

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3963940号
(P3963940)

(45) 発行日 平成19年8月22日(2007.8.22)

(24) 登録日 平成19年6月1日(2007.6.1)

(51) Int. Cl. F I
F 2 5 B 11/02 (2006.01) F 2 5 B 11/02 A

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-512632 (P2006-512632)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成17年4月26日(2005.4.26)		松下電器産業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/007898		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02005/103584	(74) 代理人	100087745
(87) 国際公開日	平成17年11月3日(2005.11.3)		弁理士 清水 善廣
審査請求日	平成18年2月2日(2006.2.2)	(74) 代理人	100098545
(31) 優先権主張番号	特願2004-130567 (P2004-130567)		弁理士 阿部 伸一
(32) 優先日	平成16年4月27日(2004.4.27)	(74) 代理人	100106611
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 辻田 幸史
早期審査対象出願		(72) 発明者	松井 敬三
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	長谷川 寛
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートポンプ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷媒を圧縮する圧縮機と、
 前記圧縮機により圧縮された前記冷媒を冷却する放熱器と、
 前記放熱器を通過した前記冷媒を膨張させる膨張機と、
 前記膨張機により膨張した前記冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 前記圧縮機、前記放熱器、前記膨張機、及び前記蒸発器に前記冷媒を循環させる冷媒配管と、
 前記膨張機に接続された永久磁石型同期発電機と、
 前記永久磁石型同期発電機に流れる電流を検出する電流センサと、
 前記永久磁石型同期発電機が出力する交流電力を直流電力に変換し、前記電流センサにより検出された電流値により前記永久磁石型同期発電機の磁極位置を推定するとともに、前記電流値および前記磁極位置を用いて前記永久磁石型同期発電機の回転数を所定の値に制御する第1のコンバータとを有し、
 前記圧縮機の起動後の、所定の時間後に、前記第1のコンバータによって発電機を力行起動させるヒートポンプ装置。

【請求項2】

前記圧縮機と前記膨張機との間に設置されて前記冷媒の圧力を検出する圧力センサと、
 前記圧縮機と前記膨張機との間に設置されて前記冷媒の温度を検出する温度センサと、
 前記所定の時間後に、前記圧力センサ及び前記温度センサからの信号により前記第1の

10

20

コンバータを制御する発電機回転数制御手段とを更に有する請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

【請求項 3】

前記第 1 のコンバータは、前記電流センサにより検出された電流値により前期永久磁石型同期発電機の磁極位置および回転数を推定するとともに、前記電流値、前記磁極位置および回転数を用いて前記永久磁石型同期発電機の電流値および前記回転数を所定の値に制御する、請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

【請求項 4】

商用電源の交流を直流に変換する第 2 のコンバータと、

前記第 1 および第 2 のコンバータから出力された直流を前記インバータの入力端に接続して、所定の周波数の交流に変換して前記圧縮機を駆動するインバータとを更に有する請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

10

【請求項 5】

前記圧縮機と前記膨張機との間に設置されて前記冷媒の圧力及び温度を検出する圧力センサ及び温度センサと、

前記圧力センサ及び前記温度センサからの信号により前記冷媒の圧力を最適圧力とするように前記発電機の電流値を制御する発電機電流制御手段とを更に有する請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

【請求項 6】

前記圧縮機と前記膨張機との間に設置されて前記冷媒の圧力及び温度を検出する圧力センサ及び温度センサと、

前記圧力センサ及び前記温度センサからの信号により前記冷媒の圧力を最適圧力とするように前記発電機の発電量を制御する発電機発電量制御手段とを更に有する請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

20

【請求項 7】

前記冷媒が、二酸化炭素であることを特徴とする請求項 1 に記載のヒートポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、膨張機に発電機を連結して動力回収を行うヒートポンプ装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来一般的な蒸気圧縮式冷凍装置としては、図 10 に示す構成のものがある。図 10 の蒸気圧縮式冷凍装置は、圧縮機 101、放熱器 102、膨張弁 103、及び蒸発器 104 から構成される。これらの要素は配管により連結され、冷媒が図示の白抜き矢印のように循環する。

上記蒸気圧縮式冷凍装置の運転原理は次のとおりである。冷媒の圧力及び温度は圧縮機 101 によって増加され、次いで、その冷媒が放熱器 102 に入り、冷却される。その後、高圧状態にある冷媒は膨張弁 103 により蒸発圧力に絞られ、蒸発器 104 において吸熱して気化する。そして、蒸発器 104 を出た冷媒は圧縮機 101 に戻る。本装置には、冷媒としてオゾン層を破壊せず地球温暖化係数の極めて小さい二酸化炭素が用いられる。

40

しかし、二酸化炭素を冷媒とする蒸気圧縮式冷凍装置は、一般に使用されてきたフロンを冷媒とする冷凍装置に比べ、エネルギー効率である成績係数(COP)が低い。さらに、同等の冷凍能力を考えた場合、フロンを冷媒とする冷凍装置より多くの電力が必要になる。そのため、多くの化石燃料がエネルギーとして必要になり、冷媒自体の地球温暖化係数が小さくても、結果的に多くの二酸化炭素が排出される。したがって、二酸化炭素を冷媒とする蒸気圧縮式冷凍装置のCOPを向上させることが必要であり、既にさまざまな構成や方法が提案されている。

COPを向上させる装置として以下のものが提案されている(特許文献1から3)。図 11 に示す冷凍装置では、原動機 205 により圧縮機 201 を駆動し、圧縮機 201 によ

50

り圧縮された冷媒は、放熱器 202 で冷却され、その後、膨張比制御手段 203 が取り付けられた膨張機 204 を通過する。膨張機 204 は、主軸 213 を介して圧縮機 201 の駆動を補助する。冷媒は膨張機 204 内で膨張し、蒸発器 206 内で外部より吸熱して気化した後、再び圧縮機 201 へ戻る。圧縮機 201、放熱器 202、膨張機 204、及び蒸発器 206 によって構成される回路は配管 207 により連結される。なお、性能、信頼性向上のためオイルセパレータ 208、アキュムレータ 209 を設ける場合もある。

膨張比制御手段 203 は、演算手段 210 によって制御される。この演算手段 210 への入力として、温度センサ 211 と圧力センサ 212 が放熱器 202 の出口側の冷媒状態を検出するために取り付けられている。

このような構成の冷凍装置では、膨張機 204 を使用することにより、冷媒の膨張による力で圧縮機 201 の駆動を補助するため、使用されるエネルギー総量は低減され、COP を向上させることが可能である。

即ち、図 12 に示す、冷媒として二酸化炭素を用いた冷凍サイクルにおける冷媒の状態を表す圧力 エンタルピー状態図、いわゆるモリエル線図のように、従来の膨張弁を膨張手段として用いていた場合には、等エンタルピー膨張するが、膨張機により等エントロピー膨張させ（図中の点線表示）、膨張機で回収された動力を利用することで、総合効率を向上させることができる。

また、図 13 に示す冷凍装置では、原動機 405 によって駆動される圧縮機 401 により、圧縮された冷媒が放熱器 402 で冷却され、その後、膨張機 403 を通過する際に、この膨張機 403 に接続された発電機 404 に発電させる（特許文献 1、特許文献 2）。そして、冷媒は膨張機 403 内で膨張し、蒸発器 406 内で外部より吸熱して気化した後、再び圧縮機 401 へ戻る構成になっている。

この装置は、冷媒の膨張による力で発電機 404 を回転させて電力を発生し、その電力を利用することで使用されるエネルギー総量は低減され、それにより COP を向上させることが可能である。

