

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-168242

(P2005-168242A)

(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)

| | | |
|----------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int. Cl. ⁷ | F I | テーマコード (参考) |
| H02P 6/16 | H02P 6/02 341N | 3D032 |
| B62D 5/04 | B62D 5/04 | 3D033 |
| B62D 6/00 | B62D 6/00 | 3D232 |
| // B62D 101:00 | B62D 101:00 | 5H560 |
| B62D 119:00 | B62D 119:00 | |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-406321 (P2003-406321)
 (22) 出願日 平成15年12月4日 (2003. 12. 4)

(71) 出願人 000004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
 (71) 出願人 302066629
 NSKステアリングシステムズ株式会社
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
 (74) 代理人 100078776
 弁理士 安形 雄三
 (74) 代理人 100114269
 弁理士 五十嵐 貞喜
 (74) 代理人 100093090
 弁理士 北野 進
 (74) 代理人 100119194
 弁理士 石井 明夫

最終頁に続く

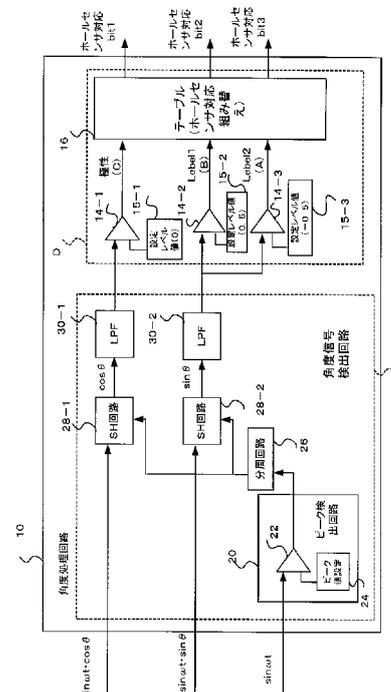
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置のモータの回転角度を検出するためのRDC回路が異常になった場合でも、異常時の回転角度の位置に拘わらず電動パワーステアリング装置のアシストを継続できるようにする。

【解決手段】 レゾルバから出力される信号を基に、モータの周囲に配置されたホールセンサ程度の回転角度信号を検出してモータを矩形波電流制御すればアシストを継続できる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要な前記モータの回転角度を検出するため、所定の周波数からなる搬送波信号 ($\sin t$) を供給し、前記搬送波信号を \sin により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin t \cdot \sin$) および \cos により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin t \cdot \cos$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記 \sin 信号および前記 \cos 信号からそれぞれ \sin 角度信号 (\sin) および \cos 角度信号 (\cos) を検出し、前記 \cos 角度信号から作成される信号と、前記 \sin 角度信号から作成される信号とから作成される回転角度信号を出力する角度処理手段を具備し、前記回転角度信号に基いて前記モータが制御されることを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

10

【請求項 2】

前記モータが 3 相ブラシレスモータであり、前記 \cos 角度信号から作成される信号が、前記 \cos 角度信号の値の正負を表示する 1 bit 信号であり、前記 \sin 角度信号から作成される信号が、前記 \sin 角度信号の値のレベルを判定する 2 つの閾値によって大小を判定されたそれぞれの結果を表示する 2 つの 1 bit 信号である請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項 3】

前記 \sin 信号および前記 \cos 信号から、前記搬送波信号に同期して、或いは、前記搬送波の周期の整数倍の周期に同期して、前記 \sin 角度信号および前記 \cos 角度信号をそれぞれ検出する請求項 1 又は請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

20

【請求項 4】

前記角度処理手段から構成される副角度処理手段と、前記回転角度を検出するための主角度処理手段とを具備し、前記主角度処理手段が故障した場合、前記主角度処理手段が検出した前記回転角度に代えて、前記副角度処理手段の出力する前記回転角度信号に基いて前記モータを制御する請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項 5】

前記回転角度に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は正弦波電流であり、前記回転角度信号に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は矩形波電流である請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特に、モータの角度検出器の故障に対する保護動作を考慮した電動パワーステアリング装置の制御装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

自動車のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助負荷付勢するようになっている。このような電動パワーステアリング装置の簡単な構成を図 7 を参照して説明する。操向ハンドル 101 の軸 102 は減速ギア 103、ユニバーサルジョイント 104 a 及び 104 b、ピニオンラック機構 105 を経て操向車輪のタイロッド 106 に結合されている。軸 102 には、操向ハンドル 101 の操舵トルクを検出するトルクセンサ 107 が設けられており、操向ハンドル 101 の操舵力を補助するモータ 108 が、減速ギア 103 を介して軸 102 に連結されている。

50

【0003】

このような構成の電動パワーステアリング装置のモータ108が運転手のハンドル操作に対応した所望のトルクを出力するようにモータ108の制御を正しく実行する必要がある。そして、モータ108を正しく制御するためには、各種のセンサを利用して電動パワーステアリング装置の状態を検出する必要がある。センサから得られる検出信号は電動パワーステアリング装置の制御にとって非常に重要なものであるから、センサの故障を速やかに検出して、それに対応した制御、保護を実行する必要がある。例えば、センサの一つであるモータの角度検出器の故障検出後の制御は車輛の安全操舵にとって非常に重要な課題であり、従来から種々制御方法が考えられてきた。一例として、特許文献1の制御方法を図8を参照して以下説明する。

10

【0004】

図8は従来の電動パワーステアリング装置の制御ブロック図である。車速センサ313で検出された車速 V およびトルクセンサ107で検出されたトルク値 T_r とを入力としてトルク指令値演算部319でトルク指令値 T_{ref} が算出される。次に、そのトルク指令値 T_{ref} と後述するRDC回路311の出力するモータ108の回転角度 θ とが電流指令値算出手段320に入力され、電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} が算出される。一方、モータ108に通電されるモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c が電流検出器312で検出され、それらの電流は3相/2相変換部327で $d-q$ 軸の電流である I_d 、 I_q に変換される。

