

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6030142号
(P6030142)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(51) Int.Cl. F I
H02P 29/00 (2016.01) H02P 29/00
H02K 29/08 (2006.01) H02K 29/08

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-536358 (P2014-536358)	(73) 特許権者	512285801
(86) (22) 出願日	平成24年10月3日(2012.10.3)		プロティアン エレクトリック リミテッ ド
(65) 公表番号	特表2015-507910 (P2015-507910A)		イギリス ジーユー10 5イー サリー 、 ファーナム、 オールトン ロード、 ユニット 10ビー コックスブリッジ ビジネス パーク、 シルバーツリー
(43) 公表日	平成27年3月12日(2015.3.12)		
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/055309	(74) 代理人	110001139
(87) 国際公開番号	W02013/057614		S K特許業務法人
(87) 国際公開日	平成25年4月25日(2013.4.25)	(74) 代理人	100130328
審査請求日	平成27年7月2日(2015.7.2)		弁理士 奥野 彰彦
(31) 優先権主張番号	1118059.3	(74) 代理人	100130672
(32) 優先日	平成23年10月19日(2011.10.19)		弁理士 伊藤 寛之
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気モーター又は発電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ローターと、ステーターと、手段と、を備える電気モーター又は発電機であって、
 前記ローターは、第一磁極セットを備え、
 前記ステーターは、

前記ステーターに搭載された第一センサーと、

前記第一センサーに対して、前記ステーター上で実質的に互いに正反対の位置に搭載
 された第二センサーと、を備え、

前記第一センサーは、前記ローターが前記ステーターに対して回転するにつれて、前記
 第一磁極セットと関係する第一ローター磁束角を示す第一シグナルを出力するように配置
 され、

前記第二センサーは、前記ローターが前記ステーターに対して回転するにつれて、前記
 第一磁極セットと関係する第二ローター磁束角を示す第二シグナルを出力するように配置
 され、

前記手段は、前記第一センサーが示した前記第一ローター磁束角と前記第二センサーが
 示した前記第二ローター磁束角を平均化することによって、修正されたローター磁束角を
 決定するように構成され、

前記第一シグナル及び前記第二シグナルは、前記ローターが前記ステーターに対して回
 転するにつれて、前記第一磁極セットの各々を通過する前記第一センサー及び前記第二セ
 ンサーに応じて生じ、

10

20

前記ステーターには、複数のコイル巻線が搭載され、前記ローターには、第二磁石セットが備わり、

前記複数のコイル巻線及び前記第二磁石セットは、電流が前記複数のコイル巻線に流れるとトルクが前記ローターに加えられるように配置され、

前記ローターに加えられるトルクは、前記複数の各コイル巻線における電流の位相と、前記第二磁石セットと関係するローター磁束角に基づいて決定される、電気モーター又は発電機。

【請求項2】

前記第一センサー及び前記第二センサーが示した電氣的位相角の平均化により、前記第一磁極セットに対する、前記第二磁石セットと関係した前記ローター磁束角を決定することができる、請求項1に記載の電気モーター又は発電機。

10

【請求項3】

前記第一センサー及び前記第二センサーは、ホールセンサーである、請求項1又は2に記載の電気モーター又は発電機。

【請求項4】

請求項1に記載の電気モーター又は発電機を作動させる方法であって、前記方法は、交流電圧を前記複数のコイル巻線の各々に印加するステップを有し、

前記交流電圧の位相は、修正した電氣的位相角に基づく、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、電気モーター又は発電機に関するものであり、特に車両に備わる車輪を回転させるための電気モーターに関する。

【0002】

永久磁石同期電気モーターは、回転磁界の生成を介して作動する。回転磁界は、ステーターに搭載されたコイル巻線を流れる電流を介して一般的には形成される。コイル巻線は、ステーター周辺で互いに接続する形で配置された一群の相巻線を一般的には形成する。三相電気モーター又は発電機に関しては、3セットの相巻線が、スター又はデルタ構成として互いに接続している。

【0003】

30

スター構成として互いに接続した6セットの相巻線を有する六相電気モーター又は発電機の図を図1に示している。各巻線一端は、スター結線中性点100として知られる共有点で接続される。

【0004】

電気モーター又は発電機の操作中は、種々の電圧位相が各群の相巻線の全体にわたって印加又は発生する。従って、n-位相電気モーター又は発電機に関しては、n-位相電圧が電気モーター又は発電機の各相巻線の全体に印加される。

