

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5703595号
(P5703595)

(45) 発行日 平成27年4月22日 (2015. 4. 22)

(24) 登録日 平成27年3月6日 (2015. 3. 6)

(51) Int. Cl.		F I			
H02P 29/00	(2006.01)	H02P	5/00	T	
H02P 6/12	(2006.01)	H02P	6/02	371D	
B62D 5/04	(2006.01)	B62D	5/04		

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-120640 (P2010-120640)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成22年5月26日 (2010. 5. 26)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2011-250567 (P2011-250567A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成23年12月8日 (2011. 12. 8)	(74) 代理人	100068755
審査請求日	平成25年4月18日 (2013. 4. 18)		弁理士 恩田 博宣
		(74) 代理人	100105957
			弁理士 恩田 誠
		(72) 発明者	玉泉 晴天
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		審査官	森山 拓哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置及び電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータ制御信号を出力するモータ制御信号出力手段と、前記モータ制御信号に基づいてモータに三相の駆動電力を供給する駆動回路と、各相の電流値を監視することにより前記モータへの電力供給経路における通電不良の発生を検出する異常検出手段とを備えたモータ制御装置において、

前記異常検出手段は、通電状態にあるべき相の電流値が非通電状態を示す値であり、且つ他相の電流値が通電状態を示す値である場合には、前記非通電状態を示す電流値を有する相に通電不良の発生を示す異常があると判定すること、を特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載のモータ制御装置において、

前記駆動回路は、前記モータ制御信号に基づきオン/オフする一対のスイッチング素子を直列に接続してなるスイッチングアームを各相に対応して並列に接続することにより形成されるとともに、前記各スイッチング素子は寄生ダイオードを有し、且つ各相の前記電流値は、前記各スイッチングアームの接地側に設けられた電流センサにより検出されるものであって、

前記異常検出手段は、前記スイッチングアームを構成する接地側のスイッチング素子の何れかをオフ作動させる前記モータ制御信号が出力されているにもかかわらず、そのオフ作動するスイッチング素子に対応した相の電流値が通電状態を示す値である場合には、当該相に通電不良の発生を示す異常があると判定すること、を特徴とするモータ制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載のモータ制御装置において、
 前記モータが発生すべき目標トルクと実トルクとの偏差に基づいて、演算周期毎のモータ回転角変化量に相当する加算角を演算する加算角演算部と、
 前記加算角を積算することにより制御上のモータ回転角を演算する制御角演算部とを備え、
 前記モータ制御信号出力手段は、前記制御上のモータ回転角に従う回転座標系における電流フィードバック制御の実行により前記モータ制御信号を出力すること、
 を特徴とするモータ制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 の何れか一項に記載のモータ制御装置を備えた電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置及び電動パワーステアリング装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、駆動電力の供給を通じてモータの作動を制御するモータ制御装置には、その電力供給経路における通電不良の発生を検出する機能が備えられている。即ち、三相（U、V、W）の駆動電力に基づき回転するブラシレスモータを制御対象とするモータ制御装置では、その目標となる指令電流値が通電状態を示すものであるにもかかわらず、何れかの相電流値が非通電状態を示す値である場合には、当該相に通電不良（断線状態）が生じたものと判定することができる（例えば、特許文献 1 参照）。そして、更に回転角速度条件を付加して、逆起電圧の影響によりモータコイルに電流を流し込めなくなるような高速回転時を排除することで、より精度よく、その通電不良検出を行うことができる（例えば、特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2006 / 112033 号パンフレット

【特許文献 2】特開 2007 - 224028 号公報

【特許文献 3】特開 2010 - 11709 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、ブラシレスモータを制御対象とするモータ制御装置にも、モータ回転角（及び回転角速度）を検出することなく、その駆動電力の供給を行うものがある（例えば、特許文献 3 参照）。そして、このような所謂レゾルバレス制御を行うものについては、上記回転角速度条件を付加することができず、これによる検出精度の向上が望めないという課題があり、この点において、なお改善の余地を残すものとなっていた。

【0005】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、回転角速度検出を行うことなく、精度よく、電力供給経路における通電不良の発生を検出することのできるモータ制御装置及び電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記問題点を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、モータ制御信号を出力するモータ制御信号出力手段と、前記モータ制御信号に基づいてモータに三相の駆動電力を供給する駆動回路と、各相の電流値を監視することにより前記モータへの電力供給経路にお

10

20

30

40

50

る通電不良の発生を検出する異常検出手段とを備えたモータ制御装置において、前記異常検出手段は、通電状態にあるべき相の電流値が非通電状態を示す値であり、且つ他相の電流値が通電状態を示す値である場合には、前記非通電状態を示す電流値を有する相に通電不良の発生を示す異常があると判定すること、を要旨とする。

【 0 0 0 7 】

即ち、通電不良の発生により三相のうちの一相が非通電状態となった場合、キルヒホッフの法則により、残る二相については、互いの位相が 180° （電気角）ずれた状態で、その通電が継続される。これに対し、逆起電圧の影響を要因とする高速回転時の電流低下は、全ての相について検出される現象であり、正常であれば、特定の相電流波形のみが小さくなるようなことはない。従って、上記構成によれば、実回転角の検出による回転角速度条件判定ができない状況においても、逆起電圧の影響によりモータコイルに電流を流し込めなくなるような高速回転時を排除して、精度よく、その通電不良検出を行うことができる。

10

【 0 0 0 8 】

請求項2に記載の発明は、前記駆動回路は、前記モータ制御信号に基づきオン/オフする一对のスイッチング素子を直列に接続してなるスイッチングアームを各相に対応して並列に接続することにより形成されるとともに、前記各スイッチング素子は寄生ダイオードを有し、且つ各相の前記電流値は、前記各スイッチングアームの接地側に設けられた電流センサにより検出されるものであって、前記異常検出手段は、前記スイッチングアームを構成する接地側のスイッチング素子の何れかをオフ作動させる前記モータ制御信号が出力されているにもかかわらず、そのオフ作動するスイッチング素子に対応した相の電流値が通電状態を示す値である場合には、当該相に通電不良の発生を示す異常があると判定すること、を要旨とする。

20

【 0 0 0 9 】

即ち、各スイッチングアームの接地側に各相の電流センサが設けられた構成では、接地側のスイッチング素子（下段スイッチング素子）がオフである場合、その下段スイッチング素子に遮断されることで、当該相の電流は検出されなくなる。ところが、その電源側に配置された電源側のスイッチング素子（上段スイッチング素子）にオープン故障が生じた場合には、下段スイッチング素子がオフであっても、モータインダクタンスの影響によって、その寄生ダイオードを介した電流が流れることになる。従って、上記構成によれば、モータの実回転角を用いることなく、より高精度に、その通電不良検出を行うことができる。

30

【 0 0 1 0 】

請求項3に記載の発明は、前記モータが発生すべき目標トルクと実トルクとの偏差に基づいて、演算周期毎のモータ回転角変化量に相当する加算角を演算する加算角演算部と、前記加算角を積算することにより制御上のモータ回転角を演算する制御角演算部とを備え、前記モータ制御信号出力手段は、前記モータ制御信号出力手段は、前記制御上のモータ回転角に従う回転座標系における電流フィードバック制御の実行により前記モータ制御信号を出力すること、を要旨とする。

