

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5162957号  
(P5162957)

(45) 発行日 平成25年3月13日(2013.3.13)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

(51) Int.Cl.

H02P 6/08 (2006.01)

F I

H02P 6/02 371F

請求項の数 3 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2007-128228 (P2007-128228)  
(22) 出願日 平成19年5月14日(2007.5.14)  
(65) 公開番号 特開2008-43183 (P2008-43183A)  
(43) 公開日 平成20年2月21日(2008.2.21)  
審査請求日 平成22年5月10日(2010.5.10)  
(31) 優先権主張番号 特願2006-189233 (P2006-189233)  
(32) 優先日 平成18年7月10日(2006.7.10)  
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(74) 代理人 110000028  
特許業務法人明成国際特許事務所  
(72) 発明者 竹内 啓佐敏  
長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 尾家 英樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動モータのセンサ出力の補正方法及び電動モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電磁コイルを有するコイル列と、複数の永久磁石を有する磁石列と、前記磁石列と前記コイル列の相対位置に応じてアナログ的变化を示す出力信号を出力する複数の磁気センサとを有する電動モータにおいて、前記電動モータの実用時の駆動制御回路とは異なるキャリブレーション用の駆動制御回路を用いて、前記複数の磁気センサの出力信号の波形を補正する方法であって、

(a) 前記複数の磁気センサの出力信号の電圧レベルを取得する工程と、

(b) 前記取得された電圧レベルに基づいて、前記電動モータの動作時において前記複数の磁気センサの出力信号が所定の波形形状になるように、前記複数の磁気センサの出力信号の波形を補正する工程と、

を備え、

前記複数の磁気センサの出力信号のオフセット補正値を決定するために前記工程(a)、(b)を実行する工程と、

前記複数の磁気センサの出力信号のゲイン補正値を決定するために前記工程(a)、(b)を実行する工程と、

を含み、

前記オフセット補正値を決定する工程は、

前記電動モータのロータを回転させて前記複数の磁気センサの出力信号のそれぞれについて複数のピーク値を取得する工程を含み、

10

20

前記複数のピーク値に基づいて、前記オフセット補正値を決定する工程を含み、  
前記方法は、更に、

前記キャリブレーション用の駆動制御回路の通信部が、1つの通信用バスを介して、前記複数の磁気センサの各磁気センサのIDコードを前記オフセット補正値及びゲイン補正値とともに前記電動モータに送信することにより、前記工程(a)、(b)のキャリブレーションによって決定された各磁気センサの前記オフセット補正値とゲイン補正値とを、前記電動モータ内に設けられた不揮発性メモリに記憶させる工程を含む、方法。

【請求項2】

請求項1記載の方法であって、

前記ゲイン補正値を決定する工程は、

前記電動モータのロータを回転させて前記複数の磁気センサの出力信号のそれぞれについて複数のピーク値を取得する工程を含み、

前記複数のピーク値に基づいて、前記ゲイン補正値を決定する工程を含む、方法。

【請求項3】

電動モータであって、

複数の電磁コイルを有するコイル列と、

複数の永久磁石を有する磁石列と、

前記磁石列と前記コイル列の相対位置に応じてアナログ的变化を示す出力信号を出力する複数の磁気センサと、

前記電動モータの実用時の駆動制御回路とは異なるキャリブレーション用の駆動制御回路と、  
を備え、

前記キャリブレーション用の駆動制御回路は、

(a) 前記複数の磁気センサの出力信号の電圧レベルを取得する処理と、

(b) 前記取得された電圧レベルに基づいて、前記電動モータの動作時において前記複数の磁気センサの出力信号が所定の波形形状になるように、前記複数の磁気センサの出力信号の波形を補正する処理と、

を実効可能であって、

前記複数の磁気センサの出力信号のオフセット補正値を決定するために前記処理(a)、(b)を実行するとともに、

前記複数の磁気センサの出力信号のゲイン補正値を決定するために前記処理(a)、(b)を実行し、

前記オフセット補正を実行する際に、

前記電動モータのロータを回転させて前記複数の磁気センサの出力信号のそれぞれについて複数のピーク値を取得し、前記複数のピーク値に基づいて、前記オフセット補正値を決定し、

前記駆動制御回路の通信部は、1つの通信用バスを介して、前記複数の磁気センサの各磁気センサのIDコードを前記オフセット補正値及びゲイン補正値とともに前記電動モータに送信することにより、前記処理(a)、(b)のキャリブレーションによって決定された各磁気センサの前記オフセット補正値とゲイン補正値とを、前記電動モータ内に設けられた不揮発性メモリに記憶させる、電動モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、永久磁石と電磁コイルとを利用した電動モータに関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石と電磁コイルとを利用した電動モータとしては、例えば下記の特許文献1に記載されたものなどが知られている。

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献１】特開２００１－２９８９８２号公報

【０００４】

この従来技術の電動モータでは、デジタル磁気センサからのオン／オフ信号を用いて制御を行っている。具体的には、デジタル磁気センサのオン／オフ信号を用いて、電磁コイルへの印加電圧の極性反転のタイミングが決定されている。

【０００５】

磁気センサとしては、アナログ出力を有するもの（いわゆるアナログ磁気センサ）も存在する。しかし、アナログ磁気センサをモータの制御に利用する場合には、モータの各種の製造誤差に起因して、センサ出力にかなりの誤差が発生してしまい、良好なモータ制御を行えない場合があった。アナログ磁気センサの出力に影響するモータの製造誤差としては、例えば、磁気センサの設置位置の誤差や、永久磁石の着磁誤差に起因するN極とS極の境界位置の誤差、磁気センサ内部の素子部の実装位置の誤差等が存在する。しかしながら、従来は、これらの誤差を考慮しつつ、アナログ磁気センサを利用して正確なモータ制御を実現する工夫が十分されていないのが実情であった。このような問題は、アナログ磁気センサを使用した場合に限らず、多値のアナログ的出力を有するデジタル磁気センサを使用した場合にも共通する問題であった。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明は、磁気センサの出力に関する誤差を考慮しつつ、正確なモータ制御を実現する技術を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

本発明の第１の形態は、複数の電磁コイルを有するコイル列と、複数の永久磁石を有する磁石列と、前記磁石列と前記コイル列の相対位置に応じてアナログ的变化を示す出力信号を出力する複数の磁気センサとを有する電動モータにおいて、前記電動モータの実用時の駆動制御回路とは異なるキャリブレーション用の駆動制御回路を用いて、前記複数の磁気センサの出力信号の波形を補正する方法であって、

30

（a）前記複数の磁気センサの出力信号の電圧レベルを取得する工程と、

（b）前記取得された電圧レベルに基づいて、前記電動モータの動作時において前記複数の磁気センサの出力信号が所定の波形形状になるように、前記複数の磁気センサの出力信号の波形を補正する工程と、

を備え、

前記複数の磁気センサの出力信号のオフセット補正値を決定するために前記工程（a）、（b）を実行する工程と、

前記複数の磁気センサの出力信号のゲイン補正値を決定するために前記工程（a）、（b）を実行する工程と、

を含み、

40

前記オフセット補正を実行する工程は、

前記電動モータのロータを回転させて前記複数の磁気センサの出力信号のそれぞれについて複数のピーク値を取得する工程を含み、

前記複数のピーク値に基づいて、前記オフセット補正値を決定する工程を含み、

前記方法は、更に、

前記キャリブレーション用の駆動制御回路の通信部が、１つの通信用バスを介して、前記複数の磁気センサの各磁気センサのＩＤコードを前記オフセット補正値及びゲイン補正値とともに前記電動モータに送信することにより、前記工程（a）、（b）のキャリブレーションによって決定された各磁気センサの前記オフセット補正値とゲイン補正値とを、前記電動モータ内に設けられた不揮発性メモリに記憶させる工程を含む、方法である。

50

この方法によれば、複数の磁気センサの出力信号がそれぞれ所定の波形形状になるように補正を行うので、複数の磁気センサの出力信号のアナログ的变化を利用してコイル列に望ましい波形の印加電圧を印加することができる。この結果、磁気センサの出力に誤差が生じていても、正確なモータ制御を実現することが可能である。また、ゲイン補正とオフセット補正とを行えば、複数の磁気センサの出力信号をそれぞれ所望の波形形状に容易に補正することが可能である。更に、オフセット補正において各磁気センサの出力信号の複数のピーク値を利用すれば、複数の磁石全体を考慮した上で、好ましい出力信号波形を得ることが可能である。また、1つの通信用バスを介して複数の磁気センサの補正値を互いに区別して送信することができる。更に、各磁気センサ毎にオフセット補正値とゲイン補正値を一度設定すれば、所望のセンサ出力をいつでも得ることが可能である。

10

**【0008】**

[適用例1] 複数の電磁コイルを有するコイル列と、複数の永久磁石を有する磁石列と、前記磁石列と前記コイル列の相対位置に応じてアナログ的变化を示す出力信号を出力する磁気センサとを有する電動モータにおいて、前記磁気センサの出力信号の波形を補正する方法であって、

(a) 前記磁気センサの出力信号の電圧レベルを取得する工程と、

(b) 前記取得された電圧レベルに基づいて、前記電動モータの動作時において前記磁気センサの出力信号が所定の波形形状になるように、前記磁気センサの出力信号の波形を補正する工程と、

を備える方法。

20

**【0009】**

この方法によればは、磁気センサの出力信号が所定の波形形状になるように補正を行うので、磁気センサの出力信号のアナログ的变化を利用してコイル列に望ましい波形の印加電圧を印加することができる。この結果、磁気センサの出力に誤差が生じていても、正確なモータ制御を実現することが可能である。

**【0010】**

[適用例2] 適用例1記載の方法であって、前記磁気センサの出力信号のオフセット補正を実行するために前記工程(a)、(b)を実行する工程と、

前記磁気センサの出力信号のゲイン補正を実行するために前記工程(a)、(b)を実行する工程と、  
を含む、方法。

30

**【0011】**

ゲイン補正とオフセット補正とを行えば、磁気センサの出力信号を所望の波形形状に容易に補正することが可能である。

**【0012】**

[適用例3] 適用例2記載の方法であって、

前記オフセット補正を実行する工程は、

前記電動モータのロータを回転させて前記磁気センサの出力信号の複数のピーク値を取得する工程を含み、

前記複数のピーク値に基づいて、前記オフセット補正の補正値を決定する工程を含む、方法。

40

**【0013】**

[適用例4] 適用例2又は3記載の方法であって、

前記ゲイン補正を実行する工程は、

前記電動モータのロータを回転させて前記磁気センサの出力信号の複数のピーク値を取得する工程を含み、

前記複数のピーク値に基づいて、前記ゲイン補正の補正値を決定する工程を含む、方法。

。

**【0014】**

オフセット補正やゲイン補正において磁気センサの出力信号の複数のピーク値を利用す

50

れば、複数の磁石全体を考慮した上で、好ましい出力信号波形を得ることが可能である。

【 0 0 1 5 】

[ 適用例 5 ] 適用例 2 ないし 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、

前記ゲイン補正の補正值とオフセット補正の補正值とを、前記電動モータ内に設けられた不揮発性メモリに記憶させる工程を含む、方法。

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、ゲイン補正值とオフセット補正值とを一度設定すれば、所望のセンサ出力をいつでも得ることが可能である。

【 0 0 1 7 】

なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、電動モータ、その制御方法及び制御回路、電動モータのセンサの補正方法及び装置、それらを用いたアクチュエータや、電子機器、家電機器等の形態で実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

次に、本発明の実施の形態を以下の順序で説明する。

A. 電動モータの構成：

B. 駆動制御回路の構成：

C. センサ出力の補正：

D. 駆動制御回路の他の実施例：

E. センサ出力補正の他の実施手順：

F. 変形例：

【 0 0 1 9 】

A. 電動モータの構成：

図 1 ( A ) は、本発明の一実施例としての電動モータのモータ本体の構成を示す断面図である。このモータ本体 1 0 0 は、それぞれ略円盤状のステータ部 1 0 及びロータ部 3 0 を有している。ロータ部 3 0 は、複数の磁石を有する磁石列 3 4 M を有しており、回転軸 1 1 2 に固定されている。磁石列 3 4 M の磁化方向は上下方向である。ステータ部 1 0 は、ロータ部 3 0 の上部に配置された A 相コイル列 1 4 A と、ロータ部 3 0 の下部に配置された B 相コイル列 2 4 B とを有している。

