

WO 2017/047708 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて演算された電流指令値により、車両の操舵系にモータによるアシスト力を付与する電動パワーステアリング装置に関し、特にモータ回転角を得て制御する必要のあるブラシレスモータに対して、角度検出系が故障（異常を含む）したときに、モータ回転角を正確に推定してアシスト制御を継続できるようにした電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置（EPS）は、車両のステアリング機構にモータの回転力で操舵補助力（アシスト力）を付与するものであり、電力供給部（インバータ）から供給される電力で制御されるモータの駆動力を、ギア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操舵補助力を付与する。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、操舵補助力のトルクを正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、操舵補助指令値（電流指令値）とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的にPWM（パルス幅変調）制御のデューティの調整で行っている。

[0003] 電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図1に示して説明すると、ハンドル1のコラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5、タイロッド6a、6bを経て、更にハブユニット7a、7bを介して操向車輪8L、8Rに連結されている。また、コラム軸2には、ハンドル1の操舵トルク T_h を検出するトルクセンサ10及び操舵角 θ を検出する舵角センサ14が設けられており、ハンドル1の操舵力を補助するモータ20が減速ギア3を

介してコラム軸 2 に連結されている。電動パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット (ECU) 30 には、バッテリー 13 から電力が供給されると共に、イグニッションキー 11 を経てイグニッションキー信号が入力される。コントロールユニット 30 は、トルクセンサ 10 で検出された操舵トルク T_h と車速センサ 12 で検出された車速 V_s とに基づいてアシスト (操舵補助) 指令の電流指令値の演算を行い、電流指令値に補償等を施した電圧制御指令値 V_{ref} によって、EPS 用モータ 20 に供給する電流を制御する。

[0004] なお、舵角センサ 14 からは操舵角 θ が検出され、モータ 20 に連結されたレゾルバ等の回転センサから操舵角を取得することも可能である。

[0005] コントロールユニット 100 には、車両の各種情報を授受する CAN (Controller Area Network) 40 が接続されており、車速 V_e は CAN 40 から受信することも可能である。また、コントロールユニット 30 には、CAN 40 以外の通信、アナログ/デジタル信号、電波等を授受する非 CAN 41 も接続可能である。

[0006] コントロールユニット 30 は主として CPU (MPU や MCU 等も含む) で構成されるが、その CPU 内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと図 2 のようになる。

[0007] 図 2 を参照してコントロールユニット 30 を説明すると、トルクセンサ 10 で検出された操舵トルク T_h 及び車速センサ 12 で検出された (若しくは CAN 40 からの) 車速 V_s は、電流指令値 I_{ref1} を演算する電流指令値演算部 31 に入力される。電流指令値演算部 31 は、入力された操舵トルク T_h 及び車速 V_s に基づいてアシストマップ等を用いて、モータ 20 に供給する電流の制御目標値である電流指令値 I_{ref1} を演算する。電流指令値 I_{ref1} は加算部 32A を経て電流制限部 33 に入力され、最大電流を制限された電流指令値 I_{refm} が減算部 32B に入力され、フィードバックされているモータ電流値 I_m との偏差 I ($= I_{refm} - I_m$) が演算され、その偏差 I が操舵動作の特性改善のための PI 制御部 34 に入力される

。PI制御部34で特性改善された電圧制御指令値 V_{ref} がPWM制御部35に入力され、更にインバータ36を介してモータ20がPWM駆動される。モータ20の電流値 I_m はモータ電流検出器37で検出され、減算部32Bにフィードバックされる。インバータ36は、半導体スイッチング素子としてのFETのブリッジ回路で構成されている。

[0008] モータ20にはレゾルバ等の回転センサ21が連結されており、回転センサ21からモータ回転角度 θ が出力され、更にモータ速度 ω がモータ速度演算部22で演算される。

[0009] また、加算部32Aには補償信号生成部38からの補償信号CMが加算されており、補償信号CMの加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部38は、セルフアライニングトルク(SAT)38-1と慣性38-2を加算部38-4で加算し、その加算結果に更に収れん性38-3を加算部38-5で加算し、加算部38-5の加算結果を補償信号CMとしている。

[0010] モータ20が3相ブラシレスモータの場合、PWM制御部35及びインバータ36の詳細は例えば図3に示すような構成となっており、PWM制御部35は、電圧制御指令値 V_{ref} を所定式に従って3相分のPWMデューティ値 $D_1 \sim D_6$ を演算するデューティ演算部35Aと、PWMデューティ値 $D_1 \sim D_6$ で駆動素子としてのFETのゲートを駆動すると共に、デッドタイムの補償をしてON/OFFするゲート駆動部35Bとで構成されている。インバータ36は半導体スイッチング素子としてのFETの3相ブリッジ(FET1~FET6)で構成されており、PWMデューティ値 $D_1 \sim D_6$ でON/OFFされることによってモータ20を駆動する。また、インバータ36とモータ20との間の電力供給線には、電力供給を行い(ON)又は遮断(OFF)するためのモータリレー23が各相に接続されている。

[0011] このようなブラシレスモータを用いた電動パワーステアリングでは、モータ電流を正確に制御しなければ、モータの発生トルクを正確に得ることができず、モータ角度を精度良く検出するセンサが必要とされている。角度セン

サとしては、レゾルバやホールセンサ、MRセンサ等があり、何れの方式もモータの角度を必要とされる精度で検出する機能を備えている。

[0012] 図4は角度検出系の全体構成を示しており、ハンドル1に連結されているステアリングシャフト（コラム軸）2はトーションバー2Aを具備しており、トーションバー2Aを挟んでハンドル1側にはハンドル側角度センサ14Hが設けられ、ピニオン側にはピニオン側角度14Pが設けられている。また、ステアリングシャフト2に減速ギア3を介して設けられているモータ20には、レゾルバ等の回転センサ21が取付けられている。ピニオン側角度センサ14Pで検出されたピニオン側角度 θ_p 、回転センサ21からのモータ角度 θ_m 、電流検出回路で検出されたモータ電流 I_m はコントロールユニット30に入力される。

[0013] しかし、ブラシレスモータを用いた電動パワーステアリングは、モータ効率の高さ等の理由から、比較的ラック推力の大きな車両に用いられている。よって、モータ角度センサが故障すると、モータ電流を制御することが不可能となり、アシスト機能が失陥し、正常時とは全く異なる操舵感となってしまう問題があった。また、アシスト機能の失陥は、それまではモータでアシストしていた力が急に喪失することから、運転者はモータのアシスト力相当の力をハンドルからの急激な反力として受けてしまうことになり、これは、ハンドルからの衝撃として受けることになる。衝撃の程度が運転者にとってコントロールできる範囲内であれば問題は小さいが、コントロールできる範囲外だった場合は、運転者への影響だけでなく、車両挙動への影響も起こりうるため、安全上の問題となり得る。

[0014] そこで、ブラシレスモータを採用した電動パワーステアリングは、モータの角度センサが故障しても角度検出することのできる代替手段を搭載することが求められている。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特許第5614598号公報

特許文献2：特許第5 1 6 8 0 5 7号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] 従来は、主にモータが回転する際に発生させる逆起電圧をECUでモニタし演算することで、モータの角度(電気角度)を推定している。しかし、モータの逆起電圧は低速操舵領域では十分な電圧振幅を得ることが難しく、保舵状態や低速操舵(100deg/s以下など)では角度推定が困難となり、誤った角度を推定してしまうなどの問題がある。このため、モータの逆起電圧が十分な振幅となるように、意図的にモータへ電流を流して、十分な逆起電圧が得られるモータ回転数を発生させるような操作を行ってみたり、モータ内のステータに高周波電圧(200Hz等)を印加し、ベクトル制御のd軸とq軸でのインダクタンス差を利用して、流れるモータ電流の振幅や位相(ベクトル)を計測したりといった、複雑な操作を行うなどして角度推定を行っている。

[0017] しかし、そもそも角度推定されることを前提としたモータ構造ではないため、これらの推定手段を用いたとしても、低速操舵領域や十分な操舵アシスト電流を流している状態では、推定精度の悪化や誤推定等の影響が大きくなり、モータ角度センサが正常な時とは大きく異なる操舵感となってしまう問題が残っている。

[0018] 本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、低速操舵でも精度良く角度推定を行い得るように、モータ回生電流を用いた角度推定を行うことができる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

[0019] 本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいて操舵系にアシストトルクを付与するモータを、PWMの各相Dutyによるインバータで駆動制御すると共に、前記操舵系若しくは前記モータの角度を検出する電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、前記角度の検出系が故障したときに前記角度を推定する角度推定部

