

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028481号  
(P5028481)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 2 5 B 1/10 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/10 R
<b>F 2 5 B 1/02 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/02 Z
<b>F 2 5 B 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00 3 9 6 D
	F 2 5 B 1/00 3 3 1 E
	F 2 5 B 1/00 3 2 1 A
請求項の数 16 (全 16 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2009-513113 (P2009-513113)  
 (86) (22) 出願日 平成18年6月1日(2006.6.1)  
 (65) 公表番号 特表2009-539058 (P2009-539058A)  
 (43) 公表日 平成21年11月12日(2009.11.12)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/021123  
 (87) 国際公開番号 W02007/142619  
 (87) 国際公開日 平成19年12月13日(2007.12.13)  
 審査請求日 平成21年6月1日(2009.6.1)

(73) 特許権者 591003493  
 キャリア コーポレーション  
 CARRIER CORPORATION  
 アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, キャリア プレイス 1  
 (74) 代理人 100096459  
 弁理士 橋本 剛  
 (74) 代理人 100092613  
 弁理士 富岡 潔  
 (72) 発明者 ブッシュ, ジェームス, ダブリュー.  
 アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ワン キャリア プレイス, シー / オー キャリア コーポレーション

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷凍システム用の多段圧縮機ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷媒を循環させるように構成された冷凍システム用の多段圧縮機ユニットであって、  
 第 1 の段と第 2 の段とを有する第 1 の圧縮機サブユニットと、  
 第 1 の圧縮機サブユニットに並列しかつ第 1 の段を有する第 2 の圧縮機サブユニットと、

を備え、第 1 の圧縮機サブユニットの第 1、第 2 の段それぞれは、吸入ポートと吐出ポートとを有し、第 1 の圧縮機サブユニットは、蒸発器から冷媒の第 1 の部分を受け取って圧縮するように構成され、第 2 の圧縮機サブユニットの第 1 の段は、吸入ポートと吐出ポートとを有し、第 2 の圧縮機サブユニットは、冷媒の第 2 の部分を圧縮するように構成され、  
 圧縮された第 2 の部分は、圧縮された第 1 の部分と混合され、

第 2 の圧縮機サブユニットの第 1 の段は、第 1 のエコマイザ回路から冷媒の第 2 の部分を受け取るように構成され、

第 1 のエコマイザ回路は、冷媒を主要部分とエコマイザ部分に分岐し、エコマイザ部分で減圧された冷媒と主要部分の冷媒をエコマイザ熱交換器にて熱交換することを特徴とする、多段圧縮機ユニット。

【請求項 2】

第 1 の圧縮機サブユニットは、第 1 の段の吐出ポートと第 2 の段の吸入ポートの間に配置された中間ポートをさらに備え、この中間ポートは、第 2 のエコマイザ回路から冷媒の第 3 の部分を受け取るように構成され、第 2 のエコマイザ回路は、冷媒を主要部分と

エコノマイザ部分に分岐し、エコノマイザ部分で減圧された冷媒と主要部分の冷媒をエコノマイザ熱交換器にて熱交換することを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 3】

第 1 の圧縮機サブユニットおよび第 2 の圧縮機サブユニットは、往復動圧縮機を備えることを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 4】

冷媒は遷臨界冷媒であることを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 5】

第 1 の圧縮機サブユニットの第 1 の段と第 2 の段の間の冷媒の第 1 の部分を冷却するように構成された中間冷却器をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

10

【請求項 6】

第 2 の圧縮機サブユニットは、第 1 の圧縮機サブユニットの中間ポートへ吐出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 7】

第 2 の圧縮機サブユニットは、吸入ポートと吐出ポートとを有する第 2 の段をさらに備え、第 2 の圧縮機サブユニットの第 1 の段と第 2 の段とは直列に接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 8】

冷媒を循環させるように構成されかつ第 1 のエコノマイザ回路を有する冷凍システム用の多段圧縮機ユニットであって、

20

第 1 の段と第 2 の段とを有する第 1 の圧縮機サブユニットと、

第 1 の圧縮機サブユニットに並列する第 2 の圧縮機サブユニットと、

を備え、第 1 の圧縮機サブユニットは、蒸発器から冷媒の第 1 の部分を受け取って圧縮するように構成され、第 2 の圧縮機サブユニットは、第 1 のエコノマイザ回路からの冷媒の第 2 の部分を圧縮するように構成され、圧縮された第 2 の部分は、圧縮された第 1 の部分と混合され、

第 1 のエコノマイザ回路は、冷媒を主要部分とエコノマイザ部分に分岐し、エコノマイザ部分で減圧された冷媒と主要部分の冷媒をエコノマイザ熱交換器にて熱交換することを特徴とする、多段圧縮機ユニット。

30

【請求項 9】

第 1 の圧縮機サブユニットの第 1 の段と第 2 の段の間の冷媒の第 1 の部分を冷却するように構成された中間冷却器をさらに備えることを特徴とする請求項 8 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 10】

第 1 の圧縮機サブユニットは、第 1 の出口圧力で冷媒を吐出するように構成され、第 2 の圧縮機サブユニットは、第 2 の出口圧力で冷媒を吐出するように構成されていることを特徴とする請求項 8 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 11】

第 1 の出口圧力と第 2 の出口圧力とは実質的に等しいことを特徴とする請求項 10 記載の多段圧縮機ユニット。

40

【請求項 12】

第 1 の圧縮機サブユニットは、第 1 との段と第 2 の段の間に配置された中間ポートであって第 2 のエコノマイザ回路から冷媒の第 3 の部分を受け取るように構成された中間ポートをさらに備え、第 1 の圧縮機サブユニットの第 2 の段は、冷媒の第 1 および第 3 の部分の混合物を圧縮するように構成され、第 2 のエコノマイザ回路は、冷媒を主要部分とエコノマイザ部分に分岐し、エコノマイザ部分で減圧された冷媒と主要部分の冷媒をエコノマイザ熱交換器にて熱交換することを特徴とする請求項 8 記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 13】

第 2 の圧縮機サブユニットは一段圧縮機であることを特徴とする請求項 8 記載の多段圧

50

縮機ユニット。

【請求項 14】

第2の圧縮機サブユニットは二段圧縮機であることを特徴とする請求項8記載の多段圧縮機ユニット。

【請求項 15】

第2の圧縮機サブユニットは、第3のエコノマイザ回路から冷媒の第4の部分を受け取るように構成された中間ポートをさらに備え、第3のエコノマイザ回路は、冷媒を主要部分とエコノマイザ部分に分岐し、エコノマイザ部分で減圧された冷媒と主要部分の冷媒をエコノマイザ熱交換器にて熱交換することを特徴とする請求項14記載の多段圧縮機ユニット。

10

【請求項 16】

冷媒を循環させるように構成された冷凍システム用の多段圧縮機ユニットであって、

第1の段と、第2の段と、第1の段と第2の段の間に配置された中間ポートとを有する第1の圧縮機サブユニットと、

第1の段を有する第2の圧縮機サブユニットと、

を備え、第1の圧縮機サブユニットの第1の段は、冷媒の第1の部分を中間圧力に圧縮するように構成され、第1の圧縮機サブユニットの第2の段は、冷媒の第1の部分を第1の圧縮機サブユニットの出口圧力に圧縮するように構成され、第2の圧縮機サブユニットは、冷媒の第2の部分を第2の圧縮機サブユニットの出口圧力に圧縮するように構成され、圧縮された第2の部分は、圧縮された第1の部分と混合され、

