

(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
2015年7月16日(16.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/105093 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/00 (2006.01) *H02P 27/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/050120
- (22) 国際出願日: 2015年1月6日(06.01.2015)
- (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 2014-003101 2014年1月10日(10.01.2014) JP
- (71) 出願人: ダイキン工業株式会社(DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5308323 大阪府大阪市北区中崎西二丁目4番12号 梅田センタービル Osaka (JP).
- (72) 発明者: 日比野 寛(HIBINO Hiroshi). 北野 伸起(KITANO Nobuki).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE, Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪府中央区城見1丁目4番70号 住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (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.
- (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), ユーロパ (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).

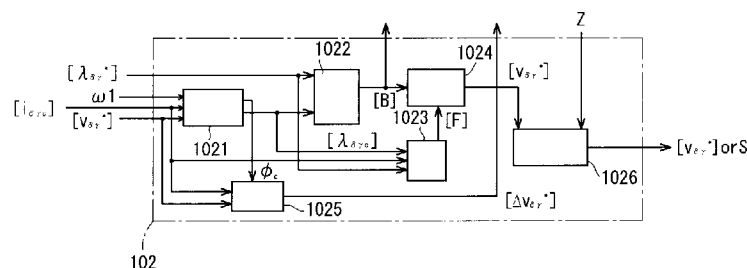
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称: 電動機の制御装置

【図3】



(57) Abstract: A control device for electric motors that sets the range for feedback amounts used during control of electric motors, and applies said range as a determination threshold value for determining the presence of errors (such as missteps) in electric motors. A feedback amount calculation unit (1022) calculates a feedback amount [B] by using the deviation between a current $[i_{\delta\gamma c}]$ and a command value therefor $[i_{\delta\gamma}^*]$ and the deviation between air-gap magnetic flux $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ and a command value $[\lambda^*]$ therefor. A voltage error calculation unit (1025) calculates the fluctuation range for voltage errors $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ between voltage values and voltage commands $[v_{\delta\gamma}^*]$, on the basis of a voltage equation model for the electric motor. A determination as to the existence of electric motor missteps is made by comparing the fluctuation range for voltage errors $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ and the feedback amount [B].

(57) 要約: 電動機の制御において採用されるフィードバック量の範囲を設定し、当該範囲を電動機の異常 (例えば脱調) の有無についての判定閾値として採用する。フィードバック量計算部 (1022) は、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ とその指令値 $[i_{\delta\gamma}^*]$ との間の偏差、若しくは、空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ とその指令値 $[\lambda^*]$ との間の偏差を用いてフィードバック量 [B] を計算する。電圧誤差計算部 (1025) は、電動機の電圧方程式に基づいた電圧値と電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ との電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の変動範囲を計算する。電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の変動範囲とフィードバック量 [B] とを比較することにより、電動機の脱調の有無が判定される。

WO 2015/105093 A1

明 細 書

発明の名称：電動機の制御装置

技術分野

[0001] この発明は電動機を制御する技術に関し、特に同期電動機に異常が発生したことを判定する技術に関する。

背景技術

[0002] 電動機の脱調を検知する技術は、従来から種々考案されている。かかる技術を例示する文献として、特許文献1～3を挙げる。

[0003] 特許文献1では、d軸電流の偏差とq軸指令電圧とから脱調を判別する技術が開示されている。

[0004] 特許文献2では、モデル電圧と電圧指令を比較して脱調を検知する技術が開示されている。

[0005] 特許文献3では、電流と回転数指令より求めた磁束が閾値以下であれば脱調である、と判定する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-051151号公報

特許文献2：特開2010-252503号公報

特許文献3：特開2008-92787号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述した従来の技術では、電動機及び電動機を駆動するパワーモジュール及び検出器の諸元のバラツキを考慮していない。従って脱調であるか否かを判定するための閾値は試験的に決定する必要がある。このような閾値の決定は開発工数を増大させるという問題があった。

[0008] そこで、本願では、諸元のバラツキを考慮して電動機の異常（例えば脱調）の有無について判定する技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] この発明にかかる電動機の制御装置は、同期電動機を制御する。当該制御装置は、電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）に基づいて前記電動機に電圧（ $[v_x^*]$ ）を印加する電動機駆動部（2, 104）と、前記電動機に流れる電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）の、前記電流についての指令値（ $[i_{\delta\gamma}^*]$ ）に対する偏差、若しくは、前記電動機における空隙磁束（ $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ ）の、前記空隙磁束についての指令値（ $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$ ）に対する偏差に基づくフィードバック量を決定するフィードバック量計算部（1022）と、前記フィードバック量に基づいて前記電圧指令を生成する電圧指令生成部（1024）と、前記電流と、前記電圧指令とに基づいて前記電圧指令の誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）を計算する電圧誤差計算部（1025）と、前記フィードバック量が前記誤差の変動する範囲を逸脱することを以て、前記電動機に異常が発生したと判定する判定部（109）とを備える。
- [0010] 例えば、前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）は、前記電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）と、前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）と、前記同期電動機（3）の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記電動機駆動部の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記電流または前記電圧を検出する検出器の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記同期電動機の回転角速度（ ω_1 ）のうちの少なくとも一つで決定される変動幅に基づいて設定される。
- [0011] 例えば前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_{iI} [I] [i_{\delta\gamma c}]$ ）が変動する範囲と、前記電流と位相が直交する誤差（ $e_{iJ} [J] [i_{\delta\gamma c}]$ ）が変動する範囲と、前記同期電動機（3）の界磁磁束（ $[\Lambda_0]$ ）と位相が直交する誤差（ $e_{\Lambda} [\sin \phi_c \cos \phi_c]^t$ ）が変動する範囲と、前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_v [v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲のうち少なくとも一つで設定される。
- [0012] 例えば前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲が、前記変動幅の上限および下限、前記電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）と前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）との組み合わせ

せにおける最大値または/および最小値より設定される。

[0013] 例えば前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、更に前記電圧方程式の一部の項にも基づいて設定される。そして当該制御装置は、前記電圧方程式から前記一部の項を除いた項に基づくフィードフォワード量（ $[F]$ ）を決定するフィードフォワード量計算部（1023）を更に備える。前記電圧指令生成部（1024）は、更に、前記フィードフォワード量にも基づいて前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）を生成する。

[0014] 例えば当該制御装置は、前記電圧方程式に基づくフィードフォワード量（ $[F]$ ）を決定するフィードフォワード量計算部（1023）を更に備える。前記電圧指令生成部（1024）は、更に、前記フィードフォワード量（ $[F]$ ）にも基づいて前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）を生成する。

発明の効果

[0015] この発明にかかる電動機の制御装置によれば、フィードバック量が所定の範囲を逸脱することを以て、電動機に異常が発生したと判定することができる。

[0016] この発明の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]同期電動機における空隙磁束と界磁磁束との関係を示すベクトル図。
[図2]第1の実施の形態にかかる電動機制御装置の構成及びその周辺装置を示すブロック図。
[図3]第1の実施の形態における電圧指令計算部の構成を示すブロック図。
[図4]第2の実施の形態における電圧指令計算部の構成を示すブロック図。
[図5]第3の実施の形態における電圧指令計算部の構成を示すブロック図。

