

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5687410号  
(P5687410)

(45) 発行日 平成27年3月18日(2015.3.18)

(24) 登録日 平成27年1月30日(2015.1.30)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 1 D 5/244 (2006.01)  
H 0 2 K 29/08 (2006.01)  
H 0 2 K 11/00 (2006.01)G 0 1 D 5/244  
H 0 2 K 29/08  
H 0 2 K 11/00J  
C

請求項の数 35 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2008-523187 (P2008-523187)  
 (86) (22) 出願日 平成18年7月19日 (2006.7.19)  
 (65) 公表番号 特表2009-503462 (P2009-503462A)  
 (43) 公表日 平成21年1月29日 (2009.1.29)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2006/007083  
 (87) 國際公開番号 WO2007/012419  
 (87) 國際公開日 平成19年2月1日 (2007.2.1)  
 審査請求日 平成21年6月19日 (2009.6.19)  
 (31) 優先権主張番号 102005036131.5  
 (32) 優先日 平成17年7月26日 (2005.7.26)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 598144281  
 エーベーエムーパブスト ザンクト ゲオ  
 ルゲン ゲーエムペーハー ウント コー  
 . カーゲー  
 ドイツ連邦共和国、D-78112 ザン  
 クト ゲオルゲン、ヘルマンーパブストー  
 シュトラーセ 1  
 (74) 代理人 100080816  
 弁理士 加藤 朝道  
 (74) 代理人 100098648  
 弁理士 内田 深人  
 (74) 代理人 100116528  
 弁理士 三宅 俊男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】絶対値回転角センサを有する電気モータ、および回転角絶対値の形成方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ロータ(14)と、該ロータ(14)に関連して配設されたステータ(12)と、絶対値回転角センサ(46)とを備える電気モータ(10)であつて、

前記ロータ(10)は、回転軸(85)を中心に回転可能なシャフト(87)に配置されており、

前記絶対値回転角センサ(46)は、前記回転可能なシャフト(87)に配置されており、該シャフトと共にその回転軸(85)を中心に回転可能なセンサマグネット(82)を有し、

前記センサマグネットは、偶数SPである少なくとも2つのセンサマグネットポール(71, 72, 73, 74)を有し、

該センサマグネットポールは、前記センサマグネットの周囲に実質的に正弦波状の磁束(88)の推移を形成し、該磁束(88)は回転角に依存し、

前記絶対値回転角センサ(46)は、前記センサマグネット(82)の回転軸(85)に対して実質的に平行に延在する1つのセンサ面(469)に配置される2つのアナログ磁界センサ(460, 465)を有し、かくして、該センサ面(469)に対し実質的に直角をなしあつ該回転軸(85)を貫通して延在する第1の仮想線(470)が形成され、

前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)は相互に所定の間隔(As)をおいて配置され、

10

20

前記 2 つのアナログ磁界センサ (460, 465) の第 1 の磁界センサ (465) は、前記第 1 の仮想線 (470) と第 2 の仮想線との間の所定の第 1 の角度 ( ) を以て配置され、但し、該第 2 の仮想線は、該第 1 磁界センサ (465) を貫通しかつ前記回転軸 (85) を貫通して延在し、

前記 2 つのアナログ磁界センサ (460, 465) の第 2 の磁界センサ (460) は、前記第 1 の仮想線 (470) と第 3 の仮想線との間の所定の第 2 の角度 ( ) を以て配置され、但し、該第 3 の仮想線は、該第 2 磁界センサ (460) を貫通しかつ前記回転軸 (85) を貫通して延在し、

前記アナログ磁界センサ (460, 465) は、夫々、前記磁束に対する感知面 (462, 467) を有し、

前記アナログ磁界センサ (460, 465) は、前記実質的に正弦波状に推移し回転角に依存する磁束 (88) の領域内に配置されており、ただし、前記アナログ磁界センサの感知面 (462, 467) 上の法線 (461, 466) は、前記センサマグネット (82) の回転軸 (85) とは交差せず、

これにより該当するアナログ磁界センサ (460, 465) の前記感知面 (462, 467) で、そこに作用する磁束 (B) のベクトル成分が検出され、

該ベクトル成分は、前記アナログ磁界センサ (460, 465) に存在する法線 (461) の方向に延在し、以て該当するアナログ磁界センサにてロータ位置信号 (B\_S1, B\_S2) を形成し、

該ロータ位置信号は、前記センサマグネットにより形成された磁束の前記該当するアナログ磁界センサの個所において検出されたベクトル成分の大きさと符合を表すこと、及び前記絶対値回転角センサ (46) は、評価装置 (32) を有し、

前記評価装置 (32) には不揮発性メモリ (34) が配属されており、

該不揮発性メモリには、前記アナログ磁界センサ (450, 455, 460, 465) の配置構成に依存する、前記評価装置 (40, 42, 44) に対する補助値 (AUX\_VAL) が記憶されており、該補助値 (AUX\_VAL) はロータ位置信号の位相差に関する情報を含むこと、及び

前記補助値 (AUX\_VAL) は前記第 1 の角度 ( ) と前記第 2 の角度 ( ) に依存すること、及び

前記評価装置 (32) は、前記ロータ (14) のそれぞれの回転角 (phi) に対して絶対値 (phi\_el, phi\_mech) を、2 つのアナログ磁界センサ (460, 465) の出力信号 (B\_S1, B\_S2) と前記補助値 (AUX\_VAL) とから形成すること、及び

前記ロータ (14) は、RP 個のロータポールを備えるロータマグネット (13) を有し、該ロータマグネットは前記ステータ (12) と交互作用し、ここで SP RP であること

を特徴とする電気モータ。

### 【請求項 2】

請求項 1 記載の電気モータであって、

前記 2 つのアナログ磁界センサ (460, 465) の、磁束に対する感知面 (462, 467) は、ほぼ同じ面 (469) に配置されている電気モータ。

### 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の電気モータであって、

前記センサマグネット (82) は、極異方性のポール配向パターン形式で磁化されている電気モータ。

### 【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記センサマグネット (82) は、ラテラルないし側方配向パターン形式に磁化されている電気モータ。

### 【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか一項記載の電気モータであって、前記センサマグネット(82)はセンサマグネットリング(69)の一部として構成されており、

前記センサマグネットリング(69)は前記ロータ(14)のシャフト(87)に配置されている電気モータ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)は、これらにより動作時に形成されるロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)がほぼ 90°の位相差を有するよう10に配置されている電気モータ。

【請求項 7】

請求項 1 から 5 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)は前記センサ面(469)に、前記ロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)が 90°ではない位相差を有するよう15に配置されており、

前記評価装置(32)は、前記ロータ位置信号から絶対値(phie1, phie2, phie3)を形成するように構成されている電気モータ。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)は、2つを越える値を出力するように構成されている電気モータ。20

【請求項 9】

請求項 1 から 8 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)にはそれぞれ 1 つの A/D 変換器が配属されており、検出された値をデジタル値として出力する電気モータ。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記ロータ位置センサ(450, 455, 460, 465)は線形特性を有する電気モータ。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記ロータ(14)の各位置に対する絶対値は、前記ロータマグネット(13)の電気的 1 回転内で一義的である電気モータ。30

【請求項 12】

請求項 1 から 11 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記センサマグネット(82)は同時にロータマグネット(13)であり、ここで SP = RP である電気モータ。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

SP = 2 であり、前記ロータ(14)の各位置に対して検出された回転位置の絶対値は、完全な機械的 1 回転内で一義的である電気モータ。40

【請求項 14】

請求項 1 から 12 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記センサポールの数は 2 より大きく、

前記評価装置(32, 44)は前記ロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)から回転角値を形成し、該回転角値は前記ロータ(14)の各位置に対して完全な機械的 1 回転内で一義的である電気モータ。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記評価装置(32)には不揮発性メモリ(34)が配属されており、50

該不揮発性メモリには、前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 460, 465)の配置構成に依存する、前記評価装置(40, 42, 44)に対する補助値(AUX\_VAL)が記憶されており、該補助値(AUX\_VAL)は、出力信号(B\_S1, B\_S2)からロータ(14)のそれぞれの回転角(phi\_el, phi\_mech)に対する絶対値(phi\_el, phi\_mech)を計算するための位相差補正係数及び振幅補正係数を含む電気モータ。

【請求項16】

請求項14又は15記載の電気モータであって、

前記絶対値(phi\_el, phi\_mech)を、該絶対値が前記ロータマグネット(13)の極変化(84)の際に所定の値を有するように補正することができる補助値(AUX\_VAL)が記憶されている電気モータ。 10

【請求項17】

請求項1から16までのいずれか一項記載の電気モータであって、

該電気モータは、前記評価装置(40, 42, 44)の少なくとも一部を形成するマイクロプロセッサ(32)を有する電気モータ。

【請求項18】

請求項1から17までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)はホールセンサとして構成されている電気モータ。 20

【請求項19】

請求項1から18までのいずれか一項記載の電気モータであって、

該電気モータは、スイッチオン後に前記ロータ(14)が回転する前に前記ロータ位置に対する絶対値を供給するように構成されている電気モータ。 20

【請求項20】

請求項1から19までのいずれか一項記載の電気モータであって、

前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)は、1つの共通の回路基板(468)に配置されている電気モータ。 20

【請求項21】

請求項1から20までのいずれか一項記載の電気モータを有する送風機。

【請求項22】

電気モータにおいて回転角絶対値を形成する方法であって、

前記電気モータは、ロータ(14)と、該ロータ(14)に関連して配設されたステータ(12)と、絶対値回転角センサとを有し、 30

前記ロータ(14)は、回転軸(85)を中心に回転可能なシャフト(87)に配置されており、

前記絶対値回転角センサ(46)は、前記回転可能なシャフト(87)に配置されており、該シャフトと共にその回転軸(85)を中心に回転可能なセンサマグネット(82)とを有し、

前記センサマグネットは、偶数SPである少なくとも2つのセンサマグネットポール(71, 72, 73, 74)を有し、 40

該センサマグネットポールは、前記センサマグネットの周囲に実質的に正弦波状の磁束(88)の推移を形成し、該磁束(88)は回転角に依存し、

前記絶対値回転角センサ(46)は、前記センサマグネット(82)の回転軸(85)に対して実質的に平行に延在する1つのセンサ面(469)に配置される2つのアナログ磁界センサ(460, 465)を有し、かくして、該センサ面(469)に対し実質的に直角をなしつつ該回転軸(85)を貫通して延在する第1の仮想線(470)が形成され

前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)は相互に所定の間隔(As)を置いて配置され、

前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)の第1の磁界センサ(465)は、 50

前記第1の仮想線(470)と第2の仮想線との間の所定の第1の角度( )を以て配置され、但し、該第2の仮想線は、該第1磁界センサ(465)を貫通しつつ前記回転軸(85)を貫通して延在し、

前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)の第2の磁界センサ(460)は、前記第1の仮想線(470)と第3の仮想線との間の所定の第2の角度( )を以て配置され、但し、該第3の仮想線は、該第2磁界センサ(460)を貫通しつつ前記回転軸(85)を貫通して延在し、

前記アナログ磁界センサ(460, 465)は、夫々、前記磁束に対する感知面(462, 467)を有し、

前記アナログ磁界センサ(460, 465)は、前記実質的に正弦波状に推移し回転角に依存する磁束(88)の領域内に配置されており、ただし、前記アナログ磁界センサの感知面(462, 467)上の法線(461, 466)は、前記センサマグネット(82)の回転軸(85)とは交差せず、

前記絶対値回転角センサ(46)は、評価装置(32)を有し、

前記評価装置(32)には不揮発性メモリ(34)が配属されており、

該不揮発性メモリ(34)には、前記アナログ磁界センサ(450, 455, 460, 465)の配置構成に依存する、前記評価装置(32)に対する少なくとも1つの補助値(AUX\_VAL)が記憶されており、該少なくとも1つの補助値(AUX\_VAL)はロータ位置信号の位相差に関する情報を含み、

前記少なくとも1つの補助値(AUX\_VAL)は前記第1の角度( )と前記第2の角度( )に依存し、及び、

前記ロータ(14)は、RP個のロータポールを備えるロータマグネット(13)を有し、該ロータマグネットは前記ステータ(12)と交互作用し、ここでSP RPである形式の方法において、

