

(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
2020年3月5日(05.03.2020)



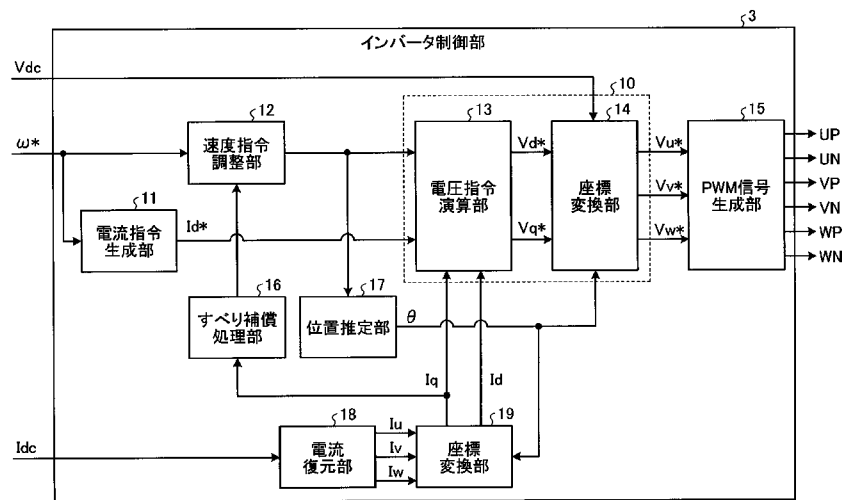
(10) 国際公開番号

WO 2020/044508 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 6/20 (2016.01) *H02P 6/28* (2016.01)
H02P 6/14 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/032194
- (22) 国際出願日: 2018年8月30日(30.08.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 乗松 泰治(NORIMATSU, Yasuharu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: MOTOR DRIVE DEVICE, MOTOR CONTROL METHOD, AND REFRIGERATION CYCLE DEVICE

(54) 発明の名称: モータ駆動装置、モータ制御方法および冷凍サイクル装置



- 3 Inverter control unit
11 Current command generation unit
12 Speed command adjustment unit
13 Voltage command calculation unit
14, 19 Coordinate conversion unit
15 PWM signal generation unit
16 Slip compensation processing unit
17 Position estimation unit
18 Current restoration unit

(57) Abstract: This motor drive device is provided with: an inverter circuit for converting a DC voltage to an AC voltage and outputting the AC voltage; a current command generation unit (11) for generating a current command value that is a command value of a current applied to a motor; and a voltage command generation unit (10) which controls the inverter circuit by generating a voltage command value that is a command value of the AC voltage, on the basis of the current command value. In a period until the rotational speed of a rotor reaches a steady state after the rotor has been positioned,

KN, KP, KR, KW, 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.

- (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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

the current command generation unit (11) generates the current command value of which the level is adjusted to follow changes of a speed command value that is a command value for the rotational speed of the rotor.

(57) 要約：モータ駆動装置は、直流電圧を交流電圧へ変換して、交流電圧を出力するインバータ回路と、モータに印加される電流の指令値である電流指令値を生成する電流指令生成部（11）と、電流指令値を基に交流電圧の指令値である電圧指令値を生成することによってインバータ回路を制御する電圧指令生成部（10）と、を備える。電流指令生成部（11）は、回転子の位置決めの後、回転子の回転速度が定常状態となるまでの期間において、回転子の回転速度の指令値である速度指令値の変化に追従してレベルが調整された電流指令値を生成する。

明 細 書

発明の名称：

モータ駆動装置、モータ制御方法および冷凍サイクル装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータを駆動するモータ駆動装置、モータ制御方法および冷凍サイクル装置に関する。

背景技術

[0002] 冷凍サイクル装置の圧縮機には、圧縮機の運転停止と同時に冷媒の流路が遮断されることによって、冷媒の吸入口と吐出口とにおける圧力差である差圧が生じることがある。圧縮機の運転再開時における差圧が大きいほど、圧縮機のモータが起動する際の負荷トルクは大きくなる。

[0003] 特許文献1には、負荷トルクの変動に関わらずモータの安定した起動を可能とするために、回転子の実際の回転位置と制御上における回転位置との差である軸誤差を同期運転モードにおいて求め、軸誤差を基に電圧指令値を調整する方法が開示されている。特許文献1の方法は、回転子が停止している状態から一定の期間の同期運転モードにおいて、回転子の回転位置を検出せずにコイルの通電相を切り換えることにより、回転子の回転を開始させる。回転子の回転開始後、コイルの非通電相に生じる誘起電圧によって回転子の回転位置を検出可能な程度にまで回転子の回転が加速されると、モータの運転モードは、回転位置のフィードバック制御を行う位置フィードバック運転モードへ移行する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-249355号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献1の従来技術の場合、同期運転モードから位置フィードバック

ク運転モードへの切り換わりにおいて、モータを流れる電流の位相変化によって回転子の回転が不安定となる場合がある。回転子の安定した回転を可能とするためには、同期運転モードでの加速が制限されることになる。このため、従来技術によると、同期運転モードを経てモータを起動させることにより、同期運転モードにて加速に制限が課せられる分、モータの起動に時間がかかるという問題があった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、モータの起動に要する時間を短縮可能とするモータ駆動装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るモータ駆動装置は、回転子を有するモータを駆動する。本発明に係るモータ駆動装置は、直流電圧を交流電圧へ変換して、交流電圧を出力するインバータ回路と、モータに印加される電流の指令値である電流指令値を生成する電流指令生成部と、電流指令値を基に交流電圧の指令値である電圧指令値を生成することによってインバータ回路を制御する電圧指令生成部と、を備える。電流指令生成部は、回転子の位置決めの後、回転子の回転速度が定常状態となるまでの期間において、回転子の回転速度の指令値である速度指令値の変化に追従してレベルが調整された電流指令値を生成する。

発明の効果

[0008] 本発明に係るモータ駆動装置は、モータの起動に要する時間を短縮できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態1に係るモータ駆動装置を示す図

[図2]図1に示すモータ駆動装置が有するインバータ制御部の機能構成を示すブロック図

[図3]図1に示すインバータ制御部の機能が専用のハードウェアによって実現される場合のハードウェア構成を示す図

[図4]図1に示すインバータ制御部の機能が、メモリに格納されるプログラム

を実行するプロセッサによって実現される場合のハードウェア構成を示す図

[図5]図2に示すインバータ制御部によって生成されるPWM信号のデューティ比と、PWM信号によって制御される出力電圧との関係を説明する図

[図6]図1に示すモータ駆動装置によるモータ制御方法の手順を示すフローチャート

[図7]図6に示すモータ制御方法の手順によってモータを駆動した場合における回転速度の推移の第1の例を示す図

[図8]図6に示すモータ制御方法の手順によってモータを駆動した場合におけるモータ電流の波形の例を示す図

[図9]図6に示すモータ制御方法の手順によってモータを駆動した場合における回転速度の推移の第2の例を示す図

[図10]図1に示すモータ駆動装置を有する冷凍サイクル装置の構成を示す図

[図11]図10に示す冷凍サイクル装置が有する圧縮機の例であるレシプロ圧縮機を模式的に表した図

[図12]図10に示す冷凍サイクル装置が有する圧縮機の例であるロータリー圧縮機とレシプロ圧縮機とのトルクについて説明する図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明の実施の形態に係るモータ駆動装置、モータ制御方法および冷凍サイクル装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0011] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1に係るモータ駆動装置100を示す図である。モータ駆動装置100は、モータ50を駆動する。モータ50は、センサレス型のブラシレスモータである。モータ50は、永久磁石である回転子と、3相のコイルが設けられた固定子とを有する。モータ駆動装置100は、直流電源1から出力される直流電圧を交流電圧へ変換して交流電圧を出力するインバータ回路2と、インバータ回路2を制御するインバータ制御部3とを有する。

