【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第４区分
【発行日】平成26年7月17日(2014.7.17)

【公表番号】特表2013-532936(P2013-532936A)
【公表日】平成25年8月19日(2013.8.19)
【年通号数】公開・登録公報2013-044
【出願番号】特願2013-520092(P2013-520092)
【国際特許分類】
Ｈ０２Ｐ　6/18　(2006.01)
Ｈ０２Ｐ　27/06　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０２Ｐ　6/02　３７１Ｓ
Ｈ０２Ｐ　7/63　３０３Ｖ

【誤訳訂正書】
【提出日】平成26年5月30日(2014.5.30)
【誤訳訂正１】
【訂正対象書類名】特許請求の範囲
【訂正対象項目名】全文
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
電子整流多相回転機（１）の回転子位置を求める方法であって、
前記回転機（１）は、相コネクタを介して通電される複数の相巻線（４）を有しており、当該方法は、
前記相コネクタでの相電圧および相電流を求めるステップと、
前記求められた相電圧と相電流から、前記相コネクタでの誘導電圧を求めるステップと、
前記誘導電圧によって決まる、固定子固定のデカルト座標系における前記誘導電圧の電圧ベクトルを提供するステップと、
前記回転子位置を、前記提供された電圧ベクトルの空間ベクトル角度として求めるステップと、
を有しており、
前記電圧ベクトル角度および前記回転子の回転数を用いて求められた修正角度を、前記誘導電圧の、変換された電圧ベクトルの空間ベクトル角度に加える、
ことを特徴する方法。
【請求項２】
前記提供するステップを、
前記求められた誘導電圧を固定子固定のデカルト座標系に変換することによって行う、または、
前記相コネクタでの、求められた相電圧および相電流から誘導電圧を求める前に、前記相コネクタでの、求められた相電圧および相電流を固定子固定のデカルト座標系に変換することによって行う、
請求項１記載の方法。
【請求項３】
前記修正角度を、ルックアップテーブルを用いて、前記空間ベクトル角度および前記回転数の設定によって求める、
請求項１または２記載の方法。

【請求項４】
前記相コネクタでの相電圧および相電流を求めるステップを、
前記相電圧および相電流を測定することによって、または、
前記相電圧を、提供された中間回路電圧と、前記相コネクタを駆動制御するパルス幅変調のデューティ比と、から求めることによって行う、
請求項１から３までのいずれか１項記載の方法。
【請求項５】
電子整流多相回転機（１）の回転子位置を求める装置であって、
前記回転機（１）は、相コネクタを介して通電される複数の相巻線（４）を有しており、当該装置は、
前記相コネクタでの相電圧および相電流を求めるための装置と、
制御ユニットと、
を有しており、
当該制御ユニットは、
前記相コネクタでの誘導電圧を求めるために、
前記誘導電圧によって決まる、固定子固定のデカルト座標系における前記誘導電圧の電圧ベクトルを提供するために、および
前記回転子位置を、前記提供された電圧ベクトルの空間ベクトル角度として求めるために、
構成されており、
前記電圧ベクトル角度および前記回転子の回転数を用いて求められた修正角度が、前記誘導電圧の、変換された電圧ベクトルの空間ベクトル角度に加えられる、
ことを特徴する装置。
【請求項６】
電子整流多相回転機（１）と、
請求項５記載の装置と、
を有しているモーターシステム。
【請求項７】
プログラムコードを含んでいるコンピュータープログラムであって、前記プログラムコードは、データ処理ユニット上で実行される場合に、請求項１から４までのいずれか１項記載の方法において、
前記相コネクタでの相電圧および相電流に関する情報を受信するステップと、
前記受信された相電圧と相電流から、前記相コネクタでの誘導電圧を求めるステップと、
前記誘導電圧によって決まる、固定子固定のデカルト座標系における前記誘導電圧の電圧ベクトルを提供するステップと、
前記回転子位置を、前記提供された電圧ベクトルの空間ベクトル角度として求めるステップと、
を実行し、
前記電圧ベクトル角度および前記回転子の回転数を用いて求められた修正角度を、前記誘導電圧の、変換された電圧ベクトルの空間ベクトル角度に加える
ことを特徴とするコンピュータープログラム。
【誤訳訂正２】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】全文
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【発明の詳細な説明】
【発明の名称】電子整流多相回転機の回転子位置を求めるための方法および装置、前記装置を有しているモーターシステム、前記方法を実行するコンピュータープログラム

