

15 MAR 1954 847

PATENTE DE INVENCION  
=====

B. 3082-3.

SECCION TECNICA	
CLASIFICACION I.P.E.	
Clase	H 01
Subclase	B

# Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en circuitos supraconductores".

---

*Solicitante:* COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en: 29, rue de la Fédération, PARIS 15e, Francia.

=====

El presente invento se refiere a un circuito supraconductor que permite en particular realizar la separación de una energía eléctrica en forma de una corriente que circula por dicho circuito y crea a través de éste un campo magnético, efectuar la trans

5.



ferencia de esta energía a un circuito exterior sin pérdidas notables.

- Sabiendo es que los elementos conductores utilizados para realizar los bobinados supraconductores clásicos se constituyen habitualmente por medio de un material en forma de hilos, cables, cintas, etc., susceptibles en condiciones particulares de temperatura y de campo magnético de presentar una resistencia eléctrica prácticamente nula. De una forma general, estos bobinados son llevados a la temperatura muy baja necesaria por inmersión en un baño de gas licuado, especialmente helio líquido, efectuándose esta inmersión globalmente para el conductor eléctrico, sus aislantes y sus soportes. Esto se traduce de hecho en numerosos inconvenientes de los cuales los más importantes son los siguientes: en primer lugar, la inmersión del elemento conductor no permite siempre un enfriamiento eficaz a través de toda su masa, sobre todo si este elemento presenta una sección o un espesor notable, en razón de la densidad de corriente que ha de soportar. Por otra parte, este procedimiento de refrigeración no permite obtener una buena estabilidad térmica del elemento conductor y no puede siempre impedir transiciones locales y accidentales del material que lo constituye del estado supraconductor al estado normal. Por otra parte, las cantidades de gas licuado que han de emplearse para enfriar convenientemente un bobinado pueden resultar muy importantes en razón del volumen presentado por este último.

Para limitar en cierta medida este último inconveniente, ha sido preciso construir criostatos especiales, adaptados a la forma de cada bobinado con vistas a



- reducir el volumen de gas licuado indispensable. En este caso, no obstante, cuando las paredes del criostato se hallan demasiado próximas al bobinado, se producen eventualmente acoplamientos electromagnéticos cuyos efectos pueden resultar molestos. Asimismo, en el curso de una liberación rápida de la energía contenida en el bobinado realizada por apertura dirigida de este circuito, se generan corrientes inducidas en las paredes del criostato que provocan un calentamiento perjudicial que conduce a pérdidas importantes de frigorías. Además, la proximidad de las paredes del criostato y del bobinado puede eventualmente hacer aparecer crujidos, que ofrecen el riesgo de deteriorar la instalación. En cualquier caso, el volumen frío, que es igual al del bobinado aumentado con el del gas licuado, presenta de forma inevitable una superficie de radiación importante, que introduce pérdidas térmicas notables debidas igualmente a la convección del gas licuado al criostato. Un último inconveniente se deriva en fin de la inercia térmica considerable del procedimiento clásico de inmersión en un baño de gas licuado, teniendo en cuenta la refrigeración que haya de realizarse, no solamente para el material supraconductor, sino igualmente para los aislantes y los otros órganos o elementos anexos asociados al mismo.
5. Sabido es también que en los circuitos supraconductores utilizados más especialmente para realizar la acumulación y liberación de una energía eléctrica, es necesario aislar entre sí las espigas de los bobinados. En este caso, no puede concebirse el empleo de una funda
10. de un metal no supraconductor que, a baja temperatura, pre-
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



5. senta una resistencia eléctrica no nula y desempeña por esta circunstancia una misión aislante con respecto al propio circuito supraconductor. En efecto, los materiales aislantes más corrientemente utilizados, constituidos por materias plásticas, vidrio, ciertas fibras textiles o ciertas resinas, son simultáneamente malos conductores del calor y no permiten por tanto al baño de gas licuado enfriar eficazmente a través del aislante el propio material supraconductor.

10. El presente invento tiene por objeto un circuito supraconductor que evita los inconvenientes citados, permitiendo un enfriamiento eficaz del material supraconductor en toda su masa con pérdidas mínimas de frigorías para el fluido criogénico utilizado. Permite por otra parte prever en dicho circuito densidades de corriente muy importante, que necesitan por lo mismo un aislamiento eléctrico extremadamente eficaz entre las espiras de los arrollamientos o bobinados de este circuito y que, en razón de la naturaleza de los materiales clásicos susceptibles de realizar este aislamiento, impedirían en las soluciones anteriores la refrigeración conveniente del material supraconductor por parte del fluido criogénico que baña exteriormente dicho aislante.

15. 20. 25. 30. Conocido es por otra parte el sistema de realizar conductores de transporte de energía utilizando las propiedades de supraconductividad y cuya refrigeración se efectúa mediante una circulación interna de fluido refrigerante, helio líquido por ejemplo. Esta disposición no puede ser aplicada a un dispositivo de almacenamiento de energía en el cual deba cerrarse el circuito, lo cual



no permite realizar esta circulación.

El presente invento permite resolver este problema y liberarse de los inconvenientes citados anteriormente.

A tal respecto, el circuito supraconductor establecido de acuerdo con el invento se caracteriza por el hecho de que comprende al menos un arrollamiento de un elemento conductor de material supraconductor, provisto exteriormente de una cubierta aislante eléctrica, presentándose dicho elemento en forma de un tubo hueco continuo en el cual circula, por las inmediaciones de dicho material supraconductor, un fluido de refrigeración, y un órgano de enlace eléctrico de los extremos de dicho elemento, que conecta dichos extremos por su superficie exterior desprovista de cubierta dejando independientes la entrada y la salida de dicho fluido de refrigeración en dicho elemento.

