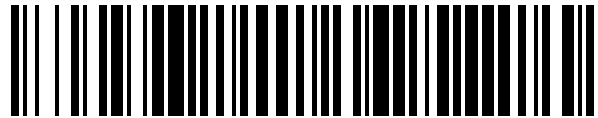


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 229 314**

21 Número de solicitud: 201930567

51 Int. Cl.:

H01F 27/28 (2006.01)

H01F 10/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

08.04.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.05.2019

71 Solicitantes:

PREMO, S.A. (100.0%)
Avenida Severo Ochoa, 47
29590 Campanillas (Málaga) ES

72 Inventor/es:

CAÑETE CABEZA, Claudio;
FOUASSIER, Patrick;
NAVARRO PÉREZ, Francisco Ezequiel y
ROJAS CUEVAS, Antonio

74 Agente/Representante:

SALIS, Eli

54 Título: **TRANSFORMADOR PARA CONVERTIDORES RESONANTES EN CONFIGURACIÓN ZVS O LLC**

ES 1 229 314 U

DESCRIPCIÓN

TRANSFORMADOR PARA CONVERTIDORES RESONANTES EN CONFIGURACION

ZVS O LLC

Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un transformador con un valor de inductancia en serie
5 integrado dentro del propio transformador como un único elemento magnético.

Específicamente, la invención describe una forma mejorada de aumentar la densidad de potencia en los conjuntos magnéticos con una configuración LLC o ZVS.

Hoy en día, el mercado de vehículos híbridos enchufables y eléctricos (VHEs / VEs) está creciendo mucho. Se proponen soluciones alternativas a los automóviles con motores
10 térmicos comunes para reducir la contaminación global, especialmente en términos de CO₂ emitido (dióxido de carbono) u otros contaminantes NO_x (óxidos de nitrógeno) así como partículas finas tóxicas para la salud (provenientes de automóviles que funcionan con combustible Diesel). Los citados nuevos vehículos requieren cada vez más electrónica de potencia, no solo para la alimentación de la red de potencia eléctrica con
15 control de velocidad y par mediante un módulo inversor, sino también para los cargadores de baterías de alta tensión (AT) conectadas a la red eléctrica doméstica y fuentes de alimentación continuas de baja tensión (BT) estables para equipos convencionales de 12-14 Vcc (conjunto de radio, GPS, unidades de control integradas (UCI), sistema de aire acondicionado, iluminación, etc.)

Aquí se hace referencia a los cargadores de CA/CC (de corriente alterna a corriente
20 continua) en un rango de potencia de 3-22 kW y los convertidores de CC/CC de aproximadamente 2-4 kW. Las topologías electrónicas preferidas son el esquema de medio puente o de puente completo LLC (tanque resonante inductor-inductor-condensador) para los cargadores de CA/CC (**Fig. 1**), así como el puente completo de
25 cambio de fase ZVS (conmutación por paso por una tensión cero) para los convertidores AT/BT (**Fig. 2**). La frecuencia de operación se mantiene en el rango de los 70-500 kHz para la de por si importante cantidad de potencia a transmitir mediante las técnicas de conmutación.

Esas topologías requieren un transformador que proporcione la conversión de tensión de
30 acuerdo con su relación de número de espiras (N1:N2) que también incluye un

aislamiento galvánico entre los circuitos primario y secundario. Se necesita un segundo elemento magnético (L_r o L_{zvs}) en serie con el primario del transformador como una bobina de choque resonante utilizada en ambas técnicas LLC o ZVS. Para la etapa LLC, se agrega un tercer elemento magnético en paralelo (L_p) para formar el tanque resonante. A menudo se puede reemplazar por la inductancia de magnetización del mismo transformador, llevando al conjunto magnético a tener dos componentes solo en el caso de una configuración ZVS.

Haciendo hincapié en el inductor en serie con el primario del transformador, normalmente se necesita un valor de inductancia de algunos micro henrios para resonancia con la auto capacitancia de los transistores (CMOS en paralelo con la fuente de drenaje de los transistores MOSFET en la **Fig. 2**) para una configuración ZVS. Para resonancia LLC con el condensador en serie (C_r en la Fig.1), generalmente se necesita un valor más alto de varios micro- a algunas decenas de microhenrios.

Estado de la técnica

Ya se han implementado diferentes técnicas para tratar de integrar el inductor en serie dentro del transformador como un solo elemento magnético:

- Una posibilidad es usar la inductancia de fuga del mismo transformador como el valor de inductancia en serie requerido para L_r o L_{zvs} , según se describe en la US2017040097A1.

- Otra posibilidad es la adición de una parte de núcleo magnético como una extensión del núcleo del transformador para obtener el valor de choque requerido. Por lo tanto, un conjunto de núcleos más complejo integra tanto el transformador como a la bobina de choque resonante (ver por ejemplo los documentos CN107887143A y CN207321121U).

