(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年2月13日(13.02.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/031526 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 21/22 (2016.01) *H02P 21/05* (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/025031

(22) 国際出願日： 2019年6月25日(25.06.2019)

(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 2018-148932 2018年8月7日(07.08.2018) JP

(71) 出願人: 日 本 電 産 株 式 会 社 (**NIDEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町３３８番地 Kyoto (JP).

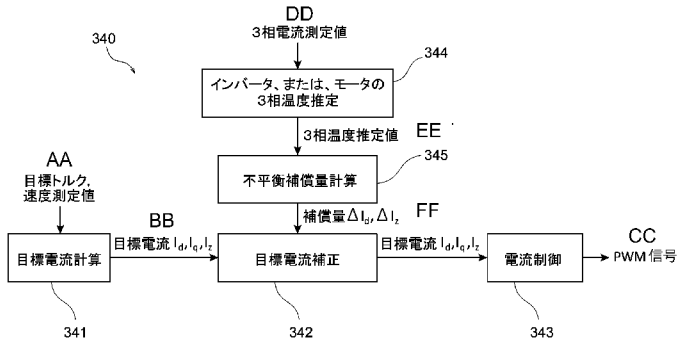
(72) 発明者: 北 村 高 志 (**KITAMURA,Takashi**); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町３３８番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP).

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

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

(54) **Title:** DRIVE CONTROL DEVICE, DRIVE DEVICE, AND POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称： 駆動制御装置、駆動装置およびパワーステアリング装置



341 Calculate target currents
342 Correct target currents
343 Control current
344 Estimate three-phase temperature of inverter or motor
345 Calculate imbalance compensation amount
AA Target torque, speed measurement value
BB Target currents I_d, I_q, I_z
CC PWM signal
DD Three-phase current measurement value
EE Three-phase temperature estimated value
FF Compensation amounts ΔI_d, ΔI_z

(57) **Abstract:** One embodiment of a drive control device is a drive control device for controlling driving of a three-phase motor, the drive control device comprising: an imbalance calculation unit that calculates an electrical imbalance between the phases of the three-phase motor; a control value calculation unit that calculates, in accordance with a supplied target, a control value for a current in each axial direction of a rotational coordinate system of the 3-phase motor; and a balance compensation unit that reduces the imbalance by adding compensation values to the control values for the currents in axial directions other than a q axis direction, such control values from the control values calculated by the control value calculation unit.

(57) 要約：駆動制御装置の一態様は、３相モータの駆動を制御する駆動制御装置であって、上記３相モータにおける相同士の電気的な不平衡を算出する不平衡算出部と、与えられた目標に従って、上記３相モータの回転座標系の各軸方向における電流の制御値を算出する制御値算出部と、上記制御値算出部で算出された制御値のうちｑ軸以外の軸方向における電流の制御値に補償値を加算して上記不平衡を減らす平衡補償部と、を備える。

［続葉有］

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)）

明　細　書

発明の名称 ：

駆動制御装置、駆動装置およびパワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、駆動制御装置、駆動装置およびパワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、３相モータの駆動制御装置において、ｄｑ軸やｄｑｚ軸のようにモータの回転座標系の各軸方向の電流値を制御値として用いる駆動制御装置が知られている。

[0003] 例えば特許文献１には、ｑ軸電流指令値Ｉｑと、ｄ軸電流指令値Ｉｄと、ｑ軸電流検出値Ｉｑと、ｄ軸電流検出値Ｉｄと、推定されたロータ角度θとに基づいて、モータに供給される電流を制御する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：特開２０１３－８５４２３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] モータが低速回転を行う場合、各相の電力損失に差が生じて不平衡状態となる場合がある。このような不平衡状態は、駆動回路の特定部位の温度上昇の原因となったり、コイル線の抵抗における不平衡の原因となったりする。そして、抵抗の不平衡はトルクリップルの原因となる。　そこで、本発明は、３相モータにおける相同士の不平衡を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る駆動制御装置の一態様は、３相モータの駆動を制御する駆動制

御装置であって、上記３相モータにおける相同士の電気的な不平衡を算出する不平衡算出部と、与えられた目標に従って、上記３相モータの回転座標系の各軸方向における電流の制御値を算出する制御値算出部と、上記制御値算出部で算出された制御値のうちｑ軸以外の軸方向における電流の制御値に補償値を加算して上記不平衡を減らす平衡補償部と、を備える。　また、本発明に係る駆動装置の一態様は、上記駆動制御装置と、上記駆動制御装置によって駆動が制御される３相モータと、を備える。

[0007] また、本発明に係るパワーステアリング装置の一態様は、上記駆動制御装置と、上記駆動制御装置によって駆動が制御される３相モータと、上記３相モータによって駆動されるパワーステアリング機構と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、３相モータにおける相同士の不平衡が抑制される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本実施形態によるモータ駆動ユニットのブロック構成を模式的に示す図である。

[図2]図２は、基本の駆動制御でモータの各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。

[図3]図３は、図１に示すマイクロコントローラの機能を表した機能ブロック図である。

[図4]図４は、２相駆動の駆動制御でモータの各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。

[図5]図５は、式(９)、式（１０）を満たす補償量による駆動制御でモータの各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。

[図6]図６は、本実施形態によるパワーステアリング装置の構成を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付の図面を参照しながら、本開示の駆動制御装置、駆動装置およびパワーステアリング装置の実施形態を詳細に説明する。但し、以下の説明が

不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするため、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。

（モータ駆動ユニット１０００の構造）

図１は、本実施形態によるモータ駆動ユニット１０００のブロック構成を模式的に示す図である。　モータ駆動ユニット１０００は、電力供給装置１００、モータ２００および制御回路３００を備える。

[0011] 本明細書では、構成要素としてモータ２００を備えるモータ駆動ユニット１０００を説明する。モータ２００を備えるモータ駆動ユニット１０００は、本発明の駆動装置の一例に相当する。ただし、モータ駆動ユニット１０００は、構成要素としてモータ２００が省かれた、モータ２００を駆動するための装置であってもよい。モータ２００が省かれたモータ駆動ユニット１０００は、本発明の駆動制御装置の一例に相当する。

[0012] モータ２００は、例えば３相交流モータである。モータ２００は、ａ相、ｂ相、およびｃ相のコイルを有する。コイルの巻き方は、例えば集中巻きまたは分布巻きである。

[0013] モータ駆動ユニット１０００は、外部電源からの電力を、電力供給装置１００によってモータ２００に供給する電力に変換することが可能である。例えば、第１インバータ１１０、第２インバータ１２０は、直流電力を、ａ相、ｂ相およびｃ相の擬似正弦波である３相交流電力に変換することが可能である。

[0014] 電力供給装置１００は、第１インバータ１１０、第２インバータ１２０、および電流センサ１３０を備える。第１インバータ１１０はモータ２００のコイルの一端２１０に接続され、第２インバータ１２０はモータ２００のコイルの他端２２０に接続される。本明細書において、部品（構成要素）同士の「接続」とは、主に電気的な接続を意味する。モータ２００は、各相のコイルの相互間に結線が存在しないいわゆる無結線モータである。また、本実施形態では、一例としてモータ２００には、ロータの表面に磁石が配備された

ＳＰＭモータが採用される。

[0015] 第１インバータ１１０および第２インバータ１２０は、モータ２００のコイルに接続されたスイッチング素子を備え、そのスイッチング素子のスイッチング動作により電力が変換されてモータ２００に供給される。

[0016] 電流センサ１３０は例えばシャント抵抗と電流検出回路からなり、第１インバータ１１０および第２インバータ１２０に流れる電流を検知することで、モータ２００の各相のコイルに流れる電流値を検知する。

[0017] 制御回路３００は、例えば、電源回路３１０と、角度センサ３２０と、入力回路３３０と、マイクロコントローラ３４０と、駆動回路３５０と、ＲＯＭ３６０とを備える。制御回路３００は、電力変換装置１００の全体の動作を制御することによりモータ２００を駆動する。具体的には、制御回路３００は、目的とするモータトルクや回転速度を制御してクローズドループ制御を実現することができる。

