

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5855680号
(P5855680)

(45) 発行日 平成28年2月9日 (2016.2.9)

(24) 登録日 平成27年12月18日 (2015.12.18)

(51) Int. Cl.	F I
HO2K 1/27 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1A
HO2K 21/14 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1K
HO2K 1/22 (2006.01)	HO2K 1/27 5O1M
	HO2K 21/14 M
	HO2K 1/22 A

請求項の数 7 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2013-548690 (P2013-548690)	(73) 特許権者 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86) (22) 出願日 平成24年12月12日 (2012.12.12)	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2012/082211	(74) 代理人 100118762 弁理士 高村 順
(87) 国際公開番号 W02014/091579	(72) 発明者 矢部 浩二 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(87) 国際公開日 平成26年6月19日 (2014.6.19)	(72) 発明者 楠谷 直弘 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日 平成25年10月22日 (2013.10.22)	審査官 高橋 祐介
前置審査	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機を搭載した電気機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転子鉄心と、
前記回転子鉄心の外周部に周方向に沿って複数個形成され、それぞれ永久磁石が挿入された状態で両端部に外周方向に向かって延びる永久磁石端部空隙が形成される永久磁石挿入穴と、
前記各永久磁石挿入穴にそれぞれ挿入された永久磁石と、
を備え、
前記永久磁石端部空隙と前記回転子鉄心の外周との間に薄肉部が形成され、
前記永久磁石端部空隙には、外周側の二か所に丸みを帯びた一对の角部が形成され、
前記一对の角部のいずれか一方の曲率半径が前記永久磁石端部空隙の周方向幅の半分以上であり、
前記永久磁石の厚さは、前記永久磁石端部空隙の周方向幅よりも大きい電動機を搭載した電気機器。

【請求項 2】

前記一对の角部のうち極間により近い方の曲率半径が、前記一对の角部のうち磁極中心により近い方の曲率半径よりも大きい請求項 1 に記載の電動機を搭載した電気機器。

【請求項 3】

前記一对の角部間における前記永久磁石端部空隙の形状は曲線であり、
前記一对の角部間における前記曲線の曲率半径は、前記一对の角部のいずれの曲率半径

よりも大きい請求項 1 または 2 に記載の電動機を搭載した電気機器。

【請求項 4】

前記一对の角部間における前記永久磁石端部空隙の形状は直線である請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電動機を搭載した電気機器。

【請求項 5】

前記薄肉部は、径方向幅が周方向に一定の領域を含む請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電動機を搭載した電気機器。

【請求項 6】

前記永久磁石の埋込深さは、前記回転子鉄心の最大半径の 0.1 倍以上である請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の電動機を搭載した電気機器。

10

【請求項 7】

前記永久磁石端部空隙の周方向幅は、固定子ティースの先端と前記回転子鉄心との間に存在する空隙の径方向寸法の 1.5 倍以上である請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電動機を搭載した電気機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動機の回転子に関する。

【背景技術】

【0002】

20

永久磁石埋込型の電動機の回転子は、永久磁石が回転子内部に埋込まれた形状であり、永久磁石端部に空隙を設けることで永久磁石からの漏れ磁束を抑制している。この構成では、回転子外周と空隙との間に存在する薄肉部の径方向幅が小さいほど漏れ磁束が低減されることから、薄肉部の径方向幅をできる限り小さくするように設計することが多い。

【0003】

また、永久磁石は回転子表面に存在すると永久磁石内部に発生する渦電流が大きくなり、損失が増加することから、回転子内周側に埋込む場合がある。この場合は、薄肉部の径方向幅を小さくするために、空隙は永久磁石端部から回転子外周方向に向かって伸びる形状となる。