【0005】

減算手段321において電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} とモータ電流 I_d 、 I_q との偏差 I_d 、 I_q が算出される。算出された偏差はPI制御部323に入力され、偏差 I が零になるように電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} が算出され、それらは2相/3相変換手段324によって電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} の3相の電圧指令値に変換されている。この3相の電圧指令値に基いてPWM制御部325がFETで構成されるインバータ回路326を駆動してモータ108にモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c を供給する。また、角度検出器の一例であるレゾルバ310と角度検出手段である位置検出回路311（主に、レゾルバデジタ変換回路（以下RDC回路と記す）が用いられる）を用いて、モータ108の回転角度 θ が検出され、2相/3相変換部324や3相/2相変換部327などで利用されている。

20

30

【0006】

このような電動パワーステアリング装置の制御において、レゾルバ310やRDC回路311の検出が異常になった場合、回転角度 θ を正しく検出できなくなり正しい制御が不可能となるため、基本的には電動パワーステアリング装置を停止してハンドル操作をマニュアル操作に状態が遷移される。

【0007】

しかし、電動パワーステアリング装置によるハンドル操作のアシストが無くなり、突然マニュアル操作に遷移することはハンドル操作に大きな違和感を与え好ましくない。そこで、特許文献1では、異常判定手段340を設けて、レゾルバ310やRDC回路311の異常を検出した時は、回転角度 θ の位置によってはハンドル操作の意志と逆トルクが発生しないので、短時間だけ電動パワーステアリング装置によるアシストを継続するなどの処置をとっている。しかし、別の回転角度 θ の位置によっては電動パワーステアリング装置を直ちに停止してハンドルをマニュアル操作に遷移する必要がある。

40

【特許文献1】特開2003-26020

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、上述したような回転角度 θ の異常を検出した場合の制御では、異常を検出した時の回転角度 θ の位置によっては電動パワーステアリング装置の制御を継続できなかったり、継続時間に大きく制限があるなどの不具合がある。また、近年の電動パワーステアリ

50

ング装置搭載車輛の大型化に伴い、マニュアル操作ではドライバへの負荷が大きく好ましくない。

【0009】

本発明は上述のような事情から成されたものであり、本発明の目的は、電動パワーステアリング装置のモータの回転角度を検出するための角度検出器が故障した場合でも、故障時の回転角度の位置に拘わらず電動パワーステアリング装置の制御を継続できる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要な前記モータの回転角度を検出するため、所定の周波数からなる搬送波信号 ($\sin t$) を供給し、前記搬送波信号を \sin により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin t \cdot \sin$) および \cos により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin t \cdot \cos$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものであり、本発明の上記目的は、前記 \sin 信号および前記 \cos 信号からそれぞれ \sin 角度信号 (\sin) および \cos 角度信号 (\cos) を検出し、前記 \cos 角度信号から作成される信号と、前記 \sin 角度信号から作成される信号とから作成される回転角度信号を出力する角度処理手段を具備し、前記回転角度信号に基いて前記モータが制御されることによって達成される。また、本発明の上記目的は、前記モータが3相ブラシレスモータであり、前記 \cos 角度信号から作成される信号が、前記 \cos 角度信号の値の正負を表示する1bit信号であり、前記 \sin 角度信号から作成される信号が、前記 \sin 角度信号の値のレベルを判定する2つの閾値によって大小を判定されたそれぞれの結果を表示する2つの1bit信号であることによって達成される。また、本発明の上記目的は、前記 \sin 信号および前記 \cos 信号から、前記搬送波信号に同期して、或いは、前記搬送波の周期の整数倍の周期に同期して、前記 \sin 角度信号および前記 \cos 角度信号をそれぞれ検出することによって達成される。また、本発明の上記目的は、前記角度処理手段から構成される副角度処理手段と、前記回転角度を検出するための主角度処理手段とを具備し、前記主角度処理手段が故障した場合、前記主角度処理手段が検出した前記回転角度に代えて、前記副角度処理手段の出力する前記回転角度信号に基いて前記モータを制御することによって達成される。また、本発明の上記目的は、前記回転角度に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は正弦波電流であり、前記回転角度信号に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は矩形波電流であることによって達成される。

【発明の効果】

【0011】

\sin 信号および \cos 信号からそれぞれ \sin 角度信号および \cos 角度信号を検出し、検出した \cos 角度信号から作成される信号と、 \sin 角度信号から作成される信号とから作成される回転角度信号を検出できる角度処理手段を具備すれば、当該回転角度信号はモータの周囲に配置したホールセンサが出力する回転角度信号と等価なので、モータを矩形波電流制御することが可能となる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供できる効果がある。例えば、モータが3相モータの場合、 \cos 角度信号の正負を表示する1bit信号と、 \sin 角度信号の値のレベルを表示する2bit信号とから作成される3bitの回転角度信号を検出できる角度処理手段を具備すれば、当該3bitの回転角度信号は3相モータの周囲に120度毎に配置したホールセンサが出力する回転角度信号と等価なので、モータを矩形波電流制御することが可能となる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供できる効果がある。

【0012】

また、主角度処理手段と副角度処理手段の二重系で回転角度信号を検出している場合、主角度処理手段が故障になったとき、前記角度処理手段から構成される副角度処理手段によってモータを矩形波電流制御することによってマニュアル操作に遷移することなく電動

