

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4363746号
(P4363746)

(45) 発行日 平成21年11月11日(2009.11.11)

(24) 登録日 平成21年8月28日(2009.8.28)

(51) Int.Cl.	F I
HO2K 19/10 (2006.01)	HO2K 19/10
HO2K 1/22 (2006.01)	HO2K 1/22 A
HO2K 1/27 (2006.01)	HO2K 1/27 501A
HO2K 21/16 (2006.01)	HO2K 1/27 501C
	HO2K 1/27 501K
請求項の数 3 (全 11 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2000-154241 (P2000-154241)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成12年5月25日(2000.5.25)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2001-339919 (P2001-339919A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成13年12月7日(2001.12.7)	(73) 特許権者	500414800
審査請求日	平成16年11月15日(2004.11.15)		東芝産業機器製造株式会社
審判番号	不服2007-21991 (P2007-21991/J1)		三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地
審判請求日	平成19年8月9日(2007.8.9)	(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(72) 発明者	高橋 則雄
			神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
			株式会社東芝 京浜事業所内
		(72) 発明者	橋場 豊
			神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
			株式会社東芝 京浜事業所内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 永久磁石式リラクタンス型回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電機子コイルを持つ固定子と、前記固定子の内側に配置され、回転子鉄心と前記回転子鉄心中に埋め込まれた永久磁石とで構成される回転子を備えた永久磁石式リラクタンス型回転電機であって、

前記回転子は、

中心軸周りに等角度ピッチに設定された磁氣的に凸となる磁極部と、

前記磁極部同士に挟まれた部分各々に設定された磁氣的に凹となる磁極間部と、

前記磁氣的に凸となる磁極部の中心をd軸方向とするときに、前記回転子鉄心における前記磁極間部各々の両側それぞれに、前記電機子コイルに流れる電流が発生させるd軸方向の磁束に沿うように形成された永久磁石埋め込み穴と、

前記磁氣的に凹となる磁極間部の中心をq軸方向とするときに、前記永久磁石埋め込み穴それぞれに埋め込まれ、前記電機子コイルに流れる電流が発生させるq軸方向の磁束を打ち消す向きに磁極配向された永久磁石と、

前記永久磁石埋め込み穴それぞれの磁極間部側の縁面には形成されず、前記永久磁石埋め込み穴それぞれの磁極部側の縁面の内寄りと外寄りとの内外2カ所に前記磁極間部側の縁面に向けて突き出すように形成された永久磁石位置決め用突起とを備え、

前記永久磁石埋め込み穴の外周側端部、中心軸側端部とそこに埋め込まれた前記永久磁石の外周側端面、中心軸側端面との間それぞれに空隙部を残し、

前記内外2カ所の永久磁石位置決め用突起にて前記永久磁石の前記外周側端面と中心

軸側端面とを位置決めすると共に、前記外寄りの位置の永久磁石位置決め用突起にて前記永久磁石の回転遠心力を保持するようにしたことを特徴とする永久磁石式リラクタンس型回転電機。

【請求項 2】

前記内外 2 カ所の永久磁石位置決め用突起と共に、それらの永久磁石位置決め用突起の中間位置において、前記永久磁石埋め込み穴それぞれの磁極部側の縁面から前記永久磁石埋め込み穴の中心に向けて突き出すように永久磁石位置決め用中央突起を設け、かつ前記永久磁石にこの突起に対応した切欠き部を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 3】

前記永久磁石位置決め用突起の付け根に R 加工部を設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、永久磁石を複合した永久磁石式リラクタンス型回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】

本願出願人の先願（特願平 11 - 043869 号、特願平 11 - 122000 号）に係る永久磁石式リラクタンス型回転電機は、図 4 の径方向断面図に示す構造である。図 4 において、固定子 1 は電機子コイル 2 を有し、その内側には回転子 3 が設けられている。

