

(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2010-167881  
(P2010-167881A)

(43) 公開日 平成22年8月5日(2010.8.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>B62D</b>	<b>6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	6/00		3D232		
<b>B62D</b>	<b>5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	5/04		3D233		
<b>H02P</b>	<b>21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H02P	5/408	C	5H505		
<b>H02P</b>	<b>27/04</b>	<b>(2006.01)</b>	H02P	6/02	371D	5H560		
<b>H02P</b>	<b>6/12</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	101:00				

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-11687 (P2009-11687)  
(22) 出願日 平成21年1月22日 (2009.1.22)

(71) 出願人 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 110000213  
特許業務法人プロスペック特許事務所  
(72) 発明者 梁井 康平  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
Fターム(参考) 3D232 CC34 DA03 DA15 DA16 DA23  
DA63 DA64 DC01 DC02 DC08  
DC33 DC34 DD01 DD02 DD10  
DD17 DE20 EB05 EB11 EC23  
EC24 EC31 GG01  
3D233 CA03 CA13 CA16 CA20 CA21  
CA38

最終頁に続く

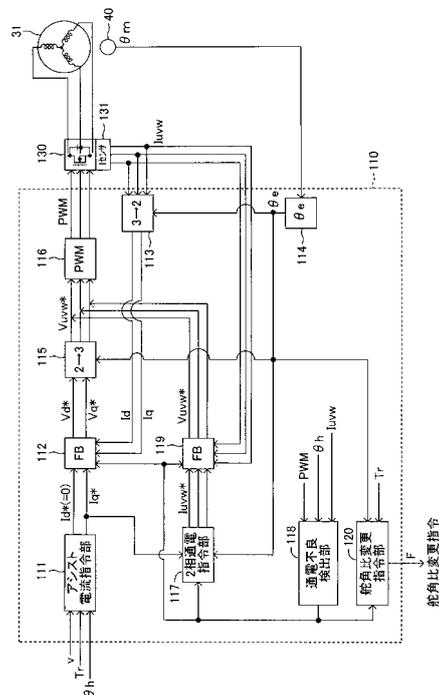
(54) 【発明の名称】 車両のステアリング装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電動モータの1相が通電不良となり2相通電駆動する場合に、電動モータを良好に回転させる。

【解決手段】 2相通電指令部117は、電動モータ31への通電不良が1相だけ発生しているときに、通電不良が発生していない2相を使って電気角  $e$  の変化に対して変動しない操舵アシストトルクを発生するための理論上の2相通電用電流演算式と、電動モータ31の上限電流を規定する最大電流と、2相通電用電流演算式における電気角  $e$  を進める進角量とに基づいて、2相通電用の指令電流を演算する。舵角比変更指令部120は、電動モータ31の回転開始が困難な電気角位置にあるとき、舵角比可変装置に舵角比変更指令を出力する。これにより、電動モータ31の電気角が変化して回転可能となる。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

3相のモータを駆動制御して操舵アシストトルクをステアリング機構に付与する電動パワーステアリング装置と、

操舵ハンドルの操舵角に対する操舵輪の転舵角の比である舵角比を可変する舵角比可変装置と

を備えた車両のステアリング装置において、

前記電動パワーステアリング装置は、

前記モータの電気角を検出する電気角検出手段と、

前記モータの各相への通電不良の発生を検出する通電不良検手段と、

前記モータへの通電不良が1相だけ発生しているときに、通電不良が発生していない2相を使って前記モータの電気角の変化に対して変動しない操舵アシストトルクを出力するための理論上の2相通電用電流演算式と、前記モータの上限電流を規定する最大電流と、前記2相通電用電流演算式における前記モータの電気角を進める進角量とに基づいて、2相通電用の指令電流を演算し、演算した2相通電用の指令電流にて通電不良の発生していない2相に通電して前記モータを駆動制御する2相通電制御手段と、

前記2相通電制御手段により前記モータが駆動制御されているときに、操舵軸に入力される操舵トルクを検出し、操舵トルクが予め設定した判定基準操舵トルク以上であるか否かを判定する操舵トルク判定手段と、

前記2相通電制御手段により前記モータが駆動制御されているときに、前記モータあるいは操舵軸の回転速度を検出し、回転速度が予め設定した判定基準速度未満であるか否かを判定する回転速度判定手段と、

前記操舵トルク判定手段により前記操舵トルクが前記判定基準操舵トルク以上であると判定され、かつ、前記回転速度判定手段により前記回転速度が前記判定基準速度未満であると判定されたとき、前記舵角比可変装置に対して舵角比の変更指令を出力する舵角比変更指令手段と

を備えたことを特徴とする車両のステアリング装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、電動パワーステアリング装置と舵角比可変装置とを備えた車両のステアリング装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、電動モータを駆動制御して操舵アシストトルクをステアリング機構に付与する電動パワーステアリング装置と、操舵ハンドルの操舵角に対する操舵輪の転舵角の比である舵角比を可変する舵角比可変装置とを備えたステアリング装置が知られている。こうしたステアリング装置は、例えば、特許文献1に提案されている。舵角比可変装置は、操舵ハンドルを上端に固定した入力操舵軸と、ラックバーに噛合するピニオンギヤを下端に固定した出力操舵軸との間に設けられ、入力操舵軸の回転角度に対する出力操舵軸の回転角度を連続的に変更できるようにしたものである。

**【0003】**

電動パワーステアリング装置は、操舵アシストトルクを出力するための電動モータをステアリングコラムあるいはラックバーに備え、操舵ハンドルに入力された操舵トルクに基づいて目標アシストトルクを設定し、設定された目標アシストトルクが得られるように、電動モータの通電量を制御するものである。電動モータとして3相モータを使用した電動パワーステアリング装置も一般化されている。3相モータを使用した場合、電力供給系統の断線、モータ駆動回路のスイッチング素子の故障等により、3相のうちの1相に通電不良が発生したケースであっても、正常な2相を使ってモータを駆動することができる。こうした3相モータの2相通電駆動技術は、例えば、特許文献2に提案されている。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-21562号公報

【特許文献2】特開2008-211911号公報

【発明の概要】

【0005】

しかしながら、特許文献2に提案された電動パワーステアリング装置では、2相通電駆動時において、通電不良が発生していない2相に正弦波電流を流すため、モータ電気角の変化に伴ってトルクが大きく変動してしまう。これに対して、モータ電気角の変化に対して一定のトルクを発生するための2相通電用電流演算式を用いて通電制御すれば理論的にはトルク変動が生じない。この2相通電用電流演算式は、例えば、次のように表すことができる。

10

【数1】

$$I_v = T / (\sqrt{3} \times e_0 \times \cos \theta_e)$$

この例は、W相が通電不良となったときのV相の電流演算式であり、Tは目標アシストトルク、 $e_0$ はトルク定数、 $e$ はモータ電気角を表す。また、U相は、V相を反転したものの( $I_u = -I_v$ )となる。

20

【0006】

この2相通電用電流演算式によれば、電流値が特定の電気角において無限大になるため、各相の電流を予め設定した最大電流値以下に制限する必要がある。従って、電流波形は、図4(a)に示すようになる。このように最大電流の制限が加わると、図4(b)に示すように、特定の電気角領域においてモータトルク不足が発生する。この結果、モータを良好に回転させることができない。

【0007】

本発明の目的は、上記問題に対処するためになされたもので、電動パワーステアリング装置の3相モータの1相が通電不良となり2相通電駆動する場合であっても、モータを良好に回転させることにある。

30

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の特徴は、3相のモータを駆動制御して操舵アシストトルクをステアリング機構に付与する電動パワーステアリング装置と、操舵ハンドルの操舵角に対する操舵輪の転舵角の比である舵角比を可変する舵角比可変装置とを備えた車両のステアリング装置において、

前記電動パワーステアリング装置は、前記モータの電気角を検出する電気角検出手段と、前記モータの各相への通電不良の発生を検出する通電不良検手段と、前記モータへの通電不良が1相だけ発生しているときに、通電不良が発生していない2相を使って前記モータの電気角の変化に対して変動しない操舵アシストトルクを出力するための理論上の2相通電用電流演算式と、前記モータの上限電流を規定する最大電流と、前記2相通電用電流演算式における前記モータの電気角を進める進角量とに基づいて、2相通電用の指令電流を演算し、演算した2相通電用の指令電流にて通電不良が発生していない2相に通電して前記モータを駆動制御する2相通電制御手段と、前記2相通電制御手段により前記モータが駆動制御されているときに、操舵軸に入力される操舵トルクを検出し、操舵トルクが予め設定した判定基準操舵トルク以上であるか否かを判定する操舵トルク判定手段と、前記2相通電制御手段により前記モータが駆動制御されているときに、前記モータあるいは操舵軸の回転速度を検出し、回転速度が予め設定した判定基準速度未満であるか否かを判定する回転速度判定手段と、前記操舵トルク判定手段により前記操舵トルクが前記判定基準操舵トルク以上であると判定され、かつ、前記回転速度判定手段により前記回転速度が前記判定基準速度未満であると判定されたとき、前記舵角比可変装置に対して舵角比の変更

