

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 679 821**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/28** (2006.01)

**H01F 27/32** (2006.01)

**H01F 27/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2011** **E 11005855 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018** **EP 2549495**

54 Título: **Transformador seco**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.08.2018**

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)**  
**Brown Boveri Strasse 6**  
**5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**BOCKHOLT, MARCOS;**  
**LUCKEY, MICHAEL;**  
**MÖNIG, WOLFGANG y**  
**WEBER, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 679 821 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 seco

5 La invención se refiere a un transformador seco para aplicaciones móviles que comprende un núcleo de transformador y al menos un primer segmento de arrollamiento radialmente interior y un segundo segmento de arrollamiento cilíndrico hueco radialmente exterior arrollado alrededor de un eje de arrollamiento común y atravesado por el núcleo de transformador, que se intercalan el uno en el otro y se separan radialmente el uno del otro, de manera que se conforme entre ellos un canal de refrigeración cilíndrico hueco, previéndose para la separación elementos distanciadores dispuestos de modo que un refrigerante pueda fluir a través del canal de refrigeración en la dirección axial.

10 En general se sabe que para la transmisión de energía eléctrica están disponibles las correspondientes redes de alimentación conectadas a la red. Dependiendo de la potencia eléctrica a transmitir, éstas presentan una tensión nominal de, por ejemplo, 380 kV, 110 kV o también 10 kV, utilizándose normalmente una frecuencia de red de 50 ó 60 Hz. Una red de alimentación para la alimentación de consumidores estacionarios se construye normalmente con 15 3 fases, es decir, se pone a disposición un sistema con tres líneas de alimentación en las que, en estado simétrico, la corriente y la tensión son iguales en términos de cantidad con un desplazamiento de fase de 120° entre sí.

20 Los sistemas de alimentación de energía para consumidores móviles como, por ejemplo, los ferrocarriles o los tranvías, suelen ser monofásicos, es decir, la alimentación se realiza a través de una sola línea de alimentación, mientras que la línea de retorno se realiza a través del raíl metálico. En el caso de los trolebuses se prevén por regla general dos líneas de alimentación debido a la falta de un raíl que pueda utilizarse como conductor de retorno. Normalmente, la frecuencia de red para las aplicaciones de este tipo es de al menos 16 2/3 hercios en Europa, y en algunos casos, como en los trenes suburbanos, la tensión continua también se utiliza esporádicamente.

Para la transformación de la tensión de alimentación alterna típica de 10 kV a 15 kV se prevén transformadores móviles que posteriormente se integran, por ejemplo, en la zona bajo el suelo de un tren de pasajeros.

25 Debido a la disposición bajo el suelo, éstos sólo disponen de un espacio muy limitado, especialmente en cuanto a la altura, y normalmente se diseñan como transformadores en aceite. En este caso, el aceite sirve, por una parte, como refrigerante para disipar la pérdida de calor que se produce durante el funcionamiento y, por otra parte, como agente aislante a través del cual se pueden conseguir distancias de aislamiento más reducidas y, por consiguiente, una forma constructiva compacta.

30 El documento US2011/0063062 revela un transformador con un núcleo de transformador, así como con un primer segmento de arrollamiento radialmente interior y con un segundo segmento de arrollamiento cilíndrico hueco radialmente exterior arrollado alrededor de un eje de arrollamiento común y atravesado por el núcleo de transformador, que se intercalan el uno en el otro y se separan radialmente el uno del otro, de manera que se conforme entre ellos un canal de refrigeración cilíndrico hueco, previéndose para la separación elementos 35 distanciadores dispuestos de modo que un refrigerante pueda fluir a través del canal de refrigeración en la dirección axial.

Sin embargo, aquí resulta el inconveniente de que, por razones mecánicas, un transformador de este tipo sólo puede colocarse en la mayoría de los casos en posición vertical, lo que es contrario al espacio plano disponible en la zona bajo el suelo. Por motivos de seguridad, el aceite también debe evitarse en la medida de lo posible como elemento inflamable en un medio de transporte. En este caso, se elimina especialmente el efecto de enfriamiento del aceite.

Partiendo de este estado de la técnica, la tarea de la invención consiste en proponer un transformador seco para aplicaciones móviles a disponer de una forma lo más flexible posible.

Esta tarea se resuelve mediante un transformador seco como el que se define en la reivindicación 1.

45 Como consecuencia de la supresión del aceite como refrigerante, que evacúa la pérdida de calor que se produce durante el funcionamiento, por ejemplo, a un intercambiador de calor, se debe prever un sistema de refrigeración alternativo que funcione sin aceite pero que funcione preferiblemente con aire. En virtud de la menor capacidad térmica del aire, se prevé por lo tanto según la invención una superficie de contacto considerablemente mayor entre el arrollamiento del transformador y el elemento refrigerante. Además, un mayor caudal de refrigerante, por ejemplo, 50 mediante un ventilador, representa una ventaja.

