

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-261122

(P2006-261122A)

(43) 公開日 平成18年9月28日(2006.9.28)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 R 4/68 (2006.01) HO 1 R 4/68 Z A A
 HO 1 R 4/70 (2006.01) HO 1 R 4/70 G

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 19 頁)

| | | | |
|--------------|----------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2006-74702 (P2006-74702) | (71) 出願人 | 501044725 ネクサン |
| (22) 出願日 | 平成18年3月17日 (2006.3.17) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 0550694 | (74) 代理人 | 100101764 弁理士 川和 高穂 |
| (32) 優先日 | 平成17年3月17日 (2005.3.17) | (72) 発明者 | ラルー, ニコラス フランス国, 62132, フィーネ, ラ バリエール デュ ポア, レ フォンテ イネット 98 |
| (33) 優先権主張国 | フランス (FR) | (72) 発明者 | マギル, ジェイムス アメリカ合衆国, 01810, マサチ ューセッツ州 エンドバー, ダンデリイ オン ドライブ 5 |

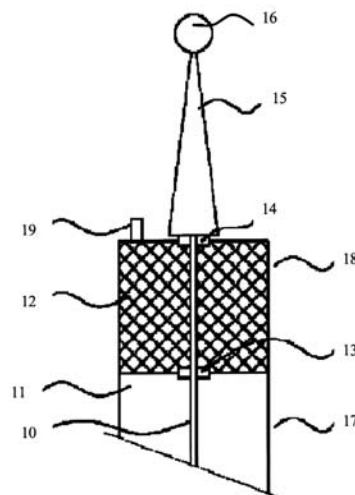
(54) 【発明の名称】 超伝導部材のための電気接続構造体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 中高電圧下で送電する超伝導ケーブルの電気接続構造体において、中間エンクロージャにガスまたは真空状態を使用することなく構成する。

【解決手段】 この発明は、低温液体によって冷却され、常温と低温液体の温度との間の中間温度のエンクロージャ(12)と、常温のエンクロージャ(15)とを順次通過し、常温のエンクロージャ(15)内に突出する電気プッシング(10)に接続される超伝導部材用の電気接続構造体に関する。この発明によると、前記中間エンクロージャ(12)が低熱伝導性の固体材料、例えばセルラーガラスフォームまたはポリウレタンフォームによって少なくとも部分的に充填される。この発明は、低温の超伝導ケーブルと常温の装置との接続に適用できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低温液体（31）によって冷却され、常温と低温液体の温度との間の中間温度のエンクロージャ（12、45）と、常温のエンクロージャ（10、39）とを順次通過し、常温のエンクロージャ内に突出する電気ブッシング（10、39）に接続される超伝導部材用の電気接続構造体であって、

前記中間エンクロージャ（12、45）が低熱伝導性の固体材料によって少なくとも部分的に充填される電気接続構造体。

【請求項 2】

前記材料がフォーム系である、請求項 1 に記載の電気接続構造体。

10

【請求項 3】

前記材料がセルラーガラスフォームまたはポリウレタンフォームである、請求項 1 または 2 に記載の電気接続構造体。

【請求項 4】

前記中間エンクロージャ（12、45）の側壁（18、34 - 35）は低温の壁で形成されている、請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の電気接続構造体。

【請求項 5】

前記中間エンクロージャ（12、45）に安全バルブ（19、62）が備えられている、請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の電気接続構造体。

【請求項 6】

前記常温のエンクロージャ（15、48）が電気絶縁性液体（54）で少なくとも部分的に充填され、前記エンクロージャの外壁は電気絶縁性の材料で作製されている、請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の電気接続構造体。

20

【請求項 7】

前記液体（54）がオイルである、請求項 6 に記載の電気接続構造体。

【請求項 8】

前記電気ブッシング（10、39）は電気絶縁性のシース（41）によって囲まれた中央導体（41）からなっており、前記電気絶縁性のシースが前記低温液体（31）内に突き出すバルブ形の 2 つの端部の 1 つで終わっている、請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の電気接続構造体。

30

【請求項 9】

前記バルブ（42）は、前記バルブを前記中間エンクロージャに固定するためのシールされた締め付けフランジ（43）を備えている、請求項 8 に記載の電気接続構造体。

【請求項 10】

前記超伝導部材はケーブル（30）である、請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の電気接続構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中高電圧下で送電するケーブル等の超伝導部材のための電気接続構造体に関する。

40

【背景技術】

【0002】

電気接続構造体は、低温の超伝導部材の端部と、常温すなわち通常大気中の温度の装置とを接続する働きをする。

超伝導部材とそれと接続する装置との間の大きな温度差、即ち、常温と低温との約 200 の温度差のゆえに、超伝導部材と装置との間に接続構造体を配置して、熱損失を最小化しながら、且つ、ケーブルが関係する高電圧等の電氣的な制約に従い、温度を変化させる。この接続構造体は、電気ブッシングを備え、電気ブッシングは中央導体およびそれを囲む絶縁性シースによって形成され、超伝導ケーブルから常温の外部接続に電気を送る。

