

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4084889号
(P4084889)

(45) 発行日 平成20年4月30日(2008.4.30)

(24) 登録日 平成20年2月22日(2008.2.22)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2K	1/27	(2006.01)	HO2K	1/27	501A
HO2K	21/14	(2006.01)	HO2K	1/27	501K
			HO2K	1/27	501M
			HO2K	21/14	M

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平10-241012	(73) 特許権者	000100872
(22) 出願日	平成10年7月23日(1998.7.23)		アイチエレクトク株式会社
(65) 公開番号	特開2000-50546(P2000-50546A)		愛知県春日井市愛知町2番地
(43) 公開日	平成12年2月18日(2000.2.18)	(74) 代理人	100106725
審査請求日	平成17年6月8日(2005.6.8)		弁理士 池田 敏行
		(74) 代理人	100105120
			弁理士 岩田 哲幸
		(72) 発明者	大熊 繁
			名古屋市千種区唐山町2-50 唐山ユー
			ハウス302
		(72) 発明者	道木 慎二
			名古屋市守山区守山市場17-29
		(72) 発明者	富田 睦雄
			名古屋市千種区赤坂町5-16

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石形電動機の回転子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スロットを有する固定子に対向した状態で回転し、鉄心と、前記鉄心に形成された各極毎の収容孔に挿着された永久磁石を備え、前記鉄心の軸方向に垂直な断面において、前記収容孔と鉄心外周部との間隔が前記収容孔の中央部で広く、両端部で狭くなるように構成されている永久磁石形電動機の回転子において、

前記収容孔の両端部には空隙部が設けられており、前記空隙部によって、隣接極との極間部に円周方向の幅がdである放射状の鉄心部分が残され、前記空隙部と前記鉄心外周部との間にブリッジ状の鉄心部分が残されているとともに、前記空隙部は、前記収容孔に挿着された永久磁石の軸心からの開角 1 より狭い開角 2 まで先端が極中心方向に張り出して形成されており、また、前記放射状の鉄心部分の円周方向の幅dは、前記固定子のスロットのスロット開口部の円周方向の幅以上に設定されていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【請求項2】

請求項1に記載の永久磁石形電動機の回転子において、前記収容孔には、平板形の永久磁石が挿着されていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【請求項3】

請求項2に記載の永久磁石形電動機の回転子において、前記収容孔は、凸面側を軸心に向けたV字形に形成されていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【請求項4】

請求項 1 に記載の永久磁石形電動機の回転子において、前記收容孔には、断面 C 形の永久磁石が挿着されていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の永久磁石形電動機の回転子において、前記永久磁石として希土類磁石が用いられていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の永久磁石形電動機の回転子において、前記空隙部には非磁性材料が充填されていることを特徴とする永久磁石形電動機の回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、冷凍機や空調機の圧縮機駆動用電動機等に代表される永久磁石（以下、磁石と称す）の界磁を有する永久磁石形の同期電動機に関し、特に回転子の鉄心の内部に磁石を埋め込んで構成するいわゆる埋め込み磁石構造の回転子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

上記回転子として、図 5 に示す構成のものが知られており、例えば特開平 9 - 182332 号公報等に開示されている。

【0003】

図 5 は回転子の軸方向に垂直な断面を示す平面断面図であって、図中 1 a は鉄心であり、軸孔 10 及び磁石を挿着するための複数の收容孔 3 a を備えた薄鉄板を軸方向に多数積層して形成されている。收容孔 3 a には平板形の磁石 2 a が軸方向に挿着されており、1 個の磁石 2 a が 1 極を形成するように着磁されて、図示例の場合 4 極の界磁を構成するようになっている。磁石材料としては、主に希土類磁石が用いられる。

20

【0004】

收容孔 3 a の両端部には外周へ向けて空隙部 4 a が形成されており、磁石による磁束（以下、主磁束と称す）が隣接極間で短絡漏洩するのを防止するようになっている。そしてこの空隙部 4 a と回転子外周部との間には、極力幅を狭くしたブリッジ部 5 a が形成されている。

