

(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
2012 年 8 月 23 日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/111505 A1

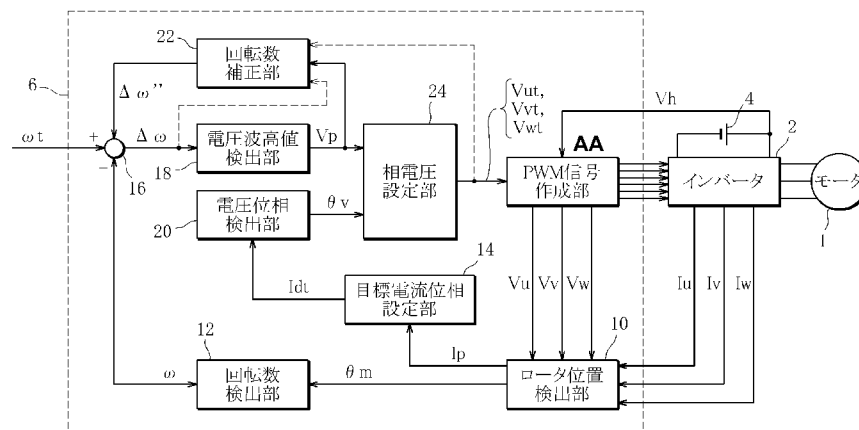
- (51) 国際特許分類:
H02P 21/00 (2006.01) *H02P 27/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052848
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 8 日(08.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-029814 2011 年 2 月 15 日(15.02.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): サン
デン株式会社 (SANDEN CORPORATION) [JP/JP];
〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町 2 〇 番地 Gunma
(JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 廣野 大輔
(HIRONO, Daisuke) [JP/JP]; 〒3728502 群馬県伊勢
崎市寿町 2 〇 番地 サンデン株式会社内 Gunma
(JP).
- (74) 代理人: 長門 侃二 (NAGATO, Kanji); 〒1050004
東京都港区新橋 5 丁目 8 番 1 号 百楽ビル 5 階
Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, 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, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータ制御装置

[図2]



- 1 MOTOR
2 INVERTER
10 ROTOR-POSITION DETECTION UNIT
12 MOTOR-SPEED DETECTION UNIT
14 TARGET-CURRENT-PHASE SETTING UNIT
18 VOLTAGE-AMPLITUDE DETECTION UNIT
20 VOLTAGE-PHASE DETECTION UNIT
22 MOTOR-SPEED CORRECTION UNIT
24 PHASE-VOLTAGE SETTING UNIT
AA PWM SIGNAL CREATION UNIT

(57) Abstract: Provided is a feed-forward control means that: detects the amount of change in a prescribed monitoring subject that causes the speed of a motor to change without going through a speed detection means; and corrects a motor-speed value used by a controller.

(57) 要約: モータの回転数を回転数検出手段によらないで変化させる所定の監視対象の変化量を検出し、コントローラで認識される回転数を補正するフィードフォワード制御手段を備える。

WO 2012/111505 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置に関し、詳しくは、永久磁石同期モータをセンサレス制御により可変速制御するモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石同期モータ(Permanent Magnetic Synchronous Motor:PMSM)、特にロータ（回転子）に永久磁石を埋め込んだ埋込型永久磁石同期モータ(Interior Permanent Magnetic Synchronous Motor:IPMSM)は、高効率で可変速範囲の広いモータとして、車両用空調装置の圧縮機駆動用モータや電気自動車駆動用モータなどの用途にその応用範囲を拡大し、その需要が見込まれている。

[0003] この種のモータの駆動を制御するモータ制御装置は、モータ、インバータ、直流電源、マイクロコンピュータを内蔵したコントローラから構成されている。前記モータでは、コントローラにて検出される電流及び電圧の情報などからモータの誘起電圧を検出し、ひいてはロータ位置 θ_m を検出し、物理的なセンサを用いずにモータを制御する、いわゆるセンサレス制御が一般に行われている。

[0004] 当該センサレス制御では、検出されたロータ位置 θ_m を利用して周期的にロータ位置変化量 $\Delta \theta_m$ を検出し、このロータ位置変化量 $\Delta \theta_m$ を時間微分した値に所定のフィルタを掛けてロータの、即ちモータの回転数 ω を演算し、この演算された回転数 ω を利用して目標電圧位相を設定し、そして、ロータ位置変化量 $\Delta \theta_m$ を利用してインバータ出力周波数 ω （回転数）を演算する技術が開示されている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3454210号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、モータ制御装置が例えば車両に搭載された電動圧縮機駆動用に用いられるとき、直流電源からインバータに印加される電圧が何らかの理由で急変動した場合、或いは、車両のエンジン回転数に連動してモータの回転が急変動した場合には、目標電圧位相、ひいてはモータに実際に印加する出力電圧も急変動し、モータの回転数が急減速または急加速する場合がある。
- [0007] 一方、モータの回転数検出に用いられるフィルタの時定数は、モータのインダクタンス L 、巻線抵抗 R 等のモータ特性によって設定され、特にセンサレス制御を行う場合には、従来技術にも示されるようにデータのノイズを十分に除去可能な比較的長い値が設定され、換言すると比較的重いフィルタが用いられている。従って、モータの回転数は実際にその回転数で回転してから前記時定数分だけ遅れてコントローラで認識される。
- [0008] しかしながら、コントローラで認識される回転数はモータの回転数制御に直接に関わるパラメータである一方、目標電圧位相や出力電圧はモータの回転数検出に直接は使用されないパラメータであるため、モータの回転数検出において目標電圧位相及び出力電圧は外乱要素となる。従って、センサレス制御時に目標電圧位相や出力電圧が急変動したことによりモータが急加速または急減速すると、前記した重いフィルタの存在によって、モータ回転数制御に著しい応答遅れが生じる。このような応答遅れは、モータをセンサレス制御不能にして脱調させ、ひいてはモータが駆動する圧縮機の安定運転に深刻な支障を来すおそれがある。
- [0009] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたもので、永久磁石同期モータのセンサレス制御の安定性を向上することができるモータ制御装置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

- [0010] 上記の目的を達成するため、本発明のモータ制御装置は、永久磁石同期モータのロータ位置をコントローラにおけるセンサレス制御により検出するモ

ータ制御装置であって、モータのコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、モータのコイルに印加される電圧を検出する印加電圧検出手段と、電流検出手段で検出された電流と印加電圧検出手段で検出された電圧とに基づいてロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、ロータ位置検出手段で検出されたロータ位置に基づいて目標電流を設定する目標電流位相設定手段と、ロータ位置検出手段で検出されたロータ位置に基づいてモータの回転数を検出する回転数検出手段と、電流検出手段で検出された前記電流と、前記ロータ位置検出手段で検出された前記ロータ位置と、回転数検出手段で検出された回転数とに基づいて目標電圧を設定する相電圧設定手段と、モータの回転数を回転数検出手段によらないで変化させる所定の監視対象の変化量を検出し、コントローラで認識される回転数を補正するフィードフォワード制御手段とを備えることを特徴としている（請求項1）。

[0011] 具体的には、監視対象は、相電圧設定手段で検出された目標電圧（請求項2）、外部から送信された目標回転数（請求項3）の何れかである。

また、操作対象は、回転数検出手段で検出された回転数（請求項4）、目標電流設定手段で設定された目標電流(I_{dt})（請求項5）の何れかである。

[0012] 更に具体的には、フィードフォワード制御手段は、監視対象の変化量を検出し、該変化量をモータの実回転数差に変換し、該実回転数差をロータのイナーシャを考慮した応答時定数のフィルタに通して加算回転数差を検出し、該加算回転数差を回転数検出手段で検出された回転数に加える（請求項6）。

