

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5782065号  
(P5782065)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月24日(2015.7.24)

(51) Int.Cl.	F 1
F 25B 9/10 (2006.01)	F 25B 9/10 Z
F 25B 9/06 (2006.01)	F 25B 9/06 J
F 25B 9/00 (2006.01)	F 25B 9/00 301

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2013-97143 (P2013-97143)  
 (22) 出願日 平成25年5月2日 (2013.5.2)  
 (65) 公開番号 特開2014-219125 (P2014-219125A)  
 (43) 公開日 平成26年11月20日 (2014.11.20)  
 審査請求日 平成27年3月9日 (2015.3.9)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000148357  
 株式会社前川製作所  
 東京都江東区牡丹3丁目14番15号  
 (74) 代理人 110000785  
 誠真IP特許業務法人  
 (72) 発明者 仲村 直子  
 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内  
 (72) 発明者 小松 峻介  
 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内  
 (72) 発明者 植田 翔太  
 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】冷凍システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、前記圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、前記冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、前記冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムであって、

前記コンプレッサ及び前記膨張タービンのうち少なくともコンプレッサは、前記循環経路に対して並列に複数設けられているとともに、前記並列に接続された夫々のコンプレッサにより圧縮された冷媒を冷却する熱交換器が共有されて設けられていることを特徴とする冷凍システム。

## 【請求項 2】

前記循環経路に対して並列に複数設けられた前記コンプレッサ及び前記膨張タービンは、それぞれ切換弁を介して前記循環経路に対して接続可能に構成されていることを特徴とする請求項1に記載の冷凍システム。

## 【請求項 3】

前記膨張タービンは前記冷却部と共に外部から断熱されたコールドボックス内に収納されており、

前記コンプレッサは、前記コールドボックスとは別の圧縮機ユニットに収納されており、

前記圧縮機ユニットは、前記コールドボックスに比べて前記冷却対象から離れた位置に

配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の冷凍システム。

**【請求項 4】**

前記圧縮機ユニットは、切換弁を介して前記コールドボックスに対して並列に複数設けられていることを特徴とする請求項 3 に記載の冷凍システム。

**【請求項 5】**

冷却対象側に配置され、比較的低温な冷熱が流れる膨張タービン、冷却部、冷熱回収熱交換器を含み、外部と断熱可能なコールドボックスと、コンプレッサ、熱交換器を含み比較的高温な冷媒が流れる圧縮機ユニットとは、コールドボックスと別体として構成され、前記コールドボックス及び前記圧縮機ユニットは、前記冷却対象に対して並列にそれぞれ複数設けられていることを特徴とする請求項 3 に記載の冷凍システム。 10

**【請求項 6】**

前記コンプレッサは、前記循環経路上に直列に設けられた第 1 のコンプレッサ、第 2 のコンプレッサ、及び、第 3 のコンプレッサを含んでおり、

前記第 1 のコンプレッサは前記第 2 のコンプレッサと共に第 1 の電動機の出力軸上に連結されており、

前記第 3 のコンプレッサは前記膨張タービンと共に第 2 の電動機の出力軸上に連結されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の冷凍システム。

**【請求項 7】**

冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、前記圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、前記冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、前記冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムであって、 20

前記コンプレッサ及び前記膨張タービンからなる回転機ユニットを、前記循環経路に対して並列に複数設け、

前記並列に複数配置された回転機ユニットのうち少なくとも 1 の回転機が異常の場合に一の回転機ユニットから他の回転ユニットに運転を運転切り換え部を具えるとともに、前記並列に配置された回転機ユニットの夫々のコンプレッサで圧縮された冷媒を冷却する熱交換器を、前記ユニット間で共有して使用されるように設けたことを特徴とする冷凍システム。 30

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムの技術分野に関する。 40

**【背景技術】**

**【0002】**

コンプレッサや膨張タービンを用いた冷凍サイクルによって冷媒を冷却することによって、対象物を冷却する冷凍システムが広く知られている。この種の冷凍システムでは、例えば特許文献 1 や特許文献 2 のように、複数のコンプレッサや膨張タービンを冷媒が流れる循環経路上で直列的に設けることによって、多段階に亘って圧縮・膨張して冷却能力を向上させるものが知られている。 40

