

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5239200号
(P5239200)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2K	1/27	(2006.01)	HO2K	1/27	501A
HO2K	21/16	(2006.01)	HO2K	1/27	501K
			HO2K	1/27	501M
			HO2K	21/16	Z

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-108433 (P2007-108433)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成19年4月17日(2007.4.17)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2008-271652 (P2008-271652A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成20年11月6日(2008.11.6)	(74) 代理人	100113077
審査請求日	平成21年1月29日(2009.1.29)		弁理士 高橋 省吾
		(74) 代理人	100112210
			弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	山口 信一
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石式回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外周面が複数の円弧状曲面を有する回転子鉄心と、回転軸方向に垂直な断面形状が円弧状曲面を有する永久磁石と、前記永久磁石を前記回転子鉄心の外周面から所定の距離だけ離間した前記外周面に近い位置に埋設した回転子と、

を備え、

前記回転子の回転軸を中心とした回転子外周面最外半径が回転子外周面曲率半径よりも大きく、かつ、前記回転子鉄心は回転軸方向に複数の段部からなり、前記段部の回転子外周面曲率半径中心は、隣接する段部の回転子外周面曲率半径中心を、回転軸中心に一定の機械角度だけ回転させた位置にあると共に、前記永久磁石を埋設するための孔を、前記回転子鉄心を貫通して設け、該孔に前記永久磁石を埋設したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項2】

前記回転子の回転軸を中心とした回転子外周面曲率半径の曲率半径と、前記永久磁石の回転軸方向に垂直な断面形状における前記回転子鉄心の外周面側の円弧状曲面の曲率半径と、を等しくしたことを特徴とする請求項1に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項3】

前記回転子鉄心は鋼板を積層して構成され、前記回転子鉄心の外周面から前記永久磁石までの埋設深さを、前記鋼板の板厚の2倍以下としたことを特徴とする請求項1または2に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 4】

前記埋設深さを、1 mm 以下としたことを特徴とする請求項 3 に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 5】

前記機械角度 が、 $360 / (\text{回転子鉄心段数} \times \text{回転子磁石極数} + \text{固定子スロット数の最小公倍数})$ 度より大きいことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうちいずれか 1 つに記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 6】

前記回転子鉄心段数が 2、前記回転子磁石極数が 8、前記固定子スロット数が 12 であり、前記機械角度 が 7.5 度より大きいことを特徴とする請求項 5 に記載の永久磁石式回転電機。

10

【請求項 7】

外周面が複数の円弧状曲面を有する回転子鉄心と、回転軸方向に垂直な断面形状が平板形状を有する永久磁石と、前記永久磁石を前記回転子鉄心の外周面から所定の距離だけ離れた前記外周面に近い位置に埋設した回転子と、
を備え、

前記回転子の回転軸を中心とした回転子外周面最外半径が回転子外周面曲率半径よりも大きく、かつ、前記回転子鉄心は回転軸方向に複数の段部からなり、前記段部の回転子外周面曲率半径中心は、隣接する段部の回転子外周面曲率半径中心を、回転軸中心に一定の機械角度 だけ回転させた位置にあると共に、前記永久磁石を埋設するための孔を、前記回転子鉄心を貫通して設け、該孔に前記永久磁石を埋設したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

20

【請求項 8】

前記回転子鉄心は鋼板を積層して構成され、前記回転子鉄心の外周面から前記永久磁石までの最小埋設深さを、前記鋼板の板厚の 2 倍以下としたことを特徴とする請求項 7 に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 9】

前記最小埋設深さを、1 mm 以下としたことを特徴とする請求項 8 に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 10】

前記機械角度 が、 $360 / (\text{回転子鉄心段数} \times \text{回転子磁石極数} + \text{固定子スロット数の最小公倍数})$ 度より大きいことを特徴とする請求項 7 ~ 9 のうちいずれか 1 つに記載の永久磁石式回転電機。

