

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3776171号
(P3776171)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年3月3日(2006.3.3)

(51) Int. Cl. F I
 HO2K 1/27 (2006.01) HO2K 1/27 501E
 HO2K 15/03 (2006.01) HO2K 15/03 G

請求項の数 2 (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平8-189853 (22) 出願日 平成8年6月13日(1996.6.13) (65) 公開番号 特開平10-4643 (43) 公開日 平成10年1月6日(1998.1.6) 審査請求日 平成15年5月20日(2003.5.20)</p>	<p>(73) 特許権者 000100872 アイチエレクトリック株式会社 愛知県春日井市愛知町2番地 (72) 発明者 鬼頭 逸夫 愛知県春日井市愛知町2番地 アイチーエ マソン電機株式会社内 (72) 発明者 真野 鐘治 愛知県春日井市愛知町2番地 アイチーエ マソン電機株式会社内 審査官 牧 初</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁石回転子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円柱状の鉄心の中央に軸孔を備えるとともに、この軸孔と平行に複数の收容孔を備え、この收容孔は前記鉄心の外周部寄りに設けられ板状の磁石を挿入して構成し、隣接する磁石が互いに異極となるように着磁された磁石回転子において、前記收容孔の軸方向に垂直な断面は前記鉄心の外径を形成する円弧に対して弦状に形成された孔縁を有し、この收容孔には前記弦状の孔縁の長さに満たない長さに形成された磁石を、前記收容孔の孔幅を狭める方向に段付きに形成した段付き部によって、前記收容孔の中央部に位置決め挿入されていることを特徴とする磁石回転子。

【請求項2】

前記磁石は、磁極の中央に位置するように非磁性のスペーサを介して位置決め挿入されていることを特徴とする請求項1項記載の磁石回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

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を装着した内転型回転子に関し、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インテリアル・パーマネントマグネット・モータ(以下IPMと称す)の回転子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

IPMの回転子として、図7に示す構成のものが知られており、例えば平成7年電気学会産業応用部門全国大会講演論文集第385頁～388頁(論文番号306)に開示されている。この回転子は、円柱状の鉄心11に軸孔9と、この軸孔9と平行に複数の收容孔12を設け、この收容孔12に板状の磁石13を挿入して構成されている。

【0003】

磁石13は、極方向に平行に磁気配向させた例えばNd - Fe - B系磁石等の希土類磁石であり、隣接するものが互いに異極となるように着磁されたものであり、図7の場合4極の界磁を形成している。また、図中14は磁束短絡防止部であり、收容孔12に連なる空間によって形成したり、必要に応じてこの空間に非磁性材料を挿入したりすることにより、各磁石13の極間部が磁氣的に短絡して磁石による磁束量が減少するのを防止するようになっている。

10

【0004】

上記回転子は、三相巻線を有する固定子内に配置されて永久磁石型の同期電動機を構成し、インバータを介して固定子巻線を励磁することによって回転を行うようになっている。このようなIPMの場合、逆突極性を特徴としているため、低速域においては、これにより生じるリラクタンストルクと磁石により生じる主磁束トルクの双方の最大トルクポイントで駆動するいわゆる最大トルク制御を行い、一方高速域においては、主磁束トルクをリラクタンストルクにて補ういわゆる進み位相制御を行うのが有効であり、前述の圧縮機等の駆動に用いられている。

20

【0005】

即ち、一般にIPM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、

$$T = T1 + T2 \quad \dots\dots (1)$$

であり、磁石による磁束量を、q軸電流をIq、d軸電流をId、q軸インダクタンスをLq、d軸インダクタンスをLdとすれば、

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

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

で表される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

図7に示すようなIPMの回転子においては、磁石13が鉄心11の中央部寄りに埋め込まれる形となっており、これは、磁石とエアギャップ間に介在する鉄心部分を積極的に活用することにより、リラクタンストルク成分の占める割合を大きく設定した制御を行うためである。従ってこのような回転子を用いたIPMに対しては、前述の(2)式及び(3)式にて説明したq軸電流Iqの成分が少なく、d軸電流Idの成分が多くなるように構成されたインバータ(以下Id成分主体のインバータと称す)が使用される。

