

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3629242号

(P3629242)

(45) 発行日 平成17年3月16日(2005.3.16)

(24) 登録日 平成16年12月17日(2004.12.17)

(51) Int.Cl.⁷

G O 1 D 5/245

// G O 1 C 1/06

F I

G O 1 D 5/245 Y

G O 1 D 5/245 1 O 2 B

G O 1 C 1/06 A

請求項の数 11 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-22694 (P2002-22694)	(73) 特許権者	000000527
(22) 出願日	平成14年1月31日(2002.1.31)		ペンタックス株式会社
(65) 公開番号	特開2002-303537 (P2002-303537A)		東京都板橋区前野町2丁目36番9号
(43) 公開日	平成14年10月18日(2002.10.18)	(74) 代理人	100083286
審査請求日	平成15年6月23日(2003.6.23)		弁理士 三浦 邦夫
(31) 優先権主張番号	特願2001-28185 (P2001-28185)	(72) 発明者	白井 雅実
(32) 優先日	平成13年2月5日(2001.2.5)		東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		光学工業株式会社内
		(72) 発明者	野口 正人
			東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭
			光学工業株式会社内
		審査官	井上 昌宏
		(56) 参考文献	特開昭63-157016(JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気式エンコーダおよびその高調波誤差削減方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外周面に等ピッチで着磁された多極着磁層を有する磁気ドラムと、該磁気ドラムの外周面に対向させて複数個配置された磁気センサを備え、該磁気センサと該磁気ドラムが相対回転すると、該各磁気センサが相対回転角に応じて周期的に変化する検出信号を出力する磁気式エンコーダであって、

任意次数の高調波誤差を補正するように、前記多極着磁層の1ピッチよりも短い間隔であって、それぞれ検出信号の位相が θ_m ずれるように配置された w 個の磁気センサと、前記磁気ドラムと前記磁気センサとが相対回転するときに前記 w 個の磁気センサが出力する検出信号の出力レベル(V_m)と、下記数1、数2式によって、ベクトル的な二組の信号 A_{out} 、 B_{out} を求める演算手段を備えたことを特徴とする磁気式エンコーダ。

【数1】

$$A_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \sin \theta_m$$

【数2】

$$B_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \cos \theta_m$$

【請求項2】

前記演算手段はさらに、前記演算した信号 A_{out} 、 B_{out} を内挿演算して前記相対回転角を求める請求項1記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 3】

前記内挿演算は、式

$$\tan^{-1} (A_{out} / B_{out})$$

による演算である請求項 2 記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 4】

前記磁気センサは磁気抵抗素子であって、該磁気抵抗素子は、単一の基板に配置されている請求項 2 または 3 記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 5】

前記各磁気抵抗素子の出力信号を A/D 変換し、該 A/D 変換した各デジタル信号に基づいて前記数 1、数 2 式によって内挿演算する請求項 4 記載の磁気式エンコーダ。

10

【請求項 6】

前記 A/D 変換した各デジタル信号に所定係数による補正をする請求項 5 記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 7】

前記数 1、数 2 式中で同一係数の出力信号はアナログ処理によって加算し、加算した出力信号を A/D 変換する請求項 5 または 6 記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 8】

前記アナログ処理は、前記対応する磁気抵抗素子を直列接続することである請求項 7 記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 9】

20

前記磁気式エンコーダは、視準望遠鏡を備えた測量機に、該視準望遠鏡の高度角または方位角を測定する角度測定装置として搭載されている請求項 1 から 8 のいずれか一項記載の磁気式エンコーダ。

【請求項 10】

外周面に等ピッチで着磁された多極着磁層を有する磁気ドラムと、該磁気ドラムの外周に対向させて複数個配置された磁気センサを備え、該磁気センサと該磁気ドラムが相対回転したときに該各磁気センサが出力する、前記相対回転角に応じて周期的に変化する検出信号の高調波誤差削減方法であって、

任意次数の高調波誤差を補正するように前記各磁気センサを、前記多極着磁層の 1 ピッチよりも短い間隔であって、それぞれ検出信号の位相が θ_m ずれるように w 個配置し、
前記磁気ドラムと前記磁気センサとが相対回転するときに前記 w 個の磁気センサが出力する検出信号の出力レベル (V_m) と、下記数 1、数 2 式によってベクトル的な二組の信号 A_{out} 、 B_{out} を演算すること、を特徴とする磁気式エンコーダの高調波誤差削減方法。

