

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2007-189227
(P2007-189227A)

(43) 公開日 平成19年7月26日 (2007.7.26)

(51) Int. Cl.

F I

テーマコード (参考)

HO 1 L 39/04 (2006.01)

HO 1 L 39/04

4 M 1 1 4

HO 2 H 9/02 (2006.01)

HO 2 H 9/02 Z A A F

5 G O 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2007-3206 (P2007-3206)

(22) 出願日 平成19年1月11日 (2007.1.11)

(31) 優先権主張番号 06000722.6

(32) 優先日 平成18年1月13日 (2006.1.13)

(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 507010647
ユーロピアン ハイ テンペラチュア ス
ーパーコンダクターズ ゲゼルシャフト
ミット ベシュレンクテル ハフツング
ウント コンパニ コマンディートゲゼル
シャフト
ドイツ連邦共和国 6 3 7 5 5 アルツェ
ナウ シーメンスシュトラーセ 8 8

(74) 代理人 100075166
弁理士 山口 巖

(72) 発明者 アレクサンダー ウゾスキ
ドイツ連邦共和国 6 3 7 6 8 ヘスバッ
ハ プレスラウアー シュトラーセ 1 6

F ターム (参考) 4M114 AA17 CC02 CC18 DA27
5G013 BA01 CA02

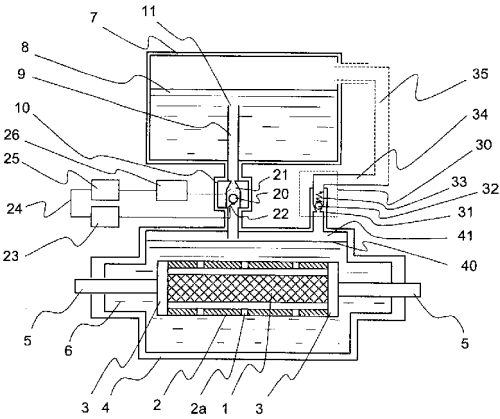
(54) 【発明の名称】 電力調整法および装置

(57) 【要約】

【課題】 短い反応時間を示す電力調整方法および電力調整装置を提供する。

【解決手段】 電力を調整する装置は、閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材と、この超電導部材に結合された金属部材と、冷媒の液体部分の一部と、この冷媒の気体部分の一部で満たされた断熱した密封内部容器であって、前記超電導部材と前記金属部材を、冷媒の液体部分と直に接触させることで、前記超電導部材と前記金属部材の冷却を実現できる前記内部容器と、前記内部容器と外部容器との間で冷媒の質量交換を実現する手段とを備えている。この冷媒の質量交換用の手段は、内部容器から出る冷媒用の質量流量制御装置と、内部容器内の瞬時圧力の制御装置と、質量流量制御装置の動作に所定時間遅れをもたらす遅延回路とを含む。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材に電流を流し、
前記超電導部材に結合された金属部材に追加電流を流し、
断熱した密閉内部容器を、冷媒の液体部分の一部と、前記冷媒の気体部分の一部で満たし、
前記超電導部材と前記金属部材を、前記内部容器内の前記冷媒の液体部分と直に接触させることで、前記超電導部材と前記金属部材を冷却し、
前記内部容器と外部容器との間で前記冷媒の質量交換を実現する電力の調整方法であって、
前記冷媒の質量交換を、
前記内部容器から出る前記冷媒の質量流量と、所定期間の中断をとまなう前記内部容器内の瞬時圧力との双方の関数として制御する電力の調整方法。

10

【請求項 2】

前記内部容器内の瞬時圧力が、前記外部容器内の圧力を所定値だけ超えるときに、前記質量交換を可能にする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記内部容器から出る質量流量が所定レベルを超えた後では、前記質量交換を大幅に減らす請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記内部容器内の瞬時圧力が前記外部容器内の圧力と比較して、更に高い値に達してから所定時間遅れの後で、前記質量交換を可能にする請求項 1 又は 3 記載の方法。

20

【請求項 5】

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材と、
前記超電導部材に結合された金属部材と、
前記冷媒の液体部分の一部と、前記冷媒の気体部分の一部で満たされかつ断熱された密封内部容器であって、前記超電導部材と前記金属部材を、前記冷媒の液体部分と直に接触させることで前記超電導部材と前記金属部材を冷却する前記内部容器と、
前記内部容器と外部容器との間で前記冷媒の質量交換を実現する手段と
を備える電力調整装置において、
前記冷媒の質量交換用の手段が、下記の要素を含む装置。
前記内部容器から出る前記冷媒用の質量流量制御装置、
前記内部容器内の瞬時圧力の制御装置、および
質量流量制御装置の動作に所定時間遅れをもたらす遅延回路。