発明を実施するための形態

[0018] この発明の基本的思想、

実施の形態の詳細な説明に入る前に、この発明の基本的思想について説明する。もちろん、この基本的思想も本発明に含まれる。

- [0019] 図1は同期電動機（以下、単に「電動機」と称す。なお同期電動機の特種なものとして、スイッチトリラクタンスモータのように界磁を有しないものもある。しかしここでは同期電動機とは界磁を有しているものを指す。）における空隙磁束 $[\lambda]$ （記号 $[\]$ は特に断らない限りベクトル量を表す：以下同様）と、電動機における界磁磁束 $[\Lambda_0]$ との関係を示すベクトル図である。界磁磁束 $[\Lambda_0]$ は例えば電動機が永久磁石を有している場合には当該永久磁石によって発生するし、電動機が界磁巻線を有している場合には当該界磁巻線に電流が流れることによって発生する。
- [0020] 電動機の回転と同期する回転座標系として $d-q$ 回転座標系を導入する。ここでは d 軸を界磁磁束 $[\Lambda_0]$ と同相に設定し、 q 軸は d 軸に対して、電動機の制御によって回転させたい方向（以下、単に「回転方向」と称す）に向かって位相が 90 度進む。
- [0021] また回転座標系として $\delta-\gamma$ 回転座標系と $\delta c-\gamma c$ 回転座標系とを導入する。 δ 軸は d 軸に対して、 γ 軸は q 軸に対して、それぞれ電動機の回転方向に向かって位相角 ϕ で位相が進む。 δc 軸は d 軸に対して、 γc 軸は q 軸に対して、それぞれ電動機の回転方向に向かって位相角 ϕ_c で位相が進む。以下、説明の便宜上、 δ 軸の d 軸に対する位相角 ϕ を実位相角 ϕ と称し、 δc 軸の q 軸に対する位相角 ϕ_c を推定位相角 ϕ_c と称する。
- [0022] 例えば、「一次磁束制御」として知られている電動機の制御方法では、空隙磁束 $[\lambda]$ と同相に δ 軸を設定する。
- [0023] さて、空隙磁束 $[\lambda]$ は周知のように、電動機（より詳細には電動機が備える電機子が有する電機子巻線）に供給される電圧及び電流と、電動機の機器定数（例えばインダクタンス、電機子巻線の抵抗成分、界磁磁束）と、電動機の回転速度とで決定される。よって空隙磁束 $[\lambda]$ の推定値 $[\lambda^*]$ は、上記の電圧及び電流、機器定数、回転速度の実測値（あるいは指令値、推定値）から得られる。よって電動機を制御する制御装置は、推定値 $[\lambda^*]$ が空隙磁束 $[\lambda]$ の指令値 $[\lambda^*]$ と等しくなるように制御を行う。上述の「一次磁束制御」では、指令値 $[\lambda^*]$ の γ 軸成分は 0 である。

[0024] かかる制御において $\delta_c - \gamma_c$ 回転座標系を採用すると、推定位相角 ϕ_c が実位相角 ϕ と一致することで、電動機の回転を適切に制御することができる。機器定数、回転速度、電動機に与えられる電圧及び電流が完全に把握されていれば、これらに基づいて得られる推定値 $[\lambda^*]$ を指令値 $[\lambda^*]$ と等しくなるように制御することにより、空隙磁束 $[\lambda]$ が指令値 $[\lambda^*]$ と一致するからである。

[0025] しかしながら、負荷の変動、外乱等により、推定位相角 ϕ_c が実位相角 ϕ と相違することがある。かかる相違は、通常はフィードバック制御によって修正される。フィードバック制御に用いられる帰還量（ここでは単に「フィードバック量」と称す）は理想的には零であり、実際上は小さい範囲に収まる。しかしながらフィードバック制御によっても推定位相角 ϕ_c と実位相角 ϕ との相違が解消されない場合、フィードバック量は増大することになる。

[0026] 本発明はこの点に着目し、フィードバック量が所定の範囲を逸脱することを以て、電動機に異常が発生したと判定することを特徴とする。

[0027] 第1の実施の形態。

図2は上記の考え方に基づいて、本実施の形態にかかる電動機制御装置1の構成及びその周辺装置を示すブロック図である。

[0028] 電動機3は三相の電動機であり、不図示の電機子と、界磁たる回転子を備える。技術的な常識として、電機子は電機子巻線を有し、回転子は電機子と相対的に回転する。界磁は例えば界磁磁束を発生させる磁石を備える場合について説明される。

[0029] 電圧供給源2は例えば電圧制御型インバータ及びその制御部を備え、三相の電圧指令 $[v_x^*] = [v_u^* \ v_v^* \ v_w^*]^t$ （括弧の後の上付の“t”は行列の転置を示す。以下同様）に基づいて、三相電圧 v_u, v_v, v_w を電動機3に印加する。これにより、電動機3には三相電流 $[i_x] = [i_u \ i_v \ i_w]^t$ が流れる。但し、電圧指令 $[v^*]$ や三相電流 $[i_x]$ が有する成分は、例えばU相成分、V相成分、W相成分の順に記載されている。

[0030] 電動機制御装置1は、電動機3に対し、空隙磁束 $[\lambda]$ 及び回転速度（以

下の例では回転角速度)を制御する装置である。空隙磁束 $[\lambda]$ は一次磁束とも称され、界磁磁束と、電機子に流れる電機子電流(これは三相電流 $[i_x]$ でもある)によって発生する電機子反作用の磁束との合成である。

[0031] 電動機制御装置1は、座標変換部101、104と、電圧指令計算部102と、減算器105と、積分器106と、ハイパスフィルタ107と、定数倍部108と、判定部109とを備えている。

[0032] 座標変換部101は、三相電流 $[i_x]$ を、 $\delta c - \gamma c$ 回転座標系における電流 $[i_{\delta\gamma c}] = [i_{\delta c} \ i_{\gamma c}]^t$ に変換する。三相電流 $[i_x]$ は公知の技術、例えば検出器(不図示)を用いて測定することができる。

[0033] 座標変換部104は、 $\delta c - \gamma c$ 回転座標系における電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を電圧指令 $[v_x^*]$ に変換する。これらの変換には電動機3についての固定座標系(例えばUVW固定座標系)に対する $\delta c - \gamma c$ 回転座標系の回転角 θ が用いられる。これらの変換は周知の技術で実現されるので、ここではその詳細を省略する。

[0034] なお、電圧指令 $[v_x^*]$ や三相電流 $[i_x]$ は、三相のUVW固定座標系の他、いわゆる $\alpha\beta$ 固定座標系(例えば α 軸はU相と同相に設定される)や他の回転座標系で表されていてもよい。座標変換部101、104はこれらの座標系に対応した変換を行う。電圧指令 $[v^*]$ について採用される座標系は、電圧供給源2がどのような座標系に基づいて動作するかによって決定される。電圧供給源2と座標変換部104とは纏めて、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ に基づいて電動機3に電圧 $[v_x^*]$ を印加する電動機駆動部と把握することができる。

