

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4927642号
(P4927642)

(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.CI.

F25B 9/14 (2006.01)

F 1

F 25 B 9/14 530Z

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-139920 (P2007-139920)
 (22) 出願日 平成19年5月28日 (2007.5.28)
 (65) 公開番号 特開2008-292103 (P2008-292103A)
 (43) 公開日 平成20年12月4日 (2008.12.4)
 審査請求日 平成21年9月24日 (2009.9.24)

(73) 特許権者 000227294
 キヤノンアネルバ株式会社
 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1
 (74) 代理人 100096828
 弁理士 渡辺 敏介
 (74) 代理人 100110870
 弁理士 山口 芳広
 (72) 発明者 青木 一俊
 東京都府中市四谷5丁目8番1号 キヤノンアネルバ株式会社内
 (72) 発明者 岡田 隆弘
 東京都府中市四谷5丁目8番1号 キヤノンアネルバ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】二段式冷凍機の運転制御方法、二段式冷凍機を用いたクライオポンプの運転制御方法、二段式冷凍機及びクライオポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一冷却ステージ及び第二冷却ステージと、前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段とを有する二段式冷凍機の運転制御方法において、
前記第一冷却ステージの温度が第一冷却ステージの目標温度を維持するように、二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御すると共に、

前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなつたときに前記加熱手段の作動を制御し、第一冷却ステージを昇温させることで、前記駆動電源周波数を増大させて前記第二冷却ステージの温度を下げることを特徴とする二段式冷凍機の運転制御方法。

10

【請求項 2】

前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなつたときに前記加熱手段をオンにし、前記駆動電源周波数の増大により前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度まで降温したときに前記加熱手段をオフに切り替えることを特徴とする請求項1に記載の二段式冷凍機の運転制御方法。

【請求項 3】

前記加熱手段のオンとオフが、電気ヒータのオンとオフ、高温部との熱伝達と熱絶縁を切り替える熱スイッチのオンとオフ、ヘリウムガスの循環配管の設置による循環熱量の調整器のオンとオフ又は誘導加熱装置のオンとオフであることを特徴とする請求項2に記載

20

の二段式冷凍機の運転制御方法。

【請求項 4】

第一冷却ステージ及び第二冷却ステージと、前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段とを有する二段式冷凍機を用いたクライオポンプの運転制御方法において、

前記二段式冷凍機を請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の運転制御方法で制御することでクライオポンプの運転を制御することを特徴とするクライオポンプの運転制御方法。

【請求項 5】

二段式冷凍機であって、

10

第一冷却ステージと、

第二冷却ステージと、

前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、

前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、

前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段と、

前記第二温度センサにより検知された第二冷却ステージの温度に応じて前記加熱手段の作動を制御する加熱制御器と、

前記二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御するインバータと

を備え、

20

前記インバータは、前記第一冷却ステージの目標温度を維持するように、前記二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御すると共に、

前記加熱制御器は、前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなつたときに前記加熱手段の作動を制御し、第一冷却ステージを昇温させることで、前記駆動電源周波数を増大させて前記第二冷却ステージの温度を下げることを特徴とする二段式冷凍機。

【請求項 6】

前記加熱制御器は、前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなつたときに前記加熱手段をオンにし、前記駆動電源周波数の増大により前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度まで降温したときに前記加熱手段をオフに切り替えることを特徴とする請求項 5 に記載の二段式冷凍機。

30

【請求項 7】

前記加熱手段が、電気ヒータ、高温部との熱伝達と熱絶縁を切り替える熱スイッチ、ヘリウムガスの循環配管の設置による循環熱量の調整器又は誘導加熱装置であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の二段式冷凍機。

【請求項 8】

請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の二段式冷凍機を有することを特徴とするクライオポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

40

本発明は、二段式冷凍機の運転制御方法、この二段式冷凍機で冷却する極低温面を利用し、気体分子を凝縮又は吸着により捕捉し、排氣するクライオポンプの運転制御方法、二段式冷凍機及びクライオポンプに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

クライオポンプには、冷凍能力の大きな第一冷却ステージと、第一冷却ステージより冷凍能力の小さい第二冷却ステージとを備えた二段式冷凍機が用いられている。

【0 0 0 3】

一方、二段式冷凍機について、その運転を、第二冷却ステージの温度を検知して制御することが知られている。即ち、二段式冷凍機のコンプレッサへの入力電力を、第二冷却ス

50

ステージの温度が目標温度に達するまでは大にし、第二冷却ステージの温度が目標温度に達した後は目標温度を維持できるレベルに下げて運転し、運転効率を向上させることができることを知られている（特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】特開平11-257773号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、二段式冷凍機の第一及び第二冷却ステージの冷凍能力や両者のバランスは、設計時に設定される第一及び第二冷却ステージの膨張空間容積や蓄冷材量などにより決まってしまう。

