

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-201216

(P2017-201216A)

(43) 公開日 平成29年11月9日(2017.11.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>F 2 5 B 1/053 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/053	D
<b>F 2 5 B 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/053	B
	F 2 5 B 1/00	3 2 1 N
	F 2 5 B 1/053	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2016-92281 (P2016-92281)  
 (22) 出願日 平成28年5月2日 (2016.5.2)

(71) 出願人 503164502  
 荏原冷熱システム株式会社  
 東京都大田区大森北三丁目2番16号  
 (74) 代理人 100091498  
 弁理士 渡邊 勇  
 (74) 代理人 100118500  
 弁理士 廣澤 哲也  
 (72) 発明者 福住 幸大  
 東京都大田区大森北三丁目2番16号 荏原冷熱システム株式会社内  
 (72) 発明者 佐藤 忠  
 東京都大田区大森北三丁目2番16号 荏原冷熱システム株式会社内

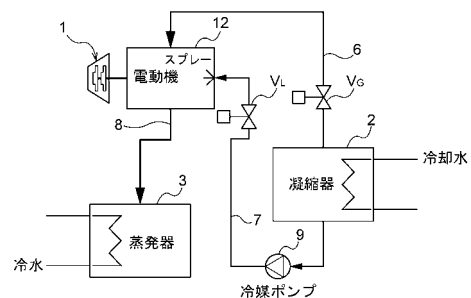
(54) 【発明の名称】 ターボ冷凍機

(57) 【要約】

【課題】ターボ圧縮機を駆動する電動機の冷却用冷媒として冷凍サイクルから電動機に供給される冷媒を、ガス冷媒と液冷媒とを併用可能またはガス冷媒のみとすることができ、攪拌損失を低減させて冷凍機の効率低下を防止することができるターボ冷凍機を提供する。

【解決手段】冷水から熱を奪って冷媒が蒸発し冷凍効果を発揮する蒸発器3と、冷媒を羽根車によって圧縮するターボ圧縮機1と、ターボ圧縮機1を駆動する電動機12と、圧縮された冷媒を冷却水で冷却して凝縮させる凝縮器2とを備えたターボ冷凍機において、凝縮器2から電動機12にガス冷媒を供給するガス冷媒供給配管6と、凝縮器2から電動機12に液冷媒を供給する液冷媒供給配管7とを備え、電動機12をガス冷媒と液冷媒とを併用して冷却する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

冷水から熱を奪って冷媒が蒸発し冷凍効果を発揮する蒸発器と、冷媒を羽根車によって圧縮するターボ圧縮機と、ターボ圧縮機を駆動する電動機と、圧縮された冷媒を冷却水で冷却して凝縮させる凝縮器とを備えたターボ冷凍機において、

前記凝縮器から前記電動機にガス冷媒を供給するガス冷媒供給配管と、

前記凝縮器から前記電動機に液冷媒を供給する液冷媒供給配管とを備え、

前記電動機をガス冷媒と液冷媒とを併用して冷却するようにしたことを特徴とするターボ冷凍機。

**【請求項 2】**

前記液冷媒供給配管に設置される液冷媒制御弁と、冷凍負荷を検出する手段を備え、

ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも小さいときには、前記液冷媒制御弁を閉じ、前記電動機をガス冷媒のみで冷却するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のターボ冷凍機。

**【請求項 3】**

前記ガス冷媒供給配管に設置されるガス冷媒制御弁と、冷凍負荷を検出する手段を備え、前記ガス冷媒制御弁を負荷に応じて開度制御することを特徴とする請求項 2 記載のターボ冷凍機。

**【請求項 4】**

ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも大きいときには、ガス冷媒流量が 100% になるように前記ガス冷媒制御弁を制御し、さらに、前記液冷媒制御弁を前記負荷に応じて制御することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のターボ冷凍機。

**【請求項 5】**

負荷が小さい場合に、前記制御弁をホットガスバイパス制御に使用することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のターボ冷凍機。