En tal circuito, en el que los extremos del elemento conductor se mantienen en contacto por su superficie exterior y son así llevados al mismo potencial eléctrico, se realiza una separación total de la parte eléctrica propiamente dicha y de la parte reservada a la puesta en temperatura conveniente del material supraconductor, gracias a la circulación en el interior mismo del elemento conductor del fluido de refrigeración.

Preferentemente los extremos de dicho circuito van unidos a un generador autónomo de fluido de refrigeración. Además, dichos extremos se hallan con preferencia conectados por un empalme eléctrico constituido por dos semi-conchas unidas y soldadas de un metal buen conductor de la electricidad.

Gracias a esta disposición particular, el elemen



- to conductor de material supraconductor puede estar provisto exteriormente, sin ningún inconveniente, de una cubierta de un aislante eléctrico cuyo espesor puede ser tan importante como lo exijan las condiciones de utilización, siendo con preferencia este aislante eléctrico un excelente aislante térmico. En efecto, en este caso, la cubierta aislante preserva eficazmente la superficie exterior del elemento conductor contra las disipaciones eventuales de las frigorías haciendo casi imposibles los cambios térmicos con el medio exterior. La refrigeración del material supraconductor puede por tal circunstancia efectuarse de una manera más completa y más uniforme a todo lo largo del elemento conductor, cuya estabilidad térmica se encuentra también notablemente incrementada.
5. Preferentemente, la circulación del fluido de refrigeración en el interior del elemento conductor es una circulación forzada, proviniendo el fluido de un generador criogénico conectado a los extremos de dicho elemento.
10. Las ventajas del procedimiento según el invento se ponen inmediatamente de manifiesto: la cantidad de fluido de refrigeración que se desliza en contacto directo ó a proximidad del material supraconductor que ha de enfriarse puede ser considerable, en circulación forzada particularmente. Este efecto se acusa todavía más si el fluido utilizado es helio líquido que presenta propiedades de suprafluidez a las temperaturas inferiores a  $2,2^{\circ}$  K aproximadamente. En particular, si el helio está a  $1,85^{\circ}$  K, las densidades respectivas de la parte normal y de la parte suprafluida son iguales y se hace por tanto
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



posible obtener condiciones óptimas de refrigeración.

Además, es posible actuar igualmente no solo sobre el caudal del fluido sino sobre la presión y temperatura respectivas, en particular para realizar una regulación precisa

5. de la temperatura del material supraconductor. Por otra parte, las disposiciones del invento permiten, gracias a su rapidez de aplicación, acelerar ó reducir de forma instantánea la puesta en frío del supraconductor, así como establecer un régimen permanente de escasa potencia ó modificar la velocidad de temperatura.
- 10.

Otra ventaja se deriva del hecho de que el elemento conductor de material supraconductor se utiliza así

15. en las mejores condiciones puesto que todas las espiras del arrollamiento son enfriadas individualmente en toda su masa y de forma idéntica una a la otra, sea cual fuere su posición en este arrollamiento. Por otra parte, las piezas accesorias eventuales (soportes, interruptores.,) que deben ser enfriadas al mismo tiempo que el supraconductor, se reducen en la mayor medida puesto que la refrigeración concierne esencialmente a la parte útil del elemento conductor, es decir, el material supraconductor bajo su cubierta aislante exterior. La cantidad de fluido criogénico necesario puede hacerse además mínima puesto
20. que el volumen que ha de enfriarse es en sí limitado; esto se traduce en una economía importante sobre el consumo de este fluido.
- 25.

30. Por último, en un circuito supraconductor según el invento, los elementos conductores o más generalmente los arrollamientos constituidos con éstos pueden disponerse fácilmente en un recinto puesto eventualmente al vacío



- y cuyas paredes se hallan alejadas de estos arrollamientos, sin que estas disposiciones llevan a aumentar el consumo del fluido de refrigeración. En efecto, en razón del vacío, las superficies frías radiantes son directamente las de los bobinados recubiertos de material aislante eléctrico y térmico y no las paredes del recinto, de superficies mucho más importantes que las de este bobinado. Ventajosamente, puede utilizarse el mismo fluido criogénico para enfriar pantallas térmicas convenientemente dispuestas entre los bobinados y las paredes, a fin de reducir también el flujo de calor que viene del exterior. De cualquier modo, las pérdidas criogénicas que se producen habitualmente por convección del fluido de refrigeración entre las partes frías y calientes de las instalaciones son así totalmente evitadas.
- 5.
- 10.
- 15.

Naturalmente pueden preverse diversas variantes de realización para la fabricación de los elementos conductores de material supraconductor que realizan los circuitos considerados.