【0003】

回転子 3 は回転子鉄心 4 と永久磁石 6 を備えている。回転子鉄心 4 は磁化の容易方向と困難方向を形成している。すなわち、回転子鉄心 4 は、磁氣的に凹凸を形成するために、磁化容易方向に沿って 8 個の永久磁石 6 を埋め込む永久磁石埋め込み穴 5 を設けた電磁鋼板を積層して構成される。8 個の永久磁石埋め込み穴 5 は十字状に配置されることにより 4 つの凸極を形成する。つまり、非磁性部 8 の両側に位置する永久磁石埋め込み穴 5 で挟まれる部分が磁極的な凹部で磁極間部 4 b となる。さらに、隣り合う磁極間部 4 b を通る電機子電流の磁束を打ち消すように磁化された永久磁石 6 を前記永久磁石埋め込み穴 5 に配置する。すなわち、磁極部 4 a の両側にある永久磁石 6 の関係は、磁化方向が同一であり、磁極間部 4 b の両側に位置する 2 つの永久磁石 6 は回転子 3 の円周方向において互いに磁化方向は逆となる。永久磁石 6 は好ましくはほぼ周方向に、より好ましくは磁極軸にほぼ垂直な方向に磁化されている。

【0004】

次に、上記の先願に係る永久磁石式リラクタンス型回転電機の作用について説明する。図 5 は d 軸の電機子電流による回転子鉄心 4 の磁極軸に沿った方向の成分の磁束 d を示しており、磁極部 4 a の鉄心を磁路とするため、この方向の磁路では磁気抵抗が極めて小であり、磁束が流れ易い磁氣的構成になっている。なお、符号 8 は非磁性部を示す。

【0005】

図 6 は q 軸の電機子電流による磁極間部 4 b の中央部と回転子 3 の中心を結ぶ軸に沿った方向の成分の磁束 q を示している。この磁極間部 4 b の磁束 q は非磁性部 8 と磁極間部 4 b の永久磁石 6 を横断する磁路を形成する。非磁性部 8 の比透磁率は“1”であり、永久磁石 6 の比透磁率もほぼ“1”であるので、高磁気抵抗の作用で電機子電流による磁束 q は低下する。

【0006】

磁極間の永久磁石 6 はほぼ磁極軸と垂直な方向に磁化されており、図 7 に示すように永久磁石 6 で発生した磁束は回転子鉄心の外周の境界の磁性部 7 を周方向に流れ、磁極部 4 a を通り、自己の反対の極に戻る磁気回路 m a を形成する。

【0007】

また、永久磁石 6 の一部の磁束は空隙を介して回転子 3 の磁極部 4 a 又は隣り極の永久磁

10

20

30

40

50

石 6 を通り、元の永久磁石 6 に戻る磁気回路 $m b$ も形成する。

【 0 0 0 8 】

この永久磁石 6 の鎖交磁束は図 6 に示すように q 軸の電機子電流による磁極間中心軸方向成分の磁束 q と逆方向に分布して、磁極間部 4 b から侵入する電機子磁束 q と反発し、打ち消し合う。磁極間部 4 b の外側の空隙部においては、永久磁石 6 の磁束により電機子電流が作る空隙磁束密度が低下することになり、磁極部 4 a の外側の空隙磁束密度と比較して大きく変化することになる。すなわち、回転子 3 の位置に対する空隙磁束密度の変化が大となり、磁気エネルギー変化が大となる。さらに、負荷時においては、磁極部 4 a と磁極間部 4 b との境界で磁氣的に短絡する磁性部 7 があり、負荷電流により強く磁気飽和する。これにより、磁極間に分布する永久磁石 6 の磁束が増加する。従って、非磁性部 8 と永久磁石 6 の高い磁気抵抗と永久磁石 6 の磁束により空隙磁束密度分布に変化の大きな凹凸ができるので、磁気エネルギー変化が著しく大となり、大きな出力が得られる。

10

【 0 0 0 9 】

広範囲の可変速運転を得る端子電圧の調整幅については、次のような作用となる。この提案されている永久磁石式リラクタンstype回転電機では、磁極間部 4 b の凹の部分の一部に永久磁石 6 があることから、回転子 3 の表面のほぼ全周に永久磁石 6 がある一般的な永久磁石型回転電機よりも永久磁石 6 の表面積が狭くなり、永久磁石 6 による鎖交磁束量も少なくなっている。

【 0 0 1 0 】

さらに、無励磁状態では永久磁石 6 のほとんどの磁束は磁極境界部の磁性部 7 を通り回転子鉄心 4 内の漏れ磁束となる。従って、この状態では誘導電圧は極めて小にできるので、無励磁時の鉄損は少なくなる。また、電機子コイル 2 が短絡故障した時にも過電流が小になる。

