

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年2月2日(02.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/018206 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 5/46 (2006.01) **H02P 6/04** (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/070587
- (22) 国際出願日: 2016年7月12日(12.07.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-149893 2015年7月29日(29.07.2015) JP
- (71) 出願人: 東芝キャリア株式会社(TOSHIBA CARRIER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2128585 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 川辺 功(KAWABE, Isao); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キャリア株式会社内 Shizuoka (JP). 平山 卓也(HIRAYAMA, Takuya); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キャリア株式会社内 Shizuoka (JP). 木村 茂喜(KIMURA, Shigeki); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キャリア株式会社内 Shizuoka (JP). 石田 圭一(ISHIDA, Keiichi); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キ

ヤリア株式会社内 Shizuoka (JP). 温品 治信(NUKUSHINA, Harunobu); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キャリア株式会社内 Shizuoka (JP). 遠藤 隆久(ENDO, Takahisa); 〒4168521 静岡県富士市蓼原336番地 東芝キャリア株式会社内 Shizuoka (JP).

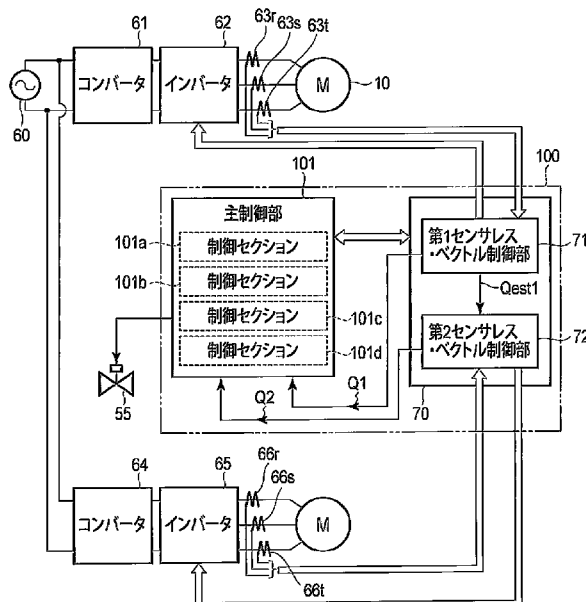
(74) 代理人: 特許業務法人スズエ国際特許事務所(S & S INTERNATIONAL PPC); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目12番9号 スズエ・アンド・スズエビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータ制御装置



61, 64 Converter
62, 65 Inverter
71 First sensorless vector control unit
72 Second sensorless vector control unit
101 Main control unit
101a, 101b, 101c, 101d Control section

(57) Abstract: The present invention drives motors to rotate in mutually opposite directions and performs control so that the mutual difference in rotational positions of the motors is equal to or less than a prescribed value.

(57) 要約: 各モータを互いに逆方向に回転駆動し、その各モータの回転位置を互いの差が所定値以下となるように制御する。

WO 2017/018206 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、2つの圧縮機構部および2つのモータを1つの密閉ケースに収容してなる圧縮機のモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 2つの圧縮機構部およびこれら圧縮機構部を駆動する2つのモータを1つの密閉ケースに収容し、一方の圧縮機構部の単独運転と両方の圧縮機構部の同時運転とを選択的に実行できる多気筒型の圧縮機が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭61-268895号公報

発明の開示

[0004] 上記多気筒型の圧縮機では、各々のモータが独立して運転されるため、一方の圧縮機構部の回転位置と他方の圧縮機構部の回転位置との関係により、密閉ケースに大きな振動が生じることがある。

[0005] 本発明の実施形態の目的は、圧縮機の振動を抑えることができるモータ制御装置を提供することである。

[0006] 請求項1のモータ制御装置は、2つの圧縮機構部およびこれら圧縮機構部を駆動する2つのモータを1つの密閉ケースに収容してなる圧縮機のモータ制御装置であって、前記各モータを互いに逆方向に回転駆動し、その各モータの回転位置を互いの差が所定値以下となるように制御するコントローラ、を備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、一実施形態に関わる圧縮機および冷凍サイクルの構成を示す図である。

[図2]図2は、図1の圧縮機における一方の圧縮機構部のクランク位置を示す

図である。

[図3]図3は、図1の圧縮機における他方の圧縮機構部のクランク位置を示す図である。

[図4]図4は、一実施形態の構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、図4における第1センサレス・ベクトル制御部の具体的な構成を示すブロック図である。

[図6]図6は、図4における第2センサレス・ベクトル制御部の具体的な構成を示すブロック図である。

[図7]図7は、図1の圧縮機における一方のモータの電流・回転速度・回転機械角・振動変位を示す図である。

[図8]図8は、図1の圧縮機における回転軸トルク T_1 、 T_2 および一実施形態における補正トルク成分電流 $I_{q\text{ref}1'}$ 、 $I_{q\text{ref}2'}$ を示す図である。

[図9]図9は、一実施形態の制御を示すフローチャートである。

[図10]図10は、図1の圧縮機における回転機械角 Q_1 、 Q_2 の差 ΔQ が 0° （または 180° ）の場合の回転軸トルク T_1 、 T_2 および合成回転軸トルク T_0 を示す図である。

[図11]図11は、図1の圧縮機における回転機械角 Q_1 、 Q_2 の差 ΔQ が 25° の場合の回転軸トルク T_1 、 T_2 および合成回転軸トルク T_0 を示す図である。

[図12]図12は、図1の圧縮機における回転機械角 Q_1 、 Q_2 の差 ΔQ が 90° の場合の回転軸トルク T_1 、 T_2 および合成回転軸トルク T_0 を示す図である。

[図13]図13は、図1の圧縮機の回転軸トルク T_1 が2シリンダの場合と1シリンダの場合でどのように異なるかを対比して示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0008] 以下、一実施形態のモータ制御装置について図面を参照して説明する。

[0009] まず、モータ制御装置に関わる圧縮機および冷凍サイクルの構成を図1に示す。この圧縮機および冷凍サイクルは、例えば空気調和機や熱源機に搭載される。

[0010] 図1において、圧縮機1は、横長円筒状の密閉ケース1aで覆われている

。この密閉ケース 1 a の上部に吐出管 2 が取付けられ、密閉ケース 1 a の下部に吸込口 3 a, 3 b, 3 c, 3 d が取付けられている。吐出管 2 に高圧側配管を介して凝縮器（放熱器） 5 1 の一端が配管接続され、その凝縮器 5 1 の他端に膨張弁 5 2 を介して蒸発器（吸熱器） 5 3 の一端が配管接続されている。蒸発器 5 3 の他端は、低圧側配管を介して上記吸込口 3 a, 3 b, 3 c, 3 d に配管接続されている。高圧側配管と低圧側配管との間に負荷低減用のバイパス配管 5 4 が接続され、そのバイパス配管 5 4 の中途部に開閉弁 5 5 が配置されている。

[0011] 密閉ケース 1 a 内には、上記吐出管 2 の取付け位置を境とする一方の側にモータ（ブラシレス DC モータ） 1 0 および圧縮機構部 2 0 が収容され、他方の側にモータ（ブラシレス DC モータ） 3 0 および圧縮機構部 4 0 が収容されている。圧縮機構部 2 0, 4 0 は、それぞれの排除容積が互いにほぼ等しく、かつそれぞれの回転軸（回転軸 1 3, 3 3）がその軸方向に沿って互いに向き合う状態に配置されている。

[0012] モータ 1 0 は、密閉ケース 1 a の内周面に接する状態に配置された筒状のステータ 1 1、このステータ 1 1 の内側に収容されたロータ 1 2、このロータ 1 2 を回転自在に支持する回転軸（シャフト） 1 3 を含み、例えば 4 個の永久磁石をロータ 1 2 に埋設してなるいわゆる 4 極モータ、あるいは 6 個の永久磁石をロータ 1 2 に埋設してなるいわゆる 6 極モータである。回転軸 1 3 は、圧縮機構部 2 0 側に延びて圧縮機構部 2 0 の中心部を通る。圧縮機構部 2 0 は、吸込口 3 a, 3 b に連通する 2 つの圧縮室（シリンダ） 2 1 a, 2 1 b、これら圧縮室 2 1 a, 2 1 b 内を通る回転軸 1 3 に偏心状態で装着されたクランク 1 4 a, 1 4 b、これらクランク 1 4 a, 1 4 b の外周面に装着されたローラ 2 2 a, 2 2 b を有するいわゆる 2 シリンダ式型ロータリ圧縮機であって、ローラ 2 2 a, 2 2 b の偏心回転により圧縮室 2 1 a, 2 1 b 内のガス冷媒を圧縮して密閉ケース 1 a 内に吐出する。吐出されたガス冷媒は、吐出管 2 を通って凝縮器 5 1 に流れる。

