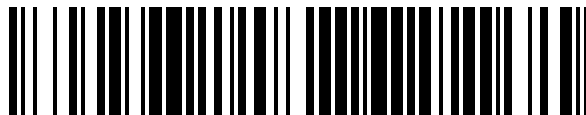


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 266 485**

21 Número de solicitud: 202130551

51 Int. Cl.:

**H01F 27/08** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**18.03.2021**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**30.04.2021**

71 Solicitantes:

**TORYTRANS, S.L. (100.0%)  
P.I. San Jorge, C/ Pitágoras,1  
13270 Almagro (Ciudad Real) ES**

72 Inventor/es:

**CAMBRONERO GARCÍA, José**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **Sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos y equipo inductivo con refrigeración pasiva**

**ES 1 266 485 U**

## DESCRIPCIÓN

### Sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos y equipo inductivo con refrigeración pasiva

5

#### **Campo de la invención**

La presente invención se engloba dentro del campo de los sistemas de refrigeración empleados para la disipación de calor de equipos inductivos, y más concretamente en los sistemas de refrigeración pasivos que no utilizan una fuente de energía.

10

#### **Antecedentes de la invención**

Los equipos inductivos (tales como inductancias, transformadores, autotransformadores y filtros), están compuestos como parte principal por un circuito magnético con uno o varios bobinados de espiras de material conductor eléctrico alrededor de uno o varios núcleos del circuito magnético, y los correspondientes elementos auxiliares que completan el equipo según su aplicación. Por las espiras del bobinado circulan corrientes alternas o pulsantes que producen unas variaciones de flujo magnético en el núcleo del circuito magnético y que, dependiendo de su funcionalidad y aplicación concreta tienen una u otra estructura determinada:

20

- Inductancia: Son equipos inductivos compuestos generalmente por un circuito magnético y un bobinado por cada fase eléctrica, y tiene la funcionalidad de producir una reactancia o resistencia al paso de la corriente alterna.

25

- Transformador: Son equipos inductivos compuestos generalmente por un circuito magnético y por cada fase eléctrica uno o varios bobinados primarios, y uno o varios bobinados secundarios todos ellos aislados entre sí. Su funcionalidad principal es producir inducción de corrientes y voltajes de uno o varios bobinados primarios a los correspondientes bobinados secundarios, así como el aislamiento o separación entre ellos.

30

- Autotransformador: Son equipos inductivos similares al transformador, pero en este caso los bobinados primarios y secundarios formarían parte del mismo bobinado. En este caso la funcionalidad de aislamiento entre bobinados no aplica.
- Filtro: Son equipos inductivos compuestos generalmente por un circuito magnético con uno o varios bobinados y su funcionalidad es el filtrado y la supresión o

potenciación de determinadas frecuencias de la corriente alterna o pulsante aplicadas al equipo.

5 Los equipos inductivos suelen ir destinados a aplicaciones finales en combinación con convertidores electrónicos de potencia y otras máquinas eléctricas. Estas máquinas eléctricas generan armónicos en una amplia gama de frecuencias provenientes de las conmutaciones de los dispositivos semiconductores. Las conmutaciones de alta frecuencia, así como otros efectos, provocan pérdidas importantes en los equipos inductivos que se manifiestan en forma de calor en distintos puntos del equipo que es necesario evacuar  
10 eficazmente del equipo para hacer el equipo inductivo más eficiente.

Las pérdidas en forma de calor pueden ser generadas por armónicos de baja o alta frecuencia producidos por los convertidores electrónicos u otro tipo de equipos electrónicos o eléctricos utilizados en el equipo inductivo, o bien por los propios efectos intrínsecos al  
15 funcionamiento y calentamiento de los bobinados y los núcleos del circuito magnético, es decir, debido a las pérdidas magnéticas (histéresis y corrientes parásitas) y pérdidas eléctricas (resistencia y reactancia de dispersión).

Los equipos inductivos de media y alta potencia tienen la problemática común de evacuar el  
20 calor generado por las pérdidas hacia el exterior del equipo. En los equipos inductivos refrigerados por aire la evacuación del calor se hace tradicionalmente mediante unos separadores que se colocan entre el núcleo y el comienzo del bobinado (dejando una separación entre ambos) y/o entre grupos de espiras (dejando una separación entre dichos grupos de espiras). Estas separaciones son canales de ventilación por los que pasa el aire y  
25 refrigera el equipo extrayendo el calor hacia el exterior. La circulación del aire por los canales de ventilación puede ser por aire natural o por aire forzado, si se quiere mejorar la eficiencia.

Sin embargo, estos sistemas de refrigeración por aire natural o forzado no son lo  
30 suficientemente eficaces, ya que no permiten evacuar una elevada cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (i.e. carga térmica), aumentando con ello peligrosamente la temperatura de funcionamiento del equipo inductivo por encima de la temperatura nominal de trabajo. Para disminuir la temperatura de trabajo del equipo inductivo, los sistemas actuales de refrigeración por aire precisan aumentar la sección del bobinado y  
35 sobredimensionar la sección de los núcleos magnéticos. El incremento en la cantidad de

material del bobinado y de núcleo magnético implica un mayor peso, volumen y coste del equipo inductivo y, en general, una reducción de las prestaciones técnicas.

5 En la actualidad, las exigencias de prestaciones, costes y condiciones de funcionamiento de los equipos inductivos son cada vez más exigentes, lo que hace que se requieran nuevas tecnologías y soluciones que mejoren su rendimiento a la par que reduzcan sus costes. Para lograr un mejor funcionamiento de los equipos inductivos con diseños cada vez más ajustados y optimizados, es necesaria una solución técnica para evacuar eficazmente el calor generado en su funcionamiento.

10 La presente invención propone una solución de refrigeración pasiva para equipos inductivos que incrementa la cantidad de energía térmica que puede disipar el equipo inductivo por unidad de tiempo, lo cual permite reducir significativamente la cantidad empleada de material del bobinado y de núcleo magnético, obteniendo un equipo inductivo más ligero, de menor volumen y de menor coste de fabricación.

### **Descripción de la invención**

20 La invención se refiere a un sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos, y un equipo inductivo con refrigeración pasiva, que emplea refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor, con una gran eficacia en la evacuación de calor.

25 La tecnología de tubos de calor o “caloductos” (“heat pipes”, en terminología anglosajona) es un sistema de refrigeración pasiva de cambio de estado. Su fundamento teórico consiste en un conjunto de tubos sellados por sus extremos que contienen un fluido muy volátil que puede cambiar muy fácilmente de fase líquida a fase gaseosa y viceversa, por pequeños cambios de temperatura respecto a la temperatura ambiente.

30 Esta tecnología de tubos de calor se aplica actualmente al enfriamiento de componentes electrónicos, tales como procesadores o elementos de electrónica de potencia, utilizando una placa caliente inferior y una placa fría superior unidas por los tubos de calor y entre las cuales se acopla a modo de “sandwich” el dispositivo a enfriar. Los tubos de calor absorben calor de una zona a enfriar (placa caliente) y lo transportan a una zona fría refrigerada (placa fría), evacuando de esta forma el calor del foco de calor. El cambio de fase de líquido a gas dentro de los tubos de calor lo produce el propio calor a evacuar del foco caliente. Teniendo  
35 en cuenta que los líquidos caen por gravedad y los gases ascienden por densidad, la zona

de condensación debe estar por encima de la zona de evaporación o foco caliente.

Sin embargo, no se conocen aplicaciones de la refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor al enfriamiento de equipos inductivos de media y alta potencia, como inductancias, transformadores, autotransformadores y filtros. La solución que se adopta en la presente invención para equipos inductivos de media y alta potencia en la presente invención difiere sustancialmente de las soluciones conocidas en el estado del arte, tal y como se describe a continuación.

La solución técnica para la refrigeración pasiva de cambio de estado de equipos inductivos mediante tubos de calor que se describe en la presente invención consiste en sustituir los canales de ventilación de los equipos inductivos refrigerados por aire con unas placas disipadoras y una serie de tubos de calor que unen dichas placas disipadoras a unas aletas disipadoras colocadas en el exterior del equipo inductivo. Una posibilidad adicional que no tienen los equipos inductivos refrigerados por aire es que dichos tubos de calor pueden colocarse también en mitad del núcleo o en la culata. Esta disposición de elementos tiene la propiedad de extraer el calor del equipo hacia las aletas disipadoras de manera mucho más eficiente que se hace en los equipos inductivos con refrigeración por aire. Este sistema de refrigeración pasiva de cambio de estado nunca se ha aplicado a equipos inductivos de media y alta potencia, como inductancias, transformadores, autotransformadores, filtros, etc.

El núcleo del circuito magnético de un equipo inductivo, que es de material magnético, está formado por las columnas del núcleo magnético unidas entre sí por las culatas. Un equipo inductivo suele tener una columna por cada fase eléctrica. Alrededor de las columnas se enrollan las espiras del bobinado, que son de un material buen conductor eléctrico, como por ejemplo aluminio o cobre. La configuración del núcleo y del bobinado depende del tipo de equipo inductivo (e.g. inductancia, filtro, transformador, autotransformador), y de sus características eléctricas, mecánicas, ambientales, etc.

El equipo inductivo puede llevar uno o varios dispositivos de refrigeración pasiva por cada fase eléctrica. Cada dispositivo de refrigeración pasiva se compone de una serie de tubos de calor que se insertan por uno de sus extremos (en concreto, el extremo caliente o de evaporación) a una placa de calor o placa disipadora, y por el otro extremo (extremo frío o de condensación) a una aleta disipadora.

35

El funcionamiento teórico de los tubos de calor es conocido, según se ha explicado anteriormente. El funcionamiento es cíclico y de la siguiente forma:

- 5           - Los focos de calor del equipo inductivo que se quiere enfriar se ponen en contacto térmico con el extremo de evaporación de los tubos de calor. Estos extremos de evaporación pueden estar insertados en unas placas disipadoras que le sirven de soporte para hacerlos más compactos. Alternativamente, los extremos de evaporación de los tubos de calor pueden contactar directamente con el foco de calor del equipo inductivo, sin utilizar una placa disipadora.
- 10          - El líquido contenido en los tubos de calor se evapora por efecto del calor y se expande, ocupando todo el volumen del tubo. El cambio de fase líquida a fase gaseosa absorbe una gran cantidad de calor del dispositivo a enfriar, muchísimo más que sólo por conducción.
- 15          - Durante la expansión, el gas al ir rozando las paredes de los tubos de calor va conduciendo el calor hacia las aletas de disipación que están colocadas en el otro extremo de los tubos de calor (extremo de condensación). Al llegar a las aletas el gas se enfría y comienza a condensar, con lo que el gas cambia a fase líquida y cae de nuevo volviendo a la zona de evaporación de los tubos.
- El proceso se repite continuamente, mientras persistan los focos de calor.

20   Las placas disipadoras son las encargadas de recoger el calor generado en el equipo inductivo y transmitirlo a los extremos calientes de los tubos de calor. Por tanto, deben colocarse en un estrecho contacto térmico con los principales focos de calor del equipo inductivo. En la solución adoptada en la presente invención, estas placas disipadoras van colocadas en estrecho contacto térmico con las caras exteriores de las columnas del núcleo, 25   o bien colocadas entre grupos de espiras, o bien en ambas posiciones. También pueden ir colocadas en medio de las columnas del núcleo (entre dos mitades de dichas columnas), o bien en contacto térmico con la superficie exterior de la culata (o culatas) del núcleo o en medio de la culata para refrigerar el núcleo. En definitiva, se colocarán en los focos de calor que se quiere evacuar del equipo inductivo.

