

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-66339

(P2013-66339A)

(43) 公開日 平成25年4月11日(2013.4.11)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 501M	5H601
H02K 1/22 (2006.01)	H02K 1/27 501K	5H621
H02K 21/14 (2006.01)	H02K 1/27 501A	5H622
	H02K 1/22 A	
	H02K 21/14 M	
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)		

(21) 出願番号 特願2011-204562 (P2011-204562)
 (22) 出願日 平成23年9月20日 (2011. 9. 20)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110000567
 特許業務法人 サトー国際特許事務所
 (72) 発明者 齊藤 徹
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 (72) 発明者 新田 勇
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 Fターム(参考) 5H601 AA24 CC15 DD01 DD09 DD11
 DD21 EE11 EE27 GA02 GA24
 GA25 GA32 GA34 GA39 GB05
 GB13 GB33 GB48
 最終頁に続く

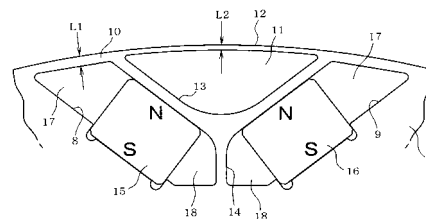
(54) 【発明の名称】 埋め込み磁石型回転電機

(57) 【要約】

【課題】電機子巻線5の誘起電圧の波形ひずみを軽減できる埋め込み磁石型モータを提供する。

【解決手段】埋め込み磁石型モータは回転子鉄心6に永久磁石15, 16を埋め込むための矩形の磁石保持空洞8, 9を回転子鉄心6の外周側で開く八字状に形成し、一対の磁石保持空洞8, 9の対向間に空洞を磁束通過抑制空隙11として設け、磁石保持空洞8, 9の回転子側端部壁である円弧状鉄心層を第1のブリッジ10とし、磁束通過抑制空隙11の回転子鉄心外周面側の円弧状鉄心層を第2のブリッジ12とし、第2のブリッジ12の径方向厚さL2を第1のブリッジ10のそれよりも小さい値に設定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電機子巻線を巻回したティースを有する固定子鉄心を備えた固定子と回転子鉄心に磁極としての永久磁石を備えた回転子とからなるモータであって、前記回転子は、

前記回転子鉄心内に断面形状が略矩形をなす 1 極に付き一对の磁石保持空洞を軸方向に延びるように形成すると共に、その一对の磁石保持空洞が回転子鉄心外周側に向け広がる八字状の配置をなし、

前記各磁石保持空洞内に永久磁石を収容させ、

前記回転子鉄心中の前記一对の磁石保持空洞の対向間に軸方向に延びる空洞を磁束通過抑制空隙として設け、

前記磁石保持空洞の前記回転子鉄心外周側の端部壁を第 1 のブリッジとし、

前記磁束通過抑制空隙内周面と前記回転子鉄心の外周面間に残る鉄心層を第 2 のブリッジとし、

この第 2 のブリッジの径方向厚さを前記第 1 のブリッジのそれよりも薄く設定してなる

、

ことを特徴とする埋め込み磁石型回転電機。

【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 のブリッジの外周面が前記回転子鉄心の回転中心を中心とする同心円に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の埋め込み磁石型回転電機。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 のブリッジの夫々の内周面及び外周面が前記回転子鉄心の回転中心を中心とする同心円に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の埋め込み磁石型回転電機。

【請求項 4】

前記一对の永久磁石を配置してなる磁極と磁極との間がリラクタンストルクを得るために電機子巻線からの磁束が通過するのに有効な間隔に設定されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の埋め込み磁石型回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本実施形態は、回転子鉄心内に永久磁石を埋め込んでなる埋め込み磁石型回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

埋め込み磁石型回転電機例えば埋め込み磁石型回モータはハイブリット自動車や電気自動車の車輪駆動源として使用されるようになってきている。この埋め込み型永久磁石モータは、磁石トルクのみを利用するタイプと磁石トルクと共にリラクタンストルクを発生させて高い総トルクを得るタイプとがある。磁石トルクを上げるためには磁石体積を大きくする必要があるが、小型化の要請のために限られた回転子鉄心体積の下で磁石体積を大きくするために永久磁石を回転子鉄心の外周側に向け広がる八字状配置（或いは V 字配置ともいう。）する構成が採用されている。