【 0 0 1 1 】

即ち、三相の何れかに通電不良が生じた状態で正常時と同様の通電を継続することにより大きなトルク変動が生ずる。そして、目標トルクと実トルクとの偏差を基礎とする仮想的なモータ回転角に基づくレゾルバレス制御では、そのトルク偏差の変動が更なるトルク変動の発生要因となってしまう。しかしながら、このような構成についても、上記請求項1, 2の通電不良検出を適用することにより、いち早く、その異常を検出して速やかにモータ駆動を停止することができる。その結果、上記のようなトルク変動を伴う通電が継続される事態を回避することができる。

40

【 0 0 1 2 】

請求項4に記載の発明は、請求項1～請求項3の何れか一項に記載のモータ制御装置を備えた電動パワーステアリング装置であること、を要旨とする。

50

上記構成によれば、通電不良発生時においても、そのモータトルクの変動を抑えて、操舵フィーリングに優れた電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、回転角速度検出を行うことなく、精度よく、電力供給経路における通電不良の発生を検出することが可能なモータ制御装置及び電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】電動パワーステアリング装置(EPS)の概略構成図。

10

【図2】EPSの電氣的構成を示すブロック図。

【図3】駆動回路の回路図。

【図4】第1制御部の概略構成図。

【図5】第2制御部の概略構成図。

【図6】通電不良検出の処理手順を示すフローチャート。

【図7】通電不良発生時の各相電流値の推移を示す波形図。

【図8】通電不良検出の処理手順を示すフローチャート。

【図9】通電不良検出の処理手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0015】

20

以下、本発明を具体化した一実施形態を図面に従って説明する。

図1に示すように、本実施形態の電動パワーステアリング装置(EPS)1において、ステアリング2が固定されたステアリングシャフト3は、ラックアンドピニオン機構4を介してラック軸5と連結されている。そして、ステアリング操作に伴うステアリングシャフト3の回転は、ラックアンドピニオン機構4によりラック軸5の往復直線運動に変換される。尚、本実施形態のステアリングシャフト3は、コラムシャフト3a、インターミディエイトシャフト3b、及びピニオンシャフト3cを連結してなる。そして、このステアリングシャフト3の回転に伴うラック軸5の往復直線運動が、同ラック軸5の両端に連結されたタイロッド6を介して図示しないナックルに伝達されることにより、転舵輪7の舵角、即ち車両の進行方向が変更される。

30

【0016】

また、EPS1は、操舵系にステアリング操作を補助するためのアシスト力を付与する操舵力補助装置としてのEPSアクチュエータ10と、該EPSアクチュエータ10の作動を制御する制御手段としてのECU11とを備えている。

【0017】

本実施形態のEPSアクチュエータ10は、駆動源であるモータ12が減速機構13を介してコラムシャフト3aと駆動連結された所謂コラム型のEPSアクチュエータとして構成されている。尚、本実施形態では、モータ12には、三相(U, V, W)の駆動電力に基づき回転するブラシレスモータが採用されている。そして、EPSアクチュエータ10は、このモータ12の回転を減速してコラムシャフト3aに伝達することにより、その

40

【0018】

一方、ECU11には、トルクセンサ14及び車速センサ15が接続されており、ECU11は、これらトルクセンサ14により検出される操舵トルク、及び車速センサ15により検出される車速Vに基づいて、操舵系に付与すべきアシスト力(目標アシスト力)を演算する。そして、その目標アシスト力に相当するモータトルクを発生させるべく、モータ12に対して駆動電力を供給することにより、同モータ12を駆動源とするEPSアクチュエータ10の作動、即ち操舵系に付与するアシスト力を制御する構成となっている(パワーアシスト制御)。

【0019】

50

次に、本実施形態のEPSの電氣的構成について説明する。

図2は、本実施形態のEPSの制御ブロック図である。同図に示すように、ECU11は、モータ制御信号を出力するマイコン17と、同マイコン17の出力するモータ制御信号に基づいてモータ12に三相の駆動電力を供給する駆動回路18とを備えている。

【0020】

図3に示すように、本実施形態の駆動回路18は、スイッチング素子としての複数のFET18a~18fを接続することにより形成される。具体的には、FET18a, 18d、FET18b, 18e、及びFET18c, 18fの各組の直列回路が並列に接続されている。尚、本実施形態では、これらの各FET18a~18fには、NチャネルMOSFETが用いられている。そして、その直列接続されたスイッチング素子対の各接続点、即ちFET18a, 18d、FET18b, 18e、FET18c, 18fの各接続点19u, 19v, 19wは、それぞれ、動力線20u, 20v, 20wを介してモータ12の各相モータコイル12u, 12v, 12wに接続されている。

【0021】

即ち、本実施形態の駆動回路18は、直列に接続された一对のスイッチング素子を基本単位(スイッチングアーム)として、各相に対応する3つのスイッチングアーム18u, 18v, 18wを並列に接続してなる周知のPWMインバータとして構成されている。そして、マイコン17の出力するモータ制御信号は、駆動回路18を構成する各FET18a~18fのスイッチング状態を規定するゲートオン/オフ信号となっている。

【0022】

つまり、モータ制御信号にตอบสนองして各FET18a~18fがオン/オフすることにより、各相モータコイル12u, 12v, 12wに対する通電パターンが切り替わる。そして、これにより、車載電源(バッテリー)の直流電圧が三相(U, V, W)の駆動電力に変換されて、モータ12へと出力されるようになっている。

【0023】

また、ECU11には、モータ12の各相電流値 I_u , I_v , I_w を検出するための電流センサ21(21u, 21v, 21w)が設けられている。具体的には、これらの各電流センサ21u, 21v, 21wは、モータ12の各相に対応する上記各スイッチングアーム18u, 18v, 18wの低電位側(接地側、図2中下側)に、それぞれ、シャント抵抗を接続することにより形成されている。そして、本実施形態のマイコン17は、これら各電流センサ21u, 21v, 21wの出力信号(シャント抵抗の端子間電圧)に基づいて、各相モータコイル12u, 12v, 12wに流れる相電流値 I_u , I_v , I_w を検出する構成となっている。

【0024】

図1及び図2に示すように、本実施形態のECU11は、更に、ステアリングセンサ(操舵角センサ)22により検出されるステアリング2の回転角、即ち操舵角 s を取得するとともに、モータレゾルバ23の出力信号に基づいて、モータ12の回転角(電気角) m を検出する。尚、本実施形態では、モータレゾルバ23には、そのセンサ信号として、モータの実回転角(電気角)に応じて振幅が変化する二相の正弦波状信号(正弦信号 S_{sin} 及び余弦信号 S_{cos})を出力する巻線型のレゾルバが採用されている。そして、本実施形態のECU11では、上記の操舵トルク T 及び車速 V に加え、これらモータ12の各相電流値 I_u , I_v , I_w 及び回転角 m 、並びに操舵角 s に基づいて、モータ制御信号出力手段としてのマイコン17が、その駆動回路18に対するモータ制御信号の出力を実行する構成となっている。

【0025】

詳述すると、本実施形態のマイコン17において、そのモータ制御部24には、直交座標軸上における電流制御の実行によりモータ12の各相に印加すべき相電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* (V_u^{**} , V_v^{**} , V_w^{**})を演算する第1制御部25及び第2制御部26、並びに、その相電圧指令値をモータ制御信号に変換するPWM変換部27が設けられている。そして、本実施形態のマイコン17は、このモータ制御部24において生成されたモータ