発明の効果

[0013] 請求項1記載のモータ制御装置によれば、モータの回転数を回転数検出手段によらないで変化させる所定の監視対象の変化量を検出し、コントローラで認識されるモータの回転数を補正するフィードフォワード制御手段を備える。これにより、モータの回転数検出にとっての外乱要素が急変動したとしても、コントローラで認識されるモータの回転数を実回転数に速く追従するように補正することができるため、モータ回転数制御の応答遅れを改善し、

モータのセンサレス制御の安定性を向上することができる。

[0014] 請求項 2 または 3 記載の発明によれば、フィードフォワード制御手段の監視対象をモータの回転数検出にのつての外乱要素となる目標電圧、目標回転数の何れかとすれば、これらが急変動したとしても、コントローラで認識されるモータの回転数を実回転数に速く追従するように確実に補正することができるため、モータのセンサレス制御の安定性を確実に向上することができて好ましい。

[0015] 請求項 4 または 5 記載の発明によれば、フィードフォワード制御手段の操作対象を回転数、目標電流の何れかとすれば、監視対象たる外乱要素が急変動したとしても、コントローラで認識されるモータの回転数を実回転数に速く追従するように確実に補正することができるため、モータのセンサレス制御の安定性を確実に向上することができて好ましい。

[0016] 請求項 6 記載の発明によれば、具体的には、フィードフォワード制御手段は、監視対象の変化量を検出し、該変化量をモータの実回転数差に変換し、該実回転数差をロータのイナーシャを考慮した応答時定数のフィルタに通して加算回転数差を検出し、加算回転数差を回転数検出手段で検出された回転数に加えることにより、コントローラで認識されるモータの回転数を実回転数に速く追従するように確実に補正することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第 1 実施形態に係るモータ制御装置の構成図である。

[図2]図 1 のコントローラで行われるセンサレス制御について示した制御ブロック図である。

[図3]図 2 のモータの U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c に正弦波通電（180° 通電）を行っているときの相電流波形図である。

[図4]図 2 のモータの U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c に正弦波通電（180° 通電）を行っているときの誘起電圧波形図である。

[図5]図 2 のモータのロータが回転しているときのモータベクトル図である。

[図6]モータの出力電圧 V の変動時におけるモータトルク N に対する回転数 ω

を示した図である。

[図7]出力電圧 V の変動に対する、実回転数 ω' 、認識回転数 ω 、加算回転数差 $\Delta\omega''$ 、補正回転数 ω'' を時系列的に示した図である。

[図8]本発明の第2実施形態に係るモータ制御装置のコントローラで行われるセンサレス制御について示した制御ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0018] 図1は本発明の第1実施形態に係るモータ制御装置の構成図である。モータ制御装置は、モータ1、インバータ2、直流電源4、マイクロコンピュータを内蔵したコントローラ6から構成されている。

図2はコントローラ6で行われるモータ1のセンサレス制御について示した制御ブロック図である。コントローラ6は、PWM信号作成部8、ロータ位置検出部（ロータ位置検出手段）10、回転数検出部（回転数検出手段）12、目標電流位相設定部（目標電流位相設定手段）14、加算器16、電圧波高値検出部（電圧波高値検出手段）18、電圧位相検出部20、回転数補正部（フィードフォワード制御手段）22、相電圧設定部（相電圧設定手段）24を備えている。

[0019] モータ1は、3相ブラシレスDCモータであり、3相のコイル（U相コイル U_c 、V相コイル V_c 及びW相コイル W_c ）を含む図示しないステータと、永久磁石を含む図示しないロータとを有し、U相コイル U_c 、V相コイル V_c 及びW相コイル W_c は、図1に示すように中性点 N を中心としてスター状に結線されるか、或いは、デルタ状に結線されている。

[0020] インバータ2は、3相バイポーラ駆動方式インバータであり、モータ1の3相のコイルに対応した3相のスイッチング素子、具体的にはIGBT等から成る6個のスイッチング素子（上相スイッチング素子 U_s 、 V_s 及び W_s と下相スイッチング素子 X_s 、 Y_s 及び Z_s ）と、シャント抵抗器 R_1 、 R_2 及び R_3 とを有している。

上相スイッチング素子 U_s 、下相スイッチング素子 X_s 、シャント抵抗器 R_1 と、上相スイッチング素子 V_s 、下相スイッチング素子 Y_s 、シャント

抵抗器 R_2 と、上相スイッチング素子 W_s 、下相スイッチング素子 Z_s 、シャント抵抗器 R_3 とは、それぞれ直列に接続され、これら各直列接続線の両端には、高圧電圧 V_h を発生する直流電源 4 の出力端子が並列接続されている。

[0021] また、上相スイッチング素子 U_s のエミッタ側はモータ 1 の U 相コイル U_c に接続され、上相スイッチング素子 V_s のエミッタ側はモータ 1 の V 相コイル V_c に接続され、上相スイッチング素子 W_s のエミッタ側はモータ 1 の W 相コイル W_c に接続されている。

更に、上相スイッチング素子 U_s 、 V_s 及び W_s のゲートと下相スイッチング素子 X_s 、 Y_s 及び Z_s のゲートと直流電源 4 の 2 次側出力端子とは、それぞれ PWM 信号作成部 8 に接続されている。更に、シャント抵抗器 R_1 の下相スイッチング素子 X_s 側とシャント抵抗器 R_2 の下相スイッチング素子 Y_s 側とシャント抵抗器 R_3 の下相スイッチング素子 Z_s 側とは、それぞれロータ位置検出部 10 に接続されている。

[0022] インバータ 2 は、シャント抵抗器 R_1 、 R_2 及び R_3 それぞれで検出された電圧を利用して、モータ 1 の U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c に流れる電流（U 相電流 I_u 、V 相電流 I_v 及び W 相電流 I_w ）を検出し（電流検出手段）、これらをロータ位置検出部 10 に送出する。

PWM 信号作成部 8 は、直流電源 4 の高圧電圧 V_h を検出し、高圧電圧 V_h と相電圧設定部 24 で設定された相電圧とに基づいて、インバータ 2 の上相スイッチング素子 U_s 、 V_s 及び W_s のゲートと下相スイッチング素子 X_s 、 Y_s 及び Z_s のゲートに各スイッチング素子をオンオフするための PWM 信号を作成し、インバータ 2 に送出する。

[0023] インバータ 2 の上相スイッチング素子 U_s 、 V_s 及び W_s と下相スイッチング素子 X_s 、 Y_s 及び Z_s は、PWM 信号作成部 8 からの PWM 信号によって所定パターンでオンオフされ、このオンオフパターンに基づく正弦波通電（180 度通電）をモータ 1 の U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c に対し行う。

また、PWM信号作成部8は、ロータ位置検出部10に接続されており、PWM信号作成部8で検出された直流電源4の高圧電圧 V_h を利用して、モータ1のU相コイル U_c 、V相コイル V_c 及びW相コイル W_c に印加されている電圧（U相印加電圧 V_u 、V相印加電圧 V_v 及びW相印加電圧 V_w ）を検出し（印加電圧検出手段）、ロータ位置検出部10に送出する。

[0024] ロータ位置検出部10は、インバータ2から送出されるU相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w と、PWM信号作成部8から送出されるU相印加電圧 V_u 、V相印加電圧 V_v 及びW相印加電圧 V_w とを利用して、誘起電圧波高値 E_p （誘起電圧位相）、誘起電圧電気角 θ_e （誘起電圧位相）、相電流波高値 I_p （電流位相）、相電流電気角 θ_i （電流位相）を検出する。

[0025] 詳しくは、図3のモータ1のU相コイル U_c 、V相コイル V_c 及びW相コイル W_c に正弦波通電（ 180° 通電）を行っているときの相電流波形図を参照すると、正弦波形を成すU相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w にはそれぞれ 120° の位相差がある。

[0026] この相電流波形図からすれば、U相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w と、相電流波高値 I_p と、相電流電気角 θ_i には、

$$\begin{aligned} & \cdot I_u = I_p \times \cos(\theta_i) \\ & \cdot I_v = I_p \times \cos(\theta_i - 2/3\pi) \\ & \cdot I_w = I_p \times \cos(\theta_i + 2/3\pi) \end{aligned}$$

