

(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2017-146068

(P2017-146068A)

(43) 公開日 平成29年8月24日 (2017.8.24)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
F 2 5 B 40/00 (2006.01) F 2 5 B 40/00 V
F 2 5 B 1/00 (2006.01) F 2 5 B 1/00 3 3 1 E

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-30060 (P2016-30060)
 (22) 出願日 平成28年2月19日 (2016.2.19)

(71) 出願人 000006208
 三菱重工工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (74) 代理人 100112737
 弁理士 藤田 考晴
 (74) 代理人 100140914
 弁理士 三苫 貴織
 (74) 代理人 100136168
 弁理士 川上 美紀
 (74) 代理人 100169199
 弁理士 石本 貴幸
 (74) 代理人 100172524
 弁理士 長田 大輔

最終頁に続く

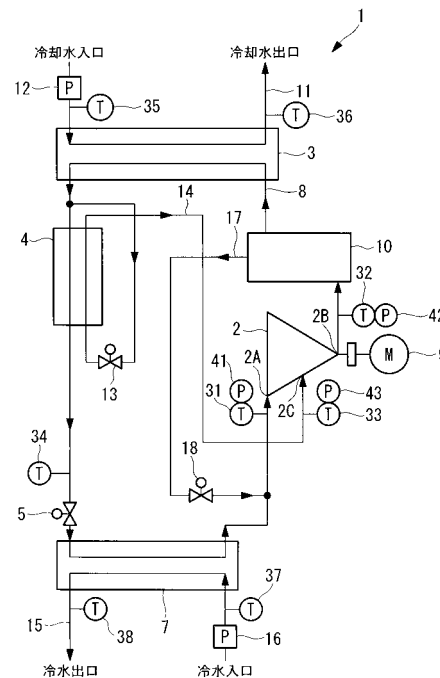
(54) 【発明の名称】 冷凍機およびその制御方法

(57) 【要約】

【課題】プレート式熱交換器を中間冷却器に使用した場合に生じ得る冷媒循環量の増大に対して適正に運転を行うことができる冷凍機を提供する。

【解決手段】冷媒を圧縮するターボ圧縮機2と、ターボ圧縮機2により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器3と、凝縮器3から導かれる液冷媒と凝縮器3から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁13で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器4と、中間冷却器4から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁5と、主膨張弁5から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器7とを備え、プレート式熱交換器は、プレートの幅が100mm以上400mm以下、該プレートの高さが300mm以上1000mm以下、該プレートの積層枚数が80枚以上とされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、
 該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、
 該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、
 該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 を備え、
 前記プレート式熱交換器は、プレートの幅が100mm以上400mm以下、該プレートの高さが300mm以上1000mm以下、該プレートの積層枚数が80枚以上とされていることを特徴とする冷凍機。

10

【請求項 2】

冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、
 該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、
 該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、
 該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記主膨張弁の上流側に導くバイパス経路と、
 該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、
 該バイパス弁の開度を制御する制御部と、
 を備えていることを特徴とする冷凍機。

20

【請求項 3】

冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、
 該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、
 該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、
 該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記蒸発器の被冷却媒体入口側に導くバイパス経路と、
 該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、
 該バイパス弁の開度を制御する制御部と、
 を備えていることを特徴とする冷凍機。

30

【請求項 4】

前記制御部は、前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大させることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の冷凍機。

40

【請求項 5】

冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、
 該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、
 該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、
 該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記主膨張弁の上流側に導くバイパス経路と、
 該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、

50

を備えた冷凍機の制御方法であって、

前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大することを特徴とする冷凍機の制御方法。

【請求項 6】

冷媒を圧縮する圧縮機と、

該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、

該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、

該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、

該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、

前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記蒸発器の被冷却媒体入口側に導くバイパス経路と、

該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、

を備えた冷凍機の制御方法であって、

前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大することを特徴とする冷凍機の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プレート式熱交換器とされた中間冷却器を備えた冷凍機およびその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

二段圧縮サブクーラ一段膨張サイクルは、例えば特許文献 1 に記載されているように中間冷却器がプレート式熱交換器のため、二段圧縮サブクーラ二段膨張サイクルで使用する気液分離型中間冷却器よりも冷媒充填量の削減ができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 77971 号公報 ([0034] , 図 1)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、冷却水温度が低く冷媒循環量が多い場合、膨張弁前後差圧 (= 凝縮圧力 - 蒸発圧力 - 中間冷却器圧損) が小さくなり、膨張弁開度が大きくなりすぎて制御ができないといった問題がある。