**【請求項 6】**

前記電動機から排出されるガス冷媒を駆動用ガスとして、前記電動機に溜まっている液冷媒を吸引して該液冷媒を電動機から排出するためのエジェクタを設け、前記エジェクタにより吸引された液冷媒は、前記蒸発器に戻されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のターボ冷凍機。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ターボ冷凍機に係り、特にターボ圧縮機を駆動する電動機に冷凍サイクルから冷媒の一部を導いて電動機を冷却する方式のターボ冷凍機に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来、冷凍空調装置などに利用されるターボ冷凍機は、冷媒を封入したクローズドシステムで構成され、冷水（被冷却流体）から熱を奪って冷媒が蒸発して冷凍効果を発揮する蒸発器と、前記蒸発器で蒸発した冷媒ガスを圧縮して高圧の冷媒ガスにする圧縮機と、高圧の冷媒ガスを冷却水（冷却流体）で冷却して凝縮させる凝縮器と、前記凝縮した冷媒を減圧して膨張させる膨張弁（膨張機構）とを、冷媒配管によって連結して構成されている。

**【0003】**

ターボ冷凍機に用いられているターボ圧縮機は、電動機が圧縮機とともに分割型のケーシングに密閉状態で収容されている半密閉型圧縮機を採用する場合が多い。この半密閉型圧縮機においては、電動機の損失により生じた発熱を、冷凍サイクル中の凝縮冷媒（液冷媒）を電動機内部に導入して冷媒の蒸発潜熱を利用して冷却する場合が多い。このように、電動機を液冷媒を用いて冷却する場合、電動機の回転体（ロータ）と過剰に散布された液冷媒とが接触して攪拌損失が大きくなり、その結果、電動機の損失が大きくなるため、

10

20

30

40

50

冷凍機の効率が低下するという問題点がある。

一方、冷凍サイクル中のガス冷媒を用いて電動機を冷却する場合、ガス冷媒によって電動機から持ち去る熱量が小さいため、高負荷時の所要ガス量が多くなり、その結果、配管径およびモータ内部流路等の冷却用流路が大きくなり、装置が大型化するという問題点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-159923号公報

【特許文献2】特開2014-163624号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、上述の事情に鑑みなされたもので、ターボ圧縮機を駆動する電動機の冷却用冷媒として冷凍サイクルから電動機に供給される冷媒を、ガス冷媒と液冷媒とを併用可能またはガス冷媒のみとすることができ、攪拌損失を低減させて冷凍機の効率低下を防止することができるターボ冷凍機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】

【0006】

上述の目的を達成するため、本発明のターボ冷凍機は、冷水から熱を奪って冷媒が蒸発し冷凍効果を発揮する蒸発器と、冷媒を羽根車によって圧縮するターボ圧縮機と、ターボ圧縮機を駆動する電動機と、圧縮された冷媒を冷却水で冷却して凝縮させる凝縮器とを備えたターボ冷凍機において、前記凝縮器から前記電動機にガス冷媒を供給するガス冷媒供給配管と、前記凝縮器から前記電動機に液冷媒を供給する液冷媒供給配管とを備え、前記電動機をガス冷媒と液冷媒とを併用して冷却するようにしたことを特徴とする。

【0007】

本発明の好ましい態様によれば、前記液冷媒供給配管に設置される液冷媒制御弁と、冷凍負荷を検出する手段を備え、ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも小さいときには、前記液冷媒制御弁を閉じ、前記電動機をガス冷媒のみで冷却するようにしたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記ガス冷媒供給配管に設置されるガス冷媒制御弁と、冷凍負荷を検出する手段を備え、前記ガス冷媒制御弁を負荷に応じて開度制御することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも大きいときには、ガス冷媒流量が100%になるように前記ガス冷媒制御弁を制御し、さらに、前記液冷媒制御弁を前記負荷に応じて制御することを特徴とする。

【0008】

本発明の好ましい態様によれば、負荷が小さい場合に、前記制御弁をホットガスバイパス制御を使用することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記電動機から排出されるガス冷媒を駆動用ガスとして、前記電動機に溜まっている液冷媒を吸引して該液冷媒を電動機から排出するためのエジェクタを設け、前記エジェクタにより吸引された液冷媒は、前記蒸発器に戻されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明は、以下に列挙する効果を奏する。

