

(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
2024年2月15日(15.02.2024)



(10) 国際公開番号

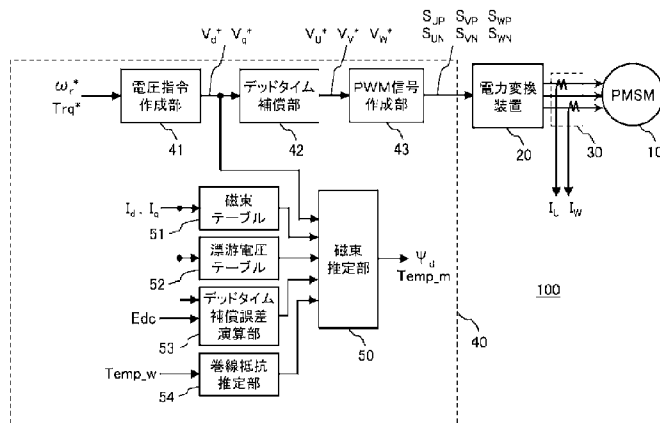
WO 2024/034259 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/14 (2016.01) *B60L 50/60* (2019.01)
B60L 9/18 (2006.01) *H02P 25/024* (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/022480
- (22) 国際出願日: 2023年6月16日(16.06.2023)
- (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 2022-126150 2022年8月8日(08.08.2022) 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: 鈴木 尚 礼 (SUZUKI Takahiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 小原 峻 介(OHARA Shunsuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 三井 利 貞(MITSUI Toshisada); 〒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). 松井 大和(MATSUI Hirokazu); 〒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: ポレール弁理士法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目 3 番 5 号 Tokyo (JP).

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE AND ELECTRIC VEHICLE SYSTEM

(54) 発明の名称: モータ制御装置並びに電動車両システム

図 1



- 20 Power conversion device
41 Voltage command creation unit
42 Dead time compensation unit
43 PWM signal creation unit
50 Magnetic flux estimation unit
51 Magnetic flux table
52 Stray voltage table
53 Dead time compensation error calculation unit
54 Winding resistance estimation unit

(57) Abstract: Disclosed is a motor control device capable of improving the accuracy and reliability of magnetic flux estimation. This motor control device comprises: a voltage command creation unit (41) that generates, in accordance with the speed command or the torque command of a motor, the rotor of which has a permanent magnet, a voltage command for controlling the output voltage of a power conversion device; a dead time compensation unit (42) that performs dead time compensation for the voltage command; and a magnetic flux estimation unit (50) that estimates the magnetic flux of the



(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

permanent magnet. The magnetic flux estimation unit estimates the magnetic flux of the permanent magnet on the basis of the voltage command and the voltage drops occurring in the motor and the power conversion device and occurring between the motor and the power conversion device. The voltage drops include: a first voltage drop component due to a resistance component; a second voltage drop component caused by the dead time compensation; and a third voltage drop component obtained by removing the first voltage drop component and the second voltage drop component from the voltage drops.

(57) 要約: 磁束推定の精度および信頼性を向上できるモータ制御装置が開示される。このモータ制御装置は、回転子が永久磁石を有するモータの速度指令またはトルク指令に応じて、電力変換装置の出力電圧を制御するための電圧指令を生成する電圧指令作成部(41)と、電圧指令に対してデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部(42)と、永久磁石の磁束を推定する磁束推定部(50)と、を備え、磁束推定部は、電圧指令と、モータおよび電力変換装置、並びに、モータおよび電力変換装置間に生じる電圧降下と、に基づいて、永久磁石の磁束を推定し、電圧降下は、抵抗成分による第1の電圧降下成分と、デッドタイム補償によって生じる第2の電圧降下成分と、電圧降下から、第1の電圧降下成分および第2の電圧降下成分を除いた第3の電圧降下成分と、を含む。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置並びに電動車両システム

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置およびそれを用いた電動車両システムに関する。

背景技術

[0002] 永久磁石同期モータは、界磁が永久磁石によって与えられ、高効率化に有利であることから、電動車両などの分野で幅広く適用されている。永久磁石同期モータにおいては、温度などにより永久磁石の磁束量の変動すると、トルク特性などのモータ特性が変動する。このため、適用分野によっては、永久磁石の磁束量を推定し、推定された磁束量に基づいて、永久磁石同期モータが制御される。

[0003] 永久磁石同期モータの磁束量を推定する従来技術として、特許文献1および特許文献2に記載された技術が知られている。

[0004] 特許文献1に記載された技術では、基準状態、例えば基準温度状態、からの磁束変化量推定値 $\Delta \phi_{est}$ が、基準状態におけるd軸電圧 V_{d_std} およびq軸電圧 V_{q_std} 、d軸補正後電圧指令値 $V_{d^{**}}$ およびq軸補正後電圧指令値 $V_{q^{**}}$ 、並びに電気角速度 ω によって推定される（ $\Delta \phi_{est} = ((V_{q^{**}} / V_{d^{**}}) \times V_{d\_std} - V_{q\_std}) / \omega$ ）。 $V_{d^{**}}$ および $V_{q^{**}}$ は、それぞれ、d軸電圧指令値 V_{d^*} およびq軸電圧指令値 V_{q^*} の補正值である。 V_{d^*} および V_{q^*} は、インバータにおけるスイッチング素子のデッドタイム T_{dead} およびスイッチング素子の直流電圧降下に応じて補正される。 V_{d^*} および V_{q^*} の T_{dead} に応じた補正量は、インバータの直流入力電圧 V_{dc} 、スイッチング周波数 F_{sw} 、 T_{dead} およびd軸基準の電流位相 β_d に基づいて演算される（段落[0054]参照）。また V_{d^*} および V_{q^*} のスイッチング素子の直流電圧降下に応じた補正量は、電流を引数とする電圧降下補正マップにより算出される。

[0005] 特許文献2に記載された技術では、q軸電圧指令値、d軸電圧指令値、q軸電流、d軸電流および角速度 ω に基づいて演算される磁束推定値が、永久磁石同期電動機の動作状態に関する複数のパラメータ、すなわち、角速度、トルク（または電流）、各部の温度（センサ温度、モータ温度、インバータ温度）、インバータの直流電圧の各々を引数とする複数のマップを用いて算出される誤差補正值によって補正される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2019-129572号公報

特許文献2：特開2019-129573号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1は、磁束変動量推定値 $\Delta \phi_{est}$ の算出において、d軸補正後電圧指令値 $V_{d^{**}}$ に対するq軸補正後電圧指令値 $V_{q^{**}}$ の比（ $V_{q^{**}}/V_{d^{**}}$ ）が用いられるので、 $V_{d^{**}}$ が小さい場合には、磁束変動量推定値 $\Delta \phi_{est}$ 自体が増大する。このため、推定値の信頼性に問題がある。

[0008] 特許文献2は、磁束推定値の演算に用いるq軸電圧指令値およびd軸電圧指令値は補正されない。このため、磁束推定値の精度の向上が制限される。

[0009] そこで、本発明は、磁束推定の精度および信頼性を向上できるモータ制御装置、並びにこのモータ制御装置を用いる電動車両システムを提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、本発明によるモータ制御装置は、回転子が永久磁石を有するモータの速度指令またはトルク指令に応じて、モータへの電力変換装置の出力電圧を制御するための電圧指令を生成する電圧指令作成部と、電圧指令に対してデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部と、永久磁石の磁束を推定する磁束推定部と、を備えるものであって、磁束推定部は、電圧指令と、モータおよび電力変換装置、並びに、モータおよび電力変換

装置間に生じる電圧降下と、に基づいて、永久磁石の磁束を推定し、電圧降下は、モータおよび電力変換装置、並びに、モータおよび電力変換装置間における抵抗成分による第１の電圧降下成分と、デッドタイム補償によって生じる第２の電圧降下成分と、電圧降下から、第１の電圧降下成分および第２の電圧降下成分を除いた第３の電圧降下成分と、を含む。

[0011] 上記課題を解決するために、本発明による電動車両システムは、車輪と、車輪を駆動するモータと、モータに電力を供給する電力変換装置と、電力変換装置を制御する制御装置と、を備えるものであって、制御装置が、上記本発明によるモータ制御装置である。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、磁束推定の精度および信頼性を向上できる。

[0013] 上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0014] [図１]実施例１であるモータ駆動システムの概略構成を示す機能ブロック図である。

[図２]永久磁石同期モータ１０の構造を示す、回転軸に垂直な方向の断面図である。

[図３] $d-q$ 軸と、永久磁石同期モータ１０の固定子１１における三相の巻線１５との関係を示す図である。

[図４]電力変換装置２０（図１）の構成を示す回路図である。

[図５]駆動信号（ G_{XP} , G_{XN} ）（ $X: U, V, W$ のいずれか）の一例を示す波形図である。

[図６]電圧指令作成部４１の構成を示す機能ブロック図である。

[図７]実施例１における磁束推定部５０（図１）の構成を示す機能ブロック図である。

[図８] I_d-I_q 平面に等値線図として表した q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の算出例である。

[図9]図8に示す I_q と V_{drop_q} の関係を、 I_d をパラメータとして表したグラフである。

[図10] $I_d - I_q$ 平面に等値線図として表した第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の算出例である。

[図11]図10に示す I_q と V_{drop_q}' の関係を、 I_d をパラメータとして表したグラフである。

[図12] $I_d - I_q$ 平面に等値線図として表した第三の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の算出例である。

[図13]モータ制御装置40における q 軸電圧降下 $V_{drop\_q\_est}$ の演算部の構成を示す機能ブロック図である。

[図14]実施例2であるモータ駆動システムの概略構成を示す機能ブロック図である。

[図15]指令値補正部48（図14）の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図16]実施例3であるモータ駆動システムにおけるモータ制御装置の概略構成を示す機能ブロック図である。

[図17]実施例4である電動車両システム300の構成を示す機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態について、下記の実施例1～4により、図面を用いながら説明する。

[0016] 各図において、参照番号が同一のものは同一の構成要件あるいは類似の機能を備えた構成要件を示している。

実施例 1

[0017] 図1は、本発明の実施例1であるモータ駆動システムの概略構成を示す機能ブロック図である。

[0018] モータ駆動システム100は、永久磁石同期モータ10と、電力変換装置20と、電流センサ30と、モータ制御装置40と、を備えている。永久磁

石同期モータ１０には、図示はしていないが、永久磁石同期モータ１０の機械的出力を機械的あるいは磁氣的に伝える伝達機構を介して、機械的負荷が接続される。

[0019] モータ制御装置４０は、電力変換装置２０を制御することによって、永久磁石同期モータ１０の回転数またはトルクを所望の値に制御する。また、本実施例１において、モータ制御装置４０は、後述するように、永久磁石同期モータ１０が備える永久磁石の磁束や温度を推定する機能を有する。

[0020] 以下、図１に示したモータ駆動システムの各構成要素について説明する。

[0021] 図２は、永久磁石同期モータ１０の構造を示す、回転軸に垂直な方向の断面図である。

[0022] 永久磁石同期モータ１０は、エアギャップを介して対向する固定子１１および回転子１２から構成されている。固定子１１は、磁性体からなる固定子コア１６に巻線１５が巻かれた固定子磁極１８を複数有している。回転子１２は、磁性体からなる回転子コア１３と、回転子コア１３内に位置する永久磁石１７とを有している。

[0023] 本実施例では、図２に示すように、固定子磁極１８の個数（＝スロット数）が６個、回転子１２の磁極数が２個である。なお、固定子１１と回転子１２の各磁極数は、図２に示す個数に限らず、所望のモータ特性に応じて任意に設定できる。また、複数ある巻線の接続は、並列接続および直列接続のいずれでもよい。本実施例では、固定子１１において対向する２個の固定子磁極１８の巻線１５が直列接続されて、一相分の巻線が構成されている。したがって、固定子１１は、三相分の巻線（Ｕ，Ｖ，Ｗ）を備えている。

[0024] 固定子磁極１８は、巻線１５に電流を流すことにより、Ｎ極およびＳ極のいずれかの極性の磁極を生じ、巻線１５における電流の向きによって極性を変えられる。本実施例では、巻線１５に正の直流電流を流すときに固定子磁極１８がＳ極になるとし、このＳ極に回転子１２における永久磁石１７のＮ極が引きつけられるときの回転子１２の回転角度をゼロ度とする。なお、以下、回転子１２の回転角度を「回転子位置」と表記する。