【 0 0 2 0 】

図 1 ( B ) ~ ( D ) は、ステータ部 1 0 の第 1 のコイル列 1 4 A と、ロータ部 3 0 と、ステータ部 1 0 の第 2 のコイル列 2 4 B とを分離して示したものである。この例では、A 相コイル列 1 4 A と B 相コイル列 2 4 B は、それぞれ 6 つのコイルを有しており、磁石列 3 4 M も 6 つの磁石を有している。但し、コイルや磁石の数は任意の値に設定することが可能である。

【 0 0 2 1 】

図 2 ( A ) は、コイル列 1 4 A , 2 4 B と磁石列 3 4 M の位置関係を示している。A 相コイル列 1 4 A は支持部材 1 2 A に固定されており、B 相コイル列 2 4 B は支持部材 2 2 B に固定されている。A 相コイル列 1 4 A は、逆方向に励磁される 2 種類のコイル 1 4 A 1 , 1 4 A 2 が一定のピッチ P c で交互に配置されたものである。図 2 ( A ) の状態では、3 つのコイル 1 4 A 1 は磁化方向 ( N 極から S 極に向く方向 ) が下向きになるように励磁されており、また、他の 3 つのコイル 1 4 A 2 は磁化方向が上向きになるように励磁されている。B 相コイル列 2 4 B も、逆方向に励磁される 2 種類のコイル 2 4 B 1 , 2 4 B 2 が一定のピッチ P c で交互に配置されたものである。なお、本明細書では、「コイルピッチ P c 」は、A 相コイル列のコイル同士のピッチ、または、B 相コイル列のコイル同士のピッチとして定義されている。

【 0 0 2 2 】

ロータ部 3 0 の磁石列 3 4 M は、支持部材 3 2 M に固定されている。この磁石列 3 4 M の永久磁石は、磁化方向が磁石列 3 4 M の配列方向 ( 図 2 ( A ) の左右方向 ) とは垂直な方向に向くようにそれぞれ配置されている。磁石列 3 4 M の磁石は、一定の磁極ピッチ P

10

20

30

40

50

mで配置されている。この例では、磁極ピッチ $P_m$ はコイルピッチ $P_c$ に等しく、電気角で  $\theta$ に相当する。なお、電気角の $2\theta$ は、コイル列に供給されるの駆動信号の位相が $2\theta$ だけ変化したときに移動する機械的な角度又は距離に対応づけられる。本実施例では、A相コイル列14AとB相コイル列24Bの駆動信号の位相が $2\theta$ だけ変化する、磁石列34Mがコイルピッチ $P_c$ の2倍だけ移動する。

#### 【0023】

なお、A相コイル列14AとB相コイル列24Bは、電気角で互いに  $\theta/2$ だけ異なる位置に配置されている。A相コイル14AとB相コイル列24Bは、位置が異なるだけであり、他の点は実質的に同じ構成を有している。従って、以下では、コイル列に関する説明の際に特に必要な場合を除いてA相コイル列についてのみ説明する。

10

#### 【0024】

図2(B)は、A相コイル列14AとB相コイル列24Bに供給される交流駆動信号の波形の一例を示している。A相コイル列14AとB相コイル列24Bには、二相交流信号がそれぞれ供給される。また、A相コイル列14AとB相コイル列24Bの駆動信号の位相は  $\theta/2$ だけ互いにずれている。図2(A)の状態は、位相ゼロ(又は $2\theta$ )の状態に相当する。

#### 【0025】

図2(A)に示すように、モータ本体100は、さらに、A相コイル列14A用のアナログ磁気センサ16Aと、B相コイル列24B用のアナログ磁気センサ26Bとを有している。これらを以下では「A相センサ」、「B相センサ」と呼ぶ。A相センサ16AはA相コイル列14Aの2つのコイルの間の中央の位置に配置されており、B相センサ26BはB相コイル列24Bの2つのコイルの間の中央の位置に配置されている。本実施例では、これらのセンサ16A, 26Bのアナログ出力を利用して、図1(B)に示す交流駆動信号が生成される。これらのセンサ16A, 26Bとしては、例えばホール効果を利用したホールICを採用することができる。

20

#### 【0026】

図3は、磁気センサの出力波形の例を示す説明図である。この例では、A相センサ出力SSAとB相センサ出力SSBは、いずれも正弦波である。これらのセンサ出力は、A相コイル14AとB相コイル24Bの逆起電力とほぼ同じ波形形状を有している。逆起電力の波形は、コイル形状や磁石とコイルとの位置関係にも依存するが、正弦波か、正弦波に近い波形となるのが普通である。なお、「逆起電力」を「誘起電圧」とも呼ぶ。

30

#### 【0027】

ところで、電動モータは、機械的エネルギーと電気的エネルギーとを相互に変換するエネルギー変換装置として機能するものである。そして、コイルの逆起電力は、電動モータの機械的エネルギーが電気的エネルギーに変換されたものである。従って、コイルに印加する電気的エネルギーを機械的エネルギーに変換する場合(すなわちモータを駆動する場合)には、逆起電力と同じ波形の電圧を印加することによって、最も効率良くモータを駆動することが可能である。なお、以下に説明するように、「逆起電力と同じ波形の電圧」は、逆起電力と逆向きの電流を発生する電圧を意味している。

#### 【0028】

40

図4は、コイルの印加電圧と逆起電力との関係を示す模式図である。ここで、コイルは逆起電力 $E_c$ と抵抗とで模擬されている。また、この回路では、印加電圧 $E_1$ 及びコイルと並列に電圧計Vが接続されている。コイルに電圧 $E_1$ を印加してモータを駆動すると、印加電圧 $E_1$ と逆の電流を流す方向に逆起電力 $E_c$ が発生する。モータが回転している状態でスイッチSWを開放すると、電圧計Vで逆起電力 $E_c$ を測定することができる。スイッチSWを開放した状態で測定される逆起電力 $E_c$ の極性は、スイッチSWを閉じた状態で測定される印加電圧 $E_1$ と同じ極性である。上述の説明において「逆起電力と同じ波形の電圧を印加する」という文言は、このような電圧計Vで測定された逆起電力 $E_c$ と同じ極性及び波形を有する電圧を印加することを意味している。

#### 【0029】

50

上述したように、モータを駆動する場合には、逆起電力と同じ波形の電圧を印加することによって、最も効率良くモータを駆動することが可能である。なお、正弦波状の逆起電力波形の中位点近傍（電圧 0 の近傍）ではエネルギー変換効率が比較的低く、反対に、逆起電力波形のピーク近傍ではエネルギー変換効率が比較的高いことが理解できる。逆起電力と同じ波形の電圧を印加してモータを駆動すると、エネルギー変換効率の高い期間において比較的高い電圧を印加することになるので、モータ効率が向上する。一方、例えば単純な矩形波でモータを駆動すると、逆起電力がほぼ 0 となる位置（中位点）の近傍においてもかなりの電圧が印加されるので、モータ効率が低下する。また、このようにエネルギー変換効率の低い期間において電圧を印加すると、振動や騒音が発生するという問題も生じる。

【0030】

10

上述の説明から理解できるように、逆起電力と同じ波形の電圧を印加してモータを駆動すると、モータ効率を向上させることができ、また、振動や騒音を低減することができるという利点がある。

【0031】

図 5 (A)、5 (B) は、A 相コイル列 14 A の 2 種類のコイル 14 A 1、14 A 2 の結線方法を示す図である。図 5 (A) の結線方法では、A 相コイル列 14 A に含まれるすべてのコイルが、駆動制御回路 300 に対して直列に接続されている。一方、図 5 (B) の結線方法では、一对のコイル 14 A 1、14 A 2 で構成される直列接続が、複数組並列に接続されている。このいずれの結線方法の場合にも、2 種類のコイル 14 A 1、14 A 2 は、常に逆の極性に磁化される。

20

【0032】

図 6 (A) ~ 6 (D) は、本実施例の電動モータの動作を示している。なお、この例では、コイル列 14 A、24 B に対して磁石列 34 M が時間の経過とともに右に移動する様子が描かれている。これらの図の左右方向は、図 1 に示すロータ部 30 の回転方向に相当することが理解できる。

【0033】

図 6 (A) は位相が 2 の直前のタイミングの状態を示している。なお、コイルと磁石との間に描かれた実線の矢印は吸引力の方向を示しており、破線の矢印は反発力の方向を示している。この状態では、A 相コイル列 14 A は磁石列 34 M に対して動作方向（図の右方向）の駆動力を与えておらず、磁石列 34 M を A 相コイル列 14 A に引きつける方向に磁力が働いている。従って、位相が 2 のタイミングでは、A 相コイル列 14 A への印加電圧をゼロにすることが好ましい。一方、B 相コイル列 24 B は、磁石列 34 M に動作方向の駆動力を与えている。また、B 相コイル列 24 B は磁石列 34 M に対して吸引力だけでなく反発力も与えているので、B 相コイル列 24 B から磁石列 34 M に対する上下方向（磁石列 34 M の動作方向と垂直な方向）の正味の力はゼロである。従って、位相が 2 のタイミングでは、B 相コイル列 24 B への印加電圧をピーク値にすることが好ましい。

30

【0034】

図 6 (B) に示されているように、位相が 2 のタイミングで A 相コイル列 14 A の極性が反転する。図 6 (B) は、位相が  $\pi/4$  の状態であり、A 相コイル列 14 A の極性が図 6 (A) から反転している。この状態では、A 相コイル列 14 A と B 相コイル列 24 B が、磁石列 34 M の動作方向に同じ駆動力を与えている。図 6 (C) は、位相が  $\pi/2$  直前の状態である。この状態は、図 6 (A) の状態とは逆に、A 相コイル列 14 A のみが、磁石列 34 M に動作方向の駆動力を与えている。位相が  $\pi/2$  のタイミングでは B 相コイル列 24 B の極性が反転し、図 6 (D) に示す極性となる。図 6 (D) は、位相が  $3\pi/4$  の状態である。この状態では、A 相コイル列 14 A と B 相コイル列 24 B が、磁石列 34 M の動作方向に同じ駆動力を与えている。

40

【0035】

図 6 (A) ~ 6 (D) から理解できるように、A 相コイル列 14 A の極性は、A 相コイル列 14 A の各コイルが磁石列 34 M の各磁石と対向するタイミングで切り換えられる。

50

B相コイル列も同様である。この結果、すべてのコイルからほとんど常に駆動力を発生させ得るので、大きなトルクを発生することが可能である。

【0036】

なお、位相が  $\sim 2$  の期間は、図6(A)～6(D)とほぼ同様なので詳しい説明を省略する。但し、A相コイル列14Aの極性は位相が のタイミングで再び反転し、B相コイル列24Bの極性は位相が  $3/2$  のタイミングで再び反転する。

【0037】

上述の説明から理解できるように、本実施例の電動モータは、コイル列14A、24Bと磁石列34Mとの間の吸引力と反発力を利用することによって、磁石列34Mに対する動作方向の駆動力を得ている。特に、本実施例では、磁石列34Mを挟んだ両側にコイル列14A、24Bが配置されているので、磁石列34Mの両側の磁束を駆動力の発生に利用することができる。従って、従来の電動モータのように、磁石の片側のみを駆動力の発生に利用する場合に比べて磁束の利用効率がよく、効率がよくトルクの大きなモータを実現することができる。但し、2つのコイル列14A、24Bの一方を省略することも可能である。

【0038】

なお、支持部材12A、22B、32Mは、非磁性体材料でそれぞれ形成されていることが好ましい。また、本実施例のモータ本体の各種の部材のうちで、コイルやセンサを含む電気配線と、磁石と、回転軸と、その軸受け部以外の部材は、すべて非磁性で非導電性の材料で形成されていることが好ましい。磁性体製のコアが設けないようにすれば、いわゆるコギングが発生せず、なめらかで安定した動作を実現することができる。また、磁気回路を構成するためのヨークを設けないようにすれば、いわゆる鉄損（渦電流損）が極めて少なく、効率の良いモータを実現することができる。

