

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5671860号
(P5671860)

(45) 発行日 平成27年2月18日(2015.2.18)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(51) Int.Cl. F I
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501A
 H02K 1/27 501K

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2010-167905 (P2010-167905)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成22年7月27日 (2010.7.27)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2012-29514 (P2012-29514A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成24年2月9日 (2012.2.9)	(74) 代理人	100075513
審査請求日	平成25年5月30日 (2013.5.30)		弁理士 後藤 政喜
		(74) 代理人	100114236
			弁理士 藤井 正弘
		(74) 代理人	100120260
			弁理士 飯田 雅昭
		(74) 代理人	100120178
			弁理士 三田 康成
		(72) 発明者	加藤 崇
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ローターコアに永久磁石を挿入したローターを備える回転電機において、
 前記ローターコアは、ローターコアに比べて透磁率が低い低透磁率層を一定の機械角ごとに含み、

前記永久磁石は、前記一定の機械角ごとに設けられた低透磁率層の間に設けられた複数の永久磁石で1つの磁極を形成し、その1つの磁極を形成する複数の永久磁石のなかの少なくとも1つの永久磁石は、他の永久磁石と保磁力が異なり、

前記低透磁率層は、前記複数の永久磁石で形成される磁極による磁束の方向であるd軸に対して電気的磁氣的に直交するq軸上に並び、ローターの回転中心に向けて凸の複数の略円弧状で構成され、

前記低透磁率層を構成する複数の略円弧状の間に配置される永久磁石をさらに含む、ことを特徴とする回転電機。

【請求項2】

請求項1に記載の回転電機において、

前記複数の永久磁石で形成される磁極がつくる磁束の方向であるd軸の磁路を形成する磁気抵抗のうち、永久磁石を含む磁気抵抗及び永久磁石を含まない磁気抵抗の合成磁気抵抗であるd軸合成磁気抵抗が、前記d軸に対して電気的磁氣的に直交するq軸の磁路のq軸磁気抵抗よりも小さい、

ことを特徴とする回転電機。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の回転電機において、
前記永久磁石を含む磁気抵抗は、複数の磁気抵抗で構成される、
ことを特徴とする回転電機。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の回転電機において、
前記 d 軸から遠くに位置する永久磁石ほど、保磁力が高く、残留磁束密度が小さい、
ことを特徴とする回転電機。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の回転電機において、
前記 1 つの磁極を形成する複数の永久磁石のなかで保磁力の低い永久磁石ほど、厚い、
ことを特徴とする回転電機。

10

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の回転電機において、
前記低透磁率層は、前記複数の永久磁石で形成される磁極による磁束の方向である d 軸
に対して電氣的磁氣的に直交する q 軸上において電気角 30 ~ 50 度の範囲に配置されて
、ローターの回転中心に向けて凸の少なくともひとつの略円弧状で構成される、
ことを特徴とする回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

この発明は、回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、低保磁力の永久磁石と高保磁力の永久磁石とを組み合わせ、運転に
応じて低保磁力の永久磁石の着磁状態を変化させる回転電機が開示される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 280195 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前述した従来の回転電機では、高トルクを得るべく大電流を流したとき
に、反磁界によって低保磁力の永久磁石が減磁してしまう。減磁を回避するために + d 軸
電流を通电しては、逆トルクが発生してしまうので、更にトルクが低下する、という問題
があった。

【0005】

本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたものであり、高トルク運転した
ときの永久磁石の減磁を防止することができる回転電機を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は以下のような解決手段によって前記課題を解決する。

【0007】

本発明は、ローターコアに永久磁石を挿入したローターを備える回転電機に関する。そ
してローターコアは、ローターコアに比べて透磁率が低い低透磁率層を一定の機械角ごと
に含み、また永久磁石は、一定の機械角ごとに設けられた低透磁率層の間に設けられた複
数の永久磁石で 1 つの磁極を形成し、その 1 つの磁極を形成する複数の永久磁石のなかの
少なくとも 1 つの永久磁石は、他の永久磁石と保磁力が異なることを特徴とする。低透磁
率層は、複数の永久磁石で形成される磁極による磁束の方向である d 軸に対して電氣的磁

