

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7282077号
(P7282077)

(45)発行日 令和5年5月26日(2023.5.26)

(24)登録日 令和5年5月18日(2023.5.18)

(51)国際特許分類 F I
 F 2 5 B 9/00 (2006.01) F 2 5 B 9/00 A
 F 2 5 B 1/00 (2006.01) F 2 5 B 1/00 3 4 1 V

請求項の数 7 (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-508218(P2020-508218)	(73)特許権者	000002107 住友重機械工業株式会社 東京都品川区大崎二丁目1番1号
(86)(22)出願日	平成31年3月11日(2019.3.11)	(74)代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/009601	(74)代理人	100116274 弁理士 富所 輝観夫
(87)国際公開番号	WO2019/181595	(72)発明者	大山 秀司 東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号 住友重機械工業株式会社田無製造所内
(87)国際公開日	令和1年9月26日(2019.9.26)	審査官	笹木 俊男
審査請求日	令和4年2月16日(2022.2.16)		
(31)優先権主張番号	特願2018-56178(P2018-56178)		
(32)優先日	平成30年3月23日(2018.3.23)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 極低温冷凍機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

コールドヘッドと、
 前記コールドヘッドに並列に接続された複数の圧縮機本体と、
 前記複数の圧縮機本体の各々に対応して設けられた複数の状態検出センサであって、各状態検出センサが、対応する圧縮機本体の状態を検出し、状態検出信号を出力する複数の状態検出センサと、
 前記複数の状態検出センサのうちいずれかの状態検出センサからの状態検出信号が、対応する圧縮機本体の停止を表している場合には、他の圧縮機本体も停止させるように構成された圧縮機制御部と、
 前記複数の圧縮機本体から合流する吐出流路と、
 前記複数の圧縮機本体へと分流する吸入流路と、を備え、
 前記吐出流路と前記吸入流路はともに、逆流を許容するように構成されていることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項2】

前記複数の圧縮機本体の各々は、
 圧縮機モータと、
 前記圧縮機モータに流れるモータ電流を検出し、モータ電流信号を出力する、前記状態検出センサとしてのモータ電流センサと、を備え、
 前記圧縮機制御部は、いずれかのモータ電流センサからのモータ電流信号が、対応する

圧縮機モータの停止を表している場合には、他の圧縮機モータも停止させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷凍機。

【請求項 3】

前記状態検出センサは、対応する圧縮機本体から吐出されまたは吸入される作動ガスの圧力を検出し、前記状態検出信号としての圧力検出信号を出力する圧力センサを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の極低温冷凍機。

【請求項 4】

前記状態検出センサは、対応する圧縮機本体から吐出される作動ガスの温度、または、対応する圧縮機本体から吐出される作動ガスを冷却する冷媒の温度を検出し、前記状態検出信号としての温度検出信号を出力する温度センサを備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

10

【請求項 5】

吐出ポートと吸入ポートとを有し、前記複数の圧縮機本体を収容する共通の圧縮機筐体をさらに備え、

前記吐出流路は、前記複数の圧縮機本体から前記吐出ポートへと合流し、

前記吸入流路は、前記吸入ポートから前記複数の圧縮機本体へと分流することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

【請求項 6】

前記吸入流路は、前記吸入ポートと前記複数の圧縮機本体への分流部との間に設置された共通のストレージタンクを備えることを特徴とする請求項 5 に記載の極低温冷凍機。

20

【請求項 7】

前記吐出流路は、前記複数の圧縮機本体からの合流部と前記吐出ポートとの間に設置された共通のアドゾーバを備えることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の極低温冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、極低温冷凍機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧縮機と、コールドヘッドとも呼ばれる膨張機とを備える極低温冷凍機が知られている。圧縮機は、極低温冷凍機の作動ガスを高圧に圧縮して膨張機に供給する。作動ガスは膨張機で膨張し寒冷を発生する。膨張により作動ガスの圧力は低下する。低圧の作動ガスは圧縮機に回収され再び圧縮される。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013 - 134020 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明者は、一台のコールドヘッドに複数台の圧縮機が並列に接続された極低温冷凍機について鋭意研究を重ねた結果、以下の課題を認識するに至った。このような極低温冷凍機の設計は、複数台の圧縮機を同時に運転することにより大流量の作動ガスをコールドヘッドに供給することができるので、大きな冷凍能力を提供する大型のコールドヘッドを有する極低温冷凍機に適している。

40

【0005】

複数台の圧縮機のうち一台が何らかの理由により異常停止した状況を想定すると、このとき他の圧縮機は正常に稼働を続けているから、稼働中の圧縮機から停止した圧縮機に作動ガスが逆流しうる。逆流は、圧縮機の構成要素に悪影響を及ぼしうるので、望まれない。逆止弁などの逆流対策部品を圧縮機に追加することによって、逆流を防止または軽減す

50

ることができる。しかしながら、こうした逆流対策は、作動ガスの順方向流れに圧力損失をもたらすので、極低温冷凍機の冷却性能を低下させうる。また、新たな部品の追加は製造コストの上昇を招く。

【0006】

本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、複数台の圧縮機を有する極低温冷凍機に関して製造コストの上昇を抑えつつ作動ガスの逆流対策を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のある態様によると、極低温冷凍機は、コールドヘッドと、前記コールドヘッドに並列に接続された複数の圧縮機本体と、前記複数の圧縮機本体の各々に対応して設けられた複数の状態検出センサであって、各状態検出センサが、対応する圧縮機本体の状態を検出し、状態検出信号を出力する複数の状態検出センサと、前記複数の状態検出センサのうちいずれかの状態検出センサからの状態検出信号が、対応する圧縮機本体の停止を表している場合には、他の圧縮機本体も停止させるように構成された圧縮機制御部と、を備える。

10

【0008】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、複数台の圧縮機を有する極低温冷凍機に関して製造コストの上昇を抑えつつ作動ガスの逆流対策を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ある実施の形態に係る極低温冷凍機を概略的に示す図である。

