

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4927052号  
(P4927052)

(45) 発行日 平成24年5月9日(2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>F 2 5 B 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00	3 6 1 D
<b>F 2 4 F 11/02 (2006.01)</b>	F 2 4 F 11/02	1 0 2 W
<b>H O 2 P 21/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00	3 7 1 B
<b>H O 2 P 27/04 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00	3 7 1 C
<b>H O 2 P 27/06 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00	3 7 1 F
請求項の数 10 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-242412 (P2008-242412)	(73) 特許権者	399048917 日立アプライアンス株式会社 東京都港区海岸一丁目16番1号
(22) 出願日	平成20年9月22日(2008.9.22)	(74) 代理人	100077816 弁理士 春日 譲
(62) 分割の表示	特願2008-85704 (P2008-85704) の分割	(72) 発明者	栗田 佳明 静岡県静岡市清水区村松390番地 日立アプライアンス 株式会社内
原出願日	平成20年3月28日(2008.3.28)	(72) 発明者	安藤 達夫 静岡県静岡市清水区村松390番地 日立アプライアンス 株式会社内
(65) 公開番号	特開2009-243871 (P2009-243871A)		
(43) 公開日	平成21年10月22日(2009.10.22)		
審査請求日	平成21年11月20日(2009.11.20)		
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 冷凍装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷凍サイクルの圧縮機と、前記圧縮機を駆動する永久磁石同期モータと、ベクトル制御によって前記モータの回転数を可変制御するインバータ装置とを備えた冷凍装置において、

前記インバータ装置は、

電流検出手段で検出された電流から d 軸電流検出値及び q 軸電流検出値を演算する電流検出演算手段と、

第 1 の d 軸電流指令値と d 軸電流検出値との偏差に基づいて第 1 の d 軸電流指令値を補正して第 2 の d 軸電流指令値を生成する d 軸電流指令演算手段と、

第 1 の q 軸電流指令値と q 軸電流検出値との偏差に基づいて第 1 の q 軸電流指令値を補正して第 2 の q 軸電流指令値を生成する q 軸電流指令演算手段と、

第 1 の q 軸電流指令値を零以外の値とするベクトル制御運転中に、同定モードとして、所定時間、回転数指令値を固定しつつ、第 1 の d 軸電流指令値を所定の設定値に固定する同定モード制御手段と、

同定モードの場合における第 2 の d 軸電流指令値と第 1 の d 軸電流指令値との差分を演算し、これに基づいてインダクタンス設定値の補正量を演算するインダクタンス同定手段とを備えており、

運転条件に適した高効率な運転をすることを特徴とする冷凍装置。

【請求項2】

冷凍サイクルの圧縮機と、前記圧縮機を駆動する永久磁石同期モータと、ベクトル制御によって前記モータの回転数を可変制御するインバータ装置とを備えた冷凍装置において

前記インバータ装置は、

電流検出手段で検出された電流から d 軸電流検出値及び q 軸電流検出値を演算する電流検出演算手段と、

第 1 の d 軸電流指令値を生成する d 軸電流指令生成手段と、

第 1 の d 軸電流指令値と d 軸電流検出値との偏差に基づいて第 1 の d 軸電流指令値を補正して第 2 の d 軸電流指令値を生成する d 軸電流指令演算手段と、

第 1 の q 軸電流指令値を生成する q 軸電流指令生成手段と、

第 1 の q 軸電流指令値を零以外の値とするベクトル制御運転中に、同定モードとして、所定時間、回転数指令値を固定しつつ、第 1 の d 軸電流指令値を所定の設定値に固定する同定モード制御手段と、

同定モードの場合における第 2 の d 軸電流指令値と第 1 の d 軸電流指令値との差分を演算し、これに基づいてインダクタンス設定値の補正量を演算するインダクタンス同定手段とを備えており、

運転条件に適した高効率な運転をすることを特徴とする冷凍装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の冷凍装置において、前記モータの回転数を取得する回転数取得手段を備え、前記同定モード制御手段は、前記回転数取得手段で取得された前記モータの回転数が予め設定された所定値に達した場合に、同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 記載の冷凍装置において、前記同定モード制御手段は、前記電流検出手段で検出された電流が予め設定された所定値に達した場合に、同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 記載の冷凍装置において、前記圧縮機の吐出圧力を検出する吐出圧力検出手段を有し、前記同定モード制御手段は、前記吐出圧力検出手段で検出された前記圧縮機の吐出圧力が予め設定された所定値に達した場合に、同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 6】

請求項 1 又は 2 記載の冷凍装置において、前記圧縮機の吐出温度を検出する吐出温度検出手段を有し、前記同定モード制御手段は、前記吐出温度検出手段で検出された前記圧縮機の吐出温度が予め設定された所定値に達した場合に、同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 7】

請求項 1 又は 2 記載の冷凍装置において、外気温度を検出する外気温度検出手段を有し、前記同定モード制御手段は、前記外気温度検出手段で検出された外気温度が予め設定された所定値に達した場合に、同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項記載の冷凍装置において、前記同定モード制御手段は、予め設定された所定の回数繰り返すように同定モードを実行することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の冷凍装置において、前記同定モード制御手段は、第 1 の d 軸電流指令値を、同定モードの繰り返し回数に応じて異なる所定の設定値に固定することを特徴とする冷凍装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項記載の冷凍装置において、外気温度を検出する外気温度検

10

20

30

40

50

出手段を有し、前記同定モード制御手段は、第1のd軸電流指令値を、前記外気温度検出手段で検出された外気温度に応じて異なる所定の設定値に固定することを特徴とする冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば空気調和機や冷凍機などの冷凍装置に係り、特に、冷凍サイクルの圧縮機を駆動する永久磁石同期モータの回転数をインバータ装置によって可変制御する冷凍装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

例えば空気調和機や冷凍機などの冷凍装置において、高効率な運転を実現するため、インバータ装置にベクトル制御を採用することが知られている。ベクトル制御はモータ定数（詳細には、抵抗、誘起電圧、及びインダクタンス）を用いるため、このモータ定数を予め設定する必要がある。しかし、モータ定数は、モータ製造時のバラツキや運転条件によって変動し、予め設定した設定値と実際値との間にずれが生じる恐れがある。そこで、実運転の直前や実運転中にモータ定数を同定して、モータ定数設定値を自動的に修正するベクトル制御装置が提唱されている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