- 20.
- 25.
- 30.
- En una primera variante, dicho elemento posee la forma de un tubo hueco de material supraconductor, revestido exteriormente con una cubierta aislante eléctrica y térmica y cuya superficie interna se halla en contacto con una funda cilíndrica de un metal de elevado coeficiente de conductividad térmica, delimitando dicha funda un canal axial reservado a la circulación del fluido de refrigeración. La presencia de esta funda conductora presenta en particular la ventaja de mejorar la estabilidad térmica del elemento; en efecto, el fluido de refrigeración que se desliza por el canal axial está en contacto



- permanente con un material buen conductor que reparte uniformemente las frigerías hacia el material supraconductor y facilita la evacuación del calor liberado por el metal de la funda interna en caso de transición local y accidental del supraconductor. Otra ventaja se deriva además del hecho de que, en esta forma de realización, el tubo de material supraconductor realiza una distribución uniforme en una zona en que la inducción magnética producida por la corriente que la recorre durante el funcionamiento es mínima y notablemente inferior a la que habría que tomar en consideración si este material se concentrase en sí mismo para presentarse en forma de un hilo ó de un cable macizo. Por otra parte, la funda interna de metal de coeficiente de conductividad térmica elevada se encuentra constantemente en una zona únicamente sometida a la inducción magnética de penetración que atraviesa el tubo de material supraconductor. En efecto, estando localizada la corriente en el tubo periférico supraconductor, se sabe, según la ecuación de Maxwell-Ampere, que la inducción magnética es teóricamente nula en el interior de este tubo. Sin embargo subsiste una débil inducción magnética denominada de penetración debido al hecho de la inducción de las corrientes vecinas en capas delgadas cuya resistencia eléctrica no es rigurosamente nula. Esta inducción de penetración es de por sí muy escasa y limita otro tanto la magneto-resistencia de esta funda que es a su vez utilizada en este caso en condiciones óptimas.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

- En otra variante de realización, el elemento conductor está constituido por un tubo hueco de material supraconductor, revestido exteriormente por un aislante tér-
- 30.



- mico y que rodea un núcleo macizo de un metal de elevado coeficiente de conductividad térmica, presentando dicho núcleo una serie de cavidades paralelas reservadas a la circulación del fluido de refrigeración. En este caso, estas cavidades ofrecen al fluido una mayor superficie de contacto con el metal buen conductor que está envuelto por su parte por el tubo de material supraconductor. Además, estas cavidades permiten circulaciones variables y en particular de sentido inverso en cavidades contiguas.
- 5.
10. Bien entendido, innecesario es decir que, sea cual fuere la variante de realización utilizada, los elementos conductores utilizados para constituir un circuito supraconductor según el invento pueden obtenerse por métodos de fabricación ó de trabajo de por sí clásicos, especialmente por co-trefilado, co-estirado ó por medio de depósitos sucesivos sobre un elemento tubular inicial de materiales por evaporación al vacío, pulverización catódica (sputtering) ó por proyecciones por sopletes de plasma, ó bien por vía electrolítica ó química, o incluso en fin por combinación de estos diferentes métodos. Los materiales supraconductores pueden estar constituidos por aleaciones a base de nobio y titanio, ó de nobio y circonio, o por compuestos tales como  $Nb_3Sn$ , ó más generalmente por cualquier otro material con propiedades supraconductoras, que se preste a la aplicación de los procedimientos de fabricación mencionados. La cubierta de aislamiento eléctrico y térmico que rodea exteriormente el material supraconductor puede estar constituida por cualquier material clásico, que presente únicamente la propiedad de no deteriorarse a baja temperatura ó como consecuencia de las
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



15 MAR

5. variaciones sucesivas de temperatura, pudiendo colocarse este material según cualquier técnica conocida semejante a las previstas para realizar el aislamiento de los conductores eléctricos clásicos. Por último, debe entenderse que el elemento conductor de material supraconductor puede presentar una sección cualquiera, circular ó nó, tanto exterior como interiormente.

10. Las diversas características y variantes de realización anteriores se evidencian más explícitamente a través de la descripción que sigue de varios ejemplos, facilitados a título indicativo y no limitativo.

En los planos anexos:

15. La fig. 1, ilustra un circuito supraconductor según el invento, más particularmente adaptado al almacenamiento y después a la liberación de una energía eléctrica hacia un circuito exterior por medio de conexiones eléctricas directas;

20. Las figs. 2, 3 y 4, son vistas en perspectiva de elementos conductores de material supraconductor provistos exteriormente de una cubierta aislante que pueden en particular ser utilizados para la realización del circuito según la figura 1;

25. Las figs. 5 y 6, ilustran a mayor escala el detalle del enlace eléctrico realizado en el circuito según la figura 1, por una parte entre los extremos de este circuito, y por otra parte entre dos secciones cualquiera del elemento conductor; y

30. La fig. 7, es un esquema de principio de otro circuito en el cual se efectúa la introducción y después la liberación de una energía eléctrica sin enlaces direc-



15

tos con dicho circuito.

- La figura 1, representa un circuito supraconductor formado por un arrollamiento ó bobinado 10 de un elemento conductor 11 formado por un tubo de material supraconductor, cubierto exteriormente por un aislante eléctrico y eventualmente provisto interiormente de una funda hueca ó de un núcleo de un metal buen conductor del calor y de la electricidad que delimita uno o varios canales de circulación para un flúido de refrigeración del tubo supraconductor. Así pues, y según la figura 2, este elemento conductor 11 puede comprender un tubo 1 de un material supraconductor apropiado, en contacto por su superficie interna con un segundo tubo 2 de un material que presenta un coeficiente de conductividad termica elevado, tal como el cobre en particular. Este tubo 2 delimita interiormente un canal axial 3, reservado a la circulación de un flúido de refrigeración, en particular helio líquido, destinado a llevar el tubo 1 por debajo de su temperatura crítica en que aparecen las propiedades supraconductoras. El elemento conductor 11 comprende por otra parte una capa exterior 4 de un material aislante eléctrico y térmico que rodea el tubo 1 y lo protege con respecto a la atmósfera exterior.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- En la variante representada en la figura 3, se encuentra una disposición análoga a la que se prevé en la figura 2, con los diferentes tubos coaxiales 1, 2 y 4. No obstante, en esta variante el tubo de material supraconductor 1 se halla revestido a su vez por un espesor 5 de un material buen conductor, que puede ser idéntico al material del tubo 2. Esta capa 5 se destina en particular a
- 25.
- 30.



