

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5131318号
(P5131318)

(45) 発行日 平成25年1月30日(2013.1.30)

(24) 登録日 平成24年11月16日(2012.11.16)

(51) Int.Cl.

F 1

HO2P 6/16 (2006.01)
HO2P 6/10 (2006.01)HO2P 6/02 351N
HO2P 6/02 351G

請求項の数 5 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2010-135862 (P2010-135862)
 (22) 出願日 平成22年6月15日 (2010.6.15)
 (65) 公開番号 特開2011-120444 (P2011-120444A)
 (43) 公開日 平成23年6月16日 (2011.6.16)
 審査請求日 平成22年10月22日 (2010.10.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-248876 (P2009-248876)
 (32) 優先日 平成21年10月29日 (2009.10.29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100111246
 弁理士 荒川 伸夫
 (72) 発明者 真鍋 鎮男
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】モータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

出力信号の1周期分に相当する角度が機械角の360°よりも小さく設定された角度検出部と、

前記角度検出部の出力信号に対応するデジタル値を出力するカウンタと、

前記カウンタのカウント値の変化に基づいて、前記角度検出部の出力する信号が示す角度が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する位置検出部と、

トルク指令値に基づいて電流指令値を決定し、前記位置検出部の出力に応じて前記電流指令値を補正するモータ制御部とを備え、

前記角度検出部は、電気角の360°が機械角の360°よりも小さく設定され、モータの回転子の電気角に対応する二相エンコーダ信号を出力する電気角検出部であり、

前記カウンタは、前記二相エンコーダ信号をカウントし、前記電気角に対応するデジタル値を出力する二相エンコーダカウンタであり、

前記位置検出部は、前記二相エンコーダカウンタのカウント値の変化に基づいて、前記電気角検出部の出力する信号が示す電気角が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する電気角数検出部であり、

前記電気角数検出部は、前記二相エンコーダカウンタの上位ビットを機械角の360°に相当する値までさらに拡張したカウント値を、前記二相エンコーダカウンタのカウント値がカウントアップ中にゼロにクリアされたことに応じてカウントアップし、前記二相エンコーダカウンタのカウント値がゼロになった後にカウントダウンされて電気角の最大値

10

20

に相当する値となったことに応じてカウントダウンすることによって、前記拡張したカウント値を生成し、

前記電気角数検出部は、前記二相エンコーダカウンタのカウント値が増加中において前記二相エンコーダカウンタのカウント値がクリアされた場合に、クリアされる直前の前記二相エンコーダカウンタのカウント値が異常タイミングに対応する所定範囲内であったことが発生した回数に応じて、前記拡張したカウント値をクリアする、モータ制御装置。

【請求項 2】

前記電気角検出部は、

電気角の 360° が機械角の 360° よりも小さく設定されたレゾルバと、

前記レゾルバの信号をデジタル値に変換するレゾルバ/デジタルコンバータとを含み、

前記レゾルバ/デジタルコンバータは、A 相信号、B 相信号および Z 相信号を含む前記二相エンコーダ信号を出力し、

前記二相エンコーダカウンタは、前記 A 相信号および前記 B 相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、前記 Z 相信号が入力されるとカウント値をクリアする、請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記モータ制御部は、前記モータのロータの回転角が前記機械角のいずれの位置であるのかを前記電気角数検出部の出力に基づいて判断し、前記ロータの回転角に対応する補正を前記電流指令値に対して行なう、請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

前記モータ制御部は、トルク指令値と前記ロータの回転角に対応する補正係数とを保持するマップを有し、前記電流指令値に前記補正係数を掛けることにより補正を行なう、請求項 3 に記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記位置検出部の出力に基づいて、機械角の正しい位置に対応する補正を前記カウンタが出力するデジタル値に対して行なう角度補正部をさらに備える、請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、モータ制御装置に関し、特に電気角の 360° が機械角の 360° よりも小さく設定された電気角を使用するモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電気モータを搭載する自動車やハイブリッド自動車などの車両や、モータを使用する他の電気機器には、モータ制御装置が搭載されている。このようなモータ制御装置には、モータの回転角を検出する回転角検出装置が使用される。

【0003】

例えば、特開 2009-77481 号公報（特許文献 1）には、回転検出センサとしてレゾルバを用い、その出力をデジタル値に変換する R/D（レゾルバ/デジタル）コンバータがカウント値を増減させる旨が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009-77481 号公報

【特許文献 2】特開 2004-242370 号公報

【特許文献 3】特開 2008-259347 号公報

【特許文献 4】特開平 11-337371 号公報

【特許文献 5】特開 2004-61157 号公報

【特許文献 6】特開 2000-314639 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

モータの制御は、基本的には極対数に応じて変化する電気角が使用される。たとえば、1極対のモータであれば、機械角と電気角は一致する。しかし、2極対モータの場合は機械角が0°～360°まで変化すると、電気角は0°～360°の変化を2回繰返す。すなわち2極対モータでは、電気角0°～360°の出力だけでは、機械角の0°～180°に対応するのか機械角の180°～360°に対応するのか分からぬ。

【0006】

近年、自動車用などのモータには高トルク化、小型化およびなめらかな制御性などが要求されており、モータの極対数も2極対から4極対、5極対などに増える可能性がある。この場合、レゾルバはそれぞれ2、4、5(2X、4X、5Xとも表示される)の軸倍角のものを使用するのが通常である。ここで軸倍角(multiplication factor of angle)とは、レゾルバの実際の機械角mに対するレゾルバ出力の一周期分の角度(通常は電気角e)の比をいう。すなわち、機械角m=電気角e/軸倍角Nの関係が成立する。なお、軸倍角は角度ではなく倍数であるので、軸倍角を本明細書では軸倍角数ともいう場合がある。

【0007】

しかしながら、レゾルバ等の回転角センサを小型化した場合や、軸倍角を大きくした場合、加工精度の問題から同じ電気角であっても軸倍角の数だけ特性がばらつくことがある。センサがこのような特性のばらつきを有する場合には、理想的な特性となるように出力を補正して使用することが望ましい。

【0008】

図20は、軸倍角N×のレゾルバの特性の補正について説明するための図である。

図20を参照して、横軸にはレゾルバの回転角を示し、縦軸には、回転角に対応するカウント値が示されている。レゾルバの特性をそのままデジタル値に変換した場合は理想値に対して出力値のずれが生じている。出力値を理想値に一致させる補正を行なうことにより、回転速度などが正確に算出できるようになる。

【0009】

このような出力値のずれは、センサの加工精度などにより、機械角の0°～360°の位置に対応したずれとなる。つまり、電気角が同じ値であっても、機械角のどの位置に対応するかによってずれ量が異なるので、補正值も変える必要がある。具体的には、電気角の0°～360°が軸倍角2Xの場合には、出力値(電気角)が機械角0°～180°に対応するものであるのか、180°～360°に対応するものであるのかを認識したうえで補正を行なう必要がある。軸倍角5Xの場合には、現在の出力値が示す電気角が5通りの機械角に対応し得る。

【0010】

ところで、レゾルバの出力をデジタル値に変換するR/Dコンバータの出力としては二相エンコーダ出力が用いられている。二相エンコーダ出力は、A相信号、B相信号およびZ相信号を含む。A相信号、B相信号は回転角度に応じた数のパルスを含む信号である。A相信号とB相信号との間にはパルスの立上りおよび立下りエッジに位相差が設けられており、A相信号とB相信号の位相関係によって正転か逆転かを知ることができる。またZ相信号は電気角1回転に1回出力される信号である。モータ制御の分野では、このようなインターフェースが広く用いられている。二相エンコーダ出力を受けて計数する一般的な二相エンコーダカウンタでは電気角は認識できるが、機械角を認識することまではできない。

【0011】

また、モータ自体も小型化が要求されているため、巻線の巻き方の偏りなどの影響が大きくなり回転むらの原因となりやすい。とくに、低速回転では乗員がトルクリップルを感じやすい。したがってモータの制御によってトルクリップルをキャンセルするなどの制御

10

20

30

40

50

をすることが望ましいが、この場合にも回転検出センサの出力値（電気角）が機械角0°～180°に対応するものであるのか、180°～360°に対応するものであるのかを認識したうえでモータの制御に補正を行なう必要がある。

【0012】

この発明の目的は、二相エンコーダ出力を用いつつも、機械角の位置を認識可能とし、その機械角に基づいて指令値に補正を行なうモータ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】

【0013】

この発明は、要約すると、モータ制御装置であって、出力信号の1周期分に相当する角度が機械角の360°よりも小さく設定された角度検出部と、角度検出部の出力信号に対応するデジタル値を出力するカウンタと、カウンタのカウント値の変化に基づいて、角度検出部の出力する信号が示す角度が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する位置検出部と、トルク指令値に基づいて電流指令値を決定し、位置検出部の出力に応じて電流指令値を補正するモータ制御部とを備える。10

【0014】

好ましくは、角度検出部は、電気角の360°が機械角の360°よりも小さく設定され、モータの回転子の電気角に対応する二相エンコーダ信号を出力する電気角検出部である。カウンタは、二相エンコーダ信号をカウントし、電気角に対応するデジタル値を出力する二相エンコーダカウンタである。位置検出部は、二相エンコーダカウンタのカウント値の変化に基づいて、電気角検出部の出力する信号が示す電気角が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する電気角数検出部である。20

【0015】

より好ましくは、モータ制御部は、モータのロータの回転角が機械角のいずれの位置であるのかを電気角数検出部の出力に基づいて判断し、ロータの回転角に対応する補正を電流指令値に対して行なう。

【0016】

さらに好ましくは、モータ制御部は、トルク指令値とロータの回転角に対応する補正係数とを保持するマップを有し、電流指令値に補正係数を掛けることにより補正を行なう。

【0017】

より好ましくは、電気角数検出部は、二相エンコーダカウンタの上位ビットを機械角の360°に相当する値までさらに拡張したカウント値を生成し、拡張したカウント値を出力する。30

【0018】

さらに好ましくは、電気角検出部は、電気角の360°が機械角の360°よりも小さく設定されたレゾルバと、レゾルバの信号をデジタル値に変換するレゾルバ／デジタルコンバータとを含み、レゾルバ／デジタルコンバータは、A相信号、B相信号およびZ相信号を含む二相エンコーダ信号を出力する。

