

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4227132号
(P4227132)

(45) 発行日 平成21年2月18日(2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(51) Int.Cl.

G O 1 D 5/245 (2006.01)

F I

G O 1 D 5/245 2 O 1 L

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-294771 (P2005-294771)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社
(22) 出願日	平成17年10月7日(2005.10.7)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(65) 公開番号	特開2007-101480 (P2007-101480A)	(74) 代理人	100110423 弁理士 曾我 道治
(43) 公開日	平成19年4月19日(2007.4.19)	(74) 代理人	100084010 弁理士 古川 秀利
審査請求日	平成17年10月7日(2005.10.7)	(74) 代理人	100094695 弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648 弁理士 梶並 順
		(72) 発明者	阿久津 悟 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レゾルバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電源により励磁される1相の励磁巻線、及び磁束密度の変化を電圧として出力する2相の出力巻線を有するレゾルバステータと、

このレゾルバステータの中心部に設けられ、回転に伴って、前記レゾルバステータとの間のギャップパーミアンスを前記レゾルバステータと協同して変化させるレゾルバロータと、

前記2相の前記出力巻線のうち次式で得られる第1の出力巻線から出力される出力信号 $S \cos$ 、第2の出力巻線から出力される出力信号 $S \sin$ それぞれの振幅から得られる円形のリサージュ波形におけるリサージュ半径の値を用いて、レゾルバの角度検出誤差を補正する検出誤差補正手段と

を備え、

$$S \cos = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \cos ()$$

$$S \sin = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \sin ()$$

(ここで、Kは変圧比、Eは前記電源により前記励磁巻線に生じる前記励磁電圧、 は前記励磁巻線を前記電源により励磁して生じた励磁信号の角速度、tは時間、 は電気角である。)

前記角度検出誤差は、前記レゾルバの電気角360度当たり1周期の変化するSIN形状で、角度検出誤差の正側の最大値の絶対値を誤差振幅A、負側の最大値の絶対値を誤差振幅B、誤差が零となるレゾルバの回転角を誤差位相Cとしたとき、前記リサージュ半

径の最高値MAX、最低値MIN、リサージュ半径の最小値の電気角 m として、次式で求められた前記誤差振幅A、前記誤差振幅B、前記誤差位相Cの値からレゾルバの角度検出誤差を算出し、角度検出誤差の補正データとすることを特徴とするレゾルバ。

$$\text{誤差振幅 } A = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \}$$

$$\text{誤差振幅 } B = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \}$$

$$\text{誤差位相 } C = m$$

【請求項2】

前記レゾルバロータは、電動パワーステアリング装置に組み込まれたモータのシャフトの端部に圧入されることを特徴とする請求項1に記載のレゾルバ。

【請求項3】

前記検出誤差補正手段は、前記モータの駆動を制御するECU (Electronic Control Unit) に設けられ、ECUに入力された前記出力信号 $S \cos$ 及び前記出力信号 $S \sin$ に基づいて、前記レゾルバの前記角度検出誤差を算出し、この角度検出誤差の補正データを格納するとともに、この補正データに基づいて前記レゾルバの角度検出誤差を補正することを特徴とする請求項2に記載のレゾルバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電源により励磁される1相の励磁巻線、及び磁束密度の変化を電圧として出力する2相の出力巻線を有するレゾルバステータを備えたレゾルバに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来のレゾルバとして、2相を短絡した3相モータに所定の電流を流して3相モータを基準位置に停止させ、そのときの回転子の回転角をレゾルバにより検出し、回転子に対するレゾルバの基準位置を調整することで、レゾルバの角度検出誤差補正を行っていたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】特開2001-128484号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、このレゾルバでは、回転子の基準位置において、レゾルバにより検出された回転子の回転角の誤差が0になるだけで、回転子の基準位置を除いた全回転角域での正確な回転角を検出できないという問題点があった。

