

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4797331号
(P4797331)

(45) 発行日 平成23年10月19日 (2011. 10. 19)

(24) 登録日 平成23年8月12日 (2011. 8. 12)

(51) Int. Cl.	F 1
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 501A
H02K 1/14 (2006.01)	H02K 1/14 Z
H02K 15/03 (2006.01)	H02K 15/03 G
H02K 29/00 (2006.01)	H02K 29/00 Z

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-82264 (P2004-82264)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成16年3月22日 (2004. 3. 22)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2005-269853 (P2005-269853A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成17年9月29日 (2005. 9. 29)	(74) 代理人	100109667
審査請求日	平成19年3月20日 (2007. 3. 20)		弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151
			弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156
			弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	藤中 広康
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		審査官	三島木 英宏

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】

回転方向にN極、S極を交互に着磁したマグネット体を有するロータと、前記マグネット体とラジアル方向に対向して磁気回路を構成しコイルが巻回された複数の突極を設けたコアとを有し、前記突極のマグネット体と対向する部分には、マグネット2極分と略同一ピッチの小歯が複数個設けられ、前記ロータの位置に応じてコイルに通電することにより、ロータを回転駆動するブラシレスモータにおいて、

前記マグネット体の磁極数を p 、前記コアの突極数を $12z$ 、但し、 $z=1$ とし、前記突極1極あたりに設けられた小歯の歯数を n とした場合に、下記の式1の関係を満足し、
前記マグネット体は、単極着磁した短冊状の永久磁石を回転方向にN極S極交互に接着固定して構成され、

前記突極に $+U$ 、 $-U$ 、 $-W$ 、 $+W$ 、 $+V$ 、 $-V$ 、 $-U$ 、 $+U$ 、 $+W$ 、 $-W$ 、 $-V$ 、 $+V$ の順にコイルを巻回してY結線し、 U 、 V 、 W の3相で 120° 矩形波通電することを特徴とするブラシレスモータ。

【数 1】

$$p = 12z \cdot (2n - 1) + 2 \quad \dots \text{(式 1)}$$

【請求項 2】

前記突極に設けられた小歯の開角 θ° が電気角で以下の式2、3、4、5のうちいずれかの条件を満足することを特徴とする請求項1記載のブラシレスモータ。

【数 2】

$$162.5 < \theta < 172.5 \quad \dots \text{(式 2)}$$

$$192.5 < \theta < 202.5 \quad \dots \text{(式 3)}$$

$$222.5 < \theta < 232.5 \quad \dots \text{(式 4)}$$

$$252.5 < \theta < 262.5 \quad \dots \text{(式 5)}$$

【請求項 3】

前記マグネット体表面は磁極ピッチより実質電気角 α ° 狭い範囲に磁束を発生させるように前記永久磁石間に隙間を設けた構成であって、前記突極に設けられた小歯の開角 θ ° が電気角で以下の式 6、7、8、9 のうちいずれかの条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載のブラシレスモータ。

10

【数 3】

$$162.5 - \alpha < \theta < 172.5 - \alpha \quad \dots \text{(式 6)}$$

$$192.5 - \alpha < \theta < 202.5 - \alpha \quad \dots \text{(式 7)}$$

$$222.5 - \alpha < \theta < 232.5 - \alpha \quad \dots \text{(式 8)}$$

$$252.5 - \alpha < \theta < 262.5 - \alpha \quad \dots \text{(式 9)}$$

【請求項 4】

前記コア形状は、前記突極が等ピッチで、前記小歯先端のピッチが電気角で 360 ° である基本形状をベースとして、回転方向に前記基本形状のコアが発生するコギングトルク周期の 1/2 の角度ずつずらした 2 個のコア基本形状を組み合わせた形状に構成したことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のブラシレスモータ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機器の駆動源に使用されるブラシレスモータに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、映像・音響機器、OA 機器、家電機器、輸送用機器、FA 機器等さまざまな機器に、駆動源としてモータが用いられている。これらの機器は、機器の高機能化に伴い、使われるモータの個数は年々増加する傾向にある。また、モータの性能についても近年、機器の小型化、高機能化によって小型でかつ高出力なモータが望まれている。

30

【0003】

このような要望に対し、モータの小型化、高出力化を実現する方法として、従来から各種の提案がなされている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

図 9 は従来例のブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図である。

【0005】

上記従来例のモータの高性能化原理を簡単に説明する。コア 3 の突極先端部に複数の小歯 6 を設けることによりコア 3 を擬似的に多極化し、コア 3 の突極数を増加させないまま永久磁石 1 の磁極数のみを増加させることにより、コイル抵抗を増大させることなく、モータのトルク定数を大きくする技術を提案している。

