

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4929165号
(P4929165)

(45) 発行日 平成24年5月9日 (2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日 (2012.2.17)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 F 6/02 (2006.01)

HO 1 F 6/00 (2006.01)

HO 1 F 7/22 K

HO 1 F 7/22 C

HO 1 F 7/22 L

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-514611 (P2007-514611)	(73) 特許権者	000003078
(86) (22) 出願日	平成18年4月18日 (2006.4.18)		株式会社東芝
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/308141		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02006/115126	(74) 代理人	100103333
(87) 国際公開日	平成18年11月2日 (2006.11.2)		弁理士 菊池 治
審査請求日	平成20年10月17日 (2008.10.17)	(72) 発明者	来栖 努
(31) 優先権主張番号	特願2005-121104 (P2005-121104)		東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
(32) 優先日	平成17年4月19日 (2005.4.19)		東芝内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	小野 通隆
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内
		(72) 発明者	戸坂 泰造
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導コイルのクエンチ検出方法及装置および超電導電力貯蔵装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、

前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに電氣的に接続されて、前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差に応じて所定値以下の電圧信号を出力する過電圧保護回路と、

前記電圧信号を入力されて前記超電導コイルのクエンチを検出するクエンチ検出器と、
を備えていることを特徴とする超電導コイルのクエンチ検出装置。

10

【請求項 2】

前記超電導コイルは複数の要素コイルを有し、
前記各要素コイルに対応する複数のピックアップコイルを備え、
前記過電圧保護回路には前記要素コイルと前記ピックアップコイルの異なる組間の差電圧が入力されるようにした

ことを特徴とする請求項 1 に記載のクエンチ検出装置。

【請求項 3】

前記過電圧保護回路は半導体素子を有し、
前記半導体素子は前記超電導コイルにクエンチが発生していない状態では開状態で、ク

20

エンチが発生したときに閉状態になる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のクエンチ検出装置。

【請求項 4】

前記半導体素子は、前記超電導コイルを収容するクライオスタットの内部に設けられていることを特徴とする請求項 3 に記載のクエンチ検出装置。

【請求項 5】

前記過電圧保護回路は、前記超電導コイルの端子と前記ピックアップコイルの端子の間に接続した抵抗体であることを特徴とする請求項 1 に記載の超電導コイルのクエンチ検出装置。

【請求項 6】

超電導コイルの発生電圧のうち誘導成分をキャンセルした電圧を測定して前記超電導コイルにおける抵抗成分の発生を検出する超電導コイルのクエンチ検出方法において、

前記超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに接続された過電圧保護回路と、を用いて、

前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差の最大値が所定の電圧を超えないように過電圧保護をすることを特徴とする超電導コイルのクエンチ検出方法。

【請求項 7】

前記所定の電圧が 6 0 0 Vであることを特徴とする請求項 6 に記載の超電導コイルのクエンチ検出方法。

【請求項 8】

超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、

前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに電氣的に接続されて、前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差に応じて所定値以下の電圧信号を出力する過電圧保護回路と、

前記電圧信号を入力されて前記超電導コイルのクエンチを検出するクエンチ検出器と、

を備えた超電導コイルのクエンチ検出装置を有する超電導電力貯蔵装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超電導コイル、特に、電力系統制御用あるいは瞬時電圧低下補償用等の誘導電圧が連続的に発生する超電導コイルのクエンチを検出するのに適した超電導コイルのクエンチ検出方法と装置および超電導電力貯蔵装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超電導コイルが通電中にクエンチして超電導状態から常電導状態に移った場合には、そのまま通電状態を継続すると超電導コイルを損傷してしまうため、クエンチの発生を早期に検出して通電を停止する必要がある（特許文献 1，2 参照）。

【0003】

電流源により通電されている超電導コイルにおいて、最も簡便なクエンチ検出方法は超電導コイルの両端電圧の絶対値を監視する方法である。この方法は、超電導コイルが抵抗発生したことに伴う電流源の出力電圧の変化を検出する。簡便ではあるが、超電導コイルの励消磁時の誘導電圧を誤検出しないように検出電圧を設定する必要があるため、励磁電圧が数 V 程度で同時に検出電圧を数 V 以上に設定できるような小型の超電導コイルに適用

10

20

30

40

50

される場合が多い。一般に超電導コイルでは、その両端を保護用の抵抗や半導体素子で短絡するため、クエンチ検出器に入力される最大電圧は抵抗や半導体素子の両端電圧で決まることになる。

【 0 0 0 4 】

超電導コイルの励消磁時の誘導電圧に比較してクエンチ時の検出電圧を小さく設定したい場合に広く用いられている方法が、超電導コイルを分割して両区間の差電圧を監視する方法である。超電導コイルが複数個の要素コイルから構成される場合には、要素コイル群の midpoint で分割する場合もある。この方法ではインダクタンスを等分割した 2 区間の差電圧を監視するので、誘導電圧を消去して微小な異常電圧の発生を検出することができる。実用においては各分割区間のインダクタンスの差異をクエンチ検出器側で微調整して補う必要がある。一般に検出電圧と誘導電圧の差が大きいほど検出が難しくなる面がある。また、超電導コイルの midpoint の電圧はクエンチの形態によってはコイル両端電圧よりも高くなる場合があるため、過電圧を避ける見地から、midpoint で分割された区間毎にコイル電流を還流する保護回路を構成し、各回路毎に抵抗や半導体素子を備えることで最大電圧を制限する場合が一般的である。

