

明 細 書

発明の名称：故障診断システム

技術分野

[0001] 本発明は、空気調和機の故障及び故障の徴候などを診断する故障診断システムに関する。

背景技術

[0002] 部屋などの空間の空気環境を制御する空気調和機は広く普及しており、空間の快適性を保つ上で必要不可欠なものとなっている。よって、空気調和機の故障は、利用者の不快に直結する。また、サーバールーム及び冷凍倉庫などに配置された空気調和機の故障は、業務上、致命的な損失に繋がりがねない。そのため、近年、空気調和機の定期的なメンテナンスの他、空気調和機の故障及び故障の徴候などを診断する故障診断が重要視されている。

[0003] 従来から、空気調和機の故障診断には、通常運転中の冷凍サイクルの状態を測定して行う方法と、アクチュエータの制御を固定する故障診断運転中の冷凍サイクルの状態を測定して行う方法と、が採用されている。

[0004] ただし、通常運転中は、外気温、室内負荷、及びアクチュエータの制御にばらつきがある。そのため、通常運転中に行う従来の方法は、精度のよい故障診断が困難である。一方、故障診断運転中に行う方法は、一般に、通常運転中に行う方法よりも故障診断の精度が高い。ただし、故障診断運転中に行う方法は、空気調和機に異常がない場合にも、定期的にアクチュエータの制御を固定する必要がある。そのため、消費電力が増加し、空間の快適性が低下するおそれがある。

[0005] そこで、従来の故障診断システムには、通常運転中に、故障可能性を判断する予備診断を実施し、予備診断において故障可能性があると判断した場合に、故障診断運転を実施して故障診断を行うものがある（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-127625号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1の故障診断システムにおける予備診断は、少ないデータに基づいて行われ、故障の可能性有りと判断され易いように調整されている。つまり、特許文献1の故障診断システムは、予備診断の精度が低いことから、故障診断運転が頻発するため、消費電力の低減及び空間の快適性の向上を図ることができない。加えて、特許文献1の故障診断システムでは、予備診断で得られたデータを故障診断に用いないため、故障診断の効率及び精度を高めることができない。

[0008] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、快適性を損なうことなく、故障診断を高精度に且つ効率よく行う故障診断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

[0009] 本発明に係る故障診断システムは、冷媒が循環する冷媒回路を備えた空気調和機の状態を診断する故障診断システムであって、冷媒回路における冷媒の状態を状態データとして検出する状態検出部と、空気調和機のアクチュエータの制御を行う制御装置と、空気調和機の通常運転中における、状態データ及び制御装置による制御内容を示す制御データを用いて、空気調和機の異常の有無を判定する通常運転異常診断を行う異常診断部と、を有し、異常診断部は、空気調和機に異常があると判定した場合、空気調和機のアクチュエータの制御値を変更して状態データ及び制御データを取得し、取得した制御値の変更後の状態データ及び制御データと、制御値の変更前の状態データ及び制御データとを用いて、空気調和機の異常の要因を特定する異常要因特定診断を行うものである。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、状態データ及び制御データに基づいて通常運転中の空気調和機に異常があると判定した場合、アクチュエータの制御値を変更する。そして、制御値変更前のデータと制御値変更後のデータとを用いて空気調和機の異常の要因を特定する。よって、異常の有無の判定精度を高めると共に、異常の要因を迅速にかつ精度よく特定することができるため、快適性を損なうことなく、故障診断を高精度に且つ効率よく行うことができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施の形態1に係る故障診断システムの構成図である。
[図2]図1の故障診断システムの機能的構成を示すブロック図である。
[図3]図2の安定運転判定部による判定処理の一例を説明するためのグラフである。
[図4]図2の安定運転判定部による判定処理の他の例を説明するためのグラフである。
[図5]本発明の実施の形態1における冷媒状態情報及び正常領域の表示例のうち、空気調和機が正常状態にある場合の説明図である。
[図6]図1及び図2の故障診断システムによる動作を示すフローチャートである。
[図7]本発明の実施の形態2に係る故障診断システムの動作のうち、運転データの記憶処理を例示したフローチャートである。
[図8]本発明の実施の形態2に係る故障診断システムの動作のうち、故障診断の流れを例示したフローチャートである。
[図9]本発明の実施の形態3に係る故障診断システムの機能的構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1に係る故障診断システムの構成図である。図1に示すように、故障診断システム800は、空調システム600と、サーバ装置700と、により構成されている。空調システム600は、空気調

和機１００と、管理装置４００と、情報端末５００と、を有している。故障診断システム８００は、空気調和機１００の状態を診断するものである。

[0013] 空気調和機１００は、部屋などの空調対象空間の空気の温度、湿度、及び清浄度などといった空気環境を調整する。空気調和機１００は、室外機１１０と室内機１１１とにより構成されている。室外機１１０は、圧縮機１０１と、室外熱交換器１０２と、第１膨張弁１０６ａと、第２膨張弁１０６ｂと、四方弁１０８と、レシーバ１０９と、を有している。室内機１１１は、室内熱交換器１０３を有している。すなわち、空気調和機１００は、圧縮機１０１と室外熱交換器１０２と第１膨張弁１０６ａとレシーバ１０９と第２膨張弁１０６ｂと室内熱交換器１０３とが冷媒配管Ｒを介して連結され、冷媒が循環する冷媒回路２００を備えている。

[0014] 室外機１１０は、室外熱交換器１０２に付設され、室外熱交換器１０２の伝熱を促進する室外ファン１０４を有している。本実施の形態１において、室外機１１０は、制御装置１４０と、通信装置１５０と、故障診断装置３００と、を有している。室内機１１１は、室内熱交換器１０３に付設され、室内熱交換器１０３の伝熱を促進する室内ファン１０５を有している。

[0015] また、空気調和機１００は、冷媒温度センサ１２１～１２５と、空気温度センサ１３１～１３２と、を有している。冷媒温度センサ１２１～１２３と空気温度センサ１３１とは、室外機１１０に設けられ、冷媒温度センサ１２４及び１２５と空気温度センサ１３２とは、室内機１１１に設けられている。

[0016] 圧縮機１０１は、例えばインバータによって駆動され、吸入した冷媒を圧縮して吐出する。室外熱交換器１０２は、例えばフィンアンドチューブ型熱交換器からなり、空気と冷媒との間で熱交換させる。

[0017] 四方弁１０８は、圧縮機１０１の吐出側、つまり圧縮機１０１の出口に冷媒配管Ｒを介して接続されている。四方弁１０８は、冷媒回路２００における冷媒の流路を切り替える。四方弁１０８は、制御装置１４０によって接続方向が切り替えられ、冷媒回路２００内を流れる冷媒の方向が反転する。

- [0018] 四方弁１０８は、室内機１１１に冷熱が供給される冷房運転時において、図１の実線の接続方向となる。したがって、冷房運転時の冷媒は、圧縮機１０１、室外熱交換器１０２、第１膨張弁１０６ａ、レシーバ１０９、第２膨張弁１０６ｂ、室内熱交換器１０３、圧縮機１０１の順に、冷媒回路２００内を循環する。このとき、室外熱交換器１０２が凝縮器として機能し、室内熱交換器１０３が蒸発器として機能する。
- [0019] 四方弁１０８は、室内機１１１に温熱が供給される暖房運転時に、図１の破線の接続方向となる。したがって、暖房運転時の冷媒は、圧縮機１０１、室内熱交換器１０３、第２膨張弁１０６ｂ、レシーバ１０９、第１膨張弁１０６ａ、室外熱交換器１０２、圧縮機１０１の順に、冷媒回路２００内を循環する。このとき、室内熱交換器１０３が凝縮器として機能し、室外熱交換器１０２が蒸発器として機能する。
- [0020] 第１膨張弁１０６ａ及び第２膨張弁１０６ｂは、例えば電子膨張弁からなり、冷媒を減圧して膨張させる。第１膨張弁１０６ａは、一端が室外熱交換器１０２に接続され、他端がレシーバ１０９に接続されている。第２膨張弁１０６ｂは、一端がレシーバ１０９に接続され、他端が室内熱交換器１０３に接続されている。
- [0021] レシーバ１０９は、液冷媒を一時的に貯留する。レシーバ１０９は、冷媒配管Ｒを介して第１膨張弁１０６ａと第２膨張弁１０６ｂとに接続されている。また、圧縮機１０１の入口と四方弁１０８とを接続している冷媒配管Ｒの一部は、レシーバ１０９内を通過している。したがって、レシーバ１０９内の冷媒配管Ｒを流れる冷媒は、レシーバ１０９内の冷媒配管Ｒ周囲の冷媒との間で熱交換する。室内熱交換器１０３は、例えばフィンアンドチューブ型熱交換器からなり、空気と冷媒との間で熱交換させる。
- [0022] 冷媒温度センサ１２１は、圧縮機１０１の吐出側に設けられ、圧縮機１０１から吐出される冷媒の温度を計測する。冷媒温度センサ１２２は、室外熱交換器１０２に設けられ、室外熱交換器１０２を流れる冷媒の温度を室外冷媒温度として計測する。冷媒温度センサ１２３は、室外熱交換器１０２と第

