

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 798**

51 Int. Cl.:
H01F 6/00 (2006.01)
F17C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08012514 .9**
96 Fecha de presentación: **10.07.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2144258**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.01.2010**

54 Título: **CRIOSTATO PARA UN ACONDICIONADOR DE POTENCIA ELÉCTRICA.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.02.2012

73 Titular/es:
**BRUKER HTS GMBH
EHRICHSTRASSE 10
63450 HANAU, DE**

72 Inventor/es:
Usoskin, Alexander

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 373 798 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

Criostato para un acondicionador de potencia eléctrica

Campo técnico

5 La invención se refiere a una disposición de criostato para un acondicionador de potencia eléctrica, más particularmente, a un criostato para uso con transformadores supraconductores, limitadores supraconductores de corriente de fallo, dispositivos supraconductores de potencia para corrección de fases, etc.

Antecedentes

10 Se conocen criostatos para acondicionadores de potencia eléctrica que pueden ser provistos en una de las dos variantes siguientes: (i) un criostato que no comprende ningún orificio para el alojamiento de un brazo ferromagnético, y (ii) un criostato con uno o más orificios para el alojamiento de uno o más brazos ferromagnéticos.

15 Un criostato para un acondicionador de potencia eléctrica del tipo (i) se describe, por ejemplo, en el documento EP 1 544 873 A2. El criostato comprende paredes externas en contacto con un medio ambiente, paredes internas con un medio refrigerado, un intersticio de aislamiento térmico formado entre las paredes externas y las paredes internas, comprendiendo el intersticio de aislamiento un aislamiento térmico. El aislamiento térmico es proporcionado en esta solución técnica por vacío; el intersticio de aislamiento está evacuado.

20 Las paredes externas comprenden una pared cilíndrica y dos paredes lisas; una primera pared externa desde la parte superior (en la pestaña de la tapa) y una segunda pared externa desde la parte inferior. De la misma manera, las paredes internas comprenden una pared cilíndrica y dos paredes lisas; una primera pared interna desde la parte superior (en la pestaña de la tapa) y una segunda pared interna desde la parte inferior. El criostato comprende también medios para formar un líquido a partir de un gas.

Tanto las paredes externas como también las paredes internas comprenden una estructura uniforme y están fabricadas de un a lámina metálica homogénea.

25 Una construcción similar de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica se describe en el documento WO 94 003 955 A1. El criostato comprende prácticamente las mismas características que en el documento EP 1 544 873 A2 con la diferencia de que la pestaña de la tapa está convertida en una pared externa superior y una pared interna superior.

Un criostato con un orificio axial central se describe también en el documento US 5 847 633 A, que tiene características similares a otros criostatos descritos anteriormente.

30 Un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica del tipo (ii), es decir, con un orificio interno para un brazo ferromagnético, se describe en el documento US 5 107 240 A, por ejemplo. El criostato comprende paredes externas en contacto con un medio ambiente, paredes internas en contacto con un medio refrigerado y un intersticio de aislamiento térmico formado entre las paredes externas y las paredes internas. El intersticio de aislamiento térmico comprende un aislamiento térmico proporcionado por vacío.

35 Las paredes externas comprenden dos paredes cilíndricas y dos paredes lisas; una primera pared lisa externa forma el lado superior (en la pestaña de la tapa) y una segunda pared lisa externa forma el lado inferior. Las paredes internas comprenden dos paredes cilíndricas y una pared lisa forma el lado inferior.

Las paredes externas y las paredes internas comprenden una estructura uniforme y están formadas a partir de una resina de poliéster de vinilo homogénea reforzada con fibra de vidrio (FRP). Como se ha mencionado anteriormente, se crea un vacío entre estas paredes de FRP para proporcionar el aislamiento térmico.

40 El medio ambiente en este criostato es proporcionado por una carcasa ferromagnética que sirve para guiar un flujo magnético. Este material se mantiene prácticamente a temperatura ambiente por medio de intercambio de calor natural o forzado. La carcasa ferromagnética puede jugar también un papel de un dispositivo de montaje para las paredes externas. Este dispositivo de montaje puede proporcionar una estabilización mecánica externa del criostato (por ejemplo, en el caso de fuerzas electromagnéticas) y puede permitir, a pesar de todo compensar fuerzas causadas por la presencia del vacío entre las paredes externas y las paredes internas.

45 Con el fin de proporcionar tal compensación en el criostato para el acondicionador de potencia eléctrica descrito en el documento US 6 324 851 B1, se llena el intersticio de aislamiento térmico, al menos en parte, con un aislante térmico sólido. El criostato comprende paredes externas que están en contacto con un medio ambiente, paredes internas que están en contacto con un medio refrigerado, un intersticio de aislamiento térmico formado entre las paredes externas y las paredes internas, comprendiendo el intersticio de aislamiento un aislamiento térmico.

50 En la disposición descrita en el documento US 6 324 851 B1, el aislamiento térmico es proporcionado, en parte, por

el aislamiento térmico sólido y, en parte, por un vacío.

5 Las paredes externas comprenden una pluralidad de paredes laterales que definen una pluralidad de orificios, cada uno de los cuales puede alojar un brazo ferromagnético y dos paredes lisas. Las paredes internas comprenden también una pluralidad de paredes laterales y dos paredes lisas. Además, el criostato comprende medios para rellenar con un gas licuado y/o medios para la licuación del gas.

Las paredes externas y las paredes internas comprenden una estructura uniforme. Las paredes externas están fabricadas de lámina de metal. Las paredes internas están fabricadas de un material compuesto de fibras que comprende propiedades de un aislante eléctrico.

10 El aislante térmico sólido juega un papel de un espaciador y tiene capacidad de soporte de carga. El aislante térmico sólido es capaz de transmitir la presión interna que actúa sobre las paredes internas hasta las paredes externas. La conductividad térmica del aislante térmico sólido (por ejemplo, de $2\text{mW}/(\text{Kxm})$) es relativamente baja, pero, a pesar de todo, no es suficientemente baja en comparación del aislamiento de vacío.

15 El documento US 6 157 276 A describe el preámbulo de la reivindicación 1 y un conjunto magnético MR con un recipiente cilíndrico para el alojamiento de un imán superconductor y que tiene un vacío entre su pared interior y sus paredes exteriores. La pared interior comprende una capa de aislamiento formada por arrollamiento de tela de vidrio y resina epoxi alrededor de un mandril cilíndrico. Luego se arrollan una lámina de acero inoxidable y una tela de vidrio al mismo tiempo alrededor del mandril de una manera solapada.

20 Comparando diferentes soluciones técnicas del estado actual de la técnica se puede concluir que existe un dilema obvio: (a) emplear un criostato con las paredes metálicas que puede proporcionar un aislamiento de vacío excelente y de larga vida y que no necesita prácticamente ningún mantenimiento, pero que provoca altas corrientes parásitas y, por lo tanto, conduce a pérdidas de refrigeración elevadas, o (b) emplear un criostato con paredes aislantes (es decir, las paredes sin pérdidas de corrientes parásitas) que son mucho menos herméticas a vacío y, como resultado, el criostato debe ser bombeado periódicamente con el fin de mantener un vacío suficiente. Por lo tanto, en el último caso, se necesitan un mantenimiento periódico adicional y medios especiales de servicio, al mismo tiempo que se reduce el tiempo de vida útil del criostato.

Además, son deseables mejoras en las disposiciones de criostatos para uso en acondicionadores de potencia eléctrica que solucionen al menos algunos de estos inconvenientes.

