



<p>(51) 国際特許分類6 H02K 21/16</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO97/45945</p> <p>(43) 国際公開日 1997年12月4日(04.12.97)</p>
---	-----------	--

<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/01732</p>	<p>(74) 代理人 弁理士 青山 稔, 外(AOYAMA, Tamotsu et al.) 〒540 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所 Osaka, (JP)</p>
<p>(22) 国際出願日 1997年5月23日(23.05.97)</p>	
<p>(30) 優先権データ 特願平8/129506 1996年5月24日(24.05.96) 特願平9/2640 1997年1月10日(10.01.97)</p>	<p>(81) 指定国 CN, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p>
<p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)(JP/JP) 〒571 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 中村友一(NAKAMURA, Tomokazu)(JP/JP) 〒576 大阪府交野市郡津2丁目20番地16号 Osaka, (JP) 真砂一朗(MASAGO, Ichiro)(JP/JP) 〒560 大阪府豊中市東寺内町12丁目1番901 Osaka, (JP) 内田浩一(UCHIDA, Koichi)(JP/JP) 〒578 大阪府東大阪市加納7丁目25番1-1017 Osaka, (JP)</p>	

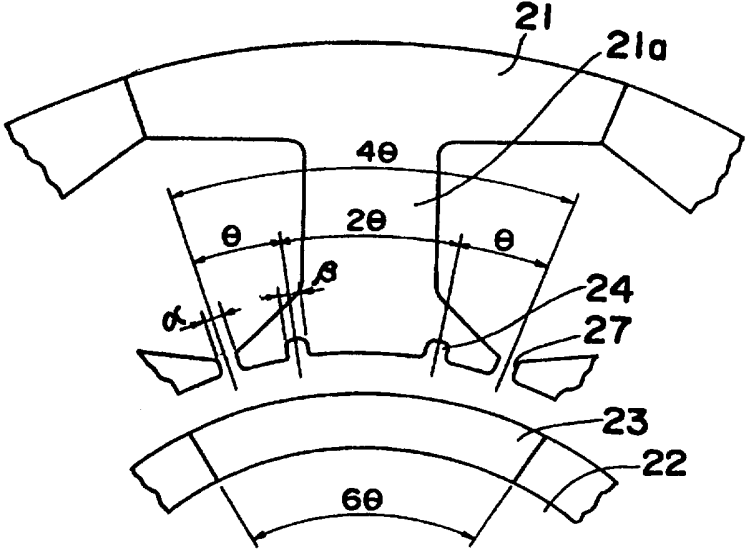
添付公開書類
 国際調査報告書
 補正書・説明書

(54)Title: MOTOR

(54)発明の名称 電動機

(57) Abstract

In a permanent-magnet motor, the number of magnetic poles of a rotor (22) is 2P (P is an integer of 1 or more) and the number of salient poles of a stator field core (21) is 3P. Each salient pole section (21a) of each stator field core (21) is provided with two auxiliary grooves (24) which are spaced at angular positions of θ and 3θ from the center of a winding groove (27) in the circumferential direction of the rotor (22) when the angle between the salient poles and magnetic poles is 4θ . The cogging torque of the motor is reduced, because the fundamental wave component of the cogging torque is eliminated.



(57) 要約

本発明にかかる永久磁石電動機においては、Pを1以上の整数とすれば回転子22の磁極数が2Pに設定され、固定子界磁鉄心21の突極数が3Pに設定されている。そして、各固定子界磁鉄心21の突極部21aにはそれぞれ2つの補助溝24が設けられている。ここで、突極磁極間角度を4θとすれば、各突極部21aの2つの補助溝24が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝27の中心から角度θ及び3θの位置に配置されている。かかる構造により、コギングトルクの基本波成分が除去され、コギングトルクの低い永久磁石電動機が提供される。

参考情報

PCTに基づいて公開される国際出版のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	ES	スペイン	LR	リベリア	SG	シンガポール
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LS	レソト	SI	スロヴェニア
AT	オーストリア	FR	フランス	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BA	ボスニア・エルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ共和国	TD	チャド
BE	ベルギー	GN	ガンビア	MG	マダガスカル	TG	トーゴ
BF	ブルキナ・ファソ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴス ラヴィア共和国	TJ	タジキスタン
BG	ブルガリア	HU	ハンガリー	ML	マリ	TM	トルクメニスタン
BJ	ベナン	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TR	トルコ
BR	ブラジル	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
BY	ベラルーシ	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UA	ウクライナ
CA	カナダ	IS	アイスランド	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	NE	ニジェール	US	米国
CG	コンゴ	JP	日本	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン
CH	スイス	KE	ケニア	NO	ノルウェー	VN	ヴェトナム
CI	コート・ジボアール	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラビア
CM	カメルーン	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CN	中国	KR	大韓民国	PT	ポルトガル		
CU	キューバ	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア		
CZ	チェッコ共和国	LC	セントルシア	RU	ロシア連邦		
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	SD	スーダン		
DK	デンマーク	LK	スリランカ	SE	スウェーデン		
EE	エストニア						

明 細 書

電動機

技術分野

本発明は、電動機の磁気構造に関するものであり、とくに工作機、縫製機械、ロボット等に使用される永久磁石電動機に関するものである。

背景技術

電動機の1つである永久磁石電動機は従来より知られているが、かかる永久磁石電動機において、コギングトルクを低減するために固定子界磁鉄心に補助溝を設けたものが特公昭58-42708号公報に開示され、さらには固定子界磁鉄心に補助突極と補助溝とを設けたものが特公平6-81463号公報等を開示されている。

図23Aは、コギングトルクを低減するための補助溝を備えた従来の永久磁石電動機の構成の一例を示す図であり、図24は、図23Aに示す電動機の要部を拡大して示す図である。

図23Aに示すように、この従来の永久磁石電動機は、実質的に、固定子界磁鉄心1と回転子2とで構成されている。ここで、回転子2の周囲には6個の永久磁石磁極3が固定されている。つまり、回転子2は永久磁石回転子である。また、固定子界磁鉄心1の突極部1aには複数の補助溝5が回転子円周方向に等間隔で形成されている。なお、隣り合う固定子界磁鉄心1（突極部1a）の間には、巻線溝7が設けられている。

図24に示すように、かかる永久磁石電動機においては、一般に、Pを1以上の整数とすれば、回転子2に固定された永久磁石磁極3の数（磁極

数)が $2P$ に設定され、かつ固定子界磁鉄心1の突極部1aの数(突極数)が $3P$ に設定されている。そして、固定子界磁鉄心1の回転子円周方向の長さに対応する角度を 3θ とすれば、固定子界磁鉄心1の突極部1aの2個の補助溝5は、回転子円周方向の間隔に対応する角度が θ となるように配置されている。この場合、各永久磁石磁極3の回転子円周方向の長さに対応する角度は 4.5θ となる。ここで、補助溝5が設けられていない場合は、永久磁石磁極3の数(磁極数)と固定子界磁鉄心1の突極部1aの数(突極数)の最小公倍数の次数が回転子2の1回転当たりのコギングトルクとなり、この場合コギングトルクは1回転あたり $6P$ ($2P$ と $3P$ の最小公倍数)となる。

これに対して、補助溝5が設けられている場合は、見かけ上は突極部が増えたかたちとなり、この場合コギングトルクは1回転あたり $18P$ ($2P$ と $3 \times 3P$ の最小公倍数)となる。しかしながら、この場合は、実際には基本波(1回転あたり $6P$ の次数)の上に3倍の高調波(1回転あたり $18P$ の次数)がのったかたちとなる。

具体的には、 $P=3$ の場合は、コギングトルクの基本波は1回転で18波形(20° に1波形)であるが、図23Bに示すように補助溝5が設けられているので基本波に3倍の高調波を含んだ波形となり、コギングトルク波形6bは、1回転で54波形の高調波成分だけのコギングトルクにはならない。

このように、従来の固定子界磁鉄心では、補助溝を等間隔に設けることにより、コギングトルクの基本波成分に高次成分を含ませて見かけ上のコギングトルクを低減するようにしているが、基本波成分を十分に取り除くことができる最適な補助溝配置にはなっていない。

また、固定子界磁鉄心に補助突極部と補助溝とが設けられた従来の永久

磁石電動機では、固定子界磁鉄心に補助突極部が形成されているので巻線をするのが困難であるといった問題がある。この問題を改善するために各固定子界磁鉄心を複数の分割型コアに分割するといった対応が考えられるが、この場合はコアの数が増加し、組立工数の増加を招くとともに固定子界磁鉄心の構造強度が弱くなるといった問題が生じる。

さらに、従来の永久磁石電動機においては、たとえコギングトルクが低いものであっても、制御方式によってはトルク脈動が大きくなるといった問題がある。

本発明は、上記従来の問題点を解決するためになされたものであって、補助溝を最適な位置に配置するとともに固定子界磁鉄心を分割型コアに分割した場合でも、従来と同等の構造上の強度を保持しつつ、従来と同等の組立工数で組み立てることができる、コギングトルクの低い永久磁石電動機ないしはトルク脈動の小さい永久磁石電動機を提供することを目的とする。

発明の開示

上記の問題を解決すべくなされた本発明にかかる電動機は、補助溝が設けられていない場合は、 N を3以上の奇数とすれば固定子界磁鉄心の突極部のスロット角度を永久磁石回転子の永久磁石磁極の角度に対して $1/N$ としたものである。また、補助溝が設けられている場合は、 P を1以上の整数とすれば回転子の永久磁石磁極の数（磁極数）を $2P$ に設定し、かつ固定子界磁鉄心の突極部の数（突極数）を $3P$ に設定し、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ（少なくとも）2個の補助溝を設け、各突極部の角度間隔を 4θ としたときに、各補助溝が巻線用溝の中心からそれぞれ角度 θ 及び 3θ の位置に配置される構成としたものである。これにより、コギ

ングトルクの低い電動機が得られる。

また、さらにモータ制御に応じたスキュー構造とすることにより、コギングトルクが低い永久磁石電動機ないしはトルク脈動の小さい永久磁石電動機が得られる。

より具体的には、本発明の第1の態様によれば、1以上の整数Pに対して回転子の永久磁石磁極の数（磁極数）が $2P$ に設定される一方、固定子界磁鉄心の突極部の数（突極数）が $3P$ に設定され、かつ3以上の奇数Nに対して固定子界磁鉄心の突極部のスロット角度が1つの永久磁石磁極の角度の $1/N$ に設定されていることを特徴とする電動機が提供される。この電動機においては、いずれの突極部においても固定子磁極面に働く円周方向の力が、回転中いずれの箇所でもつりあっている。かくして、本発明の第1の態様によれば、固定子界磁鉄心が一体型コアと分割型コアのいずれの場合においても、コギングトルクの低い永久磁石電動機を提供することができる。

本発明の第2の態様によれば、1以上の整数Pに対して回転子の永久磁石磁極の数（磁極数）が $2P$ に設定される一方、固定子界磁鉄心の突極部の数（突極数）が $3P$ に設定され、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ2つの補助溝が設けられ、各突極部の角度間隔を 4θ としたときに、上記2つの補助溝がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする電動機が提供される。この電動機においては、補助溝が設けられているので磁極への対向面積を広げることができる。かくして、本発明の第2の態様によれば、コギングトルクを抑制しつつトルクを高めることができる。

第2の態様にかかる電動機においては、上記2つの補助溝の中心がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線用溝の中心から角度 θ 及び 3θ の位置に配

置されているのが好ましい。この場合、補助溝の位置がより適切なものとなり、コギングトルクをさらに低減することができる。このような適切な配置により、コギングトルクを効果的に抑制することができる。

第2の態様にかかる電動機においては、上記2つの補助溝の突極部中心側の端部がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていてもよい。この場合、補助溝の位置がより適切なものとなり、コギングトルクをさらに低減することができる。このような適切な配置により、コギングトルクを効果的に抑制することができる。

また、第2の態様にかかる電動機においては、上記2つの補助溝の巻線溝側の端部がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線用溝の中心から角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていてもよい。この場合も、補助溝の位置がより適切なものとなり、コギングトルクをさらに低減することができる。このような適切な配置により、コギングトルクを効果的に抑制することができる。

上記の各電動機においては、永久磁石回転子が、固定子界磁鉄心の突極部のスロットピッチ γ に対して、0.4倍以上1倍以下の範囲内でスキューしているのが好ましい。この場合、スキュー構造によりトルク脈動が低減される。

ここで、永久磁石回転子は、固定子界磁鉄心の突極部のスロットピッチ γ の5/6倍だけスキューしているのがさらに好ましい。この場合、モータの誘起電圧の波形を台形波とすることができる。このように、モータの誘起電圧の波形を台形波とすることにより、通電時に発生するトルクリップルを抑制することができる。

また、永久磁石回転子は、固定子界磁鉄心の突極部のスロットピッチ γ の0.5倍だけスキューしているのも好ましい。この場合、モータの誘起

電圧の波形を正弦波とすることができる。このように、モータの誘起電圧の波形を正弦波とすることにより、通電時に発生するトルクリップルを抑制することができる。

さらに、永久磁石回転子は、固定子界磁鉄心の突極部のスロットピッチの0.47倍だけスキューしていてもよい。この場合、モータの誘起電圧の波形を正弦波とすることができる。このように、モータの誘起電圧の波形を正弦波とすることにより、通電時に発生するトルクリップルを抑制することができる。

上記各電動機においては、回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と補助溝の幅 β とが、 $0.5\alpha < \beta < 1.5\alpha$ の範囲にあるのが好ましい。この場合、コギングトルクを低減することができ、かつ固定子界磁鉄心の形状を自由に成形することができる。かくして、コギングトルクを抑制することができ、かつ容易に電動機を製造することができる。

また、永久磁石回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と補助溝の幅 β とが、 $\alpha = \beta$ であってもよい。この場合、巻線用溝の幅が適切なものとなり、コギングトルクをより低減することができる。かくして、コギングトルクを抑制することができ、かつ容易に電動機を製造することができる。

上記各電動機においては、永久磁石回転子と対向する固定子界磁鉄心表面の半径を r とすれば、固定子界磁鉄心の突極部の幅 W_t が $W_t > 3 \cdot r \cdot \cos \theta$ であるのが好ましい。この場合、電動機のトルクが大きくなり、コギングトルクを低減することができる。かくして、トルクが大きく、コギングを下げた電動機を提供することができる。

また、上記各電動機においては、永久磁石固定子界磁鉄心の突極部間の継鉄部の突極部の最小幅 W_y と突極部の幅 W_t が、 $2 \cdot W_y \geq W_t$ である

のが好ましい。この場合、鉄心の磁束が流れやすくなり、電動機のトルクが大きくなる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態1にかかる永久磁石電動機の構造を示す図である。

図2は、図1に示す永久磁石電動機の要部を拡大して示した図である。

図3は、図1に示す永久磁石電動機においてコギングトルクが生じない原理を説明するための図である。

図4Aは、本発明の実施の形態2にかかる永久磁石電動機の構造を示す図であり、図4Bは図4Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図5は、図4Aに示す永久磁石電動機の要部を拡大して示した図である。

