

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6621829号
(P6621829)

(45) 発行日 令和1年12月18日(2019. 12. 18)

(24) 登録日 令和1年11月29日(2019. 11. 29)

(51) Int.Cl.
G 0 1 D 5/20 (2006.01)

F I
G O 1 D 5/20 1 1 O F

請求項の数 17 (全 55 頁)

(21) 出願番号	特願2017-537251 (P2017-537251)	(73) 特許権者	591272686
(86) (22) 出願日	平成28年1月13日 (2016. 1. 13)		ユチンソン
(65) 公表番号	特表2018-503822 (P2018-503822A)		HUTCHINSON
(43) 公表日	平成30年2月8日 (2018. 2. 8)		フランス国 7 5 0 0 8 パリ リュウ
(86) 国際出願番号	PCT/FR2016/050054		バルザック 2
(87) 国際公開番号	W02016/113500	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成28年7月21日 (2016. 7. 21)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成30年11月5日 (2018. 11. 5)	(74) 代理人	100110364
(31) 優先権主張番号	1550231		弁理士 実広 信哉
(32) 優先日	平成27年1月13日 (2015. 1. 13)	(74) 代理人	100133400
(33) 優先権主張国・地域又は機関	フランス (FR)		弁理士 阿部 達彦
		(72) 発明者	ヨハン・マニウルー
			フランス・4 9 0 0 0・アンジェ・リュ・
			シェーヴル・9 6
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】誘導性変位センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 方向に寸法 $D_{t \circ t}$ を有する領域に沿って分散された複数の導電パターン ($1 2 7_i$ 、 $1 3 7_i$ 、 $1 4 7_i$) を備える誘導性変位センサのためのターゲットであって、前記パターン ($1 2 7_i$ 、 $1 3 7_i$ 、 $1 4 7_i$) が、少なくとも、 $D_{t \circ t} / N$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 N$ にほぼ等しい寸法の N 個の第 1 の基本導電パターン ($1 2 9_j$ 、 $1 3 9_j$ 、 $1 4 9_j$) を含み、前記領域に沿って規則的に分散された、第 1 の組の基本周期パターンと、 $D_{t \circ t} / (N + r)$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法の $N + r$ 個の第 2 の基本パターン ($1 3 1_k$ 、 $1 4 1_k$ 、 $1 5 1_k$) を含み、前記領域に沿って規則的に分散された、第 2 の組の基本周期パターンとのオーバーレイによって画定され、ここで、 N が 2 以上の整数であり、 r がゼロとは異なる $N - 1$ 以下の正の整数であり、第 1 および第 2 の基本導電パターンが、少なくとも部分的に重複する、ターゲット。

【請求項 2】

前記第 1 の基本導電パターン ($1 2 9_j$ 、 $1 3 9_j$ 、 $1 4 9_j$) および第 2 の基本導電パターン ($1 3 1_k$ 、 $1 4 1_k$ 、 $1 5 1_k$) が、それぞれ、前記方向に平行する第 1 および第 2 の重なったストリップ ($1 3 0$ 、 $1 3 8$ 、 $1 4 2$ 、 $1 4 8$ 、 $1 5 2$ 、 $1 5 4$) の部分の形状を有する、請求項 1 に記載のターゲット。

【請求項 3】

前記第 1 および第 2 のストリップ ($1 3 0$) が、ほぼ同一の幅である、請求項 2 に記載

のターゲット。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 のストリップ（1 3 8、1 4 2、1 4 8、1 5 2、1 5 4）が別個の幅であり、前記第 1 のストリップが、前記第 2 のストリップより少なくとも 2 倍幅広い、請求項 2 に記載のターゲット。

【請求項 5】

N が偶数である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のターゲット。

【請求項 6】

前記パターン（1 4 7_i）が、前記第 1 および第 2 の組の周期基本パターンと、 $D_{t \circ t} / (N + r)$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法の $N + r$ 個の第 3 の基本パターン（1 5 3_k）を備え、前記第 2 の組の周期パターンの前記基本パターン（1 5 1_k）に対してほぼ $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ のオフセットで前記領域に沿って規則的に分散された、第 3 の組の周期基本パターンとのオーバーレイによって画定され、第 1 の基本導電パターン（1 4 9_j）および第 3 の基本導電パターン（1 5 3_k）が、少なくとも部分的に重複する、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のターゲット。

10

【請求項 7】

前記第 1 の基本パターン（1 4 9_j）、第 2 の基本パターン（1 5 1_k）、および第 3 の基本パターン（1 5 3_k）が、それぞれ、前記方向に平行する第 1、第 2、および第 3 のストリップの部分の形状を有し、一方で前記第 1 および第 2 のストリップ、ならびに他方で前記第 1 および第 3 のストリップが、重なっており、前記第 2 および第 3 のストリップが、前記第 1 のストリップの幅より小さいほぼ同じ幅である、請求項 6 に記載のターゲット。

20

【請求項 8】

前記方向が円形方向である、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のターゲット。

【請求項 9】

前記寸法 $D_{t \circ t}$ が、 360° に等しい角度寸法である、請求項 8 に記載のターゲット。

【請求項 10】

r が 1 に等しい、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のターゲット。

30

【請求項 11】

誘導性変位センサのための変換器であって、

1 次巻線（2 1 1）と、

1 方向に寸法 $D_{t \circ t}$ を有する領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の N 個の第 1 のターンまたは交互の巻線方向の 2 N 個の第 1 のターンをそれぞれ備え、各第 1 のターンが、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 N$ にほぼ等しい寸法を有する、第 1 の組の少なくとも 2 つの 2 次巻線（2 4 3）と、

前記領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の $N + r$ 個の第 2 のターンまたは交互の巻線方向の 2（ $N + r$ ）個の第 2 のターンをそれぞれ備え、各第 2 のターンが、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法を有する、第 2 の組の少なくとも 2 つの 2 次巻線（2 5 3）とを備え、ここで、N が 2 以上の整数であり、r がゼロとは異なる $N - 1$ 以下の正の整数であり、

40

第 1 および第 2 のターンが、少なくとも部分的に重複する、変換器。

【請求項 12】

前記第 1 および第 2 のターンが、それぞれ、前記方向に平行する重なった第 1 および第 2 のストリップの部分の形状を有する、請求項 11 に記載の変換器。

【請求項 13】

第 2 の組に対してほぼ $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ のオフセットで前記領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の $N + r$ 個の第 3 のターンまたは交互の巻線方向の 2（ $N + r$ ）個のターンをそれぞれ備え、各第 3 のターンが、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$

50

にほぼ等しい寸法を有する、第3の組の少なくとも2つの2次巻線(255)をさらに備え、第1および第2のターンが、少なくとも部分的に重複する、請求項11または12に記載の変換器。

【請求項14】

前記第1、第2、および第3のターンが、それぞれ、前記方向に平行する第1、第2、および第3のストリップの部分の形状を有し、前記第1および第2のストリップが重なっており、前記第1および第3のストリップが重なっている、請求項13に記載の変換器。

【請求項15】

前記第2の2次巻線(253)および第3の2次巻線(255)が、直列に接続される、請求項13または14に記載の変換器。

【請求項16】

前記第2の2次巻線(253)および第3の2次巻線(255)の直列接続点が、電気接続端子に接続される、請求項15に記載の変換器。

【請求項17】

請求項11から16のいずれか一項に記載の変換器と、請求項1から10のいずれか一項に記載のターゲットとを備える誘導性変位センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、機械部分の互いに対する変位の誘導測定分野に関する。本明細書では、誘導測定という用語は、電気コイルを用いた交番電磁界の測定を指す。制限的ではないがより具体的には、本出願は、渦電流センサの技術的下位区分に関し、インダクタによって生成される電磁界は、インダクタ近傍における可動(インダクタに対して)の導電部分の存在および配置に応じて、異なる形で確立される。そのような電磁現象は、電磁界の特定の電気周波数が十分に大きい値を採用するとき、計測の目的で利用可能になり、この大きさの概念は、導電部分の幾何学的寸法、その電気および磁気特性、その温度などの複数のパラメータによって決定される。本明細書では、変位測定という用語は、インダクタまたはインダクタ基準系に対する導電部分の変位の位置、速度、加速度、または任意の他の特徴量に関する情報の推定を指す。変位としては、互いに対する、または別個の軸に沿った、角変位(軸の周りの回転)、線形変位(軸に沿った並進)、またはそのような変位の任意の組合せが、等しく十分に考慮される。制限的ではないがより具体的には、本出願は、誘導性位置センサ、誘導性速度センサ、および/または誘導性加速度センサの技術的下位区分に関する。

【背景技術】

【0002】

誘導性変位センサは、典型的には、変換器(たとえば、測定基準系に強固に接続され、フレームとしても知られている)と、ターゲット(たとえば、測定基準系に対する可動機械部分に強固に接続される)とを備える。ターゲットは、変換器から離れて配置され、変換器に(機械的または電氣的に)接触しない(非接触測定)。変換器は、交番電磁界をもたらすのに適した1次巻線またはインダクタと、1次巻線によってもたらされる電磁界の存在下で起電力またはEMFとも呼ばれる交番電圧が誘導される端子に位置する少なくとも1つの2次巻線を含む。ターゲットは、結合接極子とも呼ばれる部分的または完全に導電性の要素であり、変換器の前におけるその存在および/または動きは、1次巻線と2次巻線との間の結合を変更する。ターゲットが1次巻線と2次巻線との間の結合に与える影響は、変換器に対するターゲットの位置だけでなく、変換器に対するターゲットの速度にも依存することに留意されたい。

【0003】

したがって、電磁界分布は、変換器に対するターゲットの位置および相対変位に応じて空間的に形成される。機械部分の変位中、電磁界の空間分布は変化し、したがって2次巻線内で誘導されるEMFも変化する。1次巻線によってもたらされる電磁界によって誘導

10

20

30

40

50

される E M F を 2 次巻線の端子において分析することで、変換器の 2 次巻線に対するターゲットの位置および／または変位を推定することが可能になる。制限的ではないがより具体的には、2 次巻線の端子における E M F 振幅の時間的変動により、変換器に対するターゲットの位置、速度、および／または加速度を推定することが可能になる。

【0004】

本明細書では、以下、本出願において、2 次巻線の端子における起電力範囲振幅という用語は、たとえば励起周波数（すなわち、1 次巻線の端子に印加される交番電圧の周波数）に関して $-\Delta f \sim +\Delta f$ の周波数帯域内で、制限された周波数成分信号によって採用される瞬時値を指すことが指定され、ここで、 Δf はたとえば、100 Hz $\sim$ 100 kHz の値を採用してもよく、機械的変位の情報またはその特徴情報の一部を有する。この信号は、起電力内に含まれており、励起周波数および／またはその高調波において変調される。この信号は、周波数転置およびフィルタリング方法を用いて、より具体的には基底帯域転置およびフィルタリング方法を用いて、得ることができる。そのような方法の好ましい例は、同期励起周波数信号を使用して（変調された）起電力の同期復調を実施することからなり、電気位相は、特有の基準を満たすように、たとえば復調出力において得られる信号を最大にするように選択される。代替の方法は、同期復調後に信号の係数を計算することからなり、これは、電気復調位相を設定しない利点および欠点を伴う。また、電磁力の振幅は、本発明によるセンサを用いた変位測定の実施にとって好ましい測定量であるが、有限値の負荷が 2 次巻線の端子に接続されたとき（負荷の適合）の 2 次巻線における位相、周波数、または電力など、さらなる電気測定量を除外するものではないことが指定される。

10

20

【0005】

誘導性変位センサ、より具体的には渦電流位置センサの例は、欧州特許出願公開第 0 1 8 2 0 8 5 号明細書に記載されている。

【0006】

しかし、知られている誘導性変位センサは、様々な欠点を伴う。特に、周知のセンサは、組立ての不正確さ（位置合わせ不良、傾き、および／またはターゲット／変換器の距離）、ならびに測定領域近傍における導電部分の存在の影響を比較的受けやすく、これらは産業的使用にとって問題となる。また、センサ応答の線形性の欠如に付随する問題が生じる可能性もある。さらに、周知のセンサにおけるターゲットの位置および／または変位の推定の精度および強健性は、改善するに値するはずである。さらに、いくつかのタイプの周知のセンサの測定範囲の程度を増大することができることが望ましいはずである。加えて、周知のセンサの 1 つの欠点は、比較的脆弱であることであり、これは、いくつかのタイプの適用分野、特に産業的環境において問題となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】 欧州特許出願公開第 0 1 8 2 0 8 5 号明細書

【特許文献 2】 仏国特許出願公開第 2 9 1 4 1 2 6 号明細書

【特許文献 3】 仏国特許出願公開第 2 8 9 1 3 6 2 号明細書

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

周知のセンサの欠点のすべてまたは一部を改善する誘導性変位センサを有することができるが、望ましいはずである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

したがって、一実施形態は、1 方向に寸法 $D_{t \circ t}$ を有する領域に沿って分散された複数の導電パターンを備える誘導性変位センサに対するターゲットであって、前記パターンは、少なくとも、 $D_{t \circ t} / N$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 N$ にほ

50

ば等しい寸法の N 個の第1の基本導電パターンを含み、前記領域に沿って規則的に分散された、第1の組の基本周期パターンと、 $D_{t \circ t} / (N + r)$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法の $N + r$ 個の第2の基本パターンを含み、前記領域に沿って規則的に分散された、第2の組の基本周期パターンとのオーバーレイによって画定され、ここで、 N は2以上の整数であり、 r はゼロとは異なる $N - 1$ 以下の正の整数であり、第1および第2の基本導電パターンは、少なくとも部分的に重複する、ターゲットを想定する。

【0010】

一実施形態によれば、第1および第2の基本導電パターンは、それぞれ、前記方向に平行する第1および第2の重なったストリップの部分の形状を有する。

10

【0011】

一実施形態によれば、第1および第2のストリップは、ほぼ同一の幅である。

【0012】

一実施形態によれば、第1および第2のストリップは、別個の幅であり、第1のストリップは、第2のストリップより少なくとも2倍幅広い。

【0013】

一実施形態によれば、 N は偶数である。

【0014】

一実施形態によれば、前記パターンは、第1および第2の組の周期基本パターンと、 $D_{t \circ t} / (N + r)$ にほぼ等しい周期を有し、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法の $N + r$ 個の第3の基本パターンを備え、第2の組の周期パターンの基本パターンに対してほぼ $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ のオフセットで前記領域に沿って規則的に分散された、第3の組の周期基本パターンとのオーバーレイによって画定され、第1および第3の基本導電パターンは、少なくとも部分的に重複する。

20

【0015】

一実施形態によれば、第1、第2、および第3の基本パターンは、それぞれ、前記方向に平行する第1、第2、および第3のストリップの部分の形状を有し、一方で第1および第2のストリップ、ならびに他方で第1および第3のストリップが、重なっており、第2および第3のストリップは、第1のストリップの幅より小さいほぼ同じ幅である。

【0016】

一実施形態によれば、方向は円形方向である。

30

【0017】

一実施形態によれば、寸法 $D_{t \circ t}$ は、 360° に等しい角度寸法である。

【0018】

一実施形態によれば、 r は1に等しい。

【0019】

さらなる実施形態は、誘導性変位センサに対する変換器を想定し、誘導性変位センサは、1次巻線と、1方向に寸法 $D_{t \circ t}$ を有する領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の N 個の第1のターンまたは交互の巻線方向の $2N$ 個の第1のターンをそれぞれ備え、各第1のターンが、前記方向に $D_{t \circ t} / 2N$ にほぼ等しい寸法を有する、第1の組の少なくとも2つの2次巻線と、前記領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の $N + r$ 個の第2のターンまたは交互の巻線方向の $2(N + r)$ 個の第2のターンをそれぞれ備え、各第2のターンが、前記方向に $D_{t \circ t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法を有する、第2の組の少なくとも2つの2次巻線とを備え、ここで、 N は2以上の整数であり、 r はゼロとは異なる $N - 1$ 以下の正の整数であり、第1および第2のターンは、少なくとも部分的に重複する。

40

【0020】

一実施形態によれば、第1および第2のターンは、それぞれ、前記方向に平行する重なった第1および第2のストリップの部分の形状を有する。

【0021】

50

一実施形態によれば、変換器は、第2の組に対してほぼ $D_{t.o.t} / 2 (N + r)$ のオフセットで前記領域に沿って規則的に分散された、同じ巻線方向の $N + r$ 個の第3のターンまたは交互の巻線方向の $2 (N + r)$ 個のターンをそれぞれ備え、各第3のターンが、前記方向に $D_{t.o.t} / 2 (N + r)$ にほぼ等しい寸法を有する、第3の組の少なくとも2つの2次巻線をさらに備え、第1および第2のターンは、少なくとも部分的に重複する。

【0022】

一実施形態によれば、第1、第2、および第3のターンは、それぞれ、前記方向に平行する第1、第2、および第3のストリップの部分の形状を有し、第1および第2のストリップが重なっており、第1および第3のストリップが重なっている。

【0023】

一実施形態によれば、第2および第3の2次巻線は、直列に接続される。

【0024】

一実施形態によれば、第2および第3の2次巻線の直列接続点は、電気接続端子に接続される。

【0025】

さらなる実施形態は、上述したタイプの変換器と、上述したタイプのターゲットとを備える誘導性変位センサを想定する。

【0026】

これらの特徴および利点について、他の特徴および利点とともに、添付の図を参照して非制限的に与えられる特定の実施形態の以下の説明において、詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1A】誘導性角変位センサの一例を概略的に表す正面図である。

【図1B】誘導性角変位センサの一例を概略的に表すプロファイル図である。

【図2】図1のセンサの動作を概略的に示す図である。

【図3A】誘導性角変位センサのさらなる例の変換器およびターゲットを概略的に表す正面図である。

【図3B】誘導性角変位センサのさらなる例の変換器およびターゲットを概略的に表す正面図である。

【図4】図3Aおよび図3Bのセンサの動作を概略的に示す図である。

【図5】誘導性角変位センサのさらなる例の変換器を概略的に表す正面図である。

【図6】図5のセンサの動作を概略的に示す図である。

【図7】誘導性角変位センサのさらなる例の変換器を概略的に表す正面図である。

【図8】図7のセンサの動作を概略的に示す図である。

【図9A】誘導性角変位センサの出力信号の期待される理論上の進行を表す図である。

【図9B】誘導性角変位センサの出力信号の実際の進行、典型的には実際に得られた進行を表す図である。

【図10】複数の別個のターゲットー変換器距離に対する誘導性角変位センサの出力信号の進行を表す図である。

【図11】ターゲットー変換器距離に応じた誘導性角変位センサの出力信号の線形性誤差の進行を表す図である。

【図12A】誘導性角変位センサの実施形態の一例を概略的に示す断面図である。

【図12B】誘導性角変位センサの実施形態の一例を概略的に示す断面図である。

【図12C】誘導性角変位センサの実施形態の一例を概略的に示す断面図である。

【図12D】誘導性角変位センサの実施形態の一例を概略的に示す断面図である。

【図13A】ターゲットー変換器距離に応じた図12A～図12Dのセンサの4つの例に対するセンサの出力信号の線形性誤差の進行を表す図である。

【図13B】誘導性変位センサの一例のパラメータに応じた線形性に関する最適のターゲットー変換器距離の進行を表す図である。

【図13C】誘導性変位センサのさらなる例のパラメータに応じた線形性に関する最適の

10

20

30

40

50

ターゲットー変換器距離の進行を表す図である。

【図 1 4】誘導性角変位センサの一実施形態の一例の電磁界閉じ込め部分の一例を表す正面図である。

【図 1 5】誘導性角変位センサの一実施形態の一例の電磁界閉じ込め部分のさらなる例を表す正面図である。

【図 1 6 A】誘導性角変位センサのターゲットの実施形態の一例を概略的に表す正面図である。

【図 1 6 B】誘導性角変位センサのターゲットの実施形態の一例を概略的に表す正面図である。

【図 1 7】ターゲットのパターンの形状パラメータに応じた誘導性角変位センサにおける線形性に関する最適のターゲットー変換器距離の進行を表す図である。 10

【図 1 8 A】誘導性角変位センサのターゲットの実施形態の 3 つの例を概略的かつ部分的に表す正面図である。

【図 1 8 B】図 1 8 A のターゲットと協働して動作するのに適した変換器の 2 次巻線の一実施形態の一例を概略的かつ部分的に表す正面図である。

【図 1 9】誘導性角変位センサにおけるターゲットのパターンのさらなる形状パラメータに応じた線形性に関する最適のターゲットー変換器距離の進行を表す図である。

【図 2 0 A】誘導性角変位センサの変換器の一例を概略的に表す正面図である。

【図 2 0 B】誘導性線形変位センサの変換器の一例を概略的に表す正面図である。

【図 2 0 C】誘導性角変位センサの変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。 20

【図 2 0 D】誘導性線形変位センサの変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。

【図 2 0 E】図 2 0 D の変換器の挙動の小信号電気図である。

【図 2 1 A】誘導性角変位センサの変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。

【図 2 1 B】誘導性角変位センサの変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。

【図 2 2 A】誘導性角変位センサの変換器の一実施形態のさらなる例を概略的に表す正面図である。 30

【図 2 2 B】誘導性角変位センサの変換器の一実施形態のさらなる例を概略的に表す正面図である。

【図 2 3】誘導性角変位センサの一例のターゲットを概略的に表す正面図である。

【図 2 4】図 2 3 のセンサの測定信号の進行を概略的に表す図である。

【図 2 5】誘導性角変位センサの一実施形態の一例のターゲットを概略的に表す正面図である。

【図 2 6】誘導性角変位センサの代替実施形態のターゲットを概略的に表す正面図である。

【図 2 7 A】誘導性角変位センサのさらなる代替実施形態を概略的に表す正面図である。

【図 2 7 B】誘導性角変位センサのさらなる代替実施形態を概略的に表す正面図である。 40

【図 2 7 C】誘導性角変位センサのさらなる代替実施形態を概略的に表す正面図である。

【図 2 8】誘導性角変位センサターゲットの一実施形態の一例を表す斜視図である。

【図 2 9】誘導性角変位センサターゲットの一実施形態のさらなる例を表す斜視図である。

。

【発明を実施するための形態】

【0028】

見やすいように、様々な図において同じ要素は同じ参照によって指し、さらに様々な図は、原寸に比例して描かれていない。さらに、以下、本説明では、特に指定しない限り、「ほぼ、約 (approximately)」、「実質上 (substantially)」、「前後 (around)」、「程度 (of the order of)」、「事 50

実上 (practically)」などの用語は、「20%以内、好ましくは5%以内」、または角距離に関するときは「5°以内、好ましくは2°以内」を意味し、「垂直 (vertical)」、「水平 (horizontal)」、「横方向 (lateral)」、「下 (below)」、「上 (above)」、「頂部 (top)」、「底部 (bottom)」などの方向に関する参照は、対応する図に示されるように向けられたデバイスに当てはまる。実際には、これらのデバイスを異なる向きにしてもよいことが理解される。

【0029】

機械部分の互いに対する変位の誘導測定に特に注目した。本明細書では、誘導測定という用語は、電気コイルを用いた交番電磁界の測定を指す。制限的ではないがより具体的には、本出願は、渦電流センサの技術的下位区分に関し、インダクタによって生成される電磁界は、インダクタ近傍における可動 (インダクタに対して) の導電部分の存在および配置に応じて、異なる形で確立される。そのような電磁現象は、電磁界の特定の電気周波数が十分に大きい値を採用するとき、計測の目的で利用可能になり、この大きさの概念は、導電部分の幾何学的寸法、その電気および磁気特性、その温度などの複数のパラメータによって決定される。本明細書では、変位測定という用語は、インダクタまたはインダクタ基準系に対する導電部分の変位の位置、速度、加速度、または任意の他の特徴量に関する情報の推定を指す。変位としては、互いに対する、または別個の軸に沿った、角変位 (軸の周りの回転)、線形変位 (軸に沿った並進)、またはそのような変位の任意の組合せが、等しく十分に考慮される。制限的ではないがより具体的には、本出願は、誘導性位置センサ、誘導性速度センサ、および/または誘導性加速度センサの技術的下位区分に関する。