【0003】

自動車の駆動源として使用するこれらの埋め込み磁石型モータでは、車輪から駆動力を受けて高速回転される機会が多く、そのため電機子巻線に高い誘起電圧とりわけ高いピーク値が発生し電機子巻線の通電制御回路を破壊に至らせる恐れがある。この誘起電圧の上昇を抑えるために、八字状に配置された一对の永久磁石間の鉄心内に磁束の通過を抑制する空隙を形成する構成が採用されている。また、誘起電圧を正弦波に近づけるためには電機子巻線としては分布巻きが理想であるが、自動車の駆動源として環境では、小型化の要請から集中巻きが採用されている。これらの事情は特許文献 1 及び 2 に開示されている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-304546公開特許公報

【特許文献1】特開2010-178470公開特許公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

誘起電圧の高いピーク値の抑制や磁気騒音の低減、トルク効率の向上の要請から誘起電圧の波形改善に努力がはられ、種々の提案がなされているがまだまだ改善の余地が残されている。

10

【0006】

そこで、本実施形態は、一对の永久磁石間の鉄心内に磁束の通過を抑制するために形成した空隙に起因する波形歪みを改善できる埋め込み磁石型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】

【0007】

この目的を達成するための埋め込み磁石型回転電機は、電機子巻線を巻回したティースを有する固定子鉄心を備えた固定子と回転子鉄心に磁極としての永久磁石を備えた回転子とからなる。前記回転子では、前記回転子鉄心内に断面形状が略矩形をなす1極に付き一对の磁石保持空洞を軸方向に延びるように形成すると共に、その一对の磁石保持空洞が回転子鉄心外周側に向け広がる八字状に配置し、これら各磁石保持空洞内に永久磁石を收容させる。各磁石保持空洞の前記回転子鉄心の外周面側端部壁を第1のブリッジとし、前記回転子鉄心中の前記一对の磁石保持空洞の対向間に軸方向に延びる空洞を磁束通過抑制空間として設ける。この磁束制限空間内周面と前記回転子鉄心の外周面間に残る鉄心層を第2のブリッジとし、この第2ブリッジの径方向厚さを第1のブリッジのそれよりも薄く設定する。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】この実施形態の埋め込み磁石型モータの要部を拡大して示す断面図

【図2】同モータの要部を示す断面図

30

【図3】同モータのある回転位置での磁束密度線を示す模式図

【図4】図3に示す位置から1ステップ回転後の様子を示す模式図

【図5】従来のモータにおける図3相当図

【図6】従来のモータにおける図4相当図

【図7】この実施形態の埋め込み磁石型モータにおける誘起電圧の波形を示す模式図

【図8】従来のモータにおける誘起電圧の波形を示す図

【図9】図7からプロットマークを除去して示す図7相当図

【図10】他の実施形態における図7相当図

【図11】図8からプロットマークを除去して示す図8相当図

【図12】ブリッジの厚さと波形歪み率との関係を示す図

40

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、一実施形態による埋め込み磁石型モータを図面に基づいて説明する。図2に示すように、このモータは固定子1と回転子2とからなり、固定子1はティース3を有する電機子鉄心4を備えそのティース3に集中巻き電機子巻線5を備えてなり、回転子2は前記ティース3とエアギャップ7を介して対向するように配置された回転子鉄心6からなり、この回転子鉄心6内の外周寄り位置に1磁極当り2個すなわち一对の磁石保持空洞8, 9を形成する。これら磁石保持空洞8, 9は軸方向に延び、その断面形状が略矩形をなし、更にその配置形態は図1にも示すように回転子鉄心6の外周側に向け広がる八字状配置である。

50

【 0 0 1 0 】

これらの基本的に矩形の断面形状を持つ磁石保持空洞 8 , 9 の回転子鉄心外周方向の端部壁である円弧状鉄心層が第 1 のブリッジ 1 0 をなす。ここで矩形とは少なくとも真円を含ませない程度の広い概念である。回転子鉄心 6 内の一对の磁石保持空洞 8 , 9 の対向間領域に断面形状が略三角形をなす磁束通過抑制空隙 1 1 を軸方向に延びるように形成する。この磁束通過抑制空隙 1 1 の回転子鉄心外周側の端部壁である円弧状鉄心層が第 2 のブリッジ 1 2 をなす。