40

【特許文献 1】特開 2003-61326 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来例のモータにおいては、同一サイズにおける出力トルクの向上及びコギングトルクの低減という点で、より高性能化を図るために課題を有していた。

【0007】

本発明は、従来例のモータの構造を改良し、同一サイズでのモータの出力トルクの向上

50

、コギングトルクの低減および駆動回路のコストアップ防止を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本件出願に係る第1の発明のブラシレスモータは、回転方向にN極、S極を交互に着磁したマグネット体を有するロータと、前記マグネット体とラジアル方向に対向して磁気回路を構成しコイルが巻回された複数の突極を設けたコアとを有し、前記突極のマグネット体と対向する部分には、マグネット2極分と略同一ピッチの小歯が複数個設けられ、前記ロータの位置に応じてコイルに通電することにより、ロータを回転駆動するブラシレスモータにおいて、前記マグネット体の磁極数をp、前記コアの突極数を12z、但し、 $z=1$ とし、前記突極1極あたりに設けられた小歯の歯数をnとした場合に、下記の式1の関係を満足し、前記マグネット体は、単極着磁した短冊状の永久磁石を回転方向にN極S極交互に接着固定して構成され、前記突極に+U、-U、-W、+W、+V、-V、-U、+U、+W、-W、-V、+Vの順にコイルを巻回してY結線し、U、V、Wの3相で120°矩形波通電することを特徴とする。

【0009】

【数1】

$$p = 12z \cdot (2n - 1) + 2 \quad \dots \text{(式1)}$$

【発明の効果】

【0010】

本発明のブラシレスモータによれば、突極数、磁極数等が限定される為、適用できる範囲は狭いものの、磁束の3次高調波成分を有効にトルクに変換することができるため、同一サイズ、質量でもより高出力なモータを提供できる。

【0011】

また3相通電を行うことより、モータおよび駆動回路のコストアップを防ぐことができる。

【0012】

さらに、コア形状を工夫することにより一段とコギングトルクの小さいモータを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

回転方向にN極、S極を交互に着磁したマグネット体を有するロータと、前記マグネット体とラジアル方向に対向して磁気回路を構成しコイルが巻回された複数の突極を設けたコアとを有し、前記突極のマグネット体と対向する部分には、マグネット2極分と略同一ピッチの小歯が複数個設けられ、前記ロータの位置に応じてコイルに通電することにより、ロータを回転駆動するブラシレスモータにおいて、前記マグネット体の磁極数をp、前記コアの突極数を12z、但し、 $z=1$ とし、前記突極1極あたりに設けられた小歯の歯数をnとした場合に、下記の式1の関係を満足するものである。

【0014】

【数1】

$$p = 12z \cdot (2n - 1) + 2 \quad \dots \text{(式1)}$$

【実施例1】

【0015】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。

【0016】

図1は本実施例1のブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図である。

【0017】

図1において、ロータヨーク2内周部には、単極着磁された短冊状の永久磁石1がN極

10

20

30

40

50

、S極を交互に38個接着固定されている。内周部には前記永久磁石1とラジアル方向に対向し磁気回路を構成するコア3を有し、前記コア3の突極5の前記永久磁石と対向する部分には、小歯6が2個ずつ設けられている。

【0018】

図1に示す本発明のモータの様な磁極数38、突極数12の磁気回路構成の場合、本来は図2に示すように+U、-V、+W、-X、+Y、-Z、-U、+V、-W、+X、-Y、+Zという形に6相のコイルを巻回し、30°ずつ位相がずれた6相電流を通電すれば最も理想的な状態で駆動できるが、このように通電する電流の相数を増やすと(1)コイルの結線が複雑になる。(2)駆動回路が複雑になる等の要因によりモータや駆動回路のコストアップ要因となってしまう。

10

【0019】

そこで、本実施例1の場合+U、-U、-W、+W、+V、-V、-U、+U、+W、-W、-V、+Vの順でコイルを巻回し、120°ずつ位相のずれたU、V、Wの3相通電を行なうことにより、通常の3相モータに対するコストアップを防ぐことができる。

【0020】

このように各コイルに通電する電流を理想的な位相から若干ずらして通電する様に設定すると、トルク発生に寄与しない無効磁束が発生する。あるいはコア、永久磁石間の吸引力が不均一になり、コアの振動が大きくなるといった悪影響が起きることもあるが、トータルとしてモータの特性を向上できる場合がある。