【0004】

30

また、特許文献 1 では、永久磁石埋込型電動機の回転子において、永久磁石端部の空隙を回転子内周方向に屈曲させることで、回転時の遠心力による応力集中を低減している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010-088219 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記永久磁石埋込型の電動機の回転子において、薄肉部の径方向幅を小さくした場合、電動機の運転中の電磁加振力および遠心力に対する強度が弱くなるなど、その強度が弱くなるという課題がある。

40

【0007】

また、永久磁石を回転子内周側に埋込む構成とした場合、永久磁石よりも外周側に存在する回転子コアの量が大きくなることから、遠心力が大きくなり、薄肉部に掛かる応力が大きくなり、強度が弱くなってしまうという課題がある。

【0008】

また、特許文献 1 に記載の永久磁石埋込型電動機の回転子では、回転時の遠心力による応力集中は低減されるが、永久磁石の両端部の空隙が回転子中心に向かって屈曲させているため、空隙と回転子外周との間にある薄肉部の径方向幅が大きくなり、漏れ磁束が大き

50

くなるという課題がある。

【0009】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、永久磁石端部の空隙と回転子外周との間の薄肉部に発生する応力を緩和し、薄肉部の強度を向上させることが可能な永久磁石埋込型の電動機の回転子を備えた電動機を搭載した電気機器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】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る電動機を搭載した電気機器は、回転子鉄心と、前記回転子鉄心の外周部に周方向に沿って複数個形成され、それぞれ永久磁石が挿入された状態で両端部に外周方向に向かって延びる永久磁石端部空隙が形成される永久磁石挿入穴と、前記各永久磁石挿入穴にそれぞれ挿入された永久磁石と、を備え、前記永久磁石端部空隙と前記回転子鉄心の外周との間に薄肉部が形成され、前記永久磁石端部空隙には、外周側の二か所に丸みを帯びた一对の角部が形成され、前記一对の角部のいずれか一方の曲率半径が前記永久磁石端部空隙の周方向幅の半分以上であり、前記永久磁石の厚さは、前記永久磁石端部空隙の周方向幅よりも大きい。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、永久磁石端部の空隙と回転子外周との間の薄肉部に発生する応力を緩和し、薄肉部の強度を向上させることができる、という効果を奏する。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、実施の形態に係る永久磁石埋込型の電動機の回転子の横断面図である。

【図2】図2は、図1の磁極部の拡大図である。

【図3】図3は、磁極部と固定子ティースの一部を示した拡大図である。

【図4】図4は、実施の形態の変形例に係る永久磁石埋込型の電動機の回転子の横断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本発明の実施の形態に係る電動機の回転子を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

30

【0014】

実施の形態.

図1は、本実施の形態に係る永久磁石埋込型の電動機の回転子1の横断面図、図2は、図1の磁極部の拡大図である。以下、図1および図2を参照して、回転子1の構成について説明する。

【0015】

回転子1は、回転子鉄心2と、回転子鉄心2に埋め込まれた永久磁石4とを備えている。回転子1は、図示しない固定子の内側に回転自在に配置されている。

【0016】

回転子鉄心2は、横断面形状が略円形である。回転子鉄心2は、例えば薄板の電磁鋼板を金型で打ち抜き、この電磁鋼板を複数枚積層して形成することができる。

40

【0017】

回転子鉄心2の外周部には、周方向に沿って例えば略等間隔で複数個（例えば6個）の永久磁石挿入穴3が形成されている。永久磁石挿入穴3には、永久磁石4が挿入される。永久磁石4は例えば平板状であり、永久磁石挿入穴3の横断面形状も永久磁石4の形状に応じた形となっている。永久磁石4はN極とS極とが周方向に交互になるように配置されており、これにより6極の回転子1を構成している。

【0018】

永久磁石挿入穴3よりも外周側の回転子鉄心2には、複数個のスリット6が周方向に所

50

定の間隔で形成されている。スリット6は、磁極ごとに、磁極中心8に対して例えば左右対称に3個ずつ形成されている。なお、磁極中心8は、永久磁石4の磁極の周方向の中心、または、永久磁石挿入穴3の周方向の中心を表す。極間9は、隣り合う永久磁石4の磁極間、または、隣り合う永久磁石挿入穴3間を表す。

