

(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
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/079088 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/08 (2006.01) *H02K 1/27* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/032144
- (22) 国際出願日: 2017年9月6日(06.09.2017)
- (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 2016-209108 2016年10月25日(25.10.2016) JP
- (71) 出願人: アイシン精機株式会社(AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 佐久間 昌史(SAKUMA Masafumi); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町2丁目1

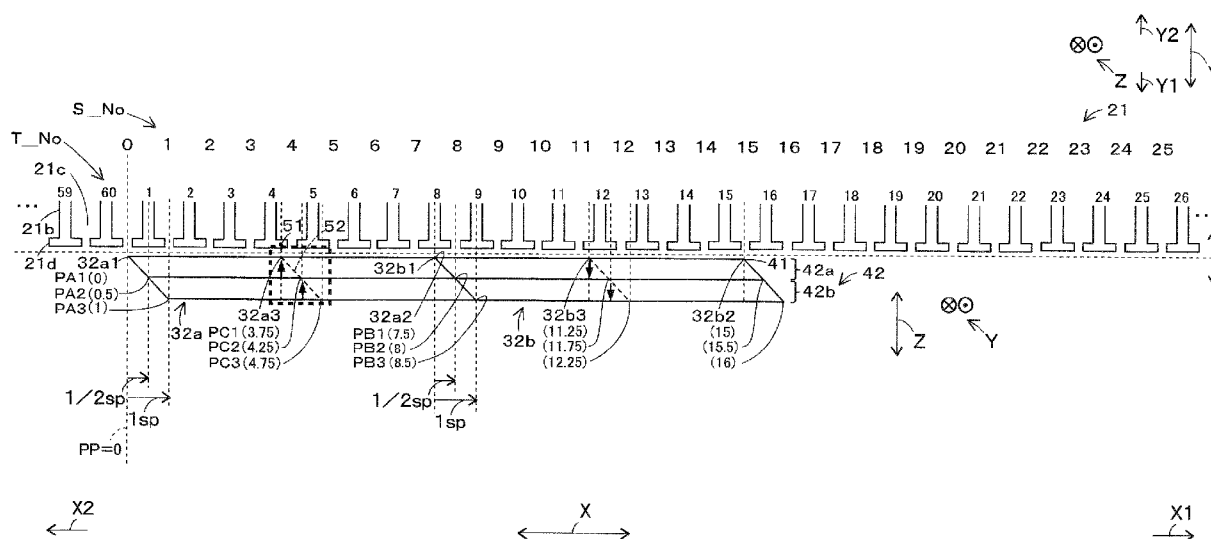
番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP).
津田 哲平(TSUDA Teppei); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 小林 脩, 外 (KOBAYASHI Osamu et al.); 〒4560002 愛知県名古屋市熱田区金山町一丁目19番13号 川島ビル 2階 Aichi (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, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機



(57) Abstract: According to the present invention, the moving direction of a rotor with respect to a stator is set as a first direction (an X-arrow direction), the direction in which the stator and the rotor face each other is set as a second direction (a Y-arrow direction), and a direction perpendicular to both the first direction (the X-arrow direction) and the second direction (the Y-arrow direction) is set as a third direction (a Z-arrow direction). This rotary electric machine is provided with: a first reference portion (41) in which at least one among the stator and the rotor serves as a skew reference; and a continuous skew portion (42) which is gradually skewed in the first direction (the X-arrow direction) from the first reference portion (41), and disposed in the third direction (the Z-arrow direction). The maximum value is set for the amount of skew of the continuous skew portion (42) with respect to the first reference portion (41) so that the maximum value of the relative amount of skew between the stator and the rotor corresponds to the pitch of one slot among a plurality of slots (21c).



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.

- (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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 固定子に対する可動子の移動方向を第一方向(矢印X方向)とし、固定子と可動子の対向方向を第二方向(矢印Y方向)とし、第一方向(矢印X方向)および第二方向(矢印Y方向)のいずれの方向に対しても直交する方向を第三方向(矢印Z方向)とする。回転電機は、固定子および可動子のうちの少なくとも一方が、スキューの基準になる第一基準部位(41)と、第一基準部位(41)に対して第一方向(矢印X方向)に徐々にずらされて第三方向(矢印Z方向)に配設されている連続スキュー部位(42)と、を備える。連続スキュー部位(42)は、固定子と可動子の相対スキュー量の最大値が複数のスロット(21c)の1スロットピッチ分になるように、第一基準部位(41)に対するスキュー量の最大値が設定されている。

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] 本明細書は、分数スロット構成の回転電機に関する技術を開示する。

背景技術

[0002] 毎極毎相スロット数が整数になる整数スロット構成の回転電機に係る発明の一例として、特許文献1に記載の発明が挙げられる。特許文献1に記載のリラクタンスモータは、ロータの磁極数を NRR とするときに、ロータ鋼板の各磁極の中心位置を $360^\circ / NRR$ に等分に分割した位置に対して、スロットピッチ $/NRR$ 、 $2 \times$ スロットピッチ $/NRR$ 、 $3 \times$ スロットピッチ $/NRR$ 、 $\dots$ 、 1 スロットピッチ分、ロータ回転方向にシフトされている。また、特許文献1には、ステータとロータとが、相対的にスロットピッチ $/NRR$ 分、スキューされているリラクタンスモータが記載されている。これらにより、特許文献1に記載の発明は、トルクリップルを低減し、トルクリップルに起因するモータの騒音および振動を低減しようとしている。

[0003] また、非特許文献1には、スロット高調波電圧を除去する必要がある場合には、通常、電機子巻線を1スロットピッチだけ斜めスロットにし、分数スロットの場合は、スロットピッチの $1/c$ だけ斜めスロットにしても効果は同一であることが記載されている。ここで、分数スロット構成とは、毎極毎相スロット数が整数でないスロット構成をいう。また、上記 c は、毎極毎相スロット数を帯分数で表し、帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分母部分をいう。なお、スロット高調波電圧は、上述でのトルクリップルに対応する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平11-318062号公報

非特許文献

- [0005] 非特許文献1：森安正司著「実用電気機器学」（森北出版株式会社、2000年7月25日（第1版第1刷）発行、72頁）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、特許文献1に記載の発明は、可動子の磁極数が6極、固定子のスロット数が36スロットの整数スロット構成のモータを対象にしている。整数スロット構成の回転電機では、固定子磁極と可動子磁極の間の磁極対向状態が毎極で等価になるので、固定子と可動子との間に発生する電磁気的な吸引力分布は、毎極において概ね等価になる。そのため、整数スロット構成の回転電機では、分数スロット構成の回転電機と比べて、固定子磁極と可動子磁極の間の磁極対向状態に起因する騒音および振動の問題が少ない。よって、特許文献1に記載の発明のように、整数スロット構成の回転電機では、主に、トルクリップルの低減を図れば良いことが多く、回転電機の騒音および振動の対策は、主に、トルクリップルの対策に付随するものが多い。
- [0007] また、非特許文献1に記載されているように、分数スロット構成の回転電機では、スロットピッチの $1/c$ 分のスキューにより、トルクリップル（コギングトルクを含む）を低減することはできるが、回転電機の騒音および振動を低減することは困難である。具体的には、分数スロット構成の回転電機では、固定子と可動子との間に発生する電磁気的な吸引力分布において、毎極の等価性が崩れ、可動子の磁極数を上記 c で除した次数の空間変形モードの起振力が発生する。つまり、分数スロット構成の回転電機では、可動子の磁極数が同じ場合の整数スロット構成（上記 $c=1$ ）の回転電機と比べて、より低次の起振力が発生する。固定子には、空間変形モードに対応する固有振動数があり、低次の空間変形モードほど、固有振動数が低下する。その結果、分数スロット構成の回転電機では、可動子の磁極数が同じ場合の整数スロット構成（上記 $c=1$ ）の回転電機と比べて、より低回転数において、固定子の空間変形モードに対応する固有振動数と、当該低次の起振力の周波数

とが合致する騒音および振動の共振点をもち、その対策が必要となる。

[0008] このような事情に鑑みて、本明細書は、騒音、振動およびトルクリップルを低減可能な分数スロット構成の回転電機を開示する。

課題を解決するための手段

[0009] 本明細書は、複数のスロットが形成されている固定子鉄心と前記複数のスロットに挿通されている固定子巻線とを備える固定子と、前記固定子に対して移動可能に支持され、可動子鉄心と前記可動子鉄心に設けられている少なくとも一対の可動子磁極とを備える可動子と、を具備する毎極毎相スロット数が整数でない分数スロット構成の回転電機を開示する。前記固定子に対する前記可動子の移動方向を第一方向とし、前記固定子と前記可動子の対向方向を第二方向とし、前記第一方向および前記第二方向のいずれの方向に対しても直交する方向を第三方向とする。このとき、前記固定子および前記可動子のうちの少なくとも一方は、スキューの基準になる第一基準部位と、前記第一基準部位に対して前記第一方向に徐々にずらされて前記第三方向に配設されている連続スキュー部位と、を備える。前記連続スキュー部位は、前記固定子と前記可動子の相対スキュー量の最大値が前記複数のスロットの1スロットピッチ分になるように、前記第一基準部位に対するスキュー量の最大値が設定されている。

発明の効果

[0010] 上記の回転電機によれば、固定子および可動子のうちの少なくとも一方は、第一基準部位と、連続スキュー部位とを備えている。また、連続スキュー部位は、固定子と可動子の相対スキュー量の最大値が複数のスロットの1スロットピッチ分になるように、第一基準部位に対するスキュー量の最大値が設定されている。これにより、上記の回転電機は、第三方向の全体に亘って、固定子と可動子との間に発生する電磁気的な吸引力分布を混成することができ、当該吸引力分布を平均化することができる。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができる。よって、上記の回転電機は、当該吸引力分布を整数スロット構成の回転電機と同程度まで高次化し、固定

子鉄心の固有振動数と一致する回転数を高めて、例えば、駆動回転数範囲外に設定することが可能になる。つまり、上記の回転電機は、固定子の共振機会を回避して、回転電機の騒音および振動を低減することができる。また、固定子および可動子のうちの少なくとも一方は、連続スキュー部位を備えているので、回転電機の騒音および振動の低減と併せて、トルクリップルも低減することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第一実施形態に係り、回転電機10を第三方向（矢印Z方向）に垂直な平面で切断した端面の一部を示す切断部端面図である。

[図2]図1に示す回転電機10の二磁極分（一磁極対分）の相配置の一例を示す模式図である。

[図3]参考形態に係り、複数のティース部21bと、一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示す模式図である。

[図4]参考形態に係り、複数のティース部21bに作用する第二方向（矢印Y方向）の電磁気的な吸引力分布の一例を示す模式図である。

[図5A]固定子鉄心21の外周形状の一例を示す模式図である。

[図5B]固定子鉄心21の外周形状の他の一例を示す模式図である。

[図5C]固定子鉄心21の外周形状の他の一例を示す模式図である。

[図6A]第一実施形態に係り、複数のティース部21bと、一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示す模式図である。

[図6B]図6Aの破線で囲まれた領域の磁極対向状態を説明する模式図である。

[図6C]参考形態に係り、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のスロット21cの1スロットピッチ（1sp）分に設定されていない場合の磁極対向状態を説明する模式図である。

[図7A]第一実施形態に係り、複数のティース部21bに作用する第二方向（矢印Y方向）の電磁気的な吸引力分布の一例を示す模式図である。

[図7B]離間部位毎の吸引力分布の混成、平均化および均等化を説明する模式

図である。

[図8A]第一実施形態に係り、第三方向（矢印Z方向）視の複数のティース部21bと一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示す模式図である。

[図8B]第一実施形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図8C]第一実施形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図9A]第二実施形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図9B]第二実施形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図10A]第三実施形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図10B]第三実施形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図11A]第一比較形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図11B]第一比較形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図12A]第二比較形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図12B]第二比較形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図13A]第四実施形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図13B]第四実施形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図13C]連続スキュー部位42と段スキュー部位44のスキュー量の換算方法を示す模式図である。

[図14A]第五実施形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図14B]第五実施形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を示す模式図である。

[図15]参考形態に係り、複数のティース部21bと、二組の一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示す模式図である。

[図16A]第六実施形態に係り、複数のティース部21bと、二組の一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示す模式図である。

[図16B]図16Aの破線で囲まれた領域の磁極対向状態を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本明細書では、各実施形態が図面に基づいて説明されている。なお、図面は、各実施形態について、共通する箇所には共通の符号が付されており、本明細書では、重複する説明が省略されている。また、一の実施形態において記載されている事項は、適宜、他の実施形態についても適用することができる。さらに、図面は、概念図であり、細部構造の寸法まで規定するものではない。

[0013] <第一実施形態>

図1に示すように、回転電機10は、固定子20と、可動子30とを具備している。固定子20は、固定子鉄心21と、固定子巻線22とを備えている。固定子鉄心21には、複数（本実施形態では、60個）のスロット21cが形成されており、複数（60個）のスロット21cには、固定子巻線22が挿通されている。なお、本実施形態では、固定子巻線22は、三相の固定子巻線である。

[0014] 可動子30は、固定子20に対して移動可能に支持されており、可動子鉄心31と、可動子鉄心31に設けられている少なくとも一对の可動子磁極3

2 a, 3 2 b (本実施形態では、四組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b) とを備えている。このように、本実施形態の回転電機 1 0 は、8 極 6 0 スロット構成の回転電機 (可動子 3 0 の磁極数が 2 極、固定子 2 0 のスロット数が 1 5 スロットを基本構成とする回転電機) であり、毎極毎相スロット数は 2. 5 である。つまり、本実施形態の回転電機 1 0 は、毎極毎相スロット数が整数でない分数スロット構成の回転電機である。

[0015] ここで、毎極毎相スロット数を帯分数で表したときの整数部分を整数部 a とする。また、帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分子部分を分子部 b、分母部分を分母部 c とする。なお、整数部 a は、0 (ゼロ) または正の整数とし、分子部 b および分母部 c は、いずれも正の整数とする。また、三相の回転電機 1 0 では、分母部 c は、2 以上、かつ、3 の倍数でない整数とする。本実施形態では、毎極毎相スロット数が 2. 5 であり、整数部 a は 2、分子部 b は 1、分母部 c は 2 である。また、本明細書では、毎極毎相スロット数の分子部 b および分母部 c を用いて、 b/c 系列の回転電機 1 0 と表記する。本実施形態の回転電機 1 0 は、 $1/2$ 系列の回転電機 1 0 である。なお、本明細書で記載されている事項は、分母部 c が同じ場合、分子部 b の値に関わらず適用することができる。そのため、本明細書では、 b/c 系列の回転電機 1 0 を集約して、 $1/c$ 系列の回転電機 1 0 と総称する。

[0016] さらに、固定子 2 0 に対する可動子 3 0 の移動方向を第一方向 (矢印 X 方向) とする。また、固定子 2 0 と可動子 3 0 の対向方向を第二方向 (矢印 Y 方向) とする。さらに、第二方向 (矢印 Y 方向) のうちの固定子 2 0 側から可動子 3 0 側に向かう方向を第二方向可動子側 (矢印 Y 1 方向) とする。また、第二方向 (矢印 Y 方向) のうちの可動子 3 0 側から固定子 2 0 側に向かう方向を第二方向固定子側 (矢印 Y 2 方向) とする。さらに、第一方向 (矢印 X 方向) および第二方向 (矢印 Y 方向) のいずれの方向に対しても直交する方向を第三方向 (矢印 Z 方向) とする。

[0017] 図 1 に示すように、本実施形態の回転電機 1 0 は、固定子 2 0 および可動子 3 0 が同軸に配されるラジアル空隙型の円筒状回転電機である。よって、

第一方向（矢印X方向）は、回転電機10の周方向に相当し、固定子20に対する可動子30の回転方向に相当する。また、第二方向（矢印Y方向）は、回転電機10の径方向に相当する。さらに、第三方向（矢印Z方向）は、回転電機10の軸線方向に相当する。

[0018] 固定子鉄心21は、例えば、電磁鋼板21xが第三方向（矢印Z方向）に複数積層されて形成されている。複数の電磁鋼板21xは、例えば、ケイ素鋼板を用いることができ、複数の電磁鋼板21xの各々は、薄板状に形成されている。固定子鉄心21は、ヨーク部21aと、ヨーク部21aと一体に形成されている複数（本実施形態では、60個）のティース部21bとを備えている。

[0019] ヨーク部21aは、第一方向（矢印X方向）に沿って形成されている。複数（60個）のティース部21bは、ヨーク部21aから第二方向可動子側（矢印Y1方向）に突出するように形成されている。また、第一方向（矢印X方向）に隣接するティース部21b、21bによって、スロット21cが形成されており、複数（60個）のスロット21cには、固定子巻線22が挿通されている。さらに、複数（60個）のティース部21bの各々は、ティース先端部21dを備えている。ティース先端部21dは、ティース部21bの第二方向可動子側（矢印Y1方向）の先端部をいい、第一方向（矢印X方向）に幅広に形成されている。

[0020] 固定子巻線22は、例えば、銅などの導体表面がエナメルなどの絶縁層で被覆されている。固定子巻線22の断面形状は、特に限定されるものではなく、任意の断面形状とすることができる。例えば、断面円形状の丸線、断面多角形状の角線などの種々の断面形状の巻線を用いることができる。また、複数のより細い巻線素線を組み合わせた並列細線を用いることもできる。並列細線を用いる場合、単線の場合と比べて固定子巻線22に発生する渦電流損を低減することができ、回転電機10の効率が向上する。また、巻線成形に要する力を低減することができるので、成形性が向上して製作が容易になる。

[0021] 固定子巻線 22 は、分数スロット構成の固定子 20 に巻装可能であれば良く、巻装方式は限定されない。固定子巻線 22 は、例えば、二層重巻、波巻、同心巻によって巻装することができる。また、図 2 に示すように、固定子巻線 22 は、第二方向（矢印 Y 方向）において、二層に形成することができる。

[0022] 図 2 は、図 1 に示す回転電機 10 の二磁極分（一磁極対分）の相配置の一例を示している。本実施形態の回転電機 10 は、三相機であり、固定子巻線 22 は、U 相（第一相）巻線と、V 相（第二相）巻線と、W 相（第三相）巻線とを備えている。U 相巻線、V 相巻線および W 相巻線は、電気角で 120° ずつ位相がずれている。U 相巻線、V 相巻線および W 相巻線は、この順に位相が遅れているものとする。また、U 相巻線は、U1 相巻線、U2 相巻線、U3 相巻線、U4 相巻線および U5 相巻線を備えている。U1 相巻線、U2 相巻線および U3 相巻線は、第一方向（矢印 X 方向）に 1 スロットピッチずつ、ずらされて配置されている。U4 相巻線および U5 相巻線は、第一方向（矢印 X 方向）に 1 スロットピッチ、ずらされて配置されている。U3 相巻線と U4 相巻線との間は、第一方向（矢印 X 方向）に 6 スロットピッチ、ずらされて配置されている。このように、U1 相巻線、U2 相巻線、U3 相巻線、U4 相巻線および U5 相巻線は、同相（U 相）ではあるが、固定子 20 上の配置が異なる。

[0023] また、同図では、固定子巻線 22 の通電方向は、アスタリスクの有無で表されている。具体的には、アスタリスクが付されている相（例えば、U1*）は、アスタリスクが付されていない相（例えば、U1）に対して、固定子巻線 22 の通電方向が逆方向に設定される。U 相巻線について上述したことは、V 相巻線および W 相巻線についても同様に言える。本実施形態の回転電機 10 は、毎極毎相スロット数が 2.5 である。そのため、第一方向（矢印 X 方向）に隣接する同相の数は、各層で、2 と 3 とが交互に繰り返される。

[0024] このように、本実施形態では、固定子巻線 22 は、分布巻で巻装されている。分布巻では、固定子巻線 22 の巻線ピッチが、1 スロットピッチより大

きく設定され、可動子磁極の概ね一磁極幅で巻装される。分布巻では、既述した毎極毎相スロット数の整数部 a は、1 以上の正の整数（本実施形態では、2）になる。また、三相の固定子巻線 22 は、Y 結線で電氣的に接続されている。なお、固定子巻線 22 は、集中巻で巻装することもできる。集中巻では、固定子巻線 22 の巻線ピッチが、1 スロットピッチ分に設定され、固定子磁極の一磁極幅で巻装される。集中巻では、毎極毎相スロット数の整数部 a は、0（ゼロ）になる。また、三相の固定子巻線 22 は、 Δ 結線で電氣的に接続することもできる。さらに、固定子巻線 22 の相数は、限定されない。

