(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
2020年9月10日(10.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/178896 A1

(51) 国際特許分類:
G01D 5/244 (2006.01) *G01D 5/20* (2006.01)
G01D 5/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/008081

(22) 国際出願日： 2019年3月1日(01.03.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(**TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 Tokyo (JP).

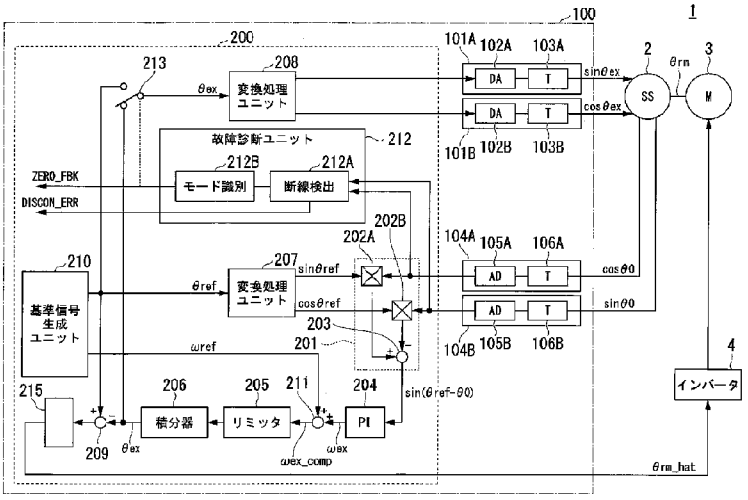
(72) 発明者: 森藤 力(**MORITO Chikara**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (**TANAI Sumio** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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,

(54) **Title:** RESOLVER SIGNAL PROCESSING DEVICE, DRIVE DEVICE, RESOLVER SIGNAL PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： レゾルバ信号処理装置、ドライブ装置、レゾルバ信号処理方法、及びプログラム



4 Inverter
205 Limiter
206 Integrator
207, 208 Conversion processing unit
210 Reference signal generation unit
212 Failure diagnosis unit
212A Disconnection detection
212B Mode identification

(57) **Abstract:** A resolver signal processing device according to one embodiment comprises an output signal state detection unit and a disconnection detection unit. On the basis of an output signal from a two-phase-output-type resolver, the output signal state detection unit calculates the sum of the squares of an A phase signal and B phase signal of the output signal. On the basis of the size of the fluctuation range within which the sum of the squares periodically fluctuates, a disconnection identification unit outputs information indicating the disconnection state of a first signal system for supplying an excitation

WO 2020/178896 A1

[続葉有]

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))

signal to the resolver or a second signal system for the output signal.

(57) 要約:実施形態の一態様のレゾルバ信号処理装置は、出力信号状態検出ユニットと、断線検出ユニットとを備える。出力信号状態検出ユニットは、二相出力型のレゾルバの出力信号に基づいて、前記出力信号のA相信号とB相信号の二乗和を算出する。断線識別ユニットは、前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、前記レゾルバの励磁信号を供給する第1信号系統と、前記出力信号の第2信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力する。

明　細　書

発明の名称 ：

レゾルバ信号処理装置、ドライブ装置、レゾルバ信号処理方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、レゾルバ信号処理装置、ドライブ装置、レゾルバ信号処理方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] レゾルバ信号処理装置はレゾルバ出力に基づいて、レゾルバに接続されたモータの回転角度を抽出する。しかしながら、レゾルバとレゾルバ信号処理装置との接続に断線などの異常状態が生じると、正確な位相情報を検出できなくなる。レゾルバ信号処理装置は、位相情報の検出精度が要求されるシステムに適用される場合には、断線が発生したことを漏れなく検出することが要求されることがあるが、容易でなかった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２０１８－４０６６０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明が解決しようとする課題は、二相出力型のレゾルバに励磁信号を供給する第１信号系統と、上記のレゾルバから出力信号を受ける第２信号系統との何れかの断線状態を検出するレゾルバ信号処理装置、ドライブ装置、レゾルバ信号処理方法、及びプログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0005] 実施形態の一態様のレゾルバ信号処理装置は、出力信号状態検出ユニットと、断線検出ユニットとを備える。出力信号状態検出ユニットは、二相出力

型のレゾルバの出力信号に基づいて、前記出力信号のＡ相信号とＢ相信号の二乗和を算出する。断線識別ユニットは、前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、前記レゾルバの励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]実施形態に係るレゾルバ信号処理装置を含むドライブ装置の構成図。

[図2A]実施形態のレゾルバの構成図。

[図2B]実施形態のレゾルバの二相励磁信号を説明するための図。

[図2C]実施形態のレゾルバの二相の出力信号を説明するための図。

[図3]実施形態の故障診断ユニットの構成図。

[図4]断線が発生した場合の信号の変化について説明するための図。

[図5]断線が発生した箇所の検出について説明するための図。

[図6A]停止中に断線が生じていない状態の動作を説明するための図。

[図6B]運転中に断線が生じていない状態の動作を説明するための図。

[図7A]運転中に励磁信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図7B]運転中に励磁信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図7C]運転中に励磁信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図7D]運転中に励磁信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図7E]停止中に励磁信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図7F]停止中に励磁信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図7G]停止中に励磁信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するため

の図。

[図7H]停止中に励磁信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図8A]運転中に励磁信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図8B]運転中に励磁信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図8C]運転中に励磁信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図8D]運転中に励磁信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図9A]停止中に励磁信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図9B]停止中に励磁信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図9C]停止中に励磁信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図9D]停止中に励磁信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図10A]運転中に励磁信号の１相と出力信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図10B]運転中に励磁信号の１相と出力信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図11A]停止中に励磁信号の１相と出力信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図11B]停止中に励磁信号の１相と出力信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図12A]運転中に励磁信号の１相と出力信号の１相に断線が生じた場合の動作

を説明するための図。

[図12B]運転中に励磁信号の１相と出力信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図12C]停止中に励磁信号の１相と出力信号の１相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図12D]停止中に励磁信号の１相と出力信号の１相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図13A]運転中に出力信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図13B]運転中に出力信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

[図13C]停止中に出力信号の２相に断線が生じた場合の動作を説明するための図。

[図13D]停止中に出力信号の２相の断線が復帰した場合の動作を説明するための図。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、実施形態のレゾルバ信号処理装置、ドライブ装置、レゾルバ信号処理方法、及びプログラムを、図面を参照して説明する。なお以下の説明では、同一又は類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それらの構成の重複する説明は省略する場合がある。

[0008] 実施形態のレゾルバとして、二相励磁二相出力型を例示する。二相出力型のレゾルバは略９０度の位相差で振幅変調されたＡ相、Ｂ相の二相の信号を出力する。例えば、上記の二相の信号は、位相θ０によって振幅が変化する正弦波と余弦波である。二相励磁型のレゾルバは略９０度の位相差で振幅変調されたＡ相、Ｂ相の励磁信号が供給される。レゾルバには、二相励磁二相出力型のほかに、一相励磁二相出力型、二相励磁一相出力型などがある。

なお、以下の説明の中で電気的に接続されることを、単に「接続される」ということがある。比較対象の速度、位相などの値が同じ値をとる場合、或

いは略同じ値をとる場合のことを、単に「同じ」ということがある。

[0009]（第１の実施形態）

図１は、実施形態に係るレゾルバ信号処理装置１００を含むドライブ装置１の構成図である。

[0010] ドライブ装置１は、例えば、レゾルバ２（図中の記載はＳＳ。）と、モータ３（図中の記載はＭ。）と、インバータ４と、レゾルバ信号処理装置１００とを備える。

[0011] レゾルバ２の軸は、モータ３の出力軸に連結されていて、モータ３の出力軸の回転に連動して回転する。例えば、モータ３は、インバータ４によって駆動される。

[0012] レゾルバ信号処理装置１００は、レゾルバ２に接続されていて、レゾルバ２に二相励磁信号を供給し、レゾルバ２が出力する二相の信号を受ける。

[0013] ここで図２Ａから図２Ｃを参照してレゾルバ２について説明する。

図２Ａは、実施形態のレゾルバ２の構成図である。図２Ｂは、実施形態のレゾルバ２の二相励磁信号を説明するための図である。図２Ｃは、実施形態のレゾルバ２の二相の出力信号を説明するための図である。

[0014] 例えば、レゾルバ２は、励磁位相θexの二相励磁信号により励磁される。レゾルバ２は、モータ３の出力軸の機械角位相θrmを検出する。レゾルバ２は、二相励磁信号の励磁位相θexと、機械角位相θrmとに関連する位相θ０に基づいた二相の信号を出力する。

[0015] 図に示すｓｉｎθexとｃｏｓθexとして示す信号は、二相励磁信号の一例である。ｓｉｎθ０とｃｏｓθ０として示す信号は、二相の出力信号の一例である。例えば、二相励磁信号と二相の出力信号はともに連続信号である。機械角位相θrmと、二相励磁信号の励磁位相θexと、位相θ０は、式（１）に示す関係にある。

[0016] $\theta 0 = \theta rm + \theta ex$ ・・・（１）

$\theta ex = \int \omega ex(t)\, dt$ ・・・（２）

[0017] 上記の式（１）における励磁位相θexは、式（２）に示すように励磁角周

波数ωex（ｔ）に基づいて導出される。励磁角周波数ωex（ｔ）は、時刻ｔに依存して変化する。励磁位相θexは、励磁角周波数ωex（ｔ）の時間積分によって導出される。

[0018] 図１に戻りレゾルバ信号処理装置１００の説明を続ける。

レゾルバ信号処理装置１００は、上記の二相の信号に基づきレゾルバ２の位相、つまりモータ３の出力軸の機械角位相θrmを検出し、その推定値である機械角位相推定値θrm_hatをインバータ４に供給する。以下、レゾルバ２の位相とその推定値を、単に機械角位相θrm、機械角位相推定値θrm_hatと呼ぶ。

これにより、インバータ４は、機械角位相θrmに代わるフィードバック情報として、機械角位相推定値θrm_hatを用いることにより、機械角位相推定値θrm_hatに基づいた位置制御によりモータ３を駆動することができる。

[0019] レゾルバ信号処理装置１００について説明する。

レゾルバ信号処理装置１００は、例えば、出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂと、入力バッファー回路１０４Ａ、１０４Ｂと、レゾルバ信号処理ユニット２００とを備える。

[0020] 出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂの入力は、レゾルバ信号処理ユニット２００に接続される。出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂの出力は、レゾルバ２の励磁側に接続される。出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂは、後述のレゾルバ信号処理ユニット２００から供給される励磁信号に基づいた二相の信号をレゾルバ２に供給する。

[0021] 例えば、出力バッファー回路１０１Ａには、Ａ相出力用の図示されないデジタルアナログ変換器１０２Ａ（以下、ＤＡ変換器という。図中の記載はＤＡ。）、図示しない信号増幅用のバッファー、絶縁用のトランス１０３Ａ（図中の記載はＴ。）などが含まれる。ＤＡ変換器１０２Ａと、信号増幅用のバッファーと、トランス１０３Ａは、記載の順に接続されている。トランス１０３Ａは、レゾルバ信号処理装置１００とレゾルバ２とを電気的に絶縁する。トランス１０３Ａの変圧比を１と仮定して、以下の説明におけるトラン

スの説明を省略する。出力バッファー回路１０１Ｂも同様であり、Ｂ相出力用の図示されないＤＡ変換器１０２Ｂ、図示しない信号増幅用のバッファー、トランス１０３Ｂなどが含まれる。ＤＡ変換器１０２Ｂは、ＤＡ変換器１０２Ａと同じものであってよい。トランス１０３Ｂは、トランス１０３Ａと同じものであってよい。ＤＡ変換器１０２Ｂと、信号増幅用のバッファーと、トランス１０３Ｂは、記載の順に接続されている。なお、トランス１０３Ａ、１０３Ｂの変圧比が１でない場合には、出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂは、信号の振幅をトランス１０３Ａ、１０３Ｂの変圧比に基づいて適宜補正してもよい。

[0022] 入力バッファー回路１０４Ａ、１０４Ｂの入力は、レゾルバ２の出力側に接続される。入力バッファー回路１０４Ａ、１０４Ｂの出力は、レゾルバ信号処理ユニット２００に接続される。入力バッファー回路１０４Ａ、１０４Ｂは、レゾルバ２から位相θ０に基づいた二相の信号を受け、後述のレゾルバ信号処理ユニット２００に供給する。

[0023] 例えば、入力バッファー回路１０４Ａには、Ａ相入力用のアナログデジタル変換器１０５Ａ（以下、ＡＤ変換器という。図中の記載はＡＤ。）、図示されない信号増幅用のバッファー、絶縁用のトランス１０６Ａ（図中の記載はＴ。）などが含まれる。絶縁用のトランス１０６Ａと、信号増幅用のバッファーと、ＡＤ変換器１０５Ａは、記載の順に接続される。入力バッファー回路１０４Ｂも同様であり、Ｂ相入力用のＡＤ変換器１０５Ｂ、図示されない信号増幅用のバッファー、トランス１０６Ｂなどが含まれる。絶縁用のトランス１０６Ｂと、信号増幅用のバッファーと、ＡＤ変換器１０５Ｂは、記載の順に接続される。

[0024] ＡＤ変換器１０５Ａ、１０５Ｂは、レゾルバ２が出力するＡ相、Ｂ相の各アナログ信号をそれぞれデジタル値に変換する。ＡＤ変換器１０５Ａ、１０５Ｂが変換するタイミングは、図示されないサンプリング指令信号生成処理部から出力されるサンプリング指令信号により規定され、予め定められた所定の周期になる。ＡＤ変換器１０５Ａ、１０５Ｂは、変換したデジタル値を

、レゾルバ信号処理ユニット２００に供給する。

[0025] レゾルバ信号処理ユニット２００は、デジタル値で供給された二相の信号から、レゾルバ２の位相に対応する位相情報に変換して、出力バッファー回路１０１Ａ、１０１Ｂを経由してインバータ４に供給する。

[0026] インバータ４は、図示されない半導体スイッチング素子とインバータ制御部とを備える。インバータ４は、レゾルバ信号処理ユニット２００からモータ３の機械角位相推定値θrm_hatの供給を受け、機械角位相推定値θrm_hatに従い、モータ３を駆動する。

[0027] 次にレゾルバ信号処理ユニット２００について説明する。

レゾルバ信号処理ユニット２００は、偏差算出ユニット２０１と、ＰＩ制御器２０４（図中の記載はＰＩ。）と、リミッタ２０５と、積分器２０６（積分演算ユニット）と、変換処理ユニット２０７、２０８と、減算器２０９と、基準信号生成ユニット２１０と、加算器２１１と、故障診断ユニット２１２と、スイッチ２１３と、励磁位相推定値生成ユニット２１５とを備える。ＰＩ制御器２０４と、リミッタ２０５と、積分器２０６と、加算器２１１は、演算処理ユニットの一例である。

[0028] 偏差算出ユニット２０１は、乗算器２０２Ａ、２０２Ｂと、減算器２０３とを備える。

[0029] 乗算器２０２Ａの入力は、ＡＤ変換器１０５Ａの出力と後述の変換処理ユニット２０７の出力とに接続されている。乗算器２０２Ａは、ＡＤ変換器１０５Ａから供給されるＡ相の信号成分と、変換処理ユニット２０７から供給される正弦波信号（ｓｉｎθref）とを乗じて、第１の積を得る。乗算器２０２Ａは、出力に接続されている減算器２０３の第１入力に、第１の積を供給する。

[0030] 乗算器２０２Ｂの入力は、ＡＤ変換器１０５Ｂの出力と後述の変換処理ユニット２０７の出力とに接続されている。乗算器２０２Ｂは、ＡＤ変換器１０５Ｂから供給されるＢ相の信号成分と、変換処理ユニット２０７から供給される余弦波信号（ｃｏｓθref）とを乗じて、第２の積を得る。乗算器２０

２Ｂは、出力に接続されている減算器２０３の第２入力に、第２の積を供給する。

[0031] 減算器２０３は、乗算器２０２Ａによって算出された第１の積の値から、乗算器２０２Ｂによって算出された第２の積の値を減算して、その差をＰＩ制御器２０４に供給する。減算器２０３によって算出された差を、偏差ｓｉｎ（θref－θ０）と呼ぶ。

[0032] ＰＩ制御器２０４は、偏差ｓｉｎ（θref－θ０）を積分する第１積分処理と、偏差ｓｉｎ（θref－θ０）に定数を乗算するゲイン乗算処理と、第１積分処理の結果とゲイン乗算処理の結果とを加算する演算処理とを実施する。これを比例積分演算という。ＰＩ制御器２０４の演算結果の値は、励磁角周波数（或いは周波数）の次元を持ち、これを励磁角周波数ωexと呼ぶ。ゲイン乗算処理の定数は、レゾルバ２のタイプに依存する。これについて後述する。

[0033] 加算器２１１は、ＰＩ制御器２０４の演算結果である励磁角周波数ωexと、後述する基準角周波数ωrefとを加算して出力する。その結果を励磁角周波数補償値ωex_compと呼ぶ。

[0034] リミッタ２０５は、加算器２１１から供給される励磁角周波数補償値ωex_compを、所望の範囲の値に制限する。例えば、リミッタ２０５は、励磁角周波数補償値ωex_compが予め定められた閾値に基づいた所望の範囲を超えない場合には、励磁角周波数補償値ωex_compを制限することなく出力し、励磁角周波数補償値ωex_compが所望の範囲を超える場合には、励磁角周波数補償値ωex_compを所定の値に制限する。なお、励磁角周波数補償値ωex_compが予め定められた閾値に基づいた所望の範囲を超えないことは、ＰＩ制御器２０４の演算結果に基づく励磁角周波数補償値ωex_compが所定の条件を満たすことの一例である。

