

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：固定子（3）と、両側を支持部（5）によって回転自在に支持された回転軸（6）の上に設けられ、複数の回転子コア（7）に分割された回転子（2）とを有する回転電機であって、複数の前記回転子コアの中で前記回転軸の負荷（100）側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を γ 、前記回転軸の前記負荷側の反対側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を ε とし、前記負荷側の前記支持部から前記負荷側の前記回転子コアまでの距離を α 、前記負荷側の反対側の前記支持部から前記負荷側の反対側の前記回転子コアまでの距離を β とした場合、 $\alpha > \beta$ のとき $\gamma \geq \varepsilon$ であり、 $\alpha < \beta$ のとき $\gamma \leq \varepsilon$ であることにより、電磁加振力に起因する回転子の振動を効果的に抑制することができる。

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] 本願は、回転電機に関するものである。

背景技術

[0002] 産業用および車載用モータにおいて、モータの高出力化、高速化が求められている。これらの要求に応えるモータとして、鉄心のみで構成された突形状を有する堅牢な回転子と、固定子に永久磁石と電機子巻線を備えた回転電機（以後、固定子磁石モータと呼称する）が知られている。従来の固定子磁石モータは、例えば、特許文献1に示すようなものがある。この回転電機では、固定子コアに径方向に着磁された永久磁石を備え、コアが軸方向に分割され、分割された回転子コアと隣接する回転子コアとは突極の位置が半突極ピッチずれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2009／136574号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような固定子磁石モータは、電磁加振力に起因する、回転子の振動増加が課題となる。回転子コアの振動は軸方向に分割するだけでは、効果的に抑制することはできない。回転子の振動を効果的に抑制するためには、例えば、回転子コアの軸方向分割数、および回転子コアの分割比率、あるいは、ベアリング間距離を考慮した回転子コアの分割数および回転子コアの分割比率を適切に決定する必要がある。

[0005] 本願は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、分割された回転子コアの分割数、および回転子コアの分割比率を定め、電磁加振力に起因する回転子の振動を効果的に抑制することができる回転電機を得るこ

とを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本願に係わる回転電機は、固定子と、両側を支持部によって回転自在に支持された回転軸の上に設けられ、複数の回転子コアに分割された回転子とを有する回転電機であって、複数の前記回転子コアの中で前記回転軸の負荷側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を γ 、前記回転軸の前記負荷側の反対側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を ε とし、前記負荷側の前記支持部から前記負荷側の前記回転子コアまでの距離を α 、前記負荷側の反対側の前記支持部から前記負荷側の反対側の前記回転子コアまでの距離を β とした場合、 $\alpha > \beta$ のとき $\gamma \geq \varepsilon$ であり、 $\alpha < \beta$ のとき $\gamma \leq \varepsilon$ であるようにしたものである。

発明の効果

[0007] 本願によれば、回転子コアの分割寸法を支持部から回転子コアまでの距離で条件付けることにより、電磁加振力に起因する回転子の振動を効果的に抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係わる回転電機を示す断面図である。

[図2]実施の形態1に係わる回転電機の回転子を示す模式図である。

[図3]実施の形態2に係わる回転電機の回転子を示す模式図である。

[図4]実施の形態2に係わる回転電機の回転子コアの占有率と分割比の関係を示す図である。

[図5]実施の形態3に係わる回転電機を示す断面図である。

[図6]実施の形態3に係わる回転電機を示す断面図である。

[図7]実施の形態3に係わる回転電機を示す断面図である。

[図8]実施の形態4に係わる回転電機を示す部分断面図である。

[図9]実施の形態4に係わる回転電機の軸方向ギャップ幅とトルク密度の関係を示す図である。

[図10]実施の形態4に係わる回転電機の軸方向ギャップ幅と出力の関係を示

す図である。

[図11]実施の形態5に係わる回転電機を示す部分断面図である。

[図12]実施の形態6に係わる回転電機を示す部分断面図である。

[図13]実施の形態7に係わる回転電機を示す部分断面図である。

[図14]実施の形態8に係わる回転電機を示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 実施の形態1.

以下、実施の形態1に係わる回転電機について説明する。図1は、本願の実施の形態1による回転電機を示す断面図である。図1において回転電機1は回転子2と回転子2を囲む筒状の固定子3と、フレーム4に設けられ回転子2を支持する一対の支持部5とを備えている。回転子2は回転軸6と回転子コア7を有しており、回転子コア7は焼き嵌めまたは圧入などにより回転軸6に固定されている。回転子コア7は電磁鋼板が回転軸6の軸方向に沿って積層されて構成されている。また、固定子側に突出する突極により構成された複数の突極を備えている。回転軸6は両端の支持部5であるベアリング51、52により支持されている。回転軸6の両端の一方は、負荷100となる対象物と結合するため、フレーム4から飛び出している。以後、回転軸6が飛び出している方向を負荷100側と呼称する。また、回転軸6の他端を負荷100側の反対側と呼称する。負荷100側の回転軸6にはエンコーダなどが取り付けられている場合がある。また、回転軸6を保護するためのカバー10が取り付けられている場合がある。

[0010] 固定子3は回転子コア7の外周を覆うように設けられ、回転子コア7に対向して設けられた固定子コア8と固定子コア8を軸方向に巻線された固定子コイル30を有する。エアギャップ11は、回転子コア7の外周面と固定子コア8の内周面の隙間である。また、負荷100側と負荷100側の反対側では、回転子コア7と回転軸6の支持部5までの距離が異なっている。図1においては、負荷100側の回転子コア7と支持部5であるベアリング51の距離は、負荷100側の反対側の回転子コア7と支持部5であるベアリン

グ52の距離よりも長くなっている。

[0011] 回転子コア7、および固定子コア8は軸方向にそれぞれ3分割されている。分割された回転子コア7を負荷100側から回転子コア71、72、73とする。また、対向する分割された固定子コア8を負荷100側から固定子コア81、82、83とする。さらに、回転子コア71のコア幅を γ 、回転子コア72のコア幅を δ 、回転子コア73のコア幅を ε 、負荷100側の回転子コア71の端部から負荷100側の支持部5であるベアリング51の中心部までの距離を α 、負荷100側の反対側の回転子コア73の端部から負荷100側の反対側の支持部5であるベアリング52の中心部までの距離を β とする。

[0012] ここで、ベアリングが2つ以上ある場合の、回転子コア端部からベアリングの中心部までの距離の定義について説明する。図2は、支持部5であるベアリング51a、51bを2つ負荷100側に有する場合の、回転子とベアリングを示す模式図である。負荷100側のベアリング51a、51bに着目すると、回転子コア71の端部から、ベアリング51aの中心部までの距離を α_1 とし、回転子コア71の端部から、ベアリング51bの中心部までの距離を α_2 とすると、回転子コア71の端部からベアリングまでの距離 α は、 α_1 と α_2 の平均値とすればよい。図2では、負荷100側にベアリングを2つ有している場合について、説明したがベアリングの数が片側3つ以上に増えても、回転子コア7の端部から支持部5までの距離は同様に回転子コア7の端部から各ベアリングまでの距離の平均と定義することができる。

[0013] 以上のような実施の形態1で示す回転電機において、 $\alpha > \beta$ の時、 $\gamma \geq \varepsilon$ を満たしていること、または $\alpha < \beta$ の時、 $\gamma \leq \varepsilon$ を満たしていることを条件とする。この条件を満たすことにより、曲げモード3次に起因する回転子2の振動を効果的に抑制することができる。