特許文献1に記載のベクトル制御装置は、3相交流電流を検出する電流検出器と、3相交流電流の検出値をd軸電流検出値及びq軸電流検出値に変換する座標変換部と、第1のd軸電流指令値とd軸電流検出値との偏差に応じて第2のd軸電流指令値を生成するd軸電流指令演算部と、第1のq軸電流指令値とq軸電流検出値との偏差に基づいて第2のq軸電流指令値を生成するq軸電流指令演算部と、モータ定数を同定して、モータ定数設定値を修正するモータ定数同定部と、モータ定数の設定値、回転数指令値、第2のd軸電流指令値、及び第2のq軸電流指令値に基づいてd軸電圧指令値及びq軸電圧指令値を演算するベクトル制御演算部（電圧指令演算部）と、d軸電圧指令値及びq軸電圧指令値を3相交流の電圧指令値に変換する座標変換部と、3相交流の電圧指令値に比例した電圧を永久磁石同期モータに印加する電力変換器とを備えている。そして、高速域では、d軸電流を「零」と「零以外の所定値」とに制御し、それら2つの制御状態における第2のd軸電流指令値の差分とd軸電流検出値の差分（若しくは第1のd軸電流指令値の差分）をそれぞれ演算し、それらd軸電流指令値の差分とd軸電流検出値の差分（若しくは第1のd軸電流指令値の差分）との比をd軸インダクタンスの設定値に乗じて、d軸インダクタンスの設定値を修正するようになっている。また、高速域では、q軸電流が「所定値以上」であれば、第2のq軸電流指令値とq軸電流検出値（若しくは第1のq軸電流指令値）との比をq軸インダクタンスの設定値に乗じて、q軸インダクタンスの設定値を修正するようになっている。

20

30

【0004】

【特許文献1】特開2007-49843号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

モータ定数の同定精度は、モータの制御性能（詳細には、駆動効率、応答速度、安定性など）に影響を与えるが、特に、インダクタンスの同定精度は、モータ最大トルク制御に係わるので、モータ電流や駆動効率に大きな影響を与える。上記制御装置では、d軸電流指令値を「零」と「零以外の所定値」に制御し、それら2つの制御状態における第2のd軸電流指令値の差分とd軸電流検出値の差分に基づいてd軸インダクタンスを同定するようになっている。そのため、電流のリプルや位相のバラツキの影響を受けやすく、インダクタンスの同定精度の点で改善の余地があった。

【0006】

50

本発明の目的は、インダクタンスの同定精度を高めることができ、運転効率の向上を図ることができる冷凍装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、冷凍サイクルの圧縮機と、前記圧縮機を駆動する永久磁石同期モータと、ベクトル制御によって前記モータの回転数を可変制御するインバータ装置とを備えた冷凍装置において、前記インバータ装置は、電流検出手段で検出された電流からd軸電流検出値及びq軸電流検出値を演算する電流検出演算手段と、第1のd軸電流指令値とd軸電流検出値との偏差に基づいて第1のd軸電流指令値を補正して第2のd軸電流指令値を生成するd軸電流指令演算手段と、第1のq軸電流指令値とq軸電流検出値との偏差に基づいて第1のq軸電流指令値を補正して第2のq軸電流指令値を生成するq軸電流指令演算手段と、第1のq軸電流指令値を零以外の値とするベクトル制御運転中に、同定モードとして、所定時間、回転数指令値を固定しつつ、第1のd軸電流指令値を所定の設定値に固定する同定モード制御手段と、同定モードの場合における第2のd軸電流指令値と第1のd軸電流指令値との差分を演算し、これに基づいてインダクタンス設定値の補正量を演算するインダクタンス同定手段とを備えており、運転条件に適した高効率な運転をする。

10

上記目的を達成するために、また本発明は、冷凍サイクルの圧縮機と、前記圧縮機を駆動する永久磁石同期モータと、ベクトル制御によって前記モータの回転数を可変制御するインバータ装置とを備えた冷凍装置において、前記インバータ装置は、電流検出手段で検出された電流からd軸電流検出値及びq軸電流検出値を演算する電流検出演算手段と、第1のd軸電流指令値を生成するd軸電流指令生成手段と、第1のd軸電流指令値とd軸電流検出値との偏差に基づいて第1のd軸電流指令値を補正して第2のd軸電流指令値を生成するd軸電流指令演算手段と、第1のq軸電流指令値を生成するq軸電流指令生成手段と、第1のq軸電流指令値を零以外の値とするベクトル制御運転中に、同定モードとして、所定時間、回転数指令値を固定しつつ、第1のd軸電流指令値を所定の設定値に固定する同定モード制御手段と、同定モードの場合における第2のd軸電流指令値と第1のd軸電流指令値との差分を演算し、これに基づいてインダクタンス設定値の補正量を演算するインダクタンス同定手段とを備えており、運転条件に適した高効率な運転をする。

20

【発明の効果】

30

【0008】

本発明によれば、インダクタンスの同定精度を高めることができ、運転効率の向上を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しつつ説明する。

【0010】

図1は、本発明の一実施形態である空気調和機の構成を表す概略図である。

【0011】

この図1において、空気調和機110は、圧縮機101、室内熱交換器102、室内膨張弁104、室外熱交換器105、アキュムレータ107を順次連結した冷凍サイクルを有している。そして、例えば室内を冷房する場合に、圧縮機101で圧縮された冷媒は、室外熱交換器105で凝縮されて液化し、その後、室内膨張弁104で減圧され室内熱交換器102で蒸発し、圧縮機101に戻るようになっている。なお、室内熱交換器102及び室内膨張弁104は室内機109に備えられており、室内機109には熱交換を促進するための室内送風機103が設けられている。また、圧縮機101、室外熱交換器105、及びアキュムレータ107等は室外機108に備えられており、室外機108には熱交換を促進するための室外送風機106が設けられている。

40

【0012】

圧縮機101は永久磁石同期モータ111によって駆動され、このモータ111の回転

50

数（運転周波数）がインバータ装置 210 によって可変制御されている。これにより、冷凍サイクルに必要な能力に対応するようになっている。また、室内膨張弁 104 又は室外膨張弁（図示せず）の開度、室内送風機 103 及び室外送風機 106 の回転数、冷房/暖房の運転モードを切り替える四方弁（図示せず）などが制御されている。

