

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/154287 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 21/16 (2006.01) H02K 1/22 (2006.01)
H02K 1/14 (2006.01) H02K 1/27 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/085402
- (22) 国際出願日: 2016年11月29日(29.11.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-046857 2016年3月10日(10.03.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 栢山 盛幸(HAZEYAMA, Moriyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 北尾 純士(KITAO, Junji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 深山 義浩(MIYAMA, Yoshihiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 岡本 省吾(OKAMOTO,

Shogo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 西村 慎二(NISHIMURA Shinji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 木虎 竜一(KITORA, Ryuichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 北村 隆二(KIT-AMURA, Ryuji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 磯田 仁志(ISODA, Hitoshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

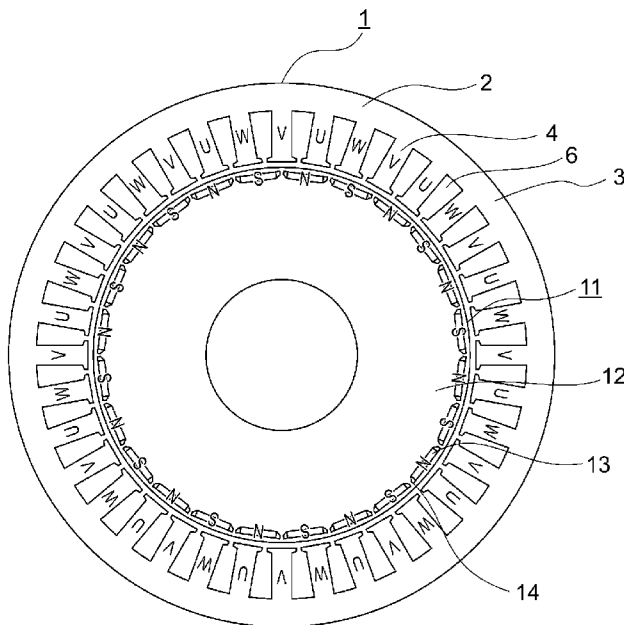
(74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,

[続葉有]

(54) Title: DYNAMO-ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機



(57) Abstract: A dynamo-electric machine, wherein slots are provided between the teeth of a stator core. The ratio of the number of poles and the number of slots is 2:3. The tooth tip width, which is the width dimension of the tip of the teeth in the circumferential direction of the stator, is within a range of the electrical angle $\pm 0.2^\circ \times P$ with respect to a value that satisfies $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg], where α is the electrical angle of the tooth tip width, β is the electrical angle of the pole arc angle, which is the angle formed by two straight lines that connect the rotation center of the rotor to the corners on the rotor surface-side of one permanent magnet, and P is the number of pole pairs.

(57) 要約: 回転電機において、固定子コアのティース間には、スロットが設けられている。極数とスロット数との比は、2:3である。固定子の周方向のティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、回転子の回転中心と1個の永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、極対数をPとすると、ティース先端幅は、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg]を満たす値に対して、電気角 $\pm 0.2^\circ \times P$ の範囲内となっている。

WO 2017/154287 A1



MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] この発明は、永久磁石を用いた集中巻の回転電機に関するものである。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車等の電動化車両用のモータは、エンジン回転数（例えば6000r/min）と同程度、もしくはそれ以上の高速回転（10000r/min以上）で駆動するため、回転数の動作範囲が広いという特徴があり、エンジンとトランスミッションとの間に挟み込まれるようなモータでは、扁平形状のモータが好まれる。また、固定子と回転子との間で発生する磁気吸引力によってトルクが発生するが、その磁気吸引力が回転子位置に応じて変動するため、モータの固定子外周部の固有振動数と一致するとモータの騒音が発生する。

[0003] ここで、従来の永久磁石式回転電機では、固定子のティースの先端幅と回転子に埋め込まれている磁石のピッチとの関係がそれぞれ数値限定されており、これにより誘起電圧波形の歪み率が低減されている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] また、従来の他の集中巻モータでは、回転子表面までの空隙長が異なる2種類以上のティースが固定子の軸方向に設けられており、これによりキャリア周波数付近の音が低減されている（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2002-101628号公報

特許文献2：特開2002-112472号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、上記のような従来の回転電機では、吸引力の変動に起因した振動

を十分に抑えることができず、より効率的に振動を低減することが求められている。

[0007] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、吸引力の変動に起因した振動をより効率的に抑えることができる回転電機を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] この発明に係る回転電機は、固定子コアを有する固定子、及び回転子コアと、回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、固定子に対して回転可能な回転子を備え、固定子コアは、円環状のコアバックと、コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、固定子コアのティース間には、スロットが設けられており、極数とスロット数との比が2：3であり、固定子の周方向のティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、回転子の回転中心と1個の永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、極対数をPとすると、ティース先端幅は、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす値に対して、電気角 $\pm 0.2^\circ \times P$ の範囲内となっている。

また、この発明に係る回転電機は、固定子コアを有する固定子、及び回転子コアと、回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、固定子に対して回転可能な回転子を備え、固定子コアは、円環状のコアバックと、コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、固定子コアのティース間には、スロットが設けられており、極数とスロット数との比が2：3であり、固定子の周方向のティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、回転子の回転中心と1個の永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす α 及び β をそれぞれ α_1 及び β_1 として、 β が β_1 であり、ティースは、ティース先端幅が α_1 よりも電気角の小さい γ_1 の部分と、ティース先端幅が

$\alpha 1$ よりも電気角の大きい $\gamma 2$ の部分とを固定子の軸方向に組み合わせて構成されている。

また、この発明に係る回転電機は、固定子コアを有する固定子、及び回転子コアと、回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、固定子に対して回転可能な回転子を備え、固定子コアは、円環状のコアバックと、コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、固定子コアのティース間には、スロットが設けられており、極数とスロット数との比が $2 : 3$ であり、固定子の周方向のティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、回転子の回転中心と 1 個の永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ 2 本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす α 及び β をそれぞれ $\alpha 1$ 及び $\beta 1$ として、 β が $\beta 1$ であり、ティースは、異なる複数種類のティース先端幅の部分を固定子の軸方向に組み合わせて構成されており、少なくとも 1 種類のティース先端幅の電気角の最小値が $\alpha 1$ よりも小さく、かつ少なくとも 1 種類のティース先端幅の電気角の最大値が $\alpha 1$ よりも大きい。

発明の効果

[0009] この発明の回転電機は、ティースの吸引力平均値の $6f$ 成分を小さくすることにより、吸引力の変動に起因した振動を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]この発明の実施の形態 1 による回転電機の軸方向に直角な断面図である。

[図2]図 1 の回転電機の一部を拡大して示す断面図である。

[図3]実施の形態 1 の各相のティースの吸引力及び 3 相の吸引力平均値の回転位置依存性を示すグラフである。

[図4]実施の形態 1 の永久磁石の極弧角が 128.1° である場合における吸引力の変動成分のティース先端幅依存性を示すグラフである。

[図5]実施の形態 1 の永久磁石のそれぞれの極弧角における吸引力の変動成分

のティース先端幅依存性を示すグラフである。

[図6]実施の形態1の永久磁石のそれぞれの極弧角における吸引力の変動成分が極小となるティース先端幅の関係を示すグラフである。

[図7]図6の関係式を満たした場合のティースの吸引力平均値の6 f成分とティース先端幅との関係を示すグラフである。

[図8]図2の永久磁石を回転子コアの外周に露出させた変形例を示す断面図である。

[図9]この発明の実施の形態2による回転電機の永久磁石の極弧角が 128.1° の場合のティース先端幅とティースの吸引力平均値の6 f成分との関係を示すグラフである。

[図10]ティース先端幅の違いによるティースの吸引力平均値の6 f成分の大きさの違いを示すグラフである。

[図11]磁石の極弧角が 128.1° の場合におけるティース先端幅が電気角 65° の形状図である。

[図12]磁石の極弧角が 128.1° の場合におけるティース先端幅が電気角 95° の形状図である。

[図13]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第1の例を示す説明図である。

[図14]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第2の例を示す説明図である。

[図15]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第3の例を示す説明図である。

[図16]磁石の極弧角が 128.1° の場合におけるティース先端幅が電気角 61° の形状図である。

[図17]磁石の極弧角が 128.1° の場合におけるティース先端幅が電気角 69° の形状図である。

[図18]磁石の極弧角が 128.1° の場合におけるティース先端幅が電気角 100° の形状図である。

[図19]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第4の例を示す説明図である。

。

[図20]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第5の例を示す説明図である。

。

[図21]異なるティース先端幅の組み合わせ方の第6の例を示す説明図である。

。

[図22]ティース先端幅の違いによるティースの吸引力平均値の6 f成分の大きさの違いを示す第2のグラフである。

[図23]この発明の実施の形態4による回転電機の回転子をスキューした場合のティース先端幅とティースの吸引力平均値の6 f成分との関係を示すグラフである。

[図24]実施の形態4の永久磁石の極弧角が 128.1° の場合のティース先端幅とティースの吸引力平均値の6 f成分が最小となる最適スキュー角との関係を示すグラフである。

[図25]実施の形態4における回転子コアの軸長とスキュー角との関係を示すグラフである。

[図26]実施の形態4における回転子コアの軸長とスキュー角との関係の変形例を示すグラフである。

[図27]永久磁石の極弧角を変えた場合のティース先端幅とティースの吸引力平均値の6 f成分が最小となる最適スキュー角との関係を示すグラフである。

。

[図28]ティース鏑を左右非対称とした変形例を示す断面図である。

[図29]1極あたり2個の永久磁石を配置した変形例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、この発明を実施するための形態について、図面を参照して説明する。

。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による回転電機の軸方向に直角な断面図で

ある。図において、回転電機は、円筒状の固定子1と、固定子1の内側に配置されており、固定子1に対して回転可能な回転子11とを有している。固定子1は、円筒状の固定子コア2と、固定子コア2に装着されている複数の巻線（図示せず）とを有している。

[0012] 固定子コア2は、円環状のコアバック3と、コアバック3から径方向内側へ突出した複数（この例では36個）のティース4とを有している。ティース4は、固定子1の周方向に等ピッチで配置されている。隣り合うティース4間には、スロット6が形成されている。即ち、固定子コア2のスロット数は36である。各巻線は、ティース4に巻かれており、かつスロット6に挿入されている。

[0013] 巻線の相順は、図1の反時計回りにU相、V相、W相の順である。モータのトルク印加時には、各相にはそれぞれ120度の位相差を持つ3相の交流電流が通電される。

[0014] 回転子11は、円筒状の回転子コア12と、回転子コア12の外周に埋め込まれて固定されている複数個（この例では24個）の永久磁石13とを有している。回転子コア12の外周面は、固定子コア2の内周面、即ちティース4の先端面に空隙を介して対向している。

[0015] 永久磁石13は、回転子11の周方向に等ピッチで配置されている。各永久磁石13としては、直方体状のネオジム磁石が用いられており、1極あたり1個の永久磁石13で構成されている。なお、図中に示すN、Sは、それぞれ永久磁石13の極を示しており、Nの磁束の方向は回転子11の外周へ向かう方向、Sの磁束の方向は回転子11の外周から内周へ向かう方向である。そして、回転子11の外周には、周方向に交互に極性が異なる磁極が形成されている。

[0016] また、回転子11の周方向の各永久磁石13の両端部には、永久磁石13の磁束の漏れを抑制するフラックスバリア14が設けられている。実施の形態1の回転電機は、極数とスロット数との比が2：3の集中巻モータである。

