

明 細 書

発明の名称： 冷凍装置

技術分野

[0001] 冷凍装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1（特開 2016-128734 号公報）に記載のように、二酸化炭素を冷媒として使用し、低段側圧縮機と高段側圧縮機とからなる二段圧縮機構を有する冷凍装置が知られている。この冷凍装置は、対象空間に設置される冷媒の蒸発器の吸熱作用によって、対象空間の空気を冷却するために用いられる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 対象空間の設定温度と外気温度との差が大きい環境で上述の冷凍装置を使用する場合、対象空間の温度と外気温度との差が小さく高い冷凍能力が必要となるプルダウン運転時に、高圧側の冷媒の圧力を高く維持する必要がある。しかし、気液分離器内の冷媒の圧力は冷媒の臨界圧力より低くする必要があるため、冷媒の蒸発温度が高いプルダウン運転時には低段側圧縮機の圧縮比が小さくなり、冷凍能力が低下するおそれがある。

課題を解決するための手段

[0004] 第 1 観点の冷凍装置は、第 1 圧縮機と第 2 圧縮機と第 1 熱交換器と膨張機構と第 2 熱交換器とが順次接続される冷媒回路を備える。第 1 熱交換器は、第 1 圧縮機又は第 2 圧縮機によって圧縮された冷媒の放熱器として機能する。第 2 熱交換器は、膨張機構によって減圧された冷媒の吸熱器として機能する。冷媒回路は、気液分離器又は第 3 熱交換器と、第 1 流路と、第 2 流路と、第 3 流路と、を有する。気液分離器は、膨張機構によって減圧された気液二相状態の冷媒を液冷媒とガス冷媒とに分離する。第 3 熱交換器は、第 1 熱交換器で放熱された後に減圧機構によって減圧された冷媒と、第 1 熱交換器

で放熱された後であって膨張機構によって減圧される前の冷媒と、の間の熱交換を行う。第1流路は、気液分離器又は第3熱交換器と、第2圧縮機の吸入側と、を接続する。第2流路は、第1圧縮機の吐出側と、第2圧縮機の吸入側と、を接続する。第3流路は、第1圧縮機の吐出側と、第2圧縮機の吐出側と、を接続する。第1流路は、気液分離器内のガス冷媒、又は、減圧機構で減圧され第3熱交換器で熱交換された冷媒を、第2圧縮機の吸入側に導く。第2流路は、第1圧縮機から吐出された冷媒を、第2圧縮機の吸入側に導く。第3流路は、第1圧縮機から吐出された冷媒が第2流路を流れていない状態において、第1圧縮機から吐出された冷媒を、第2圧縮機の吐出側に導く。

[0005] 第1観点の冷凍装置は、低段側圧縮機及び高段側圧縮機を用いる二段圧縮運転、及び、低段側圧縮機のみを用いる単段圧縮運転を行うことができる。この冷凍装置は、対象空間の温度と外気温度との差が小さいプルダウン運転時に単段圧縮運転を行うことで、低段側圧縮機の圧縮比を確保して高圧側の冷媒の圧力を高く維持することができる。従って、第1観点の冷凍装置は、プルダウン運転時の能力低下を抑制することができる。

[0006] 第2観点の冷凍装置は、第1観点の冷凍装置であって、冷媒回路を第1状態と第2状態との間で切り替える制御部をさらに備える。第1状態では、第1圧縮機から吐出された冷媒は、第2流路を流れて、第1流路を流れるガス冷媒と合流して第2圧縮機に吸入される。第2状態では、第1圧縮機から吐出された冷媒は、第2流路を流れることなく第3流路を流れて、第2圧縮機から吐出された冷媒と合流する。冷媒回路は、第2流路に設けられる第1弁と、第3流路に設けられる逆止弁である第2弁と、をさらに有する。制御部は、第1状態の時に第1弁を開け、第2状態の時に第1弁を閉じる。

[0007] 第2観点の冷凍装置は、二段圧縮運転を行う状態と、単段圧縮運転を行う状態との間の切り替えを、冷媒回路に設けられる弁の開閉制御により行うことができる。

[0008] 第3観点の冷凍装置は、第2観点の冷凍装置であって、制御部は、冷媒回

路が第2状態である時に、第1圧縮機に吸入される冷媒の温度が第1値まで低下し、かつ、第1圧縮機から吐出された冷媒の温度が第2値まで上昇した場合に、冷媒回路を第2状態から第1状態に切り替える。

[0009] 第3観点の冷凍装置は、単段圧縮運転を行う状態において、低段側圧縮機の負荷が増加すると、二段圧縮運転を行う状態に移行する。従って、第3観点の冷凍装置は、低段側圧縮機の負荷を低減して、低段側圧縮機の信頼性の低下を抑制することができる。

[0010] 第4観点の冷凍装置は、第2観点又は第3観点の冷凍装置であって、制御部は、冷媒回路が第1状態である時に、第1圧縮機に吸入される冷媒の温度が第3値まで上昇した場合、又は、第1圧縮機の回転数が第2圧縮機の回転数を下回った場合に、冷媒回路を第1状態から第2状態に切り替える。

[0011] 第4観点の冷凍装置は、二段圧縮運転を行う状態において、高段側圧縮機の負荷が増加すると、単段圧縮運転を行う状態に移行する。従って、第4観点の冷凍装置は、高段側圧縮機の負荷を低減して、高段側圧縮機の信頼性の低下を抑制することができる。

[0012] 第5観点の冷凍装置は、第2乃至第4観点のいずれか1つの冷凍装置であって、制御部は、冷媒回路を第1状態と第2状態と第3状態との間で切り替える。第3状態では、第2圧縮機に冷媒が吸入されず、かつ、第1圧縮機から吐出された冷媒は、第2流路を流れることなく第3流路を流れる。冷媒回路は、第1流路に設けられる第3弁をさらに有する。制御部は、第1状態又は第2状態の時に第3弁を開け、第3状態の時に第3弁を閉じる。

[0013] 第5観点の冷凍装置は、単段圧縮運転を行う状態において、気液分離器内のガス冷媒を高段側圧縮機で圧縮するガス抜き運転を行う状態と行わない状態との間の切り替えを、冷媒回路に設けられる弁の開閉制御により行うことができる。

[0014] 第6観点の冷凍装置は、第5観点の冷凍装置であって、制御部は、第1圧縮機及び第2圧縮機の起動時において、第3状態、第2状態及び第1状態の順で、冷媒回路を切り替える。

- [0015] 第6観点の冷凍装置は、起動時において、高圧側の冷媒の量が少ない時にはガス抜き運転を行わず、高圧側の冷媒の量が増加するとガス抜き運転を開始する制御を行う。従って、第6観点の冷凍装置は、高段側圧縮機の負荷を低減して、能力低下を抑制することができる。
- [0016] 第7観点の冷凍装置は、第1乃至第6観点のいずれか1つの冷凍装置であって、冷媒回路は、気液分離器を有し、かつ、第4流路をさらに有する。第4流路は、気液分離器と第1流路とを接続する。第4流路は、気液分離器内の冷凍機油を、気液分離器内の液冷媒と共に、第1流路を経由させて第2圧縮機の吸入側に導く。
- [0017] 第7観点の冷凍装置は、高圧側圧縮機内の冷凍機油の不足を抑制することができる。
- [0018] 第8観点の冷凍装置は、第1乃至第7観点のいずれか1つの冷凍装置であって、冷媒回路は、第5流路をさらに有する。第5流路は、第2圧縮機の吐出側と第2圧縮機の吸入側とを接続する。第5流路は、第2圧縮機から吐出された冷凍機油を、第2圧縮機の吸入側に導く。第5流路には、冷媒と冷凍機油との混合物から冷凍機油を分離するための油分離器が設けられる。
- [0019] 第8観点の冷凍装置は、高圧側圧縮機内の冷凍機油の不足を抑制することができる。
- [0020] 第9観点の冷凍装置は、第1乃至第8観点のいずれか1つの冷凍装置であって、冷媒回路は、気液分離器を有し、かつ、第4熱交換器をさらに有する。第4熱交換器は、気液分離器内のガス冷媒を、第1熱交換器で放熱された後であって膨張機構によって減圧される前の冷媒と熱交換させて加熱する。
- [0021] 第9観点の冷凍装置は、高段側圧縮機の吸入冷媒の過熱度を上昇させて、放熱器の温度と外気温度との差を大きくすることで、放熱器の性能を高く保つことができる。また、第9観点の冷凍装置は、膨張機構で減圧された冷媒の乾き度を低下させて、低段側圧縮機に吸入される冷媒の不足を抑えることで、圧縮機の信頼性の低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1実施形態の冷凍装置100の全体構成の一例を示す図である。

