

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-503224
(P2025-503224A)

(43)公表日 令和7年1月30日(2025.1.30)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

F 0 4 D 27/02 (2006.01) F 0 4 D 27/02 A 3 H 0 2 1

F 2 5 B 49/02 (2006.01) F 2 5 B 49/02 5 7 0 A

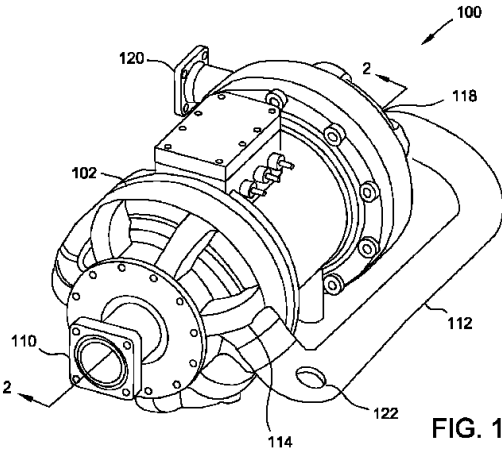
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全25頁)

(21)出願番号	特願2024-544748(P2024-544748)	(71)出願人	511158339 コーブランド エルピー アメリカ合衆国・オハイオ州 4 5 3 6 5・シドニー・ウェスト キャンベル ロ ード 1 6 7 5
(86)(22)出願日	令和4年12月23日(2022.12.23)	(74)代理人	110004381 弁理士法人I T O H
(85)翻訳文提出日	令和6年7月26日(2024.7.26)	(72)発明者	ベレヴォスチコフ, マイケル エム. アメリカ合衆国 オハイオ州 4 5 3 6 5 シドニー, ウェスト・キャンベル・ロー ド 1 6 7 5
(86)国際出願番号	PCT/US2022/082320	(72)発明者	スワロー, マシュー ジェイ. アメリカ合衆国 オハイオ州 4 5 3 6 5 シドニー, ウェスト・キャンベル・ロー ド 1 6 7 5
(87)国際公開番号	WO2023/146719		
(87)国際公開日	令和5年8月3日(2023.8.3)		
(31)優先権主張番号	17/585,736		
(32)優先日	令和4年1月27日(2022.1.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW), EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES, FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV 最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ダイナミック・コンプレッサの動作範囲を拡張するためのシステム及び方法

(57)【要約】

システムは、ダイナミック・コンプレッサと、プロセッサ及びメモリを有するコントローラとを含む。コンプレッサは、第1の可変入口ガイドベーン（V I G V）を有する第1のコンプレッサ段と、第2のV I G Vを有する第2のコンプレッサ段とを含む。メモリは、プロセッサに、コンプレッサを現在の速度、第1のV I G Vの第1の位置、及び第2のV I G Vの第2の位置で動作させて作動流体を圧縮させ、条件を満たしているかどうかを判定させるようにプログラムする命令を格納する。条件を満たしていない場合に、プロセッサは、コンプレッサを現在の速度、第1のV I G Vの第1の位置、及び第2のV I G Vの第2の位置で引き続き動作させるようにプログラムされる。条件を満たしている場合に、プロセッサは、第2のV I G Vの第2の位置を第3の位置に変更し、第1のV I G Vの第1の位置を維持するようにプログラムされる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システムであって、当該システムは、

作動流体を圧縮するように動作可能なダイナミック・コンプレッサであって、

第 1 の可変入口ガイドベーン（V I G V）を有する第 1 のコンプレッサ段と、

第 2 の V I G V を有する第 2 のコンプレッサ段と、を含む、ダイナミック・コンプレッサと、

該ダイナミック・コンプレッサに接続したコントローラと、を含み、

該コントローラはプロセッサ及びメモリを含み、該メモリには、前記プロセッサに、

前記ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、前記第 1 の V I G V の第 1 の位置、及び第 2 の V I G V の第 2 の位置で動作させて前記作動流体を圧縮させ、

前記ダイナミック・コンプレッサを動作させている間に、条件を満たしているかどうかを判定させ、

前記条件を満たしていない場合に、前記ダイナミック・コンプレッサを前記現在の速度、前記第 1 の V I G V の前記第 1 の位置、及び前記第 2 の V I G V の前記第 2 の位置で引き続き動作させ、

前記条件を満たしている場合に、前記第 2 の V I G V の前記第 2 の位置を該第 2 の位置とは異なる第 3 の位置に変更し、前記第 1 の V I G V の前記第 1 の位置を維持させるようにプログラムする命令が格納される、

システム。

【請求項 2】

前記条件を満たしているかどうかを判定することは、前記ダイナミック・コンプレッサと流体連通している弁が開いているかどうかを判定することを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記メモリには、前記弁が開いている場合に、前記プロセッサに、前記第 2 のコンプレッサ段の制限速度を決定させるようにプログラムする命令がさらに格納される、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記制限速度は前記第 2 のコンプレッサ段のチョーク速度であり、前記条件を満たしているかどうかを判定することは、

前記弁が開いており、前記第 2 のコンプレッサ段の前記チョーク速度が前記ダイナミック・コンプレッサの前記現在の速度よりも遅い場合に、前記条件を満たしていると判定することをさらに含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記制限速度は前記第 2 のコンプレッサ段のサージ制御速度であり、前記条件を満たしているかどうかを判定することは、

前記弁が開いており、前記第 2 のコンプレッサ段の前記サージ制御速度がダイナミック・コンプレッサの前記現在の速度よりも大きい場合に、前記条件を満たしていると判定することをさらに含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記メモリには、前記ダイナミック・コンプレッサの所定の動作点のマップがさらに格納される、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記所定の動作点の前記マップには、前記第 2 のコンプレッサ段の動作点が含まれ、

前記第 2 のコンプレッサ段の前記制限速度を決定することは、前記所定の動作点の前記マップから前記第 2 のコンプレッサ段の動作点の値を取得することを含む、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記第 2 のコンプレッサ段の前記制限速度を決定することは、コンプレッサ圧力比、及

10

20

30

40

50

び前記所定の動作点のマップから取得した前記制限速度の値に基づいて、並びに前記コンプレッサ圧力比、及び所定の定数に基づいて、前記第2のコンプレッサ段の前記制限速度を計算することを含む、請求項6に記載のシステム。

【請求項9】

前記第1のVIGVの前記第1の位置と前記第2のVIGVの前記第2の位置とが同じ位置である、請求項2乃至8のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項10】

前記弁は、一次冷媒ループの一部を二次冷媒ループに流体接続し、該二次冷媒ループは、前記第1のコンプレッサ段の出口を前記第2のコンプレッサ段の入口に接続する、請求項2乃至9のいずれか一項に記載のシステム。

10

【請求項11】

前記一次冷媒ループは、
前記第2のコンプレッサ段に流体結合した凝縮器と、
該凝縮器に流体結合した第1の膨張装置と、
該第1の膨張装置及び前記第1のコンプレッサ段に流体結合した蒸発器と、を含み、
前記二次冷媒ループは、
前記凝縮器に流体結合した第2の膨張装置と、
該第2の膨張装置、前記凝縮器、及び前記第2のコンプレッサ段に流体結合した熱交換器と、を含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】

第1のコンプレッサ段及び第2のコンプレッサ段を有するダイナミック・コンプレッサのためのコントローラであって、当該コントローラは、

プロセッサと、

メモリを含み、該メモリには、前記プロセッサに、

前記ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、前記第1のコンプレッサ段の第1のVIGVの第1の位置、及び前記第2のコンプレッサ段の第2のVIGVの第2の位置で動作させて作動流体を圧縮させ、

前記ダイナミック・コンプレッサを動作させている間に、条件を満たしているかどうかを判定させ、

前記条件を満たしていない場合に、前記コンプレッサを前記現在の速度、前記第1のVIGVの前記第1の位置、及び前記第2のVIGVの前記第2の位置で引き続き動作させ、

20

30

前記条件を満たしている場合に、前記第2のVIGVの前記第2の位置を該第2の位置とは異なる第3の位置に変更し、前記第1のVIGVの前記第1の位置を維持させるようにプログラムする命令が格納される、

コントローラ。

【請求項13】

前記条件を満たしているかどうかを判定することは、

前記ダイナミック・コンプレッサと流体連通している弁が開いているかどうかを判定することと、

前記弁が開いている場合に、前記第2のコンプレッサ段の制限速度を決定することと、を含む、請求項12に記載のコントローラ。

40

【請求項14】

前記制限速度は前記第2のコンプレッサ段のチョーク速度であり、前記条件を満たしているかどうかを判定することは、

前記弁が開いており、前記第2のコンプレッサ段の前記チョーク速度が前記ダイナミック・コンプレッサの前記現在の速度よりも遅い場合に、前記条件を満たしていると判定することをさらに含む、請求項13に記載のコントローラ。

【請求項15】

前記制限速度は前記第2のコンプレッサ段のサージ制御速度であり、前記条件を満たし

50

ているかどうかを判定することは、

前記弁が開いており、前記第2のコンプレッサ段の前記サージ制御速度が前記ダイナミック・コンプレッサの現在の速度よりも大きい場合に、前記条件を満たしていると判定することをさらに含む、請求項13に記載のコントローラ。

【請求項16】

前記メモリには、前記ダイナミック・コンプレッサの所定の動作点のマップがさらに格納される、請求項13に記載のコントローラ。

【請求項17】

前記所定の動作点の前記マップには、前記第2のコンプレッサ段の動作点が含まれ、前記第2のコンプレッサ段の前記制限速度を決定することは、前記所定の動作点のマップから前記第2のコンプレッサ段の動作点の値を取得することを含む、請求項16に記載のコントローラ。

【請求項18】

前記第2のコンプレッサ段の前記制限速度を決定することは、コンプレッサ圧力比、及び前記所定の動作点のマップから取得した前記制限速度の値に基づいて、並びに前記コンプレッサ圧力比、及び所定の定数に基づいて、前記第2のコンプレッサ段の前記制限速度を計算することを含む、請求項16に記載のコントローラ。

【請求項19】

作動流体を圧縮しているダイナミック・コンプレッサの動作範囲を拡張する方法であって、前記ダイナミック・コンプレッサには第1のコンプレッサ段及び第2のコンプレッサ段があり、当該方法は、

前記ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、前記第1のコンプレッサ段の第1のVIGVの第1の位置、及び前記第2のコンプレッサ段の第2のVIGVの第2の位置で動作させて作動流体を圧縮するステップと、

