

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3763464号

(P3763464)

(45) 発行日 平成18年4月5日(2006.4.5)

(24) 登録日 平成18年1月27日(2006.1.27)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2H	9/02	(2006.01)	HO2H	9/02	ZAAA
HO1B	12/02	(2006.01)	HO1B	12/02	
HO1F	6/06	(2006.01)	HO1F	5/08	B

請求項の数 7 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2001-369747 (P2001-369747)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成13年12月4日(2001.12.4)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2003-174721 (P2003-174721A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成15年6月20日(2003.6.20)	(73) 特許権者	000156938
審査請求日	平成16年3月15日(2004.3.15)		関西電力株式会社
			大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
		(74) 代理人	100057874
			弁理士 曾我 道照
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100071629
			弁理士 池谷 豊
		(74) 代理人	100084010
			弁理士 古川 秀利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導限流器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超電導体の第1の電流経路と、該第1の電流経路に並列に接続され、無誘導に巻かれた複数のコイルからなる第2の電流経路とを備えた超電導限流器であって、短絡事故発生後に、上記複数のコイルの無誘導状態を解消してインピーダンスを増加させるようにしたことを特徴とする超電導限流器。

【請求項2】

上記複数のコイルは固定コイルおよび可動コイルからなり、上記可動コイルを上にして、該固定コイルおよび可動コイルを鉛直線上に配置したことを特徴とする請求項1記載の超電導限流器。

【請求項3】

定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたことを特徴とする請求項2記載の超電導限流器。

【請求項4】

上記可動コイルを複数の可動コイルで構成したことを特徴とする請求項3記載の超電導限流器。

【請求項5】

超電導体と接点からなる第1の電流経路、該第1の電流経路に並列に接続され、互いの磁界を打ち消す向きに巻かれた固定コイルおよび可動コイルからなる第2の電流経路とを備えた超電導限流器であって、

上記可動コイルの動きと上記接点の開極動作を一体化したことを特徴とする超電導限流器。

【請求項 6】

上記並列接続の第 1 および第 2 の電流経路に直列接続された遮断器を備え、上記可動コイルの動きと上記接点および上記遮断器接点の開極動作を一体化したことを特徴とする請求項 5 記載の超電導限流器。

【請求項 7】

定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたことを特徴とする請求項 5 または 6 記載の超電導限流器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、交流回路における過電流を電磁的に抑制する超電導限流器に関するのものである。

【0002】

【従来の技術】

図 1 2 は、従来の超電導限流器を示す構成図である。

図において、1 は第 1 のコイル、2 は第 2 のコイルであって、いずれも超電導コイルで、第 1 のコイル 1 は無誘導に巻かれている。通常状態では、第 1 のコイル 1 に電流が流れる。事故が発生し、第 1 のコイル 1 が超電導状態から抵抗体に変化（クエンチ）すると、第 2 のコイル 2 に転流し、そのインダクタンスで限流する。その際、第 2 のコイル 2 が作る磁界 4 でスイッチ 3 を開き、第 1 のコイル 1 に流れていた電流をゼロにする。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のような構成をなす従来の超電導限流器の場合、第 2 のコイルは限流効果を呈するため、大きなインダクタンス値を有している。このため、第 1 のコイルがクエンチしても、第 1 のコイルから第 2 のコイルへ電流が移りにくい。このため、第 1 のコイルの発熱が大きく、温度上昇が大きいという問題点があった。

【0004】

この発明は、このような従来の問題点を解決するためになされたもので、超電導限流器を超電導体の第 1 の電流経路と、これに並列接続の、無誘導に巻かれた複数のコイルからなる第 2 の電流経路とで構成し、第 2 の電流経路のコイルを無誘導状態から誘導状態へ変えることにより、電流の移りを容易にして、第 1 の電流経路の超電導体の発熱が小さく、温度上昇が小さい超電導限流器を得ることを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る超電導限流器は、超電導体の第 1 の電流経路と、該第 1 の電流経路に並列に接続され、無誘導に巻かれた複数のコイルからなる第 2 の電流経路とを備えた超電導限流器であって、短絡事故発生後に、上記複数のコイルの無誘導状態を解消してインピーダンスを増加させるようにしたものである。