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0003】**

**【特許文献 1】特開 2003 - 148824 号公報**

**【特許文献 2】特開平 9 - 329034 号公報**

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

10

20

30

40

50

**【0004】**

冷却対象による熱負荷が大きい場合、より大きな冷凍能力を得るために冷凍システムの大型化が必要となる。このような場合、一般的に、蓄冷器方式の冷凍機は大型化が困難であるため、ブレイトンサイクルのような向流型熱交換器方式の冷凍機が用いられる。例えば超電導機器は極低温状態を維持するために大型の冷凍システムを必要とする。具体的に言えば、超電導機器を船舶用の超電導モータや、市街地に電力輸送用に敷設される超電導ケーブルに応用するには、大規模な冷凍システムの設置スペースが必要となってしまうため、普及の妨げとなっている。

**【0005】**

また超電導機器に用いられる冷凍システムでは安定的な運用が求められるため、例えば故障発生時のように冷凍システムに異常が生じた場合であっても動作が継続できるように、従来、同等の冷凍システムをバックアップ用として併設することで、信頼性を確保する必要があった。このような場合、冷凍システムの全体サイズが更に大型化してしまうという問題があった。

**【0006】**

本発明は上述の問題点に鑑みなされたものであり、優れた信頼性を確保しながら、限られた配置スペースに効率的に敷設可能な冷凍システムを提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

本発明に係る冷凍機システムは上記課題を解決するために、冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、前記圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、前記冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、前記冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムであって、

前記コンプレッサ及び前記膨張タービンのうち少なくともコンプレッサは、前記循環経路に対して並列に複数設けられているとともに、前記並列に接続された夫々のコンプレッサにより圧縮された冷媒を冷却する熱交換器が共有されて設けられていることを特徴とする。

又本発明は、冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、前記圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、前記冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、前記冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムであって、

前記コンプレッサ及び前記膨張タービンからなる回転機ユニットを、前記循環経路に対して並列に複数設け、

前記並列に複数配置された回転機ユニットの内少なくとも1の回転機が異常の場合に一の回転機ユニットから他の回転ユニットに運転を運転切り換え部を具えるとともに、前記並列に配置された回転機ユニットの夫々のコンプレッサで圧縮された冷媒を冷却する熱交換器を、前記ユニット間で共有して使用されるように設けたことを特徴とする。

**【0008】**

本発明によれば、冷却サイクルを構成する回転機であるコンプレッサ又は膨張タービンを、冷媒が流れる循環経路に対して並列に複数設けることによって、仮に一方の回転機に異常（例えば故障など）が発生した場合であっても、他の回転機をバックアップ用として機能させることができるので、運転を継続することができる。一般的に冷凍システムでは回転機は他の構成要素に比べて異常が発生するリスクが高い傾向にある。そのため、本発明では、異常発生リスクの高い回転機についてのみバックアップを用意することにより、システム全体のサイズアップを抑えつつ、信頼性を高めることができる。

**【0009】**

本発明の一態様では、前記循環経路に対して並列に複数設けられた前記コンプレッサ又は前記膨張タービンは、それぞれ切換弁を介して前記循環経路に対して接続可能に構成されている。

この態様によれば、コンプレッサ又は前記膨張タービンのような回転機に異常が発生し

10

20

30

40

50

た場合には、切換弁を開閉することによって、バックアップ用の回転機に切り換え、運転を継続することができる。

#### 【0010】

本発明の他の態様では、前記膨張タービンは前記冷却部と共に外部から断熱されたコールドボックス内に収納されており、前記コンプレッサは、前記コールドボックスとは別の圧縮機ユニットに収納されており、前記圧縮機ユニットは、前記コールドボックスに比べて前記冷却対象から離れた位置に配置されている。

この態様によれば、冷熱を発生させる膨張タービンを冷却部と共に、外部から断熱されたコールドボックス内に配置することで、熱損失を抑制し、冷却効率を向上できる。一方、コンプレッサでは冷媒が比較的高温になるため、コールドボックスとは別の圧縮機ユニットに収納される。特に、圧縮機ユニットをコールドボックスに比べて冷却対象から離れた位置に配置することによって、冷凍能力を確保しながら、冷却対象周辺の少ない敷設スペースにも設置可能な冷凍システムを実現できる。10

#### 【0011】

この場合、前記圧縮機ユニットは、切換バルブを介して前記コールドボックスに対して並列に複数設けられていてもよい。

この態様によれば、複数の圧縮機ユニットを切換バルブで選択可能に構成することにより、正常動作時に使用している圧縮機ユニットに異常が発生した場合であっても、他の圧縮機ユニットに切り換えることによって、運転を継続し、安定的な運用が可能となる。