50

この接続構造体は、所望の長さにわたって温度を変化させる必要があり、一方で、熱伝導による損失を低くして、ケーブルを冷却する低温液体が沸騰しないように、および/または、ケーブルの冷却に伴うコストの増加を避けなければならない。

【特許文献1】欧州特許出願EP 1 283 576

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この問題点の解決手段として、低温の部分と常温の接続構造体の部分との間に配置される断熱中間エンクロージャ、エアロックまたは所謂パuffアエンクロージャを備えた接続構造体がある。電気ブッシングは中間エンクロージャ内を通る。この解決手段は、例えば、欧州特許出願EP 1 283 576に開示されている。中間エンクロージャの側壁は、低温保持装置の側壁で形成されている。底壁および上壁は、その中を電気ブッシングが通る締め付けフランジをそれぞれ備えており、底壁は低温部分に隣接し、上壁は常温部分に隣接している。

10

【0004】

中間エンクロージャは、真空状態にするか、ガスが充填される。電気ブッシングが底および上壁を通過する部分の良好な密閉が必要であり、製造上難しくコストが高くなる。例えば、低温部分と中間エンクロージャとの間の非常に小さなリーク（例えば、約 10^{-8} ミリバール/リットル秒（mbar/L·s））でさえも、必然的にガスの成分に変更が生じ、または、中間エンクロージャの真空レベルを劣化させる。低温液体が液体窒素の場合には、リークによって中間エンクロージャ内に気体の窒素が存在し、先ずは液体窒素の消費が増大し、第2に中間エンクロージャの断熱性および電気絶縁性が劣化する。

20

【0005】

上述したリークの結果、中間エンクロージャの圧力が過度に高くなると、安全バルブを開放すると、断熱および誘電体絶縁媒体（真空またはガス）が劣化するので、安全バルブによる制御に適さない。更に、ワークショップから離れて接続構造体等のオンサイトのメンテナンスを行うのが容易でない。例えば、中間エンクロージャでの真空状態の再設定またはオンサイトでのガスの再充填は、特別な施設と熟練の要員を必要とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明においては、上述した技術的課題を中間エンクロージャにガス又は真空状態を使用することなく解決する。

30

【0007】

即ち、この発明は、低温液体によって冷却され、常温と低温液体の温度との間の中間温度のエンクロージャと、常温のエンクロージャとを順次通過し、常温のエンクロージャ内に突出する電気ブッシングに接続される超伝導部材用の電気接続構造体に関する。この発明によると、前記中間エンクロージャが低熱伝導性の固体材料によって少なくとも部分的に充填される。

【0008】

好ましくは、前記材料がセルラーガラスフォームまたはポリウレタンフォームのフォーム系である。

40

好ましい態様において、中間エンクロージャに安全バルブが備えられ、常温のエンクロージャが電気絶縁性液体で少なくとも部分的に充填されている。常温エンクロージャの外壁は電気絶縁性の材料で作製されている。前記液体がオイルである。

【0009】

1つの態様において、電気ブッシングは電気絶縁性のシースによって囲まれた中央導体からなっており、絶縁性シースが低温液体内に突き出すバルブ形の2つの端部の1つで終わっている。

【0010】

この発明の他の利点および特徴は、以下に図面を参照しながら記載されるこの発明の態

50

様から明らかである。これらに限定されることはない。

【発明の効果】

【0011】

低温液体によって冷却され、常温と低温液体の温度との間の中間温度のエンクロージャと、常温のエンクロージャとを順次通過し、常温のエンクロージャ内に突出する電気ブッシングに接続される超伝導部材用の電気接続構造体が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

図1に示すように、(図示されない)超伝導ケーブルへの接続構造体は、低温でエンクロージャ11に位置する底部を介して超伝導部材に接続される電気ブッシング10を備えている。低温エンクロージャ11に隣接する中間エンクロージャ12には、低熱伝導性の固体材料が充填されている。この固体材料は、好ましくは、登録商標「Foamglass」として市販されている種類のポリウレタンフォーム、または、セルラーガラスフォーム等のフォームの形である。電気ブッシング10は、リークタイトな締め付けフランジ13を介して中間エンクロージャ12の底壁を通り、リークタイトな締め付けフランジ14を介して上壁を通る。

