

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4604199号
(P4604199)

(45) 発行日 平成22年12月22日(2010.12.22)

(24) 登録日 平成22年10月15日(2010.10.15)

(51) Int.Cl. F I
HO2K 1/27 (2006.01) HO2K 1/27 501A
HO2K 29/00 (2006.01) HO2K 1/27 501M
 HO2K 29/00 Z

請求項の数 2 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-41893 (P2006-41893) (22) 出願日 平成18年2月20日 (2006.2.20) (65) 公開番号 特開2007-221955 (P2007-221955A) (43) 公開日 平成19年8月30日 (2007.8.30) 審査請求日 平成18年5月10日 (2006.5.10)</p>	<p>(73) 特許権者 504203572 国立大学法人茨城大学 茨城県水戸市文京2丁目1番1号 (74) 代理人 100074631 弁理士 高田 幸彦 (72) 発明者 戸恒 明 茨城県日立市多賀町五丁目4番3-302 審査官 三島木 英宏 (56) 参考文献 特開昭63-157652 (JP, A) 特開平04-304134 (JP, A)</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石界磁形ブラシレスモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁極数 2 P を有する永久磁石ロータと M 相電機子巻線を有するステータからなる永久磁石界磁ブラシレスモータにおいて、

該永久磁石ロータに磁極数 4 P M を有する変動トルク相殺用永久磁石ロータを同軸上に設置し、

前記永久磁石ロータの特定の磁極の中心線と、該特定の磁極と同極である前記変動トルク相殺用永久磁石ロータの磁極であって前記中心線に対して最寄りの磁極の中心線によって形成されるずれ角が $\pm (90 \pm 10)^\circ / 2PM$ であることを特徴とする永久磁石界磁ブラシレスモータ。

【請求項2】

磁極数 2 P を有する永久磁石ロータと M 相電機子巻線を有するステータからなる永久界磁ブラシレスモータにおいて、

該永久磁石ロータに歯数 2 P M を有するリラクタンス形ロータを同軸上に設置し、

前記永久磁石ロータの特定の磁極の中心線と、該リラクタンス形ロータの歯であって前記中心線に対して最寄りの歯の中心線によって形成されるずれ角が $\pm (90 \pm 10)^\circ / 2PM$ であることを特徴とする永久磁石界磁ブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は永久磁石界磁形ブラシレスモータに関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石界磁形ブラシレスモータは、OA機器やFA機器に広く用いられているが、回転むらの低減が重要な課題となることが多い。

【0003】

ブラシレスモータの回転むら低減法としては、従来、大きく分けて2種類の方法が提案されている。

【0004】

1つは固定子巻線に流れる電流を制御する励磁方法等の改善による方法、すなわち、制御によって回転むらを減少させる方法が多数開示されている。例えば、特許文献1，特許文献2，特許文献3，特許文献4，特許文献5が挙げられる。

10

【0005】

しかしながらこれらの方法は、複雑な励磁制御回路を必要とするのみならず、特に周波数の高い回転むらに対しては十分な効果を得るのは困難な欠点がある。

【0006】

もう1つはモータ本体の改善による方法、例えば、アウターロータ形のブラシレスモータに対して、ロータの着磁波形を台形波にし、しかもスキューする方法（特許文献6）やアキシャルギャップ形の永久磁石界磁形ブラシレスモータに対して、コイル側にマグネット片を取り付け、これとロータマグネットとの間に発生する磁氣的吸引反発力を利用して変動トルクを相殺する方法（特許文献7）等が示されている。

20

【0007】

しかしながら、このような、本体の改善による方法も、ブラシレスモータのタイプや、回転むらの発生原因によって、個々に改善策が求められる。

【0008】

【特許文献1】特開平10-146087

【特許文献2】特開平08-275439

【特許文献3】特開平07-143345

【特許文献4】特開2001-190083

【特許文献5】特開2004-201456

30

【特許文献6】特開2004-129486

【特許文献7】特開平05-227717

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

このような従来技術の欠点に鑑み、本発明においては固定子巻線に流れる電流の制御回路によらず、本体そのものがトルクリップルの少ない永久磁石界磁形ブラシレスモータを提供することを目的としている。