【0006】

また、この発明に係る超電導限流器は、上記複数のコイルは固定コイルおよび可動コイルからなり、上記可動コイルを上にして、該固定コイルおよび可動コイルを鉛直線上に配置したものである。

【0007】

また、この発明に係る超電導限流器は、定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたものである。

【0008】

また、この発明に係る超電導限流器は、上記可動コイルを複数の可動コイルで構成したものである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 9 】

また、この発明に係る超電導限流器は、超電導体と接点からなる第1の電流経路、該第1の電流経路に並列に接続され、互いの磁界を打ち消す向きに巻かれた固定コイルおよび可動コイルからなる第2の電流経路とを備えた超電導限流器であって、上記可動コイルの動きと上記接点の開極動作を一体化したものである。

## 【 0 0 1 0 】

また、この発明に係る超電導限流器は、上記並列接続の第1および第2の電流経路に直列接続された遮断器を備え、上記可動コイルの動きと上記接点および上記遮断器接点の開極動作を一体化したものである。

## 【 0 0 1 1 】

また、この発明に係る超電導限流器は、定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたものである。

## 【 0 0 1 2 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、この発明の実施の形態を、図を参照して説明する。

実施の形態1 .

図1は、この発明の実施の形態1による超電導限流器を示す構成図である。

図において、11は低温領域10の低温に冷却された超電導体、12は超電導体11の第1の電流経路としての電流経路、15は互いの磁界を打ち消す向き（無誘導）に巻かれた固定コイル13および可動コイル14からなる第2の電流経路としての電流経路、16は可動コイル14を移動させるための駆動機構であり、電流経路12と電流経路15は並列に接続されている。また、ここでは、電流経路15の下側を固定コイル13、上側を可動コイル14として、可動コイル14は駆動機構16により上側に移動可能としている。なお、ここでは、電流経路12と電流経路15の各一側、即ち超電導体11の一端と可動コイル14の接続点は電源側に接続され、電流経路12と電流経路15の各他側、即ち超電導体11の他端と固定コイル13の接続点は負荷側に接続されている。

## 【 0 0 1 3 】

次に、動作について説明する。

通常時は、電流が抵抗のない超電導体11（電流経路12）を流れる。電力系統事故時に過大な短絡電流が流れると、超電導体11がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、短絡電流は無誘導に巻かれたコイル（電流経路15）に転流するが、無誘導状態ではインピーダンスが小さいので、この転流は容易である。この状態では、無誘導に巻かれたコイルのインピーダンスが小さいので限流効果は小さいが、超電導体11に流れる電流が小さいので、超電導体11の温度上昇が小さい。その後、駆動機構16により、可動コイル14が動き（図1では上方向）、インピーダンスが増加して限流する。

## 【 0 0 1 4 】

図2は、図1における電流の変化と超電導体の温度上昇を示す図である。

当初、限流効果が小さいが、温度上昇が小さい。また、図示していないが、一般に超電導体11の上側の電源側に挿入される遮断器が動作する3サイクル時では、限流効果を示している。

## 【 0 0 1 5 】

以上のように、この実施の形態1によれば、超電導体の温度上昇が小さい超電導限流器が得られる。

## 【 0 0 1 6 】

実施の形態2

図3は、この発明の実施の形態2による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

本実施の形態では、無誘導コイルである可動コイル14と固定コイル13の配置を、対向配置から同軸配置へ変更したものである。その他の構成は、上記実施の形態1と同様であ

10

20

30

40

50

る。

#### 【0017】

次に、動作について説明する。

通常時は、電流が抵抗のない超電導体11(電流経路12)を流れる。電力系統事故時に過大な短絡電流が流れると、超電導体11がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、短絡電流は無誘導に巻かれたコイル(電流経路15)に転流するが、無誘導状態ではインピーダンスが小さいので、この転流は容易である。この状態では、無誘導に巻かれたコイルのインピーダンスが小さいので限流効果は小さいが、超電導体11に流れる電流が小さいので、超電導体11の温度上昇が小さい。その後、駆動機構16により、可動コイル14が動き(図3では上方向)、インピーダンスが増加して限流する。

