

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5923093号  
(P5923093)

(45) 発行日 平成28年5月24日 (2016. 5. 24)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl.	F I
<b>HO2K 1/27 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 501C
	HO2K 1/27 501A
	HO2K 1/27 501M

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-528648 (P2013-528648)	(73) 特許権者	595054486
(86) (22) 出願日	平成23年9月14日 (2011. 9. 14)		ホガナス アクチボラゲット
(65) 公表番号	特表2013-537397 (P2013-537397A)		スウェーデン国 ホガナス (番地なし)
(43) 公表日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)	(74) 代理人	110000855
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/065905		特許業務法人浅村特許事務所
(87) 国際公開番号	W02012/035044	(72) 発明者	アトキンソン、グリーン
(87) 国際公開日	平成24年3月22日 (2012. 3. 22)		イギリス国、タインマス、ミル グローブ
審査請求日	平成26年9月12日 (2014. 9. 12)		35
(31) 優先権主張番号	PA201000833	(72) 発明者	ジャック、アラン
(32) 優先日	平成22年9月17日 (2010. 9. 17)		イギリス国、ノーサンバーランド、ヘクサム、アレンデイル ロード、マイルストーン ハウス
(33) 優先権主張国	デンマーク (DK)	(72) 発明者	ペンナンデル、ラース - オロブ
			スウェーデン国、ヘルシングボリ、エルタ ゴルズガタン 90

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁極変調機械用ロータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インナ・ロータ磁極変調機械用ロータであって、前記磁極変調機械のステータのステータ磁界との相互作用のためのロータ磁界を発生させるように構成され、前記ロータの長手方向軸を中心に回転するように適合されているロータにおいて、

前記長手方向軸の周りに円周方向に配置され、各々が磁束を発生させるように磁化の方向で磁化されている複数の永久磁石と

各々が、前記複数の永久磁石のそれぞれ1つによって発生する磁束のために少なくとも2次元の磁束経路を提供するように適合された複数の軸方向磁束誘導部材であって、前記2次元磁束経路は軸方向成分を含む、複数の軸方向磁束誘導部材と、

前記複数の永久磁石の半径方向内側に配置された内側管状支持部材を備える支持構造と

、  
前記複数の永久磁石の1つ又は複数によって発生する磁束のために少なくとも半径方向の経路を提供するように適合された少なくとも1つの外側磁束誘導部材であって、前記永久磁石及び前記軸方向磁束誘導部材を取り囲む外側管状支持構造を備える外側磁束誘導部材と、

前記外側管状支持部材及び前記内側管状支持部材間に半径方向に延在する複数のスポーク部材であって、少なくとも半径方向の磁束経路を提供するようにさらに適合されているスポーク部材と

を備える、ロータ。

## 【請求項 2】

前記スポーク部材は、前記外側磁束誘導部材及び前記支持構造のうちの少なくとも1つの一体部分として形成されている、請求項 1に記載のロータ。

## 【請求項 3】

前記永久磁石は、個々のスポーク部材によって互いに円周方向に分離されている、請求項 1又は2に記載のロータ。

## 【請求項 4】

前記スポーク部材は積層金属板で作られている、請求項 1から3までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 5】

前記スポーク部材を形成する前記積層金属板は、個々の半径方向/円周方向平面に配置されている、請求項 4に記載のロータ。

## 【請求項 6】

前記外側磁束誘導部材は積層金属板で作られている、請求項 1から5までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 7】

前記外側磁束誘導部材を形成する前記積層金属板は、個々の半径方向/円周方向平面に配置されている、請求項 6に記載のロータ。

## 【請求項 8】

前記支持構造は積層金属板で作られている、請求項 1から7までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 9】

前記支持構造を形成する前記積層金属板は、個々の半径方向/円周方向平面に配置されている、請求項 8に記載のロータ。

## 【請求項 10】

前記支持構造は非磁性材料で作られている、請求項 1から7までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 11】

前記複数の軸方向磁束誘導部材の各々は、積層金属板で作られている、請求項 1から10までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 12】

前記複数の軸方向磁束誘導部材の各々を形成する前記積層金属板は、少なくとも軸方向及び円周方向の範囲を有する個々の平面に配置されている、請求項 11に記載のロータ。

## 【請求項 13】

前記複数の軸方向磁束誘導部材の各々を形成する前記積層金属板は、少なくとも軸方向及び半径方向の範囲を有する個々の平面に配置されている、請求項 11に記載のロータ。

## 【請求項 14】

前記複数の軸方向磁束誘導部材の各々は、3次元磁束経路を提供する軟磁性材料から作られている、請求項 1から10までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 15】

前記永久磁石の磁化の前記方向は、少なくとも半径方向成分を有する、請求項 1から14までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 16】

前記永久磁石の磁化の前記方向は、少なくとも円周方向成分を有する、請求項 1から15までのいずれか一項に記載のロータ。

## 【請求項 17】

ステータ、及び、請求項 1から16までのいずれか一項に記載のロータを備える電気機械。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、モータのような磁極変調機械用ロータに関し、より詳細には、大量に容易に製造可能であり、高速での動作に適した磁極変調機械用ロータに関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

数年にわたり、磁極変調機械、例えば、クロー・ポール ( claw pole ) 機械、ランデル ( Lundell ) 機械及び横方向磁束機械 ( Transverse Flux Machine : TFM ) などの電気機械設計は、ますます関心が高まっている。これらの機械の原理を使用する電気機械は、Alexander sson及びFessendenによって早ければ約1910年に開示されている。関心が高まる最も重要な理由の1つは、設計が、例えば、誘導機、スイッチド・リラクタンス ( switched reluctance ) 機械、及び、永久磁石ブラシレス機械と比べてさえ、きわめて高いトルク出力を可能にすることである。さらに、このような機械は、コイルが製造し易い場合が多いという点で有利である。しかしながら、設計の欠点の1つは、これらの機械が、通常、製造するのに比較的高価であり、低い力率と、より多くの磁性材料の必要性とを引き起こす高い漏れ磁束を受けることである。低い力率は、サイズを大きくしたパワー・エレクトロニクス回路 ( 又は、機械が同期して使用される時の電源 ) を必要とし、これは駆動装置 ( drive ) 全体の容積、重量及びコストも増加させる。

10

## 【 0 0 0 3 】

磁極変調電気機械のステータは、基本的には、中央の単一コイルの使用によって特徴付けられ、中央の単一コイルは、軟磁性コア構造によって形成された複数の歯 ( teeth ) に磁気供給する。他の一般的な電気機械構造については、コイルはコア・セクションの歯の周囲に形成されるが、軟磁性コアはコイルの周囲に形成される。磁極変調機械トポロジの実例は、時には、例えば、クロー・ポール、クロー・フット ( Crow feet ) 、ランデル、又は、TFM機械として認識されている。埋設磁石を有する磁極変調機械は、さらに、ロータ磁極セクションによって分離されている複数の永久磁石を含むアクティブ・ロータ構造によって特徴付けられる。

20

## 【 0 0 0 4 】

WO2007/024184は、偶数個のセグメントから作られたアクティブ・ロータ構造を開示しているが、半分の数のセグメントが軟磁性材料から作られ、他の半分の数のセグメントが永久磁石材料から作られている。永久磁石は、永久磁石の磁化方向が実質的に円周方向となるように、すなわち、N極及びS極がそれぞれ実質的に円周方向に向いているように配置される。

30

## 【 0 0 0 5 】

概して、製造及び組立てが比較的安価な磁極変調機械用ロータを提供することが望ましい。さらに、高い構造安定性、低い磁気リラクタンス、効率的な磁束経路誘導、低い重量及び慣性等のような良好な性能パラメータを有するようなロータを提供することが望ましい。

## 【 0 0 0 6 】

埋設磁石機械は、高出力、高速電気機械、例えば、電気自動車及びハイブリッド自動車で使用される機械に使用することができる。これらの機械は、代替技術を上回るかなりの重量、サイズ、効率及びコストの利点を提供する。利点の1つは、機械が磁気リラクタンス効果から結果として生じるかなりのトルクを有するとき起こる電流の減少から生じる、機械を駆動するのに使用されるコンバータのレーティング ( したがってコスト ) の低下に関する。磁極ピッチの半分離れた軸に異なった磁気リラクタンスが生じる場合、リラクタンス・トルクが結果として生じる。この特徴を有する機械は、突極性を有すると説明される。

40

## 【 0 0 0 7 】

これらの機械に共通の構成は、ステータ及びロータ間のエア・ギャップが円周/軸平面に配置されることである。変化する磁界がステータ及びロータの両方に生じ、したがって

50

、ステータ及びロータの両方の磁気コアに、これらの変化する磁界によってコアに誘導される渦電流から生じる高い損失を回避するために電氣的絶縁を提供する材料を用いることが望ましい場合がある。

【0008】

埋設磁石を使用するいくつかの高速永久磁石機械では、制限因子は、回転から結果として生じる遠心力によって生じる機械的ストレスであり得る。この力は、多くの場合引張に弱い磁石、及び、積層ロータ・コアに作用する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