#### 【0012】

また、前記コールドボックス及び前記圧縮機ユニットは、前記冷却対象に対してそれぞれ複数設けられていてもよい。

この態様によれば、コールドボックスと圧縮機ユニットと共に、冷却対象に対してそれぞれ複数設けられることで、より信頼性の高いシステムを構築することができる。

#### 【0013】

本発明の他の態様では、前記コンプレッサは、前記循環経路上に直列に設けられた第1のコンプレッサ、第2のコンプレッサ、及び、第3のコンプレッサを含んでおり、前記第1のコンプレッサは前記第2のコンプレッサと共に第1の電動機の出力軸上に連結されており、前記第3のコンプレッサは前記膨張タービンと共に第2の電動機の出力軸上に連結されている。20

この態様によれば、コンプレッサを循環経路上に直列に複数設けることによって多段圧縮が可能に構成されている。特に第1のコンプレッサは第2のコンプレッサと共に第1の電動機の出力軸上に連結されることにより、コンプレッサ毎に動力源を設ける場合に比べて構成をシンプル化できる。第3のコンプレッサもまた、膨張タービンと共に第2の電動機の出力軸上に連結されることにより構成をシンプル化できることに加えて、膨張タービンで発生した動力が第3のコンプレッサの圧縮動力に寄与することによって、効率化を図ることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明によれば、冷却サイクルを構成する回転機であるコンプレッサ又は膨張タービンを、冷媒が流れる循環経路に対して並列に複数設けることによって、仮に一方の回転機に異常（例えば故障など）が発生した場合であっても、他の回転機をバックアップ用として機能させることができるので、運転を継続することができる。一般的に冷凍システムでは回転機は他の構成要素に比べて異常が発生するリスクが高い傾向にある。そのため、本発明では、異常発生リスクの高い回転機についてのみバックアップを用意することにより、システム全体のサイズアップを抑えつつ、信頼性を高めることができる。40

又本発明は、前記熱交換器は第1のユニットとバックアップ用ユニットとの間で共有されている。これは、熱交換器はコンプレッサのような回転機でないため異常発生リスクが低く、ユニット間で共有することによって省スペースを図ることが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【0015】

【図1】図1は本実施例に係る冷凍システムの全体構成を示す模式図である。

【図2】図1に示す冷凍システムにおける切換弁の操作例を示したものである。

【図3】第1変形例に係る冷凍システムの全体構成を示す模式図である。

【図4】図3において破線で囲んだ領域の詳細を示す図である。

【図5】第2変形例に係る冷凍システムの全体構成を示す模式図である。

【図6】関連技術に係る冷凍システムの全体構成を示す模式図である。

【図7】冷凍システムが採用するブレイトンサイクルのT-S線図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0016】

10

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を例示的に詳しく説明する。但し、この実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に特定的な記載がない限りはこの発明の範囲をそれのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例に過ぎない。

## 【0017】

(関連技術)

20

まず、本発明に係る実施例を説明する前に、本発明に至る背景となった関連技術について、図6及び図7を参照して説明する。図6は、関連技術に係る冷凍システム100'の全体構成を示す模式図である。図7は冷凍システム100'が採用するブレイトンサイクルのT-S線図であり、縦軸が温度T[K]を示し、横軸がエントロピーS[KJ/kgK]を示している。尚、図7(b)は、図7(a)の破線で囲んだ領域を拡大して示したものである。

## 【0018】

冷凍システム100'は、冷媒が流れる循環経路101上に、冷媒を圧縮するコンプレッサ102と、圧縮された冷媒を冷却水と熱交換することにより冷却する熱交換器103と、冷却後の冷媒を膨張する膨張タービン104と、冷媒と冷却対象との熱交換を行う熱交換器からなる冷却部105と、冷媒の冷熱を回収するための冷熱回収熱交換器106が順に設けられており、定常循環流れの冷凍サイクルによる向流型熱交換器方式のブレイトンサイクルが形成されている。

## 【0019】

30

冷凍システム100'は、極低温状態で超電導体を利用した超電導機器(不図示)を冷却対象としている。超電導機器では極低温状態を維持するために、その内部に冷媒として液体窒素を循環しており、図6では当該液体窒素が循環する循環経路150のみが示されている。循環経路150は、冷却部105において冷凍システム100'の循環経路101を流れる冷媒と熱交換可能に構成されている。これにより、超電導機器の熱負荷によって昇温された循環経路150を流れる液体窒素が、冷凍システム100'によって冷却された循環経路101を流れる冷媒と熱交換することによって、冷却されるようになっている。

尚、冷凍システム100'の循環経路101には冷媒としてネオンなどを用いているが、これに限られるものではなく、冷却温度などに応じて適宜、ガスの種類を変更することができるのを言うまでもない。