[0025] 可動子鉄心 31 は、例えば、電磁鋼板 31x が第三方向（矢印 Z 方向）に複数積層されて形成されている。複数の電磁鋼板 31x は、例えば、ケイ素鋼板を用いることができ、複数の電磁鋼板 31x の各々は、薄板状に形成されている。本実施形態の回転電機 10 は、円筒状回転電機であり、可動子鉄心 31 は、円柱状に形成されている。また、可動子鉄心 31 には、第一方向（矢印 X 方向）に沿って複数の磁石収容部（図示略）が設けられている。

[0026] 複数の磁石収容部には、所定磁極数分（本実施形態では四磁極対分）の永久磁石（四組の一对の可動子磁極 32a, 32b）が埋設されており、永久磁石と固定子 20 に発生する回転磁界とによって、可動子 30 が移動可能（回転可能）になっている。本明細書では、一对の可動子磁極 32a, 32b のうちの一方の極性（例えば、N 極）を備える可動子磁極は、可動子磁極 32a で示されている。一对の可動子磁極 32a, 32b のうちの他方の極性（例えば、S 極）を備える可動子磁極は、可動子磁極 32b で示されている。

[0027] 永久磁石は、例えば、公知のフェライト系磁石や希土類系磁石を用いることができる。また、永久磁石の製法は、限定されない。永久磁石は、例えば、樹脂ボンド磁石や焼結磁石を用いることができる。樹脂ボンド磁石は、例えば、フェライト系の原料磁石粉末と樹脂などを混合して、射出成形などによって可動子鉄心 31 に鑄込み形成される。焼結磁石は、例えば、希土類系

の原料磁石粉末を磁界中で加圧成形して、高温で焼き固めて形成される。なお、可動子30は、表面磁石形にすることもできる。表面磁石形の可動子30は、固定子鉄心21の各ティース先端部21dと対向する可動子鉄心31の表面（外側表面）に永久磁石が設けられる。

[0028] 本実施形態では、可動子30は、固定子20の内方（回転電機10の軸心側）に設けられており、固定子20に対して移動可能（回転可能）に支持されている。具体的には、可動子鉄心31には、シャフト（図示略）が設けられており、シャフトは、可動子鉄心31の軸心を第三方向（矢印Z方向）に沿って貫通している。シャフトの第三方向（矢印Z方向）の両端部は、軸受部材（図示略）によって、回転可能に支持されている。これにより、可動子30は、固定子20に対して、移動可能（回転可能）になっている。

[0029] 図3は、参考形態に係り、複数のティース部21bと、一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示している。同図では、円環状の固定子鉄心21が直線状に展開されて図示されており、第三方向（矢印Z方向）視の固定子鉄心21が示されている。なお、同図では、ヨーク部21aおよび固定子巻線22は、図示が省略されており、各ティース部21bには、固定子鉄心21に形成される固定子磁極の識別番号（以下、固定子磁極番号T__Noという。）が付されている。本明細書では、説明の便宜上、固定子磁極番号T__Noが60と固定子磁極番号T__Noが1との間のスロット21c（スロット番号S__Noが0とする。）の中央位置を一对の可動子磁極32a, 32bの位置基準（位置座標PPが0）としている。

[0030] また、同図では、円弧状に配置されている一对の可動子磁極32a, 32bが直線状に展開されて図示されており、第三方向（矢印Z方向）視の一对の可動子磁極32a, 32bが示されている。同図では、一对の可動子磁極32a, 32bが一組、図示されており、他の三組の一对の可動子磁極32a, 32bは、図示が省略されている。また、一对の可動子磁極32a, 32b内の矢印は、既述した一对の可動子磁極32a, 32bの極性（N極およびS極）の相違を示している。上述した図3の図示の方法については、概

ね、後述する同様の図面についても言える。但し、特記する場合の他、例えば、一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b は、二組、図示する場合がある。また、記載スペースの都合上、一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の各磁極中心位置および各両端部位置は、括弧内の数値のみで示す場合がある。

[0031] 図 3 に示すように、可動子磁極 3 2 a の第一方向（矢印 X 方向）の両端部 3 2 a 1, 3 2 a 2 のうちの一方の端部 3 2 a 1（位置座標 P P が 0）は、スロット 2 1 c の中央位置に対向している。これに対して、可動子磁極 3 2 a の第一方向（矢印 X 方向）の両端部 3 2 a 1, 3 2 a 2 のうちの他方の端部 3 2 a 2（位置座標 P P が 7. 5）は、ティース部 2 1 b の中央位置に対向している。そのため、可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3（位置座標 P P が 3. 7 5）は、ティース部 2 1 b の磁極中心位置（固定子磁極番号 T__N o が 4 のティース部 2 1 b）に対して、第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方の方向（矢印 X 1 方向）にずれて配設されている。

[0032] その結果、複数のティース部 2 1 b に作用する第二方向（矢印 Y 方向）の電磁気的な吸引力分布（以下、「複数のティース部 2 1 b に作用する吸引力分布」ともいい、単に「吸引力分布」ともいう。）は、図 4 の棒グラフで表される分布となる。図 4 は、参考形態に係り、複数のティース部 2 1 b に作用する第二方向（矢印 Y 方向）の電磁気的な吸引力分布の一例を示している。縦軸は、吸引力の大きさ P S U を示し、横軸は、第一方向（矢印 X 方向）を示している。参考形態の回転電機は、可動子 3 0 が後述する連続スキュー部位 4 2 を具備していない点で、本実施形態の回転電機 1 0 と異なる。

[0033] 複数のティース部 2 1 b に作用する吸引力分布は、例えば、磁界解析によって取得することができる。このことは、後述する実施形態の吸引力分布についても同様に言える。実線 L 1 1 は、棒グラフで表された固定子磁極毎の吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。同図に示すように、可動子磁極 3 2 a の吸引力分布のピーク値は、固定子磁極の磁極中心位置（固定子磁極番号 T__N o が 4 のティース部 2 1 b）に対して、第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方の方向（矢印 X 1 方向）にずれている。このような吸引

力分布が生じる磁極対向状態を磁極対向状態M10とする。

[0034] 一方、図3に示す可動子磁極32bの第一方向（矢印X方向）の両端部32b1, 32b2のうちの一方の端部32b1（位置座標PPが7.5）は、ティース部21bの中央位置に対向している。これに対して、可動子磁極32bの第一方向（矢印X方向）の両端部32b1, 32b2のうちの他方の端部32b2（位置座標PPが15）は、スロット21cの中央位置に対向している。そのため、可動子磁極32bの磁極中心位置32b3（位置座標PPが11.25）は、ティース部21bの磁極中心位置（固定子磁極番号T__Noが12のティース部21b）に対して、第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）にずれて配設されている。

[0035] その結果、複数のティース部21bに作用する吸引力分布は、図4の棒グラフで表される分布になる。実線L12は、棒グラフで表された固定子磁極毎の吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。同図に示すように、可動子磁極32bの吸引力分布のピーク値は、概ね、固定子磁極の磁極中心位置（固定子磁極番号T__Noが12のティース部21b）にある。このような吸引力分布が生じる磁極対向状態を磁極対向状態M11とする。

[0036] このように、1/2系列の回転電機10では、二種類の磁極対向状態M10および磁極対向状態M11を備えており、二種類の吸引力分布を備えている。そのため、第一方向（矢印X方向）に隣接する一对の可動子磁極32a, 32bは、互いに吸引力分布が異なる。その結果、複数のティース部21bに作用する吸引力分布は、一磁極毎には等価にならず、一磁極対毎（二磁極毎）に隔極で等価になる。上述したことは、図示が省略されている他の一对の可動子磁極32a, 32bについても同様に言える。1/2系列の回転電機10では、互いに吸引力分布が異なる第一方向（矢印X方向）に隣接する一对の可動子磁極32a, 32bを単位として、第一方向（矢印X方向）に平行移動させた状態で、多極化（本実施形態では、8極化）されている。

[0037] 図4に示すように、二種類の吸引力分布（二種類の磁極対向状態M10および磁極対向状態M11）は、鏡面33に対して、概ね対称（鏡面对称）に

なっている。鏡面 33 は、第二方向（矢印 Y 方向）および第三方向（矢印 Z 方向）によって形成される仮想の基準面をいう。例えば、固定子磁極番号 T_—No が 9 のティース部 21b の中央位置に形成される鏡面 33 を考える。このとき、一对の可動子磁極 32a, 32b の吸引力分布（磁極対向状態 M10 および磁極対向状態 M11）は、鏡面 33 に対して、概ね対称（鏡面对称）になっている。そのため、実線 L11 を鏡面 33 に対して折り返すと、実線 L12 と概ね一致する。上述したことは、他の一对の可動子磁極 32a, 32b についても同様に言える。なお、図 4 の破線 L13 は、第一方向（矢印 X 方向）に可動子 30 の一磁極分、実線 L11 を平行移動させたものを示している。また、図 4 に示す破線で囲まれた領域は、ティース部 21b（固定子磁極）と、一对の可動子磁極 32a, 32b との間の磁極対向状態の相違を示している。

[0038] 二種類の吸引力分布（二種類の磁極対向状態 M10 および磁極対向状態 M11）は、固定子鉄心 21 に対して、可動子 30 の磁極数（本実施形態では、8 極）に依拠する次数（本実施形態では、8 次（空間 8 次））と比べて、より低次（本実施形態では、4 次（空間 4 次））の起振力の成分を備える。図 5A～図 5C に示すように、起振力が固定子鉄心 21 に作用すると、固定子鉄心 21 の外周は、破線で示す形状に変形し易い。図 5A～図 5C は、第三方向（矢印 Z 方向）視の固定子鉄心 21 の外周形状の一例を示している。変形前の固定子鉄心 21 の外周形状は、実線で示され、変形後の固定子鉄心 21 の外周形状は、破線（曲線 21s8、曲線 21s4、曲線 21s2）で示されている。

[0039] 可動子 30 の磁極数が 8 極の回転電機 10（8 極機）において吸引力のピーク値が毎極で等価な場合（例えば、8 極 24 スロット構成、8 極 48 スロット構成などの回転電機）、固定子鉄心 21 の一周あたり、起振力の強弱が 8 回繰り返される。その結果、固定子鉄心 21 の外周は、図 5A の曲線 21s8 で示す形状に変形し易い。このように、整数スロット構成の 8 極の回転電機 10 では、8 次（空間 8 次）の起振力の成分を備える。8 次（空間 8 次

）の起振力は、可動子 30 の磁極数（この場合、8 極）に依拠し、一磁極を単位として繰り返される。

[0040] 一方、吸引力のピーク値が一磁極毎には等価にならず、一磁極対毎（二磁極毎）に隔極で等価になる場合（例えば、8 極 36 スロット構成、8 極 60 スロット構成などの回転電機）、固定子鉄心 21 の一周あたり、起振力の強弱が 4 回繰り返される。その結果、固定子鉄心 21 の外周は、図 5 B の曲線 21 s 4 で示す形状に変形し易い。このように、分数スロット構成（ $1/2$ 系列）の 8 極の回転電機 10 では、4 次（空間 4 次）の起振力の成分を備える。

[0041] また、吸引力のピーク値が一磁極毎、一磁極対毎には等価にならず、二磁極対毎（四磁極毎）に等価になる場合（例えば、8 極 30 スロット構成、8 極 54 スロット構成などの回転電機）、固定子鉄心 21 の一周あたり、起振力の強弱が 2 回繰り返される。その結果、固定子鉄心 21 の外周は、図 5 C の曲線 21 s 2 で示す形状に変形し易い。このように、分数スロット構成（ $1/4$ 系列）の 8 極の回転電機 10 では、2 次（空間 2 次）の起振力の成分を備える。

[0042] このように、分数スロット構成の回転電機 10 では、可動子 30 の磁極数（本実施形態では、8 極）に依拠する次数（本実施形態では、8 次（空間 8 次））の起振力と比べて、より低次（本実施形態では、4 次（空間 4 次））の起振力の成分を備える。そのため、駆動回転数が広範囲に亘る回転電機 10 では、固定子鉄心 21 の固有振動数と一致する回転数が、駆動回転数範囲内に生じ易くなる。その結果、固定子 20 の共振が発生し、回転電機 10 の騒音および振動が増大する可能性がある。そこで、本実施形態の回転電機 10 は、吸引力分布を整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8 次（空間 8 次））まで高次化する。

[0043] 図 6 A は、本実施形態に係り、複数のティース部 21 b と、一对の可動子磁極 32 a, 32 b との間の磁極対向状態の一例を示している。同図は、説明の便宜上、図 3 の図示の方法と一部異なる。具体的には、固定子 20 は、

第三方向（矢印Z方向）視の複数のティース部21b（複数の固定子磁極）と、複数のスロット21cとが図示されており、図3と同様である。一方、可動子30は、固定子20の第二方向（矢印Y方向）と、可動子30の第三方向（矢印Z方向）とが同一紙面上で一致するように、図示されており、固定子20と可動子30との間の空隙を境界にして、図示の方法が切り替わる。このように、同図では、第三方向（矢印Z方向）視の固定子20と、第二方向（矢印Y方向）視の可動子30とが併記されている。これは、可動子30に施した連続スキューと、固定子20の第一方向（矢印X方向）との位置関係を明示するために便宜的に図示したものであり、図3の図示の方法と異なる。

[0044] 同図に示すように、本実施形態では、可動子30は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている。第一基準部位41は、スキューの基準になる部位をいう。連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）に徐々にずらされて、第三方向（矢印Z方向）に配設されている部位をいう。本実施形態では、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの一方（矢印X1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。

[0045] なお、同図では、第一基準部位41および連続スキュー部位42は、一対の可動子磁極32a、32bを例に図示されているが、可動子鉄心31においても同様に形成されている。つまり、可動子鉄心31を形成する複数の電磁鋼板31x（連続スキュー部位42）は、可動子鉄心31を形成する一つの電磁鋼板31x（第一基準部位41）に対して、第一方向（矢印X方向）のうちの一方（矢印X1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設（積層）されている。

[0046] また、連続スキュー部位42を第三方向（矢印Z方向）に垂直な平面で第一方向（矢印X方向）に沿って二等分したときの各部位を、第一基準部位41側の部位から順に、第一連続スキュー部位42a、第二連続スキュー部位42bとする。このように、説明の便宜上、連続スキュー部位42は、第一

連続スキュー部位 4 2 a と、第二連続スキュー部位 4 2 b とに分けて図示されているが、連続スキュー部位 4 2 は、一体に形成されている。なお、同図では、第一基準部位 4 1 は、一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の一端側端面である。また、第二連続スキュー部位 4 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の両端面のうち、第一連続スキュー部位 4 2 a と第二連続スキュー部位 4 2 b との境界面と異なる側の端面は、一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側端面である。

[0047] 連続スキュー部位 4 2 は、固定子 2 0 と可動子 3 0 の相対スキュー量の最大値が、複数（本実施形態では、6 0 個）の-slot 2 1 c の 1 slot ピッチ（1 s p）分になるように、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が設定されている。本実施形態では、可動子 3 0 が、第一基準部位 4 1 と、連続スキュー部位 4 2 とを備えており、固定子 2 0 は、これらを具備していない。そのため、固定子 2 0 におけるスキュー量は 0 であり、可動子 3 0 の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が、複数（6 0 個）の-slot 2 1 c の 1 slot ピッチ（1 s p）分に設定されている。

[0048] 具体的には、図 6 A に示すように、第一連続スキュー部位 4 2 a と第二連続スキュー部位 4 2 b との境界面的一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方向（矢印 X 1 方向）に、1 / 2 slot ピッチ（1 / 2 s p）分、ずらされて配設されている。また、一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側端面は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方向（矢印 X 1 方向）に、1 slot ピッチ（1 s p）分、ずらされて配設されている。なお、本実施形態の回転電機 1 0 は、8 極 6 0 slot 構成の回転電機（可動子 3 0 の磁極数が 2 極、固定子 2 0 の slot 数が 1 5 slot を基本構成とする回転電機）であり、1 slot ピッチ（1 s p）分は、電気角 24° （ $= 360^{\circ} / 15 \text{ slot}$ ）に相当する。

[0049] 第一基準部位 4 1 の可動子磁極 3 2 a の第一方向（矢印 X 方向）の両端部

3 2 a 1, 3 2 a 2のうちの一方の端部3 2 a 1 (位置座標P Pが0であり、位置P A 1で示す。)は、スロット2 1 cの中央位置に対向している。第一基準部位4 1の可動子磁極3 2 aの第一方向(矢印X方向)の両端部3 2 a 1, 3 2 a 2のうちの他方の端部3 2 a 2 (位置座標P Pが7. 5であり、位置P B 1で示す。)は、ティース部2 1 bの中央位置に対向している。このとき、第一基準部位4 1の可動子磁極3 2 aの磁極中心位置3 2 a 3 (位置座標P Pが3. 75であり、位置P C 1で示す。)は、ティース部2 1 bの磁極中心位置(固定子磁極番号T__N oが4のティース部2 1 b)に対して、第一方向(矢印X方向)のうちの一方の方向(矢印X 1方向)にずれて配設されている。

[0050] 第一連続スキュー部位4 2 aと第二連続スキュー部位4 2 bとの境界面の可動子磁極3 2 aの第一方向(矢印X方向)の両端部3 2 a 1, 3 2 a 2のうちの一方の端部3 2 a 1 (位置座標P Pが0. 5であり、位置P A 2で示す。)は、ティース部2 1 bの中央位置に対向している。当該可動子磁極3 2 aの第一方向(矢印X方向)の両端部3 2 a 1, 3 2 a 2のうちの他方の端部3 2 a 2 (位置座標P Pが8であり、位置P B 2で示す。)は、スロット2 1 cの中央位置に対向している。このとき、当該可動子磁極3 2 aの磁極中心位置3 2 a 3 (位置座標P Pが4. 25であり、位置P C 2で示す。)は、ティース部2 1 bの磁極中心位置(固定子磁極番号T__N oが5のティース部2 1 b)に対して、第一方向(矢印X方向)のうちの他の一方の方向(矢印X 2方向)にずれて配設されている。

[0051] 位置P C 1 (位置座標P Pが3. 75)において形成される吸引力分布と、位置P C 2 (位置座標P Pが4. 25)において形成される吸引力分布と、が混成されて、これらの吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間8次の起振力の成分が増加する。つまり、可動子3 0の磁極数(本実施形態では、8極)に依拠する次数(本実施形態では、8次(空間8次))と比べて、より低次(本実施形態では、4次(空間4次))の起振力の成分が空間的に半波長ずらして

重ね合わされて、これらの吸引力分布は、整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8次（空間8次））まで高次化される。

[0052] 本明細書では、毎極毎相スロット数の分母部 c を用いて表される第一方向（矢印 X 方向）に $1/c$ スロットピッチ（本実施形態では、 $1/2$ スロットピッチ（ $1/2\text{ sp}$ ））離間する部位を離間部位という。位置 $PC1$ （位置座標 PP が3.75）で示す部位と、位置 $PC2$ （位置座標 PP が4.25）で示す部位とは、離間部位である。位置 $PC1$ （位置座標 PP が3.75）および位置 $PC2$ （位置座標 PP が4.25）で示す離間部位間について上述したことは、第三方向（矢印 Z 方向）の他の離間部位間においても、同様に言える。

[0053] 図6Bは、図6Aの破線で囲まれた領域の磁極対向状態を説明する模式図である。同図の丸印は、上述した位置 $PC1$ （位置座標 PP が3.75）および位置 $PC2$ （位置座標 PP が4.25）で示す離間部位を表している。四角印は、位置 $PD1$ （位置座標 PP が4）および位置 $PD2$ （位置座標 PP が4.5）で示す離間部位を表している。三角印は、位置 $PE1$ （位置座標 PP が4.25）および位置 $PE2$ （位置座標 PP が4.75）で示す離間部位を表している。同図に示すように、これらの離間部位は、可動子磁極32aの磁極中心位置32a3を示す破線上に位置している。いずれの離間部位間においても、位置 $PC1$ （位置座標 PP が3.75）および位置 $PC2$ （位置座標 PP が4.25）で示す離間部位間について上述したことが同様に言える。