この対策として、膨張弁口径を大きくすることが考えられる。しかし、最小開度変化での流量調整量が大きくなり、膨張弁制御の精度の低下という問題が生じる。

その他の対策として、中間冷却器の積層数を増やして全体の流路断面積を大きくして圧損を小さくすることが考えられる。しかし、積層数を増やして圧損を小さくしても、副膨張弁を経由した二相冷媒を各流路に分配する際の抵抗が小さくなり、冷媒分配の偏りが生じる。これでは、中間冷却器の伝熱面積を有効に使用せず、冷凍機性能が低下してしまう。また、二相冷媒が十分にガス化されずに圧縮機の間中吸込口へ流れ込むキャリーオーバーが発生してしまう。

【0005】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、プレート式熱交換器を中間冷却器に使用した場合に生じ得る冷媒循環量の増大に対して適正に運転を行うことができる冷凍機およびその制御方法を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の冷凍機およびその制御方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明にかかる冷凍機は、冷媒を圧縮する圧縮機と、該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器とを備え、前記プレート式熱交換器は、プレートの幅が100mm以上400mm以下、該プレートの高さが300mm以上1000mm以下、該プレートの積層枚数が80枚以上とされていることを特徴とする。

10

【0007】

中間冷却器としてプレート式熱交換器を用い、積層プレートの幅が100mm以上400mm以下、該積層プレートの高さが300mm以上1000mm以下、該積層プレートの積層枚数が80枚以上とすることにより、中間冷却器の圧損を100kPa以上、好ましくは150kPa以上200kPa以下とすることができる。これにより、冷媒循環量が増大しても所定の圧損を確保できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器内で冷媒分配が適正に行われ、冷凍機性能を損なわずに運転を行うことができる。

冷媒としては、HFC-134aが好適に用いられ、HFO-1234ze(E)やHFO-1233zd(E)、HFO-1233zd(Z)を用いても良い。

20

【0008】

また、本発明の冷凍機は、冷媒を圧縮する圧縮機と、該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記主膨張弁の上流側に導くバイパス経路と、該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、該バイパス弁の開度を制御する制御部とを備えていることを特徴とする。

【0009】

制御部の指令によってバイパス弁を開き、バイパス経路を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

30

【0010】

また、本発明の冷凍機は、冷媒を圧縮する圧縮機と、該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記蒸発器の被冷却媒体入口側に導くバイパス経路と、該バイパス経路に設けられたバイパス弁と、該バイパス弁の開度を制御する制御部とを備えていることを特徴とする。

40

【0011】

制御部の指令によってバイパス弁を開き、バイパス経路を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

また、主膨張弁もバイパスさせることができるので、冷媒循環量の増大を見込んで口径が大きな膨張弁を採用する必要もなく、膨張弁の制御精度の低下を招くおそれがない。

50

さらに、バイパス経路を経て液冷媒を蒸発器の被冷却媒体（例えば冷水）入口側に導くこととした。これにより、熱交換量が大きく冷媒が蒸発してドライアウトが生じ易い領域である被冷却媒体入口側に冷媒を導くことができるので、この領域でのドライアウトを抑制して蒸発器での熱伝達率の向上を図ることができる。

【0012】

さらに、本発明の冷凍機では、前記制御部は、前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大させることを特徴とする。

【0013】

凝縮器内の圧力と蒸発器内の圧力との差が所定値以下になると、または、主膨張弁の開度が所定値以上になると、冷媒循環量が過剰になったと判断し、バイパス弁の開度を増大させる。これにより、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

【0014】

また、本発明の冷凍機の制御方法は、冷媒を圧縮する圧縮機と、該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記主膨張弁の上流側に導くバイパス経路と、該バイパス経路に設けられたバイパス弁とを備えた冷凍機の制御方法であって、前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大することを特徴とする。

【0015】

バイパス弁を開き、バイパス経路を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

【0016】

また、本発明の冷凍機の制御方法は、冷媒を圧縮する圧縮機と、該圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮する凝縮器と、該凝縮器から導かれる液冷媒と該凝縮器から導かれる一部の液冷媒を副膨張弁で膨張させた二相冷媒とを熱交換させるプレート式熱交換器とされた中間冷却器と、該中間冷却器から導かれた液冷媒を膨張させる主膨張弁と、該主膨張弁から導かれた冷媒を蒸発させる蒸発器と、前記中間冷却器をバイパスして前記凝縮器からの液冷媒を前記蒸発器の被冷却媒体入口側に導くバイパス経路と、該バイパス経路に設けられたバイパス弁とを備えた冷凍機の制御方法であって、前記凝縮器内の圧力と前記蒸発器内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、前記主膨張弁の開度が所定値以上になった場合に、前記バイパス弁の開度を増大することを特徴とする。

