(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 925 705**

(51) Int. CI.:

H02J 50/12 (2006.01)
H01F 27/36 (2006.01)
H01F 38/14 (2006.01)
H01F 27/02 (2006.01)
H01F 27/40 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2019 E 19189342 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2022 EP 3605793**

(54) Título: **Dispositivo de acoplamiento inductivo y transformador electrónico asociado a éste**

(30) Prioridad:

01.08.2018 ES 201830800

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.10.2022

(73) Titular/es:

FUNDACIÓN CIRCE - CENTRO DE INVESTIGACION DE RECURSOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS (100.0%)
C/ Mariano Esquillor Gómez 15
50018 Zaragoza, ES

(72) Inventor/es:

SANZ OSORIO, JOSÉ FRANCISCO;
PERIÉ BUIL, JUAN MANUEL;
ACERETE HALLI, RUBÉN;
MUÑOZ-CRUZADO ALBA, JESÚS y
VILLA GAZULLA, JUAN LUIS

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Dispositivo de acoplamiento inductivo y transformador electrónico asociado a éste

OBJETO DE LA INVENCIÓN

El objeto de la invención está incluido en el campo técnico de la física, más concretamente en el campo técnico de la conversión eléctrica.

El objeto de la invención permite proporcionar un acoplamiento por aire o medio dieléctrico para convertidores de potencia multinivel en aplicaciones de ajuste de nivel de muy alta tensión corriente directa (DC) y alterna (CA).

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Hoy en día son habituales las aplicaciones que utilizan la conversión de potencia, aplicaciones en las que normalmente se utilizan transformadores convencionales con núcleo magnético o ferromagnético. Por un lado, este tipo de transformadores representa una parte muy significativa del volumen y peso total del transformador de estado sólido y, por tanto, es un factor limitante respecto a las posibilidades de escalado y transporte de este tipo de dispositivos. Por otra parte, requieren un diseño muy complejo para garantizar el aislamiento cuando se escalan a tensiones muy alta. Asimismo, el núcleo magnético debe estar aislado eléctricamente del devanado primario y del devanado secundario para evitar la aparición de arcos voltaicos y garantizar un aislamiento galvánico.

Un transformador electrónico es un tipo especial de convertidor electrónico de potencia multinivel. Este tipo de dispositivo proporciona una transferencia de potencia entre la entrada y la salida del convertidor, en la que se establecen diferentes niveles de tensión y/o frecuencia. Está formado por una sucesión de módulos independientes con interconexión en cascada a la entrada del mismo, como se puede ver en la siguiente Figura 1, y las salidas correspondientes a cada módulo pueden agruparse en serie o en paralelo en función del nivel de tensión requerido en la salida: Figura 1: Agrupación en cascada de un convertidor de potencia multinivel.

A su vez, cada celda está formada independientemente por tres etapas: La primera etapa "Entrada/HF" es un convertidor electrónico de potencia que adapta la corriente de entrada a una corriente alterna de alta frecuencia. El segundo módulo "HF/HF" es un acoplamiento de alta frecuencia que proporciona aislamiento galvánico y adapta el nivel de tensión de entrada al nivel de salida deseado mediante una relación de transformación. Por último, el módulo " HF/Salida " adapta la corriente de salida de alta frecuencia del segundo módulo a los niveles de tensión y frecuencia requeridos a la salida del convertidor. Dentro de cada celda hay varios subsistemas para dotar al sistema de una funcionalidad completa, representados en la parte derecha de la Figura 8. Además de la conversión de potencia de alta frecuencia y la etapa de acoplamiento inductivo, cada subcelda, primaria y secundaria, tiene los siguientes subsistemas: Un sistema de refrigeración, un controlador local y un sistema de alimentación auxiliar para la electrónica y otros subsistemas. Además, los controladores locales reciben las consignas de control adecuadas de un servidor externo a la celda. Los acoplamientos entre los módulos se realizan normalmente mediante un transformador de alta frecuencia con un núcleo magnético cerrado.

Además, se conocen aplicaciones de carga inductiva para coches eléctricos, por ejemplo, en las que se utiliza la transmisión de energía inductiva a través del aire; es decir, se utiliza esta tecnología para la transferencia de energía, sin tener en cuenta el ajuste de la tensión, con el fin de proporcionar un enlace de energía inalámbrico. Las topologías utilizadas en los sistemas de carga inalámbrica son diferentes de las propuestas en las aplicaciones de transformadores de estado sólido, debido principalmente a que estas últimas requieren tensiones mucho más altas.

El documento US 4.940.921 A divulga un transformador que comprende un devanado primario y un devanado secundario dividido montado en un núcleo de ferrita E. Una lámina dieléctrica sobredimensionada está dispuesta para separar las ventanas del primario y del secundario.

El documento GB 2 346 509 A divulga un conjunto en el que los conjuntos de toroide receptor y transmisor están moldeados en secciones separadas en un collarín de perforación, pero separados entre sí por un material dieléctrico.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la invención permite proporcionar una etapa de ajuste de tensión en aplicaciones de transformadores electrónicos.

El objeto de la invención permite proporcionar un acoplamiento por aire o medio dieléctrico para convertidores de potencia multinivel en aplicaciones de ajuste de nivel de muy alta tensión DC/DC, DC/AC y AC/AC (transformadores de estado sólido).

El objeto de la invención se basa en la inclusión de un aislamiento eléctrico en el circuito magnético del transformador, en lugar de entre los conductores eléctricos y el núcleo monolítico o cerrado, como ocurre convencionalmente.

En el objeto de la invención, cada celda individual se vincula con el correspondiente sistema de aislamiento; para ello, se puede utilizar una carcasa formada por dos mitades, que rodean conjuntamente a los conductores del acoplamiento, de un material de alta permeabilidad magnética (ferrita o similar), contenidos en una caja de un material de alta conductividad eléctrica (aluminio, cobre o similar). Tanto la bobina del primario como la del secundario están dispuestas según una distribución plana. Además, cada bobina del devanado primario y secundario puede ser independientes, de manera que cada pila de celdas no sólo es modular, sino que cada bobina es también fácil e individualmente reemplazable. Entre el primario y el secundario se dispone al menos una capa de material dieléctrico que proporciona un aislamiento entre las dos porciones del acoplamiento o una distancia suficiente en el aire que proporciona el nivel de aislamiento requerido.