Esto se logra especialmente gracias a los canales de enfriamiento previstos entre los segmentos de bobinado cilíndricos huecos intercalados. Por una parte, éstos sirven para influir en la impedancia de cortocircuito del transformador seco según la invención, por lo que también se pueden considerar canales de dispersión, siempre que se dispongan entre dos segmentos de arrollamiento galvánicamente separados. Por otra parte, éstos sirven para enfriar el arrollamiento del transformador desde el interior. Según la invención se prevé concretamente un refrigerante, especialmente aire, forzado para poder fluir a través de estos canales de enfriamiento. El aire ofrece la ventaja de que el aire caliente puede suministrarse directamente al entorno sin necesidad de un intercambiador de calor adicional. De acuerdo con la invención también se prevén opcionalmente canales de refrigeración para

5 aumentar la superficie de enfriamiento, por ejemplo, entre varios segmentos de arrollamiento conectados en serie que forman un arrollamiento de baja o de alta tensión. Sin embargo, de este modo aumenta el espacio necesario del transformador seco según la invención frente a un transformador en aceite comparable.

5 Por esta razón se prevé según la invención disponer el transformador horizontalmente, de manera que el eje de arrollamiento de los arrollamientos se desarrolle, por consiguiente, en un plano horizontal. Así se consigue una construcción especialmente plana y más bien más fina del transformador que se ajusta al espacio disponible, plano pero de gran superficie, en la zona bajo el suelo.

10 La separación de los segmentos de arrollamiento cilíndricos huecos se prevé mediante elementos distanciadores de un material aislante que proporcionan un apoyo en al menos una dirección predominantemente radial hacia el eje de arrollamiento. La instalación de un transformador seco de este tipo según el estado de la técnica es vertical. Esto es debido, por una parte, a razones técnicas de refrigeración, concretamente a que los conductos de refrigeración que se extienden a lo largo del eje de arrollamiento pueden funcionar mediante una refrigeración natural, para lo cual el aire ambiente fluye a través de los conductos de refrigeración de abajo a arriba. Por otra parte, esto también está condicionado mecánicamente. En caso de una disposición vertical, el transformador se coloca concretamente en la cara inferior de un núcleo de transformador, con lo que todo su peso, por ejemplo, de 500 kg a 1000 kg, se puede transferir a la base directamente a través de la superficie de apoyo del núcleo de transformador. Los arrollamientos dispuestos en las columnas del núcleo de transformador se alinean, por lo tanto, verticalmente, estando así expuestos principalmente a las fuerzas de peso en dirección del eje de arrollamiento. Una carga de fuerza en el arrollamiento de una dirección radial con respecto al eje de arrollamiento no se produce en una orientación vertical del transformador.

15 Debido a la carga de fuerza normalmente inexistente o insignificante en la dirección radial, los elementos de apoyo de los conductos de refrigeración de un transformador seco del estado de la técnica tampoco se diseñan para una carga de fuerza radial de este tipo. Aun así, se prevé según la invención poder disponer o al menos poder apoyar el transformador seco en posición horizontal en superficies de apoyo correspondientes de sus arrollamientos. Incluso si un transformador seco en la zona bajo el suelo se fija principalmente en los lados de su núcleo de transformador, de manera que su peso no se pueda transferir realmente a través de los arrollamientos, su núcleo de transformador con una longitud de, por ejemplo, 2 m es tan largo que se dobla debido a la fuerza de la gravedad. Por lo tanto, incluso en este caso, el arrollamiento debe configurarse según la invención para la absorción de fuerzas más elevadas que actúan radialmente, a fin de contrarrestar un doblado.

20 Para llevar a cabo la disposición horizontal según la invención del transformador seco sobre las superficies de apoyo correspondientes de las superficies exteriores de los arrollamientos, los arrollamientos respectivos también deben estar equipados adecuadamente para soportar cargas de fuerza radiales. Por este motivo se prevé según la invención comprimir adecuadamente la disposición de los elementos distanciadores en zonas críticas para una posición horizontal determinada del transformador, de manera que la carga de compresión máxima por área de base de un elemento distanciador no se rebase incluso si el transformador seco se encuentra en una posición horizontal. Alternativamente a un material aislante como, por ejemplo, un material compuesto reforzado con fibra de vidrio o prespán, también es posible imaginar, dependiendo de las condiciones de tensión por encima del canal de refrigeración, el uso de un metal para un elemento distanciador, por ejemplo, un perfil de aluminio sólido, siempre que el canal de refrigeración se encuentre entre varios segmentos de un arrollamiento de baja tensión de, por ejemplo, 400 V. En este caso, debido a la reducida carga de tensión no se requiere ninguna capacidad de aislamiento del elemento distanciador, ya que ésta es asumida por el aislamiento habitual del conductor de arrollamiento. Un tamaño típico de un transformador según la invención con un núcleo de dos columnas presenta, por ejemplo, una longitud de 1,5 m - 2,5 m, una altura de 0,75 m y una anchura de 1,5 m.

25 El transformador seco según la invención evita ventajosamente el uso de aceite y aún dispone de las posibilidades de refrigeración correspondientes. Además, gracias a su disposición horizontal se realiza de forma plana, de manera que se pueda integrar fácilmente en la zona bajo el suelo de una locomotora o de un vagón. Mediante un refuerzo o una compresión selectiva de los elementos distanciadores en los canales de refrigeración, se produce una estabilización correspondiente del(de los) arrollamiento(s) para una posición horizontal del transformador, a fin de transferir todo el peso del transformador hacia abajo.