20

第2の圧縮機サブユニットは、冷媒の第2の部分を第1の圧縮機サブユニットの中間ポートへ吐出し、第2の圧縮機サブユニットの出口圧力は、第1の圧縮機サブユニットの中間圧力に実質的に等しいことを特徴とする、多段圧縮機ユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に冷凍システムに使用される圧縮機に関する。より詳細には本発明は少なくとも1つの二段圧縮機サブユニットを含む冷凍システム用の多段圧縮機ユニットに関する。

【背景技術】

30

【0002】

通常の冷凍システムは、蒸発器、圧縮機、凝縮器、および絞り弁を含む。ヒドロフルオロカーボン（HFC）などの冷媒は一般に二相の液体 - 蒸気混合物として蒸発器に流入する。蒸発器内では冷媒への熱伝達の結果、冷媒の液体部分が液体から蒸気へと相変化する。次いで冷媒は圧縮機内で圧縮され、それによって冷媒の圧力は上昇する。次いで冷媒は凝縮器を通り、そこで冷却されながら蒸気から液体へと相変化する。最後に冷媒は絞り弁を通過しながら膨張し、その結果、圧力が減少し、液体から二相液体 - 蒸気混合物へと相変化する。

【0003】

最近二酸化炭素などの天然の冷媒が現在使用されているHFCの代替物として提案されてきているが、二酸化炭素の高い側の圧力は一般に最後には超臨界領域になり、そこでは高い圧力の冷媒が冷却される際に蒸気から液体への転移は生じない。そのため通常の一段蒸気圧縮サイクルでは、亜臨界定温凝縮過程での損失や通常の高い側の温度での超臨界二酸化炭素の比較的高い残留エンタルピーに起因して効率が悪くなる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、冷凍システムの効率を高いレベルに維持するのを促進しながら、遷臨界（transcritical）冷媒を含む任意の冷媒を利用できる冷凍システム用の圧縮機ユニットが必要とされている。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明は、冷媒を循環させるように構成された冷凍システム用の多段圧縮機ユニットである。多段圧縮機ユニットは、第1の段と第2の段とを有する第1の圧縮機サブユニットと、第1の圧縮機サブユニットに並列しかつ第1の段を有する第2の圧縮機サブユニットと、を備える。第1の圧縮機サブユニットの第1、第2の段それぞれは、吸入ポートと吐出ポートとを有する。第1の圧縮機サブユニットは、蒸発器から冷媒の第1の部分を受け取って圧縮するように構成されている。第2の圧縮機サブユニットの第1の段は、吸入ポートと吐出ポートとを有する。第2の圧縮機サブユニットは、冷媒の第2の部分の部分を圧縮するように構成されている。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0006】

【図1A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第1の代替の実施例を例示する概略図。

【図1B】図1Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

【図2A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第2の代替の実施例を例示する概略図。

【図2B】図2Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

【図3A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第3の代替の実施例を例示する概略図。

20

【図3B】図3Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

【図4A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第4の代替の実施例を例示する概略図。

【図4B】図4Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

【図5A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第5の代替の実施例を例示する概略図。

【図5B】図5Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

【図6A】冷凍システムに接続された多段圧縮機ユニットの第6の代替の実施例を例示する概略図。

【図6B】図6Aの冷凍システムのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフ。

30

## 【発明を実施するための形態】

## 【0007】

図1Aは、冷凍システム20Aに接続された多段圧縮機ユニット10Aの概略図を例示し、冷凍システム20Aは、熱除去熱交換器24、第1のエコノマイザ回路25A、主膨張弁26、蒸発器27、および検出器31を有する。第1のエコノマイザ回路25Aは、第1のエコノマイザ熱交換器28A、膨張弁30A、および検出器31Aを含む。第1のエコノマイザ熱交換器28Aは、管の中に管が配置された(tube-in-tube)並流の熱交換器として図示されているとはいえ、多段圧縮機ユニット10Aは、限定される訳ではないが管の中に管が配置された向流の熱交換器、シェルの中に管が配置された(shell-in-tube)熱交換器、フラッシュタンク、ろう付け板熱交換器などを含む他の種類のエコノマイザ熱交換器を利用する冷凍システムでも有用である。

40

## 【0008】

多段圧縮機ユニット10Aは、二段圧縮機サブユニット32および一段圧縮機サブユニット34を含む。図1に示すように、二段圧縮機サブユニット32は、往復動圧縮機であり、直列に接続されたシリンダ36A、36Bを含む。同様に一段圧縮機サブユニット34も往復動圧縮機であり、シリンダ36Cを含む。二段圧縮機サブユニット32、一段圧縮機サブユニット34は往復動圧縮機として図示されているとはいえ、限定される訳ではないがスクロール、スクリュウ、ロータリーベーン、固定ベーン、可変速、密閉型、開放駆動型の圧縮機を含む他の種類の圧縮機(さまざまな組み合わせで)を使用できる。しかしながら例示として、本発明の実施例は、圧縮シリンダで代表される多段の往復動圧縮機

50

ユニットを含むものとして説明する。

【0009】

冷凍システム20Aには、システム内のさまざまな要素を接続して2つの別々の冷媒経路が形成される。主冷媒経路が、位置1、2、3、4、5で規定されるループによって形成される。第1のエコノマイズ冷媒経路が、位置4A、5A、6A、7Aで規定されるループによって形成される。これらの経路は全て閉経路であり、これらの閉経路によって、冷凍システム20Aを通る冷媒の連続した流れが可能になることは言うまでもない。

【0010】

主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット32から吐出ポート39を通過して高い圧力およびエンタルピーで流出した後（位置3）、熱除去熱交換器24内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器24から流出する（位置4A）。次いで冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aに流入する前に、2つの流れ経路40A、42Aに分かれる。主経路は、経路40Aに沿って継続し第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通る（位置4）。経路40A内の冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過しながら、第1のエコノマイズ経路の経路42A内の冷媒によって冷却される。

【0011】

次いで経路40Aからの冷媒は主膨張弁26において絞られる。主膨張弁26は、エコノマイザ膨張弁30Aと共に、熱膨張弁（thermal expansion valve）（TXV）または電子式膨張弁（electronic expansion valve）（EXV）が好ましい。冷媒は、主膨張弁26内の膨張過程を経た後（位置5）、二相液体 - 蒸気混合物であり、蒸発器27へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後（位置1）、吸入ポート37を通過して二段圧縮機サブユニット32へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット32の第1の段であるシリンダ36A内で圧縮され、次いで吐出ポート50から排出される（位置2）。冷媒は、圧縮の第2の段の後、吐出ポート39を通して吐出される（位置3）。

【0012】

第1のエコノマイズ経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器24から低いエンタルピーおよび高い圧力で流出し（位置4A）、2つの流れ経路40A、42Aに分かれた後、第1のエコノマイズ経路は、経路42Aに沿って継続する。経路42Aにおいて冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過する前に、エコノマイザ膨張弁30Aによってより低い圧力に絞られる（位置5A）。経路42Aから第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過した（位置6A）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路46Aに沿って流され、一段圧縮機サブユニット34内で圧縮するために一段圧縮機サブユニット34の吸入ポート52に送り込まれる。冷媒は、一段圧縮機サブユニット34内で圧縮された後、吐出ポート54を通して排出され（位置7A）、そこで二段圧縮機サブユニット32から吐出された冷媒と混合される。