- [0017] 図2は図1の回転電機の一部を拡大して示す断面図であり、1極対あたりの固定子1及び回転子11を示している。各ティース4の先端部、即ち固定子1の内径側の各ティース4の端部には、ティース鏝5が設けられている。ティース鏝5におけるティース4の幅寸法（固定子1の周方向のティース4の寸法）は、ティース4のティース鏝5よりもコアバック3側の部分の幅寸法よりも大きい。
- [0018] ここで、ティース鏝5を含めたティース4の先端の幅寸法、即ちティース先端幅の電気角を α とする。 α の算出については、回転電機の軸に直角な断面において、回転子11の回転中心と1本のティース4の幅方向の両端部とを結ぶ2本の直線が回転子11の回転方向になす角度とした。
- [0019] なお、電気角とは機械角を極対数倍した値であり、本実施の形態では、極数が24極であり、極対数は12であるため、機械角としての2本の直線間の回転方向の角度を12倍した値が α となる。
- [0020] また、フラックスバリア14を除く永久磁石13の極弧角の電気角を β とする。 β の算出については、回転電機の軸に直角な断面において、回転子11の回転中心と1個（1極）の永久磁石13の回転子表面側の角部（回転子11の周方向の両端部）とを結ぶ2本の直線が回転子11の回転方向になす角度とした。このため、電気角 α の算出と同様に、機械角としての2本の直線間の回転方向の角度を12倍した値が β となる。
- [0021] 次に、本実施の形態で示している極数とスロット数との比が2：3の集中巻モータにおける騒音発生要因について、まず巻線に電流が通電されていない場合で説明する。
- [0022] 各ティース4から回転子11を見た場合、N極が近づくときと、遠ざかるときに吸引力が変化し、S極についても同様となる。従って、各相のティース4で見ると、電気角360°回転する毎に吸引力の変動が2回来ることになる。
- [0023] これを3つのティース4で見ると、N極及びS極が近づいたり遠ざかったりするタイミングが回転位置で異なるため、電気角360°回転する毎に吸

引力の変動が6回となる。

[0024] ここまでは、巻線に電流を通電していない場合について述べたが、電流を通電している場合も同様に、各ティース4で回転子11が回転する方向にN極及びS極の回転磁界を作っているだけであるため、ティース4の吸引力の変動は3つのティース4で主に6回変動する。

[0025] 電流通電時の各相のティース4における吸引力の電気角依存性を図3に示す。図3においては、ティース4の先端幅が電気角で 77.0° 、永久磁石13の極弧角が電気角で 128.1° の場合を示している。

[0026] 図3に示すように、U相、V相、W相の位相差 120° で吸引力が変化していることがわかる。また、各相の吸引力の平均値を見ると、電気角1周期あたり6回変動していることがわかる。

[0027] 各相の吸引力の平均値とは、回転磁界に対する平均の吸引力を表している。そして、各相の吸引力が正弦波状であれば、吸引力の平均値は一定、つまり変動成分がないことを示している。従って、この吸引力平均値の変動によって、コアバック3及びティース4が振動することになる。

[0028] 一方、固定子コア2は、フレーム等（図示せず）に固定されており、固定子の変形モードに応じて固有振動数が存在している。変形モードとは、機械角1周に対して複数方向に力が加わった場合の変形のしやすさのことである。例えば変形モード2は、楕円形状に変形しやすいことを示している。このとき、フレーム等の固有振動数と、変形モード2の回転磁界の時間周波数とが一致すると、フレームが共振して音が発生することになる。従って、各変形モードに応じて騒音低減対策をする必要がある。

[0029] 上記のように、本実施の形態で示した24極36スロットのモータでは、吸引力の平均値の変動が2極3スロットで6回発生している。このときの変形モードは、0となる。変形モード0とは、真円形状で、力が回転位置によらず一様に大きくなったり小さくなったりするモードであり、吸引力の変動成分がない場合には固有振動数と一致することがない。

[0030] しかしながら、図3に示すように、吸引力の変動成分に脈動がある場合に

は、変形モード0のフレーム等の固有振動数と吸引力の変動成分の周波数とが一致すると、フレーム等が共振して音が発生する。なお、変形モード0の固有振動数は、モータの外径に依存することが知られており、外径が大きくなると固有振動数は低下する。

[0031] 次に、永久磁石13の極弧幅 β が電気角128.1°の場合において、ティース4の先端幅 α と、すべてのティース4の吸引力平均値の変動分の振幅とを図4に示す。ここで、図3に示しているすべてのティース4の吸引力平均値は、次の式1のように示すことができる。

[0032] [数1]

$$F = C + \sum_{i=1}^n (A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta) \quad \dots \text{式 1}$$

[0033] 式1において、Fはすべてのティース4の吸引力平均値、Cはすべてのティース4の吸引力平均値の直流分、 A_n はすべてのティース4の吸引力平均値のn次成分の余弦、 B_n はすべてのティース4の吸引力平均値のn次成分の正弦を示している。

[0034] 図3に示したように、吸引力の変動成分が電気角1周期あたり6回であることから、以下吸引力平均値の変動分は6次の成分(6f成分)として記載する。なお、fは電気角基本周波数のことであり、例えば1000r/minの場合は、 $1000 / 60 * \text{極対数}(12) = 200 \text{ Hz}$ となる。

[0035] 図4は、ティースの吸引力平均値の変動分をフーリエ変換により正弦及び余弦に分けた後、各ティース先端幅に対して、6f成分の正弦、余弦及び大きさをプロットしたものである。図4に示すように、ティースの吸引力平均値の6f成分が最も小さいティース先端幅は、電気角77°である。また、ティースの吸引力平均値の6f成分の余弦、正弦が0となるときのティース先端幅は、それぞれ電気角78°、71°となる。

[0036] さらに、図4と同様の方法で、異なる永久磁石13の極弧角 β におけるティース先端幅とティース4の吸引力平均値の6f成分との関係を図5に示す。図5に示す通り、永久磁石13の極弧角 β が変わると、ティース4の吸引

力平均値の6 f成分が極小となるティース先端幅の最適値が変わることがわかる。図5から、ティース4の吸引力平均値の6 f成分の大きさが極小となるような最適ティース先端幅を求めたものをプロットした結果を図6に示す。

[0037] 図6に示すように、ティース4の吸引力平均値の6 f成分の大きさを最小にする永久磁石13の極弧角 β とティース先端幅 α との関係は、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ [deg]と表すことができ、ほぼ直線的に比例することがわかる。

[0038] 従って、永久磁石13の極弧幅 β を決めると、ティース4の吸引力平均値の6 f成分を最小にするティース先端幅を一意に決定でき、モータの騒音低減が可能となる。

[0039] また、永久磁石13の極弧角 β 、ティース4の先端幅 α が、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ [deg]を満たすときのティース4の先端幅とティース4の吸引力平均値の6 f成分との関係を図7に示す。図7に示すように、ティース先端幅は、電気角 72° 付近で極小となり、そのときの永久磁石13の極弧角 β は電気角で 139.7° となる。

[0040] 以上に示してきたティース4の吸引力平均値の6 f成分を小さくすることにより、モータの吸引力の変動に起因した振動を抑えることができ、ひいてはモータの騒音を効率的に低減できる。

[0041] なお、図6において、永久磁石13の極弧角 β とティース先端幅 α との関係を示したが、製作上の公差を考慮する必要があり、ティース先端幅は、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ [deg]を満たす値に対して、電気角 $\pm 0.2^\circ \times P$ (極対数)の範囲内となる。

また、本実施の形態では、24極36スロットの場合で説明をしたが、極数とスロット数との比が2:3であれば、24極36スロット以外でも同様の効果を有する。

さらに、本実施の形態では、回転子コア12に永久磁石13を埋め込んだモータで説明をしたが、図8に示すように永久磁石13が回転子コア12の

外周に露出している表面磁石型の回転子でも同様の効果を有する。

[0042] 実施の形態 2.

次に、この発明の実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 の回転電機の基本的な構成は、図 1 と同様である。実施の形態 2 では、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす α 及び β をそれぞれ $\alpha 1$ 及び $\beta 1$ として、 β が $\beta 1$ であり、ティース 4 は、ティース先端幅が $\alpha 1$ よりも電気角の小さい $\gamma 1$ の部分と、ティース先端幅が $\alpha 1$ よりも電気角の大きい $\gamma 2$ の部分とを固定子 1 の軸方向に組み合わせて構成されている。

[0043] また、すべてのティース 4 で発生する径方向吸引力の平均値を $F 1$ とし、極数、スロット数の最小公倍数を $S 1$ とし、各ティース先端幅 $\gamma 1$ 、 $\gamma 2$ に対して、径方向吸引力の $S 1 / P$ 次で変動する成分の余弦及び正弦に分けたとき、余弦、正弦の絶対値が最小となるティース先端幅をそれぞれ $\delta 1$ 、 $\delta 2$ とし、各永久磁石 1 3 の極弧角に対してティース先端幅 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ のうち電気角の小さい方を A_{min} 、電気角の大きい方を A_{max} とするとき、ティース先端幅 $\gamma 1 < A_{min}$ 、かつ $A_{max} < \gamma 2$ となっている。

[0044] さらに、すべてのティース 4 で発生する径方向吸引力の $S 1 / P$ 次で変動する成分の余弦又は正弦のうち、ティース先端幅が変動した場合に変化量が大きい方の径方向吸引力の $S 1 / P$ 次の変化量の大きさを $F \gamma 1$ 、 $-F \gamma 2$ とするとき、 $\gamma 1$ の部分と $\gamma 2$ の部分とは、軸長方向の厚みが $|F \gamma 2| : |F \gamma 1|$ の比となるように積層されている。

[0045] 図 9 は実施の形態 2 の回転電機の永久磁石 1 3 の極弧角 β が 128.1° の場合のティース先端幅とティース 4 の吸引力平均値の $6f$ 成分との関係を示すグラフであり、図 4 に電気角 65° ($\gamma 1$) 及び 95° ($\gamma 2$) の値を追記したものである。

[0046] 実施の形態 2 では、軸方向に異なるティース先端幅を組み合わせて、ティース 4 の吸引力平均値の $6f$ 成分を低減する。ティース 4 の吸引力平均値の $6f$ 成分を図 9 で見ると、余弦又は正弦が 0 となる角度が存在する。それらの値は、実施の形態 1 でも説明したように、余弦が 0 となるときの電気角を

$\delta 1$ 、正弦が0となるときの電気角を $\delta 2$ と定義すると、 $\delta 1=78^\circ$ 、 $\delta 2=71^\circ$ となる。

[0047] なお、これらの値は、磁石の極弧角 β により変化する。また、 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ のうち小さいものを A_{min} 、大きいものを A_{max} と定義すると、ここでは $A_{min}=71^\circ$ 、 $A_{max}=78^\circ$ となる。

[0048] 例えば、磁石の極弧角が電気角で 128.1° の場合（図9に図示）において、ティース先端幅が A_{min} よりも小さい電気角 65° とティース先端幅が A_{max} よりも大きい電気角 95° とを組み合わせることを考える。ティース先端幅が A_{min} よりも小さい場合は、図9に示すように、ティース4の吸引力平均値の $6f$ 成分の余弦が正、正弦が負の領域であり、一方ティース先端幅が A_{max} より大きい場合は、ティースの吸引力平均値の $6f$ 成分の余弦が負、正弦が正の領域となる。従って、両者を軸方向に組み合わせることにより、ティース4の吸引力平均値の $6f$ 成分の余弦、正弦がそれぞれキャンセルされることになる。

[0049] 図10は、磁石の極弧角が電気角で 128.1° においてティース先端幅がそれぞれ電気角 65° の場合、電気角 95° の場合、電気角 65° と電気角 95° とを組み合わせた場合、電気角 77° の場合のティース4の吸引力平均値の $6f$ 成分の大きさを示している。

[0050] なお、縦軸はそれぞれのティース4の吸引力平均値の $6f$ 成分を電気角 77° の値で規格化している。電気角 65° と電気角 95° とを組み合わせた場合については、固定子1の軸方向のティース4の長さの比を電気角 65° と電気角 95° で2:1とした場合で示している。

[0051] 図10に示すように、ティース先端幅が電気角 65° の場合、及び電気角 95° の場合の $6f$ 成分は、最適ティース先端幅 77° の場合に比べて、それぞれ3.9倍、7.3倍と大きい。これに対して、電気角 65° と電気角 95° とを積層比2:1で組み合わせた場合の $6f$ 成分は、ティース先端幅が 77° の場合の半分以下となっている。

[0052] 以上のことから、ティース先端幅が電気角で A_{min} より小さい部分と、

Amaxより大きい部分とを組み合わせることで、ティース4全体の吸引力平均値の6f成分をキャンセルすることが可能となり、モータの騒音を効率的に低減することができる。