30

【請求項 11】

前記回転子鉄心段数が 2、前記回転子磁石極数が 8、前記固定子スロット数が 12 であり、前記機械角度 が 7.5 度より大きいことを特徴とする請求項 10 に記載の永久磁石式回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石式回転電機に関するものであり、特に、回転子の内部に永久磁石が埋設された埋め込み型永久磁石式回転電機とその回転子に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

従来の埋め込み型永久磁石式回転電機について説明する。従来の埋め込み型永久磁石式回転電機のロータ（回転子）は、打ち抜かれた電磁鋼板からなる略円形ロータコアシートを積層してなるロータコア内部に永久磁石を埋設し、この永久磁石の端面、正極面の端部、あるいは負極面の端部に接するように長穴部を設けている。ここで、長穴部の形状を変化させることにより、擬似的にスキューを施し、コギングトルクを低減させている。また、回転子表面を概略同一円とすることで、エアギャップ内部の磁束密度を高くすることがで

50

き、さらに磁石形状を矩形形状とすることで、リラクタンストルクを向上させ、高効率化を図っている。(例えば、特許文献1参照)

【0003】

また、磁性体の板を積層してなる積層コアの積層方向に複数の磁石を貫通して設け、積層コアの中央部で磁石位置をスキューさせた構造の回転子において、スキュー部分に非磁性体の層を形成することで、回転子内部での軸方向漏洩磁束を低減し、コギングトルクの低減を図っている。(例えば、特許文献2参照)

【0004】

【特許文献1】特開2000-69695号公報(図1)

【特許文献2】特開2005-57865号公報(図1)

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に示される従来の埋め込み型永久磁石式回転電機においては、矩形形状の磁石を用いていることから、回転子の起磁力高調波成分が大きくなり、コギングトルクやトルクリップルが十分に低減できない問題があった。また、回転子表面を概略同一円とした場合には、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスに差異(突極性)が生じ、リラクタンストルクが発生するため、リラクタンストルクによるトルクリップルも発生するという問題もあった。さらに、回転子内部の永久磁石が回転子の外周面から離れた内部奥に設置されているため、磁路部に鉄心部分が多く存在することから、回転子内部の永久磁石磁路部にて磁気飽和が発生し、電流とトルクとの直線性が損なわれるという問題もあった。

20

また、特許文献2に示される従来の埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子のように、段スキュー回転子の段間に非磁性材料部を設ける場合には、軸方向に非磁性材料部分の領域が増加するため、トルク出力が低下する等の問題があった。

【0006】

本発明は上述のような課題を解決するためになされたもので、コギングトルクやトルクリップルを低減し、またリラクタンストルクも低減し、またトルク出力を高めた埋め込み型永久磁石式回転電機を提供することを目的とする。さらに、磁石保持のため回転子内部に磁石を埋設するにも関わらず、コギングトルクや電流-トルク特性は、磁石を回転子表面に貼り付けた表面磁石型永久磁石式回転電機と同等の特性を有する埋め込み型永久磁石式回転電機を提供するものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る永久磁石式回転電機においては、外周面が複数の円弧状曲面を有する回転子鉄心と、回転軸方向に垂直な断面形状が円弧状曲面を有する永久磁石と、前記永久磁石を前記回転子鉄心の外周面から所定の距離だけ離間した前記外周面に近い位置に埋設した回転子と、を備え、前記回転子の回転軸を中心とした回転子外周面最外半径が回転子外周面曲率半径よりも大きく、かつ、前記回転子鉄心は回転軸方向に複数の段部からなり、前記段部の回転子外周面曲率半径中心は、隣接する段部の回転子外周面曲率半径中心を、回転軸中心に一定の機械角度 だけ回転させた位置にあると共に、前記永久磁石を埋設するための孔を、前記回転子鉄心を貫通して設け、該孔に前記永久磁石を埋設したものである。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、回転軸方向に垂直な断面形状が円弧状曲面を有する永久磁石を、外周面が複数の円弧状曲面を有する回転子鉄心の外周面に近い部分に埋設することで、回転子の磁石近傍での磁気飽和の影響を小さくでき、電流-トルク特性の直線性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

50

実施の形態 1 .

