista, la frecuencia de resonancia también está dentro del rango de frecuencias de cable.

El captador de transferencia de potencia incluye además un circuito rectificador (13). El rectificador está dispuesto para proporcionar un voltaje unidireccional (pero todavía variable) en su lado de salida.

En el lado de salida hay un condensador (14) de 47  $\mu$ F. La carga (12) está conectada paralela al condensador. Tanto el condensador (14) como la carga (12) están conectados al rectificador (13) en serie con un inductor (15) de 820  $\mu$ H.

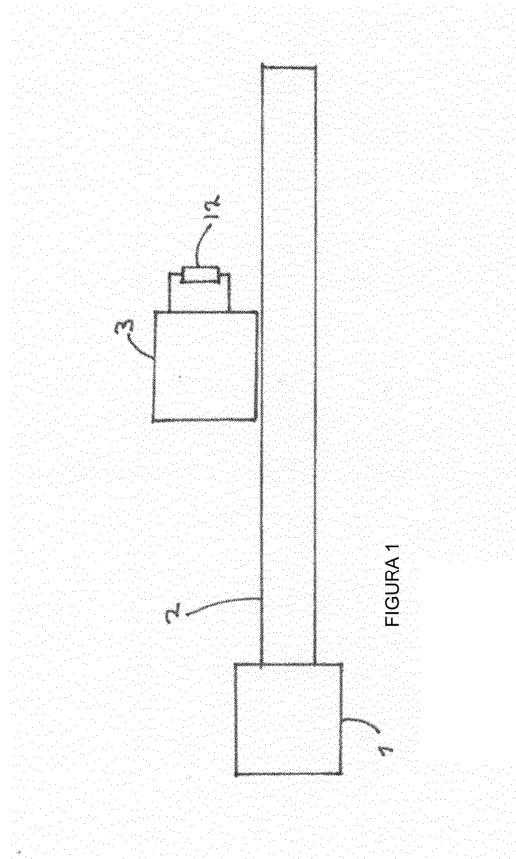
Aunque se han descrito realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que la invención se puede poner en práctica de modo distinto al descrito, pero todavía según las ideas de la invención. Por ejemplo, el sistema de transferencia de potencia puede incluir más de un captador de transferencia de potencia y suministrar potencia a una combinación de cargas de diferente naturaleza tal como fuentes de alimentación de modo conmutado, resistencias y lámparas LED. Las cargas también pueden ser sensores. Los sensores también pueden comunicar mediante el captador de transferencia de potencia con otros componentes conectados al cable (2). Además, el segundo módulo inductivo puede incluir una o más bobinas. Además, el rectificador puede ser un rectificador de semionda. Además, la segunda frecuencia de resonancia puede desviarse de la frecuencia de cable