50

轴的に直交するq軸上に並び、ローターの回転中心に向けて凸の複数の略円弧状で構成される。また、低透磁率層を構成する複数の略円弧上に間に配置される永久磁石をさらに含む。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、高速回転運転時には、保磁力が低い永久磁石が反磁界によって磁極が反転しステーターに誘起される電圧が抑制されるので、ローターの回転速度の上昇制限を抑制できる。そして、高トルク運転時には、ローター側の磁極がステーター側の磁極に引きつけられることとなって、磁束が反磁界にならないので、永久磁石の減磁を防止することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明による回転電機のローターの第1実施形態を示す断面図であり、全周の1/2(機械角180°)を示す。

【図2】最大トルク運転するときの様子を示す図である。

【図3】高速回転運転するときの様子を示す図である。

【図4】本発明による回転電機のローターの第2実施形態を示す断面図であり、全周の1/2(機械角180°)を示す。

【図5】本発明による回転電機のローターの第3実施形態を示す断面図であり、全周の1/2(機械角180°)を示す。

20

【図6】本発明による回転電機のローターの第4実施形態を示す図である。

【図7】本発明による回転電機のローターの第5実施形態を示す図である。

【図8】本発明による回転電機のローターの第6実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下では図面等を参照して本発明を実施するための形態について、さらに詳しく説明する。

(第1実施形態)

図1は、本発明による回転電機のローターの第1実施形態を示す断面図であり、全周の1/2(機械角180°)を示す。

30

【0011】

回転電機のローター1は、ローターシャフト10と、ローターコア20と、永久磁石31, 32と、を有する。

【0012】

ローターシャフト10は、ローター1の回転軸である。

【0013】

ローターコア20は、ローターシャフト10の周囲に設けられる。ローターコア20は、多数の電磁鋼板がローターシャフト方向に積層されて形成される。ローターコア20は、低透磁率層211~214を含む。低透磁率層211~214は、ローターコア20の電磁鋼板部分に比べて透磁率が低く、磁束(フラックス)が通りにくいフラックスバリアである。低透磁率層211~214は、ローターコア20に形成された空隙(空気層)であっても、その空隙に低透磁率材が充填されていてもよい。低透磁率層211~214は、一定の機械角ごとに形成される。本実施形態では、機械角180°ごとに形成される。すなわち本実施形態では、全周で6ヶ所に低透磁率層211~214が形成される。低透磁率層211~214は、q軸上に並び、なおq軸については後述する。低透磁率層211~213は、ローターシャフト10に向けて凸の複数の略円弧状である。低透磁率層214は、一方の縁が低透磁率層213に沿って、他方の縁がローターシャフト10の外周に沿った形状である。

40

【0014】

永久磁石31, 32は、一定の機械角ごとに形成された低透磁率層211~214の間

50

に配置される。本実施形態では、機械角 180° ごとに形成される。すなわち本実施形態では、全周で6ヶ所に配置される。1つの磁極を形成する永久磁石32は、2つである。すなわち、この2つの永久磁石32と永久磁石31との3つの永久磁石で1つの磁極を形成する。そして隣設する磁極は交互に異なる。すなわち右上の永久磁石31, 32は、すべて、ローター外周側がN極であり、ローターシャフト側がS極である。左上の永久磁石31, 32は、すべて、ローター外周側がS極であり、ローターシャフト側がN極である。これらひとつの磁極を形成する3つの永久磁石がつくる磁束の方向がd軸である。永久磁石31は、このd軸上に配置される。2つの永久磁石32は、永久磁石31の両側に位置する。d軸に対して電氣的磁氣的に直交する方向がq軸である。そして永久磁石31及び2つの永久磁石32の3つの永久磁石は、電気角 180° 以内の範囲に配置される。すなわち永久磁石31及び2つの永久磁石32の3つの永久磁石は、2つのq軸に挟まれる範囲に配置される。永久磁石31及び永久磁石32は、保磁力が異なる。永久磁石31は、永久磁石32よりも保磁力が高い。換言すれば永久磁石32は、永久磁石31よりも保磁力が低い。そして永久磁石31は、永久磁石32よりも薄い。換言すれば永久磁石32は、永久磁石31よりも厚い。