【0039】

B. 駆動制御回路の構成：

図7は、本実施例のモータの駆動制御回路の構成を示すブロック図である。図7(A)は、センサ波形のキャリブレーション時の構成を示し、図7(B)は、実用時の構成を示している。なお、「センサ波形のキャリブレーション」は、「センサの出力波形の補正」と同義語である。

【0040】

図7(A)に示すように、キャリブレーション時には、モータ本体100の接続部90（コネクタ）に、キャリブレーション用の駆動制御回路200が接続される。この駆動制御回路200は、電源回路210と、CPU220と、I/Oインタフェース230と、PWM制御部240と、ドライバ回路250と、通信部260とを備えている。電源回路210は、駆動制御回路200内の各回路と、モータ本体100とに電源を供給する。CPU220は、駆動制御回路200内の各回路に設定値を設定することによって、駆動制御回路200の動作を制御する。I/Oインタフェース230は、モータ本体100から供給されるセンサ出力SSA、SSBを受信して、CPU220に供給する機能を有している。CPU220は、受信したセンサ出力SSA、SSBが所望の波形形状を有しているか否かを判断し、所望の波形形状になるようにオフセット補正值Poffsetとゲイン補正值Pgainとを決定する。この決定方法については後で詳述する。なお、以下では、オフセット補正值を単に「オフセット」とも呼び、ゲイン補正值を単に「ゲイン」とも呼ぶ。

【0041】

PWM制御部240は、コイル駆動用のPWM信号を生成する。ドライバ回路250は、コイルを駆動するためのブリッジ回路である。PWM制御部240とドライバ回路250の回路構成と動作については後述する。通信部260は、キャリブレーションによって決定されたオフセット補正值Poffsetとゲイン補正值Pgainとをセンサ16A、26Bに供給して記憶させる機能を有している。また、通信部260は、センサ16A、26B内に記憶している補正值Poffset、Pgainを外部装置に送信する機能も有している。なお、A相センサ16A用の補正值とB相センサ26B用の補正值とを区別するために、通信部



260は、各センサのIDコード(識別信号)を補正值とともに送受信する。このようにIDコードを用いて補正值を送信すれば、1つの通信用パスを介して複数のセンサの補正值を互いに区別して送信することが可能である。

#### 【0042】

図7(B)に示すように、モータの実用時には、モータ本体100の接続部90に、キャリブレーション時とは異なる駆動制御回路300が接続される。この駆動制御回路300は、キャリブレーション用の駆動制御回路200から、通信部260を省略したものに相当する。なお、図7(A)、(B)において、CPU220を省略してもよい。CPU220を省略した場合には、本実施例で説明するCPU220の機能は、他の回路(論理回路や不揮発性メモリ等)によって実現される。あるいは、CPU220の代わりに通信回路又はインタフェース回路を設け、その回路で外部装置から各種の動作指示を受けて駆動制御回路200内部の回路要素に指示を転送するようにしてもよい。

10

#### 【0043】

図8は、ドライバ回路250の内部構成を示している。A相ドライバ回路252は、H型ブリッジ回路であり、交流駆動信号DRVA1, DRVA2に応じてA相コイル列14Aを駆動する。なお、駆動信号を示すブロックの端子部分に付されている白丸は、負論理であり信号が反転していることを示している。また、符号IA1, IA2が付された矢印は、駆動信号DRVA1, DRVA2によって流れる電流方向をそれぞれ示している。B相ドライバ回路254の構成もA相ドライバ回路252の構成と同じであり、交流駆動信号DRVB1, DRVB2によって電流IB1, IB2が流れることが示されている。

20

#### 【0044】

図9は、本実施例で使用する磁気センサ16Aの内部構成を示すブロック図である。なお、A相センサ16AとB相センサ26Bは同一の構成を有しているので、以下ではA相センサ16Aについてのみ説明する。

#### 【0045】

磁気センサ16Aは、磁気センサ素子410と、オフセット補正回路420と、ゲイン補正回路430と、オフセット記憶部440と、ゲイン記憶部450と、増幅器460と、IDコード記録部470と、通信部480とを備えている。磁気センサ素子410は、例えばホール素子である。

#### 【0046】

通信部480は、キャリブレーション時(図7(A))において、駆動制御回路200と通信して、センサ出力のオフセット補正值Poffsetとゲイン補正值Pgainを、センサIDと共に受け取る。センサ内部のIDコード記録部470には、センサ固有のIDが記録されているか、又は、外部スイッチを用いてIDが設定されている。図9の例では、ディップスイッチなどの外部スイッチ472を用いてIDを設定することが可能である。但し、IDは、ディップスイッチ以外の種々の任意の手段でモータ内に記録することが可能である。例えば、外部スイッチ472を省略し、不揮発性メモリでIDコード記録部470を構成することも可能である。通信部480は、駆動制御回路200から供給されたIDが、IDコード記録部470のIDと一致する場合には、オフセット補正值Poffsetとゲイン補正值Pgainをそれぞれの記憶部440, 450に格納する。オフセット補正回路420とゲイン補正回路430は、これらの補正值Poffset, Pgainに従って磁気センサ素子410の出力波形を補正する。補正後のセンサ出力は、増幅器460で増幅されて、センサ出力SSAとして出力される。

30

40

#### 【0047】

これらの説明から理解できるように、図9の回路要素420, 430, 440, 450は、センサ16Aの出力波形を補正する出力波形補正部として機能する。なお、記憶部440, 450は、不揮発性メモリで構成することが好ましい。

#### 【0048】

図10は、PWM制御部240(図7)の内部構成と動作を示す説明図である。PWM制御部240は、基本クロック生成回路510と、1/N分周器520と、PWM部53

50

0 と、正逆方向指示値レジスタ 540 と、乗算器 550, 552 と、符号化部 560, 562 と、AD変換部 570, 572 と、電圧指令値レジスタ 580 と、励磁区間設定部 590 とを備えている。

#### 【0049】

基本クロック生成回路 510 は、所定の周波数を有するクロック信号 PCL を発生する回路であり、例えば PLL 回路で構成される。分周器 520 は、このクロック信号 PCL の  $1/N$  の周波数を有するクロック信号 SDC を発生する。N の値は所定の一定値に設定される。この N の値は、予め CPU 220 (図 7(A)) によって分周器 520 に設定される。PWM 部 530 は、クロック信号 PCL, SDC と、乗算器 550, 552 から供給される乗算値 Ma, Mb と、正逆方向指示値レジスタ 540 から供給される正逆方向指示値 RI と、符号化部 560, 562 から供給される正負符号信号 Pa, Pb と、励磁区間設定部 590 から供給される励磁区間信号 Ea, Eb とに応じて、交流駆動信号 DRV A1, DRV A2, DRV B1, DRV B2 (図 8) を生成する。この動作については後述する。

10

#### 【0050】

正逆方向指示値レジスタ 540 内には、モータの回転方向を示す値 RI が CPU 220 によって設定される。本実施例では、正逆方向指示値 RI が L レベルのときにモータが正転し、H レベルのときに逆転する。

#### 【0051】

PWM 部 530 に供給される他の信号 Ma, Mb, Pa, Pb, Ea, Eb は以下のように決定される。なお、乗算器 550 と符号化部 560 と AD 変換部 570 は A 相用の回路であり、乗算器 552 と符号化部 562 と AD 変換部 572 は B 相用の回路である。これらの回路群の動作は同じなので、以下では A 相用の回路の動作について主に説明する。

20

#### 【0052】

磁気センサの出力 SSA は、AD 変換部 570 に供給される。このセンサ出力 SSA のレンジは、例えば GND (接地電位) から VDD (電源電圧) までであり、その中位点 ( $= VDD / 2$ ) が出力波形の中位点 (正弦波の原点を通る点) である。AD 変換部 570 は、このセンサ出力 SSA を AD 変換して、センサ出力のデジタル値を生成する。AD 変換部 570 の出力のレンジは、例えば FFh ~ 0h (語尾の "h" は 16 進数であることを示す) であり、中央値 80h がセンサ波形の中位点に相当する。

30

#### 【0053】

符号化部 560 は、AD 変換後のセンサ出力値のレンジを変換するとともに、センサ出力値の中位点の値を 0 に設定する。この結果、符号化部 560 で生成されるセンサ出力値 Xa は、正側の所定の範囲 (例えば +127 ~ 0) と負側の所定の範囲 (例えば 0 ~ -128) の値を取る。但し、符号化部 560 から乗算器 560 に供給されるのは、センサ出力値 Xa の絶対値であり、その正負符号は正負符号信号 Pa として PWM 部 530 に供給される。

#### 【0054】

電圧指令値レジスタ 580 は、CPU 220 によって設定された電圧指令値 Ya を格納する。この電圧指令値 Ya は、後述する励磁区間信号 Ea とともに、モータの印加電圧を設定する値として機能するものであり、例えば 0 ~ 1.0 の値を取る。仮に、非励磁区間を設けずに全区間を励磁区間とするように励磁区間信号 Ea を設定した場合には、Ya = 0 は印加電圧をゼロとすることを意味し、Ya = 1.0 は印加電圧を最大値とすることを意味する。乗算器 550 は、符号化部 560 から出力されたセンサ出力値 Xa と、電圧指令値 Ya とを乗算して整数化し、その乗算値 Ma を PWM 部 530 に供給する。

40

#### 【0055】

図 10(B) ~ 10(E) は、乗算値 Ma が種々の値を取る場合における PWM 部 530 の動作を示している。ここでは、全期間が励磁区間であり非励磁区間が無いものと仮定している。PWM 部 530 は、クロック信号 SDC の 1 周期の間に、デューティが Ma / N であるパルスを 1 つ発生させる回路である。すなわち、図 10(B) ~ 10(E) に示

50

ように、乗算値  $M_a$  が増加するに従って、駆動信号  $DRV A 1$  ,  $DRV A 2$  のパルスのデューティが増加する。なお、第 1 の駆動信号  $DRV A 1$  は、センサ出力  $SS A$  が正のときにのみパルスを発生する信号であり、第 2 の駆動信号  $DRV A 2$  はセンサ出力  $SS A$  が正のときにのみパルスを発生する信号であるが、図 10 ( B ) ~ 10 ( E ) ではこれらを合わせて記載している。また、便宜上、第 2 の駆動信号  $DRV A 2$  を負側のパルスとして描いている。

#### 【 0 0 5 6 】

図 11 ( A ) ~ 11 ( D ) は、センサ出力の波形と PWM 部 530 で生成される駆動信号の波形の対応関係を示す説明図である。図中、「  $H i z$  」はハイインピーダンス状態を意味している。図 10 で説明したように、A 相用の駆動信号  $DRV A 1$  ,  $DRV A 2$  は A 相センサ出力  $SS A$  のアナログ波形をそのまま利用した PWM 制御によって生成される。B 相用の駆動信号  $DRV B 1$  ,  $DRV B 2$  も同様である。従って、これらの駆動信号を用いて、A 相コイルと B 相コイルに、センサ出力  $SS A$  ,  $SS B$  の変化と対応するレベル変化を示す実効電圧を供給することが可能である。

#### 【 0 0 5 7 】

PWM 部 530 は、さらに、励磁区間設定部 590 から供給される励磁区間信号  $E a$  ,  $E b$  で示される励磁区間のみに駆動信号を出力し、励磁区間以外の区間（非励磁区間）では駆動信号を出力しないように構成されている。図 11 ( E ) , 11 ( F ) は、励磁区間信号  $E a$  ,  $E b$  によって励磁区間  $EP$  と非励磁区間  $NEP$  を設定した場合の駆動信号波形を示している。励磁区間  $EP$  では図 11 ( C ) , 11 ( D ) の駆動信号パルスがそのまま発生し、非励磁区間  $NEP$  では駆動信号パルスが発生しない。このように、励磁区間  $EP$  と非励磁区間  $NEP$  を設定するようにすれば、逆起電力波形の中位点近傍（すなわち、センサ出力の中位点近傍）においてコイルを電圧を印加しないので、モータの効率をさらに向上させることが可能である。なお、励磁区間  $EP$  は、逆起電力波形（誘起電圧波形）のピークを中心とする対称な区間に設定されることが好ましく、非励磁区間  $NEP$  は、逆起電力波形の中位点（中心点）を中心とする対称な区間に設定されることが好ましい。