前記ダイナミック・コンプレッサを動作させている間に、条件を満たしているかどうかを判定するステップと、

前記条件を満たしていない場合に、前記コンプレッサを前記現在の速度、前記第1のVIGVの前記第1の位置、及び前記第2のVIGVの前記第2の位置で引き続き動作させるステップと、

前記条件を満たしている場合に、前記第2のVIGVの前記第2の位置を該第2の位置とは異なる第3の位置に変更し、前記第1のVIGVの前記第1の位置を維持するステップと、を含む、

方法。

【請求項20】

前記条件を満たしているかどうかを判定するステップは、

前記ダイナミック・コンプレッサと流体連通している弁が開いているかどうかを判定するステップと、

前記弁が開いている場合に、前記第2のコンプレッサ段の制限速度を決定するステップと、を含む、請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本願は、2022年1月27日に出願した米国特許出願第17／585,736号の優先権を主張するものであり、その開示内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

開示の分野

本開示の分野は、制御システム、より具体的には、ダイナミック・コンプレッサのための制御システムに関する。

【背景技術】

【0003】

遠心コンプレッサを含むダイナミック・コンプレッサは、プロセス産業、並びに暖房、換気、空調（HVAC）システムで一般的に使用される。コンプレッサは、複数のコンプレッサ段をサポートするシャフトを介してモータに動作可能に接続される。モータは、指定した需要まで冷媒を圧縮するために選択した回転速度及び負荷条件で、シャフトを介してコンプレッサ段を回転させる。モータの速度及び負荷を制御して、コンプレッサを幅広い動作条件下で動作させることができる。コンプレッサの動作範囲は、低流量でのサージ領域と、高流量でのチョーク領域とによって制限される。コンプレッサの正確な動作点の知見は、サージ又はチョークでの動作を回避するのに役立つ。

【0004】

多段コンプレッサでは、冷媒は、異なる圧力及び体積流量で各コンプレッサ段に入る。従って、各段は他の段と「一致する」ように設計する必要がある、そうすることで、各段は前の段から受け取った流体を効果的に処理でき、コンプレッサは幅広い動作条件下で安全且つ効率的に動作できる。

【0005】

ダイナミック・コンプレッサに加えて、殆どのHVACシステムには、ダイナミック・コンプレッサに閉ループで流体結合した凝縮器、膨張装置、及び蒸発器が含まれる。一部のアプリケーションでは、基本サイクルが、追加のコンポーネント又は代替構成で修正され、システムの性能及び効率を向上させる。例えば、一部のHVACシステムでは、低温液体冷媒の一部を凝縮器の下流から熱交換器又はフラッシュタンクを介して迂回させメインフローを冷却するエコノマイゼーションループを使用している。熱交換器又はフラッシュタンクの下流では、フロー（flow：流れ）の追加部分が中温蒸発器に迂回される場合がある。迂回した部分、つまりエコノマイゼーションフローは、次に、低温、中圧ガスとしてコンプレッサ段同士の間に入力され、システム全体の効率を向上させる。他のシステムでは、コンプレッサ段同士の間からフローを取り除き、追加の凝縮器に迂回させて、追加の用途を可能にする。

【0006】

このようなシステムでは、コンプレッサ段同士の間でフローを追加又は除去すると、ステージ（stage：段）がもはや空気力学的に一致（match：整合）しなくなる。ステージの適切な一致がないと、注入の下流ステージが、コンプレッサの残りの部分とは異なる条件で望ましくないフロー状態になり、機械全体の性能、効率、及び安全性が損なわれる可能性がある。こうして、ステージ同士の間での質量流量の変化の有無にかかわらず、ステージ同士の間で空気力学的整合を維持することが望ましい。

【0007】

このセクションは、以下に説明及び／又は特許請求する本開示の様々な態様に関連し得る技術の様々な態様を読者に紹介することを目的としている。この説明は、本開示の様々な態様をよりよく理解できるように、読者に背景技術情報を提供するのに役立つと考えられる。従って、これらの記述は、この観点から読むべきであり、先行技術を認めるものではないことを理解する必要がある。

【発明の概要】

【0008】

本開示の一態様はシステムに関し、システムは、作動流体を圧縮するように動作可能なダイナミック・コンプレッサと、ダイナミック・コンプレッサに接続したコントローラとを有する。ダイナミック・コンプレッサは、第1の可変入口ガイドベーン（vane：翼）（VIGV）を有する第1のコンプレッサ段と、第2のVIGVを有する第2のコンプレッサ段とを含む。コントローラは、プロセッサ及びメモリを含む。メモリは、プロセッサに、ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、第1のVIGVの第1の位置、及び第2のVIGVの第2の位置で動作させて作動流体を圧縮させ、条件を満たしているかどうかを判定させるようにプログラムする命令を格納する。条件を満たしていない場合に、メモリに格納した命令は、プロセッサに、コンプレッサを現在の速度、第1のVIGVの第

10

20

30

40

50

1 の位置、及び第 2 の V I G V の第 2 の位置で引き続き動作させるようにプログラムする。条件を満たしている場合に、メモリに格納した命令は、プロセッサに、第 2 の V I G V の第 2 の位置を第 2 の位置とは異なる第 3 の位置に変更し、第 1 の V I G V の第 1 の位置を維持させるようにプログラムする。

【0009】

本開示の別の態様は、第 1 のコンプレッサ段及び第 2 のコンプレッサ段を有するダイナミック・コンプレッサのためのコントローラに関する。コントローラは、プロセッサ及びメモリを含む。メモリは、プロセッサに、ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、第 1 のコンプレッサ段の第 1 の V I G V の第 1 の位置、及び第 2 のコンプレッサ段の第 2 の V I G V の第 2 の位置で動作させて作動流体を圧縮させ、条件を満たしているかどうかを判定させるようにプログラムする命令を格納する。条件を満たしていない場合に、メモリに格納した命令は、プロセッサに、コンプレッサを現在の速度、第 1 の V I G V の第 1 の位置、及び第 2 の V I G V の第 2 の位置で引き続き動作させるようにプログラムする。条件を満たしている場合に、メモリに格納した命令は、プロセッサに、第 2 の V I G V の第 2 の位置を第 2 の位置とは異なる第 3 の位置に変更し、第 1 の V I G V の第 1 の位置を維持させるようにプログラムする。

10

【0010】

本開示の別の態様は、作動流体を圧縮している第 1 のコンプレッサ段及び第 2 のコンプレッサ段を有するダイナミック・コンプレッサの動作範囲を拡張する方法に関する。この方法は、ダイナミック・コンプレッサを現在の速度、第 1 のコンプレッサ段の第 1 の V I G V の第 1 の位置、及び第 2 のコンプレッサ段の第 2 の V I G V の第 2 の位置で動作させて作動流体を圧縮するステップと、条件を満たしているかどうかを判定するステップとを含む。この方法は、条件を満たしていない場合に、コンプレッサを現在の速度、第 1 の V I G V の第 1 の位置、及び第 2 の V I G V の第 2 の位置で引き続き動作させるステップと、条件を満たしている場合に、第 2 の V I G V の第 2 の位置を第 2 の位置とは異なる第 3 の位置に変更し、第 1 の V I G V の第 1 の位置を維持するステップとをさらに含む。

20

【0011】

本開示の上述した態様に関連して記載した特徴には、様々な改良点がある。本開示の上述した態様には、更なる特徴も組み込まれ得る。これらの改良点及び追加の特徴は、個別に、又は任意の組合せで存在し得る。例えば、本開示の図示した実施形態のいずれかに関連して以下で説明する様々な特徴は、本開示の上記の態様のいずれかに、単独で、又は任意の組合せで組み込まれ得る。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】 組み立てたダイナミック・コンプレッサの斜視図である。

【図 2】 図 1 のダイナミック・コンプレッサを線 2-2 に沿って切断し、外部導管を取り外した状態の断面図である。

【図 3】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサを設置できる第 1 の例示的な H V A C システムの概略図である。

【図 4】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサを設置できる第 2 の例示的な H V A C システムの概略図である。

40

【図 5】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサを設置できる第 3 の例示的な H V A C システムの概略図である。

【図 6】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサを設置できる第 4 の例示的な H V A C システムの概略図である。

【図 7】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの制御システムのブロック図である。

【図 8】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの動作マップである。

【図 9】 図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの第 2 のコンプレッサ段の動作マップであり、第 2 のコンプレッサ段の上流に流れを注入する前と注入した後との現

50

在の動作点を示している。

【図 1 0】図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの第 2 のコンプレッサ段の動作マップであり、第 2 のコンプレッサ段の上流で流れを除去する前と除去した後との現在の動作点を示している。

【図 1 1】第 2 のコンプレッサ段の上流で流れを注入し、第 2 の V I G V を第 2 の位置から第 2 の位置とは異なる位置に移動した場合の、図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの第 2 のコンプレッサ段の動作マップである。

【図 1 2】第 2 のコンプレッサ段の上流から流れを除去し、第 2 の V I G V を第 2 の位置から第 2 の位置とは異なる位置に移動した場合の、図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの第 2 のコンプレッサ段の動作マップである。

【図 1 3】図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの動作範囲を拡張する方法である。

【図 1 4】図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの所定の動作点のマップである。

【図 1 5】第 2 のコンプレッサ段の上流から流れを追加又は除去した場合の、図 1 及び図 2 に示されるダイナミック・コンプレッサの第 2 のコンプレッサ段の制限速度を決定するための例示的な制御アルゴリズムのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 3】

対応する参照符号は、図面全体を通じて対応する部分を示す。

【0 0 1 4】

簡潔にするために、遠心コンプレッサに関して例を説明する。しかしながら、本明細書で説明する方法及びシステムは、任意の適切なダイナミック・コンプレッサに適用することができる。H V A C システムの性能及び効率は、メインフローの一部を補助ループ及び循環コンポーネントに迂回させることによって向上させることができる。このようなシステムでは、各ステージが異なる質量流量を有するように、コンプレッサ段同士の間で流れを注入又は除去することができる。しかしながら、望ましくない条件での動作を回避するために、このようなフロー変更の有無にかかわらず、ステージ（段）同士の間の空気力学的マッチングを維持する必要がある。制御戦略を使用して、ステージがフローマッチングされなくなったかどうかを判定して、各ステージの入口にある可変入口ガイドベーン（V I G V）を調整し、適切なステージマッチングを復元することができる。