[0013] モータ 3 0 は、密閉ケース 1 a の内周面に接する状態に配置された筒状の

ステータ 31、このステータ 31 の内側に收容されたロータ 32、このロータ 32 を回転自在に支持する回転軸（シャフト） 33 を含み、例えば 4 個の永久磁石をロータ 32 に埋設してなるいわゆる 4 極モータ、あるいは 6 個の永久磁石をロータ 12 に埋設してなるいわゆる 6 極モータである。回転軸 33 は、圧縮機構部 40 側に延びて圧縮機構部 40 の中心部を通る。圧縮機構部 40 は、吸込口 3a, 3b に連通する 2 つの圧縮室（シリンダ） 41a, 41b、これら圧縮室 41a, 41b 内を通る回転軸 33 に偏心状態で装着されたクランク 34a, 34b、これらクランク 34a, 34b の外周面に装着されたローラ 42a, 42b を有するいわゆる 2 シリンダ式型ロータリ圧縮機であって、ローラ 42a, 42b の偏心回転により圧縮室 41a, 41b 内のガス冷媒を圧縮して密閉ケース 1a 内に吐出する。吐出されたガス冷媒は、吐出管 2 を通って凝縮器 51 に流れる。

[0014] 圧縮機構部 20 における回転軸 13 およびクランク 14a（および 14b）をその軸方向に視た状態を図 2 に示す。圧縮機構部 40 における回転軸 33 およびクランク 34a（および 34b）をその軸方向に視た状態を図 3 に示す。 ΔQ は、圧縮機構部 20 におけるクランク 14a の回転位置である回転機械角 $Q1$ と、圧縮機構部 40 におけるクランク 34a の回転位置である回転機械角 $Q2$ との差である。クランク 14a, 34a の回転機械角 $Q1$, $Q2$ は、モータ 10, 30 におけるロータ 12, 32 の回転機械角に相当する。

[0015] 本実施形態のモータ制御装置の構成を図 4 に示す。

[0016] 交流電源 60 にコンバータ 61 が接続され、そのコンバータ 61 の出力端にインバータ 62 が接続される。コンバータ 61 は、交流電源 60 の電圧を直流電圧に変換する。インバータ 62 は、コンバータ 61 の出力電圧をスイッチングにより所定周波数の 3 相交流電圧に変換する。このインバータ 62 の出力電圧により、モータ 10 が動作する。インバータ 62 とモータ 10 との間の通電ラインに、モータ 10 の各相巻線に流れる電流を検知する電流センサ 63r, 63s, 63t が配置される。電流センサ 63r, 63s, 63t の出力信号は、インバータ制御部 70 の第 1 センサレス・ベクトル制御

部 7 1 に送られる。

[0017] 交流電源 6 0 にコンバータ 6 4 が接続され、そのコンバータ 6 4 の出力端にインバータ 6 5 が接続される。コンバータ 6 4 は、交流電源 6 0 の電圧を直流電圧に変換する。インバータ 6 5 は、コンバータ 6 4 の出力電圧をスイッチングにより所定周波数の 3 相交流電圧に変換する。このインバータ 6 5 の出力電圧により、モータ 3 0 が動作する。インバータ 6 5 とモータ 3 0 との間の通電ラインに、モータ 3 0 の各相巻線に流れる電流を検知する電流センサ 6 6 r, 6 6 s, 6 6 t が配置される。電流センサ 6 6 r, 6 6 s, 6 6 t の出力信号は、インバータ制御部 7 0 の第 2 センサレス・ベクトル制御部 7 1 に送られる。

[0018] コントローラ 1 0 0 は、主制御部 1 0 1 およびインバータ制御部 7 0 を含み、モータ 1 0, 3 0 の同時運転時、モータ 1 0, 3 0 を互いに逆方向に回転駆動し、そのモータ 1 0, 3 0 の回転位置を互いの差が所定値以下となるように制御する。

[0019] 主制御部 1 0 1 は、インバータ制御部 7 0 を介してインバータ 6 2, 6 5 のスイッチングを制御するとともに、必要に応じて冷凍サイクルの上記開閉弁 5 5 の開閉を制御するもので、主要な機能として制御セクション 1 0 1 a ~ 1 0 1 d を含む。

[0020] 制御セクション 1 0 1 a は、圧縮機 1 におけるモータ 1 0, 3 0 の運転台数および目標回転速度 ω_{ref} を冷凍サイクルの空調負荷（室内温度と設定温度との差など）に応じて設定する。

[0021] 制御セクション 1 0 1 b は、モータ 1 0, 3 0 を起動する場合に、インバータ 6 2, 6 5 の出力電圧に対して高周波電圧 V_{h1} , V_{h2} を重畳し、その高周波電圧 V_{h1} , V_{h2} の重畳によってモータ 1 0, 3 0 に流れる高周波電流 I_{h1} , I_{h2} を検出し、その高周波電流 I_{h1} , I_{h2} からモータ 1 0, 3 0 におけるロータ 1 2, 3 2 の回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を検出し、その回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を回転機械角 $Q1$, $Q2$ に変換し、その回転機械角 $Q1$, $Q2$ に応じてモータ 1 0, 3 0 を互いに逆方向に回転駆動（起動）する。

[0022] 制御セクション101cは、モータ10、30の起動時およびモータ10、30の起動後において、モータ10、30を互いに逆方向に回転駆動しながら、モータ10、30におけるロータ12、32の回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を検出し、その回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角 $Q1$ 、 $Q2$ に変換し、その回転機械角 $Q1$ 、 $Q2$ を互いの差 ΔQ が所定値 ΔQ_s 以下となるように制御する。所定値 ΔQ_s は、例えば 25° である。

[0023] 制御セクション101dは、モータ10、30を起動する場合に予め開閉弁55を開いて圧縮機1の圧縮負荷を低減するとともに、モータ10、30の起動時、上記検出した回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角 $Q1$ 、 $Q2$ へ変換する処理が完了しない場合、モータ10、30の起動速度 α を所定値 $\Delta\alpha$ だけ低減し、低減後の起動速度 α が許容最小値 α_{min} に達していなければ上記高周波電圧の重畳を継続し、上記検出した回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角 $Q1$ 、 $Q2$ へ変換する処理が完了しないまま、上記低減後の起動速度 α が許容最小値 α_{min} に達した場合に開閉弁55を閉じて圧縮機1の圧縮負荷を増加する

インバータ制御部70は、主制御部101の指令に応じてインバータ62のスイッチングを制御する第1センサレス・ベクトル制御部71と、主制御部101の指令および第1センサレス・ベクトル制御部71の制御内容に応じてインバータ65のスイッチングを制御する第2センサレス・ベクトル制御部72とを含む。

[0024] 第1センサレス・ベクトル制御部71は、図5に示すように、電流検出部81、速度推定演算部82、積分部83、変換部84、減算部85、速度制御部86、演算部87、減算部88、89、90、電流制御部91、92、加算部93、94、PWM信号生成部95、高周波重畳制御部96、速度変動検出部97、 I_q 補正部98を含む。

[0025] 電流検出部81は、モータ10の巻線に流れる電流（モータ電流という）を電流センサ63r、63s、63tを介して検出し、この検出電流および後述の回転機械角 $Q1$ に基づき、モータ10におけるロータ軸上の界磁軸（d軸

座標およびトルク軸（ q 軸）座標にそれぞれ換算された界磁成分電流（ d 軸電流ともいう） I_{d1} およびトルク成分電流（ q 軸電流ともいう） I_{q1} を検出する。この電流検出部 81 の検出電流には、高周波重畳制御部 96 による高周波電圧 V_{h1} の重畳時にモータ 10 の各相巻線に流れる高周波電流 I_{h1} も含まれる。

[0026] 速度推定演算部 82 は、高周波重畳制御部 96 による高周波電圧 V_{h1} の重畳時、電流検出部 81 で検出される高周波電流 I_{h1} に基づいて高周波電圧 V_{h1} の重畳に関する高周波重畳法の評価指標 $HY0$ を求め、この評価指標 $HY0$ を比例・積分（ PI ）制御演算することによりモータ 10 の回転速度 ω_{est1} を推定する。また、速度推定演算部 82 は、高周波電圧 V_{h1} の非重畳時、電流検出部 81 で検出される通常のモータ電流における界磁成分電流 I_{d1} およびトルク成分電流 I_{q1} を用いる演算により、モータ 10 の回転速度 ω_{est1} を推定する。

[0027] 積分部 83 は、速度推定演算部 82 の推定回転速度 ω_{est1} を積分することにより、モータ 10 におけるロータ 12 の回転位置である回転電気角 θ_{est1} を検出する。変換部 84 は、減算部 89 から供給される補正目標値 I_{qref1} の脈動パターンと回転電気角 θ_{est1} との対比に基づき、回転電気角 θ_{est1} を回転機械角 $Q1$ に変換する。この回転機械角 $Q1$ は、電流検出部 81、PWM 信号生成部 95、主制御部 101 に供給される。減算部 85 は、主制御部 101 で設定される目標回転速度 ω_{ref} から推定回転速度 ω_{est1} を減算することにより、目標回転速度 ω_{ref} と推定回転速度 ω_{est1} との速度偏差を得る。

[0028] 速度制御部 86 は、減算部 85 で得られた速度偏差を比例・積分制御（ PI 制御）演算することにより、トルク成分電流 I_{q1} の目標値 I_{qref1} を求める。演算部 87 は、トルク成分電流 I_{q1} の目標値 I_{qref1} から界磁成分電流 I_{d1} の目標値 I_{dref1} を求める。減算部 88 は、目標値 I_{dref1} から界磁成分電流 I_{d1} を減算することにより、目標値 I_{dref1} と界磁成分電流 I_{d1} との偏差 ΔI_{d1} を得る。減算部 89 は、 I_{q} 補正部 98 から供給されるトルク成分電流補正值 I_{qx1} をトルク成分電流 I_{q1} の目標値 I_{qref1} から減算する