【0019】

さらに好ましくは、二相エンコーダカウンタは、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z相信号が入力されるとカウント値をクリアする。電気角数検出部は、二相エンコーダカウンタのカウント値が増加中において二相エンコーダカウンタのカウント値がクリアされた場合に、クリアされる直前の二相エンコーダカウンタのカウント値がしきい値を超えていたときには、拡張したカウント値をクリアする。40

【0020】

さらに好ましくは、電気角検出部は、機械角の基準位置を検出するセンサをさらに含む。二相エンコーダカウンタは、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、センサの出力に応じてカウント値をクリアする。電気角数検出部は、センサの出力に応じて拡張したカウント値をクリアする。

【0021】

50

さらに好ましくは、二相エンコーダカウンタは、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z相信号が入力されるとカウント値をクリアする。モータ制御装置は、Z相信号が入力された時の二相エンコーダカウンタのカウント値が異常タイミングに対応する所定範囲内であるか否かを判断するZ相異常検出部と、Z相異常検出部によって所定範囲内であると判断された場合には、Z相信号が入力された数をカウントし、Z相信号が入力された数がエラーカウントしきい値を超えた場合に電気角数検出部が保持する拡張したカウント値をクリアするZ相異常判定部とをさらに備える。

【0022】

好ましくは、角度検出部は、出力信号として所定角度ごとに1周期分が完了することを示す信号を出力する。カウンタは、出力信号が入力されてから次回の出力信号が入力されるまでの間カウント値をクロック信号に基づいてカウントアップする回転子位置検出部を含む。位置検出部は、カウンタの上位ビットを機械角の360°に相当する値までさらに拡張したカウント値を生成し、拡張したカウント値を出力する。モータ制御装置は、出力信号が入力された時のカウンタのカウント値が異常タイミングに対応する所定範囲内であるか否かを判断するZ相異常検出部と、Z相異常検出部によって所定範囲内であると判断された場合には、出力信号が入力された数をカウントし、出力信号が入力された数がエラーカウントしきい値を超えた場合に位置検出部が保持する拡張したカウント値をクリアするZ相異常判定部とをさらに備える。

【0023】

好ましくは、モータ制御装置は、位置検出部の出力に基づいて、機械角の正しい位置に対応する補正をカウンタが出力するデジタル値に対して行なう角度補正部をさらに備える。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、二相エンコーダ出力を用いつつも、機械角の位置が認識可能となるため、従来からの制御方式を大幅に変えなくても、モータの特性に合わせたモータ制御指令値の補正が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】実施の形態1のモータ制御装置が適用される車両1の構成を示すブロック図である。

【図2】レゾルバの軸倍角について説明するための図である。

【図3】本実施の形態における二相エンコーダカウンタのビット拡張を説明するための図である。

【図4】図1のインバータ装置2で実行されるモータ制御を説明するためのフローチャートである。

【図5】図4のステップS3における電気角判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【図6】図5のステップS12において、ノースマーカー(NM)が正常か否かを判定する処理を説明するための第1の図である。

【図7】図5のステップS12において、ノースマーカー(NM)が正常か否かを判定する処理を説明するための第2の図である。

【図8】図5のステップS14で実行される二相エンコーダカウンタの拡張ビットの増減処理を説明するためのフローチャートである。

【図9】5極対モータを用いた場合の電気角および機械角の変化に対するカウンタのカウント値の変化の一例を示す波形図である。

【図10】カウンタ増加中のカウント値のノースマーカー前後の変化を拡大して示す波形図である。

【図11】図4のステップS6のトルクリップル補正の詳細を説明するための第1のフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図12】図4のステップS6のトルクリップル補正の詳細を説明するための第2のフローチャートである。

【図13】トルクリップル補正で用いられる補正係数のマップの一例を示した図である。

【図14】実施の形態2のモータ制御装置が使用される車両1Aのブロック図である。

【図15】実施の形態2においてCPU40Aで実行される二相エンコーダカウンタの拡張ビットのカウント制御を説明するためのフローチャートである。

【図16】実施の形態3のモータ制御装置が使用される車両1Bのブロック図である。

【図17】実施の形態3において実行される処理を説明するためのフローチャートである。

【図18】図17のX_{max}, X_{min}を説明するための図である。 10

【図19】実施の形態4のモータ制御装置が使用される車両1Cのブロック図である。

【図20】軸倍角N_xのレゾルバの特性の補正について説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0027】

【実施の形態1】

図1は、実施の形態1のモータ制御装置が適用される車両1の構成を示すブロック図である。 20

【0028】

図1を参照して、車両1は、インバータ装置2と、モータジェネレータ4とモータジェネレータのロータシャフトに接続されたレゾルバ12とを含む。車両1が電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の場合は、モータジェネレータ4は車輪を駆動するために使用することができる。なお、他の用途にモータジェネレータ4を使用しても良い。

【0029】

なお図1では、電気角を検出する電気角検出部（回転角センサ）としてレゾルバ12およびR/Dコンバータ14を用いている例を示したが、電気角検出部はこれには限定されない。たとえば、磁気式や光学式の各種の回転角センサやロータリーエンコーダなど二相エンコーダ出力を出力するものであれば、本願発明を適用することが可能である。以下では、電気角検出部の一例としてレゾルバおよびR/Dコンバータについて説明することとする。 30

【0030】

レゾルバ12は、外周部が中心との距離が周期的に変化する形状をしたロータシャフトと、ステータに設けられた一次巻線15と、90°の位相差をもってステータに配置された二つの二次巻線16, 17とを含む。ロータシャフトの外形は、ステータとのギャップが角度によって正弦波状に変化するような形状であり、軸倍角に対応してその正弦波の数が決められる。レゾルバの一次巻線に正弦波 $\sin t$ の信号を入力すると、90°の位相差をもって配置された二つの二次巻線には、それぞれモータ回転角に応じて変調された信号 $\sin t \sin$, $\sin t \cos$ が得られる。 40

【0031】

インバータ装置2は、CPU(Central Processing Unit)40と、IPM(Intelligent Power Module)7と、電流センサ8, 9と、R/D(レゾルバ/デジタル)コンバータ14とを含む。IPM7は、モータジェネレータのステータコイルに流す電流を制御するためのIGBTなどのパワースイッチング素子を含む。モータジェネレータのステータコイルはU相、V相、W相のコイルを含む。U相、V相、W相のコイルはY結線されているので、V相、W相の電流を電流センサ8, 9によって測定すればU相の電流は演算で求めることができる。

【0032】

インバータ装置2は、さらに、電流センサ8, 9の出力をそれぞれ増幅するアンプA1

10

20

30

40

50

, A 2 と、 C P U 4 0 からの励磁用参照信号 R e f に基づいてレゾルバの一次巻線を励磁するアンプ A 3 とを含む。

【 0 0 3 3 】

C P U 4 0 は、 R / D コンバータ 1 4 から出力される二相エンコーダ信号に基づいてこれをカウントすることにより電気角 θ に対応するカウント値 1 を得る。二相エンコーダ信号は、 A 相信号 P A 、 B 相信号 P B 、 Z 相信号 P Z を含む。また、 C P U 4 0 は、 軸倍角に対応するカウントをさらに行ない、 機械角 m に対応するカウント値 2 を得る。 C P U 4 0 は、 カウント値 2 に基づいてレゾルバの加工精度等に起因する特性バラツキを補正した値 3 を算出しこれをモータ制御に使用する。

【 0 0 3 4 】

このような C P U 4 0 の動作は、 ソフトウェアでもハードウェアでも実現可能である。 C P U 4 0 は、 A 相信号 P A と B 相信号 P B とに応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、 Z 相信号 P Z に応じてクリアされる二相エンコーダカウンタ 4 1 と、 二相エンコーダカウンタ 4 1 の出力する電気角に対応するカウント値 1 の変化に応じて、 機械角に対応するカウント値 2 を出力するとともに電気角の拡張されたカウント値 C O U N T を出力する電気角数検出部 4 2 と、 カウント値 2 に基づいて補正された電気角に対応するカウント値 3 を出力する角度補正部 4 3 と、 カウント値 3 と電気角の拡張されたカウント値 C O U N T とトルク指令値 T R とモータ電流値 I V , I W とに基づいて U , V , W 相の三相 P W M 信号を出力するモータ制御部 4 4 とを含む。 U , V , W 相の三相 P W M 信号に基づいて、 I P M 7 内の I G B T がオンオフ制御され、 モータジェネレータ 4 に通電が行なわれる。

【 0 0 3 5 】

なお電気角数検出部 4 2 において検出される「電気角数」は、 電気角が機械角のいずれの位置に相当するかを示す数値であり、 たとえば、 カウント値 2 やカウント値 C O U N T が該当する。

【 0 0 3 6 】

モータジェネレータ 4 にはレゾルバ 1 2 のロータシャフトが機械的に連結される。 レゾルバ一次巻線 1 5 には、 C P U 4 0 内の D / A コンバータ等により実現される励磁信号発生部 4 5 により生成した例えは 10 kHz の励磁正弦波信号が電流増幅アンプ A 3 で増幅され印加される。

【 0 0 3 7 】

レゾルバ 1 2 は、 回転トランスであり、 二次側の S I N 巻線 1 6 、 C O S 巻線 1 7 にはモータジェネレータ 4 の回転に伴い、 変調されたたとえば 10 kHz の正弦波が誘導される。 S I N 巻線 1 6 、 C O S 巻線 1 7 から R / D コンバータ 1 4 に与えられた信号は、 R / D コンバータ 1 4 によってデジタル値に変換され、 これのデジタル値の変化に対応して二相エンコーダ出力信号 P A , P B , P Z が出力される。

【 0 0 3 8 】

I P M 7 の V 相、 W 相電流値は電流センサ 8 , 9 で検出され、 バッファアンプ A 1 , A 2 を介し C P U 4 0 の図示しない A / D 変換入力に印加され対応するデジタル値がモータ制御部 4 4 に与えられる。

