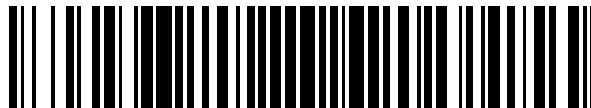


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 912**

51 Int. Cl.:

**H01F 6/04** (2006.01)

**F25D 19/00** (2006.01)

**G01R 33/3815** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2012 PCT/EP2012/065893**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2013 WO13034408**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2012 E 12748027 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2721619**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el enfriamiento de un dispositivo**

30 Prioridad:

**08.09.2011 DE 102011082352**

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

**09.02.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, HEINZ**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 653 912 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 y procedimiento para el enfriamiento de un dispositivo

La presente invención se relaciona con un procedimiento y un mecanismo para el enfriamiento de un dispositivo con empleo de una cabeza de refrigeración, con un enfriamiento térmico del dispositivo a refrigerar a través del principio del termosifón.

Para el enfriamiento de dispositivos, como por ejemplo bobinas superconductoras, a bajas temperaturas, se utilizan frecuentemente cabezas de refrigeración. Las bobinas superconductoras pueden usarse, por ejemplo, en tomógrafos giromagnéticos, en motores, en generadores o en limitadores de corriente. Además, se enfría a temperaturas de hasta menos de 100K. Particularmente al emplear materiales superconductores de alta temperatura (HTS), como, por ejemplo,  $Y_2BaCu_3O_7$  (YBCO), se obtienen propiedades superconductoras ya a las temperaturas del nitrógeno líquido.

Los requisitos del sistema de refrigeración durante el enfriamiento de un dispositivo son, entre otros, un corto tiempo de enfriamiento, un bajo gradiente de temperatura dentro del dispositivo a refrigerar y/o una pequeña diferencia de temperatura entre la cabeza de refrigeración y el dispositivo a refrigerar. Además, se describe el enfriamiento de un dispositivo con la ayuda de una cabeza de refrigeración. Por ello ha de entenderse claramente de manera análoga el enfriamiento de varios dispositivos con una cabeza de refrigeración, de un dispositivo con varias cabezas de refrigeración o de varios dispositivos con varias cabezas de refrigeración.

Para el enfriamiento de un dispositivo con una cabeza de refrigeración, el dispositivo a refrigerar tiene que estar térmicamente conectado con la cabeza de refrigeración. Para el acoplamiento térmico de la cabeza de refrigeración al dispositivo a refrigerar existen diferentes procedimientos. Así, el dispositivo a refrigerar puede acoplarse térmicamente con la ayuda de un puente térmico a través de transmisión de calor a la cabeza de refrigeración. Alternativamente se conoce del estado actual de la técnica un acoplamiento térmico del dispositivo a refrigerar con la ayuda de un termosifón.

En el acoplamiento térmico del dispositivo a refrigerar con la ayuda de un puente térmico, la cabeza de refrigeración se conecta a través de raíles o bandas de cobre con el dispositivo a refrigerar. Como la cabeza de refrigeración está conectada a través de transmisión de calor con el dispositivo a refrigerar, la cabeza de refrigeración se mantiene durante el enfriamiento a una temperatura  $T$ , que se encuentra relativamente un poco por debajo de la temperatura  $T_E$  del dispositivo. La diferencia de temperatura es función de la longitud y de la sección transversal de la conexión entre la cabeza de refrigeración y el dispositivo a refrigerar.

La potencia refrigerante  $P$  de una cabeza de refrigeración desciende con la temperatura de la cabeza de refrigeración  $T$ . Mediante la baja diferencia de temperatura entre la cabeza de refrigeración y el dispositivo a refrigerar, la cabeza de refrigeración trabaja, al enfriar el sistema, siempre en un intervalo de temperatura óptimo con alta potencia refrigerante  $P$ . El dispositivo a refrigerar puede por consiguiente enfriarse relativamente rápido.

Para que en el estado enfriado no aparezca ningún gran gradiente de temperatura en el dispositivo a refrigerar y en la cabeza de refrigeración, son necesarias correspondientemente grandes secciones transversales de material del puente térmico. De este modo pueden producirse cargas mecánicas inaceptablemente altas de la sensible cabeza de refrigeración. Deben evitarse los grandes gradientes de temperatura en el estado enfriado en el dispositivo a refrigerar y la cabeza de refrigeración, pues conducen a una mala efectividad durante el enfriamiento.

