

(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
2022年1月13日(13.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/009599 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 6/16 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/022117

(22) 国際出願日: 2021年6月10日(10.06.2021)

(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 2020-117478 2020年7月8日(08.07.2020) JP

(71) 出願人: 日立 A s t e m o 株式会社(HITACHI
ASTEMO, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひ
たちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 磯部 純希 (ISOBE, Junki); 〒3128503
茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日
立 A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP). 明
円 恒平(MYOEN, Kohei); 〒3128503 茨城県ひ
たちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 A s t
e m o 株式会社内 Ibaraki (JP).

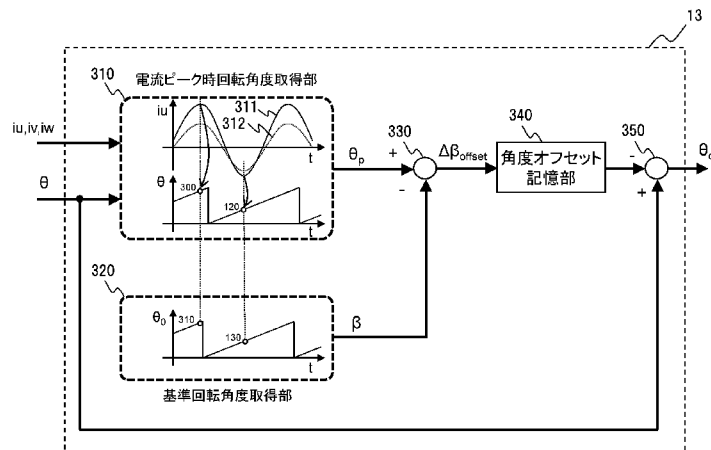
(74) 代理人: 特許業務法人サンネクスト国際特許
事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT
OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁
目 3 番 1 2 号 シーフォートスクエア センタ
ービルディング 1 6 階 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE AND MOTOR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: モータ制御装置、モータ制御方法

図3



310 Current peak rotation angle acquisition unit

320 Reference rotation angle acquisition unit

340 Angle offset storage unit

(57) Abstract: This motor control device controls a motor which is driven by a three-phase alternating current and is equipped with a magnetic pole position sensor for measuring the magnetic pole position of a rotor, by using a detected value of the rotation angle of the motor based on the measurement result of the magnetic pole position by the magnetic pole position sensor, with any one of the three-phase alternating current at the time of the three-phase short circuit of the motor as the target phase, compares a current peak rotation angle, which represents the detected value of the rotation angle

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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

at the peak of the current value of the target phase, with a reference rotation angle, which represents the rotation angle at the peak of the predetermined current waveform of the target phase, and corrects the detected value of the rotation angle on the basis of the comparison result.

(57) 要約: モータ制御装置は、三相交流電流によって駆動され、ロータの磁極位置を測定する磁極位置センサが取り付けられたモータを、前記磁極位置センサによる前記磁極位置の測定結果に基づく前記モータの回転角度の検出値を用いて制御するものであって、前記モータの三相短絡時の前記三相交流電流のうちいずれか一相を対象相として、前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度の検出値を表す電流ピーク時回転角度と、前記対象相の所定の電流波形のピーク時における前記回転角度を表す基準回転角度とを比較し、その比較結果に基づいて、前記回転角度の検出値を補正する。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置、モータ制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置およびモータ制御方法に関する。

背景技術

[0002] 三相交流モータの制御を行うためにロータの磁極位置を測定する磁極位置センサが広く利用されている。磁極位置センサの取付位置が本来の位置からずれている場合、磁極位置センサによる磁極位置の測定結果から求められるモータの回転角度に誤差が生じてしまい、モータの電費低下や加速不良などを引き起こすおそれがある。そのため、磁極位置センサの取付位置のずれに応じた角度オフセットを予め求めておき、この角度オフセットを用いて回転角度の誤差を補正することが一般的に行われている。

[0003] 角度オフセットを用いた回転角度の補正方法として、下記特許文献1の技術が知られている。特許文献1には、モータの回転角度に位相誤差が発生していない場合の相電流を相電流理論値として算出しておき、モータ端を短絡させた状態で相電流検出部が検出した相電流と相電流理論値との差に基づいて位相誤差補正値を算出し、この位相誤差補正値を用いて回転角度に位相補正を行うモータ制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2017-212783号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 三相交流モータに流れる相電流は、一般的に電流センサを用いて検出されるが、その検出値には電流センサの特性に起因する誤差（オフセット誤差、ゲイン誤差）が含まれている。特許文献1のモータ制御装置では、こうした相電流の検出誤差の影響により、位相誤差補正値の精度が低下する。したが

って、三相交流モータの回転角度の計算精度に関して改善の余地がある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明によるモータ制御装置は、三相交流電流によって駆動され、ロータの磁極位置を測定する磁極位置センサが取り付けられたモータを、前記磁極位置センサによる前記磁極位置の測定結果に基づく前記モータの回転角度の検出値を用いて制御するものであって、前記モータの三相短絡時の前記三相交流電流のうちいずれか一相を対象相として、前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度の検出値を表す電流ピーク時回転角度と、前記対象相の所定の電流波形のピーク時における前記回転角度を表す基準回転角度とを比較し、その比較結果に基づいて、前記回転角度の検出値を補正する。

本発明によるモータ制御方法は、三相交流電流によって駆動され、ロータの回転角度を測定する磁極位置センサが取り付けられたモータを、前記磁極位置センサによる前記磁極位置の測定結果に基づく前記モータの回転角度の検出値を用いて制御する方法であって、前記モータの三相短絡時の前記三相交流電流のうちいずれか一相を対象相として、前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度の検出値を表す電流ピーク時回転角度と、所定の電流波形のピーク時における前記回転角度を表す基準回転角度とを比較し、前記電流ピーク時回転角度と前記基準回転角度との比較結果に基づいて、前記回転角度の検出値を補正し、補正後の前記回転角度の検出値を用いて、前記モータの制御を行う。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、三相交流モータの回転角度を精度良く求めることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施形態に係るモータ制御装置を備えたモータ駆動システムの全体構成図。

[図2]本発明の一実施形態に係るモータ制御装置の機能構成を示すブロック図。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る回転角度補正部のブロック図。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る回転角度補正部のブロック図。

[図5]基準回転角度 β_{tmp} の設定方法の具体例を説明する図。

[図6]本発明の第3の実施形態に係る回転角度補正部のブロック図。

[図7]基準回転角度 β_{spd} の設定方法の具体例を説明する図。

発明を実施するための形態

[0009] (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態について図面を用いて説明する。

[0010] 図1は、本発明の一実施形態に係るモータ制御装置を備えたモータ駆動システムの全体構成図である。図1において、モータ駆動システム100は、モータ制御装置1、モータ2、インバータ3、回転角度検出器41、高圧バッテリー5を備える。

[0011] モータ制御装置1は、車両からモータ2に対して要求される目標トルクに応じたトルク指令 τ^* に基づいて、モータ2の駆動を制御するためのゲート信号を生成し、インバータ3に出力する。なお、モータ制御装置1の詳細については後で説明する。

[0012] インバータ3は、インバータ回路31、PWM信号駆動回路32および平滑キャパシタ33を有する。PWM信号駆動回路32は、モータ制御装置1から入力されるゲート信号に基づいて、インバータ回路31が有する各スイッチング素子を制御するためのPWM信号を生成し、インバータ回路31に出力する。インバータ回路31は、U相、V相、W相の上アームおよび下アームにそれぞれ対応するスイッチング素子を有している。PWM信号駆動回路32から入力されたPWM信号に従ってこれらのスイッチング素子がそれぞれ制御されることで、高圧バッテリー5から供給される直流電力が交流電力に変換され、モータ2に出力される。平滑キャパシタ33は、高圧バッテリー5からインバータ回路31に供給される直流電力を平滑化する。

[0013] モータ2は、インバータ3から出力される三相交流電流によって回転駆動される三相交流同期モータであり、固定子（ステータ）および回転子（ロー

タ)を有する。インバータ3から入力された交流電力が固定子に設けられた三相コイル L_u 、 L_v 、 L_w に印加されると、モータ2において三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w が導通し、各コイルに三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w に応じた磁束が発生する。この各コイルの磁束と、回転子に配置された永久磁石の磁石磁束との間で吸引力・反発力が発生することで、回転子にトルクが発生し、回転子が回転駆動される。

[0014] モータ2には、回転子の磁極位置を測定する磁極位置センサ4が取り付けられている。回転角度検出器41は、磁極位置センサ4の入力信号から磁極位置に応じたモータ2の回転角度 θ を演算することで、回転角度 θ を検出する。回転角度検出器41による回転角度 θ の検出値はモータ制御装置1に入力され、モータ制御装置1がモータ2の誘起電圧の位相に合わせてゲート信号を生成することで行われる交流電力の位相制御において利用される。

