(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3595619号
(P3595619)
(45)発行日　平成16年12月2日(2004.12.2)　(24)登録日　平成16年9月10日(2004.9.10)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H02K 37/04　H02K 37/04　501E
H02K 1/16　H02K 1/16　C

請求項の数 4　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平8-14929
(22)出願日　平成8年1月31日(1996.1.31)
(65)公開番号　特開平9-215302
(43)公開日　平成9年8月15日(1997.8.15)
審査請求日　平成14年11月29日(2002.11.29)

(73)特許権者　000103792
オリエンタルモーター株式会社
東京都台東区小島２丁目２１番１１号
(74)代理人　100060069
弁理士　奥山　尚男
(74)代理人　100077713
弁理士　武田　正男
(74)代理人　100072143
弁理士　秋山　暢利
(74)代理人　100096769
弁理士　有原　幸一
(74)代理人　100099623
弁理士　奥山　尚一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ステッピングモータ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の小歯が等ピッチで配設された回転子と、前記回転子の小歯と空隙を介して対向する面に複数の小歯を有する複数の突極が配設された固定子とを具備し、前記固定子の１突極あたりの小歯数がｉ×ｊ（ただし、ｉ，ｊは２以上の整数）であるステッピングモータにおいて、前記回転子の１小歯の中心が前記固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子の突極内に、前記固定子の小歯と前記回転子の小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δ（ただし、δは一定角度）である固定子小歯をそれぞれｊ個ずつ任意に配設し、前記一定角度δが前記回転子の小歯ピッチをτ_R、固定子突極の組数で前記回転子に対して同位相のものを１組としたときの組数をｎとすれば、
$\delta = \pm \tau_R / (i \times n)$
であるようにしたことを特徴とするステッピングモータ。
【請求項２】
前記固定子の１突極あたりの小歯はｉ個の小歯を含む小歯群がｊ個連続した構成となっており、この小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}が、前記回転子の小歯ピッチをτ_R、一定角度をδとすると、
$\tau_{S1} = \tau_R \pm \delta$
であるとともに、隣接する前記小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}が、
【外１】

$$\tau_{S2} = \tau_R \mp (i-1) \times \delta$$

であることを特徴とする請求項１に記載のステッピングモータ。
【請求項３】
複数の小歯が等ピッチで配設された回転子と、前記回転子の小歯と空隙を介して対向する面に複数の小歯を有する複数の突極が配設された固定子とを具備し、前記固定子の１突極あたりの小歯数がｕ×ｖ（ただし、ｕ，ｖは２以上の整数）であるステッピングモータにおいて、前記固定子の１突極あたりの小歯はｖ個の小歯を含む小歯群がｕ個連続した構成となっており、この小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}が前記回転子の小歯ピッチτ_Rと等しく、隣接する前記小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}が、

$$\tau_{S2} = \tau_R \pm \delta$$

であることを特徴とする請求項１に記載のステッピングモータ。
【請求項４】
前記固定子の１突極あたりの小歯はｉ個の小歯を含む小歯群がｊ個連続した構成となっており、前記回転子の１小歯の中心が前記固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子小歯群内に、固定子小歯と回転子小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δ（ただし、δは一定角度）である固定子小歯がそれぞれ１個ずつ配設されていて、その並びは任意であるが全小歯群で等しく配設するようにしたことを特徴とする請求項１に記載のステッピングモータ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はステッピングモータに関し、さらに詳しくは、ハイブリッド形ステッピングモータの固定子の改良に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
ステッピングモータの角度－トルク特性に表れるディテントトルクによる歪みを消去する方法としては、以下の方法が特願平４－１９００６５号（特開平６－７０５３２号公報）に開示されている。なお、ここで、「ディテントトルク」とは、ステッピングモータを励磁しない状態でも、回転子が一定の位置を保持しようとするトルクであり、特定の相（単数又は複数の相）を励磁している時に現れる静止トルク、すなわちスティフネス特性（変位－トルク特性）で示される静止トルクとは異なるものである。
【０００３】
上述のディテントトルクを消去するために、特願平４－１９００６５号においては、ステッピングモータの回転子小歯ピッチτ_Rと固定子突極内の小歯ピッチτ_Sを下記の式（１）で示されるピッチεだけずらすようにしている。
【０００４】

$$\varepsilon = \pm \tau_R / (k \times n) \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