10

【特許文献1】WO2007/024184

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0010】

第1の態様によれば、インナ・ロータ磁極変調機械用ロータが本明細書に開示され、ロータは、磁極変調機械のステータのステータ磁界と相互作用するためのロータ磁界を発生させるように構成されており、前記ロータは、ロータの長手方向軸の周囲を回転するように適合されており、ロータは、回転中、長手方向軸を取り囲む円筒形の外面を画定し、ロータは、

長手方向軸の周囲に円周方向に配置され、各々が磁束を発生させるように磁化の方向に磁化されている、複数の永久磁石と、

20

各々が、複数の永久磁石の各々によって発生する磁束のための少なくとも2次元の磁束経路を提供するように適合された複数の軸方向磁束誘導部材であって、2次元磁束経路は軸方向成分を含む、複数の軸方向磁束誘導部材と、

複数の永久磁石の半径方向内側に配置された内側管状支持部材を備える支持構造と、

複数の永久磁石の1つ又は複数によって発生する磁束のための少なくとも半径方向の経路を提供するように適合された少なくとも1つの外側磁束誘導部材とを備える。

【0011】

したがって、本明細書に開示されるのは、半径方向で主ギャップ磁束経路を使用する設計の機械の軸方向に効率的な磁束経路を示す永久磁石ロータの実施例である。

30

【0012】

さらに、本明細書に開示されるロータの実施例は高い突極性を有し、すなわち、これらは、適切な表現の直(d)軸及び横(q)軸間の全体的な磁束経路リラクタンスの著しい変動を示し、したがって、かなりの追加のリラクタンス・トルクを提供する。埋設磁石機械では、リラクタンスの違いを、それらの磁化に対して直角(電氣的に、すなわち、磁極ピッチの半分に等しい角度)の軸の磁石を過ぎて磁束を流すために積層磁性材料を使用することによって促進させることができる。

【0013】

さらに、本明細書に記載されるロータの実施例は、ロータの高回転速度時であっても、明確に画定されたエア・ギャップを提供する。

40

【0014】

複数の永久磁石は、円周の周りの磁石が1つおきに磁化方向で反転されるように配置されてもよい。これによって、個々のロータ磁極セクションは、等しい極性を示す磁石のみと結びつくことができる。

【0015】

いくつかの実施例では、永久磁石は、内側管状支持部材の外側取り付け表面上に取り付けられる。

【0016】

ロータは、2から200の間、5から60の間、又は10から30の間など、任意の数の永久磁石を備えてもよい。内側及び/又は外側管状支持部材は、任意の軸方向の長さを

50

有してもよい。いくつかの実施例では、内側及び／又は外側管状支持部材の軸方向の長さは、永久磁石及び／又は軸方向磁束誘導部材の軸方向の長さに対応する。

【0017】

ロータ、例えば、支持構造は、ロータ及びステータ間の相互作用によって発生するトルクを伝達するための手段を備えてもよい。いくつかの実施例では、支持構造は、発生されたトルクを伝達するためのシャフトに接続される。

【0018】

いくつかの実施例では、軸方向磁束誘導部材は、軟磁性粉末のような軟磁性材料から作られ、これによって、ロータの製造を簡単にし、効率的な磁束集中を実現し、半径方向、軸方向及び円周方向の磁束経路成分を可能にする軟磁性材料の効率的な3次元磁束経路の利点を活用する。これによって、成形を単一の圧縮ツール構成で行うことができる粉末成形法の使用によって、同じ工程で軸方向磁束誘導部材を効率的に作ることができる。さらに、3次元すべての磁束経路を単一の磁束誘導部材に効率的に設けることができるため、ロータの半径方向の厚さを減らすことができる。これは、さらに、永久磁石をより大きい周囲を有するより大きい直径上に配置することができ、ギャップの直径が一定に保たれるため、接線方向により広い磁石を可能にする。これは、十分な磁界強度を供給するためにこれらの厚さ及び断面積を増加させながら、より安価な磁石（例えば、フェライト）の使用を許容することができる。

【0019】

軟磁性粉末は、例えば、軟磁性鉄粉末、或いは、Co若しくはNi又はこれらの一部を含む合金を含む粉末であってもよい。軟磁性粉末は、実質的に純粋な水でアトマイズした鉄粉、又は、電気絶縁体で被覆された不規則な形の粒子を有するスポンジ鉄粉であってもよい。この文脈で、用語「実質的に純粋」は、粉末から異物が十分に除去されているべきであり、不純物のO、C及びNの量が最小限に保たれているべきであることを意味する。平均粒径は、概して300µmより下で10µmより上である。

【0020】

しかしながら、軟磁性特性が十分であり、粉末が型圧縮に適している限り、任意の軟磁性金属粉末又は金属合金粉末を使用することができる。

【0021】

粉末粒子の電気絶縁体は、無機材料で作られてもよい。特に好適なのは、米国特許第6348265号（参照により本明細書に組み込まれる）に開示されている種類の絶縁体であり、これは、絶縁酸素及びリン含有バリアを有する本質的に純粋な鉄から構成されるベース粉末の粒子に関する。絶縁された粒子を有する粉末は、スウェーデンのHoganas ABから入手可能なSomaloy（登録商標）500、Somaloy（登録商標）550、又はSomaloy（登録商標）700として利用可能である。

【0022】

外側磁束誘導部材は、半径方向の磁束経路と、ロータのアクティブ・エア・ギャップに対して半径方向外側に面する界面とを提供し、磁束がアクティブ・エア・ギャップを経てステータに伝達できるようにする。外側磁束誘導部材は、さらに、円周方向磁束経路を提供することができ、具体的には、外側磁束誘導部材は、半径方向／円周方向平面に少なくとも2次元の磁束経路を提供することができる。外側磁束誘導部材が、永久磁石及び軸方向磁束誘導部材を取り囲む外側管状支持構造を備える場合、ロータ構造の強度は増加し、したがって、改善された高速動作を可能にする。

【0023】

軸方向磁束誘導部材は、軸方向磁束経路を提供する。いくつかの実施例では、ロータは軸方向磁束誘導部材を備え、軸方向磁束誘導部材は、例えば、金属粉末から製造された軟磁性構成要素として、又は、ロータの軸方向と平行な平面、例えば、半径方向／軸方向平面若しくは円周方向／軸方向平面に本質的に配向された積層物として形成されてもよい。軸方向磁束誘導部材は、軸方向／円周方向平面又は軸方向／半径方向平面に少なくとも2次元の磁束経路を提供することができ、したがって、軸方向の磁束の集中を可能にし、同

10

20

30

40

50

時に、軸方向磁束誘導部材及び外側磁束誘導部材間の磁束経路の効率的な伝達を可能にする。軸方向磁束誘導部材は、したがって、軸方向磁気戻り経路のいくつか又はすべてをロータに生じさせるように配置されてもよい。したがって、磁極変調機械の実施例では、ステータの軸方向磁路を回避することができ、したがって、より簡単で安価なステータ構造を可能にし、そうでなければコイルの周囲のみ及び磁石の周囲のみに生じるかもしれない不要な磁気漏れ経路を、磁石及びコイルを連結することなく回避する。

**【 0 0 2 4 】**

軸方向磁束誘導部材は、外側磁束誘導部材とは異なる別個の構成要素として設けられてもよい。軸方向磁束誘導部材は、磁石から半径方向外側の、又は、磁石に接線方向に隣接する領域に配置されてもよい。これらの軸方向磁束誘導部材は、磁界の円周方向成分から結果として生じる渦電流を最小にするために適切な方向を与えるように、半径方向/円周方向に配置された他の積層物内のスロット又は開口部に配置されてもよい。軸方向磁束誘導部材は、磁界が実質的に半径方向及び/又は軸方向の(又は、実質的に一定の)領域に、例えば、磁石に近接して配置されてもよい。軸方向磁束誘導部材が積層物として形成されている場合、積層物は、磁石の磁化方向の方向に配置された積層物の平面によって配向されてもよい。

**【 0 0 2 5 】**

軸方向磁束誘導部材は、例えばエンド・プレートによって、ロータ・コアの軸方向端部で遠心力に対して拘束されてもよい。いくつかの実施例では、ロータは、ロータの各軸方向端部にエンド・プレートを備え、各軸方向磁束誘導部材の少なくとも一部は、エンド・プレートの個々の穴を通して軸方向に延在する。代わりに又は加えて、軸方向磁束誘導部材は、遠心力に対して半径方向に軸方向磁束誘導部材を支持するための、ロータ・コアの個々の軸方向端部の他の支持構造に結合されてもよい。軸方向磁束誘導部材は、次いで、それ自体の遠心力を取るが、また、磁石の遠心力をも取るビームになり、こうした役割から半径方向/円周方向積層物のスポークを除去する。半径方向/円周方向積層物のスポークを除去する又は少なくとも減少させることができることが、軸方向磁束誘導部材を拘束することの他の利点である。これは、磁気シャント効果を減少又は回避すらし、これはひいては、より小さい(したがってより安価な)磁石を使用することを可能にし、したがって、結果としてより小さい(したがってより安価な)機械になる。