10

【0013】

電気ブッシング10は常温のエンクロージャ15を通して中間エンクロージャ12の外側に延伸し、ブッシングと電氣的に接続する手段16によって終端処理され、超伝導部材と適切な装置と接続している。中間エンクロージャはこのように常温と低温液体との温度の間に位置している。低温のエンクロージャ11の壁17および中間エンクロージャの壁18は、良好な断熱性の低温保持装置の壁を形成する。中間エンクロージャは(リークプルーフ)漏れないので、安全バルブ19に嵌合することが好ましく、フランジ13および14通過時にリークが起きた場合、余分な圧力増加を軽減する。

20

【0014】

この発明によると、フランジ13および14を通る小さなリークの問題を解決することができる。たとえフランジ13または14を通る小さなリークがあっても、リークは中間エンクロージャ内に充填されている固体材料の絶縁性には何ら影響を及ぼさないので、断熱性は相対的に一定のレベルに効果的に維持できる。

【0015】

図2はこの発明の1つの実施態様を示す縦断面図である。図2に示すように、超伝導ケーブル30は、外壁34および内壁35を有する低温保持装置に収納された低温液体、即ち、液体窒素によって冷却される。これら2つの壁の間の真空レベルは、例えば、約 10^{-5} ミリバール(mbar)である。符号36で示された領域は低温で、所謂高温超伝導は約-200である。

30

【0016】

超伝導ケーブルの端部は電気コネクタ37を介して電気ブッシング39の底端38に接続される。電気ブッシングは、例えばエポキシで作製されその周りにモールドされた電気絶縁性シース41を有する銅またはアルミニウム合金の中央導体40によって形成されている。シースは底端において締め付けカラー43を備えたバルブ42によって終端処理されている。フランジ44は、バルブ42を低温保持装置33の内壁に対してリークタイトに固定している。絶縁性シースの外表面は、例えば金属化によって、導電性材料の層で覆われている。この材料は接地電圧に接続され、超伝導ケーブルは高電圧であるので、絶縁性シースの底端38はバルブ形状が好ましく、接地電圧と高電圧の間の沿面距離を大きくして、端部38における電氣的故障を回避する。

40

【0017】

低温保持装置の内壁35および外壁34は、垂直方向に延伸して中間エンクロージャ45の側壁を形成する。このように中間エンクロージャは断熱性能に優れている。中間エンクロージャの底部は、バルブ42によってリークタイトに閉塞され、上面は金属合金(例えばステンレス鋼またはアルミニウム合金)で作製されたプレート46によって閉塞され

50

ている。中間エンクロージャは好ましくは熱伝導性の低い個体材料で充填される。固体材料は、例えば登録商標「Foamglas」の類のセルラーフォーム等のポリエチレンフォーム、セルラーグラスフォーム等のフォームの形が好ましい。中間エンクロージャをこの固体材料で完全に充填することが好ましい、しかし、部分的に充填してもよい。中間エンクロージャを充填するためには、1またはそれ以上のフォームのブロック、例えば半シェルの形状の2つのブロック、または、電気ブッシング39の部分に対応した形状の中央孔部を備えた単一のブロックを準備し、それを中間エンクロージャ45内に配置する。領域47の温度は低温と常温の間である。

【0018】

上述した中間エンクロージャ45の上方には、エンクロージャ48が常温でプレート46に固定されている。プレートは優れた熱伝導性を有しているので、大気とエンクロージャ48の底部との間で優れた熱交換が行われる。電気ブッシング39は、締め付けおよびシールフランジ49を介して上壁46を、リークタイトに通じ、エンクロージャの上壁50を通してエンクロージャ48外に突き出る。エンクロージャの側壁は電気絶縁体51、一般的にファイバ強化ポリマー(FRP)と称される、例えば、グラスファイバ強化エポキシによって形成されている。

10

【0019】

上述した側壁の外表面は、絶縁性、例えばシリコンのフィン群52を備えており、環境汚染および雨により表面に堆積した不純物によって、表面にわたる漏れ電流の経路を長くする働きをする。常温のエンクロージャ48はレベル53まで優れた電気絶縁性の液体54例えばシリコンオイルによって充填される。電気ブッシング39に対して優れた電気絶縁性を付与する他に、液体54はエンクロージャ内における常温での温度を安定化させる。領域55はこのように常温に近い温度である。

20

【0020】

エンクロージャ48に位置する常温のストレスコーン56は、電気ブッシング39を覆い、そこで金属化した層63が終了している。ストレスコーンの伝導性部分は、金属化された層63、および、半導体テープを使用するテーピング57により導電性のリークタイトな締め付けフランジ49に電氣的に接続されている。金属層63は締め付けフランジ49のレベルで終了するか、または、ストレスコーン56の伝導性部分まで直接的に延伸して、主要部分は、金属層63とストレスコーンの伝導性部分の間で電氣的導通性が優れている。ストレスコーンの機能は、電界ラインを変更したり広げたりする。そこで金属化が終わり、電氣的な故障を引き起こす不連続を防止する。電気ブッシング39は常温のエンクロージャ48の外側で、接続タブ58で終了する。接続タブ58は、超伝導ケーブルに中高電圧の電気を供給し、または、超伝導ケーブル30から装置に常温で中高電圧の電気を供給する。