- facilitar la conexión eléctrica eventual entre varios sectores de elemento conductor por soldadura u otro procedimiento clásico en puntos no revestidos de la capa aislante 4, como se precisará más adelante en relación con la figura 6. Bien entendido, se podrían prever igualmente otras variantes de realización que emanasen directamente de las anteriores, en que el elemento conductor 11 estaría constituido por una serie de capas alternas de material supraconductor y de metal buen conductor del calor y de la electricidad, estando el conjunto exteriormente rodeado por una cubierta aislante de protección.
- 5.
- 10.

- En la variante representada en la figura 4, el tubo supraconductor 1, provisto de su cubierta aislante 4, comprende interiormente un núcleo macizo 6 de un metal de elevado coeficiente de conductividad térmica. Este núcleo comprende una serie de cavidades 7, paralelas entre sí y reservadas a la circulación de un fluido de refrigeración del tubo supraconductor. Eventualmente, estas cavidades pueden ser recorridas por circulaciones de sentido inverso.
- 15.
- 20.

- El elemento 11 realizado según una cualquiera de las variantes citadas está enrollado sobre un cuerpo de carrete aislante 12, realizado con fibras de vidrio embebidas en una resina, y que va a dar por uno de sus extremos 13 a una pieza de empalme 14 con otro conductor de la misma estructura 15, unido a uno de los bornes de un interruptor supraconductor 16. La pieza de empalme 14 está con preferencia constituida por un collarín de ajuste metálico, en particular de cobre eventualmente soldado al indio sobre el extremo 13 en una zona del elemento conduc
- 25.
- 30.



tor desprovista de su envoltura aislante, ó bien reforzado mecánicamente por una armadura de acero inoxidable que efectúa el bloqueo del collarín. Sobre esta pieza de empalme 14 se fija por soldadura, antes del montaje, un hilo ó cable 17 de conexión. El interruptor supraconductor 16 comprende un arrollamiento exterior eléctrico 18 que permite, de forma conocida, dirigir la apertura ó el cierre eléctrico de este interruptor, realizando la transición del estado supraconductor al estado normal ó a la inversa del material que lo constituye. Este interruptor se realiza, como el conductor 11, por medio de un elemento tubular ó capa supraconductora, en el cual circule libremente el fluido de refrigeración.

Con esta disposición, y para una corriente determinada que circule por la capa supraconductora según líneas de corrientes paralelas al eje del cilindro formado por esta capa, se observa que la inducción que es inversamente proporcional al radio de la capa es en este caso mucho más débil que si el material supraconductor que constituye la capa fuera recogido para constituir un cilindro macizo y en particular un hilo ó un cable. Es por tanto posible hacer pasar por la capa supraconductora de este interruptor corrientes mucho más elevadas, siendo la densidad de corriente crítica tanto mayor cuanto más débil es la inducción magnética.

La refrigeración del supraconductor se efectúa además sobre una capa de gran superficie y de reducido espesor, lo que le hace más eficaz. Por otra parte, el tubo de material aislante que recubre exteriormente la capa supraconductora constituye otro elemento estabilizador,

15 MAR 1969

- gracias a su inercia térmica. Por último, en un interruptor de este tipo todos los puntos de la capa supraconductora son sometidos simultáneamente a una inducción magnética de igual valor, lo que permite al material trabajar en todas partes en las mismas condiciones. De ello se deriva la posibilidad de efectuar transiciones rápidas, uniformes y totales del interruptor, permitiendo alcanzar la resistencia eléctrica normal máxima con una distribución uniforme del campo eléctrico a lo largo de la capa durante la transición, sin riesgos de crujiidos ó de destrucciones en el curso de la conmutación cuando se ponen en juego energías eléctricas importantes.
- 5.
- 10.

- Por su segundo borne, opuesto al unido al conductor 15, el interruptor 16 se halla unido a un conductor 19 de igual estructura general que el elemento 11 y que atraviesa una segunda pieza de empalme 20, con el segundo extremo 21 del elemento conductor 11. Esta pieza de empalme 20 se realiza con preferencia por medio de dos semi-coquillas 20a y 20b de un metal que presenta una muy escasa resistividad eléctrica tal como en particular el cobre, estando estas coquillas eventualmente reforzadas por una armadura externa. En el interior de estas coquillas ajustadas una contra la otra, los conductores 19 y 21 se hallan en estrecho contacto por su superficie exterior, que en este lugar está desprovista de cubierta aislante.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.
- Además, sobre una de las coquillas de la pieza de empalme se une por soldadura, antes del montaje un hilo ó cable 22, parecido al cable 17 y que permite unir eléctricamente el circuito del elemento conductor 11 a un circuito exterior (no representado). Los dos conductores 19 y 21, a



su salida de la pieza de empalme, comprenden terminaciones 23 y 24 que permiten acoplarlos mecánicamente a una instalación de bombeo autónoma que realiza en el conjunto del circuito la circulación necesaria del fluido de refrigeración.

5.

Por último el conjunto de la pieza de empalme 20 se halla revestida exteriormente por una capa conveniente 20c (figura 5) de un material aislante eléctrico y térmico que puede ser análogo ó diferente del que constituye el revestimiento exterior 4 del elemento conductor 11, a fin de asegurar la continuidad del aislamiento del circuito evitando las pérdidas de frigorías que se producirían a través del metal de la pieza de empalme en ausencia de tal capa aislante.

