

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5422527号
(P5422527)

(45) 発行日 平成26年2月19日 (2014. 2. 19)

(24) 登録日 平成25年11月29日 (2013. 11. 29)

(51) Int. Cl.

H02P 6/18 (2006.01)

F I

H02P 6/02 371S

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-201743 (P2010-201743)
 (22) 出願日 平成22年9月9日 (2010. 9. 9)
 (65) 公開番号 特開2012-60781 (P2012-60781A)
 (43) 公開日 平成24年3月22日 (2012. 3. 22)
 審査請求日 平成24年8月20日 (2012. 8. 20)

(73) 特許権者 000232999
 株式会社日立カーエンジニアリング
 茨城県ひたちなか市高場2 4 7 7 番地
 (74) 代理人 100077816
 弁理士 春日 譲
 (74) 代理人 100156524
 弁理士 猪野木 雄一
 (72) 発明者 太田 裕幸
 茨城県ひたちなか市高場2 4 7 7 番地
 株式会社日立カーエ
 ンジニアリング内
 (72) 発明者 野尻 雄幸
 茨城県ひたちなか市高場2 4 7 7 番地
 株式会社日立カーエ
 ンジニアリング内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータ制御装置及びブラシレスモータシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ブラシレスモータの回転子位置を検出するセンサを有しないブラシレスモータを回転駆動するブラシレスモータ制御装置であって、

上位制御装置からの制御指令に応じて、前記ブラシレスモータに印加する電圧指令を演算するブラシレスモータ制御部と、

該ブラシレスモータ制御部からの電圧指令に基づいて、直流電力を3相交流電力に変換して前記ブラシレスモータに供給する電力変換部と、

制御上の仮想の磁束軸をd c 軸とし、該d c 軸に直交する軸をq c 軸としたとき、前記ブラシレスモータに流れる電流に基づいて、回転座標軸であるd c - q c 軸上の成分の電流値に変換する座標変換部と、

前記ブラシレスモータ制御部が出力する電圧指令と、前記座標変換部により求められた電流値と、前記ブラシレスモータの制御上の回転速度を用いて、回転座標軸であるd - q 軸とd c - q c 軸との軸誤差を推定演算する軸誤差演算部と、

該軸誤差演算部により求められた軸誤差に基づいて、前記ブラシレスモータを、前記ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかも前記ブラシレスモータが駆動しているように誤った認識となる異常と判定する異常検出部とを備え、

前記異常検出部は、閾値X ($0 < X < 90$ 度) に対し、前記軸誤差が電気角で閾値X度以上のときあるいは閾値 (- X) 度以下のときに異常と判定することを特徴とするブラシレスモータ制御装置。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 記載のブラシレスモータ制御装置において、

前記異常検出部は、前記軸誤差が、前記軸誤差に対して予め設定した基準値を所定回数以上超えた場合、異常と判定することを特徴とするブラシレスモータ制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載のブラシレスモータ制御装置において、

前記異常検出部は、異常と判定した場合、前記ブラシレスモータを再起動させることを特徴とするブラシレスモータ制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載のブラシレスモータ制御装置において、

前記異常検出部は、前記軸誤差が電気角で 60 度以上のときあるいは - 60 度以下のときに異常と判定することを特徴とするブラシレスモータ制御装置。

【請求項 5】

ブラシレスモータの回転子位置を検出するセンサを有しないブラシレスモータと、

前記ブラシレスモータを回転駆動するブラシレスモータ制御装置を有するブラシレスモータシステムであって、

前記ブラシレスモータ制御装置は、

上位制御装置からの制御指令に応じて、前記ブラシレスモータに印加する電圧指令を演算するブラシレスモータ制御部と、

該ブラシレスモータ制御部からの電圧指令に基づいて、直流電力を 3 相交流電力に変換して前記ブラシレスモータに供給する電力変換部と、

制御上の仮想の磁束軸を d c 軸とし、該 d c 軸に直交する軸を q c 軸としたとき、前記ブラシレスモータに流れる電流に基づいて、回転座標軸である d c - q c 軸上の成分の電流値に変換する座標変換部と、

前記ブラシレスモータ制御部が出力する電圧指令と、前記座標変換部により求められた電流値と、前記ブラシレスモータの制御上の回転速度を用いて、回転座標軸である d - q 軸と d c - q c 軸との軸誤差を推定演算する軸誤差演算部と、

該軸誤差演算部により求められた軸誤差に基づいて、前記ブラシレスモータを、前記ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかも前記ブラシレスモータが駆動しているように誤った認識となる異常と判定する異常検出部とを備え、

前記異常検出部は、閾値 X ($0 < X < 90$ 度) に対し、前記軸誤差が電気角で閾値 X 度以上のときあるいは閾値 ($-X$) 度以下のときに異常と判定することを特徴とするブラシレスモータシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブラシレスモータ制御装置及びブラシレスモータシステムに係り、特に、ブラシレスモータの回転子位置を検出するセンサを有しないセンサレス制御に好適なブラシレスモータ制御装置及びブラシレスモータシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の燃費の向上や環境問題に対して、ガソリンエンジンと電動モータで駆動するハイブリッド車や自動車の停車時にエンジンをストップさせるアイドルストップ車が有効であることが知られている。前述のような自動車では、自動変速機の油圧制御装置や変速機構などに油圧を供給するため、エンジンの駆動力によって駆動される機械式オイルポンプとバッテリーなどの外部からの電力によって駆動される電動オイルポンプを備えている。例えば、信号待ちなどの停車時にエンジンを停止すると、これに伴い、機械式オイルポンプも停止するので、前述のようなエンジンの駆動力とは独立した電動オイルポンプを駆動して、自動変速機などに対して必要な油圧を供給するように構成されている。

【0003】

近年では、電動オイルポンプに小型、高温耐久性の観点からブラシレスモータによって駆動する方式が注目されている。ブラシレスモータを駆動させるためには回転子の位置を検出するセンサが必要である。このセンサとして、エンコーダやホール素子を設けると、特に車載用の用途においてはブラシレスモータを高温のエンジンルーム内に搭載する場合にセンサの耐熱性が問題となる。そこで、回転子の位置を検出するセンサを設けることなく回転子の位置を推定する位置センサレス制御技術が数多く提案されている。

【0004】

例えば、モータの電気定数であるq軸インダクタンスと、モータ電流の大きさ及びモータ印加電圧の周波数といった観測可能量から推定した誘起電圧の位相が、制御回転座標上の仮想の回転子位置と観測不可能な実際の回転子位置との軸ずれ角（以下、「軸誤差」と称する）を表すことに基づいて、仮想の回転子位置の回転速度を加速させたり、減速させたりするように、モータ印加電圧の周波数を制御して、ブラシレスモータのセンサレス制御を行うものが知られている（例えば、特許文献1参照）。このとき、ブラシレスモータが脱調しないで駆動されている場合は、制御上の回転速度と実際の回転速度はほぼ一致している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2001-251889号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年では、上記の位置センサレス技術を適用させたブラシレスモータ制御装置の用途も多くなっており、これまであまり使用されてこなかった低回転領域あるいは高回転領域での駆動が求められている。さらに、用途の多様化に伴い、ブラシレスモータに加わる負荷の変動も様々であり、負荷変動が多く、過負荷な状況化でもセンサレス制御を実現させる必要がある。このように、ブラシレスモータのセンサレス制御はこれまでの制御可能な範囲を超えても安定に駆動させることが求められている。

