

(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  
2018年11月15日(15.11.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/207698 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02P 7/06 (2006.01) H02P 29/024 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/017513
- (22) 国際出願日: 2018年5月2日(02.05.2018)
- (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 2017-093294 2017年5月9日(09.05.2017) JP
- (71) 出願人: アルプス電気株式会社 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 都 軍安(MIYAKO, Ikuyasu); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ

ス電気株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 勤(ABE, Tsutomu); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP).

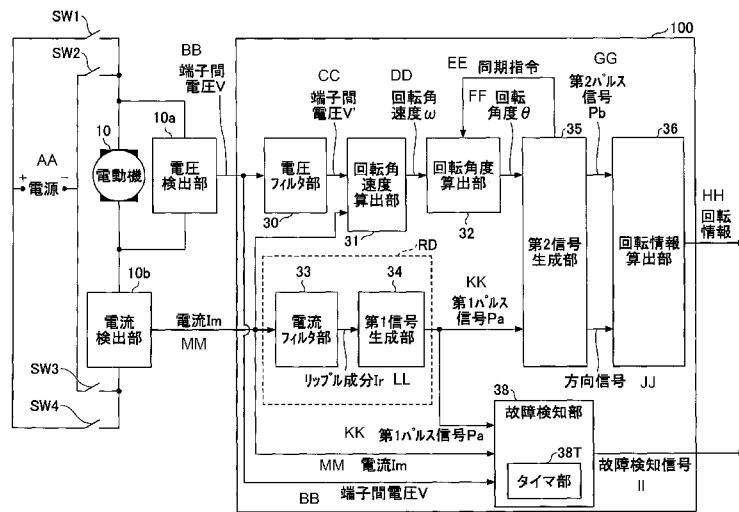
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16 階 Tokyo (JP).

(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: ROTATION ANGLE DETECTOR-EQUIPPED ELECTRIC MOTOR, ELECTRIC MOTOR ROTATION ANGLE DETECTOR, AND METHOD FOR DETECTING FAILURE OF ELECTRIC MOTOR ROTATION ANGLE DETECTOR

(54) 発明の名称: 回転角度検出器付き電動機、電動機の回転角度検出器、及び、電動機の回転角度検出器の故障を検知する方法

[図1]



10 Electric motor  
10a Voltage detection unit  
10b Current detection unit  
30 Voltage filter unit  
31 Rotation angular velocity calculation unit  
32 Rotation angle calculation unit  
33 Current filter unit  
34 First signal generation unit  
35 Second signal generation unit  
36 Rotation information calculation unit  
38 Failure detection unit  
38T Timer unit  
AA Power supply  
BB Inter-terminal voltage V  
CC Inter-terminal voltage V'  
DD Rotation angular velocity  $\omega$   
EE Synchronization command  
FF Rotation angle  $\theta$   
GG Second pulse signal Pb  
HH Rotation information  
II Failure detection signal  
JJ Direction signal  
KK First pulse signal Pa  
LL Ripple component Ir  
MM Current Im

(57) Abstract: A rotation angle detector (100) includes: a rotation angular velocity calculation unit (31) for calculating the rotation angular velocity ( $\omega$ ) of an electric motor (10) on the basis of detection results from a voltage detection unit (10a) and a current detection unit (10b); a ripple detection unit (RD) for detecting a ripple component ( $I_r$ ) which is included in a current ( $I_m$ ) flowing through the electric motor (10); and a failure detection unit (38) for detecting a failure in any



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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit among the voltage detection unit (10a), the current detection unit (10b) and the ripple detection unit (RD). When the output from two units among the voltage detection unit (10a), the current detection unit (10b) and the ripple detection unit (RD) indicate normal rotations and the output from the remaining unit continues not to indicate normal rotations for a prescribed interval of time, the failure detection unit (38) determines that the remaining unit has failed.