[0014] ここで、曲げモードとは振動の形態を表している。つまり、回転子がどのように変形（振動）するかを表している。曲げモードは、一般的に固有振動数が、小さい方からモード1次、モード2次、モード3次で表される。例え

ば、曲げモード1次は、回転子コア7が偏心しつつ、回転子2の全体が軸方向中央部を腹として弓なりに変形する形態である。また、曲げモード2次とは、回転子2の全体が軸方向に垂直な方向のまわりに回転しつつ、回転子2が波状に変形する形態である。曲げモード3次とは、回転子2が軸方向中央部を腹として波状に変形しつつ軸方向中央部の腹と支持部5の位相が逆位相となる形態となる。波状変形の波長はモード次数が高くなるほど短くなる。

[0015] また、固有振動数とは1秒間に物体が自由振動する回数のことであり、固有周波数とも呼ばれている。回転子2は、電磁加振力などの外力の周波数と固有振動数が一致すると、共振し、振動が増加する。つまり、回転子2の振動を効果的に抑制するためには、振動が増加する要因となる曲げモードを把握して、そのモードを抑制することが重要である。

回転子2と固定子3による電磁加振力は分割された回転子コア7ごとに回転して作用するように構成される。そうすれば、回転子コア7の分割数を3つとした場合、軸方向両端の回転子コア7 1、7 3と中央の回転子コア7 2の電磁加振力のバランスを保つことによって曲げモード1次の振動を防ぐことができる。また、回転子2と固定子3による電磁加振力が軸方向にほぼ均等の大きさであるとすれば、 $\gamma + \varepsilon : \delta$ の比がほぼ1 : 1の関係になることが必要となる。一方、回転子コア7 2の電磁加振力が軸方向中央部に加わり、その逆方向の電磁加振力が支持部5に近い両側の回転子コア7 1、7 3が加わるという配置にすると、波長の短い曲げモード3次の振動を助長する形となる。そのため、回転数が高くなると曲げモード3次に起因する振動が強くなるという懸念がある。

$\alpha > \beta$ の場合、曲げモード1次および曲げモード3次の軸方向中央部に生じる腹は、図1における回転子コア7 3右端のコア端よりも回転子コア7 1左側のコア端に近い位置となる。そこで、曲げモードの腹となる軸方向中央部に近い回転子コア7 1の軸長をより長くし、支持部5に近い回転子コア7 3の軸長を短くする。そうすることで $\gamma + \varepsilon : \delta$ の比率を変えずに回転子コア7 1および7 3の電磁加振力で、曲げモード3次の振動を抑えることがで

きる。つまり、 $\gamma \geq \varepsilon$ を満たすことにより軸方向中央部と支持部5の近傍を、回転子コア7 1、7 3の電磁加振力で抑え込むことになる。そのため、曲げモード3次に起因する振動を効果的に低減することができる。また、 $\alpha < \beta$ の時、 $\gamma \leq \varepsilon$ とするのも同じ理由である。

[0016] なお、図1では回転子コア7の分割数を3つとしているが、特に分割数を限定するものではない。例えば、2分割の場合では、同じ条件を適用することで、曲げモード2次と曲げモード4次の振動を低減することができるため、回転子2の振動を効果的に抑制することができる。

[0017] 実施の形態2.

実施の形態2では、図1に示す回転電機1について、回転子コア7の分割比率について説明する。回転子コア7、及び固定子コア8は軸方向にそれぞれ3分割されている。回転子コア7のコアの軸方向寸法は実施の形態1で述べたように、回転子コア7 1のコア幅が γ 、回転子コア7 2のコア幅が δ 、回転子コア7 3のコア幅が ε である。これらの寸法に対し、 $\gamma + \varepsilon : \delta = 2 : 1$ 、6から1.9の範囲を満たすことを条件とする。この条件を満たすことにより、回転子コア7 1と回転子コア7 3に生じる電磁加振力は、回転子コア7 2に生じる電磁加振力と打ち消し合うことができる。つまり、曲げモード1次による振動を低減することができる。

[0018] つぎにその理由について説明する。図3は実施の形態2で説明する回転電機1の簡易モデルを示したものである。電磁加振力 $\phi(\omega)$ による曲げモード1次の振動を低減させるためには、それぞれの分割された回転子コア7の電磁加振力が打ち消されるようにすればよいので、(1)式を満たすように回転子コア7の全長を h として分割位置 p と分割位置 q を決定すればよい。

[数1]

数 1

$$\int_0^h \phi(\omega) d\omega = 2 \int_p^q \phi(\omega) d\omega \quad (1)$$

[0019] つぎに、 $\gamma + \varepsilon : \delta = 2 : 1$ 、 1.6 から 1.9 の範囲とした理由について説明する。図4は縦軸を分割比 κ （ κ は $\gamma + \varepsilon : \delta = 2 : \kappa$ の関係を満たす数値）とし、横軸を回転子コア占有率 η （ η は（回転子コア7のコア幅の合計）／（負荷100側のベアリング51から負荷100側の反対側のベアリング52までの距離）とした数値）とした場合の図である。また、図のグラフは、回転軸6の太さを変えたときに、電磁加振力が打ち消される（1）式を満足する値をプロットしたものである。

[0020] 図4において、製品として回転軸6の回転子コア7の周りに付属する部品から回転子コア占有率 η は 0.3 から 0.7 の範囲が現実的である。このグラフから電磁加振力を打ち消すための分割比 κ は、 1.6 から 1.9 の間にあると考えられる。従って、回転子コア7を3分割にしたときの分割は $\gamma + \varepsilon : \delta = 2 : 1.6$ から 1.9 の範囲であるという関係にすることが望ましい。これにより、曲げモード1次に起因する回転子2の振動を効果的に抑制することができる。なお、これまで言及していなかったが、回転子コア7を3分割にすることにより、曲げモード2次に起因する振動を抑制する効果もある。すなわち、軸方向中央部を原点として軸方向の負荷100側の支持部5と負荷100側の反対側の支持部との間で逆位相となる曲げモード2次による変形を、両端の回転子コア71、73による電磁加振力で抑え込むことができる。

以上により、本実施の形態2によれば曲げモード1次および曲げモード2次に起因する回転子2の振動を効果的に抑制することができる。

[0021] 実施の形態3.

図5は、図1のA-A線に沿った矢視断面図である。図5において、固定子3は、電磁鋼板が積層方向に沿って積層されて構成された磁性体である固定子コア8と、固定子コアに設けられている固定子コイル30および固定子コアに設けられている永久磁石12とを有している。固定子コア8は筒状のコアバック部13と内周側に等間隔に開口したスロット14とティース部15を有している。ティース部15はコアバック部13から回転子コア7の側

に突出して、回転電機 1 の周方向について互いに間隔をおいて配置されている。永久磁石 12 は各ティース部 15 の中央から固定子コア 8 のコアバック部 13 まで軸方向に分断して配置されている。また、互いに隣り合う 2 つのティース部 15 に配置されている永久磁石 12 同士は磁極の向きが互いに向き合うように、たとえば N 極と N 極が対向するように着磁されて配置されている。図の上では、永久磁石 12 の磁極の向きを S 極から N 極への矢印で示している。

