

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6603394号
(P6603394)

(45) 発行日 令和1年11月6日 (2019. 11. 6)

(24) 登録日 令和1年10月18日 (2019. 10. 18)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 5 B 7/00 (2006. 01)

F 2 5 B 7/00 E

F 2 5 B 1/00 (2006. 01)

F 2 5 B 1/00 3 7 1 F

F 2 5 B 1/00 3 6 1 A

請求項の数 13 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2018-500032 (P2018-500032)
 (86) (22) 出願日 平成29年2月2日 (2017. 2. 2)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2017/003835
 (87) 国際公開番号 W02017/141722
 (87) 国際公開日 平成29年8月24日 (2017. 8. 24)
 審査請求日 平成30年5月29日 (2018. 5. 29)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-28126 (P2016-28126)
 (32) 優先日 平成28年2月17日 (2016. 2. 17)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 314005768
 P H Cホールディングス株式会社
 東京都港区西新橋 2-38-5
 (74) 代理人 110002952
 特許業務法人鷺田国際特許事務所
 (74) 代理人 100105050
 弁理士 鷺田 公一
 (72) 発明者 玉置 裕一
 愛媛県東温市南方 2 1 3 1 番地 1 P H C
 株式会社内
 (72) 発明者 井上 貴博
 愛媛県東温市南方 2 1 3 1 番地 1 P H C
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷凍装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一冷媒が循環する第一流体回路に、第一圧縮機、第一凝縮器、第一膨張器および第一蒸発器が流体連通するように配置された第一冷却部と、

第二冷媒が循環する第二流体回路に、第二圧縮機、前記第一蒸発器と共にカスケードコンデンサを構成する第二凝縮器、第二膨張器および第二蒸発器が流体連通するよう配置された第二冷却部と、

前記第二蒸発器により冷却される冷却対象物の収納スペースを有する収納部と、

前記収納スペースの温度を検出する庫内温度センサと、

前記収納スペースの目標温度と、前記庫内温度センサの検出結果とに基づき、前記第二圧縮機の第二回転速度を決定する制御部であって、前記第二回転速度の値により定まる所定の対応関係にある前記第一圧縮機の第一回転速度を決定する制御部と、

前記制御部が決定した第一回転速度および第二回転速度に基づき、前記第一圧縮機および前記第二圧縮機に電力供給を行う第一電力供給部および第二電力供給部と、を備え、

前記第一回転速度は、前記第二回転速度と正相関の関係にある冷凍装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記収納スペースの目標温度と、前記庫内温度センサの検出結果とに基づく比例制御、比例及び積分制御および比例、積分及び微分制御のいずれか一つにより前記第二回転速度を決定すると共に、前記第二回転速度と比例関係にある第一回転速度を決定する、請求項 1 に記載の冷凍装置。

10

20

【請求項 3】

前記制御部は、前記庫内温度センサの検出結果が所定の温度基準値以下、または前記庫内温度センサの検出結果と前記収納スペースの目標温度との偏差が第一偏差基準値以下になると、前記第一回転速度および前記第二回転速度を決定する、請求項 1 又は 2 に記載の冷凍装置。

【請求項 4】

自装置の周囲温度を検出する周囲温度センサをさらに備え、

前記制御部は、前記収納スペースの目標温度と、前記周囲温度センサの検出結果とに基づき、前記所定の対応関係を決定する、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 5】

前記第一電力供給部および前記第二電力供給部はさらに、自身が異常状態であることを示す第一異常信号および第二異常信号を前記制御部に出力し、

前記制御部は、前記第一回転速度および前記第二回転速度の決定後、前記第一異常信号または前記第二異常信号を受け取ると、前記第二回転速度を一時的に低減する、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 6】

前記第二流体回路の温度を検出する第二流体回路温度センサをさらに備え、

前記制御部は、少なくとも前記第一圧縮機または前記第二圧縮機が動作中、前記第二流体回路温度センサの検出結果が所定温度範囲になるように、前記第一回転速度および前記第二回転速度の少なくとも一方を変更する、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 7】

前記第二流体回路温度センサは、前記カスケードコンデンサを構成する前記第二凝縮器における第二冷媒の出口温度を検出し、

前記制御部は、少なくとも前記第一圧縮機または前記第二圧縮機が動作中、前記第二流体回路温度センサの検出結果が所定温度範囲になるように、前記第一回転速度および前記第二回転速度の少なくとも一方を変更する、請求項 6 に記載の冷凍装置。

【請求項 8】

前記第一回転速度または前記第二回転速度に応じた回転数で回転して、前記第一凝縮器に空気流を送るファンをさらに備える、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 9】

少なくとも前記第一圧縮機または前記第二圧縮機の温度に応じた回転数で回転して、前記第一凝縮器に空気流を送るファンをさらに備える、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 10】

前記第一圧縮機および前記第二圧縮機の少なくともいずれか一方の温度が所定温度以上になると、前記制御部は、前記第一圧縮機および前記第二圧縮機の少なくともいずれか一方の回転速度を小さな値に決定する、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の冷凍装置。

【請求項 11】

前記第一圧縮機および前記第二圧縮機の両方が停止した状態において、前記第一電力供給部は、前記第一圧縮機に電力供給を行って、第一目標回転速度で動作するよう前記第一圧縮機を始動させ、前記第二電力供給部は、前記第一圧縮機の始動後所定時間が経過すると、前記第二圧縮機に電力供給を行って、第二目標回転速度で動作するよう前記第二圧縮機を始動させる、請求項 1 又は 2 に記載の冷凍装置。

【請求項 12】

前記第一圧縮機および前記第二圧縮機の両方が停止した状態において、前記第一電力供給部は、前記庫内温度センサの検出結果と前記収納スペースの目標温度との偏差が第二偏差基準値以上となると、前記第一圧縮機に電力供給を行って前記第一圧縮機を始動させ、

前記第二電力供給部は、前記第一圧縮機の始動後所定時間遅延後に、前記第二圧縮機に電力供給を行って前記第二圧縮機を始動させる、請求項 1 又は 2 に記載の冷凍装置。

【請求項 13】

前記第二流体回路の温度を検出する第二流体回路温度センサをさらに備え、

前記第一圧縮機および前記第二圧縮機の両方が停止した状態において、前記第一電力供給部は、前記第一圧縮機に電力供給を行って前記第一圧縮機を始動させ、

前記第二電力供給部は、前記第二流体回路温度センサの検出結果が所定温度以下になると、前記第二圧縮機に電力供給を行って前記第二圧縮機を始動させる、請求項 1 又は 2 に記載の冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カスケードサイクルを備えた冷凍装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、この種の冷凍装置としては、例えば特許文献1に記載のものがある。従来の冷凍装置では、コントローラは、通常運転時、温度センサから出力された冷凍庫の庫内温度に基づき、一次側冷媒回路を構成する圧縮機（高温側圧縮機）を起動し、その後、所定時間経過後に二次側冷媒回路の圧縮機（低温側圧縮機）を起動する。庫内温度の目標値の上限値まで達すると、コントローラは、庫内温度を検出する温度センサの出力に基づき、先ず、高温側圧縮機を含む一次側冷媒回路を起動する。その後、コントローラは、二次側冷媒回路において圧縮機と蒸発器の間に設けられた電磁弁を開き、低温側圧縮機を起動した後、二次側冷媒回路においてカスケード凝縮器と膨張器の間に設けられた電磁弁を開放する制御を実行する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-190917号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この種の冷凍装置には、庫内温度（即ち、冷却対象物の収納スペースの温度）が上昇した時、目標値に素早く復帰させることが求められる。

30

【0005】

それゆえに、本発明の目的は、収納スペースの温度が上昇した時に目標値に素早く復帰させることが可能な冷凍装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一局面に係る冷凍装置は、

第一冷媒が循環する第一流体回路に、第一圧縮機、第一凝縮器、第一膨張器および第一蒸発器が流体連通するように配置された第一冷却部と、

第二冷媒が循環する第二流体回路に、第二圧縮機、前記第一蒸発器と共にカスケードコンデンサを構成する第二凝縮器、第二膨張器および第二蒸発器が流体連通するよう配置された第二冷却部と、

40

前記第二蒸発器により冷却される冷却対象物の収納スペースを有する収納部と、

前記収納スペースの温度を検出する庫内温度センサと、

前記収納スペースの目標温度と、前記庫内温度センサの検出結果とに基づき、前記第二圧縮機の第二回転速度を決定する制御部であって、前記第二回転速度の値により定まる所定の対応関係にある前記第一圧縮機の第一回転速度を決定する制御部と、

前記制御部が決定した第一回転速度および第二回転速度に基づき、前記第一圧縮機および前記第二圧縮機に電力供給を行う第一電力供給部および第二電力供給部と、を備え、前記第一回転速度は、前記第二回転速度と正相関の関係にある。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 7 】

上記局面によれば、収納スペースの温度が上昇した時に目標値に素早く復帰させることが可能な冷凍装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】比較例に係る冷凍装置の冷却部と制御系のブロック構成との関係を示す図である。

【図 2】図 1 の冷却部における熱移動を示す模式図である。

【図 3】本発明の第一実施形態に係る冷凍装置の正面図である。

【図 4】本冷凍装置の右側面図である。

10

【図 5】本冷凍装置に備わる冷却部の一例を示す図である。

【図 6】本冷凍装置に備わる制御系の一例を示す図である。

【図 7 A】本冷凍装置の庫内温度制御（第一例）の一部分を示すフロー図である。

【図 7 B】本冷凍装置の庫内温度制御（第一例）の残りの部分を示すフロー図である。

【図 8】本冷凍装置における庫内温度の経時変化を示すグラフと、第一圧縮機および第二圧縮機の回転速度の遷移を示す図である。

【図 9】本冷凍装置の冷却部と制御系のブロック構成との関係を示す図である。

【図 1 0 A】本冷凍装置の庫内温度制御（第二例）の一部分を示すフロー図である。

【図 1 0 B】本冷凍装置の庫内温度制御（第二例）の残りの部分を示すフロー図である。

【図 1 1 A】本冷凍装置の庫内温度制御（第三例）の一部分を示すフロー図である。

20

【図 1 1 B】本冷凍装置の庫内温度制御（第三例）の残りの部分を示すフロー図である。

【図 1 2】庫内温度制御（第三例）の実行時における第一圧縮機、第二圧縮機の回転速度の変化を例示する図である。

【図 1 3 A】本冷凍装置の庫内温度制御（第四例）の一部分を示すフロー図である。

【図 1 3 B】本冷凍装置の庫内温度制御（第四例）の残りの部分を示すフロー図である。

【図 1 4 A】本冷凍装置の庫内温度制御（第五例）の一部分を示すフロー図である。

【図 1 4 B】本冷凍装置の庫内温度制御（第五例）の残りの部分を示すフロー図である。

【図 1 5】周囲温度と庫内温度の組み合わせ毎の最適な係数を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

30

1. 技術的課題の詳細

本発明の冷凍装置 1 を説明する前に、比較例に係る冷凍装置 1 0 における庫内温度制御の技術的課題を詳説する。

【 0 0 1 0 】

1 - 1. 比較例に係る冷凍装置 1 0 の大略的な構成

図 1 において、比較例に係る冷凍装置 1 0 は、冷却部 1 5 を備える。冷却部 1 5 は、第一冷却部 1 6 H と、第二冷却部 1 7 L と、を含む。

【 0 0 1 1 】

第一冷却部 1 6 H において、第一圧縮機 1 6 1 H は、第一冷媒を圧縮して、高温高圧のガス冷媒を吐出する。第一前段凝縮器 1 6 2 H および第一後段凝縮器 1 6 3 H は、第一圧縮機 1 6 1 H の吐出冷媒を冷却して吐出する。ここで、両凝縮器 1 6 2 H , 1 6 3 H の近傍にはファン 1 6 7 H が配置される。ファン 1 6 7 H による空気流により、両凝縮器 1 6 2 H , 1 6 3 H を通過する第一冷媒の冷却が促進される。第一膨張器 1 6 4 H は、第一後段凝縮器 1 6 3 H の吐出冷媒を減圧して吐出する。第一蒸発器 1 6 5 H は、第一膨張器 1 6 4 H の吐出冷媒を蒸発させて吐出する。

40

【 0 0 1 2 】

第二冷却部 1 7 L において、第二圧縮機 1 7 1 L は、第一冷媒よりも沸点が低い第二冷媒を圧縮して、高温高圧のガス冷媒に吐出する。両凝縮器 1 7 2 L , 1 7 3 L は、第二圧縮機 1 7 1 L の吐出冷媒を凝縮させて吐出する。第二後段凝縮器 1 7 3 L は、第一蒸発器 1 6 5 H と共にカスケードコンデンサ 1 8 を構成しており、第一蒸発器 1 6 5 H における

50

第一冷媒の吸熱作用により、第二後段凝縮器 173L の通過冷媒を冷却して、中温高压の冷媒を吐出する。第二膨張器 174L は、第二後段凝縮器 173L の吐出冷媒を減圧して吐出する。第二蒸発器 175L は、第二膨張器 174L の吐出冷媒を蒸発させて吐出する。