30   Los tubos de calor están preferentemente insertados, por el extremo de la zona caliente o de evaporación, en las placas disipadoras, en estrecho contacto térmico con ellas. En dichas placas disipadoras se conforman unas canaladuras o huecos adecuados para alojar dichos tubos de forma precisa y bien ajustada para conseguir un buen contacto térmico. Cada placa

disipadora puede llevar uno o varios tubos de calor en función del dimensionamiento del sistema de refrigeración que se desee. El otro extremo de los tubos de calor, el extremo frío o de condensación, se acopla a unas aletas de disipación que son las encargadas de evacuar el calor al exterior produciendo el enfriamiento y condensación del fluido que  
5 contiene el tubo de calor.

El contacto térmico entre la placa disipadora y las columnas del inductivo y/o los grupos de espiras, o entre los tubos de calor y las placas disipadoras o entre los tubos de calor y las aletas, se consigue bien mediante un conformado mecánico preciso que permita un máximo  
10 contacto físico y bien ajustado de sus superficies. También puede mejorarse dicho contacto térmico mediante la utilización de resina o pasta conductora térmica entre las superficies de contacto de dichos elementos.

La disposición del equipo inductivo y de sus elementos de refrigeración pasiva debe ser tal que se favorezca la ascensión del gas refrigerante por los tubos de calor desde las placas disipadoras a las aletas disipadoras, y el descenso del líquido condensado desde las aletas disipadoras a las placas disipadoras. La disposición óptima es la vertical o bien con una cierta inclinación sobre la horizontal (por ejemplo, entre 60° y 90°), aunque pueden también orientarse en posición horizontal con las columnas a la misma altura o a diferentes alturas, o  
15 incluso inclinadas si la aplicación lo requiere.

Dependiendo de la aplicación concreta, la evacuación del calor de las aletas de disipación puede hacerse de forma estática por convección natural, o bien mediante ventilación forzada, lo cual aumentaría su rendimiento calorífico. En caso de utilizarse ventilación  
25 forzada puede utilizarse ventiladores o bien, si la aplicación lo permite, se pueden aprovechar las corrientes de aire generadas por el movimiento de vehículos (por ejemplo, en trenes), o por las corrientes naturales de aire (por ejemplo, en instalaciones eólicas).

En cuanto a la funcionalidad del equipo inductivo o tipo de aplicación, la presente invención  
30 puede aplicarse, entre otros equipos inductivos, a inductancias, transformadores, autotransformadores y filtros, ya sean monofásicos, trifásicos o multifásicos. Todos ellos tienen una estructura similar de circuito magnético con una columna por fase y bobinados que permiten dar una solución de refrigeración similar en todos ellos.

5 Como pauta general, las placas disipadoras se colocan en cualquier zona del equipo en la que se necesite evacuar el calor. Las placas disipadoras son generalmente de aluminio o cualquier otro material que sea buen conductor de calor. Estas placas llevan insertados varios tubos de calor por su extremo caliente. Los elementos esenciales de extracción del calor son los tubos de calor. Las placas disipadoras hacen de soporte compacto de los mismos y ejercen la función de transmitir el calor de forma eficiente de los focos de calor del equipo inductivo a los extremos calientes o de evaporación de dichos tubos de calor.

10 Los tubos de calor van insertados por lo general en las placas disipadoras haciendo un conjunto compacto que facilita la fabricación y montaje del inductivo. La inserción de los extremos de evaporación de los tubos de calor en las placas disipadoras puede hacerse mediante un ranurado a una cara, que es lo más sencillo, o bien a través de orificios bien ajustados a la medida de los tubos. Puede aplicarse una resina o pasta conductora térmica para mejorar la eficiencia en la transmisión del calor.

15 Los extremos fríos o de condensación de los tubos de calor se acoplan, fijan o insertan en las aletas disipadoras que son de un material buen conductor térmico (preferentemente metálicas). La orientación de las láminas o aletas se dispondrá en función de la dirección preferente que tenga el flujo del aire o fluido de refrigeración para optimizar su eficacia. El fluido que refrigera las aletas de refrigeración, por lo general es aire, pero en algunas aplicaciones puede ponerse cualquier medio intercambiador de calor que extraiga el calor de las aletas hacia el exterior del equipo.

20 La presente invención permite conseguir equipos inductivos con mejores prestaciones con un menor coste, menor volumen y menor masa. Esto es posible gracias a la obtención de unos equipos inductivos con unos parámetros físicos y eléctricos distintos a los equipos inductivos convencionales refrigerados por aire, permitiendo así un diseño eléctrico, magnético y mecánico más ajustado, gracias a la mejora en la evacuación del calor producido por las pérdidas. Este calor es debido a las pérdidas generadas por las corrientes armónicas de alta frecuencia u otros efectos conocidos de pérdidas en el núcleo y en el bobinado.

30 La solución técnica que se propone en la presente invención de refrigeración pasiva de cambio de estado para equipos inductivos es bastante similar independientemente del tipo de inductivo al que se aplique, de su funcionalidad, de su frecuencia de funcionamiento, del

tipo y material del circuito magnético, del tipo y materiales del bobinado, etc., lo que permite aplicar el mismo principio y diseño de los elementos de refrigeración en una amplia gama de equipos inductivos. Respecto a los tipos de inductivos por su funcionalidad, la invención puede aplicarse a inductancias, transformadores, autotransformadores y filtros entre otros, ya sean de tipo trifásico, monofásico o multifásico en general.

En cuanto a las características magnéticas, la invención da lugar a equipos inductivos que operan en una amplia gama de frecuencias de funcionamiento, pudiéndose utilizar núcleo de chapa magnética para frecuencias bajas o medias o núcleos de ferritas o materiales compuestos o cerámicos para frecuencias más altas. Todo ello con una gran capacidad de evacuación del calor generado en dichos equipos.

En cuanto al tipo de bobinado, la invención es aplicable tanto a bobinados de banda, de pletina, o de hilo, y respecto al material conductor puede ser aluminio, cobre u otros materiales que sean buenos conductores eléctricos.

En todas estas familias de equipos inductivos, la estructura constructiva de núcleo del circuito magnético y bobinados es parecida, lo que permite integrar los elementos del circuito de refrigeración de forma muy similar en todos ellos. Es por esta razón por lo que la presente invención es común y aplicable a toda la gama de equipos inductivos descrita.

La presente invención también aporta ventajas en el mantenimiento de los equipos inductivos, tanto en términos de simplicidad, coste derivado del mismo y repuestos necesarios, en comparación con la refrigeración líquida o la refrigeración por aire del estado del arte.

En la refrigeración por aire hay que usar mucho filtrado y mucha ventilación, los filtros hay que cambiarlos normalmente cada dos o tres meses y los ventiladores cada cuatro o cinco años.

En la refrigeración líquida la bomba, manguitos, glicol y juntas, entre otros elementos, hay que cambiarlos cada cinco años; además, hay que mantener una presión mínima que hay que revisar una vez al mes o cada tres meses para que el vaso de expansión no se quede sin presión.

El sistema de refrigeración pasiva de cambio de estado de la presente invención no requiere apenas de ningún tipo de mantenimiento. Simplemente se requiere limpiar las aletas de disipación cada cierto tiempo y en caso de utilizarse ventilación forzada vigilar el estado del ventilador. En definitiva, mucho menos mantenimiento que los sistemas de refrigeración  
5 tradicionales.

Un equipo inductivo refrigerado según la presente invención puede diseñarse y fabricarse para trabajar en entornos más hostiles y con parámetros más ajustados por el hecho de que el exceso de calor puede ser evacuado eficazmente del equipo mediante el sistema de  
10 refrigeración pasiva de cambio de estado. El sistema de refrigeración pasiva de cambio de estado necesita una fuente de calor para poder funcionar, en este caso se utiliza como fuente de calor las pérdidas generadas por el equipo inductivo. Por ello, las placas disipadoras se insertan en los puntos en los que más calor se genera, que es principalmente en el núcleo y entre las espiras del bobinado. Los puntos de mayor calor dependen del tipo  
15 de equipo inductivo, puede ser en el núcleo, en la culata, en el bobinado o en varios a la vez.

Las placas disipadoras están unidas a las aletas disipadoras mediante varios tubos de calor. El número de placas disipadoras, el número de tubos de calor por placa disipadora y el  
20 número y tamaño de las aletas de disipación se dimensionan acorde a la aplicación del equipo inductivo, a la cantidad de calor a evacuar, a las prestaciones deseadas y a las condiciones ambientales, al modo de refrigeración de los disipadores, natural o forzado, entre otros factores.

25 En algunos casos, el propio material del núcleo magnético puede realizar la función de las placas disipadoras, insertando los tubos de calor directamente en los núcleos o en las culatas del equipo inductivo, con un casquillo metálico de aluminio, cobre u otro material buen conductor térmico que sirva de protección.

30 La presente invención consigue un diseño del equipo inductivo más eficiente, ligero y fiable, al mejorar sustancialmente la carga térmica del equipo inductivo debido a la eficaz evacuación del calor generado por las pérdidas del equipo inductivo. Con la mejora de la carga térmica se resuelve el problema técnico de conseguir inductivos con un diseño mucho más ajustado y por tanto de mejor relación prestaciones/coste, mejoras de fiabilidad,  
35 importante reducción de materiales, masa, volumen y costes.

La presente invención permite realizar una integración limpia y estanca de los equipos inductivos para aplicaciones en ambientes hostiles, esto es, disponer de un espacio de ubicación de los equipos inductivos en una zona limpia dentro de un entorno ambientalmente hostil, dividiendo la integración en una “zona limpia” y estanca en la que se integra el equipo inductivo y en su caso otros equipos sensibles, y una “zona sucia” en la que se integran las aletas de refrigeración y otros elementos auxiliares del sistema. El calor generado por el equipo inductivo se extrae de la zona limpia, sacando los elementos de refrigeración, y por tanto el calor, fuera de dicha zona limpia.

La zona limpia puede ser estanca y aislarse del exterior gracias a que se extrae de ella la mayor parte del calor generado por los equipos inductivos instalados en dicha zona limpia, y conduciendo dicho calor a través de los tubos de calor a las aletas de disipación instaladas en la zona sucia. Esta configuración permite que los equipos más delicados puedan estar ubicados en recintos cerrados herméticos y aislados del exterior, lo que abre un amplio abanico de aplicaciones de los equipos inductivos en ambientes hostiles. Esta nueva posibilidad de integración por zonas es muy útil por ejemplo en plantas de energía solar para ambientes desérticos y otras aplicaciones industriales y de entornos ambientalmente hostiles.

Los procesos de fabricación de equipos inductivos que incorporan el sistema de refrigeración pasiva de la presente invención son compatibles con los procesos de fabricación de los equipos inductivos convencionales. La aplicación de la refrigeración pasiva de cambio de estado a equipos inductivos tiene una problemática específica de diseño y de fabricación que se resuelve con la presente invención gracias a la disposición de las placas disipadoras en las columnas y/o culatas del núcleo y entre grupos de espiras. El diseño adoptado con la filosofía de sustituir los canales de ventilación tradicionales de los equipos refrigerados por aire por las placas disipadoras permite realizar una fabricación de los bobinados y de los núcleos y resto de partes del equipo sin tener que realizar cambios significativos en los procesos de fabricación y montaje de los equipos.

