

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6605728号
(P6605728)

(45) 発行日 令和1年11月13日(2019.11.13)

(24) 登録日 令和1年10月25日(2019.10.25)

(51) Int. Cl. F I
 GO 1 D 5/20 (2006.01) GO 1 D 5/20 1 1 O E
 GO 1 D 5/245 (2006.01) GO 1 D 5/245 1 1 O Q

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-520559 (P2018-520559)	(73) 特許権者	390023711
(86) (22) 出願日	平成28年10月13日 (2016.10.13)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2018-531392 (P2018-531392A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成30年10月25日 (2018.10.25)		ROBERT BOSCH GMBH
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/074552		ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (
(87) 国際公開番号	W02017/067840		番地なし)
(87) 国際公開日	平成29年4月27日 (2017.4.27)		Stuttgart, Germany
審査請求日	平成30年4月20日 (2018.4.20)	(74) 代理人	100114890
(31) 優先権主張番号	102015220650.5		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
(32) 優先日	平成27年10月22日 (2015.10.22)		ンハルト
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100098501
			弁理士 森田 拓
		(74) 代理人	100116403
			弁理士 前川 純一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転角度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転角度センサ(10)であって、
 少なくとも3つのコイル(20)を有するステータエレメント(12)と、
 前記ステータエレメント(12)に対して回転可能に支持されたロータエレメント(14)であって、回転角度に依存して異なる強さで前記少なくとも3つのコイル(20)の各々と誘導結合されるように構成されているロータエレメント(14)と、
 前記ロータエレメント(14)と前記ステータエレメント(12)との間の回転角度を特定するための評価ユニット(22)と、
 を含む、回転角度センサ(10)において、

前記評価ユニット(22)は、前記コイル(20)のうちのそれぞれ第1の部分に交番電圧が供給されるように、かつ、当該評価ユニットによって残余の部分が非導通となるように、前記コイル(20)に周期的に順次に交番電圧を供給するように構成されており、
 前記評価ユニットは、周期的に順次に1つ又は複数の非導通のコイル(20)において、それぞれ誘導された交番電圧の位相及び/又は大きさを特定し、前記誘導された交番電圧の前記位相及び/又は前記大きさに基づいて回転角度を特定するように構成されており、

前記コイル(20)の各々は、少なくとも1つの第1の巻線(34a)及び少なくとも1つの第2の巻線(34b)を有し、

前記少なくとも1つの第1の巻線(34a)と前記少なくとも1つの第2の巻線(34

b)とは、それぞれ逆向きに方向付けられており、及び/又は、
1つのコイル(20)の第1の巻線(34a)と第2の巻線(34b)とは、前記ステータエレメント(12)の周方向において交互に配置されており、及び/又は、
前記第1の巻線(34a)によって取り囲まれた面積は、前記第2の巻線(34b)によって取り囲まれた面積と同等である、
 ことを特徴とする回転角度センサ(10)。

【請求項2】

前記コイルのうちの前記第1の部分からの少なくとも2つのコイル(20)に、それぞれ異なる交番電圧を同時に供給する、
 請求項1に記載の回転角度センサ(10)。

10

【請求項3】

前記コイルのうちの前記第1の部分からの前記コイル(20)に供給される交番電圧は、それぞれ異なる周波数、それぞれ異なる位相、及び/又は、それぞれ異なる大きさを有する、
 請求項1又は2に記載の回転角度センサ(10)。

【請求項4】

単一のコイルのみに交番電圧を供給し、残余のコイル(20)において、それぞれ誘導された交番電圧の大きさ及び/又は位相を特定する、又は、
 単一のコイル(20)において、誘導された交番電圧を特定し、残余のコイルには交番電圧を供給する、
 請求項1乃至3のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

20

【請求項5】

前記評価ユニット(22)は、前記誘導された交番電圧の前記大きさ及び/又は前記位相から、前記ステータエレメント(12)と前記ロータエレメント(14)との間の軸線方向の距離を特定するように構成されている、
 請求項1乃至4のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

【請求項6】

前記コイル(20)は、平面コイルであり、及び/又は、
 前記コイル(20)は、プリント基板(18)の上及び/又は内部に配置されている、
 請求項1乃至5のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

30

【請求項7】

前記コイル(20)同士は、軸線方向において互いに少なくとも部分的に重なり合っている、及び/又は、
 前記コイル(20)の各々は、周方向において順次連続した少なくとも2つの巻線(34)を有する、
 請求項1乃至6のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

【請求項8】

前記コイル(20)は、前記ステータエレメント(12)の単一の角度範囲に配置されている、又は、
 前記コイル(20)の各々は、前記ステータエレメント(12)を完全に取り囲んでいる、
 請求項1乃至7のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

40

【請求項9】

前記ロータエレメント(14)は、当該ロータエレメントの角度範囲に配置されている少なくとも1つの誘導エレメント(24)を有し、及び/又は、
 前記誘導エレメント(24)は、軸線方向において1つのコイル(20)の単一の巻線(34a, 34b)を覆っている、
 請求項1乃至8のいずれか一項に記載の回転角度センサ(10)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

発明の分野

本発明は、例えばシャフトと他の構成要素との間の回転角度を特定することができる回転角度センサに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来技術

回転角度を測定するために、例えば、対応する磁場センサによって磁石が回転させられる回転角度センサが公知である。この場合、磁場ベクトルを測定することによって回転角度を帰納的に推定することが可能となる。このようなセンサはまた、例えば、隣り合って配置された電流ケーブルの電流の流れによって引き起こされる外部磁場にも反応し、非常に敏感であり得る。

