

(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
2013年12月5日(05.12.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/179375 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/063672
- (22) 国際出願日: 2012年5月28日(28.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立産機システム(HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1010022 東京都千代田区神田練堀町3番地 Tokyo (JP). アイダエンジニアリング株式会社(AIDA ENGINEERING, LTD.) [JP/JP]; 〒2525181 神奈川県相模原市緑区大山町2番10号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 藤澤 勳也(FUJISAWA Yukinari) [JP/JP]; 〒2758611 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内 Chiba (JP). 八原 昌尚(YAHARA Masataka) [JP/JP]; 〒2758611 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内 Chiba (JP). 長瀬 博(NAGASE Hiroshi) [JP/JP]; 〒2525181 神奈川県相模原市緑区大山町2番10号 アイダエンジニアリング株式会社内

Kanagawa (JP). 田島 文男(TAJIMA Fumio) [JP/JP]; 〒2525181 神奈川県相模原市緑区大山町2番10号 アイダエンジニアリング株式会社内 Kanagawa (JP). 山口 芳弘(YAMAGUCHI Yoshihiro) [JP/JP]; 〒2525181 神奈川県相模原市緑区大山町2番10号 アイダエンジニアリング株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号 Tokyo (JP).

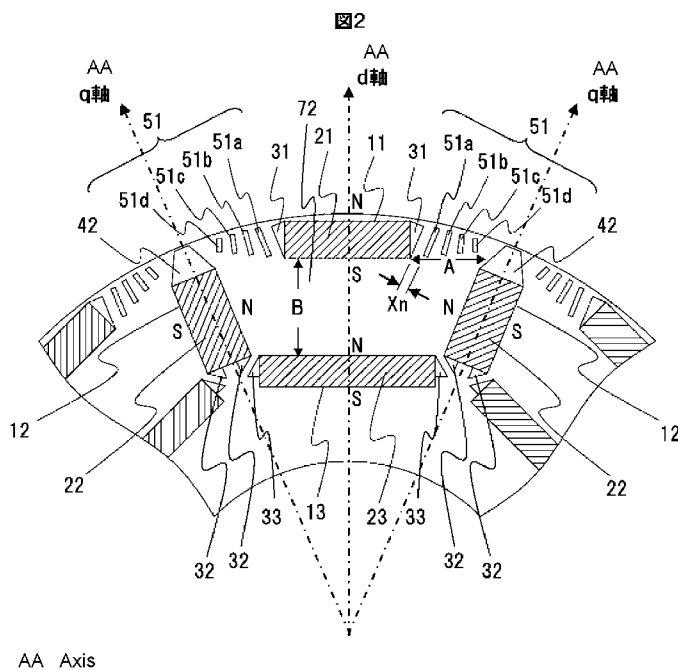
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE TORQUE ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 複合トルク型回転電機



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to improve torque in a composite torque rotating electric machine which uses permanent magnets having a low residual magnetic flux density such as ferrite magnets. This composite torque rotating electric machine is characterized by being provided with: a stator comprising armature windings arranged at a fixed interval at multiple positions on the inner periphery; a rotor which has a permanent magnet in a cylindrical core comprising laminated magnetic steel sheets and which is arranged inside of the stator; and magnetic flux blocking units which are provided across the circumferential direction on the outer periphery of the rotor and which block the closed loop magnetic flux generated around the stator windings. The magnetic flux blocking units are provided with multiple permanent magnets, and a non-magnetic body disposed between said permanent magnets. Further, the non-magnetic body is an air gap. Further, the distance between the permanent magnets and the non-magnetic part is characterized by being smaller than the interval at which the armature windings are arranged.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/179375 A1



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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石を用いた複合トルク型回転電機の高トルク化を図る。一定間隔で内周部の複数箇所に電機子巻線が配置される固定子と、電磁鋼板を積層した円筒状の鉄心内に永久磁石を有し、前記固定子の内側に配置された回転子と、前記回転子の外周部に周方向に渡って設けられ、前記固定子巻線の周囲に生じる閉ループの磁束を遮断する磁束遮断部とを備えたことを特徴とする。前記磁束遮断部は、複数の永久磁石と、この複数の永久磁石の間に設けられる非磁性体部とを備えてなる。また、前記非磁性体部は空隙である。また、前記永久磁石と前記非磁性部との間の距離が、前記電機子巻線の配置の間隔よりも小であることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：複合トルク型回転電機

技術分野

[0001] 本発明は、フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石を用いた複合トルク型回転電機に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石を回転子に埋設した同期電動機において、永久磁石による磁極中心軸をd軸と呼び、d軸に対し電氣的、磁氣的に直交する軸をq軸と呼ぶ。従来構造として、d軸方向に複数個の永久磁石を埋設した例が知られている（例えば、特許文献1参照）。また、リラクタンストルクを併合した永久磁石型回転電機の構造として特許文献2が知られている。さらに、特許文献3には、大きなリラクタンストルクを得ながら永久磁石の個数を低減して構成の簡略化を図った永久磁石式回転機の回転子が示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特許第3290392号公報
特許文献2：特許第3970392号公報
特許文献3：特開2001-145283号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 複合トルク型回転電機は、固定子の電機子巻線で生成される電機子磁束によるリラクタンストルクと、永久磁石の磁石磁束によるマグネットトルクを併合することにより高トルク化を実現する。

[0005] 特許文献1に示される従来構造は、d軸方向に複数個の永久磁石を埋設している。しかしながら、永久磁石を埋設する構造のため、永久磁石の外周側となる回転子の外周部の全域にわたり鉄心が存在し、この鉄心部分に固定子の電機子巻線で生成される閉ループの電機子磁束の空間高調波が、容易に流

入する構造となっている。この閉ループの空間高調波は、リラクタンストルクにほとんど寄与しないが、固定子および回転子の鉄心を通過することにより鉄心の磁気飽和傾向を増大させるため、結局リラクタンストルクに寄与する有効な磁束量が十分に得られていなかった。

[0006] また、リラクタン스効果をより増大させる目的で、磁束が一方のq軸方向より容易に流入するように、永久磁石間を大幅に開口した構造となっている（特許文献1、図2）。そして、この一方のq軸方向より流入した磁束は、d軸上の内周側に埋設されている永久磁石のさらに内周側を通過し、他方のq軸方向より流出する。しかし、この経路は磁路が長くなるため磁気抵抗が増大し、これに伴い磁気損失が増大するという問題があった。

[0007] 更に、q軸方向の鉄心部の永久磁石間を大幅に開口させてスペースを必要とするため、永久磁石の寸法、および配置に制約を受けて多極化が困難となり、多極化のためには回転子の体格を大きくする必要があった。また、q軸方向の鉄心部の永久磁石間を大幅に開口させることにより、d軸の複数の永久磁石の夫々の寸法を縮小する必要があり、マグネットトルクを十分に得られなかった。

[0008] 特許文献2の従来構造は、リラクタンストルクを併合した永久磁石型回転電機の構造として、代表的な構造である。この構造でのリラクタンストルクは、永久磁石より外周側の鉄心部で発生する。該鉄心部における磁気飽和を緩和するため、永久磁石をより内周側に寄せて配置して鉄心部の寸法を大きくしているが、この場合、永久磁石の回転子の周方向の長さが短縮され、マグネットトルクが減少することになる。

[0009] 永久磁石を用いた回転電機では、マグネットトルクの増大や永久減磁の回避のために、特に回転子外周側に位置する永久磁石にはネオジム磁石が用いられるが、希土類金属であるネオジムやディスプロシムの入手性は非常に悪く、また非常に高価である。一方、フェライト磁石は、入手性が良く安価であるが、低磁力であるためマグネットトルクが低く、また低保持力のため容易に永久減磁するという問題があった。

[0010] 特許文献3には、大きなリラクタンストルクを得ながら、永久磁石の個数を低減して構成の簡略化を図った永久磁石式回転機の回転子が示されている。しかしながら、固定子からの磁束の磁路が、外周側に位置する永久磁石の長手方向の端部と径方向に位置する永久磁石との間を通過して、台形状の内側を経て、その永久磁石の長手方向の他の端部と隣に位置する永久磁石との間を抜ける経路をとることになる、と記載されているように、固定子からの磁束が台形状の内側をショートカットすることになる。このため、台形状の内側の鉄心部で磁束の飽和が起きやすく、磁気抵抗が増加する。