[0022] 巻線はティース部 15 と永久磁石 12 を共に包み込むようにしてスロット 14 を通して巻線されている。巻線方法は回転子の主極の数とスロット 14 の数の組み合わせに応じて集中巻または分布巻を選択する。図 5 では、複数の固定子コイル 30 は、U 相、V 相、W 相の 3 相に分けられており、同相の固定子コイル 30 は、直列に接続されている。また、複数の固定子コイル 30 は、固定子 3 の周方向について、U1、V1、W1、U2、V2、W2 の順に配置されている。また、複数の固定子コイル 30 は、集中巻によってティース部 15 に巻かれている。図の中で、各スロット 14 の固定子コイル 30 に流れる電流の向きは記号で示されている。

[0023] 回転子コア 7 は回転軸 6 の周りに配置され、回転子コア 7 の周方向に等角ピッチで固定子側に突出した突極 9 を有している。図 5 では、回転子コア 7 の突極 9 の数が 5、スロットの数と永久磁石 12 の極数が共に 6 となっているが、本願はそれぞれの数の組み合わせを限定するものではない。さらには永久磁石 12 を各ティース部 15 の中央部に配置したが、固定子 3 のいずれの位置に配置されていても本願の効果を発揮することができる。

[0024] 図 6 は、実施の形態 3 による回転電機 1 の断面図である。図 6 において、固定子コア 8 及び回転子コア 7 は軸方向に分割されている。分割された固定子コア 8 を負荷 100 側から固定子コア 81、固定子コア 82、固定子コア 83 とした時、固定子コア 82 に挿入されている磁石の着磁方向は、固定子コア 81 及び固定子コア 83 に挿入されている永久磁石 12 の着磁方向に対して反転している。また、分割された回転子コア 7 を負荷 100 側から回転

子コア 7 1、回転子コア 7 2、回転子コア 7 3とした時、回転子コア 7 2は回転子コア 7 1及び回転子コア 7 3に対して突極 9の周方向の位置が $1/2$ ピッチずれた構成となっている。以上の構成を軸方向に垂直な断面で表すと、図 6の A-A線に沿った矢視断面図および C-C線に沿った矢視断面図が図 5になり、図 6の B-B線に沿った断面図が図 7になる。

[0025] この構成により、回転子コア 7 1と回転子コア 7 3に生じる電磁加振力の方向は回転子コア 7 2に生じる電磁加振力の方向とは逆になる。すなわち、回転子コア 7 1と回転子コア 7 3に生じる電磁加振力は、回転子コア 7 2に生じる電磁加振力と打ち消し合うので、曲げ 1次モードを抑制することができ、曲げ 1次モードに起因する回転子の振動を効果的に抑制することができる。

[0026] 実施の形態 4.

図 8は、実施の形態 4による回転電機 1の部分断面図であり、永久磁石 1 2は断面で示されている。図 8において、固定子コア 8のコア間には軸方向に、固定子コア 8の軸方向の全長に対して、4%以上の軸方向ギャップ 1 6がある構成となっている。分割された固定子コア 8は軸方向に隣り合う同士で、永久磁石 1 2の着磁方向が異なる。すなわち、隣接する固定子コア 8の軸方向の間で磁束の短絡 2 0が発生し、有効磁束が減少することでコア体積あたりの出力が低下してしまう。例えば、固定子コア 8 1と固定子コア 8 2という軸方向に隣り合う固定子コア 8の間に軸方向ギャップ 1 6を設けることにより、固定子コア 8の軸方向の間の磁束の短絡 2 0を防止することができるので、コア体積あたりの出力の低下を防ぐことができる。

[0027] 図 9は固定子コア 8の体積あたりの回転電機 1の出力のトルク密度と固定子コア 8の全長に対する軸方向ギャップ 1 6の割合の関係を示したものである。図 9において、固定子コア 8の全長に対する軸方向ギャップ 1 6の割合が大きくなるにつれて、固定子コア 8の体積あたりの出力が増加していることを示している。また、図 10は回転電機 1の出力と固定子コア 8の全長に対する軸方向ギャップ 1 6の割合の関係を示したものである。図 10によれ

ば、好ましくは固定子コア 8 の全長に対する軸方向ギャップ 1 6 の割合は出力が最も高くなる、4 %から 8. 5 %の範囲がよいことがわかる。

[0028] また、軸方向ギャップ 1 6 はスペーサで埋めてもよいし、埋めなくてもよい。埋める場合、スペーサは樹脂などの非磁性であることが望ましい。なぜなら、磁性体を使用する場合は、渦電流損失が発生するため、スペーサの温度が上昇し、隣接する、回転子コア 7、固定子コア 8、および永久磁石 1 2 の温度が上昇してしまう。強度の観点からスペーサに樹脂が使えない場合は、非磁性の金属を使ってもよい。なお、非磁性の金属を用いて渦電流損失が発生する場合は薄板を積層してもよい。

[0029] 実施の形態 5.

図 1 1 は、実施の形態 5 による回転電機 1 の部分断面図である。図 1 1 において、軸方向に分割された固定子コア 8 に対向する回転子コア 7 の軸方向幅が、固定子コア 8 の軸方向幅よりも小さい構成となっている。例えば、固定子コア 8 2 の永久磁石 1 2 は、固定子コア 8 1 と固定子コア 8 3 の永久磁石 1 2 に対して着磁方向が反転している。このため、例えば、回転子コア 7 2 とこれに対向していない固定子コア 8 1 と、エアギャップ 1 1 の間で磁束の短絡 2 0 が発生し、負のトルクが発生することで出力が低下してしまうことがあり得る。分割された回転子コア 7 の長さを対向する固定子コア 8 の長さよりも短い構成とすることにより、回転子コア 7 とその回転子コア 7 に対向していない固定子コア 8 とのエアギャップ 1 1 の間で、磁束の短絡 2 0 が生じることを防止できるので、出力の低下を抑制することができる。また、回転子 2 の質量を減少させることができるので、回転速度の限界を増加させることができる。

[0030] また、回転速度の限界を増加させると、回転軸 6 の外径を小さくできる。ここで、回転子 2 の質量を減少させることで、回転軸 6 の外径を小さくできる理由について説明する。

回転速度の限界 N_c は (2) 式から計算することができる。

[数2]

数 2

$$\left. \begin{aligned} N_c &= \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} \\ k &= \frac{3EIL}{L_1^2 L_2^2} \\ I &= \frac{\pi a^4}{4} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) 式において、Mは回転子2の質量、Lはベアリングの支持間距離、L₁は支持の片端から回転子2の重心までの距離、L₂は支持の反対側の端から重心までの距離、Eは縦弾性係数、Iは断面2次モーメント、aは回転軸半径である。

[0031] よって、設計する回転速度の限界N_cが決まっていれば、回転子2の質量が減少した分、回転軸6の外径を小さくすることができる。また、回転軸6の外径を小さくすることにより回転子コア7の突極9間である周方向凹部を深く形成できる。あるいは、回転子コア7の凹部外径から回転軸6と接する凹部内径までの距離を大きくとることが可能となる。これらの関係を調整することにより、回転子コア7の突極9間に発生する磁束が通りやすくなり、固定子3からの起磁力を効率よく回転子7のトルク発生に使用できるため、回転電機1の出力を増加させることができる。

以上に説明したように、実施の形態5のように構成することで、回転電機1の小型化、高回転化、高出力化につながる。

[0032] 実施の形態6.

