

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 449**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/18** (2006.01)

**H01F 27/08** (2006.01)

**H01F 27/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2012 E 12174974 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2682957**

54 Título: **Dispositivo electromagnético que comprende una disposición de refrigeración que incluye un termosifón dispuesto específicamente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.02.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**AGOSTINI, BRUNO;  
KEARNEY, DANIEL;  
AGOSTINI, FRANCESCO y  
HABERT, MATHIEU**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 741 449 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

Dispositivo electromagnético que comprende una disposición de refrigeración que incluye un termosifón dispuesto específicamente

### Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo electromagnético refrigerado tal como un transformador de frecuencia media en seco o un inductor, teniendo el dispositivo una disposición de refrigeración que está específicamente adaptada a los requisitos de refrigeración del dispositivo.

### Antecedentes técnicos

- 10 Los dispositivos electromagnéticos tales como transformadores o inductores comprenden normalmente un núcleo hecho de un material magnéticamente permeable y uno o más devanados eléctricamente conductores dispuestos en el núcleo. En este caso, cuando las bobinas de devanado se enrollan alrededor del núcleo, por ejemplo, un transformador que comprende dicha disposición se denomina de diseño en forma de núcleo, mientras que cuando las bobinas de devanado están rodeadas por el núcleo, el transformador respectivo se denomina de diseño en forma de cubierta.

- 15 Normalmente, cuando se opera un dispositivo electromagnético, el calor se genera al menos en uno de los núcleos y los devanados eléctricamente conductores. La refrigeración es uno de los aspectos críticos de, por ejemplo, los transformadores dado que tanto el núcleo como los devanados disipan el calor. La densidad de potencia de un transformador generalmente está limitada, entre otras cosas, por una temperatura máxima de funcionamiento que puede verse afectada por la temperatura ambiente, las pérdidas del transformador del núcleo y los devanados y las resistencias térmicas.

Muchos dispositivos electromagnéticos comprenden un componente generador de calor dominante. Por ejemplo, para los transformadores de baja frecuencia, las pérdidas se localizan principalmente en los devanados, de modo que tales transformadores de baja frecuencia se refrigeran simplemente convencionalmente por convección de aire o aceite a través de los devanados.

- 25 Sin embargo, hay dispositivos electromagnéticos que comprenden dos o más componentes generadores de calor diferentes para ser refrigerados durante el funcionamiento del dispositivo.

- 30 El documento JP52-062428U describe una configuración de transformador seco con una tubería de calor cuya parte de evaporador está conectada térmicamente en el núcleo, mientras que su parte de condensador está ubicada aguas abajo de un flujo de aire de refrigeración próximo a una salida. El flujo de aire es causado por un ventilador y toca y refrigera los devanados en su camino hacia la salida.

El documento JP60-163412A también se refiere a la refrigeración del transformador de potencia y describe un sistema de tubería de calor cuya parte del evaporador está conectada térmicamente a los núcleos, mientras que su parte del condensador está ubicada aguas abajo de un flujo de aire de refrigeración causado por un ventilador.

- 35 El documento US3842596A describe una tubería de calor giratoria. En el funcionamiento del motor eléctrico, el rotor desarrolla calor localizado en los devanados del rotor y en los cojinetes sobre los cuales el rotor gira en la carcasa. Este calor se conduce a través de las paredes cilíndricas del núcleo, donde se transfiere al líquido en el depósito. El vapor se condensa en la parte de la barrena que define el condensador en su interior y el ventilador para el flujo de aire de refrigeración en su exterior.

- 40 El documento US5954988A se refiere a un transformador para un dispositivo de microondas, por ejemplo. El documento US5954988A describe la guía del flujo de aire causado por un ventilador por medio de partes de clapeta de modo que la superficie del cuerpo del transformador se refrigere de manera óptima.

### Compendio de la invención

Puede ser un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo electromagnético en el que una disposición de refrigeración esté adaptada para satisfacer los requisitos de refrigeración de diversos componentes del dispositivo.

- 45 Según un aspecto de la presente invención, un dispositivo electromagnético refrigerado está provisto de un núcleo, al menos un devanado eléctricamente conductor y una disposición de refrigeración. El núcleo comprende material magnéticamente permeable. El devanado eléctricamente conductor está dispuesto en el núcleo de acuerdo con un diseño de forma de núcleo o un diseño de forma de cubierta. La disposición de refrigeración comprende un termosifón y un ventilador dispuestos en una entrada de gas del dispositivo electromagnético. El termosifón comprende un evaporador, un condensador y tuberías de conexión que conectan el evaporador y el condensador. El termosifón y el ventilador están dispuestos de tal manera que el evaporador está en contacto térmicamente conductor con una primera superficie lateral de una pila de componentes laminares que forman el núcleo y el condensador y el devanado eléctricamente conductor están dispuestos en relación con el ventilador en serie de tal manera que el gas de refrigeración de un flujo de gas generado por el ventilador en un estado operativo del dispositivo electromagnético

refrigera tanto el condensador como el devanado eléctricamente conductor antes de dejar el dispositivo electromagnético a través de una salida de gas del dispositivo electromagnético.

Una idea de la presente invención puede considerarse basada en las siguientes observaciones y percepciones:

5 En algunos dispositivos electromagnéticos modernos, tales como los transformadores de frecuencia media que tienen un diseño optimizado, el diseñador puede elegir dónde distribuir las pérdidas térmicas entre los componentes del dispositivo. Por ejemplo, en tales transformadores de frecuencia media, tanto el núcleo como los devanados pueden diseñarse y adaptarse de tal manera que se genere una parte significativa de las pérdidas térmicas globales del transformador en cada uno de los núcleos y los devanados, respectivamente, de manera que cada uno de tanto los  
10 componentes del núcleo como los devanados generan más de, por ejemplo, el 20% de las pérdidas térmicas totales del dispositivo electromagnético. Por consiguiente, para tal dispositivo, puede no ser suficiente refrigerar solo uno de los componentes, núcleo o devanados.