- [0025] 巻線 15 が複数ある場合、いずれか一つの巻線の位置を基準位置とする。本実施例では、図 2 中右側に位置する巻線 15（U 相巻線）の位置を基準位置とする。また、回転子 12 の反時計回りの回転を正回転と称し、時計回りの回転を逆回転と称す。
- [0026] 本実施例では、回転子位置は、レゾルバやエンコーダ等の回転検出器によって検出され、モータ制御装置 40 における制御処理に用いられる。なお、回転子位置は、いわゆる位置センサレス制御を適用して、回転検出器を用いることなく、永久磁石同期モータ 10 に流れるモータ電流もしくは永久磁石同期モータ 10 への印加電圧に基づいて推定してもよい。
- [0027] 本実施例では、図 2 に示すように、埋込磁石型の永久磁石同期モータ 10 が適用されているが、これに限らず、表面磁石型の永久磁石同期モータなど、回転子が、回転子の温度によって磁束が変化する永久磁石を備えているモータが適用されてもよい。
- [0028] モータ制御装置 40 においては、いわゆるベクトル制御が適用されている。そこで、永久磁石同期モータ 10 と、ベクトル制御に用いられる回転座標軸（ $d-q$ 軸）との関係について説明しておく。
- [0029] 図 3 は、 $d-q$ 軸と、永久磁石同期モータ 10 の固定子 11 における三相（U, V, W）の巻線 15 との関係を示す図である。
- [0030] 図 3 に示すように、三相の巻線（U, V, W）は、電気角で 120 度の位相差をもって配置されている。回転子 12 における永久磁石 17 の主磁束方向を d 軸とし、 d 軸から回転方向に電気角で 90 度進んだ方向を q 軸とする。
- [0031] $d-q$ 軸は回転座標系における座標軸、すなわち回転子 12 に設定される座標軸であり、回転子 12 とともに回転する。したがって、 d 軸の回転角度は、回転子位置（ θ_d ）に等しい。前述のように、本実施例では、U 相巻線の位置を基準位置としているので、図 3 に示すように、 θ_d は、U 相巻線の位置から、反時計回りの回転方向を正とする角度で表される。
- [0032] なお、 d 軸の方向は、回転子 12 を回転させるとき、基準位置の巻線 15

、本実施例ではU相巻線に鎖交する永久磁石17の磁束が最大となる場合に基準位置の巻線の位置に向かう方向でもある。したがって、図3においては、 $\theta_d = 0$ のときに、U相巻線に鎖交する永久磁石17の磁束が最大となる。

[0033] 図4は、電力変換装置20（図1）の構成を示す回路図である。図4には、永久磁石同期モータ10および電流センサ30（図1）を併記する。

[0034] 電力変換装置20は、図4に示すように、直流電圧源120と、半導体スイッチング素子22a～22fの三相フルブリッジ回路から構成される主回路131と、ゲート駆動回路123とを有している。直流電圧源120と主回路131の間には、シャント抵抗135が接続される。これにより、主回路131に過大な電流が流れることが防止される。

[0035] 直流電圧源120としては、バッテリー、AC／DCコンバータ（整流装置を含む）、DC／DCコンバータなどが適用される。本実施例では、半導体スイッチング素子22a～22fとして、IGBTが適用されるが、これに限らずMOSFETなどを適用してもよい。また、本実施例では、主回路131は、インバータモジュールによって構成されている。

[0036] 主回路131においては、半導体スイッチング素子22a～22fの各々に環流ダイオードが並列接続され、各並列接続がアームを構成する。2個のアームが、直列に接続されることにより、一相分の上下アームが構成される。本実施例では、図4に示すように、スイッチング素子22a，22bによりU相、スイッチング素子22c，22dによりV相、スイッチング素子22e，22fによりW相の上下アームが構成されている。各相の上下アームの接続点は、永久磁石同期モータ10へ接続されている。

[0037] ゲート駆動回路123は、PWM信号作成部43（図1）が出力するPWMパルス信号からなるオン・オフ制御信号 $S_{UP} \sim S_{WN}$ に基づいて、駆動信号 $G_{UP} \sim G_{WN}$ を生成して、それぞれ半導体スイッチング素子22a～22fの制御端子（本実施例では、ゲート端子）に出力する。半導体スイッチング素子22a～22fは、それぞれ、駆動信号 $G_{UP} \sim G_{WN}$ によってオン・オフ駆

動される。

[0038] 主回路 131 は、半導体スイッチング素子 22a～22f がオン・オフ駆動されることにより、直流電圧源 120 の直流電圧 E_{dc} を三相交流電圧に変換し、この三相交流電圧を永久磁石同期モータ 10 の三相交流端子に出力する。

[0039] 図 5 は、駆動信号 (G_{XP} , G_{XN}) (X : U, V, W のいずれか) の一例を示す波形図である。図 5 には、PWM 信号作成部 43 (図 1) が用いる三角波キャリア信号 S_c と X 相電圧指令 V_x^* の一例が併記されている。

[0040] PWM 信号作成部 43 (図 1) は、図 5 に示すように、三角波キャリア信号 S_c と X 相電圧指令 V_x^* の大小関係から、図 5 では図示しない、PWM パルス信号からなるオン・オフ制御信号 S_{XP} , S_{XN} を生成する。ゲート駆動回路 123 は、オフ制御信号 S_{XP} , S_{XN} に応じて、オフ制御信号 S_{XP} , S_{XN} と同じ波形で、かつ半導体スイッチング素子を駆動するために十分な電圧値を有する駆動信号 G_{XP} , G_{XN} を生成する。

[0041] 電力変換装置 20 においては、永久磁石同期モータ 10 に出力する交流電圧の周波数よりも十分に高い周波数で半導体スイッチング素子がスイッチングされる。すなわち、三角波キャリア信号 S_c の周波数が X 相電圧指令 V_x^* の周波数よりも十分に高くされる。このため、電力変換装置 20 における主回路 131 が出力する各相の電圧は、駆動信号 G_{XP} , G_{XN} に応じてパルス幅変調された矩形波状の電圧であるが、時間的に平均すると、デューティファクタの変化に応じて電圧値が変化する正弦波状電圧になる。

[0042] デューティファクタの大きさや、大きさの変化の周期を変えることにより、すなわち、 X 相電圧指令 V_x^* の大きさや周波数を変えることにより、電力変換装置 20 が出力する三相交流電圧の大きさ (振幅) および周波数を制御することができる。これにより、永久磁石同期モータ 10 の可変速駆動やトルク制御が可能になる。

[0043] 電流センサ 30 は、電力変換装置 20 から永久磁石同期モータ 10 に流れる三相のモータ電流を検出する。本実施例において、電流センサ 30 は、U

相モータ電流 I_U および W 相モータ電流 I_W を検出する。V 相モータ電流（「 I_V 」とする）は、検出された U 相モータ電流 I_U および W 相モータ電流 I_W に基づいて、モータ制御装置 40 において算出される（ $I_V = -I_U - I_W$ ）。なお、電流センサ 30 としては、例えば、電流トランス（CT）が適用される。

[0044] 電流センサ 30 としては、ホール CT やシャント抵抗が適用されてもよい。シャント抵抗が適用される場合、いわゆる 1 シャント方式や 3 シャント方式が用いられる。1 シャント方式では、主回路 131（図 4）への直流入力電流、すなわち直流母線電流を 1 個のシャント抵抗（例えば、図 4 におけるシャント抵抗 135）で検出し、直流母線電流の検出値に基づいて、三相モータ電流が検出される。3 シャント方式では、三相の下アームの各々にシャント抵抗を設け、これら 3 個のシャント抵抗によって検出される電流値に基づいて、三相モータ電流が検出される。

[0045] 次に、モータ制御装置 40（図 1）について説明する。

[0046] モータ制御装置 40 は、電力変換装置 20 のスイッチング動作を制御することにより、永久磁石同期モータ 10 の速度およびトルクの少なくとも一方を制御する。その際、モータ制御装置 40 は、速度指令 ω_r^* またはトルク指令 T_{rq}^* と、電流センサ 30 によって検出されるモータ電流とに基づいて、三相電圧指令 V_U^* 、 V_V^* 、 V_W^* を作成する。なお、速度指令 ω_r^* またはトルク指令 T_{rq}^* は、モータ制御装置 40 に設定されていてもよいし、図 1 には図示されない上位制御系などの他の制御系からモータ制御装置 40 に与えられてもよい。

[0047] さらに、モータ制御装置 40 は、PWM 信号作成部 43 によって、三相電圧指令 V_U^* 、 V_V^* 、 V_W^* に応じた PWM パルスからなるオン・オフ制御信号 $S_{UP} \sim S_{WN}$ を生成する。モータ制御装置 40 は、このオン・オフ制御信号 $S_{UP} \sim S_{WN}$ によって、電力変換装置 20 のスイッチング動作を制御する。

[0048] 前述のように、モータ制御装置 40 においては、いわゆるベクトル制御が適用されている。このため、電圧指令作成部 41（図 1）は、回転座標系に

おける演算処理により、電圧指令値を生成する。

[0049] 図6は、電圧指令作成部41の構成を示す機能ブロック図である。

[0050] 電圧指令作成部41は、速度指令またはトルク指令（図1における ω_r^* 、 T_{rq}^* ）に基づいて算出される第1のd軸電流指令 I_d^* および第1のq軸電流指令 I_q^* と、d軸検出電流 I_{dc} およびq軸検出電流 I_{qc} と、インバータ周波数指令 ω_1 （ ω_1 に代えて ω_r^* でもよい）とを入力して、式（1）および式（2）を用いて、d軸電圧指令 V_d^* およびq軸電圧指令 V_q^* を生成する。なお、 I_{dc} および I_{qc} は、電流センサ30によって検出される三相モータ電流を、静止座標から回転座標へ座標変換することにより算出される。

[0051] [数1]

$$V_d^* = R \times I_d^{**} - \omega_1 \times L_q \times I_q^{**} \quad \dots (1)$$

[0052] [数2]

$$V_q^* = R \times I_q^{**} + \omega_1 \times L_d \times I_d^{**} + \omega_1 \times K_e \quad \dots (2)$$

[0053] 式（1）および式（2）において、 R は永久磁石同期モータ10の1相あたりの巻線抵抗、 L_d はd軸インダクタンス、 L_q はq軸インダクタンス、 K_e は誘起電圧定数である。

[0054] I_d^{**} および I_q^{**} は、モータ電流が I_d^* および I_q^* に追従して流れるようにするためにPI制御からなる電流制御器によって生成される、それぞれ第2のd軸電流指令および第2のq軸電流指令である。

[0055] I_d^{**} を生成するd軸電流制御器114aにおいては、加減算器91dによって、第1のd軸電流指令 I_d^* とd軸検出電流 I_{dc} との差分（ $I_d^* - I_{dc}$ ）が演算され、比例器92cによって、差分演算値に、比例ゲイン（ K_{p_d} ）が乗算される。また、差分演算値は、比例器92dによって積分ゲイン（ K_{i_d} ）が乗算され、積分器94cによって積分される。比例ゲイン K_{p_d} が乗算された差分演算値と、積分ゲイン K_{i_d} が乗算された積分値とが、加算器90bによって加算され、 I_d^{**} が演算される。

[0056] I_q^{**} を生成するq軸電流制御器114bにおいては、加減算器91eによ

って、第1のq軸電流指令 I_q^* とq軸検出電流 I_{qc} との差分($I_q^* - I_{qc}$)が演算され、比例器92eによって、差分演算値に、比例ゲイン(K_{p_q})が乗算される。また、差分演算値は、比例器92fによって積分ゲイン(K_{i_q})が乗算され、積分器94dによって積分される。比例ゲイン K_{p_q} が乗算された差分演算値と、積分ゲイン K_{i_q} が乗算された積分値とが、加算器90cによって加算され、 I_q^{**} が演算される。

[0057] I_d^{**} には乗算器92gによってRが乗算されて、式(1)の右辺における「 $R \times I_d^{**}$ 」が演算される。 I_q^{**} には乗算器92iによってRが乗算されて、式(2)の右辺における「 $R \times I_q^{**}$ 」が演算される。