図12は、実施の形態6による回転電機1の部分断面図である。図12において、軸方向に分割された前記固定子コア8と対向する前記回転子コア7

の突極とのそれぞれの対向面の軸方向端部が面取り 21 された構成となっている。この構成により、回転子コア 7 に対向していない固定子コア 8 とエアギャップ 11 の間で生じる磁束の短絡 20 を防止することができる。磁束の短絡 20 の経路となりうる、回転子コア 7 の外周と、固定子コア 8 の内周の両端の角部を面取り 21 することで、回転子コア 7 の全体のコア幅を短くする必要がないので、出力を低下させることなく磁束の短絡 20 を防止することができる。なお、分割されたコアの両端全てに面取りをする必要はなく、特性を確認しながら適宜実施すればよい。また、面取りでなくフィレットでも同様の効果を得ることができる。

[0033] 実施の形態 7.

図 13 は、実施の形態 7 による回転電機 1 の部分断面図であり、永久磁石 12 は断面で示されている。図 13 において、分割された固定子コア 8 に挿入されている永久磁石 12 の軸方向長さは、固定子コア 8 のコア幅よりも短い構成となっている。磁石の磁束が軸方向ギャップ 16 に漏れると、永久磁石 12 の両端は有効磁束に寄与しない。この構成により、有効磁束に寄与しない永久磁石 12 の長さを短くすることができるので、磁石量を減らせ、コストを低減することができる。なお、図 9 では固定子コア 8 に対して両端から均一に磁石を短くしているが、どちらか一方の永久磁石 12 の端だけ短くしてもよい。

[0034] 実施の形態 8.

図 14 は、実施の形態 8 による回転電機 1 の部分断面図であり、永久磁石 12 は断面で示されている。図 14 において、分割された固定子コア 8 に挿入されている永久磁石 12 の軸方向長さは、固定子コア 8 のコア幅よりも長い構成となっている。永久磁石 12 の磁束が軸方向に漏れると、有効磁束が減少してしまう。この構成により、磁石量を増やすことができるので、有効磁束が増加し、出力を向上させることができる。なお、図 14 では固定子コア 8 に対して両端から均一に永久磁石 12 を長くしているが、どちらか一方の磁石の端だけ長くしてもよい。

[0035] 本願は、様々な例示的な実施の形態および実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0036] 1 回転電機、2 回転子、3 固定子、30 固定子コイル、4 フレーム、5 支持部、51, 51a, 51b, 52 ベアリング、6 回転軸、7, 71, 72, 73 回転子コア、8, 81, 82, 83 固定子コア、9 突極、10 カバー、11 エアギャップ、12 永久磁石、13 コアバック部、14 スロット、15 ティース部、16 軸方向ギャップ、20 磁束の短絡、100 負荷。

請求の範囲

- [請求項1] 固定子と、両側を支持部によって回転自在に支持された回転軸の上に設けられ、複数の回転子コアに分割された回転子とを有する回転電機であって、
- 複数の前記回転子コアの中で前記回転軸の負荷側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を γ 、前記回転軸の前記負荷側の反対側の端に配置された前記回転子コアの軸方向幅を ε とし、
- 前記負荷側の前記支持部から前記負荷側の前記回転子コアまでの距離を α 、前記負荷側の反対側の前記支持部から前記負荷側の反対側の前記回転子コアまでの距離を β とした場合、
- $\alpha > \beta$ のとき $\gamma \geq \varepsilon$ であり、 $\alpha < \beta$ のとき $\gamma \leq \varepsilon$ であることを特徴とする回転電機。
- [請求項2] 固定子と、両側を支持部によって回転自在に支持された回転軸の上に設けられ、3つの回転子コアに分割された回転子とを有する回転電機であって、
- 前記3つの回転子コアの軸方向幅を前記回転軸の負荷側から γ 、 δ 、 ε とした場合、
- $\gamma + \varepsilon : \delta$ が2 : 1. 6から1. 9の範囲であることを特徴とする回転電機。
- [請求項3] 前記固定子は、前記回転子コアの軸方向の位置に合わせて複数の固定子コアに分割され、
- 前記固定子コアは、内周側に等間隔に開口したスロットと内周側に等間隔に突き出たティース部を有し、さらに前記回転子に面する前記ティース部の中央から前記固定子コアの外周となるコアバック部まで軸方向に分断し、前記ティース部ごとに磁極が互いに向き合うように着磁された永久磁石を有し、
- 前記永久磁石は軸方向に分割された前記固定子コアごとに磁極を反転させて設けられ、

前記回転子コアは、周方向に等角ピッチで配置された突極を有し、前記軸方向に分割された前記回転子コアごとに、前記突極の位置が周方向に $1/2$ ピッチずれていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の回転電機。

[請求項4] 軸方向に分割された前記固定子コアの隣り合うコア間の軸方向ギャップは、前記固定子コアの軸方向の全長の 4 % 以上であることを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機。

[請求項5] 軸方向に分割された前記固定子コアに対向する前記回転子コアの軸方向幅が、前記固定子コアの軸方向幅よりも小さいことを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機。

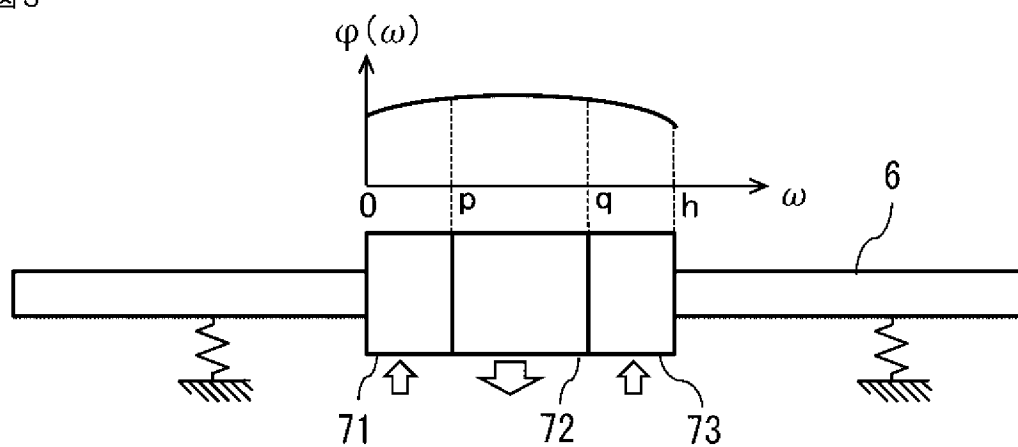
[請求項6] 軸方向に分割された前記固定子コアと対向する前記回転子コアの突極とのそれぞれの対向面の軸方向端部が面取りされていることを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機。

[請求項7] 前記固定子コアに設けられた前記永久磁石の軸方向長さは、前記固定子コアの軸方向幅よりも短いことを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機。

[請求項8] 前記固定子コアに設けられた前記永久磁石の軸方向長さは、前記固定子コアの軸方向幅よりも長いことを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機。