[0015] ここで、磁極位置センサ4には、鉄心と巻線とから構成されるレゾルバがより好適であるが、GMRセンサなどの磁気抵抗素子や、ホール素子を用いたセンサであっても問題ない。回転子の磁極位置を測定することができれば、任意のセンサを磁極位置センサ4として用いることができる。

[0016] インバータ3とモータ2の間には、電流センサ7が配置されている。電流センサ7は、モータ2を通电して回転駆動させる三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w （U相交流電流 i_u 、V相交流電流 i_v およびW相交流電流 i_w ）を検出する。電流センサ7は、例えばホール電流センサ等を用いて構成される。電流センサ7による三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w の検出結果はモータ制御装置1に入力され、モータ制御装置1が行うゲート信号の生成に利用される。なお、図1ではU相、V相、W相にそれぞれ対応して3つの電流センサ7が設置されている例を示しているが、電流センサ7を2つとし、残る1相の交流電流は、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w の和が零であることから算出してもよい。また、高圧バッテリー5からインバータ3に流入するパルス状の直流電流を、平滑キャパシタ33とインバータ3の間に挿入されたシャント抵抗等により検出し、この直流電流とインバータ3からモータ2に印加される

三相交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w に基づいて、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w を求めてもよい。

[0017] 次に、モータ制御装置 1 の詳細について説明する。図 2 は、本発明の一実施形態に係るモータ制御装置 1 の機能構成を示すブロック図である。図 2 において、モータ制御装置 1 は、電流指令生成部 11、速度算出部 12、回転角度補正部 13、三相／d q 電流変換部 14、電流制御部 15、d q／三相電圧変換部 16、ゲート信号生成部 17 の各機能ブロックを有する。モータ制御装置 1 は、例えばマイクロコンピュータにより構成され、マイクロコンピュータにおいて所定のプログラムを実行することにより、これらの機能ブロックを実現することができる。あるいは、これらの機能ブロックの一部または全部をロジック IC や F P G A 等のハードウェア回路を用いて実現してもよい。

[0018] 電流指令生成部 11 は、入力されたトルク指令 τ^* と高圧バッテリー 5 の電源電圧 V_B に基づき、d 軸電流指令 i_d^* および q 軸電流指令 i_q^* を演算する。ここでは、例えば予め設定された電流指令マップや数式等を用いて、トルク指令 τ^* に応じた d 軸電流指令 i_d^* 、q 軸電流指令 i_q^* を求める。

[0019] 速度算出部 12 は、回転角度 θ の時間変化から、モータ 2 の回転速度（回転数）を表すモータ回転速度 ω_r を演算する。なお、モータ回転速度 ω_r は、角速度（rad/s）または回転数（rpm）のいずれで表される値であってもよい。また、これらの値を相互に変換して用いてもよい。

[0020] 回転角度補正部 13 は、モータ 2 が三相短絡状態のときに電流センサ 7 によって測定された三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w に基づいて、回転角度検出器 41 が求めた回転角度 θ の検出値を補正し、補正後の回転角度 θ_c を出力する。なお、回転角度補正部 13 による回転角度 θ の補正方法の詳細については後述する。

[0021] 三相／d q 電流変換部 14 は、電流センサ 7 が検出した三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w に対して、回転角度補正部 13 による補正後の回転角度 θ_c に

基づく dq 変換を行い、 d 軸電流値 i_d および q 軸電流値 i_q を演算する。

[0022] 電流制御部 15 は、電流指令生成部 11 から出力される d 軸電流指令 i_d^* および q 軸電流指令 i_q^* と、三相/ dq 電流変換部 14 から出力される d 軸電流値 i_d および q 軸電流値 i_q との偏差に基づき、これらの値がそれぞれ一致するように、トルク指令 τ^* に応じた d 軸電圧指令 V_d^* および q 軸電圧指令 V_q^* を演算する。ここでは、例えば PI 制御等の制御方式により、 d 軸電流指令 i_d^* と d 軸電流値 i_d の偏差に応じた d 軸電圧指令 V_d^* と、 q 軸電流指令 i_q^* と q 軸電流値 i_q の偏差に応じた q 軸電圧指令 V_q^* とを求める。

[0023] dq /三相電圧変換部 16 は、電流制御部 15 が演算した d 軸電圧指令 V_d^* および q 軸電圧指令 V_q^* に対して、回転角度補正部 13 による補正後の回転角度 θ_c に基づく三相変換を行い、三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* (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^*) を演算する。これにより、トルク指令 τ^* に応じた三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成する。

[0024] ゲート信号生成部 17 は、 dq /三相電圧変換部 16 から出力される三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* をそれぞれパルス幅変調し、インバータ 3 の動作を制御するためのゲート信号を生成する。具体的には、 dq /三相電圧変換部 16 から出力される三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* と所定のキャリア信号との比較結果に基づき、 U 相、 V 相、 W 相の各相に対してパルス状の電圧を生成する。そして、生成したパルス状の電圧に基づき、インバータ 3 の各相のスイッチング素子に対するゲート信号を生成する。このとき、各相の上アームのゲート信号 G_{up} 、 G_{vp} 、 G_{wp} をそれぞれ論理反転させ、下アームのゲート信号 G_{un} 、 G_{vn} 、 G_{wn} を生成する。ゲート信号生成部 17 が生成したゲート信号は、モータ制御装置 1 からインバータ 3 の PWM 信号駆動回路 32 に出力され、PWM 信号駆動回路 32 によって PWM 信号に変換される。これにより、インバータ回路 31 の各スイッチング素子がオン/オフ制御され、インバータ 3 の出力電圧が調整される。

[0025] 次に、モータ制御装置 1 における回転角度補正部 13 の動作について説明する。モータ 2 に取り付けられて使用される磁極位置センサ 4 は、取付時の作業精度やモータ 2 の使用中に生じる振動などに起因して、その取付位置が本来の位置からずれる場合がある。磁極位置センサ 4 の取付位置にずれが生じると、磁極位置センサ 4 による磁極位置の測定結果に誤差が生じるため、回転角度検出器 41 から出力される回転角度 θ の検出値に誤差が含まれる。このような回転角度 θ の誤差は、モータ 2 の電費低下や加速不良などを引き起こすおそれがある。そのため、本実施形態のモータ制御装置 1 では、回転角度補正部 13 において、モータ 2 が三相短絡状態のときに電流センサ 7 によって測定された三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w に基づき、モータ 2 の駆動中に回転角度検出器 41 から出力される回転角度 θ の検出値を補正する。これにより、磁極位置センサ 4 の取付位置ずれによる回転角度 θ の誤差を抑制した補正後の回転角度 θ_c を用いて、モータ 2 の制御を実施できるようにしている。

[0026] 図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る回転角度補正部 13 のブロック図である。回転角度補正部 13 は、電流ピーク時回転角度取得部 310、基準回転角度取得部 320、差分算出部 330、角度オフセット記憶部 340 および減算部 350 の各機能ブロックを備えて構成される。

[0027] 電流ピーク時回転角度取得部 310 は、モータ 2 の三相短絡時に電流センサ 7 によって測定された三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w のうちいずれか一相を対象相として、その対象相の電流値のピーク時における回転角度 θ の検出値を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得する。具体的には、例えば U 相交流電流 i_u を対象相とした場合、モータ 2 が三相短絡状態になると、電流ピーク時回転角度取得部 310 において、U 相交流電流 i_u が最大ピークまたは最小ピークとなるタイミングを検出する。そして、このタイミングで回転角度検出器 41 から出力される回転角度 θ の検出値を取得することで、電流ピーク時回転角度 θ_p を取得することができる。

[0028] なお、三相短絡状態とは周知のように、インバータ 3 において上アームま

たは下アームの一方では三相全てのスイッチング素子をオンにし、他方では三相全てのスイッチング素子をオフにした状態のことである。例えば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載されて当該車両の走行用モータとしてモータ2が利用される場合、インバータ3の停止時に車両の走行エネルギーがモータ2の回転子を回転させることで、モータ2の誘起電圧が上昇する。この誘起電圧がインバータ3のスイッチング素子の耐圧を超えると、スイッチング素子が破壊されるおそれがある。そのため、モータ2を三相短絡状態としてモータ2内で電流を還流させることで、スイッチング素子を保護するようにしている。

[0029] 電流ピーク時回転角度取得部310は、U相交流電流 i_u が最大ピークまたは最小ピークとなるタイミングを、例えば以下の2つの方法のいずれかにより、検出することが可能である。

[0030] (第1の方法)

