

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 542**

51 Int. Cl.:

**G01R 33/3815** (2006.01)

**F25B 23/00** (2006.01)

**H02K 55/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012 E 12710163 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2681575**

54 Título: **Instalación de refrigeración para refrigerar un superconductor, en especial en una instalación de resonancia magnética o en un rotor**

30 Prioridad:

**02.03.2011 DE 102011004952**

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

**13.01.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FRANK, MICHAEL;  
KUMMETH, PETER;  
SCHMIDT, HEINZ y  
VAN HASSELT, PETER**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 526 542 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

Instalación de refrigeración para refrigerar un superconductor, en especial en una instalación de resonancia magnética o en un rotor.

5 La invención se refiere a un procedimiento para refrigerar un superconductor, en especial en una instalación de resonancia magnética y/o en un rotor de una máquina superconductora, en donde el superconductor y/o una pieza constructiva que soporta el superconductor pueden llevarse a hacer contacto con un medio refrigerante líquido, así como a una instalación de resonancia magnética y a una máquina superconductora con una instalación de refrigeración de este tipo.

10 Los superconductores, en especial los llamados superconductores de alta temperatura, cuya temperatura intermitente es superior a 77 K, se usan cada vez con más frecuencia en las aplicaciones más variadas. Por ejemplo es conocido usar devanados superconductores, en su mayoría con base en superconductores de baja temperatura, en imanes de resonancia magnética y, en especial, superconductores de alta temperatura en máquinas, es decir generadores y/o motores. Con ello es necesario mantener estrictamente la temperatura de funcionamiento máxima admisible, en el caso respectivo, del superconductor. Para esto se conocen diferentes instalaciones de refrigeración, que como medio refrigerante usan líquidos criogénicos, por ejemplo helio, hidrógeno, neón o nitrógeno, que al vaporizarse proporcionan la potencia frigorífica necesaria. La realimentación del medio refrigerante vaporizado se realiza ya sea periódicamente mediante rellenado o mediante condensación en una cámara de condensación, sobre una o varias cabezas frías, en un circuito de medio refrigerante en especial cerrado.

20 Con ello puede producirse el problema de que una alimentación del medio refrigerante hasta el superconductor no pueda materializarse directamente en parte "por el camino corto". De este modo se conocen por ejemplo instalaciones de resonancia magnética, en las que el devanado de resonancia magnética superconductor se mantiene en un baño de medio refrigerante líquido, en especial helio líquido (la llamada refrigeración por baño del superconductor). Con ello el nivel del medio refrigerante líquido desciende considerablemente en el curso del tiempo a causa de la vaporización, de tal manera que antes del rellenado queda al descubierto la parte superior del devanado superconductor, lo que significa que sólo está rodeada de gas. Esta parte al descubierto del devanado superconductor se refrigera después sólo mediante conducción térmica desde la parte del devanado refrigerada, situada en el medio refrigerante líquido, y en consecuencia puede presentar una temperatura superior que limite el aprovechamiento efectivo del superconductor, por ejemplo en cuanto a la corriente de funcionamiento permitida.

30 Para refrigerar máquinas superconductoras, en las que por ejemplo un devanado de rotor superconductor puede estar fijado a un soporte de devanado dentro del rotor, se utilizan casi siempre circuitos de refrigeración cerrados, en los que en un sistema cerrado se licua por ejemplo gas neón o nitrógeno como medio refrigerante sobre una cabeza fría con condensador. Desde allí el medio refrigerante fluye hasta una cámara interior del rotor, en donde hace contacto con el soporte de devanado térmicamente conductor para conseguir su acción refrigerante. Esto significa que la cámara interior del rotor actúa como un vaporizador. El medio refrigerante vaporizado regresa al condensador y allí se licua de nuevo. Aquí se aprovecha el llamado efecto termosifón. El medio refrigerante líquido se vaporiza sobre el soporte de devanado y fluye de forma gaseosa a causa de la diferencia de presión, que se produce a causa de la vaporización en el vaporizador y la condensación en la cámara de condensación del condensador, de vuelta al condensador. Estos flujos de medio refrigerante reciben también con frecuencia el nombre de "heat pipe".

