

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5059487号
(P5059487)

(45) 発行日 平成24年10月24日 (2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月10日 (2012.8.10)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 B 12/16 (2006.01)	HO 1 B 12/16 Z A A
HO 1 B 13/00 (2006.01)	HO 1 B 13/00 5 6 1 C
HO 1 F 6/06 (2006.01)	HO 1 F 5/08 A
HO 1 F 6/04 (2006.01)	HO 1 F 5/08 G

請求項の数 5 (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2007-143163 (P2007-143163)	(73) 特許権者	501044725
(22) 出願日	平成19年5月30日 (2007.5.30)		ネクサン
(65) 公開番号	特開2007-329126 (P2007-329126A)		フランス国、75008・パリ、リュ・ド ウ・ジェネラル・フォア 8
(43) 公開日	平成19年12月20日 (2007.12.20)	(74) 代理人	100105393
審査請求日	平成22年2月4日 (2010.2.4)		弁理士 伏見 直哉
(31) 優先権主張番号	06290934.6	(74) 代理人	110000246
(32) 優先日	平成18年6月7日 (2006.6.7)		特許業務法人OFH特許事務所
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	アルノー・アレ
			フランス国エフー22940サン・ジュリ アン、アンパス・ドゥ・ラ・コトゥレット
		(72) 発明者	フランク・シュミット
			ドイツ国ディー30855ランゲンハーゲ ン、ヒンター・デム・ドルフ 10

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超伝導ケーブルを有するシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超伝導ケーブルを有するシステムであって、
超伝導ケーブルは、

超伝導体と、この超伝導体を囲む誘電体と、この誘電体の上に配置されスペーサとして作用する超伝導スクリーンとを備え、且つ金属製内部チューブと、金属性外部チューブと、両者の間に配置された超断熱体とから成るクライオスタットによって、空隙を含んで囲まれており、前記ケーブルとクライオスタットとの間には液体冷媒を輸送するための空間が設けられている、システムにおいて、

その全長に亘って周囲を密封されている金属製中間チューブ (5) が、クライオスタット (7) からの空隙 (6) を残しながらスクリーン (4) の上に配置されており、

一定圧力が印加される、室温では流体である媒体が、前記誘電体 (3) に対する浸透媒体として、前記超伝導体 (2) と中間チューブ (5) との空間に導入され、

前記液体冷媒を供給するための少なくとも 1 つの冷却ユニットが、前記クライオスタット (7) と中間チューブ (5) との間の前記空隙 (6) に接続されている、システム。

【請求項 2】

前記中間チューブ (5) はインバール鋼から成る、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記中間チューブ (5) は平滑チューブである、請求項 1 または 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

10

20

前記中間チューブ（５）は、長軸方向に対して横方向に延びる波形を有する波形チューブである、請求項１または２に記載のシステム。

【請求項５】

前記冷媒を再冷却するための２つ以上の冷却ユニットが、システムに沿って配置されている、請求項１から４のいずれか１項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は超伝導ケーブルを有するシステムに関する。

【背景技術】

10

【０００２】

超伝導ケーブルは、超伝導体と、超伝導体を囲む誘電体と、誘電体の上に配置されたスペーサとして作用する超伝導スクリーンとを備え、且つ金属製内部チューブと、金属製外部チューブと、両者の間に置かれた超断熱体（superinsulation）とから成るクライオスタット（cryostat）によって、空隙を含んで囲まれている。ケーブルとクライオスタットとの間には液体冷媒を輸送するための空間が設けられている（特許文献１）。

【０００３】

超伝導ケーブルは、十分に低い温度で超伝導状態に入る特殊な材料で作られた電気導体を有する。この結果、このように構成された導体の電気抵抗はゼロに近づく。適切な材料は、例えばＹＢＣＯ（イットリウム－バリウム－銅酸化物）またはＢｉＳＣＣＯ（ビスマス－ストロンチウム－カルシウム－銅酸化物）である。このような材料が超伝導状態に達する十分に低い温度は、例えば、６７Ｋ～１１０Ｋの間にある。適切な冷媒は、例えば、それぞれが液体状態の窒素、ヘリウム、ネオン、および水素、これら物質の混合物である。