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un criostato mejorado, como se define en la reivindicación 1, para uso en acondicionadores de potencia eléctrica, que evita al menos algunos de estos inconvenientes.

30 Sumario

Se proporciona un criostato para un acondicionador de potencia eléctrica, que comprende al menos una pared externa, al menos una parte interna que define un volumen a refrigerar y un intersticio de aislamiento térmico formado entre la al menos una pared externa y la al menos una pared interna. En funcionamiento, la pared externa está en contacto con un medio ambiente y la pared interna está en contacto con un medio refrigerado. De acuerdo con la invención, al menos una parte de la al menos una pared externa y/o al menos una parte de la al menos una pared interna comprenden una estructura de capas.

40 La estructura de capas permite adaptar mejor las propiedades para la pared interior y/o la pared exterior y, por lo tanto, las propiedades del criostato para aplicaciones de potencia eléctrica. Por ejemplo, una capa de la estructura que define el volumen a refrigerar puede ser impermeable al gas para prevenir fugas dentro del intersticio de aislamiento térmico.

45 Luego, la estructura de capas comprende una capa discontinua y una capa continua que comprende metal, por ejemplo un acero. Un exceso permite que el diámetro del cilindro sea flexible hasta un grado y, debido a esto, reducir la tensión de tracción en la capa continua hasta un nivel seguro. La capa continua comprende una forma ondulada o una forma de zigzag o una forma de meandro o cualquier combinación de al menos dos de estas formas con el fin de proporcionar el exceso.

La capa continua puede ser impermeable al gas y hermética a vacío y la capa discontinua puede proporcionar una o más discontinuidades para prevenir la formación de corrientes circulares inducidas en la pared que conducen a pérdidas de refrigeración.

50 En otra forma de realización, la estructura de capas comprende, además, una capa de aislamiento dispuesta entre la capa continua y la capa discontinua. La capa de aislamiento puede ser aislante eléctrica así como térmica.

La estructura de capas puede comprender, además, una pluralidad de canales. Estos canales se pueden extender entre un espacio libre posicionado entre la capa continua y la capa discontinua y el intersticio de aislamiento térmico. En el caso de que el intersticio de aislamiento térmico esté evacuado, el espacio libre posicionado entre la capa

continua y la capa discontinua está también evacuado.

5 En una forma de realización, la capa continua comprende un exceso en una longitud en al menos una dirección longitudinal. Por ejemplo, la capa continua puede definir un cilindro general. La capa continua puede ser flexible. El grado de flexibilidad se puede controlar por medio de una selección adecuada del material de la capa continua así como del espesor de la capa.

En una forma de realización, la capa discontinua comprende al menos un segmento que comprende un material de aislamiento eléctrico. El segmento está posicionado para impedir el flujo de una corriente circular alrededor de dicha capa discontinua y, por lo tanto, para reducir las pérdidas de refrigeración. La capa discontinua puede comprender un metal, tal como un acero.

10 En otras formas de realización, la capa discontinua comprende un estabilizador mecánico acoplado mecánicamente con la capa continua. Esto permite utilizar una capa continua muy fina, que reduce las pérdidas causadas por la capa continua, proporcionando al mismo tiempo todavía una pared con la estabilidad mecánica requerida.

15 El estabilizador mecánico puede comprender un aislamiento eléctrico adicional dispuesto para impedir el flujo de una corriente circular alrededor de dicha estructura de capas. El aislamiento eléctrico puede estar previsto en forma de una o más regiones separadas, tales como franjas, dispuestas en la capa discontinua y/o en la capa continua para proporcionar aislamiento eléctrico entre diferentes partes de la capa discontinua y/o de la capa continua, respectivamente. El aislamiento eléctrico puede ser provisto también en forma de una capa que está dispuesta, por ejemplo, entre la capa continua y la capa discontinua, para aislar eléctricamente la capa continua y la capa discontinua una de la otra.

20 La capa aislante se puede disponer en contacto, pero no adherida, o se puede adherir con la capa continua y/o con la capa discontinua.

25 Por lo tanto, la presente invención proporciona un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica con pérdidas de refrigeración reducidas así como con pérdidas de potencia reducidas en el acondicionador de potencia eléctrica. Además, se proporciona un criostato acondicionadores de potencia eléctrica con tiempo de vida útil incrementada y costes de mantenimiento reducidas.

Breve descripción de las figuras

30 Las formas de realización del criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la invención se pueden comprender mejor con referencia a los siguientes dibujos y a la descripción. Los componentes en las figuras no están necesariamente a escala, en su lugar se hace hincapié en la ilustración de los principios del dispositivo. Además, en las figuras, los mismos números de referencia designan partes correspondientes. En los dibujos:

La figura 1 es una vista de la sección transversal axial de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica.

La figura 2 es una vista alternativa de la sección trasversal de un criostato para el acondicionador de potencia eléctrica mostrado en la figura 1.

35 La figura 3 es una vista de la sección transversal de una estructura de capas de la primera forma de realización del criostato para acondicionadores de potencia eléctrica.

La figura 4 es una vista esquemática de una variante alternativa para la estructura de capas de la primera forma de realización del criostato para acondicionadores de potencia eléctrica.

La figura 5 es una vista esquemática de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una segunda forma de realización.

40 La figura 6 es una vista esquemática de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la tercera forma de realización.

La figura 7 es una vista esquemática de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una cuarta forma de realización.

45 La figura 8 es una vista esquemática de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una quinta forma de realización.

Descripción detallada

La figura 1 es una vista de la sección transversal axial de un criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una primera forma de realización de la invención. Una vista de la sección transversal perpendicular a la de la figura 1, es decir, una vista superior, se ilustra en la figura 2 para la forma de realización del criostato mostrado

en la figura 1.

El criostato comprende paredes externas 1, 3, 11 que están en contacto con un medio ambiente, paredes internas 2, 12, 13 en contacto con un medio refrigerado y un intersticio de aislamiento térmico 4, 14 formado entre las paredes externas y las paredes internas, donde el intersticio de aislamiento térmico comprende un aislamiento térmico 30.

5 Dos de las paredes internas 2, 12 son generalmente cilíndricas y están dispuestas concéntricamente, de manera que la primera pared interna 2 tiene un diámetro mayor que la segunda pared interna 12. Las paredes internas 2, 12 del criostato comprenden una estructura de capas, que comprende una capa continua 5, 15, una capa discontinua 6, 16 y una capa de aislamiento 7, 17 dispuesta entre la capa continua 5, 15 y la capa discontinua 6, 16. Las capas continuas 5, 15 definen el volumen a refrigerar.

10 La estructura de capas de las paredes internas 2, 12 comprende, además, una pluralidad de canales 9, 19 que conectan un espacio libre 8, 18 entre la capa continua 5, 15 y la capa discontinua 6, 16 con el intersticio de aislamiento térmico 4, 14.

15 La capa continua 5, 15 de las paredes internas 2, 12 respectivas está formada con un exceso en una longitud en al menos una dirección longitudinal, en esta forma de realización, la dirección circunferencial, y comprende una forma ondulada en la vista superior de la figura 2.

En otras formas de realización, la capa continua 5, 15 puede comprender, además, una forma de zigzag o una forma de meandro o cualquier combinación de las formas mencionadas anteriormente. La capa continua 5, 15 es hermética al vacío, flexible y comprende un metal.

20 La capa discontinua 6, 16 de la pared interna 2, 12 respectiva comprende al menos un segmento que forma un circuito no conductor para una corriente circular, que se puede extender alrededor de al menos un eje. La capa discontinua 6, 16 comprende también un metal y comprende, además, un estabilizador mecánico 41, 42, 51 que se aplica a la capa continua 5, 15, de tal manera que la capa continua 5, 15 de las paredes internas 2, 12 puede resistir cargas mecánicas duraderas, a pesar de tener un espesor pequeño.