【０００５】
なお、上記の式（１）において、ｎは固定子突極の組数で回転子に対して同位相のものを１組としたときの組数、ｋは固定子の１突極あたりの小歯数である。かくして、この場合には、固定子突極内の小歯ピッチτ_Sを$\tau_R \pm \varepsilon$とすると角度－トルク特性に表れるディテントトルクによる歪みを消去することができる。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、上述の如きディテントトルク消去方式では、次のような問題点がある。すなわち、回転子及び固定子の小歯数が多くなると、上記式（１）で表されるεが金型加工精度の誤差範囲の値となり、従って、ずれピッチの効果を有効に発揮し得るような加工をすることができないという問題点があるのが実状である。
【０００７】

本発明はこのような問題点を解消すべくなされたものであって、その目的は、従来の加工精度で回転子及び固定子の小歯を加工した場合でも、ずれピッチの効果を有効に発揮させることができてディテントトルクを確実に消去することができるような構成のステッピングモータを提供することにある。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明では、複数の小歯が等ピッチで配設された回転子と、前記回転子の小歯と空隙を介して対向する面に複数の小歯を有する複数の突極が配設された固定子とを具備し、前記固定子の１突極あたりの小歯数がｉ×ｊ（ただし、ｉ，ｊは２以上の整数）であるステッピングモータにおいて、前記回転子の１小歯の中心が前記固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子の突極内に、前記固定子の小歯と前記回転子の小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δ（ただし、δは一定角度）である固定子小歯をそれぞれｊ個ずつ任意に配設し、前記一定角度δが前記回転子の小歯ピッチをτ_R、固定子突極の組数で前記回転子に対して同位相のものを１組としたときの組数をｎとすれば、

$\delta = \pm \tau_R / (i \times n)$

であるようにしている。

【０００９】

また、本発明では、前記固定子の１突極あたりの小歯はｉ個の小歯を含む小歯群がｊ個連続した構成となっており、この小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}が、前記回転子の小歯ピッチをτ_R、一定角度をδとすると、

$\tau_{S1} = \tau_R \pm \delta$

であるとともに、隣接する前記小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}が、

【外２】

$$\tau_{S2} = \tau_R \mp (i-1) \times \delta$$

であるように構成している。

【００１０】

また、本発明では、複数の小歯が等ピッチで配設された回転子と、前記回転子の小歯と空隙を介して対向する面に複数の小歯を有する複数の突極が配設された固定子とを具備し、前記固定子の１突極あたりの小歯数がｕ×ｖ（ただし、ｕ，ｖは２以上の整数）であるステッピングモータにおいて、前記固定子の１突極あたりの小歯はｖ個の小歯を含む小歯群がｕ個連続した構成となっており、この小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}が前記回転子の小歯ピッチτ_Rと等しく、隣接する前記小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}が、

$\tau_{S2} = \tau_R \pm \delta$

であるように構成している。

【００１１】

また、本発明では、前記固定子の１突極あたりの小歯はｉ個の小歯を含む小歯群がｊ個連続した構成となっており、前記回転子の１小歯の中心が前記固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子小歯群内に、固定子小歯と回転子小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δ（ただし、δは一定角度）である固定子小歯がそれぞれ１個ずつ配設されていて、その並びは任意であるが全小歯群で等しく配設するようにしている。

【００１３】

【発明の実施の形態】

前記目的を達成するための良好な実施の形態は次の通りである。すなわち、固定子の１突極内の小歯数がｉ×ｊ（ただし、ｉ，ｊは２以上の整数）であるとき、固定子突極内の小歯を、ｉ個の小歯をそれぞれ含むｊ個の小歯群構成と考える。この場合、前記小歯群内で適切なずれピッチを計算すると下記（２）式で示す如くになる。

$\delta = \pm \tau_R / (i \times n)$ …… （２）

【００１４】

そこで、回転子の１小歯の中心が固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子の突極内に、固定子の小歯と回転子の小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δである小歯をそれぞれｊ個ずつ任意に配設する。なお、δは一定角度である。

【００１５】

特定の例においては、固定子突極内の小歯を、固定子小歯と回転子小歯の中心のずれ角が、０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δである固定子小歯を突極の一方の端からこの順に、ｊ回繰り返し配置した場合、小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}は、

$\tau_{S1} = \tau_R \pm \delta$ …… （３）

となり、隣接する小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}は、

【外３】

$$\tau_{S2} = \tau_R \mp (i-1) \times \delta \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

となる。

【００１６】

また、これとは別の特定の例においては、固定子突極内の小歯を、固定子小歯と回転子小歯の中心のずれ角が、０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δである固定子小歯を突極の一方の端からこの順に、同一ずれ角のものをｊ個ずつ配置した場合、小歯群内の小歯ピッチτ_{S1}は、