30 El al menos un segundo segmento de arrollamiento presenta exactamente una superficie de apoyo preferida respectiva a través de la cual sólo se puede absorber el peso proporcional del transformador situado en posición horizontal sin que se produzca una deformación de los canales de refrigeración. El transformador seco presenta, por lo tanto, una posición preferida horizontal determinada. De este modo, los elementos distanciadores sólo deben reforzarse o comprimirse para la posición preferida, de manera que la complejidad para el refuerzo se reduzca al mínimo.

35 Por este motivo, los elementos distanciadores se disponen comprimidos en dirección radial a la superficie de apoyo respectiva, de manera que resulte una mayor resistencia a la compresión radial en las zonas correspondientes del canal de refrigeración. Con el material proporcionado de los elementos distanciadores existe en principio la posibilidad de disponer éstos últimos en las zonas correspondientes bien a una distancia menor entre sí, es decir, comprimidos, o de aumentar debidamente la anchura o las superficies de contacto de los elementos distanciadores.

De acuerdo con otra forma de realización de la invención, los elementos distanciadores se configuran a modo de listón o de canal y se extienden preferiblemente a lo largo del eje de arrollamiento. De este modo, el canal de refrigeración cilíndrico hueco se divide en varios canales de refrigeración que se desarrollan en una dirección axial de manera favorable desde un punto de vista reotécnico. Así se mejora el efecto de enfriamiento y se homogeneiza de forma ventajosa.

De acuerdo con otra forma de realización de la invención, los elementos distanciadores se conforman como elementos de apoyo puntuales. Por una parte, esto ofrece ventajas técnicas de fabricación, obteniéndose también un mejor efecto de refrigeración, por ejemplo, si la disposición de los elementos de apoyo puntuales se desplaza diagonalmente con respecto a la dirección axial. Un elemento de apoyo puntual presenta, por ejemplo, una planta circular, por ejemplo, con un diámetro de 4 cm y una altura también de 4 cm, en función de la forma deseada del canal de dispersión o de refrigeración.

Según otra configuración según la invención del transformador seco se prevé un respectivo tercer segmento de arrollamiento cilíndrico hueco intercalado entre los respectivos primer y segundo segmentos de bobinado, previniéndose respectivamente un canal de refrigeración entre cada uno de los respectivos segmentos de bobinado. Preferiblemente se prevén el al menos un primer segmento de arrollamiento radialmente interior y el al menos un segundo segmento de arrollamiento radialmente exterior para la baja tensión y el al menos un tercer segmento de arrollamiento radialmente intermedio para la alta tensión. Mediante la disposición atípica del arrollamiento de alta tensión, es decir, por ejemplo, con una tensión nominal de 15 kV, entre dos arrollamientos de baja tensión, por ejemplo, con una tensión nominal de 0,4 kV, aumenta ventajosamente la impedancia de cortocircuito del transformador, lo que da lugar a una reducción de las corrientes de cortocircuito en caso de fallo. El arrollamiento radialmente interior se prevé, por ejemplo, para la alimentación de un calentador de tren, mientras que el arrollamiento radialmente exterior se prevé para la alimentación del accionamiento.

De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención, el núcleo de transformador presenta exactamente dos columnas alrededor de las cuales se disponen al menos un primer y un segundo segmento de arrollamiento. La realización con dos columnas resulta ventajosa especialmente cuando se tiene en cuenta el funcionamiento monofásico de una red de alimentación de tracción. La división de los respectivos arrollamientos de baja y alta tensión en las dos columnas da lugar a un mayor aprovechamiento del espacio disponible y, por consiguiente, a un diseño lo más compacto posible del transformador según la invención.

Según una variante de configuración preferida del transformador seco, éste se dispone en una carcasa que lo rodea y que presenta un orificio de entrada y un orificio de salida, previéndose en el interior de la carcasa chapas deflectoras de aire dispuestas de manera que el refrigerante que entra a través del orificio de entrada se guíe hacia el orificio de salida a lo largo de los respectivos segmentos de arrollamiento intercalados a modo de serpentina a través de la carcasa o de los canales de refrigeración o de los canales de dispersión formados en los mismos. Por una parte, la carcasa ofrece una protección mecánica del transformador, lo que resulta especialmente ventajoso en caso de disposición en la zona bajo el suelo. El guiado del aire de refrigeración a lo largo de canales definidos por las chapas deflectoras de aire, preferiblemente a través de los canales de refrigeración o de dispersión, mejora el efecto de refrigeración. Gracias al guiado serpenteante del aire de refrigeración a lo largo de los respectivos segmentos de arrollamiento, se consigue, especialmente en relación con la variante con dos segmentos de arrollamiento intercalados, que los orificios de entrada y de salida se encuentren en el mismo lado de la carcasa del transformador. Esto facilita el montaje o el desmontaje, condicionados por el mantenimiento, de un transformador de este tipo. Preferiblemente se prevé un ventilador para ejercer presión sobre el aire de refrigeración a través de los segmentos de arrollamiento.

En otra variante de la invención, la carcasa y las construcciones de sujeción utilizadas en su interior como, por ejemplo, los travesaños de presión para el núcleo de transformador, se fabrican en una construcción ligera, por ejemplo, de aluminio. De este modo se reduce ventajosamente el peso del transformador, lo que resulta especialmente ventajoso debido al uso móvil previsto del transformador, por ejemplo, en vehículos ferroviarios.

