

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 681**

51 Int. Cl.:

F25D 19/00 (2006.01)

F25D 16/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2007 PCT/EP2007/059269**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2008 WO08040609**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2007 E 07803233 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 2066991**

54 Título: **Instalación de refrigeración con un elemento de conexión caliente y con un elemento de conexión frío, y con un tubo intercambiador de calor que conecta los elementos de conexión**

30 Prioridad:
29.09.2006 DE 102006046688

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.12.2017

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**OOMEN, MARIJN PIETER y
VAN HASSELT, PETER**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 647 681 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 con un elemento de conexión caliente y con un elemento de conexión frío, y con un tubo intercambiador de calor que conecta los elementos de conexión

La presente invención hace referencia a una instalación de refrigeración al menos con

- 5 - un elemento de conexión caliente que se encuentra conectado térmicamente con partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas,
- un elemento de conexión frío que se encuentra conectado térmicamente a un disipador de calor,
- un tubo intercambiador de calor de material térmicamente mal conductor, el cual, en un extremo, se encuentra conectado al elemento de conexión caliente y en un segundo extremo se encuentra conectado de forma mecánicamente separable al elemento de conexión frío, y cuyo interior está llenado al menos de forma parcial con un líquido que puede circular según un efecto de termosifón, y
- 10 - una línea tubular que en un primer extremo está conectada al interior del tubo intercambiador de calor y está diseñada de manera que al menos partes de la línea tubular se sitúan geodésicamente más elevadas que el nivel de líquido,
- 15 - donde para una separación térmica de los elementos de conexión el líquido puede ser bombeado mediante la línea tubular.

Una instalación de refrigeración con las características antes mencionadas se conoce por ejemplo por la solicitud DE 36 21 562 A1.

20 Los sistemas de refrigeración, por ejemplo sistemas de refrigeración para imanes superconductores, disponen con frecuencia de una así llamada refrigeración mediante baño. Para una refrigeración mediante baño de esa clase puede utilizarse un refrigerante líquido, por ejemplo helio, con una temperatura de típicamente 4,2 K. Para una refrigeración mediante baño, sin embargo, se necesitan grandes cantidades del refrigerante correspondiente. En el caso de un imán superconductor existe además la posibilidad de que el mismo, a través de la superación de una corriente crítica para el material superconductor correspondiente o de un campo magnético crítico, pierda sus propiedades superconductoras. En un caso de esa clase, en el material superconductor se produce a corto plazo un desarrollo de calor importante. El calor producido, en el caso de una refrigeración mediante baño, conduce a la ebullición del refrigerante dentro del criostato. El refrigerante gaseoso que se presenta en grandes cantidades conduce a un rápido aumento de la presión dentro del criostato.

30 Para remediar ese problema y reducir al mismo tiempo los costes para el refrigerante, se diseñan sistemas de refrigeración sin un baño de refrigerante. Los sistemas de refrigeración de esa clase pueden prescindir de refrigerante de cualquier clase. En ese caso, la potencia de refrigeración se introduce en las áreas que deben ser refrigeradas sólo a través de la conducción térmica de sólidos. En el caso de un sistema de refrigeración de esa clase, las áreas que deben ser refrigeradas pueden estar conectadas a una máquina de refrigeración a través de un así llamado criobus de sólidos, por ejemplo de cobre. Otra posibilidad consiste en conectar las áreas que deben ser refrigeradas y la máquina de refrigeración con un sistema cerrado de línea tubular, en donde circula una cantidad reducida de refrigerante. La ventaja de los sistemas de refrigeración de esa clase reside además en el hecho de que los mismos pueden ser adaptados de forma más sencilla a cargas móviles que deben ser refrigeradas que los sistemas de refrigeración que presentan un baño de refrigerante. Los sistemas de refrigeración sin un baño de refrigerante, por lo tanto, son adecuados en particular para imanes superconductores de un así llamado aparato Gantry, tal como los que se utilizan en la radioterapia de iones para combatir el cáncer. La potencia de refrigeración, en los sistemas de refrigeración antes descritos, puede ponerse a disposición de una máquina de refrigeración con una cabeza de refrigeración, en particular con un refrigerador de Stirling.

45 Un imán superconductor, en donde una cabeza de refrigeración se encuentra conectada de forma directamente mecánica con su segundo nivel y se encuentra conectada térmicamente con la estructura soporte de un bobinado magnético superconductor, se conoce por la solicitud US 5,396,206. La potencia de refrigeración necesaria, en el imán superconductor antes mencionado, se introduce en los bobinados magnéticos superconductores directamente a través de conducción térmica de sólidos. Sin embargo, si una cabeza refrigeración debe ser cambiada con el fin de un mantenimiento, entonces el dispositivo de refrigeración antes mencionado para un imán superconductor presenta un problema técnico crítico. Durante el proceso de cambio, aire u otros gases pueden congelarse en la superficie de contacto criogénica, en este caso la estructura soporte de los bobinados superconductores. El hielo que se produce en esos lugares conduce a una mala conexión térmica de la cabeza de refrigeración utilizada nuevamente a continuación con la estructura soporte del bobinado.

Para evitar un congelamiento de gases en las superficies de contacto criogénicas las mismas pueden ser calentadas por ejemplo a temperatura ambiente. Usualmente, esto conduce a que todas las partes de un dispositivo de que deben ser refrigeradas, por ejemplo todos los bobinados superconductores de un imán, deban ser llevadas a temperatura ambiente antes de que la cabeza de refrigeración pueda ser cambiada. En particular para sistemas de gran tamaño una fase de calentamiento de esa clase y la fase de refrigeración subsiguiente implican un tiempo prolongado. Esto conduce a tiempos de parada del sistema demasiado prolongados. Las fases de calentamiento y la fase de refrigeración conducen además a un consumo elevado de energía.

De manera alternativa, la congelación de gases ambiente en las superficies de contacto criogénicas puede evitarse de manera que el espacio alrededor de esas superficies de contacto es ventilado selectivamente con gas. Sin embargo, lo mencionado es costoso y conduce a un consumo demasiado elevado de gas de purga o de refrigerante evaporado con ese fin.

