

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7004540号

(P7004540)

(45)発行日 令和4年1月21日(2022.1.21)

(24)登録日 令和4年1月6日(2022.1.6)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 P 6/22 (2006.01)

H 0 2 P 6/22

H 0 2 P 6/16 (2016.01)

H 0 2 P 6/16

請求項の数 9 外国語出願 (全17頁)

(21)出願番号	特願2017-201927(P2017-201927)	(73)特許権者	594034072
(22)出願日	平成29年10月18日(2017.10.18)		セブ ソシエテ アノニム
(65)公開番号	特開2018-78790(P2018-78790A)		フランス 6 9 1 3 0 エキュリ シュマン
(43)公開日	平成30年5月17日(2018.5.17)		デュ ムーラン カロン 1 1 2 キャンパ
審査請求日	令和2年8月6日(2020.8.6)		ス セブ
(31)優先権主張番号	1660873	(74)代理人	110001243
(32)優先日	平成28年11月9日(2016.11.9)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(33)優先権主張国・地域又は機関	フランス(FR)	(72)発明者	ルイ シュメーベール
			フランス 3 8 1 5 0 ルシヨン ルー エ
			ミール ソラ 8
		(72)発明者	ダミアン クテリエール
			フランス 6 9 3 1 0 ピエール ベニット
			リュ デ マルティル ド ラ リベラシオ
			ン 1 8 4 - 1 8 6
		審査官	池田 貴俊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ブラシレス三相同期電気モータの始動コントロール方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ブラシレス三相同期電気モータ(1)の始動のコントロール方法であって、該モータ(1)が、

- ー 3つの電氣的相(U、V、W)を規定するコイル(4)が周囲に巻き付けられた歯(3)を有する固定子(2)であって、前記コイル(4)への通電によって固定子(2)の分極の方向および向きが規定される、固定子(2)と、
 - ー 前記固定子(2)に対向してそれと同軸に配置された回転子(5)であって、回転子(5)の磁気分極を規定する少なくとも1対の磁極を有する回転子(5)と、
 - ー 前記固定子(2)の各相を流れる電流のスイッチングを調整して、前記回転子(5)の回転駆動に適した前記固定子(2)の磁気分極の可変方向を規定するように構成されたコントローラを備える電子回路板と、
 - ー 前記固定子の2つの歯の間の2等分線上に配置された単一の論理型位置センサ(6)であって、
 - ー 前記回転子の磁気分極の向き、および
 - ー 前記回転子(5)の回転時に前記回転子の磁気分極の向きが反転するタイミングに関する情報を含む信号を前記コントローラに送るようにされた単一の位置センサとを含むコントロール方法において、
- 前記回転子(5)の磁気分極の方向および向きを、前記回転子の磁気分極の向きに関する前記位置センサからの読取り情報に応じて判定される前記固定子(2)の分極の方向およ

び向きによって規定されるアライメント位置（ PA ）と揃える位置揃えステップを含み、位置揃えステップが、

- － 前記回転子（５）の任意のスタート位置（ $P0$ ）に始まって、前記回転子（５）が初めて前記アライメント位置（ PA ）と理論的に揃うまでの経過時間（ TA ）、または
- － 前記回転子（５）の任意のスタート位置に始まって、前記アライメント位置（ PA ）を中心とした前記回転子（５）の振動の振幅が予め定められた閾値よりも理論的に小さくなるまでの経過時間、または
- － 前記アライメント位置（ PA ）から最も離れた理論的スタート位置に関する前記回転子（５）の振動の振幅が予め定められた区間に理論的に収まるまでの経過時間、
- － 前記回転子（５）の任意のスタート位置に始まって、前記アライメント位置（ PA ）を中心とした前記回転子（５）の速度が予め定められた閾値よりも理論的に小さくなるまでの経過時間を有し、

それらの理論的経過時間の少なくとも１つは前記コントローラと接続された記憶装置に情報として与えられ、それらの理論的経過時間は、前記回転子（５）の様々なスタート位置（ $P0$ ）から前記回転子（５）の前記アライメント位置（ PA ）を中心とした前記回転子（５）の振動動作の理論的モデルから導き出されるか、または

位置揃えステップは、前記回転子（５）の任意のスタート位置（ $P0$ ）に始まって、前記アライメント位置を中心とした前記回転子の振動の振幅が予め定められた閾値よりも必然的に小さくなるまでの予め定められた経過時間であって、実験的に決定され、記憶装置に情報として与えられる経過時間を有する、コントロール方法。

【請求項２】

前記単一の論理型位置センサ（６）は前記固定子の第１の相と第２の相の間に配置され、前記固定子の磁気分極の方向および向きは、前記位置センサが第１の値を取るときには前記固定子の第３の相が第１の極性に従って通電され、前記位置センサが第２の値を取るときは前記固定子の前記第３の相が第２の極性に従って通電されるように決定される請求項１に記載のコントロール方法。

【請求項３】

前記固定子の磁気分極の方向および向きは前記３つの相の通電によって得られ、前記第１の相および前記第２の相は前記第３の相の分極と逆の分極を有する請求項２に記載のコントロール方法。

【請求項４】

予め定められた閾値は $\pi/6 \text{ rad}$ であり、定められた区間は前記アライメント位置（ PA ）を中心に $-\pi/6 \text{ rad}$ から $\pi/6 \text{ rad}$ の間である請求項１乃至３のいずれか一項に記載のコントロール方法。

