

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*]	(参考)
H01F 6/00		H01B 12/16		4M114
H01B 12/16		H01L 39/04	ZAA	5G321
H01L 39/04	ZAA	H01F 7/22		J

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全7頁)

(21)出願番号	特願2001 - 309515(P 2001 - 309515)	(71)出願人	800000035 株式会社産学連携機構九州 福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号
(22)出願日	平成13年10月5日(2001.10.5)	(71)出願人	000005234 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
		(71)出願人	000208167 大陽東洋酸素株式会社 大阪府大阪市西区靱本町2丁目4番11号
		(74)代理人	100088270 弁理士 今井 毅

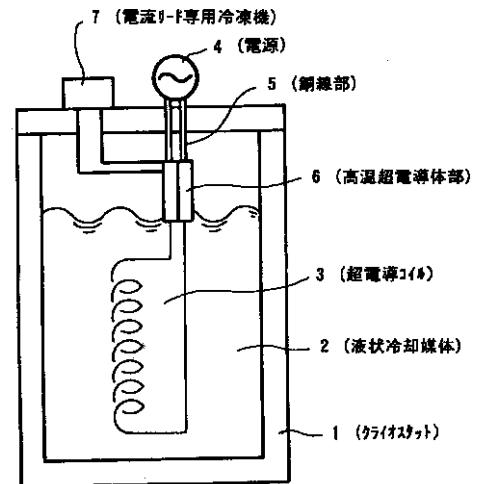
最終頁に続く

(54)【発明の名称】超電導機器用電流リ - ド

(57)【要約】

【課題】 超電導機器類の冷却系への熱侵入を極力抑制できる簡易な手段を提供し、超電導関連産業の更なる省エネルギー - 化の推進を可能ならしめる。

【解決手段】 超電導機器用電流リ - ドを、少なくとも一部が熱伝導率の低い高温超電導体で構成すると共に、例えば図1に示した電流リ - ド専用冷凍機7等のような、通電時には前記高温超電導体部6をその超電導転移温度以下に強制冷却し、また非通電時には高温超電導体部の少なくとも高温端側(電源側)は強制冷却を解除する“電流リ - ドの冷却制御手段”を備えて成るものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも一部が高温超電導体で構成された超電導機器用電流リ - ドであって、通電時には前記高温超電導体部をその超電導転移温度以下に強制冷却し、非通電時には高温超電導体部の少なくとも高温端側は強制冷却を解除する“電流リ - ドの冷却制御手段”を備えて成ることを特徴とする、超電導機器用電流リ - ド。

【請求項 2】 電流リ - ドの冷却制御手段が電流リ - ド専用冷凍機である、請求項 1 記載の超電導機器用電流リ - ド。

【請求項 3】 電流リ - ドの冷却制御手段が熱スイッチである、請求項 1 記載の超電導機器用電流リ - ド。

【請求項 4】 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体の液面レベル制御装置である、請求項 1 記載の超電導機器用電流リ - ド。

【請求項 5】 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体への電流リ - ド高温超電導体部の浸漬の程度を調整するための“電流リ - ド高温超電導体部の上下動装置”である、請求項 1 記載の超電導機器用電流リ - ド。

【請求項 6】 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体が気化したガスの気流を電流リ - ド高温超電導体部へ導入する装置である、請求項 1 記載の超電導機器用電流リ - ド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば超電導コイルを用いる鉄道用車載変圧器、医療用MRI、SME S（超電導電流貯蔵装置）、超電導ケ - ブル等といった超電導機器用の電流リ - ドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、省エネルギー - 思想は産業界の隅々にまで浸透してきており、例えば鉄道運行システム等においても厳しい省エネルギー - 化が進められているが、そのような状況下で鉄道用車載変圧機のエネルギー - 損失にも改善の目が向けられるようになってきた。そして、鉄道用車載変圧機に超電導コイルを導入する試みが検討され始めている。