【 0 0 1 1 】

前記第 1 及び第 2 のブリッジ 1 0 , 1 2 の外周面は回転子鉄心 6 の回転中心を中心とする同心円の円弧状をなし、これらの内周面も回転中心を中心とする同心円の円弧状をなす。その上、この第 2 ブリッジ 1 2 の径方向の厚さ L_2 を第 1 のブリッジ 1 0 のそれ L_1 よりも薄く設定しており、5 Kw のモータを実施態様とした本例では $L_1 = 1.0 \text{ mm}$ 、 $L_2 = 0.5 \text{ mm}$ に設定している。前記磁束通過抑制空隙 1 1 を略三角形に形成したことの結果としてこの空隙 1 1 と前記磁石保持空洞 8 , 9 との間の板状隔壁 1 3 は V 字状をなす。前記磁石保持空洞 8 , 9 の回転中心側端部間を隔てる隔壁 1 4 を前記隔壁 1 3 と略同じ厚さに形成し、その厚さ寸法は後述の永久磁石に作用する遠心力に耐え得る値を最小とする。隔壁 1 3 , 1 4 のこの形態はこの実施形態の特徴とは無関係である。

【 0 0 1 2 】

埋め込み磁石型モータとするために、前記一对の磁石保持空洞 8 , 9 内に永久磁石 1 5 , 1 6 を挿入、すなわち収容させる。このとき、これら空洞を永久磁石 1 5 , 1 6 で満たすことのないように各磁石保持空洞 8 , 9 内の回転子鉄心の外周側と回転中心側とに磁束短絡抑制空隙 1 7 , 1 8 を残す。なお、電機子巻線 5 から発生した磁束は、回転子鉄心 6 中、一方の一对の永久磁石配置領域と他方の一对の永久磁石配置領域と間を通過しリラクタンストルクを発生させる。

【 0 0 1 3 】

次に以上のように構成した埋め込み磁石型モータの誘起電圧の波形改善について説明する。図 3 及び図 4 は、第 1 及び第 2 のブリッジ 1 0 , 1 2 の厚さを $L_1 > L_2$ 、特に $L_1 = 1.0 \text{ mm}$ 、 $L_2 = 0.5 \text{ mm}$ に設定した上記構成のモータの磁束の解析から得た磁束密度模式図を示し、図 5 及び図 6 は、従来構造のこの種モータと同じく第 1 及び第 2 のブリッジ 1 0 , 1 2 の厚さを等しくし、特に $L_1 = L_2 = 1.0 \text{ mm}$ としたときの磁束密度模式図を示す。そのうち、図 4 及び図 6 は高速回転中の回転子鉄心 6 が図 3 及び図 5 の位置から図中 1 ステップ反時計方向に回転した後の状態を示す。この 1 ステップの角度はティース 3 の角度幅の約 $1/13$ である。

【 0 0 1 4 】

図 3 ないし図 8 に示すように、磁石トルクに寄与する永久磁石 1 5 , 1 6 からの磁束は主として前記第 1 のブリッジ 1 0 を通過するので、この第 1 のブリッジ 1 0 は磁束が通り易い構造、例えばその断面積を漏れ磁束が増えない限度で大きくしてある。これに対して第 2 のブリッジ 1 2 を磁束が通過することは好ましくないことから磁束通過抑制空隙 1 1 を設けているのであるが、図 3 ないし図 8 に示すように磁束は少ない量ではあるが不可避免的に通過する。なお、この第 2 のブリッジ 1 2 を除去することは風切り騒音が激しくなるので好ましくない。

【 0 0 1 5 】

発明者らはこの第 2 のブリッジ 1 2 の通過磁束の変化に注目し、この第 2 のブリッジ 1 2 の構造を磁束が通過し易くした場合と通過し難くしたい場合とについて、磁束密度の変化度合及び電機子巻線 5 に発生する誘起電圧の波形を解析した。その結果を示したのが図 3 ないし図 8 である。第 2 のブリッジ 1 2 の厚さ L_2 を第 1 のブリッジの厚さ L_1 (1 mm) と等しくした場合、回転子鉄心 6 が 1 ステップ回転する前後間で生ずる第 2 のブリッジ 1 2 の磁束変化量は、図 5 と図 6 との比較から認識でき、同様に第 2 のブリッジ 1 2 の厚さ L_2 を第 1 のブリッジの厚さ L_1 (1 mm) より小さくした (0.5 mm にした) 場合のそれは、図 3 と図 4 との比較から認識できる。これらの比較から、図面上顕著とはい