30

【0021】

プレート46には好ましくは安全バルブ62が備えられて、冷却液がカラー43および締め付けフランジ44を通してリークし、ガス状で中間エンクロージャ内に進むことによって生じる余分の圧力を、中間エンクロージャから放出する。

常温でのエンクロージャは、オイルが充填される2つの接続バルブ59および60を備えており、バルブ58はポリエチレンのディップ管61に接続されてエンクロージャ内のオイルのレベルをモニタする。

40

【0022】

中間エンクロージャを有する上述した電気接続構造体は、好ましくは固体材料によって充填されて優れた断熱性を発揮して、低温液体への熱流が制限され、装置の操作条件と調和して、低温の部分と常温の部分の間で温度が変化する。サイトとワークショップにおけるメンテナンスは容易である。構造体の高さ、特に中間エンクロージャの高さは、低温部分と常温部分の間の温度が変化する状況および電圧電流値等の電氣的な条件に、容易に適応することができる。

【0023】

50

上述した態様は超伝導ケーブルの接続に関する。しかし、当業者にとって、この発明は、低温のどのような超伝導部材を接続するためにも適用することができ、常温の装置と接続することは自明である。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1はこの発明の原理を説明する図である。

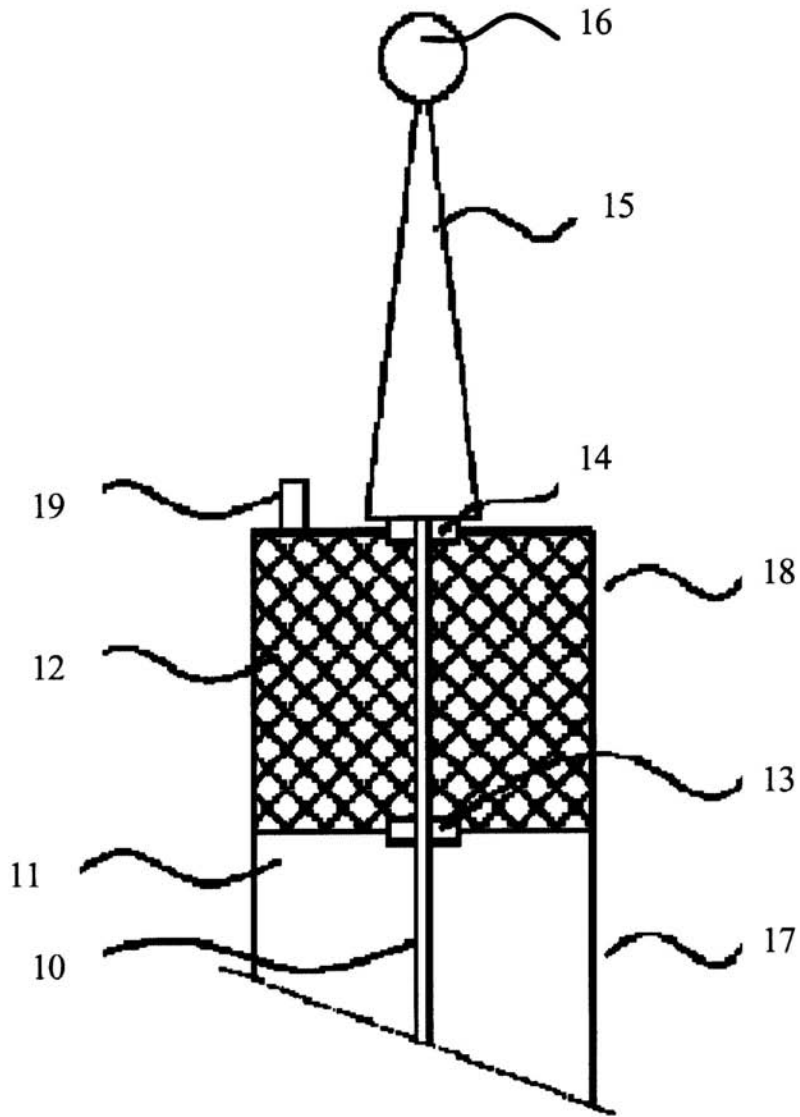
【図2】この発明の態様の縦断面図である。

【符号の説明】

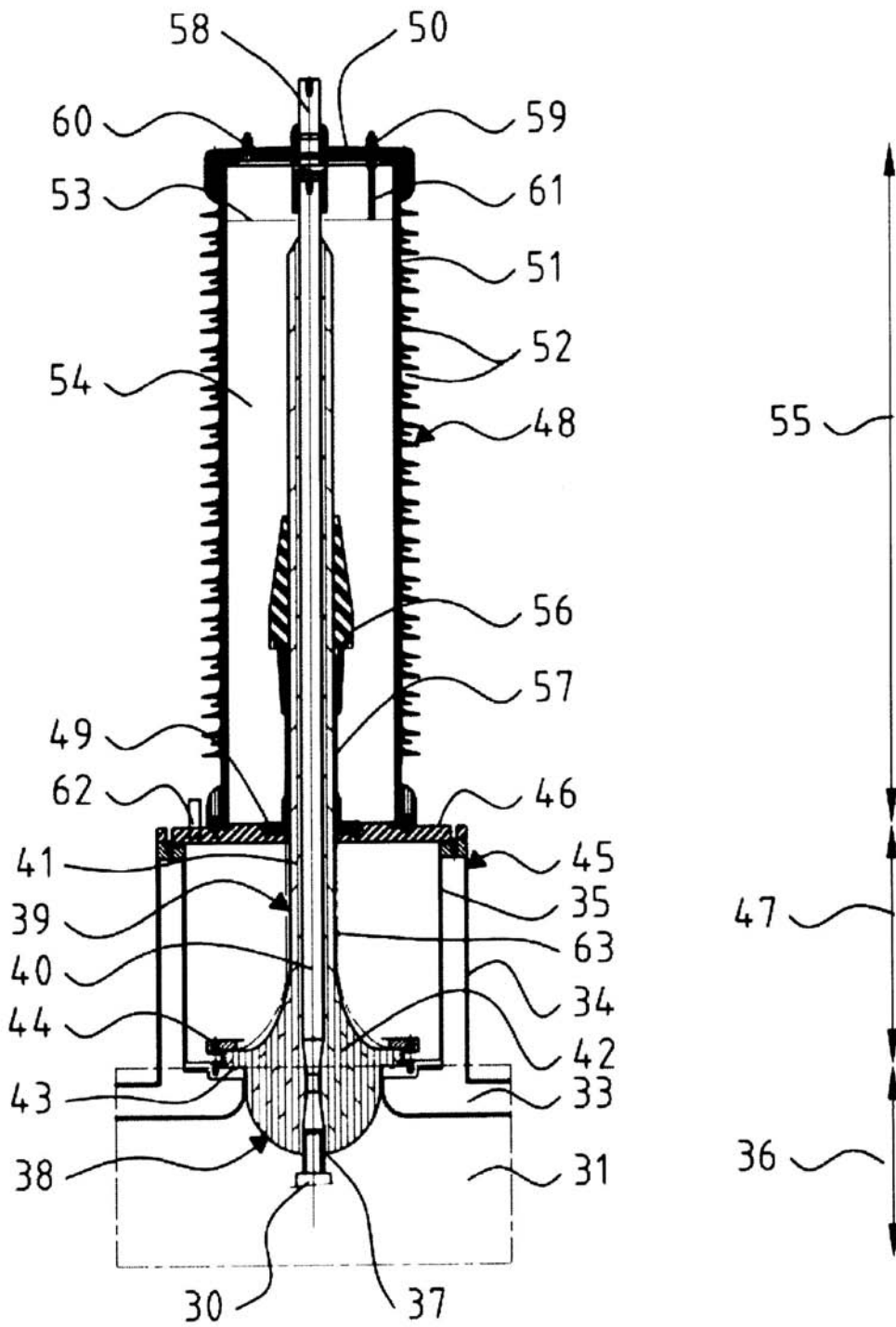
【0025】

- 10 電気ブッシング
- 11 低温エンクロージャ
- 12 中間エンクロージャ
- 13、14 締め付けフランジ
- 15 常温エンクロージャ
- 19 安全バルブ
- 30 ケーブル
- 31 低温液体

【 図 1 】



【図 2】



【外国語明細書】

1. Title of invention

AN ELECTRICAL CONNECTION STRUCTURE FOR A SUPERCONDUCTOR ELEMENT

2. Detailed Description of Invention

The present invention relates to an electrical connection structure for a superconductor element, such as a cable transporting electricity under medium or high voltage. The structure enables the end of the superconductor element at cryogenic temperature to be connected to a piece of equipment or to a device at ambient temperature, usually in open air.

Because of the large temperature difference between the superconductor element and the equipment to be connected to said element, i.e. between ambient temperature and cryogenic temperature which may be about -200°C , it is necessary to interpose a connection structure between the element and the equipment in order to make the temperature transition while minimizing heat losses, and while also complying with electrical constraints due for example to the high voltage of a cable. The structure then includes an electrical bushing constituted mainly by a central conductor surrounded by an insulating sheath for transporting the electricity from the superconductor cable to an outlet connection at ambient temperature. Over some reasonable length, the structure must make the temperature transition while ensuring that losses by thermal conduction are low so as to avoid boiling the cryogenic liquid cooling the cable and/or so as to avoid increasing the costs of cooling the cable.

