

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-161742
(P2023-161742A)

(43)公開日 令和5年11月8日(2023.11.8)

(51)国際特許分類
H 0 2 K 1/276(2022.01)

F I
H 0 2 K 1/276

テーマコード (参考)
5 H 6 2 2

審査請求		未請求	請求項の数	7	O L	(全21頁)
(21)出願番号	特願2022-72266(P2022-72266)	(71)出願人	000144027			
(22)出願日	令和4年4月26日(2022.4.26)		株式会社ミツバ			
			群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地			
		(74)代理人	100161207			
			弁理士 西澤 和純			
		(74)代理人	100126664			
			弁理士 鈴木 慎吾			
		(74)代理人	100196689			
			弁理士 鎌田 康一郎			
		(72)発明者	大堀 竜			
			群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地			
			株式会社ミツバ内			
		Fターム (参考)	5H622 AA03 CA02 CA07 CA13 CB04 CB05 PP03			

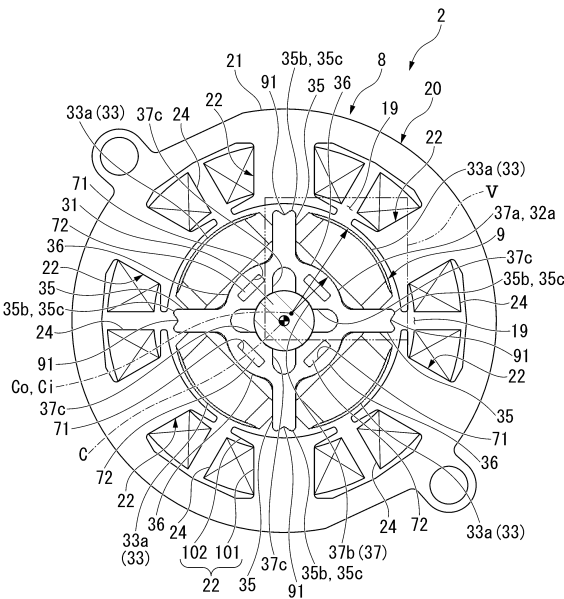
(54)【発明の名称】 電動モータ

(57)【要約】

【課題】大型化することなくロータの有効磁束を増大でき、効率よく高トルク化を図ることができる電動モータを提供する。

【解決手段】ステータコア本体21及びティース22からなるステータコア20を有するステータ8と、ティース22に巻回されるコイル24と、シャフト31と、シャフト31に固定され、シャフト31の回転軸線Cを径方向中心とするロータコア本体37を有するロータコアと、ロータコア本体37の外周面37aで、かつ周方向で隣り合うロータ突極35の間のそれぞれに配置された複数の主磁石33と、ロータコア本体37に回転軸線C方向に貫通して形成され、かつ径方向でロータ突極35と対向する位置を避けて形成された複数の副磁石収納孔71と、各副磁石収納孔71にそれぞれ収納された複数の副磁石72と、を備え、主磁石33及び副磁石72の磁極の向きは、同じ向きである。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

環状のステータコア本体、及び前記ステータコア本体の内周面から径方向内側に向かって突出する複数のティースからなるステータコアを有するステータと、
前記ティースに巻回されるコイルと、
前記ステータコアの径方向内側で回転軸線回りに回転するシャフトと、
径方向中心に前記シャフトを嵌合可能なシャフト挿通孔が形成されたロータコア本体、
及び前記ロータコア本体の外周面から径方向外側に向かって突出形成された複数のロータ突極を有するロータコアと、
前記ロータコア本体の外周面で、かつ周方向で隣り合う前記ロータ突極の間のそれぞれに配置された複数の主磁石と、
前記ロータコア本体に前記回転軸線方向に貫通して形成され、かつ径方向で前記ロータ突極と対向する位置を避けて形成された複数の副磁石収納孔と、
各前記副磁石収納孔にそれぞれ収納された複数の副磁石と、
を備え、
前記主磁石及び前記副磁石の磁極の向きは、同じ向きであることを特徴とする電動モータ。

10

【請求項 2】

前記回転軸線と前記ロータ突極の径方向外側端部との間の距離を L_1 とし、前記回転軸線と前記主磁石の周方向側面で、かつ外周面側の角部との間の距離を L_2 としたとき、
各前記距離 L_1 、 L_2 は、
 $L_1 \geq L_2$

20

を満たす

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電動モータ。

【請求項 3】

前記ロータコア本体の外周面と前記副磁石収納孔との間の最小隙間を G_1 とし、前記シャフト挿通孔と前記副磁石収納孔との間の最小隙間を G_2 とし、前記ロータ突極の周方向の最小幅を W_p としたとき、最小隙間 G_1 、 G_2 及び最小幅 W_p は、
 $G_1 + G_2 \geq W_p / 2$

を満たす

30

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電動モータ。

【請求項 4】

前記副磁石収納孔及び前記副磁石は、周方向で隣り合う前記ロータ突極の間に複数設けられているとともに、

前記副磁石収納孔及び前記副磁石は、前記副磁石による前記ロータコア本体の表面磁束密度が径方向で対向する前記主磁石の周方向中央で高くなるように設けられている
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電動モータ。

【請求項 5】

前記副磁石は、前記回転軸線方向からみて径方向に向かって凸となるように弧状に形成されている

40

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電動モータ。

【請求項 6】

前記主磁石は、前記ロータコア本体における前記回転軸線方向の両端面のうちの少なくとも一方の端面よりも前記回転軸線方向の外側に突出したオーバーハング部を有する
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電動モータ。

【請求項 7】

前記ロータコア本体における前記回転軸線方向の両端面と前記副磁石における前記回転軸線方向の両端面とは、同一平面上に位置している
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電動モータ。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動モータに関する。

【背景技術】

【0002】

電動モータの中には、コイルが巻回されたティースを有するステータと、ステータの径方向内側に回転自在に設けられたロータと、を備えるものがある。周方向で隣り合うティース間には、スロットが形成される。このスロットを通して各ティースにコイルが巻回される。ステータやロータは、電磁鋼板をシャフトの回転軸線方向（以下、単に軸方向という）に積層したり、軟磁性粉を加圧成形したりすることにより形成される。

10

【0003】

ステータには、コイルに給電を行うことにより鎖交磁束が形成される。ロータは、シャフトと、このシャフトに嵌合固定される円柱状のロータコアと、ロータコアに設けられた永久磁石と、を有する。そして、ステータに形成された鎖交磁束とロータコアに設けられた永久磁石との間に磁気的な吸引力や反発力が生じ、ロータが継続的に回転される。

【0004】

ここで、電動モータの高トルク化を図るために、ロータの有効磁束量を増大させることが考えられる。永久磁石の有効磁束を増大させるための1つの手段として希土類磁石を用いたり焼結磁石を用いたりすることが考えられる。このような場合、製造コストが増大したり永久磁石の成形時に割れやすくなったりしてしまう。

20

【0005】

このため、ステータ及びロータコアにおける軸方向の長さよりも永久磁石における軸方向の長さを長くする場合がある。ステータの軸方向一端よりも永久磁石の軸方向一端を軸方向外側に突出させることにより、ロータの有効磁束量を増大できる。よって、ステータに形成された鎖交磁束を、ロータの回転力に効率的に寄与させることができ、電動モータを高トルク化できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2019-187132号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら上述の従来技術では、永久磁石の軸方向の長さが長くなる分、電動モータが大型化してしまうという課題があった。

また、ロータコアの軸方向一端よりも軸方向外側に突出した永久磁石のうちの径方向内側面には、ロータコアが存在していない。このため、永久磁石の軸方向一端部のうちの径方向内側面の磁束は、単なる漏れ磁束となってしまう。結果的に、永久磁石の有効磁束が減少してしまい、電動モータを効率よく高トルク化しにくいという課題があった。

【0008】

40

そこで、本発明は、大型化することなくロータの有効磁束を増大でき、効率よく高トルク化を図ることができる電動モータを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明の第1態様では、環状のステータコア本体、及び前記ステータコア本体の内周面から径方向内側に向かって突出する複数のティースからなるステータコアを有するステータと、前記ティースに巻回されるコイルと、前記ステータコアの径方向内側で回転軸線回りに回転するシャフトと、径方向中心に前記シャフトを嵌合可能なシャフト挿通孔が形成されたロータコア本体、及び前記ロータコア本体の外周面から径方向外側に向かって突出形成された複数のロータ突極を有するロータコアと、前記

50

ロータコア本体の外周面で、かつ周方向で隣り合う前記ロータ突極の間のそれぞれに配置された複数の主磁石と、前記ロータコア本体に前記回転軸線方向に貫通して形成され、かつ径方向で前記ロータ突極と対向する位置を避けて形成された複数の副磁石収納孔と、各前記副磁石収納孔にそれぞれ収納された複数の副磁石と、を備え、前記主磁石及び前記副磁石の磁極の向きは、同じ向きである。

【0010】

このように構成することで、主磁石の軸方向を長くすることなく、副磁石によってロータの有効磁束を増大できる。このため、電動モータを大型化することなく、電動モータを効率よく高トルク化できる。