【0013】

第二蒸発器 175L は、収納スペース S を定義する内装体の外周面上に貼付される。この第二蒸発器 175L で第二冷媒が蒸発する際の吸熱作用によって、収納スペース S の熱が第二蒸発器 175L に移動し、これによって、収納スペース S 内の冷却対象物が冷却される。

【0014】

冷却部 15 には、少なくとも、収納スペース S 内の温度を検出する第一温度センサ Se11 と、カスケードコンデンサ 18 内の温度を検出する第二温度センサ Se12 とが備わる。

【0015】

冷凍装置 10 において、第一制御部 192H は、第二温度センサ Se12 と共に第一フィードバック系を構成し、第二温度センサ Se12 が検出した温度と、カスケードコンデンサ 18 の目標温度との間の偏差に基づき、第一圧縮機 161H の回転速度を制御する。また、第二制御部 202L は、第一温度センサ Se11 と共に第二フィードバック系を構成し、第一温度センサ Se11 が検出した温度と、収納スペース S 内の目標温度との偏差に基づき、第二圧縮機 171L の回転速度を制御する。

【0016】

1 - 2 . 比較例に係る庫内温度制御の問題点

例えば、目標温度 (約 -80) に冷却された収納スペース S に、扉を開く等して暖かい負荷が投入されることがある。この場合、比較例の庫内温度制御では、収納スペース S 内の温度を目標温度に素早く復帰させることが難しいという第一問題点があった。第一問題点に加え、比較例に係る庫内温度制御では、第一圧縮機と第二圧縮機の各回転速度が不必要に増減し、エネルギーを浪費してしまうという第二問題点があった。以下、図 1、図 2 を参照して、両問題点について詳細に説明する。

【0017】

図 2 において、-80 程度の収納スペース S に暖かい負荷を投入すると、第二フィードバック系への外乱として熱量 Q_1 が入る。第二制御部 202L は、収納スペース S 内の温度を目標温度に復帰させるため、第二圧縮機 171L の回転速度を増加させ、これによって、第二圧縮機 171L からカスケードコンデンサ 18 に向かう第二冷媒の流量を増大させる。しかし、熱量 Q_1 が第二冷媒に吸収された後、熱量 Q_1 を吸収した第二冷媒がカスケードコンデンサ 18 に移動するのに時間がかかる。言い換えると、第二圧縮機 171L での回転速度の増加から所定の遅延時間経過後に、カスケードコンデンサ 18 に熱量 Q_2 が発生することになる。熱量 Q_2 には、外乱による熱量 Q_1 に加え、第二圧縮機 171L の仕事の一部 W_1 が含まれる。

【0018】

第一フィードバック系に、上記外乱がカスケードコンデンサ 18 の温度上昇として伝達されると、第一制御部 192H は、第一圧縮機 161H の回転速度を増加させる。これによって、第一圧縮機 161H および第一前段凝縮器 162H の間に流れる第一冷媒の流量が増大し、両凝縮器 162H、163H から冷凍装置 10 の外部に熱量 Q_3 が放出されることになる。ここで、熱量 Q_3 には、熱量 Q_2 ($= Q_1 + W_1$) に加え、第一圧縮機 161H の仕事の一部 W_2 が含まれる。以上の通り、外乱による熱量 Q_1 が冷凍装置 10 の外部に放出されるまでには時間がかかる。

【0019】

また、上述から分かるように、カスケードコンデンサ 18 の温度は、第二圧縮機 171L の回転速度の増減に即座に追従しない。従って、第一温度センサ Se11 の検出温度と目標温度との間の偏差が実質上ゼロになり、第二制御部 202L が第二圧縮機 171L の

10

20

30

40

50

回転速度を元に戻しても、収納スペース S 内の温度は暫くの間下がりに続ける。さらに、両凝縮器 172L, 173L にも暫くの間、高温高压の第二冷媒が流れるため、第一圧縮機 161H も、カスケードコンデンサ 18 の温度を下げるため、第一制御部 192H の制御下で回転させられる。このように、比較例では、第一フィードバック系と第二フィードバック系との間での熱伝達の遅れや干渉等が生じるため、収納スペース S の温度が一旦上昇すると、目標温度に復帰するまでに時間がかかってしまう。

【0020】

さらに、収納スペース S 内の温度が目標温度に復帰するまでに時間がかかるため、両圧縮機 161H, 171L の回転速度を不必要に増減させられていることになる。その結果、比較例に係る庫内温度制御ではエネルギーを浪費してしまう。

10

【0021】

上記問題点に鑑み、本実施形態では、収納スペース S 内の温度を素早く復帰させて、エネルギー浪費を抑制可能な冷凍装置 1 を提供することを目的とする。

【0022】

2. 実施形態

以下、図 3 以降を参照して、各実施形態に係る冷凍装置 1 を詳説する。

2-1. 定義

図 3, 図 4 において、X 軸は、冷凍装置 1 の横方向（より具体的には、ユーザが冷凍装置 1 に正対した時に右側から左側に向かう方向）を示す。Y 軸は、冷凍装置 1 の前後方向（より具体的には、上記正対時に奥側（背面側）から手前側（前面側）に向かう方向）を示す。また、Z 軸は、冷凍装置 1 の上下方向（より具体的には、冷凍装置 1 の下側から上側に向かう方向）を示す。

20

【0023】

2-2. 冷凍装置 1 の外観

冷凍装置 1 は、図 3, 図 4 に示すよう、大略的には、断熱筐体 2 と、断熱扉 3 と、機械室 4 と、を備えている。

【0024】

断熱筐体 2 は、大略的には、外装体 21 と、内装体 22 と、発泡断熱材 23 と、を含む。外装体 21 および内装体 22 は、例えば金属製であり、前面側で開口する。外装体 21 は、断熱筐体 2 の外形を定義する。内装体 22 は、外装体 21 の内側に設けられ、冷却対象物の収納するためのスペース（以下、収納スペースという）S を定義する。収納スペース S も前面側で開口する。発泡断熱材 23 は、合成樹脂発泡体または真空断熱材等からなり、外装体 21 と内装体 22 の間に設けられる。なお、図 3, 図 4 では、発泡断熱材 23 のように外部から視認出来ない構成を点線や一点鎖線で示している。

30

【0025】

なお、内装体 22 の前面側には、例えば樹脂製の内扉 24 が開閉自在に取り付けられることが好ましい。内扉 24 は、閉じた時に収納スペース S の開口を塞ぐ。それに対し、内扉 24 が開いた時、ユーザは収納スペース S にアクセス可能となる。かかる内扉 24 により、収納スペース S 内の断熱効果が高められる。

【0026】

40

断熱扉 3 は、例えば金属製の内装体 31 および外装体 32 と、内装体 31 および外装体 32 の間の空間に充填された発泡断熱材 33 と、を含む。断熱扉 3 は、ユーザ操作により、二個のヒンジ 34 の回転中心軸まわりに回転することで開閉する。断熱扉 3 は閉じた時に断熱筐体 2 の開口を塞ぐ。それに対し、断熱扉 3 を開いた時、ユーザは、前述の内扉 24 を開閉できるようになる。

【0027】

なお、断熱扉 3 には、開閉時にユーザが掴むハンドル 35 が設けられている。ハンドル 35 にはロック機構（図示は省略）が設けられることが好ましい。ロック機構は、断熱扉 3 が閉じた状態でロックしたり、断熱扉 3 を開くことができるようにロック状態を解除したりする。

50

【 0 0 2 8 】

また、断熱扉 3 の外装体 3 2 の前面には、コントロールパネル 3 6 が設けられている。コントロールパネル 3 6 は、制御回路基板 9 (図 6 を参照) を内部に有すると共に、ユーザが操作・視認可能にキーボード 3 6 a と、ディスプレイ 3 6 b とを有する。キーボード 3 6 a は、例えば収納スペース S の目標温度 (即ち、庫内温度の目標値 S V) 等をユーザが設定するための機器であり、ディスプレイ 3 6 b は、現在の設定温度 (庫内温度の目標値 S V) 等、様々な情報を表示する機器である。

【 0 0 2 9 】

機械室 4 は、例えば、断熱筐体 2 の下部に設けられている。機械室 4 には、後述の第二蒸発器 7 5 L (図 5 を参照) を除く冷却部 5 が格納されている。

10

【 0 0 3 0 】

2 - 3 . 冷却部 5 の構成

冷却部 5 は、図 5 に示すように、第一冷却部 6 H と、第二冷却部 7 L と、を備えている。

【 0 0 3 1 】

第一冷却部 6 H は、所謂カスケードサイクルにおける高温側冷却部である。第一冷却部 6 H において、第一流体回路 6 6 H には、第一圧縮機 6 1 H と、第一前段凝縮器 6 2 H と、第一後段凝縮器 6 3 H と、第一膨張器 6 4 H と、第一蒸発器 6 5 H とが、この順番で流体連通するように環状に接続されており、第一冷媒が流れる。

【 0 0 3 2 】

第一圧縮機 6 1 H は、吸入された第一冷媒を圧縮して、高温高圧のガス冷媒に吐出する。

20

【 0 0 3 3 】

第一前段凝縮器 6 2 H および第一後段凝縮器 6 3 H は、銅又はアルミニウム製の管材を蛇行させて形成された凝縮器であって、第一圧縮機 6 1 H から吐出された第一冷媒を冷却し凝縮させ、中温高圧の冷媒を吐出する。第一前段凝縮器 6 2 H は、第一冷媒の冷却以外にも、冷凍装置 1 の各部の結露防止用の熱源としても使用可能である。

【 0 0 3 4 】

ここで、機械室 4 において、第一前段凝縮器 6 2 H および第一後段凝縮器 6 3 H の近傍にはファン 6 7 H が配置される。ファン 6 7 H は、モータ 6 8 H が生成した駆動力で回転して、第一前段凝縮器 6 2 H および第一後段凝縮器 6 3 H に空気をあてる。これにより、第一前段凝縮器 6 2 H および第一後段凝縮器 6 3 H を流れる第一冷媒から周囲の空気への放熱が促進される。なお、本実施形態では、第一冷却部 6 H には、凝縮器として、二個の凝縮器 6 2 H , 6 3 H が例示される。しかし、二個に限らず、凝縮器は、第一冷媒を冷却できれば、一個であってもよいし、三個以上であってもよい。

30

【 0 0 3 5 】

第一膨張器 6 4 H は、膨張弁またはキャピラリチューブ等からなり、第一後段凝縮器 6 3 H から吐出された中温高圧の第一冷媒を膨張させて減圧し、低温低圧の第一冷媒を吐出する。

【 0 0 3 6 】

第一蒸発器 6 5 H は、第一膨張器 6 4 H からの吐出された低温低圧の第一冷媒を蒸発 (気化) させて吐出する。第一蒸発器 6 5 H の吐出冷媒は、第一流体回路 6 6 H を通じて、第一圧縮機 6 1 H に吸入される。以上のようにして、第一冷媒は、第一流体回路 6 6 H を循環する。

40

【 0 0 3 7 】

また、第一蒸発器 6 5 H は、後述の第二後段凝縮器 7 3 L とカスケードコンデンサ 8 を構成している。具体的には、カスケードコンデンサ 8 は、第一蒸発器 6 5 H と、第二後段凝縮器 7 3 L とが熱交換可能に一体的に構成され、第一蒸発器 6 5 H で第一冷媒が蒸発する際の吸熱作用によって、第二後段凝縮器 7 3 L の第二冷媒を冷却する。以上のカスケードコンデンサ 8 は、例えば、受液器、二重管、およびプレート型熱交換器のいずれかから

50

なる。

【0038】

第二冷却部 7 L は、所謂カスケードサイクルにおける低温側冷却部である。第二冷却部 7 L において、第二流体回路 7 6 L には、第二圧縮機 7 1 L と、第二前段凝縮器 7 2 L と、第二後段凝縮器 7 3 L と、第二膨張器 7 4 L と、第二蒸発器 7 5 L とが、この順番で流体連通するように環状に接続されており、第一冷媒よりも沸点が低い第二冷媒が流れる。

【0039】

第二圧縮機 7 1 L は、吸入された第二冷媒を圧縮して、高温高圧のガス冷媒に吐出する。

【0040】

第二前段凝縮器 7 2 L は、第一前段凝縮器と同様の構成・機能を有し、第二圧縮機 7 1 L の吐出冷媒を凝縮させ、中温高圧の冷媒を吐出する。なお、第二前段凝縮器 7 2 L は、カスケードコンデンサ 8 より上流において第二冷媒を補助的に冷却するものであるもので、無くてもよい。また、二個以上の第二前段凝縮器 7 2 L があってもよい。

【0041】

第二後段凝縮器 7 3 L は、前述の通り、第一蒸発器 6 5 H と共にカスケードコンデンサ 8 を構成し、第一蒸発器 6 5 H での第一冷媒の吸熱作用により、第二前段凝縮器 7 2 L の吐出冷媒をさらに冷却して、中温高圧の冷媒を吐出する。

【0042】

第二膨張器 7 4 L は、第一膨張器 6 4 H と同様の構成・機能を有し、第二後段凝縮器 7 3 L から吐出された中温高圧の第二冷媒を膨張させて減圧し、低温低圧の第二冷媒を吐出する。

