

(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
2014 年 7 月 31 日(31.07.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/115278 A1

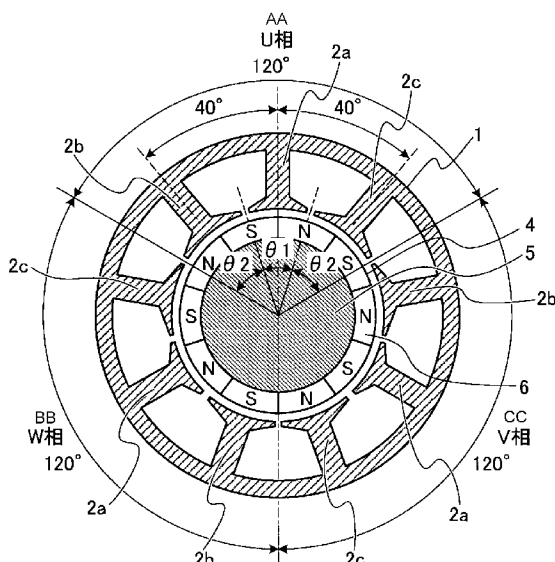
- (51) 国際特許分類:
H02K 21/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/051421
- (22) 国際出願日: 2013 年 1 月 24 日(24.01.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人 (米国についてのみ): 松岡 篤(MATSUOKA, Atsushi) [—/JP]; 〒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). 馬場 和彦(BABA, Kazuhiko) [—/JP]; 〒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). 麻生 洋樹(ASO, Hiroki) [—/JP]; 〒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).
- (JP). 浦辺 優人(URABE, Yuto) [—/JP]; 〒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: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
- (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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: SYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称: 同期電動機

[図1]



AA... U PHASE
BB... W PHASE
CC... V PHASE

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to obtain a ten-pole, nine-slot synchronous electric motor that can achieve high output, high efficiency, and high performance. The motor is configured so that a rotor (4), on which are disposed ten permanent magnets (6) formed at equal angular intervals in the circumferential direction with alternating magnetic poles of different polarity, is disposed so as to face a stator (1) on which nine teeth (2a, 2b, 2c) are formed at equal angular intervals in the circumferential direction; and so that from among the phases of the teeth (2a, 2b, 2c) which are grouped into three phases with three neighboring teeth apiece, the leading-end width of the central tooth (2a) in each phase is greater than 32° and less than 40°.

(57) 要約: 10極9スロットの同期電動機において、高出力化、高効率化を図り、高性能化を実現できる同期電動機を得ること。9個の各ティース2a, 2b, 2cが周方向に等角度間隔で形成された固定子1に、異なる極性の磁極を交互にして周方向に等角度間隔で形成された10極の永久磁石6が配置された回転子4を対向配置し、隣り合う3個ずつの3相に区分された各相の各ティース2a, 2b, 2cのうち、各相中央のティース2aの先端幅が32°よりも大きく、40°よりも小さくなるように構成する。



(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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

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： 同期電動機

技術分野

[0001] 本発明は、同期電動機に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石を用いた３相の同期電動機において、固定子の巻線をティースに集中的に巻回する電動機では、一般に、回転子に用いる永久磁石の磁極数と、固定子のスロット数（＝ティース数）との比率を、２：３で構成されることが多い。これに対して、永久磁石が発生する磁束をより有効に固定子の巻線に鎖交させることのできる永久磁石磁極数とスロット数の組合せを用いた同期電動機が存在することが知られている（例えば、特許文献１、２）。

[0003] さらに、回転子の永久磁石が発生する磁束をより有効に固定子の巻線に鎖交させるための技術として、固定子の巻線を巻回するティースの配置を均一としないで、極数とスロット数の組合せに応じて不均一とする技術が知られている（例えば、特許文献３～５）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開昭６２－１１０４６８号公報

特許文献２：特開平９－１７２７６２号公報

特許文献３：特開２０００－２５３６０２号公報

特許文献４：特開２００５－１０２４７５号公報

特許文献５：特開平２－８４０４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献３～５に示された技術では、ティースの巻線を巻回する部分の配置も不均一となるため、巻線を収納するスロットの断面積が不均一となり、巻線を巻回可能な最大量は、断面積の狭いスロットに制

限されるため、電動機の固定子の断面積を有効に利用することができない。

[0006] 例えば、特許文献3に示された8極9スロットの3相直流モータの場合、各相の隣り合う3つのティースの中で、中央のティースの幅を大きくして、場合によっては中央のティースに巻回する巻線の巻数を多くすることで、同期電動機を高性能化することが可能であるため、スロットの断面積の不均一性を有効に利用できるが、特許文献4に示された10極9スロットの同期電動機では、両端のティースの巻線を巻回する部分を中央に近づける構成としており、中央のティースの巻線を多くすることができないため、固定子の断面積を有効に利用することができない。また、特許文献4では、ティースの配置を不均一にすることによって得られる効果の根拠と具体的な範囲が示されていない。

