

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月21日(21.03.2019)



(10) 国際公開番号

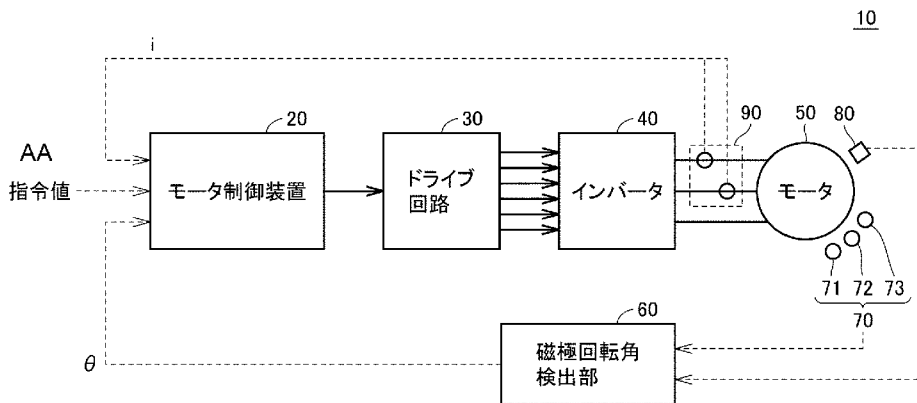
WO 2019/054475 A1

- (51) 国際特許分類: *H02P 6/16* (2016.01) *G01D 5/245* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/034169
- (22) 国際出願日: 2018年9月14日(14.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2017-177716 2017年9月15日(15.09.2017) JP
- (71) 出願人: NTN株式会社(NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 井口 和幸 (INOKUCHI, Kazuyuki); 〒4388510 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP). 松任 卓志 (MATSUTO, Takushi); 〒4388510 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: MOTOR DRIVE SYSTEM AND MOTOR CONTROL METHOD

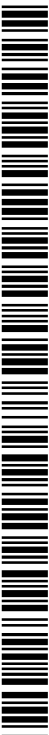
(54) 発明の名称: モータ駆動システムおよびモータの制御方法

[図1]



- 20 Motor control device
- 30 Drive circuit
- 40 Inverter
- 50 Motor
- 60 Magnetic pole rotary angle detection unit
- AA Command value

(57) Abstract: This motor drive system (10) is provided with a motor (50), a dual-axis magnetic sensor (80), an alternating-type magnetic sensor (70), a magnetic pole rotary angle detection unit (60), and a motor control device (20). The alternating-type magnetic sensor (70) and the dual-axis magnetic sensor (80) are arranged on a substrate having a fixed positional relationship with a stator. The alternating-type magnetic sensor (70) includes as many or more Hall sensors (71 to 73) than the number of phases of coils in the motor (50). The magnetic pole rotary angle detection unit (60), in response



WO 2019/054475 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

to outputs from the dual-axis magnetic sensor (80) and the alternating-type magnetic sensor (70), detects a magnetic pole rotary angle of a rotor. The motor control device (20), using the magnetic pole rotary angle of the rotor that has been detected by means of the magnetic pole rotary angle detection unit (60), controls an electric current through the coils. In this way, torque variations at extremely low speeds or during termination of rotation of a brushless motor are reduced, while preventing an increase in cost.

(57) 要約: モータ駆動システム (10) は、モータ (50) と、2軸磁気センサ (80) と、交番型磁気センサ (70) と、磁極回転角検出部 (60) と、モータ制御装置 (20) とを備える。交番型磁気センサ (70) および2軸磁気センサ (80) は、ステータとの位置関係が固定された基板に配置される。交番型磁気センサ (70) は、モータ (50) のコイルの相数と同個数以上のホールセンサ (71~73) を含む。磁極回転角検出部 (60) は、2軸磁気センサ (80) および交番型磁気センサ (70) の出力を受けてロータの磁極回転角度を検出する。モータ制御装置 (20) は、磁極回転角検出部 (60) によって検出されたロータの磁極回転角度を用いてコイルの電流を制御する。このようにして、コストの上昇を抑えつつ、ブラシレスモータの極低速時、回転停止時のトルク変動を軽減する。

明 細 書

発明の名称： モータ駆動システムおよびモータの制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、多相ブラシレスモータを含むモータ駆動システムおよび多相ブラシレスモータの制御方法に関する。

背景技術

[0002] ブラシレスモータの駆動制御方法としては、ロータ回転の電気角60度ごとに通電パターンを変化させる矩形波駆動方式と、回転に同期した正弦波で駆動する正弦波駆動方式がある。正弦波駆動は矩形波駆動よりも駆動効率が良く、またトルク変動が少ないため低振動低騒音である。これらの駆動制御を行なうためには、ロータ回転に同期して駆動電圧を発生するための磁極検出センサを用いる。

[0003] ブラシレスモータの磁極検出には、安価なホールICなどの交番型磁気センサ（N-Sスイッチ型）を複数用いることが一般的である。これらのセンサを用いて正弦波駆動を行なうには、センサが検出するタイミングからの経過時間をもとにした補間によって磁極位置を推定する必要がある。

[0004] 特開2003-009579号公報（特許文献1）では、一定の回転以上で磁極位置を補間演算により推定し、それ未満の極低速時には補間演算を行わず、検出位置における固定の角度数値を用いる。また、特開2007-110781号公報（特許文献2）では、極低速時や停止時に電流値を増加補正することでトルクの低下を防止している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-009579号公報

特許文献2：特開2007-110781号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 交番型磁気センサを複数用いる方式およびセンサレス駆動方式では、モータが回転し続ける用途では補間が可能だが、モータを動力とした位置制御やトルク制御などを行なうアクチュエータとしての用途などでは、モータの回転が不規則になったり断続的になったりするので、補間が行えない場合がある。このような場合は矩形波駆動を用いることになるが、トルク変動が大きくなる問題がある。

[0007] たとえば、特開2003-009579号公報（特許文献1）に開示される方法では、極低速時には補間演算を行わず、検出位置における固定の角度数値を離散的に用いるため、極低速時のトルク変動を抑えることができない。

[0008] また、特開2007-110781号公報（特許文献2）に開示される方法では、極低速時や停止時に電流値を増加補正すると、回転位置によっては逆にトルクが増加する問題が残り、電流-トルク特性のリニアリティが確保できない。

[0009] トルク変動やリニアリティ不良が許容できないときは、ストール状態から高精度に回転位置検出が可能で、かつ高速なレゾルバなどを用いるのが一般的である。しかし、レゾルバは構造が複雑で、専用の駆動回路も必要なため、モータを含めたシステムが大型で高価になることが避けられない。

[0010] この発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、その目的は、比較的安価かつ小型のセンサを用いつつ、極低速時、回転停止時のトルク変動を軽減することができるモータ駆動システムおよびモータの制御方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] この発明は、要約すると、モータ駆動システムであって、複数相のコイルが巻回されたステータと、ステータに対して回転軸の回りに回転するロータと、ロータに固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように磁石が配置されるパルスリングと、ステータとの位置関係が固定された部材に配置される2軸磁気センサと、部材に配置された、コイルの相数と同個数以上の交

番型磁気センサと、2軸磁気センサおよび交番型磁気センサの出力を受けてロータの磁極回転角度を検出する磁極回転角検出部と、磁極回転角検出部によって検出されたロータの磁極回転角度を用いてコイルの電流を制御するモータ制御装置とを備える。

[0012] 好ましくは、磁極回転角検出部は、ロータの回転速度がしきい値より低い場合には、2軸磁気センサの出力を用いてロータの磁極回転角度を算出し、ロータの回転速度がしきい値より高い場合には、交番型磁気センサの出力を用いてロータの磁極回転角度を算出する。

[0013] 好ましくは、磁極回転角検出部は、2軸磁気センサと交番型磁気センサのいずれか一方が異常で、他方が正常である場合には、正常である方の磁気センサの出力を用いてロータの磁極回転角度を算出する。