【技術分野】
【０００１】
本発明は、電子整流電気機械に関し、殊に電気機械の回転子の位置を、センサを用いずに検出する方法に関する。
【０００２】
従来技術
ブラシレス電気機械を電子整流するために、目下の回転子位置に関する情報が必要である。この回転子位置を用いて電子整流が行われる。これは、回転子位置に応じて、相電圧を電気機械に印加すること、ないしは、ジェネレーターとしての動作時には、ここで相電圧を検出することによって行われる。
【０００３】
回転子の位置を求める種々の方法が知られている。ある電気機械グループでは、回転子位置が組み込まれた位置センサまたは別個の位置センサによって検出され、電子整流を行う制御ユニットにこれが供給される。別の電気機械グループでは、回転子位置が、センサを用いずに、モーター電圧および／またはモーター電流から求められる。
【０００４】
センサを用いずに、回転子位置を検出する既知の方法はいわゆるＢａｃｋ－ＥＭＦ（逆起電力）方法である。この方法では、電気機械の相より線内の誘導電圧の経過から、回転子位置が導出される。誘導電圧を測定するために、相応する相コネクタを無電流でスイッチングすることが必要であるので、Ｂａｃｋ－ＥＭＦ方法を使用するために、電子流のための適切な通電パターンの選択において制限されてしまう。
【０００５】
さらに、Ｂａｃｋ－ＥＭＦ方法を用いた回転子位置決定は通常、誘導電圧が正弦状の経過を描き、相電圧がインバータを介して設定されない電気機械において可能である。なぜなら、このような電気機械では相コネクタは、無電流にスイッチングされないからである。例えば、騒音特性に有利な（垂直帰線区間の無い）継続的な電圧設定は、Ｂａｃｋ－ＥＭＦ方法では不可能である。例えばセンサを用いないベクトル制御の場合に、正弦状機械をセンサを用いずに動作させるための公知の方法の良さは、誘導電圧の経過が正弦状経過特性から離れるほど、低減してしまう。
【０００６】
従って、本発明の課題は、誘導電圧が正弦状ではなく、整流様式に依存せずに使用される場合にも使用可能である、回転子位置をセンサを用いずに検出するための改善された方法を提供することである。
【０００７】
発明の開示
上述の課題は、請求項１に記載されている、電動機の回転子の位置を求める方法、並びに、並列する請求項に記載されている装置およびモーターシステムによって解決される。
【０００８】
さらなる有利な構成は従属請求項に記載されている。
【０００９】
第１の観点では、電子整流多相回転機の回転子位置を求める方法が提示される。回転機は複数の相巻線を有する。これらの相巻線は相コネクタを介して通電可能である。この方法は以下のステップを含む：
・回転機の相コネクタでの相電圧および相電流を求める；
・この求められた相電圧および相電流から、回転機の相コネクタでの誘導電圧を求める；
・固定子固定のデカルト座標系における誘導電圧の、誘導電圧によって決められる電圧ベクトルを提供する；
・固定子固定のデカルト座標系における、誘導電圧の電圧ベクトルの空間ベクトル角度として回転子位置を求める。
【００１０】

上述した方法の着想は、多相回転機において、誘導電圧を相巻線において求め、固定子固定の座標系の電圧ベクトルとして提供する、ということである。従って、誘導電圧の空間ベクトル角度は回転子位置に関する情報を示す、またはこの情報に直接的に割り当てられる。これによって特に容易に、回転子位置を、誘導電圧から導出することが可能になる。