10

【 0 0 0 5 】

コイル電圧以外の信号でクエンチを検出する例として、強制冷却導体を用いた超電導コイルの場合には、冷媒の圧力変化を監視する方法が知られている。この方法はコイル電圧で検出する場合の多くの課題を解決できるが、冷媒中に浸漬冷却される超電導コイルへの適用は困難である。

20

【 0 0 0 6 】

一方、コイル電圧の誘導成分をキャンセルする技術として、ピックアップコイルによりコイル電圧の誘導成分を計測し、通電時のコイル電圧から減算する方法が知られている（特許文献 3 参照）。ピックアップコイルを用いずに、直接、電流信号からコイル電圧の誘導成分を算出する場合もある。これらは主として超電導コイルの交流損失測定に適用される方法であるが、クエンチ検出にも適用される場合がある。

【 0 0 0 7 】

超電導コイルの剛性を向上させるために、コイル導体から電氣的に絶縁された補強金属をコイル導体と共巻きした場合には、その補強金属をピックアップコイルとして使用することも知られている。その場合、ピックアップコイルのインダクタンスが超電導コイルのインダクタンスと良好に一致するため、理想的なピックアップコイルとなる（特許文献 4 参照）。

30

【特許文献 1】特開平 6 - 3 3 3 7 3 9 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 2 6 0 1 3 0 号公報

【特許文献 3】特公平 5 - 5 8 2 4 6 号公報

【特許文献 4】特公平 6 - 5 6 8 1 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

近年、電力貯蔵用等の超電導コイルでは、比較的大型の複数個の要素コイルを複数の電流源に接続し、繰り返しのパルス運転もしくは交流運転する運用が検討されている。これらの場合、誘導電圧は数 kV を超え、同時に保護回路に備えた抵抗の両端に発生する電圧も数 kV を超える場合が多い。機器の耐電圧は実際に印加される電圧に対して余裕をもたせるのが一般的であるため、必要な耐電圧は数十 kV になる場合がある。一方、クエンチ時の検出電圧は 1 V 未満である場合が多い。従ってクエンチ検出は、誘導電圧よりも 4 桁小さい異常電圧を検出し、同時に、数十 kV の耐電圧を有することが必要になる。この場合、一般の高電圧測定のように、電圧信号を抵抗分圧して高電圧用の絶縁アンプに入力すると、検出電圧が小さくなるにつれて十分な感度を確保することが難しくなるという課題がある。

40

【 0 0 0 9 】

50

また、別電源で運転される要素コイルが近接していて、各電源の運転が同期していない場合には、別電源で運転される要素コイルからの相互誘導をキャンセルする必要がある。さらに電位振動により要素コイル間で電圧分担が異なるような場合もあり、従来の差電圧をとる方法では、誘導電圧を完全にキャンセルするのが難しい場合がある。この場合、クエンチの誤判定を避けるため、検出電圧の設定値をある程度大きくして運用することになり、微小電圧を検出できないという課題がある。

【 0 0 1 0 】

ピックアップコイル等を用いてコイル電圧の誘導成分をキャンセルして抵抗成分を取り出す方法は、クエンチ検出器に常時に入力される電圧はゼロレベルのため異常電圧の検出に有利に思えるが、発生する抵抗成分を直読することになるため、クエンチが十分に進行した場合に検出器の入力部に必要な耐電圧は数十kV以上となってしまう場合がある。これに対応するために抵抗分圧して高電圧用の絶縁アンプを用いて測定する構成にすると、誘導成分をキャンセルした利点が無くなり、前記と同様に、検出電圧が小さくなるにつれて十分な感度を確保することが難しくなるという課題がある。

【 0 0 1 1 】

そこで、本発明は、複数個の要素コイルが複数の電流源に接続されて繰り返しのパルス運転もしくは交流運転され、誘導電圧として数kVが連続的に印加される超電導コイルにおいても、クエンチ時の検出電圧を検出することのできる超電導コイルのクエンチ検出方法と装置および超電導電力貯蔵装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る超電導コイルのクエンチ検出装置は、超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに電氣的に接続されて、前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差に応じて所定値以下の電圧信号を出力する過電圧保護回路と、前記電圧信号を入力されて前記超電導コイルのクエンチを検出するクエンチ検出器と、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、本発明に係る超電導コイルのクエンチ検出方法は、超電導コイルの発生電圧のうち誘導成分をキャンセルした電圧を測定して前記超電導コイルにおける抵抗成分の発生を検出する超電導コイルのクエンチ検出方法において、前記超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに接続された過電圧保護回路と、を用いて、前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差の最大値が所定の電圧を超えないように過電圧保護をすることを特徴とする。