図6は、図4Aに示す永久磁石電動機においてコギングトルクが生じない原理を説明するための図である。

図7は、本発明にかかるスキュー角度を説明するための図である。

図8は、本発明にかかるスキュー角度を種々変えた場合における線間誘起電圧の変化特性を示す図である。

図9は、本発明の実施の形態3にかかる永久磁石電動機においてコギングトルクが生じない原理を説明するための図である。

図10Aは、本発明の実施の形態3にかかる1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図10Bは、図10Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図11Aは、本発明の実施の形態3にかかるもう1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図11Bは、図11Aに示す永久磁石電動機にお

ける回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図12Aは、本発明の実施の形態3にかかるもう1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図12Bは、図12Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図13Aは、本発明の実施の形態3にかかるもう1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図13Bは、図13Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図14Aは、本発明の実施の形態3にかかるもう1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図14Bは、図14Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図15Aは、本発明の実施の形態3にかかるもう1つの永久磁石電動機の構造を示す図であり、図15Bは、図15Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図16は、本発明の実施の形態4にかかる永久磁石電動機の構造を示す図である。

図17は、図16に示す永久磁石電動機の要部を拡大して示した図である。

図18は、図16に示す永久磁石電動機においてコギングトルクが生じない原理を説明するための図である。

図19は、図16に示す永久磁石電動機の変形例の作用を説明するための図である。

図20は、本発明の実施の形態5にかかる永久磁石電動機の構造を示す図である。

図21は、図20に示す永久磁石電動機の要部を拡大して示した図である。

図22は、図20に示す永久磁石電動機の変形例の作用を説明するための図である。

図23Aは、従来の永久磁石電動機の構造を示す図であり、図23Bは、図23Aに示す永久磁石電動機における回転角度とコギングトルクの関係を示す図である。

図24は、図23Aに示す永久磁石電動機の要部を拡大して示した図である。

発明を実施するための最良の形態

(実施の形態1)

図1は6極9スロット型の永久磁石電動機の断面図であり、図2はこの電動機の要部を拡大して示した図である。図1に示すように、この電動機には、9個の固定子界磁鉄心11が円周弧状に組み付けられてなるステータが設けられている。各固定子界磁鉄心11には、それぞれ、突極部11aが電動機の中心側に向かって突出するようにして形成されている。ここで、リング形のステータの内側の空間部には回転子12（永久磁石回転子）が配置され、この回転子12の円周部には6個の永久磁石磁極13が円弧状に固定されている。そして、隣り合う2つの固定子界磁鉄心11間に設けられた巻線溝17には巻線が施されている。この巻線に電流が流されたときには、回転子12が回転して該電動機が駆動される。

図2に示すように、回転子12の中心（回転子中心）と隣り合う2つの固定子界磁鉄心11の接触面とを通る直線と、回転子中心と突極部11aの先端角部とを通る直線とがなす角度 θ は、突極部11aの「スロット角度 θ 」と称される。なお、以下において単に「角度」という場合は回転子12における中心角を意味するものとする。そして、図2から明らかなど

おり、永久磁石磁極 1 3 の回転子円周方向の長さ（外周円弧部）に対応する角度は 6θ に設定され、固定子界磁鉄心 1 1 の回転子円周方向の長さに対応する角度は 4θ に設定され、突極部 1 1 a の先端部の回転子円周方向の長さに対応する角度は 2θ に設定されている。

図 3 は、永久磁石磁極 1 3 と固定子界磁鉄心 1 1 の突極部 1 1 a との間の相対的な位置関係を示している。図 3 中に示された溝関数のグラフにおいて、巻線溝 1 7 については関数値が 1 と定義され、固定子界磁鉄心 1 1 については関数値が 0 と定義されている。また、固定子界磁鉄心 (A) ~ (C) のグラフには、固定子界磁鉄心 1 1 に働く力 F が示されている。固定子界磁鉄心 1 1 と永久磁石磁極 1 3 との間には吸引力が働き、この吸引力により回転子 1 2 が回転させられる。コギングトルクは、この吸引力の円周方向の分力のアンバランスに起因して発生する。

以下、図 3 を参照しつつ、回転子円周方向の力を F_x であらわして 1 つの磁石極対に働く力について説明する。固定子界磁鉄心 (A) において、鉄心 1 1 a と鉄心 1 1 c とについては、回転子円周方向の力 $-F_{x_1}$ と F_{x_1} とがバランスされ、かつ回転子円周方向の力 F_{x_2} と $-F_{x_2}$ とがバランスされる。また、鉄心 1 1 b については、回転子円周方向の力 $-F_{x_3}$ と F_{x_3} とがバランスされる。このため、固定子界磁鉄心 (A) では、回転子円周方向の力すなわちコギングトルクは生じない。

また、固定子界磁鉄心 1 1 と永久磁石回転子 1 2 とが相対的に回転し、固定子界磁鉄心 (B) の状態となったときには、鉄心 1 1 d と鉄心 1 1 e とについては、回転子円周方向の力 $-F_{x_4}$ と F_{x_4} とがバランスされる。また、鉄心 1 1 d と鉄心 1 1 f とについては、回転子円周方向の力 F_{x_5} と $-F_{x_5}$ とがバランスされる。かつ、鉄心 1 1 e と鉄心 1 1 f とについては、円周方向の力 $-F_{x_6}$ と F_{x_6} とがバランスされる。このため、円周方向の力

すなわちコギングトルクは生じない。

これを溝関数で考えると、溝関数値が1から0に変わる地点では回転子円周方向のマイナスの力が働き、他方溝関数値0から1に変わる地点では回転子円周方向のプラスの力が働く。したがって、N極側の溝関数を固定した上で、S極側の溝関数の関数値を0から1に入れ替えたときに、N極側の溝関数とS極側の溝関数とが同一であれば、円周方向の力は生じないことになる。そこで、このような作用を生じさせるために、この電動機では、Pを1以上の整数とすれば、回転子12の永久磁石磁極13の数（磁極数）が $2P$ に設定され、固定子界磁鉄心11の突極部11aの数（突極数）が $3P$ に設定されている。そして、Nを3以上の奇数とすれば、固定子界磁鉄心11の突極部11aのスロット角度が、永久磁石磁極13の回転子円周方向の長さに対応する角度の $1/N$ に設定されている。

なお、この実施の形態1では、6極9スロット型の電動機の構成を示しているが、本発明はこのような電動機に限定されるものではなく、例えば4極6スロット型、8極12スロット型、10極15スロット型等の電動機にも同様に適用することができるのはもちろんである。

また、この実施の形態1では、回転子12の磁極には永久磁石磁極13を用いているが、かかる磁極は永久磁石でなくてもよく、例えば表面が樹脂や鉄などでカバーされその内部に永久磁石を備えたもの、あるいは巻線により電流を流して磁極を形成するようにしたものでもよい。

（実施の形態2）

図4Aは、突極部の先端部の、巻線溝中心から円周方向に角度 10° 及び 30° 隔たった位置にそれぞれ補助溝が設けられた6極9スロット型の永久磁石電動機の断面図を示している。また、図5はこの電動機の要部を拡大して示している。

図4Aに示すように、この電動機には、9個の固定子界磁鉄心21を円周弧状に組み付けてなるステータが設けられている。そして、各固定子界磁鉄心21（ステータ）には、それぞれ、突極部21aが電動機の中心側（回転子中心側）に向かって突出するようにして設けられている。リング形のステータの内側の空間部には回転子22（永久磁石回転子）が配置され、この回転子22の周部には6個の永久磁石磁極23が円弧状に固定されている。そして、隣り合う2つの固定子界磁鉄心21間に設けられた巻線溝27には巻線が施されている。この巻線に電流が流されたときには、回転子22が回転して該電動機が駆動される。また、各突極部21aの先端部、すなわち回転子22（永久磁石磁極23）と対向する面にはそれぞれ2つの補助溝24が設けられている。

図5に示すように、この電動機においては、突極部21aのスロット角度 θ は、回転子22の中心（回転子中心）と補助溝24の中心とを通る直線と、回転子中心と固定子界磁鉄心21の巻線溝27の中心とを通る直線とがなす角度で定義される。そして、この電動機では、回転子22の各永久磁石磁極23の回転子円周方向の長さ（外周円弧部）に対応する角度が 6θ に設定され、固定子界磁鉄心21の回転子円周方向の長さに対応する角度が 4θ に設定され、突極部21aの両補助溝24間の回転子円周方向の間隔に対応する角度が 2θ に設定されている。

図6は、永久磁石磁極23と、補助溝24を備えた固定子界磁鉄心21の突極部21aの相対的な位置関係を示している。図6中に示された溝関数と該溝関数の基本波とを合わせれば、図4Bに示すようなほとんどコギングトルクを生じない溝関数が得られる。つまり、固定子界磁鉄心21の突極部21aに補助溝24を設けることにより、コギングトルクの基本波成分をなくすことができ、このため実際に生じるコギングトルクは、溝関

数の高調波成分のみとなる。このように、この実施の形態2にかかる電動機においては、補助溝24を設けることによりコギングトルクが低減される。

なお、この電動機においては、 P を1以上の整数とすれば、回転子22の永久磁石磁極23の数（磁極数）は $2P$ に設定され、固定子界磁鉄心21の突極部21aの数（突極数）は $3P$ に設定されている。そして、前記のとおり、各固定子界磁鉄心21の突極部21aにはそれぞれ2つの補助溝24が形成されているが、各磁極間の角度を 4θ とすれば、上記2つの補助溝24の中心は、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝27の中心から角度 θ 及び 3θ の位置に配置されている。

また、実施の形態2にかかる電動機では、補助溝24の回転子円周方向の幅 β が、回転子22と対向する固定子界磁鉄心21の巻線溝27の回転子円周方向の幅 α の0.5倍以上1.5倍以下の範囲に設定され、これにより補助溝24によるコギングトルクの基本波の打ち消し効果が高められ、コギングトルクが一層低減されるようになっている。この場合、巻線溝27の幅 α と補助溝24の幅 β とを等しくするのが、すなわち $\alpha = \beta$ とするのがとくに好ましい。

さらに、この永久磁石電動機を正弦波駆動する場合には、永久磁石磁極23をスロットピッチ γ の $1/2$ だけスキュー（斜行）させることにより、すなわちスキュー角度をスロットピッチ γ の $1/2$ とすることにより、トルク脈動をさらに低減することができる。

図7はスキュー角度を説明するための図であり、図7において ϕ はスキュー角度を示し、 γ はスロットピッチを示している。

図8は、かかるスキュー角度を変化させた場合における線間誘起電圧波形を示す図である。永久磁石電動機の制御方式として矩形波駆動を用いる

場合は、矩形波の平坦部分に相当する制御位置では、永久磁石電動機が有しているトルク脈動特性（線間誘起電圧波形に相当）も平坦であれば、トルク脈動が生じない。矩形波の駆動通電方式によっても変化するが、図8から明らかなおとおり、スキュー角度を大きくしてゆけば、線間誘起電圧波形は台形波となり、トルク脈動が低減されるとともにコギングトルクが低減されるといった作用が生じる。前記のおとおり、実施の形態2にかかる電動機では、回転子22の磁極数が $2P$ （ P は1以上の整数）に設定され、固定子界磁鉄心21の突極数が $3P$ に設定されているが、ここで制御方式として 120° 通電式の矩形波駆動を用いる場合は、永久磁石回転子22を、固定子界磁鉄心21のスロットピッチに対しての0.4倍以上1倍以下の範囲内でスキューさせた構造とするのが好ましい。また、上記スキューを $5/6$ 倍とするのがとくに好ましい。

補助溝24によりコギングトルクが低減された永久磁石電動機に、このようなスキューを施すことにより、コギングトルクをさらに低減することができる。

なお、この実施の形態2にかかる電動機では、回転子22の磁極に永久磁石磁極23を用いているが、該磁極は永久磁石に限定されるものではない。例えば、該磁極は表面が樹脂や鉄などでカバーされその内部に永久磁石を備えたもの、あるいは巻線により電流を流して磁極を形成するものであってもよい。

（実施の形態3）

この実施の形態3にかかる電動機においては、例えば図10Aに示すように、各突極部には3つ以上の補助溝が設けられる。

図9は、永久磁石磁極33と、補助溝34を備えた固定子界磁鉄心31の突極部31aとの相対的な位置関係を示している。そして、図9中の溝

関数のグラフにおいては、巻線溝については溝関数値が1と定義され、鉄心については溝関数値が0と定義されている。かくして、溝関数を描き、該溝関数の基本波を描くと、図6に示すようなコギングトルクが生じない溝関数となる。

つまり、この固定子界磁鉄心31の突極部31aに、図9に示すような補助溝34、35を設けることにより、コギングトルクの基本波成分をなくすることができる。この場合、実際に生じるコギングトルクは、補助溝34及び補助溝35の溝関数による高調波成分になり、コギングトルクが低減されるといった作用が生じる。この実施の形態3にかかる電動機では、 P を1以上の整数とすれば、回転子32（永久磁石回転子）の磁極数は $2P$ に設定され、固定子界磁鉄心31の突極数は $3P$ に設定されている。そして、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにはそれぞれ3つ以上の補助溝34、35が設けられている。ここで、各固定子界磁鉄心31の回転子円周方向の長さに対応する角度を 4θ とした場合は、該固定子界磁鉄心31の突極部31aに設けられた補助溝のうちの2個の補助溝の中心が、巻線溝の中心から回転子円周方向にみて角度 θ 及び 3θ の位置に配置され、その他の補助溝は任意の位置に配置されている。

実施の形態3にかかる電動機では、補助溝34の回転子円周方向の幅 β が、回転子32と対向する固定子界磁鉄心31の巻線溝37の回転子円周方向の幅 α の0.5倍以上1.5倍以下の範囲に設定され、これにより補助溝34によるコギングトルクの基本波の打ち消し効果が高められ、コギングトルクが一層低減されるようになっている。この場合、巻線溝37の幅 α と補助溝34の幅 β とを等しくするのが、すなわち $\alpha = \beta$ とするのがとくに好ましい。

また、この永久磁石電動機を正弦波駆動する場合には、永久磁石磁極3

3をスロットピッチの1/2だけスキューさせることにより、すなわちスキュー角度をスロットピッチの1/2とすることにより、トルク脈動をさらに低減することができる。

この実施の形態3にかかる電動機における補助溝の好ましい配設形態は種々考えられるが、以下に代表的な補助溝の配置形態を示す。

図10Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ3つの補助溝34、35a、34が設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から10°、20°、30°の位置に配置されている。なお、各突極部31aの3つの補助溝34、35a、34のうちの真ん中に位置する補助溝35aは、回転子円周方向にみて突極部31aの中心に位置している。なお、図10Bには、図10Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

図11Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ4つの補助溝35c、34、34、35cが設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から5°、10°、30°、35°の位置に配置されている。なお、図11Bには、図11Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

図12Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ5つの補助溝34、35a、35b、35a、34が設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から10°、15°、20°、25°、30°の位置に配置されている。なお、図12Bには、図12Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

図13Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ5つの補助溝35c、34、35a、34、35cが設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から5°、10°、20°、30°、35°の位置に配置されている。なお、図13Bには、図13Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

図14Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ6つの補助溝35c、34、35b、35b、34、35cが設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から5°、10°、15°、25°、30°、35°の位置に配置されている。なお、図14Bには、図14Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