40 El transporte del medio refrigerante líquido hasta el superconductor se materializa en las instalaciones de refrigeración conocidas mediante la fuerza de la gravedad, lo que significa que el condensador está dispuesto geodésicamente más alto que el vaporizador. Este modo de proceder ha demostrado ser siempre difícil si puede producirse una posición oblicua de la instalación de refrigeración o de la máquina sincrónica superconductora, como es posible por ejemplo en máquinas sincrónicas superconductoras para aplicaciones navales, es decir por ejemplo motores HTS o generadores HTS. En los vehículos marítimos como los barcos puede producirse fácilmente una posición oblicua o una inclinación del barco. Aparte de las posiciones ladeadas estáticas, que reciben el nombre de "Trim", también son posibles posiciones ladeadas dinámicas. El medio refrigerante líquido no puede entonces llegar al vaporizador, dado el caso, y desarrollar su acción refrigerante.

50 Por medio de esto se producen principalmente limitaciones de diseño, en especial en campos aplicativos en los que existe una escasez de espacio, que no permite prever un condensador situado geodésicamente más alto con una cabeza fría, que habitualmente está unida a un compresor. Esto es aplicable, aparte de a vehículos marítimos o plataformas marítimas, también a otros dispositivos que están sometidos a una limitación en altura, por ejemplo un automotor de un ferrocarril, etc.

55 Básicamente es concebible utilizar bombas de circulación o bombas de transporte criogénicas. Las bombas de este tipo presentan sin embargo un gran número de inconvenientes. Tienen una vida útil menor y son muy propensas a las averías, y además de esto el mantenimiento/la reparación sin interrumpir el funcionamiento es extremadamente difícil. Aparte de esto es extremadamente complicado materializar de forma fiable piezas constructivas complejas movidas a temperaturas criogénicas. Una bomba de este tipo exige asimismo una aplicación de calor y reduce el

grado de eficacia de una máquina superconductor, de tal modo que en la práctica debe evitarse una solución de este tipo.

5 Se conocen procedimientos para refrigerar un superconductor, en los que el superconductor se lleva a hacer contacto con un medio refrigerante líquido, por ejemplo del documento GB-A-2 467 596 y el artículo "380 kW synchronous machine with HTS rotor windings – development at Siemens and first test results", Nick W. et al, Physica C, 372-376 (2002) 1506-1512, en donde en el artículo se describe la refrigeración de devanados de rotor con gas helio y en la solicitud de patente la refrigeración de un superconductor para un sistema MRT.

10 La invención se ha impuesto por ello la tarea de indicar una instalación de refrigeración, que sin los inconvenientes de una bomba de funcionamiento eléctrico haga posible un transporte y/o una circulación en contra de la fuerza de la gravedad. Para solucionar esta tarea está previsto, en el caso del procedimiento conforme a la invención conforme a la invención 1, que para transportar el medio refrigerante hasta el superconductor y/o para hacer circular el medio refrigerante en un baño, para el superconductor se utilice una bomba de soplado dispuesta en un conducto de transporte. De la reivindicación 1 se deduce detalles del procedimiento. En las reivindicaciones 2-7 se definen unas formas de ejecución ventajosas. Las reivindicaciones 8 y 9 especifican una instalación de resonancia magnética, respectivamente una máquina superconductor, que comprende un rotor y que en cada caso comprende una instalación de refrigeración configurada para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención.

20 Conforme a la invención se propone por lo tanto usar una bomba de soplado, cuyo principio de funcionamiento es conocido por ejemplo por las máquinas de café, de forma especialmente ventajosa en un entorno criogénico, para permitir un medio refrigerante líquido mediante una vaporización específica de una pequeña parte del medio refrigerante que, al ascender, transporte medio refrigerante líquido periódicamente o casi continuamente hacia arriba. Por lo tanto se pretende aplicar el principio de una bomba de soplado en aplicaciones superconductoras a temperaturas de trabajo criogénicas. De esta manera ya no se necesita ninguna bomba de circulación o de transporte de alta complejidad, después de lo cual puede materializarse una bomba de soplado con una complejidad muy reducida, en especial con una necesidad de potencia muy reducida. De un modo y una manera muy elegantes el medio refrigerante líquido puede transportarse en contra de la fuerza de la gravedad, de tal manera que también puede hacerse posible en especial disponer un condensador, respectivamente la cámara de condensación del condensador, geodésicamente más bajo que el superconductor a refrigerar, en último término por lo tanto que el vaporizador.

