

(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
2011年9月9日(09.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/108363 A1

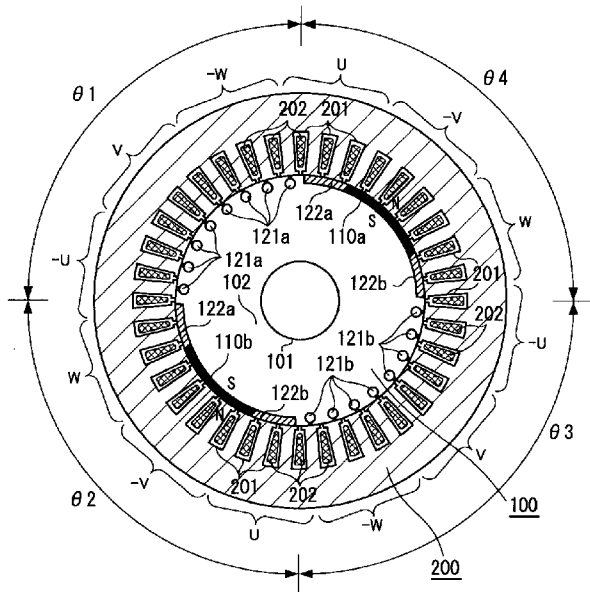
- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) H02K 21/46 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/053376
 - (22) 国際出願日: 2011年2月17日(17.02.2011)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2010-045913 2010年3月2日(02.03.2010) JP
 - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人長崎大学(Nagasaki University) [JP/JP]; 〒8528521 長崎県長崎市文教町1-1-4 Nagasaki (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 樋口 剛 (HIGUCHI Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒8528521 長崎県長崎市文教町1-1-4 国立大学法人長崎大学内 Nagasaki (JP).
 - (74) 代理人: 特許業務法人 山口国際特許事務所 (YAMAGUCHI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1130034 東京都文京区湯島3-1-4-7 高村ビル5F 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, RO, RS, RU, 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, 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 (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))

(54) Title: PERMANENT MAGNET SYNCHRONIZING ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称: 永久磁石同期電動機

[図1]

FIG. 1



(57) Abstract: Disclosed is an electric motor capable of highly efficient driving, as well as self-starting, as a permanent magnet synchronizing electric motor. A permanent magnet synchronizing electric motor is configured from a rotating element (100) wherein permanent magnets are attached to an iron core, and a fixed element (200), further comprising a polyphase winding (202), which is positioned upon the periphery of the rotating element. A polyphase current is applied to the polyphase winding (202) of the fixed element (200) that is applied to the permanent magnet synchronizing electric motor. As a configuration thereof, at least two permanent magnets (110a, 110b) are positioned equidistantly in prescribed positions upon the cylindrical face of the rotating element (100) and in opposition to the fixed element (200). Damping windings (basket-shaped windings) (121a, 122a, 121b, 122b) are positioned in different locations from the positioning locations of the permanent magnets (110a, 110b) in the circumference direction of the cylindrical face. When activated, the motor starts up as an induction motor using the damping windings, and rotates as a synchronized electric motor by way of the permanent magnets when a synchronization velocity is reached.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/108363 A1

永久磁石同期電動機として高効率な駆動ができると共に、自己始動が可能な電動機を提案することを目的とする。本発明は、鉄心に永久磁石が取り付けられた回転子100と、回転子の周囲に配置された多相巻線202を備えた固定子200とで構成され、固定子200の多相巻線202に多相交流が印加される永久磁石同期電動機に適用する。構成としては、少なくとも2個の永久磁石110a, 110bを、固定子200と対向する回転子100の円筒面の所定位置に露出させて均等に配置する。そして、永久磁石110a, 110bの配置位置とは別の位置の円筒面の円周方向に沿って、制動巻線（かご形巻線）121a, 122a, 121b, 122bを配置した。始動時には、制動巻線を使った誘導電動機として始動し、同期速度になると、永久磁石による同期電動機として回転する。

明 細 書

発明の名称：永久磁石同期電動機

技術分野

[0001] 本発明は、回転子に永久磁石が取り付けられた永久磁石同期電動機に関する。

背景技術

[0002] 従来、交流電動機として広く普及している電動機の1つに、かご形三相誘導電動機がある。かご形三相誘導電動機は、固定子側の巻線に三相交流を印加することで回転磁界を生じさせ、この回転磁界の中にかご形巻線を備えた回転子を配置することで、かご形巻線の導体に電流を誘導し、この電流と回転磁界との間でトルクを発生して、回転子を回転させるものである。

[0003] この種の誘導電動機は、固定子側の巻線に交流を印加するだけで自己始動し、同期速度近くまで加速する。この誘導電動機で回転速度の制御を行うためには、インバータによる周波数制御が一般的であるが、周波数に対応した速度、すなわち同期速度よりも少し遅い速度で回転し、さらに負荷トルクに応じて回転速度が変動する。したがって、正確な速度制御を行うためには、回転子の回転速度を検出し、速度指令と、検出した回転速度とを使ったベクトル制御演算等を行って、印加する交流の周波数と電圧や位相を常に制御する必要がある。

[0004] 一方、誘導電動機とは異なる構造の電動機として、誘導電動機よりも小型で5～10%程度効率の高い電動機である、永久磁石同期電動機が近年注目され、普及しつつある。永久磁石同期電動機は、回転子に永久磁石を取り付け、固定子側の巻線に三相交流を印加することによる回転磁界と永久磁石による磁界との作用で、トルクを発生させて、回転子を回転させるものである。回転速度は前記同期速度であるため、速度制御が容易である。

[0005] しかしながら、永久磁石同期電動機は、同期速度でしかトルクを発生しないので、商用周波数では静止時に自己始動できない欠点がある。また、同期

はずれを起こさずに回転速度を制御するためには、一般には回転子の回転位置の情報を取得した上で、ベクトル制御演算等を行って、印加する交流の周波数と電圧や位相を制御する必要がある。このように自己始動できる誘導電動機の特徴と同期速度で回転する永久磁石同期電動機の特徴を併せ持ち、複雑なベクトル制御を行わなくても簡単な汎用の可変電圧可変周波数インバータで速度制御できる電動機への期待があった。

[0006] 永久磁石同期電動機が自己始動できない問題点を解決するために、従来から、誘導電動機として起動させるための巻線を永久磁石とは別に回転子に設けて、誘導電動機として起動させて、起動した後は、同期電動機として定速運転ができる構造の永久磁石同期電動機が、各種提案されている。例えば、文献 1（日本国特許庁発行の特開 2009-153356 号公報）には、回転子の外周側にかご形巻線を配置し、回転子の内周側に複数の永久磁石を配置する構造についての記載が、図 1 などにある。回転子外周側のかご形巻線により、誘導電動機としての起動を可能としている。また、起動して同期速度に近づいたときには、永久磁石による作用で、同期速度で回転し、同期電動機として定速運転を行うようにしてある。

[0007] 文献 1 以外にも、回転子に誘導電動機として作用させる巻線と同期電動機として作用させる永久磁石を組み込む構造は、各種提案されている。しかしながら従来から提案されている構造は、いずれも、永久磁石とかご形巻線の双方の回転子への配置が適正ではなかった。このため、特に固定子で発生させた回転磁界の流れがスムーズではなく誘導電動機としての特性が十分でなかったり、永久磁石による磁界の流れがスムーズではなく永久磁石同期電動機としての特性が十分に発揮できない問題があった。

発明の概要

[0008] 本発明は、永久磁石同期電動機として高効率な駆動ができると共に、自己始動が可能な電動機を提案することを目的とする。

[0009] 本発明は、鉄心に永久磁石が取り付けられた回転子と、回転子の周囲に配置された多相巻線を備えた固定子とで構成され、固定子の多相巻線に多相交

流が印加される永久磁石同期電動機に適用される。

その構成としては、少なくともこれら2個の永久磁石を、固定子と対向する回転子の円筒面の所定位置に露出させて均等に配置し、少なくとも2個の永久磁石の配置位置とは別の位置の円筒面の円周方向に沿って、制動巻線（かご形巻線）を配置したものである。