1 膨張弁 106 a との間の冷媒配管 R に設けられ、室外熱交換器 102 と第 1 膨張弁 106 a との間を流れる冷媒の温度を計測する。冷媒温度センサ 124 は、室内熱交換器 103 に設けられ、室内熱交換器 103 を流れる冷媒の温度を室内冷媒温度として計測する。冷媒温度センサ 125 は、室内熱交換器 103 と第 2 膨張弁 106 b との間の冷媒配管 R に設けられ、室内熱交換器 103 と第 2 膨張弁 106 b との間を流れる冷媒の温度を計測する。空気温度センサ 131 は、室外熱交換器 102 を流れる冷媒と熱交換される空気の温度である外気温度を計測する。空気温度センサ 132 は、室内熱交換器 103 を流れる冷媒と熱交換される空気の温度である室内温度を計測する。

[0023] 制御装置 140 は、冷媒温度センサ 121 ～ 125、空気温度センサ 131 ～ 132 からの出力をもとに、圧縮機 101、室外ファン 104、室内ファン 105、第 1 膨張弁 106 a、及び第 2 膨張弁 106 b などのアクチュエータを制御する。つまり、図 1 では、空気調和機 100 のアクチュエータとして、圧縮機 101、室外ファン 104、室内ファン 105、第 1 膨張弁 106 a、及び第 2 膨張弁 106 b を例示している。

[0024] 制御装置 140 は、空調対象空間の温度及び湿度の目標値と、各センサによる計測データとに基づいて、空気調和機 100 のアクチュエータの制御値を求め、求めた制御値となるように各アクチュエータの動作を制御する。空気調和機 100 のアクチュエータの制御値には、圧縮機 101 の運転周波数、室外ファン 104 及び室内ファン 105 の回転数、第 1 膨張弁 106 a 及び第 2 膨張弁 106 b の開度などがある。また、制御装置 140 は、各アクチュエータに対する制御内容を示す制御データを、安定運転判定部 310 及び故障診断装置 300 に出力する。

[0025] 通信装置 150 は、制御装置 140 及び故障診断装置 300 が外部機器と通信を行う際のインタフェースとなる。通信装置 150 は、サーバ装置 700 と通信する際、情報端末 500 を経由した通信ができるようにしてもよい。この場合、通信装置 150 は、Wi-Fi（登録商標、以下同様）又は B I

uetooth（登録商標、以下同様）などの近距離の無線通信方式により情報端末500と通信する。そして、情報端末500は、インターネットなどのネットワークである電気通信回線900を行き交う信号を送受する中継装置となり、電気通信回線900に接続されたサーバ装置700と通信する。

[0026] 管理装置400は、空気調和機100の制御装置140及び通信装置150と有線又は無線で接続され、空気調和機100を管理するものである。空気調和機100の管理には、空気調和機100に対する操作を受け付け、受け付けた操作内容を制御装置140に伝達する処理も含まれる。つまり、管理装置400は、制御装置140と通信可能に接続されている。また、管理装置400は、通信装置150を介して、故障診断装置300及び情報端末500と通信可能に接続されている。管理装置400としては、空気調和機100の操作用のリモートコントローラその他、1又は複数の空気調和機100を管理する集中管理装置などが想定される。すなわち、管理装置400は、ユーザが空気調和機100を操作する際、又はユーザが空気調和機100の動作状態を把握する際に利用される。

[0027] 情報端末500は、携帯電話、スマートフォン、タブレットPC（Personal Computer）、ノートPC、又はデスクトップPCなどの通信端末である。情報端末500は、通信装置150を介して、制御装置140及び故障診断装置300と通信可能に接続されている。

[0028] サーバ装置700は、例えば、空気調和機100の外部に設けられ、クラウドサービスにより提供される記憶処理装置である。つまり、サーバ装置700は、クラウドコンピューティングに基づくクラウドサーバである。サーバ装置700は、電気通信回線900を介して情報端末500と通信可能に接続されている。また、サーバ装置700は、電気通信回線900及び通信装置150を介して、制御装置140、故障診断装置300、及び管理装置400と通信可能に接続されている。なお、サーバ装置700は、Webサーバなどの物理サーバであってもよい。

- [0029] 図2は、図1の故障診断システムの機能的構成を示すブロック図である。
- 図3は、図2の安定運転判定部による判定処理の一例を説明するためのグラフである。図4は、図2の安定運転判定部による判定処理の他の例を説明するためのグラフである。図2～図4を参照して、故障診断システム800の機能的な構成について説明する。
- [0030] 状態検出部120は、冷媒回路200における冷媒の状態を状態データとして検出する。本実施の形態1において、状態検出部120は、図2に示すように、冷媒温度センサ121～125と、空気温度センサ131～132と、を含んでいる。膨張手段106は、第1膨張弁106aと、第2膨張弁106bと、を含んでいる。
- [0031] 故障診断装置300は、状態データと制御データとを用いて空気調和機100の状態を診断する。故障診断装置300は、安定運転判定部310と、記憶部320と、異常診断部330と、を有している。つまり、本実施の形態1において、安定運転判定部310、記憶部320、及び異常診断部330は、空気調和機100の内部に設置されている。
- [0032] 安定運転判定部310は、制御装置140、冷媒温度センサ121～125、及び空気温度センサ131～132から送られる信号に含まれる各種のデータを取得する。つまり、安定運転判定部310は、制御装置140から制御データを取得する。また、安定運転判定部310は、状態検出部120において検知された状態データを取得する。安定運転判定部310は、制御装置140を介して状態データを取得してもよく、状態検出部120から直接的に状態データを取得してもよい。安定運転判定部310は、制御データ及び状態データに基づいて、診断対象となる空気調和機100の通常運転中の運転状態が安定しているか否かを判定する。以降では、空気調和機100の通常運転中の運転状態が安定しているか否かを判定する処理のことを安定運転判定処理という。
- [0033] ここで、通常運転とは、空調対象空間の空気調和を目的とした冷房運転あるいは暖房運転のことである。つまり、通常運転中とは、空調対象空間の空

気調和を目的として、冷房運転あるいは暖房運転を行っている状態のことである。通常運転の場合、制御装置 140 は、空調対象空間の温度及び湿度を目標値に近づけるように、圧縮機 101 の運転周波数などを制御する。例えば、室外熱交換器 102 に発生した霜を除去する除霜運転、及び空気調和機 100 の故障要因を特定する故障要因特定制御下の運転は、通常運転には含まれない。

[0034] 具体的には、例えば冷房運転時に、安定運転判定部 310 は、冷媒温度センサ 122 において計測された室外冷媒温度と、空気温度センサ 131 において計測された外気温度とを取得する。そして、安定運転判定部 310 は、室外冷媒温度から外気温度を減算することにより第 1 温度差 ΔT_c を求める。つまり、第 1 温度差 ΔT_c は、室外熱交換器 102 における冷媒の温度と空気の温度との温度差である。また、安定運転判定部 310 は、空気温度センサ 132 において計測された室内温度と、冷媒温度センサ 124 において計測された室内冷媒温度とを取得する。そして、安定運転判定部 310 は、室内温度から室内冷媒温度を減算することにより第 2 温度差 ΔT_e を求める。つまり、第 2 温度差 ΔT_e は、室内熱交換器 103 における冷媒の温度と空気の温度との温度差である。