10

【 0 0 0 3 】

別の形式の回転角度センサは、渦電流効果を利用する。この場合、例えば、金属ターゲットがセンサコイルによって動かされ、このセンサコイルには交番電圧が供給され、このセンサコイルがターゲットにおいて渦電流を誘導する。このことにより、センサコイルのインダクタンスが減少し、周波数の変化によって回転角度を推定することが可能となる。例えばコイルは、共振回路の構成部分であり、この共振回路の共振周波数は、インダクタンスが変化するとシフトする。しかしながら、この形式の回転角度センサは、設置誤差（特にターゲットの傾き）に対して高い交差感度を有し得る。また、一般的に数 10 MHz の範囲の周波数で動作されるので、生成される周波数が外部電磁場によって干渉され得る（インジェクションロッキング）。

20

【 0 0 0 4 】

米国特許第 7 1 9 1 7 5 9 号明細書（US 7 1 9 1 7 5 9 B 2）、米国特許第 7 2 7 6 8 9 7 号明細書（US 7 2 7 6 8 9 7 B 2）、欧州特許第 0 9 0 9 9 5 5 号明細書（EP 0 9 0 9 9 5 5 B 1）、米国特許第 6 2 3 6 1 9 9 号明細書（US 6 2 3 6 1 9 9 B 1）及び欧州特許第 0 1 8 2 0 8 5 号明細書（EP 0 1 8 2 0 8 5 B 1）から、複数の結合されたコイルをベースにした回転角度センサも公知である。これらの文献においては、単一の励磁コイルにおいて交番電磁場が生成され、この交番電磁場が複数の受信コイルに結合されて、そこでそれぞれ 1 つの電圧を誘導する。回転角度を測定するために、回転可能に支持された導電性のターゲットが使用され、このターゲットは、自身の角度位置に依存して、励磁コイルと受信コイルとの間の誘導結合に影響を与える。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 7 1 9 1 7 5 9 号明細書

【 特許文献 2 】 米国特許第 7 2 7 6 8 9 7 号明細書

【 特許文献 3 】 欧州特許第 0 9 0 9 9 5 5 号明細書

【 特許文献 4 】 米国特許第 6 2 3 6 1 9 9 号明細書

【 特許文献 5 】 欧州特許第 0 1 8 2 0 8 5 号明細書

40

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

発明の開示

発明の利点

本発明の実施形態は、有利には、外部干渉及び/又は構成要素の誤差が測定に対してわずかにしか影響を与えなくなるように、シャフトと他の構成要素との間の回転角度を特定することを可能にする。

【 0 0 0 7 】

本発明は、特に大きい干渉電磁場を有する環境において使用することができる回転角度

50

センサに関する。例えば、スロットルバルブの位置、BLDCモータのロータ位置、アクセルペダルの位置、又は、カムシャフトの位置を特定するために、例えば、車両のエンジンルームの内部又は近傍において回転角度センサを使用することができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の1つの実施形態によれば、回転角度センサは、少なくとも3つのコイルを有するステータエレメントと、前記ステータエレメントに対して回転可能に支持されたロータエレメントであって、回転角度に依存して異なる強さで前記少なくとも3つのコイルの各々と誘導結合されるように、又は、誘導エレメントによって前記3つのコイルをそれぞれ異なるように覆うように構成されているロータエレメントと、前記ロータエレメントと前記ステータエレメントとの間の回転角度を特定するための評価ユニットとを含む。評価ユニット（例えば、IC即ち集積回路、又は、ASIC即ち特定用途向け集積回路）も担持することができるステータエレメントは、例えば、ロータエレメントが固定されているシャフトの端部に対向するように配置することができる。ロータエレメントは、ターゲット又は誘導エレメントを担持ことができ、このターゲット又は誘導エレメントは、シャフトと共に連行移動され、コイルを覆うことによってコイルのインダクタンスを変化させる。

10

【0009】

前記評価ユニットは、前記コイルのうちのそれぞれ第1の部分に交番電圧が供給されるように、かつ、当該評価ユニットによって残余の部分が非導通となるように、前記コイルに周期的に順次に交番電圧を供給するように構成されている。この文脈における「非導通」とは、該当するコイルに直接的に評価ユニットによって交番電圧が供給されないことを意味する。回転角度センサの全てのコイルは、回転角度に依存して異なる強さでロータと誘導結合されるので、コイル同士の間での結合も回転角度に依存する。1つ又は複数のコイルが導通される（交番電圧が供給される）と、このことにより、誘導結合を介して上記残余の非導通のコイル内において誘導された交番電圧を生成し、従って、この誘導された交番電圧も、回転角度に依存している。導通されたコイルのうちの1つ、2つ、又は、3つ以上において交番電磁場が生成され、この交番電磁場が、ロータエレメントの位置に応じて残余の複数のコイル又は残余の1つのコイルにおいて電圧を誘導し、この電圧によって回転角度を帰納的に推定することが可能となる。

20

30

【0010】

さらに、前記評価ユニットは、周期的に順次に1つ又は複数の非導通のコイルにおいて、それぞれ誘導された交番電圧の位相及び/又は大きさを特定し、ここから回転角度を特定するように構成されている。例えば、評価ユニットは、交番電圧が供給されないコイルにおいて、誘導された電圧を測定することができる。交番電圧は、例えば1MHz未満の周波数とすることができ、これによって、インジェクションロッキングを回避することができる。