[0054] また、図示されている離間部位以外の離間部位間（磁極中心位置32a3を示す破線上に位置する離間部位間）についても、上述したことが同様に言える。つまり、可動子30の第三方向（矢印 Z 方向）の全体に亘って、上述した関係と同様の関係（第一方向（矢印 X 方向）に、 $1/2$ スロットピッチ（ $1/2\text{ sp}$ ）離間する離間部位間の関係）が成り立つ。また、同図に示す磁極対向状態は、可動子30の移動（可動子磁極32aの磁極中心位置32a3が複数（60個）のスロット21cの1スロットピッチ（ 1 sp ）分、

移動)に伴い、複数(60個)のロット21cの1ロットピッチ(1sp)単位で、第一方向(矢印X方向)において繰り返される。

[0055] このように、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数(60個)のロット21cの1ロットピッチ(1sp)分に設定されることにより、可動子30の第三方向(矢印Z方向)の全体に亘って、吸引力分布が混成されて、吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間8次の起振力の成分が増加する。具体的には、離間部位間(図6Bに示す例では、例えば、丸印の部位間、四角印の部位間、三角印の部位間)において、可動子30の磁極数(本実施形態では、8極)に依拠する次数(本実施形態では、8次(空間8次))と比べて、より低次(本実施形態では、4次(空間4次))の起振力の成分が空間的に半波長ずらして重ね合わされて、これらの吸引力分布は、整数ロット構成の回転電機と同程度(本実施形態では、8次(空間8次))まで高次化される。

[0056] なお、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数(60個)のロット21cの1ロットピッチ(1sp)分に設定されていない場合、上述した関係(第一方向(矢印X方向)に、 $1/2$ ロットピッチ($1/2$ sp)離間する離間部位間の関係)が成立しない領域が生じる。その結果、当該領域において、低次(本実施形態では、4次(空間4次))の起振力の成分が残存し、可動子30の第三方向(矢印Z方向)の全体に亘って、吸引力分布の混成、平均化および均等化を図ることが困難になる。

[0057] 図6Cは、参考形態に係り、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数(60個)のロット21cの1ロットピッチ(1sp)分に設定されていない場合の磁極対向状態を説明する模式図である。同図は、第一ケースおよび第二ケースについて、図6Bに示す各離間部位の配置を再現しようとした図である。第一ケースでは、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数(60個)のロット21cの $3/4$ ロットピッチ($3/4$ sp)分に設定されている。第二ケースでは、第一基準部位41に

対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの5/4スロットピッチ（5/4 sp）分に設定されている。

[0058] 図6Bの位置PC1（位置座標PPが3.75）および位置PC2（位置座標PPが4.25）で示す離間部位は、図6Cの第一ケースでは、位置PC1（位置座標PPが3.75）および位置PC21（位置座標PPが4.25）で示す離間部位に相当する。これらの離間部位は、図6Bと同様に丸印で表されている。また、図6Bの位置PD1（位置座標PPが4）および位置PD2（位置座標PPが4.5）で示す離間部位は、図6Cの第一ケースでは、位置PD11（位置座標PPが4）および位置PD21（位置座標PPが4.5）で示す離間部位に相当する。これらの離間部位は、図6Bと同様に四角印で表されている。いずれの離間部位間においても、上述した関係（第一方向（矢印X方向）に、1/2スロットピッチ（1/2 sp）離間する離間部位間の関係）が成立する。

[0059] 一方、図6Bの位置PE1（位置座標PPが4.25）および位置PE2（位置座標PPが4.75）で示す離間部位は、図6Cの第一ケースでは、上述した関係（第一方向（矢印X方向）に、1/2スロットピッチ（1/2 sp）離間する離間部位間の関係）が成立しない。具体的には、図6Cの第一ケースでは、図6Bの位置PE1（位置座標PPが4.25）に相当する位置PE11（位置座標PPが4.25）で示す部位は、存在する。しかしながら、図6Bの位置PE2（位置座標PPが4.75）で示す部位に相当する部位は、存在しない。このように、第一ケースでは、上述した関係（第一方向（矢印X方向）に、1/2スロットピッチ（1/2 sp）離間する離間部位間の関係）が成立しない領域ZN1が生じる。この場合、領域ZN1は、連続スキュー部位42のうち、第一基準部位41に対するスキュー量が、複数（60個）のロット21cの1/4スロットピッチ（1/4 sp）分に設定される部位から、1/2スロットピッチ（1/2 sp）分に設定される部位までの領域になる。

[0060] 図6Bの位置PC1（位置座標PPが3.75）および位置PC2（位置

座標 P P が 4. 2 5) で示す離間部位は、図 6 C の第二ケースでは、位置 P C 1 (位置座標 P P が 3. 7 5) および位置 P C 2 2 (位置座標 P P が 4. 2 5) で示す離間部位に相当する。これらの離間部位は、図 6 B と同様に丸印で表されている。また、図 6 B の位置 P D 1 (位置座標 P P が 4) および位置 P D 2 (位置座標 P P が 4. 5) で示す離間部位は、図 6 C の第二ケースでは、位置 P D 1 2 (位置座標 P P が 4) および位置 P D 2 2 (位置座標 P P が 4. 5) で示す離間部位に相当する。これらの離間部位は、図 6 B と同様に四角印で表されている。さらに、図 6 B の位置 P E 1 (位置座標 P P が 4. 2 5) および位置 P E 2 (位置座標 P P が 4. 7 5) で示す離間部位は、図 6 C の第二ケースでは、位置 P E 1 2 (位置座標 P P が 4. 2 5) および位置 P E 2 2 (位置座標 P P が 4. 7 5) で示す離間部位に相当する。これらの離間部位は、図 6 B と同様に三角印で表されている。いずれの離間部位間においても、上述した関係 (第一方向 (矢印 X 方向) に、 $1/2$ スロットピッチ ($1/2\text{ sp}$) 離間する離間部位間の関係) が成立する。

[0061] しかしながら、図 6 C の第二ケースにおいても、上述した関係 (第一方向 (矢印 X 方向) に、 $1/2$ スロットピッチ ($1/2\text{ sp}$) 離間する離間部位間の関係) が成立しない領域 Z N 2 が生じる。この場合、領域 Z N 2 は、連続スキュー部位 4 2 のうち、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量が、複数 (60 個) のスロット 2 1 c の 1 スロットピッチ (1 sp) 分に設定される部位から、 $5/4$ スロットピッチ ($5/4\text{ sp}$) 分に設定される部位までの領域になる。なお、見掛け上、領域 Z N 2 と、位置 P C 2 2 から位置 P D 2 2 までの領域とは、離間部位間の関係になる。しかしながら、位置 P C 2 2 から位置 P D 2 2 までの領域は、位置 P C 1 から位置 P D 1 2 までの領域と、既に離間部位間の関係になっている。そのため、吸引力分布の混成、平均化および均等化の観点において、領域 Z N 2 と離間部位間の関係が成立する領域は、存在しない。

[0062] このように、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が、複数 (60 個) のスロット 2 1 c の 1 スロットピッチ (1 sp) 分に設定されてい

い場合、可動子 30 の第三方向（矢印 Z 方向）の全体に亘って、吸引力分布の混成、平均化および均等化を図ることが困難になる。したがって、本実施形態では、第一基準部位 41 に対するスキュー量の最大値は、複数（60 個）のロット 21c の 1 ロットピッチ（1 sp）分に設定されている。

[0063] 図 7 A は、本実施形態に係り、複数のティース部 21b に作用する第二方向（矢印 Y 方向）の電磁気的な吸引力分布の一例を示している。縦軸は、吸引力の大きさ PSU を示し、横軸は、第一方向（矢印 X 方向）を示している。実線 L 21 は、棒グラフで表される固定子磁極毎の吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。同図は、上述した吸引力分布の混成、平均化および均等化によって、吸引力のピーク値が毎極において等価になる吸引力分布（整数ロット構成の吸引力分布）に近づいていることを示している。なお、吸引力ピッチ LP0 は、吸引力のピーク値の第一方向（矢印 X 方向）の間隔を示している。吸引力ピッチ LP0 は、毎極において均等になっている。

[0064] 図 7 B は、離間部位毎の吸引力分布の混成、平均化および均等化を説明する模式図である。縦軸は、吸引力の大きさ PSU を示し、横軸は、第一方向（矢印 X 方向）を示している。図 6 B の位置 PC1（位置座標 PP が 3.75）および位置 PC2（位置座標 PP が 4.25）で示す離間部位間（丸印で表す）において、吸引力分布の混成、平均化が行われる。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間 8 次の起振力の成分が増加する。実線 L 31 は、このときの吸引力分布である第一吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。また、吸引力ピッチ LP1 は、第一吸引力分布における吸引力のピーク値の第一方向（矢印 X 方向）の間隔を示している。吸引力ピッチ LP1 は、毎極において均等になっている。

[0065] 同様に、図 6 B の位置 PD1（位置座標 PP が 4）および位置 PD2（位置座標 PP が 4.5）で示す離間部位間（四角印で表す）において、吸引力分布の混成、平均化が行われる。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間 8 次の起振力の成分が増加する。破線 L 32

は、このときの吸引力分布である第二吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。また、吸引力ピッチ $L P 2$ は、第二吸引力分布における吸引力のピーク値の第一方向（矢印 X 方向）の間隔を示している。吸引力ピッチ $L P 2$ は、毎極において均等になっている。さらに、図6Bの位置 $P E 1$ （位置座標 $P P$ が4.25）および位置 $P E 2$ （位置座標 $P P$ が4.75）で示す離間部位間（三角印で表す）において、吸引力分布の混成、平均化が行われる。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間8次の起振力の成分が増加する。実線 $L 3 3$ は、このときの吸引力分布である第三吸引力分布を直線で近似した近似直線を示している。また、吸引力ピッチ $L P 3$ は、第三吸引力分布における吸引力のピーク値の第一方向（矢印 X 方向）の間隔を示している。吸引力ピッチ $L P 3$ は、毎極において均等になっている。

[0066] 第二吸引力分布は、第一吸引力分布に対して、複数（60個）のスロット21cの $1/4$ スロットピッチ（ $1/4 s p$ ）分、第一方向（矢印 X 方向）の一の方向（矢印 $X 1$ 方向）に、吸引力のピーク値が、ずれている。また、第三吸引力分布は、第一吸引力分布に対して、複数（60個）のスロット21cの $1/2$ スロットピッチ（ $1/2 s p$ ）分、第一方向（矢印 X 方向）の一の方向（矢印 $X 1$ 方向）に、吸引力のピーク値が、ずれている。可動子30の全体では、高次化されたこれらの吸引力分布が、最小の0スロットピッチから、最大の $1/2$ スロットピッチ（ $1/2 s p$ ）分、第一方向（矢印 X 方向）の一の方向（矢印 $X 1$ 方向）に、ずれて加算され、吸引力分布の高次化が維持される。つまり、図7Aに示すように、可動子30の全体においても、吸引力ピッチ $L P 0$ は、毎極において均等になっている。

[0067] なお、図6Aと、図7Aの実線 $L 2 1$ とを併せて参照すると、可動子磁極32aの磁極中心位置32a3および可動子磁極32bの磁極中心位置32b3において、吸引力は、最大になり、騒音および振動に対する影響が最も大きくなる。一方、磁極中心位置32a3から、可動子磁極32aと可動子磁極32bとの磁極境界に向かって、吸引力は、次第に低下し、騒音および

振動に対する影響が小さくなる。磁極中心位置 3 2 b 3 から、可動子磁極 3 2 a と可動子磁極 3 2 b との磁極境界に向かう場合についても、同様である。このような事情に鑑みて、本明細書では、可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3 に沿って位置する離間部位を代表して、騒音および振動に対する影響が説明されている。

[0068] 本実施形態の回転電機 1 0 によれば、可動子 3 0 は、第一基準部位 4 1 と、連続スキュー部位 4 2 とを備えている。また、連続スキュー部位 4 2 は、固定子 2 0 と可動子 3 0 の相対スキュー量の最大値が複数（6 0 個）のロット 2 1 c の 1 スロットピッチ（1 s p）分になるように、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値（本実施形態では、1 スロットピッチ（1 s p）分）が設定されている。これにより、本実施形態の回転電機 1 0 は、第三方向（矢印 Z 方向）の全体に亘って、固定子 2 0 と可動子 3 0 との間に発生する電磁気的な吸引力分布を混成することができ、当該吸引力分布を平均化することができる。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができる。よって、本実施形態の回転電機 1 0 は、当該吸引力分布を整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8 次（空間 8 次））まで高次化し、固定子鉄心 2 1 の固有振動数と一致する回転数を高めて、例えば、駆動回転数範囲外に設定することが可能になる。つまり、本実施形態の回転電機 1 0 は、固定子 2 0 の共振機会を回避して、回転電機 1 0 の騒音および振動を低減することができる。

[0069] 連続スキュー部位 4 2 は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側から他端側にかけて、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の増加割合または減少割合が一定に設定されていると好適である。本明細書では、連続スキュー部位 4 2 が第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）にずらされる場合、連続スキュー部位 4 2 のスキュー量は、増加するものとする。逆に、連続スキュー部位 4 2 が第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうち他の一の方向（矢印 X 2 方向）にずらされる場合、連続スキュー部位 4 2 のスキュー量は、減少するものとする。

[0070] また、図6Aに示すように、第三方向（矢印Z方向）の他端側端面の可動子磁極32aの第一方向（矢印X方向）の両端部32a1, 32a2のうちの一方の端部32a1を、位置PA3（位置座標PPが1）とする。当該可動子磁極32aの第一方向（矢印X方向）の両端部32a1, 32a2のうちの他方の端部32a2を、位置PB3（位置座標PPが8.5）とする。このときの当該可動子磁極32aの磁極中心位置32a3を、位置PC3（位置座標PPが4.75）とする。

[0071] 本実施形態の回転電機10によれば、連続スキュー部位42は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側にかけて、第一基準部位41に対するスキュー量の増加割合が一定に設定されている。例えば、位置PC1（位置座標PPが3.75）と、位置PC2（位置座標PPが4.25）の間では、位置PC1（位置座標PPが3.75）に対するスキュー量の増加量は、 $1/2$ スロットピッチ（ $1/2sp$ ）分である。また、位置PC2（位置座標PPが4.25）と、位置PC3（位置座標PPが4.75）の間では、位置PC2（位置座標PPが4.25）に対するスキュー量の増加量は、 $1/2$ スロットピッチ（ $1/2sp$ ）分である。このように、位置PC1（位置座標PPが3.75）から位置PC3（位置座標PPが4.75）に亘って、スキュー量は、一定割合で、一様に増加している。

[0072] このように、連続スキュー部位42は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側にかけて、第一基準部位41に対するスキュー量の増加割合が一定に設定されているので、第一基準部位41に対するスキュー量が不連続に変化する場合と比べて、主に、第三方向（矢印Z方向）の漏れ磁束を低減することができる。また、製造工程の簡素化を図ることもできる。上述したことは、第一基準部位41に対するスキュー量の減少割合が一定に設定される場合についても、同様に言える。この場合、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して、第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設される。

[0073] また、本実施形態の回転電機10によれば、可動子30は、連続スキュー

部位 4 2 を備えているので、回転電機 1 0 の騒音および振動の低減と併せて、トルクリップルも低減することができる。回転電機 1 0 のトルクリップルは、回転電機 1 0 の出力トルクに生じる脈動であり、可動子 3 0 の移動に伴う固定子 2 0 と可動子 3 0 との間の磁束変化の変動に起因して発生する。トルクリップルの一例として、コギングトルク、スロットリップル、ポールリップルなどが挙げられる。コギングトルクは、無通電時において、固定子磁極と可動子磁極の磁極対向状態が不連続に（段階的に）変化することに起因して発生する。本実施形態の回転電機 1 0 では、コギングトルクの増減に合わせて、トルクリップルが増減する傾向にあるので、本明細書では、トルクリップルは、コギングトルクを例に説明されている。

[0074] 既述したように、連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）に徐々にずらされて、第三方向（矢印 Z 方向）に配設されている。また、本実施形態では、連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が 1 スロットピッチ（1 s p）分に設定されている。そのため、可動子 3 0 の第一方向（矢印 X 方向）の任意の位置部位が、第一方向（矢印 X 方向）に、複数（6 0 個）のスロット 2 1 c の 1 スロットピッチ（1 s p）分の幅をもって広がって、固定子 2 0 と対向することになるので、固定子 2 0 のスロット 2 1 c の開口部における磁気変動が徐々に変化し、トルクリップル（コギングトルク）が低減される。

[0075] なお、分数スロット構成の回転電機 1 0 では、第一方向（矢印 X 方向）において、異なる磁極対向状態が繰り返されるので、トルクリップル（コギングトルク）は、整数スロット構成の回転電機と比べて、減少する傾向にある。本実施形態の回転電機 1 0 によれば、可動子 3 0 は、連続スキュー部位 4 2 を備えているので、トルクリップル（コギングトルク）がさらに低減され、固定子磁極と可動子磁極の磁極対向状態に起因するトルクリップル（コギングトルク）がさらに低減される。また、本実施形態の回転電機 1 0 によれば、可動子 3 0 は、連続スキュー部位 4 2 を備えているので、磁束の急峻な変化が抑制され、鉄損の低減、磁石渦損の低減、銅渦損の低減などを図るこ

ともできる。

[0076] なお、非特許文献 1 に記載されているように、トルクリップルのみを低減するには、固定子 20 の複数 (60 個) のスロット 21 c の $1/c$ スロットピッチ分の連続スキュー (第一基準部位 41 に対するスキュー量の最大値を $1/c$ スロットピッチに設定する) を施せば良い。同様の効果は、固定子 20 の複数 (60 個) のスロット 21 c の n/c スロットピッチ (n は、自然数。) 分の連続スキューによっても得られる。但し、自然数 n が大きくなる程、回転電機 10 のトルク目減りが増大する。また、製造上煩雑になる傾向がある。そのため、通常は、自然数 n として 1 を選択する。本実施形態では、分数スロット構成の回転電機 10 において、連続スキュー部位 42 は、固定子 20 と可動子 30 の相対スキュー量の最大値が複数 (60 個) のスロット 21 c の 1 スロットピッチ ($1sp$) 分になるように、第一基準部位 41 に対するスキュー量の最大値 (本実施形態では、1 スロットピッチ ($1sp$) 分) が設定されている。これにより、回転電機 10 の騒音および振動の低減と併せて、トルクリップル (コギングトルク)、出力波形に含まれる高調波成分も低減することができる。

[0077] また、回転電機 10 の騒音、振動およびトルクリップル (コギングトルク) を低減する方法として、固定子鉄心 21 の各ティース先端部 21 d、または、各ティース先端部 21 d と対向する可動子鉄心 31 の表面 (外側表面) に、切り欠きを設ける手法が挙げられる。しかしながら、この手法は、実質的に空隙の拡大となり、上述したスキューと比べて、トルク目減りが増大する。本実施形態の回転電機 10 は、トルク目減りを抑制しつつ、回転電機 10 の騒音、振動およびトルクリップル (コギングトルク) を低減することができる。

[0078] 図 8 A は、第三方向 (矢印 Z 方向) 視の複数のティース部 21 b と一対の可動子磁極 32 a, 32 b との間の磁極対向状態の一例を示している。直線 56 a は、可動子 30 が固定子 20 の内方に設けられる回転電機 10 (インナーロータ型の回転電機) において、固定子 20 の内周面の一部を示してい

る。具体的には、固定子 20 の内周面は、ティース先端部 21 d のうち、可動子 30 と対向する対向面に相当する。直線 56 b は、可動子 30 が固定子 20 の内方に設けられる回転電機 10 において、可動子 30 の外周面付近の一部を示している。具体的には、可動子 30 の外周面付近は、一对の可動子磁極 32 a, 32 b の第二方向（矢印 Y 方向）の両端面のうち、固定子 20 側の端面に相当する。