1)ターボ圧縮機を駆動する電動機の冷却用冷媒として冷凍サイクルから電動機に供給される冷媒を、ガス冷媒と液冷媒とを併用可能またはガス冷媒のみとすることができる。したがって、ターボ冷凍機の低負荷時はガス冷媒のみで電動機を冷却することができるため、攪拌損失が小さくて済み、また、凝縮器からエコノマイザを経由せずに蒸発器に流れ

10

20

30

40

50

る液冷媒を減らすことで冷凍機の効率低下を防止することができる。また、高負荷時はガス冷媒と液冷媒とを併用して電動機を冷却することができ、液冷媒をコイルなどの高温部に集中的に散布できるため、冷却能力が不足することはない。

2) ターボ冷凍機の低負荷時はガス冷媒のみで電動機を冷却することができるため、冷媒ポンプの動力を削減することができる。

3) ターボ冷凍機は低負荷で運転されることが多いので、低負荷時の効率改善は効果的である。

4) ガス冷媒のみでなく、液冷媒を併用することができるため、配管径およびモータ内部流路等の冷却用流路の簡素化を図ることができ、装置を小型化できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明に係るターボ冷凍機の実施形態を示す模式図である。

【図2】図2は、図1に示すターボ冷凍機におけるターボ圧縮機の電動機に冷却用冷媒を供給する構成を示す模式図である。

【図3】図3は、図1に示すターボ冷凍機の負荷を判定する構成を示す模式図である。

【図4】図4は、電動機を冷却した後の冷媒を蒸発器に戻すための構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明に係るターボ冷凍機の実施形態を図1乃至図4を参照して説明する。図1乃至図4において、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

図1は、本発明に係るターボ冷凍機を示す模式図である。図1に示すように、ターボ冷凍機は、冷媒を圧縮するターボ圧縮機1と、圧縮された冷媒ガスを冷却水（冷却流体）で冷却して凝縮させる凝縮器2と、冷水（被冷却流体）から熱を奪って冷媒が蒸発し冷凍効果を発揮する蒸発器3と、凝縮器2と蒸発器3との間に配置される中間冷却器であるエコノマイザ4とを備え、これら各機器を冷媒が循環する冷媒配管5によって連結して構成されている。

【0012】

図1に示す実施形態においては、ターボ圧縮機1は、多段ターボ圧縮機から構成されている。ターボ圧縮機1は、冷媒配管5によってエコノマイザ4と接続されており、エコノマイザ4で分離された冷媒ガスは多段ターボ圧縮機の多段の圧縮段（この例では2段）の中間部分（この例では一段目と二段目の間の部分）に導入されるようになっている。

【0013】

図1に示すように構成されたターボ冷凍機の冷凍サイクルでは、ターボ圧縮機1と凝縮器2と蒸発器3とエコノマイザ4とを冷媒が循環し、蒸発器3で冷水が製造されて負荷に対応し、冷凍サイクル内に取り込まれた蒸発器3からの熱量および圧縮機モータから供給されるターボ圧縮機1の仕事に相当する熱量が凝縮器2に供給される冷却水に放出される。一方、エコノマイザ4にて分離されたガス冷媒はターボ圧縮機1の多段圧縮段の中間部分に導入され、一段目圧縮機からのガス冷媒と合流して二段目圧縮機により圧縮される。2段圧縮単段エコノマイザサイクルによれば、エコノマイザ4による冷凍効果部分が付加されるので、その分だけ冷凍効果が増加し、エコノマイザ4を設置しない場合に比べて冷凍効果の高効率化を図ることができる。

【0014】

図2は、図1に示すターボ冷凍機におけるターボ圧縮機1の電動機12に冷却用冷媒を供給する構成を示す模式図である。図2に示すように、ターボ冷凍機は、凝縮器2から電動機12にガス冷媒を供給するガス冷媒供給配管6と、凝縮器2から電動機12に液冷媒を供給する液冷媒供給配管7と、電動機12を冷却した後の冷媒を蒸発器3に戻す冷却冷媒戻り配管8とを備えている。ガス冷媒供給配管6には、ガス冷媒制御弁 $V_G$ が設置され、液冷媒供給配管7には、冷媒ポンプ9と液冷媒制御弁 $V_L$ とが設置されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