30

【請求項 6】

前記質量流量制御装置が過渡部材を含み、該過渡部材が前記冷媒を運び、かつ質量流量を増す事象が発生する度に、その事象後に前記内部容器と前記外部容器との差圧を増大させる請求項 5 記載の装置。

【請求項 7】

前記過渡部材がノズルとして形成された請求項 6 記載の装置。

40

【請求項 8】

前記過渡部材が、外部から制御できる弁として形成された請求項 6 記載の装置。

【請求項 9】

前記瞬時圧力の制御装置が、別の常時閉の弁を含む請求項 5 記載の装置。

【請求項 10】

前記遅延回路が前記外部制御弁を開かせる請求項 5 から 9 の 1 つに記載の装置。

【請求項 11】

前記金属部材が、前記内部容器の少なくとも 1 つの金属壁により、少なくとも部分的に形成された請求項 5 から 10 の 1 つに記載の装置。

【請求項 12】

50

前記金属部材が、電氣的接続手段により、或いは磁束の共通部分を通じて、前記超電導部材に結合された請求項 5 から 11 の 1 つに記載の装置。

【請求項 13】

前記超電導部材が、高温超電導体を含む被覆された超電導テープから成る請求項 5 から 12 の 1 つに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力を調整する方法および装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

電力を調整する方法と装置（電流制限器又は限流器とも呼ばれる）は、例えば特許文献 1 から知られている。この方法は、閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材に電流を流し、この超電導部材に結合された金属部材に追加電流を流し、断熱した密封内部容器を、冷媒の液体部分（即ち液体窒素）の一部と、この冷媒の気体部分（窒素）の一部で満たし、前記超電導部材と前記金属部材を、この内部容器内の冷媒の液体部分と直に接触させることで前記超電導部材と前記金属部材を冷却し、かつ前記内部容器を動作レベルまで冷媒で再び満たすべく、前記内部容器と外部容器との間で冷媒の質量交換（mass exchange）を実現することを含む。

【0003】

20

この方法を実現する装置は、以下の要素を備えている。

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材、

この超電導部材に結合された金属部材、

冷媒の液体部分の一部と、該冷媒の気体部分の一部で満たされた断熱した密封内部容器であって、前記超電導部材と前記金属部材を、冷媒の液体部分と直に接触させることで前記超電導部材と前記金属部材とを冷却する前記内部容器、および

前記内部容器と外部容器との間で冷媒の質量交換を実現する手段。

【0004】

このような方法と装置を使用すれば、特にデバイスが結合されている外部回路中の電流を調整すべく、電力を調整できる。この外部回路を、過電流から保護する必要がある。しかし前記の限流デバイスは、この装置の反応時間が比較的長く、かつ幾つかの用途では不十分である欠点を免れない。更に電流の過負荷にて、超電導部材に局所的な過負荷（所謂「ホットスポット」）が発生することがある。該ホットスポットは、この超電導体の寿命を制限し、極端な場合には、超電導部材と、この装置の故障をもたらし得る。

30

【0005】

【特許文献 1】米国特許第 5, 379, 020 号明細書

【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、短い反応時間を持つ電力調整方法と電力調整装置を提供することである。本発明の他の目的は、この装置の寿命を延ばすことである。本発明の更なる目的は、経済的に製造できる装置を提供することである。

40

【0007】

これらの目的は、請求項 1 記載の特徴を持つ方法と、請求項 5 記載の特徴を持つ装置を用いて達成される。この方法の有利な実施態様を請求項 2～4 に、この装置の有利な実施態様を請求項 6～13 にそれぞれ示す。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明による電力調整方法は、以下の要件を含む。