(57) 要約: 回転角度検出器 (100) は、電圧検出部 (10a) 及び電流検出部 (10b) の検出結果に基づいて電動機 (10) の回転角速度 ( $\omega$ ) を算出する回転角速度算出部 (31) と、電動機 (10) を流れる電流 ( $I_m$ ) に含まれるリップル成分 ( $I_r$ ) を検出するリップル検出部 (RD) と、電圧検出部 (10a)、電流検出部 (10b)、及び、リップル検出部 (RD) のそれぞれの故障を検知する故障検知部 (38) とを含む。故障検知部 (38) は、電圧検出部 (10a)、電流検出部 (10b)、及び、リップル検出部 (RD) のうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、その残りの1つが故障していると判断する。

## 明 細 書

発明の名称：

回転角度検出器付き電動機、電動機の回転角度検出器、及び、電動機の回転角度検出器の故障を検知する方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、回転角度検出器付き電動機、電動機の回転角度検出器、及び、電動機の回転角度検出器の故障を検知する方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、直流電動機を速度を制御する装置が知られている（特許文献1参照）。この装置は、電源電圧を調整して指令電圧 $V_1$ に応じた電圧を直流電動機に印加する電圧制御器と、直流電動機の実際の回転速度に比例する検出速度を出力する速度検出器と、直流電動機の電動機電流を増幅して検出電流を出力する電流検出器とを備えている。また、指令電圧、検出速度及び検出電流に基づいて、検出速度が零であるときに、その原因が、速度検出器の故障によるものか、或いは、大きな回転負荷が直流電動機に急激に作用したことによるものかを判定する速度検出異常判定器を備えている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-89263号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述の装置は、直流電動機の端子間電圧を検出していないため、端子間電圧が異常である場合、検出速度が零である原因が速度検出器の故障によるものか否かを誤って判定してしまうおそれがある。また、電流検出器が異常である場合にも、検出速度が零である原因が速度検出器の故障によるものか否かを誤って判定してしまうおそれがある。

[0005] 上述の点に鑑み、直流整流子電動機の回転に関する情報を取得する装置の故障をより確実に検知することが望まれる。

### 課題を解決するための手段

[0006] 本発明の実施例に従った装置は、電動機と、前記電動機の回転角度を検出する回転角度検出器とを備え、前記電動機は、複数の整流子片からなる整流子を有し、前記回転角度検出器は、前記電動機の端子間電圧を検出する電圧検出部の検出結果、及び、前記電動機を流れる電流を検出する電流検出部の検出結果に基づいて前記電動機の回転角速度を算出する回転角速度算出部と、前記電動機を流れる電流に含まれるリップル成分を検出するリップル検出部と、前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部の出力に基づいて前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のそれぞれの故障を検知する故障検知部と、を含み、前記故障検知部は、前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、該残りの1つが故障していると判断する。

### 発明の効果

[0007] 上述の手段により、直流整流子電動機の回転に関する情報を取得する装置の故障をより確実に検知できる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施例に係る回転角度検出器の構成例を示す概略図である。

[図2]整流子の概略図である。

[図3A]第1パルス信号が生成されるタイミングの一例を示す図である。

[図3B]第1パルス信号が生成されるタイミングの別の一例を示す図である。

[図4]第2パルス信号が生成されるタイミングの一例を示す図である。

[図5]回転量算出処理のフローチャートである。

[図6]合成パルス信号及びホールパルス信号のそれぞれの推移を示す図である。

[図7]故障検知処理のフローチャートである。

[図8]第1故障検知処理のフローチャートである。

[図9]第2故障検知処理のフローチャートである。

[図10]第3故障検知処理のフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、図を参照し、本発明の実施例に係る回転角度検出器100について説明する。図1は、本発明の実施例に係る回転角度検出器100の構成例を示す概略図である。

[0010] 回転角度検出器100は、電動機10の回転角度を検出する装置である。図1の例では、回転角度検出器100は、電動機10の端子間電圧 $V$ と電動機10を流れる電流 $I_m$ とに基づいて電動機10の回転角度を検出する。

[0011] 電動機10は、整流子を備えた直流整流子電動機である。電動機10は、例えば、自動車のウィンドウの昇降、ドアミラーの角度の調整、空調装置における送風量の調整、ヘッドライトの光軸の調整等で使用される。

[0012] 図2は整流子20の概略図である。図2に示すように、整流子20は、スリット20sによって互いに隔てられた8つの整流子片20aで構成されている。各整流子片20aの円弧の中心角であるスリット間角度 $\theta_c$ は約45度である。