を備え、前記角度推定部で推定された推定角度に基づいてアシスト制御を行うことにより達成される。

[0020] 本発明の上記目的は、前記角度推定部は、前記モータの回生電流の検出のために前記各相Dutyを0%若しくは100%に固定することにより、或いはモータ電流検出回路が前記インバータの下段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを0%とすることにより、或いはモータ電流検出回路が前記インバータの上段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを100%とすることにより、或いはモータ電流検出回路がモータ相上に配置されている場合は、固定するDutyを0%若しくは100%で選択できることにより、或いは前記角度推定部は、前記各相Dutyの全てを固定中に前記モータの電流を検出するようになっていることにより、或いは前記角度推定部は、検出されたモータ電流から前記角度を推定するようになっていることにより、或いは前記角度推定部は、ステアリングシャフト角度の回転方向から推定角度を補正するようになっていることにより、或いは前記角度推定部は、ステアリングシャフト角度の回転方向の代わりに前記操舵トルクの符号若しくは前記操舵トルクの微分値の符号を用いていることにより、或いは前記各相Dutyの固定時間を操舵速度及びアシストトルクなどの状況に応じて変更できることにより、或いは前記角度推定部は、前記モータが全く回転しない状況で、且つ角度推定が不定の場合は、前記モータへ電流を流して前記モータを動かし、その直後に前記各相Dutyを固定して電流を検出することで角度推定を行うようになっていることにより、より効果的に達成される。

[0021] また、本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいて操舵系にアシストトルクを付与する2系統巻線を有するモータを、PWMの各相Dutyによる各系統インバータで駆動制御すると共に、前記操舵系若しくは前記モータの角度を検出する電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、前記角度の検出系が故障したときに前記角度を推定する角度推定部を各系統に備え、前記角度推定部で推定された推定角度に基づいて各系統のアシスト制御を行うことにより達成される

。

[0022] 本発明の上記目的は、前記各系統の角度推定部は、前記2系統巻線の回生電流の検出のために前記各系統の各相Dutyを0%若しくは100%に固定することにより、或いはモータ電流検出回路が前記各系統インバータの下段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを0%とすることにより、或いはモータ電流検出回路が前記各系統インバータの上段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを100%とすることにより、或いはモータ電流検出回路がモータ相上に配置されている場合は、固定するDutyを0%若しくは100%で選択できることにより、或いは2系統でアシスト制御しておき、角度推定が必要となった時だけ、一方系統のアシスト制御を停止するようになっていることにより、或いは一方の系統でアシスト制御し、他方の系統で角度推定している間に不足するアシスト量は、アシスト制御している系統のアシスト量を増加させることで補うようになっていることにより、或いは角度推定している系統の回生電流が過大にならないように、モータ開放リレーをON/OFF制御するようになっていることにより、或いは角度推定している系統の回生電流が過大にならないように、Duty固定モードと0[A]制御を高速に交互に切り替えるようになっていることにより、或いは角度推定している系統が発生するブレーキトルクを相殺するアシストトルクをアシストする系統で発生させるようになっていることにより、或いは前記各系統のインバータのデッドタイムの影響を考慮しない場合は、固定するDutyは限定せずに3相とも同じDutyとし、且つ必要な電流値が測定できるDutyであれば良いことにより、より効果的に達成される。

発明の効果

[0023] 本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、モータ回生電流を用いた角度推定を行うようにしているので、低速操舵でも精度良く角度推定を行い得る。これにより、角度検出系が故障しても、アシスト制御を継続することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]電動パワーステアリング装置の概要を示す構成図である。

[図2]電動パワーステアリング装置のコントロールユニット（ECU）の構成例を示すブロック図である。

[図3]電動パワーステアリング装置のモータ制御部の構成例を示す線図である。

[図4]角度検出系の全体構成を示す模式図である。

[図5]本発明の構成例を示すブロック図である。

[図6]本発明の動作例を示すフローチャートである。

[図7]相電流から電気角を推定するための一例を示す特性図である。

[図8]2系統巻線を有するモータ（Y結線）の結線図である。

[図9]2系統巻線を有するモータ（デルタ結線）の結線図である。

[図10]2系統巻線を有するモータ（Y結線）を駆動制御する本発明の具体的な構成例を示すブロック図である。

[0025] 本発明の具体的な構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] 電動パワーステアリング装置（EPS）の駆動素子にブラシレスモータを用いている場合、正確なモータトルクを発生させるためにモータ回転角を得る必要がある。通常、レゾルバやホールセンサ、MRセンサ等を用いて角度を検出している。よって、これら角度検出手段が故障（異常を含む）した場合、正確なモータトルクを発生させることができなくなるため、電動パワーステアリング装置の主機能となる操舵アシスト機能を継続することができなくなる問題がある。

[0027] そこで、本発明では、角度センサを含む角度検出系が故障しても角度を推定する角度推定手段を設けることで、角度検出系が故障した場合であっても推定角度によって操舵アシスト機能を継続させる。角度推定の具体的な手段は、角度センサの故障が発生し、角度推定が必要となったタイミングで、意図的にUVW相全てのDuty指令値を0%に固定する。これは、モータを完全な電磁ブレーキモードとすることで、ステアリング系にダンピング成分を付与

し、急激な操舵速度の変化による車両挙動の不安定状態(ヨーレートの発散や、旋回中の急激な操舵トルクの上昇、急激な横加速度の発生など)を避けることを目的とすると共に、モータが回転することにより発生する回生電流を即座にECUで正確に検出させ、角度推定を実施するためである。上記Dutyの全相0%固定は、電流検出方式が下流シャント方式のECUの場合であり、電流検出方式が上流シャント方式であれば、Dutyは全相100%に固定することでダンピングの付与と回生電流検出が可能となるし、相電流検出方式のECUであれば、0%若しくは100%に固定すれば良い。

[0028] そして、角度推定が完了したときにDuty0%固定を解除し、角度センサの角度情報が使えない代わりに、推定された角度情報に基づいて通常と同等のアシスト制御を行い、アシスト機能を継続させる。アシスト機能の継続中は角度情報が得られなくなるため、角度推定(Duty0%若しくは100%固定)とアシスト制御を交互に繰り返すことで、角度推定しながらアシスト制御を行うことが可能となる。

[0029] 本発明では、低速操舵でも精度良く角度推定を行い得るように、角度検出系が故障したタイミングでモータ回生電流を用いた角度推定を行う。この方法は、ECUの内部インピーダンス(抵抗成分)やモータ巻線のインピーダンス(抵抗成分)が十分に低いことを利用している。通常、ECUやモータのインピーダンス(抵抗成分)は10mΩ程度であるため、モータの逆起電圧では振幅が小さ過ぎて計測が難しい低速操舵領域でも、十分な検出電流値を得ることができ、精度良く角度推定が可能となる。モータの回生電流をECUで精度良く検出するためには、3相全て同じDutyに保つ。これはECU側からモータへ余計な電流を流さずに、回生電流のみを検出するためである。しかし、通常のモータ駆動に用いられる回路構成は、各相にスイッチング素子を2個配置したインバータ構成であるため、この2個のスイッチング素子が短絡しないようなガード間隔としてデッドタイムが設けられており、電流検出の精度が低下してしまう。デッドタイムによる検出精度の悪化を防ぐために、3相全てのDutyは0%若しくは100%に固定することにより、デッドタイム

の影響を除外することが可能となる。

[0030] ただし、モータ電流の検出方式によって、固定する最適なDutyは異なることに注意する必要がある。例えば、下段のスイッチング素子と隣接する形で電流検出用にシャント抵抗などの電流検出素子を配置したような場合は、Dutyを0%に固定して、全てのモータ回生電流がシャント抵抗を流れるようにする。これとは逆に、上段のスイッチング素子と隣接する形で電流検出素子が配置されている場合は、Dutyを100%に固定する。

[0031] もしも、電流検出素子が上段と下段の間のモータ相上に直接配置されている場合、Dutyは100%でも0%でもどちらかで構わない。このようにすることで、極めて遅い操舵速度(例えば10deg/s以下)でも、精度良くモータ回生電流を検出でき、3相の電流の大小関係等から、電気角を推定することが可能となる。