En la solicitud EP 0 696 380 B1 se describe un imán superconductor con una instalación de refrigeración criogénica. La instalación de refrigeración descrita dispone de un bus térmico (canal térmico) de un material térmicamente buen conductor, como por ejemplo cobre, el cual se encuentra conectado al imán superconductor. Además, el canal térmico puede conectarse a dos cabezas de refrigeración. Las dos cabezas de refrigeración están dispuestas de forma simétrica con respecto al canal térmico. Las mismas, respectivamente desde lados opuestos, pueden ser aproximadas al canal térmico. De este modo, una o dos de las cabezas de refrigeración pueden entrar en contacto térmico con el canal térmico. La potencia de refrigeración, de manera correspondiente, es introducida en el canal térmico desde una o desde las dos cabezas de refrigeración.

Para cambiar una de los dos cabezas de refrigeración de la instalación conocida la misma puede ser regresada mecánicamente desde el canal térmico, debido a lo cual la cabeza de refrigeración correspondiente es separada térmicamente del mismo modo desde el canal térmico. En ese caso, la potencia de refrigeración se proporciona sólo a través de una cabeza de refrigeración restante. Un cambio de la cabeza de refrigeración que ha sido regresada puede tener lugar ahora sin que el imán superconductor deba ser calentado. En la instalación de refrigeración descrita en la solicitud EP 0 696 380 B1, las cabezas de refrigeración deben ser realizadas sin embargo de manera que puedan desplazarse mecánicamente, lo cual implica una pluralidad de componentes que puedan utilizarse a bajas temperaturas y una unidad mecánica correspondiente, posiblemente propensa a fallos.

En la solicitud DE 102 11 568 B4 se describe una instalación de refrigeración con dos cabezas de refrigeración que, mediante un sistema de línea tubular, en donde un refrigerante puede circular según un efecto de termosifón, están conectadas a las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas. El sistema de línea tubular presenta una ramificación. En los extremos de las ramas se encuentra en cada caso un espacio de refrigerante que respectivamente se encuentra conectado a una cabeza de refrigeración. El refrigerante líquido desciende, partiendo desde uno de los espacios de refrigerante mencionados, impulsado por la fuerza de gravedad, hacia las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas, en donde tiene lugar la transferencia térmica. El refrigerante gaseoso sube a su vez en el sistema de línea tubular hacia las dos cabezas de refrigeración, donde éste se licúa. Un circuito de esa clase del refrigerante en el sistema de línea tubular puede tener lugar tanto el caso de que sólo trabaje una cabeza de refrigeración, como también en el caso de que ambas cabezas de refrigeración se encuentren en funcionamiento. Si la instalación de refrigeración está dimensionada de manera que también una cabeza de refrigeración individual aplica la potencia de refrigeración necesaria para las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas, entonces durante el funcionamiento en curso de la instalación de refrigeración otra cabeza de refrigeración puede ser cambiada. Para reducir al mínimo las pérdidas térmicas, el sistema de línea tubular entre la ramificación y los espacios de refrigerante, los cuales respectivamente están conectados a una cabeza de refrigeración, se encuentra fabricado de un material térmicamente mal conductor. De este modo pueden limitarse las pérdidas a través de la conducción térmica de sólidos. No obstante, el refrigerante gaseoso subirá siempre también el punto en el cual no se encuentre ninguna cabeza de refrigeración o se encuentre una cabeza de refrigeración desconectada. De este modo pueden limitarse las pérdidas a través de la conducción térmica de sólidos, pero no las pérdidas que son causadas a través del refrigerante que se encuentra en circulación.

Por la solicitud DE 36 21 562 A1 se conoce una máquina de refrigeración con un imán superconductor y con un recipiente de refrigerante que contiene un refrigerante. Además, la máquina de refrigeración comprende una carcasa de vacío que aloja el recipiente, una protección contra radiación dispuesta entre el recipiente y la carcasa, la cual rodea el recipiente, un aparato de refrigeración para refrigerar al menos una protección y el recipiente, así como un acoplamiento térmicamente conductor dispuesto entre el aparato de refrigeración y al menos una protección y el recipiente, para establecer e interrumpir una transferencia de calor entre esos componentes.

Por NAKANO A y otros, en "An experimental study of heat transfer characteristics of a two-phase nitrogen thermosyphon over a large dynamic range operation" CRYOGENICS, ELSEVIER, KIDLINGTON, GB, tomo 38, N° 12, diciembre de 1998 (1998-12), páginas 1259-1266, se conoce un termosifón de nitrógeno de dos fases, criogénico y evacuable. El termosifón se utiliza para analizar un transporte térmico entre una cabeza de refrigeración y un extremo caliente.

Por la solicitud US 5 842 348 A se conoce un dispositivo de refrigeración criogénico para refrigerar un objeto en un recipiente de vacío. El dispositivo de refrigeración comprende una sección caliente y una sección fría, las cuales están separadas una de otra a través de un cilindro frío. En el área de la sección caliente y de la sección fría se encuentra dispuesto respectivamente un dispositivo de transferencia de calor. Un intercambio de calor entre los dispositivos de transferencia de calor tiene lugar mediante una sustancia, en tanto la misma se presente de forma gaseosa.