15 Por lo tanto, una idea que subyace en la presente invención es proporcionar una solución de refrigeración de doble núcleo y devanado. Con este nuevo enfoque de refrigeración, el diseñador del dispositivo puede asignar las pérdidas en el núcleo o en los devanados, lo que conduce a una mayor libertad en la forma, el tamaño y, en general, en el diseño.

20 Con el fin de establecer la solución de refrigeración de doble núcleo y devanado, se propone proporcionar al dispositivo electromagnético un termosifón y un ventilador. En este caso, el núcleo del dispositivo electromagnético puede ser refrigerado principalmente por un evaporador del termosifón que está en contacto conductor térmico con este núcleo. El ventilador está dispuesto y adaptado de tal manera que un gas de refrigeración de un flujo de gas generado por el ventilador puede servir para refrigerar los devanados del dispositivo electromagnético. Además, el ventilador está  
25 dispuesto y adaptado de tal manera que el flujo de gas también refrigera el condensador del termosifón. Por consiguiente, todos los componentes generadores de calor del dispositivo electromagnético son refrigerados directa o indirectamente por el flujo de gas generado por el ventilador cuando el flujo de gas refrigera directamente los devanados generadores de calor y, además, el flujo de gas se usa para refrigerar el condensador del termosifón, cuyo evaporador está en contacto térmico con el núcleo y permite, por lo tanto, refrigerar indirectamente el núcleo.

30 Según una realización de la invención, una tasa de transferencia de calor aplicada a los devanados es ajustable por el flujo de gas generado por el ventilador, mientras que una tasa de transferencia de calor aplicada al núcleo es ajustable tanto por el flujo de gas generado por el ventilador como por un diseño del termosifón. En este caso, las dos tasas de transferencia de calor pueden ajustarse dependiendo de los requisitos reales de refrigeración del núcleo y los devanados, respectivamente, de modo que la pérdida térmica de los devanados sea incrementable en favor de una pérdida térmica reducida del núcleo, y viceversa, en un estado de funcionamiento del dispositivo electromagnético. En este caso, el dispositivo está adaptado para dividir una densidad de potencia global sustancialmente tanto en el núcleo como en los devanados eléctricamente conductores, lo que influye en los requisitos reales de refrigeración del núcleo y los devanados, respectivamente.

35 Con el fin de cumplir con los requisitos reales de refrigeración del núcleo y de los devanados, respectivamente, las características estructurales y/o funcionales y las propiedades del termosifón y el ventilador incluido en la disposición de refrigeración de los dispositivos pueden adaptarse específicamente para dividir partes de la capacidad de refrigeración general para refrigerar el núcleo, por un lado, y para refrigerar los devanados, por otro lado.

40 Por ejemplo, para adaptar las propiedades del flujo de gas generado por el ventilador, al menos uno de los tipos, tamaño y velocidad de revolución del ventilador puede seleccionarse adecuadamente. Para el termosifón, al menos uno de un medio de trabajo, un tamaño del condensador, una geometría del condensador, una orientación del condensador en el flujo de gas, un tamaño del evaporador y una geometría del evaporador pueden seleccionarse adecuadamente. Se puede colocar un condensador de un termosifón para que coincida con una distribución de flujo de gas dentro de un recinto del dispositivo electromagnético. Por ejemplo, un escape de gas puede estar en línea o  
45 en un lado del recinto, el condensador puede estar dispuesto ortogonal al flujo de gas o inclinado al mismo, y así sucesivamente. Dependiendo de si se utiliza un ventilador o dos o más ventiladores para generar el flujo de gas, se puede lograr una refrigeración simétrica o asimétrica en los componentes del dispositivo electromagnético, particularmente en los componentes de la disposición de refrigeración, y, por ejemplo, una capacidad de refrigeración de un termosifón se puede adaptar específicamente a los requisitos de refrigeración de los componentes del dispositivo conectados térmicamente al mismo. Además, por ejemplo, se puede elegir un tamaño, geometría y tipo de aletas utilizadas, por ejemplo, en el condensador del termosifón para, por un lado, optimizar la capacidad de refrigeración del termosifón y, por otro lado, optimizar la pérdida de presión y/o minimizar los problemas de obstrucción.

Las posibles características y ventajas de las realizaciones de la presente invención se explicarán con más detalle a continuación.

55 El dispositivo electromagnético refrigerado propuesto puede ser cualquier dispositivo que comprenda al menos un núcleo de material magnéticamente permeable y al menos un devanado eléctricamente conductor. El núcleo puede comprender cualquier tipo de materiales magnéticamente permeables, tales como el hierro u otros materiales ferromagnéticos. El núcleo puede tener cualquier forma y tamaño adecuados. El núcleo puede estar provisto de un

diseño de forma de núcleo o puede ser parte de un diseño de forma de cubierta. El al menos un devanado eléctricamente conductor puede estar provisto de cualquier material eléctricamente conductor, por ejemplo, en forma de un cable o cables trenzados. El devanado puede estar dispuesto alrededor del núcleo o adyacente al núcleo de manera que un campo electromagnético generado por una corriente eléctrica que fluye a través del devanado, al menos parcialmente, entre en el núcleo.

La disposición de refrigeración del dispositivo electromagnético propuesto comprende al menos dos componentes, un termosifón y un ventilador.