10

【0015】

次に第1実施形態の作用効果を説明する。

【0016】

図2は、最大トルク運転するときの様子を示す図である。

【0017】

図2(A)は、磁石トルクを最大限に利用して最大トルク運転するときの様子を示す。

20

【0018】

本実施形態のローター1を用いて図2(A)の左回りに最大トルク運転する場合であって、磁石トルクを最大限に利用するには、図2(A)に示すようなステーター磁界にする。すなわちq軸(図2(A)の真上)のステーター2にS極を形成する。そして右斜上方に位置するq軸にN極を形成する。

このようにすると、永久磁石31, 32で形成された磁極(N極)がステーター2のN極に反発するとともに、S極に引きつけられるので、磁石トルクを最大限に利用することができる。

【0019】

図2(B)は、リラクタンストルクを最大限に利用して最大トルク運転するときの様子を示す。

30

【0020】

同様に本実施形態のローター1を用いて図2(B)の左回りに最大トルク運転する場合であって、リラクタンストルクを最大限に利用するには、図2(B)に示すようなステーター磁界にする。すなわちd軸よりもやや進角したステーター2にS極を形成する。そしてそのS極から電氣的に 180° 遅角したステーター2にN極を形成する。このようにすると、ステーターのN極-S極間の磁束が、低透磁率層211~214の間の電磁鋼板部分を通る。そしてこの磁束経路が最短になるように、ローターが左回転する。したがってこのようなステーター磁界にすることで、リラクタンストルクを最大限に利用できる。

40

【0021】

図2(C)は、磁石トルク及びリラクタンストルクの合成トルクを最大限に利用して最大トルク運転するときの様子を示す。

【0022】

上述のように、磁石トルクを最大限に利用するときのステーター磁界と、リラクタンストルクを最大限に利用するときのステーター磁界とは、相違する。そこで両トルクの合成トルクを最大限に利用するためには、図2(C)に示すように、図2(A)及び図2(B)の間のステーター磁界にする。このようにしたときには、永久磁石31, 32で形成された磁極(N極)がステーター2のS極に引きつけられる。すなわち、ローター側の磁極がステーター側の磁極に引きつけられることとなるので、磁束は、図2(C)に矢印で示すようにな

50

り、反磁界にならないので、永久磁石が減磁しない。

【0023】

図3は、高速回転運転するときの様子を示す図である。

【0024】

ローターの回転が高速になるにつれて、ローターに埋め込まれた永久磁石によってステーター側に誘起される電圧が大きくなる。するとステーターに電流が流れにくくなるので、回転速度を上げることが困難になる。

【0025】

しかしながら本実施形態のローターを用いて、図3に示すように、d軸のステーター2にN極を形成すれば(これはパルス的に極微小時間でよい)、反磁界によって保磁力が低い永久磁石32の磁極が反転する。すなわち永久磁石32は、ローター外周側がS極になり、ローターシャフト側がN極になる。すると図3に示すように、一部の磁束は永久磁石31から永久磁石32へ通るので、ステーター2に誘起される電圧が抑制される。そしてステーター2に、高速回転移動する磁界が形成されることで、ローター1が高速回転するので、ローター1の回転速度の上昇制限を抑制できる。

10

【0026】

また本実施形態によれば、高保磁力の永久磁石31がd軸に配置され、その両側に低保磁力の永久磁石32が配置されて、ひとつの磁極が3つの永久磁石で構成される。このような構成によれば、着磁/減磁が発生しても起磁力分布がd軸を中心として対称となる。また磁石数が多くなればなるほど磁石端部の漏洩磁束が増加してしまい、有効に活用できる磁束が減少するが、本実施形態のような構成であれば、必要最低限の磁石数で1磁極が構成されることとなる。したがって、磁石端部における漏洩が最低限に抑えられ、磁石量あたりのトルクを高くすることができる。

