

(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2016-39774
(P2016-39774A)

(43) 公開日 平成28年3月22日(2016.3.22)

(51) Int. Cl.	F 1			テーマコード (参考)		
H02K 1/27 (2006.01)	H02K	1/27	501M	5H601		
H02K 1/22 (2006.01)	H02K	1/22	A	5H622		

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-153405 (P2015-153405)	(71) 出願人	000006747 株式会社リコー
(22) 出願日	平成27年8月3日(2015.8.3)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(31) 優先権主張番号	特願2014-159677 (P2014-159677)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(32) 優先日	平成26年8月5日(2014.8.5)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	清水 文博 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(72) 発明者	橋本 崇 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石型モータ、位置推定装置及びモータ駆動制御装置

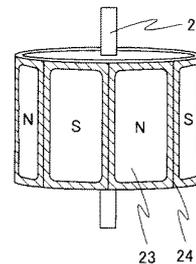
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 突極性を有する永久磁石型モータを安価に作る。

【解決手段】 複数相の電機子巻線を備える固定子と、前記固定子と対向する位置に永久磁石23が配置された回転子と、を備え、前記永久磁石は、周方向に複数の磁極を有し、かつ前記固定子と対向する面に導電体により形成された導電部材24を備える。

【選択図】 図3

第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第三の図



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数相の電機子巻線を備える固定子と、
前記固定子と対向する位置に永久磁石が配置された回転子と、を備え、
前記永久磁石は、
周方向に複数の磁極を有し、かつ前記固定子と対向する面に導電体により形成された導電部材を備える永久磁石型モータ。

【請求項 2】

前記電機子巻線は、3相巻線であり、永久磁石の磁極数は $3n$ (n は自然数)である請求項 1 に記載の永久磁石型モータ。

10

【請求項 3】

前記永久磁石型モータは、永久磁石型ステッピングモータである請求項 1 又は 2 記載の永久磁石型モータ。

【請求項 4】

回転軸に固定され、回転の周方向に複数の磁極を有する永久磁石を備える回転子と、
前記回転軸の長手方向の異なる位置に配置され、それぞれが前記回転子を囲む電機子巻線を有する複数の固定子と、を備え、

前記永久磁石の前記複数の固定子と対抗する位置に、導電体により構成される導電部材を備える永久磁石型モータ。

【請求項 5】

前記導電部材は、前記回転軸の長手方向の、前記複数の固定子それぞれと相対する位置に、環状に開口した形状を有する請求項 4 記載の永久磁石型モータ。

20

【請求項 6】

前記導電部材は、前記永久磁石の周方向に周期的な形状を備える請求項 4 又は 5 記載の永久磁石型モータ。

【請求項 7】

前記導電部材の周期的な形状の1周期は、

前記固定子が備えるステータコアの歯の $(2N - 1)$ 個 (N は自然数)と相対する長さとする請求項 6 記載の永久磁石型モータ。

【請求項 8】

前記複数の固定子は、前記回転子の周方向と平行に配置される複数の櫛歯を備えるステータコアを有し、

前記永久磁石型モータは永久磁石型ステッピングモータである請求項 4 ないし 7 の何れか一項に記載の永久磁石型モータ。

30

【請求項 9】

前記導電部材は、前記永久磁石の表面に配置され、電氣的に第一の閉回路となる形状を備える請求項 1 ないし 8 の何れか一項に記載の永久磁石型モータ。

【請求項 10】

前記導電部材は、前記永久磁石の周方向に前記第一の閉回路となる形状を複数備える請求項 9 に記載の永久磁石型モータ。

40

【請求項 11】

前記導電部材は、前記第一の閉回路となる形状の内側に、第二の閉回路となる形状を備える請求項 9 又は請求項 10 に記載の永久磁石型モータ。

【請求項 12】

前記導電部材は、非磁性材料である請求項 1 ないし 11 の何れか一項に記載の永久磁石型モータ。

【請求項 13】

前記導電部材は、金属箔シートであり、前記永久磁石へ貼り付けることにより配置される請求項 1 ないし 12 の何れか一項に記載の永久磁石型モータ。

【請求項 14】

50

前記導電部材は、非磁性金属を含む導電性の液体、ペースト又はインクの何れかにより形成される請求項 1 ないし 1 3 の何れか一項記載の永久磁石型モータ。

【請求項 1 5】

前記永久磁石はボンド磁石である請求項 1 ないし 1 4 の何れか一項に記載の永久磁石型モータ。

【請求項 1 6】

請求項 1 から請求項 1 5 の何れか一項に記載の永久磁石型モータと、
前記永久磁石型モータの電機子巻線へ供給される高調波信号を生成する高調波生成部と

、
前記高調波信号の応答である高調波電流成分を検出する電流検出部と、

前記高調波信号及び前記高調波電流成分に基づき、前記永久磁石型モータの有する前記回転子の位置を推定する位置推定部と、を有する位置推定装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 の位置推定装置を有するモータ駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石型モータ、位置推定装置及びモータ駆動制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、界磁に電力を消費しない永久磁石型モータが高効率モータとして広く利用されている。永久磁石型モータにおいて、特に永久磁石を回転子の内部に埋め込んだ埋込磁石型 (IPM: Interior Permanent Magnet) モータは、コイルインダクタンスが回転子角度に応じて変化する、突極性と呼ばれる特性を有する。このため、IPMモータは、永久磁石の磁束によるマグネットトルクだけでなく、突極性によるリラクタンストルクも利用でき、高効率かつ広い使用速度域をもつため、近年、利用範囲を拡大している。

【0003】

さらに、IPMモータは、突極性を利用して回転センサを用いずに回転子角度を検出するセンサレス角度検出やセンサレス駆動にも利用されている。

【0004】

IPMモータの回転子は、回転子を構成する鉄心内部に設けたスリットに永久磁石を挿入し、さらに突極性を示すよう、鉄心内部に磁束が通り難い空隙を適切に配置して設計する。このようなIPMモータの構成は、例えば特許文献1に記載されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、IPMモータの回転子の鉄心は、薄い電磁鋼板を回転子の断面形状に打ち抜き、少なくとも数十枚の打ち抜いた電磁鋼板をカシメ加工等により積層して製造するため、製造工数が多く高コストとなる問題がある。

【0006】

開示の技術は、上記事情に鑑みてなされたものであり、突極性を有する永久磁石型モータを安価に作ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

開示の技術は、複数相の電機子巻線を備える固定子と、前記固定子と対向する位置に永久磁石が配置された回転子と、を備え、前記永久磁石は、周方向に複数の磁極を有し、かつ前記固定子と対向する面に導電体により形成された導電部材を備える永久磁石型モータである。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

突極性を有する永久磁石型モータを安価に作ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第一の図である。

【 図 2 】 第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第二の図である。

【 図 3 】 第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第三の図である。

【 図 4 】 U V W 軸座標系と d q 軸座標系を示す図である。

【 図 5 】 d 軸の回路図を示す図である。

【 図 6 】 q 軸の回路図を示す図である。

10

【 図 7 】 第二の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 図 8 】 第三の実施形態の導電部材を説明する第一の図である。

【 図 9 】 第三の実施形態の導電部材を説明する第二の図である。

【 図 1 0 】 第四の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 図 1 1 】 第五の実施形態の永久磁石を説明する図である。

【 図 1 2 】 直列に接続されたコイルインダクタンスを示す図である。

【 図 1 3 】 第六の実施形態の永久磁石型モータを説明する図である。

【 図 1 4 】 第七の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。

【 図 1 5 】 第七の実施形態における座標系の定義を示す図である。

【 図 1 6 】 位置推定部を説明する図である。

20

【 図 1 7 】 第八の実施形態の永久磁石型モータを説明する図である。

【 図 1 8 】 A 相の回路図を示す図である。

【 図 1 9 】 第八の実施形態の導電部材を説明する第一の図である。

【 図 2 0 】 第八の実施形態の導電部材を説明する第二の図である。

【 図 2 1 】 第九の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 図 2 2 】 第十の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 図 2 3 】 第十の実施形態の導電部材の貼り付けを説明する図である。

