

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 884 080**

(51) Int. Cl.:

H01F 27/34 (2006.01)

H01F 41/077 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2018 E 18203720 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 3648130**

(54) Título: **Transformador y procedimiento de fabricación de un transformador**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2021

(73) Titular/es:

**ABB POWER GRIDS SWITZERLAND AG (100.0%)
Bruggerstrasse 72
5400 Baden, CH**

(72) Inventor/es:

**GRADINGER, THOMAS y
DROFENIK, UWE**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 884 080 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

Transformador y procedimiento de fabricación de un transformador

Campo técnico

La presente divulgación se refiere a transformadores, particularmente transformadores de frecuencia intermedia (MFT, por sus siglas en inglés). Además, la presente divulgación se refiere a procedimientos de fabricación de un transformador.

Antecedentes

El documento JP S61 218123 A se refiere a un transformador de núcleo, en el que los devanados de baja y alta tensión se enrollan desde el interior en un núcleo. Los devanados están formados por un devanado helicoidal. Los devanados se enrollan helicoidalmente mientras forman una sección en un conducto horizontal. Los transformadores de frecuencia intermedia (MFT) son componentes clave en varios sistemas de electrónica de potencia. Algunos ejemplos en vehículos ferroviarios son los convertidores auxiliares y los transformadores de estado sólido (SST, por sus siglas en inglés) que reemplazan a los voluminosos transformadores de tracción de baja frecuencia. Se están considerando otras aplicaciones de los SST, por ejemplo, para la integración en la red de fuentes de energía renovables, la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, los centros de datos o para redes eléctricas a bordo de barcos. Se prevé que las SST jugarán un papel cada vez más importante en el futuro.

El aislamiento eléctrico constituye un desafío importante en los MFT, porque, por un lado, las tensiones de operación pueden ser altas (en el rango de 10 a 50 kV) y, por otro lado, la potencia de un MFT individual es bastante baja (en el rango de varios cientos de kVA) en comparación con los transformadores de potencia y distribución de baja frecuencia convencionales. Por lo tanto, el espacio ocupado por el aislamiento eléctrico es relativamente grande en comparación con el tamaño total del MFT. En particular, la proporción de llenado de la ventana del núcleo, es decir, la fracción del área de la ventana del núcleo que contiene conductores devanados es relativamente pequeña. Se necesitan soluciones inteligentes para minimizar las distancias de aislamiento y optimizar la proporción de llenado. Para optimizar la relación de llenado, se pueden fundir juntos los devanados de alta y baja tensión, dando como resultado distancias de aislamiento más pequeñas que con el aire. Aun así, sigue siendo necesaria una cuidadosa atenuación de campo para evitar picos de campo que puedan crear descargas parciales y acortar la vida útil del aislamiento.

Debido a las frecuencias elevadas (por ejemplo, 10 kHz) a las que operan los MFT, los devanados a menudo están hechos de hilos de Litz, lo cual es necesario para mantener dentro de límites aceptables las pérdidas por efectos películares y de proximidad.

En consecuencia, existe una demanda continua de transformadores mejorados en comparación con el estado de la técnica, particularmente con respecto a proporcionar una atenuación de campo óptima.

Compendio

En vistas de lo anterior, se proporcionan un transformador y un procedimiento de fabricación de un transformador de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Aspectos, ventajas y características adicionales serán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos.

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un transformador de acuerdo con la reivindicación 1.

Por consiguiente, el diseño del transformador de la presente divulgación es mejorado en comparación con los transformadores convencionales. En particular, el transformador como se describe en el presente documento proporciona una atenuación de campo óptima y una reducción de la magnitud máxima del campo eléctrico en la porción final extrema de los devanados, lo que permite un diseño del transformador compacto y económico. La reducción de la magnitud máxima del campo eléctrico se compara con un transformador en el que las secciones transversales de las porciones media y extrema son iguales.

El transformador comprende un primer devanado y un segundo devanado dispuestos alrededor del mismo eje. El primer y/o segundo devanado pueden disponerse en una estructura en espiral o en hélice a lo largo del eje. Normalmente, el primer devanado es un devanado interior y el segundo devanado es un devanado exterior.

El segundo devanado comprende un hilo de Litz con una pluralidad de hilos de Litz. Esto reduce significativamente las pérdidas debidas al efecto pelicular y de proximidad. Las hebras de hilo de Litz se pueden separar mediante una capa aislante que encapsula cada hebra de hilo de Litz. El primer devanado también puede comprender un hilo de Litz.