[0014] この発明は、他の局面ではモータの制御方法である。モータは、複数相のコイルが巻回されたステータと、ステータに対して回転軸の回りに回転するロータと、ロータに固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように磁石が配置されるパルサリングと、ステータと位置関係が固定された部材に配置される2軸磁気センサと、部材に配置された、コイルの相数と同個数以上の交番型磁気センサとを備える。制御方法は、ロータの回転速度がしきい値より低い場合には、2軸磁気センサの出力を用いてロータの磁極回転角度を算出し、ロータの回転速度がしきい値より高い場合には、交番型磁気センサの出力を用いてロータの磁極回転角度を算出するステップと、検出されたロータの磁極回転角度を用いてコイルの電流を制御するステップとを備える。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、多相ブラシレスモータにおいて、コストの増加を抑えつつ極低速時、回転停止時のトルク変動を軽減することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施の形態1に係る多相ブラシレスモータの概略構成を示すブロック図である。

[図2]モータ50の主要部品を示した投影図である。

[図3]モータ50の主要部品の展開図である。

[図4]基板54の形状を示す図である。

[図5]2軸磁気センサの検出するベクトルを説明するための図である。

[図6]2軸磁気センサの出力波形の第1例を示す図である。

[図7]2軸磁気センサの出力波形の第2例を示す図である。

[図8]パルスリング53の一部を拡大して示した図である。

[図9]パルスリング53に沿って2軸磁気センサ80の相対位置が変化する様子を示した模式図である。

[図10]磁極回転角と2軸磁気センサ80の検出角の関係の一例を示す図である。

[図11]ストール状態でのモータ回転位置によるトルク変動特性について、正弦波駆動と矩形波駆動で比較して示した図である。

[図12]同じモータにおいて、磁極検出に2軸磁気センサを使用した場合と交番型磁気センサを使用した場合とのN-T特性を比較して示した図である。

[図13]実施の形態1の磁極回転角検出部60の切替え処理を説明するためのフローチャートである。

[図14]実施の形態2の磁極回転角検出部60の切替え処理を説明するためのフローチャートである。

[図15]モータ駆動システムの応用例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。

[0018] [実施の形態1]

図1は、実施の形態1に係る多相ブラシレスモータの概略構成を示すブロック図である。図1を参照して、モータ駆動システム10は、モータ制御装置20と、ドライブ回路30と、インバータ40と、三相ブラシレスDCモータ（以下、「モータ」と）50と、磁極回転角検出部60と、交番型磁気

センサ70と、2軸磁気センサ80と、電流センサ90とを含む。

[0019] モータ制御装置20は、電流センサ90が検出したモータ50の各相コイルの電流値と、磁極回転角検出部60が検出したモータ50のロータの磁極回転角と、与えられた指令値とに基づいて、ドライブ回路30を制御する。モータ制御装置20は、回転数、トルク、モータのロータに連動する被駆動体の位置などに基づいて与えられる指令値から電流指令値を生成し、PWM処理を行なってドライブ回路30の駆動信号を生成する。

[0020] ドライブ回路30は、モータ制御装置20から受信したPWM信号に基づき、インバータ40内の6つのパワースイッチング素子をそれぞれオン/オフ作動させるための制御パルスが発生させて、インバータ40に送信する。インバータ40内の6つのパワースイッチング素子がオン/オフ作動することによって、U相、V相、W相の通電路からステータコイルに駆動電流が流れ、モータ50が回転駆動される。

[0021] 交番型磁気センサ70は、ホールセンサ71~73を含む。ホールセンサ71~73の各々は、磁極のN極、S極により出力が2値に切り替わる。2軸磁気センサ80は、後述するように、モータ50内で磁界の方向を検出する。磁極回転角検出部60は、交番型磁気センサ70の出力および2軸磁気センサ80の出力を受ける。

[0022] 図2は、モータ50の主要部品を示した投影図である。図3は、モータ50の主要部品の展開図である。図2、図3を参照して、モータ50は、ステータ51と、ステータ51に対して回転軸の回りに回転するロータ52と、ロータ52に固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように磁石が配置されるパルサリング53と、ステータ51と位置関係が固定された部材（たとえばステータ51が固定される図示しないモータケースに固定された基板54）とを含む。

[0023] ステータ51は、電磁鋼板等の磁性体で形成されたステータコア51Aと、ステータコア51Aに巻回されているスター結線された3つの信号相であるU相、V相、W相のステータコイル51Bとを含む。ロータ52は、ロー

タコア52Aと、ロータコア52Aの外周に配置された永久磁石52Bとを含む。

[0024] パルスリング53は、ロータの永久磁石52Bと同数のN極、S極に磁石が配置され、基板54との距離が一定となるように配置されている。

[0025] なお、図2および図3に例示したのは、中空のロータ52を有するモータであるが、ロータ52は必ずしも中空でなくてもよく、モータの出力軸である回転シャフトに固定されているものでも良い。

[0026] 図4は、基板54の形状を示す図である。図4に示すように、基板54には、図1の交番型磁気センサ70と、2軸磁気センサ80とが配置されている。

[0027] 交番型磁気センサ70は、ホールセンサ71～73によって、ロータ52の回転に伴って回転するパルスリング53上の磁石の位置を検出し、所定の角度（たとえば60°）ごとに磁極位置情報としての位置検出信号PU、PV、PWを出力する。

[0028] 磁極回転角検出部60は、ホールセンサ71～73から受けた位置検出信号PU、PV、PWの信号レベルの組み合わせに基づいて6つの検出パルスを発生させ、各検出パルスに基づいて磁極位置を検出するように構成される。ホールセンサ71～73は交番検知、すなわち磁極の極性の切り替わりに応じて出力のハイレベル/ローレベルが切り替わる。ホールセンサ71～73は磁石が離れた後も最後に接近していた磁極の極性を覚えている。このようなホールセンサは、ブラシレスモータのコイル切替えに従来から用いられている。

[0029] 一方、2軸磁気センサ80は、被検出点となる空間中のある点における磁界を検出する。このような磁気センサは、それぞれが直交した検出軸の数によって検出する空間の次数が定まり、2軸では2次元平面、3軸では3次元空間におけるベクトルとして磁界を検出できる。本実施の形態では、回転磁界を検出するために、図1のように2軸磁気センサ80を用いる。

[0030] 図5は、2軸磁気センサの検出するベクトルを説明するための図である。

図6は、2軸磁気センサの出力波形の第1例を示す図である。図7は、2軸磁気センサの出力波形の第2例を示す図である。図5のようにマグネットMが2軸磁気センサ80の近くに配置されると、被検出点Pにおける磁界の向きと大きさが2軸磁気センサ80から出力される。2軸磁気センサ80は、XY平面におけるベクトルDを示す情報を出力する。マグネットMがZ軸を回転軸として回転するとベクトルDも磁界の向きに合わせて回転する。

[0031] 2軸磁気センサは、たとえば複数のホール素子と信号処理回路とが集積されたICとして提供され、図6に示すように、X軸、Y軸のそれぞれの磁界強度を出力するタイプ（タイプA）と、図7に示すように、内部演算によって磁界ベクトルの角度 θ を出力するタイプ（タイプB）がある。一定の角速度で回転する磁界に対し、タイプAのセンサの出力は正弦波（sin波）と余弦波（cos波）であり、タイプBのセンサの出力はのこぎり波となる。X軸、Y軸のそれぞれの磁界強度を出力する場合（タイプA）は、センサの後段で検出した磁界のベクトルを演算により求める必要がある。磁界ベクトルの角度を出力する場合（タイプB）、演算はセンサ内部の信号処理回路で行われ、出力のスカラー量が角度そのものを表すので、センサの後段で演算を行なう必要がない。また、リニアリティの補正を行えるセンサも市販されている。ただし、このタイプでは演算のための検出遅延が発生する。

[0032] 次に、2軸磁気センサ80を用いてパルスリング53による磁極位置検出を行なう原理を解説する。図8は、パルスリング53の一部を拡大して示した図である。図9は、パルスリング53に沿って2軸磁気センサ80の相対位置が変化する様子を示した模式図である。

[0033] 図8、図9に示すように周方向に沿って磁石のN極とS極が交互に並んでいるとき、ロータ52が回転すると磁石の並びの方向に沿って2軸磁気センサ80が相対移動する。磁界の方向を磁力線で表すと、2軸磁気センサ80の検出点P1～P5における磁力線の方向は、センサと磁石の相対移動によってN極とS極の1対分が通過すると1回転する。通常の交番型磁力センサ（N-Sスイッチ）に用いるのと同様にパルスリング53の磁極をロータの磁