[0011] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたもので、固定子の電機子巻線で生成される閉ループの磁束の空間高調波の回転子の鉄心部分への流入を遮断することにより、フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石を用いた複合トルク型回転電機の高トルク化を図ったものである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するために、本発明の複合トルク型回転電機は、一定間隔で周方向の複数ティースに電機子巻線が配置される固定子と、

電磁鋼板を積層した円筒状の鉄心内に永久磁石を有し、前記固定子の内側に配置された回転子と、

前記回転子の外周部に周方向に渡って設けられ、前記固定子巻線の周囲に生じる閉ループの磁束を遮断する磁束遮断部とを備えたことを特徴とする。

[0013] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記磁束遮断部は、複数の永久磁石と、この複数の永久磁石の間に設けられる非磁性体部からなることを特徴とする。

[0014] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記永久磁石と前記非磁性部との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする。

[0015] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記非磁性体部は複数のスリットから構成されるスリット部であり、前記永久磁石と前記スリット部との間の距離、及び、前記スリット同士の距離が、前記電機子巻線のテ

ィースの間隔よりも小であることを特徴とする。

[0016] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記非磁性体部は空隙であり、前記永久磁石と前記空隙との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする。

[0017] また、本発明の複合トルク型回転電機は、一定間隔で周方向の複数ティースに電機子巻線が配置される固定子と、

電磁鋼板を積層した円筒状の鉄心からなり前記固定子の内側に配置された回転子と、

前記回転子は、外周部に周方向に複数配置される永久磁石と、

前記回転子の複数の永久磁石の周方向の中間に設けられる空隙部と、

前記永久磁石と前記空隙部との間であって前記永久磁石の周方向の両側に設けられ、複数のスリットから構成されるスリット部とを備えたことを特徴とする。

[0018] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記スリット部は、前記永久磁石の内周側の角部と前記空隙部の外周側辺との中心とを結ぶ直線よりも外周側に形成されていることを特徴とする。

[0019] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記永久磁石と前記スリット部との間の距離、及び、前記スリット部と前記空隙との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする。

[0020] また、上記に記載の複合トルク型回転電機において、前記スリット部を構成するスリット同士の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石を用いた永久磁石回転電機において、電機子磁束によるリラクタンストルクと永久磁石によるマグネットトルクの複合トルクの高トルク化を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明実施例1の複合トルク型回転電機の径方向の断面図である。
- [図2]同じく回転子構造の要部拡大図である。
- [図3]スリットの配置の説明図である。
- [図4]電機子磁束の空間高調波の概念図である。
- [図5]本発明実施例における空間高調波の流れの概念図である。
- [図6]同じく回転子の任意角度における固定子のティースとの位置関係を示す図である。
- [図7]回転子全体における電機子巻線による磁束の流れを示す図である。
- [図8]回転子全体における永久磁石による磁石磁束の流れを示す図である。
- [図9]本発明実施例の電磁界解析による磁束分布を示す図である。
- [図10]電磁界解析による比較・検討モデルの例を示す図である。
- [図11]電磁界解析による結果を示す図である。
- [図12]本発明実施例2に係る複合トルク型回転電機の径方向の断面図である。
- 。
- [図13]同じく回転子構造の要部拡大図である。

発明を実施するための形態

[0023] 本発明の実施形態は、下記の(a)～(f)の各構成から得られるそれぞれの作用を考慮している。

(a) 回転子のd軸上の外周側に、固定子のティースに配置される電機子巻線で生成される電機子磁束の流入出を遮断する、磁束遮断手段の役割をする永久磁石を配置する。

(b) 内周側に隣接磁極間での磁束短絡の防止および磁路の整流の役割をする矩形形状の永久磁石を配置する。

(c) 回転子のq軸上に、隣接磁極との短絡磁束防止の役割をする永久磁石を配置する。

(d) この永久磁石の外周側端部に、内周側が長辺、外周側が短辺である台形形状の空隙を形成する。

(e) 回転子のd軸上の外周側に位置する永久磁石と、q軸上の永久磁石お

よび台形形状の空隙との間は、固定子から回転子に磁束が容易に流入するよう間隔が広く設けられている。

(f) 上記間隔が広く設けられている部分の鉄心に、複数のスリットからなる整流手段を形成する。

[0024] 上記の各構成を必要に応じて採用することにより、高トルク化を図った回転電機を得ることができる。例えば、回転子の内部において、永久磁石で磁極の縁を囲むように永久磁石を配置することにより、より多くの磁石磁束を得ることができるため、マグネットトルクを最大限に利用することができる。

[0025] また、回転子の d 軸の外周側に位置する永久磁石、q 軸の外周側に位置する台形形状の空隙、およびその間に形成される複数のスリットにより、回転子鉄心の外周側の全周領域において、電機子磁束の空間高調波を遮断することが可能となり、固定子および回転子における磁気飽和傾向を抑制することが可能となるため、トルクに有効な磁束量を増幅させることができ、高トルク化が可能となる。

[0026] また、フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石を使用して高トルク化を行なう場合、リラクタンストルクをより多く利用することが必要となる。リラクタンس型の回転電機の場合、d 軸方向と q 軸方向とで磁気的な粗密差を拡大させることで、リラクタンストルクを増大させることができるが、この磁気的な粗密差により 1 周期当りのトルク脈動は一般的には増大する。

[0027] 本実施態様では、上記スリット群により、磁束が整流されるためリラクタンストルクの増大化と同時に、トルク脈動の抑制が可能である。また、q 軸上の永久磁石の外周側端部に位置する空隙形状を台形形状とすることにより、固定子のティースから流入する磁束を整流することができるため、前述のスリット群と同様の効果が得られる。

[0028] また、磁束は d 軸上の外周側および内周側に位置する永久磁石と、q 軸上に位置する永久磁石とにより囲まれる広い面積の鉄心部を通過するので、磁気抵抗を小さくでき、磁束の磁路は短くなり磁気損失は減少する。また、磁

束が該鉄心部を通過する構造とすれば、 q 軸に沿う永久磁石の配置、および周方向の厚さの制約は緩和されるため、多極化が容易となる。

[0029] 以下、本発明の実施例の詳細な構造を図面を用いて説明する。なお、本実施例の説明において、特に記載しない限りは、永久磁石は低残留磁束密度のものであり、具体的にはフェライト磁石と称されるものを示している。

[0030] (実施例1)

まず、図1～図2を用いて実施例1の構造を説明する。図1は、複合トルク型回転電機の径方向の断面図であり、図2は、回転子構造の要部拡大図である。なお、図2には、 d 軸（永久磁石による磁極中心軸）、及び、 d 軸に対し電磁氣的に直交する q 軸を、それぞれ一点鎖線で示している。

[0031] 本実施例の複合トルク型回転電機は、8極の電機子巻線を有する固定子1と、円筒形の回転子3により構成されている。回転子3の鉄心は、積層された円形の電磁鋼板より構成されており、1つの磁極に3つ以上のフェライト磁石からなる永久磁石が埋設されている。固定子1には内側周方向に渡って複数のティース4が形成されており、各ティース4に電機子巻線2が巻回配置される構造となっている。

[0032] 図2により回転子3の構造を説明する。回転子3の外周側には、周方向を長手方向とする永久磁石21が配置されている。この外周側の永久磁石21は、 d 軸上の外周側に形成された略矩形形状の永久磁石挿入用空洞部11に埋設され、接着剤もしくは樹脂製ゴムで固定されており、 d 軸に平行となる方向に磁化されている。また、永久磁石挿入用空洞部11は永久磁石21より周方向に長く形成され、永久磁石21の両端部に略三角形もしくは略台形状の空隙31が形成されている。

[0033] また、回転子3には、 q 軸に沿って延伸するように永久磁石22が配置される。この永久磁石22は、 q 軸上に形成された略矩形形状の永久磁石挿入用空洞部12に埋設され、接着剤もしくは樹脂製ゴムで固定されている。永久磁石22は、 q 軸に直交する方向に磁化されており、永久磁石21の外周側の面がN極である場合は、その永久磁石21が埋設されている d 軸を向く