また、ロータ突極によりリラクタンストルクを利用できるので、電動モータをさらに効率よく高トルク化できる。

【0011】

本発明の第2態様では、第1態様の電動モータにおいて、前記回転軸線と前記ロータ突極の径方向外側端部との間の距離を L_1 とし、前記回転軸線と前記主磁石の周方向側面で、かつ外周面側の角部との間の距離を L_2 としたとき、各前記距離 L_1 、 L_2 は、 $L_1 \geq L_2$ を満たす。

【0012】

このように構成することで、リラクタンスを最大限利用することができる。ロータ突極に流れる磁束によって、主磁石の周方向両側面が減磁されてしまうことも抑制できる。このため、電動モータをさらに効率よく高トルク化できる。

【0013】

本発明の第3態様では、第1態様又は第2態様の電動モータにおいて、前記ロータコア本体の外周面と前記副磁石収納孔との間の最小隙間を G_1 とし、前記シャフト挿通孔と前記副磁石収納孔との間の最小隙間を G_2 とし、前記ロータ突極の周方向の最小幅を W_p としたとき、最小隙間 G_1 、 G_2 及び最小幅 W_p は、 $G_1 + G_2 \geq W_p / 2$ を満たす。

【0014】

このように構成することで、副磁石によってリラクタンストルクを得るための磁束の流れを阻害してしまうことを抑制できる。このため、確実にリラクタンストルクを利用でき、電動モータを効率よく高トルク化できる。

【0015】

本発明の第4態様では、第1態様から第3態様のいずれか1項の電動モータにおいて、前記副磁石収納孔及び前記副磁石は、周方向で隣り合う前記ロータ突極の間に複数設けられているとともに、前記副磁石収納孔及び前記副磁石は、前記副磁石による前記ロータコア本体の表面磁束密度が径方向で対向する前記主磁石の周方向中央で高くなるように設けられている。

【0016】

このように、主磁石の周方向中央で表面磁束密度を高くすることにより、周方向で隣り合う主磁石間の磁束の変化を抑制できる。この結果、コギングトルクを低減できる。さらに、ロータコア本体の表面磁束密度のピーク値もできる限り大きくできる。このため、電動モータを効率よく高トルク化できる。

【0017】

本発明の第5態様では、第1態様から第3態様のいずれか1項の電動モータにおいて、前記副磁石は、前記回転軸線方向からみて径方向に向かって凸となるように弧状に形成されている。

【0018】

このように構成することで、ロータコア本体の副磁石を配置可能なスペースをできる限り有効活用して副磁石を大型化できる。このため、ロータの有効磁束をさらに増大できる。

【0019】

本発明の第6態様では、第1態様から第5態様のいずれか1項の電動モータにおいて、

前記主磁石は、前記ロータコア本体における前記回転軸線方向の両端面のうちの少なくとも一方の端面よりも前記回転軸線方向の外側に突出したオーバーハング部を有する。

【0020】

このように構成することで、主磁石を大型化でき、ロータの有効磁束をさらに増大できる。また、副磁石によって、オーバーハング部の径方向内側面から流れる磁束を保持できる。このため、主磁石の磁束を最大限有効活用でき、電動モータを効率よく高トルク化できる。

【0021】

本発明の第7態様では、第1態様から第6態様のいずれか1項の電動モータにおいて、前記ロータコア本体における前記回転軸線方向の両端面と前記副磁石における前記回転軸線方向の両端面とは、同一平面上に位置している。

10

【0022】

例えば、ロータコア本体の軸方向端面から副磁石が突出されてしまうと、この突出した箇所が邪魔になってロータの組み付け性が悪化してしまう。一方、ロータコア本体における軸方向の長さよりも副磁石における軸方向の長さが短いと、ロータの有効磁束が減少してしまう。このため、ロータコア本体における回転軸線方向の両端面と副磁石における回転軸線方向の両端面とを同一平面上にすることにより、ロータの組み付け性を悪化させることなく、ロータの有効磁束を最大限増大させることができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、大型化することなくロータの有効磁束を増大でき、効率よく電動モータを高トルク化できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施形態における減速機付きモータの斜視図である。

【図2】図1のI-I線に沿う断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態におけるステータ及びロータの構成図である。

【図4】本発明の第1実施形態におけるロータの斜視図である。

【図5】図3のV部拡大図である。

【図6】本発明の第1実施形態におけるロータへのステータの鎖交磁束の流れを示す説明図である。

30

【図7】本発明の第2実施形態のロータを軸方向からみた平面図である。

【図8】本発明の第3実施形態のロータを軸方向からみた平面図である。

【図9】本発明の第3実施形態における変形例のロータを軸方向からみた平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

次に、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0026】

<減速機付きモータ>

図1は、減速機付きモータ1の斜視図である。図2は、図1のI-I線に沿う断面図である。

40

減速機付きモータ1は、例えば、車両のワイパー装置の駆動源として用いられる。

図1、図2に示すように、減速機付きモータ1は、電動モータ2と、電動モータ2の回転を減速して出力する減速部3と、電動モータ2の駆動制御を行うコントローラ部4と、を備える。

【0027】

以下の説明において、単に「軸方向」という場合は、電動モータ2のシャフト31における中心軸（電動モータ2の回転軸線C）と平行な方向を意味するものとする。単に「周方向」という場合は、シャフト31の周方向（回転方向）を意味するものとする。単に「径方向」という場合は、軸方向及び周方向に直交するシャフト31の径方向を意味するも

50

のとする。

【0028】

<電動モータ>

電動モータ2は、モータケース5と、モータケース5内に収納されている円筒状のステータ8と、ステータ8の径方向内側に設けられ、ステータ8に対して回転自在に設けられたロータ9と、を備える。電動モータ2は、ステータ8に電力を供給する際にブラシを必要としない、いわゆるブラシレスモータである。

【0029】

<モータケース>

モータケース5は、例えばアルミダイキャスト等の放熱性の優れた材料に形成されている。モータケース5は、軸方向に分割可能に構成された第1モータケース6と、第2モータケース7と、からなる。第1モータケース6及び第2モータケース7は、それぞれ有底筒状に形成されている。

第1モータケース6は、底部10が減速部3のギアケース40と接合されるように、このギアケース40と一体成形されている。底部10の径方向中央には、ロータ9のシャフト31が挿通される貫通孔10aが形成されている。

【0030】

第1モータケース6の開口部6aに、径方向外側に向かって張り出す外フランジ部16が形成されているとともに、第2モータケース7の開口部7aに、径方向外側に向かって張り出す外フランジ部17が形成されている。これら外フランジ部16、17同士を突き合わせて内部空間を有するモータケース5を形成している。モータケース5の内部空間に、第1モータケース6及び第2モータケース7に嵌合されるようにステータ8が配置される。

【0031】

<ステータ>

図3は、ステータ8及びロータ9の構成を示し、軸方向からみた図に相当する。

図2、図3に示すように、ステータ8は、径方向に沿う断面形状が円形となる筒状のステータコア本体21と、ステータコア本体21から径方向内側に向かって突出する複数（例えば、本実施形態では6つ）のティース22と、が一体成形されたステータコア20を有している。ステータコア20は、複数の電磁鋼板20pを軸方向に積層することにより形成されている。ステータコア20は、複数の電磁鋼板20pを軸方向に積層して形成する場合に限られるものではなく、例えば、軟磁性粉を加圧成形することにより形成してもよい。

【0032】

ティース22は、ステータコア本体21の内周面から径方向に沿って突出するティース本体101と、ティース本体101の径方向内側端から周方向に沿って延びる鏝部102と、が一体成形されたものである。鏝部102は、ティース本体101から周方向両側に延びるように形成されている。周方向で隣り合う鏝部102の間に、スロット19が形成される。

【0033】

ステータコア本体21の内周面及びティース22は、絶縁性を有する樹脂製のインシュレータ23によって覆われている。このインシュレータ23の上から各ティース22にコイル24が巻回されている。各コイル24は、コントローラ部4からの給電により、ロータ9を回転させるための鎖交磁束を生成する。

【0034】

[第1実施形態]

<ロータ>

図4は、第1実施形態におけるロータ9の斜視図である。図5は、図3のV部拡大図である。

図2から図5に示すように、ロータ9は、ステータ8の径方向内側に微小隙間を介して

10

20

30

40

50

回転自在に設けられている。ロータ9は、減速部3を構成するウォーム軸44と一体成形されたシャフト31と、シャフト31に嵌合固定されたロータコア32と、ロータコア32の外周面32aに設けられた4つの主磁石33と、ロータコア32に埋設された4つの副磁石72と、ロータコア32における軸方向の両端面（ロータコア本体37における軸方向の両端面）32b, 32cに設けられたマグネットホルダ38と、主磁石33やマグネットホルダ38を覆うマグネットカバー39と、を備える。このように、電動モータ2において、主磁石33の磁極数とスロット19（ティース22）の数との比は、2：3である。

【0035】

ロータコア32は、複数の電磁鋼板32pを軸方向に積層することにより形成されている。ロータコア32は、複数の電磁鋼板32pを軸方向に積層して形成する場合に限られるものではなく、例えば、軟磁性粉を加圧成形することにより形成してもよい。