【0005】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、検出全域において正確な角度検出が可能なレゾルバを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係るレゾルバは、電源により励磁される1相の励磁巻線、及び磁束密度の変化を電圧として出力する2相の出力巻線を有するレゾルバステータと、このレゾルバステータの中心部に設けられ、回転に伴って、前記レゾルバステータとの間のギャップパーミッツを前記レゾルバステータと協同して変化させるレゾルバロータと、前記2相の前記出力巻線のうち次式で得られる第1の出力巻線から出力される出力信号 $S \cos$ 、第2の出力巻線から出力される出力信号 $S \sin$ それぞれの振幅から得られる円形のリサージュ波形におけるリサージュ半径の値を用いて、レゾルバの角度検出誤差を補正する検出誤差補正手段と

を備え、

$$S \cos = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \cos ()$$

10

20

30

40

50

$S \sin = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \sin ()$
 (ここで、Kは変圧比、Eは前記電源により前記励磁巻線に生じる前記励磁電圧、は前記励磁巻線を前記電源により励磁して生じた励磁信号の角速度、tは時間、は電気角である。)

前記角度検出誤差は、前記レゾルバの電気角360度当たり1周期の変化するSIN波形状で、角度検出誤差の正側の最大値の絶対値を誤差振幅A、負側の最大値の絶対値を誤差振幅B、誤差が零となるレゾルバの回転角を誤差位相Cとしたとき、前記リサージュ半径の最高値MAX、最低値MIN、リサージュ半径の最小値の電気角mとして、次式で求められた前記誤差振幅A、前記誤差振幅B、前記誤差位相Cの値からレゾルバの角度検出誤差を算出し、角度検出誤差の補正データとする。

$$\text{誤差振幅 A} = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \}$$

$$\text{誤差振幅 B} = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \}$$

$$\text{誤差位相 C} = m$$

【発明の効果】

【0007】

この発明によるレゾルバによれば、検出全域において正確な角度検出が可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下、この発明の実施の形態について図に基づいて説明するが、各図において同一または相当の部材、部位については同一符号を付して説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1に係るブラシレスモータ1(以下、モータと略称する)を示す側断面図である。

図において、このモータ1は、電動パワーステアリング装置に組み込まれたモータであり、鉄板を絞り加工した有底円筒状のフレーム2と、フレーム2の開口部を覆って固定されたアルミニウムからなるハウジング3とを有している。

ハウジング3の中央部に形成された窓部4には、外輪部がコーキングされて固定されたフロントベアリング5が取り付けられている。

また、フレーム2の底部には、凹状のベアリングボックス6が設けられており、ベアリングボックス6には、リアベアリング7が圧入されている。

フロントベアリング5及びリアベアリング7は、磁性体である鉄からなるシャフト8をそれぞれ回転自在に支持している。

【0009】

シャフト8の一端部には、磁界を発生させるマグネット9が取り付けられて構成された回転子10が設けられている。マグネット9の外周面には、マグネット9を保護する図示しない保護チューブが被せられている。

フレーム2の内周面には、回転子10の外周を囲った固定子11が取り付けられている。

固定子11は、珪素鋼板を積層して形成された固定子鉄心12と、樹脂製の絶縁体13と、絶縁体13に巻装されたモータコイル14とを有している。モータコイル14は、U相コイル、V相コイル、W相コイルの3相コイルからなり、それぞれの各相コイルはスター結線されている。

【0010】

ハウジング3の反回転子10側で、シャフト8には、フロントベアリング5に当接したブッシュ16が圧入されている。また、ハウジング3の反回転子10側で、シャフト8の端部には、外部機構とスプライン結合されるボス15が圧入されている。

【0011】

ブッシュ16とボス15との間には、両端面がそれぞれブッシュ16及びボス15に当接したレゾルバロータ18が設けられている。このレゾルバロータ18は、図2及び図3に示すように、珪素鋼板を積層した楕円形状で構成され、シャフト8に圧入されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

図 4 はレゾルバ本体 2 2 の正面図、図 5 は図 4 の右側面図、図 6 は図 4 のレゾルバ本体 2 2 からカバー 1 9 を除いたときの図、図 7 は図 6 の右側面図である。

レゾルバロータ 1 8 とともにレゾルバを構成するレゾルバ本体 2 2 は、レゾルバロータ 1 8 の外周を囲って設けられている。レゾルバ本体 2 2 は、ハウジング 3 にねじ（図示せず）で固定されている。