【 0 0 3 9 】

上位の E C U (たとえば、 ハイブリッド車両では、 ハイブリッド E C U) より通信で送られてきたトルク指令値 T R と、 補正後の電気角 3 、 電流値 I V , I W に基づいて、 モータ制御部 4 4 は d q 軸演算を行ない P W M タイマーとの比較により通電デューティー比を決定する。

【 0 0 4 0 】

図 2 は、 レゾルバの軸倍角について説明するための図である。

図 2 を参照して、 軸倍角が 2 X の場合のレゾルバについて例示して説明する。 図 2 には、 三相 2 極対のモータジェネレータ 4 に対して、 軸倍角が 2 X のレゾルバ 1 2 が取り付けられた状態が示されている。 モータジェネレータ 4 は、 ステータに各々 2 極の U 相、 V 相

10

20

30

40

50

、W相コイルを含み、ロータにN極、S極2対の永久磁石を含む。レゾルバ12はモータジェネレータ4の極数2に合わせて、軸倍角が2Xのものが選択されている。このように選択することにより、モータ制御の際に電気角eのみを考えやすく、制御を簡単にすることができる。

【0041】

モータジェネレータ4のロータが機械角mで0°～180°まで半回転すると、レゾルバ12の出力する電気角eは0°～360°の変化をする。そして、モータジェネレータ4のロータが機械角mで180°～360°まで半回転すると、レゾルバ12の出力する電気角eはさらに、0°～360°の変化をする。

【0042】

ここで、レゾルバの軸倍角を大きくした場合、部品加工の精度を高くしなければ同じ精度の電気角信号を出力するためには、レゾルバの体格を大きくする必要がある。またレゾルバを小型化した場合部品加工の精度が同じであれば、電気角信号の精度が悪くなる。したがって、レゾルバの出力を補正して使用することが考えられる。

【0043】

しかし、図2の例では、機械角0°～180°に対応する電気角と機械角180°～360°に対応する電気角では、レゾルバの特性のズレが異なる場合が想定される。これは、特性のズレがレゾルバのロータの偏心、ロータの外周の加工バラツキなどに起因するためである。たとえば、軸倍角が2Xであって、ロータとステータの間のギャップ（距離）が正弦波状に変化するようにロータが加工されているVR（バリアブルリラクタンス）レゾルバでは、機械角0°～180°に対応するロータの加工面と機械角180°～360°に対応する加工面では精度が異なることも考えられる。

【0044】

したがって、電気角の補正は機械角に対応させて行なう必要がある。具体的には、例えば同じ電気角10°の出力値を補正する場合でも、機械角で10°であるのか190°であるのかで、補正值を変えてやる必要がある。このため、本実施の形態では、レゾルバの回転子位置検出機能を軸倍角に合わせて拡張して機械角を得る。

【0045】

図3は、本実施の形態における二相エンコーダカウンタのビット拡張を説明するための図である。

【0046】

図3を参照して、一般的な二相エンコーダカウンタとして10ビットのカウンタを使用しているとする。この場合、図1の二相エンコーダカウンタ41が10ビットのカウンタである。10ビットのカウント値で電気角の0°～360°の範囲が示される。

【0047】

この10ビットのカウンタの上位ビットを軸倍角の大きさに合わせて拡張してカウントすることで、機械角を得ることができる。たとえば、軸倍角が2Xであれば、0、1の2状態を取ればよいので拡張ビットは1ビットでよい。たとえば軸倍角が5Xであれば、0～4の5状態（000, 001, 010, 011, 100）を取る必要があるので、拡張ビットは3ビット必要になる。拡張したビットに相当するカウントは、図1の電気角数検出部42で行なわれる。

【0048】

したがって、一般的な二相エンコーダカウンタのカウント値は、電気角e = 0°～360°に対応するカウント値1である。拡張したカウンタのカウント値は、機械角m = 0°～360°に対応するカウント値2である。

【0049】

このように、機械角に対応するカウント値が認識できれば、レゾルバの特性ズレの補正を行なうことができる。特性ズレの補正是、図1の角度補正部43において行なわれる。

【0050】

たとえば、特性ズレの補正是モータジェネレータを回転させているときに学習させるよ

10

20

30

40

50

うにして行なうことができる。たとえば、特開2004-242370号公報に記載された方法を機械角に対応させて拡張すれば補正ができる。具体的には、規定時間における二相エンコーダカウンタのカウント値の平均増加率を機械角の1周目(0°~360°)に求める。そして、機械角の2周目(0°~360°)において、二相エンコーダカウンタの予測値を求めておいた平均増加率に基づいて算出する。予測値と実際の二相エンコーダカウンタの値(実際値)が所定の範囲内であれば予測値を補正後の値として採用する。予測値と実際の二相エンコーダカウンタの値が所定の範囲外であれば実際値に基準値の2分の1の値を加減算して補正後の値として採用する。

【0051】

図4は、図1のインバータ装置2で実行されるモータ制御を説明するためのフローチャートである。図4のフローチャートの処理は、一定時間ごとまたは所定の条件が成立するごとに所定のメインルーチンから呼び出され実行される。

10

【0052】

図4を参照して、まず、処理が開始されるとステップS1において、電流サンプリングが行なわれる。このとき、電流センサ8, 9によって検出された電流値がそれぞれアンプA1, A2を経由してモータ制御部44に取り込まれる。

【0053】

続いて、ステップS2で電気角サンプリングが行なわれ、ステップS3でその電気角が機械角でどの位置に相当する電気角であるかを判定する電気角判定が行なわれる。ここでは、レゾルバ12の出力がR/Dコンバータ14によって二相エンコーダ信号に変換される。そして、この二相エンコーダ信号に基づいて二相エンコーダカウンタ41がこれをカウントすることにより電気角eに対応するカウント値1を得る。さらに、電気角数検出部42が軸倍角に対応するカウントをさらに行ない、機械角mに対応するカウント値2を得るとともにカウント値COUNTを出力する。角度補正部43は、カウント値2に基づいてレゾルバの加工精度等に起因する特性バラツキを補正した値3を算出する。モータ制御部44は、補正された電気角に相当する値3と、カウント値COUNTとに基づいて電気角判定を行なう。

20

【0054】

ステップS4以降を説明する前に、電気角判定処理の詳細について説明する。ステップS4以降については後に説明することとする。

30

【0055】

図5は、図4のステップS3における電気角判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【0056】

図5を参照して、まずステップS11において、二相エンコーダカウンタ41のカウント値が増加または減少したか否かが判断される。つまりカウント値が変化するとステップS11からステップS12に処理が進み、カウント値が変化していなければステップS16に処理が進み制御は図4のフローチャートに移される。

【0057】

ステップS12では、 $1(n-1) > X1$ 、かつ、 $1(n-1) < MAX - X2$ 、かつ、 $1(n) = 0$ が成立するか否かが判断される。ここで $1(n)$ は、nサイクル目の二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、図5のフローチャートが実行されるnサイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。また、ここで $1(n-1)$ は、n-1サイクル目の二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、図5のフローチャートが実行されるn-1サイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。 $X1, X2$ はしきい値を示す。また MAX は、二相エンコーダカウンタ41のカウント値の最大値を示す。これらについては図6, 図7で説明する。

40

【0058】

図6は、図5のステップS12において、ノースマーカー(NM)が正常か否かを判定する処理を説明するための第1の図である。

50

【0059】

図7は、図5のステップS12において、ノースマーカー(NM)が正常か否かを判定する処理を説明するための第2の図である。

【0060】

正常時のエンコーダカウンタのカウント値は図6の実線の波形のように変化する。また、途中で二相エンコーダ出力のZ相信号(ノースマーカー(NM)とも言う)が入力されると、二相エンコーダカウンタ41はリセットされ値が0に設定される。一回リセットが発生すると、その後は、カウント値が最大値MAXとなった次のタイミングでカウントアップが終了しカウント値が0に戻る。本来であれば、このカウント値が0に戻るタイミングと次回のZ相信号の入力タイミングとは一致するはずである。

10

【0061】

しかし、二相エンコーダ出力に含まれるA相、B相、Z相信号の遅延や、二相エンコーダカウンタ41の信号取り込みエラーにより、二相エンコーダカウンタ41のカウント値1が0以外のタイミングでZ相信号が入力される場合がある。それでもカウント値が正常な回転子位置を示している場合には多少のタイミングずれが生じても電気角判定動作を継続する。しかし、それがしきい値よりも大きくなると二相エンコーダカウンタ41のカウント値1は回転子位置を正しく示していないと判断し、電気角判定動作も初期化する。

【0062】

図6のように本来のZ相信号のタイミングを跨いで正常範囲が設定され、それ以外のタイミングは異常範囲とされる。異常範囲でZ相信号が入力されるとカウント値COUNTはクリアされる。またZ相信号の入力によって二相エンコーダカウンタ41のカウント値1もクリアされる。

20

【0063】

したがって、図7に示すように、二相エンコーダカウンタ41のカウント値1の変化履歴を一定時間保持しておき、時刻(n)でカウント値が0となった場合に、前回のカウント値1すなわち時刻(n-1)でのカウント値1が、X1～MAX-X2の間にあれば異常と判定される。また時刻(n-1)でのカウント値1が0～X1またはMAX-X2～MAXであれば正常と判断される。なお、しきい値X1、X2は異なる値であっても同じ値であっても良い。

30

【0064】

再び、図5を参照して、ステップS12の条件が成立した場合にはステップS13に処理が進みカウント値COUNTは0に設定される。一方、ステップS12の条件が成立しなかった場合には、ステップS14に処理がすすみ、カウント値COUNTの増減処理が行なわれる。この増減処理の詳細については、後に図8で説明する。

【0065】

ステップS13またはステップS14においてカウント値COUNTの更新が完了すると、ステップS15において二相エンコーダカウンタ41のカウント値1と拡張ビットに相当するカウント値COUNTとから機械角mに対応するカウント値2が合成され、ステップS16において制御は図4のフローチャートに戻される。

40

【0066】

図8は、図5のステップS14で実行される二相エンコーダカウンタの拡張ビットの増減処理を説明するためのフローチャートである。この処理は、図1の電気角数検出部42において実行される処理に対応する。

【0067】

まず、ステップS21において $1(n-1) > X$ 、かつ、 $1(n) = 0$ が成立するか否かが判断される。ここで $1(n)$ は、nサイクル目の二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、図8のフローチャートが実行されるnサイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。また、ここで $1(n-1)$ は、n-1サイクル目の二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、図8のフローチャートが実行されるn-1