ロータコア32は、シャフト31の軸心（回転軸線C）を径方向中心とする円柱状のロータコア本体37と、ロータコア本体37の外周面37aから径方向外側に向かって突出形成された4つのロータ突極35と、が一体成形されたものである。ロータコア本体37の外周面37aが、ロータコア32の外周面32aである。

【0036】

ロータコア本体37の径方向中央には、軸方向に貫通するシャフト挿通孔37bが形成されている。シャフト挿通孔37bに、シャフト31が圧入されている。シャフト挿通孔37bに対してシャフト31を挿入とし、接着剤等を用いてシャフト31にロータコア32を固定してもよい。シャフト挿通孔37bには、径方向外側に向かって延びる4つの逃げ溝37cが形成されている。

【0037】

各逃げ溝37cは、ロータコア本体37を軸方向に貫通するように形成されており、シャフト挿通孔37bに連通されている。各逃げ溝37cは、周方向に等間隔で配置されている。逃げ溝37cにおける径方向の外側端37dは、半円状に形成されている。逃げ溝37cの周方向で対向する両側面37eは、平行となるように平坦に形成されている。つまり、逃げ溝37cは、周方向の幅寸法が径方向で均一になるように形成されている。各逃げ溝37cは、シャフト挿通孔37bへのシャフト31の圧入強度を調整する役割を有するとともに、マグネットホルダ38の位置決めを行う役割を有する。

【0038】

ロータコア本体37には、周方向で隣り合う逃げ溝37cの間に、それぞれ副磁石収納孔71が形成されている。換言すれば、ロータコア本体37には、逃げ溝37cを避けて副磁石収納孔71が4つ形成されている。

副磁石収納孔71は、軸方向からみて周方向に長い長方形状に形成されている。副磁石収納孔71は、ロータコア本体37を軸方向に貫通するように形成されている。副磁石収納孔71の四隅には、丸面取り部71aが形成されている。

【0039】

副磁石収納孔71は、ロータコア本体37の外周面37aとシャフト挿通孔37bとの間のほぼ中央に配置されている。また、副磁石収納孔71は、周方向で隣り合う逃げ溝37cの間のほぼ中央に配置されている。副磁石収納孔71の詳細な大きさについては後述する。

【0040】

このような副磁石収納孔71に副磁石72が収納されている。副磁石72は、副磁石収納孔71を埋めるように、副磁石収納孔71に対応して形成されている。副磁石72における軸方向の長さは、ロータコア本体37における軸方向の長さと同じである。すなわち、ロータコア本体37の軸方向両端面（ロータコア32における軸方向の両端面32b, 32c）と副磁石72の軸方向両端面とは同一平面上である。

【0041】

副磁石72は、着磁（磁界）の配向が軸方向からみて厚さ方向（およそ径方向）に沿

10

20

30

40

50

って平行配向となるように着磁されている。

副磁石 72 としては、例えば、フェライトボンド磁石が用いられる。しかしながら、これに限られるものではなく、副磁石 72 として、フェライトボンド磁石に代わってフェライト焼結磁石、ネオジムボンド磁石、ネオジム焼結磁石等を適用することも可能である。

【0042】

4つのロータ突極 35 は、周方向に等間隔で配置されている。各ロータ突極 35 は、径方向で各逃げ溝 37c と同一直線上に配置されている。換言すれば、各ロータ突極 35 は、対応する逃げ溝 37c と径方向で対向している。ロータコア本体 37 に形成された副磁石収納孔 71 は、逃げ溝 37c を避けて形成されているので、径方向でロータ突極 35 と対向する位置を避けて形成されたといえる。

【0043】

ロータ突極 35 は、ロータコア 32 の軸方向全体に延びるように形成されている。ロータ突極 35 は、周方向で対向する両側面 35a が平行となるように形成されている。つまり、ロータ突極 35 は、周方向の幅寸法が径方向で均一になるように形成されている。ロータ突極 35 の周方向の幅 W_p は、逃げ溝 37c の周方向の幅 W_g とほぼ同一である。

【0044】

ロータ突極 35 における径方向の外側端部 35b には、周方向中央に、1つの溝部 91 が軸方向全体に渡って形成されている。溝部 91 は、径方向内側に向かうに従って周方向の溝幅が徐々に狭くなるように、V溝状に形成されている。この溝部 91 の周方向両側の角部には、丸面取り部 35c が形成されている。丸面取り部 35c の径方向最外側端部が、ロータ突極 35 における径方向の外側端部 35b となる。

このように形成されたロータコア 32 の外周面 32a (ロータコア本体 37 の外周面 37a) で、かつ周方向で隣り合う2つのロータ突極 35 の間は、それぞれ磁石収納部 36 として構成される。

【0045】

ここで、ロータコア本体 37 の外周面 37a と副磁石収納孔 71 との間の最小隙間を G_{11} (請求項における最小隙間 G_1 の一例) とし、シャフト挿通孔 37b と副磁石収納孔 71 との間の最小隙間を G_{12} (請求項における最小隙間 G_2 の一例) とし、ロータ突極 35 の周方向の最小幅を W_p としたとき、最小隙間 G_{11} , G_{12} 及び最小幅 W_p は、

$$G_{11} + G_{12} \geq W_p / 2 \quad \dots (1)$$

を満たす。すなわち、副磁石収納孔 71 は、上記式 (1) を満たす大きさで形成され、かつ上記式 (1) を満たす位置に配置されている。

【0046】

各磁石収納部 36 の全体にそれぞれ主磁石 33 が配置され、例えば接着剤等によりロータコア 32 に固定される。すなわち、各主磁石 33 の径方向内側に、それぞれ副磁石 72 が1つずつ配置されている。

【0047】

主磁石 33 は、瓦状に形成されている。より具体的には、主磁石 33 において、径方向外側の外周面 33a の円弧中心 C_o の位置、及び径方向内側の内周面 33b の円弧中心 C_i の位置は一致している。これら円弧中心 C_o , C_i は、回転軸線 C よりも径方向で対向する主磁石 33 寄りにずれている。主磁石 33 の外周面 33a のうち径方向最外側を通る円の直径と、ロータ突極 35 における径方向の外側端部 35b を通る円の直径とは同一である。

【0048】

主磁石 33 の内周面 33b は、ロータコア本体 37 の外周面 37a (ロータコア 32 の外周面 32a) に当接されている。主磁石 33 における周方向の両側面は、径方向内側に位置する主磁石側面 33c と、主磁石側面 33c よりも径方向外側に位置する傾斜面 33d と、を有する。主磁石側面 33c は、ロータ突極 35 の側面 35a に沿うように形成されている。換言すれば、主磁石側面 33c とロータ突極 35 の側面 35a とは、ほぼ平行である。主磁石側面 33c と内周面 33b とは、円弧面 33e を介して滑らかに連結され

10

20

30

40

50

ている。

【0049】

傾斜面 33 d は、主磁石側面 33 c との内接部 33 f から径方向外側に向かうに従ってロータ突極 35 の側面 35 a から漸次周方向に離間するように斜めで、かつ平坦に形成されている。内接部 33 f は、ロータ突極 35 の径方向中央よりもやや外側よりに配置されている。1つの主磁石 33 において、周方向両側の傾斜面 33 d は、主磁石 33 の周方向中央部と回転軸線 C とを結ぶ直線 S1 と平行である。このため、2つの傾斜面 33 d 同士も平行である。

【0050】

主磁石 33 における軸方向の長さ L_m は、ロータコア 32 における軸方向の長さ L_r よりも長い。すなわち、主磁石 33 は、ロータコア 32 における軸方向の両端面 32 b, 32 c から軸方向の外側に突出した2つのオーバーハング部 33 g, 33 h を有する。各オーバーハング部 33 g, 33 h において、対応するロータコア 32 における軸方向の両端面 32 b, 32 c からの突出長さは、同一である。

【0051】

このような主磁石 33 は、着磁（磁界）の配向が径方向（厚み方向）に沿って平行配向となるように着磁されている。主磁石 33 の磁極の向きと副磁石 72 の磁極の向きとは同一である。各主磁石 33 は、周方向に磁極が互い違いになるように配置されている。このため、ロータコア 32 のロータ突極 35 は、周方向で隣り合う主磁石 33 の間、つまり、磁極の境界（極境界）に位置している。

主磁石 33 としては、例えば、フェライトボンド磁石が用いられる。しかしながら、これに限られるものではなく、主磁石 33 として、フェライトボンド磁石に代わってフェライト焼結磁石、ネオジムボンド磁石、ネオジム焼結磁石等を適用することも可能である。