30

【0007】

ところが、このようなインバータを構成するためにはマイクロコンピュータや電流センサ等の部品が高価なものとなるため、コスト的なメリットからIqの成分が多く、Idの成分が少なくなるように構成された低廉なインバータ(以下Iq成分主体のインバータと称す)の需要も多いのが実状である。このようなIq成分主体のインバータによって図7の回転子を駆動することは、IPMの特性悪化あるいは駆動不能の状態をまねくことになる。換言すれば、図7に示すような従来の回転子は非常に汎用性に乏しい構造となっていた。

40

【0008】

また、IPMの回転子を製作する場合、磁石13を予め着磁しておく、その強力な磁力のために回転子の組立の作業性が著しく悪化してしまうため、一般に、鉄心11にすべての磁石を装着した後、回転子の外側に配置させた固定子巻線または専用の着磁巻線に着磁電流を通電することにより、すべての磁石を所定の極数に同時着磁するようになっている

50

。

【0009】

この場合、図7に示す回転子について説明すると、図8に示すように、磁石13の磁気配向は実線矢印15で示すように極の方向に平行に形成されているのに対し、着磁磁束は破線矢印16で示すように着磁磁界の極間部近傍に相当する磁石両端部において、磁気配向15に対してかなり傾斜した流れを形成する。この現象は磁石13が鉄心11の中央部寄りに埋め込まれるほど顕著となり、この結果、磁石両端部の着磁が不十分となって完成時の磁石の磁力が低下してIPMの特性が悪化することになる。また、回転子の有する磁力の品質が安定しないため、q軸インダクタンス L_q 及びd軸インダクタンス L_d の値がばらついてインバータとのマッチングが悪くなり、IPMの特性のばらつきが極端に大きくなってしまう欠点がある。

10

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、円柱状の鉄心の中央に軸孔を備えるとともに、この軸孔と平行に複数の収容孔を備え、この収容孔は前記鉄心の外周部寄りに設けられ板状の磁石を挿入して構成し、隣接する磁石が互いに異極となるように着磁された磁石回転子に関する。軸方向に垂直な断面において、前記収容孔は前記鉄心の外径を形成する円弧に対して弦状に形成された孔縁を有しており、この収容孔には前記弦状の孔縁の長さに満たない長さに形成された磁石を、前記収容孔の孔幅を狭める方向に段付きに形成した段付き部によって、前記収容孔の中央部に磁石を位置決め挿入した磁石回転子とする。

20

また、前記磁石回転子において、磁石を磁極の中央に位置するように非磁性のスペーサを介して磁石を位置決め挿入した磁石回転子としても良い。

【0011】

【作用】

磁束短絡防止部を含めた収容孔が各極で直線状に配置されることにより、磁石が鉄心の外周部寄りに埋め込まれる形となり、磁石による磁束量を増加させることができる。また磁石の長さを変更することにより、鉄心形状をそのままにした状態で主磁束トルク成分とリラクタンストルク成分の割合の変更が容易に行い得るようになる。さらに磁石両端部における着磁磁束の傾斜を緩やかなものとすることができる。

【0012】

【実施例】

本発明の回転子を図面に基づいて説明する。図1は、本発明に関連する回転子の軸方向に垂直な断面を表している。この回転子は、軸孔9に嵌入される軸によって支持されて、ケーシング等に固定された電動機固定子の内側に配置され、鉄心1aの外周部が固定子鉄心の内周部との間に所定の空隙を介して対向するように構成される。鉄心1aは所定形状に打ち抜いた0.35mm、0.50mm等の板厚の薄鉄板を多数積層して形成されており、各薄鉄板に設けた打ち出し突起による凹凸部を軸方向に隣接する薄鉄板相互で嵌合させて固定する周知のカシメクランプ手段7によって固定されて構成されている。

30

【0013】

この鉄心1aには軸孔9と平行に軸方向に貫通する複数の収容孔2aが設けてあり、この収容孔2aには板状の磁石3aがすきまばめあるいは圧入等によって挿入され、しかる後、鉄心1aを軸方向に貫通する複数のカシメピン8によって軸方向両端部に端板を固定して蓋がなされて回転子が構成されるようになっている。磁石3aは、極方向に平行に磁気配向させた例えばNd-Fe-B系磁石等の希土類磁石であり、隣接するものが互いに異極となるように着磁され、実施例の場合4極の界磁を形成している。