30

【数 1】

$$A_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \sin \theta_m$$

【数 2】

$$B_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \cos \theta_m$$

40

【請求項 11】

前記演算した信号 A_{out} 、 B_{out} を内挿演算して前記回転部の回転角を求める段階を含むことを特徴とする請求項 10 記載の磁気式エンコーダの高調波誤差削減方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】

本発明は、高調波誤差を削減できる磁気式エンコーダおよびその磁気式エンコーダの高調波誤差削減方法に関する。

【0002】

【従来技術およびその問題点】

50

測角手段として、磁気式エンコーダが知られている。この磁気式エンコーダを、従来の測量機器、例えばトータルステーション、セオドライトなどの測角手段として搭載する発明が提案されている。この種の磁気式エンコーダは、視準望遠鏡と共に回転する磁気ドラムとこの磁気ドラムの回転角を検出する磁気センサを備える。磁気ドラムの外周面には分割数N（Nは正の整数）にて等ピッチで着磁された多極着磁層が形成され、この多極着磁層に対向させて磁気センサが配置される。磁気センサは、例えば多極着磁層のピッチよりも小さいピッチで配置された4個の磁気抵抗素子を備える。したがって、磁気ドラムの回転に伴って変化する磁気抵抗素子の抵抗値を検出することで、磁気ドラムの回転角を多極着磁層のピッチ精度で測定し、さらにこのピッチ間の角度を内挿演算によって測定することができる。

10

【0003】

しかしながら、磁気式エンコーダの場合、多極着磁層の分割数を光学式エンコーダほど多く取れずしかもピッチが大きいため、寸法誤差、磁気抵抗素子の磁気抵抗曲線の理想値からのずれなどにより、分割した1ピッチ内での高調波歪みの影響、つまり高調波誤差が大きい、という問題があった。

【0004】

【発明の目的】

本発明は、このような従来技術の問題に鑑みてなされたもので、測量機に適した、任意次数の高調波誤差を削減する磁気式エンコーダおよびその高調波誤差削減方法を提供することを目的とする。

20

【0005】

【発明の概要】

この目的を達成する本発明の磁気式エンコーダは、外周面に等ピッチで着磁された多極着磁層を有する磁気ドラムと、該磁気ドラムの外周面に対向させて複数個配置された磁気センサを備え、該磁気センサと該磁気ドラムが相対回転すると、該各磁気センサが相対回転角に応じて周期的に変化する検出信号を出力する磁気式エンコーダであって、任意次数の高調波誤差を補正するように、前記多極着磁層の1ピッチよりも短い間隔であって、それぞれ検出信号の位相が θ_m ずれるように配置されたw個の磁気センサと、前記磁気ドラムと前記磁気センサとが相対回転するときに前記w個の磁気センサが出力する検出信号の出力レベル（Vm）と、下記数1、数2式によって、ベクトル的な二組の信号Aout、Boutを求める演算手段を備えたことを特徴とする。

30

【数1】

$$Aout = \sum_{m=1}^w Vm \times \sin \theta_m$$

【数2】

$$Bout = \sum_{m=1}^w Vm \times \cos \theta_m$$

該演算した信号Aout、Boutを内挿演算して前記回転部の回転角を求める。

ただし、mは補正したい高調波誤差の次数（整数）、 θ は電気角度である。

また本発明の高調波誤差削減方法は、周面に等ピッチで着磁された多極着磁層を有する回転部と、該回転部の外周面に対向させて複数個配置され、該回転部が回転するとその回転角に応じて周期的に変化する検出信号を出力する磁気センサを備え、任意次数の高調波誤差を補正するように前記各磁気センサを、前記多極着磁層の1ピッチよりも短い間隔であって、それぞれ検出信号の位相が θ_m ずれるようにw個配置し、前記回転部が回転するときに検出した該w個の磁気センサの検出信号の出力レベル（Vm）を、下記数1、数2式によってベクトル的な二組の信号Aout、Boutとして演算し、

40

【数1】

$$Aout = \sum_{m=1}^w Vm \times \sin \theta_m$$

【数2】

$$Bout = \sum_{m=1}^w Vm \times \cos \theta_m$$

さらに該演算した信号Aout、Boutを内挿演算して前記回転部の回転角を求めること、を特徴とする。

50

【0006】

【発明の実施の形態】

以下図面に基づいて本発明を説明する。図1は、本発明の磁気式エンコーダを搭載したトータルステーションを、磁気式エンコーダの要部が見えるように一部を切断して示す背面図、図2は同トータルステーションを、磁気式エンコーダの要部が見えるように一部を切断して示す側面図である。