Los dispositivos antes descritos posibilitan un desacoplamiento térmico de un área fría de un área caliente sin una separación mecánica de las áreas, pero solamente en el caso de áreas conectadas mecánicamente de forma rígida.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar una instalación de refrigeración en la cual las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas, con un tubo intercambiador de calor en donde puede circular un líquido según un efecto de termosifón, se encuentran conectadas a un disipador de calor, donde las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas puedan ser desacopladas en gran parte térmicamente del disipador de calor, sin una separación mecánica. Este objeto se alcanzará a través de las características indicadas en la reivindicación 1. Las siguientes consideraciones constituyen la base de la presente invención: El intercambio de calor entre el disipador de calor y las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas tiene lugar esencialmente a través del líquido que circula en el tubo intercambiador de calor según un efecto de termosifón. Para la separación térmica del disipador de calor de las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas, el tubo intercambiador de calor puede ser bombeado mediante una línea tubular que se encuentra conectada a su interior. Al mismo tiempo, el tubo intercambiador de calor debe estar fabricado de un material térmicamente mal conductor. A través de esas medidas se reduce la conexión térmica entre el disipador de calor y las partes del dispositivo que deben ser enfriadas hasta una medida reducida, definida por la conductividad térmica de sólidos del tubo intercambiador de calor. De acuerdo con la invención, la instalación de refrigeración debe contener al menos un elemento de conexión caliente que se encuentra conectado térmicamente a las partes de un dispositivo que deben ser calentadas, y un elemento de conexión frío que se encuentra conectado térmicamente a un disipador de calor. Un tubo intercambiador de calor de un material térmicamente mal conductor, en un primer extremo, debe estar conectado al elemento de conexión caliente, y en un segundo extremo debe estar conectado de forma mecánicamente separable con el elemento de conexión frío. El interior del tubo intercambiador de calor debe ser llenado al menos de forma parcial con un líquido que circula según un efecto de termosifón. Además, la instalación de refrigeración debe comprender una línea tubular que en un primer extremo está conectada al interior del tubo intercambiador de calor y que está diseñada de manera que al menos partes de la línea tubular se sitúan geodésicamente más elevadas que el nivel de líquido. Para la separación térmica de los elementos de conexión, de acuerdo con la invención, el líquido debe ser bombeado desde el tubo intercambiador de calor mediante la línea tubular.

De acuerdo con la invención, la instalación de refrigeración debe poder rotar alrededor de un eje que se extiende esencialmente de forma paralela con respecto a un eje de simetría del tubo intercambiador de calor. Además, el tubo intercambiador de calor, en una primera área que se encuentra conectada al elemento de conexión caliente, presenta una sección transversal más grande que en una segunda área que se encuentra conectada al elemento de conexión frío. Las partes del tubo intercambiador de calor que conectan una con otra la primera y la segunda área deben estar realizadas de manera que en la segunda área refrigerante condensado, bajo la influencia de la fuerza de gravedad, pueda alcanzar la primera área sin impedimentos. Una instalación de refrigeración con las características antes mencionadas puede utilizarse en particular de forma ventajosa para partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas, las cuales en este caso se encuentran dispuestas de forma giratoria.

Las ventajas de una instalación de refrigeración con las características antes mencionadas pueden observarse ante todo en el hecho de que una transferencia de calor mediante el tubo intercambiador de calor se reduce marcadamente cuando el líquido es bombeado desde el interior del tubo intercambiador de calor. De este modo, las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas pueden ser en gran parte desacopladas térmicamente del disipador de calor, sin que sea necesario un segundo disipador de calor y sin que uno o varios disipadores de calor deban ser desplazados de forma mecánica. Si el disipador de calor que se encuentra conectado de forma mecánicamente separable con el elemento de conexión frío es separado de la instalación de refrigeración, entonces el elemento de conexión frío puede calentarse dentro de un período breve en tanto en particular aire u otros gases contenidos en la atmósfera ambiente se congelen sólo en un grado reducido en la superficie del elemento de conexión frío. De este modo puede evitarse generalmente una formación de hielo en las superficies de contacto entre el elemento de conexión frío y el disipador de calor. Debido a la formación de hielo reducida, el contacto térmico al utilizar nuevamente el disipador de calor resultará marcadamente mejor que en el caso en el cual una clara formación de hielo puede observarse en las superficies de contacto. Además, el área criogénica en la cual se encuentran las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas, condicionadas por el desacoplamiento térmico, son preservadas de las corrientes de calor que penetran en dicha área. De este modo, también en el caso de un cambio del disipador de calor, las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas se mantienen a la temperatura baja deseada.

A través de la realización especial del tubo intercambiador de calor, también en el caso de una rotación de las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas, se garantiza en todo momento el contacto térmico entre la máquina de refrigeración y las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas.

5 Con las medidas antes mencionadas puede proporcionarse una instalación de refrigeración que, también en el caso de una utilización de un disipador de calor individual, sin que se requiera un calentamiento de las partes que deben ser refrigeradas, permita cambiar el disipador de calor, realizar un trabajo de mantenimiento en el mismo o retirarlo de forma temporal. La instalación de refrigeración de acuerdo con la invención es adecuada en particular para dispositivos en el campo técnico de los superconductores.

10 En las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 se indican variantes ventajosas de la instalación de refrigeración de acuerdo con la invención. De este modo, la forma de ejecución según la reivindicación 1 puede combinarse con las características de una de las reivindicaciones dependientes o, de manera preferente, con características de varias de las reivindicaciones dependientes. Conforme a ello, la instalación de refrigeración según la invención puede presentar adicionalmente también las siguientes características:

15 - Las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas pueden estar dispuestas en un criostato evacuable y el segundo extremo de la línea tubular puede situarse fuera del criostato. Las partes criogénicas de un dispositivo, de manera especialmente ventajosa, pueden ser aisladas térmicamente de su entorno mediante un criostato evacuable. Un aislamiento térmico de esa clase ofrece un aislamiento especialmente efectivo para partes criogénicas de un dispositivo. En particular en el caso de las partes criogénicas de un dispositivo se considera deseable una formación de hielo en las superficies de contacto del elemento de conexión frío. Por lo tanto, la utilización de una instalación de refrigeración según el ejemplo de ejecución precedente se considera especialmente ventajosa en particular para dispositivos con componentes criogénicos.