[0018] 電源回路３１０は、回路内の各ブロックに必要なＤＣ電圧（例えば３Ｖ、５Ｖ）を生成する。角度センサ３２０は、例えばレゾルバ、ホールＩＣであり、あるいは磁気抵抗（ＭＲ）素子を有するＭＲセンサとセンサマグネットとの組み合わせによっても実現される。角度センサ３２０は、モータ２００のロータの回転角を検出し、検出した回転角を示す回転信号をマイクロコントローラ３４０に出力する。モータ制御手法（例えばセンサレス制御）によっては、角度センサ３２０は省かれる場合がある。

[0019] 入力回路３３０は、電流センサ１３０によって検出された電流値（以下、「実電流値」と表記する。）を受け取り、必要に応じて、実電流値のレベルをマイクロコントローラ３４０の入力レベルに変換し、実電流値をマイクロコントローラ３４０に出力する。入力回路３３０は、アナログデジタル変換回路である。

[0020] マイクロコントローラ３４０は、角度センサ３２０によって検出されたロータの回転信号を受信するとともに、入力回路３３０から出力された実電流値を受信する。マイクロコントローラ３４０は、実電流値およびロータの回転

信号などに従って目標電流値を設定してＰＷＭ信号を生成し、生成したＰＷＭ信号を駆動回路３５０に出力する。例えば、マイクロコントローラ３４０は、電力供給装置１００の第１インバータ１１０および第２インバータ１２０における各スイッチ素子のスイッチング動作（ターンオンまたはターンオフ）を制御するためのＰＷＭ信号を生成する。

[0021] 駆動回路３５０は、典型的にはゲートドライバである。駆動回路３５０は、第１および第２インバータ１１０、１２０における各スイッチ素子のスイッチング動作を制御する制御信号（例えば、ゲート制御信号）をＰＷＭ信号に従って生成し、生成した制御信号を各スイッチ素子に与える。なお、マイクロコントローラ３４０が駆動回路３５０の機能を備えていてもよい。その場合、制御回路３００は駆動回路３５０を備えていなくてもよい。

[0022] ＲＯＭ３６０は、例えば書き込み可能なメモリ（例えばＰＲＯＭ）、書き換え可能なメモリ（例えばフラッシュメモリ）または読み出し専用のメモリである。ＲＯＭ３６０は、マイクロコントローラ３４０に電力供給装置１００（主としてインバータ１１０，１２０）を制御させるための命令群を含む制御プログラムを格納する。

（基本の駆動制御）

制御回路３００によるインバータ１１０、１２０の基本的な制御の具体例を説明する。

[0023] 制御回路３００は基本的な制御として、モータ２００の各相に対して平衡な電流を目標値として設定し、平衡な目標値に従った各相に対して平衡なＰＷＭ信号を生成する。このような平衡なＰＷＭ信号に従ったスイッチング動作によってインバータ１１０、１２０は、モータ２００の各相に対して平衡な電圧を印加する。

[0024] 但し、ここでいう「３相が平衡」とは、３相に同位相の電圧や電流が与えられるという意味では無く、例えば位相が互いに１２０°ずつ異なった同一振幅の電圧や電流が与えられるという意味である。本実施形態では、一例として、制御回路３００はいわゆる３相通電制御によって各相に正弦波の電流を

与える。　図２は、基本の駆動制御でモータ２００の各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。

[0025] 図２には、基本の駆動制御による３相通電制御に従って第１インバータ１１０および第２インバータ１２０が制御されたときにモータ２００のａ相、ｂ相およびｃ相の各コイルに流れる電流値をプロットして得られる電流波形（正弦波）が例示される。図２の横軸は、モータ電気角（ｄｅｇ）を示し、縦軸は電流値（Ａ）を示す。I_{pk}は各相の最大電流値（ピーク電流値）を表す。なお、電力供給装置１００は、図２に例示した正弦波以外に、例えば矩形波を用いてモータ２００を駆動することも可能である。

[0026] このような基本の駆動制御によってモータ２００が駆動される場合であっても、モータ２００が低速回転を行う場合には、各相の電力損失に差が生じて不平衡状態となる場合がある。このような不平衡状態はトルクリップルの原因ともなるので、本実施形態では、不平衡を抑制する補正制御も実行される。

（不平衡を抑制する補正制御）

図３は、図１に示すマイクロコントローラ３４０の機能を表した機能ブロック図である。

[0027] マイクロコントローラ３４０は、内部機能として、目標電流計算部３４１と、目標電流補正部３４２と、電流制御部３４３と、温度推定部３４４と、不平衡補償量計算部３４５とを有する。

[0028] 目標電流計算部３４１には、モータ２００で発生させるべき目標トルクが入力される。この目標トルクは、モータ駆動ユニット１０００の外部から目標として与えられる。また、モータ駆動ユニット１０００が例えばパワーステアリング装置の一部を構成する場合などは、目標電流計算部３４１には、車両の速度の測定値も入力され得る。

[0029] 目標電流計算部３４１は、このような入力値に基づいて、目標トルクがモータ２００で得られる電流値を目標電流値として生成する。このとき、目標電流値としては、モータ２００における回転座標系のｄｑｚ軸それぞれにおけ

る目標電流値Ｉｄ，Ｉｑ，Ｉｚが生成される。言い換えると、目標電流計算部３４１は、与えられた目標に従って、モータ２００の回転座標系の各軸方向における電流の制御値を算出する。なお、ｚ軸方向における電流は一般にモータ２００のトルク発生に寄与しないので目標電流計算部３４１は通常、ｚ軸方向における目標電流としてＩｚ＝０を算出する。また、モータ２００がＳＰＭモータである場合はリラクタンストルクが０であり、ｄ軸方向における電流もモータ２００のトルク発生に寄与しないので目標電流計算部３４１は、ｄ軸方向における目標電流としてＩｄ＝０を算出する。

[0030] 目標電流補正部３４２は、後述する不平衡補償量の入力を受けて目標電流値Ｉｄ，Ｉｑ，Ｉｚを補正し、補正後の目標電流値Ｉｄ，Ｉｑ，Ｉｚを電流制御部３４３へと出力する。

[0031] 電流制御部３４３は、入力された目標電流値Ｉｄ，Ｉｑ，Ｉｚを、モータ２００のａ相、ｂ相、ｃ相それぞれに与える電流値Ｉａ，Ｉｂ，Ｉｃに変換し、その電流値Ｉａ，Ｉｂ，Ｉｃをインバータ１１０，１２０に発生させるＰＷＭ信号を生成する。

[0032] 温度推定部３４４は、上述した実電流値の入力を受け、ａ相、ｂ相、ｃ相それぞれの温度を推定する。温度の推定には、実電流値が測定された際の印加電圧値も用いられ、電圧と電流の関係を満たす温度が求められる。言い換えると温度推定部３４４は、モータ２００の各相における検出電流値(実電流値)から各相の温度を推定する。温度推定部３４４により推定される温度は、モータ２００の温度でもよく、あるいはインバータ１１０，１２０の温度でもよい。

[0033] 不平衡補償量計算部３４５では、温度推定部３４４により推定された温度に基づいて、モータ２００の３相の相互に生じている不平衡が求められる。即ち、不平衡補償量計算部３４５は、温度推定部３４４で推定された温度に基づいて電流損失の不平衡を算出する。そして、不平衡補償量計算部３４５は、その不平衡を補償するために必要な発熱を各相に生じさせる電流値を補償量として算出する。モータ２００の各相における推定温度を経ることによっ

て電流損失の不平衡が容易に算出されるとともに、不平衡を適切に抑制する補償量の算出も容易となる。

[0034] 温度推定部３４４で推定された温度がモータ２００の温度であってもインバータ１１０，１２０の温度であっても、不平衡補償量計算部３４５で算出される不平衡はモータ２００の３相の相互間に生じている電気的な不平衡である。言い換えると、不平衡補償量計算部３４５は、モータ２００における相同士の電気的な不平衡を算出する。特に本実施形態では不平衡補償量計算部３４５で電流損失の不平衡が算出される。なお、具体的な算出方法としては周知の技術が適用可能であるためここでは詳細説明を省略する。