【0007】

このトータルステーション11は、周知の通り、三脚等に装着するための底板13、この底板13に3本の整準ねじ15で支持された整準台（台部）17、この整準台17に、鉛直軸19を介して回転自在に軸支され、一对の支柱部21aを有するU字形状の架台（本 10
体）21、この架台21の2本の支柱部21a間に高度分度軸23を介して回転自在に軸支された視準望遠鏡25等を備えている。なお、高度分度軸23は、視準望遠鏡25の左右に固定され、架台21の2本の支柱部21aに対して回転自在に支持されているが、図1には左側の高度分度軸23のみを示した。

【0008】

鉛直軸19は、整準台17に固定された鉛直軸受け27に回転自在に支持されている。そして架台21は、その支柱部21aを連結する基部21bが鉛直軸19の上端部に固定され、鉛直軸19に一体として回転自在に支持されている。高度分度軸23は、架台21の 20
一对の支柱部21aに固定された高度分度軸受け29に回転自在に軸支されている。このように視準望遠鏡25は、高度分度軸23を介して上下方向回転自在に架台21に軸支され、さらに架台21および鉛直軸19を介して方位方向回転自在に整準台17に軸支されている。

【0009】

さらに、鉛直軸19と鉛直軸受け27との間には、整準台17（鉛直軸受け27）に対する鉛直軸19（架台21に搭載された視準望遠鏡25）の相対回転角（水平角）を測定する水平分度として磁気式エンコーダ41が装着され、高度分度軸23と架台21とには、架台21に対する高度分度軸23（視準望遠鏡25）の回転角（高度角）を測定する高度分度として磁気式エンコーダ51が装着されている。これらの磁気式エンコーダ41、5 30
1はそれぞれ、軸受け27、軸23に固定された磁気ドラム43、53と、磁気ドラム43、53の外周面に形成された多極着磁層に対して所定間隔で近接対向配置された磁気センサユニット44、45、磁気センサユニット54、55を備えている。本発明において、磁気ドラム43、53の媒体形状は図示実施例に限定されず、円盤、円筒、円柱形状も含む。

この実施例において、磁気式エンコーダ41は、磁気ドラム43に対して磁気センサユニット44、45が相対回転し、磁気式エンコーダ51は、磁気センサユニット54、55に対して磁気ドラム53が相対回転する。

【0010】

また、詳細は図示しないが、各磁気センサユニット44、45、磁気センサユニット54、55の出力信号を検出して磁気式エンコーダ41、51の回転角、つまり水平角、高度角を求める信号処理手段、演算手段を含む電子回路61（図4参照）が架台21の基部2 40
1bに搭載されている。そして、トータルステーション11を操作、制御するためのキーボード、およびキーボードによって入力された基礎データや測距結果などを表示する表示器を備えた操作パネル31、32が、架台21の前後両表面に設けられている（図2参照）。

【0011】

なお、図1、2において、符号33はトータルステーション11の持ち運びに利用するためのハンドグリップ、符号34は磁気式エンコーダ41および不図示のバッテリー等を保護するために架台21に装着された防塵カバー、符号35、36はそれぞれ、視準望遠鏡25の接眼レンズ、対物レンズである。

【0012】

10

20

30

40

50

この磁気式エンコーダ 4 1、5 1 の構成についてより詳細に説明する。磁気式エンコーダ 4 1、5 1 の基本構成は同一なので、一方の磁気式エンコーダ 5 1 の一方の磁気センサユニット 5 4 の構成について、図 3、4 を参照して説明する。図 3 は磁気式エンコーダ 5 1 の磁気センサユニット 5 4 の各磁気センサと磁気ドラム 5 3 の多極着磁層 5 3 a との関係の説明するための拡大図、図 4 は磁気センサが備えた磁気抵抗素子の結線を示す配線図である。磁気センサユニット 5 4 は、アングル 5 6 (図 1 参照) に固定され、アングル 5 6 を介して架台 2 1 に固定されている。

【0013】

磁気ドラム 5 3 の外周面には、分割数 N (N は正の整数) にて等ピッチで着磁された多極着磁層 5 3 a が形成されている。多極着磁層 5 3 a の各磁極 5 3 a N の磁極ピッチ (極の境界の間隔) を λ とする。磁極ピッチ λ の電気角は 2π である。この多極着磁層 5 3 a に対して所定の隙間で対向させて磁気センサユニット 5 4 が配置されている。磁気センサユニット 5 4 は、単一の平面基板 5 4 a と、多極着磁層 5 3 a と対向する平面基板 5 4 a の対向面に、 $\lambda/4$ ピッチ相当で設けられた 8 個の磁気抵抗素子 4 a 1、4 b 1、4 a 2、4 b 2、4 a 3、4 b 3、4 a 4、4 b 4 を備えている。そして磁気センサユニット 5 4 は、その中央に立てた垂線が磁気ドラム 5 3 の回転中心を通るように配置されている。