【0017】

バイパス弁を開き、バイパス経路を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

また、主膨張弁もバイパスさせることができるので、冷媒循環量の増大を見込んで口径が大きな膨張弁を採用する必要もなく、膨張弁の制御精度の低下を招くおそれがない。

さらに、バイパス経路を経て液冷媒を蒸発器の被冷却媒体（例えば冷水）入口側に導くこととした。これにより、熱交換量が大きく冷媒が蒸発してドライアウトが生じ易い領域である被冷却媒体入口側に冷媒を導くことができるので、この領域でのドライアウトを抑制して蒸発器での熱伝達率の向上を図ることができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

積層プレートの幅、高さ及び積層数を適正に選定することにより、冷媒循環量が増大しても所定の圧損を確保できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器内で冷媒分配が適正に行われ、冷凍機性能を損なわずに運転を行うことができる。

冷媒循環量が増大しても中間冷却器をバイパスするバイパス経路を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係るターボ冷凍機を示した概略構成図である。

10

【 図 2 】 図 1 の中間冷却器の概略構成を示した縦断面図である。

【 図 3 】 第 1 実施形態に係る中間冷却器のサーモグラフィの結果を示した図である。

【 図 4 】 参考例に係る中間冷却器のサーモグラフィの結果を示した図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 実施形態に係るターボ冷凍機を示した概略構成図である。

【 図 6 】 本発明の第 3 実施形態に係るターボ冷凍機を示した概略構成図である。

【 図 7 】 図 6 の蒸発器を概略的に示した縦断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

[第 1 実施形態]

20

以下、本発明の第 1 実施形態について説明する。

図 1 に示すように、ターボ冷凍機（冷凍機）1 は、ターボ圧縮機（圧縮機）2 と、凝縮器 3 と、中間冷却器 4 と、主膨張弁 5 と、蒸発器 7 と、制御部（図示せず）とを備えている。

【 0 0 2 1 】

ターボ圧縮機 2 は、インバータモータ 9 により駆動される遠心圧縮機であり、吸入口 2 A および吐出口 2 B の他に、図示省略の第 1 羽根車と第 2 羽根車との間に設けられる中間吸入口 2 C を備え、吸入口 2 A から吸い込んだ低圧ガス冷媒を第 1 羽根車および第 2 羽根車の回転により 2 段圧縮し、圧縮した高圧ガス冷媒を吐出口 2 B から吐き出すように構成されている。

30

冷媒としては、HFC - 134a が用いられる。ただし、HFO - 1234ze (E) や HFO - 1233zd (E)、HFO - 1233zd (Z) を用いても良い。

【 0 0 2 2 】

ターボ圧縮機 2 の吐出口 2 B から吐き出された高圧ガス冷媒は、油ミスト分離タンク 10 へと導かれて、冷媒中の油分が遠心分離される。油分が遠心分離された高圧冷却ガスは、油ミスト分離タンク 10 から凝縮器 3 へと導かれる。

【 0 0 2 3 】

凝縮器 3 は、シェルアンドチューブ式熱交換器であり、ターボ圧縮機 2 から油ミスト分離タンク 10 を経て供給される高圧ガス冷媒と冷却水回路 11 を介して循環される冷却水とを熱交換させることにより、高圧冷却ガスを凝縮液化するものである。冷却水回路 11 には、図示しない冷却塔が接続されており、この冷却塔にて冷却水が所定温度まで冷却される。なお、冷却水ポンプ 12 によって供給される冷却水の流れと高圧ガス冷媒の流れとは、対向流となるようにすることが望ましい。なお、凝縮器 3 としてプレート式熱交換器を用いても良い。

40

【 0 0 2 4 】

中間冷却器 4 は、冷凍サイクル 8 の主回路中を流れて凝縮器 3 から導かれた液冷媒と、主回路から分流されて副膨張弁 13 により減圧された二相冷媒とを熱交換させ、冷媒の蒸発潜熱により主回路中を流れる液冷媒を過冷却するプレート式熱交換器である。また、中間冷却器 4 には、液冷媒を過冷却することにより蒸発されたガス冷媒（中間圧冷媒）をターボ圧縮機 2 の中間吸入口 2 C から中間圧の圧縮冷媒中に注入するためのガス回路 14 が