En el acoplamiento térmico del dispositivo a refrigerar con la ayuda de un termosifón, se licúa un fluido gaseoso, particularmente neón, en un condensador. El condensador debería estar conectado de manera termoconductoramente con la cabeza de refrigeración. El fluido líquido fluye hacia el dispositivo a refrigerar y puede absorber allí calor mediante transición al estado gaseoso. Como la condensación y evaporación del fluido en todo el sistema se lleva a cabo casi a la misma temperatura, surgen sólo muy pequeños gradientes de temperatura dentro del dispositivo a refrigerar y la cabeza de refrigeración. La temperatura de operación de la cabeza de refrigeración se encuentra de este modo sin embargo siempre a la temperatura de ebullición del medio refrigerante empleado. Un dispositivo superconductor con un rotor con un arrollamiento superconductor, que se enfría con un dispositivo refrigerante que opere según el principio del termosifón, se conoce por ejemplo gracias a la US2004/0056541A1. Una cabeza de refrigeración de una unidad de enfriamiento está conectada aquí con una unidad condensadora, en la que se condensa un medio refrigerante. El medio refrigerante se introduce a través de un tubo de calor sellado fijo axialmente en una cavidad del rotor. El acoplamiento térmico entre las partes fijas y las partes rotatorias del sistema de refrigeración es proporcionado aquí por el medio refrigerante líquido alimentado y el medio refrigerante gaseoso evacuado de nuevo. Un estado actual de la técnica idéntico se conoce también gracias a la US-2011/0133871 A1. Como la cabeza de refrigeración en el enfriamiento por termosifón se encuentra también durante toda la duración del enfriamiento a menor temperatura  $T$ , sólo proporciona en este periodo una potencia refrigerante  $P$  relativamente baja. De este modo, el enfriamiento del objeto a enfriar será relativamente largo.

Objeto de la presente invención es por tanto especificar un procedimiento y un dispositivo para el enfriamiento de un dispositivo, que tengan una alta efectividad durante el enfriamiento del dispositivo a refrigerar y permitan al mismo tiempo un corto tiempo de enfriamiento.

5 El objeto indicado se resuelve, respecto al procedimiento para el enfriamiento de un dispositivo, con las características de la reivindicación 1 y, respecto al dispositivo para el enfriamiento de un dispositivo, con las características de la reivindicación 6.

10 Las ordenaciones favorables del procedimiento conforme a la invención para el enfriamiento de un dispositivo y del dispositivo conforme a la invención para el enfriamiento de un dispositivo se deducen de las subreivindicaciones dependientes asignadas en cada caso. Además, las características de las reivindicaciones independientes pueden combinarse entre ellas y con las características de las subreivindicaciones y las características de las subreivindicaciones entre ellas.

15 El procedimiento conforme a la invención para el enfriamiento de un dispositivo con empleo de una cabeza de refrigeración es como se describe en la reivindicación 1. De este modo se logra una alta efectividad durante el enfriamiento del dispositivo a refrigerar con, al mismo tiempo, un corto tiempo de enfriamiento. Mediante la conexión a través de transmisión de calor se mantiene la cabeza de refrigeración al enfriar el sistema a un alto nivel de temperatura. Al enfriar el sistema, la cabeza de refrigeración proporciona así una alta potencia refrigerante P y trabaja con una efectividad relativamente buena. La potencia refrigerante P disponible sólo desciende cuando se reduzca también la capacidad térmica Q del objeto a refrigerar. De este modo se logra un corto tiempo de enfriamiento.

20 A la temperatura de ebullición del medio refrigerante, el termosifón asume el enfriamiento del dispositivo a refrigerar. La diferencia de temperatura entre el dispositivo a refrigerar y la cabeza de refrigeración se vuelve de este modo muy pequeña, de forma que la cabeza de refrigeración trabaje a potencia refrigerante P y efectividad óptimas. Mediante el enfriamiento con un medio refrigerante en ebullición puede lograrse, incluso en objetos espacialmente extendidos, un menor gradiente de temperatura.

25 Como fluido puede usarse neón, helio o nitrógeno. Además, la selección del fluido es función de la temperatura del dispositivo a refrigerar  $T_E$  a alcanzar y a mantener. El fluido determina con su punto de ebullición la temperatura  $T_E$ , a la que se mantiene el dispositivo a refrigerar tras el enfriamiento. Así, por ejemplo, al usar YBCO en un dispositivo superconductor para mantener las propiedades superconductoras, el nitrógeno será apropiado como fluido.

