

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2014-180193
(P2014-180193A)

(43) 公開日 平成26年9月25日 (2014.9.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2K 1/27 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1A	5H601
HO2K 21/16 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1K	5H621
HO2K 1/22 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1M	5H622
	HO2K 21/16 M	
	HO2K 1/22 A	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-23774 (P2014-23774)	(71) 出願人 390008235
(22) 出願日 平成26年2月10日 (2014.2.10)	ファナック株式会社
(31) 優先権主張番号 特願2013-27836 (P2013-27836)	山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(32) 優先日 平成25年2月15日 (2013.2.15)	〇番地
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(74) 代理人 100099759
	弁理士 青木 篤
	(74) 代理人 100102819
	弁理士 島田 哲郎
	(74) 代理人 100123582
	弁理士 三橋 真二
	(74) 代理人 100112357
	弁理士 廣瀬 繁樹
	(74) 代理人 100157211
	弁理士 前島 一夫

最終頁に続く

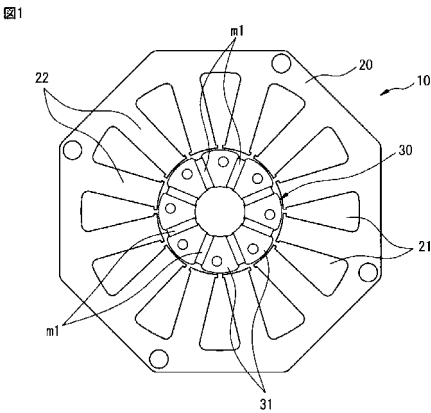
(54) 【発明の名称】 高い応答性を有する同期電動機

(57) 【要約】

【課題】 低イナーシャ、大トルクで且つ回転が滑らかで、高速領域でも損失を抑える。

【解決手段】 同期電動機（10）は、十二個のスロット（21）が形成された集中巻ステータ（20）と、集中巻ステータの内側に配置されていて八つの磁石が半径方向に配置された八極のロータ（30）とを具備し、ロータの一極分の外形形状の一部または全体を、三角関数の曲線およびこれに近似した曲線で構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

十二個のスロットが形成された集中巻ステータと、

該集中巻きステータの内側に配置されていて八つの磁石が半径方向に配置された八極のロータと、を具備し、前記ロータの一極分の外形形状の一部分または全体を、三角関数の曲線およびこれに近似した曲線で構成した同期電動機。

【請求項 2】

前記ロータの一極分の外形形状の前記一部分が前記ロータの一極分の外形形状の中心部分であるようにした請求項 1 に記載の同期電動機。

【請求項 3】

前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群とを含んでおり、

前記第一磁石群と前記第二磁石群とが前記同期電動機の軸線方向周りに互いに 7.5° だけズレているようにした請求項 1 または 2 に記載の同期電動機。

【請求項 4】

前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第二磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第三磁石群とを含んでおり、前記同期電動機の軸線方向において前記第三磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第四磁石群とを含んでおり、

前記第一磁石群から前記第四磁石群のうち互いに隣接する二つの磁石群は前記同期電動機の軸線方向周りに互いに 3.75° だけズレているようにした請求項 1 または 2 に記載の同期電動機。

【請求項 5】

前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに 3.75° だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴とは反対方向に 3.75° だけズレた位置に第二締結穴が形成されている、請求項 3 に記載の同期電動機。

【請求項 6】

前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに 5.625° だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と同一方向に 1.875° だけズレた位置に第二締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第三磁石群の第三ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に 1.875° だけズレた位置に第三締結穴がそれぞれ形成されており、

前記ロータにおける前記第四磁石群の第四ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に 5.625° だけズレた位置に第四締結穴がそれぞれ形成されている、請求項 4 に記載の同期電動機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、同期電動機、特に高い応答性を有する同期電動機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のモータにおいては、予め巻かれたコイルをステータのスロットに挿入する分布巻方式が採用されていた。これに対し、近年では、コイルを絶縁物を介してステータティースに直接的に巻付ける集中巻方式が採用されている。

【0003】

集中巻きステータにおいては、コイルを直接的に巻付けているので、ステータコア端面におけるコイルを少なくし、その結果、コイルの周長を大幅に短くできる。このため、太い電線を高密度で巻付けることにより、電気抵抗は小さくなる。さらに、コイルエンドの寸法を小さくできるので、モータをコンパクトにしつつ大トルクを得ることができる。

10

【0004】

特許文献1には、磁極とステータ内周面との間のギャップ長をロータの一極分の部分の中心付近において小さくすると共に、ロータの一極分の部分の両端付近で大きくすることが開示されている。これにより、コギングトルクを低減させられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-10541号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、高頻度、高速でのピックアッププレイス動作が要求される高速高応答のロボットに使用されるモータは、イナーシャを極力小さく抑えると共に、連続して長時間使用できる連続定格トルクが大きいことが要求される。つまり、ロボットに使用されるモータは、トルク対イナーシャの比が極めて大きいことが要求される。