50

接続されている。

【 0 0 2 5 】

中間冷却器 4 を経て過冷却された冷媒は、主膨張弁 5 を通過することにより膨張して蒸発器 7 に供給される。蒸発器 7 は、シェルアンドチューブ式熱交換器であり、主膨張弁 5 から導かれた冷媒と冷水回路 1 5 を介して循環される冷水（被冷却媒体）とを熱交換させることにより、冷媒を蒸発させ、その蒸発潜熱により冷水を冷却するものである。なお、冷水ポンプ 1 6 によって供給される冷水の流れと冷媒の流れとは、対向流となるようにすることが望ましい。なお、蒸発器 7 としてプレート式熱交換器を用いても良い。

【 0 0 2 6 】

また、冷凍サイクル 8 は、油ミスト分離タンク 1 0 によって油分が分離された高圧ガス冷媒の一部を凝縮器 3 とターボ圧縮機 2 との間からバイパスするホットガスバイパス回路 1 7 を備えている。このホットガスバイパス回路 1 7 上には、ホットガスバイパス回路 1 7 からターボ圧縮機 2 へと導かれる高圧ガス冷媒の流量を調整するホットガスバイパス弁 1 8 が設けられている。

10

【 0 0 2 7 】

冷媒、冷却水および冷水の温度や圧力を測定する測定手段として、ターボ圧縮機 2 の吸入口 2 A、吐出口 2 B、中間吸入口 2 C には、圧力計 4 1、4 2、4 3 および温度計 3 1、3 2、3 3 が設けられ、冷却水回路 1 1 の入口および出口、冷水回路 1 5 の入口および出口には、各々温度計 3 5、3 6、3 7、3 8 が設けられ、主膨張弁 5 の入口には、温度計 3 4 が設けられている。

20

【 0 0 2 8 】

ターボ冷凍機 1 の制御は、図示しない制御部によって行われる。

制御部は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムを CPU が RAM 等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ROM やその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。

30

【 0 0 2 9 】

図 2 には、中間冷却器 4 の概略構造が示されている。中間冷却器 4 は、積層プレート 4 0 を複数枚重ねることによって並列に隣り合う複数の流路を形成したプレート式熱交換器となっている。なお、同図では、流路 4 2 a、4 2 b が 6 つのみ示されているが、これはあくまでも例示であり、実際には 8 0 以上の流路となる。

凝縮器 3（図中に「CON」と表示）から導かれる液冷媒の流路 4 2 a と、凝縮器 3 から分岐されて副膨張弁 1 3 を経た後に導かれる二相冷媒の流路 4 2 b とは、交互に設けられており、また対向流となっている。

40

【 0 0 3 0 】

凝縮器 3 からの液冷媒は、図において上方から下方へと流路 4 2 a 内を流れて中間冷却器 4 を通過する。中間冷却器 4 を通過した液冷媒は、主膨張弁 5 にて絞られた後に蒸発器 7（図中に「EVA」と表示）へと導かれる。

【 0 0 3 1 】

凝縮器 3 から分岐された一部の液冷媒は、副膨張弁 1 3 にて絞られて二相冷媒とされた後に中間冷却器 4 の流路 4 2 b 内へと流れ込み、図において下方から上方へと流れる。流路 4 2 b の上流側には、所定の圧損を与えるディストリビュータ 4 4 が設けられている。ディストリビュータ 4 4 によって、各流路 4 2 b に対して均等に二相冷媒を分配するようになっている。中間冷却器 4 を通過する間に二相冷媒からガス冷媒へと変化したガス冷媒

50

は、ターボ圧縮機 2 (図中に「COMP」と表示) の中間吸込口 2 C へと流れる。

このように、凝縮器 3 から導かれて図において流路 4 2 a を上方から下方へ流れる液冷媒は、隣接する二相冷媒の蒸発潜熱によって冷却されて過冷却冷媒となり、副膨張弁 1 3 から導かれて流路 4 2 b を図において下方から上方へと流れる二相冷媒は、隣接する液冷媒から蒸発潜熱を得ることによってガス冷媒へと変化する。