$\tau_{S1} = \underline{\tau_R}$ …… （５）

となり、隣接する小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチτ_{S2}は、

$\tau_{S2} = \tau_R \pm \delta$ …… （６）

【００１７】

ここで、このような構成を採用した場合の作用につき考察すると、次の通りである。すなわち、固定子突極の１突極内の小歯数がｉ×ｊのときに同突極内の小歯数をｉ個の小歯をそれぞれ含むｊ個の小歯群と考えると、有効なずれピッチは従来のｊ倍となる。さらに具体的に述べると、従来の場合のずれピッチεを示す前記（１）式におけるｋはｉ×ｊに相当し、従って、本発明の場合のずれピッチδを示す前記（２）式と比較すれば明かなように、前者のずれピッチεに比べて後者の方のずれピッチδがｊ倍となる。このため、金型加工精度の誤差範囲よりずれ角度が大きくなるようにｊを設定することにより、ずれ角度の効果が有効となる加工が可能となる。

【００１８】

以下、本発明の一実施例について図１～図３を参照して説明する。

【００１９】

図１は本発明に係るハイブリッド形ステッピングモータＭの全体構成を示す固定子１と回転子２との相互関係図である。図１に示すように、本実施例のハイブリッド形ステッピングモータＭは同軸状に配設された固定子１と回転子２とから構成されており、固定子１は１０個の突極P_1，P_2，……P_{10}を有している。そして、各々の突極P_1，P_2，……P_{10}は、図２及び図３に明示するように、等間隔で設けられた１６個の小歯（固定子小歯）３をそれぞれ有している。一方、図１及び図２には明示しないが、回転子２の外周には２００個の小歯（回転子小歯）４が等間隔で設けられており、互いに隣合う小歯４間の歯ピッチは１．８°である。

【００２０】

このステッピングモータＭにおいては、固定子突極内の小歯ピッチτ_Sが回転子小歯ピッチの１．８°であるときのディテントトルクの周期τ_Dは、位相の異なる突極組数が５であるから、

$\tau_D = \tau_S / n = 1.8° / 5 = 0.36°$

である。固定子突極内の小歯ピッチを変更することにより突極ごとにディテントトルクを消去することが可能であるが、この変更が全突極で同様に行われれば、突極相互の位相差を変更することなく全体的（総合的）にディテントトルクを消去することができる。

【００２１】

次に、固定子の突極ごとにディテントトルクを消去するための固定子突極内の小歯ピッチについて、図２及び図３を参照して説明する。図２は本発明に係るハイブリッド形ステッピングモータＭにおける固定子突極P_1の小歯部を拡大して詳細に示すものであって、同図に示すように固定子１の各突極P_1～P_{10}には１６個の固定子小歯３が等間隔にそれぞれ設けられている。この場合、１６個の固定子小歯３については、４個（ｉ＝４）の小歯をそれぞれ含む小歯群a_1，a_2，a_3，a_4が４個（ｊ＝４）連続した構成となされ、従って４個の小歯３をそれぞれ含む４個の小歯群により構成されていると考えて（図２参）、これらの小歯群を同位相になるように配置すると当該突極は４個の小歯を有する４突極があるときと磁気的に等価となる。このため、ずれ角度としては、４個の固定子小歯を有する突極でディテントトルクを消去する小歯ピッチを求めればよいことになる。

【００２２】

周期が２πの正弦波をｋ個重ね合わせて消する場合、位相差は２π／ｋとすればよいから、これと同様に考えて、上述の０．３６°なる周期のディテントトルクに対して４個の固定子小歯で消去するためのずれ角度δは、

δ＝±０．３６°／４＝±０．０９°

となる。

【００２３】

このずれ角度δとしては正負のどちらの値でも任意に採用可能であるが、ここではその一例として負のずれ角度を採用した場合を説明する。なお、固定子１の各突極における隣合う１６個の固定子小歯３間の小歯ピッチを図３に示すようにτ_1，τ_2，τ_3……τ_{15}とする。

【００２４】

請求項２に記載の構成（段落番号１０に記載の構成）とした実施例の場合には、固定子１の小歯群a_1，a_2，a_3，a_4内における固定子小歯３間の小歯ピッチτ_{S1}は、

$$\tau_{S1}=\tau_R-\delta$$
$$=1.8°-0.09°$$
$$=1.71°$$

となり、互いに隣接する小歯群a_1，a_2，a_3，a_4の隣接する小歯の間の小歯ピッチτ_{S2}は、

$$\tau_{S2}=\tau_R+(i-1)\times\delta$$
$$=1.8°+(4-1)\times0.09°$$
$$=2.07°$$

となる。すなわち、

$\tau_1=\tau_2=\tau_3=\tau_5=\tau_6=\tau_7=\tau_9=\tau_{10}=\tau_{11}=\tau_{13}=\tau_{14}=\tau_{15}$＝１．７１°