10

【0006】

一方、クライオポンプに用いられる二段式冷凍機の第一及び第二冷却ステージに加わる熱負荷の大きさや割合は、クライオポンプの大きさや構造、設置状況、真空排気するチャンバからの入熱、プロセスガスの種類や流量などの使用環境により様々なものとなる。

【0007】

クライオポンプの二段式冷凍機に上記従来の運転制御を適用した場合、第二冷却ステージの温度を基準に制御を行うため、第一冷却ステージの温度を必要な温度に制御できなくなる問題がある。例えば、第一冷却ステージに接続されている輻射シールドやルーバー（バッフル）の温度が低すぎると、本来クライオパネルで凝縮排気されるべきアルゴンや窒素などが一時的に輻射シールドやルーバー上に凝縮してしまい、これによって排気効率が低下する。また、第一冷却ステージの温度が高すぎると、水分がクライオパネルで固化して表面を覆い、本来クライオパネルで凝縮排気すべきアルゴンや窒素などの排気能力が低下することになる。

20

【0008】

上記の問題は、第一冷却ステージの温度を基準に制御することで解決することができる。特に、クライオポンプの駆動電源供給器に内蔵されているインバータを制御し、駆動電源周波数を調節して必要なだけ冷凍サイクルを実行して第一冷却ステージを一定の目標温度に保つようにすれば、高圧ヘリウムガスの消費量を最小限にして電力消費を抑制することができる。

30

【0009】

しかしながら、前記使用環境によっては、第一冷却ステージの温度が一定となるように二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御した場合、運転可能な最小の駆動電源周波数としても、第一冷却ステージの温度を目標温度まで上昇させることができないことがある。また、やはり前記使用環境によっては、第二冷却ステージの冷凍能力が不足し、第二冷却ステージの温度を目標温度にまで下げられないことも生じる。

【0010】

本発明は、第一冷却ステージの温度に基づいて二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御し、クライオポンプの運転効率を高めるに際し、上記問題を解決することを目的とする。即ち、運転可能な最小の駆動電源周波数としても、第一冷却ステージの温度を目標温度まで上昇させることができない場合にも対応可能とすることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の二段式冷凍機の運転制御方法は、第一冷却ステージ及び第二冷却ステージと、前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段とを有する二段式冷凍機の運転制御方法において、

前記第一冷却ステージの温度が第一冷却ステージの目標温度を維持するように、二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御すると共に、

前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなつたときには

50

前記加熱手段の作動を制御し、第一冷却ステージを昇温させることで、前記駆動電源周波数を増大させて前記第二冷却ステージの温度を下げることを特徴とする。

本発明のクライオポンプの運転制御方法は、第一冷却ステージ及び第二冷却ステージと、前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段とを有する二段式冷凍機を用いたクライオポンプの運転制御方法において、

前記二段式冷凍機を上記本発明に係る二段式冷凍機の運転制御方法で制御することでクライオポンプの運転を制御することを特徴とする。

本発明の二段式冷凍機は、二段式冷凍機であって、

第一冷却ステージと、

第二冷却ステージと、

前記第一冷却ステージの温度を検出する第一温度センサと、

前記第二冷却ステージの温度を検出する第二温度センサと、

前記第一冷却ステージを加熱するための加熱手段と、

前記第二温度センサにより検知された第二冷却ステージの温度に応じて前記加熱手段の作動を制御する加熱制御器と、

前記二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御するインバータと
を備え、

前記インバータは、前記第一冷却ステージの目標温度を維持するように、前記二段式冷凍機の駆動電源周波数を制御すると共に、

前記加熱制御器は、前記第二冷却ステージの温度が前記第二冷却ステージの目標温度より高くなったときに前記加熱手段の作動を制御し、第一冷却ステージを昇温させることで、前記駆動電源周波数を増大させて前記第二冷却ステージの温度を下げることを特徴とする。

更に、本発明のクライオポンプは、上記本発明に係る二段式冷凍機を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、二段式冷凍機の駆動電源周波数を運転可能な最小の周波数に引き下げても第一冷却ステージの温度が目標温度まで上昇しない場合でも、第一冷却ステージを加熱することで第一冷却ステージの温度を目標温度まで引き上げることができる。従って、第一冷却ステージの温度が上昇しにくい使用環境下においても、第一冷却ステージの温度を目標温度に維持した運転が可能となる。また、第一冷却ステージの目標温度を広い範囲で設定することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、図面に基づいて本発明を更に説明する。