さらに、このような発電機 404 としては、励磁装置を用いていた（特許文献 4）。特許文献 4 に開示された冷凍装置を図 14 及び図 15 に示す。この冷凍装置は、図 14 に示すように、圧縮機 501、凝縮器 502、受液器 503、膨張機 504、及び蒸発器 505 の順に冷媒が循環される構成において、膨張機 504 には、その駆動軸と同軸上に連結された発電機 506 が備えられ、蒸発器 505 の出口に設けられた冷媒の過熱度を検出する過熱度検出部 512 と、その信号に基づいて発電機 506 の励磁電流を制御する制御部 511 と、発電機 506 により発生した交流を直流に変換する整流器 508 と、直流電力を回収する蓄電器 510 とを備えている。

このような冷凍装置の場合、発電機 506 の励磁電流（即ち、励磁コイルに流れる電流量）を調整することにより発電機 506 を制御し、発電機 506 の負荷トルクの増減により、膨張機 504 の回転制御を行って冷媒流量を調整するとともに、発電機 506 により発生する電力を蓄電器 510 に効率良く回収している。

即ち、発電機 506 は、ロータの他端に固定される駆動軸によって駆動力を入力し、発電する構成になっている。発電機 506 には、ブラシが備えられ、ブラシはスリップリングに摺動してロータコイルに励磁電流を供給する機能を有する。冷媒の膨張回転仕事により駆動軸が回転されると、ロータコイルに供給される励磁電流により磁界が生成されてステータコイルに起電力が生じ、この起電力はステータコイルより交流電力として出力される。

また、発電機 506 の励磁電流を生成するための励磁部 507 は、図 15 に示す回路構成になっており、制御部 511 の出力する励磁電流制御信号を入力信号とし、励磁部 507 から励磁電流を出力信号として発電機 506 に供給する構成になっている。

即ち、npn形のトランジスタ Tr604（以下、Tr604）のベースには、制御部 511 から出力される励磁電流制御信号が印加される。また、Tr604のエミッタは、発電機 506 のマイナス端子に接続され、Tr604のコレクタは、抵抗 605 を介して発電機 506 のロータコイル 602 に接続されている。また、トランジスタ Tr603（

10

20

30

40

50

以下、Tr 603)のベースは、Tr 604のコレクタに接続され、Tr 603のエミッタは発電機506のマイナス端子に接続され、Tr 603のコレクタはロータコイル602を介して発電機506のプラス端子に接続されている。これにより、制御部511からTr 604のベースに印加される励磁電流制御信号を増大すると、Tr 604が導通してロータコイル602を流れる励磁電流を増大させ、逆にTr 604のベースに印加される励磁電流制御信号を減少すると、励磁電流を減少させるようになっている。

さらに、励磁電流制御信号を出力する制御部511は、冷凍サイクルの温度情報などに基づいて、適正な冷媒流量になるように励磁部507に出力する励磁電流制御信号を制御する構成になっている。例えば、冷媒循環量が少ない場合には、発電機506の励磁電流を減らし、負荷トルクを減少して膨張機504の回転数を増加させる。逆に、循環量が多い場合には、発電機506の励磁電流を増やし、負荷トルクを増大させ、膨張機504の回転数を減少させる。また、発電機506により発電された交流電圧は、整流器508を介して直流電圧に変換され、可変負荷抵抗509を介して充電電圧がほぼ一定になるように制御され、蓄電器510を充電する。

10

このように、ロータコイル602と、ロータコイル602に励磁電流を供給する励磁部507とを備えた発電機506によってその励磁電流を制御することにより、膨張機504の回転数を制御していた。

また、特許文献5には、風車に軸結合される永久磁石型同期発電機の出力をAC-D C変換器(可変速インバータ)を用いて変換する風力発電機において、可変速インバータを制御することにより、発電機の出力電圧とその回転数の可変速制御を行うことが記載されている。

20

さらに、特許文献6には、永久磁石型同期発電機の出力電流と端子電圧から位置推定器により、磁極位置を推定した上で、発電機のトルクを制御することが記載されている。

【特許文献1】

特開2000-241033号公報

【特許文献2】

特開2000-249411号公報

【特許文献3】

特開2001-165513号公報

【特許文献4】

特開平1-168518号公報

【特許文献5】

特開2000-345952号公報

【特許文献6】

特開2002-354896号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところが、特許文献4に記載の構成の場合、発電機の回転子の中に励磁部やコイルが備わっているため、重量が大きくなり、且つ、その構成が複雑であった。また、励磁部に電流が流れるため、回転子内の電力ロスがあり、発電効率が低くなっていた。

40

また、励磁電流を調整することで発電機の回転数を制御しているため、狭い励磁電流の調整範囲を超えた回転数に対しては、膨張機を制御することはできない。そのため、冷凍サイクルの最適化状態を作り出すのが難しく、冷凍サイクルの効率を最適にすることができなかった。

また、引用文献5に記載の発電機の制御の場合、回転子に励磁子とコイルが無い場合、回転子側の重量が減少し、かつ、回転子内の電流ロスが減少するため、発電効率が高くなるとされているが、発電機の磁極位置を検出する方法については記載がない。励磁部等の永久磁石型同期発電機を用いた場合、この発電機を制御するには、発電機の磁極位置を検出することが必要である。発電機の磁極位置検出のためには、従来、エンコーダなど

50

の回転位置センサの使用が不可欠であった。そのため、例えば膨張機と発電機の一体型構造の場合であれば、エンコーダのために回転軸をシェル外に出す必要があり、そのためには、圧力に対する軸シールなどの対策が必要となり、信頼性を低下させるものであった。

また、風力発電機等においては、永久磁石型同期発電機の回転速度にかかわらず直流電圧を一定に保つために、エンコーダを用いずに、電流により磁極位置を推定し、発電機を制御するという技術は特許文献6に開示されている。しかしながら、ヒートポンプ装置においては、単に発電機の出力を最大にするのみでなく、発電機の出力を効率よく利用しながら、かつ、冷凍サイクルの効率を最適にする制御が必要とされる。

また、起動時などにおいて、膨張機を強制的に回転させることのできない構成であり、冷凍サイクルの信頼性を低下させていた。

10

【0004】

したがって本発明は、上記の課題を解決するもので、回転子側の重量が減少し、且つ、回転子に励磁部とコイルがなく、従って、そこに電気が流れず、回転子内の電力ロスがないために発電効率が高くなり、更には、回転子側の構成が簡素であってコストが低くなり、発電機の有効性を活用することができるヒートポンプ装置を提供することを目的とする。

また他の目的は、効率の高い、信頼性の高いヒートポンプ装置を提供することにある。即ち、広範囲な回転数で膨張機を制御することを可能とし、効率の最適化を図り、回転位置センサレスで永久磁石型同期発電機を制御することを可能とし、シール性などの点から信頼性の向上を図り、起動時に膨張機を強制回転させることを可能とし、起動性を改善して冷凍サイクルの信頼性の向上を図るものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

第1の発明に係るヒートポンプ装置は、冷媒を圧縮する圧縮機と、圧縮機により圧縮された冷媒を冷却する放熱器と、放熱器を通過した冷媒を膨張させる膨張機と、膨張機により膨張した冷媒を蒸発させる蒸発器と、圧縮機、放熱器、膨張機、及び蒸発器に冷媒を循環させる冷媒配管と、膨張機に接続された永久磁石型同期発電機と、永久磁石型同期発電機に流れる電流を検出する電流センサと、永久磁石型同期発電機が出力する交流電力を直流電力に変換し、電流センサにより検出された電流値により永久磁石型同期発電機の磁極位置を推定するとともに、電流値および磁極位置を用いて永久磁石型同期発電機の回転数を所定の値に制御する第1のコンバータとを有し、圧縮機の起動後の、所定の時間後に、第1のコンバータによって発電機を力行起動させるものである。