[0035] ここで、記憶部 320 には、安定運転判定処理において、第 1 温度差 ΔT_c と比較される第 1 判定範囲 R_c と、第 2 温度差 ΔT_e と比較される第 2 判定範囲 R_e と、が記憶されている。また、記憶部 320 には、空気調和機 100 の仕様及び設置環境などに応じて設定された安定判定期間 Δt が記憶されている。

[0036] 安定運転判定部 310 は、図 3 に示すように、安定判定期間 Δt における第 1 温度差 ΔT_c 及び第 2 温度差 ΔT_e の変動を経時的に分析する。すなわち、安定運転判定部 310 は、マイコンのクロックなどにより定まる判定周期ごとに、第 1 温度差 ΔT_c 及び第 2 温度差 ΔT_e の変動を分析する。判定周期は、安定判定期間 Δt よりも短く設定されるが、安定判定期間 Δt よりも長く設定されてもよい。

- [0037] 安定運転判定部310は、分析を開始した時刻から安定判定期間 Δt の間における第1温度差 ΔT_c の変動幅 T_{cw} が、第1判定範囲 R_c 内に収まっているか否かを判定する。また、安定運転判定部310は、分析を開始した時刻から安定判定期間 Δt の間における第2温度差 ΔT_e の変動幅 T_{ew} が、第2判定範囲 R_e 内に収まっているか否かを判定する。そして、安定運転判定部310は、第1温度差 ΔT_c が第1判定範囲 R_c 内に収まり、かつ第2温度差 ΔT_e が第2判定範囲 R_e 内に収まる状態が、安定判定期間 Δt の間続いたとき、空気調和機100の運転状態が安定していると判定する。
- [0038] 図3の例において、時刻 t_{01} から時刻 t_{02} までの安定判定期間 Δt では、第1温度差 ΔT_c の変動幅 T_{cw} が第1判定範囲 R_c 内に収まっておらず、かつ第2温度差 ΔT_e の変動幅 T_{ew} が第2判定範囲 R_e 内に収まっていない。そのため、安定運転判定部310は、時刻 t_{02} において、空気調和機100の運転状態が安定していないと判定する。
- [0039] 一方、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの安定判定期間 Δt では、第1温度差 ΔT_c の変動幅 T_{cw} が第1判定範囲 R_c 内に収まり、かつ第2温度差 ΔT_e の変動幅 T_{ew} が第2判定範囲 R_e 内に収まっている。よって、安定運転判定部310は、時刻 t_2 において、空気調和機100の運転状態が安定していると判定する。
- [0040] また、図4に示すように、第1判定範囲 R_c 及び第2判定範囲 R_e は、それぞれ、空気調和機100の仕様及び設置環境などに応じて設定された固定領域であってもよい。すなわち、記憶部320には、第1判定範囲 R_c の下限温度である室外下限閾値 L_c と、第1判定範囲 R_c の上限温度である室外上限閾値 H_c と、が記憶されていてもよい。また、記憶部320には、第2判定範囲 R_e の下限温度である室内下限閾値 L_e と、第2判定範囲 R_e の上限温度である室内上限閾値 H_e と、が記憶されていてもよい。
- [0041] 図4の例では、時刻 t_1 から安定判定期間 Δt の間、第1温度差 ΔT_c が第1判定範囲 R_c 内に収まり、かつ第2温度差 ΔT_e が第2判定範囲 R_e 内に収まっている。よって、安定運転判定部310は、時刻 t_2 において、空気調

和機 100 の運転状態が安定していると判定する。

[0042] もっとも、安定運転判定部 310 は、第 2 温度差 ΔT_e の変化によらず、第 1 温度差 ΔT_c が第 1 判定範囲 R_c 内に収まる状態が安定判定期間 Δt の間続いたときに、空気調和機 100 の運転状態が安定していると判定してもよい。また、安定運転判定部 310 は、第 1 温度差 ΔT_c によらず、第 2 温度差 ΔT_e が第 2 判定範囲 R_e 内に収まる状態が安定判定期間 Δt の間続いたときに、空気調和機 100 の運転状態が安定していると判定してもよい。安定運転判定部 310 は、暖房運転時においても、上記同様に、各センサによる計測データを用いて、空気調和機 100 の運転状態が安定しているか否かを判定する。

[0043] 加えて、安定運転判定部 310 は、通常運転時の安定運転判定処理において、空気調和機 100 の運転状態が安定していると判定した場合、そのときの制御データ及び状態データを運転データとして記憶部 320 に記憶させる。運転データには、空気調和機 100 の運転状態が表れる。安定運転判定部 310 は、サーバ装置 700 の記憶部 701 に運転データを記憶させてもよい。

[0044] 異常診断部 330 は、制御装置 140、冷媒温度センサ 121～125、及び空気温度センサ 131～132 から送られる信号に含まれる各種のデータに基づいて、診断対象となる空気調和機 100 の故障診断を行う。すなわち、異常診断部 330 は、空気調和機 100 の通常運転中における、状態データ及び制御データに基づいて、空気調和機 100 の異常の有無を判定する通常運転異常診断を行う。また、異常診断部 330 は、空気調和機 100 に異常があると判定した場合、空気調和機 100 のアクチュエータの制御値を変更して状態データ及び制御データを取得する。そして、異常診断部 330 は、取得した状態データ及び制御データと、制御値の変更前の状態データ及び制御データとを用いて、空気調和機 100 の異常の要因を特定する異常要因特定診断を行う。

[0045] 異常診断部 330 は、冷媒の圧力とエンタルピとにより定まる状態空間内

において、通常運転異常診断と異常要因特定診断とを行うようになっている。本実施の形態１において、状態空間は、冷媒の圧力とエンタルピとを軸とする座標平面に設定される $p-h$ 線図に相当する。

[0046] 異常診断部３３０は、安定運転判定部３１０において運転状態が安定していると判定されたときの、状態データ及び制御データを用いて、空気調和機１００の異常の有無を判定する。本実施の形態１の異常診断部３３０は、安定運転判定部３１０において空気調和機１００の運転状態が安定していると判定されたときに、状態データ及び制御データを取得する。そして、異常診断部３３０は、取得した状態データ及び制御データを用いて、空気調和機１００の異常の有無を判定する。

[0047] 異常診断部３３０は、通常運転異常診断において、状態データ及び制御データを用いて、空気調和機１００の状態を状態空間上に表した状態空間データを求める。また、異常診断部３３０は、異常要因特定診断において、制御値の変更後の状態データ及び制御データを用いて状態空間データを求める。そして、異常診断部３３０は、制御値の変更後の状態空間データと通常運転異常診断で求めた状態空間データとを比較して、空気調和機１００の異常の要因を特定する。

[0048] ここで、状態空間データは、冷媒状態情報 x と正常領域 X とにより構成される。冷媒状態情報 x は、冷媒回路２００の特定箇所での冷媒の状態を示す情報である。正常領域 X は、空気調和機１００の正常運転時に冷媒状態情報 x が存在する領域の情報である。つまり、正常領域 X は、空気調和機１００に異常がない場合、つまり各アクチュエータ及び各センサなどに異常がない場合に、冷媒状態情報 x が存在する状態空間内の領域の情報である。

[0049] 本実施の形態１において、異常診断部３３０は、制御値の変更後の冷媒状態情報 x と、通常運転異常診断で求めた冷媒状態情報 x とを比較して、空気調和機１００の異常の要因を特定する。空気調和機１００の異常の要因には、冷媒量異常、熱交劣化、フィルタつまり、圧縮機異常、液バック（液冷媒圧縮異常）、過電流、配管つまり、LEVロック（膨張弁固着）、ファンロ

ックなどがある。

[0050] 冷媒量異常とは、冷媒回路200内の冷媒量の不足又は過剰を指す。熱交劣化とは、室外熱交換器102及び室内熱交換器103のうちの少なくとも一方に、劣化などの異常が発生していることを指す。フィルタつまりとは、空気調和機100の吸込口などに設けられたフィルタに目詰まりが生じている状態を指す。圧縮機異常とは、圧縮機101に異常が生じていることを指す。液バックとは、液状の冷媒が圧縮機101に戻ってくる状態を指す。過電流とは、空気調和機100のアクチュエータに過剰な電流が流れていることを指す。配管つまりとは、冷媒配管Rに冷媒の流通を妨げるつまりが生じている状態を指す。LEVロックとは、第1膨張弁106a及び第2膨張弁106bのうちの少なくとも1つに異常が発生している状態を指す。ファンロックとは、室外ファン104及び室内ファン105のうちの少なくとも1つに異常が発生して状態を指す。

