

(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
2009年12月23日(23.12.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/154007 A1

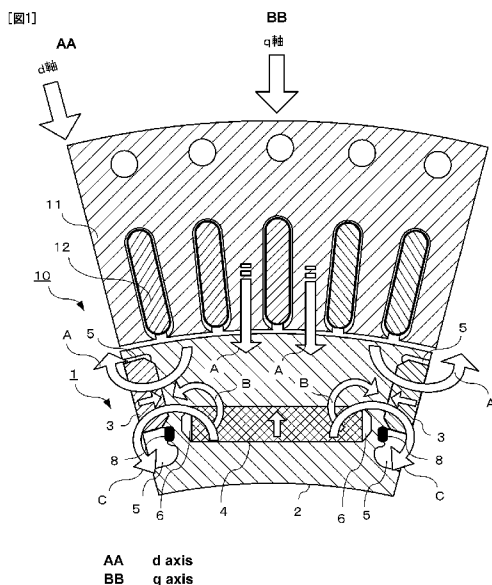
- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/002812
- (22) 国際出願日: 2009年6月19日(19.06.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-162203 2008年6月20日(20.06.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堺和人 (SAKAI, Kazuto) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 橋場豊 (HASHIBA, Yutaka) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 大坪洋輔 (OTSUBO, Yosuke) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 松岡佑将 (MATSUOKA, Yusuke) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目

- 1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 高橋則雄 (TAKAHASHI, Norio) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 徳増正 (TOKUMASU, Tadashi) [JP/JP]; 〒1000012 東京都港区芝大門一丁目12番16号 東芝テクノロジーコンサルティング株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 木内光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋1丁目6番13号 虎ノ門吉荒ビルディング5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET TYPE ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 永久磁石式回転電機



(57) Abstract: Increased magnetization current during demagnetization and magnetization can be deterred, and variable-speed high-output operation is achieved over a wide range from low speed to high speed. A rotor (1) comprises a rotor core (2), permanent magnets (3) for which the product of the magnetic coercive force and the thickness in the magnetization direction is small, and a permanent magnet (4) for which the product of the magnetic coercive force and the thickness in the magnetization direction is large. To reduce interlinking magnetic fluxes of the permanent magnets (3), a magnetic field is caused to act in the opposite direction from the magnetization direction of the permanent magnets (3) by the armature coil current. To increase the interlinking magnetic fluxes of the permanent magnets (3), the magnetic field is caused to act in the same direction as the magnetization direction by the armature coil current. Short-circuit coils (8) are provided at the flux path portions of the permanent magnet (4) excluding the permanent magnets (3). Inductive current is induced in the short-circuit coils (8) by the magnetic field generated by the magnetization current, and magnetic fields are generated around the short-circuit coils (8) by said inductive current. The permanent magnets (3) are magnetized by the latter magnetic fields and by the magnetic fields generated by the magnetization current.

(57) 要約:

[続葉有]



GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, 添付公開書類:

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

減磁時及び増磁時の磁化電流の増加を抑止し、高出力で低速から高速までの広範囲での可変速運転を可能とする。回転子 1 は、回転子鉄心 2、保磁力と磁化方向厚みの積が小となる永久磁石 3、保磁力と磁化方向厚の積が大となる永久磁石 4 からなる。永久磁石 3 の鎖交磁束を減少させる場合は、電機子巻線の電流により永久磁石 3 の磁化方向と逆方向の磁界を作用させる。永久磁石 3 の鎖交磁束を増加させる場合は、電機子巻線の電流により磁石磁化方向と同方向の磁界を作用させる。永久磁石 3 を除いた他の永久磁石 4 の磁路部分に短絡コイル 8 を設ける。磁化電流によって生じる磁界で短絡コイル 8 に誘導電流が誘起し、この誘導電流で短絡コイル 8 の周囲に磁界が発生する。この磁界と磁化電流によって生じる磁界により、永久磁石 3 を増磁する。

明 細 書

発明の名称： 永久磁石式回転電機

技術分野

[0001] 本発明は、２種類以上の永久磁石を使用し、そのうちの少なくとも１つの永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させて、低速から高速までの広範囲での可変速運転を可能とした永久磁石式回転電機に関する。特に、少なくとも１つの永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させるにあたり、他の永久磁石の磁束の影響で、前記少なくとも１つの磁石の磁束量の変化が抑制されないように、短絡コイルまたは導電性の板を回転子鉄心に配置した永久磁石式回転電機に関する。

背景技術

[0002] 一般に、永久磁石式回転電機は大きく分けて２種類のタイプがある。回転子鉄心の外周に永久磁石を貼り付けた表面磁石型永久磁石式回転電機と、永久磁石４を回転子鉄心２の中に埋め込んだ埋め込み型永久磁石式回転電機である。可変速駆動用モータとしては、埋め込み型永久磁石式回転電機が適している。

[0003] 永久磁石式回転電機では、永久磁石の鎖交磁束が常に一定で発生しているので、永久磁石による誘導電圧は回転速度に比例して高くなる。そのため、低速から高速まで可変速運転する場合、高速回転では永久磁石による誘導電圧（逆起電圧）が極めて高くなる。永久磁石による誘導電圧がインバータの電子部品に印加されてその耐電圧以上になると、電子部品が絶縁破壊する。そのため、永久磁石の磁束量が耐電圧以下になるように削減された設計を行うことが考えられるが、その場合には永久磁石式回転電機の低速域での出力及び効率が低下する。

[0004] 低速から高速まで定出力に近い可変速運転を行う場合、永久磁石の鎖交磁束は一定であるので、高速回転域では回転電機の電圧が電源電圧上限に達して出力に必要な電流が流れなくなる。その結果、高速回転域では出力が大幅

に低下し、さらには高速回転まで広範囲に可変速運転できなくなる。

[0005] 最近では、可変速範囲を拡大する方法として、非特許文献 1 に記載されているような弱め磁束制御が適用され始めている。電機子巻線の総鎖交磁束量は d 軸電流による磁束と永久磁石による磁束とから成る。弱め磁束制御では、負の d 軸電流による磁束を発生させることによって、この負の d 軸電流による磁束で全鎖交磁束量を減少させる。また、弱め磁束制御においても高保磁力の永久磁石は磁気特性（B-H 特性）の動作点が可逆の範囲で変化するようにする。このため、永久磁石は弱め磁束制御の減磁界により不可逆的に減磁しないように高保磁力の NdFeB 磁石を適用する。

[0006] 弱め磁束制御を適用した運転では、負の d 軸電流による磁束で鎖交磁束が減少するので、鎖交磁束の減少分が電圧上限値に対する電圧の余裕分を作る。そして、トルク成分となる電流を増加できるので高速域での出力が増加する。また、電圧余裕分だけ回転速度を上昇させることができ、可変速運転の範囲が拡大される。

[0007] しかし、出力には寄与しない負の d 軸電流を常時流し続けるため銅損が増加して効率は悪化する。さらに、負の d 軸電流による減磁界は高調波磁束を生じ、高調波磁束等で生じる電圧の増加は弱め磁束制御による電圧低減の限界を作る。これらより、埋め込み型永久磁石式回転電機に弱め磁束制御を適用しても基底速度の 3 倍以上の可変速運転は困難である。さらに、前述の高調波磁束により鉄損が増加し、中・高速域で大幅に効率が低下する問題がある。また、高調波磁束による電磁力で振動を発生する可能性もある。

[0008] ハイブリッド自動車用駆動電動機に埋め込み型永久磁石電動機を適用した場合、エンジンのみで駆動される状態では電動機は連れ回される。中・高速回転では電動機の永久磁石による誘導電圧が上昇するので、電源電圧以内に抑制するため、弱め磁束制御で負の d 軸電流を流し続ける。この状態では、電動機は損失のみを発生するので総合運転効率が悪化する。

[0009] 電管用駆動電動機に埋め込み型永久磁石電動機を適用した場合、電管は惰行運転する状態があり、上と同様に永久磁石による誘導電圧を電源電圧以下

にするために弱め磁束制御で負の d 軸電流を流し続ける。その場合、電動機は損失のみを発生するので総合運転効率が悪化する。

[0010] このような問題点を解決する技術として、特許文献 1 や特許文献 2 には、固定子巻線の電流で作る磁界により不可逆的に磁束密度が変化する程度の低保磁力の永久磁石と、低保磁力の永久磁石の 2 倍以上の保磁力を有する高保磁力の永久磁石を配置し、電源電圧の最大電圧以上となる高速回転域では低保磁力の永久磁石と高保磁力の大久磁石による全鎖交磁束が減じるように、電流による磁界で低保磁力の永久磁石を磁化させて全鎖交磁束量を調整する技術が記載されている。

