

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 433**

51 Int. Cl.:  
**H01B 12/16** (2006.01)  
**F25D 29/00** (2006.01)  
**F25D 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09306139 .8**  
96 Fecha de presentación: **26.11.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2328156**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.2011**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una disposición con al menos un cable superconductor**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.05.2012**

73 Titular/es:  
**Nexans**  
**8, rue du Général Foy**  
**75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:  
**Soika, Rainer y**  
**Stemmler, Mark**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 380 433 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**

Procedimiento para el funcionamiento de una disposición con al menos un cable superconductor

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una disposición con al menos un cable superconductor, según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Un procedimiento semejante se desprende del documento WO 03/052775 A.

10 Un cable superconductor tiene, en la técnica actual, conductores eléctricos de un material compuesto que contiene material cerámico, y que en caso de temperaturas suficientemente bajas, se transforma al estado superconductor. La resistencia óhmica eléctrica de un conductor estructurado adecuadamente, es nula en caso de suficiente refrigeración, siempre y cuando no se rebase una determinada intensidad de corriente. Materiales cerámicos apropiados son, por ejemplo, materiales dotados con tierras raras, los cuales se conocen con la designación ReBCO (óxido de bario, cobre, tierra rara), a los que pertenece en especial YBCO (óxido de bario, cobre, itrio). Otro de estos materiales superconductores es, por ejemplo, BSCCO (óxido de cobre, calcio, estroncio, bismuto). Temperaturas suficientemente bajas para llevar un material semejante al estado superconductor, están situadas, por ejemplo, entre 67 K y 110 K. Medios refrigerantes apropiados son, por ejemplo, nitrógeno, helio, neón e hidrógeno o mezclas de estas sustancias.

15 En caso de ejecución del procedimiento descrito al comienzo, o en caso de funcionamiento de la disposición correspondiente, el medio refrigerante líquido se introduce a presión mediante la bomba, con presión predeterminada, en el criostato, se hace pasar por el mismo manteniendo la presión y, al final de una longitud predeterminada, se desvía a la refrigeración de retorno. Para una refrigeración suficiente del al menos un conductor superconductor del cable que se encuentra en el criostato, se tiene que llevar una cantidad notable de medio refrigerante a la baja temperatura necesaria, y mantenerlo a esta temperatura en el depósito de reserva, así como también, si es posible, en el criostato. Cuando en el curso de un tramo de transferencia aparece un deterioro del criostato, en especial una fuga en el mismo, por ejemplo, por deterioro mecánico del criostato por el exterior, se puede salir una gran cantidad de medio refrigerante del criostato, hasta que, por ejemplo, se compruebe una fuga. Esto no sólo es caro, sino en especial después, también peligroso para el entorno de la disposición cuando se emplee nitrógeno líquido como medio refrigerante. Estas circunstancias son también válidas cuando aparece ya una fuga en la tubería de alimentación del medio refrigerante al criostato.

20 El documento US 3 946 141 A describe un procedimiento para la refrigeración de un cable eléctrico equipado con conductores superconductores, en el que los conductores están dispuestos en forma de un cable coaxial. El cable se compone de dos partes que en la zona central del cable, se transforman una en otra, y en sus extremos están equipadas cada una, con cajas terminales. En su zona central que une las dos partes, se aporta al cable desde una estación de refrigeración, mediante una bomba, un medio refrigerante como, por ejemplo, helio que desde allí se alimenta con dirección opuesta de la corriente, a las dos partes del cable. El medio refrigerante se desvía en las cajas terminales, y se devuelve a la estación de refrigeración.

25 Del documento US 3 950 606 se desprende un procedimiento para la refrigeración de un cable superconductor, cuyos conductores están dispuestos asimismo según el tipo de un cable coaxial, con un conductor interior de forma tubular, y con un conductor exterior que rodea concéntricamente el mismo, con interposición de un dieléctrico. Alrededor del conductor exterior está colocado un tubo compuesto de dos tubos parciales separados por un espacio hueco, a través del cual se conduce un medio refrigerante, por ejemplo, helio, y mediante una conducción separada se devuelve al agregado de refrigeración. El medio refrigerante se conduce también en el mismo sentido a través del conductor interior de forma tubular.