【 0 0 3 2 】

積層プレート 4 0 の幅は 1 0 0 m m 以上 4 0 0 m m 以下、積層プレート 4 0 の高さは 3 0 0 m m 以上 1 0 0 0 m m 以下、積層プレート 4 0 の積層枚数が 8 0 枚以上 4 0 0 枚以下とされている。これにより、中間冷却器 4 の圧損を 1 0 0 k P a 以上、好ましくは 1 5 0 k P a 以上 2 0 0 k P a 以下とすることができ、二相冷媒の流路 4 2 b の冷媒分配不良を抑制することができる。

10

プレート式熱交換器とされた中間冷却器 4 の圧損は、積層プレート 4 0 の積層数を増減することによって調整される。具体的には、積層枚数を増やすことによって合計の流路断面積を増やし流速を落として圧損を小さくし、積層枚数を減らすことによって合計の流路断面積を減らし流速を上げて圧損を大きくする。

【 0 0 3 3 】

図 3 及び図 4 には、中間冷却器 4 における冷媒分配の状態が示されている。

図 3 は、本実施形態に係る中間冷却器 4 であり、積層枚数は 8 6 枚とされている。冷媒は H F C - 1 3 4 a を用いている。同図は、中間冷却器 4 を図 2 のように正面から見込んだ際のサーモグラフィの結果を示している。すなわち、図において左右方向が積層方向であり、下から上に向かって二相冷媒が流れ、上から下に向かって液冷媒が流れる。図 3 から、左右方向における温度差が大きいことが分かる。これは、冷媒分配が良好であることを意味する。図 3 の場合、圧損は 1 0 0 k P a 以上となっていた。

20

一方、図 4 は、参考例であり、図 3 と同様のサーモグラフィの結果であるが、積層数が 2 1 2 枚という点で相違する。同図から、左右方向 (積層方向) における温度差が大きく、冷媒分配が良好でないことが分かる。図 4 の場合、圧損は 1 0 ~ 2 0 k P a となっていた。このように、冷媒循環量の増大に応じて積層数を増やすと、中間冷却器での圧損が小さくなり冷媒分配不良が生じることが分かる。

【 0 0 3 4 】

以上により、本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

30

中間冷却器 4 としてプレート式熱交換器を用い、積層プレート 4 0 の幅が 1 0 0 m m 以上 4 0 0 m m 以下、積層プレート 4 0 の高さが 3 0 0 m m 以上 1 0 0 0 m m 以下、積層プレート 4 0 の積層枚数が 8 0 枚以上とすることにより、中間冷却器 4 の圧損を 1 0 0 k P a 以上、好ましくは 1 5 0 k P a 以上 2 0 0 k P a 以下とすることができ、これにより、冷媒循環量が増大しても所定の圧損を確保できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器 4 内で冷媒分配が適正に行われ、冷凍機性能を損なわずに運転を行うことができる。

【 0 0 3 5 】

[第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態について、図 5 を用いて説明する。

40

本実施形態は、第 1 実施形態に対してバイパス経路を備えている点で相違し、その他については同様である。したがって、同一構成については同一符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 3 6 】

図 5 に示されているように、中間冷却器 4 をバイパスして凝縮器 3 からの液冷媒を主膨張弁 5 の上流側に導くバイパス経路 5 0 が設けられている。バイパス経路 5 0 の上流端は、副膨張弁 1 3 へと分岐する分岐点 A よりも下流側に設けられている。

また、バイパス経路 5 0 には、バイパス弁 5 2 が設けられている。バイパス弁 5 2 としては、開度調整が可能な電動ボール弁が用いられる。ただし、単なる開閉を行う電磁弁としても良い。バイパス弁 5 2 の開度指令は、図示しない制御部によって行われる。制御部

50

は、凝縮器 3 内の圧力と蒸発器 7 内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、主膨張弁 5 の開度が所定値以上になった場合、冷媒循環量が過剰になったと判断し、バイパス弁 5 2 の開度を増大させる。

【 0 0 3 7 】

このように、本実施形態によれば、制御部の指令によってバイパス弁 5 2 を開き、バイパス経路 5 0 を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器 4 へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器 4 に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器 4 での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

なお、中間冷却器 4 としては、第 1 実施形態で示した構成のプレート式熱交換器を用いず、バイパス経路 5 0 に液冷媒をバイパスさせた際に中間冷却器 4 に流れ込む冷媒流量に対して所望の冷媒分配が行われるように圧損が調整された中間冷却器でもよい。

【 0 0 3 8 】

[第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 実施形態について、図 6 及び図 7 を用いて説明する。