La presente invención permite reemplazar cualquier tipología de equipos inductivos actuales, otorgándoles un mayor rendimiento debido a su mejor carga térmica. Por ejemplo, la presente invención puede sustituir a los equipos inductivos refrigerados por agua, en los que se requiere una bomba de circulación y complicada fontanería para integrarlo en un

aparato eléctrico que maneja altas tensiones y potencias. También permite sustituir a los equipos inductivos refrigerados por aire, al conseguirse una mayor eficacia en la evacuación de calor sin necesidad de consumo energético para la ventilación forzada, lo que permite hacer un diseño más ajustado en coste, tamaño y prestaciones. También puede sustituir a 5 equipos inductivos de refrigeración forzada.

Las principales ventajas de la presente invención son las siguientes:

- 10 • Debido a la eficaz evacuación del calor de las pérdidas del equipo, se pueden realizar diseños mucho más ajustados del inductivo y con mejor relación prestaciones/coste.
- Por la mejora de carga térmica puede reducirse muy significativamente los materiales del bobinado y del núcleo y en consecuencia su masa, su volumen y su coste y su facilidad de integración.
- 15 • La refrigeración no consume energía, ya que utiliza para su funcionamiento la energía del calor de las pérdidas que hay que evacuar del dispositivo al que se aplica.
- Tiene un escaso o nulo mantenimiento por carecer de partes móviles, y por tanto la tasa de fallos de los equipos se reduce drásticamente.
- 20 • Está exento de ruidos al carecer de bombas para el movimiento del fluido refrigerante y ventiladores para su enfriamiento, salvo en los casos en los que se utilice ventilación forzada para las aletas de disipación mediante ventiladores. Aún en este caso el ruido es mucho menor por carecer de bomba de circulación de fluido refrigerante.
- 25 • Se elimina el riesgo de cortocircuitos por fugas de líquido al utilizarse como refrigerante una gama de fluidos dieléctricos en lugar de agua. Este fluido está contenido en los tubos de calor que están sellados por sus extremos.
- 30 • Permite disponer de un espacio limpio y/o cerrado y aislado del exterior para ubicar los equipos inductivos y resto de componentes sensibles de la instalación, sacando fuera a una zona sucia las aletas de refrigeración, el cableado y otros elementos auxiliares del sistema. Esto permite reducir considerablemente el mantenimiento por limpieza, y realizar aplicaciones en entornos ambientalmente muy hostiles en condiciones muy favorables para los equipos.

- Permite fabricar inductivos con frecuencias de conmutación más altas manteniendo el mismo tipo de núcleo magnético (chapa laminada grano orientado). Esto es posible gracias se extrae eficazmente el calor generado por pérdidas de las altas frecuencias
- 5
- Permite aumentar la eficiencia energética de los equipos inductivos y reducir el coste de la refrigeración de los equipos.
  - Al aumentar la eficiencia energética de los equipos inductivos se consigue un mayor rendimiento de cualquier instalación en general, y en el caso particular de parques solares o eólicos permite aumentar el beneficio de generación de energía en €/kW.

10

### **Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

15

Las Figuras 1A-1C representan, en diferentes vistas, un diagrama general simplificado de un equipo inductivo con refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor de acuerdo a una posible realización de la presente invención.

20

Las Figuras 2A y 2B ilustran una posible realización de la placa disipadora y los tubos de calor insertados en ella. La Figura 2C ilustra otra posible realización de la placa disipadora.

La Figura 3 representa un diagrama simplificado de tubos de calor aplicados a las caras exteriores de las columnas del núcleo y entre grupos de espiras del bobinado.

25

Las Figuras 4A-4D muestran, en diferentes vistas, un equipo inductivo trifásico que incorpora el sistema de refrigeración pasiva de la Figura 3, con los tubos de calor aplicados a las caras exteriores de las columnas del núcleo y entre grupos de espiras.

30

La Figura 5 representa un diagrama simplificado de tubos de calor aplicados al interior de las columnas del núcleo.

La Figura 6 ilustra un equipo inductivo trifásico que incorpora el sistema de refrigeración pasiva de la Figura 5, con los tubos de calor aplicados en mitad de las columnas del núcleo.

La Figura 7 muestra un equipo inductivo trifásico con los tubos de calor aplicados sobre la superficie exterior de la culata del núcleo.

5 La Figura 8 muestra un equipo inductivo trifásico con los tubos de calor aplicados en mitad de la culata del núcleo.

La Figura 9 represente una realización del sistema de refrigeración pasiva en la que los tubos de calor están insertados directamente en el núcleo sin utilizar placa disipadora,  
10 únicamente envueltos en un casquillo protector.

La Figura 10 representa un diagrama simplificado de integración por zonas estancas de un equipo inductivo con refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor.

#### 15 **Descripción detallada de la invención**

A continuación, se explica con mayor detalle la disposición de los elementos que componen un sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos y un equipo inductivo con refrigeración pasiva según la presente invención, así como su funcionamiento y características.

20 Las **Figuras 1A-1C** representan un diagrama general simplificado de un equipo inductivo 20 que incorpora un sistema de refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor en sus tres proyecciones: alzado (Figura 1A), planta (Figura 1B) y perfil (Figura 1C).

25 Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos. Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un equipo inductivo 20 que incluye dicho sistema de refrigeración pasiva. El equipo inductivo 20 comprende al menos un circuito magnético formado por al menos un bobinado 4 de espiras de material conductor eléctrico alrededor de al menos un núcleo magnético 1, además de un  
30 sistema de refrigeración pasiva mediante tubos de calor 6. El equipo inductivo puede ser, entre otros, una inductancia, un transformador, un autotransformador o un filtro.

En las Figuras 1A-1C se representa, a modo de ejemplo, un equipo inductivo trifásico con un circuito magnético compuesto por tres columnas 2 con su correspondiente bobinado 4  
35 eléctrico.

El sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos de la presente invención comprende al menos un dispositivo de refrigeración pasiva instalado en un equipo inductivo. A su vez, cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende unas aletas disipadoras 7, y al menos un tubo de calor 6 sellado por sus extremos, con un extremo de evaporación 15 en contacto térmico con el equipo inductivo, y un extremo de condensación 14 en contacto térmico con las aletas disipadoras 7.

Cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende preferentemente una placa disipadora 5 en contacto con el equipo inductivo, estando el extremo de evaporación 15 del al menos un tubo de calor 6 en contacto térmico con la placa disipadora 5. En una realización preferida, el extremo de evaporación 15 del al menos un tubo de calor 6 de cada dispositivo de refrigeración pasiva está insertado en la correspondiente placa disipadora 5. Cada dispositivo de refrigeración pasiva puede comprender además una resina o pasta conductora térmica aplicada entre el extremo de evaporación 15 del al menos un tubo de calor 6 y la placa disipadora 5 para favorecer el contacto térmico entre ambos elementos.

El calor generado por las pérdidas del equipo inductivo calienta las placas disipadoras 5 y los tubos de calor 6 con lo que el fluido en el interior de los tubos de calor 6 cambia de fase líquida a fase gaseosa, absorbiendo una gran cantidad de calor. Este calor se transmite de forma ascendente por los tubos hacia las aletas disipadoras 7 que están situadas por lo general en una posición más elevada que las placas. En la zona de disipación el gas se enfría volviendo a su fase líquida y así retorna a la zona de evaporación situada en las placas disipadoras 5. Se repite el ciclo indefinidamente mientras haya calor que evacuar en el equipo.

Cada placa disipadora 5 puede estar en contacto con un núcleo magnético 1 o con un bobinado 4 del equipo inductivo; por ejemplo, en contacto con una cara exterior de una columna 2 y/o una culata 3 del núcleo magnético.

En el ejemplo de las Figuras 1A-1C cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende una pluralidad de tubos de calor 6 (e.g. cinco tubos de calor, según se muestra en dichas figuras), los cuales están insertados en una placa disipadora 5 en contacto, al menos parcialmente, con una cara exterior de una columna 2 del núcleo magnético 1 del equipo inductivo. Además, como se muestra en el ejemplo de la Figura 1C, la placa disipadora 5 se

puede extender para contactar con parte de la superficie exterior de la culata 3. En este caso, las placas disipadoras 5 de los dispositivos de refrigeración pasiva se aplican a las dos caras de cada una de las columnas 2 del núcleo magnético 1. Sin embargo, los dispositivos de refrigeración se podrían aplicar a cualquier combinación de caras externas y columnas.

5 Las **Figuras 2A** y **2B** representan una posible realización de la placa disipadora 5, que dispone de unas cavidades 17 en los cuales se insertan los tubos de calor 6. La Figura 2A muestra la placa disipadora 5 sin los tubos de calor 6 insertados, y la Figura 2B con los tubos de calor 6 insertados por su correspondiente extremo de evaporación 15, donde se  
10 aprecia que la forma y tamaño de las cavidades 17 están adaptadas a la forma y tamaño de los tubos de calor 6 (entre ambos elementos se podría además aplicar resina o pasta conductora térmica para mejora el contacto térmico).

La **Figura 2C** ilustra otra posible realización de la placa disipadora 5, la cual dispone de  
15 unas acanaladuras 13 por las cuales se introduce el extremo de evaporación 15 de los tubos de calor 6.

Cada tubo de calor 6 está sellado en el borde 18 de su extremo de evaporación 15 y también está sellado por su extremo de condensación situado en la aleta de refrigeración 7.  
20 El extremo de evaporación 15 corresponde al extremo del tubo de calor 6 que se pone en contacto térmico con el foco de calor (en el caso de las Figuras 1A-1C, las caras exteriores de las columnas 2) del equipo inductivo a enfriar. La cara de transferencia de calor 16 es la superficie de la placa disipadora 5 que se pone en contacto con el foco de calor del equipo inductivo para disipar el calor generado mediante los tubos de calor 6.

25 En una realización, la placa disipadora de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está colocada entre grupos de espiras de un bobinado 4 del equipo inductivo. La **Figura 3** representa un diagrama simplificado, de una de las columnas 2 bobinadas del circuito magnético vista desde la parte superior, en el que se aprecia una configuración de los tubos  
30 de calor 6 aplicados a dos caras exteriores y opuestas de las columnas 2 del núcleo magnético 1 y también aplicadas entre grupos de espiras (4a, 4b) del bobinado 4. En la figura se representa de manera esquemática el contacto entre los tubos de calor 6 con su correspondiente aleta disipadora 7. En un bobinado de una misma columna 2 del núcleo magnético 1, un grupo de espiras lo compone un cierto número de espiras, que van entre el  
35 inicio del bobinado y una placa disipadora 5 (o un separador de canal de ventilación), o bien

entre dos placas disipadoras 5 (o separadores de canal de ventilación). Los grupos de espiras pueden pertenecer a un mismo bobinado o a distintos bobinados de la misma columna.