10.

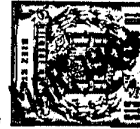
15.

Por otra parte, y sea cual sea la variante de realización adoptada para el elemento conductor 11 que forma el bobinado 10, y en particular cuando el largo total del elemento conductor es importante, puede ser necesario efectuar varios empalmes intermedios sobre el circuito supraconductor. A tal efecto, y como se representa en la figura 6, se pueden conectar los extremos 25 y 26 de dos sectores supraconductores próximos realizando en sus zonas de contacto una soldadura 27 al indio en particular, rodeándose a continuación éstos dos extremos por medio de un manguito común 28 de metal buen conductor, conforme a las disposiciones ya mencionadas. La soldadura 27 tiene por misión asegurar la continuidad del circuito reservado al paso del fluido de refrigeración, en tanto que el manguito 28 asegura la continuidad eléctrica de este mismo circuito.

20.

25.

30.



Desde el punto de vista eléctrico, el circuito constituido por el elemento conductor 11 y el interruptor 16 se halla cerrado sobre si mismo. Las piezas de empalme 14 y 20 no afectan de ninguna forma la integridad de este circuito que puede unirse mediante las conexiones 17 y 22 a un circuito exterior que permita, bien sea introducir en el bobinado 10 una energía eléctrica por captación de una corriente determinada, ó bien recuperar cierta energía. El procedimiento utilizado a este respecto es clásico y consiste en abrir o cerrar eléctricamente el interruptor 16 haciendo transitar el material supraconductor que lo constituye, conéctándose en este caso el circuito exterior en derivación sobre el bobinado 10 por las piezas de empalme 14 y 20 y las conexiones 17 y 22. En cambio, cuando se cierra el interruptor 16, estas piezas de empalme de metal no supraconductor no introducen más que una débil resistencia en el circuito supraconductor.

En otra variante de realización del circuito supraconductor según el invento, de la cual la figura 7, ilustra un esquema de principio, se realiza la introducción y después la liberación de una energía eléctrica en el bobinado 10 sin efectuar conexiones eléctricas directas entre este circuito supraconductor y los circuitos de carga y de utilización asociados, en particular suprimiendo pura y simplemente los conductores 17 y 22 previstos en la forma de realización de figura 1.

A tal efecto, pueden concebirse diversos métodos y más particularmente el descrito en la patente francesa 1 522 300, efectuando el montaje en el circuito de un se-



- gundo interruptor supraconductor 29, con preferencia análogo al interruptor 16 ya mencionado. En los bornes de este interruptor 29, el circuito comprende una derivación 30 compuesta por un arrollamiento de acoplamiento 31 y un tercer interruptor 32. El arrollamiento de acoplamiento 31 va asociado a un segundo arrollamiento 33 para constituir un transformador supraconductor. En estas condiciones, y conforme a las disposiciones explicadas en la patente citada anteriormente, es posible realizar por aperturas y cierres combinados y sucesivos de los interruptores 29 y 32 la introducción en el circuito supraconductor y en particular en el bobinado 10 de una corriente eléctrica que se mantiene en este circuito sin pérdidas de energía. Para proceder a la liberación posterior de esta energía, puede acoplarse además por inducción al bobinado 10 un arrollamiento exterior 34, presentando este último espiras convenientemente asociadas y con preferencia intercaladas con las del bobinado supraconductor 10. En particular, podría utilizarse una cualquiera de las configuraciones previstas en la patente española 343 174 depositada el 19 de julio de 1967.
- 5.
  - 10.
  - 15.
  - 20.

- En cualquier caso, el circuito supraconductor constituido por el elemento 11 posee sus extremos unidos por la pieza de empalme 20 que realiza únicamente el enlace eléctrico de la manera ya indicada, dejando independientes éstos extremos desde el punto de vista de la circulación del fluido de refrigeración. El largo de la pieza de empalme 20 debe ser suficiente para evitar, por una parte que se deslicen a través de las superficies que pone en contacto (las dos coquillas y los elementos conduc-
- 25.
  - 30.



- tores 19 y 21) densidades de corriente que podrían conducir a una elevación local de temperatura con el riesgo de implicar la transición del material supraconductor de estos elementos y, por otra parte, para que la resistencia eléctrica presentada por este empalme sea suficientemente débil para que la constante de tiempo de descarga de la energía almacenada en el bobinado 10 sea suficientemente larga antes del tiempo durante el cual se desee conservar la energía acumulada. Conviene en efecto que la pérdida de energía que se deriva en la resistencia de contacto de la pieza de empalme sea insignificante; si es necesario, las dos semi-coquillas que efectúan el empalme de los elementos conductores 19 y 21 pueden a su vez estar constituidas, lo mismo que los otros elementos del circuito, por medio de capas alternas de metal buen conductor y de material supra-conductor a fin de eliminar el trayecto recorrido por la corriente en materiales no supraconductores. Además, estas coquillas pueden ó no estar soldadas al indio sobre los elementos conductores 19 y 21, pudiendo efectuarse estas soldaduras a una temperatura suficientemente baja para no implicar una degradación de las partes supra conductoras.

- En cambio, desde el punto de vista criogénico, el circuito constituido por el elemento conductor 11, el interruptor 16 y las piezas de empalme 14 y 20, realiza una ó varias canalizaciones continuas para la circulación de un fluido de refrigeración que penetra en el circuito por la terminación 23 y que sale por la terminación 24.