- [0012] インバータ回路2は、直流電源1から供給される直流電力を交流電力に変換するスイッチング素子4a、4b、4c、4d、4e、4fと、各々がスイッチング素子4a、4b、4c、4d、4e、4fの各々に並列に接続されたダイオード5a、5b、5c、5d、5e、5fとを有する。
- [0013] モータ駆動装置100は、インバータ回路2の入力側に印加される直流電圧を検出する電圧検出部6と、直流電源1とインバータ回路2との間を流れる直流電流を検出する電流検出部7とを有する。電圧検出部6は、直流電圧の検出結果を示す情報である検出電圧 V_{dc} をインバータ制御部3へ出力する。電流検出部7は、直流電流の検出結果を示す情報である検出電流 I_{dc} をインバータ制御部3へ出力する。インバータ制御部3は、検出電圧 V_{dc} と検出電流 I_{dc} とを基にパルス幅変調 (Pulse Width Modulation: PWM) 信号UP、VP、WP、UN、VN、WNを生成する。インバータ制御部3は、PWM信号UP、VP、WP、UN、VN、WNをインバータ回路2へ出力して、スイッチング素子4a、4b、4c、4d、4e、4fの動作を制御する。
- [0014] モータ駆動装置100には、直流電源1に代えて、整流と平滑化とによって交流電力を直流電力へ変換するコンバータ回路が設けられても良い。直流電源1は、太陽電池あるいはバッテリーなどに代えられても良い。
- [0015] 図1に示すスイッチング素子4a、4b、4c、4d、4e、4fは、トランジスタである。スイッチング素子4a、4b、4c、4d、4e、4fは、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)、サイリスタ、またはGTO (Gate Turn-Off thyristor) といった半導体素子であっても良い。
- [0016] スwitchング素子4a、4b、4cは、直流電源1のプラス端子に接続されている。スイッチング素子4d、4e、4fは、直流電源1のマイナス端子に接続されている。スイッチング素子4aとスイッチング素子4dとは、直列に接続されている。スイッチング素子4bとスイッチング素子4eとは

、直列に接続されている。スイッチング素子 4 c とスイッチング素子 4 f とは、直列に接続されている。スイッチング素子 4 a とスイッチング素子 4 d との間の接続点 8 a は、モータ 5 0 における U 相の端子に接続される。スイッチング素子 4 b とスイッチング素子 4 e との間の接続点 8 b は、モータ 5 0 における V 相の端子に接続される。スイッチング素子 4 c とスイッチング素子 4 f との間の接続点 8 c は、モータ 5 0 における W 相の端子に接続される。

[0017] インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 a へ PWM 信号 U P を出力することによって、スイッチング素子 4 a のスイッチングを制御する。インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 d へ PWM 信号 U N を出力することによって、スイッチング素子 4 d のスイッチングを制御する。インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 b へ PWM 信号 V P を出力することによって、スイッチング素子 4 b のスイッチングを制御する。インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 e へ PWM 信号 V N を出力することによって、スイッチング素子 4 e のスイッチングを制御する。インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 c へ PWM 信号 W P を出力することによって、スイッチング素子 4 c のスイッチングを制御する。インバータ制御部 3 は、スイッチング素子 4 f へ PWM 信号 W N を出力することによって、スイッチング素子 4 f のスイッチングを制御する。

[0018] 電流検出部 7 は、スイッチング素子 4 d, 4 e, 4 f と直流電源 1 との間に接続されたシャント抵抗を有する。モータ駆動装置 1 0 0 からモータ 5 0 へ電流が流れることにより、シャント抵抗にも電流が流れる。電流検出部 7 は、シャント抵抗に発生する電圧降下と抵抗値とを基に電流を測定することにより、モータ 5 0 に印加される電流であるモータ電流を検出する。なお、モータ駆動装置 1 0 0 は、スイッチング素子 4 d, 4 e, 4 f と直流電源 1 との間に接続された電流検出部 7 に代えて、モータ駆動装置 1 0 0 とモータ 5 0 との間を流れる電流を直接検出する電流検出部を有しても良い。かかる電流検出部には、モータ 5 0 の各相における電流を検出するための 1 個以上

のシャント抵抗が設けられる。

[0019] 図2は、図1に示すモータ駆動装置100が有するインバータ制御部3の機能構成を示すブロック図である。インバータ制御部3には、電圧検出部6からの検出電圧 V_{dc} と電流検出部7からの検出電流 I_{dc} とが入力される。また、インバータ制御部3には、モータ50を含むシステム全体を制御する上位コントローラによって、回転子の回転速度の指令値である速度指令値 ω^* が与えられる。モータ駆動装置100は、あらかじめ設定された速度指令値 ω^* を保持しても良い。

[0020] 電流復元部18は、検出電流 I_{dc} を基に、3相のモータ電流を示す情報である3相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を復元する。U相電流 I_u は、U相のモータ電流を示す。V相電流 I_v は、V相のモータ電流を示す。W相電流 I_w は、W相のモータ電流を示す。なお、モータ駆動装置100とモータ50との間を流れる各相の電流が直接検出される場合は、電流復元部18による復元は不要である。

[0021] 座標変換部19は、復元された3相電流 I_u 、 I_v 、 I_w と磁極位置 θ とを基に、3相電流 I_u 、 I_v 、 I_w からd軸電流 I_d およびq軸電流 I_q への座標変換を行う。ここで、d軸およびq軸は、回転子の磁極に対応する2軸である。d軸は、回転子の磁極による磁束の方向の軸である。q軸は、回転方向においてd軸とは90度異なる方向の軸である。d軸電流 I_d は、モータ電流のd軸成分を示す情報である。q軸電流 I_q は、モータ電流のq軸成分を示す情報である。磁極位置 θ については後述する。座標変換部19は、後述する電圧指令演算部13へd軸電流 I_d を出力し、電圧指令演算部13と後述するすべり補償処理部16とへq軸電流 I_q を出力する。

[0022] インバータ制御部3は、モータ50に印加される電流の指令値である電流指令値を生成する電流指令生成部11を有する。電流指令生成部11は、速度指令値 ω^* を基に、d軸成分の電流指令値であるd軸電流指令値 I_d^* を生成する。電流指令生成部11は、回転子の位置決めの後、回転子の回転速度が定常状態となるまでの期間において、速度指令値 ω^* の変化に追従して

レベルが調整されたd軸電流指令値 I_d^* を生成する。電流指令生成部11は、生成されたd軸電流指令値 I_d^* を電圧指令演算部13へ出力する。

[0023] インバータ制御部3は、速度指令値 ω^* を調整する速度指令調整部12と、速度指令値 ω^* からの回転速度の遅延であるすべりを補償するための処理を行うすべり補償処理部16と、回転子の回転位置を推定する位置推定部17とを有する。すべり補償処理部16は、検出電流 I_{dc} からの復元および座標変換によって得られたq軸電流 I_q を基に、すべり補償のための速度指令値 ω^* の調整量を算出する。速度指令調整部12は、すべり補償処理部16によって算出された調整量を基に、速度指令値 ω^* を調整する。これにより、速度指令調整部12は、検出電流 I_{dc} に基づいた速度指令値 ω^* の調整を行う。速度指令調整部12は、調整された速度指令値 ω^* を電圧指令演算部13へ出力する。

[0024] 位置推定部17は、速度指令調整部12による調整を経た速度指令値 ω^* を積分することにより、回転方向における回転子の磁極の位置を推定する。位置推定部17は、座標変換部19と、後述する電圧指令生成部10とへ、推定結果を表す情報である磁極位置 θ を出力する。磁極位置 θ は、固定子を基準とする回転子の磁極の位置を表す。なお、インバータ制御部3は、回転子の回転速度を測定する機能を有しても良い。この場合、位置推定部17は、速度指令値 ω^* に代えて回転速度の測定値を積分することにより、磁極の位置を推定しても良い。