10

20

30

40

50

えないが、１ステップ間での第２のブリッジ１２の磁束変化量は $L_2 = L_1$ の時よりも $L_2 < L_1$ の構造の方が小さいことが分かる。磁束量の変化が小さいということはこの１ステップ間で発生する起電力が小さいこと意味する。

【００１６】

一方、この回転子鉄心６の回転により電機子巻線５に発生した誘起電圧の波形は図７及び図８に示す通りであった。図７は $L_2 < L_1$ ($L_2 = 0.5\text{ mm}$ 、 $L_1 = 1\text{ mm}$)としたときの電圧の波形を、また、図８は $L_2 = L_1$ ($= 1\text{ mm}$)としたときの電圧の波形を示す。両者を比較すると、 $L_2 = L_1$ に対応する図８では、電圧が±最大値付近で前後にピーク値 P_1 、 P_2 (V相の電気角 60° から 120° 区間)を持ちその間が０ボルト方向に大きく陥没したμ字波形に大きく歪んでいる。ピーク値 P_1 、 P_2 のうち、 P_1 は電気角 60° 付近 (V相) で発生していることから、回転位置が図５から図６に変化した際の誘起電圧であって、第２のブリッジ１２を通る磁束の変化に起因しものである。

【００１７】

これに対して、 $L_2 < L_1$ に対応する図７では、誘起電圧が±最大値付近で図８に見られたピーク値 P_1 、 P_2 がなく、同じ電気角 60° から 120° 区間が滑らかな山形をなしており、波形がかなり正弦波に近づいたことを示している。図９及び図１１は夫々図７及び図８からプロットマークを除去し縮小して示した図、図１０は実施態様の変形として第２のブリッジ１２の厚さを 0.75 に設定した場合の図９相当図である。図９と図１０の電圧波形を比較すると、 $L_2 < L_1$ の条件下で L_2 が小さいほど正弦波近似が高いことが分かる。換言すれば、 $L_2 < L_1$ の関係は波形改善に有効であることを示している。図

【００１８】

以上述べたように、この埋め込み磁石型回転電機は、電機子巻線の誘起電圧の波形が高いピーク値を持たないスムーズな正弦波形により一層改善することができる。

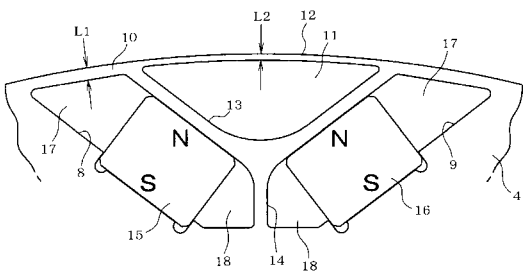
なお、本発明の実施形態を説明したが、この実施形態は例として提示したものであり発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、リラクタンストルクを期待しない構成の埋め込み磁石型モータに適用する等その他の様々な形態に変形して実施することが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

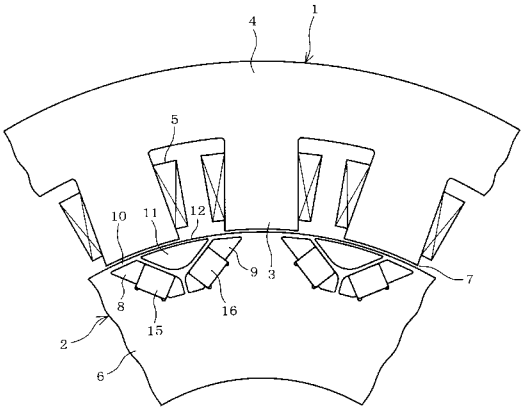
【００１９】

図面中、１は固定子、２は回転子、３はティース、４は固定子鉄心、５は電機子巻線、６は回転子鉄心、８、９は磁石保持空洞、１０は第１のブリッジ、１１は磁束通過抑制空隙、１２は第２のブリッジ、１５、１６は永久磁石、１７、１８は磁束短絡抑制空隙である。