さらに、本発明に係る超電導電力貯蔵装置は、超電導コイルの一方の端部に一方の端部が電氣的に接続され前記超電導コイルを形成する超電導線と共にコイル状に巻かれた副導体であるピックアップコイルと、前記超電導コイルの一方の端部と前記ピックアップコイルの一方の端部とが互いに接続された当該端部の逆側の前記超電導コイルの端部および前記ピックアップコイルの端部それぞれに電氣的に接続されて、前記超電導コイルのクエンチ時に前記超電導コイルに発生する電圧と前記ピックアップコイルに誘導される電圧の差に応じて所定値以下の電圧信号を出力する過電圧保護回路と、前記電圧信号を入力されて前記超電導コイルのクエンチを検出するクエンチ検出器と、を備えた超電導コイルのクエンチ検出装置を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、複数個の要素コイルが複数の電流源に接続されて繰り返しのパルス運転もしくは交流運転され、誘導電圧として数 kV が連続的に印加される超電導コイルにおいても、クエンチ時の検出電圧を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】(a) は本発明の第1の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図2】(a) は本発明の第2の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図3】(a) は本発明の第3の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図4】は本発明の第4の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図である。

【図5】(a) は本発明の第5の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図6】(a) は本発明の第6の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図7】(a) は本発明の第7の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図8】本発明の第8の実施の形態(a)およびその変形例(b)の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図。

【図9】(a) は本発明の第8の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【図10】(a) は本発明の第10の実施の形態の超電導コイルのクエンチ検出装置を備えた超電導電力貯蔵装置を示す回路図、(b) は(a)の変形例の回路図である。

【符号の説明】

【0016】

- 1 超電導コイル
- 2 ピックアップコイル
- 3 クエンチ検出器
- 4 過電圧保護回路
- 5 限流抵抗
- 6 a , 6 b 光変換器
- 7 超電導線
- 8 副導体
- 9 要素コイル
- 10 電流源
- 11 半導体素子
- 12 クライオスタット
- 13 ダイオード
- 14 サイリスタ
- 15 抵抗体
- 16 超電導電力貯蔵装置
- 17 減算器
- 18 電圧変換器
- 20 絶縁被覆

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

10

20

30

40

50

以下、本発明に係る超電導コイルのクエンチ検出方法および装置の第１ないし第１０の実施の形態を図面を参照して説明する。

(第１の実施の形態)

図１(ａ)は、本発明の第１の実施の形態を示す回路図である。本実施の形態のクエンチ検出装置は、限流抵抗５を介して電流源１０に接続された超電導コイル１の近傍に設けたピックアップコイル２と、超電導コイル１の端子間の電圧 V_A とピックアップコイル２の端子間の電圧 V_B を入力する減算器１７と、減算器１７に接続した過電圧保護回路４および過電圧保護回路４に接続したクエンチ検出器３を備えている。

【００１８】

本実施の形態では、超電導コイル１の発生する磁場を感知できる位置にピックアップコイル２を配置する。そして、超電導コイル１の励消磁電圧から減算器１７において誘導成分を消去した電圧を、過電圧保護回路４を通した上でクエンチ検出器３に入力する。過電圧保護回路４は、入力電圧が閾値に到達すると入力信号間を短絡する。これにより、クエンチ検出器３に過大な電圧がかかるのを防ぎ、クエンチ検出器３を保護する。閾値は、たとえば６００Ｖ未満の範囲内で選定する。誘導電圧の消去においてはピックアップコイル２の信号を定数倍するなどの演算をしてもよいし、あるいはピックアップコイル２を利用せずに限流抵抗５の電流信号から誘導成分を算出してもよい。その場合、演算や算出の条件は超電導コイル１に定格よりも小さい電流値で試通電をした場合の各出力をみて選定する。

【００１９】

図中、回路上の各位置での電圧 V と時間 T との関係を示すグラフを併せて示している。図１(ａ)では正弦波の交流通電をしている場合を示しているが、電流波形は任意であってよい。またクエンチ検出器３に入力される信号は、大地に対しては６００Ｖ以上の電位を持つ場合があるのでクエンチ検出器３を接地せずに電位を浮かせたままにしておいてもよいし、大地に対して高耐電圧化してもよい。

変形例として、図１(ｂ)に示すように、光変換器６ａ、６ｂによって電圧信号を光信号に変換して伝送し、その後電圧変換器１８によって電圧信号に戻して過電圧保護回路４に入力する構成としてもよい。その場合、電圧信号を光信号に変換する光変換器６ａ、６ｂは大地に対して接地せずに電位を浮かせておいてもよいし、大地に対して高耐電圧化してもよい。

過電圧保護回路４の保護電圧を６００Ｖ未満としたのは低電圧作業の範囲内にしたため、計測器の最大入力電圧として一般的な２００Ｖ未満にすると更に望ましい。

クエンチ検出器３によってクエンチが検出された場合、超電導コイル１の通電を早期に停止させるべく停止動作を行なう。具体的には、電流源１０を切り離して、電流源１０に並列の保護抵抗(図示せず)に電流を流すように切り換えを行なう。