【0014】

この磁気式エンコーダ 5 1 は、磁気ドラム 5 3 が回転すると、多極着磁層 5 3 a が発生する磁界 3 の変化に依存する磁気抵抗素子 4 a 1 ~ 4 a 4、4 b 1 ~ 4 b 4 の抵抗値の変化を検出して、抵抗値の変化から磁気ドラム 5 3 の回転角 ω を $\lambda/4$ ピッチで検出するインクリメンタル方式の磁気式エンコーダである。なお、 $\lambda/4$ ピッチよりも小さい角度 (細密回転角) は、いわゆる内挿演算によって求められる。

【0015】

8 個の磁気抵抗素子 4 a 1、4 b 1、4 a 2、4 b 2、4 a 3、4 b 3、4 a 4、4 b 4 は、図 3 に示すように、4 個の磁気抵抗素子 4 a 1 ~ 4 a 4 からなる A 相と、4 個の磁気抵抗素子 4 b 1 ~ 4 b 4 からなる B 相とに分けられる。A 相の各磁気抵抗素子 4 a 1、4 a 2、4 a 3、4 a 4 と B 相の各磁気抵抗素子 4 b 1、4 b 2、4 b 3、4 b 4 はそれぞれ交互に配置され、かつ同一相の磁気抵抗素子 4 a 1 ~ 4 a 4、4 b 1 ~ 4 b 4 の間隔は $\lambda/2$ の等ピッチ、隣合う他の相の磁気抵抗素子との間隔は $\lambda/4$ の等ピッチである。

【0016】

これら A 相、B 相の磁気抵抗素子 4 a 1 ~ 4 a 4、4 b 1 ~ 4 b 4 はそれぞれ、図 4 に示すようにブリッジ結線されている。つまり、直列した磁気抵抗素子 4 a 1、4 a 2 と磁気抵抗素子 4 a 3、4 a 4、磁気抵抗素子 4 b 1、4 b 2 と磁気抵抗素子 4 b 3、4 b 4 が並列接続され、各直列抵抗間から A 相の端子 e_0 、 e_1 、および B 相の端子 e_0' 、 e_1' が引き出されている。そして、電子回路 6 1 は、ブリッジ結線された磁気抵抗素子間に定電圧 V を印加し、A 相の端子 e_0 、 e_1 、および B 相の端子 e_0' 、 e_1' に現れる電圧の変化 (位相) に基づいて磁界の変化を検出し、磁気ドラム 5 3 の回転角 ω を測定する。つまり、位相の変化数をカウントして回転各 ω を測定する。

【0017】

この実施の形態によれば、A 相の磁気抵抗素子 4 a 1 ~ 4 a 4 の抵抗値 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 は、磁気ドラム 5 3 の回転により作用する磁界 3 の変化によって、下記式のように変化する。

$$a_1 = R_0 + R \sin(N\omega)$$

$$a_2 = R_0 + R \sin(N\omega + \pi) = R_0 - R \sin(N\omega)$$

$$a_3 = R_0 + R \sin(N\omega + 2\pi) = R_0 + R \sin(N\omega)$$

$$a_4 = R_0 + R \sin(N\omega + 3\pi) = R_0 - R \sin(N\omega)$$

ただし、 ω は磁気ドラム 5 3 の回転角、 R_0 は無磁界のときの抵抗値、 R は係数 (抵抗比)、 N は多極着磁層 5 3 a の数 (分割数) である。

【0018】

したがって、端子 e_0 と端子 e_1 の出力を差動増幅すると、A 相の出力 A_{out} は、

10

20

30

40

50

$$A_{out} = \alpha \times R \times V / R_0 \times \sin(N\omega)$$

となる（ただし、 α は増幅率）。

【0019】

B相の磁気抵抗素子4b1～4b4は、A相の磁気抵抗素子4a1～4a4に対して $\lambda/4$ ピッチずらして配置してあるので、端子 e_0' と端子 e_1' の出力を差動増幅すると、B相の出力 B_{out} は、