[図2]第1実施形態の制御部70のブロック図である。

[図3]第1実施形態の二段圧縮運転時のモリエル線図である。

[図4]第1実施形態の単段圧縮／ガス抜き運転時のモリエル線図である。

[図5]第2実施形態の単段圧縮運転時のモリエル線図である。

[図6]第3実施形態の冷凍装置200の全体構成の一例を示す図である。

[図7]第3実施形態の制御部70のブロック図である。

[図8]変形例Bの冷凍装置300の全体構成の一例を示す図である。

[図9]変形例Bの単段圧縮／ガス抜き運転時のモリエル線図である。

発明を実施するための形態

[0023] ー第1実施形態ー

(1) 冷凍装置100の構成

図1に示されるように、冷凍装置100は、熱源ユニット2と、利用ユニット3と、液側冷媒連絡配管6と、ガス側冷媒連絡配管7と、リモコン8と、制御部70と、を備える。冷凍装置100では、熱源ユニット2と利用ユニット3とが、液側冷媒連絡配管6及びガス側冷媒連絡配管7を介して接続されることで、冷媒が循環する冷媒回路10が構成される。

[0024] 冷凍装置100では、冷媒回路10内に封入される冷媒が、圧縮され、凝縮され、減圧され、蒸発された後に、再び圧縮される、という蒸気圧縮式の冷凍サイクルが行われる。冷凍装置100は、冷凍サイクルを循環する冷媒の蒸発により、対象空間の空気を冷却する。冷凍装置100は、例えば、海上コンテナに取り付けられ、コンテナ内部の対象空間の空気を冷却する。

[0025] 冷凍装置100は、複数台の利用ユニット3を備えてもよい。この場合、1台の熱源ユニット2に対して複数台の利用ユニット3が並列に接続されることで、冷媒回路10が構成される。

[0026] 冷媒回路10内に封入される冷媒は、二酸化炭素(R744)である。二酸化炭素は、フッ素含有冷媒と比較して地球温暖化係数(GWP)が小さい、不燃性の自然冷媒である。冷媒回路10では、冷凍サイクルにおける高圧

の冷媒は、その圧力が臨界圧力より大きい超臨界状態にある。

[0027] (1-1) 熱源ユニット2

熱源ユニット2は、対象空間の外部の空間に設置される。熱源ユニット2は、例えば、屋外に設置される。図1に示されるように、熱源ユニット2は、第1圧縮機21と、第1アキュムレータ21bと、第2圧縮機22と、第2アキュムレータ22bと、熱源側熱交換器23と、熱源側ファン24と、第1熱源側膨張弁25aと、第2熱源側膨張弁25bと、気液分離器26と、中間熱交換器27と、液側閉鎖弁28と、ガス側閉鎖弁29と、ガス抜き弁41と、第1遮断弁43と、第2遮断弁44と、を有する。

[0028] 熱源ユニット2は、冷媒回路10を循環する冷媒が流れる配管である第1配管51～第6配管56及びバイパス配管59を有する。第1配管51は、ガス側閉鎖弁29と、第1圧縮機21の吸入側とを接続する。第2配管52は、第1圧縮機21の吐出側と、第2圧縮機22の吸入側とを接続する。第3配管53は、第2圧縮機22の吐出側と、熱源側熱交換器23の入口側とを接続する。第4配管54は、熱源側熱交換器23の出口側と、気液分離器26の入口側とを接続する。第5配管55は、気液分離器26の液出口側と、液側閉鎖弁28とを接続する。第6配管56は、気液分離器26のガス出口側と、第2配管52とを接続する。バイパス配管59は、第2配管52と、第3配管53とを接続する。

[0029] 第1圧縮機21及び第2圧縮機22は、冷凍装置100の圧縮機構を構成し、冷凍サイクルにおける低圧の冷媒を高圧の冷媒になるまで圧縮する。冷凍装置100が後述する二段圧縮運転を行う場合、冷凍サイクルにおける低圧の冷媒は、第1圧縮機21によって圧縮されて中間圧の冷媒となる。中間圧の冷媒は、第2圧縮機22によって圧縮されて高圧の冷媒となる。冷凍サイクルにおける中間圧は、低圧と高圧との間の圧力である。冷凍サイクルにおける中間圧の冷媒は、その圧力が臨界圧力より小さい状態にある。第1圧縮機21及び第2圧縮機22は、ロータリ式又はスクロール式等の容積可変型の圧縮要素がそれぞれ第1圧縮機モータ21a及び第2圧縮機モータ22

aによって回転駆動される密閉構造を有する。第1圧縮機モータ21a及び第2圧縮機モータ22aは、インバータにより運転周波数（第1圧縮機21及び第2圧縮機22の回転数）の制御が可能である。

[0030] 第1アキュムレータ21bは、第1配管51に設けられる。第2アキュムレータ22bは、第2配管52に設けられる。第1アキュムレータ21b及び第2アキュムレータ22bは、冷媒回路10における余剰冷媒を液冷媒として一時的に貯留することが可能な冷媒容器である。

[0031] 熱源側熱交換器23は、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒の放熱器（凝縮器）として機能するガスクーラーである。

[0032] 熱源側ファン24は、対象空間外部の空気（外気等）を熱源側熱交換器23に供給し、熱源側熱交換器23において冷媒と熱交換させた後に、熱源ユニット2の外部に排出するための空気流れを生じさせる。熱源側ファン24は、熱源側ファンモータ24aによって回転駆動される。

[0033] 第1熱源側膨張弁25aは、第4配管54に設けられる。第2熱源側膨張弁25bは、第5配管55に設けられる。第1熱源側膨張弁25a及び第2熱源側膨張弁25bは、冷凍装置100の膨張機構を構成し、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒を低圧の冷媒になるまで減圧する。冷凍サイクルにおける高圧の冷媒は、第1熱源側膨張弁25aによって減圧されて中間圧の冷媒となる。中間圧の冷媒は、第2熱源側膨張弁25bによって減圧されて低圧の冷媒となる。第1熱源側膨張弁25a及び第2熱源側膨張弁25bは、制御部70による制御により開度を調節可能な電動膨張弁である。

[0034] 気液分離器26は、第1熱源側膨張弁25aで減圧されて気液二相状態となった冷媒を、液冷媒とガス冷媒とに分離するための容器である。第1熱源側膨張弁25aを通過した気液二相状態の冷媒は、気液分離器26の入口側から、気液分離器26に流入する。気液分離器26で分離されたガス冷媒は、気液分離器26のガス出口側から流出する。気液分離器26で分離された液冷媒は、気液分離器26の液出口側から流出する。

[0035] 中間熱交換器27は、熱源側熱交換器23で放熱された後であって第1熱

源側膨張弁 25 a によって減圧される前の冷媒と、気液分離器 26 のガス出口側から流出したガス冷媒と、の間の熱交換を行う。第 1 熱源側膨張弁 25 a によって減圧される前の冷媒は、中間熱交換器 27 での熱交換によって放熱する。気液分離器 26 のガス出口側から流出したガス冷媒は、中間熱交換器 27 での熱交換によって加熱される。

[0036] 液側閉鎖弁 28 は、液側冷媒連絡配管 6 との接続部分に配置される手動弁である。

[0037] ガス側閉鎖弁 29 は、ガス側冷媒連絡配管 7 との接続部分に配置される手動弁である。

[0038] ガス抜き弁 41 は、第 6 配管 56 に設けられる。ガス抜き弁 41 は、気液分離器 26 と中間熱交換器 27 との間に設けられる。ガス抜き弁 41 は、第 6 配管 56 を流れるガス冷媒の量を調整する。ガス抜き弁 41 は、制御部 70 による制御により開度を調節可能な電動膨張弁である。

[0039] 第 1 遮断弁 43 は、第 2 配管 52 に設けられる。図 1 に示されるように、第 2 配管 52 では、第 1 圧縮機 21 の吐出側から第 2 圧縮機 22 の吸入側に向かって、バイパス配管 59 との接続部、第 1 遮断弁 43、及び、第 6 配管 56 との接続部が順に設けられる。第 1 遮断弁 43 は、制御部 70 による制御により開度を調節可能な電動膨張弁である。第 1 遮断弁 43 は、閉じられている間、第 1 圧縮機 21 の吐出側から第 2 圧縮機 22 の吸入側に向かう冷媒の流れを遮断する。

[0040] 第 2 遮断弁 44 は、バイパス配管 59 に設けられる。第 2 遮断弁 44 は、逆止弁である。第 2 遮断弁 44 は、第 2 配管 52 から第 3 配管 53 へ向かう冷媒の流れを許容する。第 2 遮断弁 44 は、第 3 配管 53 から第 2 配管 52 へ向かう冷媒の流れを遮断する。第 2 遮断弁 44 は、制御部 70 による制御により開度を調節可能な電動膨張弁であってもよい。