10

20

30

40

50

タ制御信号を駆動回路 18 に出力する構成となっている。

【0026】

さらに詳述すると、図4に示すように、第1制御部25は、操舵トルク及び車速Vに基づいて目標アシスト力に対応した電流指令値を演算する電流指令値演算部31を備えている。また、第1制御部25は、d/q変換部32を備えており、同d/q変換部32は、各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を、モータレゾルバ23により検出される上記回転角 θ_m 、即ちモータ12の実回転角に従う回転座標系(d/q座標系)の直交座標上に写像することにより、d軸電流値 I_d 及びq軸電流値 I_q を演算する。そして、第1制御部25は、そのd/q座標系において電流フィードバック制御を実行することにより、モータ12の各相に印加すべき電圧を示す相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を演算する構成となっている。

10

【0027】

即ち、上記電流指令値演算部31は、電流指令値としてq軸電流指令値 I_q^* を演算する。具体的には、同電流指令値演算部31は、入力される操舵トルクが大きいほど、また車速Vが小さいほど、より大きなアシスト力を発生させるようなq軸電流指令値 I_q^* を演算する。尚、d軸電流指令値 I_d^* は「0」に固定される($I_d^* = 0$)。そして、これらd軸電流指令値 I_d^* 及びq軸電流指令値 I_q^* は、d/q変換部32の出力するd軸電流値 I_d 及びq軸電流値 I_q とともに、その対応する減算器33d、33qに入力される。

【0028】

次に、これら各減算器33d、33qが演算する各軸の電流偏差 I_d 、 I_q は、それぞれ、対応するF/B制御部(フィードバック制御部)34d、34qに入力される。そして、各F/B制御部34d、34qは、その入力される電流偏差 I_d 、 I_q 及び所定のフィードバックゲイン(比例:P、積分:I)に基づくフィードバック制御演算を実行することにより、d/q座標系の電圧指令値であるd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* を演算する。

20

【0029】

具体的には、各F/B制御部34d、34qは、それぞれ、その入力される電流偏差 I_d 、 I_q に比例ゲインを乗ずることにより得られる比例成分、及び当該電流偏差 I_d 、 I_q の積分値に積分ゲインを乗ずることにより得られる積分成分を演算する。そして、これらの比例成分及び積分成分を加算することにより、d軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* を生成する。

30

【0030】

次に、これらのd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* は、d/q逆変換部35において、三相(U、V、W)の交流座標上に写像される。そして、第1制御部25は、このd/q逆変換部35が実行する逆変換により得られる相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を、上記PWM変換部27に出力する構成となっている。

【0031】

一方、図5に示すように、第2制御部26は、モータ12が発生すべき目標トルクと実トルクとの偏差に基づいて、演算周期毎のモータ回転角変化量に相当する加算角 θ_s を演算する加算角演算部41と、その加算角 θ_s を演算周期毎に積算することにより制御上の仮想的なモータ回転角としての制御角 θ_c を演算する制御角演算部42とを備えている。そして、第2制御部26は、その制御角 θ_c に従う回転座標系(d/q座標系)において電流フィードバック制御を実行することにより、相電圧指令値 V_u^{**} 、 V_v^{**} 、 V_w^{**} を演算する構成となっている。

40

【0032】

詳述すると、本実施形態の加算角演算部41は、上記操舵角 θ_s 及び車速Vに基づいて、モータ12が発生すべきモータトルクに対応するパラメータ、即ち操舵トルク T_{ref} の目標値に対応した目標トルク T_{ref}^* を演算する目標トルク演算部43を備えている。また、この目標トルク演算部43において演算された目標トルク T_{ref}^* は、モータ12の実トルクに対応するパラメータ、即ちトルクセンサ14により検出される操舵トルク T_{act} とともに減算器44に入力される。更に、この減算器44が演算するトルク偏差 T_{err} に基づいて、F/B

50

制御部 4 5 がフィードバック制御演算（比例積分制御：P I 制御）を実行する。そして、加算角演算部 4 1 は、その F / B 制御部 4 5 の制御出力を加算角 θ として制御角演算部 4 2 に出力する構成となっている。

【 0 0 3 3 】

一方、制御角演算部 4 2 は、前回の演算周期において演算した制御角 θ の前回値を記憶領域（図示略）に保持するとともに、当該前回値に上記加算角 θ を加算することにより新たな制御角 θ を演算する。そして、その当該新たな制御角 θ にて、上記記憶領域に保持する前回値を更新することにより、その演算周期毎に、加算角 θ の積算による制御角 θ の演算を実行する構成となっている。

【 0 0 3 4 】

次に、このようにして演算された制御上の仮想的なモータ回転角である制御角 θ は、各相電流値 I_u, I_v, I_w とともに、 α / β 変換部 5 0 に入力される。そして、 α / β 変換部 5 0 は、各相電流値 I_u, I_v, I_w を、その制御角 θ に従う回転座標系、即ち α / β 座標系の直交座標上に写像することにより、当該 α / β 座標系の実電流値として、 d 軸電流値 I_d 及び q 軸電流値 I_q を演算する。

【 0 0 3 5 】

また、第 2 制御部 2 6 の電流指令値演算部 5 1 は、その電流指令値として、 d 軸電流指令値 I_d^* 及び q 軸電流指令値 I_q^* を演算する。そして、 d 軸電流指令値 I_d^* は上記 d 軸電流値 I_d とともに減算器 5 3 a に入力され、 q 軸電流指令値 I_q^* は、 q 軸電流値 I_q とともに減算器 5 3 b に入力される。

【 0 0 3 6 】

次に、これら減算器 5 3 a, 5 3 b において演算される電流偏差 I_{d_err}, I_{q_err} は、それぞれ、その対応する各 F / B 制御部 5 4 a, 5 4 b に入力される。そして、各 F / B 制御部 5 4 a, 5 4 b は、その電流偏差 I_{d_err}, I_{q_err} 及び所定のフィードバックゲイン（比例：P、積分：I）に基づくフィードバック制御演算を実行することにより、 α / β 座標系の電圧指令値である d 軸電圧指令値 V_d^* 及び q 軸電圧指令値 V_q^* を演算する。

【 0 0 3 7 】

尚、これら各 F / B 制御部 5 4 a, 5 4 b の実行するフィードバック制御演算の態様については、上記第 1 制御部 2 5 側の各 F / B 制御部 3 4 d, 3 4 q と同様であるため、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 3 8 】

次に、これらの d 軸電圧指令値 V_d^* 及び q 軸電圧指令値 V_q^* は、 α / β 逆変換部 5 5 において、三相（U, V, W）の交流座標上に写像される。そして、第 2 制御部 2 6 は、この α / β 逆変換部 5 5 が実行する逆変換により得られる相電圧指令値 $V_u^{**}, V_v^{**}, V_w^{**}$ を、上記 PWM 変換部 2 7 に出力する構成となっている。

【 0 0 3 9 】

ここで、図 2 に示すように、本実施形態のマイコン 1 7 は、そのモータレゾルバ 2 3 により検出される上記回転角 θ の異常を検出する回転角異常検出部 6 0 を備えている。具体的には、本実施形態の回転角異常検出部 6 0 は、そのモータレゾルバ 2 3 が出力する正弦信号 S_{\sin} 及び余弦信号 S_{\cos} の二乗和が適正範囲内にあるか否かを判定する。そして、その判定結果に基づいて、モータ 1 2 の実回転角として回転角 θ の異常を検出する。尚、このような回転角異常検出の詳細については、例えば、特開 2 0 0 6 - 1 7 7 7 5 0 号公報等の記載を参照されたい。