[0051] より具体的に、異常診断部330は、サイクル状態演算手段331と、正常領域演算手段332と、診断処理手段333と、出力処理手段334と、を有している。サイクル状態演算手段331は、状態検出部120及び制御装置140から取得した運転データ、又は記憶部320に記憶された運転データを用いて冷媒状態情報 x を求める。冷媒状態情報 x は、冷媒の圧力とエンタルピとにより与えられる。

[0052] 正常領域演算手段332は、状態検出部120及び制御装置140から取得した運転データ、又は記憶部320もしくは記憶部701に蓄えられた運転データを用いて正常領域 X を求める。正常領域演算手段332は、異常要因特定診断において、制御値の変更後の状態データ及び制御データを用いて正常領域 X を求める。正常領域演算手段332は、サイクル状態演算手段331によって複数の冷媒状態情報 x が求められる場合、複数の冷媒状態情報 x の各々に対応する正常領域 X を求める。

[0053] ところで、正常領域演算手段332は、空気調和機100の設計仕様の情報をさらに用いて正常領域 X を求めるようにしてもよい。このようにすれば

、より適切な正常領域Xを求めることができ、表示部に表示される情報の正確性が高まるため、ユーザによる診断精度を高めることができる。

[0054] 診断処理手段333は、通常運転異常診断において、サイクル状態演算手段331により求められた冷媒状態情報xが、正常領域演算手段332により求められた正常領域Xに含まれているか否かを判定する。本実施の形態1において、冷媒状態情報xが正常領域Xに含まれているか否かの判定は、空気調和機100に異常が発生しているか否かの判定に相当する。

[0055] 診断処理手段333は、異常要因特定診断において、通常運転異常診断で求められた状態空間データと、制御値の変更後の状態空間データとを比較して、空気調和機100の異常の要因を特定する。本実施の形態1において、診断処理手段333は、制御値の変更後にサイクル状態演算手段331が求めた冷媒状態情報xと、通常運転異常診断においてサイクル状態演算手段331が求めた冷媒状態情報xとを比較して、空気調和機100の異常の要因を特定する。

[0056] 出力処理手段334は、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに、異常の要因の特定結果を出力させる。出力処理手段334は、異常の要因の特定結果を示す要因特定情報を管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに送信する。

[0057] また、出力処理手段334は、通常運転異常診断においてサイクル状態演算手段331が求めた冷媒状態情報xと、制御値の変更後の冷媒状態情報xとを、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに表示させる。すなわち、出力処理手段334は、p-h線図上に制御値の変更前後の冷媒状態情報xを表示させる表示データを生成する。そして、出力処理手段334は、生成した表示データを、通信装置150を介して、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに送信する。

[0058] 出力処理手段334は、制御値の変更前の状態空間データと、制御値の変更後の状態空間データとを、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに表示させてもよい。この場合、出力処理手段334は、p-

h 線図上に制御値の変更前後の冷媒状態情報 x 及び正常領域 X を表示させる表示データを生成する。

[0059] 記憶部 320 には、故障診断装置 300 の動作プログラムと共に、空気調和機 100 の状態診断に用いられる種々のデータが記憶されている。例えば、記憶部 320 には、正常領域演算手段 332 による正常領域 X の演算用の演算式に含まれる 1 又は複数の演算係数の情報が記憶されている。記憶部 320 には、製品出荷時などに、予め定められた初期の演算係数の情報が記憶される。

[0060] サーバ装置 700 は、記憶部 701 と、データ処理部 702 と、サーバ通信部 703 と、を備えている。記憶部 701 は、制御装置 140、冷媒温度センサ 121～125、及び空気温度センサ 131～132 から送られる信号に含まれる各種のデータ、状態空間データ、及び異常診断部 330 による診断結果を、過去の一定期間分記憶する。サーバ装置 700 がデータを蓄積する一定期間は、適宜変更することができる。

[0061] 図 2 に示すように、管理装置 400 は、入力部 410 と、出力部 420 と、出力制御部 430 と、を有している。出力部 420 は、表示部 421 と報知部 422 とにより構成されている。入力部 410 は、操作ボタンなどを含んで構成され、ユーザによる操作を受け付ける。また、入力部 410 は、ユーザによる操作内容を示す操作信号を制御装置 140 又は故障診断装置 300 に送信する。入力部 410 は、空気調和機 100 の状態診断の実施を要求する操作を受け付けたとき、故障診断装置 300 に診断要求信号を送信する。

[0062] 表示部 421 は、例えば液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display) からなり、冷媒状態情報 x 及び正常領域 X を表示する機能を有している。報知部 422 は、スピーカを含んで構成され、音又は音声を出力する。出力制御部 430 は、故障診断装置 300 から送信される表示データをもとに、冷媒状態情報 x 及び正常領域 X を含む診断画像を表示部 421 に表示させる。ここで、管理装置 400 には、表示データを

もとに診断画像を表示する画像表示プログラムがインストールされている。

[0063] 出力制御部430は、出力処理手段334から表示データが送信されると、p-h線図上に冷媒状態情報x及び正常領域Xを表示させた診断画像、又はp-h線図上に冷媒状態情報xを表示させた診断画像を、表示部421に表示させる。また、出力処理手段334から要因特定情報が送信されると、診断処理手段333による異常の要因の特定結果を、表示部421及び報知部422のうちの少なくとも一方から出力させる。

[0064] 情報端末500は、入力部510と、出力部520と、出力制御部530と、を有している。出力部520は、表示部521と報知部522とにより構成されている。入力部510は、操作ボタンなどを含んで構成され、ユーザによる操作を受け付ける。また、入力部510は、ユーザによる操作内容を示す操作信号を故障診断装置300に送信する。入力部510は、空気調和機100の状態診断の実施を要求する操作を受け付けたとき、故障診断装置300に診断要求信号を送信する。

[0065] 表示部521は、例えば液晶ディスプレイからなり、冷媒状態情報x及び正常領域Xを表示する機能を有している。報知部522は、スピーカを含んで構成され、音又は音声を出力する。出力制御部530は、故障診断装置300から送信される表示データをもとに、冷媒状態情報x及び正常領域Xを含む診断画像を表示部521に表示させる。ここで、情報端末500には、表示データをもとに診断画像を表示する画像表示プログラムがインストールされているものとする。

[0066] 出力制御部530は、出力処理手段334から表示データが送信されると、p-h線図上に冷媒状態情報x及び正常領域Xを表示させた診断画像、又はp-h線図上に冷媒状態情報xを表示させた診断画像を、表示部521に表示させる。また、出力処理手段334から要因特定情報が送信されると、診断処理手段333による異常の要因の特定結果を、表示部521及び報知部522のうちの少なくとも一方から出力させる。

[0067] サーバ装置700は、異常診断部330が処理して得られた故障診断結果

のデータなど、各種のデータを記憶して蓄積するデータベースとなる。また、サーバ装置 700 は、記憶されたデータに基づいて、種々の演算処理を行う機能を有している。

[0068] サーバ装置 700 は、記憶部 701 と、データ処理部 702 と、サーバ通信部 703 と、により構成されている。サーバ通信部 703 は、データ処理部 702 などのサーバ装置 700 内の装置が、電気通信回線 900 を介して外部の装置と通信を行う際のインタフェースとなり、信号変換などを行う。記憶部 701 は、状態データ、制御データ、異常診断部 330 による診断結果などを、データとして記憶する。データ処理部 702 は、サーバ通信部 703 を介して外部の装置と通信を行い、外部の装置から取得したデータを記憶部 701 に記憶させる。

[0069] データ処理部 702 は、状態データ、制御データ、及び故障診断装置 300 からの診断結果のデータなどから正常領域 X の演算用の演算係数を算出し、演算係数を定期的に更新するようにしてもよい。すなわち、データ処理部 702 は、演算係数を定期的に算出し、算出した演算係数を故障診断装置 300 へ送信してもよい。そして、故障診断装置 300 は、データ処理部 702 から送信された演算係数により、記憶部 320 の演算係数を書き替えるようにするとよい。