【0043】

第二蒸発器 7 5 L は、第二膨張器 7 4 L からの吐出された低温低圧の第二冷媒を蒸発（気化）させて吐出する。第二蒸発器の吐出冷媒は、第二流体回路 7 6 L を通じて、第二圧縮機 7 1 L に吸入される。以上のようにして、第二冷媒は、第二流体回路 7 6 L を循環する。

【0044】

ここで、図 4 も参照する。第二蒸発器 7 5 L は、図 4 において点線で示すように、外装体 2 1 と内装体 2 2 の間であって、内装体 2 2 の外周面に貼付される。この第二蒸発器 7 5 L で第二冷媒が蒸発する際の吸熱作用によって、収納スペース S からの熱が第二蒸発器 7 5 L に移動し、これによって、収納スペース S 内の冷却対象物が冷却される。

【0045】

2 - 4 . 冷却部 5 の制御系（ハードウェア構成）

上述の冷却部 5 の様々な箇所には圧力センサまたは温度センサが設けられている。本実施形態で重要であるのは、図 5 , 図 6 に示す第一温度センサ S e 1、第二温度センサ S e 2、第三温度センサ S e 3、第四温度センサ S e 4、第五温度センサ S e 5 および第六温度センサ S e 6 である。

【0046】

第一温度センサ S e 1 は、庫内温度センサの典型例であって、収納スペース S 内に設けられ、収納スペース S の温度を庫内温度として検出し、庫内温度の検出値 P V を表す信号（以下、単に、庫内温度の検出値 P V という）を制御回路基板 9 に出力する。

【0047】

第二温度センサ S e 2 は、周囲温度センサの典型例であって、冷凍装置 1 の周囲（ファン 6 7 H の通風口（図示は省略）等）に設けられ、周囲温度を検出して、その検出値を表す信号（以下、単に、周囲温度の検出値 S T という）を制御回路基板 9 に出力する。なお、第二温度センサ S e 2 は、他にも、第一後段凝縮器 6 3 H に影響を受けないように外装体 2 1 の表面（例えば、コントロールパネル 3 6 の内部または表面）に取り付けられて周囲温度を検出して構わない。

【0048】

10

20

30

40

50

第三温度センサ S e 3 は、第二流体回路温度センサの例であって、第二流体回路 7 6 L において、カスケードコンデンサ 8 を構成する第二後段凝縮器 7 3 L と、第二膨張器 7 4 L との中間位置に取り付けられる。このような取付位置において、第三温度センサ S e 3 は、第二冷媒の温度を検出し、第二冷媒温度の検出値を表す信号（以下、単に、第二冷媒温度の検出値という）を制御回路基板 9 に出力する。なお、実施形態では、取り付け易さの観点で、第三温度センサ S e 3 は、第二流体回路 7 6 L において、第二後段凝縮器 7 3 L および第二膨張器 7 4 L の中間位置に熱結合するように取り付けられるとして説明する。より具体的には、第二流体回路 7 6 L において第二後段凝縮器 7 3 L および第二膨張器 7 4 L の中間位置を構成する配管の周囲は例えばガラスウールのような断熱材にて覆われる。よって、第三温度センサ S e 3 の取り付けが容易であると共に、外部の温度の影響を受けにくいので、第二冷媒の温度を精度よく検出できるという利点がある。

10

【 0 0 4 9 】

第四温度センサ S e 4 は、カスケード温度センサの例であって、例えば、第一流体回路 6 6 H において、第一蒸発器 6 5 H の冷媒入口側または冷媒出口側に取り付けられて、第一冷媒の温度を検出し、第一冷媒温度の検出値を表す信号（以下、単に、第一冷媒温度の検出値という）を制御回路基板 9 に出力する。なお、図 5 では、第四温度センサ S e 4 を冷媒入口側に取り付けた例が示されている。

【 0 0 5 0 】

なお、第三温度センサ S e 3 および第四温度センサ S e 4 は上記以外にも様々な箇所に取付けることが可能である。他の取付位置としては下記が例示される。

20

- ・第一流体回路 6 6 H における、第一蒸発器 6 5 H の冷媒入口側、冷媒出口側またはそれらの中間位置

- ・第二流体回路 7 6 L における、第二後段凝縮器 7 3 L の冷媒入口側、冷媒出口側またはそれらの中間位置

- ・第二流体回路 7 6 L における第二膨張器 7 4 L の冷媒入口近傍

第一流体回路 6 6 H , 第二流体回路 7 6 L を断熱のためにガラスウール等で覆うことで、第三温度センサ S e 3 および第四温度センサ S e 4 は精度良く冷媒の温度を検出できる。また、ガラスウールで断熱を行うため、第三温度センサ S e 3 および第四温度センサ S e 4 の取り付けも、発泡ウレタンで固める場合と比較して容易に行える。

【 0 0 5 1 】

30

また、第五温度センサ S e 5 および第六温度センサ S e 6 は、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L のシェル表面に取り付けられて、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L の温度に相関する検出値を表す信号（以下、単に、第一圧縮機温度の検出値および第二圧縮機温度の検出値という）を制御回路基板 9 に出力する。なお、第五温度センサ S e 5 および第六温度センサ S e 6 は、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L のシェル内部に取り付けられても構わない。

【 0 0 5 2 】

また、図 1 のコントロールパネル 3 6 には、制御回路基板 9 が内蔵される。制御回路基板 9 には、図 6 に示すように、少なくとも、不揮発性メモリ 9 1 と、制御部 9 2 と、S R A M 9 3 と、が実装されている。

40

【 0 0 5 3 】

不揮発性メモリ 9 1 は、例えばフラッシュメモリ等からなり、プログラム P を格納する。制御部 9 2 は、典型的にはマイクロコンピュータであって、S R A M 9 3 を作業領域としてプログラム P を実行することで、冷凍装置 1 の各部を制御する。かかる制御のうち、本実施形態で重要であるのは、庫内温度の検出値 P V が目標値 S V になるように、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L の各回転速度を制御することである。以下、この制御のことを、庫内温度制御という。本実施形態では、後述の第 2 - 5 欄以降にて、五種類の庫内温度制御を例示する。なお、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L の各回転速度は、より具体的には、第一圧縮機 6 1 H の内部に備わる第一モータ 6 1 1 H の回転速度、および、第二圧縮機 7 1 L の内部に備わる第二モータ 7 1 1 L の回転速度である。

50

【 0 0 5 4 】

さらに具体的に説明すると、制御部 9 2 は、庫内温度の検出値 P V と目標温度との間の偏差 e を実質上ゼロにすべく、第一モータ 6 1 1 H の回転速度および第二モータ 7 1 1 L の回転速度を決定する。その後、制御部 9 2 は、第一モータ 6 1 1 H の回転速度および第二モータ 7 1 1 L の回転速度に相関する周波数を示す第一制御信号 C S 1 H および第二制御信号 C S 2 L を生成する。以上のようにして生成した第一制御信号 C S 1 H および第二制御信号 C S 2 L を、制御部 9 2 は第一電力供給部 6 1 2 H および第二電力供給部 7 1 2 L に出力する。

【 0 0 5 5 】

第一電力供給部 6 1 2 H および第二電力供給部 7 1 2 L はいずれもインバータ回路である。第一電力供給部 6 1 2 H は、入力された第一制御信号 C S 1 H に基づき三相交流電圧の周波数を変え、第一モータ 6 1 1 H に供給する。これによって、第一モータ 6 1 1 H は、第一制御信号 C S 1 の周波数に比例する回転速度（即ち、制御部 9 2 で決定された回転速度）で回転する。第二電力供給部 7 1 2 L は、入力された第二制御信号 C S 2 L に基づき三相交流電圧の周波数を変え、第二モータ 7 1 1 L に供給する。これによって、第二モータ 7 1 1 L は、第二制御信号 C S 2 の周波数に比例する回転速度（即ち、制御部 9 2 で決定された回転速度）で回転する。

【 0 0 5 6 】

2 - 5 . 庫内温度制御（第一例）

次に、図 7 A , 図 7 B を参照して庫内温度制御の第一例を説明する。

主電源の投入により制御部 9 2 等が起動する。制御部 9 2 は、まず、主電源投入から所定時間が経過すると（ステップ S 0 0 1 ）、第一圧縮機 6 1 H を始動させるべく、目標回転速度 A 0 に対応する周波数を示す第一制御信号 C S 1 H を生成する。ここで、カスケードコンデンサ 8 を極力早く適切な温度に低下させるべく、目標回転速度 A 0 は、極力大きな回転速度であることが好ましいが、負荷や圧縮機的能力により最大の回転速度より下げた回転速度を目標回転速度 A 0 としてもよい。この第一制御信号 C S 1 H が第一電力供給部 6 1 2 H に供給されると、第一モータ 6 1 1 H（即ち、第一圧縮機 6 1 H）は始動する（ステップ S 0 0 2）。

【 0 0 5 7 】

次に、制御部 9 2 は、第一モータ 6 1 1 H（第一圧縮機 6 1 H）の始動から所定時間経過すると（ステップ S 0 0 3）、第一冷媒温度の検出値を第四温度センサ S e 4 から取得し（ステップ S 0 0 4）、その後、取得した第一冷媒温度の検出値が予め定められた第一目標温度以下になっているか否かを判断する（ステップ S 0 0 5）。同ステップで N O と判断されると、制御部 9 2 はステップ S 0 0 4 を再実行する。

【 0 0 5 8 】

それに対し、ステップ S 0 0 5 において Y E S と判断されると、制御部 9 2 は、カスケードコンデンサ 8 が適切な温度に低下して、第二後段凝縮器 7 3 L を通過する第二冷媒を第一冷却部 6 H が適切に冷却可能になったとみなす。そのため、制御部 9 2 は、第二圧縮機 7 1 L を始動させるべく、目標回転速度 B 0 に対応する周波数を示す第二制御信号 C S 2 L を生成する。ここで、庫内温度を極力早く目標温度にすべく、目標回転速度 B 0 は適宜適切な値に選択される。この第二制御信号 C S 2 L が第二電力供給部 7 1 2 L に供給されると、第二モータ 7 1 1 L（即ち、第二圧縮機 7 1 L）は始動する（ステップ S 0 0 6）。

【 0 0 5 9 】

ところで、本冷凍装置 1 では、庫内温度の目標値 S V を設定するために、キーボード 3 6 a が備わる。ユーザがキーボード 3 6 a を操作すると、制御部 9 2 は、図 7 A , 図 7 B の処理に並行して、ユーザにより設定された庫内温度の目標値 S V をキーボード 3 6 a から取得して、不揮発性メモリ 9 1 等に予約された記憶領域に書き込む。

【 0 0 6 0 】

制御部 9 2 は、ステップ S 0 0 6 の次に、庫内温度の目標値 S V を不揮発性メモリ 9 1

10

20

30

40

50

等から取得すると共に、第一温度センサ $S e 1$ から庫内温度の検出値 $P V$ を取得する。その後、制御部 92 は、庫内温度の目標値 $S V$ に所定温度を加算して、温度基準値の一例としての第一基準値 $V r e f 1$ を求める（図 7 B のステップ $S 0 0 7$ ）。ステップ $S 0 0 7$ における所定温度は正の値であって、例えば +4 程度に選ばれる。

【0061】

次に、制御部 92 は、庫内温度の検出値 $P V$ がステップ $S 0 0 7$ で求めた第一基準値 $V r e f 1$ 以下か否かを判断する（ステップ $S 0 0 8$ ）。同ステップで $Y E S$ と判断されると、制御部 92 は、庫内温度の目標値 $S V$ と検出値 $P V$ とに基づきフィードバック制御する。具体的には、制御部 92 は、まず、庫内温度の検出値 $P V$ と目標値 $S V$ との間の偏差 e を求める（ステップ $S 0 0 9$ ）。次に、制御部 92 は、偏差 e をゼロに近づけるために $P I$ 制御（ $P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l \ C o n t r o l$ ）を行って、第二圧縮機 71 L の目標回転速度 B を算出する。但し、第二モータ 711 L には最高回転速度 $B m a x$ が定められているため、目標回転速度 B の上限値は最高回転速度 $B m a x$ とされる（ステップ $S 0 1 0$ ）。

10

【0062】

なお、本実施形態では、好ましい形態としての $P I$ 制御により、目標回転速度 B が算出される。その理由は下記の通りである。 P 制御（比例制御）だけでは、外気温度によっては偏差 e が長時間残留し続けることがある。かかる残留偏差 e を短時間で取り除くため、 P 制御に、偏差 e の積分値を用いた積分制御（ I 制御）を加えた $P I$ 制御が実行される。

【0063】

20

また、上記 $P I$ 制御では積分値が用いられるので、庫内温度の検出値 $P V$ を目標値 $S V$ にするまでに時間がかかる等の問題点がある。この問題点を解消するために、制御部 92 は、上記 $P I$ 制御に、偏差 e の時間変化を用いた微分制御（ D 制御）を加えた $P I D$ 制御（ $P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l - D e r i v a t i v e \ C o n t r o l$ ）を実行することが好ましい。