$$B_{out} = \alpha \times R \times V / R_0 \times \cos(N\omega)$$

となる。

【0020】

このA相の出力 A_{out} およびB相の出力 B_{out} のゼロクロス点を検出すれば、磁気ドラム53の回転角を、 $4 \times N$ 単位、つまり $360 / (4 \times N) (^{\circ})$ 単位で検出できる。このように、分割数 N の4倍まで検出ピッチが小さくなり、分解能が高くなる。測量機においては、 $(1/N) / 4$ よりも小さい角度 $\Delta\omega$ の検出が要求され、分割数 N 以上の分割数が必要になることがある。そこで、A、B相の出力 A_{out} 、 B_{out} に基づいた下記の内挿計算によって、分割数を増やすことなく、検出可能な検出ピッチを小さくし、検出ピッチ数を増やして、分解能を高めることができる。

$$\Delta\omega = \tan^{-1}(A_{out} / B_{out})$$

【0021】

以上の磁気式エンコーダの場合、多極着磁層の分割数を光学式エンコーダほど多く取れずしかもピッチが大きいため、寸法誤差、磁気抵抗素子の磁気抵抗曲線の理想値からのずれなどにより、分割した1ピッチ内での高調波誤差（高調波歪み）の影響が大きい。そのため、高精度化の要求を満足させるのは非常に困難であり、満足させるためには高調波誤差を補正する必要がある、そのためにはセンサユニット、または磁気抵抗素子の個数を増やさなければならない。たとえば、従来技術によると、1つの n 次高調波誤差を補正するためには、同様のセンサを2組用意し、各センサを電気角が Π/n ずれるように配置する必要がある。この場合、上記8個の倍の2倍の16個の磁気抵抗素子が必要となり、 k 個の高調波誤差をなくすためには 2^k 倍まで磁気抵抗素子が必要になる。しかし、1個のセンサユニット内で磁気抵抗素子を増加させるとセンサユニットの幅が広がり、磁気ドラムの曲率の影響、つまり磁気ドラムから磁気抵抗素子までの距離差を受けやすくなり、誤差が大きくなってしまう問題がある。

【0022】

そこで本発明の実施の形態は、所望の高調波誤差を補正するように、1波長 λ 、つまり電気角 2π に相当する1ピッチ内に、 w 個の磁気抵抗素子を任意間隔の位相差（ θ_m ）で配置し、磁気ドラムが回転するときに生じる w 個の磁気抵抗素子の抵抗変化に対する出力変化 V_m を、下記数1、数2式により、ベクトル的なA相の検出信号 A_{out} 、B相の検出信号 B_{out} として算出する。

【数1】

$$A_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \sin \theta_m$$

【数2】

$$B_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \cos \theta_m$$

さらに、演算した検出信号 A_{out} 、 B_{out} に基づいて内挿演算を実行して $2\pi/w$ ピッチよりも小さい角度（細密角度） $\Delta\omega$ を検出する。

$$\Delta\omega = \tan^{-1}(A/B)$$

【0023】

その実施形態を、さらに図5、6、7および8を参照して説明する。この実施形態は、図1、2に示したトータルステーションの磁気式エンコーダに適用した実施例であり、図5、7には図3に対応する部分を示してある。なお、これらの図において図1、2と共通の部材には同一の符号を付してある。

【0024】

図5、6に示した第1の実施例は、1次、2次および3次の高調波誤差を補正する磁気抵

10

20

30

40

50

抗素子の配置構造を示している。磁気センサユニット540には、12個の磁気抵抗素子 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 、 S_7 、 S_8 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} が配置されている。各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ は、外周面をN分割してN個の磁極が形成された多極着磁層53aの1ピッチ（多極着磁層53aの磁極53aNのピッチ）内（電気角では 2π 、1波長λ内）に、 $\pi/6$ の等しい位相差が発生するようにセンサユニット540に配置されている。つまり、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の間隔は $\pi/6$ である。したがって、磁気ドラム53が回転すると、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ が受ける磁界3は $\pi/6$ ずつ位相がずれて変化するので、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の抵抗値は、 $\pi/6$ ずつ位相がずれて変化する。そこで、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ を各基準抵抗 R_{01} を介して接地して基準電圧 V_c を印加する（図6参照）。そして、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ と基準抵抗 R_{01} の接続点の電圧を出力レベルとしてA/D変換器63によってデジタル値、 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 、 V_6 、 V_7 、 V_8 、 V_9 、 V_{10} 、 V_{11} 、 V_{12} に変換する。このデジタル値を下記数3、数4式によって加算平均することにより、A相の検出信号 A_{out} およびB相の検出信号 B_{out} に変換すると同時に、1次、2次および3次の高調波誤差を補正している。