【００１１】

殊に、誘導電圧によって決められる、固定子固定のデカルト座標系における誘導電圧の電圧ベクトルを提供することが行われる。これは、求められた誘導電圧が固定子固定のデカルト座標系に変換されることによって、または、回転機の相コネクタでの、求められた相電圧および相電流が固定子固定のデカルト座標系に変換されることによって行われる。これは、回転機の相コネクタでの、求められた相電圧および相電流から、誘導電圧が求められる前に行われる。

【００１２】

さらに、誘導電圧の変換された電圧ベクトルには修正角度が加えられる。ここでこの修正角度は、電圧ベクトル角度に依存する。誘導電圧が正弦状でない場合にも、回転子位置を誘導電圧から求めるために、修正角度を用いて、回転子位置検出時の正弦状ではない誘導電圧のエラーが修正される。

【００１３】

ある実施形態では、修正角度は、電圧ベクトル角度を用いておよび／または回転子の回転数を用いて求められる。

【００１４】

修正角度は、ルックアップテーブルを用いて、電圧ベクトル角度および／または回転数の設定によって決められる。

【００１５】

別の実施形態では、回転機の相コネクタでの相電圧および相電流は、相電圧および相電流が測定されることによって、または相電圧が、提供された中間回路電圧および相コネクタが駆動制御されるパルス幅変調のデューティ比から求められることによって、求められる。

【００１６】

別の観点では、電子整流多相回転機の回転子位置を求める装置が提示される。回転機は複数の相巻線を有している。これらの相巻線は相コネクタを介して通電可能である。この装置は、

・回転機の相コネクタでの相電圧および相電流を求めるための装置と、
・制御ユニットとを有しており、この制御ユニットは、
　回転機の相コネクタでの誘導電圧を求めるために；
　固定子固定のデカルト座標系における、誘導電圧によって決められる、誘導電圧の電圧ベクトルを提供するために；および
　誘導電圧の、固定子固定のデカルト座標系における電圧ベクトルの電圧ベクトル角度として回転子位置を求めるために、構成されている。

【００１７】

別の観点では、電子整流多相回転機および上述の装置を備えたモーターシステムが提示される。

【００１８】

別の観点では、コンピュータープログラム製品が提示される。このコンピュータープログラム製品はプログラムコードを含んでおり、このプログラムコードは、データ処理装置上で実行される際に、請求項１から４までのいずれか１項記載の方法において、以下のステップを実行する：

・回転機の相コネクタでの相電圧および相電流に関する情報を受信する；
・この受信された相電圧および相電流から回転機の相コネクタでの誘導電圧を求める；
・固定子固定のデカルト座標系における誘導電圧の、誘導電圧によって決められる電圧ベ

クトルを提供する
・固定子固定のデカルト座標系における、誘導電圧の電圧ベクトルの電圧ベクトル角度として回転子位置を求める
本発明の有利な実施形態を以下で、添付された図面に基づいてより詳細に説明する。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１ａ】電子整流回転機の例としての、同期機械の概略図
【図１ｂ】固定子固定のデカルト座標系への、誘導電圧の電圧ベクトルの変換を示す補助的な図面
【図２】誘起相電圧から回転子位置を求める方法を示すためのフローチャート
【実施例】
【００２０】
図１には、内側回転子機器としての、三相式電子整流回転機１の概略図が示されている。１２０°ずらして相互に配置された、３つの固定子歯３を備えた、固定子２が見てとれる。実際には、固定子２での固定子歯３の数は通常はより多く、例えば、３の倍数、９、１２または１８等に相当する。
【００２１】
固定子歯３にはそれぞれ、１つの相巻線４が設けられており、相応の通電時に、固定子磁界の成分を供給する。固定子巻線４は従来では、三角回路または星型回路に相互に接続されている。固定子巻線４の各々は、回転機１の相応する相コネクタ（図示されていない）を介して通電される。
【００２２】
固定子の内側には、回転運動する回転子５が、回転機１の回転子として取り付けられている。この回転子は、図１ａの簡易図では、２つの回転子極６を有している。これらは相互に対向して配置されている。実際には、同期機械は２つよりも多くの回転子極、例えば４つまたは８つの回転子極を有している。
【００２３】
制御ユニット１０が設けられている。この制御ユニットは、例えば、ドライバー回路１１を用いて固定子巻線４を駆動制御する。この駆動制御は、電子整流を用いて行われる。従って各相巻線４には、回転子５の位置に依存して、相電圧が印加される。この制御ユニット１０によって、種々の整流様式が設定される。これらは例えばブロック整流または台形整流等である。電子整流に対して付加的に、特定の相電圧が、印加する中間回路電圧ないしは供給電圧のパルス幅変調によって形成される。
【００２４】
誘導電圧を検出するために、これまでは、回転機１の相コネクタを無電流にスイッチングし、相コネクタに印加されている、これに接続されている位相角度で誘導電圧を求め、評価することが必要であった。これは通常は、回転機１の駆動制御に及ぼされる影響をできるだけ少なくするために、その持続時間が制限されている固定された垂直帰線区間内で行われる。
【００２５】
択一的に、誘導電圧を、相コネクタでの相電圧