Un termosifón es un dispositivo que está adaptado para el intercambio de calor pasivo basado en la convección natural. En él, un agente refrigerante líquido puede circular dentro del termosifón sin la necesidad de ninguna bomba. Un principio subyacente en el termosifón utiliza el hecho de que el movimiento convectivo de un líquido refrigerante comienza cuando el líquido en un circuito se calienta, lo que hace que se expanda y se vuelva menos denso, y por lo tanto más flotante que el líquido circundante más frío en la parte inferior del circuito. La convección mueve el líquido calentado hacia arriba en el sistema, ya que es reemplazado simultáneamente por un líquido más frío que retorna por gravedad. Idealmente, el líquido refrigerante fluye fácilmente porque un buen termosifón debe tener muy poca resistencia hidráulica. Un ejemplo de un termosifón se describe en el documento EP 2 031 332 A1.

Específicamente, un termosifón puede usar principios de refrigeración de 2 fases en los cuales la transición de fase de una fase líquida a una fase gaseosa, y viceversa, ocurre y sirve para absorber energía de una fuente de calor y liberar energía a un disipador de calor, respectivamente.

Según una realización de la presente invención, el termosifón es un termosifón de tipo de bucle. En este tipo de termosifón, se proporcionan tuberías de conexión entre un evaporador y un condensador, de modo que el refrigerante evaporado en el evaporador puede fluir a través de una parte de las tuberías hacia el condensador, donde se condensa antes de regresar a otra parte de las tuberías de conexión hacia el evaporador, cerrando así el bucle. Como el evaporador está en contacto térmicamente conductor con el núcleo, las pérdidas de calor disipadas en el núcleo son conducidas al evaporador. En esta ubicación, el líquido refrigerante contenido en el termosifón se evaporará. El vapor se moverá al condensador donde se puede descargar el calor al flujo de gas generado por el ventilador. En esta ubicación, el vapor se condensará de nuevo al estado líquido y regresará al evaporador.

En una realización alternativa de la presente invención, el termosifón del dispositivo electromagnético propuesto es una tubería de calor. En tal tipo específico de termosifón, el calor puede transferirse por evaporación y condensación de vapor, es decir, por transición de fase entre la fase líquida y la fase gaseosa y viceversa.

Según una realización de la presente invención, el dispositivo electromagnético refrigerado comprende además al menos un segundo termosifón que está en contacto conductor térmico con el núcleo, en donde los termosifones primero y segundo están dispuestos en paralelo dentro del flujo de gas generado por el ventilador. En dicha realización que comprende al menos dos termosifones, los evaporadores de cada uno de los termosifones pueden estar en contacto térmico con el núcleo en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, un primer evaporador puede unirse a una primera superficie del núcleo y un segundo evaporador puede unirse a una segunda superficie del núcleo opuesta a la primera superficie. En ella, los dos condensadores de los dos termosifones pueden estar dispuestos uno al lado del otro, de manera que diferentes partes de un flujo de gas global generado por el ventilador refrigeren los condensadores respectivos.

Según una realización alternativa de la presente invención, el dispositivo electromagnético refrigerado comprende además al menos un tercer termosifón que está en contacto conductor térmico con el núcleo, en donde el primer y tercer termosifones están dispuestos en serie dentro del flujo de gas generado por el ventilador. En tal disposición, de nuevo se proporcionan al menos dos termosifones para la disposición de refrigeración del dispositivo electromagnético. Sin embargo, a diferencia de la realización anterior, los condensadores de los termosifones no están dispuestos uno al lado del otro, sino uno detrás del otro, de manera que un flujo de gas refrigera primero uno de los condensadores antes de refrigerar el otro.

Mientras que una disposición paralela de una pluralidad de termosifones puede aumentar la tasa de transferencia de calor global de la disposición de refrigeración, una disposición en serie de termosifones puede proporcionar requisitos de espacio reducido para la disposición de refrigeración.

En las realizaciones descritas anteriormente, el condensador del primer termosifón y el condensador de uno del segundo termosifón y el tercer termosifón pueden estar dispuestos en extremos opuestos del núcleo con respecto al flujo de gas. En tal disposición, el flujo de gas puede refrigerar primero un condensador de uno de los termosifones antes de refrigerar los devanados dispuestos en el núcleo y antes de finalmente refrigerar otro condensador del otro termosifón respectivo. En tal disposición en serie, el posicionamiento del primer termosifón, por un lado, y al menos uno del segundo y tercer termosifón, por otro lado, puede adaptarse específicamente a los requisitos específicos de refrigeración del dispositivo electromagnético.

Por ejemplo, diferentes partes del núcleo pueden generar diferentes cantidades de calor durante el funcionamiento del dispositivo electromagnético, lo que da como resultado requisitos de refrigeración localmente diferentes. En consecuencia, por ejemplo, un primer termosifón que tiene un evaporador en contacto térmico con una parte del núcleo

que muestra un aumento de las pérdidas térmicas podría disponerse de tal manera que su condensador esté dispuesto en un extremo del núcleo donde el flujo de gas proporcionado por el ventilador entra primero en el dispositivo electromagnético y, por lo tanto, tiene la mejor capacidad de refrigeración. Otro termosifón que tiene un evaporador en contacto con una parte menos generadora de calor del núcleo puede disponerse de tal manera que su condensador esté dispuesto en un extremo opuesto del núcleo de manera que el flujo de gas refrigere este condensador solo después de refrigerar previamente los devanados generadores de calor y, posiblemente, el condensador dispuesto en el extremo opuesto, el flujo de gas por lo tanto tiene una temperatura incrementada y una capacidad de refrigeración reducida en esta etapa.

Según una realización específica de la presente invención, el núcleo del dispositivo electromagnético comprende una conductancia térmica no isotrópica. Por ejemplo, un material del núcleo o una disposición de componentes de construcción del núcleo puede tener una conductancia de calor no isotrópica, es decir, la conductancia de calor en una dirección a lo largo del núcleo puede diferir de la conductancia de calor en otra dirección. Cuando se utiliza dicho núcleo específico, el evaporador puede disponerse de manera beneficiosa perpendicular a un plano de máxima conductancia térmica del núcleo.