【0007】

この目的のために、モータのロータ径を極力小さくすると共に、モータのステータを集中巻構造にしてスロット数を少なくするのが有利である。しかしながら、そのような場合には、コギングトルクを抑えることが難しい。このため、集中巻きステータを備えたモータは車載用モータ、家電用モータなどの用途に限定され、円滑な回転が要求されるロボットのサーボモータにはほとんど適用されない。

30

【0008】

また、磁石が半径方向に配置されたロータはギャップ磁束密度を高められるので、大トルクを実現することができ、このような構造の十極のロータと十二スロットの集中巻きステータとを組合わせたモータが存在している。しかしながら、十極のロータと十二スロットの集中巻きステータとを組合わせたモータにおいては、高速で負荷電流が流れたときにロータに発生する渦電流損が大きくなる。このため、そのようなモータを高速で頻繁に使用されるロボットの分野で使用するのには難しい。

【0009】

40

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、低イナーシャ、大トルクで且つ回転が滑らかで、高速領域でも損失を抑えることのできる同期電動機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前述した目的を達成するために1番目の発明によれば、十二個のスロットが形成された集中巻ステータと、該集中巻きステータの内側に配置されていて八つの磁石が半径方向に配置された八極のロータと、を具備し、前記ロータの一極分の外形形状の一部分または全体を、三角関数の曲線およびこれに近似した曲線で構成した同期電動機が提供される。

2番目の発明によれば、1番目の発明において、前記ロータの一極分の外形形状の前記

50

一部分が前記ロータの一極分の外形形状の中心部分であるようにした。

3番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群とを含んでおり、前記第一磁石群と前記第二磁石群とが前記同期電動機の軸線方向周りに互いに7.5°だけズレているようにした。

4番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第二磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第三磁石群とを含んでおり、前記同期電動機の軸線方向において前記第三磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第四磁石群とを含んでおり、前記第一磁石群から前記第四磁石群のうち互いに隣接する二つの磁石群は前記同期電動機の軸線方向周りに互いに3.75°だけズレているようにした。

5番目の発明によれば、3番目の発明において、前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに3.75°だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴とは反対方向に3.75°だけズレた位置に第二締結穴が形成されている。

6番目の発明によれば、4番目の発明において、前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに5.625°だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と同一方向に1.875°だけズレた位置に第二締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第三磁石群の第三ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に1.875°だけズレた位置に第三締結穴がそれぞれ形成されており、前記ロータにおける前記第四磁石群の第四ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に5.625°だけズレた位置に第四締結穴がそれぞれ形成されている。

【発明の効果】

【0011】

1番目および2番目の発明においては、八極十二個スロットの構成を採用すると共に、ロータの外径形状を三角関数の曲線で構成しているので、低イナーシャ、大トルクで且つ回転が滑らかで、高速領域でも損失を抑えることができる。従って、本発明の同期電動機を高頻度、高速でのピックアッププレイス動作が要求される高速高応答のロボットに適用することができる。

3番目の発明においては、コギングトルクのメイン成分が排除されるので、回転をより円滑にすることができる。

4番目の発明においては、コギングトルクの高調波成分およびメイン成分の両方が排除されるので、回転を更に円滑にすることができる。

5番目の発明においては、単一種類のロータヨークを作成することのみにより、第一磁石群と第二磁石群とを軸線方向周りに互いに7.5°だけ容易にズレさせることができる。

6番目の発明においては、比較的簡単な構成で、隣接する二つの磁石群を軸線方向周りに互いに7.5°だけ容易にズレさせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に基づく同期電動機の端面図である。

【図2】図1に示される同期電動機の部分拡大図である。

【図3】ロータの第一斜視図である。

【図4】一極分のロータ部分の拡大図である。

【図5】回転角度とコギングトルクとの間の関係を示す第一の図である。

【図6】ロータヨークの第一の拡大図である。

【図7】ロータの第二斜視図である。

【図8】回転角度とコギングトルクとの間の関係を示す第二の図である。

【図9】ロータヨークの第二の拡大図である。

【図10】ロータヨークの第三の拡大図である。

【図11】ロータの第三斜視図である。

【図12】回転角度とコギングトルクとの間の関係を示す第三の図である。

【図13】電流とロータ渦電流損との間の関係を示す図である。

【図14】最大ギャップ／最小ギャップとコギングトルクとの間の関係を示す図である。

【図15】連続定格トルクとトルク／イナーシャとの間の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同様の部材には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図1は本発明に基づく同期電動機の端面図である。図1に示される同期電動機10は、ステータ20と、ステータ20内に配置されたロータ30とを主に含んでいる。ステータ20は複数の電磁鋼板が積層されたステータコアを含んでいる。ステータ20の内周面には十二個のスロット21が等間隔で形成されている。隣接するスロット21の間のステータティース22には、コイル（図示しない）が絶縁紙を介して巻回されている。