【0030】

誘導性変位センサは、典型的には、変換器 (たとえば、測定基準系に強固に接続され、フレームとしても知られている) と、ターゲット (たとえば、測定基準系に対する可動機械部分に強固に接続される) とを備える。ターゲットは、変換器から離れて配置され、変換器に (機械的または電氣的に) 接触しない (非接触測定)。変換器は、交番電磁界をもたらすのに適した1次巻線またはインダクタと、1次巻線によってもたらされる電磁界の存在下で起電力またはEMFとも呼ばれる交番電圧が誘導される端子に位置する少なくとも1つの2次巻線とを含む。ターゲットは、結合接極子とも呼ばれる部分的または完全に導電性の要素であり、変換器の前におけるその存在および/または動きは、1次巻線と2次巻線との間の結合を変更する。ターゲットが1次巻線と2次巻線との間の結合に与える影響は、変換器に対するターゲットの位置だけでなく、変換器に対するターゲットの速度にも依存することに留意されたい。

【0031】

したがって、電磁界分布は、変換器に対するターゲットの位置および相対変位に応じて空間的に形成される。機械部分の変位中、電磁界の空間分布は変化し、したがって2次巻線内で誘導されるEMFも変化する。1次巻線によってもたらされる電磁界によって誘導されるEMFを2次巻線の端子において分析することで、変換器の2次巻線に対するターゲットの位置および/または変位を推定することが可能になる。制限的ではないがより具体的には、2次巻線の端子におけるEMF振幅の時間的変動により、変換器に対するターゲットの位置、速度、および/または加速度を推定することが可能になる。

【0032】

本明細書では、以下、本出願において、2次巻線の端子における起電力範囲振幅という用語は、たとえば励起周波数 (すなわち、1次巻線の端子に印加される交番電圧の周波数) に関して $-\Delta f \sim +\Delta f$ の周波数帯域内で、制限された周波数成分信号によって採用される瞬時値を指すことが指定され、ここで、 Δf はたとえば、100 Hz ~ 100 kHz の値を採用してもよく、機械的変位の情報またはその特徴情報の一部を有する。この信号は、起電力内に含まれており、励起周波数および/またはその高調波において変調される。この信号は、周波数転置およびフィルタリング方法を用いて、より具体的には基底帯域

転置およびフィルタリング方法を用いて、得ることができる。そのような方法の好ましい例は、同期励起周波数信号を使用して（変調された）起電力の同期復調を実施することからなり、電気位相は、特有の基準を満たすように、たとえば復調出力において得られる信号を最大にするように選択される。代替の方法は、同期復調後に信号の係数を計算することからなり、これは、電気復調位相を設定しない利点および欠点を伴う。また、電磁力の振幅は、本発明によるセンサを用いた変位測定の実施にとって好ましい測定量であるが、有限値の負荷が２次巻線の端子に接続されたとき（負荷の適合）の２次巻線における位相、周波数、または電力など、さらなる電気測定量を除外するものではないことが指定される。

【００３３】

誘導性変位センサ、より具体的には渦電流位置センサの例は、欧州特許出願公開第０１８２０８５号明細書に記載されている。

【００３４】

しかし、知られている誘導性変位センサは、様々な欠点を伴う。特に、周知のセンサは、組立ての不正確さ（位置合わせ不良、傾き、および／またはターゲット／変換器の距離）、ならびに測定領域近傍における導電部分の存在の影響を比較的受けやすく、これらは産業的使用にとって問題となる。また、センサ応答の線形性の欠如に付随する問題が生じる可能性もある。さらに、周知のセンサにおけるターゲットの位置および／または変位の推定の精度および強健性は、改善するに値するはずである。さらに、いくつかのタイプの周知のセンサの測定範囲の程度を増大することができることが望ましいはずである。加えて、周知のセンサの１つの欠点は、比較的脆弱であることであり、これは、いくつかのタイプの適用分野、特に産業的環境において問題となる。

【００３５】

周知のセンサの欠点のすべてまたは一部を改善する誘導性変位センサを有することができるが、望ましいはずである。

【００３６】

本明細書では、角変位センサ、より具体的にはほぼ平面の略形状を有する角変位センサ、たとえば略ディスク形状を有するセンサ、３６０°以下の開口角を有する円環状ストリップ形状を有するセンサに、特に注目した。しかし、以下を読めば、本出願に記載する実施形態の例、実施形態、および代替実施形態はすべて、さらなるタイプの誘導性変位センサ、たとえば上述した欧州特許出願公開第０１８２０８５号明細書に記載されているタイプの誘導性線形変位センサに適合させることができることが理解されよう。本出願に記載する実施形態の例をさらなるタイプの誘導性変位センサに適合させることは、当業者の理解の範囲内であり、したがって以下では詳述しない。

【００３７】

説明的で非制限的な例として、本出願に記載しかつ図に示す誘導性センサの特徴寸法（角度センサの場合は直径、線形センサの場合は幅）は、５ｍｍ～２００ｍｍ、好ましくは４０ｍｍ～５０ｍｍである。

【００３８】

図１Ａおよび図１Ｂは、それぞれ、略ディスク形状を有する平面タイプの誘導性角度位置センサ１００の一例を概略的に表す正面図およびプロファイル図である。

【００３９】

センサ１００は、１次導電巻線１０１および２次導電巻線１０３を含む変換器１１０を備える。図１Ｂでは、変換器１１０の１次および２次巻線は詳細に示していない。好ましくは、１次巻線１０１は、反対の巻線方向および別個の半径を有する２つのほぼ円形、同心円状、かつ共平面の導電ターンまたはループ１０１ａおよび１０１ｂを備える。１次巻線１０１の各ターン１０１ａ、１０１ｂは、少なくとも１回の回転、好ましくは複数回の回転を含む。ターン１０１ａおよび１０１ｂは、好ましくは、同じ強度であるが反対の流れ方向の電流が横断するように、直列に接続されるが、任意選択で、その端子において同じ電圧が生じるように、並列に接続することもできる（好ましくは２つのターンにおける

10

20

30

40

50

電流の流れ方向が反対になるように適用される)。図1の1次巻線の配置例の利点は、2つのターン間に位置する環状ストリップ内に実質上均一の励起場をもたらし、このストリップの外側では実質上ゼロの励起場をもたらすことが可能になることである。別法として、1次巻線101は、単一のターン(1回または複数回の回転を有する)を含むことができる。より一般的には、1次巻線101は、変換器の測定領域内に電磁界を生成するように配置された1つまたは複数の同心円状のターン(それぞれ1回または複数回の回転を有する)を含むことができる。記載する実施形態は、1次巻線のこれらの特定の配置に制限されない。

【0040】

表す例では、2次巻線103は、ターン101aおよび101b間に位置する円環状ストリップの形状で空間的に配置された導電ターンまたはループからなる。巻線103は、たとえば、ターン101aおよび101bとほぼ同じ平面内、または実質上平行の平面内に位置する。

【0041】

この例では、正面図において、ターン103は、ターン101aおよび101bによって画定される環状ストリップの開口角 α を有する角度セクタの輪郭を実質上追従する。ターン103は特に、環状ストリップ部分の輪郭の径方向部分および正放線部分を備える。そのような巻線は、 α° の範囲にわたって角度位置測定を可能にする。表す例では、ターン103の開口角 α は、 30° にほぼ等しい。しかし、記載する実施形態は、この特定の事例に制限されない。別法として、角度 α は、 $0\sim 180^\circ$ の任意の値を採用することができる。ターン103は、好ましくは、単一の回転を含むが、任意選択で、複数の回転を含むことができる。1次巻線101および2次巻線103は、たとえば、厚さ数マイクロメートル～数ミリメートルのウェーハ、たとえばPCB(「プリント回路基板」)タイプの基板の形で、同じ誘電体基板(図示せず)の中および上に配置される。

【0042】

センサ100は、導電パターン107を備えるターゲット111をさらに備え、ターゲット111は、変換器からゼロとは異なる距離をあけて位置し、変換器に対して動くのに適している。図1Aには、ターゲットの導電部分107のみが表されている。この例では、ターゲット111の導電パターン107は、変換器のターン103のパターンによって画定される環状ストリップ部分と実質上同じ形状を有する。ターゲットは、ターン101aおよび101bの中心を通過する変換器の平面に直交する軸Zの周りに回転可能に取り付けられ、それにより、ターゲットが軸Zの周りで角度 2α だけ回転すると、導電パターン107(開口角 α を有する)は、変換器の2次巻線103のターンによって画定される環状ストリップの表面をほぼ完全に覆い、次いでほぼ完全に露出する。非制限的な例として、ターゲットは、たとえばディスクの形状の誘電体材料から作られた板からなることができ、変換器の方へ向けられた一方の面は、導電パターン107を形成する任意選択で磁性の導電材料層、たとえば金属層、たとえば鉄、銅、アルミニウム、銅などの層で部分的に被覆される。別法として、ターゲットは、導電パターン107の形状に切断された金属板の部分のみからなることができ、この部分は、ターン101aおよび101bによって画定される環状ストリップの部分の上で変換器に対して回転運動することができるように、任意の適した手段によって取り付けられる。

【0043】

図1Aおよび図1Bのセンサ100の動作について、図2を参照して次に説明する。図2は、変換器110に対するターゲット111の角度位置 θ に応じたセンサの2次巻線103の端子における起電力Vの振幅の進行を表す。

【0044】

動作の際、交番電流 I_p の流れは、1次巻線101内の電気的手段によって印加される。巻線101内の電流 I_p の流れは、ターゲットがない場合、2次巻線103が横断する円環状ストリップ内の回転によって、実質上対称の分布を有する電磁界Bをもたらす。非制限的な例として、1次巻線内に印加される代替の励起電流 I_p の周波数は、 500 kHz

10

20

30

40

50

z ～ 50 MHz（たとえば、4 MHz）である。電流 I_p の振幅は、たとえば、0.1 mA ～ 100 mA（たとえば、2 mA）である。ターゲット 111 がない場合、またはより一般的には、ターゲットの導電パターン 107 が 2 次巻線 103 を覆っていないとき、2 次巻線 103 は、その端部間に、1 次巻線の励起周波数に実質上等しい周波数および原則的にゼロとは異なる振幅を有する交番 EMF V を供給する。ターゲット 111 の導電パターン 107 が 2 次巻線 103 のすべてまたは一部を覆うとき、ターン 103 近傍の空間的電磁界分布は、ターン 103 に面して位置する導電パターン 107 の表面部分の配置および変位に応じて変動する。さらなる説明は、1 次巻線内の電流 I_p の流れによって生成される励磁の作用を受けて、導電パターン 107 内に渦電流が現れ、ターン 103 に面して位置するパターン 107 の表面部分の配置および変位に応じた電磁界の空間分布の変更が誘導されると見なすことからなる。ターン 103 に面して位置するパターン 107 の表面部分の配置および変位に応じた電磁界の空間分布のこれらの変化または変動は、ターン 103 に面して位置するパターン 107 の表面部分の配置および変位に応じた 2 次巻線の端子における電圧範囲の振幅 V の誘導、変動、または変化によって伝えられる。

10

【0045】

非制限的で説明的な例として、ターゲットは、 $\theta = -\alpha^\circ \sim \theta = \alpha^\circ$ の角度位置の範囲内で、変換器に対して軸 Z の周りを回転運動することができると見なされる。位置 $\theta = -\alpha^\circ$ は、図 1 A に表す配置に対応しており、導電パターン 107 がターン 103 を隠していないが、上から見ると、径方向縁部がターン 103 の径方向縁部に隣接していると任意に見なされる。したがって、角度位置 θ が $-\alpha^\circ \sim 0^\circ$ の範囲である場合、導電パターン 107 のうちターン 103 に面して位置する部分の表面積は、角度位置 θ が増大すると増大し、角度位置 θ が $0^\circ \sim \alpha^\circ$ の範囲である場合、導電パターン 107 のうちターン 103 に面している部分の表面積は、角度位置 θ が増大すると減少する。 $\theta = -\alpha^\circ \sim \theta = \alpha^\circ$ の角度位置の範囲外では、導電パターン 107 のうち 2 次巻線 103 のターンに面している部分の表面積はゼロになり、変換器に対するターゲット 111 の位置および／または変位を測定することはできない。

20

【0046】

誘導性変位センサの 2 次巻線の端子において測定される電圧の範囲の振幅 V は、理論的には、ターゲットの導電パターンの表面積のうち 2 次巻線に面して位置する部分の面積に比例する。したがって、図 2 に見られるように、角度位置 θ が $-\alpha^\circ \sim 0^\circ$ の範囲である場合、信号 V は、角度位置 θ が増大すると減少し、 $\theta = -\alpha^\circ$ に対する高値 V_{max} から $\theta = 0^\circ$ に対する低値 V_{min} に変化し、角度位置 θ が $0^\circ \sim \alpha^\circ$ の範囲である場合、信号 V は、角度位置 θ が増大すると増大し、 $\theta = 0^\circ$ に対する低値 V_{min} から $\theta = \alpha^\circ$ に対する高値 V_{max} に変化する。したがって、信号 V は、理論的には、 $-\alpha^\circ \sim \alpha^\circ$ の角度範囲にわたって $V_{min} \sim V_{max}$ を線形に変動する三角波信号である。以下、実際には、信号 V は、非線形領域を有し、したがって正弦波の形状を有する傾向があることが理解されよう。

30

【0047】

したがって、 $\theta = -\alpha^\circ \sim \theta = 0^\circ$ の角度位置の範囲内または $\theta = 0^\circ \sim \theta = \alpha^\circ$ の角度位置の範囲内で、2 次巻線 103 の端子における起電力の範囲の振幅 V の測定により、変換器に対するターゲットの角度位置 θ を判定することが可能になる。信号 V の値は、上述した 2 つの角度位置範囲内のターゲットの角度位置 θ に応じて変動するが、信号 V の測定では、 $-\alpha^\circ \sim 0^\circ$ の範囲の位置値と $0^\circ \sim \alpha^\circ$ の範囲の位置値を区別することはできない（非全射的測定）。したがって、角度 α が 180° を超過しないことを条件として、センサ 100 によって実際に測定することができる角度位置の範囲の程度は、 α° にほぼ等しい。

40

【0048】

図 3 A および図 3 B は、略ディスク形状を有する誘導性角度位置センサのさらなる例を概略的に表す正面図である。このセンサは、図 3 A に表す変換器 112 と、図 3 B に表すターゲット 114 とを備える。図 3 B のターゲット 114 は、その導電パターンによって

50

、図 1 A のターゲット 1 1 1 とは本質的に異なる。特に、図 3 B のターゲット 1 1 4 は、単一の導電パターン 1 0 7 ではなく、ターゲットに強固に接続された変換器に対して動くのに適した 1 組の N 個の導電パターン 1 1 7_i を含むという点で、図 1 A のターゲット 1 1 1 とは異なる。 N は 2 以上の整数であり、 i は 1 ～ N の範囲の整数である。図 3 A の変換器 1 1 2 は、その 2 次巻線 1 1 3 の形状によって、図 1 A の変換器 1 1 0 とは本質的に異なる。特に、図 3 A の変換器 1 1 2 の 2 次巻線 1 1 3 は、単一の導電ターンではなく、1 組の N 個のターン 1 1 3_i を含む。図 3 B のターゲット 1 1 4 は、図 1 A および図 1 B を参照して記載したものと同様もしくは同一に、図 3 A の変換器 1 1 2 に対して回転可能に取り付けられることが意図される。

【0049】

この例では、正面図において、1 組の導電パターン 1 1 7_i および 1 組のターン 1 1 3_i は、それぞれ N 個の実質上同一のパターン 1 1 7_i および 1 1 3_i の回転による繰返しからなる。これらのパターンの回転による繰返しは、 2α の空間周波数によって実行され、すなわち、 α ° に実質上等しい開口角を有する各パターンが、 α ° に実質上等しい正放線範囲の空の円環状ストリップの一部分によって、最も近い隣接パターンから隔置される。

【0050】

略形状が閉じた円環状ストリップであり、すなわち 360° に等しい開口角を有するセンサの場合、パターンの開口角 α の値は、好ましくは、1 回転 (360°) 当たりのパターン繰返し総数を確保するために、 $\alpha = 360^\circ / 2N$ になるように選択される。図 3 A および図 3 B の例では、 $N = 6$ および $\alpha = 30^\circ$ である。

【0051】

言い換えれば、図 3 A の変換器は、 N 個のループまたはターン 1 1 3_i を直列に備える 2 次巻線 1 1 3 を備える。各ターン 1 1 3_i は、図 1 A のターン 1 0 3 と同じタイプの円環状ストリップセクタの形状を有し、 $\alpha = 360^\circ / 2N$ (すなわち、この例では $\alpha = 30^\circ$) にほぼ等しい角度寸法を有する。 N 個のターン 1 1 3_i は、1 次巻線 1 0 1 のターン 1 0 1 a および 1 0 1 b によってほぼ画定される円環状ストリップの 360° に沿って規則的に分散され、すなわち、2 次巻線の 2 つの連続するターン 1 1 3_i が、 α にほぼ等しい角度を有する環状ストリップ部分によって分離される。

【0052】

図 3 B のターゲットは、 N 個の導電パターン 1 1 7_i を備える。各パターン 1 1 7_i は、図 1 の導電パターン 1 0 7 と同じタイプの円環状ストリップセクタの形状を有し、 $\alpha = 360^\circ / 2N$ にほぼ等しい角度寸法を有する。 N 個の導電パターン 1 1 7_i は、ターゲットの環状ストリップに沿って規則的に分散され、ターン 1 1 3_i を含む変換器の環状ストリップに面して位置決めされることが意図される。

【0053】

以下、本出願では、多極センサという用語は、図 3 A および図 3 B を参照して説明するタイプのセンサを指すものとし、 N はセンサの磁極の数を指す。図 1 A の例では、 α が値 180° を採用する場合、1 つの磁極対を有するセンサを指す。より具体的には、多極センサという用語は、基本導電パターンが、変換器に対するターゲットの変位の自由度に対して平行方向に沿って (すなわち、上述したタイプの角度センサ内の正放線方向に沿って)、ターゲット上で少なくとも 2 回規則的に繰り返されるセンサを指すものとする。

【0054】

複数の磁極対を有する電気モータの電気周期と同様に、2 つの隣接するパターン 1 1 7_i 間の開口角および 2 つの隣接するパターン 1 1 3_i 間の開口角を、センサの電気周期であるものとして、次に参照するものとする。導電パターンが開口角 α ° を有し、これらのパターン間の空洞も開口角 α ° を有する図 3 A および図 3 B のセンサの特有の事例では、電気周期は 2α ° に等しく、裏を返せば、導電パターンの開口角は、センサの電気半周期に等しい。これは、好ましいが排他的でない事例である。設計によって、略形状が閉じた円環状ストリップであるセンサの場合、 $\alpha = 360^\circ / 2N$ であるため、電気周期は、好

10

20

30

40

50

ましくは 360° の約数である。これらの条件の下で、多極誘導性センサは、 α° の測定範囲を有し、これはその電気周期 $2\alpha^\circ$ の2分の1に等しい。図1Aの例では、 α が値 180° を採用する場合、電気周期は 360° に等しく、測定範囲は電気周期の2分の1、すなわち 180° にほぼ等しい。 $\alpha = 30^\circ$ である図3Aおよび図3Bの例では、電気周期は $2\alpha = 60^\circ$ であり、測定範囲は電気周期の2分の1、すなわち $\alpha = 30^\circ$ にほぼ等しい。

【0055】

図4は、変換器に対するターゲットの角度位置 θ に応じた図3Aおよび図3Bのセンサの2次巻線113の端子における起電力の範囲の振幅 V の進行を表す図である。

【0056】

図4に見られるように、変換器に対するターゲットの角度位置 θ が 0° から 360° に変動するとき、信号 V は、高値 V_{max} と低値 V_{min} との間で周期的に変動し、変動の角度周期は、センサの電気周期 2α にほぼ等しい。

【0057】

図3Aおよび図3Bのセンサによって測定されるのに適した角度位置 θ の範囲の振幅は、電気周期の2分の1、すなわち α° にほぼ等しい。

【0058】

図1Aおよび図1Bのセンサに対する図3Aおよび図3Bのセンサの1つの利点は、ターゲットおよび変換器上により多数のパターンが分散されることで、拡大された測定領域上で分散された測定が可能になることであり、各パターンは、設計により全体的な起電力の生成に局所的に寄与し、この起電力は、図1Aおよび図1Bのセンサより、変換器に対するターゲットの位置決め誤差の影響を受けにくく、行われる測定は、1組のパターン107-103を使用して行われる局所的な測定である。測定のこの強健性は、センサの磁極の対の数 N が増大すると特に大きくなる。

【0059】

図5は、図3Aおよび図3Bのセンサの代替実施形態を示す。図5では、センサの変換器のみを示し、ターゲットは図3Bのものと同一である。

【0060】

図5のセンサの変換器は、図3Aの変換器と同じ要素を備え、 N 個のループまたはターン113_i'を直列に備える第2の2次巻線113'をさらに備える。見やすいように、巻線113の異なるループ113_i間の接続および巻線113'の異なるループ113_i'間の接続は、図5には示していない。2次巻線113'（破線として表す）は、2次巻線113（実線として表す）と実質上同一であり、変換器の2次巻線113と同じ環状ストリップ内に、センサの電気周期の4分の1に対応し、すなわち2次巻線113に対する $\alpha/2$ にほぼ等しい角度オフセットで配置される。

【0061】

図6は、変換器に対するターゲットの角度位置 θ に応じた、図5のセンサの2次巻線113の端子における起電力の範囲の振幅 V （実線）の進行、および図5のセンサの2次巻線113'の端子における起電力の範囲の振幅 V' （破線）の進行を表す図である。

【0062】

図6に見られるように、変換器に対するターゲットの角度位置 θ が 0° から 360° に変動するとき、信号 V および V' は、高値 V_{max} と低値 V_{min} との間で周期的に変動し、変動周期は、センサの電気周期に等しく、すなわちこの例では $2\alpha^\circ$ にほぼ等しく、互いに対する角度オフセットは、センサの電気周期の4分の1、すなわちこの例では約 $\alpha/2^\circ$ に実質上等しい。

【0063】

図3Aの変換器に対する図5の変換器の1つの利点は、センサによって測定されるのに適した角度位置 θ の範囲を、図3Aおよび図3Bの例の半周期（すなわち、 α° ）ではなく、電気周期（すなわち、 $2\alpha^\circ$ ）のほぼ全体にまで拡大することが可能になることである。

10

20

30

40

50

【0064】

図7は、図3Aおよび図3Bのセンサのさらなる代替実施形態を示す。図7では、センサの変換器のみを示し、ターゲットは図3Bのものと同一である。

【0065】

図7のセンサの変換器は、その2次巻線の形状によって、図3Aの変換器とは本質的に異なる。図7のセンサの変換器は、直列に相互接続された交互の巻線方向の2N個のループまたはターンを備える2次巻線123を備える。言い換えれば、2次巻線123は、電気回路またはターンの2N個のパターンを備え、各パターンは、最も近いパターンに逆直列に接続される。より具体的には、巻線123は、図3Aの変換器のN個のターン113_iと実質上同一である同じ巻線方向のN個のターン123_{i+}を備え、反対の巻線方向のN個のターン123_{i-}をさらに備え、各ターン123_{i-}は、2つの連続するターン123_{i+}間に配置され、各ターン123_{i-}は、ターン123_{i+}と同じタイプの円環状ストリップセクタの形状を有する。見やすいように、巻線123のターン123_{i+}および123_{i-}間の接続は、図7には示していないが、2つの巻線方向を、ターン123_{i+}に対する+の符号およびターン123_{i-}に対する-の符号によって概略的に表す。