の式が成り立つ。

[0027] ロータ位置検出部10における相電流波高値 I_p と相電流電気角 θ_i との検出は前記式が成り立つことを前提として行われ、インバータ2から送出されたU相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w を利用して、前記式による計算によって相電流波高値 I_p と相電流電気角 θ_i とが求められる。

一方、図4のモータ1のU相コイル U_c 、V相コイル V_c 及びW相コイル W_c に正弦波通電（ 180° 通電）を行っているときの誘起電圧波形図を参照すると、正弦波形を成すU相誘起電圧 E_u 、V相誘起電圧 E_v 及びW相誘起電圧 E_w にはそれぞれ 120° の位相差がある。

[0028] この誘起電圧波形図からすれば、U相誘起電圧 E_u 、V相誘起電圧 E_v 及びW相誘起電圧 E_w と、誘起電圧波高値 E_p と、誘起電圧電気角 θ_e には、

$$\begin{aligned} & \cdot E_u = E_p \times \cos(\theta_e) \\ & \cdot E_v = E_p \times \cos(\theta_e - 2/3\pi) \\ & \cdot E_w = E_p \times \cos(\theta_e + 2/3\pi) \end{aligned}$$

の式が成り立つ。

[0029] また、U相印加電圧 V_u 、V相印加電圧 V_v 及びW相印加電圧 V_w と、U相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w と、U相コイル抵抗 R_u 、V相コイル抵抗 R_v 及びW相コイル抵抗 R_w と、U相誘起電圧 E_u 、V相誘起電圧 E_v 及びW相誘起電圧 E_w とには、

$$\begin{aligned} & \cdot V_u - I_u \times R_u = E_u \\ & \cdot V_v - I_v \times R_v = E_v \\ & \cdot V_w - I_w \times R_w = E_w \end{aligned}$$

の式が成り立つ。

[0030] ロータ位置検出部10における誘起電圧波高値 E_p と誘起電圧電気角 θ_e の検出は前記式が成り立つことを前提として行われ、インバータ2から送出されたU相電流 I_u 、V相電流 I_v 及びW相電流 I_w と、PWM信号作成部8から送出されたU相印加電圧 V_u 、V相印加電圧 V_v 及びW相印加電圧 V_w とを利用して、前記式（後者の式）からU相誘起電圧 E_u 、V相誘起電圧 E_v 及びW相誘起電圧 E_w が求められ、そして、求めたU相誘起電圧 E_u 、V相誘起電圧 E_v 及びW相誘起電圧 E_w を利用して、前記式（前者の式）から誘起電圧波高値 E_p と誘起電圧電気角 θ_e とが求められる。

[0031] ロータ位置検出部10は、ここで検出された相電流電気角 θ_i と予め用意された後述するデータテーブルから選定した電流位相 β とを利用して、

$$\cdot \theta_m = \theta_i - \beta - 90^\circ$$

の式からロータ位置 θ_m を検出し、ロータ位置検出部10では物理的なセンサによらないセンサレス制御が行われる。

[0032] ここで用いられるデータテーブルは〔相電流波高値 I_p 〕及び〔誘起電圧

電気角 θ_e - 相電流電気角 θ_i] をパラメータとして電流位相 β を規定したものであって、所期の電流位相 β を [相電流波高値 I_p] 及び [誘起電圧電気角 θ_e - 相電流電気角 θ_i] をパラメータとして選定することができる。なお、[相電流波高値 I_p] にはロータ位置検出部 10 で検出された相電流波高値 I_p が該当し、また、[誘起電圧電気角 θ_e - 相電流電気角 θ_i] にはロータ位置検出部 10 で検出された誘起電圧電気角 θ_e から相電流電気角 θ_i を減算した値が該当する。

[0033] 図5はモータ1のロータが回転しているときのモータベクトル図であり、電圧 V 、電流 I 及び誘起電圧 $E (= \omega \Psi)$ の関係を $d-q$ 軸座標にベクトルで表してある。図中の V_d は電圧 V の d 軸成分、 V_q は電圧 V の q 軸成分、 I_d は電流 I の d 軸成分 (d 軸電流)、 I_q は電流 I の q 軸成分 (q 軸電流)、 E_d は誘起電圧 E の d 軸成分、 E_q は誘起電圧 E の q 軸成分、 α は q 軸を基準とした電圧位相、 β は q 軸を基準とした電流位相、 γ は q 軸を基準とした誘起電圧位相である。また、図中の Ψ_a はロータの永久磁石の磁束、 L_d は d 軸インダクタンス、 L_q は q 軸インダクタンス、 R はステータの巻線抵抗、 Ψ はロータの総合鎖交磁束である。

[0034] このモータベクトル図からすれば、ロータの回転数を ω とすると、

[数1]

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega \Psi_a \end{pmatrix}$$

の式が成り立ち、また、同式の右辺から ω に関する値を左辺に移すと、

[数2]

$$\begin{pmatrix} E_d / \omega = (V_d - I_d \times R) / \omega \\ E_q / \omega = (V_q - I_q \times R) / \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -L_q \\ L_d & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \Psi_a \end{pmatrix}$$

の式が成り立つ。

[0035] ロータ位置検出部 10 でロータ位置 θ_m を検出する際に用いられるデータ

テーブルの作成は、前記モータベクトル図下で前記式が成り立つことを前提として行われ、前記モータベクトル図に示した電流位相 β と電流 I をそれぞれ所定範囲内で段階的に増加させながら〔誘起電圧位相 γ －電流位相 β 〕が所定値のときの電流位相 β を保存し、〔電流 I 〕に相当する〔相電流波高値 I_p 〕と〔誘起電圧位相 γ －電流位相 β 〕に相当する〔誘起電圧電気角 θ_e －相電流電気角 θ_i 〕とをパラメータとした電流位相 β のデータテーブルを作成する。そして、この作成されたデータテーブルを利用してロータ位置検出部10で検出されたロータ位置 θ_m は回転数検出部12に送出され、同じくロータ位置検出部10で検出された相電流波高値 I_p は目標電流位相設定部14に送出される。

[0036] 回転数検出部12は、ロータ位置検出部10で検出されたロータ位置 θ_m を利用して、ロータ位置 θ_m から演算周期が1周期前のロータ位置 θ_{m-1} を減じることにより、ロータ位置変化量 $\Delta\theta_m$ を求め、このロータ位置変化量 $\Delta\theta_m$ に所定のフィルタを掛けてモータ1の回転数 ω を検出し、これを加算器16に送出する。そして、コントローラ6に対し指示されたモータ1の目標回転数 ω_t に回転数検出部12で求められた回転数 ω を加算器16を通じてフィードバックさせ、P制御やPI制御等の処理により回転数差 $\Delta\omega$ （監視対象、操作対象）を演算する。

[0037] 電圧波高値検出部18は、求められた回転数差 $\Delta\omega$ を利用してP制御やPI制御等の処理によりモータ1に印加する電圧の印加電圧波高値 V_p （監視対象）を検出し、これを相電圧設定部24に送出する。

回転数補正部22は、電圧波高値検出部18で検出された印加電圧波高値 V_p の変化量として電圧変化量 ΔV を検出し、電圧変化量 ΔV を利用し、後述する方法によって加算回転数差 $\Delta\omega''$ を検出し、これを加算器16を通じてフィードフォワードさせ、前述したP制御やPI制御等で処理された回転数差に加算回転数差 $\Delta\omega''$ を加算した値を回転数差 $\Delta\omega$ として設定し、これを電圧波高値検出部18に送出する。