40

50

指令を出力する舵角比変更指令手段とを備えたことにある。

【0009】

本発明のステアリング装置は、電動パワーステアリング装置と舵角比可変装置とを備えている。電動パワーステアリング装置は、3相モータの通電を制御することにより操舵アシストトルクをステアリング機構に付与する。例えば、操舵ハンドルに入力された操舵トルクに基づいて目標アシストトルクを設定し、目標アシストトルクが得られるようにモータの通電量を制御して運転者の操舵操作をアシストする。3相モータとしては、3相ブラシレスモータが好適である。電動パワーステアリング装置は、3相モータへの通電不良が発生した場合でも、正常な2相を使ってモータ駆動できるように、電気角検出手段、通電不良検手段、2相通電制御手段、操舵トルク判定手段、回転速度判定手段、舵角比変更指令手段を備えている。

10

【0010】

通電不良検出手段によりモータへの通電不良が1相だけ発生していることが検出された場合、2相通電制御手段が正常な2相を使ってモータを駆動制御する。この場合、2相通電制御手段は、モータの電気角の変化に対して変動しない操舵アシストトルクを出力するための理論上の2相通電用電流演算式と、モータの上限電流を規定する最大電流（最大電流値）と、2相通電用電流演算式におけるモータの電気角を進める進角量とに基づいて、2相通電用の指令電流（指令電流値）を演算し、演算した2相通電用の指令電流にて通電不良の発生していない2相に通電してモータを駆動制御する。

【0011】

2相通電用電流演算式は、電気角検出手段により検出されるモータの電気角に応じた2相通電用の電流を設定するが、特定の電気角に接近するとき電流の大きさ（絶対値）が急激に増加し、その特定の電気角を通過すると、符号（電流の向き）が反転して電流の大きさ（絶対値）が減少していく。最大電流は、モータおよびモータ駆動回路を保護するために設定されている。従って、特定の電気角近傍領域において、2相通電用の電流は、その大きさ（絶対値）が最大電流に制限される。この電流制限により、モータで発生できるトルクが減少する。また、ステアリング機構には、操舵方向に対してタイヤを戻そうとする反対方向の力となる反力が発生する。従って、通電方向が反転する電気角近傍領域においてモータトルクが不足し、その位置からモータを回転できなくなるおそれがある。このため、運転者の大きな操舵力が必要となる。そこで、本発明においては、2相通電用電流演算式におけるモータの電気角を進めて指令電流を演算する。つまり、2相通電用電流演算式は、モータの電気角からモータに流す電流を求める演算式であるが、2相通電制御手段は、電気角検出手段により検出した実電気角をモータ回転方向に進角量だけ進めた電気角に対する電流を2相通電用電流演算式から演算し、最大電流制限を加えて指令電流を算出する。

20

30

【0012】

2相通電用電流演算式における電気角を進めた場合、モータを電気角が増加する方向に駆動させるケースを考えると、電気角に対するモータトルク特性は、指令電流の通電方向が反転する特定電気角（進角量だけ進められている）より小さい電気角の位置でトルクが増加し、特定電気角を越えると、急激にトルクが減少して逆方向のトルクが発生するようになる。そして、電気角が大きくなるにしたがって逆方向のトルクが弱まり、正方向のトルクに転じて徐々に増大していく。従って、特定電気角を挟んで、反力よりも大きな操舵アシストトルクを発生できる過アシスト領域と、操舵方向に対して反対方向にトルクを発生する逆アシスト領域とが形成される。また、逆アシスト領域よりも電気角の大きくなる領域には、電気角の増加にしたがって操舵方向にトルクを増大させて過アシスト領域に至る不足アシスト領域が形成される。

40

【0013】

こうしたモータ特性においては、モータが不足アシスト領域で止まった場合、操舵方向に対してタイヤを戻そうとする反力によりモータが逆方向に回転する。そして、電気角が逆アシスト領域となる回転位置にまで戻されると、モータ自身の発生する逆方向のトルク

50

により、その回転位置をさらに過アシスト領域にまで逆回転させる。過アシスト領域にまで戻されると、モータは、反力に打ち勝つ大きな操舵方向のトルクを発生させ操舵方向に回転し、過アシスト領域で蓄えた運動エネルギーにより、逆アシスト領域と不足アシスト領域とを通過することができる。これにより、2相を使ってモータを良好に回転させることができる。尚、2相通電用電流演算式は、通電不良の相に応じた位相にて設定されるため、特定の電気角もそれに応じて異なる。

#### 【0014】

このように、2相通電駆動時においては、過アシスト領域と逆アシスト領域とを設けることによりモータトルクが不足する電気角領域が存在してもモータを回転させることができるが、モータトルク特性と反力との関係から、過アシスト領域と逆アシスト領域（過アシスト領域の回転方向側の逆アシスト領域）とのあいだに不足アシスト領域が生じるケースがある。こうしたケースにおいては、この過アシスト領域と逆アシスト領域とのあいだの不足アシスト領域からモータ回転を開始させる場合、あるいは、極低速操舵によりモータがこの不足アシスト領域を通過しようとする場合に、モータは、自身の発生するトルクでは反力に打ち勝って逆アシスト領域にまで回転することができない。また、反力により逆回転方向に回されても過アシスト領域内にまで戻ることもできない。このため、運転者に一時的に大きな操舵力が必要となり違和感を与えてしまう。

10

#### 【0015】

そこで、本発明においては、操舵トルク判定手段が操舵軸に入力される操舵トルクが予め設定した判定基準操舵トルク以上であるか否かを判定し、回転速度判定手段がモータあるいは操舵軸の回転速度が予め設定した判定基準速度未満であるか否かを判定する。操舵トルク判定手段により操舵トルクが判定基準操舵トルク以上であると判定され、かつ、回転速度判定手段によりモータあるいは操舵軸の回転速度が判定基準速度未満であると判定されたとき、モータが過アシスト領域と逆アシスト領域とのあいだの不足アシスト領域から回転開始する状況にあると判断できる。このとき、舵角比変更指令手段が舵角比可変装置に対して舵角比の変更指令を出力する。舵角比変更装置は、操舵ハンドルの操舵角に対する操舵輪の舵角の比である舵角比を可変するものである。例えば、車速に応じて目標舵角比を設定する目標舵角比設定手段と、舵角比を変更する電気アクチュエータと、舵角比が目標舵角比となるように電気アクチュエータを駆動制御する舵角比制御手段とを備える。従って、舵角比変更装置は、舵角比変更指令手段から舵角比の変更指令を入力した場合には、操舵輪を転舵する。これに伴って電動パワーステアリング装置のモータの回転位置が変化する。従って、モータの電気角が過アシスト領域と逆アシスト領域とのあいだの不足アシスト領域から抜け出る。

20

30

#### 【0016】

この結果、本発明によれば、電動パワーステアリング装置の3相モータの1相が通電不良となり2相通電駆動する場合であってもモータを良好に回転させることができ、しかも、極低速操舵時において運転者に違和感を与えないようにすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0017】

【図1】本発明の実施形態に係る車両のステアリング装置の概略構成図である。

40

【図2】操舵アシストECUのマイコン部の処理を表す機能ブロック図である。

【図3】3相電流波形と、1相断線時のモータトルク特性を表すグラフである。

【図4】2相通電用電流演算式を用いた電流波形と、モータトルク特性を表すグラフである。

【図5】2相通電用電流演算式を用いた電流波形を、進角を与えた場合と進角を与えない場合とで比較するグラフである。

【図6】2相通電用電流演算式に進角を与えた場合のモータトルク特性を表すグラフである。

【図7】加速区間と減速区間とを説明するためのグラフである。

【図8】トルクフィードバックにより減少するモータトルク特性の変化を表すグラフであ

50

る。

【図 9】逆アシスト領域を使って過アシスト領域に逆回転させる動作を説明するグラフである。

【図 10】進角量の設定マップを表すグラフである。

【図 11】トリガトルクの必要性を説明するためのグラフである。

【図 12】回転アシスト制御ルーチンを表すフローチャートである。

【図 13】舵角比変更ルーチンを表すフローチャートである。

【図 14】車速 - 係数マップを表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

10

以下、本発明の一実施形態に係る車両のステアリング装置について図面を用いて説明する。図 1 は、同実施形態に係る車両のステアリング装置の概略構成を表している。

【0019】

車両のステアリング装置は、運転者によって回動操作される操舵ハンドル 11 を操舵軸 12 に固定して備えている。操舵軸 12 は、操舵ハンドル 11 を上端に固定する操舵軸 12 a (以下、入力操舵軸 12 a と呼ぶ) と、ピニオンギヤ 13 を下端に固定する操舵軸 12 b (以下、出力操舵軸 12 b と呼ぶ) とに、上下に 2 分割されている。ピニオンギヤ 13 は、ラックバー 14 のラック歯が噛み合っている。ラックバー 14 は、左右方向 (車幅方向) に延設され、その両端が、図示しないタイロッドを介して操舵輪としての左右前輪 15 a, 15 b のナックルと操舵可能に連結されている。従って、操舵ハンドル 11 の回動は、操舵軸 12 およびピニオンギヤ 13 を介してラックバー 14 に伝達されて、ラックバー 14 を軸線方向に変位させて、左右前輪 15 a, 15 b を操舵する。このような操舵軸 12、ピニオンギヤ 13、ラックバー 14 等によりステアリング機構が構成されている。