20

【 0 0 1 1 】

負荷時には、永久磁石 6 による鎖交磁束に、電機子電流（リラクタンstype回転電機の励磁電流成分とトルク電流成分）による鎖交磁束が加わって、端子電圧を誘導する。

【 0 0 1 2 】

一般的な永久磁石型回転電機では、永久磁石 6 の鎖交磁束が端子電圧のほとんどを占めているので、端子電圧を調整することは困難であるが、この永久磁石式リラクタンstype回転電機は、永久磁石 6 の鎖交磁束が小であるので、励磁電流成分を広く調整することにより、端子電圧を幅広く調整できる。すなわち、速度に応じて電圧が電源電圧以下となるように励磁電流成分を調整することができるので、基底速度から一定電圧で広範囲の可変速運転が可能となる。また、強制的に制御で弱め界磁を行って電圧を抑制していないので、高速回転時に制御が動作しなくなっても、過電圧が発生することはない。

30

【 0 0 1 3 】

さらにまた、同時に永久磁石 6 を鉄心内に埋め込むことになるので、回転子鉄心 4 が永久磁石 6 の保持機構となり、回転により永久磁石 6 が飛散するのを防止する。

【 0 0 1 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記のような構造の永久磁石式リラクタンstype回転電機では、図 6 に示したように、電機子電流が形成する回転子 3 の凹部方向の q 軸電流による磁束 " q " は、永久磁石埋め込み穴の外周側薄肉部 1 8、磁極間中央側薄肉ブリッジ部 1 9 を流れるため、 d 軸電流による磁束 " d " と q 軸電流による磁束 " q " の差が小さくなり、リラクタンstトルクが減少する。また、回転トルクには無効な q 軸電流による磁束 " q " が非磁性部 8 の外周側から永久磁石埋め込み穴 5 の外周側薄肉部 1 8 を流れる無効磁束を少なくし、かつ図 8 に示すように回転子鉄心 4 の永久磁石埋め込み穴 5 の周辺及び磁極間部 4 b の外周側は、永久磁石 6 より発生する磁束の漏れ（永久磁石無効磁束 1 7）を少なくするため、できる限り径方向に狭くすることが考えられる。しかし、この形状では、永久磁石 6 の遠心力を支えることは難しく、特に高速回転機に適用しようとした場合は、永久磁石 6 の飛散、回転子 3 の破損が生じる恐れがあった。

40

50

【 0 0 1 5 】

さらに、特性上必要となる有効磁束を確保するため、無効磁束及び漏れ磁束分の磁束量を補うため、永久磁石 6 の量を増加させることが必要であるが、回転子 3 の全体の体積に対するスペース的な問題と、永久磁石 6 の遠心力による力がさらに増加するため、強度的な問題から、単純に永久磁石 6 の量を増加させることが困難である。

【 0 0 1 6 】

また、応力集中を緩和するため、永久磁石埋め込み穴 5 において、穴の角部を円弧状にするが、永久磁石 6 の両側と永久磁石埋め込み穴 5 との間に空隙部が生じるため、永久磁石 6 を位置決めする楔 1 5 が必要となる。従って、上記の構造では、複数の楔 1 5 により永久磁石 6 を位置決めする必要があり、製作時の工数が増え、コスト高となっており、かつ永久磁石 6 及び位置決め用楔 1 5 を固定する接着剤が劣化し、接着効果がなくなった場合、永久磁石埋め込み穴 5 の外周側薄肉部 1 8 に位置決め用楔 1 5、若しくは永久磁石 6 が直接片当たりすることにより、薄肉であるため応力が集中し、永久磁石 6 の飛散、回転子 3 の破損が生じて回転電機として使用できなくなる場合があった。

【 0 0 1 7 】

さらに、永久磁石埋め込み穴 5 の両端角部の曲率半径は、大きければ大きいほど応力集中を低減することが可能であるが、上記の構造の場合、永久磁石 6 を位置決めするための楔 1 5 の形状が複雑化するため、曲率半径を永久磁石 6 の厚さ以上にすることが不可能となっており、さらなる高速回転、高出力となった場合、永久磁石 6 の遠心力による力が増加するため、永久磁石 6 の遠心力を支えることが困難となり、永久磁石 6 の飛散、回転子 3 の破損が生じる恐れがあった。