[0013] 電動機10は、4つのスイッチSW1～SW4を介して電源に接続されている。そして、スイッチSW1とスイッチSW3とが閉状態となったときに時計回りに順回転し、スイッチSW2とスイッチSW4とが閉状態となったときに反時計回りに逆回転するように構成されている。電源に接続されている図1の例では、順回転する電動機10を流れる電流が正の値を有し、逆回転する電動機10を流れる電流が負の値を有する。惰性回転中は、スイッチSW2とスイッチSW3とが閉状態となり、順回転する電動機10を流れる電流は負の値を有し、逆回転する電動機10を流れる電流は正の値を有する。本実施例では、惰性回転中も回転を検出するために、電動機10と電流検出部10bは、閉ループ中に存在する。なお、本実施例では、電動機10は、電気抵抗値が十分大きいため、電動機10の2つの端子を短絡しても、惰

性で回転する。一方、電動機 10 は、電気抵抗値が小さい場合には、電動機 10 の 2 つの端子を短絡すると、急速に減速する。惰性回転中の電動機 10 の減速を抑制するためには、抵抗器を通る閉ループを形成すればよい。

[0014] 電圧検出部 10a は、電動機 10 の端子間電圧  $V$  を検出する。電流検出部 10b は、電動機 10 を流れる電流  $I_m$  を検出する。

[0015] 回転角度検出器 100 は、主に、電圧フィルタ部 30、回転角速度算出部 31、回転角度算出部 32、電流フィルタ部 33、第 1 信号生成部 34、第 2 信号生成部 35、回転情報算出部 36、故障検知部 38 等の要素を含む。各要素は、電気回路で構成されていてもよく、ソフトウェアで構成されていてもよい。

[0016] 電圧フィルタ部 30 は、電圧検出部 10a が出力する端子間電圧  $V$  の波形を滑らかにする。電圧フィルタ部 30 は、例えば、回転角速度算出部 31 が電動機 10 の回転角速度を精度良く算出できるように端子間電圧  $V$  の波形を滑らかにする。図 1 の例では、電圧フィルタ部 30 は、ローパスフィルタであり、電圧検出部 10a が出力する端子間電圧  $V$  の波形のうちの高周波成分をノイズとして除去した端子間電圧  $V'$  を出力する。

[0017] 回転角速度算出部 31 は、電動機 10 の端子間電圧  $V'$  と電動機 10 を流れる電流  $I_m$  とに基づいて電動機 10 の回転角速度を算出する。図 1 の例では、回転角速度算出部 31 は、式 (1) に基づいて回転角速度  $\omega$  を算出する。

[0018] [数1]

$$\omega = \frac{1}{K_e} \times \left( V' - I_m \times R_m - L_m \times \frac{dI_m}{dt} \right) \quad \dots (1)$$

$K_e$  は逆起電圧定数であり、 $R_m$  は電動機 10 の内部抵抗であり、 $L_m$  は電動機 10 のインダクタンスであり、 $dI_m/dt$  は電流  $I_m$  の一回微分で

ある。電流  $I_m$  の一回微分は、例えば、前回の電流  $I_m$  の値と今回の電流  $I_m$  の値との差である。

[0019] 回転角速度算出部 31 は、一定の制御周期毎に電動機 10 の回転角速度  $\omega$  を算出し、算出した回転角速度  $\omega$  を回転角度算出部 32 に対して出力する。

[0020] 回転角度算出部 32 は、電動機 10 の回転角度を算出する。回転角度算出部 32 は、式 (2) に基づいて回転角度  $\theta$  を算出する。

[0021] [数2]

$$\theta = \int_0 \omega \times dt \quad \dots (2)$$

回転角度算出部 32 は、例えば、回転角速度算出部 31 が一定の制御周期毎に出力する回転角速度  $\omega$  を積算して回転角度  $\theta$  を算出し、算出した回転角度  $\theta$  に関する信号である回転角度信号を第 2 信号生成部 35 に対して出力する。