#### 【 0 0 5 8 】

なお、前述したように、電圧指令値  $Y a$  を 1 未満の値に設定すれば、乗算値  $M a$  が電圧指令値  $Y a$  に比例して小さくなる。従って、電圧指令値  $Y a$  によっても、実行的な印加電圧を調整することが可能である。

#### 【 0 0 5 9 】

上述の説明から理解できるように、本実施例のモータでは、電圧指令値  $Y a$  と、励磁区間信号  $E a$  との両方を利用して印加電圧を調整することが可能である。B 相についても同様である。望ましい印加電圧と、電圧指令値  $Y a$  及び励磁区間信号  $E a$  との関係は、予め駆動制御回路 300 内のメモリにテーブルとして格納されていることが望ましい。こうすれば、駆動制御回路 300 が、外部から望ましい印加電圧を受信したときに、CPU 220 がその制御信号に応じて、電圧指令値  $Y a$  と、励磁区間信号  $E a$  とを PWM 制御部 240 に設定することが可能である。なお、印加電圧の調整には、電圧指令値  $Y a$  と、励磁区間信号  $E a$  の両方を利用する必要はなく、いずれか一方のみを利用するようにしてもよい。

#### 【 0 0 6 0 】

図 12 は、PWM 部 530（図 10）の内部構成の一例を示すブロック図である。PWM 部 530 は、カウンタ 531 , 532 と、EXOR 回路 533 , 534 と、駆動波形形成部 535 , 536 とを備えている。カウンタ 531 と EXOR 回路 533 と駆動波形形成部 535 は A 相用の回路であり、カウンタ 532 と EXOR 回路 534 と駆動波形形成部 536 は B 相用の回路である。これらは以下のように動作する。

#### 【 0 0 6 1 】

図 13 は、モータ正転時の PWM 部 530 の動作を示すタイミングチャートである。この図には、2 つのクロック信号  $PC L$  ,  $SD C$  と、正逆方向指示値  $RI$  と、励磁区間信号  $E a$  と、乗算値  $M a$  と、正負符号信号  $Pa$  と、カウンタ 531 内のカウント値  $CM 1$  と、

10

20

30

40

50

カウンタ531の出力S1と、EXOR回路533の出力S2と、駆動波形形成部535の出力信号DRVA1, DRVA2とが示されている。カウンタ531は、クロック信号SDCの1期間毎に、クロック信号PCLに同期してカウント値CM1を0までダウンカウントする動作を繰り返す。カウント値CM1の初期値は乗算値Maに設定される。なお、図13では、図示の便宜上、乗算値Maとして負の値も描かれているが、カウンタ531で使用されるのはその絶対値 $|Ma|$ である。カウンタ531の出力S1は、カウント値CM1が0で無い場合にはHレベルに設定され、カウント値CM1が0になるとLレベルに立ち下がる。

#### 【0062】

EXOR回路533は、正負符号信号Paと正逆方向指示値RIとの排他的論理和を示す信号S2を出力する。モータが正転する場合には、正逆方向指示値RIがLレベルである。従って、EXOR回路533の出力S2は、正負符号信号Paと同じ信号となる。駆動波形形成部535は、カウンタ531の出力S1と、EXOR回路533の出力S2から、駆動信号DRVA1, DRVA2を生成する。すなわち、カウンタ531の出力S1のうち、EXOR回路533の出力S2がLレベルの期間の信号を第1の駆動信号DRVA1として出力し、出力S2がHレベルの期間の信号を第2の駆動信号DRVA2として出力する。なお、図13の右端部付近では、励磁区間信号EaがLレベルに立ち下がり、これによって非励磁区間NEPが設定されている。従って、この非励磁区間NEPでは、いずれの駆動信号DRVA1, DRVA2も出力されず、ハイインピーダンス状態に維持される。

#### 【0063】

図14は、モータ逆転時のPWM部530の動作を示すタイミングチャートである。モータ逆転時には、正逆方向指示値RIがHレベルに設定される。この結果、2つの駆動信号DRVA1, DRVA2が図13から入れ替わっており、この結果、モータが逆転することが理解できる。なお、PWM部530のB相用の回路532, 534, 536も上述と同様に動作する。

#### 【0064】

図15は、励磁区間設定部590の内部構成と動作を示す説明図である。励磁区間設定部590は、電子可変抵抗器592と、電圧比較器594, 596と、OR回路598とを有している。電子可変抵抗器592の抵抗値Rvは、CPU220によって設定される。電子可変抵抗器592の両端の電圧V1, V2は、電圧比較器594, 596の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器594, 596の他方の入力端子には、センサ出力SSAが供給されている。なお、図15ではB相用の回路は図示の便宜上省略されている。電圧比較器594, 596の出力信号Sp, Snは、OR回路598に入力されている。OR回路598の出力は、励磁区間と非励磁区間とを区別するための励磁区間信号Eaである。

#### 【0065】

図15(B)は、励磁区間設定部590の動作を示している。電子可変抵抗器592の両端電圧V1, V2は、抵抗値Rvを調整することによって変更される。具体的には、両端電圧V1, V2は、電圧レンジの中央値( $=VDD/2$ )からの差分が等しい値に設定される。センサ出力SSAが第1の電圧V1よりも高い場合には第1の電圧比較器594の出力SpがHレベルとなり、一方、センサ出力SSAが第2の電圧V2よりも低い場合には第2の電圧比較器596の出力SnがHレベルとなる。励磁区間信号Eaは、これらの出力信号Sp, Snの論理和を取った信号である。従って、図15(B)の下部に示すように、励磁区間信号Eaは、励磁区間EPと非励磁区間NEPとを示す信号として使用することができる。励磁区間EPと非励磁区間NEPの設定は、CPU220が可変抵抗値Rvを調整することによって行なわれる。

#### 【0066】

### C. センサ出力の補正：

図16は、センサ出力のオフセット補正の内容を示す説明図である。図16(A)は、

センサ出力の望ましい出力波形  $S_{ideal}$  を示している。図 16 (B) は、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  よりも上側にシフトしたセンサ出力  $S_{up}$  と、下側にシフトしたセンサ出力  $S_{down}$  の例を示している。このような場合には、シフトしているセンサ出力（例えば  $S_{up}$ ）に上下オフセット  $P_{offset1}$  を加えることによって、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  に近い波形に補正することができる。この補正は、例えば、出力波形の中位点（出力レベルの中央値を取る位置）が、センサの出力電圧レンジ（ $GND \sim VDD$ ）の中央値  $VDD/2$  から、所定の許容範囲内に収まるように実行される。

#### 【0067】

図 16 (C) は、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  よりも右側にシフトしたセンサ出力波形  $S_{right}$  と、左側にシフトしたセンサ出力  $S_{left}$  の例を示している。このような場合には、シフトしているセンサ出力（例えば  $S_{right}$ ）に左右オフセット  $P_{offset2}$  を加えることによって、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  に近い波形に補正することができる。この補正は、出力波形の中位点（出力レベルの中央値を取る位置）の位相が、センサの出力電圧レンジ（ $GND \sim VDD$ ）が中央値  $VDD/2$  を取る位置の位相から、所定の許容範囲内に収まるように実行される。なお、センサ出力が左右方向にオフセットしているか否かは、モータのロータ部を所定の規定位置（出力波形の中位点となるべき位置）に停止させて、センサ出力がセンサの出力電圧レンジの中央値  $VDD/2$  となっているか否かを調べることによって判定することができる。

#### 【0068】

このように、オフセットとしては上下オフセット  $P_{offset1}$  と左右オフセット  $P_{offset2}$  との両方を補正可能である。但し、これらの 2 つのオフセットのうち的一方のみを補正するようにしても実用上は十分な場合が多い。そこで、後述する手順では、2 種類のオフセットのうちで上下オフセット  $P_{offset1}$  のみを補正する場合を説明する。

#### 【0069】

図 17 は、センサ出力のゲイン補正の内容を示す説明図である。図 17 (A) は、センサ出力の望ましい出力波形  $S_{ideal}$  を示しており、これは図 16 (A) と同じものである。図 17 (B) は、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  よりもピークの小さなセンサ出力波形  $S_{small}$  の例を示している。この場合には、センサ出力  $S_{small}$  に 1 よりも大きなゲイン  $P_{gain}$  を乗じることによって、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  に近い波形に補正することができる。より具体的に言えば、このゲイン補正は、補正後のセンサ出力のピーク値が、所定の許容範囲に収まるように実行される。図 17 (C) は、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  よりもピークの大きなセンサ出力波形  $S_{large}$  の例を示している。なお、この出力波形  $S_{large}$  では、電圧範囲の最大値  $VDD$ （電源電圧）を超えるところは  $VDD$  に止まるので、一点鎖線で示すようにピーク部分が扁平になった波形が観察される。この場合には、センサ出力  $S_{large}$  に 1 よりも小さなゲイン  $P_{gain}$  を乗じることによって、望ましいセンサ出力  $S_{ideal}$  に近い波形に補正することができる。

#### 【0070】

図 18 は、センサ出力のキャリブレーション手順を示すフローチャートである。ステップ S100 では、キャリブレーション用の駆動制御回路 200 をモータ本体 100 に装着する（図 7 (A)）。ステップ S200 では図 16 (B) で説明したオフセット補正を行い、ステップ S300 では図 17 (B)、(C) で説明したゲイン補正を行う。ステップ S400 では、駆動制御回路を、実用時の回路 300（図 7 (B)）に交換する。

#### 【0071】

図 19 は、ステップ S200 におけるオフセット補正の詳細手順を示すフローチャートである。なお、以下では A 相センサのオフセット補正を説明するが、B 相センサについても同じ補正が行われる。なお、1 つの磁気センサについてオフセット補正が行われる際には、CPU 220 によって、補正対象となる磁気センサの ID が最初に指定され、指定された磁気センサに関して補正処理が開始される。

#### 【0072】

ステップ S210 では、ロータ部 30（図 1）を回転させて、磁石の S 極と N 極との境

10

20

30

40

50

界位置で磁気センサ 16 A を停止させる。この操作は、例えば、モータ本体の蓋を開けて手動で行うことができる。ステップ S 220 では、オフセット Poffset の初期値を駆動制御回路 200 から磁気センサ 16 A に送信し、磁気センサ 16 A 内のオフセット記憶部 440 ( 図 9 ) 内に記憶させる。なお、オフセット Poffset の初期値としては、任意の値を使用することができる。但し、オフセット補正によってオフセット Poffset を増加したり減少したりできるように、その初期値を 0 でない正の値に設定しておくことが好ましい。

【 0073 】

ステップ S 230 では、磁気センサ 16 A が出力する出力信号 S S A の電圧 Ebc を測定する。ステップ S 240 では、測定された電圧 Ebc が許容範囲の最小値 E 1min ( 図 16 ( B ) 参照 ) 以上であるか否かが判定される。電圧 Ebc が許容範囲の最小値 E 1min よりも小さい場合には電圧 Ebc が許容範囲外にあるので、ステップ S 250 に移行して、オフセット値 Poffset を 1 つ加算し、ステップ S 280 で磁気センサ 16 A にオフセット値 Poffset を書き込む。一方、ステップ S 240 において電圧 Ebc が許容範囲の最小値 E 1min 以上の場合には、ステップ S 260 において、電圧 Ebc が許容範囲の最大値 E 1max 以下であるか否かがさらに判定される。電圧 Ebc が許容範囲の最大値 E 1max よりも大きい場合には電圧 Ebc が許容範囲外にあるので、ステップ S 270 に移行して、オフセット値 Poffset を 1 つ減算し、ステップ S 280 で磁気センサ 16 A にオフセット値 Poffset を書き込む。一方、ステップ S 260 において電圧 Ebc が許容範囲の最大値 E 1max 以下である場合には、電圧 Ebc が許容範囲内に収まっているので、図 19 の処理を終了する。

【 0074 】

図 20 は、ステップ S 300 におけるゲイン補正の詳細手順を示すフローチャートである。ゲイン補正についても、A 相センサの補正のみを説明する。なお、1 つの磁気センサについてゲイン補正が行われる際には、CPU 220 によって、補正対象となる磁気センサの ID が最初に指定され、指定された磁気センサの補正処理が開始される。