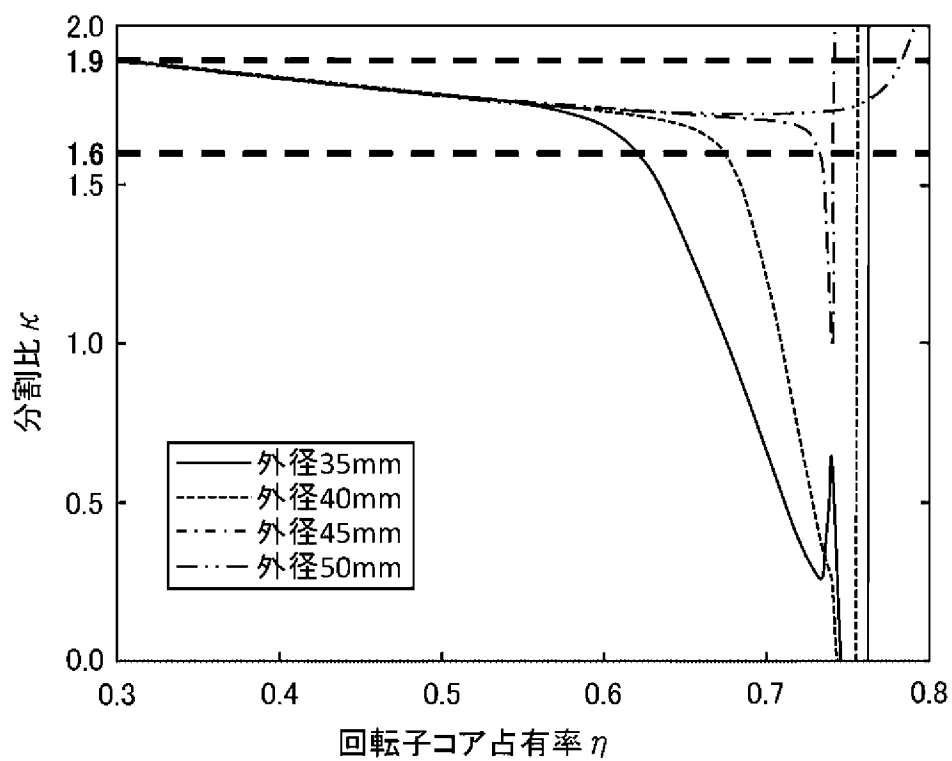
[図3]

図 3



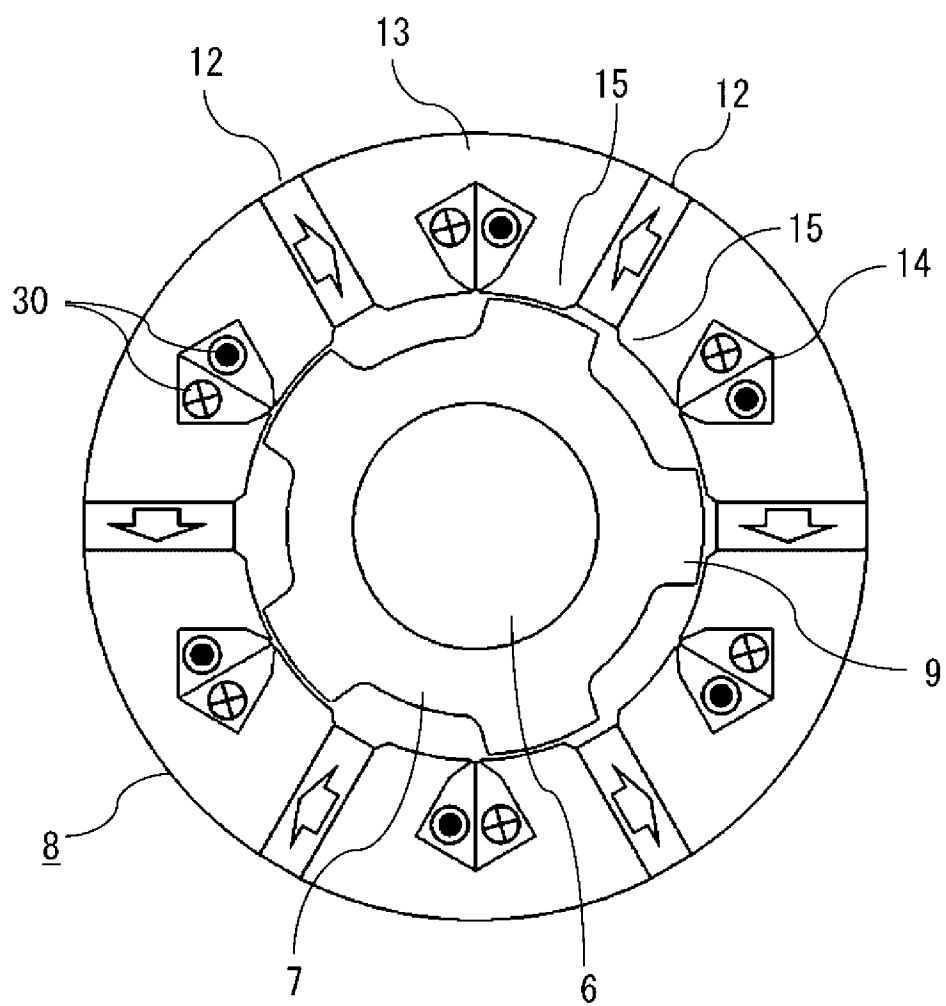
[図4]

図 4



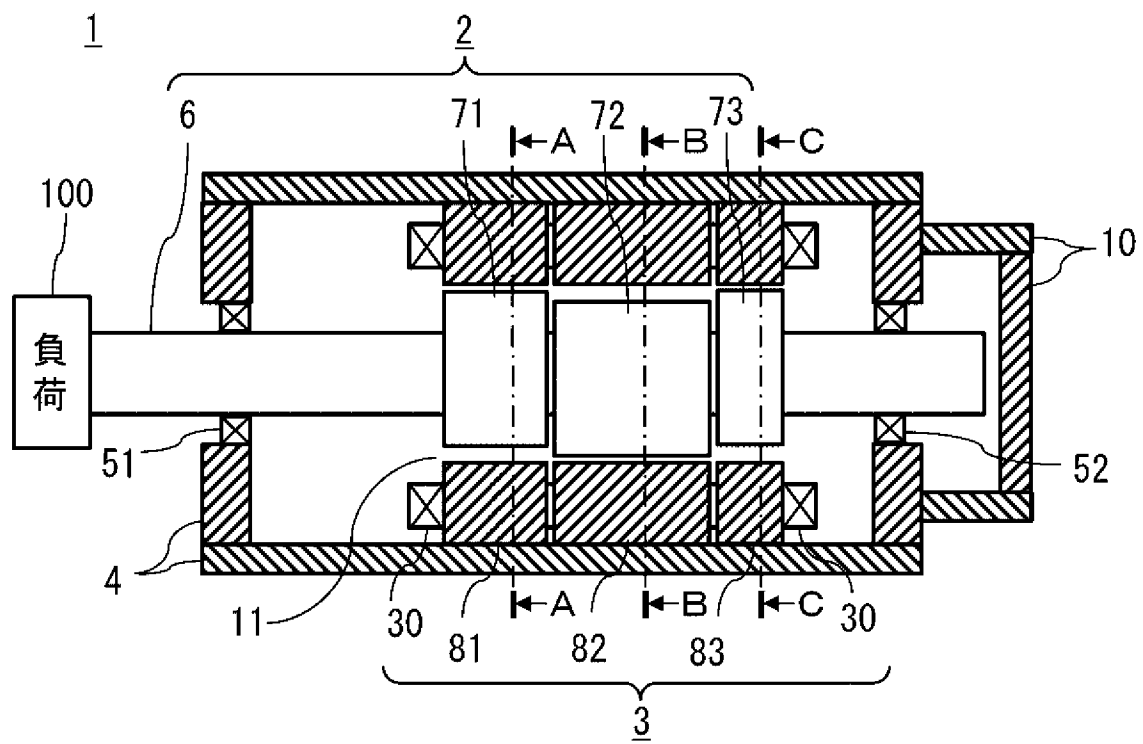
[図5]