面がN極となるように配置される。これと逆に、永久磁石22が、永久磁石21の外周側の面がS極である場合は、その永久磁石21が埋設されているd軸を向く面がS極となるように配置される。永久磁石22の外周側の端部には台形形状の空隙42が形成されており、内周側の端部には、三角形もしくは台形形状の空隙32が形成されている。

[0034] さらに、回転子3において、永久磁石21より内周側に、周方向を長手方向とする永久磁石23が配置されている。この内周側の永久磁石23は、d軸の内周側に形成された矩形形状の永久磁石挿入用空洞部13に埋設され、接着剤もしくは樹脂製ゴムで固定されている。永久磁石23は、d軸に平行となる方向に磁化されており、永久磁石21の外周側の面がN極である場合は、永久磁石23の外周側の面はN極となるように配置され、永久磁石21の外周側の面がS極である場合は、永久磁石23の外周側の面はS極となるように配置されている。

[0035] 上述のように配置することにより、前記永久磁石21～23は、回転子3上において、台形の各辺上に位置するような配置となる。回転子のd軸上の外周側に位置する永久磁石21と、q軸上の永久磁石22および台形形状の空隙42との間隔Aは、固定子からの電機子磁束を回転子に容易に流入する長さに設定され、前記永久磁石21と23との距離をBとしたとき、距離Aに対して距離Bは大きく設定され、固定子1からの電機子磁束を回転子3に容易に流入させることができる。

[0036] なお、それぞれの永久磁石21～23の磁化方向については、図2に一例を図示している。すなわち、本実施例では永久磁石21及び永久磁石23は外周側がN極となり、内周側がS極となるように磁化されており、永久磁石22はN極が対向するように磁化されている。

[0037] 永久磁石22の外周側に位置する台形形状の空隙42と永久磁石21との間の鉄心部には、複数のスリット51a～51dでスリット群（スリット部）51を構成している。本実施例には4本のスリットが示されているがこれに限らない。これら台形形状の空隙42およびスリット群51は非磁性体（

非磁性体部) であり、永久磁石 2 1 とともに磁束遮断部を構成する。

[0038] スリット群 5 1 は、回転子 3 の外周側に配置されており、より好ましくは、永久磁石 2 1 の内周側の角部と台形形状の空隙 4 2 の外周側辺の中心とを結ぶ直線よりも外周側に形成されている。このスリット群 5 1 を構成する各スリット 5 1 a ~ 5 1 d は、回転子 3 の周方向に幅細で、径方向に延伸する細長い形状であり、これらが周方向に間隔をおいて複数設けられている。これら各スリット 5 1 a ~ 5 1 d は互いに平行に配置しても良いが、好ましくは、スリット間の幅が、外周側の間隔が狭く、内周側の間隔が広くなるように放射状に配置するのが良い。

[0039] 上記放射状の配置は、より好ましい形態として、図 3 に示すようなスリット群 5 1 としている。すなわち、永久磁石 2 1 に最も近いスリット 5 1 a は、q 軸と平行になるように形成され、q 軸に最も近いスリット 5 1 d は d 軸と平行になるように形成されている。スリット 5 1 b, 5 1 c は、スリット 5 1 a の中心軸とスリット 5 1 d の中心軸との交点 5 5 を中心とした角度を、略均等な角度に振り分けた角度に設定することで放射状に配置されている。

[0040] また、夫々のスリットの長さは、d 軸側のスリットから q 軸側のスリットに掛けて、一定の割合で短くなっている。すなわち、スリット 5 1 a が最も長く、スリット 5 1 d が最も短く、この間のスリット 5 1 b, 5 1 c が順に短く形成されている。スリット群 5 1 の周方向位置については、永久磁石 2 1 と台形形状の空隙 4 2 との間の略中央に形成されている。各スリットの内部は、空気や樹脂などの非磁性体が封入され、非磁性体の封入では鉄心の強度を高めることができる。

[0041] 以上説明したような構造を採用することにより、次の作用が期待できる。その第一は、回転子 3 の外周部分の構造による作用である。本実施例では、回転子の外周側に永久磁石 2 1 が配置され、永久磁石 2 1 の長手方向両端部には空隙 3 1 が設けられている。また、これに隣り合っスリット群 5 1 が存在し、さらに、スリット群 5 1 に隣り合っ空隙 4 2 が存在する。その次

に、スリット群 5 1、空隙 3 1、永久磁石 2 1、とこれらが周方向全体に渡って繰り返し存在する。このため、固定子巻線 2 の周囲のティース 4 に生じる閉ループの空間高調波（磁束）が、回転子 3 の外周部の構造によって遮蔽される作用が得られることになる。

[0042] そして第二の作用は、固定子巻線 2 によって発生する電機子磁束のスリット群 5 1 による整流手段（案内手段）としての作用である。すなわち、スリット間の幅が、外周側の間隔が狭く、内周側の間隔が広くなるように放射状に配置されることにより、スリット群 5 1 を通過するとき、磁束が整流された後、放射状に広がるように案内され、永久磁石 2 1 と永久磁石 2 3 で挟まれる広い面積の鉄心部 7 2 全体に拡散しながら流れる。また、スリット 5 1 a が最も長く形成されているため、このスリットの両側の鉄心を通る磁束をこのスリット 5 1 a に沿った方向でより遠くへ案内し、これによって磁束は鉄心部 7 2 でショートカットすることなく、全体に拡散するように案内される。

[0043] 以下、図面を用いてこれらの 2 つの作用を説明する。

[0044] 図 4 に、電機子磁束の空間高調波の概念図を示す。電機子巻線 2 に通電すると、電機子巻線 2 の周りに閉ループの電機子磁束が生じる。この電機子磁束には、固定子 1 の一方のティースより回転子 3 に流入し、他方の直近のティースより流入する、1 スロット周りで閉ループを成す磁束が存在する。これが電機子磁束の空間高調波 6 1 であり、出力トルクとは周期が異なるため、出力トルクには寄与しない。しかしながら、鉄心中に磁束が存在するため、固定子 1 および回転子 3 の鉄心部における磁気飽和傾向は増進する。すなわち、空間高調波 6 1 は、電動機の回転には何ら寄与しないにも関わらず磁気飽和を招くため、トルクに寄与する有効な磁束量が十分に得られなくなり、これを抑制することが必要となる。

[0045] 図 4 は、本実施例の構造ではないが、電機子磁束の空間高調波 6 1（図中に実線矢印で示す）は、複数箇所において発生している。また、図 4 において、中央に位置する電機子巻線 2 の周りに発生する空間高調波（図中に破線

矢印62で示す)は永久磁石21によって遮断されている。

[0046] 図5に、本実施例における空間高調波の流れの概念図を示す。電機子磁束の空間高調波は、鉄心などの磁性体中を容易に通過するが、通過する磁路上に空気や樹脂などの非磁性体を設けると、これによって遮断される。本実施例では、永久磁石21、スリット群51、台形形状の空隙42を回転子の外周側に配置することにより、空間高調波を遮断している。

[0047] また、前述したように、空間高調波は隣接のティースで閉ループを構成する。このため、永久磁石21と台形形状の空隙42の間隔、永久磁石21とスリット群51の間隔、スリット群51と台形形状の空隙42の間隔、およびスリット同士の間隔を、固定子1の隣接するティース間隔(ティースピッチ)よりも狭めることで、効率良く空間高調波61を遮断することができる。換言すれば、回転子3の外周側に配置される永久磁石、あるいは、空隙のような非磁性体の部分(本実施例では空隙31、空隙42、スリット51a~51d)の配置を次のようにすることで、空間高調波の遮断を可能としている。

[0048] 永久磁石と非磁性体部との距離、永久磁石とスリット部との間の距離、スリット部と前記空隙との間の距離、スリット同士の距離 X_n (ここで、 X_n は n 番目の距離で、図では n の最大が6の例を示す。)を、固定子1のティース4の間隔 Y (ティース間隔は一定であるため Y とする。)より小さく($X_n < Y$)設定する。このように構成すれば、電機子磁束の空間高調波が永久磁石あるいは非磁性体を必ず通過するので、確実に遮断され空間高調波を抑制できる。

[0049] 図6(a)~(c)に、回転子3の任意角度における固定子のティース4との位置関係を示す。前述にあるように、少なくともティースの間隔 Y よりも間隔 X_n を狭めることにより、運転時に固定子のティースと回転子の位置関係が変化しても、空間高調波の磁路上には永久磁石21、スリット群51、台形形状の空隙42が存在するため、どの位置においても空間高調波を遮断することができる。