【0013】

図 2 は、上記インバータ装置 210 の構成を表す概略図である。

【0014】

この図 2 において、インバータ装置 210 は、交流電源 251 からの交流電力を直流電力に変換するコンバータ回路 225 と、このコンバータ回路 225 で生成された直流電力から交流電力を生成してモータ 111 に供給するインバータ回路 221 と、ドライバ回路 232 を介してインバータ回路 221 を制御するマイコン 231 と、コンバータ回路 225 で生成された高電圧を例えば 5V 又は 15V 程度の制御電源に調整してマイコン 231 及びドライバ回路 232 等に供給する電源回路 235 と、コンバータ回路 225 の出力直流電圧を検出する電圧検出回路 234 と、シャント抵抗 224 を用いてインバータ回路 221 の入力直流電流を検出する電流検出回路 233 と、外気温度サーミスタ 261 を用いて外気温度を検出する外気温度検出回路 262 と、吐出温度サーミスタ 263 を用いて圧縮機 101 の吐出温度を検出する吐出温度検出回路 264 と、吐出圧力センサ 265 を用いて圧縮機 101 の吐出圧力を検出する吐出圧力検出回路 266 とを備えている。

【0015】

コンバータ回路 225 は、複数の整流素子 226 がブリッジ結線された回路であり、交流電源 251 からの交流電力を直流電力に変換するようになっている。インバータ回路 221 は、複数のスイッチング素子 222 が三相ブリッジ結線された回路である。また、スイッチング素子 222 がスイッチング時に発生する逆起電力を回生するため、スイッチング素子 222 と併設してフライホイール素子 223 が設けられている。ドライバ回路 232 は、マイコン 231 からの微弱な信号（後述する PWM 信号）を増幅して、スイッチング素子 222 のスイッチング動作を制御するようになっている。これにより、インバータ回路 221 で交流電力が生成されるとともにその周波数が制御されるようになっている。

【0016】

コンバータ回路 225 とインバータ回路 221 との間には、モータ 111 を運転又は停止させるための電磁接触器 253 と、力率改善用リアクトル 252 と、平滑コンデンサ 270 とが接続されている。また、電源投入時等に閉路する電磁接触器 253 が平滑コンデンサ 270 に流れる過大な突入電流で溶着しないように、電磁接触器 253 と並列して突入電流制限抵抗器 254 が設けられている。

【0017】

マイコン 231 は、センサレスタイプのベクトル制御機能を有している。すなわち、電流検出回路 233 で検出されたインバータ回路 221 の入力直流電流等に基づいてモータ 111 の駆動電流（言い換えれば、インバータ回路 221 の出力交流電流）を再現するようになっており、交流電流を検出する電流センサを不要としている。また、モータ 111 の回転速度や位相（磁極位置）を推定するようになっており、速度センサや磁極位置センサを不要としている。このようなベクトル制御の詳細を以下説明する。

【0018】

図 3 は、マイコン 231 の機能的構成を表すブロック図である。図 4 は、図 3 で示された速度・位相推定部の機能的構成を表すブロック図であり、図 5 は、図 3 で示されたモータ定数同定部及びベクトル制御演算部の機能的構成を表すブロック図である。

【0019】

これら図 3 ~ 図 5 において、マイコン 231 は、モータ 111 の回転速度検出値 及び位相検出値  $d_c$  を推定する速度・位相推定部 18 と、電流検出回路 233 で検出された直流電流  $I_{sh}$  等からモータ 111 の駆動電流（3 相交流の電流検出値） $I_u, I_v, I_w$  を推定する電流再現部 19 と、位相検出値  $d_c$  に基づいて 3 相交流の電流検出値  $I_u, I_v, I_w$  を  $d_c$  軸電流検出値  $I_{dc}$  及び  $q_c$  軸電流検出値  $I_{qc}$  に変換する 3 相 / 2 軸変換部 20 と

10

20

30

40

50

、回転速度指令値  $\omega^*$  を生成する速度指令生成部 10 と、減算部 11 で演算された回転速度指令値  $\omega^*$  と回転速度検出値  $\omega$  の偏差が零となるように、第 1 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^*$  を生成する q 軸電流指令生成部 12 と、第 1 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^*$  を生成する d 軸電流指令生成部 13 と、モータ定数設定値（詳細には、抵抗設定値  $r^*$ 、誘起電圧設定値  $K_e^*$ 、及び仮想インダクタンス設定値  $L^*$ ）を出力するモータ定数同定部 14 と、第 1 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^*$ 、第 1 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^*$ 、モータ定数設定値、及び回転速度指令値  $\omega^*$  等に基づいて d c 軸電圧指令値  $V_{dc}^*$  及び q c 軸電圧指令値  $V_{qc}^*$  を演算するベクトル制御演算部 15 と、位相検出値  $\theta_{dc}$  に基づいて d c 軸電圧指令値  $V_{dc}^*$  及び q c 軸電圧指令値  $V_{qc}^*$  d c 軸電圧指令値を 3 相交流の電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  に変換する 2 軸 / 3 相変換部 16 と、3 相交流の電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  にそれぞれ比例した PWM 信号（パルス幅変調信号）を生成してドライバ回路 232 に出力する PWM 出力部 17 とを有している。

10

【0020】

電流再現部 19 は、電流検出回路 233 で検出された直流電流  $I_{sh}$  と 2 軸 / 3 相変換部 16 で演算された 3 相交流の電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  に基づき、モータ 111 の 3 相交流の電流検出値  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を推定する。3 相 / 2 軸変換部 20 は、速度・位相推定部 18 で推定された位相検出値  $\theta_{dc}$  に基づき、3 相交流の電流検出値  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を d c 軸電流検出値  $I_{dc}$  及び q c 軸電流検出値  $I_{qc}$  に変換する（下記の数式 1 参照）。なお、図 6 に示すように、d - q 軸はモータ回転子軸、d o - q o 軸はモータ最大トルク軸、d c - q c 軸は制御系の推定軸であり、d o - q o 軸と d c - q c 軸との軸誤差を  $\theta_c$  と定義する。

20

【数 1】

$$\begin{pmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos(0) & \cos(2\pi/3) & \cos(4\pi/3) \\ \sin(0) & \sin(2\pi/3) & \sin(4\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_{dc}) & -\sin(\theta_{dc}) \\ \sin(\theta_{dc}) & \cos(\theta_{dc}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{pmatrix}$$