ことにより、補正目標値 I_{qref1}' を得る。減算部 90 は、補正目標値 I_{qref1}' からトルク成分電流 I_{q1} を減算することにより、補正目標値 I_{qref1}' とトルク成分電流 I_{q1} との偏差 ΔI_{q1} を得る。

[0029] 電流制御部 91 は、偏差 ΔI_{d1} の比例・積分制御（PI 制御）演算により、モータ 10 におけるロータ軸上の d 軸座標に換算した界磁成分電圧 V_{d1} を求める。電流制御部 92 は、偏差 ΔI_{q1} の比例・積分制御（PI 制御）演算により、モータ 10 におけるロータ軸上の q 軸座標に換算したトルク成分電圧 V_{q1} を求める。加算部 93 は、高周波重畳制御部 96 から供給される高周波電圧 V_{h1} の界磁成分 V_{dh1} を界磁成分電圧 V_{d1} に加算する。加算部 94 は、高周波重畳制御部 96 から供給される高周波電圧 V_{h1} のトルク成分 V_{qh1} をトルク成分電圧 V_{q1} に加算する。

[0030] PWM 信号生成部 95 は、界磁成分電圧 V_{d1} 、トルク成分電圧 V_{q1} 、および回転機械角 $Q1$ に応じて、インバータ 62 に対するスイッチング用のパルス幅変調信号（PWM 信号という）を生成する。この PWM 信号により、インバータ 62 の各スイッチング素子がオン、オフ動作し、モータ 10 の各相巻線に対する駆動電圧 V_u 、 V_v 、 V_w がインバータ 62 から出力される。

[0031] 高周波重畳制御部 96 は、インバータ 62 からモータ 10 への駆動電圧 V_u 、 V_v 、 V_w に対して重畳するための高周波電圧 V_{h1} の界磁成分（d 軸成分） V_{dh1} とトルク成分（q 軸成分） V_{qh1} を生成する。具体的には、高周波重畳制御部 96 は、インバータ 62 をスイッチングするための PWM 信号の生成に用いるキャリア信号を PWM 信号生成部 95 から取込み、取込んだキャリア信号の周期に合せた割込み処理により、その割込み処理の実行間隔に対応する周期の高周波電圧 V_{h1} の界磁成分 V_{dh1} とトルク成分 V_{qh1} を生成する。界磁成分 V_{dh1} は加算部 93 に供給され、トルク成分 V_{qh1} は加算部 94 に供給される。

[0032] 速度変動検出部 97 は、圧縮機構部 20 の振動成分として、推定回転速度 ω_{est1} の変動を検出する。推定回転速度 ω_{est1} の変動の一例をモータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w 、ロータ 12 の回転機械角 $Q1$ 、回転軸 13 の振動変位と共に

図 7 に示す。回転軸 13 の振動変位が推定回転速度 ω_{est1} の変動となって現われている。

[0033] I_q 補正部 98 は、速度変動検出部 97 で検出される“推定回転速度 ω_{est1} の変動”を最小にするためのトルク成分電流補正值 I_{qx1} を求める。このトルク成分電流補正值 I_{qx1} は、減算部 89 に供給される。減算部 89 は、トルク成分電流補正值 I_{qx1} をトルク成分電流 I_q1 の目標値 I_{qref1} から減算することにより、補正目標値 I_{qref1}' を得る。この補正目標値 I_{qref1}' は図 8 に示すように脈動し、その脈動は回転軸 13 の回転軸トルク $T1$ の脈動と同期する。

[0034] このように、推定回転速度 ω_{est1} の変動が最小となるようにトルク成分電流 I_q1 の目標値 I_{qref1} をフィードバック補正することにより、補正目標値 I_{qref1}' の脈動と回転軸 13 の回転軸トルク $T1$ の脈動とを同期させることができる。この同期により、変換部 84 での回転電気角 θ_{est1} から回転機械角 $Q1$ への変換処理（演算）を、モータ 10 の極数（4 極や 6 極）に影響を受けることなく、正確に行うことができる。

[0035] モータ 10 が例えば 4 極モータの場合、図 8 に示すように、回転電気角 $\theta_{est1} = 360^\circ$ の 2 周期分が回転機械角 $Q1 = 360^\circ$ （1 回転）に相当し、補正目標値 I_{qref1}' は回転電気角 θ_{est1} の周期ごとに同じパターンで脈動する。この補正目標値 I_{qref1}' の脈動パターンと回転電気角 θ_{est1} の周期との関係に基づき、モータ 10 におけるロータ 12 の回転機械角 $Q1$ を正確に捕らえることができる。

[0036] モータ 10 が例えば 6 極モータの場合、図 8 に示すように、回転電気角 $\theta_{est1} = 360^\circ$ の 3 周期分が回転機械角 $Q1 = 360^\circ$ （1 回転）に相当し、補正目標値 I_{qref1}' は回転電気角 θ_{est1} の周期ごとに異なるパターンで脈動する。この周期ごとに異なる補正目標値 I_{qref1}' の脈動パターンと回転電気角 θ_{est1} の周期との関係に基づき、モータ 10 におけるロータ 12 の回転機械角 $Q1$ を正確に捕らえることができる。

[0037] 一方、第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 は、図 6 に示すように、第 1

センサレス・ベクトル制御部 71 と同様の電流検出部 81、速度推定演算部 82、積分部 83、変換部 84、減算部 85、速度制御部 86、演算部 87、減算部 88、89、90、電流制御部 91、92、加算部 93、94、PWM 信号生成部 95、高周波重畳制御部 96、速度変動検出部 97、 I_q 補正部 98 を備える。

[0038] 第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 が第 1 センサレス・ベクトル制御部 71 と異なるのは、界磁成分電流 I_d2 、トルク成分電流 I_q2 、推定回転速度 ω_{est2} 、回転電気角 θ_{est2} 、回転機械角 $Q2$ 、目標値 I_{dref2} 、目標値 I_{qref2} 、偏差 ΔI_d2 、トルク成分電流補正值 I_{qx2} 、補正目標値 I_{qref2}' 、偏差 ΔI_q2 、界磁成分電圧 V_d2 、トルク成分電圧 V_q2 、高周波電圧 V_h2 （界磁成分 V_{dh2} とトルク成分 V_{qh2} ）などを制御要素として扱う点である。

[0039] とくに、第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 の速度変動検出部 97 は、圧縮機構部 40 の振動成分として、推定回転速度 ω_{est2} の変動を検出する。センサレス・ベクトル制御部 72 の I_q 補正部 98 は、速度変動検出部 97 で検出される“推定回転速度 ω_{est2} の変動”を最小にするためのトルク成分電流補正值 I_{qx2} を求める。このトルク成分電流補正值 I_{qx2} は、減算部 89 に供給される。減算部 89 は、トルク成分電流補正值 I_{qx2} をトルク成分電流 I_q2 の目標値 I_{qref2} から減算することにより、補正目標値 I_{qref2}' を得る。この補正目標値 I_{qref2}' は図 8 に示すように脈動し、その脈動は回転軸 33 の回転軸トルク $T2$ の脈動と同期する。

[0040] このように、推定回転速度 ω_{est2} の変動が最小となるようにトルク成分電流 I_q2 の目標値 I_{qref2} をフィードバック補正することにより、補正目標値 I_{qref2}' の脈動と回転軸 33 の回転軸トルク $T2$ の脈動とを同期させることができる。この同期により、変換部 84 での回転電気角 θ_{est2} から回転機械角 $Q2$ への変換処理（演算）を、モータ 30 の極数（4 極や 6 極）に影響を受けることなく、正確に行うことができる。

[0041] ところで、図 8 から分かるように、モータ 10、30 が同じ回転速度で動

作しても、モータ 10 における回転軸トルク T_1 の脈動の位相とモータ 30 における回転軸トルク T_2 の脈動の位相とが一致するとは限らない。回転軸トルク T_1 の脈動の位相と回転軸トルク T_2 の脈動の位相との差は、回転機械角 Q_1 と回転機械角 Q_2 との差 ΔQ に相当する。また、回転軸トルク T_1 の脈動の位相と回転軸トルク T_2 の脈動の位相と差は、密閉ケース 1 a の振動となって現われる。

[0042] そこで、インバータ制御部 70 は、第 1 センサレス・ベクトル制御部 71 の積分部 83 で検出された回転電気角 θ_{est1} を、第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 の減算部 85 に供給する。第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 の減算部 85 は、第 1 センサレス・ベクトル制御部 71 から供給される回転電気角 θ_{est1} と当該第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 の積分部 83 で検出される回転電気角 θ_{est2} (ロータ 32 の回転位置) との偏差 (電気角偏差という) を得る。第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 の速度制御部 86 は、センサレス・ベクトル制御部 72 の減算部 85 で得られた電気角偏差を比例・積分制御 (PI 制御) 演算することにより、トルク成分電流 I_{q2} の目標値 I_{qref2} を求める。