【 0075 】

ステップ S 310 では、ロータ部 30 ( 図 1 ) を回転させて、磁石の S 極又は N 極と正対する位置で磁気センサ 16 A を停止させる。この位置は、磁気センサ 16 A の磁束密度が最大となる位置である。この操作は、例えばモータ本体の蓋を開けて手動で行うことができる。ステップ S 320 では、ゲイン Pgain の初期値を駆動制御回路 200 から磁気センサ 16 A に送信し、磁気センサ 16 A 内のゲイン記憶部 450 ( 図 9 ) 内に記憶させる。なお、ゲイン Pgain の初期値としては、任意の値を使用することができるが、0 でない正の値に設定しておくことが好ましい。

【 0076 】

ステップ S 330 では、磁気センサ 16 A の出力信号 S S A の電圧 Ebm を測定する。ステップ S 340 では、測定された電圧 Ebm が許容範囲の最小値 E 2min ( 図 17 ( B ) 参照 ) 以上であるか否かが判定される。電圧 Ebm が許容範囲の最小値 E 2min よりも小さい場合には電圧 Ebm が許容範囲外にあるので、ステップ S 350 に移行して、ゲイン値 Pgain を 1 つ加算し、ステップ S 380 で磁気センサ 16 A にゲイン値 Pgain を書き込む。一方、ステップ S 340 において電圧 Ebm が許容範囲の最小値 E 2min 以上の場合には、ステップ S 360 において、電圧 Ebm が許容範囲の最大値 E 2max 以下であるか否かがさらに判定される。電圧 Ebm が許容範囲の最大値 E 2max よりも大きい場合には電圧 Ebm が許容範囲外にあるので、ステップ S 370 に移行して、ゲイン値 Pgain を 1 つ減算し、ステップ S 380 で磁気センサ 16 A にゲイン値 Pgain を書き込む。一方、ステップ S 360 において電圧 Ebm が許容範囲の最大値 E 2max 以下である場合には、電圧 Ebm が許容範囲内に収まっているので、図 20 の処理を終了する。

【 0077 】

なお、ゲイン補正時の許容範囲の最大値 E 2max としては、センサ出力が取りうる最大値 ( すなわち電源電圧 VDD ) よりも若干小さい値が好ましい。この理由は、センサ出力の電圧は電源電圧 VDD よりも大きく成り得ないので、許容範囲の最大値 E 2max を電源電圧 VDD に設定すると、補正前のセンサ出力 S S A のピークが、図 17 ( C ) に一点鎖

10

20

30

40

50

線で示すようにつぶれているか否かを判定できない可能性があるからである。

【0078】

以上のように、本実施例の電動モータでは、磁気センサ16A、26Bのそれぞれについて、出力波形のオフセット補正とゲイン補正をそれぞれ行うことが可能である。また、駆動制御回路300は、これらのセンサのアナログ出力の連続的变化を利用して駆動信号を生成している。従って、磁気センサ16A、26Bの出力を所定の波形形状に補正することによって、高効率で振動や騒音の少ないモータを実現することが可能である。

【0079】

D. 駆動制御回路の他の実施例：

図21は、キャリブレーション用の駆動制御回路の他の実施例を示すブロック図である。この駆動制御回路200aは、図7(A)に示した駆動制御回路200から、電源回路210と、PWM制御部240と、ドライバ回路250とを省略したものである。モータ本体100aへの電源は、接続部90を介して直接モータ本体100aに供給される。PWM制御部240と、ドライバ回路250は、モータ本体100aの内部に設けられている。このような構成によっても、図7に示すモータと同様にセンサの出力波形を補正してモータを高効率で運転することが可能である。

【0080】

図22は、本発明のさらに他の実施例における磁気センサと駆動信号生成回路の構成を示すブロック図である。この実施例では、磁気センサ16A、26Bは、磁気センサ素子のみを含んでおり、図9に示した磁気センサ内の他の回路要素420～480は磁気センサ内には含まれていない。駆動信号生成回路600は、増幅器610、620と、AD変換部612、622と、オフセット補正回路614、624と、ゲイン補正回路616、626と、PWM制御部240と、補正值記憶部660と、通信部670とを有している。オフセット補正回路614、624は図9に示したオフセット補正回路420と同じものであり、ゲイン補正回路616、626は図9に示したゲイン補正回路430と同じものである。補正值記憶部660は、A相センサ16AとB相センサ26Bの両方に関するオフセット補正值及びゲイン補正值を、それぞれのIDコードと関連付けて記憶している。PWM制御部240は、図10に示したものと同一である。通信部670は、I/Oインタフェース230を介してCPU220と接続されている。キャリブレーション時には、センサ16A、26Bの出力が増幅器610、620で増幅され、AD変換部232でデジタル信号に変換された後に、I/Oインタフェース230を介してCPU220に供給される。

【0081】

なお、図22の回路構成では、例えば駆動信号生成回路600とドライバ回路250をモータ本体内に設置し、CPU220とI/Oインタフェース230とAD変換部232とを備える回路をモータ本体の接続部90(図7(A))に接続するように構成することができる。このような回路構成を採用しても、上記実施例と同様に、センサの出力波形を補正してモータを高効率で運転することが可能である。

【0082】

図23は、駆動信号生成回路の他の実施例を示すブロック図である。この駆動信号生成回路600aは、図22に示した駆動信号生成回路600のPWM制御部240を、プリアンプ部630とアンプ部640とで置き換えたものであり、他の構成は図22と同一である。プリアンプ部630とアンプ部640は、補正されたアナログセンサ出力をそのまま増幅することによって、駆動信号を生成する。このように、PWM制御を利用せずに、アナログ回路を用いてセンサ出力を増幅する場合にも、上述したセンサ波形の補正を行うことによって、モータを高効率で運転することが可能である。

【0083】

E. センサ出力補正の他の実施手順：

図24は、オフセット補正の他の実施手順を示すフローチャートである。ステップS1200では、CPU220がロータ部30を回転させる。図24の手順では、ロータ部3

10

20

30

40

50

0 が回転し続ける状態で、CPU 220 がステップ S 1210 以降のオフセット補正を実行する。ステップ S 1210 では、オフセット Poffset の初期値を駆動制御回路 200 から磁気センサ 16A に送信し、磁気センサ 16A 内のオフセット記憶部 440 (図 9) 内に記憶させる。この処理は、図 19 のステップ S 220 と同じである。

【0084】

ステップ S 1220 では、センサ出力の最大電圧 Ebcmax と最小電圧 Ebcmin とを取得する。これらの電圧 Ebcmax, Ebcmin は、例えば図 16 (B) に示したセンサ出力 SSup (又は S Sdown) の上ピーク値と下ピーク値に相当する。ステップ S 1230 では、最大電圧 Ebcmax と最小電圧 Ebcmin の平均値 Ebc typ が算出される。この平均値 Ebc typ は、センサの出力波形の中位点に相当する電圧値である。

10

【0085】

ステップ S 1240 ~ S 1280 は、図 19 のステップ S 240 ~ S 280 とほぼ同じであり、図 19 の電圧値 Ebc を上述の平均値 Ebc typ で置き換えたものに相当する。すなわち、ステップ S 1240 ~ S 1280 では、平均値 Ebc typ が図 16 (B) に示した許容範囲に収まるようにオフセット値 Poffset が調整される。

【0086】

この例からも理解できるように、オフセット補正は、センサ電圧のピーク電圧を利用しに行くことも可能である。なお、図 24 の手順では、図 19 の手順のようにセンサ出力波形の注意点に相当する位置にロータ部を位置決めする必要があるないので、補正作業が容易であるという利点がある。

20

【0087】

図 25 は、ゲイン補正の他の実施手順を示すフローチャートである。ステップ S 1300 では、CPU 220 がロータ部 30 を回転させる。図 25 の手順では、ロータ部 30 が回転し続ける状態で、CPU 220 がステップ S 1310 以降のゲイン補正を実行する。ステップ S 1310 では、ゲイン Pgain の初期値を駆動制御回路 200 から磁気センサ 16A に送信し、磁気センサ 16A 内のゲイン記憶部 450 (図 9) 内に記憶させる。この処理は、図 20 のステップ S 320 と同じである。

【0088】

ステップ S 1320 では、センサ出力の最大電圧 Ebmmax を所定回数取得する。この最大電圧 Ebmmax は、例えば図 17 (B) に示したセンサ出力 S Ssmall (又は図 17 (C) の S Slarge) の上ピーク値に相当する。なお、上ピーク値の代わりに下ピーク値を所定回取得してもよい。なお、ロータ部が 1 回転する間に現れる上ピーク値の個数は、モータの極数 P の 1/2 に等しい。図 1 に示した 6 極モータでは、上ピーク値は 1 回転に 3 回現れる。ステップ S 1320 では、 $(P \times N) / 2$  個の最大電圧 Ebmmax をサンプリングすることが好ましい。ここで、N は 1 以上の所定の整数であり、2 以上であることが好ましい。ステップ S 1230 では、 $(P \times N) / 2$  個の最大電圧 Ebmmax の平均値 Ebmave が算出される。

30

【0089】

ステップ S 1340 ~ S 1380 は、図 20 のステップ S 340 ~ S 380 とほぼ同じであり、図 20 の電圧値 Ebm を上述の平均値 Ebmave で置き換えたものに相当する。すなわち、ステップ S 1340 ~ S 1380 では、平均値 Ebmave が図 17 (B) に示した許容範囲に収まるようにゲイン値 Pgain が調整される。

40

【0090】

図 25 の手順では、図 20 の手順のようにセンサ出力波形の注意点に相当する位置にロータ部を位置決めする必要があるないので、補正作業が容易であるという利点がある。また、複数のピーク電圧の平均値を用いてゲイン補正を行うので、複数の磁石の全体を考慮にいたった上で、最も好ましいゲインを設定することが可能である。

【0091】

図 26 は、ゲイン補正のさらに他の実施手順を示すフローチャートである。図 26 の手順は、図 25 のステップ S 1330, S 1340, S 1360 を、ステップ S 1335,

50



S 1 3 4 5 , S 1 3 6 5 に置き換えたものであり、他の手順は図 2 5 と同じである。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 1 3 3 5 では、 $(P \times N) / 2$  個の最大電圧  $E_{bmmax}$  の中の最大値  $E_{bmpk}$  が選択される。ステップ S 1 3 4 5 , S 1 3 6 5 では、この最大値  $E_{bmpk}$  を用いてゲイン補正が行われる。このようにしても、適切なゲイン補正值  $P_{gain}$  を求めることが可能である。

【 0 0 9 3 】

なお、図 2 6 のステップ S 1 3 4 5 , S 1 3 6 5 で使用されるしきい値  $E_{2min}$  ,  $E_{2max}$  の値は、図 2 5 のステップ S 1 3 4 0 , S 1 3 6 0 で使用されるこれらのしきい値  $E_{2min}$  ,  $E_{2max}$  とは異なる値を利用してもよい。

10

【 0 0 9 4 】

F . 変形例 :

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【 0 0 9 5 】

F 1 . 変形例 1 :

上記実施例では、センサ出力波形の補正としてゲイン補正とオフセット補正の両方を実行するものとしたが、これらの一方のみを補正するようにしてもよい。また、これらの以外の種類の補正を利用してセンサ出力波形を所望の波形形状に補正するようにしてもよい。なお、上記実施例ではセンサ出力や逆起電力の波形が正弦波であるものとしたが、これらの波形が正弦波と若干異なる場合も本発明を適用可能である。

20

【 0 0 9 6 】

F 2 . 変形例 2 :

上記実施例ではアナログ磁気センサを利用していたが、アナログ磁気センサの代わりに、多値のアナログ的出力を有するデジタル磁気センサを使用してもよい。アナログ磁気センサも多値出力を有するデジタル磁気センサも、アナログ的变化を示す出力信号を有する点で共通している。なお、本明細書において、「アナログ的变化を示す出力信号」とは、オン / オフの 2 値出力ではなく、3 値以上の多数レベルを有するデジタル出力信号と、アナログ出力信号との両方を包含する広い意味で使用されている。