【0005】

永久磁石同期電気モーター又は発電機の効率は、相巻線に印加される電氣的位相(即ち電氣的位相角)を、一般的にはローターに搭載された永久磁石によって生じる磁界と(所定のトルク/速度のために、電氣的位相角を磁界に対してオフセットさせた固定位相とするように)同期させることを確実にすることによって最適化される。言い換えると、電氣的位相角は、ローター磁束角と同期する。

40

【0006】

各相巻線の電氣的位相がローターに搭載された永久磁石によって生じた磁界、即ちローター磁束角と同期可能となるように、整流マグネットリング形状の磁石リング又は複数の磁極のリングがローターに搭載される。そのローターは、そのローターに搭載された永久磁石(駆動磁石として作用する磁石)とマッチする構成をとる。そこでは、整流磁石は、駆動磁石のローター磁束角を推定するために用いられる。

【0007】

50

一般的にステーターに搭載されるものは、整流マグネットリングから電界強度を測定するように配置されたホールセンサーである。ローターの方角を高精度に決定できるように、一般的には第二ホールセンサーを第一ホールセンサーから90度の電氣的角度で離して設置する。

【0008】

ローターがステーターに対して回転するにつれて、ホールセンサーは、ローター磁束角を推定することが可能なAC電圧シグナルを出力する。ローター磁束角は、三角関数の計算を経てホールセンサー由来のシグナル出力から決定される。2つのホールセンサー構成に関しては、1つのホールセンサーがローター磁束角の正弦を表し、第二ホールセンサーシグナルがローター磁束角の余弦を表す。出力AC電圧シグナルは、ローター速度に比例した周波数を有する。実例として、図2は、およそ90度の電氣的位相角で離れた、ステーターに搭載された2つのホールセンサーからの出力を表している。図示の通り、2つの正弦波シグナルが出力され、1つの出力シグナルは、他の出力シグナルに対しておよそ90度シフトしている。

10

【0009】

しかしながら、製造公差により、整流マグネットリング中の磁石は、ローターに装着された永久磁石に対する変動レベルによって一般的にはオフセットされている。整流マグネットリングの磁石とローターに搭載された対応する永久磁石との一般的なオフセットは較正されているが、変動オフセットは、ローターにおける測定したローター磁束角と実際のローター磁束角との間の誤差となり得る。ローターにおける測定したローター磁束角と実際のローター磁束角との間の誤差によって、各相巻線の電氣的位相と、ローターに搭載された永久磁石によって生じる磁界が充分に同期しない可能性がある。

20

【0010】

一般的には、図3に示すように、測定した位相角と実際の位相角との間の誤差の変動は、ステーターに対するローターの完全な機械的回転を通じた正弦波となるだろう。ローター磁束角の誤差は、トルク損失、トルクリップル、音響雑音及び電気モーター効率の低下を引き起こす可能性がある。

【0011】

この状態を改善させることが望ましい。

【0012】

本発明の一態様によれば、添付の特許請求の範囲にかかる方法、電気モーター又は発電機が提供される。

30

【0013】

請求項にかかる発明は、整流磁石と駆動磁石との間の相関をより正確に決定することができる利点を提供するものであり、これによって、電氣的位相角判定の精度が向上し、結果として電気モーター又は発電機の運転効率を向上させることができる。

【0014】

本発明について、一例として、添付の図面を参照しながら以下に記載する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、六相電気モーター又は発電機のコイル巻線に関するスター結線を図示する。

40

【0016】

【図2】図2は、本発明を具体化した電気モーターに搭載された、90度の電氣的角度で離れた2つのホールセンサーからの出力を図示する。

【0017】

【図3】図3は、単一の位置センサーを有する電気モーターに関する、変動オフセットの位相角誤差を図示する。

【0018】

【図4】図4は、本発明を具体化したモーターの分解図を図示する。

50

【0019】

【図5】図5は、別の角度からの図4のモーターの分解図である。

【0020】

【図6】図6は、整流マグネットリングと本発明を具体化したモーターに搭載された2つの位置センサーとを描写した図を示す。

【0021】

【図7】図7は、本発明を具体化した電気モーターに関するコイルセットの例示的な配置を図示する。

【0022】

【図8】図8は、三相ステーター電流の複素空間ベクトルを図示する。

10

【0023】

【図9】図9は、閉回路ベクトル制御システムを図示する。

【0024】

【図10】図10は、d、q回転座標系を有する三相ステーター電流座標系を図示する。

【0025】

【図11】図11は、実質的に180度離れて間隔が開けられた2つの位置センサーによって測定された、変動するオフセット位相誤差の校正データのグラフを示す。

【発明を実施するための形態】

【0026】

記載されている発明の実施形態は、車両に備わる車輪に用いられる電気モーターである。モーターは、車両へ取付けられるステーターの一部である一組のコイルが、一組の磁石を備え且つ車輪を付けるローターによって放射状に囲まれるタイプのものである。誤解を避けるため、本発明の様々な態様は、同じ配置を有する発電機について同様に応用可能である。このように、電気モーターの定義には、発電機が含まれていることを意図する。加えて、本発明の態様のいくつかは、放射状に囲むコイルの中央に載置されるローターを備える配置に応用できる。しかしながら、当業者であれば理解する通り、本発明は他のタイプの電気モーターに適用することができる。