【0005】

30

このような構成の回転子の場合には、回転子の外周部に多くの鉄心部分が存在するために、q 軸インダクタンスを大きくとることができる。従って、電動機固定子の通電巻線の電流とこれに鎖交する主磁束とによって得られる主磁束トルクに加えて、回転子位置による磁気抵抗の相違によって得られるリラクタンストルクを大いに利用できる特長を備えている。

【0006】

一般に電動機のトルク T は、主磁束トルクを T1、リラクタンストルクを T2 とすると、 $T = T1 + T2 \dots (1)$

で表され、磁石の磁極中心と回転軸心を結んだ方向を d 軸とし、この d 軸に対する電気角 90° 位相を q 軸とし、主磁束量を Φ 、d 軸電流を Id、q 軸電流を Iq、d 軸インダクタンスを Ld、q 軸インダクタンスを Lq とすれば、

40

$T1 = \Phi \cdot Iq \dots (2)$

$T2 = (Ld - Lq) Id \cdot Iq \dots (3)$

で表される。(3) 式において、Id がマイナスの値となるように制御すれば、Ld と比較して Lq が大きくなるほどリラクタンストルク T2 を大きくすることができる。

【0007】

図 6 は別の回転子の例を示しており、軸心に向けて凸状をなし、端部が回転子外周部に近接するように形成された略 V 字形の收容孔 3 b 内に、平板形の磁石 2 b を 2 個挿着して各極の界磁を構成したものである。磁石材料としては、主にフェライト磁石が用いられるが、希土類磁石等であっても構わない。図 5 の例同様、主磁束の短絡を防止するために、ブ

50

リッジ部 5 b の幅は極力狭い方が好ましく、必要に応じて収容孔 3 b の両端部における磁石 2 b とブリッジ部 5 b との間に空隙部を形成するように構成してもよい。このような回転子は、例えば特開平 9 - 3 0 8 1 4 8 号公報等に開示されている。

【 0 0 0 8 】

図 6 の例においても、回転子の外周部に多くの鉄心部分が存在するために、q 軸インダクタンス L_q が大きくなり、リラクタンストルクを大きく構成することができる。磁石の収容孔が軸心に向けて凸状をなすように形成するものとしては、この他に例えば特開平 6 - 3 3 9 2 4 1 号公報等に開示されるように、断面が略 C 字形の収容孔及び磁石を用いた回転子があり、この場合も図 5 や図 6 の例と同様の効果を有している。

【 0 0 0 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従来の回転子においては、電動機のトルクを極力大きくするために、残留磁束密度の大きな希土類磁石等の高性能磁石を用いて主磁束トルク T_1 を大きくし、一方、q 軸インダクタンスを極力大きくするようにして大きなリラクタンストルク T_2 を引き出すように構成する。この q 軸インダクタンスを大きくするために、例えば図 5 に示すような回転子においては、空隙部 4 a の円周方向の幅を極力狭く形成するようにし、図 6 に示すような回転子においても、極間に空隙部を設ける場合は、磁石 2 b の外周側に僅かな空隙を設けるのみの構成となっている。

【 0 0 1 0 】

しかしながら一方で、極間の空隙部を小さくすると、主磁束の短絡漏洩が増加して主磁束トルクが減少する恐れがあるため、上記リラクタンストルクとの兼ね合いが設計を難しいものとしている。一般にリラクタンストルクを利用する電動機においては、固定子と回転子間のエアギャップが極力小さくなるように構成するが、1 ~ 2 馬力クラスの圧縮機駆動用電動機等においては、構造上の制約からエアギャップ寸法は 0 . 5 ~ 0 . 7 mm 程度と比較的大きなものになってしまう。従って、磁気抵抗が大きくなってリラクタンストルクを十分に引き出せないために、全トルク T に占めるリラクタンストルク T_2 の割合は 2 割程度に過ぎず、全トルク T は基本的には 8 割程度を占める主磁束トルク T_1 に負うところが大きい。ところが従来設計品はリラクタンストルク偏重の傾向にあり、希土類磁石等の高性能磁石を用いる場合においても、その構成上の傾向に変化は見られない。