$\tau_4=\tau_8=\tau_{12}$＝２．０７°

となる。

【００２５】

また、請求項３に記載の構成（段落番号１１に記載の構成）を採用した場合には、固定子１の小歯群a_1，a_2，a_3，a_4内の小歯ピッチτ_{S1}は、

$\tau_{S1}=\tau_R=1.8°$
となり、互いに隣接する小歯群a_1，a_2，a_3，a_4の隣接する小歯の間の小歯ピッチτ_{S2}は、

$$\tau_{S2}=\tau_R-\delta$$
$$=1.8-0.09°$$
$$=1.71°$$

となる。
【００２６】
また、請求項４及び請求項５にそれぞれ記載した構成（段落番号１２及び１３に記載の構成）を採用した場合には、下記の表１に示す如き小歯ピッチとなる。なお、下記の表１に示す小歯ピッチのうち請求項５に記載の構成の場合の小歯ピッチの数値は一例である。
【００２７】
【表１】

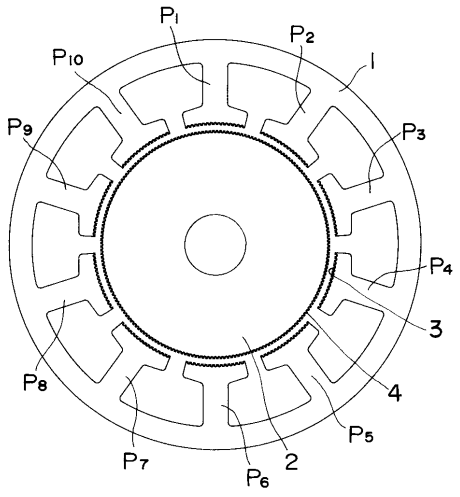
	請求項２の構成の場合	請求項３の構成の場合	請求項４の構成の場合	請求項５の構成の場合
τ_1	１．７１°	１．８０°	１．７１°	１．８０°
τ_2	１．７１°	１．８０°	１．６２°	１．７１°
τ_3	１．７１°	１．８０°	１．８９°	１．８０°
τ_4	２．０７°	１．７１°	１．９８°	１．７１°
τ_5	１．７１°	１．８０°	１．７１°	１．８０°
τ_6	１．７１°	１．８０°	１．６２°	１．７１°
τ_7	１．７１°	１．８０°	１．８９°	１．８０°
τ_8	２．０７°	１．７１°	１．９８°	２．０７°
τ_9	１．７１°	１．８０°	１．７１°	１．８０°
τ_{10}	１．７１°	１．８０°	１．６２°	１．７１°
τ_{11}	１．７１°	１．８０°	１．８９°	１．８０°
τ_{12}	２．０７°	１．７１°	１．９８°	１．７１°
τ_{13}	１．７１°	１．８０°	１．７１°	１．８０°
τ_{14}	１．７１°	１．８０°	１．６２°	１．７１°
τ_{15}	１．７１°	１．８０°	１．８９°	１．８０°

【００２８】
上述の実施例において、従来の技術を用いると、１６個の固定子小歯３でディテントトルクを消去するため、ずれ角は、
０．３６°／１６＝０．０２２５°
となる。例えば、±０．０１°の加工精度では、ずれ角に対する加工精度の割合は、
０．０１°／０．０２２５°＝０．４４４
すなわち４４．４％であり、実際のずれ角は理想値に対し±４４．４％ずれる可能性がある。
【００２９】
これに対し、本発明を適用することにより前記ずれ角は±０．０１°の加工精度のずれ角