[0038] 目標電流位相設定部14は、例えば最大トルク／電流制御と称す電流ベク

トル制御によって相電流に対するモータ 1 の発生トルクが最大になるように目標電流位相が設定される。具体的には、ロータ位置検出部 10 で検出された相電流波高値 I_p と、予め用意されたデータテーブルとを利用して目標 d 軸電流 I_{dt} を設定し、これを電圧位相検出部 20 に送出する。

[0039] 電圧位相検出部 20 は、目標電流位相設定部 14 で設定された目標 d 軸電流 I_{dt} を利用して、モータ 1 に印加する電圧の印加電圧位相 θ_v (目標電圧位相) を検出し、これを相電圧設定部 24 に送出する。

相電圧設定部 24 は、電圧波高値検出部 18 で検出された印加電圧波高値 V_p 及び電圧位相検出部 20 にて検出された印加電圧位相 θ_v を利用して、モータ 1 の U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c にこれから印加する印加設定電圧 (U 相印加設定電圧 V_{ut} 、V 相印加設定電圧 V_{vt} 及び W 相印加設定電圧 V_{wt}) を設定し、これを PWM 信号作成部 8 に送出する。

[0040] PWM 信号作成部 8 は、インバータ 2 を介してモータ 1 の U 相コイル U_c 、V 相コイル V_c 及び W 相コイル W_c に対し相電圧設定部 24 で設定された印加設定電圧を PWM 信号のオンオフパターンに基づいて正弦波通電 (180 度通電) し、これよりモータ 1 が所望の回転数で運転される。

以下、図 6 及び 7 を参照して、回転数補正部 22 における加算回転数差 $\Delta \omega''$ の検出方法について説明する。

[0041] 図 6 はモータ 1 の出力電圧 V の変動時におけるモータトルク N に対する回転数 ω を示した図であり、図 7 は出力電圧 V の変動に対する、実回転数 ω' 、コントローラにおける認識回転数 ω 、回転数補正部により演算された加算回転数差 $\Delta \omega''$ 、回転数補正部において認識回転数 ω に加算回転数差 $\Delta \omega''$ を加算することにより補正された補正回転数 ω'' を時系列的に示した図である。

[0042] モータ制御装置が例えば車両に搭載された電動圧縮機駆動用に用いられるとき、直流電源 4 からインバータ 2 に印加される電圧が何らかの理由で急変動した場合、或いは、車両のエンジン回転数に連動してモータ 1 の回転が急

変動させたい場合には、印加する出力電圧 V が急変動する。

具体的には、図 6 に示すように、電圧 V が V_1 から V_2 ($V_2 < V_1$) に急変動すると、モータトルク N を N_e に一定としたときの回転数 ω は ω_1 から ω_2 ($\omega_2 < \omega_1$) に変化する。このとき、ロータにはそれ自体の回転によって慣性（イナーシャ）が作用することを考慮して、 ω : モータ回転数、 α : 誘起電力係数、 β : トルク定数、 T_{or} : トルクとすると、

$$\omega = \alpha \cdot V - \beta \cdot T_{or} \quad \dots (1)$$

の式が成り立つ。

[0043] また、 ω : モータ回転数、 T_{or} : モータ実トルク（モータ出力トルクー負荷トルク）、 J : イナーシャ、 $T_{or}(0)$: 負荷トルクとすると、

$$T_{or} = J \cdot d\omega / dt + T_{or}(0) \quad \dots (2)$$

の式が成り立つ。

そして、(1) 式に (2) 式を代入すると、

$$\alpha V = \omega + \beta \cdot J \cdot d\omega / dt + \beta \cdot T_{or}(0) \quad \dots (3)$$

の式が成り立つ。

[0044] 更に (3) 式を変形すると、

$$V = \omega / \alpha + \beta \cdot J / \alpha \cdot d\omega / dt + \beta / \alpha \cdot T_{or}(0) \quad \dots (4)$$

の式が成り立つ。更に (4) 式の微分方程式を解き、 T_ω : 回転数 ω の応答時定数とすると、

$$T_\omega = \beta \cdot J \quad \dots (5)$$

の式が成り立つ。

[0045] ここで、例えば、 $J : 0.001 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$ 、 $\beta : 20 \text{ (rad/N} \cdot \text{m)}$ とすると、 $T_\omega = 20 \text{ msec}$ となり、この場合には、図 7 に示すように、電圧 V を変化させてからモータ 1 で認識される認識回転数 ω が ω_2 となるまでに、モータ特性に起因する 20 msec の機械的な応答遅れが発生することが判る。

一方、回転数検出部 12 にて設定されるフィルタの時定数は、モータ 1 のインダクタンス L 、巻線抵抗 R 等のモータ特性によって設定され、特にセン

サレス制御を行う場合には、データのノイズを十分に除去可能な比較的長い値、例えば10 msecが設定される。

[0046] 即ち、図7に示すように、モータ1の実回転数 ω' が ω_2 となってから、この ω_2 が認識回転数 ω としてコントローラ6に認識されるまで10 msecの応答遅れが発生する。

以下、回転数補正部22における加算回転数差 $\Delta\omega''$ の検出方法について詳しく説明する。

回転数補正部22では、 ΔV ：電圧変化量、 α ：誘起電圧係数、 $\Delta\omega'$ ：実回転数差とし、モータ1のトルクが一定であるとする、(4)式より、
$$\Delta\omega' = \alpha \cdot \Delta V \quad (6)$$

の式が成り立つ。

[0047] そして、加算回転数差 $\Delta\omega''$ は、実回転数差 $\Delta\omega'$ に前述したようなロータのイナーシャを考慮した応答時定数 T_ω となる[20 msecフィルタ]を掛けることにより、

$$\Delta\omega'' = [20 \text{ msecフィルタ}] \cdot \Delta\omega' \quad (7)$$

の式で求まる。

このようにして回転数補正部22で検出された加算回転数差 $\Delta\omega''$ は加算器16に送出され、加算器16では、目標回転数 ω_t と認識回転数 ω との差である認識回転数差 $\Delta\omega$ に加算回転数差 $\Delta\omega''$ を事前に加える補正がなされ、認識回転数 ω が補正回転数 ω'' に補正される。これにより、モータ1の実回転数が ω' となってから、これが回転数 ω としてコントローラ6に認識されるまでの応答遅れを解消することができる。

[0048] 以上のように、本実施形態では、回転数補正部22を備えることにより、モータ1の回転数検出にとって外乱要素となる出力電圧 V が急変動したとしても、モータ1の認識回転数 ω を実回転数 ω' に速く収束するように補正することができるため、モータ回転数制御の応答遅れを改善し、モータ1のセンサレス制御の安定性を向上することができる。

[0049] 次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図8は本実施形態に係るモータ制御装置のコントローラで行われるセンサレス制御について示した制御ブロック図である。なお、モータ制御装置の基本構成やモータ1の基本的な制御方法などは第1実施形態の場合と同様であるため、説明は省略する。

本実施形態では、回転数補正部22の代わりに目標電流位相補正部（フィードフォワード制御手段）26が設けられている。目標電流位相補正部26は、電圧波高値検出部18で検出された印加電圧波高値 V_p の変化量として電圧変化量 ΔV を検出し、この電圧変化量 ΔV の大きさに応じた加算電流位相差、具体的には加算d軸電流差 $\Delta I_d''$ を演算する。

[0050] 目標電流位相補正部26で検出された加算d軸電流差 $\Delta I_d''$ は目標電流位相設定部14に送出され、目標電流位相設定部14は、前述したように、相電流波高値 I_p と予め用意されたデータテーブルとを利用して設定された目標電流位相（操作対象）であるd軸電流に加算d軸電流差 $\Delta I_d''$ を加算したものを目標d軸電流 I_{dt} として設定する。

以上のように、本実施形態では、回転数 ω の補正を行う代わりに目標d軸電流 I_{dt} を変化させることで、第1実施形態の場合と同様に、モータ1の実回転数が ω' となってから、これが回転数 ω としてコントローラ6に認識されるまでの少なくとも10msecの応答遅れを解消することができる。