El objeto de la invención contempla una realización en la que hay un núcleo magnético dividido físicamente y separado por la capa dieléctrica. También se describe un ejemplo no contemplado en la invención en el que se elimina una gran parte del material ferromagnético, dejando un circuito magnético formado casi completamente por aire o material dieléctrico.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se realiza y con el objeto de ayudar a comprender mejor las características de la invención, dicha descripción se acompaña, como parte integrante de la misma, de un conjunto de dibujos donde, de forma ilustrativa y no limitativa, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra una vista de la topología modular en cascada.

Las figuras 2a - 2c muestran una serie de diagramas en los que se puede observar la disposición actual del devanado con un transformador de núcleo cerrado (2a), además de una posible realización del objeto de la invención que consiste en un acoplamiento de núcleo ferromagnético dividido (2b) o un ejemplo no contemplado en la invención sin material ferromagnético (2c), con una separación en ambos casos a través de un material dieléctrico.

La figura 3 muestra un esquema eléctrico de una celda WPT (Transferencia de Energía Inalámbrica) con topología SS.

Las figuras 4a-4c muestran una sección transversal del acoplamiento inductivo indicando las dimensiones más importantes. Se muestran dos variantes de la sección transversal del núcleo ferromagnético para la variante 2b y una sección transversal para la variante 2c.

Las figuras 5a-5c muestran vistas del acoplamiento inductivo de la variante 2b, donde la figura 5a muestra una vista completa del acoplamiento, la figura 5b muestra el acoplamiento con una sección transversal de un cuarto y la figura 5c con una sección longitudinal para mostrar la disposición del devanado bajo la carcasa de alta conductividad eléctrica.

Las figuras 6a-6b muestran una serie de desgloses en los que se pueden ver todas las capas de la estructura.

La figura 7 muestra un diagrama de la disposición de las celdas.

La figura 8 muestra un diagrama en el que se puede ver la distribución de los diferentes módulos.

Las figuras 9a y 9b muestran una vista en sección del objeto de la invención en posición de acoplamiento (9) y en posición de acoplamiento separado (9b).

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCIÓN

En la puesta en práctica del objeto de la invención, contrariamente al estado de la técnica conocido representado en la figura 2a en el que existe una disposición del devanado con un transformador de núcleo cerrado, y al ejemplo no contemplado por la invención representado en la figura 2c en el que el acoplamiento se realiza a través de un circuito magnético formado casi completamente por aire o un material dieléctrico, existe una realización en la que existe un acoplamiento de núcleo ferromagnético dividido mostrado en la figura 2b. En cualquiera de las posibles realizaciones del objeto de la invención se utiliza un material dieléctrico dispuesto entre las dos porciones del circuito magnético.

El objeto de la invención puede utilizar una celda WPT con topología SS para el acoplamiento inductivo. Por lo tanto, dicho acoplamiento correspondería, en esta posible realización, a un esquema como el mostrado en la Figura 3, donde se pueden ver condensadores de resonancia (C1, C2), que están presentes tanto en el lado del devanado primario (3) como en el lado del devanado secundario (6), colocados en una configuración en serie. Dicha Figura 3 muestra las

bobinas del devanado primario (3) y las bobinas del devanado secundario (6), convencionalmente enfrentadas para una correcta canalización del flujo magnético. Por último, se indica la disposición del núcleo magnético (10) formado por ferritas en la parte interior del devanado primario (3) y del devanado secundario (6) para la mejor canalización del flujo magnético.

El objeto de la invención puede tener una estructura como la mostrada en las figuras 4a-4c, donde se muestra un corte transversal de una de las mitades simétricas de la estructura, así como las principales medidas a considerar, donde los valores a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, N1, S1, N2 y S2 se ajustan en función de las necesidades del sistema, representando las letras minúsculas las distancias y las mayúsculas el número de espirales y el tamaño de la sección transversal de las mismas. De acuerdo con dicho esquema, se sostiene que el devanado primario (3) comprende primeras vueltas (N1) que tienen cada una, una primera sección (S1), mientras que el devanado secundario (6) comprende segundas vueltas (N2) que tienen cada una, una segunda sección (S2).

El dispositivo de la invención debe estar dispuesto en una carcasa a modo de envolvente metálica, preferentemente de aluminio con forma cilíndrica, de radio s, altura p y espesor g, dividida físicamente en dos mitades por al menos una capa de material dieléctrico (4, 5) de espesores l y m como se muestra en la figura 4, en la que tiene una primera capa de material dieléctrico (4) de espesor l y una segunda capa de material dieléctrico (5) de espesor m, en los lados del devanado primario (3) y del devanado secundario (6) respectivamente, como se muestra en la figura 4.

Existiendo así una estructura como la observada en la Figura 4 o en las Figuras 6a-6b, con altura n en el lado primario, y otra con altura o en el lado secundario. El objeto de la invención debe estar definido en el interior de una carcasa metálica que comprende una capa superior (1) y una capa inferior (8) y que puede tener un saliente lateral q, como se muestra en la Figura 4, de forma que al menos una de las capas de material dieléctrico (4, 5) sobresale de la carcasa metálica, alcanzando cada lado una longitud total 2t, con el objeto de que esta capa se una a la siguiente capa de material dieléctrico de los módulos que rodean al convertidor de potencia. Por tanto, en general, queda una única capa continua de material dieléctrico que reduce la distancia de corte entre el primario y el secundario.

En su interior, se colocará a las respectivas alturas a y f respecto a la caja en los lados de la misma correspondientes al devanado primario (3), lado primario, y al devanado secundario (6), lado secundario, el primer elemento de material ferromagnético (2) necesariamente en forma de disco, con un espesor b y e en los lados primario y secundario, respectivamente. Este disco de material ferromagnético puede ser hueco en su parte central (realizaciones mostradas en las figuras 4a y 4b) y está centrado a una distancia r del centro de la estructura definida por el conjunto de elementos de la carcasa, y con una sección de longitud h, con una altura j en el lado primario y k en el lado secundario. Asimismo, las primeras vueltas (N1) del devanado primario (3), y las segundas vueltas (N2) del devanado secundario (6) se encuentran también centradas a una distancia r del centro de la estructura. Por último, la distancia i se define como la distancia entre los dos devanados (3, 6), y las distancias c y d definen la distancia entre la cara interna del núcleo ferromagnético (11) y el borde de la mitad de la estructura para el devanado primario (3) y el secundario (6) respectivamente.