[0022] また、回転角度算出部 32 は、第 2 信号生成部 35 からの同期指令に応じて回転角度  $\theta$  をゼロにリセットする。

[0023] 電流フィルタ部 33 は、電流検出部 10b が出力する電流  $I_m$  に含まれる特定の周波数成分であるリップル成分  $I_r$  を出力する。また、電流フィルタ部 33 は、リップル検出部 RD を構成している。電流フィルタ部 33 は、例えば、第 1 信号生成部 34 が電流  $I_m$  のリップル成分  $I_r$  を検出できるようにリップル成分  $I_r$  の周波数を通すバンドパスフィルタで構成される。バンドパスフィルタで構成される電流フィルタ部 33 は、電流検出部 10b が出力する電流  $I_m$  の波形のうちのリップル成分  $I_r$  以外の周波数成分を除去する。本実施例で利用するリップル成分  $I_r$  は、整流子片 20a とブラシとの接触・分離に起因して生成される。そのため、リップル成分  $I_r$  の 1 周期の

間に電動機 10 が回転する角度はスリット間角度  $\theta_c$  に等しい。

[0024] 第 1 信号生成部 34 は、電動機 10 が一定の角度だけ回転したことを、リップル成分  $I_r$  の波形から推定した信号を生成する。この信号は、リップル成分  $I_r$  の周期に応じた信号である。一定の角度は、リップル成分  $I_r$  の 1 周期に対応する角度でもよいし、半周期に対応する角度でもよい。この実施例では、電動機 10 がスリット間角度  $\theta_c$  だけ回転する毎に、リップル成分  $I_r$  の波形から推定した信号（第 1 パルス信号  $P_a$ ）を生成する。また、第 1 信号生成部 34 は、リップル検出部 RD を構成している。第 1 信号生成部 34 は、例えば、電流フィルタ部 33 が出力するリップル成分  $I_r$  の波形に基づいて第 1 パルス信号  $P_a$  を生成する。

[0025] 図 3 A は、第 1 信号生成部 34 が第 1 パルス信号  $P_a$  を生成するタイミングの一例を示す図である。第 1 信号生成部 34 は、リップル成分  $I_r$  の 1 周期毎に第 1 パルス信号  $P_a$  を生成する。例えば、リップル成分  $I_r$  が基準電流値  $I_b$  を超える度に第 1 パルス信号  $P_a$  を生成する。図 3 A の例では、時刻  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $\dots$ 、 $t_n$  等で第 1 パルス信号  $P_a$  を生成している。 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $\dots$ 、 $T_n$  等は、リップル成分  $I_r$  の周期を示し、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\dots$ 、 $\theta_n$  等は、第 1 信号生成部 34 が第 1 パルス信号を生成したときの回転角度  $\theta$  を示す。回転角度  $\theta$  は、回転角度算出部 32 が算出した値である。このように、第 1 信号生成部 34 は、典型的には、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  だけ増加する毎に、すなわち、回転角速度  $\omega$  がゼロでない状態が継続したときに第 1 パルス信号  $P_a$  を生成する。一方、第 1 信号生成部 34 は、典型的には、回転角度  $\theta$  がゼロの状態が継続したとき、すなわち、回転角速度  $\omega$  がゼロの状態が継続したときには第 1 パルス信号  $P_a$  を生成しない。

[0026] 但し、第 1 信号生成部 34 は、例えば、電動機 10 の電源オフ後の惰性回転期間において電流  $I_m$  及びそのリップル成分  $I_r$  が小さくなった場合、リップル成分  $I_r$  を検出できずに、第 1 パルス信号  $P_a$  を生成できないことがある。また、第 1 信号生成部 34 は、例えば、電動機 10 の電源オン直後に

突入電流が発生した場合、その突入電流に応じて第1パルス信号P<sub>a</sub>を誤って生成してしまうことがある。このような第1パルス信号P<sub>a</sub>の生成漏れ又は誤生成は、回転角度検出器100が出力する電動機10の回転に関する情報（以下、「回転情報」とする。）の信頼性を低下させてしまう。

