

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4502734号
(P4502734)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2P 21/00	(2006.01)	HO2P	5/408		C
HO2P 27/04	(2006.01)	HO2P	6/02	371S	
HO2P 6/18	(2006.01)				

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-208953 (P2004-208953)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成16年7月15日(2004.7.15)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2006-33993 (P2006-33993A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成18年2月2日(2006.2.2)	(74) 代理人	100073759
審査請求日	平成18年10月18日(2006.10.18)		弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100093562
			弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 考生
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(72) 発明者	安川 功一
			兵庫県神戸市兵庫区浜山通6丁目1番2号
			三菱電機コントロールソフトウェア株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法およびこの算出方法を用いた電動機制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3 相同期電動機の 3 相電流を検出する電流検出器と、
 前記 3 相同期電動機の回転位置を検出する回転位置検出装置と、
 前記 3 相電流を前記回転位置にもとづき磁束成分と前記磁束成分に直交する直交成分とに座標変換する 3 相 2 相変換器と、
 外部から与えられたトルク指令に基づき電流指令値を前記磁束成分の電流指令値と、前記直交成分の電流指令値とに分離する電流指令発生器と、
 前記電流指令発生器の各成分の指令値に、前記 3 相 2 相変換器で変換された前記磁束成分の電流値と、前記直交成分の電流値とが一致するように前記各成分の電圧指令値を演算する電流制御演算器と、
 前記各成分の電圧指令値を前記回転位置にもとづき 3 相電圧指令値に座標変換する 2 相 3 相変換器と、
 前記 2 相 3 相変換器の出力にもとづき前記 3 相同期電動機に加える電圧を出力するインバータとを有する電動機制御装置に、
 前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとする第 1 手順、
前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分に直交する成分の電圧指令値の正負により、正であれば 0°、負であれば 180°である仮設の位相補正量初期値を求める第 2 手順、
 前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定め

10

20

た比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように比例積分位相補正量を算出し、前記位相補正量初期値と共に、前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御する第3手順、

前記磁束成分電圧指令値がゼロとなったときの、前記オフセットを前記回転子基準位置と前記回転位置検出装置の原点との位相差とし、これを原点オフセット量として記憶する第4手順、

前記原点オフセット量を求める制御を複数回繰り返し、求めて記録された複数の前記原点オフセット量を平均化して原点オフセット量平均値を求める第5手順、

前記原点オフセット量平均値を記憶する第6手順、及び

前記回転位置検出装置の出力に前記原点オフセット量平均値を加算する第7手順を含ませたことを特徴とする電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

10

【請求項2】

前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとする前記第1手順の後、前記3相2相変換器で変換された前記磁束成分の各成分の電流値が予め定めた所定のレベル以下であることを確認した後、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定めた比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように前記比例積分位相補正量を算出し前記位相補正量初期値と共に、前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御する前記第3手順を実施することを特徴とする請求項1に記載の電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

【請求項3】

20

前記3相2相変換器で変換された前記磁束成分の各成分の電流値が前記所定のレベル以下に収まらなかった時、再度前記比例積分位相補正量を算出する処理を行うことを特徴とする請求項2に記載の電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

【請求項4】

前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとする前記第1手順の後、前記磁束成分電圧指令値が予め定めた所定の範囲内にあることを確認した後、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定めた比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように前記比例積分位相補正量を算出し前記位相補正量初期値と共に、前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御する前記第3手順を実施することを特徴とする請求項1に記載の電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

30

【請求項5】

前記磁束成分電圧指令値が前記所定の範囲内に収まらなかった時、再度前記比例積分位相補正量を算出する処理を行うことを特徴とする請求項4に記載の電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

【請求項6】

前記再度行う前記比例積分位相補正量を算出する処理が、あらかじめ定めた所定回数以上となったとき、警報または警報信号を発する警報手順を含むことを特徴とする請求項3又は請求項5に記載の電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法。

【請求項7】

3相同期電動機の3相電流を検出する電流検出器、
前記3相同期電動機の回転位置を検出する回転位置検出装置、
前記3相電流を前記回転位置にもとづき磁束成分と前記磁束成分に直交する直交成分とに座標変換する3相2相変換器、

40

外部から与えられたトルク指令に基づく電流指令値を前記磁束成分の電流指令値と、前記直交成分の電流指令値とに分離する電流指令発生器、

前記電流指令発生器の前記各成分の指令値に、前記3相2相変換器で変換された前記磁束成分の各成分の電流値が、一致するように前記各成分の電圧指令値を演算する電流制御演算器、

前記各成分の電圧指令値を前記回転位置にもとづき3相電圧指令値に座標変換する2相3相変換器、

50

前記 2 相 3 相変換器の出力にもとづき前記 3 相同期電動機に加える電圧を出力するインバータ、

前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとするゼロ入力回路、

前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分に直交する成分の電圧指令値の正負により、正であれば 0° 、負であれば 180° である仮設の位相補正量初期値を設定する位相補正量初期値設定回路、

前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定めた比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように比例積分位相補正量を算出し、前記位相補正量初期値と共に、前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御するオフセット制御回路、

10

前記磁束成分電圧指令値がゼロとなったときの、前記オフセットを前記回転子基準位置と前記回転位置検出装置の原点との位相差とし、これを原点オフセット量として記憶する記憶回路、