[0035] 積分器106は回転角速度 ω_1 に基づいて回転角 θ を計算する。回転角速度 ω_1 は、減算器105の出力として得られる。例えば一次磁束制御を行っていれば、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ の γc 軸成分 $i_{\gamma c}$ をハイパスフィルタ107で直流分を除去し、さらに定数倍部108で所定ゲイン K_m 倍した値が、減算器105によって回転角速度の指令値 ω^* から差し引かれて、回転角速度 ω_1 が得られる。空隙磁束 $[\lambda]$ が適切に制御されれば、上述のように $\phi_c = \phi$ となり、よ

って $\omega_1 = \omega^*$ となる。

[0036] 電圧指令計算部 102 は電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ の他、フィードバック量 $[B]$ 及び「基本的思想」で述べた所定の範囲の元となる電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ を出力する。判定部 109 はフィードバック量 $[B]$ と電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ に由来する閾値とを比較し、電動機に異常が、例えば脱調が発生しているか否かを示す判定信号 Z を出力する。

[0037] 図 3 は電圧指令計算部 102 の構成を示すブロック図である。電圧指令計算部 102 は、磁束計算部 1021、フィードバック量計算部 1022、フィードフォワード量計算部 1023、電圧指令生成部 1024、電圧誤差計算部 1025、電圧指令出力制限部 1026 を備える。

[0038] 磁束計算部 1021 は電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 、回転角速度 ω_1 、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を入力し、推定位相角 ϕ 及び空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ を出力する。空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ は上述の推定値 $[\lambda^{\wedge}]$ を採用することができる。具体的には、推定位相角 ϕ 及び空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ は以下のようにして求められる。

[0039] 一般に、電動機 3 の電機子巻線のインダクタンスの d 軸成分 L_d 及び q 軸成分 L_q 、電動機 3 に流れる電流の δ 軸成分 i_δ 及び γ 軸成分 i_γ 、電動機 3 に印加される電圧の δ 軸成分 v_δ 及び γ 軸成分 v_γ 、実位相角 ϕ 、界磁磁束の絶対値 Λ_0 、電動機 3 の電機子巻線の抵抗成分 R 、回転角速度 ω_1 、微分演算子 p を導入すると、 $\delta - \gamma$ 回転座標系において次式の電圧方程式 (1) が成立する。但し、 $[I]$ 、 $[J]$ 、 $[C]$ 及びそれらの要素を囲む記号 $[\]$ は行列を示す。

[0040] [数1]

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} v_\delta \\ v_\gamma \end{bmatrix} &= R \begin{bmatrix} i_\delta \\ i_\gamma \end{bmatrix} + (p[I] + \omega_1[J]) \begin{bmatrix} \lambda_\delta \\ \lambda_\gamma \end{bmatrix} \\ [I] &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad [J] = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \lambda_\delta \\ \lambda_\gamma \end{bmatrix} = (L_0[I] + L_1[C]) \begin{bmatrix} i_\delta \\ i_\gamma \end{bmatrix} + \Lambda_0 \begin{bmatrix} \cos \phi \\ -\sin \phi \end{bmatrix} \\ L_0 &= \frac{L_d + L_q}{2}, \quad L_1 = \frac{L_d - L_q}{2}, \quad [C] = \begin{bmatrix} \cos(2\phi) & -\sin(2\phi) \\ -\sin(2\phi) & -\cos(2\phi) \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

[0041] よってこれと同様にして、電機子巻線のインダクタンスのd軸成分の設定値 L_{dc} 及びq軸成分の設定値 L_{qc} 、電動機3に流れる電流の δc 軸成分 $i_{\delta c}$ 及び γc 軸成分 $i_{\gamma c}$ 、電動機3に印加される電圧の δc 軸成分 $v_{\delta c}$ 及び γc 軸成分 $v_{\gamma c}$ 、推定位相角 ϕ_c 、界磁磁束の絶対値の設定値 Λ_{0c} 、電動機3の電機子巻線の抵抗成分の設定値 R_c 、回転角速度 ω_1 を導入し $\delta c - \gamma c$ 回転座標系において次式の電圧方程式(2)が成立する。

[0042] [数2]

$$\begin{bmatrix} \lambda_{\delta c} \\ \lambda_{\gamma c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{\delta c} \\ \lambda_{\gamma c} \end{bmatrix} = \left(L_{0c} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + L_{1c} \begin{bmatrix} \cos(2\phi_c) & -\sin(2\phi_c) \\ -\sin(2\phi_c) & -\cos(2\phi_c) \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} i_{\delta c} \\ i_{\gamma c} \end{bmatrix} + \Lambda_{0c} \begin{bmatrix} \cos\phi_c \\ -\sin\phi_c \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

$$L_{0c} = \frac{L_{dc} + L_{qc}}{2}, \quad L_{1c} = \frac{L_{dc} - L_{qc}}{2}$$

$$\phi_c = \tan^{-1} \frac{v_{\delta c} - R_c i_{\delta c} + \omega_1 L_{qc} i_{\gamma c}}{v_{\gamma c} - R_c i_{\gamma c} + \omega_1 L_{qc} i_{\delta c}}$$

[0043] 但し、電圧の δc 軸成分 $v_{\delta c}$ 及び γc 軸成分 $v_{\gamma c}$ は実測されないので、磁束計算部1021はこれらに代えて電圧指令 $[v_{\delta \gamma}^*] = [v_{\delta}^* \quad v_{\gamma}^*]^t$ を採用して、推定位相角 ϕ_c と空隙磁束 $[\lambda_{\delta \gamma c}]$ とを求める。設定値 L_{dc} 、 L_{qc} 、 R_c 、 Λ_{0c} は磁束計算部1021内に予め格納しておくことができる。

[0044] さて、定常状態においては微分演算子 p による演算結果は0となることから、定常状態における電圧方程式は式(1)から下式(3)として導かれる。

[0045] [数3]

$$\begin{bmatrix} v_{\delta} \\ v_{\gamma} \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_{\delta} \\ i_{\gamma} \end{bmatrix} + \omega_1 \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{\delta} \\ \lambda_{\gamma} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0046] 設定値 L_{dc} 、 L_{qc} 、 R_c 、 Λ_{0c} と、その実際の値 L_d 、 L_q 、 R 、 Λ_0 との相違による誤差を電圧指令において修正するため、指令値 $[\lambda^*]$ と $\delta c - \gamma c$ 回転座標系における空隙磁束 $[\lambda_{\delta \gamma c}]$ との偏差を用いて、電圧指令 $[v_{\delta \gamma}^*]$ は次式(4)のフィードフォワード量 $[F]$ とフィードバック量 $[B]$ と

の和で決定される。但しフィードバックゲイン G_λ ($\neq 0$) と、指令値 $[\lambda^*]$ の δ 軸成分 λ_{δ^*} 及び γ 軸成分 λ_{γ^*} とを導入した。

[0047] [数4]

$$\begin{bmatrix} v_{\delta}^* \\ v_{\gamma}^* \end{bmatrix} = [F] + [B], [F] = R_c \begin{bmatrix} i_{\delta c} \\ i_{\gamma c} \end{bmatrix} + \omega_1 \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{\delta c} \\ \lambda_{\gamma c} \end{bmatrix}, [B] = G_\lambda \left(\begin{bmatrix} \lambda_{\delta}^* \\ \lambda_{\gamma}^* \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda_{\delta c} \\ \lambda_{\gamma c} \end{bmatrix} \right) \quad \dots (4)$$