[0011] この特許文献 1 の永久磁石式回転電機は、図 9 に記載のような構成の回転子 1 を備えている。すなわち、回転子 1 は、回転子鉄心 2、8 個の低保磁力永久磁石 3 及び 8 個の高保磁力永久磁石 4 から構成されている。回転子鉄心 2 は珪素鋼板を積層して構成され、低保磁力永久磁石 3 はアルニコ磁石または FeCrCo 磁石であり、高保磁力磁石 4 は NdFeB 磁石である。

[0012] 低保磁力永久磁石 3 は回転子鉄心 2 の中に埋め込まれ、低保磁力永久磁石 3 の両端部には第 1 の空洞 5 が設けられている。低保磁力永久磁石 3 は磁極間の中心軸になる q 軸と一致する回転子の半径方向に沿って配置され、半径方向に対して直角方向に磁化される。高保磁力永久磁石 4 は回転子鉄心 2 内に埋め込まれ、高保磁力永久磁石 4 の両端部には第 2 の空洞 6 が設けられている。高保磁力永久磁石 4 は、2 個の低保磁力永久磁石 3 により回転子 1 内周側で挟まれるように回転子 1 のほぼ周方向に配置されている。高保磁力永久磁石 4 は回転子 1 の周方向に対してほぼ直角方向に磁化されている。

[0013] 回転子鉄心 2 の磁極部 7 は 2 個の低保磁力永久磁石 3 と 1 個の高保磁力永久磁石 4 で取り囲まれるようにして形成されている。回転子鉄心 2 の磁極部 7 の中心軸方向が d 軸、磁極間の中心軸方向が q 軸となる。この回転子 1 を採用した特許文献 1 の永久磁石式回転電機では、固定子巻線に通電時間が極短時間 ($100 \mu\text{s} \sim 1 \text{ms}$ 程度) となるパルス的な電流を流して磁界を形成し、低保磁力永久磁石 3 に磁界を作用させる。着磁磁界を 250kA/m

とすると、理想的には低保磁力永久磁石 3 には十分な着磁磁界が作用し、高保磁力永久磁石 4 には着磁による不可逆減磁はない。

[0014] その結果、特許文献 1 の永久磁石式回転電機では、回転子 1 の d 軸電流により低保磁力永久磁石 3 の鎖交磁束量を最大から 0 まで大きく変化でき、また磁化方向も正逆の両方向にできる。すなわち、高保磁力永久磁石 4 の鎖交磁束を正方向とすると、低保磁力永久磁石 3 の鎖交磁束を正方向の最大値から 0、さらには逆方向の最大値まで広範囲に調整することができる。したがって、回転子 1 において、低保磁力永久磁石 3 を d 軸電流で着磁することにより低保磁力永久磁石 3 と高保磁力永久磁石 4 を合わせた全鎖交磁束量を広範囲に調整することができる。

[0015] 例えば、低速域では低保磁力永久磁石 3 は高保磁力永久磁石 4 の鎖交磁束と同方向（初期状態）で最大値になるように d 軸電流で磁化することにより、永久磁石によるトルクは最大値になるので、回転電機のトルク及び出力は最大にすることができる。中・高速域では、低保磁力永久磁石 3 の磁束量を低下させ、全鎖交磁束量を下げることにより、回転電機の電圧は下がるので、電源電圧の上限値に対して余裕ができ、回転速度（周波数）をさらに高くすることが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0016] 特許文献1：特開 2006-280195 号公報

特許文献2：特開 2008-48514 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] 前記のような構成を有する特許文献 1 の永久磁石式回転電機は、回転子 1 の d 軸電流により、低保磁力永久磁石 3 の鎖交磁束量を最大から 0 まで大きく変化でき、また磁化方向も正逆の両方向にできるという優れた特性を有する。その反面、低保磁力永久磁石 3 を増磁させる場合に大きな磁化電流が必

要となり、電動機を駆動するためのインバータの大型化を招くことになる。

[0018] 特に、永久磁石の特性上、減磁の場合よりも増磁の場合に大きな磁化電流が要求されるが、特許文献 1 の永久磁石式回転電機は、2 種類の磁石が磁氣的に並列に配置された構成のため、高保磁力永久磁石 4 の鎖交磁束の影響で、低保磁力永久磁石 3 の増磁に大きな磁界が必要となる。

[0019] 図 10 (A) から (D) は、そのことを説明する模式図である。特許文献 1 の永久磁石式回転電機では、図 10 (A) のように、2 つの低保磁力永久磁石 3 と 1 つの高保磁力永久磁石 4 とが、d 軸を中心として U 字形に配置されている。電動機の通常の運転状態では、各永久磁石 3, 4 の磁束の方向は、中心の磁極部 7 の方を向いている。この状態で、d 軸電流をパルス的に流して、減磁用の磁界を発生すると、その磁束は図 10 (B) のように、回転子 1 の外周側から各永久磁石 3, 4 を貫くように発生し、それによって、低保磁力永久磁石 3 は減磁される。このとき、高保磁力永久磁石 4 は、保磁力が高いため、減磁されることはない。

[0020] この減磁の場合、図 10 (C) のように、高保磁力永久磁石 4 の磁束は、d 軸方向と共に低保磁力永久磁石 3 の内側から外側に向かって、低保磁力永久磁石 3 の当初の磁束の向きとは逆に流れるので、d 軸電流の作る磁界による減磁作用を補助する。そのため、低保磁力永久磁石 3 の極性を反転させるまでの減磁が可能である。

[0021] 一方、増磁の場合には、d 軸電流を再びパルス的に印加することで、図 10 (D) に示すように、図 10 (B) とは逆方向の磁界を発生させ、その磁界を構成する逆方向の磁束によって、減磁した低保磁力永久磁石 3 の鎖交磁束を図 10 (A) の通常運転時の状態に戻す。しかし、本来、減磁に比較して増磁のためのエネルギーが大きく必要な上、図 10 (D) のように、低保磁力永久磁石 3 には高保磁力永久磁石 4 の磁束が減磁方向に加わっているため、これに打ち勝つだけの大きな磁界を生成することのできる磁化電流が必要となる。

[0022] このように、特許文献 1 の永久磁石式回転電機は、2 種類の磁石を磁氣的

に並列に配置したため、低保磁力永久磁石 3 の減磁量を大きくとることができる、磁力の変化幅を 0 ～ 100 % のように大きくすることができる利点はあるものの、増磁時に必要とする磁化電流が大きいという問題があった。

- [0023] 本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、低保磁力永久磁石の増磁時における磁化電流を減少させることで、インバータの大型化を必要とすることなく、低速から高速までの広範囲で可変速運転を可能とし、低速回転域の高トルク化と中・高速回転域での高出力化、効率の向上可能とした永久磁石式回転電機を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0024] 前記の目的を達成するため、本発明の永久磁石式回転電機は、保磁力と磁化方向厚の積が他の永久磁石と異なる 2 種類以上の永久磁石を用いて磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を構成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線の電流が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の少なくとも 1 個を磁化させて、永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石式回転電機において、前記不可逆的に変化させる永久磁石を除いた他の永久磁石の磁路部分に短絡コイルを設けることを特徴とする。
- [0025] 本発明において、前記短絡コイルを、前記不可逆的に変化させる永久磁石を除いた他の永久磁石の磁化方向を中心軸として前記他の永久磁石の周囲や、前記回転子鉄心の前記不可逆的に変化させる磁石以外に磁束が漏れる磁路部分に設けることもできる。前記短絡コイルに代えて、導電性の板を使用することも可能である。
- [0026] また、前記電機子巻線に d 軸電流を通電させて、その磁束で前記短絡コイルまたは導電性の板に短絡電流を発生させること、前記短絡コイルまたは導電性の板のインダクタンス値と抵抗値を、不可逆変化させる永久磁石の磁化が変化する程度の短絡電流が流れるような値とすること、前記短絡コイルまたは導電性の板が、不可逆変化させる永久磁石の磁化が変化する程度の短絡

電流が1秒以内に流れ、その後1秒以内にその短絡電流を50%以上減衰させるものであることも、本発明の一態様である。

- [0027] 更に、前記短絡コイルまたは導電性の板が、高速回転時の遠心力に対して回転子鉄心で保持されること、前記短絡コイルまたは導電性の板に発生する短絡電流は、永久磁石を不可逆変化させる方向とは逆方向の磁界を形成する電流を電機子巻線に流し、その後、永久磁石を不可逆変化させる方向に磁界を形成する電流を電機子巻線に流すことにより生成されること、あるいは、前記短絡コイルまたは導電性の板は、回転子の鉄心の穴に高温で溶けた導電性物質を流し込んで鋳造で造ることも、本発明の一態様である。