La falta de isotropía de la conductancia térmica puede ocurrir, por ejemplo, en núcleos que se ensamblan a partir de una pluralidad de componentes similares a láminas para, entre otras cosas, suprimir las corrientes de Foucault. En tal núcleo que comprende una pila de componentes similares a una lámina, la conductancia térmica en una dirección a lo largo de un plano de un componente similar a una lámina puede diferir de la conductancia térmica en una dirección ortogonal a este plano. Por consiguiente, al colocar el evaporador en contacto térmico con una superficie lateral de una pila de láminas que forman el núcleo y, por lo tanto, perpendicular a un plano de la conductancia de calor máxima que coincide con el plano de las láminas de núcleo, se puede lograr la conducción térmica óptima del calor desde el núcleo al evaporador.

Según una realización de la presente invención, el núcleo y los devanados eléctricamente conductores forman parte de un transformador de frecuencia media en seco. Si bien se sabe que en los transformadores de baja frecuencia, las pérdidas térmicas se ubican principalmente en los devanados, de modo que dichos transformadores de baja frecuencia pueden refrigerarse simplemente por convección de aire o aceite a través de estos devanados, los transformadores de frecuencia media presentan pérdidas térmicas tanto en los devanados como en el núcleo. En otras palabras, mientras que los transformadores de frecuencia media permiten una mayor densidad de potencia en comparación con los transformadores de baja frecuencia, los requisitos de refrigeración en tales transformadores de frecuencia media son más complejos. La disposición de refrigeración definida para el dispositivo electromagnético propuesto en la presente memoria está específicamente adaptada para cumplir con tales requisitos complejos de refrigeración.

Según una realización alternativa, el núcleo y el al menos un devanado eléctricamente conductor forman parte de un inductor. En este caso, el inductor puede tener un único conjunto de devanados y puede beneficiarse de la refrigeración simultánea del núcleo y del devanado de manera similar a un transformador.

Según otro aspecto de la presente invención, se propone una unidad de potencia para comprender un dispositivo electromagnético refrigerado según una realización de la presente invención, como por ejemplo se ha descrito adicionalmente anteriormente. Dicha unidad de potencia puede ser, por ejemplo, una máquina eléctrica, por ejemplo, en forma de un generador eléctrico o un motor eléctrico que convierte energía mecánica en energía eléctrica, o viceversa, respectivamente.

En este caso, el ventilador de la disposición de refrigeración puede proporcionarse dentro de una carcasa del dispositivo electromagnético. Alternativamente, el ventilador puede proporcionarse fuera de dicha carcasa permitiendo así, por ejemplo, que se refrigieren varias fases eléctricas mediante un ventilador común.

Debe observarse que las posibles características y ventajas de la invención se describen en la presente memoria con respecto a diversas realizaciones de la invención. Un experto en la técnica notará que las características pueden combinarse o reemplazarse adecuadamente para crear realizaciones alternativas y posiblemente lograr efectos de sinergia.

### Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, ni la descripción ni los dibujos se interpretarán como limitantes de la invención.

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo electromagnético según una realización de la presente invención.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de los componentes principales de un dispositivo electromagnético de acuerdo con la realización mostrada en la figura 1.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo electromagnético según una realización alternativa de la presente invención.

Las figuras son solo esquemáticas y no a escala. Los mismos signos de referencia se refieren a características iguales o similares en todas las figuras.

### Descripción detallada de realizaciones

5 La figura 1 muestra un transformador de frecuencia media provisto de las características y componentes de un dispositivo electromagnético 1 refrigerado según una primera realización de la presente invención.

El dispositivo electromagnético 1 comprende un núcleo 3 y devanados eléctricamente conductores 5. El núcleo 3 se proporciona como un núcleo doble, pero también podría proporcionarse como un solo núcleo. Los devanados 5 están enrollados alrededor de una viga central del núcleo 3.

10 El núcleo 3 y los devanados 5 están encerrados por una carcasa 29, solo una parte trasera de la cual se muestra en la figura 1 por razones de claridad.

Se proporciona una disposición de refrigeración 7 para refrigerar todos los componentes generadores de calor del dispositivo electromagnético 1. La disposición de refrigeración 7 comprende un ventilador 11 dispuesto en una entrada de gas 27 de la carcasa 29. El ventilador 11 está adaptado para soplar o aspirar el flujo de gas 19 a través de la carcasa 29 que encierra el dispositivo electromagnético 1. En él, el flujo de gas 19 puede entrar en la carcasa 29 en la entrada de gas 27, fluir a través de al menos algunos de los componentes del dispositivo electromagnético 1 y salir de la carcasa 29 en una salida de gas (no se muestra en la figura 1).

15 El dispositivo electromagnético 1 comprende además dos termosifones 9, 21. Como también se muestra en la figura 2 con detalles más claros, cada uno de los termosifones 9, 21 comprende un evaporador 13 y un condensador 15. El evaporador 13 de un termosifón 9, 21 está en comunicación fluida con el condensador 15 asociado a través de tubos de tuberías de conexión 17. El evaporador 13 está dispuesto en una superficie lateral del núcleo 3 y en contacto conductor térmico con el mismo. Por consiguiente, el calor generado en el núcleo 3 durante el funcionamiento del dispositivo electromagnético 1 puede transferirse al evaporador 13. El aumento de calor en el evaporador 13 resultante de dicha absorción de calor puede dar como resultado la evaporación de un líquido refrigerante comprendido dentro del evaporador 13. El fluido evaporador puede moverse a través de uno de los tubos de las tuberías de conexión 17 actuando como un tubo ascendente y finalmente puede alcanzar el condensador 15. En el condensador 15, el fluido evaporado al menos parcialmente puede moverse a través de tuberías que están en contacto térmico con aletas o láminas a través de las cuales fluye al menos una parte del flujo de gas 19 generado por el ventilador 11. A medida que el calor se transfiere al flujo de gas 19, el fluido evaporado se condensa de nuevo a la fase líquida. El líquido condensado puede fluir a continuación de vuelta a través de un segundo tubo de las tuberías de conexión 17 hacia el evaporador 13 para cerrar el bucle.