【0010】

ブラシレスモータにおいては、1回転中の位置検出回数が限られるため、ロータの位置によるトルク差が生じることになり、周期的なトルクリップルを発生し、これにより回転むらが生じる。例えば、図1に示すロータ磁極数が2のブラシレスモータについて、ロータ位置により発生トルクに変動が生じることを説明する。図1において、ステータ磁界が $=120^\circ$ の位置にあるときに、ロータは $=0^\circ$ の位置から $=60^\circ$ の位置まで回転することになる。この回転区間において、ロータに発生するトルクは \sin の関数となりトルクの変動を生じる。このトルクリップルは図2に示すように、負荷電流により大きさが異なり、また1回転中のトルクリップルの回数は、ロータ磁極数が大きくなるにつれて増大するため、制御による方法をもってしても除去することは困難なように思われる。本発明は、このようなトルクリップルを低減し、回転むらの少ない永久磁石界磁形ブラシレスモータを提供することを目的としている。

40

50

【課題を解決するための手段】

【0011】

磁極数 $2P$ (P は磁極対数) を有する永久磁石ロータと相数 M の電機子巻線を有するステータをもつブラシレスモータにおいて、例えば、3相 120° 通電方式の場合には、通常、ロータが1磁極ピッチ間隔(電気角 360°)回転する間に、6回励磁が切り替わることになるので、磁極数 $2P$ をもつ永久磁石ロータの場合には、1回転中にトルク変動は $6P$ 回生じることになる。

【0012】

本発明は、ロータの位置によってトルクが変動するこのトルクリップルに対して、磁極数 $2P$ をもつ永久磁石ロータの一部を、磁極数 $12P$ をもつ永久磁石ロータに置き換え、これとステータ間に発生するトルクで、磁極数 $2P$ をもつ永久磁石ロータに発生するトルク変動を打ち消す、または磁極数 $2P$ をもつ永久磁石ロータの一部を歯数が $6P$ 個のリラクタンس形ロータに置き換え、それに発生するリラクタンストルクによって、磁極数 $2P$ をもつ永久磁石ロータに発生するトルク変動を打ち消すことによって、トルク変動を抑制しようとするものである。

【発明の効果】

【0013】

このように、本発明による永久磁石界磁形ブラシレスモータは、ロータ磁極数 $2P$ を有する永久磁石ロータと磁極数 $4PM$ を有する変動トルク相殺用永久磁石ロータを同軸上に設置したもので永久磁石ロータに発生するトルク変動を効果的に打ち消すことが出来る。

【0014】

また、この磁極数 $4PM$ を有する変動トルク相殺用永久磁石ロータと同等の機能を持つ歯数 $2PM$ を有するリラクタンس形ロータを同軸上に設置しても同様にトルク変動を効果的に打ち消すことが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

発明を実施するための最良の形態を図3乃至図14を用いて説明する。

【実施例1】

【0016】

図3は永久磁石界磁ロータ R_m 及びステータ S を有するラジアルギャップ形の永久磁石界磁ブラシレスモータに本発明を適用した例を示す。ステータ S の磁極 $U_1, V_1, W_1, U_2, V_2, W_2$ には図4に示すごとく3相の電機子巻線 $LU_1, LV_1, LW_1, LU_2, LV_2, LW_2$ が巻かれている。

【0017】

本発明のラジアルギャップ形の永久磁石界磁ブラシレスモータにおいては、磁極数 $2P$ をもつロータ R_m に、図5に示すように $6 \times (2P) = 12P$ の磁極数をもつロータ R_s を同軸に設置する。

【0018】

図3に示す本発明のラジアルギャップ形永久磁石界磁ブラシレスモータにおける切断面 $X1 - X1'$ の構造を、ロータ R_m については図6(A)に、ステータ S については図7(A)に示す。また、当該永久磁石界磁ブラシレスモータの切断面 $X2 - X2'$ の構造を、ロータ R_s については図6(B)に、ステータ S については図7(B)に示す。