【００２０】

本実施の形態では、誘導成分をキャンセルしたゼロレベルの電圧信号を、抵抗分圧等で信号を小さくすることなくクエンチ検出器３に入力し、同時に過電圧保護を施すことにより最大印加電圧を低電圧の範囲内としたことで、検出器側に高電圧用の絶縁アンプが不要になり、１Ｖ未満の異常電圧でも高精度で検出することが可能である。従って、高電圧用の絶縁アンプを用いた場合に１Ｖ未満の異常電圧に対して十分な検出感度を得難いという問題を回避できる。

【００２１】

(第２の実施の形態)

図２は、本発明に係る超電導コイルのクエンチ検出方法および装置の第２の実施の形態を示す構成図である。

ここで、図２(ａ)および図２(ｂ)それぞれの左上隅に点線で囲んだ図は、超電導線７と副導体８とを組み合わせる超電導コイル１とピックアップコイル２とを構成したときの断面形状を示す。これらの図に示すように、超電導線７と副導体８を共巻きにして超電導コイル１とピックアップコイル２を構成する。ただし、これらの図で、左半分の詳細

10

20

30

40

50

断面形状は省略している。

副導体 8 がピックアップコイル 2 として動作する。超電導線 7 と副導体 8 は相互に電気絶縁されているが、1ヶ所で電氣的に接続しており、接続位置で超電導線 7 と副導体 8 は同電位になっている。超電導線 7 は複数の超電導線を束ねた束線であってもよいし撚線であってもよい。また副導体 8 の形状や材質は限定されず、超電導線 7 と同じ形状であってもよいし、副導体 8 が超電導線 7 の周囲を覆う形状であってもよい。また副導体 8 が超電導線 7 とは異なる超電導線であってもよい。超電導線 7 と副導体 8 とを同電位にしている側とは逆側の端部において超電導線 7 と副導体 8 の間の電圧（差電圧） ΔV を計測することで超電導コイル 1 の誘導電圧をキャンセルし、この電圧信号をクエンチ検出器 3 への入力信号とする。

10

【0022】

上記説明では超電導線 7 と副導体 8 を 1 箇所と同電位としたが、超電導コイル 1 が複数の要素コイルから構成されていて、独立した電気回路が複数ある場合には、独立した回路ごとに超電導線 7 と副導体 8 を接続してもよい。また超電導線 7 と副導体 8 を完全に電気絶縁しておいて、それぞれの電圧を個別に検出してクエンチ検出器 3 側で誘導電圧を差し引いてもよい。

【0023】

本実施の形態は、コイル電圧の誘導成分をキャンセルするためのピックアップコイル 2 として、超電導線 7 と共にコイル状に巻かれた副導体 8 を設けたことで、ピックアップコイル 2 の誘導電圧や電位振動効果は、超電導コイル 1 のものと良好に一致し、電位振動が顕著な場合にも誘導電圧を良好にキャンセルできるので、クエンチの検出電圧を小さく設定することが可能になり、高精度でのクエンチ検出装置を実現することができる。

20

【0024】

（第 3 の実施の形態）

図 3 は、本発明の第 3 の実施の形態を示す構成図である。

ここで、図 3（a）および図 3（b）それぞれの左上隅に点線で囲んだ図は、図 2（a）および図 2（b）の場合と同様に、超電導線 7 と副導体 8 とを組み合わせて超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 とを構成したときの断面形状を示す。これらの図に示すように、超電導線 7 と副導体 8 を共巻きにして超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 を構成する。さらに、図 3（a）および図 3（b）それぞれの左下隅に点線で囲んだ図は、左上隅に点線で囲んだ図の一部を拡大して示す断面図である。

30

本実施の形態では、超電導コイル 1 を形成する超電導線 7 と共巻きにしてピックアップコイル 2 を形成する副導体 8 をステンレス鋼あるいは銅合金あるいはアルミ合金からなる機械的強度の高い部材で構成する。第 2 の実施の形態において説明したのと同様に副導体 8 の形状はいろいろなものが可能である。超電導線 7 と副導体 8 を相互に電気絶縁する手段としては、超電導線 7 と副導体 8 のいずれか一方、あるいは両方を絶縁被覆 20 で覆う。絶縁被覆 20 としては、絶縁材料をコーティングしてもよいし絶縁テープあるいはプリプレグ等を巻きつけてもよい。

本実施の形態では、副導体 8 がコイルの補強材となりピックアップコイル 2 を兼ねるので、効率的かつ低コストに、高精度でのクエンチ検出装置を実現することができる。

40

【0025】

（第 4 の実施の形態）

本実施の形態では、図 4 に示すように、超電導コイル 1 を 2 個の要素コイル 9 で構成し、1 台の電流源 10 により直列に通電する。要素コイル 9 の数は 2 個に限定されず 3 個以上でもよい。また電流源についても台数は 1 台または複数台でよいが、各電源は同期して運転することが望ましい。要素コイル 9 はそれぞれ第 3 の実施の形態で述べたコイル構造を有しており、各組の要素コイル 9 とピックアップコイル 2 で誘導電圧をキャンセルした電圧 ΔV の信号をクエンチ検出器 3 に入力して電圧信号間の差を監視する。