[0035] 積分器２０６は、例えば、励磁角周波数補償値ωex_compを積分する第２積分処理を実施する。ただし、励磁角周波数補償値ωex_compがリミッタ２０５によって制限された場合には、励磁角周波数補償値ωex_compに代えて、その

制限値を積分する。積分器２０６の演算結果を励磁位相θexと呼ぶ。

[0036] 減算器２０９は、基準信号生成ユニット２１０から供給される基準位相θrefの値から、積分器２０６の演算結果である励磁位相θexの値を減算する。

[0037] 励磁位相推定値生成ユニット２１５は、減算器２０９の演算結果に基づいて、励磁位相推定値θrm_hatを生成する。

[0038] 基準信号生成ユニット２１０は、基準周波数ｆrefに基づいて、基準角周波数ωrefと、基準位相θrefとを生成する。基準信号生成ユニット２１０は、基準角周波数ωrefを積分して基準位相θrefを生成してもよい。

[0039] 変換処理ユニット２０７は、上記の基準位相θrefを余弦波信号（ｃｏｓθref）と正弦波信号（ｓｉｎθref）に変換する。正弦波信号（ｓｉｎθref）は、偏差算出ユニット２０１の乗算器２０２Ａに供給される。余弦波信号（ｃｏｓθref）は、偏差算出ユニット２０１の乗算器２０２Ｂに供給される。

[0040] 変換処理ユニット２０８は、スイッチ２１３を経て供給される上記の励磁位相θexと上記の基準位相θrefの何れかを余弦波信号（ｃｏｓθex）と正弦波信号（ｓｉｎθex）に変換する。正弦波信号（ｓｉｎθex）は、出力バッファー回路１０１Ａの入力に供給される。余弦波信号（ｃｏｓθex）は、出力バッファー回路１０１Ｂの入力に供給される。

[0041] スイッチ２１３は、第１入力が積分器２０６の出力に接続され、第２入力が基準信号生成ユニット２１０の出力に接続され、制御入力が、故障診断ユニット２１２の出力に接続されている。スイッチ２１３の第１入力には、積分器２０６から励磁位相θexが供給され、第２入力には、基準信号生成ユニット２１０から基準位相θrefが供給され、制御端子には、故障診断ユニット２１２から断線状態のモードの検出結果（信号ZERO_FBK）が供給される。例えば、スイッチ２１３は、制御端子に信号ZERO_FBKがＨレベルで供給されると、励磁位相θexを出力し、制御端子に信号ZERO_FBKがＬレベルで供給されると、基準位相θrefを出力する。例えば、スイッチ２１３は、後述するモード識別ユニット２１２Ｂによる識別の結果に基づいて、励磁位相θexと基準位相θrefの何れかを選択して、その選択の結果を出力する。

[0042] 故障診断ユニット２１２の入力は、ＡＤ変換器１０５Ａの出力とＡＤ変換器１０５Ｂの出力とに接続されている。故障診断ユニット２１２の出力は、後述するスイッチ２１３の制御端子と、図示されない上位装置とに接続されている。

[0043] 故障診断ユニット２１２は、例えば、断線検出ユニット２１２Ａと、モード識別ユニット２１２Ｂとを備える。

[0044] 例えば、断線検出ユニット２１２Ａの第１入力は、ＡＤ変換器１０５Ａの出力に接続されている。断線検出ユニット２１２Ａの第２入力は、ＡＤ変換器１０５Ｂの出力に接続されている。断線検出ユニット２１２Ａは、ＡＤ変換器１０５Ａから供給されるＡ相の信号成分と、ＡＤ変換器１０５Ｂから供給されるＢ相の信号成分とに基づいて、レゾルバ２の励磁信号を供給する第１信号系統と、出力信号の第２信号系統との何れかの信号に生じた断線状態を検出し、検出結果に基づいた信号DISCON_ERRを出力する。

[0045] モード識別ユニット２１２Ｂの入力は、断線検出ユニット２１２Ａの出力に接続されている。モード識別ユニット２１２Ｂは、断線検出ユニット２１２Ａの検出結果に基づいて、レゾルバ２の励磁信号を供給する第１信号系統と、出力信号の第２信号系統との何れに断線状態が発生しているかを識別する。モード識別ユニット２１２Ｂは、識別結果に基づいた信号ZERO_FBKを出力する。

[0046] 図３を参照して、実施形態の故障診断ユニット２１２について説明する。

図３は、実施形態の故障診断ユニット２１２の構成図である。

[0047] 断線検出ユニット２１２Ａは、例えば、出力信号状態検出ユニット２１２１と、第１閾値生成ユニット２１２２（図中の記載は第１閾値。）と、第２閾値生成ユニット２１２３（図中の記載は第２閾値。）と、閾値設定ユニット２１２４と、コンパレータ２１２５と、断線識別ユニット２１２６とを備える。

[0048] 出力信号状態検出ユニット２１２１は、レゾルバ２の二相の出力信号に基づいて、Ａ相信号のｓｉｎθ０とＢ相信号のｃｏｓθ０の二乗和を算出する

。以下の説明において、Ａ相信号のｓｉｎθ０のことを信号ｓｉｎθ０と呼び、Ｂ相信号のｃｏｓθ０のことを信号ｃｏｓθ０と呼び、ｓｉｎθ０とｃｏｓθ０の二乗和（$\sin^2\theta 0+\cos^2\theta 0$）のことをレゾルバＦＢＫと呼ぶ。出力信号状態検出ユニット２１２１は、レゾルバＦＢＫを逐次算出する。

[0049] なお、レゾルバ２を正常な状態で稼働できていれば、レゾルバＦＢＫの値は、０より大きな値で略一定になる。Ａ相の信号とＢ相の信号がともに無信号になるような断線状態が発生していると、Ａ相の信号とＢ相の信号の振幅が０になり、レゾルバＦＢＫの値が０になる。上記以外の断線が生じている場合などに、レゾルバＦＢＫな値が周期的に変動することがある。

[0050] 第１閾値生成ユニット２１２２は、レゾルバＦＢＫの状態を検出するための第１閾値を生成する。この第１閾値は、レゾルバＦＢＫの周期的な変動を検出可能な範囲内に予め定められた固定値であってよい。

[0051] 第２閾値生成ユニット２１２３は、レゾルバＦＢＫの状態を検出するための第２閾値を生成する。この第２閾値は、上記の第１閾値と同様にレゾルバＦＢＫの周期的な変動を検出可能な範囲内に定められている。第２閾値生成ユニット２１２３は、図示しない上位装置からの指令に従って第２閾値を決定してよい。

[0052] 閾値設定ユニット２１２４は、図示しない上位装置からの指令である閾値設定フラフに従って第１閾値と第２閾値の何れかを、診断に用いる閾値として設定して、出力する。

[0053] コンパレータ２１２５の非反転入力は、閾値設定ユニット２１２４の出力に接続されていて、閾値設定ユニット２１２４によって設定された閾値が供給される。コンパレータ２１２５の反転入力は、出力信号状態検出ユニット２１２１の出力に接続されていて、レゾルバＦＢＫが供給される。コンパレータ２１２５は、レゾルバＦＢＫと、閾値設定ユニット２１２４によって設定された閾値とを比較して、比較の結果（B_CMP_DISCON）を出力する。例えば、コンパレータ２１２５は、レゾルバＦＢＫが閾値設定ユニット２１２４によって設定された閾値よりも大きい場合に、「０」を出力し、レゾルバＦ

ＢＫが閾値設定ユニット２１２４によって設定された閾値以下の場合に、「１」を出力する。断線がない場合のコンパレータ２１２５の出力の期待値は、「０」である。これにより、コンパレータ２１２５は、閾値を超える大きさの変動幅でレゾルバＦＢＫが変動していることを検出する。

[0054] 断線識別ユニット２１２６は、コンパレータ２１２５による比較の結果に基づいて、レゾルバ２の励磁信号を供給する第１信号系統と、レゾルバ２の出力信号の第２信号系統との何れかに断線状態が生じているか否かを識別して、その結果を出力する。コンパレータ２１２５による比較の結果に、「１」が含まれる場合には、断線の可能性がある。

[0055] 断線識別ユニット２１２６は、例えば、カウンタ２１２６Ａと、識別処理ユニット２１２６Ｂとを備える。

カウンタ２１２６Ａは、コンパレータ２１２５が出力する信号B_CMP_DISCONに含まれるパルスを計数し、計数結果のカウント値を出力する。

[0056] 例えば、カウンタ２１２６Ａは、レゾルバ２の出力信号の周期よりも十分に短い所定の周期のクロックを用いて、信号B_CMP_DISCONをサンプリングして、信号B_CMP_DISCONが「０」から「１」に変化した回数をカウントする。識別処理ユニット２１２６Ｂは、カウンタ２１２６Ａの後段に設けられている。識別処理ユニット２１２６Ｂは、上記のカウンタ２１２６Ａによるカウント値を所定の閾値に基づいて識別し、識別結果を信号DISCON_ERRとして出力する。カウンタ２１２６Ａは、所定の周期のクロックに同期してリセットされる。

[0057] モード識別ユニット２１２Ｂの入力は、コンパレータ２１２５の出力に接続されている。モード識別ユニット２１２Ｂは、コンパレータ２１２５からレゾルバＦＢＫの比較の結果（B_CMP_DISCON）を受け、これに基づいて断線状態（故障モード）を識別する。

[0058] 例えば、モード識別ユニット２１２Ｂは、断線状態が検出された場合にレゾルバ２を継続して利用する第１モードと、断線状態が検出された場合にレゾルバ２の利用を中断させる第２モードとを、レゾルバＦＢＫに係るレゾル

バ２の出力信号に基づいて識別する。モード識別ユニット２１２Ｂは、第１モードを識別した際にＬレベルを出力し、第２モードを識別した際にＨレベルを出力する。

[0059] まず、断線障害が発生していない定常状態の動作について説明する。

例えば、断線障害が生じていない定常状態の場合には、上記のように故障診断ユニット２１２は、レゾルバ２を継続して利用すると決定し、スイッチ２１３を操作する。これにより、レゾルバ信号処理ユニット２００とレゾルバ２は、トラッキングループを形成する。トラッキングループの作用によって、レゾルバ信号処理ユニット２００は、レゾルバ２から供給されたＡ相とＢ相の信号から励磁位相θexを算出する。

[0060] 上記のトラッキングループは、基準位相θrefとレゾルバ出力に含まれる位相θ０(＝θrm＋θex)とが等しくなるように作用する。基準位相θrefとレゾルバ出力に含まれる位相θ０との差（θref－θ０）がトラッキングループ内部に配置されたＰＩ制御により０に近い値をとるようになる。よって偏差ｓｉｎ（θref－θ０）は、（θref－θ０）に近似できる。（θref－θ０）をΔθで表す。

[0061] 上記のとおりリミッタ２０５が励磁角周波数補償値ωex_compを所望の範囲に制限することにより、トラッキングループは、リミッタ２０５の制限された条件に従い作用する。これにより、励磁位相θexが急峻に変化することを抑制できる。

[0062] 図４と図５を参照して、断線が発生した場合について説明する。

図４は、断線が発生した場合の信号の変化について説明するための図である。

図４中の（ａ）に、トラッキングループのゲインが比較的低い場合を示し、図４中の（ｂ）に、トラッキングループのゲインが比較的高い場合を示す。図４中の（ａ）の上段に、特定の条件で断線が発生している場合のレゾルバＦＢＫの波形を示し、下段にコンパレータ２１２５の出力（B_CMP_DISCON）を示す。

[0063] 図４中の（ａ）に示すレゾルバＦＢＫの波形は、周期的に繰り返される波形である。この波形の頂部に接するように水平にひかれた鎖線は、断線が生じていない場合のレゾルバＦＢＫの波形である。断線が生じるとレゾルバＦＢＫが、図に示すように周期的に繰り返される事象が生じる。コンパレータ２１２５は、レゾルバＦＢＫに生じた周期的に繰り返される事象の波形を、所定の閾値を用いて識別して、同図の下段の信号を生成する。上記の所定の閾値は、断線が生じていないレゾルバＦＢＫとして許容される最小値に基づいて、決定されてよい。

[0064] 例えば、上記の周期的信号の周期を検出する際に、レゾルバ２の励磁信号の基準周波数に基づいて検出範囲を決定するとよい。例えば、周期的信号の周期は、レゾルバ２の励磁信号の基準周波数の周期より短くしてよい。

[0065] 図４中の（ｂ）に示す波形も、図４中の（ａ）の波形と同様のものであり、レゾルバＦＢＫの振幅と中心値が互いに異なる。

[0066] 図５は、断線が発生した箇所の検出について説明するための図である。

コンパレータ２１２５の出力（B_CMP_DISCON）の波形は、図５に示すように断線が発生した箇所によって３通りに変化する。

上段は、断線が生じていない正常な状態の波形である。この場合の信号B_CMP_DISCONの波形は、Ｌレベルになる。

[0067] 中段は、断線が生じているが、断線が生じていても二相の出力信号の何れかに、何らかの信号が検出される場合の波形である。この場合の信号B_CMP_DISCONの波形は、Ｌレベルを基本にして、Ｈレベルのパルスが繰り返して重畳される信号になる。

[0068] 下段は、励磁信号の両方の相が断線、或いは二相の出力信号の両方の相が断線が生じた状態の波形である。この場合の信号B_CMP_DISCONの波形は、Ｈレベルになる。

[0069] 断線識別ユニット２１２６は、上記の波形に基づいて断線状態を識別することで、レゾルバ２の利用を中断するように制御することを可能にする。

[0070] ここで、断線障害が発生する位置の違いによる故障時の動作の違いについ

て整理する。動作の違いを下記のように大別する。

[0071] ・断線障害が発生しても、レゾルバ２の出力信号に基づいて、トラッキング動作を継続するモード。

[0072] ・断線障害が発生すると、レゾルバ２の出力信号が消失し、トラッキング動作を継続できなくなるモード。

[0073] レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記の各モードを識別する。

[0074] 例えば、断線障害が発生した故障状態を断線識別ユニット２１２６が検出した場合には、故障診断ユニット２１２は、レゾルバ２の利用を中断するようにスイッチ２１３を操作する。これにより、レゾルバ信号処理ユニット２００は、レゾルバ２の励磁周波数をオープンループ制御することで、レゾルバ２とのトラッキングループを解消させる。

[0075] なお、レゾルバ２の制御に係る周辺回路には、トランス１０３Ａ、１０３Ｂ、１０６Ａ、１０６Ｂなどが含まれる。各トランスには適用可能な周波数帯が規定されている。トランスの特性により、適用可能な周波数帯を超える周波数成分を含む信号を変換すると、トランスが過熱することがある。レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記のモードを識別可能であり、平常時にはレゾルバ２の励磁周波数を閉ループ制御しているが、上記の断線故障により閉ループ制御が不安定な状態になった場合には、開ループ制御に切り替えて制御系を安定化させるとよい。これによって、トランスに、適用可能な周波数帯を超える周波数成分を含む信号を変換させることがなく、レゾルバ２の制御に係る周辺回路を保護することができる。

[0076] 図６Ａから図１３Ｄに示す測定結果を用いて、実施形態のレゾルバ信号処理ユニット２００の動作について説明する。

[0077] 図６Ａは、停止中に断線が生じていない状態の動作を説明するための図である。図６Ｂは、回転中に断線が生じていない状態の動作を説明するための図である。図６Ａと図６Ｂに示す波形図のＸ軸は、時間の経過を示す。表示される期間が２００ｍｓである。図６Ａと図６Ｂに示す波形図は、上から順に、信号ｓｉｎθ０、信号ｃｏｓθ０、信号ｓｉｎθex、信号ｃｏｓθex、

信号ZERO_FBK、信号DISCON_ERR及び機械角位相推定値θrm_hatの波形を示す。波形図の信号の並びは、特に説明する場合を除いて、後述する図においても同様である。上記の測定時のレゾルバ２の励磁周波数は、１ｋＨｚである。後述する図においても同様である。

[0078] 図６Ａと図６Ｂに示すように信号ｓｉｎθ０、信号ｃｏｓθ０、信号ｓｉｎθex、及び信号ｃｏｓθexは、表示される期間にわたって周期的に変化している。図６Ａと図６Ｂに示すように信号ZERO_FBKと信号DISCON_ERRは、各信号に断線が生じていないことにより、表示される期間にわたってともにＨレベルになっている。

[0079] 例えば、信号ZERO_FBKは、レゾルバＦＢＫがゼロにならない平時でなければＬレベルになる。信号ZERO_FBKは、故障や断線が生じることなどにより、レゾルバＦＢＫがゼロになるとＨレベルになる。

[0080] 例えば、信号DISCON__ERRは、断線の検出結果を示す信号である。信号DISCON__ERRは、断線が未検出であるとＨレベルになる。信号DISCON__ERRは、断線が検出されるとＬレベルになる。

[0081] 例えば、機械角位相推定値θrm_hatは、レゾルバ信号処理ユニット２００が検出した位相を示す。

[0082] 図６Ａに示す状態はモータ３が停止している状況にあるから、機械角位相推定値θrm_hatに変動が生じない。これに対し、図６Ｂに示す状態はモータ３が回転している状況にあるから、機械角位相推定値θrm_hatに三角波の周期的な変動がみられる。