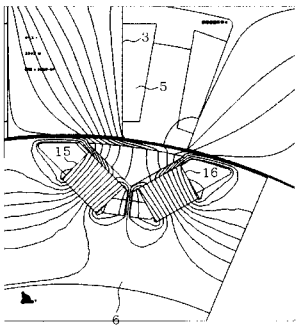
【図 1】



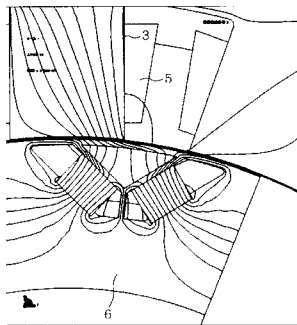
【図 2】



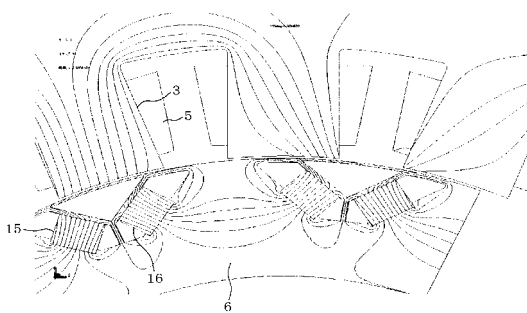
【図 5】



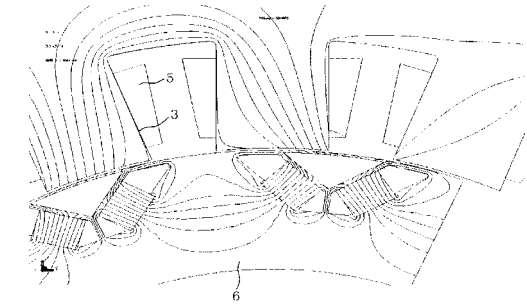
【図 6】



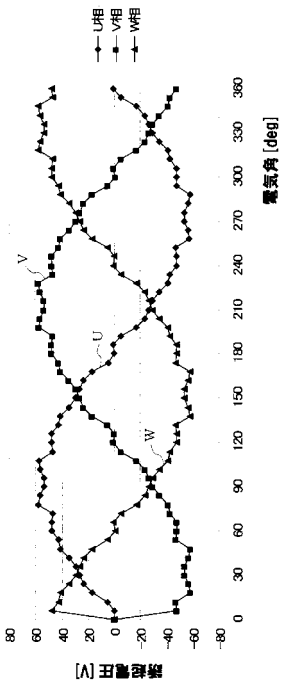
【図 3】



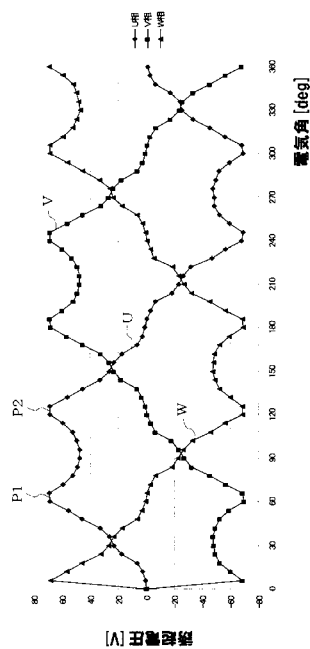
【図 4】



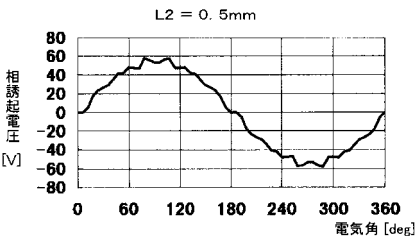
【図 7】



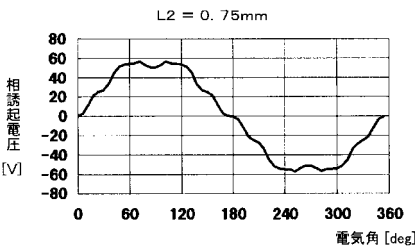
【 図 8 】



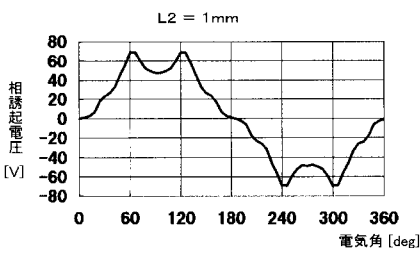
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

L2 (mm)	1	0.75	0.5
歪率[%]	21.0	9.7	6.4

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H621 GA04 GA09 HH01 JK03
5H622 AA03 CA02 CA05 CB03 CB05 PP10