- Finalmente, el uso de un shunt magnético entre los devanados primario y secundario separados en sectores puede ser una tercera solución que aparece descrita en US4613841A US4689592A, EP0142207A1, US8395470, US8648687 y US2018254143A1. Por ejemplo, la introducción de un núcleo anular entre los devanados primario y secundario superior e inferior es una tecnología consistente ya existente basada en este principio (Fig.3). El núcleo magnético normalmente se elige de unas referencias de un catálogo estándar con unas dimensiones y un nivel de permeabilidad dados.

Sin embargo, las técnicas para integrar el valor de la inductancia en serie dentro del transformador expuestas anteriormente tienen unas claras limitaciones.

En primer lugar, el valor de la inductancia de fuga es normalmente un elemento parásito que el diseñador debe establecer lo más bajo posible para ofrecer el mejor acoplamiento en el transformador. Por lo tanto, las pérdidas de frecuencia adicionales (corrientes de Foucault, efecto de proximidad) dentro del devanado se pueden mantener al mínimo. Sinó, las pérdidas totales de cobre correspondientes pueden ser varias veces las esperadas, lo que conduce a un posible sobrecalentamiento del transformador. En segundo lugar, en el espacio disponible del transformador, la separación del devanado requerida para generar un peor acoplamiento y, en consecuencia, un mayor valor de inductancia se logra fácilmente al estableciendo una determinada separación entre los devanados primarios y secundarios (ver la US2009278646A1). Manteniendo el tamaño del transformador y de los conductores en función de la potencia y las corrientes nominales, la distancia de separación no puede ser tan alta y la mayoría de las veces no se puede alcanzar el valor objetivo para el valor de la inductancia en serie. Eventualmente, esto causa malos resultados de acoplamiento en campos magnéticos fuera del devanado, con una posible propagación electromagnética fuera del transformador. La mayoría de las veces, se debe prohibir este tipo de actuación para no exceder los niveles de interferencia permitidos (conducidos o radiados) de acuerdo con las normas de seguridad del automóvil (como UL 2202, IEC 61851-21 o similares).

Por otro lado, la adición de la mitad de un núcleo magnético para hacer que el inductor comparta una parte del circuito magnético con el transformador también implica unas pérdidas adicionales en dicho núcleo magnético y en el cobre. Además, el peso, el volumen y el coste de una realización de este tipo pueden ser similares a los de un único transformador más su inductor resonante discreto. En otras palabras, esta solución no ofrece ningún aumento de densidad de potencia real a un costo menor en una solución magnética integrada. Solo la manipulación y la soldadura de un único conjunto magnético en lugar de dos elementos discretos puede representar una ventaja en relación con el ahorro de espacio en la placa electrónica en la que se montan los componentes.

El caso de usar un shunt magnético entre devanados separados parece ser la forma más conveniente de proporcionar un valor de inductancia en serie mejorando la guía o conducción del flujo de fugas con aumento de la densidad de potencia. Las técnicas comunes se basan en la introducción de una parte de núcleo sólido no deformable,

preferiblemente de un material de alta permeabilidad magnética entre los devanados para alcanzar el valor de inductancia en serie esperado (Fig. 3) como se describe en el documento citado US4613841A.

Breve descripción de la invención

- 5 La solución propuesta por esta invención es diferente porque se basa en el aumento del valor de la inductancia de fuga.

El documento US 8648687 reconoce como un avance en los sistemas de suministro de energía en un producto electrónico el hacer un uso activo de la inductancia de fuga, inevitable. Por ejemplo, la inductancia de fuga (L) y un condensador (C) componen un
10 circuito resonante LC. Un interruptor programado que usa el circuito resonante LC tiene una posibilidad de deterioro reducida, minimiza el ruido y mejora el rendimiento.

El aumento del valor de la inductancia de fuga según la propuesta de esta invención se obtiene mediante la introducción de una película magnética flexible de baja permeabilidad entre los devanados primario y secundario. Esta película arrollada entre devanados
15 concéntricos, alrededor de un núcleo magnético, con un espesor requerido, proporciona una guía del flujo de fuga y, en consecuencia, aumenta la inductancia de fuga representativa de dicho flujo de fuga (ver Fig. 4, lado derecho). La introducción de la película, por su flexibilidad, se realizará durante el proceso de devanado que es diferente de una estructura especial del núcleo que también podría incluir este shunt concéntrico
20 obtenido por una forma sólida, pero de un material permeable magnéticamente alto incluido dentro de la estructura del circuito magnético como se describe en el documento citado US4613841A.