【0014】

図1は本発明に係る制御方法を実施するための制御部を含めた本発明に係るクライオポンプの模式図である。

【0015】

図中1はクライオポンプ本体、2は二段式冷凍機、3は圧縮機、4は駆動電源供給器、5は駆動電源供給器4に内蔵されているインバータである。

【0016】

クライオポンプ本体1に設けられている二段式冷凍機2は、冷凍能力の大きい第一冷却ステージ6と、第一冷却ステージより冷凍能力が小さい第二冷却ステージ7を備えている。第二冷却ステージ7には、第二冷却ステージ7によって極低温に冷却されるクライオパネル8が接続されている。また、第一冷却ステージ6には、第二冷却ステージ7及びクライオパネル8を囲んで、第一冷却ステージ6によって極低温に冷却される輻射シールド9が接続されている。輻射シールド9の上部開口部には、輻射シールド9を介して第一冷却

10

20

30

40

50

ステージ 6 によって極低温に冷却されるルーバー 10 が設けられている。更に、上記輻射シールドの外側を囲んで、ケーシング 11 が設けられている。

【 0 0 1 7 】

二段式冷凍機 2 の第一冷却ステージ 6 には、第一冷却ステージ 6 を加熱するための電気ヒータ 12 と、第一冷却ステージ 6 の温度を検出する第一温度センサ 13 が設けられている。また、第二冷却ステージ 7 には、第二冷却ステージの温度を検出するための第二温度センサ 14 が設けられている。

【 0 0 1 8 】

二段式冷凍機 2 には、高圧ホース 15 を介して圧縮機 3 が接続されている。圧縮機 3 で圧縮した高圧ヘリウムガスは、二段式冷凍機 2 に供給され、第一膨張室と第二膨張室（図示されていない）で膨張し、第一及び第二冷却ステージを冷却した後、還流されるものとなっている。

10

【 0 0 1 9 】

二段式冷凍機 2 と圧縮機 3 は、それぞれ駆動電源供給器 4 に接続されている。二段式冷凍機 2 と圧縮機 3 の駆動は、駆動電源供給器 4 を介して供給される駆動電源によって行われるもので、駆動電源周波数は、内蔵されているインバーター 5 によって制御されるものとなっている。インバーター 5 は、二段式冷凍機 2 と圧縮機 3 を、それぞれ駆動可能な範囲で設定された範囲内の周波数の駆動電源で駆動するものとなっている。

【 0 0 2 0 】

前記第一及び第二温度センサ 13, 14 は、それぞれ第一及び第二温度設定・制御器に接続 16, 17 に接続されている。

20

【 0 0 2 1 】

第一温度設定・制御器 16 には、第一冷却ステージ 6 の目標温度が設定される。第一温度設定・制御器 16 は、第一温度センサ 13 によって検出された温度と、設定された第一冷却ステージ 6 の目標温度に基づいて、駆動電源供給器 4 のインバータ 5 を制御すると共に、加熱制御器 18 に温度データを伝える。また、第二温度設定・制御器 17 には、第二冷却ステージ 7 の目標温度が設定される。第二温度設定・制御器 17 は、第二温度センサ 14 によって検出された温度と、設定された第二冷却ステージ 7 の目標温度に基づいて、加熱制御器 18 に温度データを伝える。加熱制御器 18 は、加熱電源供給器 19 に接続されており、第一及び第二温度設定・制御器 16, 17 からの温度データに基づいて、加熱電源供給器 19 の「ON」と「OFF」の切り替えを行い、加熱電源供給器 19 に接続された電気ヒータ 12 の作動を制御する。

30

【 0 0 2 2 】

更に説明すると、第一温度設定・制御器 16 は、第一温度センサ 13 で検出した第一冷却ステージ 6 の温度が、設定された目標温度を維持するよう、駆動電源供給器 4 のインバータ 5 を制御して駆動電源周波数を調節する。第一冷却ステージ 6 の温度が目標温度より高い場合には、駆動可能な範囲で設定された周波数の範囲内において、駆動電源周波数を引き上げる。駆動電源周波数を引き上げると、冷凍サイクルが早まり、第一冷却ステージ 6 の温度を下げることができる。また、第一冷却ステージ 6 の温度が目標温度より低い場合には、駆動可能な範囲で設定された周波数の範囲内において、駆動電源周波数を引き下げる。駆動電源周波数を引き下げると、冷凍サイクルが遅くなって、第一冷却ステージ 6 の温度が上昇する。

40

【 0 0 2 3 】

なお、駆動電源周波数の引き上げと引き下げは、少なくとも二段式冷凍機 2 の駆動電源周波数について行えば足るが、駆動電源周波数の切り替え効果を高める上で、二段式冷凍機 2 と圧縮機 3 の両者の駆動電源周波数について行うことが好ましい。

【 0 0 2 4 】

ところで、クライオポンプの使用環境によっては、駆動電源周波数を、駆動可能な範囲内で設定された周波数の最小値としても、第一冷却ステージ 6 の温度が目標温度まで上昇しない場合を生じる。加熱制御器 18 は、第一温度設定・制御器 16 からの温度データが