20

【0027】

図4に図示したように、インホイール電気モーター40は、アセンブリの筐体の最初の部品を形成しているリア部分230と、ヒートシンクと、複数のコイル及びこれらのコイルを駆動するための電子部品を含む駆動装置231と、を具備するステーター252を備える。コイル駆動装置231は、リア部分230に固定されてステーター252を形成する。ステーター252は、次に、車両に固定可能であり、使用中は車両に対して回転しない。コイル自体は、歯様の層板構造上に形成してコイル巻線を形成し、駆動装置231及びリア部分230と共にステーター252を形成する。

30

【0028】

ローター240は、実質的にステーター252を囲むカバーを形成するフロント部分220及び円筒部分221を備える。ローターは、円筒部分221の内側に沿って配置される複数の永久磁石242を備える。本実施形態のために、32個の磁石対を円筒部分221の内側に搭載する。しかしながら、任意の数の磁石対を用いることができる。

40

【0029】

磁石をアセンブリ231上のコイルに非常に接近させて、アセンブリ231のコイルによって発生する磁界がローター240の円筒部分221の内側に沿って配置された磁石242と協同して、ローター240の回転を引き起こす。永久磁石242を用いて電気モーターを駆動させる駆動トルクが発生するため、この永久磁石は駆動磁石と一般的には呼ばれている。

【0030】

ローター240は、ベアリングブロック223を介してステーター252に取り付けられる。ベアリングブロック223は、このモーターアセンブリが装着される車両において使用される基準ベアリングブロックとすることができる。ベアリングブロックは、2つの部品、ステーターに固定される第一部品と、ローターに固定される第二部品とを備える。ベアリング

50

ブロックは、ステーター252の壁230の中央部分233に固定され、ローター240の筐体壁220の中央部分225に固定される。従って、ローター240は、ローター240の中央部分225でベアリングブロック223を介して、使用される車両に回転可能に固定する。これは、以下の有利な点を有する：ホイールリム及びタイヤは、通常車輪ボルトを使用してローター240の中央部分225に固定することでホイールリムをローターの中央部分に固定することができ、その結果、ベアリングブロック223の回転可能面上へ確実に固定できる。車輪ボルトは、ローターの中央部分225を通してベアリングブロック自体を通過して装着させてもよい。ローター240と車輪の両方がベアリングブロック223に搭載されている状態では、ローターと車輪の回転角の間に一対一の関係がある。

【0031】

10

図5は、リアステーター壁230とコイル及び電子部品アセンブリ231を含むステーター252を反対側から示す、図4と同じアセンブリの分解図を示す。ローター240は、外側ローター壁220と、磁石242が円周方向に配置される環状壁221とを具備している。前述したように、ステーター252は、ローター及びステーター壁の中央部分のベアリングブロックを介してローター240に連結される。

【0032】

加えて、制御電子部品を備える制御装置80(モーター駆動コントローラー又はインバーターとしても知られているもの)が図4に示されている。

【0033】

V型シール350は、ローターの環状壁221とステーター筐体230の外縁との間に設けられている。

20

【0034】

ローターは、ステーターに搭載のセンサーと連動してローター磁束角を推定することができる、位置検出のための一組の磁石227(特に、整流磁石としても知られているもの)も備える。ローター磁束角は、コイル巻線に対する駆動磁石の位置的关系を規定する。あるいは、互いに離れた一組の磁石の代わりに、ローターは、互いに離れた一組の磁石として作用する複数の磁極を有する磁性体のリングを備えてもよい。

【0035】

整流磁石を用いてローター磁束角を計算できるようにするために、好ましくは、各駆動磁石は、関連した整流磁石を備える。ローター磁束角は、測定された整流磁石の磁束角を較正することによって、整流磁石のセットと関連した磁束角から導き出される。整流磁石の磁束角とローター磁束角との間の相関を単純化するために、好ましくは、整流磁石のセットは駆動磁石対のセットと同じ数の磁石又は磁極対を備え、整流磁石及び関連した駆動磁石は互いに略放射状に配置される。従って、本実施形態のために、整流磁石のセットは32個の磁石対を備え、各磁石対はそれぞれの駆動磁石対と略放射状に配置される。