- En estas condiciones, gracias a la pieza de empalme 20 que une estrechamente por sus superficies en con



tacto los elementos conductores 19 y 21, dejándolos con todo independientes en lo que respecta a la circulación del fluido de refrigeración, los extremos del circuito se mantienen con carácter permanente al mismo potencial eléctrico sea cual fuera el estado del circuito, abierto ó cerrado, totalmente supraconductor ó en transición total ó local.

5.

En ningún caso puede el fluido de refrigeración crear cortocircuitos que den lugar a choques eléctricos entre el bobinado 10 y la instalación de bombeo exterior (no

10.

representada), conectada a las terminaciones 23 y 24 para permitir la circulación, eventualmente en régimen forzado, del fluido de refrigeración. En cambio, en el ejemplo de realización representado en la figura 1, es incluso posible unir la pieza de empalme 20 por la conexión 22 a la

15.

masa, y después unir sin riesgo las terminaciones 23 y 24 a una instalación del género mencionado anteriormente, lo cual permite un funcionamiento correcto sean cuales fueren las tensiones desarrolladas entre las piezas 14 y 20 en el curso de la liberación de la energía acumulada en el bobinado 10.

20.

Bien entendido, es innecesario decir que el invento no se limita a los únicos ejemplos descritos y representados, sino que abarca por el contrario todas las variantes. En particular, el conjunto del montaje podría aislarse exteriormente por medio de un espesor suficiente de un material aislante apropiado, que permita eliminar cualquier recinto de acondicionamiento, teniendo el material aislante su superficie externa directamente en contacto con el aire ambiente y siendo suministrado el fluido de refrigeración por un generador autónomo. Además,

25.

30.



podrían considerarse otras variantes, en particular para la realización de los circuitos de transformadores supraconductores, y para la construcción de los montajes conocidos bajo el término de bombas de flujo que permiten introducir energía en un bobinado supraconductor cualquiera.

5. Por último, podría igualmente realizarse en los extremos del elemento conductor desprovistos de cubierta aislante una soldadura directa evitando en tal caso el empleo de las dos semi-coquillas metálicas citadas anteriormente.

10.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental; también se hace constar que el invento se refiere a solicitudes de patente presentadas en Francia, con fecha 15 de marzo de 1968, las dos, y números 143.930 y 143.931 respectivamente, acogiéndose por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: "Perfeccionamientos en circuitos supraconductores"; caracterizándose por lo siguiente:

15.

20.

25.

1.- Perfeccionamientos en circuitos supraconductores, caracterizados porque dichos circuitos comprenden al menos un arrollamiento de un elemento conductor de material supraconductor, provisto exteriormente de una cubierta aislante eléctrica, presentándose dicho elemento en forma de un tubo hueco continuo en el cual circula en

30.



5. las inmediaciones de dicho material supraconductor un fluido de refrigeración, y un órgano de enlace eléctrico de los extremos de dicho elemento, que empalma dichos extremos por su superficie exterior desprovista de cubierta dejando independientes la entrada y salida de dicho fluido de refrigeración en dicho elemento.

10. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dichos circuitos comprenden al menos un interruptor supraconductor montado en serie, que presenta la forma de un tubo hueco en el cual circula igualmente el fluido de refrigeración.

15. 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho elemento conductor posee la forma de un tubo hueco de material supraconductor, revestido exteriormente con una cubierta de un aislante eléctrico y térmico y cuya superficie interna se halla en contacto con una funda cilíndrica de un metal de elevado coeficiente de conductividad térmica, delimitando dicha funda un canal axial reservado a la circulación del fluido de refrigeración.

20. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque dicho elemento conductor se constituye por medio de un conjunto de capas alternas de material supraconductor y de metal de elevado coeficiente de conductividad térmica.

25. 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho elemento conductor comprende un tubo hueco de material supraconductor, revestido exteriormente de un aislante eléctrico y térmico que rodea un núcleo macizo de un metal de elevado coeficiente de conduc

30.



tividad térmica, presentando dicho núcleo una serie de cavidades paralelas reservadas a la circulación del fluido de refrigeración.

5. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho elemento posee la forma de un tubo hueco de material supraconductor recubierto exteriormente de una funda metálica que permite la realización de empalmes mecánicos entre sectores conductores contiguos.

10. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho órgano de enlace eléctrico de los extremos de dicho elemento conductor se constituye por medio de dos semi-coquillas de un metal de escasa resistividad eléctrica, unidas una contra la otra aplicando uno contra el otro dichos extremos.

15. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque el conjunto formado por dichas semi-coquillas es cubierto por una funda aislante.

20. 9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el órgano de enlace eléctrico se constituye por una soldadura del material supraconductor sobre dichos extremos desprovistos de cubierta aislante.

25. 10.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1,- caracterizados porque los extremos de dicho elemento conductor se unen a un generador autónomo de fluido de refrigeración.

11.- Perfeccionamientos en circuitos supraconductores; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria y en los adjuntos dibujos.