[0058] I_q^{**} がローパスフィルタ98aによってフィルタリングされて、式(1)の右辺に示す $I_q^{**\_fil}$ が得られる。さらに、 $I_q^{**\_fil}$ には乗算器92hによって L_q および ω_1 が乗算されて、式(1)の右辺における「 $\omega_1 \times L_q \times I_q^{**\_fil}$ 」が演算される。加減算器91fによって、乗算器92gによって演算された「 $R \times I_d^{**}$ 」から、乗算器92hによって演算された「 $\omega_1 \times L_q \times I_q^{**\_fil}$ 」が減算される。これにより、 V_d^* が生成される。

[0059] I_d^{**} がローパスフィルタ98bによってフィルタリングされて、式(2)の右辺に示す $I_d^{**\_fil}$ が得られる。さらに、 $I_d^{**\_fil}$ には乗算器92jによって L_d および ω_1 が乗算されて、式(2)の右辺における「 $\omega_1 \times L_d \times I_d^{**\_fil}$ 」が演算される。 ω_1 には乗算器92kによって K_e が乗算されて、式(2)における「 $\omega_1 \times K_e$ 」が演算される。加算器90dによって、乗算器92iによって演算された「 $R \times I_q^{**}$ 」と、乗算器92jによって演算された「 $\omega_1 \times L_d \times I_d^{**\_fil}$ 」と、乗算器92kによって演算された「 $\omega_1 \times K_e$ 」とが加算される。これにより、 V_q^* が生成される。

[0060] 上述のように、電圧指令作成部41では、d軸電流制御器114aおよびq軸電流制御器114bが、式(1)および(2)に基づく電圧演算部にカスケードに接続される。また、電圧演算部には、永久磁石同期モータ10のモータ定数に応じた時定数($T_q (=L_q/R)$, $T_d (=L_d/R)$)を有する一次遅れからなるローパスフィルタ98a, 98bが適用されている。こ

れらにより、演算周期に制約がある場合などにおいても、安定したベクトル制御を実現できる。

[0061] 以下、本実施例 1 におけるモータ制御装置 40 が備える磁束推定機能について説明する。

[0062] 図 7 は、本実施例 1 における磁束推定部 50（図 1）の構成を示す機能ブロック図である。

[0063] なお、図 7 には、磁束推定部 50 とともに磁束推定に関わる、磁束テーブル 51、漂游電圧テーブル 52、デッドタイム補償誤差演算部 53、巻線抵抗推定部 54 も併記されている。

[0064] 本実施例においては、電力変換装置 20 から永久磁石同期モータ 10 に三相交流電圧が出力されているとき、q 軸電圧指令 V_q^* 、永久磁石同期モータ 10 の回転角速度 ω_e （電気角）、d 軸電流 I_d および q 軸電流 I_q 、直流電圧源 120（図 2）の直流電圧 E_{dc} 、巻線温度 $Temp\_w$ に基づいて、磁石磁束を表す d 軸鎖交磁束 Ψ_d 並びに磁石温度 $Temp\_m$ が推定される。

[0065] 永久磁石同期モータ 10 の定常状態における q 軸電圧方程式は、微分項（ $sL_q I_q^{**}$ ）を無視すると、式（3）および（4）で表せる。なお、式（4）における Ψ_{d0} は、永久磁石のみによる d 軸鎖交磁束成分である。

[0066] [数3]

$$V_q^* = V_{drop\_q} + \omega_e \times \Psi_d \quad \dots (3)$$

[0067] [数4]

$$\Psi_d = L_d \times I_d + \Psi_{d0} \quad \dots (4)$$

[0068] 式（3）における q 軸電圧降下 V_{drop_q} は、速度起電力（誘起電圧： $\omega_e \times \Psi_d$ ）と q 軸電圧指令値 V_q^* との差分（ $V_q^* - \omega_e \times \Psi_d$ ）であり、巻線抵抗 R による電圧降下、スイッチング素子（図 4：22a～22f）での電圧降下、デッドタイムに起因する誤差電圧、PWM 方式に起因する誤差電圧などを含む q 軸における総電圧降下である。式（3）に基づけば、 V_{drop_q} を構成するこれら複数の電圧成分を考慮して V_{drop_q} を算出することにより、

Ψ_d を推定することができる。

[0069] まず、予め、永久磁石同期モータ10の異なる二通りの回転数のもとで、
d軸電流 I_d およびq軸電流 I_q を格子点状（ (I_d, I_q) ）に振り、 (I_d, I_q) に対するd軸電圧およびq軸電圧（ V_d, V_q ）を測定する。この時、磁石温度 $Temp\_m$ は一定値（ $Temp\_m\_calib$ ）、例えば、予め設定される標準温度となるようにする。

[0070] 永久磁石同期モータ10の回転角速度（電気角）が ω_{e1} および ω_{e2} である時のq軸電圧指令値をそれぞれ V_{q1}^* および V_{q2}^* とすると、 V_{q1}^* および V_{q2}^* は、式（3）に基づいて、それぞれの式（5）および式（6）で表せる。
なお、 $\omega_{e2} > \omega_{e1}$ とする。

[0071] [数5]

$$V_{q1}^* = V_{drop\_q} + \omega_{e1} \times \Psi_d \quad \dots (5)$$

[0072] [数6]

$$V_{q2}^* = V_{drop\_q} + \omega_{e2} \times \Psi_d \quad \dots (6)$$

[0073] ここで、d軸鎖交磁束 Ψ_d とq軸電圧降下 V_{drop_q} は回転数に依存しないとしている。

[0074] 式（5）および式（6）より、d軸鎖交磁束 Ψ_d およびq軸電圧降下 V_{drop_q} は、それぞれ式（7）および式（8）で表される。

[0075] [数7]

$$\Psi_d = \frac{V_{q2}^* - V_{q1}^*}{\omega_{e2} - \omega_{e1}} \quad \dots (7)$$

[0076] [数8]

$$V_{drop\_q} = \frac{\omega_{e2} \times V_{q1}^* - \omega_{e1} \times V_{q2}^*}{\omega_{e1} - \omega_{e2}} \quad \dots (8)$$

[0077] 上述の測定データ（ (I_d, I_q) ）に対する（ V_d, V_q ）を用いて、式（7）および式（8）より、 (I_d, I_q) を引数とする Ψ_d および V_{drop_q} の各テーブルデータが算出される。 Ψ_d および V_{drop_q} のテーブルデータは、

それぞれ、磁束テーブル51 ($\Psi_{d\_calib\_table}$) およびq軸電圧降下適合テーブル ($V_{drop\_q\_calib\_table}$) として、モータ制御装置40に保存される。

[0078] q軸電圧降下 V_{drop_q} は、複数の要因によって生じる電圧降下成分が含まれている。本発明者の検討により、本実施例では、高精度に磁束推定を行うために、次の三要因に関してq軸電圧降下成分を補正する。三要因とは、デッドタイム誤差時間、巻線抵抗を含む抵抗成分、並びに、q軸電圧降下適合テーブルから得られる V_{drop_q} からデッドタイム誤差時間および抵抗成分を要因とする電圧降下成分を除いた残りの電圧降下成分（漂游電圧）、である。

[0079] 上記三要因を考慮すると、 V_{drop_q} は式（9）で表される。

[0080] [数9]

$$V_{drop\_q} = R \times I_q + V_{dead\_q} + V_{err\_q} \quad \dots \quad (9)$$

[0081] 式（9）の右辺第一項 ($R I_q$) は、抵抗成分Rによる電圧降下成分であり、d軸電流 I_d に比例する。式（9）におけるRは、永久磁石同期モータ10の巻線抵抗と、半導体スイッチング素子（22a～22f：図4）の抵抗成分と、配線ケーブルなど、電力変換装置20から永久磁石同期モータ10までの抵抗成分の和である（以下、「総抵抗値」と称する）。式（9）の右辺第二項 (V_{dead_q}) は、デッドタイム補償に伴って生じる電圧降下成分である。式（9）の右辺第三項 (V_{err_q}) は、漂游誤差電圧と称し、半導体スイッチング素子の電圧降下の非線形成分、半導体スイッチング素子のスイッチングに起因する非線形成分、永久磁石同期モータ10の漏れ磁束や構造に起因する成分などを含み、電力変換装置20と永久磁石同期モータ10の組合せによる固有の値になる。

[0082] 以下、 V_{dead_q} について説明するが、まず、デッドタイムについて簡単に説明しておく。

[0083] 前述の図5においては、図示および説明を省略したが、X相上アームの半導体スイッチング素子を駆動する駆動信号 G_{xp} と、X相下アームの半導体ス

スイッチング素子を駆動する駆動信号 G_{xN} には、上下アームの短絡を防止するために、両アームの半導体スイッチング素子が共にオフとなる期間、すなわち、いわゆるデッドタイムが設定される。

[0084] なお、本実施例では、PWM信号作成部43（図1）によって、オン・オフ制御信号 $S_{UP} \sim S_{WN}$ にデッドタイムが設定される。

[0085] デッドタイムが設定されていると、永久磁石同期モータ10に印加したい電圧（電圧指令）と、実際に永久磁石同期モータ10に印加される電圧との間に誤差（デッドタイム誤差電圧）が生じる。このため、モータ電流の波形歪が発生する。そこで、本実施例では、デッドタイム補償部42（図1）が、 V_d^* および V_q^* を三相交流電圧指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* に変換し、さらに、デッドタイムに伴うモータ電流の波形歪を低減するために、 V_u^* , V_v^* , V_w^* に対してデッドタイム誤差電圧を補償する。

[0086] なお、デッドタイム誤差電圧を補償するデッドタイム補償に関しては様々な技術が知られている。例えば、d q 軸における電流指令から三相電流の極性を求め、この三相電流極性により三相交流電圧指令を補正する。

[0087] 本実施例のデッドタイム補償部42では、電力変換装置20の直流電源電圧、スイッチング周波数、デッドタイムおよび電流位相に基づき、所定の数式を用いて、デッドタイム誤差電圧を演算する。

[0088] 本実施例におけるデッドタイム補償誤差演算部53（図1）は、デッドタイム補償に伴って発生する電圧降下成分（以下、デッドタイム補償誤差電圧と称す）を演算する。

[0089] デッドタイム補償誤差演算部53は、q 軸に現れるデッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} を、式（10）および式（11）によって演算する。

[0090] [数10]

$$V_{dead\_q} = \frac{4}{\pi} \times \frac{T_{dead\_diff}}{T_{sw}} \times \cos(\beta) \times E_{dc} \quad \dots (10)$$

[0091] [数11]

$$T_{dead\_diff} = T_{dead\_real} - T_{dead\_cmp} \quad \dots (11)$$

- [0092] 式(10)および式(11)において、 E_{dc} は直流電圧源120(図2)の直流電圧、 T_{sw} はスイッチング周期、 β はd軸を基準とする電流位相角、 T_{dead_real} は実際のデッドタイム、 T_{dead_cmp} はデッドタイム補償時間(デッドタイム(設定値)に相当)である。
- [0093] 実際のデッドタイム T_{dead_real} と、デッドタイム補償時間 T_{dead_cmp} は、同じ値にすることが多い。しかし、異なる値にすることもある。例えば、モータのインダクタンスが小さい時などは、モータ電流の歪を抑制したい場合がある。その場合、デッドタイム補償時間は、モータ電流の歪を最小化する値に設定する。電流ゼロクロス付近の電流歪は、デッドタイム補償量を大きくすると増大しやすいため、デッドタイム補償時間は実際のデッドタイム時間とは異なり、小さい値に設定されることがある。このような場合、式(10)および式(11)に示すデッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} が発生する。デッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} は、デッドタイム補償を行った際の過補償あるいは補償不足による誤差電圧を意味する。
- [0094] 本実施例においては、PWM信号作成部43やゲート駆動回路123で設定される実際のデッドタイムと、デッドタイム補償部42で補償するデッドタイム補償時間が異なる場合においても高精度に磁束推定ができる。
- [0095] ここで、q軸電圧降下 V_{drop_q} の算出例について、図8および図9を用いて説明する。
- [0096] 図8は、 I_d-I_q 平面に等値線図として表したq軸電圧降下 V_{drop_q} の算出例である。また、図9は、図8に示す I_q と V_{drop_q} の関係を、 I_d をパラメータとして表したグラフである。
- [0097] 図8により、ある I_q に対して I_d が負方向に大きくなるにつれて、 V_{drop_q} の絶対値が減少する傾向にあるのが分かる。つまり、 I_d が負方向に大きくなると、 I_q が正では V_{drop_q} が減少、 I_q が負では V_{drop_q} が増加する傾向がある。また、図9からも、 I_d の値に応じて、 I_q に対する V_{drop_q} の変化が異なっているのが分かる。
- [0098] 式(10)および式(11)に基づけば、 I_q に対する V_{drop_q} の変化が