[0010] このように構成したことで、始動時には、制動巻線を使った誘導電動機として始動し、同期速度になると、永久磁石による同期電動機として動作する。

[0011] 本発明によると、始動時には、制動巻線を使った誘導電動機として自己始動が可能であると共に、同期速度になると、永久磁石による同期電動機として動作するようになる。この場合、少なくとも2個の永久磁石を、回転子の円筒面に露出して配置して、固定子の鉄心に近接させた構成とし、制動巻線の部分も固定子の鉄心に対して近接させた構成としたため、永久磁石による磁界がスムーズに分布し、高効率の同期電動機が得られる。

[0012] この場合、回転子に配置した制動巻線は、かご形巻線を円筒面の円周方向に沿って分割した分割かご形巻線で構成することで、回転子の円筒面に永久磁石と制動巻線とを交互に効率よく配置できるようになる。

[0013] また、永久磁石の一方及び他方の端部に隣接して、それぞれ個別の分割かご形巻線を配置し、永久磁石と同数の分割かご形巻線を配置したことで、分割かご形巻線の部分はギャップを小さく保つことができるため、固定子巻線による回転磁界をスムーズに分布させることができる。従って、制動巻線を使った誘導電動機としての始動状態から、固定子を加速し、永久磁石による同期運転状態への切り替わりをスムーズに行えるようになる。

[0014] 永久磁石の一方の端部を、その一方の端部と隣接した分割かご形巻線を構成する導体の端部で押え、永久磁石の他方の端部を、その他方の端部と隣接した分割かご形巻線を構成する導体の端部で押えることで、永久磁石を回転子に固定させることで、分割かご形巻線を構成する導体を使って永久磁石を固定させることができ、回転子の円筒面に永久磁石を固定することが確実か

つ良好に行える効果を有する。この磁石抑えの役割をする導体は、永久磁石による磁界が固定子に行かずに回転子鉄心を通して回転子中の永久磁石の他極に戻る漏れ磁界を軽減する役割も担っている。

[0015] なお、前記かご形巻線は、前記分割かご形巻線を構成しなくても、通常の誘導電動機のかご形巻線のようにかご形巻線の全ての導体を回転子両端に配置した端絡環で短絡する構成とすることもできる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の一実施の形態による電動機の断面構成の例を示す断面図である。

[図2]本発明の一実施の形態による電動機の回転子の構成例を示す斜視図である。

[図3]図2の回転子を分解して示す分解斜視図である。

[図4]本発明の一実施の形態による電動機の駆動回路構成例を示すブロック図である。

[図5]本発明の一実施の形態によるすべり特性とトルクの関係の例を示す特性図である。

[図6]本発明の一実施の形態によるすべり特性とトルクの関係の例を示す特性図である。

[図7]本発明の一実施の形態による固定子巻線による磁界の例を示す説明図である。

[図8]本発明の一実施の形態による永久磁石による磁界の例を示す説明図である。

[図9]本発明の一実施の形態の変形例による永久磁石を3個配置した6極構造の回転子を示す断面図である。

[図10]本発明の一実施の形態の変形例による永久磁石を4個配置した8極構造の回転子を示す断面図である。

[図11]本発明の一実施の形態の変形例による電動機の端絡環を用いた回転子の構成例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明の一実施の形態を、以下の順序で説明する。

1. 電動機の構成の説明（図1～図3）
2. 駆動回路の説明（図4）
3. 回転動作の説明（図5～図8）
4. 変形例の説明（図9, 図10, 図11）

[0018] [1. 電動機の構成の説明]

まず、図1～図3を参照して、本実施の形態の電動機の構成について説明する。

本実施の形態の電動機は、図1に断面で示すように、鉄心102に永久磁石110a, 110bが取り付けられた回転子100と、回転子100の周囲に配置された多相巻線（3相交流巻線202）を備えた固定子200とで構成された永久磁石同期電動機としたものである。多相巻線である3相交流巻線202には、3相交流が印加されて、回転磁界が生成される。

[0019] 固定子200側の構成について説明すると、図1に示すように、固定子200は、環状にスロット201を複数配置してあり、それぞれのスロット201内に3相交流巻線202を配置してある。この例では、図1にU相、V相、W相として各相の巻線の範囲を示すように、3相交流巻線202として、30°ごとに別の相の交流を印加させるようにしてある。但し、二層分布短節巻を施す時のように、相の境界となる位置付近のスロット201については、1つのスロット201内に、隣接する2つの相の巻線が配置される場合もある。

[0020] 次に、回転子100の構成について説明する。

図2は、回転子100を固定子200から外した状態で示してあり、図3はさらにその回転子100を構成する各部材を分解して示した図である。

図2に示すように、回転子100は、回転軸101を、円筒形の鉄心102の中心に取り付けてある。円筒形の鉄心102の外周面である円筒面には、2つの永久磁石110a, 110bを、等間隔に配置してある。2つの永

久磁石 110a, 110b は、同一形状であり、回転軸 101 に取り付けられた鉄心 102 の長さとはほぼ等しい長さの細長い短冊状としてあり、鉄心 102 の円筒面に沿って湾曲した形状としてある。そして、湾曲した永久磁石 110a, 110b の外周面が外側に露出し、図 1 に示した固定子 200 側のスロット 201 と対向する。この例では、図 1 に示したように、各永久磁石 110a, 110b の外側を N 極とし、内側（鉄心 102 と接する側）を S 極としてある。

[0021] 鉄心 102 の円筒面に配置される短冊状の永久磁石 110a, 110b の脇には、かご形巻線部 120a, 120b が配置してある。本実施の形態のかご形巻線部 120a, 120b は、2 つに分割された分割かご形巻線としてある。

かご形巻線部 120a, 120b の形状としては、例えばかご形巻線部 120a は、図 3 に示すように、8 本の導体棒 121a の一端及び他端を、導体棒 122a の 2 つの導体棒支持部 123a で支持する形状としてある。但し、図 3 ではかご形巻線部を鉄心 102 から離して示してあるが、実際には 8 本の導体棒 121a は、鉄心 102 の外周面から若干内側に入った位置の鉄心 102 に設けた透孔 103 内に配置してあり、導体棒 121a と導体棒 122a とが接合した状態で鉄心 102 から離すことはできない。

[0022] かご形巻線部 120a の導体棒 122a は、鉄心 102 の外周面に沿って湾曲した形状としてあり、永久磁石外周面 111a と連続して、鉄心 102 の外周面に配置される。なお、図 3 に示すように、鉄心 102 の外周面には段差部 102a を設けてあり、その段差部 102a に導体棒 122a が嵌る形状としてある。

[0023] かご形巻線部 120a の導体棒 122a の端面 124a は、永久磁石 110a の端面 112a と接合する形状としてある。この場合、導体棒 122a が上から永久磁石 110a を押えるように、端面 124a 及び 112a を斜めに傾斜させてある。導体棒 122a の反対側の端面 124a（2 つの導体棒支持部 123a の先端）は、永久磁石 110b の端面 112b と接合する

形状としてある。

[0024] 他のかご形巻線部 120b についても、かご形巻線部 120a と同様の形状である。即ち、かご形巻線部 120b は、8本の導体棒 121b の一端及び他端を、導体枠 122b の2つの導体棒支持部 123b で支持する構成としてある。導体棒 121b についても、鉄心 102 に設けた透孔 103 内に配置される。各導体棒 121a, 121b は、図1の断面で示されるように、等間隔で均等に配置してある。

[0025] このように構成したことで、回転子 100 として組み立てられた状態では、図2に示すように、鉄心 102 の外周面の永久磁石 110a 配置位置の一方の脇に、かご形巻線部 120a が配置され、他方の脇に、かご形巻線部 120b が配置される。また、もう1つの永久磁石 110b 配置位置の一方の脇に、かご形巻線部 120a が配置され、他方の脇に、かご形巻線部 120b が配置される。