本実施形態は、第 1 実施形態に対してバイパス経路を備えている点で相違し、その他については同様である。したがって、同一構成については同一符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 3 9 】

図 6 に示されているように、中間冷却器 4 をバイパスして凝縮器 3 からの液冷媒を蒸発器 7 の冷水（被冷却媒体）入口側に導くバイパス経路 6 0 が設けられている。バイパス経路 6 0 の上流端は、副膨張弁 1 3 へと分岐する分岐点 A よりも下流側に設けられている。

また、バイパス経路 6 0 には、バイパス弁 6 2 が設けられている。バイパス弁 6 2 としては、開度調整が可能な電動ボール弁が用いられる。ただし、単なる開閉を行う電磁弁としても良い。バイパス弁 6 2 の開度指令は、図示しない制御部によって行われる。制御部は、凝縮器 3 内の圧力と蒸発器 7 内の圧力との差が所定値以下になった場合、又は、主膨張弁 5 の開度が所定値以上になった場合、冷媒循環量が過剰になったと判断し、バイパス弁 6 2 の開度を増大させる。

【 0 0 4 0 】

図 7 には、蒸発器 7 の概略構成が示されている。蒸発器 7 は、シェルアンドチューブ式とされており、横断面が略円形とされた水平方向軸線を有する円筒形状の容器とされている。蒸発器 7 の両側部には冷水が導かれる水室が設けられており、各水室 4 5 , 4 6 の間に挟まれた空間が中間冷却器 4 から導かれた冷媒が存在する蒸発室 4 7 となっている。各水室 4 5 , 4 6 と蒸発室 4 7 との間は、管板 4 8 にて仕切られている。

【 0 0 4 1 】

各水室 4 5 , 4 6 間には多数の伝熱管 4 9 が接続されている。これら伝熱管 4 9 は、図示しないが複数の管群を構成している。伝熱管 4 9 の下方には、蒸発器 7 内に流入した二相冷媒を分配するための例えば多孔板とされた液分配構造 6 8 が設けられている。

一方の水室 4 5 から入った冷水は、各伝熱管 4 9 を通り他方の水室 4 6 にて折り返した後に、再び水室 4 5 へと戻り、外部負荷へと導かれる。したがって、この場合、一方の水室 4 5 は、冷水入口と冷水出口の部屋が仕切られていることになる。

【 0 0 4 2 】

蒸発器 7 の下方には、水平方向軸線の略中央位置に、中間冷却器 4 から主膨張弁 5 を経て導かれた冷媒を導入する冷媒配管 5 3 が接続されている。蒸発器 7 の上部には、蒸発器 7 内で蒸発した冷媒ガスをターボ圧縮機 2 の吸込口 2 A へと導く吸込配管 6 4 が接続されている。吸込配管 6 4 が接続された位置の上流側近傍には、例えば多孔板とされた気液を分離するための気液分離構造 6 6 が設けられている。蒸発器 7 の上方の端部には、ホットガスバイパス管 6 5 が接続されている。

そして、バイパス経路 6 0 は、蒸発器 7 の水平軸線方向の中央位置よりも冷水入口側（図において左側）に接続されている。これにより、バイパス弁 6 2 を経た冷媒は、蒸発器

10

20

30

40

50

7の冷水入口側の冷水を流す伝熱管49の近傍に導かれることになる。

【0043】

このように、本実施形態によれば、制御部の指令によってバイパス弁62を開き、バイパス経路60を流れる冷媒流量を増大させることで、中間冷却器4へ流れ込む液冷媒の流量を減少させることができる。これにより、冷媒循環量が大きくなった場合でも、中間冷却器4に液冷媒が過剰に流れることを抑制できるので、プレート式熱交換器とされた中間冷却器4での冷媒分配不良の発生を抑制することができる。

また、主膨張弁5もバイパスさせることができるので、冷媒循環量の増大を見込んで口径が大きな膨張弁を採用する必要もなく、膨張弁の制御精度の低下を招くおそれがない。

さらに、バイパス経路60を経て冷媒を蒸発器7の冷水入口側に導くこととしたので、熱交換量が大きく冷媒が蒸発してドライアウトが生じ易い領域である冷水入口側に冷媒を導くことができ、この領域でのドライアウトを抑制して蒸発器での熱伝達率の向上を図ることができる。

