

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 924**

51 Int. Cl.:

**H01B 12/16** (2006.01)

**H01B 12/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2007 E 07290891 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2017856**

54 Título: **Cable eléctrico supraconductor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.12.2014**

73 Titular/es:

**NEXANS (100.0%)  
8, rue du Général Foy  
75008 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**ALLAIS, ARNAUD, DR. y  
SCHMIDT, FRANK**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 524 924 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

## Cable eléctrico supraconductor

La invención se refiere a un cable eléctrico supraconductor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente.

5 Una cable supraconductor tiene al menos un conductor eléctrico de un material especial, que pasa a temperaturas suficientemente bajas al estado supraconductor. La resistencia eléctrica de un conductor constituido de forma correspondiente pasa de esta manera a cero. Materiales adecuados son, por ejemplo, YBCO (óxido de itrio-bario-cobre) o BiSCCO (óxido de bismuto-estroncio-calcio-cobre). Las temperaturas suficientemente bajas para un material de este tipo están, por ejemplo, entre 4 K y 110 K, para alcanzar el estado supraconductor. Refrigerantes adecuados son, por ejemplo, nitrógeno, helio, neón o mezclas de estas sustancias, respectivamente, en estado gaseoso o líquido. Se conocen cables supraconductores con dieléctrico frío y con dieléctrico caliente.

10 En un cable supraconductor con dieléctrico frío, el conductor está rodeado por un dieléctrico que está constituido por capas de material aislante, en el que está presente un refrigerante como agente de impregnación en el dieléctrico. Tal cable se caracteriza por que se pueden transmitir potencias muy altas en la zona de alta tensión. Por ejemplo, está constituido por el conductor como conductor interior y por un blindaje o bien conductor trasero dispuesto concéntricamente al mismo, que están separados uno del otro por medio del dieléctrico (aislante) y se mantienen a distancia. Los elementos individuales supraconductores de un cable de este tipo están constituidos, por ejemplo, por cintas con material supraconductor, como YBCO o BiSCCO, que están arrolladas herméticamente adyacentes entre sí alrededor de un soporte en capas concéntricas aisladas unas de las otras con paso largo (EP 0 830 694 B1). Un cable correspondiente está rodeado por un criostato que conduce el refrigerante, que está constituido por dos tubos metálicos concéntricos, aislados uno del otro por medio de un aislamiento de vacío. Un ejemplo de ello se conoce a partir del documento US 2005/056456.

15 Los cables supraconductores con dieléctrico caliente tienen un conductor, que está dispuesto directamente en un criostato que conduce de refrigerante de este tipo. El dieléctrico y el blindaje o bien el conductor trasero están colocados aquí sobre el criostato. También en un cable de este tipo, el conductor está constituido de capas concéntricas, aisladas unas de las otras de cintas estrechamente adyacentes con material supraconductor.

20 Se conoce a partir del documento US-A-3 829 864 un conductor supraconductor, que está constituido por un compuesto supraconductor, en el que está incrustada una pluralidad de alambre de una aleación supraconductora a distancia entre sí en una matriz de cobre. Este compuesto se gira después de su terminación alrededor de su eje longitudinal, de manera que los alambres reciben un desarrollo en forma de espiral. En un conductor compuesto de orden superior, las partes del tipo de segmentos están unidas juntas, las cuales están constituidas, respectivamente, de acuerdo con el compuesto descrito.

25 El documento EP-A-0 607 079 describe un conductor eléctrico para corriente variable, en el que se puede tratar también de un conductor supraconductor. El conductor está constituido por una pluralidad de elementos de cables, que están cableados entre sí en varias fases. A tal fin se emplean alambres, que están constituidos por un gran número de hilos, que están incrustados en una matriz de cobre y níquel. Seis hilos de este tipo son cableados entre sí para formar una primera fase. Seis primeras fases son cableadas a continuación para formar una segunda fase y seis segundas fases son cableadas finalmente entre sí para formar una tercera fase con 216 hilos. En todas las fases está presente en cada caso un elemento de cableado central adicional.

30 Esta estructura del conductor se aplica también para el cable de corriente alterna supraconductora conocida de acuerdo con el documento DE 197 19 738 B4 mencionado al principio. El conductor de este cable está constituido por alambres redondos circulares de materiales supraconductores oxídicos. Los alambres están dispuestos en varias capas concéntricas alrededor de un tubo. Las capas están aisladas unas de las otras. Las capas intermedias aislantes entre las capas individuales de los alambres deben mejorar la distribución de la corriente en el conductor. Sin embargo, significan un gasto adicional de material y en la fabricación del conductor. Además, el conductor tiene de esta manera un diámetro relativamente grande o también conduce, en general, a dimensiones demasiado grandes del cable.

La invención tiene el problema de configurar el cable supraconductor descrito al principio de tal forma que con una estructura sencilla con dimensiones más pequeñas se puede fabricar más fácilmente.