【0019】

永久磁石挿入穴3の両端部には、永久磁石4が永久磁石挿入穴3に挿入された状態で、空隙5がそれぞれ形成されている。すなわち、空隙5は、永久磁石挿入穴3の一部であり、永久磁石端部空隙を構成する。空隙5は、永久磁石4の端部から回転子外周方向に向かって延びており、周方向幅は略一定（幅 t_2 ）である。ここで、回転子外周方向は、回転子鉄心2の外周方向（外径方向）である。このように、空隙5は、永久磁石挿入穴3のうち永久磁石4が挿入される部分に対して、回転子鉄心2の外周側（外径側）に向かって折れ曲がり、回転子鉄心2の径方向に沿って外側に向かって延びている。空隙5は、永久磁石4からの漏れ磁束を抑制する。回転子鉄心2の外周と空隙5との間には、薄肉部7が形成される。

10

【0020】

空隙5は、上記のように回転子外周方向に向かって延びており、外周側の二か所に丸みを帯びた角部P1、P2を有する。角部P1は曲率半径 R_1 の丸取りされた形状であり、角部P2は曲率半径 R_2 の丸取りされた形状である。角部P1、P2は、薄肉部7の角部でもある。本実施の形態では、角部P1、P2に対して、 $R_1 \geq t_2 / 2$ または $R_2 \geq t_2 / 2$ とする。ここで、 t_2 は空隙5の周方向幅である。図示例では、例えば、 $R_1 > t_2 / 2$ としている。これにより、角部P1では、薄肉部7の径方向幅が他の箇所よりも大きくなっている。

20

【0021】

回転子1が回転すると、遠心力が働き、回転子鉄心2の外周部に存在する薄肉部7に応力が発生する。その応力は薄肉部7の一点に集中するため、角部P1、P2のうち応力が集中する部分に近い方の曲率半径を大きくすることで薄肉部7の径方向幅が大きくなり、薄肉部7に発生する応力を緩和し、その強度を改善することができる。また、応力が薄肉部7の集中部分が薄肉部7の中心である $t_2 / 2$ の位置まで広がる場合がある。この時は薄肉部7の中心も応力緩和する必要がある。そのため、角部P1、P2に対して、 $R_1 > t_2 / 2$ または $R_2 > t_2 / 2$ とすることで角部P1と角部P2との間における空隙5の中心側の形状も円弧で形成でき、中心側まで広がる薄肉部7に発生する応力を緩和することができる。

30

【0022】

また、本実施の形態では、極間9により近い角部P1と磁極中心8により近い角部P2とに対し、 $R_1 > R_2$ としている。すなわち、極間9により近い方の角部P1の曲率半径 R_1 をより大きくしている。薄肉部7の応力が集中する箇所は、極間部に近い部分に発生することが多く、そのような回転子においては、 $R_2 < R_1$ とすることで応力緩和が可能となる。

【0023】

また、角部P1と角部P2との間における空隙5の形状は、例えば曲線とすることができる。角部P1と角部P2との間における当該曲線上の任意の点をP3とし、点P3における曲線の曲率半径を R_3 としたときに、例えば、 $R_2 < R_3$ かつ $R_1 < R_3$ とすることができる。 R_1 、 R_2 に対して R_3 を最も大きくすることで、薄肉部7の径方向幅の変化が小さくなる。その結果、永久磁石4から薄肉部7を通して漏れる漏れ磁束が小さくなり、磁束を有効に使用することができる。

40

【0024】

なお、角部P1と角部P2との間における空隙5の形状を直線とすることもできる。この場合は、曲線の場合と比べて、回転子鉄心2の製造に用いる金型の摩耗が小さくなり、金型の寿命を延ばすことができる。