50

サイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。Xはしきい値を示す。このしきい値Xについては、後に図10において説明する。

【0068】

ステップS21の条件は、二相エンコーダカウンタ41にZ相信号が入力されてカウント値₁(n)がゼロにクリアされた場合、その1サイクル前のカウント値₁(n-1)がしきい値Xよりも大きいか否かを判断するものである。この条件が成立すると、ステップS21からステップS22に処理が進む。この場合は、二相エンコーダカウンタ41がカウントアップしているときにクリアされた場合である。このような場合は拡張ビットをカウントアップする必要がある。

【0069】

ステップS22では、拡張ビットのカウント値COUNTが軸倍角(あるいは電気角数)に対応する最大値MAX以上であるか否かが判断される。最大値MAXは、たとえば、軸倍角2Xのレゾルバ(あるいは2極対のモータ)ならば1ビットの二進数で1、軸倍角5Xのレゾルバ(あるいは5極対のモータ)なら3ビットの二進数で100である。

【0070】

ステップS22において、カウント値COUNTが最大値MAX以上であれば、ステップS23に処理が進み、カウント値COUNT=0に設定される。一方カウント値COUNTが最大値MAXに到達していなければ、ステップS24に処理が進み、カウント値COUNTに1が加算されて図3の拡張ビット部分のカウントアップが行なわれる。

【0071】

ステップS21において条件が成立しなかった場合には、ステップS25に処理が進む。ステップS25では₁(n-1)=0、かつ、₁(n)=MAXが成立するか否かが判断される。ここで₁(n)は、nサイクル目の二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、nサイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。また、ここで₁(n-1)は、n-1サイクル目二相エンコーダカウンタ41のカウント値であり、n-1サイクル目に対応する時刻での電気角に対応する値である。MAXは、電気角の最大値に対応する二相エンコーダカウンタ41のカウント値である。

【0072】

ステップS25の条件は、二相エンコーダカウンタ41にZ相信号が入力されてカウント値₁(n-1)がゼロにクリアされた場合、その1サイクル後のカウント値₁(n)がMAX以上であることを判断するものである。この条件が成立すると、ステップS25からステップS26に処理が進む。この場合は、二相エンコーダカウンタ41がゼロとなった後にカウントダウンされた場合である。このような場合は拡張ビットのカウント値COUNTをカウントダウンする必要がある。

【0073】

ステップS26では、拡張ビットのカウント値COUNTがゼロ以下であるか否かが判断される。ステップS26において、カウント値COUNTがゼロ以下であれば、ステップS27に処理が進み、カウント値COUNT=MAXに設定される。一方カウント値COUNTがゼロより大きい場合には、ステップS28に処理が進み、カウント値COUNTから1が減算されて図3の拡張ビット部分のカウントダウンが行なわれる。

【0074】

ステップS23, S24, S27, S28のいずれかの処理が実行された後にはステップS29に処理が進む。ステップS29では、処理は図5のフローチャートに移される。

【0075】

その後図5のステップS15において、二相エンコーダカウンタ41の出力値である1と拡張ビットに相当するカウント値COUNTから、図3で説明したように機械角mに相当する拡張されたカウント値2が合成される。

【0076】

図9は、5極対モータを用いた場合の電気角および機械角の変化に対するカウンタのカウント値の変化の一例を示す波形図である。

10

20

30

40

50

【0077】

図9を参照して、横軸には、機械角(0°~360°)が示されている。カウント値COUNTは、電気角が0°~360°変化するごとにカウントアップされている。電気角に対応するカウント値1はゼロからMAXまで繰返し変化する。電気角が360°となる時点でZ相信号が入力され、MAXとなったカウント値1はゼロにクリアされる。このとき、拡張ビットに対応するカウント値COUNTには1が加算される(図8のステップS24)。

【0078】

このように、Z相信号が入力されるごとにカウント値1はゼロにクリアされ、カウント値COUNTは二進数で000 001 010 011 100とカウントアップされる。そして5極対モータの角度の場合には図8のフローチャートのMAXが100であるため、COUNT=100の次にZ相信号が入力されるとカウント値COUNTは000にクリアされる(ステップS23)。

10

【0079】

また、カウント値1およびカウント値COUNTに基づいて機械角に相当するカウント値2が得られていることも図9に示されている。

【0080】

図10は、カウンタ増加中のカウント値のノースマーカー前後の変化を拡大して示す波形図である。二相エンコーダ出力のZ相信号をノースマーカー(NM)と呼ぶこともある。図9においては、1がMAXまで変化し、その直後にゼロに変化した時にCOUNT値が加算されている。しかし、Z相信号はタイミングのズレが生じる場合があるので、多少のズレが許容されるように処理を行なっている。

20

【0081】

図10には、図8のステップS21のしきい値Xが示されている。ステップS21の条件によって、1がしきい値Xを超えていればMAXまでカウント値がカウントアップされた後でなくともカウント値COUNTのカウントアップを行なう。すなわち、1(n)=ゼロとなるのはZ相信号が図1の二相エンコーダカウンタ41に入力された場合または二相エンコーダカウンタ41が最大値MAXとなりA相、B相信号の変化に基づいて次の加算が行なわれた場合である。

【0082】

30

ステップS21の処理を行なうことにより、最大値MAXとなる前にZ相信号が入力されてしまった場合でもそのときに合わせてカウント値COUNTのカウントアップを行なうことができる。これにより、機械角に正しく対応したカウント値2を得ることができる。

【0083】

したがって、二相エンコーダ出力を用いつつも、機械角の位置を認識可能となるため、従来からの制御方式を大幅に変えなくても、モータあるいは回転角センサの特性の補正等が可能となる。

【0084】

40

再び図4を参照してステップS4以降の処理について説明する。

ステップS3の電気角判定の処理が終了すると、ステップS4においてトルク指令値を取得する処理が実行される。トルク指令値TRは、上位のECU(たとえば、ハイブリッド車両では、ハイブリッドECU)でアクセル開度等に基づいて決定され、通信で送られてくる。図1のモータ制御部44は、このトルク指令値TRを受信する。続いて、ステップS5において電流指令値を演算する処理が実行される。図1のIPMの直流電源電圧が可変制御されている場合には、直流電源電圧を取得するとともに3の変化に基づいてモータジェネレータ4の回転速度が計算される。そしてトルク指令値、直流電源電圧および回転速度に基づいて電流指令値が演算される。

【0085】

そして、ステップS6においてステップS5で求めた電流指令値に対してトルクリップ

50

ル補正が行なわれる。トルクリップルは、特に低速で走行するときに感じやすいトルクの脈動であり、周期的に現れることが多い。

【0086】

図11は、図4のステップS6のトルクリップル補正の詳細を説明するための第1のフローチャートである。

【0087】

図11のフローチャートはステップS6の処理のうち、トルクリップル補正の開始および禁止を反転する処理S6Aを示したものである。

【0088】

まずステップS51において、モータジェネレータ4の回転速度の演算が行なわれる。
そして、ステップS52において回転速度の絶対値がしきい値NAよりも小さいか否かが判断される。しきい値NAよりも回転速度が小さい場合には、低速走行時でありトルクリップルが問題となるのでステップS53に処理が進む。たとえばしきい値NAは50 rpmに設定することができる。ステップS53では、トルクリップル補正の開始が決定される。

【0089】

ステップS52において、回転速度の絶対値がしきい値NAよりも小さくなかった場合には、ステップS54に処理が進む。

【0090】

ステップS54では、回転速度の絶対値がしきい値NBよりも大きいか否かが判断される。
しきい値NBよりも回転速度の絶対値が大きい場合には、高速走行で他の振動などもありトルクリップルが目立たなくなるとともに、処理時間が短いことが要求されるようになるので、補正は行なわない。そこで、ステップS54からステップS55に処理が進み、トルクリップル補正の禁止が決定される。なお、ステップS54においてしきい値NBよりも回転速度の絶対値が大きくなかった場合には、トルクリップル補正の開始も禁止も行なわれず、現在の状態が保持される。すなわち、トルクリップル補正実行中であれば引き続き補正が実行され、トルクリップル補正をしていなければその状態が維持される。

【0091】

このように、ステップS53、S55のいずれかで補正の実行の有無の切替えが行なわれ、ステップS54でNOと判断された場合にはそのままの状態が維持され、ステップS56に処理が進む。

【0092】

図12は、図4のステップS6のトルクリップル補正の詳細を説明するための第2のフローチャートである。

【0093】

図13は、トルクリップル補正で用いられる補正係数のマップの一例を示した図である。

【0094】

図12のフローチャートの処理は、図11の処理S6Aにおいてトルクリップル補正の開始が判定されてから禁止と判定されるまで実行される電流の補正処理S6Bを示したものである。

【0095】

図12、図13を参照して、まずステップS61において補正係数が演算される。補正係数の演算処理では、機械角に対応する補正係数を、図13のマップに格納された補正係数を機械角方向に線形補間し、その後さらにトルク方向に線形補間を実施して求める。

【0096】

図13のマップでは、トルク指令値TR = 20 (N·m), 40 (N·m), ... 200 (N·m)の各々に対して、機械角と補正係数との関係が規定されている。なお、機械角は、図1の 3 × COUNT で求められる。

【0097】

10

20

30

40

50

続いて、ステップ S 6 2 において電流指令の補正演算処理が行なわれる。具体的には、補正後の d 軸電流指令値、q 軸電流指令値は、図 5 のステップ S 4 においてトルク指令値、直流電源電圧および回転速度に基づいて算出された電流指令値に図 1 3 のマップを補間して求めた係数を掛けて求められる。ステップ S 6 2 において電流指令の補正演算処理が行なわれた後には、ステップ S 6 3 において再び制御は図 4 のフローチャートに戻り、ステップ S 7 の処理が実行される。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 7 では、電流センサ 8, 9 で計測された電流値の計測結果を補正された電流指令値に近づけるための電流フィードバック演算処理が行なわれる。