【請求項５】

位置揃えステップの予め定められた経過時間は１０マイクロ秒から１．５０秒の間である請求項１乃至４のいずれか一項に記載のコントロール方法。

【請求項６】

前記第１の位置揃えのステップに続いて行われる前記回転子（５）の第２の起動ステップを含み、第２のステップで前記コントローラは、定められた誤差内で前記回転子（５）の初期位置（ PI ）を規定するために前記アライメント位置（ PA ）に基づいて連続的なスイッチングを行って前記回転子（５）の速度の段階的上昇に必要なトルクを引き出し、そのスイッチングタイミングはスイッチングのたびに再調整することで理論的スイッチングタイミングとの時間的なずれ（ Δt ）を最小化し、その理論的スイッチングタイミングは、

- － 前記論理型位置センサ（６）によって与えられる情報に応じて前記回転子（５）の半回転ごとに、または

－ 前記モータ（１）およびその負荷の理論的パラメータと前記モータが消費する電圧および電流の測定値を考慮に入れた推定方法から推定した前記回転子（５）の理論的速度の値をもとに決定され、

第２の起動ステップは、前記モータがその単一のセンサによって供給される情報に基づい

て定常状態で前記モータが動作できるようになるまで行われる請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のコントロール方法。

【請求項 7】

少なくとも最初のスイッチングは前記回転子の最大トルクで行われる請求項 6 に記載のコントロール方法。

【請求項 8】

第 1 のステップ、場合によって第 2 のステップの合計時間を測定し、チャートの 1 つまたは場合によって複数の値と比較することで異常な動作状態を検出する請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のコントロール方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の方法を実施するためのモータ（1）であって、前記コントローラに接続された記憶装置であって、位置揃えステップのチャートの経過時間、場合によっては前記回転子の第 2 の起動ステップのチャートの経過時間が記録された記憶装置を備えるモータ（1）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、小型家電品のための電気モータの一般的な技術分野に関する。

【0002】

より詳細には、本発明は、ブラシレス多相同期電気モータの始動コントロール方法およびそのモータに関する。

【背景技術】

【0003】

ブラシレス多相同期電気モータは、

－ 固定子の電氣的相および磁極を規定するコイルが周囲に巻き付けられた歯を有する固定子と、

－ 固定子に対向してそれと同軸に配置された回転子であって、回転子の磁気分極を規定する整数対の磁極を有する回転子と、

－ 固定子の各相を流れる電流のスイッチングを管理して回転子の回転駆動に適した固定子の回転する磁気分極を規定するように構成されたコントローラを備える電子回路板とを一般に備える。

【0004】

ブラシレス多相同期モータでは、回転子は固定子の分極の方向と同じ角速度で回転する。

【0005】

モータのトルクが駆動対象の負荷によるトルクに近いものである限り、回転子の回転は固定子の分極の回転と同期される。

【0006】

しかし、負荷またはモータによるトルクが異なり、それを受けてスイッチングタイミングが調整されないと、回転子は同期を失う。

【0007】

同期が失われると、回転子は変化する固定子の分極と再同期することができずに振動し始めるのが通例であり、その場合にはその構成要素の破損につながり得る。

【0008】

そのような事態を避けるためには、負荷によるトルクが増大したときにはスイッチングタイミングを再調整できるように、コントローラは回転子の位置を常時把握できていなければならない。

【0009】

より一般的には、スイッチングタイミングは、負荷の投入時がそうであるようなモータの減速期、またはモータの始動時がそうであるようなモータの加速期に再調整される必要がある。

10

20

30

40

50

【0010】

実際、モータの始動時には、コントローラは、モータの回転子の公称回転速度に到達するまで回転子を加速するために漸進的始動を果たさなければならない。

【0011】

そのため、固定子のコイルの電源電圧のスイッチング周波数は始動時には非常に低く、その後は負荷によって回転子に与えられる抵抗トルクに依存する回転子の位置を考慮に入れながら徐々に引き上げられる。

【0012】

そのため、電子スイッチング式モータの動作は回転子の位置検出に依拠する。

【0013】

位置情報が悪ければ、それはスイッチングの誤りへとつながり、その結果として、固定子のコイルを流れる電流の急激な上昇による電子装置の障害や場合によりその破損、回転子の消磁、がたつきや振動につながるトルクの急激または反復的な変化、平均トルクの低下、さらには定常状態でのモータの効率の低下を招く可能性がある。

【0014】

そうした不都合に対処するため、回転子の絶対位置を示す単一のアナログセンサを備えたブラシレス多相同期電気モータを実現することが知られている。

【0015】

しかし、この種の位置センサは高価であるため、量産する場合には好ましくない。

【0016】

固定子に対する回転子の相対位置をコントローラに知らせるための、ホール効果式または光学式などの論理型位置センサを使用する方法も知られている。

【0017】

論理型位置センサはアナログ位置センサよりもはるかに安価である。

【0018】

このような論理型位置センサは、予め規定された回転子に対向する位置に配置され、

- ー 回転子の磁気分極の向き、および
 - ー 回転子の回転時に回転子の磁気分極の向きが反転するタイミング
- に関する情報を含む信号をコントローラに送るようにされる。