Un ajuste correcto en la permeabilidad de la película magnética (para una buena guía o conducción del flujo de fuga sin riesgo de saturación de la capa) y de su espesor (en una
25 dimensión razonable para poder ser integrada en el volumen del transformador) permite una disposición precisa del valor de inductancia de fuga al inductor resonante requerido. El nivel de permeabilidad se elige normalmente en el rango de 20-60 para que no sea demasiado bajo para tener suficiente guía de densidad de flujo de fuga, ni demasiado alto para evitar la saturación de la película por una guía de flujo demasiado gruesa. El grosor
30 aplicado suele estar en el rango de algunas décimas de milímetro a algunos milímetros. Además, la película introducida debe estar hecha de un material magnético con

propiedades (Fig. 5) que cumpla con el funcionamiento del transformador (rango de frecuencia (μ'), pérdidas (μ''), índice térmico, que cumpla con la directiva RoHS, etc.). Puede suministrarse como unas capas protectoras de IEM (interferencias electromagnéticas) ya existentes en el mercado y rehechas en el ancho adecuado o
5 totalmente particularizadas para las necesidades del diseñador. En consecuencia, esta invención se puede aplicar a muchas formas de transformadores con también una alta adaptabilidad para definir la altura del shunt flexible concéntrico y el espesor total del devanado para alcanzar los rendimientos esperados en un volumen reducido.

La introducción de esta técnica no afecta la inductancia de magnetización del transformador de manera notable. Si se pudiera producir una ligera desviación debido a
10 la adición de un elemento magnético dentro del núcleo principal, sería posible un pequeño cambio en la longitud del espacio central para recuperar el valor típico esperado.

Por otro lado, esta técnica sólo modifica las pérdidas totales de cobre en el devanado debido a posibles efectos parásitos más fuertes en comparación con la frecuencia. El diseñador debe considerar esto en su totalidad en la etapa de diseño aplicando reglas de
15 diseño correctas o simulaciones electromagnéticas de elementos finitos para asegurarse de que el nivel total de pérdidas sea aceptado por el tamaño del componente sin sobrecalentamiento. Por supuesto, también depende del entorno (temperatura ambiente máxima en la aplicación) y la eficiencia de refrigeración en el convertidor (disipador de calor de aire forzado, de placa de agua fría, encapsulado con resina conductora térmica, etc.).
20

Por lo tanto, la presente invención proporciona una forma mejorada de incrementar la densidad de potencia en los conjuntos magnéticos LLC o ZVS mediante la integración de
25 un valor de inductancia en serie utilizando a tal efecto una película magnética de baja permeabilidad, flexible, concéntrica a los devanados, especificable y configurable. Tanto una alta adaptabilidad en la etapa de diseño como en el procesamiento como parte de la operación de devanado son la garantía de unos menores costes de desarrollo y de obtención del producto final que conducen a una ventaja competitiva real.

30 Breve descripción de las figuras

Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de una realización con referencia a los dibujos adjuntos, que se tomarán de forma ilustrativa y no limitativa, en los que:

5 Las Figs. 1 y 2 ilustran dos topologías electrónicas de cargadores de CA/CC (corriente alterna a corriente continua), en los que es aplicable el objeto de esta invención.

Así, la Fig. 1 muestra un diagrama de circuito esquemático de un convertidor resonante de medio puente LLC utilizado en cargadores de batería integrados de CA/CC.

10 La Fig. 2 es un diagrama de circuito esquemático de un convertidor de CC/CC cuasi resonante de puente completo de cambio de fase ZVS (conmutación por paso por una tensión cero).

La Fig. 3 ilustra una técnica conocida basada en la introducción de una parte de núcleo magnético sólido, no deformable, de un material permeable magnéticamente alto, entre los devanados, que actúa como un shunt magnético, para alcanzar el valor de inductancia en serie esperado como se describe en el documento citado US4613841A.

15 La Fig. 4 es un ejemplo de una comparación paralela de la inductancia de fuga obtenida de un transformador convencional (esquema del lado izquierdo) con un devanado primario y un devanado secundario situado más cerca, aislado eléctricamente y dispuesto coaxialmente en una bobina y en un transformador (en el lado derecho) en el que se han aplicado los principios de esta invención.

20 La Fig. 5 es un gráfico que muestra un comportamiento de frecuencia esperado típico de la película magnética flexible para el transformador mejorado de esta invención con dos valores de permeabilidad (μ) y (μ') de la película magnética flexible.

25 La Fig. 6 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de un transformador LLC 1:1 de 3.5kW/70-200kHz con un inductor en serie mejorado de 22 μ H mediante la introducción de una película magnética flexible entre los devanados primario y secundario.

La Fig. 7 es una vista en planta del transformador LLC 1:1 del ejemplo de la Fig. 6 que muestra los elementos constitutivos utilizados en la solución técnica propuesta.

La Fig. 8 es una vista en explosión que ilustra el concepto de montaje de la película magnética flexible entre los devanados primario y secundario del transformador.

Descripción detallada de una realización

5 La Fig. 1 muestra esquemáticamente un convertidor resonante de medio puente LLC utilizado en cargadores de batería de CC/CA, integrados. Se han indicado en la figura los valores de tensión de entrada y de salida V_{ent} y V_{sal} , la puerta de control 13, el transformador 11 y el condensador de salida 12. El tanque resonante está formado por el conjunto de condensador C_r e inductancias L_r y L_p conectado al primario del transformador 11.