当該方法は下記のステップを有する：

A) 該当するアナログ磁界センサ(460, 465)の前記感知面(462, 467)で、そこに作用する磁束(B)のベクトル成分が検出され、

該ベクトル成分は、前記アナログ磁界センサ(460, 465)に存在する法線(461)の方向に延在し、以て該当するアナログ磁界センサにてロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)を形成し、

該ロータ位置信号は、前記センサマグネットにより形成された磁束の前記該当するアナログ磁界センサの個所において検出されたベクトル成分の大きさと符合を表し、

B) 前記ロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)は前記2つのアナログ磁界センサ(460, 465)から前記評価装置(32)に供給され、

C) 前記評価装置(32)では、前記ロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)および前記少なくとも1つの補助値(AUX\_VAL)に依存して、前記ロータ(14)のそれぞれの回転角に対する前記絶対値(phi\_el, phi\_mech)が形成される、

ことを特徴とする方法。

#### 【請求項23】

請求項22記載の方法であって、

前記アナログ磁界センサ(460, 465)により、該当するセンサに作用する磁束密度の接線方向成分(B\_t)の大きさに依存するロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)が形成される方法。

#### 【請求項24】

請求項23記載の方法であって、

前記ロータ位置センサ(460, 465)により、前記磁束密度の接線方向成分(B\_t)と半径方向成分(B\_r)の重畠に依存するロータ位置信号(B\_S1, B\_S2)が形成される方法。

#### 【請求項25】

請求項22から24までのいずれか一項記載の方法であって、

10

20

30

40

50

前記ロータ位置信号 (B\_S1) は、前記回転位置絶対値 (phi\_el, phi\_mech) の形成前に正規化される方法。

【請求項 26】

請求項 22 から 25 までのいずれか一項記載の方法であって、

回転角絶対値 (phi\_el) が、前記ロータ (14) の各回転位置に対して前記ロータマグネット (13) の電気的 1 回転内で一義的であるように当該回転角絶対値が形成される方法。

【請求項 27】

請求項 22 から 26 までのいずれか一項記載の方法であって、

不揮発性メモリ (34) には前記評価装置 (32) に対する少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) が記憶されており、該少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) は出力信号 (B\_S1, B\_S2) からロータ (14) のそれぞれの回転角 (phi) に対する絶対値 (phi\_el, phi\_mech) を計算するための位相差補正係数及び振幅補正係数を含み、

前記回転位置絶対値 (phi\_el, phi\_mech) は、前記ロータ位置信号 (B\_S1, B\_S2) および前記位相差補正係数及び振幅補正係数に依存して形成される方法。

【請求項 28】

請求項 22 から 27 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) は、前記センサマグネット (82) の形式に依存する方法。

【請求項 29】

請求項 22 から 28 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) はコンピュータプログラムによって形成され、該コンピュータプログラムは前記センサマグネット (82) の磁束密度に対する値を含み、

前記センサマグネット (82) の前記磁束密度に対する値は、半径方向成分と接線方向成分に対して各別に定められる方法。

【請求項 30】

請求項 22 から 29 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) は、前記電気モータの製造時に検出され、記憶される方法。

【請求項 31】

請求項 22 から 30 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) は、前記ステータ (12) の巻線に誘導される電圧のゼロ通過を測定することにより検出され、以て、検出された絶対値を、前記ステータ (12) と交互作用するロータマグネット (13) の回転に割り当てる方法を可能にする方法。

【請求項 32】

請求項 22 から 31 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの補助値 (AUX\_VAL) は、前記アナログ磁界センサ (450, 455, 460, 465) の位置を検出することによって検出される方法。

【請求項 33】

請求項 22 から 32 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記アナログ磁界センサ (450, 455, 460, 465) は、これらにより動作時に形成されるロータ位置信号 (B\_S1, B\_S2) がほぼ 90° の位相差を有するように配置されている方法。

【請求項 34】

請求項 22 から 32 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記アナログ磁界センサ (450, 455, 460, 465) は前記センサ面 (469) に配置される。

10

20

30

40

50

) に、前記ロータ位置信号 ( B\_S1, B\_S2 ) が 90° ではない位相差を有するように配置されている方法。

【請求項 35】

請求項 22 から 34 までのいずれか一項記載の方法であって、

前記 2 つのアナログ磁界センサ ( 460, 465 ) は、1 つの共通の回路基板 ( 468 ) に配置されている方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、絶対値回転角センサを有する電気モータに関するものであり、さらにモータの駆動時に回転角絶対値を形成する方法に関する。 10

【0002】

絶対値回転角センサはエンコーダとも称され、一般的に非常に高価である。

【0003】

本発明の課題は、絶対値回転角センサを有する新規の電気モータ、並びに回転角絶対値を形成する方法を提供することである。

【0004】

この課題は請求項 1 の絶対値回転角センサによって解決される。2 つのアナログセンサの構成により、アナログセンサを用いてそこに作用するセンサ磁石の磁束の有効ベクトル成分 ( このベクトル成分は該当するセンサに対して所定の方向に延在する ) を検出することによって、これら 2 つのセンサのロータ位置信号からセンサセグメントの目下 ( 瞬時 ) の回転角に対する絶対値を形成することができる。ここで 2 つのセンサは相互に所定の間隔を置き、回転角に依存する磁束領域でステータに配置されている。 20

【0005】

この課題の別の解決手段は、請求項 28 による方法によって得られる。回転角絶対値を形成するためのかかる方法は、多数のモータ形式で使用可能であり、三相モータでは、回転角絶対値のための高価なセンサ ( 複数 ) を必要とせずに十分に一定のトルクの形成を可能にする。

【0006】

長い説明を回避するために以下の参考文献の内容が参照される :

30

【特許文献 1】 WO 2004/001341 A1

【特許文献 2】 DE 10 2005 002 830 A1 両方の刊行物は正弦波信号の信号処理、とりわけ同じ振幅および同じ DC オフセットへの正規化 ( 標準化 ) を開示する。このことはアナログ回路によっても、デジタル方法によっても同じように可能である。

【0007】

本発明のさらなる詳細および有利な展開形態は、図面に示された実施例の以下の説明および従属請求項から得られる。しかし実施例は本発明の制限として理解すべきではない。即ち、特許請求の範囲に付した図面参照符号は、本発明を図示の態様に限定することを意図したものではなく、単に、発明の理解を助けるためのものに過ぎない。 40

以下に、本発明の好ましい実施の態様をまとめる :

( 態様 1 : 第 1 基本構成 ) 本発明の第 1 の視点において、ロータと、該ロータに配属 ( 関連して配設 ) されたステータと、絶対値回転角センサとを備える電気モータが提供される。該電気モータにおいて、

前記ロータは、回転軸を中心に回転可能なシャフトに配置されており、

前記絶対値回転角センサは、前記回転可能なシャフトに配置されており、該シャフトと共にその回転軸を中心に回転可能なセンサマグネットを有し、

前記センサマグネットは、偶数 SP である少なくとも 2 つのセンサマグネットポールを有し、

該センサマグネットポールは、前記センサマグネットの周囲に実質的に正弦波状の磁束

50

の推移を形成し、該磁束は回転角に依存し、

前記絶対値回転角センサは、前記センサマグネットの回転軸に対して実質的に平行に延在する 1 つのセンサ面に配置される 2 つのアナログ磁界センサを有し、かくして、該センサ面に対し実質的に直角をなしかつ該回転軸を貫通して延在する第 1 の仮想線が形成され、

前記 2 つのアナログ磁界センサは相互に所定の間隔をおいて配置され、

前記 2 つのアナログ磁界センサの第 1 の磁界センサは、前記第 1 の仮想線と第 2 の仮想線との間の所定の第 1 の角度を以て配置され、但し、該第 2 の仮想線は、該第 1 磁界センサを貫通しかつ前記回転軸を貫通して延在し、

前記 2 つのアナログ磁界センサの第 2 の磁界センサは、前記第 1 の仮想線と第 3 の仮想線との間の所定の第 2 の角度を以て配置され、但し、該第 3 の仮想線は、該第 2 磁界センサを貫通しかつ前記回転軸を貫通して延在し、

前記アナログ磁界センサは、夫々、前記磁束に対する感知面を有し、

前記アナログ磁界センサは、前記実質的に正弦波状に推移し回転角に依存する磁束の領域内に配置されており、ただし、前記アナログ磁界センサの感知面上の法線は、前記センサマグネットの回転軸とは交差せず、

これにより該当するアナログ磁界センサの前記感知面で、そこに作用する磁束のベクトル成分が検出され、

該ベクトル成分は、前記アナログ磁界センサに存在する法線の方向に延在し、以て該当するアナログ磁界センサにてロータ位置信号を形成し、

該ロータ位置信号は、前記センサマグネットにより形成された磁束の前記該当するアナログ磁界センサの個所において検出されたベクトル成分の大きさと符合を表すこと、及び前記絶対値回転角センサは、評価装置を有し、

前記評価装置には不揮発性メモリが配属されており、

該不揮発性メモリには、前記アナログ磁界センサの配置構成に依存する、前記評価装置に対する補助値が記憶されており、該補助値はロータ位置信号の位相差に関する情報を含むこと、及び

前記補助値は前記第 1 の角度と前記第 2 の角度に依存すること、及び

前記評価装置は、前記ロータのそれぞれの回転角に対して絶対値を、2 つのアナログ磁界センサの出力信号と前記補助値とから形成するよう構成されること、及び

前記ロータは、R P 個のロータポールを備えるロータマグネットを有し、該ロータマグネットは前記ステータと交互作用し、ここで S P R P であること

を特徴とする。

( 態様 2 ) 上記態様 1 の電気モータにおいて、前記 2 つのアナログ磁界センサの、磁束に対する感知面は、ほぼ同じ面に配置されていることが好ましい。

( 態様 3 ) 上記態様 1 又は 2 の電気モータにおいて、前記センサマグネットは、極異方性のポール配向(指向)パターン形式で磁化されていることが好ましい。

( 態様 4 ) 上記態様 1 から 3 の何れかの電気モータにおいて、前記センサマグネットは、ラテラルないし側方配向パターン形式に磁化されていることが好ましい。

( 態様 5 ) 上記態様 1 から 4 の何れかの電気モータにおいて、前記センサマグネットはセンサマグネットリングの一部として構成されており、

前記センサマグネットリングは前記ロータのシャフトに配置されていることが好ましい。

( 態様 6 ) 上記態様 1 から 5 の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは、これらにより動作時に形成されるロータ位置信号がほぼ 90° の位相差を有するように配置されていることが好ましい。

( 態様 7 ) 上記態様 1 から 5 の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは前記センサ面に、前記ロータ位置信号が 90° ではない位相差を有するように配置されており、

前記評価装置は、前記ロータ位置信号から絶対値を形成するように構成されていること

10

20

30

40

50

が好ましい。

(態様8) 上記態様1から7の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは、2つを越える値を出力するように構成されていることが好ましい。

(態様9) 上記態様1から8の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサにはそれぞれ1つのA/D変換器が配属されており、検出された値をデジタル値として出力することが好ましい。

(態様10) 上記態様1から9の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは線形特性を有することが好ましい。

(態様11) 上記態様1から10の何れかの電気モータにおいて、前記ロータの各位置に対する絶対値は、前記ロータマグネットの電気的1回転内で一義的であることが好ましい。

(態様12) 上記態様1から11の何れかの電気モータにおいて、前記センサマグネットは同時にロータマグネットであり、ここでSP=RPであることが好ましい。

(態様13) 上記態様1から12の何れかの電気モータにおいて、SP=2であり、前記ロータの各位置に対して検出された回転位置の絶対値は、完全な機械的1回転内で一義的であることが好ましい。

(態様14) 上記態様1から13の何れかの電気モータにおいて、前記センサポールの数は2より大きく、

前記評価装置は前記ロータ位置信号から回転角値を形成し、該回転角値は前記ロータの各位置に対して完全な機械的1回転内で一義的であることが好ましい。

(態様15) 上記態様1から14の何れかの電気モータにおいて、前記評価装置には不揮発性メモリが配属されており、

該不揮発性メモリには、前記アナログ磁界センサの配置構成に依存する、前記評価装置に対する補助値が記憶されており、該補助値は、出力信号からロータのそれぞれの回転角に対する絶対値を計算するための位相差補正係数及び振幅補正係数を含むことが好ましい。

(態様16) 上記態様14又は15の電気モータにおいて、前記絶対値を、該絶対値が前記ロータマグネットの極変化の際に所定の値を有するように補正することのできる補助値が記憶されていることが好ましい。