【0064】

ところで、第 1 - 2 欄（図 2 を参照）にて説明した通り、フィードバック系に熱量 $Q 1$ が外乱として入ると、カスケードコンデンサ 8 で熱量 $Q 2 (= Q 1 + W 1)$ が、第一冷却部 6 H の両凝縮器 62 H, 63 H で熱量 $Q 3 (= Q 1 + W 1 + W 2)$ が発生する。熱量 $Q 2, Q 3$ は、熱量 $Q 1$ により定まる。従って、外乱による熱量 $Q 1$ （即ち偏差 e ）に基づき第二圧縮機 71 L の目標回転速度 B が決まれば、庫内温度を目標値 $S V$ に復帰させるために、第一圧縮機 61 H を如何なる目標回転速度 A で動作させれば良いのかは、本冷凍装置 1 の設計開発段階における実験等で予め求めておくことができる。本件発明者の実験や検討の結果、目標回転速度 A, B は互いに所定の対応関係にあることが判明した。より具体的には、目標回転速度 A, B の間には正相関の関係（即ち、 A, B の一方が大きくなれば他方も大きくなるという関係）が成立することが判明した。具体的な実施形態として、目標回転速度 A は、目標回転速度 B に対し所定の係数 k （ k は 0.25 以上 4.00 以下）を乗算すれば（即ち、目標回転速度 A が目標回転速度 B と比例関係にあれば）、第一冷却部 6 H と第二冷却部 7 L とを最も効率的に運転できることを、本件発明者は見出した。

30

【0065】

40

上記を考慮して、ステップ $S 0 1 0$ の次に、制御部 92 は、ステップ $S 0 1 0$ で決定した目標回転速度 B に所定の係数 k を乗算して、目標回転速度 B と比例関係にある目標回転速度 A を算出する（ステップ $S 0 1 1$ ）。

次に、制御部 92 は、ステップ $S 0 1 1$ で算出した目標回転速度 A が第一モータ 611 H の最高回転速度 $A m a x$ 超であるか否かを判断する（ステップ $S 0 1 2$ ）。同ステップで $Y E S$ と判断すると、制御部 92 は、目標回転速度 A として最高回転速度 $A m a x$ を設定する（ステップ $S 0 1 3$ ）。

【0066】

ステップ $S 0 1 3$ の次、または、ステップ $S 0 1 2$ で $N O$ と判断した場合、制御部 92 は、ステップ $S 0 1 3$ までで求めた目標回転速度 A, B のいずれかがモータ 611 H, 7

50

11Lの最低回転速度 A_{min} , B_{min} を下回っているか否かを判断する(ステップS014A, S014B)。ステップS014A, S014Bのいずれか一方でYESと判断すると、モータ611H, 711Lの一方を適切に運転させることが出来ず、その結果、庫内温度を目標値SVに復帰させることが出来ないとして、制御部92は、両モータ611H, 711Lを一旦停止させるために第一制御信号CS1Hおよび第二制御信号CS2Lを生成する。かかる制御信号CS1H, CS2Lが電力供給部612H, 712Lに供給されると、モータ611H, 711Lは停止する(ステップS015)。

【0067】

次に、制御部92は、第一温度センサSe1から庫内温度の検出値PVを取得し(図7AのステップS016)、その後、ステップS016で取得した庫内温度の検出値PVが目標値SVを超えているか否かを判断する(ステップS017)。ステップS016, S017は、ステップS017でYESと判断されるまで繰り返される。制御部92は、ステップS017でYESと判断すると、ステップS002と同様の手法で、第一モータ611Hを目標回転速度A0で動作させるべく始動させる(ステップS018)。その後、制御部92は、ステップS004を再実行する。

【0068】

再度、図7BのステップS014A, S014Bを参照する。両ステップでNOと判断すると、制御部92は、両モータ611H, 711Lを目標回転速度A, Bで動作させるための第一制御信号CS1Hおよび第二制御信号CS2Lを生成する。かかる制御信号CS1H, CS2Lが電力供給部612H, 712Lに供給されると、モータ611H, 711Lはやがて、目標回転速度A, Bで動作する(ステップS019)。また、同ステップにおいて、制御部92は、目標回転速度Aまたは目標回転速度Bに応じて、ファン67H用のモータ68Hの回転速度を変更することが好ましい。例えば、目標回転速度Aが 2500min^{-1} 未満であれば、モータ68Hの回転速度を相対的に低速にし、目標回転速度Aが 3000min^{-1} 以上であれば、モータ68Hの回転速度を相対的に高速にする。これによって、両凝縮器62H, 63H内を通過する第一冷媒を効率的に冷却することが可能となる。その後、制御部92は、ステップS020を実行する。

【0069】

次に、制御部92は、第一温度センサSe1から庫内温度の検出値PVを取得して検出値PVを更新し(ステップS020)、その後、ステップS008を再実行する。

【0070】

また、ステップS008でNOと判断された場合、庫内温度の検出値PVと目標値SVとの偏差eが未だ大きいことから、制御部92は、第一モータ611Hおよび第二モータ711Lを最高回転速度 A_{max} , B_{max} で動作させるための第一制御信号CS1Hおよび第二制御信号CS2Lを生成する。かかる第一制御信号CS1Hおよび第二制御信号CS2Lが第一電力供給部612Hおよび第二電力供給部712Lに供給されると、第一モータ611Hおよび第二モータ711Lはやがて、最高回転速度 A_{max} , B_{max} で動作する(ステップS021)。次に、制御部92は、ステップS020を行った後、ステップS008を再実行する。

【0071】

2-6. 庫内温度制御(第一例)の作用・効果

以上の通り、本庫内温度制御(第一例)によれば、庫内温度の検出値PVが第一基準値 V_{ref1} を上回っている間(即ち、ステップS008でNOと判断している間)、制御部92は、両圧縮機61H, 71Lを最高回転速度 A_{max} , B_{max} で運転する(図7BのステップS021)。それ故、内扉24が開く等して収納スペースS内の温度が上昇したとしても、庫内温度の目標値SVよりも若干高い温度(第一基準値 V_{ref1})に庫内温度を素早く到達させることが出来る(図8の時刻t1から時刻t2までの間を参照)。

【0072】

また、庫内温度の検出値PVが第一基準値 V_{ref1} に到達した後、制御部92は、目

10

20

30

40

50

標回転速度 A, B を決定し (図 7 B のステップ S 0 1 0, S 0 1 1)、両圧縮機 6 1 H, 7 1 L は、原則的 (基本的) には、目標回転速度 A, B で運転させられる (ステップ S 0 1 9)。この時、目標回転速度 B は、庫内温度の検出値 P V と目標値 S V との偏差 e に基づく P I 制御により定められるが、目標回転速度 A は、P I 制御で定めた目標回転速度 B に対応する値に定められる。本実施形態では、目標回転速度 A は、目標回転速度 B に所定の係数 k を乗じることで算出される。

【 0 0 7 3 】

以上のような庫内温度制御によって偏差 e が除去されて、庫内温度が目標値 S V に復帰する。かかる庫内温度制御において、庫内温度の検出値 P V が第一基準値 V r e f 1 に到達した後、図 9 に示すように、単一のフィードバック系により目標回転速度 A, B が決定される。特に、目標回転速度 A に関しては、カスケードコンデンサ 8 の温度とは無関係に、P I 制御で算出された目標回転速度 B に基づき決定されている。これによって、第一圧縮機 6 1 H は、第 1 - 2 欄で説明したような熱伝達の遅れや干渉による影響を受けることなく運転されるため、庫内温度の検出値 P V は目標値 S V よりも下がり過ぎることが抑制される (図 8 の時刻 t 2 以降を参照)。これによって、圧縮機 6 1 H, 7 1 L の効率的な運転が可能となるため、本冷凍装置 1 によれば、エネルギー浪費を抑制することが可能となる。

【 0 0 7 4 】

上記に加え、圧縮機 6 1 H, 7 1 L の回転速度は、庫内温度の検出値 P V が第一基準値 V r e f 1 に未到達の間 (図 8 の時刻 t 1 ~ t 2 を参照)、最高回転速度 A m a x, B m a x に設定され、到達後 (図 8 の時刻 t 2 以降を参照)、単一のフィードバック系により決定された目標回転速度 A, B に変更されて、第 1 - 2 欄で説明したような熱伝達の遅れや干渉による影響を受けることなく、両圧縮機 6 H, 7 L は運転される。これによって、収納スペース S 内の温度上昇があっても目標値 S V に素早く復帰させることが可能な冷凍装置 1 を提供することが可能となる。

【 0 0 7 5 】

2 - 7 . 庫内温度制御 (第一例) の作用・効果 (その他)

また、本庫内温度制御によれば、電源投入直後には第一冷却部 6 H のみが運転させられるため、第二冷却部 7 L が高負荷状態で運転することを防止できる。

【 0 0 7 6 】

2 - 8 . 庫内温度制御 (第一例) の付記

なお、上記庫内温度制御 (第一例) の説明では、目標回転速度 A は、目標回転速度 B に係数 k を乗算することで求めていた。しかし、これに限らず、目標回転速度 A, B の対応関係 (正相関の関係) (即ち、目標回転速度 B 毎に適切な目標回転速度 A) を記述したテーブルが不揮発性メモリ 9 1 に予め格納される場合、制御部 9 2 は、ステップ S 0 1 1 において、ステップ S 0 1 0 で得られた目標回転速度 B に対応する目標回転速度 A をテーブルから読み出して、目標回転速度 A を決定しても構わない。

【 0 0 7 7 】

なお、第 2 - 8 欄の記載事項は、後述の庫内温度制御 (第二例 ~ 第五例) でも同様に当てはまる。

【 0 0 7 8 】

2 - 9 . 庫内温度制御 (第二例)

次に、図 1 0 A, 図 1 0 B を参照して庫内温度制御の第二例を説明する。ここで、図 1 0 A, 図 1 0 B は、図 7 A, 図 7 B と比較すると、ステップ S 0 0 4 ~ S 0 0 6 に代えてステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 5 を含む点で相違する。それ以外に両フロー図の間に相違点はない。それゆえ、図 1 0 A, 図 1 0 B において、図 7 A, 図 7 B に示すステップに相当するものには同一のステップ番号を付け、それぞれの詳説を控える。

【 0 0 7 9 】

制御部 9 2 は、図 1 0 A のステップ S 0 0 3 の次に、前述のステップ S 0 0 6 と同じ要領で、第二モータ 7 1 1 L (即ち、第二圧縮機 7 1 L) が目標回転速度 B 0 で回転するよ

10

20

30

40

50

うに、第二モータ 7 1 1 L を始動させる（ステップ S 1 0 1 ）。

【 0 0 8 0 】

なお、図 1 0 A のステップ S 0 0 3 における第一圧縮機 6 1 H の始動から所定時間経過する時間（遅延時間）、すなわち、第一圧縮機 6 1 H が始動してからステップ S 1 0 1 において第二圧縮機 7 1 L を始動させるまでの時間は、第二冷媒温度や第二圧縮機 7 1 L を停止してからの経過時間に応じて決定されても良い。

【 0 0 8 1 】

具体的には、第二冷媒温度として第三温度センサ S e 3 によって取得した検出値に応じて、例えば、その値が - 2 0 以下であって、かつ第二圧縮機 7 1 L が停止されてから 2 時間以内であれば、遅延時間が短くされる。具体的には、遅延時間は、例えば、1 分などに設定されればよい。

10

【 0 0 8 2 】

一方、第三温度センサ S e 3 によって得られる値が - 2 0 を超え、かつ第二圧縮機 7 1 L が停止されてから 2 時間を超えて経過していれば、遅延時間は長くされる。具体的には、遅延時間は、例えば、8 分などに設定されればよい。

【 0 0 8 3 】

つまり、第二冷媒温度が所定の値よりも低い温度であったり、第二圧縮機 7 1 L が停止されてから所定の時間よりも長時間経過していなかったりする場合は、ステップ S 1 0 1 において第二圧縮機 7 1 L を始動させるまでの時間を短くするとよい。

【 0 0 8 4 】

20

このようにすることで、第二冷媒温度が所定の値よりも低い温度であって、第二圧縮機 7 1 L が停止されてから長時間経過していないにもかかわらず、第一圧縮機 6 1 H が始動してから第二圧縮機 7 1 L を始動させるまでの時間を過剰に長くすることがなくなり、より効率的に庫内温度制御を行うことができる。

【 0 0 8 5 】

次に、制御部 9 2 は、第二冷媒温度の検出値を第三温度センサ S e 3 から取得し（ステップ S 1 0 2 ）、取得した第二冷媒温度の検出値が予め定められた第二目標温度以下になっているか否かを判断する（ステップ S 1 0 3 ）。同ステップにて Y E S と判断されると、制御部 9 2 は、図 1 0 B のステップ S 0 0 7 以降（前述）を実行する。

【 0 0 8 6 】

30

それに対し、ステップ S 1 0 3 で N O と判断されると、制御部 9 2 は、第二冷却部 7 L 側の高負荷状態での運転を停止させるため、第二圧縮機 7 1 L の運転を一定時間停止させた後、再始動する（ステップ S 1 0 4 , S 1 0 5 ）。その後、制御部 9 2 は、第二冷媒温度を再確認するためにステップ S 1 0 2 を再実行する。