40

## 【0020】

冷凍システム100'は、循環経路101上に複数のコンプレッサ102a、102b、102cと熱交換器103a、103b、103cを備える。熱交換器103a、103b、103cは、コンプレッサ102a、102b、102cの下流側にそれぞれ設けられ、断熱圧縮によって昇温した冷媒を、冷却水との間で熱交換することにより冷却できるようになっている。

## 【0021】

循環経路101を流れる冷媒は、まず最上流側にあるコンプレッサ102aによって断熱圧縮されて温度が上昇した後(図7(b)の符号151に相当)、下流側に設けられた

50

熱交換器 103a において冷却水と熱交換することにより冷却される（図 7（b）の符号 152 に相当）。その後、冷媒は再びコンプレッサ 102b によって断熱圧縮されて温度が上昇した後（図 7（b）の符号 153 に相当）、下流側に設けられた熱交換器 103b において冷却水と熱交換することにより冷却される（図 7（b）の符号 154 に相当）。そして更に、冷媒は再度、コンプレッサ 102c によって断熱圧縮されて温度が上昇した後（図 7b の符号 155 に相当）、下流側に設けられた熱交換器 103c において冷却水と熱交換することにより冷却される（図 7（b）の符号 156 に相当）。

#### 【0022】

このように冷凍システム 100' では、複数段に亘ってコンプレッサ 102 による断熱圧縮と、熱交換器 103 による冷却とを繰り返すことによって効率向上が図られている。  
すなわち、断熱圧縮と冷却との繰り返しを複数段に亘って行うことで、ブレイトンサイクルの圧縮工程を理想的な等温圧縮に近づけている。この段数は多い程、等温圧縮に近似することになるが、段数が増えることによる圧縮比の選択、装置構成の複雑化、運用の簡易性などを考慮して段数を決定するとよい。

10

#### 【0023】

熱交換器 103c を通った冷媒は、冷熱回収熱交換器 106 によって更に温度が冷却された後（図 7（a）の符号 157 に相当）、膨張タービン 104 によって断熱膨張され、冷熱を生成する（図 7（a）の符号 158 に相当）。

尚、図 6 の例では、単一の膨張タービン 104 を有する冷凍システム 100' を示しているが、コンプレッサ 102 と同様に、循環経路 101 に対して直列に複数の膨張タービンが設けられていてもよい。

20

#### 【0024】

膨張タービン 104 から排出された冷媒は、冷却部 105 において、冷却対象である超電導機器内の循環経路 150 を流れる液体窒素と熱交換され、熱負荷によって温度が上昇する（図 7（a）の符号 159 に相当）。

#### 【0025】

冷却部 105 で昇温された冷媒は、冷熱回収熱交換器 106 に導入され、上述の熱交換器 103c を通った高温の圧縮冷媒と熱交換することにより、残った冷熱を回収する。これにより、冷却対象を冷却した後に冷媒に残っている冷熱を用いて、膨張タービン 104 に導入される冷媒の温度を低下させることができるので、冷却効率の向上が図られている。  
。

30

#### 【0026】

このように冷凍システム 100' では、コンプレッサ 102 や膨張タービン 104 のような複数の回転機を用いてブレイトンサイクルが構成されている。

上流側の 2 つのコンプレッサ 102a 及び 102b は、共通の動力源である電動機 107a の出力軸 108a の両端にそれぞれ連結されることによって第 1 のユニット 109a を構成することによって、部品填数を削減し、少ない設置スペースに敷設可能に構成されている。下流側のコンプレッサ 102c 及び膨張タービン 104 もまた、共通の動力源である電動機 107b の出力軸 108b の両端にそれぞれ連結されることによって第 2 のユニット 109b を構成することによって、部品填数を削減し、少ない設置スペースに敷設可能に構成されているが、これに加えて、膨張タービン 104 で発生した動力がコンプレッサ 102c の圧縮動力に寄与することによって、効率化が図られている。

40

#### 【0027】

尚、共通の電動機の出力軸 108 上に連結されたコンプレッサ 102 又は膨張タービン 104 は、それぞれ不図示の架台上に載せてユニット化してもよい。

#### 【0028】

このような冷凍システム 100' では、冷却対象の熱負荷が大きくなると大型化が必要となり、広大な敷設スペースを要してしまうことが問題となる。また冷凍システム 100' の安定的な運用を行う場合、故障発生時のように不測の事態に陥った際にも運転が継続できるように、同等のバックアップ用の冷凍システムを用意して信頼性を確保することが