【0011】

交番電圧が供給されるコイルを、送信コイルとして理解することができ、非導通のコイルを、受信コイルとして理解することができる。回転角度センサの場合には、必ずしも常に同一のコイルに交番電圧が供給されるわけではなく、また、誘導された交番電圧が必ずしも常に同一のコイルにおいて特定されるわけではなく、複数のコイルが周期的に順次に送信コイル又は受信コイルとして機能する。これにより、（1ミリ秒の桁数を有する）1回のサイクルにおいて複数の別個の測定を実施することが可能となる。コイルの個数がNであり、導通されたコイルの個数 $M < N$ である場合には、1回のサイクルにつき $N * (N - M)$ の、大きさ及び/又は位相に関するそれぞれ異なる測定を実施することができる。N=3の場合には、導通されたコイルが1つ（ $M = 1$ ）であれば6つの測定であり、導通されたコイルが2つ（ $M = 2$ ）であれば3つの測定である。これにより、常に同一のコイルのみが導通される場合よりも、回転角度の特定を格段により正確にすることが可能となる。

40

50

【0012】

本発明の1つの実施形態によれば、前記評価ユニットは、前記コイルのうちの前記第1の部分からの少なくとも2つのコイルに、それぞれ異なる交番電圧が同時に供給されるように構成されている。例えば、前記コイルのうちの前記第1の部分からの前記コイルに供給される交番電圧は、それぞれ異なる周波数、それぞれ異なる位相、及び/又は、それぞれ異なる大きさを有することができる。

【0013】

交番電圧は、例えば、それぞれ異なる周波数を有することができる。その場合、非導通のコイルにおいて、回転角度に依存した強さを有する両方の周波数の成分を有する1つの交番電圧が誘導される。誘導された交番電圧のフーリエ解析によってこれらの成分を特定して、回転角度を特定することができる。

10

【0014】

周波数が同等である場合には、交番電圧の大きさ及び/又は位相をそれぞれ異ならせることができる。それぞれ位相が異なっている複数の交番電圧が、1つの非導通のコイルにおいて1つの交番電圧を誘導し、この交番電圧の大きさと、生成された複数の交番電圧に対する位相シフトとは、回転角度に依存している。

【0015】

しかしながら、2つ又は3つ以上のコイルに同等の交番電圧を供給することも可能である。

【0016】

本発明の1つの実施形態によれば、単一のコイルにのみ交番電圧が供給され、残余のコイルにおいて、それぞれ誘導された交番電圧の大きさ及び/又は位相が特定される。従って、センサが合計で3つのコイルを有する場合には、周期的に1つのコイルに導通し、他の2つのコイルにおいて電圧を特定すること、又は測定することができる。

20

【0017】

本発明の1つの実施形態によれば、単一のコイルにおいて、誘導された交番電圧が特定され、残余の複数のコイルには交番電圧が供給される。センサが合計3つのコイルを有する場合には、周期的に2つのコイルに同時に導通し、第3のコイルにおいて電圧を測定することができる。

【0018】

本発明の1つの実施形態によれば、前記評価ユニットは、特定された交番電流の大きさ及び/又は位相から、又は、前記誘導された交番電圧の前記大きさ及び/又は前記位相から、前記ステータエレメントと前記ロータエレメントとの間の軸線方向の距離を特定するように構成されている。現在の回転角度に加えて、角度特定における系統誤差を低減するために(例えば、時間で平均することによって)2つの構成要素の距離を特定することもできる。

30

【0019】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルは、平面コイルである。この場合、平面コイルとは、巻線又は巻回部が全て実質的に1つの平面内に位置するコイルであると理解すべきである。平面コイルは、例えば、自身の直径の1%だけの高さを有することができる。

40

【0020】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルは、プリント基板の上及び/又は内部に配置されている。例えば、全ての巻線又は巻回部を1つのプリント基板の両側に被着させることができる。複数の平面を有するプリント基板の場合には、巻線又は巻回部をプリント基板の内部にも延在させることができる。プリント基板は、評価ユニットのための構成要素及び/又はICを担持することもできる。

【0021】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイル同士は、軸線方向において互いに少なくとも部分的に重なり合っている。複数のコイルを、ステータエレメントにおいて実質的に

50

1つの平面内に（例えばプリント基板の上又は内部に）配置することができ、この場合、これらのコイルは、周方向において互いにずらされている。コイルの各々を、実質的に軸線方向に対して直交する1つの平面内に配置することができる。2つのコイルが軸線方向において少なくとも部分的に重なり合っているとは、これらの2つのコイルが、軸線方向に見たときに少なくとも部分的に重なり合っていることであると理解することができる。このことは、2つのコイルが、軸線方向に対して直交する平面に対して軸線方向に突出している場合に、少なくとも部分的に重なり合っていることであると理解することができる。

【0022】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルの各々は、周方向において順次連続した少なくとも2つの巻線又は区分を有する。これらのコイルは、例えば軸線方向に見て（即ち、ロータエレメントの回転軸線の方向に見て）周方向に順次連続して配置された複数のループを有することができる。この場合、1つの巻線又は1つの区分は、コイルの1つ又は複数の導体ループを含むことができ、この1つ又は複数の導体ループが、コイルによって取り囲まれた面積を完全に取り囲んでいる。これらの巻線は、ロータエレメントの回転軸線に対して実質的に直交する1つの平面内に延在することができる。