【図2】ある実施の形態に係る極低温冷凍機のための圧縮機停止処理の一例を説明するフローチャートである。

【図3】ある実施の形態に係る極低温冷凍機に採用されうる圧縮機の構成の一例を示す概略図である。

【図4】ある実施の形態に係る極低温冷凍機に採用されうる圧縮機の構成の他の一例を示す概略図である。

30

【図5】ある実施の形態に係る極低温冷凍機に採用されうる圧縮機の構成の他の一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。説明および図面において同一または同等の構成要素、部材、処理には同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施の形態は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

40

【0012】

図1は、ある実施の形態に係る極低温冷凍機10を概略的に示す図である。

【0013】

極低温冷凍機10は、圧縮機12と、コールドヘッド14とを備える。圧縮機12は、極低温冷凍機10の作動ガスをコールドヘッド14から回収し、回収した作動ガスを昇圧して、再び作動ガスをコールドヘッド14に供給するよう構成されている。コールドヘッド14は、膨張機とも称され、室温部14aと、冷却ステージとも称される低温部14bとを有する。圧縮機12とコールドヘッド14により極低温冷凍機10の冷凍サイクルが構成され、それにより低温部14bが所望の極低温に冷却される。作動ガスは、冷媒ガス

50

とも称され、通例はヘリウムガスであるが、適切な他のガスが用いられてもよい。理解のために、作動ガスの流れる方向を図 1 に矢印で示す。

【 0 0 1 4 】

極低温冷凍機 1 0 は、一例として、単段式または二段式のギフォード・マクマホン (Gifford-McMahon ; G M) 冷凍機であるが、パルス管冷凍機、スターリング冷凍機、またはそのほかのタイプの極低温冷凍機であってもよい。コールドヘッド 1 4 は、極低温冷凍機 1 0 のタイプに応じて異なる構成を有するが、圧縮機 1 2 は、極低温冷凍機 1 0 のタイプによらず、以下に説明する構成を用いることができる。

【 0 0 1 5 】

なお、一般に、圧縮機 1 2 からコールドヘッド 1 4 に供給される作動ガスの圧力と、コールドヘッド 1 4 から圧縮機 1 2 に回収される作動ガスの圧力は、ともに大気圧よりかなり高く、それぞれ第 1 高圧及び第 2 高圧と呼ぶことができる。説明の便宜上、第 1 高圧及び第 2 高圧はそれぞれ単に高圧及び低圧とも呼ばれる。典型的には、高圧は例えば 2 ~ 3 M P a である。低圧は例えば 0 . 5 ~ 1 . 5 M P a であり、例えば約 0 . 8 M P a である。

10

【 0 0 1 6 】

圧縮機 1 2 は、複数の圧縮機本体 1 6 と、これら圧縮機本体 1 6 を収容する共通の圧縮機筐体 1 8 とを備える。複数の圧縮機本体 1 6 は、圧縮機筐体 1 8 の内部に配置され、コールドヘッド 1 4 に並列に接続されている。圧縮機 1 2 は、圧縮機ユニットとも称される。

【 0 0 1 7 】

圧縮機本体 1 6 は、その吸入口から吸入される作動ガスを内部で圧縮して吐出口から吐出するよう構成されている。圧縮機本体 1 6 は、例えば、スクロール方式、ロータリ式、または作動ガスを昇圧するそのほかのポンプであってもよい。圧縮機本体 1 6 は、固定された一定の作動ガス流量を吐出するよう構成されていてもよい。あるいは、圧縮機本体 1 6 は、吐出する作動ガス流量を可変とするよう構成されていてもよい。圧縮機本体 1 6 は、圧縮カプセルと称されることもある。

20

【 0 0 1 8 】

図 1 に示される実施の形態においては、圧縮機 1 2 は、二台の圧縮機本体 1 6 を有するが、これに限られない。圧縮機 1 2 は、コールドヘッド 1 4 に並列に接続された三台またはそれより多数の圧縮機本体 1 6 を有してもよい。

【 0 0 1 9 】

複数の圧縮機本体 1 6 が同時に運転されることにより、一台の圧縮機本体 1 6 のみが運転される場合に比べて、コールドヘッド 1 4 に作動ガス流量をより多く供給することができる。よって、極低温冷凍機 1 0 は、より大きな冷凍能力を提供する大型のコールドヘッド 1 4 を採用することができる。

30

【 0 0 2 0 】

詳細は後述するが、圧縮機 1 2 は、複数の圧縮機本体 1 6 の各々に対応して設けられた複数の状態検出センサ 2 0 を備える。各状態検出センサ 2 0 が、対応する圧縮機本体 1 6 の状態を検出し、状態検出信号 S 1 を出力する。圧縮機 1 2 は、複数の状態検出センサ 2 0 のうちいずれかの状態検出センサ 2 0 からの状態検出信号 S 1 が、対応する圧縮機本体 1 6 の停止を表している場合には、他の圧縮機本体 1 6 も停止させるように構成されている。圧縮機 1 2 は、状態検出信号 S 1 に基づいて圧縮機本体 1 6 に停止指令信号 S 2 を出力するように構成されていてもよい。圧縮機本体 1 6 は、停止指令信号 S 2 に応じて停止されるように構成されている。圧縮機本体 1 6 は、停止指令信号 S 2 に応じてオンからオフに切り替えられる。

40

【 0 0 2 1 】

また、圧縮機 1 2 は、吐出ポート 2 2、吸入ポート 2 4、吐出流路 2 6、および吸入流路 2 8 を備える。圧縮機筐体 1 8 は、圧縮機本体 1 6 に加えて、吐出流路 2 6 および吸入流路 2 8 を収容する。

【 0 0 2 2 】

吐出ポート 2 2 は、圧縮機本体 1 6 により高圧に昇圧された作動ガスを圧縮機 1 2 から

50

送出するために圧縮機筐体 18 に設置された作動ガスの出口であり、吸入ポート 24 は、低圧の作動ガスを圧縮機 12 に受け入れるために圧縮機筐体 18 に設置された作動ガスの入口である。

【0023】

複数の圧縮機本体 16 の吐出口が吐出流路 26 により吐出ポート 22 に接続され、吸入ポート 24 が吸入流路 28 により複数の圧縮機本体 16 の吸入口に接続されている。よって、吐出流路 26 は、複数の圧縮機本体 16 から吐出ポート 22 へと合流し、吸入流路 28 は、吸入ポート 24 から複数の圧縮機本体 16 へと分流する。