30 En el documento WO 03/052775 A1 citado al comienzo, se describe un cable superconductor con dieléctrico frío. Está alojado en un criostato compuesto de dos tubos separados por un aislamiento al vacío, y que discurren concéntricos uno respecto al otro. Este documento se ocupa en lo esencial de la transconexión del criostato, cuando se deban unir uno con otro, al menos dos largos de una disposición semejante. Sobre la alimentación de un medio refrigerante al espacio libre del criostato, no se hacen en el documento indicaciones ningunas, lo mismo que sobre medidas a tomar en caso de un deterioro del criostato.

35 La misión de la invención se basa en acondicionar el procedimiento expuesto al comienzo, de manera que se mejoren la seguridad de una disposición con un cable superconductor y con un criostato que rodea al mismo, así como de su entorno, en caso de un deterioro de la disposición.

40 Esta misión se resuelve según las notas características significativas de la reivindicación 1.

45 En el caso de emplear este procedimiento, se comprueba permanentemente la integridad de la disposición y en especial del criostato, mediante la unidad de vigilancia. Cuando se presenta un deterioro del criostato, por ejemplo, una fuga se proporciona de inmediato una señal a la válvula y, con ventaja, al mismo tiempo a la bomba. Entonces, la válvula se cierra inmediatamente, y al mismo tiempo se desconecta la bomba, de manera que no se bombea ningún otro medio refrigerante más al criostato, o desde el depósito de reserva. La unidad de vigilancia puede ser con ventaja, un manómetro que mide la presión del medio refrigerante en el criostato.

5 Cuando en una forma preferente de realización se controla la presión del medio refrigerante solamente en el criostato, es suficiente entonces un manómetro por cada sector del tramo de transferencia. Pero adicionalmente, la unidad que sirve para la vigilancia, puede presentar también, por ejemplo, sensores que están dispuestos a lo largo del tramo de transferencia, y controlan adicionalmente la integridad del criostato, sin que tenga que existir una fuga que llegue al interior del mismo. Mediante tales sensores se puede comprobar, por ejemplo, un deterioro del tubo exterior del criostato, que conduce a un colapso del aislamiento al vacío entre los tubos del criostato y, por tanto, al fallo de la función del mismo, que mantiene la refrigeración del conductor superconductor. También en este caso, mediante una señal correspondiente, se cierra la válvula y se desconecta la bomba.

10 El procedimiento y la disposición según la invención, se explican de la mano de los dibujos, como ejemplo de realización.

Se muestran:

Figura 1, en representación esquemática, una disposición para la ejecución del procedimiento según la invención.

Figura 2, un corte de la figura 1 a lo largo de la línea II – II.

15 En el ejemplo representado de realización, en la zona de una caja terminal de la disposición, tan sólo una válvula se señala y se explica en la descripción siguiente. No obstante, también se pueden disponer dos o más válvulas en el curso del tramo de transferencia. Tanto la válvula como también la bomba que mueve el medio refrigerante, son conocidas para las bajas temperaturas indicadas, y en venta en el mercado.

20 En la figura 1 está representado esquemáticamente un tramo de transferencia para corriente eléctrica mediante un cable 1 superconductor que está dispuesto en un criostato 2. En el ejemplo de realización, el tramo de transferencia discurre entre dos cajas 3 y 4 terminales. Pero un tramo de transferencia, en el sentido de la invención, puede discurrir en principio, también entre una caja terminal y un manguito de enlace, u otras dos cajas adecuadas. En lo que sigue se tendrá en cuenta —supliendo también todas las otras formas de realización— el tramo de transferencia que discurre entre las dos cajas 3 y 4 terminales.

25 El criostato 2 del tramo de transferencia se compone según la figura 2, de dos tubos 5 y 6 metálicos colocados distanciados concéntricos uno respecto a otro, entre los cuales se encuentra un aislamiento 7 al vacío. Los tubos 5 y 6 pueden estar ondulados transversalmente a su dirección longitudinal.

30 En el criostato 2 debe de estar dispuesto al menos un cable 1 superconductor, dejando libre un espacio 8 hueco para hacer pasar un medio refrigerante, con ventaja, de nitrógeno líquido. La estructura del cable 1 superconductor es conocida en sí misma. Por consiguiente no se entrará aquí con más detalle en la misma. El cable 1 superconductor tiene al menos un conductor 9 superconductor y un dieléctrico 10 que rodea el mismo.

El cable 1 superconductor y el criostato 2 están conectados en las cajas 3 y 4 terminales, por una parte, conduciendo la electricidad y, por otra parte, estancos a los gases. La transconexión eléctrica del cable 1 y la conexión estanca a los gases del criostato 2, son básicamente conocidas básicamente, de manera que no se entrará en detalle en ellas.