【0026】

このように、本実施の形態は、超電導コイル 1 が複数の要素コイル 9 から構成されてい

50

る場合に、要素コイル 9 毎に誘導成分をキャンセルした電圧を計測し、それらの差電圧 ΔV を監視する。その結果、キャンセルされずに微小に残った誘導電圧がクエンチ検出電圧より大きくなってしまった場合には検出感度を十分にとれないという問題を回避して、高精度なクエンチ検出を実現し、また要素コイル数が多い場合にはクエンチ検出器の台数を減らした効率的なクエンチ検出装置を実現することができる。

【 0 0 2 7 】

(第 5 の実施の形態)

本実施の形態では、図 5 (a) , (b) に示すように、超電導線 7 と副導体 8 を共巻きにして超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 を形成し、超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の間に半導体素子 1 1 を接続し、半導体素子 1 1 の両端電圧 ΔV をクエンチ検出器 3 に入力してクエンチを監視する。半導体素子 1 1 は通常時には開いた状態であり、超電導コイル 1 がクエンチすると閉じて超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の結線部において電氣的に短絡する。その際、超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の差電圧 ΔV が 6 0 0 V を超えないように半導体素子 1 1 を選定してある。

【 0 0 2 8 】

本実施の形態では、クエンチが進行して電圧の抵抗成分が増大した場合に半導体素子 1 1 によるスイッチを閉じて電圧信号を短絡するので、クエンチ検出器に入力される最大電圧を半導体素子の両端電圧で制限できる。従って高電圧用の絶縁アンプを使用しなくても済むため、高電圧用絶縁アンプの使用時に微小電圧の検出が難しくなるという問題を回避できる。

【 0 0 2 9 】

このように、本実施の形態は、誘導電圧をキャンセルしたコイル電圧信号の入力端に半導体素子 1 1 を接続したことで、クエンチを判定する際には検出電圧 ΔV を直読し、クエンチが進展した後は検出電圧 ΔV の最大値を半導体素子 1 1 の順方向の両端電圧で制限することができるため、高電圧用アンプを使用することなしに高精度でのクエンチ検出装置を実現することができる。

【 0 0 3 0 】

(第 6 の実施の形態)

本実施の形態は図 6 (a) , (b) に示すように、第 5 の実施の形態 (図 5) において、超電導コイル 1 およびピックアップコイル 2 を収納しているクライオスタット 1 2 の内部に、半導体素子 1 1 を備えた構成である。

なお、図 5 では、クライオスタット 1 2 の図示を省略しているが、超電導コイル 1 、ピックアップコイル 2 、限流抵抗 5 、電流源 1 0 はクライオスタット 1 2 内にあり、半導体素子 1 1 はクライオスタット 1 2 外に配置されている。

【 0 0 3 1 】

半導体素子 1 1 の結線は半導体素子 1 1 が閉じた場合に流れる電流に対応できる電流量が必要である。本実施の形態では、半導体素子 1 1 をクライオスタット 1 2 の内部に備えたため半導体素子 1 1 が閉じた場合に流れる電流回路をクライオスタット 1 2 内部に収納した。従ってクライオスタット 1 2 の外部には計測のための信号線だけ取り出せば十分で、通電容量を有した太い電線を取り出さなければならないという問題を回避できる。

【 0 0 3 2 】

このように、本実施の形態は、半導体素子 1 1 をクライオスタット 1 2 の内部に備えたため、クライオスタット 1 2 の外部に取り出すクエンチ検出のための信号線を細くしたコンパクトな超電導コイル装置を実現し、同様にコンパクトなクエンチ検出装置を実現することができる。

【 0 0 3 3 】

(第 7 の実施の形態)

本実施の形態は図 7 (a) , (b) に示すように、超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の端子間にダイオード 1 3 を接続した構成である。ダイオード 1 3 はツェナーやサージアブソーバーでもよいし、ダイオードのかわりにバリスタやアレスタのような素子でも

10

20

30

40

50

よいし、あるいは制御が不要な他のスイッチ素子であってもよい。またダイオード 13 を超電導コイル 1 と同程度の温度環境に設置することで順方向電圧の温度依存性を利用して、順方向電圧を高くして使用してもよい。さらに順方向電圧あるいは電流容量を調整するために半導体素子の複数個を直列あるいは並列にして構成してもよい。その場合、異なる種類の素子を組み合わせてもよい。

【0034】

本実施の形態では、開閉を外部から制御する必要のない半導体素子であるダイオード 13 を利用するため、超電導コイル 1 がクエンチした場合に、半導体素子の開閉制御の信頼性が要求されるという問題を回避できる。

このように、本実施の形態は、開閉を外部から制御する必要のないダイオードを用いるので、パッシブに動作する信頼度の高いクエンチ検出装置を実現することができる。

10

【0035】

(第 8 の実施の形態)

本実施の形態は図 8 (a), (b) に示すように、超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の端子間にサイリスタ 14 を接続した構成である。サイリスタ 14 は GTO でもよいし、サイリスタのかわりに IGBT あるいは IEGT あるいは開閉制御の可能な他の素子でもよい。またこれらの半導体素子の複数個を直列あるいは並列にして構成してもよい。その場合、異なる種類の素子を組み合わせてもよい。

【0036】

本実施の形態では、前記のような開閉を外部から制御できる半導体素子を用いるため、パッシブに動作する半導体素子を使用した場合に開閉を自由に制御できないという問題を回避できる。