[0051] 従って、目標電流位相補正部26を備えることにより、モータ1の回転数検出についての外乱要素である出力電圧 V が急変動したとしても、モータ1の認識回転数 ω を実回転数 ω' に速く追従するように補正することができるため、モータ回転数制御の応答遅れを改善し、モータ1のセンサレス制御の安定性を向上することができる。

以上で本発明の実施形態についての説明を終えるが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更ができるものである。

[0052] 例えば、上記実施形態では、出力電圧 V の変動を検出する手段として、前述したように印加電圧波高値 V_p の変動を監視している。しかし、これに限

らず、出力電圧 V の変動とほぼ連動して変動する他の監視対象として、図2及び図8中に点線で示すように、相電圧位相設定部24で設定された印加設定電圧（U相印加設定電圧 V_{ut} 、V相印加設定電圧 V_{vt} 及びW相印加設定電圧 V_{wt} ）、或いは、加算器16から出力された回転数差 $\Delta\omega$ が考えられ、これらパラメータの変動の大きさに応じて加える加算回転数差 $\Delta\omega''$ や加算d軸電流差 $\Delta I_d''$ を演算するようにしてもよい。

[0053] 即ち、フィードフォワード制御手段としての回転数補正部22及び目標電流位相補正部26の監視対象をモータ1の回転数検出についての外乱要素となる目標d軸電流 I_{dt} 、印加電圧波高値 V_p 、回転数差 $\Delta\omega$ の何れかとするれば、これらが急変動したとしても、コントローラ6で認識されるモータ1の回転数 ω を実回転数 ω' に速く追従するように補正することができるため、モータ1のセンサレス制御の安定性を確実に向上することができる。

[0054] また、上記実施形態では、モータ1として3相ブラシレスDCモータを例示し、且つ、インバータ2として3相バイポーラ駆動方式インバータについて説明したが、これに限らず、3相以外の同期モータ用のインバータを備えたモータ制御装置であれば、本発明を適用して前記同様の作用、効果を得ることができる。

更に、上記実施形態のモータ制御装置を車両用空調装置の圧縮機駆動用モータ制御に適用し、或いは電気自動車駆動用モータ制御に適用することにより、前述したような外乱要素の変動時における応答遅れが改善され、圧縮機や電気自動車の制御性を向上することができて好適である。

符号の説明

- [0055]
- | | |
|----|-----------------------|
| 1 | 永久磁石同期モータ |
| 6 | コントローラ |
| 10 | ロータ位置検出部（ロータ位置検出手段） |
| 12 | 回転数検出部（回転数検出手段） |
| 14 | 目標電流設定部（目標電流設定手段） |
| 22 | 回転数補正部（フィードフォワード制御手段） |