【0013】

冷凍システム20Aはまた蒸発器27と多段圧縮機ユニット10Aの間で主冷媒経路に沿って配置された検出器31を含む。一般に検出器31は、膨張弁26と共に作動して蒸発器27から流出する冷媒の温度と蒸発器27内の冷媒の圧力を検出し、温度と圧力の組み合わせをある特定の範囲内に維持する。好ましい実施例では、膨張弁26は電子式膨張弁であり、検出器31は熱電対やサーミスタなどの温度変換器である。別の実施例では、膨張弁26は機械式熱膨張弁であり、検出器31は冷凍システム20Aを流れる冷媒とは別の冷媒で満たされた圧力容器内で末端が終了する小さな管を含む。蒸発器27からの冷媒が多段圧縮機ユニット10Aに向かって流れる途中で検出器31を通過して流れる際に、圧力容器は加熱されるか冷却されるので圧力容器内の圧力が変化する。圧力容器内の圧力が変化するにつれて検出器31は膨張弁26で生じる圧力降下を変更する信号を膨張弁26に送る。同様に電子式膨張弁の場合、検出器31は冷媒の流れを調節するように同様に応答する電気信号を膨張弁26に送る。例えば蒸発器27から来る戻りガスが熱過ぎる場合、検出器31は加熱されて膨張弁26に弁の開度を大きくする信号を送り、単位時間

10

20

30

40

50

当たり蒸発器 27 を流れる冷媒を増やすことで蒸発器 27 から流出する冷媒の温度を下げる。

【0014】

エコマイザ回路 25 もまた検出器 31 と同様に作動する検出器 31A を含む。しかしながら代わりに検出器 31A はエコマイザ戻り経路 46A に沿った温度を検出し、膨張弁 30A と共に作動して膨張弁 30A 内の圧力降下を制御する。先に述べた検出器以外の検出器を検出器 31、31A に置き換えることができることにも留意すべきである。

【0015】

膨張弁 26、30A を制御することで、冷却の要求を満たし最適な効率を達成するように冷凍システム 20A の作動を調節できる。膨張弁 26、30A に付随する圧力降下を調節するだけでなく、冷凍システム 20A の最適効率を達成するのを促進するようにシリンダ 36A、36B、36C の押しのけ量もまた調節できる。

【0016】

図 1B は、図 1A の冷凍システム 20A のエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。蒸気ドーム V は、飽和液体線と飽和蒸気線によって形成され、冷凍サイクルに沿ったさまざまな位置での冷媒の状態を規定する。蒸気ドーム V の下では全ての状態は同時に共存する液体と蒸気両方を含む。蒸気ドーム V の最上部は臨界点である。臨界点は飽和液体と飽和蒸気が共存する最も高い圧力で定義される。一般に圧縮された液体は蒸気ドーム V の左側に位置し、過熱蒸気は蒸気ドーム V の右側に位置する。

【0017】

再度図 1B では、主冷媒経路は位置 1、2、3、4、5 で規定されるループであり、第 1 のエコマイズ経路は位置 4A、5A、6A、7A で規定されるループである。主経路のサイクルは位置 1 で開始し、そこでは冷媒は多段圧縮機ユニット 10A に流入する前で低い圧力および高いエンタルピーにある。二段圧縮機サブユニット 32 のシリンダ 36A 内での圧縮の第 1 の段の後には、エンタルピーおよび圧力両方とも位置 2 に示されるように増加する。シリンダ 36B 内での圧縮の第 2 の段の後には、冷媒は位置 3 に示されるように高い圧力およびさらに高いエンタルピーで多段圧縮機ユニット 10A から流出する。次いで冷媒が熱除去熱交換器 24 を通過するにつれて圧力は一定のままエンタルピーが減少する。冷媒は、第 1 のエコマイザ熱交換器 28A に流入する前に、位置 4A に示されるように主要部分と第 1 のエコマイズ部分とに分かれる。次いで主要部分は主膨張弁 26 において絞られ、位置 5 に示されるように圧力が低下する。最後に冷媒の主要部分は位置 1 に示されるようにより高いエンタルピーで蒸発し蒸発器 27 から流出する。

【0018】

先に述べたように、第 1 のエコマイズ部分は位置 4A によって示されるように主要部分から分かれる。第 1 のエコマイズ部分は位置 5A に示されるように膨張弁 30A においてより低い圧力に絞られる。次いで冷媒の第 1 のエコマイズ部分は、第 1 のエコマイザ熱交換器 28A において冷媒の主要部分と熱交換して位置 4 によって示されるように主要部分を冷却し、位置 6A によって示されるように温度が上昇する。次いで第 1 のエコマイズ部分は一段圧縮機サブユニット 34 内で圧縮され、位置 7A に示されるように二段圧縮機サブユニット 32 から吐出された冷媒の主要部分と混合される。

【0019】

図 1B に示すように、多段圧縮機ユニット 10A のシリンダ 36A、36B、36C は冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ 36A は主冷媒経路から冷媒を受け取って位置 2 によって示されるように中間圧力へと圧縮する。次いでシリンダ 36B は冷媒を受け取って中間圧力から位置 3 によって示されるように出口圧力へと圧縮する。同様にシリンダ 36C は第 1 のエコマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置 7A によって示されるように出口圧力へと圧縮する。図 1B に示すように、シリンダ 36C の出口圧力はシリンダ 36B の出口圧力に実質的に等しい。冷凍システム 20A においてこれらの出口圧力は熱除去熱交換器 24 が必要とする入口圧力によって決定される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 0 】

図 2 A は、冷凍システム 2 0 B に接続された多段圧縮機ユニット 1 0 B の概略図を例示する。多段圧縮機ユニット 1 0 B は多段圧縮機 1 0 A と同様である。しかしながら以下により詳細に説明するように二段圧縮機サブユニット 3 2 はさらに、圧縮の第 2 の段の前に主冷媒経路内の冷媒を冷却するためにエコノマイザ回路から冷媒を受け取るように構成された中間ポート 4 8 を含む。冷凍システム 2 0 B は、冷凍システム 2 0 A と同様であるが、さらに第 2 のエコノマイザ回路 2 5 B を含む。第 2 のエコノマイザ回路 2 5 B は、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B、膨張弁 3 0 B、および検出器 3 1 B を含む。

## 【 0 0 2 1 】

冷凍システム 2 0 B には、システム内のさまざまな要素を接続して 3 つの別々の冷媒経路が形成される。主冷媒経路が、位置 1、2、3、4、5、6 で規定されるループによって形成される。第 1 のエコノマイズ冷媒経路が、位置 5 A、6 A、7 A、3、4 で規定されるループによって形成される。最後に第 2 のエコノマイズ冷媒経路が、位置 5 B、6 B、7 B、8 B で規定されるループによって形成される。

## 【 0 0 2 2 】

主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット 3 2 から吐出ポート 3 9 を通って高い圧力およびエンタルピーで流出した後（位置 4）、熱除去熱交換器 2 4 内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器 2 4 から流出する（位置 5 A）。次いで冷媒は、第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A に流入する前に、2 つの流れ経路 4 0 A、4 2 A に分かれる。主経路は、経路 4 0 A、4 0 B に沿って継続しそれぞれ第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A（位置 5 B）、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B（位置 5）を通る。経路 4 0 A 内の冷媒は、第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過しながら、第 1 のエコノマイズ経路の経路 4 2 A 内の冷媒によって冷却される。同様に経路 4 0 B 内の冷媒は、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過しながら、第 2 のエコノマイズ経路の経路 4 2 B 内の冷媒によって冷却される。