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材に電流を流し、

50

この超電導部材に結合された金属部材に追加電流を流し、断熱した密閉内部容器を、冷媒の液体部分の一部と、この冷媒の気体部分の一部で満たし、

前記超電導部材と前記金属部材を、この内部容器内の冷媒の液体部分と直に接触させることで、前記超電導部材と前記金属部材を冷却し、そして

前記内部容器と外部容器との間で冷媒の質量交換を実現する。

【0009】

この冷媒の交換は、

前記内部容器から出力される冷媒の質量流 (mass flow) と、

所定期間の中断をとまなう前記内部容器内の瞬時圧力との双方の関数として制御される。

10

【0010】

正規動作の間、この超電導体は、超電導状態、即ち低抵抗の状態にある。閾電流を超えると、この超電導体は急速に高抵抗の状態に入る、即ちクエンチして電流を調整する。本発明による方法は、この超電導体のクエンチを制御し、もって過電流状態又は故障電流状態の間、冷媒により超電導部材に伝えられる冷却力を制御することで、電力を調整する。特に冷媒の冷却力は、時間と共に、特に過電流又は故障状態の開始後に変化する。

【0011】

本発明により、外部容器と、中に超電導部材を収容した内部容器との間での冷媒の交換を制御して、超電導部材のクエンチ特性を制御する。

20

【0012】

かかる冷媒の交換は、その超電導体のクエンチの初期段階後に、以下のパラメータを制御することで制御される。この初期クエンチ段階は、局部領域又はホットスポットにて発生することがある。本発明により、以下のパラメータを所望の時間順で制御し、この超電導体の所望のクエンチ特性を達成し、それ故、この方法を実行すべく用いる装置が結合された外部回路中の電力又は電流の調整、即ち内部容器から出る冷媒の質量流量と、所定期間の中断を伴う内部容器内の瞬時圧力を制御する。これに関連し、所定期間の中断は、冷媒の質量流量の制御と内部容器内の瞬時圧力の制御との間の時間遅れ、特に冷媒の質量流量の制御開始と内部容器内の瞬時圧力の制御開始との間の時間遅れをさす。

【0013】

例えば超電導部材が高抵抗の状態に入り始めると、この超電導体の局部隔離領域が高抵抗となり、最初にクエンチする。このため液体冷媒が沸騰する。かかる圧力上昇は、内部容器を閉じ、外部容器から内部容器への冷媒の質量流量を減らすか、防止すれば制御できる。内部容器を閉じれば内部容器内の圧力が上昇し、かつ冷媒の沸騰温度も上昇する。冷媒により超電導部材に伝えられる冷却力が低下し、このため超電導体全体の急速なクエンチが起こる。

30

【0014】

この方法は、外部回路中の電力調整の反応時間を短縮できる利点を持つ。更に、この超電導体全体の急速なクエンチを促進するから、これは、局所的ホットスポットの影響を抑制し、そのため超電導部材と電気デバイスの寿命が延びる。

40

【0015】

本発明の一実施形態では、内部容器内の瞬時圧力が、外部容器内の圧力を所定値だけ超えた際、前記の質量交換を可能にする。即ち外部容器から内部容器に冷媒を流入させ、冷却力を高める。

【0016】

本発明の更に他の実施形態では、内部容器から出る質量流量が所定レベルを超えた後、前記質量交換を大幅に減らす。この結果、内部容器内の温度と冷却力を調整できる。

【0017】

本発明の更に他の実施形態では、内部容器内の瞬時圧力が外部容器内の圧力と比較して更に高い値に達してから所定時間遅れの後で、前記の質量交換を可能にする。この結果所

50

望の期間の間、冷却力を低下させ、かつ冷媒の沸騰温度を上昇させることができる。

【0018】

本発明による電力調整装置は、以下の要素を備える。

閾値を超える電流にてクエンチする能力を持つ超電導部材、

該超電導部材に結合された金属部材、

冷媒の液体部分の一部と、該冷媒の気体部分の一部とで満たされた断熱した密封内部容器であって、前記超電導部材と前記金属部材を、冷媒の液体部分と直に接触させることで前記超電導部材と前記金属部材の冷却を実現できる前記内部容器、および

前記内部容器と外部容器との間で冷媒の質量交換を実現する手段。

【0019】

この冷媒の質量交換用の手段は、以下の装置を含む。

内部容器から出る冷媒の質量流量の制御装置、

内部容器内の瞬時圧力の制御装置、および

質量流量制御装置の動作に所定時間遅れをもたらす遅延回路。

【0020】

電力調整装置を、該装置の動作時に、調整すべき外部回路に結合する。これは、当技術分野で公知の幾つかの方法で実行できる。

【0021】

この質量流量制御装置により、外部容器から、少なくとも超電導部材が設けられている内部容器への冷媒の質量流量を制御し、内部容器内の冷媒の冷却力を制御し、その結果、超電導部材のクエンチを制御し、かつ前記装置が結合されている外部回路中の電力又は電流を調整できる。

