

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月12日(12.01.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/006717 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/22 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067645
- (22) 国際出願日: 2016年6月14日(14.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-134030 2015年7月3日(03.07.2015) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 青柳 滋久(AOYAGI Shigehisa); 〒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). 安島 俊幸(AJIMA Toshiyuki); 〒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).

加島 督己(KASHIMA Masaki); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 太田 裕幸(OTA Hiroyuki); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

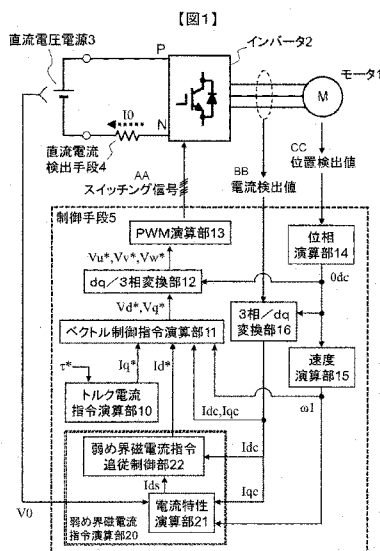
(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE IN WHICH SAME IS MOUNTED

(54) 発明の名称: モータ制御装置及びそれを搭載した電動パワーステアリング装置



- 1 Motor
2 Inverter
3 DC voltage power source
4 DC current detection means
5 Control means
10 Torque current command calculation unit
11 Vector control command calculation unit
12 dq/3 phase converter
13 PWM calculation unit
14 Phase calculation unit
15 Speed calculation unit
16 3 phase/dq converter
20 Field-weakening current command calculation unit
21 Current characteristic calculation unit
22 Field-weakening current command follow-up control unit
AA Switching signal
BB Electric current detection value
CC Position detection value

(57) Abstract: The problem addressed by the present invention is to provide a motor control device in which high-output drive is achieved, the motor control device maintaining steering feel with good responsiveness in relation to the operation amount of the steering wheel as in a power steering device while keeping input current at or below a prescribed value in response to vehicular power source management. This motor control device is characterized by being provided with an inverter (2) for converting DC input current (IO) from a DC voltage power source (3) into AC current and outputting the same on the basis of the rotor phase of the motor, the maximum field-weakening current (Id) being calculated by a field-weakening current command calculation unit (20) within a range such that the input current (IO) to the inverter (2) does not exceed a prescribed maximum value while torque current (Iq) is maintained, and the maximum field-weakening current (Id) being conducted.

(57) 要約: 本発明の課題は、車両としての電源管理に応え、入力電流を所定値以下に抑制しながら、電動パワーステアリング装置のようにステアリングホイール操作量に対して応答性の良い操舵感を維持する、高出力な駆動を実現するモータ制御装置を提供することである。本発明のモータ制御装置は、モータの回転子位相にもとづいて直流電圧電源(3)からの直流入力電流(IO)を交流電流に変換して出力するインバータ(2)を備え、トルク電流(Iq)を保持しつつ前記インバータ(2)への入力電流(IO)が所定の上限值を超えない範囲で、最大となる弱め界磁電流(Id)を弱め界磁電流指令演算部(20)で演算し、通流することを特徴とする。

WO 2017/006717 A1



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

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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

モータ制御装置及びそれを搭載した電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、バッテリーやコンデンサなどの直流電力を入力として交流電力を出力するモータ制御装置及びそれを搭載した電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] インバータ等の電力変換装置を用いてモータを制御するモータ制御装置では、トルク電流を調節することでモータのトルクを制御している。また、モータの回転数が高い領域では、モータから発生する逆起電力によって駆動できる最大回転数が決まっている。このとき、モータの界磁磁束を弱める電流として、弱め界磁電流を流すことで逆起電力が小さく抑えられ、最大回転数よりも高い回転数までモータを駆動することが可能になる。これらトルク電流と弱め界磁電流は、交流モータのベクトル制御理論を利用して、それぞれ制御される。ここで、弱め界磁電流については、モータの特性値であるモータ定数によって制限値が定まり、その詳細は非特許文献1に記載がある。

[0003] また、車両の方向を制御する車輪の操舵機構において、運転者のステアリングホイール操作に応じ、転舵操作を容易にする操舵力をモータ制御装置により得るのが電動パワーステアリング装置である。この電動パワーステアリング装置の使用状況とモータの挙動について、以下に述べる。

[0004] 車両の直進走行において、転舵操作の必要性はほとんど発生せず、必要なモータのトルクは小さくて済む。これに対して、車両停車時に転舵するような据え切り操舵を例に考える。このとき、車輪にかかる荷重に対して転舵操作が必要であり、モータには大トルクが必要となる。また、車輪の転舵方向が大きいことから、ステアリングホイールの操作量が増える。この操作量に対して、運転者が応答性の良い操舵感を感じるように、モータが高速回転し

ている。以上の例に見るように、電動パワーステアリング装置による転舵操作が求められる条件では、モータは大トルクと高速回転を両立し、運転者の操舵に違和感を与えない制御を実現しなければならない。特に、高速回転のために、弱め界磁電流を流す制御が積極的に用いられる。

[0005] 特許文献1に記載の従来例1は、モータの制御電圧が理想的な正弦波から歪んだ矩形波になり、操舵感を損なう要因となるトルクリプルの発生要因となる課題が示されている。この解決手段として、トルク電流と弱め界磁電流を制限するために、電流指令値を制限する方法、特にトルク電流の制限方法について開示されている。

[0006] 特許文献2に記載の従来例2は、無駄な弱め界磁電流による発熱を課題として、直流電圧に応じた弱め界磁電流の制限方法について述べている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2005-119417号公報

特許文献2：特開2013-074648号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：森本茂雄、上野智広、武田洋次、「埋込磁石構造PMモータの広範囲可変速制御」、電気学会論文誌D114巻6号、1994年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところで、電動パワーステアリング装置などの車両に搭載される装置は、車両の直流電源から電力を供給される。電源電圧を12Vと仮定すると、直流電源は12Vバッテリー、またはハイブリッド電気自動車など12V超の高電圧バッテリーから12Vに降圧するDC/DC変換器などがある。以下、12Vバッテリーを例に説明する。