20

【0021】

以下この理由に付いて具体的に説明する。

【0022】

図3は従来の技術で設計されたブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図である。

【0023】

図1と図3を比較すると何れも突極の数は12極、1つの突極に設けられた小歯の数2個と等しいものの、第1に図1では磁極数が38極なのに対し、図3では40極となっており、第2に図1ではコイルが+U、-U、-W、+W、+V、-V、-U、+U、+W、-W、-V、+Vと変則的な順番で巻回されており、巻き方向も反転している部分があるのに対し、図3ではU、W、Vと単純な順番で巻回されており、巻き方向も一定となっているところが異なっている。

30

【0024】

図4(a)(b)は両ブラシレスモータの1相あたりの誘起電圧波形を磁界解析により求めた図である。

【0025】

図4(a)は電気角360°分の誘起電圧波形を示した図、図4(b)はそれらの波形の周波数分析を行った結果である。

図4(a)において本発明のモータの誘起電圧波形は、最大値付近が平坦に近い台形波状の波形なのに対し、従来型モータの誘起電圧波形は若干歪んでいるもののより正弦波に近い波形を示している。

【0026】

40

それらを周波数分析すると図4(b)に示したとおり、本発明のモータの誘起電圧波形には従来型モータでは含まれていなかった3次高調波が含まれた波形となっていることが分かる。

【0027】

この理由について簡単に説明する。

【0028】

誘起電圧波形に3次高調波が含まれるかどうかは突極5のコイル4が巻回された部分に磁極の磁束の3次成分が入射するかどうかを考えると分かり易い。

【0029】

本発明のモータでは、必ず電気位相が逆相(180°位相が異なる状態)となっている

50

突極が存在する為、3次成分の磁束も問題なく突極に入射する。

【0030】

一方従来型モータの場合突極の電気位相が 120° づつずれた突極しか存在しない為、3次成分では $120^\circ \times 3 = 360^\circ$ ずれのとなり同位相となるため、3次成分の磁束は突極5のコイル4が巻回された部分に入射することができず、誘起電圧に3次成分が発生しないと説明できる。

【0031】

この3次成分の磁束は絶対値としては大きくないものの、本発明のモータでは3次成分の磁束を有効活用することにより若干ながらトルクを向上することができる。

【0032】

図1及び図3のモータを全く同一条件で磁界解析を行なった結果、図1に示す本発明のモータでは図3に示す従来型モータに対し正弦波通電の場合は殆んどトルクは向上しなかったものの、 120° 矩形波通電の場合約3%のトルク向上が確認できた。

【0033】

また、本発明のモータの誘起電圧波形は最大値付近が平坦に近い台形波状の波形となっているため、ブラシレスモータとして最も単純な 120° 矩形波通電においてもトルクリップルが少なく安定した回転が可能となる。

以上は、本発明のモータの出力トルクでの優位性について説明したが、本発明のモータは、従来型モータに対しコギングトルクの面でも優位性がある。

【0034】

図1に示す本発明のモータでは、磁極数は38で突極数は12であるため基本的にはコギングトルクは38と12の最小公倍数である1回転に228回の繰り返し波形となる。一方図3に示す従来型モータでは、磁極数は40で突極数は12であるため基本的にはコギングトルクは40と12の最小公倍数である1回転に120回の繰り返し波形となる。一般的にこの様にコギングトルクの周期が小さくなると、同時にコギングトルクの絶対値も小さくなる。図1及び図3のモータを全く同一条件で磁界解析を行なった結果、本発明のモータのコギングトルクは従来型の約3分の1に留まることが分かった。

【0035】

以上のように、本発明のモータは磁束の3次高調波成分を有効にトルクに変換することができるため、更に大きいトルクが出力可能となり、同一サイズ、質量でもより高出力なモータを提供できる。また発生する基本的なコギングトルクの周期が短くコギングトルクの絶対値も小さくすることができる。

【0036】

なお、上記実施例1は磁極数は38で、突極数が12の場合を示しているが、他の磁極数、突極数の組み合わせでも同様の効果を得ることができる。

【0037】

一般的には、磁極数を p 、コアの突極数を $12z$ 、但し、 $z=1$ とし、突極1極あたりに設けられた小歯の歯数を n とした場合に、以下の式1の関係を満足する様に設定すれば、磁束の3次成分を有効活用しトルクを向上できると同時に、コギングトルクも低減することができる。