20

【0027】

また1つの磁極を構成する磁石は電気角180度以内に配置され、結果的に極間には磁石は配置されないこととなる。

【0028】

さらに低保磁力の永久磁石32は、高保磁力の永久磁石31よりも厚い。

【0029】

低保磁力の永久磁石32は、大トルク発生時には残留磁束密度が高くなるようにステーターからの界磁によって完全着磁が行われる。ステーターが発生し得る磁界強度から、磁石の最大厚みが規定される。一方でモーターが回転するときには、永久磁石に反磁界が作用する。この反磁界で減磁が発生しないように最低厚みを決めなければならない。そこで低保磁力の永久磁石32は、高保磁力の永久磁石31よりも厚くしたのである。

30

【0030】

このように、低保磁力の永久磁石32を、高保磁力の永久磁石31よりも厚くすることで、通常の運転では低保磁力磁石32の着磁状態に影響を与えることなく、着磁減磁制御できるようになる。

【0031】

さらにまた低透磁率層211~214によって、低透磁率層211~214に挟まれた電磁鋼板部分には略円弧状である。そのため、電磁鋼板部分の形状とd軸経路とがほぼ同一の形状となり、磁束の流れを障害しない。

40

【0032】

(第2実施形態)

図4は、本発明による回転電機のローターの第2実施形態を示す断面図であり、全周の1/2(機械角180°)を示す。

【0033】

なお以下では前述と同様の機能を果たす部分には同一の符号を付して重複する説明を適宜省略する。

【0034】

50

本実施形態では、回転電機のローターは、特に、1つの磁極を3つの永久磁石(1つの高保磁力永久磁石31と2つの低保磁力永久磁石32)で形成するとともに、永久磁石31の着磁方向ベクトルと永久磁石32の着磁方向ベクトルとのなす角 [deg]が次式(1)を満たすようにした。

【0035】

【数1】

$$\theta = \frac{360}{2 \times p} \dots (1)$$

ただし

p : 極数

10

【0036】

図4では、6極なので、 $\theta = 30 \text{ deg}$ である。

このように構成することで、各永久磁石の着磁方向が、d軸磁路方向と一致するので、正しく着磁/減磁される。すなわち、低保磁力磁石の配向方向とd軸磁束の流れる方向が一致するので、正しく着磁/減磁される。

【0037】

なお上式(1)からズレるにしたがって効果が低下するものの、効果が全く得られなくなるのではない。したがって、 θ は厳密に上式(1)を満たすのみならず、ある程度のズレがあってもよい。

20

【0038】

(第3実施形態)

図5は、本発明による回転電機のローターの第3実施形態を示す断面図であり、全周の $1/2$ (機械角 180°)を示す。

【0039】

本実施形態では、回転電機のローターは、特に、低透磁率層211~214は、q軸上に並ぶとともに、q軸を中心とする電気角 $30 \sim 50$ 度の範囲内に配置される。すなわち図5で $\theta = 30 \sim 50 \text{ deg}$ である。

【0040】

低透磁率層211~214によって、低透磁率層211~214に挟まれた電磁鋼板部分には略円弧状である。そのため、電磁鋼板部分の形状とd軸経路とがほぼ同一の形状となり、磁束の流れを阻害しない。

30

【0041】

また低透磁率層211~214は、q軸上に並ぶとともに、q軸を中心とする電気角 $30 \sim 50$ 度の範囲内に配置される。このように配置することで、一つの磁極 180 度のうち、 $130 \sim 150$ 度が磁束を発生する角度となり、ギャップ磁束密度分布中に含まれる歪が小さく抑えられる(一般的に電気角 140 度前後で歪が小さくなる)。

【0042】

電気角でみたq軸の占有幅を上述のようにすることで、ギャップ磁束密度分布の歪率を小さく抑えることができる。つまり同一磁石量あたりの基本波比率を高めることができる

40

とともに鉄損も小さくできる。

【0043】

(第4実施形態)