(態様17) 上記態様1から16の何れかの電気モータにおいて、該電気モータは、前記評価装置の少なくとも一部を形成するマイクロプロセッサを有することが好ましい。

(態様18) 上記態様1から17の何れかの電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサはホールセンサとして構成されていることが好ましい。

(態様19) 上記態様1から18の何れかの電気モータにおいて、該電気モータは、スイッチオン後に前記ロータが回転する前に前記ロータ位置に対する絶対値を供給するように構成されていることが好ましい。

(態様20) 上記態様1から19の何れかの電気モータにおいて、前記2つのアナログ磁界センサは、1つの共通の回路基板に配置されていることが好ましい。

(態様21) 上記態様1から20の何れかの電気モータを有する送風機も好ましい。

(態様22) 第2基本構成) 本発明の第2の視点において、電気モータにおいて回転角絶対値を形成する方法が提供される。該方法において、

前記電気モータは、ロータと、該ロータに配属(関連して配設)されたステータと、絶対値回転角センサとを有し、

前記ロータは、回転軸を中心に回転可能なシャフトに配置されており、

前記絶対値回転角センサは、前記回転可能なシャフトに配置されており、該シャフトと共にその回転軸を中心に回転可能なセンサマグネットとを有し、

前記センサマグネットは、偶数SPである少なくとも2つのセンサマグネットポールを有し、

該センサマグネットポールは、前記センサマグネットの周囲に実質的に正弦波状の磁束

10

20

30

40

50

の推移を形成し、該磁束は回転角に依存し、

前記絶対値回転角センサは、前記センサマグネットの回転軸に対して実質的に平行に延在する 1 つのセンサ面に配置される 2 つのアナログ磁界センサを有し、かくして、該センサ面に対し実質的に直角をなしかつ該回転軸を貫通して延在する第 1 の仮想線が形成され、

前記 2 つのアナログ磁界センサは相互に所定の間隔をおいて配置され、

前記 2 つのアナログ磁界センサの第 1 の磁界センサは、前記第 1 の仮想線と第 2 の仮想線との間の所定の第 1 の角度を以て配置され、但し、該第 2 の仮想線は、該第 1 磁界センサを貫通しかつ前記回転軸を貫通して延在し、

前記 2 つのアナログ磁界センサの第 2 の磁界センサは、前記第 1 の仮想線と第 3 の仮想線との間の所定の第 2 の角度を以て配置され、但し、該第 3 の仮想線は、該第 2 磁界センサを貫通しかつ前記回転軸を貫通して延在し、

前記アナログ磁界センサは、夫々、前記磁束に対する感知面を有し、

前記アナログ磁界センサは、前記実質的に正弦波状に推移し回転角に依存する磁束の領域内に配置されており、ただし、前記アナログ磁界センサの感知面上の法線は、前記センサマグネットの回転軸とは交差せず、

前記絶対値回転角センサは、評価装置を有し、

前記評価装置には不揮発性メモリが配属されており、

該不揮発性メモリには、前記アナログ磁界センサの配置構成に依存する、前記評価装置に対する少なくとも 1 つの補助値が記憶されており、該少なくとも 1 つの補助値はロータ位置信号の位相差に関する情報を含み、

前記少なくとも 1 つの補助値は前記第 1 の角度と前記第 2 の角度に依存し、及び、

前記ロータは、R P 個のロータポールを備えるロータマグネットを有し、該ロータマグネットは前記ステータと交互作用し、ここで S P R P である

形式の方法において、

当該方法は下記のステップを有する：

A ) 該当するアナログ磁界センサの前記感知面で、そこに作用する磁束のベクトル成分が検出され、

該ベクトル成分は、前記アナログ磁界センサに存在する法線の方向に延在し、以て該当するアナログ磁界センサにてロータ位置信号を形成し、

該ロータ位置信号は、前記センサマグネットにより形成された磁束の前記該当するアナログ磁界センサの個所において検出されたベクトル成分の大きさと符合を表し、

B ) 前記ロータ位置信号は前記 2 つのアナログ磁界センサから前記評価装置に供給され、

C ) 前記評価装置では、前記ロータ位置信号および前記少なくとも 1 つの補助値に依存して、前記ロータのそれぞれの回転角に対する前記絶対値が形成される、

ことを特徴とする。

( 態様 2\_3 ) 上記態様 2\_2 の方法において、前記アナログ磁界センサにより、該当するセンサに作用する磁束密度の接線方向成分の大きさに依存するロータ位置信号が形成されることが好ましい。

( 態様 2\_4 ) 上記態様 2\_3 の方法において、前記アナログ磁界センサにより、前記磁束密度の接線方向成分と半径方向成分の重畳に依存するロータ位置信号が形成されることが好ましい。

( 態様 2\_5 ) 上記態様 2\_2 から 2\_4 の何れかの方法において、前記ロータ位置信号は、前記回転位置絶対値の形成前に正規化されることが好ましい。

( 態様 2\_6 ) 上記態様 2\_2 から 2\_5 の何れかの方法において、回転角絶対値が、前記ロータの各回転位置に対して前記ロータマグネットの電気的 1 回転内で一義的であるように当該回転角絶対値が形成されることが好ましい。

( 態様 2\_7 ) 上記態様 2\_2 から 2\_6 の何れかの方法において、不揮発性メモリには前記評価装置に対する少なくとも 1 つの補助値が記憶されており、該少なくとも 1 つの補助値は

10

20

30

40

50

出力信号からロータのそれぞれの回転角に対する絶対値を計算するための位相差補正係数及び振幅補正係数を含み、

前記回転位置絶対値は、前記ロータ位置信号および前記位相差補正係数及び振幅補正係数に依存して形成されることが好ましい。

(態様 2\_8) 上記態様 2\_2 から 2\_7 の何れかの方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記センサマグネットの形式に依存することが好ましい。

(態様 2\_9) 上記態様 2\_2 から 2\_8 の何れかの方法において、前記少なくとも 1 つの補助値はコンピュータプログラムによって形成され、該コンピュータプログラムは前記センサマグネットの磁束密度に対する値を含み、

前記センサマグネットの前記磁束密度に対する値は、半径方向成分と接線方向成分に対して各別に定められることが好ましい。 10

(態様 3\_0) 上記態様 2\_2 から 2\_9 の何れかの方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記電気モータの製造時に検出され、記憶されることが好ましい。

(態様 3\_1) 上記態様 2\_2 から 3\_0 の何れかの方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記ステータの巻線に誘導される電圧のゼロ通過を測定することにより検出され、以て、検出された絶対値を、前記ステータと交互作用するロータマグネットの回転に割り当てるこ<sup>20</sup>とを可能にすることが好ましい。

(態様 3\_2) 上記態様 2\_2 から 3\_1 の何れかの方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記アナログ磁界センサの位置を検出することによって検出されることが好ましい。

(態様 3\_3) 上記態様 2\_2 から 3\_2 の何れかの方法において、前記アナログ磁界センサは、これらにより動作時に形成されるロータ位置信号がほぼ 90° の位相差を有するように配置されていることが好ましい。

(態様 3\_4) 上記態様 2\_2 から 3\_2 の何れかの方法において、前記アナログ磁界センサは前記センサ面に、前記ロータ位置信号が 90° ではない位相差を有するように配置されていることが好ましい。

(態様 3\_5) 上記態様 2\_2 から 3\_4 の何れかの方法において、前記 2 つのアナログ磁界センサは、1 つの共通の回路基板に配置されていることが好ましい。

更に、本発明は以下形態もとることができる。

(形態 1) 電気モータは、

ロータと、該ロータに配属（関連して配設）されたステータと、絶対値回転角センサとを備え、

前記ロータは、回転軸を中心に回転可能なシャフトに配置されており、

前記ステータは 3 相駆動巻線を備え、

前記絶対値回転角センサは、前記 3 相駆動巻線を流れる電流を回転角に依存して制御し；

前記絶対値回転角センサは、前記回転可能なシャフトに配置されており、該シャフトと共にその回転軸を中心に回転可能なセンサマグネットと、評価装置とを有し、

前記センサマグネットは、偶数である少なくとも 2 つのセンサマグネットポールを有し、

該センサマグネットポールは、ほぼ（実質的に）正弦波状に推移して回転角に依存する磁束を形成し、

前記評価装置は、前記ロータのそれぞれの回転角に対して絶対値を、2 つのアナログ磁界センサの出力信号から形成し、

前記各アナログ磁界センサは、前記磁束に対する感知面を有し、

該感知面は、相互に所定の間隔をおいて前記回転角に依存する磁束の領域内に配置されており、ただし、前記磁界センサの感知面上の法線は、前記センサマグネットの回転軸とは交差せず、

これにより該当する磁界センサの前記感知面で、そこに作用する磁束のベクトル成分が検出され、

10

20

30

40

50

該ベクトル成分は、前記磁界センサに存在する法線の方向に延在し、以て該当する磁界センサにてロータ位置信号を形成し、

該ロータ位置信号は、検出されたベクトル成分の大きさと符合を表す、ことを特徴とする。

(形態2) 上記の電気モータにおいて、前記2つの磁界センサの、磁束に対する感知面は、ほぼ同じ面に配置されていることが好ましい。

(形態3) 上記の電気モータにおいて、前記2つの磁界センサは、所定の間隔を置いて回路基板に配置されていることが好ましい。

(形態4) 上記の電気モータにおいて、前記センサマグネットは、極異方性のポール配向(指向)パターン形式で磁化されていることが好ましい。 10

(形態5) 上記の電気モータにおいて、前記センサマグネットは、ラテラルないし側方配向パターン形式に磁化されていることが好ましい。

(形態6) 上記の電気モータにおいて、前記センサマグネットはセンサマグネットリングの一部として構成されており、前記センサマグネットリングは前記ロータのシャフトに配置されていることが好ましい。

(形態7) 上記の電気モータにおいて、前記センサマグネットリングは、前記シャフトと前記センサマグネットとの間に配置されたエラスティック(可撓性)な領域を有することが好ましい。

(形態8) 上記の電気モータにおいて、前記エラスティックな領域はプラスチックを有することが好ましい。 20

(形態9) 上記の電気モータにおいて、前記エラスティックな領域と前記シャフトとの間には金属リングが配置されていることが好ましい。

(形態10) 上記の電気モータにおいて、前記2つのアナログ磁界センサは1つのセンサ面に配置されており、該センサ面は前記センサマグネットの回転軸に対して直角に延在しないことが好ましい。

(形態11) 上記の電気モータにおいて、前記2つのアナログ磁界センサは1つのセンサ面に配置されており、該センサ面は前記センサマグネットの回転軸に対してほぼ(実質的に)平行に延在することが好ましい。

(形態12) 上記の電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは、これらにより動作時に形成されるロータ位置信号がほぼ90°の位相差を有するように配置されていることが好ましい。 30

(形態13) 上記の電気モータにおいて、前記アナログセンサは前記センサ面に、前記ロータ位置信号が90°ではない位相差を有するように配置されており、前記評価装置は、前記ロータ位置信号から絶対値を形成するように構成されていることが好ましい。

(形態14) 上記の電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサは、2つを越える値を出力するように構成されていることが好ましい。

(形態15) 上記の電気モータにおいて、前記アナログ磁界センサにはそれぞれ1つのA/D変換器が配属されており、検出された値をデジタル値として出力することが好ましい。 40

(形態16) 上記の電気モータにおいて、前記ロータ位置センサは線形特性を有することが好ましい。

(形態17) 上記の電気モータにおいて、該電気モータの前記ロータは、RP個のロータポールを備えるロータマグネットを有し、該ロータマグネットは前記ステータと交互作用し、前記センサポールの数は前記ロータポールの数以下であることが好ましい。

(形態18) 上記の電気モータにおいて、前記ロータの各位置に対する絶対値は、前記ロータマグネットの電気的1回転内で一義的であることが好ましい。

(形態19) 上記の電気モータにおいて、前記センサマグネットは同時にロータマグネットであり、ここでSP = RPであることが好ましい。

(形態20) 上記の電気モータにおいて、SP = 2であり、前記ロータの各位置に対 50

して検出された回転位置の絶対値は、完全な機械的 1 回転内で一義的であることが好ましい。

(形態 21) 上記の電気モータにおいて、前記センサポールの数は 2 より大きく、前記評価装置は前記ロータ位置信号から回転角値を形成し、該回転角値は前記ロータの各位置に対して完全な機械的 1 回転内で一義的であることが好ましい。