【 0 0 1 1 】

冷凍機や空調機に対する消費電力の低減化は地球環境保全の見地から早急な課題であり、これらを駆動する電動機に対しては、たとえ僅かでも高効率なものへ発展させていく使命が課せられている。図 5 や図 6 に示す従来構成のものは、主磁束トルクとリラクタンストルクの双方を利用する永久磁石形電動機の回転子としては無難な構成といえるが、高トルクあるいは高効率を追求して電動機の最大能力を引き出す上で、必ずしも最適且つ究極的な構成とはなっていないのが現状である。

【 0 0 1 2 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明は、スロットを有する固定子に対向した状態で回転し、鉄心と、前記鉄心に形成された各極毎の収容孔に挿着された永久磁石を備え、前記鉄心の軸方向に垂直な断面において、前記収容孔と鉄心外周部との間隔が前記収容孔の中央部で広く、両端部で狭くなるように構成されている永久磁石形電動機の回転子において、前記収容孔の両端部には空隙部が設けられており、前記空隙部によって、隣接極との極間部に円周方向の幅が d である放射状の鉄心部分が残され、前記空隙部と前記鉄心外周部との間にブリッジ状の鉄心部分が残されているとともに、前記空隙部は、前記収容孔に挿着された永久磁石の軸心からの開角 θ_1 より狭い開角 θ_2 まで先端が極中心方向に張り出して形成されており、また、前記放射状の鉄心部分の円周方向の幅 d は、前記固定子のスロットのスロット開口部の円周方向の幅以上に設定されている。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

10

20

30

40

50

前記発明の実施の形態では、前記収容孔に、平板形の永久磁石または断面C形の永久磁石が挿着され、あるいは、前記収容孔は、凸面側を軸心に向けたV字形に形成され、あるいは、前記永久磁石として希土類磁石が用いられ、あるいは、前記空隙に、非磁性材料が充填される。

【0014】

上記構成によって、空隙部が磁石の開角より狭い範囲まで張り出すため、空隙部の面積が大きく形成でき、主磁束の短絡漏洩が削減されて電動機の主磁束トルク分が大きく増加する。同時に主磁束の磁路が極中心方向に誘導されて、固定子の励磁部分と有効に鎖交することになる。一方、極間部に残された放射状の鉄心部分及びブリッジ状の鉄心部分によって、q軸インダクタンスは大きい状態のまま維持されるため大きなリラクタンストルク分も得ることができる。これらの結果として、主磁束トルクとリラクタンストルクの和である電動機トルクが大きく向上するものであり、従来品と同一トルクで比較すれば、電流値が減少して銅損が削減され、電動機効率が大きくアップする。

10

【0015】

【実施例】

図1は本発明の実施例を示す電動機回転子の平面断面図であり、回転子の軸方向に垂直な断面を示している。鉄心1は、順送プレス型によって所定形状に打ち抜いた0.35mm厚、0.50mm厚等の薄鉄板をプレス型内で軸方向に多数積層したものであり、各薄鉄板に設けた切り起こし突起による凹凸部を軸方向に隣接するもの同士で嵌合させて固定する周知のクランプ手段等によって複数箇所固定されている。この略円柱状の鉄心1の中心には軸孔10が設けられ、この軸孔10と平行に磁石を挿着するための複数の収容孔3及びカシメピンを挿通するための複数のピン孔6がそれぞれ設けられている。

20

【0016】

収容孔3は、各極毎に断面が略V字形に形成されており、軸心に向けて凸状をなして端部が回転子外周部に近接するように形成されている。この収容孔3と鉄心1の外周部との間隔は各収容孔の中央部で広く、両端部で狭くなるように構成され、各極のV字の凹部側には回転子の外周部にかけて厚肉の鉄心部分が存在するためにq軸インダクタンス L_q が大きく、一方d軸インダクタンスは小さく構成されている。