以下、本発明の実施の形態 1 について図を用いて説明する。図 1 に実施の形態 1 による埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子の斜視図を、図 2 に埋め込み型永久磁石式回転電機の断面図を、図 3 に回転子断面の拡大図を示す。また、図 4 に埋め込み型永久磁石式回転電機のコギングトルクシミュレーション結果を示す。なお、本実施の形態は、磁石極数が 8、固定子スロット数が 12 の場合のものである。

図 1 において、回転子 10 は、その外周面が複数の概略円弧状曲面を有する回転子鉄心 11 と永久磁石 12 と回転軸 13 から構成され、回転子鉄心 11 は回転軸方向に隣接して配置された 2 段の回転子鉄心（回転子上段鉄心 11 a、回転子下段鉄心 11 b）から成る。さらに、この回転子上段鉄心 11 a と回転子下段鉄心 11 b が回転子の回転軸を中心として回転方向にずれている（擬似段スキューと呼ぶ）。また、埋め込み型永久磁石式回転電機は、図 2 のように、固定子鉄心 21 と集中巻を施した固定子巻線 22 とから成る固定子 20 と、回転子 10 により構成される。

図 1 および図 3 に示すように、回転軸方向に垂直な断面形状が概略円弧状曲面を有する永久磁石 12 を、回転子鉄心 11 の外周面（回転軸に対して回転半径方向外側の面）から所定の距離だけ離間した、その外周面に近い部分に埋設する。埋設方法としては、永久磁石 12 を埋設するための孔を、2 段の回転子鉄心（回転子上段鉄心 11 a、回転子下段鉄心 11 b）を貫通して設け、この孔に永久磁石 12 を挿入することで埋設する。永久磁石 12 は挿入方向に一体であるが、回転子鉄心 11 が軸方向に長い場合は、分割する場合もある。よって、回転子鉄心 11 のみが段毎に回転ずれており、永久磁石 12 は回転ずれていない。ここで、回転子の回転軸中心 O に対する回転子鉄心 11 の回転子外周面最外半径を R1 とし、回転子外周面曲率半径を R2 とすると、 $R1 > R2$ の関係になるように回転子の外周面形状を構成する。図 3 においては、回転子上段鉄心 11 a と回転子下段鉄心 11 b に対する回転子外周面曲率半径 R2 の大きさを同一としている。

【0010】

上記 2 つの鉄心が回転軸を中心として回転方向にずれている角度を擬似段スキュー角度と呼ぶ。よって、回転子上段鉄心 11 a の回転子外周面曲率半径の中心点 A と回転子下段鉄心 11 b の回転子外周面曲率半径の中心点 B と回転軸中心 O とで構成される角 AOB の機械角度が擬似段スキュー角度となる。一般的に理論擬似段スキュー角度は、 $360 / (2 \times \text{固定子スロット数} \times \text{回転子磁石極数の最小公倍数})$ [度] と定義される。本実施の形態では、この機械角度を理論擬似段スキュー角度より大きくする。これにより、この機械角度を理論擬似段スキュー角度と等しいまたはそれ以下とした場合に対し、コギングトルクを大幅に低減することが可能となり、トルクリップルについても低減することができる。

また、本実施の形態においては、磁石極数が 8、固定子スロット数が 12 であるため、理論擬似段スキュー角度は $180 / 24 = 7.5$ 度になり、この機械角度を 7.5 度より大きくすることで、上記の効果が得られる。

【0011】

上記では、回転子上段鉄心 11 a と回転子下段鉄心 11 b の固定子外周面曲率半径 R2 の大きさを同一としたが、R2 の大きさが各々異なっても、この機械角度が理論擬似段スキュー角度より大きければ、同様の効果が得られる。

【0012】

ここで、擬似段スキュー効果の検証結果について説明する。図 4 に示すコギングトルクのシミュレーション結果は、本実施の形態において、回転子の擬似段スキュー無しの場合と、擬似段スキューが有り、その擬似段スキュー角度が理論擬似段スキュー角度（7.5 度）に等しい場合の結果である。擬似段スキュー無しの場合に比べ、擬似段スキュー有り、その擬似段スキュー角度が理論擬似段スキュー角度（7.5 度）に等しい場合は、コギングトルクが約 1/2 以下に低減していることが分かる。