【0019】

典型的には、このような論理型位置センサは0または1のバイナリ値に対応する信号を生成する。

【0020】

これらバイナリ値のそれぞれには、位置センサが配設されている場所から位置センサによって見たときの回転子の磁気分極の2つの向きが対応する。

【0021】

回転子の磁気分極の一方の向きから他方の向きへの反転タイミングは、位置センサが0の値から1の値に変わるタイミング、別の言い方をすれば立上り前縁、または位置センサが1の値から0の値に変わるタイミング、別の言い方をすれば立下り後縁からそれぞれ導き出すことができる。

【0022】

このような論理型位置センサの数は、モータの始動後直ちに回転子の位置に関する十分に正確な情報を得られるように一般には3つである。

【0023】

こうした論理型位置センサを使用することによって、固定子の各相への通電のスイッチングのコントロールを得ることができ、それによって公称性能およびモータ安定性が得られる。

【0024】

これらのセンサは回転子の軸上または回転子のごく近くに配置することができる。

【0025】

10

20

30

40

50

しかし、その数はコスト増、かさ高、そして余計な故障リスクをもたらす。

【0026】

モータの総コストは、使用する位置センサの数とそれに付随する電子回路板のコストによる影響を特に受ける。

【0027】

この総コストには、位置センサのコストだけでなく、それら位置センサを電子回路板に接続するための配線のコストや、それらすべての構成要素の組立てに付随した産業化のコストも含まれる。

【0028】

これらのモータは一般に小型家電品の量産用に充てられる。

10

【0029】

そのため、モータのコストにおいて実現できる節減はそのような小型家電品の生産コストに大きな節減をもたらす可能性がある。

【0030】

モータのコスト削減のための1つの方法は当然のことながら論理型位置センサの数を減らすことである。

【0031】

しかし、そうすると、コントローラに伝達される情報量が減り、低速での制御の低下を来す。

【0032】

特許文献1により、最大2つまでの論理型位置センサを使ったブラシレスDCモータの始動方法が知られている。

20

【0033】

センサ1つだけを使用する場合には、まず固定子の予め定められた第1の相に第1の分極に従って連続的に通電が行われ、それ以外の2つの相には第1の相と反対の分極に従って交互に通電が行われる。

【0034】

すると、回転子は、センサが回転子の磁気分極の向きの反転についての情報を与える信号を返してくるまで回転駆動される。

【0035】

そのタイミングからは、コントローラは、回転子が定常状態での動作に対応する速度閾値に達するところまで回転子を加速するようにそれらのスイッチングを開始する。

30

【0036】

このような方法は、1つだけの論理型位置センサを使ってモータを始動できるという点では満足できるものである。

【0037】

しかし、そのタイミングにおける回転子の位置には不確実さがあり、それは必然的にその後のスイッチングに影響を及ぼす。

【0038】

その上、回転子の速度は把握もされなければ推定もされない。

40

【0039】

そのため、回転子の速度が速すぎて、コントローラによってそのタイミングで開始されたスイッチングが回転子の分極の方向および向きと同相にないと、時としてモータは始動できなかったり、時としてモータの構成要素が破壊に至るような障害に見舞われたりする可能性がある。

【0040】

さらに、この方法では、モータおよびその負荷の慣性が大きい場合や、始動時に負荷が公称トルクに近いトルクを必要とする場合には、モータの始動期に最適なトルク、またはモータおよびその負荷の動作に必要なトルクをもたらすことができない。

【0041】

50

また、特許文献 2 により、1 つだけの論理型位置センサを使ったブラシレス DC モータの始動方法が知られている。

【0042】

この方法は、固定子のコイルに低周波電流を注入して、回転子が固定子の通電周波数に対応する速度に同期するのを予め定められた時間を待つというものである。

【0043】

この同期の後、回転子の新たな同期が得られるまで固定子の通電周波数が引き上げられる。

【0044】

それにより、回転子は連続する同期によって次第に加速され、やがて回転子は単一の位置センサによって与えられる情報によって閉ループで動作することができる速度にまで達する。

10

【0045】

このような方法は、1 つだけの論理型位置センサを使ってモータを始動できるという点では満足できるものである。

【0046】

しかし、この方法では回転子が固定子の磁気分極と直ちに同期することが前提とされるが、特定の状況、とりわけ回転子に負荷がかかっている場合にはその前提が得られない可能性がある。

【0047】

その場合には、回転子のトルクをさらに高めてプロセスを改めて初期化しなければならない。

20

【0048】

最後に、「センサレス」と呼ばれるセンサなしのモータを用いることも知られている。

【0049】

この種のモータは、スイッチング中に通電を行わない固定子のコイルを使って回転子の回転で発生する逆起電力を測定し、スイッチングをトリガするタイミングをそこから導き出すというものである。

【0050】

この解決法では論理型位置センサを使用する必要がなく、理論的にはそれによってモータの製造コストを削減することができるはずである。

30

【0051】

しかし、このようなモータでは、論理型位置センサで使用する電子回路板およびコントローラを一から作り直す必要がある。

【0052】

さらに、始動時の逆起電力は利用可能であるためにはあまりに微弱である。そのため、このタイプのセンサなしのモータの始動には別のタイプの閉ループ制御を利用する必要がある。

【0053】

一般に、このようなモータは、予め規定された漸増する周波数で固定子の各相をスイッチングすることによって、モータが失速することのないように十分にゆっくりとステッピングモータのように始動される。

