

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6638788号  
(P6638788)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和2年1月7日(2020.1.7)

(51) Int.Cl.	F I					
<b>F 2 5 B</b>	<b>49/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 5 B	49/02	5 7 0 A	
<b>F 2 5 D</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 5 B	49/02	A	
<b>F 2 5 D</b>	<b>23/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 5 D	11/00	1 0 1 D	
<b>F 2 5 D</b>	<b>29/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 5 D	23/00	3 0 1 N	
			F 2 5 D	29/00	Z	

請求項の数 13 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2018-184239 (P2018-184239)  
 (22) 出願日 平成30年9月28日(2018.9.28)  
 審査請求日 令和1年9月27日(2019.9.27)

(73) 特許権者 000002853  
 ダイキン工業株式会社  
 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号  
 梅田センタービル  
 (74) 代理人 100087985  
 弁理士 福井 宏司  
 (72) 発明者 佐藤 喜一郎  
 大阪府大阪市北区中崎西二丁目4番12号  
 梅田センタービル ダイキン工業株式会社  
 内

審査官 庭月野 恭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備えた輸送用冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧縮機(11)、凝縮器(12)、減圧装置(14A, 14B)、及び蒸発器(13)が接続される冷媒回路(20)を備え、コンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置(1)の異常を判定する判定部(67)を有する異常判定装置(60)であって、

前記異常判定装置(60)は、複数個の試験運転モードについて試験運転が行われる、前記コンテナが輸送用機器に搭載される前の使用前検査時の、前記複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードに関わる時系列の試験データのうちの少なくとも一部を取得し、

前記判定部(67)は、複数回の前記使用前検査時の、前記複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードに関わる前記時系列の試験データにおける変化傾向から前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する

輸送用冷凍装置の異常判定装置。

【請求項2】

前記判定部(67)は、複数回の前記使用前検査時の、複数個の前記試験運転モードのうちの複数個の同一の前記試験運転モードに関わる前記時系列の試験データにおける変化傾向から前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する

請求項1に記載の異常判定装置。

## 【請求項 3】

前記判定部(67)は、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を、機械学習によって行う

請求項1又は2に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

## 【請求項 4】

前記使用前検査時の前記試験運転モードごとの前記時系列の試験データを記録する記憶部(63c)をさらに有する

請求項1～3のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

## 【請求項 5】

前記判定部(67)は、連続する複数回の前記使用前検査時の、前記複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードに関わる前記時系列の試験データにおける経時変化から前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常がない場合に異常発生時期の予測を行う

請求項1～4のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

10

## 【請求項 6】

前記判定部(67)は、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を行うために使用する前記時系列の試験データの一部を構成するものとして、前記使用前検査時の前記試験運転モードと同一条件の下に行われた前記輸送用冷凍装置(1)の出荷前試験運転時の検査データを加え、前記検査データが加えられた前記試験データに基づいて、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期の予測を行う

請求項1～5のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

20

## 【請求項 7】

前記判定部(67)は、予め定められた第1期間の前記時系列の試験データと、前記第1期間とは異なる第2期間の前記時系列の試験データとに基づいて、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する

請求項1～6のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

## 【請求項 8】

前記使用前検査時の前記時系列の試験データに基づいて前記輸送用冷凍装置(1)の正常状態からの乖離度合を算出する算出部(66)をさらに有し、

前記算出部(66)は、前記第1期間の前記時系列の試験データから算出される第1指標値と、前記第2期間の前記時系列の試験データから算出される第2指標値とに基づいて、前記輸送用冷凍装置(1)の正常状態からの乖離状態を算出し、

前記判定部(67)は、前記輸送用冷凍装置(1)の正常状態からの乖離度合に基づいて前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する

請求項7に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

30

## 【請求項 9】

前記輸送用冷凍装置(1)の据付後において、前記使用前検査時の前記試験運転モードと同じ設定温度で運転された場合、前記判定部(67)は、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を行うために使用する前記時系列の試験データの一部を構成するものとして、前記使用前検査時の前記試験運転モードと同じ設定温度で運転した運転データを加え、前記運転データが加えられた後の前記試験データに基づいて、前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期の予測を行う

請求項1～8のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

40

## 【請求項 10】

前記輸送用冷凍装置(1)の異常の有無の判定結果及び異常発生時期の予測結果を報知する報知部(52)をさらに有し、

前記報知部(52)は、ユーザの要求があったとき、前記輸送用冷凍装置(1)又は前

50

記異常判定装置（60）の電源がオン状態になったとき、前記輸送用冷凍装置（1）の輸送が完了したとき、及び前記輸送用冷凍装置（1）の使用前検査が実施されたとき、の少なくとも1つの場合に前記判定結果及び前記予測結果を報知する

請求項1～9のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

【請求項11】

前記異常判定装置（60）は、前記輸送用冷凍装置（1）と通信可能なサーバ（80）に設けられている

請求項1～10のいずれか一項に記載の輸送用冷凍装置の異常判定装置。

【請求項12】

請求項1～11のいずれか一項に記載の異常判定装置（60）を備えた輸送用冷凍装置 10

【請求項13】

圧縮機（11）、凝縮器（12）、減圧装置（14A、14B）、及び蒸発器（13）が接続される冷媒回路（20）を備え、コンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置（1）の異常を判定する異常判定方法であって、

前記輸送用冷凍装置（1）の運転に関するデータを時系列に保存するデータ保存ステップと、

前記データから前記コンテナが輸送用機器に搭載される前の複数回の使用前検査時の複数個の試験運転モードのうちの前記試験運転モードについての時系列の試験データを抽出する抽出ステップと、

前記抽出ステップによって抽出された前記時系列の試験データの変化傾向から前記輸送用冷凍装置（1）の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する判定ステップと、

を有する

輸送用冷凍装置の異常判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備えた輸送用冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法に関する。 30

【背景技術】

【0002】

従来、例えば海上コンテナ等のコンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置では、コンテナの輸送前に使用前検査（PTI：pre-trip inspection）を行うことが知られている。輸送用冷凍装置の使用前検査では、例えば輸送用冷凍装置の圧縮機、ファン、アクチュエータ等が動作したときに変化する値が予め定める範囲内であるか否かで輸送用冷凍装置が正常か否かを判断する。また例えば特許文献1では、コンテナの輸送中における予め定められた時期に輸送用冷凍装置が正常か否かを判断する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第9097456号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

コンテナの輸送中では、コンテナ内の積荷、輸送用冷凍装置の設定温度等が輸送対象品目ごとに異なるため、輸送用冷凍装置が常に同一条件で運転されるとは限らない。このため、コンテナの輸送中では、輸送用冷凍装置の運転条件が異なることに起因して輸送用冷凍装置の異常判定を正確に行うことができないおそれがある。

【0005】

本開示の目的は、輸送用冷凍装置の異常判定を正確に行うことができる輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備えた輸送用冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この課題を解決する輸送用冷凍装置の異常判定装置は、圧縮機、凝縮器、減圧装置、及び蒸発器が接続される冷媒回路を備え、コンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置の異常を判定する判定部を有する異常判定装置であって、前記異常判定装置は、複数個の試験運転モードについて試験運転が行われる、前記コンテナが輸送用機器に搭載される前の使用前検査時の、前記複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードに関わる時系列の試験データのうちの少なくとも一部を取得し、前記判定部は、複数回の前記使用前検査時の、前記複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードに関わる前記時系列の試験データにおける変化傾向から前記輸送用冷凍装置の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。

10

【0007】

この構成によれば、使用前検査の試験運転モードにおける時系列の試験データを用いるため、輸送用冷凍装置の運転状態のばらつきが抑制された状態で輸送用冷凍装置の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測することができる。したがって、輸送用冷凍装置の異常判定及び異常発生時期の予測を正確に行うことができる。

【0008】

20

この課題を解決する輸送用冷凍装置の異常判定方法は、圧縮機、凝縮器、減圧装置、及び蒸発器が接続される冷媒回路を備え、コンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置の異常を判定する異常判定方法であって、前記輸送用冷凍装置の運転に関するデータを時系列に保存するデータ保存ステップと、前記データから前記コンテナが輸送用機器に搭載される前の複数回の使用前検査時の複数個の試験運転モードのうちの同一の前記試験運転モードについての時系列の試験データを抽出する抽出ステップと、前記抽出ステップによって抽出された前記時系列の試験データの変化傾向から前記輸送用冷凍装置の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する判定ステップと、を有する。

【0009】

この構成によれば、使用前検査の試験運転モードにおける時系列の試験データを用いるため、輸送用冷凍装置の運転状態のばらつきが抑制された状態で輸送用冷凍装置の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測することができる。したがって、輸送用冷凍装置の異常判定及び異常発生時期の予測を正確に行うことができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態の冷凍装置について、冷凍装置を概念的に示す構成図。

【図2】冷凍装置の電氣的な構成を示すブロック図。

【図3】冷凍装置の異常判定装置の電氣的構成を示すブロック図。

【図4】(a)は冷凍装置の時系列の運転データを示し、(b)は(a)の運転データから使用前検査の試験データを抽出したデータを示す。

40

【図5】(a)は使用前検査の試験運転モードの一覧を示し、(b)は冷蔵運転(インレンジ)を抽出し、時系列に連結した試験データを示す。

【図6】冷凍装置のエンタルピと圧力との関係の一例を示すグラフ。

【図7】(a)~(d)は使用前検査ごとのポリトロップ指数の推移の一例を示すグラフ。

【図8】(a)は図7(a)~(d)を時系列に連結した冷凍装置のポリトロップ指数の推移の一例を示すグラフ、(b)は第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の推移の一例を示すグラフ。

【図9】異常判定装置によって実行される異常判定処理の処理手順の一例を示すフローチャート。

50

【図10】(a)～(d)は使用前検査ごとの圧縮機電流比の推移の一例を示すグラフ。

【図11】(a)は図10(a)～(d)を時系列に連結した冷凍装置の圧縮機電流比の推移の一例を示すグラフ、(b)は第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の推移の一例を示すグラフ。

【図12】異常判定装置によって実行される異常判定処理の処理手順の他の例を示すフローチャート。

【図13】第2実施形態の冷凍装置について、(a)～(d)は使用前検査ごとの吐出側冷媒温度比の推移の一例を示すグラフ。

【図14】(a)は図13(a)～(d)を時系列に連結した圧縮機の吐出側冷媒温度比の推移の一例を示すグラフ、(b)は第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の推移の一例を示すグラフ。

10

【図15】異常判定装置によって実行される異常判定処理の処理手順の他の例を示すフローチャート。

【図16】変更例の冷凍装置について、冷凍装置の電氣的構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

(第1実施形態)

以下、図面を参照して、冷凍装置の一例である輸送用冷凍装置(以下単に「冷凍装置1」と称する)の第1実施形態について説明する。冷凍装置1は、例えば海上コンテナ、陸上輸送トレーラ用コンテナ等の庫内を冷凍又は冷蔵するものである。冷凍装置1が取り付けられたケーシング内は、庫内空気を循環させる庫内収容空間と庫外空気を循環させる庫外収容空間とに分離されている。

20

【0012】

図1に示すように、冷凍装置1は、圧縮機11、凝縮器12、減圧装置の一例である第1膨張弁14A、蒸発器13等が冷媒配管によって接続される冷媒回路20を備える。冷媒回路20は、主回路21、ホットガスバイパス回路22、及び液冷媒バイパス回路31を備える。

【0013】

主回路21は、モータ駆動の圧縮機11、凝縮器12、第1膨張弁14A、及び蒸発器13が冷媒配管によって順に直列に接続されて構成されている。

30

図1に示すように、圧縮機11、凝縮器12、第1膨張弁14A、及び、凝縮器12に庫外空気を循環させる庫外送風機15等は、庫外収容空間に収納されている。また、蒸発器13、及び、蒸発器13に庫内空気を循環させる庫内送風機16等は、庫内収容空間に収納されている。

【0014】

圧縮機11は、例えばロータリ圧縮機やスクロール式圧縮機を用いることができる。圧縮機11は、インバータによって運転周波数が制御されることにより、回転速度が制御され、これにより運転容量が可変となるように構成されている。

【0015】

凝縮器12及び蒸発器13は、フィンアンドチューブ熱交換器を用いることができる。凝縮器12は、庫外送風機15により供給される庫外空気と凝縮器12内を循環する冷媒とを熱交換する。蒸発器13は、庫内送風機16により供給される庫内空気と蒸発器13内を循環する冷媒とを熱交換する。庫外送風機15及び庫内送風機16の一例は、プロペラファンである。蒸発器13の下方には、ドレンパン28が設けられている。ドレンパン28には、蒸発器13から剥がれ落ちた霜や氷塊、空気中から凝縮した結露水等が回収される。

40

【0016】

第1膨張弁14Aは、例えばパルスモータによって開度可変に構成された電動膨張弁を用いることができる。

圧縮機11と凝縮器12とを接続する高圧ガス管23には、冷媒流れ方向に第1開閉弁

50

17Aと逆止弁18とが順に設けられている。第1開閉弁17Aは、例えばパルスモータによって開度可変に構成された電動膨張弁を用いることができる。逆止弁18は、図1に示す矢印の方向への冷媒の流れを許容する。

【0017】

凝縮器12と第1膨張弁14Aとを接続する高圧液管24には、冷媒流れ方向にレシーバ29、第2開閉弁17B、ドライヤ30、及び過冷却熱交換器27が順に設けられている。第2開閉弁17Bは、例えば開閉自在な電磁開閉弁を用いることができる。

【0018】

過冷却熱交換器27は、互いに熱交換関係に構成される1次側通路27aと2次側通路27bとを有する。1次側通路27aは、主回路21においてドライヤ30と第1膨張弁14Aとの間に設けられている。2次側通路27bは、液冷媒バイパス回路31中に設けられている。液冷媒バイパス回路31は、高圧液管24と圧縮機11内の圧縮機構部における中間圧力部(図示略)とを接続するバイパス回路である。液冷媒バイパス回路31における高圧液管24と2次側通路27bとの間には、高圧液冷媒の流れ方向に第3開閉弁17Cと、減圧装置の一例である第2膨張弁14Bとが順次接続されている。このように構成されることにより、高圧液管24から液冷媒バイパス回路31に流入した液冷媒は、第2膨張弁14Bにより中間圧力まで膨張され、高圧液管24を流通する液冷媒よりも低温の冷媒となって2次側通路27bに流れる。したがって、1次側通路27aを流通する高圧液冷媒は、2次側通路27bを流通する冷媒により冷却され、過冷却される。第3開閉弁17Cは、例えば開閉自在な電磁開閉弁を用いることができる。第2膨張弁14Bは、例えばパルスモータによって開度可変に構成された電動膨張弁を用いることができる。