[0043] このように、第 1 センサレス・ベクトル制御部 71 で検出された回転電気角 θ_{est1} に基づいて第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 側のトルク成分電流 I_{q2} の目標値 I_{qref2} を設定することにより、モータ 10、30 の回転速度が互いに一致するとともに、第 1 センサレス・ベクトル制御部 71 側の補正目標値 $I_{qref1'}$ の脈動の位相と第 2 センサレス・ベクトル制御部 72 側の補正目標値 $I_{qref2'}$ の脈動の位相との差が 0° (または 180°) となる。これにより、モータ 10 における回転軸トルク T_1 の脈動の位相とモータ 30 における回転軸トルク T_2 の脈動の位相との差、つまり回転機械角 Q_1 と回転機械角 Q_2 との差 ΔQ が、 0° (または 180°) となる。よって、密閉ケース 1 a の振動を防ぐことができる。

[0044] つぎに、コントローラ 100 が実行する制御を図 9 のフローチャートを参照しながら説明する。

モータ 10, 30 を起動する場合（ステップ S 1 の YES）、コントローラ 100 は、圧縮機 1 に大きな振動が生じないように、冷凍サイクルの開閉弁 55 を予め開いて高圧側圧力と低圧側圧力との差を縮小し、これにより圧縮機 1 の圧縮負荷を低減する（ステップ S 2）。

[0045] そして、コントローラ 100 は、第 1 および第 2 センサレス・ベクトル制御部 71, 72 の各高周波重畳制御部 96 による高周波重畳制御を実行する（ステップ S 3）。すなわち、コントローラ 100 は、インバータ 62, 65 から所定周波数の駆動電圧 V_u , V_v , V_w を出力させるとともにその駆動電圧 V_u , V_v , V_w に高周波電圧 V_{h1} , V_{h2} を重畳し、この重畳によってモータ 10, 30 に流れる高周波電流を検出し、この検出電流からモータ 10, 30 の回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を検出し、この回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} に応じてインバータ 62, 63 のスイッチングを制御することによりモータ 10, 30 を互いに逆方向に回転駆動する。

[0046] この高周波重畳制御の実行に伴い、コントローラ 100 は、モータ 10, 30 の起動用速度 α を目標回転速度 ω_{ref} として定めるとともに（ステップ S 4）、上記検出した回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を回転機械角 $Q1$, $Q2$ に変換する処理を実行する（ステップ S 5）。

[0047] なお、このモータ 10, 30 の起動に際しては、圧縮機 1 に大きな振動が生じないように、上記ステップ S 2 で圧縮機 1 の圧縮負荷を低減しているが、圧縮負荷が小さ過ぎると、回転軸トルク $T1$, $T2$ の脈動が生じなくなる。回転軸トルク $T1$, $T2$ の脈動が生じないと、第 1 および第 2 センサレス・ベクトル制御部 71, 72 において回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を回転機械角 $Q1$, $Q2$ に変換する処理が完了しなくなってしまう。

[0048] そこで、コントローラ 100 は、回転電気角 θ_{est1} , θ_{est2} を回転機械角 $Q1$, $Q2$ へ変換する処理が完了しない場合（ステップ S 6 の NO）、モータ 10, 30 の起動用速度 α を所定値 $\Delta\alpha$ だけ低減し（ステップ S 7）、低減後の起動用速度 α が許容最小値 α_{min} に達しているか否かを判定する（ステップ S 8）。低減後の起動用速度 α が許容最小値 α_{min} に達していない場合（ス

テップS 8のNO)、コントローラ100は、ステップS 3に戻って高周波重畳制御を継続するとともに、低減後の起動用速度 α を新たな目標回転速度 ω_{ref} として定める(ステップS 4)。このように、起動用速度 α を低減することで、回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角Q1、Q2へ変換する処理に必要な“回転軸トルクT1、T2の脈動”を生じさせることができる。

[0049] ただし、起動用速度 α を低減したにもかかわらず、回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角Q1、Q2へ変換する処理が完了しない場合(ステップS 6のNO)、コントローラ100は、起動用速度 α を再び所定値 $\Delta\alpha$ だけ低減し(ステップS 7)、低減後の起動用速度 α が許容最小値 α_{min} に達しているかどうかを判定する(ステップS 8)。低減後の起動用速度 α が許容最小値 α_{min} に達していない場合(ステップS 8のNO)、コントローラ100は、ステップS 2に戻って高周波重畳制御を継続するとともに、低減後の起動用速度 α を新たな目標回転速度 ω_{ref} として定める(ステップS 4)。

[0050] 回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角Q1、Q2へ変換する処理が完了しないまま、低減後の起動用速度 α が許容最小値 α_{min} に達した場合(ステップS 8のYES)、コントローラ100は、開閉弁55を閉じて圧縮機1の圧縮負荷を増加する(ステップS 9)。圧縮負荷を増加させることで、回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角Q1、Q2へ変換する処理に必要な“回転軸トルクT1、T2の脈動”を生じさせることができる。

[0051] 圧縮負荷の増加後、コントローラ100は、ステップS 3に戻って高周波重畳制御を継続するとともに、低減後の起動用速度 α (= α_{min})を新たな目標回転速度 ω_{ref} として定める(ステップS 4)。

[0052] 回転電気角 θ_{est1} 、 θ_{est2} を回転機械角Q1、Q2へ変換する処理が完了した場合(ステップS 6のYES)、コントローラ100は、第1センサレス・ベクトル制御部71の変換部84で得られた回転機械角Q1と第2センサレス・ベクトル制御部72の変換部84で得られた回転機械角Q2との差 ΔQ (回転軸トルクT1の脈動の位相と回転軸トルクT2の脈動の位相との差)との差 ΔQ を所定値 ΔQ_s 以下の例えば 0° (または 180°)に保つ同期制御を実行

する（ステップS 1 0）。所定値 ΔQ_s は例えば 25° である。

[0053] この同期制御の実行に伴い、コントローラ1 0 0は、ステップS 1の判定に戻る。この時点で、コントローラ1 0 0は、モータ1 0, 3 0の起動が完了したとの判定の下に（ステップS 1のN O）、ステップS 1 0に移行して同期制御の実行を繰り返す。モータ1 0, 3 0の起動が完了した後の同期制御において、コントローラ1 0 0は、起動時の圧縮負荷低減のために開閉弁5 5が開いていた場合に限り、開閉弁5 5を閉じて圧縮負荷低減を解除する（ステップS 1 1）。

[0054] モータ1 0, 3 0を互いに逆方向に回転駆動しながら同期制御を実行した場合の回転軸トルクT 1, T 2およびその合成回転軸トルクT 0の関係を図1 0に示す。回転軸トルクT 1, T 2の脈動が正側と負側に振れる相似の波形となって互いに同期するので、回転軸トルクT 1, T 2が互いに打ち消し合ってその合成回転軸トルクT 0が零となる。これにより、モータ1 0, 3 0の起動時はもちろん、モータ1 0, 3 0の起動後においても、密閉ケース1 aの振動を抑えることができる。振動を抑えることができるので、騒音を低減できるとともに、圧縮機1と冷媒配管との接続部に生じるいわゆる配管応力を規定値内に抑えることができる。

[0055] 上記同期制御では、差 ΔQ を所定値 ΔQ_s 以下の 0° に保つ場合について説明したが、差 ΔQ を所定値 ΔQ_s である 25° に保つ同期制御の採用も可能である。差 ΔQ を 25° に保つ同期制御を行った場合の回転軸トルクT 1, T 2および合成回転軸トルクT 0の関係を図1 1に示す。合成回転軸トルクT 0に少し変動が生じるが、密閉ケース1 aの振動をモータ1 0, 3 0のいずれか一方の単独運転時の振動程度に抑えることができる。

[0056] 参考として図1 2に示すように、仮に、回転機械角Q 1, Q 2の互いの差 ΔQ を所定値 ΔQ_s より大きい 90° に保つ同期制御を採用した場合には、合成回転軸トルクT 0が大きく変動し、密閉ケース1 aに大きな振動が生じる最悪の状態となる。

[0057] なお、上記実施形態では、圧縮機構部2 0, 4 0がそれぞれ2つの圧縮室

を持つ2シリンダ型である場合を例に説明したが、圧縮機構部20, 40がそれぞれ1つの圧縮室を持つ1シリンダ型である場合も同様に実施可能である。回転軸トルクT1の脈動パターンが2シリンダの場合と1シリンダの場合でどのように異なるかを図13に対比して示している。

[0058] 上記実施形態および変形例は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。この新規な実施形態および変形例は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、書き換え、変更を行うことができる。これら実施形態や変形は、発明の範囲は要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明の実施形態のモータ制御装置は、空気調和機等の冷凍サイクル装置への利用が可能である。