40

【0054】

この段階でのトルクは非常に弱く、フィードバックループの調整はきわめて困難であり、そのためには強力な計算能力が求められる上に、逆起電力とモータから発生する寄生電流とを区別するためのフィルタリング手段が必要とされる。

【0055】

また、このようなモータは、位置センサを備えたモータと比べて速度が制限される。

【0056】

実際、回転子の位置情報なしに電氣的時定数の大きいモータの性能を維持することは難しいが、それは電氣的時定数の遅れを補償するためにスイッチング進角を与える必要がある

50

ためである。

【0057】

このスイッチング進角は、通電されていない固定子の相について逆起電力の測定を適切に行う上で妨げとなるものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0058】

【文献】国際公開第W002／50983号パンフレット

欧州特許出願公開第1406376A2号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0059】

そこで、本発明は、単純な電子回路板を残してモータのコストを抑えた単一の論理型位置センサを備えるモータであって、始動後直ちに回転子の位置が把握され、それ以降はモータおよびその負荷のパラメータを用いてその位置が推定されることによって、始動当初から最大トルクに近いトルクを加えて高い回転速度に到達することができるモータを提案することなどを通して、上述の不都合のすべてまたは一部を解決することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0060】

そこで、本発明は、ブラシレス三相同期電気モータの始動のコントロール方法であって、前記モータが、

- － 3つの電氣的相を規定するコイルが周囲に巻き付けられた歯を有する固定子であって、そのコイルへの通電によって固定子の分極の方向および向きが規定される、固定子と、
- － 固定子に対向してそれと同軸に配置された回転子であって、回転子の磁気分極を規定する少なくとも1対の磁極を有する回転子と、
- － 固定子の各相を流れる電流のスイッチングを調整して、回転子の回転駆動に適した固定子の磁気分極の可変方向を規定するように構成されたコントローラを備える電子回路板と、

- － 固定子の2つの歯の間の2等分線上に配置された単一の論理型位置センサであって、

- － 回転子の磁気分極の向き、および

- － 回転子の回転時に回転子の磁気分極の向きが反転するタイミング

に関する情報を含む信号をコントローラに送るようにされた単一の位置センサと

を含むコントロール方法において、

前記方法が、回転子の磁気分極の方向および向きを、回転子の磁気分極の向きに関する位置センサからの読取り情報に応じて判定される固定子の分極の方向および向きによって規定されるアライメント位置と揃えるステップを含み、

その位置揃えステップが、

- － 回転子の任意のスタート位置に始まって、回転子が初めてアライメント位置と理論的に揃うまでの経過時間、または

- － 回転子の任意のスタート位置に始まって、アライメント位置を中心とした回転子の振動の振幅が予め定められた閾値よりも理論的に小さくなるまでの経過時間、または

- － アライメント位置から最も離れた理論的スタート位置に関する回転子の振動の振幅が予め定められた区間に理論的に収まるまでの経過時間、

- － 回転子の任意のスタート位置に始まって、アライメント位置を中心とした回転子の速度が予め定められた閾値よりも理論的に小さくなるまでの経過時間を有し、

それらの理論的経過時間の少なくとも1つはコントローラと接続された記憶装置に情報として与えられ、それらの理論的経過時間は、回転子の様々なスタート位置から回転子のアライメント位置を中心とした回転子の振動動作の理論的モデルから導き出されるか、または位置揃えステップは、回転子の任意のスタート位置に始まって、アライメント位置を中心とした回転子の振動の振幅が予め定められた閾値よりも必然的に小さくなるまでの予め定

10

20

30

40

50

められた経過時間であって、実験的に決定され、記憶装置に情報として与えられる経過時間を有することを特徴とするコントロール方法に関する。

【0061】

単一の論理型位置センサの利用は電子工学にかかわるコストを抑えることができるだけでなく、モータのサイズを小さくすることもできる。そのことはまた、磁気部品を納めるハウジングを単純化しながら位置センサの一体化を最適化することを可能にし、それはたとえばモータを冷却するのに有効な空気の通り道を増やすことにもつなげることができる。

【0062】

この位置揃えステップは、回転子を固定子の固定磁気分極と即座に位置揃えすることが可能で、それは回転子に負荷がかかっているときであっても変わらない。位置揃えステップは、回転子の分極の方向が固定子の予め定められた分極の方向に位置揃えされているときは、回転子は時間特性がスタート位置にほとんど依存しない微分方程式の解をなす緩和振動運動をたどるということをその根拠としている。

10

【0063】

微分方程式の解は緩和振動をなす曲線によって表されるため、その振動の振幅は一定時間の経過後は必然的に定められた閾値に満たないものとなる。

【0064】

そのため、予め定められた固定子の分極の方向を中心とした回転子の振動動作が緩和されると、その後のスイッチングを行えるようにするための一段と高い精度が可能となる予め定められた閾値まで回転子の速度を下げるることができる。

20

【0065】

そこで、本発明は、モータの位置および速度がわかるようになるタイミングを規定するためにその緩和を考慮に入れるものであり、それによって、モータの始動の際にモータの各要素に作用する可能性のある応力を減らすことができる。

【0066】

位置揃えステップでは、論理型位置センサは必ずしも回転子の磁気分極の向きの反転に関する情報を送出するものではなく、コントローラに対して必ず送出されるのはセンサから見たときの回転子の磁気分極の向きに関する情報である。