電流ピーク時回転角度取得部310は、電流センサ7から出力されるU相交流電流 i_u の測定値を、所定のサンプリング周期ごとに取得する。そして、取得した各測定値とその前の測定値との大小関係を比較し、大小関係が反転したときの測定値を最大電流値または最小電流値として取得する。具体的には、 n 回目の i_u の測定値を i_{u_n} と表し、その前の $(n-1)$ 回目の i_u の測定値を i_{u_n-1} と表した場合に、これらの大小関係が $i_{u_n-1} < i_{u_n}$ から $i_{u_n-1} > i_{u_n}$ へ変化したときの測定値 i_{u_n} を、最大電流値 i_{u_max} として取得する。または、これらの大小関係が $i_{u_n-1} > i_{u_n}$ から $i_{u_n-1} < i_{u_n}$ へ変化したときの測定値 i_{u_n} を、最小電流値 i_{u_min} として取得する。

[0031] 上記の処理により、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を取得することができたら、電流ピーク時回転角度取得部310は、この処理を複数回繰り返して実施する。これにより、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を複数取得する。

[0032] 最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を複数取得できた

ら、電流ピーク時回転角度取得部310は、これらの中央値を求める。これにより、最大電流値の中央値 $i_{u_max}(med)$ 、または最小電流値の中央値 $i_{u_min}(med)$ が求められる。

[0033] 電流ピーク時回転角度取得部310は、上記のようにして求められた最大電流値の中央値 $i_{u_max}(med)$ または最小電流値の中央値 $i_{u_min}(med)$ を、U相交流電流 i_u の最大ピークまたは最小ピークとして設定する。そして、これらの電流値が測定されたときの回転角度 θ の検出値を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得する。

[0034] (第2の方法)

電流ピーク時回転角度取得部310は、電流センサ7から出力されるU相交流電流 i_u の測定値を、所定のサンプリング周期ごとに取得する。そして、取得した各測定値とその前の測定値との大小関係を比較し、大小関係が反転したときの測定値を最大電流値または最小電流値として取得する。具体的には、前述の第1の方法と同様の手法により、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を取得する。

[0035] 上記の処理により、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を取得することができたら、電流ピーク時回転角度取得部310は、これらの電流値が測定されたときの回転角度 θ の検出値をそれぞれ取得する。この処理を複数回繰り返して実施することにより、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} と回転角度 θ の検出値との組み合わせを複数取得する。

[0036] 最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} と回転角度 θ の検出値との組み合わせを複数取得できたら、電流ピーク時回転角度取得部310は、これらの組み合わせに基づいて、U相交流電流 i_u の最大ピーク時または最小ピーク時における回転角度 θ を推定する。この回転角度 θ の推定には、例えば最小二乗法を用いることができる。具体的には、例えば最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} を縦軸、回転角度 θ を横軸にそれぞれ対応させて、これらの各組み合わせを2次元グラフ上にプロットし

、各プロット点に対して最小二乗法を適用することで、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} と回転角度 θ の関係を示す直線を2次元グラフ上で求める。そして、最大電流値 i_{u_max} または最小電流値 i_{u_min} の平均値を算出し、この平均値に対応する回転角度 θ を上記の直線上で求めることにより、U相交流電流 i_u の最大ピーク時または最小ピーク時における回転角度 θ を推定する。こうして推定した回転角度 θ を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得する。

[0037] なお、以上説明した第1の方法、第2の方法以外の方法により、電流ピーク時回転角度 θ_p を取得してもよい。また、U相交流電流 i_u 以外、すなわちV相交流電流 i_v またはW相交流電流 i_w を対象相として、電流ピーク時回転角度 θ_p を取得してもよい。モータ2の三相短絡時に電流センサ7によって測定された三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w のうちいずれか一相を対象相として、その対象相の電流値のピーク時における回転角度 θ の検出値を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得することができれば、任意の方法で電流ピーク時回転角度 θ_p を取得することが可能である。

[0038] 図3では、電流ピーク時回転角度取得部310により、U相交流電流 i_u の最大ピークに対する電流ピーク時回転角度 θ_p として $\theta_p = 300^\circ$ 、最小ピークに対する電流ピーク時回転角度 θ_p として $\theta_p = 120^\circ$ がそれぞれ取得された場合の例を示している。

[0039] 基準回転角度取得部320は、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w のうち、電流ピーク時回転角度取得部310と同一のいずれか一相を対象相として、その対象相の所定の電流波形のピーク時における回転角度 θ を、基準回転角度 β として取得する。ここでは、例えばU相交流電流 i_u を対象相とした場合、磁極位置センサ4が本来の位置に取り付けられているときのU相交流電流 i_u と回転角度 θ の検出値との関係を、実験やシミュレーション等により事前に取得する。この関係に基づき、U相交流電流 i_u が最大ピークまたは最小ピークとなるタイミングでの回転角度 θ の検出値を予め取得し、基準回転角度取得部320に記憶しておく。これにより、基準回転角度取得部320

において基準回転角度 β を取得することができる。

[0040] なお、以上説明した方法以外で基準回転角度 β を取得してもよい。また、U相交流電流 i_u 以外、すなわちV相交流電流 i_v またはW相交流電流 i_w を対象相とした場合、基準回転角度取得部320は、これらの対象相に対して基準回転角度 β を取得すればよい。磁極位置センサ4が本来の位置に取り付けられているときの対象相の電流波形のピーク時における回転角度 θ を、基準回転角度 β として取得することができれば、任意の方法で基準回転角度 β を取得することが可能である。

[0041] 図3では、基準回転角度取得部320により、U相交流電流 i_u の最大ピークに対する基準回転角度 β として $\beta = 310^\circ$ 、最小ピークに対する基準回転角度 β として $\beta = 130^\circ$ がそれぞれ取得された場合の例を示している。

[0042] 差分算出部330は、電流ピーク時回転角度取得部310により取得された電流ピーク時回転角度 θ_p と、基準回転角度取得部320により取得された基準回転角度 β との差分を算出する。

[0043] 角度オフセット記憶部340は、差分算出部330により算出された電流ピーク時回転角度 θ_p と基準回転角度 β との差分を、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ として記憶する。この角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ は、磁極位置センサ4の取付位置ずれによる回転角度 θ の検出値の誤差に相当する。図3の例では、最大ピーク、最小ピークのいずれについても $\theta_p - \beta = -10^\circ$ であるため、 $\Delta\beta_{offset} = -10^\circ$ が設定される。

[0044] 減算部350は、モータ2の回転駆動時に回転角度検出器41から出力される回転角度 θ の検出値から、角度オフセット記憶部340に記憶された角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を減算する。これにより、磁極位置センサ4の取付位置ずれによる誤差が抑制されるように、回転角度 θ の検出値を補正する。

[0045] 減算部350による減算結果は、補正後の回転角度 θ_c として、回転角度補正部13から図2の三相／dq電流変換部14およびdq／三相電圧変換

部 1 6 に出力される。これにより、補正後の回転角度 θ_c を用いて、モータ制御装置 1 によるモータ 2 の制御が行われる。

[0046] ここで、従来の回転角度 θ の補正方法と比較して、本実施形態のモータ制御装置 1 における回転角度 θ の補正方法の利点を以下に説明する。

[0047] 従来の回転角度 θ の補正方法として、モータ 2 の三相短絡時に電流センサ 7 によって検出された三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w を dq 変換して得られた d 軸電流値 i_d および q 軸電流値 i_q に基づき、磁極位置センサ 4 の取付位置ずれに応じた角度を求めて角度オフセット $\Delta \beta_{offset}$ を算出する方法が知られている。しかしながら、こうした従来の角度オフセット $\Delta \beta_{offset}$ の算出方法では、電流センサ 7 による三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w の測定値に含まれる誤差により、 d 軸電流値 i_d および q 軸電流値 i_q において電流検出誤差が発生する。そのため、角度オフセット $\Delta \beta_{offset}$ を正確に求めることができない。

[0048] 以下では、 d 軸電流値 i_d と q 軸電流値 i_q の電流検出誤差について説明する。三相／ dq 電流変換部 1 4 では、下記の式 (1) で表される dq 変換により、 d 軸電流値 i_d および q 軸電流値 i_q が算出される。

[数1]

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{3} \begin{bmatrix} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) & -\sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ -\sin(\theta) & \sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

[0049] ここで、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w の測定値がそれぞれ誤差 α_u 、 α_v 、 α_w を含んでいる場合、式 (1) は下記の式 (2) のように表される。

[数2]

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{3} \begin{bmatrix} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) & -\sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ -\sin(\theta) & \sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u + \alpha_u \\ i_v + \alpha_v \\ i_w + \alpha_w \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