**【 0 0 2 6 】**

ロータの磁気構造は、軸方向磁束誘導部材の導入によっても、さらにこれらの部分の半径方向の寸法を大きくすることによっても損なわれることがないため、本明細書で定義されるロータ構造の実施例の遠心力を処理する能力に大きな改善があるかもしれない。これは、所定の寸法の機械が、実質的により高速に動作することができ、特定の出力の比例した増加と、サイズ、重量、効率及びコストの結果として生じる減少とをもたらすことを意味する。所定の速度で動作するはるかにより大きいロータ(より高い出力用途のための)が容易になることも意味する。

**【 0 0 2 7 】**

いくつかの実施例では、軸方向磁束誘導部材が上述したように遠心力に対して拘束されている場合、軸方向磁束誘導部材は、例えば、軸方向磁束誘導部材を半径方向/円周方向の積層物の穴に配置することによって、ロータの半径方向/円周方向の積層物の少なくとも一部を拘束することができる。これは、速度及び/又はロータ径のさらなる増加を可能にする。

**【 0 0 2 8 】**

本明細書に記載された配置での、軸方向磁束誘導部材(コアの軸方向端部に拘束されてもよい)の、半径方向/円周方向の積層体との組合せは、機械的整合性と、したがって速度/サイズ制限とを大きく改善し、同時に、大きな渦電流損失を生じることなしに、良好な軸方向磁気経路を提供する。

**【 0 0 2 9 】**

ロータの良好な軸方向磁気経路は、ステータの軸方向磁気戻り経路(すなわち、クロー

10

20

30

40

50

)を減少させる、又は除去することすら可能にし、これはサイズの縮小を意味するが、より重要なことには、良好な軸方向経路は、突極性を維持し、したがって、かなりのリラクタンス・トルクを達成するために有益である。これは、機械が、インバータ駆動されるときに競合される場合、非常に望ましい特徴である。

【0030】

永久磁石が個々のスポーク部材によって互いに円周方向に分離されている場合、ロータ構造の強度はさらに増加される。スポーク部材がさらに、少なくとも半径方向の磁束経路を提供するように適合されている場合、効率的で小型のロータ構造が提供される。スポーク部材は、積層金属板から作られてもよい。

【0031】

いくつかの実施例では、管状支持部材は、半径方向 - 接線方向平面に磁束経路を提供する積層金属板から作られ、永久磁石は半径方向に磁化され、各軸方向磁束誘導部材は、永久磁石の1つから半径方向外側に延びる金属板積層歯・ボディ部材として形成され、且つ、実質的に半径方向 / 軸方向平面に磁束経路を提供するように適合され、ロータは、金属板積層歯・ボディ部材のそれぞれから半径方向外側に延びる金属板積層歯先端部材として各々形成されると共に、半径方向 - 接線方向平面に磁束経路を提供するように適合された複数の外側磁束誘導部材を備える。金属板積層物は、スチール板積層体であってもよい。

【0032】

いくつかの実施例では、管状支持部材は、少なくとも半径方向に磁束経路を提供する積層金属板から作られ、永久磁石は半径方向に磁化され、軸方向磁束誘導部材の各々は、永久磁石の1つから半径方向外側に延びる、軟磁性成分、例えば軟磁性粉末成分から作られた歯・ボディ部材として形成されると共に、3次元すべて(半径方向、接線方向 / 円周方向、軸方向)に磁束経路を提供するように適合される。外側磁束誘導部材は、歯・ボディ部材を取り囲む積層金属板の連続管状構造、例えばスリーブとして形成されてもよい。

【0033】

いくつかの実施例では、永久磁石は円周方向に磁化され、各永久磁石は、2つの軸方向磁束誘導部材間に円周方向に挟まれてもよく、軸方向磁束誘導部材の各々は、少なくとも円周方向及び軸方向成分を有する磁束経路を提供するように適合された金属板積層部材として形成されてもよい。外側磁束誘導部材は、永久磁石及び軸方向磁束誘導部材を取り囲む管状構造を形成する積層金属板から形成されてもよい。外側磁束誘導部材を形成する積層金属板は、外側管状部材から半径方向内側に延びるスポーク部材をさらに備えてもよい。各スポーク部材は、個々の軸方向磁束誘導部材間に挟まれた2つの永久磁石を円周方向に分離してもよい。

【0034】

いくつかの実施例では、ロータは、永久磁石及び / 又は軸方向磁束誘導部材の軸方向の長さより短い軸方向の長さを各々が有する2つの外側磁束誘導部材を備えてもよい。このような実施例では、外側磁束誘導部材は、それらの間の円周方向のギャップを残して、ロータの個々の軸方向端部に近接して配置されてもよい。したがって、軸方向磁束誘導部材が、外側磁束誘導部材の軸位置に向かう軸方向の磁束の集中を可能にするため、外側磁束誘導部材は、永久磁石の軸方向範囲全体を覆う必要はない。したがって、磁気特性を大幅に損なうことなく、ロータ構造の重量及び / 又は慣性モーメントを減少することができる。いくつかの実施例では、外側磁束誘導部材の軸方向の範囲及び位置は、ロータ及びステータ間のアクティブ・エア・ギャップの軸方向の幅に対応するように制限されてもよい。いくつかの実施例では、ギャップは、永久磁石及び / 若しくは軸方向磁束誘導部材を遠心力に対して拘束する環状支持部材、例えば、リボン、スリーブ又は管によって少なくとも部分的に満たされてもよい。環状支持部材は、非磁性材料、例えば、アルミニウム、マグネシウム合金、ポリマ系材料、複合材料、ガラス繊維やカーボン繊維等の繊維材料、又は上記の組合せから作られてもよい。

【0035】

別の態様によれば、本明細書に開示されるのは、電気的回転機械、例えば、磁極変調機

10

20

30

40

50

械であり、前記機械は、本明細書に記載したようなステータ及びロータを備える。ステータは、ステータ磁極クローが部分的に重なる又は重ならないステータであってもよい。

【0036】

いくつかの実施例では、ステータは、実質的に円形で複数の歯を含む第1のステータ・コア・セクションと、実質的に円形で複数の歯を含む第2のステータ・コア・セクションと、第1の円形ステータ・コア・セクション及び第2の円形ステータ・コア・セクション間に配置されたコイルとを備え、第1のステータ・コア・セクション、第2のステータ・コア・セクション、コイル及びロータは、ロータの長手方向軸によって画定される共通の幾何学的な軸を取り囲んでおり、第1のステータ・コア・セクション及び第2のステータ・コア・セクションの複数の歯は、ロータに向かって突き出すように配置され、第2のステータ・コア・セクションの歯は、第1のステータ・コア・セクションの歯に対して円周方向に位置がずれている。

10

【0037】

本発明の異なる態様は、上述したロータ及び電気的回転機械を含み異なった方法で、並びに、以下の及び他の装置及び製造方法で実施されることができ、以下の及び他の装置及び製造方法の各々は、上述した態様の少なくとも1つと関連して説明した利益及び利点の1つ又は複数をもたらす、各々は、上述した及び/又は従属請求項で開示した態様の少なくとも1つに関連して説明した好適実施例に対応する1つ又は複数の好適実施例を有する。さらに、本明細書に記載した態様の1つに関連して説明した実施例は他の態様に等しく適用できることが理解されるであろう。

20

【0038】

本発明の上記及び/又は追加の目的、特徴及び利点は、添付図面の参照と共に、以下の例示的且つ非限定的な本発明の実施例の詳細な説明によってさらに明らかにされるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1a】従来技術の磁極変調機械の分解斜視図を示す。

【図1b】従来技術の磁極変調機械の断面図を示す。

【図2】磁極変調機械用ステータの実例の概略図を示す。

【図3】磁極変調機械用ステータの別の実例の概略図を示す。

30

【図4】磁極変調機械用ロータの実例を示す。

【図5】磁極変調機械用ロータの実例を示す。

【図6】磁極変調機械用ロータの実例を示す。

【図7】互いに異なる相対位置での磁極変調機械用ロータ及びステータの実例を示す。

【図8】互いに異なる相対位置での磁極変調機械用ロータ及びステータの実例を示す。

【図9】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図10】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図11】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図12a】ロータの異なる実施例の半径方向/軸方向平面での断面図を示す。

【図12b】ロータの異なる実施例の半径方向/軸方向平面での断面図を示す。

40

【図12c】ロータの異なる実施例の半径方向/軸方向平面での断面図を示す。

【図12d】ロータの異なる実施例の半径方向/軸方向平面での断面図を示す。

【図13a】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図13b】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図14a】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【図14b】磁極変調機械用ロータの他の実例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0040】