【0052】

ここで、回転軸線 C と、ロータ突極 35 における径方向の外側端部 35 b と、の間の距離を L_1 とし、回転軸線 C と、主磁石 33 の外周面 33 a と傾斜面 33 d との外接部 33 k と、の間の距離を L_2 としたとき、各距離 L_1 , L_2 は、

$$L_1 \geq L_2 \quad \dots (2)$$

を満たす。外接部 33 k とは、換言すれば主磁石 33 の周方向側面で、かつ外周面 33 a 側の角部である。

【0053】

本第1実施形態では、主磁石 33 の外周面 33 a の円弧中心 C o の位置が回転軸線 C よりも径方向で対応する主磁石 33 寄りにずれている。また、主磁石 33 の外周面 33 a のうち径方向最外側を通る円の直径と、ロータ突極 35 における径方向の外側端部 35 b を通る円の直径とが同一である。このことから、各距離 L_1 , L_2 は、上記式 (2) を満たす。

【0054】

<減速部>

図1、図2に戻り、減速部 3 は、モータケース 5 が取り付けられているギアケース 40 と、ギアケース 40 内に収納されるウォーム減速機構 41 と、を備える。ギアケース 40 は、例えばアルミダイキャスト等の放熱性の優れた材料により形成されている。ギアケース 40 は、一面に開口部 40 a を有する箱状に形成されている。ギアケース 40 は、ウォーム減速機構 41 を収容するギア収容部 42 を有する。ギアケース 40 の側壁 40 b には、第1モータケース 6 が一体成形されている箇所に、この第1モータケース 6 の貫通孔 10 a とギア収容部 42 とを連通する開口部 43 が形成されている。

【0055】

ギアケース 40 の底壁 40 c には、円筒状の軸受ボス 49 が突設されている。軸受ボス 49 は、ウォーム減速機構 41 の出力軸 48 を回転自在に支持するためのものである。軸受ボス 49 には、内周面に図示しない滑り軸受が設けられている。軸受ボス 49 の先端内周縁には、図示しないリングが装着されている。これにより、軸受ボス 49 を介して外

10

20

30

40

50

部から内部に塵埃や水が侵入してしまうことが防止される。軸受ボス 49 の外周面には、複数のリブ 52 が設けられている。これにより、軸受ボス 49 の剛性が確保されている。

【0056】

ギア収容部 42 に収容されたウォーム減速機構 41 は、ウォーム軸 44 と、ウォーム軸 44 に噛合されるウォームホイール 45 と、により構成されている。ウォーム軸 44 は、電動モータ 2 のシャフト 31 と同軸上に配置されている。ウォーム軸 44 は、両端がギアケース 40 に設けられた軸受 46, 47 によって回転自在に支持されている。ウォーム軸 44 の電動モータ 2 側の端部は、軸受 46 を介してギアケース 40 の開口部 43 に至るまで突出している。この突出したウォーム軸 44 の端部と電動モータ 2 のシャフト 31 との端部が接合され、ウォーム軸 44 とシャフト 31 とが一体化されている。ウォーム軸 44 とシャフト 31 は、1つの母材からウォーム軸部分とシャフト部分とを成形することにより一体として形成してもよい。

10

【0057】

ウォーム軸 44 に噛合されるウォームホイール 45 には、このウォームホイール 45 の径方向中央に出力軸 48 が設けられている。出力軸 48 は、ウォームホイール 45 の回転軸線方向と同軸上に配置されている。出力軸 48 は、ギアケース 40 の軸受ボス 49 を介してギアケース 40 の外部に突出している。出力軸 48 の突出した先端には、図示しない電装品と接続されるスプライン 48a が形成されている。

【0058】

ウォームホイール 45 の径方向中央には、出力軸 48 が突出されている側とは反対側に、図示しないセンサマグネットが設けられている。センサマグネットは、ウォームホイール 45 の回転位置を検出する回転位置検出部 60 の一方を構成している。回転位置検出部 60 の他方を構成する磁気検出素子 61 は、ウォームホイール 45 のセンサマグネット側（ギアケース 40 の開口部 40a 側）でウォームホイール 45 と対向配置されているコントローラ部 4 に設けられている。

20

【0059】

<コントローラ部>

電動モータ 2 の駆動制御を行うコントローラ部 4 は、磁気検出素子 61 が実装されたコントローラ基板 62 と、ギアケース 40 の開口部 40a を閉塞するように設けられたカバー 63 と、を有している。コントローラ基板 62 が、ウォームホイール 45 のセンサマグネット側（ギアケース 40 の開口部 40a 側）に対向配置されている。

30

【0060】

コントローラ基板 62 は、いわゆるエポキシ基板に複数の導電性のパターン（不図示）が形成されたものである。コントローラ基板 62 には、電動モータ 2 のステータコア 20 から引き出されたコイル 24 の端末部が接続されるとともに、カバー 63 に設けられたコネクタ 11 の端子（不図示）が電氣的に接続されている。

【0061】

コントローラ基板 62 には、磁気検出素子 61 の他に、コイル 24 に供給する電流を制御する FET（Field Effect Transistor：電界効果トランジスタ）等のスイッチング素子からなるパワーモジュール（不図示）が実装されている。コントローラ基板 62 には、このコントローラ基板 62 に印加される電圧の平滑化を行うコンデンサ（不図示）等が実装されている。

40

【0062】

このように構成されたコントローラ基板 62 を覆うカバー 63 は、樹脂により形成されている。カバー 63 は、若干外側に膨出するように形成されている。カバー 63 の内面側は、コントローラ基板 62 等を収容するコントローラ収容部 56 として構成される。

カバー 63 の外周部に、コネクタ 11 が一体成形されている。コネクタ 11 は、図示しない外部電源から延びるコネクタが嵌着される。コネクタ 11 の端子に、コントローラ基板 62 が電氣的に接続されている。これにより、外部電源の電力がコントローラ基板 62 に供給される。

50

【0063】

カバー63の開口縁には、ギアケース40の側壁40bの端部と嵌め合わされる嵌合部81が突出形成されている。嵌合部81は、カバー63の開口縁に沿う2つの壁81a, 81bにより構成されている。これら2つの壁81a, 81bの間に、ギアケース40の側壁40bの端部が挿入（嵌め合い）される。これにより、ギアケース40とカバー63との間にラビリンス部83が形成される。ラビリンス部83によって、ギアケース40とカバー63との間から塵埃や水が浸入してしまうことが防止される。ギアケース40とカバー63との固定は、図示しないボルトを締結することにより行われる。

【0064】

<減速機付きモータの動作>

次に、減速機付きモータ1の動作について説明する。

減速機付きモータ1は、コネクタ11を介してコントローラ基板62に供給された電力が、図示しないパワーモジュールを介して電動モータ2の各コイル24に選択的に供給される。すると、ステータ8（ティース22）に所定の鎖交磁束が形成され、この鎖交磁束とロータ9の主磁石33により形成される有効磁束との間で磁気的な吸引力や反発力が生じる。これにより、ロータ9が継続的に回転する。

【0065】

ロータ9が回転すると、シャフト31と一体化されているウォーム軸44が回転し、さらにウォーム軸44に噛合されているウォームホイール45が回転する。そして、ウォームホイール45に連結されている出力軸48が回転し、所望の電装品（例えば、車両に搭載されるワイパ駆動装置）が駆動する。

【0066】

コントローラ基板62に実装されている磁気検出素子61によって検出されたウォームホイール45の回転位置検出結果は、信号として図示しない外部機器に出力される。図示しない外部機器は、ウォームホイール45の回転位置検出信号に基づいて、図示しないパワーモジュールのスイッチング素子等の切替えタイミングが制御され、電動モータ2の駆動制御が行われる。パワーモジュールの駆動信号の出力や電動モータ2の駆動制御は、コントローラ部4で行われていてもよい。

【0067】

<ロータの作用>

次に、図3、図6に基づいて、ロータ9の作用について説明する。

図6は、ロータ9へのステータ8における鎖交磁束J1の流れを示す説明図である。

図3、図6に示すように、ロータ9は、ロータコア32の外周面32aに、主磁石33を配置した、いわゆるSPM（Surface Permanent Magnet）方式のロータである。このため、d軸方向のインダクタンス値が小さくなる。

【0068】

これに加え、ロータ9は、周方向で隣り合う主磁石33間にロータ突極35が設けられている。このため、1つのロータ突極35からロータコア本体37を介して周方向で隣のロータ突極35へとステータ8の鎖交磁束J1が流れる。この結果、ステータ8の鎖交磁束J1によるq軸方向のインダクタンス値は、ロータ突極35が無い場合と比較して大きくなる。このように、d軸方向とq軸方向とのリラクタンストルクの差も利用してロータ9が回転される。

【0069】

ここで、ロータコア本体37には、径方向でロータ突極35と対向する位置を避けて4つの副磁石収納孔71が形成されている。これら副磁石収納孔71に、副磁石72が収納されている。各副磁石収納孔71（副磁石72）は、ロータコア本体37への鎖交磁束J1の流れを阻害してしまう可能性がある。しかしながら、副磁石収納孔71は、上記式（1）を満たす大きさで形成され、かつ上記式（1）を満たす位置に配置されている。このため、各副磁石収納孔71（副磁石72）によって、ロータコア本体37でのステータ8による鎖交磁束J1の流れが阻害されてしまうことがなく、ロータコア本体37に、ステ