10

【0044】

なお、中間冷却器4としては、第1実施形態で示した構成のプレート式熱交換器を用いずに、バイパス経路60に液冷媒をバイパスさせた際に中間冷却器4に流れ込む冷媒流量に対して所望の冷媒分配が行われるように圧損が調整された中間冷却器でもよい。

【符号の説明】

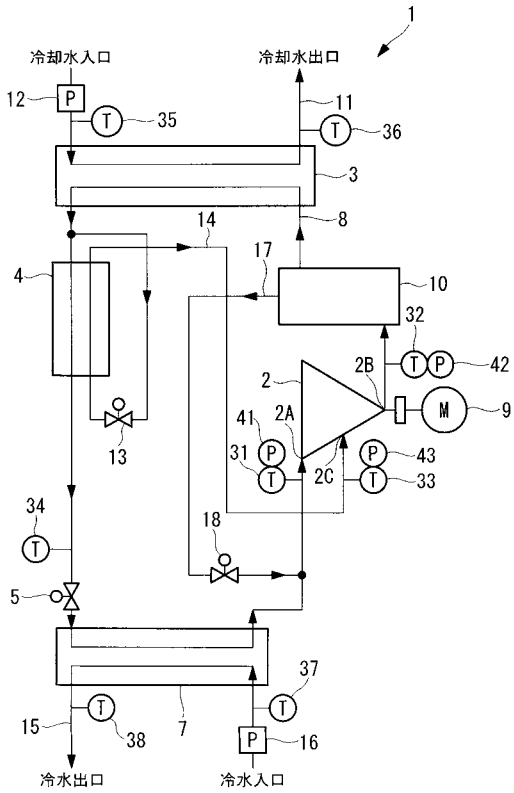
【0045】

- 1 ターボ冷凍機（冷凍機）
- 2 ターボ圧縮機（圧縮機）
- 2 A 吸入口
- 2 B 吐出口
- 2 C 中間吸込口
- 3 凝縮器
- 4 中間冷却器
- 5 主膨張弁
- 7 蒸発器
- 13 副膨張弁
- 40 積層プレート
- 50, 60 バイパス経路
- 52, 62 バイパス弁