【 0 0 4 0 】

また、本実施形態では、この回転角異常検出部 6 0 による異常検出の結果は、回転角異常検出信号 S_{rsf} として上記モータ制御部 2 4 に入力されるようになっている。そして、本実施形態のモータ制御部 2 4 は、回転角 θ に異常のない場合には、上記第 1 制御部 2 5 が演算する相電圧指令値 V_u^*, V_v^*, V_w^* に基づいてモータ制御信号を出力し、回転角 θ に異常が生じた場合には、上記第 2 制御部 2 6 が演算する相電圧指令値 $V_u^{**}, V_v^{**}, V_w^{**}$ に基づいて、そのモータ制御信号の出力を実行する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

即ち、上記のように、第 2 制御部 2 6 は、モータ 1 2 の実回転角であるモータレゾルバ 2 3 により検出される回転角 θ_m を用いることなく、制御上の仮想的なモータ回転角である制御角 θ_c を用いて、その相電圧指令値 $V_{u^{**}}$ 、 $V_{v^{**}}$ 、 $V_{w^{**}}$ を演算する。尚、この第 2 制御部 2 6 が実行するレゾルバレス制御の原理については、例えば、上記特許文献 3 等の記載の参照されたい。そして、本実施形態では、その第 2 制御部 2 6 が演算する相電圧指令値 $V_{u^{**}}$ 、 $V_{v^{**}}$ 、 $V_{w^{**}}$ に基づいてモータ制御信号を生成することにより、回転角 θ_m に異常が検出された後においても、安定的に、そのモータ制御を継続することが可能となっている。

【 0 0 4 2 】

10

(通電不良検出)

次に、本実施形態における通電不良検出の態様について説明する。

図 2 に示すように、本実施形態のマイコン 1 7 には、モータ 1 2 に駆動電力を供給する電力供給経路に生じた通電不良、即ちその何れかの相に電流が流れない状態を検出する通電不良検出部 6 1 が設けられている。尚、通電不良の態様としては、上記駆動回路 1 8 (を構成する各相のスイッチングアーム 1 8 u、1 8 v、1 8 w) と各相モータコイル 1 2 u、1 2 v、1 2 w との間を接続する動力線 2 0 u、2 0 v、2 0 w の断線故障、或いは駆動回路 1 8 を構成する各 F E T 1 8 a ~ 1 8 f のオープン故障 (開固定故障) 等が挙げられる。また、上記モータ制御部 2 4 には、この通電不良検出部 6 1 による判定結果が通電不良検出信号 S_{pde} として入力されるようになっている。そして、本実施形態のモータ制御部 2 4 は、その通電不良検出信号 S_{pde} により上記のような通電不良が検出された場合には、同モータ制御部 2 4 がモータ 1 2 を停止させるべき旨のモータ制御信号を出力することにより、速やかに、そのフェールセーフを図る構成となっている。

20

【 0 0 4 3 】

詳述すると、本実施形態のマイコン 1 7 は、交流座標上における各相 (U、V、W) の目標電流に対応した相電流指令値 I_{u^*} 、 I_{v^*} 、 I_{w^*} を演算する三相電流指令値演算部 6 2 を備えている。

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、この三相電流指令値演算部 6 2 には、上記第 1 制御部 2 5 が演算する d 軸電流指令値 I_{d^*} 及び q 軸電流指令値 I_{q^*} 、並びにモータレゾルバ 2 3 により検出される回転角 θ_m が入力される。また、三相電流指令値演算部 6 2 には、上記回転角異常検出部 6 0 の出力する回転角異常検出信号 S_{rsf} が入力される。そして、三相電流指令値演算部 6 2 は、その入力されるモータ 1 2 の実回転角としての回転角 θ_m に異常のない場合には、当該回転角 θ_m に基づいて、d 軸電流指令値 I_{d^*} 及び q 軸電流指令値 I_{q^*} を三相の交流座標上に写像することにより、各相電流指令値 I_{u^*} 、 I_{v^*} 、 I_{w^*} を演算する。

30

【 0 0 4 5 】

更に、三相電流指令値演算部 6 2 には、上記第 2 制御部 2 6 が演算する d 軸電流指令値 I_{d^*} 及び q 軸電流指令値 I_{q^*} 、並びにその制御上の仮想的なモータ回転角である制御角 θ_c が入力される。そして、三相電流指令値演算部 6 2 は、上記回転角 θ_m が異常である場合には、その入力される制御角 θ_c に基づいて、d 軸電流指令値 I_{d^*} 及び q 軸電流指令値 I_{q^*} を三相の交流座標上に写像することにより、相電流指令値 I_{u^*} 、 I_{v^*} 、 I_{w^*} を演算する。

40

【 0 0 4 6 】

本実施形態の通電不良検出部 6 1 には、上記電流センサ 2 1 (2 1 u、2 1 v、2 1 w) により検出される各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とともに、この三相電流指令値演算部 6 2 の演算する各相電流指令値 I_{u^*} 、 I_{v^*} 、 I_{w^*} が入力されるようになっている。そして、異常検出手段としての通電不良検出部 6 1 は、これら各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w 、及び上記各相電流指令値 I_{u^*} 、 I_{v^*} 、 I_{w^*} の相互関係に基づいて、各相毎に、その通電不良の発生を検出する。

【 0 0 4 7 】

50

具体的には、通電不良検出部 61 は、「U, V, W」の各相のうちの一相を特定相として、その特定相に異常があるか否かを判定する。そして、当該相に異常のない場合には、その判定対象とする特定相を遷移することにより、各相毎に、順次、その通電不良の発生を検出する構成となっている。

【0048】

即ち、図 6 のフローチャートに示すように、通電不良検出部 61 は、先ず、U 相を特定相として当該 U 相に異常があるか否かを判定し（ステップ 101）、その異常が確定した場合（ステップ 101：YES）には、当該 U 相に通電不良が発生したものと判定する（ステップ 102）。一方、U 相に異常がない場合（ステップ 101：NO）、次に V 相を特定相として当該 V 相に異常があるか否かを判定し（ステップ 103）、その異常が確定した場合は、当該 V 相に通電不良が発生したものと判定する（ステップ 104）。更に、V 相に異常がない場合（ステップ 103：NO）、次に W 相を特定相として当該 W 相に異常があるか否かを判定し（ステップ 105）、その異常が確定した場合は、当該 W 相に通電不良が発生したものと判定する（ステップ 106）。そして、上記ステップ 105 において、W 相に異常がないと判定した場合は（ステップ 105：NO）には、各相に異常なしと判定する（ステップ 107）。

10

【0049】

そして、本実施形態の通電不良検出部 61 は、このステップ 101～ステップ 107 の処理を所定の演算周期で実行することにより、各相毎に、順次、その通電不良の発生を検出する構成になっている。

20

【0050】

さらに詳述すると、本実施形態の通電不良検出部 61 は、上記特定相（X 相：X = U, V, W）についての異常判定（図 6 参照、ステップ 101, 103, 105）において、先ず、特定相の相電流値 I_x が非通電状態に対応する値（ $|I_x| < I_1$ ）であるか否かを判定する（第 1 条件）。また、通電不良検出部 61 は、その特定相の相電流指令値 I_x^* に基づいて、当該 X 相が通電状態にあるべき相（ $|I_x^*| > I_2$ ）であるか否かを判定する（第 2 条件）。そして、通電不良検出部 61 は、他相（Y 相、特定相以外の残る二相のうちの一相）の相電流値 I_y が通電状態に対応する値（ $|I_y| > I_3$ ）であるか否かを判定する（第 3 条件）。