【0038】

【数1】

$$p = 12z \cdot (2n - 1) + 2 \quad \cdots \quad \text{(式1)}$$

具体的には、コア突極数を12、突極1極あたりに設けられた小歯の歯数を3とした場合に、磁極数62といった構成が可能である。

また、本発明のモータは本来6相駆動に適した構成であるが、突極に+U、-U、-W、+W、+V、-V、-U、+U、+W、-W、-V、+Vの順にコイルを巻回しU、V、Wの3相通電をすることにより、コイルの結線および駆動回路を簡略化できる。

なお、上記ではアウターロータ型の構成を示しているが、同様にロータが内周でコアが外周であるインナーロータ型構成も可能であることは言うまでもない。

【0039】

一方、上記では優位性のみ説明したが、本発明のブラシレスモータは誘起電圧波形に3次高調波が含まれている為、コイルをデルタ結線するとデルタ接続の閉ループ内を流れる還流電流が発生し効率が悪化するため、コイルの結線はY結線に限定される。また、コアの突極数は12の倍数に限られる等の制約があり全ての場合において従来型より優れている訳ではない。

【実施例2】

【0040】

10

上記実施例1では本発明のモータの出力トルク及びコギングトルクでの優位性を説明したが、以下実施例2、3では、コア形状の工夫により更にコギングトルクを低減する手法について説明する。

【0041】

本実施例2では、コア形状のうち、小歯先端の開角 θ に着目して、コギングトルクを低減する方法を示す。

【0042】

図5は本実施例2および3のコア形状を示す。
ここで、コギングトルク発生メカニズムの説明するために、その最小単位である1つの小歯6で発生するコギングトルクについて考える。

20

【0043】

図6は小歯でのコギングトルク発生原理の説明図である。

【0044】

図6においてまず小歯6の前側エッジ部6-1に磁極の切り替え部分が差し掛かった場合を考える。

【0045】

図7(a)は小歯前側エッジ部6-1で発生するコギングトルクの説明図である。

【0046】

図7(a)において、磁極の立ち下がり部7-1と小歯前側エッジ部6-1が一致するところを基準として考える。図7(a)に示した様に磁極立ち下がり部7-1が小歯前側エッジ部6-1が通過する際にほぼゼロとなり、電気角180°で1周期の周期性がある波形となる。

30

【0047】

図7(b)は同様に小歯後側エッジ部6-2で発生するコギングトルクの説明図である。

【0048】

ここで、図7(a)のトルクと、図7(b)のトルク波形を比較すると、小歯後側エッジ6-2で発生するコギングトルクは、小歯前側エッジ部6-1を磁極の立ち下がり部7-1が通過する時点を基準として考えると、小歯前側エッジ6-1で発生するコギングトルクと点対称の形をしており、基準点が $\theta + \alpha$ °ずれた波形となっていることが分かる。

40

【0049】

以上より小歯前側エッジ6-1で発生するコギングトルクと、小歯後側エッジ6-2で発生するコギングトルクには規則性があり、この小歯6の開角 θ を調整すれば、コギングトルクの特成成分を除去できることが想像できる。

【0050】

図7(c)は(a)と(b)を合成した1つの小歯6で発生するコギングトルクの説明図である。

【0051】

ここで、小歯前側エッジ6-1を磁極の立ち下がり7-1が通過する時点を基準として、回転角度を電気角で x °と表すと、小歯前側エッジ6-1で発生するトルク波形は以下

50

の式 10 の様に表せる。

【0052】

【数4】

$$a \times \sin(2x) + b \times \sin(4x) + c \times \sin(6x) + d \times \sin(8x) + e \times \sin(10x) + f \times \sin(12x) \dots \dots \text{(式10)}$$

また、小歯後側エッジ 6-2 で発生するトルク波形は、以下の式 12 のように表すことができる。

【0053】

【数5】

$$\begin{aligned} & -a \times \sin(-2x + 2(\theta + \alpha)) - b \times \sin(-4x + 4(\theta + \alpha)) - c \times \sin(-6x + 6(\theta + \alpha)) \\ & -d \times \sin(-8x + 8(\theta + \alpha)) - e \times \sin(-10x + 10(\theta + \alpha)) - f \times \sin(-12x + 12(\theta + \alpha)) \dots \text{(式12)} \end{aligned}$$