35 Este problema se soluciona por medio de los rasgos característicos de la reivindicación 1 de la patente.

40 El conductor de este cable se puede fabricar en una técnica habitual para cables de alta tensión o bien cables de de corriente de alta intensidad con máquinas convencionales. No se necesita ningún elemento de núcleo central para el conductor. Tal conductor está constituido muy sencillo en la geometría y tiene un diámetro correspondientemente pequeño. El conductor garantiza, manteniendo determinadas longitudes de paso del cableado en la zona indicada, además, también sin el empleo de capas intermedias aislantes, una buena distribución de la corriente con pérdidas de corriente alterna correspondientemente bajas y con un aprovechamiento favorable del material supraconductor. El conductor se puede emplear para cable supraconductor con dieléctrico frío o caliente, con las estructuras

5 conocidas en principio que se encuentran sobre el conductor. En este caso, se puede constituir un blindaje o conductor trasero de la misma manera con hilos como los que se emplean para el conductor. También aquí se pueden utilizar entonces máquinas y técnicas de fabricación convencionales. A través de la estructura en forma de sector del conductor y las capas de aislamiento finas entre los sectores se mejora adicionalmente la distribución de la corriente y se reducen adicionalmente las pérdidas de corriente alterna.

A continuación se representan ejemplos de realización del objeto de la invención en los dibujos. En este caso:

Las figuras 1 y 2 muestran secciones transversales de un conductor que se puede utilizar en un cable de acuerdo con la invención en dos formas de realización diferentes.

La figura 3 muestra una vista lateral del conductor según la figura 1 en representación muy esquemática.

10 Las figuras 4 y 5 muestran secciones transversales de dos cables constituidos de forma diferente con un conductor según la figura 1.

15 En la figura 1 se representa una sección transversal de un conductor eléctrico L configurado como cable de conductor, que está constituido por una pluralidad de hilos supraconductores 1 cableados entre sí. Los hilos pueden tener de acuerdo con la representación en el dibujo una sección transversal redonda circular, pero también una sección transversal poligonal. Están cableados entre sí de acuerdo con la figura 3 con longitud de paso S predeterminada, que está entre dos valores límite relacionados con el diámetro D del conductor L. Estos valores límite se definen con aproximadamente  $5 \times D$  como valor límite inferior y aproximadamente  $20 \times D$  como valor límite superior. Un conductor L de este tipo se puede fabricar – como ya se ha mencionado – con máquinas y técnicas de fabricación habituales en la técnica de cables.

20 El conductor L está constituido de acuerdo con la figura 2, por ejemplo, por dos sectores 2, 3 y 4, en los que los hilos supraconductores 1 están cableados entre sí, respectivamente, con la longitud de paso S indicada. Los sectores 2, 3 y 4 están separados unos de los otros por capa aislantes finas, que están constituidas, por ejemplo, de papel de negro de carbón. Esta estructura del conductor L conduce a una mejora adicional de la distribución de la corriente y a una reducción adicional de las pérdidas de corriente alterna. El conductor L puede estar constituido también por más de tres sectores. También puede estar constituido sólo por dos sectores.

25 Los hilos 1 pueden estar revestidos adicionalmente también con una capa de laca muy fina, que se encuentra en el intervalo de  $\mu\text{m}$ . Con un conductor L constituido por tales hilos se puede mejorar adicionalmente la distribución de la corriente y se pueden reducir más las pérdidas de corriente alterna.

30 Con ventaja, los hilos 1 presentan YBCO como material supraconductor. Un hilo correspondiente tiene, por ejemplo, un soporte metálico extendido alargado con sección transversal redonda circular o poligonal, alrededor del cual se forma una capa de un sustrato metálico texturizado como base inferior para una capa de IBCO. Un alambre 1 con una capa de YBCO se fabrica, por ejemplo, de la siguiente manera:

35 Un sustrato metálico presente como cinta, ya texturizado a través de tratamiento previo, se forma alrededor del soporte con entrada longitudinal para formar un tubo ranurado. La cinta o bien el sustrato está constituido, por ejemplo, de níquel, cobre o hierro o de una aleación. En una fase de tratamiento previo ha recibido estampada, por ejemplo, una textura biaxial. Los cantos que se extienden en dirección longitudinal de este tubo ranurado se sueldan entonces en una instalación de soldadura, de manera que resulta un tubo cerrado por medio de una costura de soldadura. El tubo cerrado se reduce a continuación en una instalación de estiramiento de estiramiento hasta que se apoya en el soporte. El elemento generado de esta manera se provee a continuación alrededor con una capa de material de YBCO. Dado el caso, previamente se aplica sobre el tubo todavía una capa de material cerámico, como por ejemplo circonato de lantano, y en concreto antes y después del estiramiento del mismo. Se conocen procedimientos de recubrimiento correspondientes. El alambre 1 recubierto con material de YBCO supraconductor se somete finalmente un tratamiento térmico para la consecución de la superconductividad. En este caso, se recuece con preferencia a temperaturas de  $700\text{ °C}$  a  $850\text{ °C}$ .