20

【0037】

このように本実施の形態は、開閉を外部から制御することのできる半導体素子を用いるので、電流源 10 のインターロック動作を自由に設定することの可能なクエンチ検出装置を実現することができる。

【0038】

(第 9 の実施の形態)

本実施形態は、図 9 (a), (b) に示すように、超電導コイル 1 とピックアップコイル 2 の端子間に抵抗体 15 を接続した構成である。抵抗体 15 の抵抗値は、超電導コイル 1 がクエンチした場合に抵抗体 15 の両端に発生する電圧 ΔV が 600 V 未満であるように選定する。

30

【0039】

本実施の形態では、超電導コイル 1 の異常信号をピックアップコイル 2 のインピーダンスと抵抗体 15 とで分圧するので検出信号を小さくしてしまうが、簡便に高電圧がクエンチ検出器 3 に入力されるのを回避できる。従って、異常信号を抵抗分圧で小さくしても問題にならない場合には、敢えて特別な過電圧対策をするのが煩わしいという問題を回避できる。

【0040】

このように、本実施の形態は、超電導コイル 1 からの異常信号を、ピックアップコイル 2 のインピーダンスと抵抗体 15 の抵抗とで分圧してクエンチ検出器 3 に入力するので、簡便に高電圧を回避したクエンチ検出装置を実現することができる。

40

【0041】

(第 10 の実施の形態)

本実施の形態は図 10 (a), (b) に示すように、超電導コイル 1 が超電導電力貯蔵装置 16 を構成する。超電導電力貯蔵装置 16 は瞬時電圧低下補償用であってもよいし、系統安定化や負荷変動補償あるいは周波数調整のような系統制御用であってもよい。

【0042】

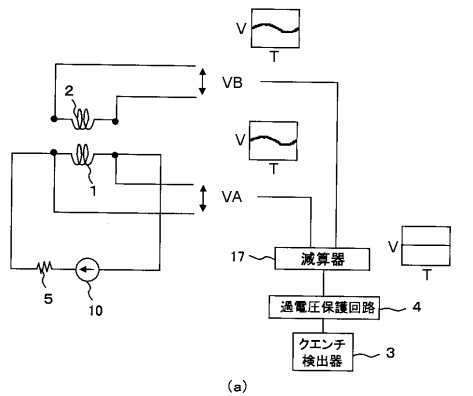
本実施の形態は、超電導電力貯蔵装置に第 1 ないし第 9 の実施の形態のクエンチ検出装置を設けるので、複数個の要素コイルが複数の電流源により繰り返しのパルス運転もしく

50

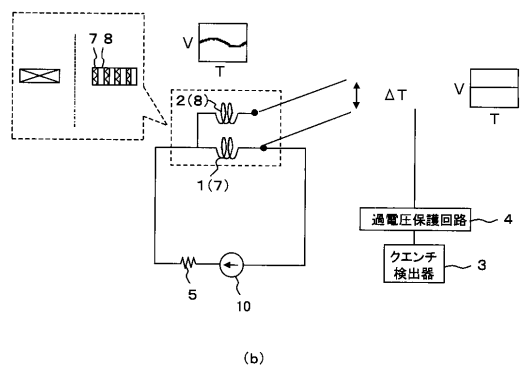
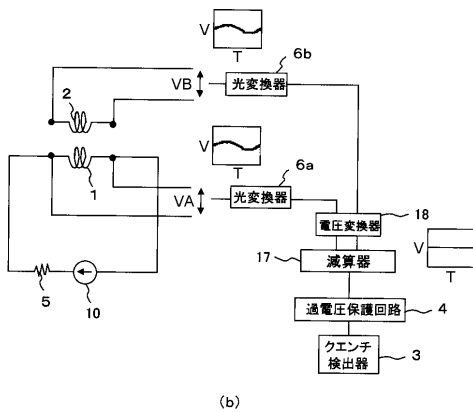
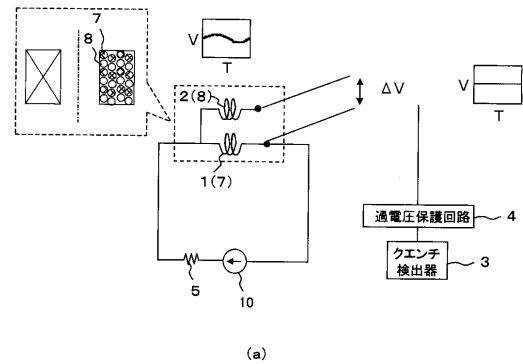
は交流運転された場合でも、微小電圧の検出が難しいという問題を回避して、高精度でのクエンチ検出を実現することができる。

以上、種々の実施の形態を説明したが、これらは単なる例示であって、本発明はこれらに限定されるものではない。また、これらの実施の形態の特徴部分を種々に組み合わせることもできる。

