

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4150133号  
(P4150133)

(45) 発行日 平成20年9月17日(2008.9.17)

(24) 登録日 平成20年7月4日(2008.7.4)

(51) Int.Cl.	F 1		
HO2K 11/00	(2006.01)	HO2K 11/00	C
HO2K 29/00	(2006.01)	HO2K 29/00	Z
HO2P 7/06	(2006.01)	HO2P 7/06	G

請求項の数 15 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平11-195808  
 (22) 出願日 平成11年7月9日(1999.7.9)  
 (65) 公開番号 特開2001-25212(P2001-25212A)  
 (43) 公開日 平成13年1月26日(2001.1.26)  
 審査請求日 平成17年4月22日(2005.4.22)

(73) 特許権者 000228730  
 日本サーボ株式会社  
 東京都千代田区神田美土代町7  
 (74) 代理人 100075797  
 弁理士 斎藤 春弥  
 (74) 代理人 100109575  
 弁理士 高橋 陽介  
 (72) 発明者 坂本 正文  
 群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社桐生工場内  
 審査官 櫻田 正紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多極回転電機とそのセンシング方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

略環状の磁性体内面から円中心に向かう心状に等ピッチに配設し夫々が励磁用の巻線を巻装して先端部に複数所定個の磁歯を設けた主極を形成した3相の固定子と、

該固定子の磁歯表面との間に所定のエアギャップを設けて、回転方向にNr個の磁歯を有するギヤ状の磁性体2個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したハイブリッド型回転子、又は、回転方向に各Nr個のN極、S極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成した円筒状永久磁石形回転子を、回転自在に支承して設けた回転電機において、

略前記固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向かう心状に等ピッチに当該回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、

該センサー用固定子極の所定位置にセンサーを装着して先端部に誘導子を形成し、前記固定子に所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、

該センサー用固定子極の誘導子との間に所定のエアギャップを設けて、回転軸に固定して回転方向に前記センサーに対応する被回転検出体を形成したことを特徴とする多極回転電機。

## 【請求項2】

請求項1記載の回転電機において、

当該回転電機の固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向かう心状に等ピッチに当該回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、

該センサー用固定子極夫々の所定位置にセンサーとして磁気感応素子を装着して先端部

に誘導子を形成し、前記固定子に所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、

該センサー用固定子の誘導子に対応し所定のエアギャップを介して、当該回転電機の回転子と同軸上に  $N_r$  又は  $N_r$  の整数倍の磁歯を有するギヤ状の磁性体 2 個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したセンサー用ハイブリッド型回転子、

又は当該回転電機の回転子と同軸上に極対数が  $N_r$  個又は  $N_r$  の整数倍個の N 極、 S 極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成したセンサー用永久磁石形回転子によって前記被回転検出体を形成し、上記磁気感応素子がセンサー用回転子に形成した磁極を検知することにより回転子の位置を検知するように形成したことを特徴とする多極回転電機。

但し、  $N_r = m ( \frac{3}{6} n \pm 1 )$  、又は、

$$N_r = m ( \frac{6}{6} n \pm 1 ) / 2$$

また、  $m = 2$  の整数、  $n = 1$  の整数である。

【請求項 3】

請求項 1 記載の回転電機において、

当該回転電機の固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに当該回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、

該センサー用固定子極夫々の所定位置にセンサーとしてコイルを巻装して先端部に誘導子を形成し、前記固定子に平行に所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、

該センサー用固定子の誘導子に対応し所定のエアギャップを介して、当該回転電機の回転子と同軸上に  $N_r$  又は  $N_r$  の整数倍の磁歯を有するギヤ状の磁性体で形成したセンサー用回転子によって前記被回転検出体を形成し、

上記コイルのインダクタンスがセンサー用回転子に形成した磁歯の有無によって変化することにより回転子の位置を検知するようにしたことを特徴とする多極回転電機。

但し、  $N_r = m ( \frac{3}{6} n \pm 1 )$  、又は、

$$N_r = m ( \frac{6}{6} n \pm 1 ) / 2$$

また、  $m = 2$  の整数、  $n = 1$  の整数である。

【請求項 4】

請求項 3 記載の回転電機において、

センサー用固定子極数を 2 または 2 の倍数とし、上記センサー用コイルの出力信号が相互に電気角で 90 度の位相差を有するように形成したことを特徴とする多極回転電機。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の回転電機において、

当該回転電機に形成するセンサー用固定子極は、当該多極回転電機の固定子に形成する磁極と磁極位置を対応させると共に、被回転検出体に形成した磁極対数又は磁歯数に対応させて、複数所定個の誘導子を形成する磁歯を各所定個、等ピッチで設けたことを特徴とする多極回転電機。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の回転電機において、

当該回転電機に形成するセンサー用固定子極先端の誘導子と、回転軸に固定した被回転検出体とは所定のエアギャップを介して同一円周上で相互に対向させて形成させたことを特徴とする多極回転電機。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の回転電機において、

当該回転電機に形成するセンサー用固定子極先端の誘導子と、

回転軸に固定した被回転検出体とは夫々の側面を所定のエアギャップを介して相互に対面させて形成させたことを特徴とする多極回転電機。

【請求項 8】

請求項 1 記載の回転電機において、

当該回転電機の回転子に形成した円筒状永久磁石と回転軸との間に形成した中子に  $N_r$

10

20

30

40

50

個又は  $N_r$  に比例する個数の所定形状のスリットを設けて該中子を被回転検出体とし、当該回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を上記被回転検出体に対して所定のエアギャップを介して対面するように配設し、

該センサー用固定子極夫々の端面所定位置に上記スリットに対応した形状の複数所定個の誘導子を形成する磁歯を形成し、この磁歯群にコイルを巻装して誘導子を形成し、該コイルのインダクタンスがセンサー用回転子に形成したスリットの有無によって変化することにより回転子の位置を検知するようにしたことを特徴とする多極回転電機。

但し、  $N_r = m (\underline{3} n \pm 1)$  、又は、

$$N_r = m (\underline{6} n \pm 1) / 2$$

また、  $m$  2 の整数、  $n$  1 の整数である。

10

### 【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の多極回転電機において、

回転子に形成される磁極と、

センサー用回転子に形成される磁極又は磁歯の回転子磁極又は磁歯からの回転子方向の位置偏位を  $r$  、任意の相の固定子主極に形成する磁歯とセンサー用固定子の対応する誘導子を形成する磁歯との回転子回転方向の位置偏位を  $s$  とし、下式を満足するように形成したことを特徴とする多極回転電機。

但し、  $0 \leq r \leq 360 / N_r$

$$0 \leq s \leq \underline{120} / N_r$$

また、  $N_r$  は回転子極対数

20

$r = 0$  のときは、  $s = 0$

$s = 0$  のときは、  $r = 0$  である。

### 【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 又は 9 のいずれかに記載の回転電機において、

当該回転電機の回転子の外径を  $D_1$  、当該回転電機の反出力軸側軸受の外径を  $D_2$  、センサー用回転子の外径を  $D_3$  とし、該  $D_1$  、  $D_2$  、  $D_3$  を下式を満足するように形成して、

センサー用固定子とセンサー用回転子の対を当該回転電機の反出力軸側軸受の外部に形成したことを特徴とする多極回転電機。

$D_1 > D_2 > D_3$

30

### 【請求項 11】

請求項 1 乃至 7 又は 9 のいずれかに記載の回転電機において、

当該回転電機の回転子の外径を  $D_1$  、当該回転電機の反出力軸側軸受装着孔の内径を  $D_2$  、センサー用回転子の外径を  $D_3$  とし、該  $D_1$  、  $D_2$  、  $D_3$  を下式を満足するように形成して、センサー用固定子とセンサー用回転子の対を当該回転電機の反出力軸側軸受の外部に形成したことを特徴とする多極回転電機。

$D_1 > D_2 > D_3$

### 【請求項 12】

略環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに配設し夫々が励磁用の巻線を巻装して先端部に複数所定個の磁歯を設けて主極を形成した 3 相の固定子 と、

40

該固定子の磁歯表面との間に所定のエアギャップを設けて、回転方向に  $N_r$  個の磁歯を有するギヤ状の磁性体 2 個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したハイブリッド型回転子、又は、回転方向に各  $N_r$  個の N 極、 S 極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成した円筒状永久磁石形回転子を、回転自在に支承して設けた回転電機において、