発明の効果

- [0028] 以上のような構成を有する本発明によれば、磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石を増磁する際の磁化電流によって磁界が発生すると、この発生した磁界により短絡コイルや導電性の板に誘導電流が流れ、磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石に対して、この誘導電流によって発生した磁界により増磁方向の磁力が作用する。その結果、前記磁化電流による磁界と、この誘導電流による磁界とが加算されて、磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石の増磁が効果的に行われる。
- [0029] また、短絡コイルや導電性の板によって生じる磁界は、回転子のみならず、電機子鉄心においても、磁化電流によって発生する磁界を打ち消すように左右する。その結果、電機子鉄心における磁気飽和を緩和することにより、大きな磁化電流による強い磁界を磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石に加えることが可能となり、その増磁を容易に行うことが可能となる。
- [0030] このように、本発明によれば、磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石を、少ない磁化電流で効果的に増磁することができると共に、電機子鉄心の磁気飽和を抑止できるので、駆動用インバータの大型化を図ることなく、永久磁石式回転電機の効率化を達成することができる。

図面の簡単な説明

- [0031] [図1]本発明の第1の実施の形態において、磁化電流により減磁を開始した状

態を示す回転子と固定子の部分断面図。

[図2]本発明の第1の実施の形態において、磁力が最小の状態を示す回転子の部分断面図。

[図3]本発明の第1の実施の形態において、磁化電流を流し始めた瞬間の状態を示す回転子の部分断面図。

[図4]本発明の第1の実施の形態において、磁化電流による磁界で短絡コイルに誘導電流が生じて新たな磁界が発生した状態を示す回転子の部分断面図。

[図5]本発明の第1の実施の形態において、磁化が終了して、磁化電流を0にした状態を示す回転子の部分断面図。

[図6]本発明の第2の実施の形態における磁力の方向を示す回転子の部分断面図。

[図7]本発明の第3の実施の形態における磁力の方向を示す回転子の部分断面図。

[図8]本発明の第4の実施の形態における磁力の方向を示す回転子の部分断面図。

[図9]特許文献1に記載の回転子の断面図。

[図10]特許文献1に記載の回転子の作用を示す模式図。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、本発明に係る永久磁石式回転電機の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、各実施の形態の回転電機はいずれも12極の場合で説明しているが、本発明は、他の極数でも同様に適用できる。

[0033] (1. 第1の実施の形態)

(1-1. 構成)

本発明の第1の実施の形態について図1～図5を用いて説明する。なお、簡略化の観点から、各図においては、12極中の1極分のみを示しているが、言うまでもなく、各極の構成は同一である。また、図1には回転子と固定子を示したが、図2以降においては、固定子部分は省略している。

[0034] 本発明の第1の実施の形態の回転子1は、図1に示すように回転子鉄心2

、保磁力と磁化方向厚の積が小となる永久磁石 3、保磁力と磁化方向厚の積が大となる永久磁石 4 から構成される。回転子鉄心 2 は珪素鋼板を積層して構成し、永久磁石 3、4 は回転子鉄心 2 内に埋め込む。回転子鉄心 2 内を通過する磁束が永久磁石 3、4 の部分をその厚さ方向に通過するように、各永久磁石 3、4 の端部に空洞 5、6 を設ける。

[0035] 保磁力と磁化方向厚みの積が小となる永久磁石 3 は、フェライト磁石 3 またはアルニコ磁石とすることが考えられるが、本実施の形態ではフェライト磁石 3 を使用した場合について説明する。保磁力と磁化方向厚の積が大となる永久磁石 4 は、NdFeB 磁石を使用した。このフェライト磁石 3 の保磁力は 280 kA/m とし、NdFeB 磁石 4 の保磁力は 1000 kA/m とする。フェライト磁石 3 は、磁極間の q 軸に沿って回転子鉄心 2 内に配置し、その磁化方向は、回転子鉄心 2 のほぼ周方向である。NdFeB 磁石 4 は磁化方向が d 軸方向になるように回転子鉄心 2 内に配置する。

[0036] 回転子鉄心 2 内に埋め込まれた NdFeB 磁石 4 を取り囲むように、短絡コイル 8 を設ける。この短絡コイル 8 は、リング状の導電性部材から構成し、回転子鉄心 2 内に設けた空洞 5 の縁の部分にはめ込むように装着する。なお、回転子の鉄心の穴に高温で溶けた導電性物質を流し込んで鑄造して製作することも可能である。

[0037] この短絡コイル 8 は、電機子巻線に d 軸電流を通電させた場合に発生する磁束で、短絡電流を発生させるものである。そのため、この短絡コイル 8 は、前記の「不可逆的に変化させる永久磁石」（フェライト磁石 3）を除いた他の永久磁石（NdFeB 磁石 4）の磁路部分に設ける。その場合、NdFeB 磁石 4 中央部分の磁化方向に伸びる軸を短絡コイル 8 の中心軸として、NdFeB 磁石 4 の周囲に間隔を空けて短絡コイル 8 を設ける。

[0038] 短絡コイル 8 は、不可逆変化させる永久磁石 3 の磁化が変化する程度の短絡電流が 1 秒以内に流れ、その後 1 秒以内にその短絡電流を 50% 以上減衰させるものであることが好ましい。また、短絡コイル 8 のインダクタンス値と抵抗値を、不可逆変化させる永久磁石（フェライト磁石 3）の磁化が変化する

する程度の短絡電流が流れるような値とすると、効率が良い。

- [0039] 回転子鉄心 2 の外周には、エアギャップを介して固定子 10 を設ける。この固定子 10 は、電機子鉄心 11 と電機子巻線 12 とを有する。この電機子巻線 12 に流れる磁化電流により、短絡コイル 8 には誘導電流が誘起され、その誘導電流によって短絡コイル 8 を貫通する磁束が形成される。また、この電機子巻線 12 に流れる磁化電流により、フェライト磁石 3 の磁化方向が可逆的に変化する。
- [0040] すなわち、永久磁石 3, 4 に対しては、永久磁石式回転電機の運転時において、 d 軸電流による磁界で永久磁石 3 を磁化させて永久磁石 3 の磁束量を不可逆的に変化させる。その場合、永久磁石 3 を磁化する d 軸電流を流すと同時に q 軸電流により回転電機のトルクを制御する。
- [0041] また、 d 軸電流で生じる磁束により、電流（ q 軸電流と d 軸電流とを合成した全電流）と永久磁石 3, 4 とで生じる電機子巻線の鎖交磁束量、すなわち、回転電機的全電流によって電機子巻線に生じる磁束と、回転子側の 2 種類以上の永久磁石によって生じる磁束とから構成される電機子巻線全体の鎖交磁束量をほぼ可逆的に変化させる。
- [0042] 特に、本実施の形態では、瞬時の大きな d 軸電流による磁界で可変磁力用永久磁石 3 を不可逆変化させる。この状態で不可逆減磁がほとんど生じないか、僅かの不可逆減磁が生じる範囲の d 軸電流を連続的に流して運転する。このときの d 軸電流は電流位相を進めて端子電圧を調整するように作用する。
- [0043] また、大きな d 軸電流で可変用磁石 3 の極性を反転させ、電流位相を進める運転制御方法を行う。このように d 軸電流で可変用磁石 3 の極性を反転させているので、端子電圧を低下させるような負の d 軸電流を流しても、可変用磁石 3 にとっては減磁界ではなく増磁界となる。すなわち、負の d 軸電流で可変用磁石 3 は減磁することなく、端子電圧の大きさを調整することができる。
- [0044] 一般の磁石モータでは磁石の極性は反転していないので電流位相を進める

ことにより d 軸電流が増加すると、磁石が不可逆減磁する問題があるが、本実施の形態においては、可変用磁石 3 の極性を反転させて位相を進めることが可能である。

[0045] (1-2. 減磁及び増磁作用)

つぎに、本実施の形態の作用について説明する。なお、各図中に、電機子巻線 12 や短絡コイル 8 によって発生した磁力の方向を矢印により示す。

[0046] 本実施の形態では、固定子 10 の電機子巻線 12 に通電時間が $0.1\text{ ms} \sim 100\text{ ms}$ 程度の極短時間となるパルス的な電流を流して磁界を形成し、フェライト磁石 3 に磁界 A を作用させる (図 1 参照)。永久磁石を磁化するための磁界 A を形成するパルス電流は、固定子 10 の電機子巻線 12 の d 軸電流成分であるものとする。