レゾルバ信号処理ユニット２００は、断線が生じていない状態にあれば、上記の図６Ａと図６Ｂに示す各信号を生成する。

[0083] 信号に断線が生じる箇所により、レゾルバ信号処理ユニット２００の動作が異なる。以下、断線が生じる箇所ごとに場合分けして、レゾルバ信号処理ユニット２００の動作の違いを順に説明する。

[0084] 図７Ａから図７Ｈを参照して、断線が発生した箇所が信号ｓｉｎθexの事例について説明する。

[0085] 図７Ａと図７Ｂは、運転中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。図７Ｂは、図７Ａに示す時刻ｔ７１１を含む期間ＶＩＩＢの時間方向の拡大図である。図７Ａに表示される期間は、５００ｍｓである。図７Ｂに表示される期間は、５ｍｓである。

[0086] 図７Ａに示すように、時刻ｔ７１１（検出時刻０．８５５ｍｓ）に信号ｓｉｎθexに断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθexの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。上記のように断線が発生しても、レゾルバ信号処理ユニット２００は、断線が発生するまでと同様に周期的に変化する機械角位相推定値θrm_hatを出力する。

[0087] 図７Ｂに示すように、時刻ｔ７１１から遅れて時刻ｔ７１２になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

[0088] 図７Ｃと図７Ｄは、運転中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。図７Ｄは、図７Ｃに示す時刻ｔ７２１を含む期間ＶＩＩＤの時間方向の拡大図である。図７Ｃに表示される期間は、５００ｍｓである。図７Ｄに表示される期間は、５ｍｓである。

[0089] 図７Ｃと図７Ｄに示す機械角位相推定値θrm_hatは、サンプリングした結果を一次ホールドしたものである。

[0090] 図７Ｃに示すように、時刻ｔ７２１（検出時刻０．８５５ｍｓ）に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、それ以降、信号ｓｉｎθexの周期的な変化が検出されるとともに、信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０が安定する。上記のように断線が復旧すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、周期的に変化する位相を検出して出力する。

[0091] 図７Ｄに示すように、時刻ｔ７２１から遅れて時刻ｔ７２２になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＨレベルにして断線が復旧したことを示す。

[0092] 図７Ｅと図７Ｆは、停止中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。図７Ｆは、図７Ｅに示す時刻ｔ７３１を含む期間ＶＩＩＦの時間方

向の拡大図である。図７Ｅに表示される期間は、５００ｍｓである。図７Ｆに表示される期間は、５ｍｓである。

[0093] 図７Ｅに示すように、時刻ｔ７３１（検出時刻１．３８５ｍｓ）に信号ｓｉｎθexに断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθexの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。上記のように断線が発生しても、レゾルバ信号処理ユニット２００は、断線が発生するまでと同様に固定値の機械角位相推定値θrm_hatを出力する。

[0094] 図７Ｆに示すように、時刻ｔ７３１から遅れて時刻ｔ７３２になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

[0095] 図７Ｇと図７Ｈは、停止中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。図７Ｈは、図７Ｇに示す時刻ｔ７４１を含む期間ＶＩＩＨの時間方向の拡大図である。図７Ｇに表示される期間は、５００ｍｓである。図７Ｈに表示される期間は、５ｍｓである。

[0096] 図７Ｇに示すように、時刻ｔ７４１（検出時刻１．１２５ｍｓ）に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、それ以降、信号ｓｉｎθexの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。

上記のように断線が復旧すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、断線が発生するまでと同様に固定値の機械角位相推定値θrm_hatを出力する。

[0097] 図７Ｈに示すように、時刻ｔ７４１から遅れて時刻ｔ７４２になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＨレベルにして断線が復旧したことを示す。

[0098] 図８Ａから図８Ｄを参照して、断線が発生した箇所が信号ｓｉｎθexと信号ｃｏｓθexの事例について説明する。

[0099] 図８Ａと図８Ｂは、運転中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。図８Ｂは、図８Ａに示す時刻ｔ８１２を含む期間ＶＩＩＩＢの時間方向の拡大図である。図８Ａに表示される期間は、５００ｍｓである。図８Ｂに表示される期間は、５ｍｓである。

[0100] 図８Ａに示すように、時刻ｔ８１１に信号ｃｏｓθexに断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθexの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。時刻ｔ８１２（検出時刻１．８６５ｍｓ）に、さらに信号ｓｉｎθexに断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθexのほか、信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０も併せて周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、周期的に変化する機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その周期は正しいものでなくなり、正常値に比べて短くなっている。

[0101] 図８Ｂに示すように、時刻ｔ８１１と時刻ｔ８１２から遅れて時刻ｔ８１３になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。表示された範囲の信号θrm_hatには、大きな変化が見られない。

上記のように、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出していること示すことで、機械角位相推定値θrm_hatに正しい周期を再現できていないことを示す。

[0102] 図８Ｃと図８Ｄは、運転中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。図８Ｄは、図８Ｃに示す時刻ｔ８２１を含む期間ＶＩＩＩＤの時間方向の拡大図である。図８Ｃに表示される期間は、５００ｍｓである。図８Ｄに表示される期間は、５ｍｓである。

[0103] 図８Ｃに示すように、時刻ｔ８２１（検出時刻０．１９０ｍｓ）に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、２信号の断線により止まっていた信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０が周期的に変化するようになることを検出する。レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記の信号ｓｉｎθexの断線の復旧に合わせて、機械角位相推定値θrm_hatを、断線中の周期から、二相の出力信号に同調した周期に復帰させる。時刻ｔ８２４になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして断線が復旧したことを示す。

[0104] 図８Ｄに示すように、時刻ｔ８２１から遅れて時刻ｔ８２２になると、レ

ゾルバ信号処理ユニット２００は、信号ZERO_FBKをＨレベルにして、二相の出力信号が検出できていることを示す。

[0105] 図９Ａから図９Ｄを参照して、断線が発生した箇所が信号ｓｉｎθexと信号ｃｏｓθ０の事例について説明する。

[0106] 図９Ａと図９Ｂは、停止中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。図９Ｂは、図９Ａに示す時刻ｔ８１２を含む期間ＩＸＢの時間方向の拡大図である。図９Ａに表示される期間は、５００ｍｓである。図９Ｂに表示される期間は、５ｍｓである。

[0107] 図９Ａに示すように、時刻ｔ９１１に信号ｓｉｎθexに断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθexの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。

上記のように信号ｓｉｎθexに単独の断線が発生しても、レゾルバ信号処理ユニット２００は、断線が発生するまでと同様に固定値の機械角位相推定値θrm_hatを出力する。

時刻ｔ９１２（検出時刻１．４７５ｍｓ）に、さらに信号ｃｏｓθexに断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθexのほか、信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０も併せて周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。上記のように信号ｓｉｎθexと信号ｃｏｓθexの双方に断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記の双方に断線が発生するまでとは異なり固定値の機械角位相推定値θrm_hatを出力できなくなり、停止中でありながらあたかも回転しているような機械角位相推定値θrm_hatを出力する。

[0108] 図９Ｂに示すように、時刻ｔ９１１と時刻ｔ９１２から遅れて時刻ｔ９１３になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

上記のように、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出していること示すことで、機械角位相推定値θrm_hatに正しい周期を再現できていないことを示す。

[0109] 図９Ｃと図９Ｄは、停止中に断線が復帰した場合の動作を説明するための

図である。図９Ｄは、図９Ｃに示す時刻ｔ９２１を含む期間ＩＸＤの時間方向の拡大図である。図９Ｃに表示される期間は、５００ｍｓである。図９Ｄに表示される期間は、５ｍｓである。

[0110] 図９Ｃに示すように、時刻ｔ９２１（検出時刻０．５３５ｍｓ）に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、２信号の断線により止まっていた信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０を検出する。

レゾルバ信号処理ユニット２００は２信号の断線によって自走状態になっていて、実際の回転とは異なる値を機械角位相推定値θrm_hatとして出力する。レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記の信号ｓｉｎθexの断線の復旧に合わせて、二相の出力信号に同調した位相に復帰させる。時刻ｔ９２４になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして断線が復旧したことを示す。

[0111] 図９Ｄに示すように、時刻ｔ９２１と時刻ｔ９２２から遅れて時刻ｔ９２３になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号ZERO_FBKをＨレベルにして、二相の出力信号が検出できていることを示す。

[0112] 図１０Ａから図１１Ｂを参照して、断線が発生した箇所が信号ｓｉｎθ０と信号ｓｉｎθexの事例について説明する。

[0113] 図１０Ａは、運転中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。図１０Ａに表示される期間は、５００ｍｓである。以下の各図も５００ｍｓである。

[0114] 図１０Ａに示すように、時刻ｔ１０１１に信号ｓｉｎθ０に断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθ０の周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

時刻ｔ１０１２に、さらに信号ｓｉｎθexに断線が発生する。それ以降もレゾルバ２にはｃｏｓθexの供給が継続しているため、信号ｃｏｓθ０が検出されているが、その振幅は時刻ｔ１０１２以前の振幅よりも小さくなり安

定しない。信号ｓｉｎθexは、断線しているが、誘導による微小な信号が同信号として検出されている。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値も周期も正しいものでなくなっている。このような状態は、信号DISCON__ERRがＬレベルであることから識別可能である。

時刻ｔ１０１２以降に、断続的に信号ZERO_FBKがＬレベルになる期間がある。この信号ZERO_FBKがＬレベルになる期間は、信号ｃｏｓθ０が周期的に０近傍の値になるタイミングに同期している。

[0115] 図１０Ｂは、運転中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。

図１０Ｂに示すように、時刻ｔ１０２１に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、２信号の断線により止まっていた信号ｓｉｎθexと信号ｃｏｓθ０が周期的に変化するようになることを検出する。

レゾルバ信号処理ユニット２００は、上記の信号ｓｉｎθexの断線の復旧に合わせて、機械角位相推定値θrm_hatを、断線中の不安定な状態から、信号ｃｏｓθ０に同調した周期に復帰させる。ただし、信号ｓｉｎθ０の断線が継続しているため、機械角位相推定値θrm_hatの精度は、保証できるレベルにない。

時刻ｔ１０２４になると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0116] 図１１Ａは、停止中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。

図１１Ａに示すように、時刻ｔ１１１１に信号ｓｉｎθ０に断線が発生して、それ以降、信号ｓｉｎθ０の周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

時刻ｔ１１１２に、さらに信号ｓｉｎθexに断線が発生する。それ以降もレゾルバ２にはｃｏｓθexの供給が継続しているため、信号ｃｏｓθ０に信号が検出されているが、その振幅は時刻ｔ１１１２以前の振幅よりも小さくなり安定しない。上記のとおり信号ｓｉｎθexは、断線しているが、誘導による微小な信号が同信号として検出されている。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値に不要なオフセットが付加されて正しいものでなくなっている。なお、このような状態は、信号DISCON__ERRがＬレベルであることから識別可能である。

[0117] 図１１Ｂは、停止中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。

図１１Ｂに示すように、時刻ｔ１１２１に信号ｓｉｎθ０の断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、２信号の断線により止まっていた信号ｓｉｎθ０が周期的に変化するようになることを検出する。

上記の信号ｓｉｎθ０の断線の復旧に合わせて、機械角位相推定値θrm_hatが、上記のオフセットがついて正確性か欠けた状態から、オフセットがなくなった状態に復帰する。ただし、信号ｓｉｎθ０の断線が継続しているため、機械角位相推定値θrm_hatの精度は、保証できるレベルにない。

時刻ｔ１１２４に信号ｓｉｎθexの断線が復旧して、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0118] 図１２Ａから図１２Ｄを参照して、断線が発生した箇所が信号ｃｏｓθ０と信号ｓｉｎθexの事例について説明する。

[0119] 図１２Ａは、運転中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。

図１２Ａに示すように、時刻ｔ１２１１に信号ｃｏｓθ０に断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθ０の周期的な変化がなくなり、その振幅が０に

なる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

[0120] 時刻ｔ１２１２に、さらに信号ｓｉｎθexに断線が発生する。それ以降もレゾルバ２にはｃｏｓθexの供給が継続しているため、信号ｓｉｎθ０に信号が検出されているが、その振幅は時刻ｔ１２１２以前の振幅よりも小さくなり安定しない。信号ｓｉｎθexは、断線しているが、誘導による微小な信号が同信号として検出されている。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値も周期も正しいものでなくなっている。このような状態は、信号DISCON_ERRがＬレベルであることから識別可能である。

[0121] 図１２Ｂは、運転中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。

図１２Ｂに示すように、時刻ｔ１２２１に信号ｃｏｓθ０の断線が復旧しても、それ以降も不安定な状態が続く。

時刻ｔ１２２４に信号ｓｉｎθexの断線が復旧すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0122] 図１２Ｃは、停止中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。

図１２Ｃに示すように、時刻ｔ１２３１に信号ｃｏｓθ０と信号ｓｉｎθexに断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθ０と信号ｓｉｎθexに周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。なお、信号ｓｉｎθexは、断線しているが、それ以降もレゾルバ２にはｃｏｓθexの供給が継続しているため、誘導による微小な信号が同信号として検出されている。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値に微

小な変動が含まれる場合があり、正しいものでなくなっている。なお、このような状態は、信号DISCON_ERRがＬレベルであることから識別可能である。

[0123] 図１２Ｄは、停止中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。

図１２Ｄに示すように、時刻ｔ１２４１に信号ｓｉｎθexの断線が復旧するが各信号に大きな変化は生じない。その後、時刻ｔ１２４４に信号ｃｏｓθ０の断線が復旧すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0124] 図１３Ａから図１３Ｄを参照して、断線が発生した箇所が信号ｓｉｎθ０と信号ｃｏｓθ０の事例について説明する。

[0125] 図１３Ａは、運転中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。

図１３Ａに示すように、時刻ｔ１３１１に信号ｃｏｓθ０に断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθ０の周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON_ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。

[0126] 時刻ｔ１３１２に、さらに信号ｓｉｎθ０に断線が発生する。これにより、レゾルバ信号処理ユニット２００にはレゾルバ２からの出力信号が供給されなくなる。レゾルバ信号処理ユニット２００は、それ以降もレゾルバ２に対して、ｓｉｎθexとｃｏｓθexの供給を継続する。レゾルバ信号処理ユニット２００は、レゾルバ２からの出力信号の供給がなくなったことにより、信号ZERO_FBKをＬレベルにして、二相の出力信号が検出できなくなっていることを示す。上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値も周期も正しいものでなくなっている。このような状態は、信号DISCON_ERRがＬレベルであることから識別可能である。

[0127] 図１３Ｂは、運転中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図であ

る。

図１３Ｂに示すように、時刻ｔ１３２１に信号ｃｏｓθ０の断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号ZERO_FBKをＨレベルにする。

時刻ｔ１３２４に信号ｓｉｎθ０の断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0128] 図１３Ｃは、停止中に断線が生じた場合の動作を説明するための図である。

図１３Ｃに示すように、時刻ｔ１３３１に信号ｃｏｓθに断線が発生して、それ以降、信号ｃｏｓθの周期的な変化がなくなり、その振幅が０になる。これに応じて、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＬレベルにして断線を検出したことを示す。時刻ｔ１３３２に、さらに信号ｓｉｎθ０に断線が発生する。これにより、レゾルバ信号処理ユニット２００にはレゾルバ２からの出力信号が供給されなくなる。レゾルバ信号処理ユニット２００は、それ以降もレゾルバ２に対して、ｓｉｎθexとｃｏｓθexの供給を継続する。レゾルバ信号処理ユニット２００は、レゾルバ２からの出力信号の供給がなくなったことにより、信号ZERO_FBKをＬレベルにして、二相の出力信号が検出できなくなっていることを示す。

[0129] 上記のような条件の断線が発生すると、レゾルバ信号処理ユニット２００は、機械角位相推定値θrm_hatを出力するが、その値が正しいものでなくなっている。このような状態は、信号DISCON__ERRがＬレベルであることから識別可能である。

[0130] 図１３Ｄは、停止中に断線が復帰した場合の動作を説明するための図である。

図１３Ｄに示すように、時刻ｔ１３４１に信号ｓｉｎθ０の断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号ZERO_FBKをＫレベ

ルにする。

時刻ｔ１３４４に信号ｃｏｓθ０の断線が復旧して、それ以降、レゾルバ信号処理ユニット２００は、信号DISCON__ERRをＨレベルにして、断線が復旧したことを示す。この段階になると機械角位相推定値θrm_hatの精度は、所望の精度を保証できるレベルになる。

[0131] 上記のように、レゾルバ信号処理ユニット２００は、少なくとも１つの信号に断線が発生した場合に、確実にその断線の発生を検出することができる。さらに、レゾルバ信号処理ユニット２００は、レゾルバ２からの二相信号を受信できなったことを検出して、レゾルバ２の励磁信号を制御することにより、レゾルバ２とその周辺回路に負担をかけないように制御することができる。

[0132] 以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、レゾルバ信号処理装置１００は、出力信号状態検出ユニット２１２１と、断線識別ユニット２１２６とを備える。出力信号状態検出ユニット２１２１は、二相出力型のレゾルバ２の出力信号に基づいて、前記出力信号のＡ相信号とＢ相信号の二乗和を算出する。断線識別ユニット２１２６は、前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、レゾルバ２の励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力する。これにより、レゾルバ信号処理装置１００は、二相出力型のレゾルバに励磁信号を供給する第１信号系統と、上記のレゾルバから出力信号を受ける第２信号系統との何れかの断線状態を検出することができる。