25 La capa discontinua 6, 16 puede comprender un formador 40, 50 que proporciona contacto mecánico al menos parcial con la capa continua 5, 15 a través de la capa de aislamiento 7, 17. El estabilizador mecánico puede comprender tanto un segmento de interconexión 51 como también una pluralidad de linguetas 42, cada uno de los cuales conecta el formador 40 con el segmento de interconexión 52.

30 El formador 40, 50 está destinado para reducir un radio de curvatura de la capa continua, de tal manera que el radio de curvatura es menor en un factor desde 1,5 hasta 100 en una sección de la capa continua, que está dispuesta entre dos formadores adyacentes. Esto permite reducir el espesor de la capa continua, ya que este espesor depende de la tensión de tracción permitida en esta capa, una presión diferencial y un radio de curvatura de acuerdo con la siguiente dependencia:

$$t = [k \cdot P \cdot R / (2 \cdot \sigma)] + g$$

35 en la que t (en mm) es el espesor de la capa continua, k es un coeficiente experimental en el rango desde 0,8 hasta 2,5, dependiendo del tipo de criostato y del rendimiento requerido (como por ejemplo la duración de vida útil), P (en MPa) es una presión diferencial que actúa en la pared (esta presión es prácticamente igual a la presión del medio ambiente para las paredes exteriores y del medio refrigerado para las paredes interiores); R (en mm) es el radio de curvatura de la capa continua entre dos formadores adyacentes, σ (en MPa) es una tensión de tracción máxima que permite el material de la capa continua, y g = 0,002 mm.

40 El estabilizador mecánico 41, 42, 51 propiamente dicho comprende un aislamiento eléctrico 60, 61, 70 adicional que evita la propagación de la corriente circular que se puede dispersar alrededor de al menos un eje. En una forma de realización, el aislamiento eléctrico adicional es proporcionado por una inserción 70 (cerámica) dieléctrica individual prevista en una ranura de la capa discontinua 15 de la pared interior 12 de diámetro menor y/o por dos inserciones dieléctricas 61 que aíslan el aplastador 60 desde una base 41 del estabilizador mecánico 41, 42 de la pared interior 2 de diámetro mayor.

45 Además, el espesor máximo de la capa discontinua 6, 16 excede el espesor de la capa continua 5, 15 en un factor de relación de 30; a pesar de todo, en función de la construcción, este valor puede variar desde 2 hasta 5000. El límite inferior de este rango está determinado por un umbral de estabilidad mecánica de la estructura de capas 6, 16, mientras que el límite superior depende de la tolerancia para la fuga de flujo magnético. El último valor está determinado principalmente por un espesor total de las paredes del criostato, incluyendo el espesor del intersticio de aislamiento térmico 4, 14.

55 En la práctica, el espesor total no debería exceder de 100 mm, incluso para alto consumo de potencia del acondicionador de potencia; por lo tanto, la capa discontinua 6, 16 puede tener como máximo aproximadamente 50

- mm de espesor. Por consiguiente, con espesores aceptables de la capa continua 5, 15, que pueden ser definidos por el rango óptimo desde 0,01 a 2 mm, el límite superior del factor de relación se puede definir como 5000. Valores más altos del factor de relación conducen a espesores de la capa continua inferiores a 0,01 mm. Este espesor es todavía suficiente para mantener la penetración de gas a través de la capa continua a nivel suficientemente bajo, en particular a bajas temperaturas, por ejemplo a 77 K. Los cálculos han proporcionado un periodo de vida del aislamiento a vacío de más de 100 años. A pesar de todo, la homogeneidad de láminas tan finas no es perfectamente suficiente para evitar "perforaciones" locales que se convierten en la razón principal para la fuga de gas.
- La capa de aislamiento 7, 17 está formada de tal manera que proporciona aislamiento eléctrico entre la capa continua 5, 15 y la capa discontinua 6, 16 de las paredes internas 2, 12, respectivamente, así como entre partes diferentes de la capa continua 5, 15. La capa de aislamiento 7, 17 en la presente forma de realización está unida a la capa continua 5 y 15. De manera alternativa, la capa de aislamiento 7, 17 puede estar unida solamente a la capa discontinua, a saber, al formador 40, 50 o tanto a la capa continua como también a la capa discontinua. Se emplea una capa de resina epoxi, de 15 a 25 micrómetros de espesor, en el presente ejemplo como la capa de aislamiento 7 y 17.
- El intersticio de aislamiento térmico comprende una pluralidad de pantallas 30 (no mostradas de forma explícita en las figuras) que comprenden una alta capacidad de reflexión en el rango infrarrojo del espectro óptico. Cada pantalla de la pluralidad de pantallas comprende una estructura que no conduce corriente eléctrica al menos en una dirección longitudinal. Además, el intersticio de aislamiento térmico está evacuado y puede comprender medios para absorción de gas.
- El criostato del ejemplo dado puede comprender medios para rellenar el volumen de trabajo con un gas licuado y/o medios para licuar gas así como medios adicionales para controlar la presión de un gas vaporizado. En general, el criostato descrito anteriormente se puede utilizar en un limitador de corriente de fallo, un transformador eléctrico u otros dispositivos eléctricos para acondicionar potencia en particular en limitadores supraconductores de corriente de fallo, transformadores supraconductores y otros dispositivos eléctricos para el acondicionamiento de potencia, que incluyen un componente supraconductor.
- En la forma de realización de las figuras 1 y 2, el criostato comprende un orificio 33 para el posicionamiento de un brazo ferromagnético 25. El orificio 33 se define por la pared exterior 11 y está dispuesto concéntricamente alrededor del eje del criostato. Un espacio entre las paredes internas 2, 12 se utiliza para el posicionamiento de una bobina eléctrica 20 y se llena con medio refrigerado (nitrógeno licuado en este caso).
- Cada una de las formas de realización del criostato ilustrado en las figuras comprende un orificio individual para el alojamiento de un brazo ferromagnético. No obstante, las estructuras de capas múltiples de la pared interna y/o de la pared externa se pueden utilizar también para proporcionar un criostato con un orificio, es decir, que una pared interna cilíndrica individual define un volumen a refrigerar, o un criostato con dos o más orificios, cada uno de ellos para un brazo ferromagnético.
- La capa continua 5, 15 de la estructura de capas de las paredes internas 2, 12 se basa en una lámina de 0,3 mm de espesor de acero Cr-Ni. Los diámetros medios de la capa continua 15 y de la capa continua 5 tienen 420 mm y 540 mm, respectivamente.
- La capa continua está soportada por los formadores 40, 50 de las capas discontinuas 6, 16 desde el lateral del intersticio de aislamiento térmico 4, 14.
- Con el fin de evitar volúmenes cerrados y para conseguir de esta manera una presión diferencial igual que actúa sobre las capas continuas 5, 15, la capa de aislamiento comprende un espesor variable periódicamente que tiene un periodo que es igual al espesor de las capas continuas 5, 15 multiplicado por un factor desde 0,1 hasta 20. En la forma de realización ilustrada en las figuras 1 y 2, este periodo era desde 0,8 hasta 1,5 mm.
- Como se muestra en la figura 3, los valles 80 de tal relieve, que representan una porción del espacio libre 8, 18 entre la capa continua 5, 15 y la capa discontinua 6, 16, están conectados entre sí por una porción de canales 8a, 19a. Finalmente, están conectados a través de los canales 9, 19 al intersticio de aislamiento térmico 4, 14.
- Las capas continuas 5, 15 y los segmentos de interconexión 41, 51 de las capas discontinuas 6, 16 se sueldan a un anillo inferior 13 y se sueldan utilizando dos anillos de interconexión 22 a las paredes externas 2, 12. A pesar de todo, una estructura de pared individual sencilla de estos anillos puede ser también suficiente con respecto a pérdidas bajas de potencia, ya que los anillos de 1,5 – 3 mm de espesor fabricados de acero inoxidable comparten relativamente una fracción pequeña de la corriente secundaria total. En el caso de los anillos 13, 22 con estructura de capas, se requieren inserciones onduladas adicionales para proporcionar una interconexión de las capas internas de las paredes internas y de los anillos. La parte superior del criostato se cierra con una tapa anular que posee una

carcasa de pared fina, que está evacuada y llena con un aislamiento térmico 24 de manera similar al intersticio de aislamiento térmico 30.