30

【0051】

ここで、上記各判定に用いる閾値 I_1 , I_2 , I_3 は、検出誤差を考慮した上で「0」近傍の値に設定される。尚、本実施形態では、上記第 3 条件の判定は、U 相が特定相である場合には V 相（X = U, Y = V）、V 相が特定相である場合には W 相（X = V, Y = W）、W 相が特定相である場合には U 相（X = W, Y = U）を、それぞれ「他相」として行われる。そして、本実施形態の通電不良検出部 61 は、上記第 1～第 3 条件の全てを満たす場合に、その特定相とする X 相に通電不良の発生を示す異常があると判定する。

【0052】

即ち、図 7 に示すように、通電不良の発生により三相のうちの一相（同図に示す例では U 相）が非通電状態となった場合、キルヒホッフの法則（ $I_u + I_v + I_w = 0$ ）により、残る二相（V, W 相）については、互いの位相が 180° （電気角）ずれた状態で、その通電が継続される。これに対し、逆起電圧の影響を要因とした高速回転時における各相電流値 I_u , I_v , I_w の低下は、全ての相について検出される現象であり、正常であれば、特定の相電流波形のみが小さくなるようなことはない。

40

【0053】

この点に着目し、本実施形態では、通電状態にあるべき特定相（X = U, V, W、 $|I_x^*| > I_2$ ）の相電流値が非通電状態を示す値（ $|I_x| < I_1$ ）であり、且つ他相の相電流値が通電状態を示す値（ $|I_y| > I_3$ ）である場合には、その特定相に通電不良の発生を示す異常があると判定する。そして、これにより、モータ 12 の実回転角（回転角 m ）が検出不能となり回転角速度条件判定ができないような状況においても、精度よく、その

50

通電不良検出を行うことが可能となっている。

【0054】

次に、これら第1～第3条件に基づく通電不良検出の処理手順について説明する。

図8のフローチャートに示すように、通電不良検出部61は、先ず、上記第1～第3条件の全てを満たすか否かを判定する(ステップ201～ステップ203)。

【0055】

具体的には、特定相であるX相(図6参照、 $X = U, V, W$)の相電流値 I_x (の絶対値)が閾値 I_1 よりも小さいか否かを判定し(ステップ201)、その閾値 I_1 よりも小さいと判定した場合($|I_x| < I_1$ 、ステップ201: YES)には、続いて、当該相の相電流指令値 I_x^* (の絶対値)が閾値 I_2 を超えるか否かを判定する(ステップ202)。次に、このステップ202において、相電流指令値 I_x^* が閾値 I_2 を超えると判定した場合($|I_x^*| > I_2$ 、ステップ202: YES)には、続いて、他相の相電流値 I_y (の絶対値)が閾値 I_3 を超えるか否かを判定する(ステップ203)。そして、このステップ203において、他相の相電流値 I_y (の絶対値)が閾値 I_3 を超えると判定した場合($|I_y| > I_3$ 、ステップ203: YES)、つまり上記第1～第3条件の全てを満たす場合には、その特定相であるX相に通電不良の発生を示す異常があると判定する(ステップ204)。

10

【0056】

また、通電不良検出部61は、上記ステップ204において、X相に通電不良の発生を示す異常があると判定すると、次に、既にX相が異常状態にあったことを示す異常フラグがセットされているか否かを判定する(ステップ205)。そして、異常フラグがセットされていない場合(ステップ205: NO)には、当該異常フラグをセットする(ステップ206)。尚、異常フラグが既にセットされている場合(ステップ205: YES)には、このステップ206の処理は実行されない。

20

【0057】

次に、通電不良検出部61は、継続時間計測用のカウンタをインクリメントし($n = n + 1$ 、ステップ207)、続いて、そのカウンタ値 n が所定の閾値 n_0 を超えるか否かを判定する(ステップ208)。そして、カウンタ値 n が閾値 n_0 を超える場合($n > n_0$ 、ステップ208: YES)、即ち通電不良を示す異常状態が所定時間(n_0)を超えて継続した場合には、当該X相の異常を確定する(ステップ209)。

30

【0058】

尚、上記ステップステップ208において、カウンタ値 n が閾値 n_0 以下である場合($n \leq n_0$ 、ステップ208: NO)、通電不良検出部61は、このステップ209の処理を実行しない。

【0059】

一方、上記ステップ201～203において、これら各ステップに示される第1～第3条件の何れかを満たさない場合(ステップ201: NO、ステップ202: NO、又はステップ203: NO)、通電不良検出部61は、特定相であるX相に異常はないと判定する(ステップ210)。そして、異常フラグがセットされているか否かを判定し(ステップ211)、異常フラグがセットされている場合(ステップ211: YES)には、当該異常フラグをリセットし(ステップ212)、継続時間計測用のカウンタをクリアする($n = 0$ 、ステップ213)。尚、上記ステップ211において、異常フラグがセットされていない場合(ステップ211: NO)には、これらステップ212及びステップ213の処理は実行されない。

40

【0060】

即ち、本実施形態の通電不良検出部61は、所定の演算周期毎に、上記ステップ201～ステップ213の処理を実行することにより、特定相が通電不良の発生を示す異常状態にあると判定した場合には、更に、当該異常状態が継続的なものであるか否かを監視する。そして、その異常状態が予め設定された所定時間(n_0)を超えて継続した場合に、当該特定相の異常を確定、つまり通電不良が生じたものと判定することより、その通電不良

50

検出の更なる高精度化を図る構成となっている。

【0061】

また、図2に示すように、本実施形態のモータ制御部24は、通電不良検出部61に対し、駆動回路18を構成する各FET18a~18fのうち(図3参照)、その接地側(下段側)のFET18d, 18e, 18fをオフ作動させるべきモータ制御信号が出力されていることを示す下段オフ信号S_offを出力する。そして、通電不良検出部61は、その特定相に対応する接地側のFET(下段FET)をオフ作動させるモータ制御信号が出力されているにもかかわらず、当該特定相の相電流値Ixが通電状態に対応する値($|Ix| > I4$)である場合(第4条件)にも、その特定相に通電不良の発生を示す異常があると判定する。

10

【0062】

即ち、図3に示すように、各相の電流センサ21u, 21v, 21wが、その対応する各スイッチングアーム18u, 18v, 18wの接地側に設けられた構成では、その駆動回路18を構成する接地側の下段FET(18d, 18e, 18f)がオフである場合、その下段FETにより遮断されることで、当該相の電流は検出されなくなる。ところが、その電源側に配置された上段FET(FET18a, 18b, 18c)にオープン故障が生じた場合には、下段FETがオフであっても、モータインダクタンスの影響によって、その寄生ダイオードDを介した電流が流れることになる。そして、本実施形態の通電不良検出部61は、上記第4条件の判定により、このような現象を監視することで、各相における通電不良、詳しくは、駆動回路18を構成する上段FETに生じたオープン故障を検出する構成となっている。

20

【0063】

次に、上記第4条件に基づく通電不良検出の処理手順について説明する。

図9のフローチャートに示すように、通電不良検出部61は、まず、その特定相(X相)に対応する接地側の下段FETがオフ作動するタイミングであるか否かを判定する(ステップ301)。そして、下段FETのオフ作動時である場合(ステップ301: YES)には、当該特定相の相電流値Ix(の絶対値)が閾値I4を超えるか否かを判定し(ステップ302)、その相電流値Ixが閾値I4を超えると判定した場合(ステップ302: YES)には、当該X相に通電不良の発生を示す異常があると判定する(ステップ303)。