【0017】

図2に示すように、鉄心1の各収容孔3には、各V字当たり2個の平板形の磁石2が軸方向から挿着され、各V字当たり1極を形成するように着磁されて、4極の界磁を構成するようになっている。磁石材料としては、一般的にフェライト磁石または希土類磁石の適用が可能であるが、図示例の場合は希土類磁石に適した形状を示している。即ち、Nd-Fe-B(ネオジウム-鉄-ホウ素)系磁石等の希土類磁石を用いることによって主磁束を極力大きなものとしている。また希土類磁石の場合、断面が円弧形状のものは高コストとなるため一般には平板状に形成され、従って図示するようなV字形の収容孔に装着するのに適している。

30

【0018】

磁石2を挿着した後、鉄心1の軸方向両端部には端板9が装着されて蓋がなされ、鉄心のピン孔6及び端板のピン孔11にそれぞれカシメピン7を挿通して固着一体化するものである。

40

【0019】

図1に戻って、鉄心1における収容孔3の両端部は、磁石2が収容されない空隙部4となっており、この空隙部4は磁石2の断面輪郭の延長線に対して屈曲するとともに、磁石2の軸心Oからの開角 θ_1 より狭い開角 θ_2 まで先端が極中心方向へ張り出して形成されている。そしてこの空隙部4によって、隣接極との極間部に幅がdなる放射状の鉄心部分8が残されており、また鉄心外周部との間にブリッジ部5が残されている。

【0020】

鉄心1における空隙部4が $\theta_2 < \theta_1$ となって極中心方向へ張り出して形成されていることにより、隣接極間での主磁束の漏洩短絡は従来品以上に削減され、電動機の主磁束トル

50

ク分が増加することになる。これは、特に希土類磁石等の高性能磁石を用いた場合には、磁束密度が高いために主磁束トルク分の増加は顕著となる。

【 0 0 2 1 】

また、 $2 < 1$ なる関係に形成することにより、主磁束の磁路を極中心方向へ誘導することができる効果が生じる。即ち、このような電動機の固定子における通電切り換えは、一般に三相 120° 通電が採用されるため、電気角 180° の範囲に形成される界磁各極の主磁束は、なるべく狭い角度範囲に集中させた方がトルクへの寄与が大きくなるからである。従ってこの点からも、上記空隙部4の存在によって主磁束トルク分を向上させることができる。

【 0 0 2 2 】

一方、極間部に残された放射状の鉄心部分8によって、この部分を介して固定子磁束が回転子鉄心1内へ多量に流出入することができるため、q軸インダクタンスは相変わらず大きな値のまま維持され、空隙部4に起因する電動機のリラクタンストルク分の減少を低く抑えることができる。この場合、ブリッジ部5が漏斗のような作用をして、放射状の鉄心部分8あるいは収容孔3の外側の鉄心部分への固定子磁束の流出入を誘導する効果を奏する。

【 0 0 2 3 】

ブリッジ部5の半径方向の幅は、狭い方が特性上好ましいのであるが、鉄心1を構成する薄鉄板の打ち抜き技術及びブリッジ部5の耐遠心力強度等を考慮して適切な幅に決定される。そして放射状の鉄心部分8及びブリッジ部5によって鉄心1が連結されているため、各薄鉄板は一体に打ち抜くことが可能となっている。但し、耐遠心力強度が不足する等の場合には、図示例のように、収容孔3の外側の鉄心部分にカシメピン7を挿通して補強し、品質的に安定したものとすることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