(形態 22) 上記の電気モータにおいて、前記評価装置には不揮発性メモリが配属されており、該不揮発性メモリには、前記ロータ位置センサの配置構成に依存する、前記評価装置に対する補助値が記憶されていることが好ましい。

(形態 23) 上記の電気モータにおいて、前記絶対値を、該絶対値が前記ロータマグネットの極変化の際に所定の値を有するように補正することができる補助値が記憶されていることが好ましい。10

(形態 24) 上記の電気モータにおいて、該電気モータは、前記評価装置の少なくとも一部を形成するマイクロプロセッサを有することが好ましい。

(形態 25) 上記の電気モータにおいて、前記ロータ位置センサはホールセンサとして構成されていることが好ましい。

(形態 26) 上記の電気モータにおいて、該電気モータは、スイッチオン後に前記ロータが回転する前に前記ロータ位置に対する絶対値を供給するように構成されていることが好ましい。

(形態 27) 上記の電気モータを有する送風機も有利である。

(形態 28) 電気モータにおいて回転角絶対値を形成する方法であって、20  
前記電気モータは、ロータと、該ロータに配属（関連して配設）されたステータと、絶対値回転角センサとを有し、

前記ロータは、回転軸を中心に回転可能なシャフトに配置されており、

前記ステータは 3 相駆動巻線を備え、

前記絶対値回転角センサは、前記 3 相駆動巻線を流れる電流を回転角に依存して制御し；

前記絶対値回転角センサは、前記回転可能なシャフトに配置されており、該シャフトと共にその回転軸を中心に回転可能なセンサマグネットと、評価装置とを有し、

前記センサマグネットは、偶数である少なくとも 2 つのセンサマグネットポールを有し、30

該センサマグネットポールは、ほぼ正弦波状に推移して、回転角に依存する磁束を形成し、

前記評価装置は、前記ロータのそれぞれの回転角に対して絶対値を、2 つのアナログ磁界センサの出力信号から形成し、

前記各アナログ磁界センサは、前記磁束に対する感知面を有し、

該感知面は、相互に所定の間隔をおいて前記回転角に依存する磁束の領域内に配置されており、ただし、前記磁界センサの感知面上の法線は、前記センサマグネットの回転軸とは交差しない形式の方法において、

当該方法は下記のステップを有する：

A) 該当する磁界センサの前記感知面で、そこに作用する磁束のベクトル成分が検出され、40

該ベクトル成分は、前記磁界センサに存在する法線の方向に延在し、以て該当する磁界センサにてロータ位置信号を形成し、

該ロータ位置信号は、検出されたベクトル成分の大きさと符合を表し、

B) 前記ロータ位置信号は前記 2 つの磁界センサから前記評価装置に供給され、

C) 前記評価装置では、前記ロータ位置信号に依存して、前記ロータのそれぞれの回転角に対する前記絶対値が形成される、

ことを特徴とする。

(形態 29) 上記の方法において、前記アナログ磁界センサにより、該当するセンサに作用する磁束密度の接線方向成分の大きさに依存するロータ位置信号が形成されること50

が好ましい。

(形態30) 上記の方法において、前記ロータ位置センサにより、前記磁束密度の接線方向成分と半径方向成分の重畠に依存するロータ位置信号が形成されることが好ましい。

(形態31) 上記の方法において、前記ロータ位置センサにより、ほぼ(実質的に)正弦波状のロータ位置信号が形成されることが好ましい。

(形態32) 上記の方法において、回転位置絶対値を検出するために、ロータ位置信号の重畠の形式で計算が行われることが好ましい。

(形態33) 上記の方法において、前記ロータ位置センサによりロータ位置信号が形成され、該ロータ位置信号の相互の位相差は0°から87°の範囲または93°から180°の範囲にあることが好ましい。

(形態34) 上記の方法において、前記ロータ位置センサによりロータ位置信号が形成され、該ロータ位置信号の相互の位相差は0°から83°の範囲または97°から180°の範囲にあることが好ましい。

(形態35) 上記の方法において、前記ロータ位置センサによりロータ位置信号が形成され、該ロータ位置信号の相互の位相差は0°から80°の範囲または100°から180°の範囲にあることが好ましい。

(形態36) 上記の方法において、前記ロータ位置信号は、前記回転位置絶対値の形成前に正規化されることが好ましい。

(形態37) 上記の方法において、所定数のロータ極を有するロータマグネットを備えるロータに対して、回転角絶対値が、前記ロータの各回転位置に対して前記ロータマグネットの電気的1回転内で一義的であるように当該回転角絶対値が形成されることが好ましい。

(形態38) 上記の方法において、前記回転位置絶対値が、前記ロータの各回転位置に対して機械的1回転内で一義的であるように当該回転位置絶対値が形成されることが好ましい。

(形態39) 上記の方法において、前記電気モータのスイッチオン後、前記ロータの回転前にすでに回転位置絶対値が形成されることが好ましい。

(形態40) 上記の方法において、前記回転位置絶対値はデータ線路を介して出力されることが好ましい。

(形態41) 上記の方法において、不揮発性メモリには前記評価装置に対する少なくとも1つの補助値が記憶されており、前記回転位置絶対値は、前記ロータ位置信号および前記少なくとも1つの補助値に依存して形成されることが好ましい。

(形態42) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値は、前記センサマグネットの形式に依存することが好ましい。

(形態43) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値はコンピュータプログラムによって形成され、該コンピュータプログラムは前記センサマグネットの磁束密度に対する値を含んでいることが好ましい。

(形態44) 上記の方法において、前記センサマグネットの前記磁束密度に対する値は、半径方向成分と接線方向成分に対して各別に定められることが好ましい。

(形態45) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値は、前記電気モータの製造時に検出され、記憶されることが好ましい。

(形態46) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値は、前記電気モータの納品(出荷)前に検出され、記憶されることが好ましい。

(形態47) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値は、ユーザによる変更に対して保護されることが好ましい。

(形態48) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値はモータ形式に依存して設定されることが好ましい。

(形態49) 上記の方法において、前記少なくとも1つの補助値は、電気モータに対する測定によって検出されることが好ましい。

10

20

30

40

50

(形態 50) 上記の方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記ステータの巻線に誘導される電圧のゼロ通過を測定することにより検出され、以て、検出された絶対値を、前記ステータと交互作用するロータマグネットの回転に割り当てるこ<sup>10</sup>とを可能にす<sup>10</sup>ることが好ましい。

(形態 51) 上記の方法において、前記少なくとも 1 つの補助値は、前記ロータ位置センサの位置を検出することによって検出され<sup>10</sup>ることが好ましい。

#### 【0008】

図 1 は、ステータ 12 と、これと交互作用するロータ 14 を備える電気モータ 10 を示し、ロータはロータマグネット 13 を備えている。

#### 【0009】

ロータ 14 は最終(出力)段インバータ INVERTER 16 により装置 COMMUT 18 の転流信号に依存して制御される。モータ 10 は作動電圧 UB に接続することができる。

#### 【0010】

電気モータ 10 はマイクロコントローラ(マイクロプロセッサ) μC 32 と、これに配属されたメモリ MEMORY 34 を有し、メモリには補助値 AUX\_VAL 36 が記憶されている。μC 32 はモジュール(ユニット) STANDAR DIZE 40、CALC\_phi\_e 142 および CALC\_phi\_mech 44、並びに出力モジュール(ユニット) OUT 46 を有する。この出力モジュール OUT 46 を介して範囲 [0° e 1 から 360° e 1] にあるロータマグネット 13 の電気的回転位置に対する絶対値 phi\_e 1 を、および/または範囲 [0° mech から 360° mech] にあるロータ 14 の機械的回転位置に対する絶対値 phi\_mech を、例えばデータ線路 47 と 49 を介して出力することができる。

#### 【0011】

4 極永久磁石センサマグネット 82 はロータ 14 のシャフト 87 に配置されており、シャフトの回転軸は 85 により示されている。2 つのアナログロータ位置センサ 460, 465 が、回路基板 468 の共通の面に配置されている。センサ 460, 465 により測定されたロータ位置信号 B\_S 1 および B\_S 2 が例えばプラグ 471 と導体ペア 473 ないし 475 を介して μC 32 に供給される。これにより μC 32 はロータ位置信号 B\_S 1 と B\_S 2 から、電気的回転角 phi\_e 1 および/または機械的回転角 phi\_mech を検出することができる。有利な実施形態では、μC 32 と最終(出力)段 INVERTER 16 も同様に少なくとも部分的に回路基板 468 に配置されており、この回路基板にはロータ位置センサ 460, 465 が配置されている。

#### 【0012】

##### 動作機序(作用)

センサマグネット 82 は、実質的にシリンド(円筒)状の表面 70 をもってリング状に構成されており、4 つのポール(磁極) 71, 72, 73, 74 を有する。回転角 phi\_Φ

、図 12) に依存して、センサマグネットは実質的に正弦波状の磁界 88 ないしは実質的に正弦波状の磁束密度 B を形成する。センサマグネット 82 の図示の磁化は極異方性のポール配向(指向)パターン形式(polarorientiert)、ないしは極異方性のポール配向パターンかつラテラル(側方)配向パターン形成で(polarorientiert-lateral)示されており、ポール内の磁化は均質ではなく、磁化は場所に依存して方向と強度を変化する。一方、例えば直径方向(diametral)に磁化されたマグネットの場合、ポール内の磁化は均質であり、常に同じ方向を指す。

#### 【0013】

アナログセンサ 460 の拡大図には、測定が行われるいわゆる感知面 462 が示されている。ここでセンサ 460 は、ベクトル磁束密度 B の感知面 462 を指す方向にある成分

10

20

30

40

50

だけを検出する。この方向はこの感知面 4 6 2 上の法線 4 6 1 の方向に相当する。この法線 4 6 1 はセンサマグネット 8 2 の回転軸と交差しないので、センサ 4 6 0 はセンサマグネット 8 2 に対して接線方向に配置されていないから、センサは通常の配置構成の場合とは異なり、磁束密度 B の半径方向成分 B\_r の他に、磁束密度 B の接線方向成分 B\_t も検出する。法線 4 6 1 の方向を指す磁束密度 B の成分は B\_S 1 により示されており、この成分はアナログセンサ 4 6 0 ( S 1 ) によりアナログ信号の形態で測定される。

【 0 0 1 4 】

図 1 A は図 1 の部分 I A を拡大して示す。参照符号は図 1 と同じである。磁気感知性のセンサ 4 6 0 は、概略的に示した磁界感知層 4 6 0 s を有し、この磁界感知層は層 4 6 0 s に対して垂直に延在する磁束 B\_S 1 、すなわち層 4 6 0 s に対して直角に延在する法線 4 6 1 の方向の磁束だけを測定することができる。 10

【 0 0 1 5 】

図 1 B も同様であるが、ここではセンサ 4 6 0 ' が図 1 A に対して約 20° の角度だけ時計方向に回転して示されている。法線 4 6 1 も同様にプロットされている。測定すべき磁束 8 8 A は両方の場合で同じであり、同じように経過し ( 同じ磁力線を描き ) 、同じ磁束密度を有する。 20

【 0 0 1 6 】

図 1 A ではセンサ 4 6 0 によって値 B\_S 1 が測定される。この値は、法線 4 6 1 の方向に延在する磁束 B のベクトル成分に相当する。比較的大きな接線方向成分 B\_t が得られる。 20

【 0 0 1 7 】

図 1 B では、磁束 8 8 A が磁界感知性層 4 6 0 s に対してほぼ垂直に延在する。すなわちベクトル B の絶対値は測定値 B\_S 1 ' からほとんど相違せず、接線方向の成分 B\_t ' は近似的に値 0 を有する。

【 0 0 1 8 】

従って図 1 B では、図 1 A より比較的大きな測定値 B\_S 1 ' が得られる。図 1 A では、磁界 8 8 A が両者とも同じであるにもかかわらず比較的に小さな値 B\_S 1 が測定される。これは、このような磁界感知性センサ 4 6 0 は、その法線 4 6 1 の方向に発生するベクトル磁界線分だけを測定することができるためである。ここで成分 B\_t ないし B\_t ' は層 4 6 0 s に対して平行に延在しており、測定結果に対しては間接的な影響しか有していない。図 1 B では成分 B\_t ' は非常に小さく、従って B\_S 1 ' の大きさにはほとんど影響しない。しかし図 1 A では、成分 B\_t は比較的大きく、従って B\_S 1 は比較的小さな値を有する。 30

