

(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2012-227989

(P2012-227989A)

(43) 公開日 平成24年11月15日(2012.11.15)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
 H02K 1/16 (2006.01) H02K 1/16 Z 5H601

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2011-90666 (P2011-90666)  
 (22) 出願日 平成23年4月15日 (2011.4.15)

(71) 出願人 000144027  
 株式会社ミツバ  
 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地  
 (74) 代理人 100102853  
 弁理士 鷹野 寧  
 (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

Fターム(参考) 5H601 AA22 BB17 CC01 CC15 CC20  
 DD01 DD09 DD11 DD18 DD42  
 DD47 EE03 EE39 FF04 GA02  
 GA15 GB05 GB12 GB23 GB33  
 GC02 GC12 GC25

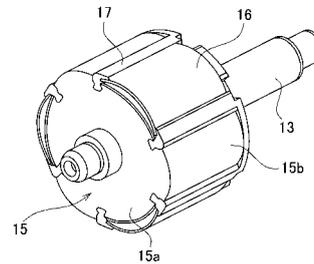
(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータ

(57) 【要約】

【課題】コンシクエント型モータのコギングやトルクリップルを低減させ、電動パワーステアリング装置の駆動源として有用なコンシクエント型のブラシレスモータを提供する。

【解決手段】コンシクエント型のブラシレスモータ1は、電動パワーステアリング装置の駆動源として使用され、ステータ2とロータ3を有する。ステータ2は、ティース43が形成されたステータコア5と、ティース43に巻装されスロット44に收容される界磁コイル6を有する。ロータ3は、シャフト13と、コア部15aと鉄極部15bを備えたロータコア15と、鉄極部15bの間に配置されたマグネット16を有する。ステータコア5はスキュー構造を有し、スロット44はシャフト13の延伸方向に対して、スキュー角  $\theta = 17^\circ \sim 22^\circ$ 、好ましくは  $24^\circ$  にて傾斜して設けられている。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

円筒状に形成されたステータと、前記ステータの内側に回転自在に配置されたロータと、を有するブラシレスモータであって、

前記ステータは、径方向内側に向かって延びるティースが周方向に沿って複数個形成されたステータコアと、前記ティースに巻装され隣接する前記ティース間に形成されたスロットに収容される界磁コイルと、を備え、

前記ロータは、前記ステータに対し回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに取り付けられ、円形断面を有するコア部と、該コア部の外周に径方向に向かって突設された複数個の鉄極部とを備えたロータコアと、前記ロータコア外周の前記鉄極部の間に配置されたマグネットと、を備え、

前記ステータコアはスキュー構造を有し、前記スロットが前記シャフトの延伸方向に対して所定のスキュー角にて傾斜して設けられ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、前記ブラシレスモータは 6 極 9 スロット構造であり、前記スキュー構造における前記スキュー角が  $17^{\circ}$  ~  $22^{\circ}$  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 または 2 記載のブラシレスモータにおいて、前記マグネットとして、前記ロータコアの外周に取り付けられるセグメントマグネットを用い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、前記ブラシレスモータは、電動パワーステアリング装置の駆動源として使用されることを特徴とするブラシレスモータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、コンシクエント型のブラシレスモータに関し、特に、コンシクエント型ブラシレスモータの低コギング・低トルクリプル化技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、自動車等の車両に搭載されている電動パワーステアリング装置（以下、EPS と略記する）では、小型化・高出力化の要請から、その駆動源であるモータにネオジウム等のレアメタルを用いたマグネットが使用されている。ところが、レアメタルは、輸入依存度が高く、材料の入手が困難となる場合があり、その価格も非常に高価である。このため、昨今では、レアメタルの使用量を削減すべく、EPS 用モータとして、鉄心を擬似的に磁極として使用するいわゆるコンシクエント型の永久磁石モータの採用が模索されている。