[0010] 電動パワーステアリング装置は、据え切り操舵などでバッテリーから大電流が入力される。車両バッテリーから大電流が出力される条件では、配線抵抗に

よる電圧降下や、バッテリーの内部抵抗による電圧降下が発生する問題がある。そこで、車両としては、装置に入力される電流を制限する電源管理が必要となる。

[0011] しかしながら、特許文献 1、2 に記載の電力変換装置ではいずれも、装置の入力電流を所定値以下に制限する方法について考慮されていない。そこで、車両の電源管理方法、すなわち直流電源に接続される装置の入力電流を制限する方法として、各装置に入力される直流電流を所定値以下に抑制する方法を提案することが本発明の目的である。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明のモータ制御装置は、電力変換装置の直流入力電流が所定の上限値を超えない範囲で最大となる弱め界磁電流を通流することを特徴とする。そのようなモータ制御装置の実施例として、電力変換装置の直流入力電流が所定の上限値以下になるように、直流電源電圧とトルク指令値にもとづくトルク電流から弱め界磁電流を算出し、電流を追従して制御させることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、電力変換装置の直流入力電流を所望の制限値以下となるように制御でき、その制限値以下の最大出力までモータのトルク電流と弱め界磁電流を通流することで、トルクを維持しながらモータを高速回転させて高出力な駆動を可能にする。また、これにより、電動パワーステアリング装置のようにステアリングホイール操作量に対して応答性の良い操舵感を維持する、高出力な駆動を実現するモータ制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]モータ制御装置に関する実施例の全体構成図である。

[図2]本発明における I_q に対する I_d の電流軌跡の特性である。

[図3]電動パワーステアリング装置に関する実施例の構成図である。

[図4]2 インバータ構成に関する実施例の構成図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して、本発明に係る電力変換装置の実施の形態について説明する。なお、各図において同一要素については同一の符号を記し、重複する説明は省略する。

実施例 1

[0016] 図 1 は、本実施例に係るモータ制御装置の全体構成図である。

[0017] モータ 1 には、ブリッジ回路からなるインバータ 2 が接続される。インバータ 2 のブリッジ回路は、I G B T や M O S F E T 等のスイッチングデバイスにより構成される。インバータ 2 には、制御手段 5 から出力されるスイッチング信号が入力される。インバータ 2 は、当該スイッチング信号に基づいて駆動し、モータ 1 を制御する。

[0018] インバータ 2 の直流側 P 端子及び N 端子には、直流電圧電源 3 が接続される。インバータ 2 と直流電圧電源 3 の間には、直流電流検出手段 4 が接続される。直流電流検出手段 4 は、直流入力電流 I_0 を検出する。検出された直流入力電流 I_0 は、制御手段 5 に入力される。

[0019] モータ 1 は交流電動機であり、例えば永久磁石同期モータか誘導モータである。直流電圧電源 3 は、一般的にはバッテリーであるが、ハイブリッド電気自動車や電気自動車では直流から直流に降圧する D C / D C 変換器が接続されていても良い。

[0020] 本実施例のモータ制御装置は、不図示の電流センサを用いて、インバータ 2 からモータ 1 に出力される三相電流を検出する。検出された三相電流検出値 I_{uc} 、 I_{Vc} 、 I_{wc} は、制御手段 5 に入力される。電流センサとしては、ホール効果を利用した C T などの電流センサを用いることができる。または、インバータ 2 を駆動するスイッチングの動作タイミングにあわせ、直流電流検出手段 4 で検出した直流の瞬時電流から、モータ 1 に入力される三相電流を求めてもよい。

[0021] また、本実施例のモータ制御装置は、モータ 1 の回転子位相を検出する不図示の位置センサを備える。当該位置センサが検出した位置検出値は、制御

手段5に入力される。位置センサとしては、レゾルバ、エンコーダ、GMRセンサ、ホールICなど回転子の角度位置を検出できる装置であれば良い。または、モータの三相電流や三相電圧から回転子位相を推定する位置センサレス制御の出力を用いてもよい。

[0022] 制御手段5は、トルク電流指令演算部10、ベクトル制御指令演算部11、 $dq/3$ 相変換部12、PWM演算部13、位相演算部14、速度演算部15、 $3相/dq$ 変換部16、弱め界磁電流指令演算部20を備える。制御手段5は、マイクロコンピュータなどの演算機能と、インバータ2の駆動に必要なドライバ回路などを含んで構成される。制御手段5は、演算したスイッチング信号にもとづいてインバータ2を駆動し、モータ1を制御している。

[0023] 位相演算部14は、モータの回転子位相を検出する位置センサからの出力である位置検出値から回転子位相 θ_{dc} を演算して出力する。

[0024] 速度演算部15は、回転子位相の変化分からモータの速度を得る。具体的には、回転子位相 θ_{dc} を微分演算することで、角速度 ω_1 が得られる。

[0025] $dq/3$ 相変換部12及び $3相/dq$ 変換部16は、回転座標系である $d-q$ 軸と固定座標系である三相の $u-v-w$ 座標系を相互に変換している。具体的には、(1)式と(2)式に示される $dq/\alpha\beta$ 座標変換と $\alpha\beta/3$ 相変換を用い、モータの回転子位相 θ_{dc} に基づいて、直流量である $d-q$ 軸電圧と交流量である三相電圧を相互に変換する。なお、(1)式と(2)式は $dq/3$ 相変換部12の例として、電圧で表記されているが、 $3相/dq$ 変換部16では電圧を電流に置き換え、逆変換すれば良い。また、座標変換には絶対変換と相対変換の別があるが、本説明中では全て相対変換で取り扱い、モータの定数等も全て相対変換に基づいた値とする。なお、指令値を示すスター(*)は、以降の式中を含めて省略している。