[0053] なお、本実施の形態では、ティース4の吸引力平均値の6f成分の余弦及び正弦が0となる値を算出し、モータの騒音をより効果的に低減させたが、図6に記載の永久磁石13の極弧角 β とティース先端幅 α との関係に記載しているティース先端幅 α よりも小さいティース先端幅 $\gamma 1$ と、ティース先端幅 α よりも大きいティース先端幅 $\gamma 2$ とを組み合わせても、ティースの吸引力平均値の6f成分の位相が異なるため、ティース4の吸引力平均値の6f成分を小さくすることができる。

[0054] また、本実施の形態では、異なる電気角のティース先端幅の組み合わせ方として、ティース4の吸引力平均値の6f成分が最も小さくなるように組み合わせたが、図9に示す余弦及び正弦のうち、ティース4の吸引力平均値の6f成分の変化量がティース先端幅に対して大きいもので組み合わせてもよい。図9の場合、ティース4の吸引力平均値の6f成分の余弦の方が、正弦よりも変化量が大きいため、余弦の比で組み合わせると、より効果的で簡易に組み合わせることができる。

[0055] ここで、図11及び図12に、ティース先端幅が電気角 65° ($\gamma 1$)の場合とティース先端幅が電気角 95° ($\gamma 2$)の場合の形状図を示す。例えば、ティース先端幅 $\gamma 1$ とティース先端幅 $\gamma 2$ のティースの吸引力平均値の6f成分の余弦の値が1:2の大きさに位相が 180° 反対の場合、ティース先端幅 $\gamma 1$ とティース先端幅 $\gamma 2$ の軸長の割合を2:1で軸長方向に組み合わせるとティース4の吸引力平均値の6f成分が小さくなる。

[0056] この場合の組み合わせ方としては、図13に示すように、ティース先端幅 $\gamma 1$ の部分21とティース先端幅 $\gamma 2$ の部分22とを軸長方向の1箇所に分けてもよいし、図14又は図15に示すように、2箇所以上で分けて組み合わせてもよい。つまり、軸長全体で考えた場合に、ティース4の吸引力平均値の6f成分が最も小さくなるような軸長比となっていればよい。

[0057] なお、実施の形態2では最適スキュー角を72度以上で検討したが、製造時には寸法公差が生じるため、実機形状では±機械角0.2度（電気角2.4度）の差が生じていてもよい。

また、径方向吸引力のS1/P次の変化量 $F_{\gamma 1}$ 、 $F_{\gamma 2}$ は、それぞれ正と負の値に対応する。

[0058] 実施の形態3.

次に、この発明の実施の形態3について説明する。実施の形態3の回転電機の基本的な構成は、図1と同様である。

図16は磁石の極弧角が128.1°の場合におけるティース先端幅が電気角61°（ $\varepsilon 1$ ）の形状図、図17は磁石の極弧角が128.1°の場合におけるティース先端幅が電気角69°（ $\varepsilon 2$ ）の形状図、図18は磁石の極弧角が128.1°（ $\varepsilon 3$ ）の場合におけるティース先端幅が電気角100°の形状図である。

[0059] 実施の形態3では、ティース先端幅が $\varepsilon 1$ 、 $\varepsilon 2$ 、 $\varepsilon 3$ の3種類を使用し、それぞれの部分を固定子1の軸方向に組み合わせて構成されている。なお、ティース先端幅の大きさは $\varepsilon 1 < \varepsilon 2 < \varepsilon 3$ とする。

[0060] ここで、すべてのティース4で発生する径方向吸引力の平均値をHとする。また、極数及びスロット数の最小公倍数をS1とする。さらに、ティース先端幅に対して、径方向吸引力のS1/P次で変動する成分の余弦及び正弦に分けたとき、余弦、正弦の絶対値が最小となるティース先端幅をそれぞれ $\delta 1$ 、 $\delta 2$ とする。さらにまた、各永久磁石13の極弧角に対してティース先端幅 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ のうち電気角の小さい方を A_{min} 、電気角の大きい方を A_{max} とする。このとき、各永久磁石13の極弧角に対してティース先端幅が $\varepsilon 1 < A_{min}$ 、 $A_{max} < \varepsilon 3$ となっている。

[0061] これらの組み合わせ方としては、図19に示すように、ティース先端幅 $\varepsilon 1$ の部分31とティース先端幅 $\varepsilon 2$ の部分32とティース先端幅 $\varepsilon 2$ の部分33とを軸長方向の2箇所に分けてもよい。また、図20に示すように、3箇所以上で分けて組み合わせてもよい。つまり、軸長全体で考えた場合に、

ティース4の吸引力平均値のS1/P次成分が最も小さくなるような軸長比となっていればよい。例えば、ティース先端幅が異なるK種類の部分を組み合わせる場合、次の式2が最小となればよい。

[0062] [数2]

$$H = \sum_{j=1}^K L_j G_j \left(\cos \frac{S1}{P} \theta_j + \sin \frac{S1}{P} \theta_j \right) \quad \dots \text{式 2}$$

[0063] 式2において、Hはすべてのティース4の吸引力平均値のS1/P次成分である。また、G_jはティース先端幅が異なるK種類の部分のj番目のティース先端幅におけるすべてのティース4の吸引力平均値のS1/P次成分である。さらに、L_jはティース先端幅が異なるK種類の部分のj番目のティース先端幅の積厚を示している。

[0064] 例えば、ティース先端幅ε1とティース先端幅ε2とティース先端幅ε3とのティースの吸引力平均値のS1/P次成分の正弦と余弦とを組み合わせた値が1.5:0.5:1の大きさを最小となる場合、図22に示すように、ティース先端幅ε1とティース先端幅ε2とティース先端幅ε3の軸長の割合を1.5:0.5:1で軸長方向に組み合わせると、ティース4の吸引力平均値のS1/P次成分が小さくなる。

[0065] 図22は、磁石の極弧角が電気角で128.1°においてティース先端幅がそれぞれ電気角61°の場合、電気角69°の場合、電気角100°の場合、電気角61°と電気角69°と電気角100°とを組み合わせた場合、電気角65°と電気角95°とを組み合わせた場合、電気角77°の場合のティース4の吸引力平均値のS1/P次成分の大きさを示している。

[0066] なお、縦軸はそれぞれのティース4の吸引力平均値のS1/P次成分を電気角77°の値で規格化している。電気角61°と電気角69°と電気角100°とを組み合わせた場合については、固定子1の軸方向のティース4の長さの比を電気角65°と電気角69°と電気角100°とで1.5:0.5:1とした場合で示している。電気角65°と電気角95°とを組み合わせた場合については、固定子1の軸方向のティース4の長さの比を電気角6

5° と電気角 95° とで 2 : 1 とした場合で示している。

[0067] 図 22 に示すように、電気角 61° と電気角 69° と電気角 100° とを組み合わせた場合の S1 / P 次成分は、電気角 65° と電気角 95° とを組み合わせた場合よりも低減する。

[0068] 以上のことから、3 種類のティース先端幅の部分を組み合わせることで、ティース 4 全体の吸引力平均値の S1 / P 次成分をキャンセルすることが可能となり、モータの騒音をより効率的に低減することができる。

[0069] なお、異なるティース先端幅 ($\varepsilon 2$) の 1 種類が、 $\beta = -2.5\alpha + 319.7$ [deg] を満たす値であってもよい。

また、本実施の形態では、ティース 4 の吸引力の正弦と余弦との両方が小さくなるように、3 種類のティース先端幅の部分を組み合わせたが、さらに多くの種類のティース先端幅の部分を組み合わせると、3 種類の部分を組み合わせただけの場合以上の効果を奏する。

さらに、固定子 1 をティース 4 毎に周方向に分割した分割ティース構造にすると、巻線の配置及び形状等の制約を受けることなく、ティース先端幅を設定することができるため、より効果的に組み合わせることができる。

[0070] 実施の形態 4.

次に、この発明の実施の形態 4 について説明する。実施の形態 4 の回転電機の基本的な構成は、図 1 と同様である。実施の形態 4 では、回転子 11 が、軸方向に複数の段数でスキューされている。そして、そのスキュー角度は、回転子 11 の軸長全体で見た場合に電気角 72 度以上 180 度以下である。

[0071] 図 23 は、実施の形態 4 の回転電機の永久磁石 13 の極弧角 β が 128.1° の場合に、ティース 4 の吸引力平均値の 6f 成分が極小となるように、回転子 11 をスキューした場合のティース 4 の吸引力平均値の 6f 成分とティース先端幅との関係を示すグラフである。

[0072] 図 23 より、ティース 4 の吸引力平均値の 6f 成分の余弦の値は、ほぼ 0 まで低減できている。一方、正弦の値は、ティース先端幅に対して極小値が

存在しており、ティース先端幅 8° 付近に振幅の極小値が存在する。

[0073] また、図 23 における最適スキュー角とティース先端幅との関係を図 24 に示す。図 24 に示す通り、ティース先端幅が大きくなるにつれて、 $5f$ の理論スキュー角である 72° に漸近しており、ティース先端幅が狭くなるほど最適スキュー角が大きくなることがわかる。

[0074] なお、スキュー角の定義について、図 25 で説明する。本実施の形態で示したスキュー角とは、軸長方向全体での角度を電気角で示したものである。例えば、図 25 に示した 2 段スキューにおいて、回転子コア 12 の軸長を $2a$ として、 $0 \sim a$ まではスキュー角 0° 、 $a \sim 2a$ まではスキュー角 40° とした場合（図 25 の直線）において、破線で示すように軸長 $2a$ あたりのスキュー角（今回は電気角 80° ）としている。なお、今回は 2 段スキューの場合で説明したが、スキュー段数は 3 段以上でも同等の値となる。

[0075] また、スキューの方法については、図 26 に示すように、スキュー角が一律に増加しなくてもよい。図 26 の場合、スキュー角が 0° の軸長は a 、スキュー角が 40° の軸長も a となるため、スキュー角が小さい方と大きい方とをそれぞれまとめると、全体では図 24 と同じになり、スキュー角は電気角 80° と表される。

[0076] 図 27 に、永久磁石 13 の極弧角を変えた場合の最適スキュー角を示す。図 25 と同様に、極弧角を変えた場合でも、最適スキュー角は 72° 以上となっていることがわかる。

[0077] なお、実施の形態 4 では、ティース先端幅を 1 種類で検討してきたが、実施の形態 2、3 で示してきたようにティース先端幅を複数組み合わせた場合でも、最適スキュー角を 72° 以上とすることで、ティース 4 の吸引力平均値の $6f$ を小さくすることができる。

[0078] また、実施の形態 1～4 においては、1 つのティース 4 に対してティース 5 が左右対称に設けられている場合について説明したが、例えば図 28 に示すように、ティース 5 は、ティース 4 の幅方向の中心線に対して非対称であってもよく、同様の効果を有する。

[0079] さらに、実施の形態 1～4 においては、永久磁石 13 が 1 極あたり 1 つ設けられている場合について説明したが、例えば図 29 に示すように、1 極あたり 2 個の永久磁石 13 を V 型に配置してもよく、同様の効果を有する。この場合の磁石の極弧角 β については、図 29 に示すように、回転子外径側の両端部と回転中心を結んだ 2 直線間の回転方向の角度を極対数倍（1.2 倍）した値となる。

符号の説明

[0080] 1 固定子、2 固定子コア、3 コアバック、4 ティース、6 スロット、11 回転子、12 回転子コア、13 永久磁石。

請求の範囲

[請求項1]

固定子コアを有する固定子、及び
 回転子コアと、前記回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、前記固定子に対して回転可能な回転子を備え、
 前記固定子コアは、円環状のコアバックと、前記コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、
 前記固定子コアの前記ティース間には、スロットが設けられており、
 、
 極数とスロット数との比が2：3である回転電機において、
 前記固定子の周方向の前記ティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、
 前記回転子の回転中心と1個の前記永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、
 極対数をPとすると、
 ティース先端幅は、

$$\beta = -2.5\alpha + 319.7 \quad (0 < \beta \leq 180) \quad [\text{deg}]$$
 を満たす値に対して、電気角 $\pm 0.2^\circ \times P$ の範囲内となっている回転電機。

[請求項2]

