

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4240456号  
(P4240456)

(45) 発行日 平成21年3月18日(2009.3.18)

(24) 登録日 平成21年1月9日(2009.1.9)

(51) Int.Cl.		F I		
HO2K 29/00	(2006.01)	HO2K 29/00	Z	
HO2K 21/16	(2006.01)	HO2K 21/16	M	
HO2K 1/14	(2006.01)	HO2K 1/14	Z	

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-362965 (P2002-362965)	(73) 特許権者	000144027 株式会社ミツバ 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地
(22) 出願日	平成14年12月13日(2002.12.13)	(74) 代理人	100102853 弁理士 鷹野 寧
(65) 公開番号	特開2004-194489 (P2004-194489A)	(72) 発明者	大久保 雅通 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内
(43) 公開日	平成16年7月8日(2004.7.8)	審査官	大山 広人
審査請求日	平成17年12月13日(2005.12.13)	(56) 参考文献	登録実用新案第3054582 (JP, U) 特開平08-308198 (JP, A) 特開平06-225507 (JP, A) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸方向の長さが  $L_M$  に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップに臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、

前記ステータコアは、軸方向の長さ  $L_S$  が前記マグネットの軸方向の長さ  $L_M$  よりも大きく ( $L_S > L_M$ ) 形成されると共に、その軸方向両端の双方に、前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出すことにより軸方向端面からステータコア内に流れ込むマグネットの磁束を抑制するオーバーハング部を有することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項2】

請求項1記載のブラシレスモータにおいて、前記オーバーハング部の軸方向の長さ  $X$  が  $0.5\text{ mm} \sim 8.0\text{ mm}$ であることを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項3】

請求項1又は2記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心が前記ティースの周方向端面の延長線上に位置することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項4】

請求項1～3の何れか1項に記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅が隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しいことを特徴とするブラシレスモ

ータ。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記ブラシレスモータは電動パワーステアリング装置用のモータであること特徴とするブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ブラシレスモータに関し、特に、コギングトルクの低減を図ったブラシレスモータに関する。

【0002】

【従来の技術】

ブラシレスモータは、ブラシ・整流子間のような機械的接点がないため、ブラシの摩耗や電気ノイズ等の問題がなく、近年、種々の分野にて多用されている。例えば、ロボット等の産業用機械やパソコン等の IT 機器、自動車用電動パワーステアリング（以下、EPS と略記する）など、半導体制御回路の発達に伴い、それらの駆動源としてブラシレスモータを採用するケースが増加している。ところが、このようなブラシレスモータでは、ロータ側の永久磁石とステータ側のコアティースとの間の吸引力により、いわゆるコギングトルクが生じやすい傾向がある。かかるコギングトルクは、騒音や振動の原因となるのみならず、EPS 用モータにおいては操舵感を悪化させる一因ともなる。

【0003】

コギングトルクを減少させる方策としては、まず、ステータの多スロット化によりトルクムラを細分化してそれを小さく抑えることが考えられる。しかしながら、スロットを無限に多くすることは不可能であり、多スロット化はモータサイズの面から自ずと限界がある。このため、従来よりコアティース先端の磁束が密となる部分に溝を設けてティース先端部を二股状に分割形成し、これによって擬似的に多スロット化を図る方法が提案されている。例えば、実公平7-47981号公報のブラシレスモータでは、ティース先端に 1 / 2 スロットピッチの補助溝を設け、見かけ上スロットが倍増したような構成としている。

【0004】

【特許文献 1】

実公平7-47981号公報

【特許文献 2】

特開平10-42531号公報

【特許文献 3】

特開平11-18326号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来より、マグネット 5 1 とステータコア 5 2 は、図 6 , 7 に示すように、両者が同じ長さ、若しくは出力向上のためマグネット 5 1 がステータコア 5 2 よりも長く形成されるのが一般的である。このため、前述のように補助溝により疑似多スロット化を図っても、磁束の一部がステータコアの端面 5 2 a から回り込み、その効果が十分に得られないという問題があった。すなわち、ティース先端部を通らない磁束が存在し、この補助溝と無関係の磁束の流れにより疑似スロット部分によるコギング低減効果が十分に発揮されず、その改善が望まれていた。