【 0 0 9 9 】

その後、ステップ S 8 において三相変換処理後三相電圧指令値が演算され、キャリア周波数を用いて三相 PWM スイッチング出力が実行される。

【 0 1 0 0 】

以上説明したように、実施の形態 1 では、二相エンコーダ出力を用いつつも、機械角の位置を認識可能となるため、従来からの制御方式を大幅に変えなくても、回転角センサの特性の補正が可能となる。さらに、回転角センサの特性の補正だけでなく、トルクリップル等を改善するためのモータ制御に補正を加えることも可能となる。なお、回転角センサの補正を行なわずにモータ制御の補正のみをおこなっても良い。

【 0 1 0 1 】

【 実施の形態 2 】

たとえば軸倍角 2 X のレゾルバの場合は機械角で 0° ~ 360° の 1 回転する間に電気角 0° ~ 360° の変化が 2 度現れる。実施の形態 1 では、回転中に精度を学習補正していく場合など、1 度目の電気角か 2 度目の電気角かを見分け、各々に対応する補正を行なえばよい場合に用いることができる。したがって、機械角の絶対位置を把握する必要は無かった。

【 0 1 0 2 】

しかしながら、たとえば、予め工場等において精密な測定機器を使用して補正データを作成し、その精密な測定機器は出荷製品自身には含まれないような場合も想定される。このような場合には補正データを出荷製品に適用する場合に、補正データ作成時の機械角を正しく対応させる必要がある。つまり、補正データ作成時と補正データ使用時とで機械角を合わせておく必要がある。

【 0 1 0 3 】

これは、回転角センサの補正データのみでなく、モータ制御の電流指令値を補正する場合にも言える。

【 0 1 0 4 】

図 1 4 は、実施の形態 2 のモータ制御装置が使用される車両 1 A のブロック図である。

図 1 4 を参照して、車両 1 A は、レゾルバ 1 2, C P U 4 0 に代えてレゾルバ 1 2 A, C P U 4 0 A を含む点が、図 1 の車両 1 と異なる。他の部分については、車両 1 A の構成は既に説明した車両 1 と同様であるので説明は繰返さない。

【 0 1 0 5 】

レゾルバ 1 2 A は、ロータの機械角 0° の位置を検出しクリア信号 C L R を出力するためのセンサ 1 8 を含む。一次巻線 1 5、および二次巻線 1 6, 1 7 については図 1 の場合と同様であり説明は繰返さない。

【 0 1 0 6 】

C P U 4 0 A は、二相エンコーダカウンタ 4 1、電気角数検出部 4 2 に代えて二相エンコーダカウンタ 4 1 A、電気角数検出部 4 2 A を含む点が図 1 の C P U 4 0 と異なる。他の部分については、C P U 4 0 と同様であり説明は繰返さない。

【 0 1 0 7 】

二相エンコーダカウンタ 4 1 A は、A 相信号 P A と B 相信号 P B とに応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z 相信号 P Z に代えてクリア信号 C L R に基づいて

10

20

30

40

50

ゼロにクリアされる。なお Z 相信号 P Z、クリア信号 C L R どちらが入力されてもクリアされるように構成されても良い。

【 0 1 0 8 】

電気角数検出部 4 2 A は、二相エンコーダカウンタ 4 1 の出力する電気角に対応するカウント値 1 の変化に応じて、機械角に対応するカウント値 2 を出力するとともに電気角の拡張されたカウント値 C O U N T を出力する。そして、電気角数検出部 4 2 A は、クリア信号 C L R が入力されると、カウント値 2 およびカウント値 C O U N T をゼロにクリアする。

【 0 1 0 9 】

図 15 は、実施の形態 2 において C P U 4 0 A で実行される二相エンコーダカウンタの拡張ビットのカウント制御を説明するためのフローチャートである。 10

【 0 1 1 0 】

図 15 のフローチャートは、図 8 で説明したフローチャートにステップ S 1 0 1 および S 1 0 2 の処理が追加されている。ステップ S 2 1 ~ S 2 8 の処理については、図 8 で説明した場合と同様であり、説明は繰返さない。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 2 3 , S 2 4 , S 2 7 , S 2 8 のいずれかの処理が終了し、カウント値 C O U N T が一旦決定されると、ステップ S 1 0 1 に処理が進む。ステップ S 1 0 1 では、センサ 1 8 から与えられるクリア信号 C L R の入力が有るか否かが判断される。信号 C L R の入力が無い場合は、カウント値 C O U N T はそのまま図 5 のステップ S 1 5 に適用される。一方、信号 C L R の入力があった場合は、ステップ S 1 0 2 においてカウント値 C O U N T はゼロにクリアされ、その後ステップ S 2 9 に処理が進む。 20

【 0 1 1 2 】

ステップ S 2 9 において制御が図 5 のフローチャートに移されると、その後ステップ S 1 5 では、二相エンコーダカウンタ 4 1 の出力値である 1 と拡張ビットに相当するカウント値 C O U N T から、図 3 で説明したように機械角 m に相当する拡張されたカウント値 2 が合成される。

【 0 1 1 3 】

実施の形態 2 に示した回転角検出装置では、回転角センサからの二相エンコーダ出力から機械角の絶対位置を得ることができる。したがって、回転角センサの補正データを工場等で作成した場合などであっても、これを正しい位置に適用することが可能となり、より一層の精度の向上した回転角センサを実現することができる。 30

【 0 1 1 4 】

さらに、回転角センサの特性の補正だけでなく、トルクリップル等を改善するためのモータ制御についての補正データを工場等で作成した場合などであっても、これを正しい位置に適用することが可能となり、より一層の精度の向上したモータ制御を実現することができる。なお、回転角センサの補正を行なわずにモータ制御の補正のみをおこなっても良い。

【 0 1 1 5 】

また、上記の実施の形態 1 , 2 では、電気角を検出する電気角検出部（回転角センサ）としてレゾルバおよび R / D コンバータを用いている例を示したが、電気角検出部はこれには限定されない。たとえば、磁気式や光学式の各種の回転角センサやロータリーエンコーダなど二相エンコーダ出力を出力するものであれば、本願発明を適用することができる。

【 0 1 1 6 】

以上の実施の形態 1 , 2 について、図 1 、図 8 等を再び参照しながら総括する。

本実施の形態のモータ制御装置は、電気角の 360° が機械角の 360° よりも小さく設定され、モータの回転子の電気角に対応する二相エンコーダ信号を出力する電気角検出部（レゾルバ 1 2 および R / D コンバータ 1 4 ）と、二相エンコーダ信号をカウントし、電気角に対応するデジタル値を出力する二相エンコーダカウンタ 4 1 と、二相エンコーダ

カウンタ41のカウント値の変化に基づいて、電気角検出部の出力する信号が示す電気角が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する電気角数検出部42と、トルク指令値TRに基づいて電流指令値を決定し、電気角数検出部42の出力に応じて電流指令値を補正するモータ制御部44とを備える。

【0117】

好ましくは、モータ制御部44は、モータジェネレータ4のロータの回転角が機械角のいずれの位置であるのかを電気角数検出部42の出力に基づいて判断し、ロータの回転角に対応する補正を電流指令値に対して行なう。

【0118】

より好ましくは、モータ制御部44は、トルク指令値TRとロータの回転角に対応する補正係数とを保持するマップを有し、電流指令値に補正係数を掛けることにより補正を行なう。 10

【0119】

好ましくは、電気角数検出部42は、二相エンコーダカウンタの上位ビットを機械角の360°に相当する値までさらに拡張したカウント値COUNTを生成し、拡張したカウント値COUNTを出力する。

【0120】

より好ましくは、電気角検出部は、電気角の360°が機械角の360°よりも小さく設定されたレゾルバ12と、レゾルバ12の信号をデジタル値に変換するレゾルバ/デジタル(R/D)コンバータ14とを含み、R/Dコンバータ14は、A相信号、B相信号およびZ相信号を含む二相エンコーダ信号を出力する。 20

【0121】

さらに好ましくは、二相エンコーダカウンタ41は、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z相信号が入力されるとカウント値をクリアする。図8および図10に示すように、電気角数検出部42は、二相エンコーダカウンタ41のカウント値が増加中において二相エンコーダカウンタ41のカウント値1がクリアされた場合に、クリアされる直前の二相エンコーダカウンタ41のカウント値1がしきい値Xを超えていたときには、拡張したカウント値COUNTをクリアする。

【0122】

さらに好ましくは、電気角検出部は、機械角の基準位置を検出するセンサ18をさらに含む。二相エンコーダカウンタ41Aは、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、センサ18の出力に応じてカウント値1をクリアする。電気角数検出部42Aは、センサ18の出力に応じて拡張したカウント値COUNTをクリアする。 30

【0123】

好ましくは、モータ制御装置は、電気角数検出部42の出力に基づいて、機械角の正しい位置に対応する補正を二相エンコーダカウンタが出力するデジタル値に対して行なう角度補正部43をさらに備える。

【0124】

[実施の形態3]

実施の形態1で説明したモータ制御装置では、位置検出器(レゾルバ+R/Dコンバータやエンコーダなど)が输出するZ相信号、A相信号およびB相信号を受けて電気角数の判定を行なう。しかし、何らかの影響で期待しないタイミングでZ相信号が入力された場合、電気角数の判定が正確に行なえない。たとえば、レゾルバ角0度付近でないタイミングにZ相信号が入力されると二相エンコーダカウンタがクリアされ、次の電気角になったと誤判定する可能性がある。 40

【0125】

そこで、実施の形態3では、Z相信号、A相信号およびB相信号から求まるレゾルバ角に対して、期待しないタイミングのZ相信号が発生した場合、そのZ相信号の入力を無視する。また、期待しないタイミングのZ相信号が連続して発生した場合、電気角の検出を 50

やり直す。

【0126】

図16は、実施の形態3のモータ制御装置が使用される車両1Bのブロック図である。

図16を参照して、車両1Bは、図1に示した車両1Bの構成においてインバータ装置2は、CPU40に代えてCPU40Bを含む。他の部分については、車両1Bの構成は既に説明した車両1と同様であるので説明は繰返さない。

【0127】

CPU40Bは、二相エンコーダカウンタ41、電気角数検出部42に代えて二相エンコーダカウンタ41B、電気角数検出部42Bを含み、さらにZ相異常検出部46と、Z相異常判定部47とを含む点が図1のCPU40と異なる。他の部分については、CPU40と同様であり説明は繰返さない。