固定子コアを有する固定子、及び
 回転子コアと、前記回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、前記固定子に対して回転可能な回転子を備え、
 前記固定子コアは、円環状のコアバックと、前記コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、
 前記固定子コアの前記ティース間には、スロットが設けられており、
 、
 極数とスロット数との比が2：3である回転電機において、
 前記固定子の周方向の前記ティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、

前記回転子の回転中心と1個の前記永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、

$\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす α 及び β をそれぞれ α_1 及び β_1 として、

β が β_1 であり、

前記ティースは、ティース先端幅が α_1 よりも電気角の小さい γ_1 の部分と、ティース先端幅が α_1 よりも電気角の大きい γ_2 の部分とを前記固定子の軸方向に組み合わせて構成されている回転電機。

[請求項3]

すべての前記ティースで発生する径方向吸引力の平均値を F_1 とし、極数、スロット数の最小公倍数を S_1 とし、極対数を P とし、各ティース先端幅 γ_1 、 γ_2 に対して、前記径方向吸引力の S_1/P 次で変動する成分の余弦及び正弦に分けたとき、余弦、正弦の絶対値が最小となるティース先端幅をそれぞれ δ_1 、 δ_2 とし、

各前記永久磁石の極弧角に対してティース先端幅 δ_1 、 δ_2 のうち電気角の小さい方を A_{min} 、電気角の大きい方を A_{max} とするととき、

ティース先端幅 $\gamma_1 < A_{min}$ 、かつ $A_{max} < \gamma_2$ である請求項2記載の回転電機。

[請求項4]

前記径方向吸引力の S_1/P 次で変動する成分の余弦又は正弦のうち、ティース先端幅が変動した場合に変化量大きい方の径方向吸引力の S_1/P 次の変化量の大きさを F_{γ_1} 、 $-F_{\gamma_2}$ とするととき、

γ_1 の部分と γ_2 の部分とは、軸長方向の厚みが $|F_{\gamma_2}| : |F_{\gamma_1}|$ の比となるように積層されている請求項3記載の回転電機。

[請求項5]

固定子コアを有する固定子、及び

回転子コアと、前記回転子コアに固定されている複数の永久磁石とを有しており、前記固定子に対して回転可能な回転子を備え、

前記固定子コアは、円環状のコアバックと、前記コアバックから径方向内側へ突出した複数のティースとを有しており、

前記固定子コアの前記ティース間には、スロットが設けられており、

極数とスロット数との比が2 : 3である回転電機において、

前記固定子の周方向の前記ティースの先端の幅寸法であるティース先端幅の電気角を α とし、

前記回転子の回転中心と1個の前記永久磁石の回転子表面側の角部とを結ぶ2本の直線がなす角度である極弧角の電気角を β とし、

$\beta = -2.5\alpha + 319.7$ ($0 < \beta \leq 180$) [deg] を満たす α 及び β をそれぞれ α_1 及び β_1 として、

β が β_1 であり、

前記ティースは、異なる複数種類のティース先端幅の部分を前記固定子の軸方向に組み合わせて構成されており、

少なくとも1種類のティース先端幅の電気角の最小値が α_1 よりも小さく、かつ少なくとも1種類のティース先端幅の電気角の最大値が α_1 よりも大きい回転電機。

[請求項6]

すべての前記ティースで発生する径方向吸引力の平均値を F_1 とし、

極数及びスロット数の最小公倍数を S_1 とし、

極対数を P とし、

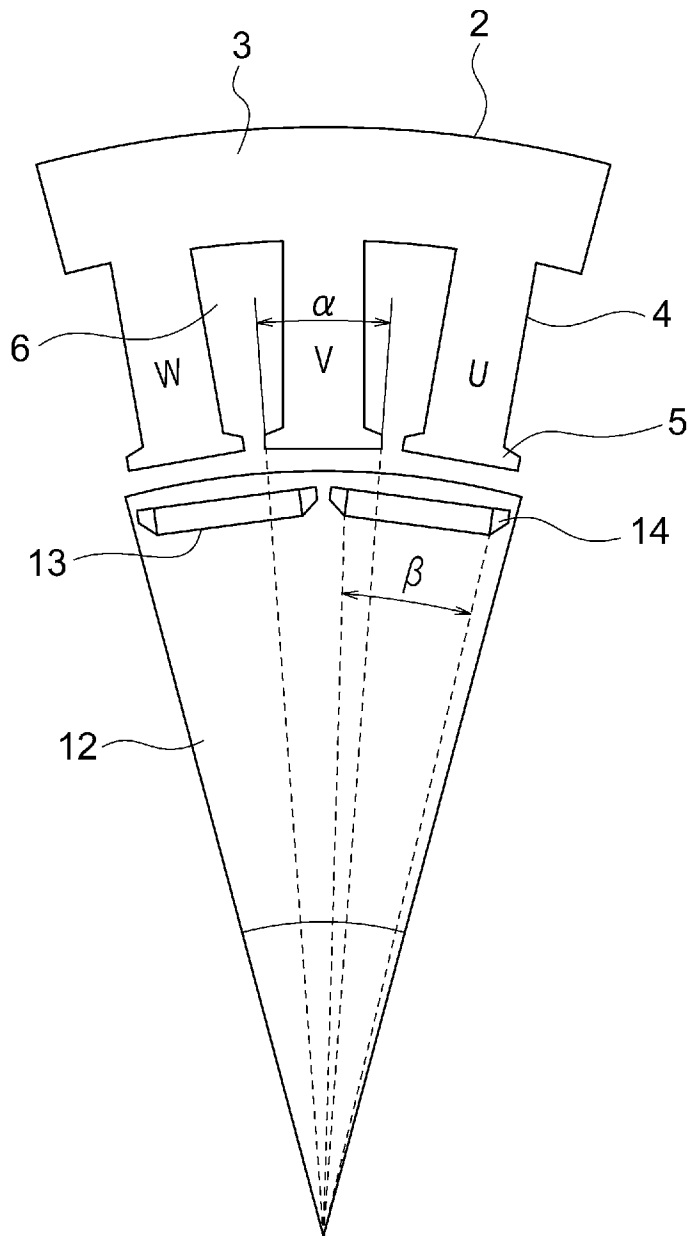
各ティース先端幅に対して、前記径方向吸引力の S_1/P 次で変動する成分の余弦及び正弦に分けたとき、余弦、正弦の絶対値が最小となるティース先端幅をそれぞれ δ_1 、 δ_2 とし、

各前記永久磁石の極弧角に対してティース先端幅 δ_1 、 δ_2 のうち電気角の小さい方を A_{min} 、電気角の大きい方を A_{max} とするとき、

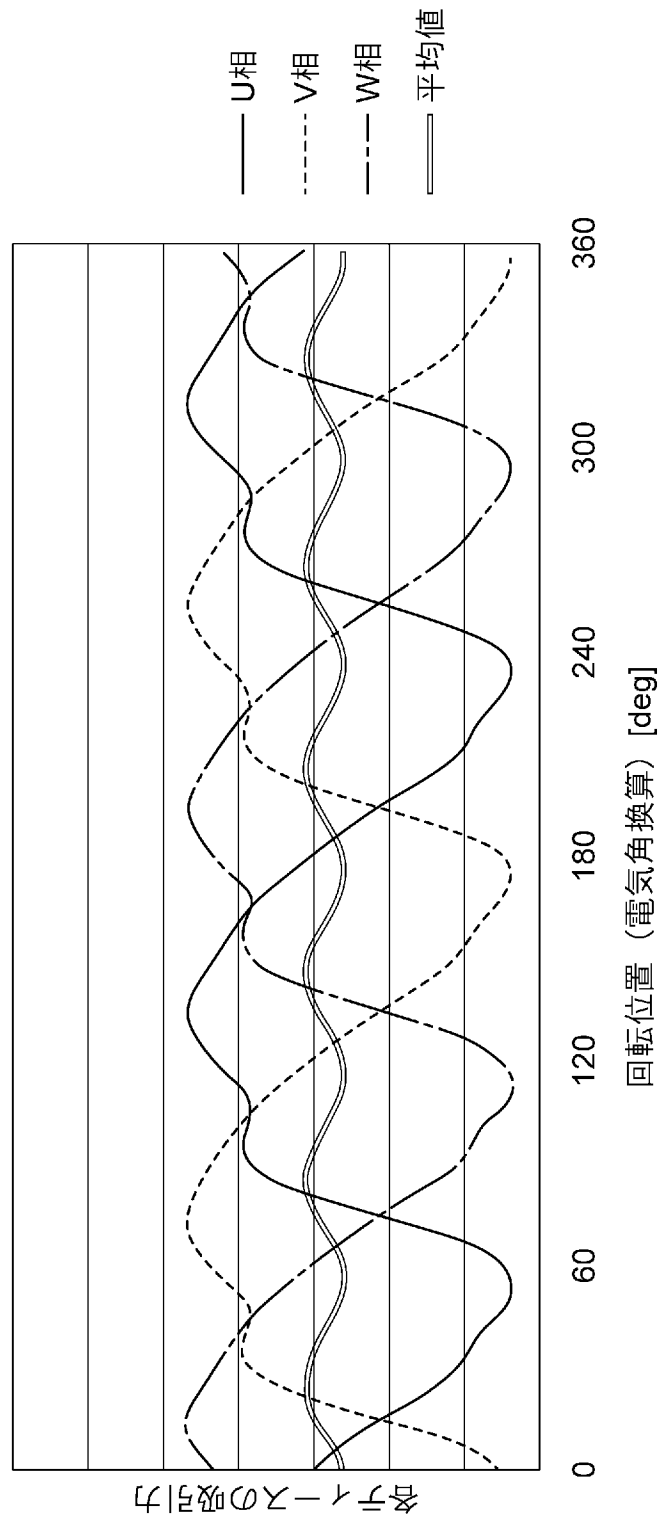
少なくとも1種類のティース先端幅の電気角の最小値が A_{min} よりも小さく、かつ少なくとも1種類のティース先端幅の電気角の最大値が A_{max} よりも大きい請求項5記載の回転電機。

- [請求項7] ティース先端幅の軸長方向の厚みをそれぞれ L_1 、 L_2 、 \dots 、 L_K とし、
- 前記径方向吸引力の S_1/P 次で変動する成分の大きさを G_1 、 G_2 、 \dots 、 G_K とし、
- 位相を θ_1 、 θ_2 、 \dots 、 θ_K とし、
- 軸長方向の厚みと径方向の吸引力の S_1/P 次で変動する成分の余弦、正弦を足し合わせた値を H とするとき、
- H が最小となるようにティース先端幅が軸長方向に組み合わされている請求項6記載の回転電機。
- [請求項8] 前記回転子は、軸方向に複数の段数でスキューされており、そのスキュー角度は、前記回転子の軸長全体で見た場合に電気角 72 度以上 180 度以下である請求項1から請求項7までのいずれか1項に記載の回転電機。