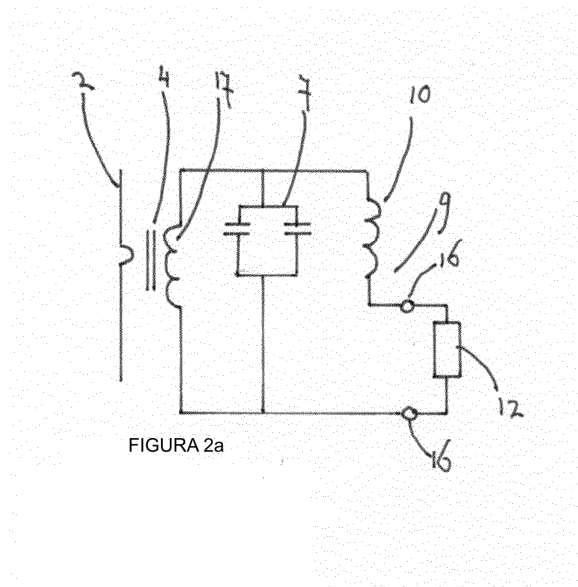


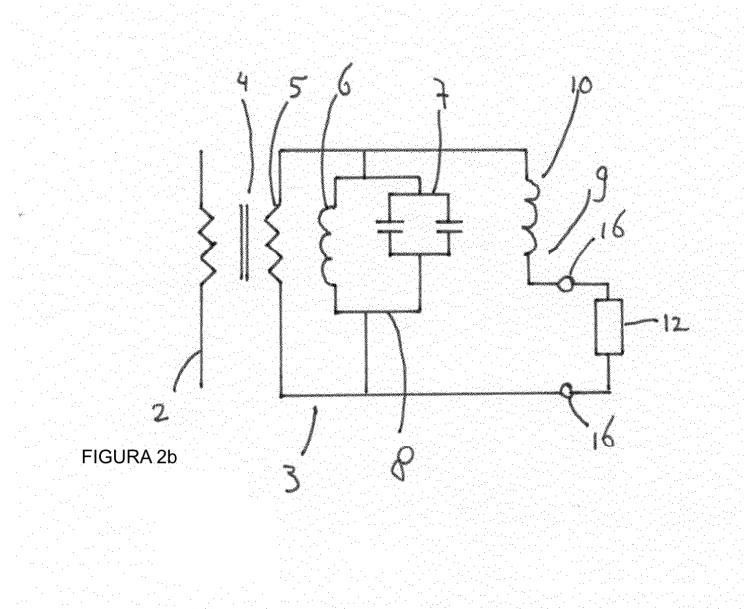
de tal manera que, cuando la carga tenga una impedancia infinita, la impedancia del segundo circuito sea menor que la impedancia del primer circuito en al menos un factor de 10, 20, 50 o 100.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de transferencia de potencia incluyendo un circuito de captación de transferencia (3) para captar inductivamente potencia de un cable (2) que transporta una corriente de alimentación alterna, donde la corriente de alimentación alterna alterna a una frecuencia de cable, donde dicho circuito de captación de transferencia incluye
- 10 - un primer circuito (8) incluyendo el devanado secundario (17) de un transformador para proporcionar un acoplamiento inductivo al cable (2) y un primer módulo capacitivo (7) conectado en paralelo al transformador, donde el primer circuito (8) tiene una primera resonancia en un primer rango de frecuencias alrededor de una primera frecuencia de resonancia; y
- 15 - un segundo circuito (9) conectado en paralelo al primer circuito (8) e incluyendo un segundo módulo inductivo (10) y medios (16) para transferir potencia a una carga (12), estando los medios en serie con el segundo módulo inductivo (10),
- 20 **caracterizado porque** el primer circuito (8) y el segundo circuito (9) forman conjuntamente el circuito de captación de transferencia que es resonante, y donde la frecuencia de resonancia del circuito de captación de transferencia que incluye una carga (12) con impedancia nominal, es más próxima a la frecuencia de cable que la primera frecuencia de resonancia,
- 25 donde el segundo circuito (9) incluye un segundo módulo capacitivo (11) dispuesto en serie con el segundo módulo inductivo (10) y paralelo a los medios (16) y donde el segundo módulo capacitivo (11) y el segundo módulo inductivo (10) están dispuestos de manera que tengan una segunda resonancia en un segundo rango de frecuencias alrededor de una segunda frecuencia de resonancia cuando en la práctica la impedancia de carga es infinitamente alta y donde la segunda resonancia está dispuesta de modo que la impedancia del circuito de captación de transferencia sea inferior a la impedancia del primer circuito (8) a la frecuencia de cable cuando en la práctica la carga es infinitamente alta.
- 30 2. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1, donde una inductancia del devanado secundario (17), una capacitancia del primer módulo capacitivo (7), y una inductancia del segundo módulo inductivo (10) se eligen para hacer que la frecuencia de resonancia del circuito de captación de transferencia esté cerca de la frecuencia de cable cuando la carga (12) sea un corto.
- 35 3. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1, donde la primera frecuencia de resonancia es inferior a la frecuencia de cable y el sistema de transferencia de potencia está dispuesto de modo que, en el uso, el segundo circuito (9) forma una impedancia infinitamente alta, el transformador no está saturado a la frecuencia de cable.
- 40 4. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1, 2 o 3, donde, a la frecuencia de cable, la impedancia del segundo circuito (9) es inferior a la impedancia del primer circuito (8) cuando, en la práctica, la impedancia de carga es infinitamente alta.
- 45 5. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, donde los medios (16) incluyen un rectificador (13) destinado a suministrar la carga (12) desde un lado de salida del rectificador (13) y un módulo de depósito capacitivo (14) conectado al lado de salida del rectificador (13) dispuesto de modo que esté en paralelo a la carga (12).
- 50 6. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 5, donde el rectificador (13) está dispuesto en paralelo al segundo módulo capacitivo (111, 112).
- 55 7. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 5 o 6, donde los medios (16) incluyen un tercer módulo inductivo (15) dispuesto de modo que esté en serie con la carga (12) y el módulo de depósito capacitivo (14).
8. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 7, donde el tercer módulo inductivo (15) está conectado al lado de salida del rectificador (13).
- 60 9. Sistema de transferencia de potencia según la reivindicación 1, donde el segundo módulo inductivo (10), el primer módulo capacitivo (7) y el devanado secundario (17) del transformador forman conjuntamente un filtro de paso bajo para ruido en la dirección del cable (2).
10. Sistema de transferencia de potencia según alguna de las reivindicaciones precedentes incluyendo una fuente (1) para proporcionar la corriente de alimentación alterna donde la fuente está destinada a variar la frecuencia de cable.