擬似段スキュー角度を理論擬似段スキュー角度よりも大きくすれば、さらに擬似段スキューの効果が高まるので、コギングトルクをさらに低減することが可能となる。

【0013】

次に、永久磁石12の埋め込み位置から回転子鉄心11の外周面までの鉄心の厚さについて述べる。

図3に示す通り、永久磁石12の中央上部と回転子鉄心11の外周面までの鉄心の厚さを鉄心表面厚さ h とする。この鉄心表面厚さ h が小さいほど、永久磁石12の磁束を有効に利用することが可能である。擬似段スキューを施していない埋め込み型永久磁石式回転電機において、鉄心表面厚さ h を変化させた場合の、トルク出力のシミュレーション結果を図5に示す。なお、このシミュレーションにおいては、固定子アンペアターンを同一とした。図5から、鉄心表面厚さ h の増加に伴い、トルク出力は低下することが分かる。これは、永久磁石12が回転子内部に深くに埋設されると回転子内部での漏れ磁束が増加し、永久磁石12の磁束が有効利用されないためである。従って、リラクタンストルクを積極的に利用しない(詳細については後で述べる)本実施の形態のような埋め込み型永久磁石式回転電機では、鉄心表面厚さ h は製造が可能な範囲で出来るだけ小さい方が良い。これにより、電流 トルク特性の直線性も向上させることができる。

10

【0014】

永久磁石12の回転軸方向に垂直な断面形状における回転子鉄心11の外周面側の曲面形状を回転子鉄心11の外周面曲面形状と概略等しい曲面形状とし、永久磁石12を回転子鉄心11のできるだけ外周面に近い位置に埋め込むことで、永久磁石12の端部から中央部に渡り鉄心表面厚さ h を、さらに均一に小さくすることができる。例えば、回転子鉄心11の外周面の形状および永久磁石12の回転軸方向に垂直な断面形状における回転子鉄心11の外周面側の曲面形状を概略円弧形状にして、回転子鉄心11の外周面の曲率半径にあたる回転子外周面曲率半径 R_2 と永久磁石12の回転軸方向に垂直な断面形状における前記回転子鉄心の外周面側の円弧状曲面の曲率半径を概略等しく構成することで、永久磁石12の端部から中央部に渡り鉄心表面厚さ h を、均一に小さくすることができる。

20

【0015】

本実施の形態のような擬似段スキューを行うための回転子鉄心11を製作する方法としては、回転子鉄心11を同一金型にて打ち抜き、打ち抜いた鉄心を反転してそれぞれ回転子上段鉄心11aと回転子下段鉄心11bに用いる方法がある。また、それぞれ異なった形状で製作し、回転子上段鉄心11aと回転子下段鉄心11bに用いても良い。

【0016】

回転子鉄心11は、打ち抜きまたはカシメ等により所定の形状に形成した電磁鋼板を積層させて構成される。一般的に、打ち抜き可能な電磁鋼板の最小幅は電磁鋼板板厚の2倍程度である。電磁鋼板の厚さは、通常0.35mmもしくは0.5mmであるため、製造可能な回転子鉄心11の鉄心表面厚さ h は、電磁鋼板の厚さの2倍程度の0.7mm~1mmとなる。従って、本実施の形態での鉄心表面厚さ h は、電磁鋼板板厚の2倍以下、もしくは1mm以下とするのが望ましい。

30

【0017】

ここで、永久磁石式回転電機の発生トルクについて説明する。

永久磁石式回転電機の発生トルクは回転子の位置と巻線に流れる電流位相の関係により決定される。永久磁石式回転電機では、固定子巻線を回転子の座標系に変換して考えることが一般的である。回転子の座標系とは、永久磁石界磁がつくる磁束の方向(永久磁石の中心軸)を d 軸とし、それと電氣的・磁氣的に直交する軸(永久磁石間の軸)を q 軸とした $d-q$ 軸座標系である。 $d-q$ 軸座標系での永久磁石式回転電機に発生するトルク T は次式で与えられる。