図6は、本発明による回転電機のローターの第4実施形態を示す図である。

【0044】

d軸磁路は、図6(A)に示すように、q軸に直交するとともに、d軸に一致する磁路である。

【0045】

q軸磁路は、図6(B)に示すように、d軸に直交するとともに、q軸に一致する磁路である。

50

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、回転電機のローターは、特に、d軸の磁路が、永久磁石を含む磁路と永久磁石を含まない磁路に低透磁率層を介して磁氣的に独立に構成されている。そして、d軸の磁路を形成する磁気抵抗のうち、永久磁石を含む磁気抵抗 R₁ 及び永久磁石を含まない磁気抵抗 R₂ の合成磁気抵抗である d 軸合成磁気抵抗 R_d が、q 軸の磁路の q 軸磁気抵抗 R_q よりも小さくなるようにした。

【 0 0 4 7 】

ここで永久磁石を含む磁気抵抗 R₁ 及び永久磁石を含まない磁気抵抗 R₂ の合成磁気抵抗である d 軸合成磁気抵抗 R_d は、次式(2)で表される。

【 0 0 4 8 】

【数2】

$$R_d = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 9 】

そして次式(3)を満足するようにしたのである。

【 0 0 5 0 】

【数3】

$$R_q > R_d \quad \dots (3)$$

【 0 0 5 1 】

このように、d 軸磁路を永久磁石を含む磁路と永久磁石を含まない磁路に低透磁率層を介して磁氣的に独立に構成し、そして上式(3)を満足するように構成したので、磁石の着磁状態によらず、L_d > L_q の順突極性が確保される。

【 0 0 5 2 】

(第5実施形態)

図7は、本発明による回転電機のローターの第5実施形態を示す図である。

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、回転電機のローターは、特に、d 軸の永久磁石を含む磁路 R₁ が低透磁率層を介して複数に分割されて構成される。すなわち永久磁石を含む磁路 R₁ は、R₁_{__1} 及び R₁_{__2} よって構成される。そして低透磁率層を構成する複数の略円弧状の間にも低保磁力の永久磁石 3₃ が配置される。

【 0 0 5 4 】

本実施形態によれば、永久磁石を含む複数の d 軸磁路が並列に配置されるので、ローター表面で考えたときに起磁力が分布する電気角度範囲を広くできる。したがって、起磁力分布に含まれる基本波磁束成分が増加し、トルクが向上する。

【 0 0 5 5 】

(第6実施形態)

図8は、本発明による回転電機のローターの第6実施形態を示す図である。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、回転電機のローターは、特に、d 軸の永久磁石を含む磁路 R₁ が低透磁率層を介して複数に分割されて構成される。すなわち永久磁石を含む磁路 R₁ は、R₁_{__1} 及び R₁_{__2} よって構成される。そして低透磁率層を構成する複数の略円弧状の間にも低保磁力の永久磁石 3₃ が配置される。そして、d 軸から離れる永久磁石ほど、保磁力が高く、残留磁束密度が小さい。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、永久磁石を含む複数の磁気回路によって d 軸磁路が構成され、d 軸中心の永久磁石 3₁ は、低保磁力、高残留磁束密度であり、d 軸から離れる永久磁石ほど、保磁力が高く、残留磁束密度が小さくなるようにした。このようにすれば、ギャップ表面 2₂ における磁束密度分布波形が正弦波状に近づくので、トルク脈動や振動騒音が小さく

10

20

30

40

50

、鉄損も小さくできる。すなわち、本実施形態では、複数の永久磁石を配置し、かつ中央部は起磁力が大きく、端部は起磁力が小さく、保磁力が大きい磁石を配置している。このようにすることで、ローター表面のギャップ磁束密度分布を略正弦波状に形成することができ、トルク脈動が小さく、鉄損の小さい電動機を提供できるのである。

