

ブラシレスDCモータ

5

技術分野

10

この発明はブラシレスDCモータに関し、さらに詳細に言えば、固定子と回転子とを有し、かつ、回転子の中心寄り所定位置に、回転子の回転軸と平行になるように所定厚みの板状の永久磁石が収容されてあるとともに、永久磁石収容空間の、上記回転軸と直交する方向の端部から回転子の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間が形成されてあるブラシレスDCモータに関する。

背景技術

15

従来から、2次銅損がないことに起因して高効率化が可能であるという利点に着目してブラシレスDCモータを種々の分野に適用することの研究開発が進められている。ここで、ブラシレスDCモータは、回転子の表面に永久磁石を装着してなる構成のもの（以下、表面DCモータと称する）と、回転子の内部に永久磁石を埋め込んで保持してなる構成のもの（以下、埋込DCモータと称する）とに大別される。

20

そして、埋込DCモータは、例えば、特開平5-236686号公報、
"Interior Permanent-Magnet Synchronous Motors for Adjustable-Speed Drives", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. IA-22, NO. 4, JULY/AUGUST 1986に示すように、回転子を固定子の内部に自転可能に収容してあり、回転子の回転軸寄り所定位置

25

に、回転子の回転軸と平行になるように所定厚みの板状の永久磁石が収容されてあるとともに、永久磁石収容空間の、上記回転軸と直交する方向の端部から回転子の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間が形成されてある。この埋込DCモータは、表面DCモータと比較して広範囲な運転が可能であり、高トルクを発生することができ、高トルクにより高効率な運転が可能であるという利点を有している。

また、埋込DCモータでは、永久磁石を回転子の回転軸寄り所定位置に埋め込み保持する関係上、永久磁石の体積が表面DCモータと比較して減少するので、エネルギー積が大きい希土類永久磁石を採用することになる。

上記埋込DCモータは、回転子の回転軸と平行な方向に延びる永久磁石収容空間の全範囲に板状の永久磁石が収容されているのであるから、モータの起動時、インバータの故障時、弱め磁束運転時等のように、回転子に埋め込み保持された永久磁石に逆磁界（固定子巻線により発生される磁界）がかかる場合に、永久磁石の端部（磁束短絡防止用空間に臨む端部）に逆磁界が集中することになるので、永久磁石の動作点が屈曲点を越えてしまい、永久磁石の減磁が発生してしまう（例えば、図12に示す希土類永久磁石の特性曲線中の点A、Bおよび矢印参照）。具体的には、永久磁石に逆磁界がかかった状態における磁力線は図13に示すとおりであり、永久磁石を 2×16 の小領域に仮想的に区分して各区分の磁束密度を計測したところ、図14に示すとおりであり、両端部における磁束密度が他の部分と比較して著しく小さくなっている。但し、実際には、両端部は屈曲点を越えているので、磁束密度は0になっている。また、図14中の数字は、各区分の中心での磁束密度を示している。そして、永久磁石の減磁が発生すると、初期の性能を維持することができなくなり、信頼性が低下してしまう。

このような不都合を防止するために、従来の埋込DCモータにおいて、永久磁石の端部に逆磁界が集中せず、永久磁石の減磁が発生しない程度に厚みが大きい永久磁石を採用することが考えられるが、単価が高い希土類永久磁石の必要量が多くなるので、回転子がコストアップし、ひいては埋込DCモータがコストアップしてしまう。

また、希土類永久磁石の動作点が屈曲点を越えないように固定子巻線への通電電流を制限すること、温度を低くすることも考えられるが、このような制限を加えると、運転範囲が狭くなってしまい、十分に大きなトルクを発生させることができなくなってしまい、十分に高効率な運転を行なわせることができなくなってしまい、この結果、埋込DCモータの利点を十分には発揮させることができなくなってしまふ。

この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、永久磁石の厚みを増加させることなく、永久磁石の端部における逆磁界の集中、減磁を未然に防止し、モータの性能を十分に発揮させることができるブラシレスDCモータを提供することを目的としている。