[0032] 以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

[0033] 図5は本発明の構成例を示しており、角度検出系は図4と同様になっている。ECU200内にはMCU230、安定化電源回路201、A/D変換部202などが設けられており、MCU230は故障判定部210、角度推定部220、トルク方向判定部221、補正部222の機能を具備している。ECU200は、FETゲート駆動回路130に演算した各相Dutyを入力し、インバータ140を介してモータ100を駆動する。インバータ140にはバッテリー105からスイッチ部131を経て電力が供給され、スイッチ部131はECU200でON/OFFされる。また、バッテリー105からECU200に電力が供給されると共に、イグニッションキー104からのイグニッションキー信号がECU200及びスイッチ部131入力される。

[0034] モータ100のロータには回転センサとしてレゾルバ101が連結されており、レゾルバ101からの検出信号はロータ回転角検出回路102に入力され、検出された回転角 θ はECU200に入力される。また、モータ100の相電流は電流検出回路103で検出され、検出された相電流 I_p はECU200に入力される。更に、トルクセンサ110で検出された操舵トルク

ThはA/D変換部202でデジタル値に変換されてMCU230に入力され、車速センサ111からの車速VsはMCU230に入力される。

[0035] このような構成において、その動作例を図6のフローチャートを参照して説明する。

[0036] 動作がスタートとするとトルクセンサ110から操舵トルクThが入力されると共に、車速センサ111から車速Vsが入力される（ステップS1）。ECU200（MCU230）は操舵トルクTh及び車速Vsに基づいて電流指令値を演算すると共に（ステップS2）、各相Dutyを演算する（ステップS3）。ゲート駆動回路130及びインバータ140を介してモータ100が駆動される（ステップS4）。このアシスト制御状態で、相電流Ipは電流検出回路103で検出され、回転角θはロータ回転角検出回路102で検出され、それぞれECU200に入力される。

[0037] MCU230内の故障判定部210は、上述のようなアシスト制御中に、角度センサ（レゾルバ101等）に故障（異常を含む）が発生していないかを判定する（ステップS5）。角度センサ（レゾルバ101等）の故障判定は、 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ に収まっているか否か等の、一般的な手法を用いる。故障が発生していない場合は、上記ステップS1にリターンして上記動作を繰り返す。

[0038] 上記ステップS5において、故障判定部210により角度センサに故障が発生したと判定された場合には、Dutyを0%に固定してモータ100の駆動を停止すると共に（ステップS10）、電流検出回路103で検出した相電流Ipの振幅が閾値Pth以上であるか否かを判定する（ステップS11）。相電流Ipの振幅が閾値Pthよりも小さい場合には、上記ステップS10にリターンする。なお、閾値Pthは、A/D変換後の電流検出値のノイズの振幅よりも大きい値とする。フィルタ処理等によりノイズを低減させることで、より小さい閾値Pthを設定することもできる。

[0039] 上記ステップS11において、相電流Ipの振幅が閾値Pth以上であると判定された場合には、MCU230内の角度推定部220は相電流Ipか

ら電気角を推定する（ステップS 1 2）。相電流 I_p から電気角を推定するための実施例は、図7に示すような特性である。即ち例えばU相とV相が正の値で、W相が負の値の時は、推定角度は $0 \sim 60^\circ$ の範囲であると推定する。更に細かく、U相よりもV相が大きい時は $0 \sim 30^\circ$ の範囲と推定し、逆にU相がV相よりも大きい場合は $30 \sim 60^\circ$ の範囲であると推定する。他の角度についても同様に、電流の符号と大小関係から 30° 刻みの角度を推定することができる。

[0040] 次に、ECU 200内のトルク方向判定部221は、ピニオン側角度の動きから、モータ100に掛かるトルクを方向を判定する（ステップS 1 3）。上記ステップS 1 2で推定した推定角度は、モータ100に掛かる（発生する）トルクが逆転すると、 180° ズレるため、コラム軸のピニオン側角度（出力軸角度）であるステアリングシャフト角度 θ_p の変化する方向（角度の変化方向とは、回転方向を意味する）から、モータ100に掛かるトルクの向きを推定し、必要であれば 180° 補正する。例えばステアリングシャフト角度 θ_p がCW方向に回転している場合は、モータ100は3相が短絡しているに等しいことから、CW回転に対してブレーキトルクを発生させる。このブレーキトルクは回転方向とは逆向きとなるため、モータ100のトルク方向はCCWとなる。逆にステアリングシャフト角度 θ_p がCCW方向に回転している場合は、モータ100のトルク方向はCWとなる。

[0041] MCU 230内の補正部222は、トルク方向判定部221で判定されたトルク方向から推定電気角を補正する（ステップS 1 4）。モータ100の相電流 I_p は、モータ100のトルク方向が反転すると、極性が反転する特性がある。つまり、CW方向のモータトルクが角度 90° で発生した場合と、CCW方向のモータトルクが角度 270° で発生した場合では、同じ相電流の符号と大小関係になる。従って、補正部222は、例えば図7に示す電流と角度の関係が、モータ100の発生するトルクがCW方向であった場合を仮定すると、モータ100のトルクがCCW方向だった場合は、推定角度を 180° オフセット補正させることで正しい角度を推定することがで

きるようになる。

[0042] 上述のように電気角の推定及び補正が終了すると、ECU200は各相Dutyの0%固定を解除し（ステップS15）、補正された推定角度で通常と同じアシスト制御を行う（ステップS16）。

[0043] 上述では電流検出回路103をモータ相間に配置して、Dutyを0%に固定するようにしているが、100%に固定に固定しても良い。また、インバータ下段のFET（Q2、Q4、Q6）と隣接する形で電流検出用シャント抵抗などの電流検出素子を配置したような場合は、Dutyを0%に固定して、全てのモータ回生電流がシャント抵抗を流れるようにする。これとは逆に、インバータ上段のFET（Q1、Q3、Q5）と隣接する形で電流検出素子が配置されている場合は、Dutyを100%に固定する。

[0044] また、角度推定部220は、ステアリングシャフト角度（ピニオン側角度）の代わりに操舵トルクThの符号若しくは操舵トルクThの微分値の符号を用いてトルク方向を判定しても良く、各相Dutyの固定時間（角度推定に要する時間）は、操舵速度及びアシストトルクなどの状況に応じて変更することができる。更に、角度推定部220は、モータ100が全く回転しない状況で、且つ角度推定が不定の場合は、モータ100へ電流を流してモータ100を動かし、その直後に各相Dutyを固定して電流を検出することで角度推定を行うようにしても良い。

[0045] 一方、近年モータの安全性を高めるため、モータ巻線を多系統化したモータが出現している。図8はY結線の3相モータを示しており、1系統がU相巻線UW1、V相巻線VW1、W相巻線WW1で構成され、他の1系統がU相巻線UW2、V相巻線VW2、W相巻線WW2で構成されている。巻線UW1～WW1又は巻線UW2～WW2に3相電流を流すことによってモータが駆動される。また、図9はデルタ結線の3相モータを示しており、1系統がU相巻線UW1、V相巻線VW1、W相巻線WW1で構成され、他の1系統がU相巻線UW2、V相巻線VW2、W相巻線WW2で構成されている。巻線UW1～WW1又は巻線UW2～WW2に3相電流を流すことによって

モータが駆動される。

[0046] このような多系統巻線を有するモータで駆動される電動パワーステアリング装置にも本発明を適用することができ、その構成例を図5に対応させて図10に示す。本例では、Y結線の2系統巻線（L1：L1u～L1w，L2：L2u～L2w）を有するモータ150の駆動制御について説明する。

[0047] 2系統モータ巻線を有するモータ150を駆動するモータ制御部は、巻線L1（L1u～L1w）を駆動制御する制御部150Aと、巻線L2（L2u～L2w）を駆動制御する制御部150Bとで構成されている。制御部150A及び150Bは同一構成であり、制御部150A及び150BはそれぞれECU200A及び200Bで制御される。ECU200A及び200Bはそれぞれ少なくとも、故障判定部210A及び210B、角度推定部220A及び220B、トルク方向判定部221A及び221B、補正部222A及び222Bの機能を具備している。

[0048] ECU200A及び200Bには操舵トルクTh、車速Vs及びロータ回転角検出回路102からの回転角θが入力され、ECU200Aには、第1系統のモータ巻線L1の各相コイルから検出されたモータ電流I1d（Iu1，Iv1，Iw1）が入力され、ECU200Bには第2系統のモータ巻線L2の各相コイルから検出されたモータ電流I2d（Iu2，Iv2，Iw2）が入力される。ECU200Aで、上述のように演算されたDutyの駆動信号GtAはゲート駆動回路130Aに入力され、ECU200Bで演算されたDutyの駆動信号GtBはゲート駆動回路130Bに入力される。また、ECU200A内の故障判定部210Aで判定された故障信号SAaはゲート駆動回路130Aに入力され、ECU200B内の故障判定部210Bで判定された故障信号SAbはゲート駆動回路130Bに入力される。