[0048] 電圧指令生成部 1024 はフィードフォワード量 $[F]$ とフィードバック量 $[B]$ とを加算し、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を求める。

[0049] フィードフォワード量 $[F]$ を生成するため、フィードフォワード量計算部 1023 は空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ 及び電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ を入力し、式 (4) に従ってフィードフォワード量 $[F]$ を求める。即ち、フィードフォワード量 $[F]$ は、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 、抵抗成分の設定値 R_c 、回転角速度 ω_1 及び空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ を用いて定常状態における電圧方程式によって求められる。

[0050] フィードバック量 $[B]$ を生成するため、フィードバック量計算部 1022 は空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ 及びその指令値 $[\lambda^*]$ を入力し、式 (4) に従ってフィードバック量 $[B]$ を計算する。具体的には指令値 $[\lambda^*]$ と空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ との偏差にフィードバックゲイン G_λ を乗じる。フィードバックゲイン G_λ はフィードバック量計算部 1022 において格納しておくことができる。

[0051] 式 (4) においてはフィードバックゲイン G_λ はスカラー量として示したが、空隙磁束の偏差に対して作用する 2 行 2 列の非零行列であってもよい。

[0052] 理想的には、フィードバック量 $[B]$ が 0 となれば、 δ 軸成分 λ_{δ^*} と δc 軸成分 $\lambda_{\delta c}$ が、 γ 軸成分 λ_{γ^*} と γc 軸成分 $\lambda_{\gamma c}$ が、それぞれ一致していることになり、式 (3) で示される定常状態が、 $\delta c - \gamma c$ 回転座標系における制御で実現できていることになる。

[0053] さて、このようなフィードバック量 $[B]$ を用いたフィードバック制御が適切に行われていれば、実位相角 ϕ と推定位相角 ϕ_c との乖離が小さく、よって回転角速度 ω_1 とその指令値 ω^* との乖離はないと近似することができる。

この場合、電圧指令の誤差たる電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ という概念を新たに導入し、空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ の時間的変動をも考慮して、次式 (5) が成立する。

[0054] [数5]

$$\left. \begin{aligned} [v_{\delta\gamma}^*] &= R_c [i_{\delta\gamma c}] + (p[I] + \omega_1[J]) [\lambda_{\delta\gamma c}] - [\Delta v_{\delta\gamma}^*] \\ [\Delta v_{\delta\gamma}^*] &\approx (e_{i1}[I] + e_{iJ}[J]) [i_{\delta\gamma c}] + e_{\Lambda} \begin{bmatrix} \sin \phi_c \\ \cos \phi_c \end{bmatrix} + e_v [v_{\delta\gamma}^*] \end{aligned} \right) \dots (5)$$

[0055] つまり電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を、電動機3についての電圧方程式から得られる電圧値 $(R_c [i_{\delta\gamma c}] + (p[I] + \omega_1[J]) [\lambda_{\delta\gamma c}])$ から差し引いた値として定義される。電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は式 (5) の第2式で近似できる。

[0056] 但し係数 e_{i1} , e_{iJ} , e_{Λ} , e_v は、電動機3、電圧供給源2、及び電流 $[i_x]$ (あるいは電圧供給源2に入力する電圧) の検出器 (不図示) のそれぞれの諸元のバラツキ、並びに回転角速度 ω_1 により、電動機3の製造公差、動作温度の保証範囲で決定される変動幅の範囲内で変動する。よって電圧指令の誤差たる電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲は電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 、推定位相角 ϕ_c 、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ の他、係数 e_{i1} , e_{iJ} , e_{Λ} , e_v の変動幅にも依存する。

[0057] つまり、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ と、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ と、電動機3及び電圧供給源2の製造公差及び動作温度の保証範囲と、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ または電圧 $[v_x]$ を検出する検出器の製造公差及び動作温度の保証範囲と、回転角速度 ω_1 のうち少なくとも一つで決定される変動幅に基づいて設定される。

[0058] より詳細には、当該変動幅は、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ と位相が平行する (同相あるいは逆相となる) 誤差 $e_{i1}[I] [i_{\delta\gamma c}]$ が変動する範囲と、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ と位相が直交する誤差 $e_{iJ}[J] [i_{\delta\gamma c}]$ が変動する範囲と、界磁磁束 $[\Lambda_0]$ と位相が直交する誤差 $e_{\Lambda} [\sin \phi_c \cos \phi_c]^t$ が変動する範囲と、電

圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ と位相が平行する誤差 $e_v[v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲のうち少なくとも一つで設定される。

[0059] ここで電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は、フィードバック量 $[B]$ に相当する（より具体的には $[\Delta v_{\delta\gamma}^*] = -[B]$ となる）。上述のように、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は、実位相角 ϕ と推定位相角 ϕ_c との乖離が小さくなるようにフィードバック制御されていることが前提である。そして電動機 3 の動作が脱調した場合、この前提は成立しない。従って、そのような場合にはフィードバック量 $[B]$ は電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲を超えることとなる。換言すれば、フィードバック制御を行っているときにフィードバック量 $[B]$ が電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲を超えることを以て、電動機 3 の動作が脱調したと判断することができる。

[0060] つまり電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲は、脱調の有無を判断する際の、フィードバック量 $[B]$ についての閾値となる。電圧誤差計算部 1025 は式 (5) の第 2 式の右辺に従って電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲を計算すべく、推定位相角 ϕ_c 、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 、及び電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を入力する。

[0061] 例えば係数 e_{i1} , e_{iJ} , e_{Λ} , e_v の変動幅の上限及び下限と、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 、推定位相角 ϕ_c 、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を用いて、式 (5) の第 2 式の右辺の各項の最大値及び最小値を求める。各項の最大値又は最小値の組合せを採用したときの電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ を閾値としてフィードバック量 $[B]$ と比較する。係数 e_{i1} , e_{iJ} , e_{Λ} , e_v は電圧誤差計算部 1025 で計算してもよい。その場合には、電圧誤差計算部 1025 には回転角速度 ω_1 も入力する。

[0062] このことは、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲が、当該変動幅の上限および下限、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ と前記電圧指令との組み合わせにおける電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の最大値または/および最小値より設定される、と把握することができる。

[0063] 簡単には、フィードバック量 $[B]$ の絶対値の閾値として、下式 (6) の

右辺に示す電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が採りうる絶対値の最大を採用してもよい。

[0064] [数6]

$$|[\Delta v_{\delta\gamma}^*]| \approx \left| (e_{iI}[I] + e_{iJ}[J])[i_{\delta\gamma c}] + e_{\Lambda} \begin{bmatrix} \sin \phi_c \\ \cos \phi_c \end{bmatrix} + e_v[v_{\delta\gamma}^*] \right| \dots (6)$$

[0065] あるいは下式(7)が成立するので、式(7)の最右辺を閾値として採用してもよい。これは演算量を低減する観点で望ましい。また最右辺には推定位相角 ϕ_c を含まないため、磁束計算部10にて推定位相角 ϕ_c を出力しない制御系にも適用できる。