【0024】

吐出流路 26 は、逆流を許容するように構成されている。吐出流路 26 には、逆止弁は設置されていない。圧縮機本体 16 の吐出口と吐出ポート 22 との間の圧力差に応じて、吐出流路 26 の順方向または逆方向のいずれかに作動ガスが流れうる。図 1 に示される矢印は順方向を表す。複数の圧縮機本体 16 が稼動している圧縮機 12 の通常の運転状態では、圧縮機本体 16 の吐出口から吐出ポート 22 へと吐出流路 26 の順方向に作動ガスが流れる。この場合、吐出流路 26 の流路抵抗により吐出ポート 22 での圧力が圧縮機本体 16 の吐出口での圧力よりいくらか低くなる。また、一の圧縮機本体 16 の吐出口と他の圧縮機本体 16 の吐出口との間に圧力差は実質的に生じないから、複数の圧縮機本体 16 間で相互に作動ガスが流れることはない。

10

【0025】

ところが、もし、吐出ポート 22 での圧力が圧縮機本体 16 の吐出口での圧力より高かったとすると、吐出ポート 22 から圧縮機本体 16 の吐出口へと吐出流路 26 の逆方向に作動ガスが流れうる。また、一の圧縮機本体 16 の吐出口と他の圧縮機本体 16 の吐出口との間に圧力差が生じたとすると、圧力差に応じていずれかの方向に作動ガスが流れうる。何らかの理由により、一の圧縮機本体 16 が運転を停止し他の圧縮機本体 16 が運転を継続したとすると、一の圧縮機本体 16 の吐出口は他の圧縮機本体 16 の吐出口より圧力が低くなるから、一の圧縮機本体 16 へと作動ガスが逆流しうる。

20

【0026】

同様に、吸入流路 28 は、逆流を許容するように構成されている。吸入流路 28 には、逆止弁は設置されていない。圧縮機本体 16 の吸入口と吸入ポート 24 との間の圧力差に応じて、吸入流路 28 の順方向または逆方向のいずれかに作動ガスが流れうる。圧縮機 12 の通常の運転状態では、吸入ポート 24 から圧縮機本体 16 の吸入口へと吸入流路 28 の順方向に作動ガスが流れる。また、一の圧縮機本体 16 の吸入口と他の圧縮機本体 16 の吸入口との間に圧力差が生じたとすると、圧力差に応じていずれかの方向に作動ガスが流れうる。

30

【0027】

複数の圧縮機本体 16 の各々は、圧縮機モータ 30 と、状態検出センサ 20 の一例としてのモータ電流センサとを備える。モータ電流センサは、圧縮機モータ 30 に流れるモータ電流を検出するように圧縮機モータ 30 に接続され、状態検出信号 S1 の一例としてのモータ電流信号を出力するように構成されている。モータ電流センサは、非接触式の電流センサ、例えばカレントトランス (CT) 方式の電流センサであってもよい。

40

【0028】

状態検出信号 S1 は、対応する圧縮機本体 16 がオン状態またはオフ状態のいずれであるのかを表す。状態検出センサ 20 がモータ電流センサである場合、状態検出信号 S1 は、対応する圧縮機モータ 30 に電流が流れているか否か、すなわち圧縮機モータ 30 のオンオフを表す。圧縮機モータ 30 がオンである場合、対応する圧縮機本体 16 は運転している (すなわちオン状態である)。圧縮機モータ 30 がオフである場合、対応する圧縮機本体 16 は停止している (すなわちオフ状態である)。

【0029】

なお、状態検出センサ 20 がモータ電流センサには限られない。状態検出センサ 20 は、圧縮機モータ 30 のオンオフを表す電圧、電流、またはそのほかの適切な電気信号を状

50

態検出信号 S 1 として出力するように圧縮機モータ 3 0 に設置された任意の形式のセンサであってもよい。

【 0 0 3 0 】

圧縮機モータ 3 0 は、例えば電気モータであり、またはそのほか任意の適切な形式のモータであってもよい。圧縮機モータ 3 0 は、例えばサーマルリレーなどのモータ保護回路 3 1 を備えてもよい。モータ保護回路 3 1 は、例えば、圧縮機モータ 3 0 の温度が作動中に過剰に高まったとき圧縮機モータ 3 0 への給電を強制的に遮断し、圧縮機モータ 3 0 を停止させるように構成されていてもよい。

【 0 0 3 1 】

また、極低温冷凍機 1 0 は、圧縮機 1 2 とコールドヘッド 1 4 の間で作動ガスを循環させる作動ガスライン 3 2 を備える。作動ガスライン 3 2 は、圧縮機 1 2 からコールドヘッド 1 4 に作動ガスを供給する高圧ライン 3 3 と、コールドヘッド 1 4 から圧縮機 1 2 に作動ガスを回収する低圧ライン 3 4 とを備える。コールドヘッド 1 4 の室温部 1 4 a は、高圧ポート 3 5 と低圧ポート 3 6 とを備える。高圧ポート 3 5 は、高圧配管 3 7 によって吐出ポート 2 2 に接続され、低圧ポート 3 6 は、低圧配管 3 8 によって吸入ポート 2 4 に接続されている。高圧ライン 3 3 は、高圧配管 3 7 と吐出流路 2 6 を含み、低圧ライン 3 4 は、低圧配管 3 8 と吸入流路 2 8 を含む。

【 0 0 3 2 】

したがって、コールドヘッド 1 4 から圧縮機 1 2 に回収される作動ガスは、コールドヘッド 1 4 の低圧ポート 3 6 から低圧配管 3 8 を通じて圧縮機 1 2 の吸入ポート 2 4 に入り、さらに吸入流路 2 8 を経て複数の圧縮機本体 1 6 に戻り、各圧縮機本体 1 6 によって圧縮され昇圧される。圧縮機 1 2 からコールドヘッド 1 4 に供給される作動ガスは、複数の圧縮機本体 1 6 から吐出流路 2 6 を通じて圧縮機 1 2 の吐出ポート 2 2 から出て、さらに高圧配管 3 7 とコールドヘッド 1 4 の高圧ポート 3 5 を経てコールドヘッド 1 4 の内部に供給される。