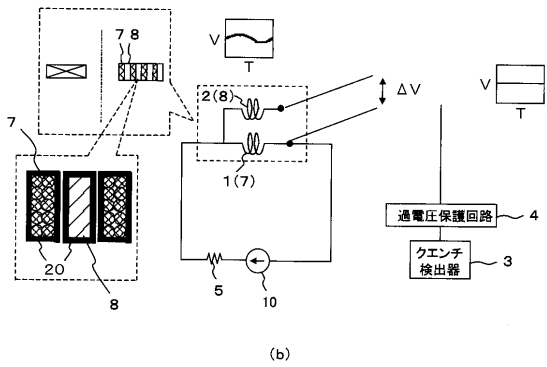
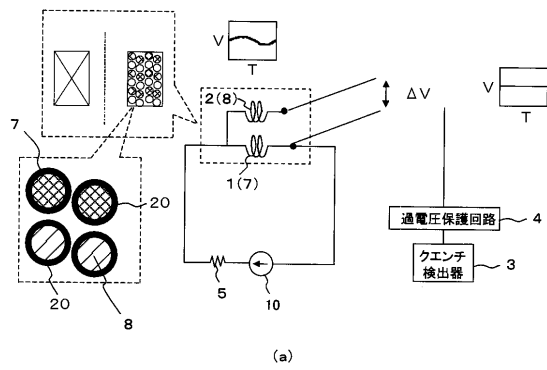
【図 1】



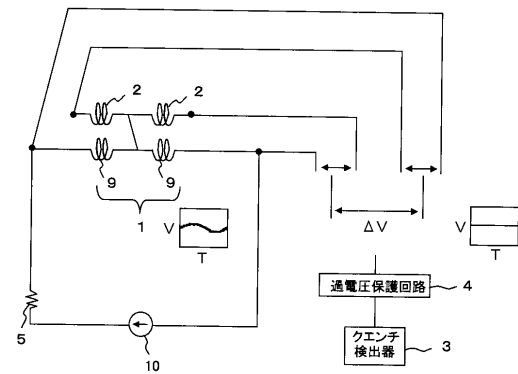
【図 2】



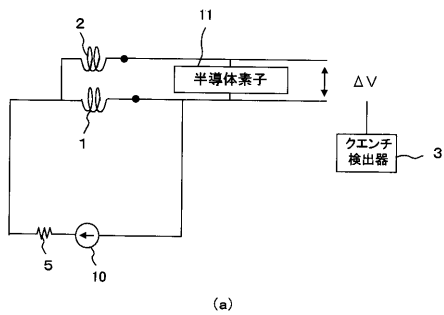
【図 3】



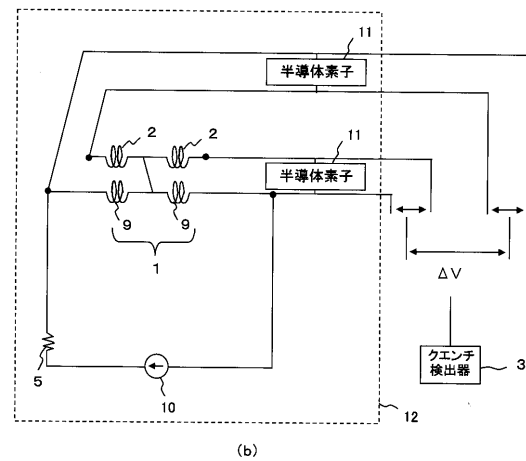
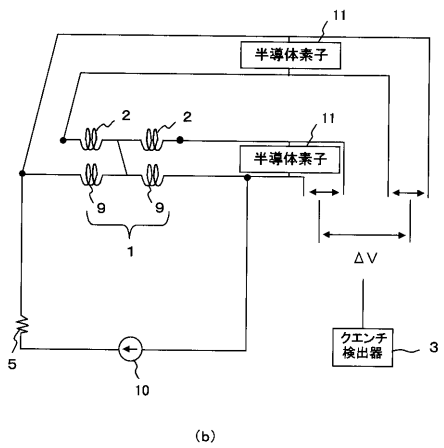
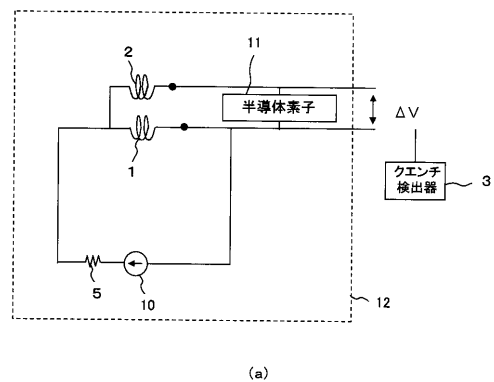
【図 4】