30

【0036】

即ち、少なくとも2つのセンサーは、本実施例においてホールセンサーであり、実質的に互いに正反対の位置(機械的角度が約180度の間隔)でステーターに搭載される。センサーは、ローターが回転するにつれて、整流マグネットリングを形成する整流磁石の各々が各センサーを通過しながら回転するように配置される。

40

【0037】

ローターがステーターに対して回転するにつれて、整流磁石は、それに応じて、各センサーを通過するように回転して、各ホールセンサーがAC電圧信号を出力し、各センサーは、それぞれのセンサーを通過する磁石対ごとに電気的角度が360度の完全な電圧周期を出力する。

【0038】

図6は、整流マグネットリング対して機械的角度が約180度の間隔で2つのセンサーを配置して、32個の磁石対を備える整流マグネットリングの描写を示す。

【0039】

上記の通りに、ローター方向の判定を補助するために、各センサーは、電気的角度が90

50

度の間隔で設置される関連した第二センサーを備えてもよい。

【0040】

図7に示したように、本実施形態におけるモーター40は、各制御装置80に接続する3つのコイルサブセット61、62、63を有する各コイルセット60を具備する8つのコイルセット60を備え、各制御装置80及びそれぞれのコイルサブセットは、他のサブモーターと独立して制御できる三相論理的又はサブ電気モーターを形成する。制御装置80が三相電圧源を用いて各サブモーターを駆動させることによって、各コイルサブセットは回転磁界を発生させることができる。本実施形態では、各コイルセット60は3つのコイルサブセット61、62、63を備えると記述されているが、本発明はこれに限定されず、各コイルセット60は2又は3以上のコイルサブセットを備えることができると理解されるだろう。同時に、本実施形態では8つのコイルセット60(即ち8つのサブモーター)を備える電気モーターが記述されているが、モーターは関連する制御装置と共に1又は複数のコイルセットを備えることができる。

10

【0041】

各制御装置は、6つのスイッチを含む三相ブリッジインバーター(当業者にとって周知)を備える。三相ブリッジインバーターは、コイルセット60の3つのサブセットコイルに接続して三相電気モーター構成を形成する。従って、上記のように、モーターは、8つの三相サブモーターを備え、各三相サブモーターは、コイルセット60の3つのサブセットコイルに接続する制御装置80を備える。

20

【0042】

各三相ブリッジインバーターは、各コイルサブセット61、62、63にわたってPMW電圧制御を行うように配置されて、必要トルクを各サブモーターに提供する。

【0043】

所定のコイルセットに関して、制御装置64の三相ブリッジスイッチは、コイルサブセット61、62、63の各々にわたって単一の電圧位相を印加するように配置される。

【0044】

本実施形態に記載されているインホイール電気モーターは、複数の論理的サブモーターを備えているが、当業者であれば、電気モーターが論理的サブモーターを用いない従来の設計であってもよいことは理解しているだろう。

30

【0045】

本実施形態において、各制御装置80は、実質的に楔形である。この形状が複数の制御装置80をモーター内で互いに隣接して設置することを可能にするため、ファンのような配置を形成する。

【0046】

制御装置80のスイッチとしては、半導体装置(例えばMOSFET又はIGBT)を挙げることができる。本実施例では、スイッチには、IGBTが含まれる。しかしながら、任意の適切な公知のスイッチング回路を電流制御のために使用することができる。かかるスイッチング回路の1つの周知の例は、三相電気モーターを駆動するように構成された6つのスイッチを備える三相ブリッジ回路である。6つのスイッチは、2つのスイッチが3つ並列するセットとして構成され、スイッチの各対は、直列に設置され、三相ブリッジ回路の脚部を形成する。

40

【0047】

複数のスイッチは、各コイルサブセット全体にわたって交流電圧を印加するために配置される。

【0048】

上述の通り、複数のスイッチは、n-相ブリッジ回路を形成するように構成される。従って、当業者にとって周知であるように、スイッチの数はそれぞれのサブモーターに印加される電圧位相の数による。現在の設計は、三相構成の各サブモーターを示すが、サブモーターは2又は3以上の位相を有する構成とすることは可能である。