30 La bomba de soplado comprende con ello una calefacción para la creación definida de unas burbujas del medio refrigerante gaseoso, que transportan el medio refrigerante licuado en contra de la fuerza de la gravedad. Por lo tanto se acopla una calefacción al conducto de transporte, que se hace funcionar exactamente de modo que se cree una burbuja que llene la sección transversal del conducto de transporte, soporte un medio refrigerante líquido a causa de la sustentación y después ascienda en contra de la fuerza de la gravedad en el conducto de transporte y con ello arrastre medio refrigerante líquido. La calefacción puede hacerse funcionar por ejemplo periódicamente para, mediante la aplicación de una potencia calefactora definida, crear un tamaño de burbuja ajustado al conducto de transporte. Con ello son ya totalmente suficientes una potencias calefactoras extraordinariamente reducidas, de tal modo que la bomba de soplado puede materializarse con poca complejidad y casi no se reduce el grado de eficacia de la instalación de refrigeración, respectivamente de su aplicación asociada. En especial no se necesita un transporte mecánico como en el caso de las bombas de circulación o bombas de transporte, de tal manera que las piezas de transporte que están en contacto con el medio refrigerante líquido pueden evitarse por completo. Por lo tanto se obtiene también una sencillez mecánica. La calefacción, en el caso de que se encuentre en el baño para el superconductor, puede comprender convenientemente un dispositivo aislante, que esté configurado para el aislamiento térmico de la calefacción contra el medio refrigerante líquido mantenido en el baño. Por ejemplo puede colocarse un recipiente de vacío o algo similar alrededor de la calefacción. Como calefacción puede usarse por ejemplo un medio calefactor eléctrico.

Aparte de esto puede estar previsto que el conducto de transporte discorra verticalmente, al menos en la región del transporte mediante la bomba de soplado. En el caso de un conducto de transporte que discorra verticalmente se aprovecha el máximo de sustentación de las burbujas creadas, de tal modo que idealmente se prevé un tramo de transporte dirigido verticalmente hacia arriba.

50 En una configuración especialmente ventajosa de la presente invención puede estar previsto que a la bomba de soplado esté preconectada en la dirección de transporte una válvula de retención. Ha quedado demostrado que la utilización de una válvula de retención de este tipo, en especial sin activación, contribuye de nuevo claramente a aumentar el grado de eficacia, después de que se impida efectivamente el reflujo de medio refrigerante hacia el baño o hasta una cámara de condensación.

55 En una configuración concreta de la presente invención puede estar previsto que el superconductor a refrigerar sea un superconductor de un devanado de resonancia magnética superconductor y que la bomba de soplado transporte un medio refrigerante líquido, que no aloja todo el devanado en una cámara de vaporización, a través de la bomba de soplado hasta la parte al descubierto del devanado, en especial sobre una superficie del devanado. Con ello

5 puede estar prevista en especial una disposición en la que se utilice una instalación de transporte, que penetre en el medio refrigerante líquido del baño, en especial hasta cerca del fondo de la cámara de vaporización, en donde en especial también la calefacción de la bomba de soplado está dispuesta dentro del baño de medio refrigerante líquido. Desde allí puede guiarse a través del conducto de transporte un medio refrigerante líquido hacia arriba, es decir hacia fuera del baño, hasta una abertura de salida de la instalación de transporte que llega hasta encima del devanado superconductor, desde donde llega hasta la parte al descubierto del devanado superconductor, por ejemplo por goteo. Debe destacarse que con ello son concebibles unas configuraciones que sólo permitan un funcionamiento temporal de la instalación de transporte para hacer circular el medio refrigerante líquido, por ejemplo si al menos una parte predeterminada del devanado superconductor está al descubierto, por ejemplo entre procesos de relleno. Para esto puede estar prevista una instalación de control, que o bien active de forma puramente temporal la calefacción de la bomba de soplado o bien trabaje con base en datos de un sensor, por ejemplo de un sensor de nivel de llenado. Esto significa, mientras el devanado superconductor esté sumergido por completo en el baño, que no es necesario un transporte con ayuda de la instalación de transporte, sino sólo si está al descubierto una parte. Por otro lado puede elegirse sin embargo la configuración de la instalación de refrigeración de tal modo, que por ejemplo se reduzca la cantidad de medio refrigerante utilizada en total en la instalación de refrigeración y básicamente esté al descubierto una parte, que después de refrigera aún así suficientemente a través del medio refrigerante líquido transportado mediante la bomba de soplado. Por último debe destacarse además que naturalmente es también posible prever varias instalaciones de transporte de este tipo con bombas de soplado en una instalación de refrigeración de esta clase, respectivamente en una instalación de resonancia magnética de esta clase.