40

【0018】

【数 1】

$$T = p\phi_f i_q + p(L_d - L_q) i_d i_q \quad \dots \dots \quad (1)$$

但し、 p : 極対数、 i_d : d 軸電流、 i_q : q 軸電流、
 L_d : d 軸インダクタンス、 L_q : q 軸インダクタンス、
 ϕ_f : 永久磁石界磁による d 軸電機子巻線の鎖交磁束、
 $I = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{i_d^2 + i_q^2}$: 固定子巻線電流

10

(1) 式の第 1 項はマグネットトルク T_m で第 2 項はリラクタンストルク T_r である。d 軸インダクタンスや q 軸インダクタンスが回転子位置によって変化するような一般的な磁石埋め込み型永久磁石式回転電機の場合、リラクタンストルク T_r が回転子位置によって変化し、トルクリップルの原因となる場合がある。

これに対し、磁石を回転子表面に貼り付けた表面磁石型永久磁石式回転電機では、d 軸インダクタンスと q 軸インダクタンスがほぼ同等となるため、リラクタンストルクが発生せずマグネットトルク T_m のみとなる。この場合、発生トルクは次式で表現される。

【0019】

【数 2】

$$T_m = p\phi_f i_q \quad \dots \dots \quad (2)$$

20

(2) 式より、表面磁石型永久磁石式回転電機において、トルクに寄与する電流は q 軸電流のみであることが分かる。そのため表面磁石型永久磁石式回転電機では、d 軸電流がゼロとなるように制御 (d 軸電流ゼロ制御) することで、電流一定の条件下で最大トルクを得るような制御を行うことが一般的である。

【0020】

本実施の形態では、外周面が概略円弧状曲面を有する回転子鉄心 11 に対して、永久磁石 12 の回転軸方向に垂直な断面形状が概略円弧状曲面を有するようにして、鉄心表面厚さ h を永久磁石 12 の端部から中央部に渡り概略一定にし、かつ鉄心表面厚さ h を出来るだけ小さくするとともに、回転子外周面曲率半径 R_2 を回転子外周面最外半径 R_1 よりも小さくすることで、永久磁石式回転電機の d 軸インダクタンスと q 軸インダクタンスとの差を極力小さくしている。従って、この差によって発生するリラクタンストルク T_r がほぼ発生しなくなり、リラクタンストルク T_r に伴うトルクリップルを低減することができる。

30

【0021】

上述のように、d 軸インダクタンスと q 軸インダクタンスとの差が極力小さくなりリラクタンストルク T_r が低減し、ほぼ発生しなくなることで、コギングトルクや電流 - トルク特性が表面磁石型永久磁石式回転電機とほぼ同等の特性を有する埋め込み型永久磁石式回転電機を提供することが可能となる。これにより、サーボモータ等で一般的に使用されている d 軸電流ゼロ制御を行うことが可能となり、制御も簡易に行うことができる。

40

【0022】

実施の形態 2 .

本発明の実施の形態 2 は、実施の形態 1 に非磁性材料部 14 を更に設けたものである。以下、実施の形態 2 について図を用いて説明する。図 6 に実施の形態 2 における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子の斜視図を、図 7 に回転子上段鉄心と回転子下段鉄心の間の部分の非磁性材料部を示す。なお、これらの図は実施の形態 1 と同様、回転子極数が 8 極の場合の図である。図 6 に示す通り、実施の形態 2 における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子 10 A は、回転子上段鉄心 11 a と回転子下段鉄心 11 b との間の部分に、永久磁石 12 が貫通する構造の非磁性材料部 14 を備えている。これにより、回転子上段部

50

から回転子下段部への漏洩磁束を低減することができる。さらに、永久磁石 1 2 が非磁性材料部 1 4 を貫通する構造となっているので、非磁性材料部 1 4 を設けても回転子 1 0 の軸方向で永久磁石 1 2 が無い部分が存在せず、トルクの高出力化が可能になる。

【 0 0 2 3 】

実施の形態 3 .