パワーステアリング装置によるアシストを維持することが可能となる。本発明のような簡易な副角度処理手段を設けることで、角度処理手段に故障が生じてアシストが停止することのない故障に強い電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

モータの回転角度を検出するRDC回路が故障した場合、角度検出器から出力される信号に基いてRDC回路で検出される回転角度は信頼性の欠いたものになっている。そこで、RDC回路が故障した場合でも、レゾルバから出力されるsin信号およびcos信号を用いて、例えば、3相モータのロータの回りに120度毎に配されたホールセンサ或いはホールICの出力する回転角度の情報と精度的に同程度の回転角度情報を検出することが可能である。その原理を以下に説明する。

10

【0014】

角度検出器であるレゾルバから出力されたsin信号($\sin t \cdot \sin$)およびcos信号($\sin t \cdot \cos$)から、搬送波信号 $\sin t$ のピーク値に同期して、又は零クロス点から $\pi/2$ 位相をずらして、sin信号およびcos信号をホールドして、sin角度信号(\sin)とcos角度信号(\cos)がそれぞれ検出される。

【0015】

図1は検出されたsin角度信号とcos角度信号を表示したものである。ここで、sin角度信号およびcos角度信号に対して、次のような処理をすると、3相モータのロータ回りに120°間隔で配置された3個のホールセンサの出力する回転角度の信号と同等の情報を得ることができる。

20

【0016】

まず、cos角度信号から作成される信号を求めるために、cos角度信号の値の極性を判定する。つまり $\text{sign}(\cos)$ が正であるか、負であるかを判定する。

cosが正の場合、 $C = \text{sign}(\cos) = 1$ とする。

cosが負の場合、 $C = \text{sign}(\cos) = 0$ とする。

【0017】

次に、sin角度信号から作成される信号を求めるために、sin角度信号の値のレベルと2つの閾値(0.5と-0.5)とを用いて大小の判定をし、その判定結果をそれぞれLevel1とLevel2とする。具体的には、

30

$\sin > 0.5$ の場合、 $B = \text{Level1}(\sin > 0.5) = 1$

$\sin < 0.5$ の場合、 $B = \text{Level1}(\sin > 0.5) = 0$

および

$\sin < -0.5$ の場合、 $A = \text{Level2}(\sin < -0.5) = 1$

$\sin > -0.5$ の場合、 $A = \text{Level2}(\sin < -0.5) = 0$

モータのロータの位置を360度の6分割で分割させた回転角度エリアを図2に示す。この角度エリアに対応したcosの極性(C)およびsinのレベル判定Level1(B)およびLevel2(A)および $S1 = 4A + 2B + C$ と定義して、回転角度エリアとS1, A, B, Cとの関係を表にして表示すると表1のようになる。ここで、3bit信号(A, B, C)がcos角度信号から作成される信号と、sin角度信号とから作成される3bitの回転角度信号となるが、信号S1も形を変えた3bitの回転角度信号である。

40

【0018】

【表 1】

レゾルバ信号の極性およびレベル判定による信号

| 回転角度エリア | $S1=4A+2B+C$ | $A=Level\ 2$ | $B=Level\ 1$ | $C=sign(\cos\theta)$ |
|-----------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 330°～30° | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 30°～90° | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 90°～150° | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 150°～210° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 210°～270° | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 270°～330° | 5 | 1 | 0 | 1 |
| 無し(エラー) | 6 | 1 | 1 | 0 |
| 無し(エラー) | 7 | 1 | 1 | 1 |

10

回転角度エリア(330°～30°)では、レゾルバからの出力信号に基き作成される組み合わせ3bitの回転角度信号(Level 2, Level 1, sign(cos))は(0, 0, 1)となる。回転角度エリア(30°～90°)では(0, 1, 0)の3bit回転角度信号が形成される。S1=6, 7はレゾルバ又はRDC回路のどちらかの故障を示す。

【0019】

同じように、図2に示すようにロータの回りに120度毎に配された3個のホールセンサHS1, HS2, HS3の出力信号を、 $A=HS3$ の出力信号、 $B=HS2$ の出力信号、 $C=HS1$ の出力信号、そして $S2=4A+2B+C$ と定義して、表1の回転角度エリアに対応して、S2, A, B, Cの値を表示すると表2のようになる。

20

【0020】

【表 2】

ホールセンサ信号

| 回転角度エリア | $S2=4A+2B+C$ | $A=HS\ 3$ | $B=HS\ 2$ | $C=HS\ 1$ |
|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 330°～30° | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 30°～90° | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 90°～150° | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 150°～210° | 6 | 1 | 1 | 0 |
| 210°～270° | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 270°～330° | 5 | 1 | 0 | 1 |
| 無し(エラー) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 無し(エラー) | 7 | 1 | 1 | 1 |

30

ここで、回転角度エリアと(A, B, C)で構成される3bitの回転角度信号(以下、3bit信号と記す)との関係を見ると、まず、表1において、各回転角度エリア同士で、3bit信号が互いに同じ値になることはなく、ロータの回転角度エリアと3bit信号を一対一に対応させることができる。次に、表2においても、各回転角度エリア同士で、3bit信号が互いに同じ値になることはなく、ロータの回転角度エリアと3bit信号を一対一に対応させることができる。