以下の説明では添付図面への参照が行われ、添付図面は、本発明をどのように実施できるかを例示として示す。

50



## 【 0 0 4 1 】

本発明は、実例の1つが図1aに概略分解斜視図で示される磁極変調電気機械100の範囲にある。磁極変調電気機械ステータ10は、基本的には、軟磁性コア構造によって形成される複数の歯102に磁氣的に供給する中央単一コイル20の使用によって特徴付けられる。他の一般的な電気機械構造については、コイルは個々の歯・コア・セクションの周囲に形成されるが、この場合ステータ・コアはコイル20の周囲に形成される。磁極変調機械トポロジの実例は、時には、例えば、クロー・ポール、クロー・フット、ランデル、又は、TFM機械として認識される。より具体的には、図示した磁極変調電気機械100は、複数の歯102を各々含むと共に実質的に円形である2つのステータ・コア・セクション14、16と、第1の円形ステータ・コア・セクション及び第2の円形ステータ・コア・セクション間に配置されたコイル20と、複数の永久磁石22を含むロータ30とを備える。さらに、ステータ・コア・セクション14、16、コイル20及びロータ30は、共通の幾何学的な軸103を取り囲んでおり、2つのステータ・コア・セクション14、16の複数の歯は、閉回路磁束経路を形成するためにロータ30に向かって突き出るように配置される。図1の機械は、この場合にはステータ・歯がロータに向かって半径方向に突き出し、ステータがロータを取り囲むため、ラジアル型のものである。しかしながら、ステータは、等しく良好にロータに対して内側に配置されることができ、この形式は以下の図面のいくつかにも例示されている。以下に示される本発明の範囲は、磁極変調電気機械のどのような特定の形式にも限定されない。例えば、本発明は、単相機械に限定されず、多相機械にも等しく良好に適用することができる。

10

20

## 【 0 0 4 2 】

アクティブ・ロータ構造30は、偶数個のセグメント22、24から構築されるが、ロータ磁極セクション24とも呼ばれる半数のセグメントは、軟磁性材料及び永久磁石材料22の他の半数のセグメントから作られる。最先端の方法は、これらのセグメントを個々の構成要素として製造することである。しばしば、セグメントの数はかなり大きくてもよく、典型的には個々のセクションに10から50程度である。永久磁石22は、永久磁石の磁化方向が実質的に円周方向になるように、すなわち、N極及びS極がそれぞれ実質的に円周方向に面するように配置される。さらに、他の永久磁石に対して反対方向の磁化方向を有する永久磁石22が、円周方向に数えて1つおきに配置される。所望の機械構造の軟磁性磁極セクション24の磁気機能は、完全に3次元であり、軟磁性磁極セクション24は、変動する磁束を3つの空間方向すべてで高い透磁率で効率的に運ぶことができることが要求される。

30

## 【 0 0 4 3 】

図1bは、図1の場合と同じラジアル磁極変調電気機械を、どのようにステータ・歯102がロータに向かって延びるか、及びどのように2つのステータ・コア・セクション14、16のステータ・歯が互いに対して回転方向にずれているのかをより明確に示す組み立てられた機械の断面図で示す。

## 【 0 0 4 4 】

図2は、磁極変調機械用ステータの実例の概略図を示す。図3は、磁極変調機械用ステータの別の実例の概略図を示す。両方のステータは、2つのステータ・コア・セクション14、16及びステータ・コア・セクション間に挟まれたコア20を備え、ステータ・コア・セクションは、それぞれ、2つのステータ・コア・セクション14、16のステータ・歯が互いに対して回転方向にずれているような、複数の半径方向に延びる歯102を有し、すべては図1に関連して説明したようなものである。図2のステータは、図1に関連して説明したステータと同様であるが、図3のステータの歯102はクロー・ポールとして形成されており、すなわち、これらは、軸方向に延びるクロー・ポール・セクション302を有する。クロー・ポール・セクション302は、半径方向に突き出る歯102の先端からコイル及び個々の他のステータ磁極セクションに向かって軸方向に延びる。クロー・ポールは、ステータの軸方向の長さによって部分的に軸方向に延びる。

40

## 【 0 0 4 5 】

50

以下では、図 1 a から図 1 b に示す磁極変調電気機械の一部として、及び / 又は、図 2 及び図 3 に示されたステータの 1 つと組み合わせて使用することができるロータの実例がより詳細に説明される。本願で説明されるロータは、上述したものと異なる形式の磁極変調機械のステータと共に使用されてもよいことを理解すべきである。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、磁極変調機械用ロータの実例を示す。具体的には、図 4 a は、ロータの斜視図を示し、図 4 b は、ロータと、磁極変調機械の対応するステータ、例えば、図 2 に示すステータの断面図を示す。図 4 のロータは、ロータの長手方向軸 4 0 4 を取り囲む管状中央支持部材 4 0 3 を備える。管状支持部材は、ロータによって駆動されるべきシャフト又は軸を受けるための中央開口部 4 0 5 を画定する。管状支持構造 4 0 3 は、軸方向に積み重ねられた積層環状スチール板で作られ、すなわち、積層物は、半径方向 / 円周方向平面と平行な平面を画定する。ロータは、管状支持部材 4 0 3 の外周面の周りに一様に分布された偶数個の永久磁石 4 2 2 をさらに備える。各永久磁石は、管状支持構造の軸方向の長さに沿って軸方向に延在する。この実例では、永久磁石は、対向する長方形の表面を有する比較的薄い板として形成される。半径方向内側の表面は、管状支持部材の外側表面に接続される、例えば、接着される、機械的に固定される、等である。永久磁石は、ロータの半径方向に磁化され、半径方向に永久磁石を通過して、すなわち、半径方向内側の表面と、半径方向内側の表面と反対側の半径方向外側の表面とを通過して延在する磁束を提供する。各永久磁石の円周方向に見て隣接する永久磁石が、これらが隣接する永久磁石とは異なる磁界の方向を有するように、永久磁石は交互の極性で配置される。

【 0 0 4 7 】

ロータは、少なくとも軸方向の磁束経路を提供する複数の軸方向磁束誘導部材 4 0 1 をさらに備え、軸方向磁束誘導部材 4 0 1 の各々は、永久磁石のそれぞれの半径方向外側の表面上に配置される。各軸方向磁束誘導部材は、積層スチール板のブロックとして形成される。スチール板は、永久磁石と実質的に同じ軸方向及び接線方向の寸法を有するブロックを形成するように、且つ、軸方向及び実質的に半径方向の平面を画定するように、円周方向に積み重ねられた長方形の板である。

【 0 0 4 8 】

ロータは、2 つの外側磁束誘導部材 4 0 2 a、b が軸方向磁束誘導部材 4 0 1 の各々の半径方向外側の表面上に配置されるような、複数の外側磁束誘導部材 4 0 2 a 及び 4 0 2 b をさらに備える。したがって、軸方向磁束誘導部材及び外側磁束誘導部材は、それぞれ半径方向に延在するロータ・歯又は磁極を共同で形成し、軸方向磁束誘導部材は歯・ボディを形成し、外側磁束誘導部材は歯先端を形成する。外側磁束誘導部材は、軸方向に積み重ねられた積層スチール板のブロックとして形成される。板は、概して台形形状を有するが、台形の平行な辺のより長い方は曲線として形成される。板は、ロータの長手方向軸に垂直な平面に配置され、すなわち、これらは、円周方向 / 半径方向平面の平面を画定する。さらに、積層板は、外側磁束誘導部材が共同で円形の円周を画定するように、それらの湾曲した側を半径方向外側にして配置される。外側磁束誘導部材は、ロータの軸方向の寸法より短い軸方向の長さを有し、これらは、これらが中央ギャップ 4 0 6 によって軸方向で分離されるように、軸方向磁束誘導部材 4 0 1 上にペアで配置される。

【 0 0 4 9 】

図 4 b に示すように、電気回転機械の一部として組み立てられると、外側磁束誘導部材は、ステータのステータ・コア・セクションの 1 つの歯 1 4、1 6 と軸方向に整列される。外側磁束誘導部材が個々の歯と円周方向に整列されると、ロータは 3 次元磁束経路を提供し、ここで、永久磁石 4 2 2 を通って延在する半径方向磁束は、軸方向磁束誘導部材 4 0 1 に軸方向に集中し、外側磁束誘導部材によって、アクティブ・エア・ギャップ 4 0 9 及びステータの対応する歯に向かって半径方向に供給される。内側支持部材 4 0 3 は、磁束がある永久磁石から隣接する永久磁石に伝達できるようにするように、半径方向及び円周方向の磁束経路を提供する。図 4 に示すロータは、図 2 に示すステータ、すなわち、クロー・ポールを持たない（又は少なくとも比較的小さい）歯、すなわち歯テータ（の単相セ

クシオン)の軸方向の範囲の一部、例えば半分未満に沿ってのみ延在する歯を有するステータを備える磁極変調機械での使用に適している。

【0050】

したがって、内側支持部材403、軸方向磁束誘導部材401及び外側磁束誘導部材402a、bの積層体の異なる方向は、少なくとも軸方向の磁束の集中を含むロータの3次元磁束経路を支持するように選択される。

【0051】

図5は、磁極変調機械用ロータの別の实例を示す。具体的には、図5aはロータの斜視図を示し、図5bはロータと、磁極変調機械の対応するステータ、例えば、図3に示すようなクロー・ポール・ステータとの断面図を示す。図5のロータは、図4のロータと類似し、すべて図4に関連して説明したような、板を積層した管状内側支持部材503、内側支持部材503の円周の周りに交互の極性で配置された複数の半径方向に磁化された永久磁石522、及び、各永久磁石の半径方向外側に配置された板を積層した軸方向磁束誘導部材501を備える。

