

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 552**

51 Int. Cl.:

A01K 1/03 (2006.01)

A01K 11/00 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2013** **E 13756687 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016** **EP 2755469**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la carga inalámbrica de un dispositivo bioelectrónico implantado en un animal de laboratorio o en un ser humano**

30 Prioridad:

18.06.2012 IT MI20121049

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

06.09.2016

73 Titular/es:

AB MEDICA HOLDING S.P.A. (100.0%)
Piazza Sant' Agostino 24
20123 Milano, IT

72 Inventor/es:

ROMANELLI, PANTALEO;
PARIS, ANTONINO y
MARCHETTI, STEFANO

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 581 552 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

Procedimiento y aparato para la carga inalámbrica de un dispositivo bioelectrónico implantado en un animal de laboratorio o en un ser humano

5 La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para la carga inalámbrica en un modo resonante de dispositivos bioelectrónicos implantados en animales de laboratorio o en seres humanos.

10 Es sabido que los experimentos científicos en animales de laboratorio son un paso esencial hacia la utilización clínica de dispositivos biomédicos, especialmente dispositivos bioelectrónicos, y que la instalación de dispositivos bioelectrónicos en animales de laboratorio está creciendo constantemente.

15 La publicación de la patente US 2003/0150395 A1 da a conocer un aparato y unos procedimientos para ensayar la sensibilidad al dolor en un animal. El aparato comprende un contenedor que tiene una serie de paredes fabricadas de un material no magnético y que forman un entorno cerrado. Las paredes y el suelo del contenedor están dotados de un número de medios configurados para generar dolor en un animal de laboratorio, de manera que se pueden comprobar sus reacciones. El aparato está dotado asimismo de medios para detectar la presencia del animal de laboratorio en el interior de las cámaras formadas en el contenedor. Asimismo, están proporcionados medios de telemetría inalámbrica para obtener información diagnóstica con referencia al animal de laboratorio. Posiblemente se pueden utilizar medios inalámbricos para transmitir o suministrar de otra forma señales a dispositivos, por ejemplo, eléctricos, químicos o farmacológicos implantados en el animal de laboratorio.

20 Existen actualmente, asimismo, protocolos experimentales ya conocidos, por ejemplo en el tratamiento de la epilepsia, basados en la implantación de sistemas para la adquisición y monitorizado de señales bioeléctricas cerebrales en seres humanos.

25 La carga de estos dispositivos bioelectrónicos puede ser realizada utilizando cables adecuados o de un modo inalámbrico mediante inducción electromagnética. Este último modo es preferente debido a que la utilización de cables es una fuente de infecciones tanto en animales de laboratorio como en pacientes, que no pueden ser eliminadas sino extrayendo el dispositivo implantado, de lo que resulta la interrupción de las actividades experimentales o de las terapias. La eliminación de los cables de suministro que son cuerpos externos que tienen un tamaño no despreciable, evita asimismo que los animales de laboratorio y los pacientes experimenten problemas de comportamiento durante la actividad experimental o la terapia.

30 Para realizar la carga inalámbrica es necesario acoplar magnéticamente un devanado de un dispositivo de suministro de energía tal como un acoplador inductivo con el correspondiente devanado de un circuito de suministro de energía asociado con el dispositivo bioelectrónico implantado. Para este objetivo, los dos devanados deben estar alineados, lo que requiere mantener el animal de laboratorio o el paciente quieto durante todo el tiempo de la actividad experimental y/o de la carga completa de la batería recargable del dispositivo bioelectrónico implantado. Esta situación se puede controlar fácilmente en el caso de un ser humano gracias a la cooperación del paciente, pero en el caso de un animal de laboratorio es necesario recurrir a medios de retención o incluso a anestesia, con serios problemas éticos y de organización.

35 En el caso concreto de animales de laboratorio, se han desarrollado jaulas de confinamiento que están provistas de una serie de devanados dispuestos bajo el suelo sobre el que se puede desplazar un animal de laboratorio. Los devanados pueden generar una serie de campos magnéticos que son paralelos entre sí y están dirigidos a lo largo de un eje vertical, de modo que el animal de laboratorio alojado en la jaula se puede mover libremente entre los campos magnéticos paralelos y el circuito de suministro de energía del dispositivo bioelectrónico implantado está siempre sustancialmente acoplado por lo menos con uno de ellos, de modo que se le puede suministrar energía independientemente de la posición del animal de laboratorio en el interior de la jaula.

40 Existen asimismo sistemas conocidos de suministro de energía asociados con jaulas para animales de laboratorio en los que la jaula está totalmente introducida en un devanado capaz de generar un campo magnético, por ejemplo, paralelo a su eje.

45 Estas soluciones son muy efectivas en el caso de animales de laboratorio de cuatro patas, tales como ratones, en los que los dispositivos bioelectrónicos pueden ser implantados en una posición sustancialmente paralela al suelo, por ejemplo en el abdomen, pero que resultan totalmente inadecuados en el caso del suministro de energía a dispositivos bioelectrónicos implantados en animales de laboratorio tales como simios, que tienen una movilidad mucho mayor y se mueven continuamente con una gran agilidad por todo el espacio disponible, por ejemplo, trepando por las rejillas que forman las paredes y el techo de una jaula.

50 Un problema similar pero mucho más serio se presenta con los pacientes con dispositivos bioelectrónicos implantados alimentados a distancia, tales como el dispositivo que se da a conocer en la publicación de la patente WO 2012/143850 A1 a nombre del solicitante. De hecho, un paciente no puede estar confinado en una jaula y debe estar acomodado en una cama o en una silla durante el tiempo necesario para la recarga de las baterías del

dispositivo implantado, recarga que en general se realiza por medio de dispositivos de suministro de energía que comprenden devanados situados directamente en contacto con el cuerpo del paciente en la zona donde está implantado el dispositivo bioelectrónico. Esta situación es mal tolerada por los pacientes porque requiere que permanezcan sustancialmente quietos durante un tiempo relativamente largo.