[0066] [数7]

$$\begin{aligned} |[\Delta v_{\delta\gamma}^*]| &\approx \left| (e_{iI}[I] + e_{iJ}[J])[i_{\delta\gamma c}] + e_{\Lambda} \begin{bmatrix} \sin \phi_c \\ \cos \phi_c \end{bmatrix} + e_v[v_{\delta\gamma}^*] \right| \\ &\leq |e_{iI}[I] + e_{iJ}[J]| |i_{\delta\gamma c}| + |e_{\Lambda}| + |e_v| |v_{\delta\gamma}^*| \dots (7) \end{aligned}$$

[0067] なお、定速運転中では、回転角速度 ω_1 は一定なので、 $|e_{iI}[I] + e_{iJ}[J]|$ 、 $|e_{\Lambda}|$ 、 $|e_v|$ は変化しない一定値となる。

[0068] あるいはフィードバック量 $[B]$ と電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ との比較を、 δc 軸成分、 γc 軸成分毎に行ってもよい。あるいはそれらの一方のみにおいて比較を行ってもよい。これは演算量を低減する観点で望ましい。例えば式(8)は、 γc 軸成分においてフィードバック量 $[B]$ と比較される電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の γc 軸成分 Δv_{γ}^* の絶対値の最大を求める。よって式(8)の最右辺をフィードバック量 $[B]$ と比較してもよい。

[0069] [数8]

$$\begin{aligned} \Delta v_{\gamma}^* &\approx e_{iI} i_{\gamma c} + e_{iJ} i_{\delta c} + e_{\Lambda} \cos \phi_c + e_v v_{\gamma}^* \dots (8) \\ &\leq |e_{iI}| |i_{\gamma c}| + |e_{iJ}| |i_{\delta c}| + |e_{\Lambda}| + |e_v| |v_{\gamma}^*| \end{aligned}$$

[0070] 判定部109は、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ を入力し、上述のような閾値あるいは電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ とフィードバック量 $[B]$ との比較を行って、判定信

号Zを出力する。上述の閾値は例えば判定部109で生成するが、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ から閾値を求めるブロックを電圧指令計算部102において別途に設けてもよい。

[0071] 電圧指令出力制限部1026は判定信号Zと電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ とを入力する。判定信号Zが脱調を示すとき以外は、電圧指令出力制限部1026は電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を出力する。判定信号Zが脱調を示すときには、電圧指令出力制限部1026は電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ に代えて停止指令Sを出力し、電圧供給源2の動作を停止する。これにより脱調の状態のままで電動機3を駆動することが回避できる。

[0072] 本実施の形態において、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ や電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ などに基づいて閾値を設定することにより、運転状態に応じた適切な閾値が設定される。これは、脱調を検出する精度を高め、かつ誤って脱調と検出することを低減する観点で望ましい。

[0073] また、製造公差および動作範囲の保障範囲で決定される変動幅に基づいて閾値を設定することにより、閾値を試験的に決定する必要性は低い。これは、閾値を試験的に決定する方法に比べて開発工数を大幅に減らすことができる観点で望ましい。

[0074] 第2の実施の形態.

第2の実施の形態ではフィードバック量 $[B]$ を電流の偏差から求める技術を示す。具体的には式(9)に従ってフィードバック量 $[B]$ を求める。但しフィードバックゲイン G_i ($\neq 0$) 及び電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ の指令値 $[i_{\delta\gamma}^*] = [i_{\delta}^* \ i_{\gamma}^*]^t$ を導入した。第1の実施の形態と同様、フィードバックゲイン G_i は電流の偏差に対して作用する2行2列の非零行列であってもよい。

[0075] [数9]

$$[B] = G_i \left(\begin{bmatrix} i_{\delta}^* \\ i_{\gamma}^* \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} i_{\delta c} \\ i_{\gamma c} \end{bmatrix} \right) \quad \dots (9)$$

[0076] このようにしてフィードバック量 $[B]$ を求める場合、フィードバック量計算部 1022 には空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ 及びその指令値 $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$ を入力する代わりに、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 及びその指令値 $[i_{\delta\gamma}^*]$ を入力する。

[0077] よって本実施の形態にかかる電動機制御装置 1 の構成は、第 1 の実施の形態にかかる電動機制御装置 1 の構成に対し、電圧指令計算部 102 には空隙磁束の指令値 $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$ ではなく電流の指令値 $[i_{\delta\gamma}^*]$ を入力する点で異なる。

[0078] 図 4 は本実施の形態における電圧指令計算部 102 の構成を示すブロック図である。

[0079] 本実施の形態においても、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は第 1 の実施の形態と同様にして決定することができる。そして第 1 の実施の形態と同様に処理を行って、脱調の有無を判定することができる。

[0080] 第 1 の実施の形態及び本実施の形態から、フィードバック量 $[B]$ は、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 若しくは空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ の一方と、当該一方についての指令値 ($[i_{\delta\gamma}^*]$, $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$) との間の偏差に基づいて決定される、と把握することができる。

[0081] 第 3 の実施の形態.

本実施の形態ではフィードフォワード制御を用いずに、フィードバック制御のみを行う場合について示す。この場合、次式 (10) で示されるように、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ はフィードバック量 $[B]$ と等しくなる。

[0082] [数10]

$$\begin{bmatrix} v_{\delta}^* \\ v_{\gamma}^* \end{bmatrix} = [B] = G_{\lambda} \left(\begin{bmatrix} \lambda_{\delta}^* \\ \lambda_{\gamma}^* \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda_{\delta c} \\ \lambda_{\gamma c} \end{bmatrix} \right) \quad \dots (10)$$

[0083] 図 5 は本実施の形態における電圧指令計算部 102 の構成を示すブロック図である。第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態で示された電圧指令生成部 1024 は不要となり、フィードバック量計算部 1022 から電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ としてフィードバック量 $[B]$ が出力される。

[0084] 他方、フィードフォワード量計算部 1023 は第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態で示されたようにしてフィードフォワード量 $[F]$ を計算する。そして第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態で採用された電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は、そこからフィードフォワード量 $[F]$ を減じることによって補正される。本実施の形態では記号 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ を、フィードフォワード量 $[F]$ を減じることによって補正された電圧誤差に対して用いている。

[0085] つまり本実施の形態において電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は次式 (11) で求められる。

[0086] [数11]

$$[\Delta v_{\delta\gamma}^*] \approx ((e_{i1} - R_c) [I] + e_{iJ} [J]) [i_{\delta\gamma c}] - \omega_l [J] [\lambda_{\delta\gamma c}] + e_\Lambda \begin{bmatrix} \sin \phi_c \\ \cos \phi_c \end{bmatrix} + e_v [v_{\delta\gamma}^*] \dots (11)$$

[0087] 電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ としてフィードバック量 $[B]$ 自体を用いるとき、式 (11) で決定される電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ を用いることにより、第 1 の実施の形態と同様に脱調の有無が判定できる。これは式 (4), (5) から自明である。

[0088] 以上のことから、本実施の形態でも、第 1 の実施の形態と同様に処理を行って、脱調の有無を判定することができる。

[0089] もちろん、本実施の形態においても第 2 の実施の形態と類似して、フィードバック量 $[B]$ として電流の偏差とフィードバックゲイン G_i との積を用いてもよい。その場合、式 (9) で求められるフィードバック量 $[B]$ が電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ として採用される。よって第 2 の実施の形態と同様に、フィードバック量計算部 1022 には空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ 及びその指令値 $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$ を入力する代わりに、電流 $[i_{\delta\gamma c}]$ 及びその指令値 $[i_{\delta\gamma}^*]$ を入力する。

[0090] このように、電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ を求めるのに、フィードバック量 $[B]$ のみとするか、フィードフォワード量 $[F]$ をも含めるかによって、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が何に基づくが相違する。電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$ がフィードフォワード量 $[F]$ に基づかない場合は本実施の形態のように、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ はフィードフォワード量 $[F]$ にも基づいて設定される。電圧指令 $[v_{\delta\gamma}^*]$

〕がフィードフォワード量 $[F]$ に基づく場合には第 1 及び第 2 の実施の形態のように、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ は空隙磁束 $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ には基づかない（式（5）第 2 式参照）。

[0091] フィードフォワード量 $[F]$ を、電圧方程式の一部の項を除いた項に基づいて設定しても良い。この場合、当該一部の項にも基づいて、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ が変動する範囲を設定する。

[0092] 変形 1.