[0050] 式 (2) を展開すると、以下の式 (3) が得られる。

[数3]

$$\begin{bmatrix} id \\ iq \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{3} \begin{bmatrix} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) & -\sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ -\sin(\theta) & \sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} iu \\ iv \\ iw \end{bmatrix} \\ + \frac{\sqrt{2}}{3} \begin{bmatrix} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) & -\sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ -\sin(\theta) & \sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha u \\ \alpha v \\ \alpha w \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0051] 式(3)の右辺第2項は、d軸電流値*i*_dとq軸電流値*i*_qの電流検出誤差を表している。このように、三相交流電流*i*_u、*i*_v、*i*_wの測定値に誤差が含まれている場合、d軸電流値*i*_dおよびq軸電流値*i*_qにおいて電流検出誤差が発生するため、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に求めることができなくなる。特にモータ2が高回転や高トルクとなる領域では、電流検出誤差による影響が顕著となる。その結果、例えばモータ2が車両の走行用モータである場合、乗り心地や走行性能が損なわれる可能性がある。

[0052] 一方、本実施形態のモータ制御装置1では、回転角度補正部13の電流ピーク時回転角度取得部310において前述のように、対象相の電流値のピーク時における回転角度 θ の検出値を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得する。この電流ピーク時回転角度 θ_p は、三相交流電流*i*_u、*i*_v、*i*_wの測定値に誤差が含まれていても、その誤差の影響を受けることがない。その理由を以下に説明する。

[0053] 例えば図3に示すように、本来のU相の電流波形311に対して、オフセット誤差による上下のずれと、ゲイン誤差による振幅のずれとを含む電流波形312が、電流センサ7により測定された場合を考える。このような場合でも、本来の電流波形311のピーク位置と、誤差を含む電流波形312のピーク位置とは等しい。したがって、電流波形312から取得される電流ピーク時回転角度 θ_p は、電流センサ7による測定誤差の影響を受けることなく、本来の電流波形311におけるピーク時の回転角度 θ と一致する。すなわち、本実施形態のモータ制御装置1では、電流センサ7の測定誤差に関わらず、回転角度補正部13の電流ピーク時回転角度取得部310により、磁

極位置センサ４の取付位置ずれに応じた電流ピーク時回転角度 θ_p を正確に取得することができる。

[0054] 以上説明したように、本実施形態のモータ制御装置１では、電流センサ７の測定誤差に関わらず、磁極位置センサ４の取付位置ずれに応じた電流ピーク時回転角度 θ_p を取得することができる。したがって、従来の回転角度 θ の補正方法と比較して、電流センサ７の測定誤差による影響を受けずに、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に求めることが可能となる。

[0055] 以上説明した本発明の第１の実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

[0056] (１) モータ制御装置１は、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w によって駆動され、ロータの磁極位置を測定する磁極位置センサ４が取り付けられたモータ２を、磁極位置センサ４による磁極位置の測定結果に基づくモータ２の回転角度 θ の検出値を用いて制御する。モータ制御装置１は、回転角度補正部１３により、モータ２の三相短絡時の三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w のうちいずれか一相を対象相として、その対象相の電流値のピーク時における回転角度 θ の検出値を表す電流ピーク時回転角度 θ_p と、対象相の所定の電流波形のピーク時における回転角度 θ を表す基準回転角度 β とを比較し、その比較結果に基づいて、回転角度 θ の検出値を補正する。このようにしたので、三相交流モータ２の回転角度 θ を精度良く求めることができる。

[0057] (２) モータ制御装置１における回転角度補正部１３は、電流ピーク時回転角度 θ_p を取得する電流ピーク時回転角度取得部３１０と、基準回転角度 β を取得する基準回転角度取得部３２０と、電流ピーク時回転角度取得部３１０により取得された電流ピーク時回転角度 θ_p と、基準回転角度取得部３２０により取得された基準回転角度 β との差分を算出する差分算出部３３０と、差分算出部３３０により算出された差分を角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ として記憶する角度オフセット記憶部３４０とを備える。回転角度補正部１３は、角度オフセット記憶部３４０により記憶された角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を用いて、モータ２の駆動中に磁極位置センサ４が測定した磁

極位置の測定結果に基づく回転角度 θ の検出値を補正する。このようにしたので、電流センサ7の測定誤差による影響を受けずに、角度オフセット $\Delta\beta$ of f s e t を正確に求めて回転角度 θ の検出値を補正することができる。

[0058] (3) 電流ピーク時回転角度取得部310は、第1の方法として、対象相の電流値を所定のサンプリング周期で測定したときの最大電流値（例えば i_{u_max} ）または最小電流値（例えば i_{u_min} ）を複数取得し、その複数の最大電流値または最小電流値の中央値（例えば $i_{u_max}(med)$ または $i_{u_min}(med)$ ）が測定された時点での回転角度 θ の検出値を、電流ピーク時回転角度 θ_p として取得することができる。このようにすれば、電流ピーク時回転角度 θ_p を容易かつ正確に取得することができる。

[0059] (4) 電流ピーク時回転角度取得部310は、第2の方法として、対象相の電流値を所定のサンプリング周期で測定したときの最大電流値（例えば i_{u_max} ）または最小電流値（例えば i_{u_min} ）と回転角度 θ の検出値との組み合わせを複数取得し、その複数の組み合わせに基づいて、例えば最小二乗法を用いて、対象相の電流値のピーク時における回転角度 θ を推定することで、電流ピーク時回転角度 θ_p を取得することもできる。このようにすれば、電流ピーク時回転角度 θ_p をより一層正確に取得することができる。

[0060] (5) モータ制御装置1は、回転角度補正部13により回転角度 θ の検出値を補正して求められた補正後の回転角度 θ_c を用いて、モータ2の制御を行う。このようにしたので、電流センサ7の電流検出誤差による影響を抑えて、磁極位置センサ4の取付位置ずれによる回転角度 θ の誤差を正確に補正し、モータ2の適切な制御を実現することができる。

[0061] (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態について図面を用いて説明する。本実施形態では、モータ2の回転子の温度に基づいて基準回転角度を変化させる例を説明する。

[0062] 図4は、本発明の第2の実施形態に係る回転角度補正部13Aのブロック

図である。図4に示す回転角度補正部13Aは、第1の実施形態で説明した図3の回転角度補正部13と比較して、基準回転角度取得部320が基準回転角度取得部320Aに置き換えられている点が異なっている。なお、本実施形態におけるモータ駆動システムの構成やモータ制御装置の機能構成については、第1の実施形態で説明した図1、図2とそれぞれ同様である。また、回転角度補正部13Aのうち、基準回転角度取得部320A以外の部分については、図3の回転角度補正部13と同様である。したがって以下では、本発明の第2の実施形態に係るモータ制御装置のうち、基準回転角度取得部320A以外の部分については説明を省略する。

[0063] 基準回転角度取得部320Aは、モータ2の回転子の温度 T_r を取得する。なお、回転子温度 T_r は、例えばモータ2の回転子に取り付けられた温度センサから取得することができる。あるいは、回転子以外の温度、例えばモータ2の冷却に用いる冷媒の温度や大気温度等に基づき、回転子温度 T_r を推定してもよい。

[0064] 基準回転角度取得部320Aは、取得した回転子温度 T_r の値に基づいて、回転子温度 T_r に応じた基準回転角度 β_{tmp} の値を設定し、差分算出部330へ出力する。例えば、回転子温度 T_r と基準回転角度 β_{tmp} の関係を物理法則に基づいて関数式で表し、この関数式を用いて、回転子温度 T_r に応じた基準回転角度 β_{tmp} をオンラインで計算することができる。あるいは、回転子温度 T_r と基準回転角度 β_{tmp} の様々な組み合わせを表すマップ情報を実験やシミュレーション等により事前に作成しておき、このマップ情報を用いて、回転子温度 T_r に応じた基準回転角度 β_{tmp} の値をオフラインで求めてもよい。これにより、回転子温度 T_r に基づいて基準回転角度 β_{tmp} の値を変化させることができる。

[0065] モータ2において、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w と回転角度 θ の関係は、回転子温度 T_r によって変動する。本実施形態では、回転子温度 T_r の値に基づいて基準回転角度 β_{tmp} を変化させることにより、この変動を反映させるようにしている。以下では、この点について詳しく説明する。

[0066] モータ2におけるd軸電圧とq軸電圧をそれぞれ V_d 、 V_q とし、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスをそれぞれ L_d 、 L_q 、各コイルの鎖交磁束を ϕ 、巻線抵抗を R とすると、定常状態におけるd軸電圧 V_d およびq軸電圧 V_q の電圧方程式は、それぞれ以下の式(4)、(5)で表される。

$$V_d = -\omega_r \cdot L_d \cdot i_q + R \cdot i_d \quad \dots (4)$$

$$V_q = \omega_r \cdot \phi + R \cdot i_q + \omega_r \cdot L_d \cdot i_d \quad \dots (5)$$