発明の開示

請求の範囲第1項のブラシレスDCモータは、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石収容空間の回転子外周側境界面の部位から永久磁石収容空間、磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部における永久磁石収容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように上記永久磁石収容空間または磁束短絡防止用空間が形成されてある。

請求項1のブラシレスDCモータであれば、固定子と回転子とを有し、かつ、回転子の中心寄り所定位置に、回転子の回転軸と平行に永久磁石収容空間が形成されており、この永久磁石収容空間に所定厚み、幅の板

5 状の永久磁石が收容されてあるとともに、上記永久磁石の幅方向に対する永久磁石收容空間の端部から回転子の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間が形成されてあるブラシレスDCモータにおいて、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位から上記両空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように上記永久磁石收容空間または磁束短絡防止用空間が形成されてあるので、永久磁石に逆磁界がかかる場合であっても、永久磁石の端部に逆磁界が集中することはなく、永久磁石の全範囲に逆磁界が均等にかかることになる。したがって、永久磁石の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

10 請求の範囲第2項のブラシレスDCモータは、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位から永久磁石收容空間、磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように永久磁石の幅、および收容位置が設定されている。

20 請求項2のブラシレスDCモータであれば、固定子と回転子とを有し、かつ、回転子の中心寄り所定位置に、回転子の回転軸と平行に永久磁石收容空間が形成されており、この永久磁石收容空間に所定厚み、幅の板状の永久磁石が收容されてあるとともに、上記永久磁石の幅方向に対する永久磁石收容空間の端部から回転子の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間が形成されてあるブラシレスDCモータにおいて、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位

25

5 から上記両空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように永久磁石の幅、および收容位置が設定されているので、永久磁石に逆磁界がかかる場合であっても、永久磁石の端部に逆磁界が集中することはなく、永久磁石の全範囲に逆磁界が均等にかかることになる。したがって、永久磁石の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

10 請求の範囲第3項のブラシレスDCモータは、永久磁石收容空間および磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面とおしのなす角を $\theta 2$ 、永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離を $l m$ 、永久磁石收容空間および磁束短絡防止用空間の回転子外周側境界面とおしの接続部と、永久磁石收容空間および磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面とおしの接続部との距離を $l w$ 、永久磁石收容空間の回転子外周側境界面と磁束短絡防止用空間の対応する境界面との接続部から永久磁石の幅方向端部までの距離を $l r$ 、永久磁石收容空間の回転軸側境界面と磁束短絡防止用空間の対応する境界面との接続部から永久磁石の対応する端部までの距離を $l r'$ とした場合に、 $l w < l m / \sin (\theta 2 / 2)$ かつ $l r \leq l r'$ であることに応答して $l r \geq l m (1 + \cos \theta 2) / \sin \theta 2 - (l w^2 - l m^2)^{1/2}$ に設定し、 $l w < l m / \sin (\theta 2 / 2)$ かつ $l r > l r'$ であることに応答して $l r \geq l m (1 + \cos \theta 2) / \sin \theta 2 + (l w^2 - l m^2)^{1/2}$ に設定したものである。

25 請求項3のブラシレスDCモータであれば、永久磁石收容空間および磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面とおしのなす角を $\theta 2$ 、永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離を $l m$ 、永久磁石收容空間および磁束短

5 絡防止用空間の回転子外周側境界面とおしの接続部と、永久磁石収容空間および磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面とおしの接続部との距離を l_w 、永久磁石収容空間の回転子外周側境界面と磁束短絡防止用空間の対応する境界面との接続部から永久磁石の幅方向端部までの距離を l_r 、永久磁石収容空間の回転軸側境界面と磁束短絡防止用空間の対応する境界面との接続部から永久磁石の対応する端部までの距離を $l_{r'}$ とした場合に、 $l_w < l_m / \sin(\theta/2)$ かつ $l_r \leq l_{r'}$ であることに応答して $l_r \geq l_m (1 + \cos \theta) / \sin \theta - (l_w^2 - l_m^2)^{1/2}$ に設定し、 $l_w < l_m / \sin(\theta/2)$ かつ $l_r > l_{r'}$ であることに応答して $l_r \geq l_m (1 + \cos \theta) / \sin \theta + (l_w^2 - l_m^2)^{1/2}$ に設定しているので、請求項2と同様の作用を達成することができる。