【 0 0 1 9 】

ロータ位置センサ 4 6 0 の拡大図 ( 図 1 ) には、測定が行われるいわゆる感知面 ( 感應面 ) 4 6 2 が示されている。ここでロータ位置センサ 4 6 0 は、感知面 4 6 2 上で法線 4 6 1 方向を指すベクトル磁束密度 B の成分だけを検出する。ロータ位置センサ 4 6 0 はセンサマグネット 8 2 に対して接線方向に配置されていないから、ロータ位置センサは通常の配置ないし配向の場合とは異なり、磁束密度 B の半径方向成分 B\_r の他に、磁束密度 B の接線方向成分 B\_t も検出する。法線 4 6 1 の方向を指す磁束密度 B の成分は B\_S 1 により示されており、この成分はロータ位置センサ 4 6 0 ( S 1 ) により測定される信号に相応する。 40

【 0 0 2 0 】

ロータ位置センサ 4 6 0 と 4 6 5 は接線方向に配置されていないにも拘らず、正弦波状に磁界が推移 ( 経過 ) するセンサマグネット 8 2 では正弦波状の信号 B\_S 1 と B\_S 2 も生じる。これらの信号は、ロータ位置センサ 4 6 0 と 4 6 5 の ( 相互間の ) 幾何構成に依存して位相差を有する。

【 0 0 2 1 】

ロータ位置信号 B\_S 1 と B\_S 2 は  $\mu$  C 3 2 に供給され、ソフトウェアモジュール S T A N D A R D I Z E 4 0 で、( 必要である限り ) ロータ位置信号 B\_S 1 と B\_S 2 の 50

正規化が行われる。

【0022】

引き続き（正規化された）ロータ位置信号 B\_S1 および B\_S2 からモジュール C\_ALC\_ph1e142 において、センサマグネット 82 と、これはロータ 14 と固定的に結合されているので、ロータマグネットの電気的回転に対する絶対値 ph1e1 が計算される。センサマグネットはロータマグネット 14 のロータポール (RP = 4) より多い（数の）、センサポール (SP = 4) を有していないから、ロータ 14 の電気的回転 (360°e1 = 180°mecch) 内で各角度に一義的値 ph1e1 を割り当てる（関連・対応付ける）ことができる。この値と相応する値との一義的割り当ては、装置の精度の枠内においてスイッチオフおよびスイッチオンの後でも維持される。値 ph1e1 を計算するために、モジュール C\_ALC\_ph1e142 では有利には不揮発性メモリ（例えば ROM、EEPROM）がアクセスされ、これから補助値 AUX\_VAL が計算のためにロードされる。同じことがモジュール C\_ALC\_ph1mecch44 に対しても当てはまる。

【0023】

ところで（ポール数）SP = 2 センサポールによるセンサマグネットの構成の場合、角度 ph1e1 が機械的回転 (360°mecch) に対する絶対値 ph1mecch に相当し、ロータ 14 の各回転角にはロータマグネット 13 のポール数 RP に依存せずに一義的な値 ph1mecch を割り当てることができる。

【0024】

これに対して 4 ポール（ポール数 SP = 4）のセンサマグネットの場合、値 ph1e1 はロータの各機械的 1 回転の際に (0° . . . 360°) の値領域を 2 回通過する。従ってスイッチオン直後には、モータが機械的回転角 x°mecch であるのか、または x° + 180°mecch にあるのかが確定しない。このためには初期状態が既知でなければならないであろう。しかし多くの適用に対して、スタート後に電気的角度 ph1e1 が一義的に絶対値として検出可能であれば十分である。モジュール C\_ALC\_ph1mecch44 は、回転角に対する値 ph1mecch を検出する。ロータポール数 RP より大きいセンサポール数 SP を有するセンサマグネットの場合、回転角はモータのスイッチオン直後にロータに関して電気的にも機械的にも正確に指示できず、所定の初期状態に達するために最初に初期化を実行しなければならない。このことは安全上重要な適用の場合にしばしば許容できない。

【0025】

電気的角度 ph1e1 により、例えばモータ 10 の転流を（転流）モジュール COM\_MUT18 で実行することができる。または電気的角度 ph1e1 を、相応に応答する外部制御装置 CTRL48 に供給することができる。

【0026】

ロータ位置センサとして有利にはホールセンサまたは磁気抵抗 (MR) センサ、例えば AMR センサおよび GMR センサを使用することができる。このようなセンサは一般的に磁気走査型センサと称することができる。

【0027】

図 2 は、概略的に図示したアウタロータ形モータ 10' のシャフト軸（回転軸）85 を通る断面図を示す。モータ 10' はベアリングパイプ（筒状ベアリング受け）20 を有し、このベアリングパイプではシャフト 87' が 2 つのベアリング 22 と 24 を介して支承されている。ベアリングパイプ 20 の周囲にはステータ 12 が固定されている。シャフト 87 にはロータカップ（ヘッド）15 が固定されており、ロータカップ 15 には永久磁石ロータマグネット 13 が固定されている。従って永久磁石ロータマグネット 13 はステータ 12 に対向して配され、これと交互作用することができる。

【0028】

ベアリングパイプ 20 にはさらに電気的および電子的構成部材 28 を備える回路基板 26 が配置されている。回路基板 26 には、ロータ位置センサ 465 と図示しないロータ位

10

20

30

40

50

置センサ 460 を有する図 1 の回路基板 468 が取り付けられており、従ってこの回路基板 468 はシャフト軸 85 に対して平行に延在する。

【0029】

概略的に図示した、センサマグネット 82 を備えるセンサマグネットリング 69 はシャフト 87 に回転ずれしないよう（回転位置固定的）に配置されており、ロータ位置センサ 460 と 465 は、センサマグネット 82 のシリンドラ状外周領域 30 にある。センサマグネット 69 はこの実施例ではペアリングパイプ 20 内にあるから、センサマグネットリング 69 とロータ位置センサ 460、465 との間にあるペアリングパイプ 20 は有利には非導磁性材料、例えばアルミニウムまたは合成樹脂（プラスチック）から作製されている。

10

【0030】

シャフト 87 は有利には導磁性材料、例えば導磁性スチールから作製され、従ってこのシャフトはセンサマグネット 82 に対する磁気的帰還（回）路として作用することができる。しかし非導磁性材料、例えばプラスチックからなるシャフトも可能である。

【0031】

この初期化の必要のない絶対値システムの特異性は、センサマグネット 82 もロータ位置センサ 460、465 も中央部でシャフト端部 87'、87" ないしはシャフト端部の延長上に配置されておらず、2つのシャフト端部 87'、87" は空き（自由端、frei）であり、利用することができることである。これは非中央ないし分散型（dezentral）絶対値システムと呼ぶことができ、これにより新しい適用が可能になる。とりわけ電気モータの2つのシャフト端部 87'、87" が駆動のために必要である適用例に、本発明の角度検出システムを設けることができる。

20

【0032】

（図示しない）インナロータ形モータまたは送風機（ないし換気装置）においても、センサマグネットリング 69 を同様にシャフトに配置することができる。従ってこの絶対値システムは汎用的に使用することができる。

【0033】

図 3 は、4 極センサマグネット 102 を示し、このセンサマグネットでは個々のポール（磁極）が（それぞれ）均質（一様）に1つの方向に磁化されている。磁化方向は（矢印）103 により示されている。周囲に生ずる磁束密度 B は下部（b）に機械的回転角および電気的回転角についてプロットされており、磁束密度 B の台形状の推移（経過）が生じる。平坦域 101 によってポール中央での（角度位置の）評価は困難になる。

30

【0034】

図 4 は、4 極センサマグネット 104 を示し、このセンサマグネットの磁化方向は、極異方性のポール配向（指向）パターン形式かつラテラル配向パターン形式（polarorientiert und lateral、いわゆる面内磁化パターン）であると表現することができる（同じく可能である”軸方向磁化”とは異なる）。磁化方向（磁力線）105 はマグネットを通って弧状のパターンを描く。

【0035】

周囲で測定された磁束密度は図 3 と同様にプロットされている。実質的に正弦波状の磁束密度（特性曲線）が生じ、これはとりわけ良好に（角度位置の）評価に適する。

40

【0036】

図 5 はセンサマグネットリング 69 の平面図を示し、図 6 はセンサマグネットリング 69 の断面図を示す。ここでセンサマグネットリング 69 はシャフト 87 に配設されている。センサマグネットリング 69 は、4 つのセンサポール 71, 72, 73, 74 を備えるセンサマグネット 82、金属リング 107、およびセンサポール 71 ~ 74 を金属リング 107 と接続するプラスチックリング 109 を有する。

【0037】

金属リング 107 はシャフト 87 に座しており、これと回動不能に結合されている。有利には金属リング 107 に対しては真鍮（ないし黄銅）が使用される。プラスチックリン

50

グ 1 0 9 は例えば射出成形法により金属リング 1 0 7 とセンサマグネット 8 2 との間に設けられ、これらを接続し、同時に熱的膨張によって発生する応力に対する補償を可能にする。そうしないとこの応力はセンサマグネット 8 2 の破裂（亀裂）を引き起こし得る。

【 0 0 3 8 】

センサマグネット 8 2 の外径は 1 1 2 により示されており、これは例えば 3 7 mm である。この外径は有利には 1 5 mm から 5 0 mm の領域、さらに有利には 2 0 mm から 4 0 mm の領域にある。

【 0 0 3 9 】

センサマグネット 8 2 の内径ないしはプラスチックリング 1 0 9 の外径は 1 1 0 により示されている。1 1 0 の大きさは例えば 2 7 mm である。

10

【 0 0 4 0 】

プラスチックリング 1 0 9 の内径ないしは金属リング 1 0 7 の外径は 1 0 8 により示されている。1 0 8 の大きさは例えば 2 0 mm である。

【 0 0 4 1 】

シャフト 8 7 の直径は 1 1 4 により示されており、これは例えば 8 mm である。シャフトの直径 1 1 4 に対する有利な値は 5 mm から 1 5 mm の領域にある。しかしモータの大きさに応じてそれより大きい直径または小さい直径も可能である。

【 0 0 4 2 】

金属リング 1 0 7 の内径は有利には、シャフト 8 7 との良好な接続が得られるように選択される。内側金属リング 1 0 7 の使用が有利であるのは、センサマグネット 8 2 を 1 つまたは複数の標準サイズで作製することができ、センサマグネットリング 6 9 のシャフト 8 7 への適合を、製造時に有利に変更できる金属リング 1 0 7 の内径を介して行うことができるからである。

20

【 0 0 4 3 】

マグネット材料 7 1 ~ 7 4 の幅（軸方向寸法）は 1 1 6 により示されており、この幅 1 1 6 はセンサマグネットに対しては例えば 7 mm である。純粋なセンサマグネット、すなわち同時にロータマグネットとしては用いないセンサマグネットに対する幅（軸方向寸法）は有利には 3 mm から 2 0 mm の領域、さらに有利には 5 mm から 1 5 mm の領域、特に有利には 6 mm から 1 2 mm の領域にある。

【 0 0 4 4 】

30

センサポール数 SP は有利には  $SP = 2, 4, 6$  または 8 であり、特に有利には  $SP = 2$  または 4 である。

【 0 0 4 5 】

センサマグネットリング 6 9 が腐食性のある環境に配置される適用事例では、センサマグネット 8 2 を付加的に、有利には非透磁性の耐腐食性材料により包囲することができる。従い例えばセンサマグネットを非透磁性のステンレス鋼により溶封（溶接により封入、einschweissen）することができる。このようなセンサマグネットリング 6 9 により例えば、シャフトが冷却流体により包囲された湿式ロータ（Nasslaufer）を実現することができる。

【 0 0 4 6 】

40

図 7 は、図 1 のリング状センサマグネット 8 2 の磁界ないし磁力線を詳細に示す。

【 0 0 4 7 】

センサマグネット 8 2 は 4 極に構成されており、2 つの N 極 7 2, 7 4 (N) と、2 つの S 極 7 1, 7 3 (S) を有する。センサマグネット 8 2 は正弦波状（の磁束特性を示すよう）に磁化されており、従ってその周囲には実質的に正弦波状の磁束の推移（磁力線分布パターン）が生じる。磁化により決められた、個々の磁極 7 1, 7 2, 7 3, 7 4 間の磁束推移（分布）は相応の磁力線 7 5 により示されている。