[0079] 図 8 B は、固定子 20 のスキューの状態の一例を示している。同図は、図 8 A に示す直線 56 a 付近の固定子 20 の内周面の一部を、第二方向（矢印 Y 方向）のうちの可動子 30 側から固定子 20 側に向かう方向である第二方向固定子側（矢印 Y 2 方向）から視た図に相当する。図 8 B に示す固定子 20 の内周面は、第一方向（矢印 X 方向）においては一部が示され、第三方向（矢印 Z 方向）においては全部が示されている。なお、図 8 A において、図 8 B における図示の方向を矢印 Y 2 1 で示している。

[0080] 本実施形態では、固定子 20 におけるスキュー量は 0 である。そのため、固定子 20 のスキュー位置は、第三方向（矢印 Z 方向）に沿って形成される。直線 51 は、基準位置 P_{ref} （例えば、図 6 A に示す位置座標 P_P が 3.75）における固定子 20 のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側と、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側とが、第三方向（矢印 Z 方向）に沿って結ばれている。

[0081] 図 8 C は、可動子 30 のスキューの状態の一例を示している。同図は、図 8 A に示す直線 56 b 付近の可動子 30 の外周面付近の一部を、第二方向固定子側（矢印 Y 2 方向）から視た図に相当する。図 8 C に示す可動子 30 の外周面付近は、第一方向（矢印 X 方向）においては一部が示され、第三方向（矢印 Z 方向）においては全部が示されている。なお、図 8 A において、図 8 C における図示の方向を矢印 Y 2 2 で示している。

[0082] 本実施形態では、可動子 30 は、第一基準部位 41 と、連続スキュー部位 42 とを備える。そのため、可動子 30 のスキュー位置は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側から他端側に向かってスキュー量に応じて変位する。また

、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分に設定されている。直線52は、可動子30のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P_{ref}（例えば、位置座標PPが3.75）と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P_{ref}から1ロットピッチ（1sp）分、離れた位置（この場合、位置座標PPが4.75）と、が結ばれている。

[0083] なお、図8A、図8Bおよび図8Cにおいて図示されている部位は、図6Aの破線で囲まれる領域に相当する。また、図8Bに示す固定子20の基準位置P_{ref}と、図8Cに示す可動子30の基準位置P_{ref}とは、一致している。さらに、第二実施形態以降の実施形態は、適宜、図8Bおよび図8Cに相当する図面に基づいて説明されている。この場合、図8Bおよび図8Cの図示の方法について既述したことは、後述する図面においても同様に言える。

[0084] <第二実施形態>

本実施形態は、固定子20が第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備え、可動子30が、これらを具備していない点で、第一実施形態と異なる。本明細書では、第一実施形態と異なる点が中心に説明されている。

[0085] 図9Aは、固定子20のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、固定子20は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える。そのため、固定子20のスキュー位置は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側に向かってスキュー量に応じて変位する。また、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分に設定されている。直線51は、固定子20のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P_{ref}と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P_{ref}から1ロットピッチ（1sp）分、離れた位置と、が結ばれている。

[0086] 本実施形態では、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。具体的には、固定子鉄心21を形成する複数の電磁鋼板21×（連続スキュー部位42）は、固定子鉄心21を形成する一つの電磁鋼板21×（第一基準部位41）に対して、第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設（積層）されている。なお、第一実施形態と同様に、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X1方向）にずらすこともできる。この場合、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設される。

[0087] 図9Bは、可動子30のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、可動子30におけるスキュー量は0である。そのため、可動子30のスキュー位置は、第三方向（矢印Z方向）に沿って形成される。直線52は、基準位置P_{ref}における可動子30のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側と、第三方向（矢印Z方向）の他端側とが、第三方向（矢印Z方向）に沿って結ばれている。

[0088] 本実施形態の回転電機10によれば、固定子20は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている。また、連続スキュー部位42は、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が、複数（60個）のスロット21cの1スロットピッチ（1sp）分になるように、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値（本実施形態では、1スロットピッチ（1sp）分）が設定されている。よって、本実施形態の回転電機10は、第一実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0089] <第三実施形態>

本実施形態は、固定子20および可動子30が、いずれも、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている点で、第一実施形態と異なる

。本明細書では、第一実施形態と異なる点が中心に説明されている。

[0090] 図10Aは、固定子20のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、固定子20は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える。そのため、固定子20のスキュー位置は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側に向かってスキュー量に応じて変位する。また、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1/2ロットピッチ（1/2sp）分に設定されている。直線51は、固定子20のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P_{ref}と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P_{ref}から1/2ロットピッチ（1/2sp）分、離れた位置と、が結ばれている。

[0091] 図10Bは、可動子30のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、可動子30は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える。そのため、可動子30のスキュー位置は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側に向かってスキュー量に応じて変位する。また、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1/2ロットピッチ（1/2sp）分に設定されている。直線52は、可動子30のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P_{ref}と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P_{ref}から1/2ロットピッチ（1/2sp）分、離れた位置と、が結ばれている。

[0092] 固定子20の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数（60個）のロット21cの1/2ロットピッチ（1/2sp）分に設定されている。一方、可動子30の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方

向)に配設されている。このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数(60個)の-slot 21cの1/2-slot pitch(1/2 sp)分に設定されている。よって、固定子20および可動子30の第三方向(矢印Z方向)の他端側において、固定子20と可動子30の相対スキュー量は、最大となり、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値は、複数(60個)の-slot 21cの1-slot pitch(1 sp)分になっている。

[0093] このように、固定子20および可動子30のうち的一方(本実施形態では、可動子30)の連続スキュー部位42が、第一基準部位41に対して第一方向(矢印X方向)のうちの一方向(矢印X1方向)にずらされているときに、固定子20および可動子30のうちの他方(本実施形態では、固定子20)の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向(矢印X方向)のうちの他の一方向(矢印X2方向)にずらされていると好適である。また、固定子20の連続スキュー部位42におけるスキュー量の最大値と、可動子30の連続スキュー部位42におけるスキュー量の最大値とが同値(本実施形態では、複数(60個)の-slot 21cの1/2-slot pitch(1/2 sp)分)に設定されていると好適である。

[0094] 図11Aは、第一比較形態に係り、固定子20のスキューの状態の一例を示している。本比較形態では、固定子20の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向(矢印X方向)のうちの一方向(矢印X1方向)に徐々にずらされて第三方向(矢印Z方向)に配設されている。このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数(60個)の-slot 21cの1/2-slot pitch(1/2 sp)分に設定されている。直線51は、固定子20のスキュー位置を示しており、第三方向(矢印Z方向)の一端側の基準位置P_{ref}と、第三方向(矢印Z方向)の他端側の基準位置P_{ref}から1/2-slot pitch(1/2 sp)分、離れた位置と、が結ばれている。

[0095] 図11Bは、第一比較形態に係り、可動子30のスキューの状態の一例を

示している。本比較形態では、可動子 30 の連続スキュー部位 42 は、第一基準部位 41 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X1 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）に配設されている。このときの第一基準部位 41 に対するスキュー量の最大値は、複数（60 個）のスロット 21c の $3/2$ スロットピッチ（ $1/2 \text{ sp} + 1 \text{ sp}$ ）分に設定されている。直線 52 は、可動子 30 のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側の基準位置 P_{ref} と、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側の基準位置 P_{ref} から $3/2$ スロットピッチ（ $1/2 \text{ sp} + 1 \text{ sp}$ ）分、離れた位置と、が結ばれている。よって、固定子 20 および可動子 30 の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側において、固定子 20 と可動子 30 の相対スキュー量は、最大となり、固定子 20 と可動子 30 の相対スキュー量の最大値は、複数（60 個）のスロット 21c の 1 スロットピッチ（ 1 sp ）分になっている。

[0096] このように、第一比較形態では、固定子 20 および可動子 30 は、いずれも、連続スキュー部位 42 が、第一基準部位 41 に対して同一方向（この場合、第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X1 方向））にずらされている。そのため、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値は、複数（60 個）のスロット 21c の $3/2$ スロットピッチ（ $1/2 \text{ sp} + 1 \text{ sp}$ ）分に設定される。つまり、第一比較形態では、本実施形態および第一実施形態と比べて、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値が増加している。

[0097] 本実施形態の回転電機 10 によれば、固定子 20 および可動子 30 は、いずれも、第一基準部位 41 と、連続スキュー部位 42 とを備えている。また、可動子 30 の連続スキュー部位 42 が、第一基準部位 41 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X1 方向）にずらされているときに、固定子 20 の連続スキュー部位 42 は、第一基準部位 41 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X2 方向）にずらされている。これにより、本実施形態の回転電機 10 は、固定子 20 および可動子 30

0のうちの一方のみでスキューを行う場合と比べて、スキュー量を低減することができる。また、本実施形態の回転電機10は、固定子20および可動子30の連続スキュー部位42、42が第一方向（矢印X方向）において逆方向にずらされているので、同一方向にずらされる場合と比べて、スキュー量の増加を抑制することができる。よって、本実施形態の回転電機10は、スキュー量の増加に伴うトルク目減りの増大を抑制することができる。また、本実施形態の回転電機10は、スキュー量の低減により、漏れ磁束を低減することができる。また、スキュー量の増加に伴う製造工程における作業性の悪化を抑制することもできる。

[0098] 上述した効果は、固定子20の複数のスロット21cの数が少なくなるほど、顕著になる。既述したように、8極60スロット構成の回転電機（可動子30の磁極数が2極、固定子20のスロット数が15スロットを基本構成とする回転電機）では、1スロットピッチ（1sp）分は、電気角 24° （ $=360^{\circ} / 15$ スロット）に相当する。一方、例えば、8極36スロット構成の回転電機（可動子30の磁極数が2極、固定子20のスロット数が9スロットを基本構成とする回転電機）では、1スロットピッチ（1sp）分は、電気角 40° （ $=360^{\circ} / 9$ スロット）に相当する。つまり、8極36スロット構成の回転電機では、8極60スロット構成の回転電機と比べて、スキュー量は、増大する。本実施形態の回転電機10は、固定子20および可動子30のうちの一方のみでスキューを行う場合と比べて、スキュー量を低減することができるので、固定子20の複数のスロット21cの数が少ない回転電機10に適用すると特に好適である。

[0099] なお、上述したことは、固定子20の連続スキュー部位42が、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの一方の方向（矢印X1方向）にずらされているときに、可動子30の連続スキュー部位42が、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方の方向（矢印X2方向）にずらされている場合についても、同様に言える。つまり、固定子20および可動子30のうちの一方の連続スキュー部位42が、第一基準部

位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）にずらされているときに、固定子 2 0 および可動子 3 0 のうちの方の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 2 方向）にずらされていると好適である。

[0100] 図 1 2 A は、第二比較形態に係り、固定子 2 0 のスキューの状態の一例を示している。本比較形態では、固定子 2 0 の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 2 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）に配設されている。このときの第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値は、複数（60 個）の-slot 2 1 c の $1/4$ slot ピッチ（ $1/4$ sp）分に設定されている。直線 5 1 は、固定子 2 0 のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側の基準位置 P_{ref} と、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側の基準位置 P_{ref} から $1/4$ slot ピッチ（ $1/4$ sp）分、離れた位置と、が結ばれている。

[0101] 図 1 2 B は、第二比較形態に係り、可動子 3 0 のスキューの状態の一例を示している。本比較形態では、可動子 3 0 の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）に配設されている。このときの第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値は、複数（60 個）の-slot 2 1 c の $3/4$ slot ピッチ（ $3/4$ sp）分に設定されている。直線 5 2 は、可動子 3 0 のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側の基準位置 P_{ref} と、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側の基準位置 P_{ref} から $3/4$ slot ピッチ（ $3/4$ sp）分、離れた位置と、が結ばれている。よって、固定子 2 0 および可動子 3 0 の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側において、固定子 2 0 と可動子 3 0 の相対スキュー量は、最大となり、固定子 2 0 と可動子 3 0 の相対スキュー量の最大値は、複数（60 個）の-slot 2 1 c の 1 slot ピッチ（1 sp）分になっている。

[0102] このように、第二比較形態では、固定子 20 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値と、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値とが異なっている。その結果、本比較形態では、本実施形態と比べて、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量が増大している。固定子 20 の連続スキュー部位 42 と比べて、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量が増大すると、特に、永久磁石（四組の一对の可動子磁極 32 a, 32 b）が焼結磁石の場合に、永久磁石を可動子鉄心 31 の磁石収容部に装着する際の作業性が悪化する可能性がある。なお、可動子 30 の連続スキュー部位 42 と比べて、固定子 20 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量を増大させることもできる。この場合は、固定子巻線 22 を固定子鉄心 21 の複数（60 個）のスロット 21 c に組み付ける際の作業性が悪化する可能性がある。

[0103] 本実施形態の回転電機 10 によれば、固定子 20 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値と、可動子 30 の連続スキュー部位 42 におけるスキュー量の最大値とが同値（複数（60 個）のスロット 21 c の $1/2$ スロットピッチ（ $1/2$ sp）分）に設定されている。これにより、本実施形態の回転電機 10 は、固定子 20 および可動子 30 の両方において、スキュー量を均等に分散させることができ、スキューに伴う固定子 20 および可動子 30 の製造の煩雑さを按分して、製造工程における作業性を向上させることができる。

[0104] なお、図 10 A に示すように、第三方向（矢印 Z 方向）に沿った直線と、直線 51 とのなす角を、スキューの傾斜角 θ とする。図 10 B に示すように、第三方向（矢印 Z 方向）に沿った直線と、直線 52 とのなす角についても、同様である。回転電機 10 の体格の相違により、同じスキュー量であっても、スキューの傾斜角 θ が異なる。すなわち、固定子鉄心 21 が同じ内径（第二方向（矢印 Y 方向）の寸法が同じ）および可動子鉄心 31 が同じ外径（第二方向（矢印 Y 方向）の寸法が同じ）であっても、軸長（第三方向（矢印 Z 方向）の寸法）が増大すると、スキューの傾斜角 θ は、小さくなり、軸方

向（第三方向（矢印Z方向））の磁気漏れ、製造上の煩雑さは、低減する。また、同じスキュー量であっても、固定子20および可動子30の各構成、構造によって、製造上の難易度が異なる場合がある。以上を総合的に勘案し、固定子20および可動子30のうち、製造上の煩雑さが少ない側のスキュー量を多くし、製造上の煩雑が多い側のスキュー量を少なくすることもできる。このように、回転電機10の体格、要求仕様などに応じて、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が、複数（60個）のスロット21cの1スロットピッチ（1sp）分になるように、固定子20の連続スキュー部位42の第一基準部位41に対するスキュー量の最大値と、可動子30の連続スキュー部位42の第一基準部位41に対するスキュー量の最大値とを、適宜、設定することができる。

[0105] <第四実施形態>

本実施形態は、固定子20が、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備え、可動子30が、第二基準部位43と、段スキュー部位44とを備えている点で、第一実施形態と異なる。本明細書では、第一実施形態と異なる点が中心に説明されている。

[0106] 図13Aは、固定子20のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、固定子20は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える。そのため、固定子20のスキュー位置は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側に向かってスキュー量に応じて変位する。連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数（60個）のスロット21cの1/2スロットピッチ（1/2sp）分に設定されている。直線51は、固定子20のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P_{ref}と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P_{ref}から1/2スロットピッチ（1/2sp）分、離れた位置と、が結ばれている。

[0107] 図13Bは、可動子30のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、可動子30は、第二基準部位43と、段スキュー部位44とを備える。第二基準部位43は、スキューの基準になる部位をいう。段スキュー部位44は、第二基準部位43に対して第一方向（矢印X方向）に階段状にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている部位をいう。本実施形態では、段スキュー部位44は、第二基準部位43に対して第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X1方向）に階段状（一段）にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。なお、本実施形態においても、固定子20の基準位置 P_{ref} （第一基準部位41の基準位置）と、可動子30の基準位置 P_{ref} （第二基準部位43の基準位置）とは、一致している。

[0108] 段スキュー部位44における第二基準部位43に対するスキュー量は、連続スキュー部位42における第一基準部位41に対するスキュー量の最大値の半分に設定される。既述したように、本実施形態では、固定子20の連続スキュー部位42における第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数（60個）のロット21cの $1/2$ ロットピッチ（ $1/2\ sp$ ）分に設定されている。そのため、可動子30の段スキュー部位44における第二基準部位43に対するスキュー量は、複数（60個）のロット21cの $1/4$ ロットピッチ（ $1/4\ sp$ ）分に設定する。これにより、固定子20および可動子30の第三方向（矢印Z方向）の他端側において、固定子20と可動子30の相対スキュー量は、最大となり、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値（実質の最大値であり、連続スキュー換算）は、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（ $1\ sp$ ）分になる。

[0109] 図13Cは、連続スキュー部位42と段スキュー部位44のスキュー量の換算方法を示している。本実施形態では、固定子20の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうち他の一方向（矢印X2方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設さ

れている。このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数（60個）のロット21cの $1/2$ ロットピッチ（ $1/2$ sp）分に設定されている。よって、仮に、可動子30が、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える場合、第三実施形態で既述したように、可動子30の連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されると好適である。また、このときの第一基準部位41に対するスキュー量の最大値は、複数（60個）のロット21cの $1/2$ ロットピッチ（ $1/2$ sp）分に設定されると好適である。図13Cに示す直線52は、可動子30が、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える場合の仮想のスキュー位置を示している。

[0110] 上述した連続スキュー部位42における第一基準部位41に対するスキュー量の最大値（この場合、複数（60個）のロット21cの $1/2$ ロットピッチ（ $1/2$ sp）分）を、段スキュー部位44における第二基準部位43に対するスキュー量に換算する。同図に示すように、第一連続スキュー部位42a（段スキューの第二基準部位43に対応）における連続スキューの中心位置54aは、基準位置P_refから第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X1方向）に、複数（60個）のロット21cの $1/8$ ロットピッチ（ $1/8$ sp）分、移動した位置に相当する。また、第二連続スキュー部位42b（段スキューの段スキュー部位44に対応）における連続スキューの中心位置54bは、基準位置P_refから第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X1方向）に、複数（60個）のロット21cの $3/8$ ロットピッチ（ $3/8$ sp）分、移動した位置に相当する。

[0111] 第一連続スキュー部位42aの中心位置54aと、第二連続スキュー部位42bの中心位置54bとの差分（この場合、複数（60個）のロット21cの $1/4$ ロットピッチ（ $1/4$ sp）分）が、段スキュー部位44における第二基準部位43に対するスキュー量になる。なお、第一連続スキュー

一部位 4 2 a の中心位置 5 4 a を、第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X 2 方向）に、複数（60 個）のスロット 2 1 c の $1/8$ スロットピッチ（ $1/8$ sp）分、移動させると、基準位置 P_ref と一致し、図 1 3 B では、第二基準部位 4 3 の中心位置 5 3 a として図示されている。また、第二連続スキュー部位 4 2 b の中心位置 5 4 b を、第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X 2 方向）に、複数（60 個）のスロット 2 1 c の $1/8$ スロットピッチ（ $1/8$ sp）分、移動させると、図 1 3 B に示す段スキュー部位 4 4 の中心位置 5 3 b と一致する。

[0112] 本実施形態の回転電機 1 0 によれば、固定子 2 0 は、第一基準部位 4 1 と、連続スキュー部位 4 2 とを備え、可動子 3 0 は、第二基準部位 4 3 と、段スキュー部位 4 4 とを備えている。また、段スキュー部位 4 4 における第二基準部位 4 3 に対するスキュー量は、連続スキュー部位 4 2 における第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値の半分（本実施形態では、複数（60 個）のスロット 2 1 c の $1/4$ スロットピッチ（ $1/4$ sp）分）に設定されている。これにより、本実施形態の回転電機 1 0 は、スキューに伴う固定子 2 0 および可動子 3 0 の製造の煩雑さを軽減して、製造工程における作業性を向上させることができる。具体的には、固定子巻線 2 2 を固定子鉄心 2 1 の複数（60 個）のスロット 2 1 c に組み付ける際の作業性を考慮すると、固定子 2 0 は、段スキュー部位 4 4 と比べて、連続スキュー部位 4 2 を備える方が良い。一方、永久磁石（四組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b）が焼結磁石の場合に、永久磁石を可動子鉄心 3 1 の磁石収容部に装着する際の作業性を考慮すると、可動子 3 0 は、連続スキュー部位 4 2 と比べて、段スキュー部位 4 4 を備える方が良い。上述した構成により、本実施形態の回転電機 1 0 は、固定子 2 0 および可動子 3 0 の両方において、製造工程における作業性を向上させることができる。