45 Un cable con un conductor L según la figura 1 o la figura 2 puede estar realizado según la figura 4, por ejemplo, como cable supraconductor monofásico con dieléctrico frío. Sobre el conductor L se encuentra un dieléctrico 5 que está constituido, por ejemplo, por varias capas de papel o de otro material aislante adecuado. El conductor L y el dieléctrico 5 forman conjuntamente un hilo del cable. Este hilo está rodeado por un blindaje o bien un conductor trasero 6. Éste está constituido por al menos una capa de hilos buenos conductores de electricidad, que pueden ser también supraconductores y pueden estar constituidos igual que los hilos 1. El cable equipado de esta manera está rodeado por un criostato K, que está constituido por dos tubos metálicos 7 y 8 concéntricos, que están separados uno del otro por un espacio anular 9, en el que se encuentra un aislamiento de vacío. A través del criostato K se conduce un refrigerante para la refrigeración del cable supraconductor, que penetra como agente de impregnación también en el dieléctrico 5. En el criostato K pueden estar dispuestos también tres hilos que están constituidos por el conductor L y por el dieléctrico, que representan las tres fases de un cable supraconductor para una estrella de corriente trifásica.

El conductor L se puede disponer también según la figura 5 directamente en el criostato K, para cuya estructura se

## ES 2 524 924 T3

aplica lo mismo que para el criostato K según la figura 4. Sobre el criostato se encuentran en esta forma de realización del cable un dieléctrico 10 y un blindaje o bien un conductor trasero 11. Su estructura puede corresponder a la del blindaje o bien a la del conductor trasero 6 según la figura 4.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Cable eléctrico supraconductor, que presenta un conductor (L), que está constituido por hilos supraconductores (1), que está rodeado por un criostato (K) que está constituido por dos tubos (7,7) concéntricos, entre los cuales se encuentra un aislamiento de vacío, a través de cuyo criostato se conduce un refrigerante para la refrigeración del cable, caracterizado por que
- el conductor (L) está constituido como cable conductor, en el que los hilos (1) están cableados entre sí con una longitud de paso (S) predeterminada que está entre aproximadamente  $5 \times D$  y aproximadamente  $20 \times D$ , con el diámetro D del cable conductor, y
- 10 - por que el conductor (L) está dividido en sectores (2, 3, 4), que están separados unos de los otros por capas de aislamiento finas.
- 2.- Cable de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el conductor (L) está rodeado por un dieléctrico (5), sobre el que está aplicado un blindaje o bien conductor trasero (6) que está constituido por hilos supraconductores.
- 15 3.- Cable de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que todos los hilos (1) tienen una sección transversal de forma circular.
- 4.- Cable de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que los hilos (1) tienen una sección transversal poligonal.
- 5.- Cable de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los hilos (1) están revestidos con una capa de laca fina.
- 20

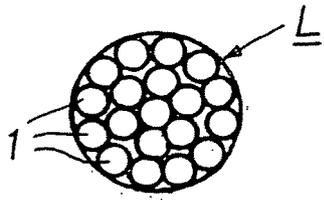


Fig. 1

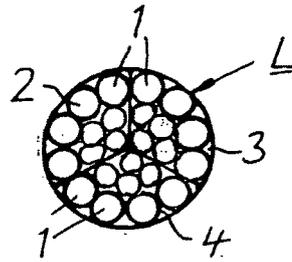


Fig. 2

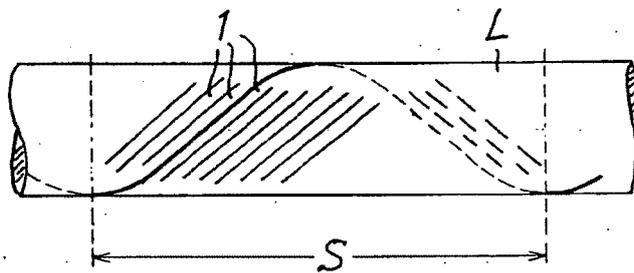


Fig. 3

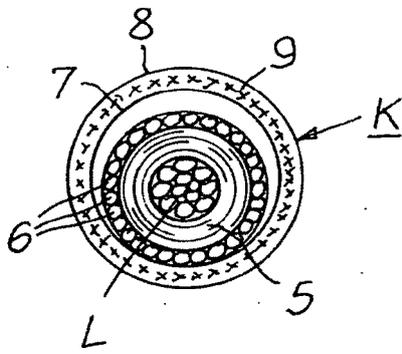


Fig. 4

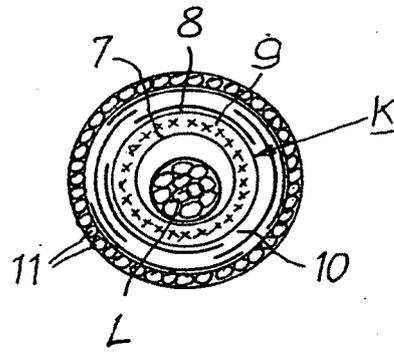


Fig. 5