[0025] インバータ制御部3は、モータ50へ出力される交流電圧の指令値である電圧指令値を生成する電圧指令生成部10を有する。電圧指令生成部10は、電圧指令値を生成することによってインバータ回路2を制御する。電圧指令生成部10は、d軸電圧指令値 V_d^* とq軸電圧指令値 V_q^* とを算出する電圧指令演算部13と、d軸電圧指令値 V_d^* およびq軸電圧指令値 V_q^* から3相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* への座標変換を行う座標変換部14とを有する。d軸電圧指令値 V_d^* は、d軸成分の電圧指令値である。q軸電圧指令値 V_q^* は、q軸成分の電圧指令値である。

[0026] 電圧指令演算部 13 は、電流指令生成部 11 で生成された d 軸電流指令値 I_d^* へ d 軸電流 I_d を収束可能に調整された d 軸電圧指令値 V_d^* を生成する。また、電圧指令演算部 13 は、速度指令調整部 12 からの速度指令値 ω^* を基に、q 軸成分の電流指令値である q 軸電流指令値 I_q^* を生成する。電圧指令演算部 13 は、生成された q 軸電流指令値 I_q^* へ q 軸電流 I_q を収束可能に調整された q 軸電圧指令値 V_q^* を生成する。電圧指令演算部 13 は、生成された d 軸電圧指令値 V_d^* と q 軸電圧指令値 V_q^* とを座標変換部 14 へ出力する。

[0027] 座標変換部 14 は、生成された d 軸電圧指令値 V_d^* および q 軸電圧指令値 V_q^* と検出電圧 V_{dc} と磁極位置 θ とを基に、d 軸電圧指令値 V_d^* および q 軸電圧指令値 V_q^* から、U 相電圧指令値 V_u^* 、V 相電圧指令値 V_v^* および W 相電圧指令値 V_w^* への座標変換を行う。座標変換部 14 は、PWM 信号生成部 15 へ 3 相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を出力する。

[0028] PWM 信号生成部 15 は、負荷の機械角に対応した負荷トルクの値を推定し、推定した負荷トルクの値に対応したパルス数を求める。PWM 信号生成部 15 は、求めたパルス数に対応した周波数を持つキャリア波と 3 相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* とを比較して、PWM 信号 UP 、 VP 、 WP 、 UN 、 VN 、 WN を生成する。PWM 信号生成部 15 は、生成された PWM 信号 UP 、 VP 、 WP 、 UN 、 VN 、 WN をインバータ回路 2 へ出力する。

[0029] インバータ制御部 3 の機能は、処理回路により実現される。処理回路は、モータ駆動装置 100 に搭載される専用のハードウェアである。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサであっても良い。

[0030] 図 3 は、図 1 に示すインバータ制御部 3 の機能が専用のハードウェアによって実現される場合のハードウェア構成を示す図である。専用のハードウェアである処理回路 30 は、単一回路、複合回路、プログラム化されたプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)

、又はこれらの組み合わせである。

[0031] 図4は、図1に示すインバータ制御部3の機能が、メモリ32に格納されるプログラムを実行するプロセッサ31によって実現される場合のハードウェア構成を示す図である。プロセッサ31およびメモリ32は、相互に通信可能に接続されている。プロセッサ31は、CPU (Central Processing Unit)、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、又はDSP (Digital Signal Processor) である。インバータ制御部3の機能は、プロセッサ31と、ソフトウェア、ファームウェア、又はソフトウェアとファームウェアとの組み合わせによって実現される。ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして記述され、メモリ32に格納される。メモリ32は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 等の不揮発性もしくは揮発性の半導体メモリ等の内蔵メモリである。

[0032] インバータ制御部3の機能の一部が専用のハードウェアにより実現され、インバータ制御部3の機能のその他の部分がソフトウェアあるいはファームウェアにより実現されても良い。このように、インバータ制御部3の機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって実現することができる。

[0033] インバータ回路2からの出力電圧の制御は、PWM信号のデューティ比の制御によって行われる。デューティ比は、PWM周期におけるパルス幅の割合である。ここで、デューティ比と出力電圧との関係について説明する。図5は、図2に示すインバータ制御部3によって生成されるPWM信号のデューティ比と、PWM信号によって制御される出力電圧との関係を説明する図である。図5に示すグラフの横軸は時間を表し、縦軸はデューティ比と出力電圧の振幅とを表す。図5において、PWM信号のパルスは破線により示している。キャリア波形は実線により示している。太い実線により示す電圧波

形 4 3 は、出力電圧の振幅 4 1 と時間との関係を表す。周期 4 5 は、電圧波形 4 3 の周期である。

[0034] キャリア周期 4 4 は、モータ 5 0 の制御のための演算が行われる周期である。インバータ制御部 3 は、1 キャリアまたは複数キャリアごとに、出力電圧の制御のための演算を行う。インバータ回路 2 には、PWM 信号のパルスがオンである時間に直流電圧が印加される。PWM 信号のパルス幅 4 2 が調整されることによって、出力電圧の振幅 4 1 が調整される。デューティ比は、電圧波形 4 3 が正弦波に近い波形となるように調整される。

[0035] 次に、モータ駆動装置 1 0 0 によるモータ 5 0 の駆動の制御について説明する。図 6 は、図 1 に示すモータ駆動装置 1 0 0 によるモータ制御方法の手順を示すフローチャートである。ステップ S 1 において、モータ駆動装置 1 0 0 は、上位コントローラから運転開始指令が与えられることによって、モータ 5 0 の起動を開始する。モータ 5 0 の起動の開始により、モータ駆動装置 1 0 0 は、ステップ S 2 において、位置決めモードによるモータ 5 0 の動作を開始させる。第 1 の工程であるステップ S 2 において、モータ駆動装置 1 0 0 は、回転子の位置決めを行う。

[0036] 位置決めモードにおいて、インバータ制御部 3 は、あらかじめ設定された電圧指令値を電圧指令演算部 1 3 から出力することにより、回転子を特定の回転位置へ移動させる。これにより、モータ駆動装置 1 0 0 は、あらかじめ設定された回転位置への回転子の位置決めを行う。位置決めモードにおいて、インバータ制御部 3 へ与えられる速度指令値 ω^* はゼロである。

[0037] 回転子の位置決めの後、インバータ制御部 3 へ与えられる速度指令値 ω^* がゼロから増加することにより、ステップ S 3 において、モータ駆動装置 1 0 0 は、モータ 5 0 の運転モードを位置決めモードから起動加速モードへ移行させる。起動加速モードにおいて、電流指令生成部 1 1 は、速度指令値 ω^* の増加に追従するように、d 軸電流指令値 I_d^* のレベルを調整する。起動加速モードにおいて、モータ駆動装置 1 0 0 は、d 軸電流指令値 I_d^* のレベルの調整によって、速度指令値 ω^* の変化量である加速度にしたがって

回転子の回転を加速させる。第2の工程であるステップS3において、モータ駆動装置100は、位置決めされた状態から回転子を回転させ、かつ回転を加速させる。

[0038] 起動加速モードによって速度指令値 ω^* が定常状態に達したとき、ステップS4において、モータ駆動装置100は、モータ50の運転モードを起動加速モードから定常運転モードへ移行させる。定常状態とは、速度指令値 ω^* の増加の後に速度指令値 ω^* が一定となった状態とする。定常運転モードにおいて、モータ駆動装置100は、定常状態とされた速度指令値 ω^* にしたがってモータ50を駆動する。第3の工程であるステップS4において、モータ駆動装置100は、加速の後の定常運転により回転子を回転させる。なお、定常運転モードにおいて、モータ駆動装置100は、速度指令値 ω^* が変更されることによって、回転子の回転速度を変化させる。