上記係数 e_{i1} , e_{i2} , e_{Δ} , e_v は、電動機 3 の機器定数のバラツキの他、回路上のバラツキの影響を受けることもあり得る。例えば係数 e_{i1} , e_{i2} は電流 $[i_x]$ を検出する検出器（不図示）のバラツキの影響を受け、係数 e_v は電圧供給源 2 が有する電圧制御型インバータ（不図示）に入力される電圧もしくは出力する電圧 $[v_x]$ を検出する検出器（不図示）のバラツキの影響を受ける。しかしながら、これらの回路上のバラツキは、電動機 3 の機器定数のバラツキと比較して電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ に与える影響は小さい。よって回路上のバラツキは無視しても、脱調を判定することは實際上、可能である。

[0093] 検出器以外のバラツキについても、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ に与える影響は小さい場合には、これを無視しても脱調を判定することは實際上可能である。

[0094] あるいは例えば、電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ に与える影響が最も大きなバラツキのみを考慮してもよい。

[0095] 変形 2.

フィードバック量 $[B]$ と比較される閾値たる電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の最大値は、電動機 3 について想定される運転範囲内の最悪条件を用いて予め計算し、記憶していてもよい。

[0096] この場合、電圧誤差計算部 1025 の演算量は小さく、必要となるメモリも小さくて済む。あるいは単に閾値を示すテーブルにて電圧誤差計算部 1025 を代用することもできる。

[0097] 例えば回転角速度ごとに閾値が予め求められ、これらがテーブルとして記

憶される。

[0098] もちろん、閾値については、マージンを考慮して電圧誤差 $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ の最大値よりも大きく設定してもよい。

[0099] 変形3.

推定位相角 ϕ_0 は小さいので、これを零に近似して閾値を求めてもよい。

[0100] 脱調していない条件で推定位相角 ϕ_0 が取り得ると想定される範囲で、閾値を求めてもよい。例えば推定位相角 ϕ_0 が $-90^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で脱調せずに運転される場合（かかる制御は例えば一次磁束制御において採用される）には $-1 \leq \sin \phi_0 \leq 1$ 、 $0 \leq \cos \phi_0 \leq 1$ を採用して閾値を求める。

[0101] 推定位相角 ϕ_0 を零に近似したり、 $-1 \leq \sin \phi_0 \leq 1$ 、 $0 \leq \cos \phi_0 \leq 1$ を採用して閾値を求める場合には、推定位相角 ϕ_0 それ自体を求める必要がない。よって閾値を求める以外に推定位相角 ϕ_0 を求める必要がない制御においては、推定位相角 ϕ_0 を求めるための演算量（式（2）参照）を減らすことができる。

[0102] また、脱調していない条件で推定位相角 ϕ_0 が取り得ると想定される範囲で、閾値を求めることは、想定外の運転範囲になった場合にも異常と判定できる利点がある。

[0103] 上記の種々の実施の形態及び変形は、互いの機能を損なわない限り、適宜に組み合わせることができる。

[0104] 上記のブロック図は模式的であり、各部はハードウェアで構成することもできるし、ソフトウェアによって機能が実現されるマイクロコンピュータ（記憶装置を含む）で構成してもよい。各部で実行される各種手順、あるいは実現される各種手段又は各種機能の一部又は全部をハードウェアで実現しても構わない。

[0105] マイクロコンピュータは、プログラムに記述された各処理ステップ（換言すれば手順）を実行する。上記記憶装置は、例えばROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)、書き換え可能な不揮発性メモリ（EPROM(Erasable Programmable ROM)等）、ハードディスク装置などの各種記憶

装置の1つ又は複数で構成可能である。当該記憶装置は、各種の情報やデータ等を格納し、またマイクロコンピュータが実行するプログラムを格納し、また、プログラムを実行するための作業領域を提供する。なお、マイクロコンピュータは、プログラムに記述された各処理ステップに対応する各種手段として機能するとともに把握でき、あるいは、各処理ステップに対応する各種機能を実現するとともに把握できる。

[0106] この発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

請求の範囲

- [請求項1] 同期電動機（3）を制御する装置であって、
 電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）に基づいて前記同期電動機に電圧（ $[v_x^*]$ ）を印加する電動機駆動部（2，104）と、
 前記同期電動機に流れる電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）の、前記電流についての指令値（ $[i_{\delta\gamma}^*]$ ）に対する偏差、若しくは、前記同期電動機における空隙磁束（ $[\lambda_{\delta\gamma c}]$ ）の、前記空隙磁束についての指令値（ $[\lambda_{\delta\gamma}^*]$ ）に対する偏差に基づくフィードバック量を決定するフィードバック量計算部（1022）と、
 前記フィードバック量に基づいて前記電圧指令を生成する電圧指令生成部（1024）と、
 前記同期電動機の電圧方程式に基づいた電圧値と前記電圧指令との誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲を計算する電圧誤差計算部（1025）と、
 前記フィードバック量が前記誤差の変動する範囲を逸脱することを以て、前記同期電動機に異常が発生したと判定する判定部（109）と
 を備える電動機の制御装置。
- [請求項2] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）は、前記電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）と、前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）と、前記同期電動機（3）の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記電動機駆動部の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記電流または前記電圧を検出する検出器の製造公差及び動作温度の保証範囲と、前記同期電動機の回転角速度（ ω_1 ）のうちの少なくとも一つで決定される変動幅に基づいて設定される、請求項1記載の電動機の制御装置。
- [請求項3] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta\gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記電流（ $[i_{\delta\gamma c}]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_{iI} [I] [i_{\delta\gamma c}]$ ）が変動する範囲と、前記電流と位相が直交する誤差（ $e_{iJ} [J] [i_{\delta\gamma c}]$ ）が変動

する範囲と、前記同期電動機（３）の界磁磁束（ $[\Lambda \ 0]$ ）と位相が直交する誤差（ $e_{\Lambda} [\sin \phi_c \ \cos \phi_c]^t$ ）が変動する範囲と、前記電圧指令（ $[v_{\delta \gamma}^*]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_v [v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲のうち少なくとも一つで決定される変動幅に基づいて設定される、請求項１記載の電動機の制御装置。