POTENCIA DE CARGA (W) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

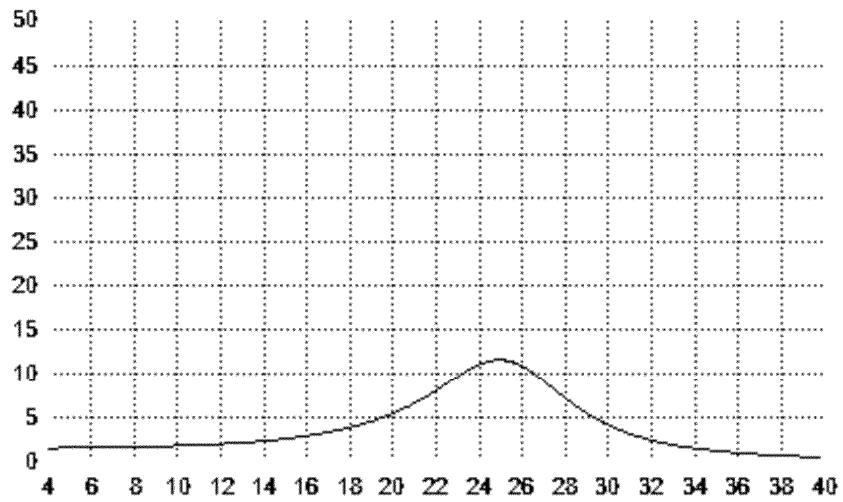


FIGURA 3

VOLTAJE TRAF0 PRIMARIO (Vpeak) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