極と同期して円周状に配置し、さきほどの例と同様に磁界の方向を検出すると、この周期はモータの電気角の周期と一致する。すなわち、ロータ52が1極対分回転移動すると電気角が1回転し、これに同期して2軸磁気センサ80による検出角も1回転する。このようにして、2軸磁気センサ80により電気角を検出できる。

[0034] 再び図3、図4を参照して本実施の形態に係る3相ブラシレスモータの構成を説明する。磁極検出における被検出体であるパルスリング53がロータ52とともに回転し、検出部である3相の交番型磁気センサ70（3個のホールセンサ71～73）と1個の2軸磁気センサ80がパルスリング53に正対して基板54に固定されている。基板54は、ステータ51とともに図示しないモータケースに固定されている。このように検出部と被検出部がスラスト方向に配置された場合、2軸磁気センサは、パルスリング53により発生する磁界のうち、パルスリング53の表面に直交し円周接線と平行な平面上の成分（図9に矢印で示す）を検出する。

[0035] 2軸磁気センサ80によって検出される磁界の向きは 360° の回転角度で表され、ロータ52が1回転すると極対数の回数だけ回転する。図3の例では、極対数は6であるので、ロータ52が1回転すると2軸磁気センサ80の検出角は6回転する。また、ロータの機械角1回転に対し電気角は極対数の回数だけ回転し、この電気角を正確に検出することでトルク変動の少ないモータ制御を実現できる。パルスリング53の磁石の配置をロータ52の磁石の配置に対応させておけば、検出される磁界の向きは電気角の回転に一意に対応し、検出された磁界の向きを電気角に変換することで、電気角を正確に算出することができる。

[0036] なお、図3、図4、図9で示されるパルスリング53と2軸磁気センサ80の位置関係では、磁極回転角と2軸磁気センサ80の検出角の周期は一致するものの、磁極回転角と2軸磁気センサ80の検出角は直線関係にはならない。図10は、磁極回転角と2軸磁気センサ80の検出角の関係の一例を示す図である。図10のようにそれぞれの角度の推移は一致しないので、検

出角から電気角を求める変換が必要である。この変換は2軸磁気センサ80のリニアリティ補正機能を用いて行ってもよいし、2軸磁気センサ80の後段で演算を行ってもよい。

[0037] 2軸磁気センサ80を使用することによって、ストール時や極低速時にも電気角を知ることができるので、ストール時や極低速時にも正弦波駆動を行なうことができる。図11は、ストール状態でのモータ回転位置によるトルク変動特性について、正弦波駆動と矩形波駆動で比較して示した図である。図11に示すように、正弦波駆動の方が矩形波駆動のときよりもストールトルクの変動が抑えられている。したがって、正弦波駆動を行なうことによって、ストール時や極低速時にトルク変動が低減する。

[0038] また、2軸磁気センサ80は、既存の基板54に実装すれば良いので、レゾルバなどを追加する場合のように出力軸のレイアウトを制限しない。本実施の形態のモータ駆動システムによれば、安価な2軸磁気センサ80を使用して、ストール状態でも正弦波駆動を用いることが可能となり、交番型磁気センサを使用するよりもトルク変動を改善することができる。

[0039] しかし、2軸磁気センサ80は、演算処理をセンサ内で行なう場合は検出に遅れが発生したり、後段で行なう場合は演算に時間がかかることにより、高速回転時のモータ性能の劣化を引き起こしたりする可能性がある。

[0040] 図12は、同じモータにおいて、磁極検出に2軸磁気センサを使用した場合と交番型磁気センサを使用した場合とのN-T特性を比較して示した図である。図12に示されるように、回転速度とトルクの関係を示すN-T特性は、ストールから回転速度N1までの低回転領域では2軸磁気センサ80を用いる方(W80)が良く、回転速度N1を超えた高回転領域では交番型磁気センサ70を用いる方(W70)が良い。

[0041] そこで、一定の回転数を超えたとき、従来から用いられている3相交番型磁気センサ70による検出方法に切り替えることが好ましい。2種類の磁気センサを使用することによって、高速回転時においてもモータ性能が劣化することを防止することができる。

[0042] 図12における回転速度N1を境にして2種類のセンサを切り替えることで、ストール状態から高回転まで良好なモータ特性を得ることができる。図13は、実施の形態1の磁極回転角検出部60の切替え処理を説明するためのフローチャートである。図13を参照して、ステップS1において、磁極回転角検出部60は、現在の回転速度がN1より低いかなかを判断する。回転速度がN1より低ければ（S1でYES）、磁極回転角検出部60は、2軸磁気センサ80の出力から磁極位置を検出する。一方、回転速度がN1以上であれば（S1でNO）、磁極回転角検出部60は、交番型磁気センサ70の出力から磁極位置を検出する。ステップS2、S3のいずれかで磁極位置が検出されたら、ステップS4に処理が進められる。図1のモータ制御装置20では、検出された磁極位置を使用したモータ制御が実行される。

[0043] なお、このとき、3相交番型ホールセンサの代わりにセンサレス制御を用いることもできる。一般的にセンサレス制御では、モータ回転開始時の制御が複雑でモータ性能も限定されるが、回転開始時に2軸磁気センサ80による磁極検出を併用することで、これらの欠点を補うことができる。

[0044] [実施の形態2]

実施の形態1では、2種類の磁気センサを回転速度に応じて切換えて使用することについて説明した。実施の形態2では、信頼性を向上させるために冗長構成とした2種類の磁気センサを使用する。

[0045] 図12のN-T特性に見られるように、モータ性能が多少低下する領域があるが、どちらかのセンサのみでも一定の性能を満たしたモータ作動に問題はない。この冗長性により、たとえば車載用途において、故障発生時に縮退運転を行なう事が可能となり、安全性の向上を得ることができる。

[0046] 図14は、実施の形態2の磁極回転角検出部60の切替え処理を説明するためのフローチャートである。図14を参照して、ステップS11において、磁極回転角検出部60は、現在の回転速度がN1より低いかなかを判断する。回転速度がN1より低ければ（S11でYES）、ステップS12において、磁極回転角検出部60は、2軸磁気センサ80の出力が正常であるか

否かを判断する。たとえば、2軸磁気センサ80の出力が0Vに固定されたような場合には断線が疑われるので、磁極回転角検出部60は2軸磁気センサ80の出力が正常でないとして判断する。ステップS12において2軸磁気センサ80の出力が異常であると判断された場合（S12でNO）、ステップS13において磁極回転角検出部60は、交番型磁気センサ70の出力が正常であるか否かを判断する。

[0047] 一方、ステップS11において回転速度がN1以上であれば（S11でNO）、ステップS14において磁極回転角検出部60は交番型磁気センサ70の出力が正常であるか否かを判断する。たとえば、交番型磁気センサ70の出力の少なくとも1つが0Vに固定されたような場合には、断線が疑われるので磁極回転角検出部60は、交番型磁気センサ70の出力が正常でないとして判断する。ステップS14において交番型磁気センサ70の出力が異常であると判断された場合（S14でNO）、ステップS15において磁極回転角検出部60は、2軸磁気センサ80の出力が正常であるか否かを判断する。

[0048] ステップS12またはステップS15において、2軸磁気センサ80の出力が正常と判断された場合、磁極回転角検出部60は2軸磁気センサ80の出力から磁極位置を検出する（S16）。一方ステップS13またはステップS14において、交番型磁気センサ70の出力が正常と判断された場合、磁極回転角検出部60は交番型磁気センサ70の出力から磁極位置を検出する（S17）。

[0049] ステップS16、S17のいずれかで磁極位置が検出されたら、ステップS18に処理が進められる。図1のモータ制御装置20では、検出された磁極位置を使用したモータ制御が実行される。

[0050] 一方、交番型磁気センサ70の出力が正常でないとして判断された場合（S13でNO）または2軸磁気センサ80の出力が正常でないとして判断された場合（S15でNO）、磁極回転角検出部60は磁気センサ不良エラー表示を出力し（S19）、モータ制御装置にモータを停止させ（S20）、磁極回転

角の検出処理を終了する（S21）。

[0051] [応用例]