【 0 0 4 8 】

センサマグネット 8 2 は有利には実質的にシリンダ形状を有する。磁石材料として例えば D I N 1 7 4 1 0 によるハードフェライトコンパウンド 1 3 / 2 2 p が適する。

50

## 【0049】

センサシステム

図8は、センサマグネットの回転角

φ

(phi)を検出するためのルーチンGET\_phi\_S300のフローチャートを示す。

## 【0050】

ステップS302で第1のアナログロータ位置センサ84'の値B\_S1(SIG1)と第2のアナログロータ位置センサ84"の値B\_S2(SIG2)が検出される。図7参照。

10

## 【0051】

ステップS304で、値B\_S1とB\_S2の正規化が実行され、正規化された値は変数B\_S1\_NORMとB\_S2\_NORMに割り当てられる。正規化の際に、例えば場合により存在するオフセットを除去し、この値を所望の値領域に、例えば値領域[0...255]または[-1.0...1.0]にマッピングすることができる。正規化はアナログでも(例えばロータ位置センサ内で)、デジタルでも(例えばマイクロプロセッサで)実行することができる。正規化によって測定値B\_S1およびB\_S2への種々の影響が除去ないしは緩和される。例えば偏差は、機械的偏心度および製造公差(誤差)により、他の磁界の重畠により、熱に起因するセンサ磁界の衰弱(劣化)とロータの機械的膨張により、および高回転数時に発生する信号減衰により、センサ特性の周波数に依存する限界(ないし制限)により発生する。

20

## 【0052】

続いてステップS306で、回転角

φ

ないしphi\_calが、値B\_S1\_NORMとB\_S2\_NORM、および場合により付加的な補助値AUX\_VALの関数として求められる。ここで回転角

φ

は、電気的回転角(360°e1.)に基づく絶対値phi\_e1として、すなわちセンサマグネットおよび/またはロータマグネットのN極とS極の角度分の回転の絶対値として、またはロータ(360°mech.)の機械的回転角(360°mech.)に基づいて、検出される。従って電気的または機械的1回転内の各ロータ位置には、回転角の一義的値が割り当てられる(対応する)。

30

## 【0053】

とりわけ1つのロータマグネットと1つの付加的センサマグネットを備えるロータの場合、例えばロータマグネットの極移行位置(ないし変化位置、Poluebergang)が0°として定義されることが所望される。従って検出された値phi\_calは再度、補正值Delta\_phiだけシフトされ、これにより得られた変数phi\_rotorは極移行の個所で値0°になるようにする。本願では、角度に対して通常は値領域[0°...360°]を使用する。もちろん他の値領域、例えば[0...2]を使用できることも当業者には周知である。

40

## 【0054】

ステップS308でルーチンGET\_phiを去る。

## 【0055】

円軌道上のロータ位置センサの配置

図9は、4極センサマグネット82と2つのロータ位置センサ450, 455を示す。これら2つのロータ位置センサは、同心の円軌道83上に接線方向(円周方向)にセンサマグネット82を中心にして(その周りに)90°e1.ないしは45°mech.の角度間隔で配置されている。

50

## 【0056】

この配置構成で示された基本的計算は他のさらなる実施例に対しても重要であり、ここに例として説明する。

## 【0057】

ロータ位置センサの感知（応）面 452, 457 は、それぞれこの感知面 452, 457 に対して垂直であり、従って感知面 452, 457 の法線（半径方向）451 ないし 456 に対して平行である磁束密度  $B$  のベクトル成分だけを測定する。

## 【0058】

ベクトル磁束密度  $B$  は、半径方向の成分  $B_r$  と接線方向の成分  $B_t$  から合成される。磁束密度  $B$  が正弦波状に分布している場合には次式が得られる。

10

$$B_r = B_{r0} * \sin(2 * \phi) \quad (1')$$

$$B_t = -B_{t0} * \cos(2 * \phi) \quad (2')$$

ないしはより一般的に

$$B_r = B_{r0} * \sin(\phi) \quad (1)$$

$$B_t = -B_{t0} * \cos(\phi) \quad (2)$$

ただし

：ロータ位置センサの個所（S1 または S2）を基準にしたセンサマグネットの回転角

：ポールペア数、ここでは  $= 2$

$B_r0$ ：磁束密度の半径方向成分の振幅

$B_{t0}$ ：磁束密度の接線方向成分の振幅。

20

## 【0059】

ロータ位置センサ 450, 455 は円軌道 83 上に配置されているから、磁束密度  $B$  の半径方向成分  $B_r$  だけが測定される。なぜならこの成分が方向的に法線 451, 456 と一致するからである。これに対して接線方向成分  $B_t$  は法線 451, 456 に対して垂直であり、従って理想例では測定されない。機械的回転角

$\phi$

は、例えばセンサマグネット 82 の極変化位置（ないし極間境界、Polwechsel）84 とロータ位置センサ 450 との間の角度として定義することができる。従ってセンサ S1 450 での回転角  $\phi$  に対しては

30

$$\phi = \Phi$$

が当てはまり、センサ S2 455 での回転角  $\phi$  に対しては、 $90^\circ$  ないし  $45^\circ$  の角度間隔を有しているので、

$$\phi = \Phi + 45^\circ$$

が当てはまる。従って式（1）により次式が成り立つ。

$$B_{S1} = B_r(S1) = B_{r0} * \sin(2 * \Phi) \quad (3)$$

$$B_{S2} = B_r(S2) = B_{r0} * \sin(2 * (\Phi + 45^\circ)) = B_{r0} * \sin(2 * \phi) \quad (4)$$

40

## 【0060】

図 10 は、2 つの信号  $B_{S1\_NORM}$  と  $B_{S2\_NORM}$  を示す。これらの信号は信号  $B_{S1}$  と  $B_{S2}$  の正規化によって生ずる。センサマグネットは 4 極であるので、信号  $B_{S1\_NORM}$  と  $B_{S2\_NORM}$  はロータが 1 回転（ $360^\circ$  mech.）する際にそれぞれ 2 つの完全な周期（計  $720^\circ$  el.）を有する。

## 【0061】

この簡素化した場合では、回転角  $\phi$  は次のように計算される。次式が当てはまる：

50

`phi_calc' := arctan(B_S1 / B_S2)` (5)

アークタンジェント(arctan)関数は範囲 [-90° . . . 90°] の値を送出する。従って値範囲 [0° . . . 360°] への一義的割り当ては不可能である。したがって絶対値 `phi_calc` を得るためには、元の信号 `B_S1_NORM` と `B_S2_NORM` によりいわゆる象限区別を実行しなければならない。

a) `B_S1_NORM` 0かつ`B_S2_NORM` 0の場合、`phi_calc` = `phi_calc'` が当てはまる

b) `B_S1_NORM` 0かつ`B_S2_NORM` < 0の場合、`phi_calc` = 180° + `phi_calc'` が当てはまる

c) `B_S1_NORM` < 0かつ`B_S2_NORM` < 0の場合、`phi_calc` = 180° + `phi_calc'` が当てはまる 10

d) `B_S1_NORM` < 0かつ`B_S2_NORM` 0の場合、`phi_calc` = 360° - `phi_calc'` が当てはまる。

#### 【0062】

図11は、得られた値 `phi_calc` をロータの完全な1回転(360° mech.)にわたって示す。ここで角度 `phi_calc` は、各機械的1回転(360° mech.)の際に値範囲 [0° . . . 360°] (周期)を2回通過する。範囲 [0° . . . 360°] で、ロータの完全な1回転に対して一義的な絶対値を得るために、角度 `phi_calc` を例えば2分し、1回転の各2番目の半分の際に値180°を加算することができる。 20

#### 【0063】

##### 平面でのロータ位置センサの配置

図12は、4極センサマグネット82と2つのロータ位置センサ460, 465を示し、ここで2つのロータ位置センサは平面469に配置されている。この平面はセンサマグネット82の回転軸85に対して平行に延在する。

#### 【0064】

ロータ位置センサ460, 465はそれぞれ1つの感知面462, 467を有し、これらの感知面は法線461, 466の方向の磁束密度Bの成分を測定する。磁束密度B( )はセンサS1 460の個所 = S1で半径方向成分 `B_r(S1)` と接線方向成分 `B_t(S1)` を有し、磁束密度B( )はセンサS2 465の個所 = S2で半径方向成分 `B_r(S2)` と接線方向成分 `B_t(S2)` を有する。例えば回路基板468上で一つの平面に配置されているから、ロータ位置センサ460, 465の感知面はこの平面469にある。 30

#### 【0065】

ロータ位置センサの配置構成は、製造時に発生する公差により次のように記述することができる：

- ・接線方向 `A_S ± t`
- ・半径方向 `r_S ± r`、すなわちセンサマグネット軸85と平面469との間隔
- ・軸方向 `z ± z`。

#### 【0066】

ロータ位置センサ460, 465を回路基板469上に配置することで、簡単で有利な取り付けが可能である。ここで回路基板469は有利には、ロータ位置センサ460, 465のセンサマグネット82に対向(指向)する側に配置される。これにより磁束Bの影響を回路基板により減少することができる。 40

#### 【0067】

これに対してロータ位置センサ450と455を図9の円軌道83上に取り付けることは複雑であり、このことはロータ位置センサ450、455を回路基板に固定された適切な傾斜面、湾曲した形状物、または2つのソケットに取り付けることを必要とする。しかしこのことは配線を必要とする。

#### 【0068】

実験により、図12のロータ位置センサ460, 465を一つの平面に、相互に  $\theta = 45^\circ$  mech. ( $90^\circ$  el.) の角度で配置すると、ロータ位置信号  $B_{S1}$  と  $B_{S2}$  は、 $90^\circ$  の位相差ではなく例えば  $100^\circ$  の位相差を有することが判明した。この偏差は、ロータ位置センサ460、465が円軌道上の接線方向ではなく、これに對して傾斜していることにより生じるものである。このことによりロータ位置センサ460, 465は、磁束密度  $B$  の半径方向成分  $B_r$  と、磁束密度  $B$  の接線方向成分  $B_t$  の両方を測定する。

## 【0069】

さらなる実験によって、ロータ位置センサ460と465との間の角度が  $\theta = 30^\circ$  mech. であり、センサマグネット82が4極の場合、驚くことには生じた信号の位相差は再び約  $90^\circ$  となることが判明した。従ってロータ位置センサ460と465との間の角度  $\theta = 90^\circ$  el. を適切に選択することにより、同じ平面469に2つのロータ位置センサ460, 465が配置されていても、約  $90^\circ$  の位相差でずれた2つのロータ位置信号  $B_{S1}$  と  $B_{S2}$  を得ることができる。このことにより回転角に対して絶対値

 $\phi$ 

を簡単に検出することができる。

## 【0070】

 $\theta = 0$  の場合に対する計算

この場合、ロータ位置センサ460, 465の信号  $B_{S1}$  と  $B_{S2}$  は計算で求めることができる。回転角

 $\phi$ 

は、極移行部（境界）84と、センサマグネット82の軸85を通って伸長する中央垂直線470との間の角度として定義される。角度  $\alpha$  は、この中央垂直線470とロータ位置センサ465との間の角度を表し、角度  $\omega$  は中央垂直線470とロータ位置センサ460との間の角度を表す。ロータ位置センサ465に対する式

$$\phi = \phi + \alpha$$

により、磁束密度の半径方向成分  $B_r$  と接線方向成分  $B_t$  に対する式(1)と(2)から次式が得られる：

$$B_r = B_{r0} * \sin(\omega(\phi + \alpha)) \quad (1'')$$

$$B_t = -B_{t0} * \cos(\omega(\phi + \alpha)) \quad (2'')$$

## 【0071】

センサ460により測定された磁束密度に対してはこの式により次のようになる：

$$\begin{aligned} B_{S1} &= B_r * \cos(\alpha) - B_t * \sin(\alpha) \\ &= B_{r0} * \sin(\omega(\phi + \alpha)) * \cos(\alpha) + B_{t0} * \cos(\omega(\phi + \alpha)) * \sin(\alpha) \end{aligned} \quad (6)$$

## 【0072】

従って信号  $B_{S1}$  は、同じ角周波数の2つの高調振動の重畠（重ね合わせ）であり、次式が成り立つ：

$$B_{S1} = A * \sin(\omega * \phi + \gamma) \quad (7)$$

ただし

$$A = ((B_{r0} * \cos(\alpha))^2 + (B_{t0} * \sin(\alpha))^2)^{1/2} \quad (8)$$

そして

10

20

30

40

50

```
= arctan((B_r0 * sin( )) * cos( ) + B_t0 * cos( ) * sin( )) / (B_r0 * cos( ) * cos( ) - B_t0 * sin( ) * sin( )) (9)
【0073】
```