El segundo devanado comprende un hilo de Litz que tiene una porción extrema ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado y una porción media ubicada en una posición media axial del segundo devanado. El segundo devanado también puede comprender, por ejemplo, dos filas radiales del hilo de Litz. La porción extrema del hilo de Litz no incluye que el propio hilo de Litz tenga que terminar en la porción extrema del segundo devanado. El hilo de Litz puede extenderse, por ejemplo, a contactos externos o puede continuar en el segundo devanado para otra fila

radial. La porción extrema está ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado de modo que el segundo devanado termina en una dirección axial adicional.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un procedimiento de fabricación de un transformador de acuerdo con la reivindicación 14.

5 **Breve descripción de los dibujos**

Para que se puedan entender en detalle las características de la presente divulgación mencionadas anteriormente, se puede obtener una descripción más particular de la divulgación, resumida brevemente más arriba, haciendo referencia a los modos de realización. Los dibujos adjuntos se refieren a modos de realización de la divulgación y se describen a continuación:

- 10 La figura 1 muestra una vista esquemática en sección transversal de un transformador de acuerdo con los modos de realización descritas en el presente documento;

Las figuras 2 a 5 muestran vistas esquemáticas en sección de diferentes secciones transversales del extremo y la porción media del segundo devanado de acuerdo con los modos de realización descritas en este documento; y

- 15 Las figuras 6 y 7 muestran las etapas de un proceso de formación del hilo de Litz de acuerdo con modos de realización de un procedimiento de fabricación de un transformador de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada de los modos de realización

Ahora se hará referencia en detalle a los diversos modos de realización, uno o más ejemplos de los cuales se ilustran en cada figura. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación y no pretende ser limitante. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización pueden usarse en o junto con cualquier otro modo de realización para producir un modo de realización adicional. Se pretende que la presente divulgación incluya tales modificaciones y variaciones.

En la siguiente descripción de los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a componentes iguales o similares. Generalmente, solo se describen las diferencias con respecto a los modos de realización individuales. A menos que se especifique lo contrario, la descripción de una parte o aspecto en un modo de realización también puede aplicarse a una parte o aspecto correspondiente en otro modo de realización.

Con referencia ejemplar a la figura 1, se describe un transformador 1 de acuerdo con la presente divulgación. De acuerdo con modos de realización, que pueden combinarse con otros modos de realización descritos en este documento, el transformador 1 incluye un primer devanado 10 dispuesto alrededor de un eje 2 que define una dirección axial, y un segundo devanado 20 dispuesto alrededor del eje 2, en el que el segundo devanado 20 comprende un hilo

- 30 de Litz 23 que tiene una porción extrema 21 ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado 20 y una porción media 22 ubicada en una posición media axial del segundo devanado 20, teniendo el hilo de Litz 23 una primera sección transversal en la porción extrema 21 y una segunda sección transversal en la porción media 22, comprendiendo cada una de las secciones transversales primera y segunda en el cuadrante 40 entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 una curvatura que se extiende entre la dirección

- 35 axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10. La curvatura puede extenderse al menos parcialmente o especialmente completamente a lo largo de un sector angular de 90°. La curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal, reduciendo así la magnitud máxima del campo eléctrico entre las porciones extremas 21 del segundo devanado 20 y el primer devanado 10. Las secciones transversales de las porciones media y extrema 21, 22 del hilo de Litz 23 se muestran con más detalle en las figuras

- 40 2 a 5.

El eje 2 define una dirección axial. La dirección axial hacia fuera es una dirección que apunta desde la porción media 22 a la porción extrema 21 del segundo devanado 20. Puede ser hacia arriba o hacia abajo en la figura 1. La sección transversal se puede describir como un plano ortogonal al hilo de Litz 23 o un plano que contiene el eje 2 del transformador 1 como se muestra en la figura 1.

- 45 La curvatura en el cuadrante entre la dirección axial hacia fuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 debe entenderse como una curvatura geométrica del hilo de Litz o grupo de hilos de Litz. No es necesario que la curvatura sea constante. La curvatura se puede definir como la curvatura en el cuadrante que define significativamente la atenuación del campo eléctrico entre el primer y el segundo devanado 10, 20. Normalmente, la curvatura máxima de la primera sección transversal es más pequeña que la curvatura máxima de la segunda sección transversal, reduciendo así la magnitud máxima del campo eléctrico entre las porciones extremas 21 del segundo devanado 20 y el primer devanado 10.