【0003】ところが、実機を試作しての検討から、鉄道用車載変圧機を超電導機器化するに当っては“電流リ - ドを通じての超電導コイルを収納するクライオスタット内への熱侵入”が問題となり、この熱侵入が目論見通りの省エネルギー - 化を達成する上で少なからぬ障害となりがねないということが明らかとなった。

【0004】即ち、現在、超電導磁石を使用した磁気浮上式鉄道、医療機器、エネルギー - 貯蔵装置、発電機等といった超電導機器用の超電導コイルに電流を供給する手

段として一般的に採用されているのは、超電導機器の室温部に電源を配置し、この電源から銅製のリ - ド線（電流リ - ド）を使って超電導機器のクライオスタット内に收容され極低温に冷却されている超電導コイルに電流を供給する方法である。しかし、電流リ - ドを構成する銅は電気伝導度の優れた材料ではあるものの、一方で熱伝導率が高い材料でもある。そのため、この電流リ - ドが、室温部に位置する電源部からクライオスタット内の冷却系への熱侵入経路となって超電導機器の冷却効率を悪化する原因となり、少なからぬエネルギー - 損失を招く結果となっていた。もっとも、通常の超電導機器では、熱侵入を極力防止するために電流リ - ドを構成する銅線を極力細いものとし、更にこれを冷凍機から供給される極低温の冷却媒体（液体窒素等）で常時冷却しながら銅線からの抜熱を行うことにより超電導コイル部への熱侵入を防止する対策が講じられている。

【0005】しかしながら、鉄道用車載変圧器などの場合には、パンタグラフが降ろされて全ての機器の電源が切られてしまう状態に置かれることが少なくない。そのため、超電導コイルを導入した鉄道用車載変圧機ではパンタグラフが降ろされた状態になると冷凍機の電源も切れてしまい、電流リ - ドの冷却も途絶えてしまうか不十分となるので、クライオスタット外の電源部につながる電流リ - ドが主な熱侵入源となって、熱シ - ルド板や真空層に囲われて十分な放射熱対策が施されているクライオスタットであっても内部の液状冷却媒体が過度に気化して所期する冷却状態を維持できなくなる。従って、変圧器の作動を再開する時には少なからぬ液状冷却媒体の補給が必要になるという問題を回避できなかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このようなことから、本発明が目的としたのは、超電導機器類の冷却系への熱侵入を極力抑制できる簡易な手段を提供し、超電導関連機器の運用を容易ならしめることである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を行い、次のような知見を得ることができた。即ち、近年、超電導転移温度（臨界温度）が液体窒素温度（77.3K）を越える高温超電導体（酸化物高温超電導体）が次々と発見されているが、これら高温超電導体はこれまで超電導機器用電流リ - ド材として適用されてきた銅等の金属材料に比べるとその熱伝導率が極めて低い。因みに、銅の77Kにおける熱伝導率は5W/cm・Kであるのに対して、酸化物高温超電導体、例えばイットリウム系銅酸化物超電導体の77Kにおける熱伝導率は65～76mW/cm・Kであり、2桁ほど銅の熱伝導率より小さい値である。

【0008】従って、これら高温超電導体を超電導機器用電流リ - ド材の少なくとも一部を構成する部材として適用すれば、電流リ - ドを通じての冷却系への熱侵入を

10

20

30

40

50

著しく低減することができる。つまり、超電導機器用電流リ - ドを高温超電導体で構成すると、この高温超電導体は酸化物であって熱伝導率の低い材料であるため冷却系外から電流リ - ドに伝わる熱は先細り状の熱勾配を形成して電流リ - ド内で止まり、電流リ - ドの積極冷却を続けて間断のない抜熱を行わなくても、即ち電流リ - ドの強制冷却を行わない状態にしたとしてもクライオスタット外の室温部からクライオスタット内の冷却系への熱侵入を抑えることができるので、鉄道用車載変圧器などのように機器の電源が全て切られる機会の少ない超電導機器の場合であっても非通電時に電流リ - ドを通じて冷却系へ侵入する熱量が極めて少なくなる。そして、このように、高温超電導体を電流リ - ド材として用いた超電導機器では非稼働時の電源が全て切られた状態であっても主な熱侵入源である“電流リ - ド”を通しての冷却系への熱侵入が極力抑えられるので、再稼働に際して極低温の冷却媒体を冷却系へ補給して冷却系に侵入した熱の蓄積を補償し解消する必要が殆どなくなる。