【0014】

図2は図1に示される同期電動機の部分拡大図である。図1および図2に示されるように、ロータ30は、八つの磁石m1と、これら磁石m1の間に配置されたロータヨーク31とを含んでいる。図2に示されるように、これら八つの磁石m1のそれぞれは断面矩形形状であり、それぞれが同期電動機10の半径方向に延びるよう配置されている。磁石m1の数は同期電動機10の極数に相当する。また、ロータヨーク31は一般に電磁鋼板の積層体からなり、これらを一体的に固定するためのタイロッド（図示しない）用の締結穴41がロータヨーク31の中心近傍に形成されている。

【0015】

図3はロータの第一斜視図である。図3に示されるように、他の磁石m2が磁石m1に隣接して同期電動機10の軸線方向下側に配置されている。磁石m2は磁石m1と同一形状および同一磁力を有しており、その数は八つである。そのような八つの磁石m2は、磁石m1と同様に同期電動機10の軸線方向に延びるよう配置されており、それぞれが磁石m1に隣接している。

【0016】

また、他の磁石m3が、磁石m2に隣接して同期電動機10の軸線方向下側に配置されており、さらに別の磁石m4が、磁石m3に隣接して同期電動機10の軸線方向下側に配置されている。これら磁石m3、m4も磁石m2と同様に配置されている。以下、八つの磁石m1およびその関連部材を適宜、第一磁石群M1と呼ぶと共に、磁石m2、m3、m4およびその関連部材を適宜、第二磁石群M2、第三磁石群M3、第四磁石群M4とそれぞれ呼ぶこととする。後述するように、これら磁石群M1～M4は同期電動機10の軸線方向周りに所望の角度位置で位置決めされるものとする。

【0017】

このような同期電動機10において、ロータ30の磁石m1等の磁束がステータコアに

10

20

30

40

50

磁界を発生させる。また、ステータ20のスロット21に巻回されたコイル（図示しない）に電流が流れると、電磁誘導により磁界が発生する。磁石m1等およびコイルには、角度に応じた磁束が発生し、これら磁束を乗算すると、一定のトルクが得られ、同期電動機10のロータ30が回転するようになる。

【0018】

ところで、図4は一極分のロータ部分の拡大図である。図4においては、ロータ30のうちの一極分のロータヨーク31を示している。また、簡潔にする目的で、ステータ20の内周面29におけるスロット21の図示を省略している。図4に示されるように、同期電動機10の回転中心Oからロータヨーク31の中心を通る中心線を直線X0とする。そして、回転中心O周りに反時計回りに直線X0から角度θだけ回転させた直線を直線X1とする。

10

【0019】

図4から分かるように、ロータヨーク31の外周面33は、その中心線X0近傍においてステータ20の内周面29に最接近し、ロータヨーク31の周方向両縁部近傍においてステータ20の内周面29から離間するように形成されている。具体的には、ロータヨーク31の外周面33の形状は以下の式（1）で示される三角関数により表される。

【0020】

$$Lg = G0 / \cos(Kc \times \theta) \quad (1)$$

@ 式（1）において、Lgは、直線X1におけるロータヨーク31の外周面33とステータ20の内周面29との間のギャップ長である。G0は、中心線X0上におけるロータヨーク31の外周面33とステータ20の内周面29との間の最小ギャップである。また、Kcは曲率を定める係数である。なお、三角関数以外の関数を用いてロータヨーク31の外周面33を形成してもよい。また、ロータヨーク31の外周面33の一部分のみ、例えば中心部分のみを、そのような関数を用いて形成してもよい。そのような場合であっても、本発明の範囲に含まれる。

20

【0021】

本発明では、ロータ30の外径形状を三角関数の曲線で構成しているので、低イナーシャ、大トルクで且つ回転が滑らかで、高速領域でも損失を抑えることができる。従って、本発明の同期電動機10を高頻度、高速でのピックアッププレイス動作が要求される高速高応答のロボットに適用することも可能である。

30

【0022】

ここで、図5は、同期電動機を回転させたときの回転角度とコギングトルクとの間の関係を示す第一の図である。図5における横軸は回転角度θであり、縦軸はコギングトルクを示している。後述する他の図8、図12も同様である。また、図5で使用された同期電動機10は図1等に表示される十二個スロットのステータ20と、図3に示されるロータ30とを含むものとする。つまり、図5で使用された同期電動機10のロータ30は、互いに同一角度で配置された第一磁石群M1から第四磁石群M4を含んでいる。