従って、回転子 100 は、円筒面の配置状態が、永久磁石 110a, かご形巻線部 120a, 永久磁石 110b, かご形巻線部 120b の順序で配置され、永久磁石とかご形巻線とが円筒面に交互に配置された状態となる。

図1に示すように、かご形巻線部 120a, 120b の導体棒 121a, 121b が配置される角度範囲 $\theta 1$, $\theta 3$ と、各永久磁石 110a, 110b とその脇の導体枠 122a, 122b が配置される角度範囲 $\theta 2$, $\theta 4$ とは、ほぼ等しくしてある。即ち、図1に示すように、8本の導体棒 121a が配置された角度範囲を角度 $\theta 1$ とし、永久磁石 110b とその左右の脇の導体枠 122a, 122b とが配置された角度範囲を角度 $\theta 2$ とし、8本の導体棒 121b が配置された角度範囲を角度 $\theta 3$ とし、永久磁石 110a とその左右の脇の導体枠 122a, 122b とが配置された角度範囲を角度 $\theta 4$ とする。このとき、この4つの角度 $\theta 1 \sim \theta 4$ は、約 90° でほぼ等しくする。

[0026] そして、永久磁石 110a の一方及び他方の端面 112a が、かご形巻線部 120a の端面 124a 及びかご形巻線部 120b の端面 124b で押えら

れて、永久磁石 110a が、表面側（N極）を外側に露出させた状態で鉄心 102 に固定される。永久磁石 110b についても、一方及び他方の端面 112b が、かご形巻線部 120a の端面 124a 及びかご形巻線部 120b の端面 124b で押えられて、永久磁石 110b が、表面側（N極）を外側に露出させた状態で鉄心 102 に固定される。各かご形巻線部 120a, 120b については、各導体棒 121a, 121b を鉄心 102 の透孔 103 に挿通させてあることで、鉄心 102 側に固定される。

このように構成した回転子 100 で生成される磁界については後述する。

[0027] [2. 駆動回路の説明]

図 4 は、本実施の形態の電動機の駆動回路構成例を示した図である。

電源入力部 1 から供給された電源に基づいて、電圧と周波数を変化できるインバータ回路 2 で 3 相交流を生成させる。インバータ回路 2 で生成される 3 相交流の周波数は、周波数指令生成部 5 からの指令で設定される。周波数指令生成部 5 での周波数指令は、速度指令入力端子 4 に得られる速度指令に基づいて生成される。

[0028] インバータ回路 2 で生成された U 相、V 相、W 相の 3 相交流は、電動機 3 に供給される。電動機 3 が図 1 に断面で示した電動機であり、固定子 200 の 3 相交流巻線 202 にインバータ回路 2 から 3 相交流が供給されて、その 3 相交流の周波数に対応した回転磁界が生成される。

[0029] 速度指令入力端子 4 からの起動指令として、比較的低い周波数の 3 相交流を与えたり、回転子の位置を検出しながら駆動する必要がなく、望みの速度に応じた電圧と周波数の 3 相交流を生成すれば良い。

[0030] [3. 回転動作の説明]

次に、本実施の形態の電動機を回転させる際の動作例について、図 5 ~ 図 9 を参照して説明する。

電動機を回転駆動させる起動時には、一定の周波数の 3 相交流を 3 相交流巻線 202 に印加する。この 3 相交流巻線 202 への 3 相交流の印加で、回転磁界 H_{21} , H_{22} , H_{23} , H_{24} が発生する。

図7は、この4つの回転磁界の生成状態の概要を示した図である。回転子100が静止した状態で、固定子200側で3相交流巻線202に3相交流電流を流すことで回転磁界 H_{21} 、 H_{22} 、 H_{23} 、 H_{24} を生成させることができ、かご形巻線部120a、120bに電流 $I_{11} \sim I_{18}$ が誘導される。図7の状態では、電流 I_{11} 、 I_{13} 、 I_{15} 、 I_{17} と電流 I_{12} 、 I_{14} 、 I_{16} 、 I_{18} の流れる方向は逆方向となる。

この4つの固定子巻線による回転磁界 H_{21} 、 H_{22} 、 H_{23} 、 H_{24} と電流 $I_{11} \sim I_{18}$ との間で電磁力が発生して回転子100が回転をするようになり、誘導電動機として始動して加速する。

[0031] そして、回転速度が同期速度に近づくと、回転磁界 H_{21} 、 H_{22} 、 H_{23} 、 H_{24} と永久磁石110a、110bによる磁界との間に引き入れトルクが発生して、常に同期速度で回転するようになる。

図8は、永久磁石110a、110bによる磁界を示したものであり、永久磁石110aを中心として、2つの磁界 H_{11} 、 H_{12} が生成され、もう1つの永久磁石110bを中心として、2つの磁界 H_{13} 、 H_{14} が生成される。

同期運転状態では、この永久磁石110a、110bによる磁界が回転磁界と作用して、同期電動機として機能するようになる。

なお、負荷変動により速度が変化しても、制動巻線であるかご形巻線の効果で、同期はずれを起こすことなく直ぐに同期運転状態に復帰できる。また、高速回転で定電圧運転領域に入るとしばらくは進み電流で動作するが、トルクが不足すると誘導電動機として動作するようになり、周波数が増加すると弱め界磁運転が自動的に行われる。

[0032] 図5は、本実施の形態の電動機のすべり特性とトルクを示したものである。すべり s が0のときが同期運転している状態の特性であり、すべり s が1から0までの間の曲線は、誘導電動機として運転しているときの特性である。

起動時の誘導電動機としては、回転速度が同期速度に近づくことで、すべり s が0に近づき、ある程度0に近づいた値 T_a になったとき、同期運転で

の値 T_b に引き込まれ、同期運転状態では、すべり s が 0 で所定のトルクが発生した効率のよい運転状態となる。この特性曲線は、磁石の幅や厚さ、かご形巻線などの設計により自由に設定することができる。

[0033] 図 6 は、磁石幅（角度）と磁石厚さを変化させた場合のすべり特性とトルクを示したものである。図 6 において、特性 T_1 は、一般的な誘導電動機のトルク [N-m] とすべり s を示したものである。特性 T_1 として示す誘導電動機は、定格トルクが 23.6N-m の例である。

特性 T_2 、 T_3 、 T_4 は、本実施の形態の例の電動機のトルク [N-m] とすべり s を示したものであり、いずれも特性 T_1 の誘導機と同じ定格トルクである、23.6N-m となるように構成した例である。

特性 T_2 は、磁石の配置角度 30 度で磁石厚さ 5mm の場合の特性例である。特性 T_3 は、磁石の配置角度 40 度で磁石厚さ 2.3mm の場合の特性例である。特性 T_4 は、磁石の配置角度 50 度で磁石厚さ 1.9mm の場合の特性例である。

本実施の形態の各例の場合、いずれも誘導機として始動し同期電動機として運転することができることがわかる。

[0034] 同期速度での回転時の回転速度は、 $(120 \times \text{周波数} / \text{極数})$ [rpm] で示される。周波数は、3 相交流巻線 202 に印加する 3 相交流の周波数である。極数は固定子巻線 202 と回転子 100 の円周面の磁極の数であり、本例の場合には 4 極である。上述した式から判るように、3 相交流巻線 202 に印加する 3 相交流の周波数に比例した回転速度が同期速度となる。

このため、インバータ回路 2 で生成させる 3 相交流の周波数を制御するだけで、回転速度を自由にかつ正確に制御できる。従来、同期電動機で回転速度制御をするためには回転位置を検出してベクトル制御演算等をして周波数と電圧や位相を制御する必要があったが、そのような複雑な構成は全く必要なく、3 相交流の電圧と周波数だけを可変させれば対処でき、廉価な汎用インバータを使用したオープンループ運転が可能になる。

[0035] そして本実施の形態の同期電動機によると、永久磁石と制動巻線であるか

ご形巻線とを、回転子の円筒面に交互に配置したことで、磁石による磁界及び回転磁界を良好かつスムーズに分布させることが可能になる。従って、従来提案されている永久磁石と制動巻線を組み合わせた電動機に比べて、出力や効率を向上させることが可能になり、自己始動が可能で高効率の同期電動機が得られる。