30 La cabeza de refrigeración puede mantenerse, al enfriar el dispositivo a refrigerar a través del puente térmico, a una temperatura T mayor que la temperatura de ebullición del fluido y, al alcanzar la temperatura de ebullición del fluido, se llevará a cabo entonces el enfriamiento del dispositivo a refrigerar esencialmente a través del principio del termosifón. De este modo se logra un corto tiempo de enfriamiento al enfriar y una alta efectividad durante la operación del dispositivo a refrigerar en el estado enfriado. El puente térmico puede tener además una pequeña sección transversal.

35 Como puente térmico mecánico puede usarse un metal, particularmente cobre. El cobre tiene una alta conductividad térmica y es, por consiguiente, muy apropiado para garantizar un buen transporte de calor entre la cabeza de refrigeración y el dispositivo a refrigerar.

Puede utilizarse un puente térmico mecánico en forma de rail y/o de banda. Estas formas tienen una gran sección transversal termoconductora para poco peso, poco consumo de material y alta estabilidad mecánica.

40 Un dispositivo de la invención para el enfriamiento de un dispositivo comprende una cabeza de refrigeración, como la descrita en la reivindicación 6. Como fluido puede preverse neón, helio o nitrógeno.

45 La cabeza de refrigeración puede mantenerse a una temperatura T mayor que la temperatura de ebullición del fluido al enfriar del dispositivo a refrigerar a través del puente térmico. A través del termosifón pueden mantenerse, a una temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar igual a la temperatura de ebullición del fluido, la cabeza de refrigeración y el dispositivo a refrigerar esencialmente a la misma temperatura.

El puente térmico mecánico puede ser, en el dispositivo conforme a la invención, de metal, particularmente de cobre.

El puente térmico mecánico puede ser en forma de rail y/o de banda.

50 El puente térmico mecánico puede diseñarse en varias piezas, particularmente constituido por varios puentes térmicos individuales en forma de rail y/o de banda. De este modo puede lograrse una mejor distribución espacial de la masa del puente térmico. También puede lograrse una mayor sección transversal termoconductora que al usar sólo un puente térmico. El puente térmico y/o los puentes térmicos puede(n) diseñarse con una sección transversal

menor que los puentes térmicos en dispositivos sin termosifón, pues desde una temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar igual a la temperatura  $T$  de la cabeza de refrigeración, el enfriamiento se lleva a cabo esencialmente a través del principio del termosifón.

5 Pueden preverse varios termosifones para transportar el fluido líquido al dispositivo a refrigerar y para transportar el fluido gaseoso desde el dispositivo a refrigerar al condensador. De este modo puede lograrse un mejor transporte de calor en comparación con el uso de sólo un termosifón.

El dispositivo a refrigerar puede comprender un superconductor, particularmente en forma de al menos una bobina superconductora.

10 Las ventajas asociadas con el dispositivo para el enfriamiento de un dispositivo son análogas a las ventajas descritas anteriormente en referencia al procedimiento para el enfriamiento de un dispositivo.

Los modos de operación preferidos de la invención con perfeccionamientos favorables según las características de las reivindicaciones dependientes se explican a continuación a fondo en base a las Figuras, sin estar sin embargo limitados a ellos.

En las Figuras se representa:

15 Fig. 1 una vista seccionada esquemática de un dispositivo conforme a la invención 1 para el enfriamiento de un dispositivo a refrigerar 2 con puente térmico mecánico 5 y condensador con termosifón 4, y

Fig. 2 un diagrama de potencia refrigerante de la cabeza de refrigeración  $P$  en función de la temperatura de la cabeza de refrigeración  $T$ , y

Fig. 3 un diagrama de la potencia refrigerante  $P$  en función de la temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar 2, y

20 Fig. 4 un diagrama de la temperatura de la cabeza de refrigeración  $T$  en función de la temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar 2.