## 【0003】

一般に、このようなコンシクエント型モータでは、ロータの外周にマグネットと鉄極が交互に配置されている。マグネットは外側が N 極となっており、そこから出た磁束は、隣接する鉄極に入り磁気回路を形成する。この際、鉄極は S 極化し、結果的に (consequent)、マグネット間の鉄極が磁極化して極対を形成する。これにより、ロータの外周に N 極と S 極が交互に配置され、当該ロータは、永久磁石モータの回転子として機能する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開平 9 - 3 2 7 1 3 9 号公報

## 【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ここで、N、S両極共にマグネットを使う通常の永久磁石モータでは、磁極自らが磁束を発生するため、マグネットが同形状であれば、比較的、コギングやトルクリップルを低減させやすい。すなわち、マグネット形状を調整することにより、各相の線間誘起電圧波形を相似形に揃えることができ、コギング等の低減を比較的容易に図ることができる。ところが、コンシクエント型の永久磁石モータでは、マグネットの磁束を介して鉄極が磁極化されるため、誘起電圧波形が揃うように鉄極の形状を設定することが難しい。また、ロータをマグネットと鉄で構成しているため、線間誘起電圧に不必要な次数の高調波成分が含まれやすく、コギング・トルクリップルが大きくなりがちである。

10

## 【0006】

このように、コンシクエント型のモータは、通常のモータに比してマグネットの量を半分程度に抑えることができ、高価なレアメタルマグネットの使用量を低減できるメリットがあるものの、コギングやトルクリップルが大きくなるという問題がある。このため、コンシクエント型モータは、コギングやトルクリップルに対する要求が厳しいEPS用モータには採用しづらい、というのが現状であり、それらを低減するための対策が求められていた。

## 【0007】

本発明の目的は、コンシクエント型モータのコギングやトルクリップルを低減させ、車両用電動パワーステアリング装置の駆動源として有用なコンシクエント型のブラシレスモータを提供することにある。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明のブラシレスモータは、円筒状に形成されたステータと、前記ステータの内側に回転自在に配置されたロータと、を有するブラシレスモータであって、前記ステータは、径方向内側に向かって伸びるティースが周方向に沿って複数個形成されたステータコアと、前記ティースに巻装され隣接する前記ティース間に形成されたスロットに收容される界磁コイルと、を備え、前記ロータは、前記ステータに対し回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに取り付けられ、円形断面を有するコア部と、該コア部の外周に径方向に向かって突設された複数個の鉄極部とを備えたロータコアと、前記ロータコア外周の前記鉄極部の間に配置されたマグネットと、を備え、前記ステータコアはスキュー構造を有し、前記スロットが前記シャフトの延伸方向に対して所定のスキュー角にて傾斜して設けられることを特徴とする。

30

## 【0009】

本発明にあつては、ロータコアの外周に鉄極部とマグネットを交互に配置したいわゆるコンシクエント型のブラシレスモータにて、ステータコア側にスキュー構造を採用することにより、ロータ側のステップスキュー構造に比して、コギングやトルクリップルの低減が図られる。

## 【0010】

前記ブラシレスモータにおいて、前記ブラシレスモータは6極9スロット構造であり、前記スキュー構造におけるスキュー角を $17^{\circ}$ ～ $22^{\circ}$ 、好ましくは $24^{\circ}$ に設定しても良い。

40

## 【0011】

また、前記マグネットとしてセグメントマグネットを使用し、それを前記ロータコアの外周に取り付けるようにしても良い。セグメントマグネットは、形状を適宜変更できるため、磁束の調整が容易である。このため、マグネットと鉄極とのバランスが難しいコンシクエント型のモータにおいても、マグネットと鉄極の両方の形状を調整でき、誘起電圧波形の調整も容易であり、設計の自由度も向上する。この点、埋め込み型のマグネットは、形状が固定されているため、鉄極側のみの変更しか行うことができず、誘起電圧波形の調整が非常に難しく、トルクリップルの低減も難しい。