[0036] しかも本実施の形態の場合には、鉄心の円筒面表面に露出状態で配置した磁石を、その両脇に配置したかご形巻線の導体で挟むことで、鉄心側に保持・固定させるようにしたので、永久磁石を鉄心の円筒面表面に配置した状態で保持させることが、簡単かつ良好に行える。従来提案されている永久磁石と制動巻線を組み合わせた回転子は、いずれも永久磁石を鉄心内部に埋め込んで固定させる構造であり、構成が複雑であると共に埋め込む作業に手間がかかる問題があったが、本実施の形態の場合には、そのような複雑な構造を必要としないで、良好な位置に永久磁石を配置できる効果を有する。なお、この永久磁石抑えの役割をする導体は、永久磁石 110a, 110b のN極から発生する磁界が固定子200に行かずに回転子鉄心102を通過して永久磁石のS極に戻る漏れ磁界を軽減する効果を併せ持つ。

[0037] [4. 変形例の説明]

なお、図1～図3に示した構成の回転子100は、4極構造の回転子としたが、他の極数の構成の回転子として構成させてもよい。

図9は、3個の永久磁石を均等に配置した6極構成の回転子の例である。

図9に断面で示した回転子300は、円周面に永久磁石310a, 310b, 310cを均等に配置してあり、永久磁石310aと永久磁石310bとの間に、かご形巻線部320aを配置し、永久磁石310bと永久磁石310cとの間に、かご形巻線部320bを配置し、永久磁石310cと永久磁石310aとの間に、かご形巻線部320cを配置して、合計で3個のかご形巻線部320a～320cを配置した例である。

[0038] 各かご形巻線部320a～320cは、それぞれ導体棒321a, 321b, 321cと、導体棒322a, 322b, 322cとを備えて、図3に

示したかご形巻線部と同様の形状としてある。各永久磁石 310a, 310b, 310c の保持固定についても、隣接したかご形巻線部 320a~320c で挟むことで行われるようにしてある。

この場合、図9に示すように、各永久磁石 310a, 310b, 310c とその脇の導体棒 322a, 322b, 322c が配置される角度範囲 $\theta 11$, $\theta 13$, $\theta 15$ と、各かご形巻線部 320a, 320b, 320c の導体棒 321a, 321b, 321c が配置される角度範囲 $\theta 12$, $\theta 14$, $\theta 16$ とは、ほぼ等しくしてある。

[0039] 図10は、4個の永久磁石を均等に配置した8極構成の回転子の例である。

図10に断面で示した回転子400は、円周面に永久磁石 410a, 410b, 410c, 410d を均等に配置してあり、永久磁石 410a と永久磁石 410b との間に、かご形巻線部 420a を配置し、永久磁石 410b と永久磁石 410c との間に、かご形巻線部 420b を配置し、永久磁石 410c と永久磁石 410d との間に、かご形巻線部 420c を配置し、永久磁石 410d と永久磁石 410a との間に、かご形巻線部 420d を配置して、合計で4個のかご形巻線部 420a~420d を配置した例である。

[0040] 各かご形巻線部 420a~420d は、それぞれ導体棒 421a, 421b, 421c, 421d と、導体棒 422a, 422b, 422c, 422d とを備えて、図3に示したかご形巻線部と同様の形状としてある。各永久磁石 410a, 410b, 410c, 410d の保持固定についても、隣接したかご形巻線部 420a~420d で挟むことで行われるようにしてある。

この場合、図10に示すように、各永久磁石 410a, 410b, 410c, 410d とその脇の導体棒 422a, 422b, 422c, 422d が配置される角度範囲 $\theta 21$, $\theta 23$, $\theta 25$, $\theta 27$ と、各かご形巻線部 420a, 420b, 420c, 420d の導体棒 421a, 421b, 421c, 421d が配置される角度範囲 $\theta 22$, $\theta 24$, $\theta 26$, $\theta 28$ とは

、ほぼ等しくしてある。

[0041] このように、種々の極数の回転子の構成が可能である。

なお、制動巻線であるかご形巻線は、図3に示したように複数本の導体棒と、その導体棒を支える導体枠で分割かご形巻線として構成させたが、分割せずに、図11に示すように永久磁石141の長さを導体棒121a, 121bと同じにし、各導体棒（例えば図2の場合の121a, 121b, 122a, 122b）を、一端及び他端の端絡環134, 135で短絡する形状としてもよい。この場合、永久磁石141と接するかご形巻線部の板状部分131, 132についても、永久磁石141の長さと同じとして、端絡環134, 135と接する構成としてある。あるいは、その他の形状の制動巻線でもよい。トルクリップルを抑えるためにスキューを施すこともできる。また、回転子のかご形巻線と永久磁石の円周方向に占める割合について、例えば図1の θ_1 、 θ_3 と θ_2 、 θ_4 がほぼ等しい場合を示しているが、用途に応じてこの割合を変えることにより誘導電動機の特性を強くしたり、永久磁石電動機の特性を強くすることができる。

固定子側で回転磁界を生成させる巻線についても、図1に示したスロット201に配置した3相巻線202は一例であり、集中巻線など、その他の巻線構造でもよい。モータ構造も回転形モータを例示したがリニアモータ構造でも良い。供給する交流信号についても、原理的には3相以外の多相交流を固定子の巻線に供給することでも可能であるが、現実的には汎用のインバータ回路で生成が可能な3相交流を使うのが一般的である。

なお、本実施の形態では、導体の数や寸法、形、永久磁石の数や寸法、形などの特定の実施形態が例証によって示されているものであり、この例示したものに本発明が制限される意味で示されたものではない。

符号の説明

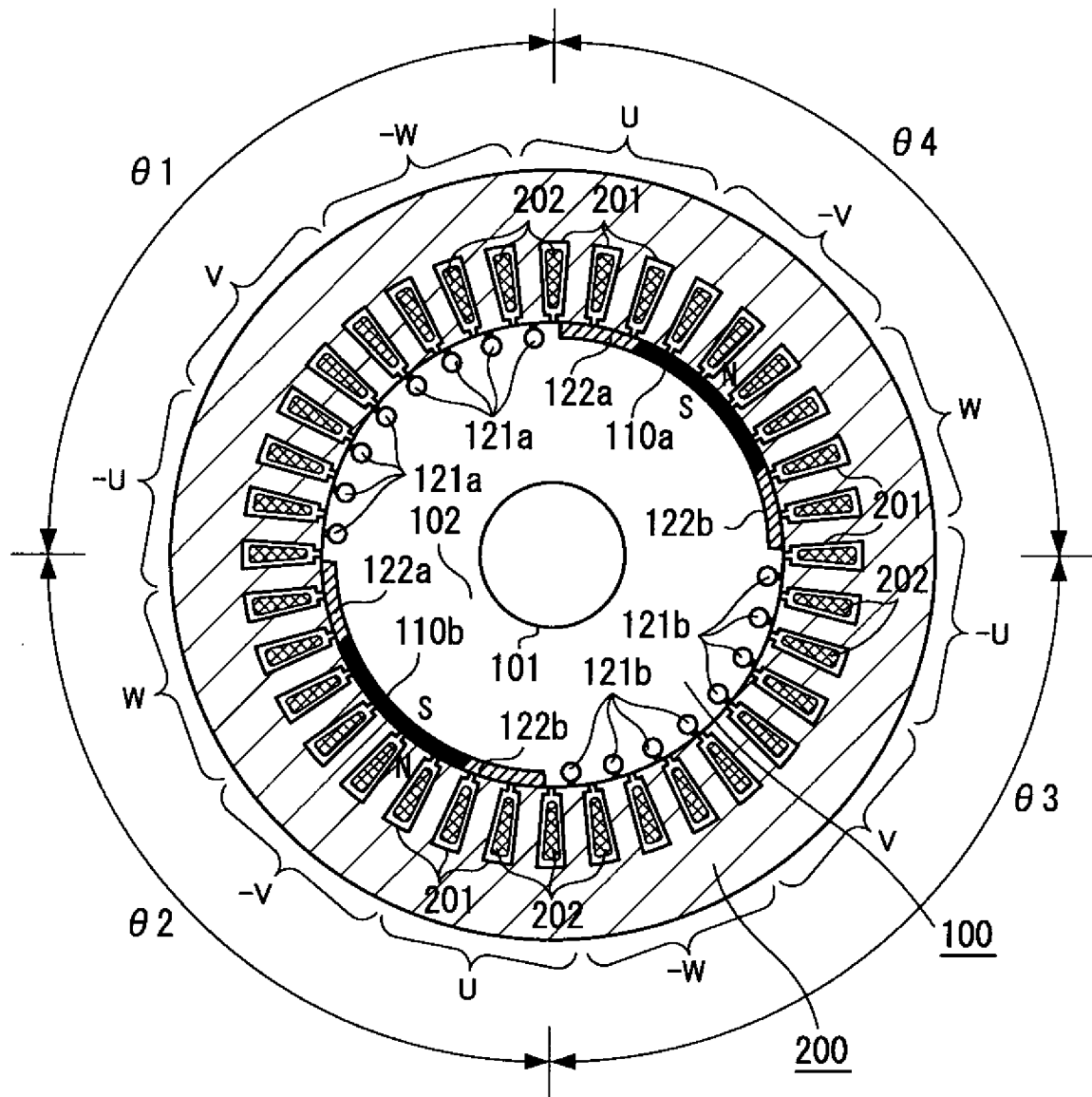
[0042] 1…電源入力部、2…インバータ回路、3…電動機、4…速度指令入力端子、5…周波数指令生成部、100…回転子、101…回転軸、102…鉄心、102a, 102b…段差部、103…透孔、110a, 110b…永久