- La curvatura en el cuadrante es menor en la porción extrema 21 que en la porción media 22. En otras palabras, el radio de curvatura en el cuadrante descrito en la porción extrema 21 es mayor que en la porción media 23. Si, por ejemplo, la porción media tiene un borde afilado, la curvatura sería máxima en el borde. Cuanto menor sea el radio de curvatura local, mayor será la curvatura. Un borde afilado tiene un radio de curvatura pequeño infinito y, por lo tanto, tiene una curvatura máxima. La curvatura más pequeña en este ejemplo puede ser un cuarto de círculo (parcialmente ovalado o parcialmente radial) que tiene una curvatura más pequeña que el borde afilado.
- Las porciones media y extrema 21, 22 no están muy separadas. Puede haber una transición continua entre la porción media 22 y la porción extrema 21. No son necesarias juntas tales como juntas soldadas o de soldadura fuerte desde la porción media 22 a la porción extrema 21. De acuerdo con un modo de realización, la porción extrema 21 del segundo devanado 20 incluye un giro de al menos 300°, particularmente al menos 360°, alrededor del eje 2. Esto asegura una reducción de la magnitud máxima del campo eléctrico entre la porción extrema 21 del segundo devanado 20 y el primer devanado 10 en una longitud definida, que es preferiblemente un todo y también la última vuelta del segundo devanado 20 alrededor del eje.
- De acuerdo con un modo de realización, el primer devanado 10 se extiende a lo largo de un primer tramo L1 en dirección axial y el segundo devanado 20 se extiende a lo largo de un segundo tramo L2 en dirección axial, en el que el segundo tramo L2 es más corto que el primer tramo L1. Por ejemplo, debido al aislamiento, el segundo devanado 20 se mantiene a una distancia radial del eje 2 mayor que la distancia entre el primer devanado 10 y el eje longitudinal 2. Las distancias de aislamiento se muestran esquemáticamente en la figura 1. Esto reduce la altura del segundo devanado comparado con la del primer devanado 10.
- De acuerdo con un modo de realización, el transformador comprende además una pieza fundida 24 en la que se incorporan el primer devanado 10 y el segundo devanado 20 para su aislamiento.
- De acuerdo con un aspecto, el hilo de Litz 23 del segundo devanado 20 tiene una forma esencialmente rectangular en la porción media 22. Los hilos de Litz rectangulares o de tipo cuadrado están disponibles típicamente para transformadores comparables. La segunda sección transversal puede tener una forma esencialmente rectangular y la primera sección transversal puede tener una forma parcialmente ovalada y parcialmente rectangular, en la que la parte ovalada está al menos ubicada en el cuadrante entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10. Esto también se ilustra en las figuras 2 a 5.
- En todas las figuras 2 a 5, la sección transversal del hilo de Litz 23 en la porción media 22 es esencialmente rectangular. En las figuras, la porción extrema 21 se ilustra en la parte superior. Sin embargo, de acuerdo con la presente divulgación, la porción extrema puede estar ubicada en la parte superior o inferior o puede haber dos porciones extremas. Al hilo de Litz no tiene ningún número de referencia para simplificar la figura. Preferiblemente, la forma del hilo de Litz 23 en la porción media 22 es esencialmente rectangular para proporcionar un apilamiento compacto del hilo de Litz 23.
- De acuerdo con un modo de realización, la porción extrema 21 es una primera porción extrema 21 y el hilo de Litz 23 comprende una segunda porción extrema 26 ubicada en una posición extrema axial opuesta del segundo devanado 20, estando ubicada la porción media 22 entre las porciones extremas primera y segunda 21, 26. El hilo de Litz 23 tiene una tercera sección transversal en la segunda porción extrema 26, en la que la tercera y la segunda secciones transversales comprenden cada una en un cuadrante entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 una curvatura que se extiende entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10, en el que la curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal, reduciendo así la atenuación de campo eléctrico entre la segunda porción extrema 26 del segundo devanado 20 y el primer devanado 10.
- Normalmente, el segundo devanado 20 es un devanado de alta tensión y el primer devanado 10 es un devanado de baja tensión. Además, el devanado de alta tensión es típicamente un devanado exterior. De acuerdo con un aspecto, el transformador está adaptado para una tensión en el devanado de AT entre 10 y 50 kV y en el devanado de BT entre 0,7 y 2 kV. Por lo tanto, el transformador puede ser un transformador de frecuencia intermedia, particularmente un transformador de frecuencia intermedia fundido de tipo seco.
- De acuerdo con un modo de realización, el transformador comprende además un núcleo ferromagnético 30, y el primer devanado 10 está dispuesto alrededor del núcleo ferromagnético 30.
- De acuerdo con un modo de realización, el primer devanado 10 está adaptado para conectarse a tierra durante un estado operativo del transformador.