【数3】

$$A_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \sin \theta_m$$

$$\sin \theta_m = \sin (2\pi/w \times (m-1))$$

$$A_{out} = V_4 - V_{10} + 1/2 (V_2 + V_6 - V_8 - V_{12}) + 3^{-1/2} / 2 (V_3 + V_5 - V_9 - V_{11})$$

【数4】

$$B_{out} = \sum_{m=1}^w V_m \times \cos \theta_m$$

$$\cos \theta_m = \cos (2\pi/w \times (m-1))$$

$$B_{out} = -V_1 - V_7 + 1/2 (V_3 + V_{11} - V_5 - V_9) + 3^{1/2} / 2 (V_2 + V_{12} - V_6 - V_8)$$

ただし、 $V_1 \sim V_{12}$ は、基準電圧 V_c からの差電圧の絶対値である。

【0025】

上記演算によって求めたデジタル信号 A_{out} 、 B_{out} のゼロクロス点をカウントすることによって、粗回転角 ω が求まる。

【0026】

そして、この演算値 A_{out} 、 B_{out} を下記式によって内挿演算することにより、1/4ピッチ（位相差 $\pi/2$ ）よりも小さい角度（細密回転角） $\Delta\omega$ を求めることができる。

$$\Delta\omega = \tan^{-1} (A_{out} / B_{out})$$

【0027】

この実施例では、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の出力レベルをA/D変換しているので、各磁気抵抗素子単位で磁気ドラム53の曲率の影響による磁界差を補正することも、各磁気抵抗素子の個体差により生じる誤差を補正することもできる。

【0028】

本発明の磁気センサユニットの第2の実施例を、図7に示した。この第2の実施例は、磁気センサユニット541に、複数の磁気抵抗素子を電気角 2π 内に配置できない場合の一実施例である。この第2の実施例では、12個の磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ を6個ずつA相群（磁気抵抗素子 S_1 、 S_3 、 S_5 、 S_7 、 S_9 、 S_{11} ）と、B相群（磁気抵抗素子 S_2 、 S_4 、 S_6 、 S_8 、 S_{10} 、 S_{12} ）とに分け、各A、B相群の磁気抵抗素子の間隔は電気角で $\pi/3$ に、A群とB群の間隔は電気角で $2\pi + \pi/6$ に設定し、 4π 内に配置してある。つまり、各磁気抵抗素子 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 、 S_7 、 S_8 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} のピッチは、実質的に $\pi/6$ となる。

【0029】

これらの磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ は、図6に示した実施例と同様に接続する。そして、これらの磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の出力をそれぞれA/D変換器63によってそれぞれA/D変換し、演算回路65によってデジタル値を上記数3、数4式に代入してA相およ

10

20

30

40

50

びB相の検出信号Aout、Boutを演算によって求め、さらに検出信号Aout、Boutに基づいて内挿演算を実行して回転角を求める。

【0030】

図6に示した実施例では、磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ 全ての出力信号をA/D変換してから利用しているが、本発明の実施の形態では、出力信号の係数が同じ磁気抵抗素子をアナログ的に加算、つまり直列接続して処理することにより出力数、A/D変換処理量を減らすことも可能である。数5、数6式において、係数が同じ磁気抵抗素子をアナログ的に加算する実施例を、図8に示した。この磁気抵抗素子の結線に関する第2の実施例では磁気抵抗素子 S_4 、 S_{10} と基準抵抗 R_{02} 、磁気抵抗素子 S_1 、 S_7 と基準抵抗 R_{02} 、磁気抵抗素子 S_2 、 S_6 、 S_8 、 S_{12} と基準抵抗 R_{02} 、および磁気抵抗素子 S_3 、 S_5 、 S_9 、 S_{11} と基準抵抗 R_{02} がそれぞれ直列に接続され、これら直列接続された磁気抵抗素子と基準抵抗が、定電圧(Vc)端子とグランドとの間に並列に挿入されている。そして、各基準抵抗 R_{02} と磁気抵抗素子 S_{10} 、 S_7 、 S_{12} 、 S_{11} との接続点の出力レベル(電圧)を出力 e_{11} 、 e_{21} 、 e_{31} 、 e_{41} として取り出し、4個の出力 e_{11} 、 e_{21} 、 e_{31} 、 e_{41} をA/D変換器63によってデジタル値に変換する。

10

【0031】

そして、デジタル値に変換した e_{11} 、 e_{21} 、 e_{31} 、 e_{41} を、数1、数2式に対応する下記数5、数6式に代入して検出信号Aout、Boutを求める。