【0019】

ロータ R_m とロータ R_s は図6(A)および(B)に示すように、ロータ R_m のN極の点線で示す中心位置($=0^\circ$)と、その中心位置($=0^\circ$)に最も近いロータ R_s のN極の中心位置とが互いに $(15^\circ / P)$ または $(15^\circ / P)$ ずれて配置されている。

【0020】

また、ロータ R_s に対応するステータ S の部分のステータ磁極には、図7(B)のように小歯をもたせている。これは、ロータ R_s の磁極数が大きくなるため、ステータ磁極を図7(A)のままにすると、ステータの1磁極中にロータ R_s の何組ものN-S両磁極が含まれることになり、ロータ R_s からの磁力が打ち消されることになるからである。図7

(B)の小歯のピッチは、図8に示す如く、ロータR_sの磁極ピッチ(電気角360°)と等しくしてある。

【0021】

次に、永久磁石界磁ブラシレスモータに本発明を適用した別の実施例を示す。

【0022】

ステータは上記実施例と同一であるが、磁極数2Pをもつロータの一部を、図9に示すように、磁極をもたずに6P個の歯をもつリラクタンス形のロータR_{s'}に置き換える(元のロータ部分をR_m、6P個の歯をもつロータ部分をR_{s'}で示す)。このとき、図3の切断面X2-X2'の構造は図10に示すようになる。

【0023】

ロータR_mとロータR_{s'}は図11に示すように、近接するロータR_mの磁極とロータR_sの歯の中心位置とが互いに(15°/P)または(15°/P)ずれて配置されている。

【0024】

また、ロータR_{s'}に対向するステータ磁極には図12のように小歯をもたせ、小歯間の間隔をロータR_{s'}の歯ピッチ(電気角360°)と等しくしている。これは、前記ロータR_{s'}の歯数が大きくなっても、一つのステータ磁極の中に複数個のロータR_{s'}の歯が含まれないようにして、変動トルクの低減効果を高めるためである。

【0025】

つぎに、図1(ロータ磁極数2P=2の場合)を参照して、永久磁石界磁形ブラシレスモータのトルク変動を求め、本発明の永久磁石界磁ブラシレスモータにおいては、トルク変動が抑えられる理由を説明する。

【0026】

図1に示す永久磁石界磁ブラシレスモータには、図13に示す回路により、電機子巻線LU1, LV1, LW1, LU2, LV2, LW2に3相電流が流れる。図において、Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, Tr5, Tr6は3相電流を流すように制御するトランジスタ、D1, D2, D3, D4, D5, D6はダイオードを示す。

【0027】

ステータの合成磁界が $\theta = 120^\circ$ の位置にあるとき、ロータR_mは $\theta = 0^\circ$ から $\theta = 60^\circ$ まで移動することになる。このとき、ロータR_mに発生するトルクは最大値を1とすると、

$$T_m = \sin(120 - \theta) \quad (0 \leq \theta \leq 60^\circ) \quad (1)$$

と表されるから、最大トルクは1、最小トルクは

$$\sqrt{3}/2$$

となり、トルク変動が生じることになる。そこで、ロータR_sが発生する脈動トルクの振幅が

$$(1 - \sqrt{3}/2) / 2 = 0.067$$

となるようにロータR_sの界磁の強さを選んだとすると、ロータR_sの発生トルクは

$$T_s = 0.067 \sin 6(\theta + 15) \quad (2)$$

となる。

【0028】

このような関係が磁界の移動に伴って 60° （電気角）周期で繰り返されることになるので、ロータ R_m の変動分トルク、ロータ R_s の発生トルク、および両者を合成した変動トルクは図14のようになり、変動トルクの振幅はロータ R_m が発生する変動分トルクの $0.0401 / 0.134 = 0.3$ 倍に減少することになる。

【0029】

また、負荷変化により、電機子電流が変化してトルク変動の大きさが変化した場合でも、同時にロータ R_s による発生トルクも電流とともに変化するため、この場合にもトルクリップルが最も抑制される条件は満たされることになる。