- 5 En las **Figuras 4A y 4B** se representa, a modo de ejemplo, vistas de alzado, planta y perfil (Figura 4A) y una vista tridimensional (Figura 4B) de un equipo inductivo trifásico formado por un núcleo magnético 1 con tres columnas 2, una por fase eléctrica, unidas por las culatas 3. Cada columna 2 lleva sus correspondientes bobinados 4 formados por grupos de espiras (4a, 4b). Las placas disipadoras 5 del sistema de refrigeración van colocadas en dos
- 10 de las caras exteriores de las columnas 2 del núcleo magnético 1. También hay colocadas placas disipadoras 5 entre grupos de espiras (4a, 4b) a modo de separación entre dichos grupos. En cada una de las placas disipadoras 5 van insertados una serie de tubos de calor 6 por uno de sus extremos (el extremo caliente o de evaporación 15). Al otro extremo de los tubos de calor 6 (extremo frío o de condensación 14) van insertadas las aletas disipadoras
- 15 7. En la **Figura 4C** se representa un detalle ampliado de la Figura 4B, donde se aprecian los dos grupos de espiras (4a, 4b) y la placa disipadora 5 situada entre medias y en contacto con ambos grupos de espiras (4a, 4b). En la **Figura 4D** se muestra una vista en sección parcial de la Figura 4C.
- 20 La placa disipadora 5 de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva puede estar colocada en el interior de una columna de un núcleo magnético del equipo inductivo. En la **Figura 5** se representa un diagrama simplificado, en vista en planta, de una de las columnas 2 bobinadas del circuito magnético en el que se aprecia una configuración de una placa disipadora 5 (que incluye los tubos de calor 6), aplicada al interior de la columna 2 del
- 25 núcleo magnético 1.

La **Figura 6** muestra una imagen 3D de un equipo inductivo trifásico similar al representado en la Figura 4B, pero en este caso particular con las placas disipadoras 5 colocadas en mitad de una culata 3 y de las columnas 2 del núcleo magnético 1. Para ello, simplemente la

30 culata 3 y cada columna 2 se divide en dos partes entre las que se colocan las placas disipadoras 5 a modo de “sándwich”.

La placa disipadora 5 de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva puede estar en contacto, al menos parcialmente, con una cara exterior de una culata 3 de un núcleo

35 magnético 1 del equipo inductivo. La **Figura 7** muestra una imagen 3D de un equipo

inductivo trifásico similar al representado en la Figura 4B, pero con las placas disipadoras 5 colocadas sobre la culata 3 del circuito magnético.

5 La placa disipadora 5 de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva puede estar colocada en el interior de una culata 3 de un núcleo magnético 1 del equipo inductivo. La **Figura 8** muestra otra realización de un equipo inductivo trifásico similar al descrito en la Figura 6, pero con las placas disipadoras 5 colocadas en mitad de la culata 3.

10 En una realización, al menos un dispositivo de refrigeración pasiva no incorpora placa disipadora 5. En este caso, el propio material del circuito magnético puede hacer la función de la placa disipadora, de forma que los tubos de calor 6 están insertados directamente en un núcleo magnético 1 (por ejemplo, en una culata 3) del equipo inductivo. A su vez, el tubo de calor 6 está preferentemente insertado en un casquillo protector 19, tal y como se representa en la **Figura 9**. El casquillo protector 19 es un casquillo de un material buen  
15 conductor térmico, preferentemente metálico (e.g. de aluminio, cobre). En este caso el casquillo protector 19 sirve principalmente para proteger el tubo de calor 6, aunque también realiza la función de transmisión de calor entre el núcleo magnético y el tubo de calor 6.

20 El equipo inductivo puede comprender un cerramiento estanco en cuyo interior se aloja el circuito magnético con sus bobinados (i.e. todo el equipo inductivo 8 de la Figura 10) y el extremo de evaporación 15 de los tubos de calor 6, estando el extremo de condensación 14 de los tubos de calor 6 y las aletas disipadoras 7 del sistema de refrigeración pasiva ubicados fuera de dicho cerramiento estanco. La **Figura 10** representa un diagrama simplificado de integración por zonas estancas de un equipo inductivo con un sistema de  
25 refrigeración pasiva de cambio de estado mediante tubos de calor, donde se muestra el cerramiento estanco 21. El calor generado por el equipo inductivo 8 se extrae mediante los tubos de calor 6 desde el interior del compartimento estanco 21 (zona limpia 9 cerrada o hermética para integración de equipos) al exterior del mismo, a la zona donde se ubican las aletas disipadoras 7 (zona sucia 10 para disipación de calor, cableado, ventilación, etc.).

30 Esta configuración permite distribuir el equipo en dos zonas (zona limpia 9 y zona sucia 10) en su instalación o aplicación real, lo cual facilita su aplicación en entornos ambientalmente hostiles.

La zona limpia 9 es una zona estanca (el cerramiento estanco 21 proporciona la necesaria estanqueidad, con una protección por ejemplo de IP 65 hasta 67) destinada a la integración de equipos sensibles 11 (e.g. electrónica de potencia), en la que además se instalan uno o varios equipos inductivos 8 con los tubos de calor 6.

5

La zona sucia 10 es una zona con menor nivel de protección (por ejemplo, IP54 hasta IP56) en la que se instalan las aletas disipadoras 7, las cuales están unidas a los equipos inductivos 8, ubicados en la zona limpia 9, mediante los tubos de calor 6. También se instalan en la zona sucia 10 las conexiones con el sistema de cableado para el cliente, y otros equipos de integración 12 menos sensibles y que no requieran estar en una zona estanca.

10

Una importante función de la configuración por zonas es que la cantidad de calor que permanece en la zona limpia 9 es reducida significativamente, y por tanto puede mantenerse hermética respecto al ambiente exterior. El calor se conduce mediante los tubos de calor 6 a la zona sucia 10 donde se disipa. Esta funcionalidad es muy importante en ambientes desérticos, o industriales y en general en cualquier entorno ambientalmente hostil en el que se instalen los equipos (industriales, minería, papeleras, marinos, etc.).

15

En las aplicaciones habituales de refrigeración por tubos de calor, por ejemplo para aplicaciones de electrónica, se trabaja con temperaturas en los extremos calientes de los tubos de calor en un margen de unos de 80° a 100°; en cambio, en la aplicación para equipos inductivos de media y alta potencia de la presente invención el rango de temperaturas en los extremos calientes de los tubos de calor es de unos 150° a 180°, con lo que el cambio de fase de líquido a gas del fluido en el interior del tubo de calor se produce unos 50° a 100° más alto que en las aplicaciones habituales. Esto implica que en la presente invención se sustituye el fluido habitualmente empleado en el interior del tubo de calor, que suele ser metanol, por otro fluido cuyo cambio de fase se produce a una mayor temperatura, en el rango de 150° a 180° (por ejemplo, de la familia de hidrocarburos).

20

25

30

Un parámetro muy relevante a tener en cuenta en el desarrollo del sistema de refrigeración pasiva y/o del equipo inductivo con refrigeración pasiva de la presente invención es el concepto de carga térmica del inductivo. La carga térmica en un inductivo es la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo, o potencia térmica, que un equipo inductivo

intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones térmicas del interior del equipo y del exterior hacia donde se evacua el calor generado.

5 La carga térmica y el incremento de temperatura deseado en el equipo inductivo están relacionados por las siguientes expresiones:

$$qd_x = \left[ \frac{\Delta T_x}{\Delta T_e} \right]^{1,25} \times qd_e \quad \Delta t_x = \left[ \frac{qd_x}{qd_e} \right]^{0,8} \times \Delta T_e$$

donde:

- $qd_x$  = carga térmica incógnita
- $\Delta T_x$  = incremento de temperatura deseado
- $qd_e$  = carga térmica ensayo
- $\Delta T_e$  = incremento de temperatura ensayo

10 Se han realizado simulaciones comparando equipos inductivos con la refrigeración pasiva de cambio de estado propuesta en la presente invención, con sus equipos equivalentes refrigerados por aire natural o forzado. Para las simulaciones, en los equipos inductivos con refrigeración pasiva de cambio de estado se ha considerado el mismo número y disposición de placas disipadoras que el número y disposición de canales de refrigeración en sus  
15 equivalentes de equipos inductivos refrigerados por aire.

Las simulaciones realizadas llevan a las conclusiones de que la carga térmica o cantidad de energía térmica por unidad de tiempo que un equipo inductivo con refrigeración pasiva de cambio de estado intercambia con el exterior, comparada con sus equipos equivalentes con  
20 refrigeración por aire son las siguientes:

- La carga térmica respecto a la de un equipo inductivo equivalente refrigerado por aire natural se llega a triplicar para placas disipadoras colocadas entre núcleo magnético y bobinado de aluminio o cobre (e.g. Figuras 1A-1C) y se llega a cuadruplicar para placas disipadoras colocadas entre núcleo magnético y bobinado, y entre grupos de  
25 espiras (e.g. Figuras 4A-4B).
- La carga térmica respecto a la de un equipo inductivo equivalente refrigerado por aire forzado se incrementa en más de un 30% para placas disipadoras colocadas en el

núcleo (entre núcleo y bobinado) y en más de un 60% para placas disipadoras colocadas en el núcleo y entre grupos de espiras.

- La carga térmica se llega a incrementar del orden de un 8% al pasar de bobinado de cobre a aluminio para placas disipadoras colocadas en el núcleo y del orden del 16% para placas disipadoras colocadas en el núcleo y entre grupos de espiras.

5

Estos factores tienen importantes consecuencias en las condiciones de trabajo de los equipos inductivos, por el hecho de trabajar más holgadamente en cuanto al margen de temperaturas de funcionamiento. Esto mejora la fiabilidad de los equipos, su diseño que puede ser más ajustado y permite utilizar menos cantidad de materiales para obtener un equipo con mejores prestaciones.

10

Una de las consecuencias más relevantes es que se aumentan muy significativamente las densidades de corriente de trabajo en los bobinados de los equipos y por tanto se reduce en la misma proporción la cantidad de material necesario para el bobinado.

15

La densidad de corriente de los bobinados está relacionada con la carga térmica y con la carga lineal, y la carga lineal con el número de espiras y dimensiones del bobinado por las siguientes expresiones.

20

$$d = \frac{qd}{q}$$

$$q = \frac{N \times I}{h \times 10^{-1}}$$

donde:

d = densidad de corriente (A/mm<sup>2</sup>)

qd = carga térmica

q = carga lineal

N = número de espiras

I = Intensidad del bobinado (A)

h = altura del bobinado (mm)

25

De ellas puede determinarse la sección de conductor S necesaria para el bobinado:

$$S = I/d$$

Si en las simulaciones realizadas comparamos la sección necesaria del conductor del bobinado en un equipo inductivo con refrigeración pasiva de cambio de estado con el equipo inductivo equivalente refrigerado por aire natural, esta sección se reduce a la tercera parte.

5 Como la cantidad de material del bobinado es proporcional a la sección ( $S \times L$ ), esto significa que la cantidad de material del bobinado se reduce a una tercera parte de la cantidad de material que sería necesaria en el equipo inductivo equivalente con refrigeración por aire.

10 En conclusión, la cantidad de material que se requiere para el bobinado de un equipo inductivo con refrigeración pasiva de cambio de estado es del orden de una tercera parte de la que se necesitaría en el equipo inductivo equivalente con refrigeración por aire natural. Esto tiene su consecuencia directa en el peso, volumen y coste del equipo.

15 Estas simulaciones llevan a destacar que con estos diseños de soluciones de equipos inductivos con refrigeración pasiva de cambio de estado se mejora muy significativamente las características de coste, masa, volumen y prestaciones técnicas, fiabilidad entre otras, de los equipos inductivos resultantes.