[0050] すなわち、永久磁石 2 1，空隙 4 2，スリット群 5 1 は、回転子外周側の周方向に順々に配列され、夫々がトルクに寄与しない電機子巻線周りに発生する各空間高調波を抑制する作用を果たしている。永久磁石部，空隙部，スリット部（スリット群）は、磁束遮蔽部として機能し、これが周方向に延在することで、不要な磁束をカットしている。図 6（a）～（c）に破線 6 2 で示されるように、回転子 3 の回転位置によらず、空間高調波が効果的に遮断されていることが理解できる。

[0051] 図 7 により、電動機の電機子磁束の回転子での流れについて述べる。本実施例における回転子 3 全体における電機子磁束の流れ（実線矢印）を示す図である。固定子 1 の電機子巻線 2 より生成される電機子磁束は、d 軸方向の流入出が永久磁石 2 1 により遮断される。一方、q 軸方向については、台形状の空隙 4 2 と永久磁石 2 2 で分断されて、電機子磁束が回転子 3 内に流入する。具体的には、スリット群 5 1 の外周側より流入し、永久磁石 2 1 と永久磁石 2 3 とで挟まれる広い面積の鉄心部 7 2 を通過し、他方のスリット群 5 1 の外周側より流出する。このように、電機子磁束を分断した状態で流入させることにより、永久磁石 2 1 と永久磁石 2 3 とで挟まれる広い面積の鉄心部 7 2 では磁気飽和することなく、通過する電機子磁束を増大させることができ、磁気抵抗を低減してリラクタンストルクを増大させることができる。

[0052] 次に永久磁石による磁束を説明する。図 8 は、永久磁石の磁石磁束の流れを示す図である。d 軸上の外周側に位置する永久磁石 2 1 の磁化方向を電機子磁束に対向するように配置することにより、磁氣的な粗密の格差が拡大し突極性は増大するため、リラクタンストルクを増大させることができる。また、永久磁石 2 2，2 3 の夫々の磁極を向かい合わせることで、磁石磁束を収束されるため、マグネットトルクを増大させることができる。

[0053] 図 9 は、本実施例の電磁界解析による磁束分布を示す図であり、上述したスリット群 5 1 の作用を説明するための概念図である。リラクタンストルクを積極的に利用して高出力化を図るに当たり、本実施例がスリット群 5 1 を

備えていることは既に述べた（図1～図2参照）。このスリット群51が、回転子3と固定子1の間を流出入する磁束の流れを整えて案内する整流手段（案内手段）の作用があることが確認できる。

[0054] 一般に、磁束は短ループを成すようにその内周側に集中するため、通常は内周側の鉄心部での磁気飽和傾向は増進することになる。本実施例では、スリット群51によって磁束が永久磁石21と永久磁石23とで挟まれる鉄心部72の全体に拡散する流れに整流するように、内周側のスリット間隔が外周側のスリット間隔より大となる形状となっている。磁束は固定子1から回転子3に流入する際に、台形状の空隙42と永久磁石22により分断され、分断された夫々の磁束70はスリット群51を通過して放射状に広がって、回転子3の広く形成された鉄心部72の全体に拡散される。このことにより鉄心部72での磁気飽和傾向を抑制することができ、回転子全体として磁気抵抗が少なくすることができる効果がある。スリット群51より拡散された磁束71は、他方のスリット群51を通過し回転子より流出するが、一方のスリット群51を通過する際に拡散された磁束は、他方のスリット群51で整流されて集約されるため、突極性が損なわれることはない。

[0055] 図9に示されるように、永久磁石21と永久磁石23間の距離Bが広く、磁束の流路となる鉄心部72が幅広に形成されている一方、磁束の流出入側、すなわち、永久磁石21の端部と台形状の空隙42との距離Aが、永久磁石21と永久磁石23間の距離Bより狭いため、流入時にスリット群51の狭小な部分から幅広な部分へと流れて磁束を拡散させ、流出時に磁束を集約するため、効果的に磁束の流れを整えることができる（距離A、距離Bは図2参照）。また、これに加え、前述したスリット群51による磁束の整流作用により、一層効果的に磁束の流れを整えることができる。

[0056] 前記した磁束の整流作用の検証として、3つの例について電磁界解析を行った。以下、各例の構造と結果を説明する。

[0057] 図10は、電磁界解析による比較・検討モデルの例を示す図である。図10(a)のケース1は、既に述べた本実施例の構造である。図10(b)の

ケース2は、永久磁石21と台形状の空隙42との間に形成される全てのスリットが、q軸と平行に形成されており、また径方向の長さが同一である例である。図10(c)のケース3は、スリット群51がなく、また永久磁石22の外周側の空隙43の形状を矩形とした比較例である。

[0058] 図11に、図10の各ケースにおける電磁界解析による平均出力トルクおよびトルク脈動の判定表(a)と、(b)~(d)にその時のトルク波形を示す。平均出力トルクについては、ケース1とケース2で十分なトルクが得られているが、ケース3ではケース1もしくはケース2と比較して5%程度低下する。

[0059] トルク脈動については、ケース1が最良で5%程度であり、ケース2では10%以下である。ケース3では20%以上となっている。リラクタンストルクを利用したリラクタンس型の回転電機において、トルク脈動は20%程度が一般的であることからすれば、ケース1およびケース2に形成されているスリット群51、および台形状の空隙42が非常に効果的であることが分かる。

[0060] 以上説明したように、永久磁石21、スリット群51、台形状の空隙42は、空間高調波の抑制に寄与するように設け、この構成によって周方向に流れる磁束をカットすることが有効である(図4~図6参照)。一方、回転子鉄心内に流入する磁束の整流を意図した形状であることが効果的であることから(図8~図10参照)、本実施例の夫々のスリットは次のような構成とすることが望ましいといえる。

(1) 径方向に沿う方向に長く延伸すること。

(2) 回転子の外周側から内周側に向かい、拡がるような配置とすること。

(1)では、磁束の整流作用に大きく寄与することが確認でき(図10、図11のケース1、ケース2参照)、トルク脈動の低減効果も十分に得られる構造となっている。また、(2)のようなスリット配置とすることで、トルク脈動を更に低減することが可能であり(図10、図11のケース1参照)、より好適な構成を実現することができる。

[0061] 以上の本実施例の構造の利点をまとめると次のようになる。電機子電流により生じるリラクタンストルクと、フェライト磁石等の低残留磁束密度の永久磁石によるマグネットトルクとの双方を有効利用することにより、低残留磁束密度の永久磁石での高トルク化が実現できる。

[0062] 具体的には、d軸上の外周側に永久磁石を埋設し、q軸上の永久磁石とその外周側端部に台形形状の空隙を形成し、d軸上の外周側の永久磁石と台形形状の空隙との間にスリット群を形成し、夫々の周方向の間隔を固定子の隣接するティース間距離よりも狭めて配置することにより、出力トルクに寄与しない電機子磁束の空間高調波を遮断することができ、固定子および回転子の鉄心部における磁気飽和を抑制することができる。つまり、出力トルクに寄与する磁束の量を増幅させることができるため、出力トルクが増大する。

[0063] また、q軸上の永久磁石および台形形状の空隙により、磁束が分断されるため、回転子の鉄心部における磁気飽和は緩和される。つまり、上記同様に、出力トルクに寄与する磁束の量を増幅することができるため、出力トルクを増大させることが可能である。

[0064] 更に、回転子の外周側から内周側に拡がり、d軸からq軸に掛けて一定の割合で短くなるスリット群を設けることにより、リラクタンストルクを利用する際に増大するトルク脈動を大幅に抑制させることができる。

[0065] (実施例2)

次に上記の実施例とは異なる例を説明する。図12は、本発明の実施例2に係る複合トルク型回転電機の径方向の断面図であり、図13はその要部拡大図である。図12、図13に示す複合トルク型回転電機は、8極の電機子巻線を有する固定子1と、円筒形の回転子3より構成されている。本実施例構造の回転子3の鉄心は、積層された円形の電磁鋼板より構成されており、1つの磁極に3つ以上の永久磁石が埋設されている。実施例1の永久磁石21に代えてスリット群52が設けられている。