[0039] 定常運転モードにてモータ50を駆動している間、ステップS5において、インバータ制御部3は、停止指令の有無を判断する。停止指令は、速度指令値 ω^* をゼロとする指令である。停止指令が無い場合（ステップS5, No）、モータ駆動装置100は、定常運転モードでのモータ50の駆動を継続する。停止指令があった場合（ステップS5, Yes）、ステップS6において、モータ駆動装置100は、モータ50の運転を停止する。これにより、モータ駆動装置100は、図6に示す手順を終了する。

[0040] 図7は、図6に示すモータ制御方法の手順によってモータ50を駆動した場合における回転速度の推移の第1の例を示す図である。図7において、グラフR1は、図6に示す手順で運転モードを移行させた場合における回転速度 ω の推移の例を示している。期間T1は、モータ50の運転モードが位置決めモードとされる期間である。期間T2は、モータ50の運転モードが起動加速モードとされる期間である。期間T3は、モータ50の運転モードが定常運転モードとされる期間である。

[0041] 図7において、グラフR2は、比較例における回転速度 ω の推移を示している。比較例では、上記の起動加速モードに代えて、同期運転モードと位置

フィードバック運転モードとによる駆動が行われる。期間 T_4 は、モータ 50 の運転モードが同期運転モードとされる期間である。期間 T_5 は、モータ 50 の運転モードが位置フィードバック運転モードとされる期間である。比較例においても、位置決めモードによる回転子の位置決めは、図 6 に示すモータ制御方法と同様に行われる。

[0042] 比較例の同期運転モードでは、モータ 50 へ供給される電流の周波数の増加によって回転速度 ω を増加させる。同期運転モードから位置フィードバック運転モードへの切り換わりにおいて、モータ 50 を流れる電流の位相変化によって、回転子の回転が不安定となる場合がある。モータ 50 は、回転が不安定となることにより、振動を生じることがある。モータ 50 に振動が生じ得る状況において回転子の加速度を大きくすると、回転がさらに不安定となることで、PWM 信号による制御に回転が追従しなくなる現象である脱調を生じ得る。同期運転モードの場合、回転子の安定した回転を可能とするために、加速が制限されることになる。加速に制限が課せられる分、期間 T_4 における加速が期間 T_5 よりも低くなるために、回転速度 ω がゼロから定常状態になるまでに要する期間 $T_4 + T_5$ を短縮することが困難となる。

[0043] 図 6 に示す実施の形態 1 にかかる手順では、回転子の回転速度がゼロから定常状態になるまでの起動加速モードにおいて、速度指令値 ω^* は時間に比例して増加する。期間 T_2 における速度指令値 ω^* と時間との関係は、一次関数によって表される。かかる速度指令値 ω^* に追従するように d 軸電流指令値 I_d^* のレベルを調整して、モータ 50 の駆動を制御することにより、モータ駆動装置 100 は、起動加速モードにおいて、時間に比例して回転速度 ω を増加させる。モータ駆動装置 100 は、上記の同期運転モードではある制限値よりも加速度を大きくすることができない一方、起動加速モードでは当該制限値よりも加速度を大きくすることができる。または、モータ駆動装置 100 は、起動加速モードにおいて、モータ 50 の仕様による最大値にまで加速度を大きくすることができる。このため、モータ駆動装置 100 は、回転速度 ω がゼロから定常状態になるまでの期間 T_2 を、上記の期間 T_4

+T5よりも短縮することができる。これにより、モータ駆動装置100は、起動加速モードでのモータ50の駆動によって、モータ50の起動に要する時間を短縮することができる。

[0044] このように、モータ駆動装置100は、同期運転モードによる駆動が行われる場合とは異なり、回転子の回転を開始した直後から回転子の加速度を大きくすることができる。回転子の加速度が大きくなり、モータ50により出力されるトルクが大きくなるため、モータ50は、起動時における振動の低減と騒音の低減とが可能となる。

[0045] 図8は、図6に示すモータ制御方法の手順によってモータ50を駆動した場合におけるモータ電流の波形の例を示す図である。位置決めモードである期間T1の開始時に、モータ電流の電流値は、特定の回転位置に回転子を移動させるために、一定の値にまで上げられる。期間T1が終了するまで、モータ電流の電流値は一定に維持される。起動加速モードである期間T2の開始時に、モータ電流の振幅は最大となる。期間T2では、回転子が回転を開始してからは時間の経過とともにモータ電流の振幅は減少する。モータ電流の振幅は、速度指令値 ω^* の増加に追従して回転子の回転を加速可能に調整される。定常運転モードである期間T3では、速度指令値 ω^* が定常状態となることによって、モータ電流の振幅は一定となる。

[0046] 起動加速モードにおいて、速度指令値 ω^* は、時間に比例して一定の割合で増加させる以外に、増加の割合を変化させても良い。図9は、図6に示すモータ制御方法の手順によってモータ50を駆動した場合における回転速度の推移の第2の例を示す図である。速度指令値 ω^* の増加の割合は、起動加速モードである期間T2の開始時において最大とする。期間T2において、速度指令値 ω^* の増加の割合は、時間の経過に伴って減少させていき、速度指令値 ω^* を定常状態へ収束させる。定常運転モードである期間T3において速度指令値 ω^* は定常状態となる。期間T2における速度指令値 ω^* と時間との関係は、高次関数によって表される。かかる速度指令値 ω^* に追従するd軸電流指令値 i_d^* を生成して、モータ50の駆動を制御する

ことにより、回転速度 ω は、速度指令値 ω^* と同様に変化する。第2の例の場合も、モータ駆動装置100は、起動加速モードでのモータ50の駆動によって、モータ50の起動に要する時間を短縮することができる。

[0047] スイッチング素子4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4fの材料は、一般的な半導体材料であるシリコン(Si)のほか、炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)またはダイヤモンド(C)といった、ワイドバンドギャップ半導体と称される半導体材料であっても良い。ワイドバンドギャップ半導体のバンドギャップは、シリコンのバンドギャップよりも大きい。スイッチング素子4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4fは、ワイドバンドギャップ半導体が用いられることで、電力損失の低減が可能となり、高い効率でのスイッチング動作が可能となる。また、スイッチング素子4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4fは、キャリア周波数を高くする場合においても電力損失を低減可能とする。スイッチング素子4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4fは、キャリア周波数を高くすることでスイッチング動作の高速化が可能となる。モータ駆動装置100は、スイッチング動作の細かい制御が可能となることで、モータ50の起動をより安定化させることができる。モータ駆動装置100は、スーパージャンクション構造を有するMOSFETが用いられる場合も、ワイドバンドギャップ半導体が用いられる場合と同様の効果を得ることができる。

[0048] 次に、モータ駆動装置100およびモータ50を含むシステムの1つである冷凍サイクル装置について説明する。図10は、図1に示すモータ駆動装置100を有する冷凍サイクル装置101の構成を示す図である。冷凍サイクル装置101は、冷凍サイクルであるヒートポンプサイクルによって冷媒を循環させながら冷却処理を行う装置である。冷凍サイクル装置101は、冷蔵庫またはエアコンディショナーといった装置に適用される。

[0049] 冷凍サイクル装置101は、冷媒を循環させる閉回路である冷媒回路51を備える。冷凍サイクル装置101は、冷媒回路51における冷媒の圧縮と圧縮された冷媒の膨張とによって、冷媒の液化と気化とを繰り返す。冷媒回

路 5 1 において、熱交換器 5 3 と、減圧機構 5 4 と、電磁弁 5 5 と、熱交換器 5 6 と、圧縮機 5 7 とは、かかる配列順で、冷媒配管 5 2 を介して接続されている。圧縮機 5 7 と熱交換器 5 3 とは、冷媒配管 5 2 を介して接続されている。