【0128】

二相エンコーダカウンタ41Bは、A相信号PAとB相信号PBとに応じてカウント数1のカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z相信号PZに応じてクリアされる。

【0129】

電気角数検出部42Bは、二相エンコーダカウンタ41Bの出力する電気角に対応するカウント値1の変化に応じて、機械角に対応するカウント値2を出力するとともに電気角の拡張されたカウント値COUNTを出力する。具体的には、二相エンコーダカウンタ41Bのキャリーまたはボローに合わせてカウント値COUNTを増加減する。

【0130】

Z相異常検出部46は、カウント値1が適切範囲である場合に入力されるZ相信号を正常とし、カウント値1が適切範囲外である場合に入力されるZ相信号を異常とする。つまり、期待されるタイミングのZ相信号と、期待されないタイミングのZ相信号とを判別する。

【0131】

Z相異常判定部47は、期待されないタイミングで入力されたZ相信号の回数をカウントし、異常状態の判定を行なう。具体的には、Z相異常判定部47は、Z相異常検出部46によって異常とされたZ相信号の数をカウントし、カウント値がエラーリミット値を超えた場合に、クリア信号CLRを出力する。クリア信号CLRによって、二相エンコーダカウンタ41Bおよび電気角数検出部42Bの保持する値はゼロにクリアされる。

【0132】

モータ制御部44は、カウント値3と電気角の拡張されたカウント値COUNTとトルク指令値TRとモータ電流値IV, IWとに基づいてU, V, W相の三相PWM信号を出力する。U, V, W相の三相PWM信号に基づいて、IPM7内のIGBTがオンオフ制御され、モータジェネレータ4に通電が行なわれる。

【0133】

図17は、実施の形態3において実行される処理を説明するためのフローチャートである。このフローチャートの処理は、実施の形態1で説明した図5の処理に加えて実行される処理であり、Z相信号PZがZ相異常検出部46に入力されるごとに実行される。

【0134】

図17を参照して、まず、ステップS121においては、入力されたZ相信号PZが入力されたタイミングにおけるカウント値1の値が $X_{max} < 1(n) < X_{min}$ の条件を満たすか否かが判断される。なお、n番目にこのフローチャートの処理が実行された場合であることを示し、次回にこのフローチャートの処理が実行される場合のカウント値は $1(n+1)$ である。

【0135】

図18は、図17の X_{max} , X_{min} を説明するための図である。

図18を参照して、カウント値 $1(n)$ の値が X_{min} 以上、 max 以下である期間をTA、カウント値 $1(n)$ の値が min 以上、 X_{max} 以下である期間をTBと

10

20

30

40

50

し、それ以外の期間を T C とする。 X_{max} は、 + 0 度付近の Z 相入力正常判定しきい値を示し、 X_{min} は、 - 0 度付近の Z 相入力正常判定しきい値を示す。

【 0 1 3 6 】

R / D コンバータ 1 4 からの Z 相信号 P Z は本来ならば $1(n) = max$ となるときに出力されるはずであるが、何らかの理由によりカウント値 1 と Z 相信号 P Z にズレが生じる場合がある。たとえば、角度検出器（エンコーダやレゾルバや R / D コンバータ）及び、角度検出器の構成部品（ワイヤやコネクタ）の故障が原因で、実際の電気角と角度検出器が認識する角度にズレが生じ、 Z 相信号が出力される。または、ノイズの影響で実際の電気角と角度検出器が認識する角度にズレが生じ、 Z 相信号が出力される。 Z 相信号自身に電気ノイズが重畠する場合も考えられる。

10

【 0 1 3 7 】

そこで、期間 T A または T B に入力される Z 相信号は正常とし、それ以外の期間 T C に入力される Z 相信号は異常として扱う。二相エンコーダカウンタ 4 1 B は、正常とされた Z 相信号によってクリアされるが、異常として扱われた Z 相信号によってはクリアされない。

【 0 1 3 8 】

しかし、異常である期間 T C において何度も Z 相信号が入力されると、二相エンコーダカウンタ 4 1 B のカウント値 1 も信用できない。このため、異常な Z 相信号が発生する回数をカウントし、回数が所定値よりも多ければ二相エンコーダカウンタ 4 1 B をクリアすると共に、電気角数検出部 4 2 B がカウントする拡張ビットのカウント値 COUNT もクリアするように制御が行なわれる。

20

【 0 1 3 9 】

再び図 1 7 を参照して、ステップ S 1 2 1 において、条件 $X_{max} < 1(n) < X_{min}$ が成立しなければ（図 1 8 の期間 T A または T B に Z 相信号 P Z の入力があれば）、ステップ S 1 2 5 に処理が進み、制御はメインルーチンに移される。

【 0 1 4 0 】

一方、ステップ S 1 2 1 において条件 $X_{max} < 1(n) < X_{min}$ が成立した場合には（図 1 8 の期間 T C に Z 相信号 P Z の入力があれば）、ステップ S 1 2 2 に処理が進む。

【 0 1 4 1 】

30

ステップ S 1 2 2 では、 Z 相の異常タイミング入力のカウント値 ERROR_COUNT が + 1 加算される。カウント値 ERROR_COUNT は、図 1 1 の期間 T C に入力される Z 相信号 P Z をカウントするためのカウント値である。

【 0 1 4 2 】

そしてステップ S 1 2 3 においてカウント値 ERROR_COUNT が異常判定しきい値 ERROR を超えたか否かが判断される。 $ERROR_COUNT > ERROR$ が成立した場合には、ステップ S 1 2 4 に処理が進み、一方、成立しなければステップ S 1 2 5 に処理が進み、制御はメインルーチンに移される。なお、異常判定しきい値 ERROR は 1 以上であればどのような整数であっても良い。異常判定しきい値 $ERROR = 1$ に設定した場合には、1 度でも図 1 8 の期間 T C に Z 相信号 P Z の入力があれば、カウント値 COUNT のリセット動作が行なわれる。一般には異常判定しきい値 ERROR を 2 以上の値に設定し、ノイズ等による単発の Z 相信号 P Z は無視するようにし、複数回 Z 相信号 P Z が図 1 8 の期間 T C に入力される場合にはリセット動作が行なわれるようとする。

40

【 0 1 4 3 】

ステップ S 1 2 4 では、電気角数検出部 4 2 B のカウントしていたカウント値 COUNT がゼロにクリアされ、同時にカウント値 ERROR_COUNT もゼロにクリアされる。その後ステップ S 1 2 5 に処理が進み、制御はemainルーチンに移される。

【 0 1 4 4 】

実施の形態 3 について総括すると、図 1 6 に示す回転角検出装置は、出力信号の 1 周期分に相当する角度が機械角の 360° よりも小さく設定された角度検出部（12, 14）

50

と、角度検出部の出力信号に対応するデジタル値を出力するカウンタ(41B)と、カウンタ(41B)のカウント値の変化に基づいて、角度検出部の出力する信号が示す角度が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する電気角数検出部42Bとを備える。

【0145】

好ましくは、角度検出部は、電気角の360°が機械角の360°よりも小さく設定され、回転子の電気角に対応する二相エンコーダ信号を出力する電気角検出部(12, 14)であり、カウンタは、二相エンコーダ信号をカウントし、電気角に対応するデジタル値

1を出力する二相エンコーダカウンタ41Bであり、電気角数検出部42Bは、二相エンコーダカウンタ41Bのカウント値の変化に基づいて、電気角検出部の出力する信号が示す電気角が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する。

10

【0146】

より好ましくは、電気角数検出部42Bは、二相エンコーダカウンタ41Bの上位ビットを機械角の360°に相当する値までさらに拡張したカウント値2を生成し、拡張したカウント値COUNTを出力する。

【0147】

より好ましくは、二相エンコーダカウンタ41Bは、A相信号およびB相信号に応じてカウントアップまたはカウントダウンを行ない、Z相信号が入力されるとカウント値をクリアする。回転角検出装置は、Z相信号が入力された時の二相エンコーダカウンタ41Bのカウント値が異常タイミングに対応する所定範囲内(図18の期間TC内)であるか否かを判断するZ相異常検出部46と、Z相異常検出部46によって所定範囲内であると判断された場合には、Z相信号が入力された数をカウントし、Z相信号が入力された数ERROR_CCOUNTがエラーカウントしきい値ERRRORを超えた場合に(ステップS123でYES)電気角数検出部42Bが保持する拡張したカウント値2および拡張ビットCOUNTをクリアするZ相異常判定部47とをさらに備える。

20

【0148】

実施の形態3では、異常なタイミングでZ相信号が入力されることが繰返されるような場合を検出して、カウンタをクリアするので、誤動作が起こっても正常復帰する可能性が高くなる。

【0149】

[実施の形態4]

30

実施の形態1～3では、回転子位置検出装置としてレゾルバを用いる例を示した。これに代えて回転子位置検出装置としてホール素子を用いる場合を説明する。

【0150】

図19は、実施の形態4のモータ制御装置が使用される車両1Cのブロック図である。図19では、ホール素子18CによってZ相信号に相当する信号を入力する。

【0151】

図19を参照して、車両1Cは、インバータ装置2Cと、モータジェネレータ4とモータジェネレータのロータシャフトに接続された回転子位置検出器12Cとを含む。車両1Cが電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の場合は、モータジェネレータ4は車輪を駆動するために使用することができる。なお、他の用途にモータジェネレータ4を使用しても良い。

40

【0152】

回転子位置検出器12Cは、モータジェネレータ4の回転軸に固定された回転子に埋め込まれた磁石の位置を検出するホール素子18Cを含む。

【0153】

インバータ装置2Cは、CPU40Cと、IPM7と、電流センサ8, 9とを含む。IPM7は、モータジェネレータのステータコイルに流す電流を制御するためのIGBTなどのパワースイッチング素子を含む。モータジェネレータのステータコイルはU相、V相、W相のコイルを含む。U相、V相、W相のコイルはY結線されているので、V相、W相の電流を電流センサ8, 9によって測定すればU相の電流は演算で求めることができる。