【0006】

本発明の目的は、補助溝によるコギングトルク低減等の効果を効率良く発揮させ得るブラシレスモータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のブラシレスモータは、軸方向の長さが  $L_M$  に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップ

10

20

30

40

50

に臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、前記ステータコアの軸方向の長さ $L_s$ を前記マグネットの軸方向の長さ $L_m$ よりも大きく( $L_s > L_m$ )形成すると共に、その軸方向両端の双方に、前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出すことにより軸方向端面からステータコア内に流れ込むマグネットの磁束を抑制するオーバーハング部を設けたことを特徴とする。

【0008】

本発明にあつては、ステータコア軸長 $L_s$ をマグネット軸長 $L_m$ よりも大きくすると共に、ステータコアの軸方向両端の双方に、マグネットと対向せず、マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハング部を設けたので、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が少なくなり、ほとんどの磁束が径方向からティース先端部を10  
 通ってステータコアに流入する。従つて、補助溝による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【0009】

前記ブラシレスモータにおいて、前記オーバーハング部の軸方向の長さ $X$ を $0.5\text{mm} \sim 8.0\text{mm}$ の範囲に設定するようにしても良い。

【0010】

また、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心を前記ティースの周方向端面の延長線上に位置するように設けても良い。ティース先端部においてティース周方向端面の延長位置は磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝の中心を配置することにより電機子反作用磁束の磁路が狭まり磁路抵抗が大きくなる。従つて、電機子反作用磁束がティース内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【0011】

さらに、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅を隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しく形成しても良い。これにより、隣接するティースとの間で、補助溝によってティース先端部に形成されるサブティースが周方向に沿って等間隔に並び、ステータコアのスロット数を擬似的に増加させることができる。

【0012】

一方、前記ブラシレスモータを電動パワーステアリング装置の駆動源として用いても良く、これにより、モータのコギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図ることが可能となる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施の形態であるブラシレスモータ1(以下、モータ1と略記する)の構成を示す説明図である。当該モータ1は、EPSの駆動源として使用され、図1に示すように、ロータマグネット2(以下、マグネット2と略記する)を備えたロータ3の周囲にステータ4を配したインナーロータ型の装置構成となっている。モータ1は、運転者がハンドルを操作すると操舵角や走行速度等に従つて制御駆動され、図示しない減速ギアを介してステアリングコラム軸に対し操舵補助力が供給される。

【0014】

ロータ3は、金属製のシャフト5に取り付けられたロータコア6と、ロータコア6の外周に固定された4極のマグネット2とから構成されている。マグネット2はフェライト磁石からなる4個のセグメントに分割形成されている。ステータ4は、ハウジング7と、ハウジング7の内周側に固定されたステータコア8と、ステータコア8に巻装された巻線9とから構成されている。図2は、ステータコアの構成を示す説明図である。ステータコア8には内周側に複数個のティース11が突設され、そこにコイルが分布巻又は集中巻にて巻回され巻線9が形成される。

【0015】

ティース11の先端部11aには補助溝12が2本形成されている。補助溝12は、マグ

10

20

30

40

50

ネット 2 とティース 1 1 先端部との間に形成されるエアギャップ G に臨んで開口し、径方向に向かって凹設されている。補助溝 1 2 によってティース 1 1 の先端部 1 1 a は三股形状となり、サブティース 1 3 が 3 個形成される。補助溝 1 2 の中心位置  $O_1$  は、ティース基部 1 1 b の周方向端面 P と同じ位置に形成されている。この端面 P の延長位置は、先端部 1 1 a において磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝 1 2 を設けることにより電機子反作用磁束の磁路抵抗が大きくなる。従って、電機子反作用磁束がティース 1 1 内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【 0 0 1 6 】

また、補助溝 1 2 の幅  $W_A$  はスロット 1 4 の幅  $W_S$  と同幅又は  $W_S$  よりもやや広くになっており、隣接するティース 1 1 との間で、サブティース 1 3 が周方向に沿って等間隔又はほぼ等間隔に並ぶ。すなわち、補助溝 1 2 によりステータコア 8 のスロット数が擬似的に増加する形となり、コギングの低減が図られると共に、インダクタンスや電機子反作用も低減する。なお、補助溝 1 2 及びスロット 1 4 はスキュー角  $20^\circ$  にて  $1/2$  スロット分スキューされて設けられている。