2つのロータ位置センサ460, 465が対称配置されている場合には = が成り立ち、信号B\_S2に対しては - を + により置換することにより結果が得られる。次式が当てはまる：

$$B_S2 = A * \sin(\omega * \phi - \gamma) \quad (10)$$

10

【0074】

式(9)と(10)から、ロータ位置センサ460, 465が対称配置されている場合、角度

 $\phi$ 

に対して次式が得られる：

$$\phi = 1/\omega * \arctan((B_S1 + B_S2) / (B_S1 - B_S2)) * \tan(\gamma) \quad (11)$$

ここで

20

= センサマグネットのポール対の数  
= 式(9)による補正角度、である。

【0075】

式(11)により、ロータ位置センサ460, 465が対称配置されている場合の、すなわち = である場合の、ロータ位置センサ460, 465の任意の間隔ないし相互の角度に対する角度

 $\phi$ 

が計算される。これによりロータ位置信号B\_S1とB\_S2を、90°の位相差がこれら信号間に存在しない場合に対しても評価することができる。

30

【0076】

数学的には、同じ前パラメータ(Vorfaktor)（角周波数）を備えるが、しかし一般的には異なる振幅および異なる位相を備える実質的に正弦波状の2つの信号B\_S1、B\_S2の重畠の問題である。図13は、2つの正弦波状信号S1とS2を時間tに関してプロットしたものを見せる。重畠によりここでも正弦波状信号S1 + S2が得られ、ここから1周期内で時間tないしは回転角

 $\phi$ 

を一義的に求めることができる。実施例(複数)は、ロータ位置センサの所定の配置構成に対する

40

 $\phi$ 

の検出をそれぞれ示す。

【0077】

図14は、ロータの完全な1回転にわたってプロットされた信号B\_S1とB\_S2を示す。ここでロータ位置センサは次のように配置される：

$r_S = 22\text{ mm}$

$A_S = 24\text{ mm}$

=

ロータ位置センサ460と465の位置での磁束密度に対する振幅は

50

B\_r\_0 = 29.4 mT

B\_t\_0 = 14.2 mT

である。

信号 B\_S1 と B\_S2 との間に生じる位相差はこの場合、143.96°である。位相差 phase\_shift は例えば、2つの信号 B\_S1 と B\_S2 の2つの最大値間の最小角度間隔 phase\_shift を求めることにより検出される。ここでは 360° が信号の1周期に相応する。従って位相差は [0° . . . 180°] の範囲内にある。

### 【0078】

図15は、信号 B\_S1 と B\_S2 から計算された角度を [0° . . . 45°] の範囲内において示す。破線で示された曲線 phi\_calc は式(11)により計算されたものであり、この曲線は回転角

φ

とかなり一致する。これに対して曲線 402 は、式(11)による補正なしに計算されたものであり、15.3°までに達する顕著な誤差が明らかである。従って、信号 B\_S1 と B\_S2 との間の位相差が 90° でなくても、回転角 phi\_calc の計算が可能であることが示されている。

### 【0079】

#### 中央垂線を基準にした変位の場合に対する数学的計算

図12のロータ位置センサの配置構成では、角度  $\theta$  が  $\phi$  と等しくない製造公差が生じ得る。このことにより中央垂線 470 を基準にした対称配置に対して接線方向偏位 (ずれ)

$t$  が生じ、この偏位はこの配置構成でクリティカル (影響大) である。なぜならロータ位置センサの間隔と、センサマグネットに対するその角度が異なって変化するからである。センサマグネットの中央と前記平面 469 との間隔  $r_S$  に対する公差  $r$  と、軸方向偏位に対する公差  $z$  の両者は、ロータ位置センサが軸方向偏位に関 (対) してはセンサマグネットの周領域にまだ存在している場合には比較的にクリティカルではない。従って以下、 $t$  の偏差だけを考察する。

### 【0080】

次の数式により

$$= \arctan((A_S / 2 + t) / r_S) \quad (12) \quad 20$$

$$= \arctan((A_S / 2 - t) / r_S) \quad (13)$$

角度

φ

に対して

$$\phi = 1/\omega * \arctan((B_S2 * F1 - B_S1 * F2) / (B_S1 * F3 - B_S2 * F4)) \quad (14)$$

が得られる。ただし補正係数は

$$F1 = A1 * \sin(\theta) \quad (15) \quad 40$$

$$F2 = A2 * \sin(\theta) \quad (16)$$

$$F3 = A2 * \cos(\theta) \quad (17)$$

$$F4 = A1 * \cos(\theta) \quad (18)$$

そして重畠計算から得られるセンサ信号振幅は

$$A1 = ((B_r01 * \cos(\theta))^2 + (B_t01 * \sin(\theta))^2)^{1/2} \quad (19)$$

$$A2 = ((B_r02 * \cos(\theta))^2 + (B_t02 * \sin(\theta))^2)^{1/2} \quad (20)$$

であり、また位相差補正係数は

$$= \arctan((B_r01 * \sin(\theta) * \cos(\theta)) \quad 50$$

```

+ B_t01 * cos(      ) * sin(  ) ) /  

( B_r01 * cos(      ) * cos(  ) - B_t01 * s  

in(      ) * sin(  ) ) ) ( 21 )  

= arctan( ( B_r02 * sin(      ) * cos(  ) +  

B_t02 * cos(      ) * sin(  ) ) /  

( B_r02 * cos(      ) * cos(  ) - B_t02 * s  

in(      ) * sin(  ) ) ) ( 22 )

```

ただし

B\_r01 : センサ S1 での磁束密度の半径方向成分の振幅

B\_t01 : センサ S1 での磁束密度の接線方向成分の振幅

B\_r02 : センサ S2 での磁束密度の半径方向成分の振幅

B\_t02 : センサ S2 での磁束密度の接線方向成分の振幅、である。

#### 【 0 0 8 1 】

この計算は、センサマグネットの配置構成が複雑であっても、回転角

$\Phi$

がセンサ信号から検出されることを示す。

#### 【 0 0 8 2 】

必要な補正係数は、例えばロータ位置センサの配置構成を規定（ないし検出）し、生じる磁束密度をロータ位置センサの位置で検出することにより求められる。このためにいくつかのマグネット製造業者がコンピュータプログラムを提供しており、このコンピュータプログラムはそれぞれのマグネットタイプに対して、所定の個所（複数）または任意に選択可能な個所での磁束密度を提示する。この提示（Angabe）は、有利には半径方向成分 B\_r と接線方向成分 B\_t に分けて行われる。

#### 【 0 0 8 3 】

或いは、ロータを、有利には直接製造業者の下で、運動（回転）させることができ、補助値、とりわけロータ位置信号の位相差を、測定された信号（複数）の分析により計算することができる。この結果から、回転角

$\Phi$

10

20

30

を計算するための補助値、即ち、先行の実施例ではとりわけ、補正係数 F1 から F4、位相差補正係数  $\Delta$  と、および振幅補正係数 A1 と A2 を求めることができる。このような検出が、信号の最初の測定により電気モータのマイクロプロセッサで直接実行される限り、マイクロプロセッサには、回転角

$\Phi$

の計算だけに必要な場合よりも大きな性能が必要である。最初の測定の分析は外部の専用分析装置で行うこともできる。

#### 【 0 0 8 4 】

図 16 は、ロータの完全に 1 回転にわたってプロットされた信号 B\_S1 と B\_S2 を示す。ここでロータ位置センサは次のように配置される：

$r_S = 17 \text{ mm}$

$A_S \pm t = 17 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm}$

40

ロータ位置センサ 460 と 465 の位置での磁束密度に対する振幅は

$B_r01 = 25.25 \text{ mT}$

$B_t01 = 12.4 \text{ mT}$

$B_r02 = 28.5 \text{ mT}$

$B_t02 = 13.8 \text{ mT}$

信号 B\_S1 と B\_S2 との間に生じる位相差はこの場合、 $105.77^\circ$  である。

50

## 【0085】

図17は、図16の信号B\_S1とB\_S2から計算された角度p h i\_c a l c'を範囲[0°...90°]内に示す。すなわち2乗計算前の結果である。式(5)についての説明を参照のこと。

## 【0086】

ライン405は、補助値ないし係数F1からF4を用いた式(14)による計算結果を示す。この形式の計算では通常、前もって信号正規化は行われない。結果は回転角 $\varphi$

にかなり一致する。すなわち位相ずれも偏差も所定の角度範囲内には存在しない。

10

## 【0087】

ライン407は、補助値ないし補正係数 $\alpha$ を用い、信号B\_S1とB\_S2を前もって正規化した式(11)による計算結果を示す。正規化により同様に所定の角度範囲内では偏差のない回転角値が得られる。このことは直線(複数)に示されている。しかし同時にこの形式の計算により、約2°の位相ずれが発生している。このことは信号407の変換(急変、Wechsel)が45°の箇所(領域)ではなく43°の箇所(領域)であることで分かる。しかしこのような位相ずれは補正係数の加算によって補正することができる。この補正係数はここでは値2°を有する。

## 【0088】

最後にライン409は、正規化およびさらなる補正を行わない計算を示す。この形式の計算では、理想直線からの大きな位相ずれと大きな偏差が生じている。このことは信号409の湾曲から分かる。

20

## 【0089】

図16において信号B\_S1とB\_S2との間の位相差が比較的に大きい場合、ライン405, 407および409間の差違が比較的に大きくなる。

## 【0090】

これらの実施例(複数)は、位相状態が相互に任意に設定された、実質的に正弦波状の2つのセンサ信号によって絶対値システムを形成することができる事を示している。このことにより(1又は複数の)ロータ位置センサの位置決めの自由度が得られ、とりわけ有利である。既述の絶対値センサシステムは全ての形式のモータに使用することができる。

30

## 【0091】

磁束密度の正弦波状推移が完全に正弦関数に相応するセンサマグネットは製造的にはほとんど実現不可能である。センサシステムの所要の精度は適用事例に依存しており、顧客によって設定される。ここで精度はとりわけ、磁極数とセンサマグネット82により形成される磁束の精度に依存する。まったく単純な適用では、+/-5°m e c h. の通常の精度が要求される。従って4極センサマグネット82の場合、磁束密度は最大+/-10°e 1. だけ偏差しても良い。しかし磁石製造業者は、磁束密度の偏差が最大で+/-2°e 1. であることを保証する4極センサマグネットをも出荷することができる。従って回転角を、+/-1°m e c h. の精度で検出することができる。このセンサマグネット82により形成された磁束密度が正弦波形状からの基本的偏差を有する場合には、これを $\mu C 32$ で補正することができる。

40

## 【0092】

もちろん本発明では多数の変形実施例が考えられる。例えば $\mu C 32$ の代わりに、またはこれに付加的に、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)を、ロータ位置信号B\_S1およびB\_S2の処理のために選択し、比較的大きく迅速な計算を可能にできる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0093】