50

## 【 0 0 1 2 】

さらに、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使用しても良い。本発明によるブラシレスモータは、低コギング・低トルクリップル性に優れており、それらに対し厳しい仕様が求められるEPS用のモータにも採用が可能である。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 3 】

本発明のブラシレスモータによれば、いわゆるコンシクエント型のブラシレスモータのステータコア側にスキュー構造を採用したので、ロータステップスキュー構造では達成できなかった低コギング・低トルクリップルのブラシレスモータを提供することが可能となる。これにより、従来の永久磁石モータに比してマグネットの数を約半分に減らすことができ、高価なレアメタルマグネットの使用量を減らすことができ、モータの製品コストを低減させることが可能となる。また、本発明によるコンシクエント型モータをEPS用モータとして用いることにより、安価で、しかもコギング・トルクリップルの小さいEPSシステムを提供することも可能となる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 4 】

【 図 1 】本発明の一実施例であるEPS用モータの断面図である。

【 図 2 】図 1 の A - A 線に沿った断面の概要を示す説明図である。

【 図 3 】ロータの構成を示す斜視図である。

【 図 4 】ステータコアの構造を示す説明図である。

20

【 図 5 】ステップスキューにおけるマグネットとロータコアのオーバーラップ関係を示す説明図である。

【 図 6 】ステータスキューとロータステップスキューのモータにおけるスキュー角 とコギングトルクとの関係を示すグラフである。

【 図 7 】ステータスキューとロータステップスキューのモータにおけるスキュー角 と全高調波歪率 (THD) との関係を示すグラフである。

【 図 8 】スキュー無しの場合と、ロータステップスキュー、ステータスキューのトルクリップルを比較して示した説明図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 5 】

30

以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 は、本発明の一実施例であるEPS用モータの断面図、図 2 は、図 1 の A - A 線に沿った断面の概要を示す説明図である。EPS用モータ 1 (以下、モータ 1 と略記する) は、例えば、コラムアシスト式EPSの動力源として使用され、自動車のステアリングシャフトに対し動作補助力を付与する。モータ 1 は、コンシクエント型のブラシレスモータであり、図 1, 2 に示すように、外側にステータ (固定子) 2、内側にロータ (回転子) 3 を配したインナーロータ型の構成となっている。モータ 1 は、ステアリングシャフトに設けられた図示しない減速機構部に取り付けられ、モータ 1 の回転は、この減速機構部によってステアリングシャフトに減速されて伝達される。

## 【 0 0 1 6 】

40

ステータ 2 は、有底円筒形状のハウジング 4 と、ステータコア 5、ステータコア 5 に巻装された界磁コイル 6 (以下、コイル 6 と略記する) 及びステータコア 5 に取り付けられるバスバーユニット 7 とから構成されている。ハウジング 4 は、鉄等にて有底円筒状に形成されており、モータヨークを兼ねている。ハウジング 4 の開口部には、固定ネジ 10 によって合成樹脂製のブラケット 8 が取り付けられる。ステータコア 5 には合成樹脂製のインシュレータ 11 が取り付けられており、インシュレータ 11 の外側にはコイル 6 が巻装されている。ステータコア 5 の一端側には、コイル 6 の端部 6 a が引き出されている。

## 【 0 0 1 7 】

ステータコア 5 の一端側には、合成樹脂製の本体部内に銅製のバスバー 9 がインサート成形されたバスバーユニット 7 が取り付けられる。バスバー 9 には複数個の給電用端子 1

50

2が径方向に突設されており、バスバーユニット7の周囲にはこの給電用端子12が放射状に突出している。一方、バスバー9の端部は、バスバーユニット7の端面から軸方向に延出され、バスバー端子33を形成している。バスバーユニット7の取り付けに際し、コイル端部6aは給電用端子12と溶接される。バスバーユニット7では、バスバー9は、モータ1の相数に対応した個数(ここでは、U相、V相、W相分の3個)設けられており、各コイル6は、その相に対応した給電用端子12と電氣的に接続される。ステータコア5は、バスバーユニット7を取り付けた後、ハウジング4内に圧入固定される。