本発明の実施の形態 3 は、実施の形態 1 における永久磁石 1 2 の形状を平板形状に変更したものである。以下、実施の形態 3 について図を用いて説明する。図 8 に実施の形態 3 による埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子の斜視図を、図 9 にその回転子の断面図を、図 1 0 にその回転子断面の拡大図を示す。なお、これらの図は実施の形態 1 と同様、回転子極数が 8 極の場合の図である。安価な平板状の永久磁石 1 2 A を使用することで、磁石コストを低減できると共に、工作性の向上も図ることが可能となる。さらに、平板状の永久磁石 1 2 A を出来るだけ回転子 1 1 の外周面に近い部分に埋め込むことにより、電流トルク特性の直線性を向上させることができる。具体的には、電磁鋼板の厚さは 0 . 3 5 mm もしくは 0 . 5 mm が一般的であるため、製造可能な回転子鉄心の鉄心表面厚さは、電磁鋼板板厚の 2 倍程度である 0 . 7 mm ~ 1 mm となる。よって、図 1 0 における永久磁石 1 2 A の端部付近の鉄心表面厚さ h_2 が、電磁鋼板板厚の 2 倍以下もしくは 1 mm 以下となるようにすると良い。

【 0 0 2 4 】

実施の形態 4 .

本発明の実施の形態 4 は、実施の形態 1 の回転子鉄心の段数を 4 段にしたものである。以下、実施の形態 4 について図を用いて説明する。図 1 1 に実施の形態 4 による埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子の斜視図を、図 1 2 にその回転子断面の拡大図を示す。図 1 1 および図 1 2 においては、回転子鉄心の段数が 4 段で、それぞれの隣接する段が回転軸を中心として回転方向にずれている場合を示している。実施の形態 1 ~ 3 では、軸方向に 2 段に分かれている回転子鉄心 1 1 を使用した場合について述べたが、3 段以上の回転子鉄心を使用することで更なるコギングトルク低減効果が得られる。ここで、永久磁石 1 2 は、実施の形態 1 の場合と同様に、全段の回転子鉄心を貫通する孔を設け、この孔に挿入することで埋設されている。よって、回転子鉄心 1 1 のみが段毎に回転ずれており、永久磁石 1 2 は回転ずれていない。図 1 2 に示す通り、回転子の回転軸を中心にして、回転子鉄心の各段の回転子外周面曲率半径 R_{2a} 、 R_{2b} 、 R_{2c} 、 R_{2d} の中心を回転させている。回転子 1 段目鉄心 3 1 a と回転子 2 段目鉄心 3 1 b、回転子 2 段目鉄心 3 1 b と回転子 3 段目鉄心 3 1 c、回転子 3 段目鉄心 3 1 c と回転子 4 段目鉄心 3 1 d の擬似段スキュー角度となる機械角度を、それぞれ $(a - b)$ 、 $(b - c)$ 、 $(c - d)$ とする。また、回転子鉄心が n 段 (n は 2 以上の整数) の場合の理論擬似段スキュー角度 n は、 $n = 360 / (n \times \text{固定子スロット数} \times \text{回転子磁石極数の最小公倍数})$ [度] と定義される。各擬似段スキュー角度 $(a - b)$ 、 $(b - c)$ 、 $(c - d)$ を、それぞれ理論擬似段スキュー角度 n (本実施の形態の場合、 $n = 5.0 (= 360 / (3 \times 24))$ [度]) より大きくすることで、回転子鉄心が 2 段の場合以上にコギングトルクを低減できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 2 5 】

本発明は、永久磁石式回転電機において、コギングトルクやトルクリップルを低減し、またリラクタンストルクも低減し、トルク出力を高めた埋め込み型永久磁石式回転電機を提供するとともに、コギングトルクや電流 - トルク特性は、表面磁石型永久磁石式回転電機と同等の特性を有することができるため、産業上の利用可能性は大である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】実施の形態 1 における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子斜視図である。