[請求項４] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記電流（ $[i_{\delta \gamma c}]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_{i \parallel} [I] [i_{\delta \gamma c}]$ ）が変動する範囲と、前記電流と位相が直交する誤差（ $e_{i \perp} [J] [i_{\delta \gamma c}]$ ）が変動する範囲と、前記同期電動機（３）の界磁磁束（ $[\Lambda \ 0]$ ）と位相が直交する誤差（ $e_{\Lambda} [\sin \phi_c \ \cos \phi_c]^t$ ）が変動する範囲と、前記電圧指令（ $[v_{\delta \gamma}^*]$ ）と位相が平行する誤差（ $e_v [v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲のうち少なくとも一つで決定される変動幅に基づいて設定される、請求項２記載の電動機の制御装置。

[請求項５] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記変動幅の上限および下限、前記電流（ $[i_{\delta \gamma c}]$ ）と前記電圧指令（ $[v_{\delta \gamma}^*]$ ）との組み合わせにおける最大値または/および最小値より設定される、請求項２記載の電動機の制御装置。

[請求項６] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記変動幅の上限および下限、前記電流（ $[i_{\delta \gamma c}]$ ）と前記電圧指令（ $[v_{\delta \gamma}^*]$ ）との組み合わせにおける最大値または/および最小値より設定される、請求項３記載の電動機の制御装置。

[請求項７] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、前記変動幅の上限および下限、前記電流（ $[i_{\delta \gamma c}]$ ）と前記電圧指令（ $[v_{\delta \gamma}^*]$ ）との組み合わせにおける最大値または/および最小値より設定される、請求項４記載の電動機の制御装置。

[請求項８] 前記誤差（ $[\Delta v_{\delta \gamma}^*]$ ）が変動する範囲は、更に前記電圧方程式の一部の項にも基づいて設定され、

前記電圧方程式から前記一部の項を除いた項に基づくフィードフォ

ワード量（ $[F]$ ）を決定するフィードフォワード量計算部（1023）

を更に備え、

前記電圧指令生成部（1024）は、更に、前記フィードフォワード量にも基づいて前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）を生成する、請求項1から請求項7のいずれか一つに記載の電動機の制御装置。

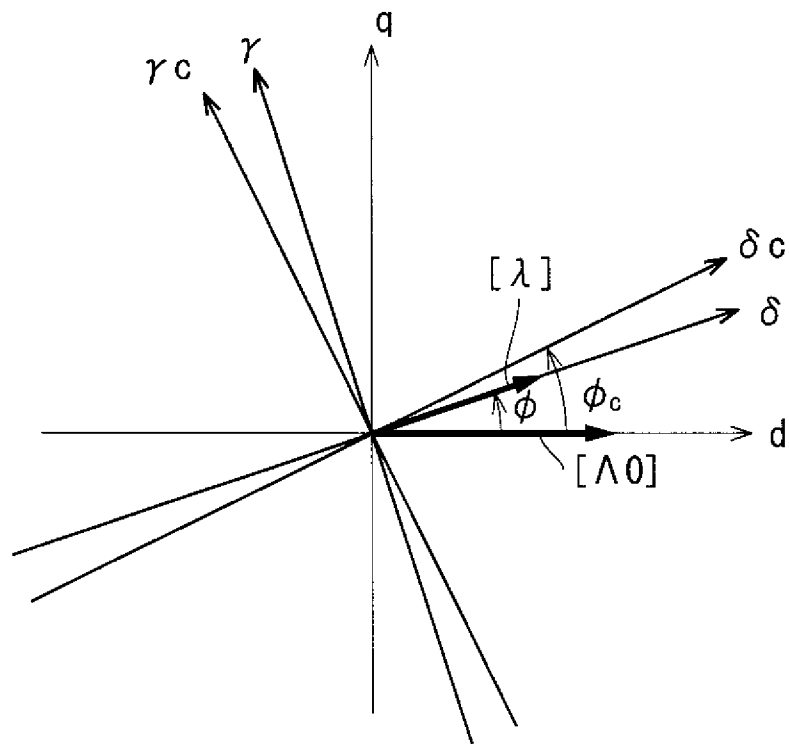
[請求項9]

前記電圧方程式に基づくフィードフォワード量（ $[F]$ ）を決定するフィードフォワード量計算部（1023）

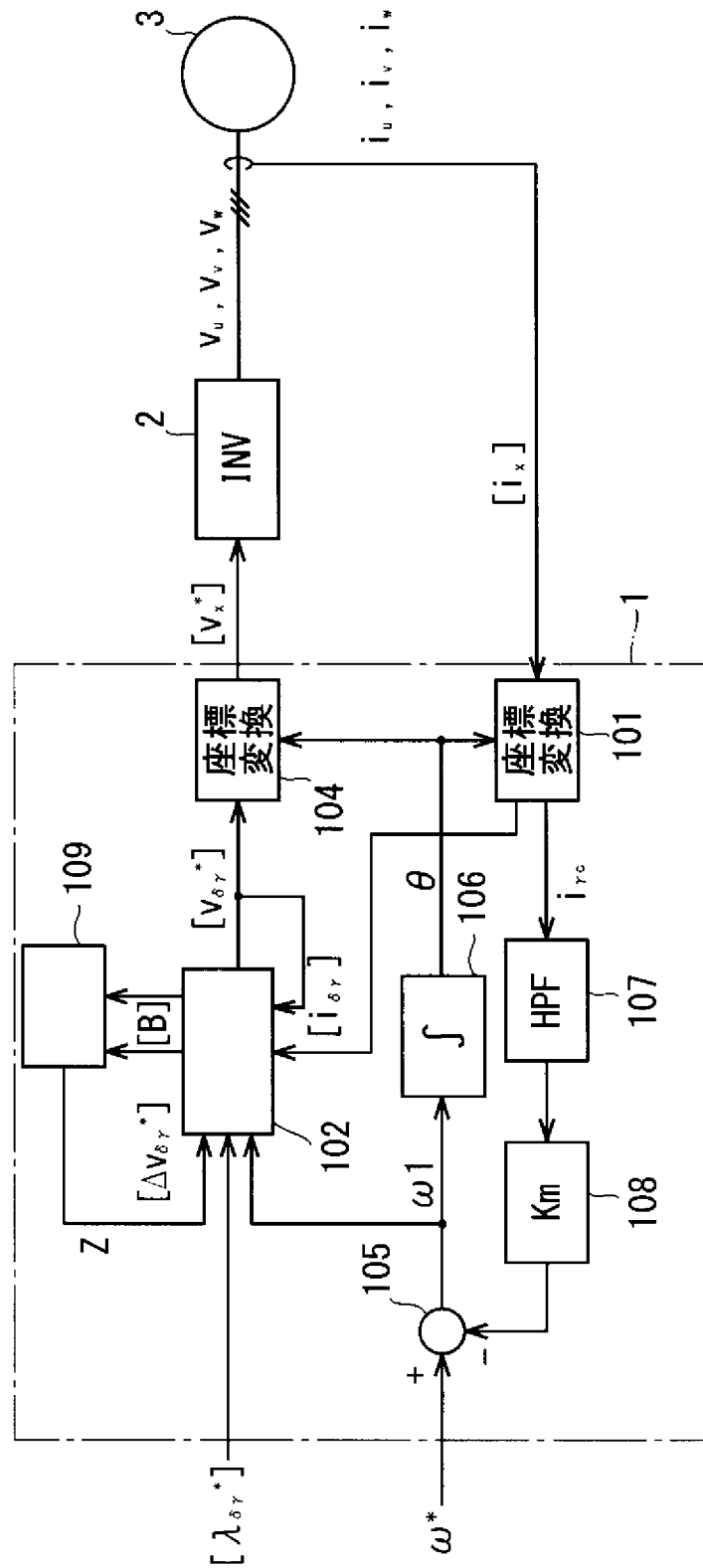
を更に備え、

前記電圧指令生成部（1024）は、更に、前記フィードフォワード量（ $[F]$ ）にも基づいて前記電圧指令（ $[v_{\delta\gamma}^*]$ ）を生成する、請求項1から請求項7のいずれか一つに記載の電動機の制御装置。

