

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-332121  
(P2003-332121A)

(43) 公開日 平成15年11月21日 (2003. 11. 21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 F 6/06

識別記号

F I  
H 0 1 F 5/08

テマコード\* (参考)  
Z

審査請求 有 請求項の数 1 OL (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2002-131574(P2002-131574)

(22) 出願日 平成14年5月7日(2002. 5. 7)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成13年11月10日  
配布の「第11回電気学会東京支部新潟支所研究発表会  
予稿集」に発表

(71) 出願人 596133441  
新潟大学長  
新潟県新潟市五十嵐2の町8050番地  
(72) 発明者 山口 貢  
新潟県新潟市五十嵐2の町7492の62 合同  
宿舍五十嵐住宅2-102号  
(72) 発明者 福井 聡  
新潟県新潟市坂井867 リパティプラザ新  
大駅前405  
(74) 代理人 100072051  
弁理士 杉村 興作

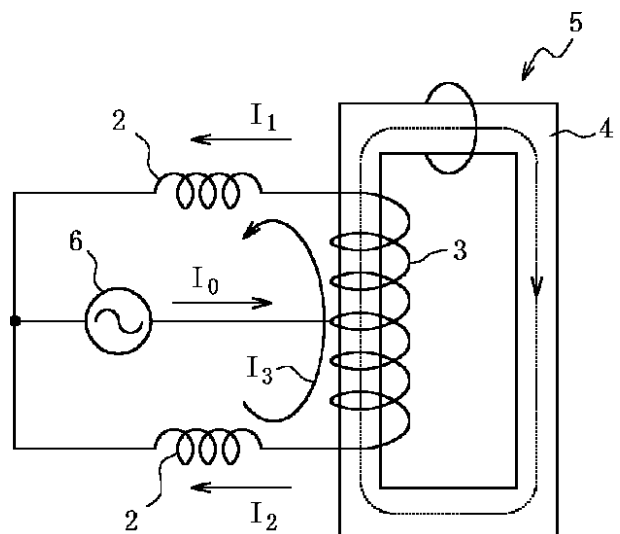
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超伝導体の均流化回路

(57) 【要約】

【課題】 本来の超伝導性能を劣化させることなく通電能力及び交流損失に関する不都合を軽減することができる超伝導体の均流化回路を提供する。

【解決手段】 インダクタンスが互いに相違する超伝導体1, 2は、電流  $I_0$  を発生する交流電源3に並列接続されている。超伝導体1, 2のインダクタンスが互いに相違するので、これらに生じる電流  $I_1$ ,  $I_2$  によって鉄心4に発生する磁束が互いに相違し、これによってこれらの磁束が相殺されず、鉄心4に正味の磁束が生じる。このように生じた磁束が、コイル3に鎖交し、相間リアクトル5の両端に電圧が発生する。この電圧によって、超伝導体1, 2及びコイル3によって構成された閉回路に循環電流  $I_3$  が流れる。その結果、超伝導体1の電流  $I_1$  には電流  $I_3$  が加算され、超伝導体2の電流  $I_2$  には電流  $I_3$  が減算され、最終的には、超伝導体1, 2に流れる電流はいずれも  $I_0 / 2$  となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 N を整数とし、少なくとも 1 個の鉄心及びその鉄心に巻かれた  $2^N - 1$  個のコイルによって N 段のループを構成する相間リアクトルと、前記コイルの両端に対となつて並列接続された  $2^N$  個の超伝導体と、N 段目のループから引き出された中性線及びその中性線間に接続された交流電源又は可変の直流電源とを具え、N が 2 以上である場合、前記相間リアクトルの中点タップから引き出された一対の中性線が、前記相間リアクトルに接続され、前記コイルの各々を、電流の相違に起因して前記鉄心に発生する磁束がそれぞれ打ち消されるように、極性に関連して配置したことを特徴とする超伝導体の均流化回路。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低温超伝導材料又は高温超伝導から構成される超伝導体の均流化回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】このような超伝導体は、交流電流を流す送電用超伝導ケーブル、超伝導マグネット、限流器等の交流超伝導機器に利用されている。超伝導体を大電流化するためには、複数の超伝導線を束ねる必要がある。