【0019】

ホットガスバイパス回路22は、高圧ガス管23と蒸発器13の入口側を接続するものであって、圧縮機11から吐出された高圧高温のガス冷媒を蒸発器13の入口側にバイパスするものである。ホットガスバイパス回路22は、主通路32と、主通路32から分岐された第1分岐通路33及び第2分岐通路34とを有する。第1分岐通路33及び第2分岐通路34は、双方の一端が主通路32に接続され、双方の他端が蒸発器13の入口側、すなわち第1膨張弁14Aと蒸発器13との間の低圧の連絡配管25に接続された並列回路である。主通路32には、第4開閉弁17Dが設けられている。第4開閉弁17Dは、例えば開閉自在な電磁開閉弁を用いることができる。第1分岐通路33は、配管のみにより構成されている。第2分岐通路34には、ドレンパンヒータ35が設けられている。ドレンパンヒータ35は、ドレンパン28を高温の冷媒によって加熱するようにドレンパン28の底部に設けられたものである。

【0020】

冷凍装置1には、各種のセンサが設けられている。一例では、図1及び図2に示すとおり、冷凍装置1には、吐出温度センサ41、吐出圧力センサ42、吸入温度センサ43、吸入圧力センサ44、電流センサ45、回転センサ46、凝縮温度センサ47、及び蒸発温度センサ48が設けられている。センサ41~48は、例えば既知のセンサを用いることができる。

【0021】

吐出温度センサ41及び吐出圧力センサ42は、例えば高圧ガス管23における圧縮機11の吐出口近傍に設けられている。吐出温度センサ41は、圧縮機11から吐出される吐出ガス冷媒の温度に応じた信号を出力する。吐出圧力センサ42は、圧縮機11から吐出される吐出ガス冷媒の圧力に応じた信号を出力する。吸入温度センサ43及び吸入圧力センサ44は、例えば圧縮機11の吸入配管、すなわち低圧ガス管26における圧縮機11の吸入口近傍に設けられている。吸入温度センサ43は、圧縮機11に吸入される吸入ガス冷媒の温度に応じた信号を出力する。吸入圧力センサ44は、圧縮機11に吸入される吸入ガス冷媒の圧力に応じた信号を出力する。電流センサ45は、例えば圧縮機11のモータを駆動するインバータ回路(インバータ)に設けられている。電流センサ45は、インバータ回路(インバータ)に流れる電流量に応じた信号を出力する。回転センサ46

10

20

30

40

50

は、例えば圧縮機 11 のモータに設けられている。回転センサ 46 は、モータの回転速度に応じた信号を出力する。

【0022】

凝縮温度センサ 47 は、例えば凝縮器 12 に設けられ、凝縮器 12 内を流れる冷媒の凝縮温度に応じた信号を出力する。本実施形態では、凝縮温度センサ 47 は、例えば凝縮器 12 の中間部分に取り付けられている。この場合、凝縮温度センサ 47 は、凝縮器 12 の中間部分における冷媒温度を凝縮温度として凝縮温度に応じた信号を出力する。なお、凝縮器 12 に対する凝縮温度センサ 47 の取り付け位置は、任意に変更可能である。

【0023】

蒸発温度センサ 48 は、例えば蒸発器 13 に設けられ、蒸発器 13 内を流れる冷媒の蒸発温度に応じた信号を出力する。本実施形態では、蒸発温度センサ 48 は、例えば蒸発器 13 の中間部分に取り付けられている。この場合、蒸発温度センサ 48 は、蒸発器 13 の中間部分における冷媒温度を蒸発温度として蒸発温度に応じた信号を出力する。なお、蒸発器 13 に対する蒸発温度センサ 48 の取り付け位置は、任意に変更可能である。

【0024】

図 2 に示すように、冷凍装置 1 は、冷凍装置 1 の運転を制御する制御装置 50 及び報知部 52 を備える。制御装置 50 には、吐出温度センサ 41、吐出圧力センサ 42、吸入温度センサ 43、吸入圧力センサ 44、電流センサ 45、回転センサ 46、凝縮温度センサ 47、及び蒸発温度センサ 48 がそれぞれ電氣的に接続されている。また制御装置 50 には、圧縮機 11、第 1 膨張弁 14A、第 2 膨張弁 14B、庫外送風機 15、庫内送風機 16、第 1 開閉弁 17A、第 2 開閉弁 17B、第 3 開閉弁 17C、第 4 開閉弁 17D、及び報知部 52 が電氣的に接続されている。報知部 52 は、冷凍装置 1 に関する情報を冷凍装置 1 の外部に報知する。報知部 52 は、例えば冷凍装置 1 に関する情報を表示する表示器 53 を有する。なお、報知部 52 は、表示器 53 に代えて、又は加えてスピーカを有してもよい。この場合、報知部 52 は、音声によって冷凍装置 1 に関する情報を報知してもよい。

【0025】

制御装置 50 は、制御部 51 を備える。制御部 51 は、例えば予め定められる制御プログラムを実行する演算装置及び記憶部を含む。演算処理装置は、例えば CPU (Central Processing Unit) 又は MPU (Micro Processing Unit) を含む。記憶部には、各種の制御プログラム及び各種の制御処理に用いられる情報が記憶される。記憶部は、例えば不揮発性メモリ及び揮発性メモリを含む。制御部 51 は、センサ 41 ~ 48 の検出結果に基づいて、圧縮機 11、膨張弁 14A、14B、庫外送風機 15、庫内送風機 16、及び開閉弁 17A ~ 17D を制御する。冷凍装置 1 は、制御部 51 によって冷凍運転、冷蔵運転、及び除霜運転を実行する。

【0026】

〔冷凍運転及び冷蔵運転〕

冷凍運転は、庫内温度を 0 未満にする運転であり、庫内設定温度を例えば 0 未満の所定温度 (例えば -18 ) に設定する。冷蔵運転は、庫内温度を 0 以上にする運転であり、庫内設定温度を例えば 0 以上 10 未満 (例えば 0 ) に設定する。冷凍運転及び冷蔵運転では、第 1 開閉弁 17A、第 2 開閉弁 17B、及び第 3 開閉弁 17C が開放状態となり、第 4 開閉弁 17D が閉鎖状態となる。第 1 膨張弁 14A 及び第 2 膨張弁 14B の開度は適宜調整される。また、圧縮機 11、庫外送風機 15、及び庫内送風機 16 が運転される。

【0027】

冷凍運転時及び冷蔵運転時では、冷媒は図 1 の実線矢印で示すように循環する。すなわち、圧縮機 11 で圧縮された高压ガス冷媒は、凝縮器 12 で凝縮された後、液冷媒となってレシーバ 29 に貯留される。レシーバ 29 に貯留された液冷媒は、第 2 開閉弁 17B 及びドライヤ 30 を経由し、過冷却熱交換器 27 の 1 次側通路 27a で冷却され、過冷却の液冷媒となって第 1 膨張弁 14A に流れる。なお、レシーバ 29 から流出した液冷媒の一

10

20

30

40

50

部は、図1の波線矢印で示すように過冷却源として第3開閉弁17C及び第2膨張弁14Bを介して中間圧力の冷媒となって過冷却熱交換器27の2次側通路27bに流れ、1次側通路27aの液冷媒を冷却する。過冷却熱交換器27で過冷却された液冷媒は、第1膨張弁14Aで減圧された後、蒸発器13に流れる。蒸発器13では、低压液冷媒が庫内空気から吸熱して蒸発気化される。これにより、庫内空気が冷却される。蒸発器13で蒸発気化した低压ガス冷媒は、圧縮機11に吸入されて再び圧縮される。一方、2次側通路27bに流れる中間圧力の液冷媒は、1次側通路27aの液冷媒により加熱され、中間圧力のガス冷媒となって圧縮機11の圧縮機構部における中間圧力部に戻る。

#### 【0028】

〔除霜運転〕

冷凍運転又は冷却運転を継続して行くと、蒸発器13のフィン及び伝熱管等の表面に霜が付着し、この霜が徐々に成長して肥大化する。このため、制御部51は、蒸発器13の除霜を行うための運転である除霜運転を行う。

#### 【0029】

除霜運転は、図1の破線矢印で示すように、圧縮機11で圧縮した高温高压の吐出ガス冷媒を蒸発器13の入口側にバイパスさせることにより蒸発器13を除霜する動作である。除霜運転では、第4開閉弁17Dが開放状態となり、第1開閉弁17A、第2開閉弁17B、第3開閉弁17C、及び第2膨張弁14Bが全閉状態となる。そして、圧縮機11が運転する一方、庫外送風機15及び庫内送風機16は停止される。

#### 【0030】

圧縮機11で圧縮された高温高压の吐出ガス冷媒は、主通路32を流れた後、第4開閉弁17Dを通過して第1分岐通路33及び第2分岐通路34に分流する。第2分岐通路34に分流した冷媒は、ドレンパンヒータ35を通過する。ドレンパンヒータ35から流出した冷媒は、第1分岐通路33を通過した冷媒と合流し、蒸発器13に流れる。蒸発器13では、伝熱管の内部を高温ガス冷媒（所謂、ホットガス）が流通する。このため、蒸発器13では、伝熱管及びフィンに付着した霜が、高温ガス冷媒によって徐々に加熱される。その結果、蒸発器13に付着した霜が徐々にドレンパン28に回収される。蒸発器13の除霜に利用された冷媒は、圧縮機11に吸入されて再び圧縮される。ここで、ドレンパン28の内部には、霜が融解した水とともに蒸発器13の表面から剥がれ落ちた氷塊等が回収されている。この氷塊等は、ドレンパンヒータ35の内部を流れる冷媒によって加熱されて融解する。融解した水は、所定の流路を通じて庫外に排出される。

#### 【0031】

また、図2に示すように、制御装置50は、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に冷凍装置1の異常発生時期を予測する異常判定装置60をさらに備える。ここで、冷凍装置1の異常は、圧縮機11の異常、冷媒回路20の冷媒漏れ（例えばスローク）についての異常等を含む。本実施形態では、冷凍装置1の異常として圧縮機11の異常に着目する。

#### 【0032】

圧縮機11の異常としては、圧縮機11の圧縮機構部における冷媒漏れに伴う圧縮機11の圧縮効率の低下、及び経年劣化による圧縮機11の軸受損傷に伴う圧縮機11への供給電流の増加が挙げられる。異常判定装置60は、圧縮機11のポリトロープ指数をモニタして圧縮機11の圧縮効率が過度に低下することに起因する圧縮機11の異常の有無を判定する。そして圧縮機11の異常がない場合に異常判定装置60は、ポリトロープ指数の変化傾向に基づいて圧縮機11の圧縮効率が過度に低下することに起因する圧縮機11の異常が発生する時期を予測する。また、異常判定装置60は、圧縮機11の供給電流をモニタして圧縮機11の異常の有無を判定する。そして圧縮機11の異常がない場合に異常判定装置60は、圧縮機11の供給電流の変化傾向に基づいて圧縮機11の異常が発生する時期を予測する。

#### 【0033】

図3に示すように、異常判定装置60は、データ取得部61、データ蓄積部62、前処

10

20

30

40

50

理部 6 3、異常判定部 6 4、及び出力部 6 5 を有する。

データ取得部 6 1 は、各センサ 4 1 ~ 4 8 と通信可能に接続されている。データ取得部 6 1 は、各センサ 4 1 ~ 4 8 の時系列データが入力される。一例では、各センサ 4 1 ~ 4 8 は、所定時間 T X 毎の検出結果を異常判定装置 6 0 に出力する。所定時間 T X の一例は、1 時間である。一例では、各センサ 4 1 ~ 4 8 は、所定のサンプリング周期によって検出した検出結果を所定時間 T X にわたって記憶し、所定時間 T X において平均した検出結果を異常判定装置 6 0 に出力する。なお、各センサ 4 1 ~ 4 8 は、所定時間 T X 毎に決められた時刻において検出した検出結果を異常判定装置 6 0 に出力してもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

データ蓄積部 6 2 は、データ取得部 6 1 と電氣的に接続されている。データ蓄積部 6 2 は、データ取得部 6 1 からのデータが入力される。データ蓄積部 6 2 は、データ取得部 6 1 からのデータを保存する。データ蓄積部 6 2 は、データ取得部 6 1 からのデータを時系列で順次記憶する。データ蓄積部 6 2 は、冷凍装置 1 の運転に関するデータ（以下、「運転データ」と称する場合がある）を時系列で順次記憶する。図 4 ( a ) は、データ蓄積部 6 2 が記憶した運転データの一例を示している。図 4 ( a ) に示すとおり、冷凍装置 1 は、冷凍装置 1 が取り付けられたコンテナが輸送用機器に搭載される前において行われる使用前検査（P T I : pre-trip inspection）の試験データと、コンテナが輸送用機器に据え付けられ、輸送される期間における運転データとが交互に蓄積されている。使用前検査（P T I）では、複数の試験運転モードについて冷凍装置 1 の試験運転が行われる。また、使用前検査では、コンテナ内に積荷が搬入されていない状態である。

#### 【 0 0 3 5 】

本実施形態のデータ蓄積部 6 2 は、異常判定装置 6 0 に内蔵された記録媒体として構成されている。この場合、データ蓄積部 6 2 は、例えば不揮発性メモリ及び揮発性メモリを含んでもよい。なお、データ蓄積部 6 2 は、異常判定装置 6 0 の外部、又は冷凍装置 1 の外部に設けられた記録媒体であってもよい。この場合、データ蓄積部 6 2 は、U S B ( U n i v e r s e S e r i a l B u s ) メモリ、S D ( S e c u r e D i g i t a l ) メモリカード、及び H D D ( h a r d d i s k d r i v e ) 記録媒体の少なくとも 1 つを含んでもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

前処理部 6 3 は、冷凍装置 1 の時系列の運転データにおいて圧縮機 1 1 の異常の有無の判定、及び圧縮機 1 1 の異常発生時期の予測に対して必要な運転データを抽出し、抽出した運転データからノイズとなる運転データを除去し、除去された運転データの区間を代替データで補填する。前処理部 6 3 は、第 1 処理部 6 3 a、第 2 処理部 6 3 b、及び記憶部 6 3 c を有する。ノイズとなるデータは、圧縮機 1 1 の起動直後のような瞬時的な変動の運転データ等を含む。

#### 【 0 0 3 7 】

第 1 処理部 6 3 a は、データ蓄積部 6 2 に電氣的に接続され、第 2 処理部 6 3 b は、第 1 処理部 6 3 a と電氣的に接続されている。記憶部 6 3 c は、第 2 処理部 6 3 b と電氣的に接続されている。