25 Alternativamente el procedimiento para refrigerar conforme a la invención puede usarse también en el marco de una máquina superconductora, en donde puede estar previsto que el superconductor a refrigerar sea un superconductor de un devanado de rotor superconductor dispuesto en un rotor de una máquina superconductora, en donde el medio refrigerante sea transportado desde una cámara de condensación situada en especial geodésicamente más baja, a través del conducto de transporte, hasta una cámara interior del rotor que actúa como cámara de vaporización. Con esto la presente invención permite también, en el marco de las máquinas superconductoras, transportar el medio refrigerante con una complejidad reducida también "montaña arriba", es decir en contra de la fuerza de la gravedad, lo que actúa en contra de los problemas de espacio y disposición citados al comienzo, tras lo cual ahora la cámara de condensación del condensador acoplada térmicamente a una cabeza fría puede disponer geodésicamente más baja que el superconductor realmente a refrigerar.

35 En otra configuración puede estar aquí previsto que el medio refrigerante sea guiado en un circuito de refrigeración cerrado, en donde el medio refrigerante licuado en una cámara de condensación acoplada a una cabeza fría es transportado hasta el superconductor a refrigerar en la cámara interior del rotor y es guiado de vuelta, en forma gaseosa, hasta la cámara de condensación. Por lo tanto puede usarse un circuito de refrigeración cerrado básicamente conocido, en el que puede integrarse convenientemente la bomba de soplado prevista conforme a la invención.

40 En un perfeccionamiento de la presente invención puede estar previsto que el conducto de transporte desemboque en un segmento de conducto que presente una sección transversal mayor, que desemboque mediante un distribuidor giratorio en la cámara interior del rotor y en el que puede fluir medio refrigerante licuado a la cámara interior del rotor, en donde en paralelo pueda fluir medio refrigerante gaseoso hacia fuera de la cámara interior del rotor a través de otro segmento de conducto. Un segmento de conducto de este tipo tiene la ventaja de que las burbujas usadas para el transporte dentro del medio refrigerante gaseoso pueden fluir también con un espacio suficiente hasta la cámara interior del rotor, mientras el medio refrigerante líquido fluye hasta la cámara interior del rotor. De este modo se obtiene una configuración extremadamente ventajosa. En especial puede conectarse directamente a un extremo del segmento de conducto para el medio refrigerante gaseoso, al que se alimenta el medio refrigerante líquido mediante la bomba de soplado, también otro segmento de conducto para el transporte de vuelta del medio refrigerante gaseoso hasta el condensador. La utilización de dos segmentos de conducto evita, en el caso de una posición oblicua, la aspiración de medio refrigerante líquido en la cámara de condensación.

50 Aparte del procedimiento para refrigerar, la presente invención se refiere también a una instalación de resonancia magnética conforme a la reivindicación 8, que comprende un devanado de resonancia magnética superconductor así como una instalación de refrigeración, que está configurada para refrigerar el superconductor con el procedimiento conforme a la invención. Asimismo la invención se refiere a una máquina superconductora conforme a la reivindicación 9, que comprende un devanado de rotor superconductor dispuesto sobre un soporte de devanado así como una instalación de refrigeración, que está configurada para refrigerar el superconductor con el procedimiento conforme a la invención. Con ello todas las ejecuciones con relación al procedimiento para refrigerar pueden transferirse análogamente a la instalación de resonancia magnética y a la máquina superconductora, de tal modo que evidentemente también aquí se materializan las ventajas conseguidas mediante la invención.

60 En el procedimiento conforme a la invención está previsto que mediante una calefacción se creen de forma definida en el medio refrigerante líquido unas burbujas de un medio refrigerante gaseoso, que transporten el medio refrigerante líquido en un conducto de transporte que discurra en especial verticalmente. Con ello puede usarse con

una ventaja especial también una válvula de retención preconectada a la calefacción. Es por ejemplo concebible que la calefacción, que puede estar configurada como un medio calefactor eléctrico, se haga funcionar cíclicamente para crear a intervalos irregulares/regulares unas burbujas, de una sustentación determinada, que ocupan el conducto de transporte y después transportan hacia arriba el medio refrigerante líquido a través del conducto de transporte.