前記原点オフセット量を求める制御を複数回行い、求めた複数の前記原点オフセット量を前記記録回路に記憶し、記録された複数の前記原点オフセット量を平均化して原点オフセット量平均値を求める原点オフセット量平均値演算器、

前記原点オフセット量平均値を記憶する平均値記憶回路、及び

前記回転位置検出装置の出力に前記原点オフセット量平均値を加算する補正回路を備えたことを特徴とする電動機制御装置。

【請求項 8】

20

直流駆動電源電圧から電機子電圧指令値を演算し、この電機子電圧を得るための総磁束指令値を出力する総磁束指令値演算器、

前記総磁束指令値と前記磁束成分に直交する成分 () の電流指令値とにもとづいて負荷角 α を演算する負荷角演算器、

前記総磁束指令値と前記負荷角とにもとづいて前記 3 相同期電動機の界磁巻線電流を制御する界磁電流指令演算器を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の電動機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動機に取り付けた回転位置検出装置の、取り付け位置のずれなどにより生じる電動機の回転子基準位置と回転位置検出装置の原点との位相差（オフセット量）を算出する方法およびこの算出方法を用いた電動機制御装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

交流電動機（以下ここでは同期電動機として説明する）に、周波数と電圧、電流、位相を制御可能な電源（以下総称してインバータという）から電力を供給（両方向に）してそのトルクや回転速度を制御する電動機制御装置がある。

電動機制御装置は供給する電圧などの位相を電動機の回転角度に応じて制御する必要があるため、電動機にはその回転子の回転角度を瞬時データとして出力可能な回転位置検出装置が取り付けられる。しかし、このような回転位置検出装置は回転子の真の原点位置に対して、いくらかずれて取り付けられる場合が多いので、検出された回転角度信号を補正して使用する必要がある。

40

この補正の仕方にはいろいろな方法が提案されているが、要は、回転子基準位置と回転位置検出装置の原点との位相差を算出して補正するものであり、たとえば特許文献 1 に示すものが有る。

【0003】

特許文献 1 に開示された、従来の技術における電動機に取り付けた回転位置検出装置の、取り付け位置のずれなどにより生じる電動機の回転子基準位置と回転位置検出装置の原点との位相差算出の原理について、電動機が 3 相同期電動機であるとして説明する。

回転子の磁束の方向を d 軸とし、回転子の磁束に直交する方向を q 軸（制御軸とも言う）と

50

し、回転子基準位置と回転位置検出装置の位相差がゼロである場合の電動機のd軸とq軸成分における電圧方程式を考えると、

【0004】

$$V_d = R i_d - \dot{\psi}_q \quad (1)$$

$$V_q = R i_q + \dot{\psi}_d \quad (2)$$

ここで V_d は d 軸電圧、 V_q は q 軸電圧、 R は 1 相の抵抗、

i_d は d 軸電流、 i_q は q 軸電流、 ψ_d は d 軸成分磁束、

ψ_q は q 軸成分磁束、 ω は回転子の角速度である。

上式において、 $i_d = 0$ 、 $i_q = 0$ とすると、 $\dot{\psi}_d$ 、 $\dot{\psi}_q$ は次式で表される。

$$\dot{\psi}_d = L_d \dot{i}_d + \omega \psi_q = \omega \psi_q \quad (3)$$

$$\dot{\psi}_q = L_q \dot{i}_q = 0 \quad (4)$$

となる。

ここで L_d は d 軸インダクタンス、 L_q は q 軸インダクタンス、 ψ_f は回転子の磁束である。

このときの d 軸、q 軸成分における電圧方程式は

$$V_d = 0 \quad (5)$$

$$V_q = \omega \psi_f \quad (6)$$

となり、 V_d がゼロとなる。

【0005】

ところが、回転子基準位置と回転位置検出装置の検出出力との間に、位相差がある場合には、電動機の電流 i_d 、 i_q に対し、

$$i_d' = i_d \cos \theta - i_q \sin \theta \quad (7)$$

$$i_q' = i_d \sin \theta + i_q \cos \theta \quad (8)$$

で表される i_d' 、 i_q' に変換される。

このときの d'、q' 軸成分における電圧方程式は

$$V_d' = R i_d' - \dot{\psi}_q' \cos \theta + \dot{\psi}_d' \sin \theta \quad (9)$$

$$V_q' = R i_q' + \dot{\psi}_q' \sin \theta + \dot{\psi}_d' \cos \theta \quad (10)$$

で表される。

このとき、 $i_d' = 0$ 、 $i_q' = 0$ としても

$$V_d' = \omega \psi_f \sin \theta \quad (11)$$

$$V_q' = \omega \psi_f \cos \theta \quad (12)$$

となって V_d' がゼロとならない。

【0006】

ここで V_d がゼロとなるような原点オフセット量を算出することが必要となる。この算出方法としては、次のようなものがある。

(1) d 軸電圧指令値がゼロでないとき、上記回転位置検出装置の出力に等差数列 (1° 、 2° 、 \dots 、 n°) を位相補正量として順次加算してゆき、d 軸電圧指令値がゼロになるまで加算を続ける方法。