【0049】

コイルサブセットのワイヤー(例えば銅線)は、必要に応じてスイッチング素子に直接接

50

続できる。

【0050】

制御装置80は、制御装置80に搭載されるスイッチの操作を制御するための多くの電子部品を備える。制御装置80に搭載する電子部品の例としては、PWM電圧を制御するためのスイッチ操作を制御する制御論理と、制御装置80と制御装置80の外部の装置(例えば他の制御装置80又は主制御装置)との通信を可能にするインターフェース構成部品(例えばCANインターフェースチップ)が挙げられる。一般的には、制御装置80がインターフェースを介した通信をしてトルク要求に関する要請を受け取ったりステータス情報を伝達したりする。一般的に、ローター磁束角を決定するための少なくとも2つのセンサーは、ステーターに搭載されている互いに離れた制御装置80に搭載される。任意に、更なる冗長性のために、センサーをそれぞれの制御装置80に搭載することもできる。

10

【0051】

モーター制御器(不図示)の制御下にある制御装置80によって電気モーターに生じる正弦電圧波形は、ベクトル制御を使用して作成され、生じたローター磁束及びステーター電流は、図8に示するように、3つの軸A、B、Cによって120度離れた各ベクトルによって表される。

【0052】

図8に示すように、電流 i_a 、 i_b 、 i_c は、三相電流座標系のA、B及びC軸のそれぞれのステーターコイルの瞬間電流を表し、ステーター電流ベクトルは、 $i_s = i_a + \alpha i_b + \alpha^2 i_c$ ($\alpha = e^{(i * 2 * \pi / 3)}$)と、規定される。

20

【0053】

ベクトル制御は、三相時間及び速度依存系を二座標の時不変系に変換する投影に基づくものであり、ステーター電流又は電圧成分は横軸qに配置し、磁束成分は直軸dに配置する。

【0054】

閉回路制御システム(図9に示すものは一例)を用いて、必要トルク τ (入力 i_q 値と表示)と必要磁束 λ (入力 i_d 値と表示)を電気モーターから測定された実効値と比較する。

【0055】

しかしながら、正常な状況下では、永久磁石同期電気モーターは、一般的に、 i_d がゼロにセットされている点に留意する必要がある。

30

【0056】

図9に示す閉回路制御システム100は、必要トルク値と測定値との比較を実行し、パーク及びクラーク変換を使用して電気モーターの駆動に必要な関連した電圧及び電流制御を実行する。

【0057】

クラーク変換101は、電気モーターの駆動に用いる三相電圧 v_a 、 v_b 及び v_c のうちの少なくとも2つの測定値を使用して、二相直角ステーター軸 v_α 及び v_β の電圧を算出する。そして、パーク変換をパーク変換102によって実行して、二固定座標のステーター軸 v_α 及び v_β を二座標の時不変系 v_d 及び v_q (d、q回転座標系を規定)に変換する。図10は、二相直交ステーター軸 v_α 及び v_β 並びにa、b及びc静止座標系に対するd、q回転座標系におけるステーター電圧の関係を図示する。

40

【0058】

正常の駆動状況下において、ローター位相角 θ_r (ローター磁束ベクトル Ψ_R によって規定されるものであり、別名、駆動磁石のローター磁束角)とステーター電気的位相角 θ_e は、q-軸と理想的には合うべきである。これにより、ローター位相角 θ_r とステーター電気的位相角 θ_e との間の同期が維持される。

【0059】

パーク変換102から時不変変換を導き出すためには、ローター位相角 θ_r をパーク変換に提供する。ローター位相角 θ_r は、制御装置80に搭載される位置センサーとローター整流磁石を使用して決定される。

50

【0060】

上述の通り、ローターにおけるローター位相角 θ_r は2つのセンサーを使用して決定される。上記センサーは、本実施形態においてはホールセンサーであり、互いに離れた制御装置に搭載される。本実施形態に関しては、精度を向上させるために、各センサーは互いに離れたセンサーアセンブリの一部を形成する一方で、各センサーアセンブリは第二センサーを有し、両センサーアセンブリのセンサーは、90度の電氣的角度の間隔で搭載される。従って、本実施形態に関しては、少なくとも2つのセンサーアセンブリは、互いに離れた制御装置に搭載される。

【0061】

上述の通り、2つのセンサーだけを、又は、本実施形態の目的においてはセンサーアセンブリを、ステーター上において実質的に互いに正反対の位置に搭載させる必要があるが、それぞれの制御装置80がセンサー又はセンサーアセンブリを備えてもよい。センサーを多くの制御装置に搭載することによって、一組のセンサーに発生するであろう故障に対して冗長性を持たせる効果がある。