5 En una alternativa de la invención puede estar previsto que, en el caso de un devanado superconductor situado en el baño y que ocupa el superconductor, se transporte medio refrigerante mediante la bomba de soplado hasta una parte al descubierto del devanado. Si por lo tanto el superconductor está dispuesto en un baño de medio refrigerante líquido, sobresalen sin embargo partes del devanado hacia fuera del medio refrigerante líquido, con lo que mediante la bomba de soplado puede transportarse el medio refrigerante líquido hasta una parte al descubierto del devanado,  
10 por ejemplo mediante la instalación de transporte ya descrita con relación a la instalación de refrigeración. Con ello es posible, en especial si sólo se rellena periódicamente el medio refrigerante, hacer depender el funcionamiento de la bomba de soplado o del medio refrigerante de que una parte predeterminada del devanado esté al descubierto, en donde por ejemplo puede realizarse una activación temporal a través de una instalación de control o puede medirse el nivel de llenado del baño, en donde a partir de un determinado valor umbral se activa la bomba de soplado  
15 mediante una instalación de control.

En otra alternativa del procedimiento conforme a la invención puede estar previsto que, en el caso de un devanado de rotor superconductor dispuesto sobre un soporte de devanado en un rotor de una máquina superconductora y que comprenda el superconductor, el medio refrigerante sea transportado mediante la bomba de soplado en contra de la fuerza de la gravedad hasta una cámara interior del rotor, que actúa como cámara de vaporización.

20 Se deducen ventajas y detalles adicionales de la presente invención de los ejemplos de ejecución descritos a continuación, así como con base en el dibujo. Con ello muestran:

la figura 1 una máquina superconductora con una instalación de refrigeración conforme a la invención, y

la figura 2 una instalación de refrigeración conforme a la invención para refrigerar un devanado de resonancia magnética.

25 La figura 1 muestra una máquina sincrónica 1 superconductora conforme a la invención. Ésta comprende un rotor 2 que, de forma básicamente conocida, puede rotar dentro de un estator 3 con devanados de estator 4. El rotor 2, que puede rotar alrededor de un eje de giro 5, comprende un devanado 7 superconductor dispuesto sobre un soporte de devanado 6 térmicamente conductor y que está fabricado con un superconductor de alta temperatura.

30 Para mantener el devanado de rotor 7 superconductor a su temperatura de funcionamiento está prevista además una instalación de refrigeración 8 conforme a la invención, que en este caso guía un medio refrigerante en un circuito de refrigeración cerrado. Como medio refrigerante puede utilizarse por ejemplo neón o nitrógeno. Una cámara interior hueca 9 del rotor 2 se usa con ello como cámara de vaporización, en la que se introduce el medio refrigerante líquido 10. En la cámara de vaporización 9 se vaporiza el medio refrigerante líquido 10 para formar medio refrigerante gaseoso 11 y es guiado a través de un segmento de conducto 12, mediante el cual se evacua el  
35 medio refrigerante gaseoso 11 hacia fuera de la cámara interior 9 y que está dispuesto en paralelo a un segmento de conducto 12', mediante el cual el medio refrigerante líquido 10 es guiado hasta la cámara interior 9, así como de otro segmento de conducto 13 hasta un condensador 14, a cuya cámara de condensación 15 está acoplada térmicamente una cabeza fría 16. La cabeza fría 16 puede hacerse funcionar por ejemplo a través de un compresor.

40 En la cámara de condensación 15 se condensa el medio refrigerante gaseoso 11 a su vez para formar un medio refrigerante líquido 10, que es guiado de vuelta a través de un segmento de conducto 17 y de un conducto de transporte 18 de nuevo hasta el segmento de conducto 12 y, desde allí, hasta la cámara interior 9. Con ello la instalación de refrigeración 8 es fija hasta la cámara interior 9; el acoplamiento del segmento de conducto 12 a la cámara interior 9 se realiza mediante un distribuidor giratorio 19, como se conoce en el estado de la técnica.