[0050] 蒸発器である熱交換器 5 3 は、冷媒と熱媒体との熱交換を行う。熱交換器 5 3 は、上流側である圧縮機 5 7 側から送られてくる冷媒に熱を吸収させて、下流側である減圧機構 5 4 側へ冷媒を送る。熱交換器 5 3 は、凝縮器の機能も有している。

[0051] 減圧機構 5 4 は、冷媒の流量を制御する。減圧機構 5 4 の例としては、開閉によって冷媒の流量を調整する膨張弁であるバルブが挙げられる。減圧機構 5 4 は、バルブのほか、絞り開度が可変な構造を有する膨張弁、重圧部にダイヤフラムを採用した機械式膨張弁、またはキャピラリーチューブであっても良い。

[0052] 電磁弁 5 5 は、電気信号にしたがって冷媒回路 5 1 の開閉を行う。電磁弁 5 5 は、電気信号の入力により開閉を制御可能であれば良く、任意の構造とすることができる。なお、減圧機構 5 4 および電磁弁 5 5 は、冷媒回路 5 1 の任意の位置に配置することができる。また、電磁弁 5 5 は、使用されない場合もある。冷媒回路 5 1 には、圧縮機 5 7 の運転中の圧力差と圧縮機 5 7 の停止期間とにより差圧が発生する。

[0053] 凝縮器である熱交換器 5 6 は、冷媒と熱媒体との熱交換を行う。熱交換器 5 6 は、上流側である熱交換器 5 3 側から送られてくる冷媒の熱を放出させ、下流側である圧縮機 5 7 側へ冷媒を送る。熱交換器 5 6 は、蒸発器の機能も有している。

[0054] 熱交換器 5 3, 5 6 は、空気または水といった熱媒体に対応した形式を備える。熱媒体が空気である場合、熱交換器 5 3, 5 6 には、フィンアンドチューブ型熱交換器を用いることができる。また、熱媒体が水またはブラインといった液体である場合、熱交換器 5 3, 5 6 には、マイクロチャネル熱交換器、シェルアンドチューブ型熱交換器、ヒートパイプ式熱交換器、二重管

式熱交換器、またはプレート熱交換器を用いることができる。

[0055] 圧縮機 57 は、モータ 50 と、冷媒を圧縮するための構成が配置された冷媒圧縮室と、熱交換器 56 側に設けられ冷媒を吸入する吸入口と、熱交換器 53 側に設けられ冷媒を吐出する吐出口とを有する。圧縮機 57 のうちモータ 50 以外の構成要素については図示を省略している。圧縮機 57 は、熱交換器 56 から吸入された冷媒をモータ 50 の駆動によって圧縮して、圧縮された冷媒を熱交換器 53 へ吐出させる。

[0056] 圧縮機 57 は、インバータ駆動が可能な圧縮機であって、上記のインバータ回路 2 によって回転数が制御される。圧縮機 57 の例としては、ロータリー圧縮機、スクロール圧縮機、およびレシプロ圧縮機が挙げられる。

[0057] 図 11 は、図 10 に示す冷凍サイクル装置 101 が有する圧縮機 57 の例であるレシプロ圧縮機を模式的に表した図である。レシプロ圧縮機は、冷媒圧縮室を構成する筒 60 の内部においてピストン 61 を往復動作させることによって、筒 60 の内部の空間容積を変化させて冷媒を圧縮する。クランク 62 の上端は、ピストン 61 に連結されている。クランク 62 の下端は、モータ 50 の回転軸に連結されている。クランク 62 は、回転子の回転動作を受けて、上下の直線動作を行う。ピストン 61 は、クランク 62 の動作を受けて、上死点と下死点との間において往復運動を行う。

[0058] 図 10 に示す圧縮機 57 は、冷媒、潤滑油の種類または潤滑油の量によって種々の影響を受ける。圧縮機 57 の冷媒圧縮室を動作可能とするトルクは、使用条件によって異なる。また、インバータ回路 2 の出力電圧も、使用条件によって異なる。

[0059] 図 12 は、図 10 に示す冷凍サイクル装置 101 が有する圧縮機 57 の例であるロータリー圧縮機とレシプロ圧縮機とのトルクについて説明する図である。図 12 に示すグラフの縦軸はトルクを表し、横軸は回転子の回転位置を示す角度を表す。トルクカーブ C1 は、ロータリー圧縮機についての角度と負荷トルクとの関係を表す。トルクカーブ C2 は、レシプロ圧縮機についての角度と負荷トルクとの関係を表す。

[0060] 2つのトルクカーブC1, C2を比較すると、ロータリー圧縮機に比べてレシプロ圧縮機では、負荷トルクが大きくなる角度範囲が限定的であることが分かる。圧縮機57にレシプロ圧縮機を使用する場合、モータ駆動装置100は、位置決めモードにおいて回転子を停止させる回転位置を、負荷トルクが大きくなる角度範囲以外の位置とすることで、起動加速モードにおいて必要な起動トルクの低減が可能となる。これにより、モータ駆動装置100は、モータ50の加速度を向上可能とし、モータ50の起動に要する時間をさらに短縮することができる。

[0061] 上述するように、モータ駆動装置100は、回転子の加速度を向上可能とし、モータ50により出力されるトルクを大きくすることができる。このため、圧縮機57は、負荷トルクの変動が大きい場合であっても、モータ駆動装置100によって、安定した駆動が可能となり、かつ起動に要する時間を短縮することができる。

[0062] 実施の形態1によると、モータ駆動装置100は、速度指令値の変化に追従してレベルが調整された電流指令値を生成して、かかる電流指令値を基に電圧指令値を生成することによって、回転子の回転速度がゼロから定常状態となるまでの期間を短縮することができる。これにより、モータ駆動装置100は、モータ50の起動に要する時間を短縮できるという効果を奏する。

[0063] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0064] 1 直流電源、2 インバータ回路、3 インバータ制御部、4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f スイッチング素子、5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f ダイオード、6 電圧検出部、7 電流検出部、8a, 8b, 8c 接続点、10 電圧指令生成部、11 電流指令生成部、12 速度指令調整部、13 電圧指令演算部、14, 19 座標変換部、15 PWM信号生成部、16 すべり補償処理部、17 位置推定部、18 電流復

元部、３０ 処理回路、３１ プロセッサ、３２ メモリ、４１ 振幅、４
２ パルス幅、４３ 電圧波形、４４ キャリア周期、４５ 周期、５０
モータ、５１ 冷媒回路、５２ 冷媒配管、５３，５６ 熱交換器、５４
減圧機構、５５ 電磁弁、５７ 圧縮機、６０ 筒、６１ ピストン、６２
クランク、１００ モータ駆動装置、１０１ 冷凍サイクル装置。

請求の範囲

- [請求項1] 回転子を有するモータを駆動するモータ駆動装置であって、
 直流電圧を交流電圧へ変換して、前記交流電圧を出力するインバータ回路と、
 前記モータに印加される電流の指令値である電流指令値を生成する電流指令生成部と、
 前記電流指令値を基に前記交流電圧の指令値である電圧指令値を生成することによって前記インバータ回路を制御する電圧指令生成部と、
 を備え、
 前記電流指令生成部は、前記回転子の位置決めの後、前記回転子の回転速度が定常状態となるまでの期間において、前記回転子の回転速度の指令値である速度指令値の変化に追従してレベルが調整された前記電流指令値を生成するモータ駆動装置。
- [請求項2] 前記モータに印加される電流を検出する電流検出部と、
 前記電流検出部による電流の検出結果に基づいた前記速度指令値の調整を行う速度指令調整部と、
 を備え、
 前記電圧指令生成部は、前記電流指令値と、前記速度指令調整部から出力される前記速度指令値とを基に、前記電流指令値を生成する請求項1に記載のモータ駆動装置。
- [請求項3] 前記速度指令値は、前記回転子の回転速度がゼロから前記定常状態になるまでにおいて、時間とともに増加する請求項1または2に記載のモータ駆動装置。
- [請求項4] 前記インバータ回路は、ワイドバンドギャップ半導体を用いられたスイッチング素子を有する請求項1から3のいずれか1つに記載のモータ駆動装置。
- [請求項5] 直流電圧を交流電圧へ変換し前記交流電圧をモータに印加すること