(2) d 軸電圧指令値及び q 軸電圧指令値の逆正接 (アークタンジェント) を計算し、これを原点オフセット量として上記回転位置検出装置の出力に加算する方法。

(3) d 軸電圧指令値がゼロでないとき、位相補正量として 1° から 180° まで所定角度刻みで走査して上記 d 軸電圧指令値を記録し、そして上記 d 軸電圧指令値がゼロに近い 2 つの位相補正量から内挿して原点オフセット量を算出する方法がある。

【特許文献 1】特願 2003-054472

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、上述の従来技術に従い磁束成分電圧指令値から原点オフセット量を算出しようとした場合、瞬時値による判定であるため、電圧の高調波成分やノイズ等の影響を受けて上記磁束成分および同成分に直交する成分の電流値が一定とならないことから、磁束

10

20

30

40

50

成分の電圧指令値がゼロであっても磁束成分および同成分に直交する成分の電流値がゼロでない場合があり、原点オフセット量の算出精度が低下するという課題があった。

また、電流検出器に検出誤差がある場合、実際の電流値がゼロであっても検出誤差量が出力されるので、これを座標変換すると、一定値とならず周期的に変動する値となるため、これをゼロとすべく制御を行っても電圧指令値がゼロとならず周期的に変動する値となることから、原点オフセット量の算出精度が低下するという課題があった。

さらに、回転変動によっても座標変換後の電流値や電圧指令値が変動することから、原点オフセット量の算出精度が低下するという課題があった。

即ち、従来の原点オフセット量の算出方法では、高い算出精度が得られないと言う課題があった。

10

【0008】

本願発明の目的は、電圧の高調波やノイズ、または電流検出器の検出誤差、電動機の回転変動の影響を受けにくく、算出精度が向上する原点オフセット量の算出方法を提供することである。

また、この算出方法を使用した回転位置検出装置の原点オフセット量算出装置を備えた電動機制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明に係る電動機の回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法は、3相同期電動機の3相電流を検出する電流検出器と、

20

前記3相同期電動機の回転位置を検出する回転位置検出装置と、

前記3相電流を前記回転位置にもとづき磁束成分と前記磁束成分に直交する直交成分とに座標変換する3相2相変換器と、

外部から与えられたトルク指令に基づく電流指令値を前記磁束成分の電流指令値と、前記直交成分の電流指令値とに分離する電流指令発生器と、

前記電流指令発生器の各成分の指令値に、前記3相2相変換器で変換された前記磁束成分の電流値と、前記直交成分の電流値とが一致するように前記各成分の電圧指令値を演算する電流制御演算器と、

前記各成分の電圧指令値を前記回転位置にもとづき3相電圧指令値に座標変換する2相3相変換器と、

30

前記2相3相変換器の出力にもとづき前記3相同期電動機に加える電圧を出力するインバータとを有する電動機制御装置に、

前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとする第1手順、

前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分に直交する成分の電圧指令値の正負により、正であれば 0° 、負であれば 180° である仮設の位相補正量初期値を求める第2手順、

前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定めた比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように比例積分位相補正量を算出し、前記位相補正量初期値と共に、

前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御する第3手順、

40

前記磁束成分電圧指令値がゼロとなったときの、前記オフセットを前記回転子基準位置と前記回転位置検出装置の原点との位相差とし、これを原点オフセット量として記憶する第4手順、

前記原点オフセット量を求める制御を複数回繰り返し、求めて記録された複数の前記原点オフセット量を平均化して原点オフセット量平均値を求める第5手順、

前記原点オフセット量平均値を記憶する第6手順、及び

前記回転位置検出装置の出力に前記原点オフセット量平均値を加算する第7手順を含ませたものである。

【0010】

また、この発明の電動機制御装置は、3相同期電動機の3相電流を検出する電流検出器

50

、
 前記 3 相同期電動機の回転位置を検出する回転位置検出装置、
 前記 3 相電流を前記回転位置にもとづき磁束成分と前記磁束成分に直交する直交成分とに座標変換する 3 相 2 相変換器、
 外部から与えられたトルク指令に基づく電流指令値を前記磁束成分の電流指令値と、前記直交成分の電流指令値とに分離する電流指令発生器、
 前記電流指令発生器の前記各成分の指令値に、前記 3 相 2 相変換器で変換された前記磁束成分の各成分の電流値が、一致するように前記各成分の電圧指令値を演算する電流制御演算器、
 前記各成分の電圧指令値を前記回転位置にもとづき 3 相電圧指令値に座標変換する 2 相 3 相変換器、
 前記 2 相 3 相変換器の出力にもとづき前記 3 相同期電動機に加える電圧を出力するインバータ、
 前記各成分の電流指令値を強制的にゼロとするゼロ入力回路、
 前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分に直交する成分の電圧指令値の正負により、正であれば 0°、負であれば 180°である仮設の位相補正量初期値を設定する位相補正量初期値設定回路、
 前記電流指令値がゼロとなったとき、前記磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に予め定めた比例積分ゲインを掛けることにより前記磁束成分電圧指令値がゼロとなるように比例積分位相補正量を算出し、前記位相補正量初期値と共に、前記回転位置検出装置の出力に加算するオフセットを制御するオフセット制御回路、
 前記磁束成分電圧指令値がゼロとなったときの、前記オフセットを前記回転子基準位置と前記回転位置検出装置の原点との位相差とし、これを原点オフセット量として記憶する記憶回路、
 前記原点オフセット量を求める制御を複数回繰り返し、求めた複数の前記原点オフセット量を前記記録回路に記憶し、記録された複数の前記原点オフセット量を平均化して原点オフセット量平均値を求める原点オフセット量平均値演算器、
 前記原点オフセット量平均値を記憶する平均値記憶回路、及び
 前記回転位置検出装置の出力に前記原点オフセット量平均値を加算する補正回路を備えたものである。