【0021】

30

速度・位相推定部 18 は、軸誤差  $\theta_c$  を演算する軸誤差演算部 21 と、軸誤差  $\theta_c$  に零指令を与える零発生部 22 と、回転速度検出値  $\omega$  を推定する速度演算部 23 と、位相検出値  $\theta_c$  を推定する位相演算部 24 とを有している。軸誤差演算部 21 は、d c 軸電圧指令値  $V_{dc}^*$ 、q c 軸電圧指令値  $V_{qc}^*$ 、d c 軸電流検出値  $I_{dc}$ 、q c 軸電流検出値  $I_{qc}$ 、モータ定数設定値  $r^*$ 、 $K_e^*$ 、 $L^*$ 、及び回転速度指令値  $\omega^*$  に基づいて軸誤差  $\theta_c$  を演算する（下記の数式 2 参照）。

【数 2】

$$\Delta \theta_c = \tan^{-1} \left\{ \frac{(V_{dc}^* - r^* I_{dc} + \omega^* L^* I_{qc})}{(V_{qc}^* - r^* I_{qc} - \omega^* L^* I_{dc})} \right\}$$

【0022】

速度演算部 23 は、軸誤差演算部 21 で演算された軸誤差  $\theta_c$  が零となるように、回転速度検出値  $\omega$  を推定している。言い換えれば、零発生部 22 及び回転速度演算部 23 は、PLL 制御回路を構成している。速度演算部 23 は、例えば軸誤差  $\theta_c$  が正の場合、制御系の d c - q c 軸がモータ最大トルクの d o - q o 軸より進んでいるため、回転速度検出値  $\omega$  を増加させるように推定する。一方、例えば軸誤差  $\theta_c$  が負の場合、制御系の d c - q c 軸がモータ最大トルクの d o - q o 軸より遅れているため、回転速度検出値  $\omega$  を減少させるように推定する。そして、q 軸電流指令生成部 12 は、速度演算部 23 で推定された回転速度検出値  $\omega$  と速度指令生成部 10 で生成された回転速度指令値  $\omega^*$  との偏差が零となるように、第 1 の q c 軸電流指令値を生成する。

40

【0023】

位相演算部 24 は、速度演算部で推定された回転速度検出値  $\omega$  を積分して、制御系の位

50

相 dc を演算する。

【 0 0 2 4 】

ベクトル制御演算部 1 5 は、q 軸電流指令演算部 3 1 と、d 軸電流指令演算部 3 3 と、電圧指令演算部 3 4 とを有している。q 軸電流指令演算部 3 1 は、減算部 3 0 で演算された第 1 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^*$  と q c 軸電流検出値  $I_{qc}$  との差分に基づいて第 1 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^*$  を補正して第 2 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^{**}$  を生成する。同様に、d 軸電流指令演算部 3 3 は、減算部 3 2 で演算された第 1 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^*$  と d c 軸電流検出値  $I_{dc}$  との差分に基づいて第 1 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^*$  を補正して第 2 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^{**}$  を生成する。

【 0 0 2 5 】

電圧指令演算部 3 4 は、第 2 の q c 軸電流指令値  $I_{qc}^{**}$ 、第 2 の d c 軸電流指令値  $I_{dc}^{**}$ 、モータ定数設定値  $r^*$ 、 $Ke^*$ 、 $L^*$ 、及び回転速度指令値  $\omega^*$  に基づいて、d c 軸電圧指令値  $V_{dc}^*$  及び q c 軸電圧指令値  $V_{qc}^*$  を演算する（下記の数式 3 参照）。なお、本実施形態では、d 軸インダクタンス設定値  $L_d$  と q 軸インダクタンス設定値  $L_q$  とがほぼ等しい場合を想定し、これを仮想インダクタンス  $L$  ( $= L_d = L_q$ ) として設定している。

【 数 3 】

$$\begin{cases} V_{dc}^* = r^* I_{dc}^{**} - \omega^* L^* I_{qc}^{**} \\ V_{qc}^* = r^* I_{qc}^{**} + \omega^* L^* I_{dc}^{**} + \omega^* Ke^* \end{cases}$$

【 0 0 2 6 】

2 軸 / 3 相変換部 1 6 は、速度・位相推定部 1 8 で推定された位相検出値  $\theta_{dc}$  に基づき、d c 軸電圧指令値  $V_{dc}^*$  及び q c 軸電圧指令値  $V_{qc}^*$  を 3 相交流の電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  に変換する（下記の数式 4 参照）。

【 数 4 】

$$\begin{pmatrix} V_\alpha^* \\ V_\beta^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin(\theta_{dc}) & \cos(\theta_{dc}) \\ -\cos(\theta_{dc}) & \sin(\theta_{dc}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{dc}^* \\ V_{qc}^* \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_u^* \\ V_v^* \\ V_w^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0) & \sin(0) \\ \cos(2\pi/3) & \sin(2\pi/3) \\ \cos(4\pi/3) & \sin(4\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_\alpha^* \\ V_\beta^* \end{pmatrix}$$

【 0 0 2 7 】

ここで本実施形態の最も大きな特徴である仮想インダクタンス  $L$  の同定方法の原理について説明する。

【 0 0 2 8 】

定常状態において、モータ定数設定値 ( $r^*$ 、 $Ke^*$ 、 $L^*$ ) と実際のモータ定数 ( $r$ 、 $Ke$ 、 $L$ ) とが一致している場合は、電流検出値  $I_{dc}$ 、 $I_{qc}$  (若しくは第 1 の電流指令値  $I_{dc}^*$ 、 $I_{qc}^*$ ) と電圧指令演算部 3 4 の入力である第 2 の電流指令値  $I_{dc}^{**}$ 、 $I_{qc}^{**}$  とがほぼ等しくなる。しかし、モータ定数設定値 ( $r^*$ 、 $Ke^*$ 、 $L^*$ ) と実際のモータ定数 ( $r$ 、 $Ke$ 、 $L$ ) とがずれている場合は、電流検出値  $I_{dc}$ 、 $I_{qc}$  (若しくは第 1 の電流指令値  $I_{dc}^*$ 、 $I_{qc}^*$ ) と第 2 の電流指令値  $I_{dc}^{**}$ 、 $I_{qc}^{**}$  との間に偏差が生じる。その詳細を、以下説明する。

【 0 0 2 9 】

定常状態において、電流検出値  $I_{dc}$ 、 $I_{qc}$  と電圧指令値  $V_{dc}^*$ 、 $V_{qc}^*$  との関係は下記の数式 5 で近似的に表される。