【0 0 1 5】

図 1 を参照すると、2 段冷媒コンプレッサが一般に 1 0 0 で示される。コンプレッサ 1 0 0 は、作動流体（例えば、冷媒）を圧縮するように動作可能であり、少なくとも 1 つの密閉したキャビティを形成するコンプレッサハウジング 1 0 2 を含み、キャビティ内で各ステージの冷媒圧縮が実行される。コンプレッサ 1 0 0 は、第 1 のコンプレッサ段（図 1 ではラベルなし）に冷媒蒸気を導入する第 1 の冷媒入口 1 1 0、第 1 の冷媒出口 1 1 4、第 1 のコンプレッサ段から第 2 のコンプレッサ段に圧縮冷媒を移送する冷媒移送導管 1 1 2、第 2 のコンプレッサ段（図 1 ではラベルなし）に冷媒蒸気を導入する第 2 の冷媒入口 1 1 8、及び第 2 の冷媒出口 1 2 0 を含む。冷媒移送導管 1 1 2 は、反対側の端部で、第 1 の冷媒出口 1 1 4 及び第 2 の冷媒入口 1 1 8 それぞれに動作可能に接続される。冷媒移送導管 1 1 2 は、第 1 のコンプレッサ段と第 2 のコンプレッサ段との間の流れを追加又は除去するためのポート 1 2 2 をさらに含む。第 2 の冷媒出口 1 2 0 は、圧縮冷媒を第 2 のコンプレッサ段から、コンプレッサ 1 0 0 が組み込まれる冷却システムに送出する（図 3 ～図 6）。

【0 0 1 6】

図 2 を参照すると、コンプレッサハウジング 1 0 2 は、コンプレッサ 1 0 0 の反対側の端部で第 1 のコンプレッサ段 1 2 4 及び第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 を囲んでいる。第 1 のコンプレッサ段 1 2 4 は、第 1 の冷媒入口 1 1 0 を介して流入する冷媒に運動エネルギーを加えるように構成された第 1 の圧縮機構 1 0 6 を含む。いくつかの実施形態では、第

10

20

30

40

50

１の圧縮機構１０６はインペラである。第１の圧縮機構１０６によって冷媒に与えられた運動エネルギーは、冷媒の速度がボリュート（*volume*：渦巻）１３２内に形成された密閉したキャビティ（例えば、ディフューザ）に移送される際に遅くなるため、冷媒圧力の増大に変換される。第１のコンプレッサ段１２４は、第１の圧縮機構１０６の上流の第１の冷媒入口１１０に配置された第１の可変入口ガイドベーン（*VIGV*）１３４をさらに含む。第１の*VIGV*１３４は、位置を制御できる複数のベーンを含み、ベーンの位置によって、第１の冷媒入口１１０に入るガス状冷媒に予旋回（*pre-whirl*）を導入する。

【００１７】

同様に、第２のコンプレッサ段１２６は第２の圧縮機構１１６を含み、第２の圧縮機構１１６は、第２の冷媒入口１１８を介して流入する、第１のコンプレッサ段１２４から移送される冷媒に運動エネルギーを加えるように構成される。いくつかの実施形態では、第２の圧縮機構１１６はインペラである。第２の圧縮機構１１６によって冷媒に与えられた運動エネルギーは、冷媒の速度がボリュート１３２内に形成された密閉したキャビティ（例えば、ディフューザ）に移送される際に遅くなるため、冷媒圧力の増大に変換される。圧縮した冷媒は、第２の冷媒出口１２０（図２には示さず）を介して第２のコンプレッサ段１２６から排出される。第２のコンプレッサ段１２６は、第２の冷媒入口１１８の第２の圧縮機構１１６の上流に配置された第２の可変入口ガイドベーン（*VIGV*）１３６をさらに含む。第２の*VIGV*１３６は複数のベーンを含み、ベーンの位置を制御して、第２の冷媒入口１１８に入るガス状冷媒に予旋回を導入することができる。

【００１８】

第１の圧縮機構１０６及び第２の圧縮機構１１６は、シャフト１０４の反対側の端部に接続される。シャフト１０４は、第１の圧縮機構１０６と第２の圧縮機構１１６との間に位置付けされたモータ１０８に動作可能に接続され、第１の圧縮機構１０６及び第２の圧縮機構１１６は、第２の冷媒出口１２０（図２には示さず）から出る冷媒を予め選択した圧力まで圧縮するように選択した回転速度で回転する。コンプレッサ１００には、電気モータを含むがこれに限定されない任意の適切なモータを組み込むことができる。

【００１９】

図３は、図１及び図２のコンプレッサ１００を設置できる第１の例示的なHVACシステム３００の概略図である。システム３００は、コンプレッサ１００、凝縮器３２０、第１の膨張装置３３０、及び蒸発器３４０を含む単一の閉じた冷媒ループ３１０を有する。冷媒は、低圧、低温のガスとして第１の冷媒入口１１０からコンプレッサ１００に入る。第１のコンプレッサ段１２４及び第２のコンプレッサ段１２６は、冷媒に運動エネルギーを加えて圧力上昇に変換し、冷媒は、高圧、高温のガスとして第２の冷媒出口１２０からコンプレッサ１００から出る。冷媒は、第２のコンプレッサ段１２６に流体結合した凝縮器３２０に入り、熱 Q_{out} が除去されて冷媒ガスが高圧、高温の液体に変換される。

【００２０】

凝縮器３２０は、冷媒の圧力を下げる第１の膨張装置３３０に流体結合される。いくつかの実施形態では、圧力は、液体冷媒の現在の温度がその圧力での沸点温度になるまで下げられ、液体冷媒の一部が沸騰してガスに変わると、冷媒は２相混合物になる。第１の膨張装置３３０は、固定オリフィス、熱膨張弁、電子膨張弁、又はHVACシステム３００が本明細書で説明するように機能できるようにする任意のタイプの膨張装置であり得る。第１の膨張装置３３０は蒸発器３４０に流体結合され、蒸発器３４０は、低圧、低温の液体冷媒、又は液体及びガス状冷媒の２相混合物を入口で受け取る。蒸発器３４０では、冷媒は熱 Q_{in} を吸収して液体からガスに相変化する。蒸発器３４０は第１のコンプレッサ段１２４に流体結合され、サイクルが再び開始する。

【００２１】

図４は、図１及び図２のコンプレッサ１００を設置できる第２の例示的なHVACシステム４００の概略図である。システム４００は一次冷媒ループ４１０を有しており、一次冷媒ループ４１０は、コンプレッサ１００、凝縮器３２０、熱交換器４９０の第１の流れ

492、第1の膨張装置330、及び蒸発器340を含む。システム400は二次冷媒ループ460も有しており、二次冷媒ループ460は、一次冷媒ループ410の一部に流体接続され、本明細書でさらに詳細に説明するエコマイゼーション (e c o n o m i z a t i o n) 弁470によって制御される。

【0022】

二次冷媒ループ460には、エコマイゼーション弁470、第2の膨張装置480、熱交換器490の第2の流れ494、第2のコンプレッサ段126、及び凝縮器320が含まれる。図4に示される実施形態では、二次冷媒ループ460のコンポーネントは、列挙した順序で流体結合されており、凝縮器320は、二次冷媒ループ460を閉じるために、さらに第2の膨張装置480に結合される。

10

【0023】

エコマイゼーション弁470は、完全に開くか、部分的に開くか、又は完全に閉じることができ、その状態によって、冷媒が二次冷媒ループ460を流れるかどうかが決まる。つまり、エコマイゼーション弁470が完全に閉じている場合に、全ての冷媒が一次冷媒ループ410を通して流れ、システム400は、図3に示されるシステム300と実質的に同じように動作する。エコマイゼーション弁470が開いている場合に、凝縮器320から排出される液体冷媒は2つの流れに分かれ、冷媒の大部分が一次冷媒ループ410を通して流れ、残りは二次冷媒ループ460に迂回される。エコマイゼーション弁470は、電磁弁、電子膨張弁、又はシステム400が本明細書で説明したように機能できる任意のタイプの弁とすることができる。

20

【0024】

エコマイゼーション弁470は、開いている場合に、第2の膨張装置480に流体結合され、液体冷媒の現在の温度がその圧力での沸点温度になるまで液体エコマイゼーションの圧力を下げる。二次冷媒ループ内の冷媒は、熱交換器490に入ると液体冷媒の一部が沸騰してガスに変わるため、2相混合物になる。第2の膨張装置は、エコマイゼーション弁470が開いているときに、二次冷媒ループ460を通して特定の量の冷媒（例えば、総質量流量の0～20パーセント、又はシステム400が本明細書で説明するように機能できる任意の量の冷媒流量）を迂回させるようにサイズ設定及び選択できる。

【0025】

いくつかの実施形態では、第2の膨張装置480は、熱交換器490の熱負荷に基づいて、二次冷媒ループ460を通る冷媒流量を調整する熱膨張弁 (T X V) である。T X Vは、熱交換器490の第2の流れ494の下流に位置するバルブ (b u l b) 496と組み合わせて動作する。T X V内の膜は、バルブ内の冷媒圧力と熱交換器490の上流の冷媒圧力とのバランスをとるために可動式である。膜の動きは、弁の位置を設定するニードルに結合され、それにより二次冷媒ループ460を通して流れる冷媒の量を制御する。更なる実施形態では、第2の膨張装置480は、固定オリフィス、電子膨張弁、又はシステム400が本明細書で説明するように機能できる任意のタイプの膨張装置とすることができる。

30

【0026】

冷媒は、第2の膨張装置480から出て、低圧液体又は2相混合物として熱交換器490の第2の流れ494に入る。第2の流れ494は、一次冷媒ループ410の凝縮器320から高圧液体冷媒を運ぶ第1の流れ492と熱的に連通する。2つの流れ492、494の間の熱接触により、第1の流れ492の冷媒が冷却され、第2の流れ494の冷媒が温められ、沸騰する。第1の流れ492の冷却した冷媒は、低温高圧液体として熱交換器490から出て、第2の流れ494の沸騰した冷媒は、低温中圧ガスとして熱交換器490から出る。熱交換器490は、向流熱交換器、交差流熱交換器、並列流熱交換器、シェルアンドチューブ式熱交換器、混合チャンバ、又はシステム400が本明細書で説明するように機能することができる任意のタイプの熱交換器とすることができる。更なる実施形態では、熱交換器490の代わりに、又は熱交換器490に加えて、フラッシュタンクを使用してもよい。

40

50

【0027】

熱交換器490の第2の流れ494から排出される低温中圧ガスは、次に、コンプレッサ100の冷媒移送導管112に注入され、第2のコンプレッサ段126に到達する前に、一次冷媒ループ410の冷媒流と混合される。一次冷媒ループ410及び二次冷媒ループ460は、第2のコンプレッサ段126で合流し、冷媒が凝縮器320から排出された後に再び分岐する。