10

20

30

【発明の効果】

【0011】

この発明の原点オフセット量算出方法は、電流指令値がゼロとなったとき、磁束成分に直交した成分の電圧指令値から位相補正量初期値を算出し、磁束成分電圧指令値がゼロになるように磁束成分電圧指令値とゼロとの偏差に比例積分ゲインを掛けて制御することにより、磁束成分電圧指令値が時間と共に変化してやがて収束したときの比例積分位相補正量を求め、上記位相補正量初期値と上記比例積分位相補正量とを加算して位相補正量を求め、電動機の回転位置検出装置の取り付け位置のずれなどによって生じる回転子基準位置と、回転位置検出装置の原点との位相差を算出するもので、磁束成分に直交する成分の電圧指令値より位相補正量初期値を算出し、比例積分位相補正量に加算することで、回転子基準位置と回転位置検出装置との原点オフセット量より、所定の走査範囲内で位相補正量を走査するので、原点オフセット量から 180°反転した上記制御座標系各成分の電流指令値をゼロとしたとき磁束成分の電圧指令値がゼロとなるもうひとつの位相補正量を誤検出するということがない。

40

また、原点オフセット量の平均値を算出することになるため、従来の技術に記載の瞬時値判定方法に比べ電圧の高調波やノイズ、または電流検出器の検出誤差、電動機の回転変動等の影響を受けにくく、原点オフセット量検出精度を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

実施の形態 1 .

50

図 1 はこの発明の実施の形態 1 の原点オフセット量算出方法を説明するための電動機制御装置を含む電動機制御システム全体のブロック図である。

図 2 と図 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転位置検出装置の原点オフセット量算出方法を説明するためのフローチャートである。

図 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る原点オフセット量算出方法を説明するための磁束成分電圧指令値と同成分に直交する成分の電圧指令値と位相の関係を示す図である。

図 1 において、永久磁石界磁または巻線界磁を有する 3 相同期電動機 1 (以下、電動機という) には、電動機 1 を制御する制御装置 2 が接続されている。電動機 1 の図示しない回転子の軸にはレゾルバまたはロータリエンコーダからなる回転位置検出装置 3 が取り付けられている。回転位置検出装置 3 の出力は回転子位置を算出する位相演算器 4 に入力される。電動機 1 の 3 相電流は電流検出器 5 によって検出される。

10

3 相 2 相変換器 6 は、回転子の磁束の方向を d 軸とし、これに直交した方向を q 軸として、3 相電流 i_u , i_v , i_w を回転子位置信号にもとづいて d 軸、q 軸の電流に座標変換する。電流指令発生器 7 はトルク指令 T^* を受けて、この T^* と電動機 1 が発生させるトルクとが一致するような上記 d 軸、q 軸成分の電流指令値を発生する。電流制御演算器 8 は、d 軸電流指令値 i_d^* と実電流 i_d の偏差、および q 軸電流指令値 i_q^* と実電流 i_q の偏差から d 軸電圧指令値 V_d^* 、および q 軸成分の電圧指令値 V_q^* を演算して出力する。

【 0 0 1 3 】

2 相 3 相変換器 9 は電流制御演算器 8 が出力した V_d^* および V_q^* を回転子位置信号にもとづいて 3 相電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* へ座標変換する。インバータ 10 は 3 相電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* に基づき図示していない直流電源の電力を 3 相交流電力に変換し、電動機 1 に供給する。

20

位相補正量演算器 11 は、電流制御演算器 8 の出力である d 軸、q 軸電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を受けて、回転子基準位置と回転位置検出装置の原点との位相差である位相補正量を算出し (動作の詳細は後述)、位相演算器 4 の出力に位相補正量を加算するものであり、次の部分を備えている。即ち、 V_q^* から回転子基準位置に関する位相補正量初期値 i_{ni} を算出する位相補正量初期値演算器 12、 V_d^* とゼロとの偏差に比例積分ゲインを掛けて比例積分位相補正量 p_i を求める比例積分位相補正量演算器 13、位相補正量初期値演算器 12 の出力 i_{ni} と比例積分位相補正量演算器 13 の出力 p_i を加算して位相補正量を出力する位相補正量初期値加算器 14、位相演算器 4 の出力と位相補正量初期値加算器 14 の出力である位相補正量とを合算する位相補正量加算器 15 である。

30

また、電動機 1 には図示しない界磁巻線を励磁する界磁巻線駆動部 16 を備えている。

【 0 0 1 4 】

次に、上記の各部の動作を説明する。

位相補正量演算器 11 を除くその他の部分の構成は特許文献 1 に開示された公知のベクトル制御と同じである。

電動機 1 の回転子位置が回転位置検出装置 3 と位相演算器 4 で計算される。

電動機 1 の 3 相電流を検出する電流検出器 5 の出力と位相演算器 4 の出力とから 3 相 2 相変換器 6 によって i_d および i_q が算出される。