【 図 2 4 】 第十一の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 図 2 5 】 第十二の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。

【 図 2 6 】 第十二の実施形態における座標系の定義を示す図である。

30

【 図 2 7 】 第十三の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 0 】

(第一の実施形態)

以下に図面を参照して第一の実施形態について説明する。図 1 ないし図 3 を参照して、第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する。図 1 は、第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第一の図であり、永久磁石型モータの回転軸に垂直な面の断面図を示している。図 2 は、第二の実施形態の永久磁石型モータを説明する第二の図であり、回転子の備える永久磁石を示している。図 3 は、第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第三の図であり、回転子の備える導電部材を示している。

40

【 0 0 1 1 】

本実施形態の永久磁石型モータ 1 0 は、回転子 2 0、回転軸 2 1、ステータ 3 0 を有する。

【 0 0 1 2 】

本実施形態の回転子 2 0 は、回転軸 2 1、ヨーク 2 2、永久磁石 2 3、導電部材 2 4 を備え、回転軸 2 1 について回転自在に設けられている。

【 0 0 1 3 】

回転軸 2 1 は、回転子 2 0 の回転中心となる軸であり、ベアリングなどの軸受け (図示せず) に、回転自在の状態 で固定される。

【 0 0 1 4 】

50

ヨーク 2 2 は、回転軸 2 1 に固定され、回転軸 2 1 に垂直な面を底面とする円筒形状であり、回転軸 2 1 とともに回転する。

【 0 0 1 5 】

永久磁石 2 3 は、図 2 に示すように、リング状に一体形成されたボンド磁石であり、ヨーク 2 2 の外周に固定され、周方向に複数の磁極をもつよう着磁されている。

【 0 0 1 6 】

ボンド磁石は、プレス成型や射出成型により安価に製造できる。また、本実施形態のボンド磁石は、リング状に一体形成された形状であり、組み付け工数が少なく、さらに遠心力による飛散の可能性が少ないという利点がある。

【 0 0 1 7 】

本実施形態の導電部材 2 4 は、永久磁石 2 3 の外周表面に固定された非磁性の導電体であり、図 3 に示すように、永久磁石 2 3 の各磁極の外縁部付近に環状に配置され、開口部をもつ形状であり、電気的な閉回路を形成している。尚、永久磁石 2 3 の磁極位置に対する開口部の位置は、本実施形態に限るものではない。

【 0 0 1 8 】

本実施形態では、導電部材 2 4 に非磁性の導電体を用いるため、導電部材 2 4 を付加しても、永久磁石型モータ 1 0 の磁気回路に大きな影響を与えることはない。また、後述するように、導電部材 2 4 を付加することにより、永久磁石型モータ 1 0 は、突極性を示す。

【 0 0 1 9 】

本実施形態のステータ 3 0 (固定子)は、回転子 2 0 の外周を囲むように配置され、ステータコア 3 1、固定子コイル 3 2 U、3 2 V、3 2 W を備える。以下の説明では、固定子コイル 3 2 U、3 2 V、3 2 W のそれぞれを区別しない場合には、単に固定子コイル 3 2 と呼ぶ。

【 0 0 2 0 】

ステータコア 3 1 は、薄い電磁鋼鉄を、回転軸 2 1 の長さ方向に積層して形成されている。ステータコア 3 1 は、回転子 2 0 の外周を環状に囲み、その内周には、周方向に沿って、ティースと呼ばれる T 字状の形状を複数備える。本実施形態におけるティースは 9 個とする。

【 0 0 2 1 】

固定子コイル 3 2 (電機子巻線)は、ティースの周囲に巻かれたコイルである。本実施形態の固定子コイル 3 2 は、電気的に互いに 1 2 0 度の位相差をもつ、U 相、V 相、W 相の 3 相であり、1 つのティースに 1 相の固定子コイル 3 2 が、U 相、V 相、W 相、U 相、V 相、W 相、・・・と順番に巻かれている。本実施形態においては、1 周で各相に 3 つの固定子コイル 3 2 があり、相ごとに直列接続されているとする。

【 0 0 2 2 】

次に、導電部材 2 4 の付加の効果について説明する。

【 0 0 2 3 】

一般的に、永久磁石がリング状の回転子をもつモータでは、コイルインダクタンスが回転子の角度に応じて変化する特性、つまり突極性を示さない。これは、永久磁石がリング形状のため、ステータとの間に存在する空隙が回転子の角度によって変化しないためである。

【 0 0 2 4 】

以下に、図 4 ないし図 6 を参照し、本実施形態における突極性の発現について説明する。図 4 は、U V W 軸座標系と d q 軸座標系を示す図である。U V W 軸は、互いに 1 2 0 度の位相差をもつ座標系であり、d q 軸座標系は、永久磁石 2 3 の N 極の向きを d 軸として、回転子 2 0 の回転子位置 (電気角) e だけ回転した、直交 2 軸回転座標系である。

【 0 0 2 5 】

このとき、本実施形態の永久磁石型モータ 1 0 の回路を U V W 軸から d q 軸へ変換した回路図について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

図 5 は、d 軸の回路図を示す図である。閉回路 5 - 1 はステータ 3 0 の回路図である。以下に、固定子コイル 3 2 の d 軸の回路方程式を式 1 に示す。

【 0 0 2 7 】

【 数 1 】

$$V_d = R_s * i_d + L_s \frac{d i_d}{dt} + M \frac{d i_r}{dt} + E_d(\omega_e) \quad \dots(\text{式1})$$

尚、式 1 において、 R_s は固定子コイル 3 2 の抵抗値であり、 L_s はコイルインダクタンスであり、 V_d はコイル端子（図示せず）への印加電圧の d 軸成分である d 軸印加電圧であり、 i_d は閉回路 5 - 1 を流れる電流の d 軸成分である d 軸電流である。また、式 1 において、 $E_d(\omega_e)$ は回転子速度（電気角） ω_e に比例した起電力である d 軸起電力、 M は後述する導電部材 2 4 の閉回路 5 - 1 との相互インダクタンスである。尚、回転子位置（電気角） θ_e と回転子速度 ω_e の関係は、以下の式 2 により示される。

【 0 0 2 8 】

【 数 2 】

$$\omega_e = \frac{d \theta_e}{dt} \quad \dots(\text{式2})$$

20

閉回路 5 - 2 は、導電部材 2 4 の閉回路の回路図である。閉回路 5 - 2 の回路方程式を以下の式 3 に示す。

【 0 0 2 9 】

【 数 3 】

$$0 = R_r * i_r + L_r \frac{d i_r}{dt} + M \frac{d i_d}{dt} \quad \dots(\text{式3})$$

30

尚、式 3 において、 i_r は、閉回路 5 - 2 を流れる電流である導電部材電流であり、 L_r は、閉回路 5 - 2 の自己インダクタンスである。

【 0 0 3 0 】

図 6 は、q 軸の回路図を示す図である。本実施形態の導電部材 2 4 は、磁極の中央に開口部を備える形としているため、導電部材 2 4 の閉回路 6 - 1 は q 軸へ影響しない。

【 0 0 3 1 】

以下に、d 軸の場合と同様にして、固定子コイル 3 2 の q 軸の回路方程式を以下の式 4 に示す。

【 0 0 3 2 】

50

【数 4】

$$Vq = Rs * iq + Ls \frac{diq}{dt} + Eq(\omega e) \quad \dots(\text{式4})$$

式 4 において、 Vq はコイル端子（図示せず）への印加電圧の q 軸成分である q 軸印加電圧であり、 iq は閉回路 6 - 1 を流れる電流の q 軸成分である q 軸電流である。また、式 4 において、 $Eq(\omega e)$ は、回転子速度（電気角） ωe に比例した起電力である q 軸起電力である。尚、突極性がない場合は、 d 軸と q 軸の自己インダクタンスは等しい。