20 - Puede estar presente una máquina de refrigeración de varios niveles con un primer y un segundo nivel, donde el disipador de calor puede estar formado por el segundo nivel, y el primer nivel puede estar conectado de forma mecánicamente separable con un blindaje térmico dispuesto dentro del criostato. Una máquina de refrigeración es adecuada en particular para componentes criogénicos de un dispositivo que deben ser refrigerados. De manera especialmente ventajosa, un blindaje térmico puede utilizarse como otra medida para el aislamiento térmico. La separación térmica de acuerdo con la invención de las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas del segundo nivel de la máquina de refrigeración se considera especialmente ventajosa, ya que en particular en el caso de sistemas de refrigeración mecánicamente complejos se considera la ventaja de una separación térmica sin partes móviles.

25 - Al menos partes de la máquina de refrigeración pueden estar colocadas de forma que pueden ser cambiadas en un espacio de mantenimiento evacuable, separado del criostato evacuable. Con la ayuda de otro espacio de mantenimiento igualmente evacuable, separado del criostato evacuable, el proceso de cambio de la máquina de refrigeración puede ser efectuado sin que deba anularse el vacío del criostato. El proceso de mantenimiento se desarrolla de este modo de forma especialmente simple y efectiva.

30 - El líquido puede estar presente como una mezcla de dos fases. Si el líquido se encuentra presente en dos fases en el tubo intercambiador de calor, entonces una circulación del líquido puede regularse en el tubo intercambiador de calor, donde líquido fluido y condensado a través del líquido gaseoso en el extremo frío del tubo intercambiador de calor se evapora en el extremo caliente del tubo intercambiador de calor. De este modo, el calor latente de la transición de fases puede aprovecharse para el transporte de calor. No obstante, una circulación correspondiente puede regularse también en un líquido de una fase debido a la convección natural, basada en las diferencias de densidad.

35 - La línea tubular, en sus extremos cerca del eje de simetría del tubo intercambiador de calor, puede estar conectada al tubo intercambiador de calor y al lado externo del criostato. La línea tubular, en la dirección en la cual se extiende, puede presentar al menos un área intermedia cercana al eje. A través de una realización de la línea tubular, tal como la antes descrita, en el caso de una rotación de las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas, se impide que el refrigerante penetre a través de la línea tubular hasta el extremo caliente de la línea tubular que se encuentra fijado por fuera del criostato. Se evita de este modo que tenga lugar una circulación del refrigerante en la línea tubular entre el área criogénica que se encuentra dentro del tubo intercambiador de calor y el extremo de la línea tubular que está fijado por fuera del criostato. De manera especialmente ventajosa, a través de la realización antes descrita de la línea tubular se impiden pérdidas de calor a través de una circulación del refrigerante como la antes descrita...

40 - El área intermedia de la línea tubular puede presentar una extensión en forma de V en la dirección del eje A. Una línea tubular curvada en forma de V representa una forma de realización particularmente sencilla y efectiva de la línea tubular.

- El tubo intercambiador de calor puede estar realizado esencialmente en forma de un cono truncado. A través de una realización del tubo intercambiador de calor en forma de un cono truncado puede proporcionarse una forma especialmente simple, conveniente en cuanto a los costes y efectiva, del tubo intercambiador de calor.

5 - La instalación de refrigeración puede comprender un sistema de refrigeración adicional que presenta al menos una de las siguientes características: un espacio de refrigeración que está conectado al elemento de conexión frío; una línea de entrada, a través de la cual el espacio de refrigeración, desde un lugar situado geodésicamente más elevado por fuera del criostato, puede ser llenado con un segundo refrigerante; un sistema de línea tubular que se encuentra conectado térmicamente sobre una gran superficie con las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas y en donde el segundo refrigerante puede circular condicionado por un efecto de termosifón; una línea
10 de gas de escape, a través de la cual segundo refrigerante gaseoso puede escapar desde el sistema de línea tubular. A través de un sistema de refrigeración adicional con las características antes mencionadas, en particular en el caso de masas de gran tamaño que deben ser refrigeradas, puede alcanzarse una aceleración de la fase de refrigeración. Debido a que un segundo refrigerante, mediante la línea de entrada, es llenado en el espacio de refrigeración desde un lugar situado geodésicamente más elevado por fuera del criostato, se proporciona potencia de refrigeración adicional para las partes de un dispositivo que deben ser refrigeradas. Segundo refrigerante que eventualmente debe ser evaporado puede ser descargado desde el sistema de línea tubular mediante la línea de gas de escape. Se impide de este modo la formación de una sobrepresión en el sistema de línea tubular. Dentro del sistema de línea tubular, el segundo refrigerante puede circular según un efecto de termosifón, procurando así una refrigeración efectiva.

20 - Los elementos de conexión pueden estar compuestos por un material térmicamente buen conductor, preferentemente cobre. El tubo intercambiador de calor puede estar compuesto por un material con una conductividad térmica inferior a la del cobre, preferentemente de acero inoxidable. A través de una realización de esa clase de los elementos de conexión de un material térmicamente buen conductor, como por ejemplo de cobre, puede alcanzarse un acoplamiento térmico especialmente efectivo tanto en el disipador de calor, como también en
25 las partes del dispositivo que deben ser refrigeradas. La conductividad térmica del tubo intercambiador de calor está condicionada ante todo por el refrigerante que circula a través del tubo intercambiador de calor. Si el tubo intercambiador de calor en sí mismo está realizado de un material térmicamente mal conductor, como por ejemplo de acero inoxidable, entonces a través del bombeo de refrigerante puede alcanzarse una reducción particularmente importante de la conductividad térmica.

30 - El dispositivo puede ser un dispositivo Gantry para la radioterapia, y las partes que deben ser refrigeradas pueden ser los imanes del aparato Gantry para desviar un haz de partículas. La instalación de refrigeración de acuerdo con la invención es adecuada en particular para un aparato Gantry, ya que los imanes que deben ser refrigerados rotan alrededor de un eje de rotación del aparato Gantry.

35 Otras realizaciones ventajosas de la instalación de refrigeración de acuerdo con la invención pueden observarse en las reivindicaciones no mencionadas, así como en particular en el dibujo que se explica a continuación. En los dibujos 2 y 3 se indican realizaciones preferentes de la instalación de refrigeración de acuerdo con la invención, en una representación esquematizada de forma básica. Las figuras muestran:

Figura 1: la sección transversal de una instalación de refrigeración no acorde a la invención;

Figura 2: la sección transversal de una instalación de refrigeración giratoria; y

40 Figura 3: la sección transversal de una instalación de refrigeración giratoria con un sistema de refrigeración adicional.