レゾルバ本体 2 2 は、レゾルバステータ 2 0 と、レゾルバステータ 2 0 の両側面を覆ったカバー 1 9 と、信号線接続用のオス側コネクタ 2 3 とを有している。

レゾルバステータ 2 0 は、珪素鋼板が積層され、周方向に等しい間隔をおいて形成された複数のティース 2 4 を有する積層体 2 5 と、絶縁体 2 6 を介してティース 2 4 に導線が巻装された 1 相の励磁巻線 2 7 と、2 相の第 1 の出力巻線 2 8 a 及び第 2 の出力巻線 2 8 b とを有している。

10

【 0 0 1 3 】

1 相の励磁巻線 2 7 は、隣接するそれぞれのティース 2 4 に連続的に全周に渡って導線が巻回されて構成されている。第 1 の出力巻線 2 8 a は、隣接したティース 2 4 を飛び越えて一つおきに励磁巻線 2 7 上に連続的に導線が巻回されて構成されている。第 2 の出力巻線 2 8 b も隣接したティース 2 4 を飛び越えて一つおきに励磁巻線 2 7 上に連続的に導線が巻回されて構成されている。第 1 の出力巻線 2 8 a 及び第 2 の出力巻線 2 8 b とは、互いに隣接した位置関係で積層体 2 5 に巻装されている。

【 0 0 1 4 】

ハウジング 3 の引出孔 5 3 に嵌着されたグロメット 3 2 には、モータコイル 1 4 に接続されて電力を供給するモータリード線 2 9 U、2 9 V、2 9 W が貫通している。また、グロメット 3 2 には、メス側コネクタ 3 0 を介してオス側コネクタ 2 3 に接続され、回転子 1 0 の回転角に関する信号を外部に伝送するセンサリード線 3 1 が貫通している。

20

【 0 0 1 5 】

図 8 はモータ 1 と E C U 5 1 (Electronic Control Unit) との接続関係を示す図であり、E C U 5 1 からの励磁信号 R は、センサリード線 3 1 を通じてモータ 1 に送られ、モータ 1 のレゾルバの第 1 の出力巻線 2 8 a、第 2 の出力巻線 2 8 b からの出力信号 S c o s 及び S s i n は、センサリード線 3 1 を通じて E C U 5 1 に送られる。また、モータ 1 には E C U 5 1 から駆動電流が 3 本のモータリード線 2 9 U、2 9 V、2 9 W を通じて供給される。

30

また、モータ 1 の駆動を制御する E C U 5 1 には、入力された出力信号 S c o s 及び出力信号 S s i n に基づいて、レゾルバの角度検出誤差を算出し、この角度検出誤差の補正データを格納するとともに、この補正データに基づいてレゾルバの角度検出誤差を補正する検出誤差補正手段 5 2 が内蔵されている。

【 0 0 1 6 】

以下、上記構成のモータ 1 についての動作を説明する。

レゾルバステータ 2 0 の励磁巻線 2 7 には、E C U 5 1 から 1 0 k H z、5 V p p の正弦波状の励磁信号 R である励磁電圧が印加される。励磁巻線 2 7 に励磁電圧が印加されることにより、励磁巻線 2 7 に励磁電流が流れ、レゾルバロータ 1 8 とレゾルバステータ 2 0 との空隙部分に磁束が発生する。

40

また、モータリード線 2 9 U、2 9 V、2 9 W からモータコイル 1 4 に電力が供給され、モータコイル 1 4 に 3 相交流電圧が印加される。モータコイル 1 4 に 3 相交流電圧が印加されることにより、モータコイル 1 4 に回転磁界が発生し、回転子 1 0 が回転する。

回転子 1 0 の回転とともに、レゾルバロータ 1 8 も回転し、レゾルバロータ 1 8 とレゾルバステータ 2 0 との間のギャップパーミアンスが変化し、第 1 の出力巻線 2 8 a からの出力信号 S c o s、第 2 の出力巻線 2 8 b からの出力信号 S s i n のそれぞれの振幅、及び励磁信号 R に対する位相が変化する。

出力信号 S c o s、出力信号 S s i n の振幅変化は位相が 9 0 度ずれており、それぞれの出力信号 S c o s 及び出力信号 S s i n は、センサリード線 3 1 を通じて E C U 5 1 に