【0025】

50

また、角部 P 1 と角部 P 2 との間における空隙 5 の形状を曲線とした場合において、薄肉部 7 の径方向幅が周方向に略一定となる領域を設けるようにすることもできる。薄肉部 7 の径方向の寸法が略一定である領域を設けることで、漏れ磁束を低減することができ、磁束を有効に利用することができる。

【0026】

また、回転子鉄心 2 の（最大）半径 R に対して、永久磁石 4 の埋込深さ L 1 が $0.1 \times R \leq L 1$ の関係を満たすものとすることができる。ここで、永久磁石 4 の埋込深さ L 1 は、磁極中心 8 において、回転子鉄心 2 の外周面から永久磁石 4 に至る距離である。永久磁石 4 の埋込深さ L 1 が大きいと、永久磁石 4 の外周側鉄心が大きくなり、薄肉部 7 にかかる応力が大きくなるため、本実施の形態をより効果的に適用することができる。

10

【0027】

また、永久磁石 4 の厚さ t 1 に対して、空隙 5 の周方向幅 t 2 が $t 1 > t 2$ の関係を満たすものとすることができる。t 2 が大きいと薄肉部 7 が大きくなり、応力が集中するため、t 2 の寸法を永久磁石 4 の厚さ t 1 よりも小さくすることが望ましい。

【0028】

また、固定子ティースの先端と回転子 1 との間に存在する空隙の径方向寸法を G としたとき、 $1.5 \times G \leq t 2$ とすることができる。t 2 が小さいと、磁束漏れが発生するため、t 2 を空隙の例えば 1.5 倍以上の大きくすることで磁束漏れを抑制することができる。なお、図 3 は、磁極部と固定子ティースの一部を示した拡大図である。図 3 では、図 2 で示した構成に加えて、固定子ティース 10 の一部と空隙の径方向寸法 G を示している。

20

【0029】

図 4 は、本実施の形態の変形例に係る永久磁石埋込型の電動機の回転子 1 の横断面図である。なお、図 4 では、図 2 と同一の構成要素には同一の符号を付している。図 4 に示すように、本変形例では、空隙 5 が回転子外周に向かって広がっている形状である。すなわち、空隙 5 は、磁極中心 8 側および極間 9 側の各形状が略直線状であり、かつ、周方向幅が回転子外周に向かって増大している。また、空隙 5 は、角部 P 1 と角部 P 2 との間の形状が略直線状である。このような形状においては、空隙 5 の極間 9 側の直線および磁極中心 8 側の直線の各延長線と、角部 P 1 と角部 P 2 との間に存在する直線の延長線との交点間の周方向幅を t 2 とする。なお、角部 P 1 と角部 P 2 との間の形状が略円弧状である場合は、空隙 5 の極間 9 側の直線および磁極中心 8 側の直線の各延長線と、角部 P 1 と角部 P 2 との間に存在する円弧の延長線との交点間の周方向幅を t 2 とする。また、空隙 5 の極間 9 側または磁極中心 8 側の形状がすべて円弧などで形成される場合には、空隙 5 の周方向の最大幅を t 2 とする。また、空隙 5 の回転子外周側に存在する形状は、例えば 3 つ以上の曲線または 1 つの直線を含む 2 つ以上の曲線で構成される。

30

【0030】

以上のように、本実施の形態によれば、薄肉部 7 に発生する応力を緩和し、薄肉部 7 の強度を向上させることが可能な回転子 1 を得ることができる。

【0031】

また、本実施の形態によれば、回転子 1 を備えた電動機、およびこの電動機を搭載した電気機器（例えば、冷凍サイクル装置の圧縮機、空気調和機の送風機等）を得ることができる。

40

【0032】

なお、本実施の形態では、回転子 1 の形状を円形状としたが、これに限定されず、例えば楕円形状とすることもできる。また、極数は 6 極以外でもよい。いずれの場合も、本実施の形態と同様の効果を奏する。

