

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4168730号  
(P4168730)

(45) 発行日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日(2008.8.15)

(51) Int. Cl. F I  
 HO2P 21/00 (2006.01) HO2P 5/408 C  
 HO2P 27/04 (2006.01) HO2P 6/02 351N  
 HO2P 6/16 (2006.01)

請求項の数 2 (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-320685 (P2002-320685)                  (22) 出願日 平成14年11月5日(2002.11.5)                  (65) 公開番号 特開2004-159391 (P2004-159391A)                  (43) 公開日 平成16年6月3日(2004.6.3)                  審査請求日 平成17年9月28日(2005.9.28)</p>	<p>(73) 特許権者 000003997                  日産自動車株式会社                  神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地                  (74) 代理人 100075753                  弁理士 和泉 良彦                  (72) 発明者 藤本 覚                  神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地                  日産自動車株式会社内                    審査官 山村 和人</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3相交流電動機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3相交流電動機の回転子の電気角および3相電流を検出して、前記電気角検出値から回転数を算出し、トルク指令値と前記回転数からd軸、q軸それぞれの2相電流指令値を算出し、前記電気角検出値を用いて前記3相電流検出値を3相/2相変換してd軸、q軸それぞれの2相電流検出値を得て、前記2相電流指令値に前記2相電流検出値を一致させるための制御演算を行って2相電圧指令値を算出し、前記2相電圧指令値を前記電気角を用いて2相/3相変換してU相、V相、W相の3相電圧指令値を得て、前記3相の電圧指令値に基づいてインバータを制御し、3相交流電動機に供給する電力を制御する3相交流電動機の制御装置において、

前記3相電流のうち、1相の電流のみを検出する1個の電流センサと、前記検出した1相の電流値と、前記電動機の電気角検出値と、d軸電流指令値とq軸電流指令値との合成ベクトルがq軸と成す角度すなわち指令電流位相角  $\theta^*$  を用いて、残りの2相の電流値を推定する他相電流値推定手段と、  
 を備えたことを特徴とする3相交流電動機の制御装置。

【請求項2】

前記他相電流値推定手段は、d軸電流指令値  $I_d^*$  とq軸電流指令値  $I_q^*$  との合成ベクトル  $I_a$  がq軸と成す角度すなわち指令電流位相角  $\theta^*$  を、モータの回転子とステータのU相軸とが成す角度  $\theta$  に加えた値  $\theta'$  を算出し、その値  $\theta'$  と検出した1相の電流値  $I_u$  から下式を用いて  $I_a$  を算出し、前記  $\theta'$ 、 $I_a$  および  $I_u$  から下式を用いて他の2相の電流

値  $I_v$ 、 $I_w$  を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の 3 相交流電動機の制御装置。

$$I_a = I_u / \left[ (1/3) \times (-\sin[\theta]) \right]$$

$$I_v = (1/3) \times I_a \times (-\sin[\theta + 120^\circ])$$

$$I_w = (1/3) \times I_a \times (-\sin[\theta + 240^\circ])$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は 3 相交流電動機のベクトル制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

【特許文献 1】

特開 2001-25277 号公報

上記特許文献 1 には、1 つの電流センサを用いて制御を行い、高価な電流センサの使用数を削減した 3 相交流電動機（以下、モータと記す）の制御方法が記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来技術においては、インバータ（およびモータ）に流れる直流電流を電流センサで検知して、その直流電流値を制御するという構成になっていたため、モータ出力に比例的に関係する q 軸電流（トルク軸電流）、および d 軸電流（弱め界磁電流）を個別に制御して効率的なモータの運転を行う、いわゆるベクトル制御ができない、という問題があった。

20

【0004】

本発明は上記のごとき問題を解決するものであり、一つの電流センサを用いてベクトル制御を可能にした 3 相交流モータの制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明においては、3 相電流のうち、1 相の電流のみを検出する 1 個の電流センサを備え、前記検出した 1 相の電流値と、電動機の電気角検出値と、d 軸電流指令値と q 軸電流指令値との合成ベクトルが q 軸と成す角度すなわち指令電流位相角  $\theta$  を用いて、残りの 2 相の電流値を推定するように構成している。