## 【 0 0 2 3 】

次いで経路 4 0 B からの冷媒は主膨張弁 2 6 において絞られる。冷媒は、主膨張弁 2 6 内の膨張過程を経た後（位置 6）、二相液体 - 蒸気混合物であり、蒸発器 2 7 へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後（位置 1）、吸入ポート 3 7 を通って二段圧縮機サブユニット 3 2 へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット 3 2 の第 1 の段であるシリンダ 3 6 A 内で圧縮され、次いで吐出ポート 5 0 から排出され（位置 2）、そこで中間ポート 4 8 に送り込まれるエコノマイザ戻り経路 4 6 A からのより低い温度の冷媒と混合される（位置 3）。このようにエコノマイザ戻り経路 4 6 A からの冷媒はシリンダ 3 6 B 内の圧縮の第 2 の段の前にシリンダ 3 6 A から吐出された冷媒を冷却するように機能する。冷媒は、圧縮の第 2 の段の後、吐出ポート 3 9 を通して吐出される（位置 4）。

## 【 0 0 2 4 】

第 1 のエコノマイズ経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器 2 4 から低いエンタルピーおよび高い圧力で流出し（位置 5 A）、2 つの流れ経路 4 0 A、4 2 A に分かれた後、第 1 のエコノマイズ経路は、経路 4 2 A に沿って継続する。経路 4 2 A において冷媒は、第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 A によってより低い圧力に絞られる（位置 6 A）。経路 4 2 A から第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過した（位置 7 A）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 A に沿って流され、二段圧縮機サブユニット 3 2 の中間ポート 4 8 に送り込まれ、そこで主経路を流れる冷媒と混合されてシリンダ 3 6 B 内の圧縮の第 2 の段の前に冷媒を冷却する（位置 3）。

## 【 0 0 2 5 】

第 2 のエコノマイズ経路に関連して、経路 4 0 A 内の冷媒は、より高い圧力の第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A 内で冷却された後（位置 5 B）、2 つの流れ経路 4 0 B、4 2 B に分かれる。第 2 のエコノマイズ経路は、流れ経路 4 2 B に沿って継続し、そこで冷媒は、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 B によってより低い圧力に絞られる（位置 6 B）。経路 4 2 B から第 2 のエコノマイザ熱交換器 2

10

20

30

40

50

8 Bを通過した(位置7 B)冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路4 6 Bに沿って流され、一段圧縮機サブユニット3 4内で圧縮するために一段圧縮機サブユニット3 4の吸入ポート5 2に送り込まれる。冷媒は、一段圧縮機サブユニット3 4内で圧縮された後、吐出ポート5 4を通して排出され(位置8 B)、そこで二段圧縮機サブユニット3 2から吐出された冷媒と混合される。

【0026】

図2 Bは、図2 Aの冷凍システム2 0 Bのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。図2 Bに示すように、主冷媒経路は位置1、2、3、4、5、6で規定されるループであり、第1のエコノマイズ経路は位置5 A、6 A、7 A、3、4で規定されるループであり、第2のエコノマイズ経路は位置5 B、6 B、7 B、8 Bで規定されるループである。

10

【0027】

図2 Bに示すように、多段圧縮機ユニット1 0 Bのシリンダ3 6 A、3 6 B、3 6 Cは冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ3 6 Aは主冷媒経路から冷媒を受け取って位置2によって示されるように中間圧力へと圧縮する。次いでシリンダ3 6 Bは主冷媒経路と第1のエコノマイズ経路から冷媒を受け取って中間圧力から位置4によって示されるように出口圧力へと圧縮する。同様にシリンダ3 6 Cは第2のエコノマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置8 Bによって示されるように出口圧力へと圧縮する。図2 Bに示すように、シリンダ3 6 Cの出口圧力はシリンダ3 6 Bの出口圧力に実質的に等しい。

20

【0028】

図3 Aは、冷凍システム2 0 Cに接続された多段圧縮機ユニット1 0 Cの概略図を例示する。多段圧縮機ユニット1 0 Cは多段圧縮機1 0 Bと同様である。しかしながら以下により詳細に説明するように一段圧縮機サブユニット3 4は、図2 Aの多段圧縮機ユニット1 0 Bに示されるように熱除去熱交換器2 4内へと吐出される代わりに第1のエコノマイザ戻り経路4 6 A内へと吐出されるように構成される。

【0029】

冷凍システム2 0 Cには、システム内のさまざまな要素を接続して3つの別々の冷媒経路が形成される。主冷媒経路が、位置1、2、3、4、5、6で規定されるループによって形成される。第1のエコノマイズ冷媒経路が、位置5 A、6 A、7 A、3、4で規定されるループによって形成される。最後に第2のエコノマイズ冷媒経路が、位置5 B、6 B、7 B、8 B、3、4で規定されるループによって形成される。

30

【0030】

主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット3 2から吐出ポート3 9を通過して高い圧力およびエンタルピーで流出した後(位置4)、熱除去熱交換器2 4内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器2 4から流出する(位置5 A)。次いで冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器2 8 Aに流入する前に、2つの流れ経路4 0 A、4 2 Aに分かれる。主経路は、経路4 0 A、4 0 Bに沿って継続しそれぞれ第1のエコノマイザ熱交換器2 8 A(位置5 B)、第2のエコノマイザ熱交換器2 8 B(位置5)を通る。経路4 0 A内の冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器2 8 Aを通過しながら、第1のエコノマイズ経路の経路4 2 A内の冷媒によって冷却される。同様に経路4 0 B内の冷媒は、第2のエコノマイザ熱交換器2 8 Bを通過しながら、第2のエコノマイズ経路の経路4 2 B内の冷媒によって冷却される。

40

【0031】

次いで経路4 0 Bからの冷媒は主膨張弁2 6において絞られる。冷媒は、主膨張弁2 6内の膨張過程を経た後(位置6)、二相液体-蒸気混合物であり、蒸発器2 7へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後(位置1)、吸入ポート3 7を通過して二段圧縮機サブユニット3 2へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット3 2の第1の段であるシリンダ3 6 A内で圧縮され、次いで吐出ポート5 0から排出され(位置2)、そこで中間ポート4 8に送り込まれるエコノマイザ戻り経路4 6 Aからのより低い温度の冷媒と混合さ

50

れる（位置 3）。このようにエコノマイザ戻り経路 4 6 A からの冷媒はシリンダ 3 6 B 内の圧縮の第 2 の段の前にシリンダ 3 6 A から吐出された冷媒を冷却するように機能する。冷媒は、圧縮の第 2 の段の後、吐出ポート 3 9 を通して吐出される（位置 4）。

【 0 0 3 2 】

第 1 のエコノマイズ経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器 2 4 から低いエンタルピーおよび高い圧力で流出し（位置 5 A）、2 つの流れ経路 4 0 A、4 2 A に分かれた後、第 1 のエコノマイズ経路は、経路 4 2 A に沿って継続する。経路 4 2 A において冷媒は、第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 A によってより低い圧力に絞られる（位置 6 A）。経路 4 2 A から第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過した（位置 7 A）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 A に沿って流され、二段圧縮機サブユニット 3 2 の中間ポート 4 8 に送り込まれ、そこで主経路を流れる冷媒と混合されてシリンダ 3 6 B 内の圧縮の第 2 の段の前に冷媒を冷却する（位置 3）。