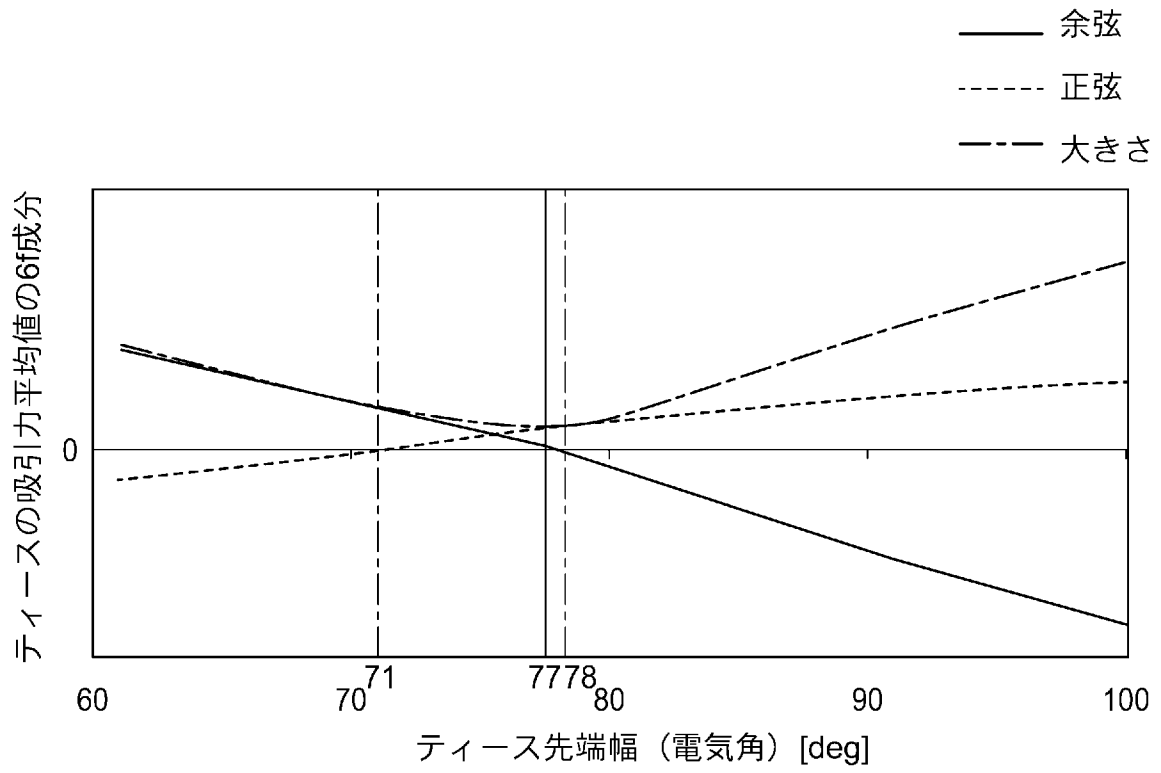
[図2]



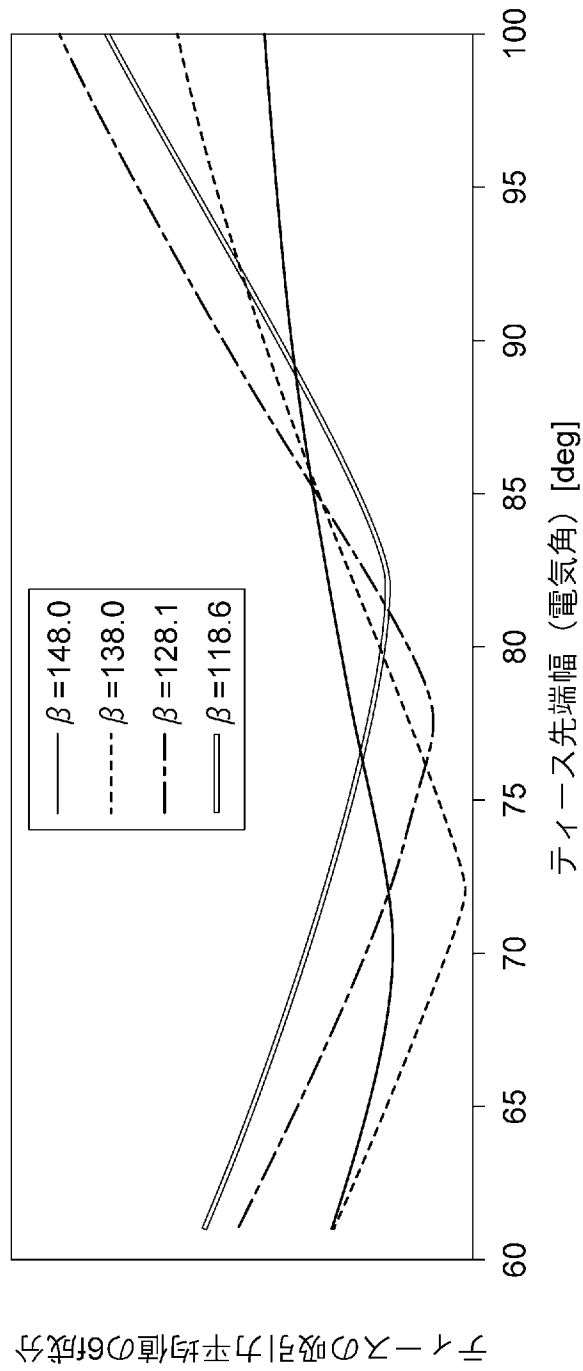
[図3]



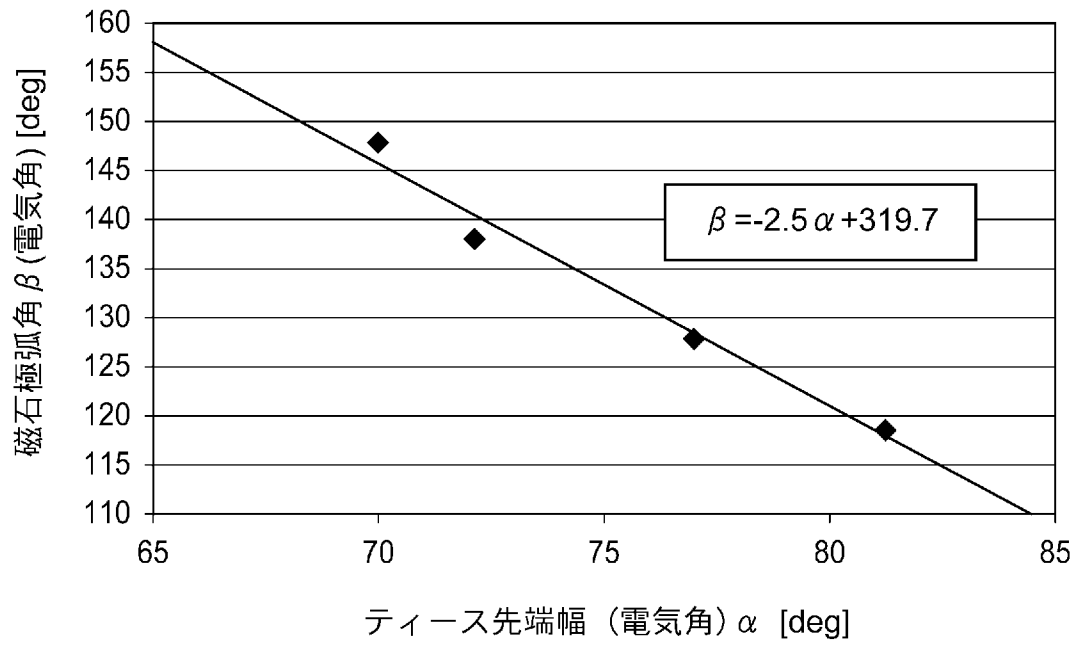
[図4]



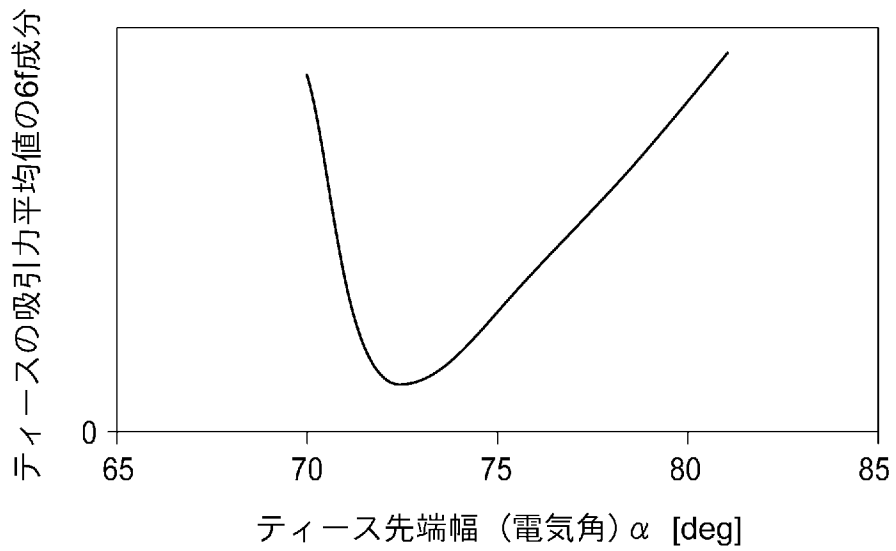
[図5]



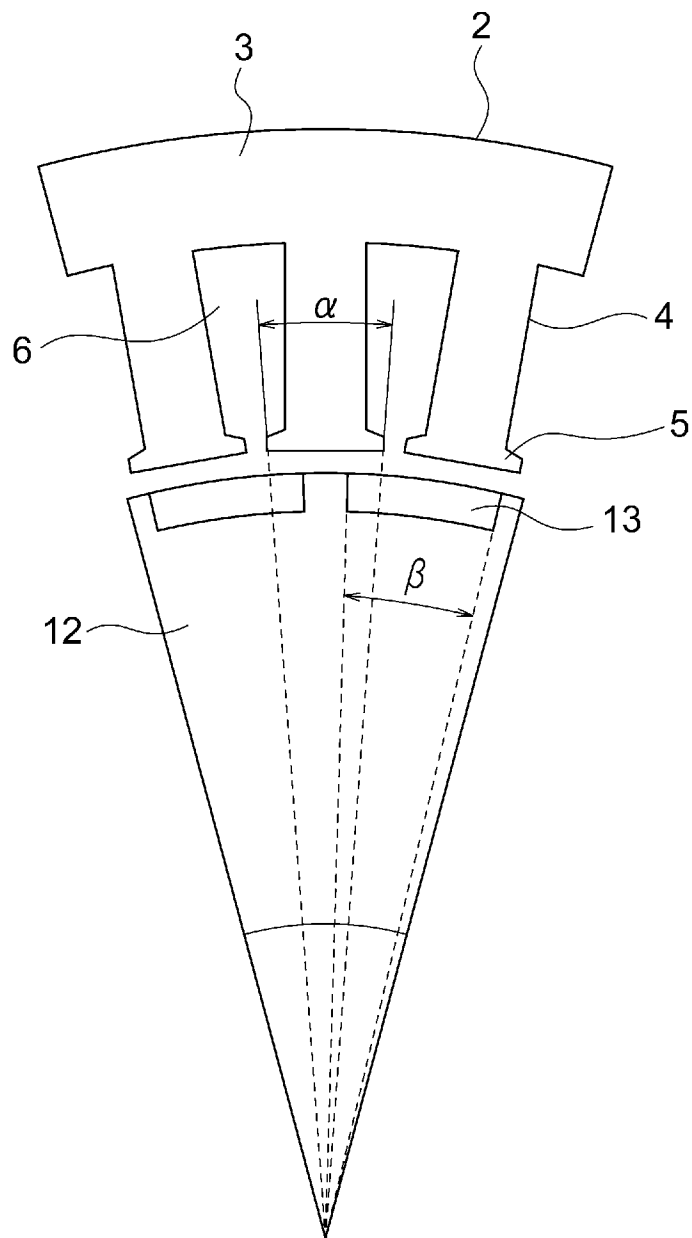
[図6]