El segundo devanado 20 comprende un hilo de Litz 23 que tiene una porción extrema 21 ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado 20 y una porción media 22 ubicada en una posición media axial del segundo devanado 20. De acuerdo con un aspecto, el hilo de Litz 23 es un conductor continuo que comprende la porción media 22 y la porción extrema 21, en el que la curvatura de la primera sección transversal en la porción extrema 21 en el cuadrante entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 se obtiene mediante conformado por presión del hilo de Litz 23.

5 El área de la sección transversal de la primera y la segunda sección transversal puede ser esencialmente igual, de modo que solo difiera la forma.

10 El segundo devanado puede comprender adicionalmente una porción de conexión externa 25 que conecta externamente el segundo devanado 20, en el que la porción extrema 21 está ubicada entre la porción de conexión 25 y la porción media 22 y el hilo de Litz 23 se extiende continuamente a lo largo de la porción de conexión externa 25, en la porción extrema 21 y la porción media 22. En consecuencia, una segunda porción extrema 26 se puede conectar con una segunda porción de conexión externa 27 y el hilo de Litz 23 se extiende continuamente a lo largo de la primera porción de conexión externa 25, la primera porción extrema 21 la porción media 22, la segunda porción extrema 26 y la segunda porción de conexión externa 27.

15 La figura 2 ilustra un extracto del transformador de acuerdo con un modo de realización. El hilo de Litz 23 tiene una porción extrema 21 ubicada en la parte superior de la figura y una porción media 22. Para mantener la figura sencilla no se ilustra el resto de la porción media 22 y un extremo inferior del hilo de Litz 23. El eje 2 define una dirección axial. Una dirección radial es perpendicular a la dirección axial. La dirección axial hacia afuera apunta a la parte superior de las figuras 2 a 5. Como se muestra, la sección transversal del hilo de Litz 23 en la porción extrema 21 tiene una curvatura más pequeña en el cuadrante 40 entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 que la curvatura correspondiente en la porción media 22. En otras palabras, la forma del hilo de Litz 23 en la porción extrema 21 es más redonda entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 o se aumenta el radio de la esquina en la porción extrema 21 en comparación con la porción media 22. Esto reduce la atenuación del campo eléctrico en un área cerca de la porción extrema 21. El cuadrante 40 se muestra en todas las figuras 2 a 5 en la porción extrema 21 y en la porción media 22 del segundo devanado 20. Como se muestra en las figuras, el cuadrante 40 es el primer cuadrante de un sistema de coordenadas cartesianas con el origen en el centro del hilo de Litz 23 o en el centro de una pluralidad de filas 23 de hilos de Litz.

20 30 En particular, no es necesario cortar el hilo de Litz 23 donde comienza la atenuación de campo en la porción extrema 21 y conectar los hilos de Litz 23 de sección transversal originalmente diferente en la porción media 22 con zapatas de cable. Tal conexión aumentaría significativamente los costos, el esfuerzo de fabricación, los requisitos de espacio y las pérdidas. La transición entre la porción extrema 21 y la porción media puede ser de una sola pieza mediante tan solo un cambio de la sección transversal del hilo de Litz 23.

25 35 La figura 3 muestra un modo de realización similar a la figura 2 en la que el segundo devanado 20 comprende una segunda vuelta del hilo de Litz 23 alrededor del eje 2. El segundo devanado 20 comprende dos filas radiales del hilo de Litz 23. Las filas se pueden disponer como una doble espiral. Aun así, la sección transversal del hilo de Litz 23 en la porción extrema 21 tiene una curvatura menor en el cuadrante 40 entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 que la curvatura correspondiente en la porción media 23. Si, por ejemplo, los hilos de Litz están dispuestos como una espiral doble, el origen de un sistema de coordenadas cartesiano se puede ubicar entre los dos hilos de Litz 23 y el cuadrante 40 es el primer cuadrante de este sistema de coordenadas como se muestra en las figuras 3 y 5. Hay dos sistemas de coordenadas cartesianas con el cuadrante 40, uno en la porción extrema 21 y otro en la porción media 22.

40 45 50 De acuerdo con el modo de realización de la figura 4, la primera y segunda secciones transversales comprenden cada una en un segundo cuadrante 41 entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta en dirección opuesta al primer devanado 10 una segunda curvatura, en la que la segunda curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal. Esto reduce adicionalmente la magnitud máxima del campo eléctrico alrededor de la porción extrema 21 del hilo de Litz 23. De manera análoga a la primera curvatura, la segunda curvatura puede abarcar al menos parcialmente o especialmente completamente el sector angular de 90° del segundo cuadrante 41. En un sistema de coordenadas cartesianas con el origen en el centro del hilo de Litz 23 o hilos de Litz 23, respectivamente, los cuadrantes 40 y 41 serían el primer y segundo cuadrantes del sistema de coordenadas cartesiano.