10

【0062】

本実施形態においては能動的センサーが組み込まれているが、他の形態のセンサーを用いることもでき、例えば、歯付きリングに隣接して搭載されるコイル及び磁石を含む誘導センサーである。

【0063】

上述の通り、ステーターに対してローターが回転するにつれて、センサーがAC電圧シグナルを出力し、出力されたAC電圧シグナルは、ローターの速度と比例した周波数を有する。

20

【0064】

各センサーによって出力された電圧シグナルの位相は、整流マグネットリングの磁束の位相、即ち磁束角に対応する。ローター位相角 θ_r を決定し、それをパーク変換でできるようにするために、整流マグネットリングの磁束(センサーにより出力される電圧シグナル出力によって規定されるもの)を較正して、整流磁石及びそれらに関連した駆動磁石の各々の相対位置における偏差を修正する必要がある。

【0065】

整流磁石の磁束角を較正してローター磁束角として使用するためには、両センサーの電氣的角度のオフセットをローター磁石対に対して規定する。オフセットは、測定された整流磁石の電氣的位相角とその関連した駆動磁石の電氣的位相角との間の差を規定する。

30

【0066】

各整流センサーは、較正された位相角オフセット値を有する。このオフセット値は、整流磁石の磁束角とローター磁束角との間の平均差を表す。しかしながら、整流磁極対は一般的に機械的な回転上で等間隔に設置されないため、修正されない限り、平均誤差がゼロであっても、ローター磁束角と算出された整流磁束角との間に更なるオフセット誤差(形状は概ね正弦波)が存在するだろう。

【0067】

表1は、整流磁石とそれらの各駆動磁石との間における不等な間隔から生じる、ローター磁束角と算出された整流磁束角との間のオフセット誤差の正弦波的特性を示すものである。32個の磁石対の各々のために、較正オフセットを両センサーで決定する。表1の最後の列には、両センサーにおいて磁石対ごとに決定されたオフセット値の平均値が含まれる。

40

【0068】

【表 1】

磁石位置	誤差センサー1	誤差センサー2	平均誤差
1	-3.834228516	3.696899414	-0.068664551
2	-3.751831055	3.757324219	0.002746582
3	-3.235473633	3.641967773	0.20324707
4	-3.131103516	2.625732422	-0.252685547
5	-2.213745117	2.103881836	-0.054931641
6	-1.488647461	2.054443359	0.282897949
7	-0.961303711	0.939331055	-0.010986328
8	-0.708618164	0.340576172	-0.184020996
9	0.565795898	0.010986328	0.288391113
10	0.455932617	-0.131835938	0.16204834
11	0.972290039	-0.417480469	0.277404785
12	1.7578125	-2.63671875	-0.439453125
13	1.90612793	-2.153320313	-0.123596191
14	2.224731445	-2.66418457	-0.219726563
15	2.25769043	-3.169555664	-0.455932617
16	2.246704102	-2.911376953	-0.332336426
17	2.411499023	-2.845458984	-0.21697998
18	2.576293945	-2.587280273	-0.005493164
19	2.653198242	-2.48840332	0.082397461
20	2.598266602	-2.235717773	0.181274414
21	0.933837891	-0.977783203	-0.021972656
22	1.016235352	-0.488891602	0.263671875
23	0.126342773	0.192260742	0.159301758
24	0.082397461	0.181274414	0.131835938
25	-0.670166016	1.334838867	0.332336426
磁石位置	誤差センサー1	誤差センサー2	平均誤差
26	-0.895385742	1.939086914	0.521850586
27	-2.070922852	2.905883789	0.417480469
28	-3.153076172	2.83996582	-0.156555176
29	-3.153076172	3.19152832	0.019226074
30	-3.394775391	3.224487305	-0.085144043
31	-3.460693359	3.334350586	-0.063171387
32	-4.290161133	3.13659668	-0.576782227

【0069】

表1に示される誤差値は、電氣的角度に関するものであり、平均誤差がゼロなるようにモーターが既に較正されていると仮定した場合のローター磁束に対する電氣的角度の誤差を示す、即ち、平均オフセット値はこれらの値に既に適用されている。

【0070】

図11は、較正データのグラフ図を示すものであり、x軸はそれぞれの磁石対を表し、y軸は磁束角オフセット値を表す。図11に示すように、各センサーでの測定オフセット値は、位相がおよそ180度の機械的角度で異なる両センサーの測定値によって、整流磁石対全体にわたって正弦波のように変化する。2つのセンサー間における位相が異なる正弦波の偏差は、変動オフセットの誤差で示される。