【0021】

40

次に、表1と表2とを比較すると、回転角度エリア(150°～210°)を除いて、全ての回転角度エリアにおいて、表1の3bit信号と表2の3bit信号とが同じである。例えば、ロータが回転角度エリア(330°～30°)では、表1の3bit信号(0, 0, 1)と表2の3bit信号(0, 0, 1)とは同じであり、回転角度エリア(30°～90°)でも、表1の3bit信号(0, 1, 1)と表2の3bit信号(0, 1, 1)とでは同じである。唯一、回転角度エリア(150°～210°)で表1の3bit信号(0, 0, 0)と表2の3bit信号(1, 1, 1)が異なる。S1とS2との関係で表現すれば、回転角度エリア(150°～210°)では、 $S1=0$ で $S2=6$ となり、S1とS2とは異なった値をとる。

【0022】

50

そこで、表1と表2との異なる部分は、変換し直せばロータの全ての回転角度エリアで当該角度処理回路の出力の3bit信号とホールセンサの3bitの出力信号が等しくなる。例えば、回転角度エリア(150°~210°)において、表1の(0, 0, 0)を表2の(1, 1, 0)に変換し直おせば、レゾルバの出力信号を入力とする角度処理回路で検出した3bitの回転角度信号は全てホールセンサで得られる3bitの回転角度信号に変換し直すことができる。具体的実施する場合は、3bit信号同士の変換より、S1信号とS2信号との変換の方が容易である。この場合、3bitの回転角度信号はホールセンサと同等の信号であるので、ホールセンサ異常検出方法(特願2003-352275で開示)などをそのまま適用して、角度処理回路の異常を検出することができる。

【0023】

10

一方、モータのロータの回りに120度毎に配された3個のホールセンサの信号から形成される3bitの回転角度信号でモータを矩形波電流制御できることは従来から良く知られている。つまり、角度処理回路で検出された3bitの回転角度信号をホールセンサの3bitの回転角度信号に変換すれば、同じようにモータを矩形波電流制御できることは明らかである。

【0024】

また、以上の説明は3相モータを一例とした説明であったが、3相以外のn相モータ(5相、7相・・・)であっても、適切にsin角度信号やcos角度信号のレベル判定をn箇所(nbit)で行なえば、n相モータの周囲に配されたホールセンサから得られる回転角度信号と同等の回転角度信号を得られることは言うまでもない。

20

【実施例1】

【0025】

以上説明した本発明の理論に基づいて、本発明の好適な実施例を図3および図4を参照して説明する。図3は本発明の角度処理手段を含む電動パワーステアリング装置の制御装置全体を示す制御ブロック図であり、図4は角度処理手段をハードウェアで実現し角度処理回路10の内部の詳細を示す制御ブロック図である。なお、従来技術で説明した番号と同一の番号を有する手段は同じ機能を有する。

【0026】

図3の実施例は、通常の制御で使用されるベクトル制御部(破線Aで囲まれた部分)と、レゾルバやRDC回路が異常になった場合の異常事態に使用する矩形波制御(破線Bで囲まれた部分)から構成されている。ベクトル制御部Aと矩形波制御部Bとの切替えは、RDC回路には一般的に自己の異常を監視している異常検出端子であるE端子を備えているので、RDC回路の故障検出機能を利用して切り替えて実行している。また、角度処理回路10に自己の異常を監視している異常検出端子のE端子を備えている場合は、角度処理回路10のE端子信号で切替えを実行しても良い。

30

【0027】

まず、通常の制御で使用される従来技術で説明したベクトル制御部の方から説明する。トルクセンサ107で検出されたトルク値 T_r と車速センサ313で検出された車速値 V とがトルク指令値演算部319に入力され、トルク指令値 T_{ref} が出力される。そしてスイッチ11はRDC回路311の故障検出機能の出力端子Eの信号に基づき、通常はベクトル制御部Aを選択している。

40

【0028】

そして、トルク指令値 T_{ref} は電流指令値算出部320に入力され、電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} が算出される。算出された電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} と電流検出回路312で検出され、3相/2相変換部327で変換された電流 I_d 、 I_q とが減算部321で偏差 I_d 、 I_q ($I_d = I_{dref} - I_d$ 、 $I_q = I_{qref} - I_q$)が算出される。次に、算出された偏差 I がPI制御部323に入力され電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} が算出される。電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} は2相/3相変換手段324に入力され、3相に変換された電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} に変換される。

50

【0029】

スイッチ12は、RDC回路311の故障検出機能の出力端子Eの信号に基き、通常は電圧指令値として、2相/3相変換部324から出力された電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} を選択している。その電圧指令値に基きPWM制御部325はPWM信号を発生させ、インバータ回路326はそのPWM信号に基き、モータ108にモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c を供給する。

【0030】

通常、ベクトル制御を用いてモータ108は正弦波電流による制御が実行されている。これは、モータ108の回転角度を精度良く検出できることで可能となる。具体的には、モータ108の回転角度の情報は、レゾルバ310から出力された搬送波 $\sin t$ 、 \cos 信号および \cos 信号が主角度処理回路としてのRDC回路311に入力され、回転角度が出力される。そして、回転角度は、上述した制御動作の過程で2相/3相変換や3相/2相変換などに利用されている。RDC回路311が正常に動作している場合は、RDC回路から出力される回転角度は精度の良い信頼できる情報なので、その回転角度に基いて制御が実行されれば良い。

10

【0031】

しかし、RDC回路311が故障した場合、電動パワーステアリング装置を用いて継続してアシストを維持したいなら、RDC回路311から角度処理回路10へ切り替えて角度処理回路10が出力するホールセンサ相当の3bitの回転角度信号に基いてモータ108を矩形波電流制御で駆動すればアシストの継続が可能である。

20

【0032】

以下、レゾルバ310やRDC回路311が異常になった場合の矩形波電流制御によるモータ制御について説明する。角度処理回路10については、後で詳細に説明するので、まず、矩形波電流制御について説明する。