10

20

30

40

50

ータ 8 の鎖交磁束 J 1 がスムーズに流れる。このため、確実にリラクタンストルクが得られる。

【0070】

より具体的には、ロータ突極 3 5 からロータコア本体 3 7 へ流れる鎖交磁束 J 1 の磁束量（以下、単に磁束量という）は、ロータ突極 3 5 に流れる磁束量の約 $1/2$ となる。よって、ロータコア本体 3 7 の最小隙間 G 1 1, G 1 2 を合計した幅寸法を、ロータ突極 3 5 の周方向の最小幅 W p の $1/2$ 以上とすることで、ロータコア本体 3 7 における磁気飽和を防止し、鎖交磁束 J 1 をスムーズに流すことができる。

なお、最小隙間 G 1 1, G 1 2 及び最小幅 W p を、

$$W p \geq G 1 1 + G 1 2 \geq W p / 2 \quad \cdots (3)$$

を満たすようにしてもよい。これにより、ロータコア本体 3 7 における鎖交磁束 J 1 の流れをスムーズにしつつ、ロータコア本体 3 7 が過剰に大きくなることを防止できる。

【0071】

ところで、ロータ突極 3 5 にステータ 8 の鎖交磁束 J 1 が流れ込む際、ロータ突極 3 5 における径方向の外側端部 3 5 b の周囲に鎖交磁石 J 1 が集まるように導かれる。このため、ロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b の周囲では、この外側端部 3 5 b に鎖交磁束 J 1 が径方向と交差する向きで流れ込む。これが、主磁石 3 3 の減磁の原因となる場合がある。

【0072】

しかしながら、本実施形態では、ロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b と、の間の距離 L 1、及び回転軸線 C と、主磁石 3 3 の外周面 3 3 a と傾斜面 3 3 d との外接部 3 3 k と、の間の距離 L 2 は、上記式 (2) を満たす。すなわち、主磁石 3 3 の周方向側面で、かつ外周面 3 3 a 側の角部よりもロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b が径方向外側に突出されている。このため、ロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b に近接する主磁石 3 3 の外接部 3 3 k 付近を流れる鎖交磁束 J 1 を減少でき、主磁石 3 3 の減磁が減少される。

【0073】

また、主磁石 3 3 の外周面 3 3 a の円弧中心 C o の位置が回転軸線 C よりも径方向で対応する主磁石 3 3 寄りにずれている。このため、主磁石 3 3 とステータコア 2 0（ティース 2 2）との間の距離は、主磁石 3 3 の周方向中から周方向両側面に向かうに従って漸次長くなる。これにより、ステータ 8 に対してロータ 9 の磁極の切り替わりが滑らかになり、コギングトルクが減少される。

【0074】

また、主磁石 3 3 は、ロータコア 3 2 における軸方向の両端面 3 2 b, 3 2 c から軸方向の外側に突出した 2 つのオーバーハング部 3 3 g, 3 3 h を有する。このため、ロータ 9 の有効磁束量が増大される。

【0075】

ここで、ロータコア本体 3 7 には、各主磁石 3 3 の径方向内側に、それぞれ副磁石収納孔 7 1 が 1 つずつ形成されている。これら副磁石収納孔 7 1 に、それぞれ副磁石 7 2 が収納されている。すなわち、各主磁石 3 3 の径方向内側に、それぞれ副磁石 7 2 が 1 つずつ配置されている。主磁石 3 3 の磁極の向きと副磁石 7 2 の磁極の向きとは同一である。このため、副磁石 7 2 によってロータ 9 の有効磁束が増大される。

【0076】

ところで、主磁石 3 3 のオーバーハング部 3 3 g, 3 3 h のうち、外周面 3 3 a 側の磁束は、ロータ 9 の有効磁束となりロータ 9 の回転に寄与される。これに対し、オーバーハング部 3 3 g, 3 3 h のうちの内周面 3 3 b 側には、ロータコア 3 2 が存在しておらず、主磁石 3 3 の内周面 3 3 b 側の磁束が単なる漏れ磁束となる可能性がある。しかしながら、主磁石 3 3 の内周面 3 3 b 側に副磁石 7 2 が配置されている。このため、副磁石 7 2 によって主磁石 3 3 の内周面 3 3 b から流れる磁束が保持され、主磁石 3 3 の内周面 3 3 b 側での漏れ磁束の発生が抑制される。

【0077】

このように、上述の電動モータ 2 では、主磁石 3 3 にオーバーハング部 3 3 g, 3 3 h

10

20

30

40

50

を設けない場合でも副磁石 7 2 によってロータ 9 の有効磁束を増大できる。このため、電動モータ 2 を大型化することなく、電動モータ 2 を効率よく高トルク化できる。

また、ロータ突極 3 5 によりリラクタンストルクを利用できるので、電動モータ 2 をさらに効率よく高トルク化できる。

【0078】

ロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b と、の間の距離 L_1 、及び回転軸線 C と、主磁石 3 3 の外周面 3 3 a と傾斜面 3 3 d との外接部 3 3 k と、の間の距離 L_2 は、上記式 (2) を満たす。このため、ロータ突極 3 5 の外側端部 3 5 b に近接する主磁石 3 3 の外接部 3 3 k 付近を流れる鎖交磁束 J_1 を減少でき、この鎖交磁束 J_1 によって主磁石 3 3 が減磁されてしまうことを抑制できる。よって、ロータ突極 3 5 によりリラクタンストルクを最大限利用しつつ、電動モータ 2 をさらに効率よく高トルク化できる。

10

【0079】

ロータコア本体 3 7 の外周面 3 7 a と副磁石収納孔 7 1 との間の最小隙間 G_{11} 、シャフト挿通孔 3 7 b と副磁石収納孔 7 1 との間の最小隙間 G_{12} 、及びロータ突極 3 5 の周方向の最小幅 W_p は、上記式 (1) を満たす。このため、各副磁石収納孔 7 1 (副磁石 7 2) によって、ロータコア本体 3 7 でのステータ 8 による鎖交磁束 J_1 の流れが阻害されてしまうことを防止できる。ロータコア本体 3 7 に、ステータ 8 の鎖交磁束 J_1 をスムーズに流すことができ、確実にリラクタンストルクを得ることができる。このため、電動モータ 2 をさらに効率よく高トルク化できる。

【0080】

20

主磁石 3 3 にオーバーハング部 3 3 g, 3 3 h を設けることにより主磁石 3 3 を大型化でき、ロータ 9 の有効磁束をさらに増大できる。また、副磁石 7 2 によって、オーバーハング部 3 3 g, 3 3 h の内周面 3 3 b から流れる磁束を保持できる。このため、主磁石 3 3 の磁束を最大限有効活用でき、電動モータ 2 を効率よく高トルク化できる。

【0081】

ロータコア本体 3 7 の軸方向両端面 (ロータコア 3 2 における軸方向の両端面 3 2 b, 3 2 c) と副磁石 7 2 の軸方向両端面とは同一平面上である。

ここで、例えば、ロータコア 3 2 の両端面 3 2 b, 3 2 c から副磁石 7 2 が突出してしまうと、この突出した箇所が邪魔になってロータ 9 の組み付け性が悪化してしまう。一方、ロータコア 3 2 における軸方向の長さ L_r よりも副磁石 7 2 における軸方向の長さが短いと、ロータ 9 の有効磁束が減少してしまう。このため、ロータコア本体 3 7 の軸方向両端面と副磁石 7 2 の軸方向両端面とを同一平面上にすることにより、ロータ 9 の組み付け性を悪化させることなく、ロータ 9 の有効磁束を最大限増大させることができる。

30

【0082】

ところで、ロータ突極 3 5 を有する分、このロータ突極 3 5 に流れる磁束の影響でステータ 8 に鉄損が生じてしまう。このような構成で、ステータコア 2 0 における軸方向の長さよりも例えばロータコア 3 2 における軸方向の長さ L_r を長くしてしまうと、ステータコア 2 0 への鉄損の影響が大きくなってしまう。このため、ステータコア 2 0 における軸方向の長さに対してロータコア 3 2 における軸方向の長さ L_r を長くすることなく、主磁石 3 3 にオーバーハング部 3 3 g, 3 3 h を設けた。これにより、ロータコア 3 2 によるステータコア 2 0 への鉄損の影響も小さくできる。

40

【0083】

ステータ 8 のステータコア 2 0 は、複数の電磁鋼板 2 0 p を軸方向に積層することにより形成されている。ロータ 9 のロータコア 3 2 は、複数の電磁鋼板 3 2 p を軸方向に積層することにより形成されている。このため、ステータコア 2 0 やロータコア 3 2 に生じる渦電流損を低減でき、鉄損を低減できる。よって、電動モータ 2 を効率よく高トルク化できる。

【0084】

主磁石 3 3 は、着磁 (磁界) の配向が径方向 (厚み方向) に沿って平行配向となるように着磁されている。このため、主磁石 3 3 における着磁 (磁界) の配向がラジアル配

50

向である場合と比較して、電動モータ２のコギングを抑制するとともに、ロータ９の有効磁束を高めることができる。

【００８５】

電動モータ２を効率よく高トルク化できるので、国連が主導する持続可能な開発目標（ＳＤＧｓ）の目標７「全ての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」、及び目標９「強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの促進を図る」に貢献することが可能となる。