La patente US 5258766 da a conocer un aparato adecuado para cargar un circuito bioelectrónico que puede ser alimentado a distancia implantado en un paciente o en un animal de laboratorio, en el que el aparato está configurado de tal modo que define un entorno cerrado que comprende por lo menos un primer devanado cuyo eje está dispuesto en una primera dirección y por lo menos un segundo devanado cuyo eje está dispuesto en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección. Los devanados están configurados de tal modo que radian un campo electromagnético cuando son alimentados con corriente alterna, hacia el interior del entorno cerrado a lo largo de las dos direcciones perpendiculares entre sí. El aparato comprende además un sistema para suministrar energía a y excitar los devanados del contenedor, comprendiendo el sistema un dispositivo de excitación de potencia de conmutación para cada devanado y un conjunto de circuitos lógicos diferenciados configurados para realizar una comparación de fases. Están proporcionadas señales de excitación a los devanados para generar en el interior del contenedor un campo magnético rotativo.

Por consiguiente, sería deseable un aparato de carga adecuado para cargar las baterías de un dispositivo bioelectrónico de un modo inalámbrico sin limitar los movimientos de un paciente o de un animal de laboratorio en el que está instalado el dispositivo bioelectrónico, que es un objetivo de la presente invención. Dicho objetivo se alcanza con un aparato y un procedimiento de carga tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Una idea de la solución subyacente a la presente invención es utilizar la tecnología de suministro de energía inalámbrica en un modo de resonancia que, en general, se utiliza en dispositivos que requieren grandes cantidades de energía, tales como, por ejemplo, máquinas eléctricas, robots, aspiradoras u ordenadores portátiles. Según el modo de suministro de energía inalámbrico, se utiliza un primer devanado conectado a una fuente de alimentación como unidad de transmisión, y un segundo devanado conectado al dispositivo al que se le debe suministrar la energía como unidad de recepción, en el que ambos devanados están configurados para tener la misma frecuencia de resonancia. Por medio de la utilización de este principio, el aparato según la invención comprende un contenedor componible que, a su vez, comprende uno o varios compartimentos, cada uno de los cuales está asociado con, por lo menos, un primer devanado cuyo eje está dispuesto en una primera dirección y, por lo menos, un segundo devanado cuyo eje está dispuesto en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección. El contenedor componible incluye asimismo un sistema para suministrar energía a y excitar los devanados, configurado para crear en el interior del mismo un campo magnético rotativo en un plano definido por los ejes de los devanados.

Gracias a estas características es posible mantener el circuito de suministro de energía de un dispositivo bioelectrónico implantado acoplado magnéticamente al campo eléctrico rotativo en el contenedor sin obligar al paciente o al animal de laboratorio a la inmovilidad.

El contenedor componible puede estar configurado o bien como una jaula para animales de laboratorio o bien como un entorno adecuado para acomodar un ser humano que puede estar integrado, por ejemplo, en la habitación de un hospital o en la habitación de una casa.

Según una realización de la invención, el contenedor componible puede comprender para cada compartimento por lo menos un tercer devanado cuyo eje está dispuesto en una tercera dirección perpendicular a la primera y la segunda direcciones. Esta configuración permite excitar los tres devanados de tal manera que se obtenga una rotación del campo magnético, ya no en un plano sino en el espacio, es decir, con respecto a todos los planos definidos por los ejes de los tres devanados.

Según una realización preferente de la invención, un primer par de devanados idénticos dispuestos coaxialmente entre sí y separados uno de otro en la primera dirección, están asociados a cada compartimento del contenedor componible y alimentados de modo que generan campos magnéticos a lo largo de la misma dirección, así como un segundo par de devanados idénticos dispuestos coaxialmente entre sí y separados uno de otro en la segunda dirección, alimentados de modo que generan campos magnéticos a lo largo de la misma dirección. Los devanados de cada par están, por ejemplo, dimensionados y dispuestos como devanados de Helmholtz, que permiten generar un campo magnético entre ellos que es sustancialmente uniforme en la dirección de sus ejes. En el caso de jaulas para animales de laboratorio cuyo tamaño cumple con los estándares presentes de campo, los devanados están dimensionados y dispuestos de tal modo que están lo más próximos posible a esta situación ideal.

Esta configuración es particularmente útil en grandes entornos y por consiguiente es preferente para la aplicación de la invención en jaulas para animales de laboratorio, que se caracterizan por su gran movilidad, por ejemplo primates, y en entornos adecuados para acomodar seres humanos tales como las habitaciones de un hospital o de una casa. De hecho, un único devanado para cada dirección puede conducir a un campo magnético débil en el extremo opuesto del contenedor en dicha dirección, lo que es inadecuado para un dispositivo bioelectrónico implantado en un ser humano o en un animal de laboratorio confinado en el contenedor. La utilización de pares de devanados dispuestos preferentemente en las caras opuestas del contenedor componible, permite por el contrario, mantener

sustancialmente el mismo valor del campo magnético de un lado al otro y/o desde el suelo hasta el techo del contenedor, permitiendo de este modo el suministro de energía al dispositivo bioelectrónico en cualquier lugar en el interior del contenedor, incluso cuando el paciente o el animal de laboratorio se está moviendo.

El contenedor componible según la invención puede comprender de manera ventajosa para cada compartimento un tercer par de devanados que, de manera similar a los del primer y del segundo par, son idénticos entre sí y están dispuestos coaxialmente, separados entre sí en la tercera dirección del contenedor, perpendicular a la primera y la segunda dirección y alimentados de modo que generen campos magnéticos en la misma dirección. Esta configuración permite excitar los tres pares de devanados de manera que se obtenga una rotación del campo magnético en el espacio, es decir, en relación con todos los planos definidos por los ejes de los tres devanados.

Los devanados de cada par están dispuestos preferentemente al exterior del contenedor componible en sus caras opuestas, o integrados en el interior de los paneles que forman su estructura. Esto permite de manera ventajosa maximizar el espacio interior disponible y evitar el contacto accidental de un paciente o de un animal de laboratorio con los devanados por los que circula corriente.

Según un aspecto adicional de la invención, se puede montar de manera ventajosa por lo menos un sensor adecuado para detectar la presencia de un paciente o de un animal de laboratorio en cada compartimento del contenedor, haciendo posible de este modo activar solamente los devanados asociados con el compartimento que está ocupado y de este modo optimizar su funcionamiento y el consumo de energía evitando alimentar los devanados de los compartimentos vacíos.