【 0 0 0 9 】ただ、超電導機器に配設した高温超電導体製電流リ - ドを積極冷却しない状態にすると、前述したように、クライオスタット外の電源部から侵入する伝導熱のために電流リ - ドの温度が上昇し、熱伝導率の低い高温超電導体であっても少なくともその電源側端が超電導転移温度（臨界温度）以上となって電流リ - ドの機能を果たさなくなるといった問題が生じた。

【 0 0 1 0 】しかし、この問題も、上記高温超電導体製電流リ - ドに簡単な冷却制御手段を取り付けておき、通電が必要な時には強制冷却がなされていなかった電流リ - ドを前記冷却制御手段により超電導転移温度以下に冷却するだけで容易に解決できることが分かった。即ち、非通電時には高温超電導体製電流リ - ドの強制冷却を解除し、通電が必要な時には当該電流リ - ドのみを液体窒素温度付近の超電導転移温度以下に冷却するという簡易な手立てで必要な超電導電流の通電容量が保証されるので、超電導機器の機能に支障を来すことなく円滑な運転が可能であることを確認した。

【 0 0 1 1 】本発明は上記知見事項等を基にしてなされたものであり、次の超電導機器用電流リ - ドを提供するものである。

- ① 少なくとも一部が高温超電導体で構成された超電導機器用電流リ - ドであって、通電時には前記高温超電導体部をその超電導転移温度以下に強制冷却し、非通電時には高温超電導体部の少なくとも高温端側（電源側）は強制冷却を解除する“電流リ - ドの冷却制御手段”を備えて成ることを特徴とする、超電導機器用電流リ - ド。
- ② 電流リ - ドの冷却制御手段が電流リ - ド専用冷凍機である、前記①項に記載の超電導機器用電流リ - ド。
- ③ 電流リ - ドの冷却制御手段が熱スイッチである、前記①項に記載の超電導機器用電流リ - ド。
- ④ 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライ

オスタット内に保持された液状冷却媒体の液面レベル制御装置である、前記①項に記載の超電導機器用電流リ - ド。

⑤ 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体への電流リ - ド高温超電導体部の浸漬の程度を調整するための“電流リ - ド高温超電導体部の上下動装置”である、前記①項に記載の超電導機器用電流リ - ド。

⑥ 電流リ - ドの冷却制御手段が、超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体が気化したガスの気流を電流リ - ド高温超電導体部へ導入する装置である、前記①項に記載の超電導機器用電流リ - ド。

【 0 0 1 2 】なお、本発明超電導機器用電流リ - ドに適用する高温超電導体（酸化物系超電導体）はその種類が特に制限されるものではなく、例えば希土類系の銅酸化物超電導体 { 化学式が $YBa_2Cu_3O_y$, $NdBa_2Cu_3O_y$, $SmBa_2Cu_3O_y$, $GdBa_2Cu_3O_y$ 又は $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_y$ で表されるもの等 } や、Bi系の銅酸化物超電導体 { 化学式が $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_z$, $(Bi, Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_z$ で表されるもの等 } など、熱伝導率の低いものの何れをも適用することができる。

【 0 0 1 3 】ところで、本発明に係る超電導機器用電流リ - ドは、その全てを高温超電導体で構成する必要はなく、少なくとも一部を高温超電導体とし、その他の部分には従来通りの金属線（銅線等）を適用しても良い。