Las partes que se corresponden en las figuras se indican con los mismos símbolos de referencia. Los componentes no explicados en detalle forman parte del estado del arte general.

45 La figura 1 muestra la estructura esquemática de una instalación de refrigeración 100. En un criostato 108 se encuentran las partes 102 de un dispositivo que deben ser enfriadas. Las partes 102 de un dispositivo que deben ser enfriadas pueden ser por ejemplo los bobinados magnéticos de un imán superconductor u otros componentes utilizados en la técnica de superconducción. Dentro del criostato 108, para mejorar el aislamiento térmico, se encuentra colocado un blindaje térmico 112. La potencia de refrigeración para las partes 102 del dispositivo que deben ser refrigeradas es puesta a disposición por una máquina de refrigeración 109, por ejemplo por una cabeza de refrigeración o un refrigerador de Stirling. Preferentemente puede utilizarse una cabeza de refrigeración que funciona según el principio de Gifford-McMahon. Una máquina de refrigeración de dos etapas de esa clase, según el presente ejemplo de ejecución, con su primer nivel 111, puede estar conectada térmicamente con el blindaje térmico 112. La conexión entre el primer nivel 111 de la máquina de refrigeración 109 y el blindaje térmico 112 puede ser por ejemplo una conexión mecánica separable, por ejemplo una unión por tornillos o por apriete, la cual al mismo tiempo
50 garantiza un buen contacto térmico de los componentes. El segundo nivel 110 de la máquina de refrigeración 109

representa el disipador de calor 104 propiamente dicho de la instalación de refrigeración 100. El segundo nivel 110 de la máquina de refrigeración 109 se encuentra acoplado térmicamente con un elemento de conexión frío 103. La conexión correspondiente, de manera preferente, puede ser una unión por tornillos. Es decir, que la máquina de refrigeración 109, con su segundo nivel 110, se atornilla de forma separable en el elemento de conexión frío 103. Cualquier otra conexión mecánica que sea separable y que al mismo tiempo garantice un buen contacto térmico entre el segundo nivel 110 de la máquina de refrigeración 109 y el elemento de conexión frío 103 se considera igualmente adecuada para el ejemplo de ejecución representado en la figura 1. Los elementos de conexión 101 y 103 pueden formar parte de las partes 102 de un dispositivo o disipador de calor 104 que deben ser refrigeradas. Los mismos pueden también estar integrados en los componentes correspondientes o pueden estar conectados de forma fija y permanente con los componentes mencionados.

La máquina de refrigeración 109 se encuentra parcialmente en un espacio de mantenimiento 113 evacuable de forma separada. El espacio de mantenimiento 113 se encuentra separado del resto del espacio evacuable del criostato 108. El elemento de conexión frío 103, de forma térmicamente buen conductora, se encuentra conectado a un tubo intercambiador de calor 105, preferentemente también de forma mecánica. Sobre el lado situado de forma opuesta, el tubo intercambiador de calor 105 está conectado a un elemento de conexión caliente 101. Esa conexión igualmente está realizada de forma térmicamente buen conductora, y preferentemente puede ser también una conexión mecánica. A su vez, el elemento de conexión caliente 101 se encuentra conectado de forma térmicamente buen conductora con las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas. Dentro del tubo intercambiador de calor 105 se encuentra un líquido 106 que puede circular en el tubo intercambiador de calor 105 según un efecto de termosifón. No obstante, el tubo intercambiador de calor 105 en sí mismo se compone de un material térmicamente mal conductor.

Si el tubo intercambiador de calor 105 se encuentra llenado por completo con el líquido, entonces el mismo, en el área fría superior del tubo intercambiador de calor 105, condicionado por la temperatura, puede adoptar una densidad más reducida que en el área más caliente, inferior, del tubo intercambiador de calor 105. Debido a las diferencias de temperatura del líquido 106, en el tubo intercambiador de calor 105 una circulación puede regularse según el así llamado efecto de termosifón, el cual provoca un transporte de calor desde las partes 102 del dispositivo que deben ser refrigeradas, hacia el disipador de calor 104.

Además, el tubo intercambiador de calor 105 puede estar llenado sólo de forma parcial con un líquido 106. En ese caso, una circulación del líquido 106 puede regularse en dos fases diferentes, por ejemplo líquida - gaseosa. Conforme a ello, el líquido gaseoso se licua en la parte del tubo intercambiador de calor 105 que se encuentra en contacto térmico con la pieza de conexión fría 103. El líquido 106 condensado, impulsado por la fuerza de gravedad, se desplaza hacia la parte del tubo intercambiador de calor 105 representada más abajo en la figura 1, la cual se encuentra en contacto térmico con la pieza de conexión caliente 101. En esa parte del tubo intercambiador de calor 105, el líquido 106 libera la potencia de refrigeración hacia la pieza de conexión caliente 101 (y, con ello, también hacia las partes del dispositivo 102 que deben ser refrigeradas), después de lo cual líquido gaseoso 106 sube nuevamente hacia la parte superior del tubo intercambiador de calor. En ese caso, la pieza de conexión fría 103 se utiliza como condensador y la pieza de conexión caliente como evaporador. De este modo puede garantizarse una buena conexión térmica entre la máquina de refrigeración 109, así como su segundo nivel 110, y las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas.