[0007] また、例えば、特許文献5に示された8極9スロットの電動機の場合、特許文献3に示された技術とは異なり、1相を構成するティースのうち、3個のティースのうちの2個の幅を大きくすることで回転子の永久磁石の磁束を有効に活用できるとしているが、例えば、1相を構成するティースのうちの両端のティースの幅を大きくした場合には、中央のティースの巻線を多くすることができないため、回転子の磁束を有効に得ることはできない。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、10極9スロットの同期電動機において、高出力化、高効率化を図り、高性能化を実現できる同期電動機を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明にかかる同期電動機は、軸心を中心とする円環状の鉄心に9個のティースが軸心に向かって周方向に等角度間隔で形成された固定子と、軸心を中心として外周面に異なる極性の磁極を交互にして周方向に等角度間隔で形成された10極の極配向の永久磁石が配置され、前記固定子に対向配置された回転子と、を備え、前記各ティースは、隣り合う3個ずつの3相に区分され、1相分の前記各ティースには、隣接する前記各ティース間で各相の固定子巻線の巻回方向が軸心から

見て互いに逆方向となるように連続して集中巻きで巻回され、各相毎の前記各ティースのうち、中央のティースの前記回転子に対向する先端部の幅が 32° よりも大きく、 40° よりも小さくなるように構成されたことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、10極9スロットの同期電動機において、高出力化、高効率化を図り、高性能化を実現できる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、実施の形態にかかる同期電動機の横断面図である。

[図2]図2は、実施の形態にかかる同期電動機の1相分の各ティースと磁極との位置関係を示す図である。

[図3]図3は、ティースの中心と磁極の中心とが一致した例を示す図である。

[図4]図4は、1相分の各ティースに巻回される固定子巻線の誘起電圧を示す図である。

[図5]図5は、各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 をパラメータとして、短節巻係数 K_p 、分布巻係数 K_d 、巻線係数 K_w を求めた計算結果を示す図である。

[図6]図6は、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 40° である場合を基準とした巻線係数比率および誘起電圧比率を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に添付図面を参照し、本発明の実施の形態にかかる同期電動機について説明する。なお、以下に示す実施の形態により本発明が限定されるものではない。

[0013] 実施の形態.

図1は、実施の形態にかかる同期電動機の横断面図である。図1に示すように、本実施の形態では、固定子1の内周面に対向して永久磁石を配置した回転子4を用いた同期電動機である場合の例について説明する。

[0014] 固定子1は、軸心を中心とする円環状の鉄心に9個の突起状の鉄心（以下

、「ティース」という) 2 a, 2 b, 2 c が軸心に向かって周方向に等角度間隔 (機械角 40°) で形成される。各ティース 2 a, 2 b, 2 c は、隣り合う 3 個ずつの 3 相 (U 相、V 相、W 相) に区分されている。なお、各ティース 2 a, 2 b, 2 c の回転子 4 に対向する部分の幅を、以下、「先端幅」という。

[0015] 回転子 4 は、軸心を中心とする円柱状のバックヨーク 5 の外周面に、異なる極性の磁極を交互にして周方向に等角度間隔 (機械角 36°) で 10 極の永久磁石 6 が配置され、各ティース 2 a, 2 b, 2 c の内側に固定子 1 に対向して回転可能に配置されている。

[0016] 図 2 は、実施の形態にかかる同期電動機の 1 相分の各ティースと磁極との位置関係を示す図である。1 相分の各ティース 2 a, 2 b, 2 c には、それぞれ各相の固定子巻線 3 が連続して集中巻きで巻回され、各相において隣接する各ティースに巻回する固定子巻線 3 の巻回方向を軸心から見て互いに逆方向としている。

[0017] 図 2 に示すように、各相中央のティース 2 a の中心を、対向する永久磁石 6 の中心、すなわち磁極の中心とすると、各相両端のティース 2 b, 2 c の中心は、対向する永久磁石 6 の中心、すなわち磁極の中心から電気角 $\theta d = 20^\circ$ (機械角 4°) ずれた位置となる。また、本実施の形態では、図 1、図 2 に示すように、各相毎に中央に位置するティース 2 a の先端幅を $\theta 1$ 、両端に位置するティース 2 b, 2 c の先端幅を $\theta 2$ とする。

[0018] ここで、本実施の形態の構成概念について、図 2 ~ 図 4 を参照して説明する。図 3 は、ティースの中心と磁極の中心とが一致した例を示す図である。また、図 4 は、1 相分の各ティースに巻回される固定子巻線の誘起電圧を示す図である。