Ventajosamente se prevén elementos de apoyo antivibratorios adaptados a la forma de las respectivas superficies de apoyo, por medio de los cuales el transformador seco se apoya y/o fija en las superficies de apoyo. Mediante la adaptación de los elementos de apoyo, por ejemplo, en forma de cuña, compuestos, por ejemplo, de una goma dura, a la forma exterior de las respectivas superficies de apoyo, se garantiza una carga por compresión homogénea de las superficies de apoyo. En virtud de las propiedades antivibratorias de los elementos de apoyo, tanto la oscilación natural del transformador durante el funcionamiento, por ejemplo, 16 2/3 Hz, como también los efectos de impacto, se amortiguan por medio del movimiento, por ejemplo, de una locomotora en la que está integrado el transformador.

De acuerdo con una forma de realización preferida del transformador seco según la invención, los segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros se funden entre sí. Esto aumenta la estabilidad mecánica de la parte eléctrica del arrollamiento y aumenta ventajosamente la capacidad de sollicitación de compresión. La fundición o la solidificación del arrollamiento se realizan, por ejemplo, mediante una resina epoxi. En su caso, también se puede utilizar como aislamiento de capa entre las respectivas capas de arrollamiento un material preimpregnado a modo de banda que se introduce durante el arrollamiento de las espiras. En un proceso de calentamiento final, el arrollamiento del transformador se calienta y la resina contenida en el producto preimpregnado en estado B se polimeriza completamente, lo que da lugar a una estabilización mecánica de los respectivos arrollamientos.

Según la invención, en una variante se prevé que el respectivo primer segmento de arrollamiento, el respectivo segundo y/o el respectivo tercer segmento de arrollamiento se conecten galvánicamente entre sí. Esto se puede llevar a cabo tanto por medio de una conexión en serie, como también en paralelo. Los arrollamientos de alta tensión se conectan preferiblemente en serie para reducir la carga de tensión y los arrollamientos de baja tensión se conectan en paralelo para aumentar la intensidad de corriente máxima admisible. Normalmente un transformador según la invención comprende un núcleo de dos columnas con sendos dispositivos de arrollamiento intercalados el uno en el otro. Naturalmente también es posible, por ejemplo, conectar en serie en el mismo dispositivo de arrollamiento varios respectivos primeros, segundos y/o terceros segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros.

Según la invención se prevé además que el al menos un primer y el al menos un segundo segmento de arrollamiento se conecten galvánicamente en serie, formando un autotransformador. Éste presenta opcionalmente varias tomas y se caracteriza por una densidad de potencia especialmente alta.

De las demás reivindicaciones dependientes se deducen otras posibilidades de configuración ventajosas.

La invención, otras formas de realización y ventajas adicionales se describen más detalladamente por medio de los ejemplos de realización representados en los dibujos.

Se muestra en la:

Figura 1 una sección a través de un canal de refrigeración cilíndrico hueco a modo de ejemplo,

Figura 2 una primera sección a través de segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros a modo de ejemplo,

Figura 3 una segunda sección a través de segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros a modo de ejemplo,

Figura 4 una vista seccionada de un primer transformador seco a modo de ejemplo, así como

Figura 5 una vista seccionada de un segundo transformador seco a modo de ejemplo.

La figura 1 muestra una sección 10 a través de un canal de refrigeración cilíndrico hueco a modo de ejemplo, no representándose los segmentos de arrollamiento adyacentes radialmente interior y exterior. Entre un límite radialmente exterior 12 y un límite radialmente interior 14 se forma un canal de refrigeración cilíndrico hueco en el que se disponen en dirección radial elementos distanciadores 24, 26, 28 que se extienden a lo largo del eje del arrollamiento. Éstos se fabrican, por ejemplo, de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio o prespán. Entre los elementos distanciadores 24, 26, 28 se forman, por lo tanto, canales 16, 18, 20, 22 a lo largo de la extensión axial que, según la invención, se prevén como canales de refrigeración para el flujo del aire. El canal de refrigeración se muestra en su orientación teórica, disponiéndose los elementos distanciadores 24, 26, 28 en la zona inferior más juntos unos de otros, es decir, a una distancia menor entre sí. Por este motivo, la carga por compresión del canal de refrigeración aumenta en su zona inferior de manera que el peso de un transformador o núcleo de transformador no mostrado pueda absorberse sin que se produzca una deformación del canal de refrigeración o del canal de dispersión formado por el mismo.

La figura 2 muestra una primera sección 30 a través de los segmentos de arrollamiento intercalados el uno en el otro 32, 34 que, en este caso, presentan una sección transversal aproximadamente rectangular. Una forma de sección transversal de este tipo resulta ventajosa para aumentar el factor de llenado o para aprovechar al máximo el limitado espacio disponible en la zona bajo el suelo de un vagón de ferrocarril o de una locomotora. La separación radial del primer segmento de arrollamiento 34 y del segmento de arrollamiento 32 se realiza mediante elementos distanciadores 40, 42 a modo de listones, formándose entre ellos los respectivos canales de refrigeración 36, 38. Los segmentos de arrollamiento intercalados el uno en el otro se muestran en su orientación teórica, es decir, en posición horizontal, indicándose en la zona inferior una superficie de apoyo 44. Para el aumento de la carga por compresión de los segmentos de arrollamiento intercalados el uno en el otro en la dirección radial hacia la superficie de apoyo 44, la distribución de los elementos distanciadores se comprime de forma correspondiente en la zona inferior.