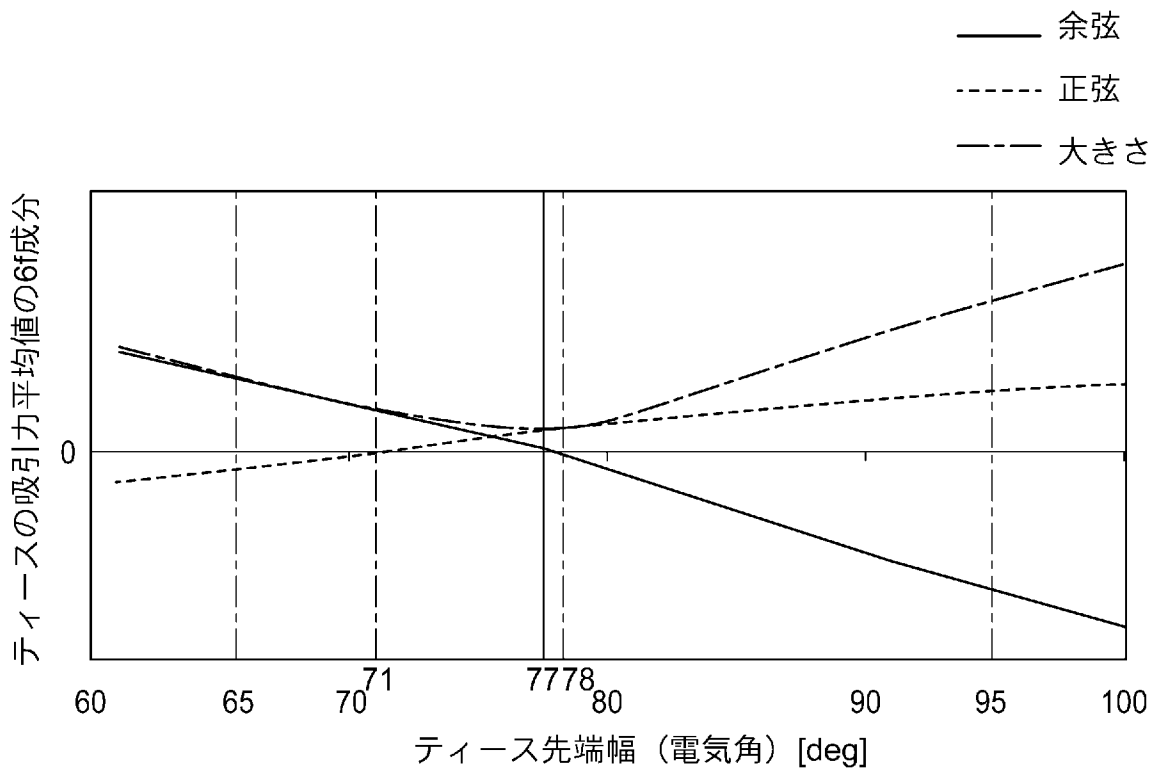
[図7]



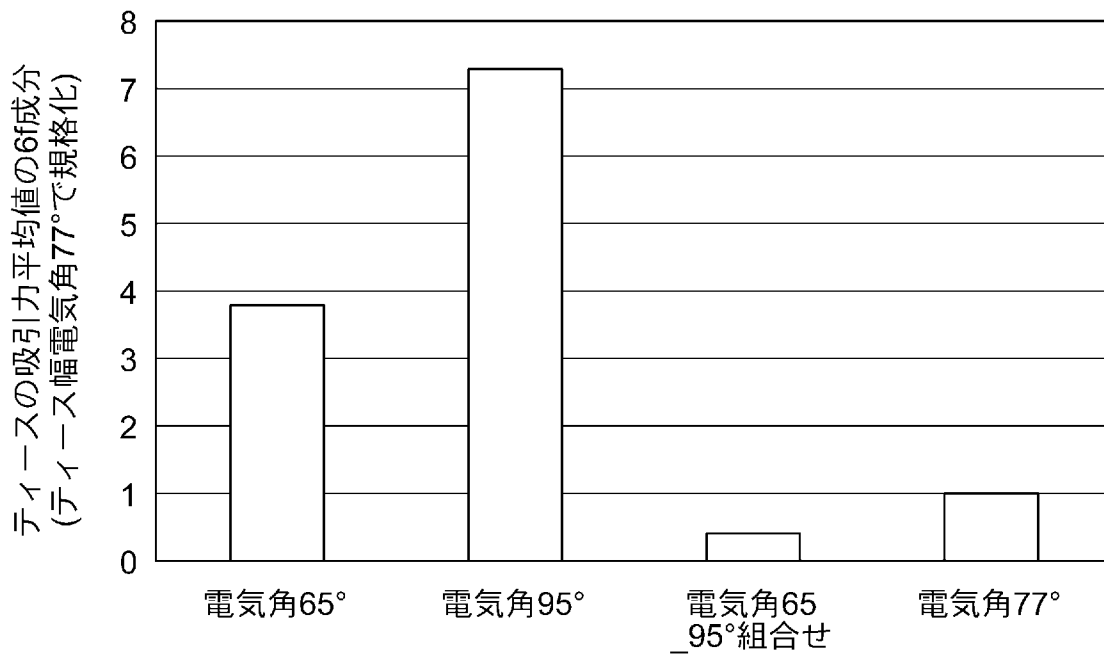
[図8]



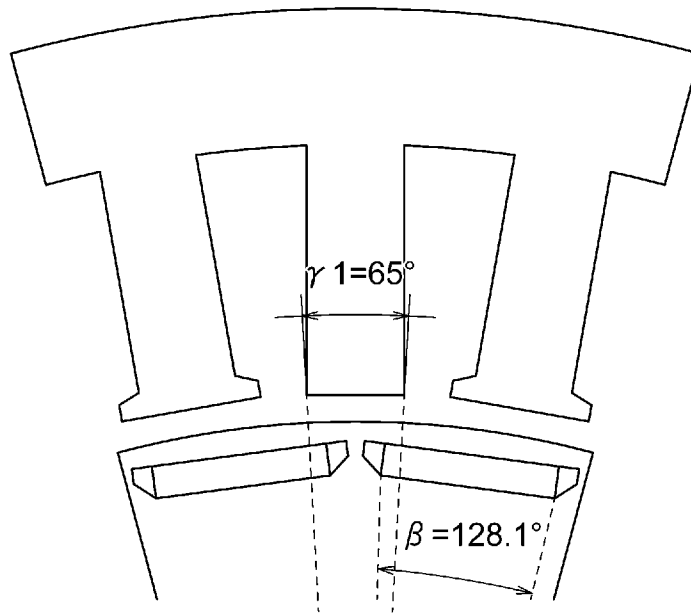
[図9]



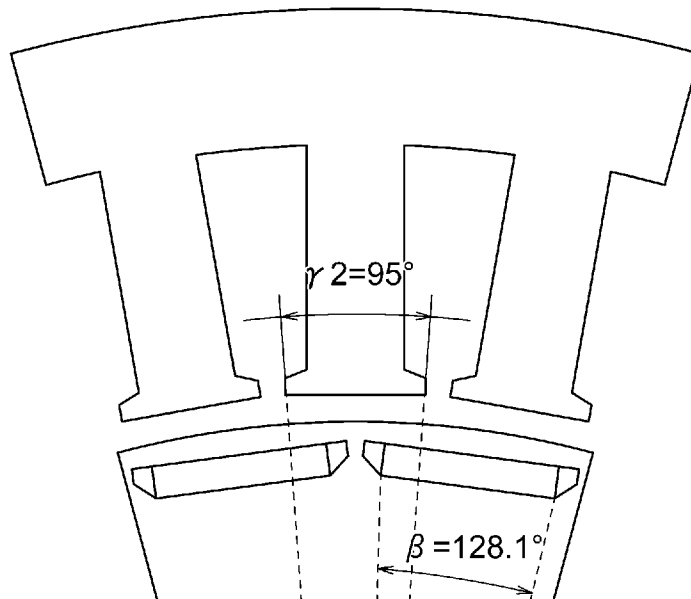
[図10]



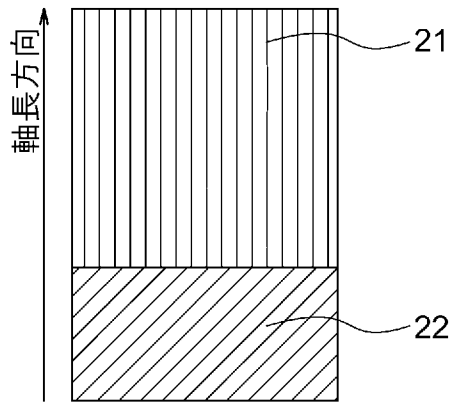
[図11]



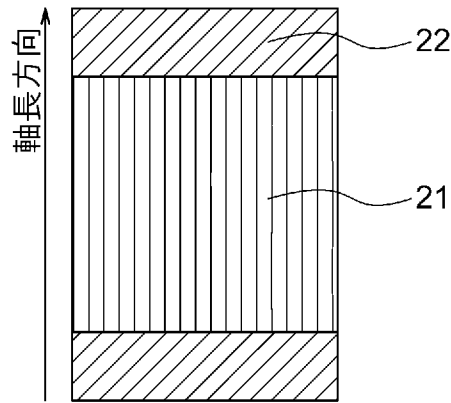
[図12]



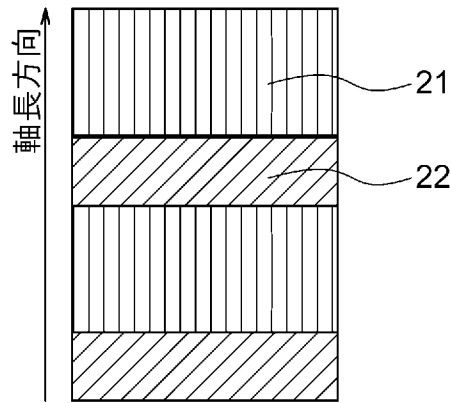
[圖13]



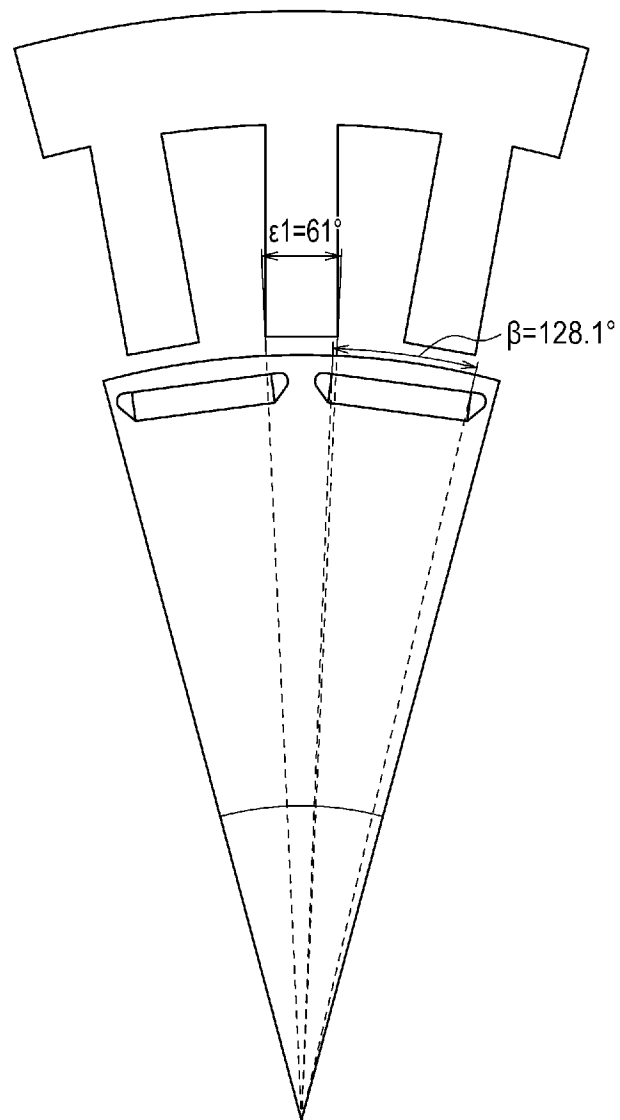
[圖14]



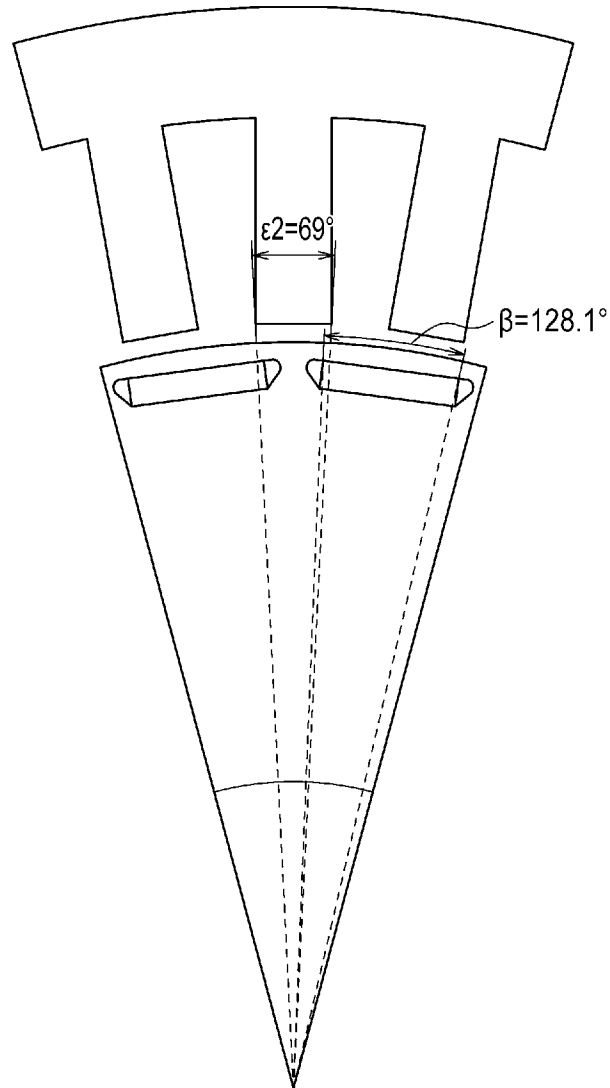
[圖15]