Las reivindicaciones tal como están presentadas forman parte de esta descripción y se incorporan en la misma mediante referencia expresa.

Otras ventajas y características de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada y no limitativa de realizaciones de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1a es una vista en perspectiva que muestra un contenedor componible según una primera realización de la presente invención instalado en una habitación adecuada para acomodar un ser humano;

- la figura 1b es una vista en perspectiva que muestra un contenedor componible configurado como una jaula para animales de laboratorio según una realización alternativa de la presente invención;

- la figura 2 muestra un diagrama de bloques de un sistema para suministrar energía a y excitar los devanados asociados con el contenedor componible de la figura 1b.

El aparato de carga según la presente invención incluye un contenedor componible indicado con el número de referencia -10- que está dotado de, por lo menos, dos devanados -20-, -30- dispuestos con ejes perpendiculares entre sí y, de un sistema para suministrar energía a y excitar los devanados que será descrito en detalle a continuación.

Tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1a, el contenedor componible puede estar configurado como un entorno para vivir y estar instalado en una habitación -R-, tal como la habitación de un hospital o de una casa, para cargar un circuito bioelectrónico inalámbrico recargable implantado en un ser humano -M-, o estar configurado como una jaula para animales de laboratorio, mostrada esquemáticamente en la figura 1b, para cargar un circuito bioelectrónico inalámbrico recargable implantado en un animal de laboratorio.

En ambos casos, el contenedor componible comprende una serie de paredes componibles que forman un entorno cerrado. Las únicas diferencias entre la habitación de la figura 1a y la jaula de la figura 1b se refieren a su tamaño y posiblemente a su forma. Además, en caso de su instalación en una habitación, en particular en una casa, el contenedor componible -10- puede estar adecuadamente dotado de elementos estéticos, por ejemplo paneles, configurados para permitir una integración completa del mismo en la habitación, de forma que no sea visible para el paciente.

Con el objeto de comprender el funcionamiento del aparato de la invención es sustancialmente indiferente si el contenedor componible -10- está integrado en una habitación -R- en vez de ser utilizado como una jaula para animales de laboratorio. Por este motivo, la invención se ilustrará haciendo referencia exclusivamente al caso de una jaula para recargar circuitos bioelectrónicos implantados en animales de laboratorio, siendo evidente que lo que se dice para la jaula es válido asimismo, *mutatis mutandis*, también cuando el contenedor componible está instalado en una habitación para pacientes.

Haciendo referencia a la figura 1b, el contenedor componible o jaula -10- según la invención comprende una serie de paneles modulares fabricados de un material no magnético. La jaula -10- está dotada de, por lo menos, una puerta -11- y define, por lo menos, un compartimento interior -12- adecuado para acomodar un animal de laboratorio.

Debido a motivos higiénicos y de coste el material no magnético es preferentemente un material plástico, por ejemplo PA6.

5 En la realización ilustrada, la jaula -10- comprende en particular dos compartimentos intercomunicados -12-, -13- que están dispuestos uno encima del otro en una primera dirección -Z- que va desde la base hasta el techo de la jaula -10-.

10 La jaula -10- según la invención está configurada de modo que permite el suministro de energía inalámbrico en modo de resonancia a un dispositivo bioelectrónico genérico implantado en un animal de laboratorio alojado en la misma, dotado posiblemente de una batería recargable, tal como un dispositivo implantable, para la adquisición y monitorizado de señales bioeléctricas del cerebro, así como para la estimulación intracraneal.

15 Con este objeto, la jaula -10- comprende en cada compartimento por lo menos un primer devanado -20- cuyo eje está, por ejemplo, dispuesto en la primera dirección -Z- y por lo menos un segundo devanado -30- cuyo eje está dispuesto en una segunda dirección -Y- de la jaula, perpendicular a la primera dirección -Z-, por ejemplo, una dirección transversal -Y-.

20 Los devanados -20-, -30- están dispuestos de tal modo que no son accesibles al animal de laboratorio confinado en la jaula -10- y con este objetivo pueden estar montados en el exterior de la misma o en las cavidades respectivas formadas en las paredes. Los terminales eléctricos de los devanados -20-, -30- están dispuestos de manera similar de manera que sean accesibles desde el exterior del contenedor -10- cuando está montado, de modo que puedan ser conectados fácilmente evitando que el animal de laboratorio pueda interferirse.

25 La jaula -10- comprende asimismo un sistema para suministrar energía a y activar los devanados -20-, -30-, configurado para generar campos magnéticos en la primera y en la segunda direcciones -Z-, -Y- y proporcionar señales de control adecuadas para crear en el interior de la jaula -10- un campo magnético rotativo en un plano definido por los ejes de los devanados.

30 Según una realización preferente de la invención, el contenedor componible -10- comprende un primer par de devanados idénticos dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro y separados entre sí en la primera dirección -Z-. El contenedor comprende asimismo un segundo par de devanados idénticos dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro y separados entre sí en la segunda dirección -Y-. Los devanados de cada par están alimentados de modo que generan campos magnéticos a lo largo de la misma dirección.

35 En la realización del aparato de carga mostrado en las figuras 1b y 2, la jaula -10- comprende, para cada compartimento -12-, -13-, un par de primeros devanados idénticos dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro en la primera dirección -Z- de la jaula -10- y separados entre sí en dicha dirección. La jaula -10- comprende asimismo para cada compartimento un par de segundos devanados idénticos dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro en la segunda dirección -Y- de la jaula -10- y separados entre sí en esta dirección.

40 Los devanados de cada par están configurados y dispuestos de modo que constituyen bobinas de Helmholtz capaces de generar un campo magnético sustancialmente uniforme en la dirección de sus ejes, que es directamente proporcional al número de vueltas y a la corriente que circula a través de los mismos.

45 Los devanados asociados con cada compartimento -12-, -13- de la jaula -10- están indicados respectivamente mediante los números de referencia -20-, -21-, -22- en la primera dirección -Z- y mediante los números de referencia -30-, -31- y -32-, -33- en la segunda dirección -Y-. En la vista en perspectiva de la figura 1b solamente son visibles los devanados -20-, -31- y -33-.