図15は、モータ駆動システムの応用例を示した図である。図15を参照して、モータ駆動システム110は、図1のモータ駆動システム10に直動機構130を組み込んだものである。モータ駆動システム110は、モータ駆動システム10の構成に加えて、モータ50のロータの回転を減速させる減速機120と、直動機構130と、ストロークセンサ140とをさらに備える。

[0052] 直動機構130は、減速機120に連結されたボールねじナット131と回転が規制されたボールねじシャフト132とを含む。減速機120によってボールねじナット131が回転されると、ボールねじシャフト132が回転方向に応じて前進または後退をするようにストローク量Xが変化する。ストロークセンサ140は、ボールねじシャフト132のストローク量Xを検出し、モータ制御装置20Aに出力する。モータ制御装置20Aは、ストローク量Xが指令値と一致するようにモータ50の回転を制御する。

[0053] このような用途では、モータ50は常時回転しているわけではなく、回転と停止とを頻繁に繰り返すことが多い。このような用途では、本実施の形態のモータ駆動システムを用いることにより、直動機構においても安定した推力を得ることが可能となる。

[0054] 最後に、再び図面を参照して、実施の形態1, 2について総括する。図1～図4を参照して、モータ駆動システム10は、複数相のステータコイル51Bが巻回されたステータ51と、ステータ51に対して回転軸の回りに回転するロータ52と、ロータ52に固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように磁石が配置されるパルスリング53と、2軸磁気センサ80と、交番型磁気センサ70と、磁極回転角検出部60と、モータ制御装置20とを備える。2軸磁気センサ80は、ステータ51との位置関係が固定された基板54に配置される。交番型磁気センサ70は、基板54に配置された、ステータコイル51Bの相数と同個数以上のホールセンサ71～73を含

む。磁極回転角検出部60は、2軸磁気センサ80および交番型磁気センサ70の出力を受けてロータの磁極回転角度を検出する。モータ制御装置20は、磁極回転角検出部60によって検出されたロータ52の磁極回転角度を用いてコイルの電流を制御する。

[0055] 好ましくは、図13に示すように、磁極回転角検出部60は、ロータ52の回転速度がしきい値N1より低い場合には、2軸磁気センサ80の出力を用いてロータ52の磁極回転角度を算出し、ロータ52の回転速度がしきい値N1より高い場合には、交番型磁気センサ70の出力を用いてロータ52の磁極回転角度を算出する。

[0056] 好ましくは、図14に示すように、磁極回転角検出部60は、2軸磁気センサ80と交番型磁気センサ70のいずれか一方が異常で、他方が正常である場合には、正常である方の磁気センサの出力を用いてロータ52の磁極回転角度を算出する。

[0057] 以上説明したように、本実施の形態によれば、ブラシレスモータがストール状態から高回転状態にわたって効率やトルク変動において優れる正弦波駆動を行なうために、比較的安価で小型なセンサを用いて、出力軸のレイアウトを制限することなく磁極回転位置を検出する方法を提供することができる。

[0058] また、高速高精度の高価なレゾルバなどに比べて安価な2軸磁気センサを用いて、交番型磁気センサ(N-S極スイッチ型)を用いた一般的なブラシレスモータと同様のパルスリングを被検出体とすることで、モータ出力軸のレイアウトを制限せず、磁極角度を高分解能に検出することができる。

[0059] また、高速回転時に2軸磁気センサの遅延や演算時間がモータ性能の劣化を引き起こす場合は、同じパルスリングを被検出体とした交番型磁気センサ(N-S極スイッチ型)を実装し、従来通りの手法であるスイッチの切り替わりのタイミングからの経過時間をもとにした補間による位置推定を行なうことで、モータ性能の劣化を防止する。これらのセンサは被検出体である単一のパルスリングに対向する基板の円周上に実装できるため、モータサイズ

の増大を避けることができる。また、2軸磁気センサと交番型磁気センサのどちらかのみを用いても、一定の性能を確保したモータ回転は可能なので、磁極検出センサの二重化による故障時の安全性の向上も期待できる。

[0060] 今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0061] 10, 110 モータ駆動システム、20, 20A モータ制御装置、30 ドライブ回路、40 インバータ、50 モータ、51 ステータ、51A ステータコア、51B ステータコイル、52 ロータ、52A ロータコア、52B 永久磁石、53 パルスリング、54 基板、60 磁極回転角検出部、70 交番型磁気センサ、71, 73 ホールセンサ、80 2軸磁気センサ、90 電流センサ、120 減速機、130 直動機構、131 ボールねじナット、132 ボールねじシャフト、140 ストロークセンサ。

請求の範囲

- [請求項1] 複数相のコイルが巻回されたステータと、
前記ステータに対して回転軸の回りに回転するロータと、
前記ロータに固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように磁石が配置されるパルサリングと、
前記ステータとの位置関係が固定された部材に配置される2軸磁気センサと、
前記部材に配置された、前記コイルの相数と同個数以上の交番型磁気センサと、
前記2軸磁気センサおよび前記交番型磁気センサの出力を受けて前記ロータの磁極回転角度を検出する磁極回転角検出部と、
前記磁極回転角検出部によって検出された前記ロータの磁極回転角度を用いて前記コイルの電流を制御するモータ制御装置とを備える、
モータ駆動システム。
- [請求項2] 前記磁極回転角検出部は、前記ロータの回転速度がしきい値より低い場合には、前記2軸磁気センサの出力を用いて前記ロータの磁極回転角度を算出し、前記ロータの回転速度がしきい値より高い場合には、前記交番型磁気センサの出力を用いて前記ロータの磁極回転角度を算出する、請求項1に記載のモータ駆動システム。
- [請求項3] 前記磁極回転角検出部は、前記2軸磁気センサと前記交番型磁気センサのいずれか一方が異常で、他方が正常である場合には、正常である方の磁気センサの出力を用いて前記ロータの磁極回転角度を算出する、請求項1または2に記載のモータ駆動システム。
- [請求項4] モータの制御方法であって、
前記モータは、
複数相のコイルが巻回されたステータと、
前記ステータに対して回転軸の回りに回転するロータと、
前記ロータに固定され、環状にN極とS極が交互に位置するように

磁石が配置されるパルサリングと、

前記ステータと位置関係が固定された部材に配置される2軸磁気センサと、

前記部材に配置された、前記コイルの相数と同個数以上の交番型磁気センサとを備え、

前記制御方法は、

前記ロータの回転速度がしきい値より低い場合には、前記2軸磁気センサの出力を用いて前記ロータの磁極回転角度を算出し、前記ロータの回転速度がしきい値より高い場合には、前記交番型磁気センサの出力を用いて前記ロータの磁極回転角度を算出するステップと、

検出された前記ロータの磁極回転角度を用いて前記コイルの電流を制御するステップとを備える、モータの制御方法。

[図1]