30

【0064】

尚、上記ステップ302における第4条件に関する閾値I4は、上記第1~第3条件に関する各閾値I1, I2, I3と同様、検出誤差を考慮した上で、「0」近傍の値に設定される。そして、上記ステップ301において、接地側の下段FETがオフ作動するタイミングではないと判定した場合(ステップ301: NO)、通電不良検出部61は、ステップ302以降の処理を実行しない。

【0065】

また、通電不良検出部61は、上記ステップ303において、X相に通電不良の発生を示す異常があると判定すると、次に、既にX相が異常状態にあったことを示す異常フラグがセットされているか否かを判定する(ステップ304)。そして、異常フラグがセットされていない場合(ステップ304: NO)には、当該異常フラグをセットして(ステップ305)、継続時間計測用のカウンタをインクリメントする($N = N + 1$ 、ステップ306)。

40

【0066】

尚、本実施形態では、この第4条件に基づく異常状態の継続を示す異常フラグ及び継続時間計測用のカウンタは、上記第1~第3条件に基づく通電不良検出における異常状態の継続に関するもの(図8参照)とは独立に設けられている。そして、上記ステップ304において、異常フラグが既にセットされている場合(ステップ304: YES)、通電不良検出部61は、ステップ304の処理を実行することなく、ステップ306において継続時間計測用のカウンタをインクリメントする。

50

【 0 0 6 7 】

次に、通電不良検出部 6 1 は、その計測用カウンタのカウンタ値 N が所定の閾値 N_0 を超えるか否かを判定する（ステップ 3 0 7）。そして、カウンタ値 N が閾値 N_0 を超える場合（ $N > N_0$ 、ステップ 3 0 7：YES）、即ち通電不良を示す異常状態が所定時間（ N_0 ）を超えて継続した場合には、当該 X 相の異常を確定する（ステップ 3 0 8）。

【 0 0 6 8 】

尚、上記ステップステップ 3 0 7 において、カウンタ値 N が閾値 N_0 以下である場合（ $N \leq N_0$ 、ステップ 3 0 7：NO）、通電不良検出部 6 1 は、このステップ 3 0 8 の処理を実行しない。

【 0 0 6 9 】

一方、上記ステップ 3 0 2 において、上記第 4 条件を満たさないと判定した場合（ステップ 3 0 2：NO）、通電不良検出部 6 1 は、特定相である X 相に異常はないと判定する（ステップ 3 0 9）。そして、異常フラグがセットされているか否かを判定し（ステップ 3 1 0）、異常フラグがセットされている場合（ステップ 3 1 0：YES）には、当該異常フラグをリセットして（ステップ 3 1 1）、継続時間計測用のカウンタをクリアする（ $N = 0$ 、ステップ 3 1 2）。尚、上記ステップ 3 1 0 において、異常フラグがセットされていない場合（ステップ 3 1 0：NO）には、これらステップ 3 1 1 及びステップ 3 1 2 の処理は実行されない。

【 0 0 7 0 】

即ち、本実施形態の通電不良検出部 6 1 は、所定の演算周期毎に、上記ステップ 3 0 1 ~ ステップ 3 1 2 の処理を実行することにより、上記第 4 条件に基づいて特定相が通電不良の発生を示す異常状態にあると判定した場合にも、上記第 1 ~ 2 条件に基づいて異常を判定した場合と同様、更に、当該異常状態が継続的なものであるか否かを監視する。そして、その異常状態が予め設定された所定時間（ N_0 ）を超えて継続した場合に、当該特定相の異常を確定、つまり通電不良が発生したものとすることにより、その通電不良検出の更なる高精度化を図る構成となっている。

【 0 0 7 1 】

以上、本実施形態によれば、以下のような作用・効果を得ることができる。

(1) 通電不良検出部 6 1 は、通電状態にあるべき特定相（ $X = U, V, W, |I_{x*}| > I_2$ ）の相電流値が非通電状態を示す値（ $|I_x| < I_1$ ）であり、且つ他相の相電流値が通電状態を示す値（ $|I_y| > I_3$ ）である場合には、その特定相に通電不良の発生を示す異常があると判定する。

【 0 0 7 2 】

即ち、通電不良の発生により三相のうちの一相が非通電状態となった場合、キルヒホッフの法則（ $I_u + I_v + I_w = 0$ ）により、残る二相については、互いの位相が 180° （電気角）ずれた状態で、その通電が継続される。これに対し、逆起電圧の影響を要因とした高速回転時における各相電流値 I_u, I_v, I_w の低下は、全ての相について検出される現象であり、正常であれば、特定の相電流波形のみが小さくなるようなことはない。従って、上記構成によれば、モータ 1 2 の実回転角（回転角 m ）が検出不能となり回転角速度条件判定ができないような状況においても、逆起電圧の影響によりモータコイルに電流を流し込めなくなるような高速回転時を排除して、精度よく、その通電不良検出を行うことができる。

【 0 0 7 3 】

(2) 駆動回路 1 8 は、直列に接続された一对のスイッチング素子を基本単位（スイッチングアーム）として、各相に対応する 3 つのスイッチングアーム $18u, 18v, 18w$ を並列に接続することにより形成される。また、当該駆動回路 1 8 を構成するスイッチング素子（FET 18a ~ 18f）には、Nチャネル MOSFET が用いられる。更に、各相電流値 I_u, I_v, I_w は、駆動回路 1 8 を構成する各スイッチングアーム $18u, 18v, 18w$ の接地側において直列に接続された電流センサ $21u, 21v, 21w$ により検出される。そして、通電不良検出部 6 1 は、特定相（X相）に対応する接地側の FET

10

20

30

40

50

T (下段 F E T) をオフ作動させるモータ制御信号が出力されているにもかかわらず、当該特定相の相電流値 I_x が通電状態に対応する値 ($|I_x| > I_4$) である場合にも、その特定相に通電不良の発生を示す異常があると判定する。

【0074】

即ち、各相の電流センサ 21u, 21v, 21w が、その対応する各スイッチングアーム 18u, 18v, 18w の接地側に設けられた構成では、その駆動回路 18 を構成する接地側の下段 F E T (18d, 18e, 18f) がオフである場合、その下段 F E T により遮断されることで、当該相の電流は検出されなくなる。ところが、その電源側に配置された上段 F E T (F E T 18a, 18b, 18c) にオープン故障が生じた場合には、下段 F E T がオフであっても、モータインダクタンスの影響によって、その寄生ダイオード

10

。

【0075】

(3) 第2制御部 26 は、モータ 12 が発生すべき目標トルクと実トルクとの偏差に基づき演算周期毎のモータ回転角変化量に相当する加算角 を演算する。更に、第2制御部 26 は、その加算角 を演算周期毎に積算することにより制御上の仮想的なモータ回転角としての制御角 c を演算するとともに、同制御角 c に従う回転座標系 (/ 座標系) における電流フィードバック制御の実行により相電圧指令値 Vu^{**} , Vv^{**} , Vw^{**} を演算する。そして、モータ制御部 24 は、モータ 12 の実回転角である回転角 m に異常が生じた場合には、この第2制御部 26 が演算する相電圧指令値 Vu^{**} , Vv^{**} , Vw^{**} に基づいて、そのモータ制御信号の出力を実行する。