[0027] そこで、回転角度検出器100は、第2信号生成部35により、電動機10の回転角度を表す信号をより高精度に生成できるようにしている。

[0028] 第2信号生成部35は、電動機10が所定角度だけ回転したことを表す信号を生成する。第2信号生成部35は、例えば、回転角度算出部32が出力する回転角度信号と第1信号生成部34が出力する第1パルス信号P<sub>a</sub>とに基づいてスリット間角度 $\theta_c$ 毎に第2パルス信号P<sub>b</sub>を生成する。第2パルス信号P<sub>b</sub>は、電動機10が所定角度だけ回転したことを表す情報の一例である。第1パルス信号P<sub>a</sub>は、リップル成分I<sub>r</sub>の波形のみから推定した信号であるため、誤って出力されることがある。一方、第2パルス信号P<sub>b</sub>は、第1パルス信号P<sub>a</sub>と、回転角度信号の双方から推定した信号であるため、誤差を一定値以下にできる。

[0029] 図4は、第2信号生成部35が第2パルス信号P<sub>b</sub>を生成するタイミングの一例を示す図である。第1閾値 $\theta_u$ 及び第2閾値 $\theta_d$ は、第1パルス信号P<sub>a</sub>の受付可否の閾値であり、例えば、回転角度 $\theta$ と電動機10の実際の回転角度との最大位相差に基づいて設定される。

[0030] 第2信号生成部35は、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 以上で且つスリット間角度 $\theta_c$ 未満のときに第1信号生成部34が最初に生成した第1パルス信号P<sub>a</sub>に基づいて、第2パルス信号P<sub>b</sub>を生成する。第1閾値 $\theta_u$ は、予め設定される値であってもよく、動的に設定される値であってもよい。図4は、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 以上で且つスリット間角度 $\theta_c$ 未満の角度範囲である受付範囲をドットパターンで示す。図4の例では、第1信号生成部34が第1パルス信号P<sub>a1</sub>、P<sub>a2</sub>、P<sub>a4</sub>を生成したときの回転角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_5$ が第1閾値 $\theta_u$ 以上で且つスリット間角度 $\theta_c$ 未満である。すなわち、回転角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_5$ のそれぞれがスリット間角度 $\theta_c$ に達する

までの残りの角度が角度 $\alpha$ 未満である。角度 $\alpha$ は、例えば、回転角度 $\theta$ と電動機10の実際の回転角度との最大誤差に基づき設定される。この場合、第2信号生成部35は、時刻 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_5$ において第1信号生成部34が生成した第1パルス信号 $P_{a1}$ 、 $P_{a2}$ 、 $P_{a4}$ がノイズでないとみなす。そのため、第2信号生成部35は、時刻 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_5$ において第2パルス信号 $P_{b1}$ 、 $P_{b2}$ 、 $P_{b4}$ を生成する。第2パルス信号 $P_b$ を生成すると、第2信号生成部35は、回転角度算出部32に対して同期指令を出力する。なお、回転角度 $\theta$ がスリット間角度 $\theta_c$ 未満、且つ、第1閾値 $\theta_u$ 以上の場合に、リップル成分 $I_r$ と同じ周波数成分を持つノイズが発生すると、誤った第1パルス信号 $P_a$ が出力され、第2パルス信号 $P_b$ が生成されるおそれがある。しかし、次のタイミングで、本当のリップル成分 $I_r$ が検出され、回転角度検出器100は、正しい回転角度を検出できる。したがって、回転角度検出器100が検出する回転角度は、ノイズによって、一時的に誤って検出されても、正しい回転角度に戻る。また、誤差の範囲は、角度 $\alpha$ 未満であり、実用上、問題無い範囲である。

[0031] また、第2信号生成部35は、回転角度 $\theta$ の大きさが所定角度に達したときに第2パルス信号 $P_b$ を生成する。所定角度は、例えば、スリット間角度 $\theta_c$ である。但し、回転角度 $\theta$ は、回転角度算出部32が算出した角度であり、誤差が含まれる。図4の例では、時刻 $t_3$ 、 $t_7$ 、 $t_9$ において回転角度 $\theta_3$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_9$ の絶対値がスリット間角度 $\theta_c$ に達したときに第2パルス信号 $P_{b3}$ 、 $P_{b5}$ 、 $P_{b6}$ を生成している。第2パルス信号 $P_b$ を生成すると、第2信号生成部35は、回転角度算出部32に対して同期指令を出力する。回転角度算出部32は、同期指令を受けると回転角度 $\theta$ をゼロにリセットする。