【0033】

RDC回路311はレゾルバ310やRDC回路311を自己監視しており、異常になるとE端子かた故障信号を出力し、よって、スイッチ11とスイッチ12は切り替えられ、スイッチ11はトルク指令値演算部319と電流指令値演算部320-1を連結し、スイッチ12はPI制御部323-1とPWM制御部325を連結する。

【0034】

よって、トルク指令値演算部319から出力されたトルク指令値 T_{ref} と、副角度処理回路としての角度処理回路10の出力である3bit回転角度信号が電流指令値演算部320-1に入力され、矩形波電流制御のための電流指令値 I_{aref} 、 I_{bref} 、 I_{cref} が出力される。次に、電流検出器312で検出されたモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c と、電流指令値 I_{aref} 、 I_{bref} 、 I_{cref} との偏差が減算部321-1で算出され、その偏差はPI制御部323-1に入力される。PI制御部323-1は電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} を出力する。

30

【0035】

スイッチ12を介して、この電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} がPWM制御部325に入力される。PWM制御部325は電圧指令値に基き矩形波電流制御用のPWM信号を発生し、インバータ回路326はモータ108に矩形波電流 I_a 、 I_b 、 I_c を供給する。このようにして、モータの回転角度が正しく検出できない時は、角度処理回路10の出力する3bitの回転角度信号に基き、矩形波電流制御を可能とし、電動パワーステアリング装置のアシスト継続が可能となる。

40

【0036】

次に、図4を参照して本発明の要部である角度処理回路10の詳細な構成および動作を説明する。角度処理回路10は \cos 信号、 \sin 信号、搬送波信号を入力として3bitの回転角度信号を出力する。まず、搬送波信号 $\sin t$ がピーク検出回路20に入力され、ピーク値設定器24が示す搬送波のピーク値と搬送波とがレベル検出回路22で比較することにより搬送波のピーク時期を検出できる。或いは、搬送波の零クロス点を検出

50

し、位相を $\pi/2$ ずらすことによって、ピーク時期を検出して良い。

【0037】

次に、ピーク検出回路20から出力する搬送波のピーク時期を示す信号が分周回路26に入力される。分周回路26は搬送波の周波数の整数倍の周波数を取り出すためのものである。なお、分周回路26は存在しなくても本発明を実現可能であり、分周回路32が存在しない場合は、後述する \sin 信号や \cos 信号のサンプルホールドのタイミングが搬送波の周期に同期して頻りにホールドすることになる。一方、分周回路32が存在する場合は、 \sin 信号や \cos 信号のサンプルホールドのタイミングが搬送波の周期の整数分の一の頻度でサンプルホールドすることになる。求める \sin 信号や \cos 信号の精度の粗さとサンプルホールドする頻度の負担との兼ね合いによって分周回路の有無、或いは分周の周期が決定される。 10

【0038】

次に、分周回路26の出力信号のタイミングに同期して、或いは分周回路32が存在しない場合は、ピーク検出回路20の出力信号のタイミングに同期して、サンプルホールド回路(以下SH回路)28-1において、入力された \cos 信号 ($\sin t \cdot \cos$) に対してサンプルホールドすることにより \cos 角度信号 (\cos) がサンプルホールドされ、SH回路28-2において、入力された \sin 信号 ($\sin t \cdot \sin$) に対してサンプルホールドすることにより \sin 角度信号 (\sin) がサンプルホールドされる。さらに、ノイズを除去するために、 \cos 角度信号と \sin 角度信号はローパスフィルタ回路(以下LPF回路と記す)30-1とLPF回路30-2をそれぞれ通過 20

【0039】

本発明の要部となる部分について以下説明する。まず、LPF回路30-1から出力される \cos 角度信号が表1の極性を検出するためのレベル検出回路14-1に入力される。同じく、LPF回路30-2から出力される \sin 角度信号は表1のLevel1を検出するためのレベル検出回路14-2、および表1のLevel2を検出するためのレベル検出回路14-3に入力される。そして、レベル検出回路14-1において、設定器15-1が示す設定値(0)と \cos 角度信号とが比較されることにより \cos 角度信号の極性である $\text{sign}(\cos)$ が判定され、例えば、正の場合は「1」が、負の場合は「0」が出力される。 30

【0040】

また、レベル検出回路14-2に入力された \sin 角度信号は設定器15-2が示す設定値(0.5)と比較され、 \sin 角度信号が0.5より大きい場合は「1」が出力され、 \sin 角度信号が0.5より小さい場合は「0」が出力され、Level1の値が決定される。同じように、レベル検出回路14-3に入力された \sin 角度信号は設定器15-3が示す設定値(-0.5)と比較され、 \sin 角度信号が-0.5より小さい場合(絶対値で比較すると \sin 角度信号の絶対値が0.5より大きい場合)は「1」が出力され、 \sin 角度信号が-0.5より大きい場合(絶対値で比較すると \sin 角度信号の絶対値が0.5より小さい場合)は「0」が出力され、Level2の値が決定される。各 40

レベル検出回路の出力、即ちレベル検出回路14-1、レベル検出回路14-2、レベル検出回路14-3の出力信号によって形成される3bit信号が回転角度信号の基礎となる。なお、設定器15-2や設定器15-3が示す「0.5」や「-0.5」は \sin 角度信号のピーク値を1とした場合の50%のレベルを示す値である。

【0041】

各レベル検出回路の出力から構成される3bit信号はモータに120度毎に配されたホールセンサの信号と同じ出力形態にするための変換回路16に入力され、変換回路16から求める3bitの回転角度信号が出力される。変換回路16はテーブルで構成し、3bitの入力信号に対してホールセンサの出力に対応する3bit信号を出力するよう構成すれば良い。以上説明した各回路の処理を経て、変換回路16から出力される3bit 50