[0047] 2 種類の永久磁石の厚みがほぼ同等とすると、d 軸電流の作用磁界による永久磁石の磁化状態変化は、保磁力の大きさにより変る。永久磁石の磁化方向とは逆方向の磁界を発生する負の d 軸電流を電機子巻線 12 にパルス的に通電する。負の d 軸電流によって変化した磁石内の磁界 A が -280 kA/m になったとすると、フェライト磁石 3 の保磁力が 280 kA/m なので、フェライト磁石 3 の磁力は不可逆的に大幅に低下する。

[0048] 一方、NdFeB 磁石 4 の保磁力が 1000 kA/m なので、NdFeB 磁石 4 の磁力は不可逆的に低下しない。その結果、パルス的な d 軸電流が 0 になるとフェライト磁石 3 のみが減磁した状態となり、全体の磁石による鎖交磁束量を減少することができる。さらに -280 kA/m よりも大きな逆磁界をかけるとフェライト磁石 3 は逆方向に磁化して極性は反転する。この場合、フェライト磁石 3 の磁束と NdFeB 磁石 4 の磁束は打ち消しあうので永久磁石の全鎖交磁束は最小になる (図 2 参照)。

[0049] なお、この場合、NdFeB 磁石 4 の磁力の方向は、図 1 の B に示すように、NdFeB 磁石 4 からフェライト磁石 3 に向かう方向となり、電機子巻線 12 による磁界の磁力の方向と一致するため、フェライト磁石 3 を減磁させる方向に強い磁力が作用する。同時に、短絡コイル 8 には、電機子巻線 1

2の磁界Aを打ち消すような誘導電流が発生し、その誘導電流によって図1に矢印Cで示すような磁力の方向を有する磁界が発生する。この短絡コイル8による磁力Cも、フェライト磁石3の磁化方向を逆方向に向けるように作用する。これらより、フェライト磁石3の減磁及び極性の反転が効率的に行われる。

[0050] つぎに、永久磁石の全鎖交磁束を増加させて最大に復元させる過程（増磁過程）を説明する。減磁完了の状態では、図2に示すように、フェライト磁石3の極性は反転しており、反転した磁化方向とは逆方向（図1に示す初期の磁化方向）の磁界を発生する正のd軸電流を電機子巻線12に通電する。反転した逆極性のフェライト磁石3の磁力は磁界が増すに連れて減少し、0になる。さらに正のd軸電流による磁界を増加させると極性は反転して初期の極性の方向に磁化される。ほぼ完全な着磁に必要な磁界である350kA/mをかけると、フェライト磁石3は着磁されてほぼ最大の磁力を発生する（図3参照）。

[0051] なお、d軸電流は連続通電で増加させる必要はなく、目標の磁力にする電流としては瞬間的なパルス電流を流せばよい。一方、NdFeB磁石4の保磁力が1000kA/mなので、d軸電流による磁界が作用してもNdFeB磁石4の磁力は不可逆的に変化しない。その結果、パルス的な正のd軸電流が0になるとフェライト磁石3のみが増磁した状態となり、全体の磁石による鎖交磁束量を増加することができる。これにより元の最大の鎖交磁束量に戻すことが可能となる（図5）。

[0052] 以上のようにd軸電流による瞬時的な磁界をフェライト磁石3とNdFeB磁石4に作用させることにより、フェライト磁石3の磁力を不可逆的に変化させて、永久磁石の全鎖交磁束量を任意に変化させることが可能となる。

[0053] （1－3．短絡コイルの作用）

つぎに、短絡コイル8の作用について述べる。フェライト磁石3とNdFeB磁石4は回転子鉄心2内に埋め込まれて磁気回路を構成しているので、前記d軸電流による磁界はフェライト磁石3のみでなく、NdFeB磁石4

にも作用する。本来、 d 軸電流による磁界はフェライト磁石 3 の磁化を変化させるために行う。そこで、 d 軸電流による磁界が $N d F e B$ 磁石 4 に作用しないようにし、フェライト磁石 3 に集中するようにすればよい。

[0054] 本実施の形態では、 $N d F e B$ 磁石 4 の周囲に短絡コイル 8 を配置している。この場合、短絡コイル 8 は、 $N d F e B$ 磁石 4 の磁化方向に伸びる軸を中心軸として配置する。図 4 に示すような「不可逆的に変化させる永久磁石」3 に対して増磁方向の磁化を行う場合、 d 軸電流による磁界 A が $N d F e B$ 磁石 4 に作用すると、磁界 A を打ち消すような誘導電流が短絡コイル 8 に流れる。したがって、 $N d F e B$ 磁石 4 中には、 d 軸電流による磁界 A と短絡電流による磁界 C が作用し両者が打ち消し合うために、磁界の増減はほとんど生じない。さらに、短絡電流による磁界 C はフェライト磁石 3 にも作用し、 d 軸電流による磁界 A と同方向になる（図 4）。

[0055] したがって、フェライト磁石 3 を磁化させる磁界 A が強まり、少ない d 軸電流でフェライト磁石 3 を磁化できることになる。この点は、図 4 に示した増磁方向に限らず、図 1 の減磁方向においても同様である。図 1 において説明したように、減磁方向の磁化電流により、図 4 の増磁方向とは逆の磁界 A が発生すると、この磁界 A によって短絡コイル 8 に誘起された誘導電流により磁界 C が発生し、「不可逆的に変化させる永久磁石」3 を貫通する部分においては、この磁界 C の方向が磁化電流による磁界 A の方向と一致するので、減磁方向の磁化も効果的に行われる。

[0056] また、短絡コイル 8 により $N d F e B$ 磁石 4 は前記 d 軸電流の影響を受けず、磁束の増加はほとんど生じないので、 d 軸電流による電機子鉄心 1 1 の磁気飽和も緩和できる。すなわち、本実施の形態と異なり、電機子鉄心 1 1 においては、 d 軸電流によって発生する磁界 A が電機子巻線 1 2 間に形成された磁路を通過することにより、その通過部分の磁気飽和が生じる可能性がある。しかし、本実施の形態では、短絡コイル 8 の磁界 C のうち、電機子鉄心 1 1 の磁路を通過する部分が、 d 軸電流による磁界 A と逆方向に作用するので、電機子鉄心 1 1 の磁路が磁気飽和することが緩和される。

[0057] (1-4. 効果)

本実施の形態においては、次の効果が得られる。

[0058] 本実施の形態では、d軸電流でフェライト磁石3を不可逆的に変化させることにより、フェライト磁石3とNdFeB磁石4を合わせた永久磁石の全鎖交磁束量を広範囲に調整することができる。また、短絡コイル8を流れる誘導電流により、磁力を変化させる磁石（フェライト磁石3）へのd軸電流による磁界の影響を高めることができるので、少ないd軸電流でフェライト磁石3を磁化できる。これによりインバータの電気容量も低減できる。

[0059] 短絡コイル8により、永久磁石を磁化させる磁界を高めることができるので、「不可逆的に磁束量を変化させる永久磁石」として、保磁力の大きな永久磁石を利用することが可能となる。例えば、本発明では、アルニコ磁石（保磁力120kA/m）よりも保磁力が大きなフェライト磁石3（保磁力280kA/m）を磁化させて磁力を可変できる。

[0060] その結果、永久磁石の全鎖交磁束量の調整により、回転電機の電圧を広範囲に調整することが可能となる。また、着磁は極短時間のパルス的な電流で行うので、弱め磁束電流を常時流し続ける必要もなく、損失を大幅に低減できる。また、従来のように弱め磁束制御を行う必要がないので高調波磁束による高調波鉄損も発生しない。

[0061] 以上より、本実施の形態の回転電機は、高出力で低速から高速までの広範囲の可変速運転を可能とし、広い運転範囲において高効率も可能となる。

[0062] (2. 第2の実施の形態)

図6は、本発明の第2の実施形態を示す回転子部分の断面図である。この第2の実施の形態では、短絡コイル8の配置が第1の実施の形態と異なる。本実施の形態では、前記不可逆的に変化させる永久磁石（フェライト磁石3）を除いた他の永久磁石（NdFeB磁石4）中央部分の磁化方向に伸びる軸を短絡コイル8の中心軸として、当該「他の永久磁石」（NdFeB磁石4）の固定子側に短絡コイル8を設けている。この短絡コイル8は、当該他の永久磁石（NdFeB磁石4）と間隔を空けて対向するようにして、回転