20 En la realización mostrada en las figuras 1 y 2, el dispositivo electromagnético 1 está provisto de un primer termosifón 9 y un segundo termosifón 21 dispuestos en paralelo entre sí. Los evaporadores 13 de estos dos termosifones 9, 21 están dispuestos en las superficies laterales opuestas del núcleo 3. Los condensadores 15 de los termosifones 9, 21 están dispuestos en un extremo aguas abajo del núcleo 3 con respecto al flujo de gas 19. Los dos condensadores 15 están dispuestos uno al lado del otro, de manera que una parte del flujo de gas 19 fluye a través del condensador 15 del primer termosifón 9 y una parte separada del flujo de gas 19 fluye a través del condensador 15 del segundo termosifón 21.

25 En tal disposición paralela de los termosifones 9, 21, la dirección del flujo de aire 19 puede alterarse para que fluya en una dirección o en la dirección opuesta dependiendo de si la mayor parte de las pérdidas térmicas totales se disipa en el núcleo 3, o en los devanados 5.

30 Por ejemplo, cuando fluye en la dirección indicada para el flujo de gas 19 que se muestra en la figura 2, el flujo de gas 19 primero fluye a través de los devanados 5, refrigerando así los devanados y calentando parcialmente el flujo de gas 19, antes de ser transmitido a través de los condensadores 15 de los termosifones 9, 21, refrigerando así indirectamente los evaporadores 13 asociados y las superficies del núcleo 3 en contacto térmico con estos evaporadores 13. Con tal dirección de flujo de gas, se proporciona más capacidad de refrigeración a los devanados 5 que con un flujo de gas 19 que se dirige en la dirección opuesta y que, por lo tanto, se precalienta cuando fluye a través de los condensadores 15 antes de llegar a los devanados 5.

35 Sin embargo, independientemente de la dirección de flujo de gas seleccionada, tanto los devanados 5 como el núcleo 3 que están en contacto con los evaporadores 13 de los termosifones 9, 21 se enfrían con el mismo flujo de gas 19. El flujo de gas 19 por lo tanto actúa como una acción refrigerante común para ambos, los devanados 5 y el núcleo 3. Por ejemplo, el flujo de gas puede ser un flujo de aire.

40 En la realización específica que se muestra en la figura 2, el núcleo 3 se proporciona como una pila de múltiples componentes laminares 31. El hecho de proporcionar al núcleo 3 dichos componentes laminares 31 puede evitar el exceso de corrientes de Foucault que se producen dentro del núcleo 3 durante el funcionamiento del dispositivo electromagnético 1. Sin embargo, el intercambio de calor entre los componentes laminares individuales 31 puede estar limitado. En otras palabras, el núcleo 3 tiene una estructura de núcleo no isotrópica que tiene una conductancia térmica significativamente mayor en una dirección a lo largo de un plano de un componente laminar 31 en comparación con

la conductancia térmica en una dirección ortogonal a la misma. Para disipar de manera beneficiosa el calor de dicho núcleo no isotrópico 3, el evaporador 13 está dispuesto perpendicular al plano de máxima conductividad térmica del núcleo 3, es decir, en una superficie lateral del núcleo apilado 3.

5 La figura 3 muestra una realización alternativa de un dispositivo electromagnético 1. Una vez más, dos termosifones 9, 23 están provistos de sus evaporadores 13 dispuestos en contacto térmico con el núcleo 3. Sin embargo, los termosifones no están dispuestos en paralelo, como en las realizaciones de las figuras 1 y 2, sino que están dispuestos en serie de tal manera que un flujo de gas 25 refrigera primero uno de los condensadores 15 y solo posteriormente refrigera un segundo de los condensadores 15 del otro termosifón respectivo.

10 En la realización mostrada en la figura 3, un primer termosifón 9 está dispuesto en un extremo aguas abajo del dispositivo electromagnético 1 con respecto al flujo de gas 25, mientras que un tercer termosifón 23 está dispuesto en un lado aguas arriba del mismo. Por consiguiente, como se muestra en la figura 3, el flujo de gas 25 primero refrigera el condensador 15 del tercer termosifón 23, refrigerando indirectamente la región del núcleo 3 que está en contacto térmico con su evaporador 13. El flujo de gas 25 continúa fluyendo a través del dispositivo 1 y, por lo tanto, refrigera los devanados 5. Finalmente, el flujo de gas ya sustancialmente calentado 25 fluye a través del condensador 15 del  
15 primer termosifón 9 antes de salir por una salida de gas. En tal disposición, invertir la dirección del flujo de gas 25 puede dar como resultado que otras partes del núcleo se refrigeren predominantemente, lo que permite simplemente adaptar la capacidad de refrigeración de la disposición de refrigeración 7 a los requisitos reales de refrigeración del núcleo 3 y/o los devanados 5. De este modo, la disposición de refrigeración 7 puede, por ejemplo, hacer frente a pérdidas de calor desequilibradas dentro del dispositivo electromagnético 1.

20 Finalmente, se debe tener en cuenta que la redacción tal como "que comprende", "que incluye" o similar no excluirá que otros elementos o componentes formen parte de la estructura definida y que el término "un" o "una" no excluye la presencia de una pluralidad de elementos. También se debe tener en cuenta que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones.