信号が最終的に角度処理回路10の出力である回転角度信号となる。

【0042】

なお、上記の実施例では、 \cos 角度信号を用いた極性と \sin 角度信号のレベル値の判定結果を $Level1$ および $Level2$ の値とした3bitの回転角度信号を用いてモータを矩形波電流制御したが、 \sin 角度信号を用いた極性と、 \cos 角度信号のレベル値の判定結果を $Level1$ および $Level2$ の値とした3bitの回転角度信号を用いてもモータを矩形波電流制御できることは言うまでもない。

【0043】

また、上述した実施例では、角度処理手段をハードウェアで実現した場合について説明したが、角度処理手段の一部を図5のフローチャートに示すステップを用いてソフトウェアで実現することも可能である。

【0044】

まず、ハードウェアで処理する部分とソフトウェアで処理する部分に分ける。ハードウェアで処理する部分は、図3の角度処理回路10の \sin 角度信号(\sin)と \cos 角度信号(\cos)を検出し、それらの信号がLPF回路30-1とLPF回路30-2とを通過するところまで(破線Aで囲まれた角度信号検出回路)はハードウェアで処理をする。その後の処理からホールセンサ検出信号相当の3bit信号を作成するところ(破線Bで囲まれた部分)をCPU回路において、以下のようにソフトウェア処理される。

【0045】

即ち、 \cos 角度信号(\cos)および \sin 角度信号(\sin)を読み込む(S201)。次に、 \cos 角度信号の極性を判定する。その極性($sign(\cos)$)が正なら「1」、負なら「0」とする(S202)。一方、 \sin 角度信号(\sin)が0.5より大きい小さいかを判定する。即ち、 $\sin > 0.5$ なら $Level1 =$ 「1」であり、 $\sin < 0.5$ なら $Level1 =$ 「0」である(S203)。同じように、 \sin 角度信号が-0.5より大きい小さいかを判定する。即ち、 $\sin < -0.5$ なら $Level2 =$ 「1」であり、 $\sin > -0.5$ なら $Level2 =$ 「0」である(S204)。次に、求めた \cos 角度信号の極性である $sign(\cos)$ および $Level1$ 、 $Level2$ より構成される3bit信号を作成する(S205)。最後に、当該3bit信号をホールセンサ信号に相当する信号に変換し、3bitの回転角度信号を算出する(S206)。このようにすれば、ソフトウェアとしても本実施例を実現できる。

【実施例2】

【0046】

図6は本発明を適用した他の実施例である。実施例2は実施例1のベクトル制御部Aを疑似ベクトル制御部Fに置き換えたものである。疑似ベクトル制御部F(以下PVC制御部と記す)は、電流指令値を3相 I_{aref} 、 $I_{bre f}$ 、 $I_{cre f}$ として算出するが、トルク指令値 T_{ref} から電流指令値を算出する途中でベクトル制御を利用している。よって、モータの回転角度を正しく検出する必要があるため、レゾルバ310とRDC回路311が正しく動作している必要がある。

【0047】

まず、レゾルバ310とRDC回路311が正しく動作している場合は、スイッチ11とスイッチ12は、電流指令値演算部320-2の入力と2相/3相変換部324の出力とを選択する。電流指令値演算部320-2と2相/3相変換部324はPVC制御用の電流指令値 I_{avref} 、 I_{bvref} 、 I_{cvref} を算出する。この電流指令値に基づいてモータは制御される。

一方、レゾルバ310又はRDC回路311が故障した場合は、実施例1で説明したRDC回路311が故障を検出した場合は、矩形波電流制御を実行することは同じである。

【0048】

以上説明したのは、主角度処理回路と副角度処理回路とそれに対応した制御部が存在した場合について説明したが、RDC回路が存在しない場合は、本発明の角度処理手段の出

10

20

30

40

50

力する 3 b i t の回転角度信号に基いて、上述した R D C 回路の故障時だけでなく常時モータを矩形波電流制御することも可能である。

【 0 0 4 9 】

また、R D C 回路を主角度処理手段とし、本発明の角度処理手段を副角度処理手段とした場合、R D C 回路が正常動作している場合は、R D C 回路の出力する回転角度 に基いてモータを正弦波電流で制御し、R D C 回路が故障した場合は、副角度処理手段の出力する 3 b i t の回転角度信号に基いてモータを正弦波電流制御から矩形波電流に切り替えて制御できる。

【 0 0 5 0 】

よって、主角度処理手段である R D C 回路が故障して副角度処理手段を用いてモータを制御する場合、R D C 回路が故障したときのモータの回転角度（回転位置）によって制限を受けることなくモータを矩形波電流で制御できる優れた効果がある。よって、従来技術の課題であった R D C 回路が故障したときのモータの回転角度（回転位置）によって制限を受けることなく、電動パワーステアリング装置を継続して制御でき、ハンドル操作が突然マニュアル操作になってハンドル操作に違和感を感じることがない優れた効果を期待できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 1 】