10

【0033】

ところで、突極性を利用した回転子の位置の推定は、モータの回転速度が停止から低速の領域で利用する手法である。具体的には、突極性を利用した回転子の位置の推定では、モータの回転駆動用の電圧に高調波信号を重畳して、その応答であるコイル電流に含まれる高調波電流を検出して、高調波信号と高調波電流から、回転子の位置と速度を推定する。

【0034】

よって、式 1 及び式 4 は、固定子コイル 3 2 に印加される印加電圧が高調波信号であること、回転子速度（電気角） ωe が小さい（低速）ことを踏まえると、それぞれ以下の式 5 及び式 6 に近似できる。

20

【0035】

【数 5】

$$Vd = Ls \frac{did}{dt} + M \frac{dir}{dt} \quad \dots(\text{式5})$$

【0036】

【数 6】

$$Vq = Ls \frac{diq}{dt} \quad \dots(\text{式6})$$

さらに、式 3、式 5、式 6 を整理すると、高調波信号が十分に高い周波数ならば、 q 軸のインダクタンスと d 軸のインダクタンスの比である突極比 α は、以下の式 7 で示すことができる。

【0037】

【数 7】

$$\lambda = 1 + \frac{M^2}{L_s L_r - M^2} \quad \dots(\text{式7})$$

つまり、本実施形態では、d 軸について、固定子コイル 3 2 と導電部材 2 4 の閉回路と相互誘導が生じるため、d 軸のインダクタンスが変化して、突極性が発現する。

【0038】

尚、本実施形態では、インナーローター型のモータを図示しているが、これに限るものではなく、アウトローター型でも同様である。

【0039】

以上のように、本実施形態の永久磁石型モータ 1 0 は、回転子 2 0 に、リング状に一体形成したボンド磁石と、その表面に閉回路を構成する非磁性の導電部材 2 4 を備えるよう構成したので、突極性を示す永久磁石型モータを安価に作ることができる。

【0040】

(第二の実施形態)

以下に、図面を参照して第二の実施形態について説明する。第二の実施形態は、導電部材のみが第一の実施形態と相違する。よって、第二の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【0041】

図 7 は、第二の実施形態の導電部材を説明する図である。本実施形態の導電部材 2 4 A は、第一の実施形態の導電部材 2 4 の有する各部に加え、導電部材 2 5 を有する。

【0042】

導電部材 2 5 は、図 7 に示すように、導電部材 2 4 と同様に、永久磁石 2 3 の表面に設けられた導電体である。導電部材 2 5 は、導電部材 2 4 の開口部の内側に電氣的に閉回路となる環状の形状とする。尚、導電部材 2 4 の内側に設ける導電部材 2 5 は、2 つに限るものではなく、幾つでもよい。

【0043】

この構成により、d 軸のインダクタンスの変化への影響が大きくなり、より大きい突極比を得ることができる。

【0044】

尚、本実施形態における導電部材 2 5 は、第一の実施形態の閉回路 5 - 2 となる形状に相当する。

【0045】

以上のように、本実施形態では、電氣的な閉回路を構成する環状の導電部材 2 4 の内側に、さらに同様に環状の導電部材 2 5 を設けるため、突極比の大きい永久磁石型モータを安価に作ることができる。

【0046】

(第三の実施形態)

以下に、図面を参照して第三の実施形態について説明する。第三の実施形態は、導電部材のみが第一の実施形態と相違する。よって、第三の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【0047】

図 8 は、第三の実施形態の導電部材を説明する第一の図である。図 9 は、第三の実施形

10

20

30

40

50

態の導電部材を説明する第二の図である。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の導電部材 2 4 B は、図 8 に示すように、1 枚の金属箔シート 2 6 に、永久磁石 2 3 の磁極ピッチに合わせた開口部 2 7 が設けられている。本実施形態の導電部材 2 4 B は、図 9 に示すように、永久磁石 2 3 の外周に巻きつけられ、接着もしくは粘着性の部材を用いて固定される。導電部材 2 4 B が、磁極毎に閉回路を分割する形状の場合は、貼り付け後に金属箔シート 2 6 を切断する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態では、導電部材 2 4 B を、予め開口部 2 7 を設けた 1 枚の金属箔シート 2 6 を、回転子 2 0 の永久磁石 2 3 に巻きつけることにより作るため、安価に突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

10

【 0 0 5 0 】

(第四の実施形態)

以下に、図面を参照して第四の実施形態について説明する。第四の実施形態は、導電部材が第一の実施形態と相違する。よって、第四の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 は、第四の実施形態の導電部材を説明する図である。

【 0 0 5 2 】

本実施形態の導電部材 2 4 C は、開口部とする部分にマスキング 2 9 を設けた永久磁石 2 3 に、導電性塗料 2 8 を塗装して、塗装後にマスキング 2 9 を除去することで作成される。

20

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、導電部材 2 4 C を導電性塗料と塗装工程により作成するため、安価に突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

【 0 0 5 4 】

(第五の実施形態)

以下に、図面を参照して第五の実施形態について説明する。第五の実施形態は、永久磁石のみが第一の実施形態と相違する。よって、第五の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

30

【 0 0 5 5 】

図 1 1 は、第五の実施形態の永久磁石を説明する図である。本実施形態の永久磁石 2 3 A は、6 極とした。図 1 1 では、回転子 2 0 と対向するステータ 3 0 の 1 周分を、直線にして示した。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、ステータ 3 0 を 9 スロット、永久磁石 2 3 A を 6 極とした。このため、本実施形態では、例えば U 相コイルをみると、直列に接続されている 3 つの U 相コイルは、全てが永久磁石 2 3 B の N 極の中心と正対している。つまり、同じ相の全てのコイルは、永久磁石 2 3 A 及び導電部材 2 4 との位置関係が同じとなる。

40

【 0 0 5 7 】

第一の実施形態において説明したコイルインダクタンスは、固定子コイル 3 2 と、永久磁石 2 3 及び導電部材 2 4 の位置関係により周期的に変化する。

【 0 0 5 8 】

ここで、図 1 2 に示すように、直列に接続された 3 つのコイルのコイルインダクタンスをそれぞれ L_1 、 L_2 、 L_3 とすると、合成インダクタンス L_{all} は、以下の式 8 に示すように全ての加算となる。図 1 2 は、直列に接続されたコイルインダクタンスを示す図である。

【 0 0 5 9 】

50

【数 8】

$$L_{all} = L1 + L2 + L3 \quad \dots(\text{式}8)$$

式 8 からわかるように、本実施形態では、同じ相の 3 つのコイルのインダクタンスの変化は、互いに弱めあうことはなく、インダクタンスの変化の幅は大きくなる。したがって、本実施形態では、突極比が大きくなる。

【0060】

以上のように、本実施形態では、3 相の永久磁石型モータ 10 において、永久磁石 23 の磁極数を $3n$ (n は自然数) とすることにより、突極比の大きい永久磁石型モータを安価に作ることができる。

【0061】

(第六の実施形態)

以下に、図面を参照して第六の実施形態について説明する。第六の実施形態は、永久磁石型モータを 2 相永久磁石型ステッピングモータとした。以下の第六の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【0062】

図 13 は、第六の実施形態の永久磁石型モータを説明する図である。本実施形態の永久磁石型モータ 10A は、2 相永久磁石型ステッピングモータである。

【0063】

回転子 20 は、第一の実施形態と同様の構成であるが、磁極配置のピッチ角度は、後述するクローポール 35 と同じとする。クローポール 35 は、一定ピッチの爪形状の誘導子である。

【0064】

本実施形態のステータ (固定子) 30A は、A 相、B 相の 2 相が上下にスタックされた (積み重ねられた) 構造となっている。図 13 において、ステータ 30A の上側の A 相は、紙面上の手前半分をカットして図示されており、下側の B 相は手前 $1/3$ をカットして図示されている。ただし、B 相は、後述する B 相ヨーク 34B の下面及び回転子を対向する内面は残して図示している。