10

20

30

40

【数 5】

$$\begin{cases} V_{dc}^* = rI_{dc} - \omega L I_{qc} \\ V_{qc}^* = rI_{qc} + \omega L I_{dc} + \omega Ke \end{cases}$$

【0030】

定常状態において、回転速度指令値  $\omega^*$  と回転速度検出値  $\omega$  はほぼ等しく、第1のdc軸電流指令値  $I_{dc}^*$  とdc軸電流検出値  $I_{dc}$  はほぼ等しい。また、モータ111が中高速で回転している場合若しくは抵抗設定値  $r^*$  の誤差が少ない場合 ( $r^* = r$ ) を想定すれば、数式3と数式5より、下記の数式6を導き出すことができる。この数式6を変形すれば、下記の数式7が得られる。

10

【数 6】

$$L^* I_{dc}^{**} + Ke^* = L I_{dc} + Ke$$

【数 7】

$$I_{dc}^{**} = \frac{L}{L^*} I_{dc}^* + \frac{Ke - Ke^*}{L^*}$$

【0031】

さらに、誘起電圧の同定が完了した後 ( $Ke^* = Ke$ )、第1のdc軸電流指令値として所定の設定値  $I_{dc}^*_{at}$  を与えるとすれば、式7を用いて、仮想インダクタンス設定値  $L^*$  の誤差  $\Delta L$  を求める式を導き出すことができる (下記の数式8参照)。

20

【数 8】

$$\Delta L = L - L^* = \frac{I_{dc}^{**} - I_{dc}^*_{at}}{I_{dc}^*_{at}} L^*$$

【0032】

モータ定数同定部14は、上述した仮想インダクタンス  $L$  の同定を行うため、同定モード制御部35、入力切替部36、積算部37、保存部38、及び加算部39を有している。

【0033】

同定モード制御部35は、モータ111のベクトル制御モード運転中に、例えば速度・位相推定部18で推定された回転速度検出値  $\omega$  を入力し、この回転速度検出値  $\omega$  が予め設定された所定値  $\omega_1$  に達したかどうかを判定する。そして、例えば回転速度検出値  $\omega$  が所定値  $\omega_1$  に達した場合は (言い換えれば、所定値  $\omega_1$  まで上昇又は下降した場合は)、同定モードとして、所定時間、速度指令生成部10及びd軸電流指令生成部13に同定モードを指令するとともに、入力切替部36を接続状態に切り替える。なお、本実施形態では、予め設定された所定の回数 (例えば3回) 繰り返して同定モードを実行するようになっている。

30

【0034】

速度指令生成部10は、同定モードの指令に応じて、回転速度指令値  $\omega^*$  を現在値に固定する。d軸電流指令生成部13は、同定モードの指令に応じて、第1のd軸電流指令値  $I_{dc}^*$  を所定の設定値  $I_{dc}^*_{at}$  に固定する。なお、所定の設定値  $I_{dc}^*_{at}$  は、インバータ渦電流及びモータ磁気飽和の影響を避けるため、比較的小さく設定したほうが好ましく、制御装置の電流検出分解能や演算誤差を考慮するとともに同定精度を確保するため、例えばモータの定格電流の約  $1/10 \sim 1/2$  の範囲に設定すればよい。

40

【0035】

積算部37は、減算部40で演算された第2のd軸電流指令値  $I_{dc}^{**}$  と第1のd軸電流指令値  $I_{dc}^*$  ( $= I_{dc}^*_{at}$ ) の差分を入力切替部36を介して入力し、同定モード期間中における差分を積分して平均値を算出する。そして、上記の数式8を用いて、仮想インダクタンス設定値  $L^*$  の誤差  $\Delta L$  を演算する。なお、電流リップルや位相バラツキの

50

影響を抑えるため、積分部 37 の応答はベクトル制御演算部 15 の制御応答より遅くなるように、時定数を設定することが好ましい。そして、同定モードが  $n$  回行われて誤差  $L^*_1, \dots, L^*_n$  が得られた場合は、それらの総和  $L^*_{all} (= L^*_1 + \dots + L^*_n)$  を保存部 38 で記憶する。加算部 39 は、保存部 38 で記憶された誤差  $L^*_{all}$  と仮想インダクタンス初期設定値  $L^*_0$  とを加算し、これを仮想インダクタンス設定値  $L^*$  としてベクトル制御演算部 15 の電圧指令演算部 34 及び速度・位相推定部 18 に出力する。

【0036】

次に、本実施形態の動作を図 7 により説明する。

【0037】

インバータ装置 120 は、センサレスタイプのベクトル制御によって永久磁石同期モータ 111 を駆動しており、上記の数式 2 を用いて軸誤差  $c$  を演算し、位相  $dc$  を推定している。しかし、位相  $dc$  の精度を精度よく演算するには、モータ 111 の回転速度（すなわち、圧縮機 101 の回転数  $N$ ）が定格の 5 ~ 10 程度以上が必要である。そのため、3 つの運転制御モード（位置決めモード、同期運転モード、及びベクトル制御運転モード）でモータ 111 を起動する。まず、位置決めモードで、 $q$  軸電流を零としつつ  $d$  軸電流を増加させて、モータ 111 の回転子磁極の位置決めを行う。その後、同期運転モードで、 $d$  軸電流を固定したまま、モータ 111 の回転速度（すなわち、圧縮機 101 の回転数  $N$ ）を上昇させる。そして、モータ 111 の回転速度（すなわち、圧縮機 101 の回転数  $N$ ）が定格の 5 ~ 10 程度に達したら、ベクトル制御運転モードに移行し、 $q$  軸電流を増加させる。

【0038】

そして、ベクトル制御運転モードに移行後、モータの回転速度  $\omega$  が所定値  $\omega_1$  に達した場合（すなわち、圧縮機 101 の回転数  $N$  が所定値  $N_1$  に達した場合）、同定モードとして、所定時間、速度指令値  $\omega^*$  を固定しつつ、第 1 の  $d$  軸電流指令値  $I_{d1}^*$  を所定の設定値  $I_{dc}^*_{at}$  に固定する。そして、同定モードの場合における第 2 の  $d$  軸電流指令値  $I_{d2}^*$  と第 1 の電流指令値  $I_{d1}^*$  ( $= I_{dc}^*_{at}$ ) との差分を積分して平均値を演算し、これに基づいて仮想インダクタンス設定値  $L^*$  の補正量  $\Delta L^*$  を演算し、その後、補正量  $\Delta L^*$  を加算したインダクタンス設定値  $L^*$  を用いてベクトル制御運転を行う。