【0007】

特許文献1において、軸誤差からモータ印加電圧の周波数を演算する周波数演算部の応答性は予め設定された制御応答周波数によって決定される。よって、モータに対する負荷の急変に追従させようとして制御応答周波数を高くしても、それ以上に負荷の変化が早い場合には十分な応答性を確保できない。一方では、ブラシレスモータ制御装置に採用するマイコンで設定可能な制御周期の限界や制御系の安定性などの理由により、十分な応答性を確保できる制御応答周波数を設定できない場合もある。そのため、制御応答周波数が低く設定されると軸誤差が大きくなると共に、モータの出力トルクが小さくなり、やがてモータに対する負荷に負けて停止するが、モータ印加電圧の周波数が演算結果によって零にならない場合もある。その結果、モータが停止したにも拘わらず、ブラシレスモータ制御装置の内部の演算が行われるので、擬似的に回転していると認識し、所望の制御が得られなくなる恐れがある。

【0008】

本発明の目的は、ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかもブラシレスモータが駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止できるブラシレスモータ制御装置及びブラシレスモータシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 上記目的を達成するために、本発明は、ブラシレスモータの回転子位置を検出するセンサを有しないブラシレスモータを回転駆動するブラシレスモータ制御装置であって、上位制御装置からの制御指令に応じて、前記ブラシレスモータに印加する電圧指令を演算するブラシレスモータ制御部と、該ブラシレスモータ制御部からの電圧指令に基づいて

10

20

30

40

50

、直流電力を3相交流電力に変換して前記ブラシレスモータに供給する電力変換部と、制御上の仮想の磁束軸をd c軸とし、該d c軸に直交する軸をq c軸としたとき、前記ブラシレスモータに流れる電流に基づいて、回転座標軸であるd c - q c軸上の成分の電流値に変換する座標変換部と、前記ブラシレスモータ制御部が出力する電圧指令と、前記座標変換部により求められた電流値と、前記ブラシレスモータの制御上の回転速度を用いて、回転座標軸であるd - q軸とd c - q c軸との軸誤差を推定演算する軸誤差演算部と、該軸誤差演算部により求められた軸誤差に基づいて、前記ブラシレスモータを、前記ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかも前記ブラシレスモータが駆動しているように誤った認識となる異常と判定する異常検出部とを備え、前記異常検出部は、閾値X ($0 < X < 90$ 度) に対し、前記軸誤差が電気角で閾値X度以上のときあるいは閾値 (- X) 度以下のときに異常と判定するようにしたものである。

10

【0010】

かかる構成により、ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかもブラシレスモータが駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止できるものとなる。

【0011】

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記異常検出部は、前記軸誤差が、前記軸誤差に対して予め設定した基準値を所定回数以上超えた場合、異常と判定するようにしたものである。

【0013】

(3) 上記(2)において、好ましくは、前記異常検出部は、異常と判定した場合、前記ブラシレスモータを再起動させるものである。

20

【0015】

(4) 上記(1)において、好ましくは、前記異常検出部は、前記軸誤差が電気角で60度以上のときあるいは-60度以下のときに異常と判定するようにしたものである。

【0019】

(5) また、上記目的を達成するために、本発明は、ブラシレスモータの回転子位置を検出するセンサを有しないブラシレスモータと、前記ブラシレスモータを回転駆動するブラシレスモータ制御装置を有するブラシレスモータシステムであって、前記ブラシレスモータ制御装置は、上位制御装置からの制御指令に応じて、前記ブラシレスモータに印加する電圧指令を演算するブラシレスモータ制御部と、該ブラシレスモータ制御部からの電圧指令に基づいて、直流電力を3相交流電力に変換して前記ブラシレスモータに供給する電力変換部と、制御上の仮想の磁束軸をd c軸とし、該d c軸に直交する軸をq c軸としたとき、前記ブラシレスモータに流れる電流に基づいて、回転座標軸であるd c - q c軸上の成分の電流値に変換する座標変換部と、前記ブラシレスモータ制御部が出力する電圧指令と、前記座標変換部により求められた電流値と、前記ブラシレスモータの制御上の回転速度を用いて、回転座標軸であるd - q軸とd c - q c軸との軸誤差を推定演算する軸誤差演算部と、該軸誤差演算部により求められた軸誤差に基づいて、前記ブラシレスモータを、前記ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかも前記ブラシレスモータが駆動しているように誤った認識となる異常と判定する異常検出部とを備え、前記異常検出部は、閾値X ($0 < X < 90$ 度) に対し、前記軸誤差が電気角で閾値X度以上のときあるいは閾値 (- X) 度以下のときに異常と判定するようにしたものである。

30

40

【0020】

かかる構成により、ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかもブラシレスモータが駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止できるものとなる。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、ブラシレスモータが停止したにも拘わらず、あたかもブラシレスモータ

50

タが駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止できるものとなる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用した電動オイルポンプシステムの全体構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用したブラシレスモータシステムの構成を示すブロック図である。

【図3】ブラシレスモータの回転子の位置を推定する位置センサレス制御を実現するブラシレスモータ制御装置において生じる軸誤差の説明図である。

10

【図4】本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置に用いる異常検出手段の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置に用いる異常検出手段の動作を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図1～図5を用いて、本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置の構成及び動作について説明する。

【0024】

最初に、図1を用いて、本実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用した電動オイルポンプシステムの全体構成について説明する。

20

【0025】

図1は、本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用した電動オイルポンプシステムの全体構成を示すブロック図である。

【0026】

電動オイルポンプ装置1は、ブラシレスモータ制御装置3と、電動オイルポンプ6とを備えている。電動オイルポンプ6は、ブラシレスモータ4と、電動式オイルポンプ5とを備えている。ブラシレスモータ制御装置3は、ブラシレスモータ4の回転を制御して、その出力軸からの駆動力により、電動式オイルポンプ5を駆動する。電動オイルポンプ装置1は、自動変速機構11の下部のオイルパン7に貯まっているオイルを、電動式オイルポンプ5により汲み上げ、油路L1により切換弁機構9に汲み上げたオイルを供給する。

30

【0027】

電動オイルポンプ装置1は、上位制御装置12からの制御指令に基づいて、電動オイルポンプ6の作動を制御する。ブラシレスモータ制御装置3は、上位制御装置12からの制御指令に基づいて、電動オイルポンプ6の駆動を制御する。

【0028】

電動オイルポンプ装置1は、エンジンが停止したときあるいは機械式オイルポンプ8によって必要な作動油圧が確保できない場合に適宜作動させて、自動変速機構11の中のクラッチやブレーキなどの締結機構へ油圧を供給するときなどに用いる。

【0029】

40

上位制御装置12には、自動変速機の入力回転数を検出する回転センサからの信号や自動車の運転手が自動変速機を操作するためのシフトレバーのシフトレンジを検出するシフトセンサからの信号などが入力され、それらの信号に基づいて、電動オイルポンプ6を作動させる制御指令をブラシレスモータ制御装置3に送信する。同時に、上位制御装置12は、自動変速機構11や油圧回路10内に取り付けられた油温センサからの油温情報もブラシレスモータ制御装置3に送信する。また、上位制御装置12は、ブラシレスモータ制御装置3からの回転数情報や故障情報を受信する機能を有している。

【0030】

電源2は、バッテリーなどの蓄電装置であり、ブラシレスモータ制御装置3に接続して直流電力を供給する。ブラシレスモータ4としては、3相同期モータを用いている。従って

50

、ブラシレスモータ制御装置 3 は、図 2 を用いて後述するように、電源 2 から供給される直流電力を 3 相交流電力に変換し、それをブラシレスモータ 4 に供給する。