10

【0052】

図5のロータは、図4の外側磁束誘導部材402a、bと同様であるが、ロータの軸方向の長さ全体に沿って、又は、ロータの軸方向の長さの少なくともかなりの部分に沿って軸方向に延在する、板を積層した外側磁束誘導部材502をさらに備える。したがって、図5の实例では、単一の外側磁束誘導部材のみが各軸方向磁束誘導部材501に接続される。

20

【0053】

図5のロータは、したがって、図5bに例示するように、クロー・ポール・ステータ、例えば図3に示すようなステータとの組合せに特に適している。

【0054】

図6は、磁極変調機械用ロータの別の实例を示す。図6のロータは図5のロータと同様であり、ロータは、すべて図5と関連して説明したような、板を積層した管状内側支持部材603、及び、内側支持部材603の円周の周りに交互の極性で配置された複数の半径方向に磁化された永久磁石622を備える。

【0055】

図6のロータは、永久磁石622のそれぞれの半径方向外側の表面上に各々が配置された複数の軸方向磁束誘導部材601をさらに備える。各軸方向磁束誘導部材は、例えば、適切な粉末冶金プロセスを使用して軟磁性粉末から作られた、軟磁性材料のブロックとして形成される。軟磁性軸方向磁束誘導部材601は、したがって、軟磁性構成要素が2つの次元への磁束経路を効果的に制限する積層面を含まないため、3次元すべての磁束経路を容易にする。その結果、軟磁性軸方向磁束誘導部材601は、図5の軸方向磁束誘導部材501及び外側磁束誘導部材502の磁束誘導特性を単一の構成要素に兼ね備える。

30

【0056】

それにもかかわらず、図6のロータは、軸方向に積み重ねられ積層された環状スチール板で作られた管状構造又はスリーブとして形成された外側磁束誘導部材602を備える。外側磁束誘導部材602は、軸方向磁束誘導部材601を取り囲み、ロータの高速回転中に永久磁石及び軸方向磁束誘導部材に作用する遠心力を相殺するため、効率的な半径方向磁束経路、及び、ロータの増加した機械的安定性の両方を提供する。

40

【0057】

さらに、軸方向磁束誘導部材601としての軟磁性構成要素の使用は、軸方向磁束誘導部材の半径方向の厚さを、図4及び図5の实例の歯・ボディ及び歯先端の半径方向の厚さの合計と比べて減少させることを可能にする。これは、永久磁石をより大きい周長を有するより大きい直径上に配置することができ、ギャップの直径が一定に保たれるため、接線方向により広い磁石を可能にする。これは、等しい磁界強度を実現するために拡大された厚さ及び断面積を有するより安価な磁石(例えば、フェライト)の使用を可能にする。

【0058】

50

管状外側磁束誘導部材 6 0 2 には、隣接する軸方向磁束誘導部材 6 0 1 間に円周方向に配置された、すなわち、ギャップ 6 1 1 と円周方向に整列された軸方向に延在する溝 6 1 2 が設けられる。溝 6 1 2 は、管状構造の減少した厚さを結果として生じ、したがって、円周方向の増加した磁気抵抗を結果として生じ、したがって、漏れ磁束を減少させる。

【 0 0 5 9 】

磁極変調機械のような電気機械のトルクは、ステータ構成要素及びロータ構成要素間のギャップを横断する磁束に関係する。磁束経路は、常に閉じた連続的な回路を示す。

【 0 0 6 0 】

磁極変調機械では、磁束は、永久磁石、及びステータのコイルの電流によって誘起される。ロータ及びステータの相対回転位置に応じて、2種類のトルク、同期トルク及びリラクタンس・トルクを区別することができる。

10

【 0 0 6 1 】

図 7 及び図 8 は、同期トルク及びリラクタンス・トルクをそれぞれ提供する、本明細書で開示されるロータの実施例の磁束経路を示す。図 7 及び図 8 は、図 4 に示すようなロータの磁束経路を示す。同様の磁束経路が、本明細書に記載したロータの他の実例によって提供されることは認識されるであろう。

【 0 0 6 2 】

図 7 は、図 2 に示すステータとの組合せで図 4 のロータを示す。具体的には、図 7 では、ロータは、すべての他の外側磁束誘導部材 4 0 2 a、b がステータ・歯の対応するものと円周方向に整列されるように、円周方向に配置される。残りの外側磁束誘導部材は、ステータ・歯間の個々のギャップと整列される。したがって、図 7 に示す位置で、すべての永久磁石は、それに接続された軸方向磁束誘導部材の 1 つを通り、ステータの単一のステータ・歯 1 0 2 とのアクティブ・エア・ギャップ 4 0 9 を通る磁束経路を有する。この位置での磁束経路は、同期トルク磁束経路と呼ばれる。同期トルク磁束経路の実例は、ライン 7 0 7 として図 7 に示される。

20

【 0 0 6 3 】

概して、同期トルク磁束経路 7 0 7 は、ロータの永久磁石 4 2 2 を通過する。この磁束は、ステータ・歯及びロータ磁極が互いに円周方向に整列される、いわゆる d 軸位置でピークに達する。この位置は図 7 に示される。同期トルクのソースは、したがって、永久磁石の磁束及びコイルの磁束の両方である。

30

【 0 0 6 4 】

図 8 は、図 2 に示すようなステータとの組合せで図 4 のロータを示す。具体的には、図 8 では、ロータは、各ステータ・歯 1 0 2 が 2 つの隣接する外側磁束誘導部材 4 0 2 a、b の個々の部分と共通のギャップを有するように 2 つの隣接する外側磁束誘導部材 4 0 2 a、b 間のギャップと円周方向に整列されるように円周方向に配置される。この位置での磁束経路は、リラクタンス・トルク磁束経路と呼ばれる。リラクタンス・トルク磁束経路の実例は、ライン 8 0 7 として図 8 に示される。

【 0 0 6 5 】

概して、リラクタンス・トルク磁束経路 8 0 7 は、ロータの軟磁性スチール構造のみを通過する。この磁束は、図 8 に示すように、すべてのステータ・歯がロータ磁極に同時に面するいわゆる q 軸位置で、すなわち、2 つのロータ磁極間のスロットがステータ・歯の中央に集中している時、ピークに達する。これは、結果として機械の追加のトルクを生じることができる低リラクタンスを有する短い磁束経路を形成する。リラクタンス・トルクのためのソースは、ステータ・コイル 2 0 のコイル磁束である。

40

【 0 0 6 6 】

図 9 は、磁極変調機械用ロータの別の実例を示す。図 9 のロータは図 5 のロータと同様であり、ロータは、すべて図 5 に関連して上述したような、板を積層した管状内側支持部材 9 0 3、内側支持部材 9 0 3 の円周の周りに交互の極性で配置された複数の半径方向に磁化された永久磁石 9 2 2、及び、各永久磁石 9 2 2 の半径方向外側に配置された板を積層した軸方向磁束誘導部材 9 0 1 を備える。

50

## 【 0 0 6 7 】

図9のロータは、図5の外側磁束誘導部材502と類似した板を積層した外側磁束誘導部材902をさらに備える。しかしながら、図5の外側磁束誘導部材502は、個々のギャップ511によって互いに円周方向に分離されているが、外側磁束誘導部材902は、軸方向磁束誘導部材901を取り囲む連続円周構造を形成するように、軸方向に延在するブリッジ部912によって互いに接続されている。さらに、連続円周構造は、隣接する軸方向磁束誘導部材間のギャップに沿って延在する半径方向に延びるスポーク923によって、内側支持部材903に接続される。したがって、内側支持部材903、外側磁束誘導部材902及びスポーク923は、軸方向に積み重ねられた、概して環状のスチール板から形成された単一の板積層構造によって形成されてもよく、スチール板の各々は、シャフトのための中央開口部を提供する中央切り抜きと、永久磁石及び軸方向磁束誘導部材を受けるための円周方向に分布された切り抜きとを有する。したがって、スポークが外側磁束誘導部材の連続円周構造が変形するのを防ぐ、高い回転速度であっても効率的な磁束経路及び高い機械的強度を提供する、製造するのが特に容易なロータ構造が実現する。

10

## 【 0 0 6 8 】

円周構造のブリッジ部912は、漏れ磁束を減らすように厚さが薄くされる。

## 【 0 0 6 9 】

図9の実施例は、図5の実例と同様の軸方向連続外側磁束誘導部材によって示されているが、図9の実施例は、図4の実施例と同様の、各永久磁石に1対の軸方向に分離した外側磁束誘導部材を設けるように変更されてもよいことは理解されるであろう。この目的のため、内側支持部材、外側磁束誘導部材及びスポークを形成するスチール積層構造は、中央の板のみが内側環状部材を提供し、軸方向に外側の板は図9に示す形状を有する、異なった形状のスチール板によって形成されてもよい