25 En la Fig. 1 se representa una vista seccionada esquemática de un dispositivo conforme a la invención 1 para el enfriamiento de un dispositivo a refrigerar 2. El dispositivo 1 comprende una cabeza de refrigeración 3, térmicamente conectada a través de un condensador con termosifón 4 y a través de un puente térmico mecánico 5 con el dispositivo a refrigerar 2. En el ejemplo de ejecución de la Fig. 1 se representa en cada caso sólo una cabeza de refrigeración 3, un puente térmico mecánico 5 y un condensador con termosifón 4. La invención comprende, sin embargo, también ejemplos de ejecución con varias cabezas de refrigeración 3 y/o varios puentes térmicos mecánicos 5 y/o varios condensadores con termosifones 4, que no se representan en las Figuras por simplicidad.

30 La cabeza de refrigeración 3 de la Fig. 1 está directamente conectada térmica y mecánicamente con el condensador 4, donde el condensador 4 comprende un termosifón 4. Según el principio del termosifón, se condensa un fluido, por ejemplo, neón, nitrógeno o helio, en la cabeza de refrigeración 4 y se transporta en forma líquida al dispositivo a refrigerar 2, donde se evapora. El transporte puede realizarse por gravitación y/o mediante, por ejemplo, bombas o diferencias de presión. Al condensarse, el fluido cede una cantidad de calor, que recibe de nuevo al evaporarse. Con ello se transporta potencia refrigerante a través del fluido líquido desde la cabeza de refrigeración 3 al dispositivo a refrigerar 2, y se cede en el dispositivo a refrigerar 2, con lo que éste se enfría o se mantiene mediante la potencia refrigerante a una baja temperatura constante menor que la temperatura ambiente del dispositivo a refrigerar 2.

35 En la Fig. 1 se muestra sólo una estructura muy simplificada de un condensador con termosifón 4, que comprende una cámara del condensador en contacto térmico con la cabeza de refrigeración 3, una porción tubular y un volumen y/o una cámara en contacto térmico con el dispositivo a refrigerar 2, en que el fluido puede fluir en forma líquida y gaseosa. Del estado actual de la técnica se conocen diferentes configuraciones de sistemas de termosifón, que pueden combinarse con la presente invención. Así, por ejemplo, los sistemas con dos porciones tubulares paralelas pueden posibilitar un mejor transporte por separado del fluido líquido y gaseoso. El sistema puede ser un sistema estanco, uno cerrado o uno abierto, que se conecte a una máquina refrigerante y/o a un depósito de fluido. También son posibles transiciones estancas al fluido de partes fijas a rotatorias dentro del sistema. Así es, por ejemplo, posible un transporte de calor de un rotor rotatorio de una máquina como dispositivo a refrigerar 2 a una fuente de frío fija, no rotatoria con cabeza de refrigeración 3 conectada. Además, una conexión de una pieza rotatoria a una fija se asocia a un elevado esfuerzo y transmisión de calor reducida a través del puente térmico mecánico. En principio, sin embargo, es posible un empleo en estos sistemas. Otros modos de operación conocidos del estado actual de la técnica pueden combinarse asimismo con el dispositivo conforme a la invención.

50 Tal y como se representa en la Fig. 1 puede preverse un tanque de vacío 7, para cerrar la cabeza de refrigeración 3, el condensador con termosifón 4, el puente térmico 5 y el dispositivo a refrigerar 2. De este modo puede impedirse

y/o limitarse fuertemente un intercambio de calor del entorno caliente con la cabeza de refrigeración 3, el condensador con termosifón 4, el puente térmico 5 y el dispositivo a refrigerar 2. Alternativamente, el tanque de vacío 7 puede disponerse también sólo alrededor del dispositivo a refrigerar 2 y el volumen 6 o incluir otras áreas.

5 Tal y como se ha descrito anteriormente, en el dispositivo conforme a la invención 1 ocurre mediante el condensador con termosifón 4 un transporte de calor desde el dispositivo a refrigerar 2 a la cabeza de refrigeración 3 con, por ejemplo, máquinas refrigerantes conectadas. Al mismo tiempo se lleva a cabo a través de una transmisión de calor un transporte de calor desde el dispositivo a refrigerar 2 a través del puente térmico mecánico 5 a la cabeza de refrigeración 3. El puente térmico mecánico 5 puede consistir, por ejemplo, en una banda o tubo de cobre buen(a) termoconductor(a), conectado/a de manera mecánicamente y térmicamente conductora con el dispositivo a refrigerar 2 por un lado y con la cabeza de refrigeración 3 por el lado contrario. De este modo puede garantizarse un buen transporte de calor entre el dispositivo a refrigerar 2 y la cabeza de refrigeración 3 por transmisión de calor.