20

【0076】

即ち、三相の何れかに通電不良が生じた状態で正常時と同様の通電を継続することにより大きなトルク変動が生ずる。そして、目標トルクと実トルクとの偏差を基礎とする仮想的なモータ回転角に基づくレゾルバレス制御では、そのトルク偏差の変動が更なるトルク変動の発生要因となってしまう。しかしながら、このような構成についても、上記(1)(2)の通電不良検出を適用することにより、いち早く、その異常を検出して速やかにモータ駆動を停止することができる。その結果、上記のようなトルク変動を伴う通電が継続される事態を回避して、その操舵フィーリングの低下を最小限に抑えることができる。

30

【0077】

(4) 通電不良検出部 61 は、特定相が通電不良の発生を示す異常状態にあると判定した場合には、更に、当該異常状態が継続的なものであるか否かを監視する。そして、その異常状態が予め設定された所定時間 (n_0 , N_0) を超えて継続した場合に、当該特定相の異常を確定、つまり通電不良が発生したものとする。

【0078】

上記構成によれば、誤検出を低減して、その通電不良検出の更なる高精度化を図ることができる。

なお、上記実施形態は以下のように変更してもよい。

【0079】

・上記実施形態では、本発明を E P S アクチュエータ 10 の駆動源であるモータ 12 の作動を制御するモータ制御装置としての E C U 11 に具体化した。しかし、これに限らず、E P S 以外の用途に適用してもよい。

40

【0080】

・また、E P S に適用する場合であっても、上記各実施形態のような所謂コラム型に限らず、例えば所謂ピニオン型やラックアシスト型等の E P S に適用してもよい。

・上記実施形態では、特定相の相電流指令値 I_x^* に基づいて、当該特定相が通電状態にあるべき相 ($|I_x^*| > I_2$) であるか否かを判定することとした。しかし、これに限らず、通電状態にあるべき相であるか否かの判定については、その他の状態量に基づいて行う構成としてもよい。例えば、相電圧指令値 Vu^* , Vv^* , Vw^* (Vu^{**} , Vv^{**} , Vw^{**}) や

50

当該相電圧指令値を規定する内部指令値としての Duty 等を用いるとよい。このような構成としても、上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0081】

・上記実施形態では、回転角 θ に異常のない場合には、上記第1制御部25が演算する相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいてモータ制御信号を出力し、回転角 θ に異常が生じた場合には、上記第2制御部26が演算する相電圧指令値 V_u^{**} 、 V_v^{**} 、 V_w^{**} に基づいて、そのモータ制御信号の出力を実行することとした。しかし、これに限らず、当初から、モータの実回転角を検出することなくレゾルバレス制御を実行するものに適用してもよい。

【0082】

・また、レゾルバレス制御の態様についてもまた、必ずしも上記実施形態のような目標トルクと実トルクとの偏差を基礎とする仮想的なモータ回転角に基づくものに限るものではなく、その他の制御手法を採用するものであってもよい。

【0083】

・更に、上記第1～第3条件に加え、特定相以外の二相の和が略「0」であることをも充足することを要件としてもよい。これにより、その通電不良検出の精度を向上させることができる。

【0084】

・上記実施形態では、特定相が通電不良の発生を示す異常状態にあると判定した後、更に、当該異常状態が継続的なものであるか否かを監視する。そして、その異常状態が予め設定された所定時間 (n_0 、 N_0) を超えて継続した場合に、当該特定相の異常を確定、つまり通電不良が発生したものとすることとした。しかし、これに限らず、最初に異常があると判定した時点において、その通電不良の発生を検出する構成としてもよい。

【0085】

次に、以上の実施形態から把握することのできる技術的思想を効果とともに記載する。

(イ) 請求項3に記載のモータ制御装置において、前記モータの実回転角を検出する実回転角検出手段と、検出される実回転角の異常を検出する回転角異常検出手段とを備え、前記モータ制御信号出力手段は、前記実回転角が正常である場合には、該実回転角に従う回転座標系において前記電流フィードバック制御を実行し、前記実回転角が正常である場合には、前記制御上のモータ回転角に従う回転座標系において、前記電流フィードバック制御を実行すること、を特徴とするモータ制御装置。これにより、実回転角を検出することができない状態での継続制御の実行時においても、精度よく、その通電不良検出を実行することができる。

【0086】

(ロ) 請求項1～請求項3、及び上記(イ)の何れか一項に記載のモータ制御装置において、前記異常検出手段は、前記通電不良の発生を示す異常状態が継続する場合に、その異常を確定すること、を特徴とするモータ制御装置。このような構成とすることで、より精度よく、その通電不良検出を実行することができるようになる。

【符号の説明】

【0087】

1 ... 電動パワーステアリング装置 (EPS)、10 ... EPS アクチュエータ、11 ... ECU、12 ... モータ、12u、12v、12w ... モータコイル、17 ... マイコン、18 ... 駆動回路、18a～18f ... FET、D ... 寄生ダイオード、18u、18v、18w ... スイッチングアーム、20u、20v、20w ... 動力線、21 (21u、21v、21w) ... 電流センサ、23 ... モータレゾルバ、24 ... モータ制御部、25 ... 第1制御部、26 ... 第2制御部、27 ... PWM変換部、31 ... 電流指令値演算部、32 ... d/q変換部、34d、34q ... F/B制御部、35 ... d/q逆変換部、41 ... 加算角演算部、42 ... 制御角演算部、43 ... 目標トルク演算部、44 ... 実トルク演算部、45 ... F/B制御部、50 ... / 変換部、51 ... 電流指令値演算部、54a、54b ... F/B制御部、55 ... / 逆変換部、60 ... 回転角異常検出部、61 ... 通電不良検出部、62 ... 三相電流指令値演算