【図1】図1は、本発明の絶対値回転角センサの一実施例を示す。図1Aは、図1の詳細

50

IA の拡大図である。図 1 B は、図 1 の詳細 IA の拡大図である。

【図2】図2は、本発明のアウタロータ形モータの一実施例の縦断面図である。

【図3】図3は、ポールが均質に磁化されているセンサマグネットと、生じた磁束密度を示す。

【図4】図4は、正弦波状に磁化されたセンサマグネットと、生じる磁束密度を示す。

【図5】図5は、センサマグネットリングの有利な実施例の平面図である。

【図6】図6は、図5のラインV I - V Iに沿ったセンサマグネットリングの断面図である。

【図7】図7は、正弦波状の磁束推移を有するーセンサマグネットでの磁力線の推移（パターン）を示す図である。

【図 8】図 8 は、センサ信号を評価するためのフローチャートである。

【図9】図9は、接線方向に配置されたロータ位置センサを備えるセンサ

【図10】図10は、図9の配置構成におけるロータ位置信号を示す。

【図11】図11は、図10のロータ位置信号から計算された回転角を示す。

【図12】図12は、共通の平面に対称に配置された2つのロータ位置センサを備えるセンサ配置構成を示す。

【図13】図13は、2つの正弦波信号の重畠の概略図である。

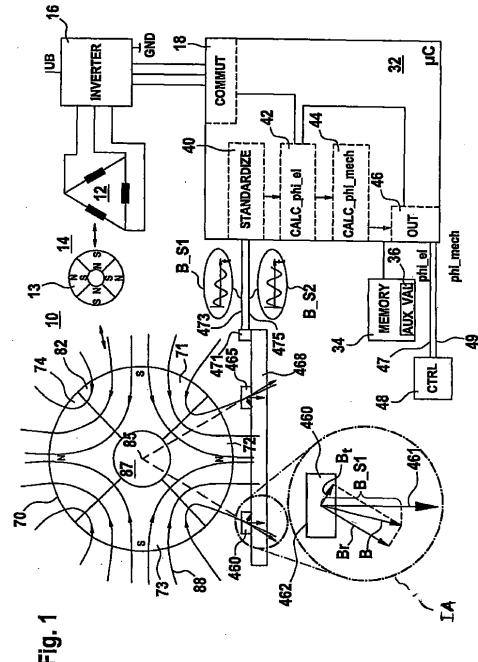
【図14】図14は、図12の配置構成におけるロータ位置信号を示す。

【図15】図15は、図14のロータ位置信号から計算された回転角を示す。

【図16】図16は、1つの平面に非対称に配置された2つのロータ位置センサを備えるセンサ配置構成を示す。

【図17】図17は、図16のロータ位置信号から計算された回転角を示す。

【 図 1 】



1

【 図 1 A 】

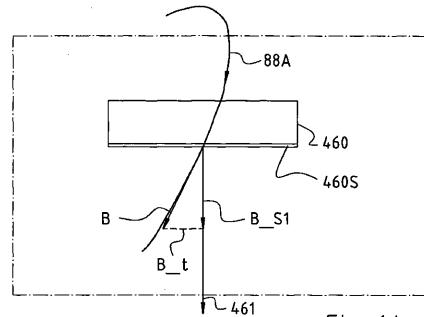


Fig. 1A

【 図 1 B 】

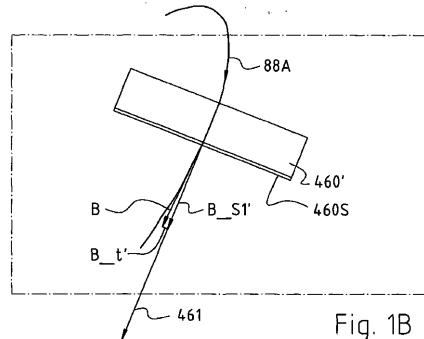
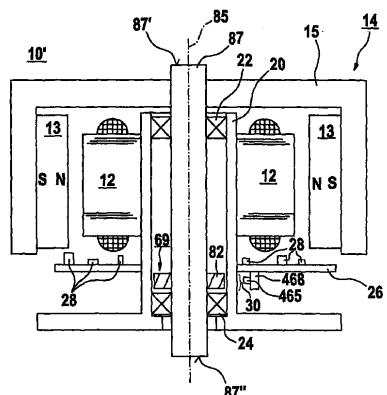


Fig. 1B

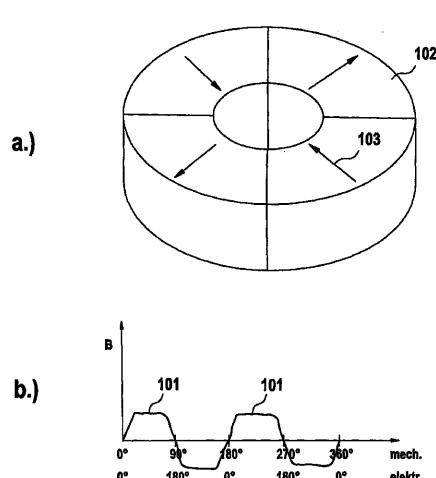
【図2】

Fig. 2



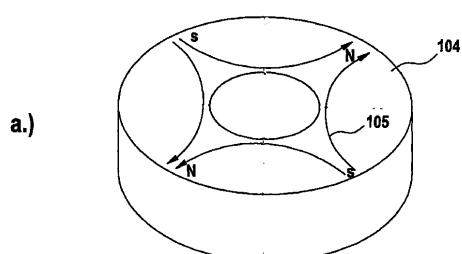
【図3】

Fig. 3

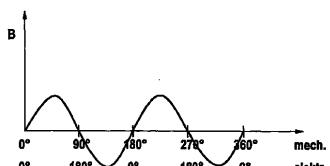


【図4】

Fig. 4

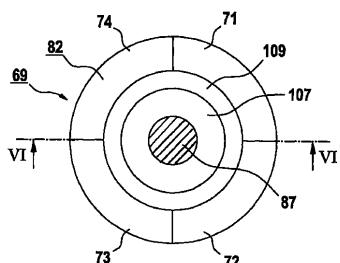


b.)



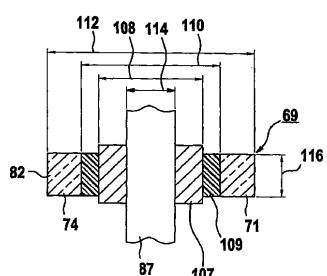
【図5】

Fig. 5



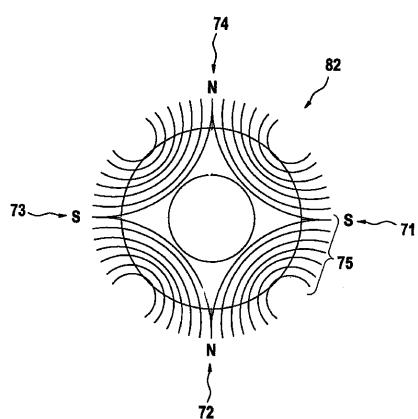
【図6】

Fig. 6



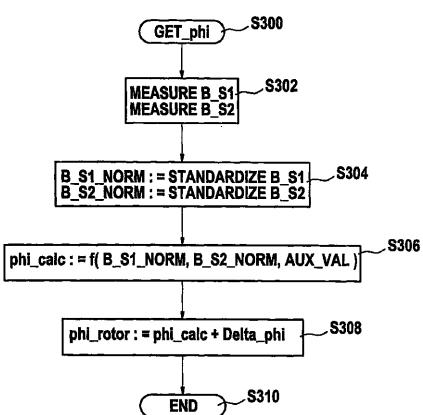
【図7】

Fig. 7



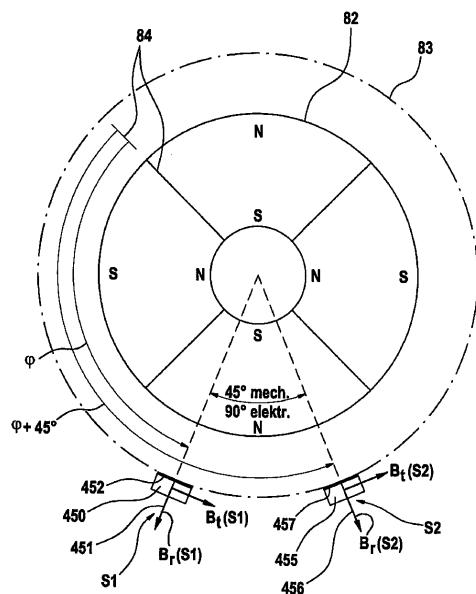
【図8】

Fig. 8



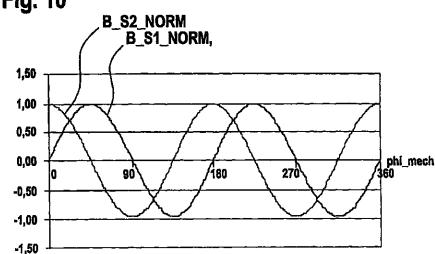
【図9】

Fig. 9



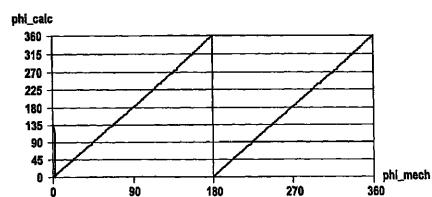
【図10】

Fig. 10

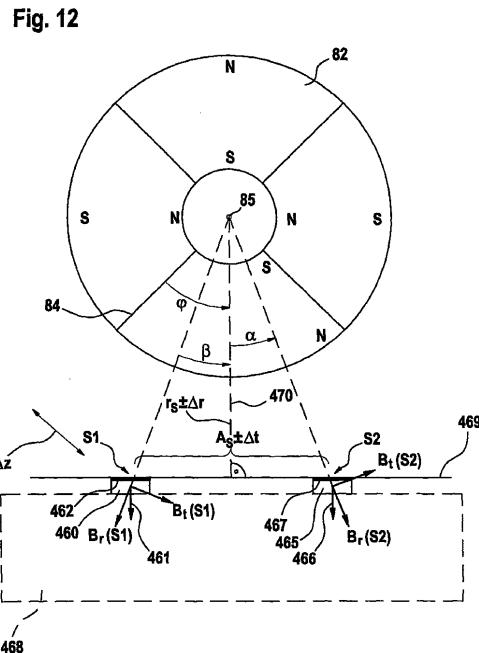


【図11】

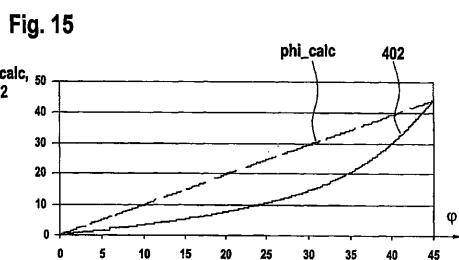
Fig. 11



【図12】

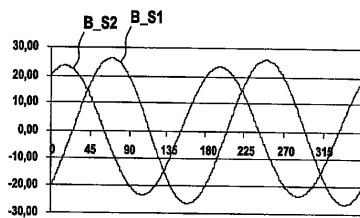


【図15】



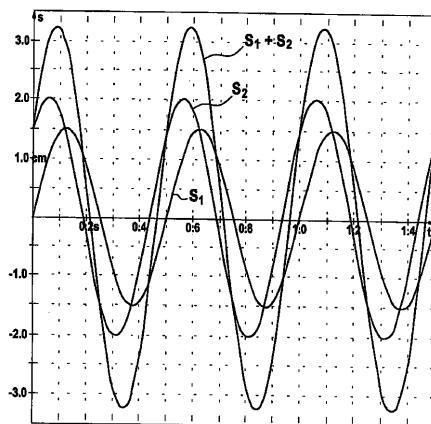
【図16】

Fig. 16



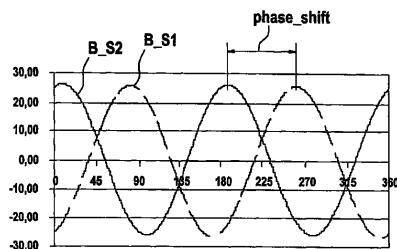
【図13】

Fig. 13



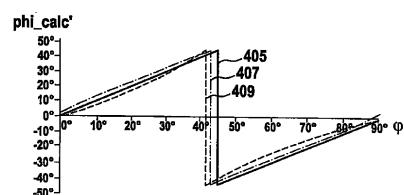
【図14】

Fig. 14



【図17】

Fig. 17



---

フロントページの続き

(72)発明者 ルーデル、クリスティアン  
　　ドイツ連邦共和国 7 8 1 2 6 ケーニッヒスフェルト モエンヒヴァイラーシュトラーセ 2 0  
(72)発明者 ホルンベルガー、ヨエルク  
　　ドイツ連邦共和国 7 2 2 8 0 ドルンシュテッテン - アーハ ノッテンタール 1  
(72)発明者 ショイブレ、ミヒヤエル  
　　ドイツ連邦共和国 7 8 0 5 2 VS - フィーリンゲン ライフアイゼンシュトラーセ 6  
(72)発明者 キッシュ、ミヒヤエル  
　　ドイツ連邦共和国 9 8 1 1 2 ザンクト ゲオルゲン ベルリナー シュトラーセ 9

審査官 眞岩 久恵

(56)参考文献 特開平02-272320 (JP, A)  
特表2003-516534 (JP, A)  
特開2000-078809 (JP, A)  
特開2000-092805 (JP, A)  
実開平06-012906 (JP, U)  
特開2003-240598 (JP, A)  
特開平03-293521 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 D 5 / 0 0 - 5 / 2 5 2  
G 0 1 D 5 / 3 9 - 5 / 6 2  
H 0 2 K 1 1 / 0 0  
H 0 2 K 2 9 / 0 8