50

考えられるが、このような手法では、システム全体のサイズが非常に大規模なものとなってしまう（単純に1つのバックアップシステムを導入すると、設置スペースも倍になってしまう）。

このような問題は、以下に説明する冷凍システムによって解決することができる。

#### 【0029】

##### （実施例）

図1は本実施例に係る冷凍システム100の全体構成を示す模式図である。尚、図1では上述の関連技術と共に通する箇所には同じ符号を付すこととし、重複する説明は適宜省略するものとする。

尚、図1では超電導機器が冷却対象160として示されており、該冷却対象160を冷却するための循環経路150上には液体窒素を循環させるためのポンプ170が示されている。

#### 【0030】

冷凍システム100は、上述の冷凍システム100'に基本的には同じブレイトンサイクルに基づいて冷却を行うことができるが、コンプレッサ102又は膨張タービン104のような回転機の少なくとも一つが、循環経路101に対して並列に複数設けられている点で異なっている。

#### 【0031】

具体的に説明すると、共通の電動機107aの出力軸108aの両端にコンプレッサ102a及び102bが設けられた第1のユニット109aについて、共通の電動機117aの出力軸118aの両端にコンプレッサ112a及び112bが設けられたバックアップ用ユニット119aが、循環経路101に対して並列に設けられている。第1のユニット109aとバックアップ用ユニット119aとは、切換弁V1、V2の切換で選択可能であり、正常時に使用される第1のユニット109aに異常が発生した際にバックアップ用ユニット119aが選択されるように操作される。

#### 【0032】

尚、熱交換器103aは第1のユニット109aとバックアップ用ユニット119aとの間で共有されている。これは、熱交換器103aはコンプレッサ102a、102bのような回転機でないため異常発生リスクが低く、ユニット間で共有することによって省スペースを図っているからである。

熱交換器103aは、その下流側に第1のユニット109aとバックアップ用ユニット119aとの間にそれぞれ切換弁V3、V4が設けられており、使用されるユニットに応じて切り換えられるようになっている。

#### 【0033】

また、共通の電動機107bの出力軸108bの両端にコンプレッサ102c及び膨張タービン104が設けられた第2のユニット109bについて、共通の電動機117bの出力軸118bの両端にコンプレッサ112c及び114が設けられたバックアップ用ユニット119bが、循環経路101に対して並列に設けられている。第2のユニット109bとバックアップ用ユニット119bとは、切換弁V5、V6の切換で選択可能であり、正常時に使用される第2のユニット109bに異常が発生した際にバックアップ用ユニット119bが選択されるように操作される。

#### 【0034】

尚、熱交換器103bは第2のユニット109bとバックアップ用ユニット119bとの間で共有されている。これは、熱交換器103bはコンプレッサ102cや膨張タービン104のような回転機でないため異常発生リスクが低く、ユニット間で共有することによって省スペースを図っているからである。

熱交換器103c、冷熱回収熱交換器106は、その下流側に第2のユニット109bとバックアップ用ユニット119bとの間にそれぞれ切換弁V7、弁8が設けられており、使用されるユニットに応じて切り換えられるようになっている。

#### 【0035】

10

20

30

40

50

図2は図1に示す冷凍システム100における切換弁V1～V8の操作例を示したものである。

まず図2の上段は、冷凍システム100が正常に動作している場合（通常運転時）における切換弁V1～V8の状態を示している。このとき、第1のユニット109a側では、切換弁V1を開くことによって第1のユニット109a側に冷媒を導くと共に、V2を閉じることによってバックアップ用ユニット119a側への冷媒が遮断される。このとき、切換弁V3を開くと共に切換弁V4を閉じることによって、コンプレッサ102aで圧縮された冷媒が熱交換器103aを介して、下流側にあるコンプレッサ102bに導かれる。

#### 【0036】

10

一方、第2のユニット109b側では、切換弁V5を開くことによって第2のユニット109b側に冷媒を導くと共に、V6を閉じることによってバックアップ用ユニット119b側への冷媒が遮断される。このとき、切換弁V7を開くと共に切換弁V8を閉じることによって、コンプレッサ102cで圧縮された冷媒が熱交換器103c、冷熱回収熱交換器106を介して、下流側にある膨張タービン104に導かれる。