図15Aに示す6極9スロット型の電動機では、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心31の突極部31aにそれぞれ7つの補助溝35c、34、35b、35a、35b、34、35cが設けられ、該補助溝はそれぞれ巻線溝中心から5°、10°、15°、20°、25°、30°、35°の位置に配置されている。なお、図15Bには、図15Aに示す電動機のコギングトルクの回転角度に対する変化特性が示されている。

(実施の形態4)

図16は、本発明の実施の形態4にかかる8極12スロット型の永久磁石電動機の断面図であり、図17は、図16に示す電動機の要部を拡大して示した図である。

図16と図17とに示すように、この電動機においては、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心41の突極部41bにそれぞれ2

つの補助溝 4 4 a が設けられている。これらの 2 つの補助溝 4 4 a はそれぞれ、その突極磁極中心側の端部が回転子円周方向にみて巻線溝中心から 7.5° 、 22.5° の地点に位置するように配置されている。

この電動機には、12個の固定子界磁鉄心 4 1 を円周弧状又はカマボコ状に組み付けてなるステータが設けられている。そして、各固定子界磁鉄心 4 1 (ステータ) には、それぞれ、突極部 4 1 b が電動機の center 側 (回転子 center 側) に向かって突出するようにして設けられている。リング形のステータの内側の空間部には回転子 4 2 (永久磁石回転子) が配置され、この回転子 4 2 の周部には 8 個の永久磁石磁極 4 3 が円弧状に固定されている。そして、隣り合う 2 つの固定子界磁鉄心 4 1 間に設けられた巻線溝 4 7 には巻線が施されている。この巻線に電流が流されたときには、回転子 4 2 が回転して該電動機が駆動される。また、各突極部 4 1 b の先端部、すなわち回転子 4 2 (永久磁石磁極 4 3) と対向する面 (対極面) にはそれぞれ 2 つの補助溝 4 4 a が設けられている。

そして、この電動機においては、図 17 から明らかなとおり、突極部 4 1 b のスロット角度 θ は、回転子 4 2 の中心 (回転子 center) と補助溝 4 4 a の突極部 center 側の端部とを通る直線と、回転子 center と固定子界磁鉄心 4 1 の巻線溝 4 7 の center とを通る直線とがなす角度で定義される。そして、この電動機では、回転子 4 2 の各永久磁石磁極 4 3 の回転子円周方向の長さ (外周円弧部) に対応する角度が 6θ に設定され、固定子界磁鉄心 4 1 の回転子円周方向の長さに対応する角度が 4θ に設定され、突極部 4 1 b の両補助溝 4 4 a の突極部 center 側端部間の回転子円周方向の間隔 (突極磁極間) に対応する角度が 2θ に設定されている。

図 18 は、コギングトルク成分を高調波分析した場合において、最も大きい基本波成分を取り除く際の原理を示している。また、図 18 は、永久

磁石磁極 4 3 と固定子界磁鉄心 4 1 の突極部 4 1 b と巻線溝 4 7 との相対的な角度関係が $3\theta : \theta : \theta$ で配置されている永久磁石電動機において、永久磁石磁極 4 3 と固定子界磁鉄心 4 1 の位置を変化させたときに、固定子界磁鉄心 (A)、(B)、(C) に働く力 F を示している。

図 1 8 中に示された溝関数のグラフにおいては、溝 (巻線溝 4 7) については関数値が 1 と定義され、鉄心 (固定子界磁鉄心 4 1) については関数値が 0 と定義されている。また、固定子界磁鉄心 (A) ~ (C) のグラフには、固定子界磁鉄心 4 1 に働く力 F が示されている。ここで、固定子界磁鉄心 4 1 と永久磁石磁極 4 3 との間には吸引力が働き、この吸引力により回転子 4 2 が回転させられる。コギングトルクは、この吸引力の円周方向の分力のアンバランスに起因して発生する。

以下、図 1 8 を参照しつつ、この円周方向の力を F_x であらわし、1 つの磁石極対に作用する力について説明する。固定子界磁鉄心 (A) において、鉄心 4 1 a と鉄心 4 1 c とについては、回転子円周方向の力 $-F_{x_1}$ と F_{x_1} とがバランスされ、かつ回転子円周方向の力 F_{x_2} と $-F_{x_2}$ とがバランスされる。また、鉄心 4 1 b については、回転子円周方向の力 $-F_{x_3}$ と F_{x_3} とがバランスされる。このため、固定子界磁鉄心 (A) では、回転子円周方向の力すなわちコギングトルクは生じない。

また、固定子界磁鉄心 (B) において、鉄心 4 1 d と鉄心 4 1 e とについては、回転子円周方向の力 $-F_{x_4}$ と F_{x_4} とがバランスされる。また、鉄心 4 1 d と鉄心 4 1 f とについては、回転子円周方向の力 F_{x_5} と $-F_{x_5}$ とがバランスされる。さらに、鉄心 4 1 e と 4 1 f とについては、回転子円周方向の力 $-F_{x_6}$ と F_{x_6} とがバランスされる。このため、回転子円周方向の力すなわちコギングトルクは生じない。

さらに、固定子界磁鉄心 (C) において、鉄心 4 1 g については、回転

子円周方向の力 $-F_{x7}$ と F_{x7} とがバランスされる。また、鉄心41hと鉄心41iについては、回転子円周方向の力 $-F_{x8}$ と F_{x8} とがバランスされ、かつ回転子円周方向の力 F_{x9} と $-F_{x9}$ とがバランスされる。このため、固定子界磁鉄心(C)では、円周方向の力すなわちコギングトルクは生じない。

これを溝関数で考えると、該溝関数が1から0に変わる地点では回転子円周方向マイナスの力が働き、0から1に変わる地点では回転子円周方向にプラスの力が働く。つまり、N極側の溝関数を固定して、S極側の溝関数の0と1を入れ替えた場合に、N極側とS極側の溝関数が同一であれば円周方向の力は生じない。このような構成によれば、コギングトルクの基本波成分を取り除くことができるが、永久磁石磁極43と対向する固定子界磁鉄心41の突極部41bが少ないため、回転子42に働くトルクが小さくなる。

図19は、固定子界磁鉄心41の突極部41bの、永久磁石磁極43に対向する面積を大きくして永久磁石磁極43による磁界を有効に利用するようにし、かつコギングトルクを小さくするために補助溝を設けた電動機における、永久磁石磁極43と突極部41bとの相対的な位置関係と力の関係とを示している。ここで、その溝関数 G_{11} を描くと、この溝関数 G_{11} は、図18に示すコギングトルクを生じさせない基本波成分 G_{10} と、高調波成分 $-G_{11M}$ とに分けることができる。したがって、コギングトルク成分を高調波分析した場合に最も大きい基本波成分をなくすことが可能となる。この場合は、実際に生じるコギングトルクは溝関数の高調波成分になる。このような溝配置により、コギングトルクが低減される。

この実施の形態4にかかる電動機においては、Pを1以上の整数とすれば、回転子42の磁極数は2Pに設定され、固定子界磁鉄心41の突極数

は3Pに設定される。そして、前記のとおり、各固定子界磁鉄心41の突極部41bにはそれぞれ2個の補助溝44aが設けられ、突極磁極間の角度を 4θ とした場合は、該2つの補助溝44aは、その突極磁極中心側の端部がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線溝47の中心から角度 θ 及び 3θ の地点に位置するように配置される。

実施の形態4にかかる電動機では、補助溝44aの円周方向の幅 β が、回転子42と対向する固定子界磁鉄心41の巻線溝47の回転子円周方向の幅 α に対して、0.5倍以上1.5倍以下の範囲に設定されるのが好ましい。このようにすれば、補助溝44aによるコギングトルクの基本波の打ち消し効果が高められ、コギングトルクがさらに低減される。この場合、巻線溝47の幅 α と補助溝44aの幅 β とを等しくするのが、すなわち $\alpha = \beta$ とするのがとくに好ましい。

この電動機においては、永久磁石回転子42と対面する固定子界磁鉄心41の表面の半径を r とすれば、固定子界磁鉄心41の突極部41bの幅 W_t を、 $W_t > 3 \cdot r \cdot \cos \theta$ となるように設定するのがより好ましい。このようにすれば、突極部41bの磁束の流れが滑らかになり、磁束の歪みが少なくなり、コギングトルクがさらに低減される。

また、この電動機においては、固定子界磁鉄心41の突極部間の継鉄部の最小幅 W_y と突極部41bの幅 W_t とを、 $2 \cdot W_y \geq W_t$ となるように設定するのがより好ましい。このようにすれば、突極部41bの磁束の流れが滑らかになり、コギングトルクがさらに低減される。

さらに、この永久磁石電動機を正弦波駆動する場合は、永久磁石磁極43をスロットピッチの $1/2$ スキューさせれば、トルク脈動をさらに低減することができる。

また、永久磁石電動機の制御方式を正弦波駆動とする場合、永久磁石電

動機が有しているトルク脈動特性も正弦波であれば、トルク脈動が生じない。この場合、永久磁石回転子42を、固定子界磁鉄心41のロットピッチの0.4倍以上1倍以下の範囲内でスキューさせるのが好ましく、0.5倍又は0.47倍でスキューさせるのがとくに好ましい。

(実施の形態5)

図20は、本発明の実施の形態5にかかる8極12ロット型の永久磁石電動機の断面図であり、図21は、図20に示す電動機の要部を拡大して示した図である。

図20と図21とに示すように、この電動機においては、コギングトルクを低減するために、各固定子界磁鉄心51の突極部51cにそれぞれ2つの補助溝54bが設けられている。これらの2つの補助溝54bはそれぞれ、その巻線溝側の端部がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線溝中心から 7.5° 、 22.5° の地点に位置するように配置されている。

この電動機には、12個の固定子界磁鉄心51を円周弧状又はカマボコ状に組み付けてなるステータが設けられている。そして、各固定子界磁鉄心51(ステータ)には、それぞれ、突極部51cが電動機の中心側(回転子中心側)に向かって突出するようにして設けられている。リング形のステータの内側の空間部には回転子52(永久磁石回転子)が配置され、この回転子52の周部には8個の永久磁石磁極53が円弧状又はカマボコ状に固定されている。そして、隣り合う2つの固定子界磁鉄心51間に設けられた巻線溝57には巻線が施されている。この巻線に電流が流されたときには、回転子52が回転して該電動機が駆動される。また、各突極部51cの先端部、すなわち永久磁石回転子52(永久磁石磁極53)と対向する面(対極面)にはそれぞれ2つの補助溝54bが設けられている。

そして、この電動機においては、図21から明らかなとおり、突極部5

1 c のスロット角度 θ は、永久磁石回転子 5 2 の中心（回転子中心）と補助溝 5 4 b の巻線溝側の端部とを通る直線と、回転子中心と固定子界磁鉄心 5 1 の巻線溝 5 7 の中心とを通る直線とがなす角度で定義される。そして、この電動機では、永久磁石回転子 5 2 の各永久磁石磁極 5 3 の回転子円周方向の長さ（外周円弧部）に対応する角度が 6θ に設定され、固定子界磁鉄心 5 1 の回転子円周方向の長さに対応する角度が 4θ に設定され、突極部 5 1 c の両補助溝 5 4 b の巻線溝側端部間の回転子円周方向の間隔（突極磁極間）に対応する角度が 2θ に設定されている。

図 2 2 は、固定子界磁鉄心 5 1 の突極部 5 1 c の、永久磁石磁極 5 3 に対向する面積を大きくして永久磁石磁極 5 3 による磁界を有効に利用するようにし、かつコギングトルクを小さくするために補助溝を設けた電動機における、永久磁石磁極 5 3 と突極部 5 1 c との相対的な位置関係と力の関係とを示している。ここで、その溝関数 G_{12} を描くと、この溝関数 G_{12} は、図 1 8 に示すコギングトルクを生じさせない基本波成分 G_{10} と、高調波成分 G_{12M} 及び G_{12P} とに分けることができる。したがって、コギングトルク成分を高調波分析した場合に最も大きい基本波成分をなくすことができる。この場合、実際に生じるコギングトルクは溝関数の高調波成分になる。つまり、コギングトルク成分を高調波分析した場合に最も大きい基本波成分をなくすことができ、これにより実際に生じるコギングトルクは溝関数の高調波成分になる。このような溝配置によりコギングトルクが低減される。

この実施の形態 5 にかかる電動機においては、 P を 1 以上の整数とすれば、回転子 5 2 の磁極数は $2P$ に設定され、固定子界磁鉄心 5 1 の突極数は $3P$ に設定される。そして、前記のとおり、各固定子界磁鉄心 5 1 の突極部 5 1 c にはそれぞれ 2 個の補助溝 5 4 b が設けられ、突極磁極間の角

度を 4θ とした場合は、該 2 つの補助溝 5 4 b はそれぞれ、その巻線溝側の端部がそれぞれ回転子円周方向にみて巻線溝 5 7 の中心から角度 θ 及び 3θ の地点に位置するように配置される。

実施の形態 5 にかかる電動機では、補助溝 5 4 b の回転子円周方向の幅 β が、回転子 5 2 と対面する固定子界磁鉄心 5 1 の巻線溝 5 7 の回転子円周方向の幅 α に対して、0.5 倍以上 1.5 倍以下の範囲に設定されるのが好ましい。このようにすれば、補助溝 5 4 b によるコギングトルクの基本波の打ち消し効果が高められ、コギングトルクがさらに低減される。この場合、巻線溝 5 7 の幅 α と補助溝 5 4 b の幅 β とを等しくするのが、すなわち $\alpha = \beta$ とするのがとくに好ましい。

この電動機においては、回転子 5 2 と対向する固定子界磁鉄心 5 1 の表面の半径を r とすれば、固定子界磁鉄心 5 1 の突極部 5 1 c の幅 W_t を、 $W_t > 3 \cdot r \cdot \cos \theta$ となるように設定するのがより好ましい。このようにすれば、突極部 5 1 c の磁束の流れが滑らかになり、磁束の歪みが少なくなり、コギングトルクが一層低減される。

また、この電動機においては、固定子界磁鉄心 5 1 の突極部間の継鉄部の最小幅 W_y と突極部 5 1 c の幅 W_t とを、 $2 \cdot W_y \geq W_t$ となるように設定するのがより好ましい。このようにすれば、突極部 5 1 c の磁束の流れが滑らかになり、コギングトルクが一層低減される。

さらに、この永久磁石電動機を正弦波駆動する場合は、永久磁石磁極 5 3 をスロットピッチの $1/2$ だけスキューさせれば、トルク脈動をさらに低減することができる。

また、永久磁石電動機の制御方式を正弦波駆動とする場合、永久磁石電動機が有しているトルク脈動特性も正弦波であれば、トルク脈動が生じない。この場合、永久磁石回転子 5 2 を、固定子界磁鉄心 5 1 のスロットピッ

チの0.4倍以上1倍以下の範囲内でスキューさせるのが好ましく、0.5倍又は0.47倍でスキューさせるのがとくに好ましい。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる電動機は、とくに永久磁石電動機として有用であり、工作機、縫製機械、ロボット等に用いるのに適している。

請 求 の 範 囲

1. 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、かつ3以上の奇数Nに対して固定子界磁鉄心の突極部のスロット角度が磁極角度の $1/N$ に設定されていることを特徴とする電動機。
2. 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ2つの補助溝が設けられ、突極磁極間角度を 4θ とすれば、上記2つの補助溝が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする電動機。
3. 上記2つの補助溝の中心が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする請求項2記載の電動機。
4. 上記2つの補助溝の突極磁極中心側の端部が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする請求項2記載の電動機。
5. 上記2つの補助溝の巻線溝側の端部が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする請求項2記載の電動機。
6. 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.4倍以上1倍以下の範囲内でスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電動機。
7. 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの $5/6$ 倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載