50

【0154】

CPU40Cは、回転子位置検出器41Cと、電気角数検出部42Cと、角度補正部43と、モータ制御部44と、正常タイミング判定部48CとZ相異常検出部46CとZ相異常判定部47Cとを含む。角度補正部43と、モータ制御部44については、実施の形態1で説明した場合と同様な動作を行なうため、説明は繰返さない。

【0155】

ホール素子を用いた場合、センサの分解能が低いため、実角度をそのまま検出することはできない。そのため、モータ回転は急変しないと仮定し、回転子位置検出器41Cは、Z相信号の入力間隔から得られる回転速度と最終Z相入力からの経過時間から角度を推定する。

10

【0156】

より具体的には、たとえば、回転子位置検出器41Cは、CPU40Cのクロック信号などでカウントアップされホール素子18CからのZ相信号に応じてクリアされるタイマーカウンタを含み、クリア直前のタイマーカウンタの値を360°に対応する値C0として記憶し、その記憶値C0と現在のカウント値Cとの比を360°に乗じて電気角に対応するカウント値1を算出する。つまり $1 = C / C_0 \times 360$ となる。

【0157】

正常タイミング判定部48Cは、次回のZ相入力が期待される入力期間（期待入力期間）を算出し、現在の時刻が算出した期待入力期間に該当するか否かを示す信号をZ相異常検出部46Cに出力する。この期待入力期間は、図18の期間TA+TBに相当する。

20

【0158】

Z相異常検出部46Cは、ホール素子18CからのZ相信号が期待入力期間中に入力されたものであるか否かに基づいてZ相信号の異常を検出する。図18の期間TCに入力されたZ相信号は、異常信号と判断し無視する。またその場合Z相異常判定部47Cに異常信号の入力があった旨の出力信号を出力する。

【0159】

Z相異常判定部47Cは、Z相異常検出部46Cの出力結果から検出回数や継続時間に基づいて異常判定を行なう。たとえば、所定期間内の異常信号の検出回数がエラーしきい値ERROR_COUNTを超えた場合に、異常と判定するのでもよい。

【0160】

30

Z相異常判定部47Cは、Z相信号が異常であると判定した場合には、電気角数検出部42Cのカウンタをクリアする。

【0161】

実施の形態4の回転角検出装置は、出力信号の1周期分に相当する角度が機械角の360°よりも小さく設定された角度検出部（18C）と、角度検出部の出力信号に対応するデジタル値を出力するカウンタ（回転子位置検出器41C）と、カウンタ（回転子位置検出器41C）のカウント値1の変化に基づいて、角度検出部の出力する信号が示す角度が機械角のいずれの位置に相当するかを検出する電気角数検出部42Cとを備える。

【0162】

好ましくは、角度検出部（18C）は、出力信号として所定角度ごとに1周期分が完了することを示す信号を出力するように構成されたホール素子である。カウンタは、出力信号が入力されてから次回の出力信号が入力されるまでの間カウント値をクロック信号に基づいてカウントアップする回転子位置検出器41Cを含む。回転角検出装置は、出力信号が入力された時のカウンタ（回転子位置検出器41C）のカウント値が異常タイミングに対応する所定範囲内であるか否かを判断するZ相異常検出部46Cと、Z相異常検出部46Cによって所定範囲内であると判断された場合には、出力信号が入力された数をカウントし、出力信号が入力された数がエラーカウントしきい値を超えた場合に電気角数検出部42Cが保持する拡張したカウント値をクリアするZ相異常判定部47Cとをさらに備える。

40

【0163】

50

実施の形態3と同様に実施の形態4でも、異常なタイミングでZ相信号が入力されることが繰り返されるような場合を検出して、カウンタをクリアするので、誤動作が起こっても正常復帰する可能性が高くなる。

【 0 1 6 4 】

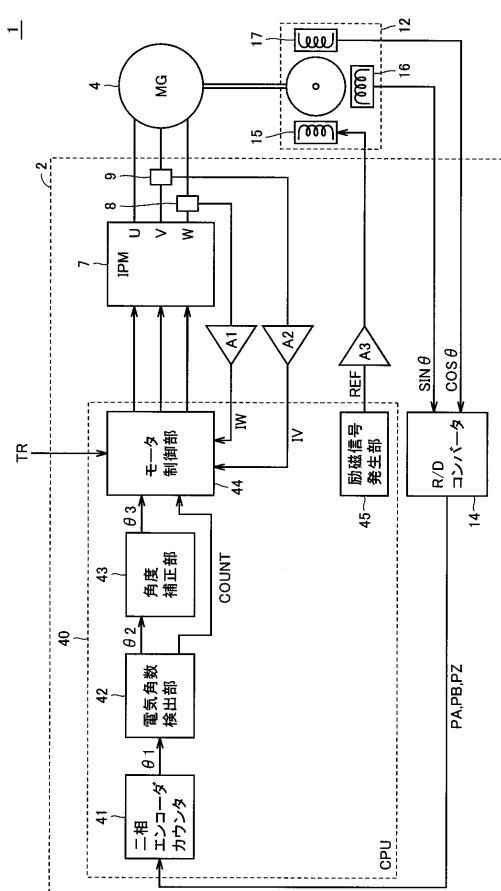
今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

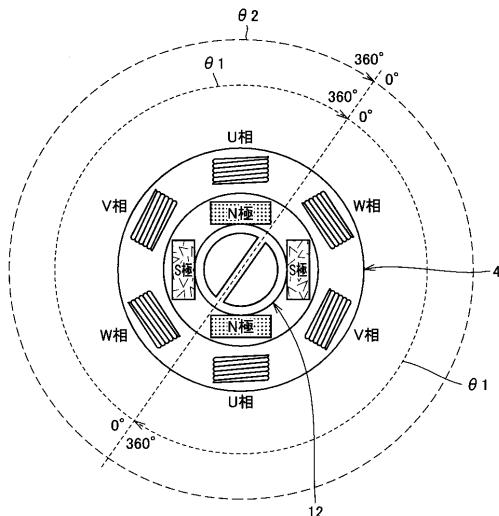
(0 1 6 5)

1, 1A, 1B, 1C 車両、2, 2C インバータ装置、4 モータジェネレータ、
 8, 9 電流センサ、12, 12A レゾルバ、12C, 41C 回転子位置検出器、1
 4 コンバータ、15 一次巻線、16, 17 二次巻線、18 センサ、18C ホー
 ル素子、41, 41A, 41B 二相エンコーダカウンタ、42, 42A, 42B, 42
 C 電気角数検出部、43 角度補正部、44 モータ制御部、45 励磁信号発生部、
 46, 46C 異常検出部、47, 47C 異常判定部、48C 正常タイミング判定部
 、A1, A2 バッファアンプ、A3 電流増幅アンプ。

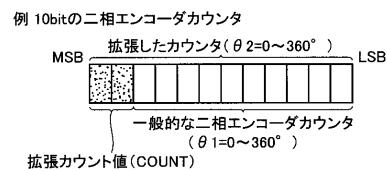
(1)