40

【0014】

収容孔2aは、図2に拡大して示すように、鉄心1aの外径を形成する円弧に対して弦状に形成された孔縁6aと6c、及び6bと6dによって形成されている。この直線状の孔縁6aと6cの間、及び6bと6dの間には孔幅を狭める方向に突出した突起部5が設けられており、この突起部5によって位置決めされることによって、孔縁の直線部の長さに

50

満たない長さに形成された磁石 3 a が收容孔 2 a の中央部に挿入されている。この結果、收容孔 2 a の両端部には磁束短絡防止部である空間 4 が孔縁 6 c , 6 d によって形成され、各磁石 3 a の極間部が磁氣的に短絡して磁石による磁束量が減少するのが防止されるようになっている。

【 0 0 1 5 】

このように各極の收容孔 2 a を直線状に設け、この收容孔に孔縁 6 a と 6 c または 6 b と 6 d の長さに満たない長さに形成された磁石 3 a を收容することにより、各極の極間部に磁束短絡防止部 4 を設けることができ、同時に磁石 3 a は鉄心 1 a の外周部寄りに埋め込まれる形となる。従って前述の (2) 式における磁束量 を増加させ、主磁束トルク T_1 を増加させることができ、 I_q 成分主体のインバータによって問題なく駆動可能な構成とな

10

【 0 0 1 6 】

I_d 成分主体のインバータによって駆動する場合、 $I_P M$ の効率を一層向上させるためには、(3) 式におけるリラクタンストルク T_2 を大きくする必要があり、最も効果的な構成は $(L_d - L_q)$ の絶対値を大きくするのがよい。従ってこの場合は図 5 に示すような構成として対処することができる。図 5 に示す回転子の鉄心 1 a は、図 1 及び図 2 の実施例に示した鉄心と同一のものであり、收容孔 2 a には図 1 及び図 2 の磁石 3 a より短く形成した磁石 3 b が收容されている。この場合、磁石 3 b は磁極の中央に位置するように非磁性のスペーサ 1 0 b によって位置決めされている。図 5 の回転子のように構成することにより、回転子の磁石による磁束量 が減少するため、鉄心 1 a を通過する固定子磁束が

20

【 0 0 1 7 】

また図 1 に示した回転子は、前述したように磁石 3 a が鉄心 1 a の外周部寄りに埋め込まれているため、回転子の外側に配置させた固定子巻線または専用の着磁巻線に着磁電流を通电して着磁する際、図 6 に示すように、着磁磁束 1 6 は着磁磁界の極間部近傍に相当する磁石 3 a の両端部において、磁石 3 a の磁気配向の方向に対する傾斜が緩やかとなる。これは磁石 3 a が図 6 に破線で示す従来の磁石 1 3 の位置より外側に配置されることにより、着磁巻線の磁極に近接するためであり、この結果、磁石 3 a の両端部においてほぼ配向方向に沿った十分な着磁が達成される。

30

【 0 0 1 8 】

図 3 は、本発明の実施例の回転子を示している。図 3 における回転子は、收容孔 2 b の中央部の孔縁 6 a , 6 b に対して両端部の孔縁 6 e , 6 f を孔幅を狭める方向に段付きに形成したものであり、段付き部分によって磁石 3 a の位置決めを行うものである。磁束短絡防止部 4 の幅が機能上支障のない程度に得られれば、この構成によっても図 2 に示した回転子同様の作用、効果が得られる。また図 5 に示したような短い磁石 3 b を用いる場合についても、図 5 の回転子同様に構成し得ることは容易に類推できる。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、本発明に関連する他の回転子を示しており、図 2 に示した回転子の收容孔 2 a における突起部 5 を取り除いた形状の孔縁 6 g , 6 h により收容孔 2 c を形成したものである。この場合は磁束短絡防止部 4 に非磁性スペーサ 1 0 a を挿入することにより、図 2 同様の磁石 3 a を磁極の中央に位置決めして装着することができ、これによる作用、効果も同様のものが得られる。また図 5 に示したような短い磁石 3 b を用いる場合については、非磁性スペーサ 1 0 a の長さを調節することにより対処し得るものである。

40

【 0 0 2 0 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、 I_d 成分主体のインバータのみならず、 I_q 成分主体のインバータによっても問題なく駆動可能な汎用性に優れた回転子が得られ、低廉な制御装置が利用可能となるものである。また $I_P M$ の効率を追求する場合は、鉄心型を変更することなく磁石型のみの変更によって、各インバータに最も適した構成の回転子を容易に形成できる特長が