[0070] 図 5 は、本発明の実施の形態 1 における冷媒状態情報及び正常領域の表示例のうち、空気調和機が正常状態にある場合の説明図である。図 5 では、p-h 線図上に冷媒状態情報 x 及び正常領域 X を表示させた診断画像を例示している。なお、図 5 には、飽和液線と飽和蒸気線とからなる飽和線 S と、冷凍サイクル図形 C f と、室外温度に対応する等温線 T o u t と、室内温度に対応する等温線 T i n と、を示している。

[0071] 図 5 の例の場合、サイクル状態演算手段 331 は、冷媒回路 200 における 3 つの特定箇所ごとの冷媒状態情報 x を演算し、正常領域演算手段 332 は、3 つの冷媒状態情報 x の各々に対応する正常領域 X を演算する。3 つの冷媒状態情報 x は、それぞれ、冷媒回路 200 の 3 つの特定箇所での冷媒の

状態によって決定される。

[0072] 図5の例において、3つの特定箇所は、圧縮機101の入口、圧縮機101の出口、及び凝縮器の出口の3箇所となっている。したがって、3つの冷媒状態情報 x は、圧縮機101の入口での冷媒の状態を示す入口情報 a と、圧縮機101の出口での冷媒の状態を示す出口情報 b と、凝縮器の出口での冷媒の状態を示す凝縮情報 c と、により構成される。つまり、正常領域演算手段332は、3つの冷媒状態情報 x として、入口情報 a と出口情報 b と凝縮情報 c とを演算する。

[0073] 図5の例において、正常領域 X は、3つの冷媒状態情報 x である入口情報 a 、出口情報 b 、及び凝縮情報 c のそれぞれに応じて3つ定まる。したがって、3つの正常領域 X は、正常運転時に入口情報 a が存在する入口領域 A と、正常運転時に出口情報 b が存在する出口領域 B と、正常運転時に凝縮情報 c が存在する凝縮領域 C と、により構成される。つまり、サイクル状態演算手段331は、3つの冷媒状態情報 x の各々に対応する3つの正常領域 X として、入口領域 A と出口領域 B と凝縮領域 C とを演算する。

[0074] 例えば、図5の診断画像では、冷媒状態情報 x が正常領域 X 内に収まっているため、空気調和機100に異常がないと判断することができる。一方、凝縮情報 c が凝縮領域 C に比べて高エンタルピとなった場合は、凝縮情報 c が凝縮領域 C よりも右側に外れる。この場合は、冷媒回路200における冷媒量の異常が疑われる。

[0075] 出口情報 b が出口領域 B に比べて高圧となり、かつ凝縮情報 c が凝縮領域 C に比べて高圧となった場合、診断画像では、出口情報 b が出口領域 B よりも上側に外れ、かつ凝縮情報 c が凝縮領域 C よりも上側に外れる。この場合は、凝縮器の伝熱異常が疑われる。ここで、凝縮器の伝熱異常の要因としては、冷房運転時における室外熱交換器102の異常もしくは室外ファン104の動作異常、又は暖房運転時における室内熱交換器103の異常もしくは室内ファン105の動作異常が想定される。

[0076] 入口情報 a が入口領域 A に比べて低圧となった場合、診断画像では、入口

情報 a が入口領域 A よりも下側に外れる。この場合、蒸発器の伝熱異常が疑われる。ここで、蒸発器の伝熱異常の要因としては、冷房運転時における室内熱交換器 103 の異常もしくは室内ファン 105 の動作異常、又は暖房運転時における室外熱交換器 102 の異常もしくは室外ファン 104 の動作異常が想定される。

[0077] 出口情報 b が出口領域 B に比べて高エンタルピとなった場合、診断画像では、出口情報 b が出口領域 B よりも右側に外れる。この場合は、圧縮機 101 の異常が疑われる。入口情報 a は入口領域 A に比べて低エンタルピとなった場合、診断画像では、入口情報 a が入口領域 A よりも左側に外れる。この場合は、圧縮機 101 に液冷媒が流入している状態が疑われる。

[0078] 入口情報 a が入口領域 A に比べて高圧となり、出口情報 b が出口領域 B に比べて低圧となり、かつ凝縮情報 c が凝縮領域 C に比べて低圧となった場合、診断画像では、入口情報 a が入口領域 A よりも上側に外れ、出口情報 b が出口領域 B よりも下側に外れ、かつ凝縮情報 c が凝縮領域 C よりも下側に外れる。この場合は、膨張手段 106 の異常又は配管つまりが疑われる。ここで、膨張手段 106 の異常とは、第 1 膨張弁 106 a 及び第 2 膨張弁 106 b のうちの少なくとも 1 つに異常が発生していることである。また、配管つまりとは、冷媒回路 200 に冷媒の循環を妨げる箇所である閉塞部が存在する状況である。

[0079] ここで、異常診断部 330 は、通常運転異常診断において、状態データ及び制御データを用いて冷媒状態情報 x を求め、求めた冷媒状態情報 x をサーバ装置 700 の記憶部 701 に時系列順に整理して蓄積させてもよい。そして、異常診断部 330 は、サーバ装置 700 に蓄積させた冷媒状態情報 x の経時的な変化をもとに、空気調和機 100 の異常の有無を判定するようにしてもよい。このようにすれば、空気調和機 100 のアクチュエータなどの経年的な劣化の傾向を知ることができることから、より高精度な空気調和機 100 の監視が可能となるため、空気調和機 100 の状態に応じた適切な対処をさらに迅速に行うことができる。

- [0080] ところで、図1及び図2では、故障診断システム800が、サーバ装置700と1つの空調システム600とにより構成されている場合を例示したが、これに限定されない。故障診断システム800は、サーバ装置700と複数の空調システム600とにより構成されてもよい。この場合、複数の空調システム600は、それぞれ、状態データ、制御データ、通常運転異常診断で得られたデータ、及び異常要因特定診断で得られたデータをサーバ装置700に経時的に蓄積させるとよい。そして、複数の空調システム600は、それぞれ、サーバ装置700に蓄積された情報を共有して利用するとよい。このようにすれば、異常診断部330は、記憶部701に蓄積された過去のデータだけではなく、他の空調システム600のデータを用いて故障診断を行うことができるため、診断精度を向上させることができる。
- [0081] 例えば、正常領域Xは、データの蓄積量が少ない初期の段階では、異常判定の多発を抑制するため、相対的に大きな領域に設定される。しかし、サーバ装置700に蓄積させたデータを用いるようにすれば、比較的早い段階で、正常領域Xを適切な領域に縮小させることができる。そのため、通常運転異常診断の診断精度の向上を図ることができる。
- [0082] 図5では、診断画像に飽和線Sを含めて表示する場合を例示したが、これに限らず、診断画像には飽和線Sを含めなくてもよい。また、図5では、診断画像に冷凍サイクル図形Cfを含めて表示する場合を例示したが、これに限らず、診断画像には冷凍サイクル図形Cfを含めなくてもよい。ただし、診断画像が冷凍サイクル図形Cfを含んでいる方が、冷媒状態情報xと正常領域Xとの対応づけが容易となるため、ユーザの利便性の向上を図ることができる。
- [0083] 加えて、図5では、診断画像上に、等温線T_{out}と等温線T_{in}とを表示する場合を例示したが、これに限らず、診断画像上には、等温線T_{out}と等温線T_{in}とを表示しなくてもよい。ただし、診断画像上に等温線T_{out}と等温線T_{in}とを表示すれば、ユーザは、空気調和機100の状態と、空気調和機100の周囲の空気温度との関係を視覚的に把握することができる。

きる。

[0084] ここで、制御装置１４０及び故障診断装置３００は、上記の各機能を実現する回路デバイスのようなハードウェア、もしくは、マイコンなどの演算装置と、こうした演算装置と協働して上記の各機能を実現させるソフトウェアとによって構成することができる。記憶部３２０は、RAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ等のPROM (Programmable ROM)、又はHDD (Hard Disk Drive) 等により構成することができる。

[0085] 図６は、図１及び図２の故障診断システムによる動作を示すフローチャートである。図６を参照して、本実施の形態１における空気調和機１００の故障診断方法について説明する。

[0086] まず、制御装置１４０は、空気調和機１００が通常運転中であるか否かを判定する（ステップＳ１０１）。制御装置１４０において、空気調和機１００が通常運転中ではないと判定された場合（ステップＳ１０１／No）、故障診断システム８００による故障診断処理は終了する。