15 請求の範囲第4項のブラシレスDCモータは、上記永久磁石の幅方向に対する移動を阻止する突部が永久磁石収容空間の境界面に形成されたものである。

20 請求項4のブラシレスDCモータであれば、上記永久磁石の幅方向に対する移動を阻止する突部が永久磁石収容空間の境界面に形成されてあるので、逆磁界が集中する可能性がある位置に永久磁石が移動してしまうという不都合の発生を未然に防止することができ、ひいては請求項1から請求項3の何れかと同様の作用を達成することができる。

請求の範囲第5項のブラシレスDCモータは、磁束短絡防止用空間が永久磁石収容空間の端部から直線的に回転子の外周に向かって形成されてあるとともに、永久磁石の幅が永久磁石収容空間の幅よりも小さく設定されてある。

25 請求の範囲第5項のブラシレスDCモータであれば、固定子と回転子とを有し、かつ、回転子の中心寄り所定位置に、回転子の回転軸と平行

に永久磁石收容空間が形成されており、この永久磁石收容空間に所定厚み、幅の板状の永久磁石が收容されてあるとともに、上記永久磁石の幅方向に対する永久磁石收容空間の端部から回転子の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間が形成されてあるブラシレスDCモータにおいて、
5 磁束短絡防止用空間が永久磁石收容空間の端部から直線的に回転子の外周に向かって形成されてあるとともに、永久磁石の幅が永久磁石收容空間の幅よりも小さく設定されてあるので、永久磁石に逆磁界がかかる場合であっても、永久磁石の端部に逆磁界が集中することではなく、永久磁石の全範囲に逆磁界が均等にかかることになる。したがって、永久磁石の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する減磁を未然に防止
10 することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるのと同時に、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

請求の範囲第6項のブラシレスDCモータは、磁束短絡防止用空間の厚みが、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の、永久磁石
15 の厚み方向における距離以下に設定されたものである。

請求の範囲第6項のブラシレスDCモータであれば、磁束短絡防止用空間の厚みが、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の、永久磁石の厚み方向における距離以下に設定されているので、請求の範囲
20 第5項の作用に加えて、磁束短絡防止用空間を小さくすることに伴って永久磁石を回転子の回転軸寄りに位置させることができ、永久磁石表面の鉄部が増加し、より磁束が流れ易くなるので、リラクタンストルクをより有効に利用することができる。

請求の範囲第7項のブラシレスDCモータは、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位から上記両空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部にお
25

ける永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように上記永久磁石收容空間または磁束短絡防止用空間が形成されてあるとともに、永久磁石收容空間の厚み方向の距離を 1 m 、磁束短絡防止用空間の、回転子の周方向の距離を 1 m とした場合に、 $1\text{ m} \geq 1\text{ m}$ に設定したものである。

5

請求の範囲第7項のブラシレスDCモータであれば、永久磁石の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位から上記両空間の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石の幅方向端部における永久磁石收容空間の上記厚み方向の距離よりも大きくなるよ

10

うに上記永久磁石收容空間または磁束短絡防止用空間が形成されてあるとともに、永久磁石收容空間の厚み方向の距離を 1 m 、磁束短絡防止用空間の、回転子の周方向の距離を 1 b とした場合に、 $1\text{ m} \geq 1\text{ b}$ に設定

15

しているので、永久磁石に逆磁界がかかる場合であっても、永久磁石の端部に逆磁界が集中することではなく、永久磁石の全範囲に逆磁界が均等にかかることになる。したがって、永久磁石の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