【0028】

図5は、図1及び図2のコンプレッサ100を設置できる第3の例示的なHVACシステム500である。システム500には、低温一次冷媒ループ510、中温二次冷媒ループ560、及びそれらに流体結合した三次冷媒ループ580が含まれる。凝縮器320の下流では、冷媒の流れは第1の膨張装置530で絞られ、液体冷媒の一部が沸騰するまで圧力が下がり、2相混合物が形成される。フラッシュタンク590は、2相冷媒混合物を液体と気体の部分に分離し、それぞれ一次ループ510及び三次ループ580に分岐する。特定の実施形態では、フラッシュタンク590の代わりに、又はフラッシュタンク590に加えて、熱交換器を使用してもよい。一次ループ510内の液体冷媒は、第2の膨張装置532で絞られ、再び分岐し、冷媒の一部は一次ループ510に沿って引く続き進み、残りは二次ループ560に分かれる。二次ループ560では、冷媒は中温蒸発器540を通過し、ここで冷媒が沸騰してガスに変換され、中温空間に冷却を提供する。一次ループ510では、液体冷媒510は、低温蒸発器340に入る前に第3の膨張装置330で絞られ、ここで冷媒は沸騰してガスに変換され、低温空間に冷却を提供する。次に、冷媒は第1のコンプレッサ段124に入り、ここで中温蒸発器540の圧力まで圧縮される。三次ループ580のガス状冷媒は、第4の膨張装置534で中温蒸発器540の圧力まで絞り込まれる。二次ループ560及び三次ループ580のガス状冷媒は結合され、第1のコンプレッサ段124と第2のコンプレッサ段126との間の冷媒転送導管112に注入される。

【0029】

図6は、図1及び図2のコンプレッサ100を設置できる第4の例示的なHVACシステム600を示す。システム600は一次冷媒ループ610を含み、一次冷媒ループ610には、コンプレッサ100、凝縮器320、第1の膨張装置330、及び蒸発器340が含まれる。システムには、一次冷媒ループ610の一部に流体接続され、弁670によって制御される二次冷媒ループ660も含まれる。弁670が完全に閉じている場合に、全ての冷媒は一次ループ610を流れて、システム600は、図3に示されるシステム300と略同じように動作する。弁670が開いている場合に、冷媒の流れの一部は、第1のコンプレッサ段124と第2のコンプレッサ段126との間の冷媒転送導管112から二次ループ660を流れて迂回される。迂回した流れは、第2の膨張装置630によって絞られた補助凝縮器620を通過し、一次ループ610に再び合流してから、蒸発器340に入る。

【0030】

図7は、ダイナミック・コンプレッサ100を含むシステム700の例示的な実施形態を示す。コンプレッサ100は、コンプレッサハウジング102、圧縮機構707、モータ108、速度センサ717、圧力センサ709、及びコントローラ710を含む。この実施形態では、ダイナミック・コンプレッサ100は2段遠心コンプレッサであり、圧縮機構707は各段のインペラである。他の実施形態では、ダイナミック・コンプレッサ100は軸流コンプレッサであり、圧縮機構707は軸流ロータである。速度センサ717はコンプレッサ100の回転速度を測定し、圧力センサ709は、冷媒入口及び冷媒出口を含むコンプレッサ流路に沿った様々なポイントでの圧力を測定する。温度センサ、流量センサ、電流センサ708、電圧センサ、回転速度センサ、及び任意の他の適切なセンサが含まれるが、これらに限定されない追加のセンサをコンプレッサ100に設置して、動作に関するデータを提供することができる。コンプレッサ100は、システム700内の特定の構成に限定されず、図1及び図2で説明したコンプレッサ100と同様に構成して

もよく、又は異なる方法で構成してもよい。システム 700 は、さらに、アンロード装置 701、可変周波数ドライブ (VFD) 716、及びユーザインターフェイス 715 を含む。

【0031】

コントローラ 710 は、コンプレッサ 100 に動作可能に接続され、上述した測定パラメータに部分的に基づいて、コンプレッサ 100 の動作を制御する。コントローラ 710 は、プロセッサ 711、メモリ 712、及びアンロードインターフェイス 714 を含む。メモリ 712 には、コンプレッサ 100 の複数の所定の動作点 50 のマップ 1000 (図 14 を参照) が格納され、このマップは、テーブル、又はマトリックス等の任意の適切なデータ構造で格納できる。マップ 1000 には、第 1 のコンプレッサ段 124 のみの複数の所定の動作点、第 2 のコンプレッサ段 126 のみの複数の所定の動作点、又はコンプレッサ 100 全体の複数の所定の動作点が含まれる。メモリ 712 には、プロセッサ 711 によって実行される命令も格納され、命令によってコンプレッサ 100 を動作させて作動流体を圧縮し、第 1 のコンプレッサ段 124 及び第 2 のコンプレッサ段 126 の流れが一致しなくなったかどうかを判定し、必要に応じて各コンプレッサ段 124、126 の入口 110、118 にあるアンロード装置 701 を調整して適切なステージ (段) マッチングを復元する。所定の動作点 50 のマップ 1000 と、コンプレッサ段 124、126 が一致しているかどうかを判定する方法 1300 については、以下でさらに詳しく説明する。

10

【0032】

システム 700 には、コントローラ 710 を VFD 716 に接続するためのインターフェイスと、VFD 716 をモータ 108 に接続するためのモータインターフェイス 713 とが含まれる。特定の実施形態では、VFD 716 はコントローラ 710 の制御下で動作する。更なる実施形態では、VFD 716 はコントローラ 710 の一部である。システム 700 には、コントローラ 710 をアンロード装置 701 に接続するためのアンロードインターフェイス 714 も含まれる。

20

【0033】

コントローラ 710 は、アンロードインターフェイス 714 を介してアンロード装置 701 に動作可能に結合されており、アンロードインターフェイス 714 は、起動及び停止ルーチン中、検出したサージイベント中、及びコントローラ 710 によって指示された場合に、コンプレッサ 100 の負荷を除去及び／又は軽減する。例示的な実施形態では、アンロード装置 701 は、各インペラ段の入口にある可変入口ガイドベーン (VIGV) である (図 2)。他の実施形態では、アンロード装置 701 は可変ディフューザであってもよい。コントローラ 710 は、各 VIGV の位置等、アンロード装置 701 の少なくとも 1 つの動作パラメータを制御するように構成される。

30

【0034】

他の実施形態では、アンロード装置 701 はバイパス弁である。冷媒バイパス弁等のバイパス弁は、ガスの代替経路を提供し、それによりモータ 108 が起動時にどれだけゆっくりと加速しているか、又は停止時にどれだけゆっくりと減速しているかに関係なく、コンプレッサ 100 の圧力上昇を制限し、潜在的なサージイベントを防止する。他の実施形態では、アンロード装置 701 は膨張弁である。さらに他の実施形態では、アンロード装置 701 は、サーボ弁等の可変オリフィス又は直径弁、及びデューティサイクルに従って開閉を制御するように構成された電磁弁又はパルス幅変調 (PWM) 弁等の固定オリフィス又は直径弁であってもよい。ここでは多くの種類のアンロード装置について説明しているが、アンロード装置 701 は、コンプレッサ 100 の負荷を軽減する任意の適切な装置、又は装置の組合せであってもよい。アンロード装置 701 は、さらに、コンプレッサ 100 の負荷を増やすための負荷装置として使用してもよい。

40

【0035】

システム 700 には、システム 700 に関連する (例えば、ユーザからの) 情報を出力 (例えば、表示) 及び／又は受け取るように構成されたユーザインターフェイス 715 がさらに含まれる。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェイス 715 は、ユーザか

50

らのアクティブ化及び／又は非アクティブ化の入力を受け取って、システム 700 をアクティブ化及び非アクティブ化（つまり、オン及びオフ）するか、又はシステム 700 の動作を有効にするように構成される。さらに、いくつかの実施形態では、ユーザインターフェイス 715 は、システム 700 の 1 つ又は複数の動作特性に関連する情報を出力するように構成され、この出力される情報には、例えば、重大度アラート、発生アラート、障害アラート、モータ速度アラート等の警告インジケータ、及び他の適切な情報等が含まれるが、これらに限定されない。

【0036】

ユーザインターフェイス 715 には、ユーザインターフェイス 715 が本明細書で説明するように機能できるようにする任意の適切な入力装置及び出力装置が含まれ得る。例えば、ユーザインターフェイス 715 は、キーボード、マウス、タッチスクリーン、ジョイスティック、スロットル、ボタン、スイッチ、及び／又は他の入力装置を含むが、これらに限定されない入力装置を含むことができる。さらに、ユーザインターフェイス 715 には、ディスプレイ（例えば、液晶ディスプレイ（LCD）又は有機発光ダイオード（OLED）ディスプレイ）、スピーカ、表示灯、計器、及び／又は他の出力装置が含まれ得るが、これらに限定されない。さらに、ユーザインターフェイス 715 は、システムコントローラ（図示せず）等の別のコンポーネントの一部であってもよい。他の実施形態には、ユーザインターフェイス 715 が含まれない。

【0037】

コントローラ 710 は、一般に、コンプレッサ 100 の動作を制御するように構成される。コントローラ 710 は、別の装置又はコントローラからのプログラミング及び命令を通じて動作を制御するか、又はシステムコントローラを通じてシステム 700 と統合される。いくつかの実施形態では、例えば、コントローラ 710 は、ユーザインターフェイス 715 からユーザ入力を受け取り、そのようなユーザ入力に応答してシステム 700 の 1 つ又は複数のコンポーネントを制御する。例えば、コントローラ 710 は、ユーザインターフェイス 715 から受け取ったユーザ入力に基づいてモータ 108 を制御することができる。いくつかの実施形態では、システム 700 は、リモート制御インターフェイスによって制御してもよい。例えば、システム 700 は、システム 700 のリモート制御及び起動を可能にするワイヤレス制御インターフェイスへの接続用に構成された通信インターフェイス（図示せず）を含むことができる。ワイヤレス制御インターフェイスは、タブレット又はスマートフォン等のポータブルコンピューティング装置上に具体化してもよい。