The solution to the problem consists in providing the connection structure with an adiabatic intermediate enclosure, an airlock or "buffer" enclosure so to speak, placed between the portion at cryogenic temperature and the portion of the connection structure that is at ambient temperature. The electrical bushing passes through the intermediate enclosure. This solution is described, for example, in European patent application EP 1 283 576. The side walls of the intermediate

enclosure are constituted by the side walls of a cryostat. The bottom and top walls have fastener flanges through which the electrical bushing passes, the bottom wall being adjacent to the portion at cryogenic temperature and the top wall being adjacent to the portion at ambient temperature. The intermediate enclosure is either evacuated or else filled with a gas. It is therefore essential to ensure that the places where the electrical bushing passes through the bottom and top walls are leaktight, thus leading to manufacturing constraints that are difficult and expensive. For example, even a very small amount of leakage between the portion at cryogenic temperature and the intermediate enclosure (e.g. a leak of about 10^{-8} millibars per liter second (mbar/L.s)) inevitably leads to a change in the composition of the gas or to degradation in the level of the vacuum in the intermediate enclosure. If the cryogenic fluid is liquid nitrogen, a leak leads to gaseous nitrogen being present in the intermediate enclosure, thus leading firstly to an additional consumption of liquid nitrogen, and secondly to a reduction in the thermal insulation of the intermediate enclosure. The excess pressure in the intermediate enclosure that results from such a leak is incapable of being controlled by means of safety valves since opening a valve would destroy the thermal insulating medium (vacuum or gas). In addition, it is not easy to perform on-site maintenance of such a connection structure away from the workshop. For example, reestablishing a vacuum in the intermediate enclosure or refilling it with gas on site requires special equipment and specially-trained staff.

The present invention provides a solution to this technical problem without using a gas or a vacuum in the intermediate enclosure.

More precisely, the present invention relates to an electrical connection structure for a superconductor

element cooled by a cryogenic fluid and connected to an electrical bushing, which bushing passes successively through an enclosure at an intermediate temperature between ambient temperature and the temperature of the cryogenic fluid, and an enclosure at ambient temperature, said bushing projecting outside the ambient temperature enclosure. According to the invention, said intermediate enclosure is filled at least in part with a solid material of low thermal conductivity.

Advantageously, said material is based on foam, such as a polyurethane foam or a cellular glass foam.

In a preferred embodiment, the intermediate enclosure forms a cryostat provided with a safety valve, and the enclosure at ambient temperature is filled, at least in part, with an electrically-insulating liquid. The outer walls of the ambient temperature enclosure are made of a material that is electrically insulating. Said liquid is advantageously oil.

In an embodiment, the electrical bushing comprises a central conductor surrounded by an electrically-insulating sheath which is terminated at one of its two ends by a bulb projecting into the cryogenic fluid.

Other advantages and characteristics of the invention appear from the following description of an embodiment of the invention, given by way of non-limiting example and with reference to the accompanying drawings, in which:

- Figure 1 is a diagram showing the principle of the invention; and

- Figure 2 is a longitudinal section through an embodiment of the invention.

In Figure 1, the structure for connection to a superconductor cable (not shown) comprises an electrical bushing 10 connected to the superconductor element via its bottom end situated in an enclosure 11 at cryogenic temperature. An intermediate enclosure 12 adjacent to the cryogenic enclosure 11 is filled with a solid

material presenting low thermal conductivity. This material is preferably in the form of a foam such as a polyurethane foam or a cellular glass foam, as commercially available under the trademark Foamglas, for example. The electrical bushing 10 passes through the bottom wall of the intermediate enclosure 11 via a leaktight fastening flange 13 and through the top wall via a leaktight fastening flange 14. The electrical bushing 10 is extended on leaving the intermediate enclosure 12 into an enclosure 15 at ambient temperature which is terminated by electrical connection means 16 for connecting the bushing, and thus the superconductor element, to a suitable device or equipment. The intermediate enclosure is thus at a temperature between ambient temperature and the temperature of the cryogenic fluid. The walls 17 and 18 respectively of the enclosure 11 at cryogenic temperature and of the intermediate enclosure 12, form cryostat walls in order to achieve good thermal insulation. Since the intermediate enclosure is leaktight, it is preferably fitted with a safety valve 19 so as to handle any excess pressure that might arise in the event of a leak past the flanges 13 and 14.

It should be observed that the invention makes it possible to overcome the problem of a small leak past either flange 13 or 14. The effectiveness of the thermal insulation is maintained at a level that is relatively constant, even in the event of a small leak past either flange 13 or 14, since the leak has no effect on the insulating properties of the solid material filling the intermediate enclosure.