$\vec{U}_S$

および相電流

$\vec{I}_S$

を求めることで、求めることもできる。相電圧

$\vec{U}_S$

および相電流

$\vec{I}_S$

は、例えば測定によって求められる。相電圧

$\vec{U}_S$

および相電流

$\vec{I}_S$

の測定は、適切な測定装置１２によって行われる。この測定装置は、ドライバー回路１１内または制御ユニット１０内に設けられ得る。測定装置１２は、例えば、測定抵抗（シャント）、アナログ・デジタル変換器等を有することができる。択一的に、相電圧

$\vec{U}_S$

および相電流

$\vec{I}_S$

を、ドライバー回路１１に印加されている中間回路電圧（供給電圧）の測定または知識、および該当する相巻線が駆動制御されるパルス幅変調のデューティ比から、求めることができる。

【００２６】

相電圧

$\vec{U}_S$

および相電流

$\vec{I}_S$

から、相応に、誘導電圧

$\vec{U}_{ind}$

が求められる。ベクトル書式では：

【数１】

$$\vec{U}_{ind} = \vec{U}_S - R \cdot \vec{I}_S - [L]\frac{d\vec{i}_S}{dt}$$

が当てはまる。

【００２７】

誘導電圧

$\vec{U}_{ind}$

を、固定子固定の座標系、殊にデカルト座標系の循環する電圧ベクトルとして、示すことが特に有利であることが判明している。これは、概略的に図１ｂに示されている。ここで代わりの画像として、固定子２は、相互に９０°ずらされた、２つの固定子巻線４を有している。相互に９０°ずらして配置されて固定子２に配置されている２つの代わりの固定子巻線４を用いて、例として図１ａに示されているような固定子巻線４が多相回転機において、常に固定子固定の座標系でも表示可能であることが示されている。すなわち、９０°相互にずらされた固定子巻線を有する回転機で示される。上述の例では、誘導電圧U_{ind1}、U_{ind2}、U_{ind3}の情報から、三相システムにおいて、固定子固定のデカルト座標系の誘導電圧が、極表示において、以下のように求められる：

【数２】

$$\breve{U}_{ind} = U_{ind} \cdot e^{-j\varphi} = U_{ind1} \cdot e^{-j0^\circ} + U_{ind2} \cdot e^{-j120^\circ} + U_{ind3} \cdot e^{-j240^\circ}$$

【００２８】
上述の式に従って求められた誘導電圧の空間ベクトル角度φはここでは直接的に、回転子５の回転子位置をあらわす。
【００２９】
これに対する前提条件は、誘導電圧

$\breve{U}_{ind}$

が正弦形状の経過を有する、ということである。誘導電圧

$\breve{U}_{ind}$

は、回転機の構造に大きく依存しており、殊に、回転子極６と固定子歯３との間のエアギャップの形状に依存している。従って、実際の回転子位置φ‘を求めるために、誘導電圧が正弦状ではない場合には、修正が行われなければならない。このために、例えば、空間ベクトル角度に依存する修正角度Ｋ（φ）が設定され、これが、正弦状ではない誘導電圧