30

【 0 0 9 7 】

F 3 . 変形例 3 :

上記実施例では、キャリブレーション時の駆動制御回路と実用時の駆動制御回路をそれぞれ用いていたが、この代わりに、キャリブレーション時にも実用時の駆動制御回路をそのまま使用し、キャリブレーション用の回路を接続部 9 0 に接続するようにしてもよい。このキャリブレーション用の回路としては、センサの出力波形の補正值をモータ内に登録する機能を有する任意の回路を利用することができる。

【 0 0 9 8 】

F 4 . 変形例 4 :

PWM 回路としては、図 1 0 に示した回路以外の種々の回路構成を採用することが可能である。例えば、センサ出力と基準三角波とを比較することによって PWM 制御を行う回路を利用してもよい。この場合には、PWM 制御時において、望ましい印加電圧に応じてセンサ出力のゲインが調整されるが、このゲイン調整は、図 1 7 で説明したゲイン補正とは異なるものである。換言すれば、図 1 7 で説明したゲイン補正は、望ましい印加電圧のレベルに拘わらず、センサ出力を所望の波形に整形するための補正である。

40

【 0 0 9 9 】

F 5 . 変形例 5 :

上記実施例では、6 極 2 相のブラシレス DC モータを説明したが、本発明はこれ以外の種々の電動モータに適用可能である。例えば、極数と相数としては、それぞれ任意の整数を採用することができる。なお、単相モータ等において、センサが 1 つのみしか設けられ

50

ていない場合には、センサの I D は不要である。

【 0 1 0 0 】

F 6 . 変形例 6 :

本発明のモータは、ファンモータ、時計（針駆動）、ドラム式洗濯機（単一回転）、ジェットコースタ、振動モータなどの種々の装置のモータに適用可能である。本発明をファンモータに適用した場合には、種々の効果（低消費電力、低振動、低騒音、低回転ムラ、低発熱、高寿命）が特に顕著である。このようなファンモータは、例えば、デジタル表示装置や、車載機器、燃料電池式携帯電話などの各種装置のファンモータとして使用することができる。本発明のモータは、さらに、各種の家電機器や電子機器のモータとしても利用可能である。例えば、光記憶装置や、磁気記憶装置、ポリゴンミラー駆動装置等において、本発明によるモータをスピンドルモータとして使用することが可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 1 】

【図 1】実施例における電動モータのモータ本体の構成を示す断面図である。

【図 2】実施例におけるコイル列と磁石列の位置関係を示す説明図である。

【図 3】磁気センサの出力波形を示す説明図である。

【図 4】コイルの印加電圧と逆起電力との関係を示す模式図である。

【図 5】コイルの結線方法を示す説明図である。

【図 6】実施例における電動モータの動作原理を示す説明図である。

【図 7】実施例のモータの駆動制御回路の構成を示すブロック図である。

20

【図 8】ドライバ回路の内部構成を示す図である。

【図 9】磁気センサの内部構成を示すブロック図である。

【図 10】P W M 制御部 2 4 0 の内部構成と動作を示す説明図である。

【図 11】センサ出力波形と駆動信号波形の対応関係を示す説明図である。

【図 12】P W M 部の内部構成を示すブロック図である。

【図 13】モータ正転時の P W M 部の動作を示すタイミングチャートである。

【図 14】モータ逆転時の P W M 部の動作を示すタイミングチャートである。

【図 15】励磁区間設定部の内部構成と動作を示す説明図である。

【図 16】センサ出力のオフセット補正の内容を示す説明図である。

【図 17】センサ出力のゲイン補正の内容を示す説明図である。

30

【図 18】センサ出力のキャリブレーション手順を示すフローチャートである。

【図 19】オフセット補正の詳細手順を示すフローチャートである。

【図 20】ゲイン補正の詳細手順を示すフローチャートである。

【図 21】キャリブレーション用の駆動制御回路の他の実施例を示すブロック図である。

【図 22】本発明のさらに他の実施例における磁気センサと駆動信号生成回路の構成を示すブロック図である。

【図 23】駆動信号生成回路の他の実施例を示すブロック図である。

【図 24】オフセット補正の他の実施手順を示すフローチャートである。

【図 25】ゲイン補正の他の実施手順を示すフローチャートである。

【図 26】ゲイン補正のさらに他の実施手順を示すフローチャートである。

40

【符号の説明】

【 0 1 0 2 】

1 0 ... ステータ部

1 2 A ... 支持部材

1 4 A ... A 相コイル列

1 6 A ... A 相センサ（アナログ磁気センサ）

2 2 B ... 支持部材

2 4 B ... B 相コイル列

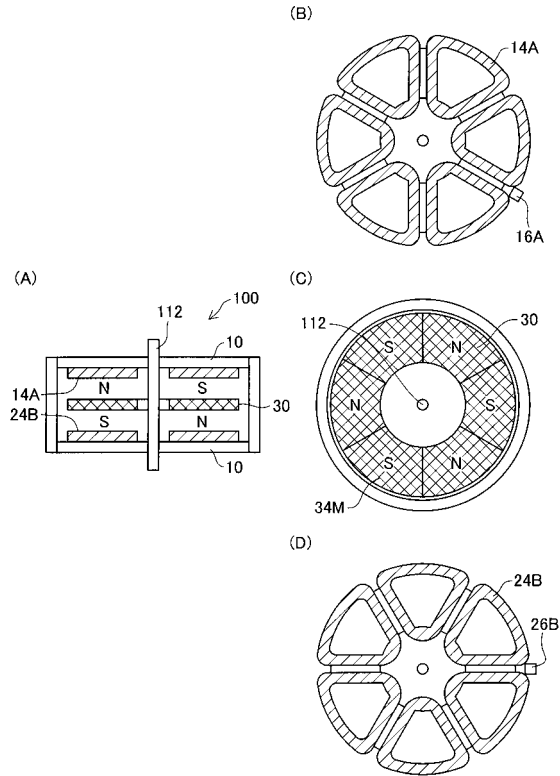
2 6 B ... B 相センサ（アナログ磁気センサ）

3 0 ... ロータ部

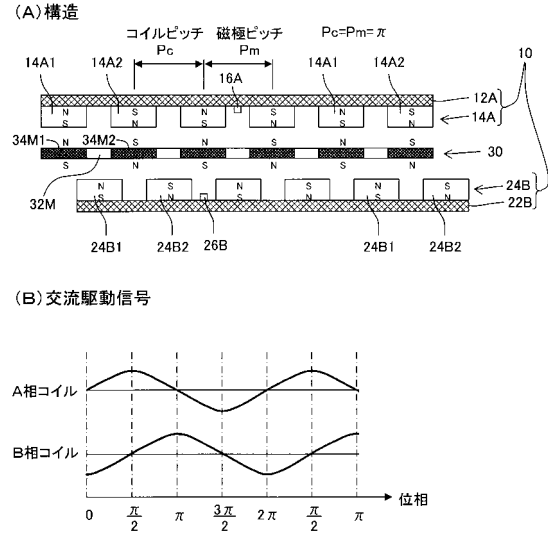
50

3 2 M ... 支持部材	
3 4 M ... 磁石列	
9 0 ... 接続部	
1 0 0 ... モータ本体	
1 1 2 ... 回転軸	
2 0 0 ... 駆動制御回路 ( キャリブレーション時 )	
2 1 0 ... 電源回路	
2 2 0 ... C P U	
2 3 0 ... I / O インタフェース	
2 3 2 ... A D 変換部	10
2 4 0 ... P W M 制御部	
2 5 0 ... ドライバ回路	
2 5 2 ... A 相ドライバ回路	
2 5 4 ... B 相ドライバ回路	
2 6 0 ... 通信部	
3 0 0 ... 駆動制御回路 ( 実用時 )	
4 1 0 ... 磁気センサ素子	
4 2 0 ... オフセット補正回路	
4 3 0 ... ゲイン補正回路	
4 4 0 ... オフセット記憶部	20
4 5 0 ... ゲイン記憶部	
4 6 0 ... 増幅器	
4 7 0 ... I D コード記録部	
4 8 0 ... 通信部	
5 1 0 ... 基本クロック生成回路	
5 2 0 ... 分周器	
5 3 0 ... P W M 部	
5 3 1 , 5 3 2 ... カウンタ	
5 3 3 , 5 3 4 ... E X O R 回路	
5 3 5 , 5 3 6 ... 駆動波形形成部	30
5 4 0 ... レジスタ	
5 5 0 , 5 5 2 ... 乗算器	
5 6 0 , 5 6 2 ... 符号化部	
5 7 0 , 5 7 2 ... A D 変換部	
5 8 0 ... 電圧指令値レジスタ	
5 9 0 ... 励磁区間設定部	
5 9 2 ... 電子可変抵抗器	
5 9 4 , 5 9 6 ... 電圧比較器	
5 9 8 ... O R 回路	
6 0 0 ... 駆動信号生成回路	40
6 1 0 , 6 2 0 ... 増幅器	
6 1 2 , 6 2 2 ... A D 変換部	
6 1 4 , 6 2 4 ... オフセット補正回路	
6 1 6 , 6 2 6 ... ゲイン補正回路	
6 3 0 ... プリアンプ部	
6 4 0 ... アンプ部	
6 6 0 ... 記憶部	
6 7 0 ... 通信部	

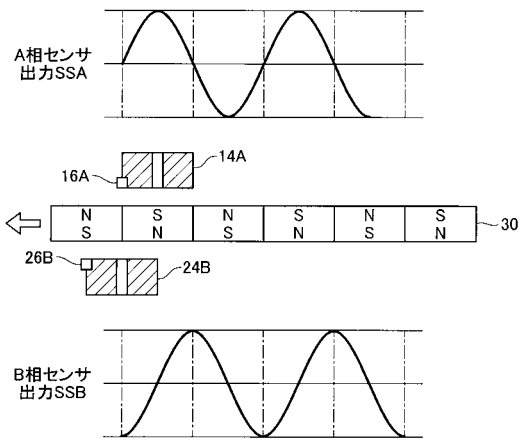
【図 1】



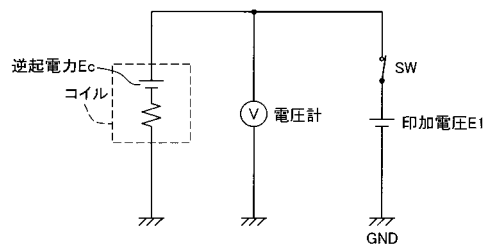
【図 2】



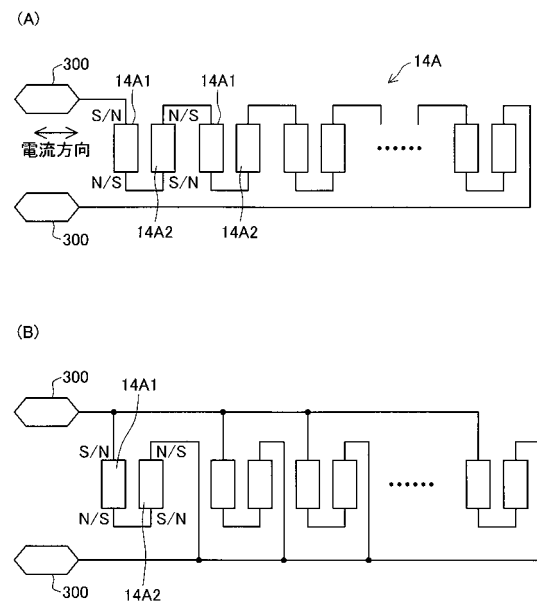
【図 3】



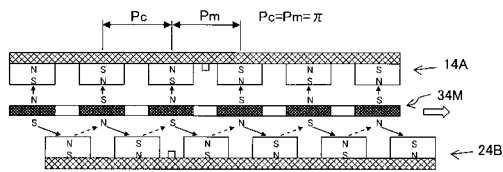
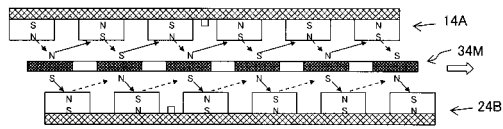
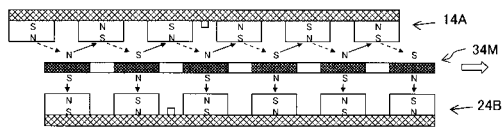
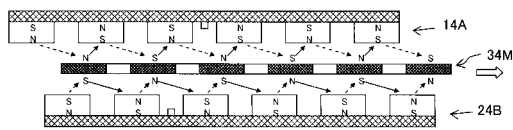
【図 4】