10

【 0 0 3 3 】

第 2 のエコノマイズ経路に関連して、経路 4 0 A 内の冷媒は、より高い圧力の第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A 内で冷却された後（位置 5 B）、2 つの流れ経路 4 0 B、4 2 B に分かれる。第 2 のエコノマイズ経路は、流れ経路 4 2 B に沿って継続し、そこで冷媒は、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 B によってより低い圧力に絞られる（位置 6 B）。経路 4 2 B から第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過した（位置 7 B）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 B に沿って流され、一段圧縮機サブユニット 3 4 内で圧縮するために一段圧縮機サブユニット 3 4 の吸入ポート 5 2 に送り込まれる。冷媒は、一段圧縮機サブユニット 3 4 内で圧縮された後、吐出ポート 5 4 を通して排出され、そこで二段圧縮機サブユニット 3 2 の中間ポート 4 8 に送り込まれる（位置 3）前にエコノマイザ戻り経路 4 6 A 内の冷媒と混合される（位置 8 B）。

20

【 0 0 3 4 】

図 3 B は、図 3 A の冷凍システム 2 0 C のエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。図 3 B に示すように、主冷媒経路は位置 1、2、3、4、5、6 で規定されるループであり、第 1 のエコノマイズ経路は位置 5 A、6 A、7 A、3、4 で規定されるループであり、第 2 のエコノマイズ経路は位置 5 B、6 B、7 B、8 B、3、4 で規定されるループである。

30

【 0 0 3 5 】

図 3 B に示すように、多段圧縮機ユニット 1 0 C のシリンダ 3 6 A、3 6 B、3 6 C は冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ 3 6 A は主冷媒経路から冷媒を受け取って位置 2 によって示されるように中間圧力へと圧縮する。同様にシリンダ 3 6 C は第 2 のエコノマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置 8 B によって示されるように出口圧力へと圧縮する。次いでシリンダ 3 6 B は主冷媒経路、第 1 のエコノマイズ経路および第 2 のエコノマイズ経路から冷媒を受け取って位置 4 によって示されるように出口圧力へと圧縮する。図 3 B に示すように、シリンダ 3 6 C の出口圧力はシリンダ 3 6 A の中間圧力に実質的に等しい。

40

【 0 0 3 6 】

図 4 A は、冷凍システム 2 0 D に接続された多段圧縮機ユニット 1 0 D の概略図を例示する。多段圧縮機ユニット 1 0 D は多段圧縮機ユニット 1 0 A と同様である。しかしながら多段圧縮機ユニット 1 0 D はさらに、シリンダ 3 6 D を有する一段圧縮機サブユニット 3 5 を含む。冷凍システム 2 0 D は、中間ポート 4 8 が中間冷却器 4 9 に置き換えられているのを除いて冷凍システム 2 0 C と同様であり、中間冷却器 4 9 は、二段圧縮機サブユニット 3 2 内の圧縮の第 1 と第 2 の段の間で冷媒の主要部分を冷却するように構成される。

【 0 0 3 7 】

冷凍システム 2 0 D には、システム内のさまざまな要素を接続して 3 つの別々の冷媒経路が形成される。主冷媒経路が、位置 1、2、3、4、5、6 で規定されるループによ

50

て形成される。第1のエコノマイズ冷媒経路が、位置5A、6A、7A、8Aで規定されるループによって形成される。最後に第2のエコノマイズ冷媒経路が、位置5B、6B、7B、8Bで規定されるループによって形成される。

【0038】

主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット32から吐出ポート39を通過して高い圧力およびエンタルピーで流出した後(位置4)、熱除去熱交換器24内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器24から流出する(位置5A)。次いで冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aに流入する前に、2つの流れ経路40A、42Aに分かれる。主経路は、経路40A、40Bに沿って継続しそれぞれ第1のエコノマイザ熱交換器28A(位置5B)、第2のエコノマイザ熱交換器28B(位置5)を通る。経路40A内の冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過しながら、第1のエコノマイズ経路の経路42A内の冷媒によって冷却される。同様に経路40B内の冷媒は、第2のエコノマイザ熱交換器28Bを通過しながら、第2のエコノマイズ経路の経路42B内の冷媒によって冷却される。

10

【0039】

次いで経路40Bからの冷媒は主膨張弁26において絞られる。冷媒は、主膨張弁26内の膨張過程を経た後(位置6)、二相液体-蒸気混合物であり、蒸発器27へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後(位置1)、吸入ポート37を通過して二段圧縮機サブユニット32へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット32の第1の段であるシリンダ36A内で圧縮され、次いで吐出ポート50から排出され(位置2)、そこでシリンダ36B内の圧縮の第2の段の前に中間冷却器49を通過する。中間冷却器49はシリンダ36B内の圧縮の第2の段の前にシリンダ36Aから吐出された冷媒を冷却するように構成される。冷媒は、圧縮の第2の段の後、吐出ポート39を通して吐出される(位置4)。

20

【0040】

第1のエコノマイズ経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器24から低いエンタルピーおよび高い圧力で流出し(位置5A)、2つの流れ経路40A、42Aに分かれた後、第1のエコノマイズ経路は、経路42Aに沿って継続する。経路42Aにおいて冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過する前に、エコノマイザ膨張弁30Aによってより低い圧力に絞られる(位置6A)。経路42Aから第1のエコノマイザ熱交換器28Aを通過した(位置7A)冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路46Aに沿って流され、一段圧縮機サブユニット34内で圧縮するために一段圧縮機サブユニット34の吸入ポート52に送り込まれる。冷媒は、一段圧縮機サブユニット34内で圧縮された後、吐出ポート54を通して排出され(位置8A)、そこで二段圧縮機サブユニット32および一段圧縮機サブユニット35から吐出された冷媒と混合される。

30

【0041】

第2のエコノマイズ経路に関連して、経路40A内の冷媒は、より高い圧力の第1のエコノマイザ熱交換器28A内で冷却された後(位置5B)、2つの流れ経路40B、42Bに分かれる。第2のエコノマイズ経路は、流れ経路42Bに沿って継続し、そこで冷媒は、第2のエコノマイザ熱交換器28Bを通過する前に、エコノマイザ膨張弁30Bによってより低い圧力に絞られる(位置6B)。経路42Bから第2のエコノマイザ熱交換器28Bを通過した(位置7B)冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路46Bに沿って流され、一段圧縮機サブユニット35内で圧縮するために一段圧縮機サブユニット35の吸入ポート56に送り込まれる。冷媒は、一段圧縮機サブユニット35内で圧縮された後、吐出ポート58を通して排出され(位置8B)、そこで二段圧縮機サブユニット32および一段圧縮機サブユニット34から吐出された冷媒と混合される。

40

【0042】

図4Bは、図4Aの冷凍システム20Dのエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。図4Bに示すように、主冷媒経路は位置1、2、3、4、5、6で規定されるループであり、第1のエコノマイズ経路は位置5A、6A、7A、8Aで規定されるループ