によって前記モータを駆動するモータ駆動装置によるモータ制御方法であって、

前記モータが有する回転子の位置決めを行う第1の工程と、

位置決めされた状態から前記回転子を回転させ、かつ回転を加速させる第2の工程と、

加速の後の定常運転により前記回転子を回転させる第3の工程と、
を含み、

前記第2の工程は、

前記モータに印加される電流の指令値である電流指令値を生成する工程と、

前記電流指令値を基に前記交流電圧の指令値である電圧指令値を生成することによって前記交流電圧の出力を制御する工程と、

を含み、

前記モータが有する回転子の回転速度の指令値である速度指令値の変化に追従してレベルが調整された前記電流指令値を生成するモータ制御方法。

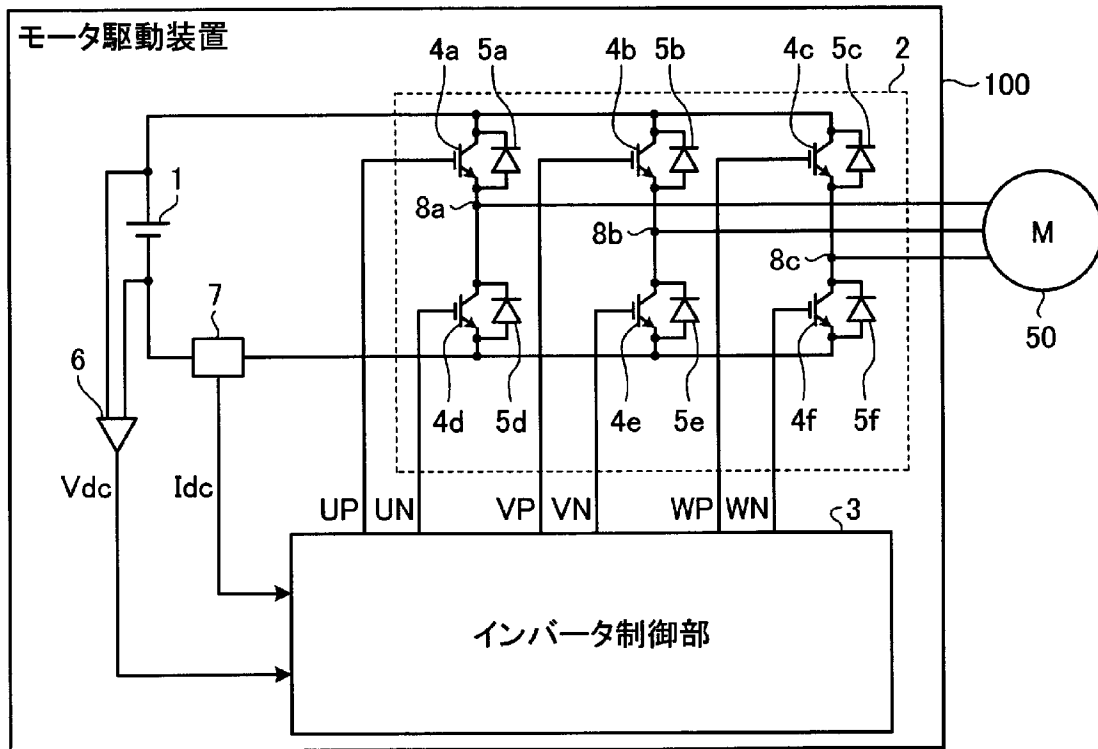
[請求項6]

モータの駆動によって冷媒を圧縮する圧縮機と、

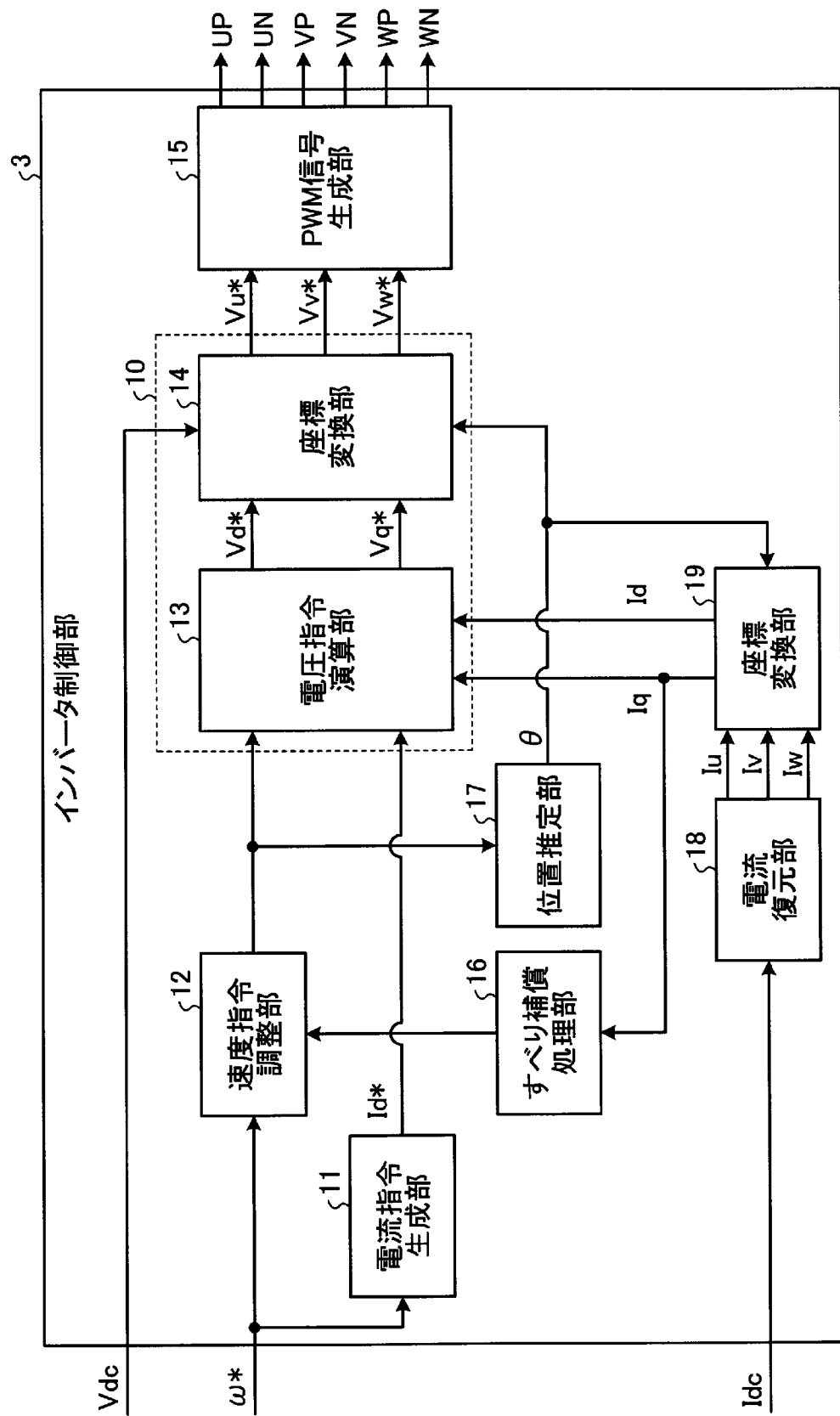
前記モータを駆動する請求項1から4のいずれか1つに記載のモータ駆動装置と、

を備える冷凍サイクル装置。

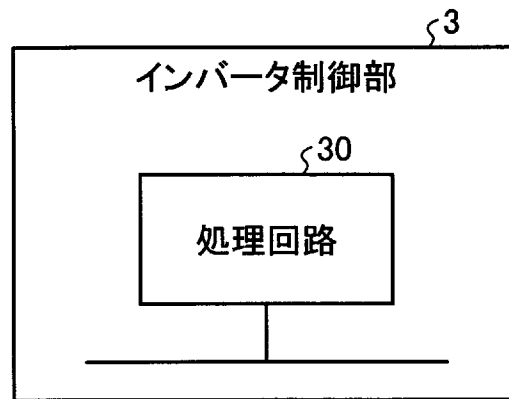
[図1]