【 図 1 】 本発明の回転角度信号を検出するための原理を説明する図である。

【 図 2 】 ホールセンサ信号と回転角度の関係を示す図である。

【 図 3 】 本発明の実施例 1 の制御ブロック図である。

【 図 4 】 本発明の角度処理手段の詳細ブロック図である。

【 図 5 】 本発明の角度処理手段の一部をソフトウェアで処理した場合のフローチャート図である。

【 図 6 】 本発明の実施例 2 の制御ブロック図である

【 図 7 】 電動パワーステアリング装置の構成図である。

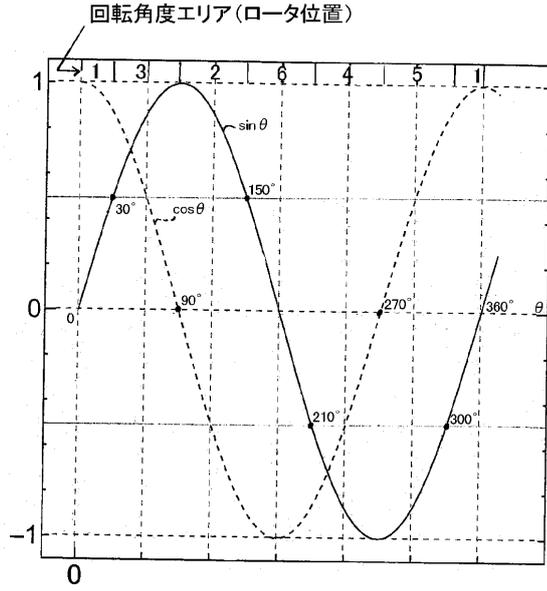
【 図 8 】 従来のモータの回転角度検出異常に対応する制御ブロック図である。

【 符号の説明 】

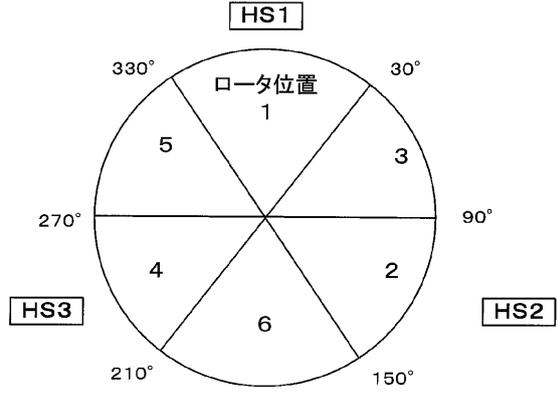
【 0 0 5 2 】

| | | |
|-----------------------------|-------------------|----|
| 1 0 | 角度処理回路（副角度処理手段） | 30 |
| 1 1 | 切替えスイッチ | |
| 1 4 - 1 , 1 4 - 2 , 1 4 - 3 | レベル検出回路 | |
| 1 5 - 1 , 1 5 - 2 , 1 5 - 3 | 設定器 | |
| 1 6 | テーブル | |
| 2 0 | ピーク検出回路 | |
| 2 1 | ピーク値設定器 | |
| 2 2 | レベル検出回路 | |
| 2 6 | 分周回路 | |
| 2 8 - 1 , 2 8 - 2 | サンプルホールド回路 | |
| 3 0 - 1 , 3 0 - 2 | ローパスフィルタ回路 | 40 |
| 3 1 0 | レゾルバ（角度検出器） | |
| 3 1 1 | R D C 回路（主角度処理手段） | |