【００８６】

上述の第１実施形態では、ロータコア３２は、４つのロータ突極３５を有する場合について説明した。ロータ９は４つの主磁石３３を有し、磁極数が４極である場合について説明した。副磁石７２の個数は、主磁石３３の個数に対応して４つである場合について説明した。ステータコア２０は、６つのティース２２を有する場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、ロータ突極３５、主磁石３３の数、副磁石７２及びティース２２の数は任意に設定可能である。

【００８７】

〔第２実施形態〕

次に、図２を援用し、図７に基づいて、本発明の第２実施形態について説明する。第１実施形態と同一態様には、同一符号を付して説明を省略する（以下の実施形態についても同様）。また、以下で説明する第２実施形態の最小隙間Ｇ２１，Ｇ２２は、第１実施形態の最小隙間Ｇ１１，Ｇ１２に相当している。

【００８８】

図７は、第２実施形態のロータ２０９を軸方向からみた平面図である。

図２、図７に示すように、第２実施形態において、減速機付きモータ１は、電動モータ２と、電動モータ２の回転を減速して出力する減速部３と、電動モータ２の駆動制御を行うコントローラ部４と、を備える点等の基本的構成は、前述の第１実施形態と同様である。

【００８９】

第１実施形態と第２実施形態との相違点は、第１実施形態のロータ９における副磁石７２（副磁石収納孔７１）の形状と、第２実施形態のロータ２０９における副磁石２７２ａ，２７２ｂ（副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂ）の形状と、が異なる点にある。

より具体的には、ロータコア本体３７には、周方向で隣り合う逃げ溝３７ｃの間（周方向で隣り合うロータ突極３５の間）に、それぞれ２つの副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂが形成されている。すなわち、ロータコア本体３７には、逃げ溝３７ｃを避けて各副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂがそれぞれ４つずつ形成されている。

【００９０】

副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂは、軸方向からみて周方向に長い長方形に形成されている。副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂは、ロータコア本体３７を軸方向に貫通するように形成されている。副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂの四隅には、丸面取り部２７１ｃ，２７１ｄが形成されている。

【００９１】

このような２つの副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂは、周方向に並んで配置されている。２つの副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂは、径方向外側に向かって末広がりとなるように、径方向でかつ周方向で隣り合う逃げ溝３７ｃの間の中央の直線Ｓ２に対して線対称に配置されている。換言すれば、２つの副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂは、直線Ｓ２から離間するに従って径方向外側に向かうように延びている。なお、主磁石３３は磁石収納部３６の全体に配置されているので、主磁石３３の周方向中央部と回転軸線Ｃとを結ぶ直線Ｓ１と直線Ｓ２とは、ほぼ一致する。

【００９２】

また、ロータコア本体３７の外周面３７ａと各副磁石収納孔２７１ａ，２７１ｂとの間

10

20

30

40

50

の最小隙間 G 2 1（請求項における最小隙間 G 1 の一例）、シャフト挿通孔 3 7 b と各副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b との間の最小隙間 G 2 2（請求項における最小隙間 G 2 の一例）は、上記式（1）を満たす。

【0093】

各副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b には、それぞれ副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b が収納されている。副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b は、対応する副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b を埋めるように、副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b に対応して形成されている。副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b における軸方向の長さは、ロータコア本体 3 7 における軸方向の長さと同じである。すなわち、ロータコア本体 3 7 の軸方向両端面（ロータコア 3 2 における軸方向の両端面 3 2 b，3 2 c）と副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b の軸方向両端面とは同一平面上である。

10

【0094】

副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b は、着磁（磁界）の配向が軸方向からみて厚さ方向（おおそ径方向）に沿って平行配向となるように着磁されている（図 7 における矢印 J 2 参照）。副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b は副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b に対応して形成されているので、直線 S 2 に向かって磁束密度が高くなる。すなわち、副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b 及び副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b は、副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b によるロータコア本体 3 7 の表面磁束密度が径方向で対向する主磁石 3 3 の周方向中央で高くなるように設けられている。

【0095】

したがって、上述の第 2 実施形態によれば、前述の第 1 実施形態と同様の効果を奏する。これに加え、ロータコア本体 3 7 には、周方向で隣り合う逃げ溝 3 7 c の間（周方向で隣り合うロータ突極 3 5 の間）に、それぞれ 2 つの副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b が形成されている。各副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b、及び各副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b に収納された副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b は、副磁石 2 7 2 a，2 7 2 b によるロータコア本体 3 7 の表面磁束密度が径方向で対向する主磁石 3 3 の周方向中央で高くなるように設けられている。

20

【0096】

このように、主磁石 3 3 の周方向中央で表面磁束密度を高くすることにより、周方向で隣り合う主磁石 3 3 間の磁束の変化を抑制できる。この結果、コギングトルクを低減できる。さらに、ロータコア本体 3 7 の表面磁束密度のピーク値もできる限り大きくできる。このため、電動モータ 2 を効率よく高トルク化できる。

30

【0097】

上述の第 2 実施形態では、ロータコア本体 3 7 には、周方向で隣り合う逃げ溝 3 7 c の間（周方向で隣り合うロータ突極 3 5 の間）に、それぞれ 2 つの副磁石収納孔 2 7 1 a，2 7 1 b が形成されている場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、ロータコア本体 3 7 における周方向で隣り合う逃げ溝 3 7 c の間に、3 つ以上の副磁石収納孔が形成されていてもよい。各副磁石収納孔にそれぞれ副磁石が収納されていてよい。各副磁石収納孔及び副磁石は、これら副磁石によるロータコア本体 3 7 の表面磁束密度が径方向で対向する主磁石 3 3 の周方向中央で高くなるように設けられていればよい。

40

【0098】

〔第 3 実施形態〕

次に、図 8 に基づいて、本発明の第 3 実施形態について説明する。なお、以下で説明する第 3 実施形態の最小隙間 G 3 1，G 3 2 は、第 1 実施形態の最小隙間 G 1 1，G 1 2 に相当している。

図 8 は、第 3 実施形態のロータ 3 0 9 を軸方向からみた平面図である。

図 8 に示すように、第 1 実施形態と第 3 実施形態との相違点は、第 1 実施形態のロータ 9 における副磁石 7 2（副磁石収納孔 7 1）の形状と、第 3 実施形態のロータ 3 0 9 における副磁石 3 7 2（副磁石収納孔 3 7 1）の形状と、が異なる点にある。

50

【0099】

より具体的には、ロータコア本体37には、周方向で隣り合う逃げ溝37cの間に、それぞれ副磁石収納孔371が形成されている。換言すれば、ロータコア本体37には、逃げ溝37cを避けて副磁石収納孔371が4つ形成されている。

副磁石収納孔371は、軸方向からみて径方向外側に向かって凸となるように円弧状に形成されている。副磁石収納孔371は、ロータコア本体37の外周面37aに沿っている。副磁石収納孔371の円弧中心は、回転軸線Cとほぼ一致している。副磁石収納孔371は、ロータコア本体37を軸方向に貫通するように形成されている。

【0100】

副磁石収納孔371の四隅には、丸面取り部371aが形成されている。副磁石収納孔371は、ロータコア本体37の外周面37aとシャフト挿通孔37bとの間のほぼ中央に配置されている。また、副磁石収納孔371は、周方向で隣り合う逃げ溝37cの間のほぼ中央に配置されている。

ロータコア本体37の外周面37aと副磁石収納孔371との間の最小隙間G31（請求項における最小隙間G1の一例）、シャフト挿通孔37bと各副磁石収納孔271a、271bとの間の最小隙間G32（請求項における最小隙間G2の一例）は、上記式（1）を満たす。

【0101】

このような副磁石収納孔371に、副磁石372が収納されている。副磁石372は、副磁石収納孔371を埋めるように、副磁石収納孔371に対応して形成されている。副磁石372における軸方向の長さは、ロータコア本体37における軸方向の長さと同じである。すなわち、ロータコア本体37の軸方向両端面（ロータコア32における軸方向の両端面32b、32c）と副磁石372の軸方向両端面とは同一平面上である。副磁石372は、着磁（磁界）の配向が軸方向からみて厚さ方向（およそ径方向）に沿ってパレ

【0102】

したがって、上述の第3実施形態によれば、前述の第1実施形態と同様の効果を奏する。これに加え、ロータコア本体37の副磁石372を配置可能なスペースをできる限り有効活用して副磁石372を大型化できる。このため、ロータ309の有効磁束をさらに増大できる。

【0103】

〔第3実施形態の変形例〕

次に、図9に基づいて、本発明の第3実施形態における変形例について説明する。

図9は、第3実施形態における変形例のロータ309を軸方向からみた平面図である。図9は、前述の図8に対応している。

上述の第3実施形態では、副磁石収納孔371及び副磁石372は、軸方向からみて径方向外側に向かって凸となるように円弧状に形成されている場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、図9に示すように、副磁石収納孔371及び副磁石372は、軸方向からみて径方向内側に向かって凸となるように円弧状に形成されてもよい。このように構成した場合であっても、前述の第3実施形態と同様の効果を奏する。