10

ここで1つの小歯におけるコギングトルク波形である、両者の合成波形は、(式10) + (式12) でありこれを整理すると、以下の式 15 のようになる。

【0054】

【数6】

$$\begin{aligned} & a \times (\sin(2x) + \sin(2x - 2(\theta + \alpha))) + b \times (\sin(4x) + \sin(4x - 4(\theta + \alpha))) \\ & + c \times (\sin(6x) + \sin(6x - 6(\theta + \alpha))) + d \times (\sin(8x) + \sin(8x - 8(\theta + \alpha))) \\ & + e \times (\sin(10x) + \sin(10x - 10(\theta + \alpha)/2)) + f \times (\sin(12x) + \sin(12x - 12(\theta + \alpha))) \dots \text{(式15)} \end{aligned}$$

20

ここで $\theta + \alpha$ を特定の値にすると、特定の成分を除去することができる。

【0055】

具体的には $\theta + \alpha$ を 165° 、 195° 、 225° 、 255° （言い換えれば $\theta = 165 - \alpha$ 、 $\theta = 195 - \alpha$ 、 $\theta = 225 - \alpha$ 、 $\theta = 255 - \alpha$ ）とした場合に、両エッジで発生するコギングトルクの6次成分（成分）が除去されたトルクとなる。

【0056】

図7(d)はモータ全体としてのコギングトルク波形を示す。

このモータは元来6相構造であるので、図7(c)に示すトルクのうち1次・・・5次、7次・・・11次のトルクは、位相が電気角で 30° ずつずれた、他の突極のトルクによりキャンセルされるため、モータ全体としては6次以降のトルクが現れる状態となるので、 $\theta = 135 - \alpha$ 、 $\theta = 165 - \alpha$ 、 $\theta = 195 - \alpha$ いずれかとし、この小歯一つあたりで発生するトルクの6次成分を抑えれば、モータ全体として現れるコギングトルクの周期は12次以降で通常の半分となり、その振幅も小さく収まる。

30

【0057】

また、上記実施例は、小歯の開角 θ が $165 - \alpha^\circ$ でコギングトルクが最小になることを示したが、 $165 - \alpha^\circ$ から角度がある程度前後した場合を考えると、小歯の開角を電気角で $160 - \alpha^\circ$ または $170 - \alpha^\circ$ とした場合は、小歯で発生するコギングトルクの6次成分は50%除去され、小歯の開角を電気角で $162.5 - \alpha^\circ$ または $167.5 - \alpha^\circ$ とした場合は、小歯で発生するコギングトルクの6次成分は74%除去される状態となり、実用的な性能を得るためには、小歯で発生するコギングトルクの6次成分が約4分の1以下となる $162.5 - \alpha \sim 167.5 - \alpha^\circ$ に設定することにより、コギングトルクの基本周期成分が大幅に低減され、コギングトルクを小さく抑えることができる。

40

【0058】

また図示しないが、小歯6の先端形状がコア半径より小さいRで形成した場合、あるいは面取り部を設けた場合、あるいは、コアの磁気飽和等の影響を考慮した場合は、磁気特性上は小歯6の開角が狭まった状態に近い条件となり、小歯3の開角 α が若干（電気角にして 5° 前後）大きい場合にコギングトルクが最小となる現象が発生する場合がある。

【0059】

従って一般的には、マグネット体表面は磁極ピッチ（電気角 180° ）より実質電気角

50

α° 狭い範囲 ($180 - \alpha^\circ$) に磁束を発生させる構成であって、突極に設けられた小歯の開角 θ° が電気角で以下の式 6、7、8、9 のうちいずれかの条件を満足する範囲に設定することで、コギングトルクの小さいモータを提供することができる。

【0060】

【数 3】

$$162.5 - \alpha < \theta < 172.5 - \alpha \quad \dots (式 6)$$

$$192.5 - \alpha < \theta < 202.5 - \alpha \quad \dots (式 7)$$

$$222.5 - \alpha < \theta < 232.5 - \alpha \quad \dots (式 8)$$

$$252.5 - \alpha < \theta < 262.5 - \alpha \quad \dots (式 9)$$

10

なお上記は、前記マグネット体表面は磁極ピッチより狭い範囲に磁束を発生させる構成で説明したが、磁極を隙間無く設けた場合は $\alpha = 0$ として以下の式 2、3、4、5 の条件を満足するように小歯の開角 θ° を設定することで、コギングトルクの小さいモータを提供することができる。