[0026]

[数1]

$$\begin{bmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{dc} & -\sin \theta_{dc} \\ \sin \theta_{dc} & \cos \theta_{dc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} \quad \dots \quad (1)$$

[0027] [数2]

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2)$$

[0028] 3相／d q変換部16の入力である電流検出値は、インバータ2からモータ1に流れる三相電流の検出値 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} である。3相／d q変換部16は、上述の座標変換によりd軸電流検出値 I_{dc} 、q軸電流検出値 I_{qc} を出力する。

[0029] d q／3相変換部12は、後述するベクトル制御指令演算部11が生成した電圧指令値である V_q^* と V_d^* を、(1)式及び(2)式に基づいて、三相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換する。

[0030] PWM演算部13は、三相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* をインバータ2のゲート信号を駆動する2値のスイッチング信号とするパルス幅変調(PWM: Pulse Width Modulation)を行う。

[0031] ベクトル制御指令演算部11は、電流指令値であるトルク電流指令値 I_q^* と弱め界磁電流指令値 I_d^* に、電流検出値であるトルク電流検出値 I_{qc} 及び弱め界磁電流検出値 I_{dc} を追従させるような、電圧指令値である V

q*とVd*を出力する。モータの電圧方程式は(3)式で与えられる。ここで、モータの特性値である定数R1、Ld、Lq、Keは、それぞれ、1相分の抵抗値、d軸インダクタンス値、q軸インダクタンス値、誘起電圧定数である。所望の電流制御応答を得るように設計した電流制御器と、d軸とq軸の干渉項を補償する非干渉制御を組み合わせ、q軸電圧指令値Vq*とd軸電圧指令値Vd*を演算する。

[0032] [数3]

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + pL_d & -\omega_1 L_q \\ \omega_1 L_d & R_1 + pL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ K_e \omega_1 \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0033] (3)式中のトルク電流指令値Iq*は、トルク電流指令演算部10から出力される。トルク電流指令演算部10は、トルク指令値τ*をトルク電流指令値Iq*に換算する。換算には(4)式の電流とトルクの関係式を用いる。モータのLdとLqが略一致する非突極の特性を持つ場合には、(4)式の第2項が略零となり、(5)式に簡略化される。

(5)式であればトルク値とトルク電流値は一意に定まる。

[0034] [数4]

$$\tau = \frac{3}{2} P_m \{ K_e I_q + (L_d - L_q) I_d I_q \} \quad \dots (4)$$

[0035] [数5]

$$\tau = \frac{3}{2} P_m K_e I_q \quad \dots (5)$$

[0036] (3)式中の弱め界磁電流指令値Id*は、弱め界磁電流指令演算部20から出力される。弱め界磁電流指令演算部20は、角速度ω1と電流検出値Idc、Idcと直流電圧V0に基づいて、弱め界磁電流指令値Id*を演

算する。弱め界磁電流指令演算部 20 は、電流特性演算部 21 と、弱め界磁電流指令追従制御部 22 とを有する。

[0037] 電流特性演算部 21 は、角速度 ω_1 、電流検出値 I_{qc} 、直流電圧 V_0 より、電流特性指令値 I_{ds} を演算する。弱め界磁電流指令追従制御部 22 は、弱め界磁電流検出値 I_{dc} を電流特性指令値 I_{ds} に追従させるように、弱め界磁電流指令値 I_{d*} を出力する。

[0038] 電流特性指令値 I_{ds} は、以下で導出された関係式によりを算出する。インバータの直流側と交流側の電力は、(6) 式の関係にある。

[0039] [数6]

$$V_0 I_0 = \frac{3}{2} (V_d I_d + V_q I_q) \quad \dots (6)$$

[0040] この(6)式に(3)式を代入すると、(7)式が得られる。

[0041] [数7]

$$I_d^2 + \left\{ \frac{\omega_1}{R_1} (L_d - L_q) I_q \right\} I_d + \left\{ \frac{\omega_1}{R_1} K_e I_q - \frac{2V_0 I_0}{3R_1} \right\} = 0 \quad \dots (7)$$

[0042] (7) 式を I_d について解くと、(8) 式を得る。

[0043] [数8]

$$I_d = \frac{1}{2} \left[-\frac{\omega_1}{R_1} (L_d - L_q) I_q \pm \sqrt{\left\{ \frac{\omega_1}{R_1} (L_d - L_q) I_q \right\}^2 - \frac{4\omega_1 K_e}{R_1} I_q + \frac{8V_0 I_0}{3R_1}} \right] \quad \dots (8)$$

[0044] I_d は、弱め界磁制御時は負になることから、最終的に(9)式を得る。

[0045] [数9]

$$I_d = \frac{1}{2} \left[-\frac{\omega_1}{R_1} (L_d - L_q) I_q - \sqrt{\left\{ \frac{\omega_1}{R_1} (L_d - L_q) I_q \right\}^2 - \frac{4\omega_1 K_e}{R_1} I_q + \frac{8V_0 I_0}{3R_1}} \right] \quad \dots (9)$$

[0046] (9) 式より得られる弱め界磁電流値を電流特性指令値 I_{ds} として、弱め界磁電流指令追従制御部 22 に入力する。ここで、直流電流 I_0 は、所望の入力電流の制限値として予め設定するか、直流電圧電源 3 の状態によって、設定値を変化させる。

[0047] 弱め界磁制御部 22 では、 I_{dc} を I_{ds} に追従させる電流制御を行い、弱め界磁電流指令値 I_d^* を出力する。電流制御は、ベクトル制御指令演算部 11 の電流制御器の応答以下に設定する。

[0048] 図 2 に示す電流特性 300 は、(9) 式または後述する (10) 式により演算されるトルク電流 I_q に対する弱め界磁電流 I_d の特性である。電流特性 300 は、直流電流 I_0 を所望の制限値として与える事で、そのときのトルク電流指令値 I_q^* に対する弱め界磁電流指令値 I_d^* の組み合わせとなる。電流特性 300 により得られた弱め界磁電流指令値 I_d^* に対して、弱め界磁電流検出値 I_{dc} を電流制御により追従させることで、電流特性 300 の特性となるようモータ 1 を駆動することができる。