【0038】

コントローラ 710 は、一般に、通信可能に互いに結合され、独立して、又は互いに接続して動作することができるコンピュータ、処理装置等の任意の適切な組合せを含む、任意の適切なコンピュータ及び／又は他の処理装置を含むことができる（例えば、コントローラ 710 は、コントローラネットワークの全部又は一部を形成することができる）。コントローラ 710 は、1 つ又は複数のモジュール又は装置を含み得、そのうちの 1 つ又は複数のシステム 700 内に収容されるか、又はシステム 700 から離れた場所に配置され得る。コントローラ 710 は、コンプレッサ 100 の一部であっても、別個であってもよく、HVAC システム内のシステムコントローラの一部であってもよい。コントローラ 710 及び／又はコントローラ 710 のコンポーネントは、システム 700 の他のコンポーネント内に統合又は組み込んでよい。コントローラ 710 は、様々なコンピュータ実装機能（例えば、本明細書で開示する計算、決定、及び機能の実行）を実行するように構成された 1 つ又は複数のプロセッサ 711 及び関連するメモリ装置 712 を含む。

【0039】

本明細書で使用する場合に、「プロセッサ」という用語は、集積回路だけでなく、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラマブル論理コントローラ（PLC）、特定用途向け集積回路、及び他のプログラマブル回路も指す。さらに、コントローラ 710 のメモリ装置 712 は、一般的に、コンピュータ可読媒体（例えば、ランダムアクセスメモリ（RAM））、コンピュータ可読不揮発性媒体（例えば、フラッ

10

20

30

40

50

シュメモリ)、フロッピーディスク、コンパクトディスク読み取り専用メモリ(CD-ROM)、磁気光ディスク(MOD)、デジタル多用途ディスク(DVD)、及び／又は他の適切なメモリ要素を含むが、これらに限定されないメモリ要素であるか、又はメモリ要素を含むことができる。このようなメモリ装置712は、一般的に、適切なコンピュータ可読命令を格納するように構成することができ、命令がプロセッサ711によって実施されると、コントローラ710が、システム700の制御、モータ108の動作の制御、ユーザインターフェイス715からの入力の受け取り、ユーザインターフェイス715を介してオペレータに出力を提供すること、アンロード装置701の制御、及び／又は他の様々な適切なコンピュータ実装機能を含むが、これらに限定されない、本明細書で説明する様々な機能を実行するように構成又は実行させる。

10

【0040】

図8を参照すると、例示的な遠心ダイナミック・コンプレッサ100の動作エンベロップ又は動作マップ800が示される。この動作マップ800は、メモリ712が記憶した複数の所定の動作点50のマップ1000の1つのグラフィカル表現である。動作マップ800は、流量、ヘッド(head)、及び速度の観点からコンプレッサの性能をグラフィカルに表示する。動作マップ800は、コンプレッサ100の設計点におけるヘッド対入口質量流量を、それらの値のパーセンテージとして示す。ヘッドは、出口圧力と入口圧力の合計圧力比である。入口質量流量は、圧縮機構707を通して流れる冷媒等の作動流体の量の尺度である。動作マップ800には、複数のコンプレッサ速度ライン807が示される。この例では、設計速度の70%～設計速度の110%までの範囲の5つの速度ライン807があり、各線は10%の差で区切られる。この例では、これらの特定の速度ラインが示されるが、コンプレッサの設計速度の任意の異なるパーセンテージでの任意の数の速度ラインを、任意のタイプのコンプレッサに対して示すことができる。

20

【0041】

サージ限界ライン804は、サージ領域806(つまり、サージ限界ライン804の左側)でサージが発生する前の最小流量を示す。サージ制御ライン803は、コンプレッサ100がサージに陥るリスクなしに安全に動作できる最小流量を大まかに示す。サージ制御ライン803は、サージ限界ライン804からのサージマージン805によって規定される。サージ制御ライン803の右側で動作することにより、コンプレッサ100はサージを回避する。同様に、チョークライン801は、その右側で動作することでコンプレッサ100がチョークフローで動作することを示す。

30

【0042】

コンプレッサ100の第1の動作点809は、速度ライン、入口質量流量値、及び総圧力比の交点として動作マップ800上に表示される。例えば、動作マップ800に示される第1の動作点809は、入口質量流量112%、ヘッド90%、速度100%であるが、任意のタイプのコンプレッサに対して任意の数の動作点を表示できる。動作点は、コンプレッサ100の現在の動作パラメータを規定し、動作マップ800は、現在の動作点が、不安定な状態(すなわち、サージ)又は非効率的な状態(すなわち、チョーク)での動作にどれだけ近いかを示す。

【0043】

図8に示される第1の動作点809は、第1のコンプレッサ段124及び第2のコンプレッサ段126が同じ質量流量を受け取るときのコンプレッサ100の動作を表すことができる。例えば、第1の動作点809は、図3に示される第1の例示的なHVACシステム300に設置されたコンプレッサ100の動作を表すことができる。あるいはまた、第1の動作点809は、HVACシステム400のエコノマイゼーション弁470を閉じているとき、すなわち、冷媒が一次ループ410のみを循環し、コンプレッサ段124とコンプレッサ段126との間にエコノマイザの流れが追加さないときの、図4に示される第2の例示的なHVACシステム400に設置されたコンプレッサ100の動作を表すことができる。第1の動作点809は、弁670が閉じているとき、すなわち、冷媒が一次ループ610のみを循環し、コンプレッサ段124とコンプレッサ段126との間から流れ

40

50

が除去されないときの、図 6 に示される第 4 の例示的な H V A C システム 6 0 0 に設置したコンプレッサ 1 0 0 の動作を表すこともできる。

【 0 0 4 4 】

図 9 は、ダイナミック・コンプレッサ 1 0 0 の第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作マップ 9 0 0 を示す。第 2 の動作点 9 0 9 は、上記の構成のように、第 1 のコンプレッサ段 1 2 4 及び第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 が同じ質量流量を受け取るときの、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作を表すことができる。第 3 の動作点 9 1 3 は、コンプレッサ段 1 2 4 とコンプレッサ段 1 2 6 との間に流れが追加されるとき、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作条件を表すことができる。例えば、第 3 の動作点 9 1 3 は、エコノマイゼーション弁 4 7 0 を開いているときの、システム 4 0 0 に設置されたコンプレッサ 1 0 0 の動作を表すことができる。また、第 3 の動作点 9 1 3 は、図 5 に示されるシステム 5 0 0 に設置したコンプレッサ 1 0 0 の動作を表すこともできる。

10

【 0 0 4 5 】

第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 は、同じコンプレッサ速度でより高い質量流量に対して同じ圧力上昇を達成することができない。その結果、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の現在の動作点は、1 0 0 % 速度ラインに沿って第 2 の動作点 9 0 9 から第 3 の動作点 9 1 3 まで右にシフトする。従って、第 3 の動作点 9 1 3 は、第 2 の動作点 9 0 9 と同じ速度で第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 が動作することを示すが、入口質量流量はより大きく、ヘッドはより低い。第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の第 3 の動作点 9 1 3 が第 2 の段チョークライン 9 0 1 を超えてシフトすると、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 はチョークフローで動作する。これにより、コンプレッサ 1 0 0 全体がチョークフローで動作し、その性能及び効率が低下する。

20

【 0 0 4 6 】

図 1 0 を参照すると、第 4 の動作点 9 1 9 は、上述した構成のように、第 1 のコンプレッサ段 1 2 4 及び第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 が同じ質量流量を受け取る場合の、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作の別の例示的な表現である。第 5 の動作点 9 2 3 は、コンプレッサ段 1 2 4 とコンプレッサ段 1 2 6 との間の流れを除去したときの、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作条件を表す。例えば、第 5 の動作点 9 2 3 は、弁 6 7 0 が開いており、コンプレッサ段 1 2 4 とコンプレッサ段 1 2 6 との間の流れを除去したときの、図 6 に示される第 4 の例示的な H V A C システム 6 0 0 に設置したコンプレッサ 1 0 0 の動作を表すことができる。第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 を通る質量流量を減らすと、その動作点は 1 0 0 % 速度ラインに沿って、第 4 の動作点 9 1 9 から第 5 の動作点 9 2 3 に左にシフトする。従って、第 5 の動作点 9 2 3 は、第 4 の動作点 9 1 9 と同じ速度で、ただし入口流量が低減された状態での第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 が動作していることを示す。第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の第 5 の動作点 9 2 3 が第 2 のステージ（コンプレッサ段）のサージ制御ライン 9 0 3 又はサージ限界ライン 9 0 4 を超えてシフトすると、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 はサージに陥る危険がある。第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 でサージが発生すると、機械全体が混乱し、構造的な損傷につながる可能性がある。

30

【 0 0 4 7 】

図 9 及び図 1 0 に示される性能及び動作範囲の低下は、第 2 の V I G V 1 3 6 の位置を調整することによって緩和することができ、それにより第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作マップがシフトされ、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 がコンプレッサ 1 0 0 の前で全体としてチョークしたりサージしたりすることがなくなる。図 9 及び図 1 0 は、第 1 の V I G V 1 3 4 及び第 2 の V I G V 1 3 6 が同じ位置にある場合の第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作マップ 9 0 0 を示す。換言すれば、第 1 の V I G V 1 3 4 の第 1 の位置と第 2 の V I G V 1 3 6 の第 2 の位置とは同じ位置である。

40

【 0 0 4 8 】

図 1 1 は、第 2 の V I G V 1 3 6 が第 2 の位置とは異なる第 3 の位置に移動したときの第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の動作マップ 1 1 0 0 を示す。動作マップ 1 1 0 0 は、第 2 の動作点 9 0 9 及び第 3 の動作点 9 1 3 を含む、図 9 に示される動作マップ 9 0 0 に重ね

50

合わされる。第2のVIGV136を第3の位置に調整すると、第2のコンプレッサ段126に入る冷媒ガスに追加される予旋回が変化し、その動作エンベロープが右にシフトしてチョーク範囲が広がる。第2のコンプレッサ段126の速度が同じままなので、現在の動作点は、第3の動作点913から第6の動作点1113まで、第2のコンプレッサ段126の新しい100%速度ラインまで上方にシフトされる。第6の動作点1113が新しいチョークライン1101の左側にあるため、第2のコンプレッサ段126はもはやチョークフローで動作しなくなる。これにより、HVACシステム400、500は、コンプレッサ100の性能及び動作範囲を損なうことなく、エコマイゼーションループ又はブースターシステムの利点を享受できる。