[0032] すなわち、第2信号生成部35は、例えば、時刻 $t_2$ において、第2パルス信号 $P_{b2}$ を生成した後で第1パルス信号 $P_a$ を受け取ることがない状態のまま、回転角度 $\theta$ の絶対値がスリット間角度 $\theta_c$ に達したときに第2パルス信号 $P_{b3}$ を生成する。

[0033] このように、第2信号生成部35は、何らかの理由で第1パルス信号P aが生成されなかった場合であっても、回転角度算出部32によって算出された回転角度 $\theta$ の絶対値がスリット間角度 $\theta_c$ に達しさえすれば、第2パルス信号P bを生成する。そのため、第1パルス信号P aの生成漏れを確実に防止できる。

[0034] また、第2信号生成部35は、第1信号生成部34が第1パルス信号P aを生成したときの回転角度 $\theta$ が第2閾値 $\theta_d$ 未満の場合、第2パルス信号P bを生成しない。第2閾値 $\theta_d$ は、予め設定される値であってもよく、動的に設定される値であってもよい。このような状況は、典型的には、回転角度 $\theta$ の大きさが所定角度に達したことで第2パルス信号P bが生成された後に発生する。図4は、回転角度 $\theta$ がゼロ以上で且つ第2閾値 $\theta_d$ 未満の角度範囲である受付範囲をドットパターンで示す。図4の例では、時刻t 3で回転角度 $\theta$ の絶対値がスリット間角度 $\theta_c$ に達したことで第2パルス信号P b 3が生成された後の時刻t 4において、第1信号生成部34が第1パルス信号P a 3を生成している。このときの回転角度 $\theta_4$ は、第2閾値 $\theta_d$ 未満である。すなわち、時刻t 3でリセットされた後に積算された回転角度 $\theta_4$ は未だ角度 $\beta$ 未満である。この場合、第2信号生成部35は、時刻t 4で第1信号生成部34が生成した第1パルス信号P a 3を、時刻t 3で生成した第2パルス信号P b 3に統合可能と判定できる。具体的には、電動機10の実際の回転角度がスリット間角度 $\theta_c$ に達する前に、回転角度算出部32が出力する回転角度 $\theta$ が、スリット間角度 $\theta_c$ に達した場合に発生する。すなわち、実際の回転角度がスリット間角度 $\theta_c$ に達していないにもかかわらず、回転角度算出部32が算出した回転角度 $\theta$ がスリット間角度 $\theta_c$ に達したために、第2パルス信号P b 3が生成された場合に発生する。第2パルス信号P b 3を生成した直後に第1パルス信号P a 3が生成された時点が、実際の回転角度がスリット間角度 $\theta_c$ に達した瞬間である。このため、第2信号生成部35は、第1パルス信号P a 3を生成した時点で、回転角度算出部32に対して同期指令を出力する。この場合、第2信号生成部35は、時刻t 4で

は第2パルス信号P bを生成しない。図4の「×」に向かう破線矢印は、第1パルス信号P a 3に基づいて第2パルス信号P bが生成されなかったことを表す。他の図における「×」に向かう破線矢印についても同様である。

[0035] また、第1信号生成部34が、第1パルス信号P aを短時間に連続して生成することがある。上述したとおり、図3Aにおいて、リップル成分I rが基準電流値I bを超える度に、第1信号生成部34が、第1パルス信号P aを生成する。リップル成分I rが基準電流値I bを超える直前や直後は、微小なノイズが重畳されても、第1パルス信号P aが誤って生成される。この場合、第1信号生成部34が、第1パルス信号P aを生成する間隔が角度 $\beta$ （第2閾値 $\theta_d$ ）未満となる。図4の例では、第1信号生成部34が、時刻t 2で、第1パルス信号P a 2を生成する。第2信号生成部35は、第2パルス信号P b 2を生成すると共に、回転角度算出部32に同期指令を出力する。回転角度算出部32は、回転角度 $\theta$ をリセットする。その後、第1信号生成部34が、時刻t 2'で、第1パルス信号P a 2'を生成する。時刻t 2'の時点での回転角度 $\theta$ は、第2閾値 $\theta_d$ 未満である。この場合、第2信号生成部35は、第2パルス信号P bを生成せず、同期指令も出力しない。図4の「×」に向かう破線矢印は、第1パルス信号P a 3に基づいて第2パルス信号P bが生成されなかったことを表す。なお、リップル成分I rが基準電流値I bを超える直前や直後は、微小なノイズが重畳された場合、短時間に連続して複数発生する第1パルス信号P aの何れが、スリット間角度 $\theta_c$ に達したことを示す第1パルス信号P aか判断できない。しかし、この場合、複数の第1パルス信号P aは、短い期間内（角度 $\beta$ 未満）に生成されるため、最初の第1パルス信号P aの時点で、回転角度 $\theta$ がスリット間角度 $\theta_c$ に達したと見なしても、実用上、問題ない。また、リップル成分I rが基準電流値I bを超える度に、同様のノイズが発生したとしても、誤差は、角度 $\beta$ 未満に抑えられる。つまり、誤差が累積しない。このため、実用上問題ない範囲に誤差を抑えることができる。