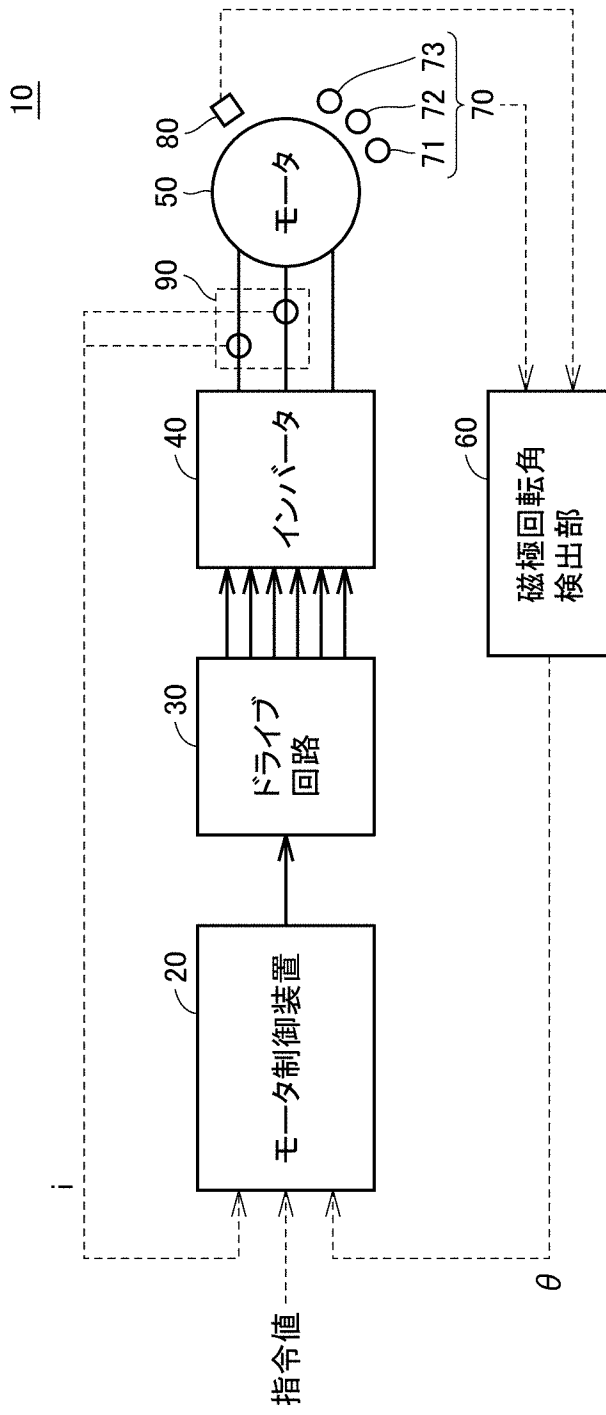
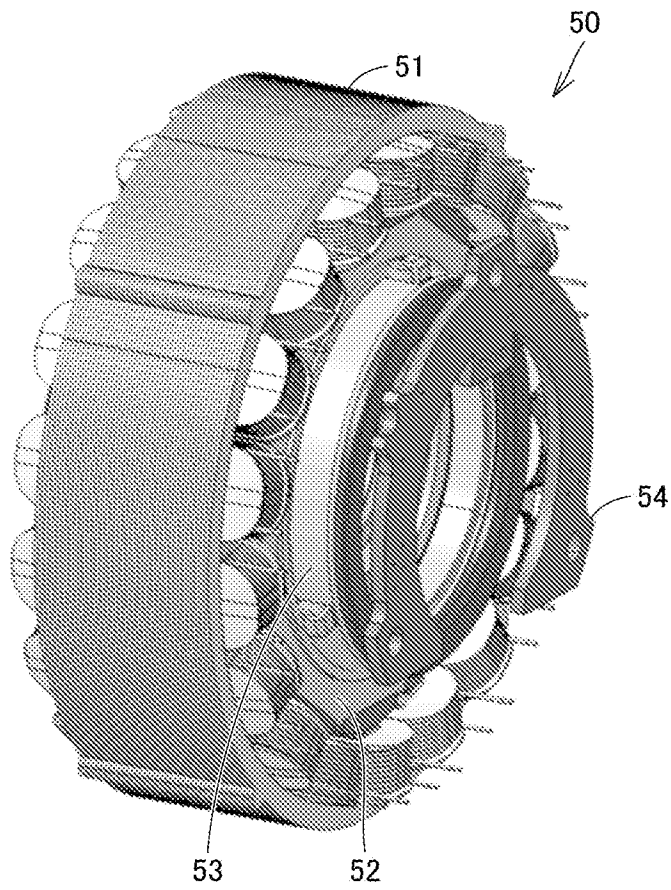


FIG.1

[図2]

FIG.2



[3]

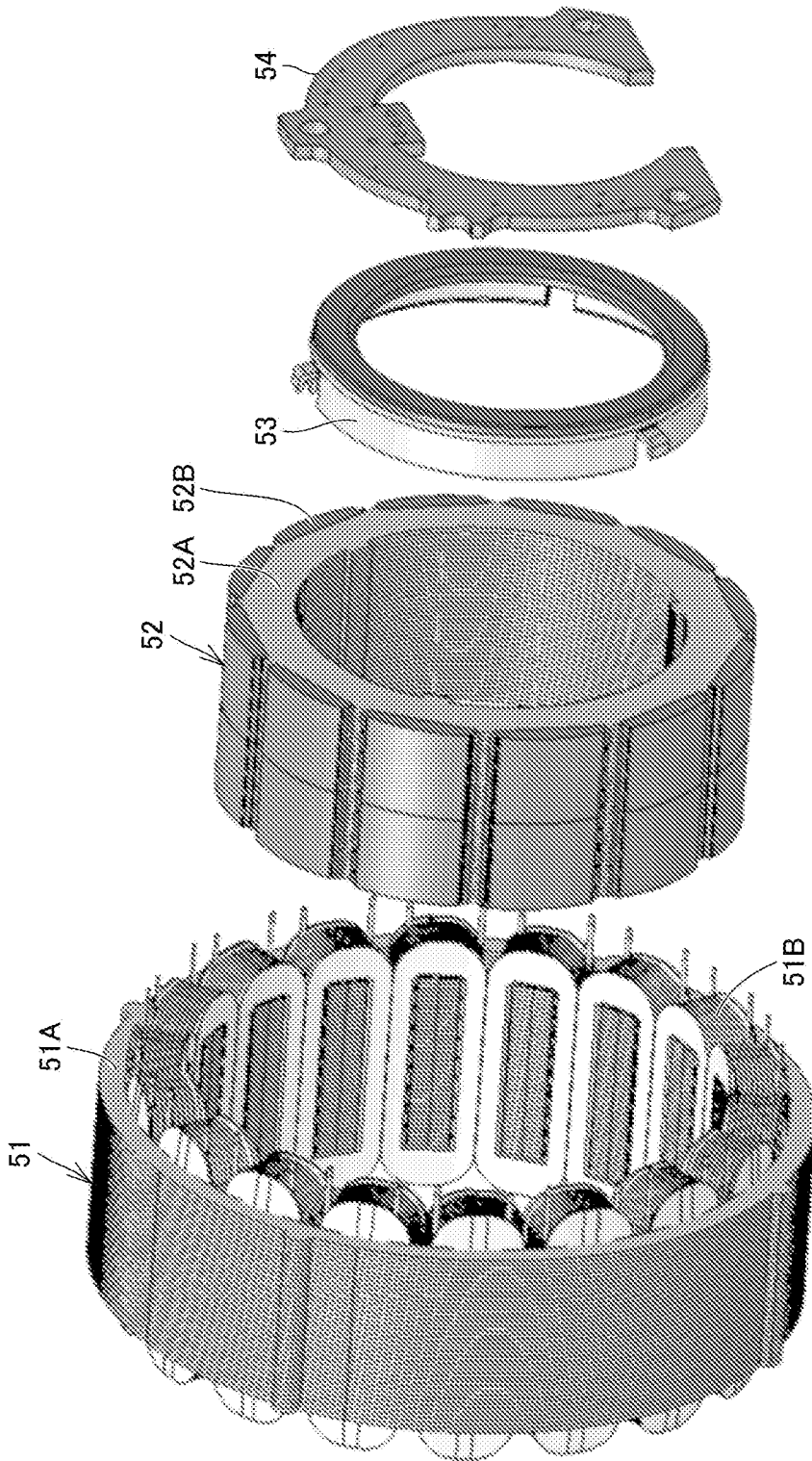
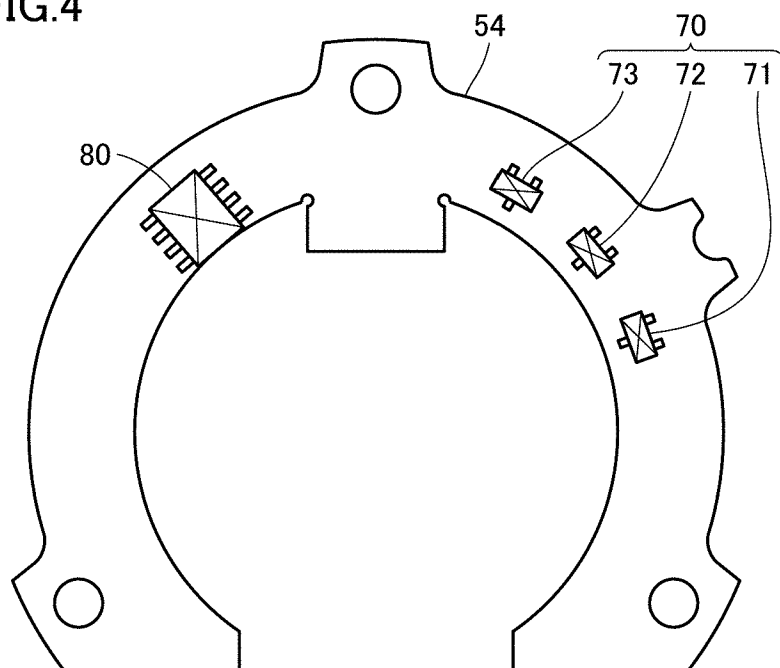