[0041] 熱源ユニット 2 は、熱源ユニット 2 を構成する各部品の動作を制御する熱源ユニット制御部 20 を有する。熱源ユニット制御部 20 は、制御部 70 を構成する。熱源ユニット制御部 20 は、例えば、CPU 及びメモリ等を含む

マイクロコンピュータである。熱源ユニット制御部20は、利用ユニット3の利用ユニット制御部30と通信線を介して接続され、制御信号等の送受信を行う。

[0042] また、熱源ユニット2は、第1温度センサ61～第5温度センサ65をさらに有する。

[0043] 第1温度センサ61は、第3配管53に取り付けられる。第1温度センサ61は、例えば、熱源側熱交換器23の入口の近傍に取り付けられる。第1温度センサ61は、熱源側熱交換器23の入口における冷媒の温度である第1温度を測定する。第1温度は、実質的に、熱源側熱交換器23に流入して熱源側熱交換器23において熱交換される前の冷媒の温度と等しい。

[0044] 第2温度センサ62は、屋外に設置される。第2温度センサ62は、例えば、熱源ユニット2のケーシングの外表面に取り付けられる。第2温度センサ62は、熱源側熱交換器23において冷媒と熱交換される空気の温度である第2温度を測定する。第2温度は、実質的に、外気温度と等しい。

[0045] 第3温度センサ63は、対象空間に設置される。第3温度センサ63は、例えば、利用ユニット3のケーシングの外表面に取り付けられる。第3温度センサ63は、利用ユニット3が設置される対象空間の温度である第3温度を測定する。

[0046] 第4温度センサ64は、第1配管51に取り付けられる。第4温度センサ64は、例えば、第1圧縮機21の吸入側の近傍に取り付けられる。第4温度センサ64は、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度である第4温度を測定する。第4温度は、実質的に、冷媒の蒸発温度と等しい。

[0047] 第5温度センサ65は、第2配管52に取り付けられる。第5温度センサ65は、例えば、第1圧縮機21の吐出側の近傍に取り付けられる。第5温度センサ65は、第1圧縮機21から吐出された冷媒の温度である第5温度を測定する。

[0048] (1-2) 利用ユニット3

利用ユニット3は、対象空間内に設置される。図1に示されるように、利

用ユニット３は、利用側熱交換器３１と、利用側ファン３２と、を有する。

[0049] 利用側熱交換器３１は、冷凍サイクルにおける低圧の冷媒の吸熱器（蒸発器）として機能する。利用側熱交換器３１の入口側から延びる配管は、液側冷媒連絡配管６と接続される。利用側熱交換器３１の出口側から延びる配管は、ガス側冷媒連絡配管７と接続される。これにより、冷媒回路１０において、第１圧縮機２１と、第２圧縮機２２と、熱源側熱交換器２３と、第１熱源側膨張弁２５ａと、第２熱源側膨張弁２５ｂと、利用側熱交換器３１と、が順次接続されて、冷媒の循環流路が形成される。

[0050] 利用側ファン３２は、対象空間の空気を利用側熱交換器３１に供給し、利用側熱交換器３１において冷媒と熱交換させた後に、対象空間に排出するための空気流れを生じさせる。利用側ファン３２は、利用側ファンモータ３２ａによって回転駆動される。

[0051] 利用ユニット３は、利用ユニット３を構成する各部品の動作を制御する利用ユニット制御部３０を有する。利用ユニット制御部３０は、制御部７０を構成する。利用ユニット制御部３０は、例えば、ＣＰＵ及びメモリ等を含むマイクロコンピュータである。利用ユニット制御部３０は、熱源ユニット２の熱源ユニット制御部２０と通信線を介して接続され、制御信号等の送受信を行う。

[0052] （１－３）リモコン８

リモコン８は、冷凍装置１００のユーザが、冷凍装置１００に各種指示を入力するための入力装置として機能する。ユーザは、例えば、リモコン８を操作して、対象空間の設定温度及び設定湿度を調整する。リモコン８は、冷凍装置１００の運転状態、及び、所定の報知情報を表示するための表示装置としても機能する。リモコン８は、熱源ユニット制御部２０及び利用ユニット制御部３０と通信線を介して接続され、相互に信号の送受信を行う。

[0053] （１－４）制御部７０

冷凍装置１００では、熱源ユニット制御部２０と利用ユニット制御部３０とが通信線を介して接続されることで、冷凍装置１００の動作を制御するハ

ードウェアである制御部 7 0 が構成される。制御部 7 0 による制御は、熱源ユニット制御部 2 0 及び利用ユニット制御部 3 0 が一体的に動作することにより実現される。

[0054] 図 2 に示されるように、制御部 7 0 は、熱源ユニット 2 に含まれるアクチュエータと電氣的に接続される。熱源ユニット 2 に含まれるアクチュエータは、具体的には、第 1 圧縮機モータ 2 1 a、第 2 圧縮機モータ 2 2 a、熱源側ファンモータ 2 4 a、第 1 熱源側膨張弁 2 5 a、第 2 熱源側膨張弁 2 5 b、ガス抜き弁 4 1、及び、第 1 遮断弁 4 3 である。制御部 7 0 は、第 1 温度センサ 6 1 ~ 第 5 温度センサ 6 5、リモコン 8、及び、利用ユニット 3 に含まれるアクチュエータとも電氣的に接続される。利用ユニット 3 に含まれるアクチュエータは、具体的には、利用側ファンモータ 3 2 a である。

[0055] 図 2 に示されるように、制御部 7 0 は、記憶部 7 1 と、通信部 7 2 と、アクチュエータ制御部 7 4 と、表示制御部 7 5 と、を有する。これらの各要素は、制御部 7 0 の特定の機能を実現する。制御部 7 0 は、ROM、RAM 及びフラッシュメモリ等に記憶された制御プログラムを実行することで、これらの機能を実行する。

[0056] 記憶部 7 1 は、制御部 7 0 の他の要素からの依頼を受けて、所定の情報を所定の記憶領域に格納する。所定の情報とは、例えば、制御部 7 0 が実行する演算の結果、及び、リモコン 8 に入力されるコマンドである。

[0057] 通信部 7 2 は、制御部 7 0 に接続される各機器と、信号の送受信を行うための通信インターフェースとして機能する。通信部 7 2 は、アクチュエータ制御部 7 4 からの依頼を受けて、指定されたアクチュエータに所定の信号を送信する。通信部 7 2 は、リモコン 8 等から出力された信号を受信して、所定の記憶領域に格納するよう記憶部 7 1 に依頼する。また、通信部 7 2 は、第 1 温度センサ 6 1 ~ 第 5 温度センサ 6 5 によって測定された温度を、第 1 温度センサ 6 1 ~ 第 5 温度センサ 6 5 から受信する。

[0058] アクチュエータ制御部 7 4 は、制御プログラムに基づいて、冷凍装置 1 0 0 に含まれる各アクチュエータの動作を制御する。具体的には、アクチュエ

ータ制御部 74 は、第 1 圧縮機 21 の回転数、第 2 圧縮機 22 の回転数、熱源側ファン 24 の回転数、第 1 熱源側膨張弁 25 a の開度、第 2 熱源側膨張弁 25 b の開度、利用側ファン 32 の回転数、ガス抜き弁 41 の開度、及び、第 1 遮断弁 43 の開度をリアルタイムに制御する機能を有する。

[0059] 表示制御部 75 は、表示装置としてのリモコン 8 の動作を制御する機能部である。表示制御部 75 は、冷凍装置 100 の運転状態及び状況に係る情報等をユーザに通知するために、リモコン 8 に所定の情報を出力させる。例えば、表示制御部 75 は、設定温度等をリモコン 8 のディスプレイに表示させる。

[0060] (2) 冷凍装置 100 の動作

次に、図 3 及び図 4 に示されるモリエル線図を用いて、冷凍装置 100 の冷媒回路 10 を循環する冷媒の状態の変化について説明する。図 3 及び図 4 には、冷媒の飽和液線 L1、乾き飽和蒸気線 L2 および臨界点 CP が描かれている。臨界点 CP は、飽和液線 L1 および乾き飽和蒸気線 L2 の高圧側の端点である。臨界点 CP より高圧の冷媒は、超臨界状態にある。

[0061] 冷凍装置 100 の運転中、冷媒回路 10 は、第 1 状態及び第 2 状態のいずれか 1 つの状態をとる。第 1 状態では、ガス抜き弁 41 は閉じられ、第 1 遮断弁 43 は開けられている。第 2 状態では、ガス抜き弁 41 は開けられ、第 1 遮断弁 43 は閉じられている。