の電動機。

8. 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.5倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電動機。

9. 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.47倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電動機。

10. 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と上記補助溝の幅 β とが、 $0.5\alpha < \beta < 1.5\alpha$ となるように設定されていることを特徴とする請求項2記載の電動機。

11. 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と上記補助溝の幅 β とが、 $\alpha = \beta$ となるように設定されていることを特徴とする請求項2記載の電動機。

12. 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心表面の半径 r と上記 θ とに対して、上記固定子界磁鉄心の突極部の幅 W_t が、 $W_t > 3 \cdot r \cdot \cos \theta$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電動機。

13. 上記固定子界磁鉄心の突極部間の継鉄部の突極部最小幅 W_y と突極部の幅 W_t とが、 $2 \cdot W_y \geq W_t$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電動機。

補正書の請求の範囲

[1997年10月24日(24.10.97)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲2-13は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

1. 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、かつ3以上の奇数Nに対して固定子界磁鉄心の突極部のスロット角度が磁極角度の $1/N$ に設定されていることを特徴とする電動機。

2. (補正後) 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ2つの補助溝が設けられ、突極磁極間角度を 4θ とすれば、上記2つの補助溝が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されている、分割型コアを組付けた固定子界磁鉄心を備える電動機。

3. (補正後) 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ2つの補助溝が設けられ、突極磁極角度を 4θ とすれば、上記2つの補助溝の突極磁極中心側の端部が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする電動機。

4. (補正後) 1以上の整数Pに対して回転子の磁極数が2Pに設定される一方、固定子界磁鉄心の突極数が3Pに設定され、各固定子界磁鉄心の突極部にそれぞれ2つの補助溝が設けられ、突極磁極角度を 4θ とすれば、上記2つの補助溝の巻線溝側の端部が、それぞれ回転子円周方向にみて巻線溝の中心から、角度 θ 及び 3θ の位置に配置されていることを特徴とする電動機。

5. (補正後) 分割型コアを組付けた固定子界磁鉄心を備える請求項3又は4に記載の電動機。

6. (補正後) 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.4倍以上1倍以下の範囲内でスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
7. (補正後) 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの5/6倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
8. (補正後) 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.5倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
9. (補正後) 上記回転子が、固定子界磁鉄心の突極スロットの0.47倍だけスロットピッチスキューされていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
10. (補正後) 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と上記補助溝の幅 β とが、 $0.5\alpha < \beta < 1.5\alpha$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
11. (補正後) 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心の巻線溝の幅 α と上記補助溝の幅 β とが、 $\alpha = \beta$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
12. (補正後) 上記回転子と対向する固定子界磁鉄心表面の半径 r と上記 θ とに対して、上記固定子界磁鉄心の突極部の幅 W_t が、 $W_t > 3 \cdot r \cdot \cos\theta$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。
13. (補正後) 上記固定子界磁鉄心の突極部間の継鉄部の突極部最小幅 W_y と突極部の幅 W_t とが、 $2 \cdot W_y \geq W_t$ となるように設定されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか1つに記載の電動機。

条約19条に基づく説明書

今回の補正点について以下に説明します。

1. 請求項2は、出願当初の明細書の記載に従って、「固定子界磁鉄心が分割型コアに分割されたものである」ことを取り込んで限定したものである。
2. 請求項3は、旧請求項3を削除した上で、旧請求項4をその内容を変えずに独立形式に書き換えて新請求項3としたものである。
3. 請求項4は、旧請求項4を削除した上で、旧請求項5をその内容を変えずに独立形式に書き換えて新請求項4としたものである。
4. 請求項5は、旧請求項5を削除した上で、新請求項3又は新請求項4を、出願当初の明細書の記載に従って、「固定子界磁鉄心が分割型コアに分割されている」ことを取り込んで限定する、請求項3又は請求項4を従属対象とする請求項である。
5. 請求項6～13は、請求項3及び請求項4を独立形式に変更したことに対応して、従属対象を請求項1又は2から、請求項1～4のいずれか1つに変更したものである。