50

であり、第2のエコノマイズ経路は位置5 B、6 B、7 B、8 Bで規定されるループである。

【0043】

図4 Bに示すように、多段圧縮機ユニット10 Dのシリンダ36 A、36 B、36 C、36 Dは冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ36 Aは主冷媒経路から冷媒を受け取って位置2によって示されるように中間圧力へと圧縮する。シリンダ36 Bは主冷媒経路から中間冷却器49内で冷却された後の冷媒を受け取って中間圧力から位置4によって示されるように出口圧力へと圧縮する。シリンダ36 Cは第1のエコノマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置8 Aによって示されるように出口圧力へと圧縮する。同様にシリンダ36 Dは第2のエコノマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置8 Bによって示されるように出口圧力へと圧縮する。図4 Bに示すように、シリンダ36 C、36 Dの出口圧力はシリンダ36 Bの出口圧力に実質的に等しい。

10

【0044】

図5 Aは、冷凍システム20 Eに接続された多段圧縮機ユニット10 Eの概略図を例示する。多段圧縮機ユニット10 Eは、二段圧縮機サブユニット32のほかにさらに二段圧縮機サブユニット70を含む。二段圧縮機サブユニット70は直列に接続されたシリンダ36 E、36 Fを含む。冷凍システム20 Eは、システムに第3のエコノマイザ回路25 Cが追加されていることを除いて冷凍システム20 Dと同様である。

【0045】

冷凍システム20 Eには、システム内のさまざまな要素を接続して4つの別々の冷媒経路が形成される。主冷媒経路が、位置1、2、3、4、5、6で規定されるループによって形成される。第1のエコノマイズ冷媒経路が、位置5 A、6 A、7 A、3、4で規定されるループによって形成される。第2のエコノマイズ冷媒経路が、位置5 B、6 B、7 B、9、10で規定されるループによって形成される。最後に第3のエコノマイズ冷媒経路が、位置5 C、6 C、7 C、8 C、9、10で規定されるループによって形成される。

20

【0046】

主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット32から吐出ポート39を通過して高い圧力およびエンタルピーで流出した後(位置4)、熱除去熱交換器24内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器24から流出する(位置5 A)。次いで冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28 Aに流入する前に、2つの流れ経路40 A、42 Aに分かれる。主経路は、経路40 A、40 B、40 Cに沿って継続しそれぞれ第1のエコノマイザ熱交換器28 A(位置5 B)、第2のエコノマイザ熱交換器28 B(位置5 C)、第3のエコノマイザ熱交換器28 C(位置5)を通過する。経路40 A内の冷媒は、第1のエコノマイザ熱交換器28 Aを通過しながら、第1のエコノマイズ経路の経路42 A内の冷媒によって冷却される。経路40 B内の冷媒は、第2のエコノマイザ熱交換器28 Bを通過しながら、第2のエコノマイズ経路の経路42 B内の冷媒によって冷却される。最後に経路40 C内の冷媒は、第3のエコノマイザ熱交換器28 Cを通過しながら、第3のエコノマイズ経路の経路42 C内の冷媒によって冷却される。

30

【0047】

次いで経路40 Cからの冷媒は主膨張弁26において絞られる。冷媒は、主膨張弁26内の膨張過程を経た後(位置6)、二相液体-蒸気混合物であり、蒸発器27へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後(位置1)、吸入ポート37を通過して二段圧縮機サブユニット32へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット32の第1の段であるシリンダ36 A内で圧縮され、次いで吐出ポート50から排出され(位置2)、そこで中間ポート48に送り込まれるエコノマイザ戻り経路46 Aからのより低い温度の冷媒と混合される(位置3)。このようにエコノマイザ戻り経路46 Aからの冷媒はシリンダ36 B内の圧縮の第2の段の前にシリンダ36 Aから吐出された冷媒を冷却するように機能する。冷媒は、圧縮の第2の段の後、吐出ポート39を通して吐出される(位置4)。

40

【0048】

第1のエコノマイズ経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器24から低いエンタルピー

50

ーおよび高い圧力で流出し（位置 5 A）、2つの流れ経路 4 0 A、4 2 A に分かれた後、第 1 のエコノマイズ経路は、経路 4 2 A に沿って継続する。経路 4 2 A において冷媒は、第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 A によってより低い圧力に絞られる（位置 6 A）。経路 4 2 A から第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A を通過した（位置 7 A）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 A に沿って流され、二段圧縮機サブユニット 3 2 の中間ポート 4 8 に送り込まれ、そこで主経路を流れる冷媒と混合されてシリンダ 3 6 B 内の圧縮の第 2 の段の前に冷媒を冷却する（位置 3）。

【 0 0 4 9 】

第 2 のエコノマイズ経路に関連して、経路 4 0 A 内の冷媒は、より高い圧力の第 1 のエコノマイザ熱交換器 2 8 A 内で冷却された後（位置 5 B）、2つの流れ経路 4 0 B、4 2 B に分かれる。第 2 のエコノマイズ経路は、流れ経路 4 2 B に沿って継続し、そこで冷媒は、第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 B によってより低い圧力に絞られる（位置 6 B）。経路 4 2 B から第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B を通過した（位置 7 B）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 B に沿って流され、二段圧縮機サブユニット 7 0 の中間ポート 7 2 に送り込まれ、そこで吐出ポート 7 4 から流出する冷媒と混合されてシリンダ 3 6 F 内の圧縮の第 2 の段の前に冷媒を冷却する（位置 9）。

【 0 0 5 0 】

第 3 のエコノマイズ経路に関連して、経路 4 0 B 内の冷媒は、より高い圧力の第 2 のエコノマイザ熱交換器 2 8 B 内で冷却された後（位置 5 C）、2つの流れ経路 4 0 C、4 2 C に分かれる。第 3 のエコノマイズ経路は、流れ経路 4 2 C に沿って継続し、そこで冷媒は、第 3 のエコノマイザ熱交換器 2 8 C を通過する前に、エコノマイザ膨張弁 3 0 C によってより低い圧力に絞られる（位置 6 C）。経路 4 2 C から第 3 のエコノマイザ熱交換器 2 8 C を通過した（位置 7 C）冷媒は次いでエコノマイザ戻り経路 4 6 C に沿って流され、二段圧縮機サブユニット 7 0 の吸入ポート 7 6 に送り込まれる。冷媒は、シリンダ 3 6 E 内の圧縮の第 1 の段の後で（位置 8 C）圧縮の第 2 の段の前に、エコノマイザ戻り経路 4 6 B からの中間ポート 7 2 に送り込まれた冷媒によって冷却される。冷媒は、シリンダ 3 6 F 内の圧縮の第 2 の段の後、吐出ポート 7 8 を通して吐出され（位置 1 0）、そこで二段圧縮機サブユニット 3 2 から吐出された圧縮された冷媒と混合される。

【 0 0 5 1 】

図 5 B は、図 5 A の冷凍システム 2 0 E のエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。図 5 B に示すように、主冷媒経路は位置 1、2、3、4、5、6 で規定されるループであり、第 1 のエコノマイズ経路は位置 5 A、6 A、7 A、3、4 で規定されるループであり、第 2 のエコノマイズ経路は位置 5 B、6 B、7 B、9、1 0 で規定されるループであり、第 3 のエコノマイズ経路は位置 5 C、6 C、7 C、8 C、9、1 0 で規定されるループである。