【0039】

このような本実施形態においては、電流のリプルや位相のパラッキの影響を抑えつつ、仮想インダクタンス  $L$  の同定精度を高めることができる。また、圧縮機 101 の回転数等の運転条件に応じて同定モードを実行するとともに、予め設定された回数繰り返し行うことにより、仮想インダクタンス  $L$  の同定精度を高めることができる。したがって、運転効率の向上を図ることができる。

【0040】

なお、上記一実施形態においては、同定モード制御部 35 は、速度・位相推定部 18 で推定された回転速度検出値  $\omega_{det}$  を入力し、この回転速度検出値  $\omega_{det}$  が所定値  $\omega_1$  に達した場合に同定モードを実行させる場合を例にとって説明したが、これに限られない。すなわち、例えば電流検出回路 233 で検出された直流電流  $I_{sh}$  を入力し、この直流電流  $I_{sh}$  が所定値  $I_{sh1}$  に達した場合に同定モードを実行させてもよい（前述の図 7 参照）。また、例えば吐出圧力検出回路 266 で検出された圧縮機 101 の吐出圧力  $P_d$  を入力し、この吐出圧力  $P_d$  が所定値  $P_{d1}$  に達した場合に同定モードを実行させてもよい（図 8 参照）。また、例えば吐出温度検出回路 264 で検出された吐出温度  $T_d$  を入力し、この吐出温度  $T_d$  が所定値  $T_{d1}$  に達した場合に同定モードを実行させてもよい（図 9 参照）。また、例えば外気温度検出回路 262 で検出された外気温度  $T_a$  を入力し、この外気温度  $T_a$  が所定  $T_{a1}$  に達した場合に同定モードを実行させてもよい（図 10 参照）。これらの場合も、上記同様の効果を得ることができる。

【0041】

また、上記一実施形態においては、同定モードとして、第 1 の  $d$  軸電流指令値  $I_{dc}^*$

10

20

30

40

50

を同じ所定値  $I_{dc}^*_{at}$  で固定する場合を例にとって説明したが、これに限られない。すなわち、例えば同定モードの繰り返し回数（例えば1回目、2回目、3回目）に応じて異なる所定の設定値（ $I_{dc}^*_{at1}$ 、 $I_{dc}^*_{at2}$ 、 $I_{dc}^*_{at3}$ ）に固定してもよい（図11参照）。また、例えば、外気温度検出回路262で検出された外気温度  $T_a$  が所定の基準値  $T_{a2}$  以上である場合に、第1のdc軸電流指令値  $I_{dc}^*$  を所定の設定値  $I_{dc}^*_{at4}$  に固定し、外気温度検出回路262で検出された外気温度  $T_a$  が所定の基準値  $T_{a2}$  未満である場合に、 $I_{dc}^*_{at5}$ （但し、 $I_{dc}^*_{at4} < I_{dc}^*_{at5}$ ）に固定してもよい（図12参照）。これらの場合も、上記同様の効果を得ることができる。

【0042】

また、上記一実施形態においては、特に説明しなかったが、d軸電流指令演算部33及びq軸電流指令演算部31は、モータ定数同定部14で同定されたインダクタンス設定値  $L^*$  を入力し、これに基づいて制御ゲインを調整するようにしてもよい（下記の数式9参照）。この場合も、上記同様の効果を得ることができる。

【数9】

$$\begin{cases} Kp_{ACR} = \omega_{c\_ACR} \frac{L^*}{r^*} \\ Ki_{ACR} = \omega_{c\_ACR} \end{cases}$$

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の一実施形態である空気調和装置の構成を表す概略図である。

【図2】本発明の一実施形態におけるインバータ装置の構成を表す概略図である。

【図3】本発明の一実施形態におけるインバータ装置のマイコンの機能的構成を表すブロック図である。

【図4】図3で示された速度・位相推定部の機能的構成を表すブロック図である。

【図5】図3で示されたモータ定数同定部の及びベクトル制御演算部の機能的構成を表すブロック図である。

【図6】モータ回転子軸、モータ最大トルク軸、及び制御系の推定軸を表す図である。

【図7】本発明の一実施形態における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図8】本発明の第1の変形例における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図9】本発明の第2の変形例における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図10】本発明の第3の変形例における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図11】本発明の第4の変形例における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図12】本発明の第5の変形例における空気調和装置の動作を説明するためのタイムチャートである。

【符号の説明】

【0044】

- 14 モータ定数同定部
- 15 ベクトル制御演算部
- 16 2軸/3相変換部（インバータ制御手段）
- 17 PWM出力部（インバータ制御手段）
- 18 速度・位相推定部（回転数取得手段）
- 19 電流再現部（電流検出演算手段）
- 20 3相/2軸変換部（電流検出演算手段）