10

#### 【0018】

以上のように、この実施の形態2によれば、上記実施の形態1と同様に、限超電導体の温度上昇が小さい超電導限流器が得られる。

#### 【0019】

実施の形態3

図4は、この発明の実施の形態3による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

ここでは、電流経路15の無誘導コイル部のみを示しており、図4(a)はその上面図、図4(b)は矢印Aの方向から見た正面図である。回転軸17の周りに回転可能な可動コイル14および固定コイル13からなり、互いの磁界を打ち消す向き(無誘導)に配置されている。

20

#### 【0020】

次に、動作について説明する。

通常時は、電流は超電導体11(図1)を流れ、コイルは無誘導の位置にある。電力系統事故時に過大な短絡電流が流れると、超電導体11がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、短絡電流は無誘導に巻かれた可動コイル14および固定コイル13即ち電流経路15側に転流し、可動コイル14が回転軸17の周りに回転して無誘導を解消する。その他の動作は、上記実施の形態1と同様である。

#### 【0021】

以上のように、この実施の形態3によれば、上記実施の形態1と同様に、限超電導体の温度上昇が小さい超電導限流器が得られ、また、無誘導コイルの重心位置が変わらないので、コイルの固定が容易である。

30

#### 【0022】

実施の形態4

図5は、この発明の実施の形態4による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

図において、低温に冷却された超電導体11の電流経路12と、互いの磁界を打ち消す向き(無誘導)に巻かれた固定コイル13および可動コイル14からなる電流経路15を有し、これらを並列に接続して超電導限流器を構成する点は、上記実施の形態1と同様であるが、本実施の形態では、下側を固定コイル13、上側を可動コイル14として略鉛直線上に配置し、可動コイル14はコイル間の反発力により上に移動可能としている点が、上記実施の形態1とは異なる。

40

#### 【0023】

次に、動作について説明する。

通常時は、電流が抵抗のない超電導体11(電流経路12)を流れる。電力系統事故時に過大な短絡電流が流れると、超電導体11がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、短絡電流は無誘導に巻かれた可動コイル14および固定コイル13即ち電流経路15側に転流するが、無誘導状態ではインピーダンスが小さいので、この転流は容易である。この状態では、無誘導に巻かれたコイル即ち可動コイル14および固定

50

コイル13のインピーダンスが小さいので限流効果は小さいが、超電導体11に流れる電流が小さいので、超電導体11の温度上昇が小さい。無誘導に巻かれたコイルは転流した電流により反発し、可動コイル14が動き(図5では矢印で示す上方向)、インピーダンスが増加して限流する。

【0024】

以上のように、この実施の形態4によれば、上記実施の形態1と同様に、限超電導体の温度上昇が小さい超電導限流器が得られ、また、事故時以外には、可動コイルが自重により固定コイルと接近して無誘導になるため、外部からの可動コイルの初期制御が不要で、駆動機構を削除でき、小型の超電導限流器が得られる。

【0025】

実施の形態5

図6は、この発明の実施の形態5による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

図において、18は壁、19はバネであって、本実施の形態では、可動コイル14と壁18の間にバネ19を設け、定常状態で、可動コイル14をバネ19の弾性力により固定コイル13に接近させるものである。その他の構成は、上記実施の形態1と同様である。

【0026】

次に、動作について説明する。

限流時に、コイルの反発力がバネ力を上回れば、可動コイル13は右に動いて、インピーダンスが増大する。その他の動作は、上記実施の形態1と同様である。

【0027】

以上のように、この実施の形態5によれば、定常状態で、可動コイルを外力により、つまり、バネの強さを変えることにより固定コイルに接近させるため、可動コイル、固定コイルの配置を広く許容できる(例えば横方向)。また、バネの強さを変えることにより、可動コイルの動きを制御できる。