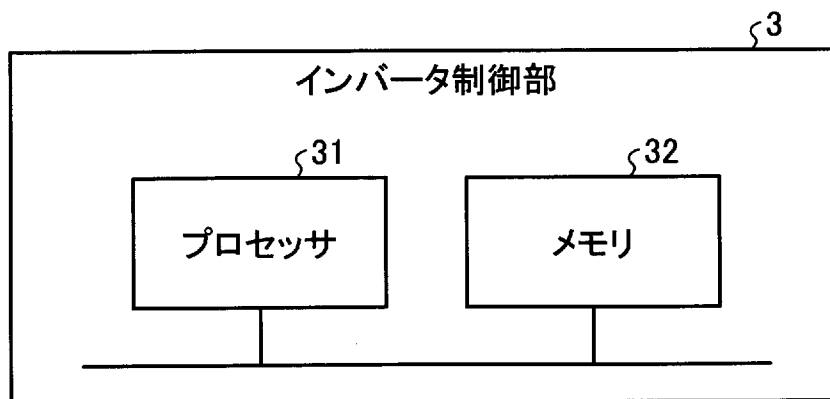
[図2]



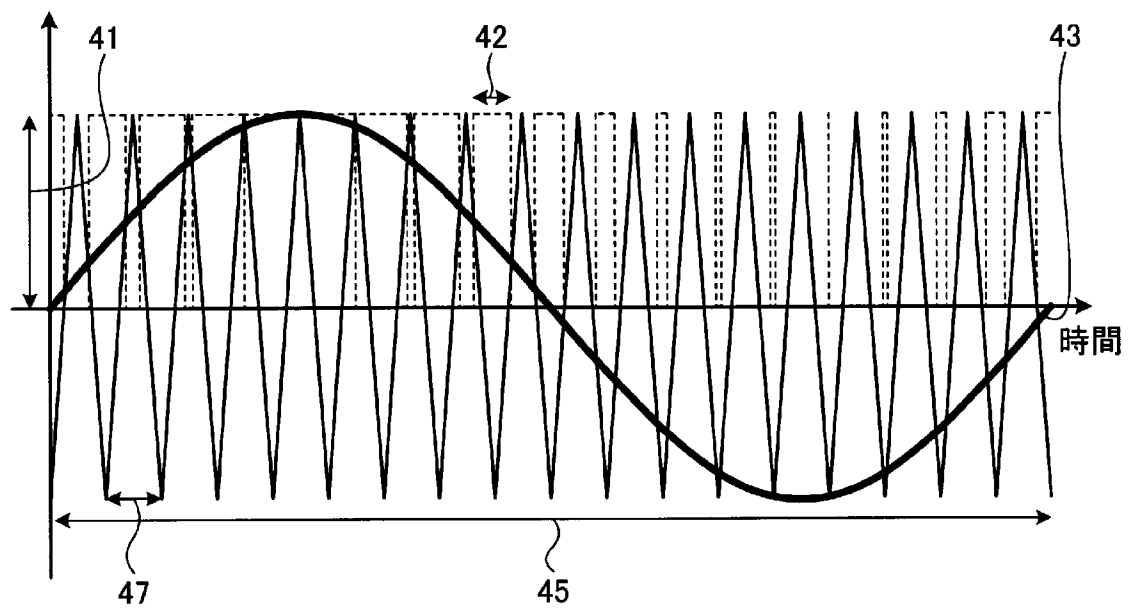
[図3]



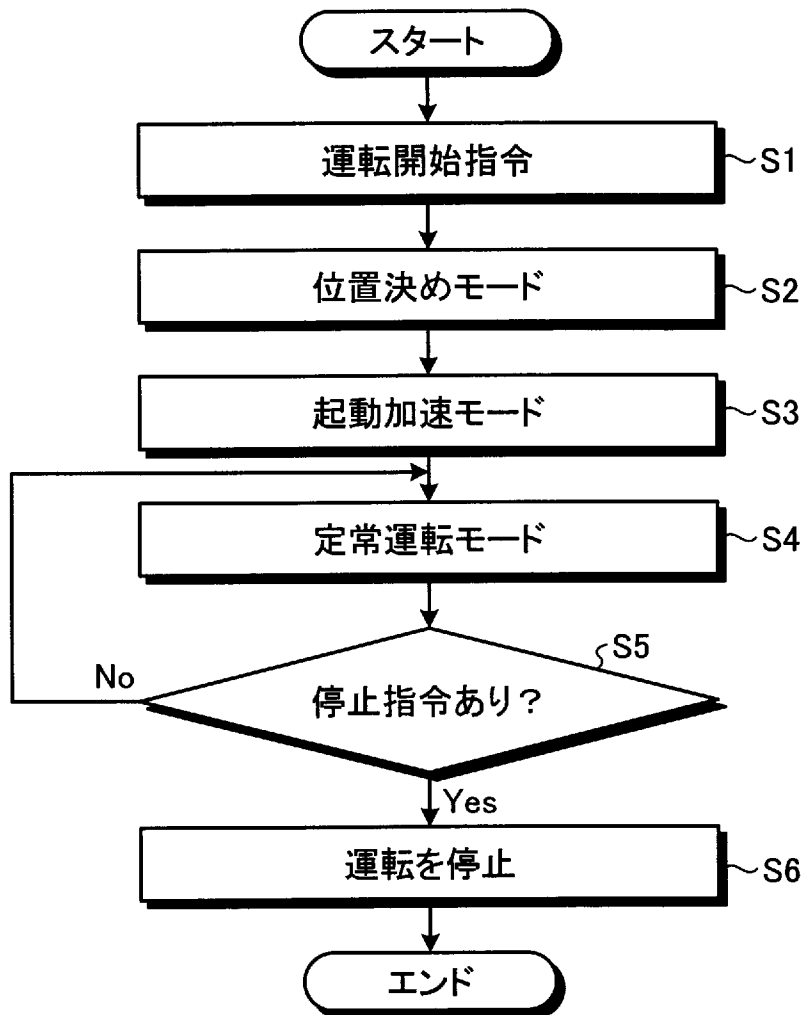
[図4]



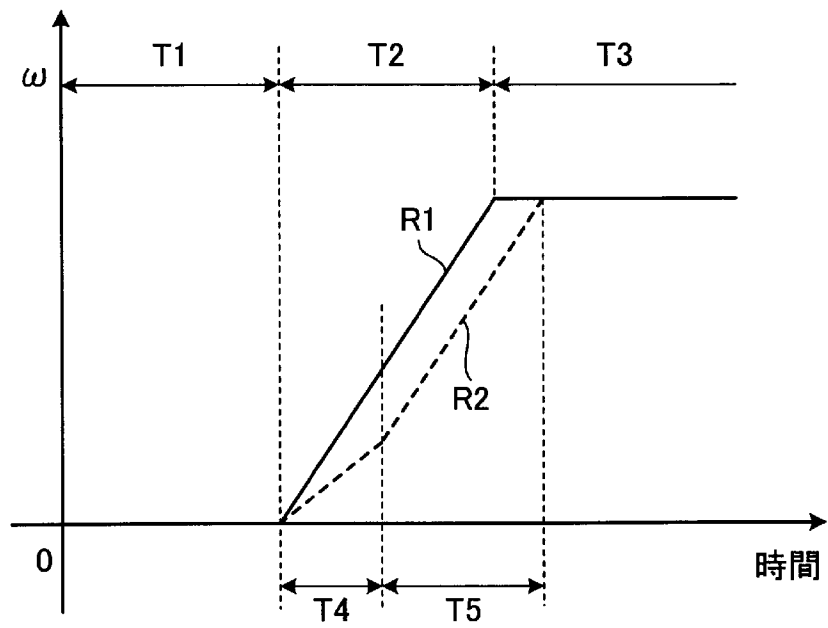
[図5]