【 0 0 1 8 】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたもので、永久磁石位置決め用の楔を省略し、組立時の永久磁石挿入を容易にすることで、製作時の磁石挿入作業を機械化可能とし、かつ永久磁石を固定する接着剤が劣化した場合においても、永久磁石の飛散、及び回転の破損の恐れがなく、かつ回転子断面形状を最適化することで高出力、高効率、高速回転、信頼性及び製造性を向上させることができる永久磁石式リラクタンス型回転電機を提供することを目的とする。

【 0 0 1 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明の特徴は、電機子コイルを持つ固定子と、前記固定子の内側に配置され、回転子鉄心と前記回転子鉄心中に埋め込まれた永久磁石とで構成される回転子を備えた永久磁石式リラクタンス型回転電機であって、前記回転子は、中心軸周りに等角度ピッチに設定された磁氣的に凸となる磁極部と、前記磁極部同士に挟まれた部分各々に設定された磁氣的に凹となる磁極間部と、前記磁氣的に凸となる磁極部の中心を d 軸方向とするときに、前記回転子鉄心における前記磁極間部各々の両側それぞれに、前記電機子コイルに流れる電流が発生させる d 軸方向の磁束に沿うように形成された永久磁石埋め込み穴と、前記磁氣的に凹となる磁極間部の中心を q 軸方向とするときに、前記永久磁石埋め込み穴それぞれに埋め込まれ、前記電機子コイルに流れる電流が発生させる q 軸方向の磁束を打ち消す向きに磁極配向された永久磁石と、前記永久磁石埋め込み穴それぞれの磁極間部側の縁面には形成されず、前記永久磁石埋め込み穴それぞれの磁極部側の縁面の内寄りと外寄りの内外 2 カ所に前記磁極間部側の縁面に向けて突き出すように形成された永久磁石位置決め用突起とを備え、前記永久磁石埋め込み穴の外周側端部、中心軸側端部とそこに埋め込まれた前記永久磁石の外周側端面、中心軸側端面との間それぞれに空隙部を残し、前記内外 2 カ所の永久磁石位置決め用突起にて前記永久磁石の前記外周側端面と中心軸側端面とを位置決めすると共に、前記外寄りの位置の永久磁石位置決め用突起にて前記永久磁石の回転遠心力を保持するようにした永久磁石式リラクタンス型回転電機である。

【 0 0 2 1 】

本発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、前記内外 2 カ所の永久磁石位置決め用突起と共に、それらの永久磁石位置決め用突起の中間位置において、前記永久磁石埋め

10

20

30

40

50

込み穴それぞれの磁極部側の縁面から前記永久磁石埋め込み穴の中心に向けて突き出すように永久磁石位置決め用中央突起を設け、かつ前記永久磁石にこの突起に対応した切欠き部を設けることができる。

【0024】

また本発明の永久磁石式リラクタンس型回転電機では、前記永久磁石位置決め用の突起の付け根にR加工部を設けることができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1及び図2は本発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機の第1の実施の形態を示している。なお、以下では4極回転子の永久磁石式リラクタンス型回転電機の場合について説明するが、本発明の効果は極数によらない。

10

【0028】

固定子1は電機子コイル2を有し、回転子3を内部に収容している。回転子3は回転子鉄心4と永久磁石6を備えている。

【0029】

回転子鉄心4は磁化の容易方向と困難方向を有している。すなわち、回転子鉄心4は円周方向に磁気的な凹凸を形成するために、磁化容易方向に沿って8個の永久磁石6のそれぞれを埋め込むための永久磁石埋め込み穴5が設けられた電磁鋼板を積層して構成されている。また、8個の永久磁石埋め込み穴5は十字状配置にして、4つの凸極を形成するようにしてある。

20

【0030】

つまり、回転子鉄心4における、非磁性部8の両側に位置する永久磁石埋め込み穴5によって挟まれる部分が磁極間部4bであり、磁気的な凹部をなしている。そして、隣り合う磁極間部4bを通る電機子電流の磁束を打ち消す方向に磁化された永久磁石6を永久磁石埋め込み穴5に配置してある。すなわち、磁極部4aの両側に位置する永久磁石6は磁化方向が同一となり、磁極間部4bの両側に位置する永久磁石6は回転子3の円周方向において互いに磁化方向が逆向きになるように配置してある。