[0049] 本実施例に係るモータ制御装置では、直流入力電流 I_0 を制限しながら、(9) 式に基づいて算出した弱め界磁電流指令値に追従させる。その結果、モータの速度を高速域まで増加させた高出力な運転を可能にし、従来にない高応答を実現できる。

実施例 2

[0050] (9) 式の d 軸インダクタンス L_d と q 軸インダクタンス L_q は、モータの特性値である定数であり、表面磁石型のモータでは非突極性となり、 L_d と L_q の差が略ゼロとなる。このような非突極性のモータでは、(9) 式は (10) 式に簡略化される。

[0051] [数10]

$$I_d = -\frac{1}{2} \sqrt{-\frac{4\omega_1 K_e}{R_1} I_q + \frac{8V_0 I_0}{3R_1}} \quad \dots (10)$$

[0052] 電流特性演算部 21 は、非突極性のモータの場合に、(10) 式より得られる弱め界磁電流値 I_d を電流特性指令値 I_{ds} として、弱め界磁電流指令追従制御部 22 に入力する。また、電流特性演算部 21 は、突極性のモータであっても L_d と L_q の差を無視すれば、非突極性と同様に (10) 式に簡略化できる。

[0053] 本実施例によれば、入力電流を制限した弱め界磁電流指令値を、簡易に演算することが可能になる。その結果、制御手段 5 の演算負荷を下げることができ、高価なマイクロコンピュータを用いる必要がなく、安価なシステムを構築することが可能になる。

実施例 3

[0054] 図 3 は、本実施例に係る電動パワーステアリング装置の構成図を示す。図 3 は、車両の進行方向を操舵する電動パワーステアリング装置を示している。ステアリングホイール 201 を操作することで、トルクセンサ 202 とステアリングアシスト機構 203 を介して、ステアリング機構 204 を稼働される。これにより、タイヤ 205 の方向を転舵して、車両の進行方向を操舵する。ステアリングアシスト機構 203 は、ステアリングホイール 201 の手動による操舵力と、モータ駆動システム 100 から得られる電動アシストによる操舵力との合力でもって、ステアリング機構 204 を稼働する操舵力を出力している。モータ駆動システム 100 は、トルクセンサ 202 より得られる出力から、モータ制御装置 101 が、手動の操舵力の不足分を求めて電動アシストの操舵力としてモータ 102 を駆動する。

[0055] モータ駆動システム 100 は、図 1 に示すインバータ 2 と直流電流検出手段 4 と制御手段 5 を備えたモータ制御装置 101 と、モータ 102 で構成される。直流電圧電源 3 は、図 3 とは別にバッテリーなどで構成され、モータ駆動システム 100 に接続される。

[0056] 本実施例に係る電動パワーステアリング装置は、直流入力電流を制限することで直流電圧電源 3 の出力電圧の降下を抑制する。したがって、電動パワーステアリング装置の高出力な運転を可能にして、ステアリングホイールの

転舵操舵に対する操舵力の高い応答を実現できる。

実施例 4

[0057] 本実施例に係る電動パワーステアリング装置は、ステアリングホイール 201 の操舵操作量は、トルクセンサ 202 により手動の操舵力の不足分として検出する。この操舵操作量を微分して得られる変化量は、操舵速度となり、二階微分して得られる変化量は、操舵加速度となる。この操舵速度及び操舵加速度が小さい場合は急峻な転舵操舵を必要としない条件であり、電動パワーステアリング装置の出力は小さくて良い。

[0058] そこで、操舵速度及び操舵加速度が所定値以下の場合に、直流電流 I0 を制限する設定値を予め定めた所定値より小さい値に変更することで、弱め界磁電流の通流を抑制できる。操舵速度及び操舵加速度の所定値は、車両の操舵条件とステアリングホイール 201 の操舵操作量の関係を予め求めておく。

[0059] 本実施例では、直流入力電流を制限することでステアリングホイール 201 の転舵操舵に対する操舵力の高い応答を実現するとともに、操舵操作量の変化が小さく、高い応答を必要としない条件において弱め界磁電流の通流を抑制することで、効率の高い電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

実施例 5

[0060] 本実施例に係る電動パワーステアリング装置は、車両の走行速度を車速としてモータ制御装置 101 に入力する。この車速が所定値以上となる高速走行では、危険回避や車線変更などで転舵操舵することはあるが、多くの時間は操舵操作量の値が略零に近い状態の直進走行である。

[0061] そこで、直流電流 I0 を制限する設定値を予め定めた所定値より小さい値に変更することで、弱め界磁電流の通流を抑制でき、直進走行時の電流値を低減する。急な転舵操舵が発生した場合は、直流電流 I0 を制限する設定値を予め定めた所定値に戻す。

[0062] 本実施例では、直進走行時の多くの時間を占める低い出力条件において、

弱め界磁電流を抑制することで高い効率を実現すると共に、急な転舵操舵が発生する高い応答を必要とする高応答を両立した電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

実施例 6

[0063] 本実施例に係る電動パワーステアリング装置は、車両の駐車動作における繰り返し操舵を制御する。車両の駐車動作における繰り返し操舵では、車速が所定値以下の低速で、ステアリングホイール 201 の操舵操作量が大きくなる条件である。このときの操舵は、危険回避などの緊急性を必要としないため、必ずしも高い応答を必要とはしない。そこで、直流電圧電源 3 のバッテリーの劣化状態に合わせ、直流電流 10 を制限する設定値を予め定めた所定値より小さい値に変更することで、弱め界磁電流の通流を抑制できる。

[0064] 本実施例では、必ずしも緊急性を必要としない操舵において、弱め界磁電流を抑制することで高い効率の運転をすることが可能になる。その結果、バッテリーの劣化状態に合わせて出力を抑制することができ、劣化したバッテリーで増加した内部抵抗による電圧降下の影響を小さく抑えた電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