45 En la máquina sincrónica superconductora 1, que puede hacerse funcionar como generador o como motor, el transporte del medio refrigerante líquido 10 no se realiza con base en la fuerza de la gravedad, sino a través de una bomba de soplado mostrada en general con el 20. El conducto de transporte 18 está orientado con ello verticalmente, para de este modo aprovechar la sustentación máxima de las burbujas 21 (burbujas de trabajo) procedentes del medio refrigerante gaseoso 11. Las burbujas 21 transportan el medio refrigerante líquido 10 en contra de la fuerza de la gravedad hasta el segmento de conducto 12.

50 Las burbujas 21 se crean mediante una calefacción 22, aquí un medio calefactor eléctrico, que está acoplada al conducto de transporte 18 y que crea unas burbujas 21 adecuadas para el transporte del medio refrigerante líquido 10, mediante una aportación de calor definida al medio refrigerante líquido 10. Por ejemplo puede preverse aquí un funcionamiento cíclico de la calefacción 22.

## ES 2 526 542 T3

A la calefacción 22 está preconectada una válvula de retención 23, que aumenta la eficiencia total del transporte mediante las burbujas 21.

5 De este modo es posible, de forma que puede materializarse con poca complejidad y de modo sencillo, transportar el medio refrigerante líquido 10 también en contra de la fuerza de la gravedad, de tal modo que cámara de condensación 15 puede disponerse sin problemas más baja que la cámara interior 9.

10 Una bomba de soplado puede usarse conforme a la invención también de forma especialmente ventajosa en una instalación de resonancia magnética, como explica con más detalle la figura 2. Para una mayor sencillez no se ha mostrado toda la instalación de resonancia magnética, sino solamente el devanado de resonancia magnética 24 superconductor que está fabricado con un superconductor de baja temperatura, así como el ejemplo de ejecución allí usado de una instalación de refrigeración 25 conforme a la invención. Puede verse el devanado 24 en una cámara de vaporización 26, que habitualmente puede encontrarse en un recipiente de vacío. Para refrigerar se utiliza un medio refrigerante líquido 27, aquí helio, que se vaporiza sobre el devanado 24 y de este modo desarrolla su acción refrigerante. A determinados intervalos de tiempo, por ejemplo periódicamente o en función de los valores de medición de un sensor de nivel de llenado no mostrado aquí con más detalle, se rellena medio refrigerante líquido 15 27 mediante un conducto de alimentación 28.

En este momento, es decir directamente tras el rellenado, puede estar previsto también que el devanado 24 esté rodeado por completo por el medio refrigerante líquido 27. Con el tiempo desciende sin embargo el nivel del medio refrigerante líquido 27, de tal manera que el devanado 24 ya sólo está rodeado parcialmente por el mismo. Después pueden producirse unas temperaturas más elevadas sobre la parte superior 29 al descubierto del devanado 24.

20 Para actuar en contra de esto la instalación de refrigeración 25 comprende una instalación de transporte 37, que a su vez está equipada con una bomba de soplado 36. Para esto está previsto un conducto de transporte 38, mediante el cual puede transportarse el medio refrigerante líquido 27 a través de una abertura 29 sobre una superficie superior 30 del devanado 24. Para el transporte se utilizan también aquí unas burbujas 31 del medio refrigerante gaseoso 32, que se crean mediante una calefacción 33 configurada de nuevo como medio calefactor eléctrico. La calefacción 33 25 está posicionada de tal modo que se encuentra básicamente dentro del medio refrigerante líquido 27, por lo que también está circundada por un dispositivo aislante 34 en forma de un aislamiento térmico, por ejemplo una cámara de vacío. Con ello la calefacción 33 se hace funcionar a su vez de tal modo, que crea unas burbujas 31 adecuadas para el transporte del medio refrigerante líquido 27 a través del conducto de transporte vertical 38. Para esto puede preverse por ejemplo un funcionamiento cíclico del medio refrigerante 33.

30 En este punto debe destacarse que la instalación de transporte 37 no tiene que estar constantemente en funcionamiento, sino que puede estar previsto que ésta sólo se active cuando el nivel de llenado del medio refrigerante líquido 27 caiga por debajo de un valor determinado y/o haya transcurrido un tiempo predeterminado desde el último rellenado de medio refrigerante líquido 27. Para esto puede preverse una instalación de control (no mostrada), que active la calefacción 33 de forma correspondiente.

35 Además de esto, en el ejemplo de ejecución mostrado está prevista a su vez, para mejorar la eficiencia del transporte del medio refrigerante líquido 27, una válvula de retención 35 preconectada a la calefacción 33 en la dirección de transporte.