上記回転子を軸方向に同心的に貫通する  $N_r$  個又は  $N_r$  に比例する個数のスリット部を形成するか、

又は、回転方向に  $N_r$  個又は  $N_r$  に比例する個数の小歯を有するギヤ状の回転体を形成して被回転検出体を形成し、

上記スリット又は小歯の間隙を貫通し、上記固定子に形成する主極に対応する位置に光センサーを設け、該光センサーによる前記スリット位置を検出するようにしたことを特徴

50

とする多極回転電機。

但し、 $N_r = m (\frac{3}{2}n \pm 1)$ 、又は、

$N_r = m (\frac{6}{2}n \pm 1) / 2$

また、 $m = 2$  の整数、 $n = 1$  の整数である。

【請求項 1 3】

請求項 1 又は 3 乃至 11 のいずれかに記載のコイルをセンサーとして形成した回転電機において、

該センサー用コイルをチョッピング回路に形成し、

センサー用コイルインダクタンスの変化によるチョッピング周期又はデュティの変化を検知して回転子の位置情報を得るようにしたことを特徴とする多極回転電機のセンシング方法。 10

【請求項 1 4】

請求項 1 又は 3 乃至 11 のいずれかに記載のコイルをセンサーとして形成した回転電機において、

該センサー用コイルに交番電圧を供給し、コイルインダクタンス変化による電流値の変化を検知することによって回転子の位置情報を得るようにしたことを特徴とする多極回転電機のセンシング方法。

【請求項 1 5】

請求項 1、2、又は、5 乃至 11 のいずれかに記載の磁気感応素子をセンサーとして形成した回転電機において、 20

該磁気感応素子にホール素子を使用したことを特徴とする多極回転電機のセンシング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回転電機のクローズドループ制御に有効な多極回転電機とそのセンシング方法、特に、複写機等に使用されるステッピングモータ等の多極回転電機のクローズドループ制御に最適な、精度が良く始動時にも安定に作動する安価で高性能の多極回転電機とそのセンシング方法に関する。 30

【0002】

【従来の技術】

小型回転電機で、回転子の現在位置や、現在速度等の情報をフィードバックしてクローズドループ制御を行うようにしたブラシレスモータが、オープンループ駆動のステッピングモータに比べて、無負荷運転時の消費電力の低減、効率向上、回転ムラの低減等に大きな効果が得られるので、近時、複写機等のOA機器等で活用されるようになっている。

一般的なブラシレスモータの回転子極数は、回転子外形が 30 mm 程度のモータでは 14 極程度以下である。

このような構造のブラシレスモータの回転制御用のセンサーとしては、一般に、図 14 又は図 15 に示すように、ホール素子や磁気抵抗素子等の磁気感応素子をエアギャップを介して回転子磁極に対向させる手段が使用されている。 40

【0003】

図 14 及び図 15 はセンシング機能の説明をするために、回転電機としての詳細構成は省略して示している。

図 14 において、101 は回転電機の固定子、102 は固定子に巻装したコイル、103 は周囲に磁極を着磁して形成した回転軸 105 を中心にして回転する回転子、108 は回転子の磁極を検知するホール素子である。

即ち、ホール素子 108 によって、回転子 103 に形成した回転磁極を検出し、この検出信号によってコイル 102 に励磁電流を流すタイミングを設定することによって、回転電機の固定子 101 は、所望の回転速度で回転する。

例えば、回転子の極数が 32 極から 100 極という多極の場合は、円周に沿って多数のス 50

リットを設けた円板に光を透過させ、ホトダイオード等の光感応素子で検知するようにしたパルスエンコーダ等をモータ外部の回転軸に装着する光学式センシング手段か、図15に示すように磁気抵抗素子を利用した磁気エンコーダを回転軸に装着する手段が採用されている。

図15において、113は円筒の周囲に回転方向に着磁した磁気ドラム部分113aを形成した回転子である。なお、115はその回転軸である。回転子113の回転によって発生する磁気の変化は磁気抵抗素子118によって検出され、コンパレータ119によって励磁電流の指令信号を作成するようにしている。

多極回転子の場合には、回転子の誘導速度起電力を利用する手段も利用されている。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したような、多極回転電機を、ホール素子のような磁気感応素子をエアギャップを介して回転子磁極に直接対向させるセンシング方法で、電気角30度に位置決めする場合は、回転子の磁極数が100極の場合の機械角は、電気角で極対数を割った値、即ち、0.6度になる。従って、僅かな機械角のズレが大きな角度誤差となるので、量産時に、回転子磁極とホール素子間の必要な位置精度が得られないと、均一な特性が得られなくなる。また、ホール素子は磁気感応部は外皮が厚めの樹脂で覆われているため、磁気感応部と対向部との間隔が大きくなるので、位置決め精度を低下させる原因にもなっている。

そのために、前述のように、多極回転電機には採用されないでいた。

#### 【0005】

光学式や磁気式のエンコーダを取り付けて回転子の位置情報を得る手段では、回転子が多極の場合は、エンコーダの分解能もそれなりに増加する必要があるために、僅かな機械角度の狂いでも大きな電気角度誤差になるため、エンコーダとの位置合わせのための調整時間がかかり、コスト高になる原因になっていた。

永久磁石式回転電機は、回転子に形成される磁極との対応で、速度起電力が最大になる相のコイルを励磁すると、界磁と電流が直交するので、最大トルクで駆動できる。しかし、回転子の巻線に誘導される回転子の誘導速度起電力をセンサーとして使用する方式では、始動時には速度が零のため、誘導速度起電力が無いので始動時にはセンサーとして利用できず、始動時には、ステッピングモータのように、オープンループで始動する必要があった。

#### 【0006】

上述のように、従来のクローズドループ制御に使用される回転電機は、回転子外形が30mm程度のモータでは14極程度以下であり、回転子の極数が32極から100極のように多極の場合は、外部に、専用のセンサーを装着する必要があるので、調整費用を含めて、高価にならざるを得ないという問題点があった。

また、ステッピングモータはオープンループによる制御方法なので、回転精度がクローズドループよりも明らかに落ちるという問題があった。

#### 【0007】

本発明は、従来のものの上記課題（問題点）を解決し、ステッピングモータ等の多極回転電機のクローズドループ制御を可能にするに最適な、精度が良く、始動時にも安定に作動する安価で高性能のクローズドループ制御を可能にする、センサーを一体に形成した多極回転電機とそのセンサーのセンシング方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に基づく多極回転電機は、略環状の磁性体内面から円中心に向かう求心状に等ピッチに配設し夫々が励磁用の巻線を巻き、先端部に複数所定個の磁歯を設けた主極を形成した3相の固定子と、この固定子の磁歯表面との間に所定のエアギャップを設けて、回転方向にNr個の磁歯を有するギヤ状の磁性体2個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したハイブリッド型回転子、又は、回転方向に各Nr個のN極、S極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成した円筒状永久磁石形回転子を、回転自在に支承して設けた回転電機に

10

20

30

40

50

おいて、略前記の固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに、この回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、このセンサー用固定子極の所定位置にセンサーを装着して先端部に誘導子を形成し、前記固定子に所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、このセンサー用固定子極の誘導子との間に所定のエアギャップを設けて、回転軸に固定して回転方向に前記センサーに対応する被回転検出体を形成したことを特徴とする。

#### 【0009】

上記の回転電機において、この回転電機自体の固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチにこの回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、このセンサー用固定子極夫々の所定位置にセンサーとして磁気感応素子を装着して先端部に誘導子を形成し、所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、このセンサー用固定子の誘導子に対応し所定ギャップを介して、この回転電機自体の回転子と同軸上にN<sub>r</sub>又はN<sub>r</sub>の整数倍の磁歯を有するギヤ状の磁性体2個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したセンサー用ハイブリッド型回転子、又はこの回転電機自体の回転子と同軸上に極対数がN<sub>r</sub>個又はN<sub>r</sub>の整数倍個のN極、S極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成したセンサー用永久磁石形回転子によって被回転検出体を形成し、磁気感応素子がセンサー用回転子に形成した磁極を検知することにより回転子の位置を検知するように形成するのが望ましい。

但し、N<sub>r</sub> = m ( 3 n ± 1 ) · · · · · ( 1 A ) 又は、

$$N_r = m ( \underline{6} n \pm 1 ) / 2 \cdot \cdot \cdot \cdot ( 1 B )$$

また、m 2の整数、n 1の整数である。

又は、これに代え、上記の回転電機において、この回転電機自体の固定子に連結する環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチにこの回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極を配設し、このセンサー用固定子極夫々の所定位置にセンサーとしてコイルを巻装して先端部に誘導子を形成し、所定のエアギャップを介して構成したセンサー用固定子と、このセンサー用固定子の誘導子に対応し所定ギャップを介して、この回転電機自体の回転子と同軸上にN<sub>r</sub>又はN<sub>r</sub>の整数倍の磁歯を有するギヤ状の磁性体で形成したセンサー用回転子によって被回転検出体を形成し、上記のコイルのインダクタンスがセンサー用回転子に形成した磁歯の有無によって変化することにより回転子の位置を検知するようにしても良い。上記において、N<sub>r</sub>は(1A)式又は(1B)式を満足するように形成する。なお、当該回転電機を構成する相数が3であるのに対し、センサー用固定子極数を2または2の倍数とし、上記センサー用コイルの出力信号が相互に電気角で90度の位相差を有するように形成しても良い。