[0049] また、制御部150A及び150Bには、直流電源としてのバッテリー105からノイズフィルタ106を経て、更にそれぞれゲート駆動回路130A及び130BによってON/OFFされる電源遮断回路131A及び131Bを介して直流電流が供給されている。電源遮断回路131A及び131B

のそれぞれは、2つのFETQC1、QC2及びQD1、QD2がソース同士を接続して寄生ダイオードが逆向きとなる直列回路構成を有する。そして、FETQC1及びQD1のドレインが互いに接続されてノイズフィルタ106の出力側に接続され、FETQC2及びQD2のドレインがインバータ122A及び122Bの各FETQ1、Q2及びQ3のソースに接続されている。

[0050] インバータ140A及び140Bの電源供給部には、電源平滑用の電解コンデンサCA及びCBが並列に接続されている。また、インバータ140Aとモータ150の巻線L1との間には、電流遮断用のFETQA1、QA2及びQA3で成るモータ開放リレー132Aが接続され、インバータ140Bとモータ150の巻線L2との間には、電流遮断用のFETQB1、QB2及びQB3で成るモータ開放リレー132Bが接続されている。モータ開放リレー132A及び132BのFETQA1～QA3及びQB1～QB3がそれぞれの寄生ダイオードDのカソードをインバータ140A及び140B側として、各々が同一向きに接続されている。

[0051] ECU200Aは、角度検出系の故障が判定されず故障信号SAaを出力していないとき、演算した駆動信号GtAに基づいてゲート駆動回路130A、インバータ140Aを介してモータ150の巻線L1を駆動し、ECU200Bは、角度検出系の故障が判定されず故障信号SAbを出力していないとき、演算した駆動信号GtBに基づいてゲート駆動回路130B、インバータ140Bを介してモータ150の巻線L2を駆動する。ゲート駆動回路130AはECU200Aから故障信号SAaが入力されたとき、Dutyを0%若しくは100%に固定すると共に、必要に応じて電源遮断回路131A及びモータ開放リレー132AをOF/OFF制御する。また、ゲート駆動回路130BはECU200Bから故障信号SAbが入力されたとき、Dutyを0%若しくは100%に固定すると共に、必要に応じて電源遮断回路131B及びモータ開放リレー132BをOF/OFF制御する。

[0052] このような2系統のハードウェア構成の場合は、一方の系統は駆動専用と

して、もう一方の系統はモータの電流から角度を推定する専用として用いることもできる。具体的には、一方の系統はDutyを0%乃至100%に固定して、モータ電流を常に検出して角度を推定し続ける。残りのもう一方は、推定された角度を使いアシスト制御を行う。このようにすることで、角度推定とアシスト制御が同時に行うことが可能となり、より滑らかな操舵感とすることが可能となる。また、Dutyを固定した系統のモータはブレーキトルクを常に発生させるため、アシスト制御する側の系統では、ブレーキトルクを相殺するアシストトルクを発生させることで、操舵感の変化を相殺できる。更に、ブレーキトルク過大によるアシスト不足や不要な粘性感を避けるため、Dutyを固定した系統のモータ開放リレーをON/OFF制御することで、過度なブレーキトルクとならないように制御することもできる。若しくは、Duty固定モードと0[A]制御を高速に交互に繰り返すことでも、同様の効果を得ることができる。

[0053] 各系統のインバータのデッドタイムの影響を考慮しない場合は、固定するDutyは限定せずに3相とも同じDutyとし、且つ必要な電流値が測定できるDutyであれば良い。

符号の説明

[0054] 1	ハンドル
2 A	トーションバー
2	コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）
10、110	トルクセンサ
12、111	車速センサ
14 H	ハンドル側角度センサ
14 P	ピニオン側角度センサ
20、100、150	モータ
23	モータ開放スイッチ
30、200	コントロールユニット（ECU）
31	電流指令値演算部

3 4	P I 制御部
3 5	P W M 制御部
3 6、1 4 0	インバータ
1 0 1	レゾルバ
1 0 2	ロータ回転角検出回路
1 0 3	電流検出回路
1 3 0	F E T ゲート駆動回路
2 1 0	故障判定部
2 2 0	角度推定部
2 2 1	トルク方向判定部
2 2 2	補正部
2 3 0	M C U

請求の範囲

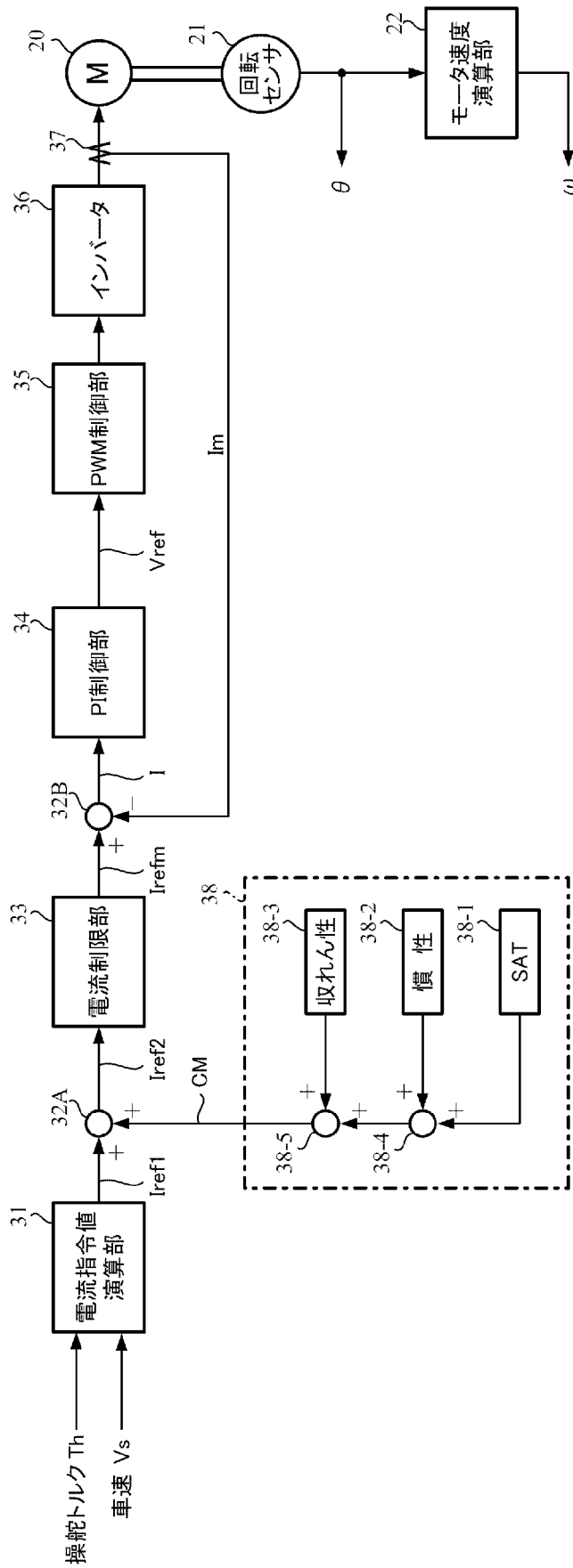
- [請求項1] 少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいて操舵系にアシストトルクを付与するモータを、PWMの各相Dutyによるインバータで駆動制御すると共に、前記操舵系若しくは前記モータの角度を検出する電動パワーステアリング装置において、
- 前記角度の検出系が故障したときに前記角度を推定する角度推定部を備え、前記角度推定部で推定された推定角度に基づいてアシスト制御を行うことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項2] 前記角度推定部は、前記モータの回生電流の検出のために前記各相Dutyを0%若しくは100%に固定する請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項3] モータ電流検出回路が前記インバータの下段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを0%とする請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項4] モータ電流検出回路が前記インバータの上段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを100%とする請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項5] モータ電流検出回路がモータ相上に配置されている場合は、固定するDutyを0%若しくは100%で選択できる請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項6] 前記角度推定部は、前記各相Dutyの全てを固定中に前記モータの電流を検出するようになっている請求項1乃至5のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項7] 前記角度推定部は、検出されたモータ電流から前記角度を推定するようになっている請求項6に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項8] 前記角度推定部は、ステアリングシャフト角度の回転方向から推定角度を補正するようになっている請求項1乃至7のいずれかに記載の電