#### Lista de signos de referencia

- 25 1: dispositivo electromagnético refrigerado  
3: núcleo  
5: devanados  
7: disposición de refrigeración  
9: primer termosifón  
30 11: ventilador  
13: evaporador  
15: condensador  
17: tuberías de conexión  
19: flujo de gas  
35 21: segundo termosifón en disposición en serie paralela  
23: tercer termosifón en disposición en serie  
25: flujo de gas  
27: entrada de gas  
40 29: carcasa  
31: componente laminar del núcleo

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo electromagnético refrigerado (1), que comprende:  
un núcleo (3) que comprende material permeable magnéticamente,  
un devanado eléctricamente conductor (5) dispuesto en el núcleo (3), y  
5 una disposición de refrigeración (7);  
en donde la disposición de refrigeración (7) comprende:  
un termosifón (9, 21, 23), y  
un ventilador (11) que está dispuesto en una entrada de gas (27) del dispositivo electromagnético (1);  
en donde el termosifón (9, 21, 23) comprende  
10 un evaporador (13),  
un condensador (15), y  
tuberías de conexión (17) que conecta el evaporador (13) y el condensador (15);  
en donde el termosifón (9, 21, 23) y el ventilador (11) están dispuestos de tal manera que el evaporador (13) está en  
15 contacto conductor térmico con una primera superficie lateral de una pila de componentes laminares (31) que forman  
el núcleo (3) y  
el condensador (15) y el devanado eléctricamente conductor (5) están dispuestos en relación con el ventilador (11) en  
serie de tal manera que el gas de refrigeración de un flujo de gas (19, 25) generado por el ventilador (11) en un estado  
operativo del dispositivo electromagnético (1) refrigera tanto el condensador (15) como el devanado eléctricamente  
20 conductor (5) antes de dejar el dispositivo electromagnético (1) a través de una salida de gas del dispositivo  
electromagnético (1).
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde una tasa de transferencia de calor aplicada a los devanados (5) es  
ajustable por el flujo de gas (19, 25) generado por el ventilador (11) y en donde una tasa de transferencia de calor  
aplicada al núcleo (3) es ajustable por el flujo de gas (19, 25) generado por el ventilador (11) dependiendo de los  
requisitos reales de refrigeración del núcleo (3) y el devanado (5), respectivamente, de manera que la pérdida térmica  
25 de los devanados (5) sea incrementable a favor de una pérdida térmica reducida del núcleo (3), y viceversa, en un  
estado operativo del dispositivo electromagnético (1), y en donde el dispositivo (1) está adaptado para repartir una  
densidad de potencia global sustancialmente a tanto el núcleo (3) como el devanado eléctricamente conductor (5),  
influyendo de este modo en los requisitos reales de refrigeración del núcleo (3) y el devanado (5), respectivamente.
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, en donde el núcleo (3) y el devanado eléctricamente conductor (5) son  
30 partes de un transformador de frecuencia media en seco.
4. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, en donde el núcleo (3) y el devanado eléctricamente conductor (5) son  
partes de un inductor.
5. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un segundo termosifón (21) que está  
en contacto conductor térmico con una segunda superficie lateral de una pila de componentes laminares (31) que  
35 forman el núcleo (3), en donde el primer y segundo termosifones (9, 21) están dispuestos en paralelo dentro del flujo  
de gas (19) generado por el ventilador (11).
6. El dispositivo de una de las reivindicaciones 5, en donde la segunda superficie lateral del núcleo (3) está  
dispuesta opuesta a la primera superficie lateral del núcleo (3).
7. El dispositivo de una de las reivindicaciones 5 o 6, en donde la dirección del flujo de gas (19) es modificable para  
40 que fluya en una dirección o en la dirección opuesta dependiendo de si una parte mayor de las pérdidas térmicas  
totales se disipará en el núcleo (3), o en los devanados (5).
8. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además un tercer termosifón (23) que está  
en contacto conductor térmico con el núcleo (3), en donde el primer y tercer termosifones (9, 23) están dispuestos en  
serie dentro del flujo de gas (25) generado por el ventilador (11).
- 45 9. El dispositivo de una de las reivindicaciones 5 a 8, en donde el condensador (15) del primer termosifón (9) y el  
condensador (15) de uno del segundo termosifón (21) y el tercer termosifón (23) están dispuestos en extremos  
opuestos del núcleo (3) con respecto al flujo de gas (19).

## ES 2 741 449 T3

10. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el termosifón (9, 21, 23) es un termosifón de tipo de bucle.
11. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el termosifón (9, 21, 23) es una tubería de calor.
- 5 12. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el núcleo (3) comprende conductancia térmica no isotrópica y en donde el evaporador (13) está dispuesto perpendicular a un plano de conductancia térmica máxima del núcleo (3).
13. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el devanado (5) y el condensador (15) son refrigerados por el mismo flujo de gas (19; 25), siendo el flujo de gas preferiblemente un flujo de aire.
- 10 14. El dispositivo de una de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el condensador (15) comprende aletas o laminillas a través de las cuales al menos una parte del flujo de gas (19) generable por el ventilador (11) fluye en un estado operativo del dispositivo electromagnético (1) de modo que el condensador (15) es atravesado transversalmente por al menos una parte del flujo de gas (19).
- 15 15. Unidad de potencia que comprende un dispositivo electromagnético refrigerado (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14.
- 15 16. Unidad de potencia según la reivindicación 15, en donde el ventilador (7) está provisto fuera de una carcasa (29) del dispositivo electromagnético (1).