[0087] 制御装置１４０は、空気調和機１００が通常運転中であると判定した場合（ステップＳ１０１／Yes）、現時点での制御データ及び状態データ、つまり現在の運転データを収集する。そして、制御装置１４０は、収集した運転データを安定運転判定部３１０へ送信する（ステップＳ１０２）。

[0088] 安定運転判定部３１０は、制御装置１４０から現在の運転データを取得し、取得した運転データを記憶部３２０に記憶させる（ステップＳ１０３）。そして、安定運転判定部３１０は、現在の運転データを用いて、空気調和機１００の運転状態が安定しているか否かを判定する（ステップＳ１０４）。安定運転判定部３１０において、空気調和機１００の運転状態が安定していないと判定された場合（ステップＳ１０４／No）、故障診断システム８００は、ステップＳ１０１の処理へ移行する。すなわち、故障診断システム８００は、空気調和機１００の運転状態が安定するまで待機する。

- [0089] 安定運転判定部310は、空気調和機100の運転状態が安定している場合（ステップS104／Yes）、空気調和機100の運転状態が安定していることを示す安定信号を異常診断部330へ送信する。すると、異常診断部330は、ステップS102において制御装置140が収集した現在の運転データを記憶部320から取得する。もっとも、安定運転判定部310は、現在の運転データを含む安定信号を異常診断部330へ送信してもよい（ステップS105）。
- [0090] 異常診断部330は、現在の運転データを用いて、冷媒状態情報xと正常領域Xとからなる状態空間データを求める（ステップS106）。次いで、異常診断部330は、正常領域Xに対する冷媒状態情報xの配置から、空気調和機100に異常が発生しているか否かを判定する（ステップS107）。異常診断部330は、冷媒状態情報xが正常領域Xに含まれている場合、空気調和機100に異常が発生していないと判定する（ステップS107／No）。この場合、故障診断システム800は、ステップS101の処理へ移行する。このとき、故障診断システム800は、予め設定された待機時間の経過を待ってステップS101の処理へ移行してもよい。
- [0091] 一方、異常診断部330は、冷媒状態情報xが正常領域Xから逸脱している場合、空気調和機100に異常が発生していると判定する。状態空間データが複数の冷媒状態情報xと複数の正常領域Xとを含むとき、異常診断部330は、少なくとも1つの冷媒状態情報xが、対応する正常領域Xの外にある場合に、空気調和機100に異常が発生していると判定する（ステップS107／Yes）。
- [0092] なお、ステップS101～ステップS107の一連の工程は、通常運転異常診断に相当する。異常診断部330は、通常運転異常診断で得られたデータ、つまり運転データ及び状態空間データなどを、記憶部320又は記憶部701に記憶させる（ステップS108）。
- [0093] そして、異常診断部330は、空気調和機100のアクチュエータの制御値を現在の値から変化させる異常要因特定制御を実施する。ここで、異常要

因特定制御とは、空気調和機１００のアクチュエータの制御値を変更する制御のことであり、p-h線図に表れる冷凍サイクルの状態を変化させることを目的としている。すなわち、異常診断部３３０は、通常運転異常診断の結果に応じて、制御値を変更するアクチュエータを決定する。そして、異常診断部３３０は、決定したアクチュエータの制御値を変化させる。

[0094] より具体的に、異常診断部３３０は、通常運転異常診断の結果をもとに決定したアクチュエータに対する制御指令を制御装置１４０へ送信する。制御装置１４０は、異常診断部３３０からの制御指令に応じて、空気調和機１００のアクチュエータの制御値を設定量だけ変更する。例えば、アクチュエータごとの設定量を記憶部３２０に記憶させておくもよい。この場合は、制御装置１４０が、記憶部３２０から設定量を読み出してアクチュエータの制御を行ってもよい。または、異常診断部３３０が、記憶部３２０から設定量を読み出し、読み出した設定量を含む制御指令を制御装置１４０へ送信してもよい。また、アクチュエータごとの制御値と設定量とを対応づけた設定量テーブルを記憶部３２０に記憶させていてもよい。この場合、制御装置１４０は、現在の制御値を設定量テーブルに照らして設定量を求める。もっとも、アクチュエータごとの制御値と、変更後の制御値である変更値とを対応づけた制御値テーブルを記憶部３２０に記憶させておいてもよい。この場合、制御装置１４０は、現在の制御値を制御値テーブルに照らして変更値を求め、空気調和機１００のアクチュエータの制御値を変更値にする（ステップＳ１０９）。

[0095] 次いで、制御装置１４０は、現時点での制御データ及び状態データ、つまり制御値の変更後の運転データを収集する。これは、故障要因特定制御の冷凍サイクルの状態への影響を評価するためである。そして、制御装置１４０は、制御値の変更後の運転データを異常診断部３３０へ送信する（ステップＳ１１０）。

[0096] 異常診断部３３０は、制御装置１４０から制御値の変更後の運転データを取得すると（ステップＳ１１１）、取得した運転データを用いて、制御値の

変更後の状態空間データを求める。つまり、異常診断部３３０は、異常要因特定制御下での冷凍サイクルの状態を演算する（ステップＳ１１２）。

[0097] 次いで、異常診断部３３０は、制御値の変更後の状態空間データを分析する。すなわち、異常診断部３３０は、ステップＳ１０６で求めた状態空間データと、制御値の変更後の状態空間データとを比較する（ステップＳ１１３）。そして、異常診断部３３０は、ステップＳ１０６で求めた状態空間データに対する制御値の変更後の状態空間データの変化の度合いに基づいて、空気調和機１００の異常の要因を特定する。

[0098] このとき、出力処理手段３３４が要因特定情報を管理装置４００に送信すると、管理装置４００は、異常の要因の特定結果を、表示部４２１及び報知部４２２のうちの少なくとも一方から出力させる。出力処理手段３３４が要因特定情報を情報端末５００に送信すると、情報端末５００は、異常の要因の特定結果を、表示部５２１及び報知部５２２のうちの少なくとも一方から出力させる。

[0099] また、出力処理手段３３４が表示データを管理装置４００に送信すると、管理装置４００は、表示データに基づく解析画像を表示部４２１に表示させる。出力処理手段３３４が表示データを情報端末５００に送信すると、情報端末５００は、表示データに基づく解析画像を表示部５２１に表示させる。故障診断システム８００は、解析画像を表示させることにより、保守業務者などのユーザをサポートすることができる（ステップＳ１１４）。

[0100] なお、ステップＳ１０９～ステップＳ１１４の一連の工程は、異常要因特定診断に相当する。故障診断システム８００で特定される異常の要因としては、上述したように、冷媒量異常、熱交劣化、フィルタつまり、圧縮機異常、液バック、過電流、配管つまり、LEVロック、ファンロックなどがある。故障診断システム８００は、上記のステップＳ１０１～ステップＳ１１４の一連の工程を、予め設定された診断周期ごとに実行する。

[0101] ここで、異常診断部３３０による異常の要因の特定処理の具体例を説明する。例えば、通常運転異常診断では、室外熱交換器１０２及び室外ファン１

04のうちの少なくとも一方に異常が発生している、という診断結果までは得ることができる。しかし、通常運転異常診断では、室外熱交換器102及び室外ファン104のうち、どちらに異常が発生しているかを判別することができない。

[0102] そのため、通常運転異常診断において、室外熱交換器102及び室外ファン104のうちの少なくとも一方に異常が発生している、という診断結果を得た場合、異常診断部330は、異常要因特定制御として、室外ファン104の回転数を変更する制御を行う。このとき、室外ファン104に異常がない場合は、室外ファン104の回転数を変更されると、p-h線図に所定の変化がおこる。したがって、診断処理手段333は、室外ファン104の回転数を変更した時のp-h線図の応答、室外熱交換器102及び室外ファン104のうちのどちらに異常が発生しているかを判別する。本実施の形態1の診断処理手段333は、制御値の変更前の冷媒状態情報xに対する制御値の変更後の冷媒状態情報xの変化量をもとに、異常が発生しているアクチュエータを特定する。