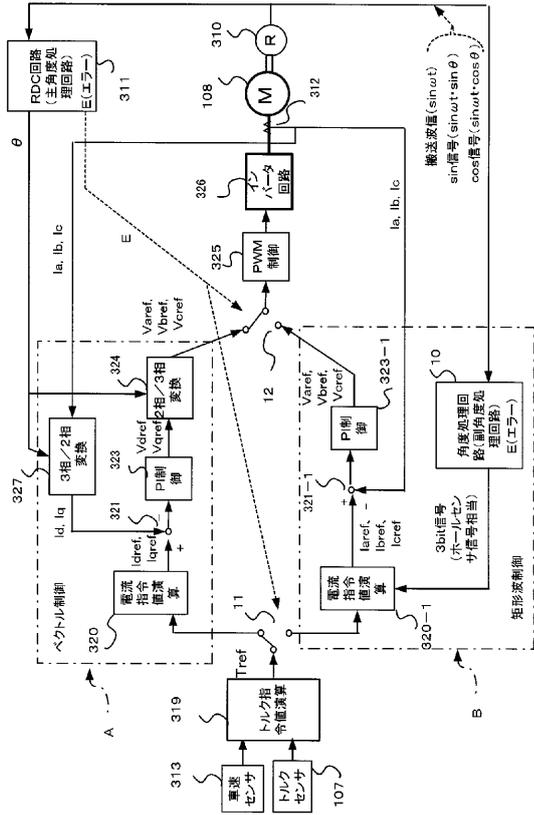
【 図 1 】



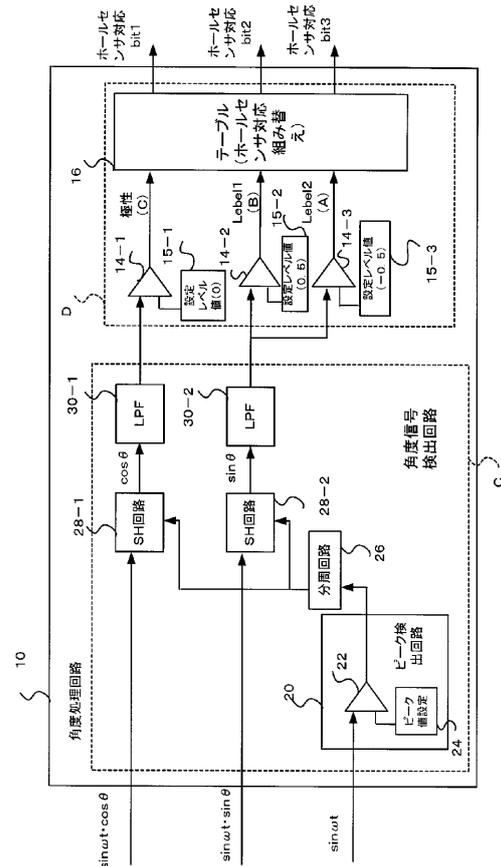
【 図 2 】



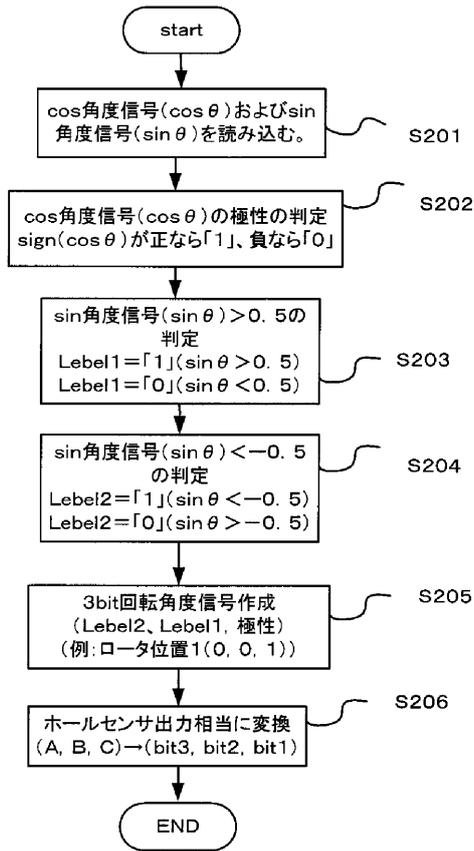
【 図 3 】



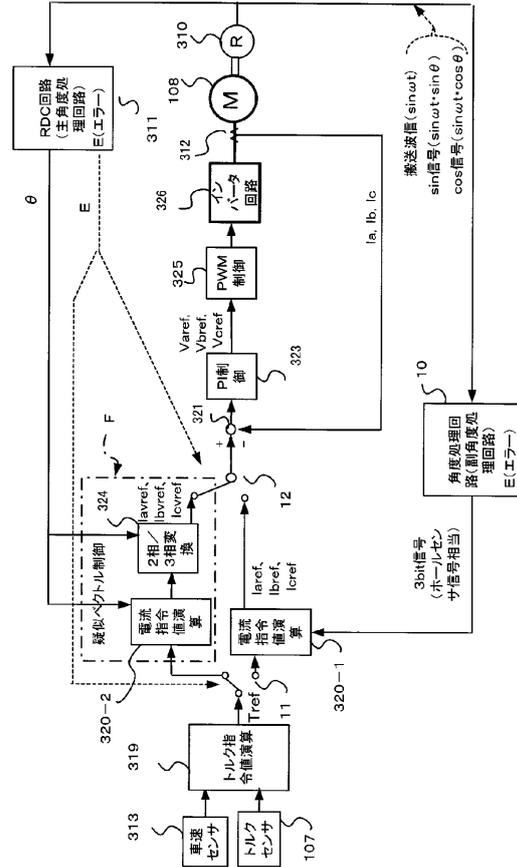
【 図 4 】



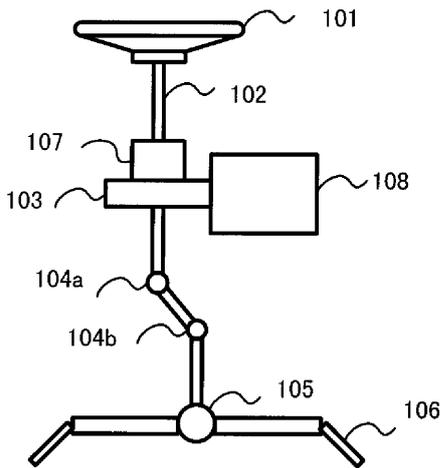
【 図 5 】



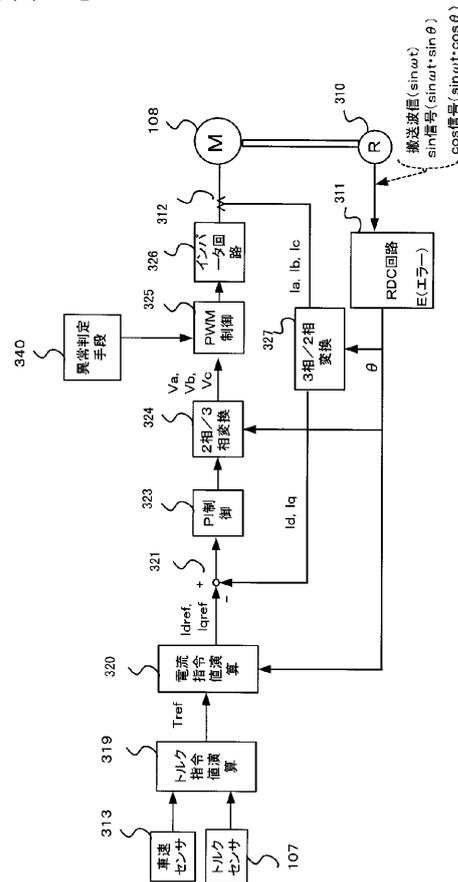
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 大塚 哲朗

群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内

(72)発明者 青木 友保

群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 3D032 CC33 CC37 DA15 DA23 DA63 DA64 DC01 DC02 DC12 DC32
DD10 EC23 GG01
3D033 CA03 CA13 CA16 CA20 CA28 CA31
3D232 CC33 CC37 DA15 DA23 DA63 DA64 DC01 DC02 DC12 DC32
DD10
5H560 AA08 BB04 DA10 DC12 DC20 EB01 EC01 EC02 EC07 JJ01
RR10 TT15 XA02 XA12 XA13