10

【0023】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルの各々は、少なくとも1つの第1の巻線及び少なくとも1つの第2の巻線を有し、前記少なくとも1つの第1の巻線と前記少なくとも1つの第2の巻線とは、それぞれ逆向きに方向付けられている。コイルに交番電圧が供給されると、このコイルが1つの交番電磁場を生成し、この交番電磁場は、第1の巻線においては（実質的に）第1の方向に方向付けられており、第2の巻線においては（実質的に）逆向きの第2の方向に方向付けられている。第1の方向及び第2の方向は、ロータエレメントの回転軸線に対して実質的に平行に延在することができる。

20

【0024】

コイルによって生成された交番磁場は、ロータエレメントにおいて（ロータエレメントの姿勢に依存して）電流を誘導し、今度はこの電流が交番磁場を生成し、この交番磁場は、コイル又はコイルの巻線と相互作用して、インダクタンスを変化させる。

【0025】

コイルに対して作用し、それぞれ逆向きに方向付けられた2つの巻線を通して実質的に均一に延在している外部電磁場は、（これらの巻線のインダクタンスが同等の大きさである場合に）実質的に打ち消し合う複数の電流をコイルにおいて生成する。このようにして外部干渉場を補償することができる。

30

【0026】

本発明の1つの実施形態によれば、1つのコイルの第1の巻線と第2の巻線とは、前記ステータエレメントの周方向において交互に配置されている。このようにして、1つのコイルにつき、順次連続的にそれぞれ逆向きに方向付けられた複数の巻線からなる1つのチェーンが生成される。

【0027】

本発明の1つの実施形態によれば、前記第1の巻線によって取り囲まれた面積は、前記第2の巻線によって取り囲まれた面積と同等である。それぞれの巻線が同等の個数の導体ループを有する場合には、このことにより、実質的に均一な干渉場が既にコイルによって抑制されることとなる。この場合、1つ又は複数のコイルがそれぞれ異なる大きさの巻線を有することが可能である。

40

【0028】

本発明の1つの実施形態によれば、1つのコイルの複数の巻線は、それぞれ異なる面積を取り囲んでいる。1つのコイルにつき複数の巻線が設けられている場合には、コイルがそれぞれ異なる大きさの巻線を有することも可能であり、従って、コイル同士は重なり合っているが、巻線同士は互いにずらされて配置されている。

【0029】

50

本発明の1つの実施形態によれば、複数のコイルの複数の巻線は、互いにずらされて配置されている。これによって、ロータエレメント又はロータエレメントの上に設けられた誘導エレメントは、それぞれ異なるコイルの、少なくとも部分的に重なり合っている複数の巻線をそれぞれ異なる程度で覆うので、複数の該当するコイルのインダクタンスがそれぞれ異なるようになる。

【0030】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルは、前記ステータエレメントの単一の角度範囲に配置されている。例えば、ロータエレメントの回転軸線の中心点を中心にして複数のコイルを互いに $\frac{1}{N}$ (N はコイルの個数、 $\theta =$ センサの検知範囲、 $\theta = 360^\circ$) だけずらして配置することができる。コイル同士が完全に重なり合うように、かつ、これらのコイルの巻線だけが互いにずらされて配置されているようにすることも可能である。

10

【0031】

本発明の1つの実施形態によれば、前記コイルの各々は、前記ステータエレメントを完全に取り囲んでいる。全てのコイルは、ステータエレメントを中心として1つの円弧部分 ($< 360^\circ$) 又は完全円弧 ($= 360^\circ$) に沿って配置することができる。この場合、コイルによって取り囲まれる面積は、ステータエレメントの軸線又は中心を覆っている必要がないことを理解すべきである。即ち、コイルをステータエレメントの縁部領域のみに配置することができる。例えば、コイルを (約 120° の) 円弧部分に沿って配置ことができ、この場合、相補的な円弧部分 (例えば、残余の 240°) 上には、コイルは配置されない。

20

【0032】

本発明の1つの実施形態によれば、前記ロータエレメントは、当該ロータエレメントの角度範囲に配置されている少なくとも1つの誘導エレメント又はターゲットを有する。換言すれば、誘導エレメントは、ロータエレメントの一部のみを取り囲んでいる。コイルと同様にして、誘導エレメントをロータエレメントの縁部領域のみに設けることができる。誘導エレメントは、金属ターゲットとすることができ、この金属ターゲットは、軸線方向においてステータエレメントに対向してロータエレメントの上に回転可能に配置されている。誘導エレメントは、プリント基板上に固体材料又は導体から製造することができる。誘導エレメントを、フライス加工部のような固体材料の切り欠きによって用意することも、又は、打ち抜き部材として用意することもできる。

30

【0033】

本発明の1つの実施形態によれば、前記誘導エレメントは、軸線方向において実質的にコイルの単一の巻線を覆っている。誘導エレメントとコイルの巻線とを、実質的に軸線方向に対して直交する1つの平面内に配置することができる。誘導エレメントとコイルの巻線とが少なくとも部分的に重なり合っているとは、誘導エレメントとコイルの巻線とが軸線方向に見たときに少なくとも部分的に重なり合っていることであると理解することができる。このことは、誘導エレメントとコイルの巻線とが、軸線方向に直交する平面に対して軸線方向に突出している場合に、少なくとも部分的に重なり合っていることであると理解することができる。

【0034】

このようにして、誘導エレメントは、最大で1つの巻線のインダクタンスだけを変化させ、回転センサは最大の分解能を獲得する。ロータエレメントが複数の誘導エレメントを含み、これらの誘導エレメントが、例えば回転軸線を中心として周方向において同等の距離をおいて配置されているようにすることも可能である。