【0065】

以下に、本実施形態のステータ 30A の構造について説明する。

【0066】

A 相コイル 32A は、A 相のコイルであり、それぞれ回転子 20 の外周に円周方向にリング状に巻かれ、コイル端子 33A より、巻線の端部が外部へ引き出されている。尚、巻線の巻き方には、コイルを流れる電流の向きにより、ユニファイラ巻、バイファイラ巻が存在するが、本実施形態では、どちらかに限定するものではない。

【0067】

B 相コイル 32B も A 相と同様であり、A 相コイル 32A と B 相コイル 32B とは互いに独立である。

【0068】

A 相ヨーク 34A は、A 相コイル 32A の周囲を囲む中空のパイプ形状であり、A 相コイル 32A のケースの役割をする。また、A 相ヨーク 34A には、回転子 20 と対向する面に空隙 36 と、一定ピッチで上下でかみ合うような爪形状のクローポール 35 とが設け

10

20

30

40

50

られている。

【 0 0 6 9 】

B相ヨーク34BはA相と同様であるが、クローポール35が、A相のクローポール35と円周方向に1/4ピッチずれるように配置される。

【 0 0 7 0 】

以上のように、本実施形態では、クローポール構造のステータを用いることにより、電磁鋼鉄を積層したステータコアが不要となり、コイルも2つでよいことから、さらに安価に突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

【 0 0 7 1 】

(第七の実施形態)

以下に、図面を参照して第七の実施形態について説明する。第七の実施形態は、第一の実施形態に記載した永久磁石型モータを有するモータ駆動制御装置である。以下の第七の実施形態の説明では、第一の実施形態と同様の構成を有するものには第一の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 0 7 2 】

図14は、第七の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。本実施形態のモータ駆動制御装置100は、速度制御部61と、電流制御部62と、位置推定装置40と、を有する。

【 0 0 7 3 】

本実施形態の位置推定装置40は、永久磁石型モータ10、座標変換部41、座標逆変換部42、転流駆動部45、電流検出部46、位置推定部50、高調波重畳部55を有する。

【 0 0 7 4 】

本実施形態の転流駆動部45は、後述する相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w の値に基づいて、パルス幅変調された電圧をコイル端子33へ印加して、固定子コイル32へ電流を供給する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態の電流検出部46は、3相の固定子コイル32に流れるコイル電流のうち、U相及びV相のコイル電流を検出してAD変換し、検出電流データ d_I_u 、 d_I_v として出力する。

【 0 0 7 6 】

本実施形態の座標変換部41は、検出したUVW相の検出電流データ d_I_u 、 d_I_v を、図15に示す互いに120度の位相差をもつUVW軸座標系から、推定位置 θ_e で回転した回転直交座標系であるdq軸推定座標系へ座標変換し、dq軸検出電流データ d_I_d 、 d_I_q として出力する。図15は、第七の実施形態における座標系の定義を示す図である。

【 0 0 7 7 】

本実施形態の座標逆変換部42は、後述する高調波が重畳されたd軸の出力指令値 V_{md} 及びq軸の出力指令値 V_{mq} を、図15に示すdq軸推定座標系からUVW軸座標系へ座標逆変換する。そして座標逆変換部42は、U相、V相、W相それぞれのコイル端子33に印加すべき電圧である、相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w を出力する。

【 0 0 7 8 】

本実施形態の位置推定部50は、後述する高調波指令値 V_d 、 V_q 、dq軸検出電流データ d_I_d 、 d_I_q 及びトルク指令値 T_e から回転子20の推定位置 θ_e (電気角相当)及び推定速度 ω_m (機械角相当)を出力する。位置推定部50の詳細は後述する。

【 0 0 7 9 】

本実施形態の高調波重畳部55は、高調波生成部56及び加算部57を備え、高調波信号を生成し、後述する制御出力値 V_d 、 V_q に高調波信号を重畳して、出力指令値 V_{md} 、 V_{mq} として出力する。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

高調波生成部 56 は、d 軸及び q 軸それぞれに提供される高調波指令値 V_{cd} 、 V_{cq} を生成する。加算部 57 は、高調波指令値 V_{cd} 、 V_{cq} をそれぞれ制御出力値 V_d 、 V_q に加算して、出力指令値 V_{md} 、 V_{mq} として出力する。尚、本実施形態における高調波指令値 V_{cd} 、 V_{cq} は、高調波信号に相当する。

【0081】

本実施形態の速度制御部 61 は、外部から入力される、または予め設定された速度目標値 w_{tgt} と、推定速度（機械角相当） w_m に基づいて、発生すべきトルクの目標であるトルク目標値 T_e を出力する。

【0082】

本実施形態の電流制御部 62 は、トルク目標値 T_e に基づいて、d 軸及び q 軸にそれぞれ流すべき電流目標値を生成する電流目標生成部（図示せず）と、d 軸及び q 軸それぞれに比例積分制御器（図示せず）を備える。本実施形態の比例積分制御器は、d 軸及び q 軸の電流目標値と検出電流データ d_I_u 、 d_I_v から、d 軸及び q 軸それぞれへ印加すべき電圧の指令値である、制御出力値 V_d 、 V_q を生成する。

10

【0083】

以下に、図 16 を参照して位置推定部 50 について説明する。図 16 は、位置推定部を説明する図である。

【0084】

本実施形態の位置推定部 50 は、復調部 51 と、オブザーバ 52 と、を有する。

【0085】

本実施形態の復調部 51 は、高調波指令値 V_{cd} 、 V_{cq} と dq 軸検出電流データ d_I_d 、 d_I_q の乗算及びフィルタにより、dq 軸検出電流データ d_I_d 、 d_I_q に含まれる高調波の応答である、高調波電流成分を抽出する。そして、復調部 51 は、回転子 20 の位置（電気角） e と推定位置（電気角相当） the の誤差である推定誤差 Dif を抽出する。尚、推定誤差 Dif を検出するためには、突極性を示す永久磁石型モータ 10 でなくてはならない。

20

【0086】

オブザーバ 52 は、推定誤差 Dif に基づいて、回転子 20 の推定位置（電気角相当） the 及び推定速度（機械角相当） w_m を出力する。尚、本実施形態における高調波電流成分は、応答信号に相当する。

30

【0087】

以上のように、本実施形態のモータ駆動制御装置 100 及び位置推定装置 40 では、第一の実施形態の永久磁石型モータ 10 を用いるため、エンコーダ等のセンサを使用せずに、永久磁石型モータの回転子の位置を推定することができる。さらに、本実施形態では、位置推定装置 40 を含むモータ駆動制御装置 100 を安価に構成することができる。

【0088】

尚、本実施形態のモータ駆動制御装置 100 と位置推定装置 40 では、第二ないし第六の実施形態の永久磁石型モータを用いても、同様の効果を得ることができる。

【0089】

（第八の実施形態）

以下に、図面を参照して第八の実施形態について説明する。第八の実施形態では、第六の実施形態で説明した 2 相永久磁石型ステッピングモータの回転子 20 に導電部材 24D を設けた形態を示している。

40

【0090】

図 17 は、第八の実施形態の永久磁石型モータを説明する図である。本実施形態の導電部材 24D は、永久磁石 23 の外周表面に固定された非磁性の導電体である。本実施形態の導電部材 24D は、図 17 に示すように、永久磁石 23 の外縁部付近の A 相 / B 相の固定子それぞれと対抗する位置に、回転の周方向に周期的な形状で配置された導電部材 24DA、24DB を含む。導電部材 24DA、24DB は、それぞれが開口部 27A、27B をもつ形状であり、電気的な閉回路を形成している。