【0031】

なお、永久磁石6は、好ましくは周方向に磁化され、より好ましくは磁極軸にほぼ垂直な方向に磁化されている設定にしてある。また、磁極間部4bにある非磁性部8は空隙部によって構成してある。

30

【0032】

回転子鉄心4内の永久磁石埋め込み穴5には、当該穴内に突き出すように永久磁石位置決め用突起12が形成してある。永久磁石6と永久磁石位置決め用突起12が接する辺の長さ“X”は、永久磁石6の辺長さ“Y”に対して5%～75%の設定である。また、永久磁石位置決め用突起12の付け根部のR加工部13(逃げ)は、非磁性部8と反対側の永久磁石6の着磁方向と直角に交わる面側に設けてある。

【0033】

さらに、回転子3において、永久磁石埋め込み穴5が形成する外周側薄肉部18の半径方向厚さ“b1”は0.5mm以上とし、かつこの外周側薄肉部18の半径方向厚さ“b1”に対して円周方向長さ“b2”は450%以内に設定してある。さらにまた、回転子3において、非磁性部8を挟んで対向する永久磁石埋め込み穴5の回転子中央側の端部間に形成される薄肉ブリッジ部19の円周方向厚さ“a1”は0.5mm以上とし、かつその円周方向厚さ“a1”に対して半径方向長さ“a2”を450%以内に設定してある。

40

【0034】

次に、この第1の実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機の特性について説明する。この実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機は、先願の永久磁石式リラクタンス型回転電機と同様、永久磁石6の磁気抵抗と永久磁石6の磁束とにより空隙磁束密度分布に変化の大きな凹凸ができるので、磁気エネルギー変化が著しく大となる。また、永久

50

磁石埋め込み穴 5 に設けられた永久磁石位置決め用突起 1 2 によって永久磁石 6 が支持されるため、先願の永久磁石式リラクタンズ型回転電機で用いられていた位置決め用楔 1 5 を省くことができ、かつ組立時の磁石挿入作業が容易となり、さらには永久磁石埋め込み穴 5 に永久磁石 6 を固定する接着剤が劣化した場合においても、永久磁石位置決め用突起 1 2 により、永久磁石 6 を確実に保持することができる。

【 0 0 3 5 】

さらに、永久磁石 6 と永久磁石位置決め用突起 1 2 とが接する辺の長さ " X " を永久磁石 6 の辺長さ " Y " に対して 5 % ~ 7 5 % としている。すなわち、永久磁石位置決め用突起 1 2 の辺長さ " X " を、永久磁石 6 による遠心力を永久磁石埋め込み穴 5 の非磁性部 8 側の永久磁石着磁方向と直角に交わる面を介して支える、永久磁石埋め込み穴 5 の外周側薄肉部 1 8 と磁極間中央側の永久磁石埋め込み穴間の薄肉ブリッジ部 1 9 の応力が許容値以内 (辺長さ " X " 最小 5 %) とし、かつ永久磁石位置決め用突起 1 2 の付け根の R 加工部 1 3 の応力が許容値以内 (辺長さ " X " 最大 7 5 %) となるようにしている。これによって、永久磁石 6 の遠心力による力を、永久磁石埋め込み穴 5 の非磁性部 8 側の永久磁石着磁方向と直角に交わる面と永久磁石位置決め用突起 1 2 により効果的に分担される。

10

【 0 0 3 6 】

さらに、永久磁石位置決め用突起 1 2 の付け根の R 加工部 1 3 を、非磁性部 8 と反対側の永久磁石着磁方向と直角に交わる面側に設けることにより、永久磁石 6 と永久磁石位置決め用突起 1 2 の接する辺長さ " X " を減らすことなく R 加工部 1 3 を設けることができ、かつスペース的に余裕があるため、R 加工部 1 3 の曲率半径を大きくとり、R 加工部 1 3

20

【 0 0 3 7 】

また、永久磁石埋め込み穴 5 の外周側薄肉部 1 8 の半径方向厚さ " b 1 " を 0 . 5 mm 以上とし、かつ半径方向厚さ " b 1 " に対し、薄肉部円周方向長さ " b 2 " を 4 5 0 % 以内としているため、回転子鉄心 4 の製作時の鉄心打ち抜きによる歪み、欠陥等が発生せず (半径方向厚さ " b 1 " 0 . 5 mm 以上) 、かつ永久磁石 6 及び q 軸電流により発生する無効磁束 1 7 (漏れ磁束) が低減され、永久磁石 6 による磁束を有効に活用できるため、永久磁石 6 の量を必要最小限にすることができる。加えて、永久磁石 6 の遠心力により、永久磁石埋め込み穴 5 の外周側薄肉部 1 8 に発生する曲げ応力を最小限 (半径方向厚さ " b 1 " に対し、円周方向長さ " b 2 " 4 5 0 % 以内) に抑えることができる。