【 0 0 3 1 】

また、電動式オイルポンプ 5 と並列に機械式オイルポンプ 8 が備えられている。機械式オイルポンプ 8 は、エンジンなどの駆動力を利用して、高い圧力のオイルを供給することができる。機械式オイルポンプ 8 は、オイルパン 7 に貯まっているオイルを汲み上げ、油路 L 2 を介して、汲み上げたオイルを切換弁機構 9 に供給する。

【 0 0 3 2 】

切換弁機構 9 は、自動変速機構 1 1 の中のクラッチやブレーキなどの締結機構への作動油の給排の切換や圧力コントロールを行い、油圧回路 1 0 や自動変速機構 1 1 などの潤滑及び冷却のためのオイルを供給する。切換弁機構 9 に流入した所定圧以上の油圧は、油路 L 3 により、油圧回路 1 0 を介して自動変速機構 1 1 に供給される。なお、油圧回路 1 0 は、自動変速機構 1 1 の油圧回路と共用してもよいものである。

【 0 0 3 3 】

自動変速機構 1 1 には、オイルの油温を検出する油温センサや、自動変速機 1 1 の入力軸や出力軸などの回転数を検出する回転センサが設けられている。油温センサによって検出されたオイルの油温や回転数センサによって検出された回転数は、上位制御装置 1 2 に送信される。

【 0 0 3 4 】

次に、電動オイルポンプシステムの動作について説明する。例えば、自動車の走行時、すなわち、エンジン駆動中は、機械式オイルポンプ 8 により、自動変速機構 1 1 の下部のオイルパン 7 に貯まっているオイルは切換弁機構 9 に供給され、油圧回路 1 0 及び自動変速機構 1 1 にオイルパン 7 のオイルが矢印 F P 1 の方向へ流れ、クラッチやブレーキなどの締結機構への油圧の供給や自動変速機構 1 1 の適宜の箇所に潤滑や冷却のためのオイルを供給する。

【 0 0 3 5 】

一方、例えば、信号待ちなどにアイドルングストップしてエンジンが停止すると、エンジン回転数が低下すると共に機械式オイルポンプ 8 も回転数が低下して油路 L 2、L 3 の油圧が低下するので、油圧を発生させることが困難となる。そこで、エンジン停止中でも各締結機構への作動油圧を確保できるように、バッテリーのような蓄電装置からの電力によって電動オイルポンプ 6 を駆動させる。

【 0 0 3 6 】

そこで、アイドルングストップと同時に、上位制御装置 1 2 は、油圧回路 1 0 や自動変速機構 1 1 などに供給される油圧を制御するため、電動オイルポンプ 6 を起動させる制御指令をブラシレスモータ制御装置 3 に出力する。これにより、電動オイルポンプ 6 が回転して、オイルを矢印 F P 2 の方向に流し、油圧を徐々に上昇させる。エンジンが停止するため、機械式オイルポンプ 8 の油圧が低下し、切換弁機構 9 により阻止されていた電動オイルポンプ 6 の油圧がある閾値を超えると、オイルは、電動オイルポンプ 6、切換弁機構 9、油圧回路 1 0、自動変速機構 1 1、油路 L 4、オイルパン 7 の経路を回って循環する。

【 0 0 3 7 】

次に、図 2 を用いて、本実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用したブラシレスモータシステムの構成について説明する。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置を適用したブラシレスモータシステムの構成を示すブロック図である。なお、図 2 において、図 1 と同一符号は同一部分を示している。

【 0 0 3 9 】

ブラシレスモータシステムは、上位制御装置 1 2 と、ブラシレスモータ制御装置 3 と、電源 2 と、ブラシレスモータ 4 とから構成される。また、ブラシレスモータ制御装置 3 は

10

20

30

40

50

、制御器 3 1 と、電力変換手段 3 2 と、電流検出器 3 3 とから構成される。

【 0 0 4 0 】

ここで、ブラシレスモータ 4 の磁束軸を基準とし、この磁束軸を d 軸（磁束軸相当）とし、この d 軸に直交する軸を q 軸（トルク軸相当）とし、制御上の仮定の磁束軸を d c 軸、前記 d c 軸に直交する軸を q c 軸と定義する。また、回転座標軸である d - q 軸と d c - q c 軸との軸ずれ角、すなわち、特許文献 1 のように観測可能量から推定した誘起電圧の位相が制御上の仮定の回転子位置 c^* と観測不可能な実際の回転子位置 c の軸ずれ角を、「軸誤差」と称する。後述するようなセンサレス制御の場合、ブラシレスモータ 4 の磁束軸を基準とした d - q 軸と、ブラシレスモータ制御装置内の d c - q c 軸とが定期的に一致しており、ブラシレスモータの発生トルクの線形化などが実現できる。

10

【 0 0 4 1 】

上位制御装置 1 2 は、ブラシレスモータ 4 を回転駆動させる制御指令（例えば、所望の油圧指令値）及び自動変速機構 1 1 の作動油温を、ブラシレスモータ制御装置 3 の制御器 3 1 に出力する。制御器 3 1 は、上位制御装置 1 2 からの制御指令に応じて、電力変換手段 3 2 に電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を出力する。電力変換手段 3 2 は、制御器 3 1 からの電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいて、電源 2 からの直流電力を 3 相交流電力に変換して、ブラシレスモータ 4 の 3 相コイルに供給して、ブラシレスモータ 4 を駆動させる。電流検出器 3 3 は、電力変換手段 3 2 から制御対象であるブラシレスモータ 4（あるいは電動オイルポンプ 6）に電源 2 から供給される直流電流を検出する。

【 0 0 4 2 】

20

制御器 3 1 は、制御指令発生手段 3 0 0 と、電流制御手段 3 0 1 と、ブラシレスモータ制御手段 3 0 2 と、逆座標変換手段 3 0 3 と、電流再現手段 3 0 4 と、座標変換手段 3 0 5 と、軸誤差演算手段 3 0 6 と、速度・位相演算手段 3 0 7 と、異常検出手段 3 0 8 とから構成される。

【 0 0 4 3 】

制御指令発生手段 3 0 0 は、上位制御装置 1 2 からの制御指令に基づいて、ブラシレスモータ 4 の d 軸成分（磁束軸成分）の電流指令 I_d^* と、ブラシレスモータ 4 の q 軸成分（トルク軸成分）の電流指令 I_q^* を演算する。

【 0 0 4 4 】

電流制御手段 3 0 1 は、制御指令発生手段 3 0 0 により求められた d 軸上の電流指令 I_d^* 及び q 軸上の電流指令 I_q^* と、後述する座標変換手段 3 0 5 により求められた d c 軸上の電流検出値 I_{dc} 及び q c 軸上の電流検出値 I_{qc} とに基づいて、第 2 の電流指令 $I_{d^{**}}$ 及び第 2 の電流指令 $I_{q^{**}}$ を演算する。

30

【 0 0 4 5 】

ブラシレスモータ制御手段 3 0 2 は、電流制御手段 3 0 1 により求められた第 2 の d 軸電流指令値 $I_{d^{**}}$ 及び第 2 の q 軸電流指令値 $I_{q^{**}}$ と、後述する速度・位相演算手段 3 0 7 により求められたモータの回転速度 1^* に基づいて、d c - q c 軸上の電圧指令 V_{dc}^* 、 V_{qc}^* を演算する。