#### 【0010】

上記の回転電機において、形成するセンサー用固定子極は、この多極回転電機自体の固定子に形成する磁極と磁極位置を対応させると共に、被回転検出体に形成した磁極対数又は磁歯数に対応させて、複数所定個の誘導子を形成する磁歯を各所定個、等ピッチで設けるのが望ましい。

また、上記のセンサー用固定子極先端の誘導子と、回転軸に固定した被回転検出体とは所定のエアギャップを介して同一円周上で相互に対向させて形成されるようにしても良く、上記のセンサー用固定子極先端の誘導子と、回転軸に固定した被回転検出体とは夫々の側面を所定のエアギャップを介して相互に対面させて形成することにも良い。

本願発明においては、さらに、適用対象の回転電機において、この回転電機自体の回転子に形成した円筒状永久磁石と回転軸との間に形成した中子にN<sub>r</sub>個又はN<sub>r</sub>に比例する個数の所定形状のスリットを設けて、中子自体を被回転検出体とし、この回転電機を形成する相数又は相数の整数倍のセンサー用固定子極をこの被回転検出体に対して所定のエアギャップを介して対面するように配設し、センサー用固定子極夫々の端面所定位置に上記のスリットに対応した形状の複数所定個の、誘導子を形成する磁歯を形成し、この磁歯群にコイルを巻装して誘導子を形成し、このコイルのインダクタンスが被回転検出体に形成したスリットの有無によって変化することにより回転子の位置を検知するようにすることが

10

20

30

40

50

できる。

上記において、N<sub>r</sub> は (1A) 式又は (1B) 式を満足するように形成する。

【 0 0 1 1 】

上記のセンサー用固定子極は、この多極回転電機自体の固定子に形成する磁極と磁極位置に対応させると共に、被回転検出体に形成した磁極対数又は磁歯数に対応させて、複数所定個の誘導子を形成する磁歯を各所定個設けるようにしてセンサーとして磁気感応素子を形成した場合に、この多極回転電機自体の回転子に形成される磁極と、センサー用回転子に形成される磁極又は磁歯の回転子方向位置偏位を  $r$  、任意の相の固定子主極に形成する磁歯とセンサー用固定子の対応する誘導子を形成する磁歯との回転子回転方向の位置偏位を  $s$  とし、下式を満足するように形成するのが望ましい。

但し、0 r 360 / N r . . . . . ( 2 A )

0 s 1 2 0 / N r . . . . . ( 2 B )

また、 $N_r$  は回転子極対数

さらに、上記の回転電機において、当該回転電機の回転子の外径をD1、当該回転電機の反出力軸側軸受の外径をD2、センサー用回転子の外径をD3とし、該D1、D2、D3を下式を満足するように形成して、センサー用固定子とセンサー用回転子の対を当該回転電機の反出力軸側軸受の外部に形成しても良い。

D 1 > D 2 > D 3 . . . . . ( 4 A )

上記において、回転電機の反出力軸側軸受装着機構にスラスト受けを形成している場合は、反出力軸側軸受装着孔の内径を  $D_2$  とし、下式を満足するように形成する。

D 1 > D 2 > D 3 . . . . . . . . . ( 4 B )

また、略環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに配設し夫々が励磁用の巻線を巻装して先端部に複数所定個の磁歯を等ピッチで設けた主極を形成した3相の固定子と、この固定子の磁歯表面との間に所定のエアギャップを設けて、回転方向にN<sub>r</sub>個の磁歯を有するギヤ状の磁性体2個の間に軸方向に磁化した永久磁石を挟持したハイブリッド型回転子、又は、回転方向に各N<sub>r</sub>個のN極、S極同数の永久磁石を交互に円筒状に形成した円筒状永久磁石形回転子を、回転自在に支承して設けた回転電機において、上記の回転子を軸方向に同心的に貫通するN<sub>r</sub>個又はN<sub>r</sub>に比例する個数のスリット部を形成するか、回転方向にN<sub>r</sub>個又はN<sub>r</sub>に比例する個数の小歯を有するギヤ状の回転体を形成して被回転検出体を形成し、上記スリット又は小歯の間隙を貫通し、上記固定子に形成する主極に対応する位置に光センサーを設け、この光センサーによってスリット位置を検出するようにしても良い。

【 0 0 1 2 】

上記において、N<sub>r</sub> は (1A) 式又は (1B) 式を満足するように形成する。

上記のコイルをセンサーとして形成した回転電機において、このセンサー用コイルをチョッピング回路に形成し、コイルインダクタンスによるチョッピング周期又はデュティの変化を検知して回転子の位置情報を得るようにしても良い。

また、センサー用コイルに交番電圧を供給し、コイルインダクタンスによる電流値の変化を検知することによって回転子の位置情報を得るようにも良い。

また、上記の磁気感応素子をセンサーとして形成した回転電機において、該磁気感応素子にホール素子を使用するのが望ましい。

【 0 0 1 3 】

上述のような構成によると、安価なホール素子のような磁気感応素子やコイル、又は、光センサーを、回転電機自体の固定子や回転子の部品、又は、加工手段を流用できる類似構造のもので簡単に構成しながら、多極回転電機のクローズドループ制御用の精度の良いセンサーとして使用できる。

センサーに磁気感応機能を使用し、センサー用固定子極に誘導子としての磁歯を設けた場合は、この磁歯部に回転子磁束を導き、それを集めて磁気感応素子に導いて磁気変化を検

知できるので、センサーの装着位置精度として特別の考慮をしないでも所望される計測精度が得られる。

センサー用回転子の周囲をギヤ状に形成した場合は、材料が安価な磁性鉄板で良く、温度等に影響され難い安定度の高い位置決めができる。

円筒磁石型回転子の中子にスリットを設けた場合は、特別のセンサー用回転子の構成をせず、誘導速度電圧を利用しないでも良いので、始動時から、精度良く回転子位置を検出できる。

センサーとしてコイルのインダクタンス変化を利用した場合は、簡単な構造と構成で所望される精度で回転子位置を検出できる。

センサーとして光の通過変化を利用した場合も、簡単な構造と構成で所望される精度で回転子位置を検出できる。 10

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の各実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

実施の形態1：実施の形態1は、3相式6極の永久磁石形回転電機に、本発明の請求項2に記載する手段を適用した例を示している。図3は、本発明を適用する3相式6極の永久磁石形回転電機の横断面を示す図であって、1は固定子で相数の所定倍、即ち、本実施の形態では3相6極として6個の固定子主極1Aを形成させている。図3において、6個の主極は略環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに配設され、各主極1A夫々には励磁用のコイル2を巻装して先端部に複数所定個の極歯となる磁歯1aを等ピッチで設けている。また、磁歯1aの内面との間に所定のエアギャップを介して、図示しない軸受によって回転自在に支承される回転軸5に固着される回転子3が、磁性鉄等の磁性材で形成する中子4を介して、周囲に永久磁石3Aを回転方向に永久磁石のN極、S極を交互にNr対形成し、円筒式永久磁石型回転子を形成している。 20

但し、Nr = m (3n ± 1) ····· (1A)

Nr = m (6n ± 1) / 2 ····· (1B)

を満足するように形成されている。また、m 2の整数、n 1の整数である。図3は、上記(1A)式を満足し、m = 2、n = 3の場合を構成している。即ち、3相であるから、主極数は6で、(1A)式から、Nr = 2 (3 × 3 - 1) = 16になり、ステップ角は、 = 60 / Nr の関係にあるから、 = 3.75度の回転電機である。(1B)式が適用される回転電機は、例えば、HB型3相ステッピングモータで、m = 4で12極、n = 4の場合は、(1B)式から、Nr = 4 (6 × 4 + 1) / 2 = 50で、ステップ角は、 = 60 / Nr の関係にあるから、 = 1.2度の回転電機になる。以下の説明においては、ステッピングモータに位置検出用のセンサーを内蔵させてクローズドループ制御を実行することも含め、本発明を適用する多極回転電機を回転電機と称して説明する。 30

#### 【0015】

図1、図2によって、この回転電機に構成されるセンシングシステムを説明する。

図1は、図3に示す回転電機の縦断正面図であるが、図示の都合上、図2に示すように相互に120度隔てて配置される磁気感応素子U1、V1、W1を同一形状で示すために回転電機を120度の間隔で縦断して示している。 40