#### 【 0 0 3 8 】

第 1 処理部 6 3 a は、図 4 ( a ) に示されるデータ蓄積部 6 2 の時系列の運転データから、圧縮機 1 1 の異常の有無の判定、及び圧縮機 1 1 の異常発生時期の予測に対して必要なデータとして、図 4 ( b ) に示されるとおり、使用前検査時の時系列の試験データを抽出する。すなわち第 1 処理部 6 3 a は、輸送用機器によるコンテナ輸送中の冷凍装置 1 の運転データは抽出しない。

#### 【 0 0 3 9 】

図 5 ( a ) は、使用前検査における複数個の試験運転モード（試験運転項目）を示している。本実施形態では、複数個の試験運転モードは、冷蔵運転（プルダウン）、冷蔵運転（インレンジ）、除霜運転、冷凍運転（プルダウン）、及び冷凍運転（インレンジ）を含む。冷蔵運転（プルダウン）は、庫内設定温度を例えば 0 として冷凍装置 1 の運転を開始してから庫内の実温度が庫内設定温度付近まで降下するまでの期間の運転である。冷蔵

運転（インレンジ）は、冷蔵運転（プルダウン）後、予め設定された第1試験期間にわたり庫内の実温度が庫内設定温度（0）を維持するようにフィードバック制御する運転である。除霜運転は、予め設定された第2試験期間にわたり実行される。冷凍運転（プルダウン）は、庫内設定温度を冷蔵運転の庫内設定温度よりも低い庫内設定温度、例えば - 18 として冷凍装置1の運転を開始してから庫内の実温度が庫内設定温度付近まで降下するまでの期間の運転である。冷凍運転（インレンジ）は、予め設定された第3試験期間にわたり庫内の実温度が庫内設定温度（- 18）を維持するようにフィードバック制御する運転である。なお、第1試験期間、第2試験期間、及び第3試験期間は、互いに等しくてもよく、互いに異なってよい。また第1試験期間、第2試験期間、及び第3試験期間は、任意に変更可能である。また除霜運転は、第3試験期間に代えて、凝縮器12の温度が予め定められた設定温度に達するまでの期間の運転としてもよい。

10

## 【0040】

第1処理部63aは、図4（b）に示す使用前検査の試験データから試験運転モードごとの時系列の試験データを抽出する。すなわち第1処理部63aは、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データを抽出する。一例では、図5（b）に示すように、使用前検査ごとの冷蔵運転（インレンジ）の試験データを抽出して時系列に並べて第2処理部63bに出力する。なお、第1処理部63aは、他の試験運転モードについても使用前検査ごとに試験データを抽出して時系列に並べて第2処理部63bに出力する。

## 【0041】

20

また第1処理部63aは、第2処理部63bに出力する前に、代替データを補填する区間又は試験データを除去する区間を抽出する。代替データを補填する区間は、例えば、圧縮機11の起動直後の区間を含む。試験データを除去する区間は、例えば冷凍装置1が停止している区間、圧縮機11の停止直後の区間、及び圧縮機11の運転の切り替り直後の区間の少なくとも1つを含む。本実施形態では、第1処理部63aは、冷凍装置1が停止している区間、圧縮機11の起動直後の区間、圧縮機11の停止直後の区間、及び圧縮機11の運転の切り替り直後の区間を全て抽出する。

## 【0042】

第2処理部63bは、第1処理部63aによって抽出された、圧縮機11の起動直後の区間に代替データを入力する。この代替データは、圧縮機11の起動直後の区間の前後の値、又は予め決める代表値である。第1処理部63aが圧縮機11の起動直後の区間を抽出した場合、第2処理部63bは、圧縮機11の起動直後の区間の後の値を代替データとする。圧縮機11の起動直後の区間の後の値は、圧縮機11の起動直後の区間の後の所定期間にわたるデータの平均値であってもよいし、圧縮機11の起動直後の区間の直後の時刻のデータであってもよい。なお、代替データの算出方法として、代替データで補填する区間の前後のデータを補間処理（例えば直線補間）して算出した値を代替データとしてもよい。

30

## 【0043】

第2処理部63bは、第1処理部63aによって抽出された、冷凍装置1が停止している区間、圧縮機11の起動直後の区間、圧縮機11の停止直後の区間、及び圧縮機11の運転の切り替り直後の区間の試験データを除去する。第2処理部63bは、抽出処理した試験データを記憶部63cに出力する。

40

## 【0044】

記憶部63cは、例えば揮発性メモリ又は不揮発性メモリを有する。記憶部63cには、第1処理部63a及び第2処理部63bによって圧縮機11の異常の有無の判定、又は圧縮機11の異常発生時期の予測に対して必要な運転データからノイズとなる運転データを除去し、除去された運転データの区間を代替データで補填した運転データが記憶される。具体的には、記憶部63cには、使用前検査時の試験運転モードごとの試験データが個別の記憶領域に記憶される。一例では、記憶部63cには、複数回の使用前検査が行われた場合、使用前検査が行われた順に使用前検査の試験運転モードごとに連続したデータと

50

して記憶される。より詳細には、記憶部 63c の第 1 記憶領域には、複数回の使用前検査が行われた場合に使用前検査が行われた順の冷蔵運転（プルダウン）の連続したデータが記憶される。記憶部 63c の第 2 記憶領域には、複数回の使用前検査が行われた場合に使用前検査が行われた順の冷蔵運転（インレンジ）の連続したデータが記憶される。記憶部 63c の第 3 記憶領域には、複数回の使用前検査が行われた場合に使用前検査が行われた順の除霜運転の連続したデータが記憶される。記憶部 63c の第 4 記憶領域には、複数回の使用前検査が行われた場合に使用前検査が行われた順の冷凍運転（プルダウン）の連続したデータが記憶される。記憶部 63c の第 5 記憶領域には、複数回の使用前検査が行われた場合に使用前検査が行われた順の冷凍運転（インレンジ）の連続したデータが記憶される。

10

## 【 0045 】

なお、本実施形態では、前処理部 63 が記憶部 63c を有しているが、これに限られず、異常判定部 64 が記憶部 63c を有してもよい。このように、異常判定装置 60 は、冷凍装置 1 の据付後の使用前検査時の時系列の試験データを取得する。

## 【 0046 】

異常判定部 64 は、前処理部 63 と電気的に接続されている。異常判定部 64 は、前処理部 63 によって抽出処理された試験データを用いて、圧縮機 11 の異常の有無を判定し、圧縮機 11 の異常がない場合に圧縮機 11 の異常発生時期を予測する。異常判定部 64 は、算出部 66 及び判定部 67 を有する。

## 【 0047 】

算出部 66 は、記憶部 63c と電気的に接続されている。算出部 66 は、記憶部 63c の各記憶領域から複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。本実施形態では、算出部 66 は、冷凍装置 1 のコンテナへの据付後から現在までの全ての使用前検査の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。

20

## 【 0048 】

また算出部 66 は、使用前検査の試験運転モードごとに圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。詳細には、算出部 66 は、記憶部 63c の第 1 記憶領域から、実施した全ての使用前検査の冷蔵運転（プルダウン）における時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。算出部 66 は、記憶部 63c の第 2 記憶領域から、実施した全ての使用前検査の冷蔵運転（インレンジ）における時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。算出部 66 は、記憶部 63c の第 3 記憶領域から、実施した全ての使用前検査の除霜運転における時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。算出部 66 は、記憶部 63c の第 4 記憶領域から、実施した全ての使用前検査の冷凍運転（プルダウン）における時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。算出部 66 は、記憶部 63c の第 5 記憶領域から、実施した全ての使用前検査の冷凍運転（インレンジ）における時系列の試験データを取得し、取得した時系列の試験データから圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出する。

30

40

## 【 0049 】

圧縮機 11 の正常状態からの乖離度合を算出するため、算出部 66 は、記憶部 63c の各記憶領域から取得した時系列の試験データから第 1 指標値及び第 2 指標値を算出する。本実施形態では、算出部 66 は、試験運転モードごとに第 1 指標値及び第 2 指標値を算出する。算出部 66 は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データのうち、第 1 期間の時系列の試験データから第 1 指標値を算出する。また算出部 66 は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データのうち、第 1 期間とは

50

長さが異なる第2期間の時系列の試験データから第2指標値を算出する。なお、算出部66は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データを記憶部63cの各記憶領域から取得できる。

【0050】

そして算出部66は、第1指標値と第2指標値とに基づいて圧縮機11の正常状態からの乖離度合を算出する。本実施形態では、算出部66は、第1指標値と第2指標値との乖離度合に基づいて圧縮機11の正常状態からの乖離度合を算出する。算出部66は、圧縮機11の正常状態からの乖離度合を試験運転モードごとに算出する。算出部66は、算出結果を判定部67に出力する。

【0051】

判定部67は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データにおける変化傾向から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。本実施形態では、判定部67は、実施した全ての使用前検査の複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードの時系列の試験データにおける変化傾向から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。

【0052】

判定部67は、試験運転モードごとの時系列の試験データにおける変化傾向として、算出部66が算出した圧縮機11の正常状態からの乖離度合に基づいて、冷凍装置1の異常（本実施形態では、圧縮機11の異常）の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。判定部67は、圧縮機11の異常の有無の判定結果を出力部65に出力する。また判定部67は、圧縮機11の異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期の予測結果を出力部65に出力する。

【0053】

出力部65は、データ蓄積部62及び報知部52と電氣的に接続されている。出力部65は、圧縮機11の異常の有無の判定結果、又は、圧縮機11の異常発生時期の予測結果をデータ蓄積部62及び報知部52に出力する。報知部52は、例えば表示器53によって圧縮機11の異常の有無の判定結果を表示し、圧縮機11の異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期の予測結果を表示する。また、出力部65は、アンテナを含む無線通信部を有する。出力部65は、無線通信部を介して管理者の端末（管理者用端末70）と通信可能である。出力部65は、圧縮機11の異常の有無の判定結果を管理者用端末70に出力し、圧縮機11の異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期の予測結果を管理者用端末70に出力する。管理者用端末70は、スマートフォン、タブレット型コンピュータ等の携帯型通信機器であってもよいし、デスクトップ型のパーソナルコンピュータであってもよい。

【0054】

次に、異常判定部64によって行われる圧縮機11の異常の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測の詳細な内容について説明する。

算出部66は、前処理部63によって抽出された使用前検査の試験運転モードごとの時系列の試験データを用いて、第1期間における時系列の試験データの移動平均によって第1指標値を試験運転モードごとに算出し、第2期間における時系列の試験データの移動平均によって第2指標値を試験運転モードごとに算出する。算出部66は、処理を実施する時点よりも以前の第1期間及び第2期間の試験データを用いて第1指標値及び第2指標値を算出する。そして算出部66は、第1指標値と第2指標値との乖離度合を試験運転モードごとに算出する。第1期間は、例えば1回分の使用前検査の試験運転モードが実行される期間（例えば3時間）である。第2期間は、例えば4回分の使用前検査の試験運転モードが実行される期間（例えば12時間）である。第1期間及び第2期間はそれぞれ任意に変更可能である。第1期間は、複数回の使用前検査の試験運転モードが実行される期間であってもよい。第2期間は、第1期間よりも長い期間であることが好ましく、例えば5回以上の使用前検査の試験運転モードが実行される期間であってもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 5 】

第 1 指標値及び第 2 指標値は、次の第 1 の例及び第 2 の例が挙げられる。第 1 の例では、第 1 指標値及び第 2 指標値がそれぞれポリトロープ指数である。第 2 の例では、第 1 指標値及び第 2 指標値がそれぞれ圧縮機電流比である。圧縮機電流比は、圧縮機 1 1 に供給される電流の予測値と、圧縮機 1 1 に供給される電流の実測値との比により示される。本実施形態では、圧縮機 1 1 に供給される電流の予測値に対する圧縮機 1 1 に供給される電流の実測値を圧縮機電流比と規定する。

## 【 0 0 5 6 】

第 1 指標値及び第 2 指標値の第 1 の例について説明する。

異常判定装置 6 0 は、ポリトロープ指数を算出する。ポリトロープ指数について、図 6 を用いて説明する。冷凍装置 1 のような蒸気圧縮式冷凍サイクルでは、図 6 のモリエル線図（圧力 - エンタルピ線図）に示すように、冷媒は、圧縮行程において A 点から B 点まで圧縮された後、凝縮行程において B 点から C 点まで冷却され、さらに膨張行程において C 点から D 点まで減圧され、蒸発行程において D 点から A 点まで加熱される作用を受けて、冷媒回路 2 0 を循環する。この冷凍サイクルにおいて、圧縮機 1 1 の圧縮効率は、ポリトロープ指数によって表される。ポリトロープ指数は、圧縮機 1 1 の吸入ガス冷媒の状態と吐出ガス冷媒の状態とから求められる値であって、冷媒が圧縮されるときにの圧力と比体積との関係を表す。このポリトロープ指数は、冷凍サイクルを構成する圧縮機に固有の値であり、この値によって圧縮行程のカーブ（図 6 では、近似的に直線で示している）が決定される。

## 【 0 0 5 7 】

ポリトロープ指数は、例えば圧縮機 1 1 が劣化して圧縮機 1 1 内での高圧側から低圧側への冷媒の漏れ量が多くなる等の事態が生じると、その値が変化し（大きくなり）、圧縮行程のカーブの傾きが変化する。図 6 において、実線の圧縮行程のカーブが据付当初の圧縮状態を示し、破線の圧縮行程のカーブが圧縮機 1 1 の劣化後の圧縮状態を示している。図 6 の圧縮行程で示すように、圧縮機 1 1 が劣化すると、圧縮行程において A 点から B 点よりもエンタルピが大きい B' 点へ圧縮される。このため、圧縮機 1 1 が劣化すると、圧縮行程のカーブの傾きが大きくなる。

## 【 0 0 5 8 】

ポリトロープ指数は、一般的に以下の式によって算出される。

## 【 0 0 5 9 】

## 【 数 1 】

$$n = \frac{1}{1 - \log P_1 / P_2 \left( \frac{T_1}{T_2} \right)}$$

ここで、「n」はポリトロープ指数を示し、「T1」は圧縮機 1 1 の吸入ガス冷媒の温度を示し、「T2」は圧縮機 1 1 の吐出ガス冷媒の温度を示し、「P1」は圧縮機 1 1 の吸入ガス冷媒の圧力を示し、「P2」は圧縮機 1 1 の吐出ガス冷媒の圧力を示している。異常判定装置 6 0 は、吸入温度センサ 4 3 からの信号から温度 T 1 を算出し、吐出温度センサ 4 1 からの信号から温度 T 2 を算出し、吸入圧力センサ 4 4 からの信号から圧力 P 1 を算出し、吐出圧力センサ 4 2 からの信号から圧力 P 2 を算出する。なお、異常判定装置 6 0 が温度 T 1 , T 2 及び圧力 P 1 , P 2 を算出せずに、制御部 5 1 が温度 T 1 , T 2 及び圧力 P 1 , P 2 を算出してもよい。この場合、制御部 5 1 が異常判定装置 6 0 に温度 T 1 , T 2 及び圧力 P 1 , P 2 を出力することにより、異常判定装置 6 0 は、温度 T 1 , T 2 及び圧力 P 1 , P 2 を取得できる。