【0061】

【数 2】

$$162.5 < \theta < 172.5 \quad \dots (式 2)$$

$$192.5 < \theta < 202.5 \quad \dots (式 3)$$

$$222.5 < \theta < 232.5 \quad \dots (式 4)$$

$$252.5 < \theta < 262.5 \quad \dots (式 5)$$

20

【実施例 3】

【0062】

上記実施例 2 では、コア形状のうち小歯の開角 θ に着目して、コギングトルクを低減する手法を示したが、本実施例 3 では、2 つ以上のコア形状を組み合わせて設計することによりコギングトルクを低減する方法を示す。

30

【0063】

本実施例 3 では、図 5 おいてコア 1 の突極 2 先端部に設けられた小歯 3 のピッチ β を電気角で 345° と磁極 2 極分よりわずかに小さい角度に設定する。

【0064】

図 8 は本実施例 3 のコアの設計方法を示した説明図である。

【0065】

図 8 に示すように、本実施例では、同一形状で角度が電気角で γ° ずれた 2 つのコア 3-1、3-2 の形状の斜線部分を組み合わせることにより設計する。

【0066】

ここで $\gamma = 7.5^\circ$ とすると、コア 3-1、コア 3-2 の角度ずれは、コギングトルクの基本周期の半分に一致し、コア 3-1、コア 3-2 にはそれぞれ位相が 180° 異なるコギングトルクが発生する。

40

【0067】

そこでこのコア形状を 2 分の 1 ずつ組み合わせてコア形状を設計すると、1 つのコア内で位相が 180° 異なる 2 つのコギングトルクが発生する状態となり、それぞれコギングトルクの奇数次成分が打ち消されるために、発生するコギングトルクの周期は半分で、コギングトルクの絶対値も大幅に小さくなる。

【0068】

なお、前記において小歯の開角 θ については特に指定していないが、上記実施例 2 に示した角度 (例えば $\theta = 165 - \alpha^\circ$) にした場合、小歯の開角 θ のみでコギングトルクの

50

基本次数成分を打ち消す作用があり、両者の効果を重ね合わせるにより、製造上の都合などでコア形状がある程度ばらついた場合等でも安定してコギングトルクを低減することができるため、製品の品質を安定させる効果が得られる。

【0069】

また、両者の効果を重ね合わせずに、組み合わせて使うことにより、更にコギングトルクを低減することも可能である。

【0070】

例えば図5において、コア1の突極2先端部に設けられた小歯3の開角 θ を電気角で $165 - \alpha^\circ$ とし、小歯のピッチ β を電気角で 352.5° とする。
この形状は、小歯先端の開角 θ を $165 - \alpha^\circ$ とし元々基本コギングトルク周期の2分の1の周期のコギングトルクを発生するコア形状をベースとして、組み合わせるコア3-1、3-2の角度ずれを、コギングトルク基本周期の4分の1である電気角 7.5° として設計したものである。

【0071】

このような形状に設計することにより、コア形状のばらつき等による影響は若干大きくなるものの、発生するコギングトルクの周期は基本コギングトルク周期の4分の1となり、コギングトルクの絶対値も更に一段と小さくなる。

【0072】

以上代表的な場合のみ示したが、組み合わせるコア形状は2つに限定されるわけではなく3つ以上でも良い。

【0073】

一般的には、コア形状が、突極が等ピッチで、小歯先端のピッチが電機角で 360° である基本形状をベースとして、回転方向に基本形状のコアが発生するコギングトルク周期の $\frac{1}{2}$ の角度ずつずらした2個のコア基本形状を組み合わせた形状に設計することによりコギングトルクの低いモータを提供できる。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明のブラシレスモータは、小型でも出力が高いことから、OA機器、家電機器等の駆動源に使用することにより、機器のサイズを大きくすることなく機器の高速化、高機能化等を達成できる。

【0075】

また、本発明のブラシレスモータを、燃料電池自動車、電気自動車に代表される輸送用機器の駆動用に使用することにより、同一特性でも小型、軽量のモータを提供することができ、車体の軽量化による走行性能の向上、あるいは燃費の向上等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】本発明の実施例1によるブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図

【図2】本発明の実施例1によるブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図（6相通電の場合）

【図3】従来技術によるブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図

【図4】1相あたりの誘起電圧波形を比較した図、（a）電気角 360° 分の誘起電圧波形を示した図、（b）周波数分析を行った結果誘起電圧波形の比較図

【図5】本発明の実施例2、3によるコア形状の説明図

【図6】本発明の実施例2における小歯でのコギングトルク発生原理の説明図

【図7】本発明の実施例2におけるコギングトルク波形を示した図、（a）前側小歯エッジ部6-1で発生するトルク波形を示す図、（b）後側小歯エッジ部6-2で発生するトルク波形を示す図、（c）（a）、（b）の合成トルク波形を示す図、（d）モータ全体での合成トルク波形を示す図