40 Por tanto la utilización propuesta conforme a la invención de una bomba de soplado 20, 36 permite también, con una complejidad reducida y sin utilizar una bomba de circulación que transporte mecánicamente el medio refrigerante 27, una circulación del medio refrigerante líquido 27 y de esta forma una refrigeración uniforme del devanado 24.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para refrigerar un superconductor, en donde el superconductor y/o una pieza constructiva que soporta el superconductor se lleva a hacer contacto con un medio refrigerante líquido (10, 27), caracterizado porque el medio refrigerante (10, 27) se transporta con una bomba de soplado (20, 36) dispuesta en un conducto de transporte (18, 38) hasta el superconductor y/o el medio refrigerante (10, 27) se hace circular en un baño para el superconductor con la bomba de soplado (20, 36) dispuesta en el conducto de transporte (18, 28), en donde en ambos casos con una calefacción (22, 33) acoplada al conducto de transporte (18, 38) se crean unas burbujas (21, 31) definidas de medio refrigerante gaseoso (11, 32) en el conducto de transporte (18, 38), que transportan el medio refrigerante licuado en el conducto de transporte en contra de la fuerza de la gravedad.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el conducto de transporte (18, 38) discurre verticalmente, al menos en la región del transporte mediante la bomba de soplado
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a la bomba de soplado (20, 36) está preconectada en la dirección de transporte una válvula de retención (23, 35).
- 15 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el superconductor a refrigerar es un superconductor de un devanado de resonancia magnética (24) superconductor, porque la bomba de soplado (36) transporta un medio refrigerante líquido (27), que no aloja todo el devanado (24) en una cámara de vaporización (26), hasta la parte al descubierto del devanado (24), en especial sobre una superficie superior (30) del devanado (24).
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el superconductor a refrigerar es un superconductor de un devanado de rotor (7) superconductor dispuesto en un rotor (2) de una máquina superconductora (1), en donde el medio refrigerante (10) es transportado desde una cámara de condensación (15) situada en especial geodésicamente más baja, a través del conducto de transporte (18), hasta una cámara interior (9) del rotor (2) que actúa como cámara de vaporización.
- 25 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque el medio refrigerante (10) es guiado en un circuito de refrigeración cerrado, en donde el medio refrigerante (10) se licua en una cámara de condensación (15) acoplada a una cabeza fría (16), después es transportado hasta el superconductor a refrigerar en la cámara interior (9) del rotor (2) y a continuación es guiado de vuelta, en forma gaseosa, hasta la cámara de condensación (15).
- 30 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque el conducto de transporte (18) desemboca en un segmento de conducto (12) que presente una sección transversal mayor, que desemboca mediante un distribuidor giratorio (19) en la cámara interior (9) del rotor (2) y en el que afluye medio refrigerante licuado (10) a la cámara interior (9) del rotor (2), en donde en paralelo fluye medio refrigerante gaseoso (11) hacia fuera de la cámara interior (9) del rotor (2) a través de otro segmento de conducto.
- 35 8. Instalación de resonancia magnética, que comprende un devanado de resonancia magnética (24) superconductor así como una instalación de refrigeración (25), que comprende la bomba de soplado (20, 36) definida en la reivindicación 1, el conducto de transporte (18, 38) y la calefacción (22, 33), y que están dispuestos de tal modo unos con respecto a otros que la instalación de refrigeración (25) está configurada para refrigerar un superconductor del devanado de resonancia magnética (24) con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 3 a la bomba de soplado se ha preconectado una válvula de retención (23, 35).
- 40 9. Máquina superconductora (1), que comprende un devanado de rotor (7) superconductor dispuesto en un rotor (2) sobre un soporte de devanado (6) así como una instalación de refrigeración (8), que comprende la bomba de soplado (20, 36) definida en la reivindicación 1, el conducto de transporte (18, 38) y la calefacción (22, 33), y que están dispuestos de tal modo unos con respecto a otros que la instalación de refrigeración (25) está configurada para refrigerar el devanado de rotor (7) superconductor con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3 ó 5 a 7, en donde para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 3 a la bomba de soplado (20, 36) se ha preconectado una válvula de retención (23, 35), y para llevar a cabo el procedimiento de las reivindicaciones 6 ó 7 la instalación de refrigeración dispone de los componentes adicionales definidos en estas reivindicaciones, precisamente la cabeza fría (16), la cámara de condensación (15), respectivamente en el caso del procedimiento de la reivindicación 7 el distribuidor giratorio (19) y los segmentos de conducto (12, 19), que están dispuestos de tal modo unos con respecto a otros que la instalación de refrigeración está configurada para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 6 ó 7.
- 50