【図 2】実施の形態 1 における埋め込み型永久磁石式回転電機の断面図である。

【図 3】実施の形態 1 における回転子断面の拡大図である。

10

20

30

40

50

【図4】埋め込み型永久磁石式回転電機のコギングトルクシミュレーション結果の図である。

【図5】埋め込み型永久磁石式回転電機のトルク出力シミュレーション結果の図である。

【図6】実施の形態2における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子斜視図である。

【図7】実施の形態2における非磁性材料部を示す図である。

【図8】実施の形態3における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子斜視図である。

【図9】実施の形態3における回転子断面図である。

【図10】実施の形態3における回転子断面の拡大図である。

【図11】実施の形態4における埋め込み型永久磁石式回転電機の回転子斜視図である。

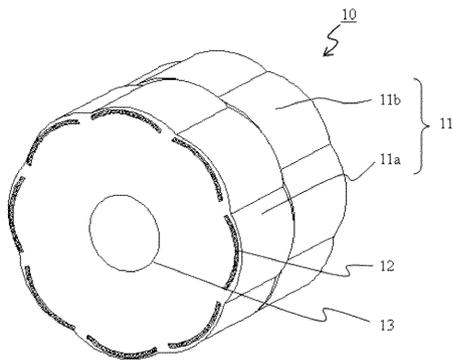
【図12】実施の形態4における回転子断面の拡大図である。

【符号の説明】

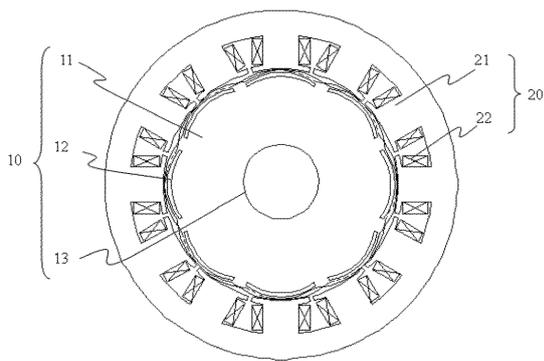
【0027】

- 10、10A、10B、10C 回転子、
- 11、11a、11b、31a、31b、31c、31d 回転子鉄心、
- 12、12A 永久磁石、13 回転軸、14 非磁性材料部。