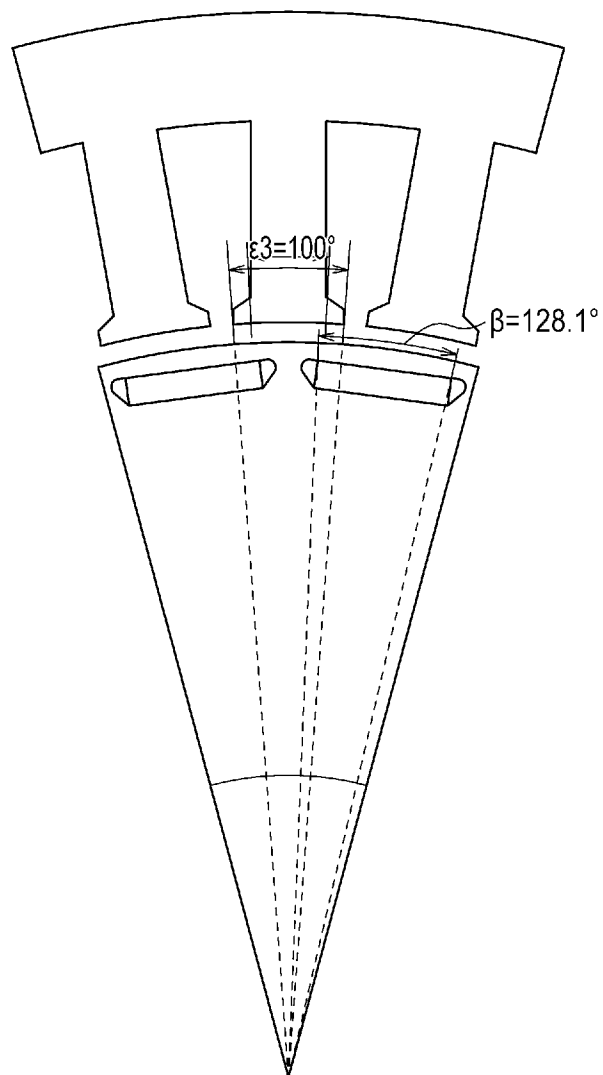
[図16]



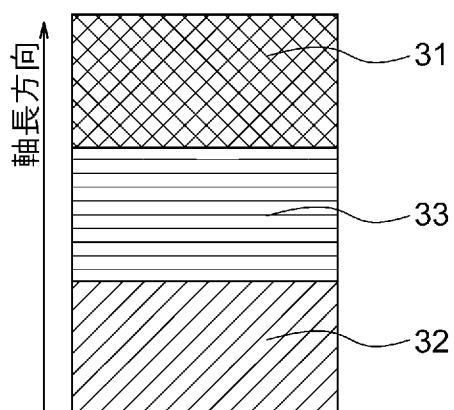
[図17]



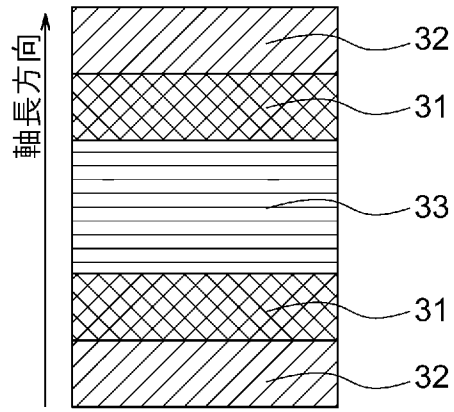
[図18]



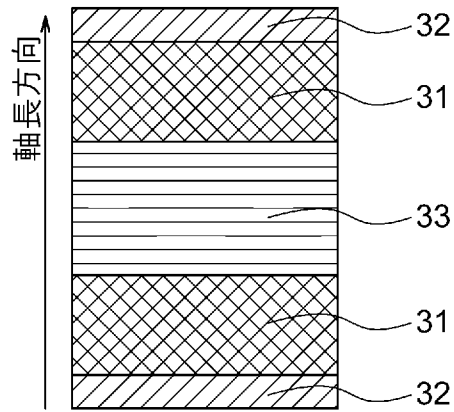
[図19]



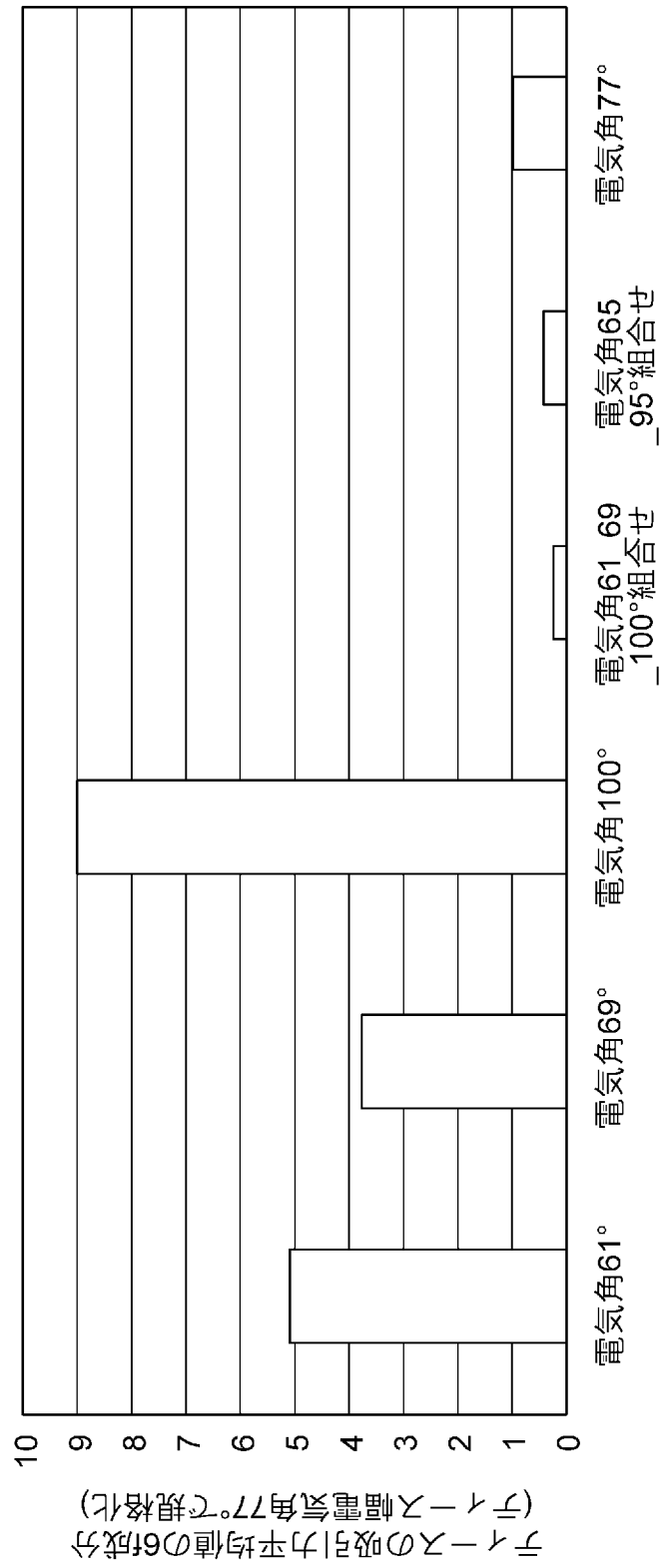
[図20]



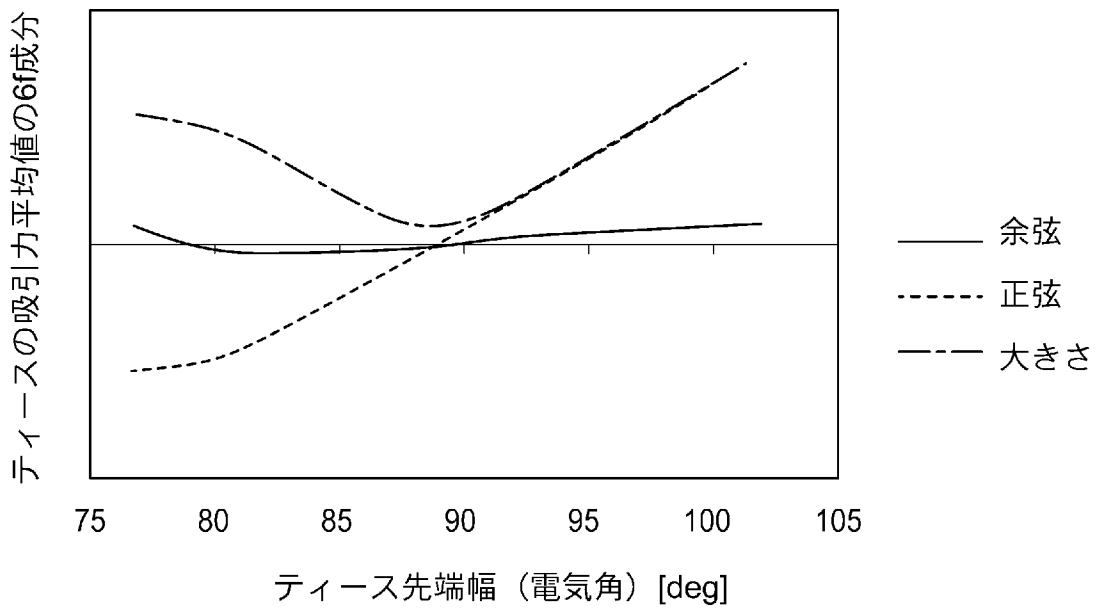
[図21]



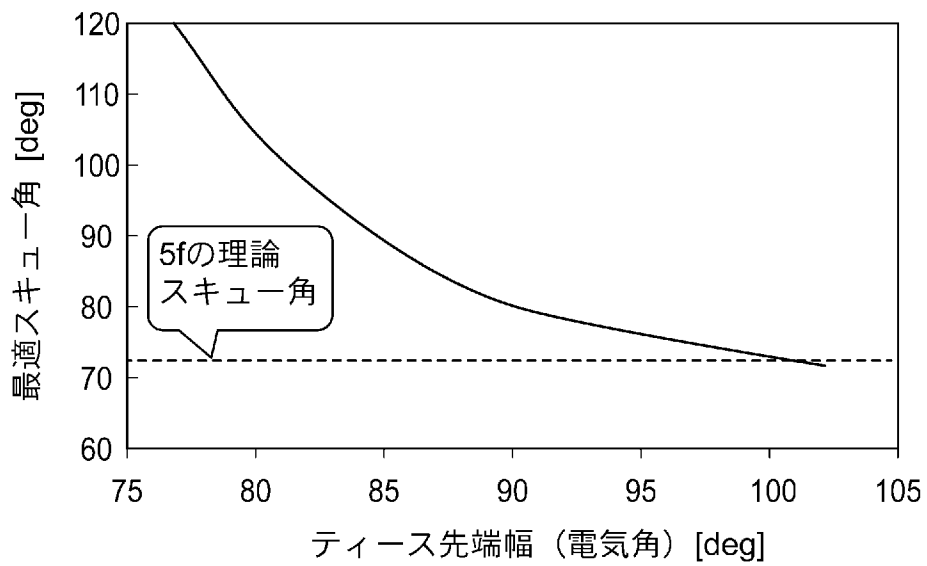
[図22]