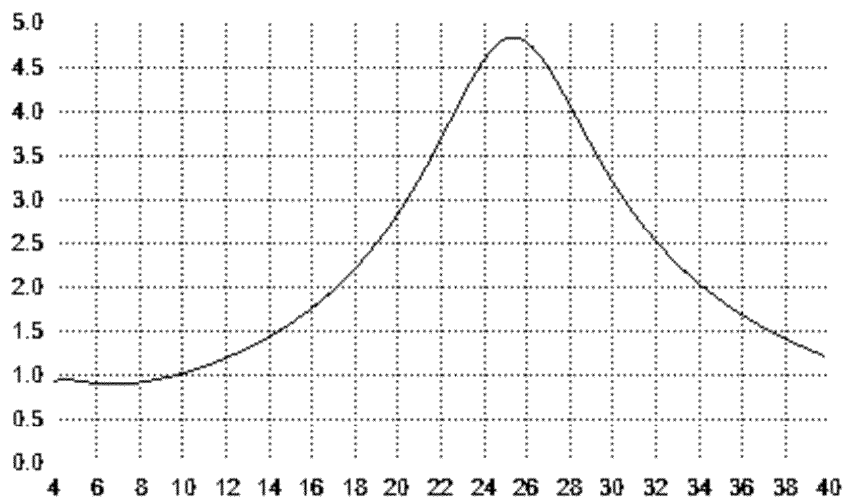


FIGURA 4

POTENCIA DE CARGA (W) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

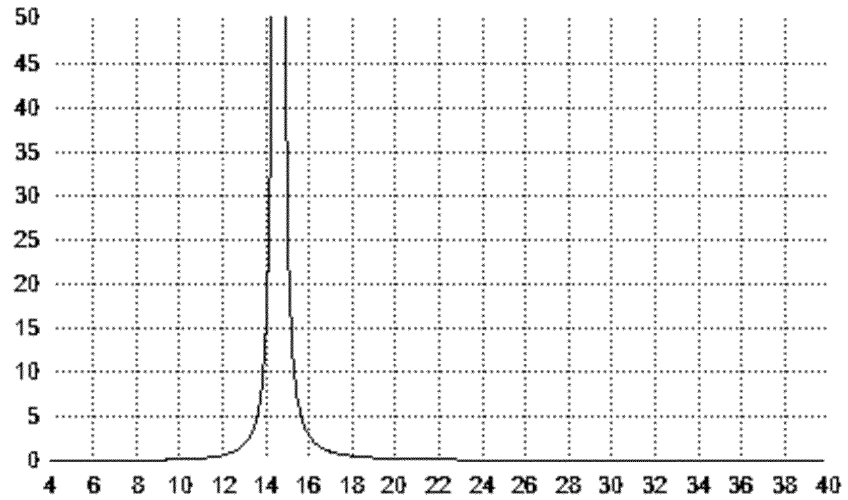


FIGURA 5

VOLTAJE TRAJO PRIMARIO (Vpeak) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