30

第1の発明によれば、システムの立ち上げを迅速に行なうことができ、システム作動開始時の膨張機の起動をスムーズに行なうことができる。

第2の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、圧縮機と膨張機との間に設置されて冷媒の圧力を検出する圧力センサと、圧縮機と膨張機との間に設置されて冷媒の温度を検出する温度センサと、圧力センサ及び温度センサからの信号により第1のコンバータを制御する発電機回転数制御手段とを更に有し、前記所定の時間後に、発電機回転数制御手段を用いて前記第1のコンバータを制御するものである。

上記第2の発明によれば、第1のコンバータで永久磁石型同期発電機の回転数を所定の値に制御し、膨張機に接続された永久磁石型同期発電機により電力回収を行える。永久磁石型同期発電機には励磁部等がないので、発電機の重量が減少し、且つ、発電効率が高くなり、それにより総合効率が高くコストの低いヒートポンプ装置を実現できる。また、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

40

第3の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、電流センサにより検出された電流値により永久磁石型同期発電機の磁極位置および回転数を推定するとともに、電流値、磁極位置および回転数を用いて永久磁石型同期発電機の電流値および回転数を所定の値に制御するものである。

上記第3の発明によれば、回転位置センサなしで永久磁石型同期発電機の回転数を制御することができ、それにより同一シェル内に発電機と膨張機を一体化して収納することも可

50

能となり、シール性に優れ信頼性の高いヒートポンプ装置を実現できる。

第4の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、商用電源の交流を直流に変換する第2のコンバータと、第1および第2のコンバータから出力された直流をインバータの入力端に接続して、所定の周波数の交流に変換して圧縮機を駆動するインバータとを更に有するものである。

上記第4の発明によれば、膨張機の発電電力を圧縮機の駆動電力として利用することを可能とし、簡易な構成とすることができるとともに、電力を効率良く回収することができる。

第5の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、圧縮機と膨張機との間に設置されて冷媒の圧力及び温度を検出する圧力センサ及び温度センサと、圧力センサ及び温度センサからの信号により冷媒の圧力を最適圧力とするように発電機の電流値を制御する発電機電流制御手段とを更に有するものである。

上記第5の発明によれば、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

第6の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、圧縮機と膨張機との間に設置されて冷媒の圧力及び温度を検出する圧力センサ及び温度センサと、圧力センサ及び温度センサからの信号により冷媒の圧力を最適圧力とするように発電機の発電量を制御する発電機発電量制御手段とを更に有するものである。

上記第6の発明によれば、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

第7の発明に係るヒートポンプ装置は、第1の発明に係るヒートポンプ装置において、冷媒が、二酸化炭素である。

上記第7の発明によれば、ヒートポンプ装置の成績係数(COP)の低下が回避されるので、冷媒として二酸化炭素を用いて地球温暖化防止の一助とすることができる。

【発明の効果】

【0006】

本発明のヒートポンプ装置によれば、発電機に励磁部を設けず、発電機の回転子側の重量を減少することができる。また同装置によれば、回転子内の電力ロスがないために発電効率が高くなり、更には、回転子側の構成が簡素で低コストの動力回収システムを実現できる。また、第1のコンバータによる発電機のスイッチング制御により、発電機を介した膨張機の制御を広範囲に行うことが可能となり、動力回収効率や冷凍システム効率の向上を図れる。

【発明を実施するための最良の形態】

(実施の形態1)

【0007】

本発明のヒートポンプ装置の一実施の形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明による実施の形態1のヒートポンプ装置を示すブロック構成図である。

本実施の形態のヒートポンプ装置は、作動流体を膨張させる膨張機711と、膨張機711に接続された永久磁石型同期発電機710(以下、発電機710)と、発電機710が出力する交流電力を直流電力に変換するとともに発電機710の駆動を制御する機能を有する第1のコンバータ708とを具備して構成される。

さらに、圧縮機707と、圧縮機707を駆動する電動機706と、電動機706を制御するモータ駆動装置704と、整流回路702及び平滑コンデンサ703で交流電源701から変換した直流電力や、第1のコンバータ708からの直流電力を、モータ駆動装置704を介して電動機706に供給する電源回路とを含み構成される。

【0008】

次に、上記構成の動作について説明する。

図1において、商用電源の交流電源701からの入力を整流回路702で直流に整流された直流電圧は、平滑コンデンサ703により電圧を平滑化された後、モータ駆動装置704により3相の交流電圧に変換され、それにより電動機706が駆動される。電動機706の駆動により圧縮機707が圧縮機能を果たす。モータ駆動装置704は、直流電圧を交流に変換するためのスイッチング素子群705などから構成されており、PWM(P

10

20

30

40

50

ulse Width Modulation)方式でスイッチング素子群705を所定の交流周波数を実現するようにON-OFFさせることにより、任意の交流を出力することができるものである。なお、本実施の形態では、整流回路702及び平滑コンデンサ703の構成が第2のコンバータであり、モータ駆動装置704の構成がインバータに相当する。

一方、膨張機711により動力を回収するために設置された発電機710には、その発電機710により発電される3相交流電力を直流に変換するための第1のコンバータ708が接続されている。この第1のコンバータ708は、発電機710により発電される交流電力を直流に変換するとともに、内部に構成されたスイッチング素子群709をPWM方式でスイッチングすることにより、与えられる目標回転数で発電機710を回転させる機能を有する。この発電機710の回転数を制御する機能により、発電機710を介して膨張機711の回転数を制御することが可能となり、これにより、膨張機711を用いたヒートポンプ装置において、その膨張機711を最適な回転数で駆動することができる。すなわち、第1のコンバータ708のスイッチング制御により、発電機710の、即ち膨張機711の広範囲な回転制御が可能となる。

10

【0009】

また、第1のコンバータ708からの直流出力線は、整流回路702から平滑コンデンサ703を介して得られる直流電力ラインに並列接続される。これにより、第1のコンバータ708から回生された電力は、モータ駆動装置704の駆動エネルギーに消費される。

20

ところで、交流電源701から整流回路702を経て入力される電力を W_{in} 、モータ駆動装置704にて消費される電力を W_m 、第1のコンバータ708により回生される電力を W_g と記述すると、次式が成り立つ。

$$W_{in} + W_g = W_m \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式1})$$

ここで、ヒートポンプ装置における冷凍サイクル上に、この圧縮機707と膨張機711が設置されている場合を考えると、通常は、圧縮機707の消費電力量 W_m の方が、膨張機711による回生電力 W_g よりも大であるため、交流電源701からの入力電力 W_{in} は正の値である。

従って、第1のコンバータ708の出力を第2のコンバータの出力端に接続しても、交流電源701に対して回生電流が流れることはなく、そのため特別な系統連携の制御装置がなくても、平滑コンデンサ703の電圧が過剰に上昇することはない。従って、このような簡易な構成の本実施の形態のヒートポンプ装置により、発電機710により得られた電力を効率良く回収することができる。

30

【0010】

さらに、本実施の形態について、第1のコンバータ708の構成とその動作から補足説明する。図2は、図1に示すヒートポンプ装置の第1のコンバータの詳細ブロック構成図である。

この第1のコンバータ708は、2個の電流センサ805a, 805bと、スイッチング素子803a, 803b, 803c, 803d, 803e, 803f及び環流ダイオード804a, 804b, 804c, 804d, 804e, 804fが対になった変換回路と、2軸電流変換手段806、回転子位置回転数推定手段807、ベースドライバ808、正弦波電圧出力手段809、電流制御手段810、電流指令作成手段811、及び回転数制御手段812から成る制御回路とから構成される。