20

また、永久磁石部と磁束短絡防止空間との磁気抵抗を比較すると、磁束短絡防止空間の方が磁気抵抗が小さくなるので、逆磁界中（減磁作用中）において固定子からの磁束が磁束短絡防止空間を通り易くなり、永久磁石に対する減磁作用を低減することができる。さらに、磁束短絡防止用空間を小さくすることに伴って永久磁石を回転子の回転軸寄りに位置させることができ、永久磁石表面の鉄部が増加し、より磁束が流れ易く

25

なるので、リラクタンストルクをより有効に利用することができる。

図面の簡単な説明

図1はこの発明のブラシレスDCモータの一実施例を概略的に示す縦断面図である。

図2は同上要部拡大図である。

5 図3はこの発明のブラシレスDCモータの他の実施例の要部を拡大して示す概略図である。

図4は図3の実施例を適用した場合における回転子中の磁束線図を示す図である。

図5は従来の回転子中の磁束線図である。

10 図6はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例の要部を拡大して示す概略図である。

図7はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例の要部を拡大して示す概略図である。

15 図8はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例の要部を拡大して示す概略図である。

図9は図8のIX-IX線断面図である。

図10は突部近傍を拡大して示す図である。

図11(A)～(D)はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例の要部を拡大して示す概略図である。

20 図12は希土類永久磁石の特性曲線を示す図である。

図13は永久磁石に逆磁界がかかった状態における磁力線を示す図である。

図14は永久磁石を 2×16 の小領域に仮想的に区分して各区分の磁束密度を計測した結果を示す図である。

25

発明を実施するための最良の形態

以下、実施態様を示す添付図面によってこの発明を詳細に説明する。

図1はこの発明のブラシレスDCモータの一実施態様を概略的に示す部分縦断面図、図2は同上要部拡大図である。このブラシレスDCモータは、固定子巻線2を有する固定子1と永久磁石4を有する回転子3とを有している。そして、回転子3は多数枚の電磁鋼板を積層してなるものであり、その中心を軸方向に貫通する回転軸3aを有している。また、回転子3は、この実施態様においては4極構成であるから、回転軸寄りの所定位置に、 90° ずつの回転対称位置における半径と直交し、かつ軸方向に延びるように、所定幅、所定厚み1mの永久磁石収容空間3bをそれぞれ有しているとともに、各永久磁石収容空間3bの幅方向の端部から外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間3cを有している。さらに、上記各永久磁石収容空間3bには、希土類磁石等からなる永久磁石4が収容されている。また、永久磁石収容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1と磁束短絡防止用空間3cの対応する境界面3c1との第1交線をa、永久磁石収容空間3bの外周面寄りの境界面3b2と磁束短絡防止用空間3cの対応する境界面3c2との第2交線をb、永久磁石収容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1と磁束短絡防止用空間3cの対応する境界面3c1とのなす角を $\theta 2$ 、永久磁石4の回転子外周側の面上における、回転子半径方向と直交する方向の端部をcでそれぞれ示している。そして、第2交線bと、永久磁石収容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1に対応する磁束短絡防止用空間3cの境界面3c1との距離1m'が、永久磁石収容空間3bの上記両境界面3b1, 3b2間の距離1mよりも短く設定されている。また、永久磁石4の上記端部cと上記第2交線bとの距離1rが、永久磁石4の回転軸側の面上における、回転子半径方向と直交する方向の端部fと上記第1交線aとの距離1r'よりも大きく設定されている。即ち、第1交線aが第2交線bよ

りも外側に位置している。

図2を参照しながらさらに詳細に説明する。なお、図2において“／／”が付与された第1、第2破線d、eおよび実線3c1は互いに平行である。また、上記第2破線eは上記第2交線bを通る面を示す破線であり、上記第1破線dは、永久磁石收容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1の延長上において上記第1交線aと正対する直線を通る面を示す破線である。