【0028】

実施の形態6

図7は、この発明の実施の形態6による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1および図5と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。本実施の形態では、電流経路15を1個の固定コイルと2個の可動コイルで構成したもので、14a、14bは共に可動コイルである。その他の構成は、上記実施の形態1と同様である。

【0029】

次に、動作について説明する。

限流時に、コイルの反発力がバネ力を上回れば、可動コイル14aは左、可動コイル14bは右に動いて、インピーダンスが増大する。その他の動作は、上記実施の形態1と同様である。

【0030】

以上のように、この実施の形態6によれば、1個の可動コイルの重量を軽くできるので、無誘導の低インピーダンス状態から高インピーダンス状態に早く移行できる。また、可動コイルが対称に動くので、重心位置が変わらない。このため、壁の固定が不要にできる。

【0031】

実施の形態7

図8は、この発明の実施の形態7による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図1および図5と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。図において、12Aは超電導体11と固定接点20および可動接点21からなる第1の電流経路としての電流経路であって、この電流経路12Aに対して、互いの磁界を打ち消す向き(無誘導)に巻かれた固定コイル13および可動コイル14を有する第2の電流経路としての電流経路15を並列に接続する。22は可動接点21の可動棒である。

【0032】

10

20

30

40

50

また、本実施の形態でも、上記実施の形態 5 と同様に、可動コイル 14 と壁 18 の間にバネ 19 を設け、定常状態で、可動コイル 14 をバネ 19 の弾性力により固定コイル 13 に接近させる。そして、本実施の形態では、可動コイル 14 の動きと接点 20, 21 の開極動作を実質的に一体化する。その他の構成は、上記実施の形態 1 と同様である。

#### 【0033】

次に、動作について、図 9 を参照しながら説明する。

通常時（定常時）は、図 9（a）に示すように、電流が抵抗のない超電導体 11 即ち電流経路 12A を流れるので、インピーダンスゼロである。次に、電力系統事故時（事故発生初期）に過大な短絡電流が流れると、超電導体 11 がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、図 9（b）に示すように、短絡電流は電流経路 15 の無誘導に巻かれたコイル即ち固定コイル 13 および可動コイル 14 に転流するが、無誘導状態ではインピーダンスが小さいので、この転流は容易である。

10

#### 【0034】

この状態では、無誘導に巻かれたコイルのインピーダンスが小さいので限流効果は小さいが、超電導体 11 に流れる電流が小さいので、超電導体 11 の温度上昇が小さい。無誘導に巻かれたコイルは転流した電流により反発し、コイルの無誘導状態が解消し、インダクタンスを発生して限流する、つまり、図 9（c）に示すように、可動コイル 14 が動き（図では下方向）、インピーダンスが増加するとともに、接点 20, 21 を開き、電流経路 12A に流れる電流を遮断する。

#### 【0035】

以上のように、この実施の形態 7 によれば、遮断器が動作する 3 サイクル時では、大きな限流効果を呈するとともに、クエンチした超電導体に電流が流れる時間が短いので、超電導体の温度上昇を低くできる。

20

#### 【0036】

実施の形態 8

図 10 は、この発明の実施の形態 8 による超電導限流器を示す構成図である。なお、同図において、図 1 および図 8 と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

図において、超電導体 11 と固定接点 20 および可動接点 21 からなる電流経路 12A に対して、互いの磁界を打ち消す向き（無誘導）に巻かれた固定コイル 13 および可動コイル 14 を有する電流経路 15 を並列に接続することは、上記実施の形態 7 と同様である。

30

#### 【0037】

本実施の形態では、このような構成の超電導限流器に、ワイブ機構の断器接点を有する遮断器を直列に接続し、可動コイルの動きと接点（電流経路 12A）および遮断器接点の開極動作を一体化したものである。

図において、23 は駆動機構 16 の上部に設けられた遮断器であって、固定接点 23a と可動接点 23b を有し、固定接点 23a は電源側に接続され、可動接点 23b は電流経路 12A および 15 の共通接続点に接続される。