【0022】

この瞬時圧力の制御装置により、内部容器内の圧力を調整できる。内部容器内の圧力を上昇させ、かつ冷却力を低下させるべく、例えば過電流状態を内部容器内の圧力の上昇として検出した後、この制御装置を閉じる。これは、超電導部材全体の急速なクエンチを促進し、前記装置の反応時間を長くする。例えば圧力が所定値を超えた際、例えば弁を含む制御装置を開き、内部容器内の圧力を低減できる。それ故、冷媒の沸騰温度を、所望のとおり制御できる。

【0023】

前記遅延回路は、内部容器の瞬時圧力を制御する弁を閉じる時点と、質量流量制御装置を開く時点との間に所定の時間遅れを起し、外部容器から内部容器へ冷媒を供給し、内部容器内の冷媒の沸騰温度を低下させる。それ故、内部容器内の冷媒の冷却力が高まる。従ってこの遅延回路で、内部容器内の冷媒の冷却力を所定期間中低下させ得る。

【0024】

それ故、冷媒と内部容器の質量交換を制御する手段は、超電導部材のクエンチを制御する手段、そしてその結果、前記装置が取り付けられた外部回路中の電流の調整又は制限を実行する手段を形成する。

【0025】

本発明の一実施形態では、前記の質量流量制御装置は過渡部材を含む。該部材は、冷媒を運び、また質量流量を増す事象が発生する度に、その事象後に内部容器と外部容器との差圧を増大させる。

【0026】

前記過渡部材は、ノズルとして形成できる。別法として、前記過渡部材は、外部から制御できる弁として形成してもよい。

【0027】

瞬時圧力の制御装置は、常時閉の弁である別の弁を含み得る。

【0028】

質量流量制御装置は、外部容器から内部容器への冷媒の質量流量の更に細かい制御を実現すべく、個々に制御できる2つ以上の過渡部材を含み得る。

10

20

30

40

50

【0029】

前記遅延回路は、前記外部制御弁を開く。冷媒を内部容器内に受け渡すように過渡部材に伝えられる起動パルスが、所定の期間の後に、遅延回路により供給される。起動パルスがアクチュエータに送られ、弁が開き、冷媒の質量流れを可能にする。

【0030】

本発明の一実施形態では、前記金属部材が、内部容器の少なくとも1つの金属壁により少なくとも部分的に形成される。

【0031】

本発明の更に他の実施形態では、この金属部材は、電気的接続手段或いは磁束の共通部分を経て超電導部材に結合される。それ故、本発明の装置と方法は、誘導電力レギュレータ（誘導型電力調整器）や、抵抗電力レギュレータ（抵抗型電力調整器）用にも適する。 10

【0032】

この超電導部材は、臨界温度、臨界磁界、臨界電流以下で、超電導を示す材料として定義されている超電導材料を含む。超電導体の例として、通常低温超電導体と呼ばれる Nb_3Sn や $NdTl$ と、通常高温超電導体と呼ばれる $ReBa_2Cu_3O_{7-x}$ （ここで Re は Y 等の1つ又は複数の希土類元素）、 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_x$ 、 $Bi(Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ がある。冷媒は、超電導部材の臨界温度に応じ選択される。 $ReBa_2Cu_3O_{7-x}$ 、 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_x$ 、 $Bi(Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$ を含む超電導部材では、液体窒素が、冷媒として使用できる。

【0033】

この超電導部材は、幾つかの形態、例えば筒状超電導体、セラミック等の絶縁基板上の超電導体の被覆、或いは撓み金属テープ基板上の被覆又は薄膜として使用できる。撓み金属テープ基板の片面又は両面を、超電導相で被覆できる。この超電導部材は、2軸テクスチャ型 $ReBa_2Cu_3O_{7-x}$ テープから成り得る。 20

【0034】

次に、本発明による電力調整法および装置を、以下に添付図面を参照して説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

図1は、本発明による装置の第1実施形態を示す。この装置は以下の要素を含む。

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材1、 30

接合円板3により、超電導部材1に結合された金属部材2、

冷媒の液体部分6の一部と、この冷媒の気体部分41の一部で満たされた断熱した密封内部容器4であって、超電導部材1と金属部材2を、冷媒の液体部分6と直に接触させることで、超電導部材1と金属部材2の冷却を実現する内部容器4、および