【0023】

このような八極十二個スロットの同期電動機10の場合には、図5に示されるように、一回転24回のメイン成分Pを含むコギングトルクが得られる。また、図5には、メイン成分Pに付随して2倍の48回成分である高調波成分Qも示されている。これらメイン成分Pおよび高調波成分Qが存在するために、同期電動機10を円滑に回転させるのは困難である。

40

【0024】

これらメイン成分Pおよび高調波成分Qの大きさは、式（1）に示される係数Kcの値を変更することにより、調整される。しかしながら、係数Kcを変更した場合であっても、メイン成分Pおよび高調波成分Qの存在自体は解消することはできない。従って、同期電動機10を円滑に回転させるために、メイン成分Pおよび高調波成分Qの存在自体を解消する必要がある。

【0025】

50

本発明の同期電動機10は八つの極と十二個のスロットとを備えており、それらの最小公倍数は24である。一回転360°を24で除算すると角度15°である。従って、図3に示される磁石群を15°の半分である7.5°だけ軸線方向周りに互いに離間させることにより、コギングトルクのメイン成分Pを排除することができる。

【0026】

ここで、図6はロータヨークの第一の拡大図である。図6に示されるロータヨーク31aの締結穴41aは中心線X0から偏倚して形成されている。図示されるように、締結穴41aの中心と回転中心Oとを結ぶ線分X2と中心線X0とのなす角度 θ は3.75°である。本発明の第一の実施形態においては、このような締結穴41aが形成されたロータヨーク31aを使用する。

10

【0027】

図7はロータの第二斜視図である。図7においては第一磁石群M1および第二磁石群M2においては締結穴41aが形成された八つのロータヨーク31aを用いて磁石m1、m2を固定する。これに対し、第三磁石群M3および第四磁石群M4においては、同一のロータヨーク31aをその表裏を逆にして磁石m3、m4を固定するのに使用する。

【0028】

その結果、図7に示されるように、第一磁石群M1および第二磁石群M2は一体的に、第三磁石群M3および第四磁石群M4に対して軸線方向周りに7.5°だけ回転して位置決めされるようになる。この回転角度7.5°は、第一磁石群M1および第二磁石群M2にて使用されるロータヨーク31aの締結穴41aの角度 θ (=3.75°)の絶対値と、第三磁石群M3および第四磁石群M4にて使用されるロータヨーク31aの締結穴41aの角度 θ (=-3.75°)の絶対値との和である。

20

【0029】

このようなロータ30と前述したステータ20とが組合わされた同期電動機10を使用した場合には、図5または図8に示される回転角度とコギングトルクとの間の関係が得られる。図5はメイン成分Pである1回転当たり24回の成分とその倍の48回の高調波Qが載った図であり、図8はメイン成分Pの24回の成分のみが載った図である。磁極の形状などに応じて図5の波形または図8の波形が得られる。いずれの波形の場合でも三角関数の係数を変えることにより図14に示すようにコギングトルクの大きさが変化する。

図14において波形の振幅を最小にした場合でもまだ若干のコギングが残る。図7に示されるロータを採用することにより、コギングトルクをほとんど零にでき、従って、そのようなロータを備えた電動機をより円滑に回転させることができる。これにより1回転24回のメイン成分Pをほとんど零にすることができる。

30

さらに、第一の実施形態においては、ロータヨーク31aをその表裏を逆にして使用しているので、単一種類のロータヨーク31aのみでもって、7.5°だけズレたロータ30を作成することができる。なお、図6に示されるロータヨーク31aを用いることにより第一磁石群M1および第三磁石群M3を作成すると共に、同じロータヨーク31aをその表裏を逆にして用いることにより第二磁石群M2および第四磁石群M4を作成してもよい。

【0030】

次に、第二の実施形態について説明する。図9はロータヨークの第二の拡大図である。図9に示されるロータヨーク31bの締結穴41bは中心線X0から偏倚して形成されている。図示されるように、締結穴41bの中心と回転中心Oとを結ぶ線分X3と中心線X0とのなす角度 θ は1.875°である。

40

【0031】

さらに、図10はロータヨークの第三の拡大図である。図10に示されるロータヨーク31cの締結穴41cは中心線X0から偏倚して形成されている。図示されるように、締結穴41cの中心と回転中心Oとを結ぶ線分X4と中心線X0とのなす角度 θ は5.625°である。本発明の第二の実施形態においては、このような締結穴41a、41bが形成された二種類のロータヨーク31b、31cを使用する。