実施例 7

[0065] 直流電圧電源 3 は、一般的にはバッテリーである。このバッテリーの劣化状態は常に診断され、バッテリー状態の診断結果をモータ制御装置 101 に入力する。バッテリーが劣化すると、バッテリーの内部抵抗が増加し、負荷時に出力電圧が降下する。本実施例に係るモータ制御装置は、このバッテリーの出力電圧や診断結果に応じて、直流電流 10 を制限する設定値を予め定めた所定値より小さい値に変更することで、弱め界磁電流の通流を抑制する。もしくは、本制御を中止するため、電流特性演算部 21 の出力である i_d を常に略零とする。

[0066] 本実施例では、バッテリー状態に応じた直流入力電流の制御により、劣化したバッテリーの出力電圧降下を抑えることができる。したがって、本実施例に係るモータ制御装置によって、バッテリー電圧の急激な低下による電源失陥を

回避した安全な電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

実施例 8

[0067] 本実施例に係るモータ制御装置では、直流電圧電源 3 を直流から直流に昇圧または降圧する直流直流 (DC/DC) 変換器とそれに並列に接続されるコンデンサとする。この直流電圧電源 3 の出力容量が低下した場合に、直流電流 I_0 を制限する設定値を予め定めた所定値より小さい値に変更することで、弱め界磁電流の通流を抑制できる。

[0068] 本実施例では、直流電圧電源 3 の出力容量の低下に応じて直流入力電流を制御することで、直流電圧電源 3 の出力電圧の低下を防ぎ、安全な電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

実施例 9

[0069] 図 4 に本実施例に係るモータ制御装置の構成図を示す。図 1 に示す実施例と相違する点は、モータ 1 に対して、インバータ 2 a とインバータ 2 b が並列に接続されている点である。また、直流電流検出手段 4 a と 4 b がそれぞれ設けられる。

[0070] 制御手段 5 の基本的な動作は図 1 に示す実施例と同様であるが、直流電流検出手段 4 a が検出する直流電流 I_{0a} に基づくスイッチング信号 a でインバータ 2 a を駆動し、直流電流検出手段 4 b が検出する直流電流 I_{0b} に基づくスイッチング信号 b でインバータ 2 b を駆動する。インバータ 2 a とインバータ 2 b は、協調してモータ 1 を制御する。インバータ 2 a とインバータ 2 b の協調制御は、図 1 に示す制御手段 5 の構成をインバータの並列数と同数備えれば実現可能であるが、演算負荷の低減を目的に、位相演算部 14 および速度演算部 15 を同一構成としても良い。

[0071] 本実施例では、直流電流 I_{0a} と直流電流 I_{0b} を、制限する設定値を予め定めた所定値またはその所定値よりも小さい値に個別に変更することで、インバータ 2 a と 2 b のそれぞれの弱め界磁電流を個別に抑制できる。例えば、直流電流 I_{0a} と直流電流 I_{0b} の制限を順次切り替えて制限することで、インバータの電流値増加に伴う発熱を複数のインバータに分散すること

が可能になる。これにより、モータの速度を高速域まで増加させた高出力な運転を可能にし、従来にない高応答を実現でき、弱め界磁電流を通流したことによる発熱を分散することで、高信頼なモータ制御装置を提供することが可能になる。

実施例 10

[0072] 本実施例は、図4に示した複数インバータを備えるモータ制御装置を、図3に示すモータ制御装置101として構成した電動パワーステアリング装置である。

[0073] 本実施例では、直流電流10aと直流電流10bを、制限する設定値を予め定めた所定値またはその所定値よりも小さい値に個別に変更することで、インバータ2aと2bのそれぞれの弱め界磁電流を個別に抑制できる。その結果、電動パワーステアリング装置の高出力な運転を可能にして、ステアリングホイールの転舵操舵に対する操舵力の高い応答を実現できる。また、直流電圧電源3の出力電圧の低下を防ぐことで、並列接続された車両搭載の他の装置への電源電圧降下による誤動作を抑制し、車両の安全に寄与する電動パワーステアリング装置を提供することが可能になる。

符号の説明

[0074] 1：モータ，2：インバータ，3：直流電圧電源，4：直流電流検出手段，5：制御手段，10：トルク電流指令演算部，11：ベクトル制御指令演算部，12：d q / 3相変換部，13：PWM演算部，14：位相演算部，15：速度演算部，16：3相 / d q 変換部，20：弱め界磁電流指令演算部，21：電流特性演算部，22：弱め界磁電流指令追従制御部，100：モータ駆動システム，101：モータ制御装置，102：モータ，201：ステアリングホイール，202：トルクセンサ，203：ステアリングアシスト機構，204：ステアリング機構，205：タイヤ，300：電流特性