【 0 0 8 7 】

2 - 1 0 . 庫内温度制御（第二例）の作用・効果

以上の庫内温度制御（第二例）でも、庫内温度制御（第一例）と同様に、両圧縮機 6 1 H , 7 1 L の回転速度が制御されるため、第 2 - 6 欄で説明した作用・効果を奏する。さらに、ステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 5 により、電源投入直後に、第二冷却部 7 L が高負荷状態で運転することを防止できる。本冷凍装置 1 の運転中における断熱扉 3 や内扉 2 4 を開けたり、暖かい冷却対象物を投入したりすることによる熱量は、第二冷却部 7 L から、第一冷却部 6 H へと順に伝わる。それゆえ、庫内温度制御（第二例）のように第二冷媒の温度を検出することにより、第一冷媒の温度変動より早く上記の熱量変動状況を検知することができる。よって、庫内温度制御をより早く精度よく行うことが可能となる。

40

【 0 0 8 8 】

2 - 1 1 . 庫内温度制御（第二例）の付記

なお、上記庫内温度制御（第二例）の説明では、ステップ S 1 0 4 , S 1 0 5 において、制御部 9 2 は、第二圧縮機 7 1 L を一定時間停止させた後、再始動するとして説明した。しかし、ステップ S 0 0 2 で設定された第一圧縮機 6 1 H の目標回転速度 A 0 が最高回転速度 A m a x 以下であれば、制御部 9 2 は、ステップ S 1 0 4 , S 1 0 5 の代わりに、

50

第一圧縮機 6 1 H の回転速度をステップ S 0 0 2 で設定した目標回転速度 A 0 よりも高速にしても構わない。これによって、電源投入直後に第二冷却部 7 L が高負荷状態になることを抑制できる。

【 0 0 8 9 】

また、制御部 9 2 は、図 1 0 A のステップ S 1 0 1 において第二圧縮機 7 1 L を始動させ、ステップ S 1 0 2 において第二冷媒温度の検出値を第三温度センサ S e 3 から取得した後、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから所定の時間が経過した後、第二冷媒温度に応じて第二圧縮機 7 1 L を停止してもよい。

【 0 0 9 0 】

例えば、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから所定の時間として 3 0 秒が経過し、かつ第二冷媒温度として第三温度センサ S e 3 によって取得した検出値に応じて、例えば、その値が - 1 0 以上の場合、第二圧縮機 7 1 L を停止するとよい。

10

【 0 0 9 1 】

このようにすることで、第二冷媒温度が所定の温度よりも高い状態において第二圧縮機 7 1 L を動作させることがないので、電源投入直後に第二冷却部 7 L が高負荷状態になることを抑制できる。

【 0 0 9 2 】

また、この場合、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから所定の時間は、条件に応じて変更するようにしてもよい。

【 0 0 9 3 】

20

この場合の条件とは、第二冷媒温度が所定の値よりも高く、且つ第二冷媒温度が下降している場合においては、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから所定の時間を、それ以外の場合よりも長くするとよい。

【 0 0 9 4 】

より具体的には、例えば、第二冷媒温度が - 1 0 より高く、且つ第二冷媒温度が下降している場合は、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから所定の時間を 1 2 0 秒にするとよい。

【 0 0 9 5 】

このように、第二圧縮機 7 1 L を始動させてから第二圧縮機 7 1 L を停止するまでの所定の時間を条件に応じて変更することによって、より効率的に庫内温度制御を行うことができる。

30

【 0 0 9 6 】

上述の工程によって第二冷媒が停止された後、所定の時間（第一所定時間）が経過し、且つ第二冷媒の温度が所定の値よりも低いことが確認された場合、または、前述の第一所定時間よりも長い所定の最大所定時間が経過した場合は、再び、第二圧縮機 7 1 L を始動させる。

【 0 0 9 7 】

具体的には、例えば、第二冷媒が停止された後、第一所定時間として 4 分が経過し、且つ第二冷媒の温度が - 3 4 以下であることが確認された場合、または、最大所定時間として第二冷媒が停止された後、 1 5 分が経過した場合は、再び、第二圧縮機 7 1 L を始動させるとよい。

40

【 0 0 9 8 】

また、制御部 9 2 は、ステップ S 1 0 1 において第二圧縮機 7 1 L を始動させた後、所定の時間経過後に、外気温に応じて所定の時間だけ一時的に第一圧縮機 6 1 H の回転数を高くしてもよい。例えば、第二温度センサ S e 2 によって検出した周囲温度が 3 2 以上であった場合、第一圧縮機 6 1 H の回転速度を 3 6 0 0 r p m（目標回転速度 A 0 の一例）から 4 0 0 0 r p m に上げるとよい。つまり、外気温が所定の値より高い場合、一時的に第一圧縮機 6 1 H の回転数を目標回転速度 A 0 よりも高くするとよい。

【 0 0 9 9 】

より具体的には、ステップ S 1 0 1 において第二圧縮機 7 1 L を始動させた後、例えば

50

20秒経過後に第一圧縮機61Hの回転数を高くする。そして、回転数を高くした状態で第一圧縮機61Hを運転させた後、第二冷媒温度において高温ピーク値が検出され、かつ第二冷媒温度が所定の値以下になった場合、第一圧縮機61Hの回転速度を目標回転速度A0に戻す。例えば、第二冷媒温度が-30以下となった場合には、第一圧縮機61Hの回転速度を目標回転速度A0に戻すとよい。

【0100】

つまり、外気温が所定の値より高い場合、第二圧縮機71Lを始動させた後、所定の時間経過後に一時的に第一圧縮機61Hの回転数を高くし、回転数を高くした状態において第一圧縮機61Hを運転させた後、第二冷媒温度に応じて第一圧縮機61Hの回転速度を目標回転速度A0に戻すとよい。

10

【0101】

このようにすることで、外気温が過剰に高い状態において第一圧縮機61Hの回転速度を上げ第一冷却部6Hの性能を上げることができるので、電源投入直後に第二冷却部7Lが高負荷状態になることを抑制できる。

【0102】

2-12. 庫内温度制御(第三例)

次に、図11A, 図11Bを参照して庫内温度制御の第三例を説明する。

電源投入後、制御部92はまず、庫内温度の目標値SVを不揮発性メモリ91等から取得すると共に、第一温度センサSe1から庫内温度の検出値PVを取得する(図11AのステップS201)。次に、制御部92は、取得した検出値PVと目標値SVとの偏差e

20

【0103】

次に、制御部92は、現在の偏差eが予め定められた第二基準値Vref2以上か否かを判断する(ステップS203)。第二基準値Vref2は、第二偏差基準値の一例であって、両圧縮機61H, 71Lを始動させるための基準温度であって、例えば5程度に選ばれる。同ステップでNOと判断されると、制御部92は、ステップS201を再実行する。

【0104】

それに対し、ステップS203でYESと判断されると、制御部92は、両モータ611H, 711L(即ち、両圧縮機61H, 71L)が目標回転速度A0, B0で運転するよう、制御信号CS1H, CS2Lを生成し電力供給部612H, 712Lに供給する。これによって、制御部92は、両モータ611H, 711Lを同時に始動させる(ステップS204)。この時、カスケードコンデンサ8等が極力早く適切な温度に到達するよう、目標回転速度A0, B0は適宜適切に設定される。

30

【0105】

次に、制御部92は、第二冷媒温度の検出値を第三温度センサSe3から取得し(ステップS205)、取得した第二冷媒温度の検出値が予め定められた第二目標温度以下になっているか否かを判断する(ステップS206)。

【0106】

ステップS206でNOと判断されると、制御部92は、第二冷却部7Lが高負荷運転になっているとして、第二圧縮機71Lを所定時間停止させた後、再始動する(ステップS207, S208)。その後、制御部92は、第二冷媒温度を再確認するためにステップS205を再実行する。

40

【0107】

それに対し、ステップS206でYESと判断されると、制御部92は、第一温度センサSe1から庫内温度の検出値PVを取得すると共に、不揮発性メモリ91等に格納された目標値SVを取得する(図11BのステップS209)。次に、制御部92は、ステップS209で取得した検出値PVと目標値SVとの偏差eを求めた後、この偏差eに所定温度を加算して、第一偏差基準値の一例としての第三基準値Vref3を求める(ステップS210)。ステップS210における所定温度は正の値であって、例えば+4程度

50

に選ばれる。

【0108】

次に、制御部92は、現在の偏差 e がステップS210で求めた第三基準値 V_{ref3} 以下か否かを判断する(ステップS211)。

ステップS211でNOと判断された場合、制御部92は、前述のステップS021と同じ要領で、第一モータ611Hおよび第二モータ711Lを最高回転速度 A_{max} 、 B_{max} で動作させる(ステップS212)。

次に、制御部92は、第一温度センサ $Se1$ から庫内温度の検出値 PV を取得し、取得した検出値 PV と目標値 SV とから偏差 e を求めて更新した後(ステップS213)、ステップS211を再実行する。

10

【0109】

それに対し、ステップS211でYESと判断されると、制御部92は、前述のステップS010、S011と同じ要領で、第二圧縮機71Lの目標回転速度 B を算出し、その後、目標回転速度 B と対応関係にある目標回転速度 A を算出する(ステップS214、S215)。

【0110】

次に、制御部92は、前述のステップS012、S013と同じ要領で、算出した目標回転速度 A が最高回転速度 A_{max} 超であれば、目標回転速度 A を最高回転速度 A_{max} とする(ステップS216、S217)。ステップS216でNOと判断した場合、または、ステップS217の次に、制御部92は、ステップS014A、S014Bと同じ要領で、求めた目標回転速度 A が最低回転速度 A_{min} 未満か否かを判断し、求めた目標回転速度 B が最低回転速度 B_{in} 未満か否かする(ステップS218A、S218B)。ステップS218A、S218Bのいずれか一方でYESと判断すると、ステップS015と同じ要領で、モータ611H、711Lを停止させる(ステップS219)。その後、制御部92は、図11AのステップS201を再実行する。

20

【0111】

それに対し、図11BのステップS218A、S218BでNOと判断すると、制御部92は、前述のステップS019と同じ要領で、モータ611H、711Lを目標回転速度 A 、 B で運転させる(ステップS220)。また、同ステップにおいて、制御部92は、前述のステップS019と同じ要領で、目標回転速度 A に応じて、ファン67H用のモータ68Hの回転速度を変更することが好ましい。その後、制御部92は、ステップS213を実行する。

30

【0112】

2-13. 庫内温度制御(第三例)の具体例

次に、図12を参照して、上記庫内温度制御(第三例)を所定条件下で実行した時の第一圧縮機61H、第二圧縮機71Lの回転速度の変化の一例について説明する。

【0113】

収納スペース S が全く冷却されていない状態で電源投入がされた時、庫内温度の検出値 PV が20 であり、庫内温度の目標値 SV が-80 であったとする。この時の偏差 e は100 である。

40

【0114】

また、第二基準値 V_{ref2} が5 とすると、ステップS203では、現在の偏差 e (100)の方が第二基準値 V_{ref2} 以上と判断され、ステップS204において、両圧縮機61H、71Lが目標回転速度 $A0$ 、 $B0$ で運転すべく始動させられる。これにより、第一冷媒および第二冷媒が、第一流体回路66H、第二流体回路76L内を循環し始める。

【0115】

ステップS206で第二冷媒温度が第二目標温度よりも高いと判断されると、ステップS207、S208で、前述の通り、第二圧縮機71Lは所定時間の間停止した後再始動させられる。他にも、第二圧縮機71Lは、所定時間の間だけ低い回転速度で運転させら

50

れても構わない。

【0116】

ステップS206で第二冷媒温度が第二目標温度以下と判断されると、ステップS211でYESと判断されるまでは、図8の時刻 $t_1 \sim t_2$ に示すように、両圧縮機61H, 71Lは最高回転速度 A_{max} , B_{max} で運転される。ステップS211でYESと判断されると、ステップS214以降に示すPI制御により、第二圧縮機71Lの目標回転速度Bが算出されると共に、目標回転速度Bに係数kを乗じることで目標回転速度Aも算出される。

【0117】

算出した目標回転速度Aが最高回転速度 A_{max} を上回っていると判断された場合、ステップS216, S217の処理により、目標回転速度Aは、図12の(4), (5)を結ぶ破線の線分で示すように、最高回転速度 A_{max} (例えば 4500 min^{-1})に抑えられる。

【0118】

算出した目標回転速度A, Bのいずれかが最低回転速度 A_{min} , B_{min} (例えば、 1500 min^{-1})を下回っている場合、かかる最低回転速度 A_{min} , B_{min} 未満で両圧縮機61H, 71Lを運転しても冷凍装置1を適切に運転させることができないとして、ステップS218A, S218BおよびS219の処理により、図12の(1), (2)を結ぶ実線の線分で示すように、PI制御により如何なる回転速度Bが算出されても、両圧縮機61H, 71Lの運転が停止させられる。