10

【 0 0 1 7 】

ハウジング 7 内には、ロータ 3 の回転位置を検出するためのホールセンサ 1 0 が配設されている。モータ 1 ではマグネット 2 の主磁束を用いてロータ回転位置の検出が行われ、ホールセンサ 1 0 はマグネット 2 の磁極の変化に伴って信号を出力する。ホールセンサ 1 0 による検出信号に基づいて巻線 9 への電流が適宜切り替えられ、ロータ 3 を回転駆動させる回転磁界が形成される。

20

【 0 0 1 8 】

一方、モータ 1 では、マグネット 2 の軸方向長  $L_M$  がステータコア 8 の軸方向長  $L_S$  よりも短くなっている ( $L_M < L_S$ )。ステータコア 8 の両端には、マグネット 2 と対向しない長さ X のオーバーハング部 1 5 がそれぞれ形成されている。オーバーハング量 X は、マグネット 2 とステータコア 8 のティース 1 1 先端部との間に形成されるエアギャップ G が  $0.4\text{ mm} \sim 1\text{ mm}$  の場合、 $X = 0.5\text{ mm} \sim 8\text{ mm}$  に設定される。当該モータ 1 では、 $G = 0.4\text{ mm}$  において  $X = 4.5\text{ mm}$  ( $L_M = 3.7\text{ mm}$ ,  $L_S = 4.6\text{ mm}$ ) に設定されている。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、このようなオーバーハング部 1 5 を設けたモータ 1 における磁束の流れを示す説明図である。図 3 に示すように、モータ 1 ではマグネット 2 の両端にオーバーハング部 1 5 が存在するため、磁束は図中の矢印のようにステータコア 8 に径方向から流入する。従って、図 6, 7 のように磁束がステータコア 8 の軸方向端面 8 a から回り込んでしまうのを抑えることができ、ほとんどの磁束がティース 1 1 の先端部を通過する。このため、補助溝 1 2 による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

30

【 0 0 2 0 】

発明者の実験によれば、 $X = 4.5\text{ mm}$  ( $L_M = 3.7\text{ mm}$ ,  $L_S = 4.6\text{ mm}$ ) に設定したモータ 1 では、磁束量  $3.4000\text{ Mx}$ 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ  $0.005\text{ Nm}$ ,  $0.011\text{ Nm}$ 、コギング量を磁束量で除した値が  $1.5 \times 10^{-7}$  となった。これに対し、 $X = 0\text{ mm}$  ( $L_M = 4.6\text{ mm}$ ,  $L_S = 4.6\text{ mm}$ : オーバーハングなし) に設定したモータでは、磁束量  $3.8000\text{ Mx}$ 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ  $0.007\text{ Nm}$ ,  $0.013\text{ Nm}$ 、コギング量を磁束量で除した値が  $1.8 \times 10^{-7}$  となった。すなわち、オーバーハング部 1 5 を設けたモータ 1 では、コギング量が  $0.007\text{ Nm} \sim 0.005\text{ Nm}$  に低減した。

40

【 0 0 2 1 】

また、磁束量を出力と考えると、出力に対するコギング量もオーバーハング部 1 5 を設けたモータ 1 の方が小さくなる ( $1.8 \times 10^{-7} \sim 1.5 \times 10^{-7}$ )。つまり、モータ 1 はステータコア 8 が長くなったことにより、同じ大きさのマグネットにて比較すると有効磁束が増大したと考えられ、 $X = 0\text{ mm}$  のモータよりも出力が向上し、コギングが小さくなっている。