20

## 【 0 0 7 0 】

図10は、磁極変調機械用ロータの別の事例を示す。図10のロータは図6のロータと同様であり、ロータは、すべて図6に関連して説明したような、板が積層された管状内側支持部材1003、内側支持部材1003の円周の周りに交互の極性で配置された複数の半径方向に磁化された永久磁石1022、各永久磁石1022の半径方向外側に配置された軟磁性軸方向磁束誘導部材1001、及び、軸方向に積み重ねられて積層された環状スチール板で作られた管状構造として形成された外側磁束誘導部材1002を備える。

30

## 【 0 0 7 1 】

さらに、管状構造1002は、隣接する軸方向磁束誘導部材1001間のギャップに沿って延在する半径方向に延びるスポーク1023によって、内側支持部材1003に接続される。したがって、内側支持部材1003、外側磁束誘導部材1002及びスポーク1023は、軸方向に積み重ねられた、概して環状のスチール板から形成された単一の板積層構造によって形成されてもよく、スチール板の各々は、シャフトのための中央開口部を提供する中央切り抜きと、永久磁石及び軸方向磁束誘導部材を受けるための円周方向に分布された切り抜きとを有する。

## 【 0 0 7 2 】

したがって、図4から図10のロータは、すべて、図4から図6、図9から図10で点線矢印によって示すようなロータの半径方向で磁化された永久磁石を備え、半径方向に永久磁石を通過して、すなわち、半径方向内側の表面と、半径方向内側の表面と反対側の半径方向外側の表面とを通過して延在する磁束を提供する。各永久磁石の円周方向に見て隣接する永久磁石が、これらが隣接する永久磁石とは異なる磁界の方向を有するように、永久磁石は交互の極性で配置される。

40

## 【 0 0 7 3 】

図11は、磁極変調機械用ロータの別の事例を示す。図11のロータは、ロータの長手方向軸を取り囲む管状中央支持部材1103を備える。管状支持部材は、ロータによって駆動すべきシャフト又は軸を受けるための中央開口部を画定する。支持構造1103はロータの磁気回路の一部ではないため、概して、管状支持構造1103は、任意の適切な材

50

料、例えば、非磁性材料、例えば、アルミニウム、マグネシウム合金、ポリマ系材料、複合材料、ガラス繊維やカーボン繊維等の繊維材料、又は上記の組合せから作られてもよい。ロータは、管状支持部材 1103 の外周面の周りに分布する偶数個の永久磁石 1122 をさらに備える。各永久磁石は、管状支持構造の軸方向の長さに沿って軸方向に延在する。図 11 の実例では、永久磁石は、対向する長方形の表面及び側壁を有する比較的薄い板として形成される。半径方向内側の側壁は、管状支持部材の外側表面に当接し、管状支持部材の外側表面に接続されてもよく、例えば、接着又は機械的に固定されてもよい。永久磁石は、ロータの円周方向に磁化され、点線矢印によって示すように円周方向 / 接線方向の永久磁石を経て、すなわち、長方形表面を経て延びる磁束を提供する。各永久磁石の円周方向に見て隣接する永久磁石が、これらが隣接する永久磁石とは異なる磁界の方向を有するように、永久磁石は交互の極性で配置される。図 11 の実例では、内側支持部材は、軸方向に延在するリッジ 1133、例えば、内側支持部材の半径方向に突き出る押出部を備え、その上に永久磁石が配置される。リッジは、トルク負荷を支持する。磁石は、この構造に接着されてもよいが、大きい積層リングが磁石及び軸方向磁束部材を半径方向で支持するため、磁石の追加の固定は必要ないかもしれない。各永久磁石は、2つの軸方向磁束誘導部材 1101 a、b 間に、円周方向に挟まれる。各軸方向磁束誘導部材は、積層スチール板のブロックとして形成される。スチール板は、永久磁石と実質的に同じ軸方向及び半径方向の寸法を有するブロックを形成するように、且つ、軸方向及び接線方向（永久磁石の位置で接線方向）の平面を画定するように積み重ねられた長方形の板である。したがって、軸方向磁束誘導部材 1101 a、b は、軸方向及び接線方向の磁束経路を、円周方向で永久磁石に出入りする磁束に提供する。

10

20

#### 【0074】

ロータは、管状支持構造から半径方向内側に延びると共に永久磁石及び軸方向磁束誘導部材の隣接する組を分離するスポーク部材 1123 を含む管状構造として形成された外側磁束誘導部材 1102 をさらに備える。外側磁束誘導部材及びスポーク部材は、軸方向に積み重ねられて積層された環状スチール板で作られる。外側磁束誘導部材 1102 は、軸方向磁束誘導部材 1101 a、b 及び永久磁石を取り囲み、ロータの高速回転中に永久磁石及び軸方向磁束誘導部材に作用する遠心力を相殺するため、効率的な半径方向及び円周方向磁束経路と、ロータの増加した機械的安定性との両方を提供する。リッジ 1133 は、狭いベース及びより広い半径方向外側の部分を有するくさび形断面を有する。スポーク 1123 は、対応してより広い半径方向内側の端部を有し、したがって、スポークをリッジによって係合させ、拘束することを可能にする。代わりに又は追加で、スポークは内側支持部材 1103 に別の方法で結合されてもよい。

30

#### 【0075】

本明細書に記載の種々の実施例では、軸方向磁束誘導部材は、遠心力に対してロータ・コアの軸方向端部で、例えば、図 12 a から図 12 d に示すように、エンド・プレートによって拘束されてもよい。

#### 【0076】

図 12 a から図 12 d は、ロータの異なった実施例の半径方向 / 軸方向平面での断面図を示す。

40

#### 【0077】

図 12 a は、すべて図 5 に関連して説明したような、板を積層した管状内側支持部材 1203、内側支持部材 1203 の円周の周りに交互の極性で配置された複数の半径方向に磁化された永久磁石 1222、各永久磁石の半径方向外側に配置された板を積層した軸方向磁束誘導部材 1201、及び、板を積層した外側磁束誘導部材 1202 を備える、図 5 のロータの半径方向 / 軸方向平面での断面図を示す。図 12 a は、さらに、ロータを取り付けることができる中心シャフト 1244 を示す。

#### 【0078】

図 12 b は、図 12 a のロータと同様だが、軸方向磁束誘導部材 1201 が軸方向に永久磁石 1222 及び外側磁束誘導部材 1202 を越えて延びるロータの半径方向 / 軸方向

50

平面での断面図を示す。ロータはエンド・プレート 1 2 4 5 を備え、エンド・プレート 1 2 4 5 間に、永久磁石 1 2 2 2 及び外側磁束誘導部材 1 2 0 2 が軸方向に挟まれる。軸方向磁束誘導部材 1 2 0 1 は、エンド・プレート 1 2 4 5 内の対応する穴を経て軸方向に突き出る。エンド・プレートは、非磁性材料、例えば、アルミニウム、マグネシウム合金、ポリマ系材料、複合材料、ガラス繊維やカーボン繊維等のような繊維材料、又は上記の組合せから作られてもよい。エンド・プレートは、高速及び高負荷時にロータ構造を機械的に支持する。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 c は、図 1 2 b のロータと同様だが、軸方向磁束誘導部材 1 2 0 1 が、外側磁束誘導部材と同じ軸方向長さを有する狭い部分 1 2 0 1 a、及び、エンド・プレート 1 2 4 5 の対応する穴を経て軸方向に突き出る延長部分 1 2 0 1 b を有するロータの半径方向 / 軸方向平面での断面図を示す。図 1 2 c の実例では、狭い部分は半径方向外側にあり、延長部分は半径方向内側にある。図 1 2 c の実例では、エンド・プレート 1 2 4 5 は、外側磁束誘導部材及び軸方向磁束誘導部材の狭い部分を半径方向に覆う環状板の形状を有する。エンド・プレート及び部分的に軸方向に延びる軸方向磁束誘導部材は、高速及び高負荷時にロータ構造を機械的に支持する。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 2 d は、図 1 2 c のロータと同様だが、外側磁束誘導部材 1 2 0 2 が軸方向に延在するピン 1 2 4 6 によってさらに支持されるロータの半径方向 / 軸方向平面での断面図を示す。ピン 1 2 4 6 は、外側磁束誘導部材の積層板の対応する穴及びエンド・プレート 1 2 4 5 の対応する穴を経て延びる。したがって、ピンは、非磁性エンド・プレートによって支持される。

20

【 0 0 8 1 】

磁束誘導部材の軸方向の拘束を図 5 のロータを参照して例示してきたが、本明細書に記載のロータの他の実施例の磁束誘導部材を同様に拘束してもよいことは理解されるであろう。

【 0 0 8 2 】

例えば、非磁性エンド・プレートが図 9 のロータに追加されると、ブリッジ 9 2 3 は積層物 9 2 4 を支持する必要があるだけなので、ブリッジ 9 2 3 の負荷は低減される。