請求の範囲

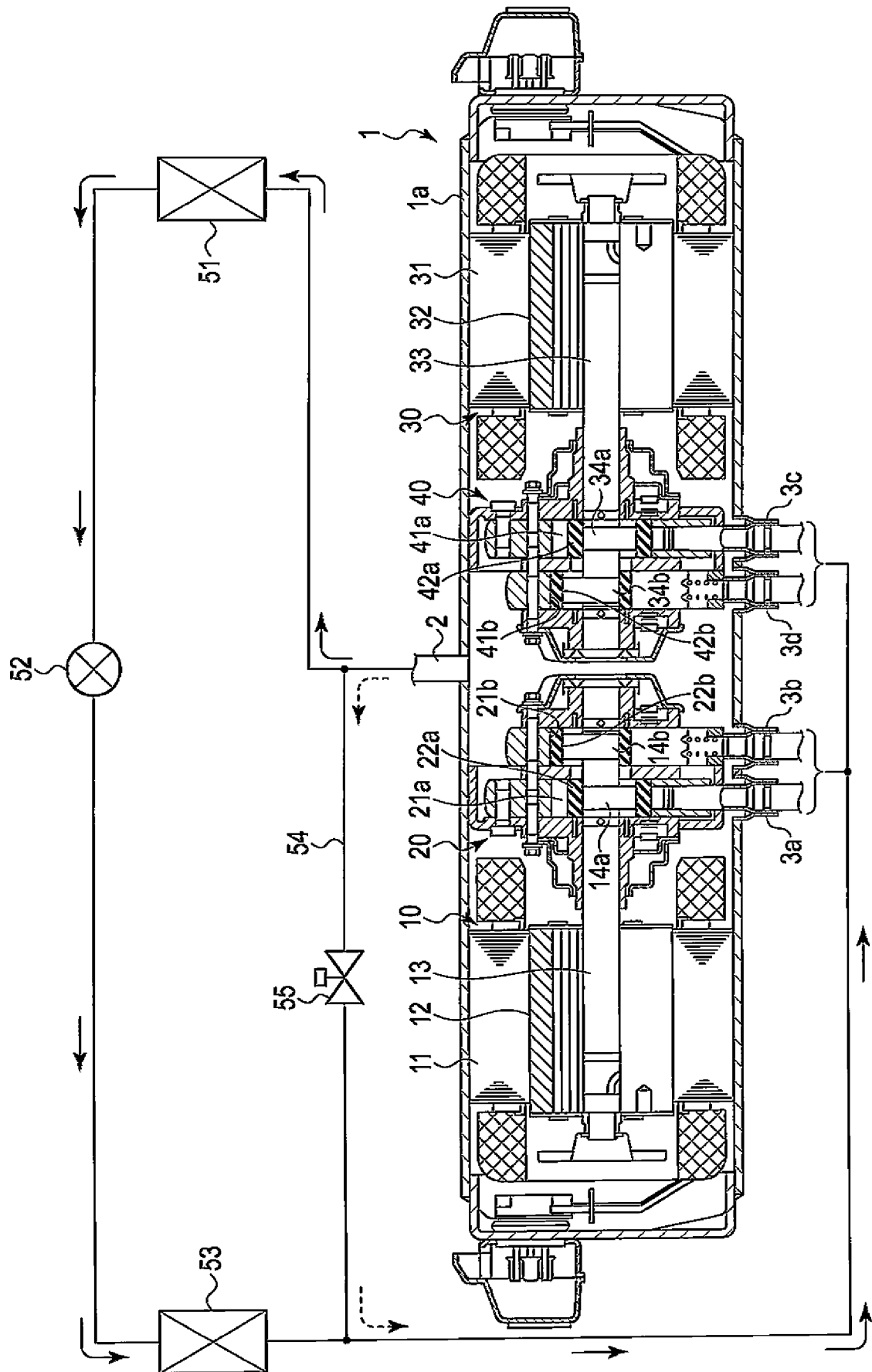
- [請求項1] 2つの圧縮機構部およびこれら圧縮機構部を駆動する2つのモータを1つの密閉ケースに収容してなる圧縮機のモータ制御装置であって、
- 、
- 前記各モータを互いに逆方向に回転駆動し、その各モータの回転位置を互いの差が所定値以下となるように制御するコントローラ、
- を備えることを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 前記各圧縮機構部は、それぞれの排除容積が互いにほぼ等しく、かつそれぞれの回転軸がその軸方向に沿って互いに向き合う、
- ことを特徴とする請求項1記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 直流電圧をスイッチングにより所定周波数の交流電圧に変換し、その交流電圧を前記各モータへの駆動電圧として出力する複数のインバータを備え、
- 前記コントローラは、前記各モータを起動する場合に、前記各インバータの出力電圧に高周波電圧を重畳し、この高周波電圧の重畳により前記各モータに流れる高周波電流を検出し、検出した高周波電流から前記各モータの回転電気角を検出し、検出した回転電気角に応じて前記各モータを互いに逆方向に回転駆動する、
- ことを特徴とする請求項1記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記コントローラは、前記各モータの起動時および起動後において、前記各モータを互いに逆方向に回転駆動しながら、前記各モータの回転電気角を検出し、検出した回転電気角を回転機械角に変換し、これら回転機械角を互いの差が所定値以下となるように制御する、
- ことを特徴とする請求項3記載のモータ制御装置。
- [請求項5] 前記コントローラは、前記各モータを起動する場合に、予め前記圧縮機の圧縮負荷を低減する、
- ことを特徴とする請求項3記載のモータ制御装置。
- [請求項6] 前記コントローラは、

前記各モータの起動時、前記検出した回転電気角を前記回転機械角へ変換する処理が完了しない場合、前記各モータの起動速度を所定値だけ低減し、低減後の起動速度が許容最小値に達していなければ前記高周波電圧の重畳を継続し、

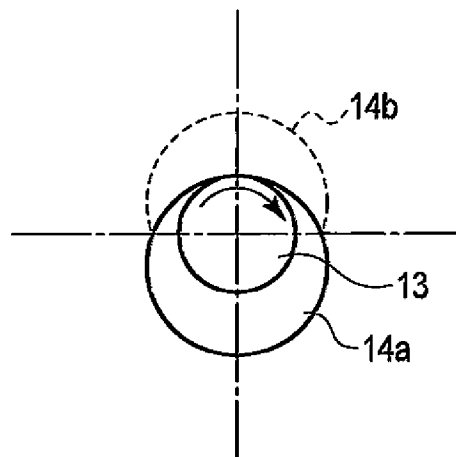
前記検出した回転電気角を前記回転機械角へ変換する処理が完了しないまま、前記低減後の起動速度が前記許容最小値に達した場合、前記圧縮機の圧縮負荷を増加する

ことを特徴とする請求項5記載のモータ制御装置。

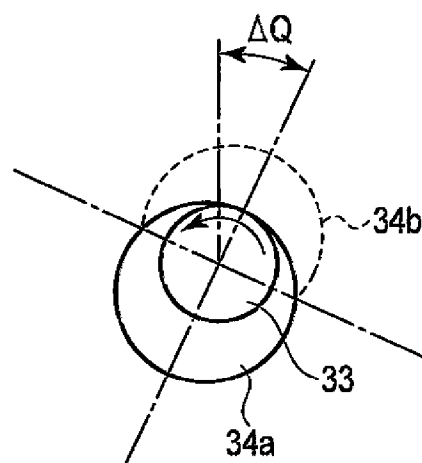
[図1]



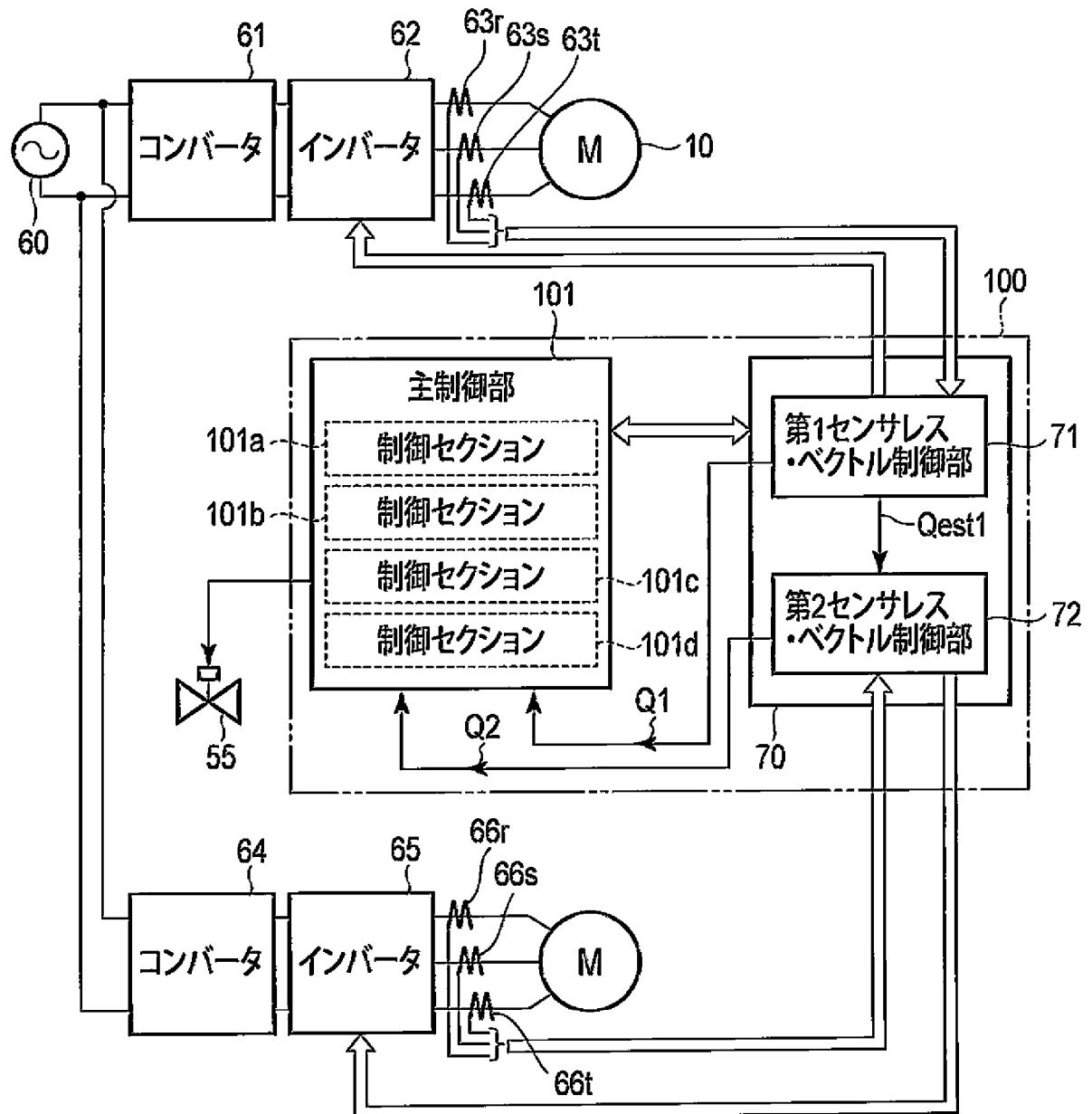
[図2]