【0119】

算出した目標回転速度A, Bが最低回転速度 A_{min} , B_{min} 以上であれば、第一圧縮機61Hは、図12の(3), (4)を結ぶ破線の線分で示すように、目標回転速度A ($= k \times B$)で運転され、第二圧縮機71Lは、図12の(6), (5)を結ぶ実線の直線で示すように、目標回転速度Bで運転される。なお、図12ではkは1.2の場合が例示される。

【0120】

以上のステップS214~S218B、S220およびS213が周期的に繰り返されることで、庫内温度の検出値PVが目標値SVと実質上等しくなる(図8の時刻 t_2 以降を参照)。

【0121】

2-14. 庫内温度制御(第三例)の作用・効果

以上の庫内温度制御(第三例)でも、庫内温度制御(第一例)と同様に、両圧縮機61H, 71Lの回転速度が制御されるため、第2-6欄で説明した作用・効果を奏する。さらに、ステップS205~S208により、電源投入直後に、第二冷却部7Lが高負荷状態で運転することを防止できる。

【0122】

2-15. 庫内温度制御(第三例)の付記

上記では、図11AのステップS205, S206において、第三温度センサSe3から第二冷媒温度の検出値が取得され、取得された第二冷媒温度が第二目標温度以下であるか否かが判断されていた。しかし、これに限らず、図11AのステップS205, S206の括弧内に記載の通り、第四温度センサSe4から第一冷媒温度の検出値が取得され、取得された第一冷媒温度が第一目標温度以下であるか否かが判断されても良い。これによっても、第二冷却部7Lが高負荷運転になっているか否かを判断できる。

【0123】

また、上記では、図11BのステップS219において、両圧縮機61H, 71Lを停止させられていた。しかし、これに限らず、第二圧縮機71Lだけが停止させられて、第一圧縮機61Hが最低回転速度 A_{min} で運転させられても構わない。要するに、第一圧縮機61Hはそれまでよりも低速で運転されればよい。

【0124】

また、上記では、図 1 1 B のステップ S 2 1 5 において、目標回転速度 A は、目標回転速度 B に係数 k を乗じることにより算出されていた。しかし、これに限らず、 $A = k \times B + c$ により、目標回転速度 A が算出されても構わない。この場合、目標回転速度 A ($= k \times B + c$) は、図 1 2 の (7) , (8) を結ぶ破線の線分で示すように、P I 制御の演算で得られた目標回転速度 B ((6) , (5) を結ぶ実線の線分で示す) を上回ることもあれば下回ることもある。

【 0 1 2 5 】

また、本冷凍装置 1 が正常であれば、制御部 9 2 は、図 1 1 A のステップ S 2 0 5 ~ S 2 0 8 のループを多くとも数回繰り返すと、第二冷媒温度は第二目標温度以下になって、ステップ S 2 0 6 からステップ S 2 0 9 に遷移する。この特性を利用して、制御部 9 2 は、このループの実行回数が所定回数以上となれば、冷凍装置 1 に異常が生じているとして、その旨を示すメッセージ情報をディスプレイ 3 6 b に表示しても良い。

【 0 1 2 6 】

なお、本 2 - 1 5 欄の記載事項は、後述の庫内温度制御 (第四例 , 第五例) 、さらには前述の庫内温度制御 (第一例 , 第二例) でも同様に当てはまる。

【 0 1 2 7 】

2 - 1 6 . 庫内温度制御 (第四例)

次に、図 1 3 A , 図 1 3 B を参照して庫内温度制御の第四例を説明する。

図 1 3 A , 図 1 3 B は、図 1 1 A , 図 1 1 B と比較すると、ステップ S 2 0 4 ~ S 2 0 8 に代えてステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 4 を含む点で相違する。それ以外に両フロー図の間に相違点はない。それゆえ、図 1 3 A , 図 1 3 B において、図 1 1 A , 図 1 1 B に示すステップに相当するものには同一のステップ番号を付け、それぞれの詳説を控える。

【 0 1 2 8 】

制御部 9 2 は、ステップ S 2 0 3 で Y E S と判断すると、第一圧縮機 6 1 H を予め定められた目標回転速度 A 0 で運転させるべく、第一制御信号 C S 1 H を生成して第一電力供給部 6 1 2 H に供給する。この時、カスケードコンデンサ 8 を極力早く目標温度にすべく、目標回転速度 A 0 は、例えば 4000 min^{-1} に選ばれる。また、制御部 9 2 は、予め定められた加速シーケンスに従って、第一モータ 6 1 1 H の回転速度を目標回転速度 A 0 に上げるよう第一制御信号 C S 1 H を生成する (ステップ S 3 0 1) 。

【 0 1 2 9 】

なお、第一圧縮機 6 1 H の実際の回転速度は、インバータ回路である第一電力供給部 6 1 2 H により検知され制御部 9 2 に出力され、制御部 9 2 は、実際の回転速度を参照しつつ第一制御信号 C S 1 H を出力することが望ましい。しかし、必ずしも、実際の回転速度に基づき制御部 9 2 が第一制御信号 C S 1 H を生成する必要はなく、第一圧縮機 6 1 H の回転異常信号等が無ければ、所定の加速シーケンス通りに、第一圧縮機 6 1 H の回転速度を目標回転速度 A 0 に調整しても構わない。

【 0 1 3 0 】

制御部 9 2 は、第一圧縮機 6 1 H の回転速度が目標回転速度 A 1 (A 1 は、A 1 A 0 を満たす数) に到達すると (即ち、所定時間が経過すると) (ステップ S 3 0 2) 、次に、第二圧縮機 7 1 L を予め定められた目標回転速度 B 0 で運転させるべく、予め定められた加速シーケンスに従って第二制御信号 C S 2 L を生成して第二電力供給部 7 1 2 L に供給する。ここで、目標回転速度 B 0 は、カスケードコンデンサ 8 が極力早く適切な温度になるように、例えば 2000 min^{-1} に設定される (ステップ S 3 0 3) 。

【 0 1 3 1 】

制御部 9 2 は、第二圧縮機 7 1 L の回転速度が目標回転速度 B 0 に到達すると (即ち、所定時間が経過すると) (ステップ S 3 0 4) 、図 1 3 B のステップ S 2 0 9 以降 (前述) を実行する。

【 0 1 3 2 】

2 - 1 7 . 庫内温度制御 (第四例) の作用・効果

以上の庫内温度制御 (第四例) でも、庫内温度制御 (第一例) と同様に、両圧縮機 6 1

10

20

30

40

50

H, 71 Lの回転速度が制御されるため、第2 - 6欄で説明した作用・効果を奏する。さらに、ステップS301~S304により、電源投入直後に、第二冷却部7 Lが高負荷状態で運転することを防止できる。

【0133】

2 - 18 . 庫内温度制御 (第五例)

次に、図14 A, 図14 Bを参照して庫内温度制御の第五例を説明する。

図14 A, 図14 Bは、図11 A, 図11 Bと比較すると、ステップS204~S208に代えてステップS401~S404を含む点で相違する。それ以外に両フロー図の間に相違点はない。それゆえ、図14 A, 図14 Bにおいて、図11 A, 図11 Bに示すステップに相当するものには同一のステップ番号を付け、それぞれの詳説を控える。

10

【0134】

制御部92は、ステップS203でYESと判断すると、前述のステップS301と同様の要領で、第一圧縮機61 Hが目標回転速度A0で運転するように、第一圧縮機61 Hを始動させる(ステップS401)。

【0135】

次に、制御部92は、第二冷媒温度の検出値を第三温度センサSe3から取得し(ステップS402)、取得した第二冷媒温度の検出値が予め定められた第二目標温度以下になっているか否かを判断する(ステップS403)。なお、第2 - 15欄での説明と同様に、図14 AのステップS402, S403の括弧内に記載の通り、第四温度センサSe4から第一冷媒温度の検出値が取得され、取得された第一冷媒温度が第一目標温度以下であるか否かが判断されても良い。ステップS403でNOと判断されると、制御部92はステップS402を再実行する。

20

【0136】

それに対し、ステップS403においてYESと判断されると、制御部92は、第二後段凝縮器73 Lを通過する第二冷媒を適切に冷却可能になったとして、第二圧縮機71 Lを始動させるべく、目標回転速度B0に対応する周波数を示す第二制御信号CS2 Lを生成して第二電力供給部712 Lに供給する。これにより、第二モータ711 L(即ち、第二圧縮機71 L)は始動する(ステップS404)。

【0137】

その後、制御部92は、図14 BのステップS209以降(前述)を実行する。

30

【0138】

2 - 19 . 庫内温度制御 (第五例) の作用・効果

以上の庫内温度制御(第五例)によっても、第2 - 6欄で説明した作用・効果を奏する。さらに、ステップS401~S404により、電源投入直後に、第二冷却部7 Lが高負荷状態で運転することを防止できる。

【0139】

2 - 20 . 最適な係数kの決定

上記庫内温度制御において、係数kは好ましくは0.25以上4.00以下の範囲内であれば固定値であって構わないが、本件発明者が鋭意検討を重ねた結果、両圧縮機61 H, 71 Lの合計消費電力(以下、単に合計消費電力という)を最小にするには、目標回転速度A, Bの比(即ち、k)は、庫内温度の目標値SVおよび周囲温度により可変にすることが好ましいことが判明した。

40

【0140】

図15において、曲線C1は、周囲温度が15 の条件下で-70 の庫内温度を得るために適切な回転速度A, Bの対応関係を表す。曲線C1上で合計消費電力が最小となるのは点(1)(即ち、目標回転速度A, Bが約1900 min⁻¹, 2000 min⁻¹)である。

【0141】

図15には、曲線C2, C3, C4も示されている。曲線C2は、周囲温度が30 の場合に-70 の庫内温度を得るための回転速度A, Bの対応関係を示す。曲線C3, C

50

4 は、周囲温度が 15 , 30 の条件下で - 80 の庫内温度を得るための回転速度 A , B の対応関係を示す。曲線 C 2 , C 3 , C 4 上で合計消費電力が最小となるのは点 (2) , (3) , (4) である。

【 0 1 4 2 】

上記点 (1) ~ (4) は、本冷凍装置 1 の設計開発段階において、周囲温度と庫内温度値を適宜変更しつつ、両圧縮機 6 1 H , 7 1 L の回転速度を変更し、合計消費電力を測定することで得られる。この実測の結果、点 (2) の目標回転速度 A , B は 2300 min^{-1} , 2000 min^{-1} で、点 (3) の目標回転速度 A , B は 2400 min^{-1} , 2250 min^{-1} で、点 (4) の目標回転速度 A , B は 3000 min^{-1} , 2250 min^{-1} であった。

10

【 0 1 4 3 】

係数 k は A / B であるため、周囲温度が 15 の条件下で - 70 の庫内温度を得るためには、係数 k は $1900 / 2000 = 0.95$ とすることが好ましいことが分かる。同様に、周囲温度が 30 で - 70 の庫内温度を得るためには、係数 k は $2300 / 2000 = 1.15$ とすることが好ましい。周囲温度が 15 で - 80 の庫内温度を得るためには、係数 k は $2400 / 2250 = 1.06$ とすることが好ましい。周囲温度が 30 で - 80 の庫内温度を得るためには、係数 k は $3000 / 2250 = 1.33$ とすることが好ましい。

【 0 1 4 4 】

本件発明者は、以上の要領で、周囲温度と庫内温度の目標値のいくつかの組み合わせ毎に、最適な係数 k を求めた。その結果を下表 1 に示す。なお、下表 1 において、周囲温度が 23 の場合の係数 k は、周囲温度が 15 , 30 の場合の係数 k の補間値である。

20

【 0 1 4 5 】

【表 1】

表 1 : 周囲温度と庫内温度 (目標値) に対する最適な係数 k

		庫内温度 (目標値)		
		70	75	80
周囲温度 (°C)	15	0.95 点 (1)	1.01	1.06 点 (3)
	23	1.05	1.12	1.20
	30	1.15 点 (2)	1.24	1.33 点 (4)

30

【 0 1 4 6 】

制御部 9 2 は、周囲温度と庫内温度 (目標値) の組み合わせ毎に最適な係数 k を記述したテーブル (上表 1) を予め保持する。制御部 9 2 は、図 7 B , 図 10 B のステップ S 0 1 1 または図 11 B , 図 13 B , 図 14 B のステップ S 2 1 5 において、目標回転速度 A を算出する前に、第二温度センサ S e 2 から周囲温度の検出値 S T と、不揮発性メモリ 9 1 等に格納された庫内温度の目標値 S V とを取得し、取得した周囲温度の検出値 S T と庫内温度の目標値 S V の組み合わせに対応する係数 k (換言すると、回転速度 A , B の対応関係) をテーブルから取得して決定する。なお、取得した周囲温度の検出値 S T と庫内温度の目標値 S V に対応する係数 k がテーブルに記述されていない場合、制御部 9 2 は、上述のような補間処理により係数 k を求める。

40

【 0 1 4 7 】

以上のようにして求めた係数 k を用いて、制御部 9 2 は、図 7 B , 図 10 B のステップ S 0 1 1 または図 11 B , 図 13 B , 図 14 B のステップ S 2 1 5 において、目標回転速度 A を算出する。これによって、上記庫内温度制御における合計消費電力を最小にすることが出来る。