【0067】

そのため、位置揃えステップの際の回転子の位置に関する不確定は回転子の磁極の対の数にかかわらず電気角 180° である。

30

【0068】

また、この位置センサは、モータを閉ループできわめて高速で動作させること、およびモータに最適な制御を保証するスイッチングの進角を与えることを可能にする。

【0069】

本方法の一実施形態によれば、単一の論理型位置センサは固定子の第1の相と第2の相の間に配置され、固定子の磁気分極の方向および向きは、位置センサが第1の値を取るときには固定子の第3の相が第1の極性に従って通電され、位置センサが第2の値を取るときは固定子の第3の相が第2の極性に従って通電されるように決定される。

【0070】

本方法の一実施形態によれば、固定子の磁気分極の方向および向きは3つの相の通電によって得られ、第1の相および第2の相は第3の相の分極と逆の分極を有する。

40

【0071】

本方法の一実施形態によれば、予め定められた閾値は $\pi/6 \text{ rad}$ であり、定められた区間はアライメント位置を中心に $-\pi/6 \text{ rad}$ から $\pi/6 \text{ rad}$ の間である。

【0072】

定められた閾値の値は、回転子の位置の誤差を最小化して、その誤差がその後のスイッチングに及ぼす影響を抑えられるように選択される。

【0073】

本方法の一実施形態によれば、位置揃えステップの予め定められた経過時間は10マイク

50

口秒から1.50秒の間である。

【0074】

この経過時間は、回転子の位置の誤差がその後のスイッチングに及ぼす影響が抑えられるように、その誤差が十分小さなものとなるように決定される。

【0075】

本方法の一実施形態によれば、本方法は、第1の位置揃えステップに続いて行われる回転子の第2の起動ステップを含み、そのステップでコントローラは、定められた誤差内で回転子の初期位置を規定するためにアライメント位置に基づいて連続的なスイッチングを行って回転子の速度の段階的上昇に必要なトルクを引き出し、スイッチングタイミングはスイッチングのたびに再調整することで理論的スイッチングタイミングとの時間的なずれを最小化し、その理論的スイッチングタイミングは、

ー 論理型位置センサによって与えられる情報に応じて回転子の半回転ごとに、または
ー モータおよびその負荷の理論的パラメータとモータが消費する電圧および電流の測定値を考慮に入れた推定方法から推定した回転子の理論的速度の値をもとに決定され、
前記第2の起動ステップは、モータがその単一のセンサによって供給される情報に基づいて定常状態でモータが動作できるようになるまで行われる。

【0076】

この方法は、モータおよびその負荷の理論的モデルに忠実なスイッチングタイミングを果たし、センサにおける極性変化の測定のたびにスイッチングタイミングの誤差を訂正し、最小化することができ、与えられるトルクは、相の数と同じセンサの数を有する多相ブラシレスモータによって与えられるものに近い。

【0077】

別法の1つでは、半回転ごとに回転子の正確な位置を知るために論理型位置センサを使用する。

【0078】

本方法の一実施形態によれば、少なくとも最初のスイッチングは回転子の最大トルクで行われる。

【0079】

それにより、第2の回転子の起動ステップの実施時間を最大限減らすことができる。

【0080】

本方法の一実施形態によれば、第1のステップ、場合によって第2のステップの合計時間を測定し、1つまたは複数のチャートの値と比較することで異常な動作状態を検出する。

【0081】

それにより、モータ始動時の不良を検出することができる。

【0082】

本発明は、前述の方法を実施するためのモータであって、コントローラに接続された記憶装置であって、位置揃えステップのチャートの経過時間、場合によっては回転子の第2の起動ステップのチャートの経過時間が記録された記憶装置を備えるモータにも関する。

【0083】

本発明のその他の利点や特徴は、本発明によるモータの制御および始動の方法の全体または一部を示した図を参照しながら、例証として非限定的に行う本発明の詳細な説明を読むことによってより明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明によるモータの組立て図および分解図である。

【図2】アライメント位置を中心とした回転子の運動を様々なスタート位置について経過時間を追って示したグラフである。

【図3】位置揃えステップ前の停止時における本発明によるモータの固定子に対する回転子の相対位置を示した図である。

【図4】位置揃えステップ後の図3のモータの固定子に対して回転子が行った相対運動の

10

20

30

40

50

図である。

【図5】本発明の始動のコントロール方法によるモータの始動のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0085】

本発明の理解に必要な要素のみを図示してある。

【0086】

図1に示したように、ブラシレス三相同期電気モータ1は、3つの電氣的相U、V、Wを規定するコイル4が周囲に巻き付けられた歯3を備える固定子2であって、3つの電氣的相U、V、Wへの通電が固定子2の分極の方向および向きを規定する固定子2と、固定子2に対向してそれと同軸に配置された回転子5とを備え、回転子5は回転子5の磁氣分極を規定するN-S磁極（図示せず）の対を備えている。

10

【0087】

図示した例では、ブラシレス多相同期電気モータ1は、固定子2の内側に配置された回転子5を備えるブラシレスDC型である。しかし、本発明による方法は、固定子の外側に配置された回転子を備えるブラシレスDC型モータに対しても、ディスク形回転子と軸方向に分極する固定子を備えるブラシレスDC型モータに対しても適用することができる。