【0066】

より具体的には、図7の例では、より見やすい図形表示を可能にするために、各ターン123_{i+}および123_{i-}の開口角 α は、電気半周期より厳密には小さくなるように選択した。実際には、各ターン123_{i+}および123_{i-}の開口角 α は、より小さい値、ちょうど値、またはより大きい値により電気半周期に近似することができる。一実施形態の好ましいが排他的でない例である、開口角が1つの電気半周期にちょうど等しい特有の事例では、N個のターン123_{i+}の開口角およびN個のターン123_{i-}の開口角の合計は、360°に等しく、または言い換えれば、軸Zによって方向付けられかつセンサの中心を中心として有する基準系{R, θ }（図示せず）において、2つの隣接するターン123_{i+}および123_{i-}の径方向の構成トラックは、同じ空間座標を共用する。しかしこれは明らかに、これらのトラックを軸Zに沿って2つの別個の平面上に位置決めすることができる限り、これらのトラックが一体になること、ならびにターン123_{i+}および123_{i-}が短絡することを意味するものではない。

【0067】

2つの隣接するターン123_{i+}間の空間的な繰返し周期、および2つの隣接するターン123_{i-}間の空間的な繰返し周期は、ターン123_{i+}および123_{i-}の開口角 α にかかわらず、センサの1つの電気周期に等しく維持される。センサの電気半周期とは異なる開口角を有するそのような1組のターンの使用の好ましい非制限的な例は、図7に示すように、ターン123_{i+}および123_{i-}を規則的に正放線方向に分散させることからなる。

【0068】

図8は、変換器に対するターゲットの角度位置 θ に応じた図7のセンサの2次巻線123の端子における起電力の範囲の振幅Vの進行を表す図である。

【0069】

図8に見られるように、変換器に対するターゲットの角度位置 θ が0°から360°に変動するとき、信号Vは、高値 V_{max} と低値 V_{min} との間で周期的に変動し、変動の角度周期は、1つの電気周期にほぼ等しい。

【0070】

図3Aの変換器に対する図7の変換器の1つの利点は、振幅Vが0ボルト($V_{min} - V_{max}$)前後をほぼ中心とすることである。より一般的には、たとえば図7を参照して説明したものなどの空間的な差動測定の使用により、値 V_{min} および V_{max} に対して低い平均振幅Vを有することが可能になる。これにより、変位の推定を目的とする測定の処理が簡略化され、特にずれおよび寄生による障害の影響が低減される。

【0071】

確かに、図7のセンサの事例では、寄生作用に伴う、すなわちターゲットの変位から生

10

20

30

40

50

じたものではない振幅 V のある程度の変動は、利得変動によって伝えられるだけであるが、図 3 A のセンサの事例では、これらの変動は、利得変動とオフセット変動の両方によって伝えられる。これは、たとえば、ターゲット変換器距離の寄生変動のために 1 次側と、ターゲットと、2 次側との間の結合係数が変動する事例に当てはまる。これはさらに、たとえば変換器およびターゲットの温度および相対距離に応じて、励起電流の振幅が変動する事例、たとえば電源電圧の寄生変動の事例、または 1 次巻線の電気特性のずれの場合にも当てはまる。

【0072】

さらに、図 7 の例では、この測定の空間的に異なる性質のため、ターゲットの変位に関する情報を有していない外部場との 2 次巻線の結合がかなり低減される。これは特に、1 次側によって生成される電磁界のうち、EMF の振幅の一定部分（ターゲット位置に依存しない）を誘導する部分に当てはまるが、2 次巻線 1 2 3 近傍において実質上均一の分布を呈する外部電磁干渉にも当てはまる。

【0073】

図 7 の代替実施形態は、電気周期の 4 分の 1 だけ角度的にオフセットされかつ約 0 ボルトを中心とする振幅 V および V' の 2 つの信号を得るために、図 5 の代替実施形態と組み合わせることができる。

【0074】

EMF の範囲の振幅 V が 0 ボルトをほぼ中心とすることは、必ずしも、変調された起電力により、周波数転置およびフィルタリング方法の実施前に前記特性が確認されることを意味しないことに留意されたい。概して、2 次巻線における高インピーダンス測定の実例では、2 次巻線の 2 つの端子のうちの一方が画定された電位（たとえば、電気量）を自発的に基準とするため、またはその平均電位の容量結合が環境の電位（たとえば、機械量）を基準とするため、起電力（変調済み）は、ゼロとは異なる平均値を有する。起電力の平均値に適用されるこの説明的な例はまた、その原点にかかわらず、電気信号のどの周波数成分にも該当する。そのような原点は、変調周波数を中心とする当該周波数帯域 $-\Delta f \sim +\Delta f$ の外側に位置し、または言い換えれば、周波数転置方法後にゼロ周波数を中心とする当該周波数帯域 $-\Delta f \sim +\Delta f$ の外側に位置する。

【0075】

第 1 の態様

図 9 A は、図 5（2 つの 2 次側が電気周期の 4 分の 1 だけ空間的にオフセットされる）および図 7（各 2 次側が交互の巻線方向の 2 N 個のターンを備える）の実施形態の選択肢を組み合わせた上述したタイプの誘導性センサにおける、角度位置 θ に応じた振幅 V および V' の信号の期待される理論上の進行を表す図である。図 9 A に見られるように、期待される理論上の振幅 V および V' は、センサの電気周期に等しい周期を有する三角波周期信号であり、値 $V_{min} \sim V_{max}$ 間で、互いに対して電気周期の 4 分の 1 の角度オフセットで線形に変動する。確かに、理論的には、上述した欧州特許出願公開第 0 1 8 2 0 8 5 号明細書（段 1 2、行 2 2 ~ 5 7）に示されているように、誘導性センサの 2 次巻線の端子において測定される電圧の範囲の振幅は、ターゲットの導電パターンの表面のうちこの 2 次巻線に面して位置する部分の面積に比例する。しかし、上述した実施形態の例では、図 7 のパターン 1 2 3_{i+} およびパターン 1 2 3_{i-} の場合、ターゲットの導電表面のうち 2 次巻線の電気回路パターンまたはターンに面して位置する部分は、角度位置 θ とともに線形に変動する。したがって、信号 V および V' は、位置 θ に応じて部分によって線形に変動するはずである。

【0076】

しかし本発明者らは、実際には、位置 θ に応じた信号 V および V' の変動は概して、センサの電気周期において幅広い非線形領域を有することを観察した。より具体的には、実際には、位置 θ に応じた信号 V および V' の変動は、確かに、センサの電気周期において低減された範囲の 2 つの実質上線形の領域を有し、これらの領域は、振幅 V および V' のゼロ交差をほぼ中心とするが、これらの線形領域間には、飽和した、事実上あまり線形で

ない領域が挿入されており、これらの領域は、振幅 V および V' の極値をほぼ中心とする。

【0077】

位置 θ に応じた振幅 V および V' の線形性が低いことは、欠点を伴う。特に、非制限的な例として、線形性の範囲が低減されることで、仏国特許出願公開第2914126号明細書および仏国特許出願公開第2891362号明細書に記載されている信号処理方法からの利益を完全に得ることができなくなる。

【0078】

図9Bは、上述したタイプの誘導性センサにおいて角度位置 θ に応じた信号 V および V' の実際の進行、典型的には実際に得られた進行を表す図である。図9Bに見られるように、信号 V および V' は、センサの測定範囲の低減された角度範囲 α_L の部分のみにおいて、線形に変動する。この角度範囲を、線形性範囲と呼ぶ。例として、各線形性範囲 α_L は、センサの電気半周期（図示の例では、 α° に等しい）の20%~90%の範囲を有する。線形性範囲 α_L は、たとえば、振幅 V に対する線形近似 V_L と振幅 V の差 E_L が閾値 E_{L0} より小さくなるように線形近似 V_L を発見することが可能な最大角度範囲として定義され、この範囲は振幅 V の平均値を実質上中心とし、閾値 E_{L0} は、たとえば振幅 V の極値の割合として、たとえば振幅 V の極値の0.01%~10%の値の範囲内で、センサに対して求められる線形度に応じて定義される。言い換えれば、線形性範囲 α_L は、振幅 V が設定値 E_{L0} の1つの最大近似範囲内で変換器に対するターゲットの位置とともに実質上線形に変動する最大角度範囲である。実際には、概して、この逆を行うことが求められる、すなわち、所与の角度範囲 α_L 、たとえば非制限的に、測定を行うことが求められる角度範囲にわたって、最大線形性誤差 E_{LM} を評価することが求められる。また、センサの線形性を評価するさらなる方法は、所与の範囲 α_L に対する振幅 V と線形近似 V_L の最大差として定義される線形性誤差 E_{LM} を評価することである。好ましくは、非制限的に、2つの2次巻線を有するセンサに求められる線形性範囲は、電気半周期の少なくとも50%であり、たとえば、測定すべき変位が急速であり、振幅の複数のサンプルの観察には電気半周期の50%を超える必要があるときは、電気半周期の50%~80%である。さらに好ましい例では、3つの2次巻線を有するセンサに求められる線形性範囲は、電気半周期の少なくとも33%であり、たとえば、測定すべき変位が急速であるときは、電気半周期の33%~50%である。以下、特に指定しない限り、排他的な選択と見なされることなく、本説明は、2つの2次巻線を有するセンサを提示することに制限され、また読みやすくする目的で、本説明は、これらの条件に明示的に言及することなく、単に線形性誤差 E_L に言及することによってこれらの条件の下で定義される線形性誤差を参照するものとして、電気半周期の50%という求められる線形性範囲にわたって線形性誤差を提示することに制限される。

【0079】

本発明者らは特に、所与のターゲット-変換器距離（および所与の範囲 α_L ）に対して、線形性誤差 E_L が概して、センサの磁極の数 N が増大すると増大することを観察した。

【0080】

しかし、この制限は、上述したような強健な測定を確保するために概して多数の磁極、典型的には $N=6$ を必要とする限りにおける誘導性センサの産業的使用を示すものではない。

【0081】

特にセンサによって供給される振幅の処理を容易にするために、既存のセンサより低い線形性誤差（またはより広い線形性範囲）を有する誘導性変位センサ、および特に多極センサを有することができることが望ましいはずである。非制限的な例として、線形性範囲を拡大することで、仏国特許出願公開第2914126号明細書および仏国特許出願公開第2891362号明細書に記載されている信号処理方法から利益を得ることを可能にすることができる。

【0082】

第1の態様によれば、誘導性変位センサ、特に（それだけに限らないが）多極センサ、たとえば2つ以上の磁極対を有するセンサ、好ましくは6つ以上の磁極対を有するセンサにおいて、所与の角度範囲 α_L にわたって、たとえば2つの2次巻線を有するセンサの場合はセンサの電気半周期の2分の1に延びる範囲 α_L にわたって、または3つの2次巻線を有するセンサの場合は電気半周期の3分の1に延びる範囲 α_L にわたって、線形性誤差 E_L を低減させることが求められる。また、センサの2次巻線の端子における起電力の範囲の振幅が変換器に対するターゲットの角度位置 θ に応じてほぼ線形に変動するセンサの線形性範囲の程度、すなわちセンサの測定範囲内に含まれる位置範囲の程度を、増大させることが求められていることを、考慮に入れることができる。

【0083】

本発明者らが行った研究により、誘導性センサの線形性範囲の程度は、空隙と呼ばれることのあるターゲットー変換器距離 d 、すなわち変換器の2次巻線の中央面とターゲットの導電パターンとの間の距離に依存することが実証された。例として、ターゲットー変換器距離 d は、変換器の2次巻線の中央面と、変換器の方を向いているターゲットの導電パターンの表面との間の距離として定義される。

【0084】

図10は、上述したタイプ（たとえば、図7を参照して説明したタイプ、 $N=6$ つの磁極対）の誘導性センサ内の複数の別個のターゲットー変換器距離に対して、ターゲットの角度位置 θ に応じて変換器の2次巻線の端子において測定される起電力の範囲の振幅 V の進行を表す図である。曲線 V_1 は、ターゲットー変換器距離 d_1 に対する振幅 V の進行を表し、曲線 V_2 は、 d_1 より小さいターゲットー変換器距離 d_2 に対する振幅 V の進行を表し、曲線 V_3 は、 d_2 より小さいターゲットー変換器距離 d_3 に対する振幅 V の進行を表す。線 V_{11} は、振幅 V_1 の線形近似を点線形式で表し、線 V_{12} は、振幅 V_2 の線形近似を点線形式で表し、線 V_{13} は、振幅 V_3 の線形近似を点線形式で表す。図10に見られるように、信号 V は、距離 d_3 において、距離 d_2 および d_1 において得られる最大振幅より大きい最大振幅を有する。他方では、距離 d_2 における振幅 V の線形性誤差 E_{L2} は、それぞれ距離 d_1 および d_3 における振幅 V の線形性誤差 E_{L1} および E_{L3} より小さい。

【0085】

図11は、ターゲットー変換器距離に応じた誘導性変位センサ、たとえば図7を参照して説明したタイプのセンサ（ $N=6$ つの磁極対）の変換器の2次巻線の端子において測定される起電力の範囲の振幅 V の線形性誤差 E_L の進行を表す図である。この例では、線形性誤差 E_L は、たとえばセンサの電気周期の2分の1に延びる角度位置 θ の所与の範囲（EMFの単調部分）において、センサの応答の線形近似と測定される実際の応答との最大差（絶対値）に対応する。図11に見られるように、線形性誤差 E_L が最小値を通る最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} が存在する。より一般的には、本発明者らは、特に磁極対の数にかかわらず、すべてのタイプの誘導性変位センサにおいて、最小線形性誤差を観察することができることを観察した。この最小値は、センサの構成（特に、磁極対の数）に依存する最適のターゲットー変換器距離の場合に実現される。したがって、理論的には、誘導性センサにかかわらず、線形の応答を得ることが可能である。理論的という用語は、適した測定計器の精度が制限され、使用が制約される中、磁極対の数 N が特に大きいときは、距離 d_{opt} が、実際には測定できなくなるほど極めて小さくなることを指す。

【0086】

第1の実施形態によれば、ターゲットー変換器距離 d が、センサによって測定される振幅の線形性誤差が最小になる距離 d_{opt} の0.8～1.5倍である誘導性変位センサが想定される。この最適距離は、試験を使用して、たとえば図11に表すタイプの曲線を描くことによって、容易に判定することができることに留意されたい。

【0087】

しかし本発明者らは、実際には、いくつかのセンサ、特に多くの数 N 、典型的には3以上、より具体的には6以上の N の磁極対を有するセンサの場合、線形性に関する最適のタ

10

20

30

40

50

ターゲット変換器距離が、比較的小さくなり、たとえば0.2mmより小さくなる可能性があることを観察した。これは、いくつかのタイプの測定にとって、特に製造、組立て、および使用上の公差のために特にそのような距離を許容できない産業的環境において、問題となる可能性がある。

【0088】

さらに、本発明者らは、線形性に関する最適のターゲット変換器距離が、変換器および／またはターゲットの外径などのセンサの幾何学的パラメータを含む複数のさらなるパラメータに依存することを観察した。より具体的には、本発明者らは、センサの直径が増大すると、最適のターゲット変換器距離も増大し、たとえば1mmより大きい比較的高い値を採用する可能性があることを観察した。これは、いくつかのタイプの測定にとって、特にある程度小型の設計を確保することが求められる産業的環境において、問題となる可能性がある。

10

【0089】

線形性に関する最適のターゲット変換器距離が、測定環境と適合しない（過度に高いまたは過度に低い）事例では、環境的制約の限度内で最適の距離に可能な限り最も近いターゲット変換器距離における位置決め、および測定信号の数学的处理（後処理）を適用することによる非線形性の補正を想定することが可能である。しかし本発明者らは、実際には、この解決策には精度および強健性に関して限界があり、特に仏国特許出願公開第2914126号明細書および仏国特許出願公開第2891362号明細書に記載されている信号処理方法の実施にとって満足のいくものでないことを観察した。

20

【0090】

本発明者らが提案し、図12A～図12D、図13A～図13C、図14、および図15に示す第1の解決策は、センサに加えて、線形性に関するターゲット変換器距離を大幅に増大させるように選択された追加の電磁界閉じ込め部分を、変換器の1次巻線から特有の距離をあけて配置することである。

【0091】

図12A～図12Dは、誘導性角変位センサの実施形態の4つの例を概略的に示す断面図である。

【0092】

図12Aの例では、センサは、ターゲット変換器距離d（この例では、dは変換器の2次巻線の中央面と、変換器の方へ向けられたターゲットの導電パターンの表面の平面との間の距離）をあけて配置された変換器201およびターゲット203を備え、追加の電磁界閉じ込め部分を備えない。

30

【0093】

図12Bの例では、センサは、ターゲット変換器距離dをあけて配置された変換器201およびターゲット203を備え、導電材料、たとえばターゲットの導電パターンと同じ材料、または鉄、銅、アルミニウム、銅などの任意選択で磁性の任意の他の導電材料から作られた、追加の電磁界閉じ込め部分205をさらに備える。この例では、部分205は、ターゲット203の変換器201とは反対の側に配置され（すなわち、ターゲット203が変換器201と部分205との間に位置する）、ターゲット203の方へ向けられた部分205の表面は、好ましくは、変換器の中央面に対してほぼ平行であり、したがって、ターゲット（組立ての不正確さを受けやすい）の中央面に対してほぼ平行である。電磁界閉じ込め部分205は、好ましくは、センサの変位の自由度に対して平行方向に沿って周期的であり、すなわち、角度位置センサの事例では、回転（ほぼターゲットの対称軸である軸の周り）が周期的であり、閉じ込め部分の導電パターンの空間的周期は、好ましくは、ターゲットの導電パターンの周期とは別個である。説明的で非制限的な例として、部分205は、回転対称である。部分205は、部分変換器距離lをあけて配置され、部分変換器距離lは、この例では、変換器の1次巻線の中央面と、変換器の方へ向けられた部分の導電パターンの表面の平面との間の距離として定義される。部分205は、好ましくは、ターゲットに強固に接続され、すなわち、変換器に対するターゲットの位置

40

50

が変化するとき、変換器に対して可動である。

【0094】

図12Cの例では、センサは、ターゲットー変換器距離 d をあけて配置された変換器201およびターゲット203を備え、たとえば図12Bの部分205に同一または類似の追加の電磁界閉じ込め部分205'をさらに備える。部分205'は、好ましくは、ほぼ変換器の1次巻線の対称軸である対称軸の周りで、回転が周期的であり、たとえば回転対称である。この例では、部分205'は、変換器201のターゲット203とは反対の側に配置される（すなわち、変換器201がターゲット203と部分205'との間に位置する）。部分205'は、部分ー変換器距離 l' をあけて配置される。例として、距離 l' は、変換器の1次巻線の中央面と、変換器の方へ向けられた部分の導電パターンの表面の平面との間の距離として定義される。部分205'は、好ましくは、変換器に強固に接続され、すなわち、変換器に対するターゲットの位置が変化するとき、変換器に対して固定される。

10

【0095】

図12Dの例では、センサは、ターゲットー変換器距離 d をあけて配置された変換器201およびターゲット203と、変換器201のターゲット203とは反対の側に変換器から距離 l をあけて配置された第1の電磁界閉じ込め部分205（たとえば、図12Bの部分205に同一または類似）と、ターゲット203の変換器201とは反対の側に変換器から距離 l' をあけて配置された第2の電磁界閉じ込め部分205'（たとえば、図12Cの部分205'に同一または類似）とを備える（すなわち、変換器201およびターゲット203は、部分205および205'間に位置する）。

20

【0096】

部分205および／または205'は、点ごとに、または空間的に分散された形で、センサの他の要素に電氣的に接続してもしなくてもよい。特に、部分205は、ターゲットの1つまたは複数の導電パターンに電氣的に接続することができ、部分205'は、たとえば2次巻線の点、1次巻線の点における変換器上で利用可能な電位に、または変換器の接地に、電氣的に接続することができる。

【0097】

図13Aは、それぞれ図12A～図12Dのセンサの4つの例に対するターゲットー変換器距離に応じたセンサの線形性誤差 E_L の進行を表す4つの曲線 E_{LA} 、 E_{LB} 、 E_{LC} 、および E_{LD} を含む図である。曲線 E_{LA} 、 E_{LB} 、 E_{LC} 、および E_{LD} はそれぞれ、図11の曲線と同じタイプのものであり、すなわち、それぞれ特定の最適のターゲットー変換器距離 d_{optA} 、 d_{optB} 、 d_{optC} 、および d_{optD} の場合に、線形性誤差値を通る。図13Aに見られるように、距離 d_{optA} は距離 d_{optB} より小さく、距離 d_{optB} は距離 d_{optC} より小さく、距離 d_{optC} は距離 d_{optD} より小さい。本発明者らが行った試験により、1つまたは複数の追加の電磁界閉じ込め部分を追加することで、誘導性変位センサの線形性に関する最適のターゲットー変換器距離を数十ミリメートル～数ミリメートル増大させることができることが実証された。

30

【0098】

追加の電磁界閉じ込め部分の軸 Z に沿った位置決め、より具体的には1つまたは複数のこれらの部分と変換器の1次巻線との間の距離は、1つまたは複数のこれらの部分を追加することから生じる線形性に関する最適のターゲットー変換器距離の増大の有効性に影響を与える。したがって、1次巻線と追加の電磁界閉じ込め部分との間には、センサを動作させることが求められる距離 d の0.65～1.25倍の値に到達するように最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} が増大されるような（ある程度の）最適の距離 l_{opt} および／または l_{opt}' が存在する。この求められる値は、場合により、非制限的に、0.5～1.5mmであり、様々な産業的適用分野に適合している値の範囲である。

40

【0099】

図13Bは、図12Cまたは図12Dに表す追加の電磁界閉じ込め部分205'を追加した事例における、ターゲットー1次側距離 d_{cpr} に対する部分ー1次側距離 d_{pip}

50

r の比に応じた、上述したタイプの誘導性角変位センサに対する線形性に関する最適のターゲット変換器距離 d_{opt} の進行を表す図である。図 13B に見られるように、線形性に関する最適のターゲット変換器距離は、比 d_{pipr} / d_{cpr} が減少すると増大する。

【0100】

図 13C は、図 12B または図 12D に表す追加の電磁界閉じ込め部分 205 を追加した事例における、ターゲット 1 次側距離 d_{cpr} に対する部分 1 次側距離 d_{pipr} の比に応じた、上述したタイプの誘導性角変位センサに対する線形性に関する最適のターゲット変換器距離 d_{opt} の進行を表す図である。図 13C に見られるように、線形性に関する最適のターゲット変換器距離は、比 d_{pipr} / d_{cpr} が減少すると増大する。

10

【0101】

言い換えれば、変換器が、構成層が区別されないアセンブリと見なされる場合、最適のターゲット変換器距離 d_{opt} は、比 $1/d$ (または $1'/d$) が減少すると増大すると考えることができる。

【0102】

これらの条件の下で、図 12D の追加の電磁界閉じ込め部分の位置決めの説明的で非制限的な例は、

- 上部部分 205' を 1 次巻線から、1 次巻線とターゲットの導電パターンの表面積とを分離する距離の約 0.5 ～ 2 倍の距離をあけて配置し、
- 下部部分 205 を 1 次巻線から、1 次巻線とターゲットの導電パターンの表面積とを分離する距離の約 1.3 ～ 3 倍の距離をあけて配置するものである。

20

【0103】

したがって、所与のセンサ構成に対して、比 d_{pipr} / d_{cpr} および / または比 d_{pipr} / d_{cpr} は、特に多くの数 N 、たとえば $N \geq 4$ 、好ましくは $N \geq 6$ の磁極対を含むセンサの場合、距離 d_{opt} が適用分野の制約に適合し、たとえば 0.3 mm 以上、たとえば 0.3 ～ 10 mm、好ましくは 0.5 ～ 1.5 mm になるように選択することができる。