【0104】

さらに、副磁石372は、着磁（磁界）の配向が、軸方向からみて厚さ方向（副磁石372の径方向）に沿ってパレ

【0105】

なお、上述の第3実施形態及び第3実施形態の変形例では、副磁石収納孔371及び副磁石372は、軸方向からみて円弧状に形成されている場合について説明した。しかしながら完全な円弧状である必要はなく、軸方向からみて弧状であればよい。

【0106】

本発明は上述の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上述の実施形態に種々の変更を加えたものを含む。

例えば、上述の実施形態では、減速機付きモータ1は、車両のワイパー装置の駆動源として用いられる場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、減速機付きモータ1は、ワイパー装置以外にも、車両に搭載される電装品（例えば、パワーウインドウ、サンルーフ、電動シート等）の駆動源となるものや、その他のさまざまな用途に使用することができる。

【0107】

上述の実施形態では、主磁石33は、ロータコア32における軸方向の両端面32b, 32cから軸方向の外側に突出した2つのオーバーハング部33g, 33hを有する場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、主磁石33は、オーバーハング部33g, 33hを有さなくてもよい。このような場合でも、副磁石72～372によって、ロータ9～309の有効磁束を増大できる。

【0108】

上述の実施形態では、主磁石33における周方向の両側面は、径方向内側に位置する主磁石側面33cと、主磁石側面33cよりも径方向外側に位置する傾斜面33dと、を有する場合について説明した。主磁石側面33cと傾斜面33dとの内接部33fは、ロータ突極35の径方向中央よりもやや外側より配置されている場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、主磁石33における内接部33fの位置は、任意に設定することができる。また、主磁石33における周方向の両側面全体を、主磁石側面33cとすることも可能である。

【0109】

上述の実施形態では、ロータ突極35は、周方向の幅寸法が径方向で均一になるように形成されている場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、例えばロータ突極35を径方向外側に向かうに従って先細りに形成してもよい。この場合、ロータ突極35の周方向の幅Wpは、ロータ突極35の径方向のうち、最も幅Wpが小さくなる箇所の幅とする。最も幅Wpが小さくなる箇所を通る磁束量が重要だからである。すなわち、ロータ突極35の周方向の幅Wpとは、ロータ突極35の周方向の最小幅をいう。

【0110】

上述の実施形態では、副磁石収納孔71は、ロータコア本体37の外周面37aとシャフト挿通孔37bとの間のほぼ中央に配置されている場合について説明した。また、副磁石収納孔71は、周方向で隣り合う逃げ溝37cの間のほぼ中央に配置されている場合について説明した。しかしながらこれに限られるものではなく、副磁石収納孔71は、ロータコア本体37のうち径方向でロータ突極35と対向する位置を避けて形成されていればよい。

【0111】

例えば、ロータ9（209, 309）の回転方向が一方向である場合、副磁石収納孔71を周方向中央から進角方向にずらして形成するとよい。このように構成することで、副磁石72～372の磁束に起因するモータトルクを増大させることが可能になる。また、副磁石収納孔71～371は、上記式（1）を満たす大きさで形成されていることが望ましい。

【0112】

上述の実施形態では、ロータコア本体37の外周面37aと副磁石収納孔71～371との間の最小隙間G11, G21, G31、シャフト挿通孔37bと副磁石収納孔71～371との間の最小隙間G12, G22, G32は、上記式（1）を満たす場合について説明した。すなわち、最小隙間G11～G32自体の隙間の下限は設けていない。しかしながら、最小隙間G11～G32自体の隙間の下限は、磁気飽和しない大きさとするのが望ましい。このように構成することで、ロータ9～309は、リラクタンストルクをで

10

20

30

40

50

きる限り得ることができる。

【0113】

上述の実施形態では、各副磁石収納孔71～371を埋めるように、各副磁石収納孔71～371に対応して副磁石72～372が形成されている場合について説明した。しかしながら、副磁石72～372の形状は、必ずしも各副磁石収納孔71～371の形状に対応している必要はない。各副磁石収納孔71～371の内側面と対応する副磁石72～372との間に隙間が形成されてもよい。例えば各副磁石収納孔71～371の内側面と各副磁石72～372の周方向両端との間に隙間が形成される場合、この隙間を、各副磁石72～372の周方向両端から磁束が漏れ出てしまうことを抑制するいわゆるフラックスバリアとして機能させることができる。

10

【符号の説明】

【0114】

1…減速機付きモータ、2…電動モータ、3…減速部、4…コントローラ部、5…モータケース、6…第1モータケース、6a…開口部、7…第2モータケース、7a…開口部、8…ステータ、9…ロータ、10…底部、10a…貫通孔、11…コネクタ、16…外フランジ部、17…外フランジ部、19…スロット、20…ステータコア、20p…電磁鋼板、21…ステータコア本体、22…ティース、23…インシュレータ、24…コイル、31…シャフト、32…ロータコア、32a…外周面、32b…端面、32c…端面、32p…電磁鋼板、33…主磁石、33a…外周面、33b…内周面、33c…主磁石側面、33d…傾斜面、33e…円弧面、33f…内接続部、33g…オーバーハング部、33h…オーバーハング部、33k…外接続部、35…ロータ突極、35a…側面、35b…外側端部、35c…丸面取り部、36…磁石収納部、37…ロータコア本体、37a…外周面、37b…シャフト挿通孔、37c…溝、37d…外側端、37e…側面、38…マグネットホルダ、39…マグネットカバー、40…ギアケース、40a…開口部、40b…側壁、40c…底壁、41…ウォーム減速機構、42…ギア収容部、43…開口部、44…ウォーム軸、45…ウォームホイール、46…軸受、47…軸受、48…出力軸、48a…スプライン、49…軸受ボス、52…リブ、56…コントローラ収容部、60…回転位置検出部、61…磁気検出素子、62…コントローラ基板、63…カバー、71…副磁石収納孔、71a…丸面取り部、72…副磁石、81…嵌合部、81a…壁、81b…壁、83…ラビリンス部、91…溝部、101…ティース本体、102…鏢部、209…ロータ、271a…副磁石収納孔、271b…副磁石収納孔、271c…丸面取り部、271d…丸面取り部、272a…副磁石、272b…副磁石、309…ロータ、371…副磁石収納孔、371a…丸面取り部、372…副磁石