【 0 1 4 8 】

50

2 - 2 1 . 本冷凍装置 1 における各種保安機能 (第一例)

前述の通り、第一電力供給部 6 1 2 H および第二電力供給部 7 1 2 L はインバータ回路を含む。かかるインバータ回路には保護機能が内蔵されている場合がある。例えば、第一モータ 6 1 H および第二モータ 7 2 L の始動失敗時や、過負荷等の異常動作時、大電流が流れた時などに、第一電力供給部 6 1 2 H および第二電力供給部 7 1 2 L は、第一異常信号および第二異常信号を制御部 9 2 に出力する。

【 0 1 4 9 】

制御部 9 2 は、両電力供給部 6 1 2 H , 7 1 2 L に両制御信号 C S 1 H , C S 2 L を出力して、両圧縮機 6 1 H , 7 1 L に運転を指示している間に、第一電力供給部 6 1 2 H から第一異常信号が返ってくると、第二冷却部 7 L が高負荷状態で運転しているとして、割り込み処理等を実行する。この割り込み処理等では、制御部 9 2 は、高負荷の要因となっている第二圧縮機 7 1 L の運転速度をそれまでよりも低速にして、一定時間経過後、または異常信号が解除されたことを確認して、元の運転速度に復帰させるか、第二圧縮機 7 1 L の運転を一旦停止させて一定時間経過後、再始動させる。

【 0 1 5 0 】

なお、制御部 9 2 は、第二異常信号を受け取ると、第二圧縮機 7 1 L の運転速度をそれまでよりも低速にして、一定時間経過後、または異常信号が解除されたことを確認して、元の運転速度に復帰させるか、第二圧縮機 7 1 L の運転を一旦停止させて一定時間経過後、再始動させる。

【 0 1 5 1 】

2 - 2 2 . 本冷凍装置 1 における各種保安機能 (第二例)

また、庫内温度制御の第一例から第五例において、制御部 9 2 は、定期的に、第三温度センサ S e 3 および第四温度センサ S e 4 の少なくともいずれか一方からカスケードコンデンサ 8 の温度の検出値を取得して、取得した検出値が所定温度範囲から外れたと判断すると、取得した検出値が所定温度範囲内に復帰するように制御する。ここで、所定温度範囲は、圧縮機の保護のために、カスケードコンデンサ 8 が守りたい温度範囲である。具体例を挙げると、カスケードコンデンサ 8 の温度の検出値が所定温度範囲の下限値を下回ると、制御部 9 2 は、第一圧縮機 6 1 H の回転速度および第二圧縮機 7 1 L の回転速度の少なくとも一方を変更したりゼロにしたりする。

【 0 1 5 2 】

2 - 2 3 . 本冷凍装置 1 における各種保安機能 (第三例)

上記以外にも、庫内温度制御の第一例から第五例において、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L が運転中、制御部 9 2 は、定期的に、第三温度センサ S e 3 による第二冷媒温度の検出値を取得して、取得した検出値が所定温度範囲から外れたと判断すると、取得した検出値が所定温度範囲内に復帰するように制御する。具体例を挙げると、第二冷媒温度の検出値が所定温度範囲の下限値を下回ると、制御部 9 2 は、第一圧縮機 6 1 H の回転速度および第二圧縮機 7 1 L の回転速度の少なくとも一方を変更したりゼロにしたりする。

【 0 1 5 3 】

2 - 2 4 . 本冷凍装置 1 における各種保安機能 (第四例)

上記以外にも、庫内温度制御の第一例から第五例において、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L が運転中、制御部 9 2 は、定期的に、第五温度センサ S e 5 および第六温度センサ S e 6 から、第一圧縮機温度の検出値および第二圧縮機温度の検出値を取得する。制御部 9 2 は、取得した検出値の少なくとも一方が所定温度以上であると判断すると、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L の少なくとも一方が異常過熱しているとして、第一圧縮機 6 1 H および第二圧縮機 7 1 L の少なくとも一方または両方の回転速度を低速にしたりゼロにしたりする。取得した検出値の少なくとも一方が所定温度以上であると判断すると、制御部 9 2 は他にも、ファン 6 7 H 用のモータ 6 8 H の回転速度をそれまでよりも高速に変更しても良い。

【 0 1 5 4 】

2016年2月17日付け出願の特願2016-028126の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容は、すべて本願に援用される。

【産業上の利用可能性】

【0155】

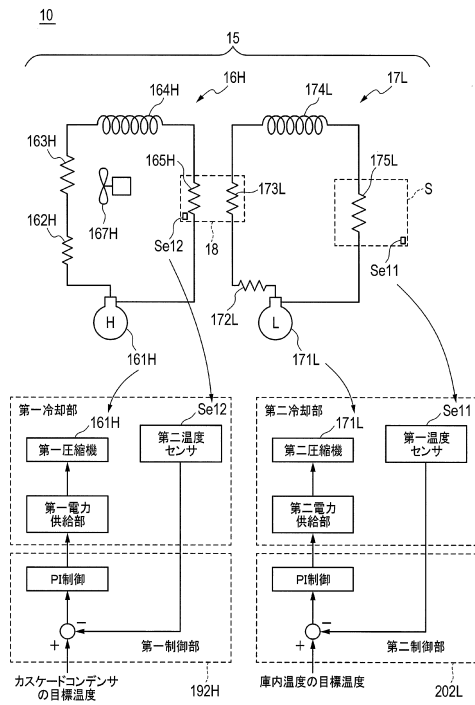
本発明に係る冷凍装置は、収納スペースの温度を素早く復帰させることが可能であり、超低温フリーザ等に好適である。

【符号の説明】

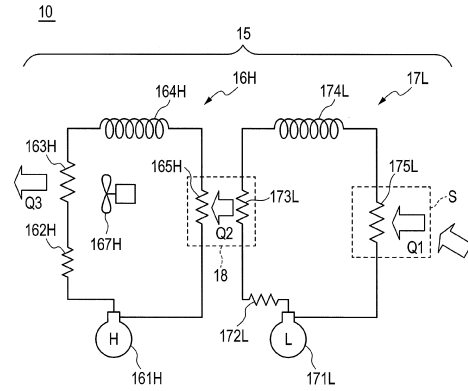
【0156】

1	冷凍装置	
S	収納スペース	10
6H	第一冷却部	
61H	第一圧縮機	
611H	第一モータ	
612H	第一電力供給部	
62H	第一前段凝縮器	
63H	第一後段凝縮器	
64H	第一膨張器	
65H	第一蒸発器	
66H	第一流体回路	
67H	ファン	20
68H	モータ	
7L	第二冷却部	
71L	第二圧縮機	
711L	第二モータ	
712L	第二電力供給部	
72L	第二前段凝縮器	
73L	第二後段凝縮器	
74L	第二膨張器	
75L	第二蒸発器	
76L	第二流体回路	30
8	カスケードコンデンサ	
92	制御部	
Se1	第一温度センサ（庫内温度センサ）	
Se2	第二温度センサ（周囲温度センサ）	
Se3	第三温度センサ（第二流体回路温度センサ）	
Se4	第四温度センサ（カスケード温度センサ）	