以上の補正及び追加は本文記載に基づくものである。

図 1

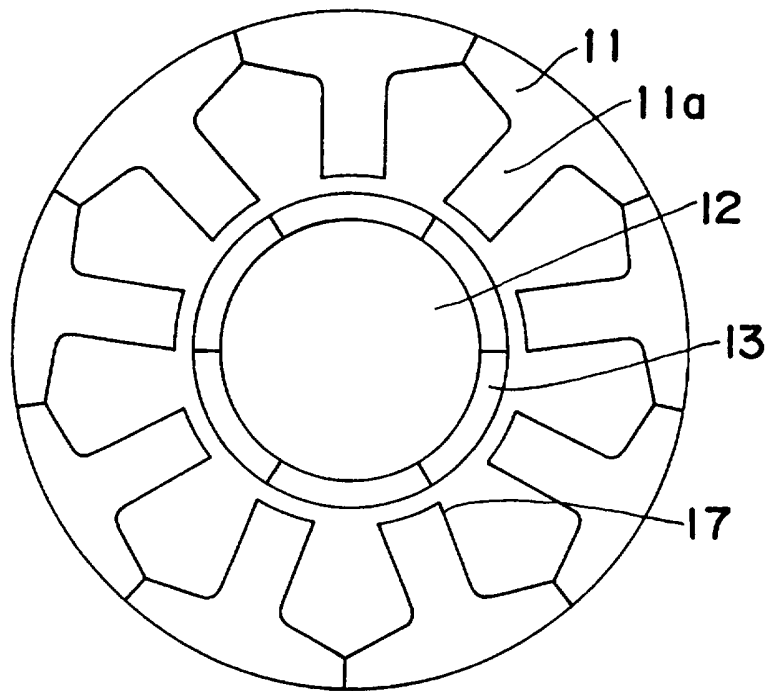


図 2

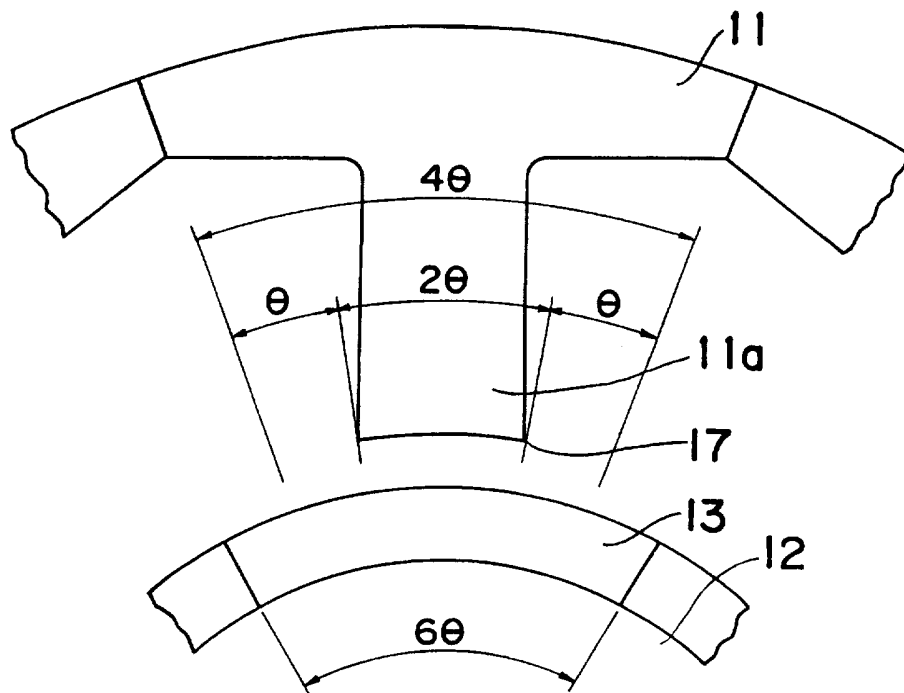


図3

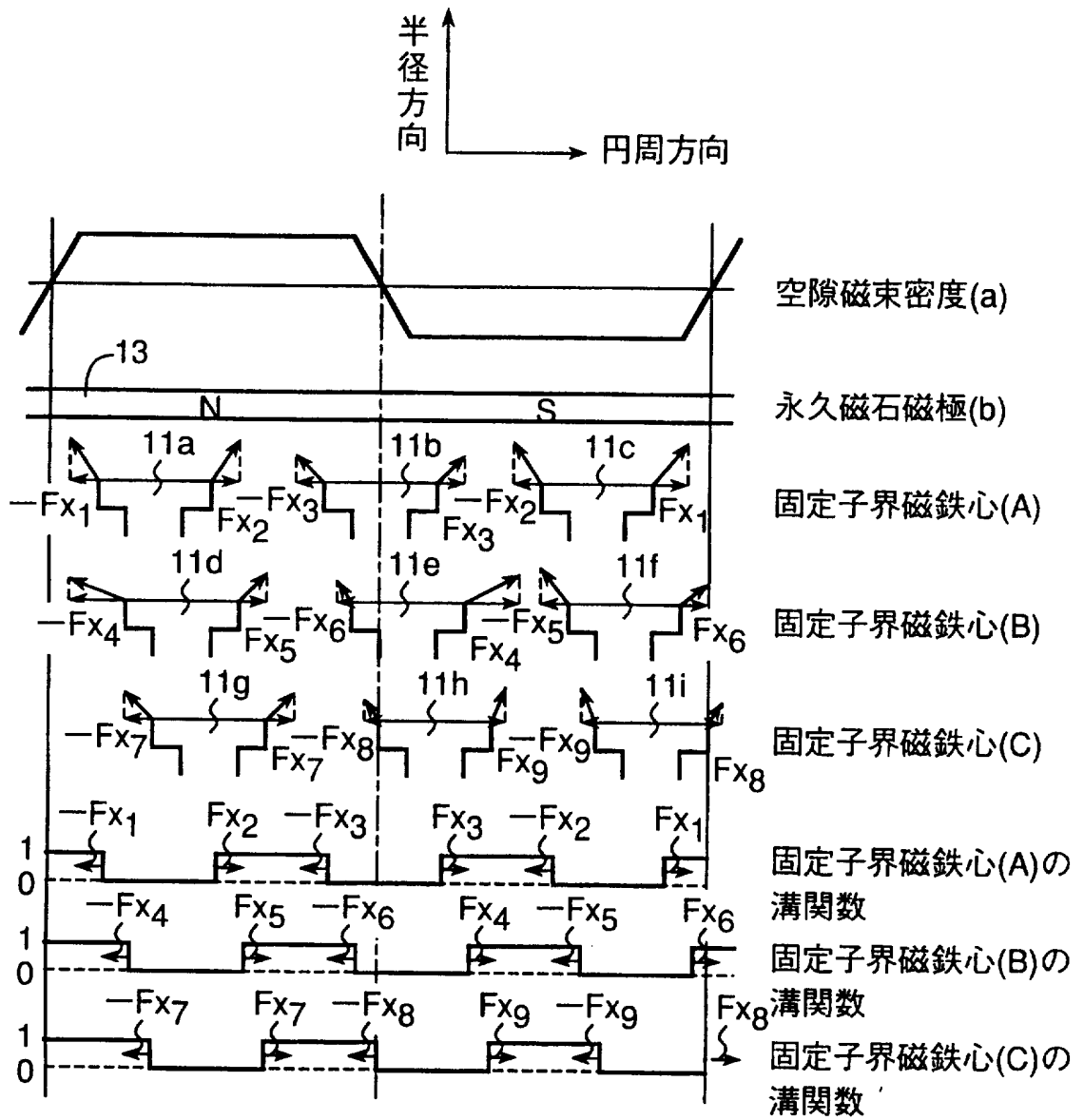


図 4A

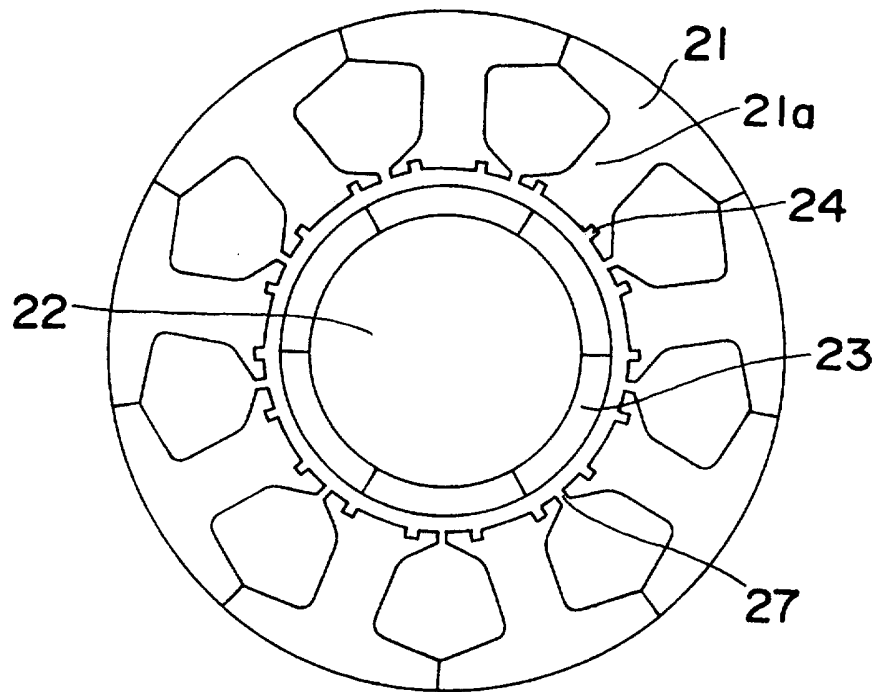


図 4B

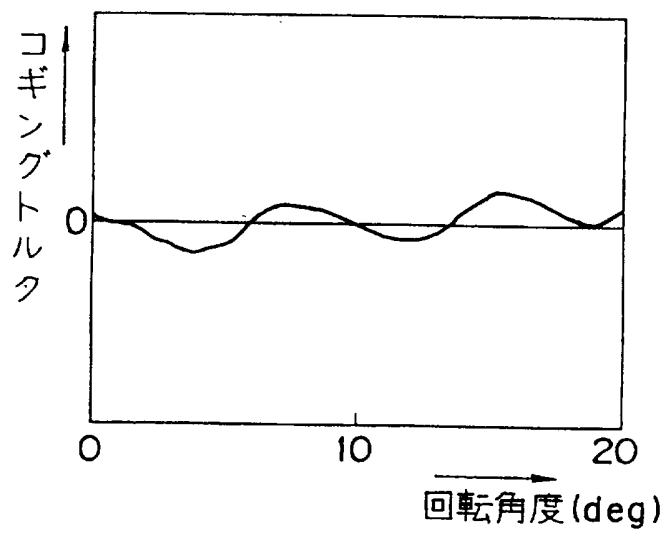


图 5

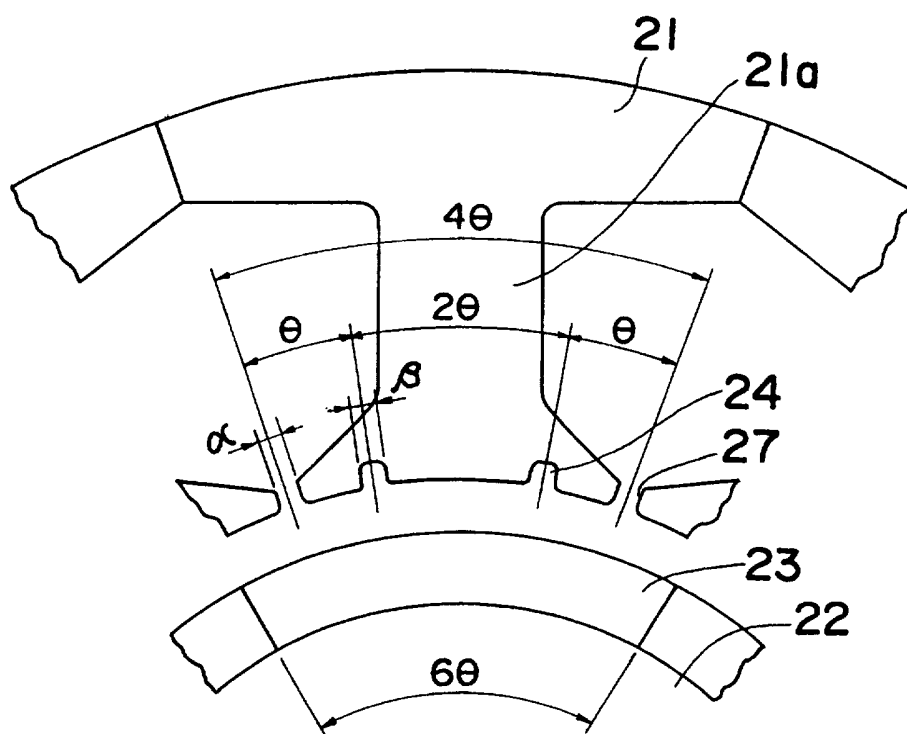


図6

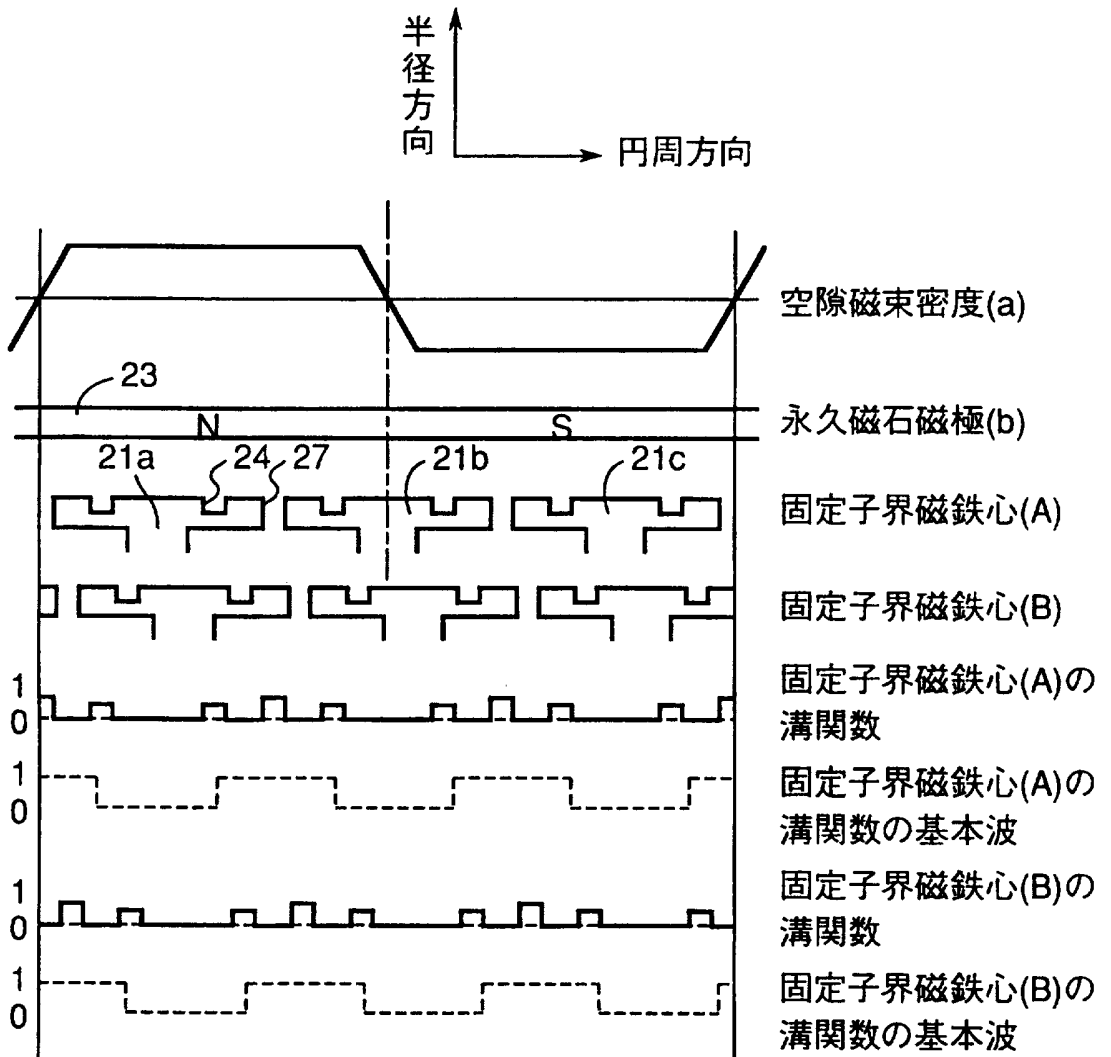


図7

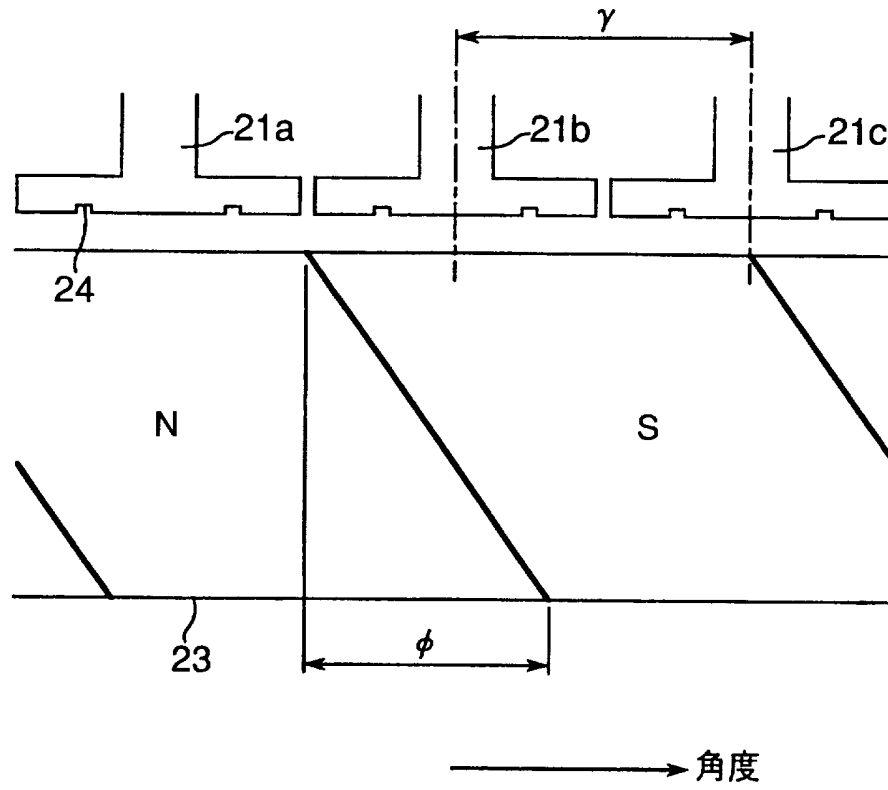


図 8

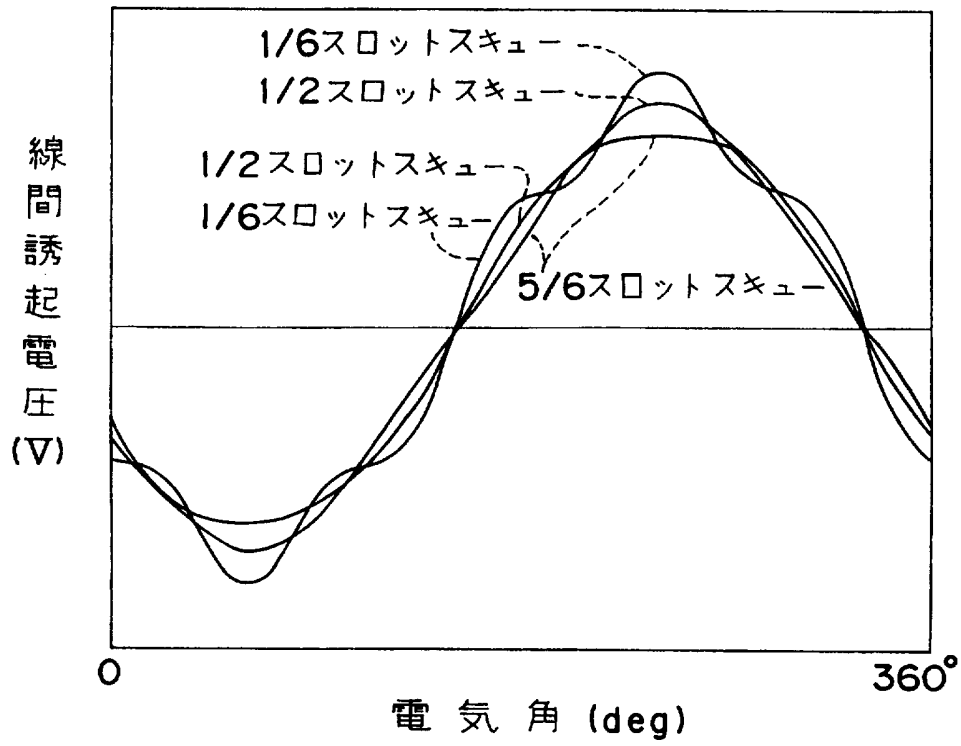
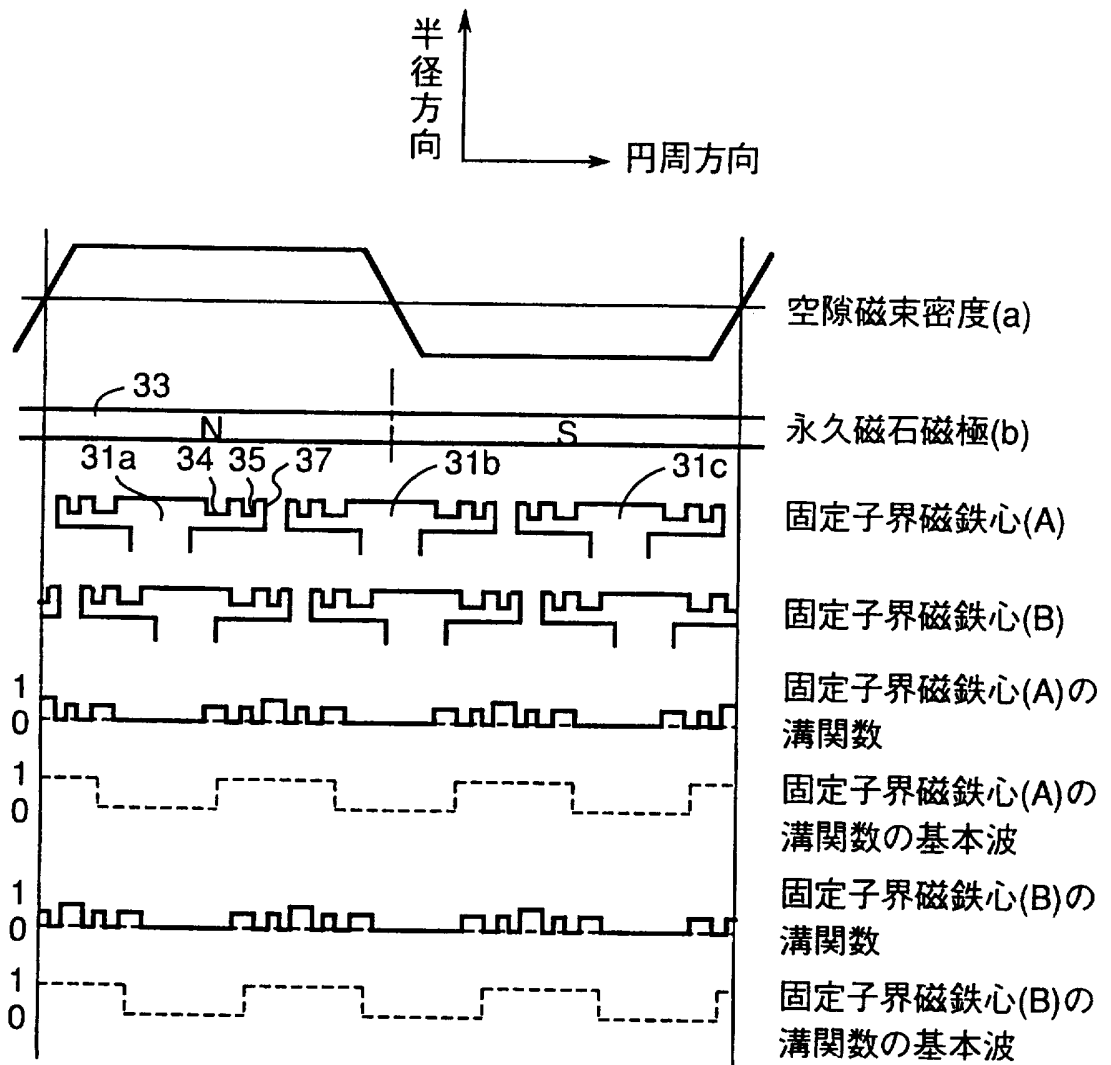
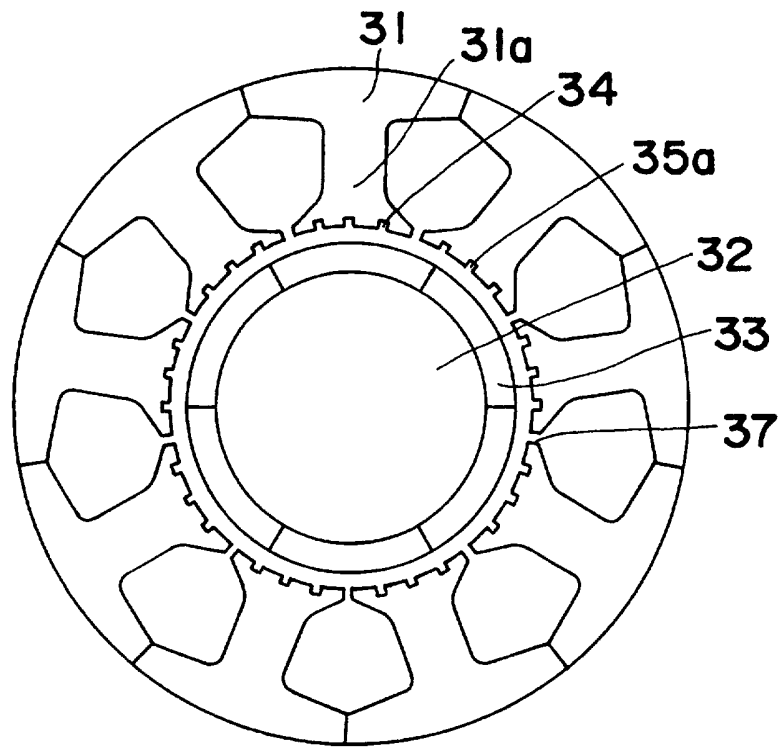