10

20

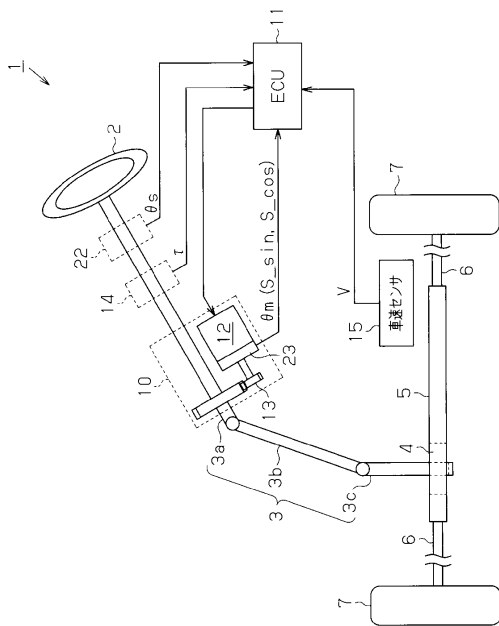
30

40

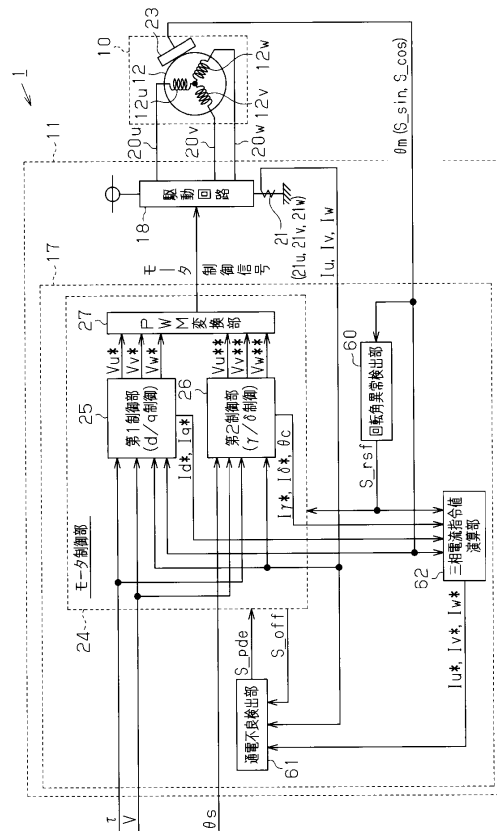
50

部、 I_u, I_v, I_w, I_x, I_y ...相電流値、 m ...回転角、 I_d ...d軸電流値、 I_q ...q軸電流値、 I_d^* ...d軸電流指令値、 I_q^* ...q軸電流指令値、 I_d, I_q ...電流偏差、 V_x^*, V_y^*, V_z^* ...相電圧指令値、...操舵トルク、 T^* ...目標トルク、...トルク偏差、...加算角、 c ...制御角、 I ...軸電流値、 I ...軸電流値、 I^* ...軸電流指令値、 I^* ...軸電流指令値、 I, I ...電流偏差、 V_u^*, V_v^*, V_w^* ...相電圧指令値、 $I_u^*, I_v^*, I_w^*, I_x^*$...相電流指令値、 I_1, I_2, I_3, I_4 ...閾値、 n, N ...カウンタ値、 n_0, N_0 ...閾値、 S_{rsf} ...回転角異常検出信号、 S_{pde} ...通電不良検出信号、 S_{off} ...下段オフ信号。

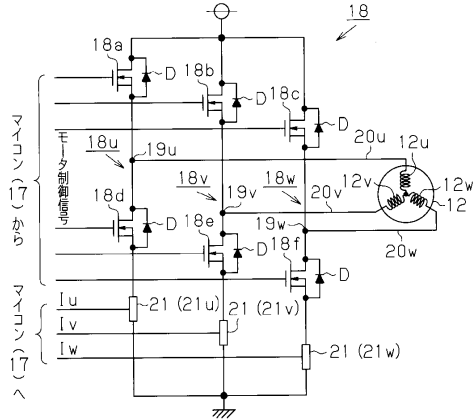
【図1】



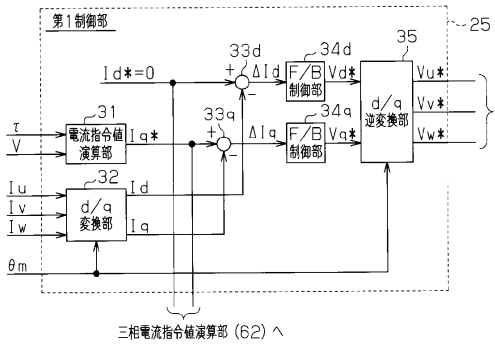
【図2】



【図3】

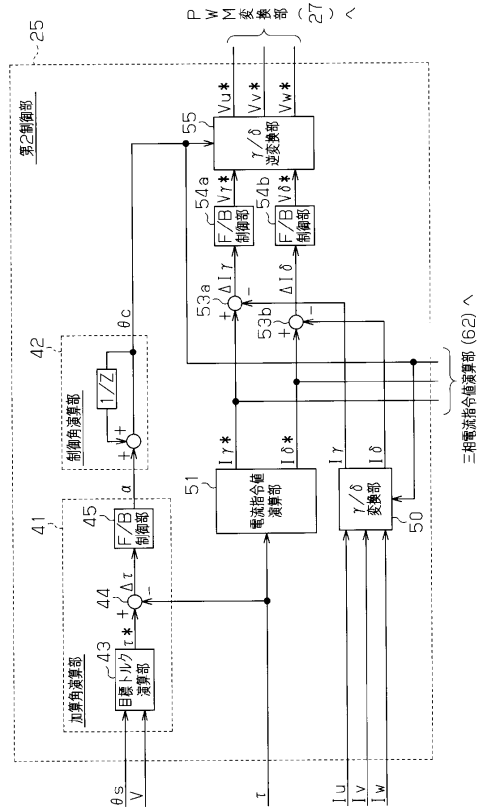


【図4】



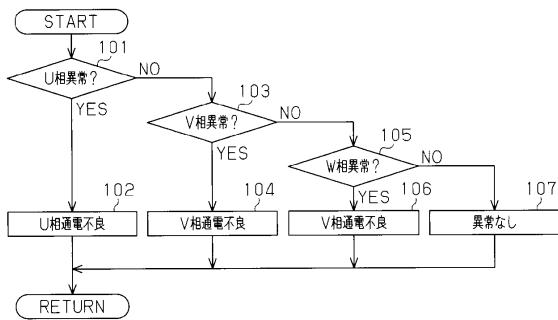
三相電流指令値演算部 (62) ^

【図5】

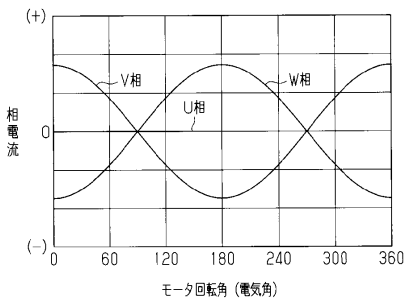


三相電流指令値演算部 (62) ^

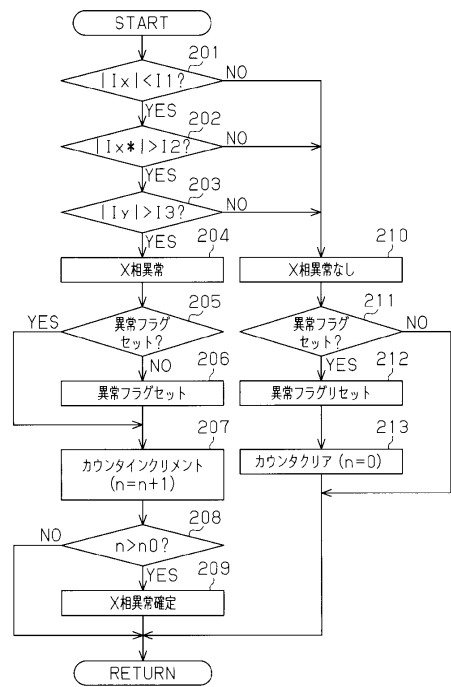
【図6】



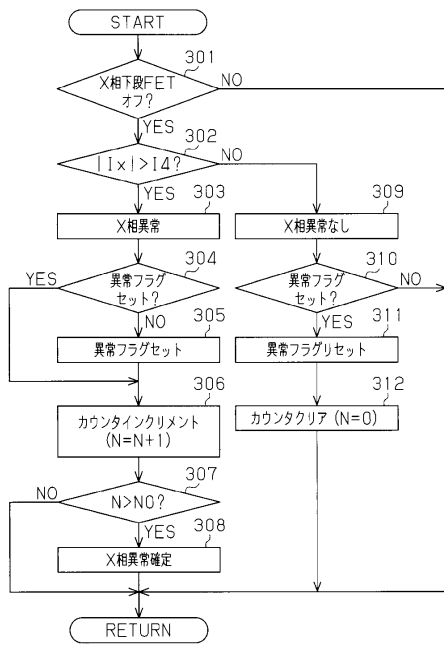
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-268986(JP,A)
特開2010-011709(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 29/00

B62D 5/04

H02P 6/12