[0113] なお、固定子 2 0 の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X 1 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）に配設することもできる。この場合、可動子 3

0の段スキュー部位44は、第二基準部位43に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）に階段状（一段）にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されると好適である。つまり、固定子20の連続スキュー部位42が、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X1方向）にずらされているときに、可動子30の段スキュー部位44は、第二基準部位43に対して第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X2方向）にずらされていると好適である。これにより、第三実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0114] また、段スキュー部位44は、第二基準部位43に対して第一方向（矢印X方向）に階段状（複数段）にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設することもできる。この場合も、図13Cに示す一段の場合と同様にして、連続スキューの各中心位置と、段スキューの各中心位置とを一致させて、段スキュー部位44の各段における第二基準部位43に対するスキュー量を換算することができる。

[0115] 第一実施形態～第三実施形態および本実施形態で示すように、固定子20および可動子30のうちの少なくとも一方は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている。また、連続スキュー部位42は、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分になるように、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が設定されている。さらに、既述した実施形態のいずれにおいても、連続スキュー部位42は、第三方向（矢印Z方向）の一端側から他端側にかけて、第一基準部位41に対するスキュー量の増加割合または減少割合が一定に設定されていると好適である。これにより、第一実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0116] <第五実施形態>

本実施形態は、第一基準部位41が第三方向一端側第一基準部位41aと、第三方向他端側第一基準部位41bとを備え、連続スキュー部位42が第

三方向一端側連続スキュー部位 4 5 a と、第三方向他端側連続スキュー部位 4 5 b とを備えている点で、第一実施形態と異なる。本明細書では、第一実施形態と異なる点が中心に説明されている。

[0117] 図 1 4 A は、固定子 2 0 のスキューの状態の一例を示している。本実施形態では、固定子 2 0 におけるスキュー量は 0 である。そのため、固定子 2 0 のスキュー位置は、第三方向（矢印 Z 方向）に沿って形成される。直線 5 1 は、基準位置 P__r e f における固定子 2 0 のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側と、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側とが、第三方向（矢印 Z 方向）に沿って結ばれている。

[0118] 図 1 4 B は、可動子 3 0 のスキューの状態の一例を示している。本実施形態においても、可動子 3 0 は、第一基準部位 4 1 と、連続スキュー部位 4 2 とを備える。但し、本実施形態では、第一基準部位 4 1 は、第三方向一端側第一基準部位 4 1 a と、第三方向他端側第一基準部位 4 1 b とを備える。第三方向一端側第一基準部位 4 1 a は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側に設けられる第一基準部位 4 1 をいう。第三方向他端側第一基準部位 4 1 b は、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側に設けられる第一基準部位 4 1 をいう。

[0119] また、連続スキュー部位 4 2 は、第三方向一端側連続スキュー部位 4 5 a と、第三方向他端側連続スキュー部位 4 5 b とを備えている。第三方向一端側連続スキュー部位 4 5 a は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側の半分の部位が、第三方向一端側第一基準部位 4 1 a から第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）の中央部 4 6 まで配設されている部位をいう。第三方向他端側連続スキュー部位 4 5 b は、第三方向（矢印 Z 方向）の他端側の半分の部位が、中央部 4 6 から第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一の方向（矢印 X 2 方向）に徐々にずらされて第三方向他端側第一基準部位 4 1 b まで配設されている部位をいう。なお、本実施形態においても、固定子 2 0 の基準位置 P__r e f と、可動子 3 0 の基準位置 P__r e f （第三方向一端側第一基準部位 4 1 a の基準位置および第三方向他端側第一基準部位 4 1 b の基準位置）とは、一致

している。

[0120] 第三方向一端側連続スキュー部位45aは、第三方向一端側第一基準部位41aに対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分に設定されている。直線55aは、可動子30のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の一端側の基準位置P__refと、第三方向（矢印Z方向）の中央部46の基準位置P__refから1ロットピッチ（1sp）分、離れた位置と、が結ばれている。同様に、第三方向他端側連続スキュー部位45bは、第三方向他端側第一基準部位41bに対するスキュー量の最大値が、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分に設定されている。直線55bは、可動子30のスキュー位置を示しており、第三方向（矢印Z方向）の中央部46の基準位置P__refから1ロットピッチ（1sp）分、離れた位置と、第三方向（矢印Z方向）の他端側の基準位置P__refと、が結ばれている。これらにより、固定子20および可動子30の第三方向（矢印Z方向）の中央部46において、固定子20と可動子30の相対スキュー量は、最大となり、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値は、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分になっている。

[0121] 本実施形態の回転電機10によれば、可動子30は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている。第一基準部位41は、第三方向一端側第一基準部位41aと、第三方向他端側第一基準部位41bとを備えている。連続スキュー部位42は、第三方向一端側連続スキュー部位45aと、第三方向他端側連続スキュー部位45bとを備えている。また、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分になるように、第一基準部位41（第三方向一端側第一基準部位41a、第三方向他端側第一基準部位41b）に対するスキュー量の最大値（本実施形態では、複数（60個）のロット21cの1ロットピッチ（1sp）分）が設定されている。よって、本実施形態の回転電機10は、第一実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を

得ることができる。

[0122] また、第三方向一端側連続スキュー部位 4 5 a は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側から中央部 4 6 にかけて、第三方向一端側第一基準部位 4 1 a に対するスキュー量の増加割合が一定に設定され、第三方向他端側連続スキュー部位 4 5 b は、第三方向（矢印 Z 方向）の中央部 4 6 から他端側にかけて、第三方向他端側第一基準部位 4 1 b に対するスキュー量の減少割合が一定に設定されていると好適である。また、スキュー量の増加割合の絶対値と、スキュー量の減少割合の絶対値とが同値に設定されていると好適である。これらにより、第一基準部位 4 1（第三方向一端側第一基準部位 4 1 a、第三方向他端側第一基準部位 4 1 b）に対するスキュー量が不連続に変化する場合と比べて、漏れ磁束を低減することができる。また、製造工程の簡素化を図ることもできる。

[0123] さらに、本実施形態の回転電機 10 では、連続スキュー部位 4 2 は、第三方向一端側連続スキュー部位 4 5 a と、第三方向他端側連続スキュー部位 4 5 b とを備えているので、第三方向（矢印 Z 方向）の対称性が確保され、捻じれ共振を低減することができる。なお、永久磁石（四組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b）が焼結磁石の場合に、永久磁石を可動子鉄心 3 1 の磁石収容部に装着する際の作業性が悪化する可能性がある。この場合、永久磁石を第三方向（矢印 Z 方向）に垂直な平面で第一方向（矢印 X 方向）に沿って二等分して分割すると良い。分割された一方の永久磁石を第三方向（矢印 Z 方向）の一端側から装着し、分割された他方の永久磁石を第三方向（矢印 Z 方向）の他端側から装着することにより、上述した作業性の悪化を軽減することができる。

[0124] なお、本実施形態では、第一実施形態で既述した離間部位（第一方向（矢印 X 方向）に、 $1/2$ スロットピッチ（ $1/2 s_p$ ）離間する部位）の第三方向（矢印 Z 方向）の距離が、第一実施形態と比べて、概ね、半減する。したがって、本実施形態では、吸引力分布の高次化が、より有効に実現する。また、本実施形態は、固定子 20 および可動子 30 の軸長（第三方向（矢印

Z方向)の寸法)が増大する場合においても、好適である。さらに、本実施形態の構成を第三方向(矢印Z方向)において繰り返し用いても良い。また、連続スキュー部位42において、第一方向(矢印X方向)のうちの一の方向(矢印X1方向)に徐々にずらされる部位と、第一方向(矢印X方向)のうち他の一の方向(矢印X2方向)に徐々にずらされる部位とは、同数でなくても良い。これらは、回転電機10の体格、要求仕様などに応じて、適宜、選択することができる。なお、第一実施形態の構成において、同様の作用効果を得るために、第一実施形態の構成を第三方向(矢印Z方向)において繰り返す多重スキューが考えられる。しかしながら、この場合、多重スキューの各スキュー間で、第一方向(矢印X方向)における不連続部が生じ、磁気漏れが発生して出力トルクの低下等が発生するので望ましくない。

[0125] <第六実施形態>

本実施形態は、第一実施形態と比べて、毎極毎相スロット数が異なる。本実施形態の回転電機10は、8極30スロット構成の回転電機であり、毎極毎相スロット数は1.25である。つまり、本実施形態の回転電機10は、1/4系列の回転電機10である。本明細書では、第一実施形態と異なる点を中心に説明されている。

[0126] 図15は、参考形態に係り、複数のティース部21bと、二組の一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示している。本参考形態の回転電機10は、8極30スロット構成の回転電機であり、毎極毎相スロット数は1.25である。つまり、本参考形態の回転電機10は、1/4系列の回転電機10である。

[0127] 図15に示すように、第一方向(矢印X方向)に隣接する二磁極対(四磁極)分の可動子磁極32a, 32bを考える。1/4系列の回転電機10では、四種類の磁極対向状態(磁極対向状態M20、磁極対向状態M21、磁極対向状態M22および磁極対向状態M23)を備えており、四種類の吸引力分布を備えている。そのため、第一方向(矢印X方向)に隣接する二磁極対(四磁極)分の可動子磁極32a, 32bでは、互いに吸引力分布が異な

る。その結果、複数のティース部 2 1 b に作用する吸引力分布は、一磁極毎には等価にならず、二磁極対毎（四磁極毎）に等価になる。

[0128] 上述したことは、図示が省略されている他の二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b についても同様に言える。このように、1 / 4 系列の回転電機 1 0 では、互いに吸引力分布が異なる第一方向（矢印 X 方向）に隣接する二磁極対（四磁極）分の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b を単位として、第一方向（矢印 X 方向）に平行移動させた状態で、多極化（本実施形態では、8 極化）されている。

[0129] 1 / 4 系列の回転電機 1 0 では、固定子鉄心 2 1 の第二方向（矢印 Y 方向）の変位量は、大きさが異なる四種類のピーク値が生じる。そのため、1 / 4 系列で 8 極の回転電機 1 0 は、固定子鉄心 2 1 の一周あたり 2 次（空間 2 次）の起振力の成分を備えている。固定子鉄心 2 1 の一周あたり 2 次（空間 2 次）の起振力は、二磁極対（四磁極）を単位として繰り返され、第一方向（矢印 X 方向）の四磁極対（八磁極）において、固定子鉄心 2 1 の第二方向（矢印 Y 方向）の変位量は、二つのピーク値が生じる。この場合、図 5 C に示すように、固定子鉄心 2 1 は、曲線 2 1 s 2 で示す楕円状に変形し易い。

[0130] このように、1 / 4 系列の回転電機 1 0 においても、可動子 3 0 の磁極数（本実施形態では、8 極）に依拠する次数（本実施形態では、8 次（空間 8 次））の起振力と比べて、より低次（本実施形態では、2 次（空間 2 次））の起振力の成分を備える。そのため、駆動回転数が広範囲に亘る回転電機 1 0 では、固定子鉄心 2 1 の固有振動数と一致する回転数が、駆動回転数範囲内に生じ易くなる。その結果、固定子 2 0 の共振が発生し、回転電機 1 0 の騒音および振動が増大する可能性がある。そこで、本実施形態においても、吸引力分布を整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8 次（空間 8 次））まで高次化する。

[0131] 図 1 5 に示すように、位置 Q A 1（位置座標 P P が 0）では、可動子磁極 3 2 a は、スロット 2 1 c の中央位置に対向している。位置 Q B 1（位置座標 P P が 3. 7 5）では、可動子磁極 3 2 b は、ティース部 2 1 b の中央位

置から第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）にずれた位置で対向している。また、位置QC 1（位置座標PPが7. 5）では、可動子磁極3 2 aは、ティース部2 1 bの中央位置に対向している。位置QD 1（位置座標PPが1 1. 2 5）では、可動子磁極3 2 bは、ティース部2 1 bの中央位置から第一方向（矢印X方向）のうち他の一の方向（矢印X 2方向）にずれた位置で対向している。このように、位置QA 1, QB 1, QC 1, QD 1では、磁極対向状態がそれぞれ異なり、四種類の磁極対向状態が存在する。

[0132] ここで、位置QA 1（位置座標PPが0）から、第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）に、複数（30個）の-slot 2 1 cの1/4 slot pitch（1/4 sp）ずつ離れた位置を、位置QA 2、位置QA 3および位置QA 4とする。また、位置QB 1（位置座標PPが3. 7 5）から、第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）に、複数（30個）の-slot 2 1 cの1/4 slot pitch（1/4 sp）ずつ離れた位置を、位置QB 2、位置QB 3および位置QB 4とする。同様に、位置QC 1（位置座標PPが7. 5）から、第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）に、複数（30個）の-slot 2 1 cの1/4 slot pitch（1/4 sp）ずつ離れた位置を、位置QC 2、位置QC 3および位置QC 4とする。また、位置QD 1（位置座標PPが1 1. 2 5）から、第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）に、複数（30個）の-slot 2 1 cの1/4 slot pitch（1/4 sp）ずつ離れた位置を、位置QD 2、位置QD 3および位置QD 4とする。

[0133] 位置QA 2, QB 2, QC 2, QD 2では、位置QA 1, QB 1, QC 1, QD 1の磁極対向状態と比べて、順序は異なるが、同種類の磁極対向状態が存在する。具体的には、slot 2 1 cの中央位置に対向する磁極対向状態、ティース部2 1 bの中央位置に対向する磁極対向状態、ティース部2 1 bの中央位置から第一方向（矢印X方向）のうちの一の方向（矢印X 1方向）にずれた位置で対向する磁極対向状態およびティース部2 1 bの中央位置

から第一方向（矢印X方向）のうちの他の一方向（矢印X 2方向）にずれた位置で対向する磁極対向状態の四種類の磁極対向状態が存在する。上述したことは、位置QA 3, QB 3, QC 3, QD 3についても同様であり、位置QA 4, QB 4, QC 4, QD 4についても同様である。

[0134] さらに、位置QA 4, QB 4, QC 4, QD 4から、第一方向（矢印X方向）のうちの一方向（矢印X 1方向）に、複数（30個）の-slot 21cの1/4-slotピッチ（1/4 sp）ずつ離れた位置では、位置QA 1, QB 1, QC 1, QD 1と同等の磁極対向状態になる。そして、上述した磁極対向状態が、第一方向（矢印X方向）において、繰り返されている。よって、複数（30個）の-slot 21cの1-slotピッチ（1 sp）分、連続スキューした第三方向（矢印Z方向）の全体で、吸引力分布を混成し、吸引力分布を平均化する。これにより、毎極における当該吸引力分布の均等化を図る。

[0135] 図16Aは、本実施形態に係り、複数のティース部21bと、二組の一对の可動子磁極32a, 32bとの間の磁極対向状態の一例を示している。同図に示すように、可動子30は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備えている。また、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向（矢印X方向）のうちの一方向（矢印X 1方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印Z方向）に配設されている。本実施形態では、連続スキュー部位42を第三方向（矢印Z方向）に垂直な平面で第一方向（矢印X方向）に沿って四等分したときの各部位を、第一基準部位41側の部位から順に、第一連続スキュー部位42a、第二連続スキュー部位42b、第三連続スキュー部位42c、第四連続スキュー部位42dとする。第一実施形態と同様に、連続スキュー部位42は、これらの部位に分けて図示されているが、連続スキュー部位42は、一体に形成されている。

[0136] なお、同図では、第一基準部位41は、二組の一对の可動子磁極32a, 32bの第三方向（矢印Z方向）の一端側端面である。また、第四連続スキュー部位42dの第三方向（矢印Z方向）の両端面のうち、第三連続スキュー

一部位 4 2 c と第四連続スキュー部位 4 2 d との境界面と異なる側の端面は、二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側端面である。

[0137] 本実施形態においても、連続スキュー部位 4 2 は、固定子 2 0 と可動子 3 0 の相対スキュー量の最大値が、複数（本実施形態では、3 0 個）のロット 2 1 c の 1 ロットピッチ（1 s p）分になるように、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が設定される。本実施形態では、可動子 3 0 が、第一基準部位 4 1 と、連続スキュー部位 4 2 とを備えており、固定子 2 0 は、これらを具備していない。そのため、固定子 2 0 におけるスキュー量は 0 であり、可動子 3 0 の連続スキュー部位 4 2 は、第一基準部位 4 1 に対するスキュー量の最大値が、複数（3 0 個）のロット 2 1 c の 1 ロットピッチ（1 s p）分に設定されている。

[0138] 図 1 6 A に示すように、第一連続スキュー部位 4 2 a と第二連続スキュー部位 4 2 b との境界面の二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方向（矢印 X 1 方向）に、 $1/4$ ロットピッチ（ $1/4$ s p）分、ずらされて配設されている。このときの磁極対向状態は、位置 Q A 2, Q B 2, Q C 2, Q D 2 における磁極対向状態と等価になる。また、第二連続スキュー部位 4 2 b と第三連続スキュー部位 4 2 c との境界面の二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方向（矢印 X 1 方向）に、 $1/2$ ロットピッチ（ $1/2$ s p）分、ずらされて配設されている。このときの磁極対向状態は、位置 Q A 3, Q B 3, Q C 3, Q D 3 における磁極対向状態と等価になる。

[0139] さらに、第三連続スキュー部位 4 2 c と第四連続スキュー部位 4 2 d との境界面の二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一方向（矢印 X 1 方向）に、 $3/4$ ロットピッチ（ $3/4$ s p）分、ずらされて配設されている。このときの磁極対向状態は、位置 Q A 4, Q B 4, Q C 4, Q D 4 における磁極対向状

態と等価になる。また、二組の一对の可動子磁極 3 2 a, 3 2 b の第三方向（矢印 Z 方向）の他端側端面は、第一基準部位 4 1 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）に、1 スロットピッチ（1 s p）分、ずらされて配設されている。このときの磁極対向状態は、位置 Q A 1, Q B 1, Q C 1, Q D 1 における磁極対向状態と等価になる。

[0140] 本実施形態では、上述した磁極対向状態が、第一方向（矢印 X 方向）において、繰り返されている。そこで、第一実施形態と同様に、可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3 における吸引力分布の混成、平均化および均等化を考える。なお、本実施形態の回転電機 1 0 は、8 極 3 0 スロット構成の回転電機（可動子 3 0 の磁極数が 4 極、固定子 2 0 のスロット数が 1 5 スロットを基本構成とする回転電機）であり、1 スロットピッチ（1 s p）分は、電気角 48° （ $=720^{\circ} / 15$ スロット）に相当する。

[0141] 図 1 6 B は、図 1 6 A の破線で囲まれた領域の磁極対向状態を説明する模式図である。第一基準部位 4 1 の可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3（位置座標 P P が 1. 8 7 5）を位置 Q E 1 とする。また、第一連続スキュー部位 4 2 a と第二連続スキュー部位 4 2 b との境界面の可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3（位置座標 P P が 2. 1 2 5）を位置 Q E 2 とする。さらに、第二連続スキュー部位 4 2 b と第三連続スキュー部位 4 2 c との境界面の可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3（位置座標 P P が 2. 3 7 5）を位置 Q E 3 とする。また、第三連続スキュー部位 4 2 c と第四連続スキュー部位 4 2 d との境界面の可動子磁極 3 2 a の磁極中心位置 3 2 a 3（位置座標 P P が 2. 6 2 5）を位置 Q E 4 とする。