図3は、極間部に残された放射状の鉄心部分8の円周方向の幅dを変化させた場合における主磁束量 Φ の変化、及びq軸インダクタンス L_q とd軸インダクタンス L_d の比である突極比 L_q / L_d の変化をそれぞれ示したものである。主磁束量 Φ は、回転子を電動機の固定子に対向させた状態で回転させたときの固定子巻線の誘起電圧を測定することによって知ることができる。一方、q軸インダクタンス L_q 及びd軸インダクタンス L_d は、同様に回転子を電動機の固定子に対向させた状態で回転させたときの巻線のインダクタンスの最大値と最小値を測定することによって知ることができる。そして前述したように、主磁束量 Φ が大きいほど主磁束トルク T_1 が大きく、突極比 L_q / L_d が大きいほどリラクタンストルク T_2 が大きく形成できるものである。

【 0 0 2 5 】

図3において、P1で示すポイントは幅dが固定子のスロット開口部の円周方向の幅と等しいポイントを表しており、このポイントを境にして Φ の傾きはさほど変わらないのに対し、 L_q / L_d の傾きは屈曲点を形成している。即ち、幅dをP1よりも狭くすると、固定子と回転子間の磁気抵抗が極端に大きくなってしまいうため、リラクタンストルクの落ち込み分が主磁束トルクの増加分を上回るようになって好ましくない。従って、極間部に残された放射状の鉄心部分8の円周方向の幅dは、スロット開口部幅P1以上で且つP1近辺の値とすることによって、高トルクの電動機を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

図4は、収容孔両端部の空隙部4の開角 θ_2 を変化させた場合における主磁束量 Φ の変化、及び突極比 L_q / L_d の変化をそれぞれ示したものである。空隙部4の開角 θ_2 が磁石2の開角 θ_1 と等しくなるポイントを境にして、 L_q / L_d の傾きはさほど変わらないのに対し、 Φ の傾きは屈曲点を形成していることが判る。即ち、 θ_2 を θ_1 よりも狭くしていくと、隣接極間での主磁束 Φ の短絡漏洩が大きく減少し、同時に主磁束の磁路が極中心方向へ集中するようになり、これらの作用が Φ を境にして顕著となっていくものである。そして主磁束トルクの増加分がリラクタンストルクの落ち込み分を上回るため、 $2 < 1$ なる関係に形成することにより高トルクの電動機を得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

尚、図 4 に示す傾向は、特に希土類磁石等の高性能磁石を用いた場合に一層顕著となるため、電動機の特性向上に大きく寄与するものである。また、空隙部 4 の開角 2 は小さい方が好ましいのであるが、鉄心 1 の打ち抜きや機械的強度、特にブリッジ部 5 の強度の関係からあまり小さくすることも好ましくなく、下限値に関しては主に製造上の都合によって決定される。

【 0 0 2 8 】

また、本発明においては、収容孔両端部の空隙部に樹脂等の非磁性材料を充填した場合であっても同様の作用を生じるものであるため、必ずしも空隙に限定するものではない。さらに本発明は、断面 V 字形の磁石に限らず、図 5 に示したような各極当たり平板形の磁石 1 個によって構成するもの、あるいは断面 C 形の磁石を用いたもの等、収容孔と鉄心外周部との間隔が各収容孔の中央部で広く両端部で狭くなるように構成される永久磁石形電動機の回転子であれば適用可能である。

10

【 0 0 2 9 】

【 発明の効果 】

本発明は、リラクタンストルクを偏重した従来の構成から視点を変え、極間部の空隙部に着目して主磁束トルクの向上を達成したものであり、これにより主磁束トルクとリラクタンストルクとの和である電動機の全トルクを大幅に増加させ得るものであり、このことは、従来と同トルクにて比較すれば、電動機の銅損が減少して電動機の効率を大きく向上させることができる。そして特に希土類磁石等の高性能磁石を用いた高トルクあるいは高効率を追求するタイプの電動機において、電動機の最大能力を引き出す上で効果的な構成を提供するものである。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施例を示す回転子の平面断面図。