[0019] 回転子の永久磁石から発生する磁束が固定子巻線にどの程度有効に鎖交するかを示す指標として、一般的に「巻線係数 K_w 」と呼ばれる係数がある。この巻線係数 K_w は、短節巻係数 K_p と分布巻係数 K_d との積で求められる。

[0020] 短節巻係数 K_p は、回転子の磁極の幅と固定子のティースの先端幅から計算される。この短節巻係数 K_p は、回転子の1つの磁極より正弦波状に磁束が発生するものとして、それらの磁束が固定子の巻線が巻回されるティースをどれだけ通過するかを示す係数であり、回転子の1つの磁極の幅（角度）とティースの先端幅（角度）とから下記（1）式を用いて計算される。

$$[0021] \quad K_p = \sin(\pi / 2 \times (\text{極数}) / (\text{スロット数})) \\ = \sin(\pi / 2 \times (\text{ティースの先端幅}) / (\text{磁極の幅})) \quad \cdots (1)$$

[0022] 上記（1）式より、この短節巻係数 K_p は、ティースの先端幅と磁極の幅とが等しい場合には、最大値である1となる。図3に示すように、ティースの先端幅が大きい場合には、同様にティースを通過する磁束の一部は固定子巻線に鎖交せず、ティースの先端部分を通過して、隣接する磁極へと短絡してしまうため、この短節巻係数 K_p は小さくなり、逆にティースの先端幅が磁極の幅より小さい場合でも、磁極から発生する磁束のすべてを固定子巻線に鎖交させることができないため、この短節巻係数 K_p は小さくなる。

[0023] 一方、分布巻係数 K_d は、同一相の各ティースに巻回される各固定子巻線に発生する誘起電圧の位相がずれている場合に、誘起電圧の振幅が単純に各固定子巻線の誘起電圧の和とならないことを補正するための係数であり、一般的には、下記（2）式を用いて計算される。

$$[0024] \quad K_d = \sin(\pi / 6) / (q \times \sin(\pi / 6q)) \quad \cdots (2) \\ (q = (\text{スロット数}) / (\text{極数}) / 3)$$

[0025] 極数とスロット数との比が、同期電動機において一般的に用いられる2：3や4：3の組合せである場合、極数、スロット数が大きくなっても、各相の固定子巻線と磁極との位置関係は、同じ配置の繰り返しが増えるだけで各相を構成する各固定子巻線に発生する誘起電圧の位相がずれることはないため、この分布巻係数 K_d は1となる。

[0026] ここで、上記（2）式により得られる分布巻係数 K_d は、固定子のティースが等間隔に配置され、全てのティースの先端幅が同一である場合を前提と

して計算される係数であるため、ティースの配置が等間隔ではない場合や、先端幅が異なるティースを有している場合には、上記（２）式を用いて巻線係数 K_w を算出することができない。

[0027] したがって、本実施の形態では、巻線係数 K_w を各ティースに巻かれる固定子巻線に発生する誘起電圧の大きさ（＝短節巻係数 K_p ）、および各相の各ティースに巻回される各固定子巻線に発生する誘起電圧との位相差（＝分布巻係数 K_d ）に着目して、ティースの先端幅が等間隔ではない場合の同期電動機の巻線係数 K_w を求めた。

[0028] 本実施の形態にかかる１０極９スロットの同期電動機の場合、図２に示す例において、回転子４の各磁極が右から左へと移動するものと仮定すると、各ティース２ａ、２ｂ、２ｃに巻回された固定子巻線にそれぞれ発生する誘起電圧は、図４に示すように、各相中央のティース２ａの固定子巻線３に発生する誘起電圧を基準として、各相両端のティース２ｂ、２ｃの巻線に発生する誘起電圧の位相がそれぞれ電気角で４０°ずれる。これらの各ティース２ａ、２ｂ、２ｃに巻回された固定子巻線３に発生する誘起電圧の総和は、各ティース２ａ、２ｂ、２ｃに巻回された固定子巻線３に発生する誘起電圧の位相がずれている影響により、中央のティース２ａに発生する誘起電圧を３倍した値よりも小さくなる。各相中央のティース２ａに巻回された固定子巻線３に発生する誘起電圧に対して、各相両端の各ティース２ｂ、２ｃに巻回された固定子巻線３に発生する誘起電圧の位相がずれることによる各相毎の誘起電圧の減少による影響を示す係数として、便宜上、上記（２）式に相当する各ティース２ａ、２ｂ、２ｃの分布巻係数 K_d を仮定すると、この分布巻係数 K_d は下記（３）式を用いて計算できる。

[0029]
$$K_d = \cos(\pi \times \theta_d / 180^\circ) \quad \dots (3)$$

[0030] 上記（３）式において、 θ_d は各相中央のティース２ａの固定子巻線３に発生する誘起電圧の位相に対する各相両端のティース２ｂ、２ｃの固定子巻線３に発生する誘起電圧の位相の位相差を示す。上記（３）式に示すように、各相中央のティース２ａの固定子巻線３に発生する誘起電圧と各相両端の