Como se observa en la figura 6, el dispositivo de acoplamiento o acoplamiento inductivo de la invención tiene una serie de elementos dispuestos en una estructura de tipo sándwich a la luz de la sección transversal de dicha figura 6 donde existe una capa superior (1) que delimita la carcasa y por tanto la porción superior del dispositivo, del dispositivo de acoplamiento de la invención donde se dispone preferentemente el devanado primario (3). Esta capa superior (1) puede tener un recubrimiento aislante interior para evitar la aparición de un arco eléctrico con el correspondiente devanado. Asimismo, una capa inferior (8) es la porción de la carcasa que corresponde al lado inferior del dispositivo de acoplamiento de la invención donde se encuentra preferentemente el devanado secundario (6) del acoplamiento. La carcasa y por tanto las capas (1, 8) de la misma son preferentemente de aluminio, cobre o similares. Dicho primer elemento de material ferromagnético (2) y un segundo elemento de material ferromagnético (7), necesariamente en forma de disco en la presente invención, están dispuestos respectivamente respecto al devanado primario (3) y al devanado secundario (6). Así, en dicha figura, se dispone el primer devanado (3), que es el devanado de cobre en forma de bobina de la etapa primaria, y de forma equivalente se dispone el segundo devanado (6), que es el devanado de cobre en forma de bobina de la etapa secundaria. Dichos devanados (3, 6) deben estar necesariamente dispuestos con una distribución plana (como puede verse en la figura 2b, correspondiente a las figuras 4a y 4b) en la presente invención; otras posibilidades como una distribución axial (como puede verse en la 2c, correspondiente a la figura 4c) no están contempladas en la presente invención. Por último, se sostiene que la primera capa dieléctrica (4) y la segunda capa dieléctrica (5) pueden estar fabricadas con un material aislante dieléctrico de alta densidad, estando éstas situadas con respecto al primer devanado (3) y al segundo devanado (6), respectivamente, de forma que se definen dos mitades independientes de la estructura delimitada por las capas (1, 8) de la carcasa.

El dispositivo de acoplamiento de la invención tiene una especial aplicación en transformadores electrónicos, como ejemplo de dicha aplicación, un objeto de la invención es un transformador electrónico que comprende: un primer módulo convertidor electrónico de potencia (Entrada/HF) destinado a adaptar la corriente de entrada a una corriente alterna de alta frecuencia, un segundo módulo "HF/HF" destinado a proporcionar aislamiento galvánico y adaptar el nivel de tensión de la tensión de entrada al nivel de salida deseado mediante una relación de transformación, y un módulo de salida (HF/Salida) destinado a adaptar la corriente de salida de alta frecuencia del segundo módulo a los

niveles de tensión y frecuencia requeridos en la salida del convertidor, estando el dispositivo de acoplamiento inductivo descrito en el segundo módulo.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de acoplamiento inductivo que comprende:

a. una carcasa metálica que comprende una capa superior (1) y una capa inferior (8),
b. el primero comprende:

i. un primer devanado (3) con primeras vueltas (N1) cada una de las cuales tiene una primera sección transversal (S1), situado junto a la capa superior (1) de la carcasa, y
ii. un primer elemento de material ferromagnético (2) dispuesto entre el primer devanado (3) y la capa superior (1), y
c. el segundo comprende:

i. un segundo devanado (6) con segundas vueltas (N2) cada una de las cuales tiene una segunda sección transversal (S2), y
ii. un segundo elemento de material ferromagnético (7) dispuesto entre el segundo devanado (6) y la capa inferior (8) de la carcasa,
d. al menos una capa de material dieléctrico (4,5) dispuesta entre el primer devanado (3) y el segundo devanado (6), separando la capa superior (1) y la capa inferior (8)
en donde el primer elemento de material ferromagnético (2) y el segundo material ferromagnético (7) corresponden a porciones de un núcleo ferromagnético (11) del dispositivo de acoplamiento inductivo,
caracterizado porque el primer y el segundo devanado (3, 6) tienen una distribución plana y el primer y el segundo elemento de material ferromagnético (2, 7) tienen forma de disco.

2. El dispositivo de acoplamiento inductivo según la reivindicación 1, que comprende además condensadores de resonancia (C1, C2) vinculados respectivamente a los devanados (3,6).

3. El dispositivo de acoplamiento inductivo según las reivindicaciones 1 o 2, en el que al menos una de: la capa superior (1) y la capa inferior (8), comprende un revestimiento aislante interior para evitar la aparición de un arco eléctrico con el correspondiente devanado.

4. Un transformador electrónico que comprende un dispositivo de acoplamiento inductivo como el descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

5. Una celda que comprende
a. un primer módulo convertidor electrónico de potencia (AC/HF) destinado a adaptar una señal de entrada a una señal de alta frecuencia,
b. un segundo módulo (HF/HF) que comprende el transformador electrónico de la reivindicación 4 y que está destinado a proporcionar un aislamiento galvánico y a adaptar el nivel de tensión de entrada al nivel de salida deseado mediante una relación de transformación, y
c. un módulo de salida (HF/AC) destinado a adaptar la señal de salida de alta frecuencia del segundo módulo a los niveles de tensión y frecuencia requeridos.