50

【 0 0 9 1 】

尚、永久磁石 2 3 の磁極位置に対する導電部材 2 4 D A、2 4 D B が配置される周方向の位置は、本実施形態に限るものではない。また、以下の説明では、導電部材 2 4 D A と導電部材 2 4 D B とを区別しない場合には、単に導電部材 2 4 D と呼ぶ。

【 0 0 9 2 】

本実施形態においては、非磁性の導電体を用いるため、導電部材 2 4 D A、2 4 D B を付加しても、永久磁石型モータの磁気回路に大きな影響を与えることはない。また、本実施形態の永久磁石型モータは、後述するように、導電部材 2 4 D A、2 4 D B を付加することにより、突極性を示す。

【 0 0 9 3 】

次に、導電部材 2 4 D A、2 4 D B を付加することの効果について、A 相を例として説明する。

【 0 0 9 4 】

一般的に、本実施形態のようにリング状の永久磁石 2 3 を備える回転子をもつモータでは、コイルインダクタンスが回転子角度に応じて変化する特性、つまり突極性を示さない。これは、永久磁石がリング形状のため、ステータとの間に存在する空隙が回転子角度によって変化しないためである。

【 0 0 9 5 】

以下、本実施形態における突極性の発現について説明する。

【 0 0 9 6 】

まず、本実施形態における永久磁石型モータの A 相の回路図について、図 1 8 を用いて説明する。図 1 8 は、A 相の回路図を示す図である。図 1 8 において、左の回路は固定子の回路である。ここで、コイル 3 2 A の回路方程式は、以下の式 (9) で示される。

【 0 0 9 7 】

【 数 9 】

$$V_a = R_s * I_a + L_s \frac{d I_a}{dt} + M_a \frac{d I_{ra}}{dt} + E_a(\omega_e, \theta_e) \quad \dots (式9)$$

尚、式 (9) において、 R_s はコイル 3 2 A の抵抗値、 L_s はコイルインダクタンス、 V_a はコイル端子 3 3 A への印加電圧、 I_a は固定子の回路を流れる A 相コイル電流である。また、式 (9) において、 $E_a(\omega_e, \theta_e)$ は、回転子速度 (電気角) ω_e に比例し、回転子角度 (電気角) θ_e について周期的変化する起電力である A 相の起電力であり、 M_a は、導電部材 2 4 D の閉回路との相互インダクタンスである。尚、回転子位置 (電気角) θ_e と回転子速度 ω_e の関係は、以下の式 (1 0) に示す通りである。

【 0 0 9 8 】

【 数 1 0 】

$$0 = R_r * I_{ra} + L_r \frac{d I_{ra}}{dt} + M_a \frac{d I_a}{dt} \quad \dots (式10)$$

図 1 8 において、右の回路は導電部材 2 4 D の閉回路の回路図である。ここで、この閉

10

20

40

50

回路の回路方程式は、以下の式(11)により示される。

【0099】

【数11】

$$\omega e = \frac{d\theta_e}{dt} \quad \dots(式11)$$

尚、式(11)において、 I_{ra} は、閉回路を流れる電流である導電部材電流であり、 L_r は閉回路の自己インダクタンスである。

【0100】

ここで、突極性を利用したセンサレス角度検出について概要を説明する。このセンサレス角度検出手法は、モータの回転速度が停止～低速の領域で利用する手法であり、モータの回転駆動用の電圧に高調波信号を重畳して、その応答であるコイル電流に含まれる高調波電流を検出して、高調波信号と高調波電流から、回転子の位置と速度を推定する手法である。

【0101】

よって、高調波信号であること、回転子速度(電気角) e が小さい(低速)こと、さらに高調波信号の周波数が十分に高いことを踏まえると、式(9)及び式(10)を近似して、2式から導電部材電流 I_{ra} を消去すると、以下の式(12)となり、 L_{dum} が見かけ上のインダクタンスとなる。

【0102】

【数12】

$$V_a = \frac{L_s L_r - M_a^2}{L_r} * \frac{dI_a}{dt}, \quad L_{dum} = \frac{L_s L_r - M_a^2}{L_r} \quad \dots(式12)$$

ここで、相互インダクタンス M_a の変化について説明する。

【0103】

相互インダクタンス M_a は、固定子のクローポール35と開口部27A、27Bの位置関係により変化し、例えば以下の式(13)に示す式で変化する。

【0104】

【数13】

$$M_a(\theta) = M_0 * \sin(\theta/n) \quad \dots(式13)$$

なお、相互インダクタンス変化の振幅を M_0 、回転子の角度(機械角)を θ 、周期的に配置された導電部材24Dの回転子20の1周あたりの個数を n とする。

【 0 1 0 5 】

式 (1 2) において M_a は 2 乗されているため、式 (1 3) を 2 乗した式を式 (1 4) に示す。

【 0 1 0 6 】

【 数 1 4 】

$$Ma^2(\theta) = M0^2 * \frac{1 - \cos(2\theta/n)}{2} \quad \dots(\text{式14})$$

式 (1 4) は、回転子角度 θ を導電部材 2 4 D の回転子 2 0 の 1 周あたりの個数を n で除して 2 倍した周期で変化し、見かけのインダクタンス L_{dum} も同様の周期で変化する。つまり、固定子と導電部材 2 4 D による閉回路との相互誘導により、A 相コイル 3 2 A の見かけ上のインダクタンスが変化して、突極性が発現する。

【 0 1 0 7 】

B 相においても同様であり、例えば、相互インダクタンス関数 $M_b(\theta)$ は、以下の式 (1 5) で示すことができる。ただし、式 (1 5) において、A 相と B 相における開口部配置の周方向の位相差 (機械角) を ρ とする。

20

【 0 1 0 8 】

【 数 1 5 】

$$Mb(\theta) = M0 * \sin((\theta - \rho)/n - \pi/4) \quad \dots(\text{式15})$$

このように、本実施形態においては、A 相、B 相の固定子に対抗する位置それぞれに、独立した開口部 2 7 A、2 7 B を持つ導電部材 2 4 D A、2 4 D B を付加するため、A 相、B 相の前記見かけ上のインダクタンスを互いに独立に生じさせることができる。

【 0 1 0 9 】

以上が、導電部材 2 4 D A、2 4 D B の付加の効果の説明である。

【 0 1 1 0 】

尚、本実施形態の永久磁石型モータにおいては、クローポール 3 5 の形状及び配置により、突極性を示すことがあるが、望ましいインダクタンス変化は得られないため、本手法により望ましい変化波形に整形することが可能である。

40

【 0 1 1 1 】

また、本実施形態においては、インナーローター型のモータを図示しているが、これに限るものではなく、アウトローター型でも同様である。

【 0 1 1 2 】

以上の構成により、本実施形態では、突極性を示さない、もしくは望ましい突極性を示さない永久磁石型モータにおいて、望ましい突極性を獲得して、停止時から低速時における、センサレス角度検出に使用することができる。

【 0 1 1 3 】

次に、図 1 9 を参照して本実施形態の導電部材 2 4 D について説明する。図 1 9 は、第八の実施形態の導電部材を説明する第一の図である。尚、図 1 9 は、導電部材 2 4 D のう

50

ち、導電部材 2 4 D A を示した図である。

【 0 1 1 4 】

本実施形態導電部材 2 4 D A における開口部 2 7 A の配置周期は、クローポール 3 5 の配置ピッチの $(2N - 1)$ 倍と相当する周期とする。このとき、 N は自然数とする。また、配置ピッチは、交互に噛み合う上側及び下側のクローポール 3 5 間の周方向の長さとする。図 1 9 では、 $N = 2$ の場合を示している。このとき、開口部 2 7 A の配置周期は、交互に配置された上側のクローポール 3 5 N と下側のクローポール 3 5 S の配置ピッチの 3 倍の長さとなる。

【 0 1 1 5 】

図 1 9 は、上下から交互に噛み合うクローポール 3 5 N 及び 3 5 S、開口部 2 7 A をもつ導電部材 2 4 D A を直線にして示した図であり、1 相分のみを示す。