[0142] 位置 Q E 1 は、ティース部 2 1 b の磁極中心位置（図 1 6 A に示す固定子磁極番号 T__N o が 2 のティース部 2 1 b）に対して、第一方向（矢印 X 方向）のうちの一の方向（矢印 X 1 方向）にずれて配設されている。一方、位置 Q E 3 は、ティース部 2 1 b の磁極中心位置（図 1 6 A に示す固定子磁極番号 T__N o が 3 のティース部 2 1 b）に対して、第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X 2 方向）にずれて配設されている。よって、

位置Q E 1において形成される吸引力分布と、位置Q E 3において形成される吸引力分布と、が混成されて、これらの吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間4次の起振力の成分が増加する。

[0143] 位置Q E 2は、スロット2 1 cの中央位置（図1 6 Aに示す固定子磁極番号T__N oが2のティース部2 1 bと、固定子磁極番号T__N oが3のティース部2 1 bとの間の中央位置）に対向している。一方、位置Q E 4は、ティース部2 1 bの磁極中心位置（図1 6 Aに示す固定子磁極番号T__N oが3のティース部2 1 b）に対向している。よって、位置Q E 2において形成される吸引力分布と、位置Q E 4において形成される吸引力分布と、が混成されて、これらの吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間4次の起振力の成分が増加する。混成、平均化および均等化された吸引力分布同士がさらに混成、平均化および均等化されると、空間8次の起振力の成分が増加する。つまり、可動子3 0の磁極数（本実施形態では、8極）に依拠する次数（本実施形態では、8次（空間8次））と比べて、より低次（本実施形態では、2次（空間2次））の起振力の成分が空間的に半波長ずらして重ね合わされて（本実施形態では、2回繰り返される（2次（空間2次）→4次（空間4次）→8次（空間8次）））、これらの吸引力分布は、整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8次（空間8次））まで高次化される。

[0144] 位置Q E 1（位置座標P Pが1. 8 7 5）で示す部位と、位置Q E 2（位置座標P Pが2. 1 2 5）で示す部位と、位置Q E 3（位置座標P Pが2. 3 7 5）で示す部位と、位置Q E 4（位置座標P Pが2. 6 2 5）で示す部位とは、第一方向（矢印X方向）に1/cスロットピッチ（本実施形態では、1/4スロットピッチ（1/4 s p））離間しており、これらは、離間部位である。これらの離間部位間について上述したことは、第三方向（矢印Z方向）の他の離間部位間においても、同様に言える。

[0145] 図1 6 Bの丸印は、上述した位置Q E 1（位置座標P Pが1. 8 7 5）、

位置Q E 2（位置座標P Pが2. 1 2 5）、位置Q E 3（位置座標P Pが2. 3 7 5）および位置Q E 4（位置座標P Pが2. 6 2 5）で示す離間部位を表している。四角印は、位置Q F 1（位置座標P Pが2）、位置Q F 2（位置座標P Pが2. 2 5）、位置Q F 3（位置座標P Pが2. 5）および位置Q F 4（位置座標P Pが2. 7 5）で示す離間部位を表している。三角印は、位置Q G 1（位置座標P Pが2. 1 2 5）、位置Q G 2（位置座標P Pが2. 3 7 5）、位置Q G 3（位置座標P Pが2. 6 2 5）および位置Q G 4（位置座標P Pが2. 8 7 5）で示す離間部位を表している。同図に示すように、これらの離間部位は、可動子磁極3 2 aの磁極中心位置3 2 a 3を示す破線上に位置している。いずれの離間部位間においても、位置Q E 1（位置座標P Pが1. 8 7 5）、位置Q E 2（位置座標P Pが2. 1 2 5）、位置Q E 3（位置座標P Pが2. 3 7 5）および位置Q E 4（位置座標P Pが2. 6 2 5）で示す離間部位間について上述したことが同様に言える。

[0146] また、図示されている離間部位以外の離間部位間（磁極中心位置3 2 a 3を示す破線上に位置する離間部位間）についても、上述したことが同様に言える。つまり、可動子3 0の第三方向（矢印Z方向）の全体に亘って、上述した関係と同様の関係（第一方向（矢印X方向）に、 $1/4$ スロットピッチ（ $1/4$ s p）離間する離間部位間の関係）が成り立つ。また、同図に示す磁極対向状態は、可動子3 0の移動（可動子磁極3 2 aの磁極中心位置3 2 a 3が複数（3 0個）のスロット2 1 cの1スロットピッチ（1 s p）分、移動）に伴い、複数（3 0個）のスロット2 1 cの1スロットピッチ（1 s p）単位で、第一方向（矢印X方向）において繰り返される。

[0147] このように、第一基準部位4 1に対するスキュー量の最大値が、複数（3 0個）のスロット2 1 cの1スロットピッチ（1 s p）分に設定されることにより、可動子3 0の第三方向（矢印Z方向）の全体に亘って、吸引力分布が混成されて、吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができ、空間8次の起振力の成分が増加する。具体的には、離間部位間（図1 6 Bに示す例では、例えば、丸印の部位間

、四角印の部位間、三角印の部位間）において、可動子 30 の磁極数（本実施形態では、8 極）に依拠する次数（本実施形態では、8 次（空間 8 次））と比べて、より低次（本実施形態では、2 次（空間 2 次））の起振力の成分が空間的に半波長ずらして重ね合わされて、これらの吸引力分布は、整数スロット構成の回転電機と同程度（本実施形態では、8 次（空間 8 次））まで高次化される。よって、本実施形態の回転電機 10 は、第一実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0148] また、第一実施形態と同様に、連続スキュー部位 42 は、第一基準部位 41 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X2 方向）に、ずらすこともできる。この場合、連続スキュー部位 42 は、第一基準部位 41 に対して第一方向（矢印 X 方向）のうちの他の一方向（矢印 X2 方向）に徐々にずらされて第三方向（矢印 Z 方向）に配設される。さらに、連続スキュー部位 42 は、第三方向（矢印 Z 方向）の一端側から他端側にかけて、第一基準部位 41 に対するスキュー量の増加割合または減少割合が一定に設定されていると好適である。

[0149] <1/c 系列の回転電機 10>

上述した実施形態では、1/2 系列の回転電機 10 または 1/4 系列の回転電機 10 を例に説明されている。しかしながら、回転電機 10 は、これらに限定されるものではなく、1/c 系列の回転電機 10 に適用することができる。

[0150] 既述したように、毎極毎相スロット数を帯分数で表したときの整数部分を整数部 a とする。また、帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分子部分を分子部 b、分母部分を分母部 c とする。なお、整数部 a は、0（ゼロ）または正の整数とし、分子部 b および分母部 c は、いずれも正の整数とする。また、三相の回転電機 10 では、分母部 c は、2 以上、かつ、3 の倍数でない整数とする。さらに、毎極毎相スロット数を帯分数で表したときの分子部 b および分母部 c を用いて、b/c 系列の回転電機 10 と表記する。分母部 c が同じ場合、分子部 b の値に関わらず適用することができるので、b

／ c 系列の回転電機10を集約して、1／ c 系列の回転電機10と総称する。

[0151] 1／ c 系列の回転電機10においても、固定子20および可動子30のうちの少なくとも一方は、第一基準部位41と、連続スキュー部位42とを備える。また、分母部 c に関わらず、連続スキュー部位42は、固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が、複数のスロット21 c の1スロットピッチ(1 s p)分になるように、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が設定される。

[0152] 1／ c 系列の回転電機10では、磁極対向状態が c 種類あり、吸引力分布は、可動子30の c 極毎に等価になる。固定子20と可動子30の相対スキュー量の最大値が、複数のスロット21 c の1スロットピッチ(1 s p)分になるように、第一基準部位41に対するスキュー量の最大値が設定されることにより、可動子30の第三方向(矢印Z方向)の全体に亘って、 c 種類の磁極対向状態に基づいて形成される吸引力分布が混成されて、これらの吸引力分布は、平均化される。その結果、毎極における当該吸引力分布の均等化を図ることができる。具体的には、第一方向(矢印X方向)に1／ c スロットピッチ離間する離間部位間において、可動子30の磁極数($2 \times p$ 極)に依拠する次数($2 \times p$ 次(空間 $2 \times p$ 次))と比べて、より低次($2 \times p / c$ 次(空間 $2 \times p / c$ 次))の起振力の成分が空間的に半波長ずらして重ね合わされて、これらの吸引力分布は、整数スロット構成の回転電機と同程度($2 \times p$ 次(空間 $2 \times p$ 次))まで高次化される。よって、1／ c 系列の回転電機10は、固定子鉄心21の固有振動数と一致する回転数を高めて、例えば、駆動回転数範囲外に設定することが可能になる。つまり、1／ c 系列の回転電機10においても、固定子20の共振機会を回避して、回転電機10の騒音および振動を低減することができる。

[0153] また、連続スキュー部位42は、第一基準部位41に対して第一方向(矢印X方向)に徐々にずらされて、第三方向(矢印Z方向)に配設されている。さらに、分母部 c に関わらず、連続スキュー部位42は、固定子20と可

動子 30 の相対スキュー量の最大値が、複数のスロット 21 c の 1 スロットピッチ (1 s p) 分になるように、第一基準部位 41 に対するスキュー量の最大値が設定されている。そのため、可動子 30 の第一方向 (矢印 X 方向) の任意の位置部位が、第一方向 (矢印 X 方向) に、複数のスロット 21 c の 1 スロットピッチ (1 s p) 分の幅をもって広がって、固定子 20 と対向することになるので、固定子 20 のスロット 21 c の開口部における磁気変動が徐々に変化し、トルクリプル (コギングトルク) が低減される。

[0154] <その他>

実施形態は、上記した実施形態および図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施することができる。例えば、既述の実施形態では、可動子 30 は、固定子 20 の内方に設けられている (インナーロータ型の回転電機)。しかしながら、可動子 30 は、固定子 20 の外方に設けることもできる (アウターロータ型の回転電機)。また、回転電機 10 は、固定子 20 および可動子 30 が同軸に配されるラジアル空隙型やアキシャル空隙型の回転電機に限定されるものではない。回転電機 10 は、固定子 20 および可動子 30 が直線上に配され、可動子 30 が固定子 20 に対して直線上に移動するリニア型電動機またはリニア型発電機に適用することもできる。さらに、回転電機 10 は、分数スロット構成の種々の回転電機に用いることができ、例えば、車両の駆動用電動機、発電機、産業用または家庭用の電動機、発電機などに用いることができる。

符号の説明

- [0155] 10 : 回転電機、
20 : 固定子、21 : 固定子鉄心、21 c : スロット、22 : 固定子巻線、
30 : 可動子、31 : 可動子鉄心、32 a, 32 b : 一对の可動子磁極、
41 : 第一基準部位、
41 a : 第三方向一端側第一基準部位、41 b : 第三方向他端側第一基準部位、
42 : 連続スキュー部位、

4 3 : 第二基準部位、 4 4 : 段スキュー部位、
4 5 a : 第三方向一端側連続スキュー部位、
4 5 b : 第三方向他端側連続スキュー部位、
4 6 : 中央部、
X : 第一方向、 X 1 : 一の方向、 X 2 : 他の一の方向、
Y : 第二方向、 Z : 第三方向。

請求の範囲

[請求項1] 複数のスロットが形成されている固定子鉄心と前記複数のスロット

に挿通されている固定子巻線とを備える固定子と、

前記固定子に対して移動可能に支持され、可動子鉄心と前記可動子鉄心に設けられている少なくとも一对の可動子磁極とを備える可動子と、

を具備する毎極毎相スロット数が整数でない分数スロット構成の回転電機であって、

前記固定子に対する前記可動子の移動方向を第一方向とし、前記固定子と前記可動子の対向方向を第二方向とし、前記第一方向および前記第二方向のいずれの方向に対しても直交する方向を第三方向とするとき、

前記固定子および前記可動子のうちの少なくとも一方は、

スキューの基準になる第一基準部位と、

前記第一基準部位に対して前記第一方向に徐々にずらされて前記第三方向に配設されている連続スキュー部位と、

を備え、

前記連続スキュー部位は、前記固定子と前記可動子の相対スキュー量の最大値が前記複数のスロットの1スロットピッチ分になるように、前記第一基準部位に対するスキュー量の最大値が設定されている回転電機。

[請求項2] 前記固定子および前記可動子は、いずれも、前記第一基準部位と、前記連続スキュー部位とを備え、

前記固定子および前記可動子のうちの一方の前記連続スキュー部位が、前記第一基準部位に対して前記第一方向のうちの一方の方向にずらされているときに、前記固定子および前記可動子のうちの他方の前記連続スキュー部位は、前記第一基準部位に対して前記第一方向のうちの他の一方の方向にずらされている請求項1に記載の回転電機。

- [請求項3] 前記固定子の前記連続スキュー部位におけるスキュー量の最大値と、前記可動子の前記連続スキュー部位におけるスキュー量の最大値とが同値に設定されている請求項2に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記固定子は、前記第一基準部位と、前記連続スキュー部位とを備え、
前記可動子は、スキューの基準になる第二基準部位と、
前記第二基準部位に対して前記第一方向に階段状にずらされて前記第三方向に配設されている段スキュー部位と、
を備え、
前記段スキュー部位における前記第二基準部位に対するスキュー量は、前記連続スキュー部位における前記第一基準部位に対するスキュー量の最大値の半分に設定されている請求項1に記載の回転電機。
- [請求項5] 前記固定子の前記連続スキュー部位が、前記第一基準部位に対して前記第一方向のうちの一の方向にずらされているときに、前記可動子の前記段スキュー部位は、前記第二基準部位に対して前記第一方向のうち他の一の方向にずらされている請求項4に記載の回転電機。
- [請求項6] 前記連続スキュー部位は、前記第三方向の一端側から他端側にかけて、前記第一基準部位に対するスキュー量の増加割合または減少割合が一定に設定されている請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の回転電機。
- [請求項7] 前記可動子は、前記第一基準部位と、前記連続スキュー部位とを備え、
前記第一基準部位は、前記第三方向の一端側に設けられる第三方向一端側第一基準部位と、前記第三方向の他端側に設けられる第三方向他端側第一基準部位とを備え、
前記連続スキュー部位は、
前記第三方向の前記一端側の半分の部位が前記第三方向一端側第一基準部位から前記第一方向のうち一の方向に徐々にずらされて前記

第三方向の中央部まで配設されている第三方向一端側連続スキュー部位と、

前記第三方向の前記他端側の半分の部位が前記中央部から前記第一方向のうちの他の一方向に徐々にずらされて前記第三方向他端側第一基準部位まで配設されている第三方向他端側連続スキュー部位と、
を備える請求項 1 に記載の回転電機。

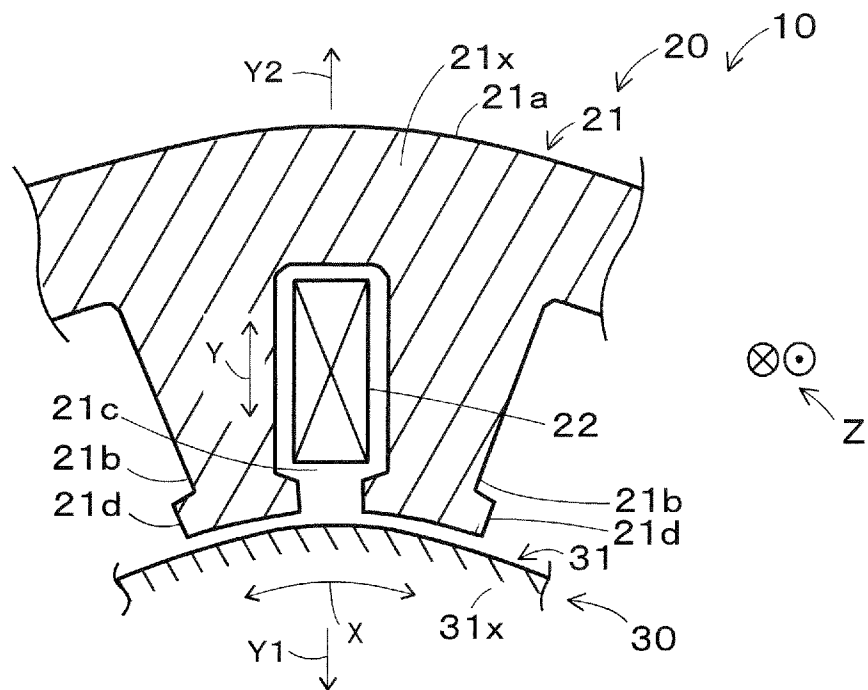
[請求項 8]

前記第三方向一端側連続スキュー部位は、前記第三方向の前記一端側から前記中央部にかけて、前記第三方向一端側第一基準部位に対するスキュー量の増加割合が一定に設定され、

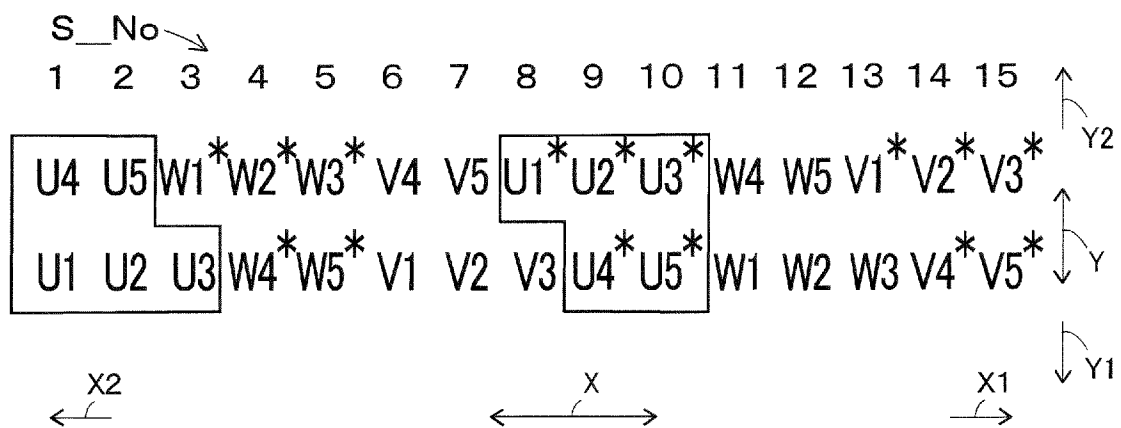
前記第三方向他端側連続スキュー部位は、前記第三方向の前記中央部から前記他端側にかけて、前記第三方向他端側第一基準部位に対するスキュー量の減少割合が一定に設定され、

前記増加割合の絶対値と、前記減少割合の絶対値とが同値に設定されている請求項 7 に記載の回転電機。

[図1]



[図2]



[図3]