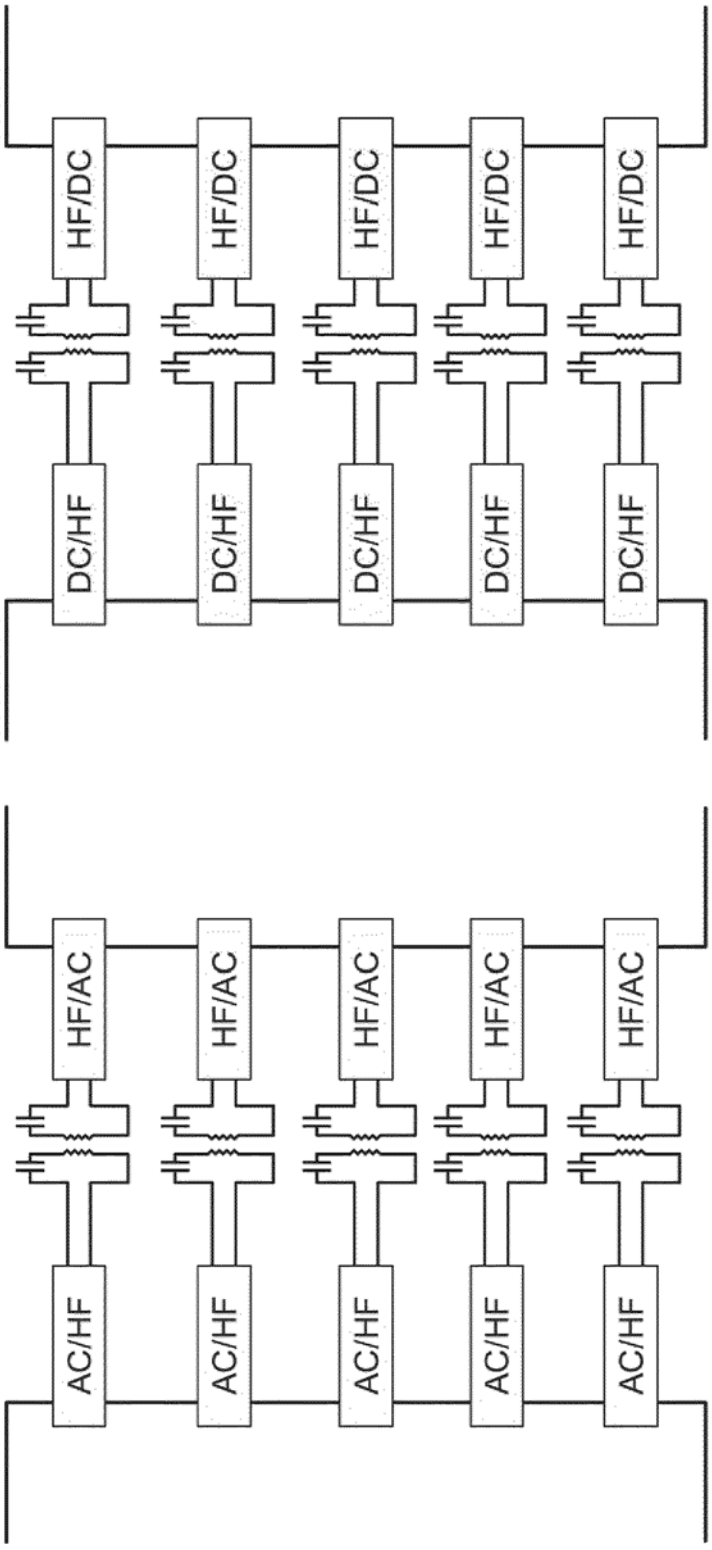

HF/DC
HF/DC
HF/DC
HF/DC
HF/DC
DC/HF
DC/HF
DC/HF
DC/HF
DC/HF
HF/AC
HF/AC
HF/AC
HF/AC
HF/AC
AC/HF
AC/HF
AC/HF
AC/HF
AC/HF

FIG. 1

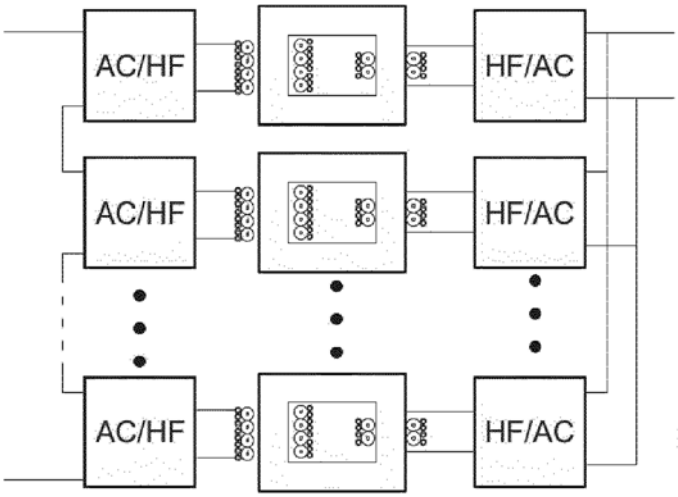


FIG. 2a

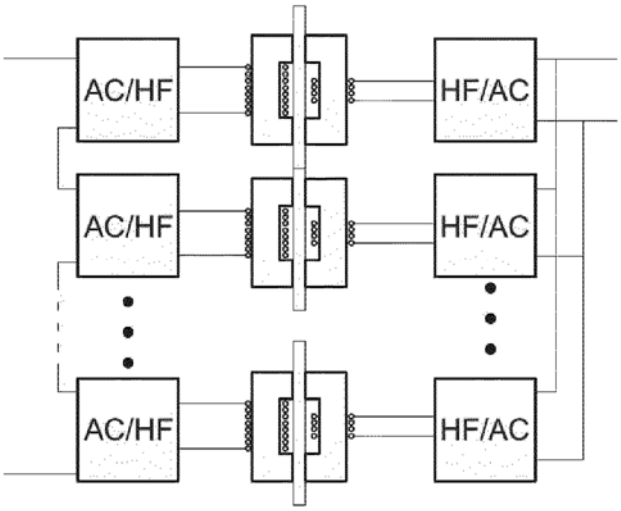


FIG. 2b

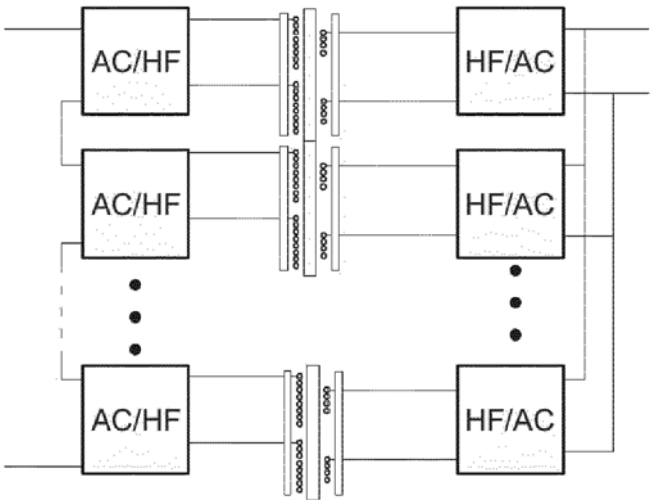


FIG. 2c

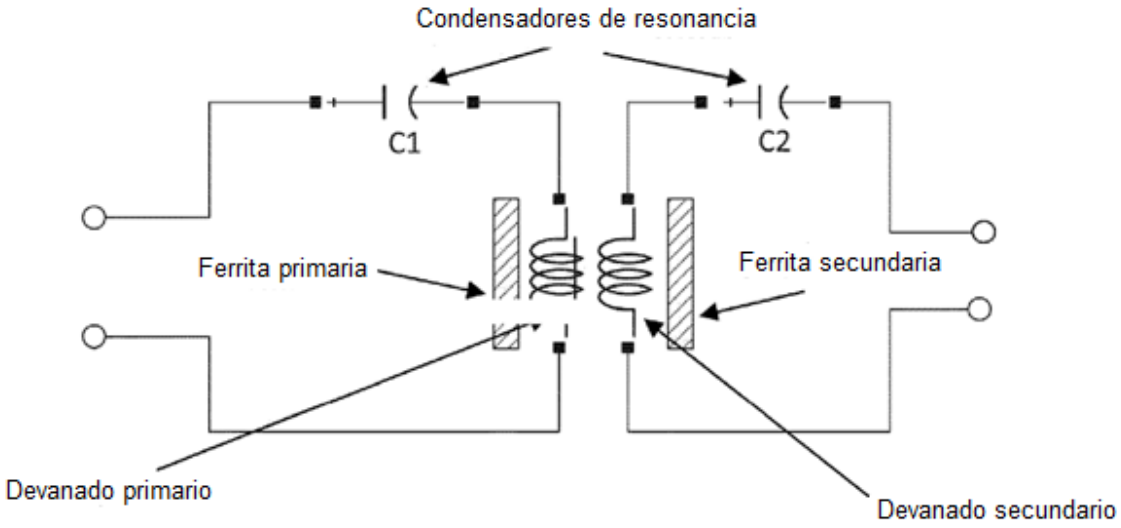

Condensadores de resonancia
C1
C2
Ferrita primaria
Ferrita secundaria
Devanado primario
Devanado secundario