#### 【0018】

ステータ2の内側にはロータ3が挿入されている。図3は、ロータ3の構成を示す斜視図である。ロータ3は、モータ回転軸となるシャフト13を有している。シャフト13は、ボールベアリング(以下、ベアリングと略記する)14a、14bによって回転自在に支持されている。リヤ側のベアリング14aは、ハウジング4の底部中央に形成されたベアリング収容部40に圧入固定されている。フロント側のベアリング14bは、金属製のベアリングホルダ19によって、ブラケット8の中央部に固定されている。

10

#### 【0019】

シャフト13には、電磁鋼板を積層して形成したロータコア15が固定されている。図2、3に示すように、ロータコア15は円形断面のコア部15aと、コア部15aの外周に突設された鉄極部15bとから構成されている。鉄極部15bは、周方向に沿って3ヶ所等分に設けられている。隣接する鉄極部15bの間には、セグメントタイプのマグネット(永久磁石)16が取り付けられている。マグネット16は、合成樹脂製のマグネットホルダ17によって、コア部15aの外周に保持されている。マグネット16と鉄極部15bの外側には、有底円筒形状のマグネットカバー18が取り付けられている。

20

#### 【0020】

マグネットホルダ17の端部には、回転角度検出手段であるレゾルバ21のロータ(レゾルバロータ)22が取り付けられている。これに対し、レゾルバ21のステータ(レゾルバステータ)23は、金属製のレゾルバホルダ24内に圧入され、合成樹脂製のブラケットホルダ25に収容されている。レゾルバホルダ24は有底円筒形状に形成されており、ブラケット8の中央部に設けられたリップ26の端部外周に軽圧入される。ブラケットホルダ25は、図示しないタッピンネジによって、ブラケット8の内側に固定される。

30

#### 【0021】

ブラケットホルダ25とブラケット8は、両者間にレゾルバホルダ24のフランジ部24aを介在させた形で、前述のタッピンネジにて固定される。フランジ部24aは、ブラケットホルダ25とブラケット8との間にて、周方向に若干移動可能に取り付けられており、レゾルバホルダ24は、ステータ23の位置調整後、レゾルバ固定ネジ28によってブラケットホルダ25に固定される。図1に示すように、ブラケットホルダ25には、金属製のレゾルバ固定ナット27が取り付けられている。レゾルバ固定ナット27には、ブラケット8の外側からレゾルバ固定ネジ28がねじ込まれ、ベアリングホルダ19とレゾルバホルダ24がブラケット8に共締めされる。これにより、レゾルバホルダ24は、周方向の位置が調整された状態でブラケット8の内側に固定される。

40

#### 【0022】

ブラケット8にはまた、パワーミナル31がインサート成形されている。パワーミナル31はU、V、Wの各相ごとに設けられ、その一端側31aが開口部32内に配置されている。パワーミナル31の他端側31bは、パワーコネクタ34内に配置されている。ブラケット8をハウジング4に組み付けると、バスバーユニット7から軸方向に伸びるバスバー端子33がパワーミナル31と並列に対向する。モータ1では、ハウジング4にブラケット8を取り付けた後、開口部32内にてバスバー端子33とパワーミナル31を溶接固定する。

#### 【0023】

ここで、本発明のモータ1では、ステータ2のステータコア5がスキュー構造となっている。図4は、ステータコア5の構造を示す説明図である。図1、2、4に示すように、ス

50

テータコア 5 は、電磁鋼板からなる複数個のステータピース 4 1 を周方向に沿って環状に並べると共に、ステータピース 4 1 を軸方向に沿って積層した構成となっている。当該モータ 1 ではさらに、このステータピース 4 1 を周方向に所定角度ずつずらして積層することにより、ステータスキュー構造を実現している。