【図 5】

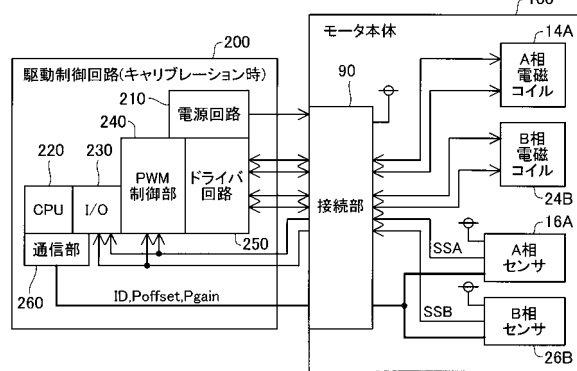


【図 6】

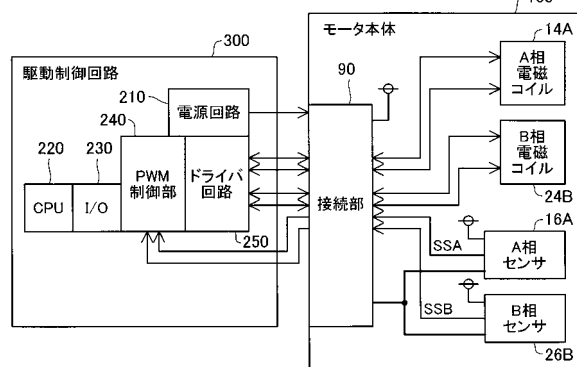
(A) 位相 $=2\pi$  直前 ( $2\pi$  で A 相が極性反転)(B) 位相 $=\pi/4$ (C) 位相 $=\pi/2$  直前 ( $\pi/2$  で B 相が極性反転)(D) 位相 $=3\pi/4$ 