請求の範囲

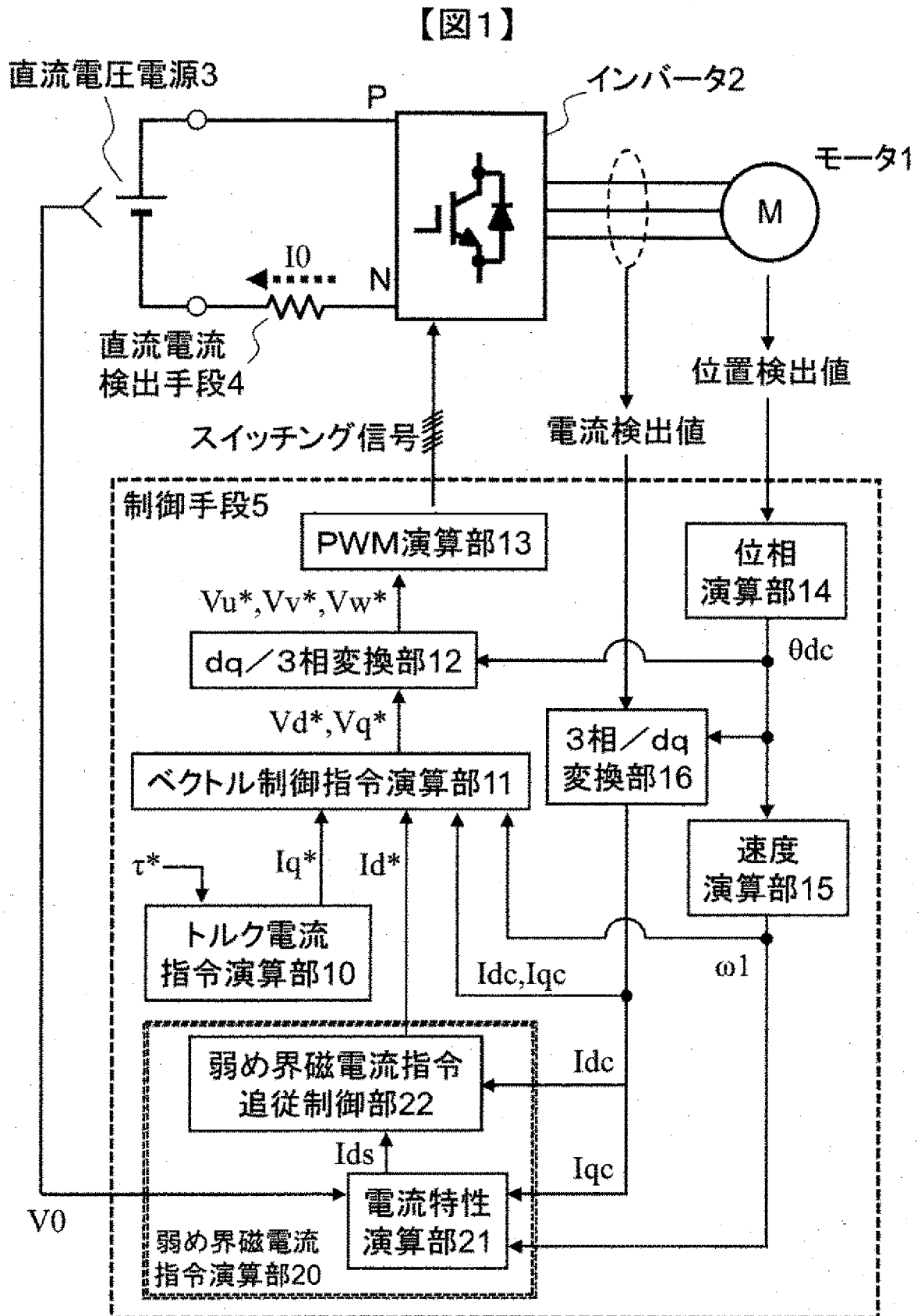
- [請求項1] モータの回転子位相にもとづいて直流電圧電源からの直流入力電流を交流電流に変換して出力するインバータを備えたモータ制御装置において、
- 前記インバータへの入力電流が所定の上限値を超えない範囲で最大となる弱め界磁電流を通流することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のモータ制御装置において、
- 前記直流入力電流の上限値と前記モータで消費される電流の差が小さくなるように前記弱め界磁電流を通流することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のモータ制御装置において、
- 前記モータの電流の上限値は、所定の上限値及び前記直流電圧電源の出力電圧にもとづき求められることを特徴と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、
- 前記モータで消費される電流は、前記モータのトルク電流および回転数にもとづき求められ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、
- 前記インバータは複数設けられ、
- 前記複数のインバータのそれぞれに入力される直流入力電流がそれぞれのインバータに対して個別に設定される所定の上限値を超えない範囲で最大となる弱め界磁電流を通流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と、
- ステアリングホイールの操舵操作量に伴い転舵させる転舵機構と、
- 前記転舵機構に操舵力を付与する前記モータと、を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項7] 請求項6に記載の電動パワーステアリング装置において、
- 操舵状態に応じて前記直流入力電流を変化して制御することを特徴

とする電動パワーステアリング装置。

- [請求項8] 請求項7に記載の電動パワーステアリング装置において、
 所定の車速以上で前記操舵操作量が略零と判断して、前記直流入力電流の所定の上限値より小さい電流値とする、前記弱め界磁電流を通流することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項9] 請求項7に記載の電動パワーステアリング装置において、
 前記操舵操作量から求めた操舵速度が所定値以下である場合に、前記直流入力電流の所定の上限値より小さい電流値とする、前記弱め界磁電流を通流することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項10] 請求項7に記載の電動パワーステアリング装置において、
 前記操舵操作量から求めた操舵加速度が所定値以下である場合に、前記直流入力電流の所定の上限値より小さい電流値とする、前記弱め界磁電流を通流することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項11] 請求項7に記載の電動パワーステアリング装置において、
 所定の車速以下で前記操舵操作量が所定値より大きい場合であっても、前記直流入力電流の所定の上限値より小さい電流値とする、前記弱め界磁電流を通流することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項12] 請求項6に記載の電動パワーステアリング装置において、
 前記直流電圧電源をバッテリーとして、前記バッテリーの出力電圧に応じて前記直流入力電流の所定の上限値をより小さい電流値として可変制御する、前記弱め界磁電流を通流することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項13] 請求項12に記載の電動パワーステアリング装置において、
 前記バッテリーの出力電圧が所定値以下の場合に、前記弱め界磁電流を略零に向かって小さく制御する、または、本制御を中止することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項14] 請求項6に記載の電動パワーステアリング装置において、