#### 【0024】

ステータピース 4 1 は、円弧状のヨーク部 4 1 a と、ヨーク部 4 1 a から円弧中心方向に向かって突設されたティース部 4 1 b とから構成されている。ティース部 4 1 b の先端部には、コギングトルク低減のため、擬似スロットを構成する溝 4 2 が複数個形成されている。ステータコア 5 では、このティース部 4 1 b により、径方向に沿って中心方向に延びるティース 4 3 が周方向に沿って複数個形成される。ティース 4 3 の間はスロット 4 4 となっており、スロット 4 4 には、ティース 4 3 に巻装されたコイル 6 が収容される。ステータコア 5 は、前述のようにスキュー構造となっており、スロット 4 4 の軸方向の中心線 M が、シャフト 1 3 の延伸方向（軸方向）O に対し、角度（スキュー角）だけ傾斜している。

10

#### 【0025】

前述のように、コンシクエント型モータは、マグネットの使用量を低減できるものの、コギングやトルクリップルが大きくなるという問題がある。これに対し、コギングに対し悪影響を及ぼす誘起電圧の高調波成分を相殺するためにはスキュー構造の採用が効果的である。また、トルクリップル低減のためには、モータを正弦波駆動することが有効であることが一般に知られているが、トルクリップル低減効果を有意に得るためには、誘起電圧波形の高調波成分を極力低減させる必要がある。セグメントマグネットを用いたコンシクエント型モータでは、マグネット形状によって磁束形状を調整でき、鉄極部 1 5 b も外径の曲率を調整することにより磁束の調整が可能であるが、どうしても高調波成分が存在してしまい、それを低減するにはやはりスキュー構造が必要となる。

20

#### 【0026】

つまり、コンシクエント型モータにおいても、コギングやトルクリップルを低減するためには、スキュー構造の採用が効果的である。ところが、セグメントマグネットを用いたモータの場合、マグネット形状にて磁束を調整できるメリットがあるものの、ロータスキューを構成するためには、段積み（ステップスキュー）構造となる。このようなステップスキュー構造では、図 5 に示すように、隣接する段の間でマグネット 5 1 とロータコアの鉄極部 5 2 がオーバーラップ（矢示 P）するため、マグネットからの磁束が歪められてしまい、スキュー効果が得にくくなるばかりか、コギングが却って悪化してしまう場合がある。

30

#### 【0027】

そこで、本発明によるモータ 1 では、ロータ 3 側は、スキューのない直線的な磁極構成として磁束の歪みを防止しつつ、ステータ 2 側をスキュー構造として、コギングやトルクリップルの低減を図っている。図 6 は、ステータスキュー（モータ 1）と、ロータスキュー（ステップスキュー）のモータにおけるスキュー角とコギングトルクとの関係を示すグラフである。なお、ここで言うスキュー角は、ステータスキューの場合は、シャフト 1 3 の延伸方向（軸方向）に対するスロット 4 4 の中心線（軸方向）の傾斜角、ロータステップスキューの場合は、隣接する各段のマグネットの周方向へのシフト角度の和を意味している。また、図 7 は、ステータスキューと、ロータステップスキューのモータにおけるスキュー角と全高調波歪率（THD）との関係を示すグラフ、図 8 は、スキュー無しの場合と、ロータステップスキュー、ステータスキューのトルクリップルを比較して示した説明図である。

40

#### 【0028】

図 6 から分かるように、コギングトルクは、当該モータ 1 の方がロータステップスキューのモータよりも低く抑えられている。モータ 1 のような 6 極 9 スロットのモータでは、理論上、機械角 360° を 6 P 9 S の最小公倍数で割った機械角 20° 付近で最少となる。しかしながら、ロータステップスキューの場合、上述のようなマグネット 5 1 と鉄極部

50

52のオーバーラップ問題により、20°付近でもコギングトルクが余り小さくならない。また、スキュー角が大きくなると、マグネット51と鉄極部52のオーバーラップ量が大きくなり、コギングが悪化する。EPS用モータでは、一般にコギングトルクは10mNm以下が望ましいが、図6から明らかなように、ロータステップスキューのモータではその仕様を達成するのは難しい。これに対し、ステータスキュー構造のモータ1では、スキュー角を15°～27°程度に設定すれば、前述の条件をクリアできる。