10

20

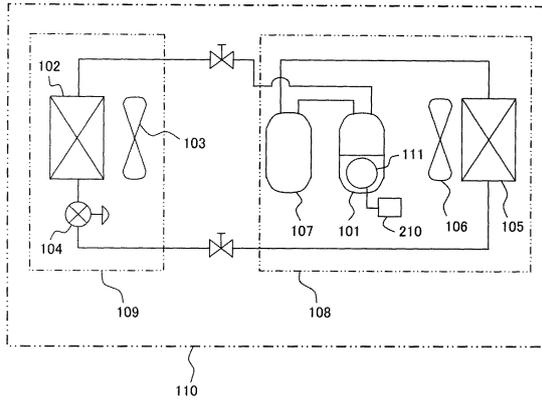
30

40

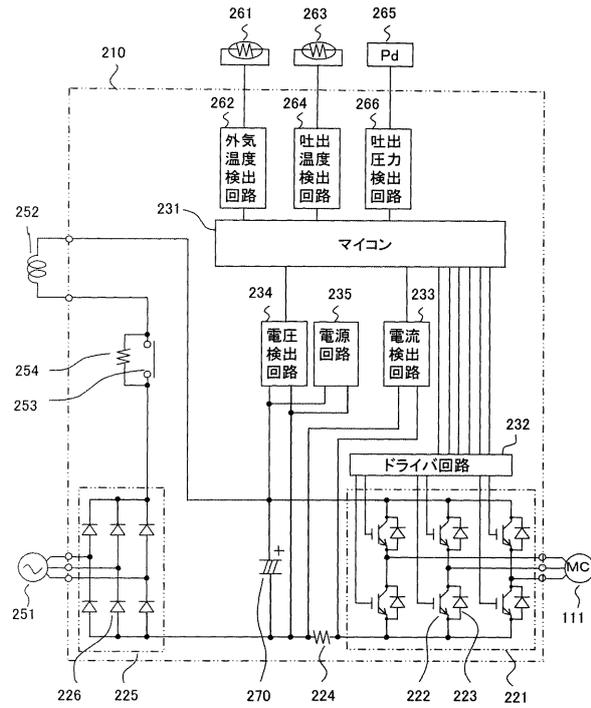
50

3 5	同定モード制御部 (同定モード制御手段)	
3 6	入力切替部 (インダクタンス同定手段)	
3 7	積算部 (インダクタンス同定手段)	
3 8	保存部 (インダクタンス同定手段)	
3 9	加算部 (インダクタンス同定手段)	
4 0	減算部 (インダクタンス同定手段)	
3 1	q 軸電流指令演算部 (q 軸電流指令演算手段)	
3 3	d 軸電流指令演算部 (d 軸電流指令演算手段)	
3 4	電圧指令演算部 (電圧指令演算手段)	
1 0 1	圧縮機	10
1 1 0	空気調和機	
1 1 1	永久磁石同期モータ	
2 1 0	インバータ装置	
2 2 1	インバータ回路	
2 2 4	シャント抵抗 (電流検出手段)	
2 3 1	マイコン	
2 3 3	電流検出回路 (電流検出手段)	
2 6 1	外気温度サーミスタ (外気温度検出手段)	
2 6 2	外気温度検出回路 (外気温度検出手段)	
2 6 3	吐出温度サーミスタ (吐出温度検出手段)	20
2 6 4	吐出温度検出回路 (吐出温度検出手段)	
2 6 5	吐出圧力センサ (吐出圧力検出手段)	
2 6 6	吐出圧力検出回路 (吐出圧力検出手段)	
I dc	d c 軸電流検出値	
I dc *	第 1 の d c 軸電流指令値	
I dc * *	第 2 の d c 軸電流指令値	
I qc	q c 軸電流検出値	
I qc *	第 1 の q c 軸電流指令値	
I qc * *	第 2 の q c 軸電流指令値	
I sh	直流電流	30
K e *	誘起電圧設定値	
L *	インダクタンス設定値	
r *	抵抗設定値	
V dc *	d c 軸電圧指令値	
V qc *	q c 軸電圧指令値	
*	回転速度指令値	