図9



10A



10B

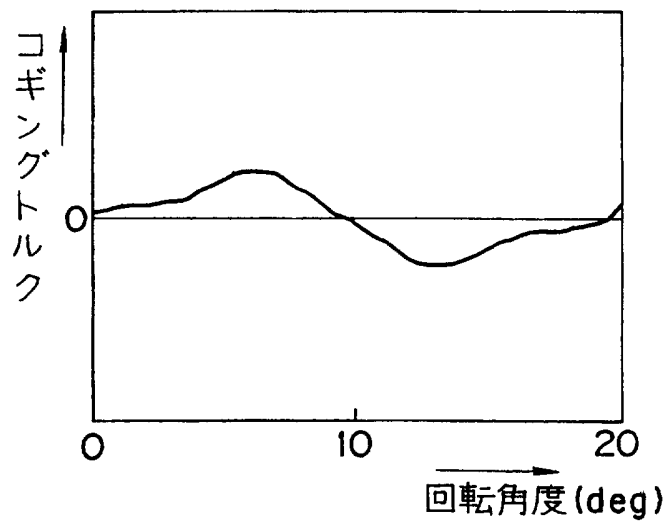


図 11A

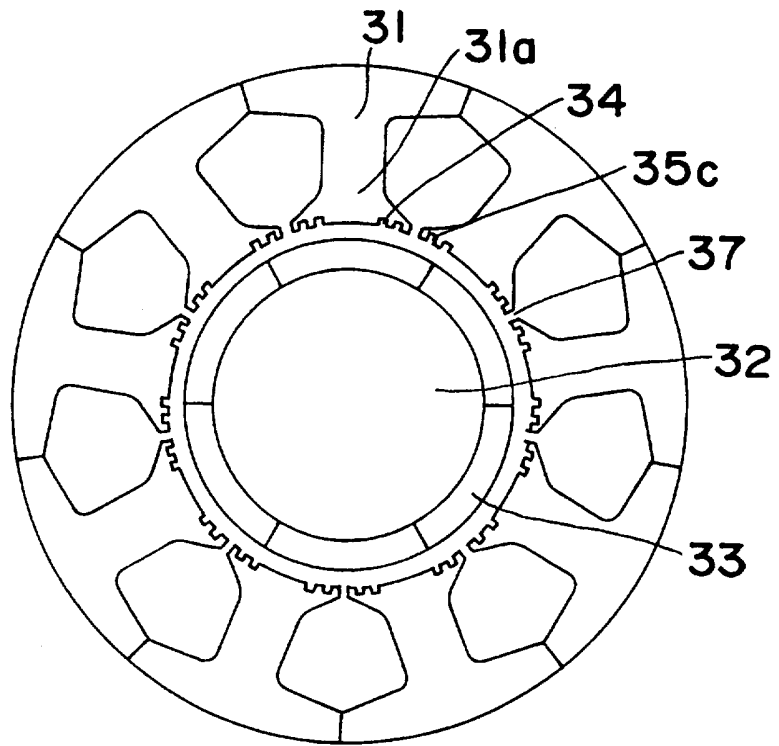


図 11B

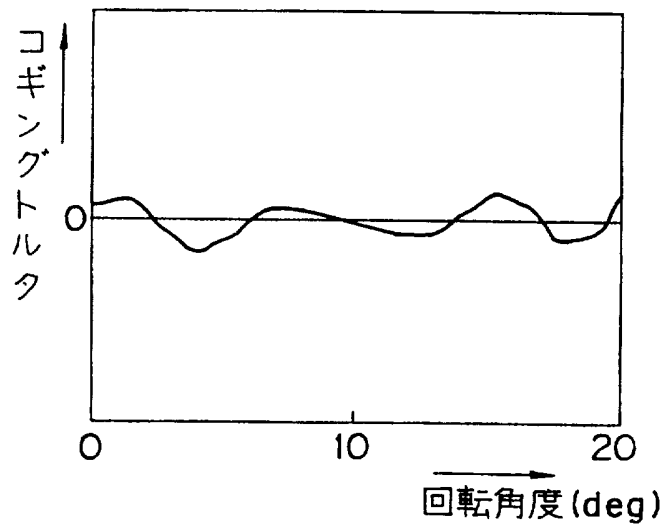


図 12A

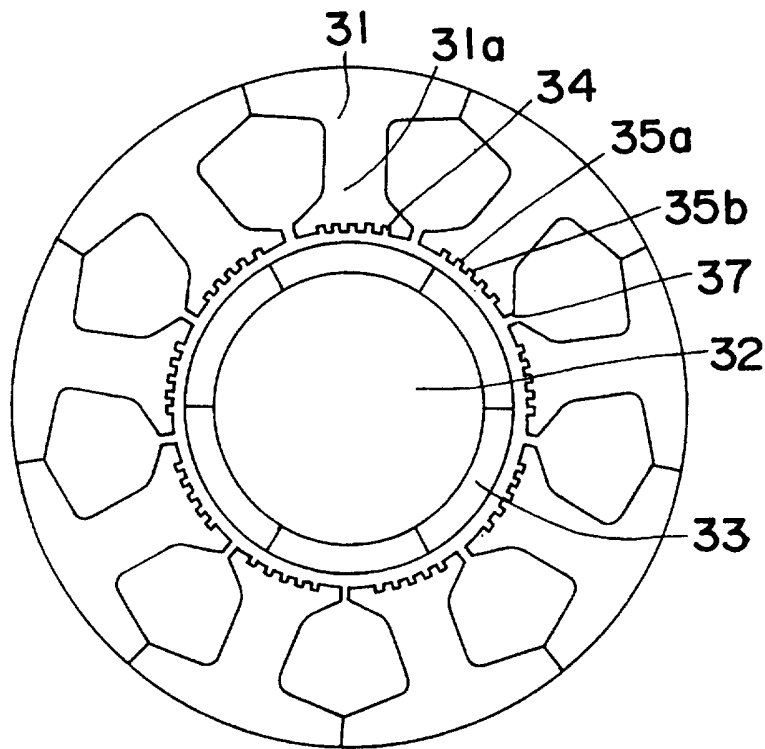


図 12B

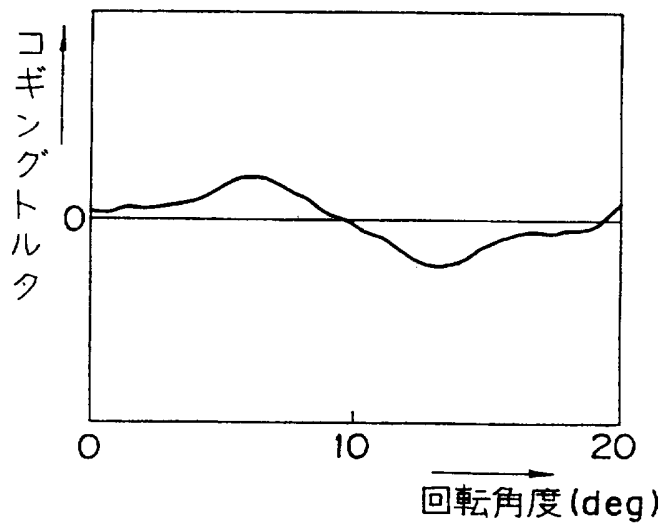


図 13A

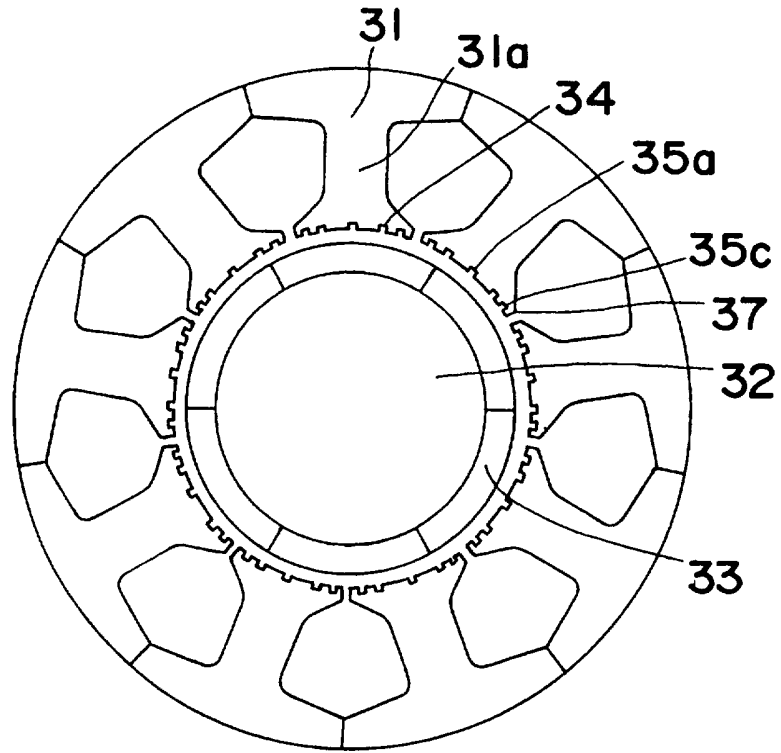


図 13B

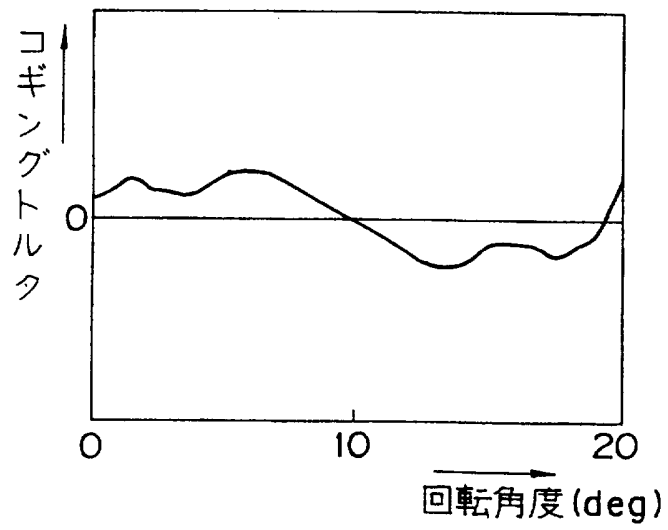


図 14A

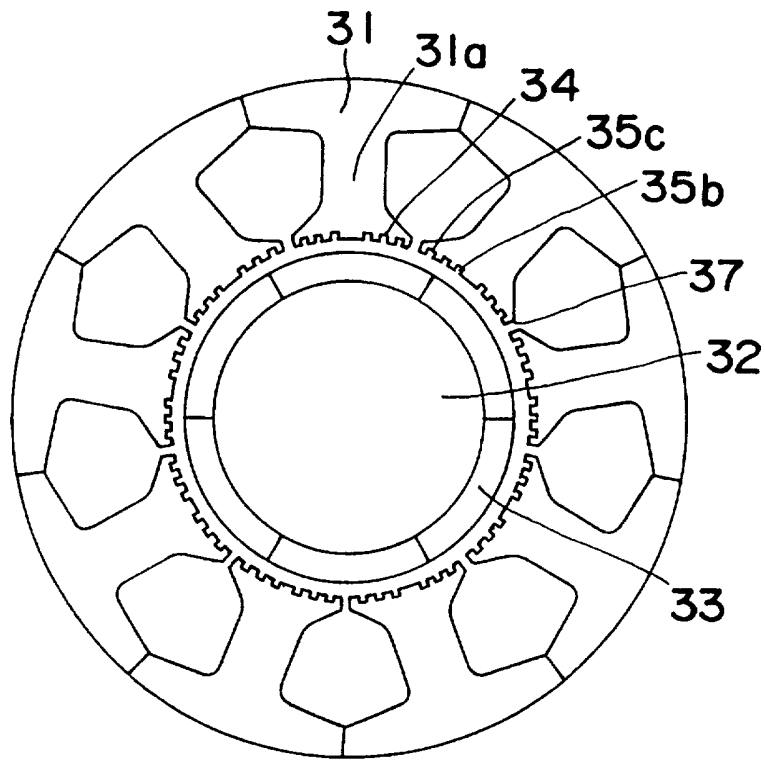
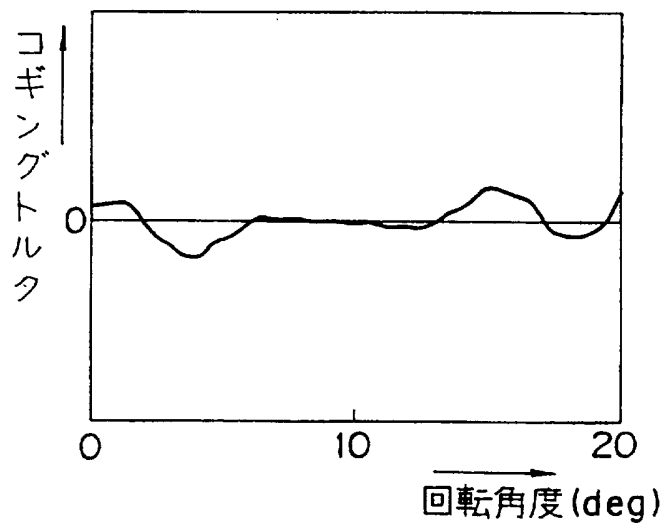
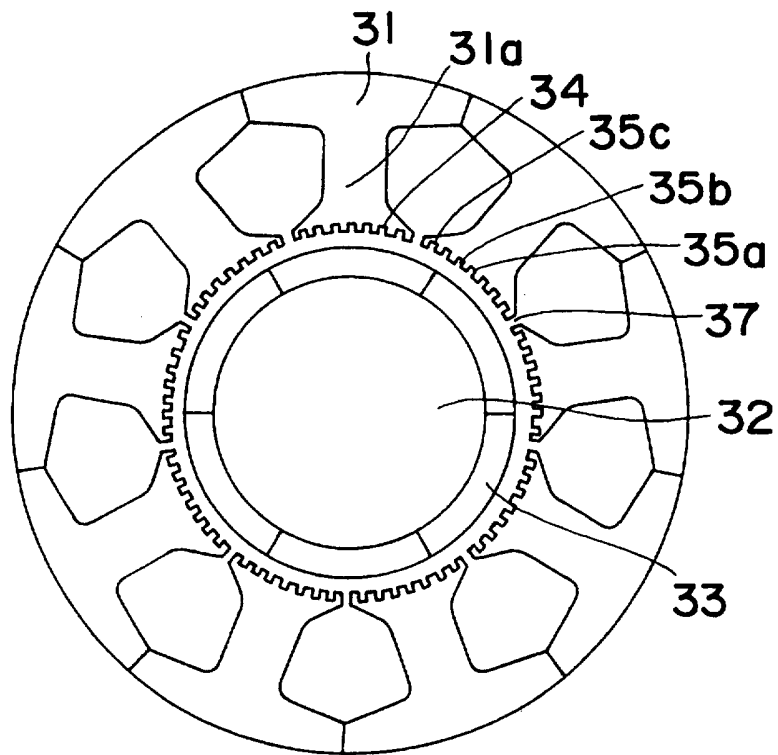