次に、図 2 に示す構成を備えたターボ冷凍機においてターボ圧縮機 1 の電動機 1 2 の冷却方法について説明する。

## 1) 液冷媒とガス冷媒の併用による冷却

i) 本発明はエコノマイザを持つターボ冷凍機を対象とするが、エコノマイザが無くてもよい。ターボ冷凍機の電動機は液冷媒によって冷却することが一般的である。液冷媒は電動機の熱で蒸発し、おもにその潜熱で電動機を冷却する。

液冷媒は凝縮器 2 から冷媒ポンプ 9 によって電動機 1 2 に供給する。圧力関係は、蒸発器 電動機 凝縮器 となるため、冷媒ポンプは無くても良い。蒸発したガスは圧力の低い蒸発器 3 に向けて排出する。凝縮器 2 やエコノマイザ 4 (図 1 参照) に排出することもできる。

ii) 液冷媒を電動機内部に均一に行き渡らせ、すべて蒸発させることは技術的に困難である。実際には必要量の数倍の液冷媒を電動機 1 2 の中に散布している。未蒸発の液冷媒は電動機 1 2 の下部から蒸発器 3 に向けて排出される。この液冷媒はエコノマイザを経由しないので損失となり、冷凍機の効率を低下させる。

iii) 一方、ガス冷媒で電動機 1 2 を冷却する場合は液冷媒の排出はない。ガス冷媒は比熱が小さいため、電動機の発熱量をすべて冷却するには多大な流量を必要とする。大量のガスを供給するための大口径のガス流路が必要になる。電動機内の温度分布は均一ではなく、コイルなど電流が流れる部分が発熱して高温になる。

iv) そこで本発明では、電動機の高温度部に向けて液冷媒を散布して効果的に冷却を行う。また、ガス冷媒の流入路も設けることで全体をガス冷媒で冷却する。これにより、電動機 1 2 の冷却効果を落とすことなく、液冷媒の散布量を減らすことができる。液冷媒の排出量が減少し、冷凍機の効率が向上する。

## 2) 電動機の負荷が小さいときには、ガス冷媒のみによる冷却

i) 冷凍機の負荷と電動機の発熱量とは相関する。冷凍機の負荷が高い時は発熱量が多い。負荷が低い時は発熱量が小さい。年間を通してみると、冷凍機は低い負荷で運転される時間が圧倒的に長い。低負荷時は電動機の発熱量が少ないので液冷媒の散布量を減らしても冷却ができる。さらに条件によっては、液冷媒の散布を止めてガス冷媒だけでも冷却ができる。

ii) そこで本発明では、液冷媒供給配管 7 に液冷媒制御弁  $V_L$  を設け、負荷に応じて液冷媒の散布量を制御する。液冷媒制御弁  $V_L$  は ON / OFF 式でも良いし、開度を連続的に制御できるものでも良い。

ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも小さいときには、液冷媒制御弁  $V_L$  を閉じ、電動機 1 2 をガス冷媒のみで冷却する。ここで、所定の値とは、モータのコイル温度が例えば 80 を超えることがないような負荷で、実験的に求めるとよい。

負荷の検出は、例えば電動機に設けた温度センサの値をもとにする。他に、電流値やベーン開度、冷水温度差など、負荷状態に相関する物理量でも良い。これにより、電動機の冷却効果を落とすことなく、液冷媒の散布量を減らすことができる。液冷媒の排出量が減少し、冷凍機の効率が向上する。

## 3) ガス冷媒の流量調整

i) 上記 2) と同様に、ガス冷媒供給配管 6 にも制御弁  $V_G$  を設け、負荷に応じてガス冷媒の流量を制御する。冷却用のガス冷媒を減らすことで、圧縮機の仕事が減少し、結果として冷凍機の効率が向上する。

ターボ冷凍機の負荷が所定の値よりも大きいときには、ガス冷媒流量が 100% になるようにガス冷媒制御弁  $V_G$  を制御し、さらに、前記液冷媒制御弁  $V_L$  を前記負荷に応じて制御する。ここで、所定の値とは、モータのコイル温度が例えば 80 を超えることがないような負荷で、実験的に求めるとよい。

ii) また、冷凍機の負荷が小さい時はホットガスバイパスが広く実施されている。これは凝縮器の冷媒ガスを蒸発器に流入させて冷凍機の低負荷絞りに対応するものである。通常はホットガスバイパス用の配管と制御弁を設ける必要がある。