[0067] また、基準回転角度 β は以下の式(6)で表される。

$$\beta = \arctan(-i_d / i_q) \quad \dots (6)$$

[0068] モータ2が三相短絡状態のときには、 $V_d = V_q = 0$ とできるため、 $V_d = V_q = 0$ として式(4)、(5)を i_d 、 i_q について解き、その結果を式(6)に代入すると、以下の式(7)が導出される。

$$\beta = \arctan(-\omega_r \cdot L_q / R) \quad \dots (7)$$

[0069] 式(7)より、基準回転角度 β は、モータ回転速度 ω_r 、q軸インダクタンス L_q および巻線抵抗 R に依存することが分かる。ここで、q軸インダクタンス L_q および巻線抵抗 R は、各コイルの温度、すなわち回転子温度 T_r に応じて変動する。そのため、第1の実施形態のように基準回転角度 β を回転子温度 T_r に関わらず一定のままにすると、回転子温度 T_r の値によっては三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w と基準回転角度 β の関係が崩れてしまい、回転角度補正部13において角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正しく取得できない場合がある。その結果、モータ2の制御においてトルク精度が低下し、電費の悪化や加速不良などの不利益を引き起こすおそれがある。

[0070] そこで本実施形態では、基準回転角度取得部320Aにおいて、前述のように回転子温度 T_r に基づいて基準回転角度 β_{tmp} を変化させる。回転角度補正部13Aは、この基準回転角度 β_{tmp} を一定の基準回転角度 β の代わりに用いることで、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を算出する。これにより、回転子温度 T_r が変動しても、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に取得できるようにしている。

[0071] 図5は、本発明の第2の実施形態に係る基準回転角度取得部320Aにお

ける基準回転角度 β_{tmp} の設定方法の具体例を説明する図である。図5において、(a)に示すベクトル図400は低温時の基準回転角度 β_{tmp} を表し、(b)に示すベクトル図410は高温時の基準回転角度 β_{tmp} を表している。これらのベクトル図400、410では、予め設定された一定の基準回転角度 β に対応する電流ベクトルを I_1 、温度に応じた基準回転角度 β_{tmp} に対応する電流ベクトルを I_{1tmp} とそれぞれ表し、これらのベクトル間の角度差を $\Delta\beta_{tmp}$ で表している。

[0072] ベクトル図400に示すような低温時や、ベクトル図410に示すような高温時のように、一定の基準回転角度 β に対応する基準温度に対して温度差がある状態では、前述のように回転子温度 T_r に依存して、q軸インダクタンス L_q および巻線抵抗 R の値が変動する。その結果、d軸電流 i_d とq軸電流 i_q は、ベクトル図400、410においてそれぞれ i_{d_tmp} 、 i_{q_tmp} のように変化する。ここで、基準回転角度 β_{tmp} は、前述の式(6)において $i_d = i_{d_tmp}$ 、 $i_q = i_{q_tmp}$ とすることで算出され、ベクトル図400、410上では、d軸電流ベクトル i_{d_tmp} とq軸電流ベクトル i_{q_tmp} を合成した電流ベクトル I_{1tmp} の角度として表される。したがって、前述の角度差 $\Delta\beta_{tmp}$ を回転子温度 T_r から求めることにより、以下の式(8)を用いて基準回転角度 β_{tmp} を正しく計算することができる。

$$\beta_{tmp} = \beta + \Delta\beta_{tmp} \quad \cdots (8)$$

[0073] 以上説明した本発明の第2の実施形態によれば、基準回転角度取得部320Aは、ロータの温度を表す回転子温度 T_r に基づいて基準回転角度 β_{tmp} を変化させる。このようにしたので、モータ2の高温時や低温時においても、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に取得することができる。

[0074] (第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態について図面を用いて説明する。本実施形態では、モータ2の回転数に基づいて基準回転角度を変化させる例を説明する。

[0075] 図6は、本発明の第3の実施形態に係る回転角度補正部13Bのブロック図である。図6に示す回転角度補正部13Bは、第1の実施形態で説明した図3の回転角度補正部13と比較して、基準回転角度取得部320が基準回転角度取得部320Bに置き換えられている点が異なっている。なお、本実施形態におけるモータ駆動システムの構成やモータ制御装置の機能構成については、第1の実施形態で説明した図1、図2とそれぞれ同様である。また、回転角度補正部13Bのうち、基準回転角度取得部320B以外の部分については、図3の回転角度補正部13と同様である。したがって以下では、本発明の第3の実施形態に係るモータ制御装置のうち、基準回転角度取得部320B以外の部分については説明を省略する。

[0076] 基準回転角度取得部320Bは、速度算出部12からモータ2の回転数を表すモータ回転速度 ω_r を取得する。そして、取得したモータ回転速度 ω_r の値に基づいて、モータ回転速度 ω_r に応じた基準回転角度 β_{spd} の値を設定し、差分算出部330へ出力する。例えば、モータ回転速度 ω_r と基準回転角度 β_{spd} の関係を物理法則に基づいて関数式で表し、この関数式を用いて、モータ回転速度 ω_r に応じた基準回転角度 β_{spd} をオンラインで計算することができる。あるいは、モータ回転速度 ω_r と基準回転角度 β_{spd} の様々な組み合わせを表すマップ情報を実験やシミュレーション等により事前に作成しておき、このマップ情報を用いて、モータ回転速度 ω_r に応じた基準回転角度 β_{spd} の値をオフラインで求めてもよい。これにより、モータ2の回転数に基づいて基準回転角度 β_{spd} を変化させることができる。

[0077] モータ2において、三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w と回転角度 θ の関係は、モータ回転速度 ω_r によって変動する。本実施形態では、モータ回転速度 ω_r の値に基づいて基準回転角度 β_{spd} を変化させることにより、この変動を反映させるようにしている。以下では、この点について詳しく説明する。

[0078] 第2の実施形態で説明したように、前述の式(7)より、基準回転角度 β

は、モータ回転速度 ω_r 、q軸インダクタンス L_q および巻線抵抗 R に依存することが分かる。ここで、モータ2の高回転時には、式(7)においてモータ回転速度 ω_r の変動による影響を無視できるが、低回転時にはその影響を無視できなくなる。そのため、第1の実施形態のように基準回転角度 β をモータ回転速度 ω_r に関わらず一定のままにすると、モータ回転速度 ω_r の値によっては三相交流電流 i_u 、 i_v 、 i_w と基準回転角度 β の関係が崩れてしまい、回転角度補正部13において角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正しく取得できない場合がある。その結果、モータ2の制御においてトルク精度が低下し、電費の悪化や加速不良などの不利益を引き起こすおそれがある。

[0079] そこで本実施形態では、基準回転角度取得部320Bにおいて、前述のようにモータ回転速度 ω_r に基づいて基準回転角度 β_{spd} を変化させる。回転角度補正部13Bは、この基準回転角度 β_{spd} を一定の基準回転角度 β の代わりに用いることで、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を算出する。これにより、モータ2の低回転時にも角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に取得できるようにしている。

[0080] 図7は、本発明の第3の実施形態に係る基準回転角度取得部320Bにおける基準回転角度 β_{spd} の設定方法の具体例を説明する図である。図7では、モータ2の三相短絡中におけるモータ回転速度 ω_r とd軸電流 i_d 、q軸電流 i_q および基準回転角度 β_{spd} との関係を、曲線500、510、520にそれぞれ表している。

[0081] 図7に示すように、モータ回転数が比較的高い領域、例えばモータ回転速度 ω_r の値が2000[r/min]以上の領域では、モータ回転速度 ω_r が変化してもd軸電流 i_d およびq軸電流 i_q は殆ど変化せず、そのため基準回転角度 β_{spd} はほぼ一定である。一方、モータ回転数が低い領域では、モータ回転速度 ω_r の変化に応じてd軸電流 i_d とq軸電流 i_q がそれぞれ変化し、これに応じて基準回転角度 β_{spd} も変動する。したがって、予め設定された一定の基準回転角度 β と低回転領域での基準回転角度 β_{spd}

との差分 $\Delta\beta_{spd}$ をモータ回転速度 ω_r から求めることにより、以下の式(9)を用いて基準回転角度 β_{spd} を正しく計算することができる。

$$\beta_{spd} = \beta + \Delta\beta_{spd} \quad \cdots (9)$$

[0082] 以上説明した本発明の第3の実施形態によれば、基準回転角度取得部320Bは、ロータの回転数を表すモータ回転速度 ω_r に基づいて基準回転角度 β_{spd} を変化させる。このようにしたので、モータ2の低回転時においても、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に取得することができる。

[0083] なお、以上説明した実施形態や各種変形例はあくまで一例であり、発明の特徴が損なわれない限り、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。また、各実施形態や各種変形例は、単独で採用してもよいし、任意に組み合わせてもよい。例えば、第2、第3の実施形態を組み合わせることで、モータ2が三相短絡中にどのような状態であっても、モータ回転速度 ω_r 、q軸インダクタンス L_q および巻線抵抗 R に依存して変化する基準回転角度 β を適切な値で取得して、角度オフセット $\Delta\beta_{offset}$ を正確に求めることができる。さらに、上記では種々の実施形態や変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