子鉄心 2 内に埋め込まれている。

[0063] このような構成の第 2 の実施の形態でも、前記第 1 の実施の形態と同様に、磁化電流によって生じる磁界によって短絡コイル 8 に誘導電流が誘起する。そして、この誘導電流によって発生する磁界 C と、磁化電流によって生じる磁界 A とによって、フェライト磁石 3 の増磁方向の磁化を行う。同時に、短絡コイル 8 の磁界 C によって、電機子鉄心 1 1 内に生じる磁化電流による磁界 A を打ち消すので、電機子鉄心 1 1 の磁気飽和を緩和できる。

[0064] なお、第 2 の実施の形態は、図 6 中、符号 8 で示した短絡コイルを、NdFeB 磁石 4 の固定子側に配置したものであるが、短絡コイルの位置はそこに限るものではなく、破線図形と符号 (8) で示すように短絡コイルを NdFeB 磁石 4 の回転子鉄心 2 中心側に配置することもできる。また、短絡コイルを、NdFeB 磁石 4 の周囲の回転子鉄心 2 部分に埋め込む代わりに、NdFeB 磁石 4 の外周側や内周側の回転子鉄心 2 部分に巻きつけても同じ効果が得られる。

[0065] (3. 第 3 の実施の形態)

図 7 の (a) は、本発明の第 3 の実施の形態を示す回転子部分の断面図であり、図 7 の (b) は、(a) に示す回転子鉄心の一部を拡大して示す部分拡大図である。この第 3 の実施の形態は、回転子鉄心 2 における「不可逆的に変化させる永久磁石」3 以外の、磁束が漏れる磁路部分に短絡コイルを設けたものである。図 7 では、一例として、回転子鉄心 2 における「不可逆的に変化させる永久磁石」3 設置部分の半径方向において、この永久磁石 3 以外の、「磁束が漏れる磁路部分」に短絡コイル 8 a, 8 b を設けている。すなわち、回転子鉄心 2 の半径方向において、「不可逆的に変化させる永久磁石」3 の両端に設けた空洞 5 と、回転子鉄心 2 の外面および内面との間にそれぞれ形成した鉄心の狭い部分 2 a, 2 b には、磁界 A により図 7 (b) に示すような漏れ磁束 L が通過するため、これらの部分 2 a, 2 b は、「不可逆的に変化させる永久磁石」3 以外の、「磁束が漏れる磁路部分」に相当する。そこで、第 3 の実施の形態では、このような、「不可逆的に変化させる

永久磁石」3以外の、「磁束が漏れる磁路部分」2a, 2bに、各部分を通過する漏れ磁束Lを打ち消す小径の短絡コイル8a, 8bをそれぞれ設けている。なお、回転子鉄心2の外周側の磁路部分2aが極めて狭いことから、この磁路部分2aに設けられた短絡コイル8aは極めて小径であるため、図7(a)中では記載せず、図7(b)の部分拡大図にのみ示している。この図7(b)に示すように、磁路部分2aの小径の短絡コイル8aは、通過する漏れ磁束Lの方向に伸びる軸を中心軸として設けられている。部分2bの小径の短絡コイル8bも同様に設けられている。

[0066] このような構成の第3の実施の形態では、磁化電流によって生じる磁界Aに誘起されて誘導電流が短絡コイル8に流れると、短絡コイル8には、図7中符号Dで示す磁界が発生する。この磁界Dは、磁化電流によって生じる磁界Aと反対方向に作用するので、この部分の磁気飽和が緩和される。その結果、回転機の駆動に有効な磁束の減少による出力低下を防止できる。

[0067] 特に、図7に示すように、漏れ磁束Lが発生する磁路部分2a, 2bは、「不可逆的に変化させる永久磁石」3に対して磁気回路としては並列回路になっている。したがって、小径の短絡コイル8a, 8bによって、漏れ磁束Lを打ち消すように発生する磁界Dは、漏れ磁束部分と磁気的につながった「不可逆的に変化させる永久磁石」3にも作用する。この磁界Dは、磁化電流による磁界の方向Aと同じであるので、「不可逆的に変化させる永久磁石」3の磁化が促進される効果を有する。

[0068] (4. 第4の実施の形態)

図8は、本発明の第4の実施の形態を示す回転子部分の断面図である。この第4の実施の形態では、NdFeB磁石4の図中下方側(回転子の内周側)の表面と対向する面、すなわち、NdFeB磁石4とその磁化方向において対向する面に、前記短絡コイル8に代えて導電性の板9を設けたものである。

[0069] 導電性の板9として、銅板またはアルミ板を使用することが好ましい。また、導電性の板9は、図7のようなNdFeB磁石4の図中下方側(回転子

の内周側)に限らず、図中上方側(回転子の外周側)に配置しても良い。導電性の板 9 を回転子の外周側に設けると、電流高調波やスロット高調波で導電性板に誘導電流が生じて前記高調波を低減できるメリットがある。

[0070] このような構成の第 4 の実施の形態では、磁化電流によって発生した磁界が導電性の板 9 に加わると、導電性の板 9 の表面には誘導電流(渦電流)が発生し、それによって、短絡コイル 8 と同様な磁界 C が発生する。その磁界 C により、フェライト磁石 3 の増磁方向に磁力が加わり、増磁が効果的に実施される。同時に、電機子鉄心 11 の磁気飽和を緩和する作用も発揮される。

[0071] (5. 他の実施の形態)

本発明は、前記の各実施の形態に限定されるものではなく、つぎのような他の実施の形態も包含する。

[0072] (1) 前記実施の形態においては、12 極の場合について説明したが、言うまでもなく、異なる極数の回転電機に対しても本発明を同様に適用可能である。極数に応じて永久磁石の配置位置、形状が幾分変えることは勿論であり、作用と効果は前記実施の形態と同様に得られる。

[0073] (2) 本発明では、磁極を形成する永久磁石において、保磁力と磁化方向の厚みの積をもって永久磁石を区別する定義をしている。したがって、磁極を同じ種類の永久磁石で形成し、磁化方向の厚みが異なるように形成しても、前記実施の形態と同様な作用と効果が得られる。

[0074] (3) 前記第 3 の実施の形態と、前記第 1、第 2、第 4 の実施の形態とを組み合わせることも可能である。

[0075] (4) 運転時に極短時間のパルス的な d 軸電流による磁界で永久磁石を磁化させて永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させ、かつ、全磁石の誘起電圧に対して位相を進めた電流を連続的に通電させて、電流と永久磁石で生じる電機子巻線の鎖交磁束量を変化させてもよい。

[0076] すなわち、パルス電流で永久磁石の磁束量を減少させ、さらに電流位相を進めると、磁石磁束に対して逆方向の電流で生じる磁束が発生するので、こ

れを相殺して、全鎖交磁束を減少でき、端子電圧を低下させることができる。なお、電流位相を進めることは負のd軸電流成分を流していることと等価である。

[0077] このような電流位相進み制御においては、電流位相を進めるとd軸電流が流れて磁石は減磁して幾分磁束量は減る。しかし、パルス電流で大きく減磁させているので、磁束量の低下は比率的には小さいという利点がある。

符号の説明

- [0078] 1…回転子
2…回転子鉄心
3…保磁力と磁化方向厚の積が小となる永久磁石（フェライト磁石）
4…保磁力と磁化方向厚の積が大となる永久磁石（NdFeB磁石）
5, 6…永久磁石端の空洞
7…磁極部
8…短絡コイル
9…導電性の板
10…固定子
11…電機子鉄心
12…電機子巻線

請求の範囲

[請求項1] 保磁力と磁化方向厚の積が他の永久磁石と異なる２種類以上の永久磁石を用いて磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を構成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線の電流が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の少なくとも１個を磁化させて、永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石式回転電機において、

前記不可逆的に変化させる永久磁石を除いた他の永久磁石の磁路部分に短絡コイルを設けることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項2] 保磁力と磁化方向厚の積が他の永久磁石と異なる２種類以上の永久磁石を用いて磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を構成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線の電流が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の少なくとも１個を磁化させて、永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石式回転電機において、

前記不可逆的に変化させる永久磁石を除いた他の永久磁石の磁化方向に伸びる軸を中心軸として当該他の永久磁石の周囲に短絡コイルを設けることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項3] 保磁力と磁化方向厚の積が他の永久磁石と異なる２種類以上の永久磁石を用いて磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を構成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線の電流が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の少なくとも１個を磁化させて、永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石式回転電機において、