La figura 3 muestra una segunda sección a través de los segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros 54, 56, 58 que, en este caso, presentan una sección transversal a modo de círculo. Entre los segmentos de arrollamiento 54, 56, 58 se configuran canales de refrigeración 60, 62 que sirven como canales de refrigeración, no mostrándose en esta representación los elementos distanciadores previstos en los mismos. El primer segmento de arrollamiento 54 radialmente interior rodea una columna del núcleo de transformador 52 y, desde un punto de vista eléctrico, es un arrollamiento de baja tensión, por ejemplo, una alimentación de 400 V para un calentador de tren. El tercer segmento de arrollamiento radialmente central representa un arrollamiento de alta tensión, por ejemplo, un arrollamiento de 15 kV, alimentado por una catenaria de una alimentación de corriente de tracción. El segundo arrollamiento 58 radialmente exterior es un arrollamiento de baja tensión y alimenta, por ejemplo, el accionamiento eléctrico de una locomotora no mostrada.

La figura 4 muestra una vista seccionada lateral 70 de un primer transformador seco a modo de ejemplo. En una carcasa de aluminio 72 se dispone en posición horizontal un núcleo de transformador de dos columnas 86 rodeado

5 en cada una de sus columnas por los respectivos dispositivos de los segmentos de arrollamiento 82, 84 intercalados el uno en el otro. Se intercalan unos entre otros respectivamente tres segmentos de arrollamiento cilíndricos huecos, disponiéndose los respectivos canales de refrigeración cilíndricos huecos o los canales de dispersión radialmente entre los mismos. En las respectivas zonas inferiores de los dispositivos de los segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros se prevén elementos de apoyo 78 en forma de cuña adaptados a la forma del contorno exterior de las superficies de apoyo de los segmentos de arrollamiento radialmente exteriores y fabricados de un material de goma dura, a través de los cuales el peso de los arrollamientos y del núcleo de transformador se transfiere proporcionalmente hacia abajo. Éstos se disponen a su vez en un elemento intermedio respectivo 76, por ejemplo, en un listón de aluminio. En la zona superior se prevén los elementos de amortiguación 88, similares en cuanto a la forma, que permiten una fijación de los arrollamientos 82, 84 o del transformador en la carcasa 72, pero que, por supuesto, no sirven para absorber el peso. Una chapa deflectora de aire 74 entre los dispositivos de arrollamiento 82, 84 sirve para definir un canal de guiado respectivo para el refrigerante que se extiende a lo largo de los segmentos de arrollamiento. Las dimensiones de la carcasa presentan, por ejemplo, una altura de 0,7 m, una anchura de 1,6 m y una longitud de 2,4 m. Gracias a la disposición horizontal, es posible una disposición en la zona bajo el suelo de un vagón de ferrocarril a pesar del aumento del espacio necesario condicionado por los canales de refrigeración.

10 La figura 5 muestra una vista seccionada 90 de un segundo transformador seco a modo de ejemplo. Éste corresponde fundamentalmente al mostrado en la figura 4, pero se representa en una perspectiva en planta. En una carcasa 112 se dispone en posición horizontal un núcleo de transformador de dos columnas 92 que está rodeado en sus dos columnas por segmentos de arrollamiento cilíndricos huecos 94, 96 intercalados unos en otros. La carcasa 112 presenta un orificio de entrada 98 y un orificio de salida 100, garantizándose por medio de chapas deflectoras de aire 106, 108, 110 un guiado a modo de serpentina del aire entrante 102 a través de la carcasa. El aire introducido con un ventilador no mostrado se calienta al fluir a través de la carcasa interior en la dirección indicada por las flechas correspondientes y sale de nuevo a continuación por el orificio de salida 100 como corriente de aire caliente 104.

Lista de referencias

- 10 Sección a través de un canal de refrigeración cilíndrico hueco a modo de ejemplo
- 12 Límite radialmente exterior del canal de refrigeración
- 30 14 Límite radialmente interior del canal de refrigeración
- 16 Primer segmento de canal de refrigeración
- 18 Segundo segmento de canal de refrigeración
- 20 Tercer segmento de canal de refrigeración
- 22 Cuarto segmento de canal de refrigeración
- 35 24 Primer elemento distanciador del canal de refrigeración
- 26 Segundo elemento distanciador del canal de refrigeración
- 28 Tercer elemento distanciador del canal de refrigeración
- 30 Primera sección a través de segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
- 32 Segundo segmento de arrollamiento radialmente exterior
- 40 34 Primer segmento de arrollamiento radialmente interior
- 36 Primer segmento de canal de refrigeración de los segmentos de arrollamiento intercalados
- 38 Segundo segmento de canal de refrigeración de los segmentos de arrollamiento intercalados
- 40 Primer elemento distanciador
- 42 Segundo elemento distanciador
- 45 44 Superficie de apoyo
- 50 Segunda sección a través de segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
- 52 Columna de núcleo de transformador
- 54 Primer segmento de arrollamiento
- 56 Tercer segmento de arrollamiento
- 50 58 Segundo segmento de arrollamiento