磁石、111a, 111b…外周面、112a, 112b…端面、120a, 120b…かご形巻線部、121a, 121b…導体棒、122a, 122b…導体棒、123a, 123b…導体棒支持部、124a, 124b…端面、131, 132…板状部分、134, 135…端絡環、141…永久磁石、200…固定子、201…スロット、202…3相交流巻線、300…回転子、301…回転軸、310a, 310b, 310c…永久磁石、320a, 320b, 320c…かご形巻線部、321a, 321b, 321c…導体棒、322a, 322b, 322c…導体棒、400…回転子、401…回転軸、410a, 410b, 410c, 410d…永久磁石、420a, 420b, 420c, 420d…かご形巻線部、421a, 421b, 421c, 421d…導体棒、422a, 422b, 422c, 422d…導体棒

請求の範囲

- [請求項1] 鉄心に永久磁石が取り付けられた回転子と、前記回転子の周囲に配置された多相巻線を備えた固定子とで構成され、前記固定子の多相巻線に多相交流が印加される永久磁石同期電動機において、
- 少なくとも2個の永久磁石を、前記固定子と対向する前記回転子の円筒面の所定位置に露出させて均等に配置し、
- 前記少なくとも2個の永久磁石の配置位置とは別の位置の前記円筒面の円周方向に沿って、制動巻線としてのかご形巻線を配置したことを特徴とする永久磁石同期電動機。
- [請求項2] 請求項1記載の永久磁石同期電動機において、
- 前記回転子に配置した制動巻線は、かご形巻線を前記円筒面の円周方向に沿って分割した分割かご形巻線で構成したことを特徴とする永久磁石同期電動機。
- [請求項3] 請求項2記載の永久磁石同期電動機において、
- 分割かご形巻線は、一端及び他端の端絡環で全てのかご形巻線導体を短絡する構成とすることができることを特徴とする永久磁石同期電動機。
- [請求項4] 請求項3記載の永久磁石同期電動機において、
- 永久磁石の一方及び他方の端部に隣接して、それぞれ独立もしくは並列に接続された個別の分割かご形巻線を配置し、永久磁石と同数の分割かご形巻線を配置したことを特徴とする永久磁石同期電動機。
- [請求項5] 請求項4記載の永久磁石同期電動機において、
- 前記永久磁石の一方の端部を、その一方の端部と隣接した分割かご形巻線を構成する導体の端部で押え、前記永久磁石の他方の端部を、その他方の端部と隣接した分割かご形巻線を構成する導体の端部で押えることで、前記永久磁石を前記回転子に固定させ、さらに漏れ磁束を軽減させることを特徴とする永久磁石同期電動機。

[図1]