15 En la Fig. 2 se representa la potencia refrigerante P típica alcanzable de la cabeza de refrigeración en W en función de la temperatura de la cabeza de refrigeración T en K para una cabeza de refrigeración 3 usada habitualmente. Con temperatura T decreciente, la potencia refrigerante P alcanzable aumenta primero sólo un poco y entonces más fuertemente. Para obtener una alta efectividad durante la operación de un dispositivo 1 para la refrigeración de un dispositivo 2, en que el dispositivo 2 sólo tiene que refrigerarse y entonces mantenerse a baja temperatura, resulta favorable que la cabeza de refrigeración 3 pueda trabajar a una temperatura T lo más alta posible. Esto se logra cuando la diferencia de temperatura entre el dispositivo a refrigerar 2 y la cabeza de refrigeración 3 se mantenga pequeña.

20 En la Fig. 3 se representa el posible transporte de calor y/o la posible potencia refrigerante P a transportar con un termosifón 4 relleno de neón. Esta es casi constante hasta una temperatura  $T_E$  de aproximadamente 30K. Al emplear simultáneamente termosifón 4 y puente térmico 5, la cabeza de refrigeración 3 se mantiene, mediante transporte de calor a través del puente térmico 5, a un alto nivel de temperatura, que se encuentra sólo relativamente un poco por debajo de la temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar 2. Dado que, aparte de esto, la capacidad térmica Q 9 del dispositivo a refrigerar 2 a alta temperatura  $T_E$  de 300K es grande y entonces a partir de aproximadamente 150K con temperatura decreciente  $T_E$  cae más fuertemente, se descarga una gran parte de la cantidad de calor a evacuar para el enfriamiento a una alta temperatura de la cabeza de refrigeración T, y con ello a una gran potencia refrigerante P disponible. Esto posibilita, al usar simultáneamente termosifón 4 y puente térmico 5, un transporte de potencia refrigerante P 11 en función de la temperatura, que casi corresponde a la potencia refrigerante P alcanzable de una cabeza de refrigeración 3 típica, como la representada en la Fig. 2. Por consiguiente, un mecanismo trabaja con una cabeza de refrigeración 3, un condensador con termosifón 4 y al mismo tiempo un puente térmico 5 para el enfriamiento de un dispositivo a refrigerar 2, de manera especialmente efectiva, es decir con mayor efectividad. Se pierde de sólo un poco a casi ninguna potencia refrigerante P de la cabeza de refrigeración 3 debido a la falta de posibilidad de transporte al dispositivo a refrigerar 2.

35 En la Fig. 4 se representa la temperatura de la cabeza de refrigeración alcanzable - T 13 en K en el dispositivo a refrigerar 2 con el dispositivo conforme a la invención 1. Para una cabeza de refrigeración 3 en contacto directo con el dispositivo a refrigerar 2, sin un gradiente de temperatura por transporte de calor, durante el enfriamiento, habría la misma temperatura en el dispositivo a refrigerar 2 que en la cabeza de refrigeración 3, véase la curva 14. Al emplear sólo el condensador con termosifón 4, sin puente térmico mecánico 5, sólo es posible un enfriamiento muy lento. La condensación y evaporación del fluido se lleva a cabo casi a la misma temperatura. La temperatura de trabajo de la cabeza de refrigeración 3 se encuentra siempre a la temperatura de ebullición del fluido. La cabeza de refrigeración 3 se encuentra durante toda la duración del enfriamiento a baja temperatura T y proporciona por consiguiente sólo una escasa potencia refrigerante P. De este modo, el enfriamiento se hace muy largo.

45 Sólo en caso de empleo adicional conforme a la invención de un puente térmico 5 se eleva la temperatura T de la cabeza de refrigeración 3 a un alto nivel. La cabeza de refrigeración 3 puede trabajar ya durante el enfriamiento siempre en un intervalo óptimo de temperatura con alta potencia refrigerante P. De este modo puede enfriarse el dispositivo a refrigerar 2 relativamente rápido.