トルク指令 T^* が電流指令発生器 7 に入力されると、電動機 1 が発生するトルクをトルク指令値 T^* と一致させるような i_d^* および i_q^* が出力される。

40

i_d^* と i_d の偏差および i_q^* と i_q の偏差から、これらの偏差を減少させるように電流制御演算器 8 にて V_d^* および V_q^* が算出される。

さらに、 V_d^* および V_q^* は 2 相 3 相変換器 9 によって、上記位相演算器 4 の出力である回転子位置情報に基づき、3 相電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* に座標変換される。この 3 相電圧指令値に基づき、インバータ 10 が出力を制御し、電動機 1 が制御される。このようにして電動機 1 のベクトル制御が行われる。

【 0 0 1 5 】

ここで電動機 1 に取り付けられている回転位置検出装置 3 の取り付け位置が回転子基準位置に対して位相差をもつ (即ち角度誤差をもつ) 場合、回転子角度がずれて検出されて

50

しまう。電動機 1 の回転子の回転位置検出値がずれてしまうと、まず、3 相 2 相変換器 6 による 3 相電流 i_u , i_v , i_w の d 軸成分および q 軸成分への座標変換が正しく行われなくなり、また、2 相 3 相変換器 9 による V_d^* , V_q^* から 3 相電圧への座標変換も正しく行われないので、電動機 1 からトルク指令値どおりのトルクが出力されなくなってしまう。そこで位相演算機 4 の出力を下記のように補正する。

【0016】

回転位置補正方法の要点は、 i_d^* および i_q^* をゼロとした場合に、 V_d^* がゼロとなるための位相補正量 を原点オフセット量 $Offset$ として求め、これを位相演算機 4 の出力に加算するものである。

このような補正を行うための原点オフセット量算出方法について図 2 のフローチャートにより説明する。

(ステップ S001) で回転位置補正指令 A^* が入力されると、(ステップ S002) で電動機 1 が回転中であれば、(ステップ S003) でトルク指令 T^* を無視して電流指令発生器 7 の出力である i_d^* , i_q^* をそれぞれ強制的にゼロにする(第 1 手順という)。強制的にゼロにする回路は図示しないが、電流指令発生器 7 の内部に含まれている。

フローチャートには示さないが、回転子に磁束を発生させるために界磁巻線駆動部 16 により界磁巻線を励磁し、 $i_d^* = i_q^* = 0$ にもとづき、 $i_d = i_q = 0$ となるように電流制御演算器 8 が自動的に V_d^* , V_q^* を演算して出力する。

(ステップ S004) で $V_q^* > 0$ ならば、(ステップ S005) で位相補正量初期値演算器 12 が V_q^* から 仮設の位相補正量初期値 i_{ni} を求める(第 2 手順という)。

(ステップ S006) で V_d^* とゼロとの偏差に、比例積分位相補正量演算器 13 が比例積分ゲインを掛けて(即ち、比例積分であるということは入力ゼロでない限り出力は時間と共に増大する)出力し、この値を用いて制御されるので、この間図 4 に示すように位相角は走査される。やがて収束して変化が止まった時点で比例積分位相補正量 p_i を求める。(ステップ S007) で加算器 14 が位相補正量初期値 i_{ni} と上記比例積分位相補正量 p_i を加算して位相補正量 を求める(第 3 手順という)。

(ステップ S008) で V_d^* , i_d , i_q が所定の範囲内であることを確認して(ステップ S007) で求めた を有効として、つまり、原点オフセット量として、記憶する(第 4 手順という)。加算器 15 が位相演算器 4 の出力に位相補正量 を加算する。

後に説明するが 第 2 手順と第 3 手順とは省いても良い。

【0017】

上記の各ステップについて更に詳しく補足説明する。

原点オフセット量の算出は V_d^* がゼロでない時に行う。

(ステップ S004) では V_q^* が正の場合、仮設の位相補正量初期値 i_{ni} は 0° とし、 V_q^* が負の場合は 仮設の位相補正量初期値 i_{ni} を 180° とする(前記第 2 手順)。

図 4 より位相補正量初期値 i_{ni} からを走査することで、走査範囲を回転位置検出装置と電動機の回転子の原点オフセット量から $-90^\circ \sim +90^\circ$ とすることができる。

V_d^* とゼロとの偏差に比例積分ゲインを掛けて比例積分位相補正量 p_i を算出し、上記位相補正量初期値 i_{ni} と比例積分位相補正量 p_i を加算して位相補正量 を求める。位相演算器 4 の出力に上記位相補正量 を加算し、3 相 2 相変換器および 2 相 3 相変換器に入力する。

【0018】

このようにして V_d^* がゼロに収束したら、その時の位相補正量 を原点オフセット量 $Offset$ とする。

この原点オフセット量 を図示しない記憶手段に記憶し、電動機の以後の運転に使用する。

(ステップ S008) で V_d^* , i_d , i_q の各値が予め定めた無視できる範囲に入らなかったときは、ノイズの混入など何らかの理由で正確な原点オフセットを求めることができなかったと考えられるので、再び(ステップ S006)に戻って各ステップを繰り返す(ステップ S013)。そして V_d^* , i_d , i_q の各値が予め定めた無視できる範囲に入っ