【0058】

以上説明した実施形態に限定されることなく、その技術的思想の範囲内において種々の変形や変更が可能であり、それらも本発明の技術的範囲に含まれることが明白である。

【0059】

たとえば、極数や、永久磁石数、低透磁率層の層数などは、適宜変更してよい。

【0060】

また低透磁率層は、ローターコアに形成された空隙(空気層)であっても、その空隙に低透磁率材が充填されていてもよい。

【符号の説明】

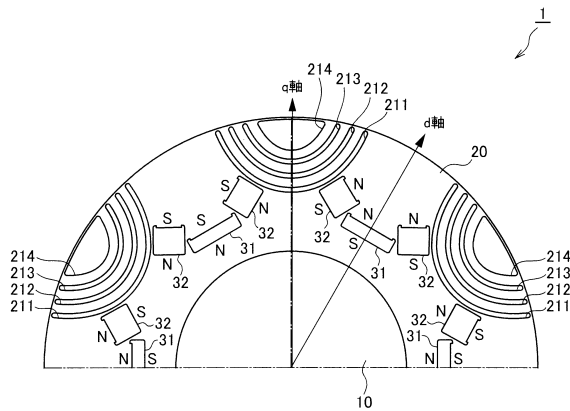
【0061】

- 1 ローター
- 2 ステーター
- 10 ローターシャフト
- 20 ローターコア
- 211 ~ 214 低透磁率層
- 31 ~ 33 永久磁石

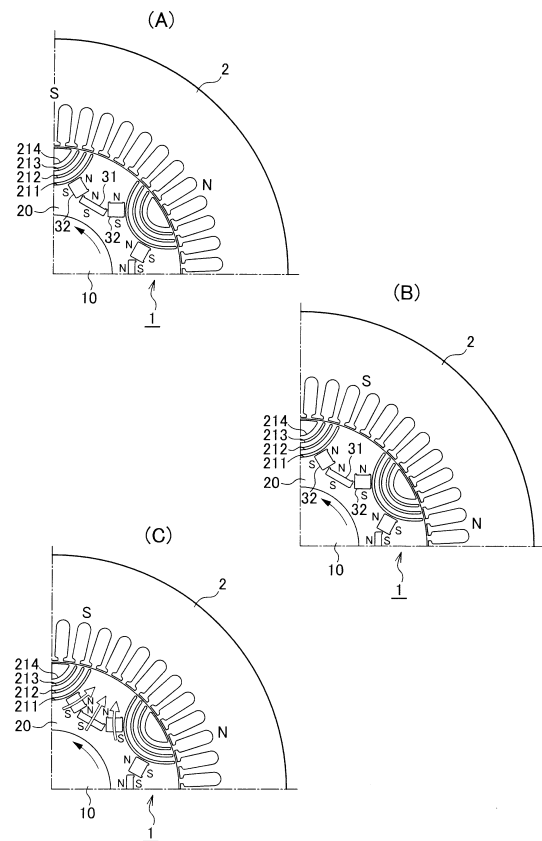
10

20

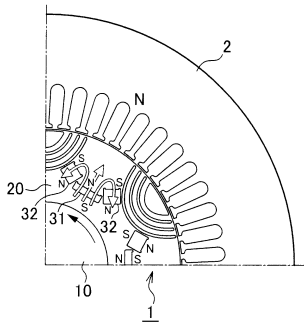
【図1】



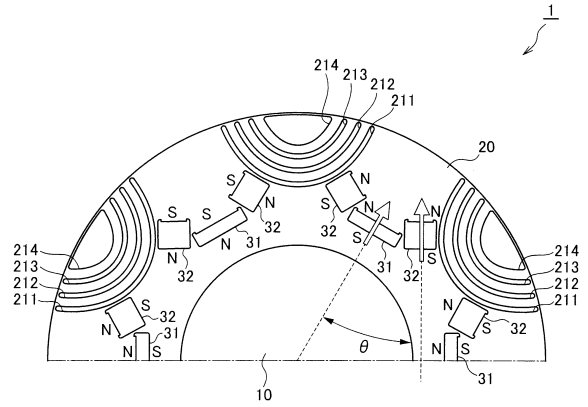