【0049】

図12を参照すると、第2のVIGV136の第3の位置は、第2のコンプレッサ段126の動作エンベロープが左にシフトしてコンプレッサ100のサージ範囲が拡張されるように選択することもできる。図12は、第2のVIGV136が、コンプレッサ100のサージ範囲を拡張する第3の位置に調整されたときの、第2のコンプレッサ段126の動作マップ1200を示す。動作マップ1200は、第4の動作点919及び第5の動作点923を含む、図9に示される動作マップ900に重ねられる。現在の動作点は、第5の動作点923から第7の動作点1223に、第2のコンプレッサ段126の新しい100%速度ラインに下方にシフトされる。第7の動作点1223が新しいサージ制御ライン1203の右側にあるため、第2のコンプレッサ段126は、コンプレッサ100の残りの部分よりも先にサージが発生するリスクがなくなる。

【0050】

メモリ712には、プロセッサ711に、上記のようにコンプレッサ100の動作範囲を拡張させるようにプログラムした命令が格納される。例示的な方法1300を図13に示す。プロセッサ711は、コンプレッサ100を現在の速度、第1のVIGV134の第1の位置、及び第2のVIGV136の第2の位置で動作させて、作動流体を圧縮する(1302)。いくつかの実施形態では、第1のVIGV134の第1の位置と第2のVIGV136の第2の位置とは同じ位置である。ダイナミック・コンプレッサ100を動作させている間に(1302)、プロセッサ711は条件を満たしているかどうかを判定する。条件を満たしていない場合に、メモリ712に格納した命令は、プロセッサ711に、現在の速度、第1のVIGV134の第1の位置、及び第2のVIGV136の第2の位置でコンプレッサ100を引き続き動作させるようにプログラムする(1310)。条件が満たされる場合に、メモリ712に格納した命令は、プロセッサ711に、第2のVIGV136の第2の位置を第2の位置とは異なる第3の位置に変更させ、第1のVIGV134の第1の位置を維持させるようにプログラムする(1312)。

【0051】

図13に示される例示的な方法では、条件を満たしているかどうかを判定するステップは、コンプレッサ100と流体連通している弁が開いているかどうかを判定するステップを含む(1304)。特定の実施形態では、弁は、図4に示されるシステム400のエコマイゼーション弁470である。他の実施形態では、弁は、図6に示されるシステム600の弁670であり得る。弁は、完全に又は部分的に開いており、一次冷媒ループの一部が弁で二次冷媒ループに流体接続される場合に、開いているとみなされる。弁が開いていない場合には、条件は満たされず、コンプレッサ100は現在の条件で引き続き動作する(1310)。

【0052】

弁が開いている場合に、プロセッサ711は、第2のコンプレッサ段126の制限速度を決定するようにさらにプログラムされる(1306)。弁が図4に示されるシステム400のエコマイゼーション弁470である実施形態では、第2のコンプレッサ段126の制限速度は、第2のコンプレッサ段126のチョーク速度であってもよい。このような実施形態では、プロセッサ711が、第2のコンプレッサ段126のチョーク速度がダイナミック・コンプレッサ100の現在の速度以上であると判定した場合に(1308)、

条件は満たされず、コンプレッサは現在の条件で動作し続ける（１３１０）。プロセッサ ７１１が、第２のコンプレッサ段１２６のチョーク速度がダイナミック・コンプレッサ １００の現在の速度よりも遅いと判定した場合に（１３０８）、条件は満たされ、第２の V I G V １３６の第２の位置は、第２の位置とは異なる第３の位置に変化し（１３１２）、第１の V I G V １３４の第１の位置が維持される。こうして、エコノマイゼーション弁 ４７０が開いており、第２のコンプレッサ段１２６のチョーク速度がダイナミック・コンプレッサ １００の現在の速度よりも遅い場合に、条件は満たされる。

【００５３】

弁が図 ６に示されるシステム ６００の弁 ６７０である実施形態では、第２のコンプレッサ段 １２６の制限速度は、第２のコンプレッサ段 １２６のサージ制御速度であってもよい。このような実施形態では、プロセッサ ７１１が、第２のコンプレッサ段 １２６のサージ制御速度がダイナミック・コンプレッサ １００の現在の速度以下である場合に、条件は満たされず、コンプレッサは現在の条件で動作し続ける（１３１０）。プロセッサ ７１１が、第２のコンプレッサ段 １２６のサージ制御速度がダイナミック・コンプレッサ １００の現在の速度よりも大きいと判定した場合に（１３０９）、条件は満たされ、第２の V I G V １３６の第２の位置は、第２の位置とは異なる第３の位置に変更され（１３１２）、第１の V I G V １３４の第１の位置が維持される。こうして、弁 ６７０が開いており、第２のコンプレッサ段 １２６のサージ制御速度がダイナミック・コンプレッサ １００の現在の速度よりも大きい場合に、条件は満たされる。

【００５４】

方法 １３００は、メモリ ７１２がコンプレッサ １００の所定の動作点 ５０のマップ １０００をさらに格納する実施形態において使用してもよい。図 １４は、メモリ ７１２が格納した所定の動作点 ５０のマップ １０００の代表的な図である。各所定の動作点 ５０は、コンプレッサ速度値とステージ圧力比値の交点として示される。入口質量流量は、各所定の動作点 ５０に対して規定される。マップ １０００には、機械サージライン １０２０及び機械チョークライン １０３０に沿った点までの範囲の所定の動作点 ５０が含まれる。メモリ ７１２には、各所定のサージポイントのサージポイント質量流量と、全ての所定のチョークポイントのチョークポイント質量流量とが格納される。マップ １０００には、サージライン １０２０より上又はチョークライン １０３０より下のポイントは含まれない。これは、サージライン １０２０より上又はチョークライン １０３０より下のポイントは回避すべきであり、こうして「動作点」ではないためである。他の実施形態では、サージライン １０２０より上又はチョークライン １０３０より下のポイントの入口質量流量を含み得る。

【００５５】

マップ １０００では、所定の動作点 ５０は、速度が １０％～３５％の範囲、圧力比が ５％～５０％の範囲にあり、各ポイントは両軸に対して ５％ずつ離れている。この例では、これらの特定の動作点 ５０が示されるが、任意のタイプのコンプレッサに対して、任意の数の動作点を任意の値及び任意の解像度で表示できる。各所定の動作点 ５０の速度、圧力比、入口質量流量、及び V I G V 位置の値は、コンピュータ上でダイナミック・コンプレッサ １００の動作をシミュレートすること、制御した環境でダイナミック・コンプレッサ １００をテストすること、シミュレーションとテストを組み合わせること、又は各所定の動作点 ５０の速度、圧力比、入口質量流量、及び V I G V 位置の値を予め決定するための他の適切な方法によって生成することができる。

【００５６】

図 １４に示されるマップ １０００には、第２のコンプレッサ段 １２６のみの所定の動作点 ５０が含まれる場合がある。マップ １０００は、機械チョークライン １０３２及びサージ制御ライン １０２０に加えて、コンプレッサ段 １２４とコンプレッサ段 １２６との間に流れが追加されたときの第２のコンプレッサ段 １２６のチョークライン １０５０と、コンプレッサ段 １２４とコンプレッサ段 １２６との間で流れを除去したときの第２のコンプレッサ段 １２６のサージライン １０４０とも示す。このような実施形態では、第２のコンプレッサ段 １２６の制限速度を決定するステップ（１３０６）は、所定の動作点 ５０のマッ

ブ 1 0 0 0 から第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の所定の動作点 5 0 の値を取得するステップを含む。

【 0 0 5 7 】

マップ 1 0 0 0 から取得した所定の動作点 5 0 は、現在の動作点 1 0 0 9 での第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のチョーク速度又はサージ制御速度を示してもよく、又は、それら動作点 5 0 は、現在の動作点におけるチョーク速度又はサージ制御速度をグラフィカルに決定するために使用してもよい。例えば、現在の動作点 1 0 0 9 における第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のチョーク速度は 1 0 3 4 で示され、サージ制御速度は 1 0 2 4 で示される。所定の動作点 5 0 は、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の現在の動作点 1 0 0 9 と同じ速度、圧力比、及び入口質量流量を有してもよい。更なる実施形態では、現在の動作点 1 0 0 9 に最も近い所定の動作点 5 0 を取得してもよい。更なる実施形態では、現在の動作点 1 0 0 9 に対応する新しいポイントを所定の動作点 5 0 から補間してもよい。複数の所定の動作点を使用する質量流量補間の方法は、米国特許出願第 1 7 / 2 4 3 , 7 8 7 号に開示されており、この文献の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

10

【 0 0 5 8 】

マップ 1 0 0 0 には、代替的に、コンプレッサ 1 0 0 全体の所定の動作点が含まれてもよい。このような実施形態では、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の制限速度は、直接取得するのではなく、計算することができる。図 1 5 は、コンプレッサ段 1 2 4 とコンプレッサ段 1 2 6 との間で流れを追加又は除去するときに、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 の制限速度を決定する (1 3 0 8 、 1 3 0 9) ための例示的な制御アルゴリズム 1 5 1 0 、 1 5 2 0 のフローチャートを示す。コンプレッサチョーク速度は、所与の圧力上昇に対してコンプレッサ 1 0 0 がチョークする速度であり、マップ 1 0 0 0 からグラフィカルに決定することができる。例えば、図 1 4 を参照すると、現在の動作点 1 0 0 9 のコンプレッサチョーク速度 1 0 3 4 は、コンプレッサ設計速度の約 3 3 % である。システム 4 0 0 のエコノマイゼーション弁 4 7 0 が開いている場合に、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のチョーク速度を計算し、コンプレッサ 1 0 0 の現在の速度と比較することができる。図 1 5 に示される制御アルゴリズム 1 5 1 0 では、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のチョーク速度をコンプレッサチョーク速度から計算することができる。例えば、第 2 のコンプレッサ段のチョーク速度は、所定の動作点 5 0 のマップ 1 0 0 0 から取得したコンプレッサチョーク速度と、コンプレッサ圧力比 PR 及び所定の定数 k の積との間の差として計算できる：

20

30

$$N_{choke, 2S} = N_{choke, compressor} - PR * k$$

いくつかの実施形態では、所定の定数 k は 5 0 0 である。

【 0 0 5 9 】

コンプレッササージ制御速度は、コンプレッサ 1 0 0 が所与の圧力上昇でサージし得る速度を超えるが、マップ 1 0 0 0 からグラフィカルに決定できる。例えば、図 1 4 を参照すると、現在の動作点 1 0 0 9 のコンプレッササージ制御速度 1 0 2 4 は、コンプレッサ設計速度の約 1 7 % である。システム 6 0 0 の弁 6 7 0 が開いている場合に、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のサージ制御速度を計算し、コンプレッサ 1 0 0 の現在の速度と比較することができる。図 1 5 に示される制御アルゴリズム 1 5 2 0 では、第 2 のコンプレッサ段 1 2 6 のサージ制御速度をコンプレッササージ制御速度から計算することができる。例えば、第 2 のコンプレッサ段のサージ制御速度は、所定の動作点 5 0 のマップ 1 0 0 0 から取得したコンプレッササージ制御速度と、コンプレッサ圧力比 PR 及び所定の定数 k の積との合計として計算できる。