【 0 0 3 3 】

極低温冷凍機 1 0 は、圧縮機 1 2 を制御する圧縮機制御部 4 0 を備える。圧縮機制御部 4 0 は、圧縮機 1 2 に物理的に搭載されていてもよく、例えば、圧縮機筐体 1 8 の外表面に取り付けられ、または圧縮機筐体 1 8 に収容されていてもよい。あるいは、圧縮機制御部 4 0 は、圧縮機 1 2 から物理的に離れて配置され、圧縮機 1 2 との制御信号（例えば、状態検出信号 S 1、停止指令信号 S 2）の送受信のために信号配線により接続されていてもよい。

【 0 0 3 4 】

圧縮機制御部 4 0 は、複数の状態検出センサ 2 0 のうちいずれかの状態検出センサ 2 0 からの状態検出信号 S 1 が、対応する圧縮機本体 1 6 の停止を表している場合には、他の圧縮機本体 1 6 も停止させるように構成されている。圧縮機制御部 4 0 は、ある状態検出センサ 2 0 からの状態検出信号 S 1 が圧縮機本体 1 6 の停止を表している場合には、すべての圧縮機本体 1 6（または、他のすべての圧縮機本体 1 6）に停止指令信号 S 2 を出力するように構成されている。

【 0 0 3 5 】

状態検出センサ 2 0 がモータ電流センサである場合、圧縮機制御部 4 0 は、いずれかのモータ電流センサからのモータ電流信号が、対応する圧縮機モータ 3 0 の停止を表している場合には、他の圧縮機モータ 3 0 も停止させるように構成されている。圧縮機制御部 4 0 は、あるモータ電流センサからの状態検出信号 S 1 が圧縮機モータ 3 0 の停止を表している場合には、すべての圧縮機モータ 3 0（または、他のすべての圧縮機モータ 3 0）に停止指令信号 S 2 を出力するように構成されている。

【 0 0 3 6 】

圧縮機制御部 4 0 は、複数の状態検出センサ 2 0 の各々から状態検出信号 S 1 を取得するように各状態検出センサ 2 0 に電氣的に接続されている。また、圧縮機制御部 4 0 は、複数の圧縮機本体 1 6 の各々に停止指令信号 S 2 を供給するように各圧縮機本体 1 6（例

10

20

30

40

50

例えば、圧縮機モータ30)に電氣的に接続されている。

【0037】

圧縮機制御部40は、状態判定部42と、モータ制御部44とを備えてもよい。

【0038】

状態判定部42は、複数の圧縮機本体16間に状態(すなわちオン状態とオフ状態)の不一致があるか否かを判定するように構成されている。状態判定部42は、複数の圧縮機本体16のうちいずれかの圧縮機本体16のみがオフとなっているか否かを判定するように構成されている。状態判定部42は、複数の状態検出センサ20の各々から状態検出信号S1を定期的を受信し、少なくとも1つの状態検出センサ20からの状態検出信号S1が圧縮機モータ30の停止を表しているか否かを判定するように構成されている。状態判定部42は、その判定結果をモータ制御部44に提供するように構成されている。

10

【0039】

モータ制御部44は、状態判定部42の判定結果に従って複数の圧縮機モータ30のオンオフを制御するように構成されている。モータ制御部44は、少なくとも1つの圧縮機モータ30が停止していると状態判定部42によって判定される場合には、すべての圧縮機モータ30を停止させるべく各圧縮機モータ30に停止指令信号S2を送信するように構成されている。モータ制御部44は、圧縮機モータ30を制御するためのモータドライバまたはそのほか任意のモータ制御回路であってもよい。

【0040】

圧縮機制御部40は、ハードウェア構成としてはコンピュータのCPUやメモリをはじめとする素子や回路で実現され、ソフトウェア構成としてはコンピュータプログラム等によって実現されるが、図1では適宜、それらの連携によって実現される機能ブロックとして描いている。これらの機能ブロックはハードウェア、ソフトウェアの組合せによっているいろいろな形で実現できることは、当業者には理解されることである。

20

【0041】

図2は、ある実施の形態に係る極低温冷凍機10のための圧縮機停止処理の一例を説明するフローチャートである。以下に説明される圧縮機停止処理は、圧縮機制御部40によって、極低温冷凍機10の運転中に所定の周期で繰り返し実行される。圧縮機停止処理は、図1に示される極低温冷凍機10のように、複数の圧縮機本体16を有する極低温冷凍機10に適用可能である。

30

【0042】

図2に示されるように、圧縮機制御部40の状態判定部42は、複数の圧縮機本体16のうちいずれかの圧縮機本体16がオフであるか否かを判定する(S10)。具体的には、状態判定部42は、複数の状態検出センサ20のうちいずれかの状態検出センサ20からの状態検出信号S1が対応する圧縮機モータ30のオフを表しているか否かを判定する。

【0043】

どの圧縮機本体16もオフではない場合、すなわち、すべての状態検出センサ20からの状態検出信号S1が圧縮機モータ30のオンを表している場合には(S10のN)、状態判定部42は、圧縮機12の運転継続を許容する(S12)。この場合、モータ制御部44は、どの圧縮機モータ30にも停止指令信号S2を出力せず、よって、すべての圧縮機モータ30はオンに維持され、すべての圧縮機本体16は作動ガスの圧縮運転を継続する。こうして、圧縮機制御部40は、圧縮機停止処理を終了する。圧縮機停止処理は、上述のように所定の周期で再び実行される。

40

【0044】

一方、いずれかの圧縮機本体16がオフの場合、すなわち、複数の状態検出センサ20のうちいずれかの状態検出センサ20からの状態検出信号S1が対応する圧縮機モータ30のオフを表している場合には(S10のY)、状態判定部42は、圧縮機12の運転を禁止する(S14)。この場合、モータ制御部44は、すべての圧縮機モータ30に停止指令信号S2を出力する。よって、すべての圧縮機モータ30はオフに切り替えられ、すべての圧縮機本体16は作動ガスの圧縮運転を終了する。こうして、圧縮機制御部40は