50 Sin termosifón 4 sería necesaria, en el estado enfriado, una gran sección transversal del puente térmico 5, para no obtener ningún gran gradiente de temperatura en el dispositivo a refrigerar 2 y para la cabeza de refrigeración 3. Los altos gradientes de temperatura en el estado enfriado en el dispositivo a refrigerar 2 y la cabeza de refrigeración 3 conllevarían una mala efectividad. Por tanto, deben evitarse. Las grandes secciones transversales del puente térmico 5 necesarias para la prevención pueden conducir, sin embargo, a cargas mecánicas inaceptablemente altas de la sensible cabeza de refrigeración 3.

55 Mediante el empleo simultáneo conforme a la invención de un termosifón 4 y un puente térmico 5 pueden estar interconectados un rápido enfriamiento y una mayor efectividad también en el estado enfriado del dispositivo a refrigerar 2. El puente térmico 5 proporciona un rápido enfriamiento y, en el estado enfriado, el principio del termosifón asume la refrigeración del dispositivo a refrigerar 2. No es necesaria una gran sección transversal del

puente térmico 5 y, por consiguiente, no aparecen los inconvenientes descritos anteriormente, asociados a una gran sección transversal.

5 El dispositivo conforme a la invención 1 puede operar con el procedimiento conforme a la invención. Los ejemplos de ejecución descritos anteriormente pueden combinarse entre ellos y con los ejemplos de ejecución, conocidos del estado actual de la técnica. Así pueden usarse, por ejemplo, para el puente térmico 5 también materiales como hierro, acero, plástico buen conductor térmico u otros junto con o en vez de cobre. El dispositivo conforme a la invención 1 se puede emplear también para otros dispositivos a refrigerar 2 como por ejemplo máquinas convencionales en vez de superconductoras.

10 El concepto esencial de la invención es la conexión térmica de una cabeza de refrigeración 3 con un dispositivo a refrigerar 2 a través de transmisión de calor con la ayuda de un puente térmico 5 y al mismo tiempo a través del principio del termosifón con la ayuda de un condensador con termosifón 4. Sorprendentemente, los diferentes principios de refrigeración no se entorpecen, sino que se complementan, tal y como representan los diagramas en las Fig. 2 a 4. El empleo de sólo un principio de refrigeración, considerado suficiente en el estado actual de la técnica para el enfriamiento de un dispositivo 2, no conlleva ningún enfriamiento con menor tiempo de enfriamiento y al mismo tiempo buena eficiencia, incluso en caso de enfriamiento ulterior a la temperatura a alcanzar. Sólo mediante el empleo del enfriamiento a través del principio del termosifón y a través de la transmisión de calor con la ayuda de un puente térmico 5, puede lograrse un corto tiempo de enfriamiento y una buena eficiencia incluso en caso de enfriamiento ulterior.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para refrigerar un dispositivo (2) con empleo de una cabeza de refrigeración (3), con un enfriamiento térmico del dispositivo a refrigerar (2) a través del principio del termosifón, donde al mismo tiempo se lleva a cabo una transmisión de calor a través de un puente térmico mecánico (5), que conecta directamente la cabeza de refrigeración (3) de manera mecánicamente y térmicamente conductora con el dispositivo a refrigerar (2), donde un condensador (4) está en contacto térmico y mecánico directo con la cabeza de refrigeración (3) y se condensa fluido gaseoso en el condensador (4), el fluido líquido se transporta al dispositivo a refrigerar (2), y pasa en o cerca del dispositivo a refrigerar (2) al estado gaseoso por absorción de una cantidad de calor.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, como fluido se utiliza neón, helio o nitrógeno.
- 10 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la cabeza de refrigeración (3), al enfriar el dispositivo a refrigerar (2) a través de la conductividad térmica del puente térmico (5), se mantiene a una temperatura T mayor que la temperatura de ebullición del fluido, y porque, al alcanzar la temperatura de ebullición del fluido, se lleva a cabo el enfriamiento del dispositivo a refrigerar (2) esencialmente a través del principio del termosifón.
- 15 4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque como puente térmico mecánico (5) se emplea un metal, particularmente cobre.
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque se usa un puente térmico mecánico en forma de rail y/o de banda (5).
- 20 6. Sistema (1) de refrigeración de un dispositivo (2) con una cabeza de refrigeración (3), conectada térmicamente con el dispositivo a refrigerar (2) a través del principio del termosifón, donde se prevé un puente térmico mecánico (5), a través del cual la cabeza de refrigeración (3) está directamente conectada de manera mecánica y térmicamente conductora con el dispositivo a refrigerar (2), caracterizado porque se prevé un condensador (4) en contacto térmico y mecánico directo con la cabeza de refrigeración (3) para condensar fluido gaseoso en el condensador (4), se prevé un termosifón (4) para transportar el fluido líquido al dispositivo a refrigerar (2) y para transportar el fluido gaseoso desde el dispositivo a refrigerar (2) al condensador (4).
- 25 7. Dispositivo (1) según la reivindicación 6, caracterizado porque el fluido es neón, helio o nitrógeno.
8. Dispositivo (1) según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado porque, mediante la conductividad térmica del puente térmico (5), la cabeza de refrigeración (3) está a una temperatura T mayor que la temperatura de ebullición del fluido al refrigerar el dispositivo a refrigerar (2) y porque a través del termosifón (4), a una temperatura  $T_E$  del dispositivo a refrigerar (2) igual a la temperatura de ebullición del fluido, la cabeza de refrigeración (3) y el dispositivo a refrigerar (2) están esencialmente a la misma temperatura.
- 30 9. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque el puente térmico mecánico (5) es de metal, particularmente de cobre.
- 35 10. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque el puente térmico mecánico (5) es en forma de rail y/o de banda.
11. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado porque el puente térmico mecánico (5) está configurado en múltiples partes, particularmente constituido por varios puentes térmicos individuales en forma de rail y/o de banda (5).
- 40 12. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado porque se prevén varios termosifones (4) para transportar el fluido líquido al dispositivo a refrigerar (2) y para transportar el fluido gaseoso desde el dispositivo a refrigerar (2) al condensador (4).
13. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 6 a 12, caracterizado porque el dispositivo a refrigerar (2) comprende un superconductor, particularmente en la forma de al menos una bobina superconductora.