【0029】

次に、高調波成分に関しては、6P9Sモータでは、5次成分が最少となる24度付近で極小となる。しかしながら、ロータステップスキューの場合、コギングの場合と同様に、磁束の歪みにより高調波成分が余り小さくならないため、誘起電圧波形が正弦波とならず、トルクリップルが大きくなる。EPS用モータでは、一般にTHDは1%未満が好ましいとされているが、図7から明らかなように、ロータステップスキューのモータではその仕様を達成するのは難しい。これに対し、ステータスキュー構造のモータ1では、スキュー角を17°～27°程度に設定すれば、前述の条件をクリアでき、特に、24°に設定すればトルクリップルを極小値に抑えることができる。

10

【0030】

また、EPS用モータでは、トルクリップル率は5%以下に抑えることが望まれるが、図8から分かるように、スキュー無しの場合やロータステップスキューでは、それを5%以下に抑えられない。その点、ステータスキューを採用し、スキュー角を24°に設定すると、トルクリップル率は3%程度に抑えられ、EPS用モータとして求められる仕様を満たすことが可能となる。

20

【0031】

このように、本発明のモータ1では、コンシクエント型の永久磁石モータにステータスキュー構造を採用することにより、ロータステップスキュー構造では達成できなかった低コギング・低トルクリップルのブラシレスモータを提供することが可能となる。コンシクエント型モータは、前述のように、マグネットの数を従来の永久磁石モータの約半分に減らすことができるため、高価なネオジウムマグネットの使用量を減らすことができ、モータの製品コストを低減させることが可能となる。従って、コンシクエント型モータをEPS用モータとして採用することにより、安価で、しかもコギング・トルクリップルの小さいEPSシステムを提供することが可能となる。

30

【0032】

本発明は前記実施例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。

例えば、前述の実施例では、ロータ側をステップスキュー構造とした例を示したが、平行磁場にて着磁したセグメントマグネットを用いることにより、ステップ構造ではない、滑らかなスキュー構造をロータ側に形成しても良い。但し、平行磁場による着磁は、マグネットの磁束密度を高くしにくいいため、必要磁束を得るためにマグネットが大きくなってしまのおそれがあり、小型で高性能なモータが求められているEPSでは、ステータスキュー構造の方が好ましい。

40

【符号の説明】

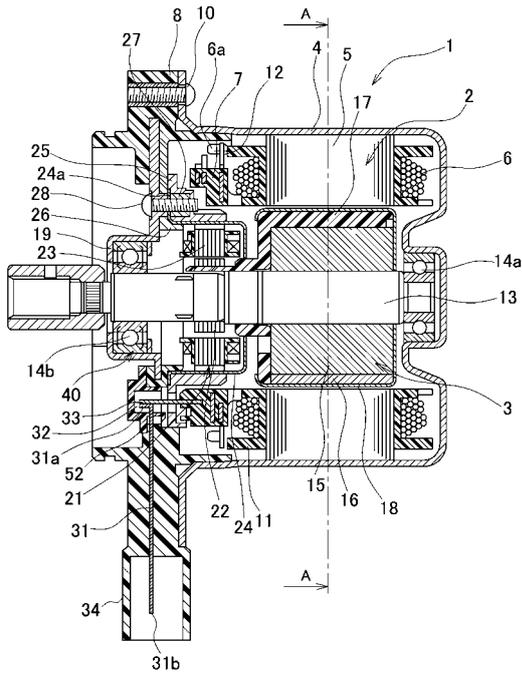
【0033】

- 1 ブラシレスモータ
- 2 ステータ
- 3 ロータ
- 4 ハウジング
- 5 ステータコア
- 6 界磁コイル
- 6 a コイル端部
- 7 バスバーユニット
- 8 ブラケット