【 0 0 8 3 】

図 1 3 a 及び図 1 3 b は、磁極変調機械用ロータの別の実例を示す。図 1 3 a から図 1 3 b のロータは、図 1 1 のロータと同様であり、したがって、再び詳細には説明しない。図 1 3 a から図 1 3 b のロータは、図 1 3 a から図 1 3 b のロータが 2 つの外側磁束誘導部材 1 1 0 2 a 及び 1 1 0 2 b を備える点で図 1 1 のロータと異なり、2 つの外側磁束誘導部材 1 1 0 2 a 及び 1 1 0 2 b は、ロータの個々の軸端に近接して、したがってこれらの間に円周方向のギャップ 1 3 3 1 を残して配置される。2 つの磁束誘導部材の各々は、スポーク部材 1 1 2 3 を含む管状構造として形成され、スポーク部材 1 1 2 3 は、管状構造から半径方向内側に延び、永久磁石及び軸方向磁束誘導部材の隣接する組を分離する。外側磁束誘導部材及びスポーク部材は、軸方向に積み重ねられて積層された環状スチール板で作られる。外側磁束誘導部材 1 1 0 2 a から b の各々は、軸方向磁束誘導部材 1 1 0 1 a、b 及び永久磁石 1 1 2 2 を取り囲み、ロータの高速回転中に永久磁石及び軸方向磁束誘導部材に作用する遠心力を相殺するため、効率的な半径方向及び円周方向磁束経路と、ロータの増加した機械的安定性との両方を提供する。各外側磁束誘導部材の軸方向の幅は、ステータによって形成されるアクティブ・エア・ギャップの軸方向の幅と一致するように選択されてもよい。

30

40

【 0 0 8 4 】

図 1 4 a 及び図 1 4 b は、磁極変調機械用ロータの別の実例を示す。図 1 4 a から図 1 4 b のロータは、図 1 3 a から図 1 3 b のロータと同様であり、したがって、再び詳細には説明しない。具体的には、図 1 4 a から図 1 4 b のロータは 2 つの外側磁束誘導部材 1 1 0 2 a 及び 1 1 0 2 b も備え、2 つの外側磁束誘導部材 1 1 0 2 a 及び 1 1 0 2 b は、

50

ロータの個々の軸端に近接して、したがってこれらの間に円周方向のギャップを残して配置される。図14aから図14bの実例では、円周方向スリーブ1431が、外側磁束誘導部材間のギャップに配置される。スリーブ1431は、永久磁石及び/又は軸方向磁束誘導部材を遠心力に対して拘束する。スリーブ1431は、アルミニウム、マグネシウム合金、ポリマ系材料、複合材料、ガラス繊維やカーボン繊維等の繊維材料、又は上記の組合せのような非磁性材料から作られてもよい。したがって、スリーブは、磁束に悪影響を及ぼすことなく、ロータの機械的安定性を向上させる。

【0085】

いくつかの実施例を詳細に説明し、示してきたが、本発明はこれらに限定されず、以下の特許請求の範囲で定義される主題の範囲内で、他の方法で具体化することもできる。具体的には、他の実施例が利用されてもよいことと、構造的及び機能的変更を本発明の範囲から逸脱することなしに行うことができることを理解すべきである。

10

【0086】

本明細書で開示される本発明の実施例は、電気自転車又は他の電氣的に駆動される車両、具体的には軽量車両用の直接車輪駆動モータに利用することができる。このような用途は、高トルク、比較的低速及び低コストへの要求を課するかもしれない。これらの要求は、増大したロータ組立てルーチンによるコスト要求に適合しこれを満たすために、小さい体積の永久磁石及びワイヤ・コイルを使用する小型のジオメトリで比較的高い磁極数のモータによって実現することができる。

【0087】

いくつかの手段を列挙する装置の請求項では、これらの手段のいくつかをまったく同一のハードウェアのアイテムによって具体化することができる。特定の手段が、互いに異なる従属請求項に記載されている、又は、異なる実施例に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組合せを有効に使用することができないことを示さない。

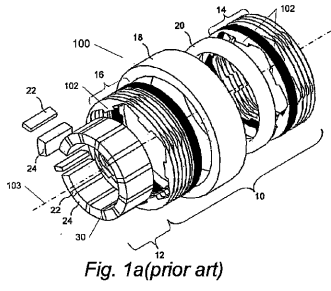
20

【0088】

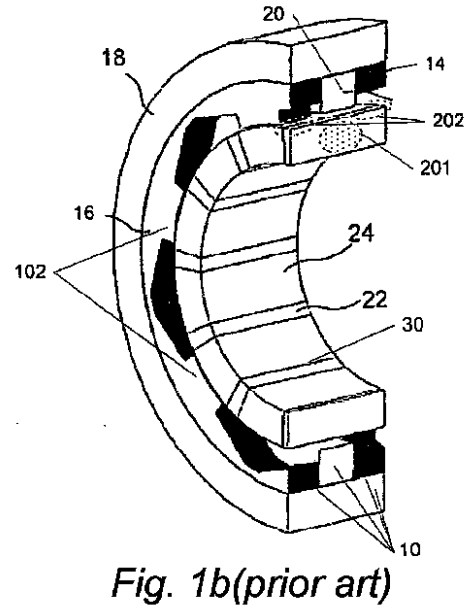
用語「備える/備えている」は、本明細書で使用される場合、記載された特徴、整数、ステップ又は構成要素の存在を指定するために使用されるが、1つ又は複数の他の特徴、整数、ステップ、構成要素、又はそれらのグループの存在又は追加を妨げないことが強調されるべきである。