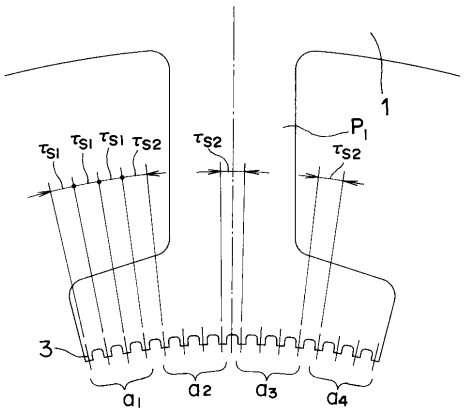
に対する割合は、
０．０１°／０．０９°＝０．１１１
すなわち１１．１％であり、ずれ角に対する加工精度の割合が１／４に減少することとなる。従って、加工精度による誤差の影響が小さくなる。
【００３０】
また、一般の場合について同様の考察をすると、次の通りである。まず、固定子の１突極あたりの小歯数がｉ×ｊ（ｉ，ｊは２以上の整数）であるとき、ディテントトルクの周期をτ_Dとすると、このディテントトルクを消去するために従来の技術を適用した場合のずれ角ε_0は、
$\varepsilon_0 = \tau_D / (i \times j)$
となる。また、±ｑの加工精度では、ずれ角に対する加工精度の割合p_0は、
$p_0 = q / \{\tau_D / (i \times j)\}$
となる。
【００３１】
これに対し、本発明を適用することにより、周期τ_Dのディテントトルクを消去するためのずれ角ε_1は、
$\varepsilon_1 = \tau_D / i$
となり、±ｑの加工精度のずれ角に対する加工精度の割合p_1は、
$p_1 = q / (\tau_D / i)$
となり、ずれ角に対する加工精度の割合が、
$p_0 / p_1 = 1 / j$
に減少する。従って、加工精度による誤差の影響が小さくなる。
【００３２】
以上、本発明の実施例につき述べたが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づいて各種の変形及び変更が可能である。例えば、既述の各実施例では固定子１の内側に回転子２が配置されたいわゆるインナーロータ型の構成となっているが、固定子１と回転子２の位置関係を逆にしたいわゆるアウターロータ型の構成にも本発明を適用可能である。
【００３３】
【発明の効果】
以上の如く、本発明は、回転子の１小歯の中心が前記固定子の任意の小歯の中心と一致するとき、その固定子の小歯を含む固定子の突極内に、固定子の小歯と回転子の小歯の中心のずれ角が０，１×δ，２×δ，……（ｉ－１）×δ（ただし、δは一定角度）である固定子小歯をそれぞれｊ個ずつ任意に配設するようにしたものであるから、固定子の１突極内の小歯数がｉ×ｊ（ｉ，ｊは２以上の整数）のとき、この突極内の小歯をｉ個の小歯を含むｊ個の小歯群構成として機能せしめることができ、これにより、有効なずれピッチは従来の場合に比べてｊ倍となる。従って、金型加工精度の誤差範囲よりずれ角度が大きくなるようにｊの値を設定することにより、ずれ角の効果が有効となる加工が可能となる。
【００３４】
ちなみに、既述の実施例の構成の場合に従来の技術を適用するときは、バーニアピッチδはδ＝±０．０２２５°となり、固定子突極内の小歯ピッチτ_{S1}はτ_{S1}＝１．７７７５°となる。この角度を加工するためには、１万分の１程度の高い加工精度が必要となる。しかし、本発明を適用することにより、例えば１００分の１程度の比較的低い加工精度でよいこととなる。そのため、本発明によれば、従来用いているような比較的低い加工精度で小歯を加工しても、ずれピッチの効果を有効に発揮させるようにすることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明が適用されたステッピングモータにおける固定子と回転子との相互の配置関係を示す平面図である。
【図２】固定子の１突極内に設けられている小歯（固定子小歯）の配列状態を説明するための拡大平面図である。

【図３】互いに隣合う固定子小歯間の小歯ピッチを示す図２と同様の平面図である。
【符号の説明】
１　固定子
２　回転子
３　固定子小歯
４　回転子小歯
Ｍ　ハイブリッド形ステッピングモータ
δ　ずれピッチ（一定角度）
τ_{S1}　固定子の小歯群内の小歯ピッチ
τ_{S2}　隣接する小歯群間の隣接する小歯の小歯ピッチ
τ_{R}　回転子の小歯ピッチ

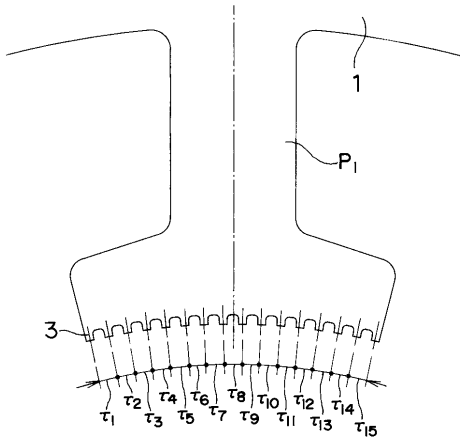
【図１】



【図２】



【図３】



フロントページの続き

(72)発明者　佐藤　靖雄
千葉県柏市篠籠田１４００　オリエンタルモーター株式会社内
(72)発明者　里見　博文
千葉県柏市篠籠田１４００　オリエンタルモーター株式会社内

審査官　川端　修

(56)参考文献　特開平０６－０７０５３２（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０６２５５７（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１２９７５４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H02K 37/04
H02K 1/16