20 Además de la reducción en el bobinado, estas reducciones pueden realizarse también en el núcleo magnético de los equipos. Al trabajar en aplicaciones donde la corriente tiene componentes de alta frecuencia, los núcleos magnéticos con ventilación por aire se sobrecalientan pudiendo llegar a temperaturas que sobrepasan los límites permitidos por el material. Mediante la incorporación de hileras de refrigeración pasiva de cambio de estado

25 en el núcleo magnético, estas pérdidas se evacuan al exterior y relajan el calentamiento del núcleo a un punto óptimo de eficiencia. En equipos con refrigeración por aire hay que sobredimensionar la sección de los núcleos magnéticos para evitar el sobrecalentamiento por componentes de alta frecuencia, mientras que en refrigeración pasiva de cambio de estado con tubos de calor no hace falta sobredimensionar la sección dado que las pérdidas

30 térmicas se extraen fácilmente al exterior y se relaja la temperatura de funcionamiento. La reducción de sección del núcleo es directamente proporcional a la reducción de volumen, tamaño y coste del núcleo magnético, pudiendo llegar por las simulaciones realizadas a ahorrar entre un 25% y un 40% de material dependiendo del número de dispositivos de refrigeración pasiva insertados.

35

Con respecto al proceso de fabricación, la estructura constructiva de los distintos tipos de equipos inductivos es similar, aunque sus diseños y características concretas varíen sustancialmente en función del tipo de equipo y de su aplicación. Los tubos de calor en su extremo de evaporación hay que introducirlos en las zonas más calientes del equipo inductivo, que son el núcleo, en sus distintas partes, y/o entre grupos de espiras del bobinado o los bobinados.

Las placas disipadoras hacen principalmente las funciones de soporte de los tubos de calor y de colectores de las fuentes de calor del equipo. Estas placas disipadoras son integrables en el equipo fijándolas en las caras exteriores de las columnas del núcleo o entre dos mitades de las columnas, o incluso en la culata del circuito magnético. También se pueden insertar entre grupos de espiras del bobinado haciendo la doble función de separador de dichos grupos de espiras, y de colector del calor generado en el bobinado. Las placas disipadoras del dispositivo de refrigeración se colocan por tanto en estrecho contacto térmico con las columnas y/o culata del núcleo y/o el bobinado. El número y disposición de placas disipadoras y tubos de calor, depende de la aplicación concreta del equipo y de la cantidad y focos de calor que se quiere evacuar.

El bobinado se puede realizar en las columnas previamente unidas a las placas disipadoras o bien sobre carretes (sin las columnas), y en su caso entre grupos de espiras a modo de separador. Otra alternativa de fabricación es hacer el bobinado dejando los huecos de las placas disipadoras mediante un útil de las dimensiones de la placa, para la posterior inserción de dichas placas disipadoras en las columnas o carretes ya bobinados.

La disposición de los elementos del sistema de refrigeración pasiva es prácticamente independiente del tipo y material utilizado en el bobinado. Por tanto, le presente invención puede aplicarse a cualquier tipo de bobinado, ya sea de banda, de hilo, o de pletina, y el número de bobinados por columna depende de la funcionalidad del equipo inductivo (inductancia, filtro, transformador, autotransformador, etc.).

Los tubos de calor y las aletas disipadoras se pueden montar una vez realizado el bobinado o también puede bobinarse con el sistema de refrigeración completo ya montado previamente. En el primer caso, el proceso de fabricación del bobinado es prácticamente el mismo que para equipos inductivos sin refrigeración pasiva de cambio de estado. En

cambio, en el segundo caso se requiere adaptar las máquinas de bobinado para permitir su funcionamiento con los tubos de calor y aletas disipadoras montadas en el núcleo.

5 Una vez bobinadas las columnas o carretes con sus correspondientes placas disipadoras, se procede al montaje del equipo inductivo completo con un proceso similar al de un equipo inductivo convencional, añadiendo los procesos de montaje de los elementos del circuito de refrigeración.

10 Con respecto al dimensionamiento del sistema de refrigeración, el intercambio térmico puede favorecerse mucho con un adecuado dimensionamiento del interior del equipo inductivo de sus distintos parámetros, tales como colocando las placas disipadoras o los tubos de calor en las zonas que mayor cantidad de calor se genera (núcleo, espiras, culata o combinación de ellas), dimensionando el tamaño y número placas disipadoras y de tubos de calor por placa, eligiendo las características de los tubos de calor a utilizar en cada caso, y  
15 colocando el equipo inductivo en la posición idónea dentro de las restricciones impuestas por su aplicación particular.

En cuanto al exterior del equipo inductivo, que se corresponde con la zona en la que se ubican las aletas disipadoras, el intercambio térmico puede favorecerse dimensionando el  
20 tamaño y número de aletas disipadoras, definiendo la orientación de sus ranuras de las aletas disipadoras en función del flujo de aire de refrigeración predominante en el entorno de instalación del equipo, eligiendo la longitud y forma de los tubos de calor que conectan las placas disipadoras con las aletas disipadoras para posicionar dichas aletas en la posición más idónea, definiendo la necesidad o no de ventilación forzada para las aletas disipadoras  
25 a través de corrientes de aire predominante (trenes, parques eólicos, etc.) o forzada en su caso mediante ventilador, y en algunos casos eligiendo el fluido intercambiador de calor que extraiga el calor de las aletas disipadoras en función del entorno de aplicación.

La circulación del fluido caliente y frío en los tubos de calor puede ir por los mismos tubos  
30 ascendiendo el gas en su camino de ida desde el extremo de evaporación a las aletas disipadoras, y de vuelta descendiendo el fluido en forma líquida hacia el extremo de evaporación. El descenso del fluido normalmente se hace por el mismo tubo, pero también puede hacerse separando los circuitos caliente y frío por tubos diferentes.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración pasiva para equipos inductivos, que comprende al menos un dispositivo de refrigeración pasiva instalado en un equipo inductivo, caracterizado por que  
5 cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende:  
    unas aletas disipadoras (7), y  
    al menos un tubo de calor (6) con un extremo de evaporación (15) en contacto  
térmico con el equipo inductivo, y un extremo de condensación (14) en contacto térmico con  
las aletas disipadoras (7).  
10
2. El sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende adicionalmente una placa disipadora (5) en contacto con el equipo inductivo, estando el extremo de evaporación (15) del al menos un tubo de calor (6) en contacto térmico con la placa disipadora (5).  
15
3. El sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que el extremo de evaporación (15) del al menos un tubo de calor (6) de cada dispositivo de refrigeración pasiva está insertado en la correspondiente placa disipadora (5).  
20
4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, caracterizado por que cada dispositivo de refrigeración pasiva comprende adicionalmente una resina o pasta conductora térmica aplicada entre el extremo de evaporación (15) del al menos un tubo de calor (6) y la placa disipadora (5) para favorecer el contacto térmico.  
25
5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está en contacto con un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.  
30
6. El sistema según la reivindicación 5, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está en contacto, al menos parcialmente, con una cara exterior de una culata (3) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.  
35
7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 6, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está en contacto, al menos parcialmente, con una cara exterior de una columna (2) de un núcleo magnético (1) del

equipo inductivo.

5 8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está en contacto, al menos parcialmente, con una cara exterior de una columna (2) y con la superficie exterior de una culata (3) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.

10 9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está colocada en el interior de una culata (3) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.

15 10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está colocada en el interior de una columna (2) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.

20 11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está colocada en el interior de una culata (3) y de una columna (2) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.

25 12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está en contacto con un bobinado (4) del equipo inductivo.

30 13. El sistema según la reivindicación 12, caracterizado por que la placa disipadora (5) de al menos un dispositivo de refrigeración pasiva está colocada entre grupos de espiras (4a, 4b) de un bobinado (4) del equipo inductivo.

35 14. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una pluralidad de dispositivos de refrigeración pasiva en contacto con:  
dos caras exteriores de al menos una columna (2) de un núcleo magnético (1) del equipo inductivo, y  
grupos de espiras (4a, 4b) de al menos un bobinado (4) del equipo inductivo.

40 15. El sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el extremo de evaporación

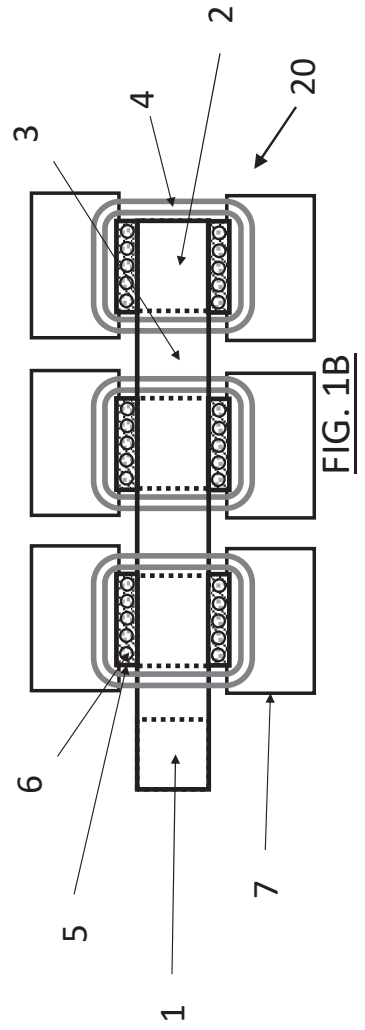
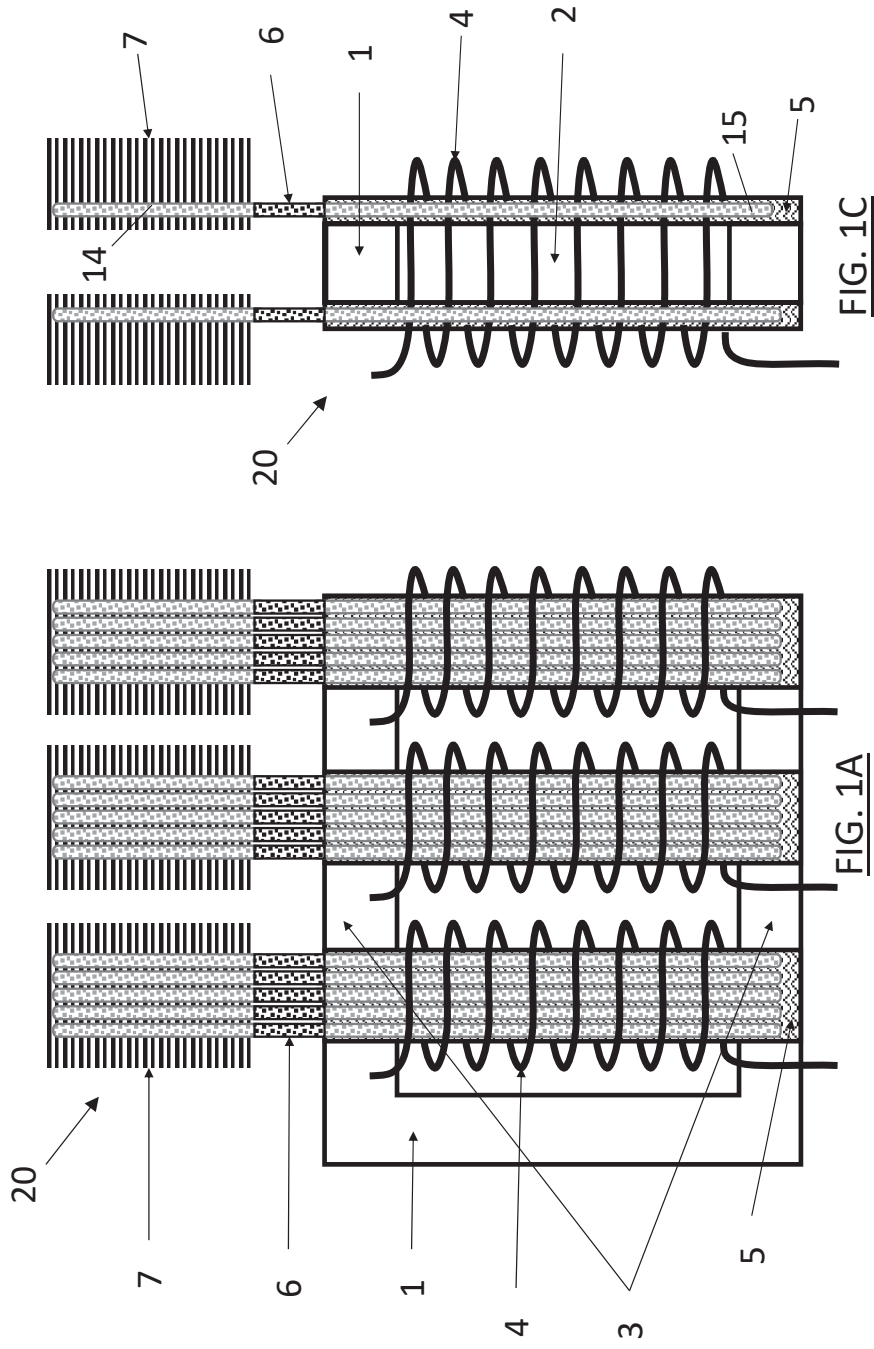
(15) del al menos un tubo de calor (6) de cada dispositivo de refrigeración pasiva está insertado directamente en un núcleo magnético (1) del equipo inductivo.