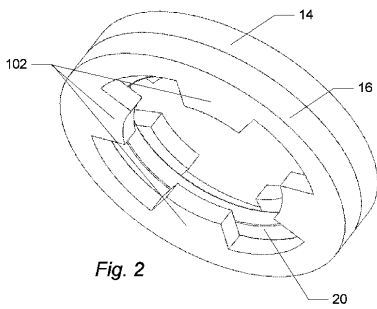
【 図 1 a 】



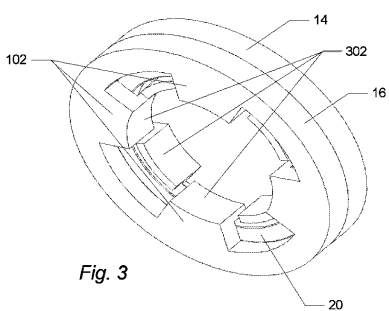
【 図 1 b 】



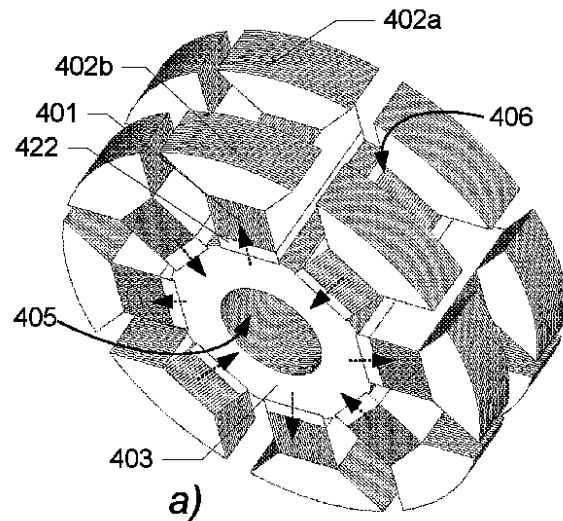
【 図 2 】



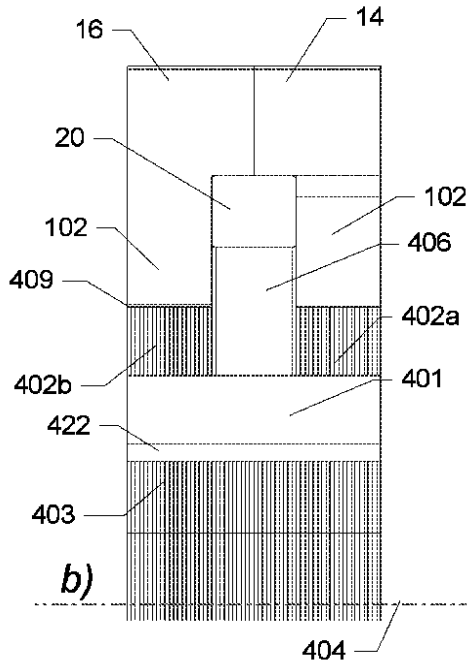
【 図 3 】



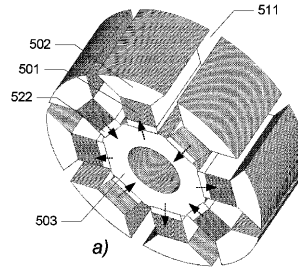
【 図 4 a ) 】



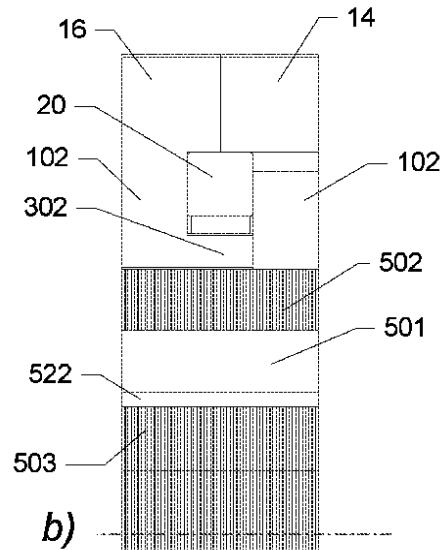
【 図 4 b ) 】



【 図 5 a ) 】



【 図 5 b ) 】



【 図 6 】

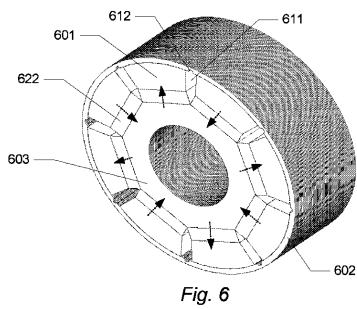
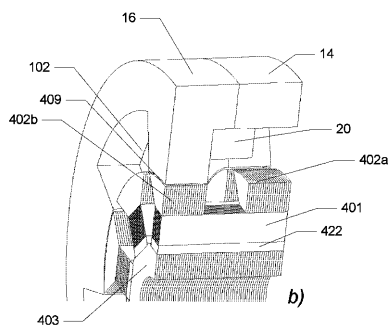
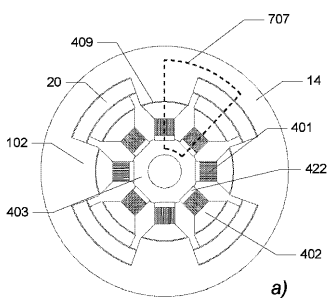


Fig. 6

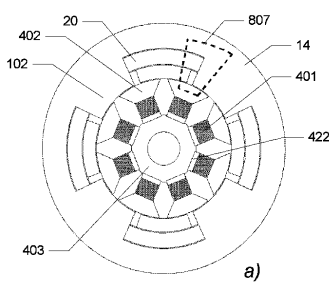
【 図 7 b ) 】



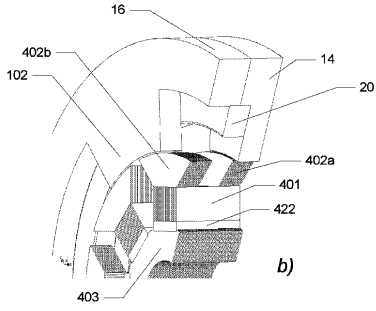
【 図 7 a ) 】



【 図 8 a ) 】



【 図 8 b ) 】



【 図 9 】

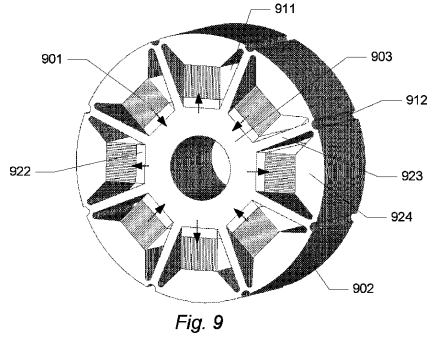


Fig. 9

【 図 10 】

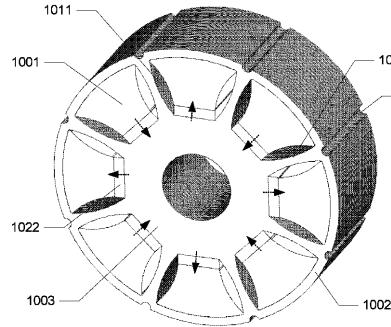


Fig. 10

【 図 11 】

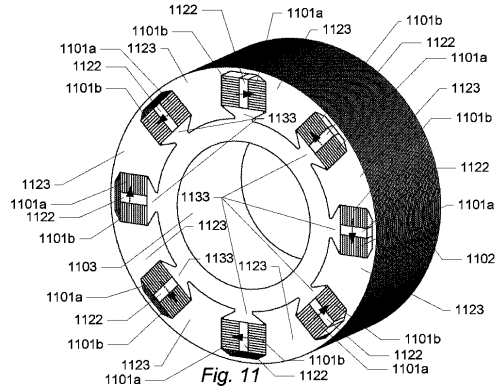


Fig. 11

【 図 12 a ) 】

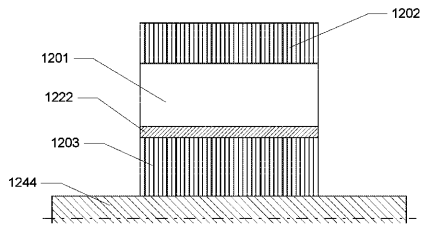


Fig. 12a

【 図 12 c ) 】

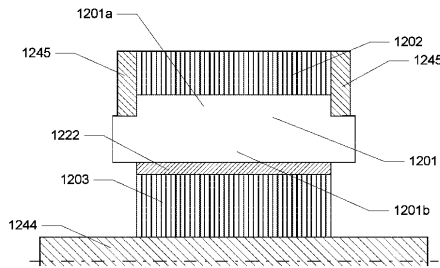


Fig. 12c

【 図 12 b ) 】

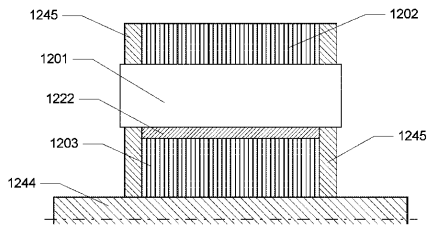


Fig. 12b

【 図 12 d ) 】

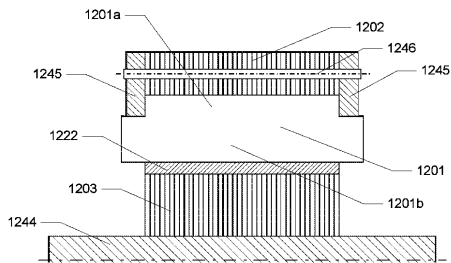
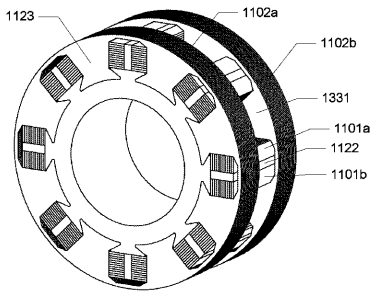
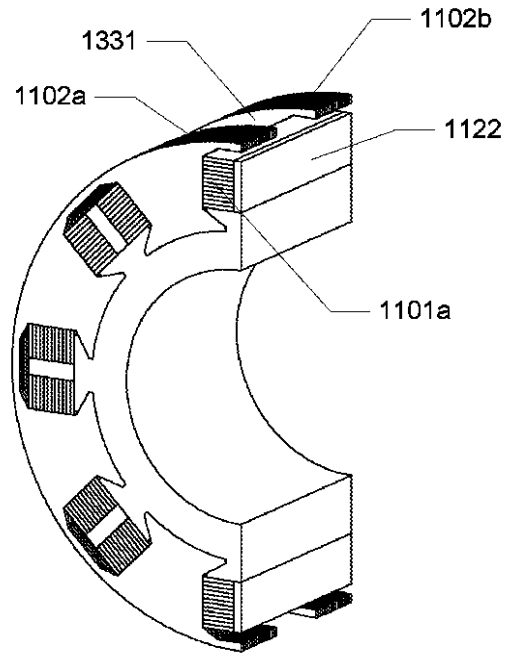


Fig. 12d

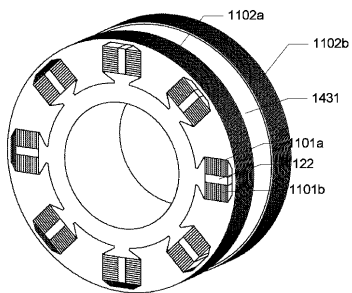
【 13 a 】



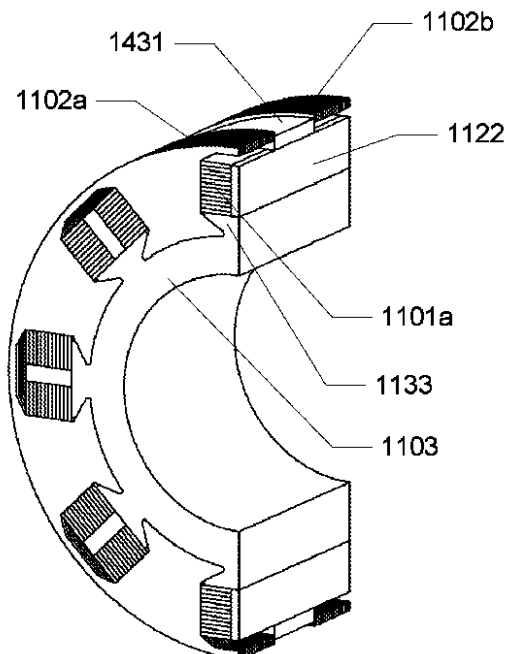
【 13 b 】



【 14 a 】



【 14 b 】



---

フロントページの続き

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0103254 (US, A1)

特表2009-506738 (JP, A)

実開昭60-093464 (JP, U)

特開2010-183684 (JP, A)

特開2009-247131 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27