この実施態様においては、磁束短絡防止用空間3cの厚み l_m が永久磁石收容空間3bの厚み l_m よりも小さく設定されているとともに、第1交線aが第2交線bよりも外側に位置しているのであるから、永久磁石收容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1の延長方向における両破線d、eの距離は $(l_w^2 + l_m^2)^{1/2}$ であり、磁束短絡防止用空間3cの境界面3c1と第1破線dとの距離は $-l_m \cos \theta_2$ であり、永久磁石4の上記端部cと第1破線dとの距離は $\{(l_w^2 + l_m^2)^{1/2} + l_r\} \sin \theta_2$ である。したがって、磁束短絡防止用空間3cの境界面3c1と永久磁石4の端部cとの距離は、 $-l_m \cos \theta_2 + \{(l_w^2 + l_m^2)^{1/2} + l_r\} \sin \theta_2$ となる。そして、この距離が l_m 以上であれば、永久磁石4の端部に逆磁界が集中することはないのであるから、この関係を整理すれば、 $l_r \geq l_m (1 + \cos \theta_2) / \sin \theta_2 - (l_w^2 + l_m^2)^{1/2}$ となる。

したがって、距離 l_r が上式を満足するように永久磁石4の端部cを上記第2交線bから離せば、逆磁界が永久磁石4の端部に集中することがなく、永久磁石4の全範囲に均等に作用することになるので、永久磁石4の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する永久磁石4の

減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

実施態様2

図3はこの発明のブラシレスDCモータの他の実施態様の要部を拡大して示す概略図であり、上記実施態様と異なる点は、第1交線aが第2交線bよりも内側に位置している点のみである。

この実施態様の場合には、永久磁石収容空間3bの回転軸寄りの境界面3b1の延長方向における両破線d、eの距離は $(lw^2 + lm^2)^{1/2}$ であり、磁束短絡防止用空間3cの境界面3c1と第1破線dとの距離は $-lm \cos \theta 2$ であり、永久磁石4の上記端部cと第1破線dとの距離は $\{lr - (lw^2 + lm^2)^{1/2}\} \sin \theta 2$ である。したがって、磁束短絡防止用空間3cの境界面3c1と永久磁石4の端部cとの距離は、

$-lm \cos \theta 2 + \{lr - (lw^2 + lm^2)^{1/2}\} \sin \theta 2$
となる。そして、この距離が lm 以上であれば、永久磁石4の端部に逆磁界が集中することはないのであるから、この関係を整理すれば、
 $lr \geq lm(1 + \cos \theta 2) / \sin \theta 2 + (lw^2 + lm^2)^{1/2}$
となる。

したがって、距離 lr が上式を満足するように永久磁石4の端部cを上記第2交線bから離せば、逆磁界が永久磁石4の端部に集中することがなく、永久磁石4の全範囲に均等に作用することになるので、永久磁石4の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する永久磁石4の減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分

に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

図4はこの実施態様を適用した場合における回転子中の磁束線図を示す図であり、図5は従来の回転子中の磁束線図であり、図5の場合には、永久磁石の端部において逆磁界の影響で永久磁石の磁束が押え込まれているが、図4の場合には、永久磁石の全範囲において磁束が回転子鉄心まで出ている。したがって、逆磁界の局所的な集中を未然に排除できていることが分る。

また、図4の場合には、磁束短絡防止用空間3cの厚み1m¹が、永久磁石収容空間3bの厚み1m、即ち、永久磁石4の厚み以下に設定されているのであるから、永久磁石4を回転子3の回転軸3aに近い位置に配置することが可能になり、永久磁石4表面の鉄部（鉄心）を増加させることができる。この場合には、永久磁石4表面の鉄部の増加により磁束がより流れ易くなるので、リラクタンストルクをより有効に利用することができる。さらに、永久磁石4と磁束短絡防止用空間3cとの磁気抵抗は、後者の方が小さいので、逆磁界中（減磁作用中）には固定子1からの磁束が磁束短絡防止用空間3cを通り易くなり、永久磁石4に対する減磁作用を弱めることができる。

実施態様3

図6はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施態様の要部を拡大して示す概略図であり、図2の実施態様と異なる点は、第2交線bと、永久磁石収容空間3bの回転軸寄りの境界面に対応する磁束短絡防止用空間3cの境界面上の点との距離の最小値が、永久磁石収容空間3bの回転子半径方向の距離以上に設定されている点のみである。なお、図6中、実線は上記最小値が上記回転子半径方向の距離と等しい場合を