50

、圧縮機停止処理を終了する。

【 0 0 4 5 】

上述のように圧縮機モータ30がモータ保護回路31を内蔵している場合には、モータ保護回路31が作動して、ある特定の圧縮機本体16のみが停止しうる。典型的な構成においては、モータ保護回路31は、圧縮機制御部40による圧縮機本体16の制御から独立して作動することができる(つまりモータ保護回路31は、圧縮機制御部40が圧縮機本体16のオンを指令していたとしても、これを無視して圧縮機本体16をオフに切り替えることができる)。また、たいていの場合、モータ保護回路31はその仕様として、作動の有無を圧縮機制御部40など外部に出力しないように構成されている。この場合、モータ保護回路31の作動による圧縮機モータ30すなわち圧縮機本体16の運転停止は、

10

【 0 0 4 6 】

あるいは、複数の圧縮機本体16は、例えば、気温や湿度、気圧など圧縮機の設置環境の想定を超える過酷な変動や、冷却水など冷媒の異常な品質低下など圧縮機の冷却設備の不具合など、種々の要因により、個別に異常停止しうる。

【 0 0 4 7 】

仮に、ある特定の圧縮機本体16のみが何らかの理由により停止したとすると、このとき他の圧縮機本体16は稼働しているから、稼働中の圧縮機本体16の吐出口から停止した圧縮機本体16の吐出口へと作動ガスが逆流しうる。あるいは、停止した圧縮機本体16の吸入口から稼働中の圧縮機本体16の吸入口へと作動ガスが逆流しうる。こうした作動ガスの逆流が連続的に生じると、例えば、停止した圧縮機本体16の吐出口または吸入口から作動ガスとともに圧縮機本体16の冷却または潤滑用のオイルが過剰に流出しうる等、不測の不都合が起こりうる。よって、作動ガスの逆流は、望まれない。

20

【 0 0 4 8 】

逆止弁などの逆流対策部品を圧縮機12に追加することによって、作動ガスの逆流は防止または軽減されうる。例えば、圧縮機本体16ごとに吐出側と吸入側それぞれに逆止弁が配置されうる。しかし、逆止弁は、流路抵抗としても働くので、作動ガスの順方向流れに圧力損失をもたらし、極低温冷凍機10の冷却性能を低下させうる。また、新たな部品の追加は製造コストの上昇を招く。

【 0 0 4 9 】

実施の形態に係る極低温冷凍機10によれば、圧縮機12は、複数の状態検出センサ20のうちいずれかの状態検出センサ20からの状態検出信号S1が、対応する圧縮機本体16の停止を表している場合には、他の圧縮機本体16も停止させるように構成されている。このようにして、複数の圧縮機本体16の各々に対応して設けられた複数の状態検出センサ20を用いて、いずれかの圧縮機本体16の異常停止の際に、他の圧縮機本体16を同期して停止させることができる。

30

【 0 0 5 0 】

したがって、ある圧縮機本体16が異常停止したとしても、速やかに他の圧縮機本体16も停止させることができる。一部の圧縮機本体16が停止し残りの圧縮機本体16が動作するという複数の圧縮機本体16間のオンオフの不一致に起因して圧縮機12内に生じうる作動ガスの逆流を軽減し、または防止することができる。たとえ逆流が起こったとしても、一時的または瞬間的に起こるにすぎず、逆流による影響は軽微である。そのため、逆止弁などの逆流対策部品を圧縮機12に追加することを要しないので、追加した場合に想定される作動ガスの圧力損失およびそれに伴う冷却性能の低下は生じない。また、逆流対策部品の追加しないので、製造コストの上昇も抑えられる。

40

【 0 0 5 1 】

また、状態検出センサ20としてモータ電流センサが用いられている。このようにすれば、モータ電流の有無は圧縮機モータ30すなわち圧縮機本体16のオンオフを直接的に表すから、圧縮機本体16のオンオフを確実に検知することができる。加えて、圧縮機本体16は通例、圧縮機モータ30とモータ電流センサを有している。こうした既存の構成

50

要素を利用して複数の圧縮機本体 16 の同時停止のための制御系を構成することは、製造コストの上昇を抑えるうえで有利であるとともに、実装も容易である。

【0052】

図3は、ある実施の形態に係る極低温冷凍機10に採用されうる圧縮機12の構成の一例を示す概略図である。図3に示される圧縮機12は、図1に示される圧縮機12と同様に、圧縮機12は、複数の圧縮機本体16と、これら圧縮機本体16を収容する共通の圧縮機筐体18とを備える。各圧縮機本体16は、圧縮機モータ30を備える。圧縮機モータ30は、状態検出センサの一例としてのモータ電流センサ20aと、モータ保護回路31とを備えてもよく、あるいは備えなくてもよい。また、圧縮機12は、吐出ポート22、吸入ポート24、吐出流路26、および吸入流路28を備える。図1を参照して既に説明したこれらの構成要素については、図3においても同一の符号を付し、重複した説明は適宜省略する。

10

【0053】

なお、図3においては、理解の容易のために、作動ガスの流路を太線で示し、オイルの流路と冷媒の流路をそれぞれ細線で示す。

【0054】

図3に示される実施の形態においては、圧縮機12は、複数の圧縮機本体16の各々について、ストレージタンク46、作動ガス冷却部48、オイルセパレータ50、バイパス流路52、およびアドゾーバ54を備える。作動ガス冷却部48、オイルセパレータ50、およびアドゾーバ54は、吐出流路26に配置され、ストレージタンク46は、吸入流路28に配置されている。

20

【0055】

ストレージタンク46は、コールドヘッド14から圧縮機12へと戻る低圧の作動ガスに含まれる脈動を除去するための容積として設けられている。作動ガス冷却部48は、圧縮機本体16での作動ガスの圧縮に伴って生じる圧縮熱により加熱された高圧の作動ガスを冷却するために設けられている。オイルセパレータ50は、圧縮機本体16を通ることによって作動ガスに混入するオイルを作動ガスから分離するために設けられている。アドゾーバ54は、作動ガスに残留している例えば気化したオイルそのほかの汚染成分を作動ガスから吸着により除去するために設けられている。