[0133] このようなレゾルバ信号処理装置１００の偏差算出ユニット２０１は、レゾルバ２が励磁信号に応じて出力する信号として、ｓｉｎθ０で振幅変調されたＡ相の信号及びｃｏｓθ０で振幅変調されたＢ相の信号を取得して、上記の偏差を算出してもよい。

[0134] 上記の通り、レゾルバ信号処理装置１００をレゾルバ２の位相や速度の検出に用いることにより、レゾルバ２とレゾルバ信号処理装置１００間の接続に断線が生じていることを正確に検出することが可能になる。

[0135] レゾルバ信号処理装置１００は、断線検出を、レゾルバＦＢＫの振動を検出することで、断線が発生したことを検出する。レゾルバ信号処理装置１００は、上記の断線が発生した場合に、運転継続可能な断線パターンを含む全ての断線と、確実に運転継続不可となる断線を識別することで、位相検出精度を落としてでも運転継続を優先させることを可能にする。運転継続不可となる断線の場合に、レゾルバ信号処理装置１００は、励磁信号が基準から外れることがないように、励磁信号の基準周波数に基づいて生成することで、レゾルバ２及び各トランスの過熱を防ぐことができる。

[0136] （変形例）

上記の実施形態を１相励磁二相出力型のレゾルバに適用してもよい。１相励磁二相出力型のレゾルバの二相の出力信号のうちの1つが断線した際の振る舞いが、上記の二相励磁二相出力レゾルバと同じであれば、同様の手法を適用することができる。

[0137] 以上説明した実施形態のレゾルバ信号処理ユニット２００の各機能部の一部又は全部は、例えば、コンピュータの記憶部（メモリなど）に記憶されたプログラム（コンピュータプログラム、ソフトウェアコンポーネント）がコンピュータのプロセッサ（ハードウェアプロセッサ）によって実行されることで実現されるソフトウェア機能部である。なお、制御器３０の各機能部の一部又は全部は、例えば、ＬＳＩ（Large Scale Integration)、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit)、又はＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）のようなハードウェアによって実現されてもよく、或いはソフトウェア機能部とハードウェアとの組み合わせによって実現されてもよい。

[0138] 以上、幾つかの実施形態について説明したが、実施形態の構成は、上記例に限定されない。例えば、各実施形態の構成は、互いに組み合わせて実施されてもよい。

[0139] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これ

ら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

[0140] 例えば、実施形態のレゾルバは、二相励磁二相出力型に制限されることなく、レゾルバ信号処理装置１００の一部を変更して一相励磁二相出力型のレゾルバに適用してもよい。

符号の説明

[0141] １　ドライブ装置、２　レゾルバ、３　モータ、４　インバータ、１００　レゾルバ信号処理装置、１０１Ａ、１０１Ｂ　出力バッファー回路、１０２Ａ、１０２Ｂ　ＤＡ変換器、１０３Ａ、１０３Ｂ　トランス、１０４Ａ、１０４Ｂ　入力バッファー回路、１０５Ａ、１０５Ｂ　ＡＤ変換器、１０６Ａ、１０６Ｂ　トランス、２００　レゾルバ信号処理ユニット、２０１　偏差算出ユニット、２０２Ａ、２０２Ｂ　乗算器、２０３　減算器、２０４　ＰＩ制御器（ＰＩ演算ユニット）、２０５　リミッタ、２０６　積分器（積分演算ユニット）、２０７　変換処理ユニット、２０８　変換処理ユニット、２０９　減算器、２１０　基準信号生成ユニット、２１１　加算器、２１５　励磁位相推定値生成ユニット

請求の範囲

[請求項1] 二相出力型のレゾルバの出力信号に基づいて、前記出力信号のＡ相信号とＢ相信号の二乗和を算出する出力信号状態検出ユニットと、

前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、前記レゾルバの励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力する断線識別ユニットと

を備えるレゾルバ信号処理装置。

[請求項2] 前記二乗和が周期的に変動する変動幅と予め定められた閾値とを比較するコンパレータ

を備え、

前記断線識別ユニットは、

前記比較の結果に基づいて、前記レゾルバの励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力する

請求項１に記載のレゾルバ信号処理装置。

[請求項3] 前記断線状態が検出された場合に前記レゾルバを継続して利用する第１モードと、前記断線状態が検出された場合に前記レゾルバの利用を中断させる第２モードとを、前記出力信号に基づいて識別するモード識別ユニットと

を備える請求項１に記載のレゾルバ信号処理装置。

[請求項4] 基準位相θrefを生成する基準信号生成ユニットと、

前記出力信号と前記基準位相θrefとに基づいて励磁位相θexを生成する演算処理ユニットと、

前記モード識別ユニットによる識別の結果に基づいて、前記励磁位相θexと前記基準位相θrefの何れかを選択するスイッチと、

前記選択された信号に基づいて、前記レゾルバの励磁信号を生成する変換処理ユニットと

を備える請求項３に記載のレゾルバ信号処理装置。

[請求項5] 前記スイッチは、前記モード識別ユニットが前記第１モードを識別した場合における前記モード識別ユニットの制御に基づいて、前記励磁位相θexを出力する

請求項４に記載のレゾルバ信号処理装置。

[請求項6] 前記スイッチは、前記モード識別ユニットが前記第２モードを識別した場合における前記モード識別ユニットの制御に基づいて、前記基準位相θrefを出力する

請求項４に記載のレゾルバ信号処理装置。

[請求項7] モータと、

前記モータの回転を検出する前記レゾルバと、

請求項１に記載のレゾルバ信号処理装置であって、前記レゾルバが検出した前記モータの回転に基づいて、前記モータの位相の推定値を生成するレゾルバ信号処理装置と、

前記レゾルバ信号処理装置によって生成された前記モータの位相の推定値に基づいて、前記モータを駆動するインバータと

を備えるドライブ装置。

[請求項8] レゾルバ信号処理装置が、

二相出力型のレゾルバの出力信号に基づいて、前記出力信号のＡ相信号とＢ相信号の二乗和を算出し、

前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、前記レゾルバの励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力するステップ

を含むレゾルバ信号処理方法。

[請求項9] レゾルバ信号処理装置のコンピュータに、

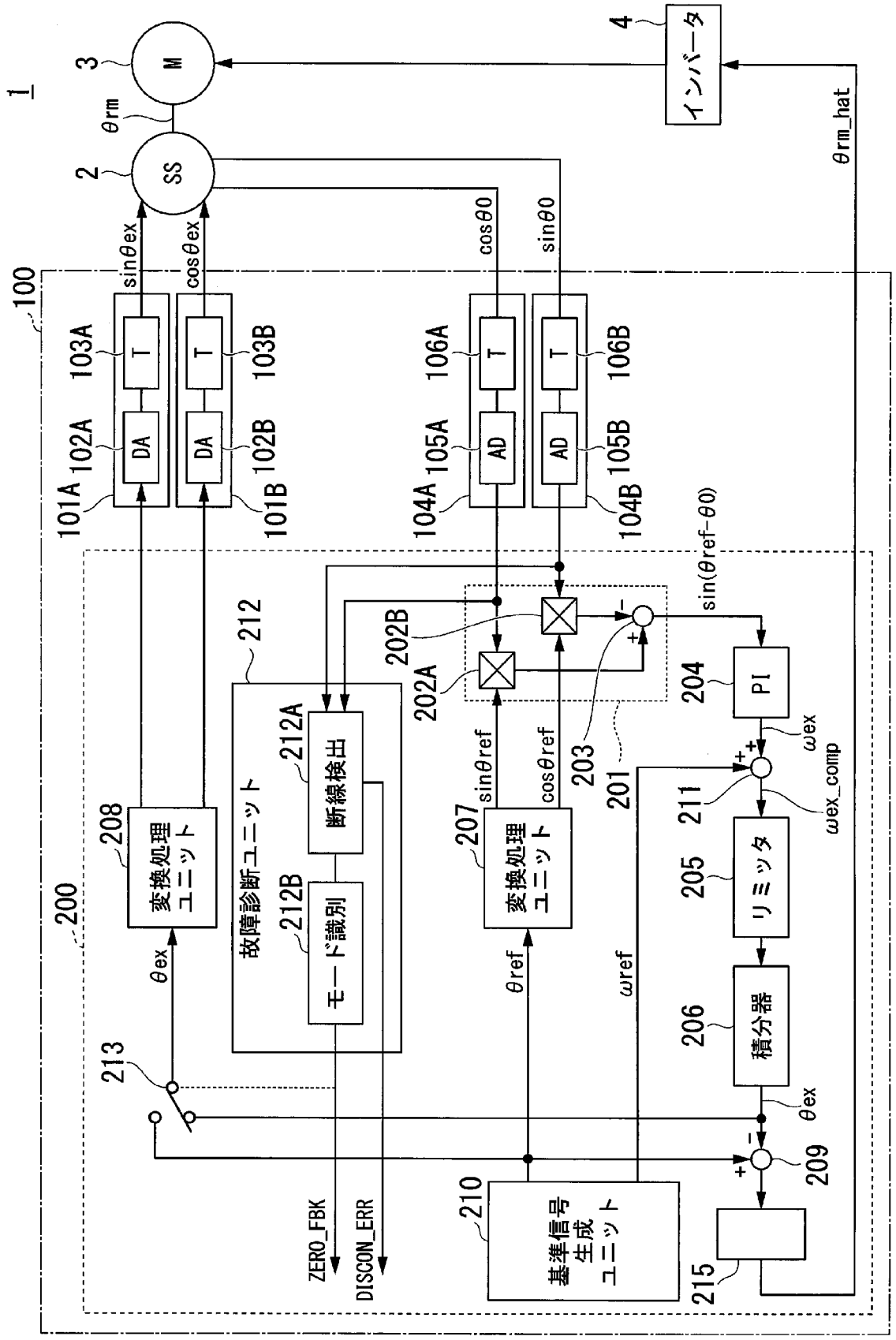
二相出力型のレゾルバの出力信号に基づいて、前記出力信号のＡ相信号とＢ相信号の二乗和を算出するステップと、

前記二乗和が周期的に変動する変動幅の大きさに基づいて、前記レ

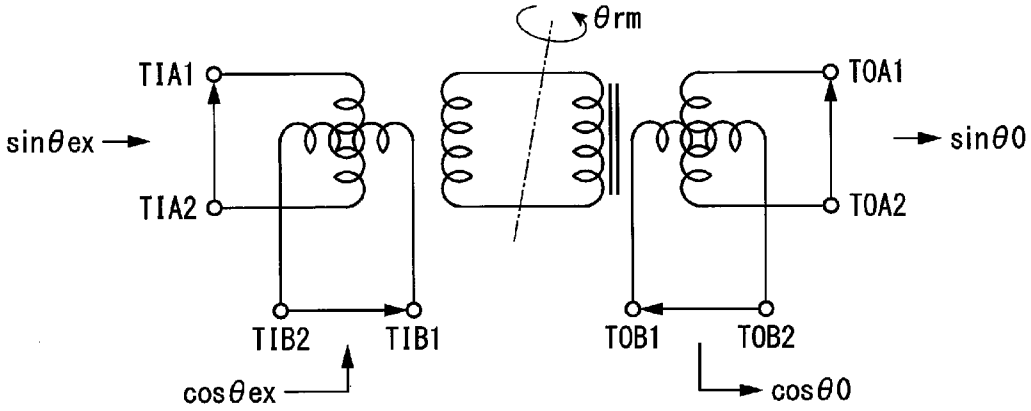
ゾルバの励磁信号を供給する第１信号系統と、前記出力信号の第２信号系統との何れかの断線状態を示す情報を出力するステップと

を実行させるためのプログラム。

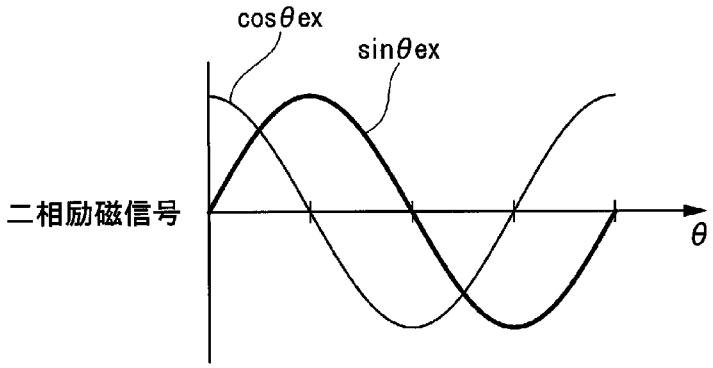
[図1]


1
2
SS
3
M
θrm
4
インバータ
θrm_hat
100
200
sinθex
cosθex
cosθ0
sinθ0
103A
103B
106A
106B
102A
102B
105A
105B
101A
101B
104A
104B
T
DA
AD
212
故障診断ユニット
212A
断線検出
212B
モード識別
208
変換処理ユニット
207
変換処理ユニット
202A
202B
203
201
204
PI
211
205
リミッタ
206
積分器
209
210
基準信号生成ユニット
213
215
θex
θref
ωref
sinθref
cosθref
sin(θref-θ0)
ωex
ωex_comp
ZERO_FBK
DISCON_ERR

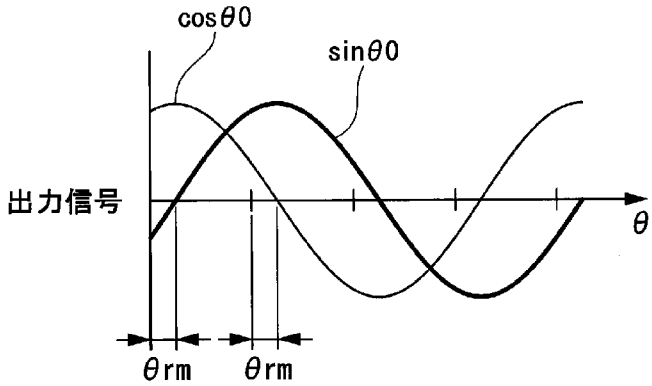
[図2A]


θrm
TIA1
TIA2
sinθex
TIB2
TIB1
cosθex
TOA1
TOA2
sinθ0
TOB1
TOB2
cosθ0

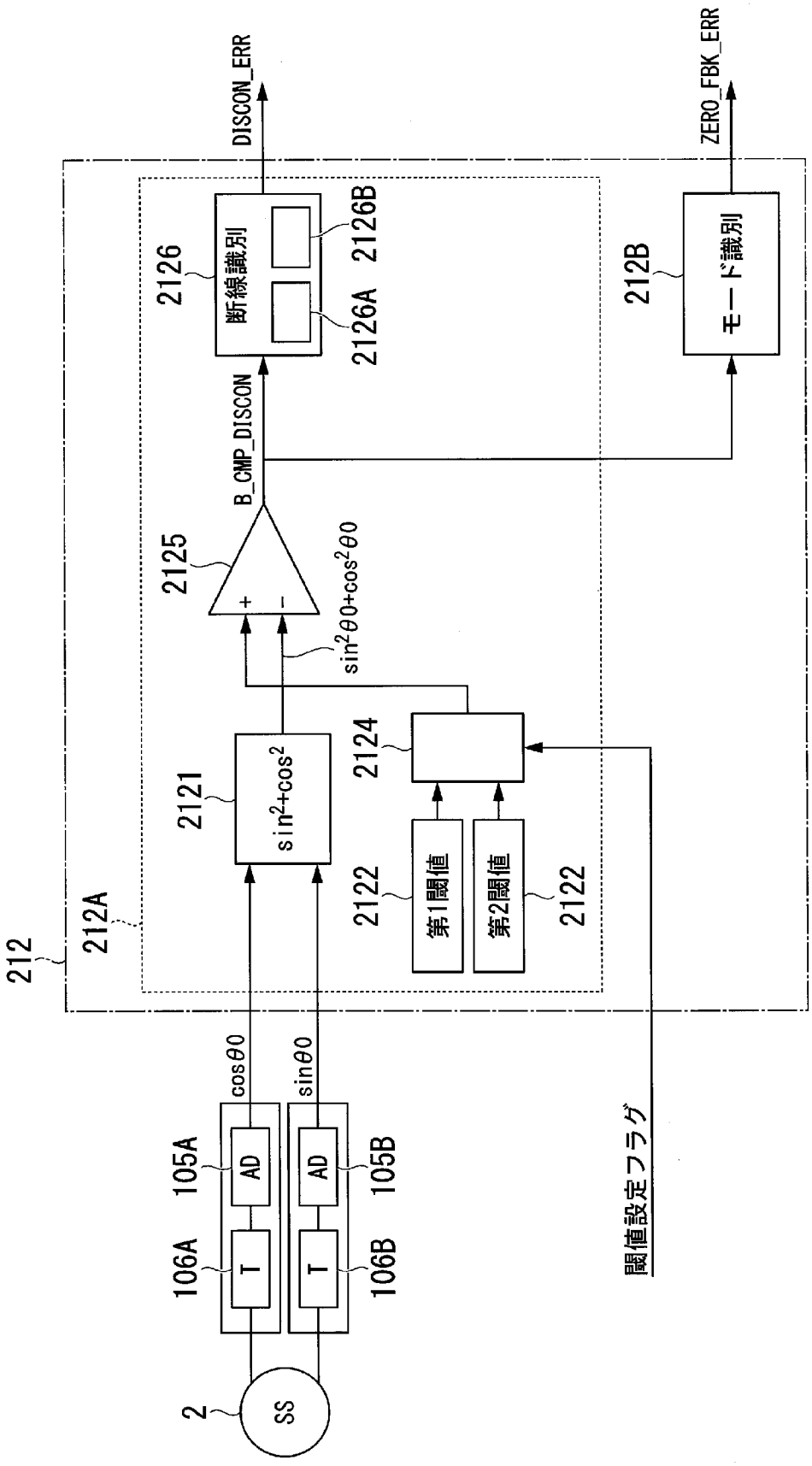
[図2B]