【0088】

同様に、この説明は1対のN-S磁極を有する回転子5に基づいているが、それとは別の対の数のN-S磁極を本発明の枠組みから外れることなしに用いることもできよう。

【0089】

それら対の磁極は回転子5の本体に固定された永久磁石によってもたらされる。

20

【0090】

回転子5の磁氣分極は回転子5と本質的に関連しており、その永久磁石のS極からN極に至る向きを向く。

【0091】

同様に、図示した固定子2は、回転子と同数の対の極を規定するU、V、Wの3つの相を含む。

【0092】

実際、この3つの相U、V、Wにはプラスにもマイナスにも通電することができる。

【0093】

しかし、固定子2は、本発明の枠組みから外れることなく、それよりも多い相および磁極を有するものであってよいだろう。

30

【0094】

とりわけ、固定子2の各相は、互いに対向して配置された1対の磁極であって、相に通電したとき反対の分極の向きをなす1対の磁極を有する。

【0095】

この構成は、固定子2の歯3の周りの同じ相U、V、Wにおけるコイルの巻きの向きによる。

【0096】

さらに、モータ1は、固定子2の各相を流れる電流のスイッチングを管理して回転子5の回転駆動に適した固定子2の磁氣分極の変化する方向、すなわち回転磁界を規定するように構成されたコントローラ（図示せず）を備える電子回路板（図示せず）を備える。

40

【0097】

定常状態では、固定子2のU、V、W各相の適切なスイッチングにより、固定子2の分極の方向を回転させ、回転子5を一定速度の回転運動で駆動することが可能となる。

【0098】

そこで、固定子2の分極の方向は、回転子5の分極の方向に対して90°の進角を保つことによって最大トルクで回転子5を運動させるようにする。

【0099】

回転子5の位置を知るため、モータ1は、固定子2の2つの歯の間の2等分線上に配置さ

50

れた単一の論理型位置センサ 6 であって、

- － 回転子の磁気分極の向き、および
- － 回転子の回転時に回転子の磁気分極の向きが反転するタイミング

に関する情報を含む信号をコントローラに送るようにされた位置センサを備える。

【0100】

論理型位置センサ 6 は、1 または 0 の論理値 $V a l$ を発するホール型セルなどである。

【0101】

本発明による方法はモータ 1 の始動に関する。

【0102】

モータ 1 に電圧がかかると、単一の論理型位置センサ 6 からもたらされる情報はコントローラによって回転子 5 の位置を十分正確に決定できるものではないが、そのセンサから見た回転磁場の分極の方向を知ることができる。それは低速度の場合であっても同様である。分極の変化のタイミングだけが回転子の位置に関するより正確な情報を与える。

【0103】

p 対の磁極を持つモータでは、始動時の位置の不確定は 180° である。

【0104】

しかし、最大トルクを確保しつつ、モータ 1 を正しく微調整することで固定子 2 の定められた相にモータ 1 が位置揃えされるようにすることは可能である。

【0105】

そのため、本発明による始動のコントロール方法は、回転子 5 の磁気分極の方向および向きを、固定子 2 の分極の方向および向きによって規定されるアライメント位置 $P A$ と位置揃えする第 1 のステップを含む。

【0106】

図 3 に示した例では、単一の位置センサ 6 は固定子 2 の U 相と V 相の間に配設され、回転子 5 のスタート位置 $P 0$ は、V 相の歯を通り抜けて U 相と W 相の歯の間を通る回転子 5 の分極の方向をなす。

【0107】

この構成では、コントローラはセンサ 6 から送られてくる信号の値から回転子 5 の最適なアライメント位置 $P A$ 、すなわち、回転子 5 の 180° の位置の不確かさが回転子 5 の第 1 の回転の向きによる 90° と第 2 の回転の向きによる 90° の不確かさとなるという位置を決定することができる。

【0108】

図 4 に示すとおり、ここに説明する例では、このアライメント位置 $P A$ はセンサ 6 および W 相を通り抜ける。

【0109】

そして、コントローラは固定子 2 の 3 つの相 U、V、W のスイッチングを行って、固定子 2 の分極の方向および向きを規定する固定磁界を発生させる。

【0110】

この固定磁界の作用を受けて、回転子 5 はスタート位置 $P 0$ からアライメント位置 $P A$ に向かう回転運動を起こし、それによって回転子 5 の磁気分極が固定子 2 の固定磁界と位置揃えされるようになる。

【0111】

図 2 に示すように、回転子 5 はアライメント位置 $P A$ を中心に緩和振動運動をなすように駆動される。

【0112】

このアライメント位置 $P A$ で、固定子 2 の磁界が取る方向は固定子 2 の W 相の 1 つの極の歯を通り抜ける。

【0113】

図 2 に示すように、このアライメント位置 $P A$ を中心とした回転子 5 の運動を様々なスタート位置 $P 0$ について時間を追って見ると、微分方程式の解をなす緩和振動運動となる。

10

20

30

40

50

【0114】

また、このグラフを見ると、回転子5は、アライメント位置PAを初めて通過するまでに、回転子5のスタート位置P0にかかわらず、制御タイミングT0から同じ経過時間TAをかけていることに気づく。

【0115】

そのため、図2に示した理論的モデルからは、回転子5の任意のスタート位置P0から回転子5がアライメント位置PAに初めて理論的に揃うまでの経過時間TAを知ることができる。