10

20

30

40

50

図 2 に示すように、ガス冷媒供給配管 6 に制御弁  $V_G$  を設けることで、これをホットガスバイパスと兼用することができる。極低負荷時に制御弁  $V_G$  を開く制御を行うことで、冷凍機を低負荷まで絞ることができる。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、図 1 に示すターボ冷凍機の負荷を判定する構成を示す模式図である。

1) 冷水の温度による判定

図 3 に示すように、蒸発器 3 には、冷水入口温度を測定する温度センサ  $T_1$  と、冷水出口温度を測定する温度センサ  $T_2$  とが設置されている。すなわち、温度センサ  $T_1$  により蒸発器 3 内の冷媒と熱交換する冷水の入口温度を測定し、温度センサ  $T_2$  により蒸発器 3 内の冷媒と熱交換した後の冷水の出口温度を測定するようになっている。温度センサ  $T_1$  および温度センサ  $T_2$  は、それぞれ制御装置 10 に接続されている。これにより、制御装置 10 において、冷水入口温度と冷水出口温度との温度差と、定格（固定）の冷水流量とから冷凍能力  $Q_e$  を算出することができるようになっている。蒸発器 3 を流れる冷水流量が変流量である場合には、図 3 に示すように、冷水出口配管に冷水流量を計測する流量センサ  $F_E$  を設けることにより、冷水入口温度と冷水出口温度との温度差と、流量センサ  $F_E$  で計測した冷水流量とを乗算することにより冷凍能力  $Q_e$  を算出することができる。

10

【 0 0 1 7 】

なお、図 3 に示すように、冷水入口配管と冷水出口配管との間に差圧計  $P_e$  を設けて蒸発器 3 で生ずる冷水圧力損失を計測し、蒸発器 3 の冷水圧力損失から蒸発器 3 を流れる冷水流量を推算し、推算した冷水流量に、冷水入口温度と冷水出口温度との温度差を乗算することにより冷凍能力  $Q_e$  を算出してもよい。

20

このように、制御装置 10 は、冷凍能力  $Q_e$  を算出することにより、ターボ冷凍機が低負荷であるか高負荷であるかを判断し、高負荷の場合にはガス冷媒と液冷媒とを併用して電動機 12 を冷却し、低負荷の場合には電動機 12 をガス冷媒と少量の液冷媒で、またはガス冷媒のみで冷却する。

【 0 0 1 8 】

2) 電動機内部の温度による判定

図 3 に示すように、電動機 12 には、電動機内部の温度を測定する温度センサ  $T_3$  が設置されている。温度センサ  $T_3$  は、例えば、熱電対を用い、温度センサの検出端は電動機内部で最も高温になる部分の温度が測定できるようになっている。温度センサ  $T_3$  は、制御装置 10 に接続されている。ターボ冷凍機の稼働中に温度センサ  $T_3$  により電動機 12 の内部の温度を測定する。制御装置 10 は、温度センサ  $T_3$  の測定信号に基づいてターボ冷凍機が低負荷であるか高負荷であるかを判断し、高負荷の場合にはガス冷媒と液冷媒とを併用して電動機 12 を冷却し、低負荷の場合には電動機 12 をガス冷媒と少量の液冷媒で、またはガス冷媒のみで冷却する。

30

【 0 0 1 9 】

図 4 は、電動機 12 を冷却した後の冷媒を蒸発器 3 に戻すための構成を示す模式図である。

図 2 に示す電動機を冷却する構成において、液冷媒を用いて電動機 12 を冷却した場合、液冷媒の多くは蒸発してガスになるが、蒸発しきれないで残った液冷媒は電動機 12 の底部に溜まる。そこで、本発明においては、図 4 に示すように、電動機 12 から排出されるガス冷媒を駆動用ガスとして、電動機 12 に溜まっている液冷媒を吸引して該液冷媒を電動機 12 から排出するためのエジェクタ 15 を設けている。ガス冷媒を電動機 12 からエジェクタ 15 に導くガス冷媒排出配管 16 は、電動機 12 の上部側に接続されている。液冷媒を電動機 12 から吸引するための液冷媒排出配管 17 は、電動機 12 の底部側に接続されている。エジェクタ 15 の吐出側は蒸発器 3 に接続されている。