40

$$N_{surge\ control, 2S} = N_{surge\ control, compressor} + PR * k$$

いくつかの実施形態では、所定の定数 k は 5 0 0 である。

【 0 0 6 0 】

本明細書で説明する方法及びシステムの技術的な利点は次のとおりである： (a) サイクルの修正により、コンプレッサの性能及び動作範囲を損なうことなく、システムの容量及び効率を高めることで、HVACシステムの効率を向上させることができる、 (b) 各

50

コンプレッサ段階でV I G Vを個別に制御することで、コンプレッサの動作範囲をどちらの方向にも拡張できる。

【0061】

本明細書で使用する場合に、「約」、「実質的に」、「本質的に」及び「およそ」という用語は、寸法、濃度、温度、又は他の物理的又は化学的特性又は特徴の範囲と組み合わせて使用される場合に、特性又は特徴の範囲の上限及び／又は下限に存在し得る変動をカバーすることを意図しており、これには、例えば、四捨五入、測定方法、又は他の統計的変動から生じる変動が含まれる。

【0062】

本開示又はその実施形態の要素を紹介する場合に、「1つの(a, an)」、「その(the)」、及び「前記(said)」という冠詞は、1つ又は複数の要素があることを意味する。「備える、有する、含む(comprising)」、「含む、有する(including)」、「含む(containing)」、及び「有する、含む(having)」という用語は包括的であることを意図しており、列挙した要素以外の追加の要素が存在する可能性があることを意味する。特定の向きを示す用語(「上部」、「下部」、「側面」等)の使用は、説明の便宜のためであり、説明するアイテムの特定の向きを要求するものではない。

【0063】

上記の構成及び方法には、本開示の範囲から逸脱することなく様々な変更を加えることができるため、上記の説明に含まれる事項及び添付の図面に示される事項は全て、例示として解釈されるものであり、限定的な意味ではないものとする。