異なっているのは、電流位相角 β の関数であるデッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} が存在するためである。一方、実際のデッドタイムとデッドタイム補償時間が同じである場合、 q 軸電圧降下 V_{drop_q} は、式(9)の右辺第一項の抵抗成分 R による電圧降下成分が支配的な成分となる。この場合、 I_d に依存することなく I_q によって V_{drop_q} の値が決まる。

[0099] 上述のように予め算出されてテーブルデータとして保存されている q 軸電圧降下 V_{drop_q} から、デッドタイム誤差時間の算出のため、式(12)に示すように、 q 軸電圧降下 V_{drop_q} からデッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} を減じた第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' を定義する。

[0100] [数12]

$$V_{drop\_q}' = V_{drop\_q} - \frac{4}{\pi} \times \frac{T_{dead\_calib}}{T_{SW}} \times \cos(\beta) \times E_{dc} \quad \dots (12)$$

[0101] V_{drop_q} のテーブルデータ算出時におけるデッドタイム誤差時間を算出するために、デッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を変化させていき、第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の I_d 依存性が最も小さくなるデッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を求める。これは、言いかえると、図9に示す I_d をパラメータとする複数のグラフが最も重なる状態となる T_{dead_calib} を求めることになる。このとき、公知の種々の最適化計算を用いることも可能であるが、本実施例では分散の総和が最小になるように、デッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を求める。次の式(13)および式(14)のように、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における q 軸電圧降下 V_{drop_q} の母平均 μ および分散 V を求める。

[0102] [数13]

$$\mu(I_q) = \frac{1}{N_{Id}} \sum_{I_d} V_{drop}(I_d, I_q) \quad \dots (13)$$

[0103] [数14]

$$V(I_q) = \frac{1}{N_{Id} - 1} \sum_{I_d} |V_{drop}(I_d, I_q) - \mu(I_q)| \quad \dots (14)$$

[0104] 式(13)および式(14)における N_{I_d} は、ある I_q データにおける I_d 方向のデータ群である。分散は、図9に示す $I_q - V_{drop\_q}$ 平面における V_{drop_q} のバラつきに相当する。

[0105] さらに、各 I_q データ点における第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の分散の総和 S を式(15)により求める。

[0106] [数15]

$$S = \sum_{I_q} V(I_q) \quad \dots (15)$$

[0107] 式(15)で表される総和 S が最小になる時、第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の I_d に対する依存性(バラつき)が小さくなるとして、デッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を求める。

[0108] 図8および図9に示した q 軸電圧降下 V_{drop_q} の測定例において、デッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を変化させ(例えば、 $0.1 \mu s$ 毎など)、総和 S が最小になるデッドタイム補償誤差時間 T_{dead_calib} を求めた際の第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' を図10および図11に示す。

[0109] 図10は、 $I_d - I_q$ 平面に等値線図として表した第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の算出例である。また、図11は、図10に示す I_q と V_{drop_q}' の関係を、 I_d をパラメータとして表したグラフである。

[0110] 図10と図8を比較すると、第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' の等値線が d 軸に対し平行になっている。つまり、ある I_q に対し、第二の q 軸電圧降下 V_{drop_q}' は I_d にほとんど依存せず、一定となっている。また、図11と図9を比較すると、 I_d をパラメータとする、 I_q に対する V_{drop_q}' の変化を示す複数のグラフが重なっている。このようにして、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時におけるデッドタイム誤差時間 T_{dead_calib} を算出することができる。

[0111] 次に、抵抗成分による電圧降下成分について説明する。

[0112] 本実施例では、前述の図11のグラフの傾きから、前述の式(9)における抵抗成分 R が算出される。本実施例では、 I_q データ点毎に V_{drop_q}' の

平均値を算出し、平均値に対して最小二乗法による線形近似を行って傾きを求め、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における総抵抗 R_{calib} とする。

[0113] なお、公知の種々の最適化計算を用いて、総抵抗 R_{calib} を算出してもよい。

[0114] R_{calib} には、巻線温度 $Temp\_w$ によって抵抗値が変化する巻線抵抗 R_w と、スイッチング素子の抵抗成分と、配線ケーブルなど電力変換装置20から永久磁石同期モータ10までの抵抗成分とが含まれる。そこで、巻線抵抗推定部54（図1）は、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における巻線温度を $Temp\_w\_calib$ とし、巻線抵抗 R_w の巻線温度に対するテーブルデータ（巻線抵抗テーブル R_{w_table} ）を用いて、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における巻線温度 $Temp\_w\_calib$ に依存しない定抵抗成分 R_{calib_const} を式（16）で算出する。

[0115] [数16]

$$R_{calib\_const} = R_{calib} - R_{calib}(T_{calib}) \quad \dots (16)$$

[0116] なお、巻線抵抗 R_w は、公知の計算式で算出されてもよい。

[0117] 次に、デッドタイム誤差電圧および抵抗成分による電圧降下以外の電圧降下成分、すなわち漂游電圧と称する電圧降下成分について説明する。

[0118] V_{drop_q} のテーブルデータ算出時におけるq軸電圧降下 V_{drop_q} から、デッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} と総抵抗 R_{calib} による電圧降下成分を除いた残りの電圧降下成分を、第三のq軸電圧降下 V_{drop_q}'' として、式（17）で定義する。なお、式（17）の右辺第一項の V_{drop_q}' は、前述の第二のq軸電圧降下（式（12））である。

[0119] [数17]

$$V_{dead\_q}'' = V_{drop\_q}' - R_{calib} \times I_q \quad \dots (17)$$

[0120] 図12は、 $I_d - I_q$ 平面に等値線図として表した第三のq軸電圧降下 V_{drop_q}'' の算出例である。

[0121] V_{drop_q}'' の算出においては、前述（図8）に示した V_{drop_q} の算出

例が用いられている。したがって、 (I_d, I_q) を引数とする V_{drop_q}'' のテーブルデータ ($V_{err\_q\_calib\_table}$) が算出される。 V_{drop_q}'' のテーブルデータは、漂游電圧テーブル 52 (図 1, 7) として、モータ制御装置 40 に保存される。

[0122] 図 12 から分かるように、 V_{drop_q}'' は、q 軸電圧降下 V_{drop_q} から、デッドタイム補償誤差電圧 V_{dead_q} と総抵抗 R_{calib} による電圧降下成分 ($R_{calib} I_d$) を除いた残りの電圧降下成分であるため、非常に小さい値となっている。

[0123] 本発明者の検討によれば、 V_{drop_q}'' は、具体的要因を特定して計算式で表すことが難しい。そこで、本実施例では、 V_{drop_q}'' を漂游電圧と称している。

[0124] 本発明者の検討によれば、漂游電圧は、永久磁石同期モータ 10 の漏れ磁束や構造が関わっており、電力変換装置 20 と永久磁石同期モータ 10 の組合せによる固有の値になる。したがって、漂游電圧テーブルにより、精度よく漂游電圧を算出することができる。

[0125] なお、漂游電圧テーブルは、モータ制御装置毎に作成することが好ましいが、代表的な電力変換装置 20 と永久磁石同期モータ 10 の組合せについて漂游電圧テーブルを作成し、各モータ制御装置において共用してもよい。

[0126] 次に、予め所定の動作条件で算出されて保存されている V_{drop_q} を、永久磁石同期モータ 10 の駆動時の動作条件 (直流電圧 E_{dc} 、巻線温度、スイッチング周波数など) に応じて補正して、q 軸電圧降下 $V_{drop\_q\_est}$ を算出する手段について説明する。

[0127] 図 13 は、モータ制御装置 40 における q 軸電圧降下 $V_{drop\_q\_est}$ の演算部の構成を示す機能ブロック図である。

[0128] 永久磁石同期モータ 10 の駆動時における総抵抗 R_{est} は、式 (18) により算出される。

[0129] [数18]

$$R_{est} = R_{calib\_const} + R_{w\_table}(T_{w\_est}) \quad \dots (18)$$

[0130] 式(18)において、 T_{w_est} はモータ駆動時(磁束推定時)の巻線温度(図13中では $Temp\_w$)であり、 R_{calib_const} は前述(式(16))の定抵抗成分である。 $R_{w\_table}(T_{w\_est})$ は、前述した、巻線抵抗 R_w の巻線温度に対するテーブルデータであり、巻線温度テーブル541(図13)に格納されている。

[0131] 推定総抵抗 R_{est} により、巻線温度の依存性が抵抗成分による電圧降下の値に反映される。

[0132] 次に、永久磁石同期モータ10の駆動時(磁束推定時)における、スイッチング周期 T_{sw_est} 、直流電圧 E_{dc_est} および電流位相角 β_{est} を用いて、永久磁石同期モータ10の駆動時(磁束推定時)におけるデッドタイム補償誤差電圧 $V_{dead\_q\_calib}$ を式(19)により算出する。電流位相角 β_{est} は、電流位相演算器531(図13)によって、 I_d 、 I_q に基づいて演算される。式(19)による演算は、演算部532の動作に相当する。

[0133] [数19]

$$V_{dead\_q\_est} = \frac{4}{\pi} \times \frac{T_{dead\_calib}}{T_{sw}} \times \cos(\beta) \times E_{dc\_est} \quad \dots (19)$$

[0134] なお、式(19)は、前述の式(10)の右辺において、 T_{sw} 、 E_{dc} および β_{est} を、それぞれ、 T_{sw_est} 、 E_{dc_est} および β_{est} に置き換えたものに相当する。

[0135] $V_{dead\_q\_calib}$ により、永久磁石同期モータ10の駆動時(磁束推定時)における動作条件の違いを、動的にデッドタイム誤差電圧の値に反映される。

[0136] さらに、永久磁石同期モータ10の駆動時(磁束推定時)における、d軸電流 I_{d_est} およびq軸電流 I_{q_est} を用いて、漂游電圧テーブル52($V_{err\_q\_calib\_table}(I_d, I_q)$)を参照することで、永久磁石同期モータ10の駆動時(磁束推定時)における漂游誤差電圧 $V_{err\_q\_est}$ を式(20)により算出する。

[0137]

[数20]

$$V_{err\_q\_est} = V_{err\_q\_calib\_table}(I_{d\_est}, I_{q\_est}) \quad \dots \quad (20)$$

[0138] 上述の R_{est} , $V_{dead\_q\_calib}$, $V_{err\_q\_est}$ を用いて、永久磁石同期モータ 10 の駆動時（磁束推定時）における q 軸電圧降下 $V_{drop\_q\_est}$ が式（21）により算出される。

[0139] [数21]

$$V_{drop\_q\_est} = R_{est} \times I_{q\_est} + V_{dead\_q\_est} + V_{err\_q\_est} \quad \dots \quad (21)$$

[0140] 式（21）による演算は、演算部 501（図13）の動作に相当する。

[0141] 上述のように要因別に算出された複数の電圧降下成分からなる q 軸電圧降下に基づいて、磁束推定部 50（図7）は、式（22）により磁束推定を行う。

[0142] [数22]

$$\Psi_{d\_est} = \frac{V_{q\_est}^* - V_{drop\_q\_est}}{\omega_{e\_est}} \quad \dots \quad (22)$$

[0143] 式（22）において、 $V_{q\_est}^*$ は永久磁石同期モータ 10 の駆動時（磁束推定時）における q 軸電圧指令であり、 ω_{e_est} は、永久磁石同期モータ 10 の駆動時（磁束推定時）における回転角速度 ω_e （電気角）である。

[0144] なお、式（22）による演算は、磁束推定部 50（図7）における演算部 55 の動作に相当する。

[0145] さらに、磁束推定部 50 は、 I_{d_est} , I_{q_est} を用いて、同一電流条件（ $I_d = I_{d\_est}$, $I_q = I_{q\_est}$ ）における、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における磁束 Ψ_{d_calib} を、式（23）により算出する。式（23）の右辺は、予め保存されている磁束テーブル 51（図1）におけるテーブルデータ $\Psi_{d\_calib\_table}(I_d, I_q)$ において、引数（ I_d , I_q ）が（ I_{d_est} , I_{q_est} ）である場合のデータを表している。