40

【0035】**図面の簡単な説明**

以下、添付の図面を参照しながら本発明の実施形態について説明するが、図面も説明も本発明を限定するものとして解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】**【0036】**

50

【図 1】本発明の 1 つの実施形態による回転角度センサの概略図である。

【図 2】本発明の別の実施形態による回転角度センサの概略図である。

【図 3 A】図 2 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

【図 3 B】図 2 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

【図 3 C】図 2 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

【図 4】図 2 の回転角度センサのための誘導エレメントを示す図である。

【図 5】本発明の別の実施形態による回転角度センサの概略図である。

【図 6 A】図 5 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

【図 6 B】図 5 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

【図 6 C】図 5 の回転角度センサに関するコイルレイアウトの概略図である。

10

【図 7】図 5 の回転角度センサのための誘導エレメントを示す図である。

【図 8 A】本発明の 1 つの実施形態による回転角度センサに関する導通スキームを示す図である。

【図 8 B】本発明の別の実施形態による回転角度センサに関する導通スキームを示す図である。

【0037】

図面は、概略的なものに過ぎず、縮尺通りではない。同一の参照符号は、図面において、同一の、又は、同等の作用を有する特徴を表している。

【発明を実施するための形態】

【0038】

20

発明を実施するための形態

図 1 は、ステータエレメント 12 及びロータエレメント 14 からなる回転角度センサ 10 を示す。ロータエレメント 14 は、例えば、スロットルバルブ、モータ、カムシャフト、アクセルペダル等のような構成要素のシャフト 16 に固定することができ、又は、このシャフト 16 によって提供することができる。シャフト 16 は、軸線 A を中心にして回転可能であり、ステータエレメント 12 は、対応する軸線方向においてロータエレメント 14 に対向している。例えば、ステータエレメント 12 は、構成要素のハウジングに固定されている。

【0039】

ステータエレメント 12 は、プリント基板 18 を含み、プリント基板 18 上には、複数のコイル 20 がプリント基板 18 の平面内に配置されている。プリント基板 18 は、多層プリント基板 18 とすることができ、コイル 20 の導体は、プリント基板 18 の両側と、プリント基板 18 の個々の層の間とに配置することができる。プリント基板 18 上には、評価ユニット 22 のための別の構成要素を配置することができる。評価ユニット 22 は、コイル 20 の各々に交番電圧を供給することができ、コイル 20 の各々において、誘導された交番電圧を特定することもできる。これらの測定値に基づいて評価ユニット 22 は、ステータエレメント 12 とロータエレメント 14 との間の相対的な回転角度を特定することができる。

30

【0040】

ロータエレメント 14 は、軸線方向においてコイル 20 に対向する 1 つ又は複数の誘導エレメント 24 を含む。誘導エレメント 24 は、図 1 に示されているように、シャフト 16 に固定された別のプリント基板の上に配置することができる。シャフト 16 の端部を加工することによって 1 つ又は複数の誘導エレメント 24 を形成することも可能である。

40

【0041】

評価ユニット 22 が 1 つ又は複数のコイル 20 に交番電圧を供給すると、これらのコイル 20 が磁場を生成し、今度はこの磁場が、導電性材料から製造された誘導エレメント 24 において渦電流を誘導する。今度はこの渦電流が磁場を生成し、この磁場は、コイル 20 と相互作用してコイル 20 のインダクタンスを変化させる。このインダクタンスの変化に基づいて、評価ユニット 22 は、回転角度を特定することができる。

【0042】

50

図2は、回転角度センサを示し、この回転角度センサのコイル(第1のコイル20a、第2のコイル20b、第3のコイル20c)は、軸線Aを中心として360°より小さい角度範囲(ここでは約120°)のみを覆っている。より明瞭に言えば、コイルの各々は、完全な角度範囲を覆ってはいない。

【0043】

3つのコイル20a、20b、20cは、第1の端子26及び第2の端子28において評価ユニット22に接続されており、そこで評価ユニット22によって周期的に交番電圧が供給される。例えば、3つのステップからなる1回のサイクルにおいて、まず始めに第1のコイル20aに交番電圧が供給され、次いで第2のコイル20bに交番電圧が供給され、次いで第3のコイル20cに交番電圧が供給される。この場合、残余の2つのコイルは非導通のままである。誘導エレメント24(ここでは図示せず)の姿勢が回転角度に依存していることにより、3つのコイル20a、20b、20cは、回転角度に依存してそれぞれ異なる強さで誘導エレメント24に結合され、ひいては相互にも結合される。従って、回転角度に応じて非導通のコイルにおいて交番電圧が誘導され、この交番電圧の大きさ及び/又は位相を特定することができる。例えば、これらのコイルにおいて、交番電流、又は、交番電流の大きさ及び/又は位相を測定することができ、ここから、電圧、又は、電圧の大きさ及び/又は位相を導出することができる。

10

【0044】

従って、1回のサイクルにおいて、1つの導通されたコイル20と2つの非導通のコイル20からなる3つの異なる構成に関して、それぞれ2つの異なる大きさ及び/又は位相が特定され、その後、評価ユニット22は、この大きさ及び/又は位相から現在の回転角度を計算することができる。