【 0 0 1 4 】この電流リ - ドは、クライオスタット外の室温部に位置する電源に接続されるので該部分から熱侵入が起きるが、前述したように電流リ - ドの高温超電導体部は熱伝導率の低い材料であるため、強制冷却によって該部分の抜熱を行わなければこの部分において“熱侵入側（電源側）が比較的高温で超電導コイル側が低温となる熱勾配”が形成されて侵入熱が食い止められる。このため、例えば鉄道用車載変圧機においてパンタグラフが降ろされて全ての電源が切られた状態等のような“電流リ - ドの積極冷却がなされない状況下”におかれたとしても、冷却系の系外から電流リ - ドを通して侵入する熱は当該電流リ - ドの高温超電導体部で殆ど止まってしまう、冷却系へ悪影響を及ぼすことが無くなる。勿論、この時は超電導コイルへの通電を行わないので、電流リ - ドの高温超電導体部は超電導状態である必要はない。

【 0 0 1 5 】なお、電流リ - ドの高温超電導体部は、その熱侵入側（電源側：高温端側）が熱侵入によって昇温しても、超電導コイル側はクライオスタット内に收容されている極低温の液状冷却媒体中のコイルと直接的にあるいは金属製導電線を介して連結されているので超電導転移温度（臨界温度）以下に保持されるのが通常であり、そのため高温超電導体部の高温端側を“電流リ - ドの冷却制御手段”によって液体窒素付近の超電導転移温度にまで冷却するだけで通電時における超電導電流の通電容量が保証される。

【0016】従って、本発明に係る電流リ - ドを使用した超電導機器では、通電時には“電流リ - ドの冷却制御手段”によって電流リ - ドの高温超電導体部を（通常はその高温端側だけを）その超電導転移温度以下に強制冷却すれば必要な電流を十分に通電することができ、一方、非通電時に“電流リ - ドの冷却制御手段”を停止した状態としても電流リ - ドの高温超電導体部が断熱材となって系外からの熱侵入を抑えるので、次の通電時まで格別なエネルギー - の消費を伴わずに冷却系を侵入熱が蓄積されない良好な状態に維持することができる。

【0017】そのため、例えば超電導機器が鉄道用車載変圧機である場合にはその休止時における冷却系への熱浸入量を簡易に抑えることができ、稼働再開時に極低温冷却媒体供給用の冷凍機を過度に運転する必要がなくなる。また、例えば医療用MRI等に本発明の電流リ - ドを使用した場合には、極低温冷却媒体の供給間隔が延ばすことができ、更には付属冷凍機器の容量、使用電力を低減することも可能となる。

【0018】前記“電流リ - ドの冷却制御手段”としては、「電流リ - ド専用冷凍機」、「熱スイッチ」、「超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体の液面レベル制御装置」、「超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体への電流リ - ド高温超電導体部の浸漬の程度を調整するための“電流リ - ド高温超電導体部の上下動装置”」あるいは「超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体が気化したガスの気流を電流リ - ド高温超電導体部へ導入する装置」等を採用することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】続いて、本発明を実施例により更に具体的に説明する。図1は、本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の一例についての概要説明図である。図面において、符号1は超電導変圧機のクライオスタットであり、例えば液体窒素等の極低温液状冷却媒体2を収容して超電導コイル3を超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却・保持する。また、符号4で示すのは超電導コイル3に電流を供給するための電源である。

【0020】この例で示す電流リ - ドは、電源4に接続される銅線部5と、これに続く高温超電導体部6と、当該高温超電導体部の高温側端（電源側端）を冷却するための電流リ - ド専用冷凍機7とを有して構成されている。なお、電流リ - ドの高温超電導体部には例えばYBCO（ $YBa_2Cu_3O_y$ ）等の酸化物超電導体が用いられる。また、電流リ - ド専用冷凍機としては電流リ - ドの高温超電導体部を超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却できればその種類が限定されるものではなく、例えば設備を簡易化できるパルスチューブ冷凍機を使用することもできる。