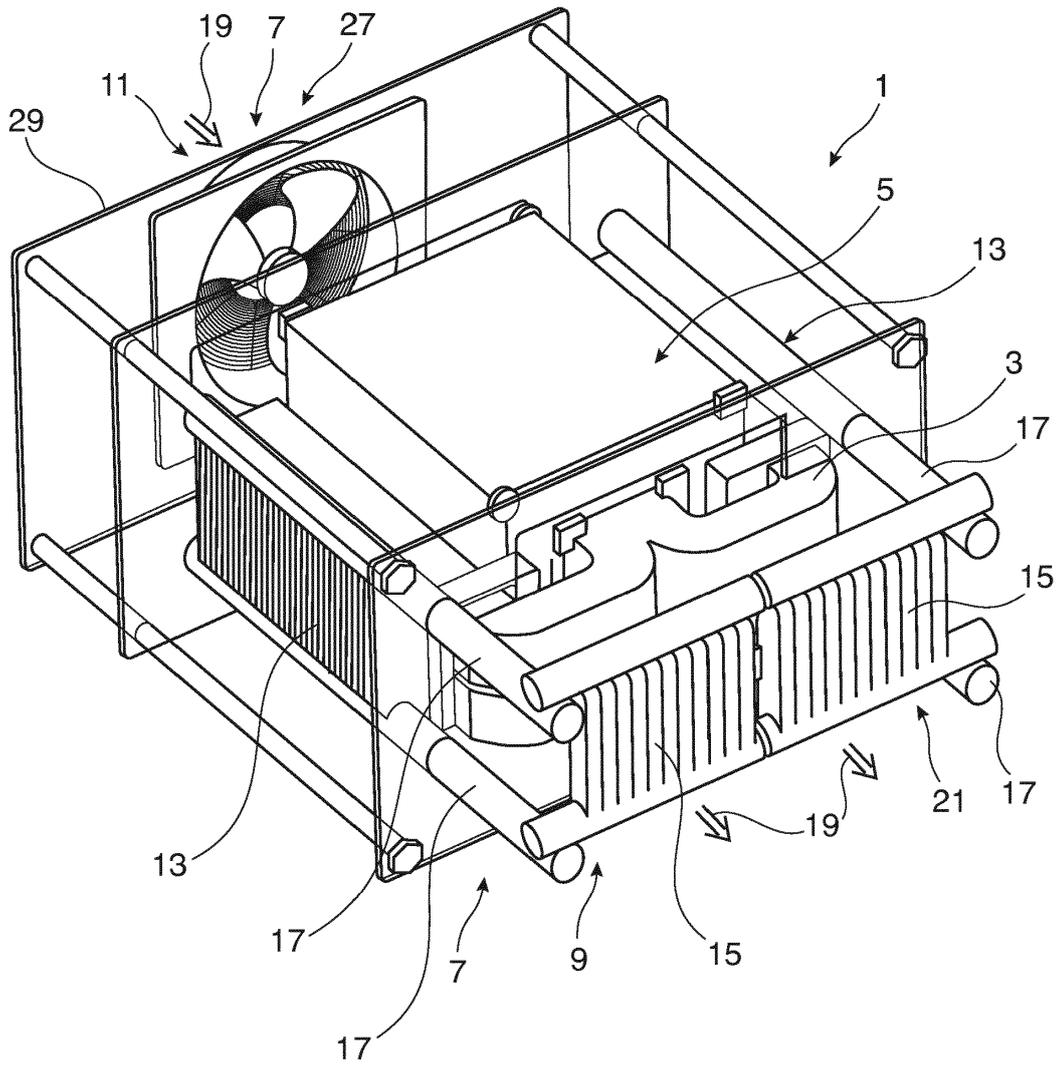


Fig. 1

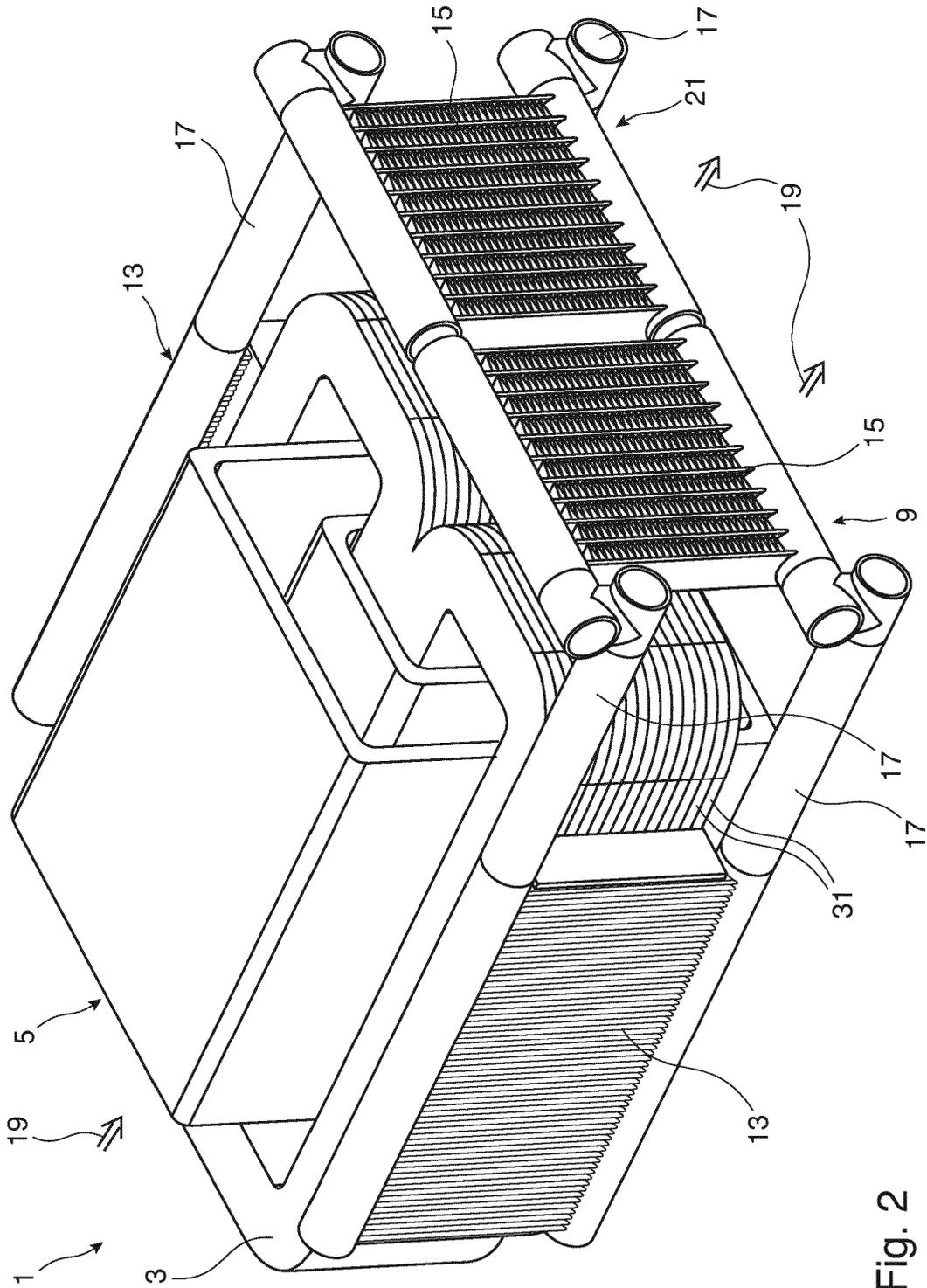