【数5】

$$Aout = e_{11} + 1/2(e_{31}) + 3^{-1/2}/2(e_{41})$$

20

【数6】

$$Bout = -e_{21} + 1/2(e_{41}) + 3^{1/2}/2(e_{31})$$

さらに、内挿演算、

$$\Delta\omega = \tan^{-1}(Aout/Bout)$$

によって各素子のゼロクロス点検出による $\pi/6$ よりも小さい角度(細密回転角) $\Delta\omega$ を求める。

【0032】

以上の通り本発明の実施の形態によれば、補正する1次、2次、3次数に応じた12個の磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ を、電気角 π の $1/(次数 \times 2)$ の位相差 θ だけ離反させて配置し、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の出力レベル(Vm)を、数1、数2の式によって演算してベクトル的な位相差を有する二組の検出信号Aout、Boutを求め、さらに検出信号Aout、Boutを内挿演算式に代入して演算することにより磁気ドラム53の回転角を求めるので、磁気抵抗素子を増やすことなく、多数の次数の高調波誤差を補正することができる。しかも、各磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ の出力信号をまずA/D変換するので、磁気ドラム53の曲率の影響などの誤差を、定量的に簡単に補正することができる。さらに、複数のセンサユニットを設ける必要が無いので、センサユニットの位置決めなどの手間がかからず、調整ミスなどによる人為的誤差の発生を防止できる。

30

【0033】

なお、本実施の形態では、多極着磁層53aの1ピッチ、 2π 以内に12個の磁気抵抗素子 $S_1 \sim S_{12}$ を $\pi/6$ の位相差を持たせて配置したが、磁気抵抗素子の数および位相差はこれに限定されることはない。

40

【0034】

【発明の効果】

以上の説明から明らかな通り本発明は、任意次数の高調波誤差を補正するように前記各磁気センサを、前記多極着磁層の1ピッチよりも短い間隔であって、それぞれ検出信号の位相が θ_m ずれるようにw個配置し、該w個の磁気センサの検出信号の出力レベル(Vm)を、数1、数2式によってベクトル的な二組の信号A、Bとして求め、さらに該演算した信号A、Bを内挿演算して前記回転部の回転角を求めるので、少ない磁気センサ数で多数の高調波誤差を補正することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【図 1】本発明を適用した磁気式エンコーダを搭載したトータルステーションを、磁気式エンコーダの要部が見えるように一部を切断して示した背面図である。