【0021】さて、図1に示す車載用超電導変圧機にお

いて、装置を稼働する際には、まず電流リ - ド専用冷凍機7によって電流リ - ドの高温超電導体部6の高温側端（電源側）をその超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却する。なお、電流リ - ドの高温超電導体部6は、超電導コイル側については液状冷却媒体2の存在によって通常は超電導転移温度（臨界温度）以下に保たれているものの、その電源側はクライオスタット外から電流リ - ドを伝っての熱侵入が起きるので、熱伝導率の低い高温超電導体部には電源側から超電導コイル側にかけて先細り状の熱勾配が形成されている。そのため、高温超電導体部6の電源側（即ち高温側端）を電流リ - ド専用冷凍機7によって冷却すれば、高温超電導体部6の全体が速やかに超電導転移温度（臨界温度）以下の温度となり、超電導状態となる。

【0022】ここで、クライオスタット内に存在する液状冷却媒体の液面上には液状冷却媒体が気化して形成された低温のガス層が存在するが、このガス層も電流リ - ドを伝って侵入した熱のために温度分布が不均一となる（液状冷却媒体の液面側が低温でクライオスタットの蓋側が温度の高い層状の熱勾配が形成される）ので、当該ガス層により電流リ - ド高温超電導体部の熱勾配を解消して電流リ - ド高温超電導体部の電源側（高温側端）を含む全体を超電導転移温度（臨界温度）以下に保持し続けることはできない。

【0023】高温超電導体部6の電源側（高温側端）を電流リ - ド専用冷凍機7で冷却することにより超電導状態となった電流リ - ドにて超電導コイルへの通電を実施すれば、超電導コイルへの十分な電流供給を支障なく効率的に行うことができ、装置の円滑な稼働がなされる。

【0024】一方、超電導機器の休止期に冷凍機を含む装置の電源が全て切られるようなことがあると、クライオスタット内に冷却媒体を供給できなくなり、クライオスタット内壁を囲む真空層や熱遮蔽板のみによって冷却系の極低温が維持されることになる。ただ、クライオスタット外の室温部からクライオスタット内の冷却系にかけて電流リ - ドが設置されており、この電流リ - ドが最大の冷却系への熱侵入源となって冷却系の極低温を維持する上での障害になる懸念がある。

【0025】しかし、本発明に係る電流リ - ドは、熱伝導率が低くて断熱性に富む高温超電導体部6を有しているので、外部からの侵入熱はこの部位に前述した熱勾配を作って止まり、それより先への侵入が防止される。従って、超電導機器の休止期であっても冷却系の極低温を長期にわたって維持することが可能であり、次の稼働時に冷却媒体供給用の冷凍機に過度の負荷をかけてエネルギー - 消費を増大するおそれがない。勿論、この超電導機器の休止期には通電がなされないので、電流リ - ドの高温超電導体部6は超電導状態である必要はない。

【0026】また、図2は、本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の別例についての概要説明図

である。この例では、“電流リ - ドの冷却制御手段”として図1に示す“電流リ - ド専用冷凍機7”の代わりに“熱スイッチ8”を適用した電流リ - ドが設けられているが、それ以外については図1に示した車載用超電導変圧機と同様の構成が採られている。

【0027】熱スイッチ8は周知のものであり、両端に例えばインジウムめっき又は金めっきを施した銅等からなる熱伝導材9を有して、常態では隔離している“液状冷却媒体2に浸漬せしめられた熱伝導材”と“電流リ - ドの高温超電導体部6の高温端側（電源側）に取付けられた熱伝導材”とを電流リ - ドの通電に際して接触させる（スイッチONとする）ことにより、高温超電導体部6に止まっていた熱を熱伝導材9を通して極低温の液状冷却媒体2に抜熱するようになっている。