【0030】

一般的には、磁極数 $2P$ を有する永久磁石ロータと相数 M の電機子巻線を有するステータをもつブラシレスモータにおいては、該永久磁石ロータに磁極数 $4PM$ を有する変動トルク相殺用永久磁石ロータを同軸上に設置し、ロータ R_m とロータ R_s が、それぞれ近接する同極磁極の中心位置が互いに $(90^\circ / 2PM)$ または $(-90^\circ / 2PM)$ ずれて配置させることにより、図14の関係が得られ、両者の合成変動トルクの振幅はロータ R_m が発生する変動分トルクの $0.0401 / 0.134 = 0.3$ 倍に減少することになる。これにより、トルク変動の少ないブラシレスモータが得られることになる。

上記の $(90^\circ / 2PM)$ は、 $M = 3$ の場合、ロータ R_m とロータ R_s のずれは $(15^\circ / P)$ となり、図6および図11に示す場合の一般式であることがわかる。

【0031】

実用的には、 R_m と R_s のずれ角、および R_m と R_s' とのずれ角を、 $(90 \pm 10)^\circ / 2PM$

程度に選べば、変動トルクの低減効果は十分期待される。

【0032】

このように、本発明になる永久磁石界磁形ブラシレスモータは、トルク変動を効果的に打ち消すことが出来るので、回転むら μ が極めて少ないことを要求されるOA機器やFA機器に広く用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】従来の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおけるロータの位置によるトルク変動発生 μ の説明図。 30

【図2】従来の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおけるロータの位置によるトルク変動とその巻線電流による影響。

【図3】本発明における1実施例としての永久磁石界磁ブラシレスモータの断面図。

【図4】図3に示す永久磁石界磁ブラシレスモータにおけるステータの電機子巻線を示す図。

【図5】図3に示す永久磁石界磁ブラシレスモータにおけるロータ構造を示す図。

【図6】図5のロータ R_m とロータ R_s を接続する際の互いの磁極位置関係を説明する図。

【図7】図5のロータ R_m に対向するステータコア S を示す図（図7（A））と、図5のロータ R_s に対向するステータコア S を示す図（図7（B））。 40

【図8】図7（B）のステータ磁極中にある小歯のピッチとロータ R_s の磁極ピッチの関係を示す図。

【図9】本発明による他の実施例としての永久磁石界磁ブラシレスモータのロータの説明図。

【図10】図9のロータ R_s' 部分のロータコアを示す図。

【図11】図9のロータ R_m （図11（A））とロータ R_s' （図11（B））を接続する際の互いの歯の位置関係を示す図。

【図12】図7（B）のステータ磁極中にある小歯のピッチとロータ R_s' の歯ピッチの関係を示す図。 50

【図13】本発明における永久磁石界磁ブラシレスモータの3相駆動回路。

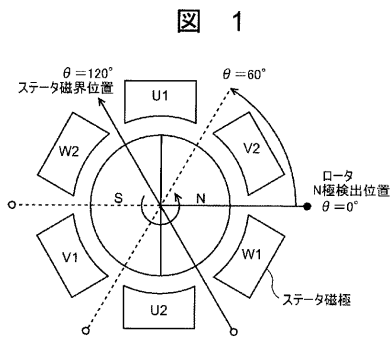
【図14】本発明における永久磁石界磁ブラシレスモータのロータR_mとロータR_sまたはR_s'が発生するトルクの関係、および合成トルクを説明する図。

【符号の説明】

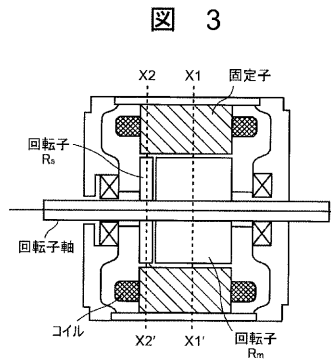
【0034】

R、R_s、R_s'...ロータ、S...ステータ、U₁、V₁、W₁、U₂、V₂、W₂...ステータSの磁極、LU₁、LV₁、LW₁、LU₂、LV₂、LW₂...電機子巻線。