内部容器4と外部容器7との間で冷媒の質量交換を実現する手段（9、10、20～26、30、34、35）。

なお図1の装置では、超電導部材1を、金属部材2の内部空洞内に設けている。金属部材2は幾つかの開口2aを持ち、それらの開口により、液体冷媒6を内部空洞に送りかつ液体冷媒6と超電導部材1とを直接接触させることができる。

【0036】

本発明による前記の質量交換の手段は、以下の要素を含む。 40

内部容器4から出る冷媒の量を制御する質量流量制御装置（9、10、20～24、26）、

内部容器4内の瞬時圧力の制御装置（30～35）、および

質量流量制御装置の動作に所定時間遅れをもたらす遅延回路25。

【0037】

前記質量流量制御装置は、過渡部材（9、10、20～23、26）を含む。該部材は冷媒を運びかつ質量流量を増す事象が発生する度に、その事象後に内部容器4と外部容器7との差圧を増大させる。この実施形態では、過渡部材は、位置20と位置21との間で移動する玉20とオフセット・ポジション22から、外部制御弁として形成される。 50

【0038】

前記の瞬時圧力の制御装置は、ばね33で玉32がノズル31に弾性的に押し付けられる常時閉の追加弁30を含む。追加弁30はまた、外部容器7の上部で、液体冷媒8のレベルよりも高い位置に連結される。

【0039】

遅延回路25は、移動する玉20により生じた起動信号を用いて、外部制御弁(20、20~22)を開く。このパルス信号は、増幅器23で増幅され、接続部24を経て遅延回路25に伝えられる。遅延パルスをアクチュエータ26に伝え、それにより玉20が図示の位置に戻る。

【0040】

この装置は、電流を超電導部材1と金属部材2に伝える2つの通電部材5も含む。

【0041】

図1の装置の動作に使用方法は、以下の要件を含む。

閾値を超える電流にてクエンチする能力を示す超電導部材1に電流を流し、

この超電導部材1に結合された金属部材2に追加電流を流し、

断熱した密閉内部容器4を、冷媒の液体部分6の一部と、この冷媒の気体部分41の一部で満たし、

超電導部材1と金属部材2を、内部容器4内の冷媒の液体部分6と直に接触させることで、超電導部材1と金属部材2を冷却し、そして

内部容器4と外部容器7との間で冷媒の質量交換を実現する。

【0042】

冷媒の交換は、本発明に従い少なくとも3つの下記パラメータにより制御する。

内部容器4から出る冷媒の質量流量、

内部容器4内の瞬時圧力、および

所定時間遅れ。

【0043】

通電部材5により伝えられる電流を接合円板3にて共用することで、超電導部材1に電流を流し、かつ金属部材2に追加電流を流すことができる。

【0044】

次に液体冷媒、例えば液体窒素で満たされた外部容器7を経て、液体窒素を内部容器4に満たす。液体冷媒のレベルが十分に高いとき、該冷媒は、管9と開放弁10を経て内部容器4を満たし始める。液体冷媒のレベル40が充分高くなる迄、内部容器4に液体冷媒を満たし続け、一般に数 cm^3 というほんの僅かな残り容積41を、冷媒の気体部分41で満たす。

【0045】

内部容器4内の冷媒の液体部分6が超電導部材1に直接接触することで、超電導部材1が冷却される。即ち金属部材2の外壁に設けた幾つかの小さな貫通穴2aを用い、金属部材2のうち超電導部材1を設けた内部空洞に液体冷媒を流入させることで、超電導部材1の表面对表面の直接冷却が実現する。

【0046】

初期段階では、超電導部材1中の公称電流において、冷媒の質量流量が小さく、従って外部制御弁10が開放状態20にある。内部容器4内の瞬時圧力は、外部容器7内の圧力に事実上等しい。それ故、常時閉の追加弁30は閉状態を保つ。

【0047】

超電導部材1中の電流が閾値を超えると、超電導部材1はクエンチし始め、高抵抗の状態に入る。第1の時点の間、幾つかの局所的なスポットにクエンチが発生する。超電導部材1と金属部材2にジュール熱が発生する結果、液体冷媒の沸騰が強まり、内部容器4から出る冷媒の質量流量が急速に増す。この結果外部制御弁10が閉じる。この冷却フェーズの気体部分が占める内部容器4の容積41がかなり小さいので、内部容器4内の圧力が急速に増大する。