[0066] 永久磁石22は、q軸上に矩形形状の空隙12に埋設され、接着剤もしくは樹脂製ゴムで固定されている。永久磁石22の外周側の端部には台形形状

の空隙42が形成されている。内周側の端部には、略三角形もしくは略台形形状の空隙32が設けられている。

[0067] 永久磁石23は、d軸上の内周側に矩形形状の空隙13に埋設され、接着剤もしくは樹脂製ゴムで固定されている。永久磁石23は、d軸に対し平行となる方向に磁化されており、永久磁石22のd軸を向く面がN極である場合は、永久磁石23の外周側の面はN極となるように配置され、永久磁石22のd軸を向く面がS極である場合は、永久磁石23の外周側の面はS極となるように配置されている。

[0068] スリット群52と永久磁石22の外周側に位置する台形形状の空隙42との間の鉄心部には、複数のスリットによるスリット群51が形成されている。本実施例2においても、実施例1と同様に4本のスリットが示されているが、これに限らないことは自明である。

[0069] スリット群52に最も近いスリット51aは、q軸（近接しているq軸）と平行になるように形成され、q軸に最も近いスリット51dは、d軸と平行になるように形成されており、スリット51b、51cは、スリット51aの中心軸とスリット51dの中心軸との交点を中心とし、略均等な角度で振り分けられている（図3参照）。スリット群51における夫々のスリットの長さは、d軸側のスリットからq軸側のスリットに掛けて、一定の割合で短くなっている。スリット群51の周方向位置については、スリット群52と台形の空隙42との間の略中央に形成されている。各スリットの内部は、空気や樹脂などの非磁性体が封入されている。

[0070] d軸上の外径側に形成されるスリット群52は、複数の平行なスリットで構成され、実施例1の永久磁石21と同様に磁気遮蔽部を構成し、固定子1の電機子巻線2で生成される電機子磁束の空間高調波61を遮断する作用を成し、実施例1に示される構造と同様の効果が得られる。

符号の説明

[0071] 1…固定子、2…電機子巻線、3…回転子、4…ティース、11…永久磁石挿入用空洞部、12…永久磁石挿入用空洞部、13…永久磁石挿入用空洞

部、21…永久磁石、21、42、51、52…磁気遮蔽部、22、23…永久磁石、31、32、33…空隙、42…台形形状の空隙、51…スリット部（スリット群）、整流手段、52…スリット群、61…電機子磁束の空間高調波、62…遮断された電機子磁束の空間高調波、72…鉄心部、 X_n …永久磁石と非磁性体部との距離、永久磁石とスリット部との間の距離、スリット部と前記空隙との間の距離、スリット同士の間の距離、 Y …ティースの間隔（ティース間の距離）。

請求の範囲

- [請求項1] 一定間隔で周方向の複数ティースに電機子巻線が配置される固定子と、
電磁鋼板を積層した円筒状の鉄心内に永久磁石を有し、前記固定子の内側に配置された回転子と、
前記回転子の外周部に周方向に渡って設けられ、前記固定子巻線の周囲に生じる閉ループの磁束を遮断する磁束遮断部とを備えたことを特徴とする複合トルク型回転電機。
- [請求項2] 前記磁束遮断部は、複数の永久磁石と、この複数の永久磁石の間に設けられる非磁性体部からなることを特徴とする請求項1に記載の複合トルク型回転電機。
- [請求項3] 前記永久磁石と前記非磁性部との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする請求項2に記載の複合トルク型回転電機。
- [請求項4] 前記非磁性体部は複数のスリットから構成されるスリット部であり、前記永久磁石と前記スリット部との間の距離、及び、前記スリット同士の間隔が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする請求項2に記載の複合トルク型回転電機。
- [請求項5] 前記非磁性体部は空隙であり、前記永久磁石と前記空隙との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする請求項2に記載の複合トルク型回転電機。
- [請求項6] 一定間隔で周方向の複数ティースに電機子巻線が配置される固定子と、
電磁鋼板を積層した円筒状の鉄心からなり前記固定子の内側に配置された回転子と、
前記回転子は、外周部に周方向に複数配置される永久磁石と、
前記回転子の複数の永久磁石の周方向の中間に設けられる空隙部と、

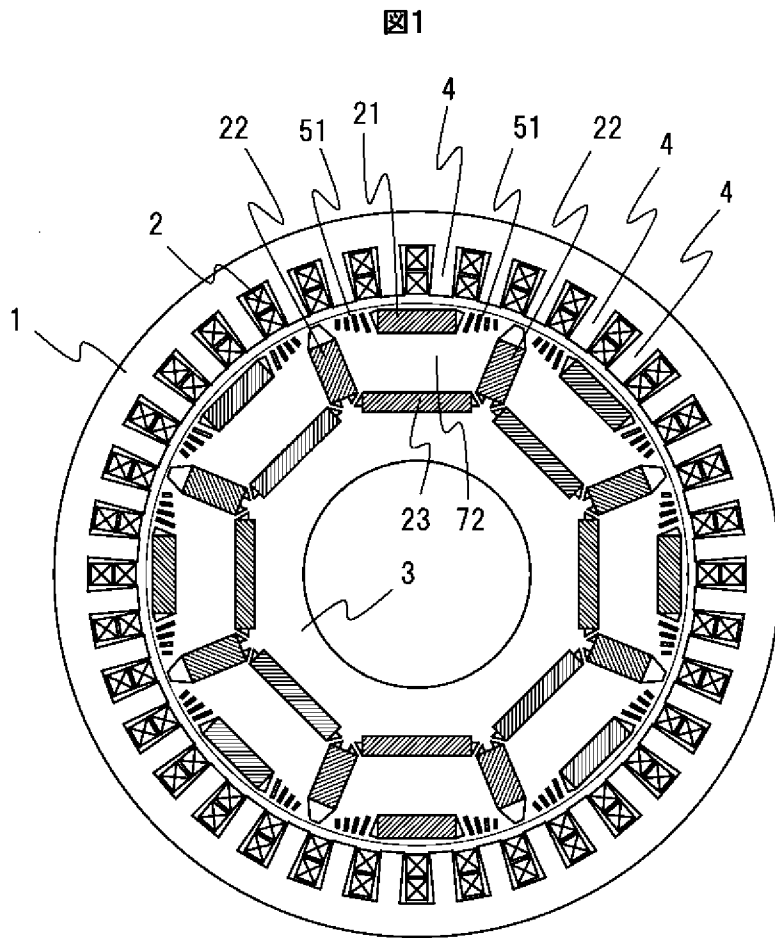
前記永久磁石と前記空隙部との間であって前記永久磁石の周方向の両側に設けられ、複数のスリットから構成されるスリット部とを備えたことを特徴とする複合トルク型回転電機。

[請求項7] 前記スリット部は、前記永久磁石の内周側の角部と前記空隙部の外周側辺との中心とを結ぶ直線よりも外周側に形成されていることを特徴とする請求項6に記載の複合トルク型回転電機。

[請求項8] 前記永久磁石と前記スリット部との間の距離、及び、前記スリット部と前記空隙との間の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする請求項6に記載の複合トルク型回転電機。

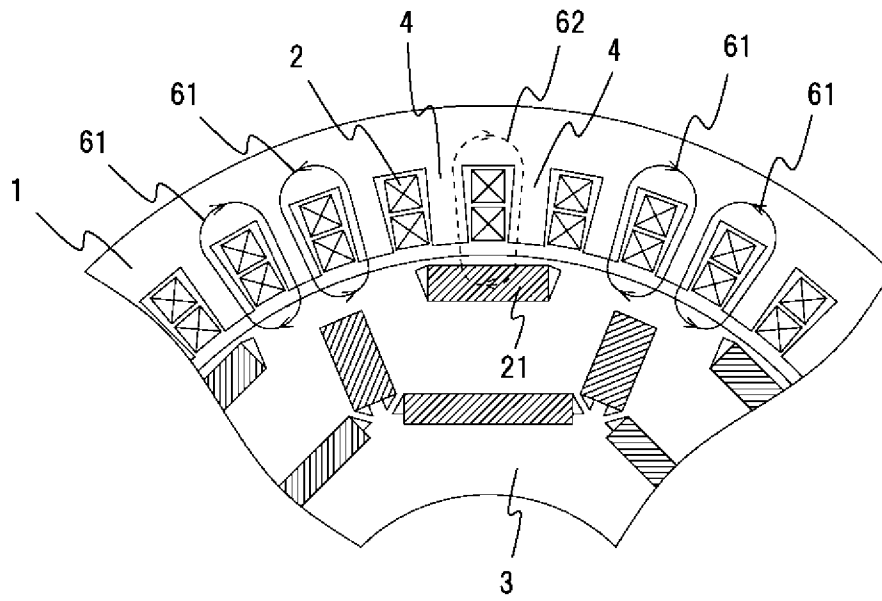
[請求項9] 前記スリット部を構成するスリット同士の距離が、前記電機子巻線のティースの間隔よりも小であることを特徴とする請求項6～8のいずれかに記載の複合トルク型回転電機。