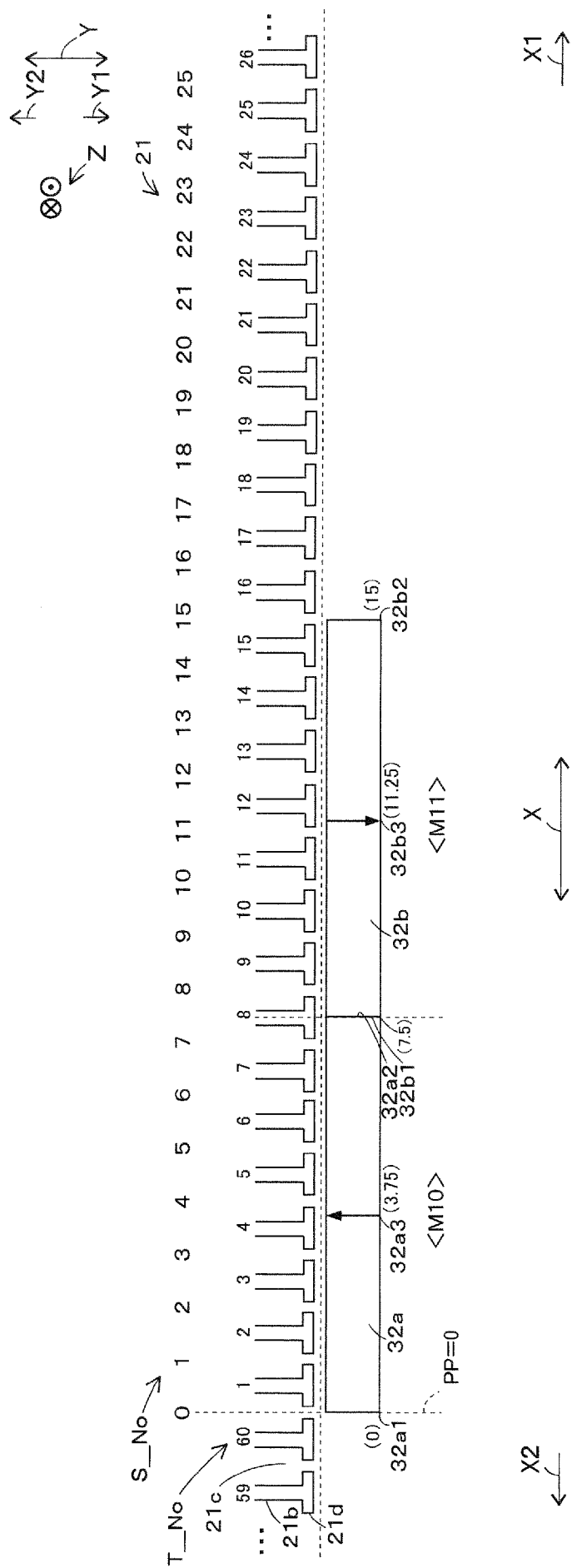
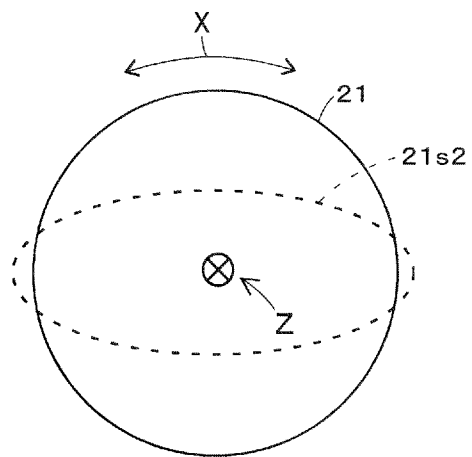


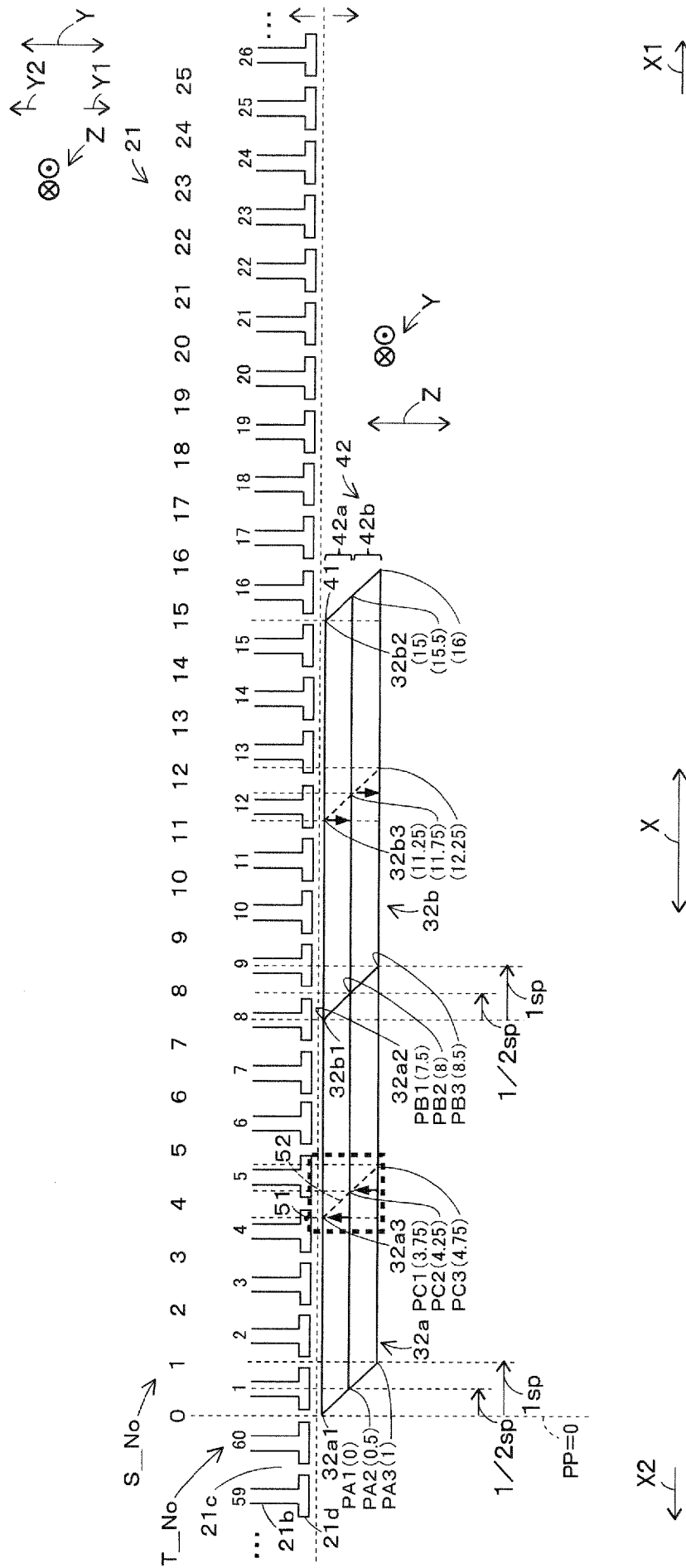
Figure 1 is a schematic diagram of a semiconductor device. The top part shows a cross-section of a substrate with a series of vertical structures (21a, 21b, 21c, 21d) and a horizontal layer (32a, 32b). A dashed line (33) indicates a boundary. The bottom part shows a top-down view of the device with a series of vertical structures (L11, L12, L13) and a horizontal layer (L14). A dashed line (L15) indicates a boundary. The diagram is labeled with 'X' and 'X1' axes, and 'PP=0' and 'PSU' are indicated.

A diagram of a circular structure. At the center is a circle with a cross inside, labeled 'Z' with an arrow pointing to it. Surrounding this center is a larger solid circle. Outside this solid circle are eight dashed, wavy lobes arranged in a ring. Above the solid circle is a horizontal double-headed arrow labeled 'X'. To the right of the solid circle, the labels '21s8' and '21' are present, with '21' pointing to one of the dashed lobes.

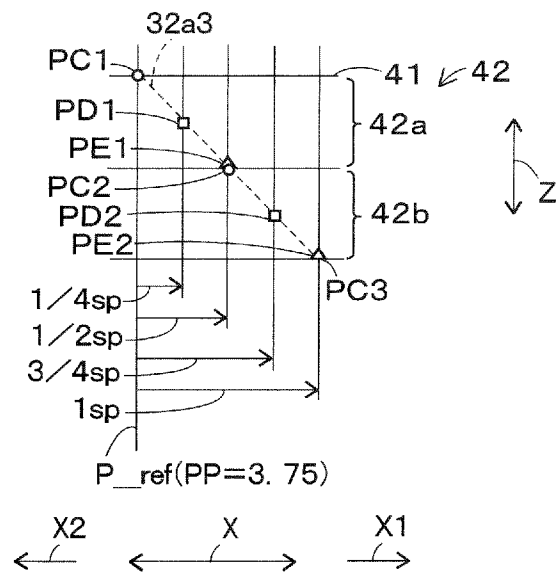
[図5C]



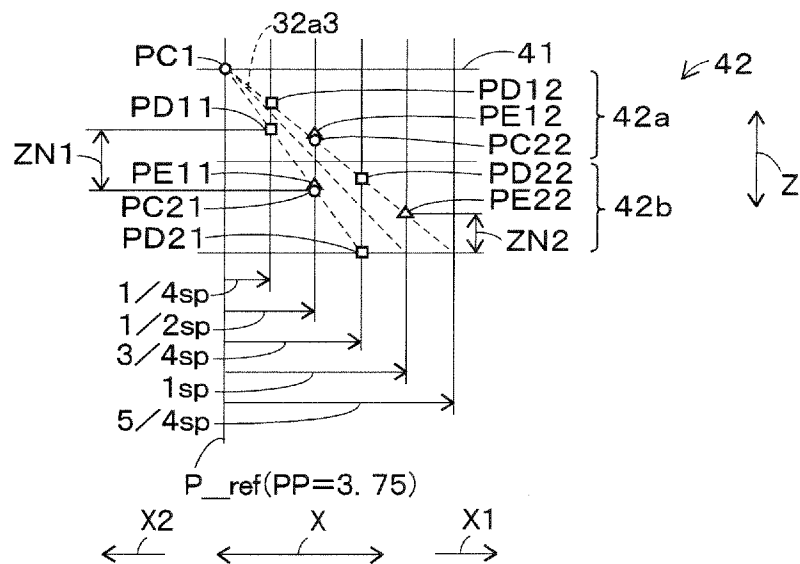
[図6A]



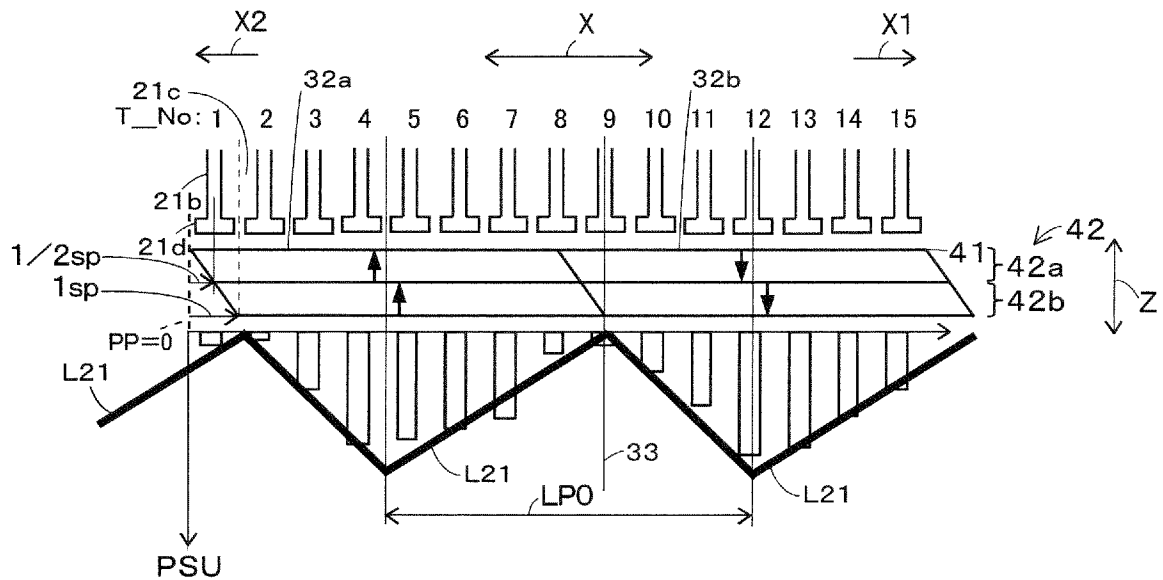
[図6B]



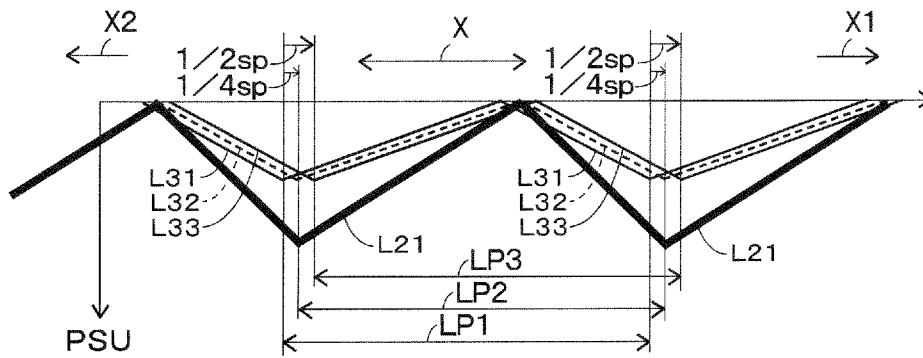
[図6C]



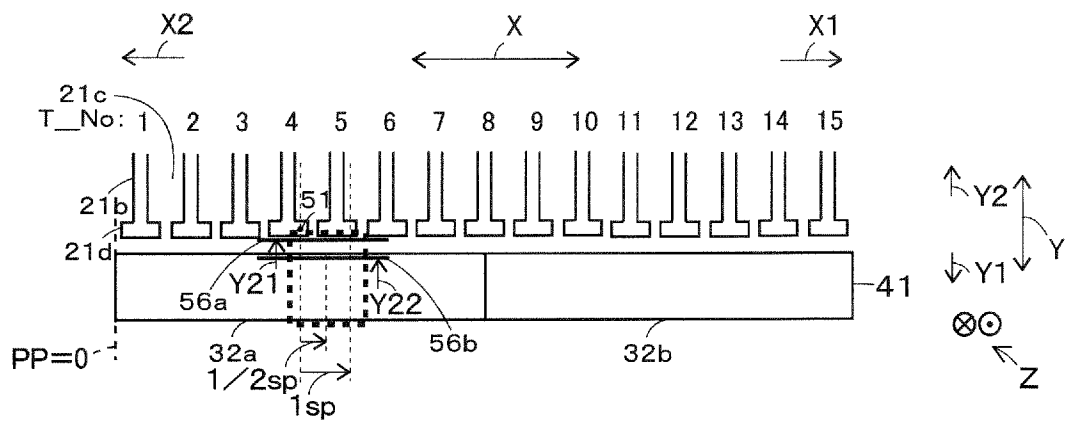
[図7A]



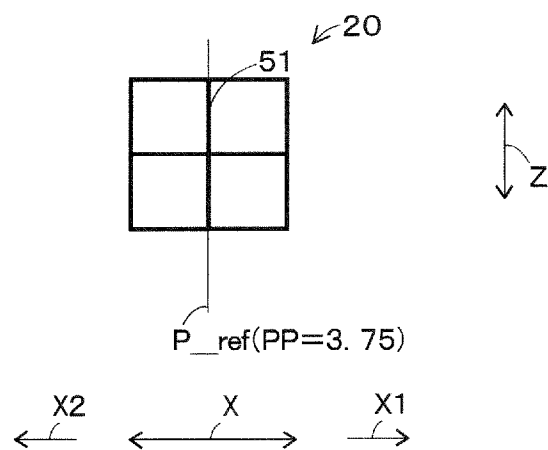
[図7B]



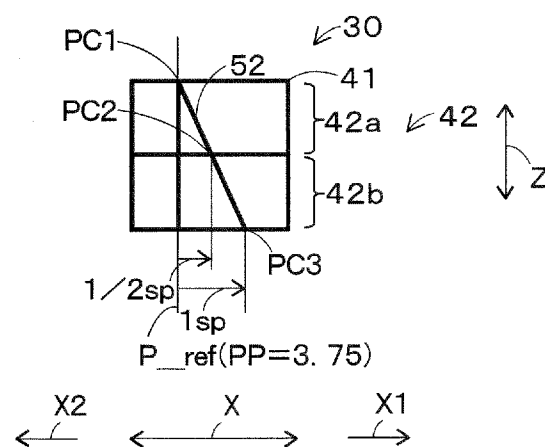
[図8A]



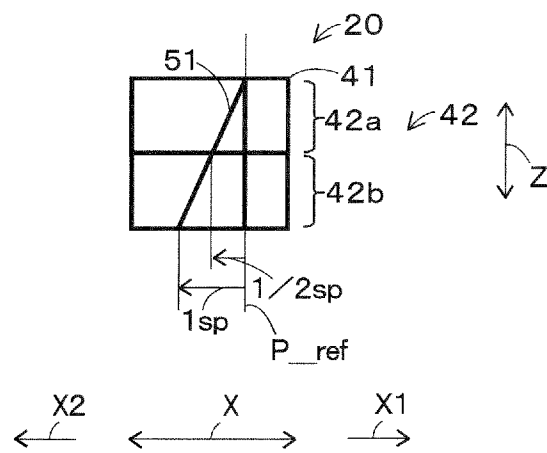
[図8B]



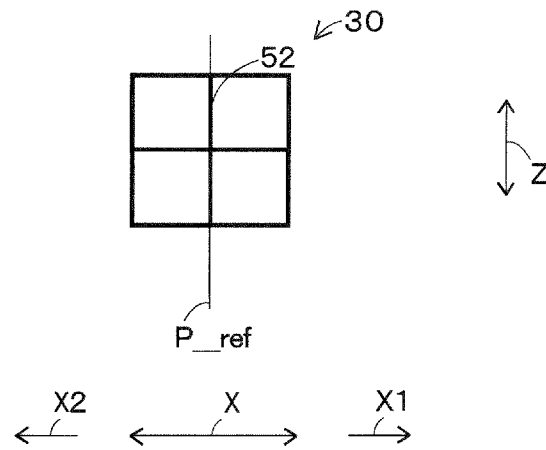
[図8C]



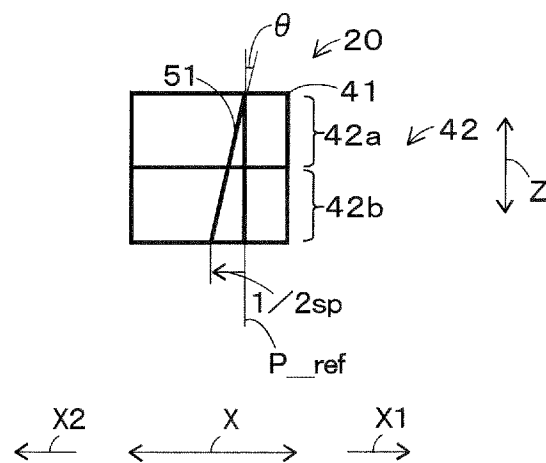
[図9A]



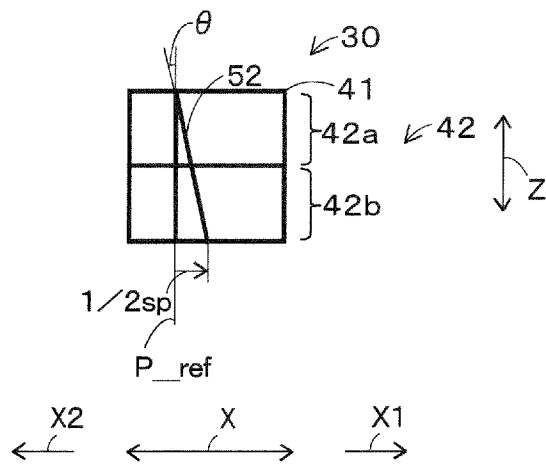
[図9B]



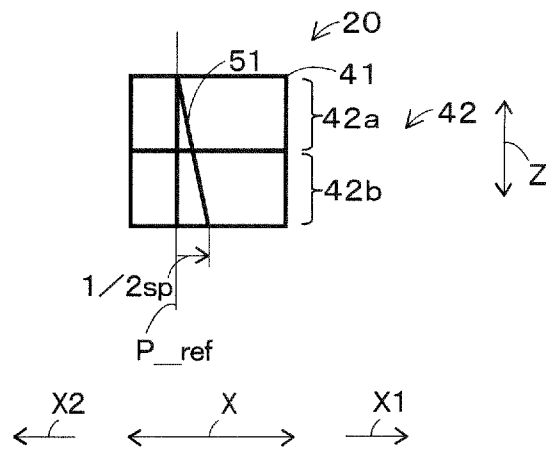
[図10A]



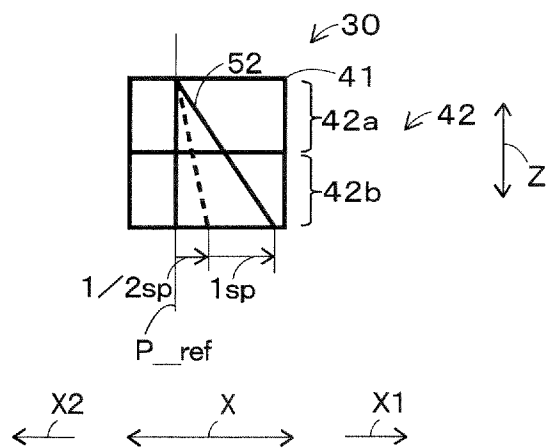
[図10B]