【0116】

この理論的モデルからはまた、回転子5の任意のスタート位置P0に始まって、アライメント位置PAを中心とした回転子5の振動の振幅が予め定められた閾値よりも理論的に低くなるまでの経過時間について、またはアライメント位置PAから最も離れた理論的スタート位置P0に関して回転子5の振動の振幅が理論的に予め定められた区間に理論的に収まるまでの経過時間について、または回転子5の任意のスタート位置に始まって、アライメント位置PAを中心とした回転子5の速度が予め定められた閾値よりも理論的に低くなるまでの経過時間についても知ることができる。

【0117】

同様に、振動運動は緩和されるため、回転子5の任意のスタート位置P0に始まって、アライメント位置PAを中心とした回転子5の振動の振幅が予め定められた閾値よりも必然的に低くなるまでの予め定められた経過時間を実験的に確定することが可能である。

【0118】

これらの経過時間の少なくとも1つは、電子回路板に配置され、コントローラと接続された不揮発性記憶装置（図示せず）に記録される。

【0119】

図5に示したように、予め定められた閾値を超えるのでない限り、または振動の振幅が予め定められた範囲内に収まるのでない限り、コントローラはひたすら待機する。

【0120】

予め定められた閾値はたとえば $\pi/6$ radであり、定められた区間はアライメント位置PAを中心に $-\pi/6$ radから $\pi/6$ radの間である。

【0121】

典型的には、そのような閾値または定められた区間の位置揃えステップの予め定められた経過時間は10マイクロ秒から1.50秒の間である。

【0122】

その場合、回転子5の角度位置の不正確さはアライメント位置PAを中心に $\pi/3$ ラジアン の区間まで縮小する。

【0123】

そのため、モータ1を最大トルクで小さな誤差で制御することで、望むとおりの回転の向きに最良のトルクでモータを回転させることができる。

【0124】

図5に示すように、予め定められた閾値を超えるか、または予め定められた範囲内に収まることが基準となる第1のステップの終了をもって第2の回転子5の起動ステップが行われる。

【0125】

その第2のステップで、コントローラは、回転子5の初期位置PIを定められた誤差内で規定するためにアライメント位置PAに基づいて連続的なスイッチングを行って回転子5の速度を段階的に上昇させる。

【0126】

これらのスイッチングは、

- ー 論理型位置センサ6によって与えられる情報に応じて回転子5の半回転ごとに、または
- ー モータ1の理論的パラメータとモータが消費する電圧および電流の測定値を考慮に入

10

20

30

40

50

れた推定方法から推定した回転子の理論的速度の値に基づいて、行われる。

【0127】

このような推定方法は、たとえばモータ1の状態推定回路やカルマンフィルタの利用に基づいたものであっても、単にチャートのタイムアウト値を用いるものであってもよい。

【0128】

スイッチングタイミングの推定を用いる変形形態について図5に示したように、それらのスイッチングはホール信号の読みが得られるまで行われる。安全時間までにホール信号の読みが得られない場合は、モータは停止状態にあると判断され、始動は中止される。

【0129】

ホール信号の読みが得られれば、それは回転子の位置を確実に示すものであり、モータ1の状態推定回路をアップデートして、誤差のリスクを減らすようにスイッチングタイミングを補正することができる。

【0130】

しかし、論理型位置センサ6の検出時に回転子5の回転の向きおよび正確な位置はわかるが、回転子の速度はわからない。

【0131】

コントローラは、その位置の推定に基づいて、論理型位置センサ6からコントローラに伝えられる情報だけでモータ1が閉ループで動作できる速度に達するまで所望のトルクで回転子5を加速する。

【0132】

トルクは固定子2のコイルを流れる電流に依存し、典型的にはパルス幅変調（PWM）およびスイッチングタイミングによって調整される。

【0133】

スイッチングの誤差は常に最小限に保たれなければならない、そのためには回転子5の位置がわかることが前提となる。

【0134】

モータを所望のトルクに制御するためには2つの方法が可能である。

【0135】

第1の方法は、モータ1の使用に関するチャートのスイッチングタイミングをもとにスイッチングタイミングを決定するというものである。

【0136】

第2の方法は、固定子2のコイルの電圧および電流の測定値をもとに、それを単一の位置センサ6の信号によって補正したものに基づいて推定する方法で判定した回転子5の速度の予想からスイッチングタイミングを決定するというものである。

【0137】

この第2の方法はモータの速度を高い精度で推定することができる。

【0138】

そのため、センサ6による前回のスイッチングの際の回転子の位置を正確に知ること、すべてのタイミングにおける位置をコントローラによって計算することができる。

【0139】

そのため、すべてのタイミングにおける回転子5の位置を把握し、それによって3つの位置センサを備えるモータと少なくとも同じ精度で加速を微調整することができる。

【0140】

図5に示したように、この加速は、論理型位置センサ6によってコントローラに与えられる情報から導き出される速度が指令閾値速度に相当するものとなるまで行われる。

【0141】

この指令閾値速度は、モータの公称速度またはユーザが変速装置を介して選択する速度に対応するものであることができる。

【0142】

10

20

30

40

50

本発明は具体的な実施例と関連させて説明したが、それに何ら限定されるものでないことは言うまでもない。

【0143】

様々な変更、とりわけ各要素のアレンジや構成という観点からの変更や、等価の技術による置換えによる変更は、それによって本発明の保護対象領域から外れることなくなお可能である。