40

そして、発電機710の3相交流の発電出力は、第1のコンバータ708を介して、例えば、直流電源801及び平滑コンデンサ802側に供給されるように接続される。ここで、直流電源801及び平滑コンデンサ802は、図1における整流回路702及び平滑コンデンサ703に相当する。さらに、3相の交流出力は、第1のコンバータ708により直流に変換される。その際、外部より与えられる目標回転数の情報に基づいて発電機710の回転数が目標回転数となるように制御が行われる。

つまり、第1のコンバータ708のスイッチング素子803a~803fのスイッチ

50

グパターンを、電流センサ 805 a, 805 b から得られる発電機 710 の電流情報から推定された発電機 710 の磁極位置の情報と、発電機 710 の回転数の情報と、外部から与えられる目標回転数の情報とから決定する。さらに、このスイッチングパターン信号は、ベースドライバ 808 により、スイッチング素子 803 a ~ 803 f を電氣的に駆動するためのドライブ信号に変換され、これらのドライブ信号にしたがって、各スイッチング素子 803 a ~ 803 f が動作する構成となっている。

【0011】

次に、第1のコンバータ708の動作について説明する。

まず、外部より与えられる目標回転数 I^* を実現するように、現在の回転数（後述する推定回転数 m ）との誤差から電流指令 I^* が、次式（式2）を用いて回転数制御手段 812 により演算される。演算方法としては、一般的なPI制御方式による。

$$I^* = G_p \times (I^* - m) + G_i \times \int (I^* - m) \cdot \dots \quad (\text{式2})$$

ここで、 G_p , G_i は速度制御比例ゲイン、積分ゲイン、 m は回転数、 I^* は目標回転数、 I^* は電流指令である。

さらに演算された電流指令値 I^* から、電流指令作成手段 811 は、電流位相角を実現するためのd軸電流指令 I_d^* 、q軸電流指令 I_q^* を次式により演算する。

$$I_d^* = I^* \times \sin(\theta) \cdot \dots \quad (\text{式3})$$

$$I_q^* = I^* \times \cos(\theta) \cdot \dots \quad (\text{式4})$$

ここで、 θ は電流位相角である。

一方、電流センサ 805 a, 805 b により検出された発電機 710 の相電流 I_u , I_v は、2軸電流変換手段 806 により、次式（式5）により、発電機 710 のマグネットトルクに寄与するq軸電流 I_q と、それに直交するd軸電流 I_d の2軸電流に変換される。

【0012】

【数1】

$$i_a = \sqrt{\frac{3}{2}} \times i_u$$

$$i_b = \sqrt{\frac{1}{2}} \times (i_u + 2 \times i_v)$$

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix} \cdot \dots \quad (\text{式5})$$

【0013】

ここで、 θ は回転子位置（発電機の磁極位置）である。

【0014】

そして、電流制御手段 810 は、与えられた電流指令 I_d^* , I_q^* と、電流値 I_d , I_q を用いて、次式により電流指令を実現するように制御演算を行い、出力電圧 V_d , V_q を出力する。

$$V_d = G_{pd} \times (I_d^* - I_d) + G_{id} \times \int (I_d^* - I_d) \cdot \dots \quad (\text{式6})$$

$$V_q = G_{pq} \times (I_q^* - I_q) + G_{iq} \times \int (I_q^* - I_q) \cdot \dots \quad (\text{式7})$$

ここで、 V_d , V_q はd軸電圧、q軸電圧、 G_{pd} , G_{id} はd軸電流制御比例ゲイン、積分ゲイン、 G_{pq} , G_{iq} はq軸電流制御比例ゲイン、積分ゲインである。

次に、求められた2方向の出力 V_d , V_q から、出力波形が正弦波となるように3相の出力電圧 V_u , V_v , V_w が、後述の方法で推定した回転子位置を用いて、一般的な2相3相変換により、次式（式8）により変換して求められる。

【0015】

【数2】

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2/3} & 0 \\ -\sqrt{1/6} & \sqrt{1/2} \\ -\sqrt{1/6} & -\sqrt{1/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式8)}$$

【0016】

10

ここで、 V_u 、 V_v 、 V_w はU相、V相、W相の電圧、 θ は回転子位置である。

さらに、正弦波電圧出力手段809は、出力電圧 V_d 、 V_q と、回転子位置回転数推定手段807によって推定された回転子位置との情報に基づいて、発電機710を駆動するためのドライブ信号をベースドライバ808に出力する。そして、ベースドライバ808は、そのドライブ信号に従って、スイッチング素子803a～803fを駆動するための信号を出力する。これにより、発電機710が目標とする回転数（速度）にて駆動される。

【0017】

次に、回転子位置回転数推定手段807の動作について説明する。

まず、電流センサ805a、805bにより検出された電流から、各相の巻線に流れる相電流(i_u 、 i_v 、 i_w)が得られる。また、正弦波電圧出力手段809により出力される3相のデューティ値 D_u 、 D_v 、 D_w と、分圧抵抗813a、813bから得られる電源電圧 V_{dc} とから、各相の巻線に印加される相電圧(v_u 、 v_v 、 v_w)が次式により求められる。

$$v_u = D_u \times V_{dc} \quad \dots \text{(式9)}$$

$$v_v = D_v \times V_{dc} \quad \dots \text{(式10)}$$

$$v_w = D_w \times V_{dc} \quad \dots \text{(式11)}$$

これらの値から、次式(式12)、(式13)、(式14)の演算により、各相の巻線に誘起される誘起電圧値 e_u 、 e_v 、 e_w が求められる。

$$e_u = v_u - R \cdot i_u - L \cdot d(i_u) / dt \quad \dots \text{(式12)}$$

$$e_v = v_v - R \cdot i_v - L \cdot d(i_v) / dt \quad \dots \text{(式13)}$$

$$e_w = v_w - R \cdot i_w - L \cdot d(i_w) / dt \quad \dots \text{(式14)}$$

ここで、 R は抵抗、 L はインダクタンスである。また、 $d(i_u) / dt$ 、 $d(i_v) / dt$ 、 $d(i_w) / dt$ は、それぞれ i_u 、 i_v 、 i_w の時間微分である。

【0018】

次に、演算した誘起電圧値 e_u 、 e_v 、 e_w を用いて、回転子位置 θ と推定回転数 m を推定する。これは、電動機駆動装置が認識している推定角度 θ を誘起電圧の誤差を用いて補正することにより、真値に収束させて、回転子位置 θ を推定する方法である。また、推定角度 θ から、推定回転数 m をも推定する。

まず、各相の誘起電圧基準値(e_{um} 、 e_{vm} 、 e_{wm})を次式で求める。

$$e_{um} = e_m \cdot \sin(\theta - T)$$

$$e_{vm} = e_m \cdot \sin(\theta - T - 120^\circ)$$

$$e_{wm} = e_m \cdot \sin(\theta - T - 240^\circ) \quad \dots \text{(式15)}$$

ここで、 e_m 誘起電圧振幅値 e_m は、誘起電圧値 e_u 、 e_v 、 e_w の振幅値と一致させることにより求める。

また、次式(式16)を用いて、各相の誘起電圧値 e_s から各相の誘起電圧基準値 e_{sm} を減算し、偏差 Δe_s を求める。

$$\Delta e_s = e_s - e_{sm} \quad \dots \text{(式16)}$$

ここで、 s は相(u/v/w)である。

そして、この偏差 Δe_s が、0になれば推定角度 θ が真値になるので、偏差 Δe_s を0に収斂

50

させるようにして、例えば、PI演算で偏差を収斂する方法で、推定角度 m の真値を推定回転子位置（推定磁極位置）として求める。また、推定角度 m の変動値を演算することにより、推定回転数 m を推定することができる。なお、この推定方法は当業者であれば自明であるので、その説明を割愛する。