#### 【0038】

次に、動作について、図 11 を参照して説明する。

40

通常時（定常時）は、図 11（a）に示すように、電流が抵抗のない超電導体 11 即ち電流経路 12A を流れるので、インピーダンスゼロである。次に、電力系統事故時（事故発生初期）に過大な短絡電流が流れると、超電導体 11 がクエンチし抵抗体となり、インピーダンスを発生する。このため、図 11（b）に示すように、短絡電流は電流経路 15 の無誘導に巻かれたコイル即ち固定コイル 13 および可動コイル 14 に転流するが、無誘導状態ではインピーダンスが小さいので、この転流は容易である。

#### 【0039】

この状態では、無誘導に巻かれたコイルのインピーダンスが小さいので限流効果は小さいが、超電導体 11 に流れる電流が小さいので、超電導体 11 の温度上昇が小さい。無誘導に巻かれたコイルは転流した電流により反発し、コイルの無誘導状態が解消し、インダク

50

タンスを発生して限流する、つまり、図 1 1 ( c ) に示すように、可動コイル 1 4 が動き ( 図では下方向 ) 、インピーダンスが増加するとともに、接点 2 0 , 2 1 を開き、電流経路 1 2 A に流れる電流を遮断する。その後、電極接点が開き、即ち遮断器 2 3 の接点 2 3 a、2 3 b が開極し、電流を遮断して遮断器としても動作する。

【 0 0 4 0 】

以上のように、この実施の形態 8 によれば、限流効果を呈すると共に、遮断器としても動作する、いわゆる遮断機能を有する限流器が得られる。また、可動電極には駆動機構からの力に加えコイルの反発電磁力が加わるので、遮断器の駆動機構の力を小さくできる。

【 0 0 4 1 】

【 発明の効果 】

以上のように、この発明によれば、超電導体の第 1 の電流経路と、該第 1 の電流経路に並列に接続され、無誘導に巻かれた複数のコイルからなる第 2 の電流経路とを備えた超電導限流器であって、短絡事故発生後に、上記複数のコイルの無誘導状態を解消してインピーダンスを増加させるようにしたので、超電導体の温度上昇が小さい超電導限流器が得られるという効果がある。

【 0 0 4 2 】

また、この発明によれば、上記複数のコイルは固定コイルおよび可動コイルからなり、上記可動コイルを上にして、該固定コイルおよび可動コイルを鉛直線上に配置したので、外部からの可動コイルの初期制御が不要となり、駆動機構を削除できるため、小型の超電導限流器が得られるという効果がある。

【 0 0 4 3 】

また、この発明によれば、定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたので、可動コイル、固定コイルの配置を広く許容でき、また、可動コイルの動きを制御できるという効果がある。

【 0 0 4 4 】

また、この発明によれば、上記可動コイルを複数の可動コイルで構成したので、1 個の可動コイルの重量を軽して、無誘導の低インピーダンス状態から高インピーダンス状態に早く移行でき、また、可動コイルが対称に動くので、重心位置が変わらず、このため、壁の固定が不要にできるという効果がある。

【 0 0 4 5 】

また、この発明によれば、超電導体と接点からなる第 1 の電流経路、該第 1 の電流経路に並列に接続され、互いの磁界を打ち消す向きに巻かれた固定コイルおよび可動コイルからなる第 2 の電流経路とを備えた超電導限流器であって、上記可動コイルの動きと上記接点の開極動作を一体化したので、クエンチした超電導体に電流が流れる時間が短く、超電導体の温度上昇を低くできるという効果がある。

【 0 0 4 6 】

また、この発明によれば、上記並列接続の第 1 および第 2 の電流経路に直列接続された遮断器を備え、上記可動コイルの動きと上記接点および上記遮断器接点の開極動作を一体化したので、遮断機能を有する限流器が得られるという効果がある。