10 La Fig. 2 ilustra esquemáticamente un convertidor de CC/CC cuasi-resonante de puente completo de cambio de fase ZVS (conmutación por paso por una tensión cero). Se han indicado igualmente las tensiones de entrada y salida V_{ent} y V_{sal} , los transistores Cmos 22 utilizados, el inductor ZVS 21 el transformador 20 y el inductor junto a la salida 23.

15 En la Fig. 3 se ilustra un ejemplo de la solución del estado de la técnica consistente en la introducción de una parte de núcleo sólido 32, anular, entre los devanados primario 31 y secundario 33 de un transformador, en funciones de shunt magnético, para alcanzar un determinado valor de inductancia en serie, todo ello tal y como se describe en el documento anteriormente citado US4613841A.

20 En la Fig. 4 se han comparado dos transformadores, uno de ellos, a la izquierda con un distanciador 3a entre los devanados primario 2 y secundario 4 en material plástico y en la derecha con la introducción de una película cilíndrica magnética 3 entre los devanados, según los principios de la invención. Aplicando unas mismas condiciones de intensidad primario /intensidad secundario de +15Apk/-15Apk y 100kHz se aprecia una diferencia en el valor total de la energía en todas las regiones que determina una inductancia de fuga de 3,4 μ H para el transformador de la izquierda y de 16,7 μ H en el transformador de la derecha en el que se ha aplicado la película magnética 3, es decir se ha obtenido un incremento en la inductancia de fuga, en este ejemplo, superior a 5 veces el primer valor de inductancia de fuga.

30 Tal como se ha indicado la Fig. 5 es un diagrama explicativo del comportamiento en frecuencia esperado utilizando una película magnética flexible para el transformador

mejorado de esta invención con dos valores de permeabilidad (μ) y (μ') de dicha película magnética flexible.

Las figuras 6 a 8 ilustran un transformador que tiene un inductor integrado con una estructura general como la descrita en el documento WO 2016071553, y que comprende:

- 5 - unos cuerpos magnéticos primero y segundo 7, simétricos, que son independientes entre sí, cada uno de los cuales incluye una placa de la que sobresale un miembro tubular de núcleo 7a;
- un carrete 1 de un material aislante eléctrico que proporciona un soporte formador de bobina;
- 10 - unos devanados primario 2 y secundario 4, aislados eléctricamente, y que se disponen arrollados coaxialmente alrededor de una ranura anular de dicho carrete 1,

Los dos miembros tubulares 7a están dispuestos a través de un núcleo hueco 1a del carrete 1 enfrentados entre sí, y el carrete 1 tiene unas extensiones configuradas para ser unidas a una placa base 6 que soporta unas salidas de devanado o terminales 5 para la
15 conexión eléctrica con dichos devanados primario 2 y secundario 4.

La placa base 6 con configuraciones de guía para los terminales 5 es opcional y los terminales deben estar unidos directamente a las extensiones 1b citadas del carrete 1.

De acuerdo con esta invención, se dispone una película cilíndrica magnética 3 flexible de baja permeabilidad, alojada entre dichos devanados primario 2 y secundario 4, de modo
20 que los tres elementos: devanado primario 2, película magnética 3 y devanado secundario 4 son coaxiales entre sí y rodean coaxialmente a los miembros 7a del núcleo tubular magnético insertados a través del núcleo hueco 1a del carrete 1.

La Fig. 7 muestra claramente la disposición de la película magnética 3 entre los devanados primario 2 y secundario 4, rodeando coaxialmente el núcleo magnético
25 formado por las dos partes salientes 7a enfrentadas a testa.

En un ejemplo de realización:

- los cuerpos magnéticos 7, simétricos (dos mitades), son de ferrita de manganeso-zinc (MnZn) de baja pérdida con respuesta de temperatura plana;

- 5 - el carrete 1 citado es de un material plástico fabricado por ejemplo de LCP, fenólico, PET o cualquier material (polímeros termoestables) resistente a la temperatura (al menos en el rango de $-40/+155$ °C), ignífugo (según la Norma internacional UL94, por ejemplo) y que proporciona también un buen nivel de aislamiento entre el devanado y los miembros de núcleo 7a (al menos 3-4kV/mm);
- los devanados primario y secundario 2, 4, están hechos de filamento de Litz aislado dentro de una película delgada de poliimida de 25µm superpuesta para proporcionar un sistema de aislamiento reforzado;
- 10 - las salidas de devanado 5 están estañadas o soldadas en tubos delgados de cobre o latón;
- la placa base 6, de plástico, con configuración de guía para ubicar las salidas puede ser de plástico como el carrete 1.
- 15 - la película magnética flexible 3, de baja permeabilidad, tiene una permeabilidad en el rango de 20-60, se proporciona con o sin una capa adhesiva, y tiene un grosor de 0,1 a 1 mm, lo que permite una operación de frecuencia por encima de 1 MHz

Al poner en práctica esta invención, también se ha observado que adicionalmente, también se puede proporcionar el uso de tales películas magnéticas flexibles y aplicarse para reducir el efecto de expansión de flujo en un devanado cerca de un hueco de aire. En consecuencia, se podría agregar una película magnética intercalada entre los devanados coaxialmente a un núcleo magnético en la superficie interna y/o externa del devanado, que puede estar cerca de huecos de aire definidos en el polo central y/o en las patas laterales del núcleo de ferrita. Esta introducción supondrá disminuir las pérdidas de cobre adicionales relacionadas con la circulación de corrientes de Foucault en parte del devanado frente a una bolsa de aire. Por lo tanto, el calentamiento de la parte del devanado y su eficiencia podrían proporcionar un mejor rendimiento.