30

【0006】

【発明の効果】

本発明においては、電流センサ数を削減してコストの低減を計りながら、任意の d、q 軸電流値に制御する 3 相交流モータのベクトル制御が可能になる、という効果が得られる。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施例について図面に基づいて詳述する。図 1 は、本発明の一実施例を示すブロック図である。

図 1 において、1 ~ 9 の部分は通常の 3 相同期モータの電流フィードバック制御系と同じであり、電流指令演算部 1 の一部と他相電流値推定部 10 との部分が通常と異なっている。なお、他相電流値推定部 10 は通常の電流フィードバック制御系を構成するコンピュータを用いて共通に構成することが出来る。

40

【0008】

まず、通常の 3 相同期モータの電流フィードバック制御系（ベクトル制御）について概略を説明する。

電流指令演算部 1 では、外部から指令されたトルク指令  $T^*$  に見合った d 軸電流指令値  $I_d^*$  および q 軸電流指令値  $I_q^*$  を出力する。それらの電流指令値は電流 P I 制御部 2 に入力される。なお、指令電流位相角  $\theta$  については後述する。

電流 P I 制御部 2 は、d 軸電流指令値  $I_d^*$  と d 軸電流値（現在値） $I_d$  との偏差に基づき比例積分演算を行って d 軸電圧指令値  $V_d^*$  を出力し、同様に q 軸電流指令値  $I_q^*$  と q

50

軸電流値（現在値） $I_q$ との偏差に基づいて $q$ 軸電圧指令値 $V_{q^*}$ を出力する。

上記の $d$ 軸電圧指令値 $V_{d^*}$ と $q$ 軸電圧指令値 $V_{q^*}$ は、必要に応じて非干渉演算処理を施され、2相3相変換器3により3相電圧指令値 $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$ に変換された後、PWM変換部4に与えられ、PWM信号に変換される。

インバータ5は上記PWM信号に応じて図示しない直流電源（バッテリー等）の電力を3相交流電力変換し、3相モータ6を駆動する。

通常の電流フィードバック制御系においては、3相の各相電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を3個の電流センサでそれぞれ検出するが、本実施例においては、1個の電流センサ7によって1相の電流（例えばU相電流 $I_u$ ）のみを検出する。

他相電流値推定部10では、上記の検出したU相電流 $I_u$ から他の2相の電流値（例えばV相電流 $I_v$ とW相電流 $I_w$ ）を推定し、3相の電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を出力する。なお、他相電流値推定部10の詳細については後述する。

3相2相変換器9は、上記の3相の電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を $d$ 軸電流値 $I_d$ および $q$ 軸電流値 $I_q$ に変換し、前記電流PI制御部2にフィードバックする。

回転角検出器8は、3相モータ6の現在回転角（電気角）を検出する。この電気角は、前記2相3相変換器と3相2相変換器10における座標変換演算および電流指令演算部1と他相電流値推定部10における演算に用いられる。

#### 【0009】

以下、本発明の特徴とする電流指令演算部1における指令電流位相角の演算と他相電流値推定部10について説明する。

3相交流モータに流れる相電流には図2に示す関係があり、各々が $120^\circ$ ずつ位相がずれた正弦波であって、下記（数1）式～（数3）式で表される。

$$I_u = (1/3) \times I_a \times (-\sin[\theta]) \quad \dots \text{(数1)}$$

$$I_v = (1/3) \times I_a \times (-\sin[\theta + 120^\circ]) \quad \dots \text{(数2)}$$

$$I_w = (1/3) \times I_a \times (-\sin[\theta + 240^\circ]) \quad \dots \text{(数3)}$$

よって $I_u$ と $\theta$ を検出すれば、（数1）式より $I_a$ を算出することができ、この $I_a$ と $\theta$ を用いて（数2）式、（数3）式から $I_v$ 、 $I_w$ を推定することができる。

#### 【0010】

以下、上記の電流値推定で用いる角度 $\theta$ について詳述する。

角度 $\theta$ は、モータの回転子とステータのU相軸とが成す角度（図3参照）に、 $d$ 軸電流指令値と $q$ 軸電流指令値との合成ベクトル $I_a$ が $q$ 軸と成す角度、すなわち指令電流位相角（以上、図4参照）を加算した値であり、下記（数4）式で示される。

$$\theta = \theta_0 + \theta_a \quad \dots \text{(数4)}$$

つまり、U相電流の位相角 $\theta_0$ とモータ回転子の位相角 $\theta_a$ （=U相誘起電圧位相角）には、図5に示すように、角度 $\theta_a$ だけオフセットした関係があり、U相電流の位相角 $0^\circ$ から $\theta_a$ 遅れてモータ回転子角は $0^\circ$ となる。