【 0 0 4 6 】

逆座標変換手段 3 0 3 は、ブラシレスモータ制御手段 3 0 2 により求められた d c - q c 軸上の電圧指令 V_{dc}^* 、 V_{qc}^* と、後述の速度・位相演算手段 3 0 7 により求められたブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 c を用いて、三相交流軸上の値に変換し、U 相、V 相、W 相の各相電圧 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* として電力変換手段 3 2 に出力する。

40

【 0 0 4 7 】

一方、電流再現手段 3 0 4 は、電流検出器 3 3 により検出された、電力変換手段 3 2 に供給される直流電流検出値 I_{DC} に基づいて、三相交流軸上の電流値である三相交流電流 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} を再現する。

【 0 0 4 8 】

座標変換手段 3 0 5 は、電流再現手段 3 0 4 により再現された三相交流軸上の電流値 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} を、後述の速度・位相演算手段 3 0 7 により求められたブラシレス

50

モータ制御装置内部の交流位相 θ_c を用いて、回転座標軸である $d-c$ - $q-c$ 軸上の成分の電流値 I_{qc} 、 I_{dc} に変換する。変換された電流値 I_{qc} 、 I_{dc} は、上述の電流制御手段 301 に供給される。

【0049】

軸誤差演算手段 306 は、ブラシレスモータ制御手段 302 により求められた電圧指令 V_{dc}^* 、 V_{qc}^* と、後述の速度・位相演算手段 307 により求められたブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c と、座標変換手段 305 により求められた回転座標軸である $d-c$ - $q-c$ 軸上の成分の電流検出値 I_{qc} 、 I_{dc} とを用いて、ブラシレスモータの $d-q$ 軸と制御軸 $d-c$ - $q-c$ 軸との軸誤差 θ_e を推定演算する。すなわち、軸誤差演算手段 306 は、ブラシレスモータ 4 の磁束軸を基準とし、磁束軸を d 軸とし、 d 軸に直交する軸を q 軸とし、制御上の仮定の磁束軸を $d-c$ 軸とし、 $d-c$ 軸に直交する軸を $q-c$ 軸としたとき、回転座標軸である $d-q$ 軸と $d-c$ - $q-c$ 軸との軸誤差 θ_e を推定演算する。

10

【0050】

速度・位相演算手段 307 は、軸誤差演算手段 306 に求められた軸誤差 θ_e に基づいて、モータの回転速度 ω^* 及びブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c を推定演算する。求められたモータの回転速度 ω^* は、ブラシレスモータ制御手段 302 及び軸誤差演算手段 306 に供給される。また、求められたブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c は、逆座標変換手段 303 に供給される。

【0051】

異常検出手段 308 は、軸誤差演算手段 306 により求められた軸誤差 θ_e に基づいて、異常を判定する。また、異常検出手段 308 は、軸誤差 θ_e と速度・位相演算手段 307 により求められたモータの回転速度 ω^* の両方を用いて、異常を判定することができる。

20

【0052】

次に、図 2 に示したブラシレスモータシステムの動作原理について、より詳細に説明する。

【0053】

上位制御装置 12 は、自動変速機構 11 のクラッチやブレーキなどを作動させる所定のライン圧を決定するために自動変速機の入力回転数を検出する回転センサからの信号や自動車の運転手が自動変速機を操作するためのシフトレバーのシフトレンジを検出するシフトセンサからの信号などに基づいて、ブラシレスモータ 4 に回転駆動させる制御指令（例えば、所望の油圧指令値）を演算し、ブラシレスモータ制御装置 3 に出力する。また、上位制御装置 12 は、自動変速機構 11 に設けられたオイルの油温を検出する油温センサから出力された作動油温もブラシレスモータ制御装置 3 に出力する。

30

【0054】

なお、上位制御装置 12 から送信される制御指令値は、電動オイルポンプ 6 から発生する油圧が予め求められる場合には、ブラシレスモータ 4 の回転数を制御指令としてもよいものである。

【0055】

制御指令発生手段 300 は、上位制御装置 12 から送信された所望の油圧指令値と自動変速機構 11 の作動油温に基づいて、ブラシレスモータ 4 の q 軸上の電流指令値 I_{q^*} を演算して出力する。 q 軸上の電流指令値 I_{q^*} は、ブラシレスモータ 4 のトルク軸成分である。なお、ブラシレスモータ 4 の q 軸電流指令値 I_{q^*} は、予め油圧指令値と油温を入力として、 q 軸上の電流指令値 I_{q^*} を選択するマップデータを記憶させておき、このマップデータを参照することで求めるようにしてもよいものである。

40

【0056】

同様に、制御指令発生手段 300 は、上位制御装置 12 から送信された所望の油圧指令値と自動変速機構 11 の作動油温に基づいて、ブラシレスモータ 4 の d 軸上の電流指令値 I_{d^*} を演算して出力する。 d 軸上の電流指令値 I_{d^*} はブラシレスモータ 4 の磁束軸成分である。 d 軸上の電流指令値 I_{d^*} は、ブラシレスモータ 4 の発生トルクに寄与しないた

50

め、通常ゼロに設定される。ブラシレスモータ4の制御方式、例えば、弱め界磁制御や効率最大化制御などを行なう場合には、ゼロ以外の指令を与えることがある。なお、d軸上の電流指令値 I_d^* もq軸電流指令値 I_q^* と同様にマップデータを参照することで求めるようにしてもよいものである。ここでは、q軸電流指令値 I_q^* に相当するトルク（制御指令トルクとも称する）を発生するようにさせるため、d軸電流指令値 I_d^* をゼロに設定する。

【0057】

電流制御手段301は、座標変換手段305が出力するdc軸上の電流検出値 I_{dc} と、制御指令発生手段300から出力されるd軸上の電流指令値 I_d^* とを比較し、両者が一致するように電流を制御するための、第2のd軸電流指令値 $I_{d^{**}}$ を出力する。同様に、電流制御手段301は、座標変換手段305が出力するqc軸上の電流検出値 I_{qc} と、制御指令発生手段300から出力されるq軸上の電流指令値 I_q^* とを比較し、両者が一致するように電流を制御するための、第2のq軸電流指令値 $I_{q^{**}}$ を出力する。電流制御手段301としては、例えば、一般に電流制御に用いるPI制御（比例・積分）、PID（比例・積分・微分）制御を用いることができる。

【0058】

ブラシレスモータ制御手段302は、電流制御手段301により求められた第2のd軸電流指令値 $I_{d^{**}}$ 及び第2のq軸電流指令値 $I_{q^{**}}$ と、速度・位相演算手段307により求められたモータの回転速度 ω^* に基づいて、ブラシレスモータへの印加電圧指令 V_{dc}^* 及び V_{qc}^* を、以下の式（1）、式（2）により演算する。

【0059】

$$V_{dc}^* = R_1^* \cdot I_{dc} - \omega^* \cdot L_q^* \cdot I_{qc} \quad \dots (1)$$

$$V_{qc}^* = R_1^* \cdot I_{qc} + \omega^* \cdot L_d^* \cdot I_{dc} + K_e \cdot \omega^* \quad \dots (2)$$

ここで、 R_1^* はブラシレスモータの巻線の抵抗であり、 L_d はd軸インダクタンスであり、 L_q はq軸インダクタンスであり、 K_e はブラシレスモータの誘起電圧定数である。式（1）、式（2）は、ベクトル制御で用いられている演算式と同じである。