FIG.3

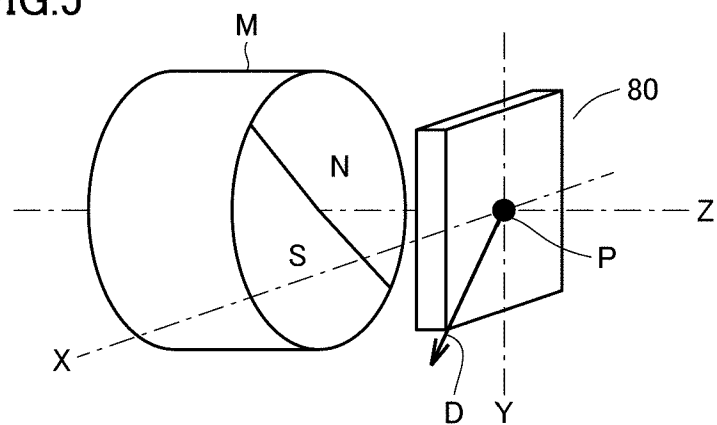
[図4]

FIG.4



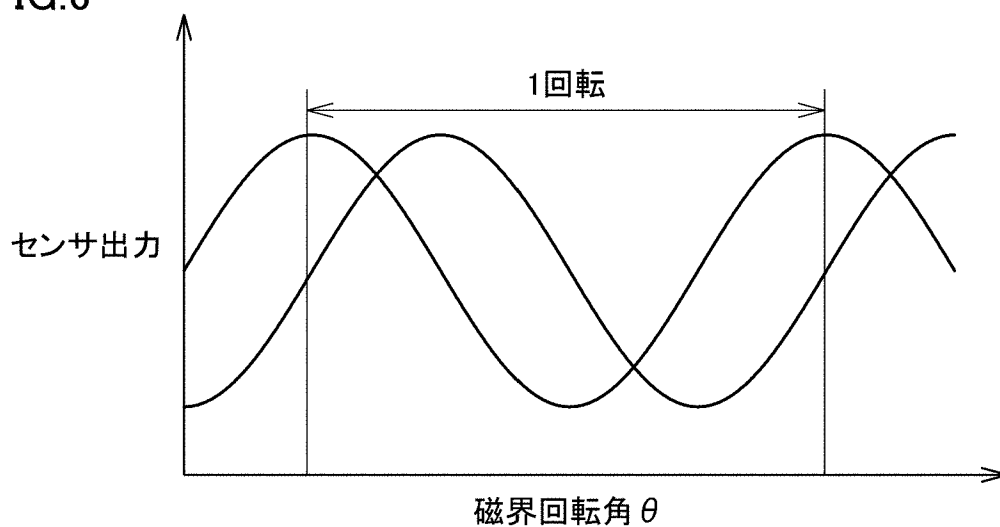
[図5]

FIG.5



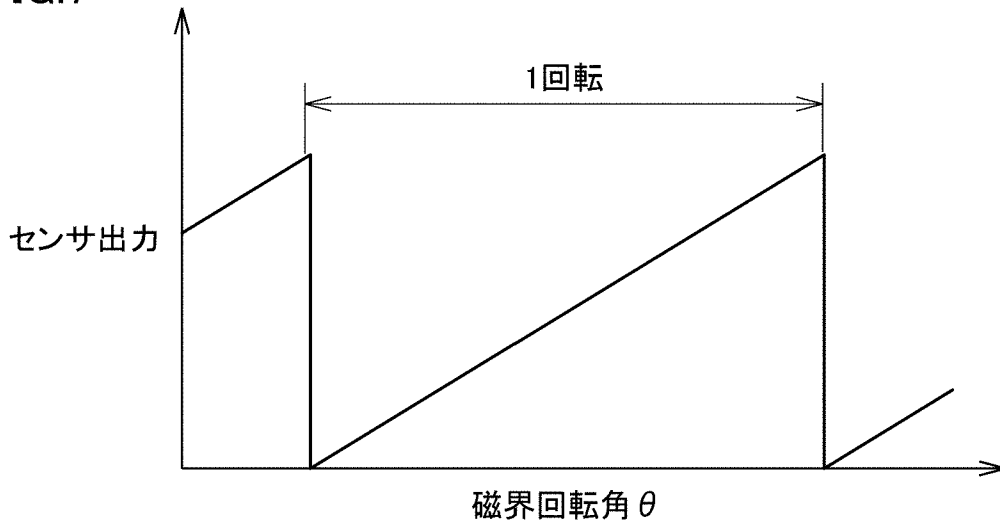
[図6]

FIG.6



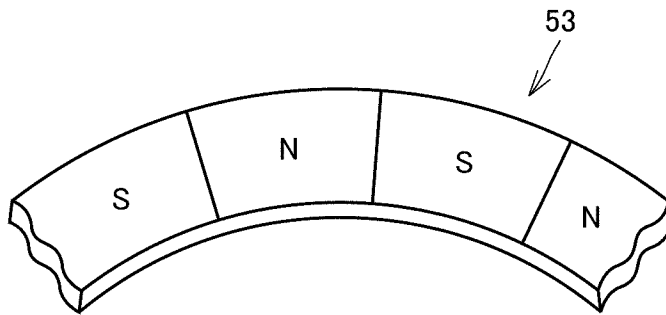
[図7]

FIG.7



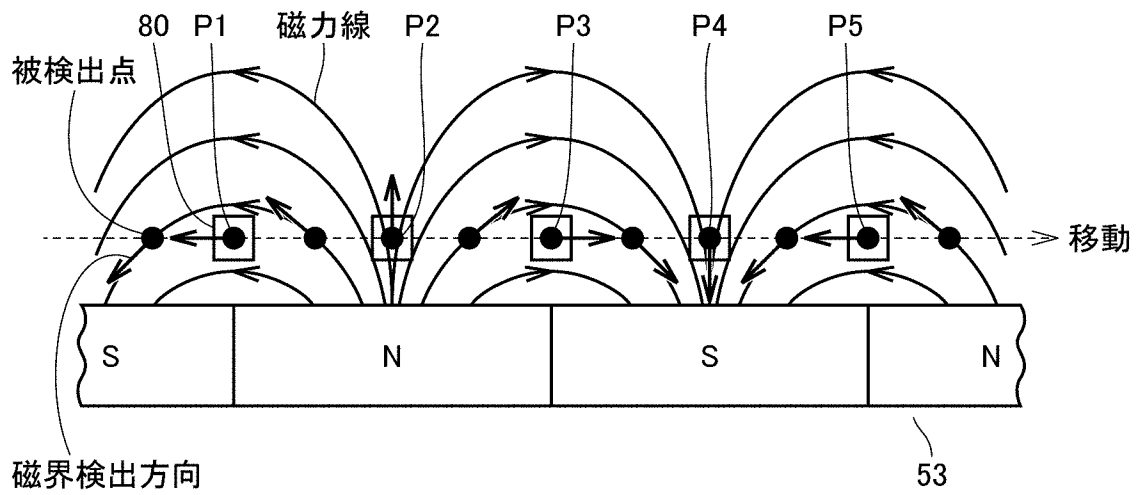
[図8]