各ティース 2 b, 2 c の固定子巻線 3 に発生する誘起電圧との位相差が 180° に近づくほど、各相両端の各ティース 2 b, 2 c の固定子巻線 3 に発生する誘起電圧が小さくなり、各ティース 2 a, 2 b, 2 c の固定子巻線 3 に発生する誘起電圧を合成した値も小さくなる。

[0031] 以下、実施の形態にかかる 10 極 9 スロットの同期電動機の巻線係数 K_w を求めることとする。

[0032] 図 2 に示す例において、各相中央のティース 2 a に巻回される固定子巻線 3 の巻線係数 K_{w1} は、短節巻係数を K_{p1} 、分布巻係数を K_{d1} とすると、(1) 式、(3) 式より、以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 [0033] \quad K_{p1} &= \sin(2\pi \times (\text{ティース 2 a の先端幅}) / (\text{磁極の幅})) \\
 &= \sin(2\pi \times \theta_1 / 36^\circ) \\
 K_{d1} &= \cos(\pi \times 0^\circ / 180^\circ) = 1 \\
 K_{w1} &= K_{p1} \times K_{d1} \\
 &= K_{p1} \\
 &= \sin(2\pi \times \theta_1 / 36^\circ)
 \end{aligned}$$

[0034] また、図 2 に示す例において、各相両端の各ティース 2 b, 2 c に巻回される固定子巻線 3 の巻線係数 K_{w2} は、短節巻係数を K_{p2} 、分布巻係数を K_{d2} とすると、(1) 式、(3) 式より、以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 [0035] \quad K_{p2} &= \sin(2\pi \times (\text{ティース 2 b, 2 c の先端幅}) / (\text{磁極の幅})) \\
 &= \sin(2\pi \times ((120^\circ - \theta_1) / 2) / 36^\circ) \\
 &= \sin(2\pi \times (60^\circ - \theta_1 / 2) / 36^\circ) \\
 K_{d2} &= \cos(\pi \times ((\theta_1 / 2 + \theta_2 / 2) \times (\text{極対数}) - 180^\circ) \\
 &\quad / 180^\circ) \\
 &= \cos(\pi \times (30^\circ - \theta_1 / 4) / 180^\circ) \\
 K_{w2} &= K_{p2} \times K_{d2} \\
 &= (\sin(2\pi \times (60^\circ - \theta_1 / 2) / 36^\circ)
 \end{aligned}$$

$$\times \cos(\pi \times (30^\circ - \theta_1 / 4) / 180^\circ))$$

[0036] 上記より、各相毎の巻線係数 K_w は、下記(4)式により得ることができる。

$$\begin{aligned} [0037] \quad K_w &= (K_{w1} + 2K_{w2}) / 3 \\ &= (\sin(2\pi \times \theta_1 / 36^\circ) \\ &\quad + 2(\sin(2\pi \times (60^\circ - \theta_1 / 2) / 36^\circ) \\ &\quad \times \cos(\pi \times (30^\circ - \theta_1 / 4) / 180^\circ))) / 3 \\ &\dots (4) \end{aligned}$$

[0038] 図5は、各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 をパラメータとして、短節巻係数 K_p 、分布巻係数 K_d 、巻線係数 K_w を求めた計算結果を示す図である。また、図6は、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 40° である場合を基準とした巻線係数比率および誘起電圧比率を示す図である。図6中に示す実線は、上記(4)式を用いて巻線係数 K_w を求め、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 40° である場合の巻線係数 K_w を基準とした巻線係数比率を示し、図6中に示す菱形記号($\diamond$)は、各相中央のティースの先端幅が異なる10極9スロットの同期電動機の誘起電圧を磁界解析により求め、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 40° である場合の誘起電圧を基準とした誘起電圧比率を示している。

[0039] 一般的な10極9スロットの同期電動機では、各ティースは等角度間隔に配置されており、各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 が等しい場合には、これら各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 は、それぞれ $360^\circ / 9 = 40^\circ$ である。このときの巻線係数 K_w の計算結果は、図5に示すように0.9452となる。

[0040] この巻線係数 K_w は、図5、図6に示すように、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 40° から小さくなるに従って徐々に大きくなり、巻線係数 K_w が最大となるのは、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 36° (θ_2 が 42°)の場合であり、図5に示すように0.9553となる。

[0041] この巻線係数 K_w が最大となる各相中央のティースの先端幅 θ_1 (36°)

）から、さらに各相中央のティースの先端幅 θ_1 が小さくなるに従って徐々に巻線係数 K_w が小さくなり、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 32° （ θ_2 が 44° ）の場合に、各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 が 40° で等しい場合の巻線係数 K_w の計算結果と等しく、図5に示すように0.9452となる。