【0104】

電磁界閉じ込め部分と変換器との間の距離の上述した選択は、概して、変換器の 2 次巻線によって供給される信号レベルに関して最適でないことに留意されたい。確かに、この距離では、導電部分 205 / 205' は、変換器によって供給される信号 V および V' のレベルの無視できないほどの低減を引き起こす。特に、誘導性角変位測定 of 従来技術では、1 次側、2 次側、およびターゲットの要素のみの存在下で確立される電磁界の空間分布を変更する可能性のある導電部分を可能な限り分離することが認められていることに留意されたい。この寸法設定基準は特に、提供される場合、2 次側において測定される必要な信号レベルを過度に減衰させないために、軸 Z に沿って記載する実施形態で想定される距離よりはるかに大きい距離をあけて配置される静電スクリーン (または遮蔽スクリーン) の事例に当てはまる。

30

【0105】

しかし、提案する実施形態では、線形性が重要な適用分野、特に上述した仏国特許出願公開第 2914126 号明細書および仏国特許出願公開第 2891362 号明細書に記載されているタイプの信号処理方法を実施することが求められる適用分野において、適当な妥協点を定義する。

40

【0106】

図 14 および図 15 は、上述したタイプの誘導性変位センサ内で使用される可能性のある電磁界閉じ込め部分 205 の例を表す正面図である (上述したセンサの部分 205' は、類似または同一の構成を有することができる)。図 14 の例では、部分 205 は、導電材料 (たとえば、金属) から作られた単なるディスクであり、たとえばターゲットの外径以上の直径を有する。別法として (図示せず)、ディスクは、その中心に穿孔することが

50

でき、たとえばターゲットの導電パターンの内径以下の孔を有する。図15の例では、部分205は、ターゲットのパターンと同じ直径ディスクであるが、凝集性の径方向の線条またはスロットを有し、変換器の2次巻線における電磁界分布に対する部分205の影響を増幅させるのに適したターゲットとのモアレタイプの構造作用を得るのに適している。しかし、記載する実施形態は、これらの2つの特定の例に制限されない。

【0107】

導電電磁界閉じ込め部分の追加に対する追加または代替としての使用に適した、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離を変更する第2の解決策を、図16A、図16B、および図17に示す。

【0108】

図16Aおよび図16Bは、誘導性角度位置センサの実施形態の2つの例を示す。図16Aおよび図16Bでは、センサのターゲットのみを表す。変換器、特にその1次巻線または2次巻線の配置は、ターゲットの配置と一貫しており、上記を読めば、ターゲットの形状から容易に推定することができる。この例では、図16Aのセンサのターゲットは、図3Bのターゲットに類似または同一である。図16Bのセンサのターゲットはまた、1つの電気半周期（たとえば、 $360^\circ/2N$ ）にほぼ等しい開口角 α の環状ストリップセクタの形状でN個の導電パターン137_iを備え、N個のパターン137_iは、ターゲットによって示される環状ストリップに沿って規則的に分散される。図16Bのターゲットは、導電パターン137_iが、図16Aのターゲットの導電パターン117_iの径方向寸法とは異なる径方向寸法（図示の例では、より小さい）を有するということから、図16Aのターゲットとは異なる。より具体的には、この例では、導電パターン137_iの形状を決定する環状ストリップの外半径 R_{ext} は、パターン117_iの形状を決定する環状ストリップの外半径に実質上同一であるが、内半径 R_{int} は、導電パターン117_iの環状ストリップの内半径より小さい。

【0109】

本発明者らは、図17に示すように、所与の数の磁極対に対して、ターゲットの導電パターンが位置し、したがってセンサの2次巻線のターンが位置する環状ストリップの内半径と外半径との間の比 R_{int}/R_{ext} に応じて、センサの応答の線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} が変動することを観察した。ターゲットの導電パターンの内半径 R_{int} を変更することによって比 R_{int}/R_{ext} を変動させることからなる図16Bの実施形態は、外半径 R_{ext} または両半径を組み合わせて変更することによって比 R_{int}/R_{ext} を変動させるのに適したさらなる実施形態を除外するものではないことに留意されたい。

【0110】

図17は、比 R_{int}/R_{ext} に応じた上述したタイプの誘導性角変位センサに対する線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} の進行を表す図である。図17に見られるように、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離は、比 R_{int}/R_{ext} が増大すると増大する。したがって、所与のセンサ構成に対して、比 R_{int}/R_{ext} は、特に多くの数N、たとえば $N \geq 4$ 、好ましくは $N \geq 6$ の磁極対を含むセンサの場合、距離 d_{opt} が適用分野の制約に適合し、たとえば0.3mm以上、たとえば0.3~10mm、好ましくは0.5~1.5mmになるように選択することができる。

【0111】

電磁気に関して、ターゲットの内半径および/または外半径に加えられる変更は、導電パターン形状比を変更し、特に正放線縁部の寄与に対して径方向縁部の寄与を変更する作用があり、こうした寄与の比は、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} の決定要因になると考えられるはずである。ターゲットの内半径と外半径との間の比 R_{int}/R_{ext} が増大すると、導電パターンを構成する環状ストリップ部分は、径方向に沿って圧縮されて、2次側によって測定される全体的な電磁界分布に対する径方向縁部の寄与の低減を誘導し、これは、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離の増大によって2次側出力信号において伝えられる。したがって、記載する解決策は、電磁界の空間

分布、より具体的には正放線の寄与に対する径方向の寄与の比を変更して、適用分野の制約と適合するように線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} を調整することからなる。

【0112】

図16Bのセンサでは、図16Bのターゲットの内半径 R_{int} および／または外半径 R_{ext} が変化すると、2次側が受け取る信号レベルを最大にするために、関連する変換器の内半径および外半径も、好ましくは実質上同じ割合で変化する。2次側出力における信号レベルを最大にすることは、より具体的には、いくつかの位置に対する信号極値によって採用される値を最大にすることではなく、信号の原点における勾配を最大にすることを指す。

10

【0113】

所与の1組のターゲット内半径 R_{int} およびターゲット外半径 R_{ext} に対して、ターゲットのパターンを画定する環状ストリップおよび2次側のパターンを画定する環状ストリップが実質上重なっているとき、または言い換えれば、ターゲットの外側およびそれぞれの内側の正放線縁部ならびに2次側の外側およびそれぞれの内側の正放線方向の分岐が重なっているとき、関連する変換器の2次側によって受け取られる信号は最大になる。

【0114】

所与のセンササイズ（特に、外半径上限および内半径下限）に対して、比 R_{int}/R_{ext} を増大させることで、ターゲットの導電パターンの表面積が減少し、変換器に対するターゲットの位置に応じたセンサ出力信号レベルの変動の振幅の減少が誘導されることに留意されたい。したがって、誘導性角変位測定の従来技術では、ターゲットの導電パターンが位置し、したがってセンサの2次巻線のターンが位置する環状ストリップの内径および外径は、所与のサイズ内で利用可能な最大表面積を占めるように設計され、このサイズは、概して、センサが組み込まれた基板および／もしくは筐体の内側開口および外径、またはセンサが嵌められたシャフトの外径およびセンサが収容される境界面部分の内径によって制限される。

20

【0115】

それにもかかわらず、比 R_{int}/R_{ext} を変更することからなる提案する解決策は、線形性が重要な適用分野に適切な妥協点を画定する。

【0116】

追加の電磁界閉じ込め部分の追加および／または比 R_{int}/R_{ext} の変更に対する追加または代替としての使用に適した、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離を変更する第3の解決策を、図18A、図18B、および図19に示す。

30

【0117】

この第3の解決策は、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離を適用分野の制約に適合させるために、ターゲットおよび／または対応する2次巻線ターンの導電パターンの形状係数を変更すること、特にターゲットおよび／または2次巻線ターンのパターンの径方向寸法と正放線寸法との間の比を変更することからなるという点で、上述した解決策と同じ論理に従う。

【0118】

図18Aは、上述したタイプの角度位置センサの実施形態の3つの例を示す。図18Aでは、ターゲットの1つの導電パターンのみを示し、それぞれ第1の例（実線）に対して参照117_i、第2の例（破線）に対して117_i'、および第3の例（点線）に対して117_i"で示す。各例では、ターゲットは、円環状ストリップに沿って表される導電パターンを規則的に繰り返すことによって得られる。パターン117_i、117_i'、および117_i"の内半径および外半径は、実質上同一であるが、パターン117_i、117_i'、および117_i"は、その角度寸法によって互いに異なる。より具体的には、この例では、パターン117_i'の開口角は、上述したように、1つの電気半周期（たとえば、360°/2N）にほぼ等しく、パターン117_i"の開口角は、たとえば電気半周期の0%~50%の値Δα1だけ1つの電気半周期より大きく、パターン117_iの開口角

40

50

は、たとえば電気半周期の0%~50%の値 $\Delta\alpha$ だけ $360^\circ/2N$ より小さい。

【0119】

図16A、図16B、および図17の解決策の実施形態と同様に、変換器の2次側の配置は、優先的に、ターゲットの導電パターンの配置と一貫しており、すなわち、ターゲットのパターン117_i'に適合された2次側パターンの開口角は、1つの電気半周期（たとえば、 $360^\circ/2N$ ）に実質上等しく、ターゲットのパターン117_i”に適合された2次側パターンの開口角は、 $\Delta\alpha$ 1に実質上等しい値だけ $360^\circ/2N$ より大きく、ターゲット117_iに適合された2次側パターンの開口角は、 $\Delta\alpha$ 2に実質上等しい値だけ $360^\circ/2N$ より小さい。実際には、2次側パターンの開口角がセンサの電気半周期より大きい値を採用するとき、隣接するターントラック間の電気絶縁を提供するために、少なくとも1つの金属化平面におけるトラックの形状を変更すること、および/または金属化平面の数を増大させることを想定することができる。さらなる実施形態の選択肢は、2次側のパターンの最大開口角を実質上1つの電気半周期に制限すること、およびターゲットのパターンの開口角のみを（値 $\Delta\alpha$ 1または $\Delta\alpha$ 2だけ）変動させることからなることができる。この事例では、変換器の2次巻線パターンの開口角は、ターゲットのパターンの開口角と厳密には一貫しない。

10

【0120】

本発明者らは、センサの応答の線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} が、ターゲットおよび2次側のパターンに対して選択される開口角と、センサの1つの電気半周期に等しい公称開口角 α との間の角偏差 $\Delta\alpha$ に応じて変動することを観察した。

20

【0121】

図19は、図18Aおよび図18Bに示す上述したタイプの所与の多極角変位センサに対する値 $\Delta\alpha$ に応じた線形性に関する最適のターゲットー変換器距離 d_{opt} の進行を表す図である。図19に見られるように、線形性に関する最適のターゲットー変換器距離は、値 $\Delta\alpha$ が負の値に対して増大すると減少し、値 $\Delta\alpha$ が正の値に対して増大すると逆に増大する。したがって、所与のセンサ構成に対して、ターゲットの導電パターンの開口角は、公称値 α （1つの電気半周期、たとえば $360^\circ/2N$ に等しい）に対する値 $\Delta\alpha$ によって変更することができ、値 $\Delta\alpha$ は、特に多くの数 N 、たとえば $N \geq 4$ 、好ましくは $N \geq 6$ の磁極対を含むセンサの場合、距離 d_{opt} が適用分野の制約に適合し、たとえば0.3mm以上、たとえば0.3~1.0mm、好ましくは0.5~1.5mmになるように選

30

【0122】

誘導性変位センサの応答線形性誤差を低減させ（または線形性範囲の程度を増大させる）、ならびに最初の状況に応じて、誘導性変位センサが線形性に関する最適の特徴を有しまたはそれに近づくターゲットー変換器距離を変更し、すなわち増大または低減させる解決策について、説明した。

【0123】

それにもかかわらず線形性誤差が過度に高いままである場合（または得られる線形性範囲の程度が不十分なままである場合）、ターゲットの位置決めおよび/または変位に関する情報の適切な再構成に必要とされる最小の線形性範囲の程度を低減させるために、上述した解決策の適用と組み合わせて、空間的にオフセット（互いの間の実質上等しい角度オフセットだけ）された1つまたは複数の追加の2次巻線を追加することができることに留意されたい。説明的な例として、図5のセンサでは、電気周期の4分の1だけ空間的にオフセットされた2つの同一の2次巻線を提供する代わりに、センサの電気周期の6分の1だけ空間的にオフセットされた3つの同一の2次巻線を想定することが可能である。

40

【0124】

さらに、上述した解決策は、たとえば上述した円形のストリップ形式のパターンを「巻出」し、それを直線ストリップ形式のパターンに変換することによって、誘導性線形変位センサに適合することができることに留意されたい。

【0125】

50

さらに、上述した解決策は、「スルー (through)」アセンブリではなく、回転シャフトの周りの変換器の「サイドから (from the side)」のアセンブリを可能にするために、変換器の開口角が 360° より小さく、たとえば 180° より小さい誘導性角変位センサに適合することができることに留意されたい。この事例では、ターゲットの開口角の値は、変換器の開口角に依存することなく、 360° とすることができ、またはたとえば適用分野の角変位範囲に対応する 360° より小さい値を採用することができる。

【0126】

第2の態様

本発明者らは、実際には、線形性の問題に依存することなく、既存の誘導性変位センサ、特に多極センサが、結合作用によって誘導される様々な障害の影響を受けやすいことをさらに観察した。そのような障害は、たとえば、変換領域において、すなわち変換器の2次側において直接生じ、さらに変換器の2次側と電子手段の機能調整ブロックとの間の電気接続領域において生じる。これらの障害は、特に、センサの外側からの電磁障害（すなわち、1次巻線によって生成されたものではない）の結合、1次巻線と2次巻線の直接誘導結合（すなわち、ターゲットの位置にかかわらず誘導結合の割合が一定のままである）、および／または1次巻線と2次巻線との間の容量結合を特徴とする。これらの障害は、センサ出力信号の望ましくない変動およびセンサ出力信号解釈エラーを引き起こす可能性がある。

【0127】

既存のセンサより寄生障害および／または寄生結合の影響を受けにくい誘導性変位センサ、特に多極センサを利用できることが、望ましいはずである。

【0128】

したがって、第2の態様によれば、障害および寄生結合作用に対する多極誘導性変位センサ、より具体的には図7を参照して説明したタイプのセンサ、すなわち各2次巻線が交互の巻線方向の $2N$ 個のターンを備え、 N がセンサの磁極対の数であるセンサの感度を低減させることが求められる。このため、本発明者らは、センサの2次巻線の特定の配置を提案し、それについて以下に説明する。

【0129】

図20Aおよび図20Cは、 $N=6$ 個の磁極対からなり、空間的な差動測定（たとえば、図7を参照して説明した）を行う、開口角 360° の誘導性角変位センサの実施形態の2つの例を概略的に示す。図20Aおよび図20Cでは、各センサの1つの2次側213のみを示すが、1次巻線、ターゲット、および任意選択で巻線213に対して空間的にオフセットされた1つまたは複数の2次巻線の実施形態が、本記述の説明に基づいて、当業者の理解の範囲内である。この例では、図20Aのセンサの2次側および図20Cのセンサの2次側は、ターン間の電気接続を示すことを除いて、図7の2次側に類似または同一である。図20Aの2次側は、ターンを相互接続する第1の方法を示し、それによって、1度目には、2次側が延びる環状ストリップの開口角全体を、たとえばこの図における三角法方向に横断し、2度目には、環状ストリップ全体を、ここでは時計回り方向に横断して、電気終端E2を電気始端E1の方へ近づけ、それによって測定回路を閉じる。図20Cの2次側は、ターンを相互接続する第2の方法を示し、それによって、1度目には、2次側が延びる環状ストリップの開口角の最初の2分の1を、たとえばこの図の三角法方向に横断し、次いで、帰還路を時計回り方向に横断して、入力端E1に近づき、次いで、時計回りの回転方向を保持したまま、2次側が延びる環状ストリップの開口角の他方の2分の1を横断し、次いで、帰還路を三角法方向に横断して、電気終端E2を電気始端E1の方へ近づけ、それによって図20Aの2次側と同様に測定回路を閉じる。

【0130】

図20Bおよび図20Dは、誘導性線形変位変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。図20Bおよび図20Dのセンサは、 N 個の導電パターンを備えるターゲット（図示せず）が変換器に対して直線方向 x に沿って並進運動するのに適したセンサで

ある。図20Bのセンサは、たとえば、図20Aのセンサと同じタイプのものであり、線形の構成に適合されており、本質的に、図20Aのセンサの円環状ストリップを「巻出し、環状ストリップセクタの形状の導電パターンおよびターンを、略方形または正方形の形状を有する導電パターンおよびターンに交換することからなる。図20Dのセンサは、たとえば、図20Cのセンサと同じタイプのものであり、線形の構成に適合されている。図20Bおよび図20Dでは、各センサの1つの2次巻線213を示すが、ターゲット、1次巻線、および任意選択で巻線213に対して空間的にオフセットされた1つまたは複数の追加の2次巻線の実施形態が、本記載の説明に基づいて、当業者の理解の範囲内である。例として、図20Aおよび図20Cの角度センサの1次巻線とは異なり、たとえば図1Aのセンサに関して説明した1組の2つの同心円状ターン101aおよび101bが得られる1次巻線の一例が「巻出」され、たとえば、図20Bおよび図20Dに示す線形センサのために単一のターンからなり、任意選択で、複数の回転からなる。1次巻線のターンは、たとえば、略方形の形状を有し、yに沿ったその寸法は、上述したターゲットの導電パターンおよび／または2次側のターンのyに沿った寸法に類似しており、xに沿ったその寸法は、ターゲットの導電パターンおよび／または2次側のターンのxに沿った寸法より大きく、したがって、1次側のxに沿って両端に位置するyに沿って向けられた1次側分岐において生じる全体的な電磁界分布への寄与は、2次側のxに沿って両端に位置するyに沿って向けられた2次側分岐近傍で比較的減衰される。特に、単一の2次巻線を有する変換器の場合、1次側のxに沿った範囲は、2次側のxに沿った範囲より大きくなり、好ましくは、排他的に、センサの少なくとも1つの電気半周期だけより大きくなり、センサの各端において等しく（電気周期の4分の1）分散される。一般的な原則として、誘導性線形変位センサの1次巻線の実施形態の好ましい例は、方形の略形状と、1組の2次側の全体的な範囲より大きい範囲とを有するターンであるが、たとえば、非排他的に、センサの少なくとも1つの電気半周期だけより大きく、センサの各端において等しく（電気周期の4分の1）分散される。

【0131】

図20Bおよび図20Dの例では、センサは、 $N=6$ 個の磁極対を備える。しかし、記載する実施形態は、この特定の事例に制限されない。

【0132】

図20Dのセンサの例では、2次巻線213はセンサの自由度に平行して、すなわち変換器に対するターゲットの変位方向xに平行して寸法 $D_{t \circ t}$ を有する領域内に延びる。巻線213は、その端部E1およびE2間で電氣的に直列に接続された交互の巻線方向の2N個のループまたはターンを備える。より具体的には、巻線213は、同じ第1の巻線方向を有するN個のループまたはターン 213_{i+} と、第1の方向とは反対の同じ第2の巻線方向を有するN個のループまたはターン 213_{i-} とを備え、各ターン 213_{i+} または 213_{i-} は、方向xに沿って、センサの電気半周期にほぼ等しい（すなわち、たとえば $D_{t \circ t} / 2N$ にほぼ等しい）寸法を有し、ターン 213_{i-} および 213_{i+} は、2次巻線の寸法 $D_{t \circ t}$ の領域に沿って交互に対で並置される。

【0133】

第2の実施形態によれば、2次巻線は、

巻線213が方向xに平行して延びる距離 $D_{t \circ t}$ のほぼ中央点に位置する巻線の第1の端部E1と、距離 $D_{t \circ t}$ の第1の端部に位置する巻線の第1の中間点Aとの間に延びる、交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第1のコイル状導電区間213Aと、

点Aと、距離 $D_{t \circ t}$ のほぼ中央点に位置する巻線の第2の中間点Mとの間に延びる、区間213AのN個の2分の1ターンに対して相補形の交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第2のコイル状導電区間213Bと、

点Mと、距離 $D_{t \circ t}$ の第2の端部に位置する巻線の第3の中間点Bとの間に延びる、交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第3のコイル状導電区間213Cと、

点Bと、巻線の第1の端部E1近傍において距離 $D_{t \circ t}$ のほぼ中央点に位置する巻線の第2の端部E2との間に延びる、区間213CのN個の2分の1ターンに対して相補形

10

20

30

40

50

の交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第4のコイル状導電区間213Dとからなる。

【0134】

より具体的には、図示の例では、巻線の左側部分（図の向き）において、区間213Aは、N個のU字状の2分の1ターンを備え、垂直方向の分岐が、方向xに対してほぼ法線方向の方向yに沿って反対の方向に向けられており、区間213Bは、N個のU字状の2分の1ターンを備え、垂直方向の分岐が、方向yに沿って交互に反対の方向に向けられている。区間213Aの各U字状の2分の1ターンの垂直方向の分岐は、区間213Bの反対の向きのU字状の2分の1ターンの垂直方向の分岐とほぼ位置合わせされる。区間213Cおよび213Dは、類似の配置に従って、巻線の右側部分に配置される。したがって、この例では、巻線213のうち変位方向xに直交する部分は、巻線のワイアまたはトラックによって2回ずつ横断され（巻線のうち距離 $D_{t_o, t}$ の両端に位置する2つの直交する端部を除く。これらの端部は、この例では、1回だけ横断される。ただしこの例外は、1次巻線の径方向部分のすべてを、巻線のワイアまたはトラックによって2回ずつ横断することができる開口角が 360° の角度センサの事例では生じない）、巻線213のうち変位方向xに平行する部分は、巻線のワイアまたはトラックによって1回ずつ横断される。

10

【0135】

2次巻線のパターンの構成電気回路が進む経路に関して、図20Dの解決策の実施形態は、図20Bを参照して説明したタイプの解決策の実施形態に対応し、また線形角度転置によって、図20Aおよび図20Cの解決策の実施形態にも対応する。他方では、この経路を進む順序は、図20Dの変換器（および転置により、図20Cの変換器）と、図20Bの変換器（および転置により、図20Aの変換器）との間で異なる。特に、図20Dおよび図20Aを参照して説明した配置は、端部E1およびE2間の中間接続点Mを示すように設計されている。

20

【0136】

巻線213は、その端部E1およびE2に位置する接続端子PE1およびPE2に加えて、巻線の中央点Mに接続された第3のアクセス端子PMを備えることができる。

【0137】

偶数Nの磁極対を備える多極センサの事例では、図20Dに表すように、2次巻線は、左側のターン 213_{i+} と同数のターン 213_{i+} （正と呼ぶ）を右側に有し（各側に $N/2$ ）、したがって2次巻線は、左側のターン 213_{i-} と同数のターン 213_{i-} （負と呼ぶ）を右側に有する（各側に $N/2$ ）。

30

【0138】

磁極対の数が偶数値を採用する図20Dの2次巻線配置の1つの利点は、3つの接続E1、E2、およびMが互いに隣接して位置することを可能にしながら、変換器に対するターゲットの位置にかかわらず、中央点の両側の2つの部分E1-MおよびE2-M上で、最も近い符号に対して、誘導が実質上同一になることにある。

【0139】

磁極対の数が偶数値を採用するこの好ましい実施形態は、他の実施形態を除外するものではない。別法として、磁極対の数Nが大きい場合、部分E1-Mと部分E2-Mとの間の信号対称性の誤差がNの逆関数として変動する限り、奇数Nの選択も完全に許容することができる。

40

【0140】

本発明者らは、センサが第2の実施形態によって実施されるとき、差動測定手段の所与の電位において、たとえば測定手段の電圧測定範囲を中心とする一定の電位において、巻線の中央点Mが参照される場合、変換器に対するターゲットの位置および変位に関する有用な情報を搬送しないダイポールE1-E2の端子に存在する電気信号内に含まれるコモンモード成分は、変換器に対するターゲットの変位に関する有用な情報を搬送するダイポールE1-E2の端子に存在する同じ電気信号内に含まれる差動モード成分に対して低い