【0028】図2に示す車載用超電導変圧機において、装置を稼働する際には、まず熱スイッチ8をONの状態にする。これによって高温超電導体部6に止まっていた系外からの侵入熱は熱伝導材9を通して極低温の液状冷却媒体2に抜熱され、高温超電導体部6はその超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却される。従って、超電導状態となった電流リ - ドの高温超電導体部6を通じて超電導コイルへの通電を十分かつ効率的に行うことができる。

【0029】なお、この際、高温超電導体部6に止まっていた系外からの侵入熱は液状冷却媒体2に移動するが、この時期は超電導機器が稼働状態となっているので冷却媒体への侵入熱は容易かつ速やかに除去され、従って効率の良い機器の運転が継続される。

【0030】一方、超電導機器の休止期に入って熱スイッチを含む装置の作動電源が全て切られるようなことがあると、熱スイッチ8はOFFの状態となって電流リ - ドの高温超電導体部6からの抜熱がなされなくなるが、系外からの侵入熱は熱伝導率が低くて断熱性に富む高温超電導体部6の部位に熱勾配を作って止まり、それより先への侵入が防止される。従って、超電導機器の休止期であっても冷却系の極低温を長期にわたって維持することが可能である。なお、前述したように、この超電導機器の休止期には通電がなされないので電流リ - ドの高温超電導体部6は超電導状態である必要はない。

【0031】図3は、本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の更なる別例についての概要説明図である。この例では、“電流リ - ドの冷却制御手段”として“クライオスタット内に保持された液状冷却媒体の液面レベル制御装置”を適用した電流リ - ドが設けられているが、それ以外については図1に示した車載用超電導変圧機と同様の構成が採られている。

【0032】なお、この例において採用した“クライオスタット内に保持された液状冷却媒体の液面レベル制御装置”は、図3に示したように、クライオスタット1の蓋部に取付けられた電流リ - ドの高温超電導体部を囲む

鞘管10と、この鞘管内部の空間とその外側のクライオスタット内の空間とを連通させたガス通路11と、当該ガス通路を開閉するバルブ12とを有した構成のものである。

【0033】さて、図3は装置を稼働する際の状態を示している。この状態は、ガス通路11を開閉するバルブ12を“開”とすることによって作り出されるものであるが、鞘管10の内部の空間とその外側のクライオスタット1の内部の空間とがガス通路11によって連通した状態となるので両空間のガス圧は等しく、そのため“鞘管内に位置する液状冷却媒体の液面”と“その外側のクライオスタット内に位置する液状冷却媒体の液面”とが同じレベルとなって、鞘管内に位置した電流リ - ドの高温超電導体部6は液状冷却媒体2に没してしまう。そのため、高温超電導体部6に止まっていた系外からの侵入熱は極低温の液状冷却媒体2に抜熱され、高温超電導体部6はその超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却される。従って、超電導状態となった電流リ - ドの高温超電導体部6を通じて超電導コイルへの通電を十分かつ効率的に行うことができる。

【0034】この際、電流リ - ドを伝っての系外からの侵入熱は高温超電導体部6の部位から液状冷却媒体2に移動するが、この時期は超電導機器が稼働状態となっているので冷却媒体への侵入熱は容易かつ速やかに除去され、従って効率の良い機器の運転が継続されることは、図2に示した機器の場合と同じである。

【0035】一方、超電導機器の休止期に入ってバルブ12を含む装置の作動電源が全て切られるようなことがあると、バルブ12は“閉”の状態となってガス通路11が塞がれる。この状態では、電流リ - ドを伝っての系外からの侵入熱は鞘管10の内部に位置する液状冷却媒体に移るが、このため鞘管内部に位置する液状冷却媒体の気化が進むので“鞘管内部の空間の圧力”が“その外側のクライオスタット内の空間の圧力”よりも上昇し、“鞘管内に位置する液状冷却媒体の液面”が下降して“電流リ - ドの高温超電導体部6の高温端側（電源側）が液状冷却媒体の液面から突出した状態となる。このため、電流リ - ドを伝っての系外からの侵入熱は熱伝導率が低くて断熱性に富む高温超電導体部6の部位に熱勾配を作って止まり、液状冷却媒体への移動が防止される。従って、超電導機器の休止期であっても冷却系の極低温を長期にわたって維持することが可能である。なお、この超電導機器の休止期には通電がなされないので電流リ - ドの高温超電導体部6は超電導状態である必要はないことは前述した通りである。