50

ある。

【 0 0 2 1 】

さらに、磁石に対して十分な着磁がなされることから、完成時における磁力不足やばらつきがなくなって品質的に安定し、またq軸インダクタンス及びd軸インダクタンスの値が安定してインバータとのマッチングが良好となり、これらの結果IPMの特性向上及びその品質維持が達成できるものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明に関連する回転子の平面断面図。

【 図 2 】 図 1 の要部拡大図。

【 図 3 】 本発明の実施例の回転子の要部拡大平面断面図。

【 図 4 】 本発明に関連する他の回転子の要部拡大平面断面図。

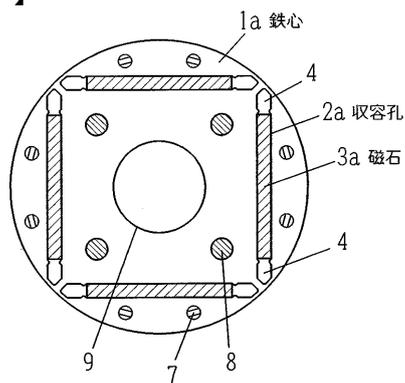
【 図 5 】 本発明の他の実施例の回転子の要部拡大平面断面図。

【 図 6 】 着磁時の磁束流を示す説明図。

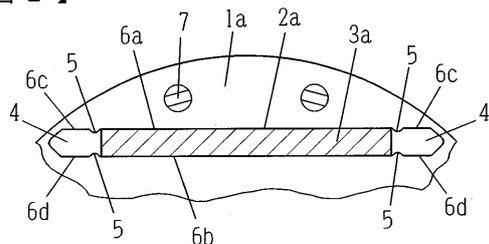
【 図 7 】 従来例の回転子の平面断面図。

【 図 8 】 磁石の磁気配向と着磁磁束の関係を示す説明図。

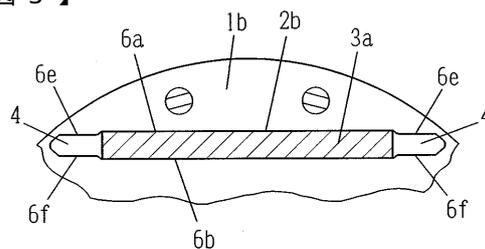
【 図 1 】



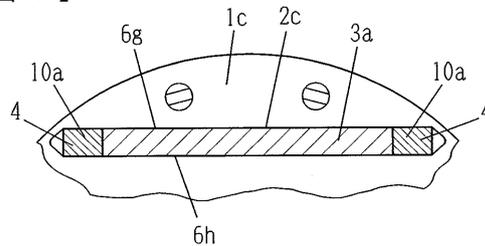
【 図 2 】



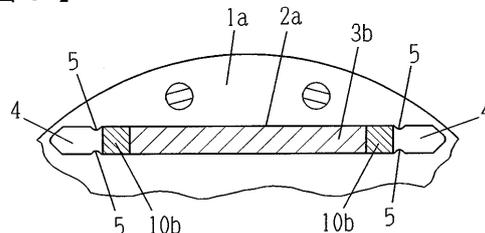
【 図 3 】



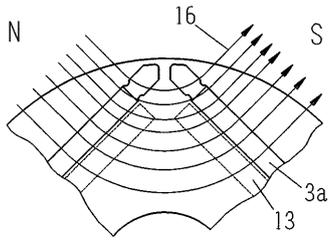
【 図 4 】



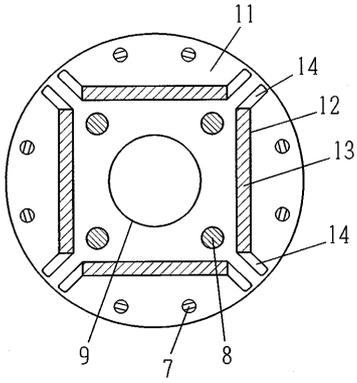
【 図 5 】



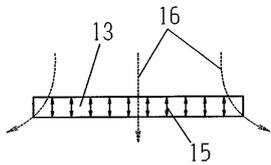
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 088963 (JP, A)
特開平09 - 182332 (JP, A)
実開昭63 - 143055 (JP, U)
登録実用新案第3014334 (JP, U)
国際公開第96 / 003793 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
H02K 1/27