[0062] 図 3 は、冷媒回路 10 が第 1 状態をとる時のモリエル線図である。第 1 状態は、冷凍装置 100 が二段圧縮運転を行う状態である。二段圧縮運転は、利用側熱交換器 31 で熱交換されたガス冷媒を第 1 圧縮機 21 及び第 2 圧縮機 22 で圧縮する運転である。

[0063] 二段圧縮運転時には、冷凍サイクルにおける低圧の冷媒は、低段側の第 1 圧縮機 21、及び、高段側の第 2 圧縮機 22 によって順に圧縮されて、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒となる。具体的には、二段圧縮運転時において、第 1 圧縮機 21 は、第 1 配管 51 を流れる低圧の冷媒を吸入して圧縮し、中間圧の冷媒を第 2 配管 52 に吐出する。第 2 配管 52 に吐出された中間圧

の冷媒は、第1遮断弁43を通過する。第2圧縮機22は、第2配管52を流れる中間圧の冷媒を吸入して圧縮し、高圧の冷媒を第3配管53に吐出する。

[0064] 図4は、冷媒回路10が第2状態をとる時のモリエル線図である。第2状態は、冷凍装置100が単段圧縮／ガス抜き運転を行う状態である。単段圧縮／ガス抜き運転時には、単段圧縮運転及びガス抜き運転が行われる。単段圧縮運転は、利用側熱交換器31で熱交換されたガス冷媒を第1圧縮機21で圧縮する運転である。ガス抜き運転は、気液分離器26で分離されたガス冷媒を第2圧縮機22で圧縮する運転である。

[0065] 単段圧縮運転時には、冷凍サイクルにおける低圧の冷媒は、第1圧縮機21によって圧縮されて、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒となる。具体的には、第1圧縮機21は、第1配管51を流れる低圧の冷媒を吸入して圧縮し、高圧の冷媒を第2配管52に吐出する。第2配管52に吐出された高圧の冷媒は、第1遮断弁43を通過できずに、バイパス配管59に流入する。バイパス配管59に流入した高圧の冷媒は、第2遮断弁44を通過して、第3配管53に流入する。

[0066] ガス抜き運転時には、冷凍サイクルにおける中間圧の冷媒は、第2圧縮機22によって圧縮されて、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒となる。具体的には、第2圧縮機22は、気液分離器26から第6配管56を介して第2配管52に流入した中間圧のガス冷媒を吸入して圧縮し、高圧の冷媒を第3配管53に吐出する。

[0067] 単段圧縮／ガス抜き運転時には、単段圧縮運転によって第1圧縮機21から吐出された高圧の冷媒、及び、ガス抜き運転によって第2圧縮機22から吐出された高圧の冷媒は、第3配管53において合流する。第3配管53で合流した冷媒は、熱源側熱交換器23に流入する。

[0068] (2-1) 第1状態における冷媒の状態の変化

図3に示されるように、熱源ユニット2において、冷媒回路10を流れる低圧の冷媒は、第1圧縮機21において圧縮されて中間圧の冷媒となる(P

1 → P 2)。第1圧縮機21から吐出された中間圧の冷媒は、第2配管52を通過する際にわずかに放熱する(P 2 → P 3)。その後、中間圧の冷媒は、第2圧縮機22において圧縮されて高圧の冷媒となる(P 3 → P 4)。第2圧縮機22から吐出された高圧の冷媒は、熱源側熱交換器23に流入する。熱源側熱交換器23に流入した高圧の冷媒は、外気と熱交換されて放熱する(P 4 → P 5)。

[0069] 熱源側熱交換器23で放熱した冷媒は、第1熱源側膨張弁25aで減圧されて、中間圧の冷媒となる(P 5 → P 6)。第1熱源側膨張弁25aで減圧されて気液二相状態となった冷媒は、気液分離器26に流入して、液冷媒とガス冷媒とに分離される(P 6 → P 7, P 8)。気液分離器26で分離された液冷媒は、第2熱源側膨張弁25bでさらに減圧されて、低圧の冷媒となる(P 7 → P 9)。第2熱源側膨張弁25bで減圧された液冷媒は、液側閉鎖弁28及び液側冷媒連絡配管6を通過して利用ユニット3に流入して、利用側熱交換器31に流入する。利用側熱交換器31に流入した低圧の液冷媒は、利用ユニット3が設置される対象空間の空気と熱交換されて吸熱してガス冷媒となる(P 9 → P 1)。利用側熱交換器31で吸熱した冷媒は、ガス側冷媒連絡配管7を通過して、ガス側閉鎖弁29から熱源ユニット2に流入する。熱源ユニット2に流入した低圧の冷媒は、第1圧縮機21に吸入される。

[0070] (2-2) 第2状態における冷媒の状態の変化

図4に示されるように、熱源ユニット2において、冷媒回路10を流れる低圧の冷媒は、第1圧縮機21において圧縮されて高圧の冷媒となる(P 1 → P 2)。気液分離器26で分離されたガス冷媒であって、中間熱交換器27において加熱された中間圧の冷媒は、第2圧縮機22において圧縮されて高圧の冷媒となる(P 3 → P 4)。第1圧縮機21及び第2圧縮機22から吐出された高圧の冷媒は、合流して熱源側熱交換器23に流入する。熱源側熱交換器23に流入した高圧の冷媒は、外気と熱交換されて放熱する(P 2, P 4 → P 5)。

[0071] 熱源側熱交換器 23 で放熱した冷媒は、中間熱交換器 27 において、気液分離器 26 で分離されたガス冷媒と熱交換されてさらに放熱する (P5→P6)。その後、中間熱交換器 27 で放熱した冷媒は、第 1 熱源側膨張弁 25a で減圧されて、中間圧の冷媒となる (P6→P7)。第 1 熱源側膨張弁 25a で減圧されて気液二相状態となった冷媒は、気液分離器 26 に流入して、液冷媒とガス冷媒とに分離される (P7→P8, P9)。気液分離器 26 で分離された液冷媒は、第 2 熱源側膨張弁 25b でさらに減圧されて、低圧の冷媒となる (P8→P10)。第 2 熱源側膨張弁 25b で減圧された液冷媒は、液側閉鎖弁 28 及び液側冷媒連絡配管 6 を通過して利用ユニット 3 に流入して、利用側熱交換器 31 に流入する。利用側熱交換器 31 に流入した低圧の液冷媒は、利用ユニット 3 が設置される対象空間の空気と熱交換されて吸熱してガス冷媒となる (P10→P1)。利用側熱交換器 31 で吸熱した冷媒は、ガス側冷媒連絡配管 7 を通過して、ガス側閉鎖弁 29 から熱源ユニット 2 に流入する。熱源ユニット 2 に流入した低圧の冷媒は、第 1 圧縮機 21 に吸入される。

[0072] 気液分離器 26 で分離されたガス冷媒は、第 6 配管 56 を流れ、ガス抜き弁 41 を通過する際にわずかに減圧する (P9→P11)。減圧したガス冷媒は、中間熱交換器 27 において、第 1 熱源側膨張弁 25a で減圧される前の冷媒と熱交換して加熱され、第 2 圧縮機 22 に吸入される (P11→P3)。

[0073] (3) 冷凍装置 100 の制御

制御部 70 は、冷凍装置 100 の運転中、第 1 温度センサ 61～第 5 温度センサ 65 から取得した第 1 温度～第 5 温度の少なくとも 1 つに基づいて、冷媒回路 10 の状態をリアルタイムで制御する。

[0074] 冷凍装置 100 が起動した直後は、冷媒回路 10 は第 2 状態にあり、冷凍装置 100 は単段圧縮／ガス抜き運転を行う。冷凍装置 100 の起動時には、プルダウン運転が行われる。プルダウン運転とは、冷凍装置 100 の対象空間の温度と外気温度との差が小さく、対象空間の温度を対象空間の設定温

度まで下げるために高い冷凍能力が必要となる運転である。プルダウン運転の開始時には、例えば、対象空間の温度と外気温度との差はゼロである。

[0075] 制御部 70 は、冷凍装置 100 が単段圧縮／ガス抜き運転を行っている時において、所定の第 1 条件が満たされた場合に、冷媒回路 10 を第 2 状態から第 1 状態に切り替える。これにより、冷凍装置 100 は、単段圧縮／ガス抜き運転を停止して、二段圧縮運転を開始する。制御部 70 は、ガス抜き弁 41 を閉じて、第 1 遮断弁 43 を開けることで、冷媒回路 10 を第 2 状態から第 1 状態に切り替える。第 1 条件とは、第 1 圧縮機 21 に吸入される冷媒の温度が第 1 値まで低下し、かつ、第 1 圧縮機 21 から吐出された冷媒の温度が第 2 値まで上昇した場合に満たされる。制御部 70 は、第 1 圧縮機 21 に吸入される冷媒の温度として、第 4 温度センサ 64 によって測定される第 4 温度を用いる。制御部 70 は、第 1 圧縮機 21 から吐出された冷媒の温度として、第 5 温度センサ 65 によって測定される第 5 温度を用いる。