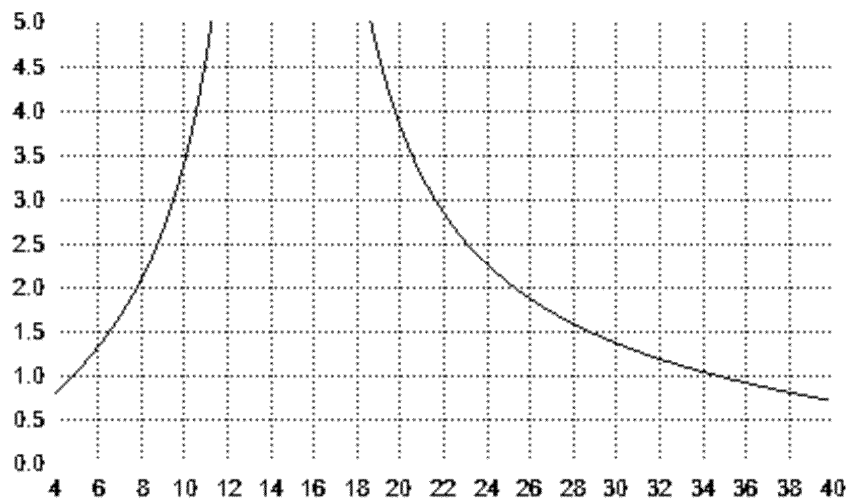


FIGURA 6

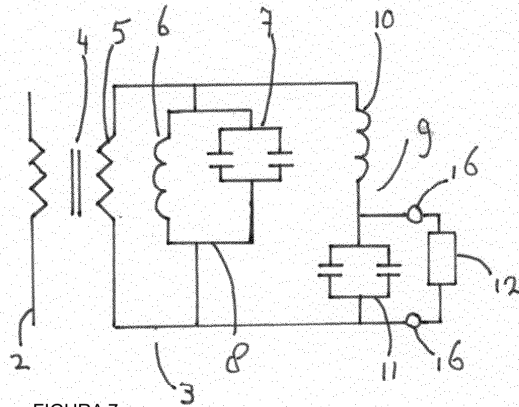


FIGURA 7



POTENCIA DE CARGA (W) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

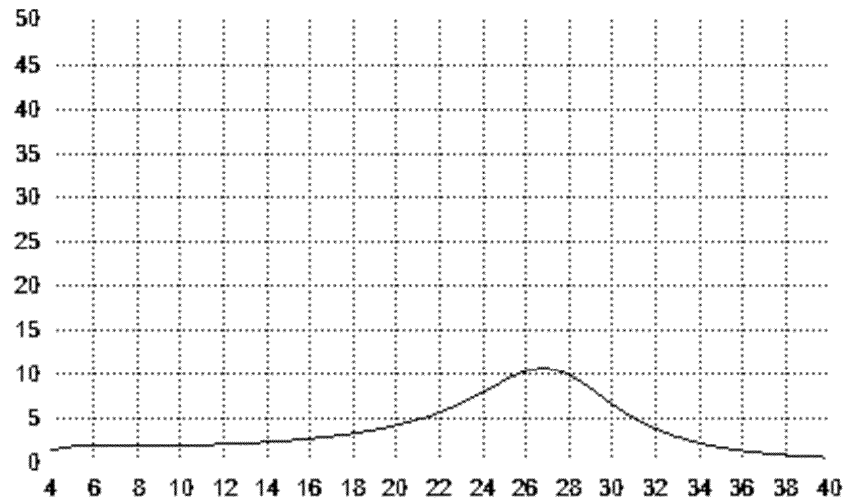


FIGURA 8

VOLTAJE TRAF0 PRIMARIO (Vpeak) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (kHz)