[0146] [数23]

$$\Psi_{d\_calib} = \Psi_{d\_calib\_table}(I_{d\_est}, I_{q\_est}) \quad \dots \quad (23)$$

[0147] さらに、磁束推定部50は、永久磁石同期モータ10の駆動時（磁束推定時）における V_{drop_q} のテーブルデータ算出時からのd軸磁束変化量 $\Delta\Psi_d$ を、式（24）により算出する。なお、算出に用いるdq軸電流は、検出電流でも電流指令値でも構わない。

[0148] [数24]

$$\Delta\Psi_d = \Psi_{d\_est} - \Psi_{d\_calib} \quad \dots (24)$$

[0149] d軸磁束変化量 $\Delta\Psi_d$ は、磁石温度の変動に伴う磁石磁束の変化を示している。d軸インダクタンス（ L_d ）は磁石温度に寄らずほぼ一定であるため無視すると、式（25）のように、通常のd軸電流 I_d をゼロになるように制御する場合における、 Ψ_{d_calib} に対する Ψ_{d_est} の比率、すなわちd軸磁束変化率を算出する。なお、式（24）と同様に、磁束テーブル51（図1，7）が参照されている。

[0150] [数25]

$$\begin{aligned} \frac{\Psi_{d\_est}(0, I_q)}{\Psi_{d\_calib}(0, I_q)} &= \frac{\Psi_{d\_est}(0, I_q) - \Psi_{d\_calib}(0, I_q) + \Psi_{d\_calib}(0, I_q)}{\Psi_{d\_calib}(0, I_q)} \\ &= 1 + \frac{\Psi_{d\_est}(0, I_q) - \Psi_{d\_calib}(0, I_q)}{\Psi_{d\_calib}(0, I_q)} \quad \dots (25) \end{aligned}$$

[0151] なお、式（25）の右辺における分数部分の分母は、式（24）により算出されたd軸磁束変化量 $\Delta\Psi_d$ に相当する。

[0152] 算出したd軸磁束変化率は、磁石温度推定部56（図7）に入力され、予め保存されている、温度－無負荷誘起電圧テーブルと比較される。なお、本実施例では、温度－無負荷誘起電圧テーブルは、 V_{drop_q} のテーブルデータ算出時における標準温度における無負荷誘起電圧に対する、磁石温度 $Temp\_m$ の時の無負荷誘起電圧の比率、すなわち無負荷誘起電圧変化率と、磁石温度 $Temp\_m$ との関係を示す。

[0153] 磁石温度推定部56は、比較の結果、式（25）により算出されたd軸磁束変化率と一致する無負荷誘起電圧変化率を示す温度を推定磁石温度 $Temp$

p_mとして出力する。

- [0154] 上述した実施例1によれば、永久磁石同期モータ10および電力変換装置間の配線や半導体スイッチング素子の抵抗を含む総抵抗成分による電圧降下成分、デッドタイム補償による電圧降下成分、漂游電圧による電圧降下成分という、発生要因別に電圧降下成分を算出し、これらの電圧降下成分に基づいて、すなわち電圧指令値と、これら電圧降下成分の総和との差に基づいて、永久磁石の磁束を推定する。これにより、磁束推定の精度が向上する。
- [0155] また、実施例1においては、予め、永久磁石同期モータ10の所定の動作条件（実施例1では、 ω_{e1} , ω_{e2} ）で、モータ電流（ I_d , I_q ）に対する電圧指令からq軸電圧降下 V_{drop_q} を算出し、モータ電流を引数とするテーブルデータとしてモータ制御装置40に保存される。このテーブルデータと、デッドタイム補償による電圧降下成分の算出値とに基づいて、総抵抗成分と、漂游電圧のテーブルデータが算出される。したがって、磁束推定のために、予め実機を運転してデータの収集を要するテーブルデータの数が低減できる。このため、テーブルデータ作成作業の負担増加が避けられる。
- [0156] また、計算式で表すことが難しい電圧降下成分である漂游電圧をテーブルデータとして予め保存しておくことにより、永久磁石同期モータに印加する電圧が小さくなる駆動条件の場合、例えば低速または低トルクの駆動条件においても、電圧降下成分の算出精度を確保できる。このため、磁束推定および磁石温度の推定精度が向上する。
- [0157] 本実施例1では、図1に示すように、磁束推定に関わる機能構成部、すなわち磁束推定部50、磁束テーブル51、漂游電圧テーブル52、デッドタイム補償誤差演算部53および巻線抵抗推定部54がモータ制御装置40に内蔵されているが、このような形態に限らず、磁束推定装置としてモータ制御装置40とは独立した形態としてもよい。この場合、電圧指令や電流検出値（または電流指令値）は、有線もしくは無線通信を介して、磁束推定装置に入力される。これにより、モータ制御装置に、磁束推定機能を、後付けすることができる。また、モータ制御装置40の配置の自由度を高めることが

できる。

[0158] また、本実施例では、上述のように、モータのトルク指令に基づき電圧指令値を演算する電圧指令値演算部と、電圧指令値に基づきデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部と、モータの電流検出値と直流電圧検出値に基づきデッドタイム補償誤差を演算するデッドタイム補償誤差算出部と、巻線の温度検出値に基づき、巻線の電気抵抗値を演算する巻線抵抗演算部と、モータの電流検出値から求められる漂遊電圧とデッドタイム補償誤差と電気抵抗値とから磁石の磁束を推定する磁束推定部と、を備える。これにより、磁束推定を行う際に用いる電圧情報自体の誤差を低減し、磁束推定精度を高めることができる。

実施例 2

[0159] 永久磁石同期モータに用いられる永久磁石においては、永久磁石の温度が上昇すると、減磁が発生し、回転速度やトルクの制御が難しくなる。また、永久磁石同期モータが発生するトルクを確保するために、モータ電流や、電力変換装置に流れる電流が、増加する場合もある。

[0160] そこで、本実施例 2 においては、推定された磁石磁束や磁石温度に基づいて、速度指令や、トルク指令を制限する。

[0161] 図 1 4 は、本発明の実施例 2 であるモータ駆動システムの概略構成を示す機能ブロック図である。以下、主に、実施例 1 と異なる点について説明する。

[0162] 本実施例 2 におけるモータ制御装置 4 0 a は、速度指令 ω_r^* やトルク指令 T_{rq}^* を磁束推定部 5 0 が推定した磁石磁束（d 軸鎖交磁束 Ψ_d ）または磁石温度 T_{emp_m} に基づいて補正する指令値補正部 4 8 を有している。

[0163] 図 1 5 は、指令値補正部 4 8（図 1 4）の一構成例を示す機能ブロック図である。

[0164] 指令値補正部 4 8 は、指令値制限部 4 8 1 および制限値演算部 4 8 2 を備えている。

[0165] 指令値制限部 4 8 1 は、入力した速度指令 ω_r^* やトルク指令 T_{rq}^* が所定

値を越えたら、 ω_r^* や T_{rq}^* を制限値 L_{mt} に制限して、補正された速度指令 ω_r^{**} やトルク指令 T_{rq}^{**} として出力する。

[0166] 制限値演算部482は、磁束推定部50が推定した磁石磁束（d軸鎖交磁束 Ψ_d ）または磁石温度 T_{emp_m} と判定閾値（ T_{h1} 、 T_{h2} ： $T_{h1} < T_{h2}$ ）と比較し、大小関係に応じて、制限値 L_{mt} を指令値制限部481に設定する。

[0167] 本実施例2では、図15に示すように、 Ψ_d または T_{emp_m} が判定閾値 T_{h1} を超えたら、1次関数または2次関数的に制限値 L_{mt} を減少させて出力する。 Ψ_d または T_{emp_m} が判定閾値 T_{h2} を超えたら、磁石温度が高温になり過ぎていると判断し、指令リミット値を減少させる変化率をより大きくする。

[0168] なお、制限値演算部482への入力は、入力された Ψ_d または T_{emp_m} の予め設定した基準値からの減少率としても良い。

[0169] 上述の実施例2によれば、永久磁石の減磁や、永久磁石同期モータや電力変換装置に流れる電流の増加を抑制することができる。したがって、モータ制御装置やモータ駆動システムの信頼性が向上する。

[0170] なお、速度指令やトルク指令に代えて、電流指令を調整してもよい。

実施例 3

[0171] 図16は、本発明の実施例3であるモータ駆動システムにおけるモータ制御装置40bの概略構成を示す機能ブロック図である。以下、主に、実施例2と異なる点について説明する。

[0172] 本実施例3では、モータ制御装置40bが、保護信号生成部49を有している。

[0173] 保護信号生成部49は、磁束推定部50が推定した磁石磁束（d軸鎖交磁束 Ψ_d ）または磁石温度 T_{emp_m} の値を所定の閾値と比較し、 Ψ_d または T_{emp_m} の値が閾値を超えたり下回ったりしたと判定すると、保護信号をモータ制御装置40bの外部へ出力する。

[0174] 図示しない他の制御装置が、保護信号を受信すると、永久磁石同期モータ

１０の速度指令またはトルク指令を減少させたり、永久磁石同期モータ１０を停止させたりする。これにより、モータ駆動システム（図１の１００）の信頼性が向上する。

[0175] なお、このような他の制御装置の機能は、モータ制御装置４０が備えていてもよい。

実施例 ４

[0176] 図１７は、本発明の実施例４である電動車両システム３００の構成を示す機能ブロック図である。

[0177] モータ制御装置４０は、電力変換装置２０（インバータ）から永久磁石同期モータ１０に供給する交流電力を制御する。直流電圧源１２０（例えばバッテリー）は、電力変換装置２０（インバータ）に直流電力を供給する。電力変換装置２０（インバータ）は、モータ制御装置４０によって制御されることにより、直流電圧源１２０からの直流電力を交流電力に変換する。モータ制御装置４０として、前述の実施例１～３の内のいずれかのモータ制御装置が適用される。したがって、モータ制御装置４０は、永久磁石同期モータ１０の磁石磁束および磁石温度を推定する機能を有する。

[0178] 永久磁石同期モータ１０は、トランスミッション３０１に機械的に接続される。トランスミッション３０１は、ディファレンシャルギア３０３を介してドライブシャフト３０５に機械的に接続され、車輪３０７に機械的動力を供給する。これにより、車輪３０７が回転駆動される。

[0179] なお、永久磁石同期モータ１０が、トランスミッション３０１を介さず、直接、ディファレンシャルギア３０３に接続されてもよい。また、自動車の場合、前輪および後輪の各々が独立した永久磁石同期モータおよび電力変換装置（インバータ）によって駆動されてもよい。

[0180] 本実施例によれば、モータ制御装置４０による磁束推定の精度が向上するので、永久磁石同期モータ１０の回転数またはトルクを高精度に制御できる。これにより、電動車両システムの乗り心地が向上する。

[0181] また、本実施例によれば、磁石温度を推定することができるので、永久磁

石同期モータ 10 の永久磁石の熱減磁などにもなう、電動車両システム 300 の異常発生を防止することができる。

[0182] また、本実施例によれば、モータ制御装置 40 は、電動車両システム 300 の情報を用いて、磁石磁束および磁石温度を推定できる。例えば、巻線温度 $Temp\_w$ (図 7) の代わりに、永久磁石同期モータ 10 や電力変換装置 20 (インバータ) 付近の雰囲気温度を用いることができる。

[0183] なお、本発明は前述した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、前述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置き換えをすることが可能である。

[0184] 例えば、上記の各構成、機能、処理部、処理手続き等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良い。また、上記の各構成や機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現しても良い。

[0185] また、信号線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手続き等は、必ずしも物理的に同じ場所にある必要は無く、例えば、一部が通信などを介してネットワーク上やクラウド上にあっても良い。

[0186] また、永久磁石同期モータは、内転型 (図 2) および外転型のいずれでもよいし、ラジアルギャップ型およびアキシシャルギャップ型のいずれでもよい。

符号の説明

[0187] 10…永久磁石同期モータ、11…固定子、12…回転子、13…回転子コア、15…巻線、16…固定子コア、17…永久磁石、18…固定子磁極、20…電力変換装置、22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f…