[0076] 制御部 70 は、冷凍装置 100 が二段圧縮運転を行っている時において、所定の第 2 条件が満たされた場合に、冷媒回路 10 を第 1 状態から第 2 状態に切り替える。これにより、冷凍装置 100 は、二段圧縮運転を停止して、単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。制御部 70 は、ガス抜き弁 41 を開けて、第 1 遮断弁 43 を閉じることで、冷媒回路 10 を第 1 状態から第 2 状態に切り替える。第 2 条件とは、第 1 圧縮機 21 に吸入される冷媒の温度が第 3 値まで上昇した場合、又は、第 1 圧縮機 21 の回転数が第 2 圧縮機 22 の回転数を下回った場合に満たされる。制御部 70 は、第 1 圧縮機 21 に吸入される冷媒の温度として、第 4 温度センサ 64 によって測定される第 4 温度を用いる。制御部 70 は、第 1 圧縮機 21 及び第 2 圧縮機 22 の回転数をアクチュエータ制御部 74 から取得する。

[0077] (4) 冷凍装置 100 の効果

(4-1)

従来、冷媒として二酸化炭素が循環する冷凍サイクルを備える冷凍装置が用いられている。この冷凍装置は、外気温度が高い環境で使用される場合、

冷凍サイクルの放熱器に流入する冷媒の温度及び圧力を高くするため、二段圧縮機構が採用される。また、この冷凍装置は、外気温度と、対象空間の設定温度との差が大きい環境で使用される場合、気液分離器を備えることが好ましい。この場合、気液分離器内の冷媒の圧力は、冷媒の臨界点（ 31.1°C ， 7.38MPa ）での圧力よりも低くする必要がある。そのため、二段圧縮機構及び気液分離器を有し、かつ、二酸化炭素を冷媒として用いる冷凍装置は、冷媒の蒸発温度が高いプルダウン運転時において、低段側圧縮機の望ましい圧縮比が小さくなり、冷凍能力が不足するおそれがある。

[0078] 本実施形態の冷凍装置100は、二段圧縮運転、及び、単段圧縮／ガス抜き運転を行うことができる。冷凍装置100の制御部70は、ガス抜き弁41及び第1遮断弁43を制御することで、二段圧縮運転を行う第1状態と、単段圧縮／ガス抜き運転を行う第2状態とを相互に切り替えることができる。

[0079] 冷凍装置100のプルダウン運転時には、高い冷凍能力が必要となるため、冷凍サイクルの高圧側の冷媒の圧力を高く維持する必要がある。冷凍装置100は、プルダウン運転時に単段圧縮／ガス抜き運転を行うことで、図4に示されるように、第1圧縮機21の圧縮比を十分に確保することができる。そのため、冷凍装置100は、プルダウン運転時において、冷凍サイクルの高圧側の冷媒の圧力を高く維持することができる。

[0080] 従って、冷凍装置100は、プルダウン運転時において、低段側の第1圧縮機21の圧縮比を十分に確保できないことによる冷凍能力の低下を抑制することができる。

[0081] (4-2)

制御部70は、冷媒回路10が第2状態である時において、第1圧縮機21の負荷が増加すると、冷凍装置100が単段圧縮／ガス抜き運転を行う第2状態から、冷凍装置100が二段圧縮運転を行う第1状態に切り替える。制御部70は、上述の第1条件が満たされたと判定した場合、第2状態から第1状態への切り替えを行う。第1条件は、第1圧縮機21に吸入される冷

媒の温度（冷媒の蒸発温度）が所定値まで低下し、かつ、第1圧縮機21から吐出される冷媒の温度が所定値まで上昇した場合に満たされる。

[0082] 制御部70は、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度として、第4温度センサ64によって測定される第4温度を用いてもよい。制御部70は、第1圧縮機21から吐出される冷媒の温度として、第5温度センサ65によって測定される第5温度を用いてもよい。この場合、制御部70は、単段圧縮／ガス抜き運転時に第1条件が満たされたことを検知すると、ガス抜き弁41及び第1遮断弁43を制御して、第2状態から第1状態への切り替えを行う。これにより、冷凍装置100は、単段圧縮／ガス抜き運転を停止して二段圧縮運転を開始する。

[0083] 冷凍装置100がプルダウン運転時に単段圧縮／ガス抜き運転を行うと、冷媒の蒸発温度が低下して、第1圧縮機21の圧縮比が大きくなり、冷凍サイクルの高圧側の冷媒の温度（第1圧縮機21から吐出される冷媒の温度）が高くなる。その結果、第1圧縮機21の負荷が大きくなり、第1圧縮機21の信頼性が低下するおそれがある。冷凍装置100は、単段圧縮／ガス抜き運転の実行時に、第1圧縮機21の圧縮比が十分に大きくなり、第1圧縮機21から吐出される冷媒の温度が十分に高くなったと判断すると、単段圧縮／ガス抜き運転を停止して二段圧縮運転を開始する。

[0084] 従って、冷凍装置100は、単段圧縮／ガス抜き運転の実行時において、低段側の第1圧縮機21の負荷を低減して、第1圧縮機21の信頼性の低下を抑制することができる。これにより、冷凍装置100は、第1圧縮機21を有効活用できるため、容量が小さい第1圧縮機21を採用することができ、コスト及び消費電力を低減することができる。

[0085] (4-3)

制御部70は、冷媒回路10が第1状態である時において、第2圧縮機22の負荷が増加すると、冷凍装置100が二段圧縮運転を行う第1状態から、冷凍装置100が単段圧縮／ガス抜き運転を行う第2状態に切り替える。制御部70は、上述の第2条件が満たされたと判定した場合、第1状態から

第2状態への切り替えを行う。第2条件は、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度（冷媒の蒸発温度）が所定値まで上昇し、又は、第1圧縮機21の回転数が第2圧縮機22の回転数を下回った場合に満たされる。

[0086] 制御部70は、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度として、第4温度センサ64によって測定される第4温度を用いてもよい。この場合、制御部70は、二段圧縮運転時に第2条件が満たされたことを検知すると、ガス抜き弁41及び第1遮断弁43を制御して、第1状態から第2状態への切り替えを行う。これにより、冷凍装置100は、二段圧縮運転を停止して単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。

[0087] 冷凍装置100が二段圧縮運転を行っている間、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度（冷媒の蒸発温度）が徐々に上昇することがある。気液分離器26内の冷媒の圧力（中間圧の冷媒の圧力）は、冷媒の臨界圧力（7.38MPa）より低くする必要があるため、高くても7MPa程度に抑える必要がある。そのため、二段圧縮運転時に冷媒の蒸発温度が上昇すると、第1圧縮機21の圧縮比が低下するおそれがある。冷凍装置100は、二段圧縮運転の実行時に、第1圧縮機21に吸入される冷媒の温度が十分に高くなったと判断すると、二段圧縮運転を停止して単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。

[0088] 従って、冷凍装置100は、低段側の第1圧縮機21の圧縮比を十分に確保して、冷凍能力の低下を抑制することができる。

[0089] また、冷凍装置100が二段圧縮運転を行っている間、第1圧縮機21の回転数が第2圧縮機22の回転数を下回り、第2圧縮機22の負荷が過剰になることがある。この場合、第2圧縮機22にガス抜き運転を実行させることで、第2圧縮機22の負荷を低減することができる。冷凍装置100は、二段圧縮運転の実行時に、第1圧縮機21の回転数が第2圧縮機22の回転数を下回ったと判断すると、二段圧縮運転を停止して単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。

[0090] 従って、冷凍装置100は、二段圧縮運転の実行時において、高段側の第

2 圧縮機 2 2 の負荷を低減して、第 2 圧縮機 2 2 の信頼性の低下を抑制することができる。これにより、冷凍装置 1 0 0 は、第 2 圧縮機 2 2 を有効活用できるため、容量が小さい第 2 圧縮機 2 2 を採用することができ、コスト及び消費電力を低減することができる。

[0091] (4-4)

冷凍装置 1 0 0 は、単段圧縮／ガス抜き運転の実行時において、中間熱交換器 2 7 を用いて、熱源側熱交換器 2 3 の出口における冷媒を、気液分離器 2 6 で分離されたガス冷媒との熱交換により冷却する。これにより、第 1 熱源側膨張弁 2 5 a を通過して減圧された冷媒の乾き度が低下する。

[0092] 従って、冷凍装置 1 0 0 は、低段側の第 1 圧縮機 2 1 に吸入される冷媒の不足を抑制することができる。

[0093] (4-5)