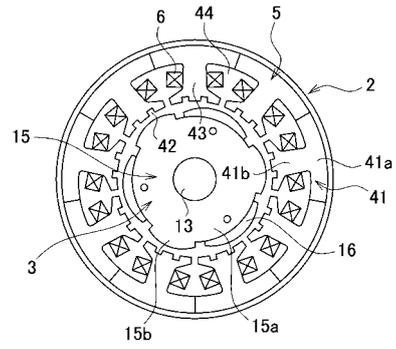
50

9	バスバー	
10	固定ネジ	
11	インシュレータ	
12	給電用端子	
13	シャフト	
14 a, 14 b	ベアリング	
15	ロータコア	
15 a	コア部	
15 b	鉄極部	
16	マグネット	10
17	マグネットホルダ	
18	マグネットカバー	
19	ベアリングホルダ	
21	レゾルバ	
22	ロータ	
23	ステータ	
24	レゾルバホルダ	
24 a	フランジ部	
25	ブラケットホルダ	
26	リブ	20
27	レゾルバ固定ナット	
28	レゾルバ固定ネジ	
31	パワーターミナル	
31 a	一端側	
31 b	他端側	
32	開口部	
33	バスバー端子	
34	パワーコネクタ	
40	ベアリング収容部	
41	ステータピース	30
41 a	ヨーク部	
41 b	ティース部	
42	溝	
43	ティース	
44	スロット	
51	マグネット	
52	鉄極部	
	スキュー角	

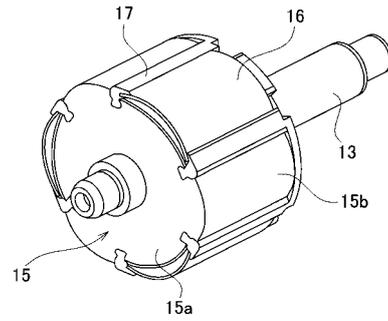
【図1】



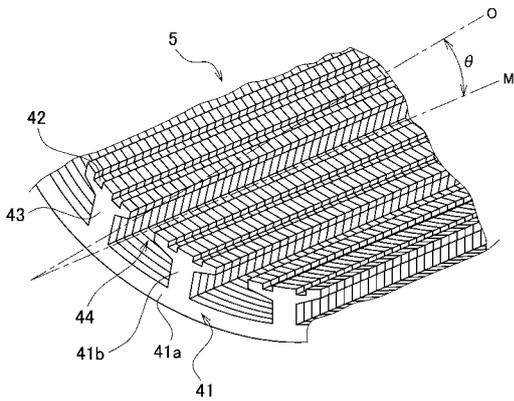
【図2】



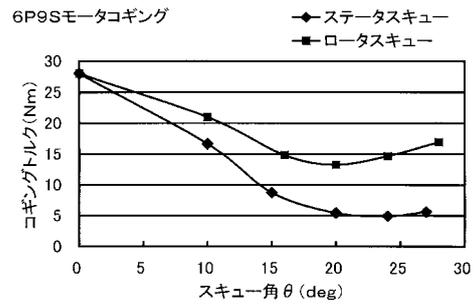
【図3】



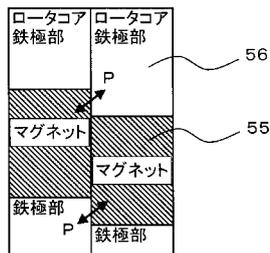
【図4】



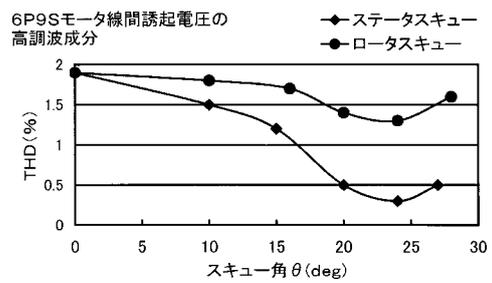
【図6】



【図5】



【図7】



【 図 8 】