50

## 【0022】

なお、 $X = -4.5 \text{ mm}$  ( $L_M = 46 \text{ mm}$ ,  $L_S = 37 \text{ mm}$ : マグネット2の方が長い逆オーバーハング状態)に設定したモータでは、磁束量 $34000 \text{ Mx}$ 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ $0.032 \text{ Nm}$ ,  $0.012 \text{ Nm}$ 、コギング量を磁束量で除した値が $9.4 \times 10^{-7}$ となった。すなわち、図7のような状態では軸方向の磁束の回り込みの影響が大きく、コギング量がかなり大きくなることが分かる。図4は、この場合とモータ1におけるコギング量を比較して示した説明図である。図4から明かなように、モータ1ではコギング量が大幅に改善されていることが分かる。

## 【0023】

また、オーバーハング量 $X$ とコギング量との関係も発明者の実験により図5のようになることが分かった。図5に示すように、コギング量はマグネット2がステータコア8よりも張り出す形の逆オーバーハングとすると大きくなる。オーバーハングなし( $X = 0$ )から $X = 0.5 \text{ mm}$ 近傍までコギング量は漸減し、その後はやや減少しつつ略一定となる。

10

## 【0024】

このように、当該モータ1では、マグネット2の両端にステータコア8が張り出す形でオーバーハング部15を設けたので、軸方向端面8aからステータコア8に回り込む磁束を抑えることができ、補助溝12による効果を十分に得ることが可能となる。従って、コギングの低減を図ることが可能となると共に、電機子反作用の影響やトルク変動、インダクタンスなども低減できる。また、マグネット2からステータコア8への磁束も効率良く利用することができ、出力に対するコギング量を減少させ、効率良くコギングの低減等を図ることが可能となる。このため、モータ1をEPSの駆動源として用いると、コギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図ることが可能となる。

20

## 【0025】

さらに、電機子反作用の影響を低減できるため、進角なし( $0^\circ$ )の状態で使用でき、しかも、トルク変動を抑えることができる。特に、EPS用モータのように正逆回転するものは、機械的な進角設定が難しく、複雑な制御によって進角を実現しているが、当該モータによればかかる制御も必要なく、制御形態を簡素化しCPUの負担を軽減することが可能となる。

## 【0026】

本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

30

例えば、前述の実施の形態ではオーバーハング量 $X$ を $4.5 \text{ mm}$ とした例を示したが、オーバーハング量 $X$ は $4.5 \text{ mm}$ には限定されず、 $0.5 \text{ mm} \sim 8.0 \text{ mm}$ 程度の範囲でモータ仕様に応じて適宜設定することが可能である。また、オーバーハング量 $X$ はステータコア8の両側で必ずしも同じ値とする必要はなく、レイアウト上の要請や、ホールセンサ10との位置関係に応じて $0.5 \text{ mm} \sim 8.0 \text{ mm}$ の範囲で適宜異なる値を設定することも可能である。特に、マグネット2の主磁束を用いてロータ回転位置の検出を行うものでは、ホールセンサ10側のオーバーハング量 $X$ を多く採ると、マグネット2とホールセンサ10との間の距離が大きくなりセンシング誤差が生じる可能性があり、かかる場合にはホールセンサ10側のオーバーハング量 $X$ を適宜小さくすることが有効である。

40

## 【0027】

一方、前述の実施の形態ではインナーロータ型のブラシレスモータに本発明を適用した例を示したが、ロータがステータの外側に配設されるいわゆるアウトロータ型のブラシレスモータに本発明を適用することも可能である。さらに、前述の実施の形態では本発明をコラムアシスト型のEPSに適用した例を示したが、ラックアシスト型等の他の方式のEPSにも適用可能である。加えて、本発明のブラシレスモータをEPS以外の用途、例えば、ロボット等の産業用機械やパソコンやその周辺機器等のIT機器にも適用可能である。

## 【0028】

## 【発明の効果】

50

本発明のブラシレスモータによれば、ステータコア軸長 $L_S$ をマグネット軸長 $L_M$ よりも大きくすると共に、ステータコアの軸方向両端の双方に、マグネットと対向せず、マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハング部を設けたので、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が抑制される。従って、補助溝による疑似多スロット効果を効率良く発揮させることができ、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態であるブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図2】図1のブラシレスモータにおけるステータコアの構成を示す説明図である。