冷凍装置 1 0 0 は、外気温度、及び、対象空間の温度に応じて、単段圧縮／ガス抜き運転又は二段圧縮運転を行うか判断することができる。制御部 7 0 は、外気温度として、第 2 温度センサ 6 2 によって測定される第 2 温度を用いてもよい。制御部 7 0 は、対象空間の温度として、第 3 温度センサ 6 3 によって測定される第 3 温度を用いてもよい。この場合、制御部 7 0 は、冷凍装置 1 0 0 の起動時において、第 2 温度が所定値以上であり、かつ、第 2 温度と第 3 温度との差が所定値以下の場合に、プルダウン運転として単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。また、制御部 7 0 は、冷凍装置 1 0 0 の起動時において、第 2 温度が所定値未満であるか、又は、第 2 温度と第 3 温度との差が所定値より大きい場合に、プルダウン運転のための二段圧縮運転を開始する。

[0094] 従って、冷凍装置 1 0 0 は、低段側の第 1 圧縮機 2 1 の負荷と、高段側の第 2 圧縮機 2 2 の負荷とのバランスを考慮してプルダウン運転を行うことで、冷凍能力の低下を抑制することができる。

[0095] 一第 2 実施形態一

本実施形態の冷凍装置 1 0 0 の基本的な構成及び動作は、第 1 実施形態の

冷凍装置１００と同じである。以下、本実施形態の冷凍装置１００と、第１実施形態の冷凍装置１００との相違点を中心に説明する。

[0096] （１）冷凍装置１００の構成

本実施形態の冷凍装置１００は、第１実施形態と同様に、図１に示される構成を有する。本実施形態の冷凍装置１００の制御部７０は、第１実施形態と同様に、図２に示される構成を有する。

[0097] （２）冷凍装置１００の動作

冷凍装置１００の運転中、冷媒回路１０は、第１状態、第２状態及び第３状態のいずれか１つの状態をとる。第１状態は、第１実施形態と同様に、冷凍装置１００が図３に示される二段圧縮運転を行う状態である。第２状態は、第１実施形態と同様に、冷凍装置１００が図４に示される単段圧縮／ガス抜き運転を行う状態である。

[0098] 図５は、冷媒回路１０が第３状態をとる時のモリエル線図である。図５には、冷媒の飽和液線Ｌ１、乾き飽和蒸気線Ｌ２および臨界点ＣＰが描かれている。臨界点ＣＰは、飽和液線Ｌ１および乾き飽和蒸気線Ｌ２の高圧側の端点である。第３状態は、冷凍装置１００が単段圧縮運転を行う状態である。第３状態では、ガス抜き運転は行われない。第３状態では、ガス抜き弁４１及び第１遮断弁４３は閉じられている。

[0099] 次に、第３状態における冷媒の状態の変化について説明する。

[0100] 熱源ユニット２において、冷媒回路１０を流れる低圧の冷媒は、第１圧縮機２１において圧縮されて高圧の冷媒となる（ $P_1 \rightarrow P_2$ ）。第１圧縮機２１から吐出された高圧の冷媒は、熱源側熱交換器２３に流入する。熱源側熱交換器２３に流入した高圧の冷媒は、外気と熱交換されて放熱する（ $P_2 \rightarrow P_3$ ）。

[0101] 熱源側熱交換器２３で放熱した冷媒は、第１熱源側膨張弁２５ａで減圧されて、中間圧の冷媒となる（ $P_3 \rightarrow P_4$ ）。第１熱源側膨張弁２５ａで減圧されて気液二相状態となった冷媒は、気液分離器２６に流入して、液冷媒とガス冷媒とに分離される（ $P_4 \rightarrow P_5, P_6$ ）。気液分離器２６で分離され

た液冷媒は、第2熱源側膨張弁25bでさらに減圧されて、低圧の冷媒となる(P5→P7)。第2熱源側膨張弁25bで減圧された液冷媒は、液側閉鎖弁28及び液側冷媒連絡配管6を通過して利用ユニット3に流入して、利用側熱交換器31に流入する。利用側熱交換器31に流入した低圧の液冷媒は、利用ユニット3が設置される対象空間の空気と熱交換されて吸熱してガス冷媒となる(P7→P1)。利用側熱交換器31で吸熱した冷媒は、ガス側冷媒連絡配管7を通過して、ガス側閉鎖弁29から熱源ユニット2に流入する。熱源ユニット2に流入した低圧の冷媒は、第1圧縮機21に吸入される。

[0102] (3) 冷凍装置100の制御

制御部70は、第1圧縮機21及び第2圧縮機22の起動時において、第3状態、第2状態及び第1状態の順で、冷媒回路10の状態を切り替える。具体的には、制御部70は、冷凍装置100が起動時に、単段圧縮運転、単段圧縮／ガス抜き運転、及び、二段圧縮運転をこの順番で行うように、ガス抜き弁41及び第1遮断弁43を制御する。制御部70は、冷凍装置100が単段圧縮運転を行っている状態において、ガス抜き弁41を開ける制御を行うことで、単段圧縮運転を停止して、単段圧縮／ガス抜き運転を開始する。

[0103] (4) 冷凍装置100の効果

冷凍装置100が起動した直後は、冷凍サイクルの高圧側の冷媒の量が少ないため、気液分離器26内のガス冷媒の量が少ない。そのため、冷凍装置100は、起動時において冷凍サイクルの高圧側の冷媒の量が少ない時にはガス抜き運転を行わず、起動後に所定時間が経過して冷凍サイクルの高圧側の冷媒の量が所定量まで増加するとガス抜き運転を開始する。これにより、冷凍装置100は、ガス抜き運転による第2圧縮機22の負荷を低減して、冷凍能力の低下を抑制することができる。

[0104] 一第3実施形態一

本実施形態の冷凍装置200の基本的な構成及び動作は、第1実施形態の

冷凍装置１００と同じである。以下、本実施形態の冷凍装置２００と、第１実施形態の冷凍装置１００との相違点を中心に説明する。

[0105] （１）冷凍装置２００の構成

冷凍装置２００と、第１実施形態の冷凍装置１００との主な相違点は、熱源ユニット２及び制御部７０である。

[0106] 冷凍装置２００の熱源ユニット２は、図６に示されるように、第１実施形態の冷凍装置１００の熱源ユニット２であって、第７配管５７と、液インジェクション弁４２と、油戻し配管５８と、油分離器６０と、がさらに追加された構成を有する。

[0107] 第７配管５７は、冷媒回路１０を循環する冷媒が流れる配管である。第７配管５７は、第５配管５５と、第６配管５６とを接続する。第７配管５７の一端は、気液分離器２６と第２熱源側膨張弁２５ｂとの間において第５配管５５に接続される。第７配管５７の他端は、第２配管５２との接続部と、中間熱交換器２７との間において第６配管５６に接続される。

[0108] 液インジェクション弁４２は、第７配管５７に設けられる。液インジェクション弁４２は、第７配管５７を流れる液冷媒の量を調整する。液インジェクション弁４２は、制御部７０による制御により開度を調節可能な電動膨張弁である。

[0109] 油戻し配管５８は、冷媒回路１０を循環する冷媒が流れる配管である。油戻し配管５８は、第２配管５２と、第３配管５３とを接続する。油戻し配管５８の一端は、第６配管５６との接続部と、第２圧縮機２２との間において第２配管５２に接続される。油戻し配管５８の他端は、バイパス配管５９との接続部と、熱源側熱交換器２３との間において第３配管５３に接続される。

[0110] 油分離器６０は、油戻し配管５８に設けられる。油分離器６０は、冷媒と冷凍機油との混合物から冷凍機油を分離する。

[0111] 図７に示されるように、制御部７０のアクチュエータ制御部７４は、第１圧縮機２１の回転数、第２圧縮機２２の回転数、熱源側ファン２４の回転数

、第1熱源側膨張弁25aの開度、第2熱源側膨張弁25bの開度、利用側ファン32の回転数、ガス抜き弁41の開度、液インジェクション弁42の開度、及び、第1遮断弁43の開度をリアルタイムに制御する機能を有する。

[0112] (2) 冷凍装置200の動作

冷凍装置200では、気液分離器26で分離された液冷媒の一部は、冷媒回路10内の冷凍機油と共に、第7配管57に流入する。第7配管57において液インジェクション弁42を通過した冷媒及び冷凍機油は、第6配管56を流れる冷媒であって中間熱交換器27で熱交換された後の冷媒と合流する。これにより、冷媒と冷凍機油との混合物は、第7配管57及び第6配管56を経由して、第2配管52に流入する。