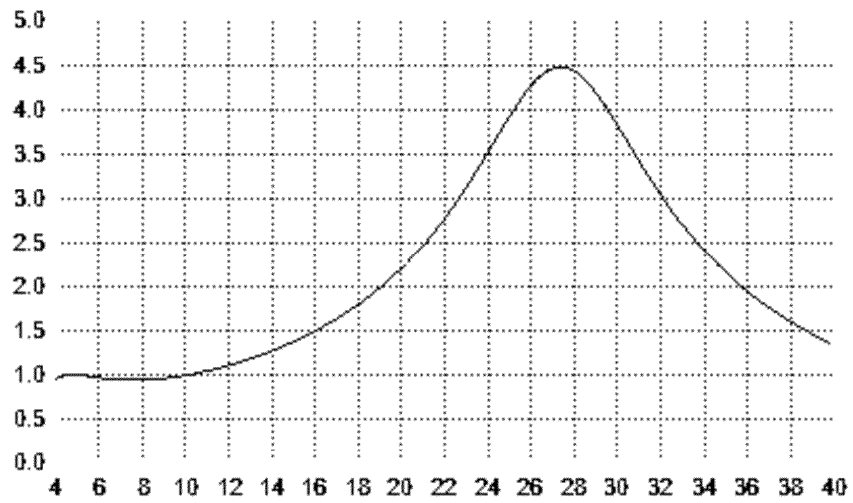


FIGURA 9

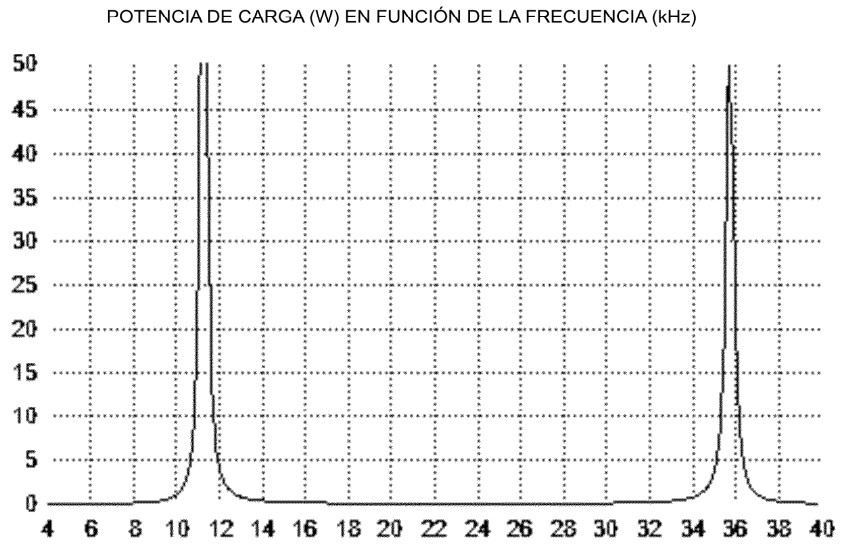


FIGURA 10

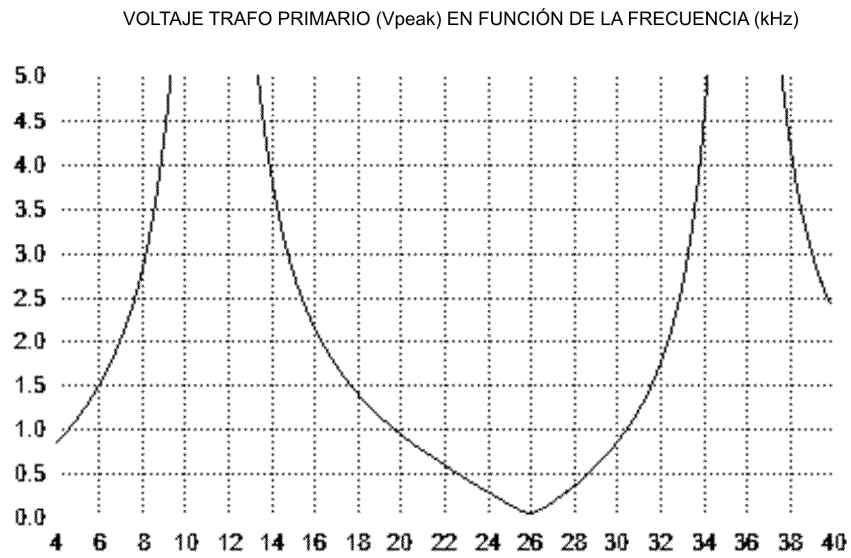


FIGURA 11

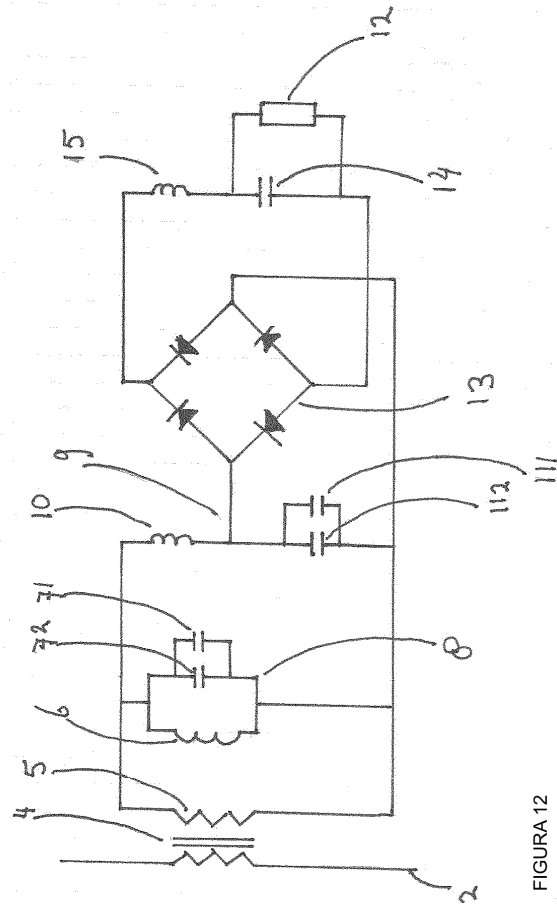


FIGURA 12