Durante el funcionamiento de una instalación de refrigeración 100 puede presentarse la necesidad de que una instalación de refrigeración 109 deba ser cambiada, por ejemplo para realizar trabajos de mantenimiento o debido a un defecto. Antes de que la máquina de refrigeración 109 sea separada de la instalación de refrigeración 100, el líquido 106 que se encuentra dentro del tubo intercambiador de calor 105 es bombeado mediante una línea tubular 107 que conduce hacia el exterior. En muchos casos es suficiente con bombear el líquido 106 en su mayor parte desde el tubo intercambiador de calor 105; pero el mismo también puede ser extraído completamente desde el tubo intercambiador de calor 105. Al extraerse el líquido 106 desde el tubo intercambiador de calor 105 se reduce considerablemente la conductividad térmica del tubo intercambiador de calor 105. Entre el elemento de conexión frío 103 y el elemento de conexión caliente 101 a continuación una conducción térmica sólo tiene lugar debido a la conducción térmica de sólidos, mediante el material del tubo intercambiador de calor 105. Si el tubo intercambiador de calor 105 está fabricado de un material térmicamente mal conductor, como por ejemplo de acero inoxidable, entonces la línea térmica entre los elementos de conexión 101, 103 puede reducirse a un mínimo. Como materiales para el tubo intercambiador de calor 105, junto con el acero inoxidable, pueden emplearse también diferentes materiales plásticos, cerámicas u otros materiales adecuados para temperaturas muy bajas. Otra medida para reducir al mínimo la conducción térmica consiste en fabricar el tubo intercambiador de calor 105 con una pared particularmente delgada y/o con dimensiones geométricas reducidas.

Después de que líquido 106 ha sido bombeado desde el tubo intercambiador de calor 105 mediante la línea tubular 107, el espacio de mantenimiento 113 puede ser ventilado. Condicionado por el aire ambiente que ingresa al espacio de mantenimiento 113, el elemento de conexión frío 103, así como las partes antes frías de la máquina de refrigeración 109, comienzan a calentarse. El espacio de mantenimiento 113 puede ser ventilado igualmente con un gas de purga especial, como por ejemplo aire secado, nitrógeno o helio. Después de que el espacio de

mantenimiento 113 ha sido ventilado la máquina de refrigeración 109 puede ser separada de la instalación de refrigeración 100. El elemento de conexión 103 antes muy frío se encuentra desacoplado térmicamente del resto de las partes que aún se encuentran muy frías, en particular del elemento de conexión caliente 101 y de las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas, donde el mismo se calentará por tanto rápidamente a una temperatura próxima a la temperatura ambiente. Puesto que el elemento de conexión frío 103, del modo antes descrito, se calienta, se evita en gran medida una formación de hielo a través de gas que se condensa, como preferentemente aire ambiente. En caso de utilizar nuevamente la máquina de refrigeración 109, por lo tanto, se garantiza un buen contacto térmico y mecánico entre su segundo nivel 110 y el elemento de conexión frío 103.

Los bobinados magnéticos superconductores son adecuados en particular para instalaciones de radioterapia, tal como las que se utilizan en la terapia de haces de partículas, por ejemplo para combatir el cáncer. Los bobinados magnéticos superconductores de esa clase preferentemente se encuentran montados en un así llamado aparato Gantry, el cual puede rotar alrededor de un eje determinado.

La figura 2 muestra un ejemplo de ejecución de la instalación de refrigeración indicada en general con la referencia 100, donde la totalidad de la instalación de refrigeración 100, incluyendo las partes 102 que deben ser refrigeradas, se encuentra dispuesta de forma que puede rotar alrededor de un eje A. De acuerdo con la forma de ejecución representada en la figura 2 de la instalación de refrigeración 100, las partes 102 que deben ser refrigeradas se encuentran en un criostato 108 que presenta adicionalmente un blindaje térmico 112. De manera preferente, la máquina de refrigeración 109 se encuentra diseñada con simetría rotacional con respecto a otro eje B. La máquina de refrigeración 109 se encuentra colocada en un espacio de mantenimiento 113 que puede ser evacuado de forma separada del criostato 108. El primer nivel 111 de la máquina de refrigeración 109 está conectado al blindaje térmico 112, el segundo nivel 104 de la máquina de refrigeración 109 está conectado al elemento de conexión frío 103. El tubo intercambiador de calor 105 se encuentra conectado térmicamente con una primera parte 102, donde preferentemente también se encuentra conectado de forma mecánica, con el elemento de conexión frío 103. Otra parte 201 del tubo intercambiador de calor 105 se encuentra en contacto térmico, preferentemente también en contacto mecánico, con el elemento de conexión caliente 101. La primera parte 202 del tubo intercambiador de calor 105 presenta una sección transversal más reducida que la segunda parte 201 del tubo intercambiador de calor 105. La parte 203 del tubo intercambiador de calor 105 que se encuentra conectada a la primera parte 202 y a la segunda parte 201 del tubo intercambiador de calor 105, se encuentra realizada de manera que a través de esa parte 203 líquido 106 condensado, debido a la fuerza de gravedad, desde la primer área 202, puede alcanzar sin impedimentos la segunda área 201. De manera preferente, todo el tubo intercambiador de calor 105 puede presentar la forma de un cono truncado cerrado de ambos lados. Además, un tubo intercambiador de calor 105 de esa clase puede estar conectado a la máquina de refrigeración 109 de manera que el eje de simetría del cono truncado coincide con el eje B.

En el área de ese eje B, una línea tubular 107 se encuentra conectada al tubo intercambiador de calor 105. A través de esa línea tubular, el líquido 106 puede ser bombeado desde el tubo intercambiador de calor 105. La línea tubular 107 presenta una forma tal que líquido 106 que desde el tubo intercambiador de calor 105 eventualmente ingresa hacia la línea tubular 107 no puede alcanzar sin impedimentos la parte externa de la línea tubular 107 que se encuentra conectada al criostato 108. Con este fin, la línea tubular 107 presenta una parte 204 curvada en la dirección del eje A. A través de una realización de esa clase del tubo 107, también en el caso de una rotación de toda la instalación de refrigeración 100 alrededor del eje A, puede impedirse que líquido 106, a través de la línea tubular 107, entre en contacto permanente con la parte externa de la línea tubular 107.