10

20

30

40

50

【0048】

この圧力の上限は、瞬時圧力の制御装置（30～35）により決まる。この圧力が所定レベルを超えると、常時閉の追加弁30が開き、従ってこの圧力が低下する。その結果、内部容器4内の瞬時圧力が僅かに上下する。所定時間遅れの後で、最初に玉20とオフセット・ポジション22により起動された起動パルスがアクチュエータ26に伝わり、その結果玉20が図示の初期位置に戻される。外部制御弁が開放し、或る期間の間、内部容器4内の圧力が、外部容器7内の圧力と等しくなる。

【0049】

瞬時圧力、質量流量の時間的变化を、図2に付加的に示す。図2で、 $\Delta \tau_f$ は圧力パルスの波頭の時間幅、 $\Delta \tau_{delay}$ は遅延回路で前もって定められた遅延時間、 $\Delta \tau_r$ は外部制御弁10の動作サイクルの最終段階で行われる圧力解放の時間を示す。 10

【0050】

内部容器内の圧力が上昇すると冷媒の沸騰温度が上昇する故、この圧力パルスの中に瞬時圧力が $2 \sim 6 \times 10^5 \text{ Pa}$ に達すると、冷媒により超電導部材1に伝えられる冷却力が著しく低下する。このため超電導体全体の急速なクエンチが起こり、「ホットスポット」の影響が抑制される。最後に、これにより、電力調整の反応時間が短縮される。

【0051】

冷媒6の沸騰温度と、超電導部材1と金属部材2の双方を並列に電気接続したときの抵抗との経時変化を、図3に示す。図3の横軸は、図2の横軸と同一である。実線の曲線は本発明に、点線は公知の技術に相当する。図3から推定されるように、この方法と装置で得られる反応時間は、冷媒の交換が本発明による制御を受けない装置と方法で得られる反応時間より著しく短い。即ち反応時間は、本発明の方法と装置を用いることで $1/5 \sim 1/20$ に短縮され、その結果100 μ 秒程度の反応時間の絶対値が得られる。 20

【0052】

図4は、本発明の装置の第2の実施形態を示す。該装置は、以下の要素からなる。

閾値を超える電流でクエンチする能力を持つ超電導部材51、

磁束（図示せず）の共通部分により、超電導部材51に結合された金属部材52、

冷媒の液体部分56の一部と、該冷媒の気体部分81の一部で満たされた断熱した密封内部容器54であって、超電導部材51と金属部材52を、冷媒の液体部分56と直接接触させることで、超電導部材51と金属部材52の冷却を実現する内部容器54、および 30
内部容器54と外部容器57との間で冷媒の質量交換を実現する手段（60、70、71）。

【0053】

前記の質量交換用の手段は、以下の要素を含む。

過渡部材60に基づく質量流量制御装置、

内部容器54内の瞬時圧力の制御装置70、および

遅延回路60。

【0054】

この実施形態では、遅延回路は、質量流量制御装置から成る同一過渡部材60により形成される。 40

【0055】

過渡部材60は、電力調整（即ち、電力制限）に必要な時間中、内部容器54内の圧力のパルスを供給すべく、十分に小さい断面を持つノズルとして形成する。

【0056】

前記の瞬時圧力の制御装置は、自動戻り機能を持つ常閉の追加弁70から成る。この弁は、外部容器57の上部で、液体冷媒58のレベルよりも高い位置に連結され得る。

【0057】

図4の装置の動作は、図1の装置のそれと同一であるが、受動要素として動作するノズル60により、図1の実施形態での反応時間の約2倍である約200 μ 秒の反応時間を示す。しかしこの反応時間は、従来技術の装置および方法における反応時間より更に短い。 50

【0058】

図5は、本発明による装置の第3の実施形態を示す。この場合、装置は、図1に示す装置と同一の構成要素を含むが、以下の変更点がある。

液体冷媒用の質量交換と気体冷媒用の質量交換の機能は、アクチュエータ26を装備する外部制御弁10により気体交換が実現される一方で、アクチュエータ26aを装備する第2の外部制御弁10aにより液体交換が実現するような方法で分けられている。