動パワーステアリング装置。

- [請求項9] 前記角度推定部は、ステアリングシャフト角度の回転方向の代わりに前記操舵トルクの符号若しくは前記操舵トルクの微分値の符号を用いている請求項1乃至7のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項10] 前記各相Dutyの固定時間を操舵速度及びアシストトルクなどの状況に応じて変更できる請求項1乃至9のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項11] 前記角度推定部は、前記モータが全く回転しない状況で、且つ角度推定が不定の場合は、前記モータへ電流を流して前記モータを動かし、その直後に前記各相Dutyを固定して電流を検出することで角度推定を行うようになっている請求項6乃至9のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項12] 少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいて操舵系にアシストトルクを付与する2系統巻線を有するモータを、PWMの各相Dutyによる各系統インバータで駆動制御すると共に、前記操舵系若しくは前記モータの角度を検出する電動パワーステアリング装置において、
前記角度の検出系が故障したときに前記角度を推定する角度推定部を各系統に備え、前記角度推定部で推定された推定角度に基づいて各系統のアシスト制御を行うことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項13] 前記各系統の角度推定部は、前記2系統巻線の回生電流の検出のために前記各系統の各相Dutyを0%若しくは100%に固定する請求項12に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項14] モータ電流検出回路が前記各系統インバータの下段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを0%とする請求項12は13に記載の電動パワーステアリング装置。

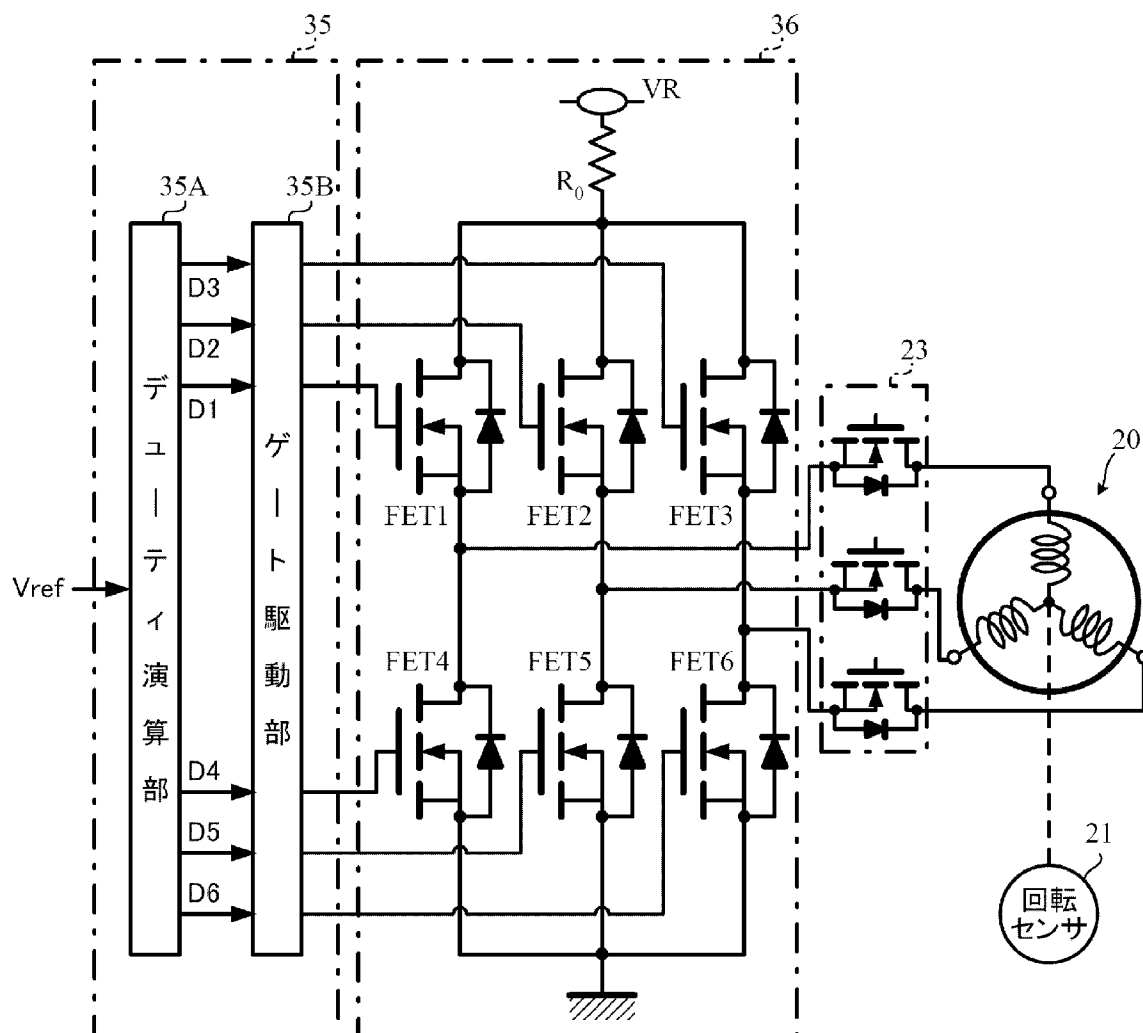
- [請求項15] モータ電流検出回路が前記各系統インバータの上段スイッチング素子と接している場合は、固定するDutyを100%とする請求項12又は13に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項16] モータ電流検出回路がモータ相上に配置されている場合は、固定するDutyを0%若しくは100%で選択できる請求項12又は13に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項17] 2系統でアシスト制御しておき、角度推定が必要となった時だけ、一方系統のアシスト制御を停止するようになっている請求項12乃至16のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項18] 一方の系統でアシスト制御し、他方の系統で角度推定している間に不足するアシスト量は、アシスト制御している系統のアシスト量を増加させることで補うようになっている請求項12乃至16のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項19] 角度推定している系統の回生電流が過大にならないように、モータ開放リレーをON/OFF制御するようになっている請求項12乃至18のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項20] 角度推定している系統の回生電流が過大にならないように、Duty固定モードと0[A]制御を高速に交互に切り替えるようになっている請求項12乃至18のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項21] 角度推定している系統が発生するブレーキトルクを相殺するアシストトルクをアシストする系統で発生させるようになっている請求項12乃至16のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項22] 前記各系統のインバータのデッドタイムの影響を考慮しない場合は、固定するDutyは限定せずに3相とも同じDutyとし、且つ必要な電流値が測定できるDutyであれば良い請求項21に記載の電動パワーステアリング装置。

[図2]