【0019】

以上のように本実施の形態のヒートポンプ装置では、第1のコンバータが、例えば電流センサや回転子位置回転数推定手段などを用いて、発電機の磁極位置及び回転数を推定し、これらの推定磁極位置と推定回転数に基づいて、励磁部等のない永久磁石型同期発電機の回転数、即ち膨張機の回転数を制御し、膨張機に接続された発電機による電力回収を効率よく行うことが可能となる。これにより、当該発電機の回転子側には励磁部やコイルがないので、発電機の重量が減少し、且つ励磁部等による電力ロスがないために発電効率が高くなり、更には構成が簡素であってコストが低減するヒートポンプ装置を提供することができる。

10

また、本実施の形態では、位置センサレスで発電機の磁極位置を知ることができるので、例えば、エンコーダ用の軸シールなどが不要となり、膨張機と発電機を密閉一体型シェルに収納することができ、信頼性（シール性）の高いヒートポンプ装置が実現する。

（実施の形態2）

【0020】

本発明のヒートポンプ装置を冷凍サイクルに用いた場合の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図3は、本発明による実施の形態2のヒートポンプ装置を示すブロック構成図である。

20

本実施の形態のヒートポンプ装置は、冷媒を圧縮する圧縮機901と、圧縮機901により圧縮された冷媒を冷却する放熱器902と、放熱器902を通過した冷媒を膨張させる膨張機903と、膨張機903により膨張した冷媒を蒸発させる蒸発器904と、以上の各要素機器間に冷媒を循環させる冷媒配管914とを備え、膨張機903に接続された永久磁石型同期発電機907（以下、発電機907）と、発電機907が出力する交流電力を直流電力に変換するとともに発電機907の駆動を制御する機能を有する第1のコンバータ908とを具備して構成される。

また、圧縮機901を駆動する電動機905と、電動機905を制御するモータ駆動装置906と、整流回路912及び平滑コンデンサ913で交流電源911から変換した直流電力や第1のコンバータ908からの直流電力を、モータ駆動装置906を介して電動機905に供給する電源回路と、膨張機回転数決定手段909、膨張機起動手手段910、冷媒の圧力を検出する圧力センサ915、及び冷媒の温度を検出する温度センサ916などからなり、第1のコンバータ908に信号を出力する制御回路とを含み構成される。

30

なお、圧力センサ915及び温度センサ916は、ヒートポンプサイクルの高圧側である圧縮機901と膨張機903との間に設置されるものであり、本実施の形態の場合は、それらを放熱器902の出口に設置している。

また、発電機907に接続されている第1のコンバータ908は、実施の形態1の第1のコンバータ708と同様の構成であり、その説明を省略する。

【0021】

40

次に、上記構成の動作について説明する。

図3において、モータ駆動装置906と電動機905によって駆動される圧縮機901により、圧縮された冷媒が放熱器902で冷却され、その後、膨張機903を通過する際に膨張し、この膨張機903に接続された発電機907を回転させる。そして、膨張機903内で膨張した冷媒は、蒸発器904内で外部より吸熱して気化した後、再び圧縮機901へ戻る。なお、この閉回路は冷媒配管914により連結されている。

そして、交流電源911からの入力を整流回路912で直流に整流された直流電圧は、平滑コンデンサ913により平滑化された後、モータ駆動装置906により3相の交流電圧に変換され、それにより電動機905が駆動される。電動機906の駆動により、圧縮機901が圧縮機能を果たす。また、冷媒の膨張力により発生した膨張機903のトルク

50

は、発電機 907 の回転力となり、発電が行われる。この発電機 907 により発電された電力は、第 1 のコンバータ 908 により直流に変換された後、平滑コンデンサ 913 の両端に供給される。このように、膨張機 903 に接続された発電機 907 により発電された電力は、圧縮機 901 のモータ駆動の補助動力として使用されることになる。

【0022】

ここで、発電機 907、即ち膨張機 903 の回転数は、第 1 のコンバータ 908 により制御される。また、圧縮機 901 の回転数は、モータ駆動装置 906 により制御される。

また、第 1 のコンバータ 908 には、膨張機回転数決定手段 909 から目標回転数が与えられる。この膨張機回転数決定手段 909 は、圧力センサ 915 及び温度センサ 916 が検出した放熱器 902 の出口温度、及び出口圧力の値より、最適な膨張機回転数（目標回転数）を決定する。この最適な膨張機回転数は、図 4 に示す、放熱器出口圧力、放熱器出口温度に対する本冷凍サイクルの効率のデータより決定される。

10

この図に示すように、本冷凍サイクルの効率は、放熱器 902 の出口圧力及び出口温度により最大となる点が異なり、その点を結んだ線が図中の最適効率圧力線である。この圧力線を用いて、放熱器出口温度を計測することにより、そのときの放熱器出口圧力として最適圧力が求められる。

【0023】

次に、膨張機回転数決定手段 909 の動作について説明する。図 5 は、図 3 に示すヒートポンプ装置における膨張機回転数決定のフローチャートであり、膨張機回転数決定手段 909 におけるサイクル効率を最大にする膨張機回転数の値の決定手順を示す。

20

まず、ステップ 101 において、測定された放熱器出口の圧力及び温度の値を入力する。そして、図 4 に示す最適圧力のデータに従って、効率を最大にする最適圧力の値が演算される（ステップ 102）。次に、測定された現在の出口圧力が、最適圧力より大きいかをステップ 103 にて判定する。出口圧力が最適圧力よりも大の場合には、出口圧力を下げよう膨張機 903 の目標回転数が上げられる（ステップ 104）。例えば、後述する初期回転数指令 n_1 を初期値とし、これを増加する演算を行い、次回制御の目標回転数に置き換える。そして、出口圧力を低下させるための目標回転数を第 1 のコンバータ 908 に出力する（ステップ 105）。これにより、膨張機 903 における入口、出口の圧力差が低減されることになり、結果として冷凍サイクルにおける高圧側の圧力が低下していく。

30

また、出口圧力が最適圧力よりも小の場合には、出口圧力を上げるように膨張機 903 の目標回転数が下げられる（ステップ 106）。そして、出口圧力上昇の目標回転数を第 1 のコンバータ 908 に出力する（ステップ 107）。これにより、膨張機 903 における入口、出口の圧力差が増加することになり、結果として冷凍サイクルにおける高圧側の圧力が上昇する。

これらの制御を繰り返すことにより、放熱器 902 の出口圧力は、冷凍サイクルの効率を最大にする所定の最適圧力値になる。

なお、上記ステップ 102 は、放熱器出口圧力、放熱器出口温度、最適圧力のデータなどから、最適圧力を算出する最適値算出手段に該当する。

【0024】

40

以上のように本実施の形態のヒートポンプ装置では、第 1 のコンバータ 908 を、膨張機回転数決定手段 909 からの目標回転数に基づいて、冷媒の圧力を所定の最適圧力値にするように、発電機 907 の回転数（即ち、膨張機 903 の回転数）を制御する構成により、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

また、本実施の形態によってサイクル効率の最適化が行われ、成績係数（COP）が向上することで、ヒートポンプ装置に冷媒として二酸化炭素を用いることが可能となり、地球温暖化防止に役立てることができる。

【0025】

次に、膨張機起動手段 910 の動作について説明する。図 6 は、図 3 に示すヒートポンプ装置における膨張機起動時の状態推移図であり、膨張機起動手段 910 における起動時