20

【０００４】

作動中に冷媒が誘電体内に浸透する超伝導ケーブルは、低温誘電体ケーブルとも称され、極めて大きい電力を高圧で伝送できる点を特徴とする。このようなケーブルは内部導体と内部導体に同心状に配置された外部導体とから成り、これらは相互に分離され、誘電体（絶縁体）によってある一定の距離に維持されている。両方の導体は、例えば、支持体周りに長いピッチで緊密に巻かれた、ＹＢＣＯまたはＢｉＳＣＣＯなどの超伝導材料のストリップから成る。内部導体の支持体（以後「導体」と称する）は、金属で作られたチューブまたはコードまたはストランドであってもよい。外部導体（以後「スクリーン」と称する）については、誘電体は支持体として役立つ。誘電体は、例えば、多層の、ペーパーおよび／またはポリプロピレンでラミネートされたペーパーから成る。ケーブルの周りには、熱絶縁のためおよびシステムを完成するために、空隙を含みながら、一方が他方の内部に位置する２つの金属チューブ（両者の間にはいわゆる超断熱体（superinsulation）が配置される）を含むクライオスタットが配置される。クライオスタットの２つのチューブの間の空間内は、真空である。

30

【０００５】

超伝導ケーブルを有する公知のシステム（たとえば、特許文献１）では、本明細書の導入部で記載したとおり、液体冷媒がクライオスタットを通して供給される。液体冷媒はケーブルの周りを流れ、これを冷却する。システムが設置されているとき、冷媒はケーブルのスクリーンを通して誘電体中に除々に浸透する。この結果、冷媒は誘電体に対する浸透媒体としても作用する。システムを通して流れる冷媒の圧力は、入力点からの距離が増加するに伴い減少する。同時に、冷媒の温度は、また、入力点からの距離が増加するに伴い上昇する。これにより、冷媒の蒸発温度に達し、その結果、冷媒は液体状態からガス状態に変化する。この結果、誘電体の電気絶縁特性は劣化し、導体とスクリーンとの間の絶縁破壊を引き起こし、これによりケーブルを破壊する可能性がある。上述の効果は、超伝導ケーブルを有するシステムの安全に作動する長さを制限する。

40

【特許文献１】国際公開公報第０３／０５２７７５号（Ｗ００３／０５２７７５）

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、ケーブルの導体とスクリーンとの間の絶縁破壊を発生する危険性を伴うことなく、長さを増加できるように、本明細書の導入部において提示されたシステムを構成することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この目的は本発明により達成できる。本発明においては、

－金属製中間チューブ（その全長に亘って周囲を密封されている）が、クライオスタットからの空隙を残しながらスクリーンの上に配置されており、

－一定圧力が印加される、室温では流体である媒体が、誘電体に対する浸透媒体として、超伝導体と中間チューブとの空間に導入され、

－液体冷媒を供給するための少なくとも1つの冷却ユニットが、クライオスタットと中間チューブとの間の空隙に接続されている。

【0008】

超伝導ケーブルを有するシステムのこのような構造では、誘電体に対する浸透媒体として作用する媒体の圧力は、長い長さに亘って十分に高く一定に維持される。冷媒および浸透媒体の温度は、実際には、冷媒の入力点からの距離が増すに伴い上昇する。しかし、浸透媒体が一定圧力であるため、媒体の誘電体絶縁特性は一定に維持され、導体とスクリーンとの間には絶縁破壊が生じない。冷媒と浸透媒体とを分離し、ならびに中間チューブ内にケーブルを組み込んでいるために、浸透媒体および冷媒の圧力はシステム内のあらゆる点において相互に独立である。したがって、冷媒の圧力および温度の制限値は広くでき、ケーブル、したがってシステムは、再冷却が実行される必要がある前に、従来よりも十分長くできる。したがって、誘電体絶縁特性がシステムについては重要でないため、費用対効果に優れた物質を移動冷却媒体として選択的に使用できる。

【0009】

ケーブルを備えるシステムのさらなる拡張には、2つ以上の冷却ユニットが、ケーブル自体内の干渉がなく、ケーブルを中断することなく、システムに沿って接続される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明の主題の例示的实施形態は図面に示されている。

【0011】

図1および2において、例えば銅ケーブルであってもよい金属支持体は、参照符号1で示される。ただし、支持体1は異なる構造のコードまたはチューブであってもよい。支持体1の周りに超伝導体2があり、この超伝導体2は、有利には、大きいピッチで、互いに平行に、密に支持体1の周りに巻かれたストリップから成る。超伝導体2は誘電体3によって囲まれ、この誘電体3は、有利には、多層の、ペーパーおよび／またはポリプロピレンでラミネートされたペーパーから成る。誘電体3の周りには、超伝導スクリーン4がある。このスクリーンは超伝導体2と類似の構造であり、このスクリーンのストリップが、支持体として作用する誘電体3の周りに巻かれている。分離層として、導体2およびスクリーン4は、それ自体既知のいわゆる導体平滑化（conductor smoothings）を含むが、簡単化のために図には含んでいない。同じことは、超伝導体2とスクリーン4との間の他の存在しうる層にも当てはまる。