この装置は、外部容器7内の圧力を調整する補助弁101を含んでいる。

この装置は、外部容器7内の気体冷媒を凝縮する冷却機械102を含んでいる。

【0059】

内部容器4内の瞬時圧力の制御装置（図5には示さず）を、本発明の構造の一部として含んでいる。この装置はまた、図1に示すが、図5には示さない通電部材5だけでなく、超電導部材1と金属部材2の間の電氣的接続手段3をも含む。超電導部材1と金属部材2の誘導又は電磁結合を用いれば、前記の接続手段や部材は不要である。

【0060】

この装置は、図1の装置と同一の方法で動作するが、質量流量の制御を、2つの別々の弁（10と10a）を含む2つの流路により実現する点で異なる。この装置と方法は、図1の実施形態と比較し、質量流量を更に正確に制御できる。図1の実施形態と比較して、反応時間を更に30%短縮できる。図5の装置の反応時間は、70μ秒であった。

【0061】

図6は、本発明による装置の第4の実施形態を示す。この装置は、図5に示す装置と同一の構成要素を含むが、以下の変更点がある。

大量の液体冷媒106で満たされた内部容器114は、絶縁コア122上に設けられた一次スプール120への超電導部材111の電磁結合を実現すべく、環状体の形状を持っている。該電磁結合は、鉄心125で実現される。一部金属リング112として、また一部内部容器114の金属壁として、金属部材が形成されている。金属リング112と内部容器114の金属壁は両方とも、鉄心125中に形成される磁束と結合される。

【0062】

図5の方法と比較した動作方法の違いは、主に電力に関し調整すべき交流回路の電流を両端の電線121を経て一次スプール120に伝えるよう、超電導部材111の電磁結合を採用していることから生ずる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明による装置の第1の実施形態の略図である。

【図2】本発明による方法および装置の動作をわかりやすくした図表である。

【図3】本発明による方法および装置の動作をわかりやすくした別の図表である。

【図4】本発明による装置の第2の実施形態の略図である。

【図5】本発明による装置の第3の実施形態の略図である。

【図6】本発明による装置の第4の実施形態の略図である。

【符号の説明】

【0064】

1、51、111 超電導部材、2、52 金属部材、2a 貫通孔、3 電氣的接続手段、4、54、114 内部容器、5 通電部材、6、8、56、58 液体冷媒、7、57 外部容器、9、10、20～23、26、60 過渡部材、10a 外部制御弁、20 玉、22 オフセットポジション、25 遅延回路、26、26a アクチュエータ、30～35 瞬時圧力の制御装置、31 ノズル、33 ばね、41、81 気体冷媒、51 超伝導部材、52 金属部材、54 密封容器、60、70、71 質量交換を実現する手段、101 補助弁、102 冷却機械、106 液体冷媒、122 絶縁コア、120 一次スプール、125 鉄心、112 金属リング