【 図 2 】 図 1 の回転子の分解斜視図。

【 図 3 】 極間部の放射状の鉄心部分の幅に対する主磁束量の関係、及び突極比の関係を示す特性図。

【 図 4 】 収容孔両端部の空隙部の開角に対する主磁束量の関係、及び突極比の関係を示す特性図。

【 図 5 】 従来例を示す回転子の平面断面図。

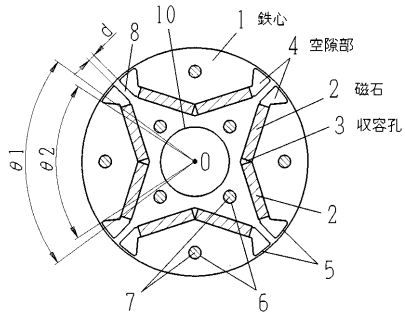
30

【 図 6 】 別の従来例を示す回転子の平面断面図。

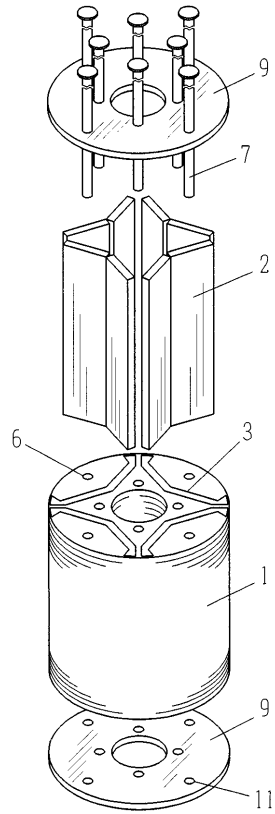
【 符号の説明 】

1 , 1 a , 1 b ... 鉄心、 2 , 2 a , 2 b ... 磁石、 3 , 3 a , 3 b ... 収容孔、 4 , 4 a ... 空隙部、 5 , 5 a , 5 b ... ブリッジ状の鉄心部分、 8 ... 放射状の鉄心部分、 1 0 ... 軸孔。

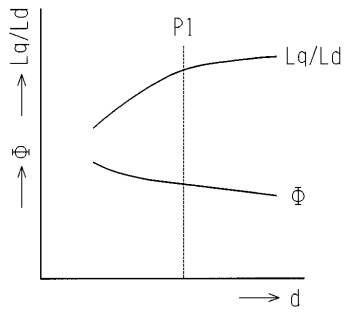
【 図 1 】



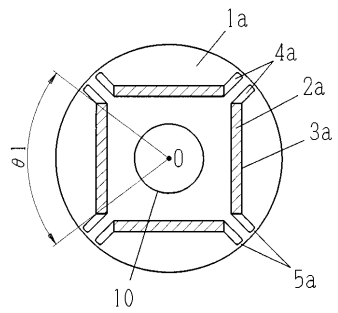
【 図 2 】



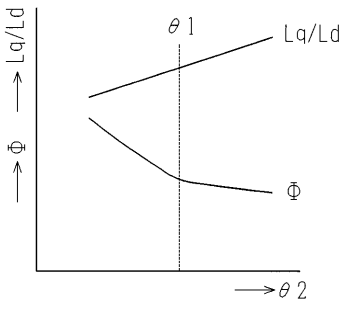
【 図 3 】



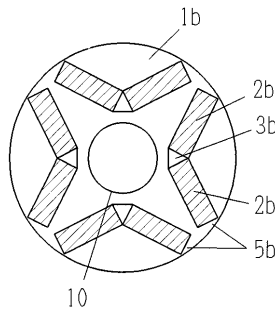
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 光彦
名古屋市瑞穂区新開町11-9 シティコーポ新開405
- (72)発明者 金子 清一
三重県桑名郡木曾岬町栄68-4
- (72)発明者 鈴木 光広
名古屋市緑区鳴海町字山ノ神72

審査官 三島木 英宏

- (56)参考文献 特開平10-051984(JP,A)
特開平10-126985(JP,A)
特開平10-66284(JP,A)
実開昭60-51749(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27,
H02K 21/14