図 5



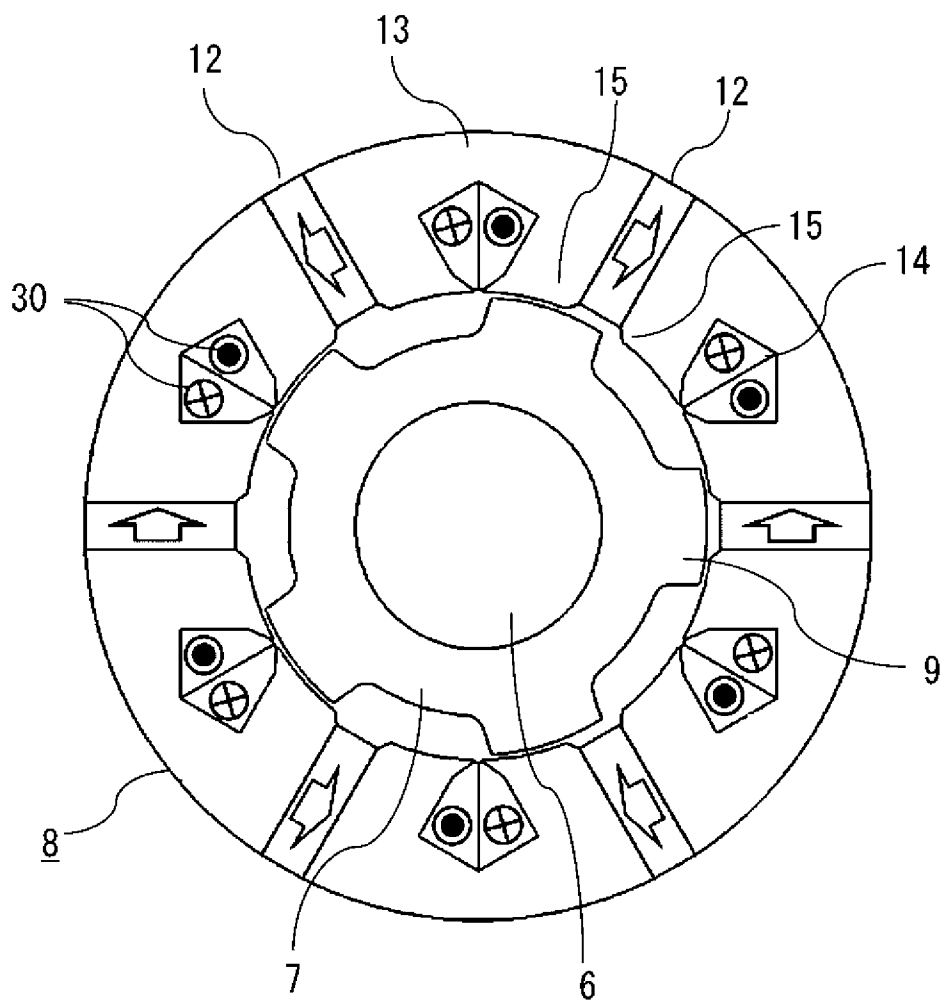
[図6]

図 6



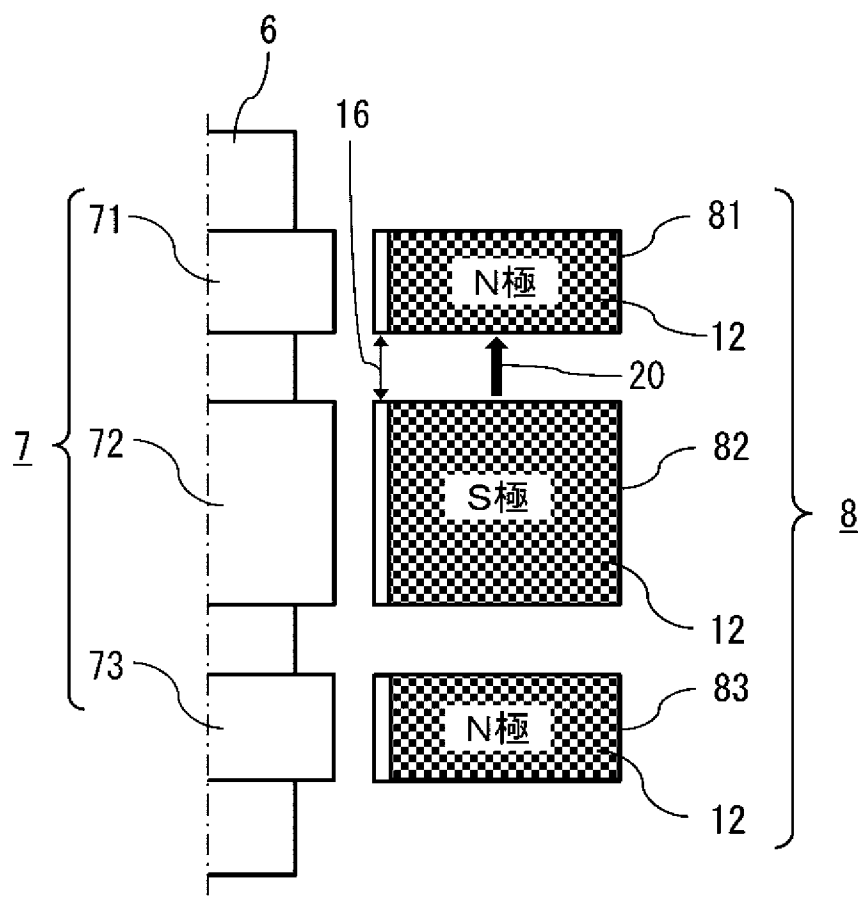
[図7]

図 7



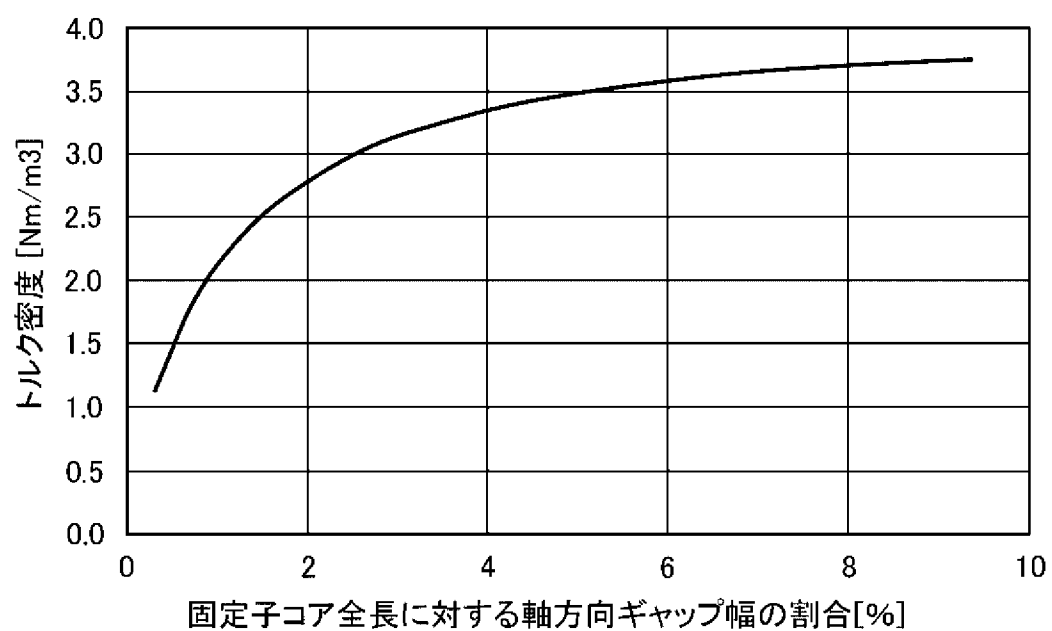
[図8]