前記回転子鉄心における前記不可逆的に変化させる永久磁石以外の

、磁束が漏れる磁路部分に短絡コイルを設けることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項4] 保磁力と磁化方向厚の積が他の永久磁石と異なる２種類以上の永久磁石を用いて磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を構成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線の電流が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の少なくとも１個を磁化させて、永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させる永久磁石式回転電機において、

前記不可逆的に変化させる永久磁石を除いた他の永久磁石とその磁化方向において対向する面に導電性の板を設けることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項5] 請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の永久磁石式回転電機において、

電機子巻線にｄ軸電流を通電させて、その磁束で前記短絡コイルまたは導電性の板に短絡電流を発生させることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項6] 請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の永久磁石式回転電機において、

前記短絡コイルまたは導電性の板のインダクタンス値と抵抗値を、不可逆変化させる永久磁石の磁化が変化する程度の短絡電流が流れるような値とすることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項7] 請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の永久磁石式回転電機において、

前記短絡コイルまたは導電性の板が、不可逆変化させる永久磁石の磁化が変化する程度の短絡電流が１秒以内に流れ、その後１秒以内にその短絡電流を５０％以上減衰させるものであることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項8] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機において、

前記短絡コイルまたは導電性の板が、高速回転時の遠心力に対して回転子鉄心で保持されることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項9] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機において、

前記短絡コイルまたは導電性の板に発生する短絡電流は、永久磁石を不可逆変化させる方向とは逆方向の磁界を形成する電流を電機子巻線に流し、その後、永久磁石を不可逆変化させる方向に磁界を形成する電流を電機子巻線に流すことにより生成されることを特徴とする永久磁石式回転電機。

[請求項10] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機において、

前記短絡コイルまたは導電性の板は、回転子の鉄心の穴に高温で溶けた導電性物質を流し込んで鑄造されることを特徴とする永久磁石式回転電機。

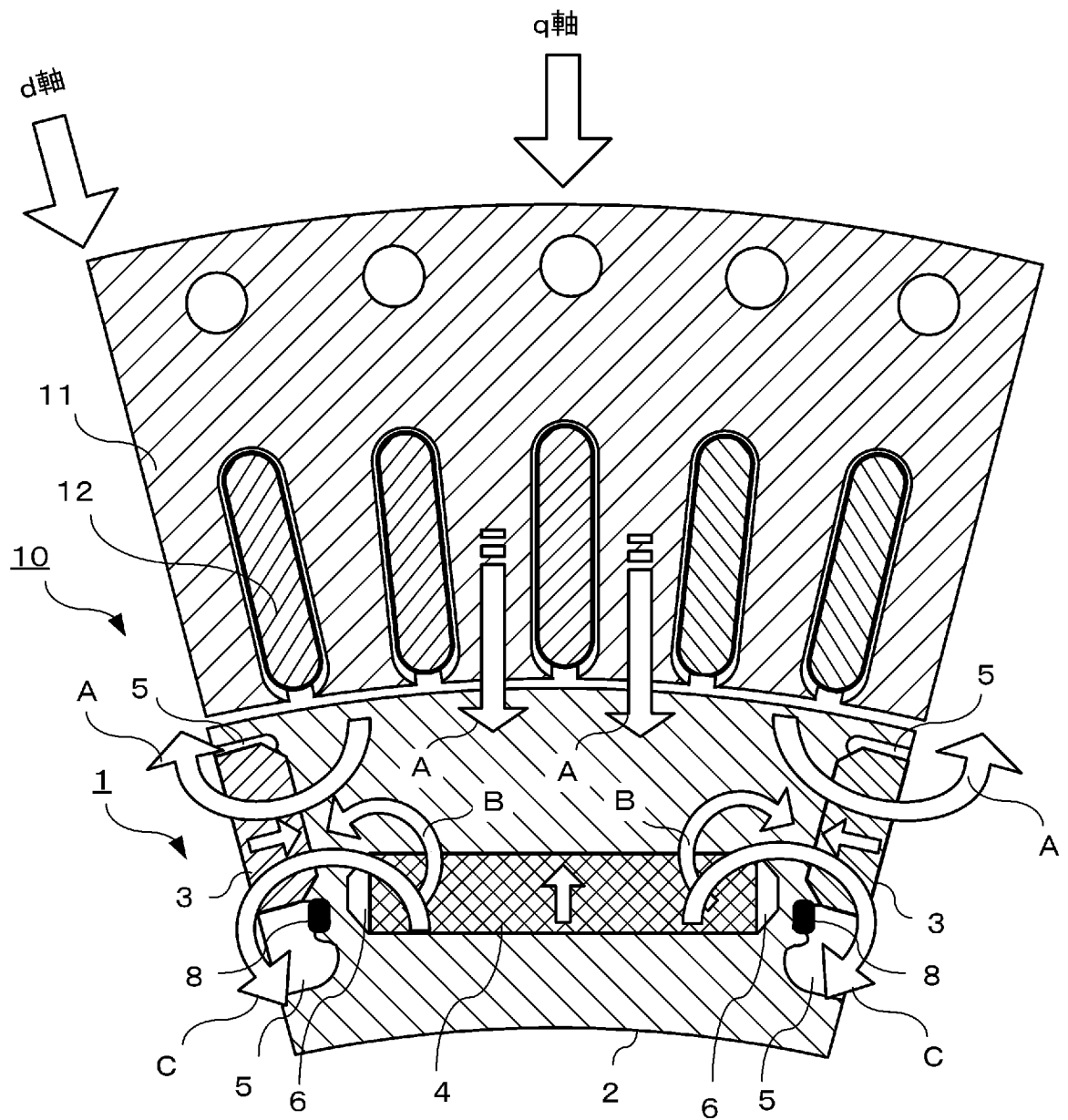
[請求項11] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機において、

保磁力と磁化方向厚の積が小さな永久磁石をその極性が反転するまで減磁した状態において、電流位相を進める運転を行うことを特徴とする永久磁石式回転電機。

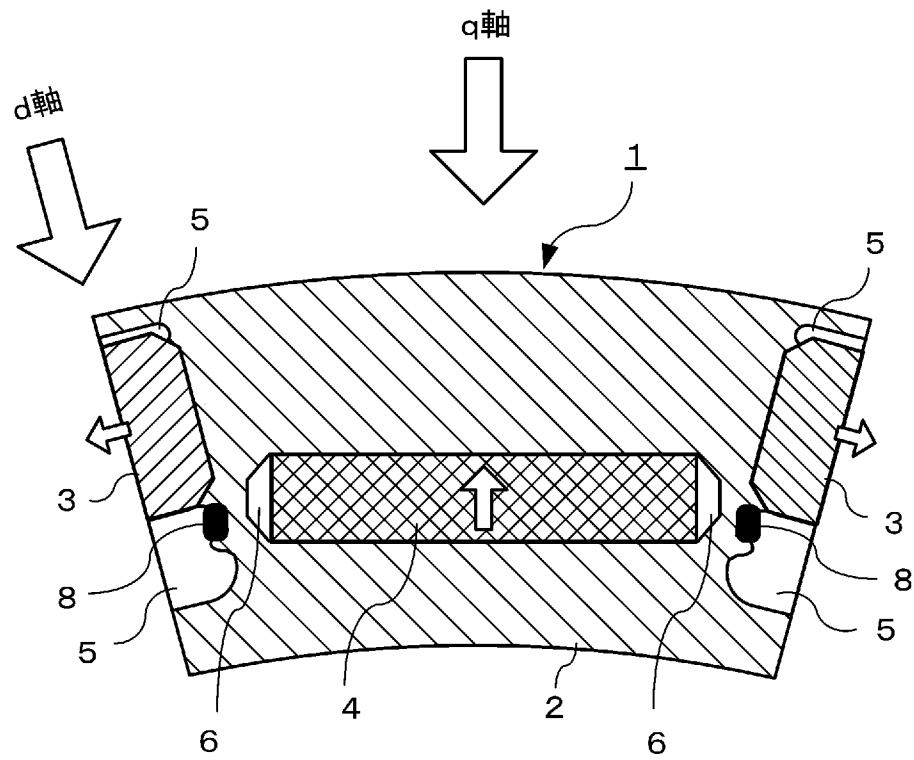
[請求項12] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機において、

運転時に極短時間のパルス的な d 軸電流による磁界で永久磁石を磁化させて永久磁石の磁束量を不可逆的に変化させ、かつ、全磁石の誘起電圧に対して位相を進めた電流を連続的に通電させて、電流と永久磁石で生じる電機子巻線の鎖交磁束量を変化させることを特徴とする永久磁石式回転電機。