【図8】本発明の実施例3におけるコアの設計方法を示した説明図

10

20

30

40

50

【図 9】 特開 2 0 0 3 - 6 1 3 2 6 号公報記載のブラシレスモータの磁気回路構成を示す説明図

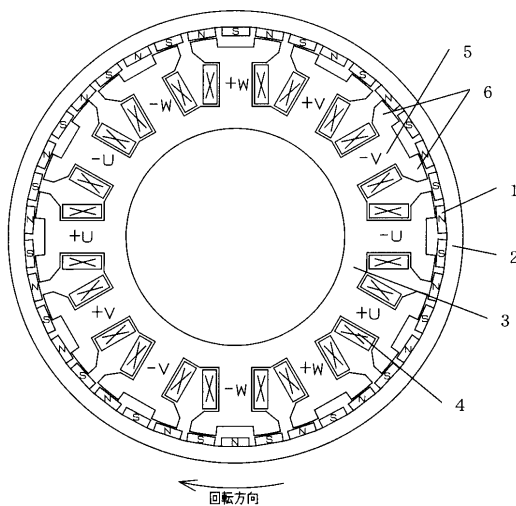
【符号の説明】

【0 0 7 7】

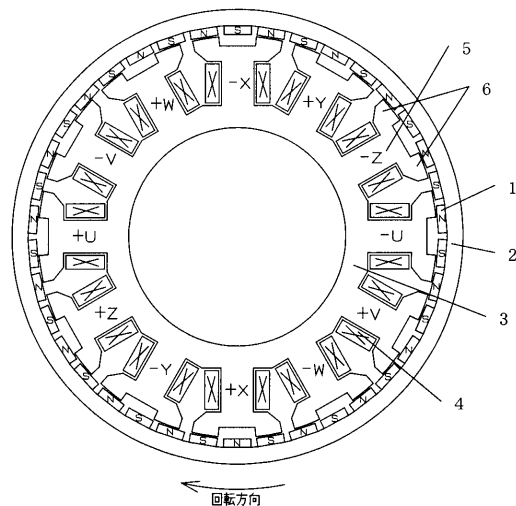
- 1 永久磁石
- 2 ロータヨーク
- 3、3-1、3-2 コア
- 4 コイル
- 5 突極
- 6 小歯
- 6-1 小歯前側エッジ部
- 6-2 小歯後側エッジ部
- 7-1 磁極立ち下がり部
- 7-2 磁極立ち上がり部