【0036】ところで、図3に示した車載用超電導変圧機は、“鞘管10内部の空間の圧力”と“その外側のクライオスタット1内の空間の圧力”とに差が生じることを利用して“電流リ - ドの高温超電導体部6の高温端側（電源側）”を液状冷却媒体から出し入れする機能を備えしめたものであるが、このような“圧力差を利用する

手立て”に代えて電流リ - ドの高温超電導体部 6 を機械的に上下動させる装置を付設し、クライオスタット内に保持された液状冷却媒体への電流リ - ド高温超電導体部の浸漬の程度を調整するようにしても同様の作用・効果を得ることができる。

【 0 0 3 7 】また、先にも述べたように、クライオスタット内の“液状冷却媒体が気化して生じるガス層”は熱勾配が形成されるので電流リ - ド高温超電導体部の全体を超電導転移温度（臨界温度）以下に保持する冷却効果を望めないが、液状冷却媒体が気化して間もないガスは液状冷却媒体とほぼ同程度の極低温状態にあるので、必要時（通電時）に液状冷却媒体の液面付近の気化ガスを積極的に電流リ - ド高温超電導体部へ導入し、その気流の直接吹付けや保護部材を介しての間接的接触によって電流リ - ド高温超電導体部を冷却するようにすれば、電流リ - ド専用冷凍機や熱スイッチによる冷却の場合と同様に電流リ - ド高温超電導体部を超電導転移温度（臨界温度）以下に冷却することができる。従って、前述した“電流リ - ドの冷却制御手段”として“超電導機器のクライオスタット内に保持された液状冷却媒体が気化したガスの気流を電流リ - ド高温超電導体部へ導入する装置”を設けることによって、電流リ - ド専用冷凍機や熱スイッチを設置した場合と同様の作用・効果を得ることができる。

【 0 0 3 8 】この場合、気化ガスの気流を電流リ - ド高温超電導体部へ導入する装置としては、必要時（通電時）に液状冷却媒体液面付近の気化ガスをパイプで導いて局部的に吹付ける機構のものが適用できることは勿論であるが、必要時に液状冷却媒体液面上の気化ガス層を単に攪拌する器具を適用しても相応の効果を得ることが可能である。

【 0 0 3 9 】以上の実施例では鉄道用車載変圧器に係る超電導機器用電流リ - ドを中心とした説明に終始したが、医療用 MRI , S M E S , 超電導ケーブル等といっ

たその他の超電導機器に本発明の電流リ - ドを適用しても同様の作用・効果が得られることは言うまでもない。

【 0 0 4 0 】

【発明の効果】以上に説明した如く、この発明によれば、電源を全て切られた機器の休止期間であっても冷却系の極低温を長期にわたって維持することが可能であり、次の稼働時に冷却媒体供給用の冷凍機に過度の負荷をかけてエネルギー - 消費を増大するおそれがない簡易な超電導機器用電流リ - ドを提供することができ、超電導関連産業の更なる省エネルギー - 化の推進が可能になるなど、産業上有用な効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の一例についての概要説明図である。