50 Se comprenderá que la disposición de los dos compartimentos -12-, -13- uno encima del otro en la primera dirección -Z- permite utilizar solamente tres en vez de cuatro devanados para generar el campo magnético en esta dirección debido a que el devanado intermedio -21- puede formar un par o bien con el devanado -20- o bien con el devanado -22-.

55 Los devanados -20-, -21-, -22- y -30-, -31-, -32-, -33- están asociados con circuitos resonantes que están configurados para tener una frecuencia de resonancia igual a la del devanado del circuito resonante que suministra energía al dispositivo bioelectrónico implantado en el animal de laboratorio, permitiendo de este modo su funcionamiento así como la carga de su batería recargable, si dispone de la misma.

60 El sistema de suministro de energía y de excitación, indicado en general con el número de referencia -40- comprende, por lo menos, una fuente de alimentación de corriente alterna/corriente continua conectada en paralelo a los devanados y que tiene unas tensiones de salida ajustables.

65 En la realización mostrada en la figura 2, el sistema -40- de suministro de energía y de excitación comprende en particular una primera fuente de alimentación -41- acoplada a los primeros devanados -20-, -21-, -22- que tienen los ejes orientados en la primera dirección -Z-, y una segunda fuente de alimentación -42- acoplada a los segundos

devanados -30-, -31-, -32-, -33- que tienen los ejes orientados en la segunda dirección -Y-.

El sistema -40- de suministro de energía y de excitación comprende asimismo un microprocesador -50- dotado de un software de gestión adecuado y de un control de realimentación de los devanados.

El sistema -40- de suministro de energía y de excitación comprende un "dispositivo de excitación de potencia de conmutación" para cada devanado que está alimentado por la respectiva corriente continua/corriente alterna. En la realización mostrada en la figura 2, los dispositivos de excitación de potencia de conmutación están indicados respectivamente por medio de los números de referencia -61- al -67- y están configurados para generar señales de excitación a una frecuencia predeterminada.

Las señales de excitación son preferentemente señales de tensión, tales como, por ejemplo, señales de onda cuadrada y tienen valores de frecuencia correspondientes a la frecuencia de resonancia del circuito resonante. Estas señales de excitación tienen preferentemente valores de tensión menores o iguales a 60 V.

Como es bien conocido para los expertos en la técnica, para determinar la frecuencia de resonancia de un circuito resonante se debe tener en cuenta la capacitancia parásita en paralelo de los devanados, estando caracterizados los devanados por sus denominadas "frecuencias de autoresonancia", es decir, frecuencias determinadas por la inductancia de cada devanado y la respectiva capacitancia parásita en paralelo, por encima de la que los devanados se comportan como una capacitancia y no como una inductancia. Para estar razonablemente seguros de que los devanados se comportan como inductancias a la frecuencia deseada y que las capacitancias parásitas no tienen un efecto sustancial, los devanados están dimensionados preferentemente de modo que tengan frecuencias de autoresonancia por lo menos diez veces más elevadas que la frecuencia de resonancia deseada para el circuito resonante. En los extremos de cada devanado están conectados dos condensadores dispuestos en serie, que forman con el devanado un circuito resonante en serie, equilibrado, adecuado para maximizar el factor mérito a la frecuencia de excitación. En la realización ilustrada los condensadores están indicados respectivamente mediante los números de referencia -611-, -612-, -621-, -622-, -631-, -632-, -641-, -642-, -651-, -652-, -661-, -662-, -671-, -672-, de modo tal que la jaula -10- comprende siete circuitos resonantes que funcionan en paralelo.

Para cada circuito resonante, los valores de la capacitancia de los condensadores y la inductancia del devanado respectivo están dimensionados de tal modo que se obtenga una frecuencia de resonancia igual a la de la señal de excitación generada por el dispositivo de excitación de potencia conectado al mismo.

Un circuito de bucle enganchado en fase, o PLL, está conectado a cada dispositivo de excitación de potencia. Los circuitos PLL están todos ellos conectados a un circuito lógico programable -80- configurado para comparar fases de la señal, estando conectado el circuito lógico programable al microprocesador -50-. En la realización mostrada, los circuitos PLL están indicados con los números de referencia -71- al -77-.

Durante el funcionamiento del sistema -40- de suministro de energía y de excitación, cada dispositivo de excitación de potencia -61-, ..., -67- genera una señal de excitación que hace que circule una corriente a través del circuito resonante conectado al mismo. El suministro de energía se gestiona para generar campos magnéticos que tengan la misma dirección en los devanados de cada par de devanados.

Las señales de control de los dispositivos de excitación de potencia -61-, ..., -67- están sincronizadas entre sí en base a una señal de referencia que, preferentemente, es una señal piloto generada por uno de los dispositivos de excitación de potencia conectados a los circuitos resonantes de la jaula -10-, por ejemplo, el circuito resonante del devanado -21-. Empezando desde la fase de esta señal piloto, todos los demás circuitos resonantes presentes en la jaula -10- están sincronizados en la misma dirección a través del correspondiente circuito PLL -71-, ..., -77-.

Los circuitos PLL -71-, ..., -77- permiten detectar en particular valores de desviación de fase entre las corrientes que circulan realmente en los devanados y su frecuencia, y ajustar las señales de control del dispositivo de excitación de potencia a través del circuito lógico programable -80- para la comparación de fases, conectado al microprocesador -50- para compensar las diferencias entre los valores reales de las desviaciones de fase de la corriente mutuos comparados con los valores nominales correspondientes. La frecuencia de las corrientes está sintonizada a una frecuencia deseada, en particular a la frecuencia que permita transferir la máxima potencia posible a los devanados que puede ser determinada por ejemplo con un algoritmo del tipo "seguimiento del punto de máxima potencia" bien conocido por los expertos en la técnica.

Las diferencias entre los valores reales de las desviaciones de fase están, de hecho, sometidas a fluctuaciones debidas principalmente al movimiento del animal de laboratorio o del paciente en el interior del contenedor -10-, así como por la presencia de otras personas en el contenedor -10- junto con el paciente, y asimismo a variaciones en la temperatura de funcionamiento del aparato -1-, a tolerancias de fabricación de los componentes electrónicos, a perturbaciones electromagnéticas, por ejemplo externas, y similares, que pueden alterar la frecuencia de resonancia. La sintonización de la frecuencia de resonancia es por lo tanto importante para conseguir la máxima transferencia posible de potencia y para optimizar el funcionamiento del aparato.