[図1]



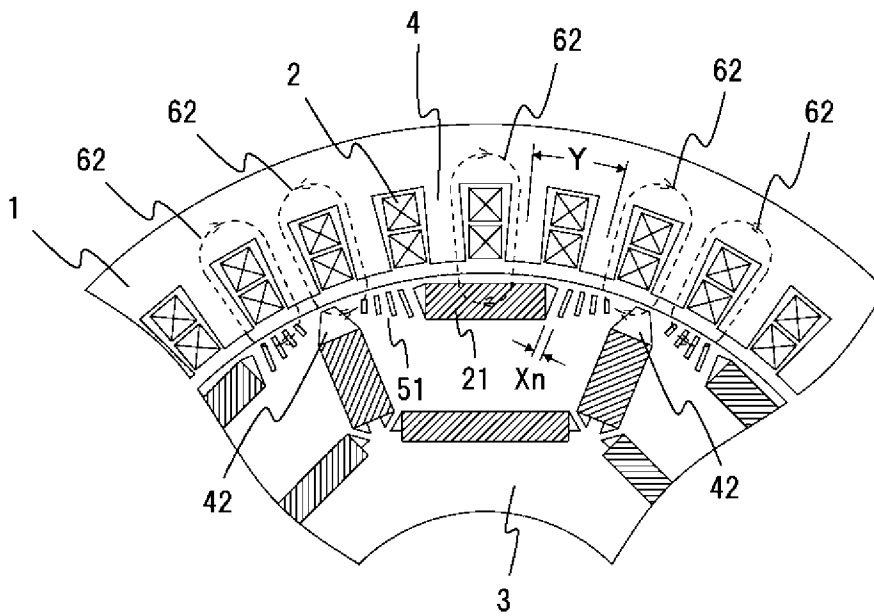
[図4]

図4

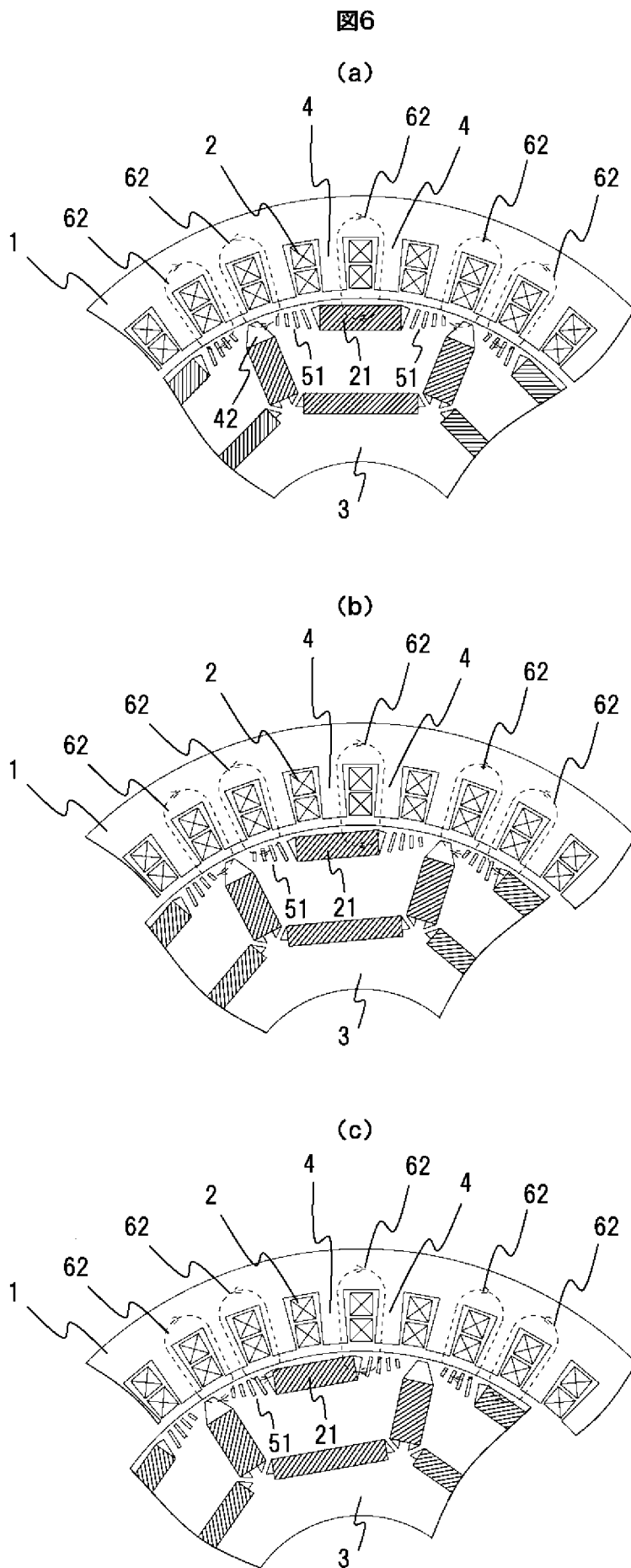


[図5]