【図面】

【図1】

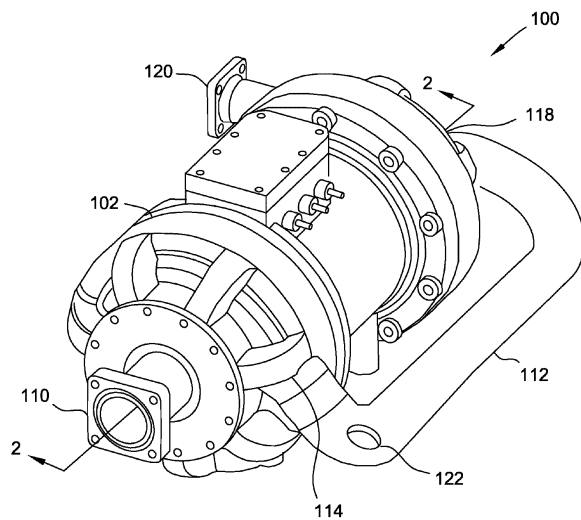


FIG. 1

【図2】

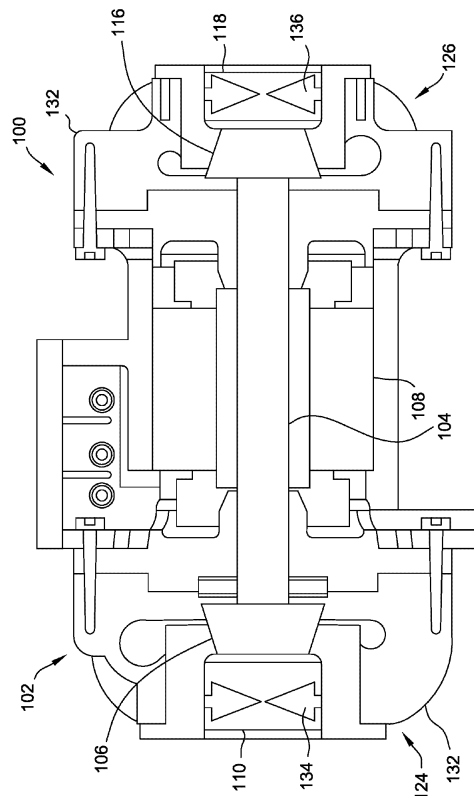


FIG. 2

10

20

30

40

50

【図 3】

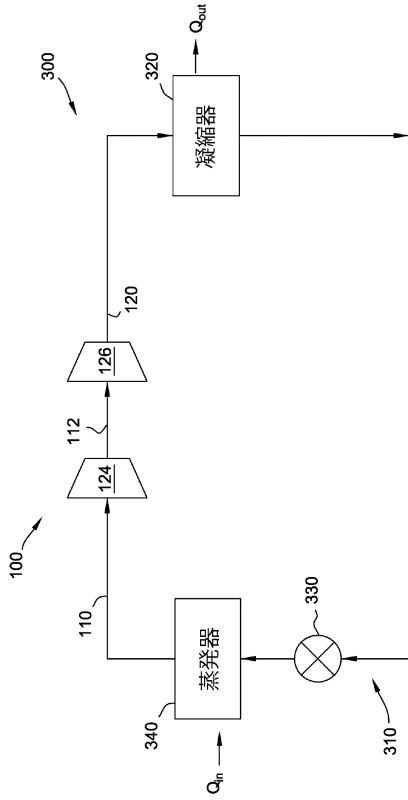


FIG. 3

【図 4】

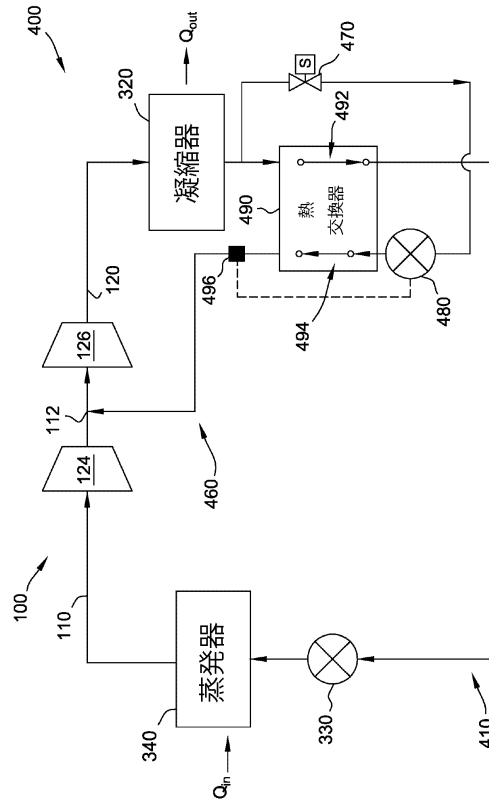


FIG. 4

【圖 5】

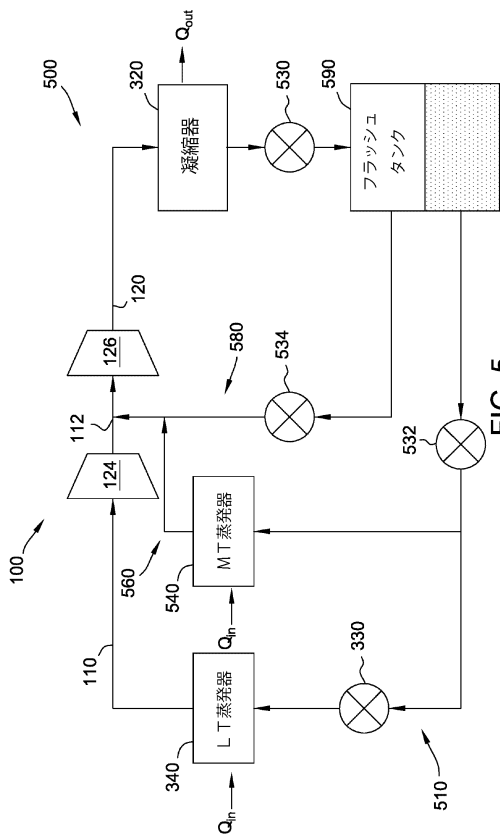


FIG. 5

【図 6】

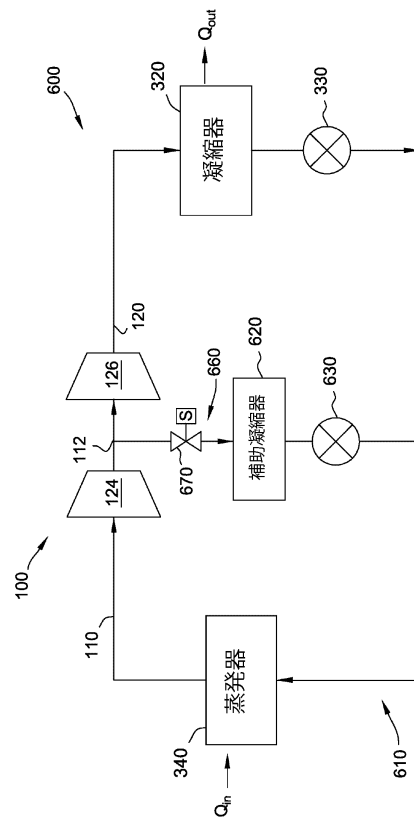


FIG. 6

【図 7】

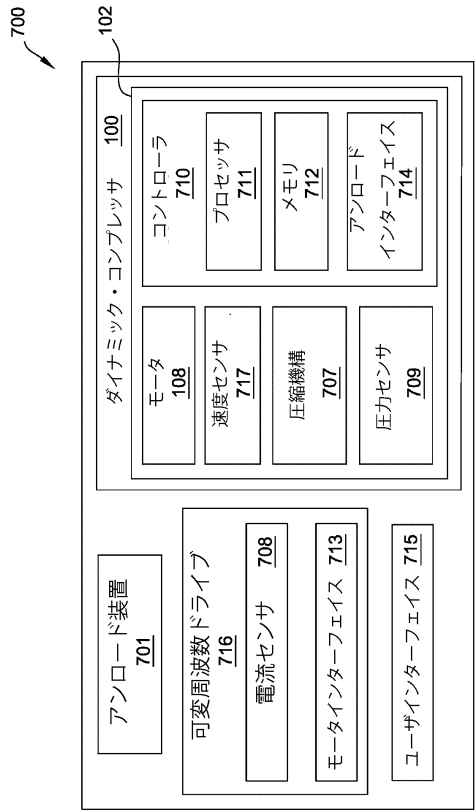


FIG. 7

【図 8】

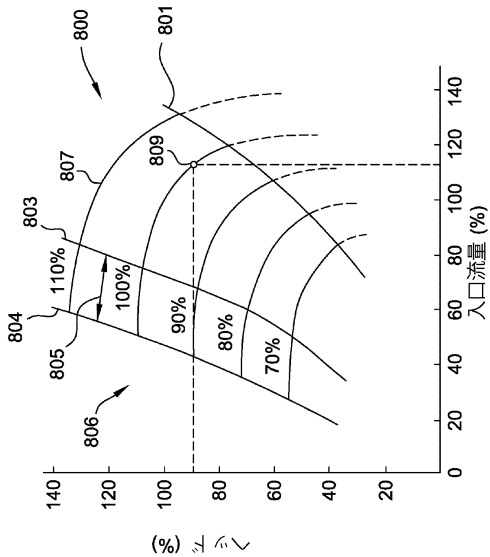


FIG. 8

【図 9】

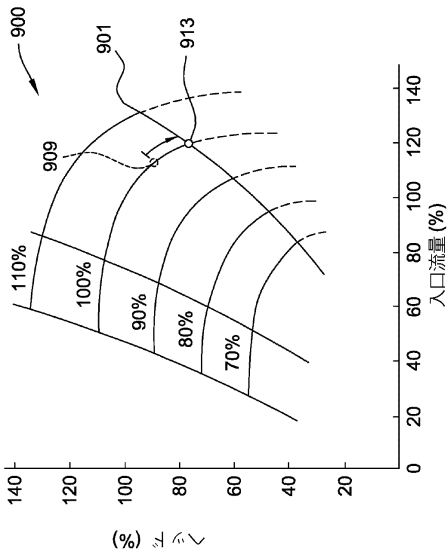


FIG. 9

【図 10】

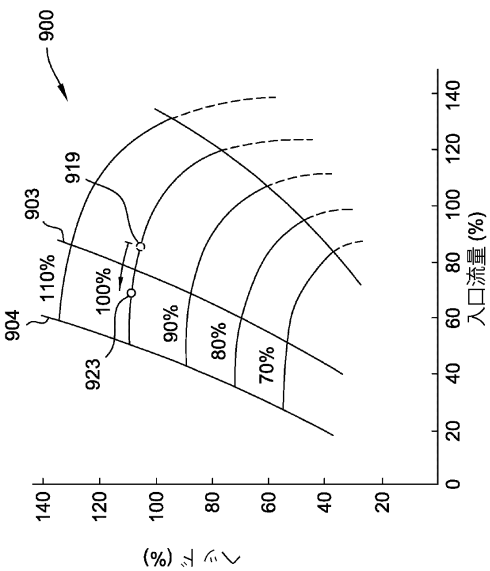


FIG. 10

10

20

30

40

50

【図 1 1】

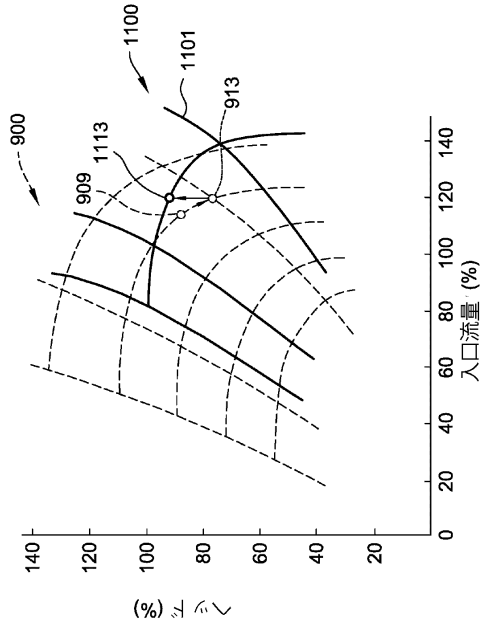


FIG. 11

【図 1 2】

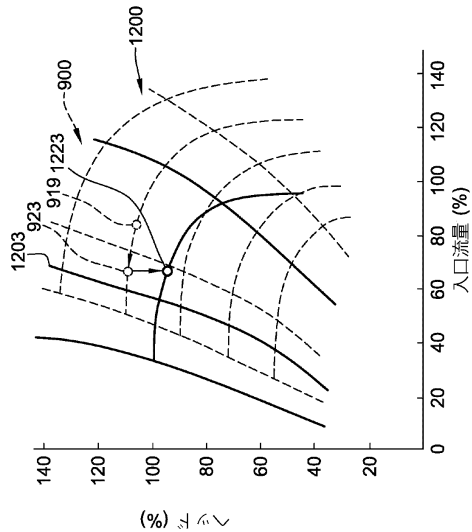


FIG. 12

【図 1 3】

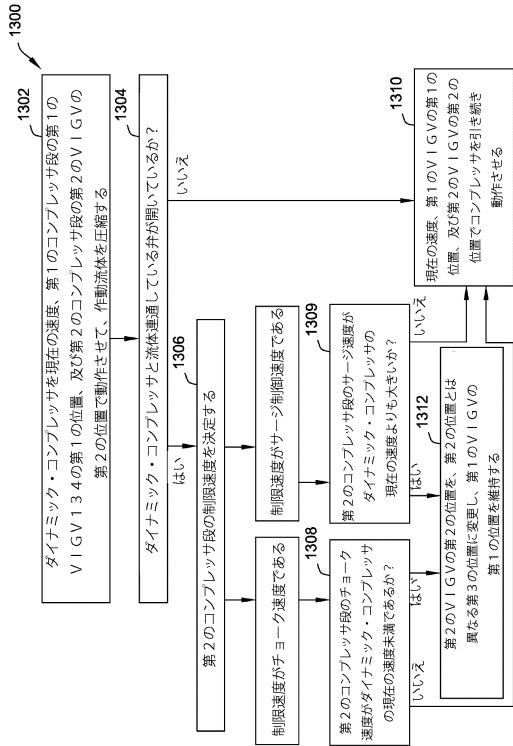


FIG. 13

【図 1 4】

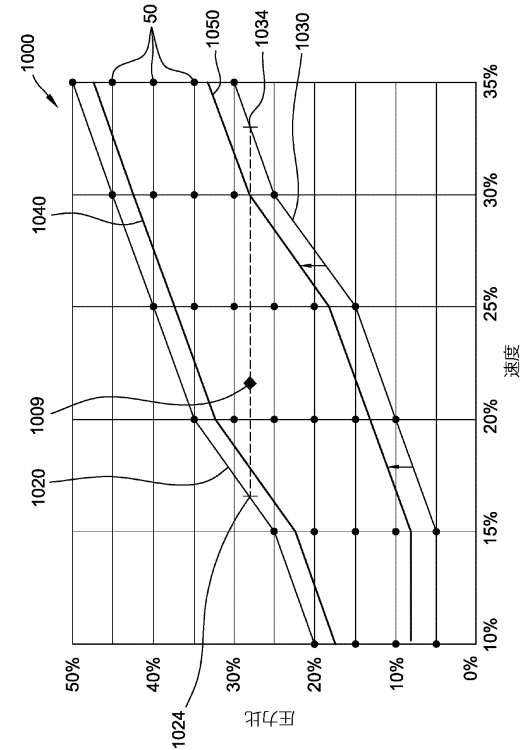


FIG. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

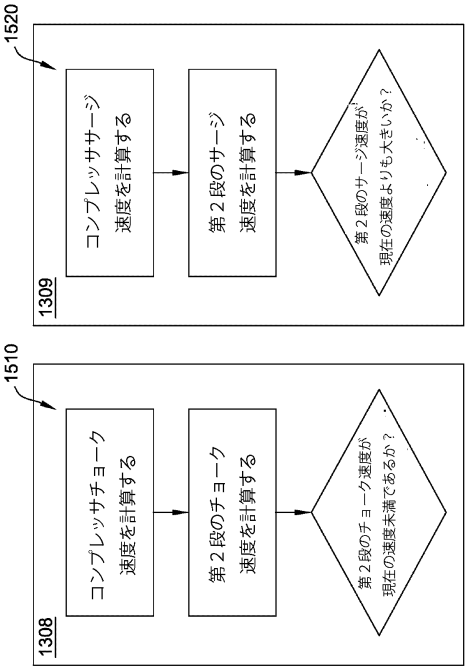


FIG. 15

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/082320

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F04D27/00 F04D17/12 F04D27/02 F25B49/02 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009 264305 A (HITACHI APPLIANCES INC) 12 November 2009 (2009-11-12) paragraphs [0032] - [0044]; figures 1,9,16 -----	1, 12, 19
A	WO 2009/058975 A1 (JOHNSON CONTROLS TECH CO [US]; SOMMER STEVEN TRENT [US] ET AL.) 7 May 2009 (2009-05-07) paragraphs [0023] - [0053]; figures 1, 6a, 6b, 7 -----	1, 12, 19
A	US 2017/174049 A1 (HE JING [US] ET AL) 22 June 2017 (2017-06-22) paragraphs [0026] - [0042]; figure 1 -----	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 April 2023		Date of mailing of the international search report 25/04/2023
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Nobre Correia, S

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT						International application No PCT/US2022/082320	
Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date	
JP 2009264305	A	12-11-2009	CN	101571138	A	04-11-2009	
			JP	4951583	B2	13-06-2012	
			JP	2009264305	A	12-11-2009	

WO 2009058975	A1	07-05-2009	CN	101842599	A	22-09-2010	
			CN	103759482	A	30-04-2014	
			EP	2215365	A1	11-08-2010	
			JP	5465673	B2	09-04-2014	
			JP	2011502227	A	20-01-2011	
			KR	20100091953	A	19-08-2010	
			TW	200933037	A	01-08-2009	
			TW	201414926	A	16-04-2014	
			US	2011048046	A1	03-03-2011	
WO	2009058975	A1	07-05-2009				

US 2017174049	A1	22-06-2017	CN	106891697	A	27-06-2017	
			DE	102016123299	A1	22-06-2017	
			TR	201616851	A2	21-07-2017	
			US	2017174049	A1	22-06-2017	

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,
ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,C
O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX
,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,
SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 リウ, ゼージ

アメリカ合衆国 オハイオ州 4 5 3 6 5 シドニー, ウエスト・キャンベル・ロード 1 6 7 5

F ターム (参考) 3H021 AA02 BA13 BA15 CA01 CA03 DA11 EA03 EA16