20

【0020】

2 分割された操舵軸 12 の入力操舵軸 12 a と出力操舵軸 12 b との間には、操舵ハンドル 11 の操舵角に対する前輪 (操舵輪) 15 a, 15 b の転舵角の比である舵角比を変更する舵角比可変機構 20 が介装されている。舵角比可変機構 20 は、入力操舵軸 12 a の下端部に一体回転するように接続された円筒状のケーシング 21 を備えている。このケーシング 21 内には、電動モータ 22 が固定されている。電動モータ 22 の出力軸 22 a は、ケーシング 21 に回転可能に支持されていて、下端にて出力操舵軸 12 b に一体回転可能に接続されている。電動モータ 22 は、減速機構を内蔵していて、電動モータ 22 の回転は減速されて出力軸 22 a に出力される。

30

【0021】

電動モータ 22 には、相対角センサ 43 が設けられる。相対角センサ 43 は、電動モータ 22 の出力軸 22 a に組み付けられていて、出力操舵軸 12 b のケーシング 21 に対する回転角に応じた検出信号を出力する。この相対角センサ 43 により検出される回転角の値を、以下、相対角  $v$  と呼ぶ。従って、出力操舵軸 12 b の回転角は、操舵角  $h$  と相対角  $v$  との和となる。

【0022】

40

ラックバー 14 には、操舵アシストトルクを出力して運転者の操舵ハンドルの回動操作を補助するパワーアシスト機構 30 が設けられている。パワーアシスト機構 30 は、電動モータ 31 とボールねじ機構 32 とを備えている。電動モータ 31 の回転は、ボールねじ機構 32 によってラックバー 14 の軸線方向の運動に変換されてラックバー 14 に伝達され、左右前輪 15 a, 15 b に転舵力を付与して運転者の操舵操作をアシストする。

【0023】

電動モータ 31 は、3 相ブラシレスモータが使用される。電動モータ 31 には、回転制御に必要な回転角センサ 40 が設けられる。この回転角センサ 40 は、電動モータ 31 内に組み込まれ、電動モータ 31 の回転子の回転角度位置に応じた検出信号を出力する。この回転角センサ 40 により検出される回転角の値を、以下、モータ回転角  $m$  と呼ぶ。モ

50

ータ回転角  $m$  は、電動モータ 31 の電気角  $e$  の計算に利用される。

【0024】

また、ステアリング機構内には、操舵角センサ 41、操舵トルクセンサ 42 が組み付けられている。操舵角センサ 41 は、入力操舵軸 12a に組み付けられていて、操舵ハンドル 11 の中立位置からの回転角、すなわち、操舵角に応じた検出信号を出力する。この操舵角センサ 41 により検出される回転角の値を、以下、操舵角  $h$  と呼ぶ。操舵トルクセンサ 42 は、出力操舵軸 12b に組み付けられており、出力操舵軸 12b に作用するトルク、すなわち、左右前輪 15a, 15b の操舵に伴う操舵トルクを表す検出信号を出力する。この操舵トルクセンサ 42 により検出される操舵トルクの値を操舵トルク  $T_r$  と呼ぶ。尚、操舵角  $h$ 、操舵トルク  $T_r$  および相対角  $v$  は、正の値により右方向の角度およびトルクを表し、負の値により左方向の角度およびトルクを表すものとする。

10

【0025】

舵角比可変機構 20 の電動モータ 22 は、舵角比電子制御ユニット 50 (以下、舵角比 ECU 50 と呼ぶ) によって駆動制御される。舵角比 ECU 50 は、CPU, ROM, RAM 等からなるマイクロコンピュータを主要部として備えたマイコン部 60 と、モータ駆動回路 70 とから構成される。マイコン部 60 は、図示しない入力インタフェースを介して操舵角センサ 41、相対角センサ 43、車速を検出する車速センサ 44 を接続し、操舵角  $h$  を表す信号、相対角  $v$  を表す信号、車速  $v$  を表す信号を入力する。また、モータ駆動回路 70 は、Hブリッジ回路やインバータ回路であって、マイコン部 60 から出力される PWM 制御信号により内部のスイッチング素子のデューティ比が制御されて、電動モータ 22 の通電量および回転方向を調整する。

20

【0026】

舵角比可変装置 80 は、舵角比可変機構 20 と舵角比 ECU 50 と上述のセンサ類 (操舵角センサ 41、相対角センサ 43、車速センサ 44) とにより構成される。舵角比可変装置 80 により調整される舵角比は、入力操舵軸 12a の回転した角度  $h$  に対する前輪 15a, 15b の転舵した角度  $out$  の比 ( $out/h$ ) を意味し、舵角比が大きいほど少ないハンドル操作で大きく前輪を転舵でき、舵角比が小さいほど前輪を転舵するのに大きなハンドル操作を必要とする。前輪 15a, 15b の転舵角  $out$  は、出力操舵軸 12b の回転角度  $out$  から一義的に決まるため、入力操舵軸 12a の回転角度 (操舵角  $h$ ) に対する出力操舵軸 12b の回転角度  $out$  の比 ( $out/h$ ) を制御することにより舵角比を制御することができる。また、出力操舵軸 12b の回転角度  $out$  は、操舵角  $h$  と相対角  $v$  との和に等しい。従って、舵角比 ECU 50 による電動モータ 22 の回転角制御により舵角比を目標値に制御することができる。

30

【0027】

マイコン部 60 は、入力した操舵角  $h$  および車速  $v$  を用いて、下記式の演算の実行により目標相対角  $v^*$  を計算する。なお、下記式中の係数  $K_1$  は予め決められた定数である。係数  $K_v$  は、マイコン部 60 の ROM 内に設けられた車速 - 係数マップ (図 14 参照) を参照することにより、車速  $v$  が増加するに従って「1.0」より大きな所定値から「1.0」に徐々に減少する値に決定される。

$$v^* = K_1 \cdot (K_v - 1) \cdot h$$

40

【0028】

マイコン部 60 は、算出した目標相対角  $v^*$  と、相対角センサ 43 から入力した実際の相対角  $v$  との偏差 ( $v^* - v$ ) を演算し、偏差 ( $v^* - v$ ) に応じたフィードバック制御信号 (PWM 制御信号) をモータ駆動回路 70 に出力する。モータ駆動回路 70 は、マイコン部 60 から出力された PWM 制御信号により内部のスイッチング素子のデューティ比を調整して電動モータ 22 を駆動し、操舵軸 12b を目標相対角  $v^*$  まで回転させる。

【0029】

この状態では、操舵角 (すなわち、操舵軸 12a の基準回転位置からの回転角) が  $h$  であれば、操舵軸 12b の回転角は  $h + v^*$  となり、左右前輪 15a, 15b はこ

50

の回転角  $h + v * \text{に比例した切れ角だけ操舵される。したがって、車速 } v \text{ が小さいほど操舵ハンドル } 11 \text{ の回転に対して左右前輪 } 15a, 15b \text{ は大きく操舵される。すなわち、舵角比は、車速 } v \text{ が小さくなるに従って大きく、車両の小回り性能が良好になる。また、高速走行時における車両の走行安定性が良好になる。}$

【0030】

パワーアシスト機構30の電動モータ31(3相ブラシレスモータ)は、操舵アシスト電子制御ユニット100(以下、操舵アシストECU100と呼ぶ)によって駆動制御される。操舵アシストECU100は、CPU, ROM, RAM等からなるマイクロコンピュータを主要部として備えたマイコン部110と、3相インバータ回路からなるモータ駆動回路130とから構成される。モータ駆動回路130には、電動モータ31の各相(U相, V相, W相)ごとに流れる電流をそれぞれ検出し、その検出した電流値に対応した検出信号をマイコン部110に出力する電流センサ131を備えている。この測定された3相の電流値をモータ電流  $I_{uvw}$  と総称し、それぞれの相電流値を  $I_u, I_v, I_w$  にて表す。