50

【0032】

図11はロータの第三斜視図である。図11においては第一磁石群M1においては締結穴41cが形成された八つのロータヨーク31cを図10の状態から表裏を逆にして用いることにより磁石m1を固定する。また、第二磁石群M2においては締結穴41bが形成された八つのロータヨーク31bを図9の状態から表裏を逆にして用いることにより磁石m2を固定する。

【0033】

さらに、第三磁石群M3においては締結穴41bが形成された八つのロータヨーク31bを用いて磁石m3を固定する。また、第四磁石群M4においては締結穴41cが形成された八つのロータヨーク31cを用いて磁石m4を固定する。

10

【0034】

その結果、図11に示されるように、第一磁石群M1は、第二磁石群M2に対して軸線方向周りに $3.75^\circ (= -5.625^\circ - (-1.875^\circ))$ だけ回転して位置決めされる。同様に、第二磁石群M2は、第三磁石群M3に対して軸線方向周りに $3.75^\circ (= (-1.875^\circ) - 1.875^\circ)$ だけ回転して位置決めされる。また、第三磁石群M3は、第四磁石群M4に対して軸線方向周りに $3.75^\circ (= 1.875^\circ - 5.625^\circ)$ だけ回転して位置決めされる。

【0035】

このようなロータ30と前述したステータ20とが組合わされた第二の実施形態の同期電動機10を使用した場合には、図12に示される回転角度とコギングトルクとの間の関係が得られる。図12においては、メイン成分Pおよび高調波成分Qが排除され、その結果、コギングトルクは発生しないようになる。従って、図5および図8の場合と比較すると、図11に示されるロータ30を備えた同期電動機10を更に円滑に回転させられるのが分かるであろう。

20

【0036】

さらに、図13は電流とロータ渦電流損との間の関係を示す図である。図13において横軸は電流を示すと共に、縦軸はロータ渦電流損を示している。また、図13における実線A1は本発明における八極十二個スロットの同期電動機10の挙動を示すと共に、破線A2は十極十二個スロットの同期電動機の挙動を示している。

【0037】

図13で破線A2により示されるように、電流が大きくなると、十極十二個スロットの同期電動機のロータ渦電流損も大きくなる。これに対し、実線A1で示されるように、本発明の八極十二個スロットの同期電動機10においては、電流が大きくなったとしても、ロータ渦電流損はほとんど変化しない。従って、八極十二個スロットの構成は、ロータ渦電流損の増加を抑えるのに極めて有利であるのが分かるであろう。

30

【0038】

ここで、図4を再び参照すると、図4にはステータ20の内周面29とロータヨーク31の外周面33との間の最大ギャップ G_m も示されている。そして、図14は最大ギャップ/最小ギャップとコギングトルクとの間の関係を示す図である。図14においては横軸は比 G_m/G_0 を表すと共に、縦軸はコギングトルクを示している。ここで、本願明細書においては、最大ギャップ G_m と最小ギャップ G_0 との比 G_m/G_0 を曲率と呼ぶ場合がある。

40

【0039】

図14に示されるように、比 G_m/G_0 が数値5に向かって増大するにつれて、コギングトルクは減少する。そして、比 G_m/G_0 が数値5から更に増大すると、コギングトルクは増大する。つまり、比 G_m/G_0 が数値5であるときに、コギングトルクは最小値となる。従って、比 G_m/G_0 が数値5になるように最大ギャップ量 G_m および最小ギャップ量 G_0 が設定されたロータ30を使用することにより、コギングトルクを最小限に抑えることができる。

【0040】

50

ところで、高頻度、高速でのピックアンドプレイス動作が要求される高速高応答のロボット内で同期電動機 10 が使用される場合には、同期電動機 10 の連続定格トルクとイナーシャとの比（トルク／イナーシャ）が大きいことが要求される。図 15 は連続定格トルクとトルク／イナーシャとの間の関係を示す図である。図 15 においては横軸は連続定格トルクを表すと共に、縦軸はトルク／イナーシャを表している。また、図 15 においては、点 C は本発明の同期電動機 10 を示しており、実線 D は既存のモータの挙動を示している。

【0041】

図 15 においては、本発明の同期電動機 10 のトルク／イナーシャを示す点 C は、既存のモータの挙動を示す実線 D よりも高い値を示している。つまり、本発明の同期電動機 10 は既存のモータよりも大幅に性能が高いことが分かるであろう。従って、本発明の同期電動機 10 を高頻度、高速でのピックアンドプレイス動作が要求される高速高応答のロボット内で使用することも可能である。