50

の回転数の設定シーケンスを示す。即ち、起動時から定常時までの放熱器出口圧力、膨張機回転数、発電機電流の推移例を表したものである。

図6において、ヒートポンプ装置の起動時には、圧縮機901の回転数が上昇していき、徐々に放熱器出口圧力が上昇を始める。このとき、圧縮機901を起動した後、時刻t1までの間、第1のコンバータ908で発電機907に流れる電流を零(±0)にする制御を実行し、発電機907に負荷トルクが掛からない発電停止運転を行う。

即ち、第1のコンバータ908による発電機907の発電運転を、圧縮機901の起動後の、所定の時間後の時刻t1に開始させる機能を有することにより、その間、膨張機903をスムーズに回転させて本来の膨張機能を発揮させ、ヒートポンプシステムの立ち上がりを迅速化するものである。

【0026】

その後、時刻t1のタイミングにおいて、膨張機903の初期回転数指令(目標回転数の初期値)をn1と設定する。これにより、膨張機903の起動負荷を超える発電機907の力行モードの駆動が実現され、スムーズな膨張機903の回転が行われる。

この時刻t1時点より、膨張力が十分に得られる時刻t2までの期間は、膨張機903における発電機907の電流が力行側、つまり電源回路から発電機907の方向(発電機に電気を入力するマイナスの電流方向)に流れるように、第1のコンバータ908で制御する。即ち、第1のコンバータ908が発電機907を力行駆動させる機能を有することにより、起動時などにおいて、発電機を電動機として使用した膨張機を強制的に回転させ、膨張機903の起動をスムーズに行い、冷凍サイクルの信頼性の向上を図るものである。

【0027】

さらに、膨張力が増大した時刻t2時点以降においては、発電機907の電流が回生側、つまり発電機907から電源回路の方向(発電機から電気を出力するプラスの電流方向)に流れるように、第1のコンバータ908で制御する。これにより、発電機907の回生モードの駆動が実現され、発電機907による電力回収が開始される。

そして、時刻t3時点から、初期回転数指令n1の設定を解除し、膨張機回転数決定手段909に正規の目標回転数を出力させ、出口圧力を最適圧力値にする制御を実行する。即ち、定常運転が行われて、放熱器出口圧力、膨張機回転数及び発電機電流が徐々に上昇し、最適圧力値、目標回転数及び目標電流に達する。

このように本実施の形態によれば、起動時の発電機907の発電停止運転や、力行モード駆動により、迅速なシステムの立ち上がりや、スムーズな膨張機903の起動が得られ、信頼性の高いヒートポンプ装置が提供される。なお、時間差を設けずに圧縮機起動と同時に発電機の力行駆動を行う構成でも良く、上記と同様な効果が得られる。

(実施の形態3)

【0028】

本発明のヒートポンプ装置を冷凍サイクルに用いた場合の別の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図7は、本発明による実施の形態3のヒートポンプ装置を示すブロック構成図である。

本実施の形態のヒートポンプ装置は、冷媒を圧縮する圧縮機1201と、圧縮機1201により圧縮された冷媒を冷却する放熱器1202と、放熱器1202を通過した冷媒を膨張させる膨張機1203と、膨張機1203により膨張した冷媒を蒸発させる蒸発器1204と、以上の各要素機器間に冷媒を循環させる冷媒配管1213とを備え、膨張機1203に接続された永久磁石型同期発電機1207(以下、発電機1207)と、発電機1207が出力する交流電力を直流電力に変換するとともに発電機1207の駆動を制御する機能を有する第1のコンバータ1208とを具備して構成される。

また、圧縮機1201を駆動する電動機1205と、電動機1205を制御するモータ駆動装置1206と、整流回路1211及び平滑コンデンサ1212で交流電源1210から変換した直流電力や第1のコンバータ1208からの直流電力を、モータ駆動装置1206を介して電動機1205に供給する電源回路と、発電機電流決定手段1209、放

10

20

30

40

50

熱器 1202 出口で冷媒の圧力を検出する圧力センサ 1214、及び放熱器 1202 出口で冷媒の温度を検出する温度センサ 1215 などからなり、第 1 のコンバータ 1208 に信号を出力する制御回路とを含み構成される。

【0029】

次に、膨張機に接続された発電機の電流を制御するための第 1 のコンバータの構成を説明する。図 8 は、図 7 に示すヒートポンプ装置の第 1 のコンバータの詳細ブロック構成図である。

この第 1 のコンバータ 1208 は、2 個の電流センサ 1405 a、1405 b と、スイッチング素子 1403 a、1403 b、1403 c、1403 d、1403 e、1403 f 及び環流ダイオード 1404 a、1404 b、1404 c、1404 d、1404 e、1404 f が対になった変換回路と、2 軸電流変換手段 1406、回転子位置回転数推定手段 1407、ベースドライバ 1408、正弦波電圧出力手段 1409、電流制御手段 1410、及び電流指令作成手段 1411 からなる制御回路とから構成される。なお、図中 1413 a、1413 b は分圧抵抗である。

10

そして、発電機 1207 の 3 相交流の発電出力は、第 1 のコンバータ 1208 を介して、例えば、直流電源 1401 及び平滑コンデンサ 1402 側に供給されるように接続される。ここで、直流電源 1401 及び平滑コンデンサ 1402 は、図 7 における整流回路 1211 及び平滑コンデンサ 1212 に相当する。さらに、3 相の交流出力は、第 1 のコンバータ 1208 により直流に変換される。その際、外部より与えられる目標電流の情報に基づいて発電機 1207 の電流が目標電流となるように制御が行われる。

20

【0030】

つまり、第 1 のコンバータ 1208 のスイッチング素子 1403 a ~ 1403 f のスイッチングパターンを、電流センサ 1405 a、1405 b から得られる発電機 1207 の電流情報から推定された発電機 1207 の磁極位置の情報と、発電機 1207 の電流の情報と、外部から与えられる目標電流の情報とから決定する。さらに、このスイッチングパターン信号は、ベースドライバ 1408 により、スイッチング素子 1403 a ~ 1403 f を電氣的に駆動するためのドライブ信号に変換され、これらのドライブ信号にしたがって、各スイッチング素子 1403 a ~ 1403 f が動作する構成となっている。

そして、外部より与えられる目標電流を実現するように、電流指令作成手段 1411 は、電流位相角を実現するための d 軸電流指令 I_d^* 、q 軸電流指令 I_q^* を次式により演算する。

30

$$I_d^* = I^* \times \sin(\quad) \cdots (\text{式 3})$$

$$I_q^* = I^* \times \cos(\quad) \cdots (\text{式 4})$$

ここで、 I^* は電流指令、 \quad は電流位相角である。

d 軸電流指令 I_d^* 、q 軸電流指令 I_q^* を実現するための方法などは、実施の形態 1 に示した第 1 のコンバータ 708 と同様である。以上のような構成により、発電機 1207 の電流の制御を実現することができる。

【0031】

次に、上記構成の動作について説明する。

図 7 において、モータ駆動装置 1206 と電動機 1205 によって駆動される圧縮機 1201 により、圧縮された冷媒が放熱器 1202 で冷却され、その後、膨張機 1203 を通過する際に膨張し、この膨張機 1203 に接続された発電機 1207 を回転させる。そして、膨張機 1203 内で膨張した冷媒は、蒸発器 1204 内で外部より吸熱して気化した後、再び圧縮機 1201 へ戻る。なお、この閉回路は冷媒配管 1213 により連結されている。