10

【0031】

マイコン部110は、図示しない入力インタフェースを介して操舵角センサ41、操舵トルクセンサ42、回転角センサ40、電流センサ131、車速センサ44を接続し、操舵角  $h$  を表す信号、操舵トルク  $T_r$  を表す信号、モータ回転角  $m$  を表す信号、モータ電流  $I_{uvw}$  を表す信号、車速  $v$  を表す信号を入力する。そして、入力した検出信号に基づいて、運転者の操舵操作に応じた最適な操舵アシストトルクが得られるように電動モータ31に流す指令電流(目標電流)を演算し、その指令電流が流れるようにモータ駆動回路130にPWM制御信号を出力する。モータ駆動回路130は、このPWM制御信号により3相インバータ回路を構成する各スイッチング素子のデューティ比が制御されて、電動モータ31の通電量および回転方向を調整する。

20

【0032】

また、マイコン部110は、電動モータ31へ電力供給する通電路における不良(通電不良)を各相ごとに区別して検出し、1相だけの通電不良を検出したとき、正常な2相を使って電動モータ31を駆動する2相通電制御を行う機能を備えている。

【0033】

電動パワーステアリング装置200は、パワーアシスト機構30と操舵アシストECU100と上述のセンサ類(操舵角センサ41、操舵トルクセンサ42、回転角センサ40、電流センサ131、車速センサ44)とにより構成される。また、電動パワーステアリング装置200のマイコン部110は、舵角比可変装置80のマイコン部60と通信可能に接続され、互いに制御指令を授受できるようになっている。

30

【0034】

次に、電動パワーステアリング装置200におけるマイコン部110の機能について図2を用いて説明する。図2は、マイコン部110のプログラム制御により処理される機能を表す機能ブロック図である。マイコン部110は、電動モータ31の各相への通電不良が検出されているか否かに応じてモータ制御形態を切り替える。電動モータ31への通電が3相すべて正常であれば3相を使ったモータ制御(以下、3相通電制御と呼ぶ)を行い、1相の通電不良が検出されているときには通電不良が検出されていない2相を使ったモータ制御(以下、2相通電制御と呼ぶ)を行うように切り替える。また、2相以上の通電不良が検出されているときにはモータ駆動不能であるためモータ制御を停止する。

40

【0035】

図2に示すように、マイコン部110は、アシスト電流指令部111を備えている。アシスト電流指令部111は、操舵トルクセンサ42から出力される操舵トルク  $T_r$  及び車速センサ44から出力される車速  $v$  を入力して、基本アシストマップを参照することにより基本アシストトルク  $T_{as}$  を計算する。基本アシストマップは、操舵トルク  $T_r$  の増加にしたがって増加するとともに車速  $v$  の増加にしたがって減少する基本アシストトルク  $T_{as}$  を設定記憶したものである。また、アシスト電流指令部111は、操舵角センサ41により検出される操舵角  $h$  を入力し、基本アシストトルク  $T_{as}$  に対する補償値  $T_{rt}$

50

を計算する。補償値  $T_{rt}$  は、例えば、操舵角  $h$  に比例して大きくなる操舵軸 1 2 の基本位置への復帰力と、操舵角  $h$  を時間微分した操舵速度  $\dot{h}$  に比例して大きくなる操舵軸 1 2 の回転に対する抵抗力に対応した戻しトルクとの和として計算される。アシスト電流指令部 1 1 1 は、計算した基本アシストトルク  $T_{as}$  と補償値  $T_{rt}$  の和を目標アシストトルク  $T^*$  として設定し、この目標アシストトルク  $T^*$  をトルク定数で除算することにより、 $d-q$  座標系における  $q$  軸指令電流  $I_{q^*}$  を算出する。

【0036】

マイコン部 1 1 0 は、3 相通電制御を行う場合には、電動モータ 3 1 の回転方向を  $q$  軸とするとともに回転方向と直交する方向を  $d$  軸とする  $d-q$  座標系で記述されるベクトル制御によって電動モータ 3 1 の回転を制御する。 $d$  軸電流は、電動モータ 3 1 のトルクを発生させるように働かず、弱め界磁制御に使用される。本実施形態においては、アシスト電流指令部 1 1 1 は、 $d$  軸指令電流  $I_{d^*}$  をゼロ ( $I_{d^*} = 0$ ) に設定する。

10

【0037】

このように計算された  $q$  軸指令電流  $I_{q^*}$  と  $d$  軸指令電流  $I_{d^*}$  は、フィードバック制御部 1 1 2 に出力される。フィードバック制御部 1 1 2 は、 $q$  軸指令電流  $I_{q^*}$  から  $q$  軸実電流  $I_q$  を減算した偏差  $I_q$  を算出し、この偏差  $I_q$  を使った比例積分制御により  $q$  軸実電流  $I_q$  が  $q$  軸指令電流  $I_{q^*}$  に追従するように  $q$  軸指令電圧  $V_{q^*}$  を計算する。同様に、 $d$  軸指令電流  $I_{d^*}$  から  $d$  軸実電流  $I_d$  を減算した偏差  $I_d$  を算出し、この偏差  $I_d$  を使った比例積分制御により  $d$  軸実電流  $I_d$  が  $d$  軸指令電流  $I_{d^*}$  に追従するように  $d$  軸指令電圧  $V_{d^*}$  を計算する。

20

【0038】

$q$  軸実電流  $I_q$  および  $d$  軸実電流  $I_d$  は、電動モータ 3 1 のコイルに実際に流れた 3 相電流の検出値  $I_u, I_v, I_w$  を  $d-q$  座標系の 2 相電流に変換したものである。この 3 相電流  $I_u, I_v, I_w$  から  $d-q$  座標系の 2 相電流  $I_d, I_q$  への変換は、3 相 / 2 相座標変換部 1 1 3 によって行われる。3 相 / 2 相座標変換部 1 1 3 は、回転角変換部 1 1 4 から出力されるモータ電気角  $e$  を入力し、そのモータ電気角  $e$  に基づいて、電流センサ 1 3 1 から出力される 3 相電流  $I_u, I_v, I_w$  を  $d-q$  座標系の 2 相電流  $I_d, I_q$  に変換する。回転角変換部 1 1 4 は、回転角センサ 4 0 から出力される回転角  $m$  に基づいて、モータ電気角  $e$  を算出する電気角検出手段である。以下、モータ電気角  $e$  を、単に、電気角  $e$  と呼ぶ。

30

【0039】

フィードバック制御部 1 1 2 により算出された  $q$  軸指令電圧  $V_{q^*}$  と  $d$  軸指令電圧  $V_{d^*}$  は、2 相 / 3 相座標変換部 1 1 5 に出力される。2 相 / 3 相座標変換部 1 1 5 は、回転角変換部 1 1 4 から出力される電気角  $e$  に基づいて、 $q$  軸指令電圧  $V_{q^*}$  と  $d$  軸指令電圧  $V_{d^*}$  を 3 相指令電圧  $V_{u^*}, V_{v^*}, V_{w^*}$  に変換して、その変換した 3 相指令電圧  $V_{u^*}, V_{v^*}, V_{w^*}$  を PWM 信号発生部 1 1 6 に出力する。PWM 信号発生部 1 1 6 は、3 相指令電圧  $V_{u^*}, V_{v^*}, V_{w^*}$  に対応した PWM 制御信号をモータ駆動回路 1 3 0 の各スイッチング素子に出力する。これにより電動モータ 3 1 が駆動され、目標アシストトルク  $T^*$  に追従した操舵アシストトルクがステアリング機構に付与される。

40

【0040】

次に、2 相通電制御について説明する。電動モータ 3 1 は、通常、図 3 ( a ) に示すように、電気角で  $120 \text{ deg}$  位相をずらした正弦波状の電流を 3 相に通電する。この場合には、電気角の変化に対して一定のモータトルクが得られる。しかし、3 相のうちの 1 相が断線等により通電不良を生じると、図 3 ( b ) に示すように、モータトルクは電気角に応じて大きく変動する。このため、操舵操作に引っ掛かりが発生する。

【0041】

そこで、2 相通電時には、モータ電気角の変化に対してモータトルクが一定となる 2 相通電用電流演算式を用いて指令電流を演算し、演算された指令電流で 2 相に通電すれば、理論的には一定のモータトルクが得られる。この 2 相通電用電流演算式は、次のように表すことができる。