5 En caso de funcionamiento del criostato dentro de un limitador de corriente de fallo, la bobina dentro del criostato comprende un arrollamiento cortocircuitado de un supraconductor de alta temperatura (HTS) – un conductor revestido HTS en el caso dado. El conductor revestido HTS es proporcionado una cinta revestida con $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Un flujo magnético que está guiado a través del brazo de hierro 25 provoca corrientes parásitas en todas las paredes del criostato así como en la bobina 20 cortocircuitada.

10 En esta forma de realización, las pérdidas del sistema principal son determinadas por pérdidas de refrigeración en las capas continuas 5 y 15. A pesar de todo, en el estado normal (no enfriado), la corriente parásita máxima es proporcionada en la bobina 25, mientras que la capa continua 5 está protegida en una medida considerable por la bobina y está bajo carga de corriente inferior.

15 A la corriente nominal en la bobina principal (que no se muestra en las figuras 1 y 2) que es igual a 1000 A rms, la corriente parásita que es inducida en la capa continua 15 es 61 A rms. Esta corriente provoca una disipación de la potencia de 4,8 W en la capa continua 15 de la pared interna 12 de capas múltiples. Esta potencia disipada se elevaría hasta 64 W en un criostato con una pared interna metálica individual de 4 mm de espesor fabricada del mismo acero inoxidable que la capa continua 15.

20 Por lo tanto, las pérdidas de refrigeración son significativamente inferiores como resultado de la disposición de la pared interna de capas múltiples de la invención. Esto es ventajoso en la operación de todo el acondicionador de potencia, debido a que la eficiencia de refrigeración es típicamente de tan sólo 3 – 5 % a 77 K. Esto da como resultado no sólo una reducción de las pérdidas de energía en un factor de 13 (en el caso considerado), sino que también las pérdidas de refrigeración más bajas permiten utilizar crio-refrigeradores criogénicos de coste más eficiente y de esta manera reducir los costes para su mantenimiento en un factor de aproximadamente 10.

25 La figura 4 ilustra otra forma de realización de la misma estructura de capas que se muestra en la figura 3, con la diferencia de que la capa de aislamiento 7, 17 está adherida a los formadores 40, 50.

30 Otra forma de realización se ilustra en la figura 5, en la que un criostato con la capa continua 5 comprende una forma ondulada de meandro soportada por formadores 40 de la capa discontinua 6. Las características principales de este ejemplo son similares al primer ejemplo de la figura 1 con las siguientes diferencias.

35 La forma de la capa continua 5 comprende una pluralidad de elementos 90 que comprenden una curvatura alta (con radio de 20 mm) y una pluralidad de elementos 91 dispuestos a intervalos alrededor de una pared interna 2 generalmente circular y separada por porciones que comprenden una curvatura baja con radio de aproximadamente 260 mm.

40 Una capa de aislamiento está adherida a la superficie del formador 40 en el caso de la capa continua 5 de la pared interna 2. En el caso de la capa continua 15 de la pared interna 12, la capa de aislamiento 17 está adherida a la capa continua 16, que está aislada de los formadores 50 de la capa discontinua 16 debido a la capa de aislamiento 17. Para ambas paredes discontinuas 6 y 17, los segmentos de interconexión del estabilizador mecánica no se muestran en la figura 5.

45 Debido a la forma descrita anteriormente de la capa continua 5, su espesor se reduce adicionalmente hasta 0,15 mm. Esto permite proporcionar pérdidas bajas de potencia y de refrigeración de 4-6 W en el caso de que la bobina primaria esté arrollada alrededor de la pared exterior del criostato y, por lo tanto, las corrientes parásitas son más pronunciadas en la capa continua “exterior” 5 de la pared interior 2 que en la capa continua 15 de la pared interna “interior” 12.

50 Otra forma de realización de un criostato para acondicionadores de potencia de acuerdo con la invención se muestra en la figura 6. Comparada con el ejemplo de la figura 5, la pared interna interior 112 es la misma y la pared interna exterior 102 del criostato comprende una circunferencia (longitud) incrementada adicionalmente de la capa continua 105. Esta capa está soportada por formadores 140 de la capa discontinua 106.

55 Los formadores comprenden cuatro segmentos de 10° del formador 140, que están posicionados en radios diferentes. Esto permite emplear una capa continua 105 con una longitud mayor y de esta manera incrementar la resistencia circunferencial y, por consiguiente, suprimir las corrientes parásitas y reducir las pérdidas de refrigeración y de potencia, especialmente cuando la bobina preliminar es proporcionada desde el lado exterior del criostato.

60 Los segmentos del formador 140 comprenden una pluralidad de canales 109 que conectan un espacio libre entre la capa continua 105 y la capa discontinua 106, con el intersticio de aislamiento térmico 4. La capa de aislamiento 107 está adherida a las superficies respectivas de los formadores 140. Estas superficies del formador 140 comprenden

también una serie de muescas cruzadas que conducen a la apariencia de un relieve (que no se muestra en la figura 6) sobre la superficie de la capa de aislamiento 107. Este relieve representa una extensión de una pluralidad de canales 109 que conectan un espacio libre entre la capa continua 105 y la capa discontinua 106 (a saber, el espacio libre entre la capa de aislamiento 107 y la capa continua 105) con el intersticio de aislamiento térmico 4.

Un criostato con una longitud circunferencial todavía más desarrollada de la capa continua se demuestra en la vista de la sección transversal de la figura 7. De nuevo, la pared interna interior 112 del criostato es similar a las formas de realización de las figuras 5 y 6. No obstante, la forma de realización de la figura 7 difiere en que los formadores 140 de la capa discontinua 106 de la pared interna exterior 12 comprenden una anchura angular de casi 180°. Dos canales 170 conectan un espacio interior 170 con un espacio exterior 171. Estos dos canales están llenos con el medio refrigerado.

El estabilizador mecánico 141 en este criostato es proporcionado por el formador 140 que comprende un aislamiento eléctrico adicional 60, 61, 162, que evita la propagación de la corriente circular que se puede dispersar alrededor a al menos un eje.

En esta forma de realización, el aislamiento eléctrico adicional es proporcionado por cuatro inserciones dieléctricas 61, que aíslan dos aplastadores 50 con respecto a los estabilizadores mecánicos 141. Las inserciones 162 comprende una pluralidad de canales 164 que, junto con la pluralidad de canales 109, conectan un espacio libre 8, 18 entre las partes de la capa continua 115 y la capa discontinua 106 con el intersticio de aislamiento térmico 4. El inserto 162 comprende, además, una extensión de aislamiento 163 que protege contra un cortocircuito que puede producirse entre dos bucles adyacentes de la capa continua 105. El criostato de este ejemplo permite suprimir adicionalmente las pérdidas de refrigeración debido a la reducción del calentamiento de Joule que se disipa en la pared interna de radio más grande.