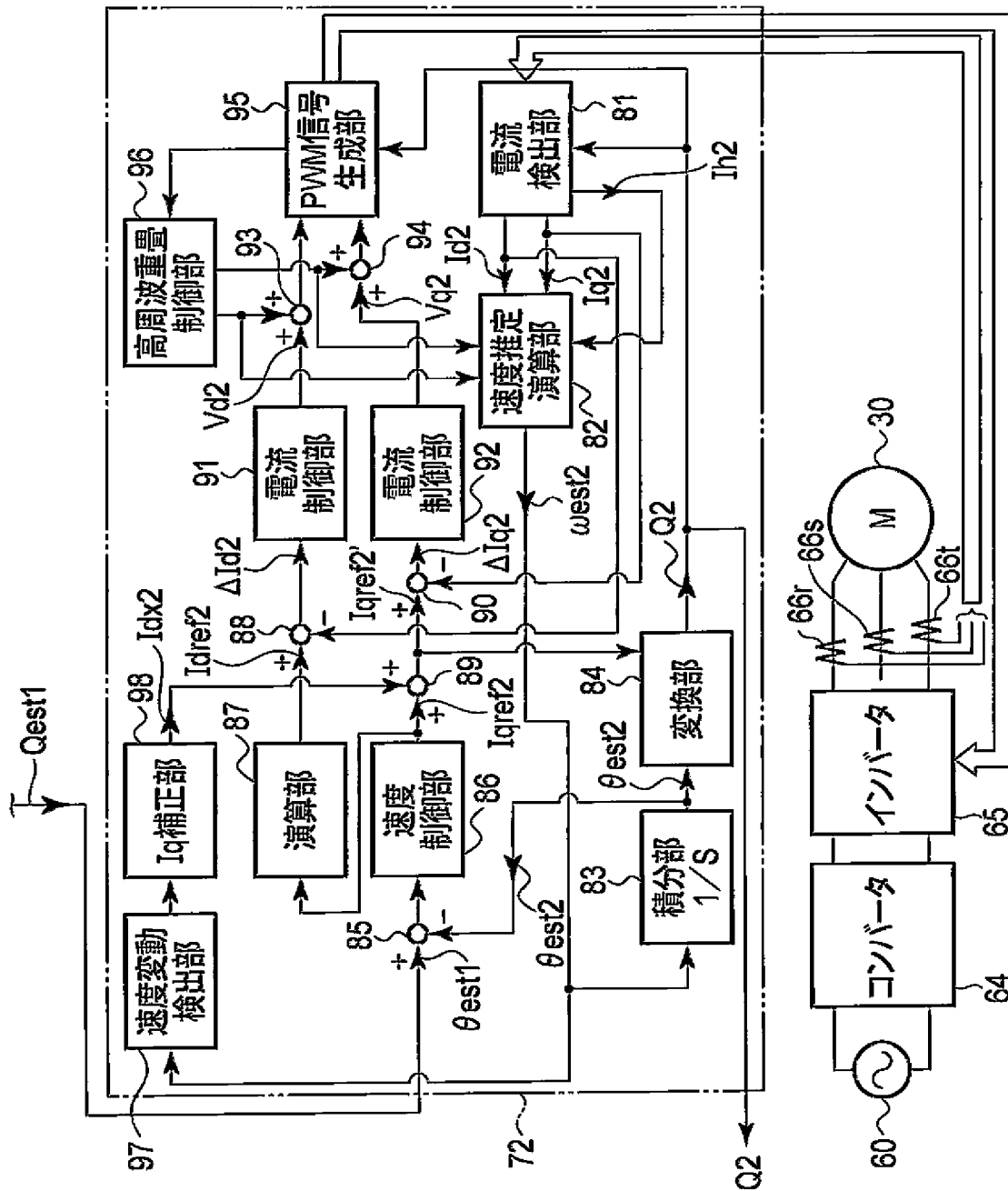
[図3]



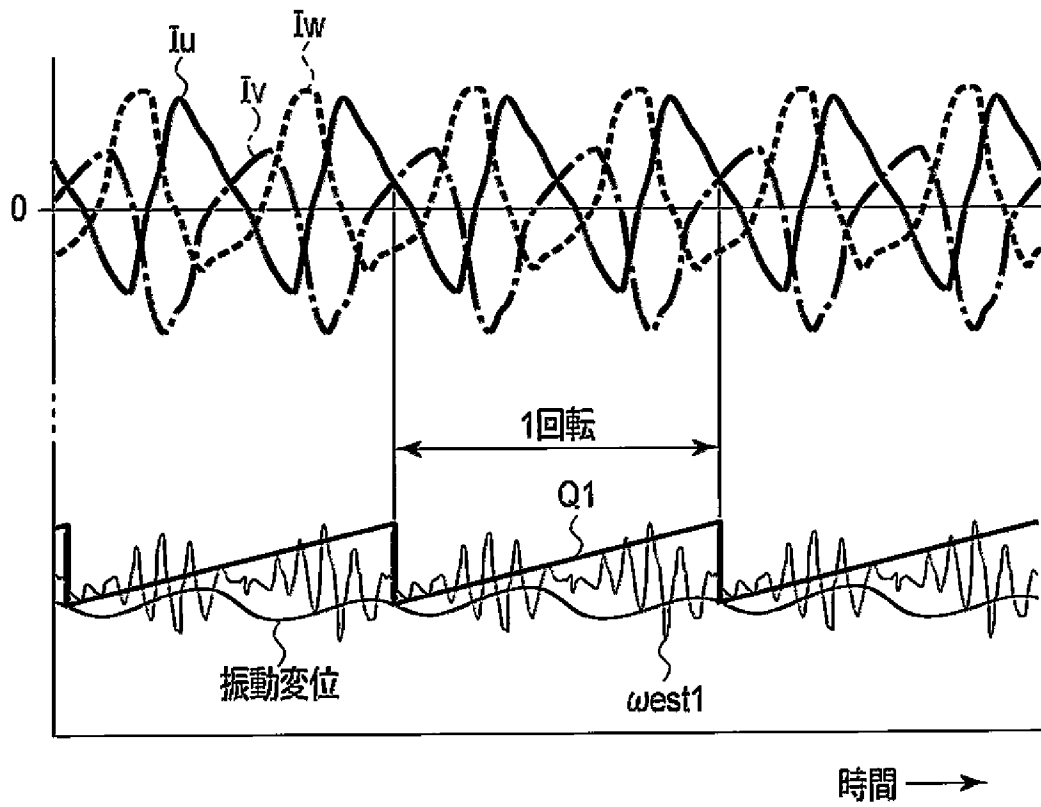
[図4]