[0113] また、第1圧縮機21及び第2圧縮機22から吐出されたガス冷媒の一部は、第3配管53を流れ、冷媒回路10内の冷凍機油と共に、油戻し配管58に流入する。これにより、冷媒と冷凍機油との混合物が油戻し配管58を流れる。油戻し配管58に設けられる油分離器60には、冷媒と冷凍機油との混合物が流入する。油分離器60では、冷媒と冷凍機油との混合物から冷凍機油が分離される。油分離器60で分離された冷凍機油は、油戻し配管58を流れて、第2配管52に流入する。

[0114] このように、冷凍装置200では、熱源ユニット2において、第1圧縮機21及び第2圧縮機22から吐出された冷媒と混合している冷凍機油が、第2圧縮機22の吸入側に戻される。

[0115] (3) 冷凍装置200の制御

冷凍装置200の制御部70は、第1実施形態の制御部70と同じ制御を行う。また、制御部70は、冷凍装置200の運転中、液インジェクション弁42の開度を制御して、第7配管57を流れる、冷媒と冷凍機油との混合物の量を調整する。

[0116] (4) 冷凍装置200の効果

冷凍装置200は、冷媒回路10を流れる冷凍機油を、第2圧縮機22の

吸入側に戻ることができる。従って、冷凍装置２００は、第２圧縮機２２内の冷凍機油の不足を抑制することができる。

[0117] 一変形例一

(１) 変形例Ａ

第１乃至第３実施形態の冷凍装置１００，２００は、冷媒回路１０が第１状態をとる時において、ガス抜き運転をさらに行ってもよい。言い換えると、冷凍装置１００，２００は、二段圧縮運転及びガス抜き運転の両方を同時に行ってもよい。この場合、制御部７０は、ガス抜き弁４１及び第１遮断弁４３の両方を開けることで、二段圧縮運転及びガス抜き運転の両方を同時に行うことができる。

[0118] 本変形例では、冷凍装置１００，２００が二段圧縮運転及びガス抜き運転の両方を同時に行っている間、中間熱交換器２７において、気液分離器２６で分離されたガス冷媒は、熱源側熱交換器２３の出口における冷媒との熱交換により加熱される。中間熱交換器２７において加熱された冷媒は、第２配管５２に流入して、第２圧縮機２２に吸入される前の冷媒と混合される。これにより、第２圧縮機２２に吸入される冷媒の過熱度が上昇するので、第２圧縮機２２から吐出される冷媒の温度が上昇する。そのため、冷凍装置１００，２００は、第１温度と第２温度との差を大きくして、熱源側熱交換器２３の性能を高く保つことができる。

[0119] (２) 変形例Ｂ

(２－１) 冷凍装置３００の構成

第１乃至第３実施形態の冷凍装置１００，２００は、気液分離器２６を備えなくてもよい。本変形例の冷凍装置３００は、第１実施形態の冷凍装置１００であって、気液分離器２６を備えない。冷凍装置３００と、第１実施形態の冷凍装置１００との主な相違点は、熱源ユニット２及び制御部７０である。

[0120] 図８に示されるように、熱源ユニット２は、第１圧縮機２１と、第１アキュムレータ２１ｂと、第２圧縮機２２と、第２アキュムレータ２２ｂと

、熱源側熱交換器 2 3 と、熱源側ファン 2 4 と、第 2 熱源側膨張弁 2 5 b と、冷却器 1 2 7 と、液側閉鎖弁 2 8 と、ガス側閉鎖弁 2 9 と、減圧弁 1 4 1 と、第 1 遮断弁 4 3 と、第 2 遮断弁 4 4 と、を有する。

[0121] 熱源ユニット 2 は、冷媒回路 1 0 を循環する冷媒が流れる配管である第 1 配管 5 1 ～第 6 配管 5 6 を有する。第 1 配管 5 1 ～第 3 配管 5 3 は、第 1 実施形態の第 1 配管 5 1 ～第 3 配管 5 3 と同じである。第 4 配管 5 4 の一端は、熱源側熱交換器 2 3 の出口側に接続される。第 4 配管 5 4 の他端は、第 5 配管 5 5 の一端、及び、第 6 配管 5 6 の一端に接続される。第 5 配管 5 5 は、第 4 配管 5 4 と、液側閉鎖弁 2 8 とを接続する。第 6 配管 5 6 は、第 4 配管 5 4 と、第 2 配管 5 2 とを接続する。

[0122] 第 2 熱源側膨張弁 2 5 b は、第 5 配管 5 5 に設けられる。第 2 熱源側膨張弁 2 5 b は、冷凍装置 3 0 0 の膨張機構を構成し、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒を低圧の冷媒になるまで減圧する。

[0123] 減圧弁 1 4 1 は、第 6 配管 5 6 に設けられる。減圧弁 1 4 1 は、冷凍サイクルにおける高圧の冷媒を中間圧の冷媒になるまで減圧する。減圧弁 1 4 1 は、第 6 配管 5 6 を流れる液冷媒の量を調整する。減圧弁 1 4 1 は、制御部 7 0 による制御により開度を調節可能な電動膨張弁である。

[0124] 冷却器 1 2 7 は、熱源側熱交換器 2 3 で放熱された後であって減圧弁 1 4 1 によって減圧された後の冷媒と、熱源側熱交換器 2 3 で放熱された後であって第 2 熱源側膨張弁 2 5 b によって減圧される前の冷媒と、の間の熱交換を行う。

[0125] 制御部 7 0 のアクチュエータ制御部 7 4 は、第 1 圧縮機 2 1 の回転数、第 2 圧縮機 2 2 の回転数、熱源側ファン 2 4 の回転数、第 2 熱源側膨張弁 2 5 b の開度、利用側ファン 3 2 の回転数、減圧弁 1 4 1 の開度、及び、第 1 遮断弁 4 3 の開度をリアルタイムに制御する機能を有する。

[0126] 冷凍装置 3 0 0 が行うガス抜き運転では、減圧弁 1 4 1 で減圧されて冷却器 1 2 7 で熱交換により加熱された中間圧の冷媒は、第 6 配管 5 6 及び第 2 配管 5 2 を流れて第 2 圧縮機 2 2 に吸入される。冷凍装置 3 0 0 が行うガス

抜き運転は、第1乃至第3実施形態の冷凍装置100、200が行うガス抜き運転と同じ効果を有する。

[0127] (2-2) 冷凍装置300の動作

冷凍装置300の運転中、冷媒回路10は、第1状態及び第2状態のいずれか1つの状態をとる。第1状態は、冷凍装置300が二段圧縮運転を行う状態である。第2状態は、冷凍装置300が単段圧縮／ガス抜き運転を行う状態である。第1状態では、減圧弁141は閉じられ、第1遮断弁43は開けられている。第2状態では、減圧弁141は開けられ、第1遮断弁43は閉じられている。

[0128] 図9は、冷媒回路10が第2状態をとる時のモリエル線図である。図9には、冷媒の飽和液線L1、乾き飽和蒸気線L2および臨界点CPが描かれている。臨界点CPは、飽和液線L1および乾き飽和蒸気線L2の高圧側の端点である。

[0129] 次に、第2状態における冷媒の状態の変化について説明する。

[0130] 熱源ユニット2において、冷媒回路10を流れる低圧の冷媒は、第1圧縮機21において圧縮されて高圧の冷媒となる(P1→P2)。第1圧縮機21から吐出された高圧の冷媒は、第2圧縮機22から吐出された高圧の冷媒と合流して、熱源側熱交換器23に流入する。熱源側熱交換器23に流入した高圧の冷媒は、外気と熱交換されて放熱する(P2→P3)。

[0131] 熱源側熱交換器23で放熱した冷媒は、第4配管54を流れた後、第5配管55及び第6配管56に分流する。第5配管55を流れる冷媒は、減圧弁141で減圧されて冷却器127に流入する(P3→P4)。第6配管56を流れる冷媒は、第2熱源側膨張弁25bで減圧される前に冷却器127に流入する。冷却器127では、減圧弁141で減圧された冷媒であって第5配管55を流れる冷媒と、第6配管56を流れる冷媒との間の熱交換が行われる。第5配管55を流れる冷媒は、熱交換により加熱される(P4→P5)。第6配管56を流れる冷媒は、熱交換により冷却される(P3→P6)。

[0132] 第6配管56を流れる冷媒は、冷却器127で冷却された後、第2熱源側膨張弁25bで減圧されて、低圧の冷媒となる（P6→P7）。第2熱源側膨張弁25bで減圧された液冷媒は、液側閉鎖弁28及び液側冷媒連絡配管6を通過して利用ユニット3に流入して、利用側熱交換器31に流入する。利用側熱交換器31に流入した低圧の液冷媒は、利用ユニット3が設置される対象空間の空気と熱交換されて吸熱してガス冷媒となる（P7→P1）。利用側熱交換器31で吸熱した冷媒は、ガス側冷媒連絡配管7を通過して、ガス側閉鎖弁29から熱源ユニット2に流入する。熱源ユニット2に流入した低圧の冷媒は、第1圧縮機21に吸入される。