La señal de referencia es distribuida desde el circuito lógico programable -80- que está adaptado para realizar una comparación de fases entre las señales de control a través de un bus de datos.

Una vez realizada la sincronización de los devanados de los circuitos resonantes en la primera dirección -Z-, el circuito -80- en lógica programable genera una segunda señal de sincronización que está retrasada con desviación de fase, por ejemplo de 90°, con respecto a la señal de referencia del sincronismo. Los devanados que tienen los ejes dispuestos en la dirección perpendicular, por ejemplo en la segunda dirección -Y-, son excitados por esta señal de excitación con desviación de fase.

Por consiguiente, los devanados dispuestos con los ejes en la segunda dirección -Y- están sincronizados entre sí, pero están excitados por una señal con desviación de fase con respecto a los devanados dispuestos en la primera dirección -Z-.

Se comprenderá que gracias a este modo de excitación basado en señales con desviación de fase, y gracias a la disposición espacial de los devanados en planos perpendiculares entre sí, el campo magnético presente en el interior de la jaula es un vector que gira en el plano -YZ-. Esto permite que el devanado del circuito resonante del dispositivo bioelectrónico implantado en el animal de laboratorio esté acoplado con el campo magnético presente en la jaula, independientemente de su posición con respecto al plano -YZ-, permitiendo de este modo el funcionamiento del dispositivo bioelectrónico y/o la recarga de su batería independientemente de la posición del animal de laboratorio en el interior de la jaula -10-. En otras palabras, el animal de laboratorio alojado en la jaula -10- es libre de moverse durante el funcionamiento del dispositivo bioelectrónico y/o durante la carga de su batería en cualquier zona de la jaula -10- y asimismo de un suelo a otro del mismo, favoreciendo la ejecución de actividades científicas y experimentales.

El acoplamiento magnético es máximo cuando el devanado del circuito resonante del dispositivo bioelectrónico implantado en el animal de laboratorio está situado en un plano perpendicular al plano -YZ-, permitiendo de este modo maximizar la transferencia de energía. De lo contrario, existiría un acoplamiento más deficiente con una transferencia de energía menor o ningún acoplamiento magnético ni transferencia de energía en absoluto cuando el circuito resonante que suministra energía al dispositivo bioelectrónico implantado es paralelo al plano -YZ-.

Se comprenderá que este modo de excitación no está limitado a la realización preferente de la invención que comprende un par de devanados coaxiales paralelos en la primera y la segunda direcciones -Y-, -Z- respectivamente para cada compartimento de la jaula -10-, sino que es aplicable asimismo cuando el contenedor componible comprende solamente un primer y un segundo devanado con ejes perpendiculares entre sí, siendo la única diferencia que la presencia de un único devanado en cualquier dirección no da como resultado la generación de campos magnéticos que tengan el mismo sentido a lo largo de la primera y segunda direcciones.

Según una realización adicional de la presente invención, para obtener la rotación del vector del campo magnético en el espacio en vez de en un plano, es posible asociar a cada compartimento del contenedor -10- por lo menos un tercer devanado dispuesto en una tercera dirección de la jaula -10-, por ejemplo una dirección longitudinal -X- perpendicular a las direcciones transversal y vertical -Y- y -Z-, por ejemplo un tercer par de devanados (no mostrados) idénticos uno al otro y dispuestos coaxialmente y separados entre sí en la tercera dirección -X- de la jaula -10-.

Debido a la configuración con tres devanados o pares de devanados, dispuestos en planos perpendiculares entre sí, el vector del campo magnético tiene una orientación espacial. Desviando de forma adecuada las señales de excitación de los tres devanados, o pares de devanados, por ejemplo de 90°, se obtiene una rotación del vector del campo magnético en el espacio que permite el suministro de energía del dispositivo bioelectrónico implantado independientemente de la posición del animal de laboratorio no solo con respecto al plano -YZ- sino también con respecto a los planos -XY- y -XZ-.

Cada circuito resonante del sistema -40- de suministro de energía y de excitación comprende además un par de sensores de corriente con un transformador, dispuestos a lo largo de los cables que conectan el dispositivo de excitación de potencia a los condensadores dispuestos en los extremos del devanado y adaptados para medir la corriente suministrada a los condensadores y a los devanados. En la realización mostrada en la figura 2, los sensores de corriente con transformador están indicados respectivamente por medio de los números de referencia -613-, -614-, -623-, -624-, -633-, -634-, -643-, -644-, -653-, -654-, -663-, -664-, -673-, -674-. Los valores de la corriente medidos por los sensores de corriente son enviados a un bloque -90- del sistema -40- de suministro de energía y de excitación que está conectado al microprocesador -50-. El bloque -90- calcula la diferencia entre los valores de la corriente para comprobar cualquier fuga de corriente a tierra. En el caso de fugas debidas, por ejemplo, a un aislamiento deficiente o a un contacto accidental con un operador, el microprocesador -50- interrumpe el funcionamiento del dispositivo de excitación de potencia asociado a la fuga.

Desde el punto de vista de la fabricación, los condensadores asociados a cada devanado están preferentemente acomodados en un contenedor alojado en un armazón que aloja el devanado. En el mismo contenedor, además de los condensadores están asimismo un sensor de apertura, por ejemplo, un microinterruptor y un sistema de

identificación del devanado, por ejemplo una resistencia, que informan de su estado y valor al microprocesador del sistema -40- de suministro de energía y de excitación a través de un bus de datos. El sensor de apertura interrumpe el funcionamiento del dispositivo de excitación de potencia del devanado respectivo si se abre involuntariamente el contenedor de los condensadores. El sistema de identificación del devanado se utiliza para determinar si durante la instalación eléctrica la asociación entre el dispositivo de excitación de potencia y el devanado respectivo ha sido realizada correctamente.