La figura 5 muestra otro modo de realización que es una combinación de las figuras 3 y 4. El segundo devanado 20 comprende dos filas radiales del hilo de Litz 23. La esquina exterior de la fila exterior radial y la esquina interior de la fila interior radial tienen la forma descrita anteriormente. La curvatura abarca un sector angular de 90° en el cuadrante, especialmente, la primera y la segunda curvatura abarcan cada una un sector angular de 90° en el primer y segundo cuadrante 40, 41, respectivamente.

Las figuras 6 y 7 ilustran un proceso de formación de un hilo de Litz 23 que puede ser parte de un procedimiento de fabricación de un transformador como se sugiere en el presente documento. El procedimiento puede combinarse con cada uno de los modos de realización del transformador descritos anteriormente. El procedimiento comprende: disponer un primer devanado 10 en la dirección de un eje 2; proporcionar un hilo de Litz continuo 23 que comprende una porción media 22 y una porción extrema 21; formando un segundo devanado 20 a partir del hilo de Litz continuo 23 alrededor del eje 2, en el que la porción extrema 21 está ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado 20 y la porción media 22 está ubicada en una posición media axial del segundo devanado 20, teniendo el hilo de Litz 23 una primera sección transversal en la porción extrema 21 y una segunda sección transversal en la porción media 22, comprendiendo cada una de las secciones transversales primera y segunda en un cuadrante 40 entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10 una curvatura que se extiende entre la dirección axial hacia fuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado 10, en el que la curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal, reduciendo así la magnitud máxima de la atenuación del campo eléctrico entre las porciones extremas 21 del segundo devanado 20 y el primer devanado 10.

La figura 6 ilustra un modo de realización del procedimiento sugerido en el que el hilo de Litz 23 está provisto de una sección transversal esencialmente constante a lo largo del segundo devanado 20. El hilo de Litz 23 se puede proporcionar desde un carrete 200 que es una forma típica. El hilo de Litz continuo del carrete se conduce a través de un dispositivo de prensado o extrusión 100. El dispositivo de presión o extrusión 100 comprende una rueda o rodillo 101 que gira alrededor de un eje 102. La rueda o rodillo 101 se presiona sobre el hilo de Litz 23 para remodelar el hilo de Litz 23 en una longitud específica del hilo de Litz 23 correspondiente a la primera porción extrema 21, dando como resultado una curvatura de la primera sección transversal como se explicó anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el hilo de Litz continuo 23 está provisto de una sección transversal esencialmente constante a lo largo del segundo devanado 20 y en el que la formación del segundo devanado 20 incluye: extruir el hilo de Litz entre una primera y una segunda rueda o rodillo 101, 103 a lo largo de una longitud específica del hilo de Litz 23 correspondiente a la primera porción 21 extrema.

De acuerdo con el modo de realización mostrado en la figura 7, el dispositivo de presión o extrusión 100 comprende dos ruedas o rodillos 101, 103 que giran alrededor de sus ejes 102, 104. El hilo de Litz se aprieta entre las ruedas 101, 104 y se reforma.

De acuerdo con un modo de realización, el área de la sección transversal de la primera y la segunda sección transversal es esencialmente igual. Especialmente cuando se usa un dispositivo de presión o extrusión 100 mostrado en las figuras 6 y 7, el área de la sección transversal permanece esencialmente constante y simplemente se reforma.

Números de referencia

- 1 transformador
- 2 eje de los devanados
- 10 primer devanado
- 20 segundo devanado
- 21 porción extrema del hilo de Litz
- 22 porción media del hilo de Litz
- 23 hilo de Litz
- 24 pieza fundida
- 25 porción de conexión externa

- 26 segunda porción extrema del hilo de Litz
- 27 segunda porción de conexión externa
- 30 núcleo ferromagnético
- 40 cuadrante entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta hacia el primer devanado
- 5 41 cuadrante entre la dirección axial hacia afuera y la dirección que apunta en dirección opuesta al primer devanado
 - L1 primer tramo del primer devanado
 - L2 segundo tramo del segundo devanado
- 100 dispositivo de presión o extrusión
- 101 rueda o rodillo
- 10 102 eje de la primera rueda o rodillo
- 103 segunda rueda o rodillo
- 104 eje de la segunda rueda o rodillo