Fig. 2

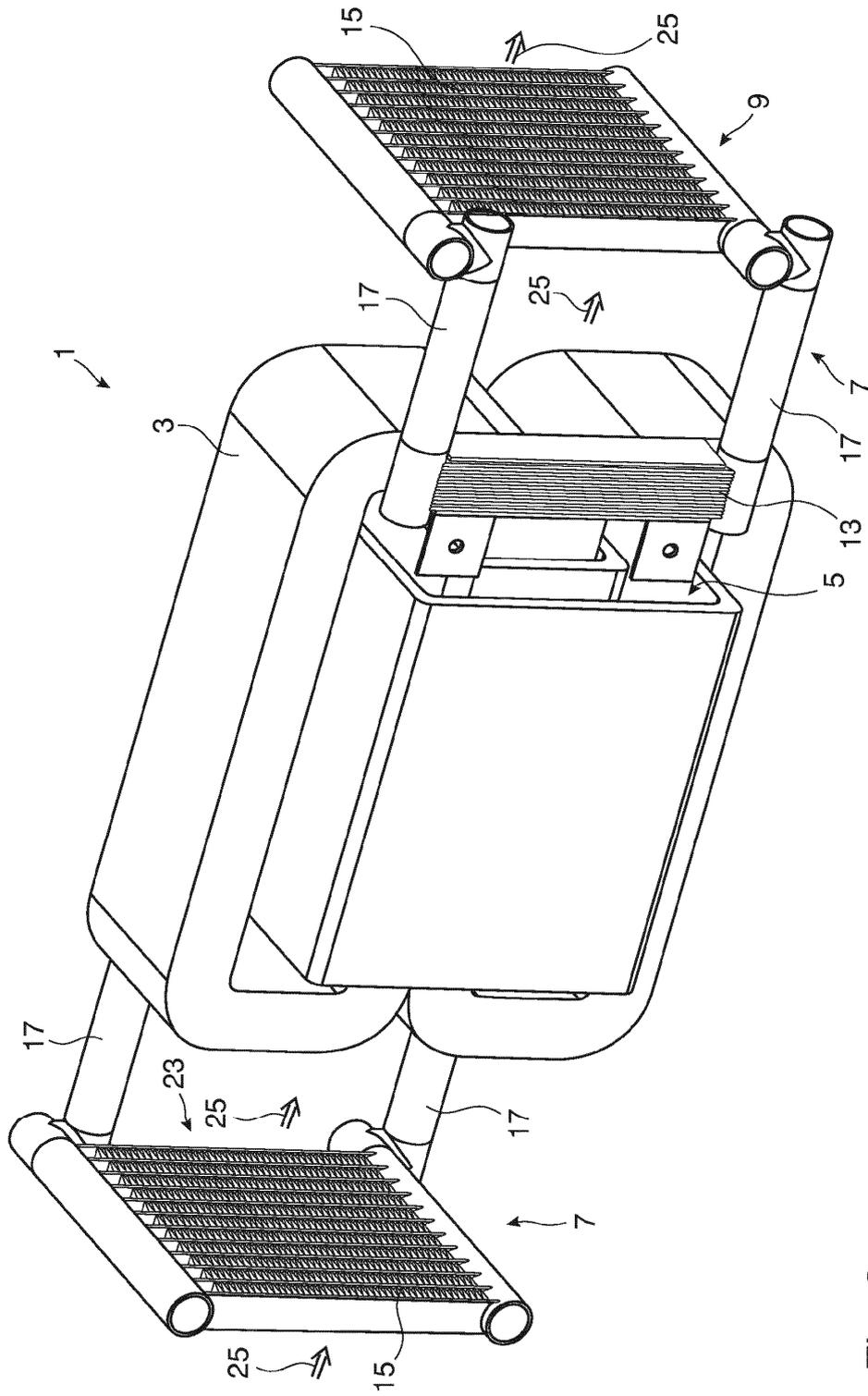


Fig. 3