FIG. 1

[]3

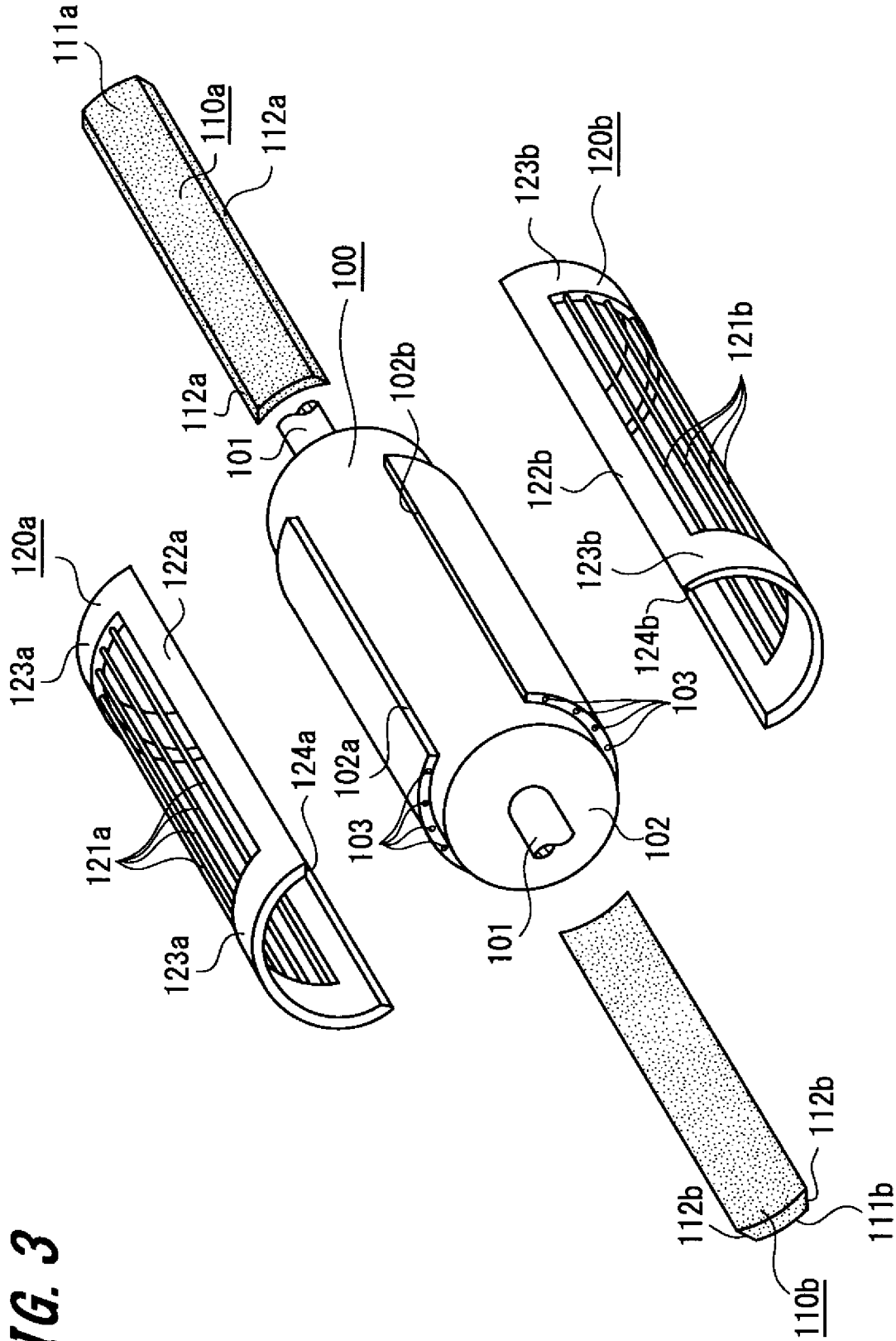
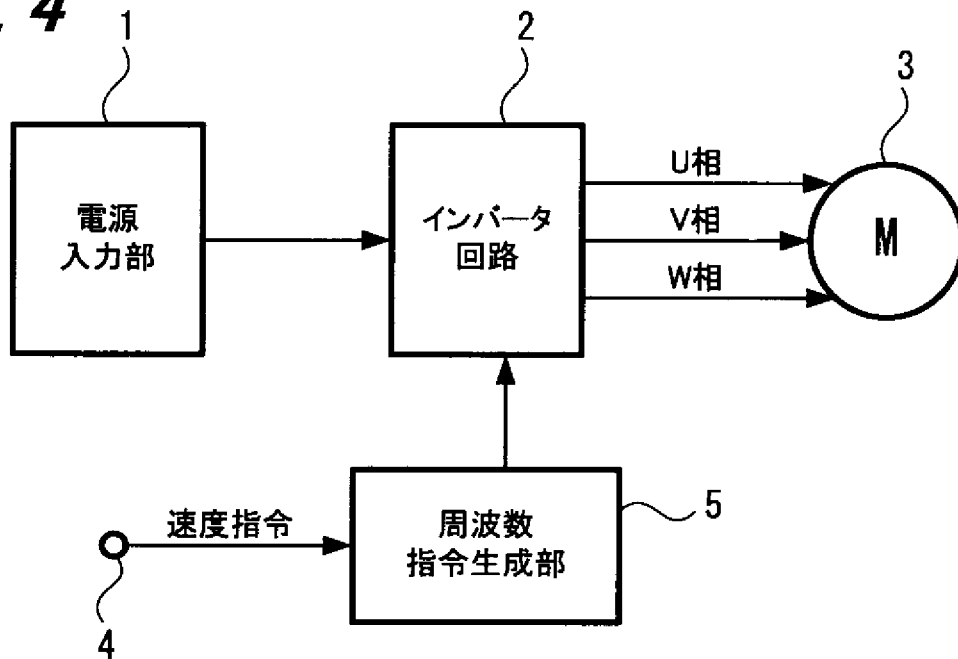
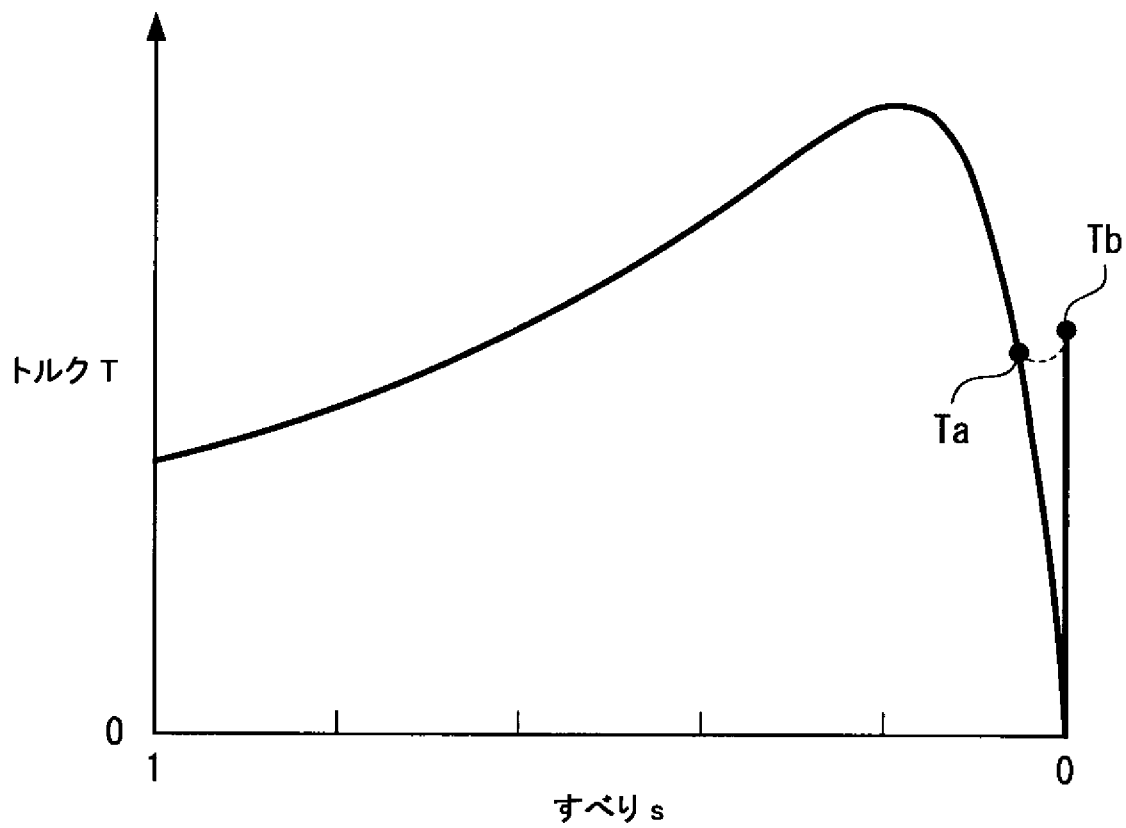


FIG. 3

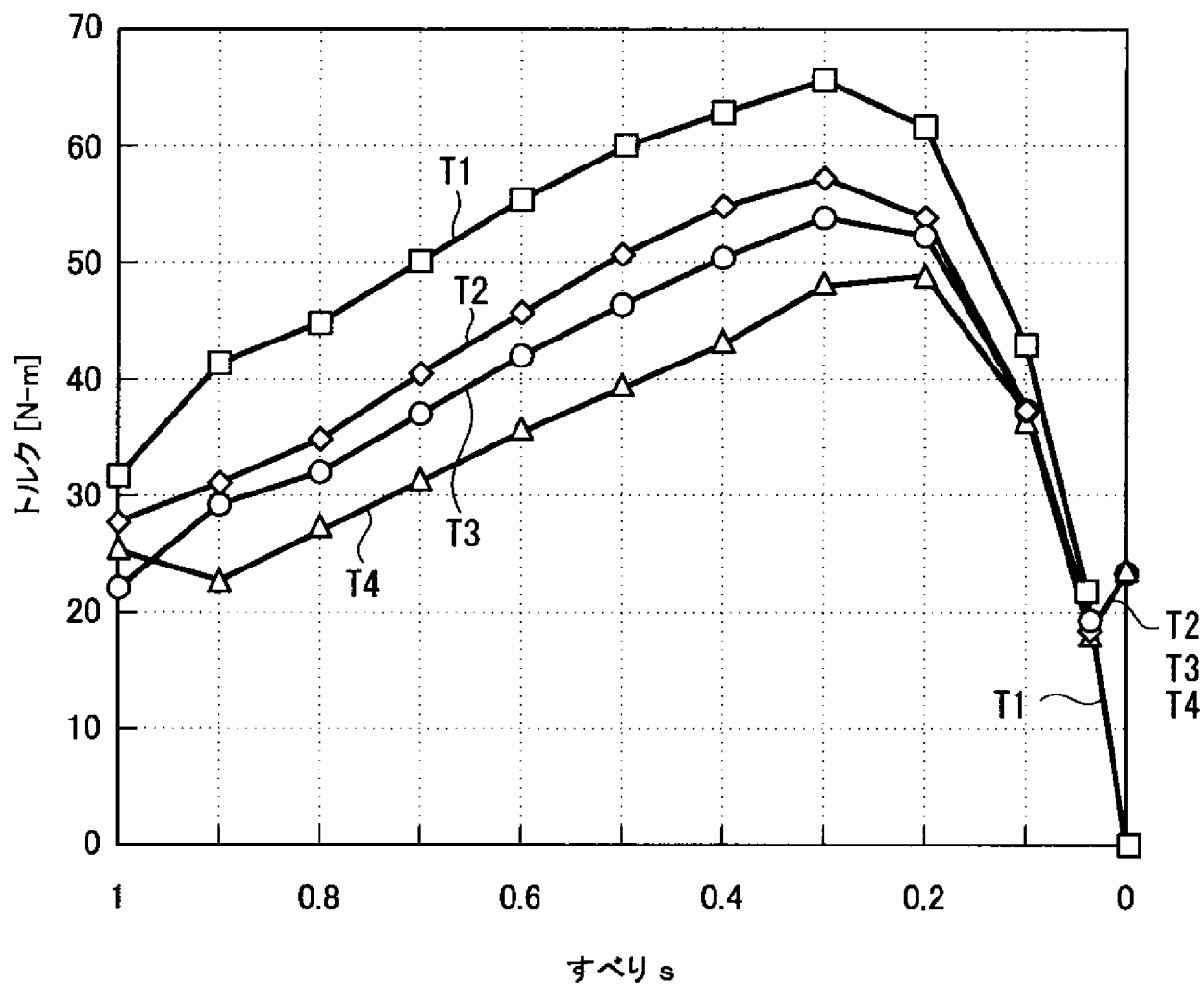
[図4]