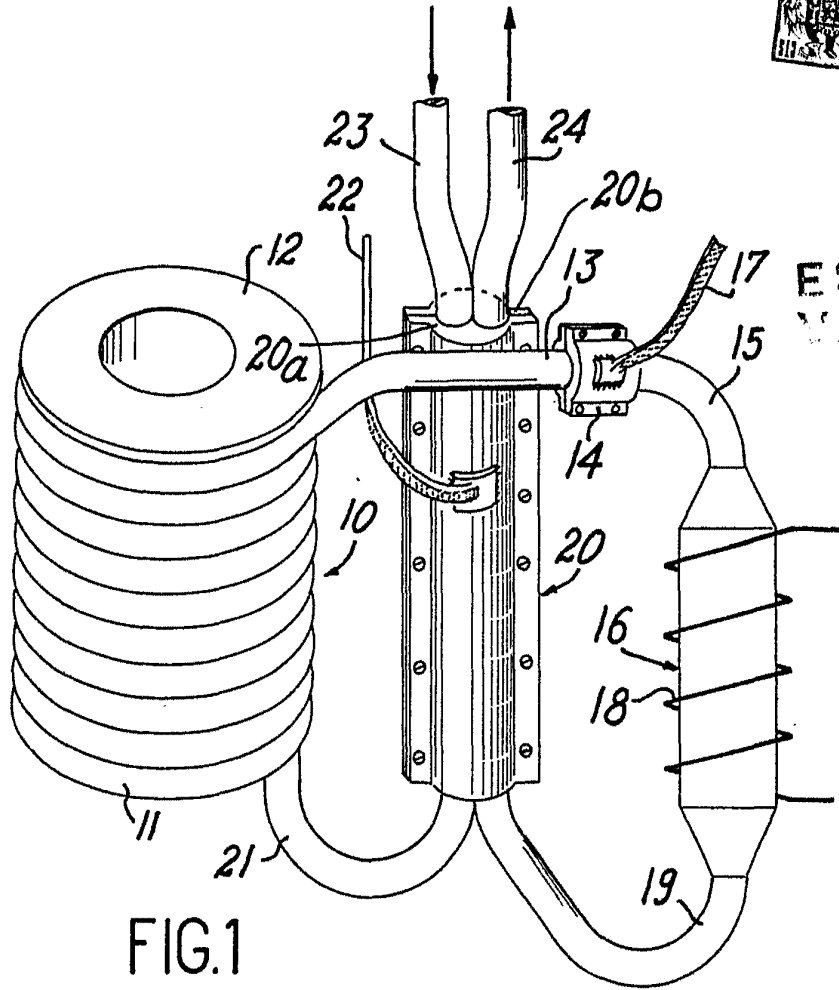


Esta memoria consta de veinticuatro hojas escritas a máquina, por una sola cara.

Madrid,

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

GOMEZ J. ...  
D.º. Firmado: F. ...