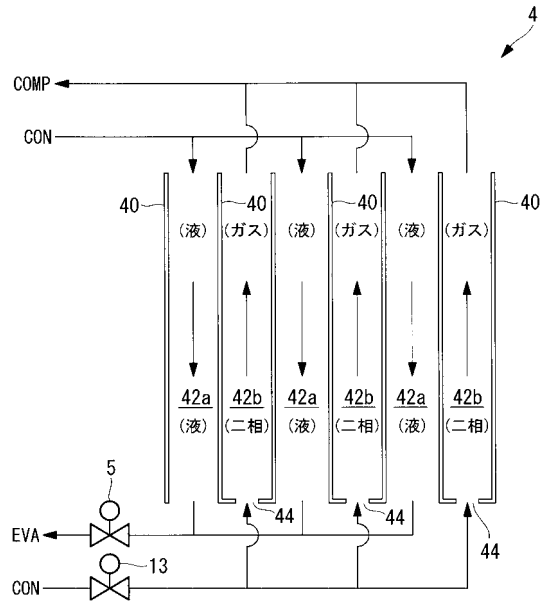
20

30

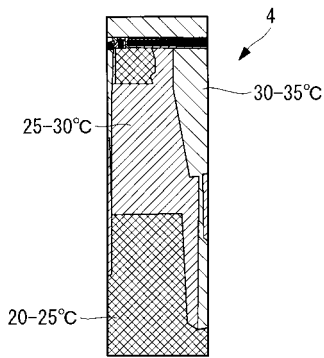
【 図 1 】



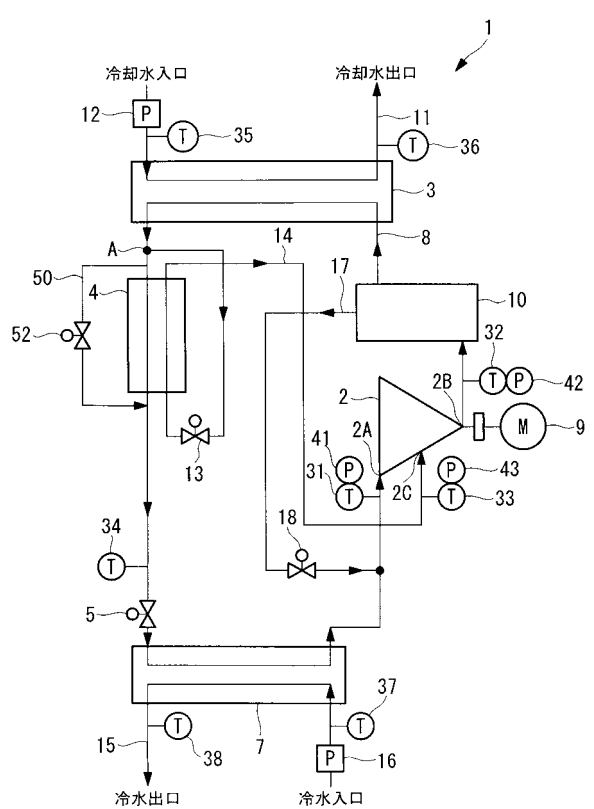
【 図 2 】



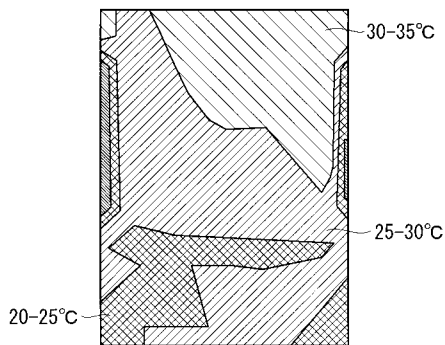
【 図 3 】



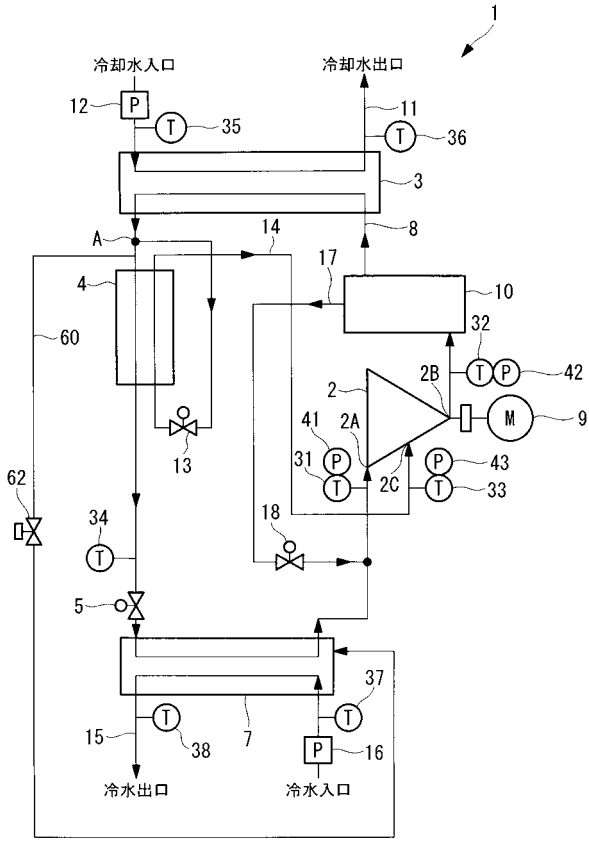
【 図 5 】



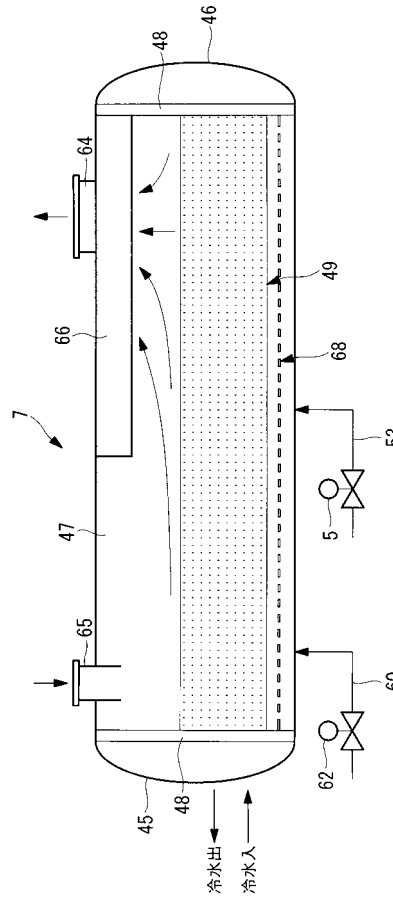
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 松倉 紀行
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 長谷川 泰士
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 宮本 潤
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内