10

【 0 1 1 6 】

また、説明の便宜上、コイル電流により、上側のクローポール 3 5 N は N 極に、下側のクローポール 3 5 S は S 極に磁化されているものとする。

【 0 1 1 7 】

相互インダクタンス M_a の変化は、固定子電流 I_a により S 極から N 極への磁束が生じ、開口部を通過する総本数（鎖交磁束）の変化により生じる。鎖交磁束は、開口部に対する S 極と N 極の非対称性から、回転子が回転してクローポール 3 5 と開口部 2 7 A の位相関係が変化すると、変化する。よって、相互インダクタンス M_a は、回転子角度 に応じて変化する。

20

【 0 1 1 8 】

次に、図 2 0 を参照し、開口部 2 7 A の配置周期が、クローポール 3 5 の配置ピッチの $2N$ 倍 ($N = 1$) について説明する。図 2 0 は、第八の実施形態の導電部材を説明する第二の図である。

【 0 1 1 9 】

図 2 0 の場合、回転子 2 0 が回転してクローポール 3 5 と開口部 2 7 A の位相関係が変化しても、開口部 2 7 A を通過する磁束数は増加分と減少分が等しく、鎖交磁束は変化しない。つまり、相互インダクタンス M_a は、回転子角度 に応じて変化しない。

【 0 1 2 0 】

このように、開口部 2 7 A の配置周期をクローポール 3 5 の配置ピッチの $(2N - 1)$ 倍とすると、鎖交磁束は変化が最も大きくなり、 $2N$ 倍とすると最も小さくなる（変化しない）。

30

【 0 1 2 1 】

以上のように、本実施形態では、導電部材 2 4 D の開口部 2 7 A、2 7 B の配置周期を、クローポール 3 5 の配置ピッチの $(2N - 1)$ 倍に相当する周期とするよう構成した。したがって、本実施形態によれば、大きな突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

【 0 1 2 2 】

特に、本実施形態によれば、永久磁石型モータ 1 0 A のように、固定子を軸の長手方向にスタックする（積み重ねる）永久磁石型モータにおいて、安価に突極性を付加することができる。

40

【 0 1 2 3 】

（第九の実施形態）

以下に、図面を参照して第九の実施形態について説明する。第九の実施形態では、第八の実施形態で説明した導電部材 2 4 D に加えて、導電部材 2 5 D を設けた形態である。以下の第九の実施形態の説明では、第八の実施形態と同様の構成を有するものには、第八の実施形態の説明で用いた符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 1 2 4 】

図 2 1 は、第九の実施形態の導電部材を説明する図である。本実施形態では、導電部材 2 4 D の内側に、導電部材 2 5 D（別の環状の開口形状）を設けた。

50

【 0 1 2 5 】

導電部材 2 5 D は、導電部材 2 4 D と同様に、永久磁石 2 3 の表面に設けられた導電体であり、導電部材 2 4 D の開口部 2 7 A、2 7 B の内側において、電氣的に閉回路となる環状の形状とする。尚、導電部材 2 4 D A、2 4 D B のそれぞれにおいて、内側に設ける導電部材 2 5 D の数は、任意の数であって良い。

【 0 1 2 6 】

本実施形態では、この構成により、インダクタンス変化への影響が大きくなり、より大きな見かけ上のインダクタンス L_{dum} の変化を得ることができるため、センサレス角度検出の SN 比を改善することができる。また、本実施形態によれば、電氣的な閉回路を構成する環状の導電部材 2 4 D の内側に、さらに同様に環状の導電部材 2 5 D を設けるため、見かけ上のインダクタンス変化の大きい永久磁石型モータを安価に作る事ができる。

10

【 0 1 2 7 】

(第十の実施形態)

以下に、図面を参照して第十の実施形態について説明する。以下の第十の実施形態において、第八の実施形態と同様の構成を有するものには、第八の実施形態の説明で用いた符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 1 2 8 】

図 2 2 は、第十の実施形態の導電部材を説明する図である。本実施形態の導電部材 2 4 E は、1枚の金属箔シートから形成される。

【 0 1 2 9 】

本実施形態の導電部材 2 4 E は、図 2 2 に示すように、1枚の金属箔シート 2 6 に、開口部 2 7 A、2 7 B を設け、図 2 3 に示すように、永久磁石 2 3 の外周に巻きつけ、接着もしくは粘着性の部材を用いて固定する。

20

【 0 1 3 0 】

図 2 3 は、第十の実施形態の導電部材の貼り付けを説明する図である。このとき、開口部 2 7 A、2 7 B は、それぞれ所定の周期ピッチで貼付け後に回転子 2 0 の周方向に並ぶよう 1 列に形成され、かつ、それぞれがスタックされた A 相、B 相の固定子と対抗する位置となるよう、2 列の間隔が設けられている。また、導電部材 2 4 E の形状が、開口部 2 7 A、2 7 B を囲む形状毎に閉回路を分割する形状である場合は、貼り付け後に金属箔シート 2 6 を切断する。

30

【 0 1 3 1 】

以上のように、本実施形態では、予め開口部 2 7 A、2 7 B を設けた 1 枚の金属箔シート 2 6 を、回転子 2 0 の永久磁石 2 3 に巻きつけることにより、導電部材 2 4 E を作成するため、安価に突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

【 0 1 3 2 】

(第十一の実施形態)

以下に、図面を参照して第十一の実施形態について説明する。以下の第十一の実施形態において、第八の実施形態と同様の構成を有するものには、第八の実施形態の説明で用いた符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 1 3 3 】

図 2 4 は、第十一の実施形態の導電部材を説明する図である。本実施形態の導電部材 2 4 F は、図 2 4 に示すように、開口部 2 7 A、2 7 B とする部分にマスキング 2 9 を設けた永久磁石 2 3 に、導電性塗料 2 8 を塗装して、塗装後にマスキング 2 9 を除去することで作成される。

40

【 0 1 3 4 】

以上のように、本実施形態では、導電部材 2 4 F を、導電性塗料と塗装工程により作成するため、安価に突極性を示す永久磁石型モータを作ることができる。

【 0 1 3 5 】

(第十二の実施形態)

以下に図面を参照して第十二の実施形態について説明する。第十二の実施形態は、第八

50

の実施形態に記載した永久磁石型モータを有するモータ駆動制御装置である。第十二の実施形態の説明では、第七及び第八の実施形態と同様の構成を有するものには第七及び第八の実施形態の説明で用いた符号と同様の符号を付与し、その説明を省略する。

【0136】

図25は、第十二の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。本実施形態のモータ駆動制御装置100Aは、速度制御部61と、電流制御部62と、位置推定装置40Aと、を有する。

【0137】

本実施形態の位置推定装置40Aは、永久磁石型モータ10A、座標変換部41A、座標逆変換部42A、転流駆動部45A、電流検出部46A、位置推定部50、高調波重畳部55を有する。

10

【0138】

転流駆動部45Aは、後述する相電圧指令値 V_a 、 V_b の値に基づいて、パルス幅変調された電圧をコイル端子33A、33Bへ印加して、A相コイル32A、B相コイル32Bへ電流を供給する。

【0139】

電流検出部46Aは、A相コイル32A、B相32Bに流れるコイル電流 I_a 、 I_b を検出して、AD変換し、検出電流データ d_I_a 、 d_I_b として出力する。

【0140】

座標変換部41Aは、検出したA相、B相の検出電流データ d_I_a 、 d_I_b を、図26に示す直交するAB軸座標系から、推定位置 θ_e で回転した回転直交座標系である、dq軸推定座標系へ座標変換して、dq軸検出電流データ d_I_d 、 d_I_q として出力する。図26は、第十二の実施形態における座標系の定義を示す図である。

20

【0141】

座標逆変換部42Aは、高調波が重畳されたd軸出力指令値 V_{md} 及びq軸出力指令値 V_{mq} を、図25に示すdq軸推定座標系からAB軸座標系へ座標逆変換する。そして、座標逆変換部42Aは、A相、B相それぞれのコイル端子33A、33Bに印加すべき電圧である、相電圧指令値 V_a 、 V_b を出力する。