【0056】

吸入ポート24から圧縮機12に流入する作動ガスは、吸入流路28上のストレージタンク46を経て、圧縮機本体16の吸入口へと回収される。上述のようにストレージタンク46は圧縮機本体16ごとに設けられているので、吸入流路28は、吸入ポート24とストレージタンク46との間で分岐している。

30

【0057】

圧縮機本体16の吐出口から送出される作動ガスは、吐出流路26上の作動ガス冷却部48、オイルセパレータ50、アドゾーバ54を経て、吐出ポート22から圧縮機12を出る。吐出流路26は、アドゾーバ54と吐出ポート22との間で合流している。

【0058】

バイパス流路52は、対応する圧縮機本体16を迂回するように吐出流路26を吸入流路28に接続する。一例として、バイパス流路52は、オイルセパレータ50をストレージタンク46と圧縮機本体16との間に接続する。バイパス流路52には、バイパス流路52には、少なくとも1つのバイパス弁56が配置されている。バイパス弁56は、バイパス流路52の作動ガス流量制御のために、及び/または、圧縮機12を停止する際の吐出流路26と吸入流路28との均圧化のために設けられている。

40

【0059】

圧縮機12は、複数の圧縮機本体16の各々について、オイルを循環させるオイルライン58を備える。オイルライン58を流れるオイルは、圧縮機本体16の冷却及び/または潤滑に利用される。各圧縮機本体16のオイルライン58は、互いに分離されている。すなわち、オイルライン58どうしの間でオイルは流通しない。

50

【 0 0 6 0 】

オイルライン 5 8 を圧縮機本体 1 6 ごとに別々に設けることは、各オイルライン 5 8 に適正なオイル量を保持するのに役立つ。もし、複数のオイルライン 5 8 間でオイルが流通可能であったとすると、圧縮機 1 2 の運転中にいずれかのオイルライン 5 8 に他のオイルライン 5 8 からオイルが流れ、複数のオイルライン 5 8 間でオイル量にアンバランスが生じうる。ただし、こうしたオイル量のアンバランスが許容範囲に収まる場合には、複数のオイルライン 5 8 が互いに接続されていてもよい。

【 0 0 6 1 】

オイルライン 5 8 は、オイル循環ライン 6 0 と、オイル戻りライン 6 2 とを備える。オイル循環ライン 6 0 は、オイル冷却部 6 4 を有する。オイル循環ライン 6 0 は、圧縮機本体 1 6 から流出するオイルがオイル冷却部 6 4 により冷却され再び圧縮機本体 1 6 に流入するように構成されている。オイル戻りライン 6 2 は、オイルセパレータ 5 0 で回収されたオイルを圧縮機本体 1 6 に戻すために、オイルセパレータ 5 0 を圧縮機本体 1 6 に接続する。

【 0 0 6 2 】

圧縮機 1 2 は、例えば冷却水などの冷媒を用いて圧縮機本体 1 6 を冷却する冷却系 6 6 を備える。冷却系 6 6 は、作動ガス冷却部 4 8 とオイル冷却部 6 4 とを備える。作動ガス冷却部 4 8 は、圧縮機本体 1 6 で圧縮された作動ガスと冷媒との熱交換により作動ガスを冷却する。また、オイル冷却部 6 4 は、圧縮機本体 1 6 から流出するオイルと冷媒との熱交換によりオイルを冷却する。

【 0 0 6 3 】

冷却系 6 6 は、圧縮機筐体 1 8 に設置された冷媒入口ポート 6 8 および冷媒出口ポート 7 0 を有し、冷媒入口ポート 6 8 から供給される冷媒は、作動ガス冷却部 4 8 とオイル冷却部 6 4 を経て、冷媒出口ポート 7 0 から排出される。冷媒出口ポート 7 0 から出る冷媒は、例えばチラー（図示せず）により冷却され、冷媒入口ポート 6 8 に再び供給されてもよい。このようにして、圧縮機本体 1 6 で生じる圧縮熱は、冷媒とともに圧縮機 1 2 の外へと除去される。

【 0 0 6 4 】

また、圧縮機 1 2 は、複数の圧縮機本体 1 6 の各々に対応して設けられた複数の状態検出センサとして使用されうるいくつかのセンサを備える。圧縮機 1 2 は、複数の圧縮機本体 1 6 の各々について、第 1 圧力センサ 2 0 b、第 2 圧力センサ 2 0 c、第 1 温度センサ 2 0 d、第 2 温度センサ 2 0 e、および第 3 温度センサ 2 0 f を備える。

【 0 0 6 5 】

第 1 圧力センサ 2 0 b は、対応する圧縮機本体 1 6 から吐出される作動ガスの圧力を検出し、状態検出信号としての第 1 圧力検出信号 P 1 を出力するように構成されている。第 1 圧力センサ 2 0 b は、アドゾーバ 5 4 と吐出ポート 2 2 との間で作動ガスの圧力を測定するように吐出流路 2 6 に配置されている。第 2 圧力センサ 2 0 c は、対応する圧縮機本体 1 6 に吸入される作動ガスの圧力を検出し、状態検出信号としての第 2 圧力検出信号 P 2 を出力するように構成されている。第 2 圧力センサ 2 0 c は、ストレージタンク 4 6 と圧縮機本体 1 6 との間で作動ガスの圧力を測定するように吸入流路 2 8 に配置されている。

【 0 0 6 6 】

第 1 温度センサ 2 0 d および第 2 温度センサ 2 0 e は、対応する圧縮機本体 1 6 から吐出される作動ガスの温度を検出し、状態検出信号としての温度検出信号 (T 1 , T 2) を出力するように構成されている。第 1 温度センサ 2 0 d は、圧縮機本体 1 6 と作動ガス冷却部 4 8 との間で作動ガスの温度を測定するように吐出流路 2 6 に配置され、第 2 温度センサ 2 0 e は、作動ガス冷却部 4 8 とオイルセパレータ 5 0 との間で作動ガスの温度を測定するように吐出流路 2 6 に配置されている。

【 0 0 6 7 】

第 3 温度センサ 2 0 f は、対応する圧縮機本体 1 6 から吐出される作動ガスを冷却する冷媒の温度を検出し、状態検出信号としての温度検出信号 T 3 を出力するように構成され