【0012】

要素1乃至4から成る超伝導ケーブルは全長を、周りを密封された金属製中間チューブ5で囲まれている。中間チューブ5の上に（空隙6を残しているが）、クライオスタット7が配置されている。クライオスタット7は、金属製内部チューブ8と、金属製外部チューブ9と、好ましくは、相互に同心に配置される、これら2つのチューブの間に置かれた超断熱体（superinsulation）10とから成る。2つのチューブの間の空間は、排気され

る (evacuated)。

【0013】

中間チューブ5によって囲まれた空間は、浸透媒体として室温では液体であることが望ましい流体の媒体で充填される。浸透媒体には、例えばケーブルの両端に配置された2つの補償容器 (compensating vessels) 11によって一定圧力が印加される。このような補償容器はそれ自体公知である。容器に内蔵された液体浸透媒体は、高圧ガスに曝される。浸透媒体の一定圧力を維持するために、中間チューブ5も一端を密封されるので、図1に示されるとおり、開放端において1つの補償容器11だけが必要とされる。浸透媒体は優れた電気特性と冷媒の蒸発温度以上の蒸発温度を有する必要がある。浸透媒体の蒸発温度は冷媒の蒸発温度に比べて高いのが有利である。浸透媒体に適切な物質は、例えば、窒素および油である。

10

【0014】

ケーブルまたはシステムの作動温度においては液体または固体であるガス、例えばSF6も、室温では流体である媒体として使用できる。このような媒体については、液体媒体について上述したものと同一構成を適用できる。

【0015】

液体冷媒は、詳細にはポンプ12により示された冷却ユニットによって、中間チューブ5とクライオスタット7との間の空隙6を通してポンプで送られる。長いシステムの場合、冷媒を再冷却するために、2つ以上の冷却ユニットを使用することもできる。冷却ユニットまたは複数の冷却ユニットによって、冷媒の必要とされる温度および必要とされる圧力は、ケーブル自体内の干渉がなく、クライオスタット7と中間チューブ5との間の空隙内で維持される。

20

【0016】

中間チューブ5は平滑チューブ (smooth tube) または長軸方向に対して横方向に (transversely) 延びる波形 (corrugation) を有する波形チューブとして形成される。中間チューブ5はスクリーン4上に直接装着される。さらにまた、スクリーン4と中間チューブ5との間に分離層が存在することもある。有利には、中間チューブ5は、温度が変化する場合にも、それ自体の温度変化がほぼゼロであるインバール鋼から成る。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】 順に層を除去した、本発明によるシステムの側面図である。

【図2】 図1のラインI I - I Iに沿って切断された断面の拡大図である。

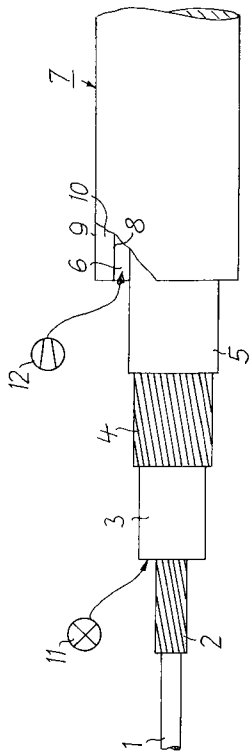
【符号の説明】

【0018】

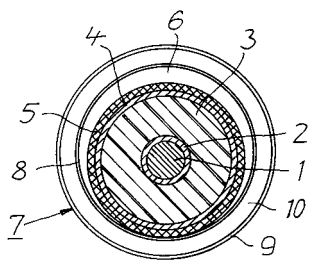
1・・・金属支持体、2・・・超伝導体、3・・・誘電体、4・・・超伝導スクリーン、5・・・金属製中間チューブ、6・・・空隙、7・・・クライオスタット、8・・・金属製内部チューブ、9・・・金属製外部チューブ、10・・・超断熱体、11・・・補償容器、12・・・ポンプ。

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

審査官 井原 純

- (56)参考文献 特開2005-122991 (JP, A)
特開昭52-006991 (JP, A)
特開2006-066383 (JP, A)
特開2001-052542 (JP, A)
特開平10-003825 (JP, A)
特表2007-516353 (JP, A)
米国特許出願公開第2004/256126 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01B 12/16
H01B 13/00
H01F 6/04
H01F 6/06