[0036] また、第2信号生成部35は、第1信号生成部34が第1パルス信号P a

を生成したときの回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  以上で且つ第1閾値  $\theta_u$  未満の場合、すなわち、回転角度  $\theta$  が角度範囲  $R_1$  内にある場合、第2パルス信号  $P_b$  を生成することではなく、回転角度算出部32に対して同期指令を出力することもない。図4の例では、時刻  $t_6$  において第1信号生成部34が第1パルス信号  $P_a$  を生成したときの回転角度  $\theta_6$  は、第2閾値  $\theta_d$  以上で且つ第1閾値  $\theta_u$  未満である。すなわち、回転角度  $\theta_6$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達するまでの残りの角度が角度  $\alpha$  より大きく、時刻  $t_5$  でリセットされた後に積算された回転角度  $\theta_6$  が角度  $\beta$  以上である。この場合、第2信号生成部35は、第1パルス信号  $P_a$  がノイズに基づくものと判定できる。そのため、第2信号生成部35は、時刻  $t_6$  では第2パルス信号  $P_b$  を生成することではなく、回転角度算出部32に対して同期指令を出力することもない。すなわち、ノイズに基づく第1パルス信号  $P_a$  による影響を排除できる。

[0037] また、第2信号生成部35は、第1信号生成部34が第1パルス信号  $P_a$  を生成したときの回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  未満の場合、第2パルス信号  $P_b$  を生成しない。但し、第2信号生成部35は、第1信号生成部34が第1パルス信号  $P_a$  を生成したときの回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  未満の場合、回転角度算出部32に対して同期指令を出力する場合と、同期指令を出力しない場合がある。第1パルス信号  $P_a$  が生成される前に、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達した後で、回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  未満のときに第1パルス信号  $P_a$  が生成されると、第2信号生成部35は、同期指令を回転角度算出部32に送る。但し、第1パルス信号  $P_a$  が生成される前に、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達した後で、回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  未満のときに複数の第1パルス信号  $P_a$  が生成されると、2番目以降の第1パルス信号  $P_a$  は無視される。すなわち、第2信号生成部35は、同期指令を出力しない。また、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達する前に第1パルス信号  $P_a$  が生成された後、回転角度  $\theta$  が第2閾値  $\theta_d$  未満のときに第1パルス信号  $P_a$  が生成されても、第2信号生成部35は、同期指令を出力しない。つまり、第1パルス信号  $P_a$  が第2閾値  $\theta_d$  (角度  $\beta$ ) 未満の間に、複数の第

1パルス信号 $P_a$ が生成された場合、2番目以降の第1パルス信号 $P_a$ は無視される。すなわち、第2信号生成部35は、同期指令を出力しない。図4の例では、時刻 $t_4'$ において第1信号生成部34が第1パルス信号 $P_{a3}'$ を生成したときの回転角度 $\theta_4'$ は、第2閾値 $\theta_d$ 未満である。しかしながら、第1パルス信号 $P_{a3}'$ は、直近の第2パルス信号 $P_b3$ が生成された後の2番目の第1パルス信号 $P_a$ である。そのため、第2信号生成部35は、第1パルス信号 $P_{a3}'$ を受け取ったときには、第2パルス信号 $P_b$ を生成することはなく、回転角度算出部32に対して同期指令を出力することもない。