10

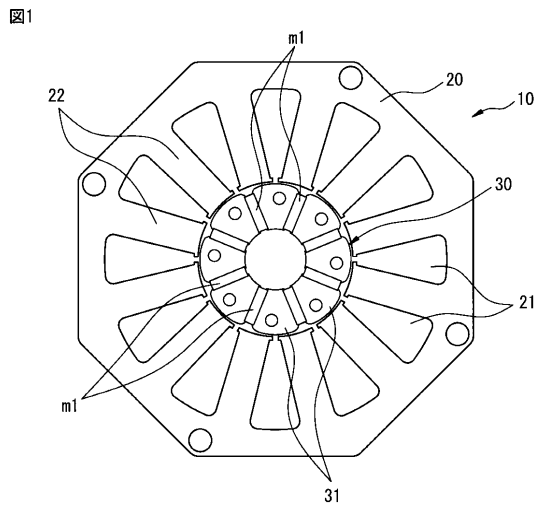
【符号の説明】

【0042】

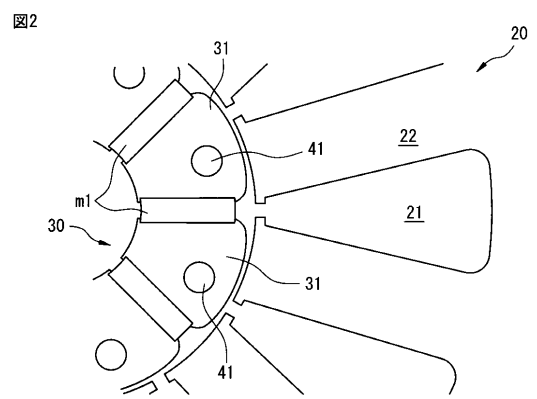
10	同期電動機
20	ステータ
21	スロット
22	ステータティース
29	内周面
30	ロータ
31、31a、31b、31c	ロータヨーク
33	外周面
41、41a、41b、41c	締結穴
m1、m2、m3、m4	磁石
M1	第一磁石群
M2	第二磁石群
M3	第三磁石群
M4	第四磁石群