REIVINDICACIONES

1. Transformador para convertidores resonantes en configuración ZVS o LLC que comprende:

- 5 - un núcleo magnético con una sección transversal cilíndrica o poligonal;
- un carrete (1) de un material aislante eléctrico que proporciona un soporte formador de bobina;
- unos devanados primario (2) y secundario (4), aislados eléctricamente y arrollados coaxialmente alrededor de una ranura anular de dicho carrete (1),

10 en el que el carrete (1) tiene unas extensiones (1b) configuradas para ser unidas a unos terminales (5) para conexión eléctrica con dichos devanados primario (2) y secundario (4),

caracterizado porque una película (3) magnética flexible de baja permeabilidad está dispuesta, alojada, entre dichos devanados primario (2) y secundario (4), rodeando dicha
15 película magnética (3), al menos en parte, al devanado primario (2), con lo que los tres elementos: el devanado primario (2), la película magnética (3) y el devanado secundario (4) son coaxiales entre sí y rodean coaxialmente el núcleo magnético que está dispuesto insertado a través de un núcleo hueco (1a) del carrete (1).

2. El transformador de la reivindicación 1, en el que dicha película magnética (3) es
20 cilíndrica rodeando completamente el devanado primario (1).

3. El transformador de la reivindicación 1 o 2, en el que dicha película cilíndrica magnética cubre solo una parte del desarrollo en altura de los devanados primario (2) y secundario (4).

4. El transformador de la reivindicación 1, en el que la película magnética (3) flexible de
25 baja permeabilidad tiene una permeabilidad en el rango de 20-60, con o sin una capa adhesiva,

5. El transformador de la reivindicación 4, en el que la película magnética flexible (3) de baja permeabilidad tiene un grosor de 0,1 a 1 mm, permitiendo una operativa de frecuencia superior a 1 MHz.
6. El transformador de la reivindicación 5, en el que dicha película magnética (3) flexible de baja permeabilidad es una capa única o comprende dos o más capas dispuestas en espiral.
7. El transformador de la reivindicación 1, en el que el núcleo del transformador está formado por dos partes y comprende unos primeros y un segundos cuerpos magnéticos (7) simétricos, independientes entre sí, cada uno de los cuales incluye una placa desde la cual sobresale un miembro central tubular (7a), en donde los dos miembros tubulares (7a) de núcleo están dispuestos a través del núcleo hueco (1a) del carrete (1) y enfrentados entre sí.
8. El transformador de la reivindicación 1, en el que dichas extensiones (1b) del carrete (1) están configuradas para ser unidas a una placa base (6) que soporta dichos terminales (5) para la conexión eléctrica a los devanados (2), (4).
9. El transformador de la reivindicación 8, en el que el carrete (1) y dicha placa base (6) son de un material plástico seleccionado entre LCP, fenólico, PET o un polímero termoestable, resistente a la temperatura al menos en el rango de -40/+155 °C, e ignífugo.
10. El transformador de la reivindicación 9, en el que dicho material plástico proporciona un nivel de aislamiento eléctrico entre el devanado y el núcleo de al menos de 3-4kV/mm.
11. El transformador de la reivindicación 1, en el que los devanados primario (2) y secundario (4) están hechos de un filamento de Litz.
12. El transformador de la reivindicación 1, en el que el hilo de Litz está aislado dentro de poliimida de película delgada de 25 μm superpuesta, proporcionando un sistema de aislamiento reforzado.