50

【数 2】

$$I_v = T * \left( \sqrt{3} \times e_0 \times \cos \theta_e \right)$$

この例は、W相が通電不良となったときのV相の電流演算式であり、 $e_0$ はトルク定数を表す。また、U相は、V相を反転したもの ( $I_u = -I_v$ ) となる。

【0042】

この2相通電用電流演算式によれば、電気角  $e$  が  $90 \text{ deg}$  あるいは  $270 \text{ deg}$  となる回転位置において2相通電用の電流が無限大となるが、電動モータ31やモータ駆動回路130を過電流から保護するために、マイコン部110には、電動モータ31に流すことのできる最大電流が予め設定されている。従って、2相通電時における指令電流の電流波形は、図4(a)に示すようになる。図中、破線で囲んだ部分が電流制限の働いた領域である。尚、図4(a)は、1相の電流波形を表したもので、もう一方の相の電流波形は、この波形の符号を反転したものとなる。

10

【0043】

このような電流を電動モータ31に通電した場合、電動モータ31で発生するトルクは図4(b)に示すように、電流制限が働いた領域において減少してしまう。従って、その電気角近傍領域においてモータトルクが不足し、その位置から電動モータ31を回転できなくなるおそれがある。このため、操舵操作に引っ掛かりが発生する。

【0044】

そこで、本実施形態においては、電気角  $e$  を予め設定した進角量  $a$  だけモータ回転方向に進めて指令電流を演算する。つまり、2相通電用の電流を電気角  $e$  に対して進角量  $a$  だけ前だしするように2相通電用電流演算式の電気角  $e$  を補正して演算し、この演算して得られた電流に最大電流制限を付加して指令電流を算出する。電気角を進めた指令電流は、図5に実線にて示すような波形となる。この例は、進角量  $a$  を約  $20 \text{ deg}$  に設定している。

20

【0045】

このように電気角を進めて指令電流を設定すると、モータトルクは、図6に示すような特性となる。図中において、 $T_0$  は、予め設定した走行条件下における、操舵方向とは反対方向にタイヤを戻そうとする反力を表している。従って、モータトルクが反力  $T_0$  を越えれば、運転者の操舵力なしでも操舵可能であり、モータトルクが反力  $T_0$  に満たなければ、その不足分だけ運転者の操舵力が必要となる。この図からわかるように、モータトルクが反力  $T_0$  を越える電気角領域と、反力  $T_0$  に満たない電気角領域とが存在する。以下、モータトルクが反力  $T_0$  を越える電気角領域を過アシスト領域Aと呼び、反力  $T_0$  に満たない電気角領域を不足アシスト領域Bと呼ぶ。

30

【0046】

また、不足アシスト領域B内には、モータトルクが操舵方向と逆方向に働く電気角領域も存在する。以下、不足アシスト領域Bを、モータトルクが操舵方向と同じ方向に働く電気角領域と、逆方向に働く電気角領域とに分けて説明する場合には、前者の電気角領域を不足アシスト正領域B1と呼び、後者の電気角領域を逆アシスト領域B2と呼ぶ。過アシスト領域Aから逆アシスト領域B2に切り替わるポイントは、電動モータ31の相電流の符号が反転する回転位置(電気角)となる。この例では、 $(90 \text{ deg} - a)$  および  $(270 \text{ deg} - a)$  の電気角において過アシスト領域Aから逆アシスト領域B2に切り替わる。

40

【0047】

本実施形態においては、モータトルク特性に、過アシスト領域Aと逆アシスト領域B2とを設けることにより、これらの領域A, B2を利用して引っ掛かりなく電動モータ31を回転できるようにしている。以下、その理由を説明する。

【0048】

電動モータ31は、図7に示す回転方向に回転している場合、過アシスト領域Aにおい

50

て加速していき運動エネルギーを蓄える。そして、不足アシスト領域 B に入ると、今度は反力により減速していく。つまり、過アシスト領域 A が加速区間となり、不足アシスト領域 B が減速区間となる。この場合、過アシスト領域 A において蓄えた運動エネルギーが、不足アシスト領域 B で失う運動エネルギーよりも大きければ、電動モータ 31 は、引っ掛かりなく回転することができる。

#### 【0049】

ただし、操舵速度（モータの回転速度）が遅い場合などでトルクフィードバックが応答してしまった場合には、図 8 に示すように、モータトルクが減少する。このため、過アシスト領域 A が減少し、過アシスト領域 A で十分に加速することができなくなる。十分な加速が得られないと、不足アシスト領域 B においてモータトルクと操舵力（運転者が操舵ハンドルに加えた操舵力）との合計が反力  $T_0$  より小さい場合には、不足アシスト領域 B を通過しきれなくなり、反力により電動モータ 31 が途中で逆回転する。例えば、図 9 に示す不足アシスト正領域 B1 の電気角  $s$  で停止し、その位置から矢印方向に逆戻りする。

10

#### 【0050】

この場合、電動モータ 31 は、必ず逆アシスト領域 B2 にまで戻り、そこで操舵方向とは逆方向となるトルクを発生させ、そのトルクと反力との合力により、そのまま過アシスト領域 A 内にまで一気に戻る。これにより、電動モータ 31 は、過アシスト領域 A において正回転方向にトルクを発生させて加速を開始する。つまり、逆アシスト領域 B2 を使って電動モータ 31 の回転位置（電気角  $e$ ）を過アシスト領域 A にまで戻し、過アシスト領域 A において再度加速させる。そして、過アシスト領域 A を通過中に蓄えた運動エネルギーを使って不足アシスト領域 B を通過する。これにより、引っ掛かりを発生させることなく電動モータ 31 を操舵方向に回転させることができる。尚、過アシスト領域 A に戻って再加速させても不足アシスト領域 B を通過できなかったときには、再度、逆アシスト領域 B2 を介して過アシスト領域 A に戻るため、上述した動作を繰り返すことにより不足アシスト領域 B を通過できるようになる。

20

#### 【0051】

こうした 2 相通電制御を行うマイコン部 110 の機能について、図 2 を用いて説明する。マイコン部 110 は、2 相通電指令部 117 および通電不良検出部 118 を備えている。2 相通電指令部 117 は、通電不良検出部 118 から 1 相の通電不良検出信号を入力したときに作動を開始する。

30

#### 【0052】

通電不良検出部 118 は、PWM 信号発生部 116 の出力する PWM 制御信号と、操舵角センサ 41 の出力する操舵角  $h$  と、電流センサ 131 の出力する 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  とを入力して、電動モータ 31 への通電不良を相別に区別して検出する。電動モータ 31 への通電不良とは、電動モータ 31 に良好に電力供給できない不良を意味し、例えば、モータ駆動回路 130 内の不良（特に、スイッチング素子の接点不良）、モータ駆動回路 130 から電動モータ 31 への電力供給ラインの断線等に起因して発生する不良である。

#### 【0053】

通電不良検出部 118 は、例えば、電流センサ 131 により検出される相電流が予め設定した基準電流より小さいときに、操舵角  $h$  を時間微分して得られる操舵速度  $\dot{h}$  の大きさ（絶対値）が基準速度よりも小さく、かつ、PWM 制御信号により特定されるデューティ比（オンデューティ比）が基準デューティ比よりも大きいかが否かを判断する。そして、操舵速度  $|\dot{h}|$  が基準速度よりも小さく、かつ、デューティ比が基準デューティ比よりも大きい場合には、その相に通電不良が発生していると判定する。つまり、操舵速度  $|\dot{h}|$  が小さく逆起電力の発生が少ない状態で、モータ駆動回路 130 に出力した PWM 制御信号により本来流れるはずの相電流が流れない場合に通電不良と判定する。

40

#### 【0054】

通電不良検出部 118 は、こうした通電不良判定を各相毎に周期的に行い、通電不良が検出されていないあいだは通電正常信号を出力する。そして、通電不良を検出した場合に

50

は、通常正常信号に代えて通電不良相を特定する通電不良検出信号を出力する。また、通電不良検出部 118 は、通電不良を検出した場合、電動モータ 31 の電力供給ラインに設けた遮断回路（図示略）の通電不良相に対応するスイッチにオフ信号を出力して、通電不良相の通電を遮断する。以下、通電不良検出部 118 の出力する信号（通電正常信号および通電不良相を特定する通電不良検出信号）を通電判定信号と呼ぶ。

【0055】

2相通電指令部 117 は、通電不良検出部 118 から1相の通電不良検出信号を入力すると、2相通電用電流演算式と最大電流と進角量  $\alpha$  とに基づいて、2相通電用の指令電流  $I_{u^*}$ 、 $I_{v^*}$ 、 $I_{w^*}$  を計算する。この場合、通電不良相の指令電流は計算しない。2相通電用電流演算式は、アシスト電流指令部 111 が出力する q 軸指令電流  $q^*$  と、回転角変換部 114 が出力する電気角  $e$  を使って次式のように表される。