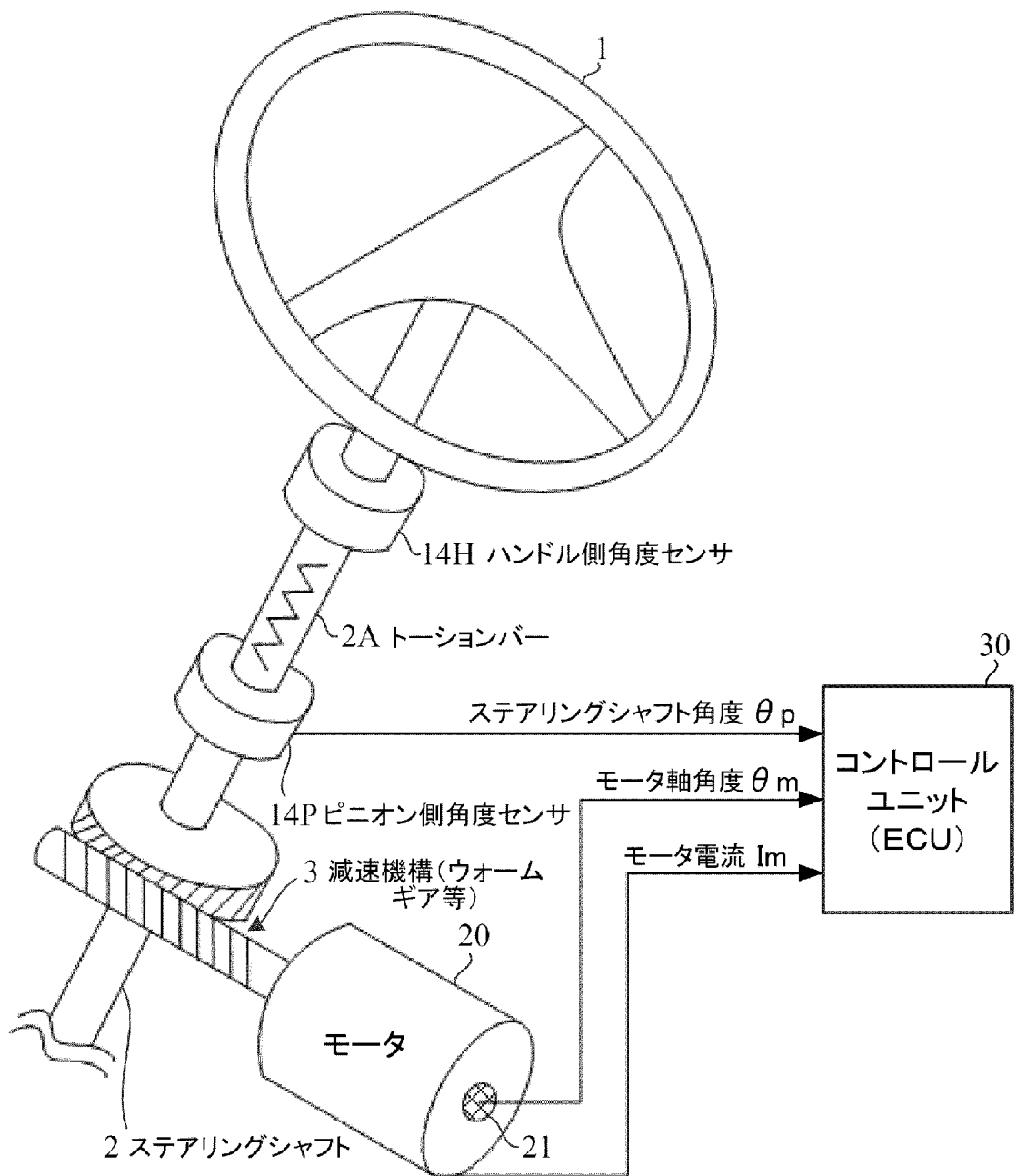
従来例

[図3]



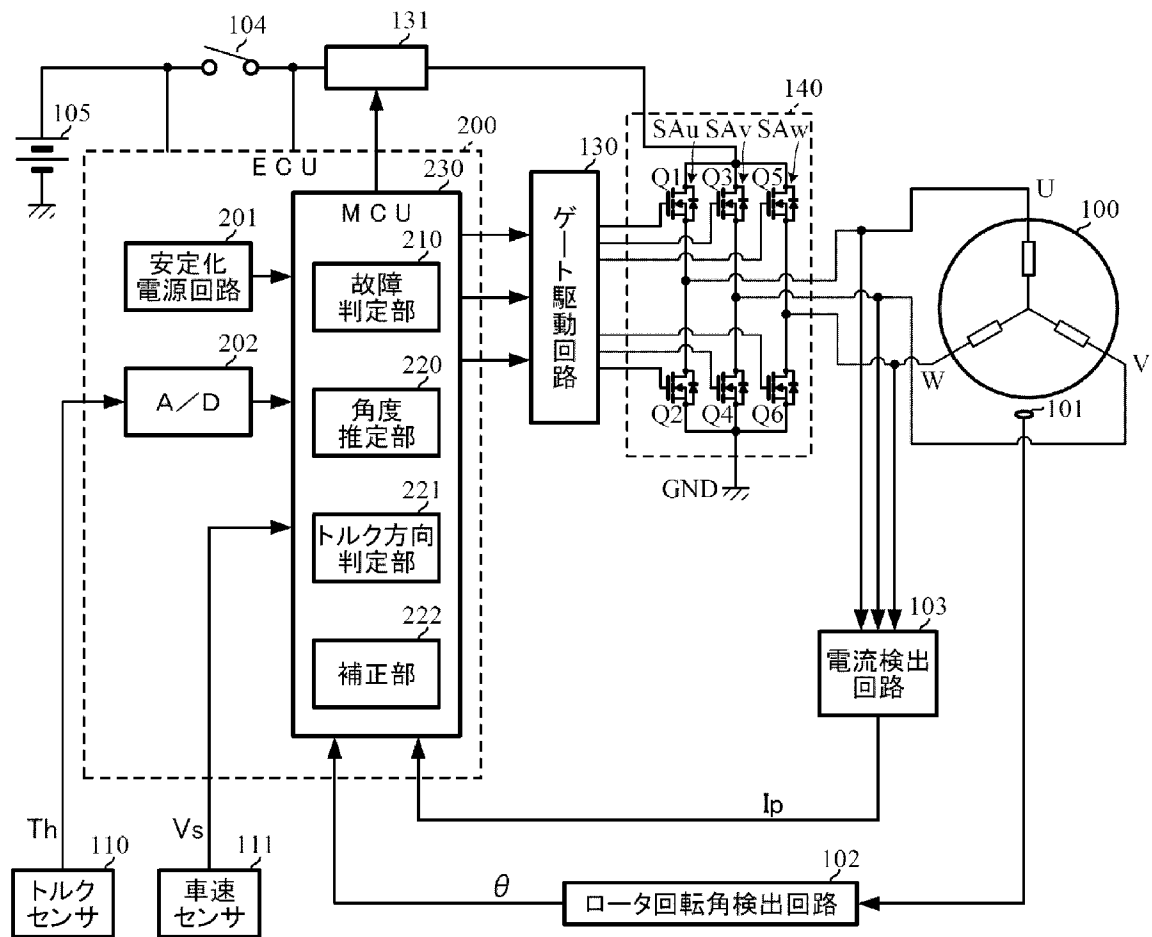
従来例

[図4]