50

ことを観察した。したがって、中央点Mを端部E 1 およびE 2 のすぐ近くに位置決めするのに適した図20Cおよび図20Dのセンサの配置には、たとえば、中央点Mが端部E 1 およびE 2 から離された図20Bのセンサの配置に対して、より一般的には値E 1 -MおよびE 2 -Mが変換器に対するターゲットの位置に依存する図20Aおよび図20Bのセンサの配置に対して、または言い換えれば、2次巻線の端子における差動モード成分に対するコモンモード成分の比が低くなく、変換器に対するターゲットの位置とともに大幅に変動するセンサ配置に対して、明確な利点がある。

【0141】

特に、中央点Mが測定手段に適当に接続された図20Cおよび図20Dに示すセンサの1つの利点は、図7のセンサの測定の空間的に異なる性質が、端部E 1 およびE 2 における電位の差に関する耐性のみを保証するのに対して、位置とともに変動しない電磁励起場（1次）の成分に対する端部E 1 およびE 2 における2つの電位の耐性が高いことにある。

10

【0142】

1次側（システムの内部源）によって放出される「直接」の電磁界に対する耐性に加えて、図20Cおよび図20Dのセンサはまた、空間分布が比較的均質な変換領域において外部源によって放出される電磁および／または静電障害に対して増大された耐性を提供し、またはより一般的には、図20Aおよび図20Bに示すセンサに対するあらゆる形態の電磁および／または静電障害に対して増大された耐性を提供する。

【0143】

20

変換領域内の外部障害に対する増大された耐性の実際的な例には、たとえば、電圧サージ保護などの電子測定手段保護に関する制約の低減、および／または差動増幅器のコモンモード拒否率などの電気信号調整システムに関する設計上の制約の緩和が挙げられる。

【0144】

第2の実施形態による中央点を適用するように誘導性センサを適合させることで、調整回路のインターフェースの数（たとえば、集積回路のタブの数）を増大させることができることに留意されたい。誘導測定の従来技術によれば、従来、物理インターフェースを電子またはデジタル処理に置き換えることによって、物理インターフェースの数を最小にすることが慣例である傾向があることに、特に留意されたい。しかし、この第2の実施形態により、周知の解決策より耐性および測定強健性レベルが高い比較的簡単な電子的な解決策を実現することが可能になる。

30

【0145】

図20Eは、すなわち変換器に対するターゲットの位置および／または変位に関する情報または情報の一部分を搬送する信号の有効誘導現象 V_{M1} および V_{M2} 、ならびにたとえば外部電気手段において接続された変換器の端子E 1、E 2、およびMと端子PE 1、PE 2、およびPMとの間の接続ワイヤにおける寄生誘導現象 V_P 、 V_P' 、および V_P'' の「小信号」電気図である。この図では、E 1、E 2、およびMから接続されたワイヤが閉鎖的に連続して互いに追従する限り、コモンモード障害 V_P 、 V_P' 、および V_P'' は実質上等しく、一方では、測定 V_{PE1} （ダイポールPM-PE 1の端子において行われる）および V_{PE2} （ダイポールPM-PE 2の端子において行われる）において、また他方では、ダイポールPE 1-PE 2の端子において行われる測定 V_{PE1PE2} において、実質上オフセットされる。端子PMの電位が既知の値 V_{REF} に設定された後、第1に、電気手段の入力上の過電圧のリスクを制限し（信号レベルが調整手段の範囲内のままであり、測定は無条件に有効になる）、第2に、差動測定 V_{PE1PE2} のコモンモード拒否率に関する要件を緩和する（障害によって導入される測定誤差が低くなる）ことによって、トライポール（PE 1、PE 2、PM）の端子において測定される信号は、変換器の端子（E 1、E 2、M）と外部電気手段に対する接続端子（PE 1、PE 2、PM）との間の接続領域内の外部電磁干渉に対して極めて耐性が高くなる。たとえば、調整ブロックの基準電圧、または調整ブロックの電源範囲の2分の1、または電子接地を、端子PMに適用することが可能である。ただし、これらの実施形態は、たとえば端子PMまたは

40

50

Mを接地などの変換器の電位に直接接続することなどの他の実施形態を除外するものではない。

【0146】

それによって、変換器に対するターゲットの位置を表す信号が得られ、この信号は、変換領域で生じたか、それとも変換器と外部電気手段との間の接続領域で生じたかにかかわらず、また変換器および／もしくは1次巻線、または特に1次側の過熱点（高電圧）に近接する部分の電気環境に対して、図20Eの電気図に示すように本質的に誘導性であるか、それとも本質的に容量性であるかにかかわらず、特に障害および／または寄生結合作用に対して強健である。

【0147】

10

さらに、変換器が複数の空間的にオフセットされた2次巻線（たとえば、図5を参照して説明した）を備える事例では、それぞれ1つまたは複数の金属化レベルを含む様々な重なった支持層内および／または上に、様々な巻線を配置することができる。この構成は、多くの適用分野にとって満足のいくものであるが、強健性および精度に関して問題となる可能性がある。確かに、その結果、様々な2次巻線の中央面は、1次巻線およびターゲットからわずかに異なる距離をあけて位置する。特にこの結果、第1に、様々な2次巻線の変換利得の差、したがって出力信号レベルの差が生じ、第2に、同じ変換器の複数の2次巻線間で異なる線形性特徴が生じる。

【0148】

この問題を解決するために、好ましくは、非制限的な例として図21A、図21B、図22A、および図22Bに示すように、変換器の様々な2次巻線を2つの金属化レベルに、たとえば2つの金属化レベルを有する同じ支持層内に分散させ、それにより、各巻線に対して、第1の金属化レベル内に配置された巻線のトラックまたはワイアの長さが、第2の金属化レベル内に配置される巻線のトラックまたはワイアの長さにはほぼ等しくなるようにすることが想定される。好ましくは、金属化平面の交互変化を持続することが想定され、それにより、2次側トラックは、電気半周期（たとえば、角度センサの場合は開口角）より大きい距離だけ同じ平面上を進むことができなくなる。好ましい実施形態では、金属化平面遷移領域は、図21A、図21B、図22A、および図22Bに示すように、第1の金属化レベル上に配置されたトラック部分のほとんどと、第2の金属化レベル上に配置されたトラック部分のほとんどの間に、対称および／または反対称の関係が生じるように位置する。

20

30

【0149】

したがって、様々な2次巻線の中央面が一体になり、第1および第2の金属化レベル間に位置する仮想中間平面に対応する。これにより、各2次側の端子において誘導される各起電力に対して、他の2次側の端子において誘導される起電力のものと振幅および線形性に関して実質上同一のターゲットの位置に応じた応答が与えられる。

【0150】

図21A、図21B、図22A、および図22Bに示す実施形態の例は、角度範囲 D_t 。 $t = 360^\circ$ のセンサに対応し、すなわち各2次側が示す角度範囲の開口角は、完全な1回転に実質上等しいことに留意されたい。これらの例は、たとえば図21A、図21B、図22A、および図22Bに示す開口角 360° のセンサの事例における回転シャフトの周りのセンサの「スルー」アセンブリではなく、回転シャフトの周りの変換器の「サイドから」のアセンブリを可能にするために、開口角が厳密には 360° より小さく、たとえば 180° より小さいセンサを伴う代替実施形態を除外する。これらの条件の下で、ターゲットの開口角は、別法として、変換器の1つ／複数の2次側によって採用される開口角に依存することなく、 360° の値を保持することができ、またはたとえば適用分野の角変位範囲に適合された 360° より小さい値を採用することができることをさらに繰り返す。

40

【0151】

図21Aおよび図21Bは、誘導性角変位センサに対する電気周期の4分の1だけ空間

50

的にオフセットされた2つの2次巻線223（中空の線）および223'（実線）を有する変換器の一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。図示の例では、センサの磁極対の数Nは6に等しく、各2次巻線223、223'は、 $2N=12$ 個のループまたはターンを備える。しかし、記載する実施形態は、この特有の事例に制限されない。この例では、2つの2次巻線223および223'は、同じ基板内および上に形成されており、導電バイア（円によって概略的に表す）によって接続された2つの金属化レベルM1およびM2を有する。各巻線に対して、レベルM1内に形成されるトラックの長さは、レベルM2内に形成されるトラックの長さにほぼ等しい。図21Aは、金属化レベルM1の正面図であり、図21Bは、金属化レベルM2の正面図である。レベルM1のパターンは、実質上、レベルM1およびM2の中央面間の中間平面に対する反対称性によって、レベルM2のパターンに基づいていることが分かる。

10

【0152】

巻線223および223'はそれぞれ、上から見ると、図20Cを参照して説明したタイプの配置（すなわち、角度構成に適合された図20Dを参照して説明したタイプの配置。図20Dを参照して説明したコイル原理が同様に当てはまり、距離 $D_{t.o.t}$ は線形距離ではなく、 360° に等しい角距離である）を有する。

【0153】

したがって、巻線223は、

図示の例では、距離 $D_{t.o.t}$ のほぼ中央点（たとえば、値 0° が任意で割り当てられた角度位置からの近傍、すなわち 5° の範囲内、好ましくは 2° の範囲内）に位置する巻線223の第1の端部E1と、距離 $D_{t.o.t}$ の第1の端部（たとえば、角度 180° の近傍）に位置する巻線の間点Aとの間で、第1の円環状2分の1ストリップに沿って延びる、交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第1の湾曲したコイル状導電区間223Aと、

20

点Aと、距離 $D_{t.o.t}$ のほぼ中央点（たとえば、角度 0° の近傍）に位置する巻線の第2の間点Mとの間で、第1の環状2分の1ストリップに沿って延びる、区間223AのN個の2分の1ターンに対して相補形の交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第2の湾曲したコイル状導電区間223Bと、

点Mと、距離 $D_{t.o.t}$ の反対の端部（たとえば、角度 -180° の近傍）に位置する巻線の第3の間点Bとの間で、第1の2分の1ストリップに対して相補形の第2の環状2分の1ストリップに沿って延びる、交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第3の湾曲したコイル状導電区間223Cと、

30

点Bと、距離 $D_{t.o.t}$ のほぼ中央点（この例では、角度 0° の近傍）に位置する巻線の第2の端部E2との間で、第2の環状2分の1ストリップに沿って延びる、区間223CのN個の2分の1ターンに対して相補形の交互方向のN個の2分の1ターンを形成する第4の湾曲したコイル状導電区間223Dとを備える。

【0154】

図21Aおよび図21Bに見られるように、この（非制限的な）例では、巻線223のうちセンサに対するターゲットの変位方向に直交する部分、すなわち巻線の径方向の分岐は、巻線のワイアまたはトラックによって2回ずつ横断され、巻線223のうちセンサに対するターゲットの変位方向に平行する部分、すなわち巻線の正放線方向の分岐は、巻線のワイアまたはトラックによって1回ずつ横断される。

40

【0155】

より具体的には、この例では、端部E1を特徴とする角度に対して電気半周期を法として 0° だけオフセットされた角度で位置決めされた径方向部分は、巻線223のワイアまたはトラックによって2回ずつ横断され、端部E1を特徴とする角度に対して電気半周期を法として電気周期の4分の1だけオフセットされた角度で位置決めされた径方向部分は、巻線223'のワイアまたはトラックによって2回ずつ横断され、正放線部分は、巻線223のワイアまたはトラックによって1回ずつ横断され、巻線223'のワイアまたはトラックによって1回ずつ横断される。

50

【0156】

この実施形態により、前述の解決策で説明したように、すなわち各2次側のパターンの全体的な形状に関して譲歩することなく、2つの平面および2つのみの金属化平面にわたって、2つの2次側を含むことが可能になる。図21A、図21B、図22A、および図22Bに示す実施形態は、2つの金属化平面にわたって配置された2つの2次側を実施するが、たとえば、3つの金属化平面にわたって配置された3つの2次側を実施する実施形態などのさらなる実施形態を除外するものではないことに留意されたい。

【0157】

この例では、巻線223（中空の線）の各区間223A、223B、223C、および223DのU字状の2分の1ターンのそれぞれは、金属化レベルM1内にその長さの約2分の1を有し、金属化レベルM2内にその長さの他方の2分の1を有する。レベルの変化は、導電トラックの約 $L/2$ メートルごとに生じ、ここでLは、巻線のターンの長さを指し、2つの相補形のU字状の2分の1ターンの直列接続からなる。図示の例では、巻線のレベル変化点は、2分の1ターンを形成するU形状の正放線方向の分岐（または水平方向の分岐）の中央点に位置する。しかし、記載する実施形態は、この特有の事例に制限されない。図21Aおよび図21Bで、c1からc28の範囲の数は、端子E1およびE2間の移動順序において、巻線223の異なる部分を指す。

【0158】

2次巻線223'（実線）は、巻線223のものに実質上同一の配置に応じて、レベルM1およびM2内に配置されるが、巻線223に対して電気周期の約4分の1（すなわち、この例では 15° ）の角度オフセットを伴う。

【0159】

図21Aおよび図21Bの構造において、巻線223の端部E1およびE2への接続トラックは、たとえば、金属化レベルM1およびM2内にそれぞれ位置することができ、互いに重なることができることに留意されたい。これにより、任意の外部誘導源（1次側への接続トラック、外部電磁障害など）に対するこれらの分岐のそれぞれに関する寄生結合差を最小にすることが可能になる。巻線の中央点Mへのアクセストラックが、金属化レベルM1およびM2の一方に位置する第3の金属化レベル（図示せず）において、金属化レベルM1および／またはM2内に位置する端子E1およびE2へのアクセストラックに重なって、端子E1およびE2へのアクセストラックに対してわずかにオフセットされて位置することができる。巻線223'に対して、巻線の対応する端子E1'、E2'、およびM'へのアクセストラックの類似の配置を想定することができる。より一般的には、アクセストラックの配置にかかわらず、変換領域（2次側）と信号調整手段へのアクセスおよび／または接続端子との間の電磁障害に対する耐性を増大させるために、好ましくは、端部E1およびE2からの経路を可能な限り近づけて（たとえば、PCB技術で重ねて）維持し、より少ない程度には、中間点Mからの経路を端部E1およびE2からの経路に比較的近接して位置決めすることが求められる。

【0160】

図21Aおよび図21Bの例では、バイアが巻線223および223'の金属化レベルを変化させ、導電トラックが電磁界を捕捉する目的で各金属化レベル内を進むことに加えて、電磁界捕捉トラック間に電気接続機能のないバイアまたは導電充填チップが、巻線223および223'に沿って規則的に分散されていることに、さらに留意されたい。これらの導電充填パターンには、変換器の導電構造を対称にして、電磁界の空間分布に対するその影響を周期化し、より具体的には位置に応じた2次側出力信号の変動によって伝えられるはずの電磁界分布の特異性を最小にする役割がある。しかし、これらの導電充填パターンの追加は任意選択である。特に、金属化レベルを変化させるバイアの寸法が、その外殻の厚さ、動作周波数、構成材料に対して小さい場合、導電チップを追加しないこと、特にその穿孔を実行しないことを想定することが可能であり、それにより、デバイスのコストを低減させることができる。

【0161】

図 2 2 A および図 2 2 B は、図 2 1 A および図 2 1 B を参照して説明したタイプの変換器の代替実施形態を概略的に表す正面図である。この代替実施形態は、図 2 2 A および図 2 2 B の例では、金属化レベルの変化が図 2 1 A および図 2 1 B の例より多いという点から、図 2 1 A および図 2 1 B の例とは異なる。したがって、図 2 2 A および図 2 2 B の例では、2 次巻線の導電トラックの $L/2$ メートルごとの金属化レベルの変化の代わりに、トラックの $L/2$ メートルごとに金属化レベルの k 回の変化を加えることが想定され、ここで、 L は巻線のターンの長さであり、 k は 2 以上の整数である。数 k は、変換器の内半径および外半径を調節するように選択することができる。非制限的な例として、所与のセンササイズに対して、ターンの正放線部分内でのみレベルの変化が加えられたとき、 k は、正放線部分にわたって、隣接する（たとえば、等しく分散された）パイアを、これらのパイアの短絡なく配置することが可能な限り、大きく選択することができる。簡略化の目的で、図 2 2 A および図 2 2 B は、 $N = 2$ 個の磁極対を有するセンサに対する一実施形態の一例を示し、変換器は、センサの電気周期（すなわち、この例では $360^\circ / 4N = 45^\circ$ ）の 4 分の 1 だけ角度オフセットされた 2 つの 2 次巻線 2 3 3（破線）および 2 3 3'（実線）を備える。しかし、図 2 2 A および図 2 2 B の代替実施形態は、より大きい数の磁極対を備えるセンサにも適合している。図 2 1 A および図 2 1 B の例と同様に、構造をさらに対称にするために、電気接続機能のない導電充填パターンを想定することができる。

10

【0162】

第 3 の態様

20

上述した多極センサの実施形態の例では、センサに対するターゲットの自由度に平行する変換器の 2 次巻線の所与の寸法 $D_{t.o.t}$ 、および磁極対の所与の数 N に対して、センサによって検出されるのに適した位置の範囲の最大程度は、センサが単一の 2 次巻線を備える場合、約 1 つの電気半周期（たとえば、 $D_{t.o.t} / 2N$ 、すなわち角度センサの事例では $360^\circ / 2N$ ）であり、センサが 2 つ以上の 2 次巻線を備える場合、たとえば電気周期の 4 分の 1（たとえば、 $D_{t.o.t} / 4N$ 、すなわち角度センサの事例では $360^\circ / 4N$ ）だけ空間的にオフセットされた 2 つの同一の 2 次巻線を備える場合、または電気周期の 6 分の 1（たとえば、 $D_{t.o.t} / 6N$ 、すなわち角度センサの事例では $360^\circ / 6N$ ）だけ空間的にオフセットされた 3 つの同一の 2 次巻線を備える場合、約 1 つの電気周期（たとえば、 $D_{t.o.t} / N$ 、すなわち角度センサの事例では $360^\circ / N$ ）まで増大させることができる。いずれの事例でも、上述したタイプの多極角変位センサでは、完全な 1 回転（ 360° ）にわたって絶対的に、すなわち変位ログ記憶方法ならびに／またはセンサの開始時および／もしくは動作中の位置を参照する方法を使用することなく、変位測定を行うことは可能でない。この説明は、磁極対の数 N が 2 以上であるかどうかにかかわらず有効であり、数 N が大きいとき、たとえば $N \geq 4$ 、好ましくは $N \geq 6$ であるとき、より問題となる可能性がある。上述した誘導性線形変位センサには、同じ制限があり、 $D_{t.o.t}$ の完全な範囲にわたって絶対的に測定を行うことは可能でない。

30

【0163】

第 3 の態様によれば、所与の数 N の磁極対およびセンサの自由度に平行する変換器の 2 次巻線の所与の寸法 $D_{t.o.t}$ に対して、センサが、実質上変換器の範囲 $D_{t.o.t}$ 全体にわたって、変換器に対するターゲットの位置を検出するのに適しているように、誘導性変位センサを実施することが求められる。特に、角度位置センサの事例では、センサの磁極対の数 N が大きく、たとえば $N \geq 4$ 、好ましくは $N \geq 6$ であるときでも、完全な 1 回転にわたって、すなわち約 360° の角度範囲にわたって、変換器に対するターゲットの位置を検出するのに適したセンサを実施することが求められる。

40

【0164】

図 2 3 は、多極誘導性角変位センサの一例を概略的に表す正面図である。図 2 3 では、センサのターゲットのみを示す。

【0165】

図 2 3 のセンサのターゲットは、図 3 B の例と同様に、ターゲットの第 1 の円環状スト

50

リップ118の360°に沿って規則的に分散されたN個の導電パターン117_i（図示の例では、N=6）を備える。各導電パターン117_iは、第1の環状ストリップ118のうち $D_{t.o.t} / 2N = 360^\circ / 2N$ にほぼ等しい開口角 α_N の部分またはセクタの形状を有し、2つの連続するパターン117_iは、第1の環状ストリップ118のうち実質上同じ開口角 α_N のセクタによって分離される。図23のセンサのターゲットは、ターゲットの第2の円環状ストリップ120の360°に沿って規則的に分散されたN+1個の導電パターン119_jをさらに備え、第2の円環状ストリップ120は、第1のストリップ118と同心円状であり、第1のストリップ118と重なっておらず、ここで、jは1からN+1の範囲の整数である。図示の例では、第2の環状ストリップの内半径は、第1の環状ストリップの外半径より大きい。各導電パターン119_jは、第2の環状ストリップ120のうち $D_{t.o.t} / 2(N+1) = 360^\circ / 2(N+1)$ にほぼ等しい開口角 α_{N+1} のセクタの形状を有し、2つの連続する導電パターン119_jは、第2の環状ストリップ120のうち実質上同じ角度 α_{N+1} を有するセクタによって分離される。

【0166】

図23のセンサの変換器（簡略化の目的で図示せず）は、図示のターゲットに対応し、すなわち、

ターゲットの第1の環状ストリップ118および第2の環状ストリップ120に実質上同一の変換器の第1および第2の円環状ストリップ内に励磁をもたらすのに適した1つまたは複数の1次巻線であって、それぞれターゲットの第1の環状ストリップ118および第2の環状ストリップ120に面して位置決めされることが意図される、1つまたは複数の1次巻線と、

電気周期 $D_{t.o.t} / N$ （たとえば、角度センサの例では $360^\circ / N$ ）の少なくとも第1および第2の2次巻線であって、それぞれ、変換器の第1の環状ストリップに沿って規則的に分散された変換器の第1の環状ストリップの開口角 α_N のセクタの形状で、同じ巻線方向のN個のターンを備え、または別法として、変換器の第1の環状ストリップに沿って規則的に分散された変換器の第1の環状ストリップの開口角 α_N のセクタの形状で、交互の巻線方向の2N個のターンを備える、少なくとも第1および第2の2次巻線と、

電気周期 $D_{t.o.t} / (N+1)$ （たとえば、 $360^\circ / (N+1)$ ）の少なくとも第3および第4の2次巻線であって、それぞれ、変換器の第2の環状ストリップに沿って規則的に分散された変換器の第2の環状ストリップの開口角 α_{N+1} のセクタの形状で、同じ巻線方向のN+1個のターンを備え、または別法として、変換器の第2の環状ストリップに沿って規則的に分散された変換器の第2の環状ストリップの開口角 α_{N+1} のセクタの形状で、交互の巻線方向の2(N+1)個のターンを備える、少なくとも第3および第4の2次巻線とを備える。

【0167】

好ましくは、第1の環状ストリップ内では、電気周期 $D_{t.o.t} / N$ の第2の2次巻線が、第1の巻線に実質上同一であり、第1の巻線に対して電気周期の4分の1（ $D_{t.o.t} / 4N$ ）だけ空間的にオフセットされており、第2の環状ストリップ内では、電気周期 $D_{t.o.t} / (N+1)$ の第4の2次巻線が、第3の巻線に実質上同一であり、第2の巻線に対して電気周期の4分の1（ $D_{t.o.t} / 4(N+1)$ ）だけ空間的にオフセットされている。より一般的には、変換器は、第1の環状ストリップ内に、第1の巻線に実質上同一でありかつ特定の電気周期割合だけ互いに対して空間的にオフセットされた電気周期 $D_{t.o.t} / N$ の複数の2次巻線を備え、第2の環状ストリップ内に、第3の巻線に実質上同一でありかつ特定の電気周期割合だけ互いに対して空間的にオフセットされた電気周期 $D_{t.o.t} / (N+1)$ の複数の2次巻線を備えることができる。

【0168】

図23のセンサの動作について、図24を参照して説明する。この（非制限的な）事例は、センサの変換器が、変換器の第1の環状ストリップ内に、電気周期の4分の1だけ空間的にオフセットされた電気周期 $360^\circ / 2N$ の第1の対の同一の2次巻線と、変換器の第2の環状ストリップ内に、電気周期の4分の1だけ空間的にオフセットされた電気周