FIG.8



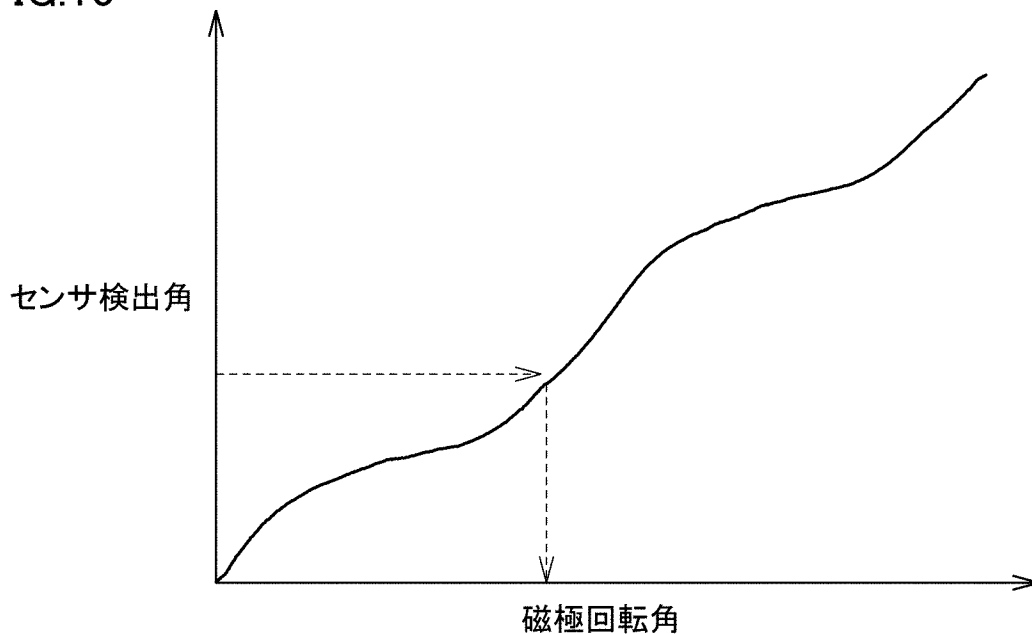
[図9]

FIG.9



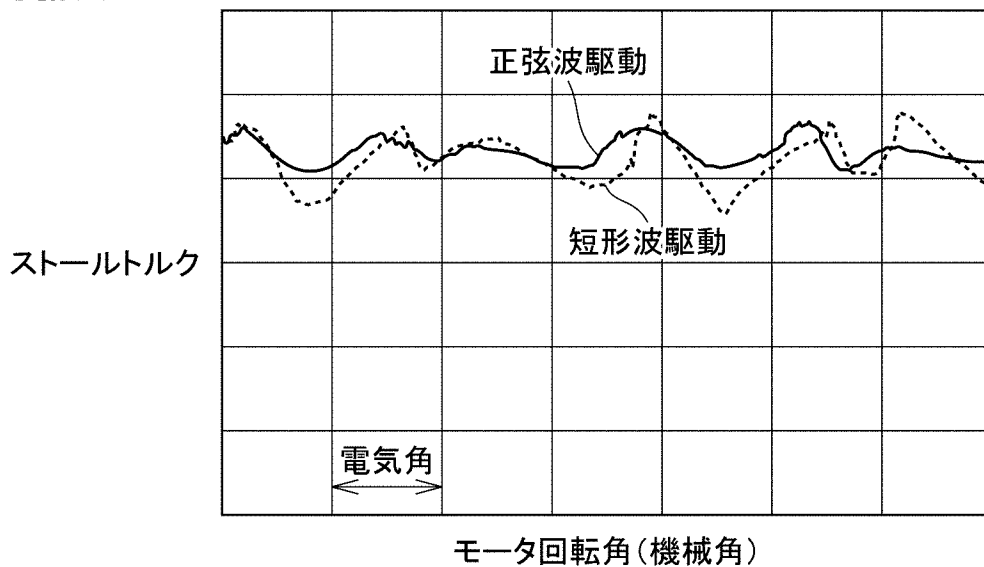
[図10]

FIG.10



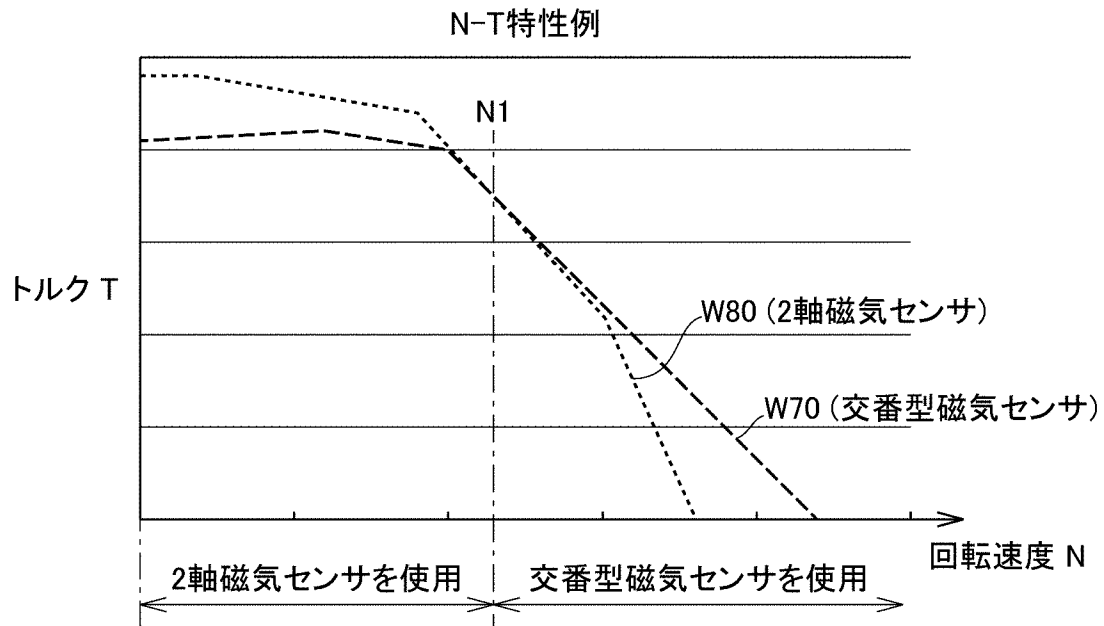
[図11]

FIG.11



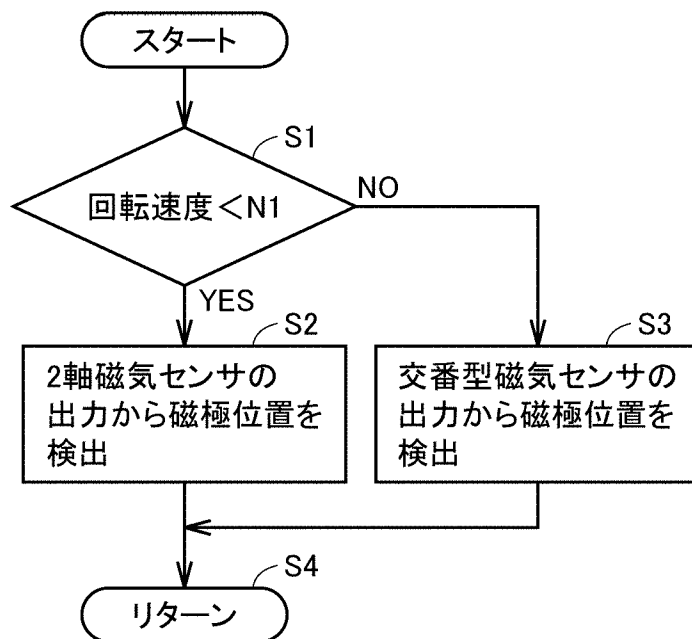
[図12]