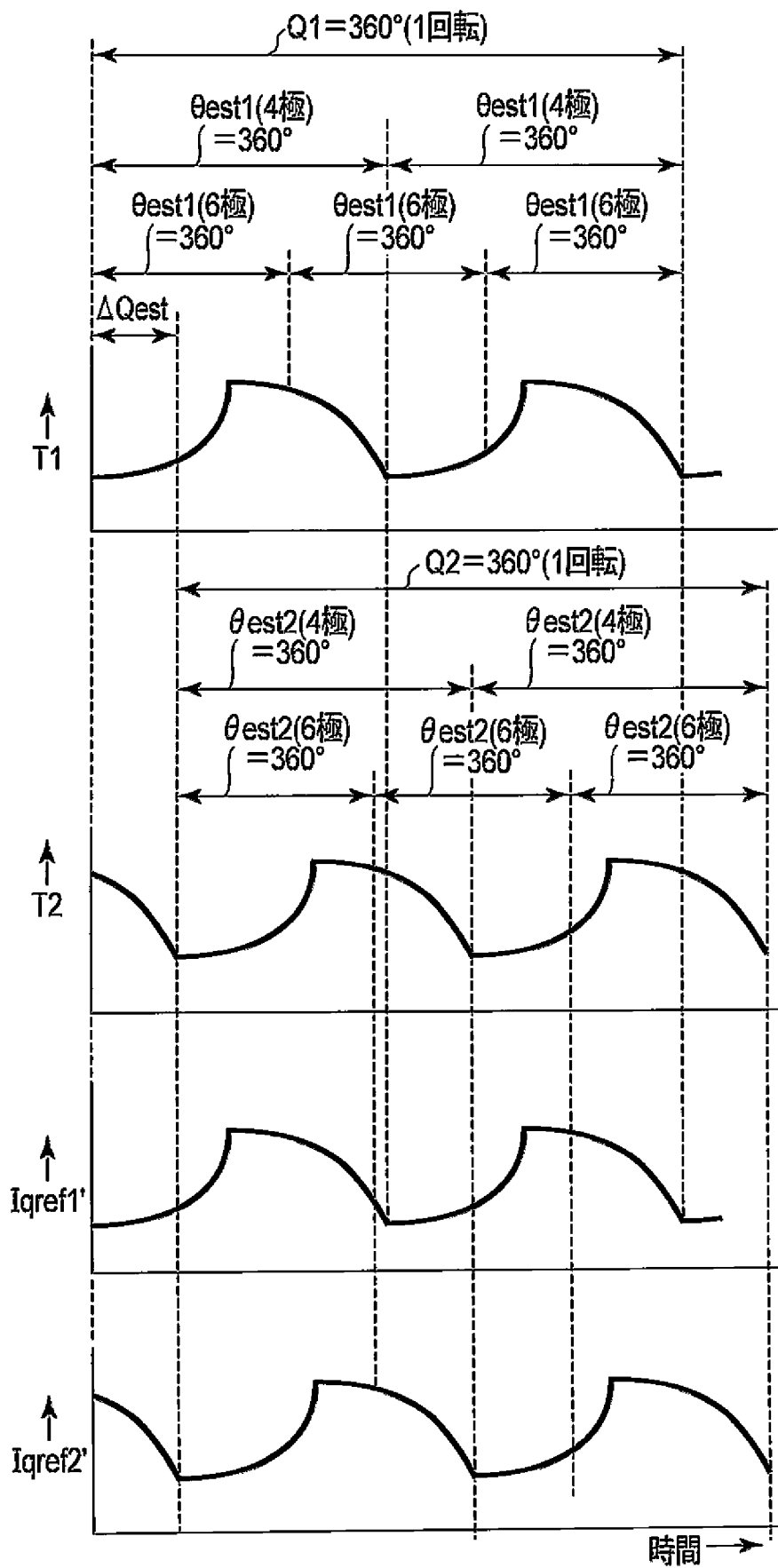
[図6]



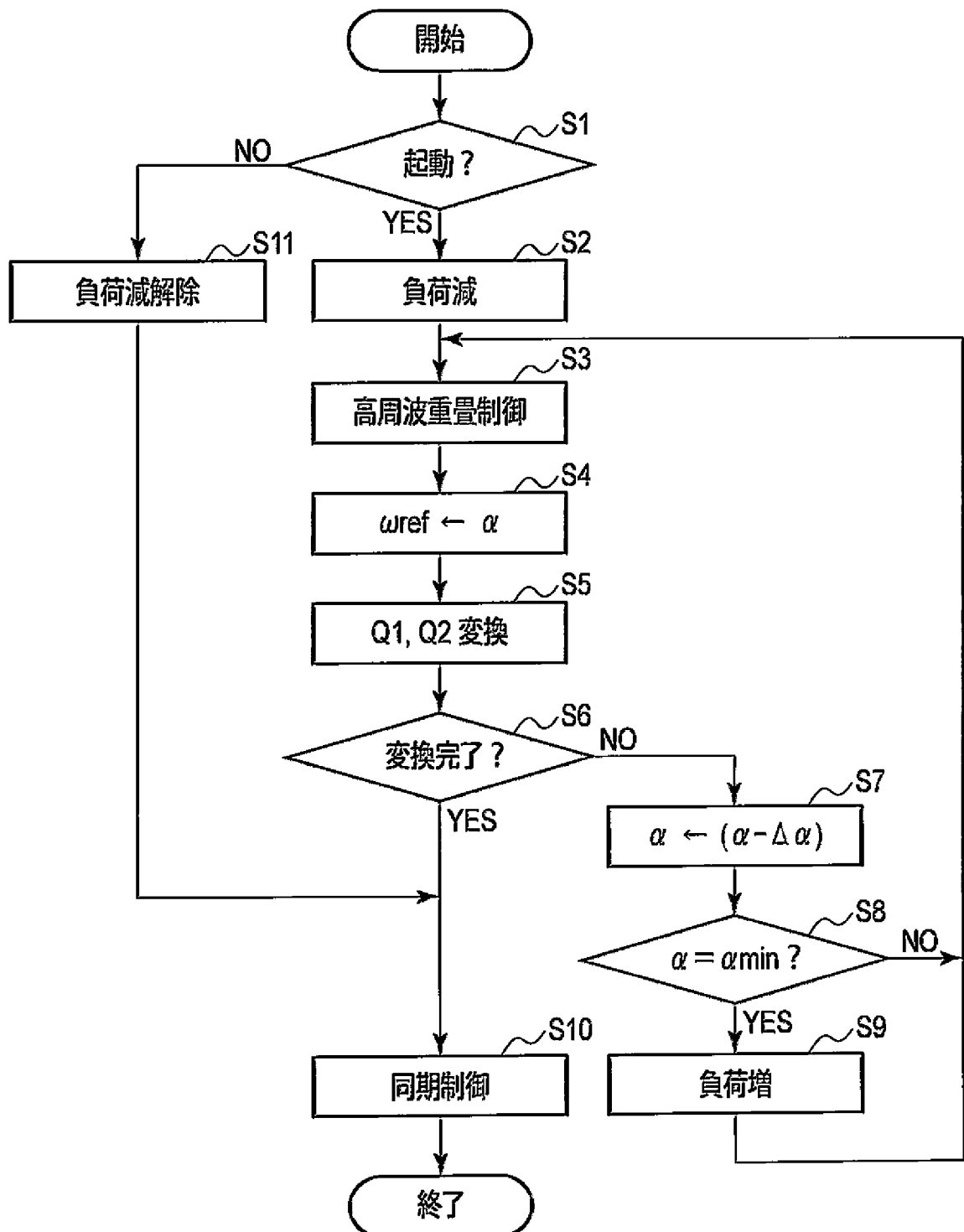
[図7]



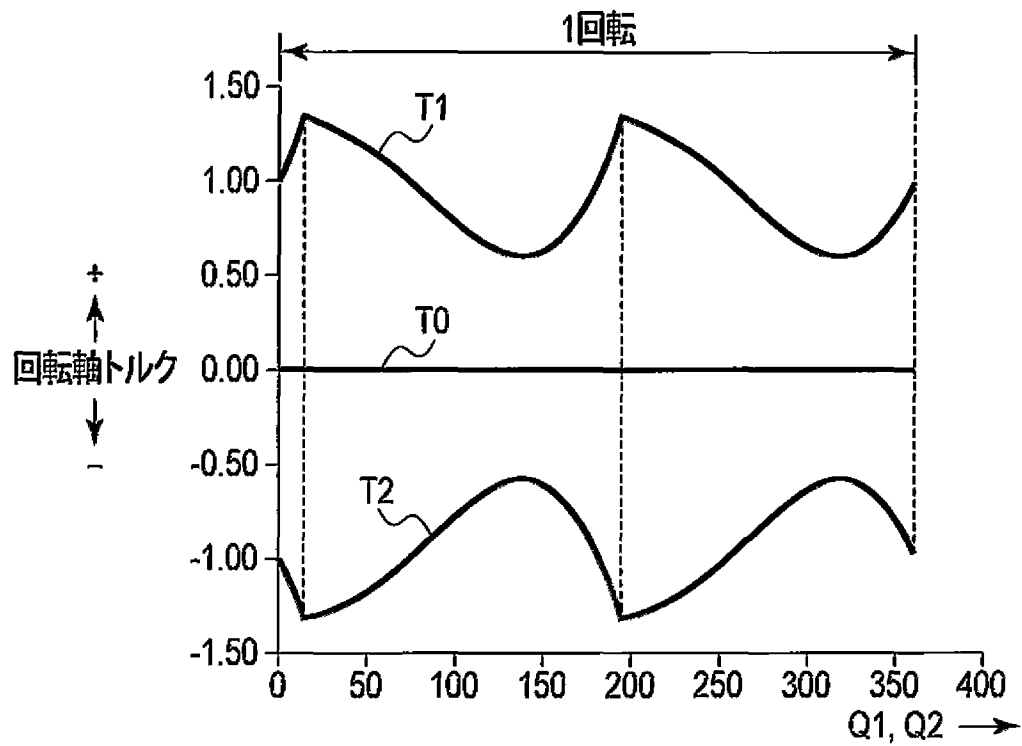
[図8]