10

20

30

40

50

たところで繰り返しを終了する。ただし、繰り返し回数が予め定めた所定の回数を超えても結果が収斂しないときは（ステップS014）、図3の（ステップS025）に移って検出異常を知らせるための警報を発信する。

【0019】

このような電動機の制御装置は、制御装置内で求めている V_d^* より算出した位相補正量 i_{ni} 、および V_d^* がゼロになるよう V_d^* とゼロの偏差の比例積分ゲインを掛けて算出した比例積分位相補正量 p_i より回転位置の位相差を補正できる。

上記に説明した各演算ステップはソフトウェアによって実現されているため、このソフトウェアを僅かに変更するだけで回転位置ずれの補正を行うことができる。

【0020】

実施の形態2.

以上で原点オフセットの算出はできたわけであるが、より精度を高めるために、更に図3のフローチャートに示す次の手順をとってもよい。

実施の形態1で説明した V_d^* がゼロになった時の $offset$ を求めて、これを図示しないバッファに積算する（ステップS009）。これを n 回実施する（ステップS010）。そして n 回の結果を加算し、 n で除算して平均値を求める（第5手順という）（ステップS020）。この平均値を記憶する（第6手順という）（ステップS021）。その後、位相補正指令 A^* をオフにして通常の電動機のベクトル制御へ戻る。このとき図示しない記憶装置に求めた平均の $offset$ を記憶し、通常の運転時にはこの記憶値を用いて原点を補正する（第7手順という）。

この場合、 V_d^* とゼロとの偏差の比例積分演算により V_d^* がゼロとなる原点オフセット量 $offset$ の平均値を算出することになるため、従来の技術に記載の V_d^* の瞬時値判定方法に比べ高調波やノイズの影響を受けにくく、精度を向上させることができる。

【0021】

実施の形態3.

さらに、次のようにすることでより精度を高めることができる。即ち、3相電流検出器に検出誤差がある場合、実際の電流値がゼロであっても検出誤差量が出力されるので、これを3相2相変換器6にて座標変換した電流検出値 i_d 、 i_q は周期的に変動する値となる。

したがって、上記 i_d 、 i_q をゼロに補正すべく制御を行っても電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* もゼロにならず周期的に変動する値となるが、実施の形態2のように平均値を算出してやることで上記 i_d 、 i_q の平均値がゼロとなり、電流検出器の検出誤差をキャンセルした状態で回転子基準位置と回転位置検出装置の原点との位相差を補正できるという効果も得られる。

大きな回転変動などがあった場合でも、同様に上記座標変換後の検出電流 i_d 、 i_q や上記電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* が変動する。この場合も、変動幅が所定の範囲に収まることを確認することで正しく位相差を検出することができる。

【0022】

実施の形態1～実施の形態3の説明に於いては、磁束成分に直交する成分の電圧指令値より位相補正量初期値 i_{ni} を算出し、磁束成分電圧とゼロとの偏差に比例積分ゲインを掛けて算出された比例積分位相補正量 p_i に加算して位相補正量とし、その位相補正量を平均化して原点オフセット量とした。しかし、位相補正量初期値 i_{ni} の算出および位相補正量初期値 i_{ni} を比例積分位相補正量 p_i に加算しなくとも、比例積分位相補正量 p_i のみでも原点オフセット量算出は可能である。

【0023】

実施の形態4.

実施の形態1では d/q 軸ベクトル制御による回転位置検出装置の原点オフセット量を算出する例を示した。実施の形態4では、 d 軸成分磁束と q 軸成分磁束のベクトル和を総磁束 a とし、総磁束成分を $軸$ 、総磁束成分に直交した成分を $軸$ として、この2軸で総磁束制御軸と成し、上記総磁束制御軸上にて電動機を制御する方式において、回転位置

10

20

30

40

50

検出装置の原点オフセット量を算出する方法（以下、総磁束制御での原点オフセット量算出方法という）について説明する。

図5に総磁束制御する電動機制御装置のブロック図を示す。

図5は直流駆動電源電圧から電機子電圧指令値を演算し、所望の電機子電圧指令値と電機子電圧が一致するような総磁束指令値 i_a^* を演算する総磁束指令値演算器17と、総磁束指令値 i_a^* とd軸電流から総磁束 Φ_a の成す角である負荷角 η_a を演算する負荷角演算器18と、総磁束指令値演算器17より出力された総磁束指令値 i_a^* に等しい総磁束を発生するための界磁電流指令値を演算する界磁電流指令演算器19を備えている。上記に説明した部分及び、以下に説明する部分以外は、実施の形態1の図1と同じなので詳細な説明を省略する。

10

【0024】

直流駆動電源電圧から総磁束指令値演算器17によって総磁束指令値 i_a^* を演算し、上記総磁束指令値 i_a^* に基づき負荷角演算器18により負荷角 η_a 、界磁電流指令演算器19により界磁電流指令値 i_f^* を演算し、界磁巻線駆動部16より上記界磁電流指令値 i_f^* と界磁電流値 i_f が一致するよう界磁電流値を調整し、3相電流値と回転子位置と負荷角 η_a に基づき3相2相変換器6によって総磁束成分を α 軸と成し、総磁束成分に直交する成分を β 軸と成す α 軸に座標変換し、