50

送られる。

ECU51に入力された出力信号Scos及び出力信号Ssinは、予め補正データが格納された検出誤差補正手段52で、補正データに基づいて補正され、正確な回転子10の回転角が検出される。

【0017】

次に、上記補正データの算出方法について説明する。

励磁信号Rは、次式(1)で示される。

$$R = E \cdot \sin t \cdots (1)$$

また、第1の出力巻線28aの出力信号Scos、第2の出力巻線28bの出力信号Ssinは、次式(2)、(3)で示される。

$$Scos = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \cos(\quad) \cdots (2)$$

$$Ssin = K \cdot E \cdot \sin t \cdot \sin(\quad) \cdots (3)$$

なお、Eは励磁電圧、Kはレゾルバの変圧比、 ω は励磁信号の角速度、tは時間、 θ はレゾルバの電気角である。

そして、レゾルバの電気角 θ は以下の式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1}(Ssin / Scos) \cdots (4)$$

この際、出力信号Scos、出力信号Ssinは励磁信号Rと同じく10kHzの正弦波で出力されているので、振幅値として検出し、出力の符号は励磁信号Rと出力信号Scos、Ssinとが同相の場合を正、逆相の場合を負として計算する。

このとき、角度計算に用いた出力信号Scosを横軸、出力信号Ssinを縦軸にしてプロットすると、グラフは図9に示すような円形のリサージュ波形になる。このリサージュ波形の半径Rは以下の式で求められる。

$$R = \sqrt{(Scos)^2 + (Ssin)^2} \cdots (5)$$

【0018】

ところで、レゾルバの角度検出誤差は、一般に図10に示す様にレゾルバの電気角360度当たり1周期の変化をするSIN波形状となる。

なお、レゾルバ電気角=機械角×レゾルバ軸倍角で示される。ここで、レゾルバ軸倍角は、機械角360度当たりレゾルバの検出角度が何倍変化するか値であり、通常はモータ1の電気角とレゾルバの電気角とを一致させるが、モータ電気角の1/2、1/4などの設定でも使用できる。

【0019】

ここで、角度検出誤差の正側の最大値の絶対値を誤差振幅A、負側の最大値の絶対値を誤差振幅B、誤差が零となるレゾルバの回転角を誤差位相Cとしたとき、角度検出誤差の誤差振幅A、誤差振幅B、誤差位相Cは、リサージュ半径RのMAX、MIN、半径RのMIN点の角度 θ_m から、下式により求められる。

$$\text{誤差振幅 } A = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \} \cdots (6)$$

$$\text{誤差振幅 } B = 2 \times \sin^{-1} \{ (MAX - MIN) / (2 \times (MAX + MIN)) \} \cdots (7)$$

$$\text{誤差位相 } C = \theta_m \cdots (8)$$

上式(6)、(7)から分かるように、誤差振幅Aと誤差振幅Bの値は、通常同じ値になる。

ここで、 θ_m の値は、半径RのMIN点のSsin、Scosの値から(4)式により求めればよい。

【0020】

図11は誤差振幅A、誤差振幅Bの値の算出説明図である。

理論上の中心点は、COS出力、SIN出力が0の点であり、角度検出は、この理論上の中心点を基準にして行われるため、実際のリサージュの中心がずれていると、検出誤差が生じることになる。

図11において、リサージュ波形の中心点は、理論上の中心点から左下に(MAX - M

10

20

30

40

50

MIN) / 2 だけずれている。なお、MAX、MINの値は理論上の中心点からの距離である。

MIN点及びMAX点では誤差は生じず、誤差最大点は、二等辺三角形の頂角になるので、その頂角が誤差振幅A、Bに該当する。即ち、誤差振幅A、Bは、 $2 \times \sin^{-1} \left\{ \left(\frac{MAX - MIN}{4} \right) / \left(\frac{MAX + MIN}{2} \right) \right\} = 2 \times \sin^{-1} \left\{ \frac{MAX - MIN}{2 \times (MAX + MIN)} \right\}$ となる。