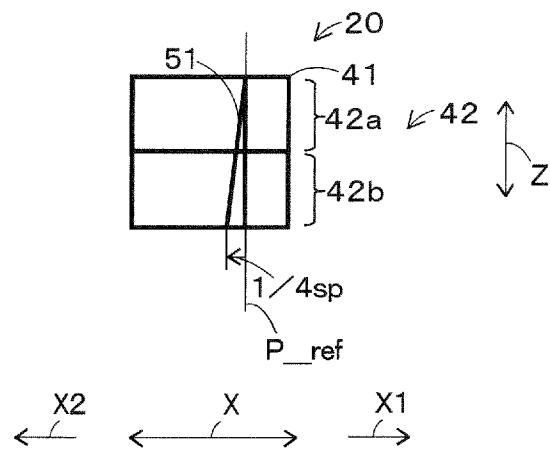
[図11A]



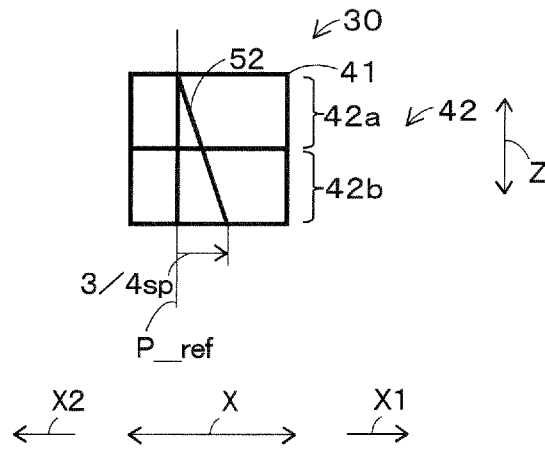
[図11B]



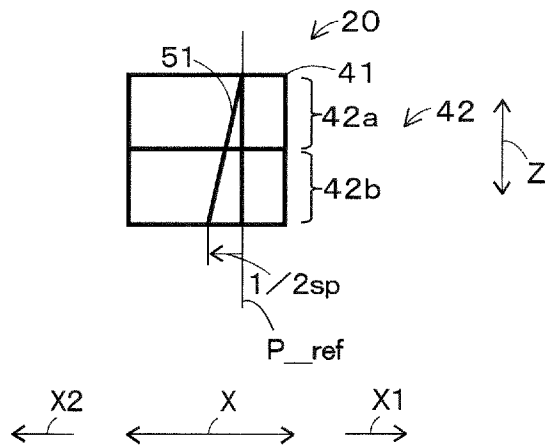
[図12A]



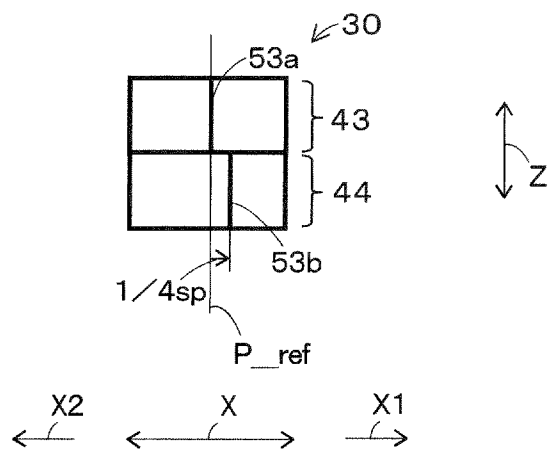
[図12B]



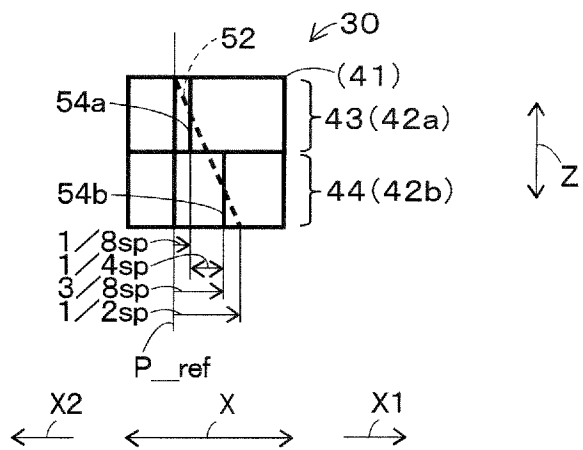
[図13A]



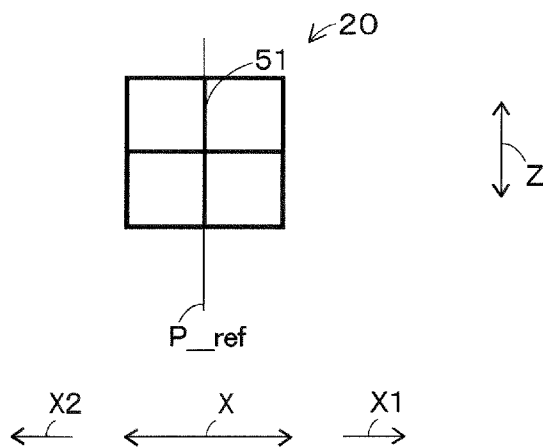
[図13B]



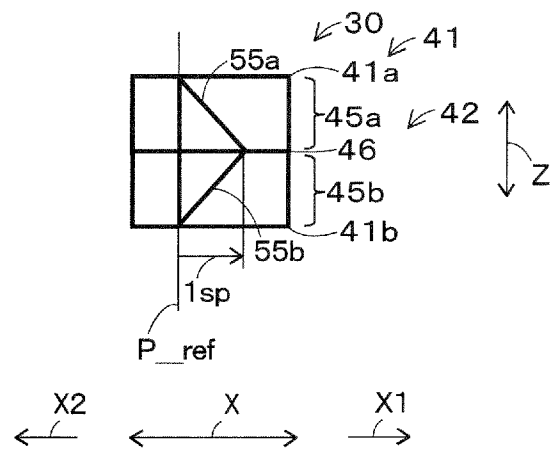
[図13C]



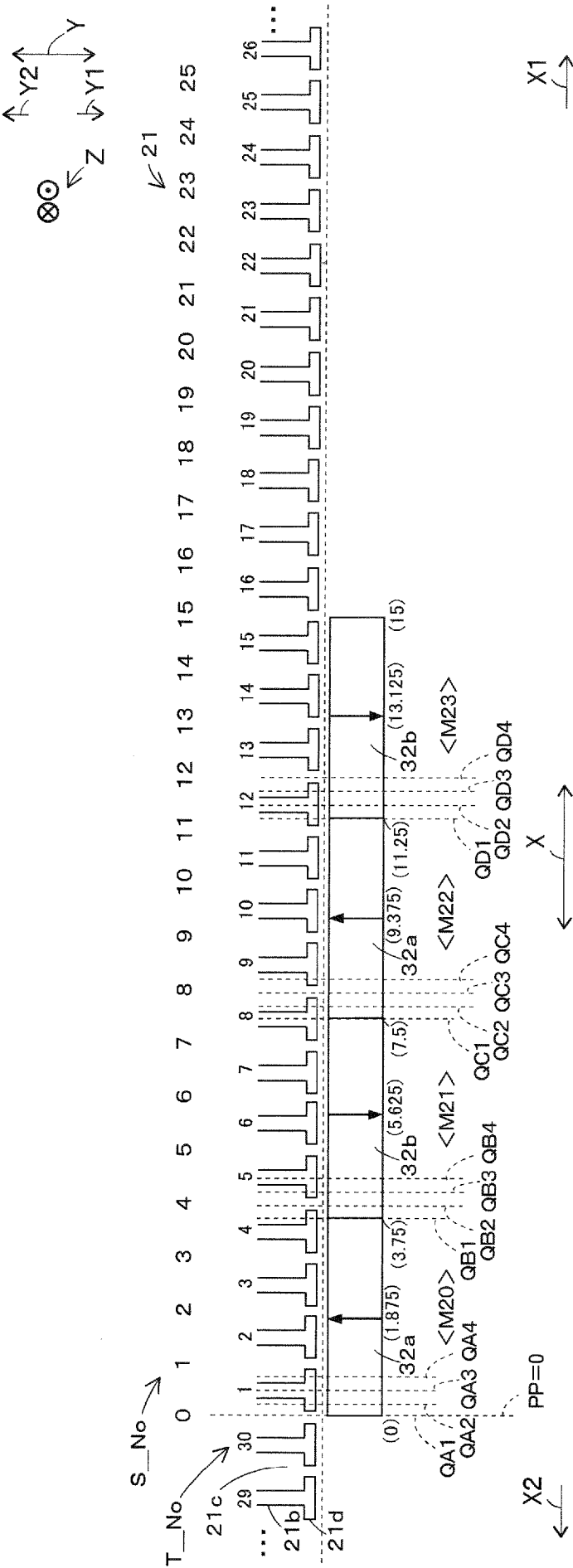
[図14A]



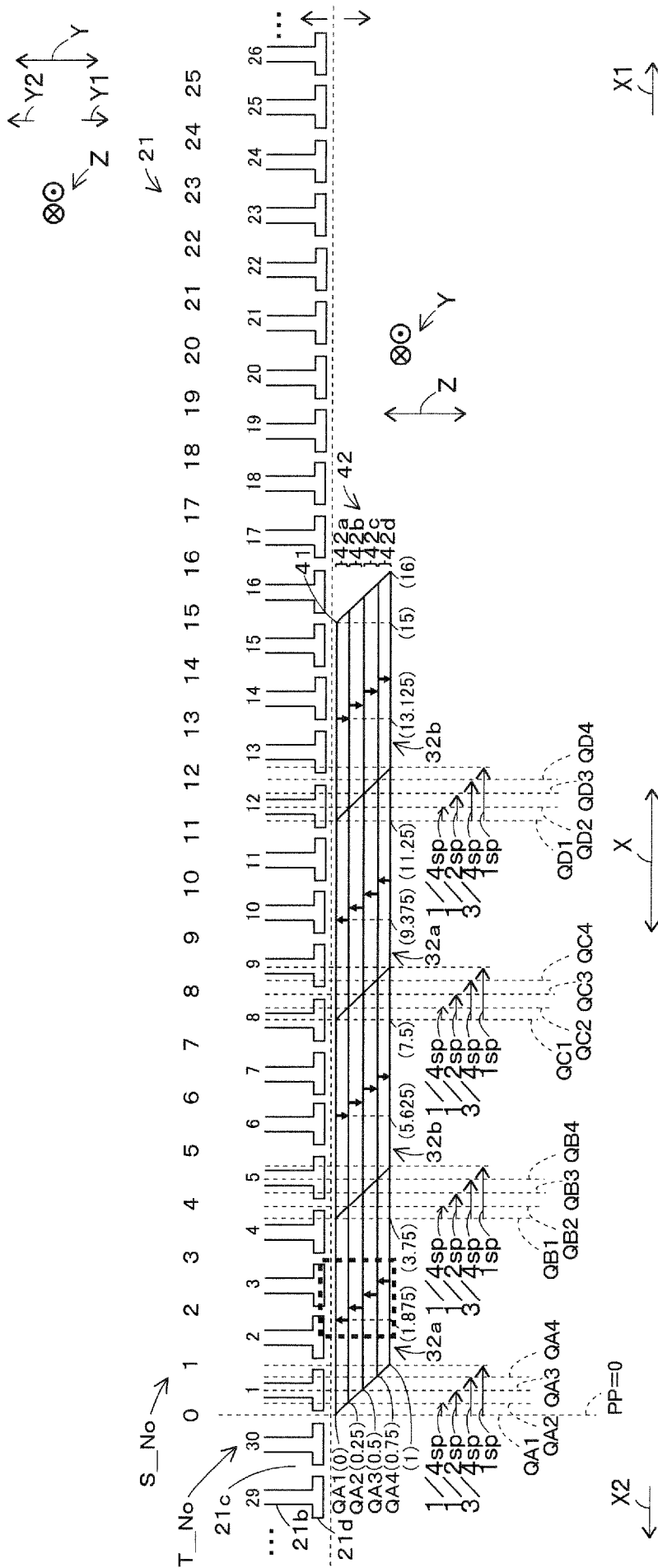
[図14B]



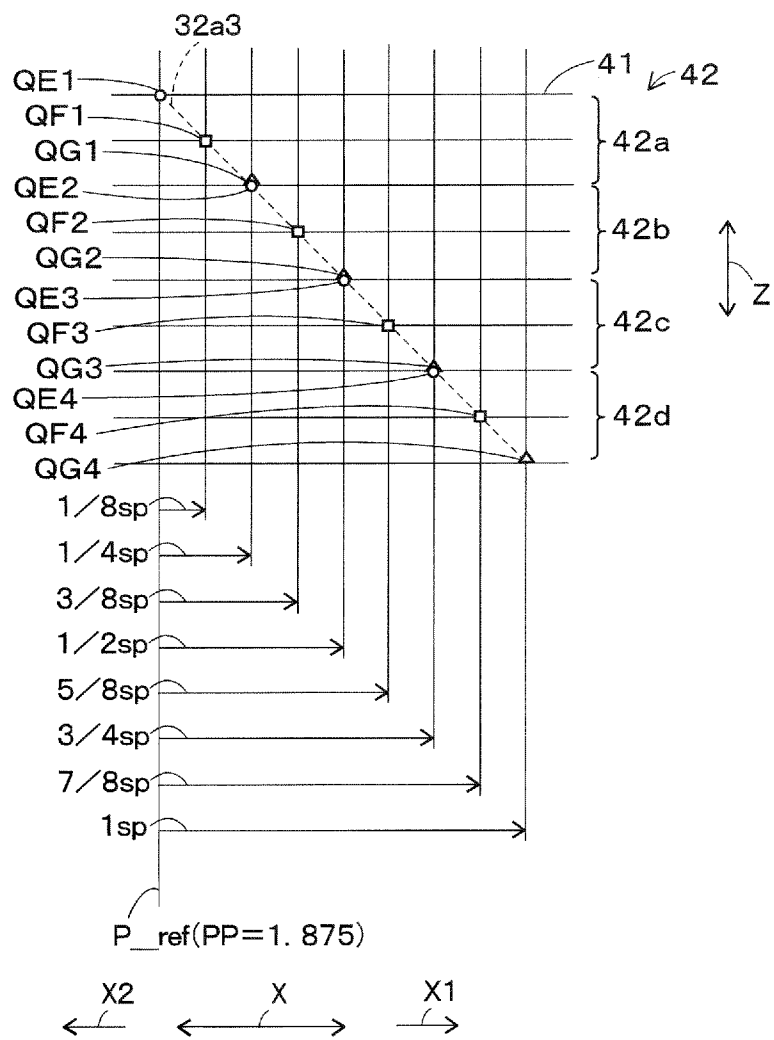
[図15]



[図16A]



[図16B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K1/08 (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)

Int.Cl. H02K1/08, H02K1/27

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	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.
Y	JP 2003-32983 A (TOSHIBA CORP.) 31 January 2003, paragraphs [0005]-[0007] (Family: none)	1-8
Y	JP 2007-166767 A (NAKAMURA INDUSTRIAL CO., LTD.) 28 June 2007, paragraphs [0035]-[0036], fig. 1-3 (Family: none)	1-8
Y	JP 2003-180045 A (MEIDENSHA CORP.) 27 June 2003, paragraphs [0043]-[0051], fig. 5 (Family: none)	1-8



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

"I" 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
05 December 2017 (05.12.2017)

Date of mailing of the international search report
12 December 2017 (12.12.2017)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032144

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-339921 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 07 December 2001, paragraph [0042], fig. 2, 7, 12, 14 & US 2002/0003382 A1, paragraph [0074], fig. 2, 7, 12, 14 & US 2003/0048017 A1 & US 2005/0023919 A1 & DE 10125005 A1 & FR 2809547 A1	1-8
Y	WO 2009/084151 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 July 2009, fig. 2, 9, 12-14 & US 2010/0277026 A1, fig. 2, 9, 12-14 & EP 2234250 A1 & CN 101911444 A	1-8
Y	JP 2006-230116 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 31 August 2006, paragraphs [0039]-[0053], fig. 8-10 (Family: none)	1-8
Y	JP 2001-25209 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 26 January 2001, paragraph [0032], fig. 1-4 (Family: none)	1-8
Y	JP 10-14181 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 16 January 1998, paragraph [0006], fig. 5-6 (Family: none)	1-8
Y	US 2016/0285336 A1 (AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) 29 September 2016, paragraph [0210] & JP 2016-187293 A, paragraph [0179] & DE 102016105549 A1 & CN 106026587 A	1-8
Y	US 2012/0025653 A1 (MAYNEZ, Rafael Octavio) 02 February 2012, paragraphs [0001]-[0002], [0030], fig. 6 (Family: none)	7-8
A	JP 2011-120402 A (HITACHI, LTD.) 16 June 2011, paragraph [0024] & US 2011/0133580 A1, paragraph [0053]	1-8
A	JP 2002-165428 A (TOSHIBA TRANSPORT ENGINEERING INC.) 07 June 2002, paragraph [0010] (Family: none)	1-8
A	JP 2000-278895 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 06 October 2000, fig. 1-3 (Family: none)	1-8
A	JP 2010-119287 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 27 May 2010, paragraphs [0002]-[0003] & US 2010/0117475 A1, paragraphs [0003]-[0006] & US 2011/0001382 A1 & US 2011/0031843 A1 & US 2011/0285239 A1 & US 9035522 B2 & GB 2465054 A & GB 2508971 A & CN 101741158 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K1/08(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. H02K1/08, 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
Y	JP 2003-32983 A（株式会社東芝）2003.01.31, 段落 0005-0007 （ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2007-166767 A（株式会社中村工業所）2007.06.28, 段落 0035-0036, 図 1-3（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2003-180045 A（株式会社明電舎）2003.06.27, 段落 0043-0051, 図 5（ファミリーなし）	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

05.12.2017

国際調査報告の発送日

12.12.2017

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）

小林 紀和

3 V

4 2 4 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
Y	JP 2001-339921 A (三菱電機株式会社) 2001. 12. 07, 段落 0042, 図 2, 7, 12, 14 & US 2002/0003382 A1, 段落 0074, 図 2, 7, 12, 14 & US 2003/0048017 A1 & US 2005/0023919 A1 & DE 10125005 A1 & FR 2809547 A1	1-8
Y	WO 2009/084151 A1 (三菱電機株式会社) 2009. 07. 09, 図 2, 9, 12-14 & US 2010/0277026 A1, 図 2, 9, 12-14 & EP 2234250 A1 & CN 101911444 A	1-8
Y	JP 2006-230116 A (三菱電機株式会社) 2006. 08. 31, 段落 0039-0053, 図 8-10 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2001-25209 A (日産自動車株式会社) 2001. 01. 26, 段落 0032, 図 1-4 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 10-14181 A (富士電機株式会社) 1998. 01. 16, 段落 0006, 図 5-6 (ファミリーなし)	1-8
Y	US 2016/0285336 A1 (AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) 2016. 09. 29, 段落 0210 & JP 2016-187293 A, 段落 0179 & DE 102016105549 A1 & CN 106026587 A	1-8
Y	US 2012/0025653 A1 (MAYNEZ, Rafael Octavio) 2012. 02. 02, 段落 0001-0002, 0030, 図 6 (ファミリーなし)	7-8
A	JP 2011-120402 A (株式会社日立製作所) 2011. 06. 16, 段落 0024 & US 2011/0133580 A1, 段落 0053	1-8
A	JP 2002-165428 A (東芝トランスポートエンジニアリング株式会社) 2002. 06. 07, 段落 0010 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2000-278895 A (日産自動車株式会社) 2000. 10. 06, 図 1-3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2010-119287 A (フォード グローバル テクノロジーズ、リミテッド ライアビリティ カンパニー) 2010. 05. 27, 段落 0002-0003 & US 2010/0117475 A1, 段落 0003-0006 & US 2011/0001382 A1 & US 2011/0031843 A1 & US 2011/0285239 A1 & US 9035522 B2 & GB 2465054 A & GB 2508971 A & CN 101741158 A	1-8