#### 【0011】

ここで、図5に示したU相電流位相角 $\theta_0 = 0^\circ$ の瞬間における $d$ 軸、 $q$ 軸とU軸、V軸、W軸との位相関係を図6に示す。図6に示すように、モータ回転子のN極方向が $d$ 軸で、これに直行した軸が $q$ 軸である。

さらに、この時の電流ベクトルを図7に示す。図7に示したように、U相電流位相角 $\theta_0 = 0^\circ$ であるから $I_u = 0$ であり、また3相電流値の総和は0の関係（ $I_u + I_v + I_w = 0$ ）と図5の関係から $I_v = -I_w$ であり、かつ、 $I_v > 0$ である。

よって、この時の3相電流ベクトルの総和（ $I_a \times (1/3)$ ）は図7に示すベクトルとなり、その角度はU軸、V軸間でU軸から $90^\circ$ の位置になる。

#### 【0012】

さらに、図7に図6で示した $d$ 軸、 $q$ 軸を重ねたものを図8に示す。

#### 【0013】

図8のベクトル $I_a$ を $d$ 軸と $q$ 軸にベクトル分解したものがベクトル $I_d$ およびベクトル $I_q$ となる。ここでベクトル $I_a$ とベクトル $I_q$ の成す電流位相角を $X$ とすると、その値

10

20

30

40

50

はd軸とベクトルI<sub>a</sub>の成す角Aからd軸とq軸の成す角90°を引いた値であり、下記(数5)式で示される。

$$X = A - 90^\circ \quad \dots \text{(数5)}$$

d軸とベクトルI<sub>a</sub>の成す角Aは、d軸とU軸の成す角θと、U軸とベクトルI<sub>a</sub>の成す角90°との和に等しく、下記(数6)式で示される。

$$A = \theta + 90^\circ \quad \dots \text{(数6)}$$

(数6)式を(数5)式に代入すると、下記(数7)式となる。

$$X = \theta + 90^\circ - 90^\circ = \theta \quad \dots \text{(数7)}$$

したがってX = θであることが判る。

【0014】

よって、d軸電流指令値I<sub>d</sub><sup>\*</sup>とq軸電流指令値I<sub>q</sub><sup>\*</sup>との合成ベクトルI<sub>a</sub>がq軸と成す角度すなわち指令電流位相角θを、モータの回転子とステータのU相軸とが成す角度に追加したθ'を用いることにより、3相のうちの1相の電流値(例えばU相電流I<sub>u</sub>)を検出すれば、前記(数1)式~(数3)式から他の2相の電流値を推定することが出来る。そして上記のようにして求めた3相の電流値を用いて、その時のモータに流れる電流値I<sub>d</sub>、I<sub>q</sub>の電流位相が指令値の電流位相θと一致するよう制御することが出来るので、ベクトル制御が可能となる。

【0015】

図9は、上記の他相電流値推定部10における演算処理を示すフローチャートである。

図9において、ステップ1では、電流センサ7の検出値I<sub>u</sub>、回転角検出器8の検出値θ、および指令電流位相角θ'を取り込み、ステップ2へ移行する。

なお、指令電流位相角θ'は、d軸電流指令値I<sub>d</sub><sup>\*</sup>とq軸電流指令値I<sub>q</sub><sup>\*</sup>との合成ベクトルI<sub>a</sub>がq軸と成す角度であるから、電流指令演算部1において、d軸電流指令値I<sub>d</sub><sup>\*</sup>とq軸電流指令値I<sub>q</sub><sup>\*</sup>の算出時に同時に求める。

【0016】

ステップ2では、ステップ1で取り込んだ値を用いて、前記(数1)式から下記(数8)式を用いてI<sub>a</sub>を算出し、ステップ3へ移行する。

$$I_a = I_u / \{ (1/3) \times (-\sin[\theta']) \} \quad \dots \text{(数8)}$$

ステップ3では、ステップ2で算出したI<sub>a</sub>およびステップ1での取り込み値を用いて、前記(数2)式からI<sub>v</sub>を算出し、ステップ4へ移行する。