## 【 0 0 6 0 】

算出部 6 6 は、第 1 指標値として第 1 期間におけるポリトロープ指数（以下「第 1 ポリトロープ指数」と称する）と、第 2 指標値として第 2 期間におけるポリトロープ指数（以

下「第2ポリトロープ指数」と称する)とを算出する。一例として、図7(a)は、冷凍装置1の据付後の1回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1ポリトロープ指数の推移を示す。図7(b)は、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1ポリトロープ指数の推移を示す。図7(c)は、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1ポリトロープ指数の推移を示す。図7(d)は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1ポリトロープ指数の推移を示す。

#### 【0061】

そして図7(a)~図7(d)の試験データを時系列に連結すると、図8(a)のグラフとなる。図8(a)のグラフは、連続した使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の試験データについての第1ポリトロープ指数及び第2ポリトロープ指数のそれぞれの推移を示す。図8(a)に示すとおり、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)までは、第1ポリトロープ指数と第2ポリトロープ指数とは互いに略等しいが、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の途中において、乖離度合が徐々に大きくなり、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)では、時間の経過とともに乖離度合が大きくなっていくことが分かる。

#### 【0062】

算出部66は、例えば第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合を算出する。本実施形態では、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合は、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の比で示す。この比が大きくなるにつれて第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が大きくなる。一例として図8(b)のグラフは、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合の推移を示す。図8(b)に示すとおり、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)までは、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合は略1.00である。3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の途中において、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が徐々に大きくなり、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)では、乖離度合の増加の傾きが大きくなることが分かる。

#### 【0063】

なお、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合として、第1ポリトロープ指数と第2ポリトロープ指数との差で示してもよい。この差が大きくなるにつれて第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が大きくなる。また、算出部66は、他の試験運転モードである冷蔵運転(プルダウン)、除霜運転、冷凍運転(プルダウン)、及び冷凍運転(インレンジ)についても、冷蔵運転(インレンジ)と同様に第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合を算出する。

#### 【0064】

判定部67は、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が第1閾値 $\times 1$ 以上の場合、圧縮機11に異常が発生していると判定する。第1閾値 $\times 1$ は、圧縮機11の圧縮効率が過度に下がっていると判別するための値であり、試験等により予め設定される。第1閾値 $\times 1$ は、試験運転モードごとに設定される値である。

#### 【0065】

判定部67は、圧縮機11に異常が発生していない場合、第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合の変化傾向に基づいて、圧縮機11の異常発生時期を予測する。一例では、算出部66は、直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合を算出して判定部67に出力する。判定部67は、直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合からこの乖離度合の変化傾向を取得する。判定部67は、直近の使用前検査における第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合の変化傾向に基づいて、この乖離度合が第1閾値 $\times 1$ に達する時期を予測する。判定部67は、乖離度合の傾きを、例えば回帰分析によって算出してもよいし

10

20

30

40

50

、所定の2つの時期の乖離度合を結ぶ直線から算出してもよい。一例では、図8(b)に示すとおり、判定部67は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合の推移に基づいて、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の乖離度合を予測する(図8(b)の破線部分)。判定部67は、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の乖離度合の推移と第1閾値X1との比較に基づいて、圧縮機11の異常発生時期を予測する。図8(b)では、5回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)時に乖離度合が第1閾値X1に達すると予測できる。

【0066】

なお、判定部67は、他の試験運転モードである冷蔵運転(プルダウン)、除霜運転、冷凍運転(プルダウン)、及び冷凍運転(インレンジ)についても、冷蔵運転(インレンジ)と同様に圧縮機11の異常の有無を判定し、圧縮機11に異常が発生していない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測する。

【0067】

図9を参照して、異常判定装置60による圧縮機11の異常の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測の具体的な処理手順について説明する。この処理は、例えば、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときの少なくとも1つの場合に実行される。本実施形態では、異常判定装置60は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときのそれぞれの場合に、圧縮機11の異常の有無を判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期の予測を実行する。

【0068】

異常判定装置60は、ステップS11において前処理部63によって抽出された時系列の試験データから、試験運転モードごとに第1ポリトロープ指数及び第2ポリトロープ指数をそれぞれ算出し、ステップS12に移行する。異常判定装置60は、ステップS12において試験運転モードごとに第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合を算出し、ステップS13に移行する。

【0069】

異常判定装置60は、ステップS13において試験運転モードごとに第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が第1閾値X1以上か否かを判定する。ここで、異常判定装置60は、少なくとも1つの試験運転モードにおける第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合が第1閾値X1以上の場合、ステップS13を肯定判定する。

【0070】

異常判定装置60は、ステップS13において肯定判定する場合、ステップS14において圧縮機11に異常が発生していると判定し、ステップS15に移行する。異常判定装置60は、ステップS15において判定結果を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。なお、表示器53及び管理者用端末70は、ステップS15においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときの少なくとも1つの場合に圧縮機11の異常の有無の判定結果を報知する。本実施形態では、表示器53及び管理者用端末70は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときのそれぞれの場合に圧縮機11の異常の有無の判定結果を報知する。

【0071】

異常判定装置60は、ステップS13において否定判定する場合、ステップS16において試験運転モードごとの第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度

10

20

30

40

50

合の変化傾向を算出し、ステップS 1 7に移行する。

【 0 0 7 2 】

異常判定装置6 0は、ステップS 1 7において第2ポリトロープ指数に対する第1ポリトロープ指数の乖離度合の変化傾向に基づいて圧縮機1 1の異常発生時期を予測し、ステップS 1 8に移行する。異常判定装置6 0は、試験運転モードごとに圧縮機1 1の異常発生時期を予測する。異常判定装置6 0は、ステップS 1 8において予測結果を表示器5 3及び管理者用端末7 0の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。ここで、異常判定装置6 0は、予測結果として、試験運転モードごとに予測された圧縮機1 1の異常発生時期のうち、最も早い異常発生時期を表示器5 3及び管理者用端末7 0の少なくとも一方に通信する。なお、表示器5 3及び管理者用端末7 0は、ステップS 1 8においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置6 0の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときの少なくとも1つの場合に圧縮機1 1の異常発生時期の予測結果を報知する。本実施形態では、表示器5 3及び管理者用端末7 0は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置6 0の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときのそれぞれの場合に圧縮機1 1の異常発生時期の予測結果を報知する。

10

【 0 0 7 3 】

また、ステップS 1 5及びステップS 1 8において表示器5 3に代えて報知部5 2に通信してもよい。報知部5 2がスピーカを有する場合、報知部5 2は、スピーカによって圧縮機1 1の異常の有無の判定結果を報知し、異常のない場合に圧縮機1 1の異常発生時期の予測結果を報知してもよい。

20

【 0 0 7 4 】

次に、第1指標値及び第2指標値の第2の例について説明する。

算出部6 6は、圧縮機1 1に供給される電流の予測値、および、圧縮機1 1に供給される電流の実測値を算出し、算出した圧縮機1 1に供給される電流の予測値に対する圧縮機1 1に供給される電流の実測値の比として圧縮機電流比を算出する。

【 0 0 7 5 】

算出部6 6は、圧縮機1 1に供給される電流の予測値を、例えば冷媒回路2 0の凝縮温度、蒸発温度、圧縮機1 1の運転周波数、圧縮機1 1の回転速度の少なくとも1つから算出する。

30

【 0 0 7 6 】

算出部6 6は、圧縮機電流比のうちの圧縮機1 1に供給される電流の実測値を電流センサ4 5からの信号から算出する。圧縮機1 1に供給される電流の実測値は、例えば圧縮機1 1が劣化して圧縮機1 1の圧縮機構部内での高圧側から低圧側への冷媒の漏れ量が多くなった場合や、圧縮機1 1におけるモータのロータを回転支持する軸受(転がり軸受)の劣化によるロータの回転抵抗が大きくなった場合に、圧縮機1 1に供給される電流の予測値に対して大きくなる。このため、圧縮機1 1に供給される電流の予測値に対する圧縮機1 1に供給される電流の実測値の乖離度合と圧縮機1 1の劣化度合とが相関を有する。

【 0 0 7 7 】

算出部6 6は、第1指標値として第1期間における圧縮機電流比(以下「第1圧縮機電流比」と称する)及び第2指標値として第2期間における圧縮機電流比(以下「第2圧縮機電流比」と称する)を算出する。一例として、図1 0(a)は、冷凍装置1のコンテナへの据付後の1回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1圧縮機電流比の推移を示す。図1 0(b)は、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1圧縮機電流比の推移を示す。図1 0(c)は、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1圧縮機電流比の推移を示す。図1 0(d)は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1圧縮機電流比の推移を示す。そして図1 0(a)~図1 0(d)の試験データを時系列に連結すると、図1 1(a)のグラフとなる。図1 1(a)の

40

50

グラフは、第1圧縮機電流比及び第2圧縮機電流比のそれぞれの推移を示す。図11(a)に示すとおり、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)までは、第1圧縮機電流比と第2圧縮機電流比とは互いに等しいが、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の途中において、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が徐々に大きくなっていき、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)では、乖離度合が時間の経過とともに大きくなること分かる。

#### 【0078】

算出部66は、例えば第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合を算出する。本実施形態では、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合は、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の比で示す。この比が大きくなるにつれて第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が大きくなる。一例として図11(b)のグラフは、冷蔵運転(インレンジ)における第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の推移を示す。図11(b)に示すとおり、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)までは、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合は略1.00である。3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の途中において、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が徐々に大きくなり、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)では、乖離度合の増加の傾きが大きくなること分かる。

#### 【0079】

なお、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合については、第1圧縮機電流比と第2圧縮機電流比との差で示してもよい。この差が大きくなるにつれて第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比との乖離度合が大きくなる。また、算出部66は、他の試験運転モードである冷蔵運転(プルダウン)、除霜運転、冷凍運転(プルダウン)、及び冷凍運転(インレンジ)についても、冷蔵運転(インレンジ)と同様に第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合を算出する。

#### 【0080】

判定部67は、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が第2閾値 $\times 2$ 以上の場合、圧縮機11に異常が発生していると判定する。第2閾値 $\times 2$ は、圧縮機11の劣化に伴う圧縮機11の異常が発生していると判別するための値であり、試験等により予め設定される。

#### 【0081】

判定部67は、第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の変化傾向に基づいて、圧縮機11の異常発生時期を予測する。具体的には、算出部66は、例えば直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合を算出して判定部67に出力する。判定部67は、例えば直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合からこの乖離度合の変化傾向を取得する。一例では、図11(b)に示すとおり、判定部67は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の推移に基づいて、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)における乖離度合を予測する(図11(b)の破線部分)。判定部67は、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)についての第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の推移と第2閾値 $\times 2$ との比較に基づいて、圧縮機11の異常発生時期を予測する。図11(b)では、5回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)時に乖離度合が第2閾値 $\times 2$ に達すると予測できる。

#### 【0082】

なお、判定部67は、他の試験運転モードである冷蔵運転(プルダウン)、除霜運転、冷凍運転(プルダウン)、及び冷凍運転(インレンジ)についても、冷蔵運転(インレンジ)と同様に圧縮機11の異常の有無を判定し、圧縮機11に異常が発生していない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測する。

#### 【0083】

図12を参照して、異常判定装置60による圧縮機11の異常の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測の具体的な処理手順について説明する。この処理は、例えば、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときの少なくとも1つの場合に実行される。本実施形態では、異常判定装置60は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前検査が実施されたときのそれぞれの場合に、圧縮機11の異常の有無を判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期の予測を実行する。

【0084】

異常判定装置60は、ステップS21において前処理部63によって抽出された時系列の試験データから、試験運転モードごとに第1圧縮機電流比及び第2圧縮機電流比をそれぞれ算出し、ステップS22に移行する。異常判定装置60は、ステップS22において試験運転モードごとに第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合を算出し、ステップS23に移行する。

【0085】

異常判定装置60は、ステップS23において試験運転モードごとに第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が第2閾値 $\times 2$ 以上か否かを判定する。ここで、異常判定装置60は、少なくとも1つの試験運転モードにおける第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合が第2閾値 $\times 2$ 以上の場合、ステップS23を肯定判定する。

【0086】

異常判定装置60は、ステップS23において肯定判定する場合、ステップS24において圧縮機11に異常が発生していると判定し、ステップS25に移行する。異常判定装置60は、ステップS25において判定結果を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。なお、表示器53及び管理者用端末70は、ステップS25においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときの少なくとも1つの場合に圧縮機11の異常の有無の判定結果を報知する。本実施形態では、表示器53及び管理者用端末70は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときのそれぞれの場合に圧縮機11の異常の有無の判定結果を報知する。

【0087】

異常判定装置60は、ステップS23において否定判定する場合、ステップS26において試験運転モードごとの第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の変化傾向を算出し、ステップS27に移行する。

【0088】

異常判定装置60は、ステップS27において第2圧縮機電流比に対する第1圧縮機電流比の乖離度合の変化の傾きに基づいて圧縮機11の異常発生時期を予測し、ステップS28に移行する。異常判定装置60は、試験運転モードごとに圧縮機11の異常発生時期を予測する。異常判定装置60は、ステップS28において予測結果を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。ここで、異常判定装置60は、予測結果として、試験運転モードごとに予測された圧縮機11の異常発生時期のうち、最も早い異常発生時期を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信する。なお、表示器53及び管理者用端末70は、ステップS28においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときの少なくとも1つの場合に圧縮機11の異常発生時期の予測結果を報知する。本実施形態では、表示器53及び管理者用端末70は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置

10

20

30

40

50

60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときのそれぞれの場合に圧縮機11の異常発生時期の予測結果を報知する。

【0089】

また、ステップS25及びステップS28において表示器53に代えて報知部52に通信してもよい。報知部52がスピーカを有する場合、報知部52は、スピーカによって圧縮機11の異常の有無の判定結果及び圧縮機11の異常発生時期の予測結果を報知してもよい。

【0090】

以上説明した異常判定装置60における冷凍装置1の異常判定方法は、データ保存ステップ、抽出ステップ、第1算出ステップ、第2算出ステップ、及び判定ステップを有する。以下これを説明する。

【0091】

データ保存ステップは、冷凍装置1の運転に関するデータを保存するステップである。一例では、データ保存ステップは、冷凍装置1の運転に関するデータ取得部61からのデータをデータ蓄積部62において時系列データとして保存する。