30

【 0 0 3 8 】

さらにまた、磁極間中央側の永久磁石埋め込み穴 5 間の薄肉ブリッジ部 1 9 の円周方向厚さ " a 1 " を 0 . 5 mm 以上とし、かつ円周方向厚さ " a 1 " に対し、薄肉ブリッジ部 1 9 の半径方向長さ " a 2 " を 4 5 0 % 以内としているため、回転子鉄心 4 の製作時の鉄心打ち抜きによる歪み、欠陥等が発生せず (半径方向厚さ " b 1 " 0 . 5 mm 以上) 、かつ永久磁石 6 より発生する無効磁束 1 7 (漏れ磁束) を低減でき、加えて永久磁石 6 の遠心力による力により、磁極間中央側の薄肉ブリッジ部 1 9 に発生する応力を最小限 (円周方向厚さ " a 1 " に対し、半径方向長さ " a 2 " 4 5 0 % 以内) に抑えることができる。

【 0 0 3 9 】

これにより、第 1 の実施の形態の永久磁石式リラクタンズ型回転電機では、製作時の永久磁石挿入が容易になり、機械化可能となるため、製造コストを低減できる。また永久磁石を固定する接着剤が劣化した場合でも、永久磁石を安全に保持することができ、永久磁石の飛散、回転子破損の恐れが解消でき、信頼性が向上する。

40

【 0 0 4 0 】

さらに、永久磁石の遠心力による力が効果的に分担できるので、回転子鉄心内に発生する応力を最小限に抑えることができ、信頼性が向上する。

【 0 0 4 1 】

加えて、永久磁石位置決め用突起の付け根の R 加工部の応力値を最小限に抑えることができ、高速回転及び信頼性が向上する。さらにまた、回転子鉄心内の薄肉部 (1 8 , 1 9) の形状を最適化することにより、高出力、高効率、高速回転、信頼性及び製造性が格段に

50

向上する。

【 0 0 4 2 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態の永久磁石式リラクタンس型回転電機について、図 3 に基づいて説明する。第 2 の実施の形態では、永久磁石 6 をその断面形状が台形状をなし、その底面の中央部に相当する位置を保持するように永久磁石埋め込み穴 5 に永久磁石位置決め用中央突起 1 4 を第 1 の実施の形態と同様の永久磁石位置決め用突起 1 2 と共に設けている。また永久磁石 6 の遠心力による力を、永久磁石埋め込み穴 5 の非磁性部 8 と反対側で、かつ永久磁石 6 の着磁方向と直角に交わる面側で支える構造にしている。

【 0 0 4 3 】

なお、その他の構成要素については、図 1 及び図 2 に示した第 1 の実施の形態と共通するので、同一の符号を付して示してある。

10

【 0 0 4 4 】

次に、この第 2 の実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機の特性について説明する。このように構成された永久磁石式リラクタンス型回転電機では、永久磁石位置決め用中央突起 1 4 が永久磁石埋め込み穴 5 の中央部に位置しており、永久磁石 6 の遠心力による力を比較的 average 応力が小さい回転子 3 の内周側で支えることができるため、永久磁石 6 の支持部（永久磁石位置決め用中央突起 1 4）の応力を最小限に抑えられ、かつ永久磁石 6 との接触部分が永久磁石位置決め用中央突起 1 4 の全体で接触するため、安定して永久磁石 6 を保持することができる。

【 0 0 4 5 】

20

さらに、永久磁石の遠心力による力を、永久磁石埋め込み穴 5 の非磁性部 8 と反対側で、かつ永久磁石 6 の着磁方向と直角に交わる面側で支える構造となっており、永久磁石の遠心力による力を比較的 average 応力の小さい永久磁石埋め込み穴 5 の非磁性部 8 と反対側で支えられることから、応力を最小限に抑えられる。