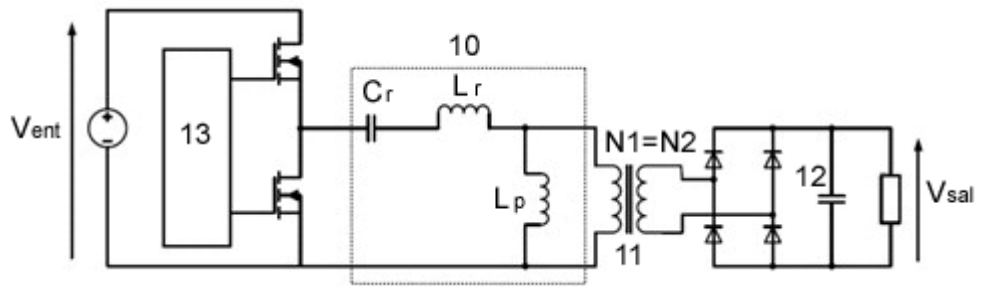


Fig. 1

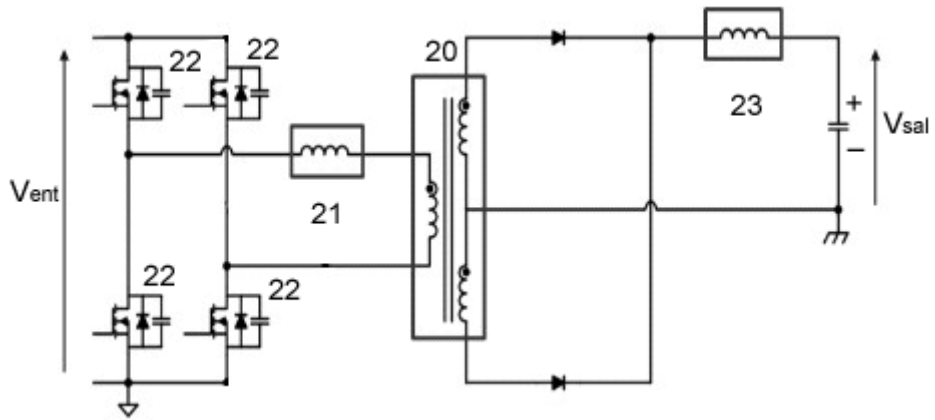


Fig. 2

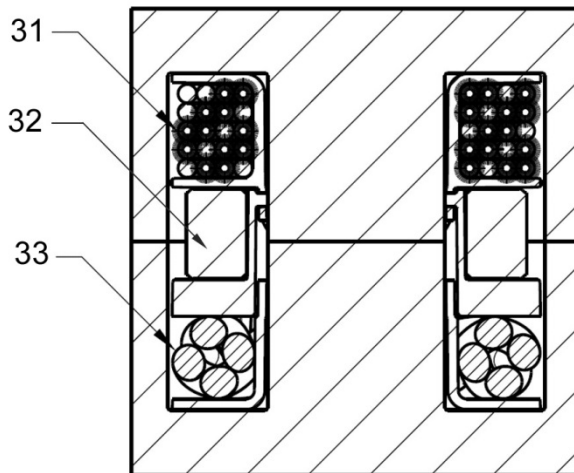