【0021】

上式により得られた、誤差振幅A、誤差振幅B、誤差位相Cの値から、図12に示した補正データが作成される。

【0022】

以上説明したように、このレゾルバによれば、検出誤差補正手段52を備えたことで、検出全域において回転子10の回転角を正確に検出することができる。

従って、レゾルバの角度検出誤差があると、回転子10の位置に応じた正しい電流を流すことができず、モータのトルクリップルが大きくなってしまふことが生じるが、このものの場合、角度検出誤差を小さくすることができ、トルクリップルが小さいなり、快適な操舵性が得られる。

また、この検出誤差補正手段52は、モータ1を駆動制御するECU51に組み込まれており、補正データを得るために角度基準を備えた外部機器を必要とする、例えば特開平7-318369号公報に記載されたものと比較して、低コストで済む。

【0023】

なお、補正データは、複数回のリサージュ半径RのMAX値、MIN値のそれぞれの平均値から求めてもよいし、1回のデータから求めてもよい。

また、用途により、補正データは周囲温度毎に複数用意してもよいし、代表的な温度のみのデータでもよい。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】この発明の実施の形態1に係るブラシレスモータを示す側断面図である。

【図2】図1のレゾルバロータの正面図である。

【図3】図3の側面図である。

【図4】図1に示されたレゾルバのレゾルバ本体の正面図である。

【図5】図4の側面図である。

【図6】図4のレゾルバ本体の内部を示す正面図である。

【図7】図6の側面図である。

【図8】図1のモータとECUとの関係を示す図である。

【図9】リサージュ波形図である。

【図10】検出誤差補正手段により補正される前の、回転子の回転角と検出誤差との関係を示す図である。

【図11】レゾルバの誤差振幅の算出式を算出する説明図である。

【図12】検出誤差補正手段で算出され、格納された、回転子の回転角と補正されるべき誤差との関係を示す図である。

【符号の説明】

【0025】

1 ブラシレスモータ、8 シャフト、10 回転子、18 レゾルバロータ、27 励磁巻線、28a 第1の出力巻線、28b 第2の出力巻線、51 ECU、52 検出誤差補正手段。