40

そして、交流電源 1210 からの入力を整流回路 1211 で直流に整流された直流電圧は、平滑コンデンサ 1212 により平滑化された後、モータ駆動装置 1206 により 3 相の交流電圧に変換され、それにより電動機 1205 が駆動されることにより、圧縮機 1201 が圧縮機能を果たす。また、冷媒の膨張力により膨張機 1203 を介して発電機 1207 が回転させられて発電する。この発電機 1207 により発電された電力は、第 1 のコ

50

ンバータ 1208 により直流に変換された後、平滑コンデンサ 1212 及び電動機 1205 に供給される。このように、発電機 1207 により発電された電力は、圧縮機 1201 のモータ駆動の補助動力として使用される。

【0032】

さらに、本実施の形態においては、第 1 のコンバータ 1208 で、膨張機 1203 のトルクを制御する動作が行われる。即ち、第 1 のコンバータ 1208 には、発電機電流決定手段 1209 から発電機 1207 の目標電流が与えられる。発電機電流決定手段 1209 は、圧力センサ 1214 及び温度センサ 1215 が検出した放熱器 1202 の出口温度、及び出口圧力の値より、最適な発電機電流（目標電流）を決定する。この最適な発電機電流は、図 4 に示す、放熱器出口圧力、放熱器出口温度に対する本冷凍サイクルの効率のデータより決定され、本冷凍サイクルの効率を最大にするように求められる。

10

【0033】

次に、発電機電流決定手段 1209 の動作について説明する。図 9 は、図 7 に示すヒートポンプ装置における発電機電流決定のフローチャートであり、発電機電流決定手段 1209 におけるサイクル効率を最大にする発電機電流の値の決定手順を示す。

まず、ステップ 201 において、測定された放熱器出口の圧力及び温度の値を入力する。そして、図 4 に示す最適圧力のデータに従って、効率を最大にする最適圧力の値が演算される（ステップ 202）。次に、測定された現在の出口圧力が、最適圧力より大きいかをステップ 203 にて判定する。出口圧力が最適圧力よりも大の場合には、出口圧力を下げるように発電機 1207 の目標電流を増加させる（ステップ 204）。そして、出口圧力を低下させるための目標電流を第 1 のコンバータ 1208 に出力する（ステップ 205）これにより、冷凍サイクルにおける高圧側の圧力が低下する。

20

また、出口圧力が最適圧力よりも小の場合には、出口圧力を上げるように発電機 1207 の目標電流を低減する（ステップ 206）。そして、出口圧力上昇の目標電流を第 1 のコンバータ 1208 に出力する（ステップ 207）。これにより、冷凍サイクルにおける高圧側の圧力が上昇する。

これらの制御を繰り返すことにより、放熱器 1202 の出口圧力は、冷凍サイクルの効率を最大にする所定の最適圧力値になる。

また、発電機 1207 の電流値は、膨張機 1203 のトルクを表しているので、目標電流により、膨張機のトルクを変更することになる。膨張機 1203 のトルクは、膨張機 1203 の入口側圧力と、出口側圧力の値により決まる値であり、膨張機 1203 のトルクを制御することにより、実質的に膨張機入口及び出口の圧力を制御することになる。従って、発電機 1207 の目標電流を設定することにより、膨張機 1203 の入口及び出口の圧力を制御することが可能である。

30

【0034】

以上のように本実施の形態のヒートポンプ装置では、第 1 のコンバータ 1208 を、発電機電流決定手段 1209 からの目標電流に基づいて、冷媒の圧力を所定の最適圧力値にするように、発電機 1207 の電流（即ち、膨張機 1203 のトルク）を制御する構成により、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

なお、本実施の形態の発電機 1207 の電流制御は、第 1 のコンバータ 1208 のスイッチング制御による発電機 1207 の回転数制御でもあり、広範囲に膨張機 1203 を制御することができる。

40

【0035】

ところで、発電機電流決定手段 1209 が、目標電流を決定する代わりに、次式に基づいて、発電機電力決定手段（図示せず）が目標発電電力を決定する構成でも良く、発電機 1207 により発生する電力量を最適圧力に従って調整し、冷媒の圧力を最適圧力値にする方式も有効である。

電力量 $W = \text{目標電流} \times \text{回転数} \cdots$ (式 17)

つまり、目標発電電力を決定することにより、膨張機 1203 に接続された発電機 1207 の回収電力量を制御することができる。

50

即ち、第1のコンバータを、発電機電力決定手段からの目標発電電力に基づいて、冷媒の圧力を所定の最適圧力値にするように、永久磁石型同期発電機の発電電力を制御する構成とすることによって、ヒートポンプ装置のサイクル効率を最適化することができる。

また、上記発電機1207の発電電力制御も、スイッチング制御による回転数制御であり、広範囲な回転数で膨張機1203を制御することができる。

【0036】

なお、本実施の形態では、電流センサは発電機の3相交流の内の2線の電流を計測する構成で説明したが、第1のコンバータの直流部分での電流センサにより構成されたものでも同様の機能を実現し、同様な効果を得ることができることは明らかである。

【産業上の利用可能性】

10

【0037】

以上のように、本発明は、膨張機を有する冷凍装置に適用され、例えば、冷暖房装置や給湯機などのヒートポンプ式冷凍装置に適している。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】 本発明による実施の形態1のヒートポンプ装置を示すブロック構成図