5 16. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el fluido en el interior del al menos un tubo de calor (6) de cada dispositivo de refrigeración pasiva es un fluido con un cambio de fase de líquido a gas en el rango de 150° a 180°.

10 17. Un equipo inductivo con refrigeración pasiva, que comprende al menos un circuito magnético formado por al menos un bobinado (4) de espiras de material conductor eléctrico alrededor de al menos un núcleo magnético (1); caracterizado por que el equipo inductivo (20) comprende un sistema de refrigeración pasiva según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.

15 18. El equipo inductivo según la reivindicación 17, caracterizado por que el equipo inductivo (20) es una inductancia, un transformador, un autotransformador o un filtro.

20 19. El equipo inductivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 18, caracterizado por que comprende un cerramiento estanco (21) en cuyo interior se aloja el al menos un circuito magnético con sus correspondientes bobinados (4) y el extremo de evaporación (15) del al menos un tubo de calor (6), estando el extremo de condensación (14) del al menos un tubo de calor (6) y las aletas disipadoras (7) del sistema de refrigeración pasiva ubicados fuera de dicho cerramiento estanco (21).



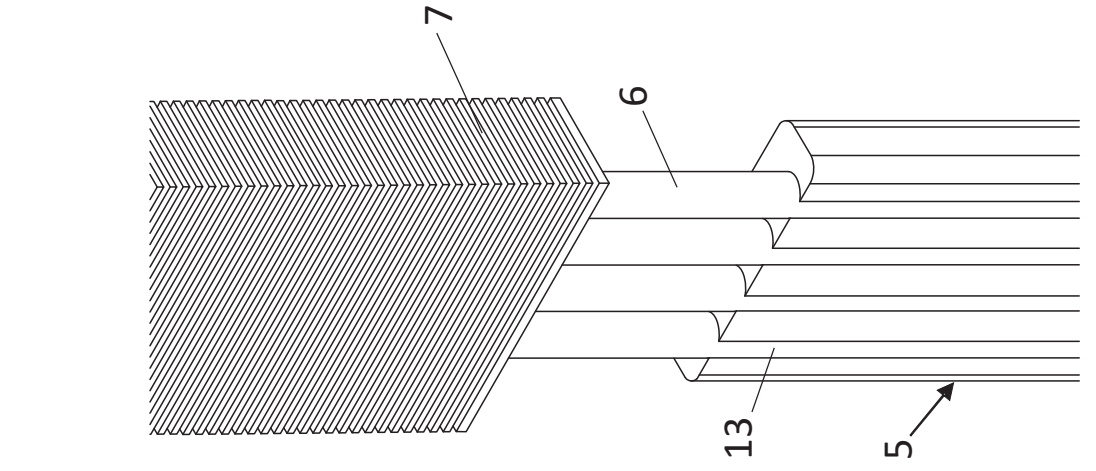


FIG. 2C

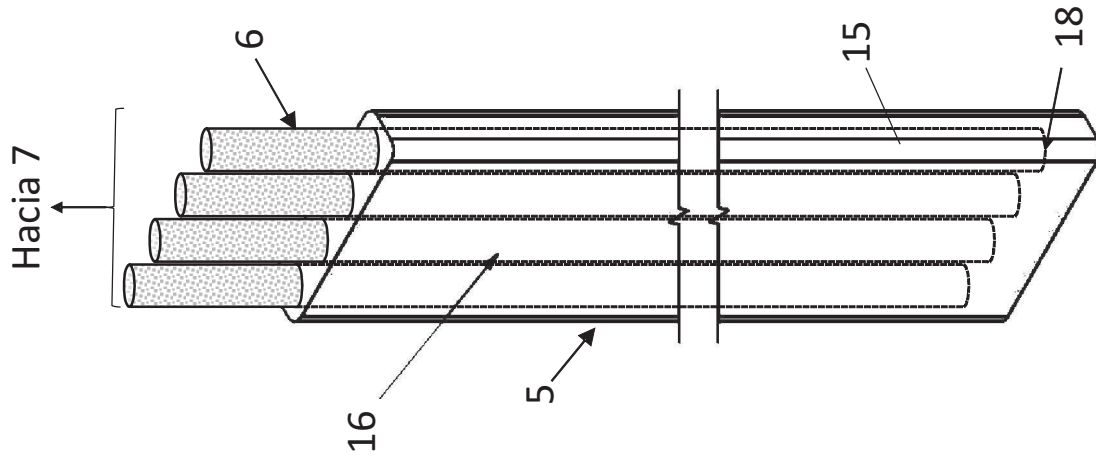


FIG. 2B

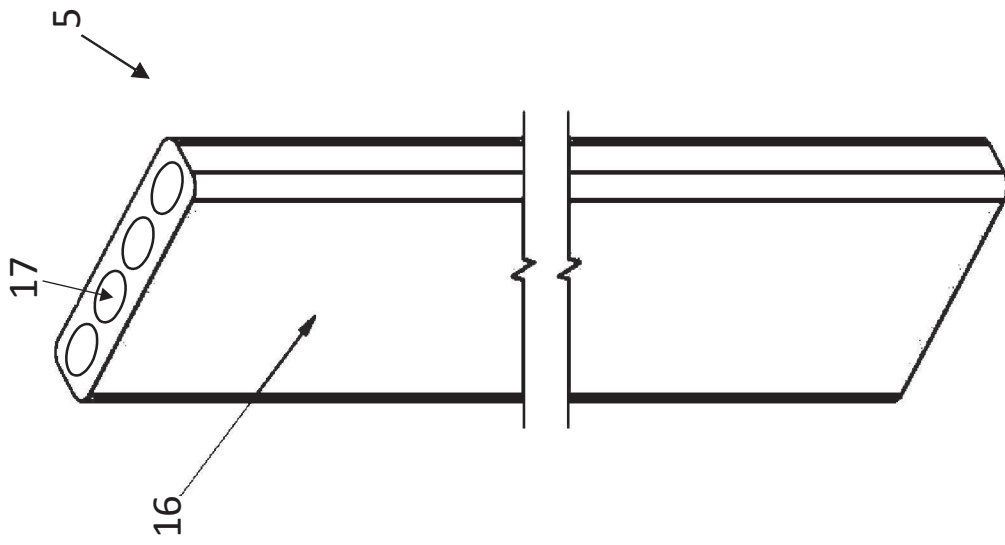


FIG. 2A

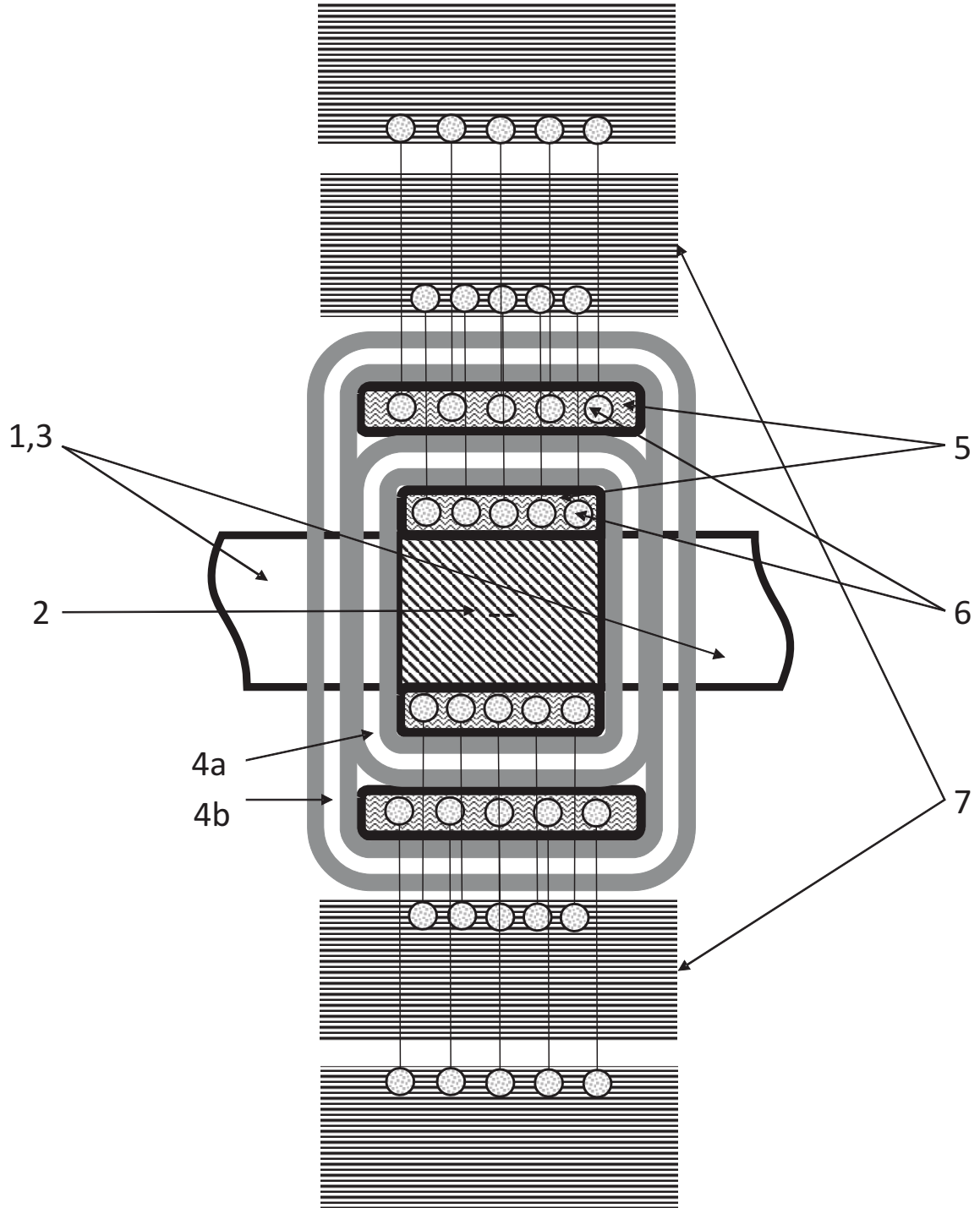


FIG. 3

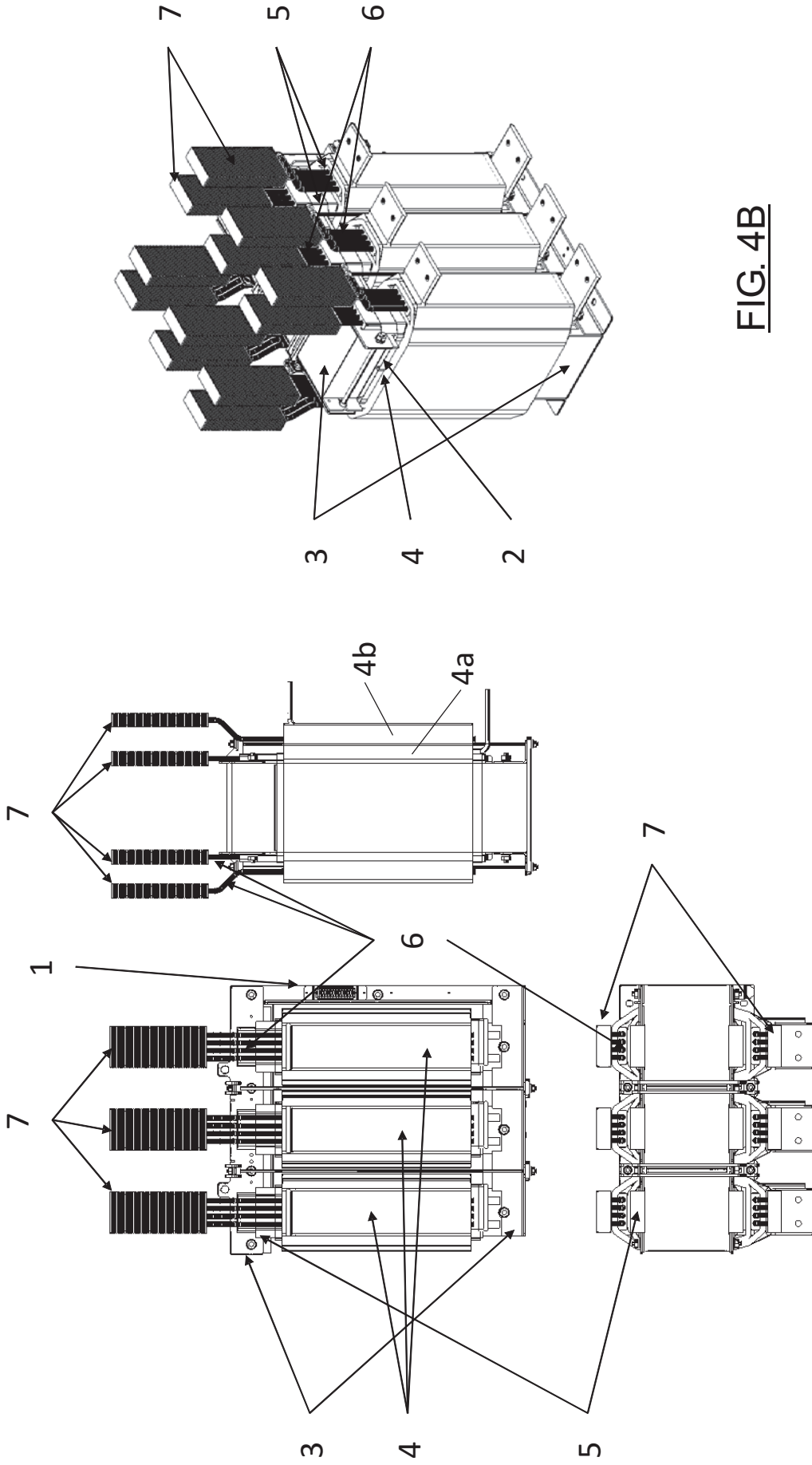


FIG. 4B

FIG. 4A

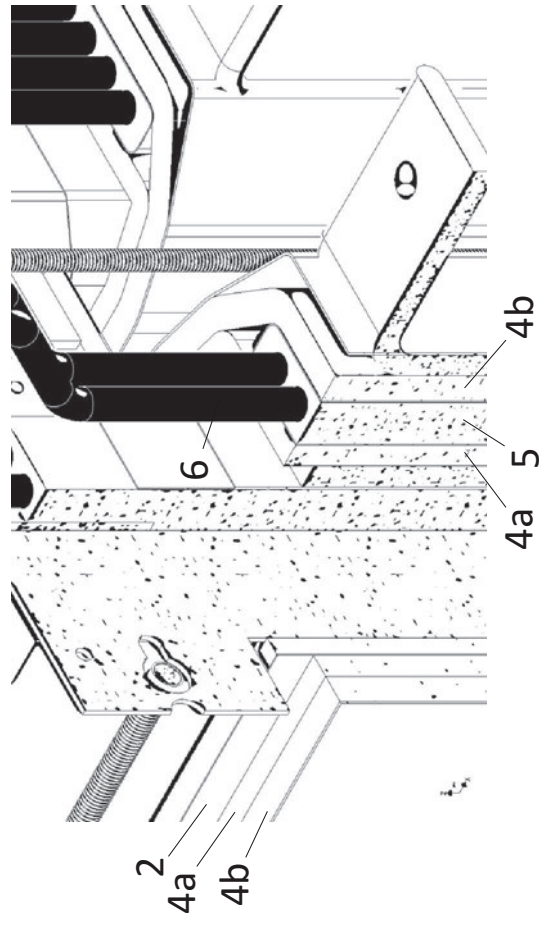


FIG. 4D

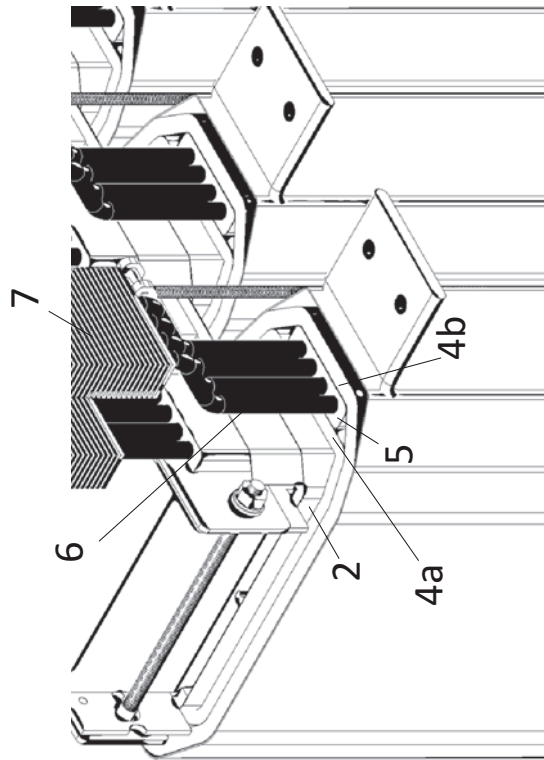


FIG. 4C

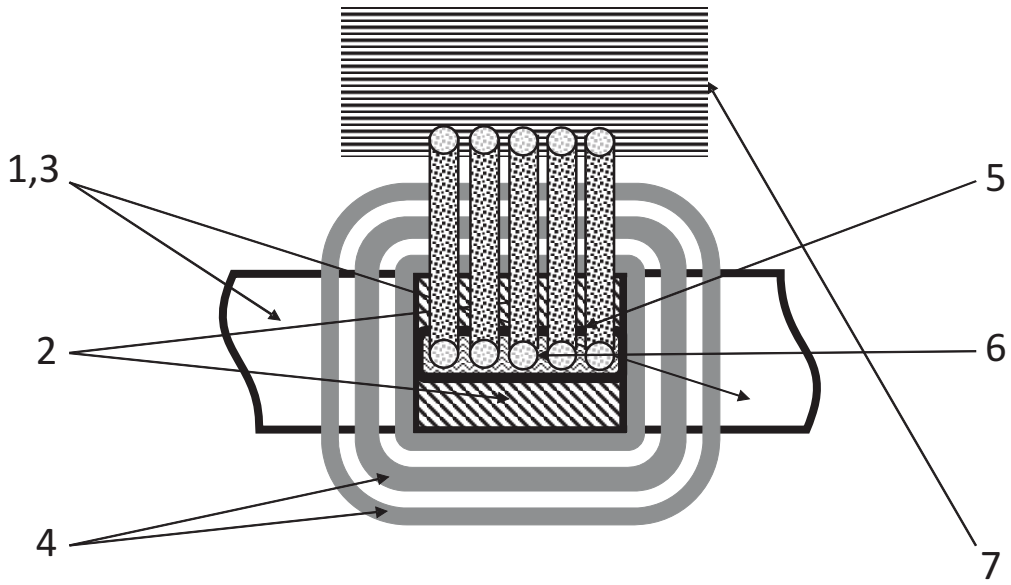


FIG. 5

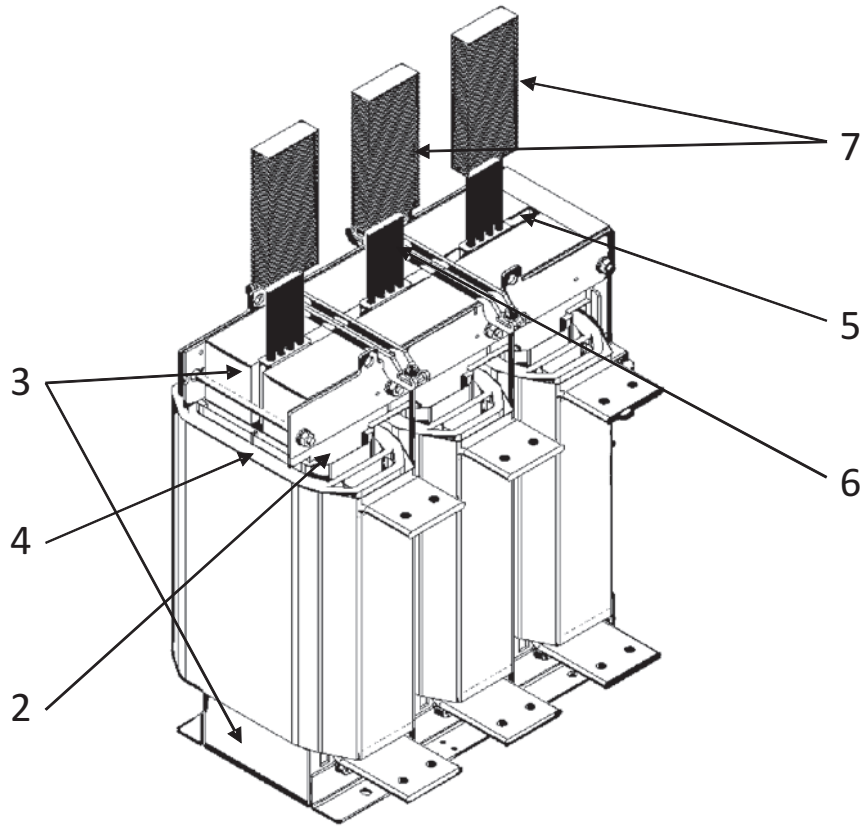


FIG. 6

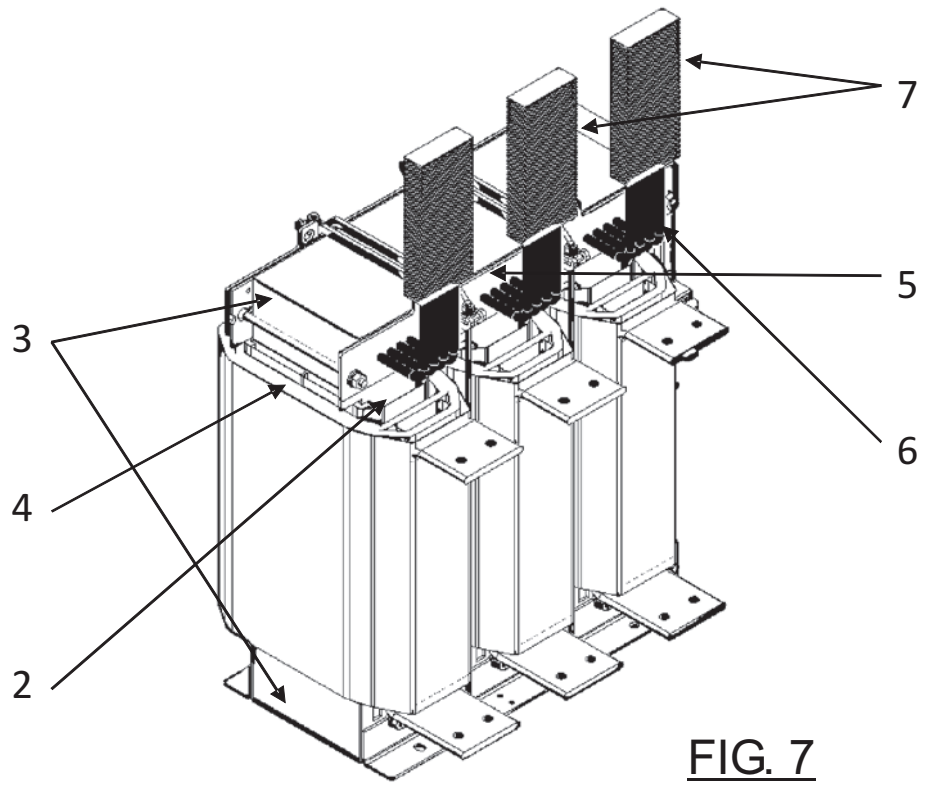


FIG. 7

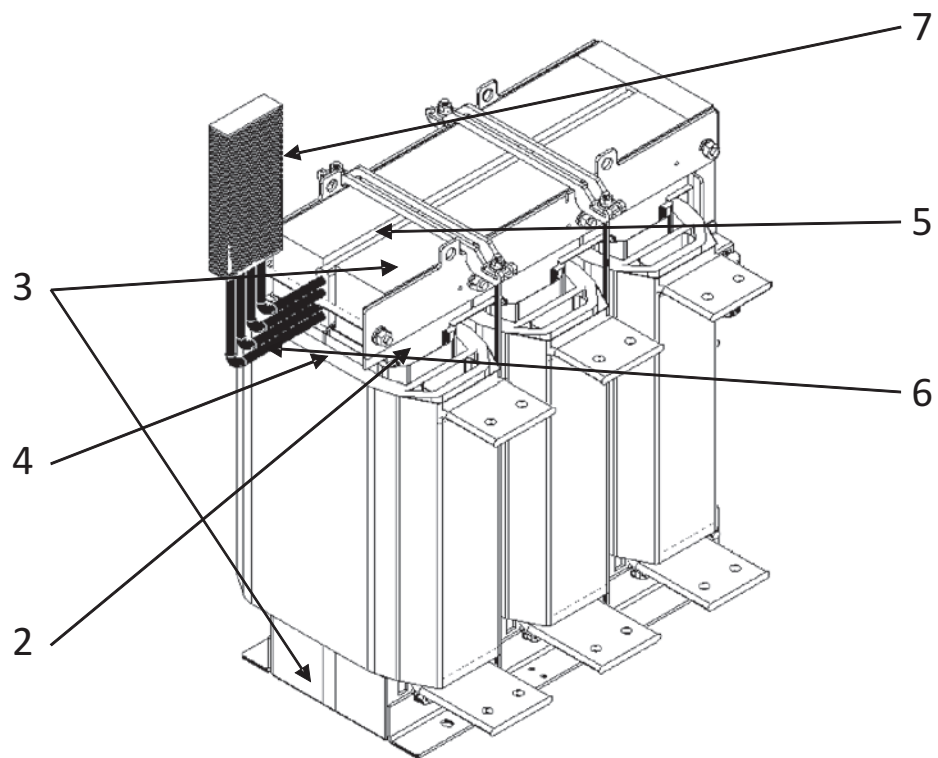


FIG. 8

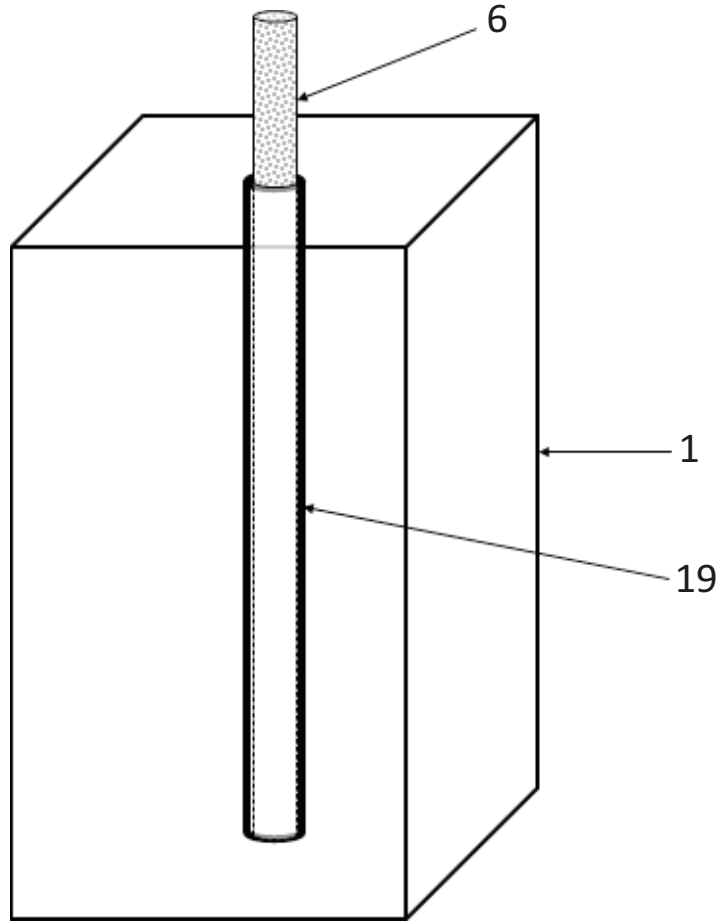


FIG. 9

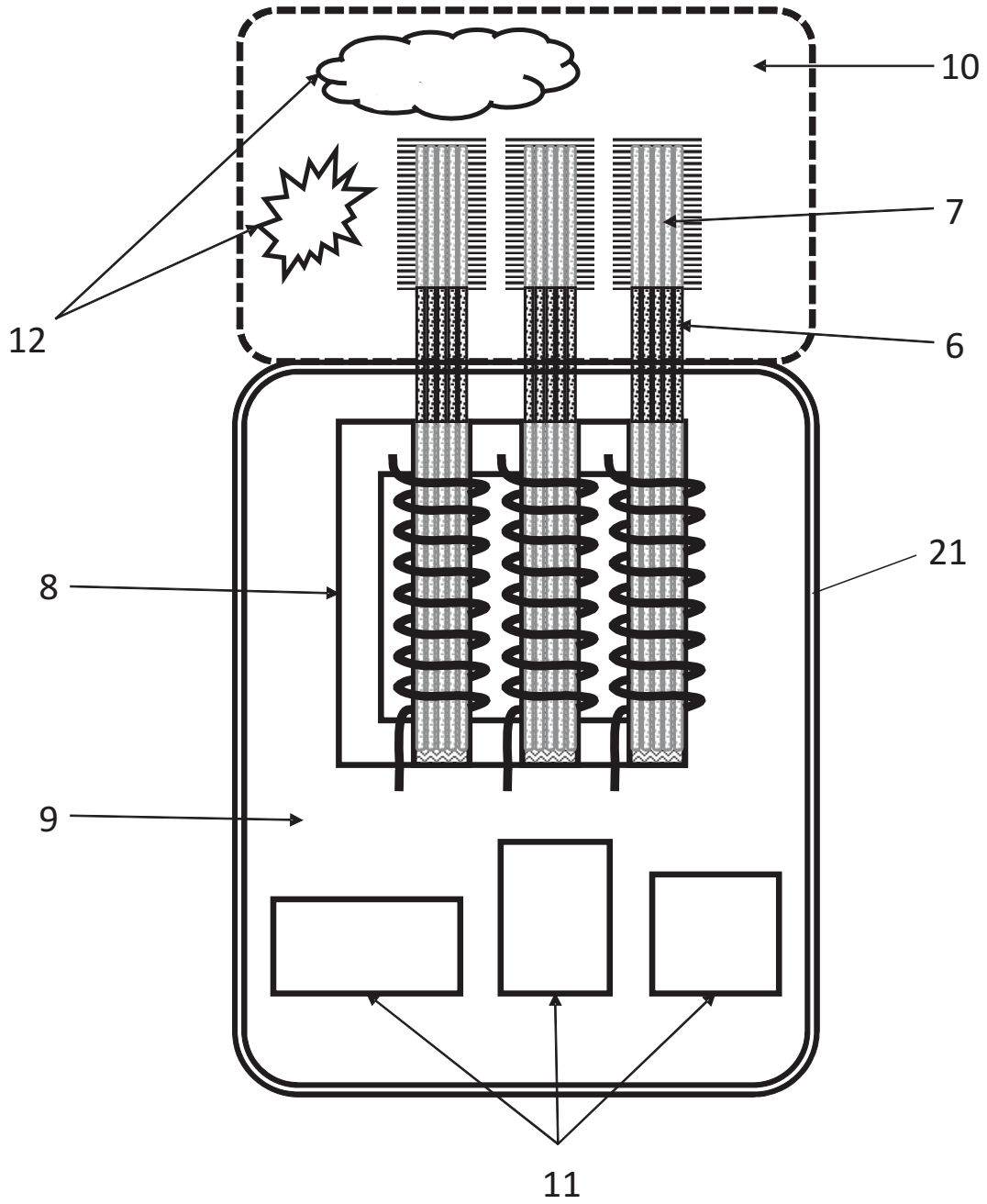


FIG. 10