ESCALA  
VARIABLE

FIG. 1

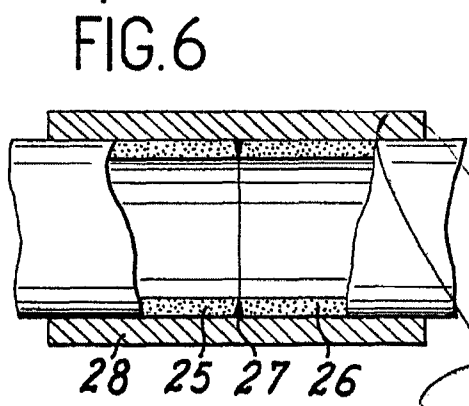


FIG. 6

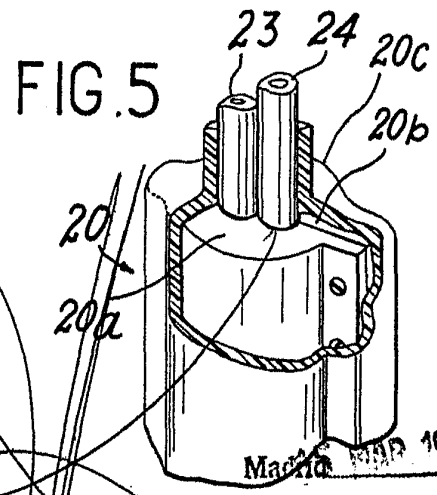


FIG. 5

Machia MAR 1960

J. GONZALEZ SANCHEZ  
Ingeniero de Minas y Geología

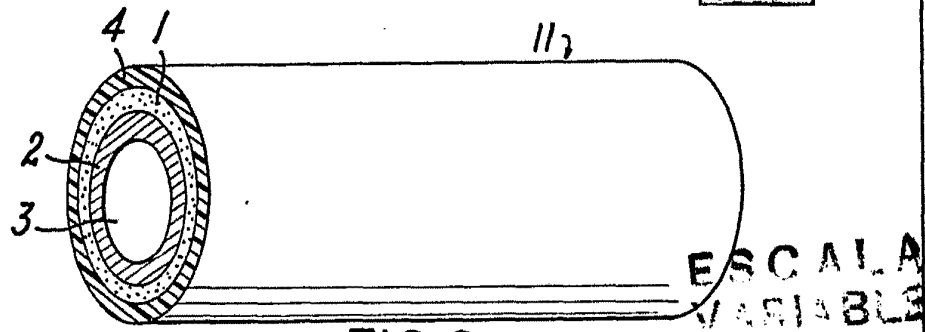


FIG. 2

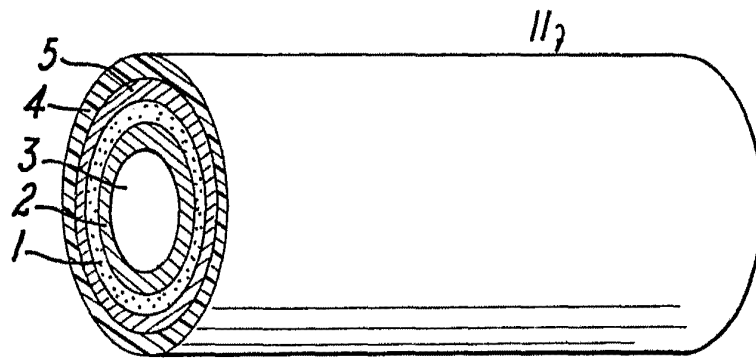


FIG. 3

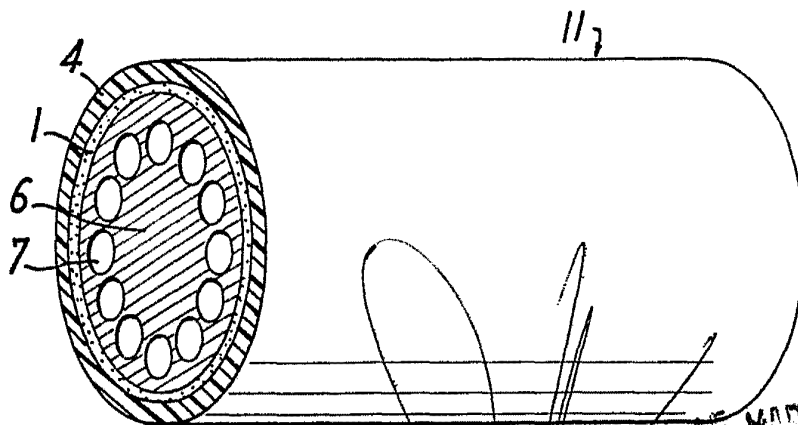


FIG. 4

15 MAR 1950  
Madrid

J. GOMEZ ACEBO Y MOLINA  
c. E. Gómez Acebo y Molina



ESCALA VARIABLE

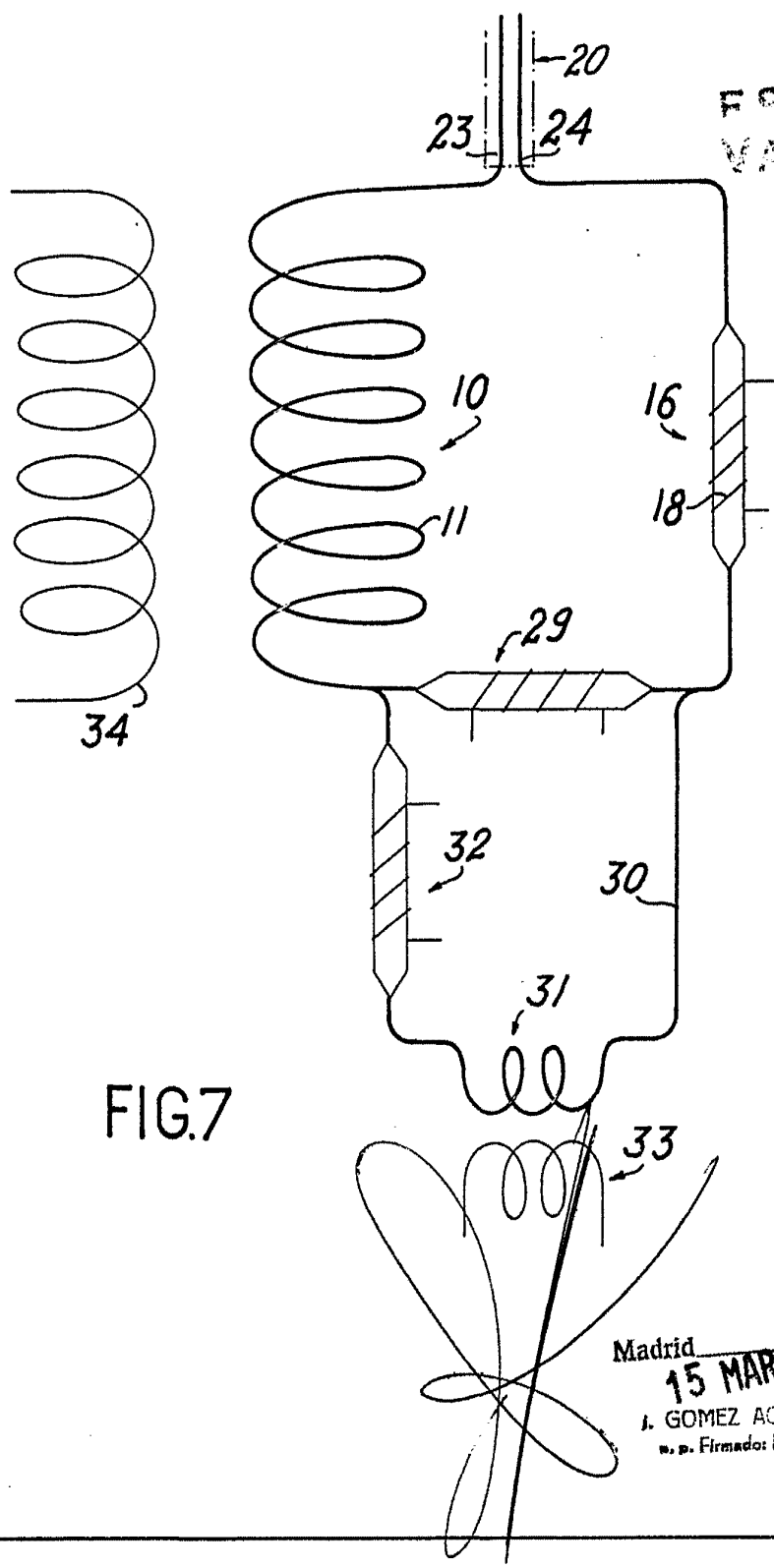


FIG.7

Madrid  
15 MAR. 1969  
J. GOMEZ ACEBO Y MODER  
p. Firmado: F. Hernández Ruiz