FIG 1

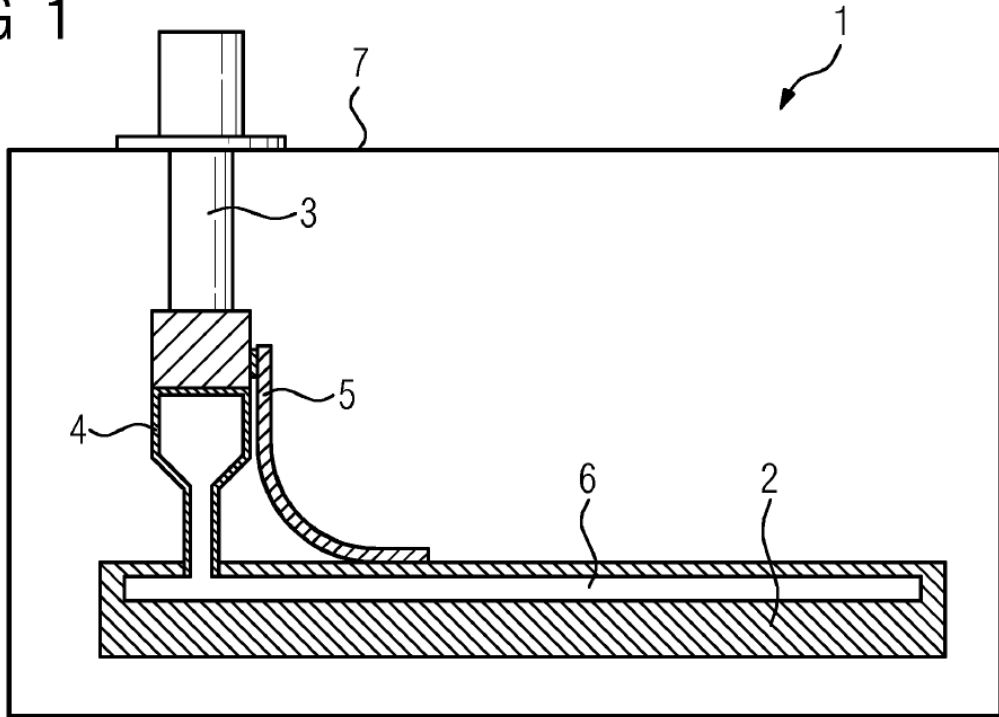


FIG 2

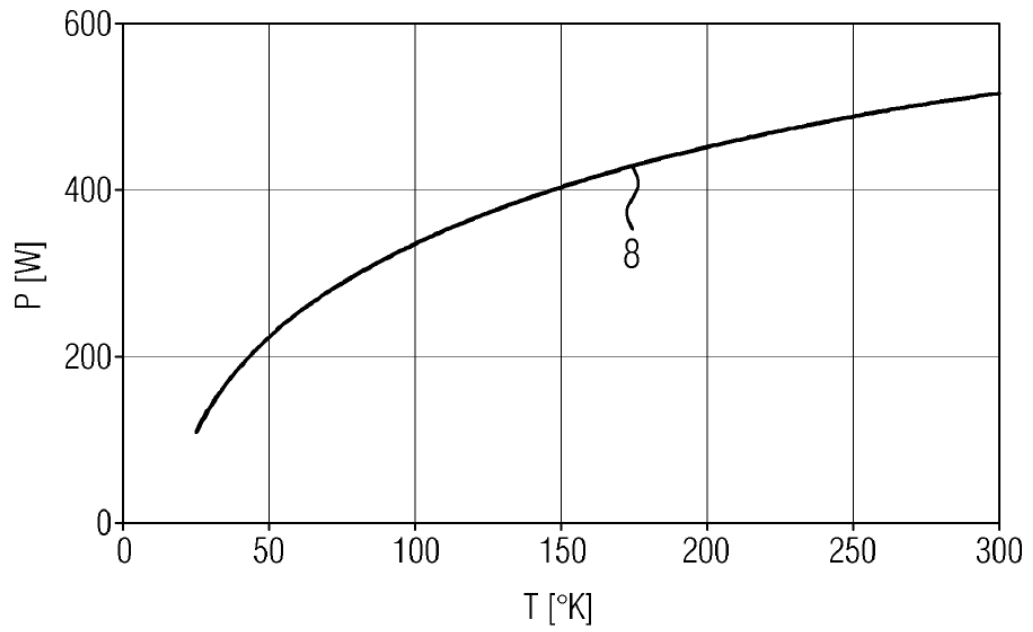