10

20

30

40

50

期 $360^\circ / 2(N+1)$ の第 2 の対の同一の 2 次巻線とを備える場合に考慮される。上述したように、このセンサは、2 組の 2 つの別個の起電力を供給するのに適しており、そこから、それぞれ $360^\circ / 2N$ に等しい位置範囲にわたって、および $360^\circ / 2(N+1)$ に等しい位置範囲にわたって位置の推定を構築することが可能である。

【0169】

図 24 は、変換器に対するターゲットの位置に応じた変換器の第 1 の対の 2 次巻線の端子において測定される起電力を使用して得られる位置の推定 θ_N (実線)、および第 2 の対の 2 次巻線の端子において測定される起電力を使用して得られる位置の推定 θ_{N+1} (破線) の進行を表す図である。

【0170】

10

図 24 に見られるように、変換器に対するターゲットの角度位置 θ が 0° から 360° に変動するとき、位置推定信号 θ_N は、0 に実質上等しい低値と 1 に実質上等しい高値との間で周期的に変動し (本明細書では、この位置推定は、簡略化の目的で標準化されているが、記載する実施形態は、この特定の事例に制限されない)、変動周期は、第 1 の対の 2 次巻線の電気周期に等しく、すなわち $N=6$ の場合の $360^\circ / N = 60^\circ$ に等しい。さらに、位置推定信号 θ_{N+1} は、低値 0 と高値 1 との間で周期的に変動し、変動周期は、第 2 の対の 2 次巻線の電気周期に等しい、すなわち $N=6$ の場合の $360^\circ / (N+1) = 51.4^\circ$ に等しい。

【0171】

位置推定信号 θ_N および θ_{N+1} のレベルを組み合わせることによって、完全なセンサの 1 回転にわたって、すなわち同じ 360° の範囲の 2 つの異なる分割にわたって、2 つの別個の測定スケールが得られる。これらの 2 つの角度測定スケールに適用される副尺の原理、すなわち 2 つの標準化された位置推定 θ_{N+1} および θ_N 間の差 $\theta_{N+1} - \theta_N$ の構造は、距離 $D_{t.o.t} = 360^\circ$ 全体にわたって (すなわち、完全な 1 回転にわたって)、変換器に対するターゲットの位置および/または変位を推定するのに適している。

20

【0172】

より具体的には、位置推定信号の 1 つ、たとえば信号 θ_N を使用して、電気周期 $360^\circ / N$ に制限された N 個の角度範囲における「洗練された」ターゲット変位情報を提供することができ、他方の位置推定信号 (この例では、信号 θ_{N+1}) とこの信号との差 $\theta_{N+1} - \theta_N$ を使用して、完全な 1 回転におけるターゲットの位置の粗い絶対情報を提供することができる。これらの条件の下で、粗い絶対情報により、洗練されているが角度的に制限された情報を、 360° にわたって絶対的な洗練された変位推定を実施するように適合させることが可能になる。

30

【0173】

図 23 のセンサの 1 つの利点は、上述したタイプの多極センサに対して拡大された位置範囲にわたって測定を提供するのに適している一方で、特に位置決め誤差に対する強健性に関する多極センサの利点からある程度の利益を得ることが可能になることである。

【0174】

一般的な原則として、上述した実施形態は、2 つの信号 θ_{N1} および θ_{N2} に適合させることができ、 $N1$ および $N2$ は、必ずしも単一の差を呈しない異なる整数であることに留意されたい。これらの条件の下で、図 23 のセンサの配置に類似の配置を呈する $N1$ および $N2 = N1 + 2$ を特徴とするセンサは、範囲 $D_{t.o.t} / N = 180^\circ$ にわたって絶対測定を拡大するのに適している。一般的な原則として、 $N1$ および $N2 = N1 + r$ を特徴とするセンサにより、特定の条件の下で、範囲 $D_{t.o.t} / k = 360^\circ / r$ にわたって絶対測定を拡大することが可能になり、ここで、 r は $N1$ より厳密には小さい正の整数である。

40

【0175】

この概略的な事例では、 r は明らかに、厳密には正の整数であり、すなわちゼロとは異なり (または 1 以上)、したがって $N2$ は $N1 + 1$ 以上である。 r が厳密には正でなかった場合、 $N2$ は、 $r = 0$ の場合に $N1$ に等しくなる可能性があり、2 つの信号 θ_{N1} およ

50

び θ_{N2} は、同一（別個でない）になるはずであり、上記で説明したように、2つの標準化された位置推定間の差によって絶対位置を推定するのに適さないはずである。

【0176】

さらに、 r は、 $N1 - 1$ 以下の整数であり、したがって $N2$ は $2N1 - 1$ 以下である。 $N2$ が $2N1$ に等しい可能性がある場合、上述したように、2つの標準化された位置推定間の差は、第1の組のパターン（ $N1$ に対応する）のみによって供給されるものに類似の情報を供給するはずであり、2つの標準化された位置推定によって絶対差をより良好に推定するのに適さないはずである。したがって、 r が $N1 - 1$ 以下になった場合、本発明の実施形態および利点を適用することができる。

【0177】

実際には、上述して図23に示したように、 r は好ましくは低い値を有し、たとえば r は1に等しい。これにより、最も大きい範囲 360° にわたって絶対測定を行うことが可能になる。いくつかの適用分野では、2に等しい r の値（ $D_{t \circ t} = 360^\circ$ のとき、 180° における絶対測定）を選ぶこと、または3に等しい r の値（ $D_{t \circ t} = 360^\circ$ のとき、 120° における絶対測定）を選ぶこと、または4に等しい r の値（ $D_{t \circ t} = 360^\circ$ のとき、 90° における絶対測定）を選ぶこと、または5に等しい r の値（ $D_{t \circ t} = 360^\circ$ のとき、 72° における絶対測定）を選ぶことなどが好ましい可能性がある。

【0178】

しかし、図23のセンサには複数の問題がある。特に、センサのサイズは、上述したタイプのセンサに対して増大される。確かに、図23の例では、測定を行うのに「有効」な変換器の表面積は、図3Aを参照して説明したタイプの変換器の「有効」な環状ストリップのものより幅が約2倍大きい円環状ストリップのものである。同様に、測定を行うのに「有効」なターゲットの表面積は、図3Bを参照して説明したタイプの「有効」な環状ストリップのものより幅が約2倍大きい環状ストリップのものである。さらに、センサのスケール N および $N+1$ の環状ストリップのそれぞれを比較的均一に励起することが求められる場合、1次側の実施形態は、前述の実施形態より複雑である。実際には、1次励起巻線を実施するために、3組の別個のターンを使用することが必要になる可能性がある。

【0179】

図25は、誘導性変位センサの一実施形態の一例を概略的に表す正面図である。図25のセンサは、2つの測定スケール N および $N+1$ を有する多極センサであり、図23および図24を参照して説明した副尺の原理に従って動作する。図25には、センサのターゲットのみを示す。

【0180】

図25のセンサのターゲットは、ターゲットの円環状ストリップ130の 360° に沿って分散された複数の分離された導電パターン 127_i を備える。図25に見られるように、導電パターン 127_i によって形成される1組のパターンは、周期的でない。様々な導電パターン 127_i は、ターゲットの環状ストリップ130のうち異なる開口角の角度セクタの形状を有し、原則的に、環状ストリップ130に沿って不規則に分散される。

【0181】

ターゲットの環状ストリップ130にわたって導電パターン 127_i によって形成される1組のパターンは、それぞれの周期性 $360^\circ / N$ および $360^\circ / (N+1)$ の第1および第2の組の周期導電パターンの（仮想）オーバーレイに対応する。第1の組のパターンは、ターゲットの環状ストリップ130に沿って規則的に分散された N 個の基本パターン 129_j （実線）を備え、各基本パターン 129_j は、環状ストリップ130のうち $360^\circ / 2N$ にほぼ等しい開口角のセクタの形状を有する。第2の組のパターンは、環状ストリップ130に沿って規則的に分散された $N+1$ 個の基本パターン 131_k （破線）を備え、各基本パターン 131_k は、環状ストリップ130のうち $360^\circ / 2(N+1)$ にほぼ等しい開口角のセクタの形状を有する。言い換えれば、図25のターゲットの導電パターンの表面積は、電気周期 $360 / N$ の図3Bを参照して説明したタイプの第1

10

20

30

40

50

のターゲットと、第1のターゲットと同じ内半径および外半径を有するが電気周期 $360^\circ / (N+1)$ を有する第2の類似のターゲットとの導電パターンの表面積の合計または組合せに対応する。

【0182】

図25のセンサの変換器（簡略化の目的で図示せず）は、たとえば、図23の例を参照して説明したように、ターゲットの導電パターンに適している。特に、変換器は、たとえば、

ターゲットの円環状ストリップ130に実質上同一の変換器の円環状ストリップ内にはほぼ均一の励磁をもたらすのに適した少なくとも1つの1次巻線であって、ターゲットの環状ストリップ130に面して位置決めされることが意図される、少なくとも1つの1次巻線と、

10

周期性 $360^\circ / N$ の少なくとも第1および第2の2次巻線であって、電気周期の一部分だけ空間的にオフセットされ、変換器の円環状ストリップに沿って延びる、少なくとも第1および第2の2次巻線と、

周期性 $360^\circ / (N+1)$ の少なくとも第3および第4の2次巻線であって、電気周期の一部分だけ空間的にオフセットされ、変換器の同じ環状ストリップに沿って延びる、少なくとも第3および第4の2次巻線とを備える。

【0183】

本発明者らは、ターゲットの電気周期 $360^\circ / N$ および $360^\circ / (N+1)$ の導電パターンが、互いに重複および短絡し、したがってターゲットが、 360° の完全な1回転にわたって不規則に分散された導電パターン 127_i を備え、これらのパターンが、変換器の数組の2次巻線のパターンの周期的な開口角とは異なりうる残留開口角を有する場合でも、図25のセンサは、図23および図24を参照して説明した方法に類似または同一の副尺タイプの読み取り方法を使用して、距離 $D_{t_o,t}$ 全体にわたって（すなわち、完全な1回転にわたって）、非常に良好な性能で変位測定を行うのに適していることを観察した。

20

【0184】

図25のセンサの1つの利点は、それぞれの電気周期 $360^\circ / N$ および $360^\circ / (N+1)$ のパターンのオーバーレイのため、図23を参照して説明したタイプの構成に対してセンサのサイズを低減させることができることである。さらに、たとえば図3Aを参照して説明したタイプの単一の1次巻線だけで、センサの適切な動作にとって十分に均一の励磁を生成するのに十分である。

30

【0185】

図26は、図25のセンサの代替実施形態を概略的に表す正面図である。図26では、センサのターゲットのみを示す。

【0186】

図26のセンサのターゲットは、ターゲットの第1の円環状ストリップ138または幅広いストリップの 360° に沿って分散された複数の分離された導電パターン 137_i を備える。

【0187】

40

ターゲットの環状ストリップ138上にパターン 137_i によって形成された1組のパターンは、それぞれ電気周期 $360^\circ / N$ および $360^\circ / (N+1)$ の第1および第2の組の周期パターンのオーバーレイに対応する。第1の組のパターンは、ターゲットの第1の環状ストリップ138に沿って規則的に分散されたN個の基本導電パターン 139_j （実線）を備え、各基本パターン 139_j は、ターゲットの第1の環状ストリップ138のうち1つの電気半周期 $360^\circ / 2N$ にほぼ等しい開口角のセクタの形状を有する。第2の組のパターンは、ターゲットの第2の円環状ストリップ142または狭いストリップに沿って規則的に分散された $N+1$ 個の基本パターン 141_k （破線）を備え、第2の円環状ストリップ142は、環状ストリップ138と同心円状であり、環状ストリップ138内に含まれており、すなわち第1の環状ストリップの内半径より大きい内半径および／

50

または環状ストリップ138の外半径より小さい外半径を有する。各基本パターン141_kは、ターゲットの環状ストリップ142のうち $360^\circ / 2(N+1)$ にほぼ等しい開口角の環状セクタの形状を有する。ターゲットの第2の環状ストリップ142の幅（径方向寸法）は、好ましくは、ターゲットの第1の環状ストリップ138の（径方向の）幅より著しく小さく、たとえば第1の環状ストリップ（幅広いストリップ）の幅より2〜20分の1小さい。

【0188】

図26のセンサの変換器（簡略化の目的で図示せず）は、たとえば、図23および図25の例を参照して説明したように、ターゲットの導電パターンに適している。特に、変換器は、たとえば、

10

ターゲットの第1の環状ストリップ138に実質上同一の変換器の第1の円環状ストリップ（幅広いストリップ）内にほぼ均一の励磁をもたらすのに適した少なくとも1つの1次巻線であって、ターゲットの第1の環状ストリップに面して位置決めされることが意図される、少なくとも1つの1次巻線と、

周期性 $360^\circ / N$ の少なくとも第1および第2の2次巻線であって、電気周期の一部分だけ空間的にオフセットされ、変換器の第1の円環状ストリップ（幅広いストリップ）に沿って延びる、少なくとも第1および第2の2次巻線と、

周期性 $360^\circ / (N+1)$ の少なくとも第3および第4の2次巻線であって、電気周期の一部分だけ空間的にオフセットされ、ターゲットの第2の環状ストリップ142に実質上同一の変換器の第2の円環状ストリップ（狭いストリップ）に沿って配置され、ターゲットの環状ストリップ142に面して位置決めされることが意図される、少なくとも第3および第4の2次巻線とを備える。

20

【0189】

図26のセンサの動作は、図25のセンサのものに類似している。好ましくは、図26のセンサ内で、上述した「洗練された」測定を行う2次巻線は、ターンが変換器の最も幅広い環状ストリップ（ターゲットの環状ストリップ138に実質上同一）の環状セクタの形状を有する巻線である。洗練された測定の概念によって、任意選択で、狭いストリップの2次側によって行われる測定の性能および強健性のある程度犠牲にして、幅広いストリップの2次側によって行われる測定に性能および強健性を提供するような設計作業に、優先権が与えられることが理解される。

30

【0190】

図25のセンサに対する図26のセンサの追加の利点は、ターゲットと変換器との間の位置決め誤差に対して図25のセンサより強健であることである。特に、幅広いストリップの2次巻線の端子において得られる測定（好ましくは、洗練された測定に関連する）は、ターゲットと変換器との間の位置決め誤差に対して図25のセンサより強健である。確かに、特に1組のパターンが他のパターンに与える相互の影響が実質上同等でありかつ非常に強い図25のターゲットに対して、図26のセンサ内では、測定スケールの方の表面積を他方に対して低減させることで、ターゲットにおいて幅広いストリップのパターン上に狭いストリップのパターンが位置することによって生じる結合をある程度低減させることが可能になる。それによって、位置決め誤差に対する数組の2次側のうちの1組の強健性を増大させることが可能になる。

40

【0191】

図示の例では、センサの第2の円環状ストリップ（狭いストリップ）の平均半径は、ターゲットの第1の円環状ストリップ（幅広いストリップ）の平均半径にほぼ等しいことに留意されたい。この構成は、導電パターンの内側および外側の正放線部分の作用を実質上同等に離すことが可能になるため、有利である。しかし、記載する実施形態は、この特定の構成に制限されない。

【0192】

図27A〜図27Cは、図25のセンサのさらなる代替実施形態を概略的に表す正面図である。より具体的には、図27Aはターゲットの正面図であり、図27Bは変換器の一

50

部分の正面図であり、図 27C は変換器のさらなる部分の正面図である。実際には、説明の目的で図 27B および図 27C に別個に表す変換器の 2 つの部分は、単一の変換器内で同心円状に強固に接続されて重なっており、これらの 2 つの図における前記変換器の構成要素の分類は、複数の金属化レベルにおける特定の分布を予測したものではない。

【0193】

図 27A ～図 27C のセンサのターゲットは、ターゲットの第 1 の円環状ストリップ 148 または幅広いストリップの 360° に沿って分散された複数の分離された導電パターン 147_i を備える。

【0194】

第 1 の環状ストリップ 148 上に導電パターン 147_i によって形成された 1 組のパターンは、電気周期 $360^\circ / N$ の第 1 の組の周期パターンおよび電気周期 $360^\circ / (N + 1)$ の第 2 および第 3 の組の周期パターンのオーバーレイに対応する。第 1 の組のパターンは、ターゲットの環状ストリップ 148（幅広いストリップ）に沿って規則的に分散された N 個の基本導電パターン 149_j（実線）を備え、各基本パターン 149_j は、ストリップ 148 のうち $360^\circ / 2N$ にほぼ等しい開口角のセクタの形状を有する。第 2 の組のパターンは、ターゲットの第 2 の環状ストリップ 152（狭いストリップ）に沿って規則的に分散された $N + 1$ 個の基本導電パターン 151_k（破線）を備え、第 2 の環状ストリップ 152 は、第 1 の環状ストリップ 148 と同心円状であり、ストリップ 148 内に含まれており、すなわち環状ストリップ 148 の内半径より大きい内半径および環状ストリップ 148 の外半径より小さい外半径を有する。この例では、ターゲットの環状ストリップ 152 の内半径は、第 1 の環状ストリップ 148 の平均半径より大きい。一実施形態のこの例は、制限的なものではなく、特に狭いストリップ 152 および 154 は、幅広いストリップ 148 内に異なる形で配置することができ、幅広いストリップ 148 の平均半径は、狭いストリップのいずれかに対する超えられない限界を表すものではない。各基本パターン 151_k は、ターゲットの第 2 の環状ストリップ 152 のうち $360^\circ / 2(N + 1)$ にほぼ等しい開口角の 2 分の 1 の形状を有する。ターゲットの環状ストリップ 152 の（径方向の）幅は、好ましくは、ターゲットの環状ストリップ 148 の幅に対して小さく、たとえば第 1 のストリップの幅より $3 \sim 20$ 分の 1 小さい。第 3 の組のパターンは、ターゲットの第 3 の環状ストリップ 154（狭いストリップ）に沿って規則的に分散された $N + 1$ 個の基本導電パターン 153_k（破線）を備え、第 3 の環状ストリップ 154 は、環状ストリップ 148 と同心円状であり、環状ストリップ 148 内に含まれる。この例では、ターゲットの環状ストリップ 154 の外半径は、環状ストリップ 148 の平均半径より小さい。第 1 の環状ストリップ 148 の平均半径と第 3 の環状ストリップ 154 の平均半径との差は、たとえば、第 2 の環状ストリップ 152 の平均半径と第 1 の環状ストリップ 148 の平均半径との差にほぼ等しい。各基本パターン 153_k は、第 3 のターゲットの環状ストリップ 154 のうち $360^\circ / 2(N + 1)$ にほぼ等しい開口角のセクタの形状を有する。第 3 の環状ストリップの幅は、たとえば、第 2 の環状ストリップの幅にほぼ等しい。別法として、第 3 の環状ストリップ 154 の幅は、環状ストリップ 154 のパターンの表面積が環状ストリップ 152 のパターンの表面積にほぼ等しくなるような幅である。実施形態のこれらの 2 つの例は、制限的なものではない。

【0195】

図 27A に見られるように、ターゲットの環状ストリップ 154 の周期性 $360^\circ / (N + 1)$ の周期パターンは、ターゲットの環状ストリップ 152 の周期性 $360^\circ / (N + 1)$ の周期パターンに対して $360^\circ / 2(N + 1)$ だけ空間的にオフセットされる。したがって、2 つの隣接する基本導電要素 151_k を分離する開口角 $360^\circ / (N + 1)$ の「空」の角度範囲内に、基本パターン 153_k がほぼ延び、2 つの隣接する基本導電パターン 153_k を分離する開口角 $360^\circ / (N + 1)$ の「空」の角度範囲内に、基本導電パターン 151_k がほぼ延びる。言い換えれば、ターゲットの径方向の実質上すべてに、基本導電パターン 151_k または基本パターン 153_k が存在する。

【0196】

図 27A～図 27C のセンサの変換器は、たとえば、図 23、図 25、および図 26 の例を参照して説明したように、ターゲットの導電パターンに適している。変換器は、たとえば、

ターゲットの第 1 の環状ストリップ 148 に実質上同一の変換器の第 1 の円環状ストリップ内にはほぼ均一の励磁をもたらすのに適した少なくとも 1 つの 1 次巻線 211 (図 27B) であって、ターゲットの環状ストリップ 148 に面して位置決めされることが意図される、少なくとも 1 つの 1 次巻線 211 と、

電気周期 $360^\circ / N$ の少なくとも第 1 および第 2 の 2 次巻線 243 (図 27B には 1 つの 2 次巻線 243 のみを示す) であって、それぞれ、同じ巻線方向の N 個のターン、または別法として、交互の巻線方向の $2N$ 個のターンを備え、第 1 および 2 次巻線の各ター

10

ンが、変換器の第 1 の環状ストリップの開口角 $360^\circ / 2N$ のセクタの形状を有し、各巻線の N または $2N$ 個のターンが、変換器の第 1 の環状ストリップの 360° に沿って規則的に分散される、少なくとも第 1 および第 2 の 2 次巻線 243 と、

周期性 $360 / (N+1)$ の少なくとも第 3 および第 4 の 2 次巻線 253 (図 27C には 1 つの 2 次巻線 253 のみを示す) であって、それぞれ、同じ巻線方向の $N+1$ 個のター

20

ン、または好ましくは、交互の巻線方向の $2(N+1)$ 個のターンを備え、第 3 および第 4 の 2 次巻線の各ター

ンが、変換器の第 2 の環状ストリップの開口角 $360^\circ / 2(N+1)$ のセクタの形状を有し、変換器の第 2 の環状ストリップが、ターゲットの第 2 の環状ストリップ 152 に実質上同一であり、ターゲットのストリップ 152 に面して位置決めされることが意図され、各巻線の $N+1$ または $2(N+1)$ 個のターンが、変換器の第

30

【0197】

第 3 および第 5 の 2 次巻線は極性が逆であり、すなわち、図 7 に画定して以下説明で採用する極性規則 (+ または - の符号で表す) に従って、 $360^\circ / 2(N+1)$ だけ空間的にオフセットされる。第 4 および第 6 の巻線は、第 3 および第 5 の 2 次巻線間の配置に実質上同一の配置に従って、互いに対して配置される。

【0198】

好ましくは、第 1 の円環状ストリップ内では、第 1 および第 2 の 2 次巻線が、 $360^\circ / 2N$ だけ互いに対して空間的にオフセットされ、第 2 の円環状ストリップ内では、第 3 および第 4 の 2 次巻線が、 $360^\circ / 2(N+1)$ だけ互いに対して空間的にオフセット

40

【0199】

より一般的には、変換器は、第 1 の環状ストリップ内に、電気周期の一部分だけ互いに対して空間的にオフセットされた第 1 の 2 次巻線に実質上同一の電気周期 $D_{t.o.t} / N$ の複数の 2 次巻線を備え、第 2 の環状ストリップ内に、電気周期の一部分だけ互いに対して空間的にオフセットされた第 3 の 2 次巻線に実質上同一の電気周期 $D_{t.o.t} / (N+1)$ の複数の 2 次巻線を備え、第 3 の環状ストリップ内に、電気周期の一部分だけ互いに対して空間的にオフセットされた第 5 の 2 次巻線に実質上同一の電気周期 $D_{t.o.t} / (N+1)$ の複数の 2 次巻線を備えることができる。

50

【0200】

図27A～図27Cのセンサの動作は、図25および図26のセンサのものに類似している。

【0201】

図27A～図27Cの例では、様々な読み取り構成を使用することができる。本発明者らは、

2次巻線243による1組のパターン147_iの読み取りが、電気周期360°/2Nの処理に適した所望の信号を生成し、

2次巻線253による1組のパターン147_iの読み取りが、電気周期360°/2(N+1)の処理に適した所望の信号を生成し、

2次巻線255による1組のパターン147_iの読み取りが、電気周期360°/2(N+1)の処理に適した所望の信号を生成し、

2次巻線253および2次巻線255による1組のパターン147_iの同時読み取りの組合せが、たとえば両方の2次側の極性が交互であり(図27Cに示す)、直列に電氣的に接続されているとき、電気周期360°/2(N+1)および2次巻線253によって読み取られる所望の信号または2次巻線255によって読み取られる所望の信号の2倍にほぼ等しい振幅の所望の処理に適した信号を生成し、