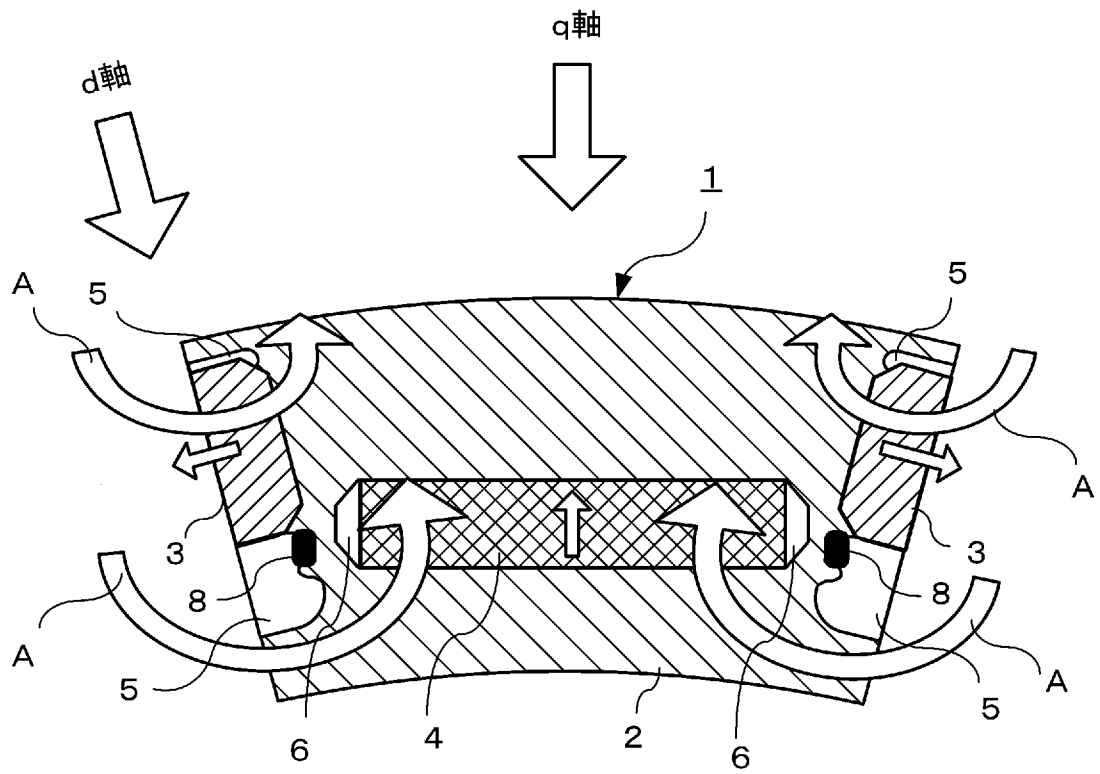
[図1]



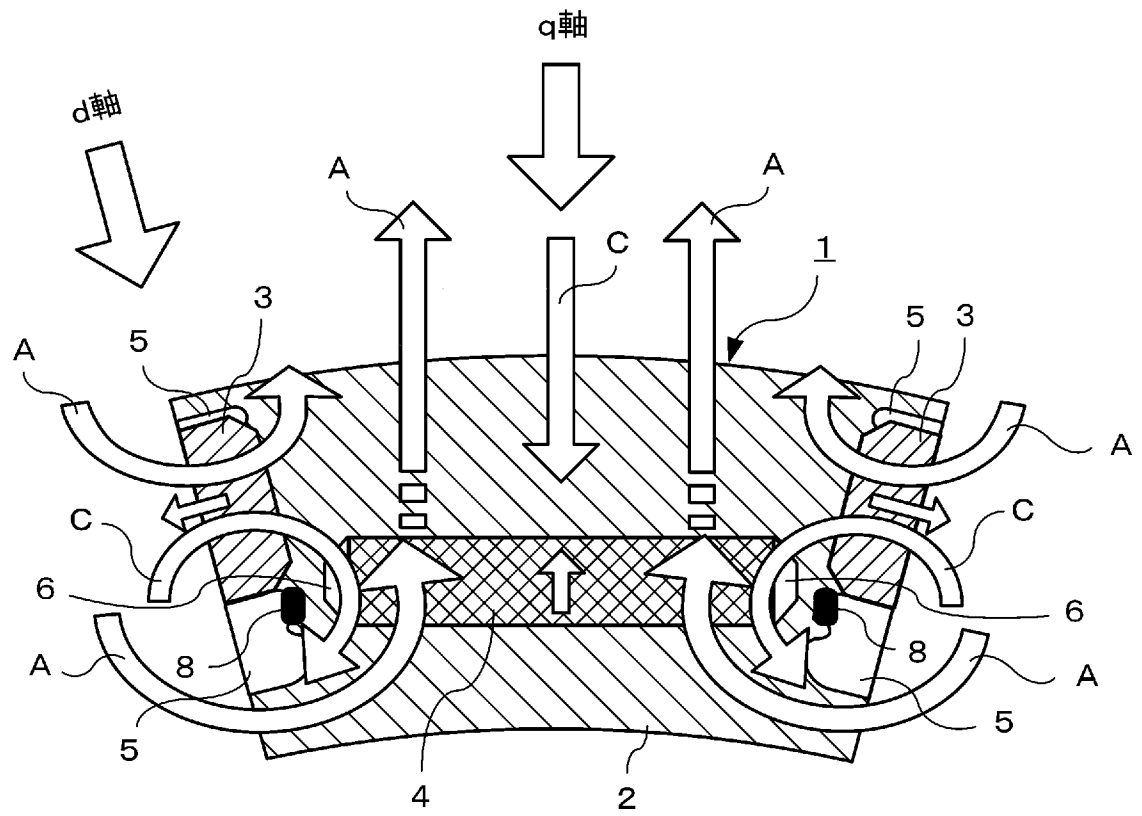
[図2]



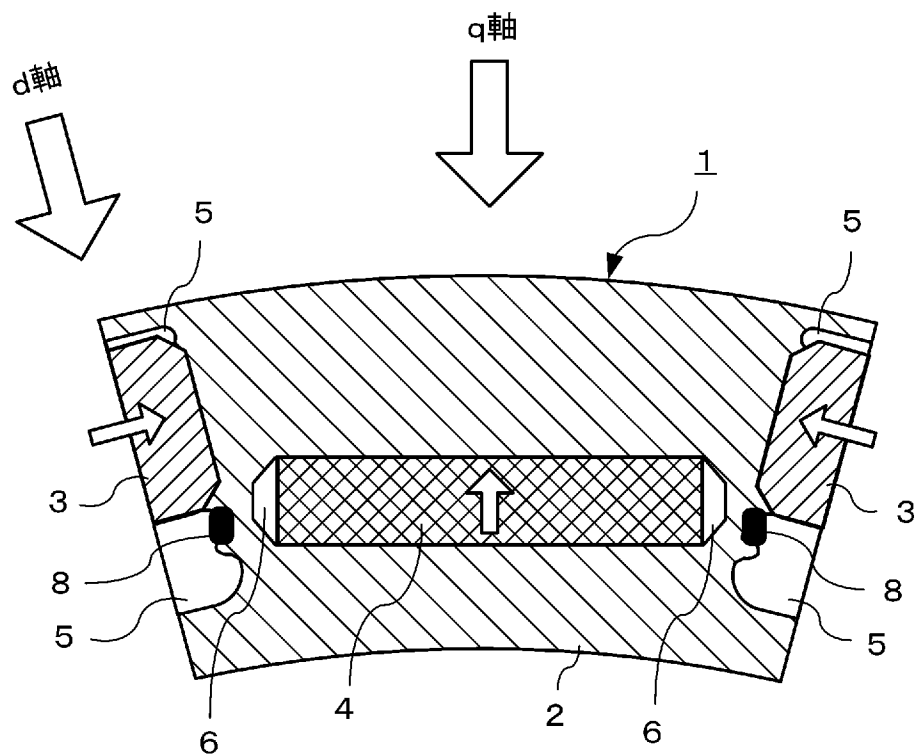
[図3]