図 8



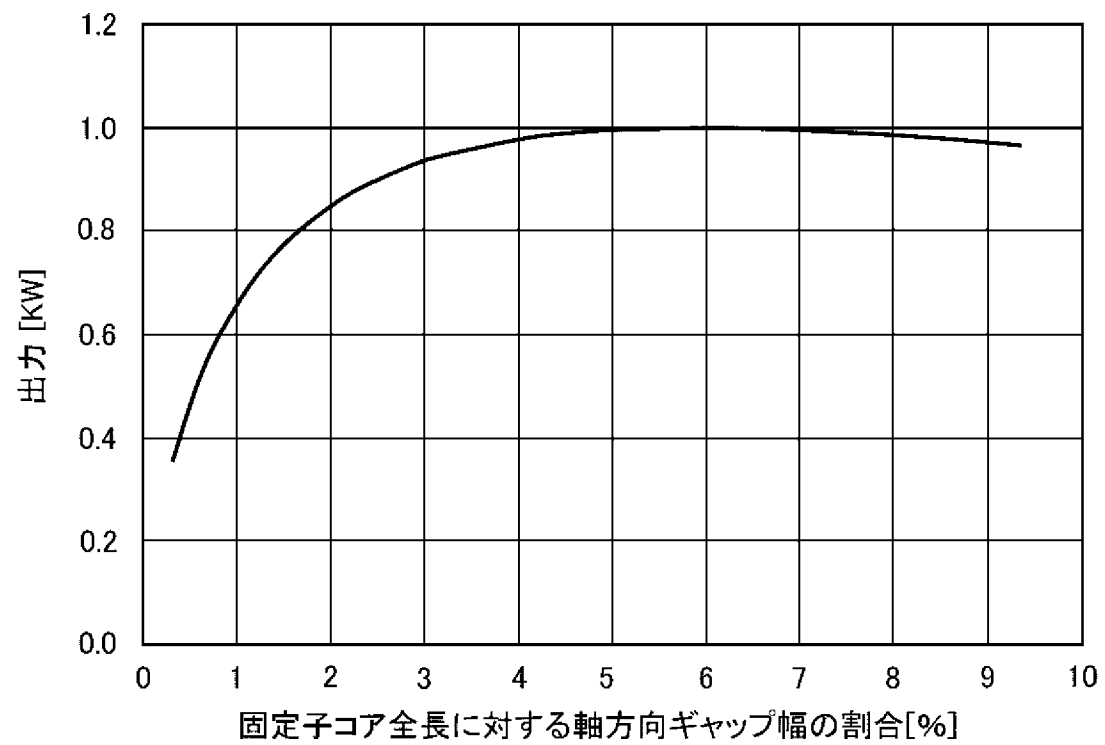
[図9]

図 9



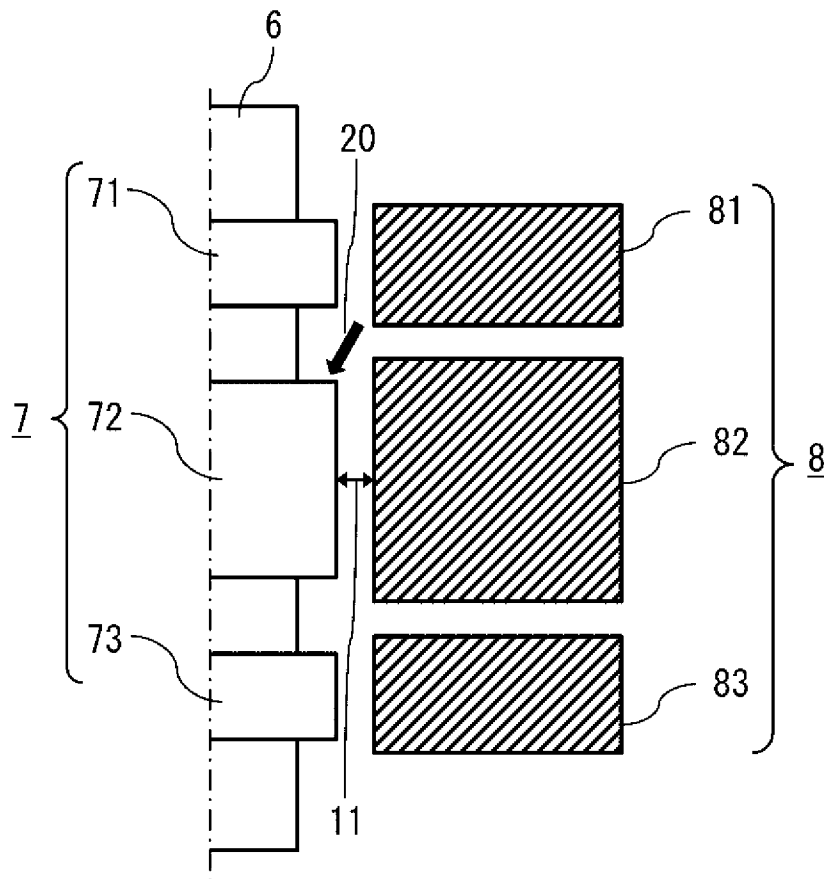
[図10]

図 10



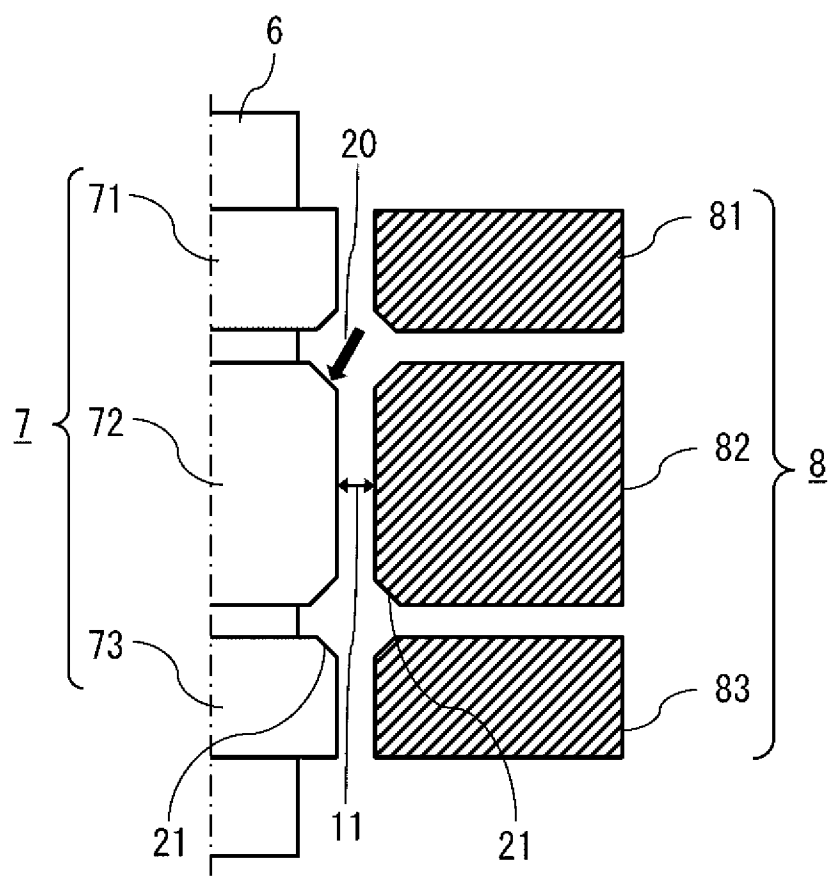
[図11]