## ES 2 679 821 T3

	60	Primer canal de refrigeración
	62	Segundo canal de refrigeración
	70	Vista seccionada de un primer transformador seco a modo de ejemplo
	72	Carcasa
5	74	Primera chapa deflectora de aire
	76	Elemento intermedio
	78	Elemento de apoyo
	80	Canal de aire
	82	Primeros segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
10	84	Segundos segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
	86	Yugo del núcleo de transformador
	88	Elemento de amortiguación
	90	Vista seccionada de un segundo transformador seco a modo de ejemplo
	92	Núcleo de transformador
15	94	Primeros segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
	96	Segundos segmentos de arrollamiento intercalados unos entre otros
	98	Orificio de entrada
	100	Orificio de salida
	102	Aire que entra
20	104	Aire que sale
	106	Segunda chapa deflectora de aire
	108	Tercera chapa deflectora de aire
	110	Cuarta chapa deflectora de aire
	112	Carcasa
25		

**REIVINDICACIONES**

1. Transformador seco (70, 90) para aplicaciones móviles que comprende un núcleo de transformador (52, 86, 92) y al menos un primer segmento de arrollamiento radialmente interior (34, 54) y un segundo segmento de arrollamiento cilíndrico hueco radialmente exterior (32, 58) arrollado alrededor de un eje de arrollamiento común y atravesado por el núcleo de transformador (86, 92), que se intercalan el uno en el otro y se separan radialmente el uno del otro, de manera que se conforme entre ellos un canal de refrigeración cilíndrico hueco (10, 60, 62), previéndose para la separación elementos distanciadores (24, 26, 28, 40, 42) dispuestos de modo que un refrigerante pueda fluir a través del canal de refrigeración (10, 60, 62) en la dirección axial, caracterizado por que los elementos distanciadores (24, 26, 28, 40, 42) se disponen, comprimidos a lo largo del perímetro radial del canal de refrigeración (10, 60, 62) por su longitud axial en dirección radial hacia una superficie de apoyo preferida respectiva (44), en la superficie exterior del al menos un segundo segmento de arrollamiento (32, 58), de manera que en las zonas correspondientes del canal de refrigeración (10, 60, 62) resulte un aumento de la resistencia a la compresión radial sin producirse ninguna deformación del canal de refrigeración (10, 60, 62) si el peso proporcional del transformador seco situado en posición horizontal con el eje de arrollamiento alineado horizontalmente es absorbido exclusivamente por la superficie de apoyo preferida (44).
2. Transformador seco según la reivindicación 1, caracterizado por que los elementos distanciadores (24, 26, 28, 40, 42) se conforman a modo de listón o de canal, extendiéndose preferiblemente a lo largo del eje de arrollamiento.
3. Transformador seco según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que los elementos distanciadores (24, 26, 28, 40, 42) se conforman como elementos de apoyo puntuales.
4. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevé un tercer segmento de arrollamiento cilíndrico hueco respectivo (56) intercalado entre el primer segmento de arrollamiento respectivo (34, 54) y el segundo segmento de arrollamiento (32, 58), previéndose entre los segmentos de arrollamiento correspondientes (32, 34, 54, 56, 58) respectivamente un canal de refrigeración (10, 60, 62).
5. Transformador seco según la reivindicación 4, caracterizado por que el al menos un primer segmento de arrollamiento radialmente interior (34, 54) y el al menos un segundo segmento de arrollamiento radialmente exterior (32, 58) se prevén para una baja tensión y el al menos un tercer segmento de arrollamiento radialmente central (56) se prevé para una alta tensión.
6. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el núcleo de transformador (52, 86, 92) presenta exactamente dos columnas (52) alrededor de las cuales se disponen respectivamente al menos un primer (34, 54) y un segundo (32, 58) segmento de arrollamiento.
7. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el mismo se dispone en una carcasa (72, 112) que lo rodea y que presenta un orificio de entrada (98) y un orificio de salida (100), previéndose en el interior de la carcasa (72, 112) chapas deflectoras de aire (74, 106, 108, 110) dispuestas de manera que el refrigerante que entra a través del orificio de entrada (98) se guíe hacia el orificio de salida a lo largo de los respectivos segmentos de arrollamiento intercalados (30) a modo de serpentina a través de la carcasa (72, 112) o de los canales de refrigeración (16, 18, 20, 22, 36, 38) formados en los mismos.
8. Transformador seco según la reivindicación 7, caracterizado por que la carcasa (72, 112) y las construcciones de soporte utilizadas en ella se fabrican con una construcción ligera.
9. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevén elementos de apoyo antivibratorios (78) adaptados a la forma de la respectiva superficie de apoyo preferida (44), mediante los cuales el transformador seco se apoya y/o fija en las superficies de apoyo preferidas (44).
10. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los segmentos de arrollamiento (30) intercalados unos entre otros se funden entre sí.
11. Transformador seco según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el respectivo primer segmento de arrollamiento (34, 54), el respectivo segundo segmento de arrollamiento (32, 58) y/o el respectivo tercer segmento de arrollamiento (56) se conectan entre sí galvánicamente.
12. Transformador seco según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el al menos un primer segmento de arrollamiento (34, 54) y el al menos un segundo segmento de arrollamiento (32, 58) se conectan en serie galvánicamente, de manera que se forme un autotransformador.