【図 7】

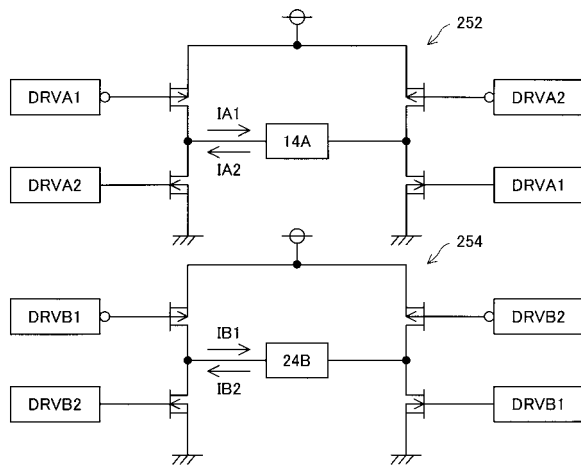
(A) センサ波形のキャリブレーション時の構成



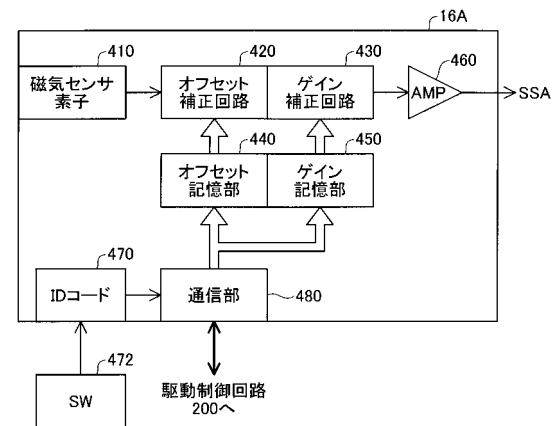
(B) 実用時の構成



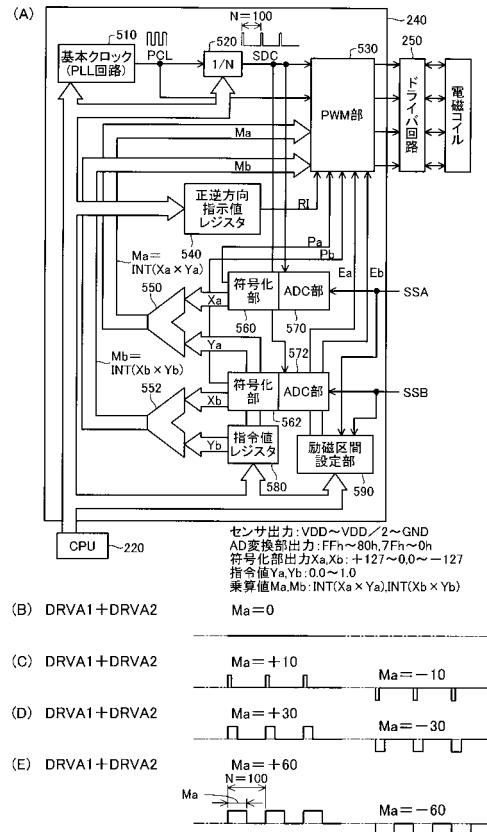
【図 8】



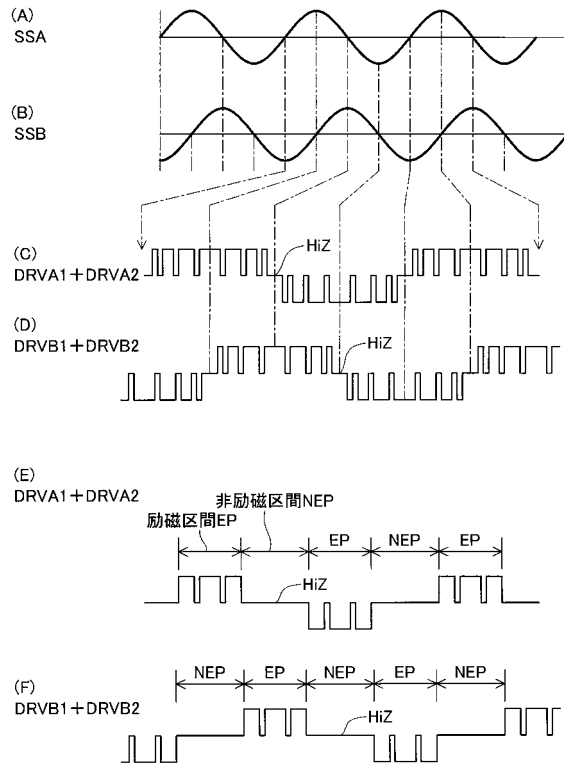
【図 9】



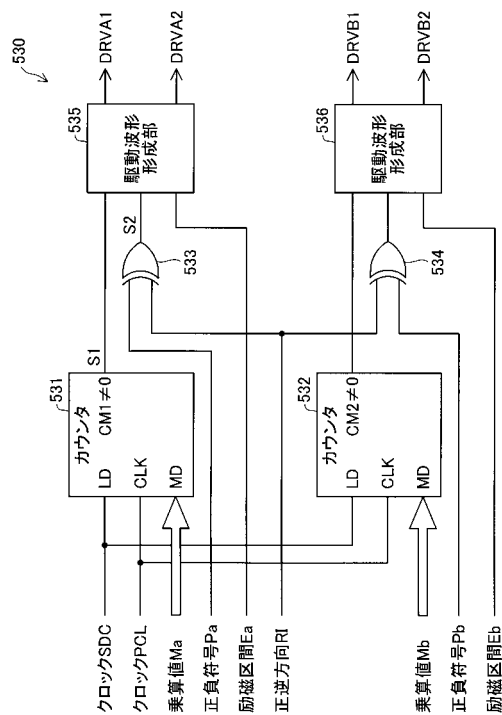
【図10】



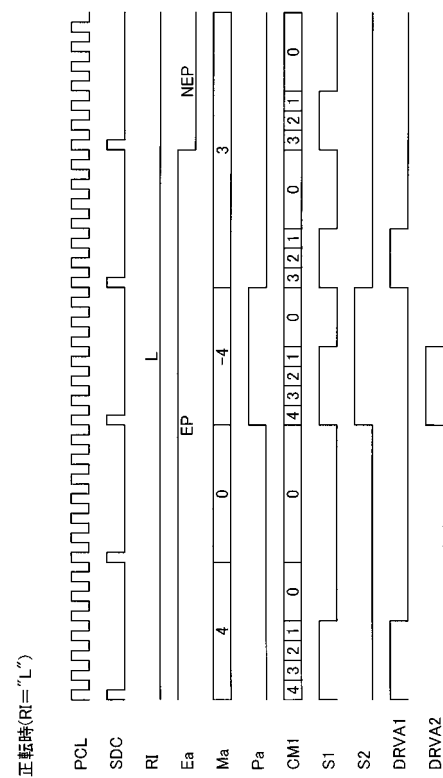
【図11】



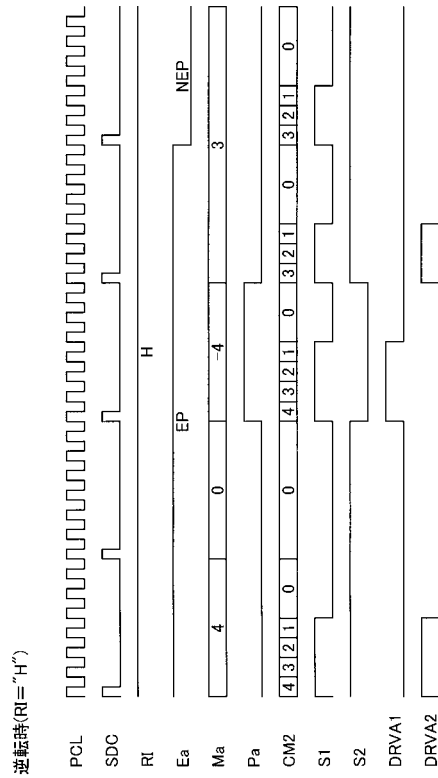
【図12】



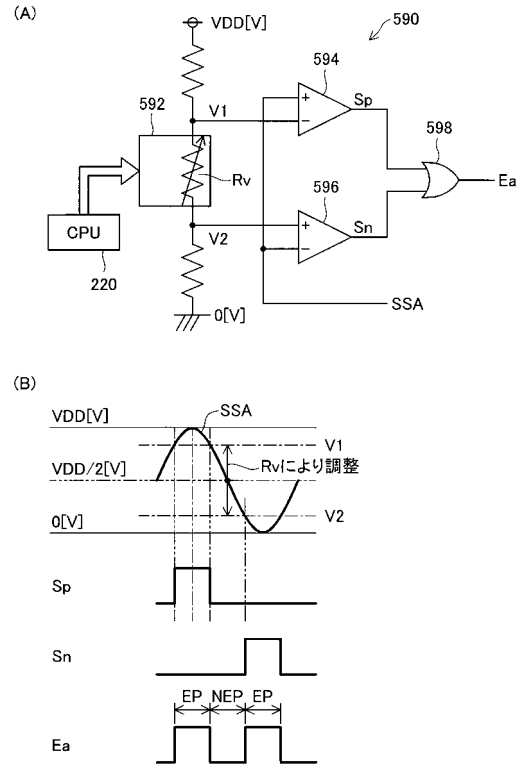
【図13】



【図14】

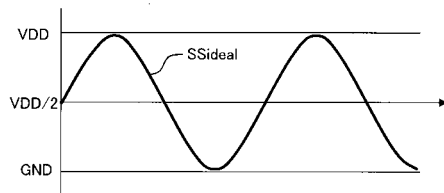


【図15】

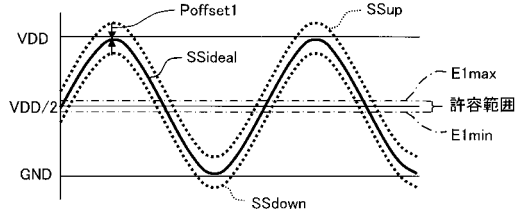


【図16】

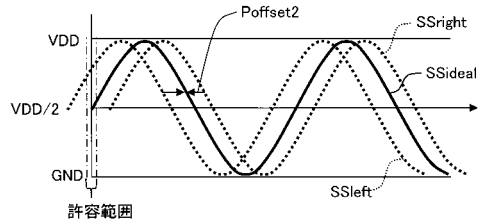
(A) 望ましいセンサ出力



(B) センサ出力補正用の上下オフセットPoffset1

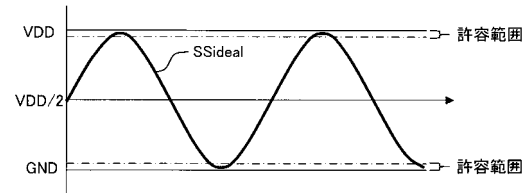


(C) センサ出力補正用の左右オフセットPoffset2

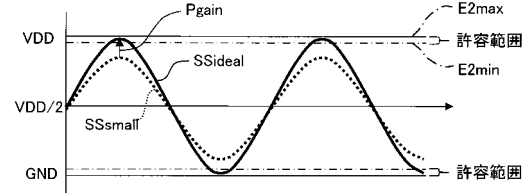


【図17】

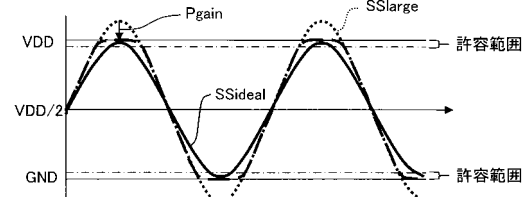
(A) 望ましいセンサ出力



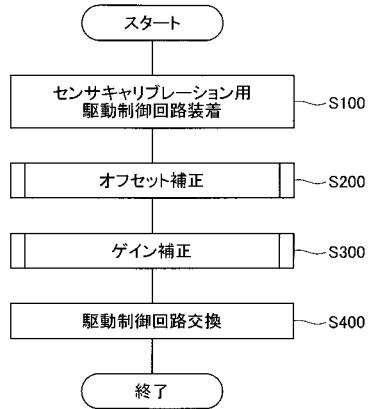
(B) センサ出力補正用ゲインPgain≥1



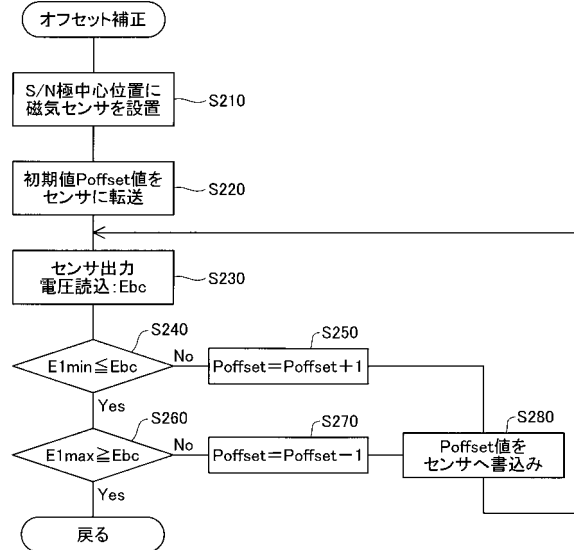
(C) センサ出力補正用ゲインPgain≤1



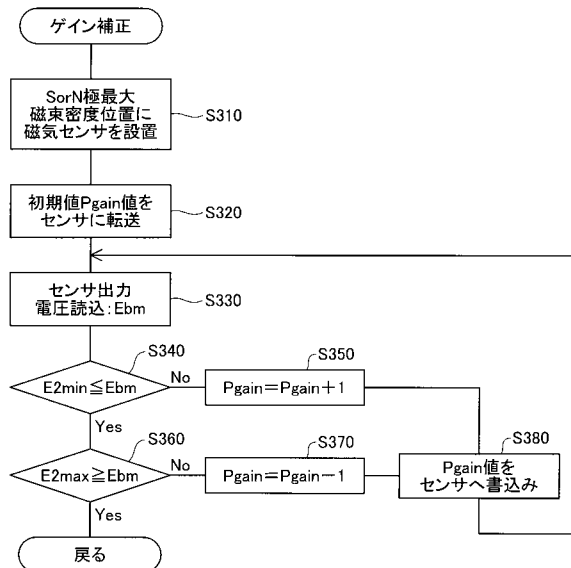
【図 18】



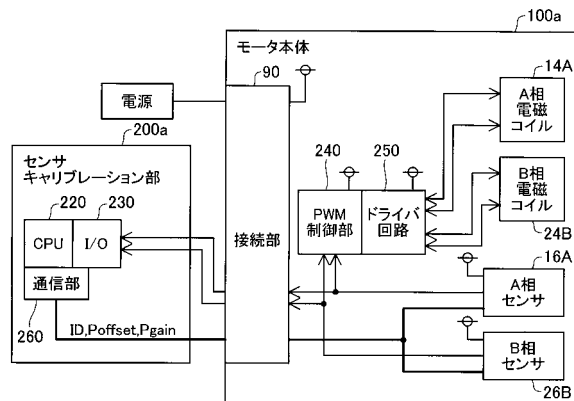
【図 19】



【図 20】

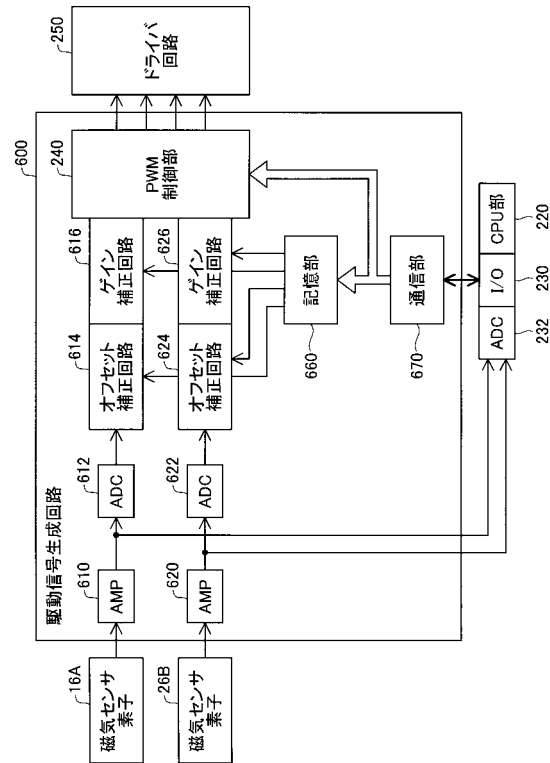


【図 21】

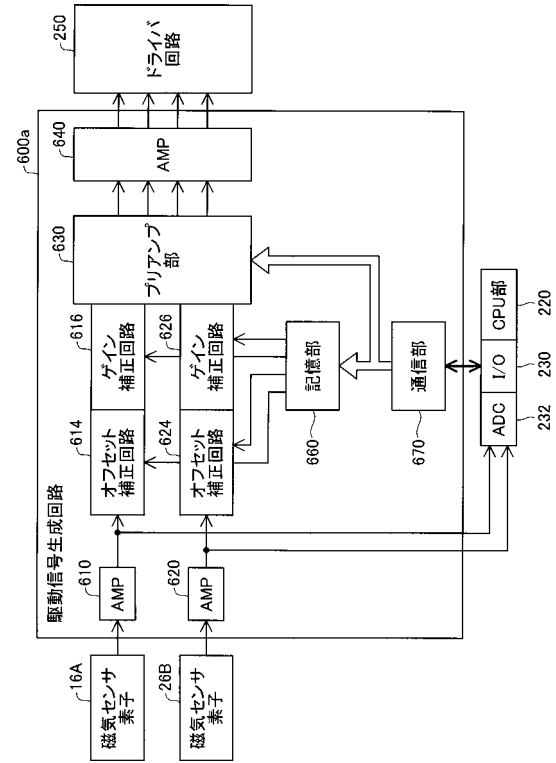




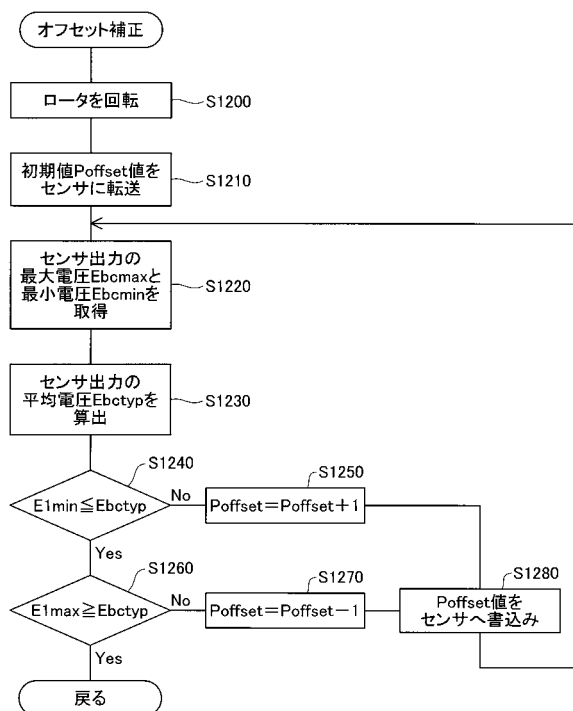
【図 22】



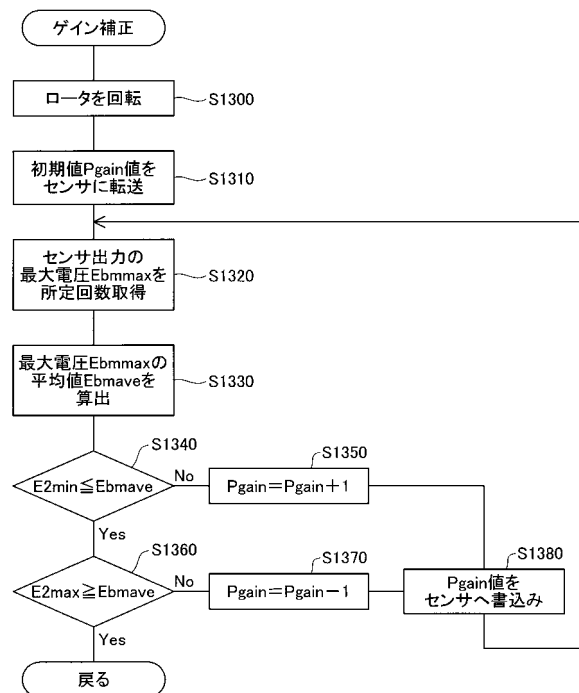
【図 23】



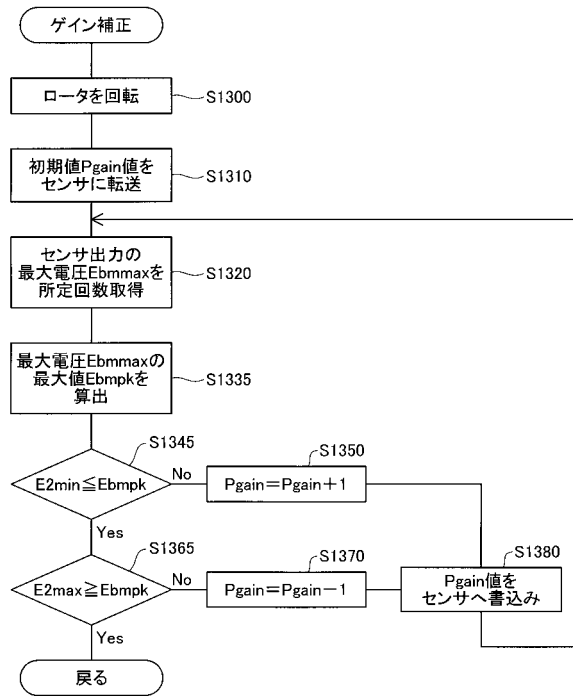
【図 24】



【図 25】



【図 26】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-311779(JP,A)  
特開2004-045286(JP,A)  
特開2003-037989(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 6/00-6/24