FIG. 3

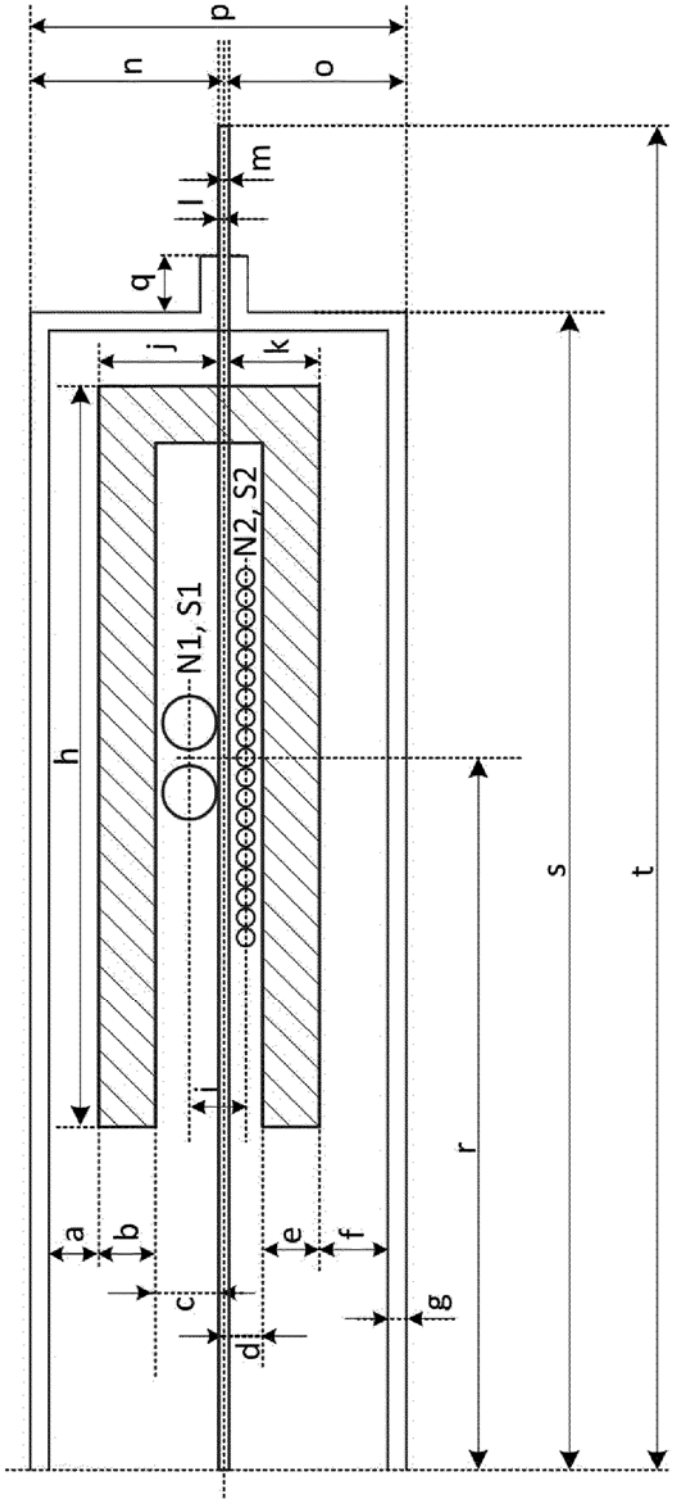


FIG. 4a

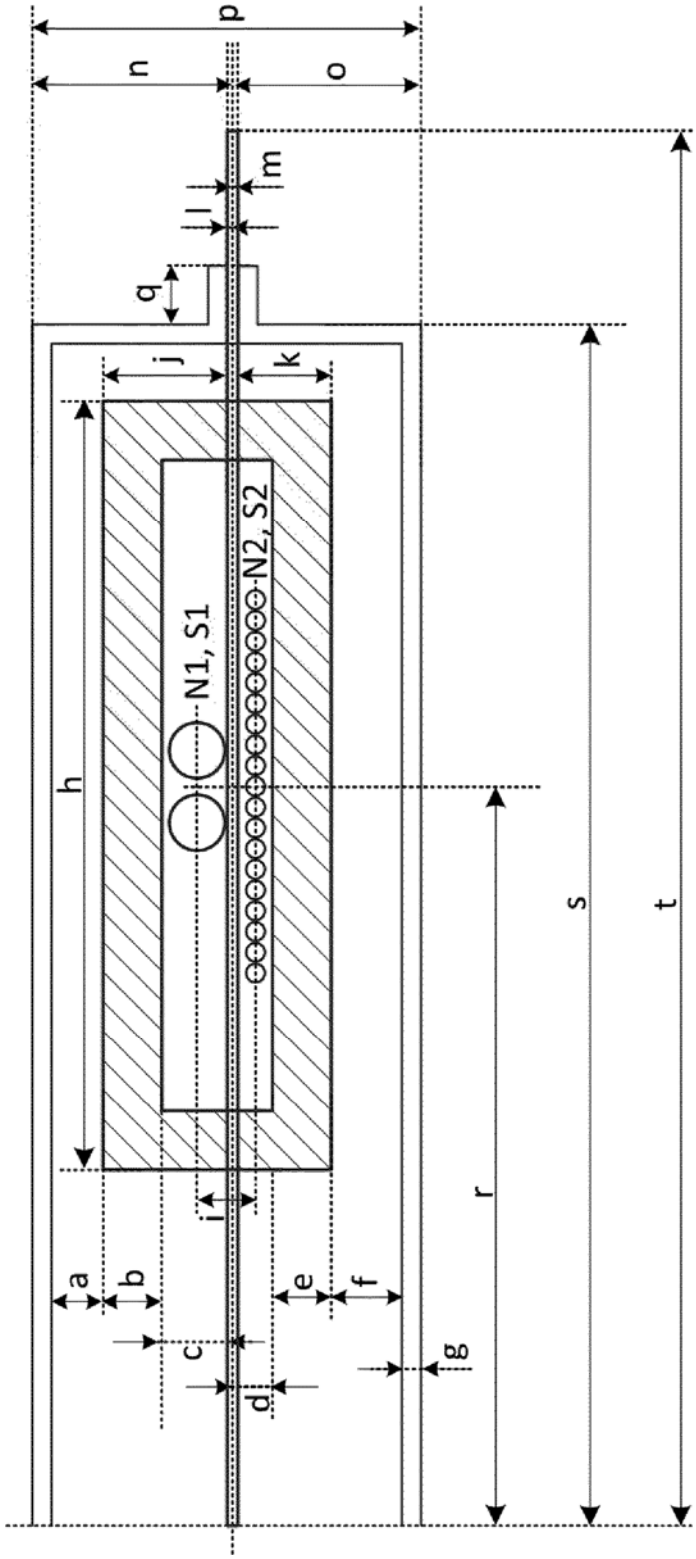


FIG. 4b

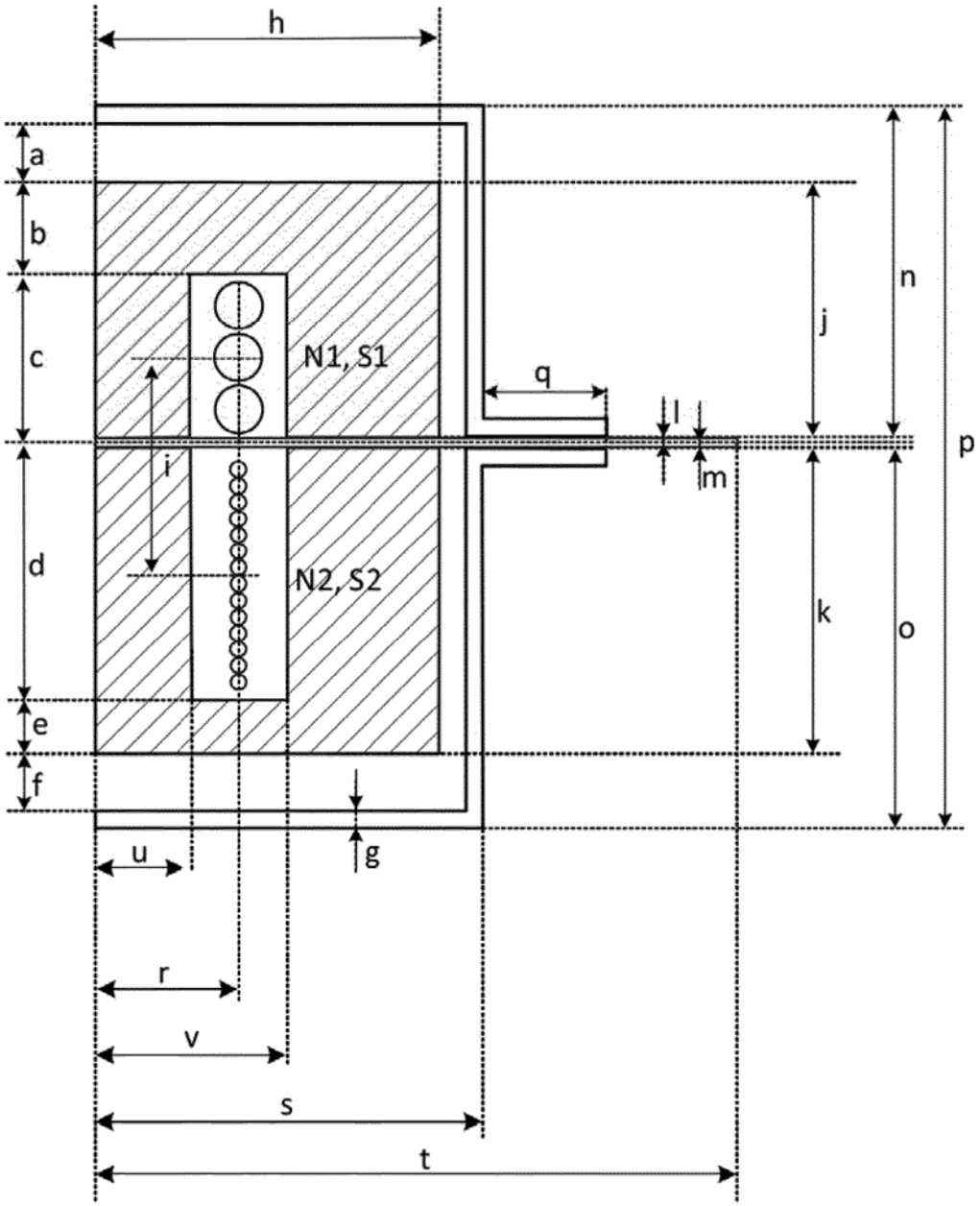


FIG. 4c

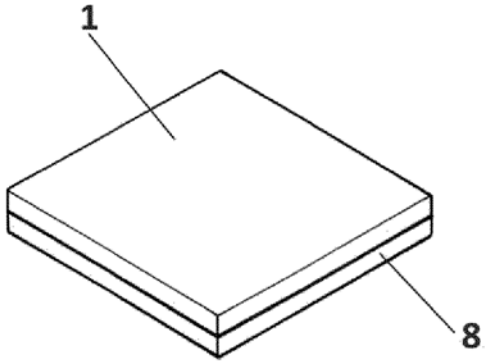


FIG. 5a