REIVINDICACIONES

1. Un transformador (1), que comprende:
 - un primer devanado (10) dispuesto alrededor de un eje (2) que define una dirección axial, y un segundo devanado (20) dispuesto alrededor del eje (2),
 - 5 en el que el segundo devanado (20) comprende un hilo de Litz (23) que tiene una porción extrema (21) ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado (20) y una porción media (22) ubicada en una posición media axial del segundo devanado (20), teniendo el hilo de Litz (23) una primera sección transversal en la porción extrema (21) y una segunda sección transversal en la porción media (22),
 - 10 en el que un cuadrante (40) es el primer cuadrante de un sistema de coordenadas cartesianas con el origen en el centro del hilo de Litz (23) con respecto a la dirección del eje y una dirección radial hacia adentro que apunta desde el segundo devanado (20) hacia el primer devanado (10),
 - 15 en el que la primera y segunda secciones transversales comprenden cada una en el cuadrante (40) una curvatura que se extiende entre la dirección axial y la dirección radial que apunta hacia el primer devanado (10),
2. Transformador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer devanado (10) es un devanado interior y el segundo devanado (20) es un devanado exterior.
- 20 3. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer devanado (10) se extiende a lo largo de un primer tramo (L1) en dirección axial y el segundo devanado (20) se extiende a lo largo de un segundo tramo (L2) en dirección axial, en el que el segundo tramo (L2) es más corto que la primera longitud (L1).
- 25 4. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera y segunda secciones transversales comprenden cada una en un segundo cuadrante (41) de un sistema de coordenadas cartesianas, con el origen en el centro del hilo de Litz (23) con respecto a la dirección axial y una dirección radial apuntando en la dirección opuesta del primer devanado (10) hacia el segundo devanado (20), una segunda curvatura, extendiéndose las segundas curvaturas entre la dirección axial hacia afuera y la dirección radial apuntando hacia el primer devanado (10), en donde la segunda curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal.
- 30 5. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transformador comprende además un núcleo ferromagnético (30) y el primer devanado (10) está dispuesto alrededor del núcleo ferromagnético (30).
- 35 6. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la porción extrema (21) del segundo devanado (20) incluye un giro de al menos 300°, particularmente al menos 360°, alrededor del eje (2).
7. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo devanado (20) es un devanado de alta tensión y el primer devanado (10) es un devanado de baja tensión.
- 40 8. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda sección transversal tiene una forma esencialmente rectangular y la primera sección transversal tiene una forma parcialmente ovalada y parcialmente esencialmente rectangular, donde la parte ovalada está ubicada al menos en el primer cuadrante (40).
- 45 9. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el hilo de Litz (23) es un conductor continuo (23) que comprende la porción media (22) y la porción extrema (21), y en el que la curvatura de la primera sección transversal en la porción extrema (21) en el primer cuadrante (40) se obtiene conformando a presión el hilo de Litz (23).

10. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo devanado (20) comprende dos filas radiales del hilo de Litz (23) o hilos de Litz (23).
11. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transformador comprende además una pieza fundida (24) en la que se incorporan el primer devanado (10) y el segundo devanado (20).
5
12. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el área de la sección transversal del hilo de Litz (23) en la primera y segunda secciones transversales es esencialmente igual.
13. Transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transformador es un transformador de frecuencia intermedia, en particular un transformador de frecuencia intermedia fundido de tipo seco.
10
14. Procedimiento de fabricación de un transformador, que comprende:
 - disponer un primer devanado (10) en la dirección de un eje (2);
 - proporcionar un hilo de Litz continuo (23) que comprende una porción media (22) y una porción extrema (21);
15- formar un segundo devanado (20) a partir del hilo de Litz continuo (23) alrededor del eje (2), en el que la porción extrema (21) está ubicada en una posición extrema axial del segundo devanado y la porción media (22) está ubicada en una posición media axial del segundo devanado (20), el hilo de Litz (23) tiene una primera sección transversal en la porción extrema (21) y una segunda sección transversal en la porción media (22),
- 20 en el que un cuadrante (40) es el primer cuadrante de un sistema de coordenadas cartesianas con el origen en el centro del hilo de Litz (23) con respecto a la dirección axial y una dirección radial hacia adentro apuntando desde el segundo devanado (20) hacia el primer devanado (10), en el que la primera y segunda secciones transversales comprenden cada una en el cuadrante (40) una curvatura que se extiende entre la dirección axial hacia afuera y la dirección radial que apunta hacia el primer devanado (10), en donde la curvatura de la primera sección transversal es menor que la curvatura de la segunda sección transversal, reduciendo así, en el uso del transformador, una magnitud máxima de atenuación del campo eléctrico entre la porción extrema (21) del segundo devanado (20) y el primer devanado (10).
25
- 15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que el hilo de Litz continuo (23) está provisto de una sección transversal esencialmente constante a lo largo del segundo devanado (20) y en el que la formación del segundo devanado (20) incluye: extraer el hilo de Litz (23) entre una primera y una segunda rueda o rodillo (101, 104) sobre una longitud específica del hilo de Litz (23) correspondiente a la primera porción extrema (21).
30