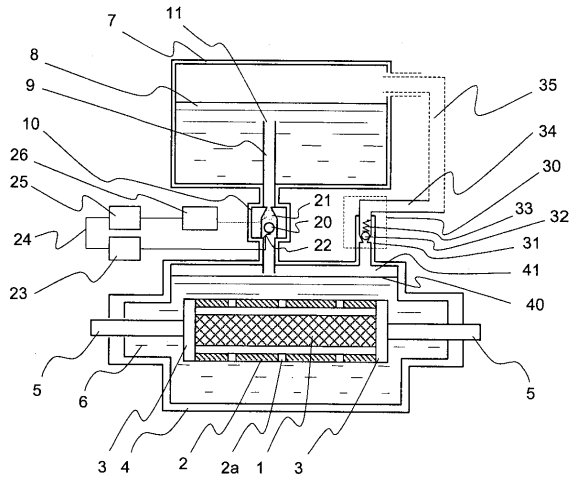
10

20

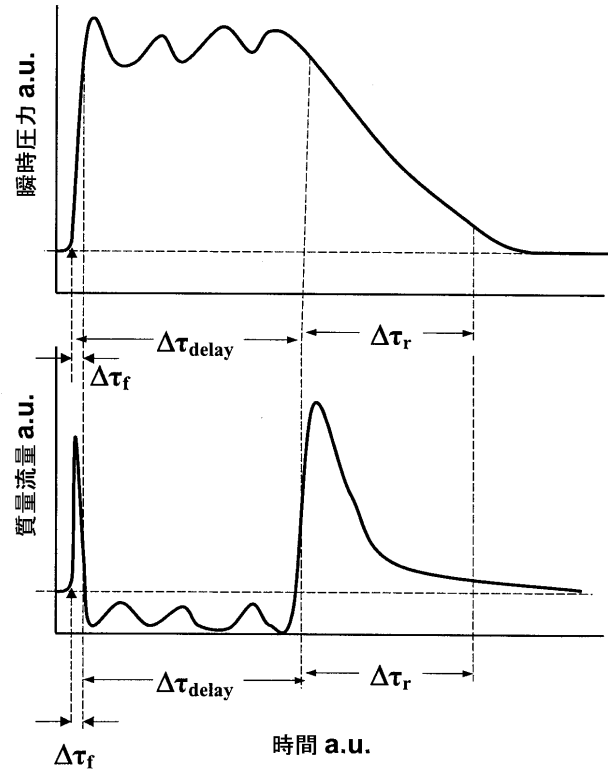
30

40

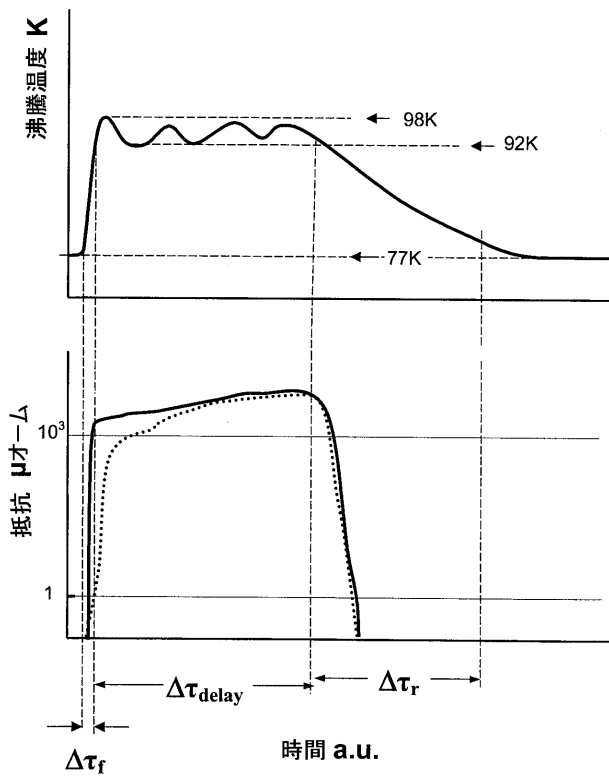
【図 1】



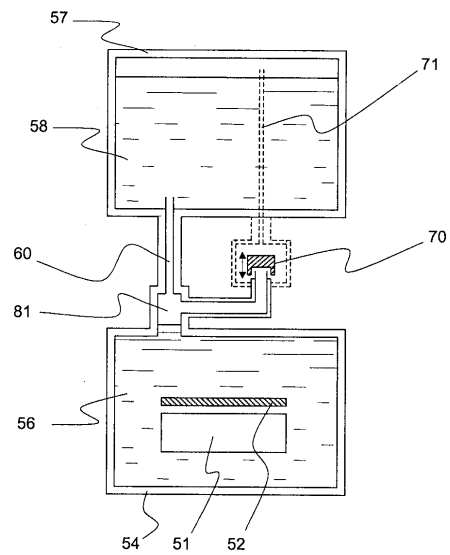
【図 2】



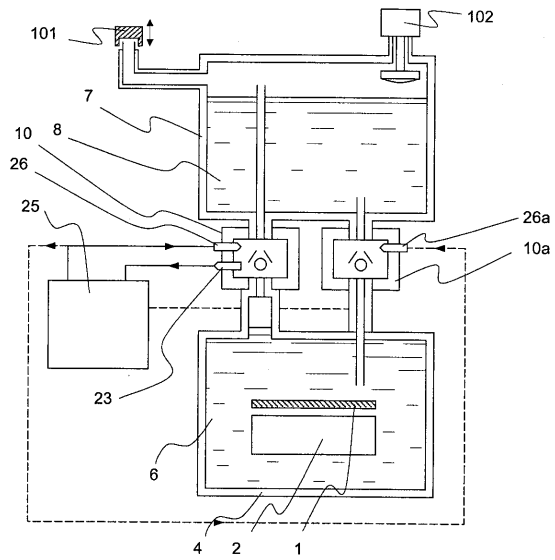
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