[0035] 電流損失の不平衡(即ちインピーダンスの不平衡)は発生トルクの不平衡を生じるので、トルクリップルの原因となる虞がある。また、電流損失の不平衡は温度の不平衡を生じ、温度の不平衡は更なる電流損失の不平衡を生じる。温度の不平衡は各相の電流値が平衡化されても解消されないため、不平衡補償量計算部３４５では、温度の不平衡を打ち消す発熱を生じる各相の電流値が補償量として算出される。また、以下説明するように、目標トルクの維持のため補償量としては、ｑ軸以外の軸方向における電流の補償量が算出される。

(補償量の算出方法)

モータ２００における３相(ａｂｃ相）から回転座標系のｑｄｚ軸への変換行列Ｃは、下記式（１）で与えられる。

[0036] [数1]

$$[C]=\sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix}\cos\theta & \cos\left(\theta-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta-\frac{4\pi}{3}\right)\\ -\sin\theta & -\sin\left(\theta-\frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta-\frac{4\pi}{3}\right)\\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}}\end{bmatrix} \quad \cdots\cdots(1)$$

[0037] 従って、モータ２００の各相（ａ相、ｂ相、ｃ相）のコイルに各電流値Ｉａ，Ｉｂ，Ｉｃが流れる場合、モータ２００の回転座標系のｑｄｚ軸方向それぞれの電流値Ｉｑ，Ｉｄ，Ｉｚは以下の式２で求められる。

[0038]

[数2]

$$\begin{bmatrix} Id \\ Iq \\ Iz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}\cos\theta}{\sqrt{3}} & \frac{\sqrt{2}\cos(\theta-\frac{2\pi}{3})}{\sqrt{3}} & \frac{\sqrt{2}\cos(\theta-\frac{4\pi}{3})}{\sqrt{3}} \\ -\frac{\sqrt{2}\sin\theta}{\sqrt{3}} & -\frac{\sqrt{2}\sin(\theta-\frac{2\pi}{3})}{\sqrt{3}} & -\frac{\sqrt{2}\sin(\theta-\frac{4\pi}{3})}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ia \\ Ib \\ Ic \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (2)$$

[0039] 上述したように本実施形態ではモータ２００としてＳＰＭモータが採用されるので、モータ２００の発生トルクはｑ軸における電流値Ｉｑと一意的に対応する。従って、電流値Ｉｑが一定であればモータ２００の発生トルクも一定となる。上記式（２）から、ｑ軸における電流値Ｉｑとａ相、ｂ相、ｃ相の電流値Ｉａ，Ｉｂ，Ｉｃとの対応関係は下記式（３）のように求められる。

[0040] [数3]

$$I_q = -\sqrt{\frac{2}{3}}\left(I_a \cdot \sin(\theta) + I_b \cdot \sin\left(\theta - \tfrac{2\pi}{3}\right) + I_c \cdot \sin\left(\theta - \tfrac{4\pi}{3}\right)\right) \quad \cdots\cdots (3)$$

[0041] また、ｑ軸における電流値Ｉｑの変化量をΔＩｑとし、ａ相、ｂ相、ｃ相の電流値Ｉａ，Ｉｂ，Ｉｃにおける変化量をΔＩａ，ΔＩｂ，ΔＩｃとすると、下記式(４)が得られる。

[0042] [数4]

$$I_q + \Delta I_q = -\sqrt{\frac{2}{3}}\left((I_a + \Delta I_a)\cdot\sin(\theta) + (I_b - \Delta I_b)\cdot\sin\left(\theta - \tfrac{2\pi}{3}\right) + (I_c - \Delta I_c)\cdot\sin\left(\theta - \tfrac{4\pi}{3}\right)\right) \quad \cdots\cdots (4)$$

[0043] ここで、例えばｂ相、ｃ相の温度がａ相よりも高い場合などには、ｂ相、ｃ相において変化量ΔＩｂ，ΔＩｃに相当する電流が減少される。そして、ｂ相、ｃ相におけるそのような変化量ΔＩｂ，ΔＩｃに対して電流値Ｉｑが一定（即ちΔＩｑ＝０）となるａ相の変化量ΔＩａは下記式（５）の関係を満たす。

[0044] [数5]

$$\Delta \mathrm{Ia} = (\Delta I_b \cdot \sin\left(\theta - \tfrac{2\pi}{3}\right) + \Delta I_c \cdot \sin\left(\theta - \tfrac{4\pi}{3}\right)) / \sin(\theta) \qquad \cdots\cdots (5)$$

[0045] このようなΔＩａ，－ΔＩｂ，－ΔＩｃが補償量として用いられることにより、例えばａ相における発熱が促されるとともに、ｂ相、ｃ相における発熱が抑えられることになる。そして、このようなΔＩａ，－ΔＩｂ，－ΔＩｃが補償量として用いられることにより、目標のトルクは維持される。この結果、モータ２００の相同士における温度の不平衡が抑制され、延いては電流損失の不平衡も抑制される。このような補償量ΔＩａ，－ΔＩｂ，－ΔＩｃは、上記式（１）の変換行列Ｃが用いられた下記式（６）によってｑｄｚ軸方向の成分に変換される。

[0046] [数6]

$$\begin{bmatrix} \Delta I_d \\ \Delta I_q \\ \Delta I_z \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \Delta I_a \\ -\Delta I_b \\ -\Delta I_c \end{bmatrix} \qquad \cdots\cdots (6)$$

この式(６)から、ｄｚ軸方向の補償量ΔＩｄ，ΔＩｚは下記式（７）となる。

[0047] [数7]

$$\Delta I_d = \sqrt{\frac{2}{3}}\left\{\Delta I_b\left(\frac{1}{\tan\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)-\cos\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)\right)+\Delta I_c\left(\frac{1}{\tan\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)-\cos\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)\right)\right\}$$

$$\Delta I_z = \sqrt{\frac{1}{3}}\left\{\Delta I_b\left(\frac{1}{\sin\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)-1\right)+\Delta I_c\left(\frac{1}{\sin\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)-1\right)\right\} \qquad \cdots\cdots (7)$$

[0048] 上記不平衡補償量計算部３４５は、上記式（７）を用いて補償量ΔＩｄ，ΔＩｚを算出する。即ち、不平衡補償量計算部３４５は、モータ２００における各相のうちの任意の２相であるｂ相、ｃ相と、他の１相であるａ相とで不均衡が生じている場合に、ｄ軸方向における電流の補償値ΔＩｄおよびｚ軸方向における電流の補償値ΔＩｚを上記関係式（７）によって算出する。当該

関係式（７）が用いられることにより、補償量ΔＩｄ,ΔＩｚが容易に算出される。

[0049] そして、目標電流補正部３４２は、この補償量ΔＩｄ,ΔＩｚを目標電流Ｉｄ，Ｉｑ，Ｉｚに加算する。即ち、目標電流補正部３４２は、目標電流計算部３４１で算出された制御値のうちｑ軸以外の軸方向における電流の制御値に補償値を加算してモータ２００の不平衡を減らす。

[0050] なお、本実施形態では、上述したようにモータ２００が無結線モータであり、目標電流補正部３４２は、ｄ軸とｚ軸との双方について補償値を加算する。このようにｚ軸の補償値が用いられることにより、いわゆる零相電流が有効活用される。また、上述したように、本実施形態におけるモータ２００はＳＰＭモータであるため、モータ２００ではリラクタンストルクが生じず、ｄ軸とｚ軸との双方が不平衡の補正として有効活用されることになる。

[0051] なお、上記関係式（７）は、θ＝０の付近では補償量ΔＩｄ,ΔＩｚの値が非常に大きくなるため、そのまま使うことができない。そこで、θ＝０の付近で有効な補償量について検討する。　θ＝０でも補償量が有限値に留まるための条件は、下記式（８）で表される。