La figura 8 representa un ejemplo de un criostato para acondicionadores de potencia que comprende solamente una porción de la estructura de capas en la pared interna. La figura 8 muestra una vista de la sección transversal perpendicular al eje del criostato. El criostato comprende las paredes externas 201, 211 que están en contacto con el medio ambiente, estando las paredes internas 202, 212 en contacto con el medio refrigerado, el intersticio de aislamiento térmico 204, 214 formado entre las paredes externas y las paredes internas, donde el intersticio de aislamiento térmico está con el aislamiento térmico. La pared interna 202 comprende una estructura homogénea. Una porción 295 de la pared interna 212 comprende la estructura de capas, mientras que el resto de la pared interna 212 es homogéneo y consta de una capa individual.

Una vista más detallada de la porción 295 de la pared interna 212 se ilustra en el inserto A de la figura 8. La estructura de capas de esta porción comprende la capa continua 215 y una capa discontinua 216 que comprende dos partes simétricas.

La capa continua 215 comprende una lámina metálica de acero inoxidable con un espesor de 0,06 mm. La lámina está soldada a la pared interna 212 desde su lado exterior, es decir, que está soldada a lo largo de la línea 296, que está perpendicular al plano del dibujo de la figura 8. En esta zona, una parte extendida 298 de la pared interna 212 proporciona una porción de la capa discontinua 216. La capa de aislamiento 217 está colocada entre la capa continua 215 y la capa discontinua 216, 298.

Los últimos elementos funcionan aquí como un estabilizador mecánico mencionado anteriormente. La capa discontinua 216, 212 (como el estabilizador mecánico) comprende un aislamiento eléctrico 262 adicional que comprende una inserción dieléctrica 262. Una pluralidad de canales 264 en la inserción 262 conecta un espacio interior 297 con un espacio exterior 270. Ambos espacios 297, 270 están llenos con el medio refrigerado.

La estructura de capas comprende, además, una pluralidad de canales (no mostrados en la figura 8) que conectan el espacio libre 218 entre la capa continua 217 y la capa discontinua 212, 216 con el intersticio de aislamiento térmico 214. En la forma de realización de la figura 8, se suprimen las pérdidas de refrigeración en un factor de 2 debido a la supresión de la corriente parásita en una sola de las paredes internas y debido a la inserción de una sola porción de la estructura de capas.

En la forma de realización citada anteriormente, la estructura de paredes de capas fue introducida en la pared interna. Evidentemente la misma estructura se puede utilizar también en las paredes externas. En términos de pérdidas, esto conducirá a una reducción adicional de la pérdida de potencia, mientras que la pérdida de refrigeración no está sustancialmente influenciada.

Con el fin de reducir adicionalmente la pérdida de refrigeración, la pluralidad de pantallas empeladas en el aislamiento térmico del criostato pueden comprender algunas partes / elementos de la pared continua o de la pared discontinua. Para esta finalidad, estas paredes o sus partes son pulidas y revestidas con una película fina que comprende una alta conductividad eléctrica, como por ejemplo película de Ag, Au, etc. La película se puede

depositar no sobre toda la superficie de la pared, sino solamente sobre los elementos de la pared que se ven desde el lateral del intersticio de aislamiento térmico. Esto ayuda a reducir la pérdida de refrigeración cuando la anchura del intersticio de aislamiento térmico debe reducirse al mínimo.

5 En todas las formas de realización consideradas anteriormente, el orificio interior puede no estar presente en absoluto, como sucede, por ejemplo, en el caso de limitadores de corriente de fallo resistiva. Esto significa que no están previstas la pared externa 11 y la pared interna 12 que rodea la pared externa 11 así como la pared externa 12 (ver la figura 1).

10 Además, diferentes paredes del mismo criostato pueden basarse en la misma capa continua. En este caso, cada superficie de la capa continua está formada por plegamiento, flexión y/o aplastamiento múltiple de una lámina metálica fina, que está soportada mecánicamente por la capa discontinua. Los elementos adyacentes de la lámina pueden estar protegidos contra contacto eléctrico por la capa de aislamiento adherida a la capa discontinua. Los radios de flexión de la lámina satisfacen las condiciones descritas en el ejemplo de la primera forma de realización (figura 1, figura 2).

15 En otras formas de realización, el criostato puede incluir una o más de las siguientes características. La capa continua puede ser hermética a vacío. Esto permite que la pared continua forme una parte del aislamiento térmico del criostato, que puede estar proporcionado en forma de una camisa, que puede ser evacuada. Las otras capas de la estructura de capas pueden estar posicionadas en el intersticio de aislamiento térmico. De manera alternativa, las otras capas de la pared de capas múltiples pueden estar posicionadas dentro del volumen de trabajo y, por lo tanto, pueden estar en comunicación de flujo con el medio refrigerante.

20 El intersticio de aislamiento térmico puede comprender una pluralidad de pantallas que comprenden una alta capacidad de reflexión en el rango infrarrojo del espectro óptico. Cada pantalla de la pluralidad de pantallas puede comprender una estructura que no conduce corriente eléctrica al menos en una dirección longitudinal. La pluralidad de pantallas puede comprender al menos una parte de la pared continua o de la pared discontinua.

25 El intersticio de aislamiento térmico puede comprender, además, medios para absorber gas para mantener un vacío alto.

30 El criostato puede comprender medios para llenado con un gas licuado y/o medios para licuación de gas y/o medios adicionales para control de la presión de un gas vaporizado.

35 El criostato de acuerdo con una o más de las formas de realización anterior se puede utilizar en un limitador de corriente de fallo o en un transformador eléctrico, que pueden incluir un componente supraconductor.

40

45

50

REIVINDICACIONES

1.- Criostato para acondicionadote de potencia eléctrica, que comprende:

5 al menos una pared exterior (1, 3, 11);
 al menos una pared interior (2, 12, 13) que define un volumen que debe refrigerarse, y
 un intersticio de aislamiento térmico (4, 14) formado entre la al menos una pared exterior y la al menos una
 pared interior, en el que
 10 al menos una parte de la al menos una pared exterior (1, 3, 11) y/o al menos una parte de la al menos una
 pared interior (2, 12, 13) comprende una estructura de capas (5, 6, 7),
 en el que la estructura de capas comprende una capa continua (5, 15) y una capa discontinua (6, 16),
 caracterizado porque
 la capa continua (5, 15) comprende metal; y tiene una forma ondulada o una forma de zigzag o una forma
 de meandro o cualquier combinación de al menos dos de ellas.

15 2.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura
 de capas comprende una pluralidad de canales (9, 19) que se extienden entre un espacio libre (8, 18) posicionado
 entre la capa continua (5, 15) y la capa discontinua (6, 16) y el intersticio de aislamiento térmico (4, 14).

20 3.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la capa
 continua (5, 15) está formada con un exceso en una longitud en al menos una dirección longitudinal.

4.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
 la capa continua (5, 15) es flexible.

25 5.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que
 la capa discontinua (6, 16) comprende al menos un segmento (60), que comprende un material de aislamiento
 eléctrico, estando posicionado el segmento (60) para impedir el flujo de una corriente circular alrededor de dicha
 capa discontinua (6, 16).

30 6.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que
 la capa discontinua (6, 16) comprende un metal.

35 7.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que
 la capa discontinua (6, 16) comprende un estabilizador mecánico (40) acoplado mecánicamente a la capa continua
 (5, 15).