50

、駆動電源周波数が最小値に引き下げられて所定時間経過後も、第一冷却ステージ6の温度が目標温度まで上昇していないことを示しているとき、加熱電源供給器19を「ON」とする。これにより、電気ヒータ12が作動して第一冷却ステージ6を加熱し、目標温度まで昇温させる。加熱制御器18は、第一温度設定・制御器16からの温度データにより、第一冷却ステージ6が目標温度まで昇温したことを検知すると、再度加熱電源供給器19に信号を送り、加熱電源供給器19を「OFF」に切り替えさせる。

【0025】

一方、クライオポンプの使用環境によっては、第二冷却ステージ7の冷凍能力が不足し、第二冷却ステージ7の温度を目標温度まで下げられない場合が生じる。加熱制御器18は、第二温度設定・制御器17からの温度データが、第二冷却ステージ7の温度が目標温度まで下がっていないことを示しているとき、加熱電源供給器19を「ON」とする。これにより、電気ヒータ12が作動して第一冷却ステージ6を加熱し、第一冷却ステージ6の温度が目標温度を超えて上昇する。すると、これを検知した第一温度設定・制御器16は、インバータ5を制御し、駆動可能な範囲で設定された周波数の範囲内において、駆動電源周波数を引き上げ、これによって冷凍サイクルが早まる結果、第二冷却ステージ7の温度が降下し、目標温度に近付けることができる。加熱制御器18は、第二温度設定・制御器17からの温度データにより、第二冷却ステージ7が目標温度まで降温したことを検知すると、再度加熱電源供給器19に信号を送り、加熱電源供給器19を「OFF」に切り替えさせる。

【0026】

上記第二冷却ステージ7の温度制御は、第一冷却ステージ6の温度を大きく乱すことがないよう、第一冷却ステージ6の温度が目標温度となっているときに行われるものとすることが好ましい。また、第一冷却ステージ6の温度が目標温度から大きく逸脱しないよう、第一冷却ステージ6の温度とその目標温度とのずれが所定の温度差に達したときに、加熱電源供給器19を「OFF」に切り替えさせることが好ましい。

【0027】

上記の例においては、第一冷却ステージ6の加熱手段として電気ヒータ12を用いているが、第一冷却ステージ6の加熱手段としては、熱スイッチによる高温部との熱伝達と熱絶縁の切り替え、ヘリウムガスが循環する配管の設置による循環入熱量の調整、誘導加熱などを用いることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明に係る制御方法を実施するための制御部を含めた本発明に係るクライオポンプの模式図である。

【符号の説明】

【0029】

- 1 クライオポンプ本体
- 2 二段式冷凍機
- 3 圧縮機
- 4 駆動電源供給器
- 5 インバータ
- 6 第一冷却ステージ
- 7 第二冷却ステージ
- 8 クライオパネル
- 9 輻射シールド
- 10 ルーバー
- 11 ケーシング
- 12 電気ヒータ
- 13 第一温度センサ
- 14 第二温度センサ

10

20

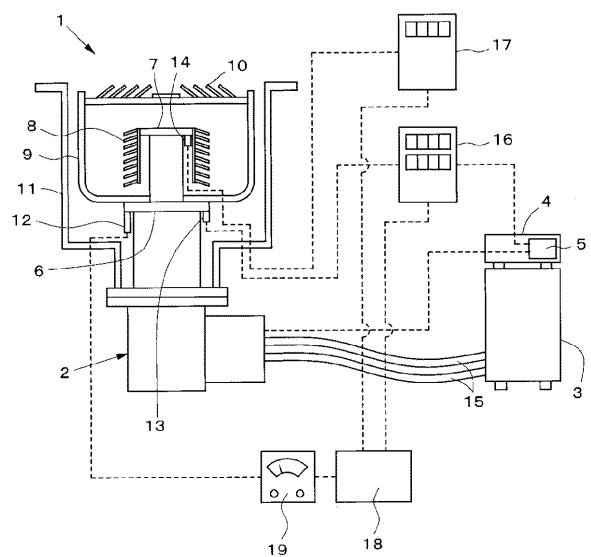
30

40

50

- 1 5 高圧ホース
- 1 6 第一温度設定・制御器
- 1 7 第二温度設定・制御器
- 1 8 加熱制御器
- 1 9 加熱電源供給器

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 駒井 久純
東京都府中市四谷5丁目8番1号 キヤノンアネルバ株式会社内

審査官 武内 俊之

(56)参考文献 特開2000-018158(JP,A)
特開平08-093643(JP,A)
特開平01-305173(JP,A)
特開平08-232839(JP,A)
特公平03-012675(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 25 B 9 / 14