#### 【0037】

続いて図2の下段は、冷凍システム100の正常作動時に使用される第1のユニット109aを構成するコンプレッサ102a又は102bにおいて異常が発生した場合における切換弁V1～V8の状態を示している。このとき、第1のユニット109a側では、切換弁V1を閉じることによって異常が発生した第1のユニット109a側への冷媒が遮断されると共に、V2を開くことによってバックアップ用ユニット119a側に冷媒が導かれる。このとき、切換弁V3を閉じると共に切換弁V4を開くことによって、コンプレッサ112aで圧縮された冷媒が熱交換器103aを介して、下流側にあるコンプレッサ112bに導かれる。

20

#### 【0038】

一方、第2のユニット109b側では、コンプレッサ102c及び膨張タービン104が正常に動作しているので、切換弁V5～V8の開閉状態は上段と変わらない。尚、第2のユニット109b側でもコンプレッサ102c及び膨張タービン104に異常が生じた場合には、同様の考え方によって切換弁V5～V8が操作される（具体的に言えば、第2のユニット109bへの冷媒供給が遮断されるように切換弁V5が閉じられると共に切換弁V6を開くことでバックアップ用ユニット119b側に冷媒を導入する。そして、切換弁V7を閉じて切換弁V8を開くことで、コンプレッサ112cを通った冷媒を熱交換器103c、冷熱回収熱交換器106を介して膨張タービン114に導く）。

30

#### 【0039】

このように切換弁V1～V8を切換操作することにより、メインのユニットに異常が発生した場合においてもバックアップ用のユニットを駆動し、冷凍システム100の運用を継続することができる。

尚、このような切換弁V1～V8の切換操作は、オペレータが異常を発見した場合に手動によって行われてもよいし、マイクロプロセッサ等から構成されるコントローラに制御プログラムを組み込むことにより、異常を検出したときに自動的に切換制御されてもよい。

40

#### 【0040】

本実施例に係る冷凍システム100では、図1に示すように冷却対象側に配置され、比較的低温な冷熱が流れる膨張タービン104及び114、冷却部105、冷熱回収熱交換器106を、外部と断熱可能なコールドボックス130内に一つのユニットとして収納されている。このコールドボックス130は、例えば内外表面間に真空の断熱層を有することにより、外部からの熱侵入を防止し、比較的低温な膨張タービン104、114、熱交換器105、冷熱回収熱交換器106からの熱損失を防止する。

一方、コンプレッサ102a、102b、102c、熱交換器103a、103b、103cは比較的高温な冷媒が流れるため、上述のコールドボックス130の外部において

50

、圧縮機ユニット140として一体的にまとめられている。

#### 【0041】

コールドボックス130は、圧縮機ユニット140に比べて冷却対象に近い位置に配置される。これにより、コールドボックス130で発生させた冷熱を、少ない損失で冷却対象に供給することができ、良好な冷凍効率を達成することができる。

逆に言えば、圧縮機ユニット140はコールドボックス130と別体として構成されているため、コールドボックス130から離れた位置に分散して配置することができる。その結果、冷却対象の周辺に敷設スペースが少ない場合であっても、コールドボックス130のみを冷却対象の近傍に配置すると共に、圧縮機ユニット140を離れたスペースに分散配置することで、狭い敷設スペースにも冷凍装置100を導入することができる。 10

#### 【0042】

以上説明したように、本実施例に係る冷凍システム100によれば、冷凍サイクルのうち圧縮工程と膨張工程とを担う回転機を、冷媒が流れる循環経路101に対して並列に複数設けることによって、仮に一方の回転機に異常（例えば故障など）が発生した場合であっても、他の回転機をバックアップ用として機能させることができるので、運転を継続することができる。一般的に冷凍システムでは回転機は他の構成要素に比べて異常が発生するリスクが高い傾向にあるため、異常発生リスクの高い回転機についてのみバックアップを用意することにより、システム全体のサイズアップを抑えつつ、信頼性を高めることができる。

#### 【0043】

##### (第1変形例)

続いて、図3を参照して、第1変形例に係る冷凍システム200の構成について説明する。図3は、第1変形例に係る冷凍システム200の全体構成を示す模式図である。

尚、図3では上述の実施例と共に通する箇所には同じ符号を付すこととし、重複する説明は適宜省略するものとする。

#### 【0044】

第1変形例に係る冷凍システム200は、コールドボックス130及び圧縮機ユニット140から構成されている点で、上述の実施例と共に通しているが、1つのコールドボックス130に対して、3つの圧縮機ユニット140a、140b、140cが設けられている点で異なっている。それぞれの圧縮機ユニット140は、冷媒を循環するための配管を介してコールドボックス130に接続されている。 30