10

20

30

40

50

ている。第3温度センサ20fは、一例として、オイル冷却部64と冷媒出口ポート70との間で冷媒の温度を測定するように冷却系66に配置されている。

【0068】

第1圧力センサ20b、第2圧力センサ20c、第1温度センサ20d、第2温度センサ20e、および第3温度センサ20fは、状態検出信号(P1, P2, T1~T3)を圧縮機制御部40に出力するように接続されている。

【0069】

第1圧力センサ20bからの第1圧力検出信号P1は、対応する圧縮機本体16から吐出される作動ガスの圧力を示す。よって、当該圧縮機本体16が停止しているとき、第1圧力検出信号P1は、当該圧縮機本体16の運転中に比べて低い圧力を示す。第2圧力センサ20cからの第2圧力検出信号P2は、対応する圧縮機本体16から吐出される作動ガスの圧力を示す。よって、当該圧縮機本体16が停止しているとき、第2圧力検出信号P2は、当該圧縮機本体16の運転中に比べて高い圧力を示す。同様に、第1温度センサ20d、第2温度センサ20e、第3温度センサ20fからの温度検出信号(T1, T2, T3)も、対応する圧縮機本体16が停止しているとき、当該圧縮機本体16の運転中とは異なる温度を示す。

【0070】

圧縮機制御部40は、複数の状態検出センサ(20a~20f)のうちいずれかの状態検出センサ(20a~20f)からの状態検出信号(P1, P2, T1~T3)が、対応する圧縮機本体16の停止を表している場合には、他の圧縮機本体16も停止させるように構成されている。圧縮機制御部40は、ある状態検出センサ(20a~20f)からの状態検出信号(P1, P2, T1~T3)が圧縮機本体16の停止を表している場合には、すべての圧縮機本体16(または、他のすべての圧縮機本体16)に停止指令信号S2を出力するように構成されている。

【0071】

圧縮機制御部40は、モータ電流センサ20a、第1圧力センサ20b、第2圧力センサ20c、第1温度センサ20d、第2温度センサ20e、および第3温度センサ20fのうち1種類のセンサからの状態検出信号から、対応する圧縮機本体16の状態を判定するように構成されていてもよい。あるいは、圧縮機制御部40は、モータ電流センサ20a、第1圧力センサ20b、第2圧力センサ20c、第1温度センサ20d、第2温度センサ20e、および第3温度センサ20fのうち複数種類のセンサからの状態検出信号から、対応する圧縮機本体16の状態を判定するように構成されていてもよい。

【0072】

このようにして、圧縮機12に搭載されている種々のセンサを利用して、いずれかの圧縮機本体16の異常停止の際に、他の圧縮機本体16を同期して停止させることもできる。複数の圧縮機本体16間のオンオフの不一致に起因して圧縮機12内に生じうる作動ガスの逆流を軽減し、または防止することができる。図3に示される実施の形態においても、図1に示される実施の形態と同様に、製造コストの上昇を抑えつつ作動ガスの逆流対策を提供する。

【0073】

また、圧縮機12の一部の構成要素は、複数の圧縮機本体16に共有されてもよい。そのようにすれば、部品点数が削減され、製造コストを抑えられる。

【0074】

図4は、ある実施の形態に係る極低温冷凍機10に採用されうる圧縮機12の構成の他の一例を示す概略図である。図4に示される実施の形態においては、吸入流路28に設けられる一部の構成要素が複数の圧縮機本体16に共有される。その余の構成については、既述の実施の形態と同様であり、図4においても同一の符号を付し、重複した説明は適宜省略する。

【0075】

圧縮機12は、吸入流路28において吸入ポート24と複数の圧縮機本体16への分流

10

20

30

40

50

部 7 2 との間に設置された共通のストレージタンク 4 6 を備えてもよい。また、第 1 圧力センサ 2 0 b、第 2 圧力センサ 2 0 c、およびバイパス弁 5 6 も、複数の圧縮機本体 1 6 に共有されていてもよい。

【 0 0 7 6 】

図 5 は、ある実施の形態に係る極低温冷凍機 1 0 に採用されうる圧縮機 1 2 の構成の他の一例を示す概略図である。図 5 に示される実施の形態においては、吐出流路 2 6 に設けられる一部の構成要素が複数の圧縮機本体 1 6 に共有される。その余の構成については、既述の実施の形態と同様であり、図 5 においても同一の符号を付し、重複した説明は適宜省略する。

【 0 0 7 7 】

圧縮機 1 2 は、吐出流路 2 6 において複数の圧縮機本体 1 6 からの合流部 7 4 と吐出ポート 2 2 との間に設置された共通のアドゾーバ 5 4 を備えてもよい。

【 0 0 7 8 】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されるところである。

【 0 0 7 9 】

ある実施の形態に関連して説明した種々の特徴は、他の実施の形態にも適用可能である。組合せによって生じる新たな実施の形態は、組み合わせられる実施の形態それぞれの効果をあわせもつ。

【 0 0 8 0 】

上述の実施の形態においては、複数の圧縮機本体 1 6 が単一の圧縮機筐体 1 8 に収容されているが、これに限られない。各圧縮機本体 1 6 が個別の圧縮機筐体に収容されていてもよい。よって、圧縮機 1 2 は、コールドヘッド 1 4 に並列に接続された複数の圧縮機本体 1 6 と、各々がひとつの圧縮機本体 1 6 を収容する複数の圧縮機筐体と、を備えてもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 1 】

本発明は、極低温冷凍機の分野における利用が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 2 】

1 0 極低温冷凍機、 1 2 圧縮機、 1 4 コールドヘッド、 1 6 圧縮機本体、 1 8 圧縮機筐体、 2 0 状態検出センサ、 2 0 a モータ電流センサ、 2 2 吐出ポート、 2 4 吸入ポート、 2 6 吐出流路、 2 8 吸入流路、 3 0 圧縮機モータ、 4 0 圧縮機制御部、 4 6 ストレージタンク、 7 2 分流部、 7 4 合流部、 S 1 状態検出信号。