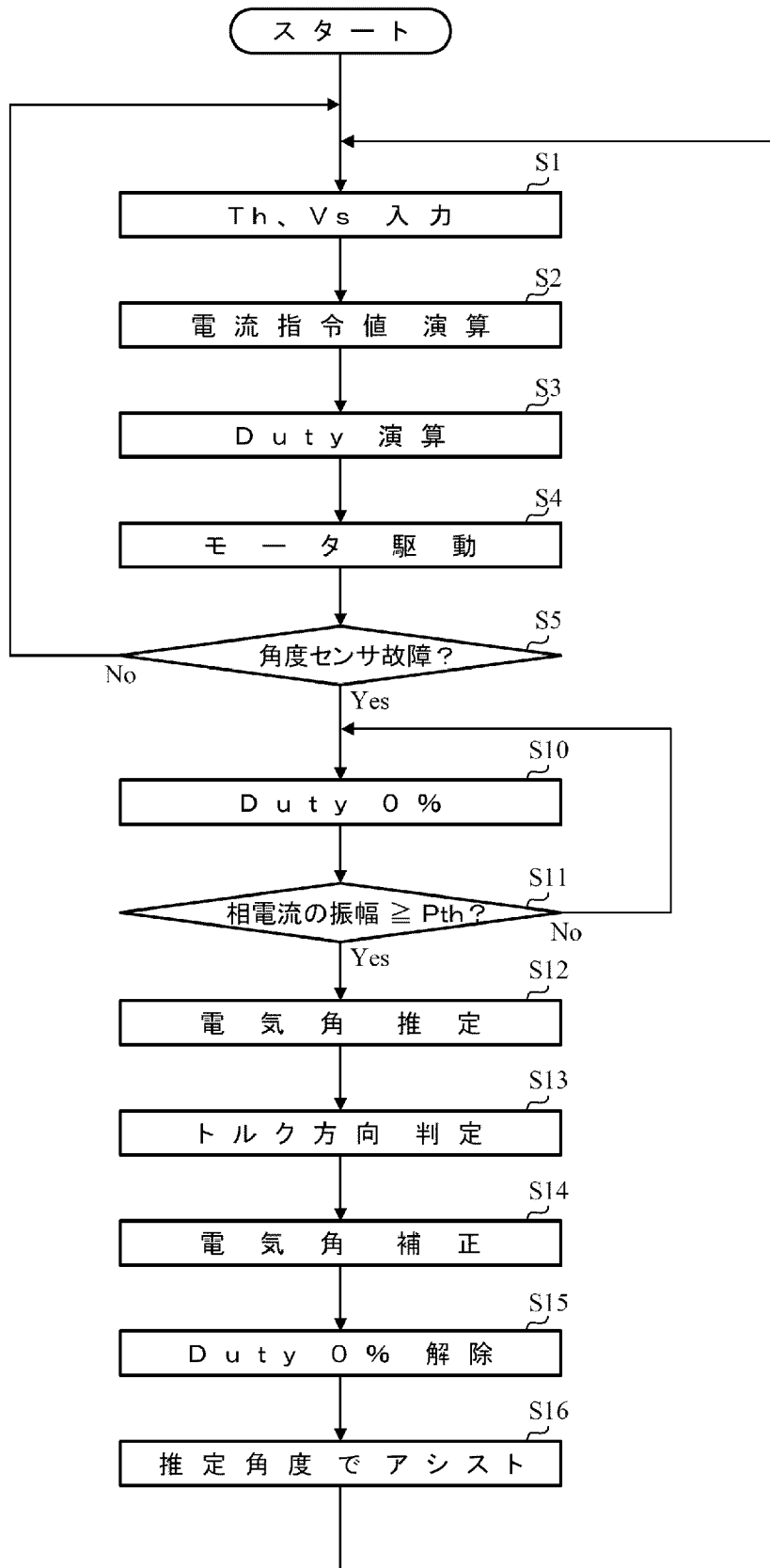


従来例

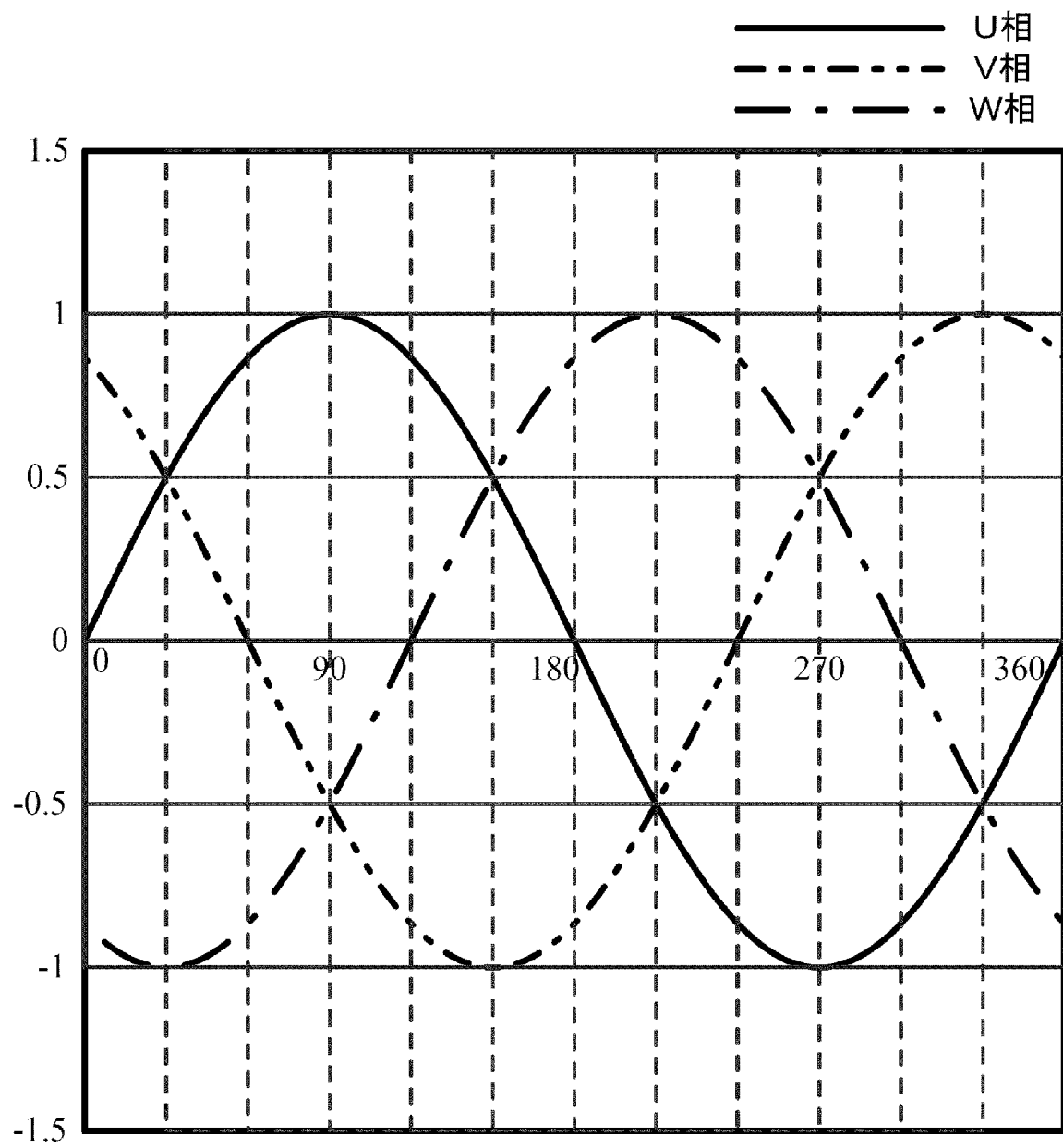
[図5]



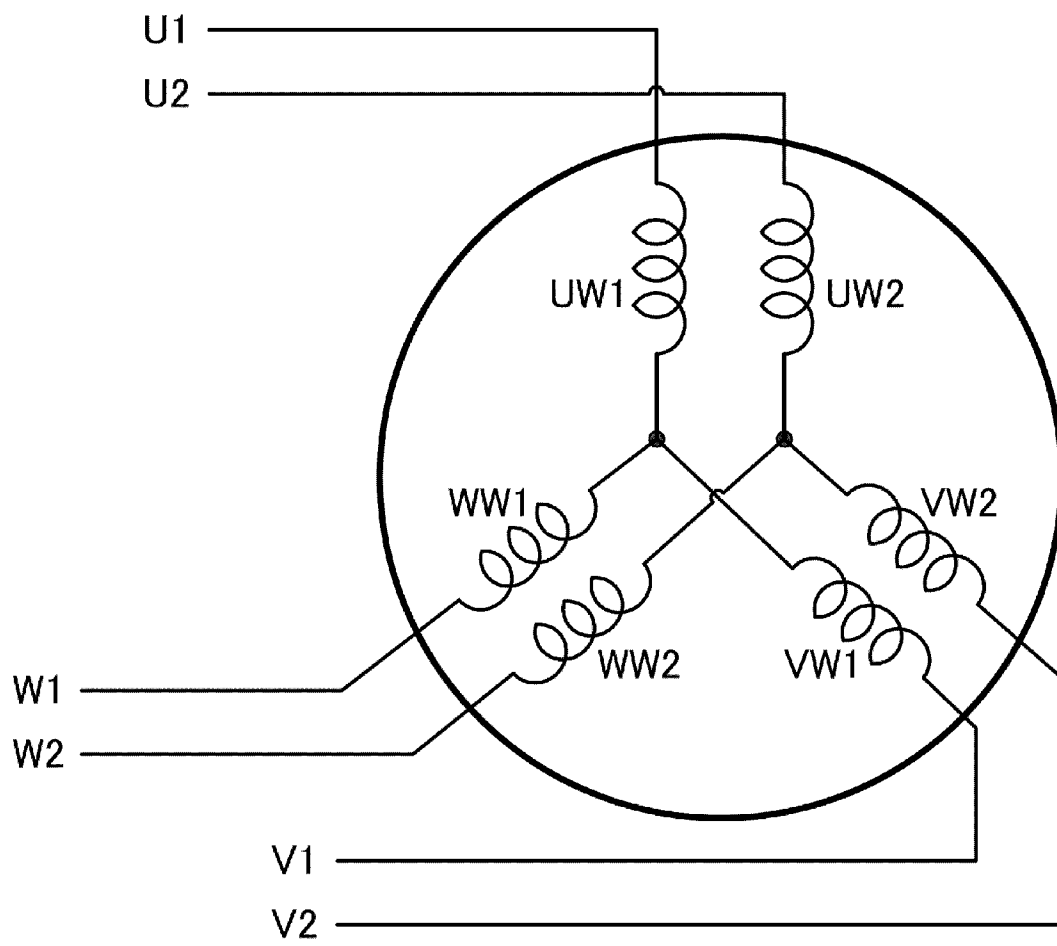
[図6]