図1において、夫々、1は固定子、2はコイル、5は回転軸であり、6は出力側カバー、7は反出力側カバー、8は軸受である。

また、11は固定子1に固定される詳細を後述するセンサー用固定子極11Aを備えたセンサー用固定子で、ホール素子等の磁気感応素子U1(及びV1、W1)をセンサーとして備えている。13は、詳細を後述する被検出体としての機能を備えたセンサー用回転子である。(以下の説明では被検出体という用語をできるだけ使用せず、センサー用回転子というような機能名で説明する。)

#### 【0016】

図2は、図1を右側からみたセンサーシステムを示していて、固定子1と同一又は相当の所定特性の鉄材等の磁性材料で形成されたセンサー用固定子極11Aは、略環状の磁性体 50

内面から円中心に向け求心状に等ピッチに配設され、先端部に所定数の磁歯 11a を誘導子として備え、環状の磁性体と磁歯 11a 部との間にヨーク部 11b を形成している。各固定子極 11A のヨーク部 11b には、磁気感応素子より成るセンサー U1、V1、W1、例えば、ホール素子が装着されている。

また、磁歯 11a の内面との間に所定のエアギャップを介して、図示しない軸受によって回転自在に支承される回転軸 5 に固着されるセンサー用回転子 13 が構成されている。センサー用回転子は、永久磁石 13A を回転方向に N 極と S 極を交互に、Nr 対又は Nr の倍数対形成した円筒状永久磁石が、磁性鉄等の磁性材で形成する中子 14 によって回転軸 5 に固定されている。

本実施の形態では、3 相各 1 個のセンサー用固定子極を形成した例を示している。しかしながら、3 相機の励磁タイミングを設定するためのセンサー用固定子極としては、3 の倍数である、3、6、9、12、等であれば良いことは当然である。

#### 【0017】

上記において、センサー U1 の検知信号は 3 相回転電機における U 相の位置検出用に、センサー V1 の検知信号は 3 相回転電機における V 相の位置検出用に、センサー W1 の検知信号は 3 相回転電機における W 相の位置検出用に夫々使用される。

各ヨーク部 11b の先端に、誘導子として機能する固定子主極 1A と相当形状で上記センサー用回転子の周囲に形成した永久磁石の対数と対応させた数の磁歯 11a が前述したように、誘導子として形成されている。

誘導子は、センサー用回転子に形成した永久磁石の磁束を効率良くまた精度良くセンサー U1、V1、W1 に導く機能を有している。

各センサー用固定子極に対するセンサーの装着位置は、該ヨーク部 11b の形状と誘導子の磁歯 11a の形状等に対応して、適切な感度が得られるように、該ヨークの略環状の磁性体内面から誘導子の磁歯 11a との分岐部との間の適切な位置に装着すれば良い。

#### 【0018】

センサー用回転子 13 は周囲を円形にして、前述したように、回転子 3 の周囲に形成される Nr 対の N 極、S 極と同数の Nr 対数の N 極、S 極を形成している。上記において、N 極と S 極の対数 Nr は、上記の (1A) 式を満足するように構成される。上記の中子 4 及び 14 は、磁性鉄等の磁性材で形成するのが望ましい。上図において、回転電機機能の永久磁石によって回転子に形成される磁極 N 極又は S 極と、センサー用回転子 13 に形成される磁極 N 極又は S 極との回転子の回転方向の位置偏位を  $r$ 、任意の相の固定子主極 1A に形成する磁歯 1a とセンサー用固定子 11 の対応する磁歯 11a との回転子回転方向の位置偏位を  $s$  としたとき下記式を満足する。

$$0 \quad r \quad 360 / Nr \dots \dots \dots (2A)$$

$$0 \quad s \quad 120 / Nr \dots \dots \dots (2B)$$

但し、Nr は回転子極対数

$$r = 0 \text{ のときは, } s = 0$$

$$s = 0 \text{ のときは, } r = 0$$

#### 【0019】

上記のセンサー用固定子は、回転電機本体の、一般的加工手段のように、固定子が薄板磁性鋼板をプレスで打ち抜いて加工されている場合は、この加工のプレス型を利用して打ち抜き加工をすれば良い。

この場合は、各センサー用固定子の誘導子と固定子主極に形成した磁極との相互の位置関係精度が得られるので、ヨーク部にセンサーを装着する位置精度には大きく影響されないで、所望する計測精度が得られる。

#### 【0020】

実施の形態 2 :

2 相式 4 極の永久磁石形回転電機の固定子を 1 枚の鉄板から、プレスによる打ち抜き加工で作成できる構造にしたセンシングシステムに関し、実施の形態 2 として、図 1 及び図 2 によって説明する。回転子は実施の形態 1 と類似の構造をしているので、図 1 及び図 2 と

10

20

30

40

50

同様の符号を使用して説明は省略する。

次に、上記の構成におけるセンサー U 1、V 1、W 1 の働きを説明する。

今、図 2 に示すように、U 相用のセンサー U 1 の磁歯がセンサー用回転子 1 3 の N 極に対向していると、矢印 j に示すように、磁束はセンサー用固定子極 1 1 A に形成されるが、ヨーク部 1 1 b を通る磁束 k は、センサー U 1 の装着のために細く形成されているために、飽和して、漏洩磁束がセンサー U 1 を通る。従って、センサー U 1 は磁気を検知した信号を出力する。

上記のように、回転電機機能の永久磁石によって回転子に形成される磁極 N 極又は S 極と、センサー用回転子 1 3 に形成される磁極 N 極又は S 極との回転子方向位置偏位を  $r$  に形成している。従って、クローズドループ制御機能を構成している、この回転電機の適用システムにおいて、センサー U 1 は、この回転電機の回転子の回転位置を精度良く検知するので、U 相の励磁タイミングを決定することができる。10

また、本実施の形態では 3 個装着しているいずれかのセンサーの出力信号の単位時間当たりの数を計数することによって、この回転電機の回転速度を計測することもできる。

#### 【0021】

実施の形態 3 :

図 4、図 5 によって、本発明に基づく、上記の実施の形態 2 とは別のセンサーシステムを 3 相ハイブリッド（以下 HB と称す）型ステッピングモータに適用した実施の形態 3 を説明する。

図 4 は、前述した図 1 同様、回転電機の縦断正面図であって、1 は固定子、2 はコイル、5 は回転軸であり、6 は出力側カバー、7 は反出力側カバー、8 は軸受である。20

図 5 は、図 4 を右側からみたセンサーシステムを示している。

本実施の形態の説明においては、詳細の図示説明は省略しているが、主極の数が、6 個、9 個、12 個等で、各主極に磁歯を設けている固定子を有する回転電機（ステッピングモータ）に適用できる。

図 4 において、9 a、9 b は夫々外周に  $N_r$  個の磁歯を形成させ、相互に 1 / 2 ピッチ偏位させた磁性体であって、回転軸方向に磁化した永久磁石 1 0 を挟持し、回転軸 5 に固着されている。

即ち、磁性体 9 a、9 b 及び永久磁石 1 0 により HB 型回転子 R を形成している。

#### 【0022】

次に、図 4、図 5 によってセンサーシステムの説明をする。

同図において、1 5 は、固定子 1 と同一又は相当の所定特性の鉄材等の略環状の磁性材料で形成されたセンサー用固定子で、センサー用固定子極 1 5 A は、この略環状の磁性体内面から円中心に向け求心状に等ピッチに配設され、先端部に所定数の磁歯 1 5 a を誘導子として備え、環状の磁性体と磁歯 1 5 a 部との間にヨーク部 1 5 b を形成している。

各固定子極 1 5 A のヨーク部 1 5 b には、センサーとしてコイル 1 2 が巻装されている。

また、磁歯 1 5 a の内面との間に所定のエアギャップを介して、軸受 8 によって回転自在に支承される回転軸 5 に固着されるセンサー用回転子 1 6 が構成されている。センサー用回転子 1 6 は、センサー用固定子 1 5 の誘導子（磁歯 1 5 a）に対応し所定ギャップを介して、回転電機の回転子 R と同軸上に  $N_r$  又は  $N_r$  の整数倍の磁歯 1 6 a を形成したギヤ状の磁性体で形成して被回転検出体を形成している。40

#### 【0023】

本実施の形態では、U 相、U 相、V 相、V 相、W 相、W 相の 3 相各 2 個のセンサー用固定子極を形成した例を示している。しかしながら、3 相機の励磁タイミングを設定するためのセンサー用固定子極としては、3 の倍数である、3、6、9、12 等であれば良いことは当然である。

上記のセンサー用固定子極 1 5 A の磁歯 1 5 a の数とピッチはセンサー用回転子 1 6 に形成する磁歯 1 6 a の数、即ち、ピッチに対応した値に形成している。従って、センサー用固定子極 1 5 A の磁歯 1 5 a は、センサーとしての必要精度と感度との対応でその数を設定すれば良い。従って、検出感度等が許容できれば 1 個の磁歯でも良い。50