2 4 相電圧設定部（相電圧設定手段）

2 6 目標電流位相補正部（フィードフォワード制御手段）

3 8 9 7 WO < F P S N 1 6 0 5 P C >

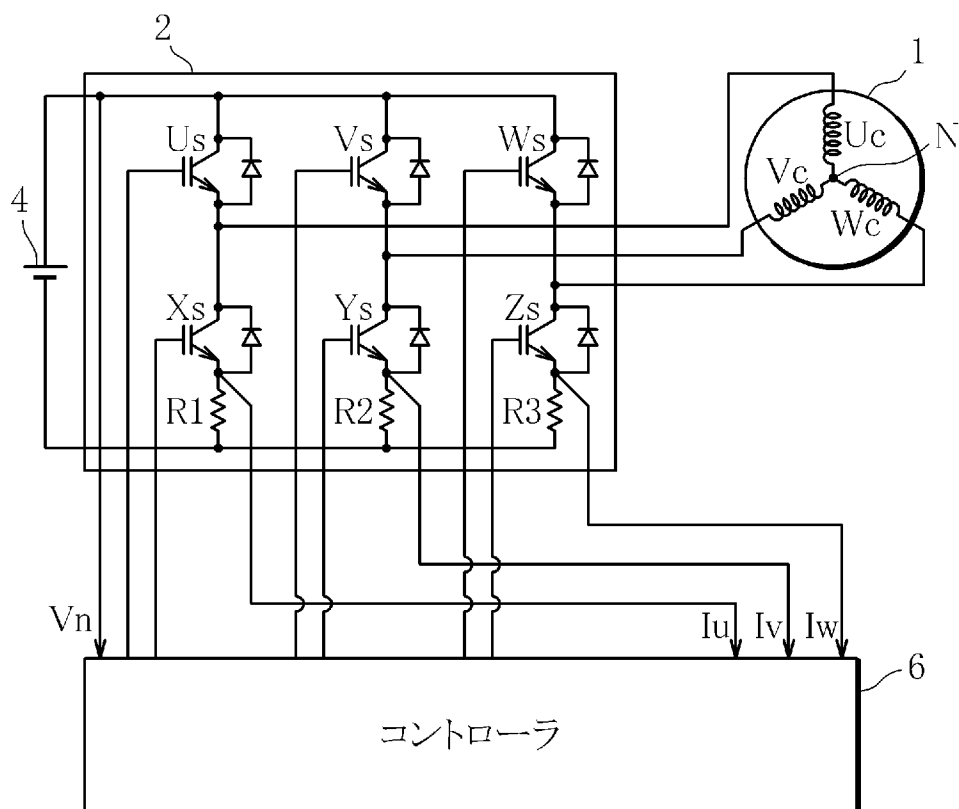
請求の範囲

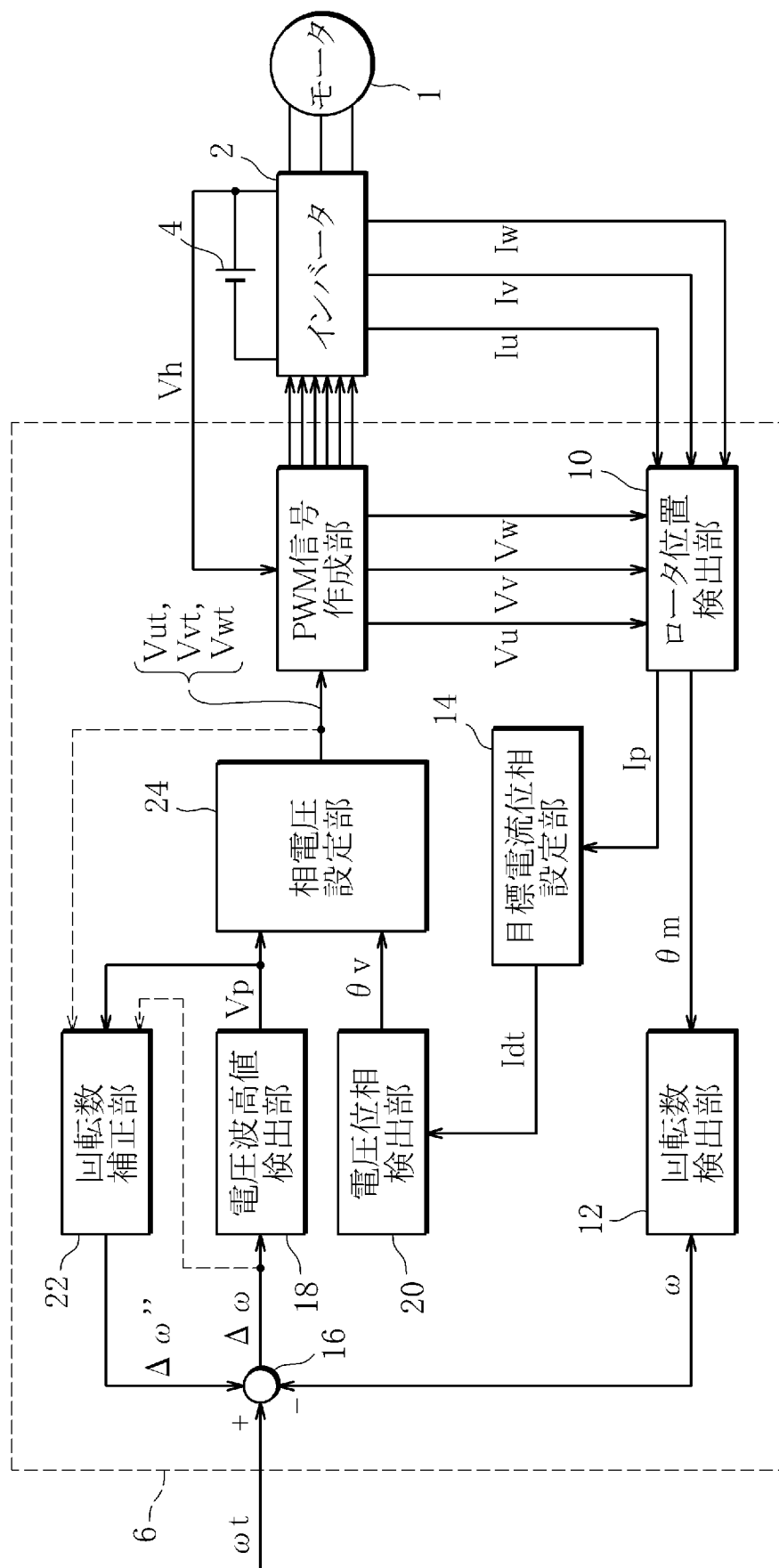
- [請求項1] 永久磁石同期モータのロータ位置をコントローラにおけるセンサレス制御により検出するモータ制御装置であって、
- 前記モータのコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、
- 前記モータの前記コイルに印加される電圧を検出する印加電圧検出手段と、
- 前記電流検出手段で検出された前記電流と前記印加電圧検出手段で検出された前記電圧とに基づいて前記ロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、
- 前記ロータ位置検出手段で検出された前記ロータ位置に基づいて目標電流を設定する目標電流位相設定手段と、
- 前記ロータ位置検出手段で検出された前記ロータ位置に基づいて前記モータの回転数を検出する回転数検出手段と、
- 前記電流検出手段で検出された前記電流と、前記ロータ位置検出手段で検出された前記ロータ位置と、前記回転数検出手段で検出された前記回転数とに基づいて目標電圧を設定する相電圧設定手段と、
- 前記モータの回転数を前記回転数検出手段によらないで変化させる所定の監視対象の変化量を検出し、前記コントローラで認識される前記モータの回転数を補正するフィードフォワード制御手段とを備えることを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 前記監視対象は前記相電圧設定手段で検出された前記目標電圧であることを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記監視対象は外部から送信された目標回転数であることを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記操作対象は前記回転数検出手段で検出された前記回転数であることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のモータ制御装置。
- [請求項5] 前記操作対象は前記目標電流位相設定手段で設定された前記目標電流であることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のモータ制御

装置。

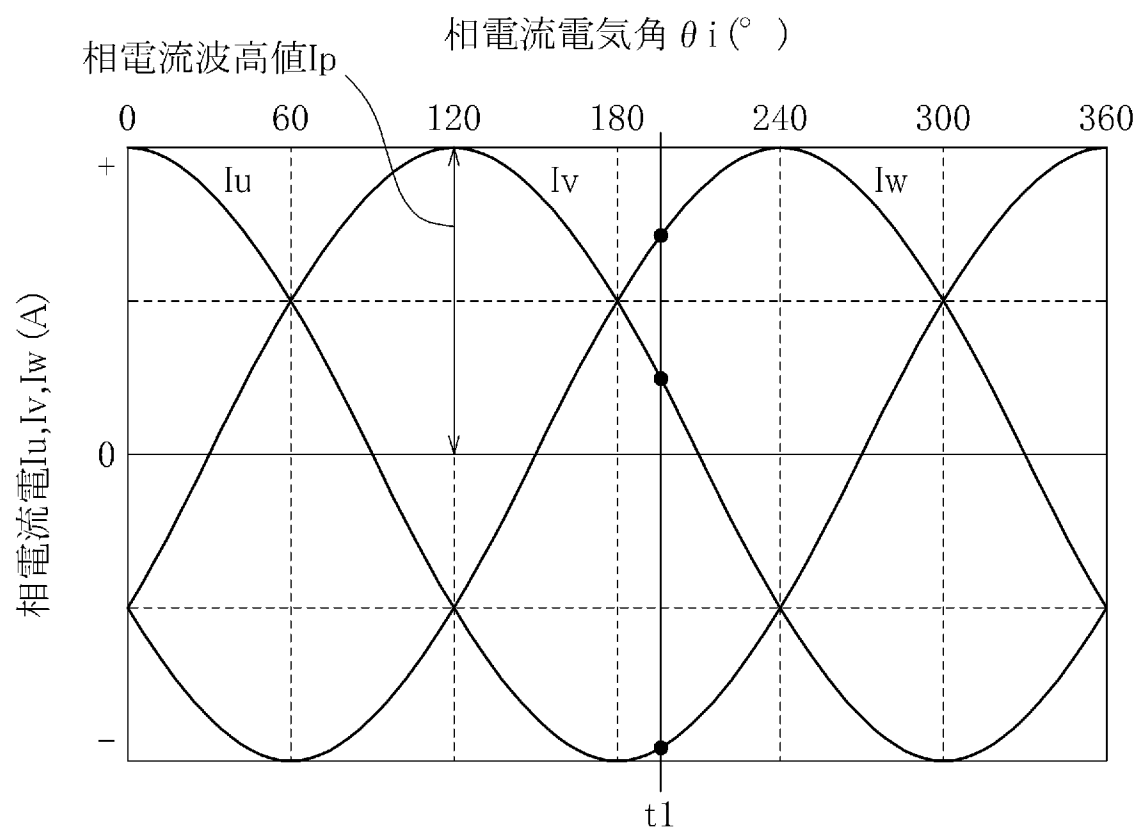
[請求項6] 前記フィードフォワード制御手段は、前記監視対象の変化量を検出し、該変化量を前記モータの実回転数差に変換し、該実回転数差を前記ロータのイナーシャを考慮した応答時定数のフィルタに通して加算回転数差を検出し、該加算回転数差を前記回転数検出手段で検出された前記回転数に加えることを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

[図1]