Según otro aspecto de la invención el sistema -40- de suministro de energía y de excitación comprende además por lo menos un sensor adecuado para detectar la presencia de un ser humano o de un animal de laboratorio en el interior del contenedor -10-. Con referencia a la realización mostrada en la figura 1b, por ejemplo, el contenedor comprende un sensor de detección para cada compartimento -12-, -13-, por ejemplo un sensor del tipo de infrarrojos. En consecuencia, en el diagrama de bloques de la figura 2, se muestran esquemáticamente dos sensores -120-, -130- del tipo de infrarrojos que están introducidos respectivamente en cada compartimento -12-, -13-.

En una configuración de la jaula -10- y, más en general, del contenedor componible que tiene compartimentos que se intercomunican, la presencia de por lo menos un sensor de detección para cada compartimento permite generar el campo magnético solamente en el compartimento donde el animal de laboratorio está realmente presente, lo que ofrece la posibilidad de optimizar el funcionamiento de la jaula -10- desde el punto de vista del consumo de energía.

Las realizaciones de la invención descritas e ilustradas en esta memoria son solamente ejemplos susceptibles de numerosas variantes. Por ejemplo, es posible controlar a distancia el funcionamiento del contenedor -10- mediante puertos Ethernet adecuados, apropiados, proporcionados en el bloque del microprocesador -50-. Además el sistema -40- de suministro de energía y de excitación puede estar alojado en un contenedor especial conectado a los devanados y que puede estar montado en una pared de la habitación prevista para alojar el contenedor -10- o directamente sobre el contenedor, facilitando de este modo su desplazamiento y su instalación.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para cargar un circuito bioelectrónico que puede ser alimentado a distancia, implantado en un paciente o en un animal de laboratorio, comprendiendo dicho aparato:

a) un contenedor componible (10) configurado para definir un entorno cerrado adecuado para recibir un paciente o un animal de laboratorio, comprendiendo dicho contenedor (10) por lo menos un primer devanado (20, 21, 22) cuyo eje está dispuesto en una primera dirección (Z) y por lo menos un segundo devanado (30, 31, 32, 33) cuyo eje está dispuesto en una segunda dirección (Y) perpendicular a dicha primera dirección (Z), estando configurados dichos devanados de modo que radian un campo electromagnético cuando se les alimenta con corriente alterna, hacia el interior de dicho entorno cerrado a lo largo de dicha primera dirección (Z) y de dicha segunda dirección (Y);

b) un sistema (40) para suministrar energía a y excitar los devanados de un contenedor componible, comprendiendo dicho sistema (40) un dispositivo de excitación de potencia de conmutación (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67) para cada devanado (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33) y un circuito de lógica programable (80), estando configurado dicho circuito de lógica programable (80) para realizar una comparación de fases, estando a su vez conectado el circuito de lógica programable (80) a un microprocesador (50) del sistema (40) de suministro de energía y de excitación, estando configurado dicho microprocesador para proporcionar señales de excitación a los devanados (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33) para generar en el interior del contenedor (10) un campo magnético rotativo,

caracterizado porque el contenedor (10) comprende una serie de paredes componibles fabricadas de un material no magnético, formando dichas paredes dicho entorno cerrado, estando instalados dichos devanados en las paredes, o sobre las mismas, y configurados de tal manera que no son accesibles al paciente y/o al animal de laboratorio confinado en el contenedor (10) y tienen terminales eléctricos accesibles solamente desde el exterior del contenedor (10) cuando está montado,

y **porque** el sistema (40) de suministro de energía y de excitación comprende además una serie de circuitos en anillo de bloqueo de fase (71, 72, 73, 74, 75, 76, 77) conectados respectivamente a cada dispositivo de excitación de potencia de conmutación (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67) y al circuito lógico programable (80) del sistema (40) de suministro de energía y de excitación.

2. Aparato de carga, según la reivindicación 1, en el que por lo menos un condensador (611, 612, 621, 622, 631, 632, 641, 642, 651, 652, 661, 662, 671, 672) está conectado a los terminales de cada devanado (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33) formando con los mismos un circuito resonante conectado al respectivo dispositivo de excitación de potencia de conmutación (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67) y en el que los valores de la capacitancia de los condensadores (611, 612, 621, 622, 631, 632, 641, 642, 651, 652, 661, 662, 671, 672) y los de la inductancia de los devanados (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33) de cada circuito resonante están dimensionados de tal modo que el circuito resonante resuena a la frecuencia correspondiente a la frecuencia de una señal de excitación generada por el respectivo dispositivo de excitación de potencia de conmutación (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67).

3. Aparato de carga, según la reivindicación 1 ó 2, que comprende un par de primeros devanados idénticos (20, 21, 22) dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro y separados entre sí en dicha primera dirección (Z) del contenedor (10), así como un par de segundos devanados idénticos (30, 31, 32, 33) dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro y separados entre sí en dicha segunda dirección (Y) del contenedor (10), perpendicular a la primera dirección (Z), en el que los devanados de cada par están configurados y dispuestos de modo que forman bobinas de Helmholtz y dicho sistema (40) de suministro de energía y de excitación de los devanados está configurado para suministrar energía a los devanados de cada par, de tal modo que generan campos magnéticos que tienen la misma dirección y proporcionan señales de control adecuadas para generar en el interior del contenedor (10) un campo magnético rotativo en un plano identificado por las primera y segunda direcciones (Z, Y).

4. Aparato de carga, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además, por lo menos un tercer devanado cuyo eje está dispuesto en una tercera dirección (X) del contenedor (10), perpendicular a las primera y segunda direcciones (Z, Y).

5. Aparato de carga, según la reivindicación 4, que comprende un par de terceros devanados idénticos dispuestos coaxialmente uno con respecto al otro y separados entre sí en dicha tercera dirección (X), y en el que los devanados de cada par están configurados y dispuestos de modo que forman bobinas de Helmholtz y dicho sistema (40) de suministro de energía y de excitación de los devanados está configurado para suministrar energía a los devanados de cada par de tal modo que generan campos magnéticos que tienen la misma dirección y proporcionan señales de control adecuadas para generar en el interior del contenedor (10) un campo magnético rotativo en el espacio.