20

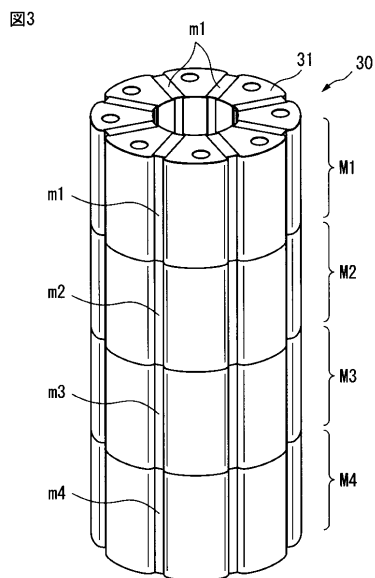
【図 1】



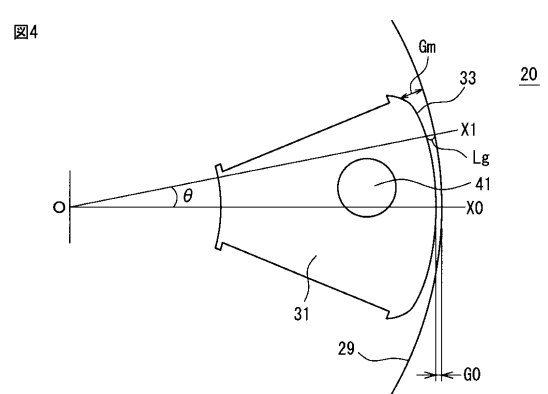
【図 2】



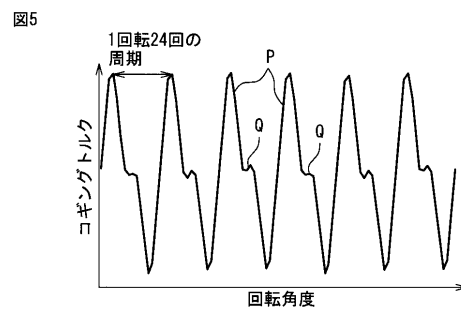
【図 3】



【図 4】

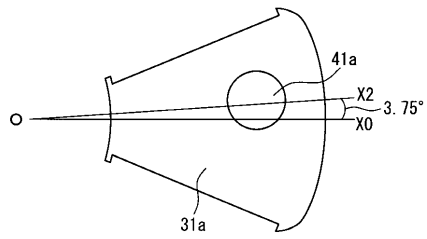


【図 5】



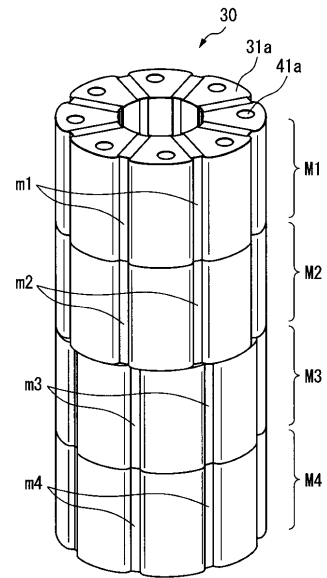
【図 6】

図6



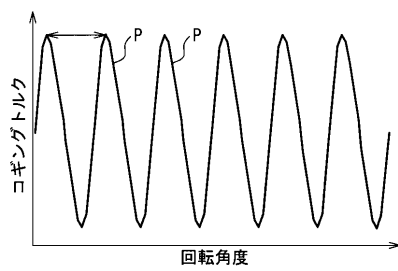
【図 7】

図7



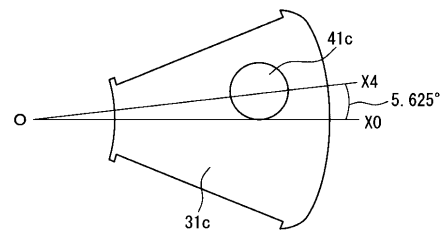
【図 8】

図8



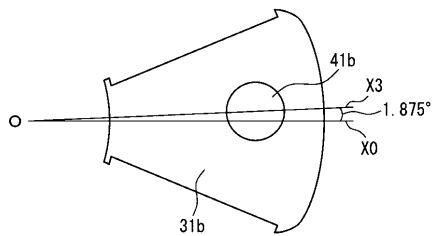
【図 10】

図10

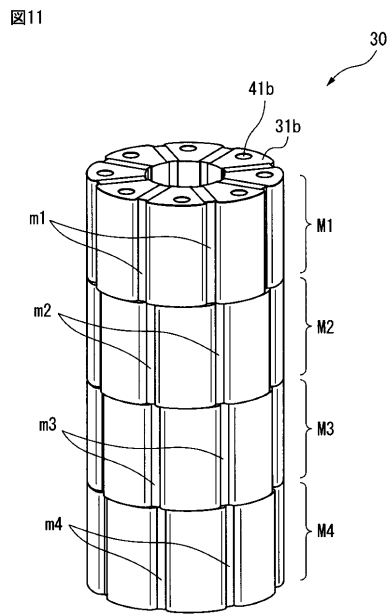


【図 9】

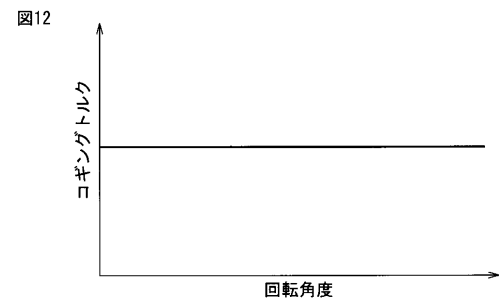
図9



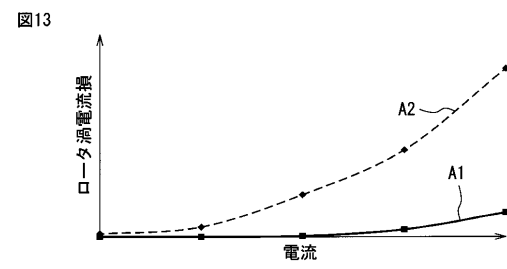
【図 1 1】



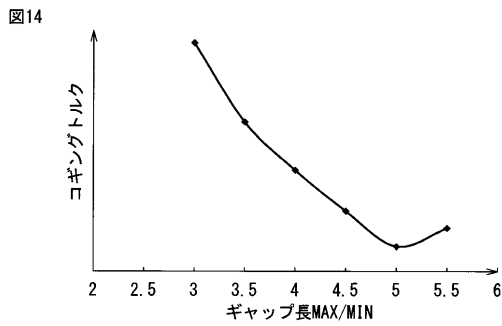
【図 1 2】



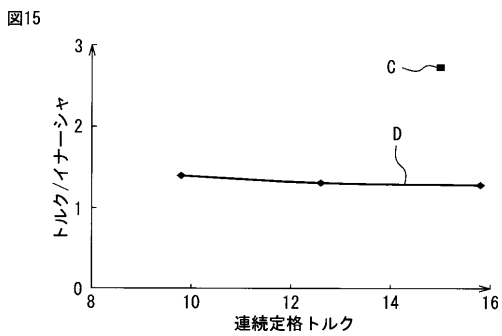
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【手続補正書】