図 11



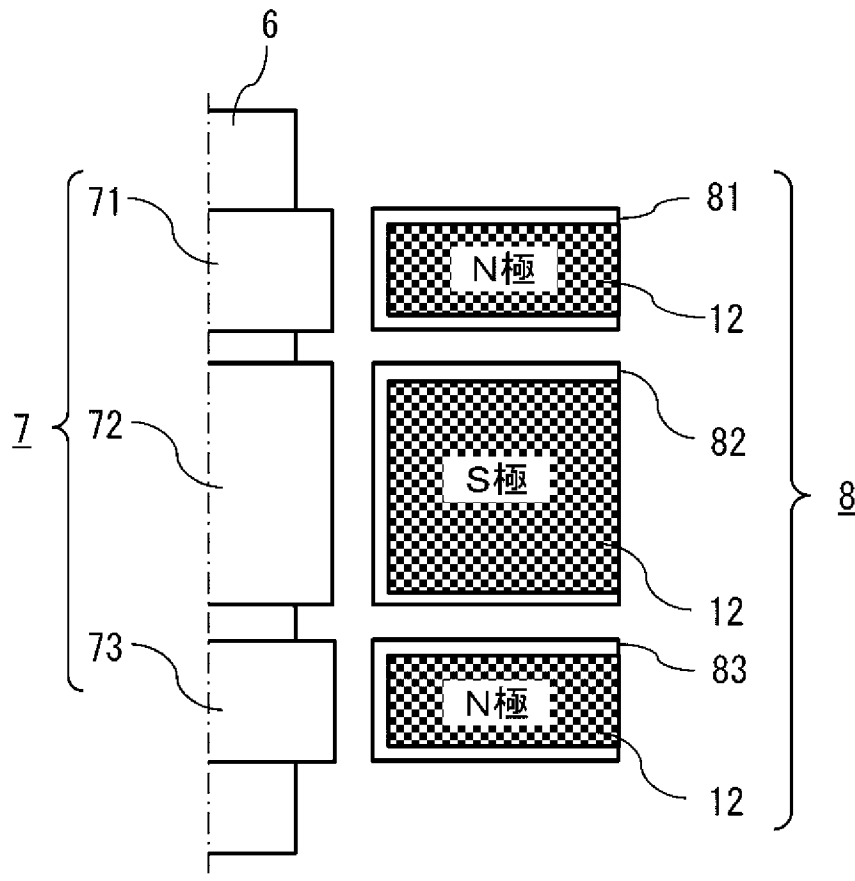
[図12]

図 1 2



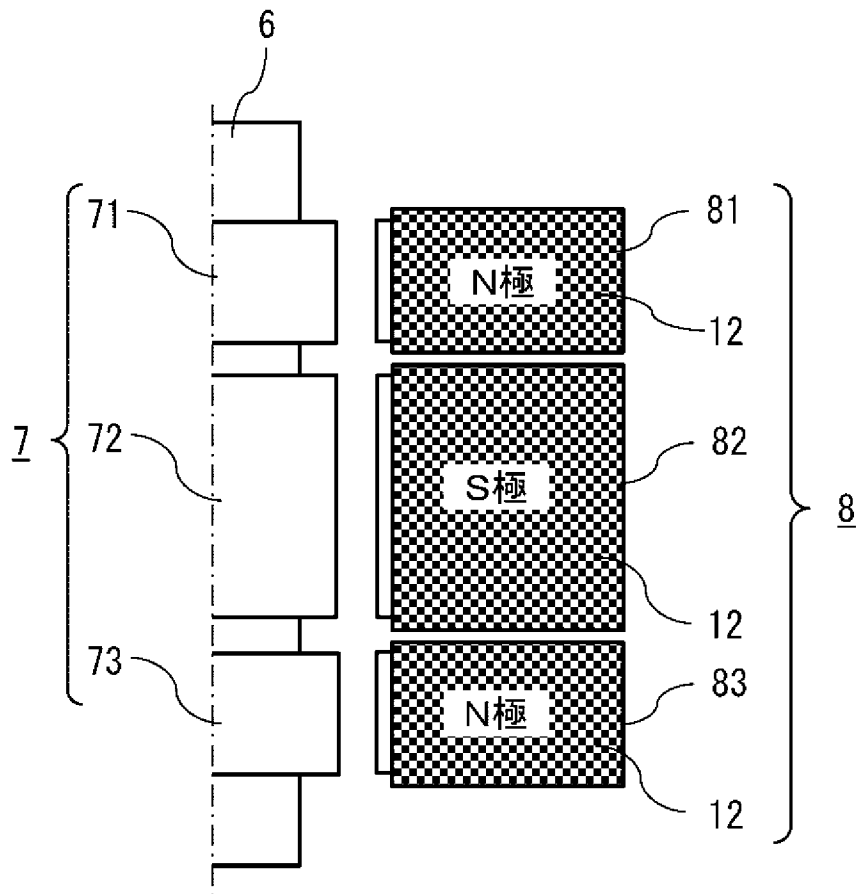
[図13]

図 13



[図14]

図 1 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/029409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02K16/00 (2006.01) i, H02K21/44 (2006.01) i
FI: H02K16/00, H02K21/44

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. H02K16/00, H02K21/44

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/136574 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 12 November 2009, paragraphs [0013]-[0159], fig. 1-28	1-8
A	JP 2017-17912 A (HITACHI AUTOMATIVE SYSTEMS ENGINEERING LTD.) 19 January 2017, abstract	1-8
A	JP 6-311686 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 04 November 1994, paragraphs [0001]-[0019], fig. 1-7	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

"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
29.09.2020

Date of mailing of the international search report
13.10.2020

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/029409

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2009/136574 A1	12.11.2009	US 2011/0070108 A1 paragraphs [0041]- [0234], fig. 1-28 CN 102017373 A	
JP 2017-17912 A	19.01.2017	(Family: none)	
JP 6-311686 A	04.11.1994	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 16/00(2006.01)i; H02K 21/44(2006.01)i FI: H02K16/00; H02K21/44														
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）） H02K16/00; H02K21/44														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	WO 2009/136574 A1（三菱電機株式会社）12.11.2009（2009 - 11 - 12） 段落0013-0159, 図1-28	1-8												
A	JP 2017-17912 A（日立オートモティブシステムズエンジニアリング株式会社） 19.01.2017（2017 - 01 - 19） 要約	1-8												
A	JP 6-311686 A（ダイキン工業株式会社）04.11.1994（1994 - 11 - 04） 段落0001-0019, 図1-7	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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 29.09.2020	国際調査報告の発送日 13.10.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小林 紀和 3V 4240 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/029409

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2009/136574	A1	12.11.2009	US 2011/0070108 A1 段落0041-0234, 図1-28 CN 102017373 A	
JP	2017-17912	A	19.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	6-311686	A	04.11.1994	(ファミリーなし)	