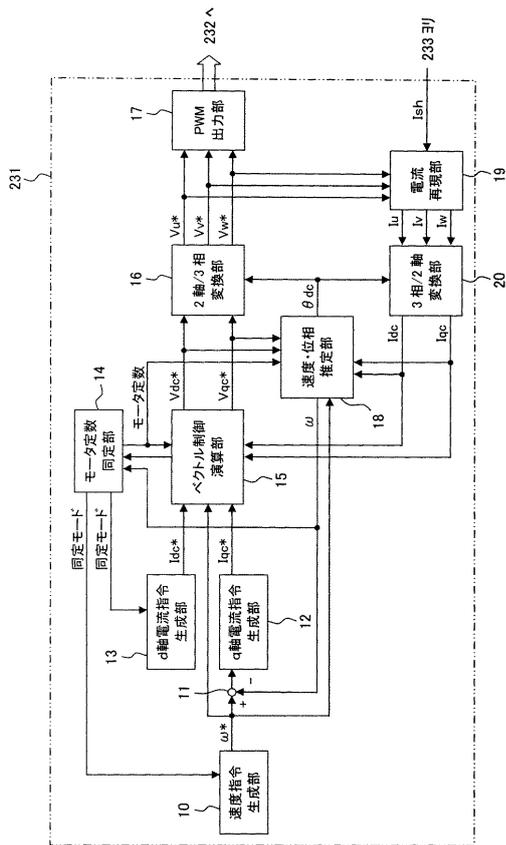
【図1】



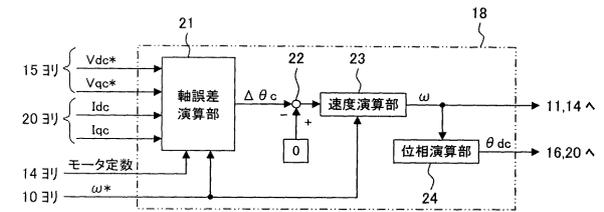
【図2】



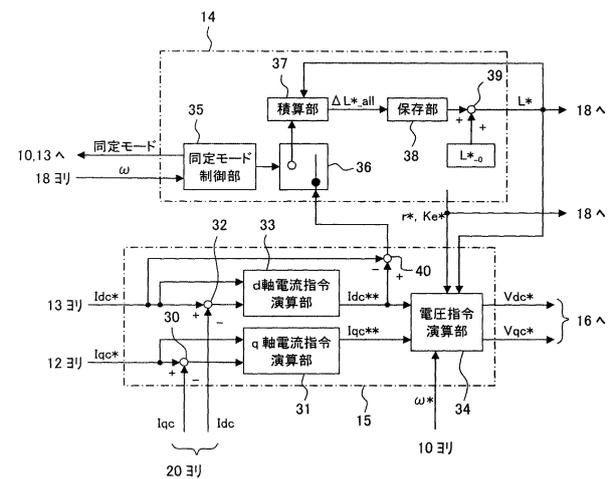
【図3】



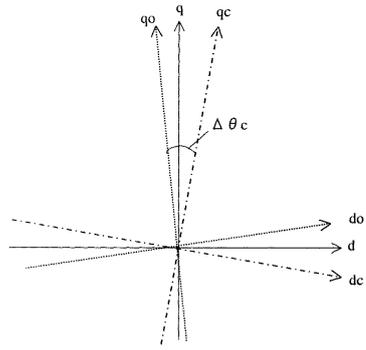
【図4】



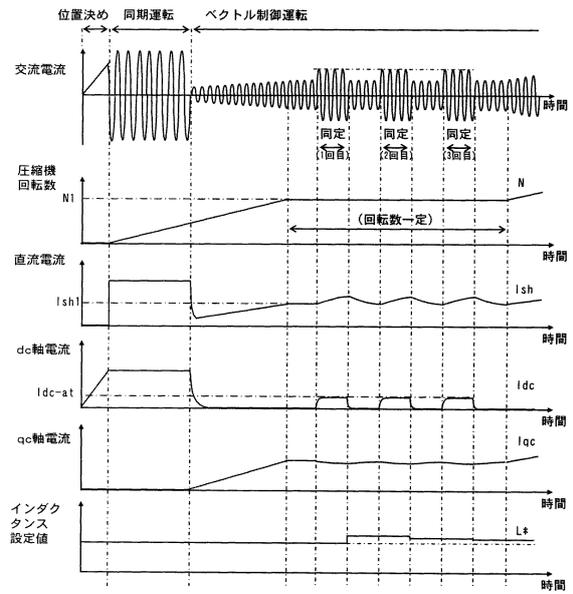
【図5】



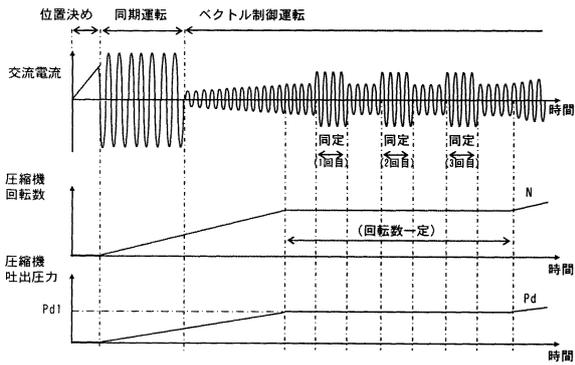
【図6】



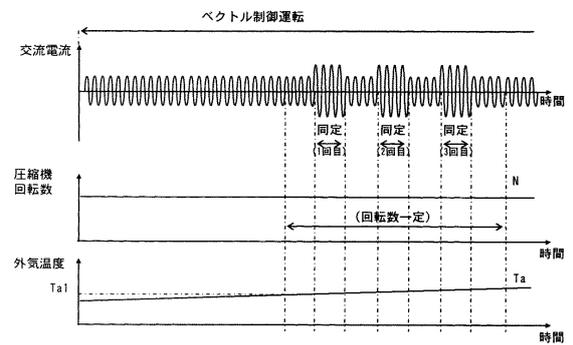
【図7】



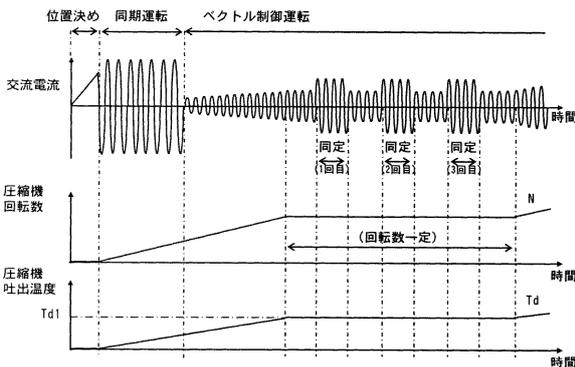
【図8】



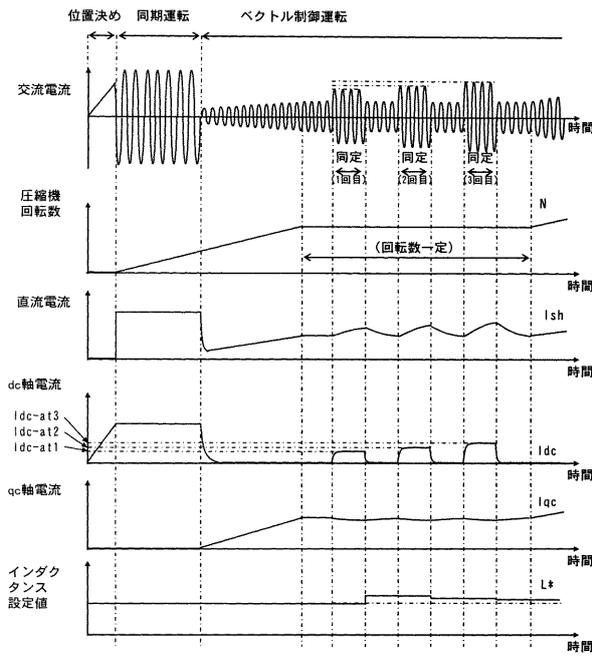
【図10】



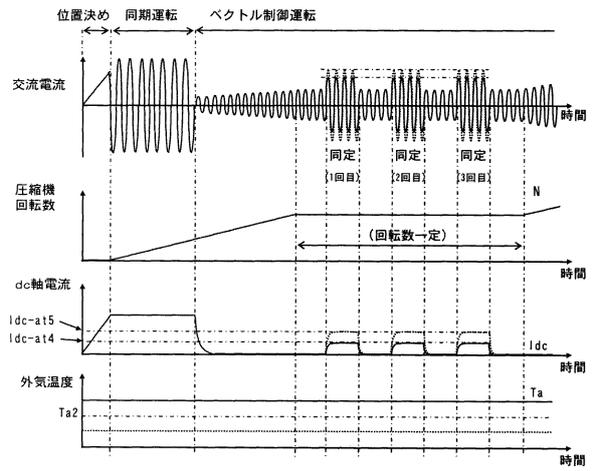
【図9】



【図 11】



【図 12】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 F 2 5 B 1/00 3 7 1 N  
 H 0 2 P 5/408 C  
 H 0 2 P 7/63 3 0 3 V

(72)発明者 高塚 邦明  
 静岡県静岡市清水区村松 3 9 0 番地 日立アプライアンス株式会社内  
 (72)発明者 大石 孝  
 静岡県静岡市清水区村松 3 9 0 番地 日立アプライアンス株式会社内  
 (72)発明者 笠原 励  
 静岡県静岡市清水区村松 3 9 0 番地 日立アプライアンス株式会社内  
 (72)発明者 木下 健  
 静岡県静岡市清水区村松 3 9 0 番地 日立アプライアンス株式会社内  
 (72)発明者 三浦 健太郎  
 静岡県静岡市清水区村松 3 9 0 番地 日立アプライアンス株式会社内

審査官 新井 浩士

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 4 9 8 4 3 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 4 - 7 9 2 4 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 8 - 5 5 9 2 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 6 - 9 4 6 0 1 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 6 - 3 4 0 5 3 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 8 - 1 1 6 3 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
 F 2 5 B 1 / 0 0  
 F 2 4 F 1 1 / 0 2  
 H 0 2 P 2 1 / 0 0  
 H 0 2 P 2 7 / 0 4  
 H 0 2 P 2 7 / 0 6