Fig. 3

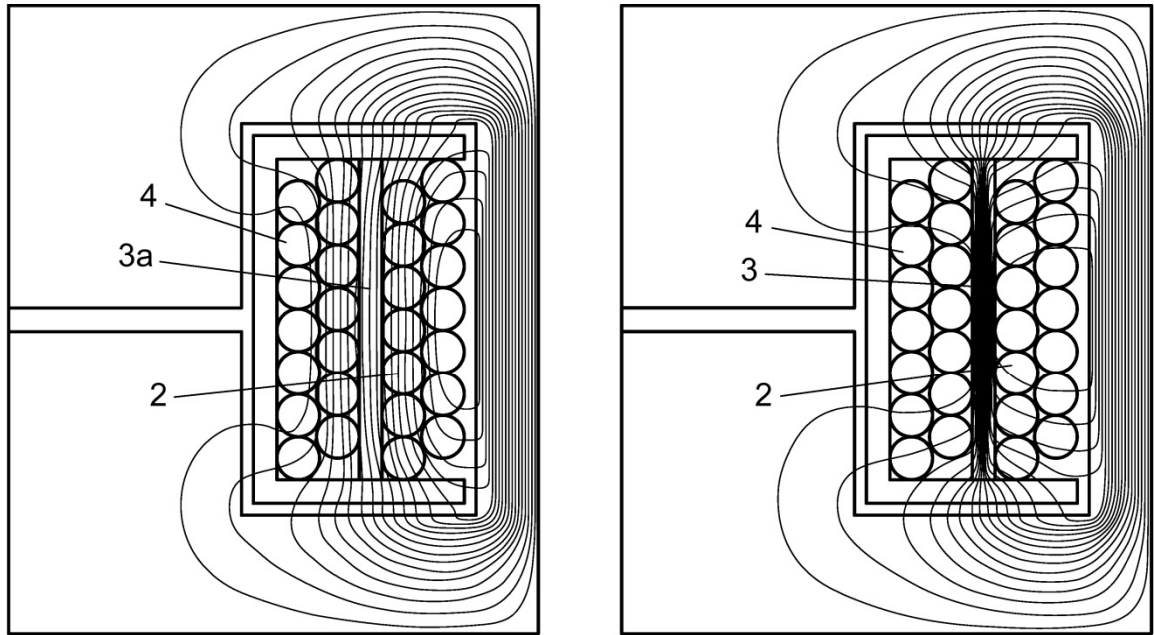


Fig. 4

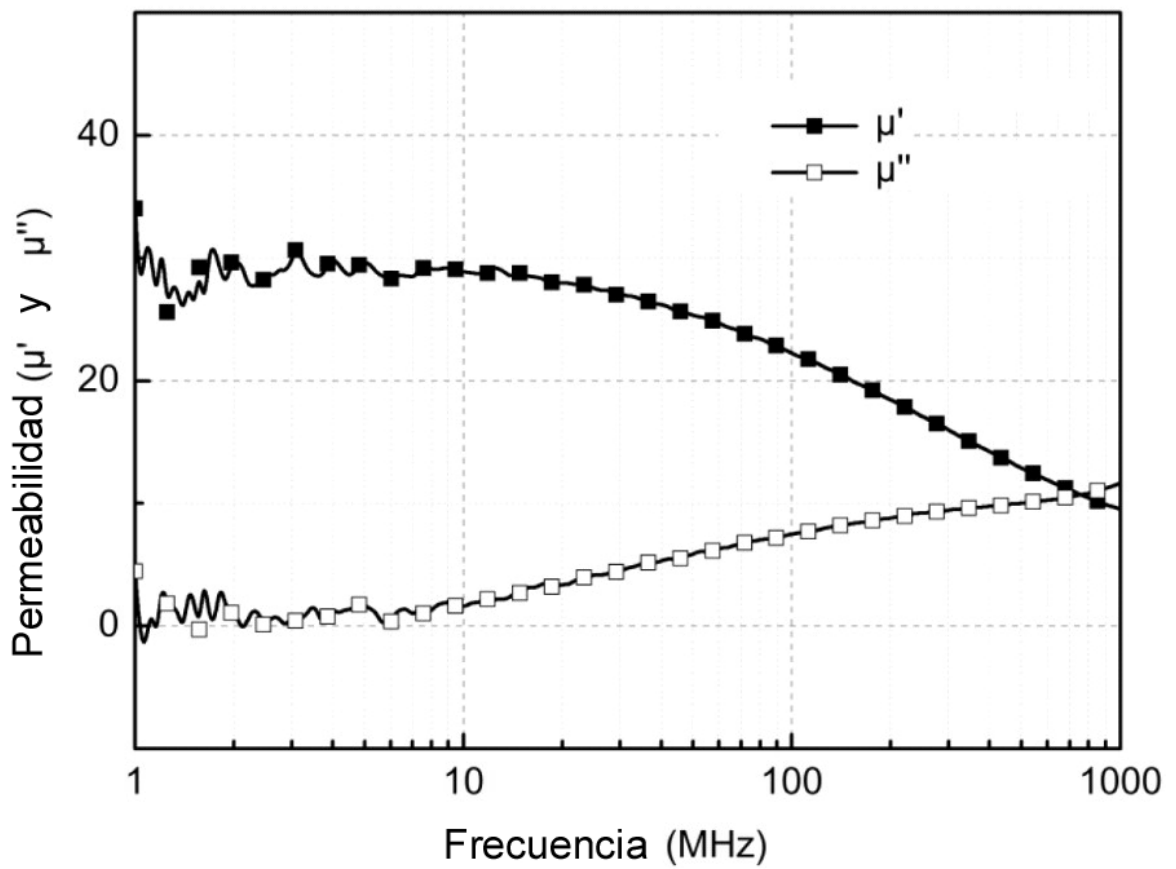


Fig. 5