【 0 0 4 7 】

さらに、この発明によれば、上記可動コイルの動きと上記接点の開極動作を一体化または上記可動コイルの動きと上記接点および上記遮断器接点の開極動作を一体化する際に、定常状態で、上記可動コイルを外力により上記固定コイルに接近させるようにしたので、可動コイル、固定コイルの配置を広く許容でき、また、可動コイルの動きを制御できるという効果がある。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 による超電導限流器を示す構成図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 における電流変化と超電導体の温度上昇を示す図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 2 による超電導限流器を示す構成図である。

10

20

30

40

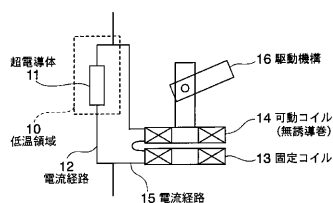
50

- 【図4】 この発明の実施の形態3による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図5】 この発明の実施の形態4による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図6】 この発明の実施の形態5による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図7】 この発明の実施の形態6による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図8】 この発明の実施の形態7による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図9】 この発明の実施の形態7における動作説明に供するための図である。
- 【図10】 この発明の実施の形態8による超電導限流器を示す構成図である。
- 【図11】 この発明の実施の形態8における動作説明に供するための図である。
- 【図12】 従来の超電導限流器を示す構成図である。

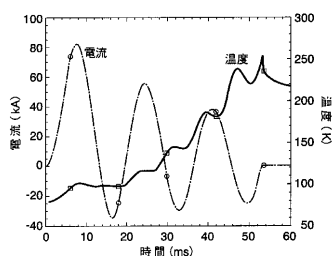
【符号の説明】

11 超電導体、12, 12A, 15 電流経路、13 固定コイル、14 可動コイル、16 駆動機構、17 回転軸、18 壁、19 パネ、20 可動接点、21 固定接点、23 遮断器、23a 遮断器固定接点、23b 遮断器可動接点。