【0033】

また、本実施の形態では、永久磁石 4 の外周側に複数個のスリット 6 を設けている。スリット 6 は、誘起電圧の高調波低減、およびトルクリップル低減に用いられる。このように、回転子鉄心 2 の外周部にスリット 6 を設けることで更に効果的である。すなわち、スリット 6 は空隙であることから、回転子鉄心 2 よりも軽く、遠心力の影響を低減すること

50

ができる。

【００３４】

本実施の形態のその他の効果は既に説明したとおりである。

【産業上の利用可能性】

【００３５】

以上のように、本発明は、永久磁石埋込型の電動機の回転子として有用である。

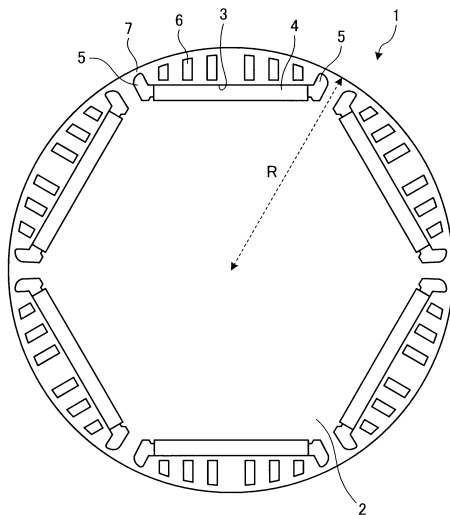
【符号の説明】

【００３６】

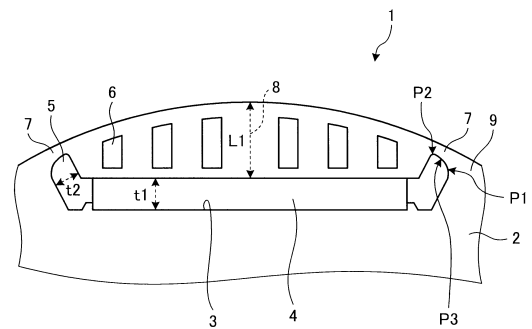
１ 回転子、２ 回転子鉄心、３ 永久磁石挿入穴、４ 永久磁石、５ 空隙、６ スリット、７ 薄肉部、８ 磁極中心、９ 極間、１０ 固定子ティース。

10

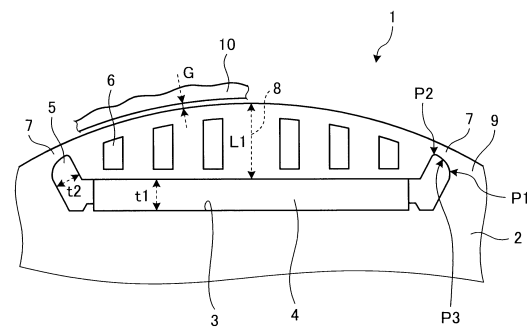
【図１】



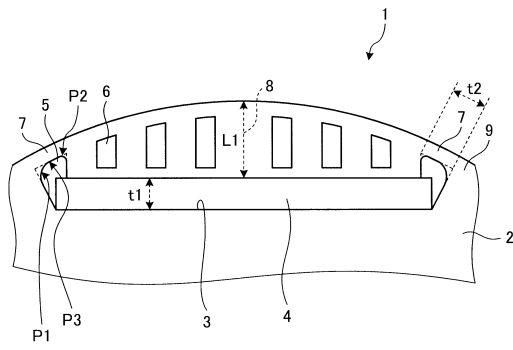
【図２】



【図３】



【図 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-217249 (JP, A)
特開2006-311730 (JP, A)
特開2012-186889 (JP, A)
特開2004-201407 (JP, A)
国際公開第2011/055582 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27
H02K 1/22
H02K 21/14