cosθex
sinθex
二相励磁信号
θ

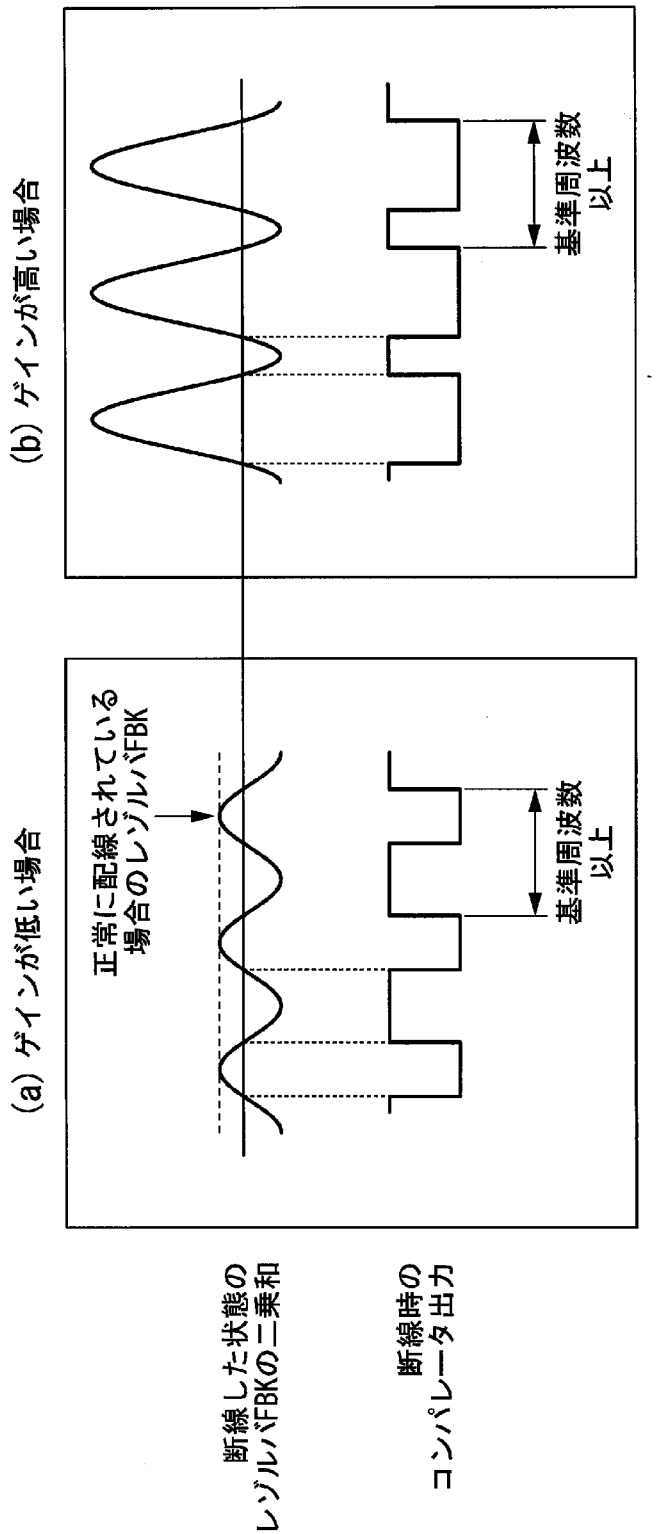
[図2C]


cosθ0
sinθ0
出力信号
θ
θrm
θrm

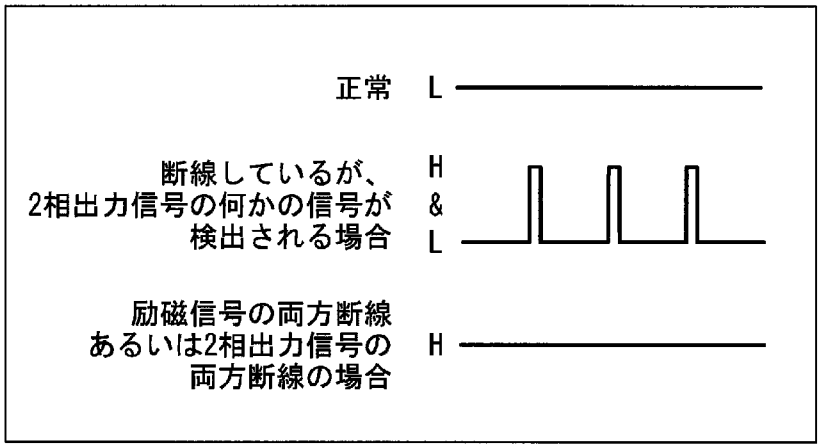
[図3]


DISCON_ERR
ZERO_FBK_ERR
2126
断線識別
2126B
2126A
212B
モード識別
B_CMP_DISCON
2125
+
-
$\sin^2\theta 0+\cos^2\theta 0$
2121
$\sin^2+\cos^2$
2124
2122
第1閾値
第2閾値
2122
212
212A
$\cos\theta 0$
$\sin\theta 0$
105A
AD
105B
AD
106A
T
106B
T
2
SS
閾値設定フラグ

[図4]

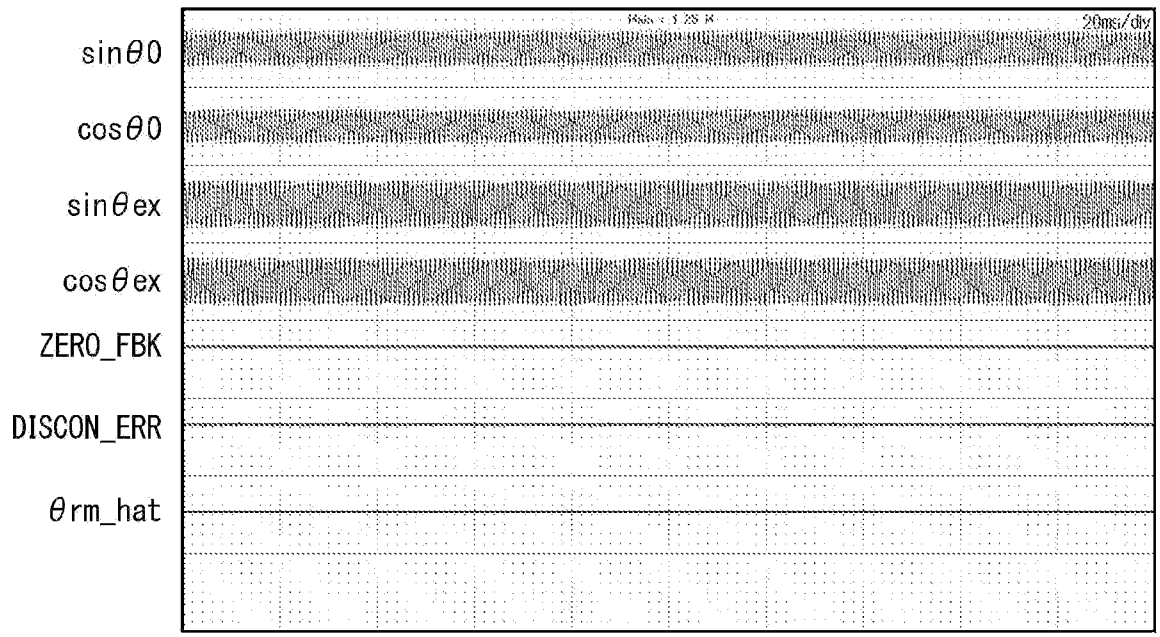

(a) ゲインが低い場合
正常に配線されている
場合のレジルバFBK
基準周波数
以上
(b) ゲインが高い場合
基準周波数
以上
断線した状態の
レジルバFBKの二乗和
断線時の
コンパレータ出力

[図5]


正常
L
断線しているが、
2相出力信号の何かの信号が
検出される場合
H
&
L
励磁信号の両方断線
あるいは2相出力信号の
両方断線の場合
H

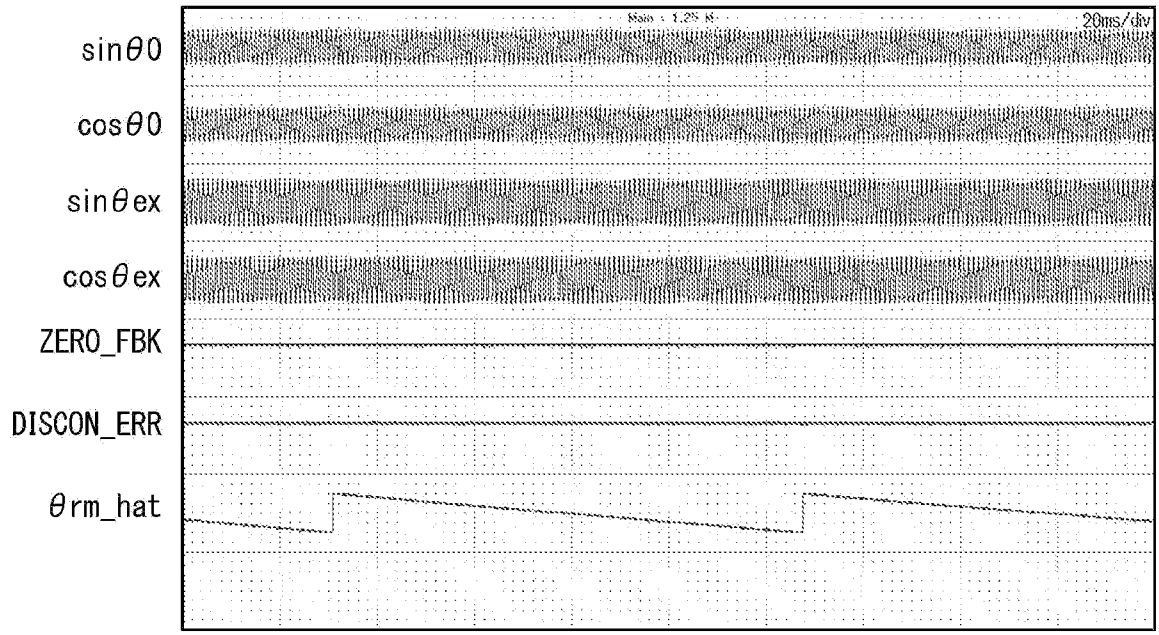
[図6A]

〈正常停止〉



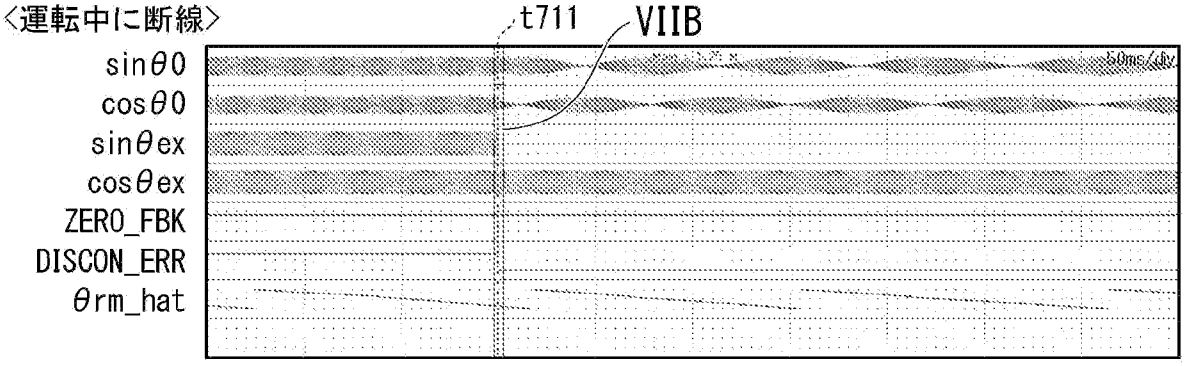
[図6B]

〈正常運転時〉

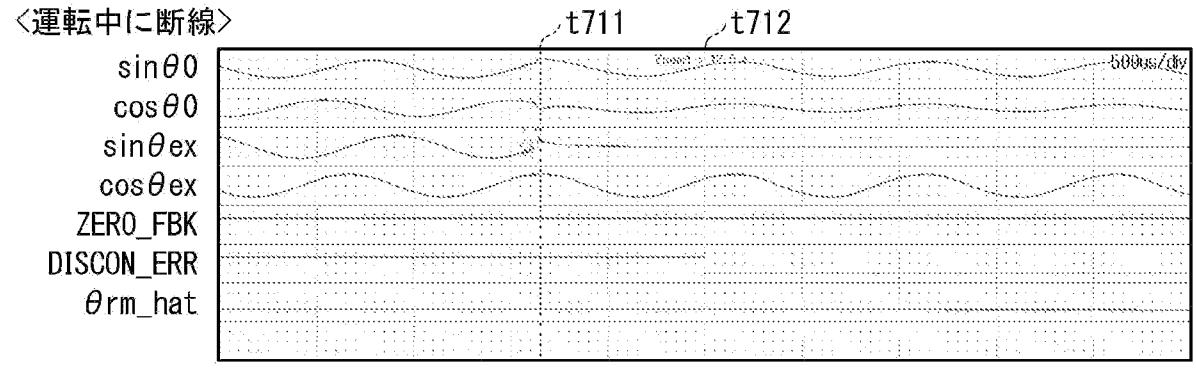


[図7A]

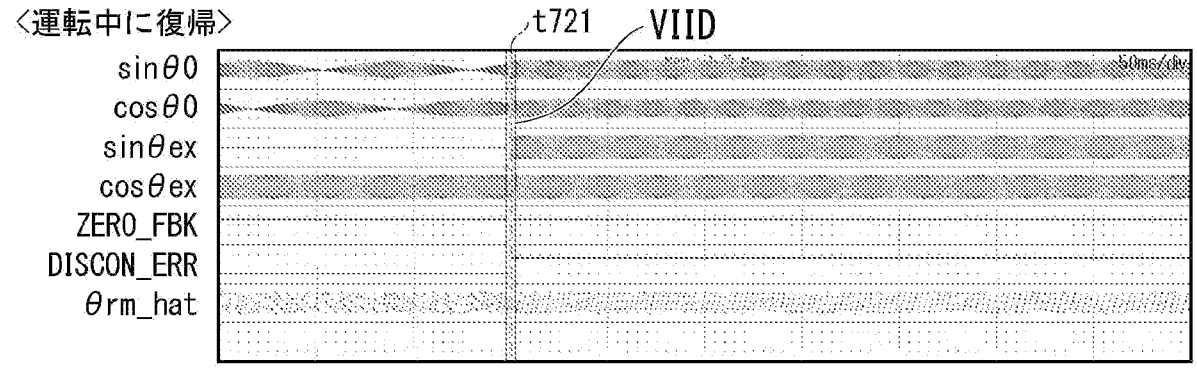
〈運転中に断線〉



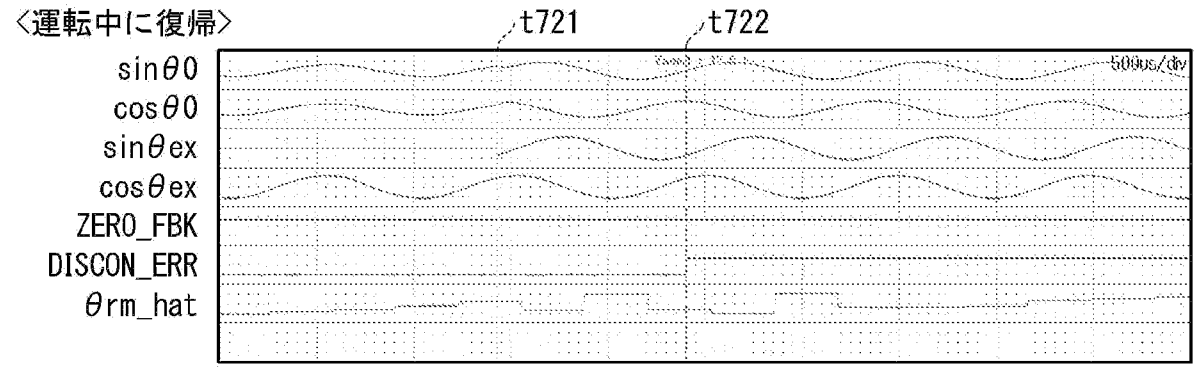
[図7B]



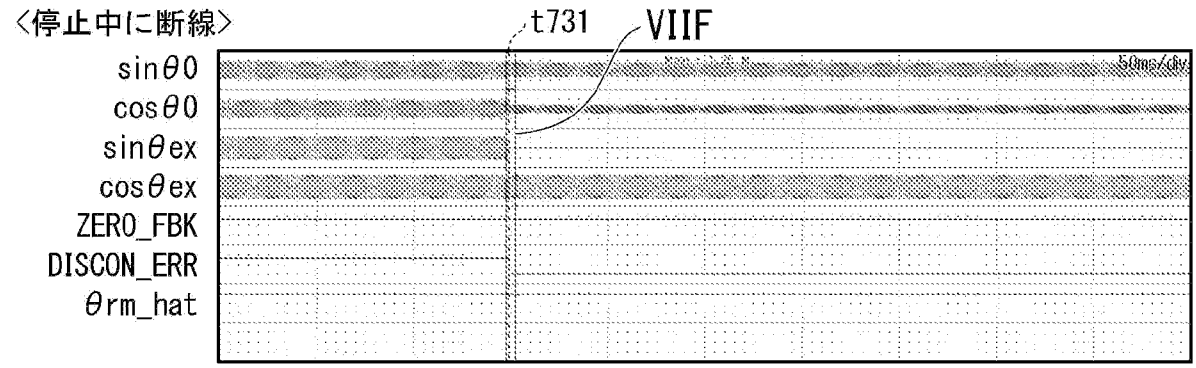
[図7C]