40 8.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la capa
 discontinua (6, 16) comprende un estabilizador mecánico (41, 42, 51) y formadores (40, 50) que proporcionar
 contacto mecánico al menos parcial con la capa continua (5, 15) a través de la capa de aislamiento (7, 17).

9.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el espesor (t)
 de la capa continua (5, 15) es

45
$$t = [k \cdot P \cdot R / (2 \cdot \sigma)] + g$$

en la que t (en mm) es el espesor de la capa continua, k es un coeficiente experimental en el rango desde 0,8, hasta
 2,5, P (en MPa) es una presión diferencial entre la presión de un medio ambiente que actúa sobre la pared exterior
 (1, 3, 11) y la presión de un medio refrigerado dispuesto dentro de la pared interior (2, 12, 13); R (en mm) es el radio
 50 de curvatura de la capa continua (5, 15) entre dos formadores (40, 50) adyacentes, σ (en MPa) es una tensión de
 tracción máxima que permite el material de la capa continua, y g = 0,002 mm.

10.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 9, en el
 que el estabilizador mecánico (40) comprende un aislamiento eléctrico (41) adicional dispuesto para impedir el flujo
 55 de una corriente circular alrededor de dicha estructura de capas (5, 6).

11.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el
 que la estructura de capas comprende, además, una capa de aislamiento (7, 17) dispuesta entre la capa continua (5,
 15) y la capa discontinua (6, 16).

60 12.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la capa de
 aislamiento (7, 17) proporciona aislamiento eléctrico entre la capa continua (5, 15) y la capa discontinua (6, 16).

13.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, en el que la

capa de aislamiento (7, 17) proporciona aislamiento eléctrico entre partes diferentes de la capa continua (5, 15).

14.- Criostato para acondicionadores de potencia eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que la capa de aislamiento (7, 17) esta unida a la capa continua (5, 15) y/o a la capa discontinua (6, 16).