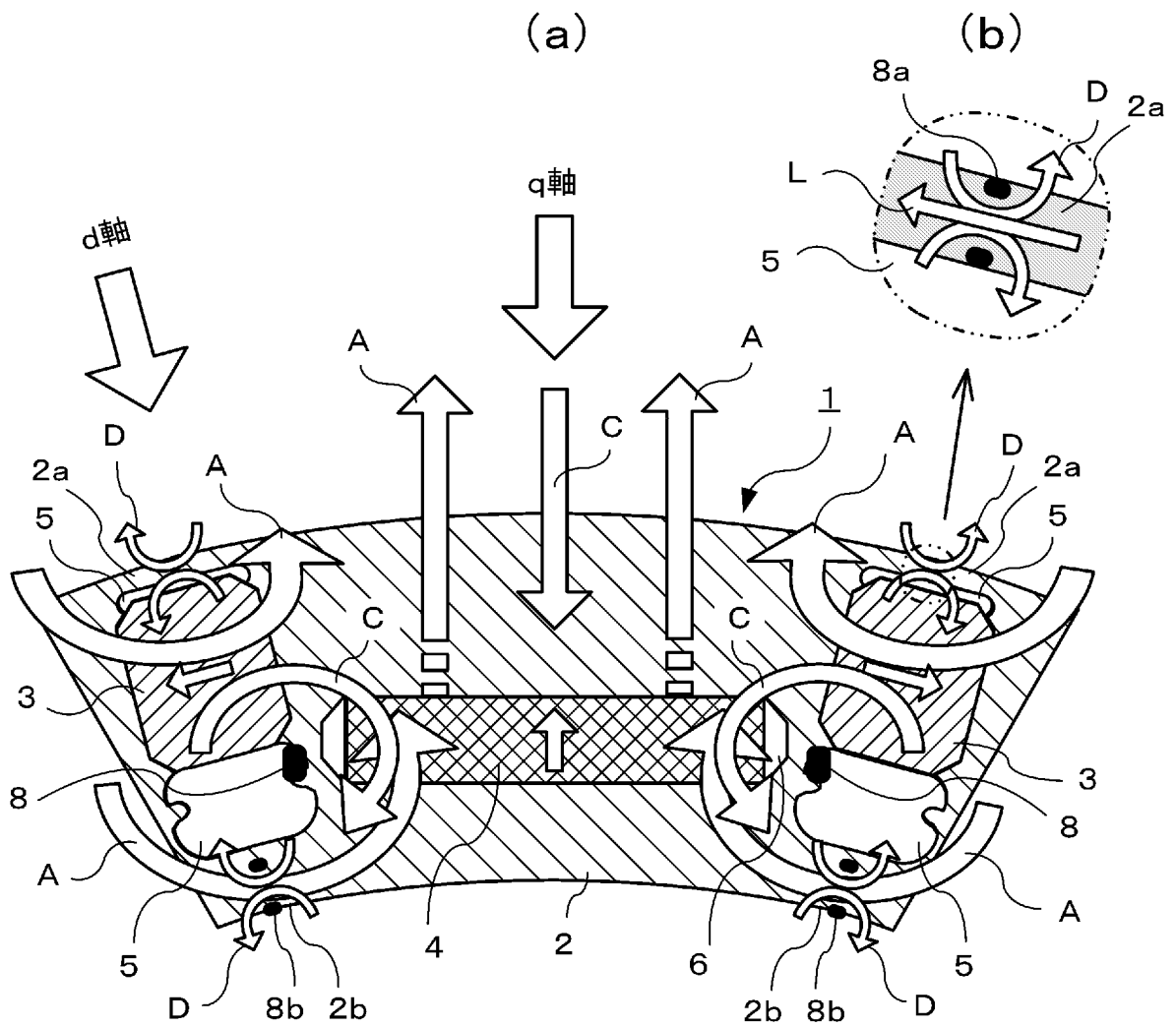
[図4]



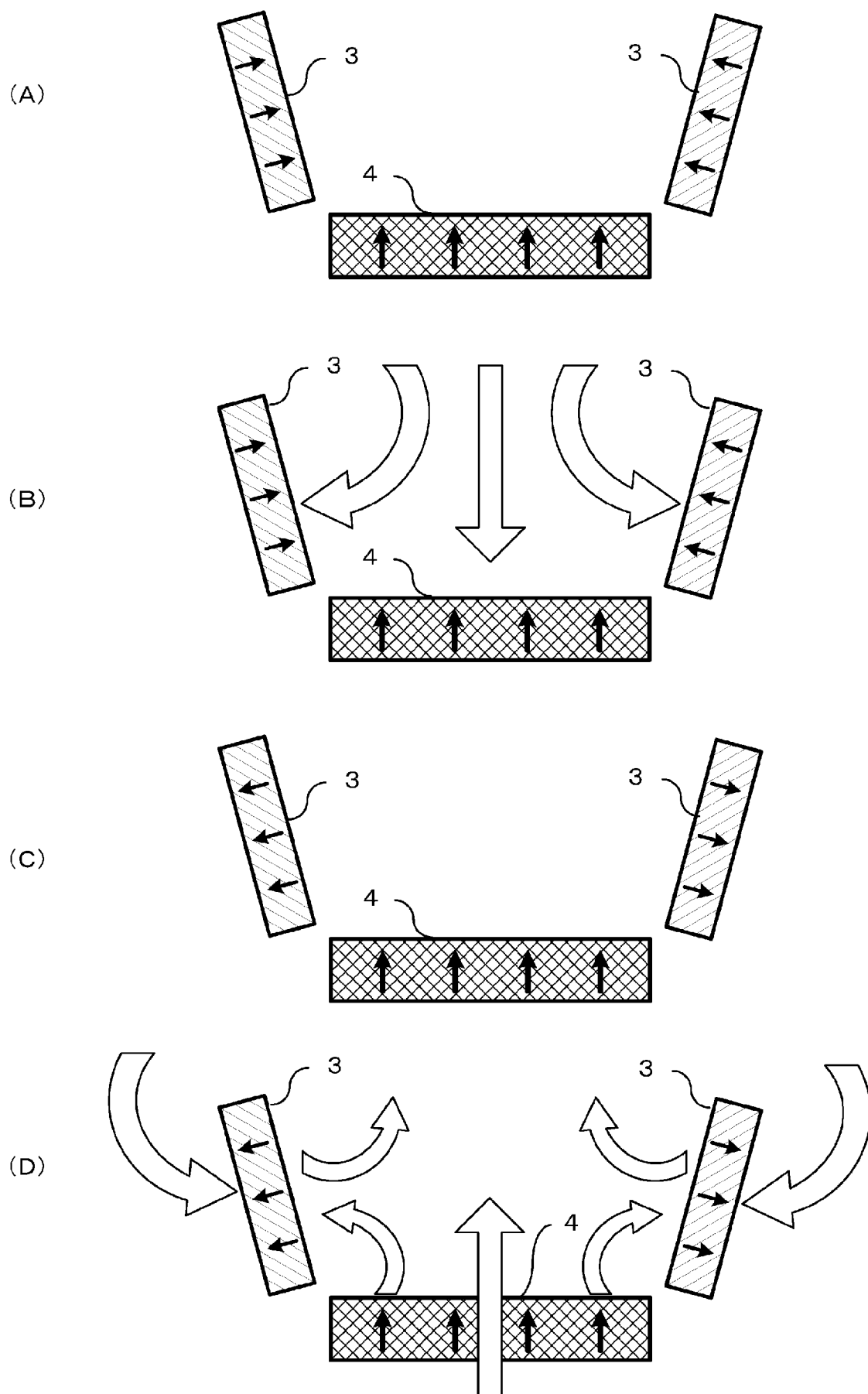
[図5]



[図7]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/002812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

H02K1/27

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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 A	WO 2008/023413 A1 (Toshiba Corp.), 28 February, 2008 (28.02.08), All pages & EP 2061132 A	1-5, 8, 10-12 6, 7, 9
Y A	JP 8-182282 A (Railway Technical Research Institute), 12 July, 1996 (12.07.96), All pages (Family: none)	1-5, 8, 10-12 6, 7, 9
Y A	JP 2008-29148 A (Toshiba Corp.), 07 February, 2008 (07.02.08), All pages & EP 2048772 A & WO 2008/013167 A1 & CA 2659088 A	11, 12

☐ 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
31 August, 2009 (31.08.09)

Date of mailing of the international search report
08 September, 2009 (08.09.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. 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（I P C））

Int.Cl. 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 A	WO 2008/023413 A1（株式会社東芝）2008.02.28, 全頁 & EP 2061132 A	1-5, 8, 10-12 6, 7, 9
Y A	JP 8-182282 A（財団法人鉄道総合技術研究所）1996.07.12, 全頁 （ファミリーなし）	1-5, 8, 10-12 6, 7, 9
Y A	JP 2008-29148 A（株式会社東芝）2008.02.07, 全頁 & EP 2048772 A & WO 2008/013167 A1 & CA 2659088 A	11, 12

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

3 1 . 0 8 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 9 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

三島木 英宏

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

3 V

3 0 1 8