6. Aparato de carga, según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que cada circuito resonante del sistema (40) de suministro de energía y de excitación comprende además un par de sensores de corriente con transformador (613, 614, 623, 624, 633, 634, 643, 644, 653, 654, 663, 664, 673, 674) dispuestos a lo largo de los cables que conectan el respectivo dispositivo de excitación de potencia de conmutación (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67)

con los condensadores (611, 612, 621, 622, 631, 632, 641, 642, 651, 652, 661, 662, 671, 672) dispuestos en los extremos del devanado y adaptados para medir la corriente suministrada a los condensadores y a los devanados, comprendiendo asimismo el sistema (40) de suministro de energía y de excitación un bloque (90) conectado al microprocesador (50) y configurado para calcular diferencias entre los valores de la corriente para comprobar cualquier fuga de corriente a tierra.

7. Aparato de carga, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el sistema (40) de suministro de energía y de excitación comprende además por lo menos un sensor (120, 130) adecuado para detectar la presencia de un ser humano o de un animal de laboratorio en cada compartimento (12, 13) del contenedor (10).

8. Aparato de carga, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho contenedor componible (10) está configurado como un entorno para vivir.

9. Aparato de carga, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho contenedor componible (10) está configurado como una jaula para animales de laboratorio.

10. Procedimiento para la carga inalámbrica en modo de resonancia de un dispositivo bioelectrónico implantado en un animal de laboratorio o en un paciente, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

i) proporcionar e instalar un aparato de carga que comprende un contenedor componible (10) configurado para definir un entorno cerrado adecuado para recibir un paciente o un animal de laboratorio, comprendiendo dicho contenedor componible (10) por lo menos un primer devanado cuyo eje está dispuesto en una primera dirección y por lo menos un segundo devanado cuyo eje está dispuesto en una segunda dirección perpendicular a dicha primera dirección;

ii) confinar un animal de laboratorio o un paciente en el contenedor componible (10) de dicho aparato;

iii) generar señales de control para alimentar los devanados (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33) del contenedor (10) con las respectivas corrientes alternas que tienen amplitudes de referencia nominales y desviaciones de fase adecuados para generar un campo magnético rotativo en el interior del contenedor (10);

caracterizado porque,

dicho aparato es un aparato de carga según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,

y **porque** el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

iv) generar señales de detección de las corrientes que circulan realmente en dichos devanados (20, 21, 22, 30, 31, 32, 33);

v) evaluar mediante dichas señales de detección los valores reales del desviación de fase entre las mismas y la frecuencia de las corrientes que circulan realmente en los devanados;

vi) ajustar las señales de excitación para compensar las diferencias entre las desviaciones de fase reales y los valores nominales correspondientes;

vii) sintonizar la frecuencia de dichas corrientes a una frecuencia deseada, de manera que se maximice la transferencia de potencia a los devanados.