半導体スイッチング素子、30…電流センサ、40, 40a, 40b…モータ制御装置、41…電圧指令作成部、42…デッドタイム補償部、43…PWM信号作成部、48…指令値補正部、49…保護信号生成部、50…磁束推定部、51…磁束テーブル、52…漂游電圧テーブル、53…デッドタイム補償誤差演算部、54…巻線抵抗推定部、55…演算部、56…磁石温度推定部、90b, 90c, 90d…加算器、91d, 91e, 91f…加減算器、92c, 92d, 92e, 92f…比例器、92g, 92h, 92i, 92j, 92k…乗算器、94c, 94d…積分器、98a, 98b…ローパスフィルタ、100…モータ駆動システム、114a…d軸電流制御器、114b…q軸電流制御器、120…直流電圧源、123…ゲート駆動回路、131…主回路、135…シャント抵抗、300…電動車両システム、301…トランスミッション、303…ディファレンシャルギア、305…ドライブシャフト、307…車輪、481…指令値制限部、482…制限値演算部、501…演算部、531…電流位相演算器、532…演算部、541…巻線温度テーブル、

請求の範囲

- [請求項1] 回転子が永久磁石を有するモータの速度指令またはトルク指令に応じて、前記モータへの電力変換装置の出力電圧を制御するための電圧指令を生成する電圧指令作成部と、
- 前記電圧指令に対してデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部と、
- 前記永久磁石の磁束を推定する磁束推定部と、
- を備えるモータ制御装置において、
- 前記磁束推定部は、
- 前記電圧指令と、前記モータおよび前記電力変換装置、並びに、前記モータおよび前記電力変換装置間に生じる電圧降下と、に基づいて、前記永久磁石の磁束を推定し、
- 前記電圧降下は、
- 前記モータおよび前記電力変換装置、並びに、前記モータおよび前記電力変換装置間における抵抗成分による第1の電圧降下成分と、
- 前記デッドタイム補償によって生じる第2の電圧降下成分と、
- 前記電圧降下から、前記第1の電圧降下成分および前記第2の電圧降下成分を除いた第3の電圧降下成分と、
- を含むことを特徴と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、
- 前記モータの所定回転速度における、前記電圧降下とモータ電流との関係を示すテーブルデータを有し、
- 前記テーブルデータと前記第2の電圧降下成分とに基づいて、前記抵抗成分を演算することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
- スイッチング周期と、前記電力変換装置が備える直流電圧源の直流電圧と、電流位相角とに基づいて、前記第2の電圧降下成分を演算することを特徴とするモータ制御装置。

- [請求項4] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
前記モータの所定回転速度における、前記電圧降下とモータ電流との関係を示す第1のテーブルデータを有し、
前記テーブルデータと前記第2の電圧降下成分とに基づいて、前記第3の電圧降下成分とモータ電流との関係を表す第2のテーブルデータを演算し、
前記第2のテーブルデータに基づいて前記第3の電圧降下成分を演算することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項5] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
前記磁束推定部は、推定した前記磁束に基づいて、前記永久磁石の温度を推定することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項6] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
前記磁束推定部が推定した前記磁束に基づいて、前記速度指令または前記トルク指令を調整することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項7] 請求項5に記載のモータ制御装置において、
前記磁束推定部が推定した前記温度に基づいて、前記速度指令または前記トルク指令を調整することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項8] 請求項6または請求項7に記載のモータ制御装置において、
前記速度指令または前記トルク指令が所定のしきい値を超えたら、前記速度指令または前記トルク指令を所定値に制限することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項9] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
前記磁束推定部が推定した前記磁束が所定値を超えるかもしくは下回った場合に、外部へ信号を発することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項10] 請求項5に記載のモータ制御装置において、
前記磁束推定部が推定した前記温度が所定値を超えるかもしくは下回った場合に、外部へ信号を発することを特徴とするモータ制御装置。

。

[請求項11]

車輪と、

車輪を駆動するモータと、

前記モータに電力を供給する電力変換装置と、

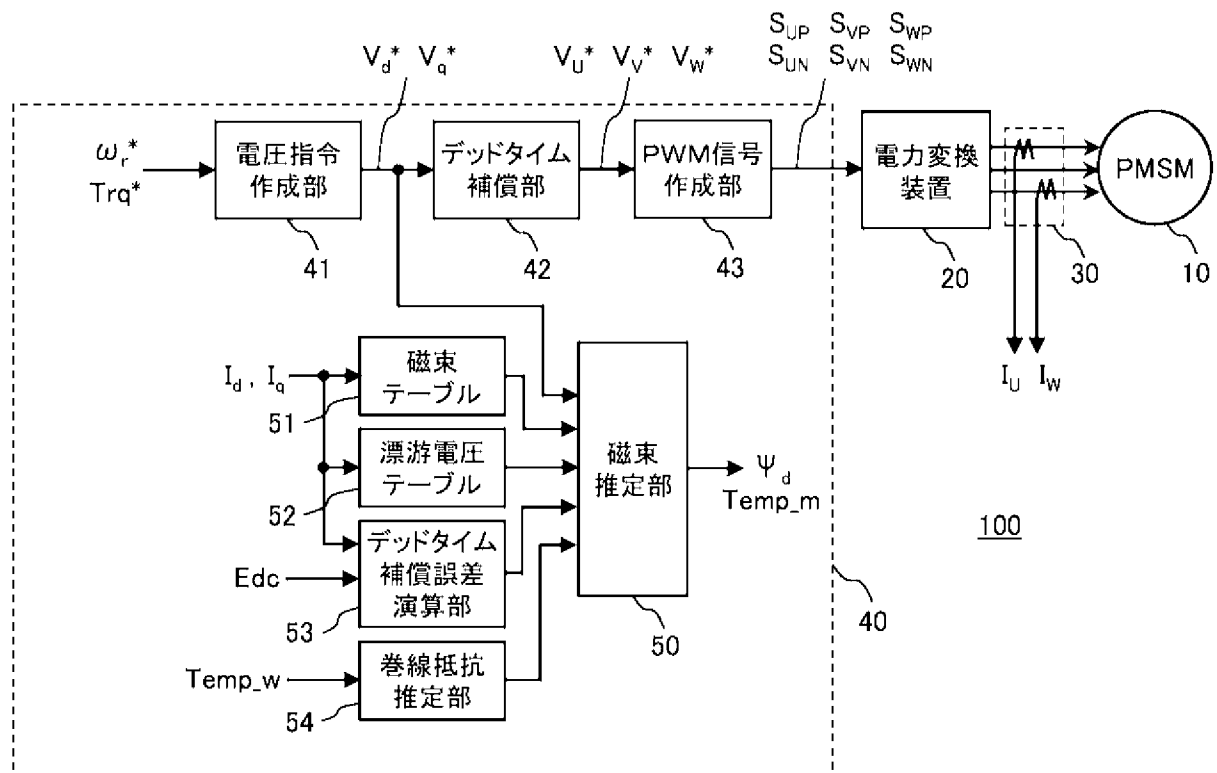
前記電力変換装置を制御する制御装置と、

を備える電動車両システムにおいて、

前記制御装置が、請求項1または請求項5に記載のモータ制御装置であることを特徴とする電動車両システム。

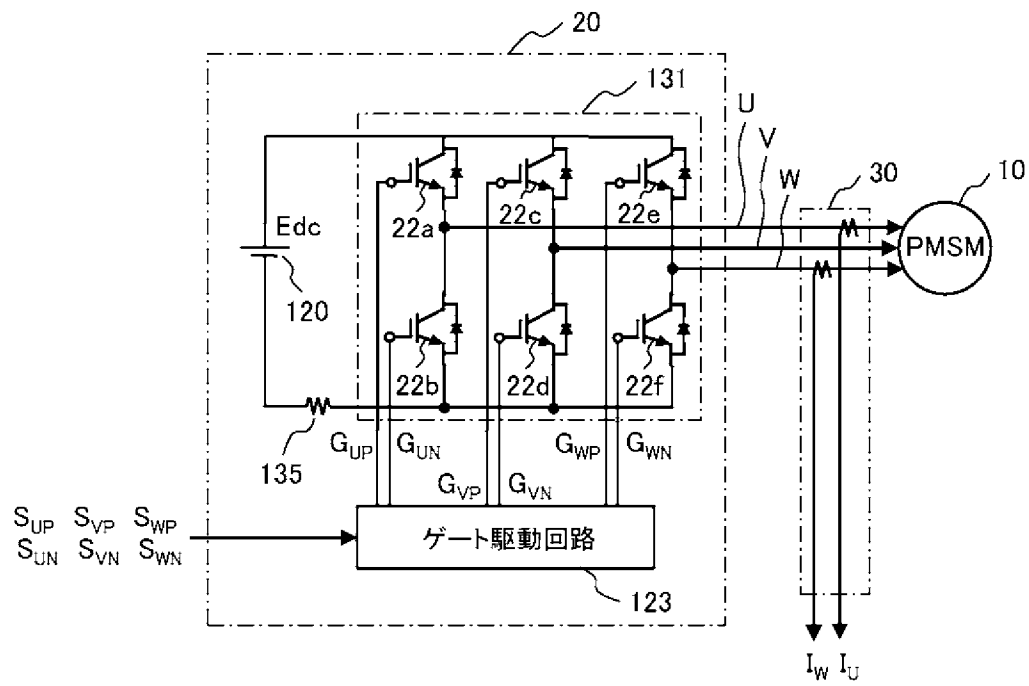
[図1]

図 1



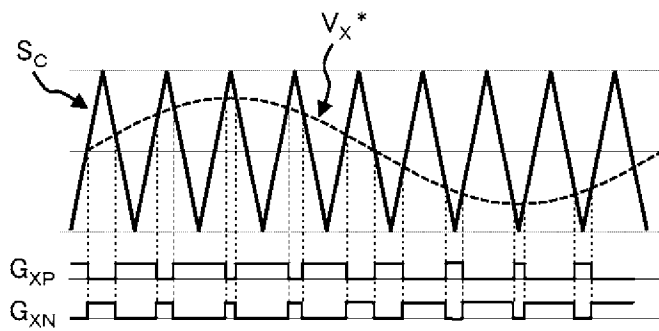
[図4]

図 4



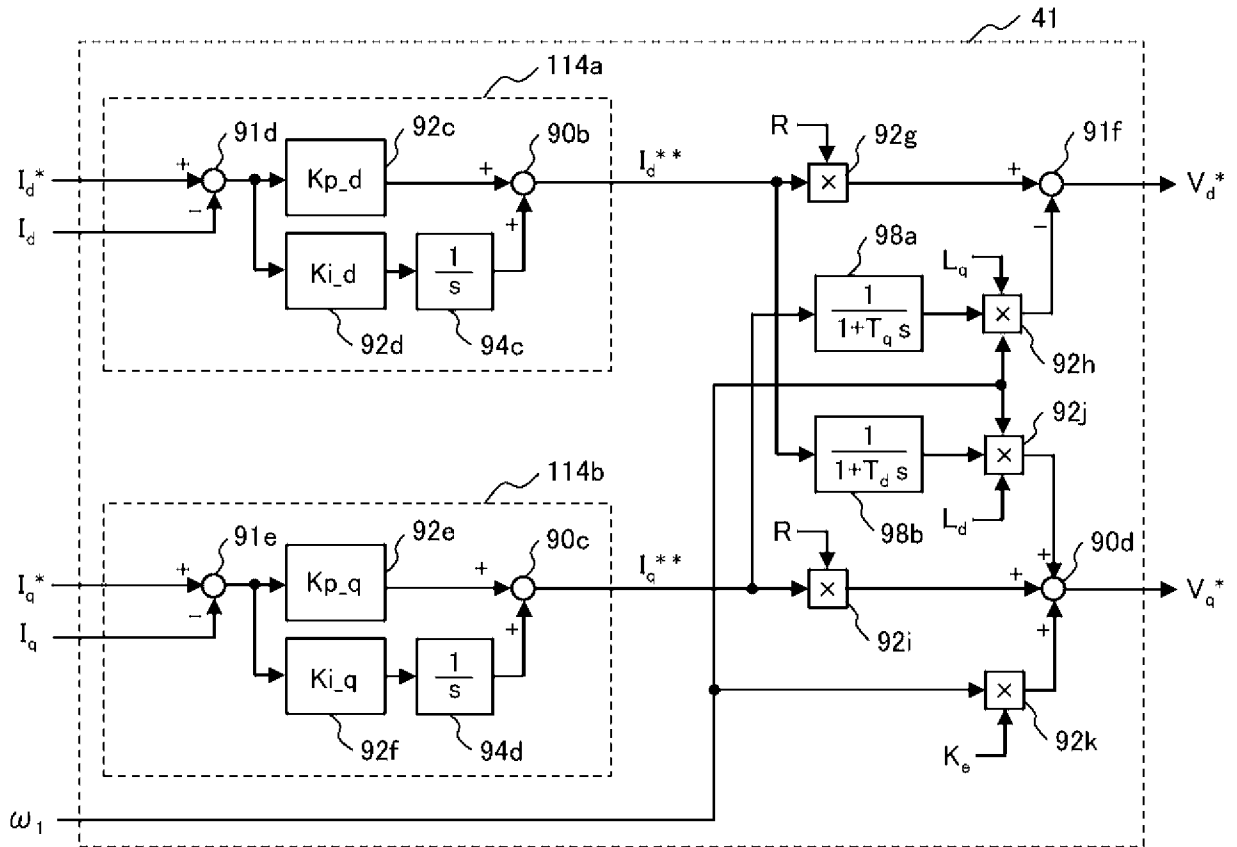
[図5]