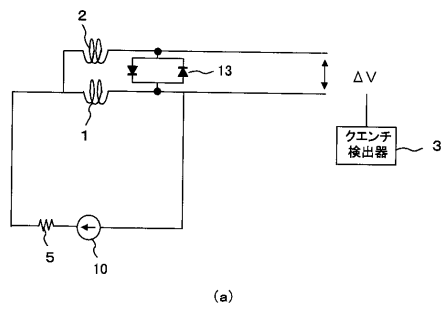
【図 5】



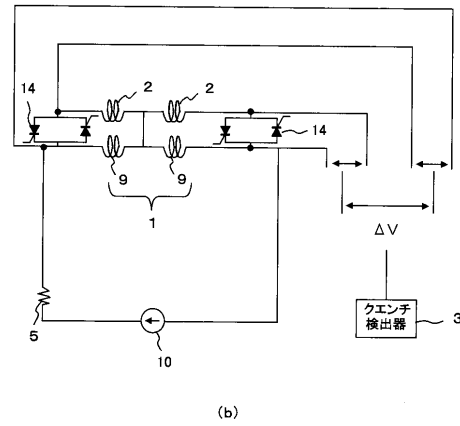
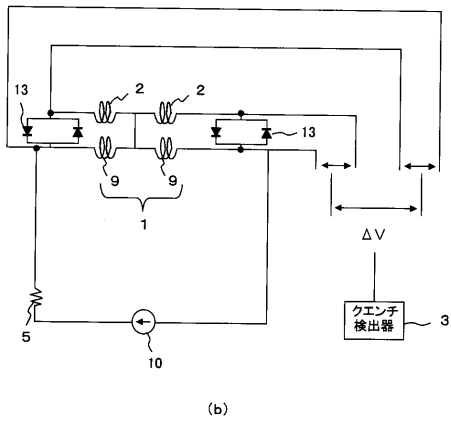
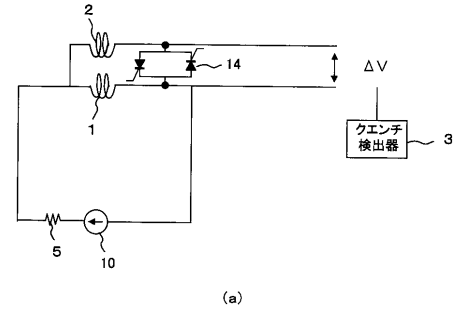
【図 6】



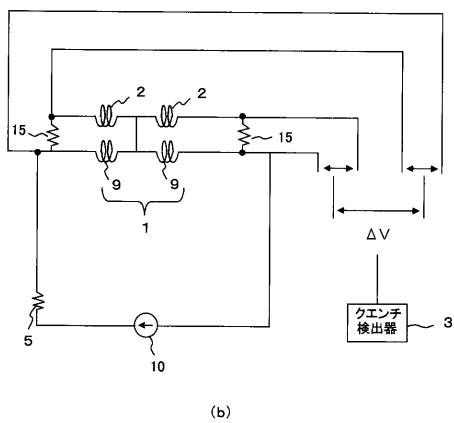
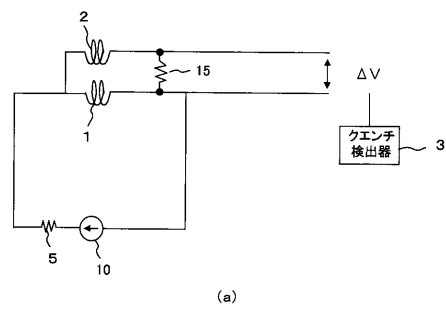
【図 7】



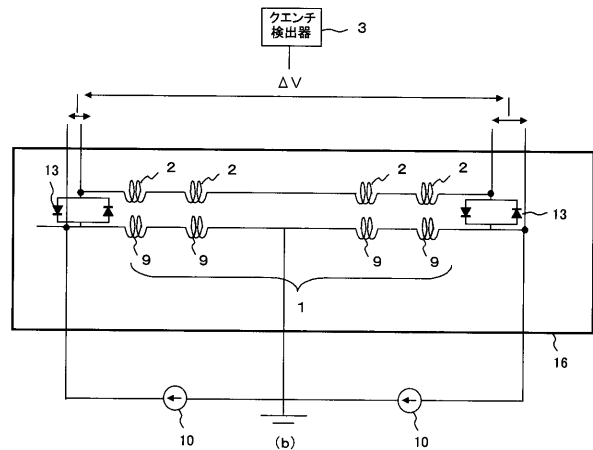
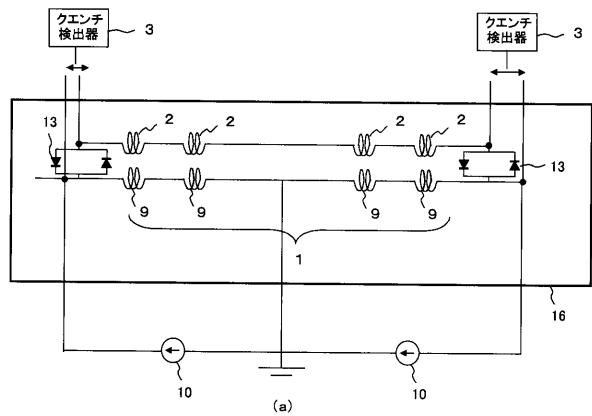
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 石井 祐介
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 山下 康博
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 長谷川 直也

- (56)参考文献 特開平08-138927(JP,A)
特開昭61-289611(JP,A)
特開平05-316633(JP,A)
特開昭63-003405(JP,A)
特開平09-084252(JP,A)
特開昭53-049989(JP,A)
特開昭59-094805(JP,A)
特開平04-346207(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01F 6/00- 6/06、
H01L 27/18、 39/00-39/24