FIG 1

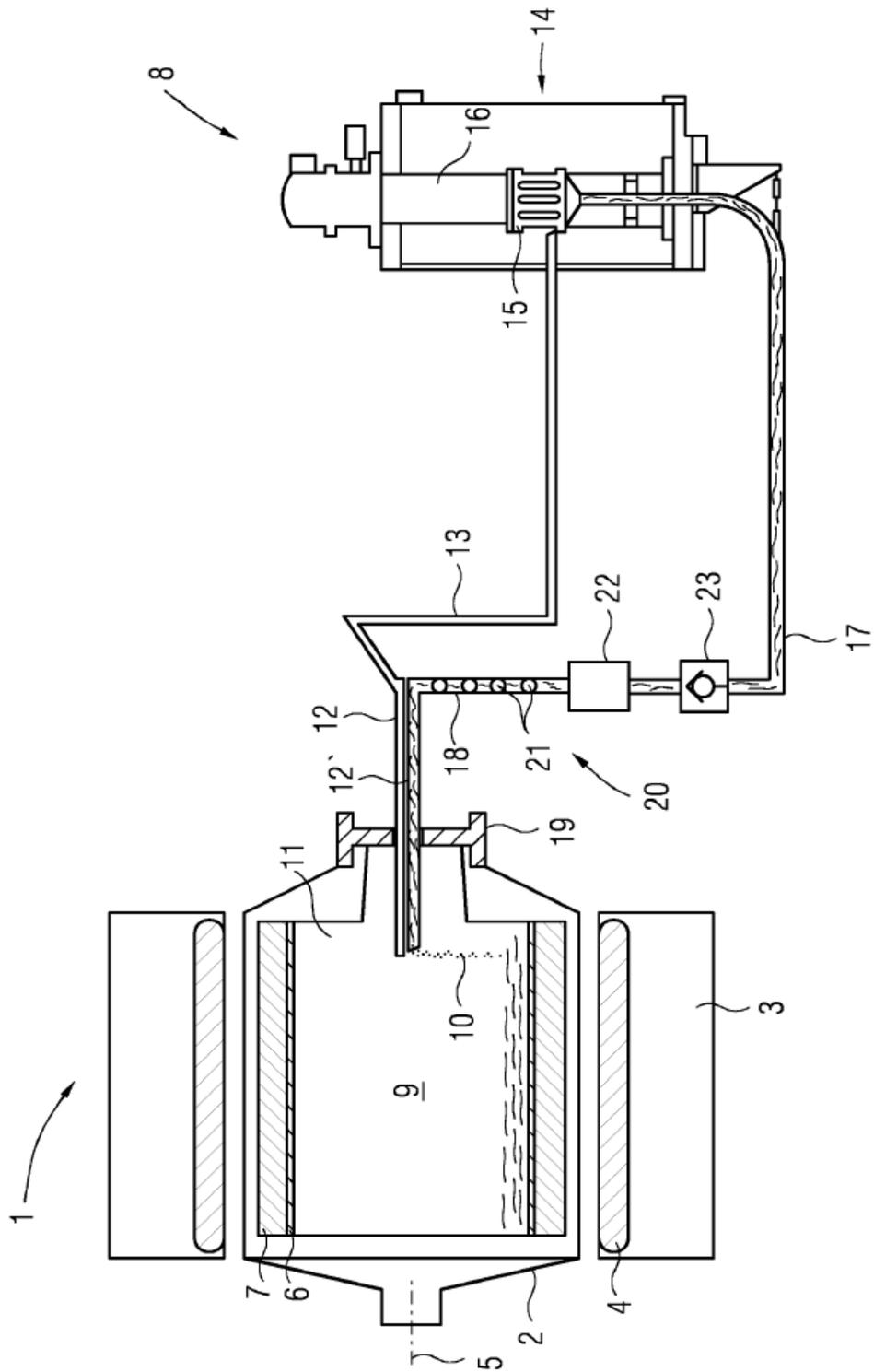


FIG 2