$\breve{U}_{ind}$

の空間ベクトル角度に加えられ、これによって回転子位置に対して修正が行われる。この修正の結果、正弦形状ではない電圧の空間ベクトル角度φにも、位置に依存して、修正角度Ｋ（φ）が加えられる。
【００３０】
空間ベクトル角度φに対して付加的に、回転機の回転数ｎが考慮される。なぜなら誘導電圧

$\breve{U}_{ind}$

、殊にその経過特性は同様に、回転数ｎに依存しているからである。修正角度Ｋ（φ，ｎ）の供給は、通常は、ルックアップテーブルによって行われる。これは、回転機１の製造後に、モーター個々に学習される、またはモータータイプに依存して設定される。
【００３１】
回転数ｎを、様々な方法で求めることができる。第１の方法では、回転数ｎは、回転子位置φ’の派生として求められる。しかしここで一般的に欠点が生じる。これは、再結合の計算時に生じ、φ’＝φ＋Ｋ（φ，ｎ）が生じる、というものである。これは場合によっては、回転数ｎの情報の変動を生じさせる。
【００３２】
択一的に、回転数ｎは商
【数３】

$$n = |U_{ind}| / |Km(\varphi' \text{ または } \varphi)|$$

として求められる。ここでＫｍは、位置角度に依存するモーター定数に相応する。
【００３３】
別の改善形態では、回転数ｎは以下のように求められる：
【数４】

$$n = |U_{ind}| / |Km'|$$

【００３４】
ここでＫｍ‘は、フィルタリングされたＫｍ（φ’またはφ）に相応する。Ｋｍ（φ’またはφ）にはさらに、同じフィルタが用いられる。Ｕｉｎｄにも、その検出によってこ

れが加えられる。U_{ind}に用いられたフィルタは、例えば、測定の種類（例えばデジタルスキャン）およびU_{ind}の検出から得られる。ｄｔに従って相電流を導出することによって、例えば、最終的なｄｔによって、ローパスフィルタリングが作用する。

【００３５】

学習は例えば、特定の回転子位置φ‘および回転数ｎに対して、無電流の場合における、すなわち相電圧が印加されていない場合における位相ポテンシャルが求められ、これによって、誘導電圧

$\vec{U}_{ind}$

の経過特性が、回転子位置φ’および回転数ｎに依存して検出されることによって行われる。修正角度Ｋ（φ，ｎ）は、回転子位置φ‘messと、特定の回転子位置φ‘messと特定の回転数n_{mess}において求められた誘導電圧

$\vec{U}_{ind_mess}$

の空間ベクトル角度との差から得られる。

【００３６】

【数５】

$$K(\varphi_{mess}, n_{mess}) = \varphi'_{mess} - arg\left(U_{ind_mess} \cdot e^{-j\varphi_{mess}}\right)$$

【００３７】

図２には、回転機１の回転子位置を求める方法を表すフローチャートが示されている。ステップＳ１では、まずは、それを介して相巻線４が通電される相コネクタでの誘導電圧が、求められる。このために、印加された相電圧および相応の相電流が検出され、誘導電圧が上述の式に従って求められる。ここから、相応する相コネクタでの誘導電圧が求められる。

【００３８】

ステップＳ２では、各相に対する、このようにして求められた電圧が固定子固定のデカルト座標系に換算され、目下の回転子位置に対する空間ベクトル角度および誘導電圧の値が求められる。

【００３９】

ステップＳ３では、誘導電圧

$\vec{U}_{ind} \cdot e^{-j\omega\varphi}$

の空間ベクトル角度φに、相応する修正角度Ｋ（φ，ｎ）が加えられる（加算される）。この修正角度は、ルックアップテーブルからまたは相応する所定の関数から求められる。

【００４０】

修正された空間ベクトル角度φ‘

【数６】

$$\varphi' = \varphi + K(\varphi, n)$$

【００４１】

が、ステップＳ４で計算される。修正された空間ベクトル角度φ‘は回転子位置に相応する、ないしは、回転子位置はここから、簡易なオフセットを伴って導出される。