40

【 0 0 2 0 】

図 4 に示す構成において、電動機 12 から排出されるガス冷媒はガス冷媒排出配管 16 を介してエジェクタ 15 に供給される。エジェクタ 15 に供給されるガス冷媒は、所定の圧力を持っているため、エジェクタ 15 を駆動する駆動用ガスとして機能し、エジェクタ

50

15内に負圧が形成される。そのため、電動機12に溜まっている液冷媒は、エジェクタ15に吸引されるため電動機12から排出される。エジェクタ15で合流したガス冷媒と液冷媒は、エジェクタ15の吐出側から1本の配管で蒸発器3に戻ることができる。

【0021】

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術思想の範囲内において、種々の異なる形態で実施されてよいことは勿論である。

【符号の説明】

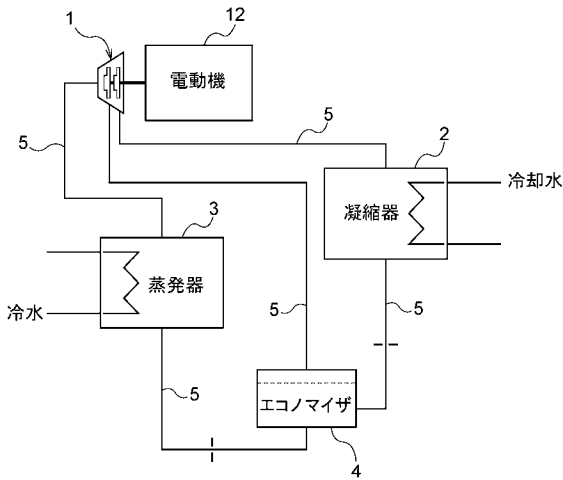
【0022】

- 1 ターボ圧縮機
- 2 凝縮器
- 3 蒸発器
- 4 エコマイザ
- 5 冷媒配管
- 6 ガス冷媒供給配管
- 7 液冷媒供給配管
- 8 冷却冷媒戻り配管
- 9 冷媒ポンプ
- 10 制御装置
- 12 電動機
- 15 エジェクタ
- 16 ガス冷媒排出配管
- 17 液冷媒排出配管
- T1, T2, T3 温度センサ
- FE 流量センサ

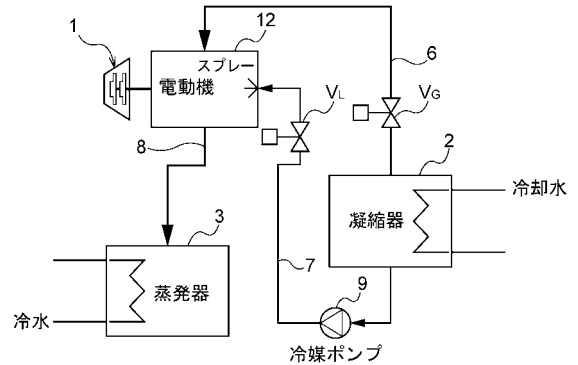
10

20

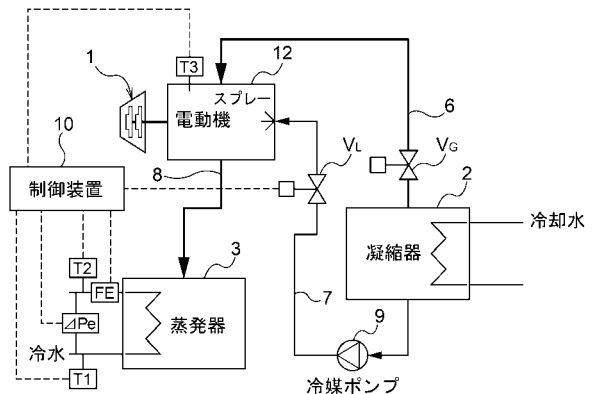
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】