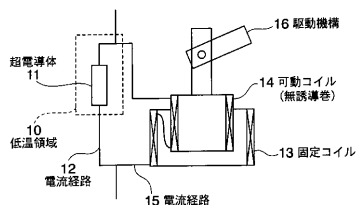
【図1】



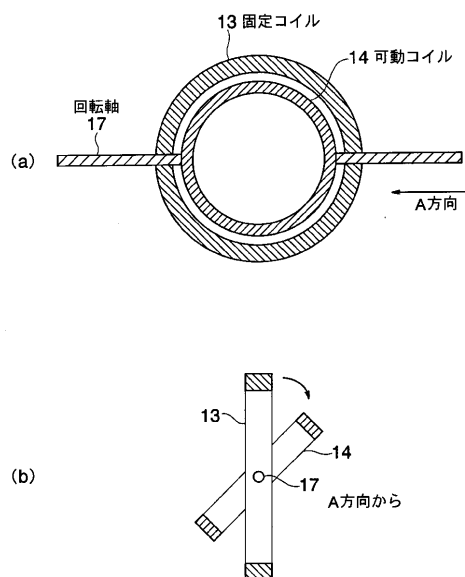
【図2】



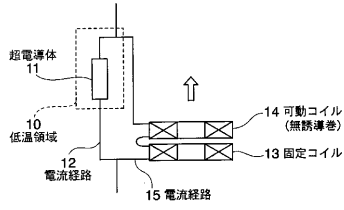
【図3】



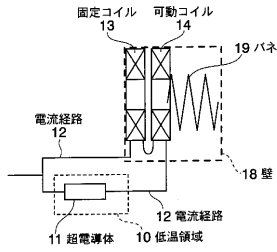
【図4】



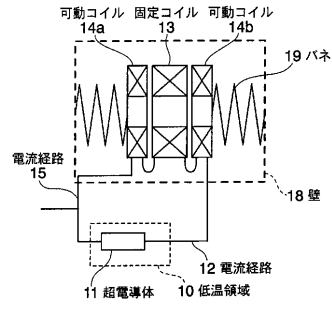
【図5】



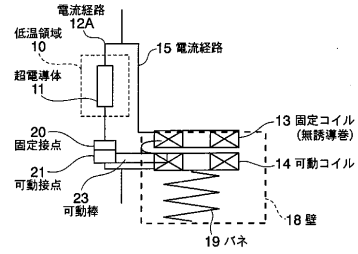
【図6】



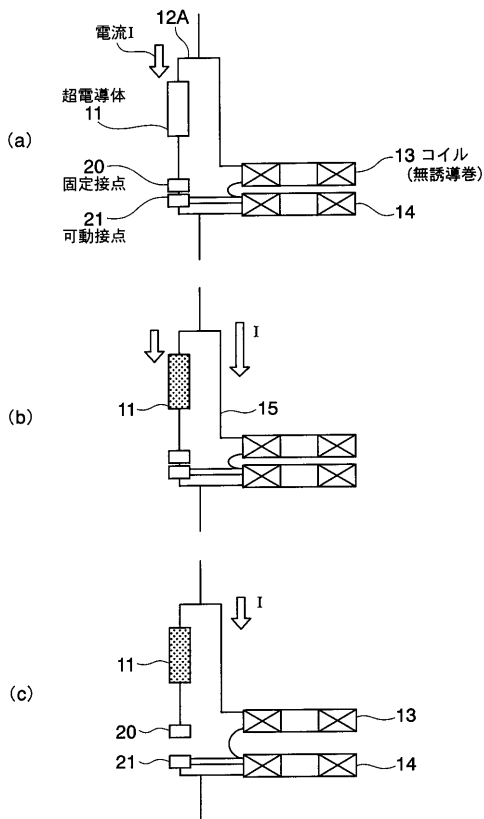
【図7】



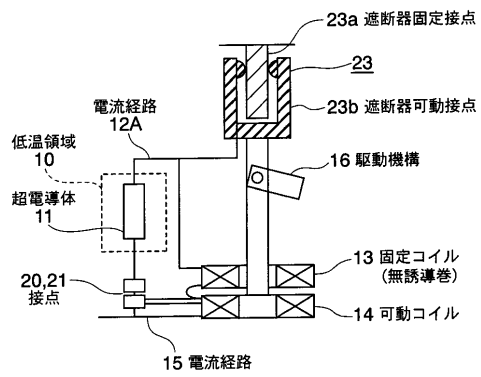
【図8】



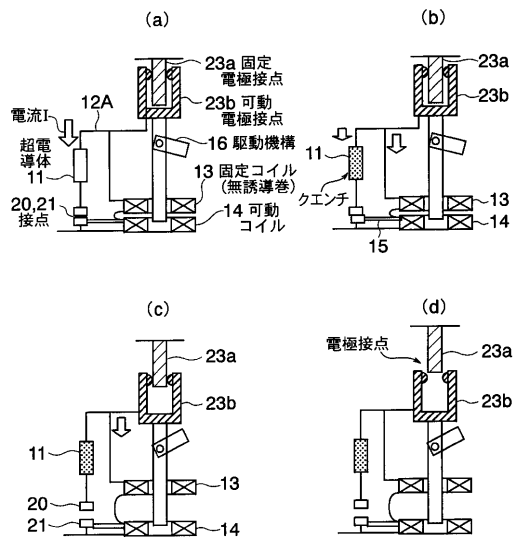
【図9】



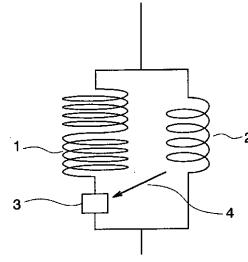
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100094695  
弁理士 鈴木 憲七
- (74)代理人 100111648  
弁理士 梶並 順
- (74)代理人 100109287  
弁理士 白石 泰三
- (72)発明者 下畑 賢司  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 中村 史朗  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 山田 正人  
大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内

審査官 小曳 満昭

- (56)参考文献 特開平09-233691(JP,A)  
特開平03-243118(JP,A)  
特開平05-300644(JP,A)  
特開平05-260648(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02H 9/00-9/08