【図 2】本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の別例についての概要説明図である。

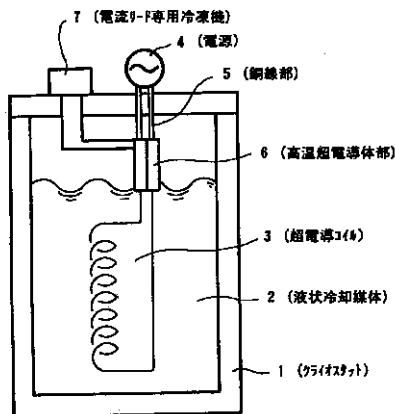
【図 3】本発明に係る電流リ - ドを用いた車載用超電導変圧機の更なる別例についての概要説明図である。

【図 4】図 3 に示した装置の休止状態に係る説明図である。

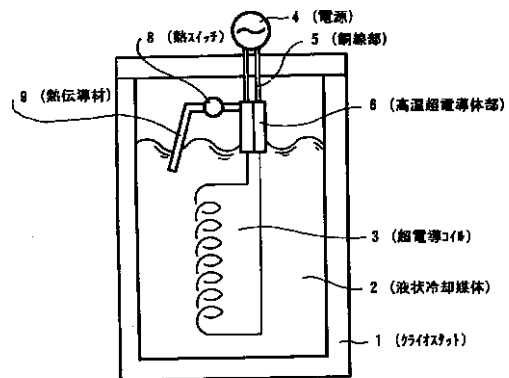
【符号の説明】

- 1 クライオスタット
- 2 液状冷却媒体
- 3 超電導コイル
- 4 電源
- 5 銅線部
- 6 高温超電導体部
- 7 電流リ - ド専用冷凍機
- 8 熱スイッチ
- 9 熱スイッチの熱伝導材
- 10 鞘管
- 11 ガス通路
- 12 バルブ

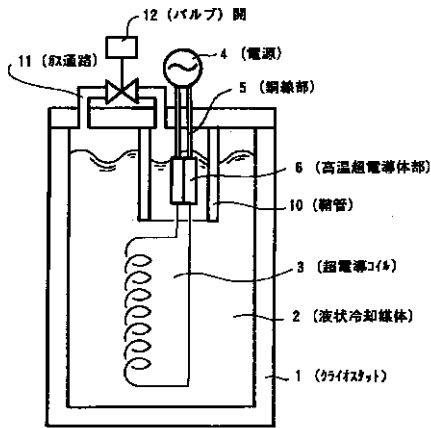
【図 1】



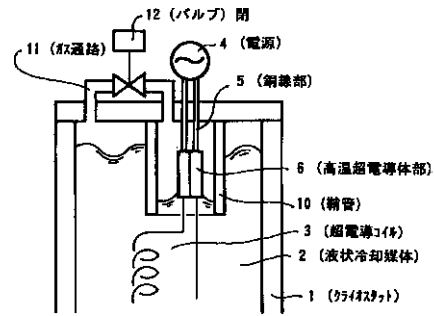
【図 2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (71)出願人 000173784
財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町 2 丁目 8 番地38
- (72)発明者 船木 和夫
福岡県福岡市東区みどりが丘 1 の 1 の 7
- (72)発明者 岩熊 成卓
福岡県大野城市下大利団地26の402
- (72)発明者 坊野 敬昭
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
富士電機株式会社内
- (72)発明者 山田 尚生
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
富士電機株式会社内
- (72)発明者 上岡 泰晴
大阪府大阪市西区靱本町 2 丁目 4 番11号
大陽東洋酸素株式会社内
- (72)発明者 吉田 茂
大阪府大阪市西区靱本町 2 丁目 4 番11号
大陽東洋酸素株式会社内

- (72)発明者 相良 勇
大阪府大阪市西区靱本町 2 丁目 4 番11号
大陽東洋酸素株式会社内
 - (72)発明者 秦 広
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
 - (72)発明者 藤本 浩之
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
 - (72)発明者 上條 弘貴
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
 - (72)発明者 長嶋 賢
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
- F ターム(参考) 4M114 AA02 AA29 BB01 BB04 BB09
CC03 CC05 CC11 CC18 DA01
DA60
5G321 BA05 CB01 CB07