Tal como se describe con relación a la figura 1, el líquido 10 puede ser bombeado también desde el tubo intercambiador de calor 105, a través de la línea tubular 107. De este modo se alcanza una separación térmica entre las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas y el disipador de calor 104. En el caso de una instalación de refrigeración 100 de esa clase que puede rotar alrededor de un eje A, para poder cambiar la máquina de refrigeración 100, por ejemplo para realizar trabajos de mantenimiento, después del bombeado del líquido 106 el espacio de trabajo 113 es ventilado. En el caso de que el blindaje térmico 112 presente una conexión rígida con el criostato 108, las partes del espacio de trabajo 113 que se encuentran dispuestas entre la brida de fijación del primer nivel 111 de la máquina de refrigeración con el blindaje térmico 112 y el condensador 103, pueden estar realizadas de forma flexible. Una realización flexible de esa clase puede tener lugar por ejemplo con la ayuda de un fuelle. Para posibilitar una separación entre el segundo nivel 110 de la máquina de refrigeración 109 y el condensador 103, el condensador 103, debido a una conformación flexible del tubo intercambiador de calor 105, puede desplazarse a lo largo del eje B. Con este fin, el tubo intercambiador de calor 105 puede presentar igualmente un fuelle.

En la figura 3 se muestra otro ejemplo de ejecución de una instalación de refrigeración indicada en general con la referencia 100. La instalación de refrigeración 100 representada en la figura 3, en comparación con aquella representada en la figura 2, se encuentra ampliada en cuanto a un sistema de refrigeración adicional. Un espacio de refrigerante 301 se encuentra en contacto térmico, preferentemente también en contacto mecánico, con el elemento de conexión frío 103. Dicho espacio de refrigerante 301, a través de una línea de entrada 302, puede ser llenado desde un lugar situado geodésicamente más elevado. Como refrigerante puede utilizarse el mismo refrigerante o un refrigerante similar al que se utiliza también para el tubo intercambiador de calor 105. Pueden emplearse también

5 por ejemplo helio, neón o también nitrógeno. Al espacio de refrigerante 301 se encuentra conectado un sistema de línea tubular 303 que en gran parte de su superficie se encuentra conectado a las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas. De este modo, potencia de refrigeración adicional puede ser llevada hacia las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas. De este modo, los tiempos de refrigeración, por ejemplo para un imán superconductor, pueden reducirse marcadamente. Refrigerante que eventualmente se evapora en el sistema de línea tubular 303, mediante una línea de gas de escape 304, puede ser descargado desde el sistema de línea tubular 303. Se evita de este modo una sobrepresión en el sistema de línea tubular 303.

10 El dispositivo de refrigeración adicional puede utilizarse por ejemplo de manera que las partes 102 de un dispositivo que deben ser refrigeradas pueden ser enfriadas previamente primero con nitrógeno, el cual es más económico y accesible, antes de que las partes 102 que deben ser refrigeradas sean refrigeradas a temperaturas aún más bajas con la ayuda de la máquina de refrigeración 109. Para utilizar el dispositivo de refrigeración adicional técnicamente es necesario detener la instalación de refrigeración 100 en su posible rotación alrededor del eje A o al menos es necesario un desplazamiento lento, de manera que en el sistema de línea tubular 303 pueda regularse un circuito de refrigerante impulsado por la fuerza de gravedad, el cual se basa en un efecto de termosifón.