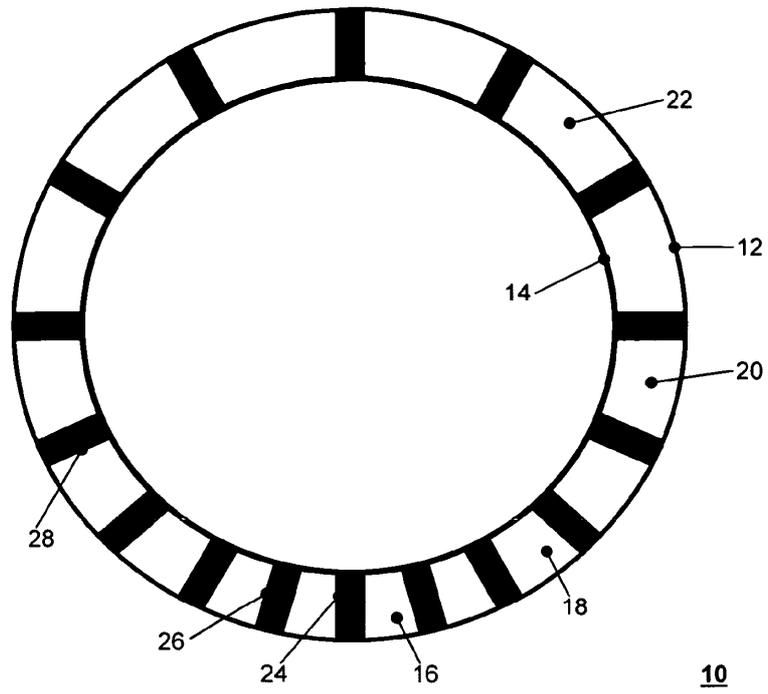


Fig. 1

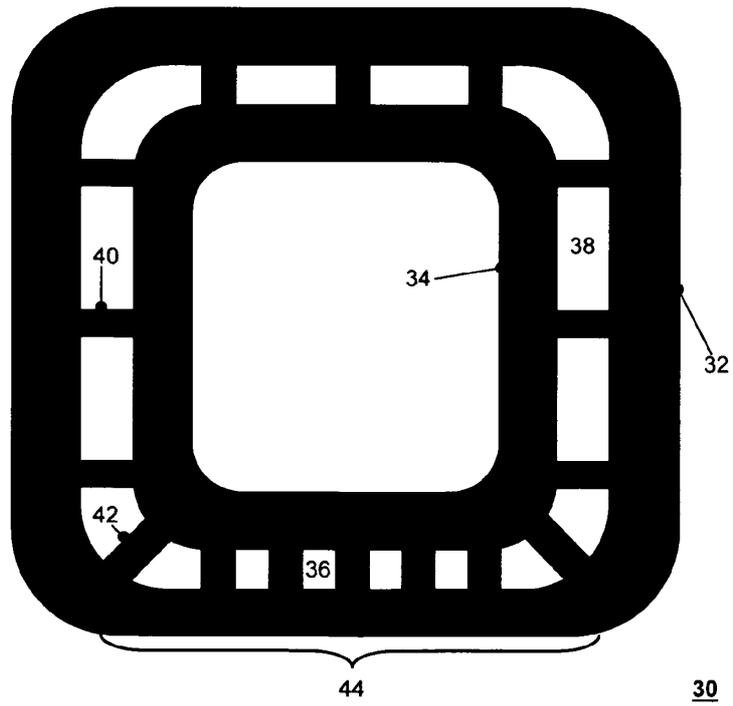
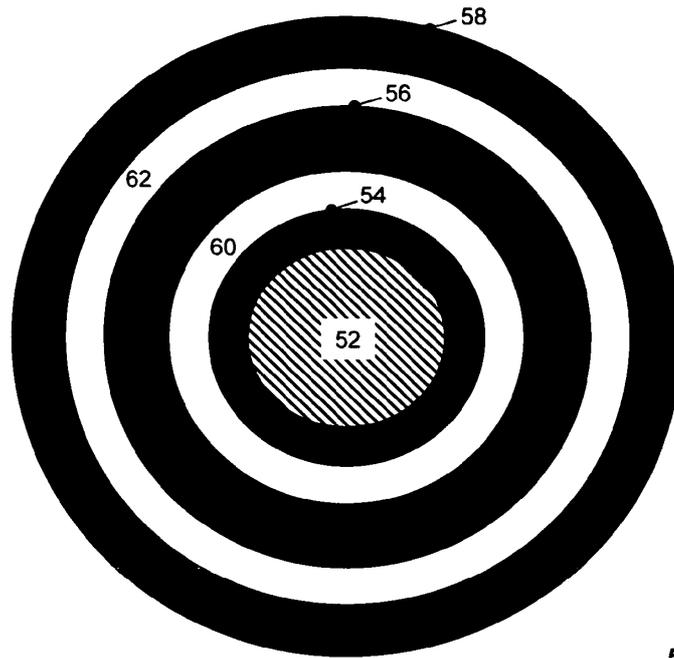
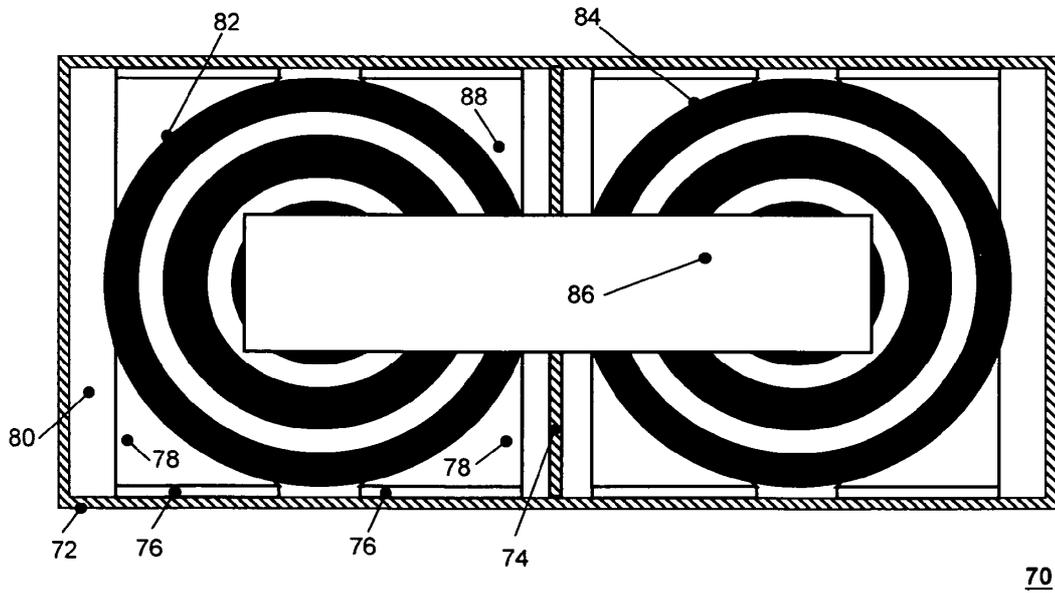