示しており、図6中、破線は上記最小値が上記回転子半径方向の距離よりも大きい場合を示している。

したがって、この実施態様の場合には、 $1r \geq 0$ となるように永久磁石4の端部cを上記第2交線bから離せば（ $1r = 0$ の場合には永久磁石4の端部cが第2交線bと一致する）、逆磁界が永久磁石4の端部に集中することがなく、永久磁石4の全範囲に均等に作用することになるので、永久磁石4の厚みを増加させることなく逆磁界の集中に起因する永久磁石4の減磁を未然に防止することができ、埋込DCモータとしての性能を十分に発揮させることができるとともに、永久磁石の大形化に起因するコストアップをも未然に防止することができる。

尚、以上の何れの実施態様においても、実際に第1交線aが存在する場合について説明したが、永久磁石收容空間3bの上記境界面と磁束短絡防止用の空間3cの上記境界面とが円弧状になだらかに連続されている場合であっても、上記両境界面の仮想的な交線を想定して何れかの実施態様を適用することにより、同様の作用を達成することができる。さらに、図7に示すように永久磁石收容空間3bの厚みよりも永久磁石收容空間の回転子外周側境界面の部位から磁束短絡防止用空間の回転軸側境界面までの距離の最小値を大きく設定し、しかも両空間の接統部に段部を形成することも可能である。

実施態様4

図8はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施態様の要部を拡大して示す概略図、図9は図8のIX-IX線断面図であり、上記実施態様と異なる点は、永久磁石收容空間3bの内部所定位置に位置して、永久磁石4の両端部における上記距離 $1r$ を確実に確保すべく、永久磁石4の幅方向における位置を規制する位置規制用の突部3dを回転

予3の所定位置に設けた点のみである。そして、この突部3dは、回転
予3の全範囲に形成してもよいが、互いに異なる少なくとも2カ所にお
いて1枚以上の電磁鋼板と一体に設けてもよい。また、突部3dを形成
すれば、この部分において永久磁石収容空間3bの厚み1mが局部的に
5 小さくなるので、図10に示すように、局部的に小さくなった厚み1t
が永久磁石4の厚み1d以上になるように永久磁石収容空間3bの厚み
を大きく設定して、永久磁石4の端部に逆磁界が集中することを防止す
る。なお、永久磁石収容空間3bの厚みを大きく設定する範囲は、上記
10 突部3dが局部的に設けられている場合に、突部3dが設けられている
位置を基準として回転軸方向の所定範囲（逆磁界の集中を防止できる所
定範囲）に設定しておく。

したがって、この実施態様の場合には、永久磁石4の両端部において
上記距離1rを確実に確保することができるほか、上記実施態様と同様
の作用を達成することができる。

15

実施態様5

図11(A)～(D)はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他
の実施態様の要部を拡大して示す概略図である。

これらの実施態様は、永久磁石収容空間3bと連続する部分において
20 磁束短絡防止用空間3cの厚み1m'を永久磁石収容空間3bの厚み1
mよりも大きくすべく段部を形成してある。なお、この段部は、回転予
3の回転軸3aに向かうように形成されてある。

また、図11(A)(B)においては、磁束短絡防止用空間3cの厚
み1m'が永久磁石収容空間3bの厚み1m（永久磁石4の厚み）より
25 も小さく設定されているとともに、永久磁石収容空間3bの回転予外周
側の面と磁束短絡防止用空間3cの対応する面との接続部を基準として、