図 5



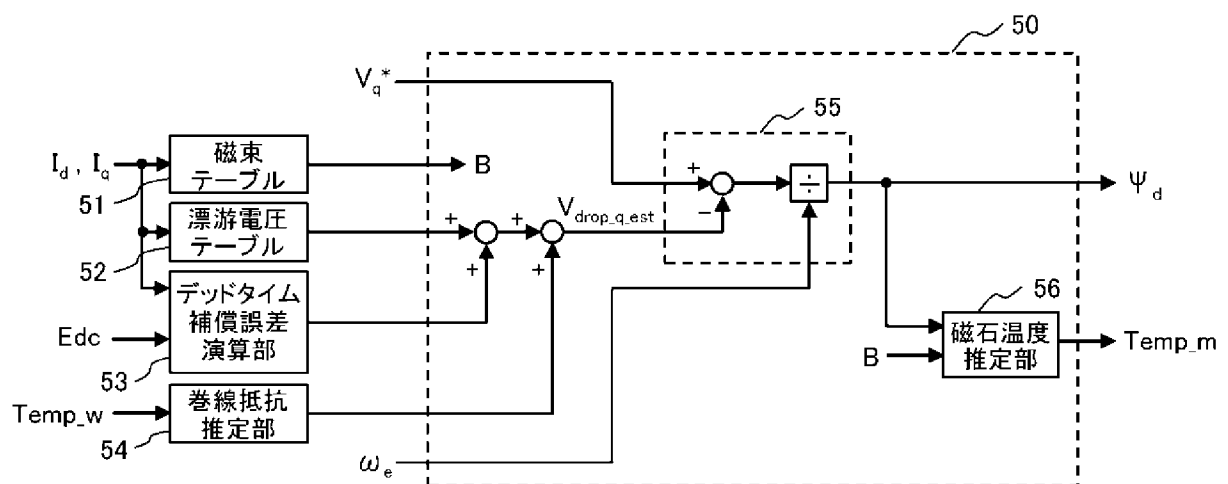
[図6]

図 6



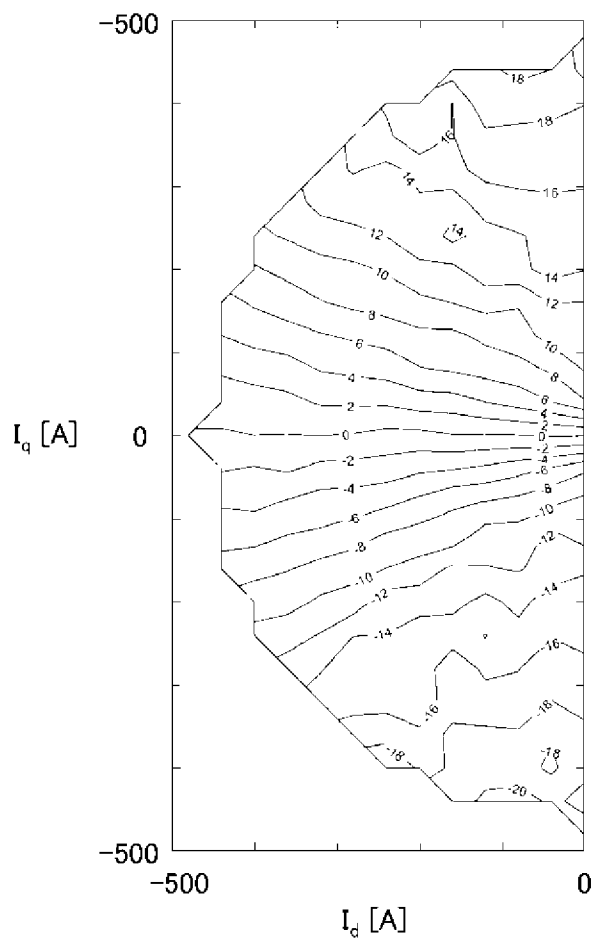
[図7]

図 7



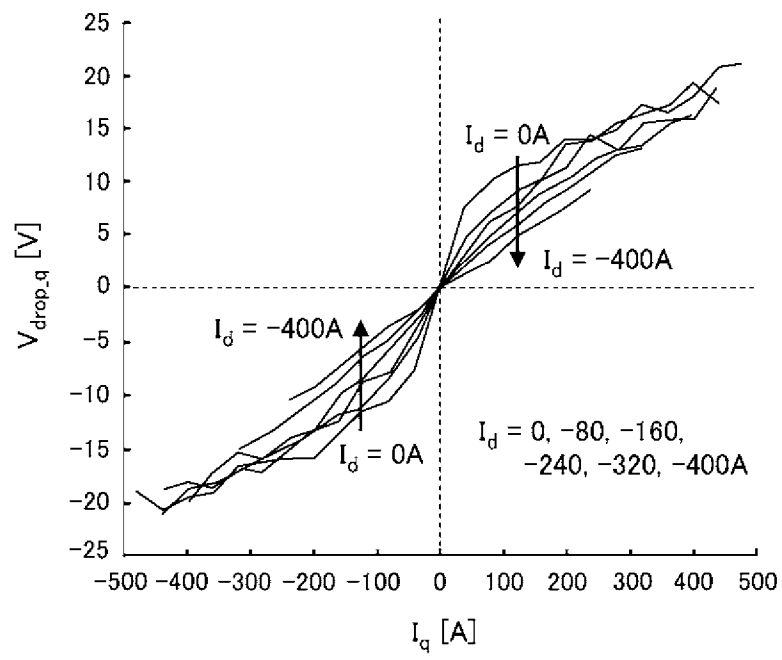
[図8]

図 8



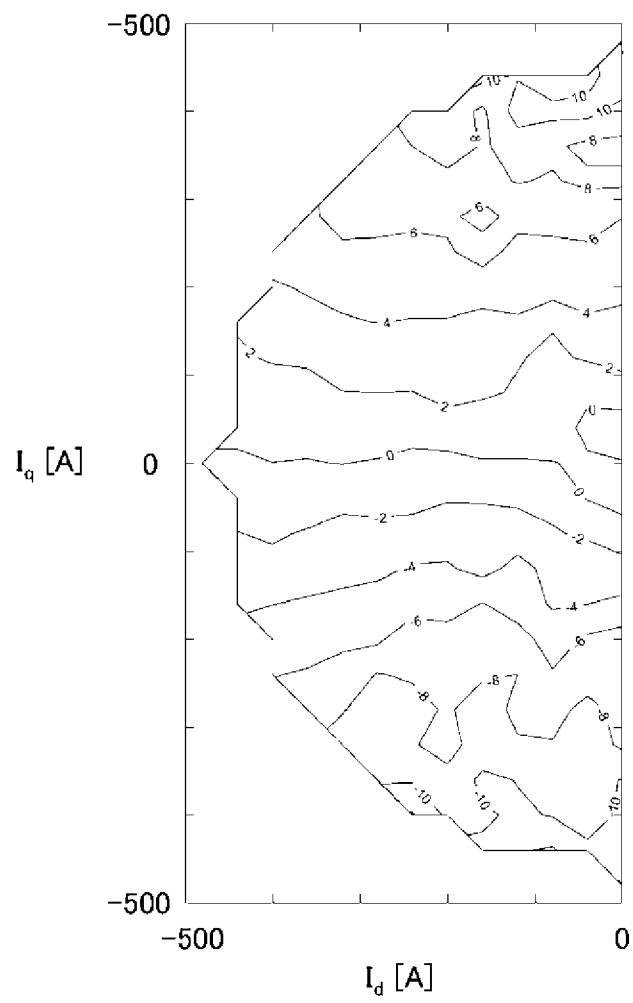
[図9]

図 9



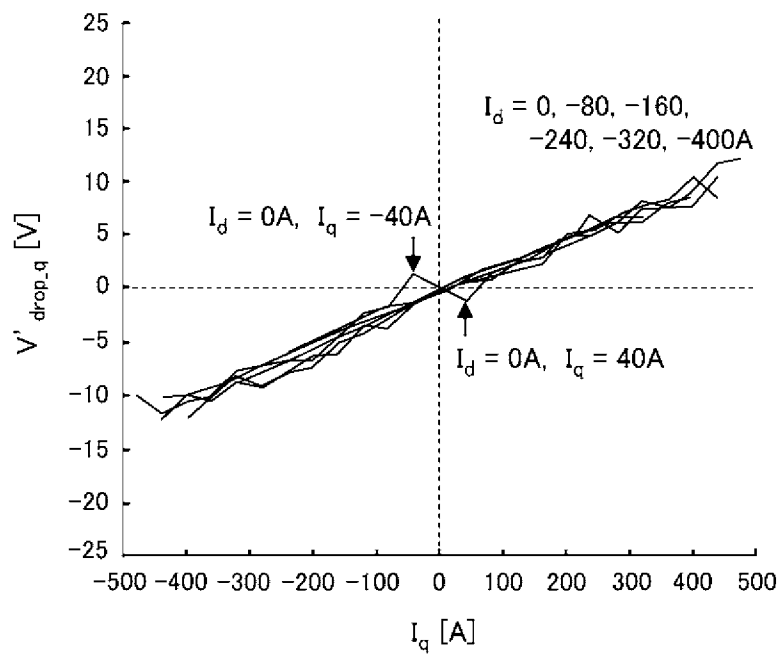
[図10]

図 10



[図11]

図 11



[図12]