## 【0024】

次に、図6によって上記構造の動作原理を説明する。

図6は、各相のセンサー用固定子極15A、即ち、コイル12と、センサー用回転子16に形成した磁歯16aとの位置関係に伴うインダクタンス変化を示した図であって、同図(A)は、U相のセンサー用固定子極15Aとコイル12及びセンサー用回転子の磁歯16aとの位置関係を示し、同図(B)には、同図(A)に示す位置関係に対応するU相用コイルのインダクタンス変化曲線、同図(C)には、同一タイミングにおけるV相用コイルのインダクタンス変化曲線、同図(D)には、同一タイミングにおけるW相用コイルのインダクタンス変化曲線を示している。なお、図6(A)～(D)では、説明の便宜上、センサー用固定子極15Aの磁歯は1個に収斂し、センサー用回転子も、センサー用固定子極の磁歯に対応する全ての磁歯を1個に収斂した状態で示している。10

従って、センサー用回転子の磁歯と、センサー用固定子極を夫々誘導子と称して説明する。

## 【0025】

図6(A)のA1は、センサー用固定子極15Aと、センサー用回転子16の誘導子が完全に対向した位置にある状態を示している。即ち、同図(B)に示すようにU-U相のコイルのインダクタンスは最大である。

センサー用回転子16が電気角で90度回転し、センサー用固定子極15Aとセンサー用回転子16夫々の誘導子の位置関係が同図A2に示すようになると、同図(B)に示すように中間値になり、さらに、センサー用回転子16が電気角で90度回転すると、図6(A)のA3に示すように、センサー用固定子極15Aとセンサー用回転子16夫々の誘導子の位置関係は、完全に非対向位置になって同図(B)に示すようにインダクタンスは最小値になる。さらに、センサー用回転子16が電気角で90度回転すると、センサー用固定子極15Aとセンサー用回転子16夫々の誘導子は、図6(A)のA4に示す位置関係になって、同図(B)に示すようにインダクタンスは中間値になる。20

## 【0026】

この間、V相のコイルのインダクタンス値は、同図(C)に示すように、U相のコイルから電気角で120度偏位していて、V相のコイルを装着したセンサー用固定子極15Aと、センサー用回転子16の誘導子が完全に対向位置になると、V相のインダクタンス値は最大になるように変化する。30

同様に、W相のコイルのインダクタンス値は、同図(D)に示すように、V相のコイルのインダクタンス特性から電気角で120度偏位して変化する。

上記のように、センサー用固定子極15Aの誘導子、即ち磁歯15aとセンサー用回転子16の誘導子、即ち磁歯16aが対向している場合と、相互の磁歯間に対向している場合で、コイル12のインダクタンス値が最大に変化するので、このようなインダクタンス変化を計測するように構成すれば、回転電機の各相に励磁すべきタイミングが判定できる。

## 【0027】

実施の形態4：

上記の回転電機を構成する相数Pが3である場合、センサー用固定子極数を2または2の倍数とし、センサー用コイルの出力信号が相互に電気角で90度の位相差を有するように形成する。40

即ち、例えば、回転電機の相数が3の場合、センサー用固定子極数も3とすれば、3個のセンサー用コイルからは図6に示すように、相互に電気角で120度偏位する信号が得られるので、対応する回転電機各相の回転位置を検知できる。

これに対して、上記のように形成すると、各センサー用コイルの出力信号波形は図6に示すように正弦波形になり、相互に90度の位相差を有するので、この出力信号をsin値およびcos値とし、三角関数の特性を利用した演算によって120度位相差を有する3相信号を作成する。

従って、この3相信号によって、センサー用固定子極と回転電機本体の固定子極位置が固定されているので、固定子極位置を検知する。50

## 【0028】

## 実施の形態5：

上記の各実施の形態においては、センサー用固定子の誘導子と、センサー用回転子の誘導子又は永久磁石が回転軸上で対向するように構成されていたが、別の構成例である実施の形態5を図7によって説明する。

図7は、センサー構成部における回転電機の縦断正面図であって、17は、実施の形態1に記したセンサーを装着したセンサー用固定子、又は、実施の形態2に記したコイルを装着したセンサー用固定子に相当する形状のセンサー用固定子である。図7には、コイルを形成した図を示しているが、コイルに変えて、図2と同様、ヨーク部を狭くしてホール素子等の磁気感応素子を装着しても、後述するように、被回転検出体の構造を対応させることによって、同様に使用できる。

18は、センサー用回転子でセンサー用固定子17が、磁気感応素子を装着したセンサー用固定子に相当する場合は、実施の形態1に示したように、永久磁石のN極とS極を交互に形成したセンサー用回転子とし、センサー用固定子17が、コイルを装着したセンサー用固定子に相当する場合は、実施の形態3に示したように、先端に誘導子としての磁歯を形成したセンサー用回転子となる。

その他の符号は説明を省略するが図1と同一である。

即ち、本実施の形態では、センサー用固定子に装着したセンサーが、センサー用固定子に形成した磁歯の側面で、所定のエアギャップを介して対応するセンサー用回転子の先端部に形成した磁極又は誘導子の変化を検知するように構成したものである。

従って、センサー用固定子に装着したセンサーが効率良く対象体を検知できるように、それぞれの磁極、誘導子等を適切な形状に形成することは当然である。

## 【0029】

## 実施の形態6：

上記の1乃至3の各実施の形態においては、センサー用固定子の誘導子と、センサー用回転子の誘導子又は永久磁石が同一円周上で対向するように構成された例を示し、実施の形態5では、センサー用固定子とセンサー用回転子とが相互に側面で対向する例を示したが、別の実施の形態6を図8によって説明する。

図8において、同図(A)は、センサー構成部における回転電機の縦断正面図であって、同図(B)はセンサーシステム部の正面図を示している。また、同図(C)はその要部展開図、同図(D)はセンサー部の側面図である。

同図において、27は、実施の形態1に記したセンサーを装着したセンサー用固定子であって、側面に円周状に、この回転電機の主極数又は比例数の所定形状の突起23が磁極として形成され、所定数の磁極を一組にしてセンサーとしてコイル22を巻装している。

28は、回転軸に固着した磁性材料で構成した被測定体としてのセンサー用回転子であって、Nr個又はNrに比例する個数設けた所定形状のスリット24を、上記センサー用固定子27に形成した突起23及びコイル22に対応して設けている。

即ち、同図においては、センサー用回転子28のサイドに形成したスリット部の軸方向に所定のエアギャップを介して該スリット部に対向してコイル22を装着したセンサー用固定子を形成したものである。

即ち、上述した実施の形態3と同様、コイルのインダクタンス値の変化を感知して回転子の回転位置情報を得ることができる。

## 【0030】

## 実施の形態7：

上記の実施の形態6においては、被測定体としてセンサー用回転子を形成した例を説明したが、これとは別の実施の形態7を説明する。

詳細の図示は省略するが、前述した図1、図3に示した回転子中子4を磁性体で構成し、少なくともその片面端部近傍に、同心的にNr個又はその整数倍のスリット設け、上記図7に示したセンサー用固定子のように、このスリット部の軸方向に所定のエアギャップを介して該スリット部に対向してコイルを装着したセンサー用固定子を形成したものである

10

20

30

40

50

。

即ち、回転電機自体の回転子を被回転検出体とし、上述した実施の形態3同様、コイルのインダクタンス値の変化を感知して回転子の回転位置情報を得ることができる。

#### 【0031】

実施の形態8：

図9によって、センサー付き回転電機を小形にし、しかも、回転電機部とセンサー用回転体とセンサー用固定子の位置決めを容易にした実施の形態8を説明する。上記実施の形態7までに説明した要素機能の説明は省略する。

図9において、51は固定子、52はコイル、55は回転軸であり、56は出力側カバー、57は反出力側カバー、58は軸受、59は回転子である。

10

また、61Aは固定子51との間が固定され、センサーとしてのコイル62が巻装されたセンサー用固定子極であって、63は、詳細を後述する、被回転検出体を形成するセンサー用回転子である。

#### 【0032】

図示は省略するが、前述した各実施の形態同様、センサー用回転子63の外周には、Nr又は同数の整数倍の磁歯が誘導子として形成され、各センサー用固定子極61Aには、この磁歯の寸法、即ちピッチに対応した数の誘導子が形成されている。

同図に示すように、回転電機自体の回転子59の外径をD1、軸受58の外径をD2、センサー用回転子の外径をD3としたとき、

D1 > D2 > D3 · · · · · (4A)