35 A la disposición pertenecen en la zona de la caja 4 terminal, un depósito 11 de reserva que contiene el medio refrigerante para la refrigeración del cable 1, una bomba 12, una válvula 13 y un manómetro 14. En la zona de la caja 3 terminal, está dispuesto un manómetro 15.

40 La bomba 12 está unida, por una parte, mediante una tubería 16 con el depósito 11 de reserva y, por otra parte, mediante una tubería 17, con la caja 4 terminal, y siguiendo adelante, con el espacio 8 hueco del criostato 2. En la tubería 17 está instalada la válvula 13. El manómetro 14 está unido mediante una tubería 18 esbozada sólo esquemáticamente y en cuyo extremo está instalado un sensor sensible a la presión, con el espacio 8 hueco del criostato 2, y mediante una conducción 19 eléctrica, con la válvula 13. Adicionalmente puede estar unido eléctricamente también con la bomba 12. El manómetro 15 dispuesto en la zona de la caja 3 terminal, está unido mediante una tubería 20 esbozada de nuevo sólo esquemáticamente y en cuyo extremo está instalado un sensor sensible a la presión, con el espacio 8 hueco del criostato 2, y mediante una conducción 21 eléctrica, con la válvula 13. También el manómetro 15 puede estar unido eléctricamente con la bomba 12,

45 Las conducciones 19 y 21 eléctricas sirven también con ventaja para la unión de los manómetros 14 y 15, con la bomba 12. En el ejemplo representado de realización según la figura 1, están conectadas a una unidad 22 eléctrica de mando que por su parte está unida mediante conducciones eléctricas, tanto con la válvula 13, como también con la bomba 12.

50 Para el procedimiento o para la disposición según la invención, es suficiente en principio, cuando se mide la presión del medio refrigerante en la zona de la caja 3 terminal, puesto que aquí la presión es también la más baja en caso de que la disposición trabaje correctamente. Esto quiere decir que la disposición se puede arreglar en principio con el manómetro 15. Pero como un deterioro del criostato 2 se puede presentar también en la proximidad inmediata de la caja 4 terminal, se emplea también con ventaja el manómetro 14.

El procedimiento según la invención se realiza con una disposición según las figuras 1 y 2, por ejemplo, como se describe a continuación. Aquí se adopta primeramente que sólo en la caja 3 terminal se dispone de un manómetro, a saber, el manómetro 15.

5 En la zona de la caja 4 terminal, mediante la bomba 12 se bombea nitrógeno líquido con una temperatura de unos 67 K, en el criostato 2 y, por ejemplo, desde luego con una presión de unos 20 bares. Aquí la válvula 13 está abierta, o sea, permeable para el nitrógeno. Tan pronto como el cable 1 ó su conductor 9 se ha enfriado a la temperatura de por ejemplo unos 67 K, necesaria para la producción de la superconductividad, se conecta el mismo a una fuente de tensión para la transmisión de corriente. El nitrógeno se mueve a través del criostato 2 con una velocidad de, por ejemplo, 0,1 m/seg a 1,0 m/seg, y al final del tramo de transferencia se desvía en la caja 3 terminal a la refrigeración de retorno. La presión del nitrógeno disminuye con la distancia creciente al punto de alimentación en la caja 4 terminal. No debe bajar, por ejemplo, de 15 bares. El manómetro 15 se debe ajustar correspondientemente.

15 Cuando en el curso del tramo de transferencia se genera una fuga en el criostato 2 por deterioro mecánico del mismo, por la fuga sale nitrógeno del criostato 2. Como consecuencia la presión del nitrógeno en el criostato 2 desciende rápida o bruscamente. Esto es reconocido por el manómetro 15. Tan pronto la presión es menor de 15 bares, se cierra la válvula 13 mediante una señal que es enviada por el manómetro 15. Al mismo tiempo, se puede desconectar asimismo la bomba 12 mediante una señal eléctrica del manómetro 15. De este modo se interrumpe la alimentación de nitrógeno al criostato 2. Al mismo tiempo se puede separar el cable 1, de la fuente de tensión.