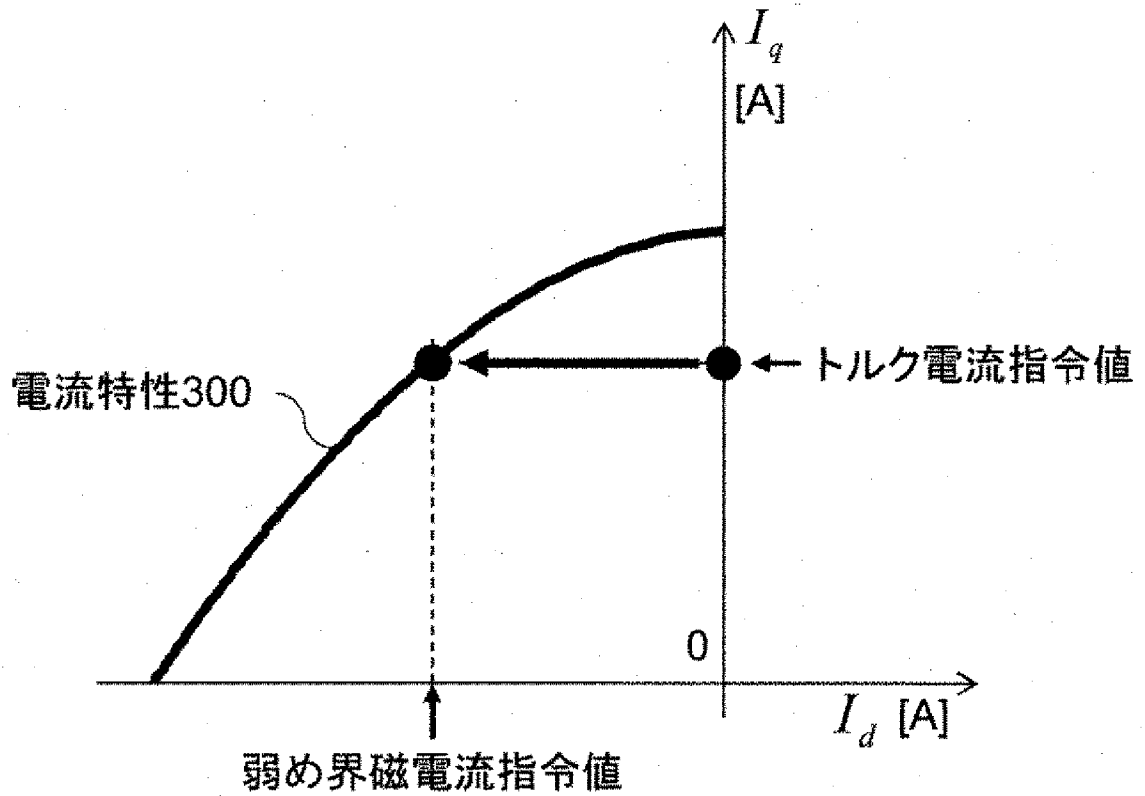
前記直流電圧電源を直流から直流に昇圧または降圧する直流電圧変換器と、前記直流電圧変換器の出力に並列に接続されるコンデンサとで構成することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[図1]



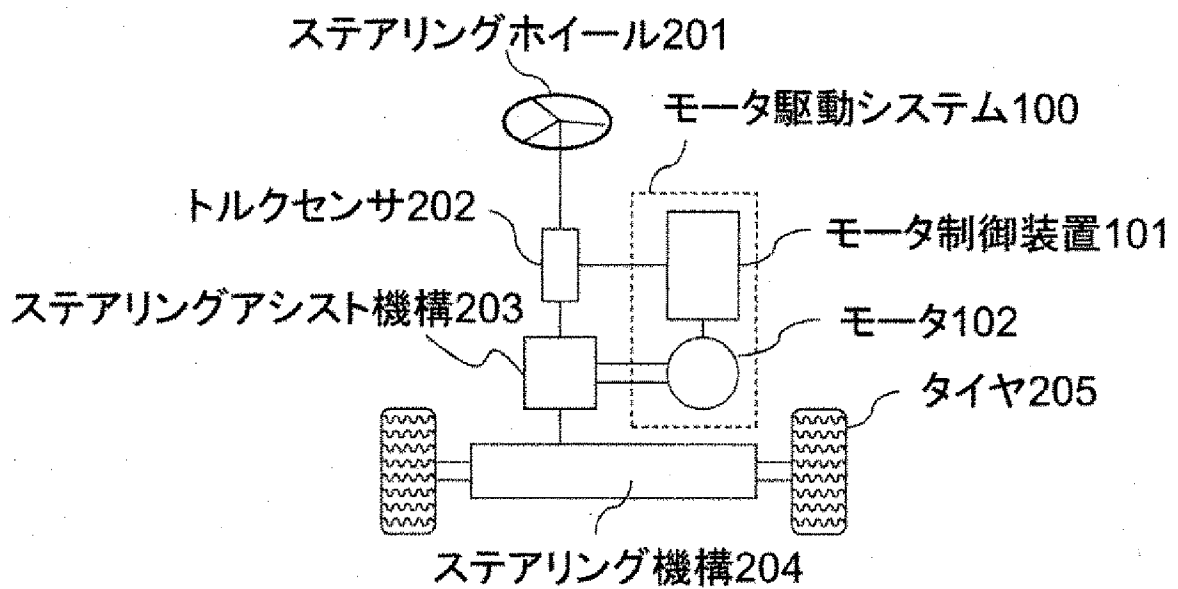
[図2]