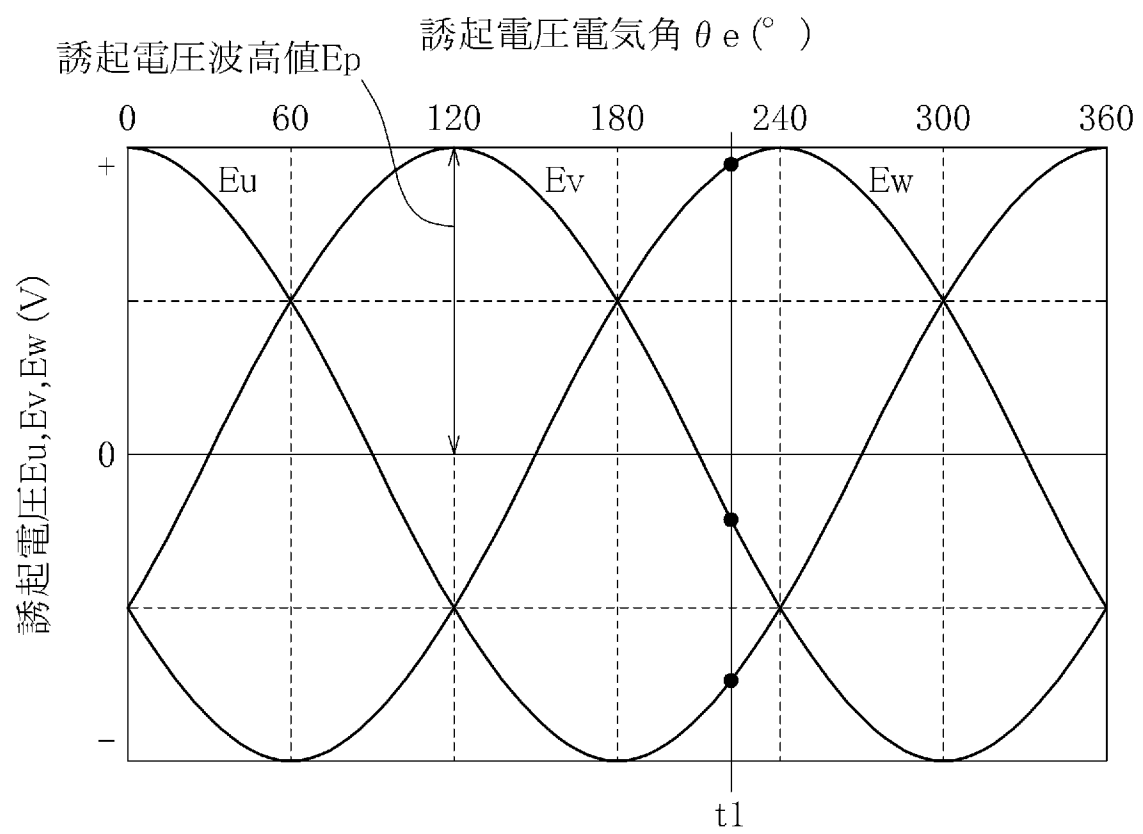




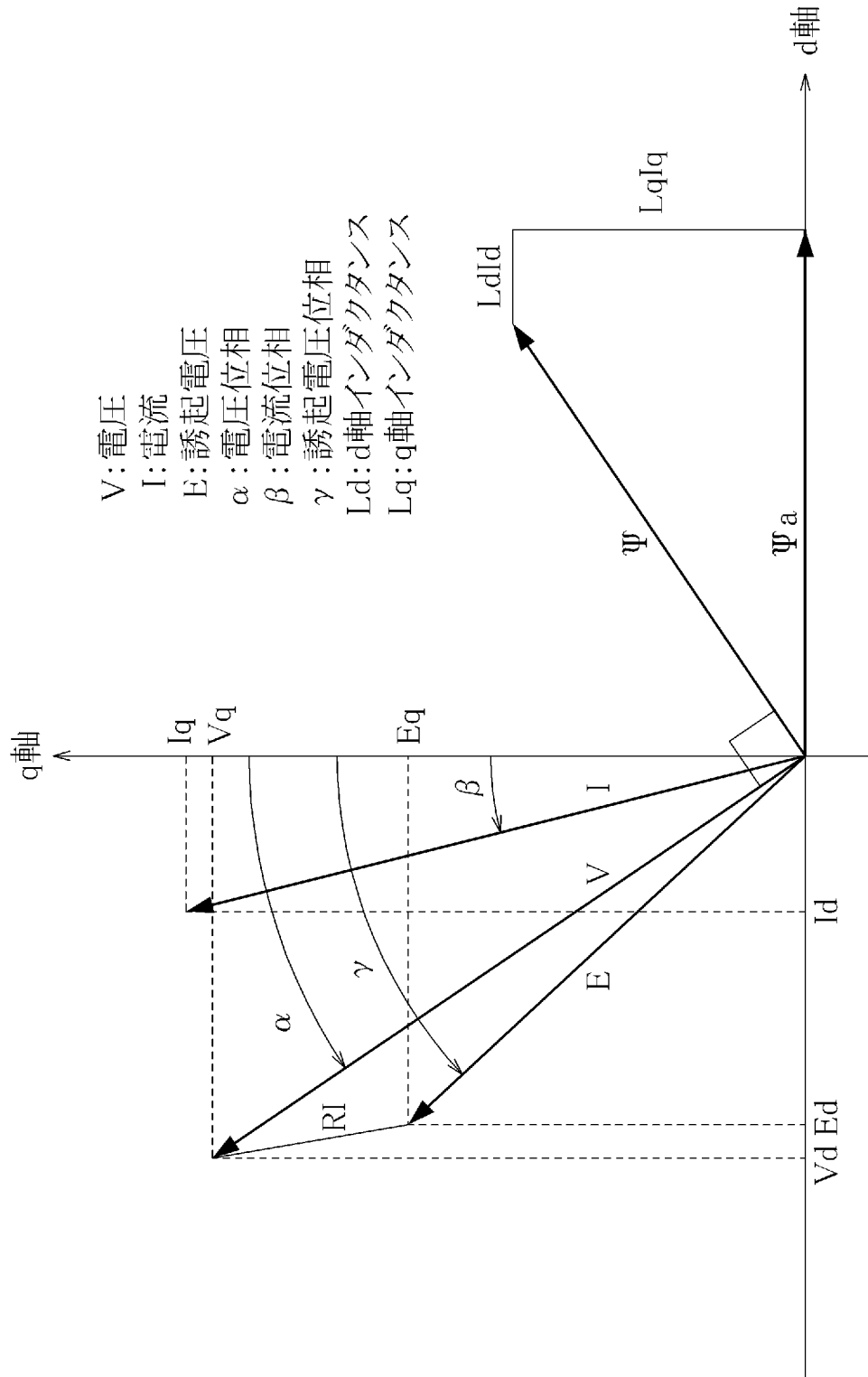
[図3]



[図4]

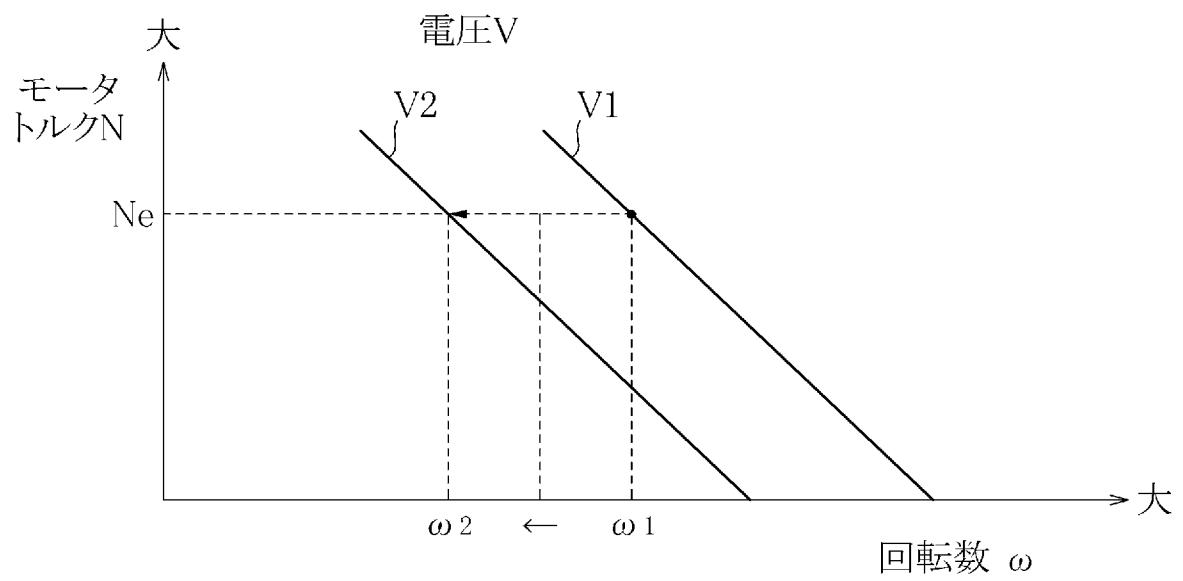


[図5]