2次巻線243による1組のパターン147_iの読み取りが、この2次巻線によって検出される所望の信号に対して比較的弱い寄生信号(特に、周期性360°/(N+1)および360°)を生成し、

2次巻線253および2次巻線255による1組のパターン147_iの同時読み取りの組合せが、たとえば2つの2次側の極性が交互であり(図27Cに示す)、直列に電氣的に接続されているとき、この2次巻線によって検出される所望の信号に対して比較的弱い寄生信号(特に、周期性360°/Nおよび360°)を生成することを、特に観察した。

【0202】

図27A～図27Cのセンサの追加の利点は、ターゲットと変換器との間の位置決め誤差に対して図26のセンサよりさらに強健であることである。

【0203】

特に、幅広いストリップの2次巻線243の端子において得られる測定(好ましくは、洗練された測定に関連する)は、ターゲットと変換器との間の位置決め誤差に対して図26のセンサより強健である。確かに、図27A～図27Cのセンサ内では、ターゲットの径方向の実質上すべてに、狭いストリップの単一の基本導電パターンが存在し、ターゲットの2つの狭いストリップのいずれかに配置される。さらに、ターゲットの2つの狭いストリップは、好ましくは、変換器の幅広いストリップの2次側243の2つの内側および外側の正放線方向の分岐から十分に距離をあけて配置される。これらの条件の下で、幅広いストリップの2次側243の端子における測定の際、ターゲットの2つの狭いストリップの導電パターンの結合は、ターゲットの狭いストリップの導電パターンの誘導の組合せから生じ、これらの2つの寄与は、実質上変換器に対するターゲットの位置にかかわらず、互いに打ち消し合う。次いで、寄生結合は、変換器に対するターゲットの位置が変化するとき、比較的安定した値を採用する。さらに、結合は、たとえば図3のセンサに関して説明したように、空間的な差動測定を行うために、幅広いストリップの2次側が、交互の巻線方向の2N個のターンを備えるとき、実質上ゼロの値を採用する。さらなる説明は、変換器の幅広いストリップの2次側が、2つのオフセットされた狭いストリップを、単一の狭い中央の導電ストリップであり、電磁的(電氣的でない)にD_t。tにわたって実質上中実でありまたは連続するものとして大まかに「認識」し、したがってこの仮想ストリップが、前記2次側の端子において、実質上位置に依存しない信号を誘導すると見なすことからなる。

【0204】

さらに、本発明者らは、2次巻線253(狭いストリップ)の端子において得られる測

10

20

30

40

50

定が、2次巻線255（他方の狭いストリップ）の端子において得られる測定の位置に応じた挙動に類似している変換器に対するターゲットの位置に応じた挙動を呈することを観察した。本発明者らはまた、変換器に対するターゲットの位置決め不良の場合、2つの狭いストリップの一方の2つの巻線253または255の一方の端子における測定の位置に応じた挙動が、他方の巻線の端子における測定の際に得られる変形に対して比較的相補形の変形を呈することを観察した。したがって、2つの狭いストリップの2つの2次側の測定を組み合わせて、2つの巻線を直列に優先的に接続することによって、特に振幅および線形性に関する位置に対して比較的類似の挙動を呈するように設計されている場合、位置決め不良に対して比較的強健な新しい複合巻線の端子において、測定を得ることが可能である。確かに、図27A～図27Cのセンサ内で、変換器の径方向の実質上すべてに、複
10
合巻線のちょうど2つの基本ターンが存在し、これらの基本ターンは、極性が逆であり、変換器の2つの狭いストリップのそれぞれに交互に配置される。さらに、変換器の2つの狭いストリップは、ターゲットの幅広いストリップの導電パターンの2つの内側および外側の正放線方向の分岐から十分に距離をあける。これらの条件の下で、複合巻線の端子における測定の際、ターゲットの幅広いストリップの導電パターン149_jの結合は、2次側253（一方の狭いストリップ）の導電パターン149_jの誘導の組合せから、および2次側255（他方の狭いストリップ）の導電パターン149_jの誘導から生じ、これらの2つの寄与は、実質上変換器に対するターゲットの位置にかかわらず、互いに打ち消し合う。次いで、寄生結合は、変換器に対するターゲットの位置が変化するとき、比較的安定した値を採用する。さらに、結合は、たとえば図3のセンサに関して説明したように、
20
空間的な差動測定を行うために、2次側253および255（狭いストリップ）が、交互の巻線方向の2（N+1）個のターンを備えるとき、実質上ゼロの値を採用する。さらなる説明は、変換器に対するターゲットの位置が変化するとき、変換器の狭いストリップの2次側によって、ターゲット上のそれに関連する1組の導電パターンに関して行われる読み取りは、変換器の他方の狭いストリップの2次側によって、ターゲット上のそれに関連する1組の導電パターンに関する行われる読み取りと実質上「同相」とであると見なすことからなる。さらに、変換器に対するターゲットの位置が変化するとき、変換器の狭いストリップの2次側によって、幅広いストリップの1組の導電パターン149_jに関して行われる読み取りは、変換器の他方の狭いストリップ2次側によって、ターゲットの幅広いストリップの同じ1組の導電パターンに関して行われる読み取りと実質上「逆相」とである。
30
したがって、数学的または電気的手段（たとえば、直列電気接続）によって2つの測定が加えられるとき、それぞれの狭いストリップの2次側がこの目的で設計される場合、寄生結合は、実質上ゼロの値を採用するのに対して、所望の信号は保持および／または増幅される。

【0205】

狭いストリップの2次巻線と他方の狭いストリップの2次巻線との直列電気接続の事例では、図2Eを参照して説明したセンサの特徴を得るために、たとえば、2つの基本巻線の直列接続点を複合巻線の中央点として選択することが可能であることに留意されたい。

【0206】

たとえば変換器に対するターゲットの位置決め不良に対する変換器の幅広いストリップ
40
および／または狭いストリップにおける測定の強健性を増大させる同じ目的で、別個に調整された信号の線形の組合せ、または2次側を電氣的に相互接続するさらなる方法など、狭いストリップの2つの2次側の測定を組み合わせるさらなる方法を想定することができ
ることに留意されたい。

【0207】

図23、図25、図26、および図27Aに示す例では、電気周期360°／（N+1）の基本パターンの1つは、電気周期360°／Nの基本パターンの1つと同じ角度位置をほぼ中心とすることに留意されたい。たとえば、図25では、パターン131₁は、パターン129₁と同じ角度位置を中心とし、図27Aでは、パターン151₁は、パターン149₁と同じ角度位置を中心とする。この構成は、センサの全体的な対称性レベルを
50

増大させるのを助け、特にそれにより、ターゲットの製造および目視検査を容易にし、または数組の2次巻線の設計および製造を容易にすることが可能になるため、優先的である。しかし、記載する実施形態は、この特定の事例に制限されない。

【0208】

一般的な原則として、上述した実施形態は、2つの信号 θ_{N1} および θ_{N2} に適合させることができ、 $N1$ および $N2$ は異なる整数であるが、その差は必ずしも単一でないことに留意されたい。これらの条件の下で、図23、図25、図26、および図27A～図27Cのセンサの配置に類似の配置の $N1$ および $N2 = N1 + 2$ を特徴とするセンサにより、範囲 $D_{t.o.t} / N = 180^\circ$ にわたって絶対測定を拡大することが可能になる。より一般的な原則として、 $N1$ および $N2 = N1 + r$ を特徴とするセンサにより、特定の条件の下で、範囲 $D_{t.o.t} / r = 360^\circ / r$ にわたって絶対測定を拡大することが可能になり、ここで、 r は正の整数であり、ゼロとは異なり、厳密には $N1$ より小さい（言い換えれば、 $N1 - 1$ 以下）。

10

【0209】

さらに、別法として、図26および図27A～図27Cの例では、周期性 $360^\circ / N$ のパターンの幅に対して周期性 $360^\circ / (N + 1)$ のパターンの幅を低減させるのではなく、周期性 $360^\circ / 2(N + 1)$ のパターンの幅に対して周期性 $360^\circ / N$ のパターンの幅を低減させることを想定することができる。

【0210】

さらに、中央点の両側で変換器の増大された対称性から利益を得るために（特に、変換器が第2の態様によって実施されるとき）、磁極対の数は、好ましくは、幅広いストリップのパターンに対して偶数であることに留意されたい。

20

【0211】

さらに、図23～図27Cを参照して説明した実施形態は、平面の角変位センサに適用されるだけでなく、さらなるタイプの誘導性変位センサ、特に平面の線形変位センサ、または平面でない角変位センサ、たとえばその上で回転する部分に面してその周りに「巻かれた」（たとえば、円筒に従った形状）線形変位センサにも適用することができ、そのようなセンサは、やはり線形タイプの「巻かれた」（たとえば、円筒に従った形状）ターゲット上に位置することに留意されたい。実施形態のこれらの2つの例は、制限的なものではない。

30

【0212】

第4の態様

概して、誘導性変位センサのターゲットは、厚さ全体にわたって切断された金属板から構成され、したがって、たとえば上述した欧州特許出願公開第0182085号明細書の図50の例に示されているように、板のうちターゲットの導電パターンに対応する部分のみを変換器の巻線に面して保持する。別法として、ターゲットは、誘電体基板、たとえばプラスチック板からなることができ、変換器の方へ向けられた1つの面が、ターゲットの導電パターンを形成する金属層によって部分的に被覆される。

【0213】

しかし、上述したタイプのターゲットには弱点があり、いくつかの適用分野、特に変位の検出が可能であることが求められる可動部分が著しい衝撃または振動にさらされやすい適用分野では、問題となる可能性がある。これらの弱点の中でも、本発明者らは、比較的微細でありかつ／または傾斜しているときの導電パターン、および概して柔軟な誘電体基板（PCBエポキシ、プラスチックなど）を特に特定した。さらに、ターゲットと変位の検出が可能であることが求められる可動部分との間をしっかりと取り付ける実施形態には、困難がある可能性がある。この取付け（たとえば、接合、ねじ留め、嵌合など）は、特に、機械的な弱点となる可能性がある。そのような弱点により、そのようなターゲットを装備したセンサの産業的適用分野が制限され、特に前記部分の組立て動作後、特に槌およびプレスなどの工具を使用してこれらの組立て動作を実行したときに、回転機械部分に計器を備えること、または堅固な機械ハウジング内にターゲットおよび／もしくは変換器を

40

50

保護することが必要とされる。これは、たとえば、高トン数のプレス手段によって埋め込まれた計器を備えた軸受に当てはまる。

【0214】

第4の態様によれば、特に強度に関して、既存のターゲットの欠点のすべてまたは一部を改善する誘導性変位センサターゲットを利用できることが、望ましいはずである。

【0215】

このため、第4の実施形態によれば、1つの導電金属片（たとえば、銅片）から形成された誘導性変位センサターゲット、または変換器の方へ向けられることが意図されたターゲットの面が、金属底壁から突出する1つもしくは複数の金属スタッドを備えるように機械加工された一体型のターゲットを実施することが想定される。ターゲットのスタッドは、ターゲットの1つまたは複数の導電パターンに対応し、底壁のうち頂部にスタッドのない部分は、ターゲットの導電パターンのない領域、すなわち通常は従来の誘導性変位センサターゲットにおける非導電性領域に対応する。

【0216】

図28は、誘導性変位センサに対するそのような一体型のターゲット301の一実施形態の一例を表す斜視図である。ターゲット301は、金属ディスクの略形状を有し、変換器の方へ向けられることが意図されるディスクの1つの面が、ほぼ平面の底壁309から突出する実質上同じ高さのN個の導電スタッド307_i（図示の例では、N=6）を備えるように機械加工される。各スタッド307_iは、ほぼ平面でありかつ壁309に平行する頂点または頂面を有する。さらに、この例では、スタッドの側壁は、壁309にほぼ直交する。ターゲット301のスタッド307_iの頂面は、ターゲットの導電パターンを画定する。この例では、ターゲット301は、図3Bのターゲットのものに実質上同一の導電パターンを有し、すなわち、ディスクの中央面に直交する方向に沿った投影図において、スタッド307_iは、図3Bのターゲットの導電パターン117_iと実質上同じ形状を有し、実質上同じ形式で配置される。

【0217】

ターゲット301の動作原理は、上述したものに類似しており、すなわち、励磁を放出する変換器の前にターゲットが配置されたとき、スタッド307_i内で、特にスタッドの頂面において、誘導現象、たとえば渦電流が生じ、変換器に対するスタッド307_iの位置に応じて、変換器の出力信号レベルの変動が誘導される。

【0218】

ターゲット301において、変換器に面するターゲットの表面のうちスタッド307_i間に位置する部分は、導電性を有していることに留意されたい。したがって、1次巻線によって生成される励磁的作用を受けて、底壁309でも、ターゲットのこれらの部分において、誘導現象、たとえば渦電流が生じる可能性がある。より一般的な原則として、たとえば壁309を特徴とするターゲットの基板にスタッドが均一に電氣的に接触する図28のセンサの事例では、電磁界分布は、1次側によって生成される励磁に対するターゲットの導電構造の全体的な相互作用から生じる。特に、電磁現象は、各導電スタッドではなく、ターゲットの全体的な導電構造に関連して生じ、たとえば、コントラクト307_iの表面または壁309の表面のうちスタッド間に含まれる部分によって実質上画定される局所的なループではなく、ターゲットの回転軸と同心円状のループに実質上沿った誘導電流の流れに関連して生じる。従来技術では、これらの寄生誘導現象を回避するために、底壁309を可能な限り離し、スタッド307_iを電氣的に絶縁することが慣例であることに、特に留意されたい。

【0219】

しかし、変換器と壁309との間の距離が変換器とスタッド307_iとの間の距離より大きい場合、壁309内で生じる誘導現象は、スタッド307_iの表面において生じる誘導現象より小さくなる。本発明者らが行った試験により、壁309の誘導性の寄与は、任意選択で、スタッド307_iの高さが低いとき、変換器の必要な出力信号の減衰などの変更または線形性特徴の変更を引き起こすことができるが、他方では、センサによって行う

ことができる位置測定の精度を劣化させないことが実証された。

【0220】

第1の態様によれば、特に図12A～図12Dを参照して説明したように、ターゲットの幾何学的な調整、特に図28のセンサ内のスタッド307_iの高さの調整により、線形性に関する最適のターゲット変換器距離 d_{opt} を調整することを想定することが可能であることに留意されたい。したがって、スタッドの高さは、距離 d_{opt} がターゲットの適用分野、たとえば0.5～1.5mmと適合するように選択することができ、これは、様々な産業的適用分野と適合している値の範囲である。

【0221】

非制限的な例として、スタッド307_iの高さは、0.1～30mm、好ましくは1～10mmである。

10

【0222】

より一般的には、図28を参照して説明したように、1つまたは複数の導電パターンを有する任意のタイプの誘導性変位センサターゲット、たとえば、図28のものとは異なる導電パターンを有する誘導性線形変位ターゲットまたは平面の誘導性角変位センサターゲットを、一体型で実施することができ、すなわち、これらの導電パターンは、たとえば角度セクタまたは長方形とは異なり、たとえば、導電パターンの輪郭の少なくとも1つ（たとえば、外側の輪郭）が、ターゲット上の角度に応じて実質上螺旋状に展開すること、または導電パターンの輪郭の少なくとも1つが、ターゲット上の角度に応じて実質上正弦波形に展開することを特徴とする。

20

【0223】

説明として、一体型の平面の誘導性角変位センサターゲット401のさらなる非制限的な例を図29に示す。

【0224】

図28の例と同様に、ターゲット401は、金属ディスクの略形状を有し、変換器の方へ向けられることが意図されるディスクの1つの面が、ほぼ平面の底壁309から突出する実質上同じ高さの導電スタッド407を備えるように機械加工される。上記のように、各スタッド407は、ほぼ平面でありかつ壁309に平行する頂点または頂面を有し、スタッドの側壁は、壁309にほぼ直交する。ターゲット401のスタッド407の頂面は、ターゲットの導電パターンを画定する。この例では、ターゲット401は、図27Aのターゲットのものに実質上同一の導電パターンを有し、すなわち、上から見て、スタッド407は、図27Aのターゲットの導電パターン147_iと実質上同じ形状を有し、実質上同じ形式で配置される。

30

【0225】

上述したタイプの一体型のターゲットの実施形態は、固体の金属部分を機械加工する任意の知られている手段、たとえばエッチング、焼結、成形、エンボス加工などによって実行することができる。

【0226】

上述したタイプの一体型のターゲットの1つの利点は、既存のターゲットに比べて特に強健であり、したがって特別な予防策なしで取り扱うことができることである。この強健性は、特に、そのようなターゲットが固体であり、明らかな弱点がないことに由来する。さらに、これらのターゲットは、既存のターゲットより可動部分に堅固に取り付けるのが容易である。特に、任意のメタルオンメタル圧力嵌めおよび／またはメタルーメタル溶接技法を使用することができる。これらの2つの特徴により、その組立て前またはホストシステムにおける使用中でも、回転金属部分のほとんどに事前に計器を備えることが可能になる。システムの計器装備を終了するには、組立ての終了時またはホストシステムの寿命の任意の段階において、組み立てられたターゲットに対向して変換器を取り付けるだけでよい。

40

【0227】

1つの特に有利な実施形態によれば、上述したタイプの一体型の誘導性変位センサター

50

ゲットは、位置（および／または変位）を検出することが可能であることが求められる金属部分、たとえば、

角度測定の場合、自動車のステアリングコラム、エンジンシャフト、もしくは減速ギアボックス（たとえば、シャフトの端部区間の1つのディスク状の面）、玉軸受の回転リング（内側もしくは外側）、ギアなど、または

線形測定の場合、ピストンロッド、緩衝体などにおいて、直接機械加工することができる。

【0228】

様々な例および実施形態について、様々な代替実施形態とともに上述した。当業者であれば、本発明の技能を実施することなく、これらの様々な例、実施形態、および代替実施形態の様々な要素を組み合わせることが可能であることに留意されたい。上述した第1、第2、第3、および第4の実施形態は、適用分野の必要に応じて、互いに独立して実施することができ、または完全もしくは部分的に組み合わせることができ、特に留意されたい。

【符号の説明】

【0229】

100 誘導性角度位置センサ

101 1次導電巻線

101a 導電ターン

101b 導電ターン

103 2次導電巻線

107 導電パターン

110 変換器

111 ターゲット

112 変換器

113 2次巻線

113' 第2の2次巻線

113_i ターン、ループ

113'_i ターン、ループ

114 ターゲット

117_i 導電パターン

118 第1の円環状ストリップ

119_j 導電パターン

120 第2の円環状ストリップ

123 2次巻線

123_i + ターン、パターン

123_i - ターン、パターン

127_i 導電パターン

129_j 基本パターン

130 円環状ストリップ

131_k 第2の基本パターン

137_i 導電パターン

138 第1の円環状ストリップ

139_j 基本導電パターン

141_k 第2の基本パターン

142 第2の円環状ストリップ

147_i 導電パターン

148 第1の円環状ストリップ

149_j 基本導電パターン

151_k 第2の基本パターン

10

20

30

40

50

1 5 2	第 2 の環状ストリップ	
1 5 3 _k	基本導電パターン	
1 5 4	環状ストリップ	
2 0 1	変換器	
2 0 3	ターゲット	
2 0 5	電磁界閉じ込め部分、下部部分、導電部分	
2 0 5'	電磁界閉じ込め部分、上部部分、導電部分	
2 1 1	1 次巻線	
2 1 3	2 次巻線	
2 1 3 A	第 1 のコイル状導電区間	10
2 1 3 B	第 2 のコイル状導電区間	
2 1 3 C	第 3 のコイル状導電区間	
2 1 3 D	第 4 のコイル状導電区間	
2 1 3 _i +	ループ、ターン	
2 1 3 _i -	ループ、ターン	
2 2 3	2 次巻線	
2 2 3'	2 次巻線	
2 2 3 A	第 1 の湾曲したコイル状導電区間	
2 2 3 B	第 2 の湾曲したコイル状導電区間	
2 2 3 C	第 3 の湾曲したコイル状導電区間	20
2 2 3 D	第 4 の湾曲したコイル状導電区間	
2 4 3	第 1 および第 2 の 2 次巻線	
2 5 3	第 3 および第 4 の 2 次巻線	
2 5 5	第 5 および第 6 の 2 次巻線	
3 0 1	一体型のターゲット	
3 0 7 _i	導電スタッド	
3 0 9	底壁	
4 0 1	一体型の平面の誘導性角変位センサターゲット	
4 0 7	導電スタッド	
5 0 0	転がり軸受、玉軸受	30
A	第 1 の中間点	
B	電磁界、第 3 の中間点	
d	ターゲットー変換器距離	
d _{c p r}	ターゲットー1 次巻線距離	
d _{o p t}	最適のターゲットー変換器距離	
d _{p i p r}	部分ー1 次巻線距離	
D _{t o t}	2 次巻線の寸法、距離	
E 1	電気始端、入力端、第 1 の端部、端子	
E 1'	端子	
E 2	電気終端、第 2 の端部、端子	40
E 2'	端子	
E _L	線形近似 V _L と振幅 V の差、線形性誤差	
I _p	電流	
l	部分ー変換器距離	
l'	部分ー変換器距離	
M	端子、中央点、第 2 の中間点、中間接続点	
M'	端子	
M 1	金属化レベル	
M 2	金属化レベル	
P E 1	接続端子	50

P E 2	接続端子	
P M	第 3 のアクセス端子	
R _{e x t}	外半径	
R _{i n t}	内半径	
V	起電力、振幅、信号	
V'	振幅、信号	
V _L	線形近似	
V _{M 1}	有効誘導現象	
V _{M 2}	有効誘導現象	
V _{m a x}	高値	10
V _{m i n}	低値	
V _P	寄生誘導現象	
V _{P'}	寄生誘導現象	
V _{P''}	寄生誘導現象	
V _{P E 1}	測定	
V _{P E 1 P E 2}	差動測定	
V _{P E 2}	測定	
V _{R E F}	既知の値	
X	直線方向	
Z	軸	20
α	開口角	
α_L	低減された角度範囲、線形性範囲	
θ	角度位置	
θ_N	推定、位置推定信号	
θ_{N+1}	推定、位置推定信号	
$\Delta \alpha$	角偏差	