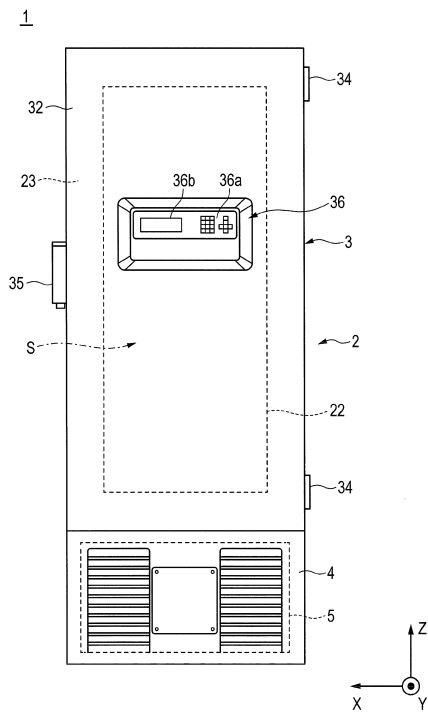
【図 1】



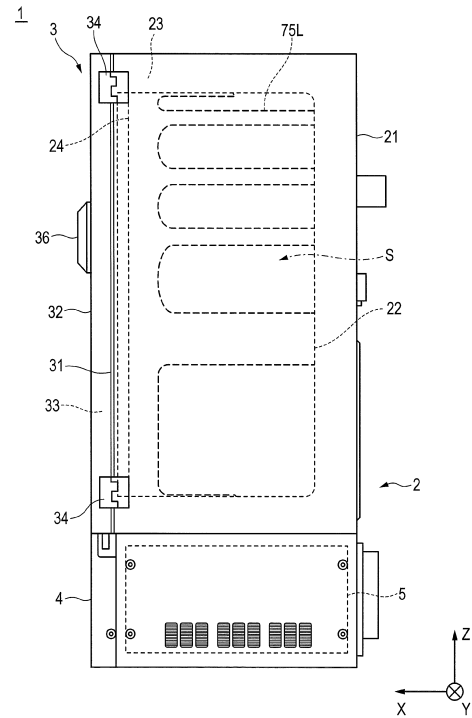
【図 2】



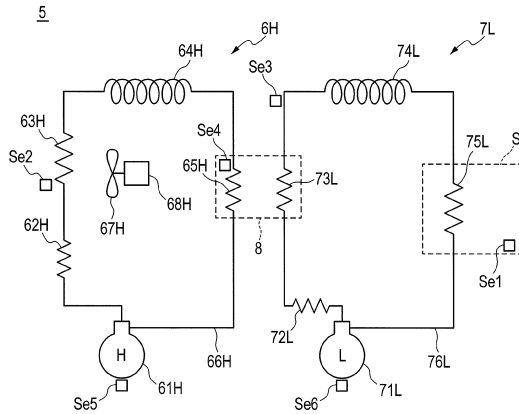
【図 3】



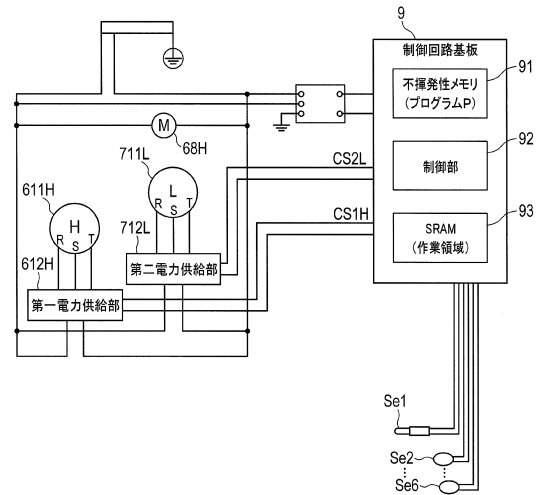
【図 4】



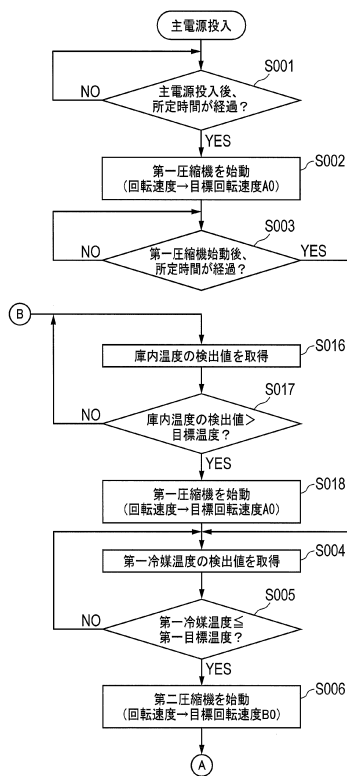
【図5】



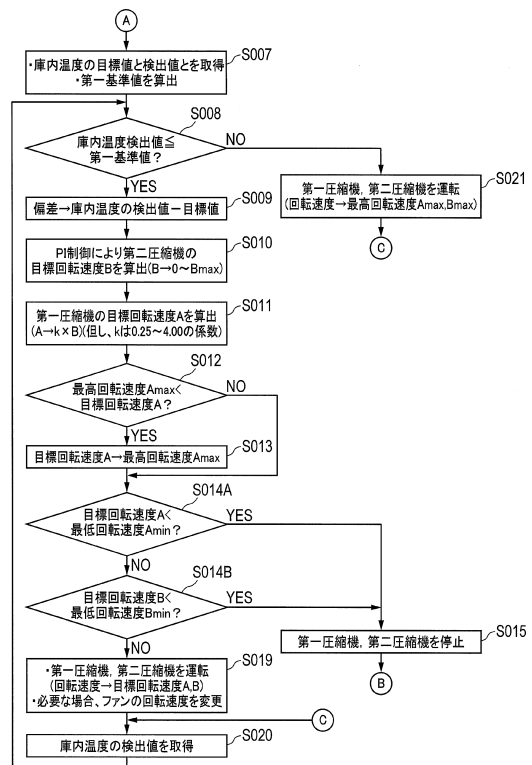
【図6】



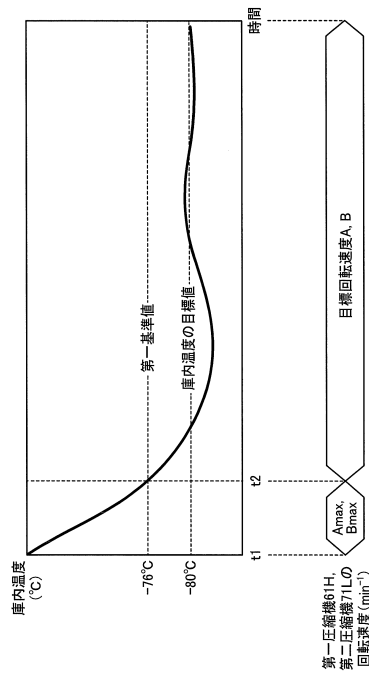
【図7A】



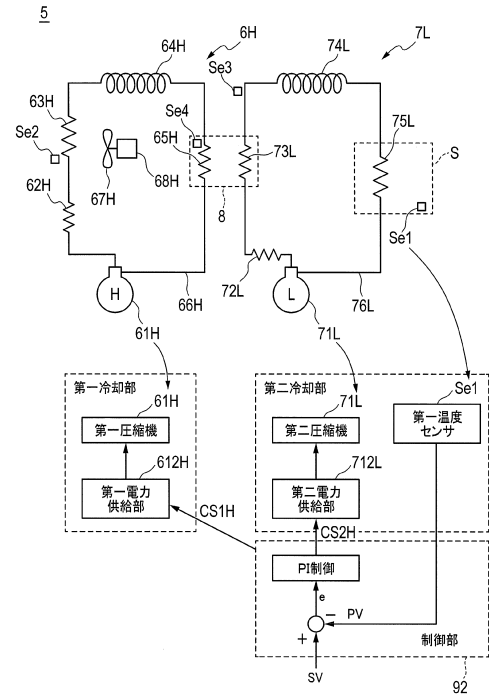
【図7B】



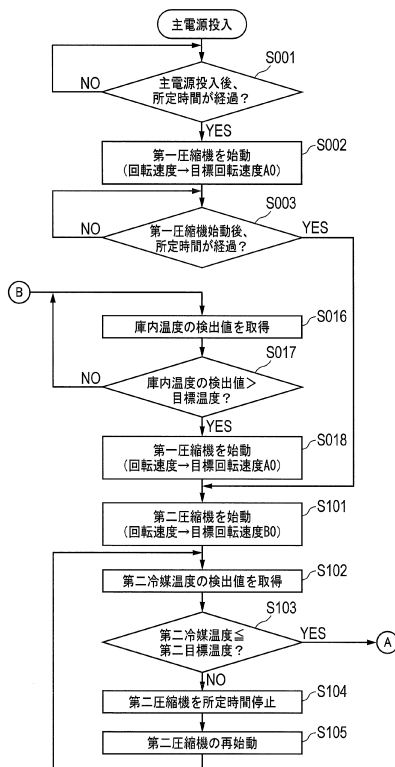
【図 8】



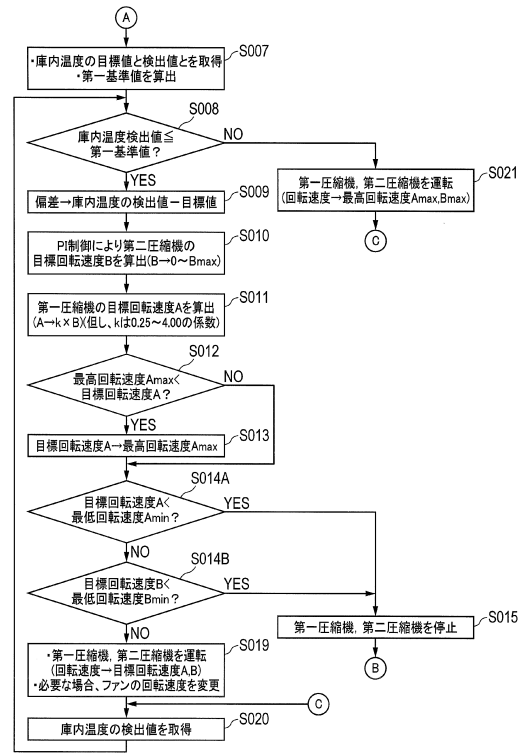
【図 9】



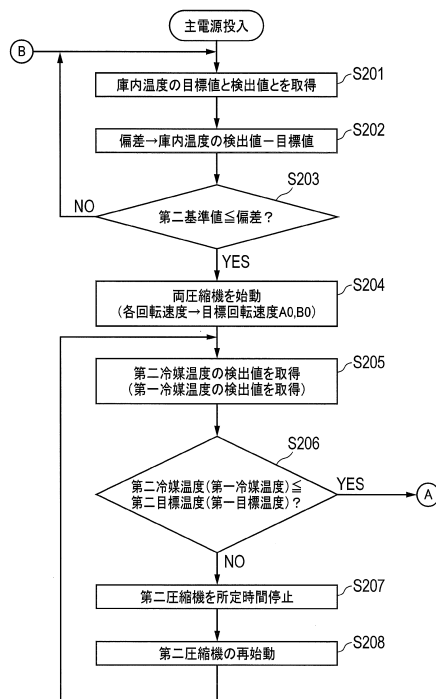
【図 10 A】



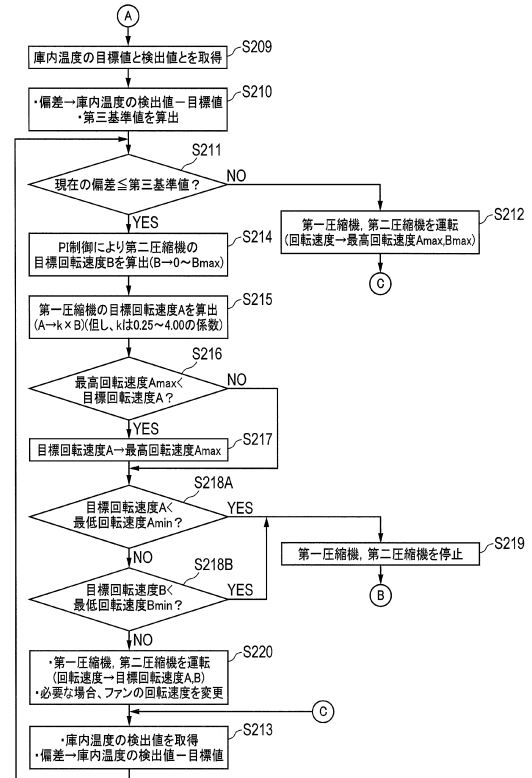
【図 10 B】



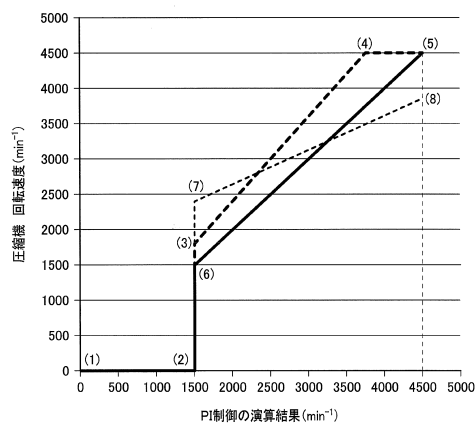
【図 1 1 A】



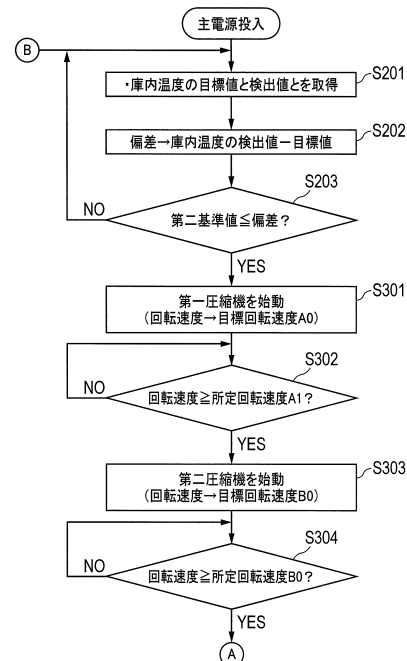
【図 1 1 B】



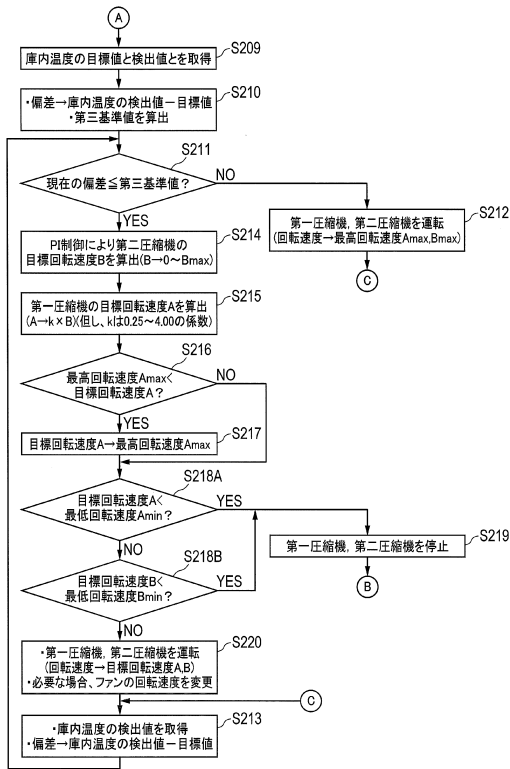
【図 1 2】



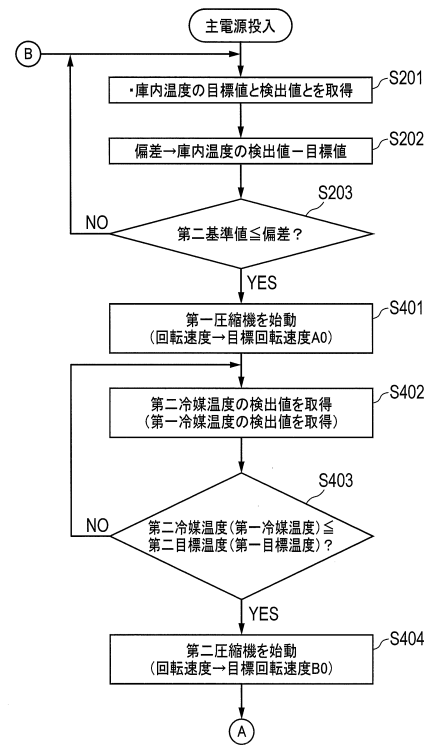
【図 1 3 A】



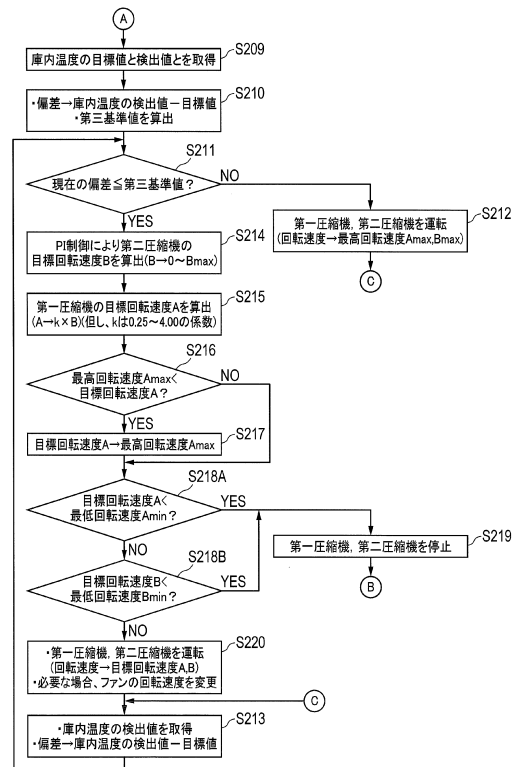
【図 13B】



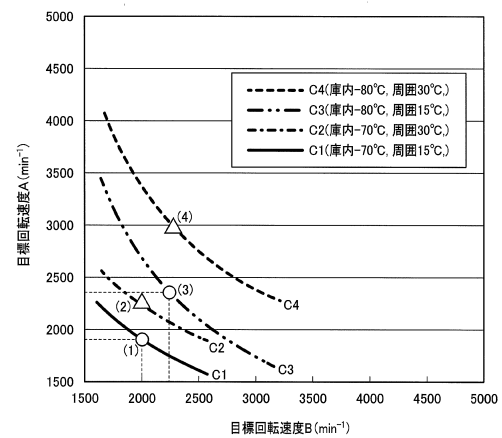
【図 14A】



【図 14B】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 須藤 稔
愛媛県東温市南方2 1 3 1 番地1 PHC株式会社内

審査官 笹木 俊男

(56)参考文献 特開2010-096490(JP,A)
特開2013-011423(JP,A)
特開2004-190917(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0072836(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F25B 1/00
F25B 7/00