【 0 0 5 2 】

図 5 B に示すように、多段圧縮機ユニット 1 0 E のシリンダ 3 6 A、3 6 B、3 6 E、3 6 F は冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ 3 6 A は主冷媒経路から冷媒を受け取って位置 2 によって示されるように中間圧力へと圧縮する。次いでシリンダ 3 6 B は主冷媒経路と第 1 のエコノマイズ経路から冷媒を受け取って中間圧力から位置 4 によって示されるように出口圧力へと圧縮する。同様にシリンダ 3 6 E は第 3 のエコノマイズ冷媒経路から冷媒を受け取って位置 8 C によって示されるように中間圧力へと圧縮する。次いでシリンダ 3 6 F は第 2 および第 3 のエコノマイズ経路から冷媒を受け取って中間圧力から位置 1 0 によって示されるように出口圧力へと圧縮する。図 5 B に示すように、シリンダ 3 6 B の出口圧力はシリンダ 3 6 F の出口圧力に実質的に等しい。

【 0 0 5 3 】

上述し図示した多段圧縮機ユニットの各実施例は 1 つまたは複数のエコノマイザ回路を含む冷凍システムに接続されていたが、本発明の多段圧縮機ユニットはエコノマイザ回路

10

20

30

40

50

を含まない冷凍システムにも使用できる。図 6 A は、冷凍システム 20 F に接続された多段圧縮機ユニット 10 F の概略図を例示し、冷凍システム 20 F は、熱除去熱交換器 24、第 1 の膨張弁 26、第 1 の蒸発器 27、第 1 の検出器 31、第 2 の膨張弁 126、第 2 の蒸発器 127、および第 2 の検出器 131 を含む。多段圧縮機ユニット 10 F は、二段圧縮機サブユニット 32 および一段圧縮機サブユニット 34 を含む。二段圧縮機サブユニット 32 は直列に接続されたシリンダ 36 A、36 B を含み、一段圧縮機サブユニット 34 はシリンダ 36 C を含む。

【0054】

冷凍システム 20 F には、システム内のさまざまな要素を接続して 2 つの別々の冷媒経路が形成される。第 1 の主冷媒経路が、位置 1、2、3、4、5 で規定されるループによって形成される。第 2 の主冷媒経路が、位置 4、5 A、6 A、7 A で規定されるループによって形成される。

10

【0055】

第 1 の主冷媒経路に関連して、冷媒は二段圧縮機サブユニット 32 から吐出ポート 39 を通って高い圧力およびエンタルピーで流出した後（位置 3）、熱除去熱交換器 24 内で熱を失い、低いエンタルピーおよび高い圧力で熱除去熱交換器 24 から流出する（位置 4）。主経路内の冷媒は次いで第 1 の膨張弁 26 において絞られる。冷媒は、第 1 の主膨張弁 26 内の膨張過程を経た後（位置 5）、二相液体 - 蒸気混合物であり、第 1 の蒸発器 27 へと向かう。冷媒は、液体の残りが蒸発した後（位置 1）、吸入ポート 37 を通って二段圧縮機サブユニット 32 へと流入する。冷媒は、二段圧縮機サブユニット 32 の第 1 の段であるシリンダ 36 A 内で圧縮され、次いで吐出ポート 50 から排出される（位置 2）。冷媒は、シリンダ 36 B 内の圧縮の第 2 の段の後、吐出ポート 39 を通して吐出される（位置 3）。

20

【0056】

第 2 の主冷媒経路に関連して、冷媒は、熱除去熱交換器 24 から流出した後、第 2 の膨張弁 126 において絞られる。冷媒は、第 2 の主膨張弁 126 内の膨張過程を経た後（位置 5 A）、二相液体 - 蒸気混合物であり、第 2 の蒸発器 127 へと向かう。冷媒は、第 2 の蒸発器 127 内で蒸発した後（位置 6 A）、吸入ポート 52 を通って一段圧縮機サブユニット 34 へと流入する。冷媒は、シリンダ 36 C 内で圧縮され、次いで吐出ポート 54 から排出され（位置 7 A）、そこで二段圧縮機サブユニット 32 の吐出ポート 39 を通して吐出された冷媒と混合される。

30

【0057】

図 6 B は、図 6 A の冷凍システム 20 F のエンタルピーを圧力に関連付けるグラフを例示する。図 6 B に示すように、第 1 の主冷媒経路は位置 1、2、3、4、5 で規定されるループであり、第 2 の主冷媒経路は位置 4、5 A、6 A、7 A で規定されるループである。

【0058】

図 6 B に示すように、多段圧縮機ユニット 10 F のシリンダ 36 A、36 B、36 C は冷媒を受け取ってさまざまな圧力へと圧縮するように構成される。特にシリンダ 36 A は第 1 の主冷媒経路から冷媒を受け取って位置 2 によって示されるように中間圧力へと圧縮する。次いでシリンダ 36 B は冷媒を受け取って中間圧力から位置 3 によって示されるように出口圧力へと圧縮する。同様にシリンダ 36 C は第 2 の主冷媒経路から冷媒を受け取って位置 7 A によって示されるように出口圧力へと圧縮する。図 6 B に示すように、シリンダ 36 C の出口圧力はシリンダ 36 B の出口圧力に実質的に等しい。

40

【0059】

多段圧縮機ユニットの代替の実施例は、2 ~ 3 の範囲の数の圧縮機サブユニットを含むように説明してきたが、4 以上の圧縮機サブユニットを有する多段圧縮機ユニットも本発明の意図する範囲内に含まれることは言うまでもない。さらに多段圧縮機ユニットの実施例はもっぱら一段および二段圧縮機サブユニットを含むように説明したが、三段以上の圧縮機サブユニットも本発明の意図する範囲内に含まれる。従って一段および二段圧縮機サ

50

ブユニットを図示したのは単なる例示のためであり、限定のためではない。また上述した以外のさまざまな組み合わせで接続された圧縮機サブユニットを含む代替の実施例も意図している。

【0060】

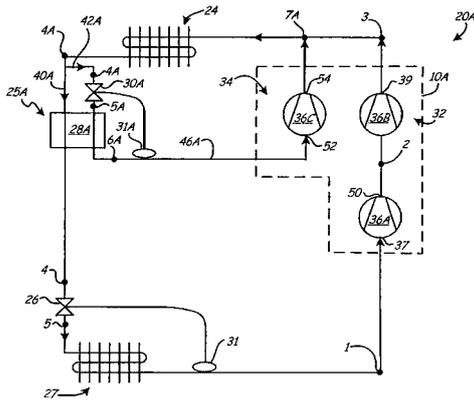
本発明の多段圧縮機ユニットは任意の種類冷媒を使用する冷凍システムにおいてシステム効率を向上させるのに有用であるが、二酸化炭素などの遷臨界冷媒を利用する冷凍システムにおいて特に有用である。二酸化炭素はこのように臨界温度が低い冷媒なので、二酸化炭素を用いる冷凍システムは一般に遷臨界で作動する。さらに二酸化炭素はこのように高い圧力の冷媒なので、回路の高圧部と低圧部の間に多段の圧力段階を設けて複数のエコマイザや複数の圧縮機シリンダを備え、それぞれがシステムの効率向上に寄与するよう