【0017】

ステップ4では、ステップ2で算出したI<sub>a</sub>およびステップ1での取り込み値を用いて、前記(数3)式からI<sub>w</sub>を算出する。以上で他相電流値推定の演算を終了する。

以下、通常の電流ベクトル制御と同様に3相2相変換でd-q軸電流を取得して電流制御を行うことが可能である。

【0018】

上記のように、本実施例においては、1個の電流センサを用いて検出した1相の電流値から他の2相の電流値を演算で推定することにより、3相交流モータのベクトル制御を行うことが出来る。そのため、電流センサ数を削減してコストの低減を計りながら、任意のd、q軸電流値に制御する3相交流モータのベクトル制御が可能になる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示すブロック図。

【図2】3相電流I<sub>u</sub>、I<sub>v</sub>、I<sub>w</sub>の関係を示す図。

【図3】モータの回転子とステータのU相軸とが成す角度θを示す図。

【図4】d軸電流指令値とq軸電流指令値との合成ベクトルI<sub>a</sub>がq軸と成す角度、すなわち指令電流位相角θ'を示す図。

【図5】U相電流の位相角θ'とモータ回転子の位相角θ(誘起電圧位相角)との関係を示す図。

【図6】U相電流位相角θ' = 0°の瞬間におけるd軸、q軸とU軸、V軸、W軸との位

10

20

30

40

50

相関係を示す図。

【図7】U相電流位相角  $\gamma = 0^\circ$  の瞬間における電流ベクトルを示す図。

【図8】図7の電流ベクトルに図6で示したd軸、q軸を重ねた図。

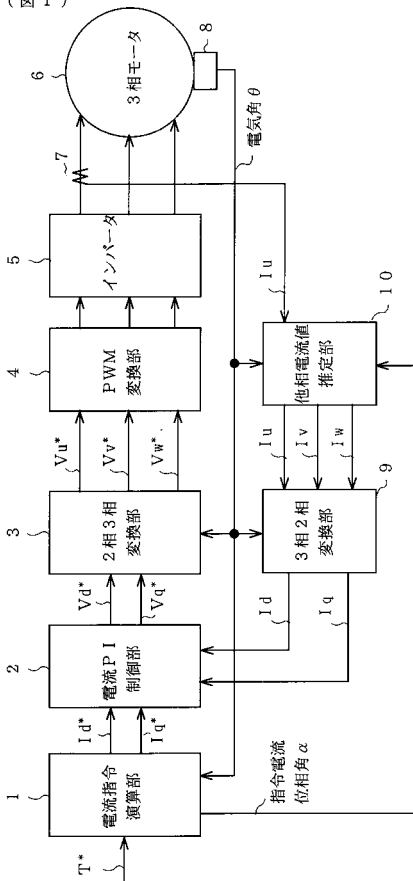
【図9】他相電流値推定部10における演算処理を示すフローチャート。

【符号の説明】

- 1 ... 電流指令演算部
- 2 ... 電流PI制御部
- 3 ... 2相3相変換器
- 4 ... PWM変換部
- 5 ... インバータ
- 6 ... 3相モータ
- 7 ... 電流センサ
- 8 ... 回転角検出器
- 9 ... 3相2相変換器
- 10 ... 他相電流値推定部

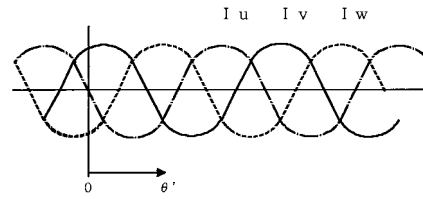
【図1】

(図1)



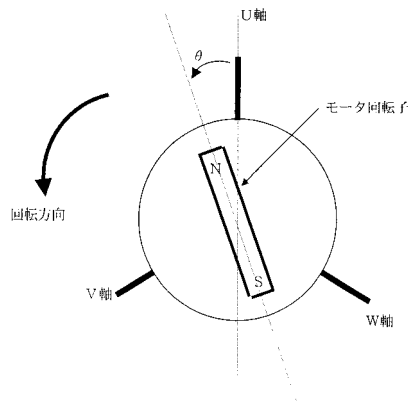
【図2】

(図2)