[0133] 第5配管55を流れる冷媒は、冷却器127で加熱された後、第2配管52を流れて、第2圧縮機22において圧縮されて高圧の冷媒となる（P5→P8）。第2圧縮機22で圧縮された冷媒は、熱源側熱交換器23に流入する前に、第1圧縮機21で圧縮された冷媒と合流する（P8→P2）。

[0134] 第2実施形態及び変形例Aは、本変形例に適用可能である。第3実施形態の油戻し配管58及び油分離器60は、本変形例に適用可能である。

[0135] （3）変形例C

第3実施形態、変形例A、及び、変形例Bの冷凍装置200は、第2圧縮機22の吐出側から吸入側に冷凍機油を戻すための第7配管57及び油戻し配管58を備える。しかし、冷凍装置200は、第7配管57及び油戻し配管58のいずれか1つのみを備えてもよい。

[0136] （4）変形例D

第1乃至第3実施形態、変形例A、及び、変形例Cの冷凍装置100、200は、中間熱交換器27を備えていなくてもよい。

[0137] （5）変形例E

第1乃至第3実施形態、及び、変形例A乃至Dにおいて、第1遮断弁43及び第2遮断弁44は、冷媒回路10の状態（第1乃至第3状態）を切り替えることができる部材であればよい。例えば、第1遮断弁43及び第2遮断弁44として、三方切替弁又は四方切替弁が用いられてもよい。

[0138] 以上、本開示の実施形態を説明したが、特許請求の範囲に記載された本開示の趣旨及び範囲から逸脱することなく、形態や詳細の多様な変更が可能なことが理解されるであろう。

符号の説明

- [0139] 1 0 : 冷媒回路
 2 1 : 第 1 圧縮機
 2 2 : 第 2 圧縮機
 2 3 : 熱源側熱交換器（第 1 熱交換器）
 2 5 a : 第 1 熱源側膨張弁（膨張機構）
 2 5 b : 第 2 熱源側膨張弁（膨張機構）
 2 6 : 気液分離器
 2 7 : 中間熱交換器（第 4 熱交換器）
 3 1 : 利用側熱交換器（第 2 熱交換器）
 4 1 : ガス抜き弁（第 3 弁）
 4 3 : 第 1 遮断弁（第 1 弁）
 4 4 : 第 2 遮断弁（第 2 弁）
 5 2 : 第 2 配管（第 2 流路）
 5 6 : 第 6 配管（第 1 流路）
 5 7 : 第 7 配管（第 4 流路）
 5 8 : 油戻し配管（第 5 流路）
 5 9 : バイパス配管（第 3 流路）
 6 0 : 油分離器
 7 0 : 制御部
 1 0 0 : 冷凍装置
 1 2 7 : 冷却器（第 3 熱交換器）
 1 4 1 : 減圧機構（減圧弁）
 2 0 0 : 冷凍装置
 3 0 0 : 冷凍装置

先行技術文献

特許文献

[0140] 特許文献1：特開2016-128734号公報

請求の範囲

- [請求項1] 第1圧縮機（21）と第2圧縮機（22）と第1熱交換器（23）と膨張機構（25a, 25b）と第2熱交換器（31）とが順次接続される冷媒回路（10）を備える冷凍装置であって、
- 前記第1熱交換器は、前記第1圧縮機又は前記第2圧縮機によって圧縮された冷媒の放熱器として機能し、
- 前記第2熱交換器は、前記膨張機構によって減圧された冷媒の吸熱器として機能し、
- 前記冷媒回路は、
- 気液分離器（26）又は第3熱交換器（127）と、
- 前記気液分離器又は前記第3熱交換器と、前記第2圧縮機の吸入側と、を接続する第1流路（56）と、
- 前記第1圧縮機の吐出側と前記第2圧縮機の吸入側とを接続する第2流路（52）と、
- 前記第1圧縮機の吐出側と前記第2圧縮機の吐出側とを接続する第3流路（59）と、
- を有し、
- 前記気液分離器は、前記膨張機構によって減圧された気液二相状態の冷媒を液冷媒とガス冷媒とに分離し、
- 前記第3熱交換器は、前記第1熱交換器で放熱された後に減圧機構（141）によって減圧された冷媒と、前記第1熱交換器で放熱された後であって前記膨張機構によって減圧される前の冷媒と、の間の熱交換を行い、
- 前記第1流路は、前記気液分離器内の前記ガス冷媒、又は、前記減圧機構で減圧され前記第3熱交換器で熱交換された冷媒を、前記第2圧縮機の吸入側に導き、
- 前記第2流路は、前記第1圧縮機から吐出された冷媒を、前記第2圧縮機の吸入側に導き、

前記第 3 流路は、前記第 1 圧縮機から吐出された冷媒が前記第 2 流路を流れていない状態において、前記第 1 圧縮機から吐出された冷媒を、前記第 2 圧縮機の吐出側に導く、
冷凍装置（100）。

[請求項2]

前記冷媒回路を第 1 状態と第 2 状態との間で切り替える制御部（70）をさらに備え、

前記第 1 状態では、前記第 1 圧縮機から吐出された冷媒は、前記第 2 流路を流れて、前記第 1 流路を流れる前記ガス冷媒と合流して前記第 2 圧縮機に吸入され、

前記第 2 状態では、前記第 1 圧縮機から吐出された冷媒は、前記第 2 流路を流れることなく前記第 3 流路を流れて、前記第 2 圧縮機から吐出された冷媒と合流し、

前記冷媒回路は、前記第 2 流路に設けられる第 1 弁（43）と、前記第 3 流路に設けられる逆止弁である第 2 弁（44）と、をさらに有し、

前記制御部は、前記第 1 状態の時に前記第 1 弁を開け、前記第 2 状態の時に前記第 1 弁を閉じる、

請求項 1 に記載の冷凍装置。

[請求項3]

前記制御部は、前記冷媒回路が前記第 2 状態である時に、前記第 1 圧縮機に吸入される冷媒の温度が第 1 値まで低下し、かつ、前記第 1 圧縮機から吐出された冷媒の温度が第 2 値まで上昇した場合に、前記冷媒回路を前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替える、

請求項 2 に記載の冷凍装置。

[請求項4]

前記制御部は、前記冷媒回路が前記第 1 状態である時に、前記第 1 圧縮機に吸入される冷媒の温度が第 3 値まで上昇した場合、又は、前記第 1 圧縮機の回転数が前記第 2 圧縮機の回転数を下回った場合に、前記冷媒回路を前記第 1 状態から前記第 2 状態に切り替える、

請求項 2 又は 3 に記載の冷凍装置。

- [請求項5] 前記制御部は、前記冷媒回路を前記第1状態と前記第2状態と第3状態との間で切り替え、
- 前記第3状態では、前記第2圧縮機に冷媒が吸入されず、かつ、前記第1圧縮機から吐出された冷媒は、前記第2流路を流れることなく前記第3流路を流れ、
- 前記冷媒回路は、前記第1流路に設けられる第3弁（41）をさらに有し、
- 前記制御部は、前記第1状態又は前記第2状態の時に前記第3弁を開け、前記第3状態の時に前記第3弁を閉じる、
- 請求項2から4のいずれか1項に記載の冷凍装置。
- [請求項6] 前記制御部は、前記第1圧縮機及び前記第2圧縮機の起動時において、前記第3状態、前記第2状態及び前記第1状態の順で、前記冷媒回路を切り替える、
- 請求項5に記載の冷凍装置。
- [請求項7] 前記冷媒回路は、前記気液分離器を有し、かつ、前記気液分離器と前記第1流路とを接続する第4流路（57）をさらに有し、
- 前記第4流路は、前記気液分離器内の冷凍機油を、前記気液分離器内の前記液冷媒と共に、前記第1流路を経由させて前記第2圧縮機の吸入側に導く、
- 請求項1から6のいずれか1項に記載の冷凍装置。
- [請求項8] 前記冷媒回路は、前記第2圧縮機の吐出側と前記第2圧縮機の吸入側とを接続する第5流路（58）をさらに有し、
- 前記第5流路は、前記第2圧縮機から吐出された冷凍機油を、前記第2圧縮機の吸入側に導き、
- 前記第5流路には、冷媒と冷凍機油との混合物から冷凍機油を分離するための油分離器（60）が設けられる、
- 請求項1から7のいずれか1項に記載の冷凍装置。
- [請求項9] 前記冷媒回路は、前記気液分離器を有し、かつ、前記気液分離器内

の前記ガス冷媒を、前記第 1 熱交換器で放熱された後であって前記膨張機構によって減圧される前の冷媒と熱交換させて加熱する第 4 熱交換器（27）をさらに有する、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の冷凍装置。