ここで図4(本発明の参考例)は図3において破線で囲んだ領域の詳細を示す図である。図4では、図3に示す3つの圧縮機ユニットに対応して設けられる3系統のうち1つを代表的に示しており、他の2つの系統も同様の構成を有している。

#### 【0045】

冷凍システム200が正常に動作している場合には、3つの圧縮機ユニット140のうちいずれか1つを選択的に駆動させることによって、冷凍システム200の動作が行われるが、当該選択された圧縮機ユニット140に異常が発生した場合には、それぞれのボックス180内の切換バルブ181a及び181bを操作することで、他の2つの圧縮機ユニット140に切り換えられて冷凍システム200の運転が継続される。 40

#### 【0046】

尚、冷凍システム200の正常動作時に、3つの圧縮機ユニット140のうち複数を同時に並列に動作させてもよい。この場合、1つの圧縮機ユニット140当たりの負荷が少なくなるので、システムの効率化を図ることができるが、その分、バックアップ用の圧縮機ユニット140が実質的に減少するので、その兼ね合いから圧縮機ユニット140の動作数を決定するとよい。

#### 【0047】

このように第1変形例に係る冷凍システム200では、圧縮機ユニット140を複数備えることによって、より高い信頼性を確保することができる。またそれぞれの圧縮機ユニット140は、冷却対象の近くに配置しなければならないコールドボックス130から離

10

20

30

40

50

れて配置可能なので、冷却対象の周辺に冷凍システム全体に必要な広い設置スペースが確保できない場合であっても、圧縮機ユニット140をコールドボックス130から離れた他の設置スペースに設置することで、少ない設置スペースに配置可能な冷凍システム200を実現できる。

【0048】

(第2変形例)

続いて、図5を参照して、第2変形例に係る冷凍システム300の構成について説明する。図5は、第2変形例に係る冷凍システム300の全体構成を示す模式図である。

尚、図5では上述の実施例と共に通する箇所には同じ符号を付すこととし、重複する説明は適宜省略するものとする。

10

【0049】

第2変形例に係る冷凍システム300は、コールドボックス130及び圧縮機ユニット140から構成されている点で、上述の実施例と共に通しているが、2つのコールドボックス130a、130bを有しており、それぞれのコールドボックス130に対して1つの圧縮機ユニット140a、140bが設けられている点で異なっている。すなわち、1つのコールドボックス130と1つの圧縮機ユニット140をセットにして、そのバックアップを備えている。

【0050】

この変形例では、冷凍システム300の正常動作時には、例えば、コールドボックス130aと圧縮機ユニット140aとのセットが動作され、故障発生時にコールドボックス130bと圧縮機ユニット140bとのセットが動作されるように切り換えることによって、継続的な運転が可能となる。

20

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明は、冷媒が流れる循環経路上に、冷媒を圧縮するコンプレッサと、前記圧縮された冷媒を冷却する熱交換器と、前記冷却された冷媒を膨張させて冷熱を発生させる膨張タービンと、前記冷熱により冷却対象を冷却する冷却部とが順に設けられた冷凍サイクルを有する冷凍システムに利用可能である。

【符号の説明】

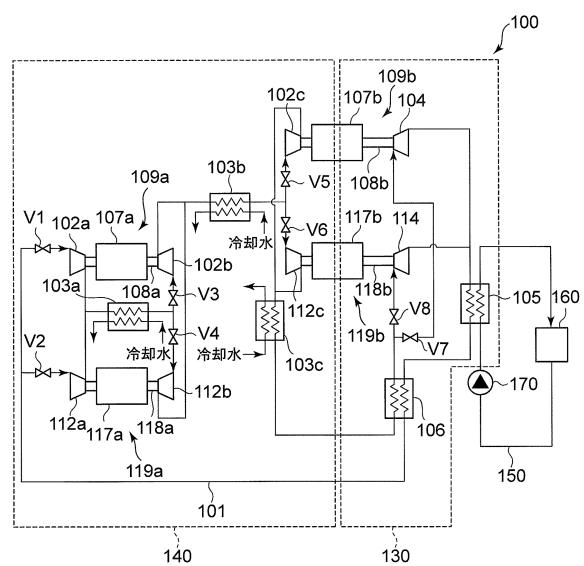
【0052】

30

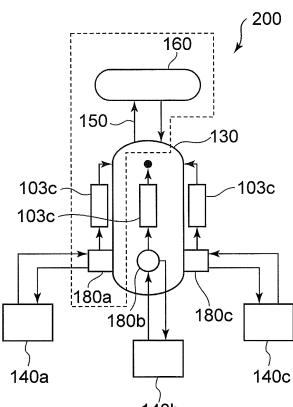
- 100 冷凍システム
- 101 循環経路
- 102 コンプレッサ
- 103 熱交換器
- 104 膨張タービン
- 105 冷却部
- 106 冷熱回収熱交換器
- 107 電動機
- 108 出力軸
- 109a 第1のユニット
- 109b 第2のユニット