【0092】

抽出ステップは、時系列データから複数回の使用前検査時の複数個の試験運転モードのうちの一の試験運転モードに関わる時系列の試験データを抽出するステップである。抽出ステップは、冷凍装置1のコンテナへの据付後から現在まで実施した全ての使用前検査の全ての試験運転モードについて、試験運転モードごとの時系列の試験データを抽出するステップである。また、抽出ステップは、圧縮機11の異常の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測に対してノイズとなる試験データを前処理部63によって削除し、代替データで補填する前処理ステップを含む。

【0093】

第1算出ステップは、第1期間における時系列の試験データから試験運転モードごとに第1指標値を算出し、第2期間における時系列の試験データから試験運転モードごとに第2指標値を算出するステップである。第1算出ステップは、算出部66によって実行されるものであって、第1期間における時系列の試験データの移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における時系列の試験データの移動平均によって第2指標値を算出する。第1算出ステップと図9及び図12との関係について述べると、図9におけるステップS11及び図12におけるステップS21が第1算出ステップに相当する。

【0094】

第2算出ステップは、試験運転モードごとに第1指標値及び第2指標値から圧縮機11の正常状態からの乖離度合を算出するステップである。第2算出ステップは、算出部66によって実行される。第2算出ステップと図9及び図12との関係について述べると、図9におけるステップS12及び図12におけるステップS22が第2算出ステップに相当する。

【0095】

判定ステップは、試験運転モードごとに圧縮機11の正常状態からの乖離度合に基づいて、圧縮機11の異常の有無を判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測するステップである。第2指標値を圧縮機11の正常状態とし、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合がある閾値以上となると、圧縮機11の異常が発生したと判定する。判定ステップは、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の変化傾向に基づいて、この乖離度合がいつ閾値に達するかを予測することによって、圧縮機11の異常発生時期を予測する。判定ステップと図9及び図12との関係について述べると、図9におけるステップS13～S18、及び図12におけるステップS23～S28が判定ステップに相当する。

【0096】

次に、本実施形態の作用について説明する。

10

20

30

40

50

例えば、冷凍装置1の運転状態は、冷蔵運転、冷凍運転、除霜運転等の運転モード、庫内設定温度、庫内の積荷等によって異なる。このため、冷凍装置1の運転に関するデータは、冷凍装置1の運転状態によってばらついてしまう。したがって、冷凍装置1の運転状態がばらついたデータを用いて圧縮機11の異常の発生の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測を行う場合、その判定及び予測の精度が低くなる場合がある。

【0097】

この点に鑑みて、本実施形態の異常判定装置60は、冷凍装置1の据付後の複数回の使用前検査の試験運転モードごとに抽出し、試験運転モードごとの時系列の試験データを抽出する。そして異常判定装置60は、試験運転モードごとに圧縮機11の異常の発生の有無の判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測する。使用前検査では、庫内に積荷がなく、試験運転モードごとに試験データを抽出するため、時系列の試験データを連結した場合にその連続した試験データは、同一条件下における冷凍装置1の運転となり、冷凍装置1の運転状態のばらつきが抑制される。したがって、圧縮機11の異常の発生の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測の精度の低下を抑制できる。

【0098】

さらに、異常判定装置60は、第2期間における時系列の試験データから第2指標値を移動平均によって算出し、この算出された第2指標値を基準とする。本実施形態では、第2期間は、長期間にわたる時系列の試験データであるため、短い期間における冷凍装置1の使用前検査の試験運転モードの運転に関する変動による影響が小さくなる。

【0099】

また異常判定装置60は、第1期間における時系列の試験データから第1指標値を移動平均によって算出する。本実施形態では、第1期間における時系列の試験データは、短期間における時系列の試験データであるため、冷凍装置1の使用前検査の試験運転モードの運転に関する最近の変動による影響が大きい。

【0100】

このように、冷凍装置1の試験運転に関する最近の変動による影響が小さい第2指標値を基準として、冷凍装置1の試験運転に関する変動による影響が大きい第1指標値が第2指標値からどの程度乖離するかをモニタすることによって、冷凍装置1の使用前検査の試験運転モードの運転に関する変動を抽出し易くなる。これにより、圧縮機11に異常が発生した場合、第2指標値に対して第1指標値が顕著に乖離するため、異常判定装置60は、圧縮機11の異常を判定できる。また、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の変化傾向を取得し、この乖離度合の推移を予測することによって、異常判定装置60は、圧縮機11の異常発生時期を予測できる。

【0101】

次に、本実施形態の効果について説明する。

(1-1) 判定部67は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのそれぞれに関わる時系列の試験データにおける変化傾向から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。この構成によれば、複数回の使用前検査時の複数個の試験運転モードのそれぞれについて冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。したがって、冷凍装置1の異常の有無の判定を精度よく行うことができ、異常のない場合の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

【0102】

(1-2) 判定部67は、連続する複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データにおける経時変化から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常がない場合に異常発生時期の予測を行う。この構成によれば、連続する複数回の使用前検査における時系列の試験データを用いることにより、試験データの連続した変化傾向を得られ、さらに複数個の試験運転モードのそれぞれについて冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。したがって、冷凍装置1の異常の有無の判定を精度よく行うことができ、異常のない場合の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

## 【 0 1 0 3 】

( 1 - 3 ) 算出部 6 6 は、前処理部 6 3 が抽出した時系列の試験データのうち、第 1 期間における時系列の試験データから算出される第 1 指標値と、第 1 期間とは長さが異なる第 2 期間における時系列の試験データから算出される第 2 指標値とに基づいて、冷凍装置 1 の正常状態からの乖離状態を算出する。判定部 6 7 は、冷凍装置 1 の正常状態からの乖離度合に基づいて冷凍装置 1 の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。この構成によれば、冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードの時系列の試験データを用いて算出された第 1 指標値と第 2 指標値との乖離状態に基づいて冷凍装置 1 の正常状態からの乖離状態を算出できる。これにより、判定部 6 7 は、冷凍装置 1 の正常状態からの乖離状態に基づいて冷凍装置 1 の異常の有無の判定し、異常の無い場合に異常発生時期の予測を行うことができる。このように、冷凍装置 1 の異常の有無を判定するための特別な運転を実行せずに、冷凍装置 1 の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期の予測を行うことができる。

10

## 【 0 1 0 4 】

( 1 - 4 ) 期間の長い第 2 期間から算出される第 2 指標値は、冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードの運転の変動に関する影響が小さく、期間の短い第 1 期間から算出される第 1 指標値は、冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードの運転の変動に関する影響が大きくなる。そこで、本実施形態では、算出部 6 6 は、第 1 指標値と第 2 指標値との乖離度合に基づいて冷凍装置 1 の正常状態からの乖離度合を算出する。これにより、冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードの運転の変動を抽出し易くなり、冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードの運転の変動に基づいて、冷凍装置 1 の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期の予測を行うことができる。

20

## 【 0 1 0 5 】

( 1 - 5 ) 第 1 指標値は、第 1 期間における時系列の試験データの移動平均によって算出され、第 2 指標値は、第 2 期間における時系列の試験データの移動平均によって算出される。この構成によれば、長期間にわたる冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードにおける運転の変動と短期間における冷凍装置 1 の使用前検査の試験運転モードにおける運転の変動との乖離度合に基づいて、冷凍装置 1 の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期の予測を行うことができる。

## 【 0 1 0 6 】

( 1 - 6 ) 前処理部 6 3 によって冷凍装置 1 の異常の有無の判定及び冷凍装置 1 の異常発生時期の予測を行う際にノイズとなる試験データを省き、代替データで補填することにより、冷凍装置 1 の異常の有無の判定及び冷凍装置 1 の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

30

## 【 0 1 0 7 】

( 1 - 7 ) 第 1 処理部 6 3 a が圧縮機 1 1 の起動直後の区間を抽出した場合、第 2 処理部 6 3 b は、圧縮機 1 1 の起動直後の区間の後の値を代替データとする。この構成によれば、第 1 処理部 6 3 a によって抽出した区間から時期的に近いデータを代替データとすることによって、実際の冷凍装置 1 の運転データと代替データとの乖離度合を小さくできる。したがって、冷凍装置 1 の異常の有無の判定及び冷凍装置 1 の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

40

## 【 0 1 0 8 】

( 1 - 8 ) 報知部 5 2 によって冷凍装置 1 の表示器 5 3 又は管理者用端末 7 0 に冷凍装置 1 の異常の発生及び冷凍装置 1 の異常発生時期が表示されるため、管理者又は冷凍装置 1 の作業者が冷凍装置 1 の異常及び異常発生時期を把握できる。

## 【 0 1 0 9 】

( 1 - 9 ) 第 1 指標値及び第 2 指標値は、ポリトロップ指数を含む。このため、圧縮機 1 1 の圧縮行程に関する変動に基づいて、圧縮機 1 1 の異常の有無の判定及び圧縮機 1 1 の異常発生時期の予測を行うことができる。

## 【 0 1 1 0 】

50

( 1 - 1 0 ) 第 1 指 標 値 及 び 第 2 指 標 値 は、 圧 縮 機 電 流 比 を 含 む。 こ の た め、 圧 縮 機 1 1 の 軸 受 の 劣 化 等 の 圧 縮 機 1 1 の 経 時 劣 化 に 起 因 す る 圧 縮 機 1 1 の 異 常 の 有 無 の 判 定 及 び 圧 縮 機 1 1 の 異 常 発 生 時 期 の 予 測 を 行 う こ と が で き る。

【 0 1 1 1 】

( 第 2 実 施 形 態 )

図 1 3 ~ 図 1 5 を 参 照 し て、 第 2 実 施 形 態 の 冷 凍 装 置 1 に つ い て 説 明 す る。 本 実 施 形 態 で は、 第 1 実 施 形 態 と 比 較 し て、 異 常 判 定 装 置 6 0 が 圧 縮 機 1 1 か ら 吐 出 さ れ る 吐 出 ガ ス 冷 媒 の 温 度 ( 以 下 「 圧 縮 機 1 1 の 吐 出 側 冷 媒 温 度 」 と 称 す る ) に 基 づ い て 冷 凍 装 置 1 の 異 常 の 有 無 を 判 定 し、 異 常 の な い 場 合 に 異 常 発 生 時 期 を 予 測 す る 点 が 異 な る。 こ の た め、 冷 凍 装 置 1 の 構 成 要 素 に つ い て は 第 1 実 施 形 態 を 参 照 し、 本 実 施 形 態 に か か る 冷 凍 装 置 1 の 図 面 を 省 略 す る。

10

【 0 1 1 2 】

本 実 施 形 態 の 異 常 判 定 部 6 4 は、 冷 凍 装 置 1 の 異 常 と し て、 冷 媒 回 路 2 0 の 冷 媒 漏 洩 を 判 定 す る。 す な わ ち 異 常 判 定 部 6 4 は、 冷 凍 装 置 1 の 異 常 と し て 冷 媒 回 路 2 0 の 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 の 有 無 を 判 定 し、 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 が な い 場 合 に 冷 媒 漏 洩 に よ る 異 常 発 生 時 期 を 予 測 す る。

【 0 1 1 3 】

冷 媒 漏 洩 に よ る 異 常 と し て は、 例 え ば、 冷 媒 量 の 不 足 に よ る 圧 縮 機 1 1 の 圧 縮 効 率 の 低 下 が 挙 げ ら れ る。 異 常 判 定 装 置 6 0 は、 圧 縮 機 1 1 の 吐 出 側 冷 媒 温 度 を モ ニ タ し て 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 の 有 無 を 判 定 し、 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 が な い 場 合 に 冷 媒 漏 洩 に よ る 異 常 発 生 時 期 を 予 測 す る。

20

【 0 1 1 4 】

算 出 部 6 6 は、 冷 媒 回 路 2 0 の 正 常 状 態 か ら の 乖 離 度 合 を 算 出 す る た め、 前 処 理 部 6 3 の 記 憶 部 6 3 c の 各 記 憶 領 域 に 記 憶 さ れ た 時 系 列 の 試 験 デ ー タ か ら 第 1 指 標 値 及 び 第 2 指 標 値 を 使 用 前 検 査 の 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 算 出 す る。 冷 媒 回 路 2 0 の 正 常 状 態 と は、 例 え ば 冷 媒 回 路 2 0 に 封 入 さ れ た 冷 媒 量 ( 冷 媒 充 填 量 ) が 適 正 範 囲 内 で あ る こ と で あ る。 算 出 部 6 6 は、 時 系 列 の 試 験 デ ー タ の う ち、 第 1 期 間 に お け る 時 系 列 の 試 験 デ ー タ か ら 第 1 指 標 値 を 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 算 出 す る。 ま た 算 出 部 6 6 は、 時 系 列 の 試 験 デ ー タ の う ち、 第 1 期 間 と は 長 さ が 異 な る 第 2 期 間 に お け る 時 系 列 の 試 験 デ ー タ か ら 第 2 指 標 値 を 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 算 出 す る。 そ し て 算 出 部 6 6 は、 第 1 指 標 値 と 第 2 指 標 値 と に 基 づ い て 冷 媒 回 路 2 0 の 正 常 状 態 か ら の 乖 離 度 合 を 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 算 出 す る。 本 実 施 形 態 で は、 算 出 部 6 6 は、 第 2 指 標 値 に 対 す る 第 1 指 標 値 と の 乖 離 度 合 に 基 づ い て 冷 媒 回 路 2 0 の 正 常 状 態 か ら の 乖 離 度 合 を 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 算 出 す る。 算 出 部 6 6 は、 算 出 結 果 を 判 定 部 6 7 に 出 力 す る。

30

【 0 1 1 5 】

判 定 部 6 7 は、 算 出 部 6 6 に よ っ て 算 出 さ れ た 冷 媒 回 路 2 0 の 正 常 状 態 か ら の 乖 離 度 合 に 基 づ い て 試 験 運 転 モ ー ド ご と に 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 の 有 無 を 判 定 し、 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 が な い 場 合 に 冷 媒 漏 洩 に よ る 異 常 発 生 時 期 を 予 測 す る。 判 定 部 6 7 は、 判 定 結 果 又 は 予 測 結 果 を 出 力 部 6 5 に 出 力 す る。