15

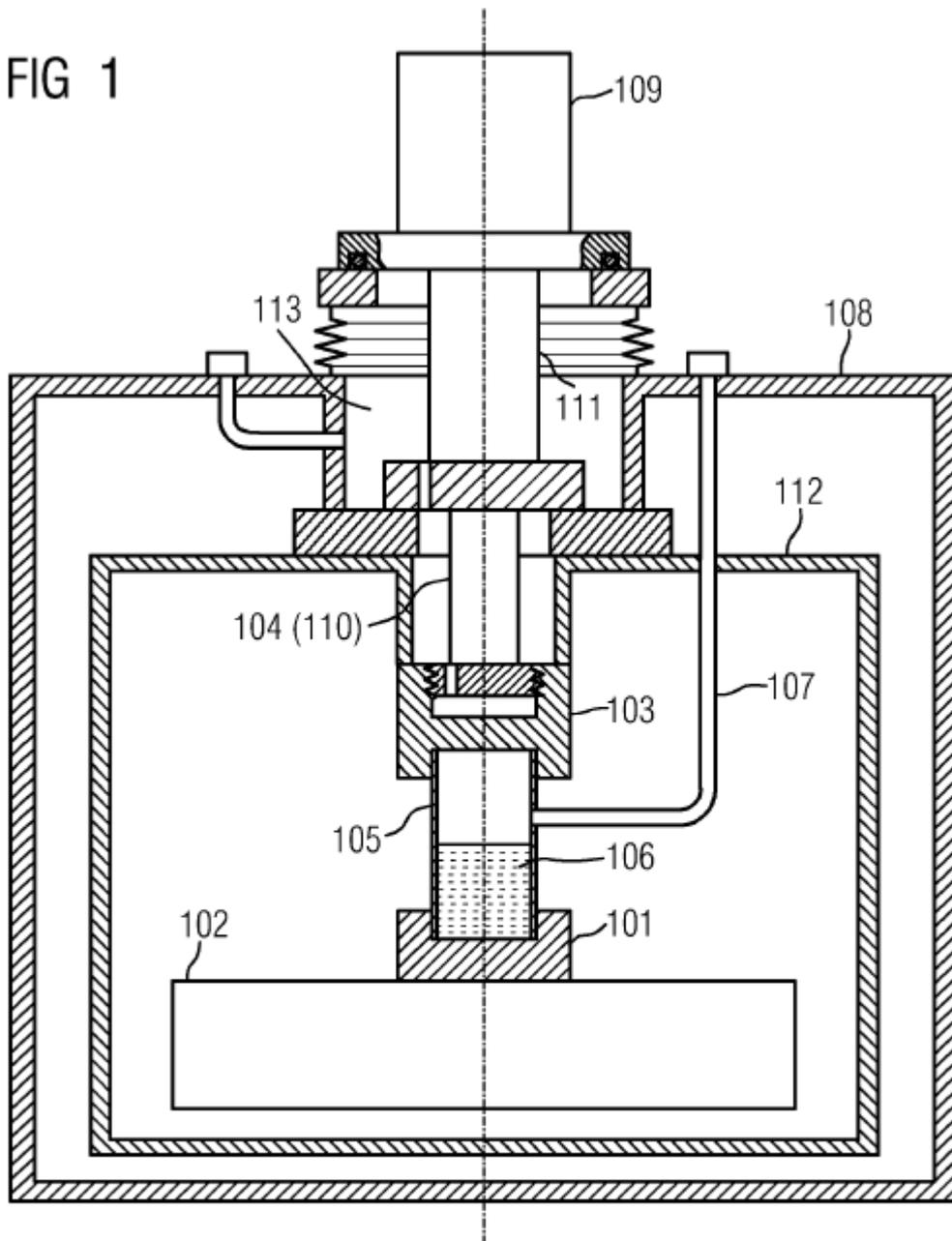
REIVINDICACIONES

1. Instalación de refrigeración (100) al menos con
- a. un elemento de conexión caliente (101) que se encuentra conectado térmicamente con partes (102) que deben ser refrigeradas de un dispositivo,
 - 5 b. un elemento de conexión frío (103) que se encuentra conectado térmicamente a un dissipador de calor (104),
 - c. un tubo intercambiador de calor (105) de material térmicamente mal conductor, el cual, en un extremo, se encuentra conectado al elemento de conexión caliente (101) y en un segundo extremo se encuentra conectado de forma mecánicamente separable al elemento de conexión frío (103), y cuyo interior está llenado al menos de forma parcial con un líquido (106) que puede circular según un efecto de termosifón, y
 - 10 d. una línea tubular (107) que en un primer extremo está conectada al interior del tubo intercambiador de calor (105) y está diseñada de manera que al menos partes de la línea tubular (107) se sitúan geodésicamente más elevadas que el nivel de líquido,
 - e. donde para una separación térmica de los elementos de conexión (101, 103) el líquido (106) puede ser bombeado mediante la línea tubular (107),
 - 15 caracterizada porque,
 - f. se prevé una capacidad de rotación alrededor de un eje (A), el cual se extiende esencialmente de forma paralela con respecto a un eje de simetría (B) del tubo intercambiador de calor (105), y
 - g. el tubo intercambiador de calor (105), en una primer área (201) que se encuentra conectada al elemento de conexión caliente (101), presenta una sección transversal más grande que en una segunda área (202) que se encuentra conectada al elemento de conexión frío (103), y las partes (203) del tubo intercambiador de calor que conectan una con otra la primera (201) y la segunda área (202) están realizadas de manera que en la segunda área (202) refrigerante condensado (106), bajo la influencia de la fuerza de gravedad, puede alcanzar la primer área (201) sin impedimentos.
 - 20
- 25 2. Instalación de refrigeración (100) según la reivindicación 1, caracterizada porque las partes del dispositivo (102) que deben ser refrigeradas están dispuestas en un criostato (108) que puede ser evacuado y el segundo extremo de la línea tubular (107) se sitúa por fuera del criostato (108).
- 30 3. Instalación de refrigeración (100) según la reivindicación 2, caracterizada porque se encuentra presente una máquina de refrigeración (109) con un primer nivel (111) y un segundo nivel (100), donde el dissipador de calor (104) está conformado por el segundo nivel (110) y el primer nivel (111) se encuentra conectado de forma mecánicamente separable con un blindaje térmico (112) dispuesto dentro del criostato (108).
- 35 4. Instalación de refrigeración (100) según la reivindicación 3, caracterizada porque al menos partes de la máquina de refrigeración (109) son colocadas de forma reemplazable en un espacio de mantenimiento (113) evacuable, separado del criostato (108) evacuable.
- 40 5. Instalación de refrigeración (100) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el líquido (106) se encuentra presente como una mezcla de dos fases.
6. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la línea tubular (107), en sus extremos cercanos al eje de simetría (B) del tubo intercambiador de calor (105), se encuentra conectada al tubo intercambiador de calor (105) y al lado externo del criostato (108), y la línea tubular (107), en la dirección en la que se extiende, presenta al menos un área intermedia (204) cercana al eje (A).
7. Instalación de refrigeración según la reivindicación 6, caracterizada porque el área intermedia (204), en la dirección en la que se extiende la línea tubular (107), presenta una flexión en forma de V, en la dirección del eje (A).
8. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el tubo intercambiador de calor (105) está realizado esencialmente en forma de un cono truncado.
- 45 9. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por un sistema de refrigeración adicional, el cual comprende

- a. un espacio de refrigeración (301) conectado al elemento de conexión frío (103),
 - b. una línea de entrada (302) a través de la cual el espacio de refrigeración (301), desde un lugar situado geodésicamente más elevado por fuera del criostato (108), puede ser llenado con un segundo refrigerante,
 - 5 c. un sistema de línea tubular (303) que se encuentra conectado térmicamente sobre una gran superficie con las partes del dispositivo (102) que deben ser refrigeradas y en donde el segundo refrigerante puede circular condicionado por un efecto de termosifón, y
 - d. una línea de gas de escape (304), a través de la cual segundo refrigerante gaseoso puede escapar desde el sistema de línea tubular (303).
- 10 10. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque los elementos de conexión (101, 103) se componen de un material térmicamente buen conductor, preferentemente de cobre.
11. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el tubo intercambiador de calor (105) se compone de un material con una conductividad térmica más reducida que la del cobre, preferentemente de acero inoxidable.
- 15 12. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el dispositivo contiene partes superconductoras.
13. Instalación de refrigeración según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el dispositivo es un dispositivo Gantry para radioterapia.
14. Instalación de refrigeración según la reivindicación 13, caracterizada porque las partes (102) que deben ser refrigeradas son preferentemente imanes superconductores, para desviar un haz de partículas.

20

FIG 1



100 ↗