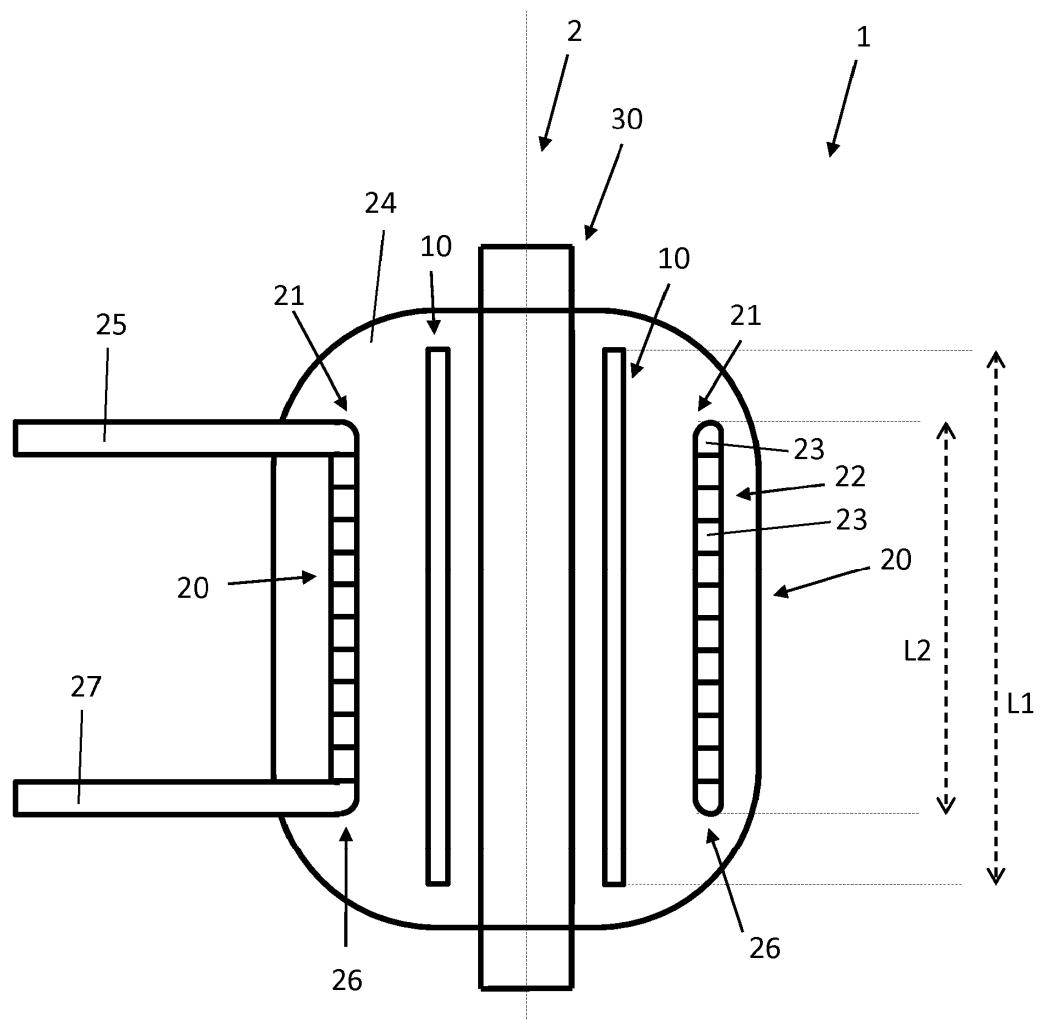


Fig. 1

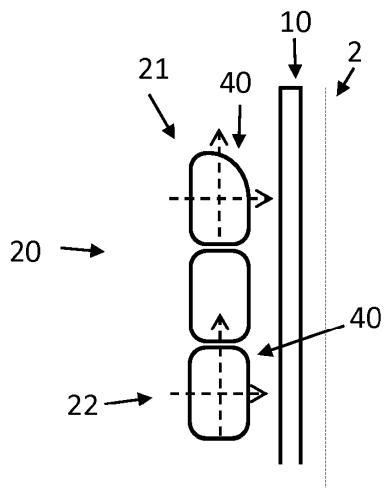


Fig. 2

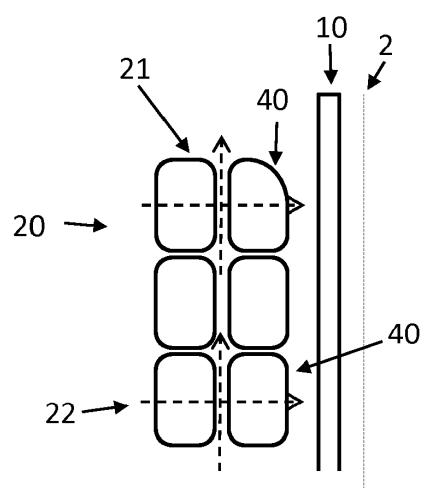


Fig. 3

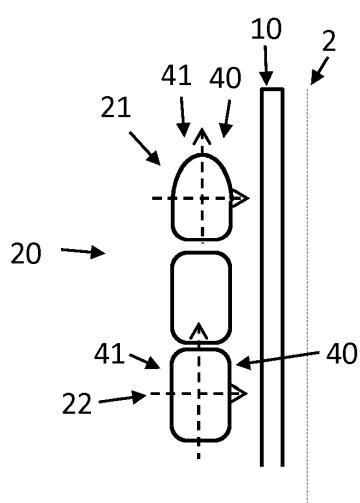