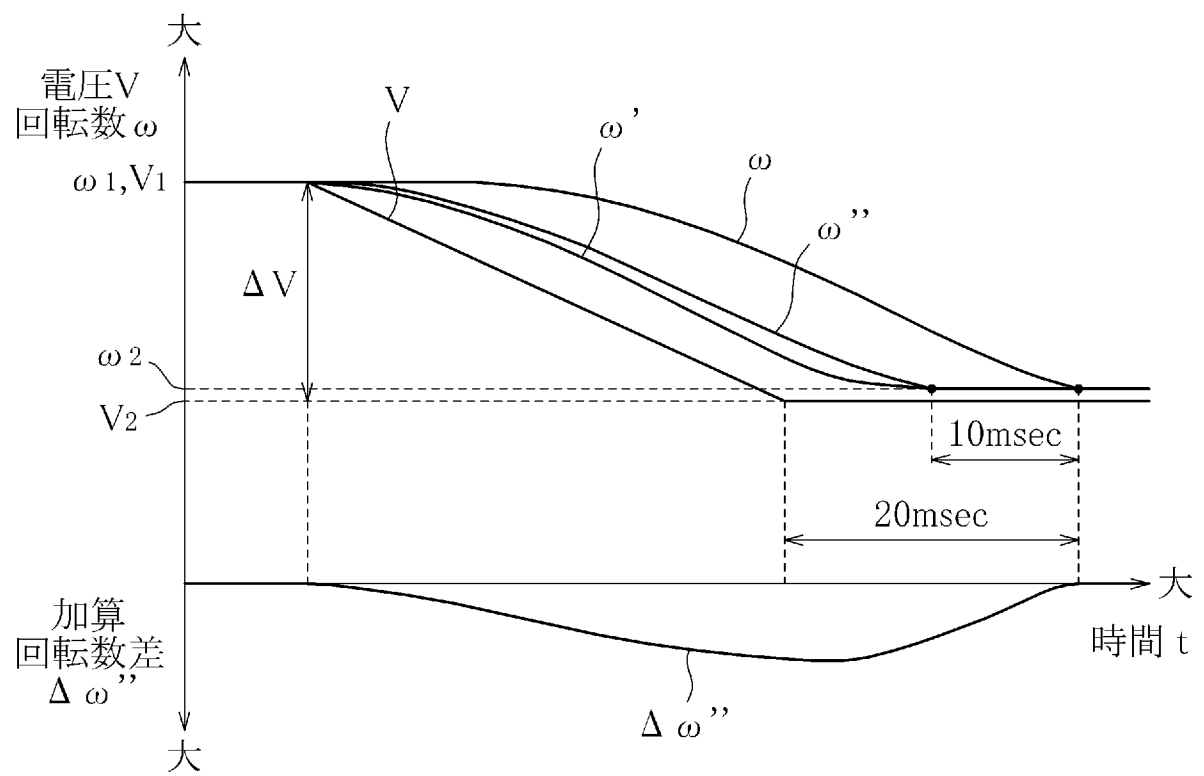


V : 電圧
 I : 電流
 E : 誘起電圧
 α : 電圧位相
 β : 電流位相
 γ : 誘起電圧位相
 L_d : d軸インダクタンス
 L_q : q軸インダクタンス

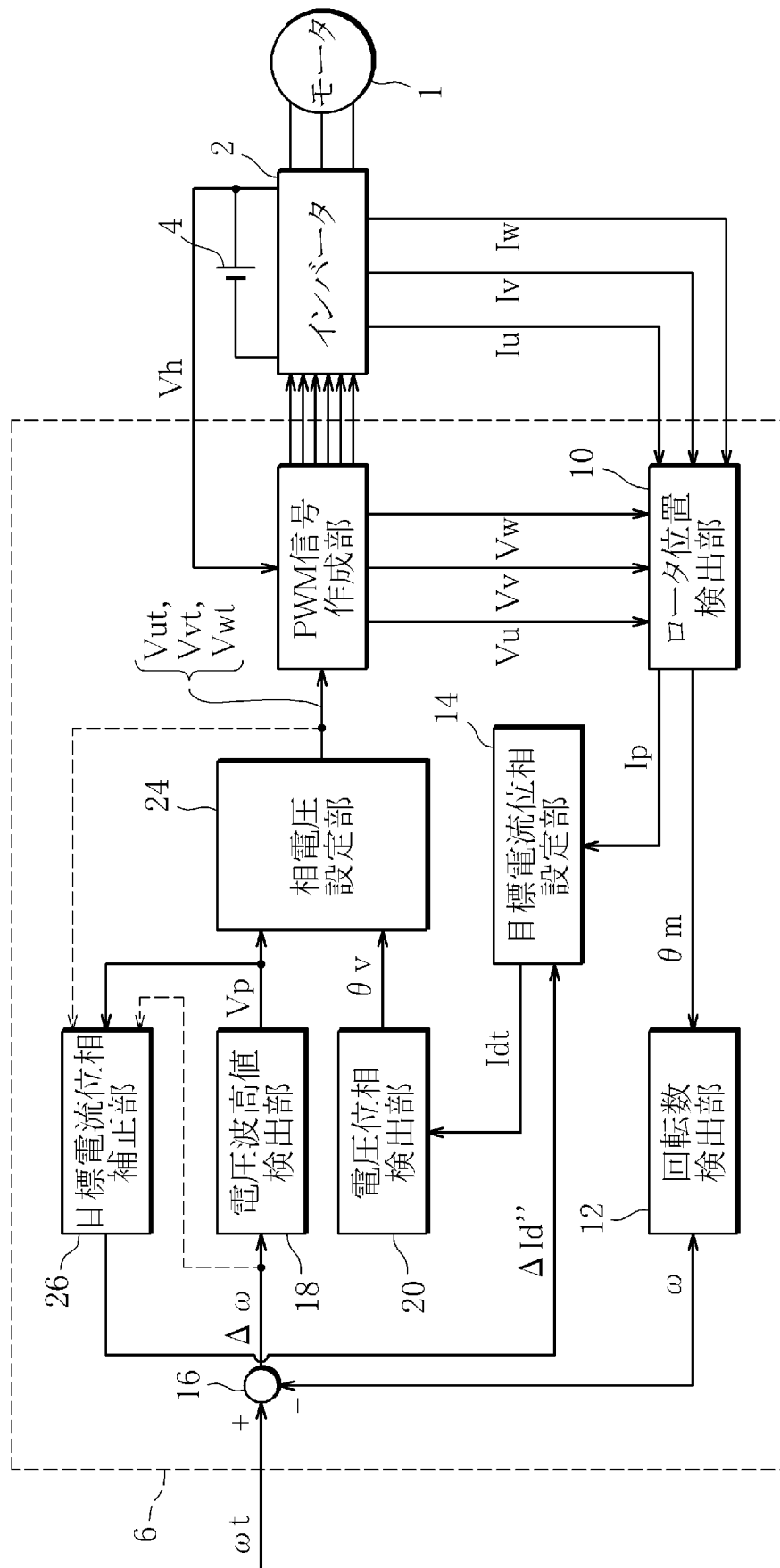
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052848

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2011-4515 A (Hitachi Via Mechanics, Ltd.), 06 January 2011 (06.01.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2009-95135 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 30 April 2009 (30.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2004-297901 A (Aichi Electric Co., Ltd.), 21 October 2004 (21.10.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-6



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

26 April, 2012 (26.04.12)

Date of mailing of the international search report

15 May, 2012 (15.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052848

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-278828 A (Sharp Corp.), 26 November 2009 (26.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2011-4515 A（日本ビアメカニクス株式会社）2011.01.06, 全文、 全図（ファミリーなし）	1 - 6
A	JP 2009-95135 A（富士電機システムズ株式会社）2009.04.30, 全文、 全図（ファミリーなし）	1 - 6
A	JP 2004-297901 A（愛知電機株式会社）2004.10.21, 全文、全図（フ ァミリーなし）	1 - 6

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
2 6 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日
1 5 . 0 5 . 2 0 1 2

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）	3 V	4 7 5 7
櫻田 正紀		
電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8		

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
A	JP 2009-278828 A (シャープ株式会社) 2009. 11. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 6