【 0 1 1 6 】

こ こ で、 冷 媒 漏 洩 に つ い て の 異 常 の 有 無 と は、 微 量 の 冷 媒 漏 洩 で は な く、 単 位 時 間 当 た り の 冷 媒 漏 洩 量 が 第 1 閾 値 以 上 に な る こ と で あ る。 第 1 閾 値 の 一 例 は、 冷 媒 漏 洩 に よ っ て 冷 凍 装 置 1 に 異 常 が 発 生 す る ほ ど の 冷 媒 漏 洩 量 で あ り、 試 験 等 に よ り 予 め 決 め ら れ る。 冷 凍 装 置 1 の 異 常 の 一 例 は、 冷 媒 充 填 量 が 適 正 範 囲 の 下 限 値 未 満 と な っ て 圧 縮 機 1 1 が 冷 却 で き な い こ と に 起 因 す る 圧 縮 機 1 1 の 温 度 が 過 度 に 高 く な る こ と で あ る。 ま た、 冷 媒 漏 洩 に よ る 異 常 発 生 時 期 は、 例 え ば、 冷 媒 充 填 量 が 適 正 範 囲 の 下 限 値 未 満 と な る 時 期 で あ っ て も よ い し、 冷 媒 充 填 量 が 適 正 範 囲 の 下 限 値 未 満 と な っ て 圧 縮 機 1 1 が 冷 却 で き な い こ と に 起 因 す る 圧 縮 機 1 1 の 温 度 が 第 2 閾 値 以 上 と な る 時 期 で あ っ て も よ い。 第 2 閾 値 の 一 例 は、 圧 縮 機 1 1 の 圧 縮 機 構 部 の 焼 き 付 き 等 の 異 常 が 発 生 す る 可 能 性 が 高 く な る 温 度 で あ り、 試 験 等 に よ り 予 め 決 め ら れ る。

40

50

## 【 0 1 1 7 】

出力部 6 5 は、冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果をデータ蓄積部 6 2 及び報知部 5 2 に出力する。出力部 6 5 は、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果をデータ蓄積部 6 2 及び報知部 5 2 に出力する。報知部 5 2 は、例えば表示器 5 3 によって冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果を表示する。また、出力部 6 5 は、アンテナを含む無線通信部を有する。出力部 6 5 は、無線通信部を介して管理者の端末（管理者用端末 7 0）と通信可能である。出力部 6 5 は、冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果を管理者用端末 7 0 に出力する。

## 【 0 1 1 8 】

次に、異常判定部 6 4 によって行われる冷媒漏洩についての異常の有無の判定、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測の詳細な内容について説明する。

算出部 6 6 は、記憶部 6 3 c の各記憶領域に記憶された使用前検査における時系列の試験データを用いて、第 1 期間における時系列の試験データの移動平均によって第 1 指標値を試験運転モードごとに算出し、第 2 期間における時系列の試験データの移動平均によって第 2 指標値を試験運転モードごとに算出する。算出部 6 6 は、処理を実施する時点よりも以前の第 1 期間及び第 2 期間のそれぞれにおける時系列の試験データを用いて第 1 指標値及び第 2 指標値を試験運転モードごとに算出する。そして算出部 6 6 は、第 2 指標値に対する第 1 指標値の乖離度合を試験運転モードごとに算出する。ここで、第 1 期間及び第 2 期間は、第 1 実施形態の第 1 期間及び第 2 期間と同様である。

## 【 0 1 1 9 】

第 1 指標値及び第 2 指標値は、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度比である。圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度比は、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の予測値と、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の実測値との比により示される。本実施形態では、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の予測値に対する圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の実測値を、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度比と規定する。

## 【 0 1 2 0 】

算出部 6 6 は、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度比を算出する。具体的には、算出部 6 6 は、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の予測値、および、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の実測値を算出し、算出した圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の予測値に対する圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の実測値の比として圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度比を算出する。

## 【 0 1 2 1 】

算出部 6 6 は、圧縮機 1 1 の吐出側冷媒温度の予測値を、例えば冷媒回路 2 0 への冷媒充填量が適正範囲内である場合の凝縮温度、蒸発温度、第 1 膨張弁 1 4 A の開度、第 2 膨張弁 1 4 B の開度、圧縮機 1 1 の運転周波数、及び圧縮機 1 1 の回転速度の少なくとも 1 つを変数とした回帰分析によって、冷凍装置 1 への電力の供給源となる電源の電源周波数と電源電圧ごとに算出する。

## 【 0 1 2 2 】

具体的には、海上コンテナのような輸送用冷凍装置では、港等のターミナルにおける電源の電源周波数及び電源電圧と、船の電源の電源周波数及び電源電圧とが異なる場合がある。一例では、ターミナルにおける電源の電源周波数は 5 0 H z であり、電源電圧は定格 3 8 0 V ± 1 0 % である。船の電源の電源周波数は 6 0 H z であり、電源電圧は定格 4 4 0 V ± 1 0 % である。電源周波数及び電源電圧の組合せの例として、第 1 ~ 第 6 組合せがある。第 1 組合せは、電源周波数が 5 0 H z であり、電源電圧が 3 4 2 V（電源周波数が 5 0 H z の場合の電源電圧の下限值）である。第 2 組合せは、電源周波数が 5 0 H z であり、電源電圧が 3 8 0 V（電源周波数が 5 0 H z の場合の電源電圧の中央値）である。第 3 組合せは、電源周波数 5 0 H z であり、電源電圧が 4 1 8 V（電源周波数が 5 0 H z の場合の電源電圧の上限值）である。第 4 組合せは、電源周波数が 6 0 H z であり、電源電圧が 3 9 6 V（電源周波数が 6 0 H z の場合の電源電圧の下限值）である。第 5 組合せは、電源周波数が 6 0 H z であり、電源電圧が 4 4 0 V（電源周波数が 6 0 H z の場合の電

10

20

30

40

50

源電圧の中央値)である。第6組合せは、電源周波数が60Hzであり、電源電圧が484V(電源周波数が60Hzの場合の電源電圧の上限値)である。算出部66は、第1～第6組合せのそれぞれについて、圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値を算出する。なお、電源周波数及び電源電圧の組合せ数は任意に変更可能である。

#### 【0123】

算出部66は、圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値を吐出温度センサ41からの信号から算出する。圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値は、例えば冷媒回路20からの単位時間当たりの冷媒漏洩量が多くなるにつれて、圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値に対して高くなる。このため、圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値に対する圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値の乖離度合と単位時間当たりの冷媒漏洩量とが相関を有する。

10

#### 【0124】

算出部66は、第1指標値として第1期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度比(以下「第1冷媒温度比」と称する)及び第2指標値として第2期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度比(以下「第2冷媒温度比」と称する)を算出する。一例として、図13(a)は、冷凍装置1のコンテナへの据付後の1回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1冷媒温度比の推移を示す。図13(b)は、2回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1冷媒温度比の推移を示す。図13(c)は、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1冷媒温度比の推移を示す。図13(d)は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の結果から算出された第1冷媒温度比の推移を示す。そして図13(a)～図13(d)の試験データを時系列に連結すると、図14(a)のグラフとなる。図14(a)のグラフは、冷蔵運転(インレンジ)についての第1冷媒温度比及び第2冷媒温度比のそれぞれの推移を示す。図14(a)に示すとおり、3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)以前では、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が小さいが、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)以降において、乖離度合が徐々に大きくなっていることが分かる。

20

#### 【0125】

算出部66は、例えば第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合を算出する。本実施形態では、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合は、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の比で示す。この比が大きくなるにつれて第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が大きくなる。なお、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合として、第1冷媒温度比と第2冷媒温度比との差で示してもよい。この差が大きくなるにつれて第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が大きくなる。一例として図14(b)のグラフは、冷蔵運転(インレンジ)における第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の推移を示す。図14(b)に示すとおり、1回目～3回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)では、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合は略1.00である。4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)において、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が徐々に大きくなることが分かる。

30

#### 【0126】

判定部67は、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が第3閾値 $\times 3$ 以上の場合、冷媒漏洩についての異常が発生していると判定する。第3閾値 $\times 3$ は、冷凍装置1に異常が発生するほどの冷媒漏洩についての異常が発生していると判別するための値であり、試験等により予め設定される。

40

#### 【0127】

判定部67は、第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の変化傾向に基づいて、冷媒漏洩による異常発生時期を予測する。具体的には、算出部66は、例えば直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合を算出して判定部67に出力する。判定部67は、例えば直近の使用前検査における試験運転モードごとの第2冷媒温度比に対する第2冷媒温度比の乖離度合からこの乖離度

50

合の変化傾向を取得する。判定部67は、直近の使用前検査における第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の変化傾向に基づいて、この乖離度合が第3閾値 $\times 3$ に達する時期を予測する。判定部67は、乖離度合の傾きを、例えば回帰分析によって算出してもよいし、所定の2つの時期の乖離度合を結ぶ直線から算出してもよい。一例では、図14(b)に示すとおり、判定部67は、4回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)についての第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の推移に基づいて、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の乖離度合を予測する(図14(b)の破線部分)。判定部67は、5回目以降の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)の乖離度合の推移と第3閾値 $\times 3$ との比較に基づいて、冷媒漏洩による異常発生時期を予測する。図14(b)では、5回目の使用前検査における冷蔵運転(インレンジ)時に乖離度合が第3閾値 $\times 3$ に達すると予測できる。

10

**【0128】**

図15を参照して、異常判定装置60による冷媒漏洩についての異常の有無の判定、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測の具体的な処理手順について説明する。この処理は、例えば、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときの少なくとも1つの場合に実行される。本実施形態では、異常判定装置60は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときのそれぞれの場合に、冷媒漏洩についての異常の有無を判定し、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測を実行する。

20

**【0129】**

異常判定装置60は、ステップS31において冷凍装置1の運転に関するデータから使用前検査の試験運転モードごとの圧縮機11の第1冷媒温度比及び圧縮機11の第2冷媒温度比をそれぞれ算出し、ステップS32に移行する。異常判定装置60は、ステップS32において第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合を試験運転モードごとに算出し、ステップS33に移行する。

**【0130】**

異常判定装置60は、ステップS33において第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合が第3閾値 $\times 3$ 以上か否かを判定する。異常判定装置60は、ステップS33において肯定判定する場合、ステップS34において冷媒漏洩についての異常が発生していると判定し、ステップS35に移行する。異常判定装置60は、ステップS35において判定結果を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。なお、表示器53及び管理者用端末70は、ステップS35においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときの少なくとも1つの場合に冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果を報知する。本実施形態では、表示器53及び管理者用端末70は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときのそれぞれの場合に冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果を報知する。

30

40

**【0131】**

異常判定装置60は、ステップS33において否定判定する場合、ステップS36において第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の変化傾向を算出し、ステップS37に移行する。

**【0132】**

異常判定装置60は、ステップS37において第2冷媒温度比に対する第1冷媒温度比の乖離度合の変化の傾きに基づいて冷媒漏洩による異常発生時期を予測し、ステップS38に移行する。異常判定装置60は、ステップS38において予測結果を表示器53及び管理者用端末70の少なくとも一方に通信し、処理を一旦終了する。なお、表示器53及

50

び管理者用端末70は、ステップS38においてユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときの少なくとも1つの場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果を報知する。本実施形態では、表示器53及び管理者用端末70は、ユーザの要求があったとき、冷凍装置1又は異常判定装置60の電源がオン状態になったとき、冷凍装置1の輸送が完了したとき、及び冷凍装置1の使用前点検が実施されたときのそれぞれの場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果を報知する。

【0133】

また、ステップS35及びステップS38において表示器53に代えて報知部52に通信してもよい。報知部52がスピーカを有する場合、報知部52は、スピーカによって冷媒漏洩についての異常の有無の判定結果、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測結果を報知してもよい。

10

【0134】

以上説明した異常判定装置60における冷媒漏洩による異常判定方法は、データ保存ステップ、抽出ステップ、第1算出ステップ、第2算出ステップ、及び判定ステップを有する。以下これを説明する。

【0135】

データ保存ステップは、冷凍装置1の運転に関するデータを保存するステップである。一例では、データ保存ステップは、冷凍装置1の運転に関するデータ取得部61からのデータをデータ蓄積部62において時系列データとして保存する。

20

【0136】

抽出ステップは、時系列データから冷凍装置1のコンテナへの据付後の複数回の使用前検査時の複数個の試験運転モードのうちの一の試験運転モードに関わる時系列の試験データを抽出するステップである。一例では、抽出ステップは、冷凍装置1の据付後から現在まで実施した使用前検査の全ての試験運転モードについて、試験運転モードごとの時系列の試験データを抽出するステップである。また一例では、抽出ステップは、冷媒漏洩についての異常の有無の判定、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測に対してノイズとなる試験データを前処理部63によって削除し、代替データで補填する前処理ステップを含む。

【0137】

第1算出ステップは、第1期間における時系列の試験データから第1指標値を試験運転モードごとに算出し、第2期間における時系列の試験データから第2指標値を試験運転モードごとに算出するステップである。一例では、第1算出ステップは、算出部66によって実行されるものであって、第1期間における時系列の試験データの移動平均によって第1指標値を試験運転モードごとに算出し、第2期間における時系列の試験データの移動平均によって第2指標値を試験運転モードごとに算出する。第1算出ステップと図15との関係について述べると、図15におけるステップS31が第1算出ステップに相当する。

30

【0138】

第2算出ステップは、第1指標値及び第2指標値から冷媒回路20の正常状態からの乖離度合を試験運転モードごとに算出するステップである。一例では、第2算出ステップは、算出部66によって実行される。第2算出ステップと図15との関係について述べると、図15におけるステップS32が第2算出ステップに相当する。

40

【0139】

判定ステップは、試験運転モードごとに、冷媒回路20の正常状態からの乖離度合に基づいて、冷媒漏洩についての異常の有無を判定し、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期を予測するステップである。一例では、第2指標値を冷媒回路20の正常状態とし、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合がある閾値以上となると、冷媒漏洩についての異常が発生したと判定する。判定ステップは、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合の変化傾向に基づいて、この乖離度合がいつ閾値に達するかを予測することによって、冷媒漏洩による異常発生時期を予測する。判定ステップと図15と

50

の関係について述べると、図15におけるステップS33～S38が判定ステップに相当する。

#### 【0140】

次に、本実施形態の効果について説明する。本実施形態では、第1実施形態の(1-1)～(1-10)の効果に加え、以下の効果が得られる。

(2-1)冷媒回路20に封入される冷媒量(冷媒充填量)が適正範囲よりも少ない場合、圧縮機11の吸入圧力が低下することにより、圧縮機11の内部の冷媒による冷却不足が生じ、圧縮機11の温度が過度に高くなるおそれがある。すなわち、冷媒回路20に封入される冷媒量が適正範囲の下限値未満の場合の圧縮機11の吐出側冷媒温度は、冷媒回路20に封入される冷媒量が適正範囲の場合の圧縮機11の吐出側冷媒温度よりも高くなる。そこで、本実施形態では、第1指標値及び第2指標値として、圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値に対する圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値である吐出側冷媒温度比を用いる。このため、判定部67は、冷媒漏洩についての異常の有無の判定を精度よく行うことができ、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