[0052] [数8]

$$\lim_{\theta \to 0(\mathrm{mod}\,\pi)} \frac{\Delta I_b - \Delta I_c}{\sin\theta} < \infty \qquad \cdots\cdots(8)$$

[0053] このような式（８）を満たすΔＩｂ,ΔＩｃの一例としては、ΔＩｂ＝ΔＩｃが考えられる。この場合、上記式（７）からΔＩｄ＝０が得られ、補償量はΔＩｚのみとなる。更に、ΔＩｂ＝－Ｉｂという条件が加えられると補正後のｂ相の電流値Ｉｂ＝０となり、ａ相とｃ相のみに電流が与えられる２相駆動となる。　図４は、２相駆動の駆動制御でモータ２００の各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。

[0054] 図４には、２相駆動制御に従って第１インバータ１１０および第２インバータ１２０が制御されたときにモータ２００のａ相、ｂ相およびｃ相の各コイ

ルに流れる電流値をプロットして得られる電流波形（正弦波）が例示される。図４の横軸は、モータ電気角（ｄｅｇ）を示し、縦軸は電流値（Ａ）を示す。

[0055] 上述したようにｂ相の電流値は「０」となる。また、補償量による補正前の基本制御では、図２に示すようにａ相とｃ相の電流波形は互いに１２０°位相が異なる波形であるが、補償量による補正後は、ａ相とｃ相の電流波形が互いに６０°位相が異なる波形となる。　次に、上記式（８）を満たすΔＩｂ,ΔＩｃの別の例としては、下記式（９）で表されるΔＩｂ,ΔＩｃが考えられる。

[0056] [数9]

$$\Delta I_b = -\frac{1}{2}\sin^2(\theta)\cdot I_b,\ \Delta I_c = -\frac{1}{2}\sin^2(\theta)\cdot I_c \qquad \cdots\cdots(9)$$

そして、この式（９）で表されるΔＩｂ,ΔＩｃに対応したΔＩａは、上述した各種の関係式などが用いられて得られる下記式(１０)で表される。

[0057] [数10]

$$\Delta I_a = \frac{\left(\sqrt{2}\,I_q\sin(\theta)^3+\sqrt{2}\sqrt{3}\,I_q\cos(\theta)\sin(\theta)^2\right)\sin\left(\theta-\frac{2\pi}{3}\right)}{4\sqrt{3}\sin(\theta)} + \frac{\left(\sqrt{2}\,I_q\sin(\theta)^3-\sqrt{2}\sqrt{3}\,I_q\cos(\theta)\sin(\theta)^2\right)\sin\left(\theta-\frac{4\pi}{3}\right)}{4\sqrt{3}\sin(\theta)} \qquad \cdots\cdots(10)$$

このような補償量ΔＩａ，ΔＩｂ,ΔＩｃが用いられることにより、θ＝０の付近でも、ΔＩｑ＝０の条件を満たしながら不平衡の抑制が実現される。

[0058] 図５は、式(９)、式（１０）を満たす補償量による駆動制御でモータ２００の各相の各コイルに流れる電流値を示す図である。図５の横軸は、モータ電気角（ｄｅｇ）を示し、縦軸は電流値（Ａ）を示す。　式(９)、式（１０）を満たす補償量が用いられた場合の電流波形は、図５に示すような複雑な波

形となり、ｂ相とｃ相とは対照的な波形となる。

[0059] 図４や図５に示された波形による補償でもΔＩｑ＝０の条件を満たしながら不平衡の抑制が実現されるが、上記式(８)の条件が掛かるので、各相の電流値の自由度が低い。このため、図４や図５に示された波形による補償は、θ＝０の付近だけで用いられ、それ以外の電気角θでは、上記式(７)で算出される補償量が用いられる。

[0060] なお、上記説明では補償値として、温度の不平衡を抑制する発熱量を生じる電流値が算出されるが、補償値としては、モータ２００で発生されるトルクについて各相の相互間で生じている不平衡を抑制する電流値が算出されてもよい。

（パワーステアリング装置の実施形態）

[0061] 自動車等の車両は一般的に、パワーステアリング装置を備えている。パワーステアリング装置は、運転者がステアリングハンドルを操作することによって発生するステアリング系の操舵トルクを補助するための補助トルクを生成する。補助トルクは、補助トルク機構によって生成され、運転者の操作の負担を軽減することができる。例えば、補助トルク機構は、操舵トルクセンサ、ＥＣＵ、モータおよび減速機構などから構成される。操舵トルクセンサは、ステアリング系における操舵トルクを検出する。ＥＣＵは、操舵トルクセンサの検出信号に基づいて駆動信号を生成する。モータは、駆動信号に基づいて操舵トルクに応じた補助トルクを生成し、減速機構を介してステアリング系に補助トルクを伝達する。

[0062] 上記実施形態のモータ駆動ユニット１０００は、パワーステアリング装置に好適に利用される。図６は、本実施形態によるパワーステアリング装置２０００の構成を模式的に示す図である。　電動パワーステアリング装置２０００は、ステアリング系５２０および補助トルク機構５４０を備える。

[0063] ステアリング系５２０は、例えば、ステアリングハンドル５２１、ステアリングシャフト５２２（「ステアリングコラム」とも称される。）、自在軸継手５２３Ａ、５２３Ｂ、および回転軸５２４（「ピニオン軸」または「入力

軸」とも称される。）を備える。

[0064] また、ステアリング系５２０は、例えば、ラックアンドピニオン機構５２５、ラック軸５２６、左右のボールジョイント５５２Ａ、５５２Ｂ、タイロッド５２７Ａ、５２７Ｂ、ナックル５２８Ａ、５２８Ｂ、および左右の操舵車輪（例えば左右の前輪）５２９Ａ、５２９Ｂを備える。

[0065] ステアリングハンドル５２１は、ステアリングシャフト５２２と自在軸継手５２３Ａ、５２３Ｂとを介して回転軸５２４に連結される。回転軸５２４にはラックアンドピニオン機構５２５を介してラック軸５２６が連結される。ラックアンドピニオン機構５２５は、回転軸５２４に設けられたピニオン５３１と、ラック軸５２６に設けられたラック５３２とを有する。ラック軸５２６の右端には、ボールジョイント５５２Ａ、タイロッド５２７Ａおよびナックル５２８Ａをこの順番で介して右の操舵車輪５２９Ａが連結される。右側と同様に、ラック軸５２６の左端には、ボールジョイント５５２Ｂ、タイロッド５２７Ｂおよびナックル５２８Ｂをこの順番で介して左の操舵車輪５２９Ｂが連結される。ここで、右側および左側は、座席に座った運転者から見た右側および左側にそれぞれ一致する。

[0066] ステアリング系５２０によれば、運転者がステアリングハンドル５２１を操作することによって操舵トルクが発生し、ラックアンドピニオン機構５２５を介して左右の操舵車輪５２９Ａ、５２９Ｂに伝わる。これにより、運転者は左右の操舵車輪５２９Ａ、５２９Ｂを操作することができる。

[0067] 補助トルク機構５４０は、例えば、操舵トルクセンサ５４１、ＥＣＵ５４２、モータ５４３、減速機構５４４および電力供給装置５４５を備える。補助トルク機構５４０は、ステアリングハンドル５２１から左右の操舵車輪５２９Ａ、５２９Ｂに至るステアリング系５２０に補助トルクを与える。なお、補助トルクは「付加トルク」と称されることがある。

[0068] ＥＣＵ５４２としては、例えば図１に示された制御回路３００が用いられる。また、電力供給装置５４５としては、例えば図１に示された電力供給装置１００が用いられる。また、モータ５４３としては、例えば図１に示された

モータ２００が用いられる。ＥＣＵ５４２、モータ５４３および電力供給装置５４５は、一般的に「機電一体型モータ」と称されるユニットを構成してもよい。図６に示された各要素のうち、ＥＣＵ５４２、モータ５４３および電力供給装置５４５を除いた要素で構成された機構は、モータ５４３によって駆動されるパワーステアリング機構の一例に相当する。