【0003】大電流化のために複数の超伝導線を束ねた場合、各超伝導線は並列接続されているが、各超伝導線のインダクタンスのばらつきや端部における接続抵抗の不揃いに起因して各超伝導線に均一な電流が流れない、いわゆる偏流が生じるおそれがある。このような偏流によって、超伝導体の通電能力の低下及び交流損失の増大が生じる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来、超伝導体の偏流を防止するために、成形撚線やスパイラル状ケーブルの構成が採用されている。しかしながら、超伝導体を撚ることによって超伝導体に過度の応力がかかり、機械的な歪みが原因で本来の超伝導性能が劣化するおそれがある。

【0005】本発明の目的は、本来の超伝導性能を劣化させることなく通電能力及び交流損失に関する不都合を軽減することができる超伝導体の均流化回路を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明による超伝導体の均流化回路は、N を整数とし、少なくとも 1 個の鉄心及びその鉄心に巻かれた  $2^N - 1$  個のコイルによって N 段のループを構成する相間リアクトルと、前記コイルの両端に対となつて並列接続された  $2^N$  個の超伝導体と、N 段目のループから引き出された中性線及びその中性線間

に接続された交流電源又は可変の直流電源とを具え、N が 2 以上である場合、前記相間リアクトルの中点タップから引き出された一対の中性線が、前記相間リアクトルに接続され、前記コイルの各々を、電流の相違に起因して前記鉄心に発生する磁束がそれぞれ打ち消されるように、極性に関連して配置したことを特徴とする。

【0007】本発明によれば、電流の相違に起因して鉄心に発生する磁束をそれぞれ打ち消することができるので、超伝導線のインダクタンスのばらつきや端部における接続抵抗の不揃いがある場合でも、各超伝導体に均一な電流を流すことができる。その結果、通電能力及び交流損失に関する不都合を軽減することができる。なお、超伝導体を撚る必要がないため、超伝導体に機械的な歪みが生じなくなり、本来の超伝導性能が劣化するおそれもない。

【0008】なお、超伝導体は、並行導体、同軸導体等の構成をとり、超伝導材料としては、NbTi や Nb<sub>3</sub>Sn のような低温超伝導材料又は Bi 系や Y 系のような高温超伝導材料を使用する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明による超伝導体の均流化回路の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、本発明による超伝導体の均流化回路の第 1 の実施の形態を示す図である。図 1 において、インダクタンスが互いに相違する超伝導体 1, 2 の端部は、コイル 3 及び鉄心 4 を有する相間リアクトル 5 を経て、電流  $I_0$  を発生する交流電源 3 に並列接続されている。

【0010】この場合、超伝導体 1, 2 のインダクタンスが互いに相違するので、これらに生じる電流  $I_1$ ,  $I_2$  によって鉄心 4 に発生する磁束が互いに相違し、これによってこれらの磁束が相殺されず、鉄心 4 に正味の磁束が生じる。このように生じた磁束が、コイル 3 に鎖交し、相間リアクトル 5 の両端に電圧が発生する。この電圧によって、超伝導体 1, 2 及びコイル 3 によって構成された閉回路に循環電流  $I_3$  が流れる。その結果、超伝導体 1 の電流  $I_1$  には電流  $I_3$  が加算され、超伝導体 2 の電流  $I_2$  には電流  $I_3$  が減算され、最終的には、超伝導体 1, 2 に流れる電流は等しくなり、すなわち、いずれも  $I_0 / 2$  となる。その結果、2 個の並列接続された超伝導体 1, 2 は、インピーダンスが互いに相違しても、相間リアクトル 5 で流れる電流が等しくなり、すなわち、均流化される。