【 0 0 4 6 】

これにより、第 2 の実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、永久磁石を固定する接着剤が劣化した場合でも、永久磁石を安全に保持することができ、結果的に永久磁石の飛散、回転子の破損の恐れを解消でき、信頼性が向上する。さらに、永久磁石の遠心力による力を、比較的 average 応力の小さい回転子の内周側で支えられることから、永久磁石位置決め用の中央突起 1 4 の応力を最小限に抑えることができ、かつ永久磁石を安定して保持することができ、信頼性が向上する。

30

【 0 0 4 7 】

またさらに、永久磁石 6 の遠心力による力を比較的 average 応力の小さい永久磁石埋め込み穴の非磁性部 8 と反対側で支えられることから、応力を最小限に抑えることができ、かつ高出力及びより高い高速回転が可能となり、信頼性も向上する。

【 0 0 4 8 】

【発明の効果】

以上のように、本発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機によれば、回転子の鉄心内の永久磁石埋め込み穴に永久磁石位置決め用の突起を設けたので、製作時の永久磁石挿入を容易にし、機械化が可能となり、製造コストを低減でき、かつ永久磁石を固定する接着剤が劣化した場合でも永久磁石位置決め用の突起によって永久磁石を確実にかつ安全に保持することができ、永久磁石の飛散、回転子破損の恐れを解消でき、信頼性が向上する。

40

【 0 0 4 9 】

また本発明によれば、永久磁石と永久磁石位置決め用突起の接する面積を最適化することにより、永久磁石の遠心力による力を効果的に分担することが可能となり、回転子鉄心内に発生する応力を最小限に抑えることができ、信頼性も向上する。

【 0 0 5 0 】

さらにまた、回転子鉄心内の薄肉部の形状を最適化することにより、高出力、高効率、高速回転、信頼性及び製造性が格段に向上する。また、永久磁石の遠心力による力を、比較的 average 応力の小さい部分で支えることにより、支持部の応力値を最小限に抑えることがで

50

き、より高い高速回転が可能となり、信頼性も向上する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の径方向断面図。

【図 2】上記の実施の形態の回転子径方向の拡大断面図。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態の回転子径方向の拡大断面図。

【図 4】先願の発明に係る永久磁石式リラクタンس型回転電機の径方向断面図。

【図 5】上記の d 軸の電機子電流による回転子鉄心の磁極軸に沿った方向の成分の磁束 d の流れを示した径方向断面図。

【図 6】上記の q 軸の電機子電流による軸極間部 4 b を中心とした径方向の軸に沿った方向の成分の磁束 q の流れを示した径方向断面図。

10

【図 7】上記の永久磁石が発生する磁束の流れを示した径方向断面図。

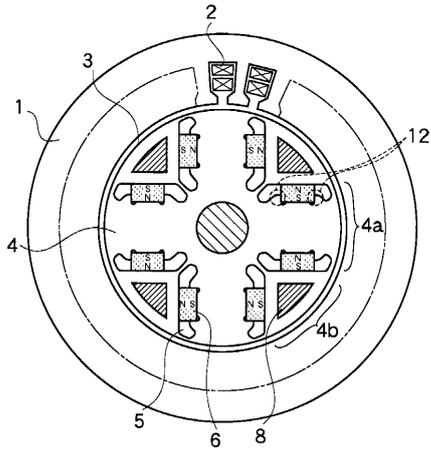
【図 8】上記の永久磁石が発生する磁束の流れを示した回転子径方向拡大断面図。

【符号の説明】

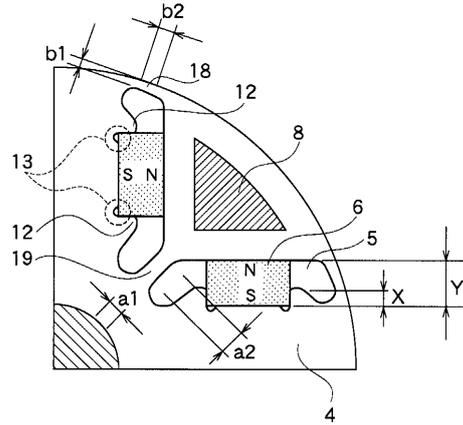
- 1 固定子
- 2 電機子コイル
- 3 回転子
- 4 回転子鉄心
- 5 永久磁石埋め込み穴
- 6 永久磁石
- 7 磁性部
- 8 非磁性部
- 1 2 永久磁石位置決め用突起
- 1 3 R加工部(逃げ)
- 1 4 永久磁石位置決め用中央突起
- 1 8 外周側薄肉部
- 1 9 薄肉ブリッジ部
- 4 a 磁極部
- 4 b 磁極間部