【0071】

しかしながら、第二センサーは第一センサーから180度の機械的角度にあるため、整流磁束角とローター磁束角と間の誤差(通常は、正弦波)は、第一センサーに見られるものと符号が逆である。

【0072】

しかしながら、本実施形態では、単一の較正オフセットのみを各センサーに保存するこ

10

20

30

40

50

とができる、即ち、センサー当たりの単一のオフセット値のみを全ての磁石に用いることができるため、表1にリストされた磁石対当たりの個々のオフセット誤差値は、本実施形態において、変動オフセット誤差を修正するために用いることができない。

【0073】

しかしながら、平均オフセット誤差上で変動する、各センサーと関連した2つのオフセット誤差は、符号が逆であり且つほぼ同じ強度を示すため、変動するオフセット誤差を補償するために、各制御装置は、ステーター上の実質的に互いに正反対の位置に置かれた2つのセンサーによって測定された2つの磁束角の平均値を用いられるように構成される。2つの変動するオフセット誤差値が正弦波的特性であり且つ符号が逆であるため、2つの測定された磁束角を平均化することによって、変動するオフセット誤差が広く相殺される。

10

【0074】

表1の最後の列は、ステーター上で実質的に互いに正反対の位置に置かれる2つのセンサーに関する、変動オフセットの誤差値の平均値を提供するものである。これは、実質的に互いに正反対の位置にある2つのセンサーで測定された位相角の平均値に対応する。整流磁石と駆動磁石との間の一般的なオフセットに関する主なオフセット値は既に修正されている。

【0075】

各センサーにおける変動オフセット誤差の平均化によって、各センサーからのシグナルが4度の電気的角度を超える誤差であるにもかかわらず、0.6度の電気的角度よりも大きなオフセット誤差は見られない。

20

【0076】

平均ローター磁束角を使用して導き出されたローター磁束角は、ローター磁束角 θ_r として用いられる。

【0077】

較正データ(好ましくは、電気モーター内に保存されるもの)を用いて、測定された位相角から導き出される決定された変動オフセットの誤差と較正データとを比較することによって、ステーターに対するローター位置が決定される可能性がある。一旦、相対的ローター位置が決定されると、センサーの一つが故障するとしても、適切な変動オフセットの誤差修正をローターの位置に基づいて適用させることが可能であろう。

【0078】

30

他の実施形態の場合には、3つ以上のセンサーについての変動オフセット誤差を用いてもよい。

【0079】

二座標の時不変値 v_d 及び v_q を必要トルク及び必要磁束と比較する。修正された v_d^* 及び v_q^* 値を、測定された整流磁石の磁束角から導き出されたローター磁束角 θ_r と共に逆パーク変換103に入力して、固定座標 v_α^* 及び v_β^* を得る。固定座標 v_α 及び v_β 値を逆ク拉克変換104に入力して、電気モーター駆動させるために必要な三相電圧値 V_a 、 V_b 、 V_c を導き出す。

【0080】

三相電圧値 V_a 、 V_b 、 V_c を変調ユニット105に供給する。変調ユニット105は、三相電圧値 V_a 、 V_b 、 V_c を用いて変調スキームを決定する。一旦、変調スキームが導き出されると、空間ベクトル変調を用いて、インバータスイッチのためのスイッチングシーケンスを決定し、三相PWM電圧を発生させて、必要な正弦波三相電圧を示し、必要トルクで電気モーターを駆動させる。