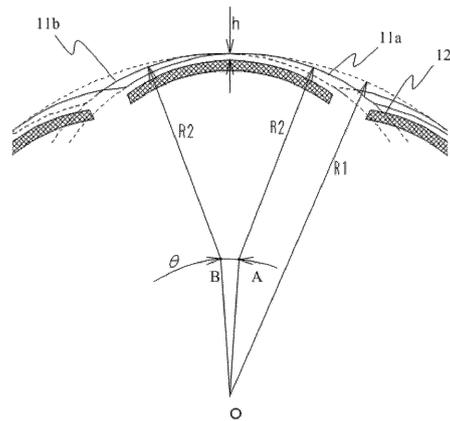
【図1】



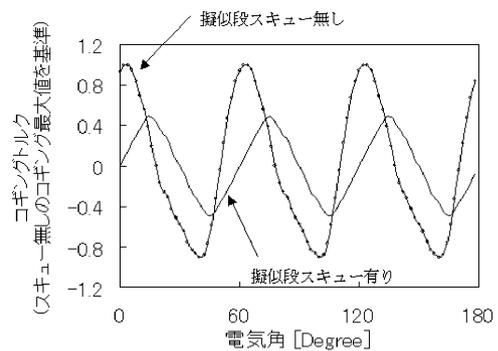
【図2】



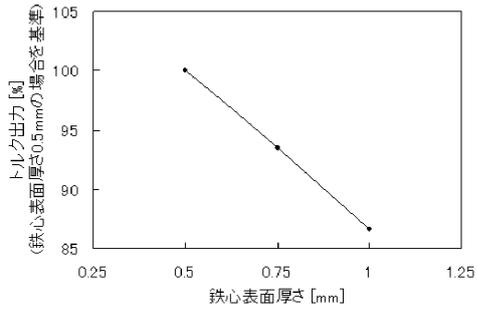
【図3】



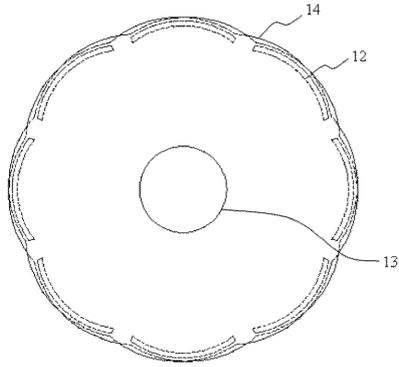
【図4】



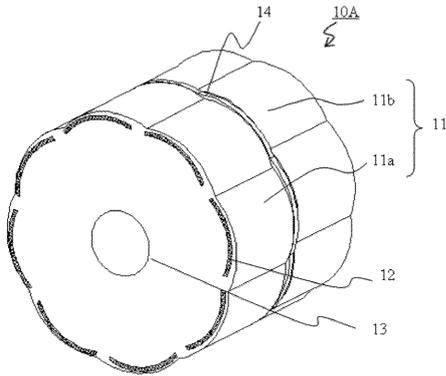
【図5】



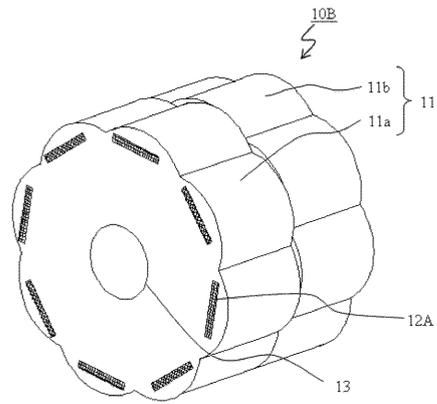
【図7】



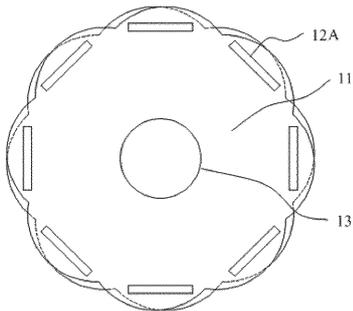
【図6】



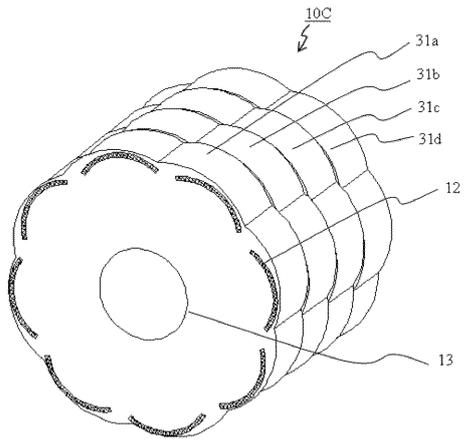
【図8】



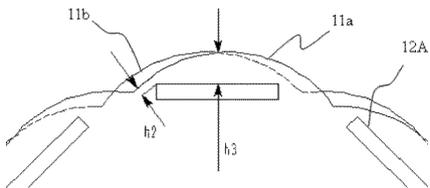
【図9】



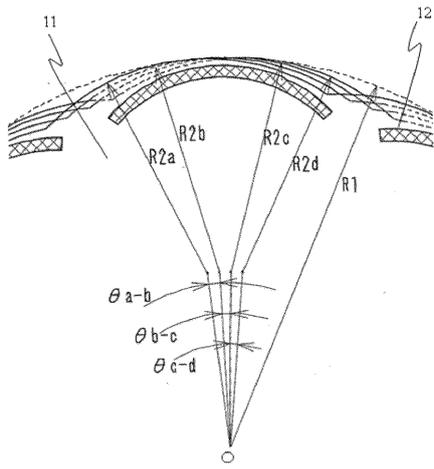
【図11】



【図10】



【 1 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 宮崎 高志
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
- (72)発明者 大塚 久
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
- (72)発明者 長谷川 治之
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

審査官 高橋 祐介

(56)参考文献 特開2000-350393(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27
H02K 21/16