FIG.12



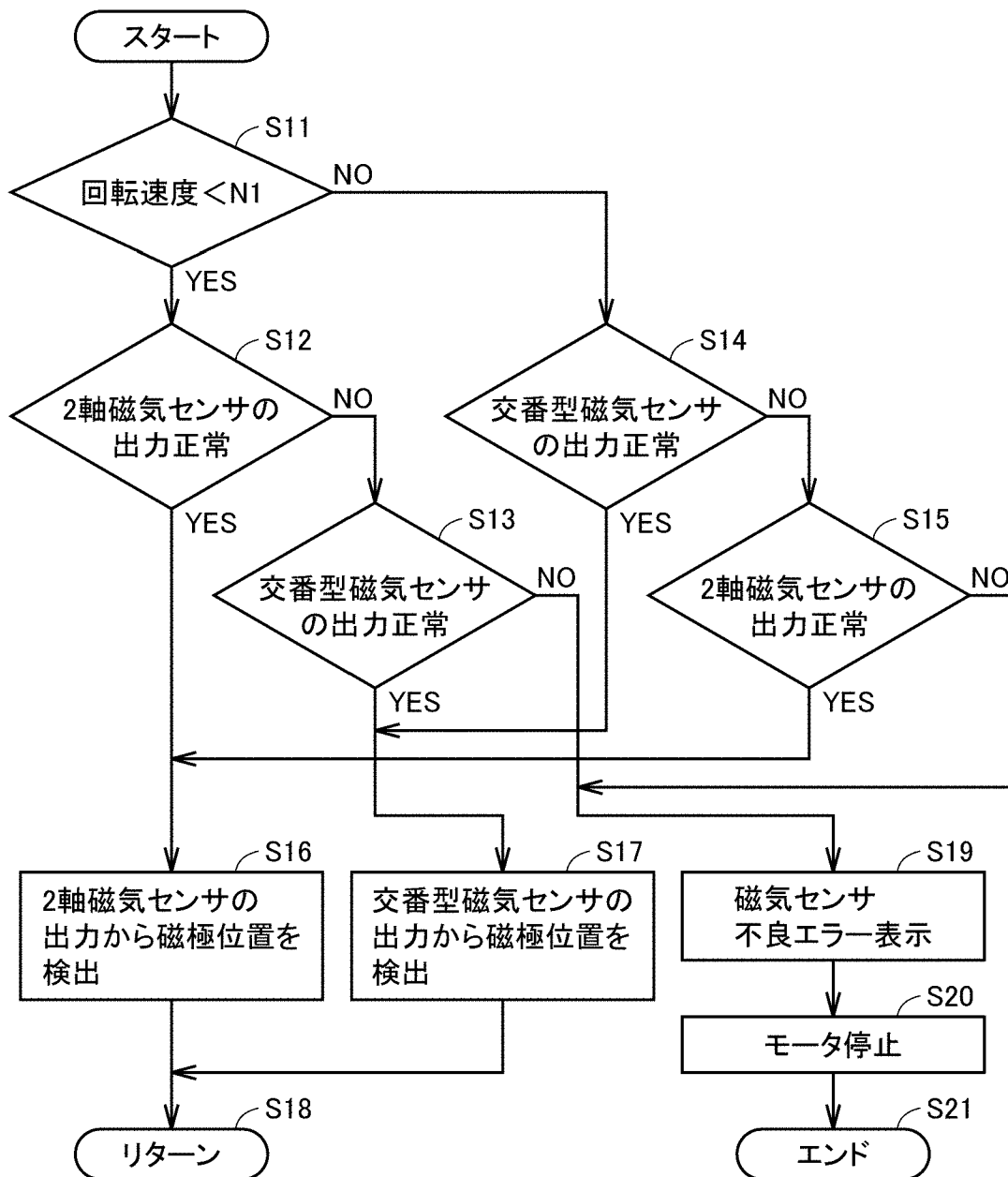
[図13]

FIG.13



[図14]

FIG.14



[図15]

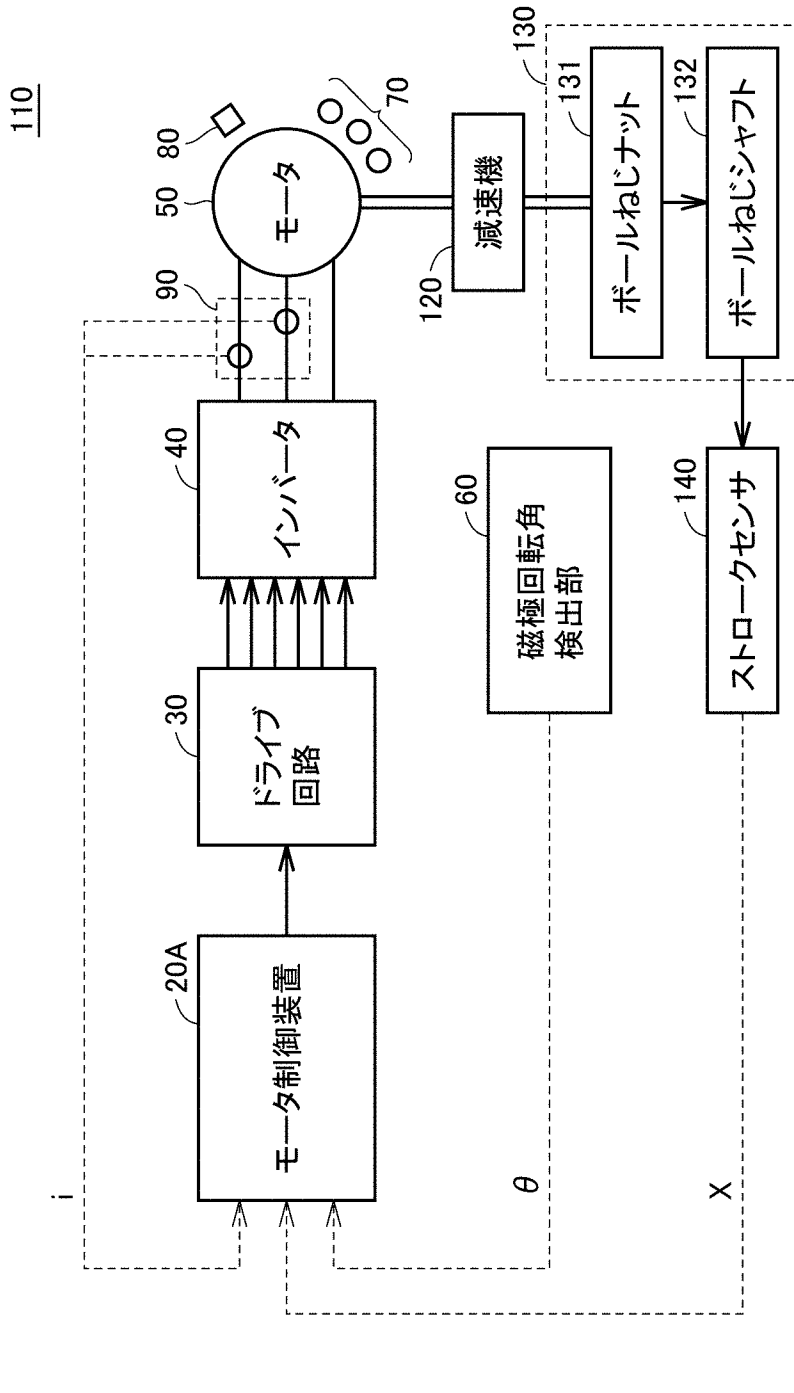


FIG.15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/034169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. H02P6/16(2016.01) i, G01D5/245(2006.01) i
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl. H02P6/16, G01D5/245

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-318724 A (NSK LTD.) 10 November 2005, claim 5, paragraph [0026] & US 2005/0242765 A1, claim 5, paragraph [0022] & EP 1591347 A2	1-4
Y	JP 8-54254 A (SANKYO SEIKI MFG CO., LTD.) 27 February 1996, paragraphs [0002], [0018]-[0021], fig. 1, 12 (Family: none)	1-4
Y	WO 2011/111617 A1 (NTN CORPORATION) 15 September 2011, paragraph [0031] & US 2012/0330490 A1, paragraph [0041] & EP 2546088 A1 & CN 103097168 A	3

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 November 2018 (12.11.2018)	Date of mailing of the international search report 20 November 2018 (20.11.2018)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02P6/16(2016.01)i, G01D5/245(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02P6/16, G01D5/245

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2005-318724 A (日本精工株式会社) 2005.11.10, 請求項5、段落 [0026] & US 2005/0242765 A1, 請求項5、[0022] & EP 1591347 A2	1-4
Y	JP 8-54254 A (株式会社三協精機製作所) 1996.02.27, 段落 [0002]、段落 [0018] - [0021]、図1、12 (ファミリーなし)	1-4
Y	WO 2011/111617 A1 (NTN株式会社) 2011.09.15, 段落 [0031] & US 2012/0330490 A1, [0041] & EP 2546088 A1 & CN 103097168 A	3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.11.2018

国際調査報告の発送日

20.11.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐々木 佳祐

3V

5270

電話番号 03-3581-1101 内線 3357