Fig. 4

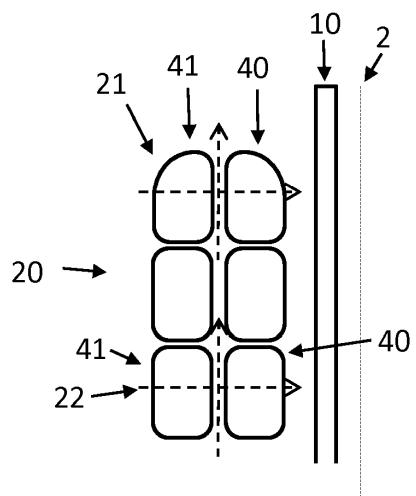


Fig. 5

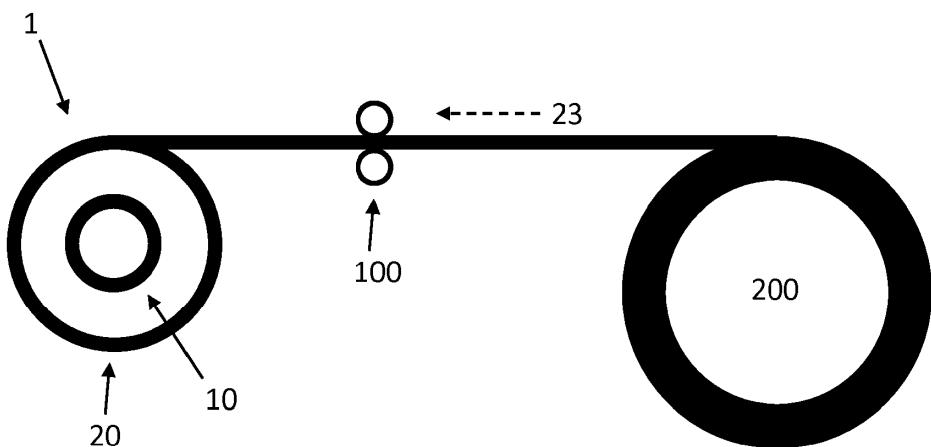


Fig. 6

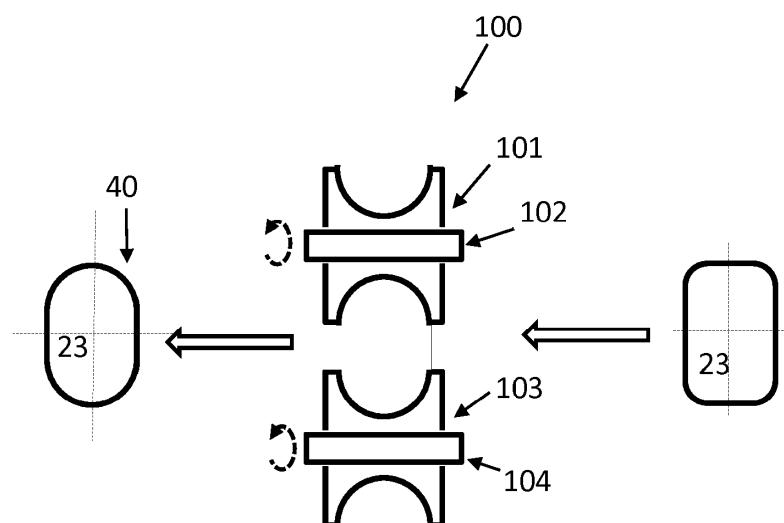


Fig. 7