20

とし、回転子59の外部に形成した磁歯とセンサー用回転子63の外部に形成した誘導子としての磁歯は、回転中心を中心として所定角度r偏位させて固定し、一体にして組み立てている。

上記構造において、軸受58にスラスト軸受機能を有している場合は、

反出力側カバー57に形成した軸受58装着用穴の内径をD2とすると、

D1 > D2 > D3 · · · · · (4B)

とする。

#### 【0033】

上図のように組み立てるには、固定子51とセンサー用固定子61を反出力側カバー57を間に適切に構成した治具によって位置決めして固定する。また、回転電機自体の回転子59とセンサー用回転子63を軸受58を中間にして、治具によって位置合わせをして回転軸55に固定する。

30

その後、前記のように構成した回転軸55を図に示す左側から、反出力側カバー57に挿入して軸受58を固定し、さらに、出力側カバー56に固定した軸受58を回転軸55を貫通するようにして、出力側カバー56を固定子51と反出力側カバー57に図示しないねじで固定する。

#### 【0034】

実施の形態9：

図10、図11によって、回転電機自体の回転子の中子にスリットを形成した実施の形態9を説明する。

40

モータとしての主要要素は図1、図2と同一の符号を付して説明は省略する。

図10、図11において、回転子93の外部には、図10に示すように、図1と同様、回転軸に平行に回転方向に永久磁石N極、S極が交互の32極磁化されている。

中子94は、他の回転電機と同様、磁性薄板鉄板を打ち抜いて積層され回転軸5に固定されている。

該中子94は、図に示すように、外部に、同心に16個のスリット、a-1、a-2、· · ·、a-n、· · ·、a-16、その内部に3個のスリット、b-1、b-2、b-3が等間隔に設けられている。また、スリットa-1と、b-1とは、中子の中心を結ぶ半径上に形成されていて、さらに内部にスリットCが設けられている。

なお、スリットの数は、上記のような数ではなく、回転電機としての相数と主極の数に対

50

応し、各コイルに励磁電流を供給するタイミングを決定するための回転子位置を所望される精度で計測できれば良い。

出力側カバー 6、反出力側カバー 7 には、図 10 及び図 11 に示すように、上記スリット a - 1 ~ a - 16、b - 1 ~ b - 3 及び C を貫通する光りを検知できる、光センサーとして、半導体レーザ等の発光素子 97 と受光素子 98 が、必要な精度を得られるように、回転電機の固定子極位置に対応させて所定個数、対向させて装着している。即ち、本実施の形態も、回転電機自体の回転子を被回転検出体を形成している。

#### 【 0 0 3 5 】

上記の構造において、回転電機が駆動され回転子 93 が回転すると、発光素子 97 と受光素子 98 が形成する光線を回転子 93 に形成したスリットが断続する。

従って、光センサーの前を上記スリット a - 1 ~ a - 16 が通過すると、その通過ピッチから回転電機の回転速度が計測でき、光センサーの前を上記スリット b - 1 ~ b - 3 が通過すると、その通過タイミングから、各固定子極を励磁すべきタイミングが判定でき、光センサーの前を上記スリット C が通過すると、その通過タイミングから、対応する所定の固定子極、例えば、U 相の固定子極を励磁すべきタイミングが判定できる。

上記において、V 相の固定子極を励磁すべきタイミングは、スリット C が通過した後にくるスリット b - 1 ~ b - 3 のいずれかの通過から判定でき、W 相の固定子極を励磁すべきタイミングは、スリット C が通過した 2 個目にくるスリット b - 1 ~ b - 3 のいずれかの通過から判定できる。

#### 【 0 0 3 6 】

図 10 に示すスリットの配置は一例であって、各固定子極の位置を直接検知できるように、同一径上に形成した複数スリットの組み合わせから直接検知できる等、光センサーの配置と対応させて適切に形成すれば良い。

また、必要な各固定子極位置の検出精度と対応させて、同一固定子極位置に対応させた光センサーを同一円周上に適切に配設し、検知される複数信号を例えば、論理加算する等、そのセンシングシステム構成の論理に対応させた処理を行って得るようにしても良い。

また、上記の説明では光源と受光素子を一対一で対応させたが、どちらかを又は両方を共通にし、光学的処理で弁別できるようにしても良いことは当然である。

#### 【 0 0 3 7 】

実施の形態 10 :

詳細の図示は省略するが、実施の形態 9 とは別の光センサーを使用した実施の形態 10 を説明する。

即ち、実施の形態 9 では回転電機の回転子自体を被回転検出体に形成した例を説明したが、本実施の形態では、実施の形態 3 で説明したように、周囲に  $N_r$  個又は  $N_r$  の倍数個のギヤ状の小歯を形成した円板を被回転検出体として、回転子とは所定のエアギャップを介して回転体に固定し、この円板の小歯を挟んで投光機能と受光機能を形成して光センサーを形成したものである。

本実施の形態の場合も、単に円板の周囲に小歯を形成するのみではなく、適切にスリットを形成して小歯とスリットを組み合わせ、対応して光センサーを構成するようにしても良い。

#### 【 0 0 3 8 】

実施の形態 11 :

次に、上記の各実施の形態に記載のように構成したセンサーによって回転子位置を検出し、回転電機の対応する位相回路に励磁電流を供給する手段の例を、コイルをセンサーとする実施の形態 3 等を対象として、図 12、図 13 を参照して説明する。

図 12 には、回転子位置を検出し、回転電機の対応する位相回路に励磁電流を供給する手段に関する一例の回路構成を、図 13 には、図 12 に示す回路によって実行される働きを、横軸を時間にしたフロー図によって示している。

図 12 において、31U、31V、31W は、夫々前述したセンサーとして構成した U 相、V 相、W 相のコイルである。

10

20

30

40

50

32a～32cは夫々各相用のトランジスタ、33a～33cは夫々各相用の第1のコンパレータ、34a～34cは夫々各相用の固定抵抗器、35a～35cは後述する機能を備えた第2のコンパレータであり、36は回転電機の各相励磁巻線37U、37V、37Wに電流を供給するドライバーを一括して示している。

#### 【0039】

第1のコンパレータ33a～33cには夫々信号振幅との対応でチョッピング幅、従って、チョッピング周波数を設定する基準信号Vtを入力している。

従って、各トランジスタ32a～32cと各コンパレータ33a～33cとで、基準信号Vtを使用して図13(B)に示すチョッピング電流itを作成している。

図13(A)には所定相コイルのインダクタンス変化値を、同図(B)には上述したチョッピング電流itを、同図(C)には、図12に図示は省略した波形成形回路を経由し成形されたチョッピング電流Rtの波形を、同図(D)には、同じく図示を省略している波形成形回路で、予め計測し、設定されている最適回転子位置を得るための上記成形チョッピング電流Rtに同期する周波数の定幅パルスRrの波形を夫々示している。

#### 【0040】

図13(B)に示すように、各相において、同図(A)に示すインダクタンス変化に対応してチョッピング電流itが変化する。

即ち、コイルと被回転体に形成した磁歯との位置関係等によって、コイルインダクタンスが変化し、回路時定数が変化するので、チョッピング電流波形が変化する。よって、図13(C)及び同図(D)に示すように、インダクタンス値に対応してパルス幅が変化する。

従って、同図(C)に示すチョッピング電流itから変換したチョッピング電流Rtと、同図(D)に示す定幅パルスとから、第2のコンパレータ35a～35cによって、成形チョッピング電流Rtと定幅パルスRrとの時間幅がほぼ等しいタイミングから次に再度等しくなったタイミングまで継続する、同図(E)に示す各相に対する次相励磁信号Ptを作成する。

なお、所定周波数の交番電圧やチョッピング信号をコイルに印加してコイルのインダクタンス変化に伴うリアクタンス変化を、振幅変化や位相偏位によって検出するようにしても良い。

上述したのは、コイルのインダクタンス変化をセンサーとして使用した一例であって、目的を達成するためには、任意の回路を設定すれば良い。例えば、チョッピング電流itを積分するようにしても良い。

また、磁気感応素子や受光素子をセンサーとして使用する手段は、夫々の素子に対応した信号変換回路を適用し、上記に準じて構成すれば良いので説明は省略する。

#### 【0041】

上述の説明では3相6極の電動機を発明技術適用の対象として説明したが、100極のような多極電動機を対象とする場合も、同様の手段をその回転電機の構造に対応して適切に適用できる。

また、その多極電動機の構造に対応して、上記説明した各種実施の形態から適当な実施の形態を参照してセンサーの種類と装着構造及び被回転検出体の構造を選択設定すれば良いことは当然である。