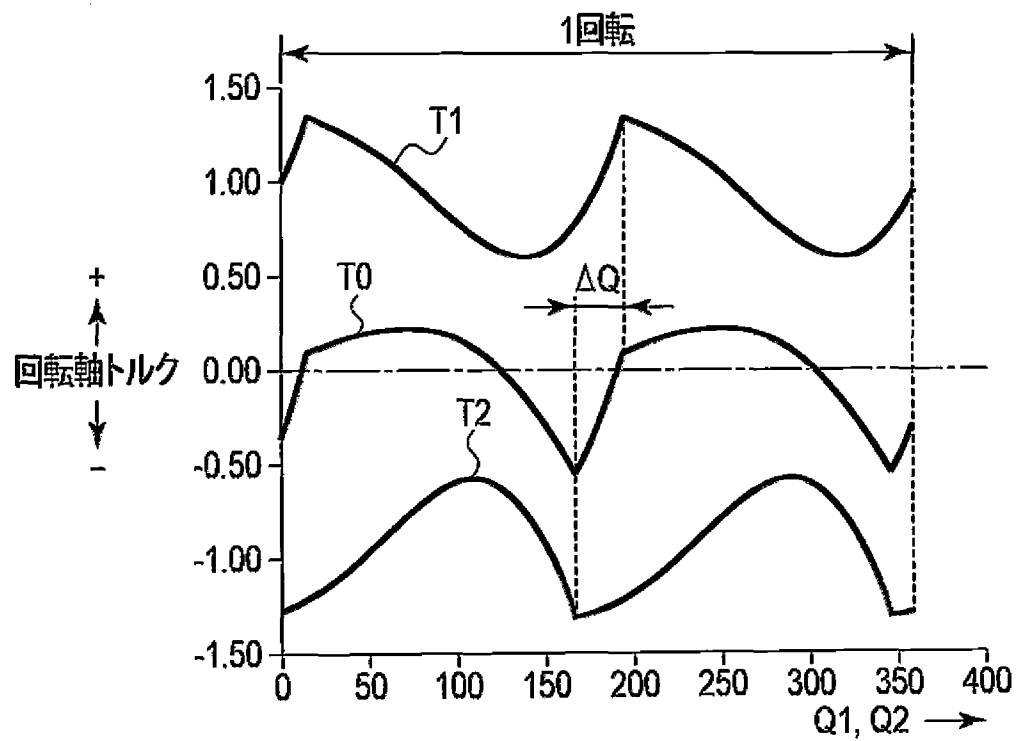
[図9]



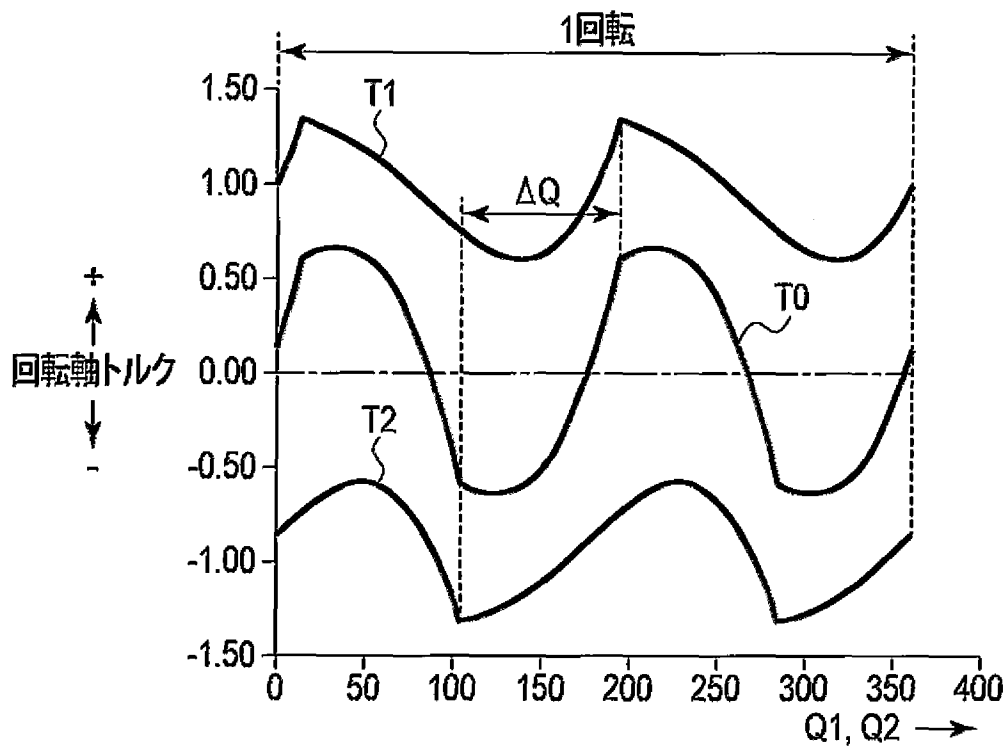
[図10]



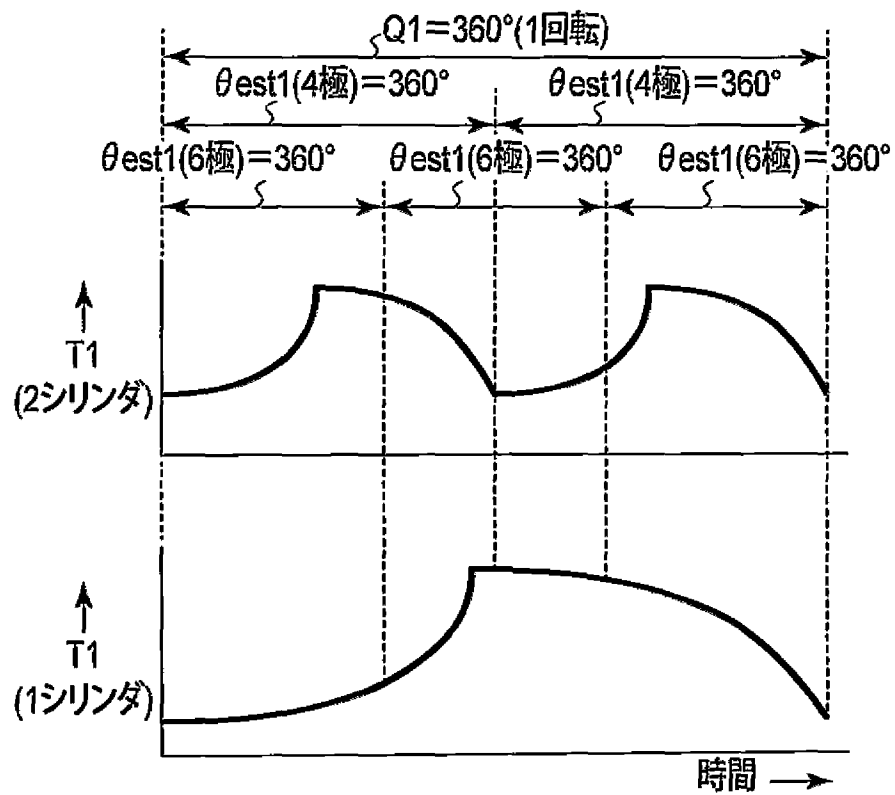
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/070587

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P5/46(2006.01)i, H02P6/04(2016.01)i

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)

H02P5/46, H02P6/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 58-5494 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 January 1983 (12.01.1983), page 1, right column, line 4 to page 3, lower right column, line 13; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-5 6
Y	JP 2015-73372 A (Hitachi Appliances, Inc.), 16 April 2015 (16.04.2015), paragraphs [0011] to [0035]; fig. 4 (Family: none)	1-5

☒ 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
03 October 2016 (03.10.16)

Date of mailing of the international search report
18 October 2016 (18.10.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/070587

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-159334 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 21 June 2007 (21.06.2007), paragraphs [0054] to [0116]; fig. 1 to 24 & US 2007/0132424 A1 paragraphs [0096] to [0156]; fig. 1 to 24 & CN 1988362 A	3-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P5/46(2006.01)i, H02P6/04(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P5/46, H02P6/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 58-5494 A（松下電器産業株式会社）1983.01.12, 第1ページ右欄第4行-第3ページ右下欄第13行、第1-2図（ファミリーなし）	1-5 6
Y	JP 2015-73372 A（日立アプライアンス株式会社）2015.04.16, 段落[0011]-[0035]、図4（ファミリーなし）	1-5
Y	JP 2007-159334 A（三洋電機株式会社）2007.06.21, 段落[0054]-[0116]、図1-24 & US 2007/0132424 A1, 段落[0096]-[0156]、図1-24 & CN 1988362 A	3-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.10.2016

国際調査報告の発送日

18.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森山 拓哉

3 V

3924

電話番号 03-3581-1101 内線 3357