【0142】

以上のように、本実施形態では、第六の実施形態の永久磁石型モータ10Aを用いるため、エンコーダ等の回転センサを使用せずに、永久磁石型モータ10Aの角度を検出する位置推定装置を構成できる。同様に、位置推定装置を含むモータ駆動制御装置も安価に構成することができる。

30

【0143】

(第十三の実施形態)

以下に、図面を参照して第十三の実施形態について説明する。以下の第十一の実施形態において、第八の実施形態と同様の構成を有するものには、第八の実施形態の説明で用いた符号を付与し、その説明を省略する。

【0144】

図27は、第十三の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図である。本実施形態のモータ駆動制御装置100Bは、位置推定装置40Bを有する。

40

【0145】

本実施形態の位置推定装置40Bは、永久磁石型モータ10A、転流駆動部45B、電流検出部46A、高調波重畳部55Aと、RD(レゾルバデジタル)変換部70を有する。RD変換部70は、回転子20の角度を検出する。本実施形態の位置推定装置40Bの詳細は後述する。

【0146】

また、本実施形態のモータ駆動制御装置100Bは、速度制御部61、電流制御部62、座標変換部41A、座標逆変換部42B、角度換算部66、速度算出部67を有する。

【0147】

50

本実施形態の永久磁石型モータ 10 A は、第十二の実施形態と同様である。ただし、本実施形態では、A 相、B 相に同じ高調波信号を入力した場合、1 / 4 周期の位相差で電流が出力されるよう、導電部材 24 を配置しているものとする。

【0148】

本実施形態の座標逆変換部 42 B は、入力信号は d 軸制御指令値 V_d 及び q 軸制御指令値 V_q である以外は、第十二の実施形態の座標逆変換部 42 A と同様である。

【0149】

本実施形態の角度換算部 66 は、推定角度（導電部材 24 の 1 周期相当）を推定角度（電気角相当） θ_e に換算して出力する。推定角度（導電部材 24 の 1 周期相当）は、回転子 20 の 1 回転当たりの開口部 27 の数を n としたとき、 n 周期であり、推定角度（電気角相当） θ_e は、回転子 20 の 1 回転当たりの極対数を p としたとき、 p 周期の関係にある。

10

【0150】

本実施形態の速度算出部 67 は、推定角度（電気角相当） θ_e を微分して、さらに永久磁石 23 の磁極数の 1 / 2 である極対数 p で除して、推定速度（機械角相当） ω_m として出力する。

【0151】

次に、本実施形態の位置推定装置 40 B の有する各部について説明する。

【0152】

本実施形態の高調波重畳部 55 A は、高調波生成部 56 A 及び加算部 57 A を備え、高調波信号を生成して、制御出力値 V_a 、 V_b に重畳し、出力指令を相電圧指令値 V_{ma} 、 V_{mb} として出力する。

20

【0153】

高調波生成部 56 A は、コイルに供給される駆動電流に対して十分に周波数が高い信号である、高調波指令値 V_{hf} を生成する。加算部 57 A は、高調波指令値 V_{hf} を制御出力値 V_a 及び V_b に加算し、相電圧指令値 V_{ma} 、 V_{mb} として出力する。尚、本実施形態における高調波指令値 V_{hf} は、高調波信号に相当する。

【0154】

本実施形態の転流駆動部 45 B は、入力信号が相電圧指令値 V_{ma} 、 V_{mb} である点以外は、第十二の実施形態と同様である。本実施形態の電流検出部 46 A は、第十二の実施形態と同様である。

30

【0155】

本実施形態の RD 変換部 70 は、トラッキング型の RD（レゾルバデジタル）変換器と同様の構成を有する。

【0156】

本実施形態の RD 変換部 70 は、フィルタ 71 A、71 B、ミキサ 72 A、72 B、減算器 73、同期検波部 74、制御器 75 を備え、検出電流データ d_{Ia} 、 d_{Ib} 及び高調波指令値 V_{hf} から、回転子 20 の推定角度を出力する。

【0157】

フィルタ 71 A、71 B は、それぞれ A 相、B 相に備えられている。フィルタ 71 A、71 B は、高調波指令値 V_{hf} の周波数を通過帯域とする、ハイパスフィルタ又はバンドパスフィルタであり、検出電流データ d_{Ia} 、 d_{Ib} から高調波成分を抽出して、変調電流データ I_{a_ac} 、 I_{b_ac} として出力する。

40

【0158】

ミキサ 72 A、72 B は、それぞれ A 相、B 相に備えられており、変調電流データ I_{a_ac} 、 I_{b_ac} に対して、それぞれ後述する推定角度に基づく余弦値、正弦値を乗じて出力する。

【0159】

減算器 73 は、ミキサ 72 A、72 B の出力同士を減算して出力する。減算器 73 から出力される出力信号は、高調波信号で変調された、推定角度と回転子角度の差である

50

推定誤差情報を含み、変調推定誤差 Dif_ac として出力する。

【0160】

同期検波部 74 は、高調波指令値 Vhf に基づいて、変調推定誤差 Dif_ac を復調し、推定誤差 Dif として出力する。

【0161】

制御器 75 は、比例積分制御器を備え、比例積分制御器は、推定誤差 Dif が 0 となるよう、推定角度 を算出して出力する。

【0162】

本実施形態のモータ駆動制御装置 100B は、以上の構成から、永久磁石型モータを用いるため、エンコーダ等の回転センサを使用せずに、永久磁石型モータの角度を検出できる。また、本実施形態によれば、位置推定装置を含むモータ駆動装置を安価に構成することができる。

10

【0163】

以上、各実施形態に基づき本発明の説明を行ってきたが、上記実施形態に示した要件に本発明が限定されるものではない。これらの点に関しては、本発明の主旨をそこなわない範囲で変更することができ、その応用形態に応じて適切に定めることができる。

【符号の説明】

【0164】

- 10、10A 永久磁石型モータ
- 20 回転子
- 21 回転軸
- 22 ヨーク
- 23 永久磁石
- 24、24A ~ 24F、25 導電部材
- 27
- 30 ステータ
- 31 ステータコア
- 32 固定子コイル
- 40 位置推定装置
- 100 モータ駆動制御装置