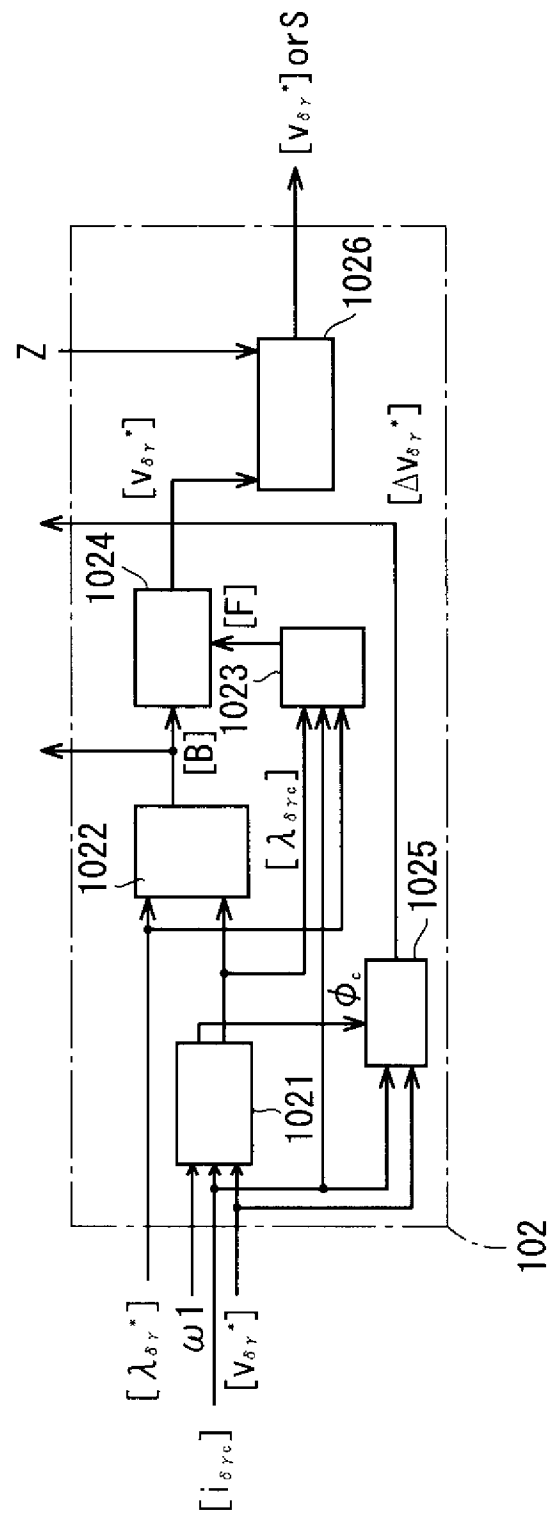
[図1]



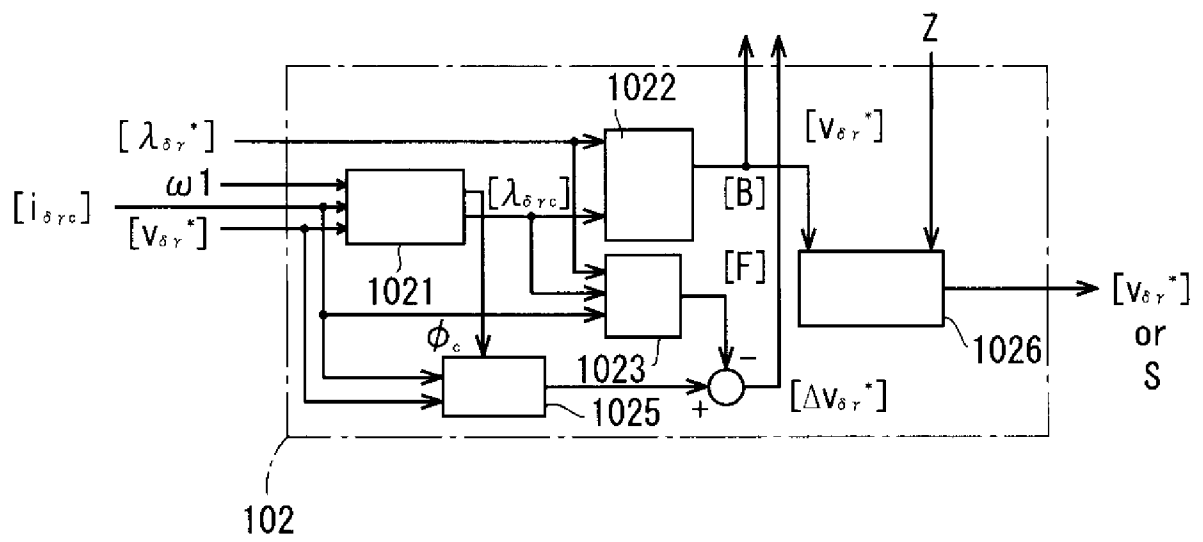
[図2]



[図3]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/050120

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P21/00(2006.01)i, H02P27/04(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)

H02P21/00, H02P27/04

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2013-31356 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 February 2013 (07.02.2013), entire text; all drawings & US 2014/0054103 A1 & EP 2725705 A1 & WO 2012/176553 A1	1-9
A	JP 2006-67731 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 March 2006 (09.03.2006), entire text; all drawings & US 2006/0043917 A1 & DE 102005005020 A1 & FR 2874572 A1 & KR 10-2006-0019484 A	1-9
A	JP 2008-211911 A (JTEKT Corp.), 11 September 2008 (11.09.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☐ 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
10 February 2015 (10.02.15)

Date of mailing of the international search report
24 February 2015 (24.02.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P21/00(2006.01)i, H02P27/04(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（I P C））

Int.Cl. H02P21/00, H02P27/04

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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 2013-31356 A（三菱電機株式会社）2013.02.07, 全文、全図 & US 2014/0054103 A1 & EP 2725705 A1 & WO 2012/176553 A1	1-9
A	JP 2006-67731 A（三菱電機株式会社）2006.03.09, 全文、全図 & US 2006/0043917 A1 & DE 102005005020 A1 & FR 2874572 A1 & KR 10-2006-0019484 A	1-9
A	JP 2008-211911 A（株式会社ジェイテクト）2008.09.11, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9

☐ 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

10.02.2015

国際調査報告の発送日

24.02.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

高橋 祐介

3V

3027

電話番号 03-3581-1101 内線 3357