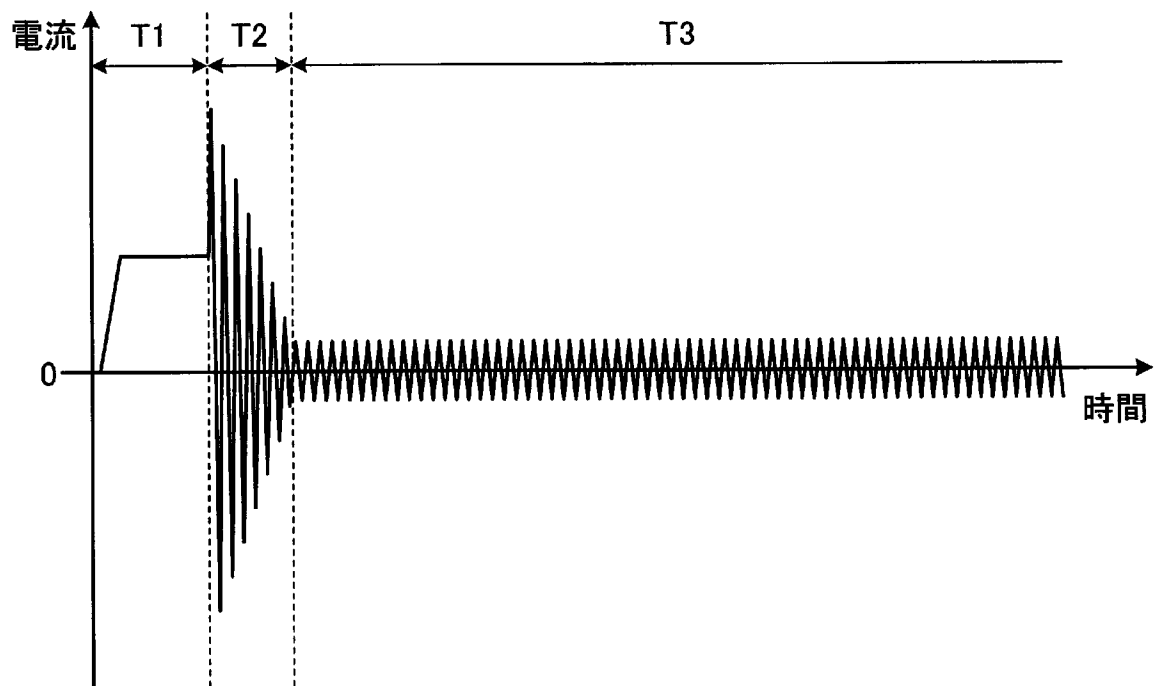
[図6]



[図7]



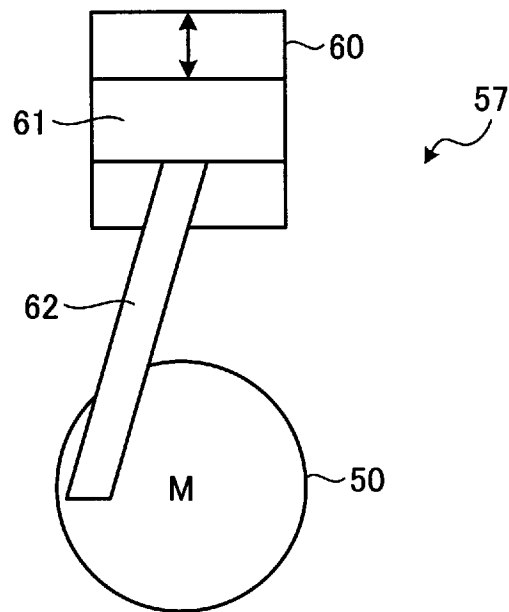
[図8]



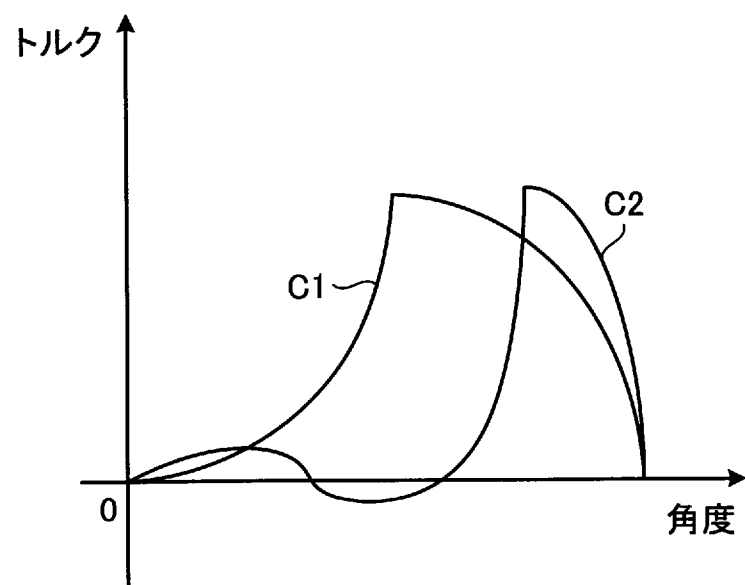
The graph shows angular velocity ω on the vertical axis and time on the horizontal axis. The origin is marked with 0. The graph is divided into three regions by vertical dashed lines: T1, T2, and T3. In T1, ω is zero. In T2, ω increases from zero to a constant value. In T3, ω remains constant.

The diagram shows a refrigeration cycle 101. The cycle consists of a compressor 50 (labeled 57) containing a motor M. The compressor is connected to a condenser 53, a capillary tube 54, and an evaporator 56. A pressure sensor 52 is located in the line between the condenser and the capillary tube. A lamp 55 is connected in parallel with the evaporator. The entire system is labeled 101. A motor drive device 100 is connected to the compressor motor M.

[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02P6/20 (2016.01) i, H02P6/14 (2016.01) i, H02P6/28 (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)

Int. Cl. H02P6/20, H02P6/14, H02P6/28

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	JP 2012-65373 A (HITACHI APPLIANCES, INC.) 29	1, 5
Y	March 2012, fig. 6, paragraphs [0035]-[0038], claim 16 (Family: none)	2-4, 6
Y	JP 2015-133795 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 23 July 2015, paragraphs [0023], [0024], [0054]-[0057] (Family: none)	2-4, 6
Y	JP 2013-255373 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 19 December 2013, paragraph [0059] (Family: none)	4, 6

☐ 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
07.11.2018

Date of mailing of the international search report
20.11.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P6/20(2016.01)i, H02P6/14(2016.01)i, H02P6/28(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. H02P6/20, H02P6/14, H02P6/28

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X Y	JP 2012-65373 A（日立アプライアンス株式会社）2012.03.29, 図6、 段落[0035] - [0038]、請求項16（ファミリーなし）	1, 5 2-4, 6
Y	JP 2015-133795 A（ダイキン工業株式会社）2015.07.23, 段落[0023] - [0024]、[0054] - [0057]（ファミリーなし）	2-4, 6
Y	JP 2013-255373 A（三菱電機株式会社）2013.12.19, 段落[0059]（ファミリーなし）	4, 6

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

07.11.2018

国際調査報告の発送日

20.11.2018

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）

佐々木 佳祐

3V

5270

電話番号 03-3581-1101 内線 3357