[0084] 1…モータ制御装置、2…モータ、3…インバータ、4…磁極位置センサ、5…高圧バッテリー、7…電流センサ、11…電流指令生成部、12…速度算出部、13, 13A, 13B…回転角度補正部、14…三相／dq電流変換部、15…電流制御部、16…dq／三相電圧変換部、17…ゲート信号生成部、31…インバータ回路、32…PWM信号駆動回路、33…平滑キャパシタ、41…回転角度検出器、100…モータ駆動システム、310…電流ピーク時回転角度取得部、320, 320A, 320B…基準回転角度取得部、330…差分算出部、340…角度オフセット記憶部、350…減算部

請求の範囲

[請求項1] 三相交流電流によって駆動され、ロータの磁極位置を測定する磁極位置センサが取り付けられたモータを、前記磁極位置センサによる前記磁極位置の測定結果に基づく前記モータの回転角度の検出値を用いて制御するモータ制御装置であって、

前記モータの三相短絡時の前記三相交流電流のうちいずれか一相を対象相として、前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度の検出値を表す電流ピーク時回転角度と、前記対象相の所定の電流波形のピーク時における前記回転角度を表す基準回転角度とを比較し、その比較結果に基づいて、前記回転角度の検出値を補正するモータ制御装置。

[請求項2] 請求項1に記載のモータ制御装置において、

前記電流ピーク時回転角度を取得する電流ピーク時回転角度取得部と、

前記基準回転角度を取得する基準回転角度取得部と、

前記電流ピーク時回転角度取得部により取得された前記電流ピーク時回転角度と、前記基準回転角度取得部により取得された前記基準回転角度との差分を算出する差分算出部と、

前記差分算出部により算出された前記差分を角度オフセットとして記憶する角度オフセット記憶部と、を備え、

前記角度オフセット記憶部により記憶された前記角度オフセットを用いて、前記モータの駆動中に前記磁極位置センサが測定した前記磁極位置の測定結果に基づく前記回転角度の検出値を補正するモータ制御装置。

[請求項3] 請求項2に記載のモータ制御装置において、

前記電流ピーク時回転角度取得部は、前記対象相の電流値を所定のサンプリング周期で測定したときの最大電流値または最小電流値を複数取得し、複数の前記最大電流値または前記最小電流値の中央値が測

定された時点での前記回転角度の検出値を、前記電流ピーク時回転角度として取得するモータ制御装置。

[請求項4] 請求項2に記載のモータ制御装置において、

前記電流ピーク時回転角度取得部は、前記対象相の電流値を所定のサンプリング周期で測定したときの最大電流値または最小電流値と前記回転角度の検出値との組み合わせを複数取得し、複数の前記組み合わせに基づいて前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度を推定することで、前記電流ピーク時回転角度を取得するモータ制御装置。

[請求項5] 請求項2に記載のモータ制御装置において、

前記基準回転角度取得部は、前記ロータの温度に基づいて前記基準回転角度を変化させるモータ制御装置。

[請求項6] 請求項2に記載のモータ制御装置において、

前記基準回転角度取得部は、前記ロータの回転数に基づいて前記基準回転角度を変化させるモータ制御装置。

[請求項7] 三相交流電流によって駆動され、ロータの磁極位置を測定する磁極位置センサが取り付けられたモータを、前記磁極位置センサによる前記磁極位置の測定結果に基づく前記モータの回転角度の検出値を用いて制御する方法であって、

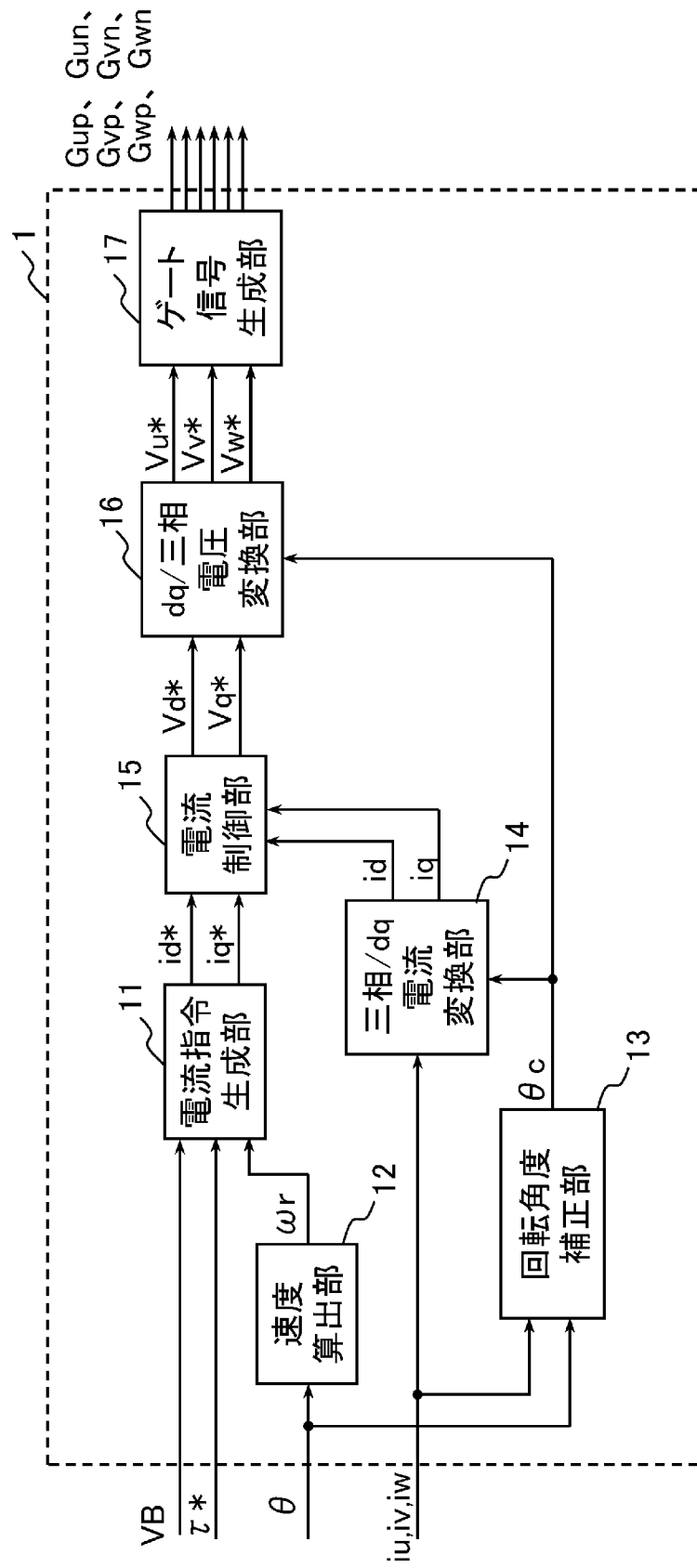
前記モータの三相短絡時の前記三相交流電流のうちいずれか一相を対象相として、前記対象相の電流値のピーク時における前記回転角度の検出値を表す電流ピーク時回転角度と、所定の電流波形のピーク時における前記回転角度を表す基準回転角度とを比較し、