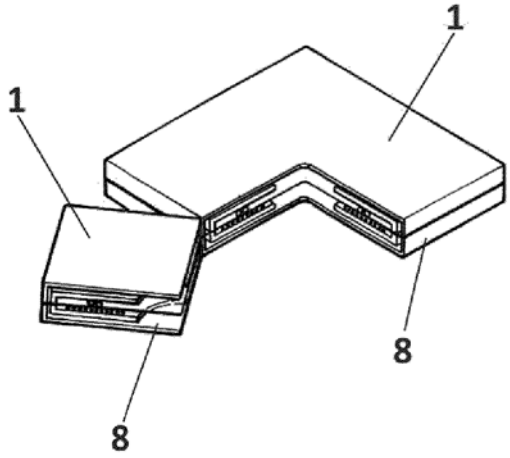


FIG. 5b

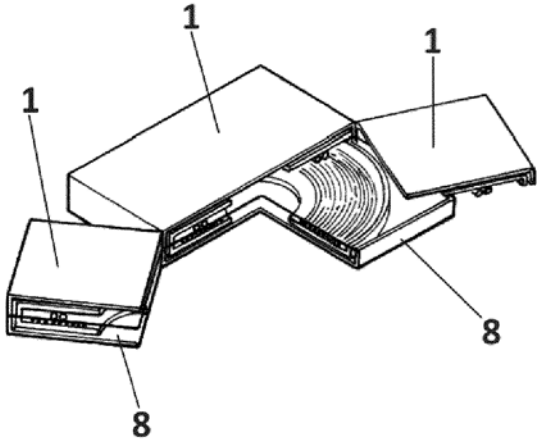


FIG. 5c

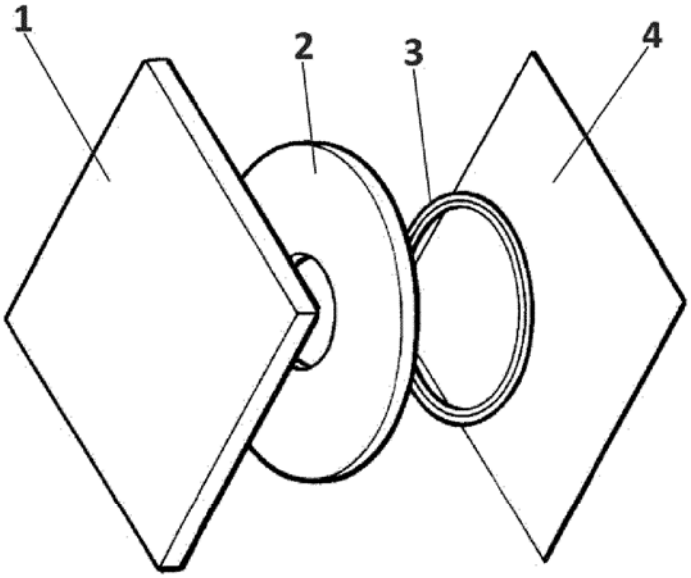


FIG. 6a

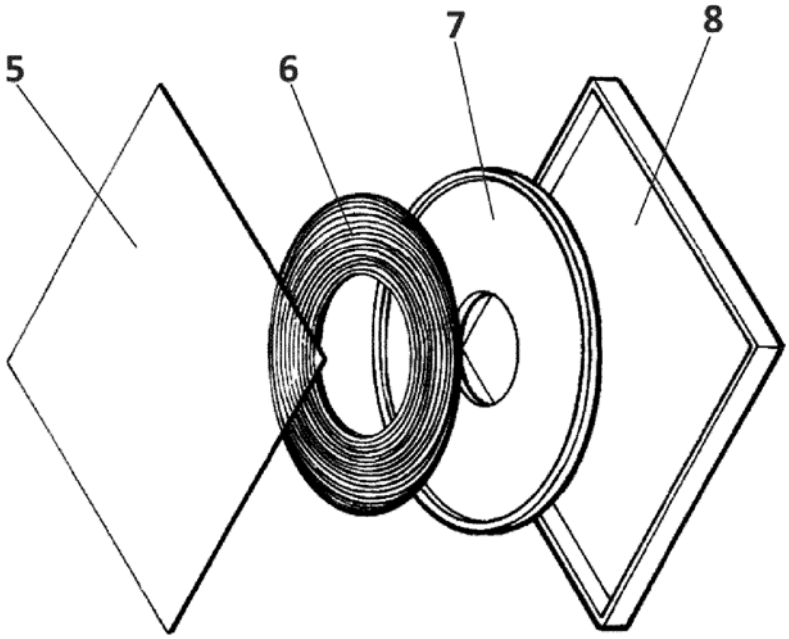


FIG. 6b