20 La integridad del criostato 2 se puede controlar adicionalmente partiendo de si, por ejemplo, sólo existe un deterioro del tubo 5 exterior del mismo, sin que se presente una fuga completa en el criostato 2. Para ello se puede instalar como unidad de vigilancia, a lo largo del tramo de transferencia en el criostato 2, exteriormente en toda su longitud, una unidad sensible que reaccione al frío. La unidad sensible se puede componer de una multitud de sensores de temperatura, o también de al menos una guía de ondas, que reaccionen al frío que sale, en el caso de un deterioro, del aislamiento 6 al vacío, o del tubo 5 exterior del criostato. Los sensores de temperatura o la guía de ondas, al producirse por el frío una elevación notable de la vaporización, pueden estar unidos asimismo mediante conducciones eléctricas, con la válvula 13 y, en su caso, con la bomba 12. Sus señales conducen entonces asimismo al cierre de la válvula 13 y a la desconexión de la bomba 12, sin que la presión del medio refrigerante en el criostato 2, haya descendido por debajo de su límite inferior.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de una disposición con al menos un cable (1) superconductor que está rodeado por un criostato (2) que se compone de dos tubos (5, 6) metálicos dispuestos concéntricos uno respecto a otro, que incluyen entre sí un aislamiento (7) al vacío, y que junto al cable, envuelve un espacio (8) hueco para el paso de un medio refrigerante que está bajo presión, caracterizado porque
- al menos en un extremo del criostato (2) se dispone un depósito (11) de reserva unido con el mismo, para el medio refrigerante líquido,
  - se utiliza una bomba (12) que durante el funcionamiento de la disposición, introduce a presión el medio refrigerante en el criostato (2), y
  - 10 — en el recorrido de alimentación del medio refrigerante desde el depósito (11) de reserva al criostato (2), se dispone una válvula (13) abierta durante el funcionamiento de la disposición, que está unida con al menos una unidad de vigilancia de la integridad del criostato (2), y que en caso de una señal de la unidad de vigilancia, correspondiente a un aviso de error, se cierra para interrumpir la alimentación del medio refrigerante al criostato (2).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque como unidad de vigilancia se utiliza al menos un manómetro (14, 15) que controla la presión del medio refrigerante en el criostato (2).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, fuera del criostato (2), en toda su longitud, se dispone como unidad de vigilancia, una unidad sensible que reacciona al frío.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque a lo largo del criostato (2) se dispone una multitud de sensores de temperatura.
5. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque a lo largo del criostato (2) se dispone al menos una guía de ondas.

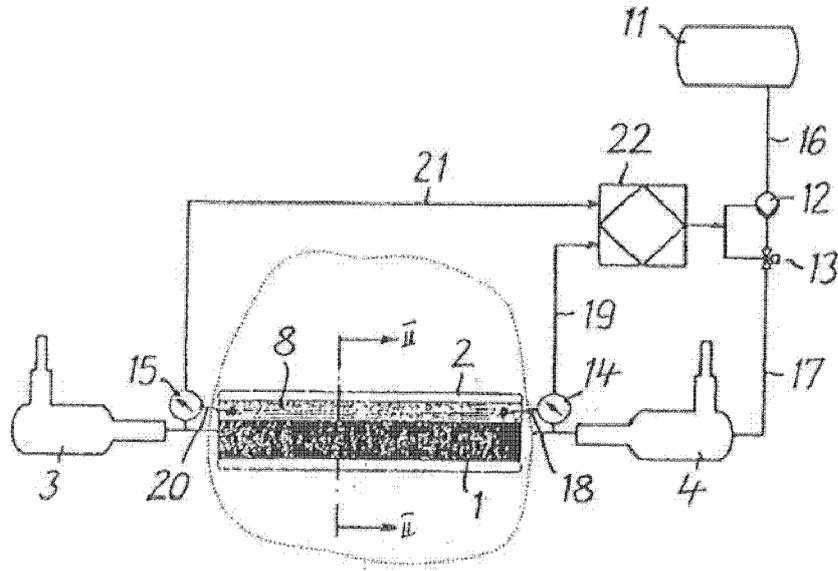


Fig. 1

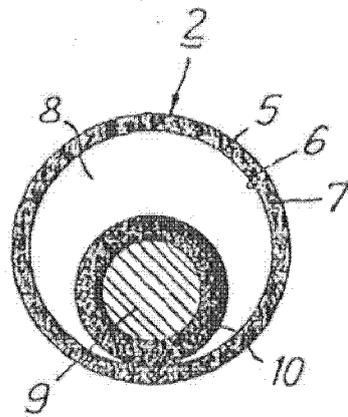


Fig. 2