10

#### 【0141】

(2-2)算出部66は、電源周波数及び電源電圧ごとに予測冷媒温度を算出し、電源周波数及び電源電圧ごとに第1冷媒温度比及び第2冷媒温度比を算出する。これにより、第1冷媒温度比及び第2冷媒温度比をより精度よく算出できるため、判定部67は、冷媒漏洩についての異常の有無の判定を精度よく行うことができ、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

20

#### 【0142】

(変更例)

上記各実施形態に関する説明は、本開示に従う輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備える冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法が取り得る形態の例示であり、その形態を制限することを意図していない。本開示に従う輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備える冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法は、例えば以下に示される上記各実施形態の変更例、及び相互に矛盾しない少なくとも2つの変更例が組み合わせられた形態を取り得る。以下の変更例において、上記各実施形態の形態と共通する部分は、上記各実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

30

#### 【0143】

・上記第1実施形態では、前処理部63は、時系列データにおいて圧縮機11の異常の有無を判定、及び圧縮機11の異常発生時期を予測することに対するノイズとなるデータを除去し、除去されたデータの区間を代替データで補填したが、これに限られない。前処理部63は、時系列データにおいて圧縮機11の異常の有無を判定、及び圧縮機11の異常発生時期を予測することに対するノイズとなるデータを除去するのみであってもよい。この構成によれば、圧縮機11の異常の有無の判定、及び圧縮機11の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

#### 【0144】

・上記第1実施形態では、異常判定装置60は、ポリトロープ指数及び圧縮機電流比のいずれか一方を用いて、圧縮機11の異常の有無を判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測したが、これに限られない。例えば、異常判定装置60は、ポリトロープ指数及び圧縮機電流比の両方を用いて、圧縮機11の異常の有無を判定し、異常のない場合に圧縮機11の異常発生時期を予測してもよい。

40

#### 【0145】

・上記第1実施形態において、圧縮機電流比に代えて、圧縮機11に供給される電流の予測値又は圧縮機11に供給される電流の実測値から第1指標値及び第2指標値を算出してもよい。一例では、算出部66は、第1期間における圧縮機11に供給される電流の予測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11に供給される電流の予測値の移動平均によって第2指標値を算出する。また一例では、算出部66は、

50

第1期間における圧縮機11に供給される電流の実測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11に供給される電流の実測値の移動平均によって第2指標値を算出する。

【0146】

・上記第2実施形態では、前処理部63は、時系列の試験データにおいて冷媒漏洩についての異常の有無を判定し、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期を予測することに対するノイズとなる運転データを除去し、除去された運転データの区間を代替データで補填したが、これに限られない。前処理部63は、時系列データにおいて冷媒漏洩についての異常の有無を判定し、冷媒漏洩についての異常がない場合に冷媒漏洩による異常発生時期を予測することに対するノイズとなる運転データを除去するのみであってもよい。この構成によれば、冷媒漏洩についての異常の有無の判定、及び冷媒漏洩による異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

10

【0147】

・上記第2実施形態において、吐出側冷媒温度比に代えて、圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値又は圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値から第1指標値及び第2指標値を算出してもよい。一例では、算出部66は、第1期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度の予測値の移動平均によって第2指標値を算出する。また一例では、算出部66は、第1期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11の吐出側冷媒温度の実測値の移動平均によって第2指標値を算出する。

20

【0148】

・上記第2実施形態において、第1指標値及び第2指標値として吐出側冷媒温度比に代えて、圧縮機11の吐出圧力の予測値に対する圧縮機11の吐出圧力の実測値の比である吐出圧力比を用いてもよい。算出部66は、第1指標値として第1期間における吐出圧力比（以下「第1圧力比」と称する）及び第2指標値として第2期間における吐出圧力比（以下「第2圧力比」と称する）を算出する。そして算出部66は、第2圧力比に対する第1圧力比の乖離度合を算出する。判定部67は、第2圧力比に対する第1圧力比の乖離度合が所定の閾値以上の場合、冷媒漏洩についての異常が発生していると判定する。また判定部67は、第2圧力比に対する第1圧力比の乖離度合の変化傾向に基づいて、冷媒漏洩による異常発生時期を予測する。また、吐出側冷媒温度比に代えて、圧縮機11に吸入される吸入ガス冷媒の過熱度の予測値に対する吸入ガス冷媒の過熱度の実測値の比を用いてもよいし、凝縮器12の出口の液冷媒の過冷却度の予測値に対する凝縮器12の出口の液冷媒の過冷却度の実測値の比を用いてもよい。

30

【0149】

・上記変更例において、吐出圧力比に代えて、圧縮機11の吐出圧力の予測値又は圧縮機11の吐出圧力の実測値から第1指標値及び第2指標値を算出してもよい。一例では、算出部66は、第1期間における圧縮機11の吐出圧力の予測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11の吐出圧力の予測値の移動平均によって第2指標値を算出する。また一例では、算出部66は、第1期間における圧縮機11の吐出圧力の実測値の移動平均によって第1指標値を算出し、第2期間における圧縮機11の吐出圧力の実測値の移動平均によって第2指標値を算出する。

40

【0150】

・上記各実施形態において、異常判定装置60は、複数個の試験運転モードのうちの前め設定した試験運転モードの時系列の試験データの変化傾向から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測してもよい。具体的には、前処理部63は、複数個の試験運転モードのうちの前め設定した試験運転モードの時系列の試験データを複数回の使用前検査にわたり抽出する。算出部66は、前め設定した試験運転モードの時系列の試験データを用いて第1指標値及び第2指標値を算出するとともに、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合を算出する。判定部67は、前め設定した試験運転モード

50

における第2指標値に対する第1指標値の乖離度合から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。なお、複数個の試験運転モードのうちの前め設定した試験運転モードは、1個の試験運転モードであってもよいし、複数個の試験運転モードであってもよい。このように、判定部67は、複数回の使用前検査時の、少なくとも1個以上の同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データの変化傾向から冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。この構成によれば、冷凍装置1の運転状態のばらつきが少ない使用前検査における特定の試験運転モードの試験データを用いて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測するため、これら判定及び予測を精度よく行うことができる。

**【0151】**

・上記各実施形態において、異常判定装置60は、複数回の使用前検査の全ての試験データを用いなくてもよい。異常判定装置60は、N回の使用前検査のうち1回以上N-1回以下の使用前検査の試験データを用いて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測してもよい。また異常判定装置60は、連続する複数回の使用前検査の試験データに限られず、連続しない複数回の使用前検査の試験データを用いて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測してもよい。一例では、異常判定装置60は、M回目の使用前検査、M+2回目の使用前検査、M+4回目の使用前検査、及びM+6回目の使用前検査のそれぞれの試験データを用いて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。

**【0152】**

・上記各実施形態において、冷凍装置1のコンテナへの据付後の使用前検査の試験データに冷凍装置1のコンテナへの据付前の使用前検査の試験データを加えて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測してもよい。すなわち、前処理部63は、冷凍装置1の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を行うために使用する時系列の試験データの一部を構成するものとして、使用前検査時の試験運転モードと同一条件の下に行われた冷凍装置1の出荷前試験運転時の検査データを加える。判定部67は、検査データが加えられた試験データに基づいて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。この構成によれば、試験データのデータ量が増えるため、冷凍装置1の異常の有無の判定を精度よく行うことができ、異常のない場合の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

**【0153】**

・上記各実施形態において、冷凍装置1が取り付けられたコンテナの輸送用機器への据付後において、使用前検査時の試験運転モードと同じ設定温度で運転した場合、使用前検査時の試験運転モードと同じ設定温度で運転した運転データを加えて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測してもよい。すなわち、前処理部63は、冷凍装置1の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を行うために使用する時系列の試験データの一部を構成するものとして、使用前検査時の試験運転モードと同じ設定温度で運転した運転データを加える。判定部67は、運転データが加えられた後の試験データに基づいて、冷凍装置1の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。この構成によれば、試験データのデータ量が増えるため、冷凍装置1の異常の有無の判定を精度よく行うことができ、異常のない場合の異常発生時期の予測を精度よく行うことができる。

**【0154】**

・上記各実施形態において、判定部67は、冷凍装置1の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を、機械学習によって行ってもよい。好ましくは、判定部67は、試験運転モードごとに冷凍装置1の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測を、機械学習によって行う。これにより、冷凍装置1の異常の有無の判定及び異常発生時期の予測の精度を高めることができる。

**【0155】**

・上記各実施形態では、第2指標値に対する第1指標値の乖離度合として第2指標値に

10

20

30

40

50

対する第1指標値の比で示していたが、これに限られない。第1指標値と第2指標値との乖離度合の算出方法は、任意に変更可能である。例えば、算出部66は、第1指標値と第2指標値との乖離度合を、第1指標値及び第2指標値を用いた標準偏差、歪度、尤度、尖度、及び平均値の少なくとも1つに基づいて算出してもよい。

#### 【0156】

・上記各実施形態において、データ蓄積部62は、冷凍装置1と通信可能に接続された冷凍装置1の外部のサーバであってもよい。このサーバの一例は、クラウドサーバである。すなわち異常判定装置60は、データ取得部61で取得したデータをサーバに送信することにより、サーバ上でデータを保存する。

#### 【0157】

・上記各実施形態では、異常判定装置60と報知部52とが個別に設けられているが、これに限られず、異常判定装置60が報知部52を有してもよい。

・上記各実施形態では、冷凍装置1は異常判定装置60を備えていたが冷凍装置1の構成はこれに限られない。例えば、冷凍装置1から異常判定装置60を省略してもよい。異常判定装置60は、冷凍装置1とは別に設けられてもよい。一例では、図16に示すように、異常判定装置60は、冷凍装置1に通信可能なサーバ80に設けられてもよい。サーバ80の一例は、クラウドサーバである。この場合、冷凍装置1は、異常判定装置60と通信接続する通信部54を有する。通信部54は、制御部51と電氣的に接続されている。冷凍装置1は、異常判定装置60からの冷凍装置1の異常の有無の判定結果、又は冷凍装置1の異常発生時期の予測結果を、通信部54を介して取得する。

#### 【0158】

以上、本装置の実施の形態を説明したが、特許請求の範囲に記載された本装置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が理解されるであろう。

#### 【符号の説明】

#### 【0159】

- 1 ... 冷凍装置 ( 輸送用冷凍装置 )
- 1 1 ... 圧縮機
- 1 2 ... 凝縮器
- 1 3 ... 蒸発器
- 1 4 A ... 第1膨張弁 ( 減圧装置 )
- 1 4 B ... 第2膨張弁 ( 減圧装置 )
- 2 0 ... 冷媒回路
- 5 2 ... 報知部
- 6 0 ... 異常判定装置
- 6 3 c ... 記憶部
- 6 6 ... 算出部
- 6 7 ... 判定部
- 8 0 ... サーバ

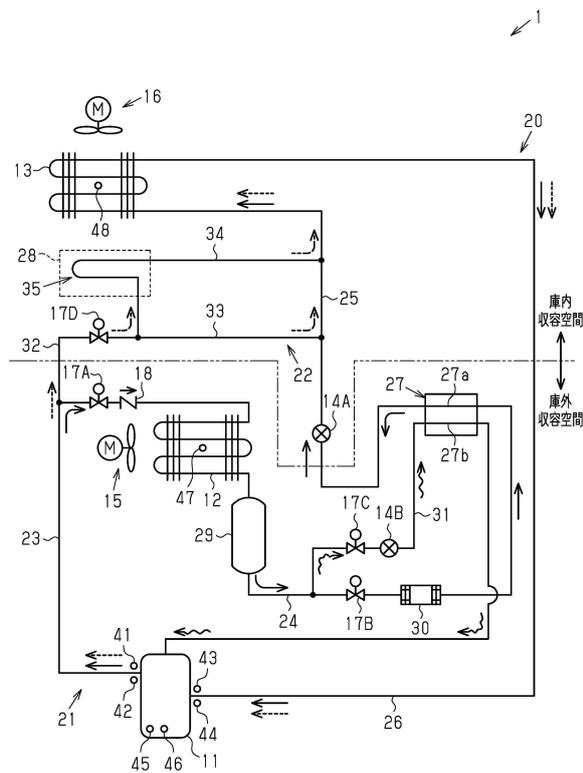
#### 【要約】

【課題】輸送用冷凍装置の異常判定を正確に行うことができる輸送用冷凍装置の異常判定装置、この異常判定装置を備えた輸送用冷凍装置、及び輸送用冷凍装置の異常判定方法を提供する。

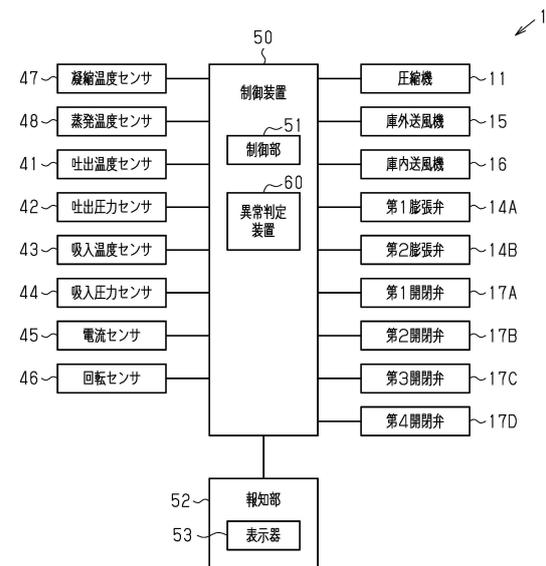
【解決手段】コンテナに取り付けられる輸送用冷凍装置の異常を判定する判定部67を有する異常判定装置60は、少なくとも1個の試験運転モードについて試験運転が行われる、輸送用冷凍装置の輸送用機器への搭載前の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データのうちの少なくとも一部を取得する。判定部67は、複数回の使用前検査時の、複数個の試験運転モードのうちの同一の試験運転モードに関わる時系列の試験データにおける変化傾向から輸送用冷凍装置の異常の有無を判定し、異常のない場合に異常発生時期を予測する。