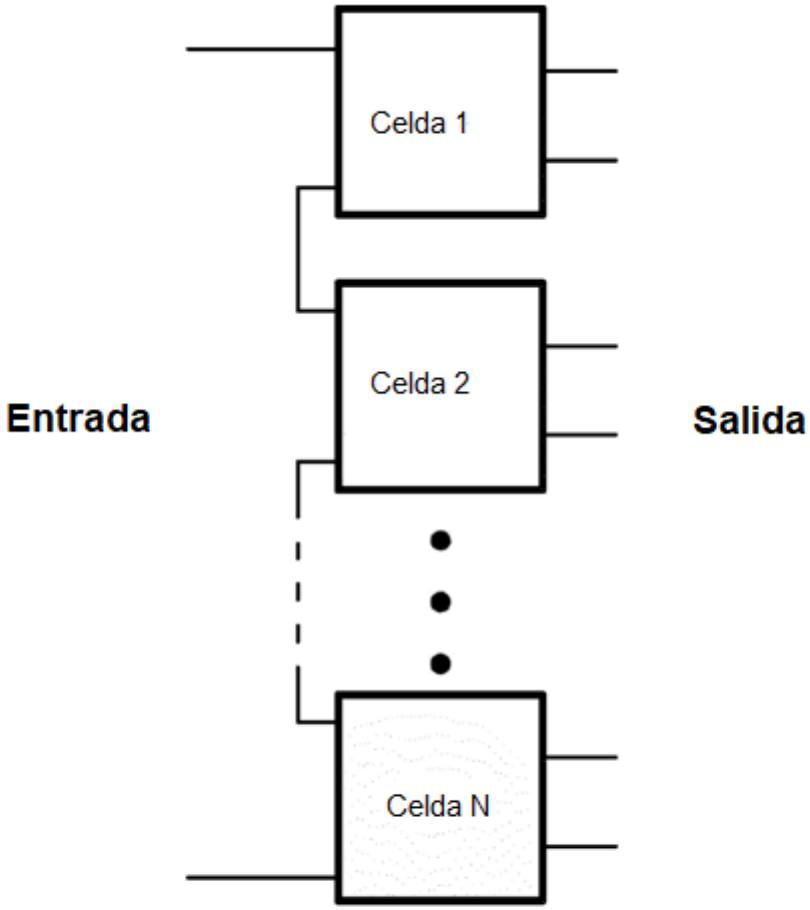


FIG. 7

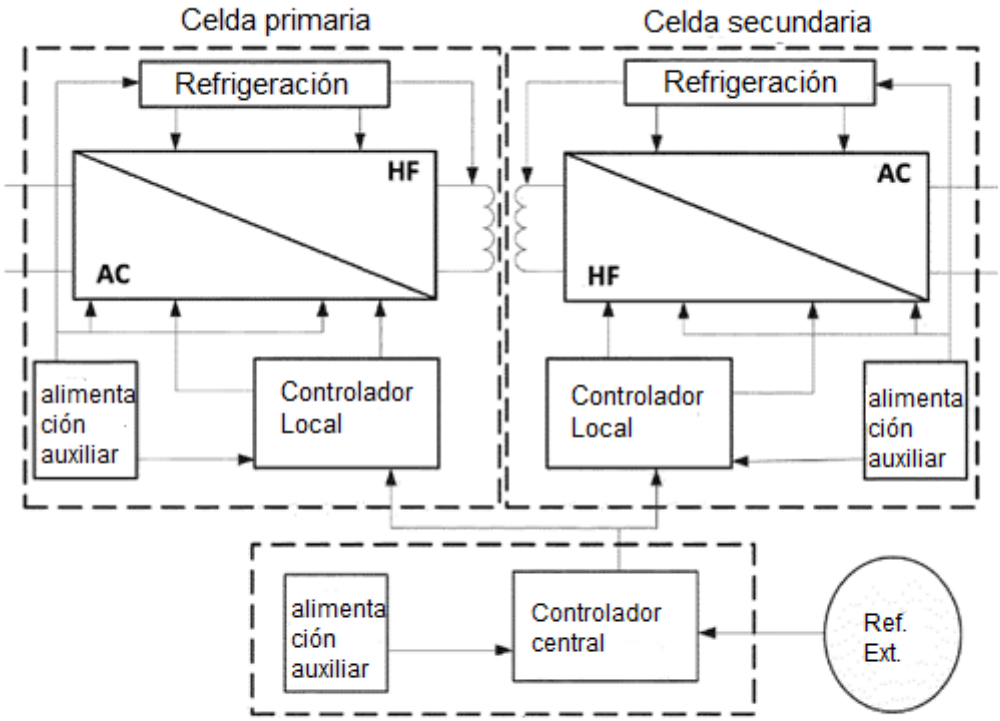

Celda primaria
Celda secundaria
Refrigeración
Refrigeración
HF
AC
AC
HF
alimenta
ción
auxiliar
Controlador
Local
Controlador
Local