【図2】 図1に示すヒートポンプ装置の第1のコンバータの詳細ブロック構成図

【図3】 本発明による実施の形態2のヒートポンプ装置を示すブロック構成図

【図4】 放熱器出口圧力、温度に対する冷凍サイクルの効率の一例を示す図

【図5】 図3に示すヒートポンプ装置における膨張機回転数決定のフローチャート

20

【図6】 図3に示すヒートポンプ装置における膨張機起動時の状態推移図

【図7】 本発明による実施の形態3のヒートポンプ装置を示すブロック構成図

【図8】 図7に示すヒートポンプ装置の第1のコンバータの詳細ブロック構成図

【図9】 図7に示すヒートポンプ装置における発電機電流決定のフローチャート

【図10】 従来の蒸気圧縮式冷凍装置を示す構成図

【図11】 従来の冷凍装置を示す構成図

【図12】 二酸化炭素を用いた冷凍サイクルにおける冷媒の状態を表すモリエル線図

【図13】 従来の別の冷凍装置を示す構成図

【図14】 従来の冷凍装置を示す構成図

【図15】 従来の冷凍装置の励磁部を示す回路図

30

【符号の説明】

【0039】

701, 911, 1210 交流電源

702, 912, 1211 整流回路

703, 802, 913, 1212, 1402 平滑コンデンサ

704, 906, 1206 モータ駆動装置

705, 709 スwitching素子群

706, 905, 1205 電動機

707, 901, 1201 圧縮機

708, 908, 1208 第1のコンバータ

40

710, 907, 1207 発電機

711, 903, 1203 膨張機

801, 1401 直流電源

803a ~ 803f, 1403a ~ 1403f スwitching素子

804a ~ 804f, 1404a ~ 1404f 還流ダイオード

805a, 805b, 1405a, 1405b 電流センサ

806, 1406 2軸電流変換手段

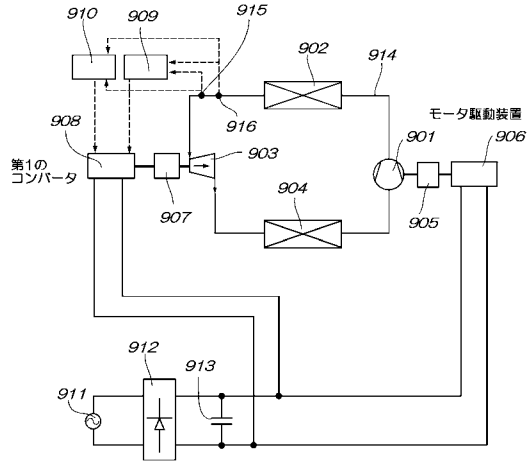
807, 1407 回転子位置回転数推定手段

808, 1408 ベースドライバ

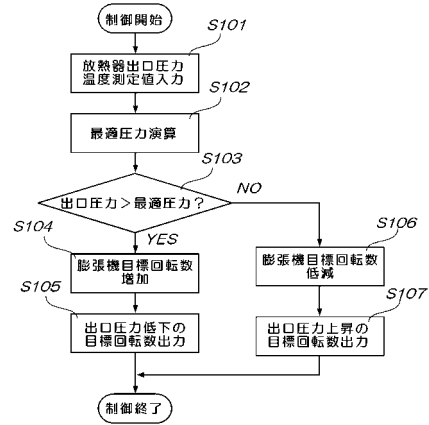
809, 1409 正弦波電圧出力手段

50

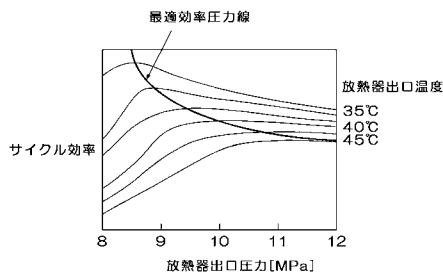
【 図 3 】



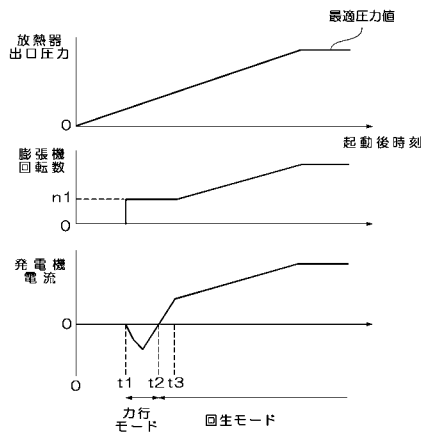
【 図 5 】



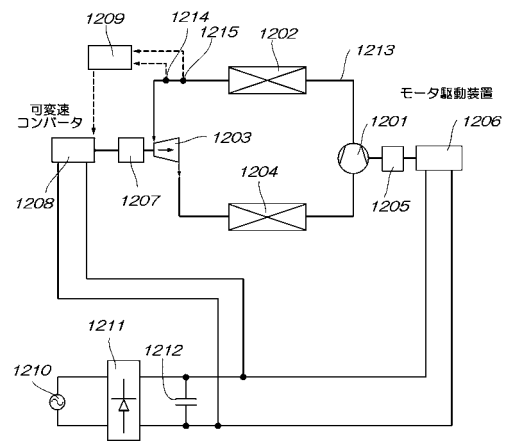
【 図 4 】



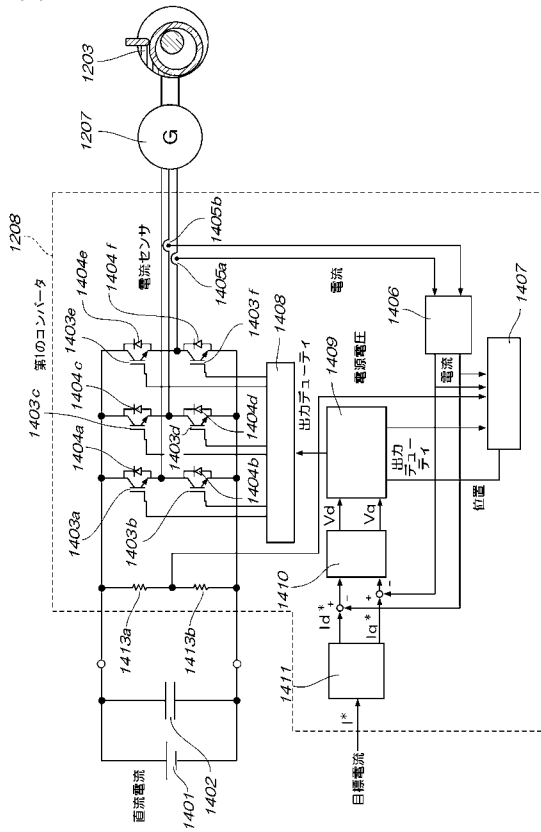
【 図 6 】



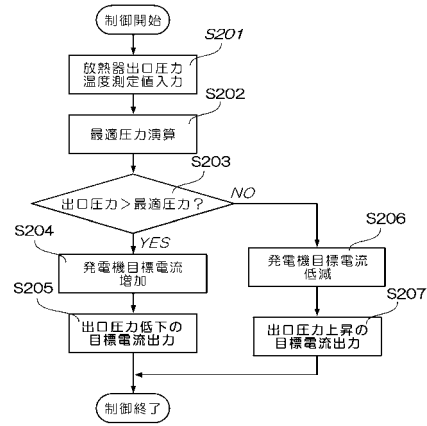
【 図 7 】



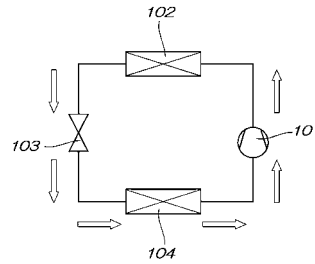
【 図 8 】



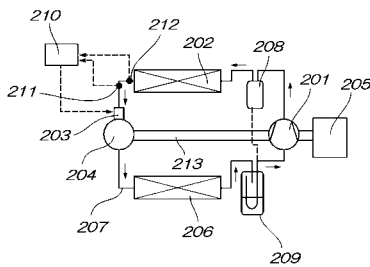
【 図 9 】



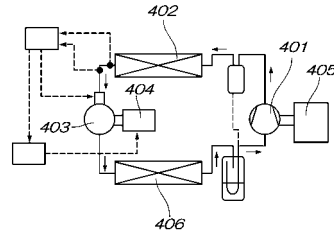
【 図 10 】



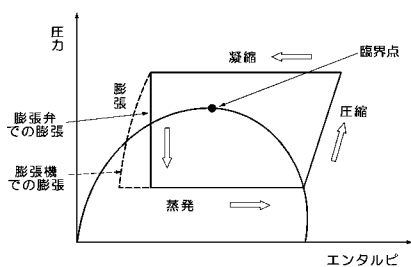
【 図 11 】



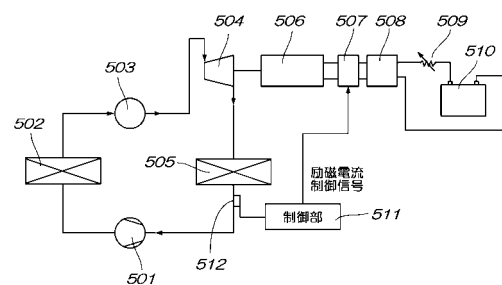
【 図 13 】



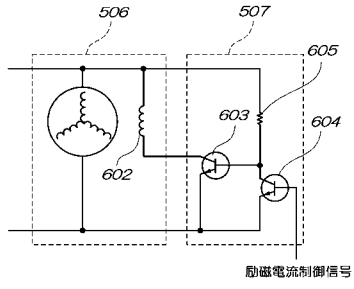
【 図 12 】



【 図 14 】



【 图 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 西脇 文俊

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 長崎 洋一

(56)参考文献 特開昭61-029647(JP,A)

特開2002-354896(JP,A)

特開2003-348875(JP,A)

特開2003-194432(JP,A)

特開2002-058111(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 11/02