[0069] 操舵トルクセンサ５４１は、ステアリングハンドル５２１によって付与されたステアリング系５２０の操舵トルクを検出する。ＥＣＵ５４２は、操舵トルクセンサ５４１からの検出信号（以下、「トルク信号」と表記する。）に基づいてモータ５４３を駆動するための駆動信号を生成する。モータ５４３は、操舵トルクに応じた補助トルクを駆動信号に基づいて発生する。補助トルクは、減速機構５４４を介してステアリング系５２０の回転軸５２４に伝達される。減速機構５４４は、例えばウォームギヤ機構である。補助トルクはさらに、回転軸５２４からラックアンドピニオン機構５２５に伝達される。

[0070] パワーステアリング装置２０００は、補助トルクがステアリング系５２０に付与される箇所によって、ピニオンアシスト型、ラックアシスト型、およびコラムアシスト型等に分類される。図６には、ピニオンアシスト型のパワーステアリング装置２０００が示されている。ただし、パワーステアリング装置２０００は、ラックアシスト型、コラムアシスト型等にも適用される。

[0071] ＥＣＵ５４２には、トルク信号だけでなく、例えば車速信号も入力され得る。ＥＣＵ５４２のマイクロコントローラは、トルク信号や車速信号などに基づいてモータ５４３を制御することができる。

[0072] ＥＣＵ５４２は、少なくともトルク信号に基づいて目標電流値を設定する。ＥＣＵ５４２は、車速センサによって検出された車速信号を考慮し、さらに角度センサによって検出されたロータの回転信号を考慮して、目標電流値を設定することが好ましい。ＥＣＵ５４２は、電流センサ（図１参照）によって検出された実電流値が目標電流値に一致するように、モータ５４３の駆動信号、つまり、駆動電流を制御することができる。

[0073] パワーステアリング装置２０００によれば、運転者の操舵トルクにモータ５４３の補助トルクを加えた複合トルクを利用してラック軸５２６によって左右の操舵車輪５２９Ａ、５２９Ｂを操作することができる。特に、上述した機電一体型モータに、上記実施形態のモータ駆動ユニット１０００が利用されることにより、低速な操舵時にもトルクリップルの発生が抑制され、滑らかなパワーアシストが実現される。

[0074] （他の変形例）

上記説明では、本発明が、パワーステアリング装置などにおいて不平衡状態を減らすことを目的として適用されたが、本発明は、他の目的として適用されても良い。例えば、トラクション装置において、モータが意図的に発熱されて車内用空調機（エアコン）の暖房に適用されても良い。より詳細に述べると、ａｂｃ各相の電流がトルクに寄与しない零相電流に重畳される。このように電流量が増えることにより、モータが熱を発生することができる。そして、モータによって生じた熱が車内用空調機（エアコン）の暖房として用いられる。これにより、自動運転等によってエンジンがモータに置き換えられたとしても、従来のエンジンで適用されていた車内空調システムが採用可能となる。

[0075] このような他の目的に適用される本発明に係る駆動制御装置の一態様は、３相モータの駆動を制御する駆動制御装置であって、与えられた目標に従って、上記３相モータの回転座標系の各軸方向における電流の制御値を算出する制御値算出部と、上記制御値算出部で算出された制御値に対し、上記３相モータにおけるａｂｃ各相の電流を零相電流もしくはｄ軸電流に加算する補正部と、を備える。

[0076] なお、ここでは、本発明の駆動制御装置および駆動装置における使用方法の一例としてパワーステアリング装置が挙げられるが、本発明の駆動制御装置および駆動装置の使用方法は上記に限定されず、ポンプ、コンプレッサなど広範囲に使用可能である。

[0077] 上述した実施形態及び変形例は、すべての点で例示であって制限的なもので

はないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0078] １００　：電力供給装置１１０　：第１インバータ１２０　：第２インバータ１３０　：電流センサ２００　：モータ３００　：制御回路３１０　：電源回路３２０　：角度センサ３３０　：入力回路３４０　：マイクロコントローラ３４１　：目標電流計算部３４２　：目標電流補正部３４３　：電流制御部３４４　：温度推定部３４５　：不平衡補償量計算部３５０　：駆動回路３６０　：ＲＯＭ１０００　：モータ駆動ユニット２０００　：パワーステアリング装置

請求の範囲

[請求項1] ３相モータの駆動を制御する駆動制御装置であって、

前記３相モータにおける相同士の電気的な不平衡を算出する不平衡算出部と、

与えられた目標に従って、前記３相モータの回転座標系の各軸方向における電流の制御値を算出する制御値算出部と、

前記制御値算出部で算出された制御値のうちｑ軸以外の軸方向における電流の制御値に補償値を加算して前記不平衡を減らす平衡補償部と、

を備える駆動制御装置。

[請求項2] 前記３相モータの各相における検出電流値から各相の温度を推定する温度推定部を備え、

前記不平衡算出部は、前記温度推定部で推定された温度に基づいて電流損失の不平衡を算出する請求項１に記載の駆動制御装置。

[請求項3] 前記３相モータが無結線モータであり、

前記平衡補償部は、ｄ軸とｚ軸との双方について補償値を加算する請求項１または２に記載の駆動制御装置。

[請求項4] 前記３相モータが、ロータの表面に磁石が配備されたＳＰＭモータである請求項３に記載の駆動制御装置。

[請求項5] 前記平衡補償部は、前記３相モータにおける各相のうちの任意の２相であるｂ相、ｃ相と、他の１相であるａ相とで不均衡が生じている場合に、ｄ軸方向における電流の補償値ΔＩｄおよびｚ軸方向における電流の補償値ΔＩｚを、下記関係式

[数1]

$$\Delta I_d = \sqrt{\frac{2}{3}}\left\{\Delta I_b\left(\frac{1}{\tan\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)-\cos\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)\right)+\Delta I_c\left(\frac{1}{\tan\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)-\cos\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)\right)\right\}$$

$$\Delta I_z = \sqrt{\frac{1}{3}}\left\{\Delta I_b\left(\frac{1}{\sin\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{2\pi}{3}\right)-1\right)+\Delta I_c\left(\frac{1}{\sin\theta}\cdot\sin\left(\theta-\tfrac{4\pi}{3}\right)-1\right)\right\}$$