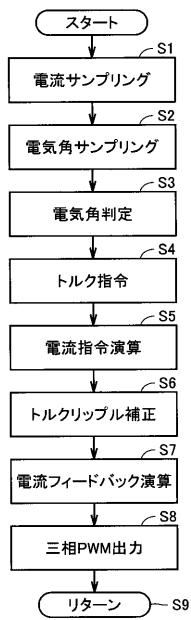
〔 図 2 〕



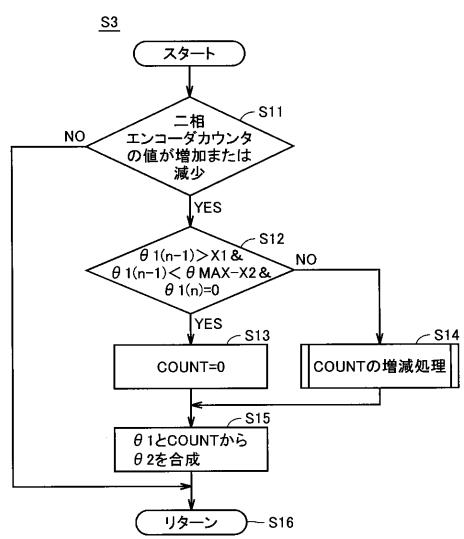
【 义 3 】



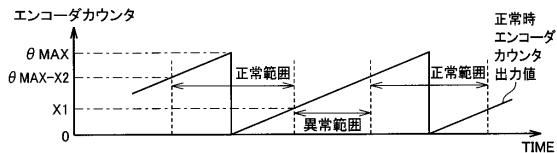
【図4】



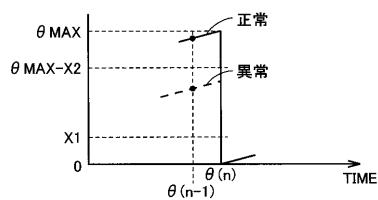
【図5】



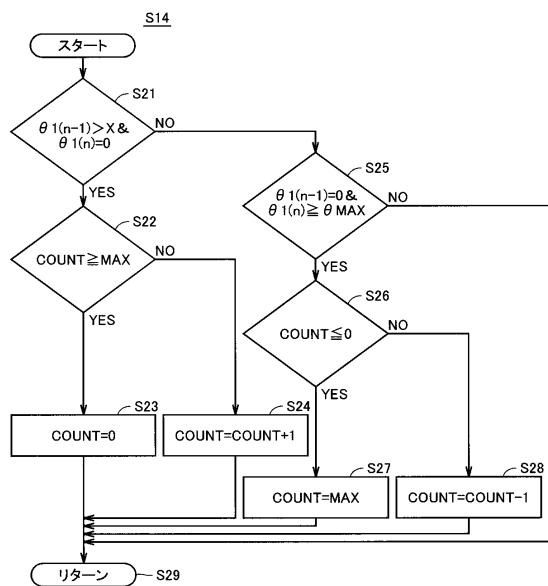
【図6】



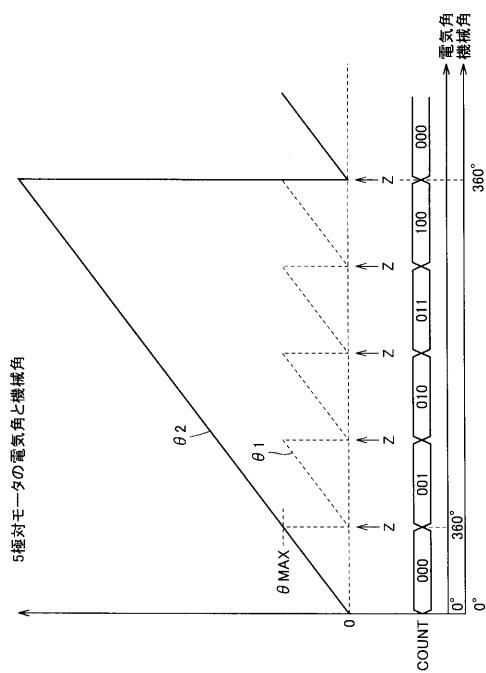
【図7】



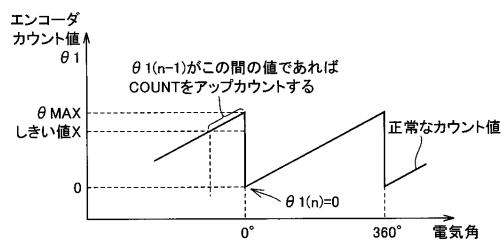
【図8】



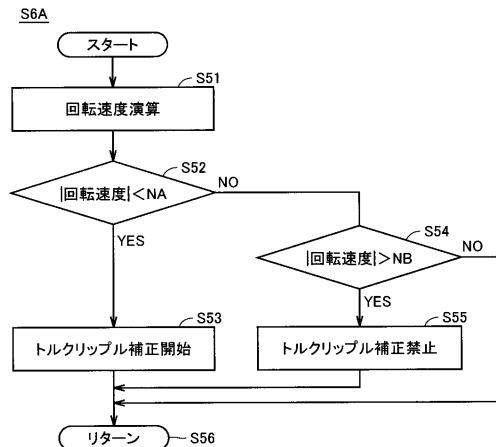
【図 9】



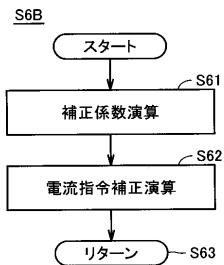
【図 10】



【図 11】

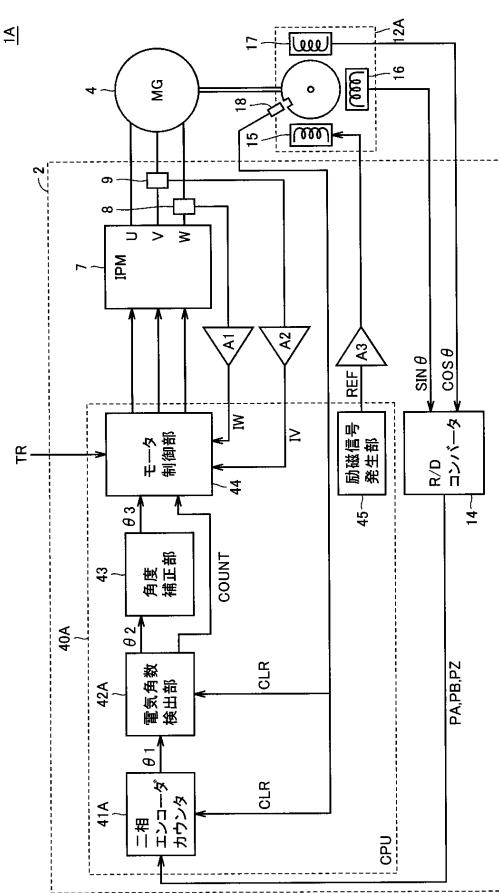


【図 12】

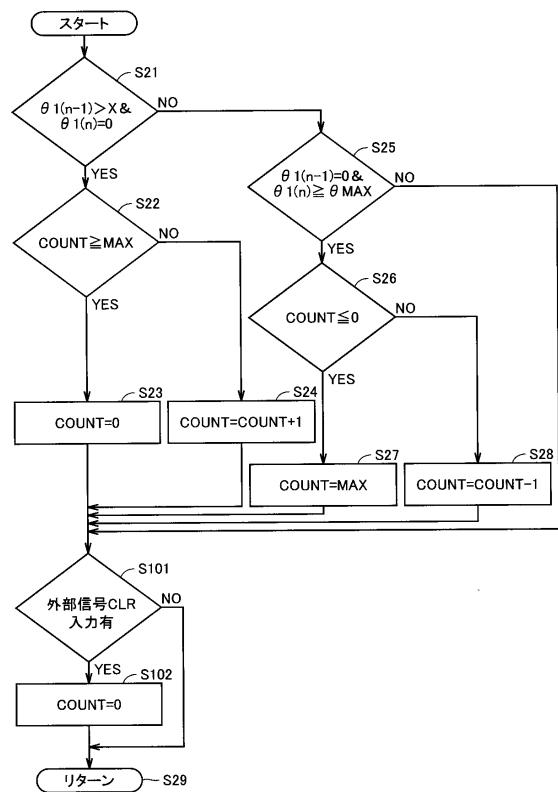


【図 13】

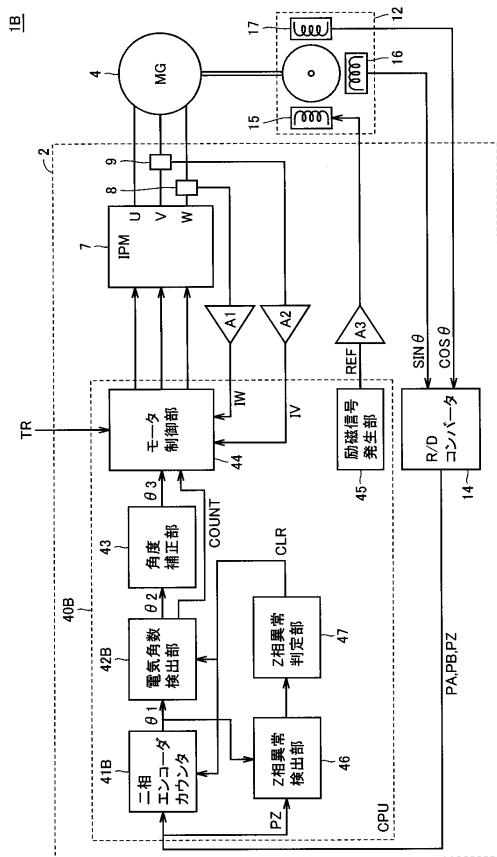
TR=20N·m		TR=40N·m		TR=200N·m	
角度 θ_3 -COUNT	補正係数 K	角度 θ_3 -COUNT	補正係数 K	角度 θ_3 -COUNT	補正係数 K
0.0	K11	0.0	K21	0.0	Kn1
5.0	K12	5.0	K22	5.0	Kn2
...
360.0	K1n	360.0	K2n	360.0	Knn



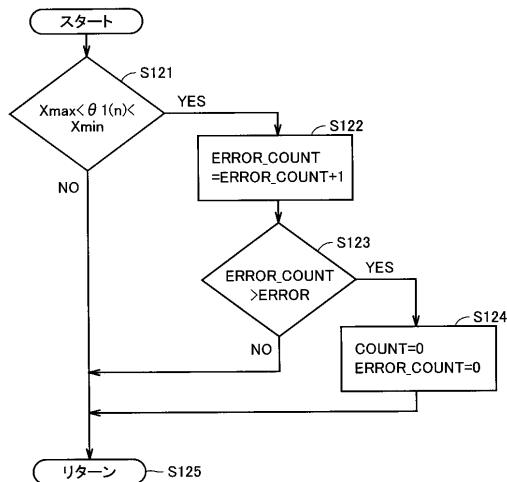
【図15】



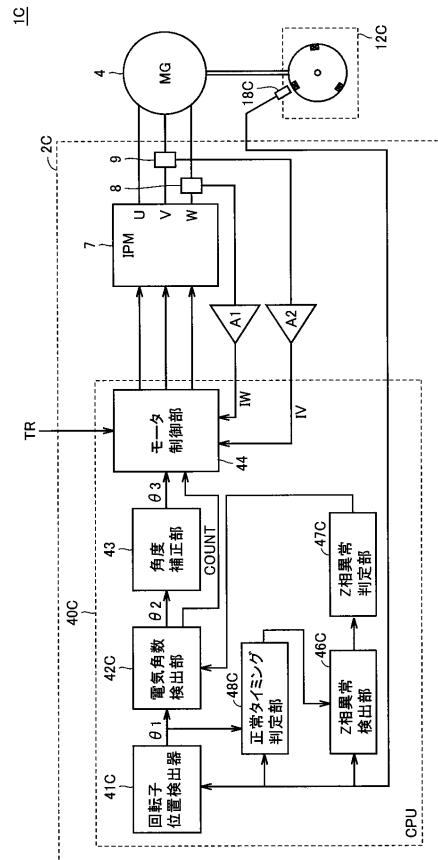
【図16】



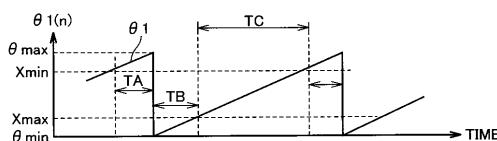
【図17】



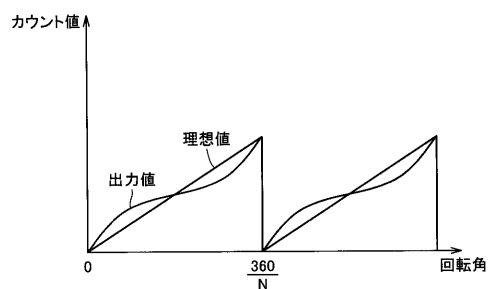
【図19】



【図18】



【図20】



フロントページの続き

審査官 高橋 祐介

(56)参考文献 特開2003-137110(JP,A)

特開2006-246601(JP,A)

特開平02-264306(JP,A)

特開2006-166677(JP,A)

特開2008-259347(JP,A)

特開2009-222576(JP,A)

特開2006-288152(JP,A)

特開平06-288791(JP,A)

特公平08-001388(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/16

H02P 6/10