Figure 2 is a longitudinal section view through an embodiment of the invention, showing a superconductor cable 30 that is cooled by a cryogenic fluid 31, e.g. liquid nitrogen, contained in a cryostat 33 having an outer wall 34 and an inner wall 35. The vacuum between these two walls may be about 10^{-5} millibars (mbar), for

example. The zone given reference 36 is at cryogenic temperature, which is about -200°C for so-called "high temperature" superconductors.

The end of the superconductor cable is connected by an electrical connection 37 to the bottom end 38 of an electrical bushing 39. The bushing is mainly constituted by a central conductor 40 of an alloy of aluminum or of copper, having an electrically insulating sheath 41 molded thereabout, e.g. made of epoxy. The sheath is terminated at its bottom end by a bulb 42 including a fastening collar 43. A flange 44 secures the bulb 42 in leaktight manner to the inner wall 35 of the cryostat 33. The outside surface of the insulating sheath is covered in a layer 63 of electrically conductive material, e.g. by metallization. Since this material is connected to ground electrical potential and since the superconductor cable is at high voltage, the bottom end 38 of the insulating sheath is advantageously bulb-shaped so as to lengthen the creepage distance between ground and high voltage, thereby avoiding any electrical breakdown at the end 38.

The inner and outer walls 35 and 34 of the cryostat are extended vertically to form the side walls of an intermediate enclosure 45. This enclosure is thus very well insulated thermally. The bottom of this intermediate enclosure is closed in leaktight manner by the bulb 42 and the top of the enclosure is closed by a plate 46 that may be made of a metal alloy (e.g. a stainless steel or an aluminum alloy). The intermediate enclosure is filled with a solid material having low thermal conductivity. This material is preferably in the form of a foam such as a polyurethane foam or a cellular glass foam, e.g. the cellular glass foam sold under the trademark Foamglas. It is preferable to fill the intermediate enclosure completely with this solid material, but it is also possible to fill it in part only. In order to fill the intermediate enclosure, one

or more blocks of solid foam may be machined, e.g. two blocks in the form of half-shells, or a single block that is machined with a central hole that is complementary in shape to the portion of the electrical bushing 39 that is situated in the intermediate enclosure 45, with said block(s) subsequently being placed in the intermediate enclosure. The temperature of the zone 47 lies between ambient temperature and cryogenic temperature.

Above the intermediate enclosure 45, an enclosure 48 at ambient temperature is secured to the plate 46. The plate presents good thermal conductivity so as to establish good heat exchange between the ambient temperature of air and the bottom of the enclosure at ambient temperature 48. The electrical bushing 39 passes through this top wall 46 in leaktight manner by means of a fastening and sealing flange 49, and it penetrates to the outside of the enclosure 48 via the top wall 50 of said enclosure at ambient temperature. Its side wall is constituted by an electrical insulator 51, e.g. glass fiber reinforced epoxy, commonly referred to as fiber reinforced polymer (FRP). The outside surface of this wall comprises a succession of fins 52 of insulating material, e.g. of silicone, for lengthening the path length of any leakage current on the surface, due to impurities deposited on said surface by surrounding pollution and rain. The ambient temperature enclosure 48 is filled up to a level 53 in a liquid 54 that is a good electrical insulator, such as silicone oil. In addition to providing good electrical insulation of the electrical bushing 39, the liquid 54 make it easier to stabilize the temperature of the enclosure at ambient temperature. The zone 55 is thus at a temperature that is close to ambient temperature.

A stress cone 56 situated inside the ambient temperature enclosure 48 surrounds the electrical bushing 39 at the break in the metallized layer 63 and is electrically connected thereto and also to the leaktight

fastening flange 49, e.g. by means of taping 57 made up of semiconductive tapes. The function of this stress cone is to spread out or flare the electric field lines at the end of the metallization in order to avoid any discontinuity that could lead to electrical breakdown. The electrical bushing 39 is terminated outside the ambient temperature enclosure 48 by a connection tab 58 for feeding the superconductor cable with electricity under medium or high voltage, or for feeding ambient temperature equipment with electricity under medium or high voltage coming from the superconductor cable 30.

The plate 46 is preferably provided with a safety valve 62 in order to vent any excess pressure from the intermediate enclosure 45 as might be due to a leak of cooling liquid past the collar 43 and the fastening flange 44, with the cooling liquid then changing into gaseous form inside the intermediate enclosure.

The ambient temperature enclosure also has two connection valves 59 and 60 enabling it to be filled with oil, the valve 58 being connected to an extender 61 of polyethylene serving to monitor the depth of oil in the enclosure.