[0042] つまり、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が $32^\circ < \theta_1 < 40^\circ$ を満たす場合に、各ティースが等角度間隔であり、且つ、各相の各ティースの先端幅 θ_1 、 θ_2 が等しい一般的な10極9スロットの同期電動機よりも巻線係数 K_w が大きくなる。この上記（4）式により求めた巻線係数比率は、図6に示すように、磁界解析により求めた誘起電圧比率とほぼ一致しており、各相中央のティースの先端幅 θ_1 が 36° である場合には、誘起電圧が最大で約1%大きくなる。

[0043] したがって、本実施の形態では、各相の各ティース2a、2b、2cのうち、各相中央のティース2aの先端幅 θ_1 が $32^\circ < \theta_1 < 40^\circ$ を満たすように構成する。これにより、一般的な10極9スロットの同期電動機よりも大きな誘起電圧を得ることができ、一般的な10極9スロットの同期電動機と同等の電流を通电した場合には、より高いトルクを得ることができ、高出力化を図ることができる。

[0044] また、一般的な10極9スロットの同期電動機よりも少ない電流を通电して一般的な10極9スロットの同期電動機と同等のトルクを得ることができ、高効率化を図ることができる。

[0045] より好ましくは、各相の各ティース2a、2b、2cのうち、各相中央のティース2aの先端幅 θ_1 を略 36° とすることにより、一般的な10極9スロットの同期電動機よりも最大で約1%大きな誘起電圧を得ることができ、より高出力化、高効率化を図ることができる。

[0046] なお、図5に示す巻線係数の計算結果を見ると、各相中央のティースに巻回される固定子巻線の巻線係数 K_{w1} が各相両端のティースに巻回される固定子巻線の巻線係数 K_{w2} よりも高い値を示していることから、各ティース

の固定子巻線が巻回される部分の幅を、各ティースの先端幅に合わせて不均一とし、各相中央のティースに各相両端のティースの固定子巻線が巻回される部分を近づけると、各相中央のティースと各相両端のティースとの間のスロットの断面積が小さくなり、スロットに格納できる固定子巻線が少なくなるため、同期電動機の性能を十分に引き出すことができなくなる。また、各相間のスロットの断面積が大きくなっても巻線を格納しない空間が増えるだけであり、固定子 1 の断面積を有効に利用できない。また、高い巻線係数 $K_w 1$ を有する各相中央のティースの固定子巻線の巻数を減らすと、誘起電圧の減少が大きくなり有効ではない。

[0047] また、上述したように、各相の各ティースの固定子巻線に発生する誘起電圧には、位相差が生じている。本実施の形態では、各ティース 2 a, 2 b, 2 c を等角度間隔で配置し、各相両端のティース 2 b, 2 c の先端幅を同一の $\theta 2$ としている。これによって、各ティースの固定子巻線に発生する誘起電圧に含まれる歪みである高調波成分同士は、お互いで打ち消し合うこととなり、結果として、誘起電圧の低歪率化を図ることができる。巻線係数 K_w をさらに上げる手段としては、各相間のスロット開口部を大きくし、各ティースの先端幅をすべて 36° に近づければ、理論的には最も大きな巻線係数が得られるが（分布巻係数を 1 にすることは可能）、この場合には、各ティースの固定子巻線の誘起電圧間の位相差がなくなるため、高調波成分がキャンセルされず、各相の誘起電圧に歪みが大きく発生する可能性がある。このため、各相間、各ティース間の全てのスロット開口部の幅を略同一幅として、各相の各ティースの固定子巻線に発生する誘起電圧に位相差が生じる状態を維持するのが好ましい。

[0048] また、各相間のスロット開口部が大きくなると、コギングトルクも大きくなるので、同期電動機の振動、騒音も大きくなり好ましくない。

[0049] 以上説明したように、実施の形態の同期電動機によれば、10極9スロット構成の同期電動機において、隣り合う3個ずつの3相に区分された各相の各ティースのうち、各相中央のティースの先端幅 $\theta 1$ が $32^\circ < \theta 1 < 40$

° を満たすように構成することにより、一般的な 10 極 9 スロットの同期電動機よりも大きな誘起電圧を得ることができ、一般的な 10 極 9 スロットの同期電動機と同等の電流を通電した場合には、より高いトルクを得ることができるので、高出力化を図ることができる。

[0050] また、一般的な 10 極 9 スロットの同期電動機よりも少ない電流を通電して一般的な 10 極 9 スロットの同期電動機と同等のトルクを得ることができるので、高効率化を図ることができる。

[0051] より好ましくは、各相の各ティースのうち、各相中央のティースの先端幅 $\theta 1$ を略 36° とすることにより、一般的な 10 極 9 スロットの同期電動機よりも最大で約 1 % 大きな誘起電圧を得ることができ、より高出力化、高効率化を図ることができる。