【0060】

逆座標変換手段303は、ブラシレスモータ制御手段302により式（1）、式（2）を用いて求められたdc-qc軸上の電圧指令 V_{dc}^* 、 V_{qc}^* を、速度・位相演算手段307により求められたブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c を用いて、三相交流軸上の値に座標変換し、U相、V相、W相の各相の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* として電力変換手段32に出力する。

【0061】

電力変換手段32は、内部に三相インバータ回路を構成するスイッチング素子（例えば、Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）を備えている。三相インバータ回路は、各相毎に上アームのスイッチング素子と下アームのスイッチング素子を備えている。電力変換手段32は、3相交流の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* をパルス信号に変換し、この信号に基づいて複数のスイッチング素子の内の所定のスイッチング素子を駆動させることで、ブラシレスモータ4に3相交流の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に相当する電圧を印加する。そして、ブラシレスモータ4の各相への通電を順次切り替えることで、各相に電流を供給して、ブラシレスモータ4を駆動させることができる。

【0062】

電流再現手段304は、電流検出手段33により検出された、電源2から電力変換手段32に供給する直流電流 I_{DC} から、ブラシレスモータ4に流れるU相、V相、W相の各電流 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} を再現する。再現された各相の電流検出値 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} は、座標変換手段305に出力する。

【0063】

座標変換手段305は、電流再現手段304により求められた三相交流軸上の電流検出

10

20

30

40

50

値 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} を、速度・位相演算手段 307 により求められたブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c を用いて、逆座標変換を行い、 d 軸上の電流検出値 I_{dc} 及び q 軸上の電流検出値 I_{qc} を出力する。

【0064】

軸誤差演算手段 306 は、電圧指令値 V_{dc}^* 、 V_{qc}^* 、電流検出値 I_{dc} 、 I_{qc} 、回転速度 ω_1^* 、及びブラシレスモータ定数に基づいて、ブラシレスモータの d - q 軸と制御軸 d - q 軸との軸誤差 θ_c を演算する。具体的には、式 (3) に従って、軸誤差 θ_c を演算する。

【0065】

$$\theta_c = \tan^{-1} \left((V_{dc}^* - R_1 \cdot I_{dc} + \omega_1^* \cdot L_q \cdot I_{qc}) / (V_{qc}^* - R_1 \cdot I_{qc} + \omega_1^* \cdot L_q \cdot I_{dc}) \right) \quad \dots (3) \quad 10$$

式 (3) は、前述した特許文献 1 に示された軸誤差演算方法である。

【0066】

速度・位相演算手段 307 は、軸誤差演算手段 306 により求められた軸誤差 θ_c をゼロにするように、回転速度 ω_1^* を出力する。具体的には、式 (4) に従って、回転速度 ω_1^* を演算する。

【0067】

$$\omega_1^* = - \theta_c (K_{P_{PLL}} + (K_{I_{PLL}} / s)) \quad \dots (4) \quad 20$$

ここで、 $K_{P_{PLL}}$ は比例したゲイン、 $K_{I_{PLL}}$ は積分ゲイン、 s はラプラス演算子である。制御ゲイン $K_{P_{PLL}}$ 、 $K_{I_{PLL}}$ は、制御応答周波数 ω_{PLL} によって決定される。

【0068】

また、速度・位相演算手段 307 は、式 (4) により算出された回転速度 ω_1^* を積分し、ブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c を出力する。結果として、軸誤差 θ_c によってブラシレスモータ制御装置内部の交流位相 θ_c が補正される。

【0069】

異常検出手段 308 は、軸誤差演算手段 306 が求めた軸誤差 θ_c に基づいて、異常を判定するものであり、その詳細動作については、図 3 ~ 図 5 を用いて後述する。 30

【0070】

次に、図 3 を用いて、ブラシレスモータの回転子の位置を推定する位置センサレス制御を実現するブラシレスモータ制御装置において生じる軸誤差について説明する。

【0071】

図 3 は、ブラシレスモータの回転子の位置を推定する位置センサレス制御を実現するブラシレスモータ制御装置において生じる軸誤差の説明図である。

【0072】

図 3 において、図 3 (A) はブラシレスモータの発生トルク及び負荷トルクを示し、図 3 (B) はブラシレスモータの回転速度及び制御上の回転速度 ω_1^* を示し、図 3 (C) は軸誤差 θ_c を示している。図 3 の横軸は時間 t を示している。 40

【0073】

図 3 により、急激な負荷変動が発生したときにブラシレスモータの誘起電圧が発生していないにも拘わらず、ブラシレスモータ制御装置内の制御演算が行われて、あたかもブラシレスモータが駆動しているように誤った認識をする一例について説明する。

【0074】

図 3 はブラシレスモータ 4 に対する負荷トルクが制御指令トルクよりも大きい場合のブラシレスモータの発生トルク及び負荷トルク、ブラシレスモータの回転速度及び制御上の回転速度 ω_1^* 、軸誤差 θ_c を示す。

【0075】

時刻 $t = t_0$ において、急激な負荷変動が発生したとする。すなわち、図 3 (A) に示 50

すように、負荷トルクがステップ的に増加し、その結果、ブラシレスモータ 4 に対する負荷トルクが制御指令トルクよりも大きくなったものとする。この場合、図 3 (C) に示すように、負荷変動の発生と同時に軸誤差 c が増加する。

【 0 0 7 6 】

なお、負荷トルクがステップ的に増加する事例としては、例えば、アイドリングストップによりエンジンを停止した後、車両の発進のためにエンジンが再始動されると、機械式オイルポンプ 8 がエンジンによって駆動され、油路 L 2 の油圧が徐々に増加する。油路 L 2 の油圧が所定圧になると、切換弁機構 9 は油路 L 1 から油路 L 2 に切り換える。この油路切換の際、切換弁機構 9 により油路 L 1 が閉じられると、このとき電動オイルポンプ 6 はまだ駆動されているため、油路 L 1 の圧力が急に高くなり、負荷トルクが急激に増加する。また、別の例としては、電動オイルポンプ 6 の内部にオイルが充填してない状態で、電動オイルポンプ 6 が駆動を開始すると、この時点では電動オイルポンプ 6 は空転しており、負荷が小さいものである。その後、電動オイルポンプ 6 の内部にオイルが充填されると、この瞬間、電動オイルポンプ 6 の負荷が急激に増加する。このように、負荷トルクが急激に増加する場合は、電動オイルポンプシステムでは頻繁に発生するものである。

【 0 0 7 7 】

通常の負荷変動（小さな負荷変動）の範囲であれば、軸誤差 c の増加に基づいて、制御上の回転速度 1^* を修正して一定時間内（制御応答周波数 c_{PLL} によって決まる応答時間）に軸誤差 c がゼロに収束する。

【 0 0 7 8 】

しかしながら、図 3 (A) に示すような急激な負荷変動が発生した場合には、図 3 (C) に示すように、軸誤差 c が急増加する。その結果、式 (4) に従って演算される制御上の回転速度 1^* は、図 3 (B) に示すように、急減速する。このときには指令値通りの電流が $d - q$ 軸に流れず、トルク発生に関係する電流成分が減少する。よって、図 3 (A) に示すように、ブラシレスモータ 4 の出力トルクが減少し、さらに回転速度 1^* の減速を助長するようになり、ブラシレスモータ 4 が過負荷に耐え切れず、時刻 $t = t_1$ において停止する。すなわち、ブラシレスモータ 4 の回転速度がゼロとなる。このとき、時刻 $t = t_1$ では図のように軸誤差 c は通常よりも大きな値を示している。しかしながら、ブラシレスモータ 4 が実際に停止しても、式 (3) は成立するので、軸誤差 c の演算は ± 90 度の範囲で必ず行われる。なお、軸誤差 c の演算は ± 180 度の範囲まで拡張して演算してもよい。