alimenta
ción
auxiliar
alimenta
ción
auxiliar
Controlador
central
Ref.
Ext.
Módulo de controlador central

FIG. 8

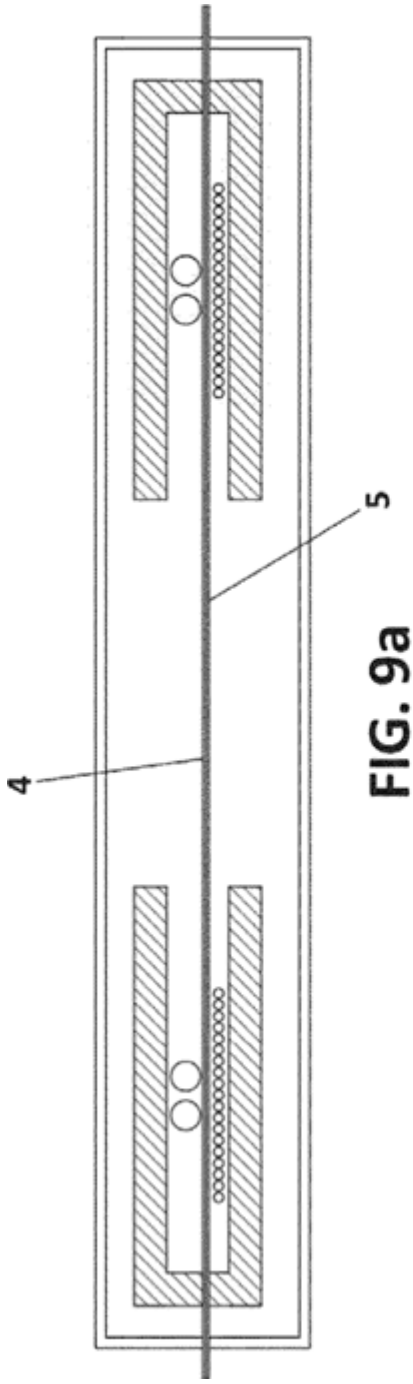


FIG. 9a

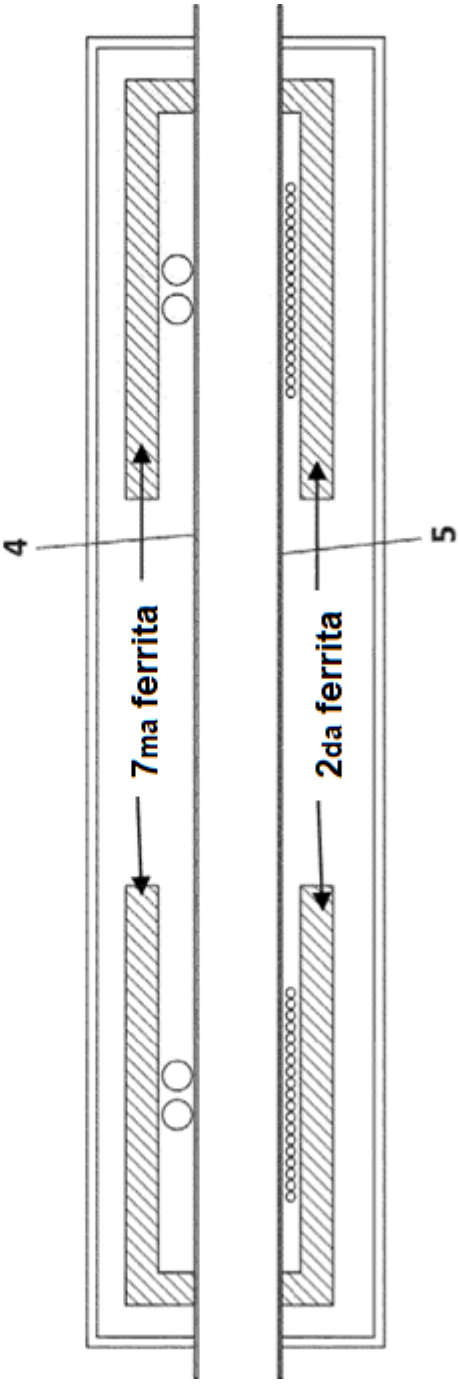


FIG. 9b