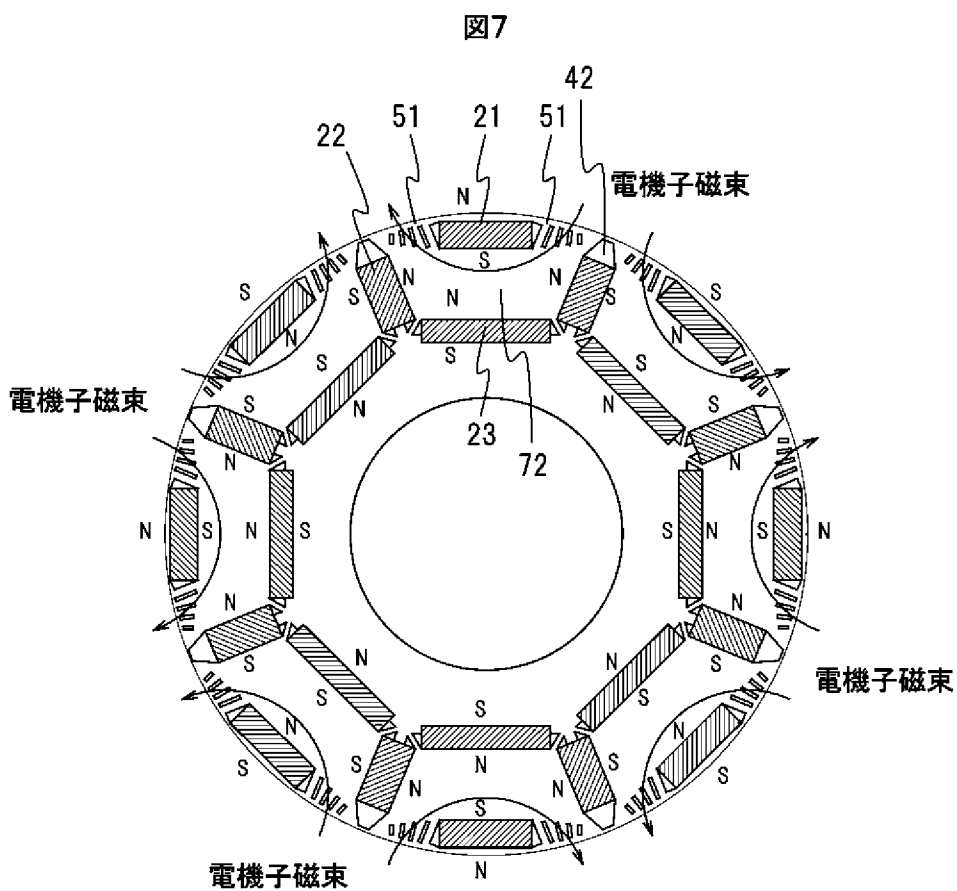
図5



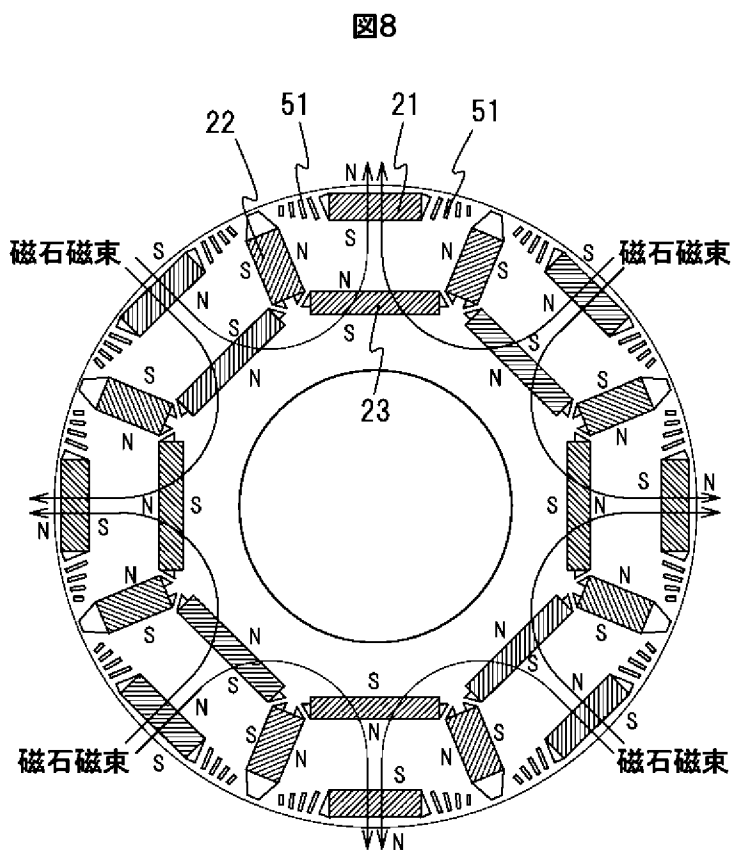
[図6]



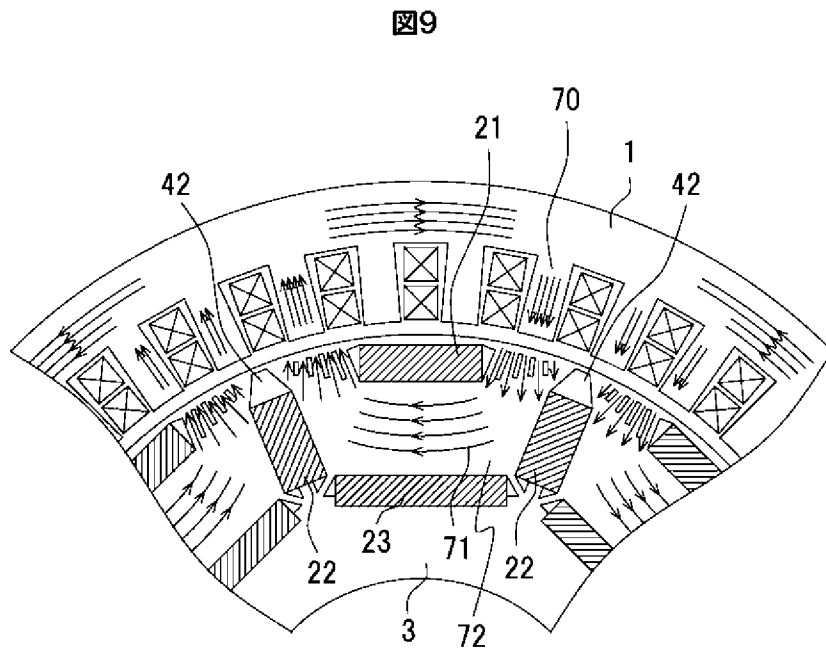
[图7]



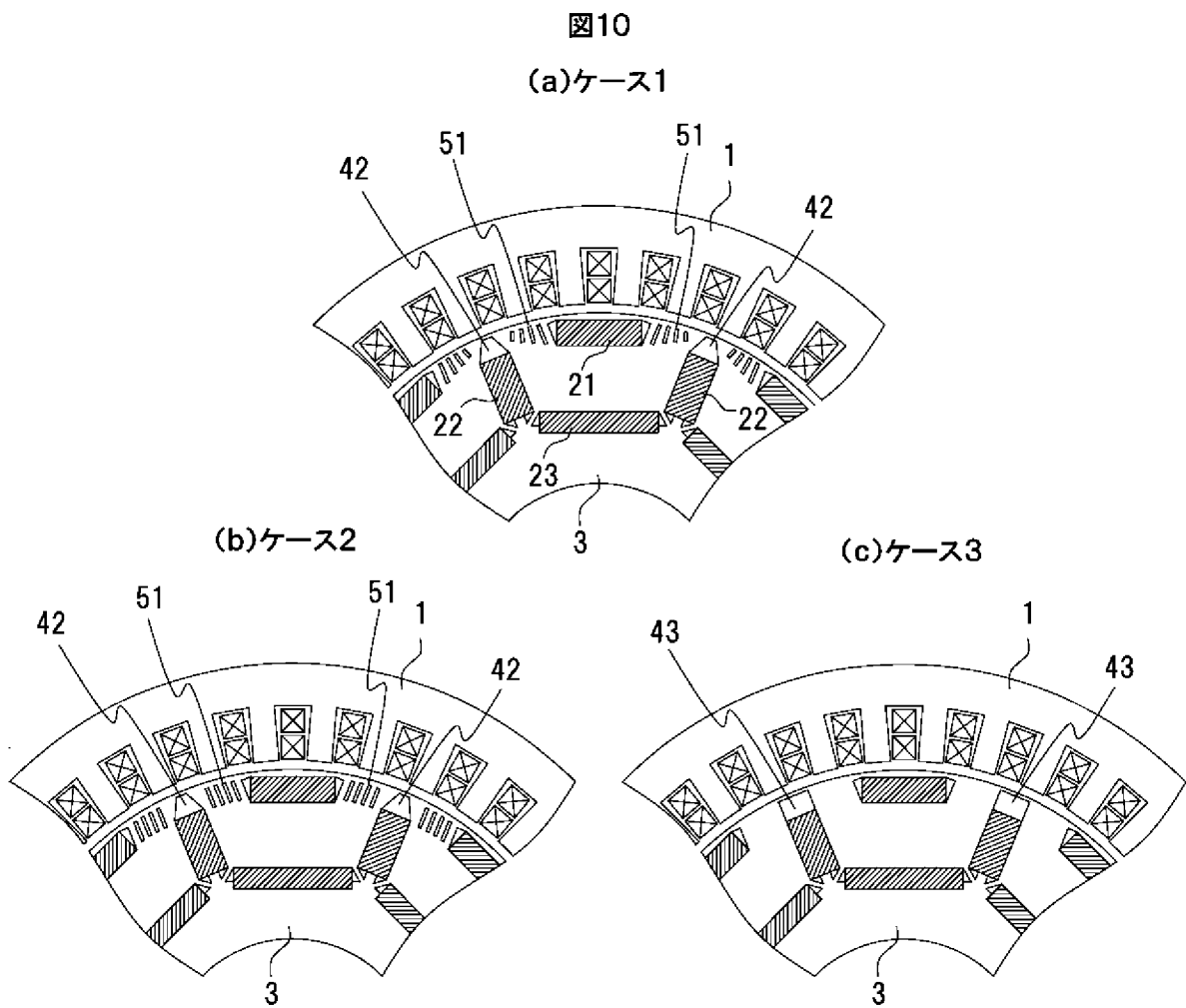
[图8]



[図9]



[図10]