20

【0045】

これに代えて、評価ユニット22は、3つのステップからなる1回のサイクルにおいて、まず始めに第1のコイル20a及び第2のコイル20bに2つの交番電圧を供給し、次いで第2のコイル20b及び第3のコイル20cに2つの交番電圧を供給し、次いで第3のコイル20c及び第1のコイル20aに2つの交番電圧を供給するようにしてもよい。その場合、残余の1つのコイルにおいて交番電圧が誘導され、その後、この交番電圧の大きさ及び/又は位相から回転角度を特定することができる。

【0046】

回転角度に加えて、誘導された交番電圧の特定された位相及び/又は大きさから、軸線方向における誘導エレメント24又はロータエレメント14とステータエレメント12と間の距離も、例えば、複数回のサイクルにわたって平均値を算出することによって特定することができる。

30

【0047】

図2はさらに、3つのコイル20a、20b、20cが、1つの平面内に位置する複数の巻線34を有する平面コイルとして形成されていることを示す。これらのコイル20a、20b、20cは、ステータエレメント12上で周方向において互いにずらされて配置されている。これらのコイル20a、20b、20cは、軸線方向に沿って見たときに、又は平面図において周方向に沿って、少なくとも部分的に重なり合っている。

40

【0048】

図3A、図3B及び図3Cは、3つのコイル20a、20b、20cに関する、起こり得るコイルレイアウトを概略的に示す。図3Aのコイル20aは、第1の巻線34a及び第2の巻線34bをそれぞれ1つ含む。両方の巻線34a、34bは、同等の大きさであり、又は、同等の面積を取り囲んでいる。両方の巻線は、周方向に沿って互いにずらされている。

【0049】

図3Bのコイル20b及び図3Cのコイル20cは、それぞれ2つの第1の巻線34aと、それぞれ1つの第2の巻線34bとを含む。第2の巻線34bは、周方向において第1の巻線34a同士の間配置されている。第1の巻線34aは、第2の巻線34bとは

50

異なる大きさであり、及び/又は、それぞれ第2の巻線34bよりも小さい。第1の巻線34aによって取り囲まれた面積の合計は、第2の巻線34bによって取り囲まれた面積に一致する。

【0050】

図3A, 図3B, 図3Cに示されたコイル20a, 20b, 20cは、回転角度センサにおいて互いに完全に重なり合うように取り付けることができる。この場合、コイル20a, 20b, 20cの各々には、図2に示されているように、個別の交番電圧V1, V2, V3が供給される。このようにして、それぞれ異なる大きさの面積を取り囲んでいるコイル20b, 20cの巻線34a, 34bは、コイル20aの巻線34a, 34bに対してずらされており、従って、コイル20a, 20b, 20cの巻線34a, 34bは、それぞれ常に部分的にのみ他のコイルの巻線34a, 34bによって覆われている。このようにして、3つのコイル20a, 20b, 20cによって覆われる角度範囲に関して最大の角度分解能を達成することができる。

10

【0051】

コイル20a, 20b, 20cの各々は、それぞれの逆向きの複数の巻線を含み、これらの巻線は、第1の方向性を有する第1の巻線34aと、第2の逆向きの方向性を有する第2の巻線34bとに区分することができる。それぞれのコイルの巻線34a, 34bは、軸線Aを中心として周方向に順次連続して配置されており、従って、交互の方向性を有する複数の巻線からなる1つのチェーンが生成される。

20

【0052】

第1の巻線34a及び第2の巻線34bは、それぞれ同等の面積を取り囲んでおり、従って、コイル20a, 20b, 20cの各々による均一な(干渉)磁場が、それぞれの巻線34a, 34bにおいて電流を生成しはするが、個々の電流は、コイル20a, 20b, 20cにおいて互いに打ち消し合っている。

【0053】

図4は、誘導エレメント24と、明瞭化の理由から単一のコイル即ち第1のコイル20aとを示す。ただし、以下の説明は、第2のコイル20b及び第3のコイル20cについても該当し得る。図4が示すように誘導エレメント24は、1つの巻線とほぼ同等の大きさであり、即ち、軸線方向から見て又は軸線方向に沿った投影図において、周に沿ってほぼ同等の面積を覆っている。巻線34a, 34bの各々が磁場を生成し、今度はこの磁場が誘導エレメント24において渦電流を生成し、今度はこの渦電流が磁場を生成し、そして、この磁場がそれぞれの巻線において電流を生成し、このようにして、それぞれの巻線34a, 34bのインダクタンス、ひいてはコイル20a, 20b, 20cの総インダクタンスが変化する。従って、誘導エレメントを有するロータエレメント14の角度位置に依存して、コイル20a, 20b, 20cのインダクタンスが変化する。それぞれ異なるコイル20a, 20b, 20cの第1の巻線34aと第2の巻線34bとが互いにずらされて配置されているので、誘導エレメント24は、それぞれのコイル20a, 20b, 20cのインダクタンスを追加的にそれぞれ異なるように変化させ、これによって、回転角度センサ10の良好な角度分解能が得られる。

30

【0054】

図5乃至図7は、図2乃至図4に類似した図を示す。特に断りのない限り、図2乃至図4に関する説明が相応に適用される。

40

【0055】

図5乃至図7には、回転角度センサ10が示されており、この回転角度センサ10の第1のコイル20a、第2のコイル20b及び第3のコイル20cは、ステータエレメント12を完全に取り囲んでいる。コイル20a, 20b, 20cは、同等に構成されている。図2と同様に、コイル20a, 20b, 20cは、ステータエレメント12上で互いにずらされて配置されている。コイル20a, 20b, 20cのそれぞれ6つの巻線34a, 34bは全て、外部干渉場を補償するためにそれぞれ同等の面積を取り囲んでいる。巻線の個数は、6つに限定されているわけではないが、干渉場を補償するために偶数にすべ