10

【数3】

$$I_v = I_q^* \cdot \left( \sqrt{2} \times \cos(\theta_e + \theta_a) \right)$$

この例は、W相が通電不良となったときのV相の2相通電用電流演算式である。U相は、V相を反転したもの（ $I_u = -I_v$ ）となる。また、2相通電用電流演算式は、通電不良相に応じて位相が 120deg ずれたものとなる。

【0056】

この演算式と最大電流の制限とにより、2相通電用の指令電流は、図5において実線で示す波形となる。尚、進角量  $\alpha$  は、一定値でも良いが、本実施形態においては、図10に示すように、操舵トルク  $T_r$  に応じた値に設定される。この例では、進角量の大きさ  $|\alpha|$  は、操舵トルク  $T_r$  がゼロとなる近傍においては、操舵トルク  $T_r$  の増加にしたがって増加し、操舵トルク  $T_r$  がゼロとなる近傍以外では一定値の 20deg に設定される。従って、2相通電指令部 117 は、指令電流の演算にあたっては、操舵トルクセンサ 42 から出力される操舵トルク  $T_r$  を読み込んで行う。尚、操舵トルク  $T_r$  が負の方向（左方向）に働く場合には、進角量  $\alpha$  も負の値となる。つまり、電気角が増加する側に電動モータ 31 を回転させるときには、正の進角量  $\alpha$  を設定し、電気角が減少する側に電動モータ 31 を回転させるときには、負の進角量  $\alpha$  を設定する。これにより、電動モータ 31 を回転させる方向に電気角を進めることができる。

20

30

【0057】

このように計算された2相通電用の指令電流  $I_{u^*}$ 、 $I_{v^*}$ 、 $I_{w^*}$ （3相のうち正常相となる2相に流す指令電流）は、2相通電用フィードバック制御部 119 に出力される。2相通電用フィードバック制御部 119 は、通電不良検出部 118 から1相の通電不良検出信号を入力すると作動を開始する。このとき通電不良検出信号は、フィードバック制御部 112 にも出力される。フィードバック制御部 112 は、通電不良検出信号を入力すると、その作動を停止する。従って、1相の通電不良が検出された場合には、d-q座標系による電流フィードバック制御に代わって、2相通電用の電流フィードバック制御が開始される。

【0058】

2相通電用フィードバック制御部 119 は、電流センサ 131 から出力される3相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ （3相のうち正常相となる2相に流れる実電流）を入力し、2相通電用の指令電流  $I_{u^*}$ 、 $I_{v^*}$ 、 $I_{w^*}$ （3相のうち正常相となる2相分の指令電流）との偏差  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を算出し、この偏差  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を使った比例積分制御により3相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  が2相通電用の指令電流  $I_{u^*}$ 、 $I_{v^*}$ 、 $I_{w^*}$  に追従するように2相通電用の指令電圧  $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$ （3相のうち正常相となる2相分の指令電圧）を算出する。

40

【0059】

2相通電用フィードバック制御部 119 は、算出した2相通電用の指令電圧  $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$  をPWM信号発生部 116 に出力する。PWM信号発生部 116 は、2相通電

50

用の指令電圧  $V_u^*$  ,  $V_v^*$  ,  $V_w^*$  に対応した PWM 制御信号をモータ駆動回路 130 に出力する。これにより電動モータ 31 が駆動され、目標アシストトルク  $T^*$  に追従した操舵アシストトルクがステアリング機構に付与される。この場合、2 相通電用電流演算式の電気角  $e$  を進角量  $a$  だけ進めているため、電動モータ 31 の回転が引っかけらず、良好な操舵アシストを行うことができる。

#### 【0060】

ところで、電動モータ 31 の 2 相通電時においては、上述したように電気角を進めることにより過アシスト領域 A と逆アシスト領域 B 2 とを設けて電動モータ 31 を良好に回転させることができるが、図 11 に示すように、モータトルク特性と反力との関係から、過アシスト領域 A と逆アシスト領域 B 2 (過アシスト領域 A の回転方向側の逆アシスト領域 B 2) とのあいだに不足アシスト領域 C が生じるケースがある。そして、この過アシスト領域 A と逆アシスト領域 B 2 とのあいだの不足アシスト領域 C からモータ回転を開始させる場合、あるいは、極低速操舵により電動モータ 31 がこの不足アシスト領域 C に到達した場合には、電動モータ 31 は、自身の発生するトルクでは反力に打ち勝って逆アシスト領域 B 2 にまで回転することができないし、反力により逆回転方向に回されても過アシスト領域 A 内にまで戻ることもしない。従って、例えば、図 11 における電気角 1 から電動モータ 31 を回転させるためには、逆アシスト領域にまで進めるためのトリガトルク  $T_{tr}$  が必要となり、その分だけ、運転者に一時的に大きな操舵力が必要となり違和感を与えてしまう。

10

#### 【0061】

そこで、本実施形態においては、こうした状況が発生したときの違和感を防止するために、マイコン部 110 に舵角比変更指令部 120 を備えている。舵角比変更指令部 120 は、通電不良検出部 118 から出力される通電判定信号と、操舵トルクセンサ 42 から出力される操舵トルク  $T_r$  と、回転角変換部 114 から出力される電気角  $e$  を入力し、通電判定信号が通電不良検出信号となった場合に作動を開始する。

20

#### 【0062】

舵角比変更指令部 120 の機能については、図 12 に示すフローチャートを使って説明する。このフローチャートは、舵角比変更指令部 120 の実行する回転アシスト制御ルーチンを表し、マイコン部 110 の ROM 内に制御プログラムとして記憶され、通電判定信号として通電不良検出信号が入力されているあいだ、所定の短い周期で繰り返し実行される。

30

#### 【0063】

回転アシスト制御ルーチンが起動すると、舵角比変更指令部 120 は、ステップ S11 において、回転角変換部 114 により検出される電気角  $e$  を読み込み、続くステップ S12 において、電気角  $e$  の変化の大きさを表す電気角速度  $|e|$  を算出する。電気角速度  $|e|$  は、電気角  $e$  を時間微分することにより求めることができる。この電気角速度  $|e|$  は、電動モータ 31 の回転速度を表すものである。

#### 【0064】

続いて、舵角比変更指令部 120 は、ステップ S13 において、検出された電気角速度  $|e|$  が判定基準速度  $e_0$  よりも小さいか否かを判定する。判定基準速度  $e_0$  は、極低速操舵操作 (操舵ハンドル 11 が回動していない場合も含む) を判定するための閾値であるため、非常に小さな値に設定されている。

40

#### 【0065】

舵角比変更指令部 120 は、ステップ S13 において極低速操舵操作中ではないと判定した場合には、ステップ S14 において、舵角比変更フラグ  $F$  が「1」に設定されているか否かを判断する。この舵角比変更フラグ  $F$  は、後述する舵角比変更指令が出力されるときに「1」に設定されるもので、回転アシスト制御ルーチンの起動時においては「0」に設定されている。従って、ここでは、 $F = 0$  であるため「No」と判定され、回転アシスト制御ルーチンを一旦終了する。回転アシスト制御ルーチンは、所定の短い周期で繰り返される。従って、ステップ S11 , S12 , S13 , S14 の処理が繰り返されるこ

50

とになる。

【0066】

そして、ステップS13において極低速操舵操作中であると判定されると、舵角比変更指令部120は、ステップS15において、操舵トルクセンサ42により検出される操舵トルク $T_r$ を読み込み、続くステップS16において、操舵トルク $T_r$ が判定基準操舵トルク $T_{r0}$ 以上であるか否かを判断する。例えば、図11に示す電気角1からモータ回転を開始させる場合、あるいは、極低速操舵操作で不足アシスト領域Cに入った場合には、モータトルク不足が発生し操舵トルク $T_r$ が大きくなる。この場合には、ステップS16の判断は「Yes」となり、舵角比変更指令部120は、ステップS17において、舵角比可変装置80のマイコン部60に対して舵角比変更指令を出力して振動停止制御ルーチンを一旦終了する。この舵角比変更指令は、舵角比変更フラグFを「1」に設定することにより行われる。