前記電流ピーク時回転角度と前記基準回転角度との比較結果に基づいて、前記回転角度の検出値を補正し、

補正後の前記回転角度の検出値を用いて、前記モータの制御を行うモータ制御方法。

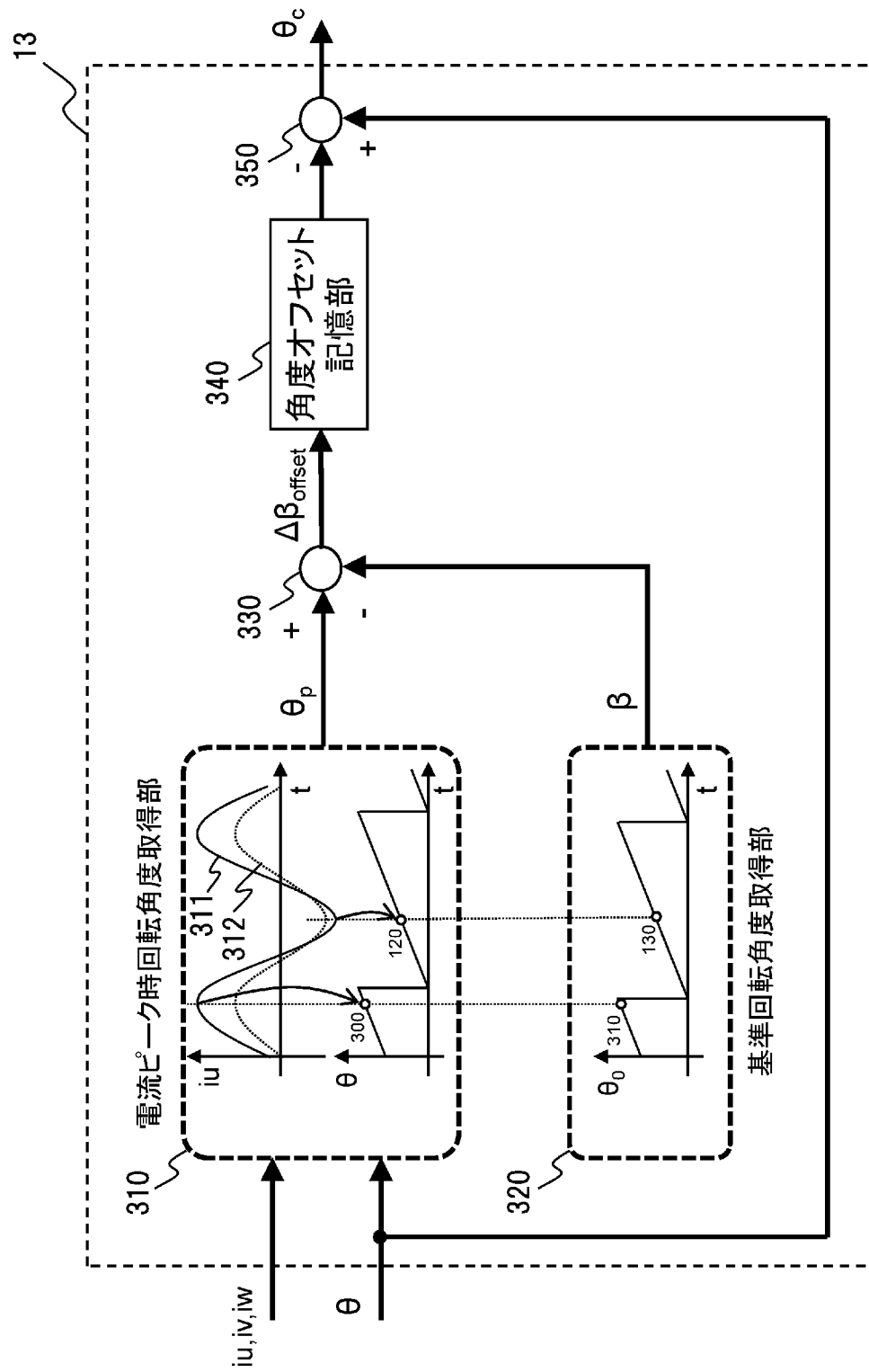
[図2]

図2



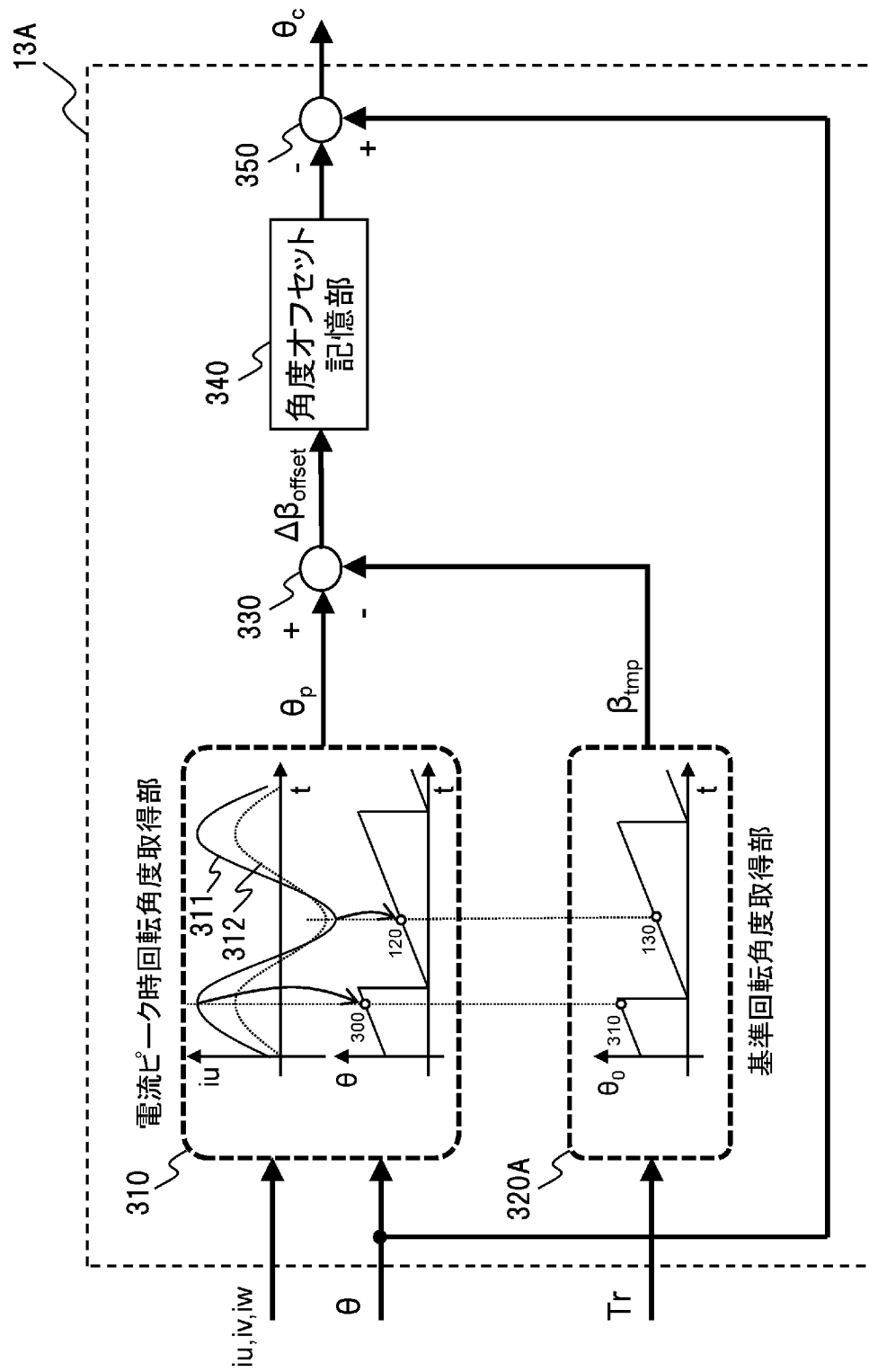
[図3]

図3

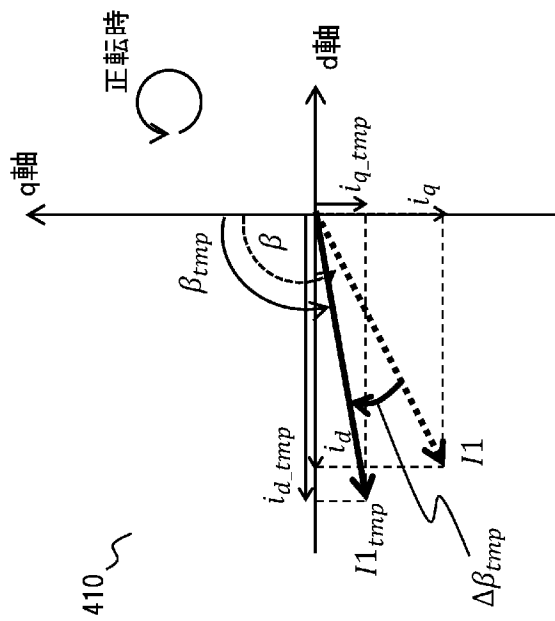


[図4]

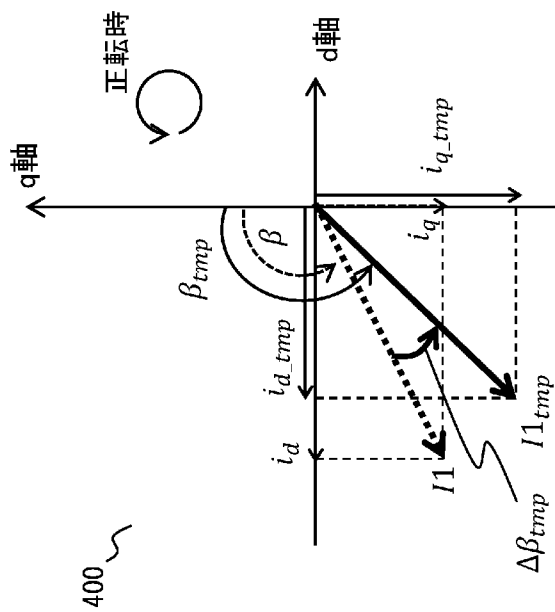
図4



[図5]