【0011】次に、インピーダンスが互いに相違する 4 個の超伝導体に流れる電流を均流化する場合を、第 2 の実施の形態として図 2 及び 3 を参照して説明する。この場合、相間リアクトル 11 は、1 個の鉄心 12 及びこれに巻かれた 3 個の巻線 13, 14, 15 を有し、巻線 13, 14 が第 1 段を構成し、巻線 14 が第 2 段 I R 2 を構成する。

【0012】第 1 段 I R 1 のコイル 13, 14 では、超

伝導体 16, 17, 18, 19 がそれぞれ均流化され、第 2 段 IR2 のコイル 15 では、超伝導体 16, 17 のグループと超伝導体 18, 19 のグループとの均流化が行われる。結果的には、4 個の並列な超伝導体 16, 17, 18, 19 には、同一の負荷電流が流れる。

【0013】単一の鉄心 14 の代わりに、第 1 段 IR1 と第 2 段 IR2 に別々の鉄心を使用する、すなわち 2 個の鉄心を使用し、又は、コイル 13, 14, 15 にそれぞれ対応する 3 個の鉄心を使用しても、同一の効果が得られる。しかしながら、図 2 及び図 3 に示すように、鉄心 12 に発生する磁束が相殺されるようにコイル 13, 14, 15 を結線することによって、鉄心 14 の断面積を小さくすることができ、装置の軽量化に有利になる。

【0014】図 4 は、本発明による超伝導体の均流化回路の第 3 の実施の形態を示す図である。本実施の形態では、並列接続された 8 個の超伝導体の均流化のために、1 個の鉄心 21 及び鉄心 21 に巻かれた 7 個のコイル 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 によって 3 段のループを構成する相間リアクトル 29 と、コイル 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 の両端に対となって並列接続された 8 個の超伝導体 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 と、3 段目のループから引き出された中性線 38 及びその中性線 38 間に接続された交流電源 39 とを具える。

【0015】次に、本発明による超伝導体の均流化回路の実験結果について、図 5 及び 6 を用いて説明する。図 5 に示す均流化回路では、液体窒素によって 77 K に冷却された Bi2223 系銀シーステープ線の超伝導コイル L1, L2 のインダクタンスをそれぞれ、1.35 mH 及び 6.15 mH とする。

【0016】交流電源  $V_0$  によって発生する電流  $I_0$  を

1.2 A とすると、相間リアクトル 40 が無い場合、超伝導コイル L1, L2 に流れる電流  $I_1, I_2$  はそれぞれ、0.99 A 及び 0.22 A となり、インダクタンスの相違に起因する偏流が生じる（図 6 (a) 参照）。それに対して、相間リアクトル 40 がある場合、超伝導コイル L1, L2 に流れる電流  $I_1, I_2$  はそれぞれ、0.599 A 及び 0.598 A となり、均流化が行われる。

【0017】本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、幾多の変更及び変形が可能である。例えば、少なくとも 1 個の鉄心及びその鉄心に巻かれた  $2N - 1$  個のコイルによって相間リアクトルのループを  $N$  ( $N$ : 整数) 段にすることができる。また、交流電源の代わりに可変の直流電源を用いることもできる。

【0018】また、本発明を、複数の並列導体から構成される電力用超伝導ケーブル、バスバーのような電流供給線や電流リード、並列導体を巻線した超伝導マグネット等にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による超伝導体の均流化回路の第 1 の実施の形態を示す図である。

【図 2】 本発明による超伝導体の均流化回路の第 2 の実施の形態の相間リアクタンスを示す図である。

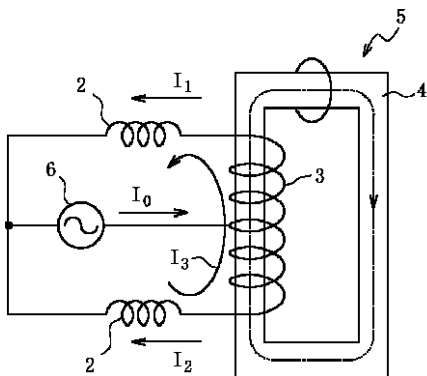
【図 3】 本発明による超伝導体の均流化回路の第 2 の実施の形態を示す図である。