【図 2】同トータルステーションを、磁気式エンコーダの要部が見えるように一部を切断して示した側面図である。

【図 3】同磁気式エンコーダの磁気ドラムと磁気センサとの関係を説明する拡大図である。

【図 4】同磁気式エンコーダの磁気抵抗素子の結線の一例を示す回路図である。

【図 5】図 1、2 に示したトータルステーションに適用した本発明の磁気式エンコーダの第 1 の実施例の要部を示す図である。

【図 6】図 5 に示した磁気式エンコーダにおける磁気抵抗素子の結線の第 1 の実施例を示す回路図である。 10

【図 7】図 1、2 に示したトータルステーションに適用した本発明の磁気式エンコーダの第 2 の実施例の要部を示す図である。

【図 8】図 5、7 に示した実施例の磁気抵抗素子の結線の第 2 の実施例を示す回路図である。

【符号の説明】

1 1 トータルステーション

1 3 底板

1 5 整準ねじ

1 7 整準台

20

1 9 鉛直軸

2 1 架台

2 3 高度分度軸

2 5 視準望遠鏡

2 7 鉛直軸受け

2 9 高度分度軸受け

4 1 5 1 磁気式エンコーダ

4 3 5 3 磁気ドラム（回転部）

5 3 a 多極着磁層

5 3 a N 磁極

30

4 4 5 4 磁気センサユニット

5 4 0 5 4 1 磁気センサユニット

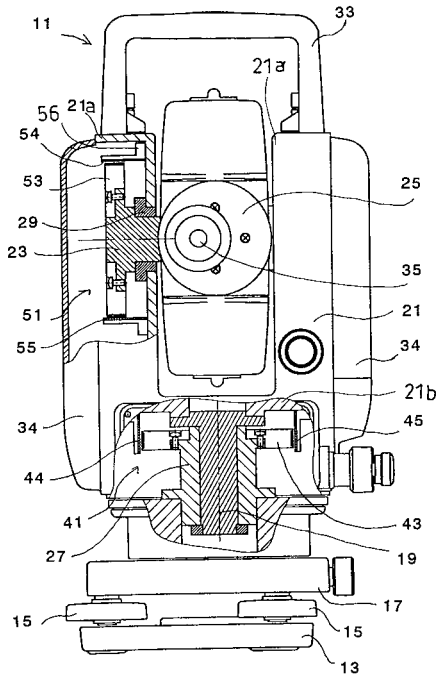
6 1 電子回路

6 3 A/D変換器（A/D変換手段）

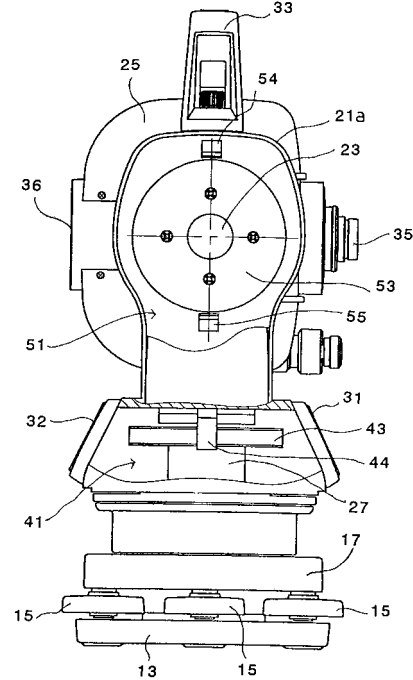
6 5 演算回路（演算手段）

S₁ S₂ S₃ S₄ S₅ S₆ S₇ S₈ S₉ S₁₀ S₁₁ S₁₂ 磁気抵抗素子（磁気センサ）

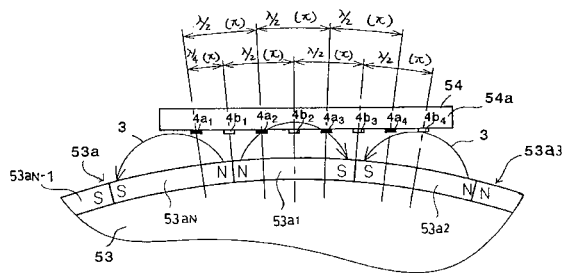
【図 1】



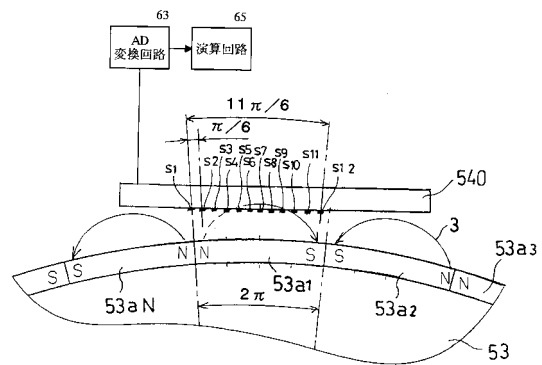
【図 2】



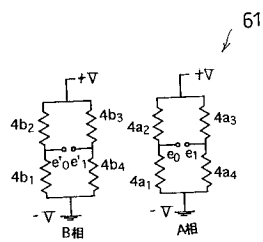
【図 3】



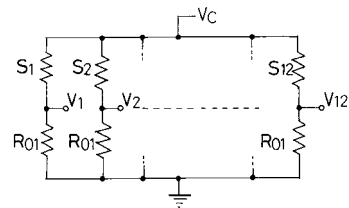
【図 5】



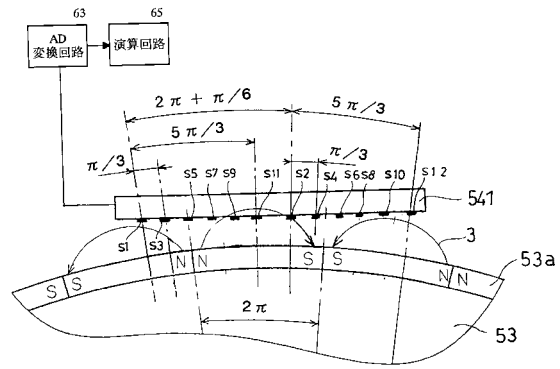
【図 4】



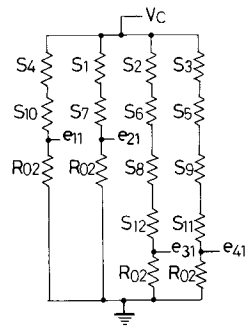
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01D5/00～5/62

G01B7/00～7/34