10

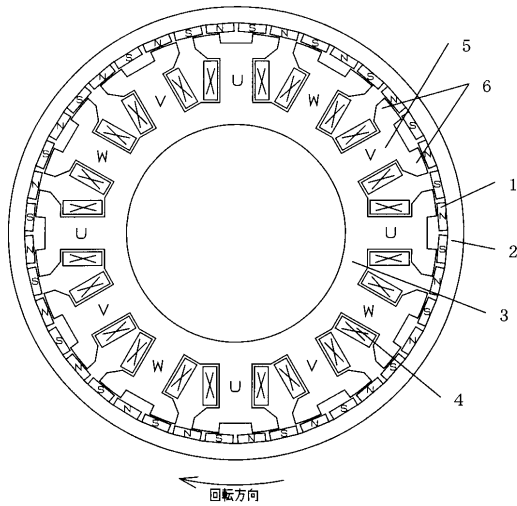
【図 1】



【図 2】

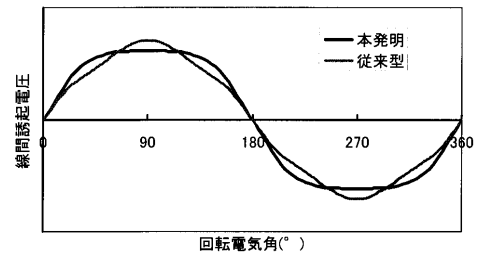


【図 3】

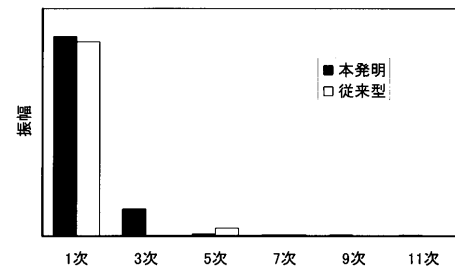


【図 4】

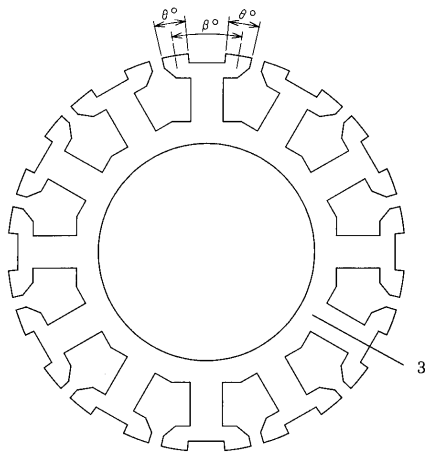
(a)



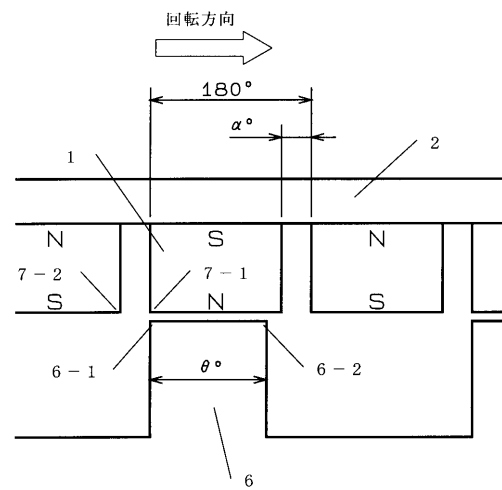
(b)



【図 5】

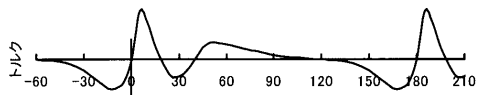


【図 6】

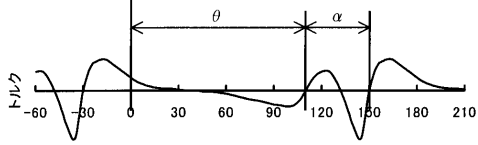


【図 7】

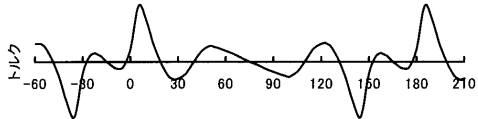
(a)



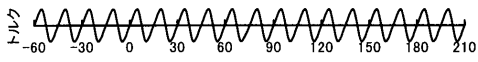
(b)



(c)

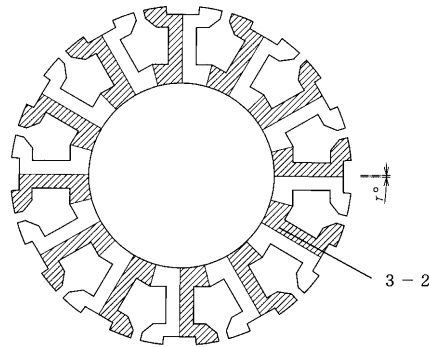
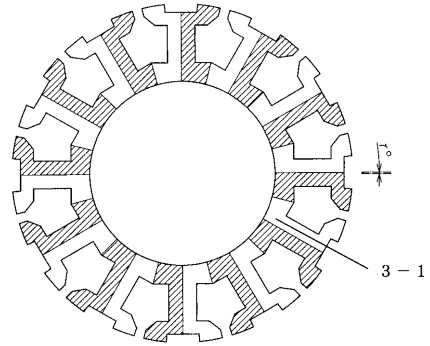


(d)

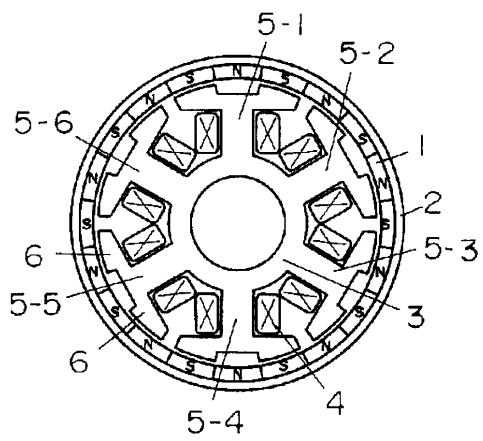


回転角(°)

【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-064968 (JP, A)
特開平08-149778 (JP, A)
特開2003-061326 (JP, A)
実開平05-095190 (JP, U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27
H02K 1/14
H02K 15/03
H02K 29/00