によって算出する、請求項１から４のいずれか１項に記載の駆動制御装置。

[請求項6] 請求項１から５のいずれか１項に記載の駆動制御装置と、

前記駆動制御装置によって駆動が制御される３相モータと、

を備える駆動装置。

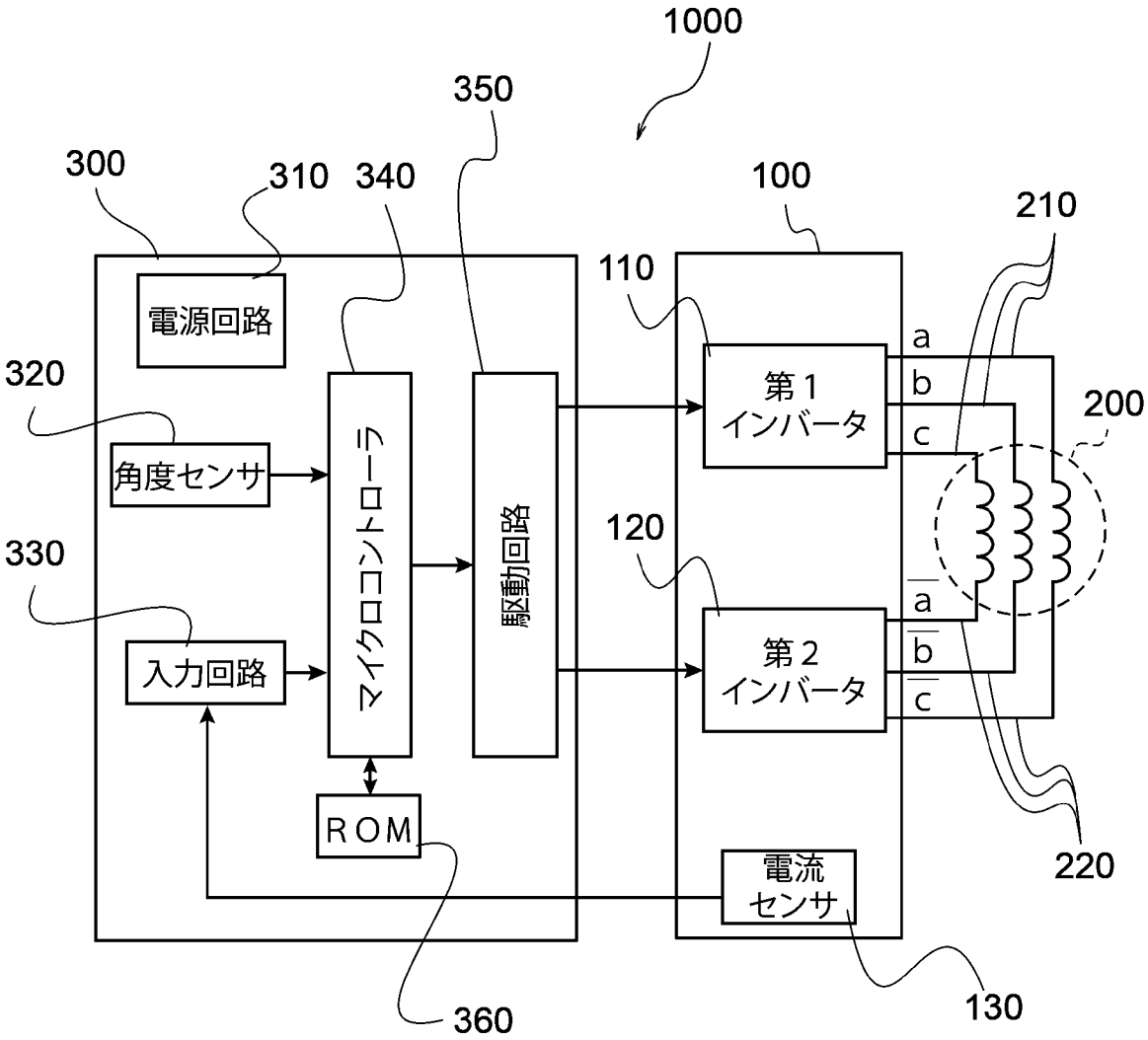
[請求項7] 請求項１から５のいずれか１項に記載の駆動制御装置と、

前記駆動制御装置によって駆動が制御される３相モータと、

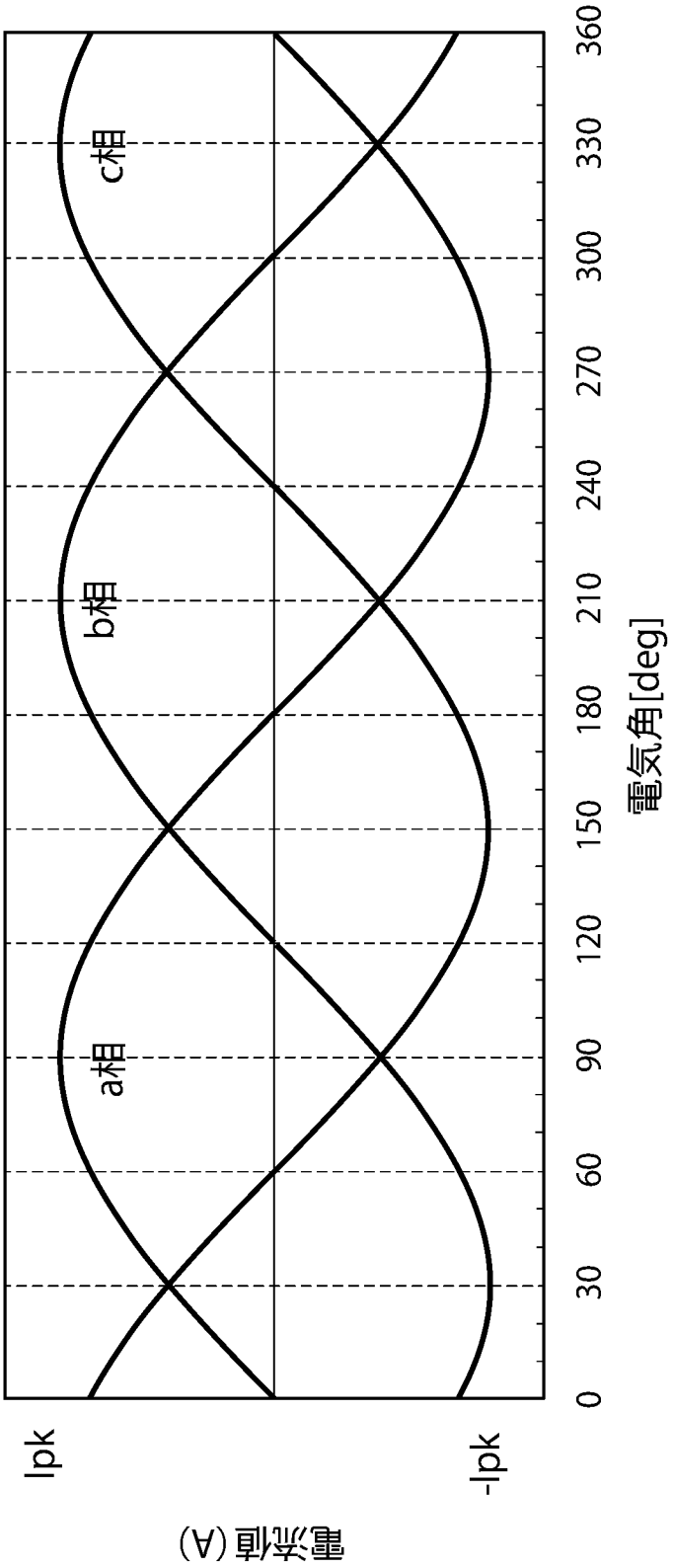
前記３相モータによって駆動されるパワーステアリング機構と、

を備えるパワーステアリング装置。

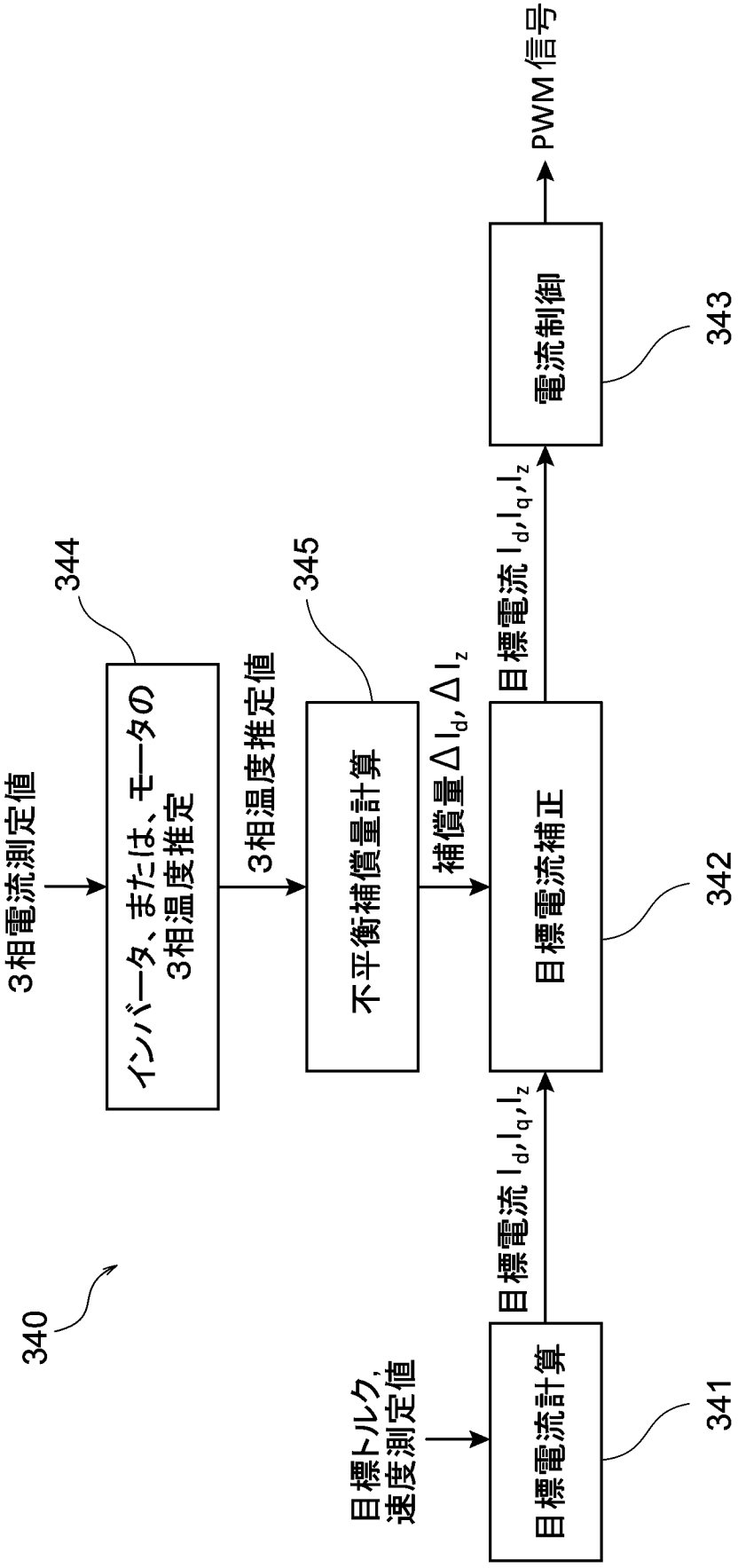