【 0 0 7 9 】

前述したように軸誤差 c の演算が行なわれると、制御上の回転速度 1^* も演算される。このとき、実際のブラシレスモータの回転速度と制御上の回転速度 1^* は一致しないので、ブラシレスモータ制御装置内で擬似的に回転していると誤った認識をする。このときに制御指令トルクに変化があった場合、ブラシレスモータ 4 は停止しているため、制御指令トルクに追従できないが、ブラシレスモータ制御装置内では停止していないと判断して制御指令トルクに基づいて演算が行なわれ、結果的に所望の制御が得られなくなる。

【 0 0 8 0 】

ここで、時刻 $t = t_1$ での通常よりも大きな値を示している軸誤差 c は所望の制御が得られなくなる前に観測されるため、本実施形態の異常検出手段 308 は、この軸誤差 c を利用して、ブラシレスモータ制御装置内で擬似的に回転していると誤った認識しているか否かを判定する。

【 0 0 8 1 】

一方、時刻 $t = t_1$ 以降での制御上の回転速度 1^* の値は負荷の変動状態にもよるが、ブラシレスモータ 4 の上限回転数付近の比較的高い回転数あるいは上限回転数を越えた回転数であったり、ブラシレスモータ 4 が駆動可能な回転数の範囲であったりもする。そのため、制御上の回転速度 1^* の値だけで、擬似的に回転していると誤った認識しているか否かの判断ができない。

【 0 0 8 2 】

次に、図 4 及び図 5 を用いて、本実施形態によるブラシレスモータ制御装置に用いる異常検出手段 3 0 8 の動作について説明する。

【 0 0 8 3 】

図 4 は、本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置に用いる異常検出手段の動作を示すフローチャートである。図 5 は、本発明の一実施形態によるブラシレスモータ制御装置に用いる異常検出手段の動作を示すタイミングチャートである。

【 0 0 8 4 】

異常検出手段 3 0 8 は、所定周期で軸誤差 c を監視している。そして、負荷変動が発生し、図 3 の時刻 $t = t_1$ で軸誤差 c が増加したとすると、これを検出し、ブラシレスモータ制御装置が擬似的に回転していると誤った認識していると判断する。具体的には、異常検出手段 3 0 8 は、軸誤差 c と、この軸誤差 c に対して予め設定した基準値とを比較し、軸誤差 c が基準値以上のときに、軸誤差 c が大きくなったと判定する。なお、所定周期内での軸誤差 c の変化分を監視して、後述する軸誤差 c を軸誤差 c の変化分に置き換えてもよいものである。

10

【 0 0 8 5 】

この基準値は、例えば次のように設定する。ブラシレスモータの場合、軸誤差 c が ± 90 度の範囲であれば、安定である。その範囲を超えるとブラシレスモータ自体が不安定となり、脱調する。また、弱め界磁制御を行なう場合でもブラシレスモータの出力トルクが約半分となる ± 60 度の範囲で制御される。よって、基準値の設定としては ± 60 度を越えた値に設定する。基準値の具体的な数値は実機試験やシミュレーション解析によって決められるものである。

20

【 0 0 8 6 】

次に、軸誤差 c が、軸誤差 c に対して予め設定した基準値を超えた回数を記憶する。そして、この記憶した回数が、予め設定した所定回数を超えた時、異常と判定する。この設定した所定回数は、実機試験やシミュレーション解析によって決めるものである。

【 0 0 8 7 】

ここで、図 4 及び図 5 を用いて、異常検出手段 3 0 8 の具体的な動作について説明する。図 5 において、図 5 (A) は軸誤差 c が軸誤差限界値を超えた回数を示し、図 5 (B) は警告信号を示し、図 5 (C) は軸誤差 c を示している。図 5 (D) は異常信号を示し、図 5 (E) は再起動回数を示している。なお、図 5 の横軸は時間 t を示している。

30

【 0 0 8 8 】

異常検出手段 3 0 8 は、予め設定した周期でソフトウェアタイマーをスタートさせる。具体的には軸誤差 c の演算が制御周期ごとに行われるため、その演算が何回行われたかをカウントすることによって時間を計測することができる。一例としては、予め設定する周期は 50ms 程度の周期である。制御周期が 1ms とすると、 50 回実行されれば、 50ms となる。なお、ソフトウェアタイマーは制御演算周期と独立したソフトウェアタイマーを用意して時間の計測を行なってもよいものである。

40

【 0 0 8 9 】

図 4 のステップ S 1 において、異常検出手段 3 0 8 は、所定時間周期以上経過した否かを判定する。所定時間周期が経過してない場合にはステップ S 2 に進み、所定時間周期が経過すると、ステップ S 1 0 に進む。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 1 で所定時間周期が経過してないと判定されると、ステップ S 2 において、異常検出手段 3 0 8 は、軸誤差 c と、予め設定された軸誤差限界値 (軸誤差 c に対して予め設定した基準値) とを比較する。軸誤差 c が、軸誤差限界値を超えるとステップ S 3 に進み、超えない場合にはステップ S 1 0 に進む。

【 0 0 9 1 】

50

軸誤差 c が軸誤差限界値より小さい状態では、上位制御装置 12 からの制御指令に基づいて、正常に電動オイルポンプ 6 が制御されているのと等価であり、ステップ S 10 において、通常の制御を実行する。通常の制御の時には、電動オイルポンプ 6 の回転数として、制御上の回転速度 1^* が上位制御装置 12 へ送信される。このような状態のとき、制御上の回転速度 1^* と実際のブラシレスモータ 4 の回転速度が一致し、軸誤差 c はベクトル制御演算などが正しく修正され、ゼロ付近の値になる。よって、上位制御装置 12 からの制御指令に基づいて得られる制御指令トルクでブラシレスモータ 4 が駆動されているので正常と判断できる。

【0092】

一方、軸誤差 c が軸誤差限界値以上となると、図 3 (A) にて説明したように、ブラシレスモータ 4 の出力トルクが上位制御装置 12 からの制御指令に基づいて、得られる制御指令トルクよりも小さくなる。このような状態のときには、ベクトル制御演算などが正しく修正されていない。すなわち、軸誤差 c がゼロ付近の値ではなく、 ± 90 度の範囲で比較的大きな値になる。

【0093】

そこで、軸誤差 c が軸誤差限界値以上の場合には、ステップ S 3 において、異常検出手段 308 は、軸誤差 c が軸誤差限界値以上の値で発生した回数（軸誤差 c が軸誤差 c に対して予め設定した基準値を超えた回数）を記憶する。そして、記憶された発生回数が、予め設定された軸誤差異常上限回数（予め設定した前記軸誤差が前記基準値を超えた所定回数）を超えたか否かを判定する。発生回数が、軸誤差異常上限回数を超えてない場合には、次の演算結果によっては軸誤差 c がゼロ付近の値になることもあるので軸誤差 c が軸誤差限界値以上の値で発生した回数のみを記憶したまま、ステップ S 10 に進む。