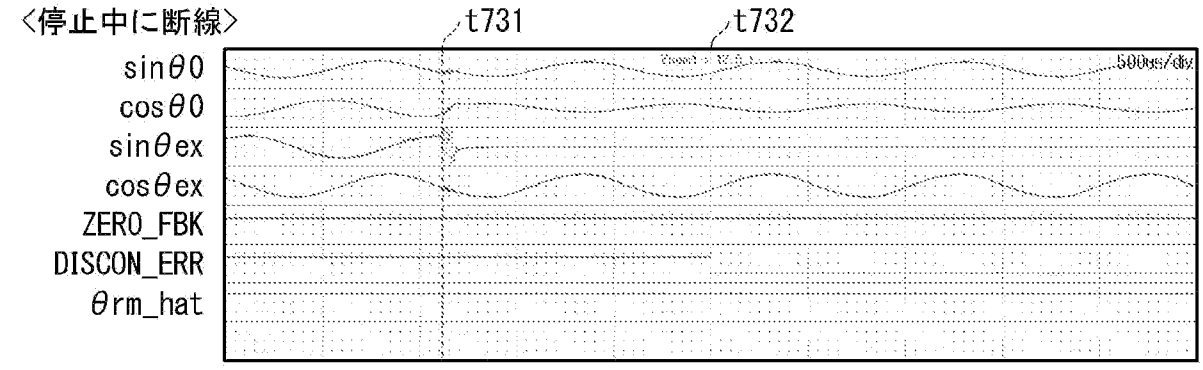
[図7D]



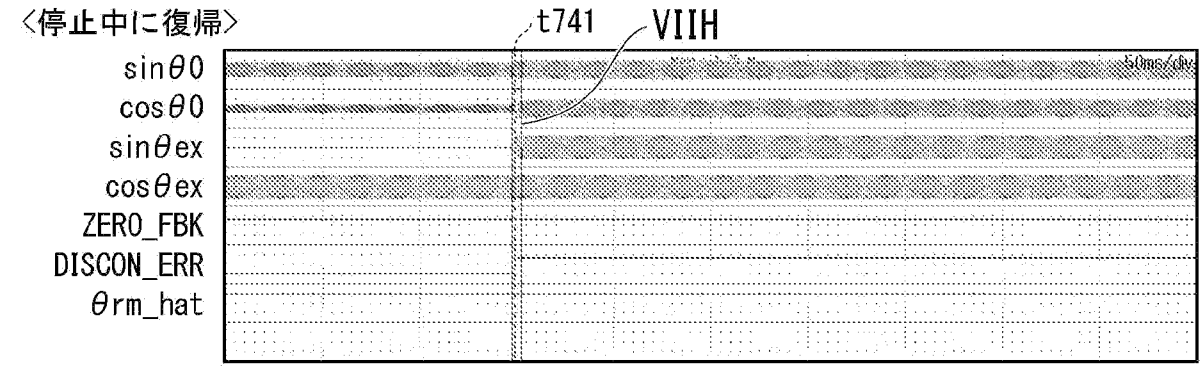
[図7E]



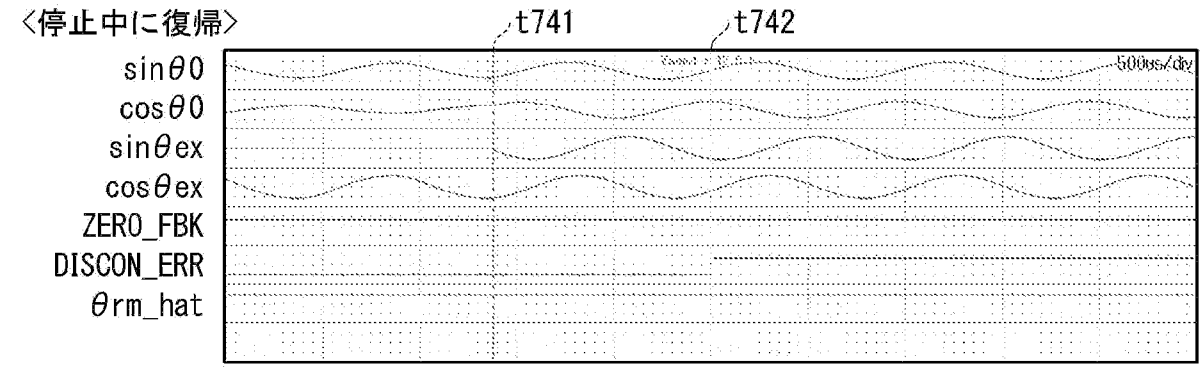
[図7F]



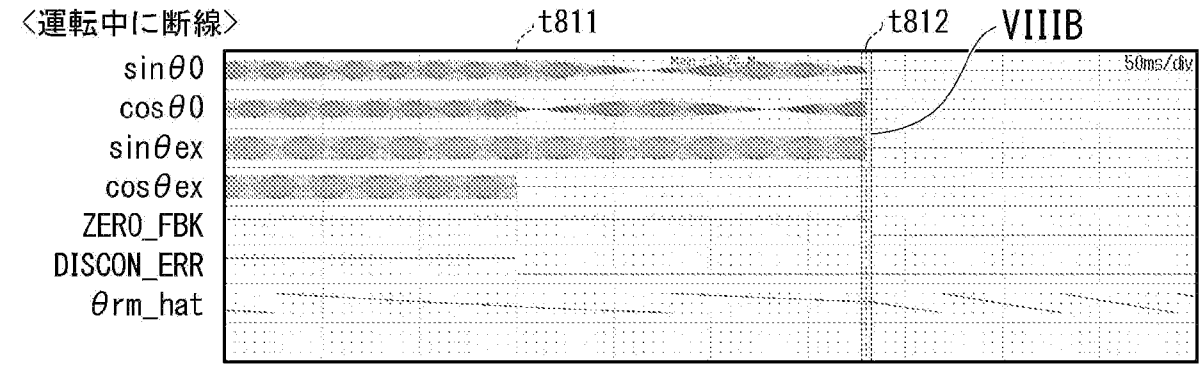
[図7G]



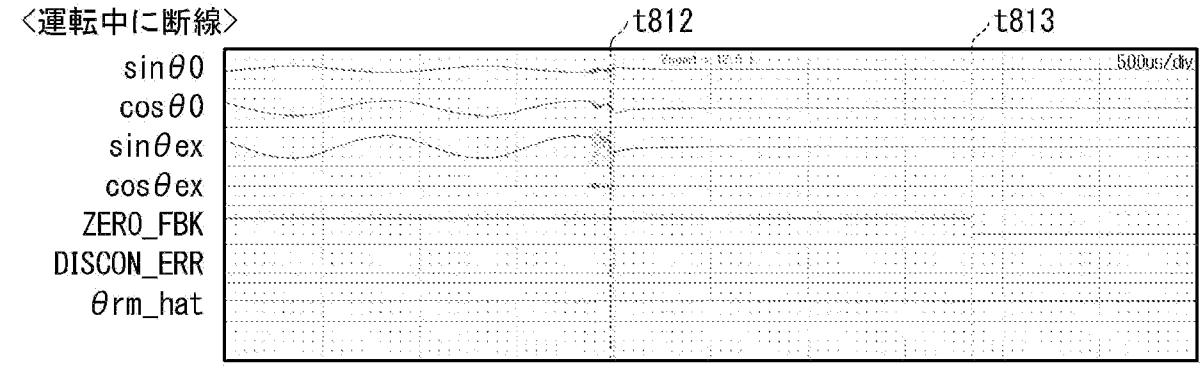
[図7H]



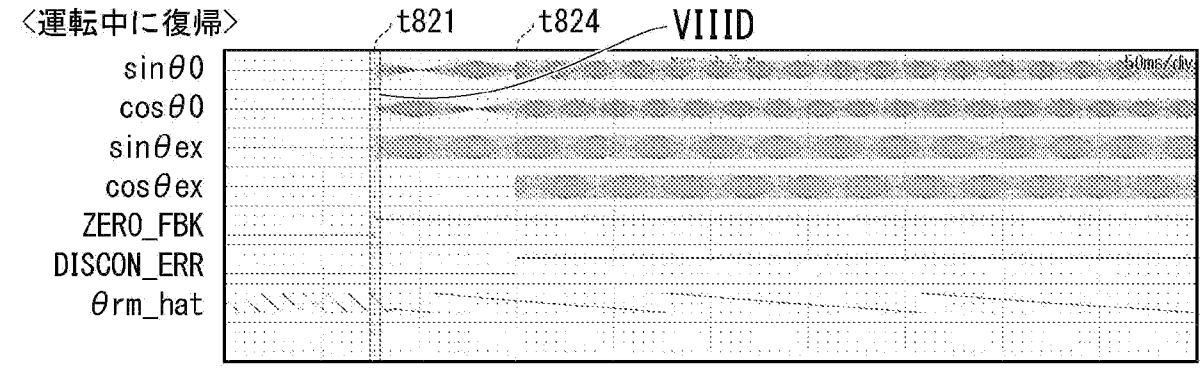
[図8A]



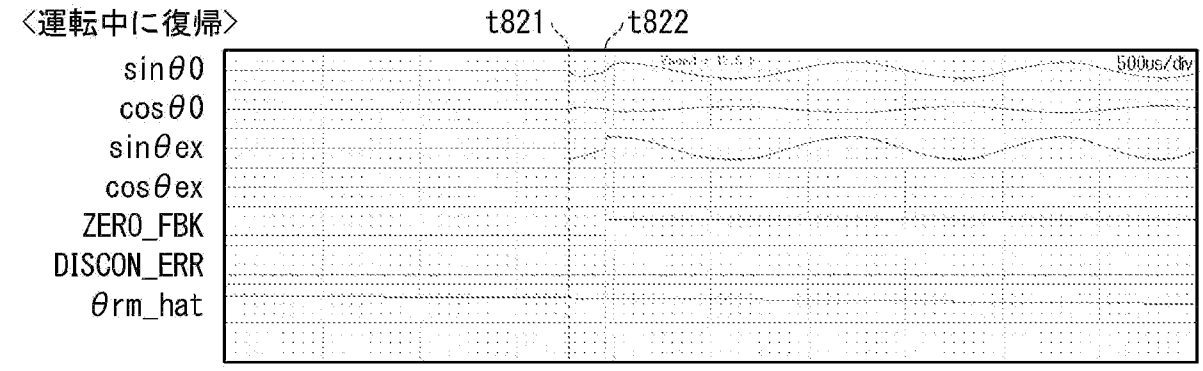
[図8B]



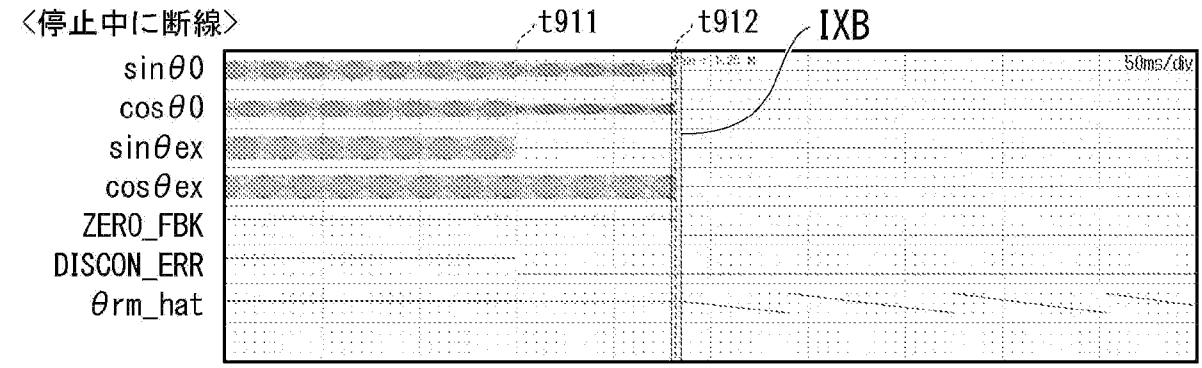
[図8C]



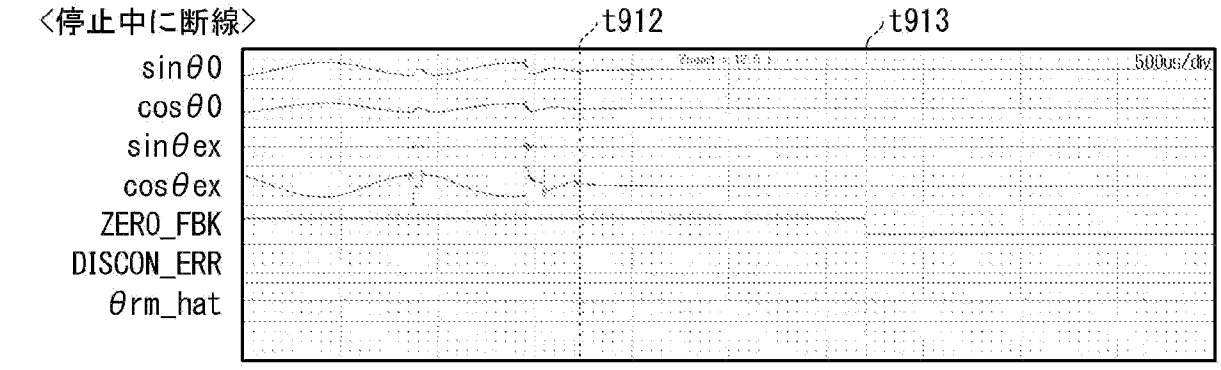
[図8D]



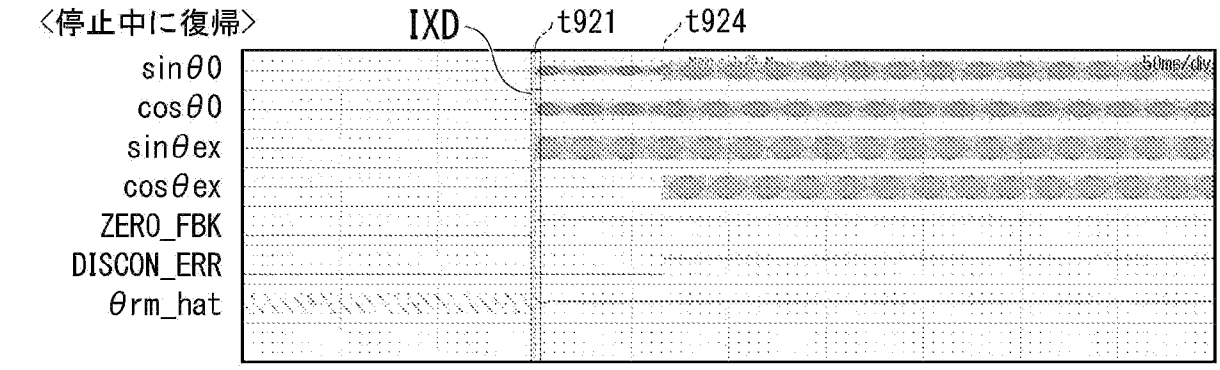
[図9A]



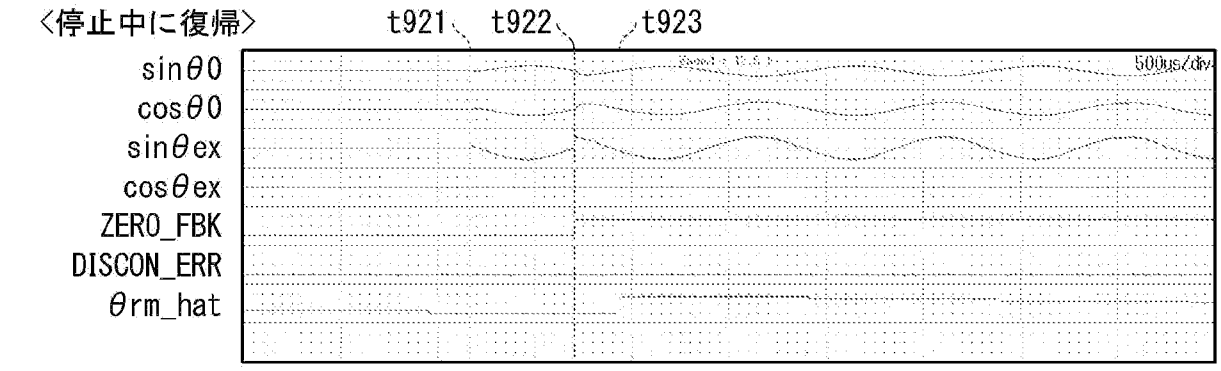
[図9B]


〈停止中に断線〉
t912
t913
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat
500us/div