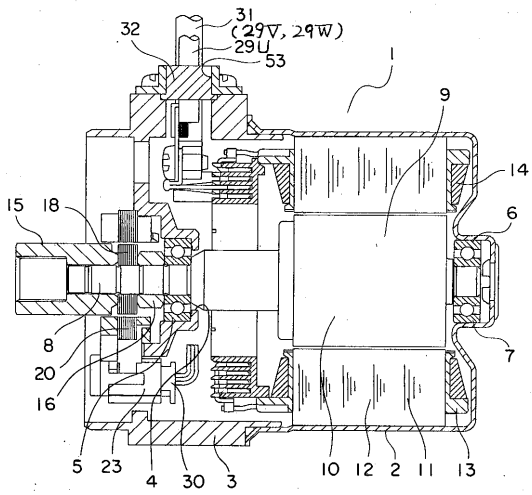
10

20

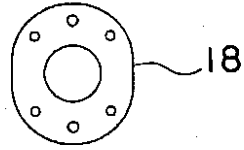
30

40

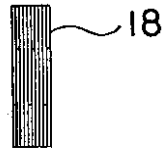
【図1】



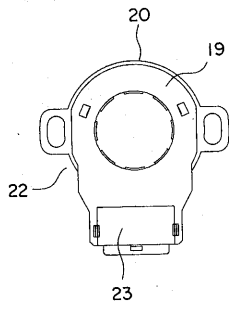
【図2】



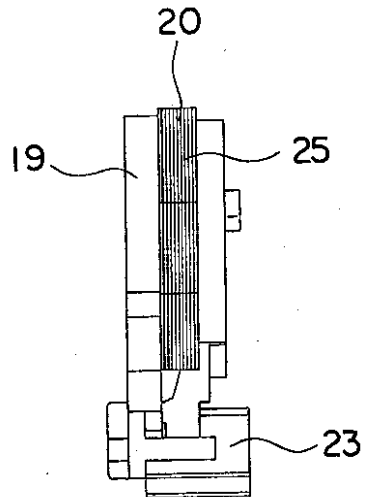
【図3】



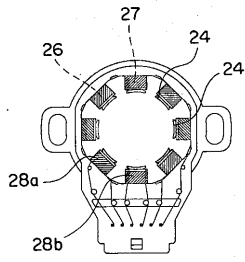
【図4】



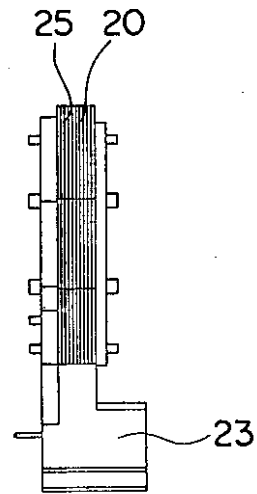
【図5】



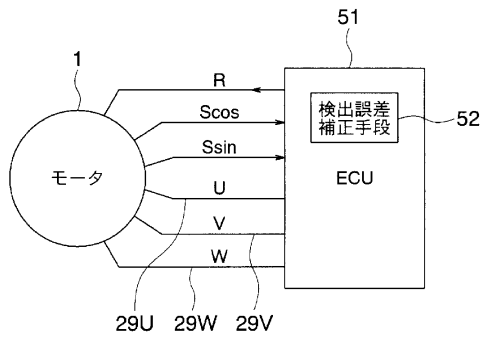
【図6】



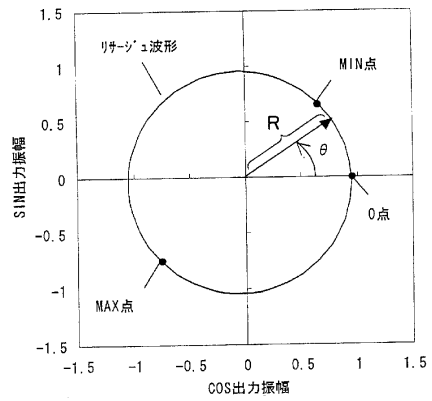
【図7】



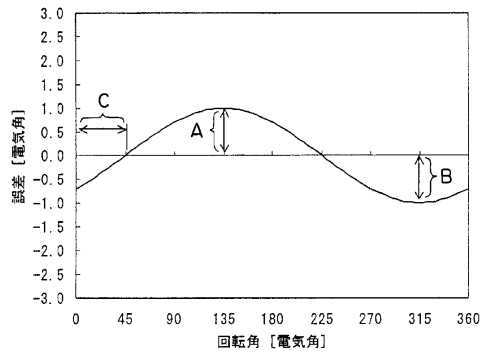
【図8】



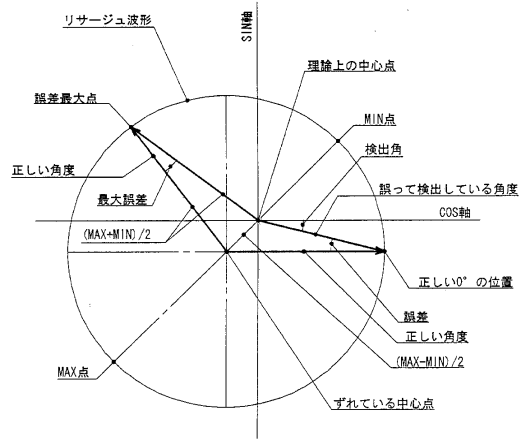
【図9】



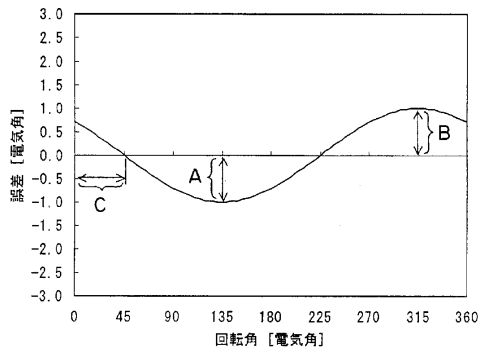
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 逸見 晋介
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 礪野 修治
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 児玉 誠樹
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 特開2003-214904(JP,A)
特開2005-024398(JP,A)
特開2005-147733(JP,A)
特開2004-343983(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00-5/252
G01D 5/39-5/62