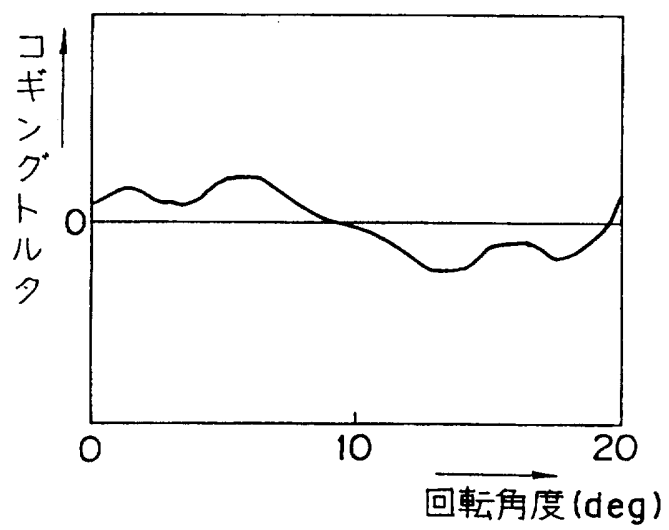
図 14B



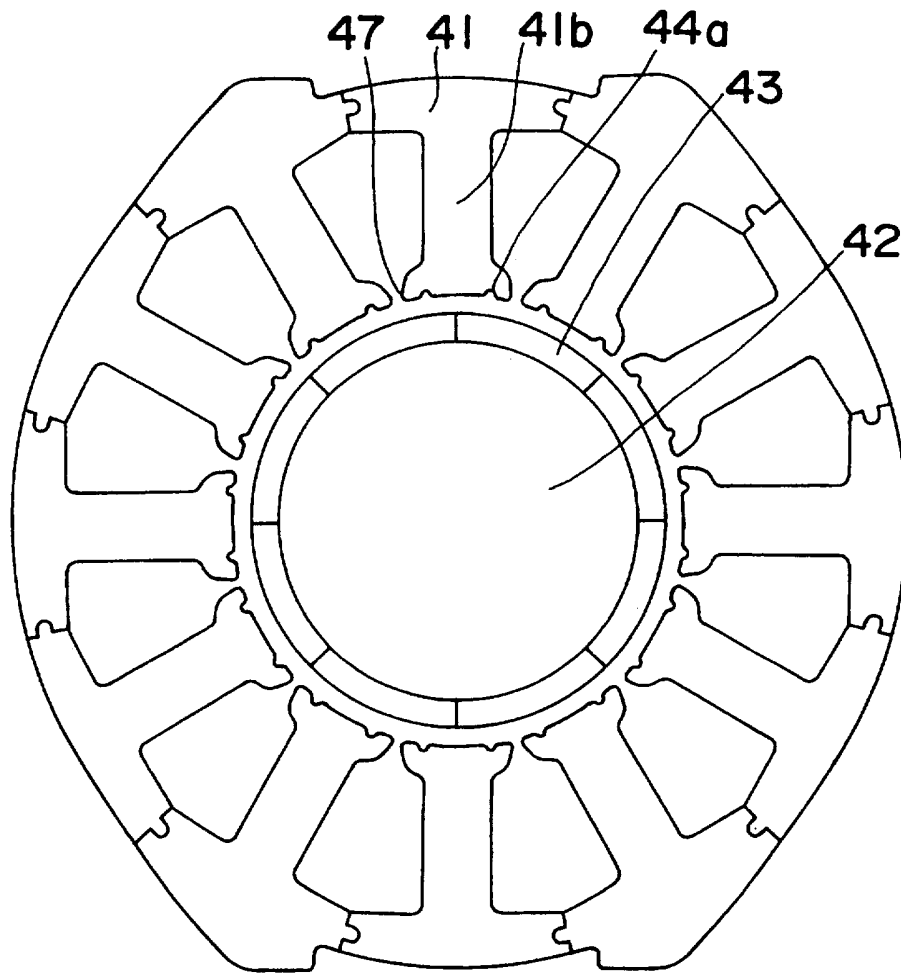
15A



15B



16



17

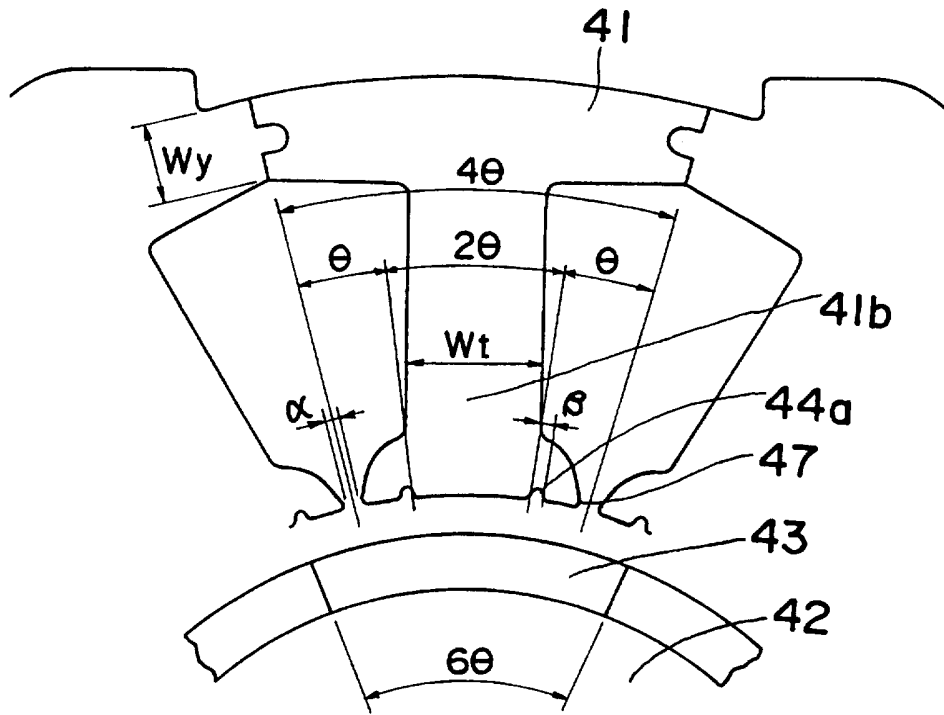


図18

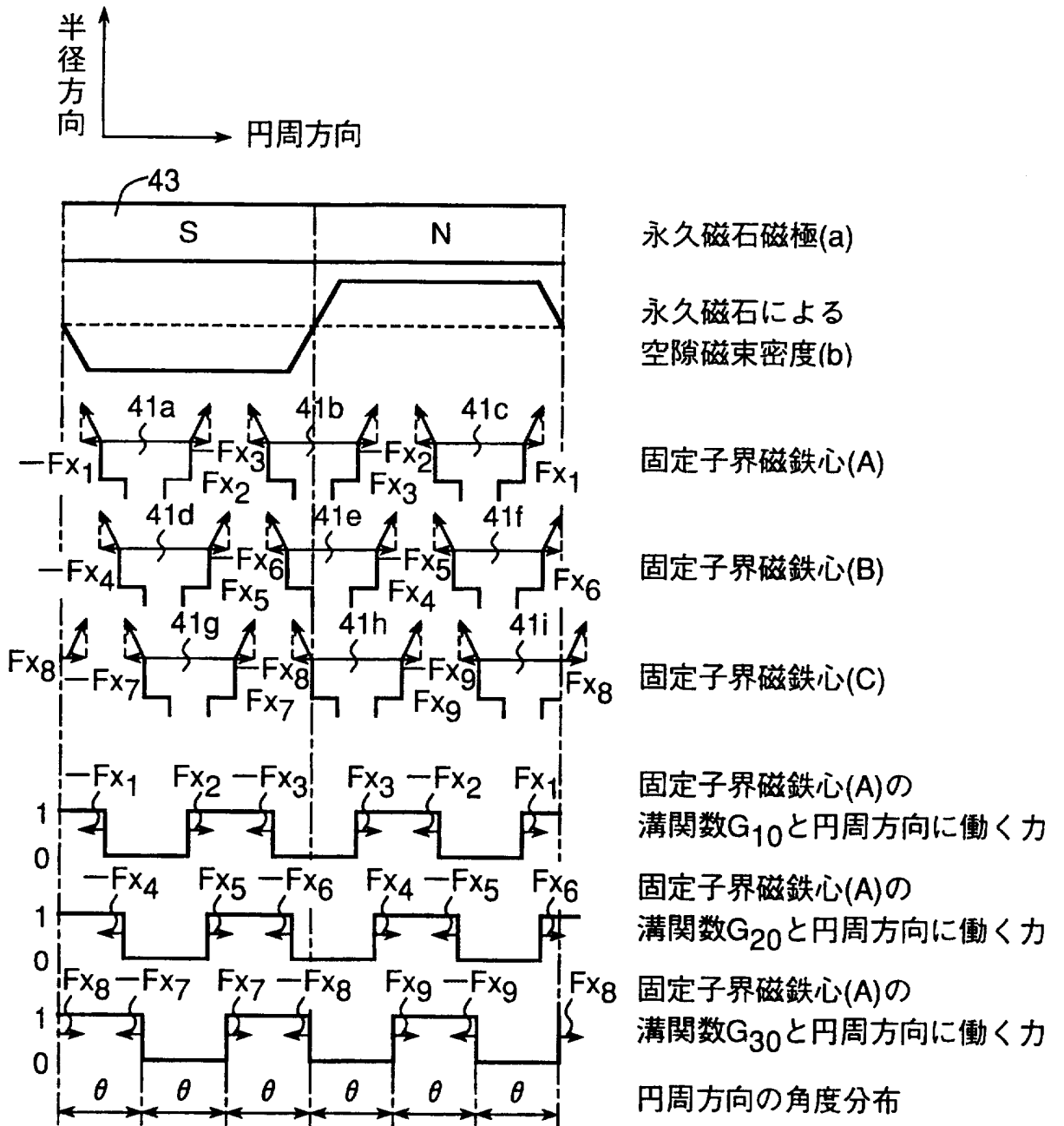
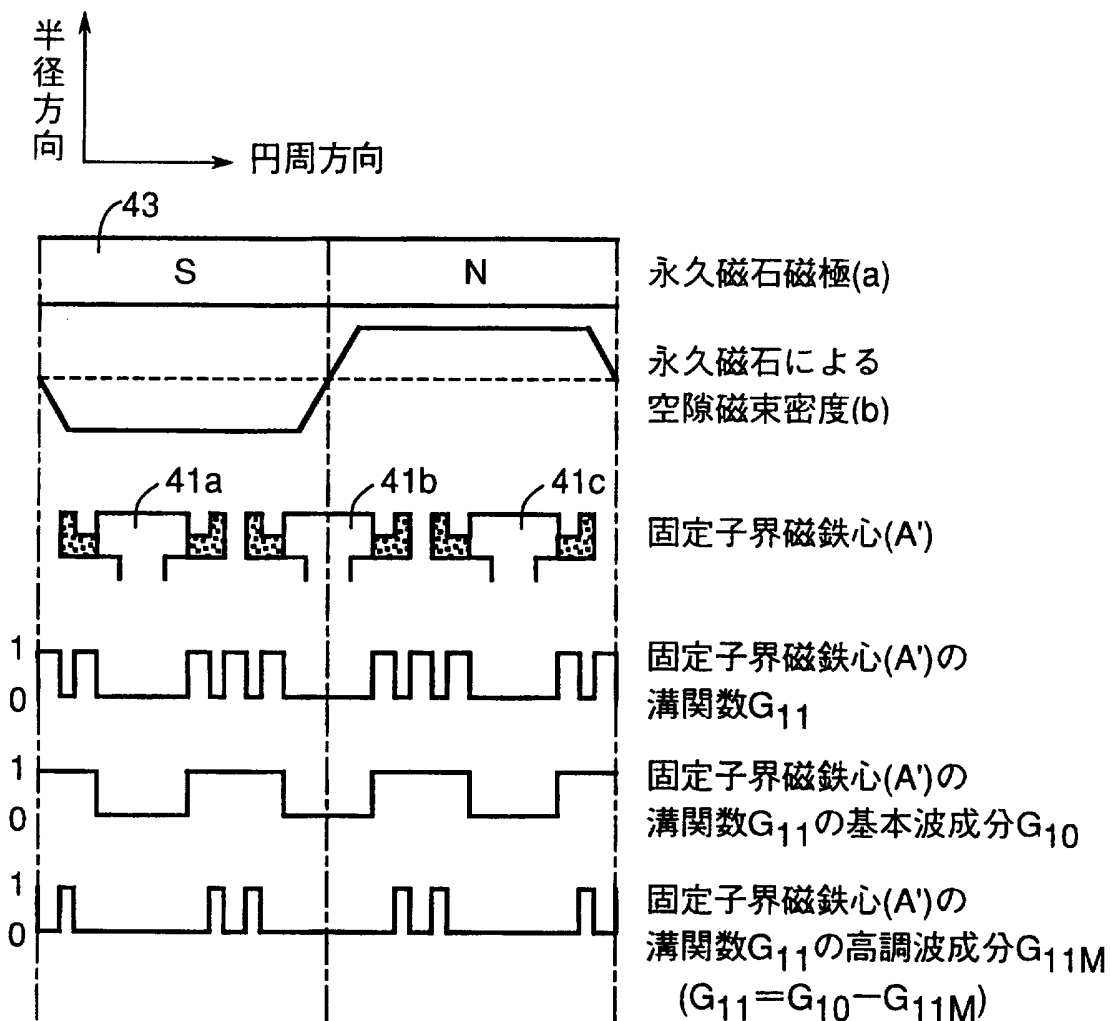
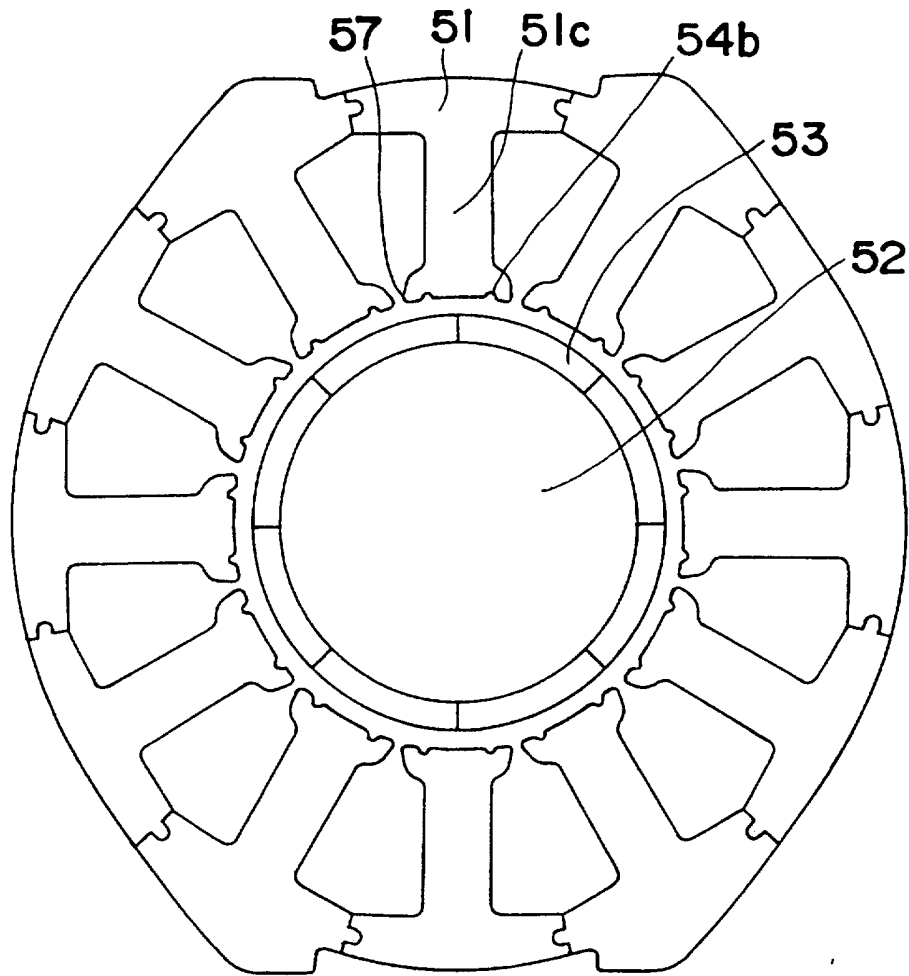