【図2】



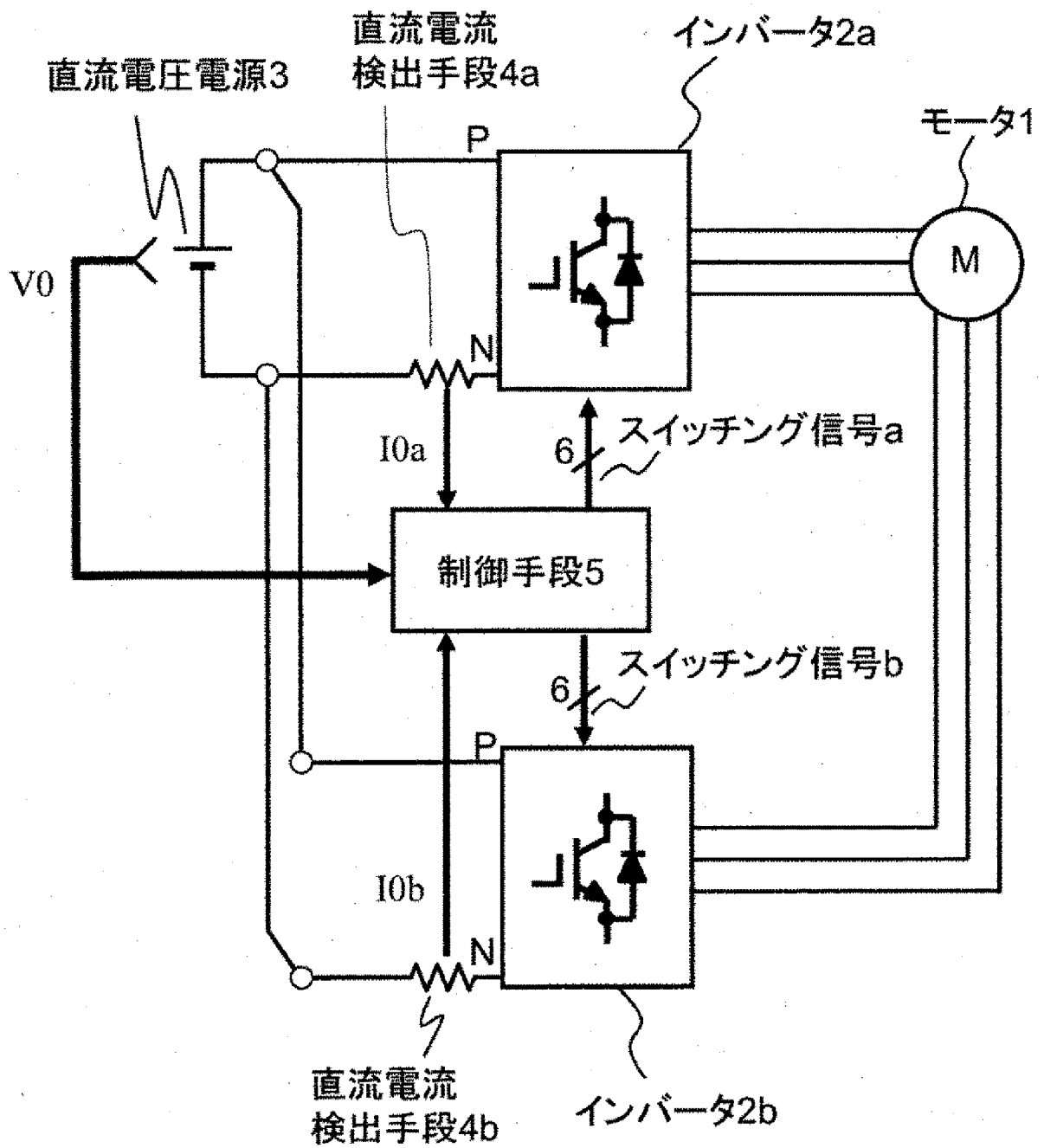
[図3]

【図3】



[図4]

【図4】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067645

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P21/22(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)

H02P21/22

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2014-17924 A (Shimadzu Corp.), 30 January 2014 (30.01.2014), paragraphs [0024] to [0064]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1 2-6, 12-14 7-11
Y	Shigeo MORIMOTO, Tomohiro UENO, Yoji TAKEDA, "Wide Speed Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor", The Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. D (a Publication of Industry Applications Society), vol.114, no.6, The Institute of Electrical Engineers of Japan, 1994, pages 668 to 673	2-4

☒ 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
23 August 2016 (23.08.16)

Date of mailing of the international search report
06 September 2016 (06.09.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067645

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-104266 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0057] to [0059]; fig. 1 & CN 101166008 A specification, page 11, line 20 to page 12, line 20; fig. 1	5
Y	JP 2010-64544 A (Honda Motor Co., Ltd.), 25 March 2010 (25.03.2010), paragraphs [0011] to [0044]; fig. 1 to 10 (Family: none)	6, 12-14
Y	JP 7-186479 A (Canon Inc.), 25 July 1995 (25.07.1995), paragraph [0007] (Family: none)	12-13
Y	JP 2000-329040 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 28 November 2000 (28.11.2000), paragraphs [0029] to [0037]; fig. 5 (Family: none)	13
Y	US 2013/0187446 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0017] to [0057]; fig. 1, 5 & DE 102013200643 A1 & CN 103213503 A	14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P21/22 (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. H02P21/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2014-17924 A（株式会社島津製作所）2014.01.30, 段落 [0024]-[0064]、図 1-5（ファミリーなし）	1 2-6, 12-14 7-11
Y	森本茂雄、上野智広、武田洋次, 埋込磁石構造PMモータの広範囲 可変速制御, 電気学会論文誌D（産業応用部門誌）, 114巻6号, 電気学会, 1994, pp. 668-673	2-4

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

23.08.2016

国際調査報告の発送日

06.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

マキロイ 寛済

3 V

5561

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-104266 A (松下電器産業株式会社) 2008.05.01, 段落 [0057]-[0059]、図 1 & CN 101166008 A, 明細書第 11 頁第 20 行-第 12 頁第 20 行、図 1	5
Y	JP 2010-64544 A (本田技研工業株式会社) 2010.03.25, 段落 [0011]-[0044]、図 1-10 (ファミリーなし)	6, 12-14
Y	JP 7-186479 A (キャノン株式会社) 1995.07.25, 段落[0007] (ファ ミリーなし)	12-13
Y	JP 2000-329040 A (富士重工業株式会社) 2000.11.28, 段落 [0029]-[0037]、図 5 (ファミリーなし)	13
Y	US 2013/0187446 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 2013.07.25, 段落[0017]-[0057]、図 1、5 & DE 102013200643 A1 & CN 103213503 A	14