FIG. 4

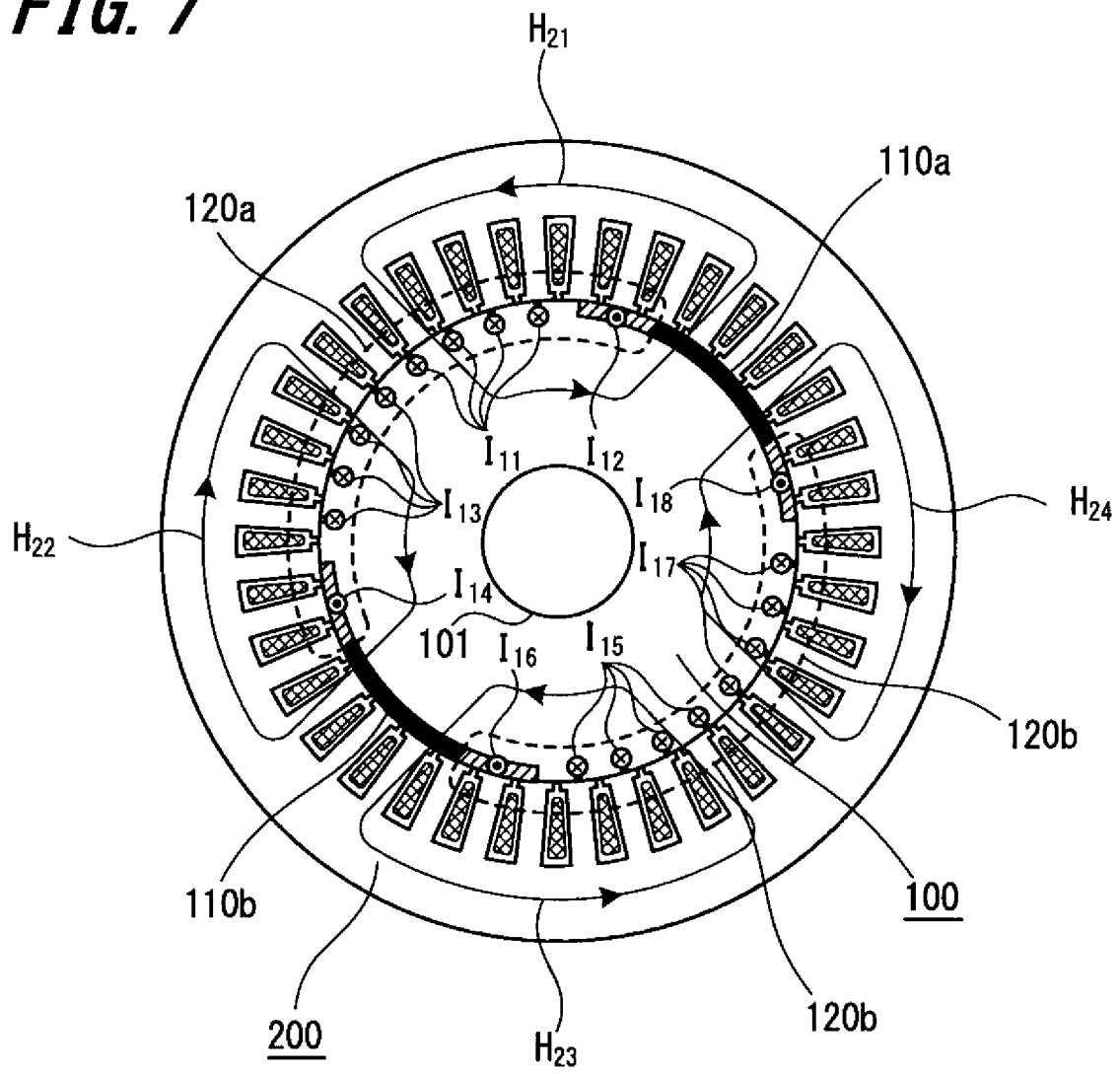
[図5]

FIG. 5

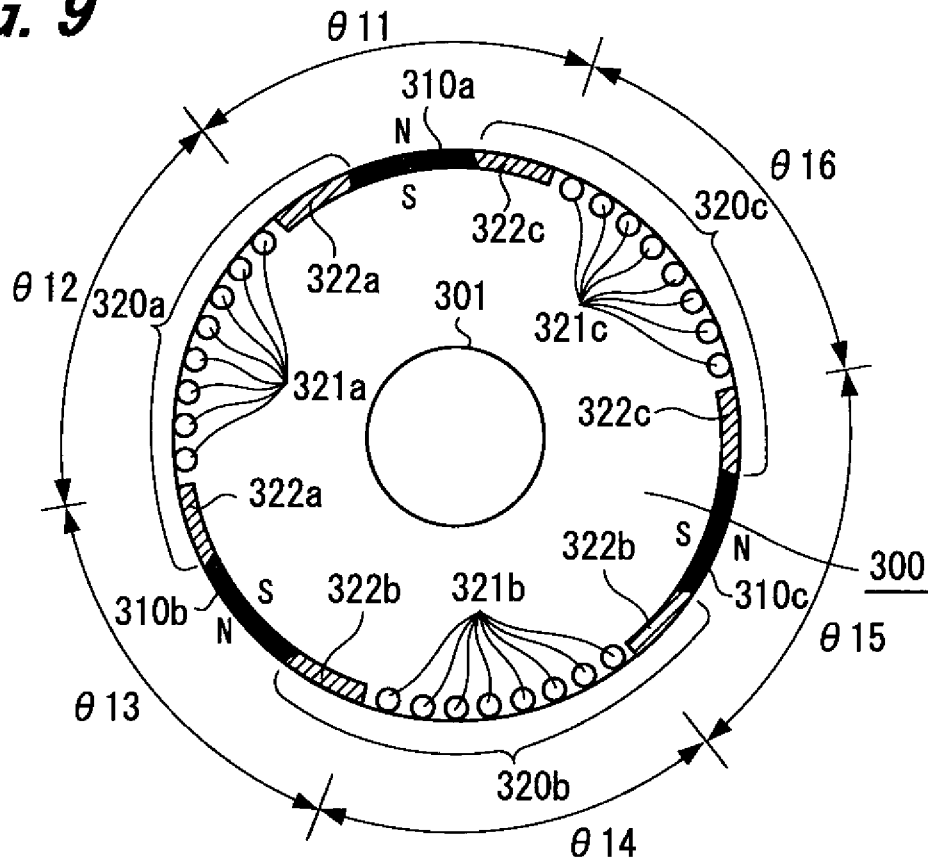
[図6]