FIG 3

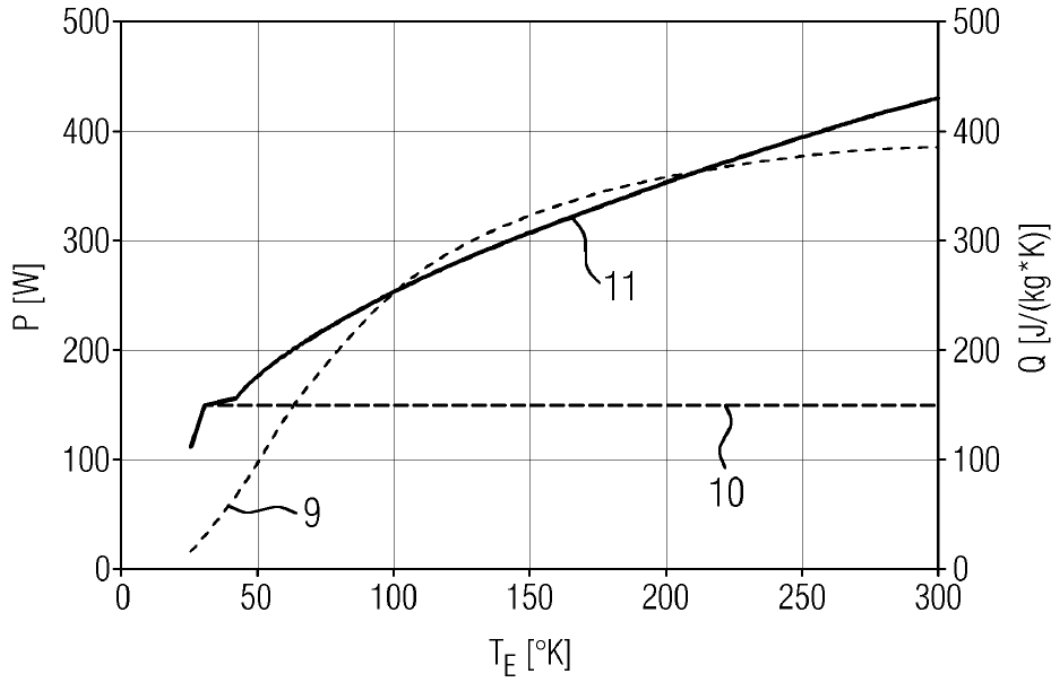


FIG 4