【選択図】図3

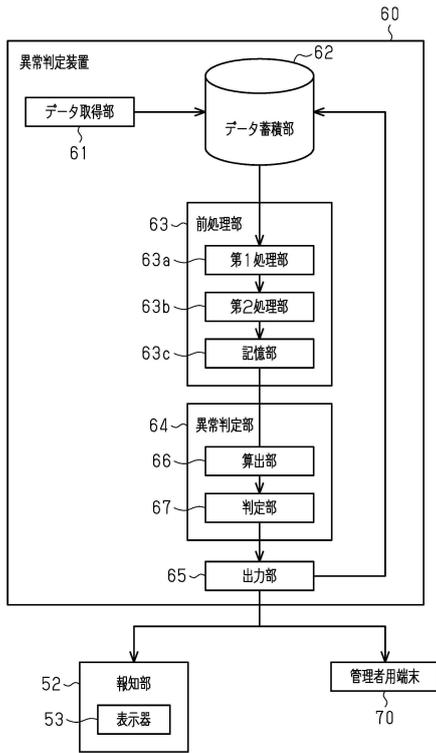
【図1】



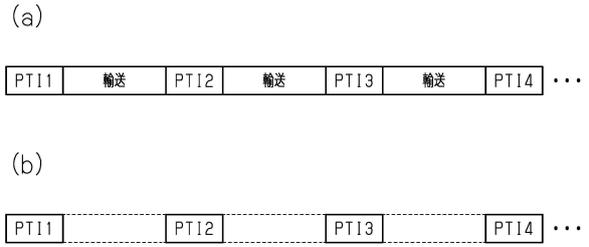
【図2】



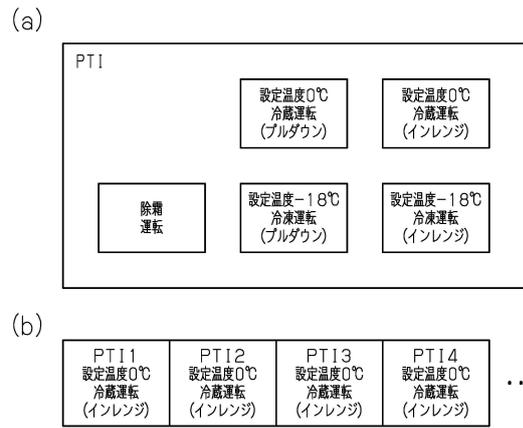
【図3】



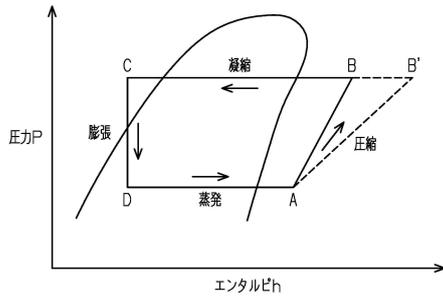
【図4】



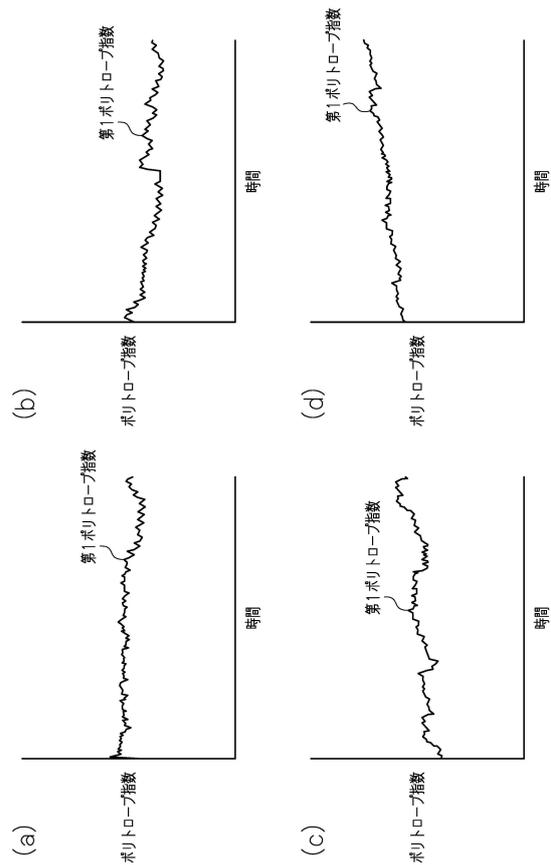
【図5】



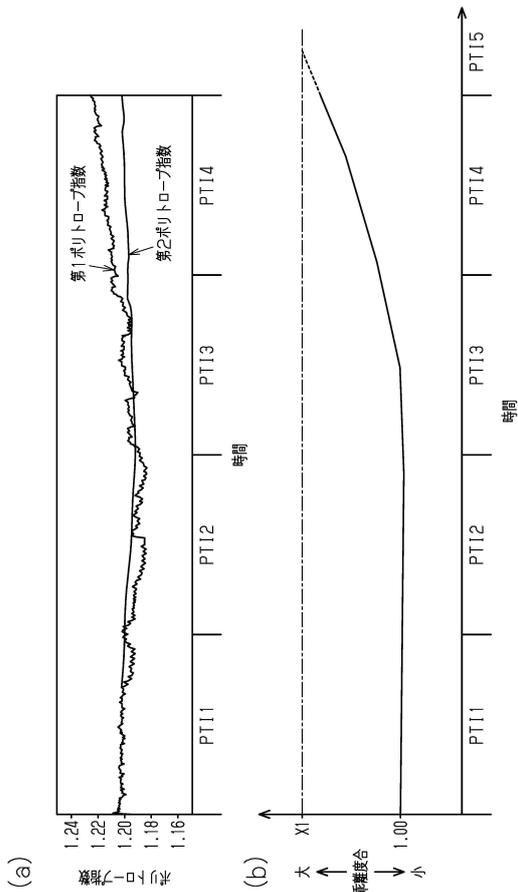
【図6】



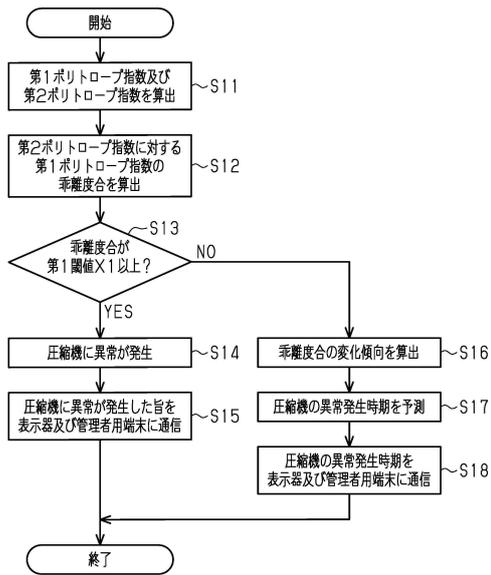
【図7】



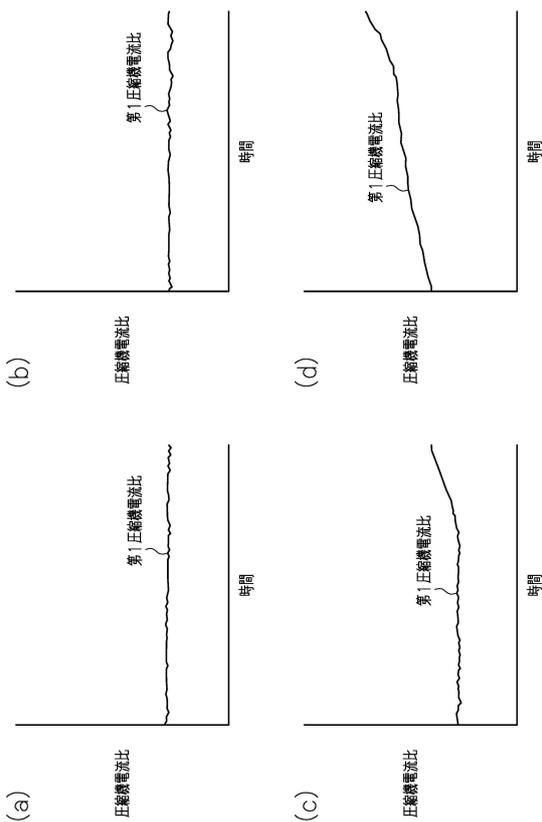
【図8】



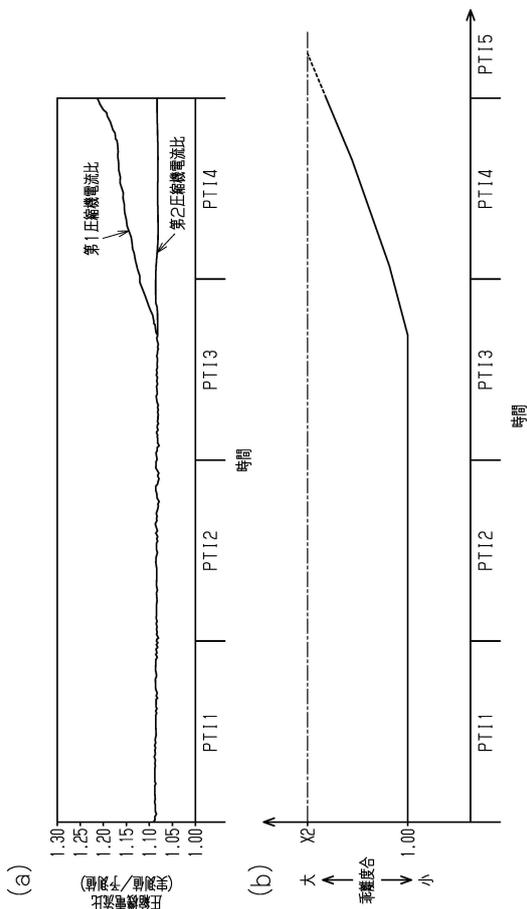
【図9】



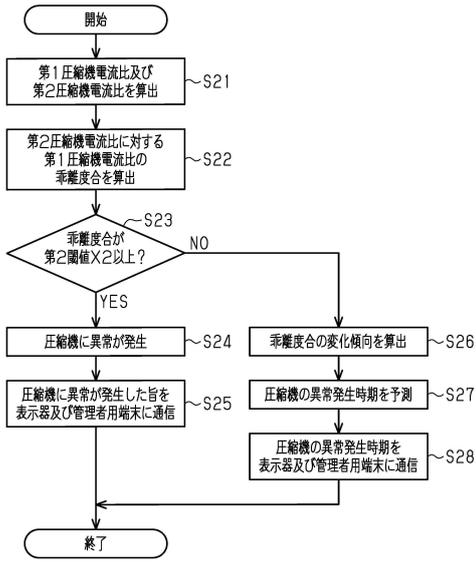
【図10】



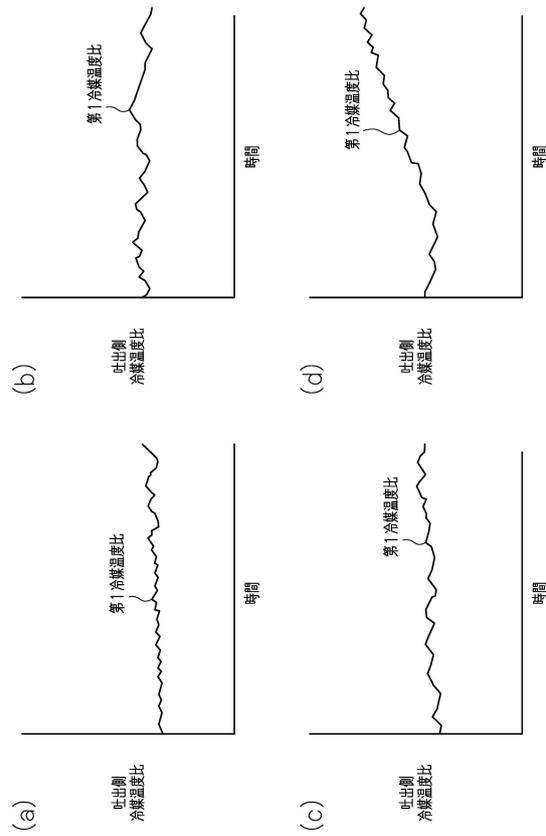
【図11】



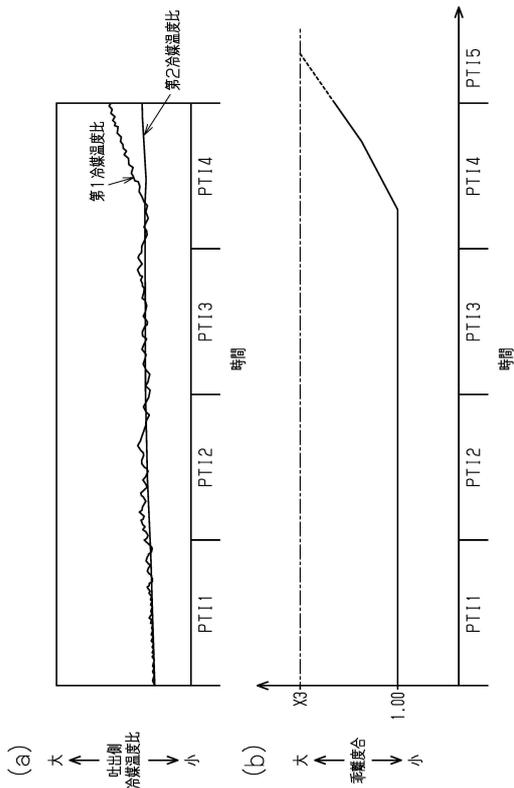
【図12】



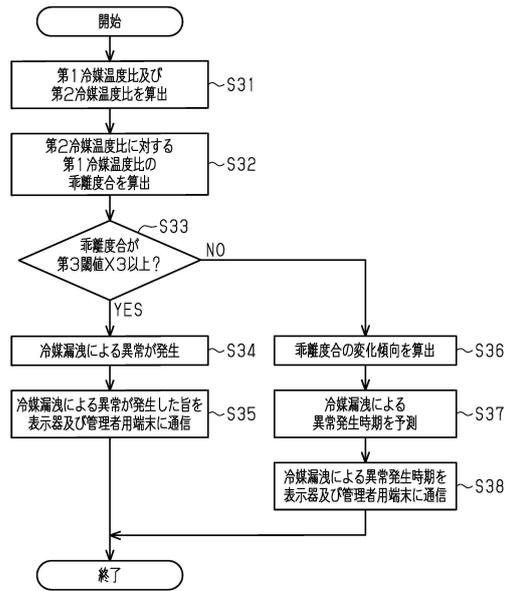
【図13】



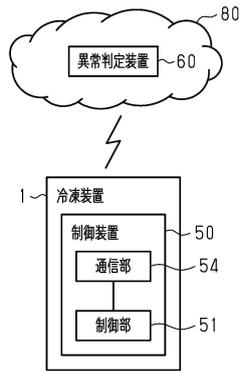
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-127568(JP,A)  
欧州特許出願公開第2597405(EP,A1)  
特開2008-249234(JP,A)  
特開2005-241089(JP,A)  
特開平11-161318(JP,A)  
特開2014-214970(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 49/02  
F25D 11/00  
F25D 23/00  
F25D 29/00