FIG. 6

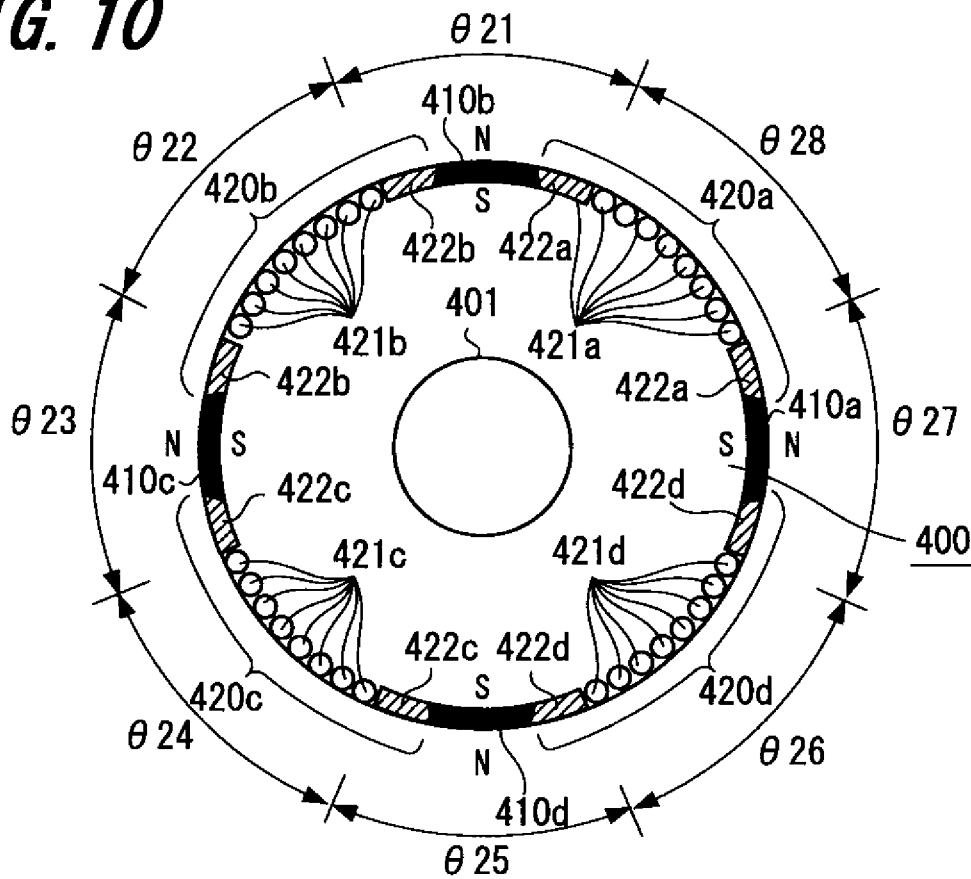
[図7]

FIG. 7

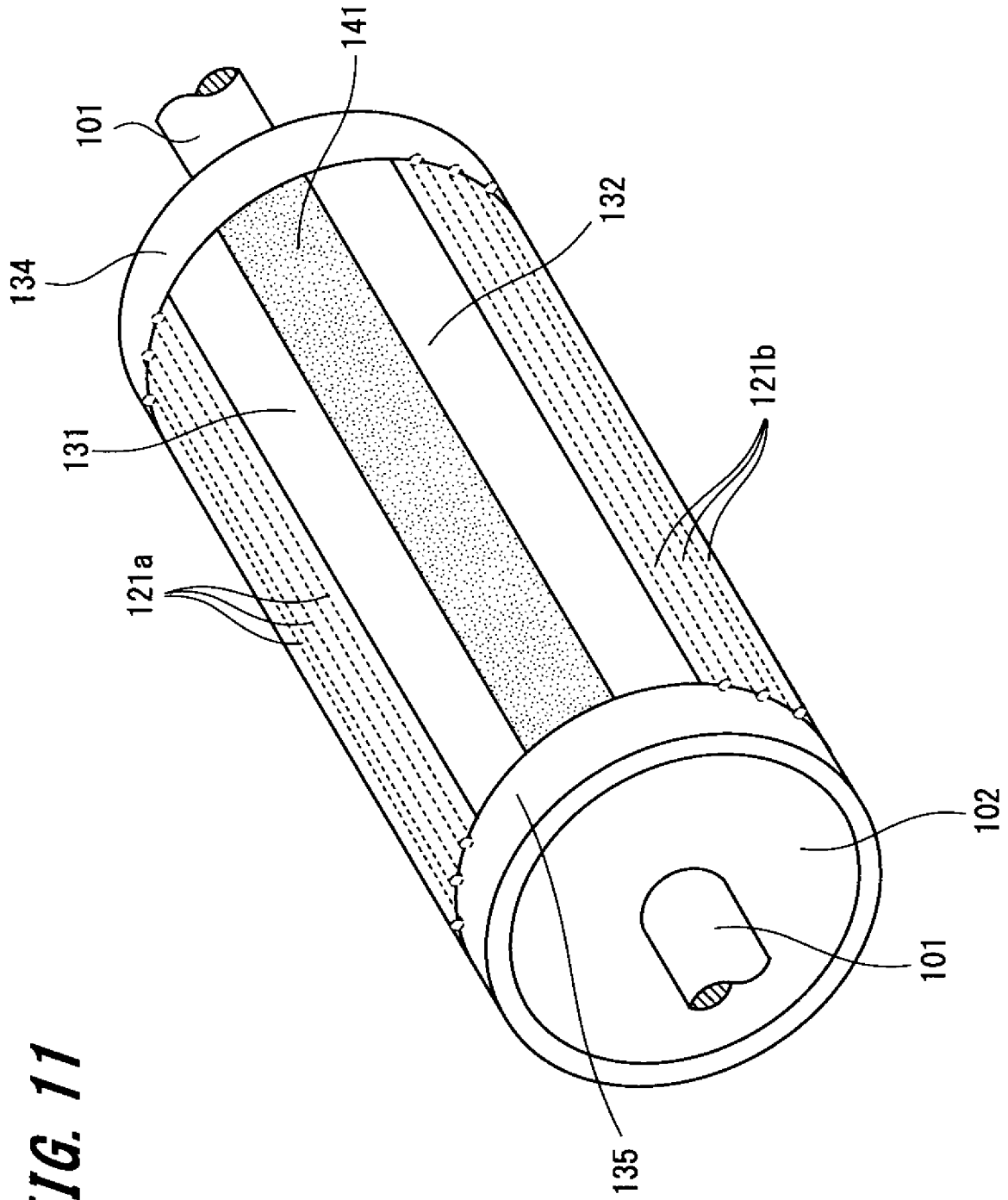
[図9]

FIG. 9

[図10]

FIG. 10

[FIG. 11]

**FIG. 11**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01) i, H02K21/46(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, H02K21/46

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X Y	JP 9-322444 A (Toshiba Corp.), 12 December 1997 (12.12.1997), paragraphs [0010] to [0014]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1 2-5
Y	JP 2002-238194 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 23 August 2002 (23.08.2002), paragraphs [0005], [0009] to [0012]; fig. 1, 3 (Family: none)	2-5
A	JP 2009-153356 A (Hitachi, Ltd.), 09 July 2009 (09.07.2009), paragraphs [0039] to [0042]; fig. 1 & US 2009/0200885 A1	1-5

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
25 March, 2011 (25.03.11)

Date of mailing of the international search report
05 April, 2011 (05.04.11)

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, H02K21/46(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, H02K21/46

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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
X Y	JP 9-322444 A (株式会社東芝) 1997. 12. 12, 段落【0010】 - 【0014】, 【図1】 - 【図2】 (ファミリーなし)	1 2-5
Y	JP 2002-238194 A (東洋電機製造株式会社) 2002. 08. 23, 段落【0005】, 【0009】 - 【0012】, 【図1】, 【図3】 (ファミリーなし)	2-5
A	JP 2009-153356 A (株式会社日立製作所) 2009. 07. 09, 段落【0039】 - 【0042】, 【図1】 & US 2009/0200885 A1	1-5

☐ 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

25. 03. 2011

国際調査報告の発送日

05. 04. 2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

天坂 康種

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

3V

4757