50

きである。巻線の個数及び開口角度から、センサの周期性が得られる。

【0056】

図7は、ロータエレメント14上に3つの誘導エレメント24を配置することも可能であることを示す。それぞれほぼ1つの巻線34a, 34bを覆っている3つの互いに120°だけずらされた誘導エレメント24によって、120°の一意性範囲において誤差をより良好に補償することができる。この場合、図面をより明瞭にするため、かつ、誘導エレメント24とコイル20a, 20b, 20cとの相互作用を図示するために、第1のコイル20及び誘導エレメント24のみが一例として図面に図示されている。第2のコイル20b及び第3のコイル20cは、第1のコイル20aに対して回転させられて配置されている。

10

【0057】

図8Aは、図2又は図5の回転角度センサのコイル20a, 20b, 20cに関する導通サイクル36が記載された線図を示す。サイクル36は、3つの同等の長さのステップ38(1ミリ秒の桁数)からなる。一般的に、ステップ38の数は、コイルの個数に等しい。

【0058】

第1のステップ38aの間、第1のコイル20aに交番電圧が供給され、即ち、第1のコイル20aが送信コイル又は励磁コイルとして使用される。残余の2つのコイル(第2のコイル20b及び第3のコイル20c)は導通されず、これらのコイルにおいて生成された交番電圧が特定される。即ち、残余の2つのコイル20b, 20cは、受信コイルとして使用される。

20

【0059】

以下のステップにおいては、各コイルの役割が周期的に交代される。第2のステップ38bにおいては、第2のコイル20bが送信コイルとして使用され、第1のコイル20a及び第3のコイル20cが受信コイルとして使用される。第3のステップ38cにおいては、第3のコイル20cが送信コイルとして使用され、第1のコイル20a及び第2のコイル20bが受信コイルとして使用される。その後、次のサイクルが第1のステップ38, 38aによって再び開始される。

【0060】

コイル20a, 20b, 20cを、それぞれ逆向きの巻線34を有する平面コイルとして形成することによって、例えば、第1のコイル20aに交番電圧を印加したときに(誘導エレメント24なしで)巻線34においてそれぞれ異なる符号の交番電磁場が生成される。右回りの巻線34によって取り囲まれた面積と、左回りの巻線34によって取り囲まれた面積とがそれぞれ同等の大きさであるので、場が外部に向かって打ち消され、残余のコイル(即ち、ここでは第2のコイル20b及び第3のコイル20c)において電圧が誘導されることはない。さてここで、誘導エレメント24によって送信コイル表面の一部が遮蔽されると、部分場はもはや互いに打ち消し合わなくなり、他の2つのコイル(第2のコイル20b、第3のコイル20c)において電圧が誘導される。送信コイルと受信コイルとが周期的に交代されることにより、回転角度を逆算することが可能となり、例えば、機械的な誤差に起因するステータエレメント12とロータエレメント14との間の軸線方向における距離の変化を補償することが可能となる。

30

40

【0061】

図8Bは、図2又は図5の回転角度センサのコイル20a, 20b, 20cに関する別の導通サイクル36が記載された線図を示し、ここでは、1つのステップ38につきそれぞれ2つのコイルが導通される。

【0062】

第1のステップ38aにおいては、第1のコイル20a及び第2のコイル20bが送信コイルとして使用され、第3のコイル20cが受信コイルとして使用される。第2ステップ38bにおいては、第1のコイル20a及び第3のコイル20cが送信コイルとして使用され、第2のコイル20bが受信コイルとして使用される。第3のステップ38cにお

50

いては、第2のコイル20b及び第3のコイル20cが送信コイルとして使用され、第1のコイル20aが受信コイルとして使用される。

【0063】

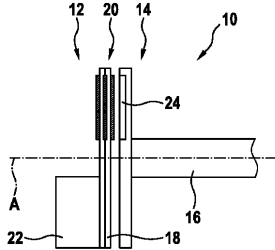
それぞれ導通される送信コイルには、それぞれ異なる周波数を有する2つの異なる交番電圧を供給することができ、これらの交番電圧は、受信コイルにおいて、回転角度に依存して、両方の周波数を有する2つの成分を有する1つの交番電圧を誘導する。これらの成分は、例えばフーリエ解析によって互いに分離することができ、ここから成分電圧の大きさ及び/又は位相を特定することができる。

【0064】

最後に、「有する」、「含む」等のような用語が他の要素又はステップを排除しないこと、また、「1つ」のような用語が複数形を排除しないことに留意すべきである。特許請求の範囲における参照符号は、限定するものとして見なすべきではない。