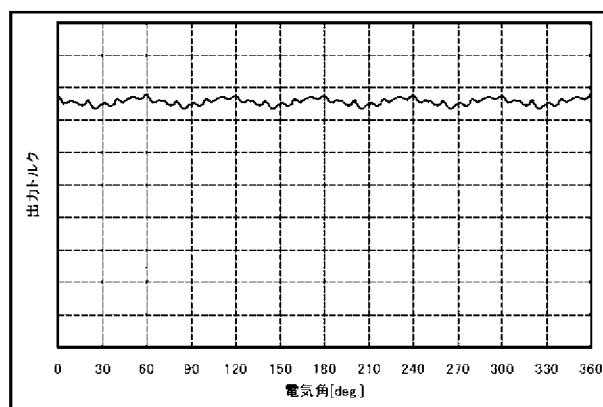
[図11]

図11

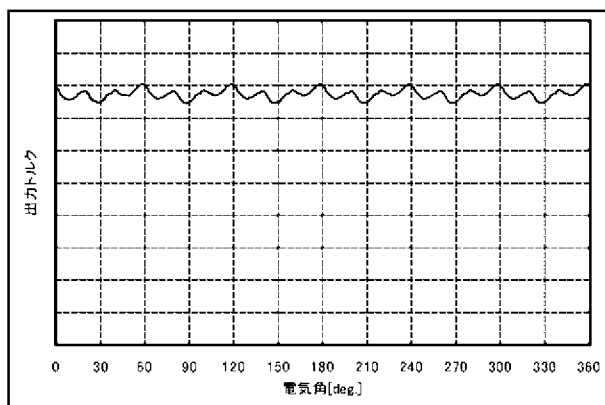
(a)

モデル	判 定	
	平均出力トルク	トルク脈動
ケース1	○	○
ケース2	○	△
ケース3	△	×

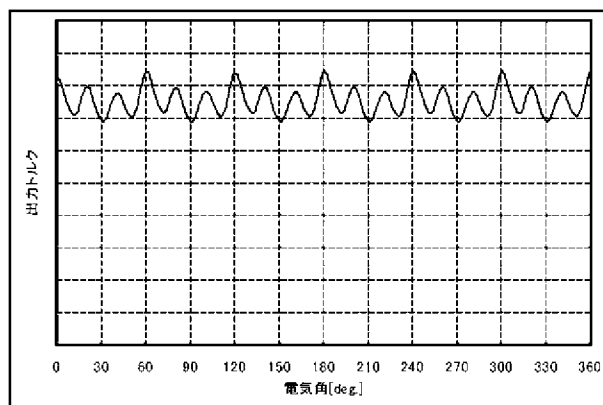
(b)ケース1



(c)ケース2

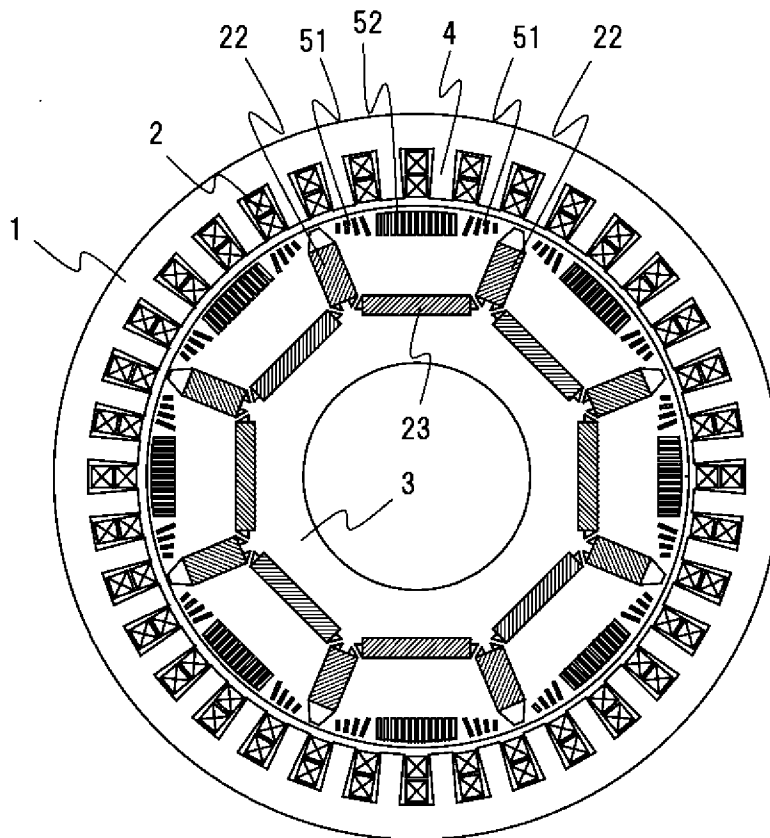


(d)ケース3



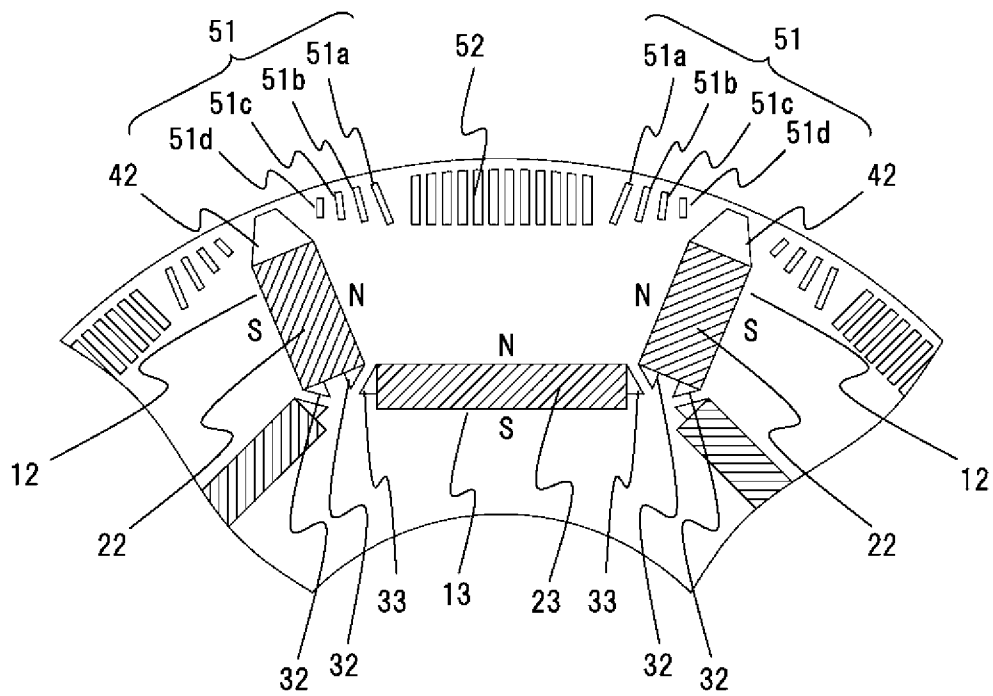
[図12]

図12



[図13]

図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063672

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2001-145283 A (Toyota Motor Corp.), 25 May 2001 (25.05.2001), paragraphs [0015] to [0029]; particularly, fig. 1 to 3 (Family: none)	1-9
Y	JP 2001-178092 A (Asmo Co., Ltd.), 29 June 2001 (29.06.2001), paragraphs [0018] to [0026]; fig. 1 to 4 & US 6483212 B1 & DE 10049343 A	1-9
Y	JP 2006-81338 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 23 March 2006 (23.03.2006), paragraphs [0008] to [0021]; fig. 1 (Family: none)	6-9

 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
11 July, 2012 (11.07.12)Date of mailing of the international search report
24 July, 2012 (24.07.12)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 (IPC))

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 (IPC))

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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 2001-145283 A (トヨタ自動車株式会社) 2001.05.25, [0015] - [0029], [図1] - [図3] を特に参照 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2001-178092 A (アスモ株式会社) 2001.06.29, [0018] - [0026], [図1] - [図4] & US 6483212 B1 & DE 10049343 A	1-9
Y	JP 2006-81338 A (日産自動車株式会社) 2006.03.23, [0008] - [0021], [図1] (ファミリーなし)	6-9

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

11.07.2012

国際調査報告の発送日

24.07.2012

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)

塩治 雅也

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

3630