電流指令発生器7より算出された α 軸電流指令値と、 α 軸に流れる α 軸電流および β 軸電流がゼロと一致するような電圧指令値 V_α^* および β 軸電圧指令値 V_β^* を演算し、さらにこの電圧指令値 V_α^* 、 V_β^* は2相3相変換器によって、上記回転子位置と負荷角 η_a に基づき、3相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換される。

20

このようにして電動機の総磁束制御が行われている電動機の制御装置において、上記 α 軸における電圧方程式は次式で表される。

$$V_\alpha = i_a R + \Phi_a \sin \eta_a \quad (13)$$

$$V_\beta = R i_\beta + \Phi_a \cos \eta_a \quad (14)$$

【0025】

ここで、 i_d 軸電流を i_d 、 R は1相分の抵抗、 θ は回転子基準位置に対する回転位置検出装置の位相差とする。

上記総磁束制御軸上において総磁束 Φ_a とd軸の成す角を次式で表される負荷角 η_a とすると、 η_a は次式で表される。

30

【0026】

【数1】

$$\eta_a = \tan^{-1} \left| \frac{L_q i_\delta}{\Phi_a} \right| \quad (15)$$

【0027】

ここで L_q はq軸インダクタンスであり、 i_δ 軸電流 i_δ をゼロとしたとき、 η_a 、 β 軸電圧および負荷角 η_a は次式にて示される。

【0028】

40

【数2】

$$V_\gamma = \omega \Phi_a \sin \alpha = \omega \phi_f \sin \alpha \quad (16)$$

$$V_q = \omega \Phi_a \cos \alpha = \omega \phi_f \cos \alpha \quad (17)$$

$$\eta_a = 0 \quad (18)$$

【0029】

50

a はゼロとなり、 d 軸は d, q 軸に一致することから、 d 軸電圧指令値を d 軸電圧指令値とし、 q 軸を q 軸電圧指令値とすることで d 軸電圧指令値がゼロになるよう実施の形態 1 で示した方法を用いることにより同様の効果が得られる。

また、実施の形態 1 および 2 では、原点オフセット量を算出するために比例積分演算器を用いたが、比例演算器や比例積分微分演算器を用いても同等の効果がある。さらに、巻線界磁式の電動機の例を示したが、永久磁石界磁式の電動機でも同様の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】実施の形態 1 の電動機の制御装置のブロック図である。