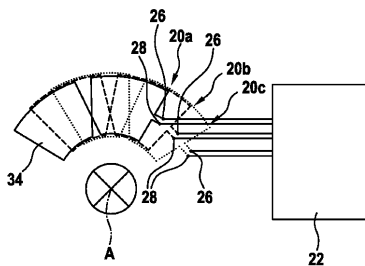
【図1】

Fig. 1



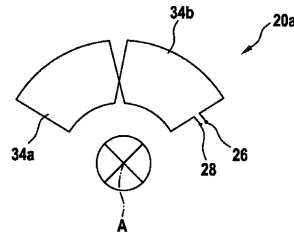
【図2】

Fig. 2



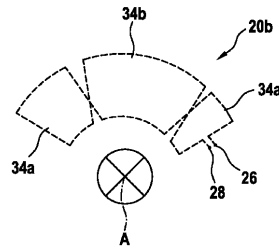
【図3A】

Fig. 3A



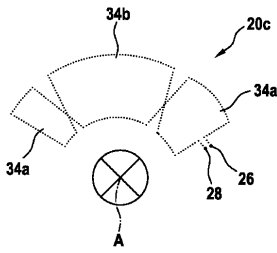
【図3B】

Fig. 3B



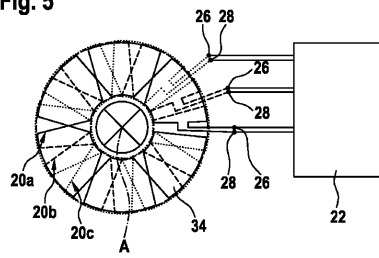
【 図 3 C 】

Fig. 3C



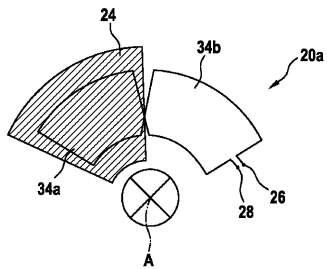
【 図 5 】

Fig. 5



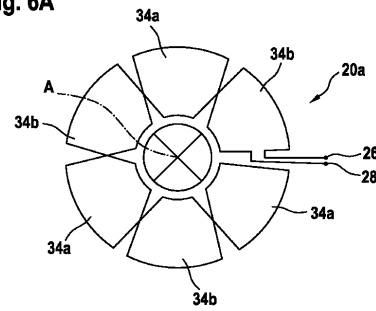
【 図 4 】

Fig. 4



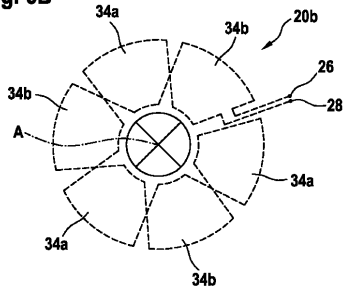
【 図 6 A 】

Fig. 6A



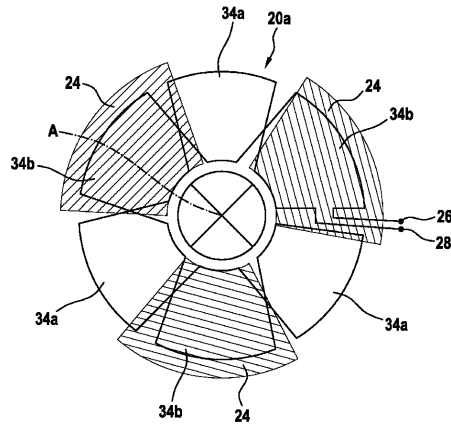
【 図 6 B 】

Fig. 6B



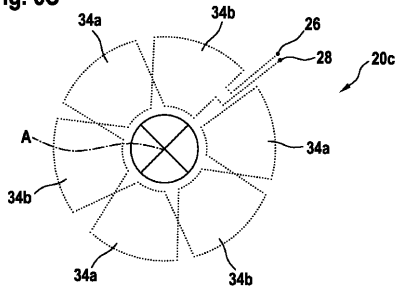
【 図 7 】

Fig. 7



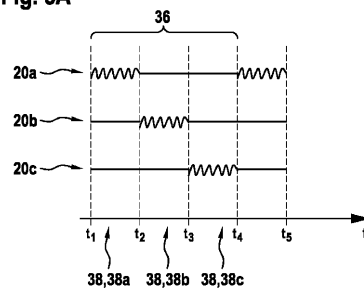
【 図 6 C 】

Fig. 6C



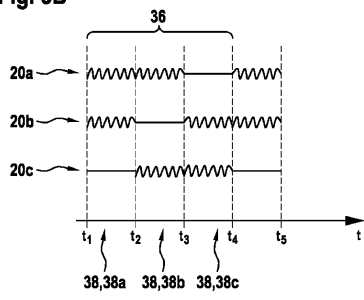
【 図 8 A 】

Fig. 8A



【 8 B 】

Fig. 8B



フロントページの続き

- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
- (72)発明者 インゴ ヘルマン
ドイツ連邦共和国 フリオルツハイム プフォアツハイマー シュトラーセ 72 / 1
- (72)発明者 トーマス ブック
ドイツ連邦共和国 タム ロイトリンガー シュトラーセ 38
- (72)発明者 ファビアン ウーターメーレン
ドイツ連邦共和国 レオンベルク オールミュッツァー シュトラーセ 4
- (72)発明者 アンドレアス メアツ
ドイツ連邦共和国 フライバーク・アム・ネッカー フラティヒシュトラーセ 30
- (72)発明者 ダヨ オシヌビ
ドイツ連邦共和国 ルーテスハイム バーンホーフシュトラーセ 66
- (72)発明者 オリヴァー クライル
ドイツ連邦共和国 ゲアリングェン シュタインバイスシュトラーセ 62
- (72)発明者 シュテファン ライディヒ
ドイツ連邦共和国 ルーテスハイム ゴフィー - ショル - ヴェーク 12

審査官 吉田 久

- (56)参考文献 特開2015 - 14549 (JP, A)
国際公開第2015 / 055385 (WO, A1)
国際公開第2015 / 055382 (WO, A1)
特表2013 - 518247 (JP, A)
独国特許出願公開第102013204871 (DE, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5 / 00 - 5 / 252
G01B 7 / 00 - 7 / 34