5

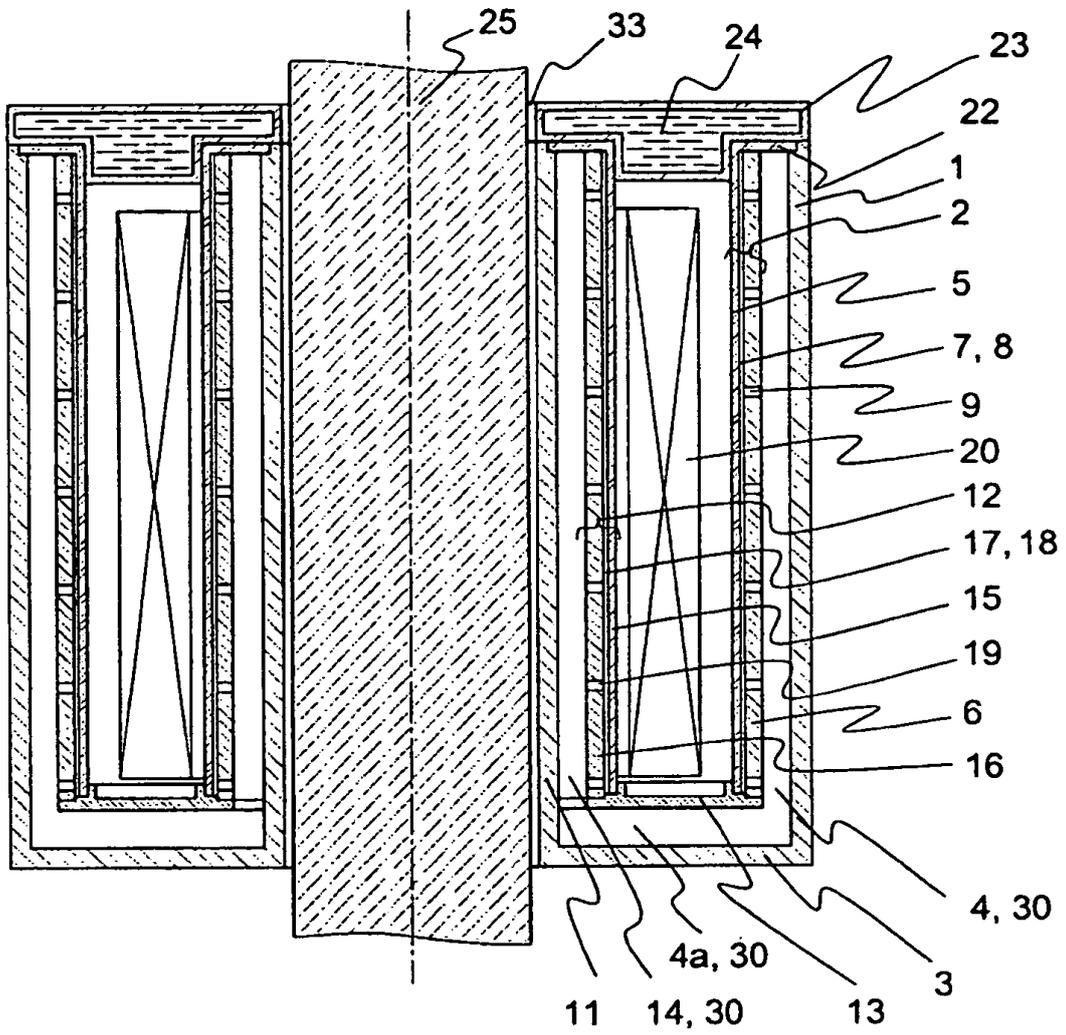


FIG. 1

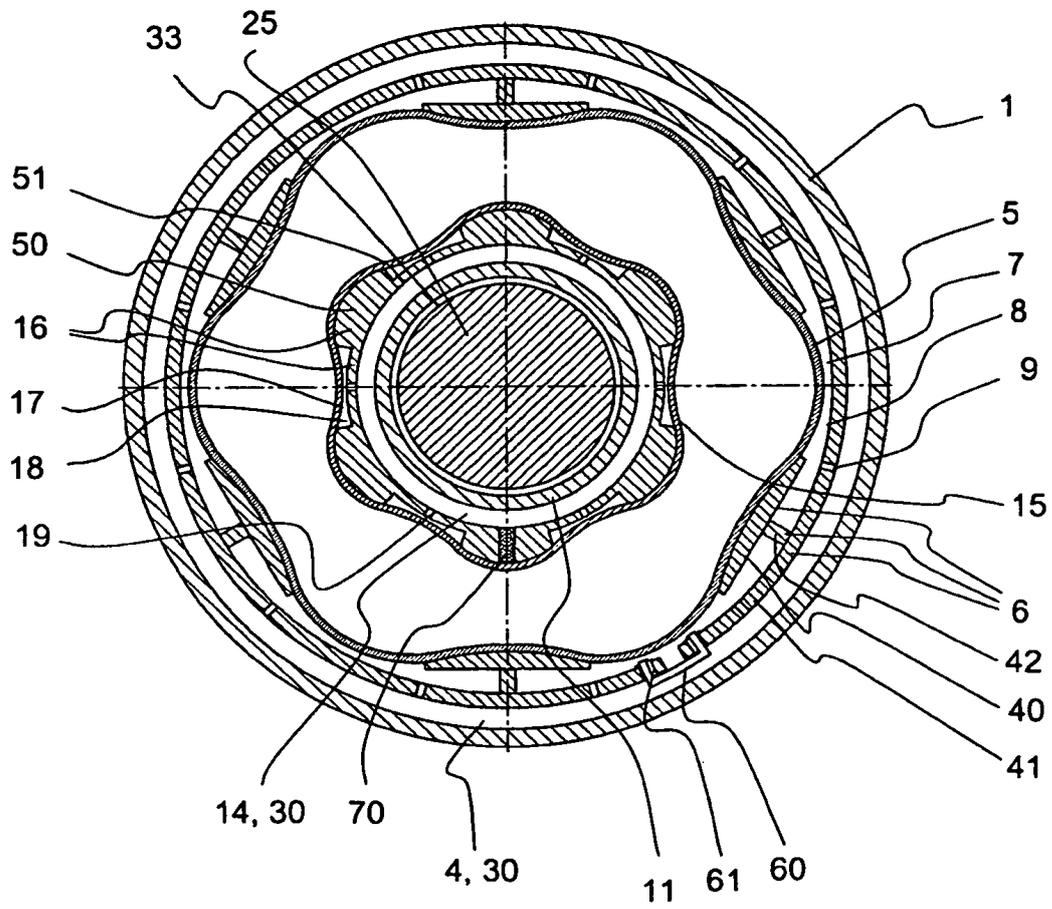


FIG. 2

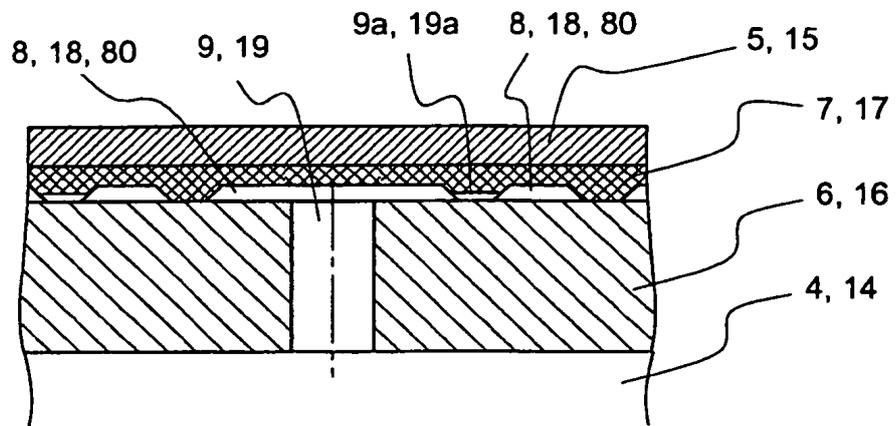


FIG. 3

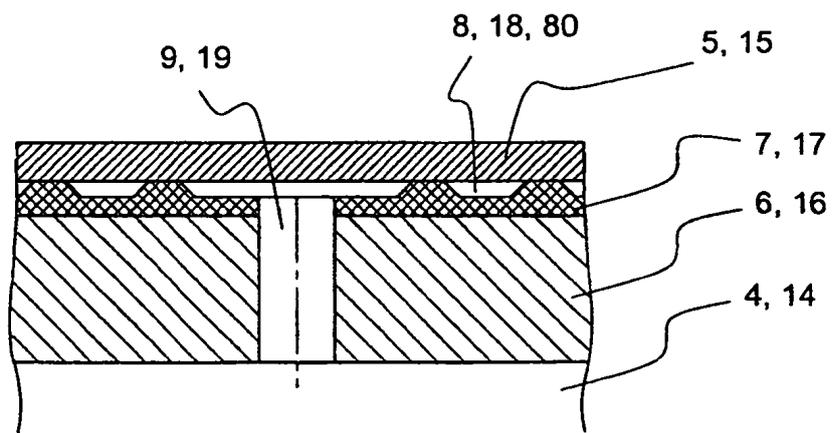


FIG. 4

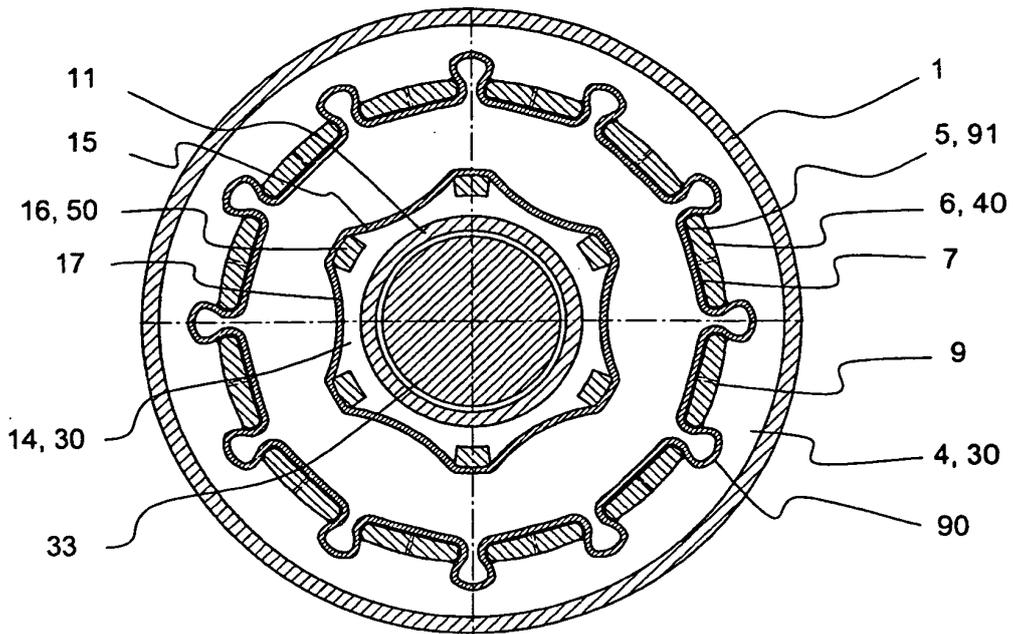