[0052] また、各ティースを等角度間隔で配置し、各相両端のティースの先端幅を同一の $\theta 2$ とし、各ティース間の全てのスロット開口部の幅を略同一幅とすることにより、位相差が生じた各ティースの固定子巻線に発生する誘起電圧に含まれる高調波成分が互いに打ち消し合い、誘起電圧の低歪率化を図ることができる。また、各相間のスロット開口部を小さくすることにより、コギングトルクの発生を抑制することができ、低振動化、低騒音化を図ることができる。

[0053] なお、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の構成の一例であり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、一部を省略する等、変更して構成することも可能であることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0054] 以上のように、本発明にかかる同期電動機は、永久磁石を用いた 3 相の同期電動機に有用であり、特に、10 極 9 スロット構成の同期電動機に適している。

符号の説明

[0055] 1 固定子、2 a, 2 b, 2 c ティース、3 固定子巻線、4 回転子

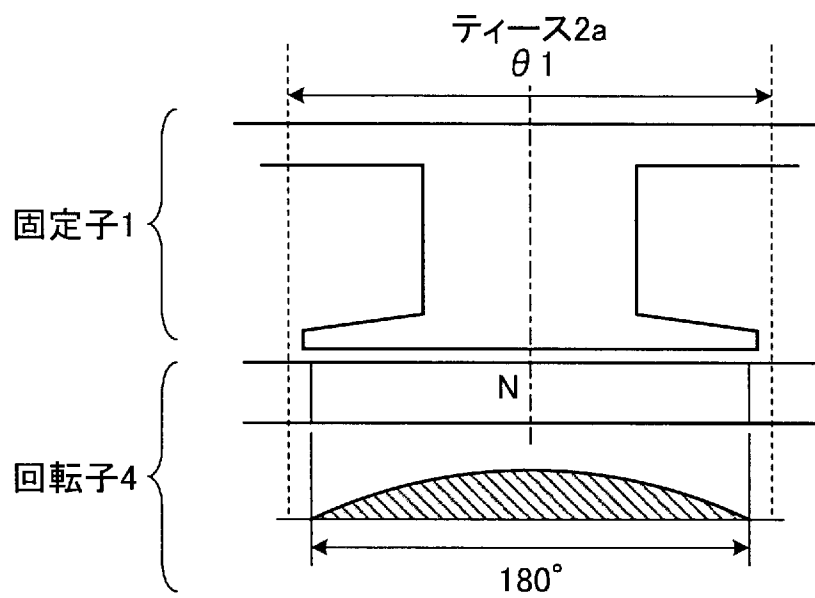
、 5 バックヨーク、 6 永久磁石。

請求の範囲

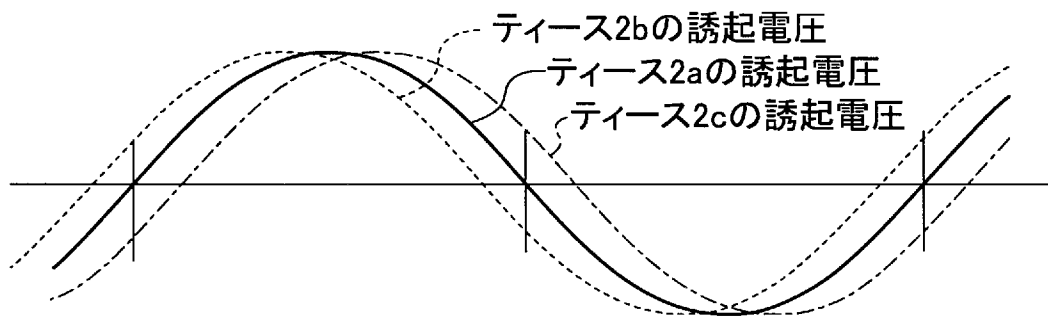
- [請求項1] 軸心を中心とする円環状の鉄心に9個のティースが軸心に向かって周方向に等角度間隔で形成された固定子と、
- 軸心を中心として外周面に異なる極性の磁極を交互にして周方向に等角度間隔で形成された10極の永久磁石が配置され、前記固定子に対向配置された回転子と、
- を備え、
- 前記各ティースは、隣り合う3個ずつの3相に区分され、1相分の前記各ティースには、隣接する前記各ティース間で各相の固定子巻線の巻回方向が軸心から見て互いに逆方向となるように連続して集中巻きで巻回され、各相の前記各ティースのうち、各相中央のティースの前記回転子に対向する先端部の幅が 32° よりも大きく、 40° よりも小さくなるように構成されたことを特徴とする同期電動機。
- [請求項2] 各相の前記各ティースのうち、前記回転子に対向する各相中央のティースの先端部の幅が略 36° であることを特徴とする請求項1に記載の同期電動機。
- [請求項3] 各相の前記各ティースのうち、前記回転子に対向する各相両端のティースの先端部の幅が等しいことを特徴とする請求項1乃至2に記載の同期電動機。
- [請求項4] 前記各ティース間のスロット開口部の幅が略同一幅であることを特徴とする請求項3に記載の同期電動機。