20

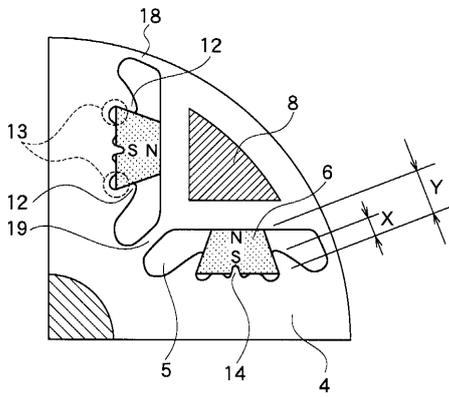
【図1】



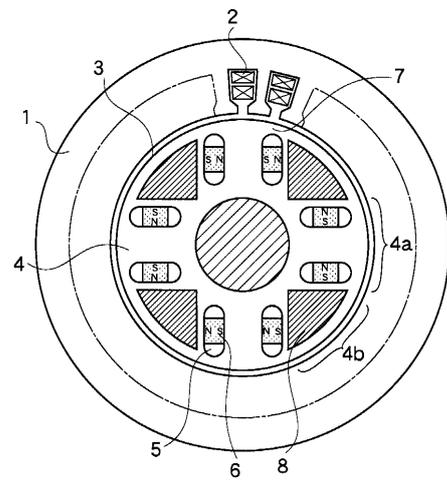
【図2】



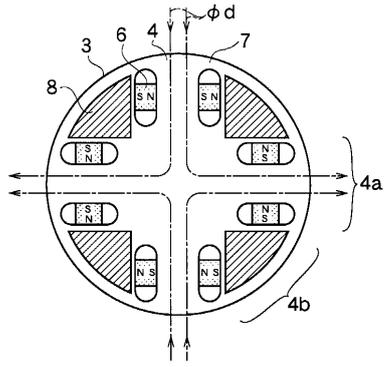
【図3】



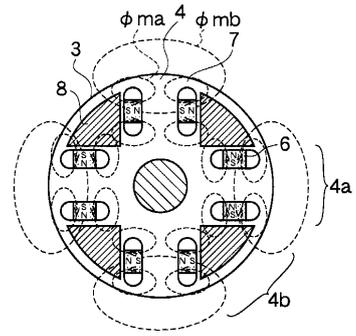
【図4】



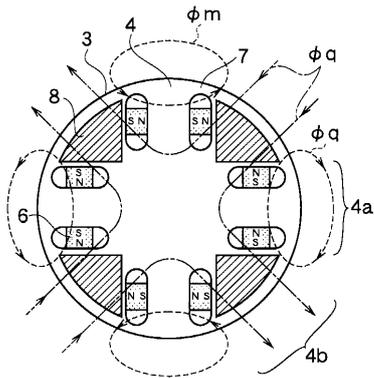
【 図 5 】



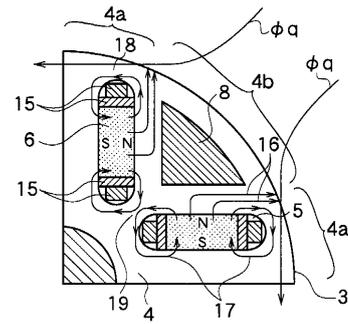
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 2 K 21/16

Z

(72)発明者 堺 和人

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内

(72)発明者 新 政憲

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内

(72)発明者 風尾 幸彦

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内

(72)発明者 荒木 貴志

三重県三重郡朝日町大字蠅生2121番地 株式会社東芝 三重工場内

(72)発明者 松原 正克

三重県三重郡朝日町大字蠅生2121番地 株式会社東芝 三重工場内

(72)発明者 平野 恭男

三重県三重郡朝日町大字蠅生2121番地 株式会社東芝産業機器製造株式会社 三重工場内

合議体

審判長 仁木 浩

審判官 大河原 裕

審判官 仁科 雅弘

(56)参考文献 特開2000-116085(JP,A)

特開平10-4643(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K1/00-19/00