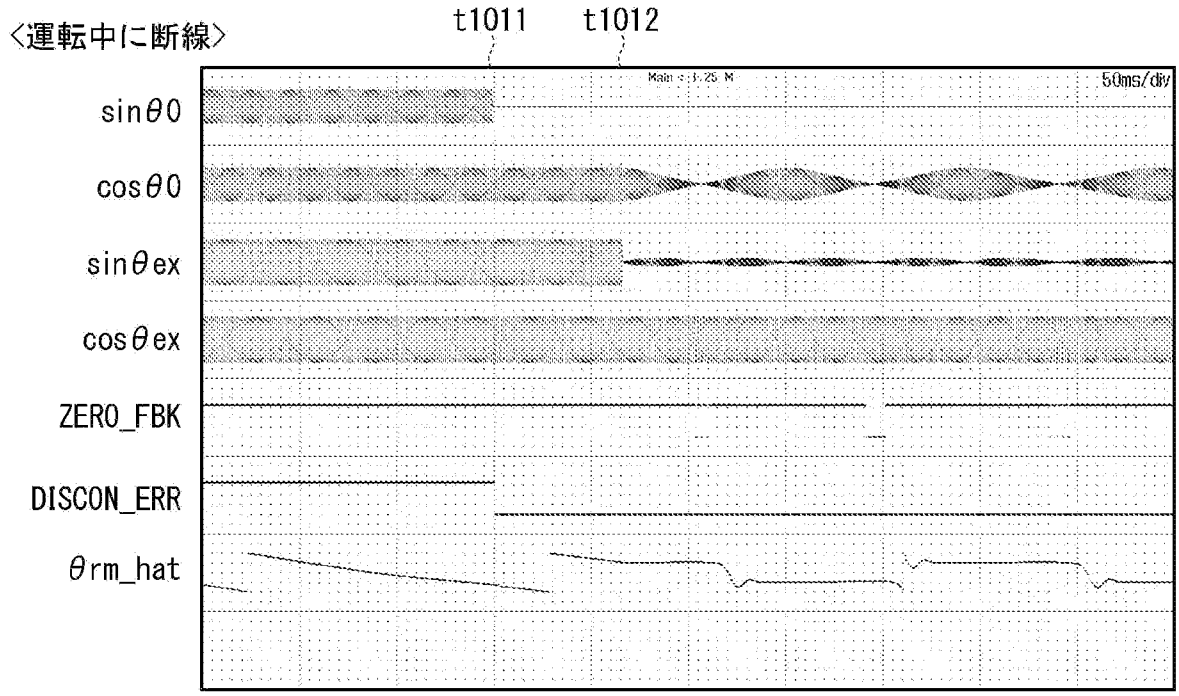
[図9C]


〈停止中に復帰〉
IXD
t921
t924
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat
50ms/div

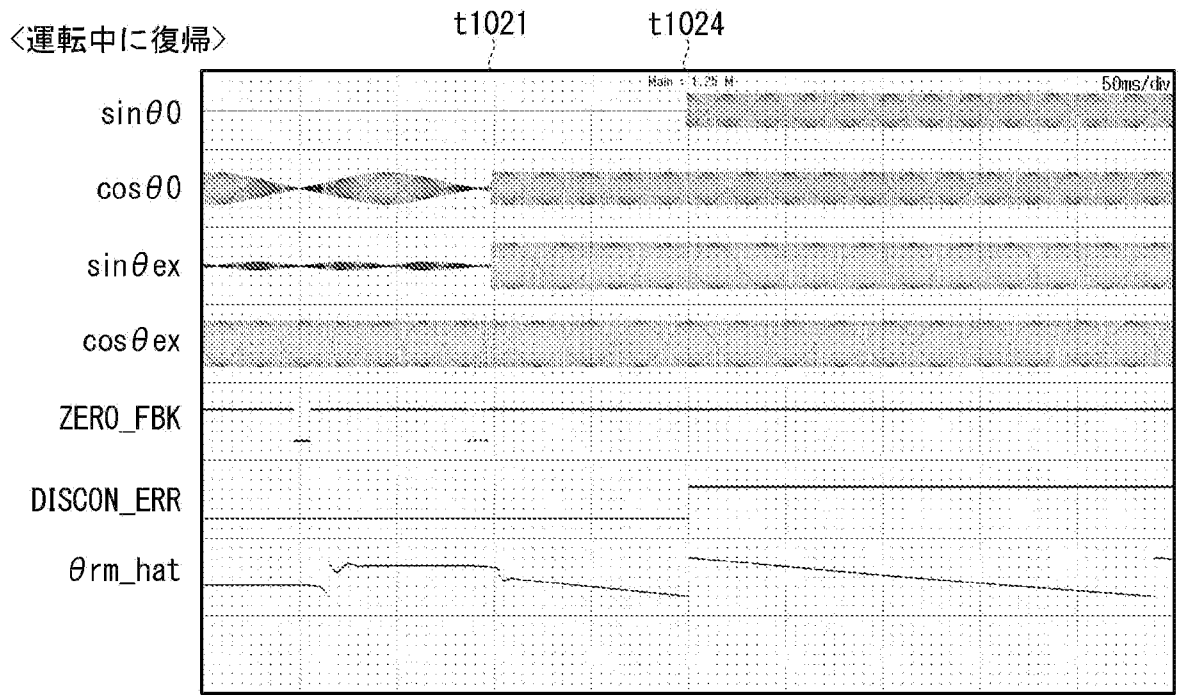
[図9D]


〈停止中に復帰〉
t921
t922
t923
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat
500us/div

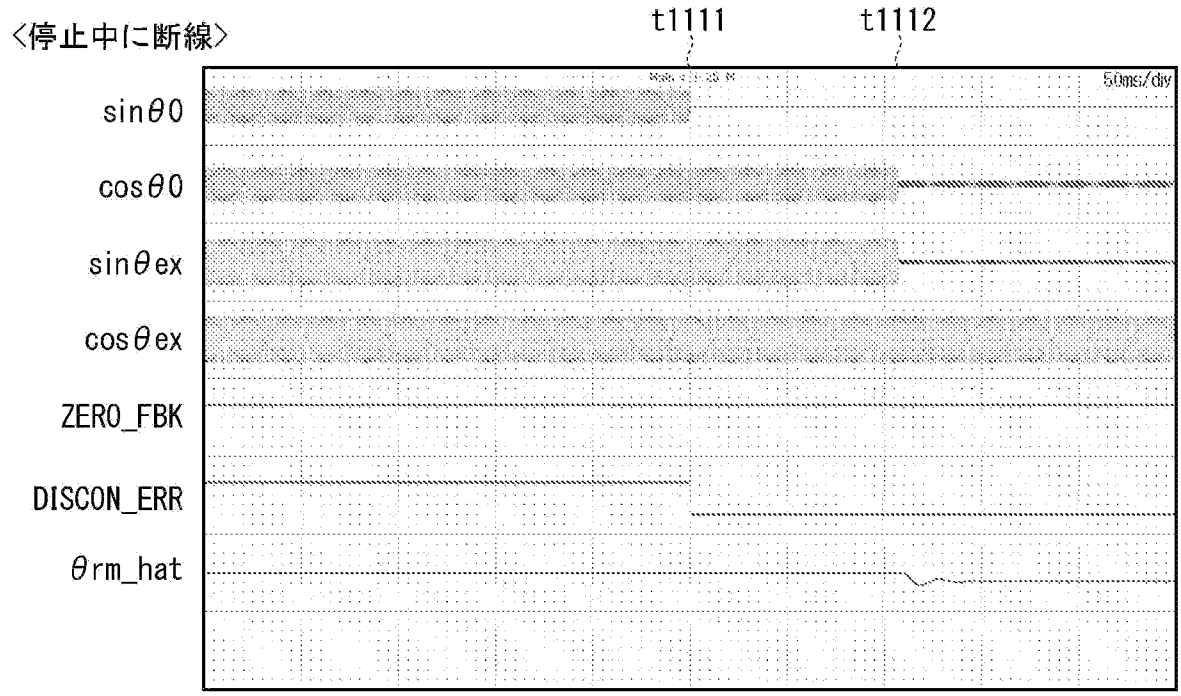
[図10A]


〈運転中に断線〉
t1011
t1012
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

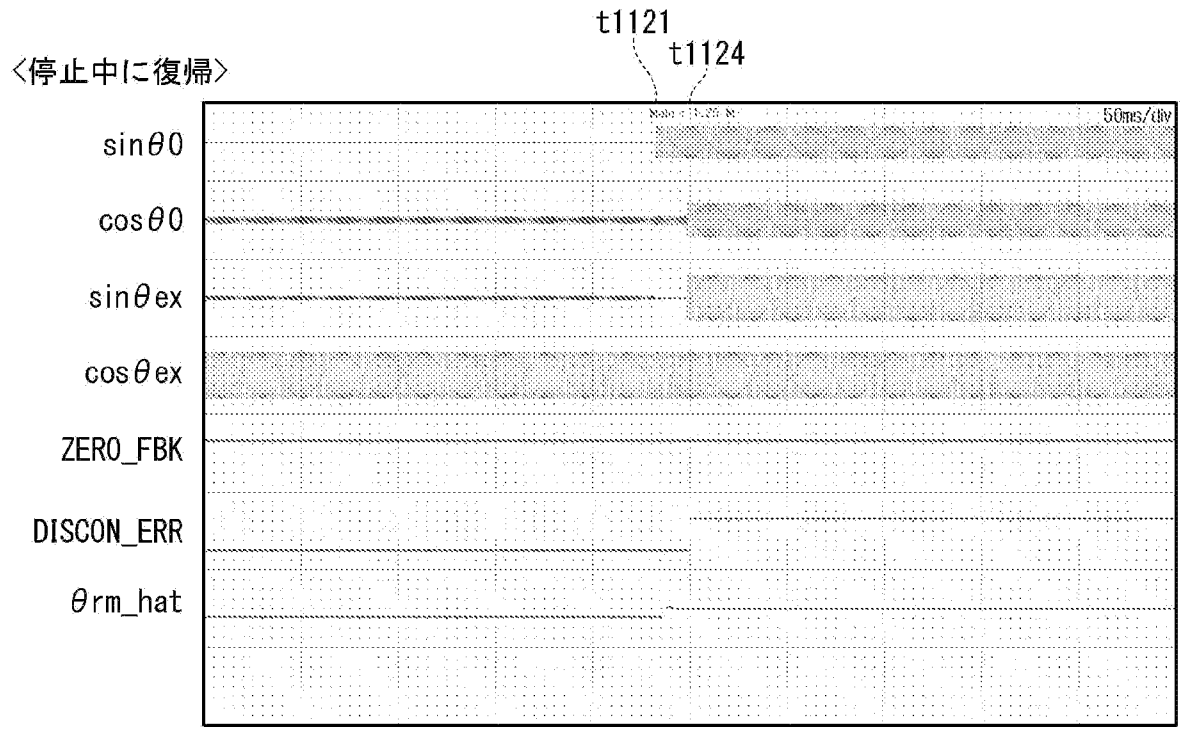
[図10B]


〈運転中に復帰〉
t1021
t1024
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

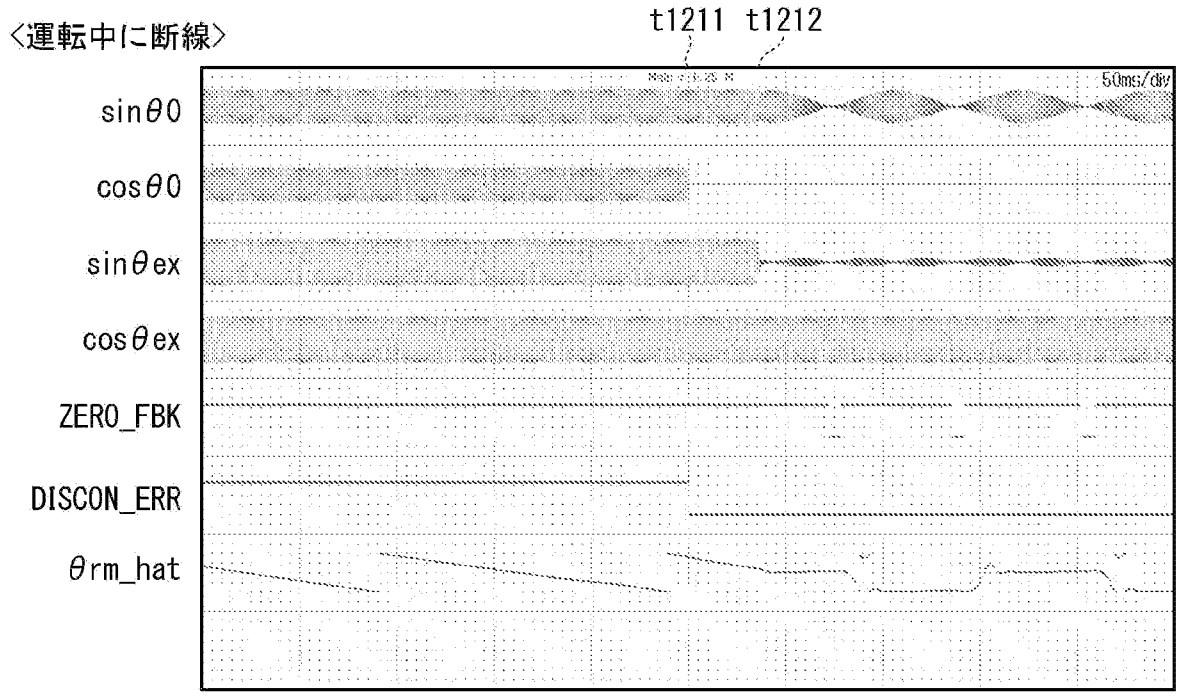
[図11A]


〈停止中に断線〉
t1111
t1112
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

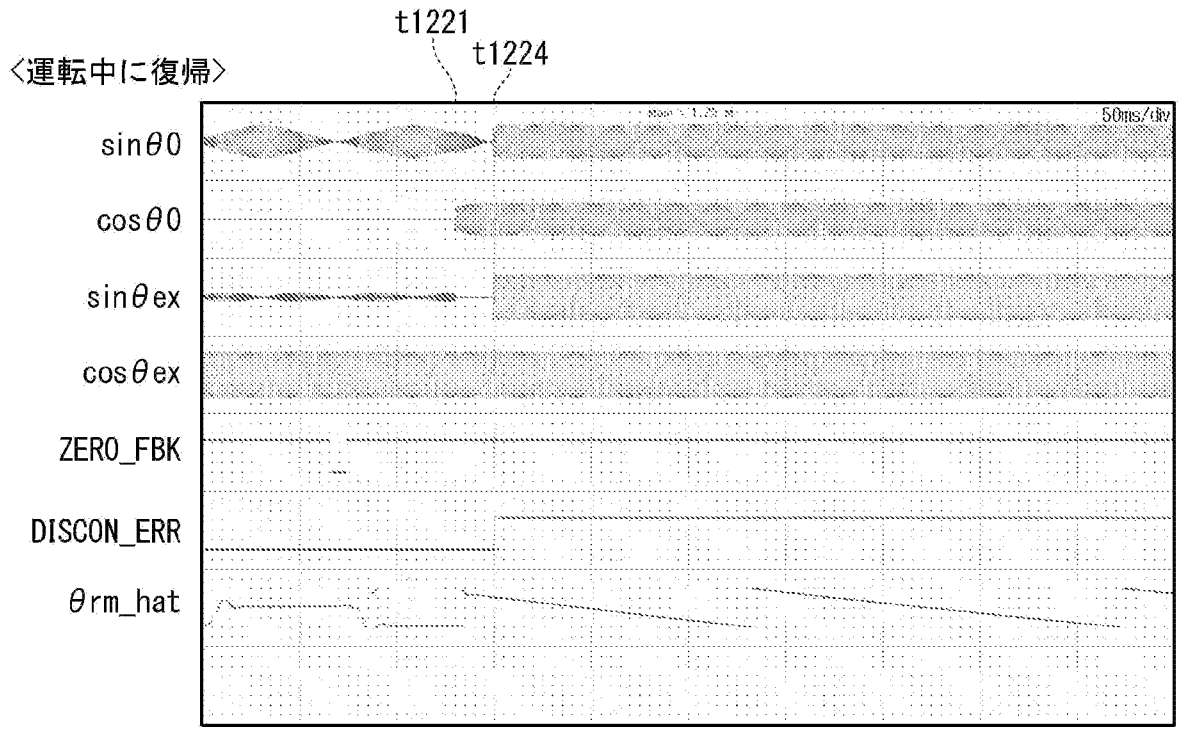
[図11B]


〈停止中に復帰〉
t1121
t1124
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

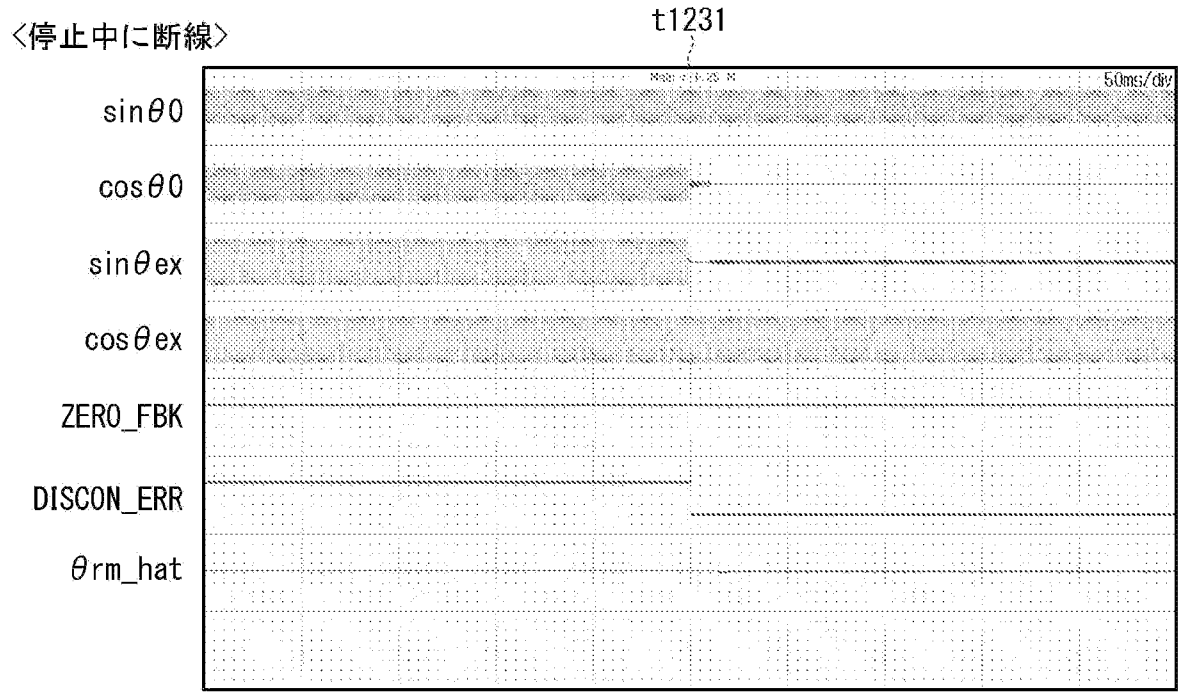
[図12A]