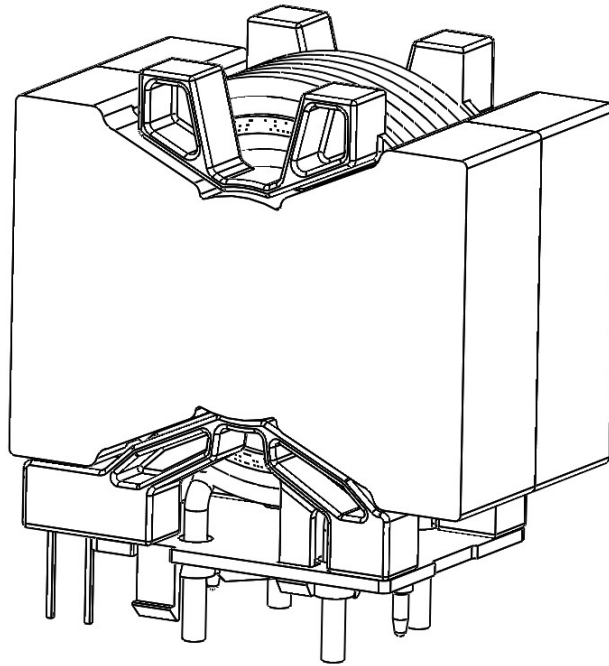


Fig. 6

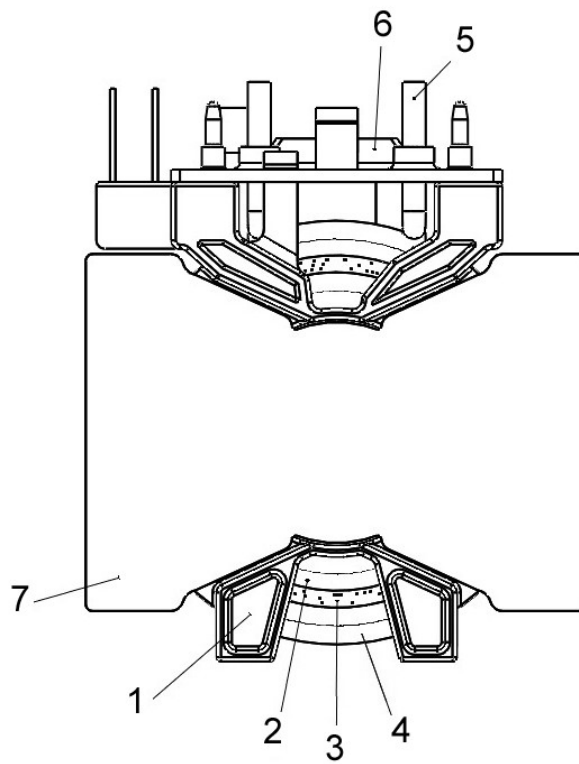


Fig. 7

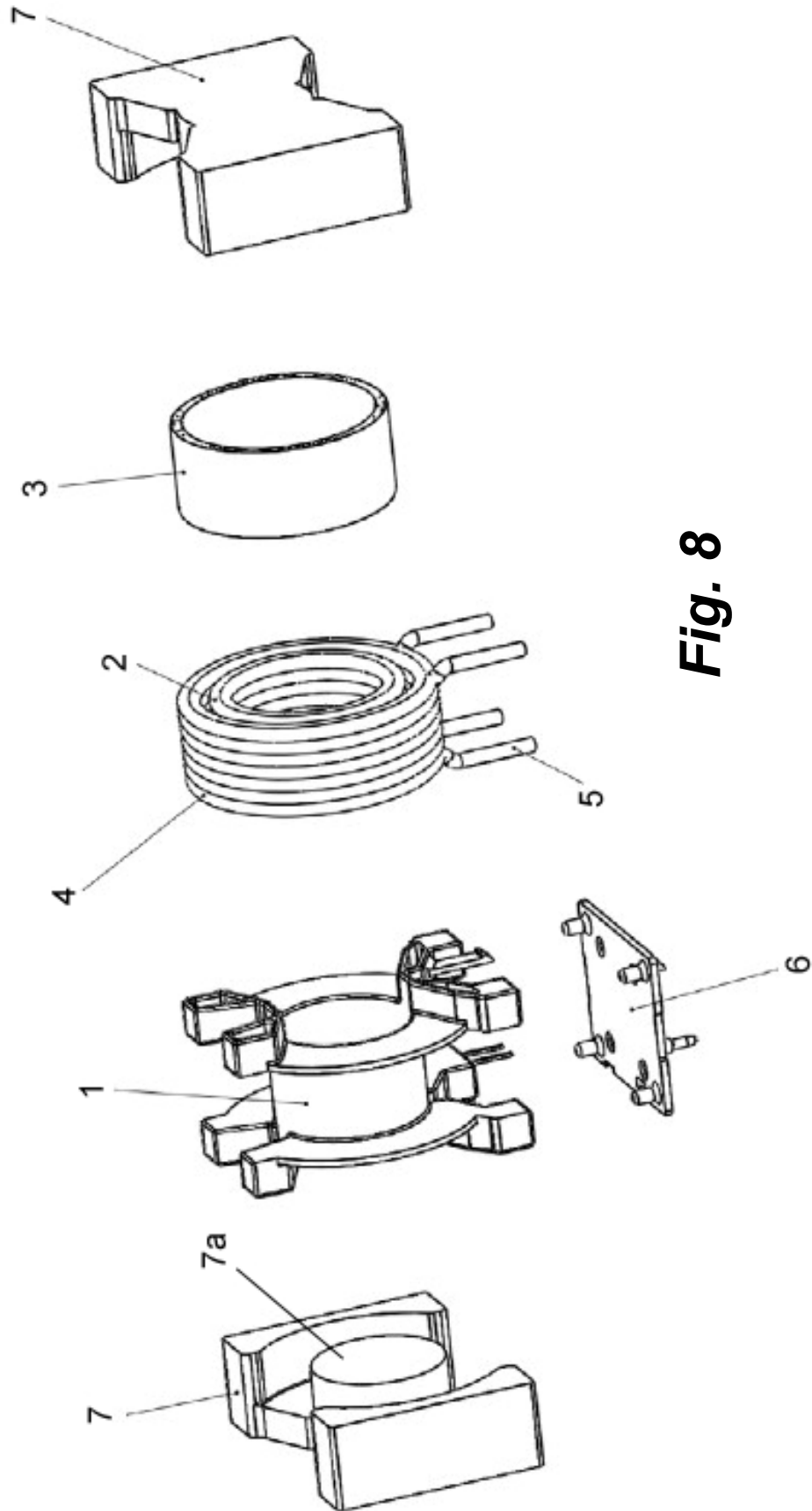


Fig. 8