Fig. 2



50

Fig. 3



70

Fig. 4

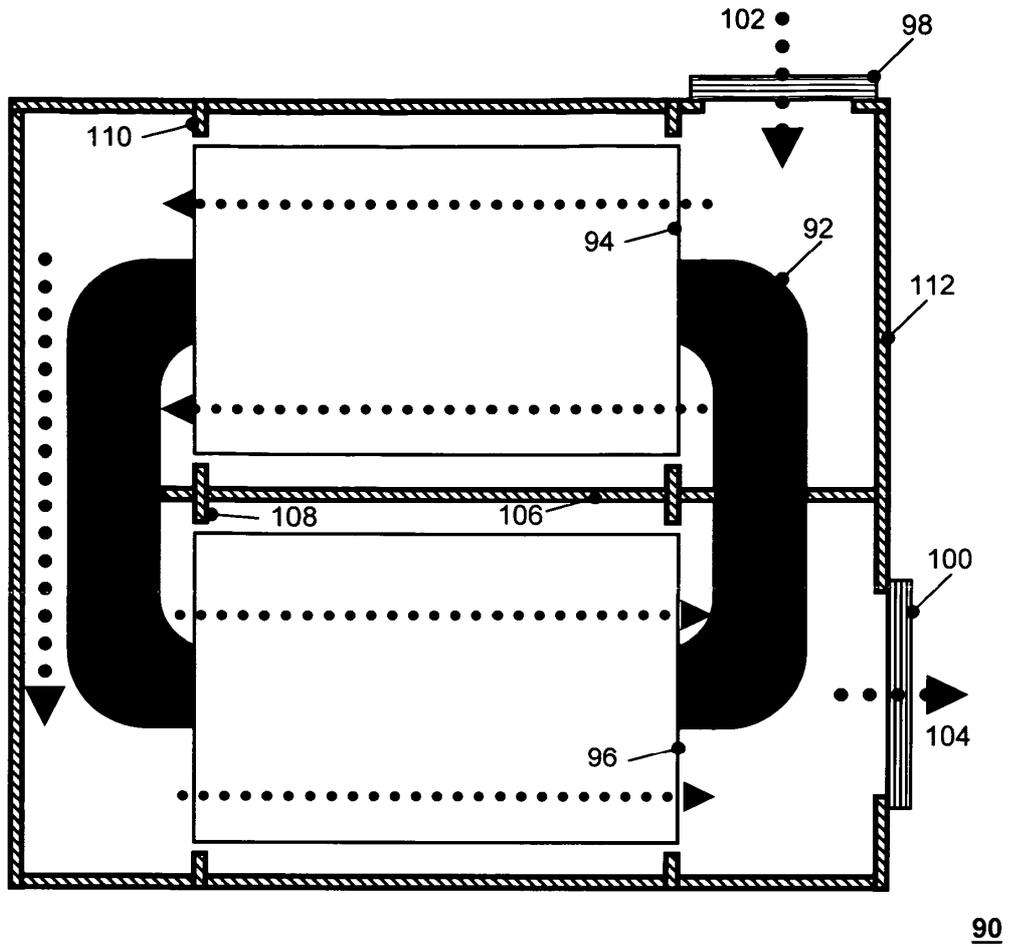


Fig. 5