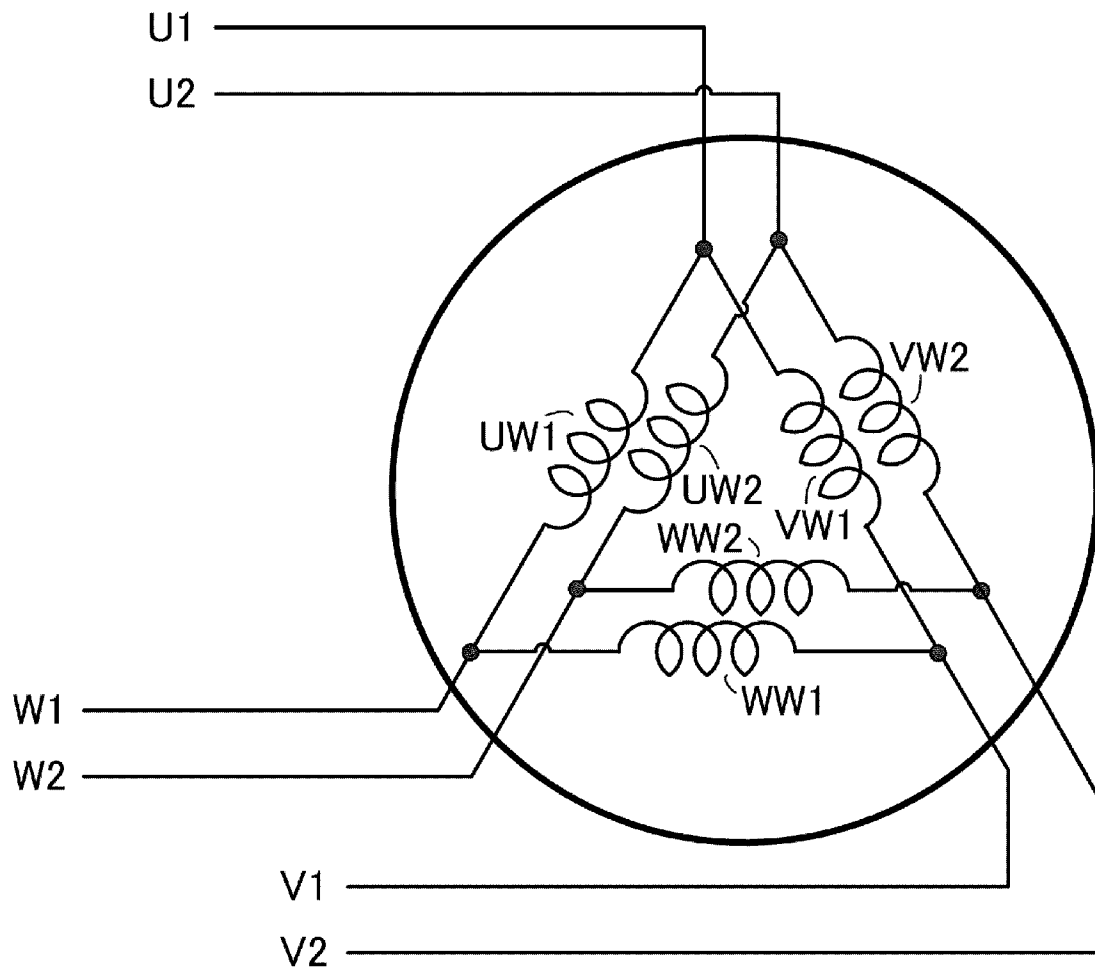
[図7]



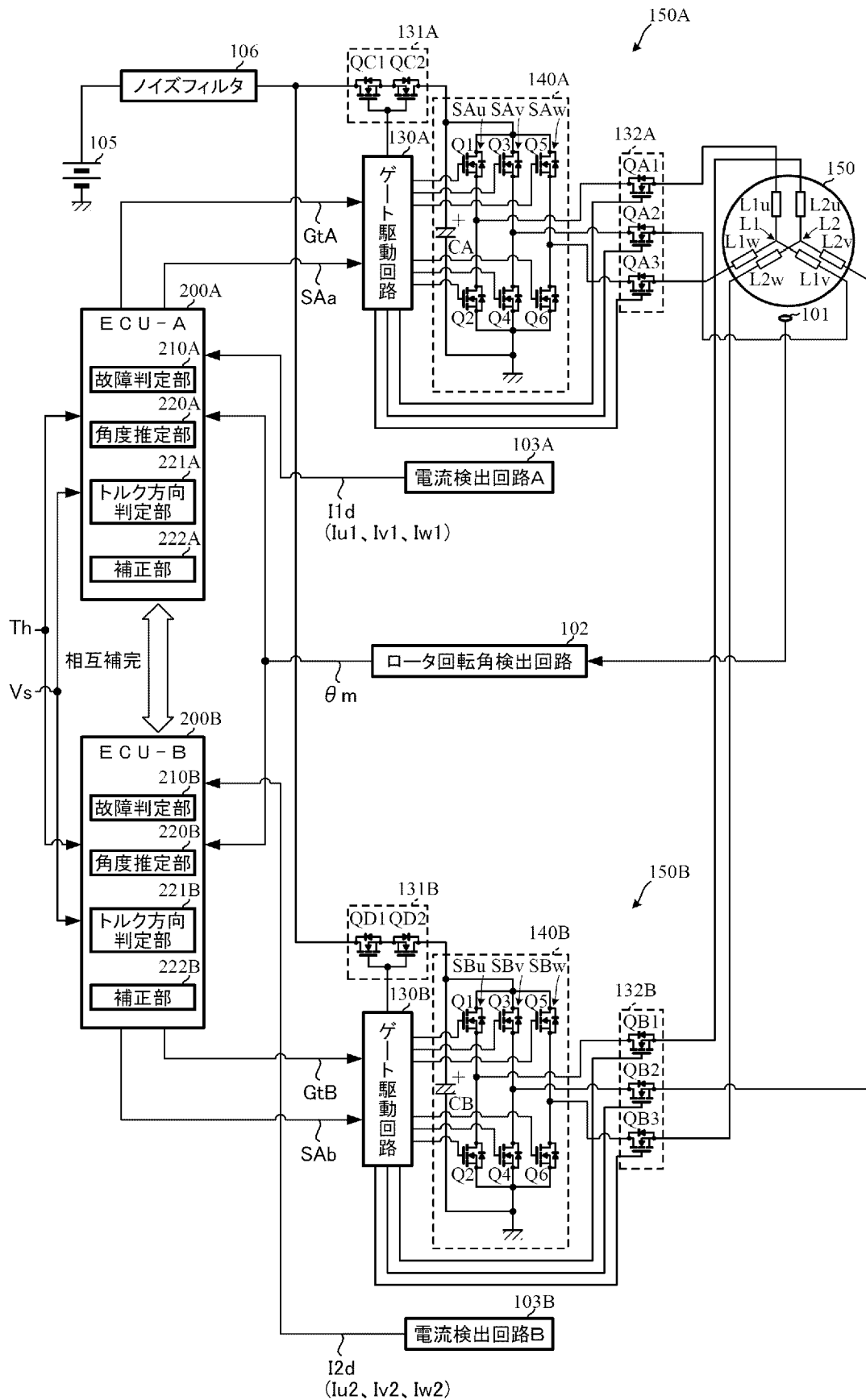
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D6/00(2006.01)i, H02P27/06(2006.01)i, B62D113/00(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B62D6/00, H02P27/06, B62D113/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2010-070037 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), paragraphs [0012] to [0062]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1, 8-9, 12 17-19, 21 2-7, 10-11, 13-16, 20, 22
Y	JP 2011-078230 A (Denso Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0019] to [0154]; fig. 1 to 23 & US 2011/0074333 A1 paragraphs [0036] to [0214]; fig. 1 to 23 & DE 102010037581 A1	17-19, 21
Y	JP 2005-349860 A (Honda Motor Co., Ltd.), 22 December 2005 (22.12.2005), paragraph [0031] (Family: none)	19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 November 2016 (29.11.16)

Date of mailing of the international search report
06 December 2016 (06.12.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077311

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-049773 A (NSK Ltd.), 06 March 2008 (06.03.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 2014-087213 A (Kubota Corp.), 12 May 2014 (12.05.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-22

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, H02P27/06(2006.01)i, B62D113/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B62D6/00, H02P27/06, B62D113/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2010-070037 A（三菱電機株式会社）2010.04.02, 段落[0012]—[0062]、[図1]—[図8]（ファミリーなし）	1, 8-9, 12 17-19, 21 2-7, 10-11, 13-16, 20, 22
Y	JP 2011-078230 A（株式会社デンソー）2011.04.14, 段落[0019]—[0154]、[図1]—[図23] & US 2011/0074333 A1 段落[0036]—[0214]、FIG. 1—FIG. 23 & DE 102010037581 A1	17-19, 21

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.11.2016

国際調査報告の発送日

06.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

飯島 尚郎

3Q

9298

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2005-349860 A (本田技研工業株式会社) 2005. 12. 22, 段落[0 0 3 1] (ファミリーなし)	19
A	JP 2008-049773 A (日本精工株式会社) 2008. 03. 06, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-22
A	JP 2014-087213 A (株式会社クボタ) 2014. 05. 12, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-22