【図2】



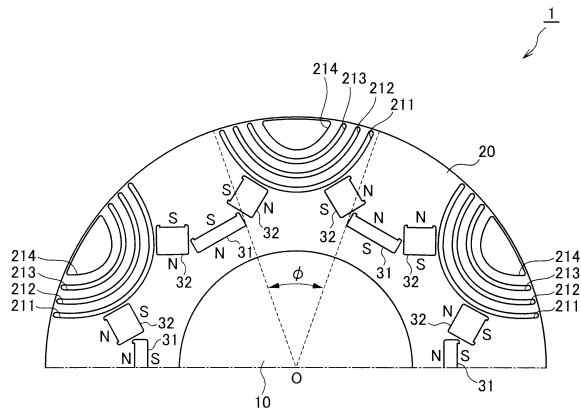
【 図 3 】



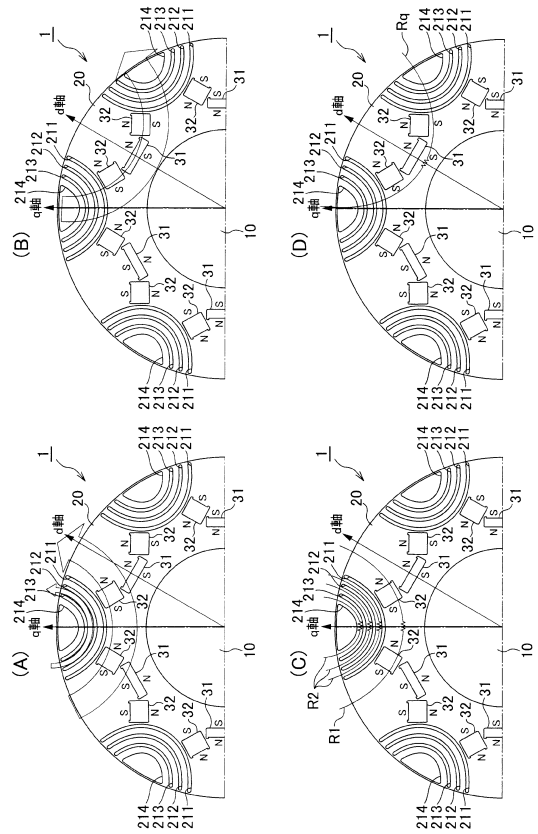
【 図 4 】



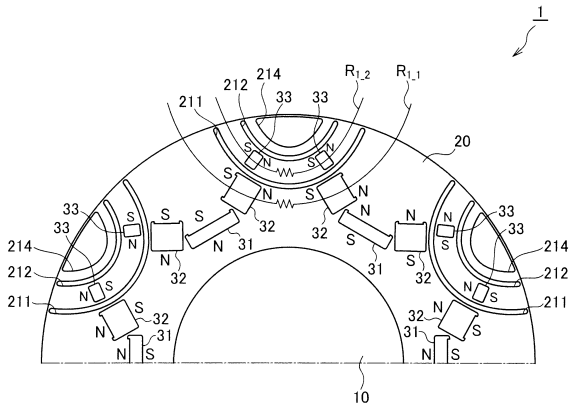
【 図 5 】



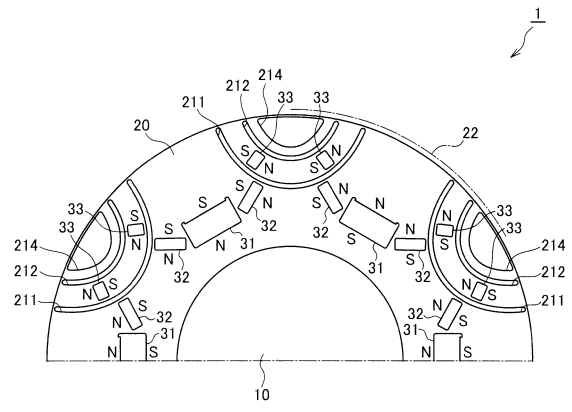
【 図 6 】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

審査官 宮崎 基樹

- (56)参考文献 特開2008-283806(JP,A)
特開2006-280195(JP,A)
特開2007-336707(JP,A)
特開2001-119877(JP,A)
特開2000-037052(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27