The above-described electrical connection structure that includes an intermediate enclosure filled at least in part with a solid material that is a good thermal insulator provides a good temperature transition between the portion at cryogenic temperature and the portion at ambient temperature, with heat flow in the cryogenic liquid being limited and compatible with the operating conditions of the installation and with easy maintenance both on site and in the workshop. The height of the structure, and in particular the height of the intermediate enclosure, can easily be adapted to the temperature difference conditions between the cryogenic portion and the ambient portion, and to electrical conditions such as the voltage and current values.

The embodiment describes relates to connecting a superconductor cable. Nevertheless, it is clear for the person skilled in the art that the invention applies to connecting any superconductor element at cryogenic temperature that needs to be connected to a device or apparatus or equipment at ambient temperature.

3. Brief Description of Drawings

Other advantages and characteristics of the invention appear from the following description of an embodiment of the invention, given by way of non-limiting example and with reference to the accompanying drawings, in which:

- Figure 1 is a diagram showing the principle of the invention; and
- Figure 2 is a longitudinal section through an embodiment of the invention.

Claims

1. An electrical connection structure for a superconductor element (30) cooled by a cryogenic fluid (31) and connected to an electrical bushing (10, 39), which bushing passes successively through an enclosure (12, 45) at an intermediate temperature between ambient temperature and the temperature of the cryogenic fluid, and an enclosure (15, 48) at ambient temperature, said bushing (10, 39) projecting outside the ambient temperature enclosure, said structure being characterized in that said intermediate enclosure (12, 45) is filled at least in part with a solid material of low thermal conductivity.
2. A connection structure according to claim 1, characterized in that said material is foam-based.
3. A connection structure according to claim 1 or claim 2, characterized in that said material is a cellular glass foam or a polyurethane foam.
4. A connection structure according to any preceding claim, characterized in that the side walls (18, 34-35) of said intermediate enclosure (12, 45) are formed by the walls of a cryostat.
5. A connection structure according to any preceding claim, characterized in that said intermediate enclosure (12, 45) is provided with a safety valve (19, 62).
6. A connection structure according to any preceding claim, characterized in that said ambient temperature enclosure (15, 48) is filled, at least in part, with an electrically insulating liquid (54), and in that the outside walls of said enclosure are made of an electrically insulating material.

7. A connection structure according to claim 6, characterized in that said liquid (54) is oil.

8. A connection structure according to any preceding claim, characterized in that said electrical bushing (10, 39) comprises a central conductor (40) surrounded by an electrically-insulating sheath (41), which is terminated at one (38) of its two ends in the form of a bulb (42) projecting into said cryogenic fluid (31).

9. A connection structure according to claim 8, characterized in that said bulb (42) includes a sealed fastening flange (43) for securing said bulb to said intermediate enclosure.

10. A connection structure according to any preceding claim, characterized in that said superconductor element is a cable (30).

1. Abstract

The invention relates to an electrical connection structure for a superconductor element (30) cooled by a cryogenic fluid (31) and connected to an electrical bushing (10), which bushing passes successively through an enclosure (12) at an intermediate temperature between ambient temperature and the temperature of the cryogenic fluid, and an enclosure (15) at ambient temperature, said bushing (10) projecting outside the ambient temperature enclosure. According to the invention, said intermediate enclosure (12) is filled at least in part with a solid material of low thermal conductivity, such as a polyurethane foam or a cellular glass foam. The invention is applicable to connecting a superconductor cable at cryogenic temperature to a device for equipment at ambient temperature.

2. Representative Drawings

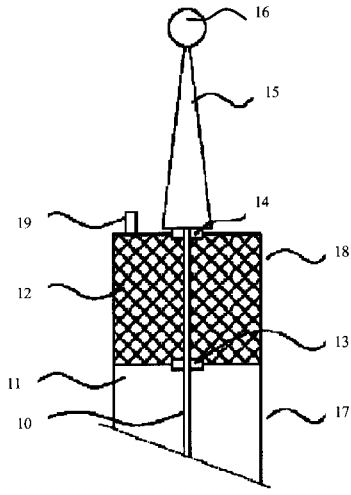


Figure 1

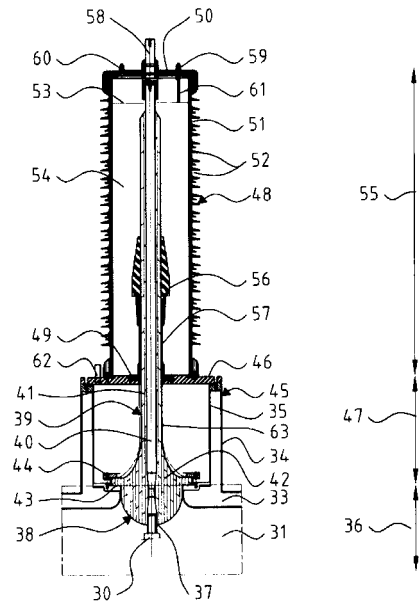


Figure 2