【図3】オーバーハング部を設けた図1のブラシレスモータにおける磁束の流れを示す説明図である。

10

【図4】オーバーハング量とコギング量との関係を示す説明図である。

【図5】マグネットの方がステータコアより長い逆オーバーハング状態のモータと図1のモータのコギング量を比較して示した説明図である。

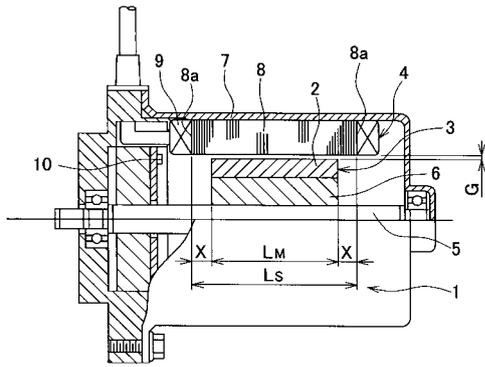
【図6】従来のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図7】従来の他のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【符号の説明】

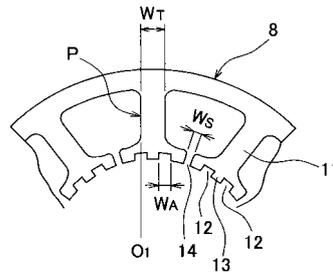
1	ブラシレスモータ	
2	ロータマグネット	
3	ロータ	
4	ステータ	20
5	シャフト	
6	ロータコア	
7	ハウジング	
8	ステータコア	
8 a	ステータコア軸方向端面	
9	巻線	
10	ホールセンサ	
11	ティース	
11 a	先端部	
11 b	基部	30
12	補助溝	
13	サブティース	
14	スロット	
15	オーバーハング部	
51	マグネット	
52	ステータコア	
52 a	ステータコア端面	
G	エアギャップ	
$L_M$	マグネット軸方向長	
$L_S$	ステータコア軸方向長	40
$O_1$	補助溝中心位置	
P	ティース周方向端面	
$W_A$	補助溝幅	
$W_S$	スロット幅	
X	オーバーハング量	

【図1】

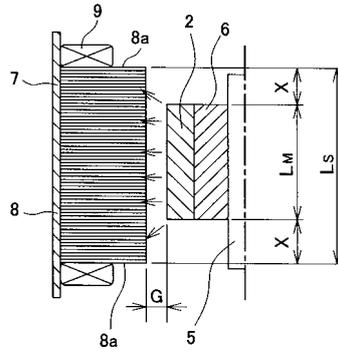


- 1: ブラシレスモータ
- 2: ロータマグネット
- 3: ロータ
- 4: ステータ
- 8: ステータコア
- LM: マグネット軸方向長
- LS: ステータコア軸方向長
- X: オーバーハング量

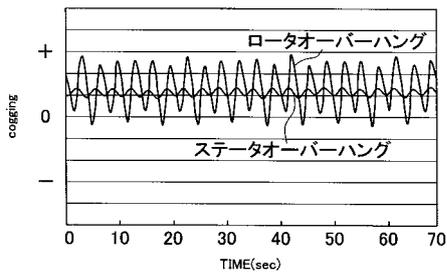
【図2】



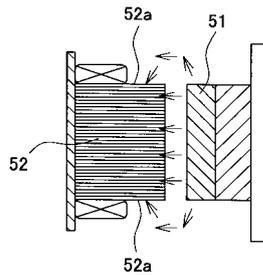
【図3】



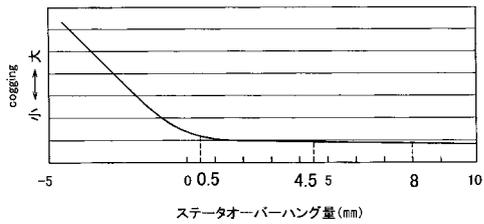
【図4】



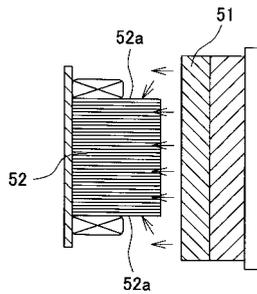
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H02K 29/00-29/14

H02K 1/14

H02K 21/00-21/48