10

20

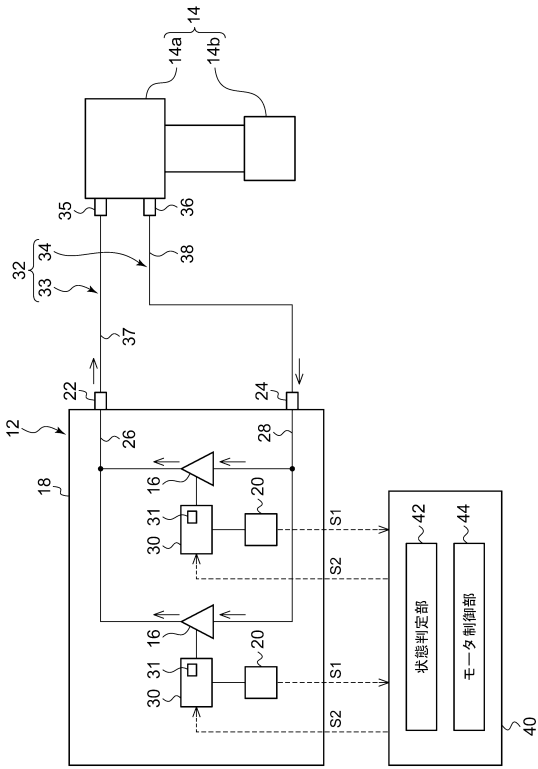
30

40

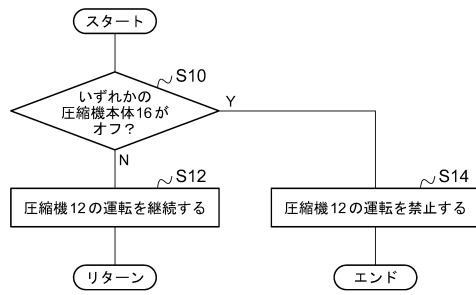
50

【図面】

【図 1】



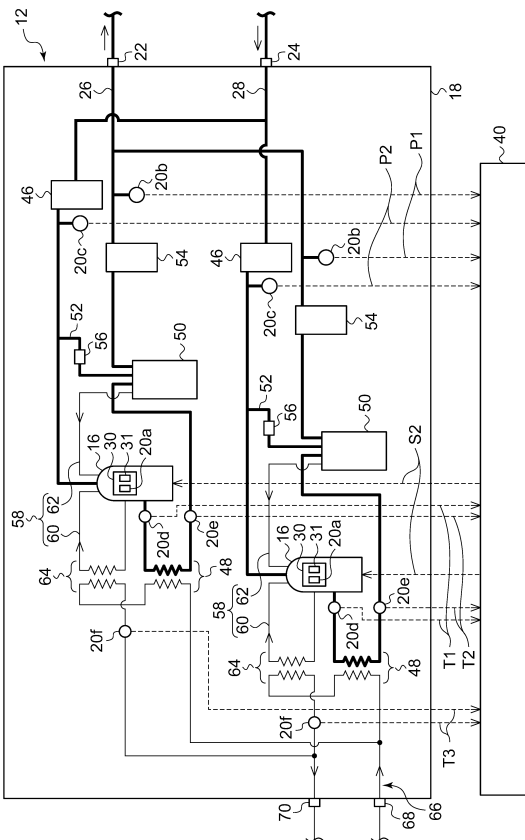
【図 2】



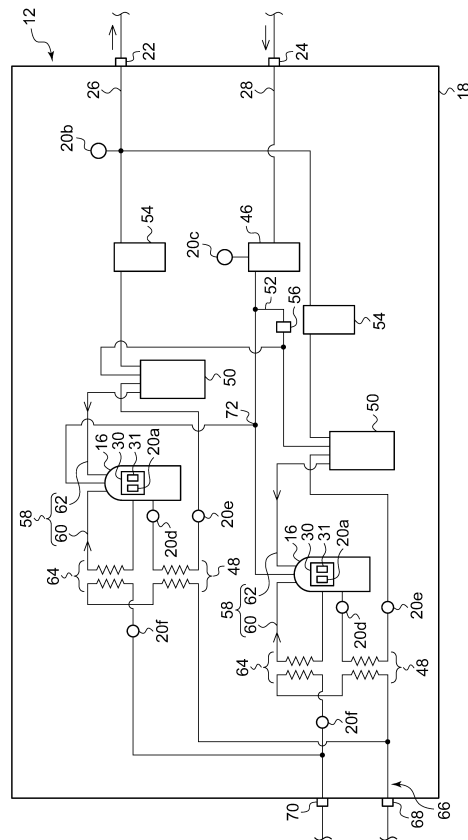
10

20

【図 3】



【図 4】

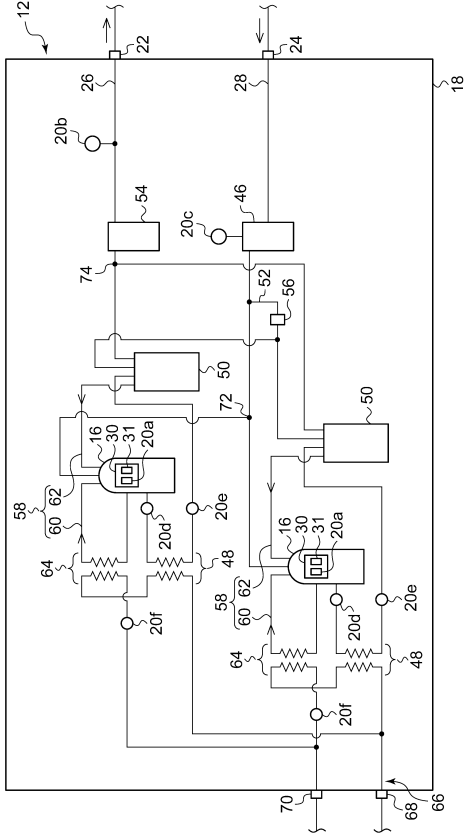


30

40

50

【図 5】



10

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-134020(JP,A)
特開2011-094921(JP,A)
特開平03-125861(JP,A)
特開2015-061993(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- F25B 1/00 ~ 49/04
F04B 1/00 ~ 53/22