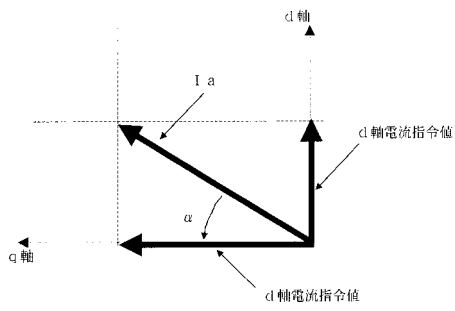
【図3】

(図3)



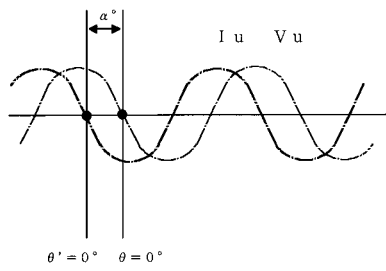
【図4】

(図4)



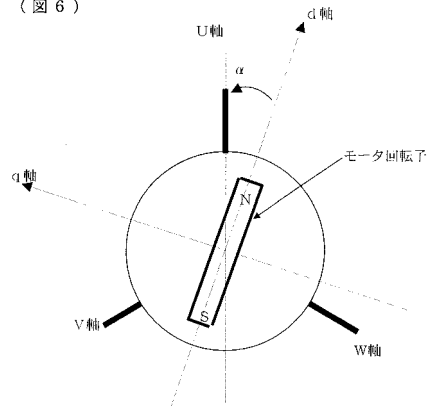
【図5】

(図5)



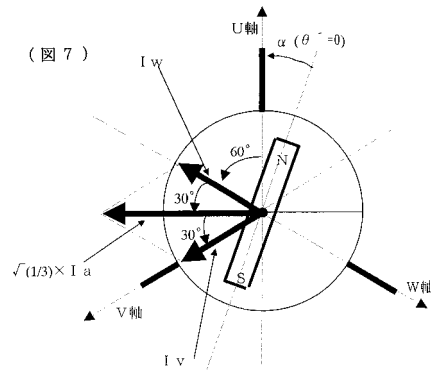
【図6】

(図6)



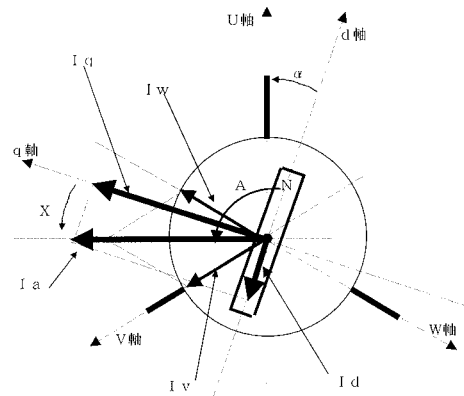
【図7】

(図7)



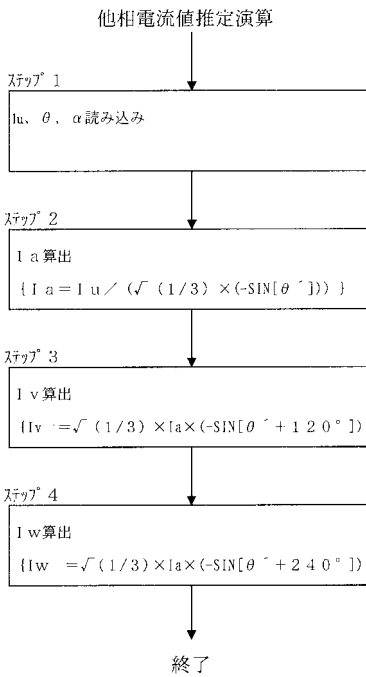
【図8】

(図8)



【図9】

(図9)



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-154393(JP,A)  
特開2001-309697(JP,A)  
特開平10-225199(JP,A)  
特開2001-078485(JP,A)  
特開2002-165499(JP,A)  
特開平05-276778(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 21/00  
H02P 6/16  
H02P 27/04