図 12

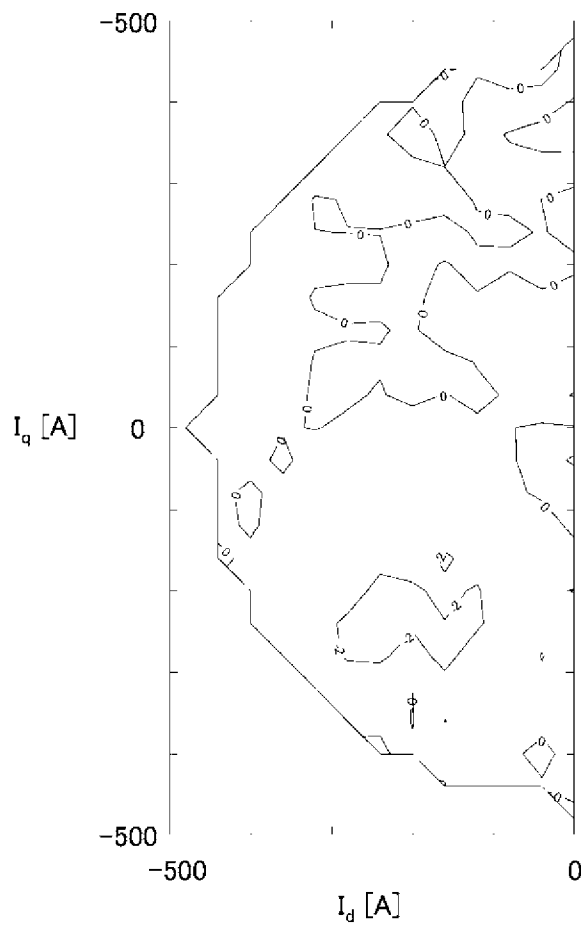


図 13

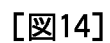
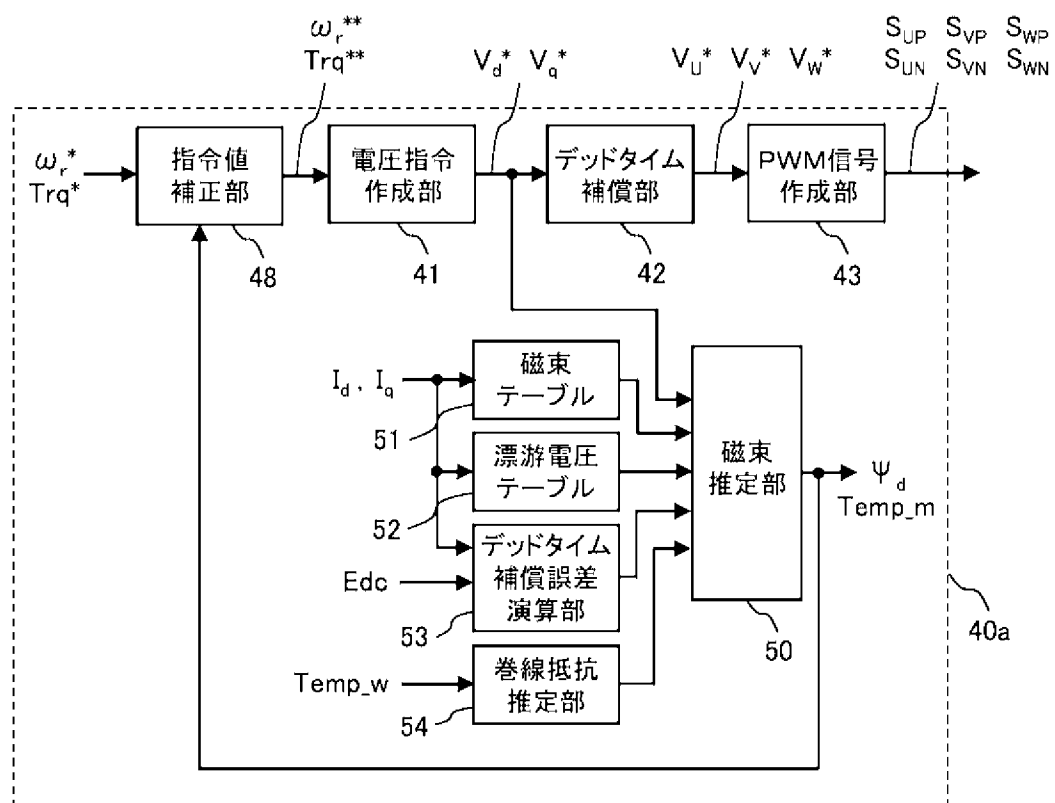
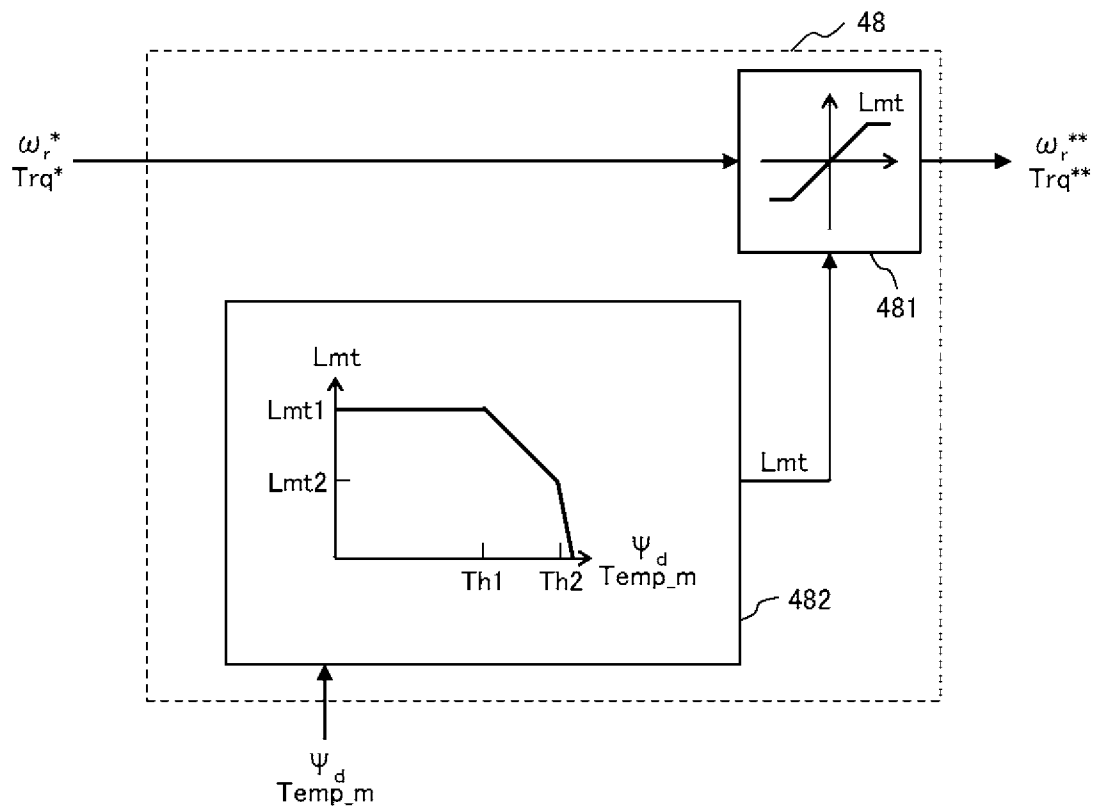


图 14



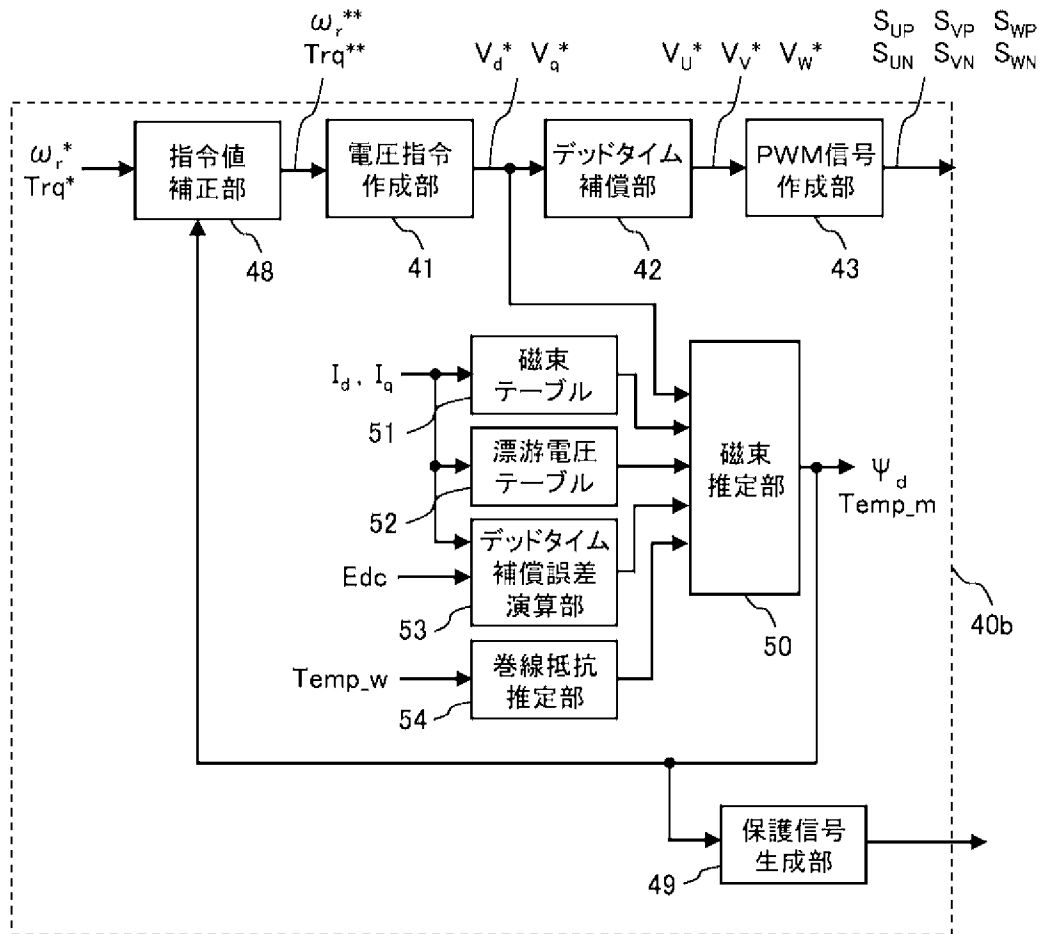
[図15]

図 15



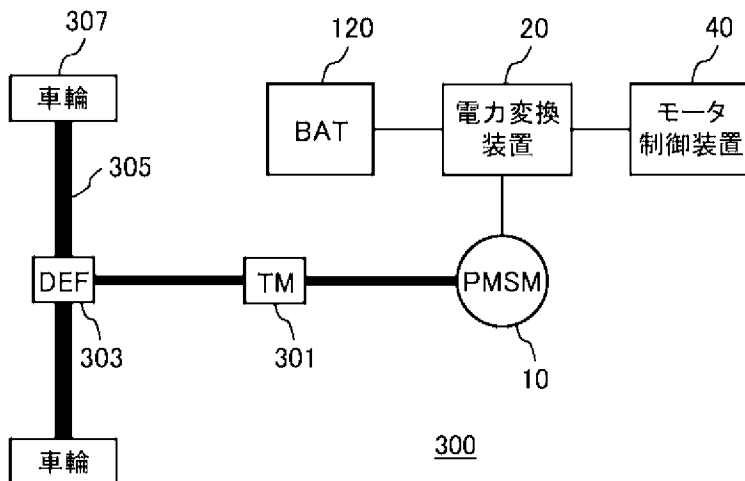
[図16]

図 16



[図17]

図 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/022480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 21/14**(2016.01)i; **B60L 9/18**(2006.01)i; **B60L 50/60**(2019.01)i; **H02P 25/024**(2016.01)i

FI: H02P21/14; B60L9/18 J; B60L50/60; H02P25/024

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)

H02P21/14; B60L9/18; B60L50/60; H02P25/024

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2019-129573 A (DENSO CORP) 01 August 2019 (2019-08-01) paragraphs [0011]-[0061], fig. 1-10	1-11
A	JP 2006-166664 A (FUJI ELECTRIC FA COMPONENTS & SYSTEMS CO LTD) 22 June 2006 (2006-06-22) abstract, claim 3	1-11
A	US 2020/0021226 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 16 January 2020 (2020-01-16) entire text, all drawings	1-11

☐ 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

22 August 2023

Date of mailing of the international search report

05 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 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/JP2023/022480

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-129573	A	01 August 2019	US 2019/0229665 A1 paragraphs [0064]-[0204], fig. 1-10	
JP	2006-166664	A	22 June 2006	(Family: none)	
US	2020/0021226	A1	16 January 2020	DE 102019114619 A1 entire text, all drawings	
				CN 110707987 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 21/14(2016.01)i; B60L 9/18(2006.01)i; B60L 50/60(2019.01)i; H02P 25/024(2016.01)i FI: H02P21/14; B60L9/18 J; B60L50/60; H02P25/024										
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）） H02P21/14; B60L9/18; B60L50/60; H02P25/024										
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										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 2019-129573 A (株式会社デンソー) 01.08.2019 (2019 - 08 - 01) 段落0011-0061, 図1-10	1-11								
A	JP 2006-166664 A (富士電機機器制御株式会社) 22.06.2006 (2006 - 06 - 22) 要約, 請求項3	1-11								
A	US 2020/0021226 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 16.01.2020 (2020 - 01 - 16) 全文, 全図	1-11								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 22.08.2023	国際調査報告の発送日 05.09.2023									
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） 谿花 正由輝 3V 3120 電話番号 03-3581-1101 内線 3357									

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/JP2023/022480

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-129573	A	01.08.2019	US	2019/0229665	A1	
				段落0064-0204, 図1-10			
JP	2006-166664	A	22.06.2006	(ファミリーなし)			
US	2020/0021226	A1	16.01.2020	DE	102019114619	A1	
				全文, 全図			
				CN	110707987	A1	