[図1]


1000
350
300
310
340
100
210
110
電源回路
320
角度センサ
マイクロコントローラ
駆動回路
第1
インバータ
a
b
c
200
120
330
入力回路
第2
インバータ
a
b
c
ROM
220
電流
センサ
360
130

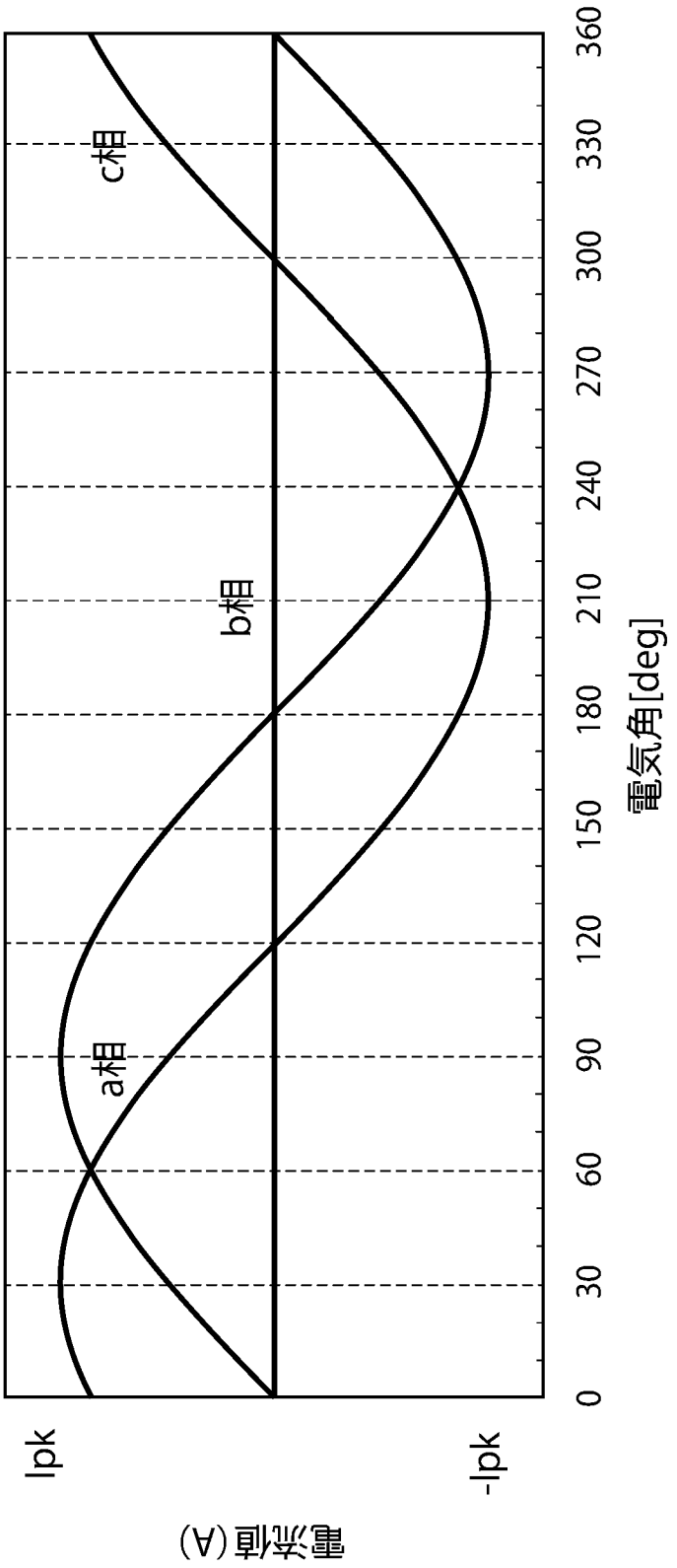
[図2]


電流値(A)
Ipk
-Ipk
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
電気角[deg]
a相
b相
c相

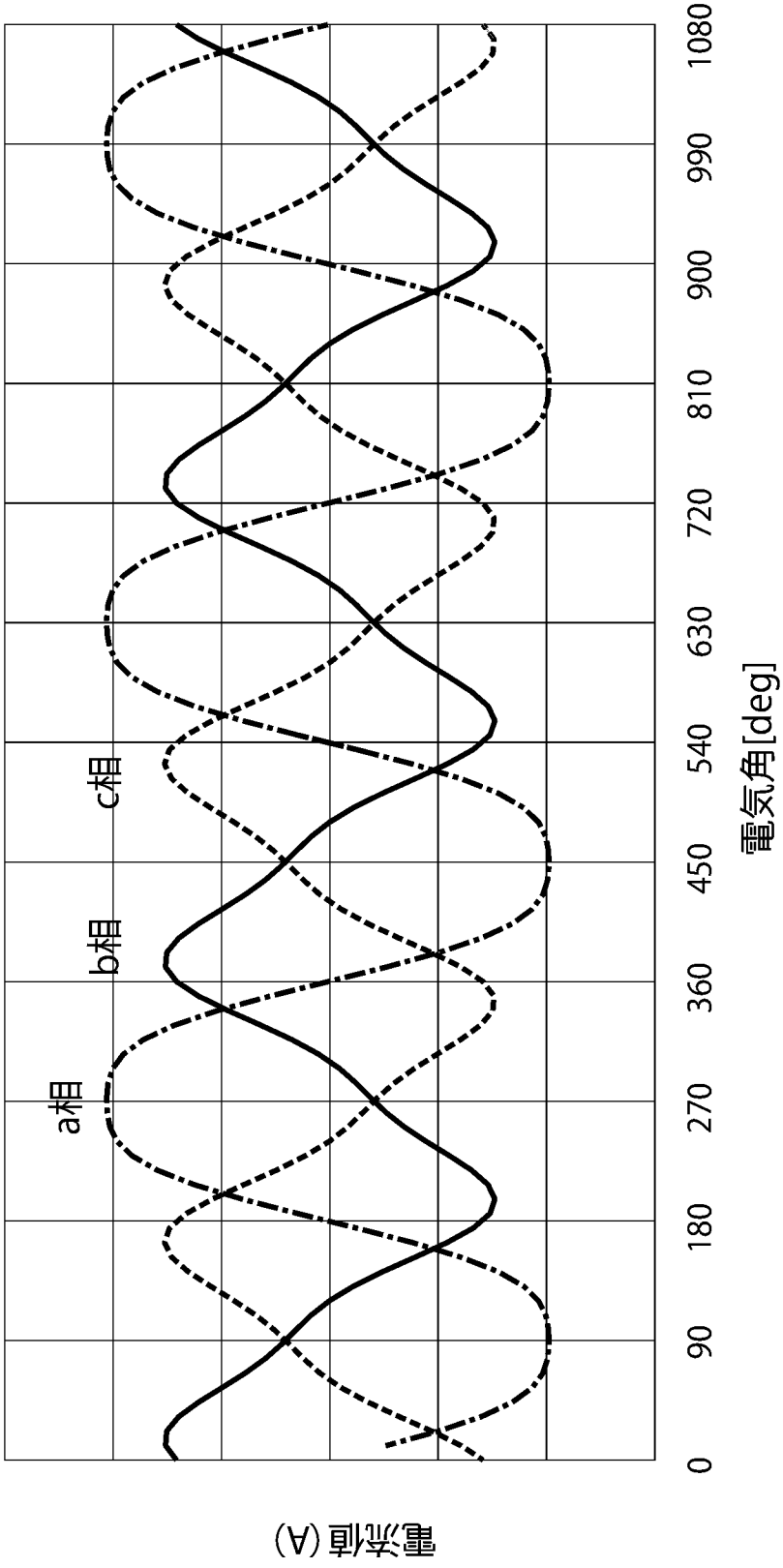
[図3]