#### 【0042】

##### 【発明の効果】

本発明に基づく多相回転電機とセンシング方法は、上述のように構成し作動するようにしたので、次のような優れた効果を有する。

(1)安価なホール素子のような磁気感応素子やコイル、光センサーを、回転電機自体の固定子や回転子の部品、又は、加工手段を流用できる類似構造のもので簡単に構成しながら、多極回転電機クローズドループ制御用の精度の良いセンサーとして使用できる。

(2)センサーに磁気検出機能を使用し、センサー用固定子に誘導子としての極歯を設けた場合は、この極歯部に回転子磁束を導き、それを集めて磁気感応素子やコイルに導いて磁

10

20

30

40

50

気変化を検知できるので、センサーの装着位置精度として特別の考慮をしないでも所望される計測精度が得られる。

(3)センサー用回転子の周囲をギヤ状に形成した場合は、材料が安価な磁性鉄板で良く、温度等に影響され難い安定度の高い位置決めができる。

(4)円筒磁石型回転子の中子にスリットを設け、回転子自体を被回転検出体とした場合は、特別のセンサー用回転子の構成をせず、誘導速度電圧を利用しないでも良いので、起動時から、精度良く回転子位置を検出できる。

(5)センサーとしてコイルのインダクタンス変化を利用した場合は、簡単な構造と構成で所望される精度で回転子位置を検出できる。

(6)請求項10又は11に記載した手段を適用すると、回転電機自体の固定子の主極とセンサー用固定子極との位置決め、センサー用回転子の位置決め等が簡単な手段で容易に実行でき、センシングシステムを組み込んだ回転電機の組み立てが容易に実行できる。 10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1及び2を説明する回転電機の縦断正面図である。

【図2】図1に示す実施の形態1及び2におけるセンサーシステムを説明するセンサー用固定子とセンサー用回転子の正面図である。

【図3】本発明の実施の形態1を適用する回転電機の横断面図である。

【図4】本発明の実施の形態3を説明する回転電機の縦断正面図である。

【図5】図4に示す実施の形態3におけるセンサーシステムを説明するセンサー用固定子とセンサー用回転子の正面図である。 20

【図6】実施の形態3の動作を説明する説明図で、同図(A)はU相のセンサー用固定子極とコイルとセンサー用回転子の関係位置を示す図、同図(B)、同図(C)及び同図(D)は夫々U相、V相及びW相の各コイルインダクタンスの変化を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態5の回転電機のセンサーシステムの構成を説明する要部縦断正面図である。

【図8】本発明の実施の形態6を説明する図で、同図(A)は実施の形態6の回転電機の縦断正面図、同図(B)はセンサー部分の正面図、同図(C)はセンサー部分の展開図、同図(D)はセンサー部分の側面図である。

【図9】本発明の実施の形態8を説明する回転電機の縦断正面図である。

【図10】本発明の実施の形態9におけるセンサーシステムを説明する横断面図である。 30

【図11】図10に示す実施の形態9におけるセンサーシステムを説明する回転電機の縦断正面図である。

【図12】本発明の実施の形態11におけるコイルをセンサーとして使用するセンシングシステムを説明する回路構成を示すブロック回路図である。

【図13】図12に示す実施の形態11の機能を説明するブロック図によるセンシング機能を示す時間フロー図で、同図(A)は所定相コイルのインダクタンス変化図、同図(B)はチョッピング電流i(t)の波形図、同図(C)はチョッピング電流R(t)の波形図、同図(D)は成形チョッピング電流R(r)の波形図、同図(E)は次相励磁信号P(t)の波形図である。

【図14】従来例のクローズドループ制御回転電機のための回転子の位置情報を検知する手段例を説明する回転電機の固定子及び回転子の斜視図である。 40

【図15】従来例のクローズドループ制御回転電機のための回転子の位置情報を検知する図14とは別の手段例を説明する回転電機の固定子及び回転子の斜視図とセンシングのためのブロック回路図とを併記した構成図である。

【符号の説明】

- 1、1A、51：固定子
- 2、52：コイル(巻線)
- 3、93：回転子
- 4、94：ヨーク
- 5、55：回転軸

10

20

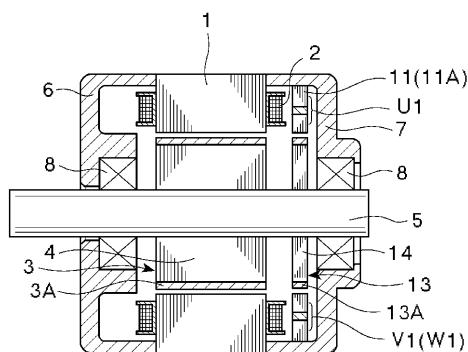
30

40

50

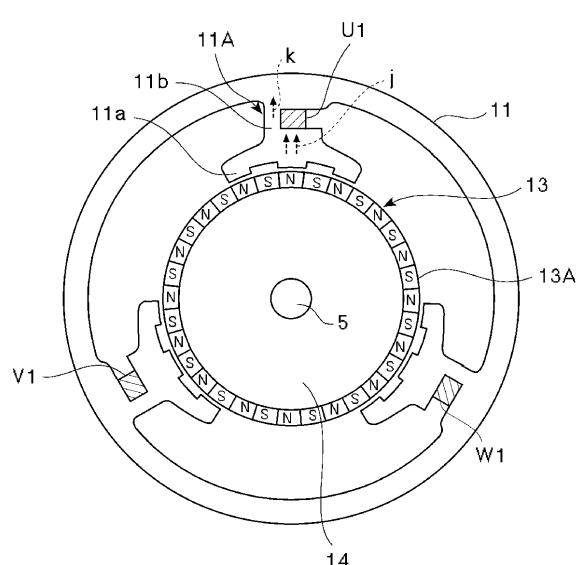
- 6、56：出力側カバー  
 7、57：反出力側カバー  
 8、58：軸受  
 9：H B型回転子用ギヤ状磁性体  
 10：H B型回転子用永久磁石  
 11、15、17、61：センサー用固定子  
 11A、15A：センサー用固定子極  
 11a、15a：極歯（誘導子）  
 11b、15b：ヨーク  
 12、31U、31V、31W：センサー用コイル  
 13、16、18、28、63、93：センサー用回転子（被回転検出体）  
 14：センサー用回転子用ヨーク  
 32：トランジスタ  
 33、35：コンパレータ  
 34：固定抵抗器  
 36：ドライバー  
 37U、37V、37W：回転電機励磁コイル  
 97：発光素子  
 98：受光素子  
 a - 1 ~ a - 16、b - 1 ~ b - 3、C：スリット  
 U1、U2、U3：磁気感応素子（ホール素子）  
 10  
 20

【図1】

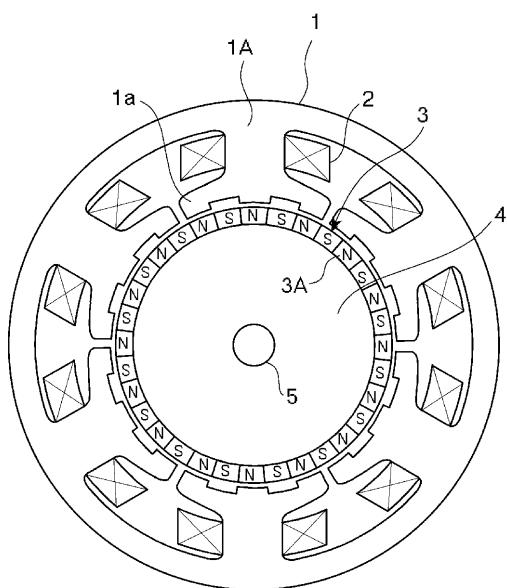


- 1: 固定子  
 2: コイル  
 3: 回転子  
 3A: 永久磁石  
 4: 中子  
 5: 回転軸  
 6: 出力側カバー  
 7: 反出力側カバー  
 8: 軸受  
 11: センサー用固定子  
 13: センサー用回転子  
 13A: センサー用永久磁石  
 14: センサー用中子  
 U1,V1(W1): センサー  
 (磁気感応素子 / ホール素子)