【0094】

発生回数が軸誤差異常上限回数を超えると、ブラシレスモータ 4 の出力トルクが上位制御装置 12 からの制御指令に基づいて得られる制御指令トルクよりも小さくなる。すなわち、ブラシレスモータ 4 に対する負荷に負けているので、電動オイルポンプ 6 から供給する圧力が低下し、自動変速機構 11 のクラッチやブレーキなどを作動させる油圧が発生できない。

【0095】

そこで、ステップ S 4 において、異常検出手段 308 は、上位制御装置 12 へ電動オイルポンプ 6 から供給する圧力が低下していることを示す警告情報を送信する。このときにも、電動オイルポンプ 6 の回転数は上位制御装置 12 に送信される。図 5 に示す例では、時刻 t_2 において、図 5 (A) に示すように、発生回数が軸誤差異常上限回数を超えた回数が所定回数（図 5 (A) の例では、5 回）を超えると、図 5 (B) に示すように、警告信号を出力する。

【0096】

次に、ステップ S 5 において、異常検出手段 308 は、再起動処理動作を実施した回数（リトライ回数）と、予め設定された再起動処理動作上限回数を比較する。

【0097】

再起動処理動作を実施した回数が上限回数以下の場合には、電動オイルポンプ 6 が自動変速機構 11 のクラッチやブレーキなどを作動させる油圧を確保することができないため、ステップ S 8 において、異常検出手段 308 は、直ちに再起動処理動作に入る。すなわち、図 5 (E) に示すように、時刻 t_2 において、再起動処理を実行する。

【0098】

再起動処理動作は、ブラシレス制御装置内の演算処理を止めた後に、演算処理結果を含め、すべて初期化する。その後、ブラシレスモータ 4 の所定の 2 相に通電して出力トルクがゼロとなる位置に回転子を移動して固定させてから、ブラシレスモータ 4 への通電モードを回転子とは無関係に変化させ、ブラシレスモータ 4 の回転速度を徐々に高める同期運転を行ない、センサレス制御が可能になった時点で制御を切り替える動作までを行なう。

10

20

30

40

50

再起動処理は、例えば、特開昭 6 1 - 1 2 9 0 号公報に記載されている方法を実行する。

【 0 0 9 9 】

なお、油圧の供給経路中に十分な量のオイルが残存していると、圧力が十分に高い状態を維持している可能性がある。このような状態のときに、電動オイルポンプ 6 を再起動させても負荷に負けて脱調する場合がある。この状態を回避するために実験などによって予め設定した時間待ってから電動オイルポンプ 6 を再起動させる。一例としては、5 0 m s ~ 1 0 0 m s 程度の時間である。なお、電動オイルポンプ 6 の吐出口付近に圧力センサを設けて、オイルの圧力が低下したことを確認してから再起動させてもよいものである。

【 0 1 0 0 】

再起動処理動作が完了後は、ステップ S 1 0 において、上位制御装置 1 2 からの制御指令に基づいて、センサレス制御、すなわち、通常の制御に戻る。

10

【 0 1 0 1 】

一方、ステップ S 5 の判定において、起動処理動作を実施した回数が上限回数を超えたと判定されると、異常検出手段 3 0 8 は、電動オイルポンプ 6 が自動変速機構 1 1 のクラッチやブレーキなどを作動させる油圧を発生することができないと判断して、上位制御装置 1 2 に異常情報を送信すると共に、ブラシレスモータ制御装置 3 内の制御指令である q 軸電流 I_{q^*} をゼロにする。図 5 に示す例では、図 5 (E) に示す再起動回数が、時刻 t_3 において上限回数を超えたものとして、図 5 (D) に示すように、異常信号が出力される。また、このとき、図 5 (B) に示すように、警告信号はオフとなる。

【 0 1 0 2 】

20

さらに、ステップ S 7 において、異常検出手段 3 0 8 は、電力変換手段 3 2 内にある 3 相インバータ回路の出力を止めて、電動オイルポンプ 6 の駆動を停止させる。

【 0 1 0 3 】

ステップ S 1 で所定時間周期が経過したと判定されると、ステップ S 9 において、異常検出手段 3 0 8 は、ステップ S 3 で記憶された発生回数をゼロにクリアする。

【 0 1 0 4 】

そして、ステップ S 1 0 において、通常時の制御を実行する。

【 0 1 0 5 】

すなわち、図 5 (C) に示すように、例えば、時刻 t_0 よりも前において、軸誤差が軸誤差限界値以上となった後に、次の演算結果によっては軸誤差 c がゼロ付近の値になることもある。この場合には、ステップ S 8 による再起動処理は不要である。このような場合も考えて、軸誤差 c が軸誤差限界値を超えた回数が 1 回の状態では、ステップ S 8 の再起動処理は行わない。ブラシレスモータ 4 の停止時には、時刻 t_0 以降の図 5 (C) に示すように、軸誤差 c は繰り返し軸誤差限界値を超えるため、所定回数（例えば、5 回）を容易に超える。このようにすることで、軸誤差 c が軸誤差限界値以上となった後に、次の演算結果によっては軸誤差 c がゼロ付近の値となる場合に、不要な再起動処理を実行することを防止できる。そのために、ステップ 9 では、所定周期内の発生回数が所定回数以下の場合には、その発生回数をゼロにクリアしている。

30

【 0 1 0 6 】

以上説明したように、本実施形態では、予め設定した周期内で、ブラシレスモータ制御装置 3 の制御演算処理と共に、軸誤差 c が軸誤差限界値以上となった回数が所定回数を超えると、上位制御装置 1 2 に警告情報を送信する。そして、再起動処理動作が再起動処理動作上限回数以上行われた場合には、電動オイルポンプ 6 が故障したと判断して上位制御装置に故障情報を送信すると共に電動オイルポンプ 6 を停止させることにより、上位制御装置 1 2 にあたかもブラシレスモータ 4 が駆動しているように誤った情報を送信することを防止することができる。

40

【 0 1 0 7 】

なお、以上の説明では、所定周期は軸誤差の大小とは関係なく、繰り返されている。それに対して、軸誤差 c が予め設定した基準値を超えたときに、所定周期の計測を開始することもできる。これにより、異常と判定するまでの時間を短くすることができる。す

50

なわち、異常検出の遅れを防止できる。

【0108】

また、以上の説明では、異常検出手段308は、軸誤差 c のみによって、ブラシレスモータ4の異常を検出しているが、図2に示すように、異常検出手段308は、軸誤差 c と、制御上の回転速度 1^* とを入力信号とし、両者を用いてブラシレスモータ4が停止したにも拘わらず、あたかもブラシレスモータ4が駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止することもできる。例えば、ブラシレスモータ4の回転子がロックした場合、図3(C)に示すように、軸誤差 c が増加する。このとき、制御上の回転速度 1^* 、すなわち、モータ印加電圧の周波数はゼロとなるが、特定の相への通電を避けるためにモータ印加電圧の周波数を所定値に固定させて通電相を順次切り替える。このようなブラシレスモータ4の回転子がロック状態にあることを検出することと区別する場合には、異常検出手段308は、軸誤差 c と、軸誤差 c に対して予め設定した第1の基準値とを比較するとともに、制御上の回転速度 1^* と、回転速度 1^* に対して予め設定した第2の基準値とを比較し、第2の基準値より回転速度 1^* が高く、かつ、軸誤差 c も第1の基準値以上に大きい場合に、ステップS3以降の処理を実行するようにすることもできる。回転速度 1^* に対して予め設定した第2の基準値の具体的な数値は実機試験やシミュレーション解析によって決めるものである。一例としては、1Hz～10Hz程度の周波数である。