10

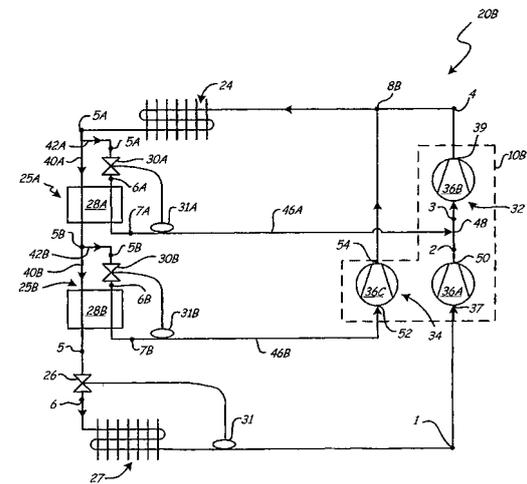
【0061】

本発明は好ましい実施例を参照して説明してきたが、当業者は本発明の趣旨および範囲から逸脱せずに形態や詳細に変更を加えることができることを理解するであろう。

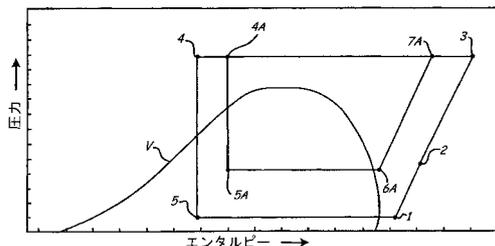
【図1A】



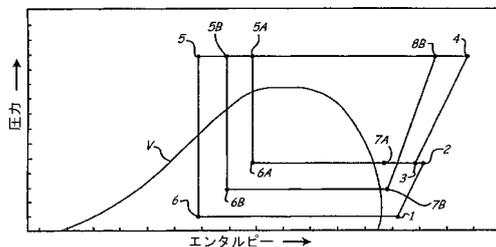
【図2A】



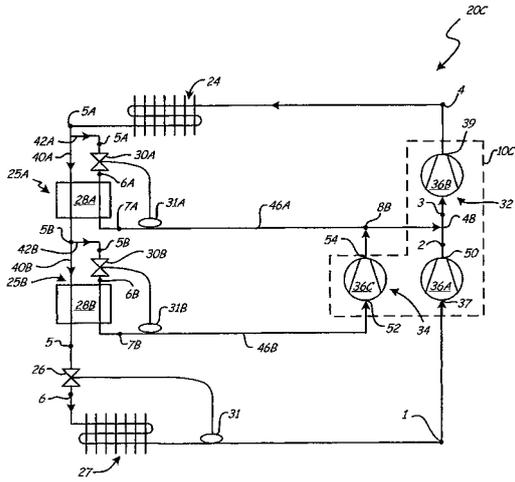
【図1B】



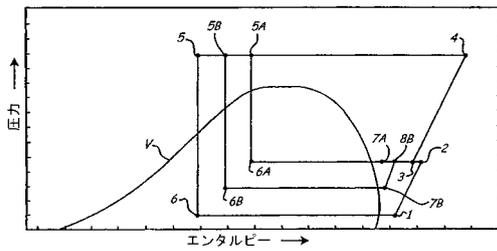
【図2B】



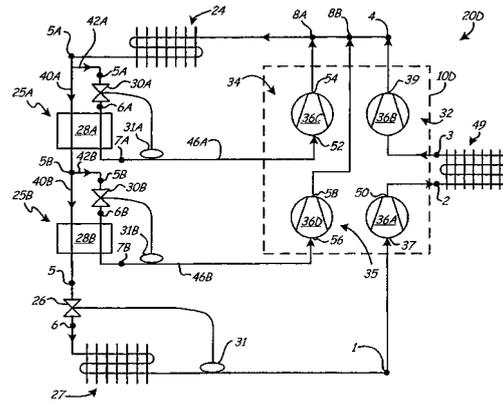
【図3A】



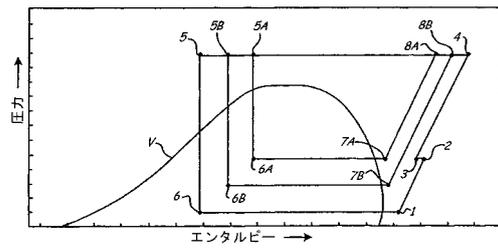
【図3B】



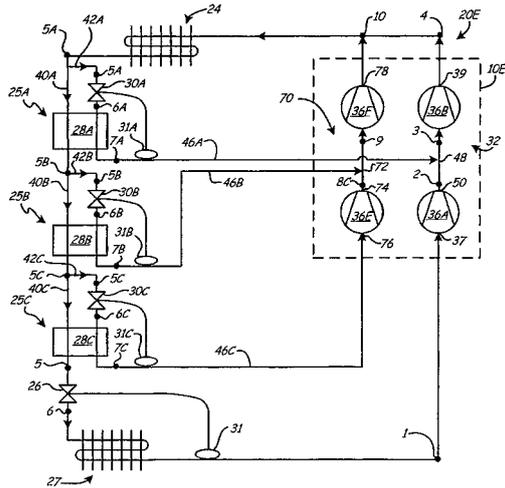
【図4A】



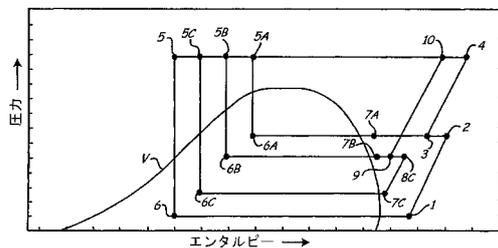
【図4B】



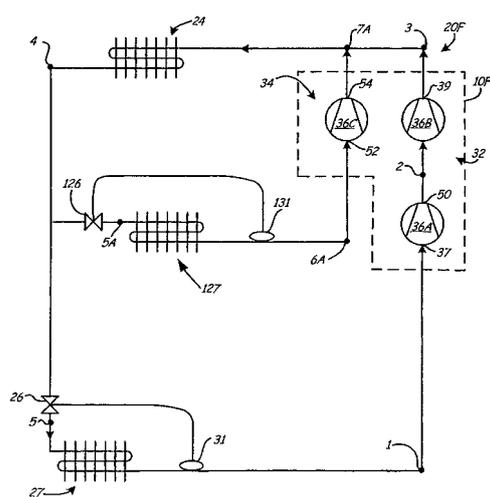
【図5A】



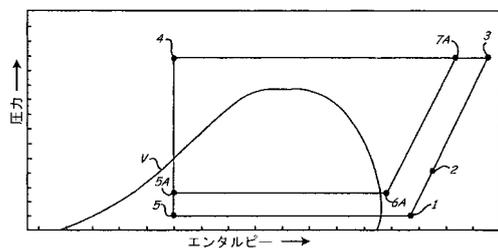
【図5B】



【図6A】



【図6B】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 2 5 B 1/00 3 3 1 F

(72)発明者 ビーグル, ウェイン, ピー.  
アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ワン キャリア プレイス, シー/オー キャ  
リア コーポレイション

(72)発明者 ミトラ, ビスワジット  
アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ワン キャリア プレイス, シー/オー キャ  
リア コーポレイション

審査官 マキロイ 寛済

(56)参考文献 特開平 1 1 - 3 3 7 1 9 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 2 9 4 0 5 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 1 6 9 5 7 ( J P , A )  
特開昭 5 9 - 5 6 6 7 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 3 2 9 4 1 6 ( J P , A )  
特開昭 6 0 - 2 2 6 6 6 9 ( J P , A )  
特開昭 5 9 - 1 7 0 6 5 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

F25B 1/10

F25B 1/00

F25B 1/02