【図 1 A】

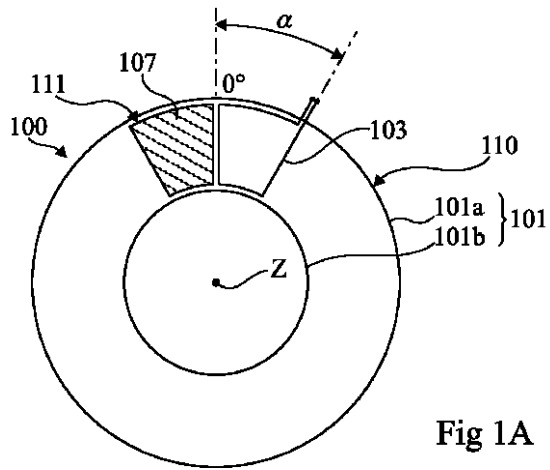


Fig 1A

【図 1 B】

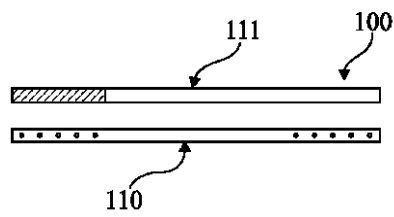


Fig 1B

【図 2】

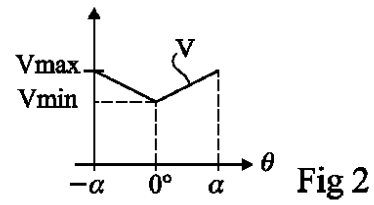


Fig 2

【図 3 A】

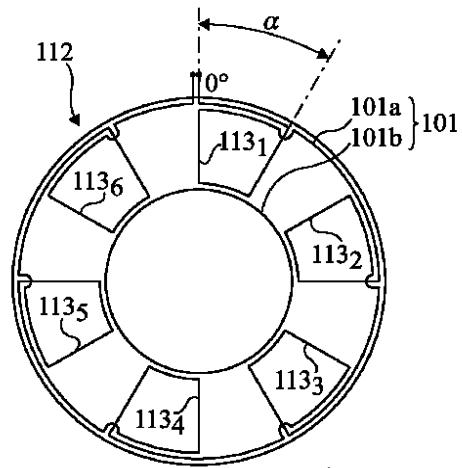


Fig 3A

【図 3 B】

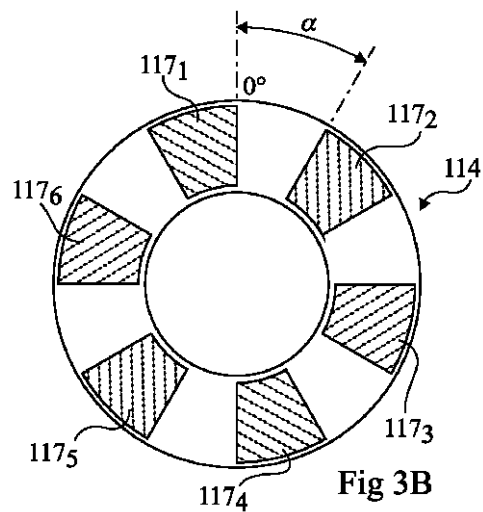


Fig 3B

【図 5】

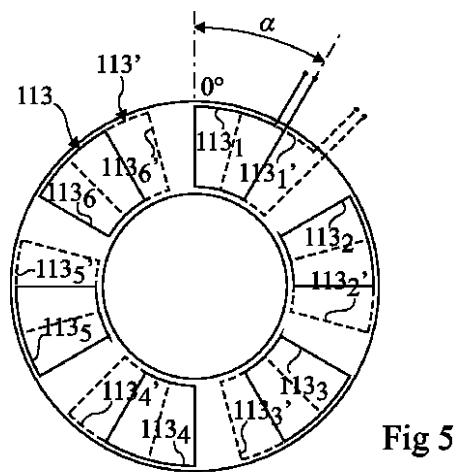


Fig 5

【図 4】

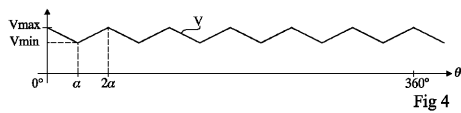


Fig 4

【図 6】

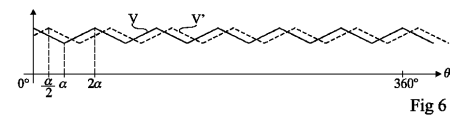
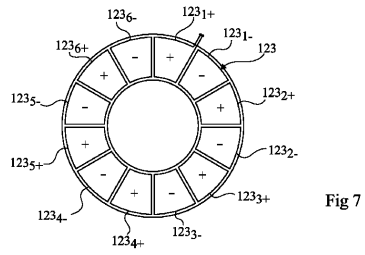
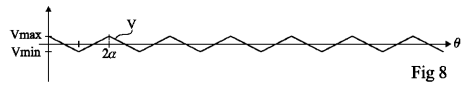


Fig 6

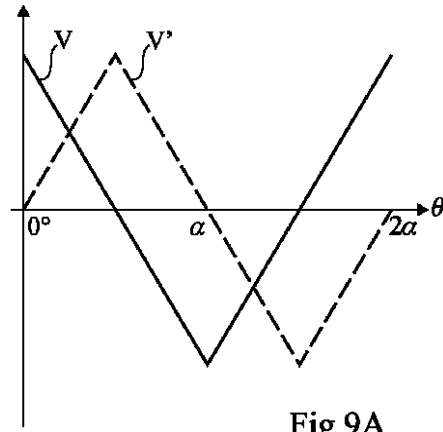
【図 7】



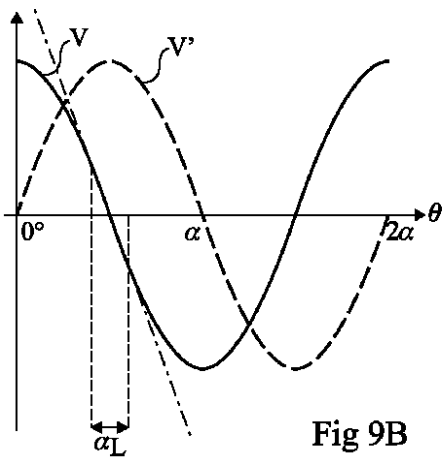
【図 8】



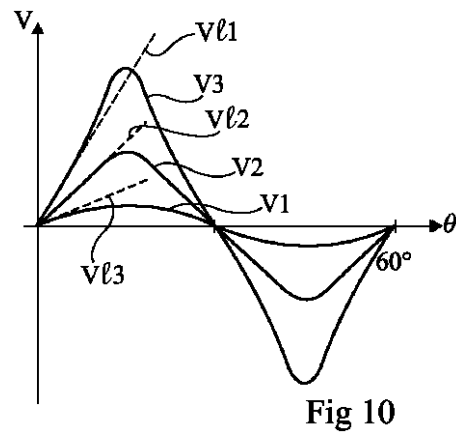
【図 9 A】



【図 9 B】



【図 10】



【図 1 1】

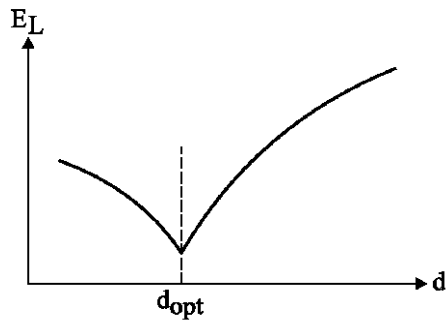


Fig 11

【図 1 2 A】

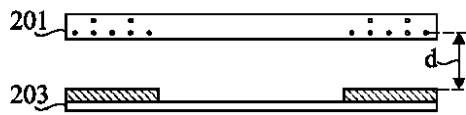


Fig 12A

【図 1 2 B】

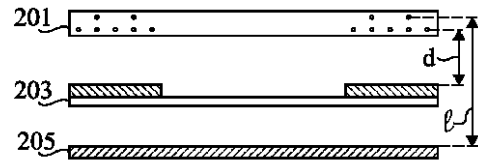


Fig 12B

【図 1 2 C】

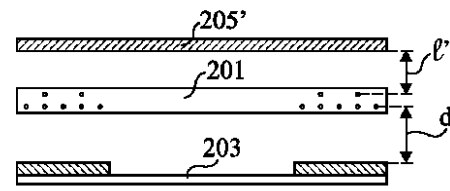


Fig 12C

【図 1 2 D】

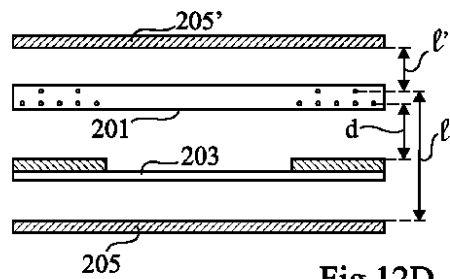


Fig 12D

【図 1 3 B】

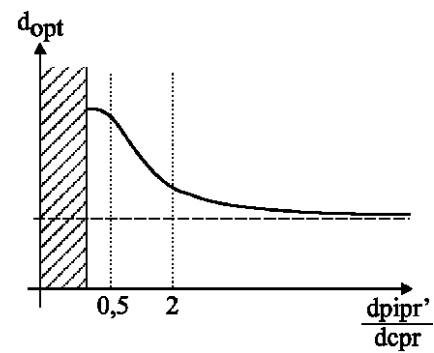


Fig 13B

【図 1 3 A】

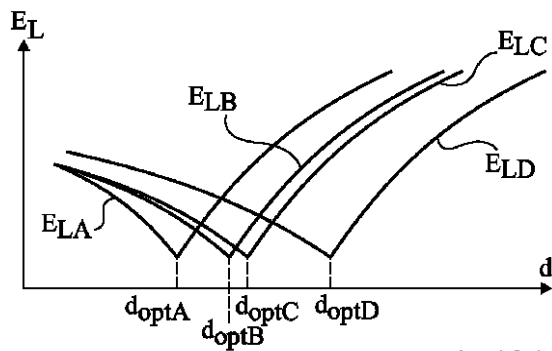


Fig 13A

【図 13 C】

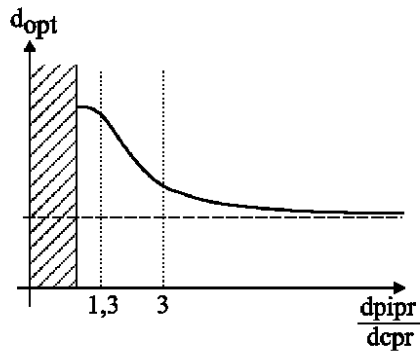


Fig 13C

【図 14】

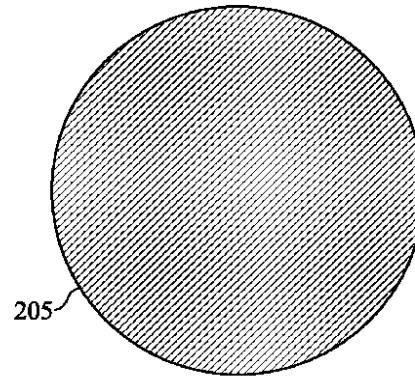


Fig 14

【図 15】

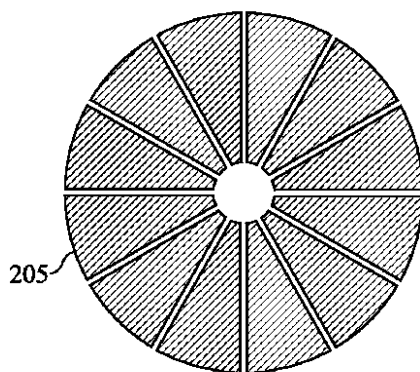


Fig 15

【図 16 A】

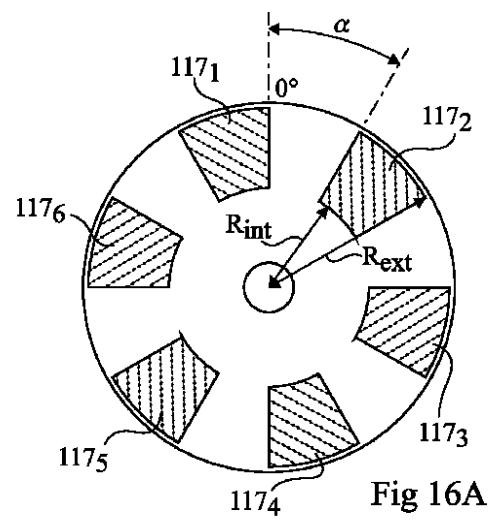
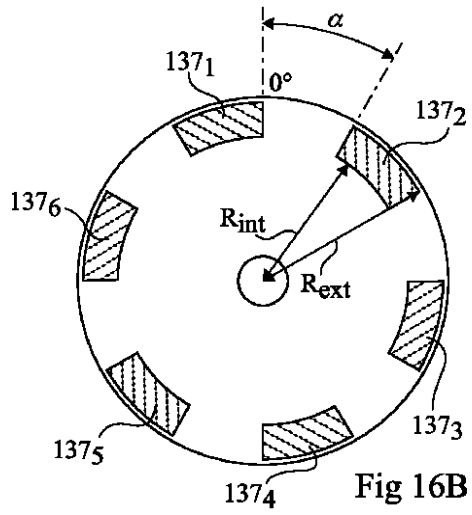
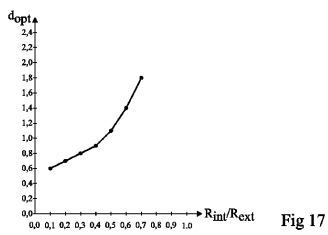


Fig 16A

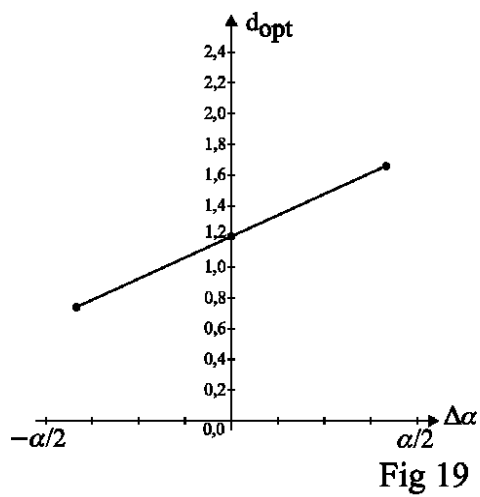
【図 16 B】



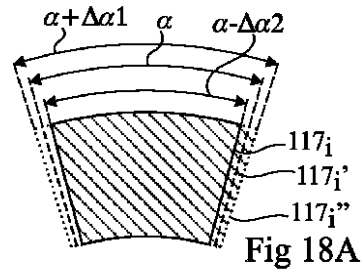
【図 17】



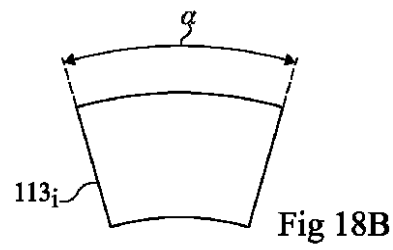
【図 19】



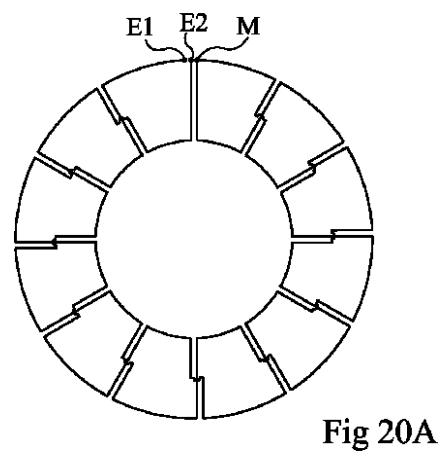
【図 18 A】



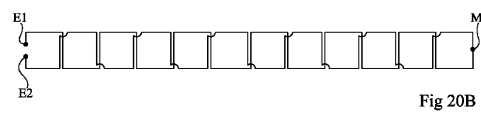
【図 18 B】



【図 20 A】



【図 20 B】



【図 20 C】

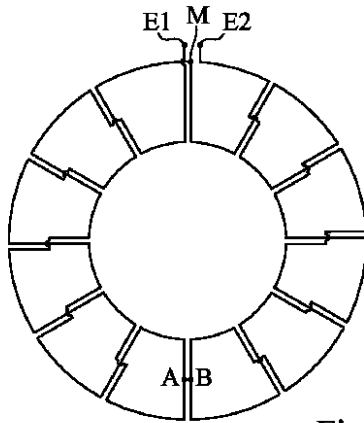


Fig 20C

【図 20 D】

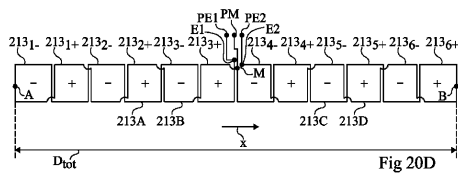


Fig 20D

【図 20 E】

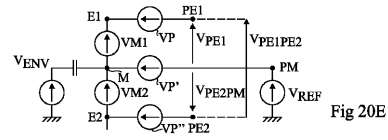


Fig 20E

【図 21 A】

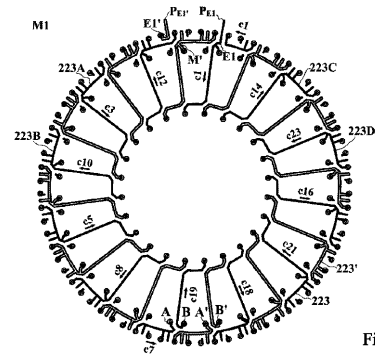


Fig 21A

【図 21 B】

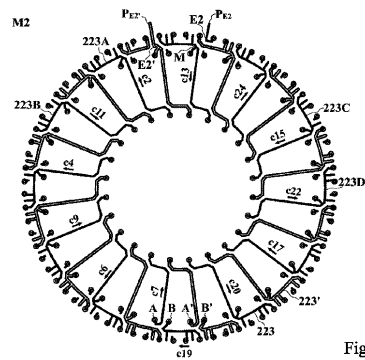


Fig 21B

【図 22 B】

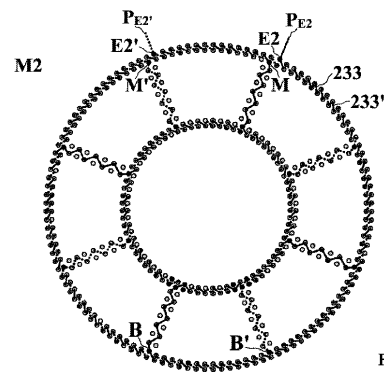


Fig 22B

【図 22 A】

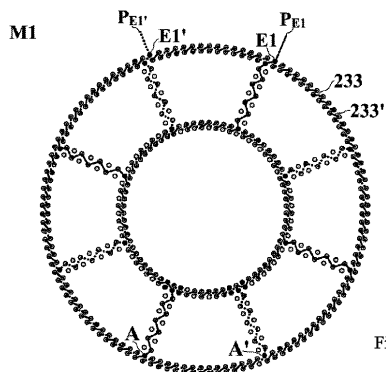


Fig 22A

【図 23】

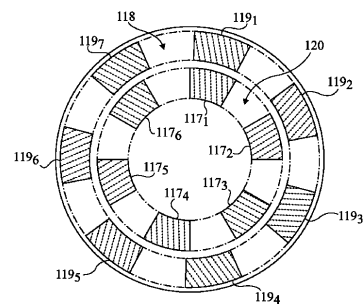
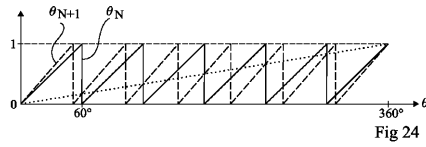
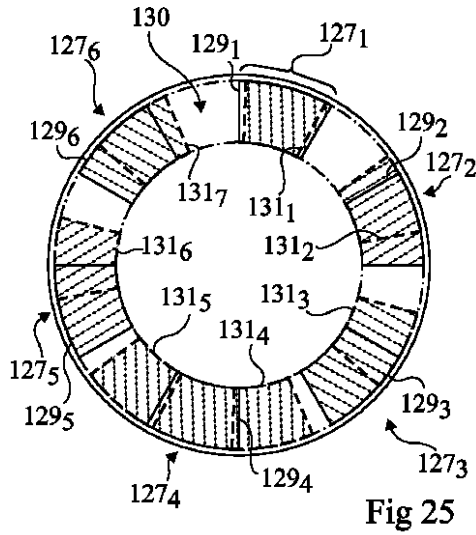


Fig 23

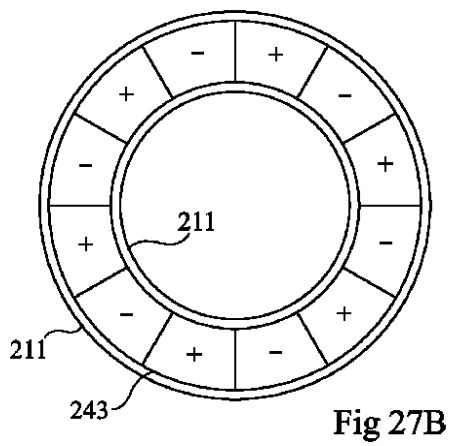
【図 2 4】



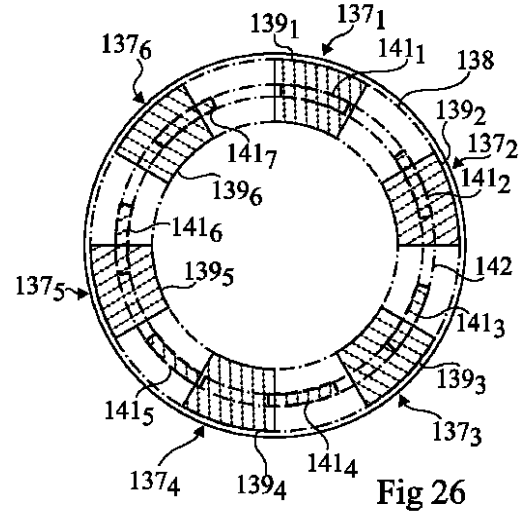
【図 2 5】



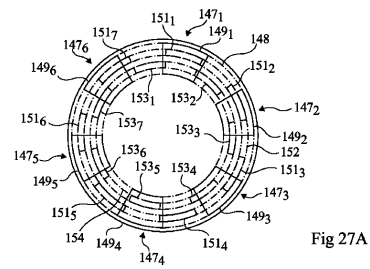
【図 2 7 B】



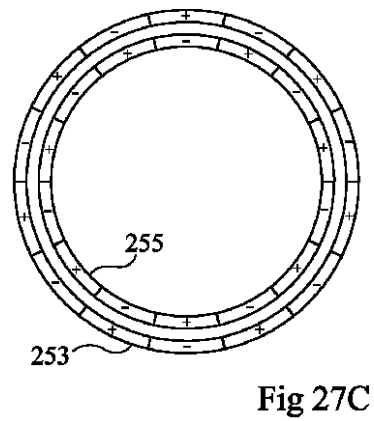
【図 2 6】



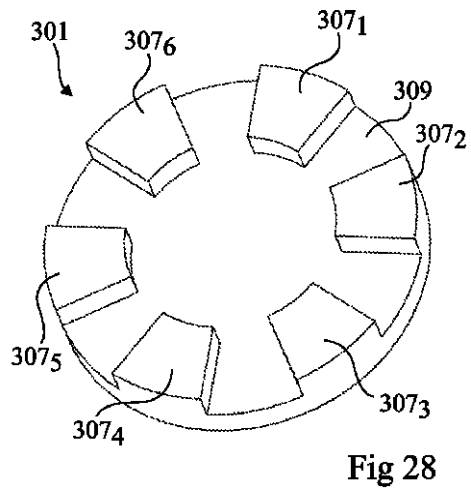
【図 2 7 A】



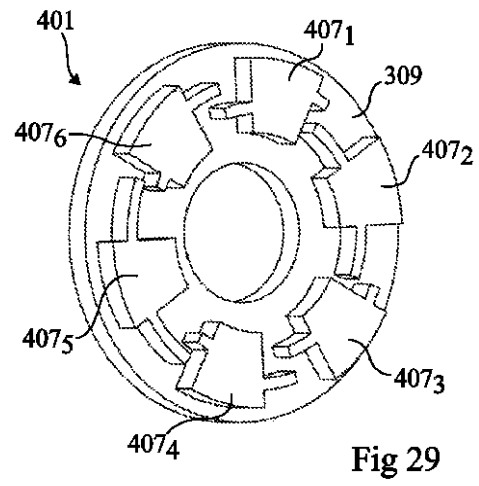
【図 2 7 C】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(72)発明者 ゴル・レベデフ

フランス・38000・グルノーブル・クール・ベリア・156

審査官 平野 真樹

(56)参考文献 特開昭63-298118 (JP, A)

特開2011-85504 (JP, A)

特開平8-313295 (JP, A)

特開2006-112815 (JP, A)

特開2009-192546 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00-5/252

G01D 5/39-5/62