10

【0067】

舵角比可変装置80のマイコン部60は、通常時においては、上述したように車速 $v$ に応じて設定される目標相対角 $v^*$ が得られるように電動モータ22を駆動制御するが、マイコン部110の舵角比変更指令部120から舵角比変更指令( $F=1$ )を入力した場合には、目標相対角 $v^*$ を変更する。図13は、舵角比可変装置80のマイコン部60の実行する舵角比変更ルーチンを表す。舵角比変更ルーチンは、所定の短い周期で繰り返される。マイコン部60は、ステップS21において、電動パワーステアリング装置200のマイコン部110(舵角比変更指令部120)から出力される舵角比変更フラグFを読み込み、舵角比変更フラグFが「1」であるか否かを判断する。そして、舵角比変更フラグFが「0」であれば、そのまま舵角比変更ルーチンを終了する。

20

【0068】

一方、舵角比変更フラグFが「1」であれば、ステップS22において、目標相対角 $v^*$ に予め設定した回転アシスト用角度 $va$ だけ加算した角度を、あらたな目標相対角 $v^*$ として設定する。従って、舵角比変更フラグFが「0」から「1」に切り替わったときには、電動モータ22が回転アシスト用角度 $va$ だけ回転することになる。この回転アシスト用角度 $va$ は、電動パワーステアリング装置200の電動モータ31の電気角が、逆アシスト領域B2にまで移動するだけの微小角度に設定されている。従って、舵角比可変装置80の電動モータ22が回転アシスト用角度 $va$ だけ回転することにより、電動モータ31のロータがステアリング機構を介して回されることになる。これにより、電動モータ31は、図11に示すように、その電気角が不足アシスト領域Cから逆アシスト領域B2にまで進む。従って、逆アシスト領域B2で操舵方向とは逆方向となるトルクを発生させ、そのトルクと反力との合力により、過アシスト領域A内にまで一気に戻る。そして、過アシスト領域Aにおいて正回転方向にトルクを発生させて加速を開始し、そこで蓄えた運動エネルギーにより不足アシスト領域C、逆アシスト領域B2、不足アシスト領域B1を通過する。これにより、引っ掛かりを発生させることなく電動モータ31を操舵方向に回転させることができる。尚、回転アシスト用角度 $va$ は、電動モータ31の電気角を隣の逆アシスト領域B2へ進めるだけの角度、あるいは、それよりも操舵方向に進めるような角度に設定すればよい。

30

40

【0069】

図12の回転アシスト制御ルーチンの説明に戻る。回転アシスト制御ルーチンは、舵角比変更フラグFを「1」に切り替えた後においても繰り返し実施される。舵角比変更フラグFを「1」に切り替えた場合には、舵角比可変装置80の作動により電動パワーステアリング装置200の電動モータ31が回されるため、電気角速度 $|e|$ は増加して判定基準速度 $e_0$ よりも大きくなる。従って、舵角比変更指令部120は、ステップS13において「No」と判定し、続くステップS14において舵角比変更フラグFが「1」であるか否かについて判断する。この場合、舵角比変更フラグFが「1」に設定されているため、次に、ステップS18において、電気角速度 $|e|$ が判定基準速度 $e_0$ よりも大きい状態で舵角比変更フラグFが「1」となっている時間が予め設定した所定時間に達

50

したか否かを判断する。所定時間に達しないあいだは、回転アシスト制御ルーチンそのまま抜ける。そして、電気角速度  $|e|$  が判定基準速度  $e_0$  よりも大きい状態で舵角比変更フラグ  $F$  が「1」となっている時間が所定時間に達すると、舵角比変更指令部 120 は、ステップ  $S19$  において舵角比戻し指令を舵角比可変装置 80 のマイコン部 60 に出力して回転アシスト制御ルーチンを一旦終了する。この舵角比戻し指令は、舵角比変更フラグ  $F$  を「0」にリセットすることにより行われる。

#### 【0070】

舵角比可変装置 80 のマイコン部 60 は、舵角比変更フラグ  $F$  が「0」にリセットされると、舵角比変更ルーチンにおけるステップ  $S21$  の判断が「No」となり、目標相対角  $v^*$  に対する回転アシスト用角度  $va$  の加算補正を行わないようになる。従って、目標相対角  $v^*$  がオリジナルの目標相対角  $v^*$  に戻される。このため、電動モータ 22 は、回転アシスト用角度  $va$  だけ逆方向に回転することになる。この場合、それに伴って電動パワーステアリング装置 200 の電動モータ 31 も回されることになるが、ステップ  $S18$  の時間経過処理により、すでに電動モータ 31 がある程度回転しているため、電動モータ 31 が同じ電気角度位置に戻ることはない。また、電動モータ 22 の回転は、回転アシスト用角度  $va$  が微小角度であるため、運転者には何ら違和感を与えるものではない。

#### 【0071】

以上説明した本実施形態の車両のステアリング装置によれば、電動パワーステアリング装置 200 における電動モータ 31 の 1 相の通電不良が発生した場合であっても、進角量  $a$  を与えた 2 相通電制御を行うことにより、電動モータ 31 を良好に回転させることができる。これにより、2 相通電制御時における操舵操作フィーリングの低下を抑制することができる。また、電動モータ 31 が過アシスト領域 A と逆アシスト領域 B 2 とのあいだの不足アシスト領域 C の位置から回転開始する場合には、舵角比可変装置 80 に舵角比変更指令を出力して電動モータ 31 の電気角をずらすため、電動モータ 31 をスムーズに回転させることができる。従って、運転者に違和感を与えないようにすることができる。

#### 【0072】

以上、本実施形態の車両のステアリング装置について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

#### 【0073】

例えば、本実施形態においては、電動モータ 31 の回転速度を電気角速度  $e$  にて検出しているが、電気角速度  $e$  の検出に代えて操舵速度  $h$  の検出を行うようにしてもよい。この場合、ステップ  $S13$  における判定基準速度  $e_0$  に代えて、極低速操舵操作を判定する判定基準速度  $h_0$  を用いるようにすればよい。

#### 【0074】

また、本実施形態においては、電動モータ 31 の発生するトルクをラックバー 14 に付与するラックアシスト式の電動パワーステアリング装置を備えているが、電動モータの発生するトルクを操舵軸 12 に付与するコラムアシスト式の電動パワーステアリング装置を備えたものであってもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0075】

11 ... 操舵ハンドル、12 ... 操舵軸、20 ... 舵角比可変機構、22 ... 電動モータ、30 ... パワーアシスト機構、31 ... 電動モータ、40 ... 回転角センサ、41 ... 操舵角センサ、42 ... 操舵トルクセンサ、43 ... 相対角センサ、44 ... 車速センサ、50 ... 舵角比 ECU、60 ... マイコン部、100 ... 操舵アシスト ECU、110 ... マイコン部、111 ... アシスト電流指令部、112 ... フィードバック制御部、113 ... 3 相 / 2 相座標変換部、114 ... 回転角変換部、115 ... 2 相 / 3 相座標変換部、116 ... PWM 制御信号発生部、117 ... 2 相通電指令部、118 ... 通電不良検出部、119 ... 2 相通電用フィードバック制御部、120 ... 舵角比変更指令部、130 ... モータ駆動回路、131 ... 電流センサ。