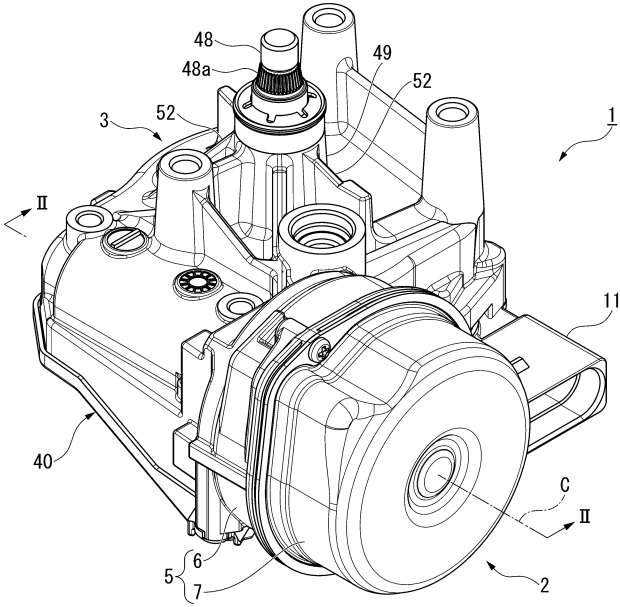
20

30

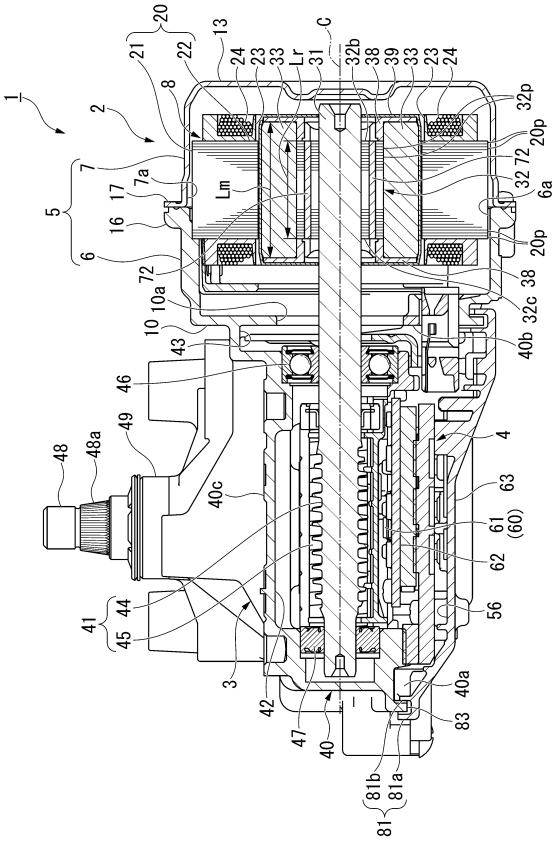
40

50

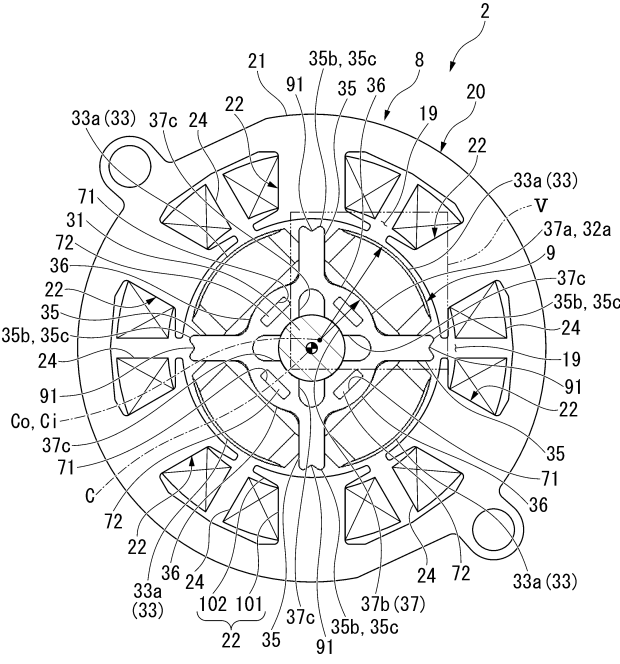
【図面】
【図 1】



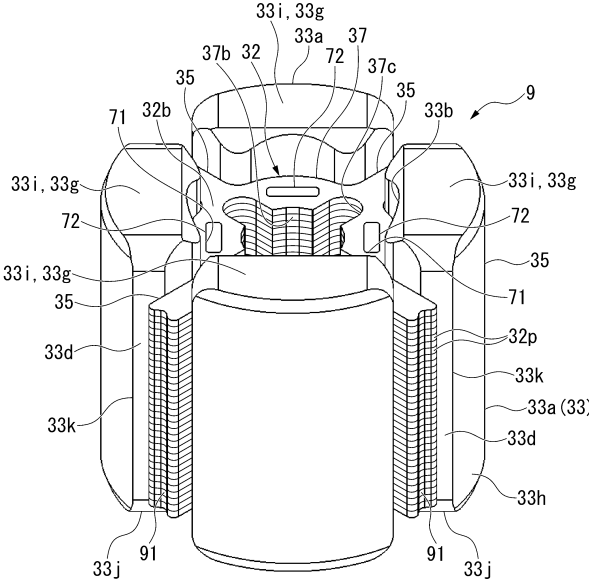
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

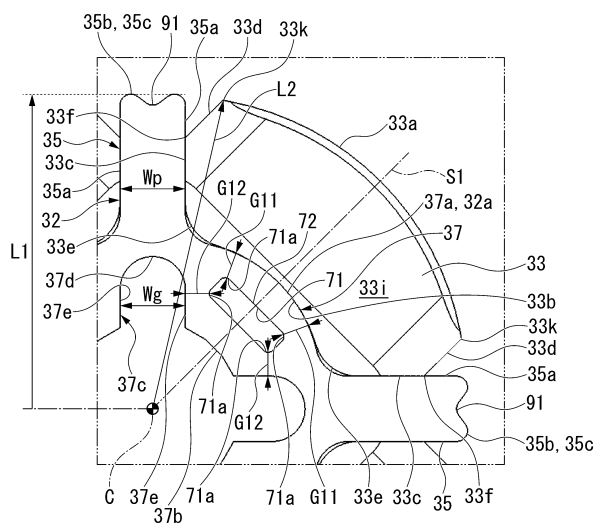
20

30

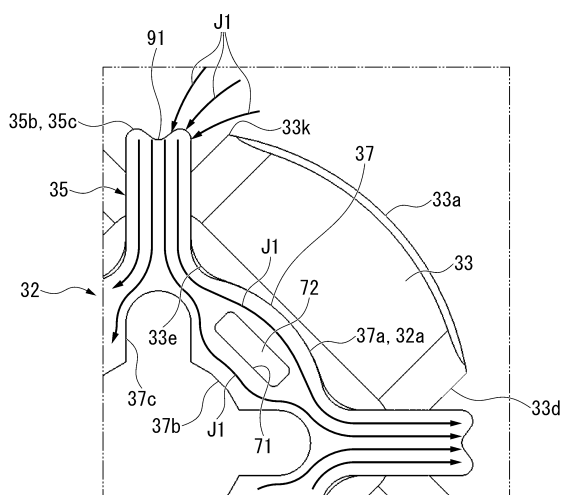
40

50

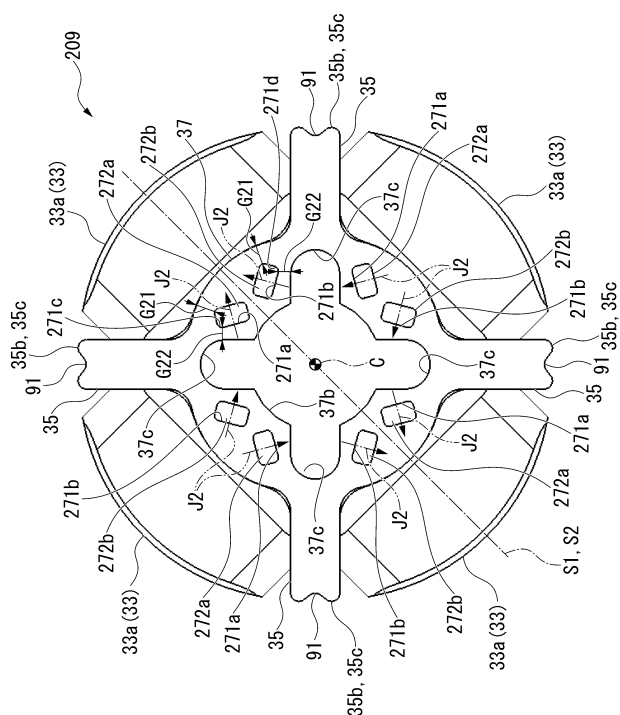
【図 5】



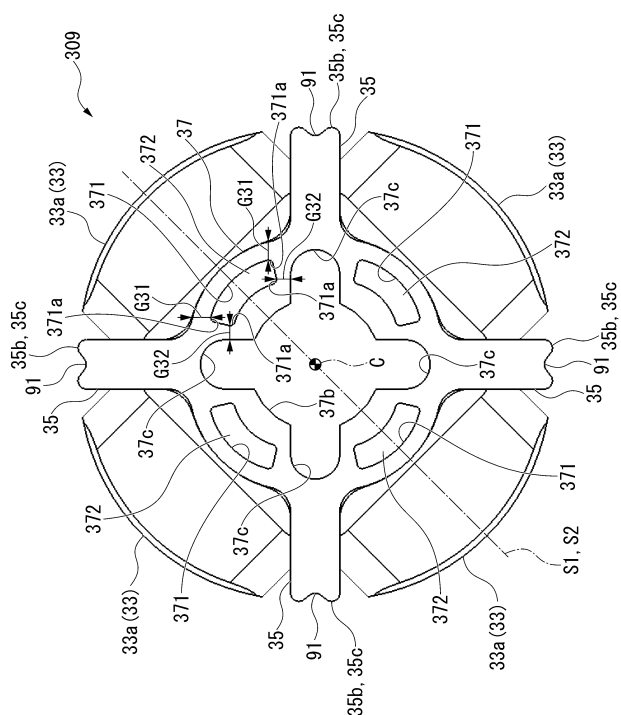
【圖 6】



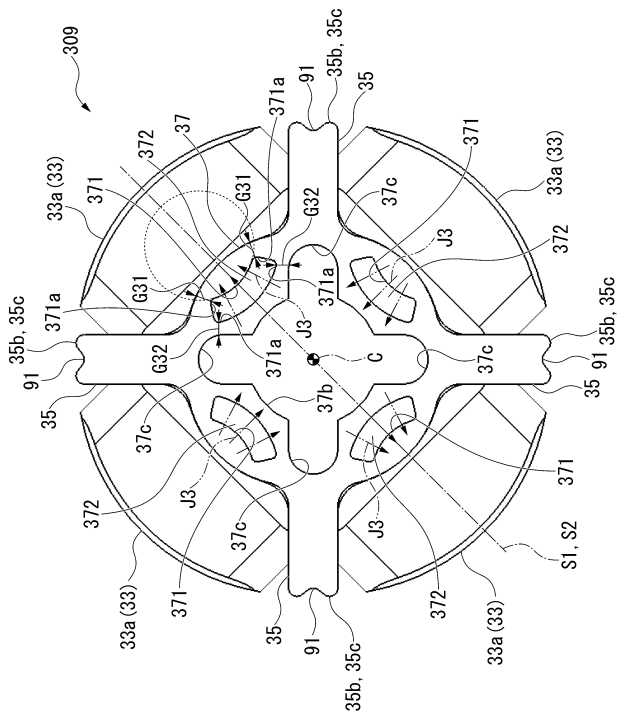
【圖 7】



【圖 8】



【 図 9 】



10

20

30

40

50