図19



20



21

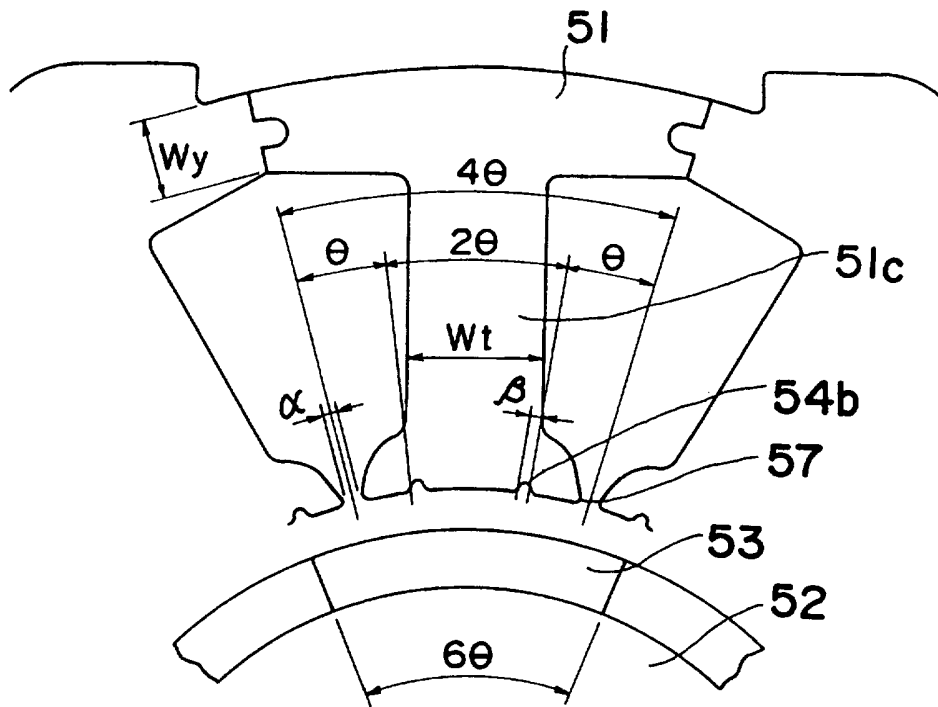
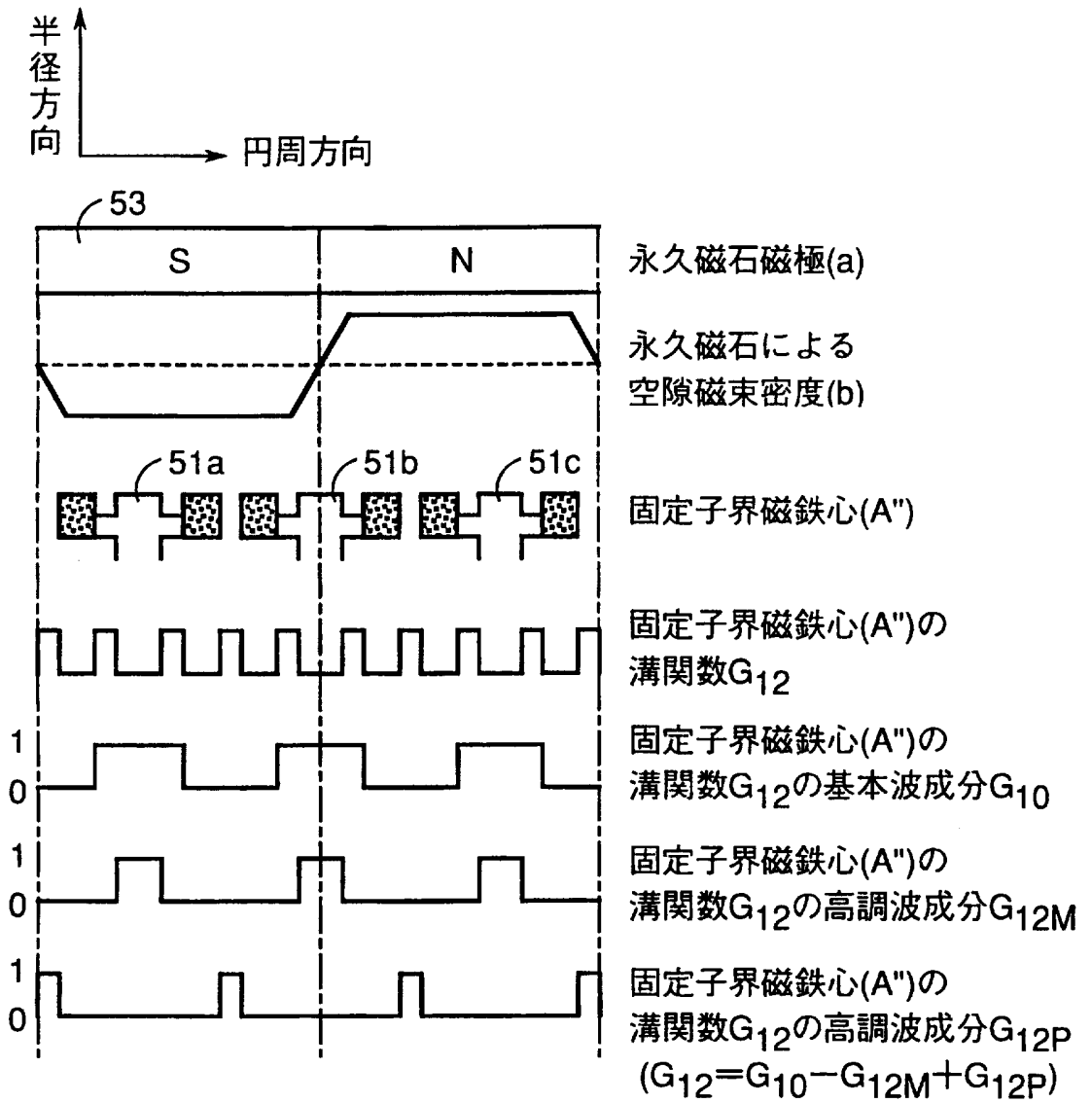
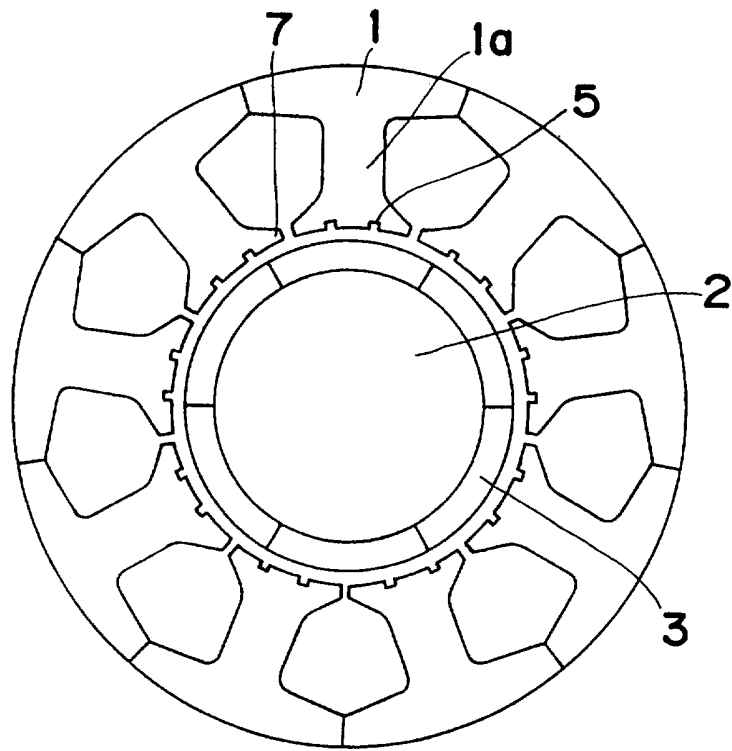


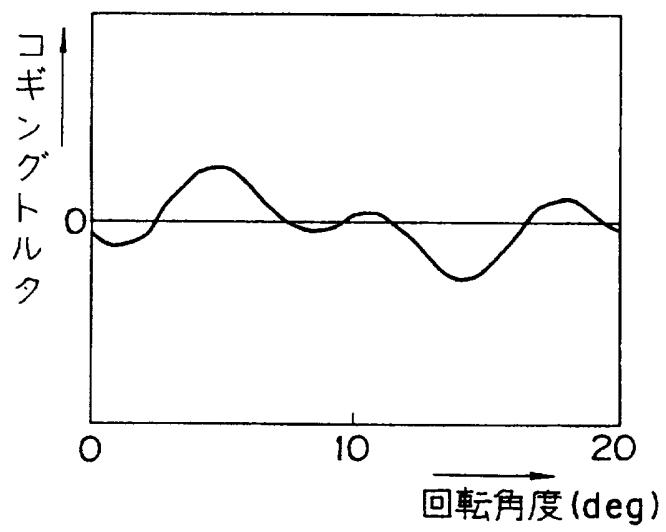
図22



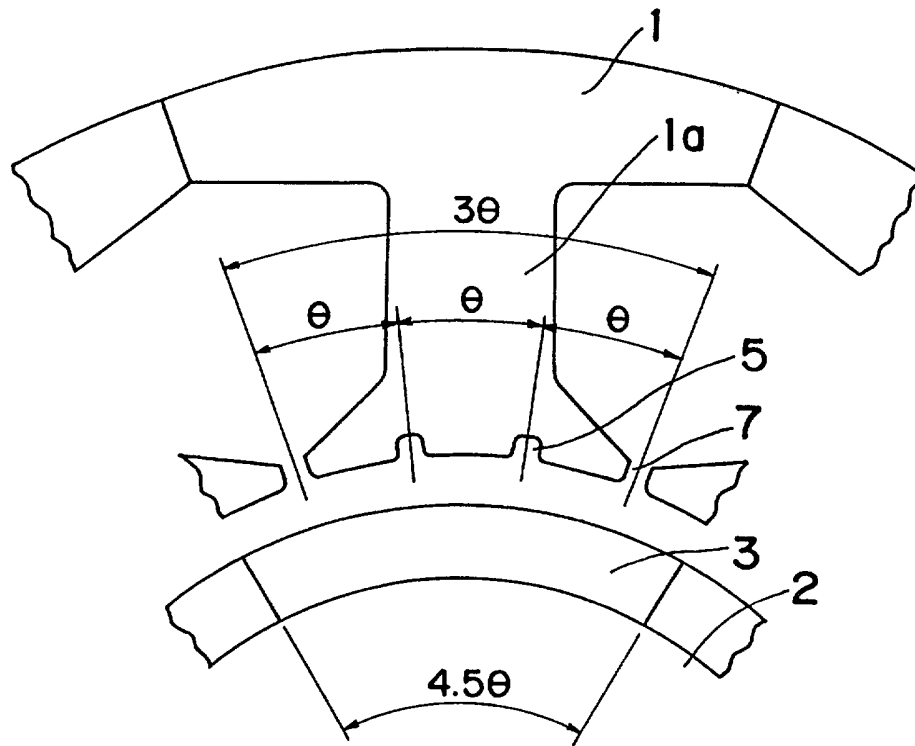
23A



23B



24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/01732

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl ⁶ H02K21/16		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl ⁶ H02K21/12-21/24, H02K29/00-29/14, H02K1/14		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1997 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1997		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 7-147745, A (Seiko Epson Corp.), June 6, 1995 (06. 06. 95), Column 2, lines 16, 17, 37, 38; Fig. 14 (Family: none)	1, 13
Y		6 - 9
Y	JP, 4-76173, U (K.K. Kofu Meidensha), July 2, 1992 (02. 07. 92), Claim (Family: none)	6 - 9
EX	JP, 8-308198, A (NSK Ltd.), November 22, 1996 (22. 11. 96), Claim; Fig. 3 (Family: none)	2-5, 10, 11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search August 12, 1997 (12. 08. 97)		Date of mailing of the international search report August 26, 1997 (26. 08. 97)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/01732

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.: 12
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
In the modes 4 and 5 corresponding to the claim 12, the width of the salient pole section is an senseless value of about three times of the radius of the stator because since $\theta=7.5^\circ$,
 $w_t > 3 \cdot r \cdot \cos\theta = r \cdot 2.97 \dots$.

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H02K21/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H02K21/12-21/24, H02K29/00-29/14
H02K1/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1997年
日本国公開実用新案公報 1971-1996年
日本国登録実用新案公報 1994-1997年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 7-147745, A (セイコーエプソン株式会社), 6. 6月. 1995 (06. 06. 95) 第2欄第16-17行, 第2欄第37-38行, 第14図 (ファミリーなし)	1, 13
Y		6-9
Y	J P, 4-76173, U (株式会社甲府明電舎), 2. 7月. 1992 (02. 07. 92) 実用新案登録請求の範囲 (ファミリーなし)	6-9
EX	J P, 8-308198, A (日本精工株式会社), 22. 11月. 1996 (22. 11. 96) 特許請求の範囲, 第3図 (ファミリーなし)	2-5, 10, 11

C欄の続きにも文献が列举されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
12. 08. 97

国際調査報告の発送日
26.08.97

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
紀本 孝 印
3H 8815
電話番号 03-3581-1101 内線 3316

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 1 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 1 2 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、請求の範囲 1 2 に対応する実施の態様 4, 5 において、 $\theta = 7.5^\circ$ であるから、 $Wt > 3 \cdot r \cdot \cos \theta = r \cdot 2.97 \dots$ となり、突極部の幅が、固定子の半径の略 3 倍という非常識な値となる。
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。