【図 4】 本発明による超伝導体の均流化回路の第 3 の実施の形態を示す図である。

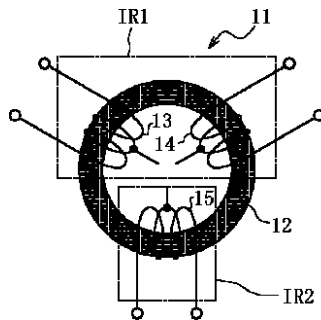
【図 5】 本発明による超伝導体の均流化回路の実験回路の図である。

【図 6】 図 5 の実験結果を示す図である。

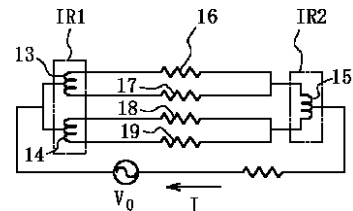
【図 1】



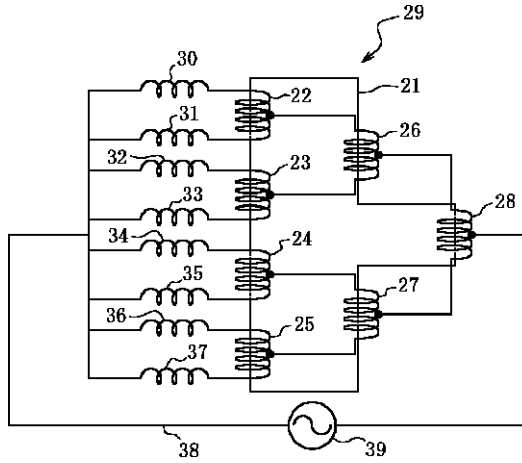
【図 2】



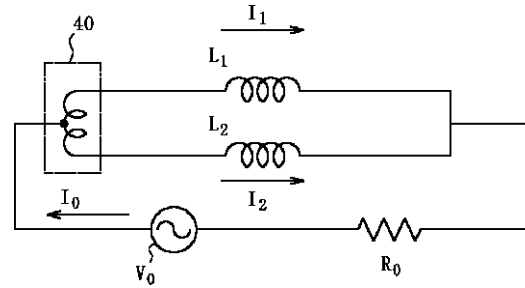
【図 3】



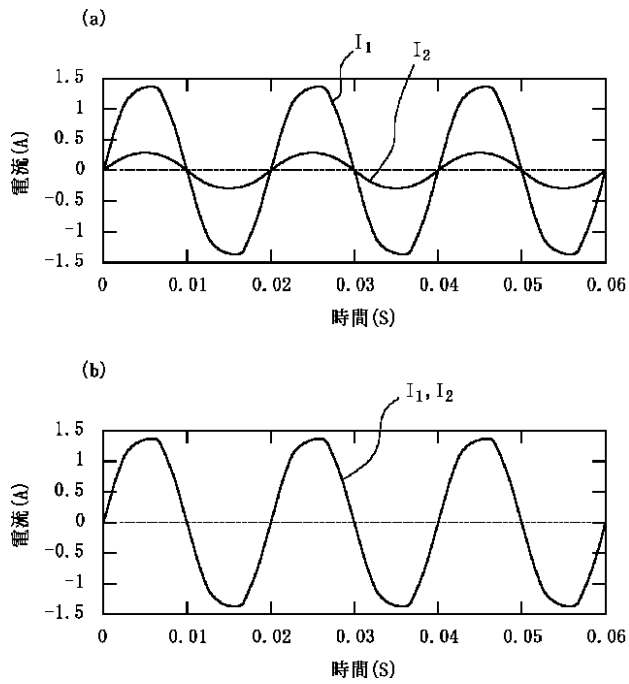
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 孝雄  
 新潟県新潟市坂井砂山1-2-30 ダイア  
 パレス道上山601号

(72)発明者 長澤 徹  
 新潟県三条市塚野目1-8-52  
 (72)発明者 高畑 一也  
 岐阜県土岐市泉町久尻47-22-605