10

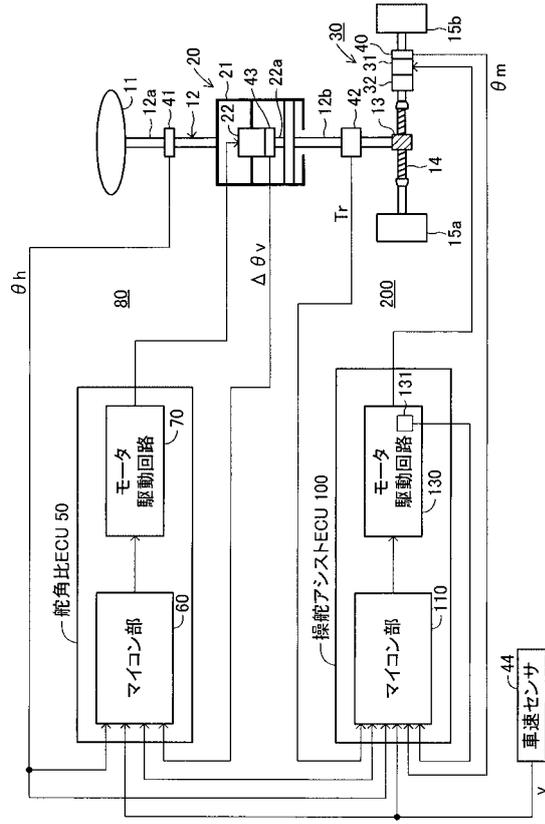
20

30

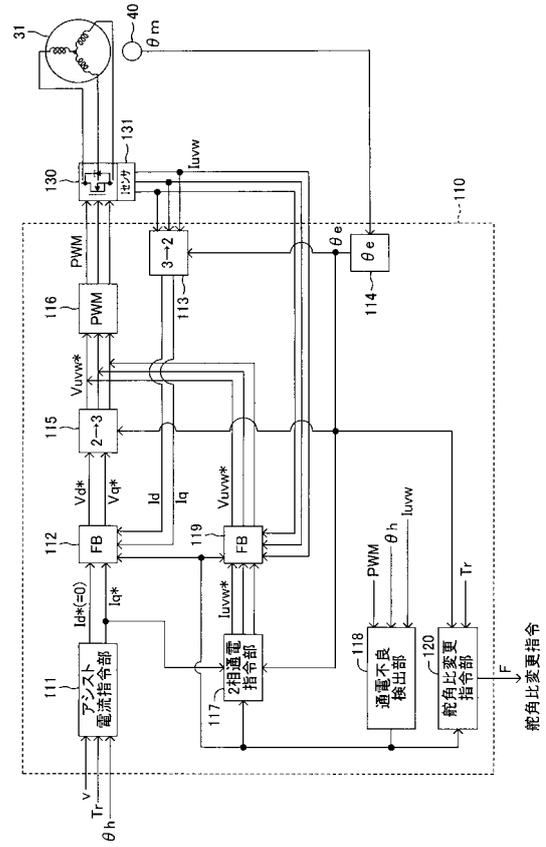
40

50

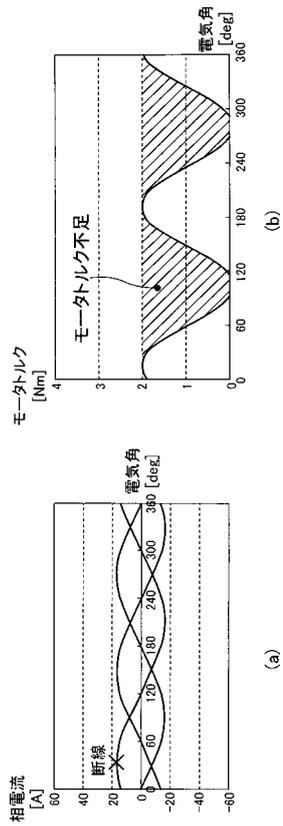
【図 1】



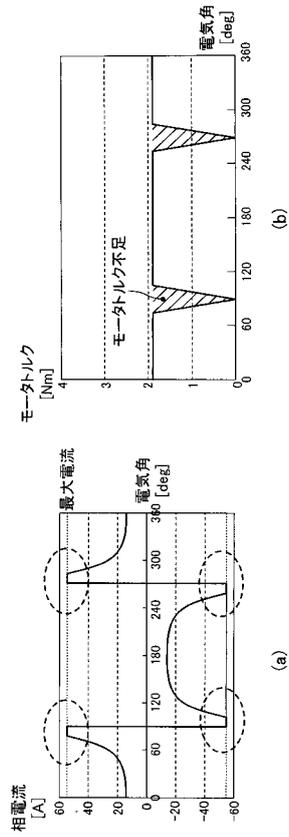
【図 2】



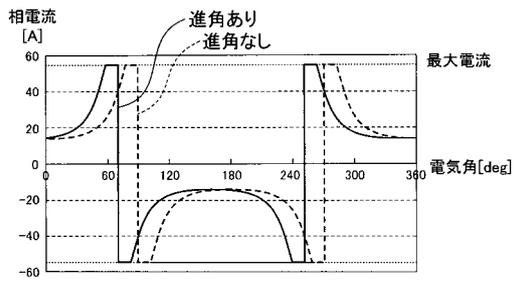
【図 3】



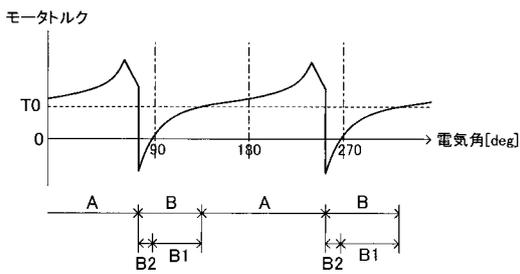
【図 4】



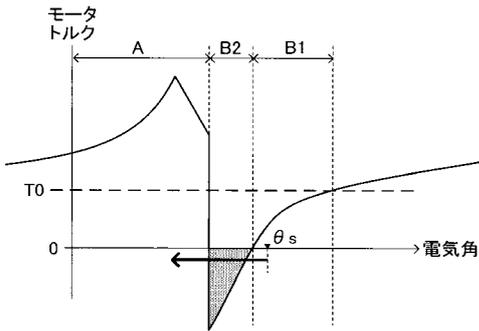
【 図 5 】



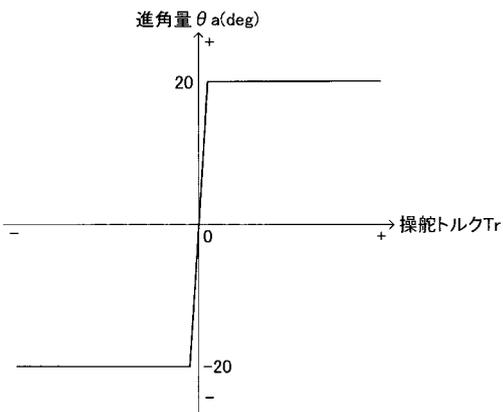
【 図 6 】



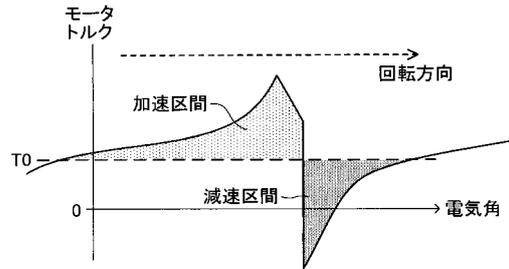
【 図 9 】



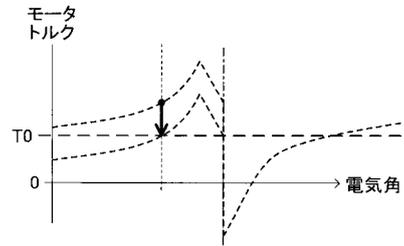
【 図 1 0 】



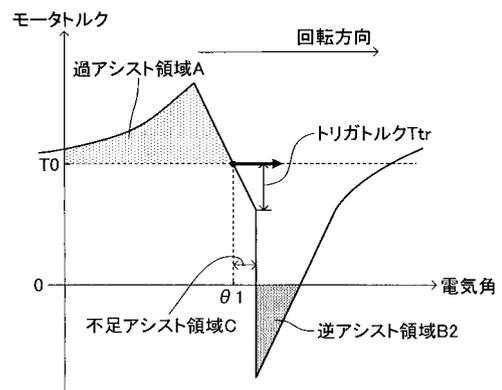
【 図 7 】



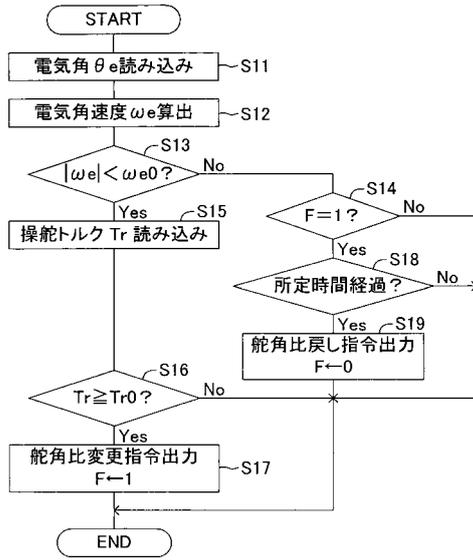
【 図 8 】



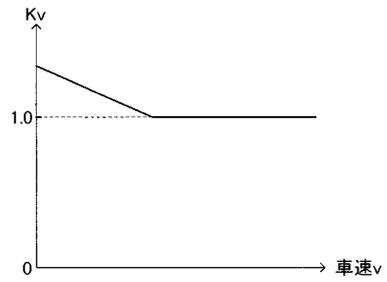
【 図 1 1 】



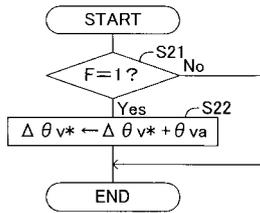
【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



【 図 1 3 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 101/00	(2006.01)	B 6 2 D 113:00	
B 6 2 D 113/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00	
B 6 2 D 119/00	(2006.01)		

Fターム(参考) 5H505 AA16 BB06 CC04 DD03 DD08 EE41 EE49 GG04 HA09 HB02  
JJ03 LL41 LL56 MM09  
5H560 AA08 BB04 BB07 DA00 DC12 EB01 RR10 SS02 TT15 UA05  
XA02 XA12 XA13