Figure 1 is a schematic diagram of a motor. It shows a stator (固定子1) with three phases: 2b, 2a, and 2c. Each phase has a pole count of 3. The stator is divided into three sections by dashed lines, with angles θ_2 and θ_1 indicated. The rotor (回転子4) is shown below the stator, with North (N) and South (S) poles. The electrical angle is 180 degrees, and the mechanical angle is 4 degrees ($\theta_d = 20^\circ$).

[図3]



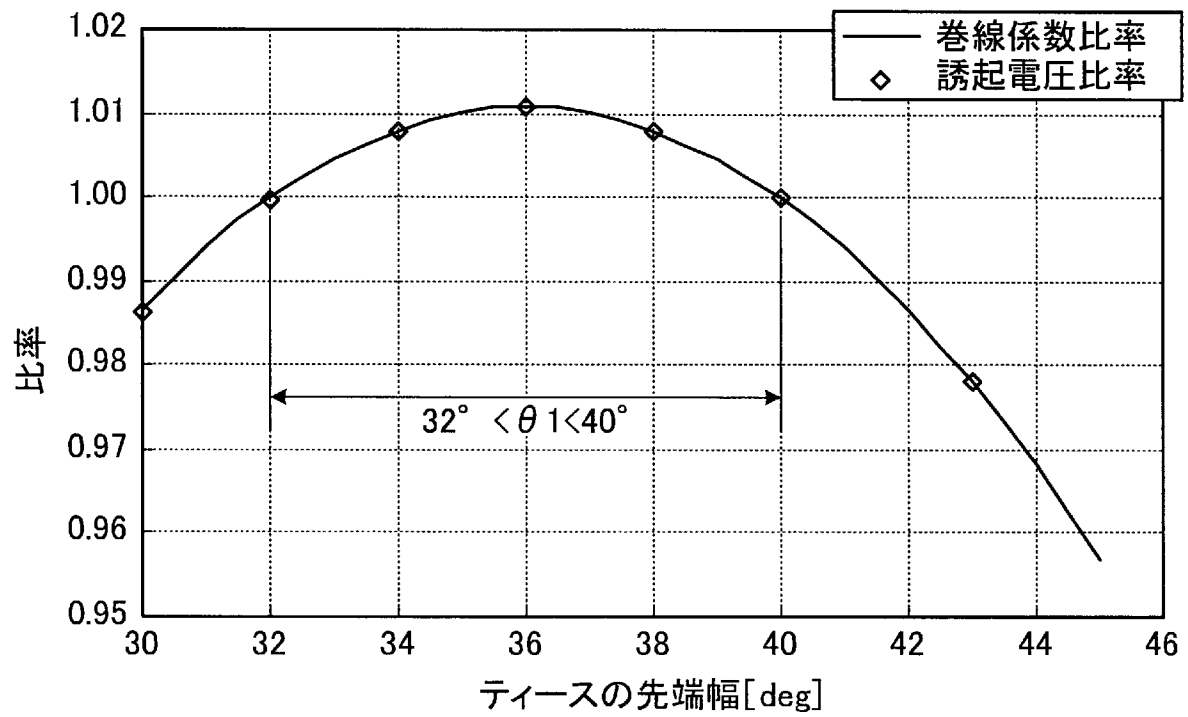
[図4]



[図5]

テースの先端幅[deg]		位相差 θd	短節巻係数		分布巻係数		巻線係数		
$\theta 1$	$\theta 2$		Kp1	Kp2	Kd1	Kd2	Kw1	Kw2	Kw
45.0	37.5	26.3	0.924	0.998	1	0.897	0.924	0.895	0.9046
43.0	38.5	23.8	0.954	0.994	1	0.915	0.954	0.910	0.9245
41.0	39.5	21.3	0.976	0.988	1	0.932	0.976	0.921	0.9395
40.0	40.0	20.0	0.985	0.985	1	0.940	0.985	0.925	0.9452
39.0	40.5	18.8	0.991	0.981	1	0.947	0.991	0.929	0.9496
38.0	41.0	17.5	0.996	0.976	1	0.954	0.996	0.931	0.9528
37.0	41.5	16.3	0.999	0.971	1	0.960	0.999	0.933	0.9547
36.0	42.0	15.0	1.000	0.966	1	0.966	1.000	0.933	0.9553
35.0	42.5	13.8	0.999	0.960	1	0.971	0.999	0.933	0.9547
34.0	43.0	12.5	0.996	0.954	1	0.976	0.996	0.931	0.9528
32.0	44.0	10.0	0.985	0.940	1	0.985	0.985	0.925	0.9452
30.0	45.0	7.5	0.966	0.924	1	0.991	0.966	0.916	0.9326