FIG. 5

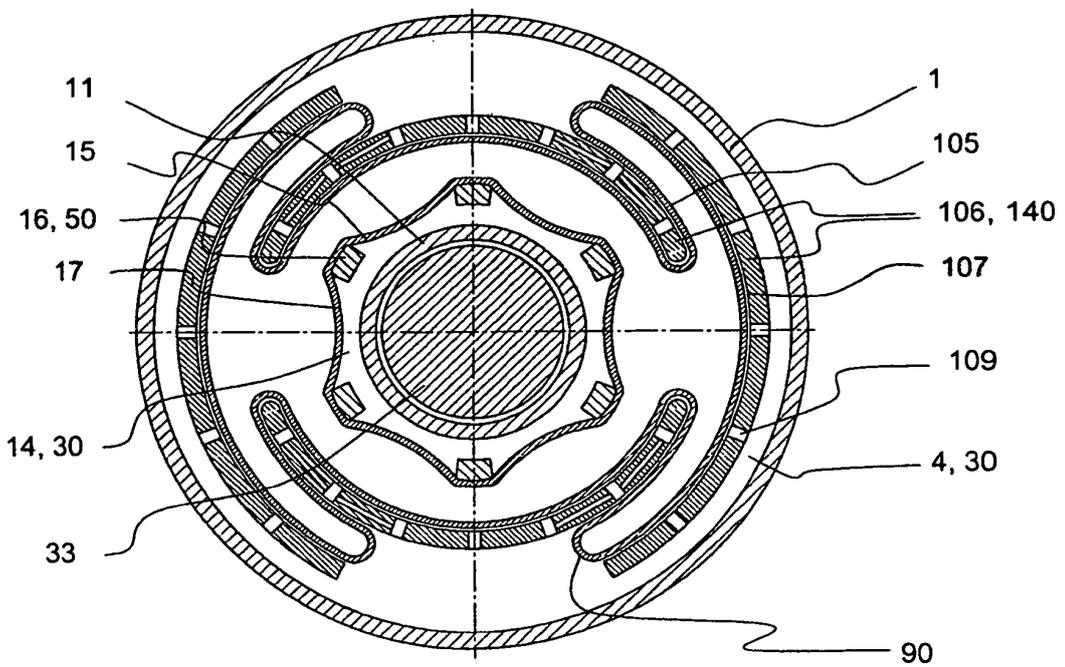


FIG. 6

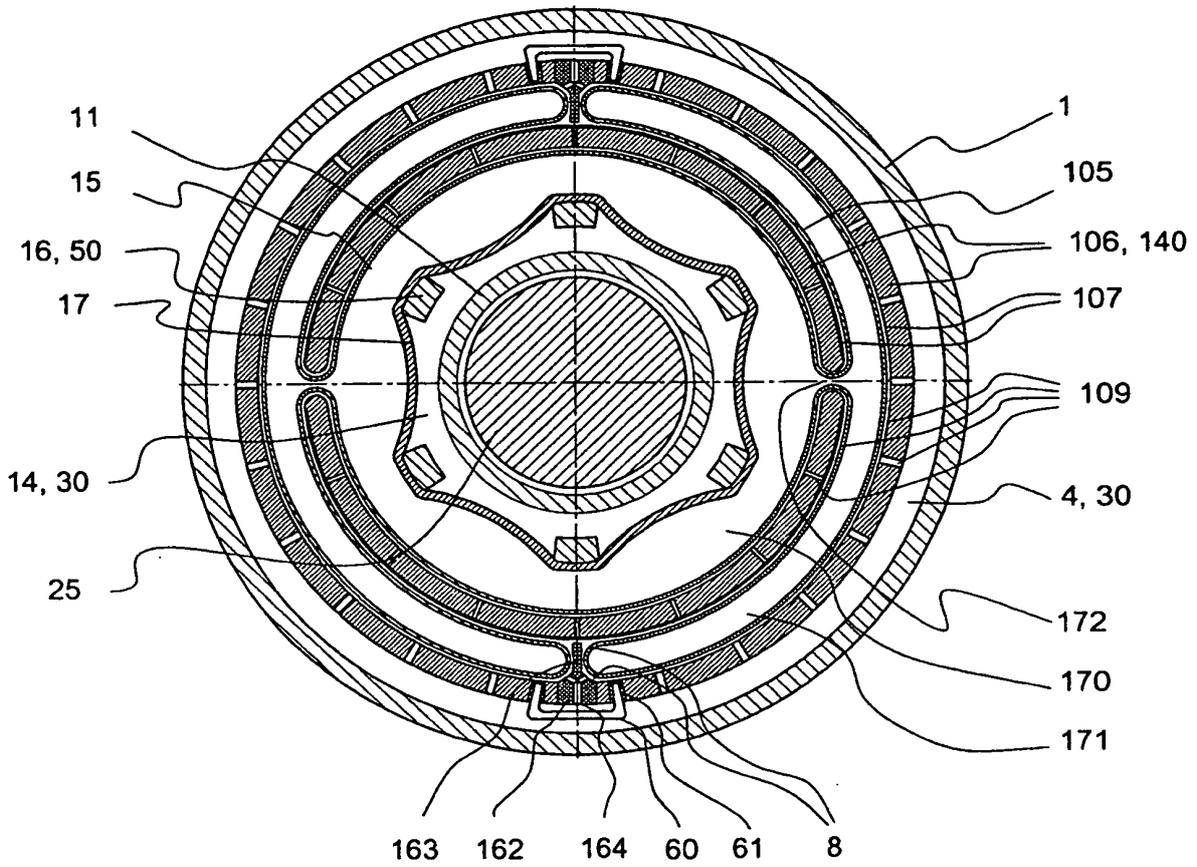
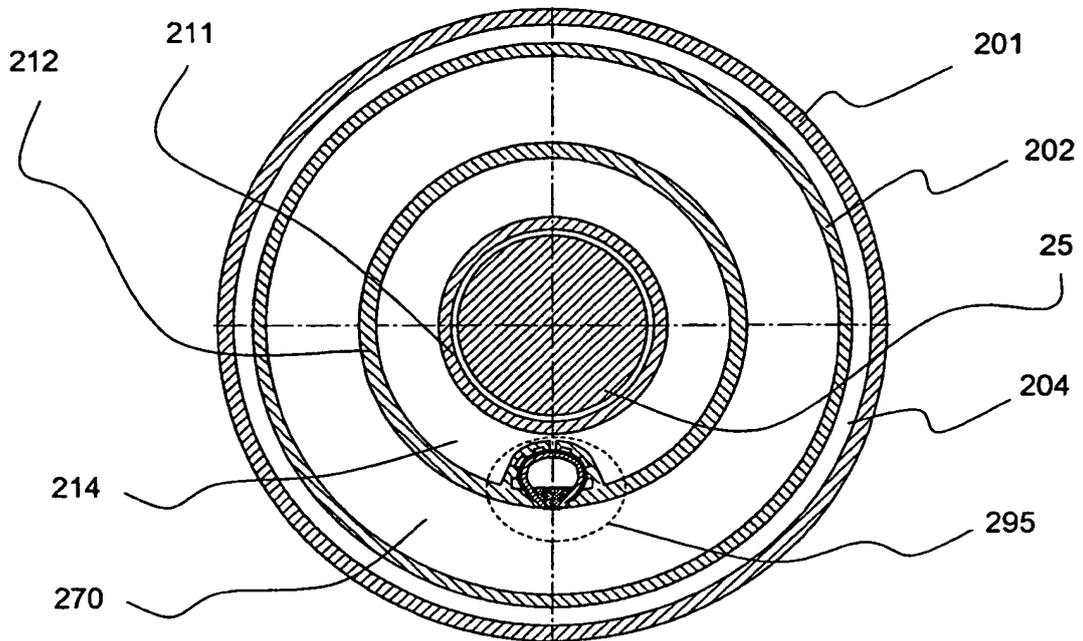


FIG. 7



insert A

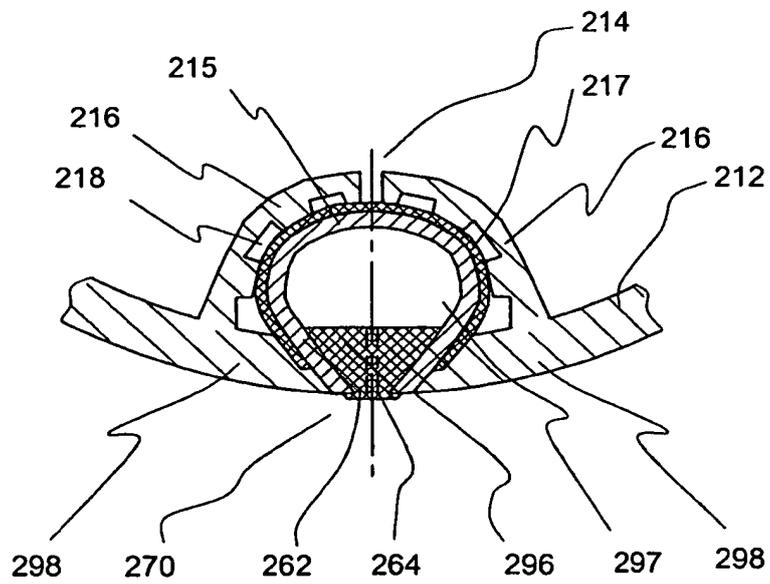


FIG. 8