【提出日】平成26年7月23日(2014.7.23)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

前述した目的を達成するために1番目の発明によれば、十二個のスロットが形成された集中巻ステータと、該集中巻ステータの内側に配置されていて八つの磁石が半径方向に配置された八極のロータと、を具備し、前記ロータの一極分の外形形状の一部分または全体を、三角関数の曲線で構成しており、前記ロータの半径方向に延びるロータヨークの中心線に沿った前記ロータヨークの外周面と前記ステータの内周面との間の最小距離に対する、前記ロータの半径方向における前記ロータヨークの前記外周面と前記ステータの前記内周面との間の最大距離の比はコギングトルクが最小になるように選択されるようにした同期電動機が提供される。

2番目の発明によれば、1番目の発明において、前記ロータの一極分の外形形状の前記一部分が前記ロータの一極分の外形形状の中心部分であるようにした。

3番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群とを含んでおり、前記第一磁石群と前記第二磁石群とが前記同期電動機の軸線方向周りに互いに 7.5° だけズレているようにした。

4番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第二磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第三磁石群とを含んでおり、前記同期電動機の軸線方向において前記第三磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第四磁石群とを含んでおり、前記第一磁石群から前記第四磁石群のうち互いに隣接する二つの磁石群は前記同期電動機の軸線方向周りに互いに 3.75° だけズレているようにした。

5番目の発明によれば、3番目の発明において、前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに 3.75° だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴とは反対方向に 3.75° だけズレた位置に第二締結穴が形成されている。

6番目の発明によれば、4番目の発明において、前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに 5.625° だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と同一方向に 1.875° だけズレた位置に第二締結穴が形成されており、前記ロータにおける前記第三磁石群の第三ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に 1.875° だけズレた位置に第三締結穴がそれぞれ形成されており、前記ロータにおける前記第四磁石群の第四ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に 5.625° だけズレた位置に第四締結穴がそれぞれ形成されている。

7番目の発明によれば、1番目の発明において、前記比は4.5と5.5の間の値であるようにした。

【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

十二個のスロットが形成された集中巻ステータと、

該集中巻きステータの内側に配置されていて八つの磁石が半径方向に配置された八極のロータと、を具備し、前記ロータの一極分の外形形状の一部分または全体を、三角関数の曲線で構成しており、

前記ロータの半径方向に延びるロータヨークの中心線に沿った前記ロータヨークの外周面と前記ステータの内周面との間の最小距離に対する、前記ロータの半径方向における前記ロータヨークの前記外周面と前記ステータの前記内周面との間の最大距離の比はコギングトルクが最小になるように選択されるようにした同期電動機。

【請求項2】

前記ロータの一極分の外形形状の前記一部分が前記ロータの一極分の外形形状の中心部分であるようにした請求項1に記載の同期電動機。

【請求項3】

前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群とを含んでおり、

前記第一磁石群と前記第二磁石群とが前記同期電動機の軸線方向周りに互いに7.5°だけズレているようにした請求項1または2に記載の同期電動機。

【請求項4】

前記ロータは、半径方向に配置された八つの磁石からなる第一磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第一磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第二磁石群と、前記同期電動機の軸線方向において前記第二磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第三磁石群とを含んでおり、前記同期電動機の軸線方向において前記第三磁石群に隣接して配置されていて半径方向に配置された八つの磁石からなる第四磁石群とを含んでおり、

前記第一磁石群から前記第四磁石群のうち互いに隣接する二つの磁石群は前記同期電動機の軸線方向周りに互いに3.75°だけズレているようにした請求項1または2に記載の同期電動機。

【請求項5】

前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに3.75°だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴とは反対方向に3.75°だけズレた位置に第二締結穴が形成されている、請求項3に記載の同期電動機。

【請求項6】

前記ロータにおける前記第一磁石群の第一ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りに5.625°だけズレた位置に第一締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第二磁石群の第二ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と同一方向に

1. 875°だけズレた位置に第二締結穴が形成されており、

前記ロータにおける前記第三磁石群の第三ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に

1. 875°だけズレた位置に第三締結穴がそれぞれ形成されており、

前記ロータにおける前記第四磁石群の第四ロータヨークには、前記ロータの各極に対応する部分の中心線から前記同期電動機の軸線方向周りで且つ前記第一締結穴と反対方向に

5. 625°だけズレた位置に第四締結穴がそれぞれ形成されている、請求項4に記載の同期電動機。

【請求項7】

前記比は4.5と5.5の間の値であるようにした請求項1に記載の同期電動機。

フロントページの続き

(72)発明者 雨宮 洋一

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 三ツ井 秀年

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

F ターム(参考) 5H601 AA22 CC01 CC15 DD01 DD09 DD11 DD18 EE12 EE18 EE39
FF04 GA02 GA24 GA25 GA32 GA34 GB21 GB34 GC02 GC12
GC26
5H621 AA02 BB07 GA01 GA04 HH01 JK03
5H622 AA02 CA02 CA06 CA10 CA14 PP03 PP10