永久磁石4の端部が永久磁石収容空間3bの中央側に所定距離離されている（永久磁石4の幅が永久磁石収容空間3bよりも短く設定されている）。

図11(A)(B)の場合には、磁束短絡防止用空間3cの厚み1mが、永久磁石収容空間3bの厚み1m、即ち、永久磁石4の厚み以下に設定されているのであるから、永久磁石4を回転子3の回転軸3aに近い位置に配置することが可能になり、永久磁石4表面の鉄部（鉄心）を増加させることができる。この場合には、永久磁石4表面の鉄部の増加により磁束がより流れ易くなるので、リラクタンストルクをより有効に利用することができる。さらに、永久磁石4と磁束短絡防止用空間3cとの磁気抵抗は、後者の方が小さいので、逆磁界中（減磁作用中）には固定子1からの磁束が磁束短絡防止用空間3cを通り易くなり、永久磁石4に対する減磁作用を弱めることができる。

また、図11(C)(D)においては、磁束短絡防止用空間3cの厚み1mが永久磁石収容空間3bの厚み1m（永久磁石4の厚み）と等しく設定されているとともに、永久磁石収容空間3bの回転子外周側の面と磁束短絡防止用空間3cの対応する面との接統部と、永久磁石4の端部とが互いに一致するように永久磁石4が永久磁石収容空間3bに収容されている（永久磁石4の幅が永久磁石収容空間3bと等しく設定されている）。

図11(C)(D)の場合には、磁束短絡防止用空間3cの厚み1mが、永久磁石収容空間3bの厚み1m、即ち、永久磁石4の厚みと等しく設定されているのであるから、永久磁石4を回転子3の回転軸3aに近い位置（図11(A)(B)の場合よりもやや遠い位置）に配置することが可能になり、永久磁石4表面の鉄部（鉄心）を増加させることができる（ただし、鉄部の増加量は図11(A)(B)の場合よりもや

や少ない)。この場合には、永久磁石4表面の鉄部の増加により磁束が流れ易くなるので、リラクタンストルクを有効に利用することができる。さらに、永久磁石4と磁束短絡防止用空間3cとの磁気抵抗は、互いに等しいので、永久磁石4を永久磁石収容空間3bの全範囲に収容することができる。

産業上の利用可能性

回転子の表面よりも内部に永久磁石を設けてなるブラシレスDCモータにおいて、永久磁石の減磁を抑制して安定した性能を発揮させることができるとともに、リラクタンストルクを有効に利用することができる。

請求の範囲

1. 固定子(1)と回転子(3)とを有し、かつ、回転子(3)の中心寄り所定位置に、回転子(3)の回転軸(3a)と平行に永久磁石收容空間(3b)が形成されており、この永久磁石收容空間(3b)に所定厚み、幅の板状の永久磁石(4)が收容されてあるとともに、上記永久磁石(4)の幅方向に対する永久磁石收容空間(3b)の端部から回転子(3)の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間(3c)が形成されてあるブラシレスDCモータにおいて、永久磁石(4)の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間(3b)の回転子外周側境界面の部位から上記両空間(3b)(3c)の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石(4)の幅方向端部における永久磁石收容空間(3b)の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように上記永久磁石收容空間(3b)または磁束短絡防止用空間(3c)が形成されてあることを特徴とするブラシレスDCモータ。

2. 固定子(1)と回転子(3)とを有し、かつ、回転子(3)の中心寄り所定位置に、回転子(3)の回転軸(3a)と平行に永久磁石收容空間(3b)が形成されており、この永久磁石收容空間(3b)に所定厚み、幅の板状の永久磁石(4)が收容されてあるとともに、上記永久磁石(4)の幅方向に対する永久磁石收容空間(3b)の端部から回転子(3)の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間(3c)が形成されてあるブラシレスDCモータにおいて、永久磁石(4)の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間(3b)の回転子外周側境界面の部位から上記両空間(3b)(3c)の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石(4)の幅方向端部における永久磁石收容空間(3b)の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように永久磁石(4)の幅、およ