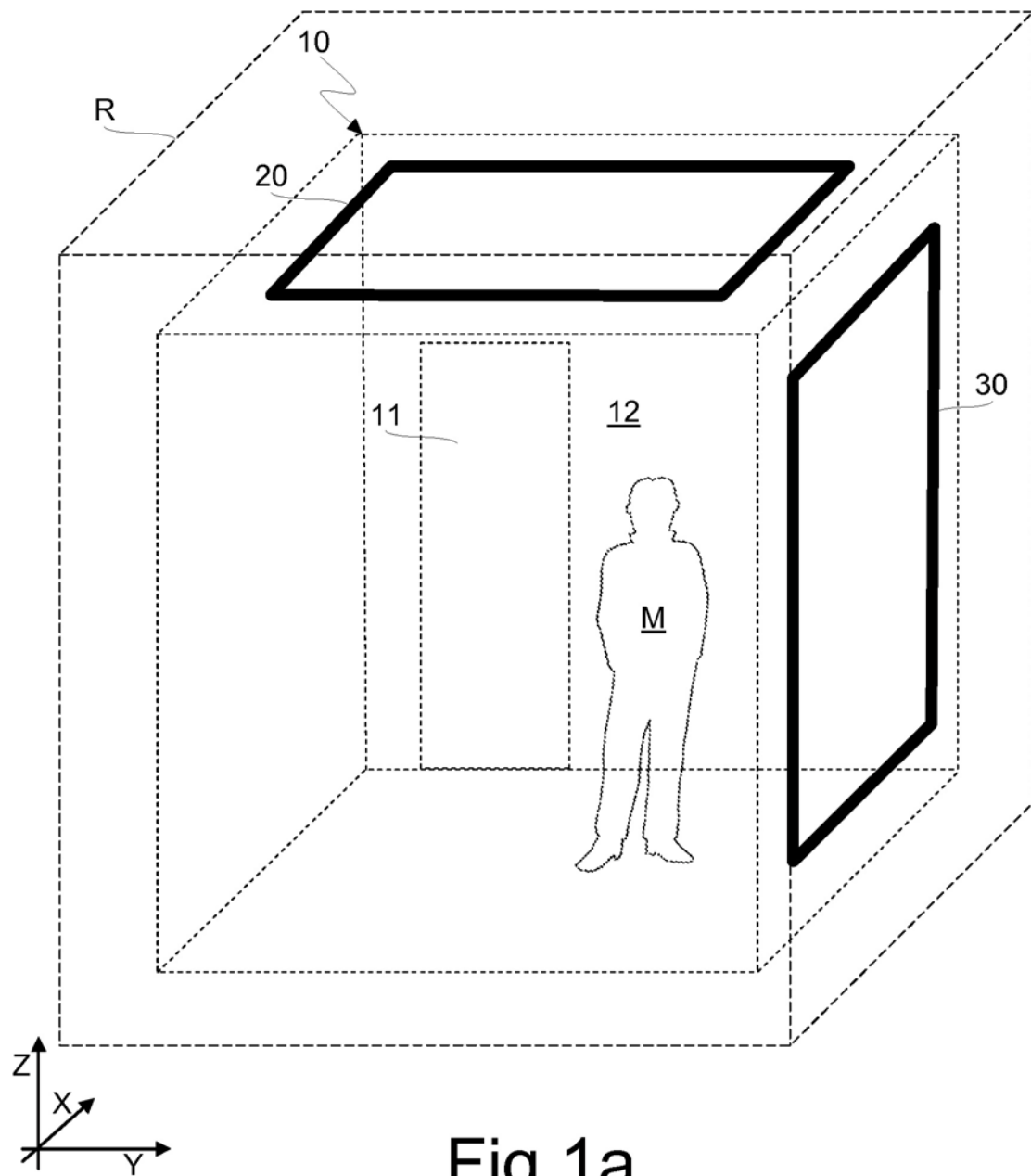


Fig.1a

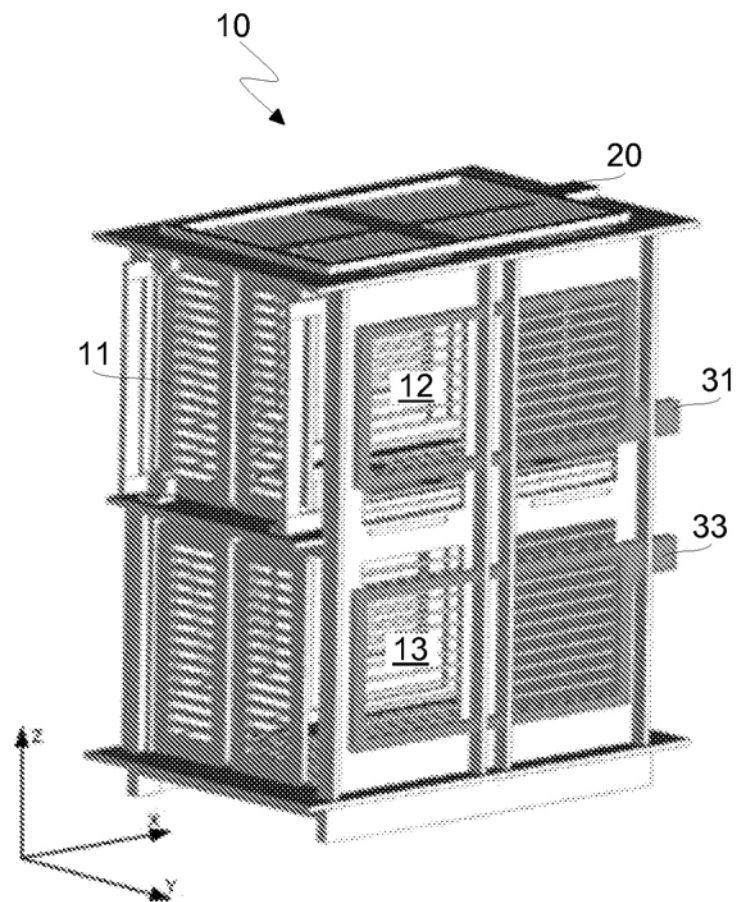


Fig.1b

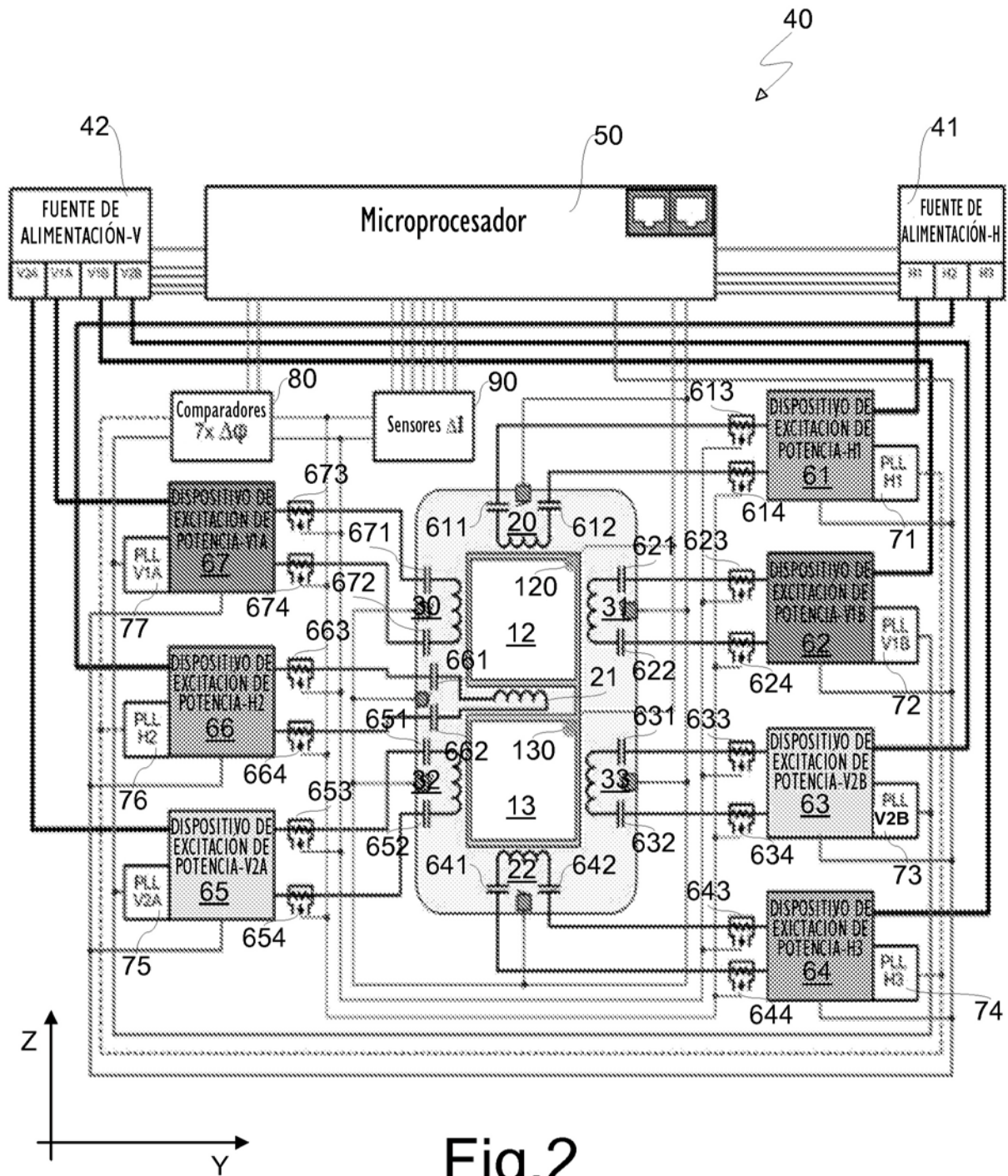


Fig.2