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K21/16 (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

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y	JP 2005-102475 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 April 2005 (14.04.2005), paragraphs [0020] to [0022]; fig. 2 & US 2004/0251763 A1 & EP 1487089 A2 & CN 1574546 A	1-4
Y	JP 63-144749 A (Nippon Fierofuruideikusu Kabushiki Kaisha), 16 June 1988 (16.06.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2001-245460 A (Fujitsu General Ltd.), 07 September 2001 (07.09.2001), paragraphs [0013] to [0014], [0017]; fig. 3 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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 application or patent 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
19 March, 2013 (19.03.13)

Date of mailing of the international search report
02 April, 2013 (02.04.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051421

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-215483 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 July 2004 (29.07.2004), paragraphs [0036] to [0040]; fig. 1 & US 2005/0029890 A1 & EP 1508955 A1 & WO 2003/100949 A1 & CN 1579042 A	1-4
A	JP 5-207692 A (Nagano Nidec Corp.), 13 August 1993 (13.08.1993), paragraph [0013]; fig. 3 & US 5396134 A & US 5536986 A & US 5698915 A	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051421

Subject to be covered by this search:

Claim 1 includes every synchronous electric motor having a feature in which "among the teeth of each phase, a middle tooth of each phase is configured such that a width of a tip thereof facing the rotor is greater than 32° and smaller than 40° ".

In particular, it should include a synchronous electric motor in which each of all the teeth is configured such that a width of a tip thereof facing the rotor is greater than 32° and smaller than 40° . However, when referring to the description [0047]-[0048] and the like, it is obvious that the present invention does not include such an electric motor. Only an electric motor in which a middle tooth of each phase among the teeth of each phase is configured such that a width of a tip thereof facing the rotor is greater than 32° and smaller than 40° , and is smaller than a width of a tip of each of both edge teeth of each phase is disclosed in the description within the meaning of PCT Article 5.

Consequently, claim 1 is lack in the support within the meaning of PCT Article 6.

This international search report therefore covers those supported and disclosed by the description, namely, an electric motor in which a middle tooth of each phase is configured such that a width of a tip thereof facing the rotor is smaller than a width of a tip of each of both edge teeth of each phase in the invention of claim 1.

The above-said opinion may be also applied to claims 2-4 which refer to claim 1.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02K21/16 (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 (I P C))

Int.Cl. H02K21/16

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
Y	JP 2005-102475 A (松下電器産業株式会社) 2005. 04. 14, [0020]-[0022], 図 2 & US 2004/0251763 A1 & EP 1487089 A2 & CN 1574546 A	1-4
Y	JP 63-144749 A (日本フエローフルイデイクス株式会社) 1988. 06. 16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2001-245460 A (株式会社富士通ゼネラル) 2001. 09. 07, [0013]-[0014], [0017], 図 3 (ファミリーなし)	1-4

☒ 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

1 9 . 0 3 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

高橋 祐介

3 V

3 0 2 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 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 2004-215483 A (松下電器産業株式会社) 2004. 07. 29, [0036]-[0040], 図 1 & US 2005/0029890 A1 & EP 1508955 A1 & WO 2003/100949 A1 & CN 1579042 A	1-4
A	JP 5-207692 A (長野日本電産株式会社) 1993. 08. 13, [0013], 図 3 & US 5396134 A & US 5536986 A & US 5698915 A	1-4

＜調査の対象について＞

請求項 1 は、「各相の前記各ティースのうち、各相中央のティースの前記回転子に対向する先端部の幅が 32° よりも大きく、 40° よりも小さくなるように構成された」という特性を有するあらゆる同期電動機を包含するものである。具体的には、全てのティースの前記回転子に対向する先端部の幅が 32° よりも大きく、 40° よりも小さくなるように構成された同期電動機をも包含するものであるが、明細書[0047]–[0048]等を参照すると、本願発明はそのような電動機を包含しないことは明らかであり、PCT 第 5 条の意味において開示されているのは、各相の前記各ティースのうち、各相中央のティースの前記回転子に対向する先端部の幅が 32° よりも大きく、 40° よりも小さくなり、且つ、各相両端のティースの先端部の幅より小となるように構成された電動機のみである。したがって、請求項 1 は、PCT 第 6 条の意味での裏付けを欠いている。

よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、請求項 1 に係る発明において、各相中央のティースの前記回転子に対向する先端部の幅が、各相両端のティースの先端部の幅より小となるように構成された電動機について行った。

請求項 1 を引用する請求項 2-4 についても同様である。