40

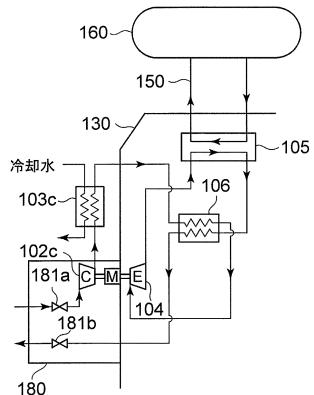
【図1】



【図3】



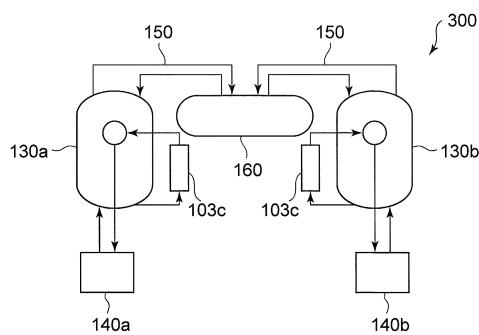
【図4】



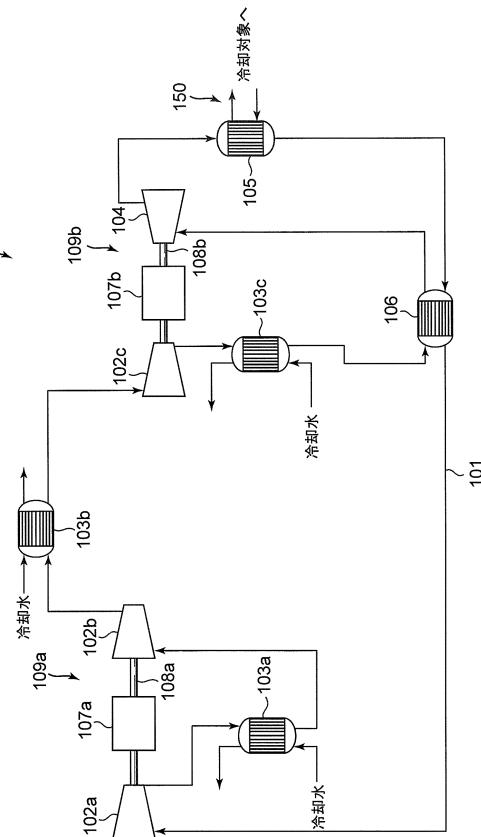
【図2】

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
通常運転時	開	閉	開	閉	開	閉	開	閉
圧縮機(1段目)故障	閉	開	閉	開	開	閉	開	閉

【図5】

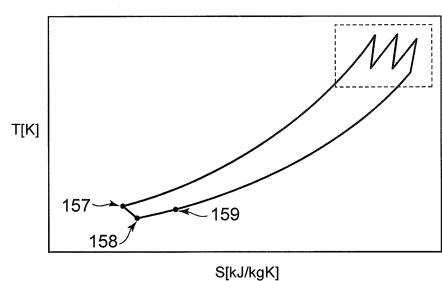


【図6】

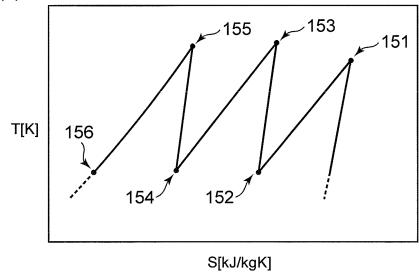


【図7】

(a)



(b)



---

フロントページの続き

(72)発明者 米田 昌生  
東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内

(72)発明者 工藤 瑞生  
東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内

(72)発明者 町田 明登  
東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株式会社前川製作所内

審査官 柿沼 善一

(56)参考文献 特開平02-143057(JP,A)  
特開2009-210138(JP,A)  
特開平05-272357(JP,A)  
特開2003-148824(JP,A)  
特開昭60-207888(JP,A)  
特開2007-078211(JP,A)  
特開平04-080558(JP,A)  
特開平06-101919(JP,A)  
特開平01-155175(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 25 B 9 / 10  
F 25 B 9 / 00  
F 25 B 9 / 06