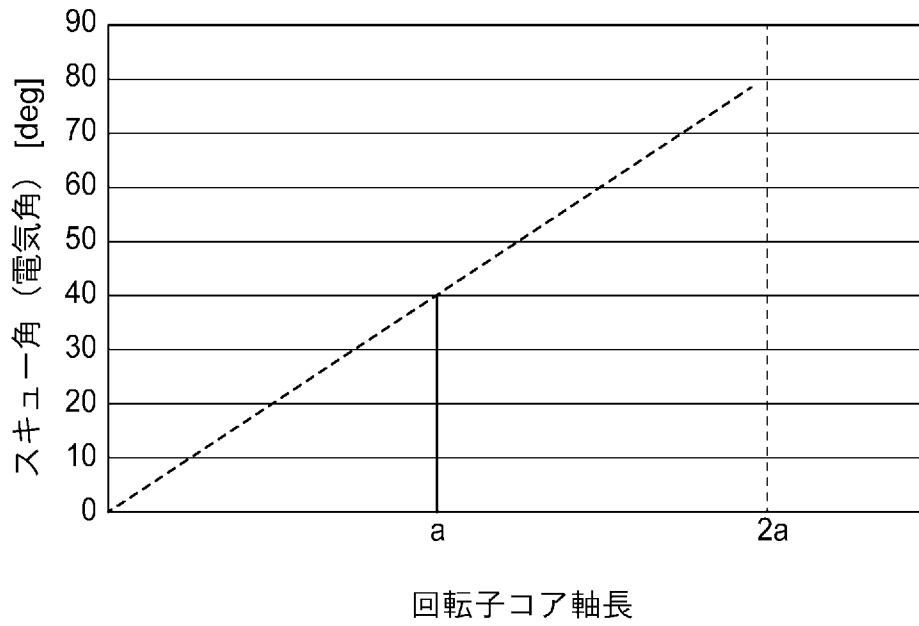
[図23]



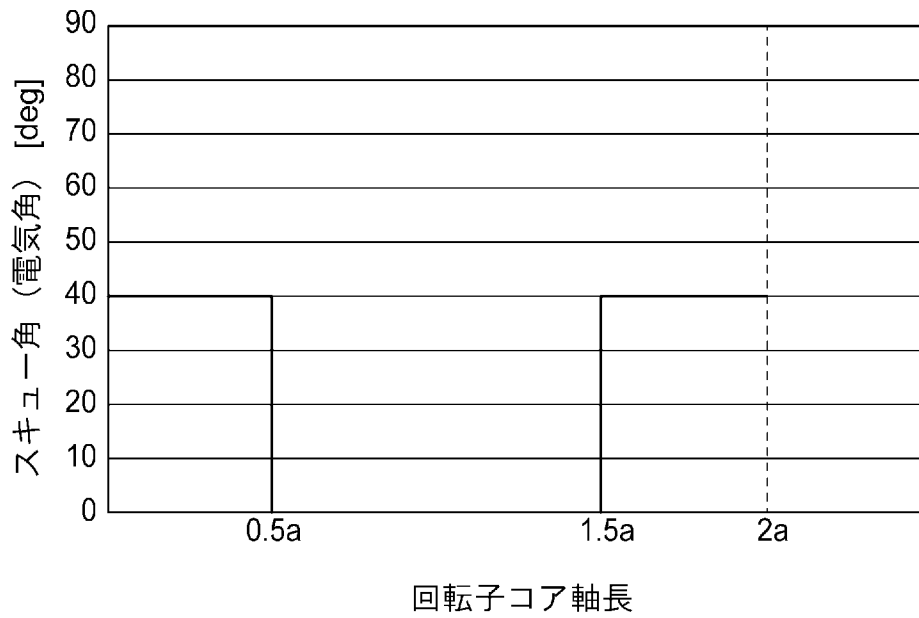
[図24]



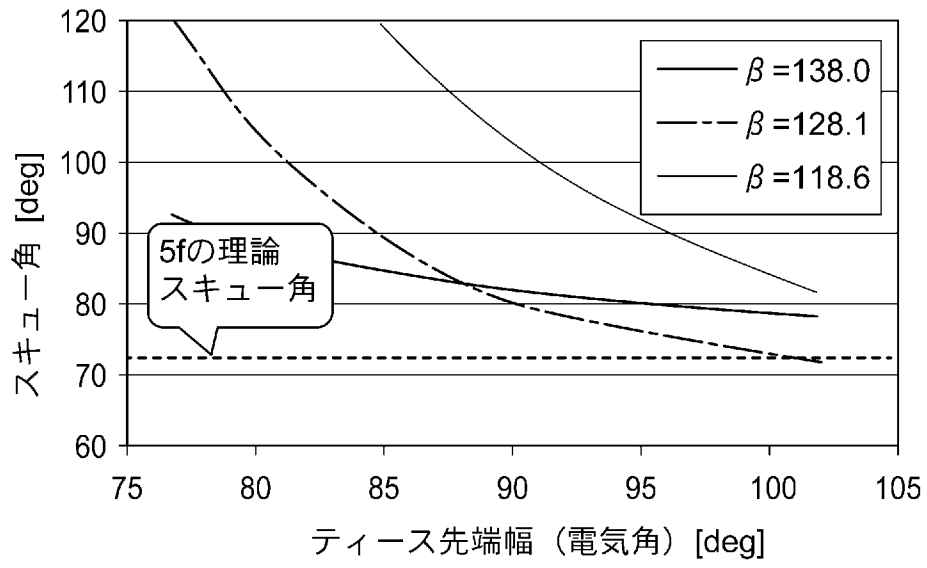
[図25]



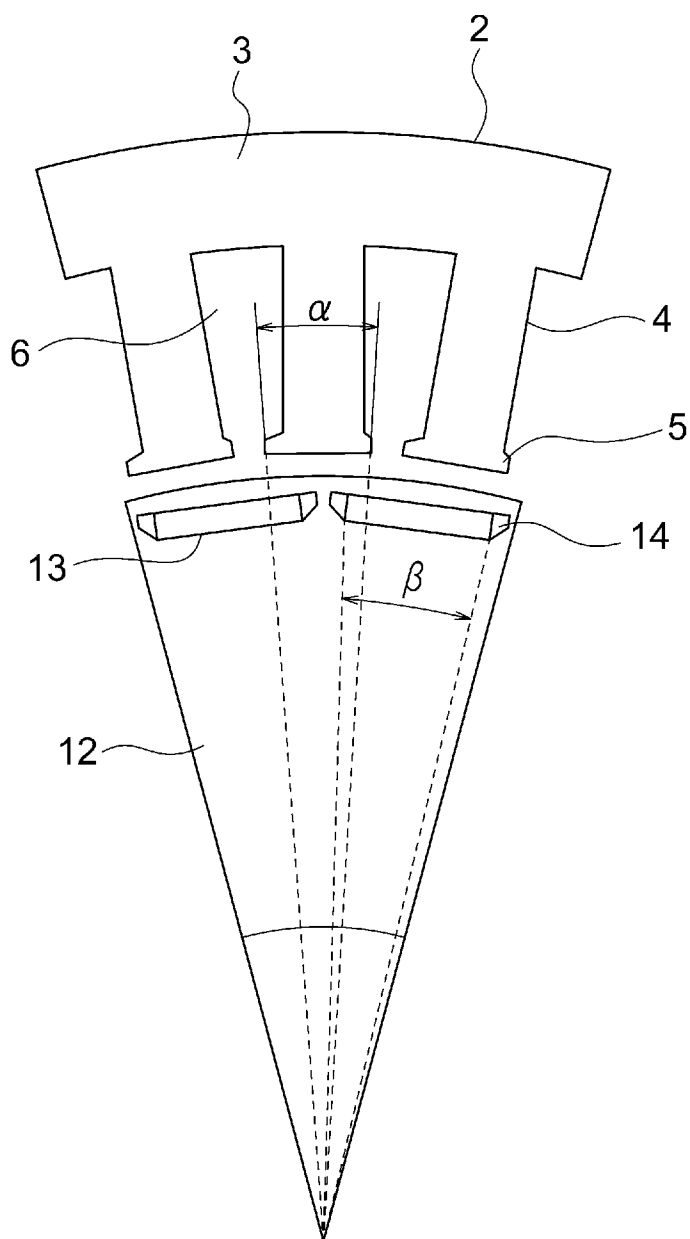
[図26]



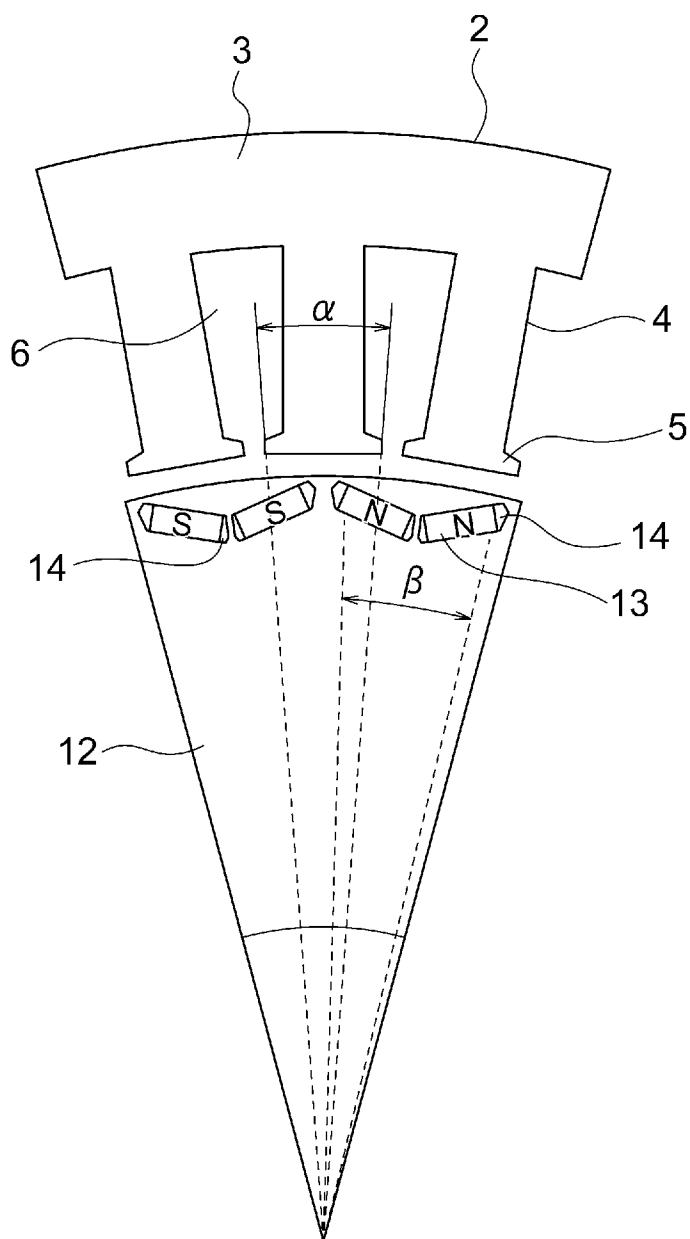
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/085402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K21/16(2006.01)i, H02K1/14(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K1/27(2006.01)i

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)
H02K21/16, H02K1/14, H02K1/22, H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2015-96024 A (Asmo Co., Ltd.), 18 May 2015 (18.05.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	WO 2008/105049 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text; all drawings & US 2010/0119390 A1 entire text; all drawings & EP 2117102 A1 & CN 101529698 A	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15 February 2017 (15.02.17)	Date of mailing of the international search report 28 February 2017 (28.02.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K21/16(2006.01)i, H02K1/14(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K1/27(2006.01)i

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.Cl. H02K21/16, H02K1/14, H02K1/22, H02K1/27

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 請求項の番号
A	JP 2015-96024 A (アスモ株式会社) 2015.05.18, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2008/105049 A1 (三菱電機株式会社) 2008.09.04, 全文、全図 & US 2010/0119390 A1, 全文、全図 & EP 2117102 A1 & CN 101529698 A	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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」国際出願日前の出願または特許であるが、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

15.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

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 100-8915
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)

▲桑▼原 恭雄

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

3V

4484