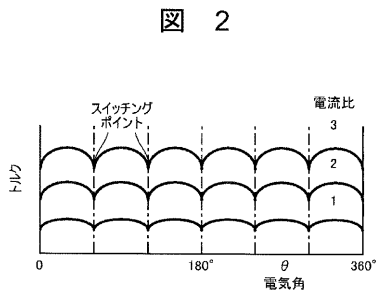
【図1】



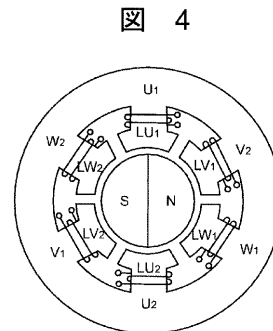
【図3】



【図2】

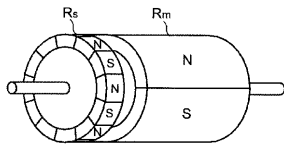


【図4】



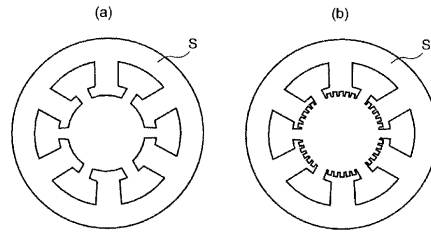
【図5】

図 5



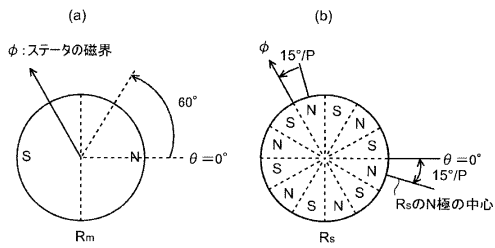
【図7】

図 7



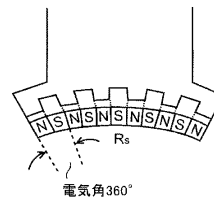
【図6】

図 6



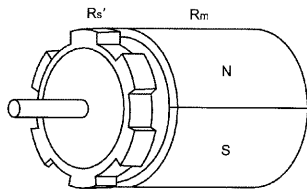
【図8】

図 8



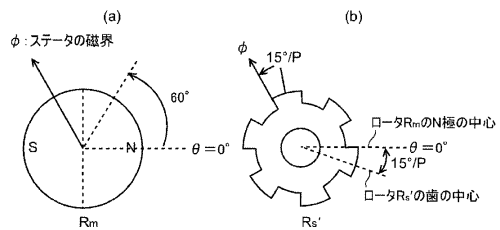
【図9】

図 9



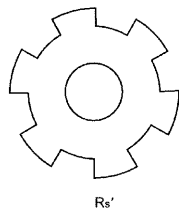
【図11】

図 11



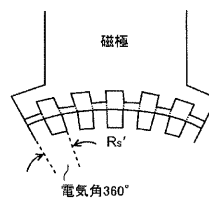
【図10】

図 10

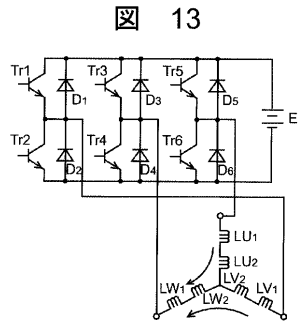


【図12】

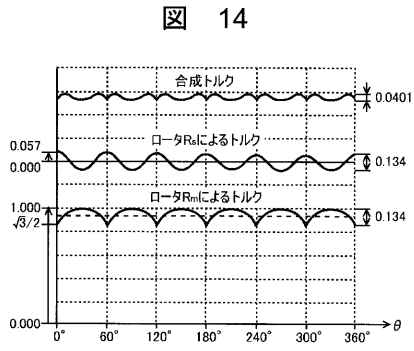
図 12



【 図 13 】



【 図 14 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27

H02K 29/00