340
目標トルク,
速度測定値
目標電流計算
341
目標電流 I_d,I_q,I_z
目標電流補正
342
補償量 ΔI_d, ΔI_z
不平衡補償量計算
345
3相温度推定値
インバータ、または、モータの
3相温度推定
344
3相電流測定値
目標電流 I_d,I_q,I_z
電流制御
343
PWM信号

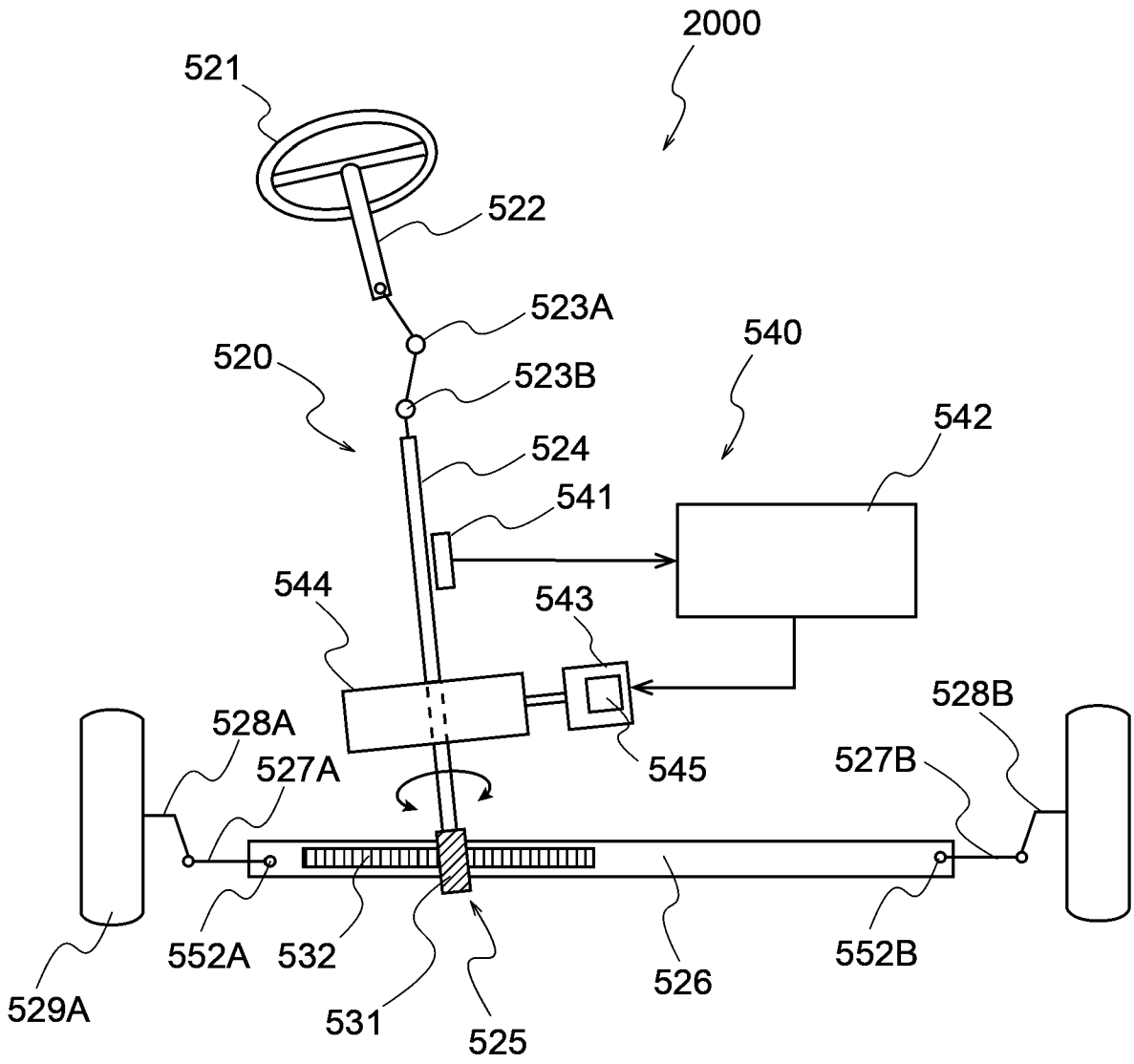
[図4]


Ipk
-Ipk
電流値(A)
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
電気角[deg]
a相
b相
c相

[図5]


電流値(A)
0
90
180
270
360
450
540
630
720
810
900
990
1080
電気角[deg]
a相
b相
c相

[図6]


2000
521
522
523A
520
523B
540
542
524
541
544
543
528A
528B
527A
527B
545
552A
532
531
525
526
552B
529A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/025031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H02P21/22(2016.01)i, B62D5/04(2006.01)i, H02P21/05(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H02P21/22, B62D5/04, H02P21/05

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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	WO 2017/009907 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 January 2017, paragraphs [0027], [0059]-[0063], fig. 2, 4 & EP 3322087 A1, paragraphs [0027], [0059]-[0063], fig. 2, 4	1 3-4, 6-7 2, 5
Y	JP 2004-32917 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 29 January 2004, paragraphs [0012], [0024]-[0026], fig. 1, 2 (Family: none)	3-4, 6-7

☒ 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 29.08.2019	Date of mailing of the international search report 10.09.2019
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/JP2019/025031

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 2011-66947 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 31 March 2011, paragraphs [0007], [0183]-[0188], fig. 1, 30 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０２５０３１

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, B62D5/04(2006.01)i, H02P21/05(2006.01)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, B62D5/04, H02P21/05

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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	WO 2017/009907 A1（三菱電機株式会社）	1
Y	2017.01.19, 段落[0027], [0059]-[0063], 図 2, 4	3-4, 6-7
A	& EP 3322087 A1, 段落[0027], [0059]-[0063], 図 2, 4	2, 5
Y	JP 2004-32917 A（日産自動車株式会社） 2004.01.29, 段落[0012], [0024]-[0026], 図 1-2 （ファミリーなし）	3-4, 6-7

☑　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	国際調査報告の発送日
２９．０８．２０１９	１０．０９．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　１１７５
大島　等志
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 2011-66947 A（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2011.03.31, 段落[0007], [0183]-[0188], 図 1, 30 （ファミリーなし）	7