40

【図 1】

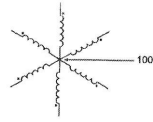


Figure 1

【図 2】

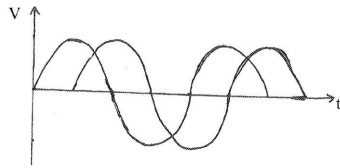


Figure 2

【図 3】

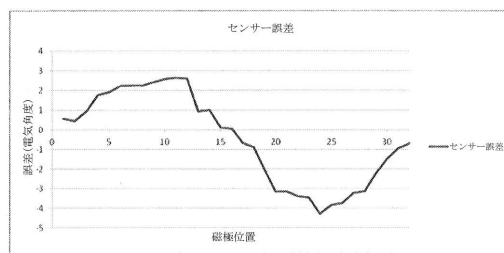


Figure 3

【図 4】

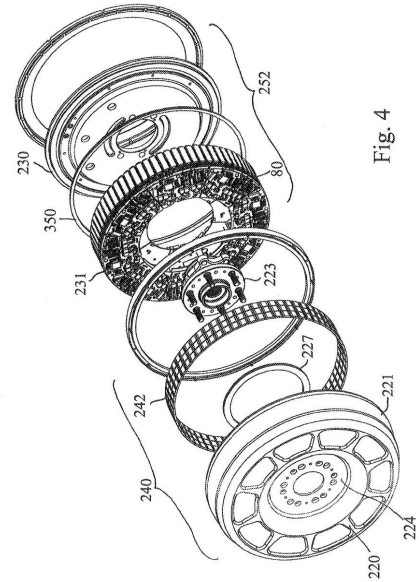


Fig. 4

【図 5】

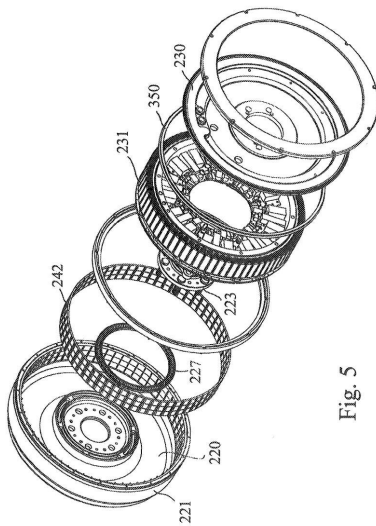


Fig. 5

【図 6】

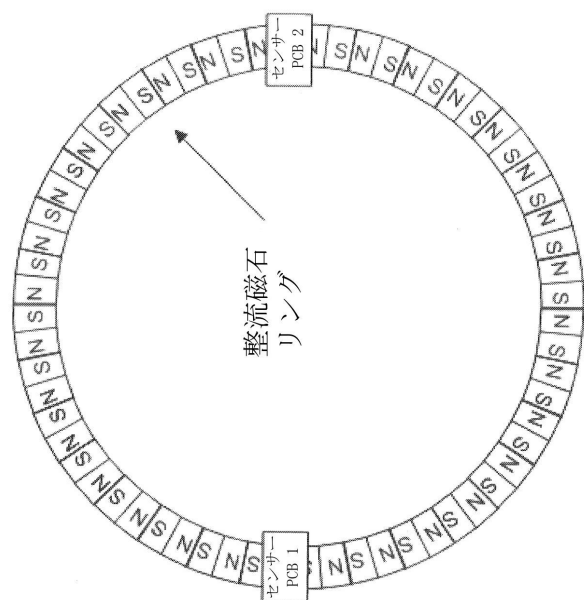
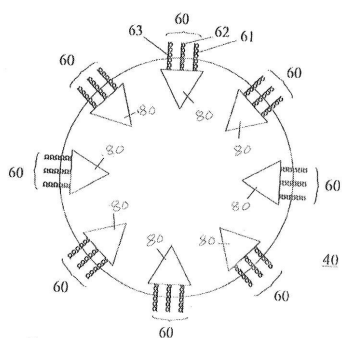
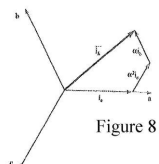


Figure 6

【図 10】



【図 8】



【图 9】

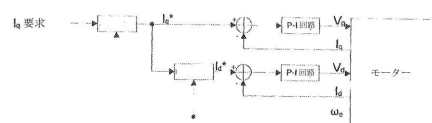
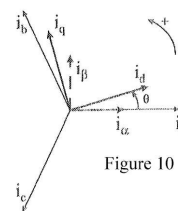


Figure 9



【図 11】

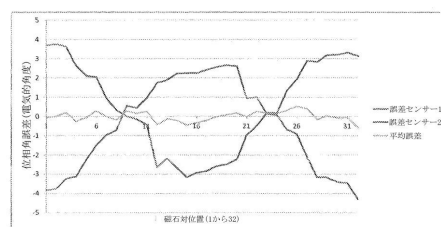


Figure 11

フロントページの続き

(72)発明者 バーク, リチャード

イギリス, ジーユー１０ ５イーエイチ, ファーナム サリー, オールトン ロード, ユ
ニット１０ビー コックスブリッジ ビジネス パーク, シルバーツリー, プロティアン エ
レクトリック リミテッド内

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 特開平１０－０５２０８２（ＪＰ，Ａ）

特開２００６－１９７６８４（ＪＰ，Ａ）

特開２００４－０２３８００（ＪＰ，Ａ）

米国特許第０７７１４５２９（ＵＳ，Ｂ２）

独国特許出願公開第０３２４０５８０（ＤＥ，Ａ１）

米国特許出願公開第２００８／０２５８５８４（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 29/00

H02K 29/08