[0103] 以上のように、故障診断システム800は、状態データ及び制御データに基づいて通常運転中の空気調和機100に異常があると判定した場合、アクチュエータの制御値を変更する。そして、制御値の変更前の運転データと制御値の変更後の運転データとを用いて空気調和機100の異常の要因を特定する。よって、異常の有無の判定精度を高めると共に、異常の要因を迅速にかつ精度よく特定することができるため、快適性を損なうことなく、故障診断を高精度に且つ効率よく行うことができる。

[0104] また、故障診断システム800は、空気調和機の通常運転中における運転データを用いて空気調和機100の運転状態が安定しているか否かを判定する安定運転判定部310を有している。そして、異常診断部330は、安定運転判定部310において運転状態が安定していると判定されたときに通常運転異常診断を行う。すなわち、通常運転異常診断では、空気調和機100の運転状態の安定性が確保されていることから、異常の有無の判定精度が高

まるため、異常要因特定制御の多発を抑制し、省エネルギー化を図ることができる。

[0105] さらに、異常診断部 330 は、通常運転異常診断において、運転データを用いて冷媒回路 200 の特定箇所での冷媒の状態を示す冷媒状態情報 x を求める。また、異常診断部 330 は、異常要因特定診断において、制御値の変更後の運転データを用いて冷媒状態情報 x を求める。そして、異常診断部 330 は、制御値の変更前の冷媒状態情報 x と制御値の変更後の冷媒状態情報 x とを比較して、空気調和機 100 の異常の要因を特定する。

[0106] そして、異常診断部 330 は、管理装置 400 及び情報端末 500 のうちの少なくとも 1 つに、異常の要因の特定結果を出力させる。そのため、保守業務者などのユーザは、手間をかけず、迅速に、空気調和機 100 の異常の要因を知ることができる。また、異常診断部 330 は、制御値の変更前の冷媒状態情報 x と、制御値の変更後の冷媒状態情報 x とを、管理装置 400 及び情報端末 500 のうちの少なくとも 1 つに表示させる。よって、保守業務者などのユーザは、一見して空気調和機 100 の状態を把握することができる。加えて、異常診断部 330 が、異常の要因の特定結果と共に、制御値の変更前後の冷媒状態情報 x を出力させる場合、ユーザは、異常の要因の特定結果だけではなく、異常の程度についても視覚的に認識することができるため、より細かな対応を採ることができる。

[0107] 実施の形態 2.

本発明の実施の形態 2 に係る故障診断システムの全体的な構成と機能的構成とは、実施の形態 1 と同様であるため、同等の構成部材については同一の符号を用いて説明は省略する。本実施の形態 2 では、保守業務者が、施主のもとで故障診断システム 800 を利用することを想定して、故障診断装置 300 が構成されている。

[0108] 本実施の形態 2 の安定運転判定部 310 は、予め設定された更新周期ごとに、空気調和機 100 の運転状態が安定しているか否かを判定する。そして、安定運転判定部 310 は、空気調和機 100 の運転状態が安定していると

判定したときの状態データ及び制御データ、つまり運転データを記憶部３２０に記憶させる。以降では、空気調和機１００の運転状態が安定しているときに安定運転判定部３１０が記憶部３２０に記憶させる運転データを安定運転データともいう。なお、安定運転判定部３１０は、更新周期ごとに行う判定において、空気調和機１００の運転状態が安定していると判定した場合、記憶部３２０内の安定運転データに、新たな安定運転データを上書きしてもよい。

[0109] 本実施の形態２の異常診断部３３０は、外部からの診断要求に応じて、記憶部３２０から最新の安定運転データを読み出し、読み出した安定運転データを用いて、空気調和機１００の異常の有無を判定する。また、異常診断部３３０は、通常運転異常診断において空気調和機１００に異常があると判定し、かつ外部から要因特定要求を受けたときに、異常要因特定診断を行う。

[0110] 図７は、本発明の実施の形態２に係る故障診断システムの動作のうち、運転データの記憶処理を例示したフローチャートである。図７を参照して、安定運転判定部３１０の動作について説明する。図６と同様の工程については同一の番号を付して説明の一部を省略する。

[0111] まず、制御装置１４０は、空気調和機１００が通常運転中であるか否かを判定する（ステップＳ１０１）。制御装置１４０において、空気調和機１００が通常運転中ではないと判定された場合（ステップＳ１０１／Ｎｏ）、故障診断システム８００は、今回のタイミングでの運転データの収集は行わず、運転データの記憶処理を終了する。

[0112] 制御装置１４０は、空気調和機１００が通常運転中であると判定した場合（ステップＳ１０１／Ｙｅｓ）、現在の運転データを収集して安定運転判定部３１０に送信する（ステップＳ１０２）。安定運転判定部３１０は、制御装置１４０から現在の運転データを取得すると（ステップＳ１０３）、取得した運転データを用いて、空気調和機１００の運転状態が安定しているか否かを判定する（ステップＳ１０４）。

[0113] 安定運転判定部３１０において、空気調和機１００の運転状態が安定して

いないと判定された場合（ステップS104／No）、故障診断システム800は、今回のタイミングでの運転データの記憶処理を終了する。

[0114] 安定運転判定部310は、空気調和機100の運転状態が安定している場合（ステップS104／Yes）、ステップS103において制御装置140から取得した現在の運転データを、安定運転データとして記憶部320に記憶させる（ステップS201）。

[0115] 故障診断システム800は、上記のステップS101～ステップS104及びステップS201の一連の工程は、更新周期ごとに実行する。そのため、記憶部320には、空気調和機100の安定運転中における最新の運転データが記憶される。

[0116] 図8は、本発明の実施の形態2に係る故障診断システムの動作のうち、故障診断の流れを例示したフローチャートである。図8を参照して、保守業務者が、施主のもとで故障診断システム800を利用する際の流れについて説明する。

[0117] まず、異常診断部330は、管理装置400又は情報端末500を介して、保守業務者から診断要求が入力されるまで待機する（ステップS301／No）。異常診断部330は、管理装置400又は情報端末500を介して診断要求が入力されると（ステップS301／Yes）、記憶部320に記憶された最新の安定運転データを読み込む（ステップS302）。

[0118] 異常診断部330は、読み込んだ安定運転データを用いて、冷媒状態情報 $\times$ と正常領域 X とからなる状態空間データを求める（ステップS303）。次いで、異常診断部330は、図6の場合と同様に、ステップS107の処理を実行する。なお、ステップS301～ステップS303及びステップS107の一連の工程は、通常運転異常診断に相当する。

[0119] ここで、異常診断部330は、空気調和機100に異常が発生していると判定した場合（ステップS107／Yes）、故障要因特定診断を実施するか否かを保守業務者に問う。つまり、異常診断部330は、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに、故障要因特定診断の可否を

問うための出力指令を送信する。管理装置400は、異常診断部330から出力指令を受けた場合、診断の要否を問う情報を表示部421に表示させる。情報端末500は、異常診断部330から出力指令を受けた場合、診断の要否を問う情報を表示部521に表示させる（ステップS304）。加えて、異常診断部330は、図6の場合と同様に、ステップS108の処理を実行する。

[0120] そして、異常診断部330は、保守業務者が管理装置400又は情報端末500を介して要因特定要求を入力するまで待機する。ここで、保守業務者が異常要因特定診断の実施が不要であることを示す操作を行った場合、又は予め設定された待ち時間が経過した場合（ステップS305／No）、故障診断システム800は、故障診断の処理を終了する。

[0121] 一方、保守業務者が管理装置400又は情報端末500を介して要因特定要求を入力することにより、異常要因特定診断の実施が要求されると（ステップS305／Yes）、ステップS109の処理へ移行する。すなわち、故障診断システム800は、ステップS109～ステップS114の処理を図6の場合と同様に実行する。なお、ステップS305及びステップS109～ステップS114の一連の工程は、異常要因特定診断に相当する。

[0122] ところで、異常診断部330は、空気調和機100に異常が発生していると判定した場合（ステップS107／Yes）、診断の要否を問う情報と共に、通常運転異常診断の結果を、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに出力させてもよい。また、異常診断部330は、上記の場合（ステップS107／Yes）、診断の要否を問う情報と共に、ステップS303で求めた状態空間データに基づく解析画像を、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに表示させてもよい。さらに、異常診断部330は、上記の場合（ステップS107／Yes）、診断の要否を問う情報と共に、通常運転異常診断の結果と、ステップS303で求めた状態空間データに基づく解析画像とを、管理装置400及び情報端末500のうちの少なくとも1つに出力させてもよい。このようにすれば、保守業務