20

【先行技術文献】

【特許文献】

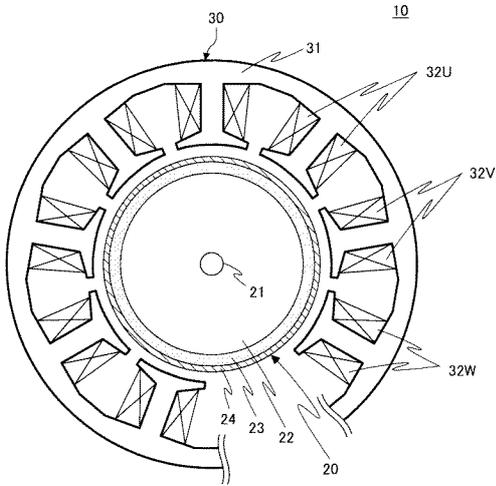
【0165】

【特許文献1】特開平6 - 339241号公報

30

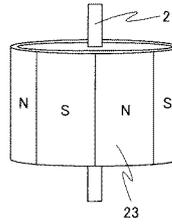
【図1】

第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第一の図



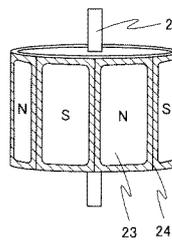
【図2】

第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第二の図



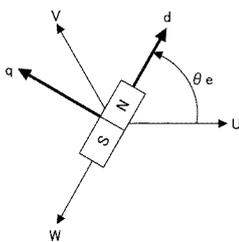
【図3】

第一の実施形態の永久磁石型モータを説明する第三の図



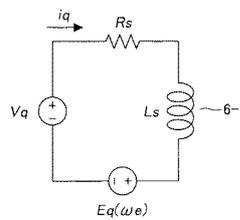
【図4】

UVW軸座標系とdq軸座標系を示す図



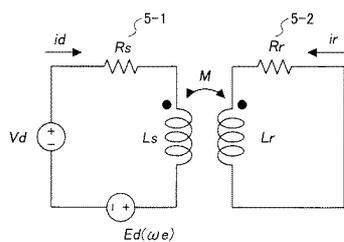
【図6】

q軸の回路図を示す図



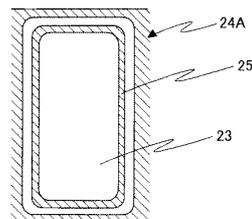
【図5】

d軸の回路図を示す図



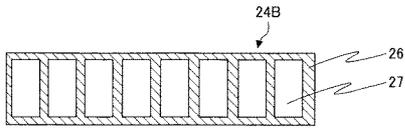
【図7】

第二の実施形態の導電部材を説明する図



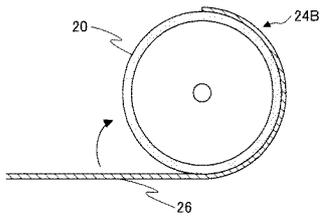
【 図 8 】

第三の実施形態の導電部材を説明する第一の図



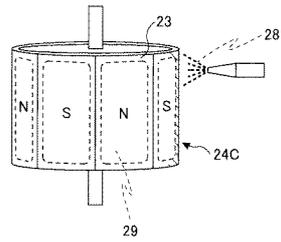
【 図 9 】

第三の実施形態の導電部材を説明する第二の図



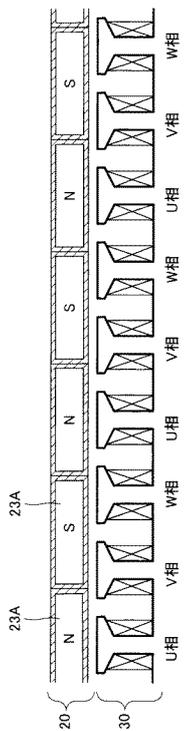
【 図 1 0 】

第四の実施形態の導電部材を説明する図



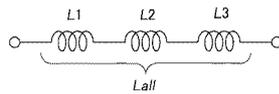
【 図 1 1 】

第五の実施形態の永久磁石を説明する図



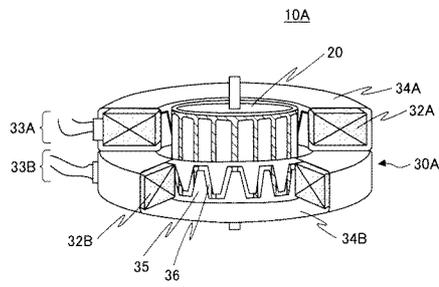
【 図 1 2 】

直列に接続されたコイルインダクタンスを示す図



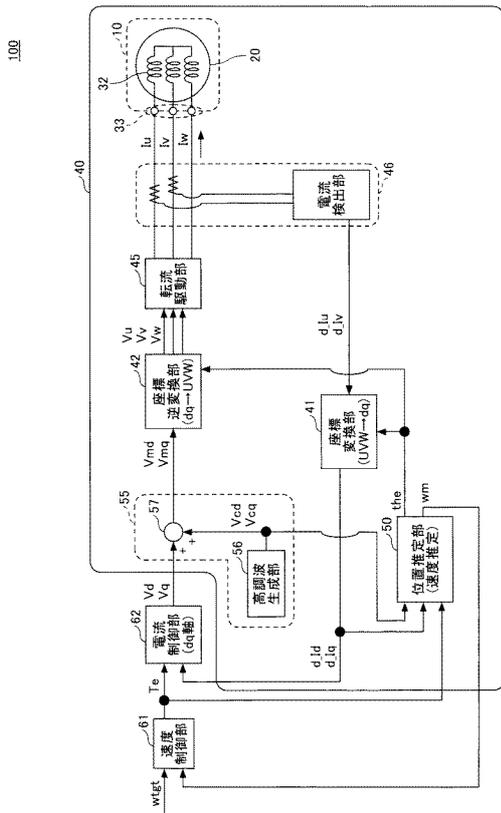
【 図 1 3 】

第六の実施形態の永久磁石型モータを説明する図



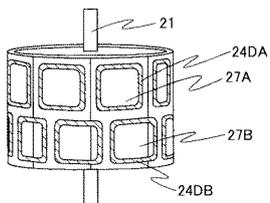
【図14】

第七の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図



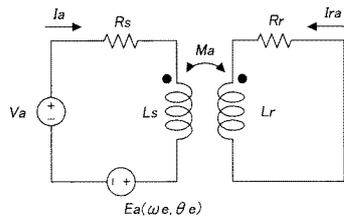
【図17】

第八の実施形態の永久磁石型モータを説明する図



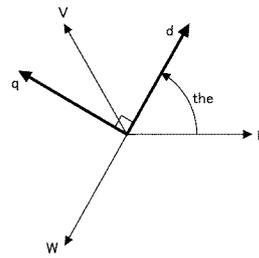
【図18】

A相の回路図を示す図



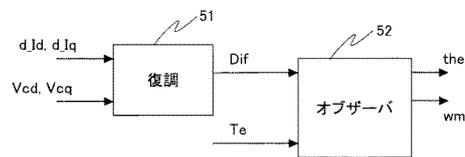
【図15】

第七の実施形態における座標系の定義を示す図



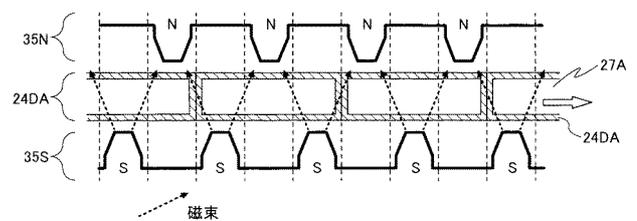
【図16】

位置推定部を説明する図



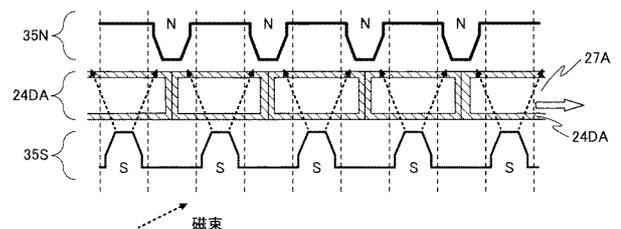
【図19】

第八の実施形態の導電部材を説明する第一の図



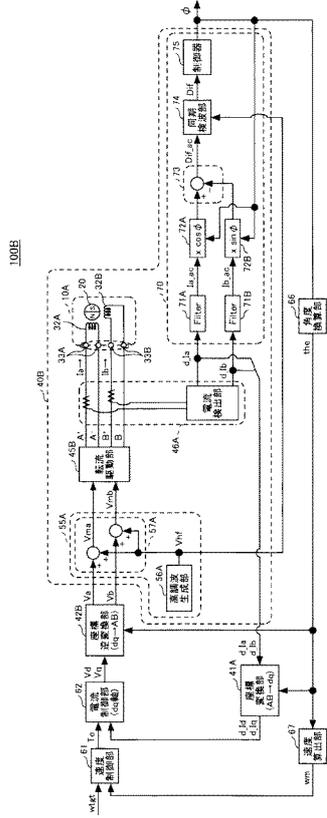
【図20】

第八の実施形態の導電部材を説明する第二の図



【図 27】

第十三の実施形態のモータ駆動制御装置を説明する図



フロントページの続き

(72)発明者 小出 博

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

Fターム(参考) 5H601 AA23 BB01 CC15 DD01 DD11 HH21

5H622 AA03 CA01 CB06