10

【0109】

また、以上の説明では、軸誤差 c が基準値を超えた回数が所定回数（例えば、5回）を超えた場合に、再起動処理を実行しているが、所定回数を1回とすることもできる。これにより、軸誤差 c が基準値を超えた場合には直ちに再起動処理を実行して、速やかに制御を通常制御に戻すことができる。一方では、所定回数を2回以上とすることで、軸誤差が軸誤差限界値以上となった後に、次の演算結果によっては軸誤差 c がゼロ付近の値となる場合に、不要な再起動処理を実行することを防止できる。

20

【0110】

なお、本発明は、上記の実施形態に限定されなりものであり、ブラシレスモータを駆動源とする電動オイルポンプ6は上記の自動変速機を搭載した車両以外に、無段自動変速機の制御装置を搭載したハイブリッド車両に対しても適用することができる。また、本発明は電動オイルポンプシステムに限定されないのであって、ブラシレスモータを駆動源する例えば、アクチュエータを駆動させるシステムや液体ポンプシステムにも適用することができる。

30

【0111】

以上説明したように、本実施形態によれば、ブラシレスモータに対する負荷の急激な変動などによってブラシレスモータの誘起電圧が発生していないにも拘わらず、ブラシレスモータ制御装置内の制御演算が行われて、あたかもブラシレスモータが駆動しているように誤った認識をして、所望の制御が得られなくなることを防止することで信頼性の高い電動オイルポンプを駆動させることができる。

【符号の説明】

【0112】

40

2 ... 電源

4 ... ブラシレスモータ

12 ... 上位制御装置

31 ... 制御器

32 ... 電力変換手段

33 ... 電流検出器

300 ... 制御指令発生手段

301 ... 電流制御手段

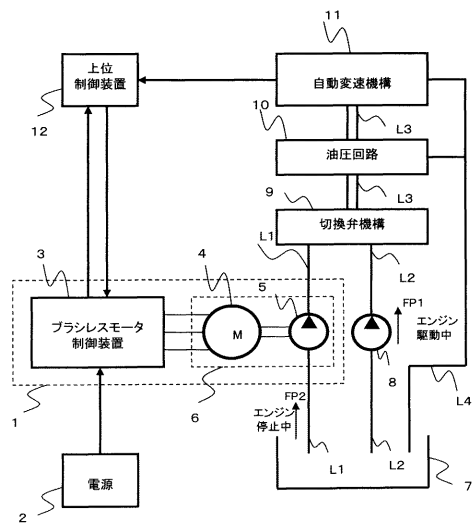
302 ... ブラシレスモータ制御手段

303 ... 逆座標変換手段

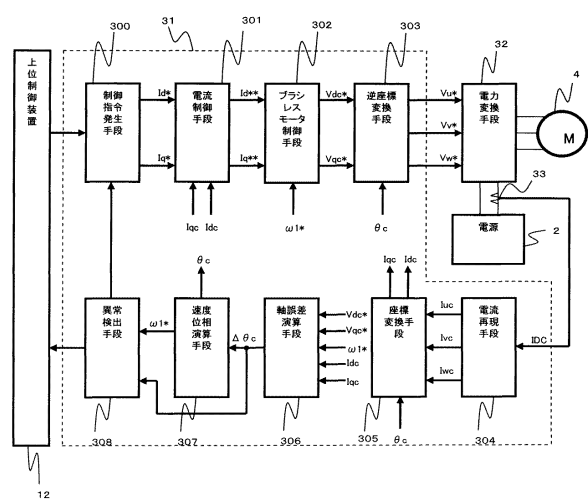
50

- 3 0 4 ... 電流再現手段
- 3 0 5 ... 座標変換手段
- 3 0 6 ... 軸誤差演算手段
- 3 0 7 ... 速度・位相演算手段
- 3 0 8 ... 異常検出手段

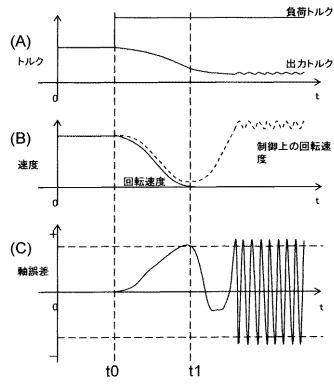
【図 1】



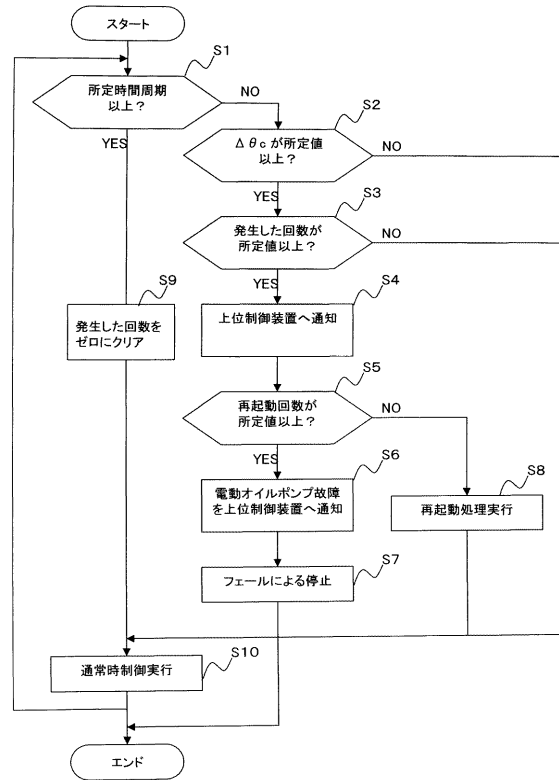
【図 2】



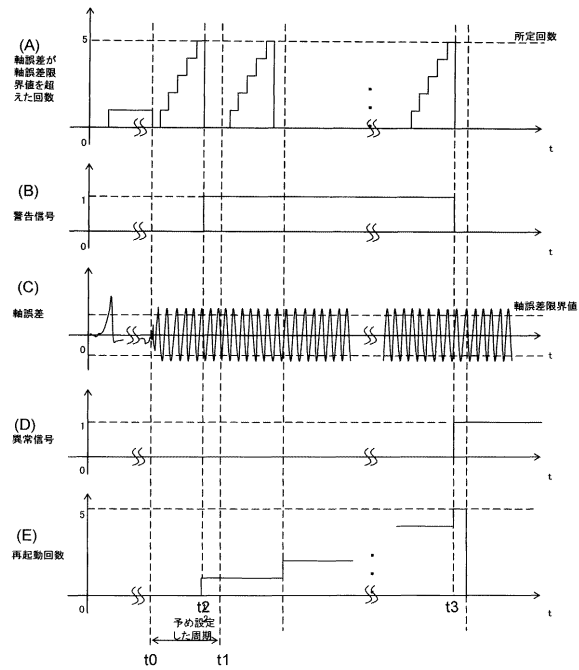
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 一平

茨城県ひたちなか市高場2477番地
グ内

株式会社日立カーエンジニアリン

(72)発明者 野田 淳一

茨城県ひたちなか市高場2477番地
グ内

株式会社日立カーエンジニアリン

審査官 櫻田 正紀

(56)参考文献 特開2003-079200(JP,A)

特開2010-183787(JP,A)

特開2008-092787(JP,A)

特開2008-220169(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/18