者は、異常要因特定診断の要否の判断を容易に行うことができるため、利便性の向上を図ることができる。

[0123] 以上のように、本実施の形態２の故障診断システム８００によっても、異常の有無の判定精度を高めると共に、異常の要因を迅速にかつ精度よく特定することができるため、快適性を損なうことなく、故障診断を高精度に且つ効率よく行うことができる。また、本実施の形態２の故障診断システム８００は、安定運転判定部３１０において空気調和機１００の運転状態が安定していると判定されたときの運転データを、記憶部３２０又は記憶部７０１に経時的に蓄積させる。異常診断部３３０は、外部からの診断要求に応じて、記憶部３２０又は記憶部７０１から最新の運転データを読み出す。そして、異常診断部３３０は、読み出した運転データを用いて、空気調和機１００の異常の有無を判定する。したがって、保守業務者が診断要求を行ったときには、通常運転異常診断を必ず行うことができるため、利便性の向上を図ることができる。他の効果については実施の形態１と同様である。

[0124] 実施の形態３．

図９は、本発明の実施の形態３に係る故障診断システムの機能的構成を示すブロック図である。本実施の形態３における故障診断システムの構成は、実施の形態１及び２と同様であるため、同等の構成部材については同一の符号を用いて説明は省略する。

[0125] 図９に示すように、故障診断システム８００Ａは、空調システム６００Ａと、サーバ装置７００Ａと、により構成されている。空調システム６００Ａは、空気調和機１００Ａと、管理装置４００と、情報端末５００と、を有している。故障診断システム８００Ａでは、安定運転判定部３１０と異常診断部３３０とがサーバ装置７００Ａに設けられている。

[0126] サーバ装置７００Ａは、例えば、空気調和機１００の外部に設けられ、クラウドサービスにより提供される記憶処理装置である。サーバ装置７００Ａは、電気通信回線９００を介して、管理装置４００及び情報端末５００と通信可能に接続されている。また、サーバ装置７００Ａは、電気通信回線９０

0及び通信装置150を介して、制御装置140と通信可能に接続されている。なお、サーバ装置700Aは、Webサーバなどの物理サーバであってもよい。

[0127] サーバ装置700Aの記憶部701Aは、実施の形態1及び2の記憶部320としての役割と、実施の形態1及び2の記憶部701としての役割を担う。例えば、記憶部701Aは、制御装置140、冷媒温度センサ121～125、及び空気温度センサ131～132から送られる信号に含まれる各種のデータ、状態空間データ、及び異常診断部330による診断結果を、過去の一定期間分記憶する。

[0128] また、本実施の形態3の異常診断部330は、実施の形態1及び2のデータ処理部702と同様の機能を有している。安定運転判定部310及び異常診断部330が各種のデータを取得する経路は、実施の形態1及び2の場合とは異なるが、安定運転判定部310及び異常診断部330の構成及び動作は実施の形態1及び2の場合と同様である。

[0129] ところで、図9では、故障診断システム800Aが、サーバ装置700Aと1つの空調システム600Aとにより構成されている場合を例示したが、これに限定されない。故障診断システム800Aは、サーバ装置700Aと複数の空調システム600Aとにより構成されてもよい。この場合、異常診断部330は、複数の空気調和機100Aの各々についての通常運転異常診断と異常要因特定診断とを行うとよい。そして、異常診断部330は、空気調和機100Aごとの状態データ、制御データ、通常運転異常診断で得られたデータ、及び異常要因特定診断で得られたデータをサーバ装置700Aに経時的に蓄積させるとよい。そして、異常診断部330は、サーバ装置700Aに蓄積させた情報を、複数の空気調和機100Aの各々についての通常運転異常診断と異常要因特定診断とに利用するとよい。このようにすれば、実施の形態1及び2の場合と同様、通常運転異常診断の診断精度の向上を図ることができる。

[0130] 以上のように、本実施の形態3の故障診断システム800Aによっても、

異常の有無の判定精度を高めると共に、異常の要因を迅速にかつ精度よく特定することができるため、快適性を損なうことなく、故障診断を高精度に且つ効率よく行うことができる。また、故障診断システム800Aでは、安定運転判定部310と異常診断部330とがサーバ装置700Aに設けられている。そのため、空気調和機100Aの内部に安定運転判定部310及び異常診断部330を追加せずに、空気調和機100Aの異常診断を精度よく行うことができる。すなわち、既存の空気調和機100Aであっても、サーバ装置700Aと組み合わせることにより、高精度な故障診断を行うことができる。他の効果については実施の形態1及び2と同様である。

[0131] 上述した実施の形態は、故障診断システムにおける好適な具体例であり、本発明の技術的範囲は、これらの態様に限定されるものではない。例えば、上記の説明では、具体例として、3つの特定箇所が設定されている場合を例示したが、これに限らず、特定箇所の設定数は、1つ、2つ、又は4つ以上であってもよい。

[0132] また、状態検出部120は、上記の構成に限定されない。一例として、状態検出部120は、冷媒温度センサ121の代わりに、圧縮機101の吸入側に設けられ、圧縮機101に吸入される冷媒の温度を計測する冷媒温度センサを有していてもよい。状態検出部120の各センサは、温度センサに限らず、状態検出部120は、冷媒の圧力を計測する圧力センサ、又は非接触部の温度を計測する赤外線カメラなど含んでいてもよい。

[0133] さらに、冷媒回路200は、図1の構成に限らず、空気調和機100は、様々な構成の冷媒回路200を搭載することができる。そして、故障診断装置300は、様々な構成の冷媒回路200の状態を、上記同様に解析することができる。例えば、図1では、膨張手段106が第1膨張弁106aと第2膨張弁106bとにより構成されている場合を例示したが、これに限らず、膨張手段106は、例えば電子膨張弁からなる1つの膨張弁であってもよい。

[0134] 上記の各実施の形態では、故障診断システム800及び800Aが管理装

置４００及び情報端末５００を含んで構成された場合を例示したが、これに限定されない。故障診断システム８００及び８００Ａは、管理装置４００及び情報端末５００のうちの何れか一方を含んでいばよい。また、空気調和機１００が表示部及び入力部などを有する場合、故障診断システム８００及び８００Ａは、管理装置４００及び情報端末５００を含まなくてもよい。加えて、実施の形態１及び２の故障診断システム８００は、故障診断装置３００が表示部及び入力部などを有する場合、管理装置４００及び情報端末５００を含まなくてもよい。加えて、実施の形態１及び２の故障診断システム８００は、サーバ装置７００を含まなくてもよい。

符号の説明

[0135] １００、１００Ａ 空気調和機、１０１ 圧縮機、１０２ 室外熱交換器、１０３ 室内熱交換器、１０４ 室外ファン、１０５ 室内ファン、１０６ 膨張手段、１０６ａ 第１膨張弁、１０６ｂ 第２膨張弁、１０８ 四方弁、１０９ レシーバ、１１０ 室外機、１１１ 室内機、１２０ 状態検出部、１２１～１２５ 冷媒温度センサ、１３１～１３２ 空気温度センサ、１４０ 制御装置、１５０ 通信装置、２００ 冷媒回路、３００ 故障診断装置、３１０ 安定運転判定部、３２０ 記憶部、３３０ 異常診断部、３３１ サイクル状態演算手段、３３２ 正常領域演算手段、３３３ 診断処理手段、３３４ 出力処理手段、４００、４００Ｃ 管理装置、４１０、５１０ 入力部、４２０、５２０ 出力部、４２１、５２１ 表示部、４２２、５２２ 報知部、４３０、５３０ 出力制御部、４４０ 通信処理部、５００ 情報端末、６００、６００Ａ 空調システム、７００、７００Ａ サーバ装置、７０１、７０１Ａ 記憶部、７０２ データ処理部、７０３ サーバ通信部、８００、８００Ａ 故障診断システム、９００ 電気通信回線、Ａ 入口領域、Ｂ 出口領域、Ｃ 凝縮領域、Ｃｆ 冷凍サイクル図形、Ｒ 冷媒配管、Ｓ 飽和線、Ｔ_{in}、Ｔ_{out} 等温線、Ｘ 正常領域、ａ 入口情報、ｂ 出口情報、ｃ 凝縮情報、ｘ 冷媒状態情報。