【符号の説明】

【0144】

- 1 (ブラシレス三相同期電気) モータ
- 2 固定子
- 3 歯
- 4 コイル
- 5 回転子
- 6 (論理型位置) センサ

10

20

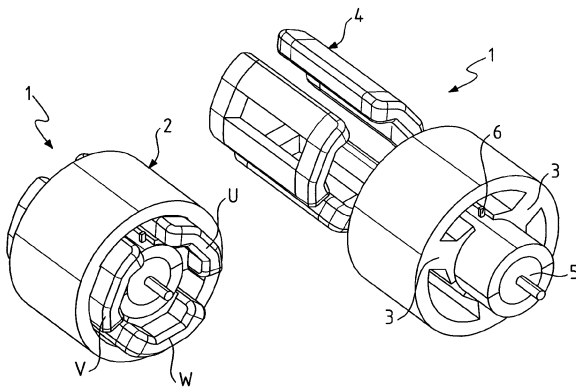
30

40

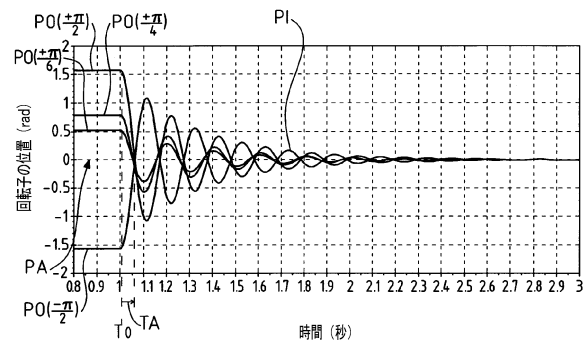
50

【図面】

【図 1】

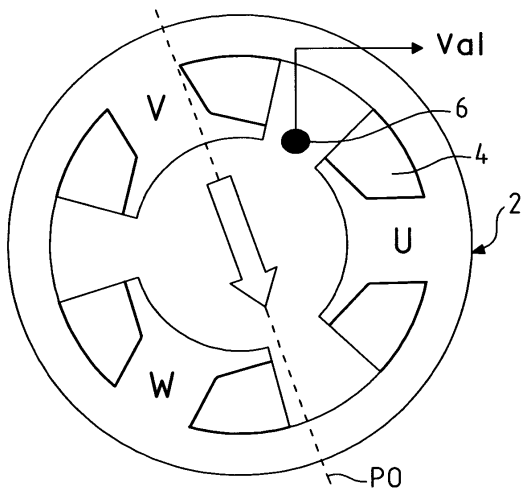


【図 2】

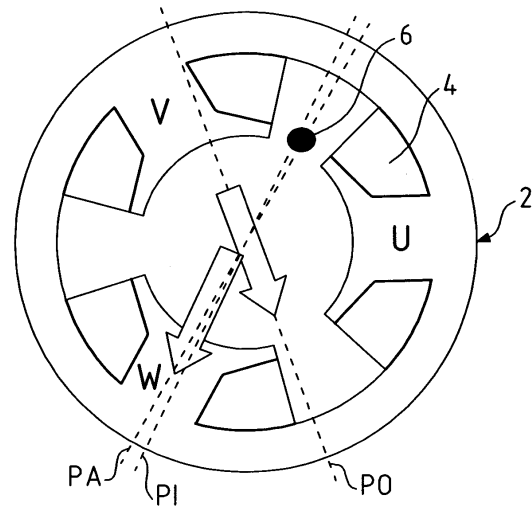


10

【図 3】



【図 4】



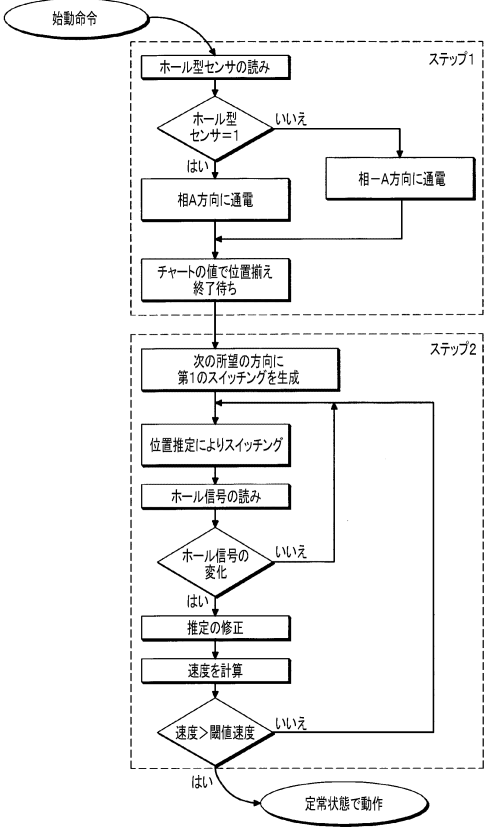
20

30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平０２－２３７４９０（ＪＰ，Ａ）
 特開昭６２－１１８７８５（ＪＰ，Ａ）
 特開２００９－１６５２９７（ＪＰ，Ａ）
 特開２０１６－０６７０８１（ＪＰ，Ａ）
 特開昭５９－０８０１８７（ＪＰ，Ａ）
 中国特許出願公開第１０１４８３４０３（ＣＮ，Ａ）
 米国特許出願公開第２００９／０１７４３５０（ＵＳ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., ＤＢ名)
 Ｈ０２Ｐ ６／２２
 Ｈ０２Ｐ ６／１６