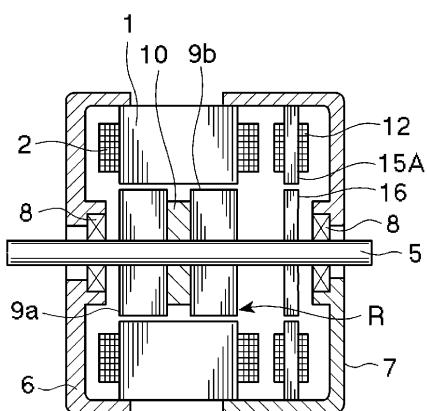
【図2】



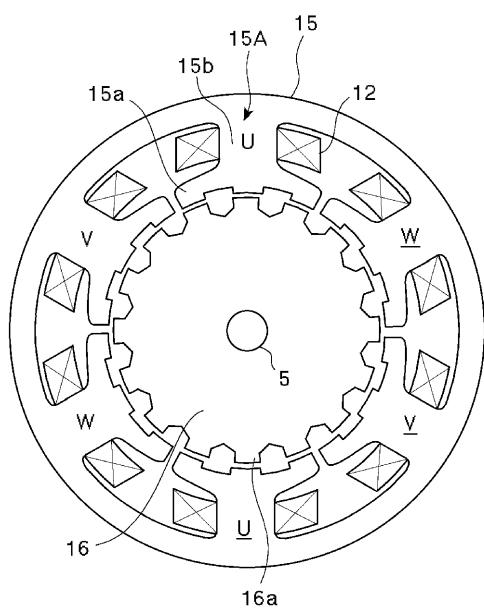
【図3】



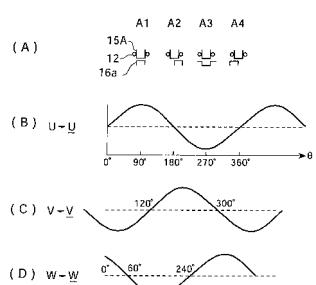
【図4】



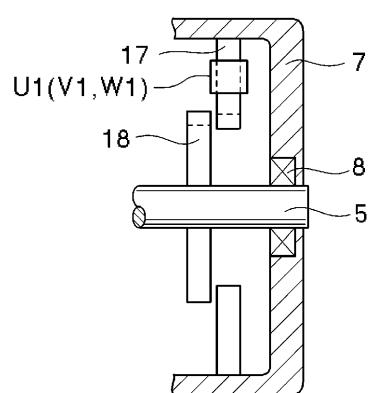
【図5】



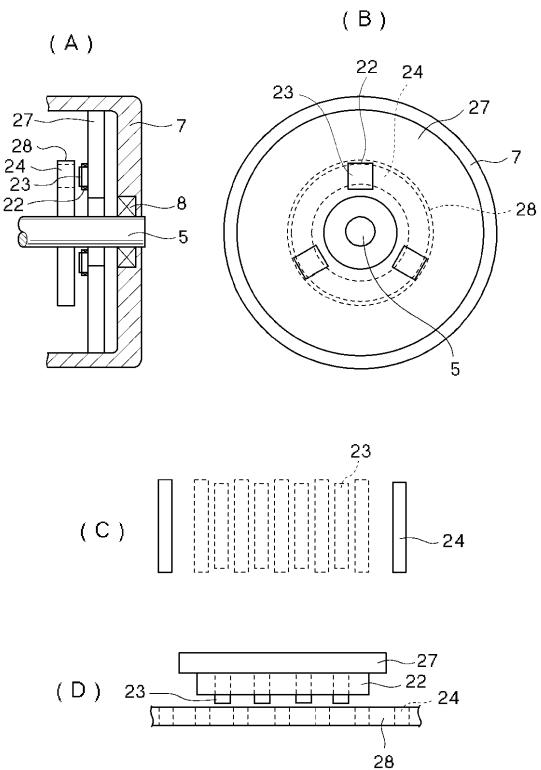
【図6】



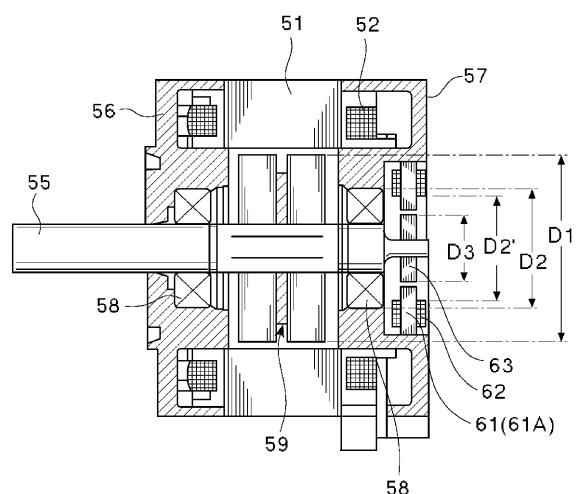
【図7】



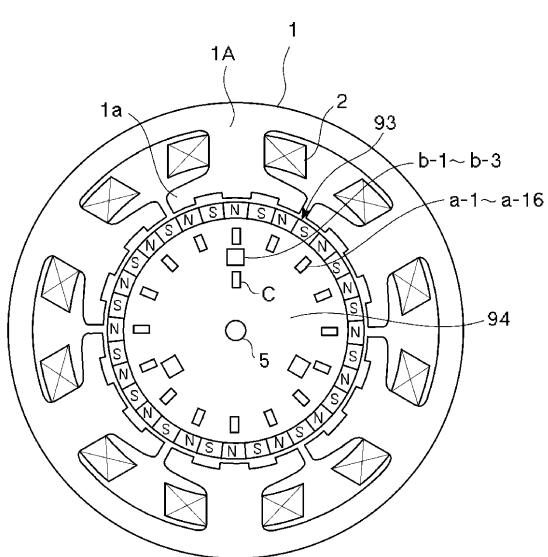
【図8】



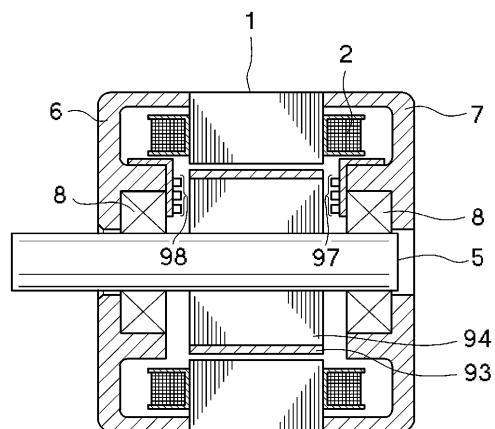
【図9】



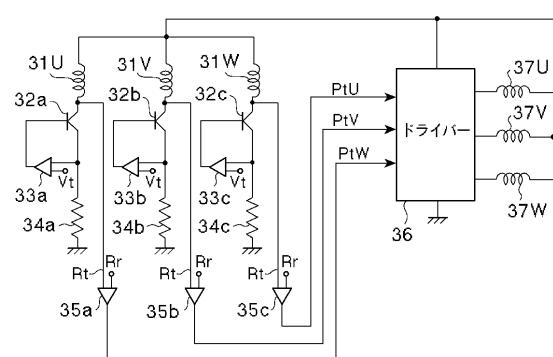
【図10】



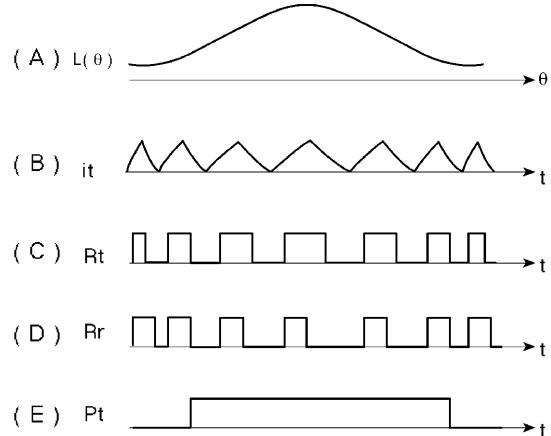
【図11】



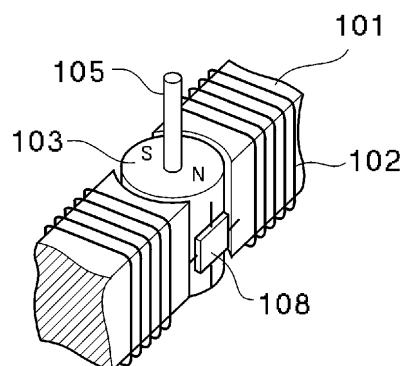
【図12】



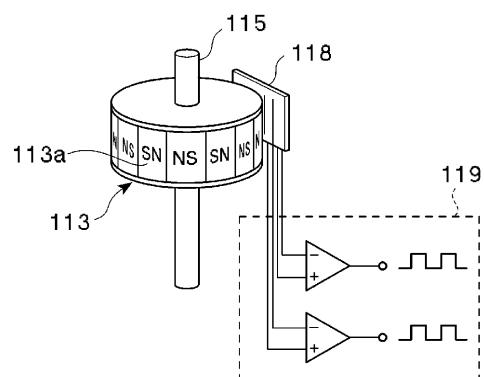
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭64-030672(JP, U)

特開平07-174583(JP, A)

特開平06-217515(JP, A)

特開平11-008965(JP, A)

実開昭62-107584(JP, U)

特開平11-055902(JP, A)

実開平01-180181(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 11/00

H02K 29/00

H02P 7/06