〈運転中に断線〉
t1211
t1212
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

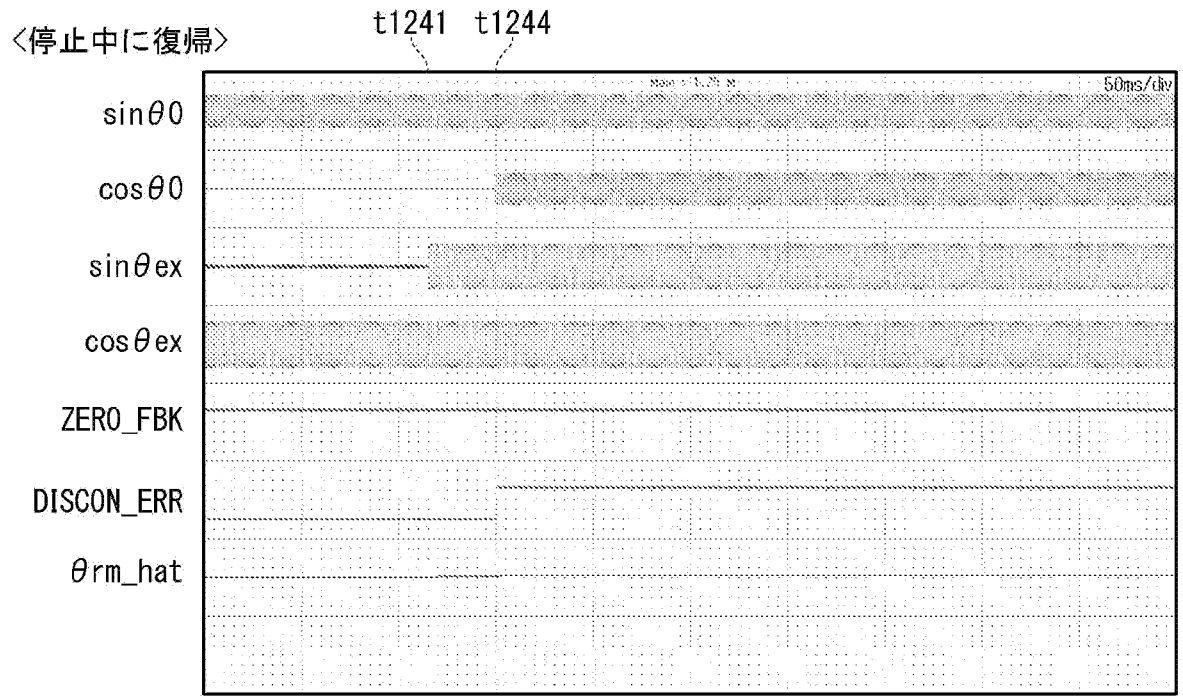
[図12B]


〈運転中に復帰〉
t1221
t1224
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

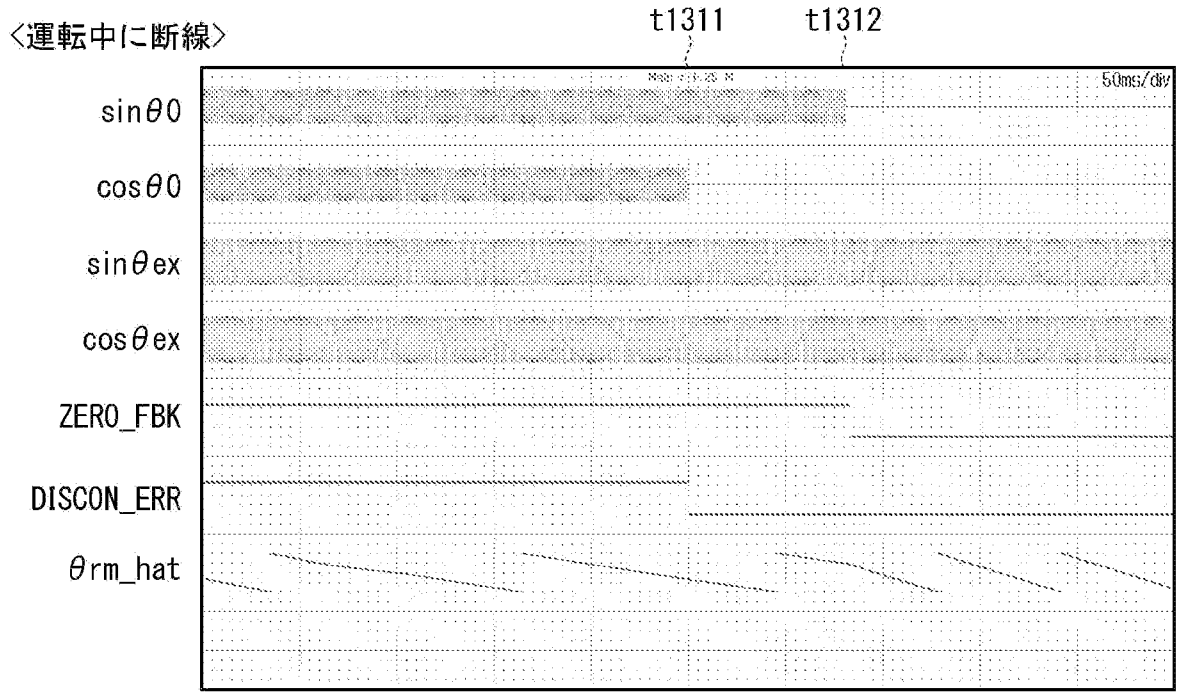
[図12C]


〈停止中に断線〉
t1231
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

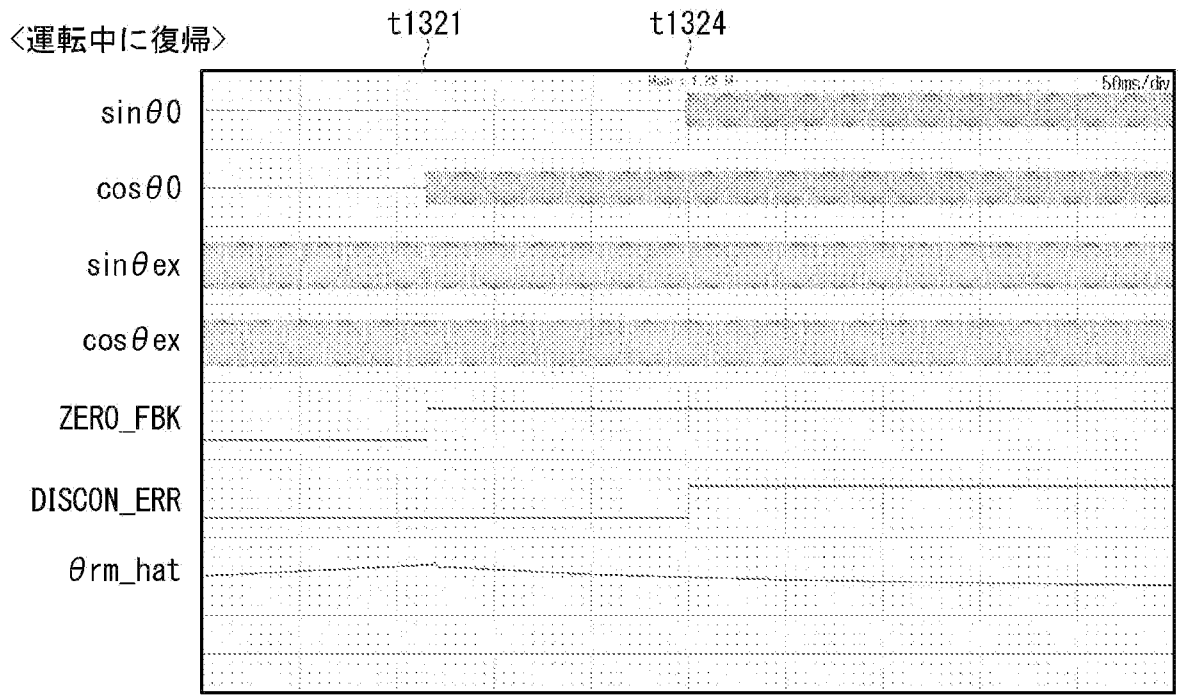
[図12D]


〈停止中に復帰〉
t1241
t1244
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

[図13A]

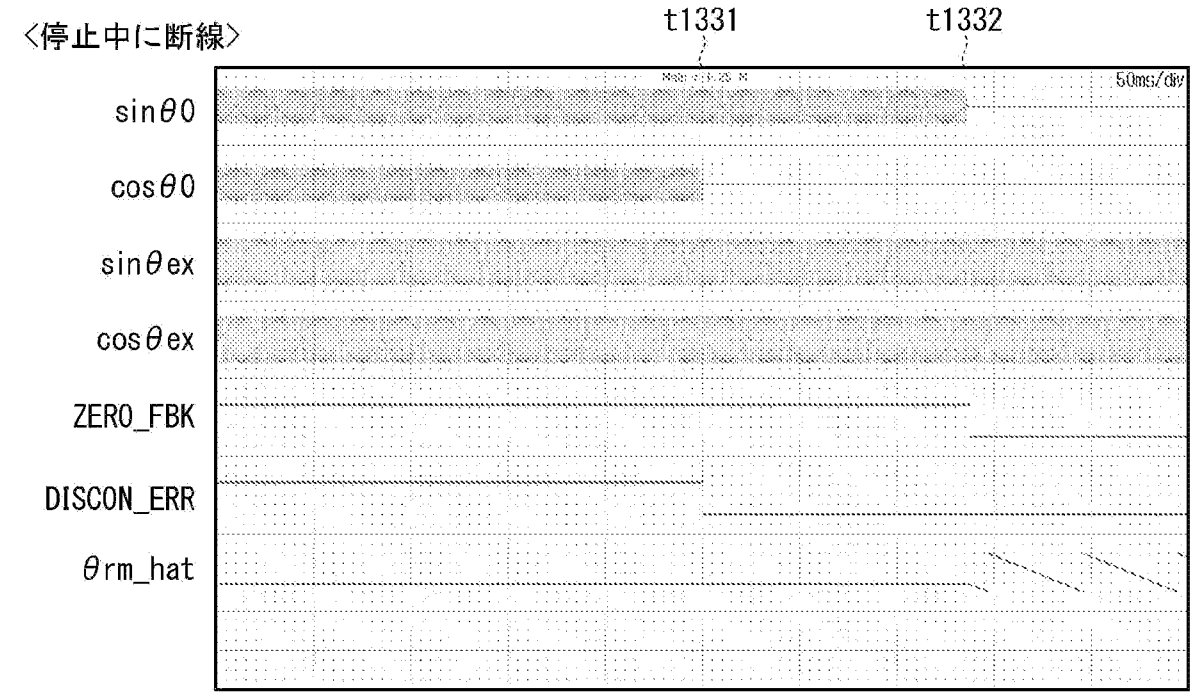

〈運転中に断線〉
t1311
t1312
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

[図13B]


〈運転中に復帰〉
t1321
t1324
50ms/div
sinθ0
cosθ0
sinθex
cosθex
ZERO_FBK
DISCON_ERR
θrm_hat

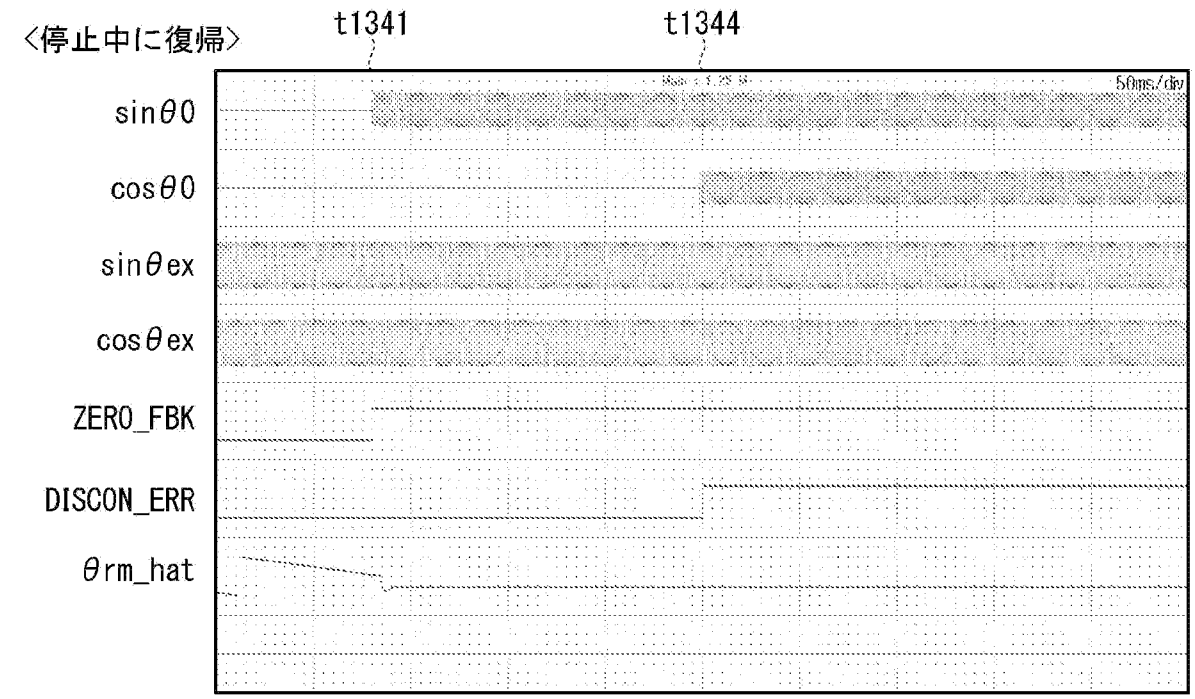
[図13C]

<停止中に断線>



[図13D]

<停止中に復帰>



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/008081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01D5/244(2006.01)i, G01D5/12(2006.01)i, G01D5/20(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. G01D5/244, G01D5/12, G01D5/20

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2012-145488 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 02 August 2012, paragraphs [0009]-[0085], fig. 1-13 & US 2012/0185213 A1, paragraphs [0029]-[0132], fig. 1-13 & FR 2970565 A1 & CN 102589602 A	1-9
Y	JP 2006-23164 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 26 January 2006, paragraphs [0008]-[0015], fig. 1-5 & US 6958620 B1, column 2, line 1 to column4, line 4, fig. 1-5 & DE 102005001702 A1 & KR 10-2006-0003807 A & CN 1719270 A	1-9

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18.03.2019	26.03.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/008081

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-221878 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 28 October 2013, paragraphs [0011]-[0048], fig. 1-9 (Family: none)	2
Y	JP 2009-145273 A (TAMAGAWA SEIKI CO., LTD.) 02 July 2009, paragraphs [0022]-[0049], fig. 1-9 (Family: none)	4-6
Y	WO 2016/157643 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 06 October 2016, paragraphs [0013]-[0166], fig. 1-13 & CN 107078668 A	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００８０８１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01D5/244(2006.01)i, G01D5/12(2006.01)i, G01D5/20(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.　G01D5/244, G01D5/12, G01D5/20

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 2012-145488 A（三菱電機株式会社）2012.08.02, 【０００９】－【００８５】、図１－図１３ & US 2012/0185213 A1,[0029]-[0132],FIG.1-FIG.13 & FR 2970565 A1 & CN 102589602 A	１－９
Y	JP 2006-23164 A（三菱電機株式会社）2006.01.26, 【０００８】－【００１５】、図１－図５ & US 6958620 B1,Column2,Line1-Column4,Line4,FIG.1-FIG.5 & DE 102005001702 A1& KR 10-2006-0003807 A & CN 1719270 A	１－９

☑　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	国際調査報告の発送日
１８．０３．２０１９	２６．０３．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｆ　９４１６
深田　高義
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

Ｃ（続き）．　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 2013-221878 A（三菱電機株式会社）2013.10.28,　【００１１】－【００４８】、図１－図９（ファミリーなし）	２
Ｙ	JP 2009-145273 A（多摩川精機株式会社）2009.07.02,　【００２２】－【００４９】、図１－図９（ファミリーなし）	４－６
Ｙ	WO 2016/157643 A1（三菱電機株式会社）2016.10.06,　［００１３］－［０１６６］、図１－図１３ & CN 107078668 A	７