び收容位置が設定されていることを特徴とするブラシレスDCモータ。

3. 永久磁石收容空間 (3b) および磁束短絡防止用空間 (3c) の回転軸側境界面とおしのなす角を $\theta 2$ 、永久磁石收容空間 (3b) の上記厚み方向の距離を $l m$ 、永久磁石收容空間 (3b) および磁束短絡防止用空間 (3c) の回転子外周側境界面とおしの接統部と、永久磁石收容空間 (3b) および磁束短絡防止用空間 (3c) の回転軸側境界面とおしの接統部との距離を $l w$ 、永久磁石收容空間 (3b) の回転子外周側境界面と磁束短絡防止用空間 (3c) の対応する境界面との接統部から永久磁石 (4) の幅方向端部までの距離を $l r$ 、永久磁石收容空間 (3b) の回転軸側境界面と磁束短絡防止用空間 (3c) の対応する境界面との接統部から永久磁石 (4) の対応する端部までの距離を $l r'$ とした場合に、 $l w < l m / \sin (\theta 2 / 2)$ かつ $l r \leq l r'$ であることに応答して $l r \geq l m (1 + \cos \theta 2) / \sin \theta 2 - (l w^2 - l m^2)^{1/2}$ に設定し、 $l w < l m / \sin (\theta 2 / 2)$ かつ $l r > l r'$ であることに応答して $l r \geq l m (1 + \cos \theta 2) / \sin \theta 2 + (l w^2 - l m^2)^{1/2}$ に設定する請求の範囲第2項に記載のブラシレスDCモータ。

4. 上記永久磁石 (4) の幅方向に対する移動を阻止する突部 (3d) が永久磁石收容空間 (3b) の境界面に形成されてある請求の範囲第1項から第3項の何れかに記載のブラシレスDCモータ。

5. 固定子 (1) と回転子 (3) とを有し、かつ、回転子 (3) の中心寄り所定位置に、回転子 (3) の回転軸 (3a) と平行に永久磁石收容空間 (3b) が形成されており、この永久磁石收容空間 (3b) に所定厚み、幅の板状の永久磁石 (4) が收容されてあるとともに、上記永久磁石 (4) の幅方向に対する永久磁石收容空間 (3b) の端部から回転子 (3) の外周に向かって延びる所定厚み、所定幅の磁束短絡防止



用空間（３ｃ）が形成されてあるブラシレスＤＣモータにおいて、磁束短絡防止用空間（３ｃ）が永久磁石收容空間（３ｂ）の端部から直線的に回転子（３）の外周に向かって形成されてあるとともに、永久磁石（４）の幅が永久磁石收容空間（３ｂ）の幅よりも小さく設定されてあることを特徴とするブラシレスＤＣモータ。

６．磁束短絡防止用空間（３ｃ）の厚みが、永久磁石（４）の幅方向端部における永久磁石收容空間（３ｂ）の、永久磁石（４）の厚み方向における距離以下に設定されてある請求の範囲第５項に記載のブラシレスＤＣモータ。

７．固定子（１）と回転子（３）とを有し、かつ、回転子（３）の中心寄り所定位置に、回転子（３）の回転軸（３ａ）と平行に永久磁石收容空間（３ｂ）が形成されており、この永久磁石收容空間（３ｂ）に所定厚み、幅の板状の永久磁石（４）が收容されてあるとともに、上記永久磁石（４）の幅方向に対する永久磁石收容空間（３ｂ）の端部から回転子（３）の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間（３ｃ）が形成されてあるブラシレスＤＣモータにおいて、永久磁石（４）の幅方向端部に対応する永久磁石收容空間（３ｂ）の回転子外周側境界面の部位から上記両空間（３ｂ）（３ｃ）の回転軸側境界面までの距離の最小値が、永久磁石（４）の幅方向端部における永久磁石收容空間（３ｂ）の上記厚み方向の距離よりも大きくなるように上記永久磁石收容空間（３ｂ）または磁束短絡防止用空間（３ｃ）が形成されてあるとともに、永久磁石收容空間（３ｂ）の上記厚み方向の距離を $l\text{ m}$ 、磁束短絡防止用空間（３ｃ）の、回転子（３）の周方向の距離を $l\text{ m}'$ とした場合に、 $l\text{ m} \geq l\text{ m}'$ に設定することを特徴とするのブラシレスＤＣモータ。