(b) 高温時

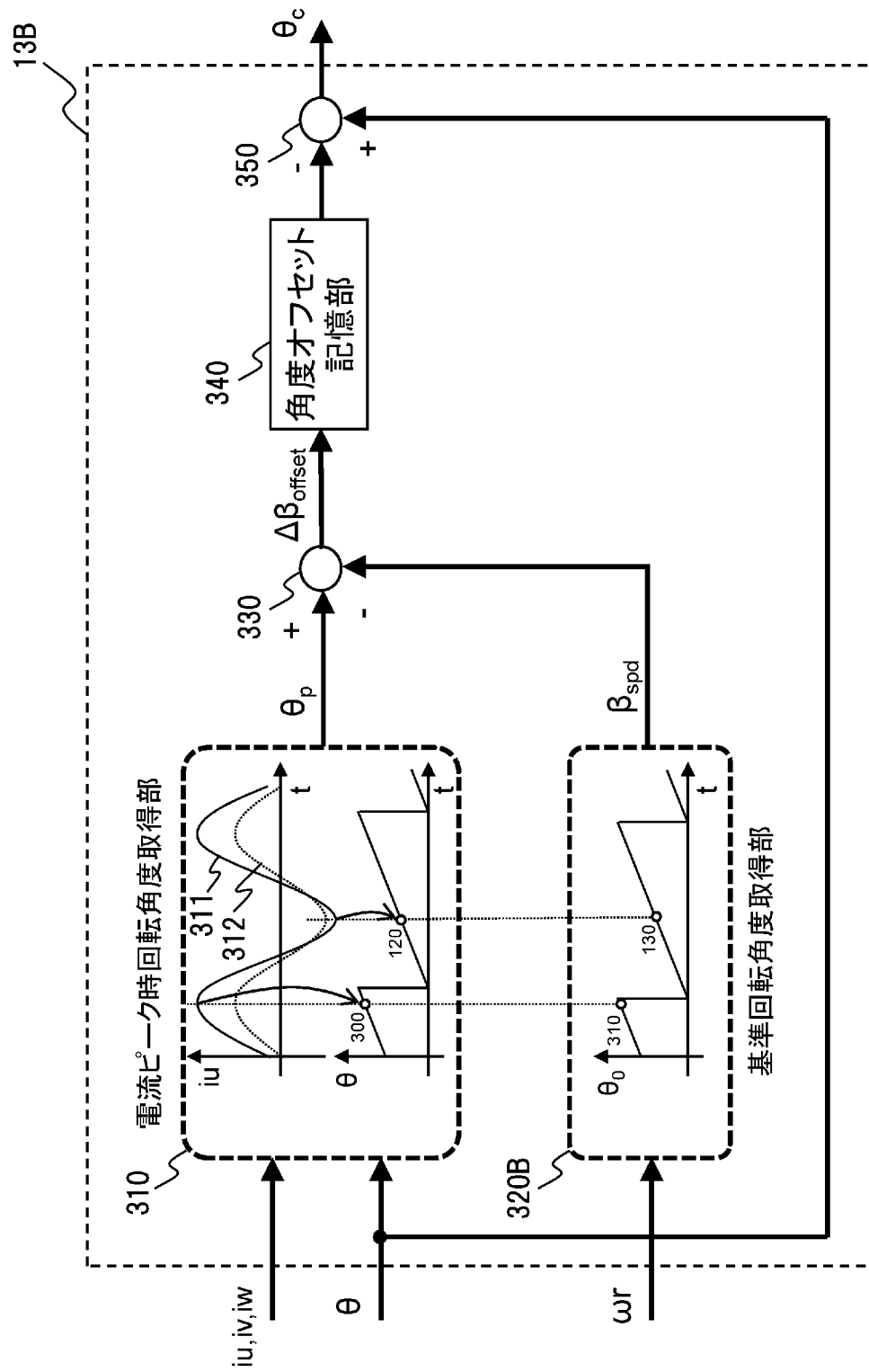


(a) 低温時

図5

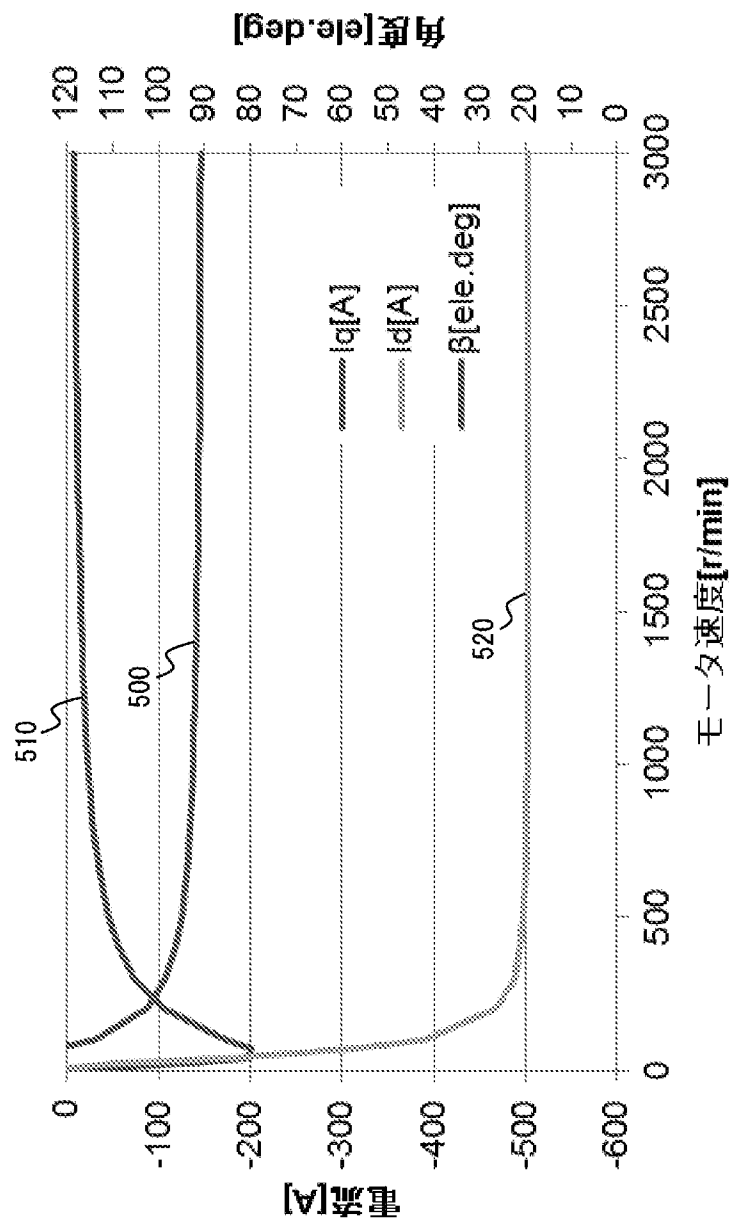
[図6]

図6



[図7]

図7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/022117

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02P6/16 (2016.01) i

FI: H02P6/16 ZHV

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. H02P6/16

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 2017-212783 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 30 November 2017 (2017-11-30), paragraphs [0015]-[0054], [0074], fig. 1-4	1-7
A	JP 2008-115751 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 22 May 2008 (2008-05-22), paragraphs [0038], [0039], [0051]-[0054], [0059]-[0096], fig. 4-10	1-7
A	JP 2013-21843 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 31 January 2013 (2013-01-31), paragraphs [0016]-[0026], fig. 1-3	1-7
A	WO 2019/207754 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 31 October 2019 (2019-10-31), paragraphs [0003], [0021]-[0064], fig. 1-6	1-7

☐ 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
20.07.2021

Date of mailing of the international search report
03.08.2021

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/022117

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2017-212783 A	30.11.2017	JP 6211135 B1	
JP 2008-115751 A	22.05.2008	DE 102007000616 A1	
		FR 2909496 A1	
JP 2013-21843 A	31.01.2013	CN 102882451 A	
WO 2019/207754 A1	31.10.2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 6/16(2016.01)i FI: H02P6/16 ZHV		
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）） H02P6/16		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
A	JP 2017-212783 A（三菱電機株式会社）30.11.2017（2017-11-30） 段落 [0015] - [0054]， [0074]， 図1-4	1-7
A	JP 2008-115751 A（トヨタ自動車株式会社）22.05.2008（2008-05-22） 段落 [0038] - [0039]， [0051] - [0054]， [0059] - [0096]， 図4-10	1-7
A	JP 2013-21843 A（富士電機株式会社）31.01.2013（2013-01-31） 段落 [0016] - [0026]， 図1-3	1-7
A	WO 2019/207754 A1（三菱電機株式会社）31.10.2019（2019-10-31） 段落 [0003]， [0021] - [0064]， 図1-6	1-7
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 20.07.2021		国際調査報告の発送日 03.08.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 上野 力 3V 3748 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/022117

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-212783	A	30.11.2017	JP	6211135	B1	
JP	2008-115751	A	22.05.2008	DE	102007000616	A1	
				FR	2909496	A1	
JP	2013-21843	A	31.01.2013	CN	102882451	A	
WO	2019/207754	A1	31.10.2019	(ファミリーなし)			