【図 2】図 1 の位相補正検出法を説明するフローチャートである。

10

【図 3】図 2 のフローチャートに続くフローチャートである。

【図 4】磁束成分電圧および同成分に直交する成分の電圧指令値と位相の関係を説明する位相説明図である。

【図 5】実施の形態 4 の電動機の制御装置のブロック図である。

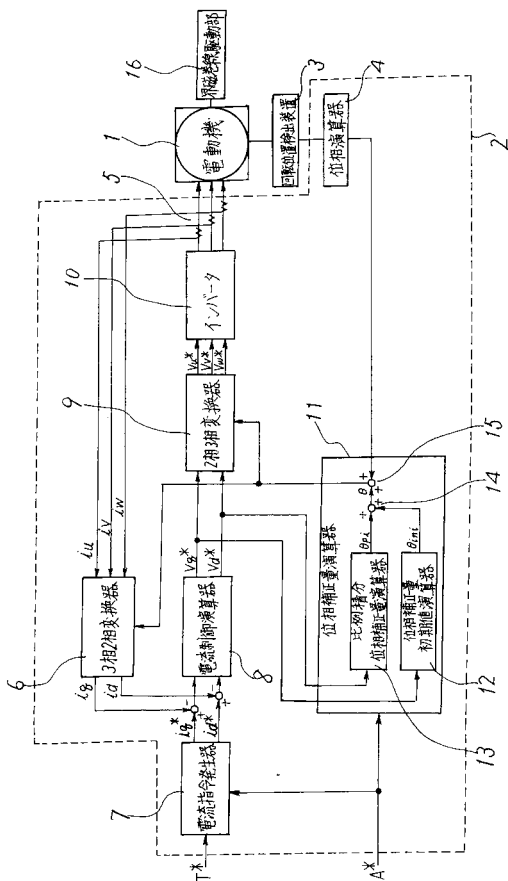
【符号の説明】

【0031】

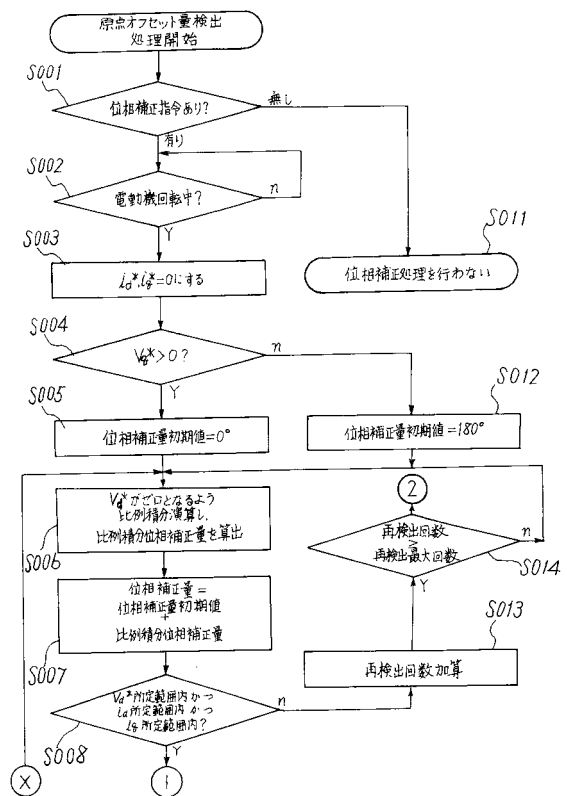
- 1 電動機、 2 制御装置、 3 回転位置検出装置、
- 4 位相演算器、 5 電流検出器、 6 3相2相変換器、
- 7 電流指令発生器、 8 電流制御演算器、 9 2相3相変換器、
- 10 インバータ、 11 位相補正量演算器、
- 12 位相補正量初期値演算器、 13 比例積分位相補正量演算器、
- 14 位相補正量初期値加算器、 15 位相補正量加算器、
- 16 界磁駆動部、 17 総磁束指令値演算器、 18 負荷角演算器、
- 19 界磁電流指令値演算器。

20

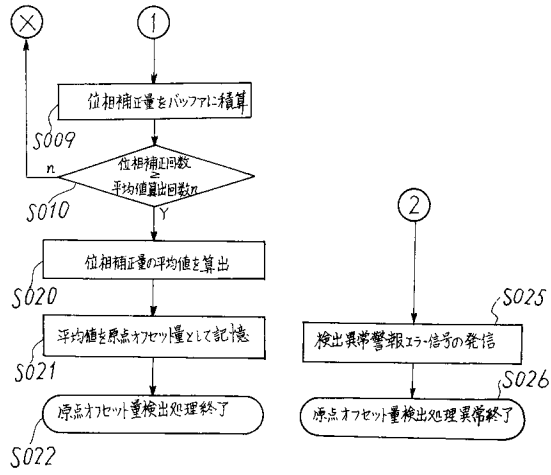
【図 1】



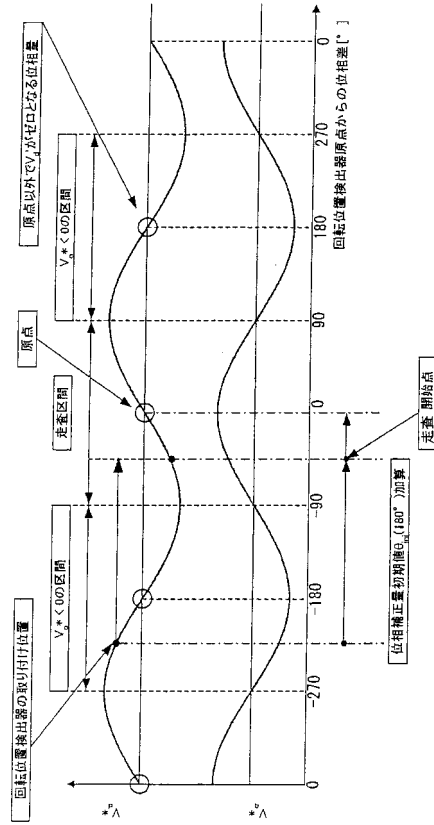
【図 2】



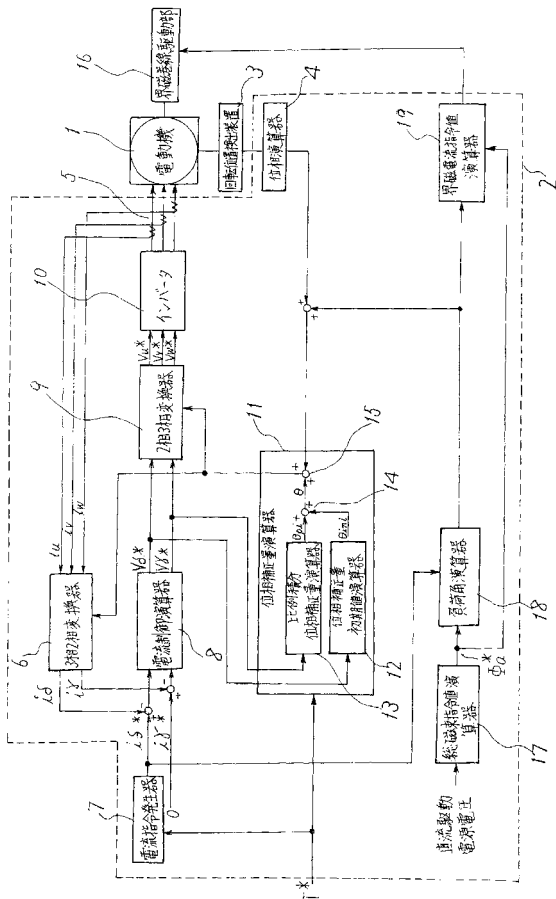
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 西村 慎二
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開2004-129359(JP,A)
特開平06-165561(JP,A)
特開2003-079185(JP,A)
特開2002-238278(JP,A)
特開2003-333898(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 21/00 - 27/18
H02P 6/00 - 6/24