[0038] 以上の構成により、回転角度検出器100は、電動機10の回転角度 $\theta$ の検出誤差を実用上問題ない範囲に抑えることができる。特に、回転角度検出器100では、誤差が累積されることがない。このため、電動機10の回転数にかかわらず、誤差を一定範囲内に抑えることができる。発明者は、次の前提が成り立つことを発見し、上述した回転角度検出器100を発明した。

(1) 微小ノイズによるリップル成分 $I_r$ の誤検出は、リップル成分 $I_r$ が基準電流値 $I_b$ を超える直前か直後に限定される。この場合、正しく生成された第1パルス信号 $P_a$ の前後の短時間（角度 $\alpha$ だけ前から角度 $\beta$ だけ後まで）のみ、誤った第1パルス信号 $P_a$ が生成される。(2) 大きなノイズは、電源オン直後の突入電流等によるもので、スリット間角度 $\theta_c$ より充分長い間隔で発生する。(3) 回転角度算出部32が、端子間電圧 $V'$ と電流 $I_m$ から算出する回転角度 $\theta$ の誤差は、スリット間角度 $\theta_c$ より充分に小さい。

[0039] 以上の構成により、第2信号生成部35は、例えば、電動機10の電源オフ後の惰性回転期間において電流 $I_m$ 及びそのリップル成分 $I_r$ が小さくなり、第1信号生成部34がリップル成分 $I_r$ の波形に基づいて第1パルス信号 $P_a$ を生成できない場合であっても、第2パルス信号 $P_b$ を生成できる。

[0040] また、第2信号生成部35は、例えば、電動機10の電源オン直後に突入電流が発生し、第1信号生成部34がその突入電流に応じて第1パルス信号 $P_a$ を誤って生成してしまった場合であっても、その第1パルス信号 $P_a$ に対応する第2パルス信号 $P_b$ を生成しない。すなわち、その第1パルス信号

P aによる影響を排除できる。

[0041] また、第2信号生成部35は、例えば、第1信号生成部34がノイズ等の影響により第1パルス信号P aを誤って生成してしまった場合であっても、その第1パルス信号P aに対応する第2パルス信号P bを生成することはない。回転角度算出部32に対して同期指令を出力することもない。

[0042] そのため、回転角度検出器100は、第1パルス信号P aと回転角度信号の双方に基づき生成される第2パルス信号P bに基づいて電動機10の回転情報を算出することで、電動機10の回転情報の信頼性を向上させることができる。

[0043] また、第2信号生成部35は、電動機10の回転方向を表す方向信号を出力する。例えば、第2信号生成部35は、回転方向が順回転方向であれば、回転角度 $\theta$ として正の値を出力し、回転方向が逆回転方向であれば、回転角度 $\theta$ として負の値を出力する。回転角度 $\theta$ は、電動機10を流れる電流が正の値のときに正の値を有し、電動機10を流れる電流が負の値のときに負の値を有する。但し、惰性回転中は、回転角度 $\theta$ は、電動機10を流れる電流が負の値のときに正の値を有し、電動機10を流れる電流が正の値のときに負の値を有する。

[0044] 回転情報算出部36は、電動機10の回転情報を算出する。電動機10の回転情報は、例えば、基準回転位置からの回転量（回転角度）、基準回転位置からの回転数等を含む。電動機10が自動車のウィンドウの昇降に使用される場合には、電動機10の回転情報は、基準位置に対するウィンドウの上縁の相対位置、ウィンドウの開き量等に変換された値でもよい。また、ある期間における回転角速度 $\omega$ の平均値、最大値、最小値、中間値等の統計値を含んでいてもよい。図1の例では、回転情報算出部36は、第2信号生成部35の出力に基づいて電動機10の回転情報を算出する。例えば、電動機10の回転が開始した後に生成された第2パルス信号P bの数にスリット間角度 $\theta_c$ を乗ずることで、電動機10の回転が開始した後の回転量を算出する。その際、回転情報算出部36は、第2信号生成部35が第2パルス信号P

bと共に出力する方向信号に基づいて第2パルス信号P bの数をインクリメントするかデクリメントするかを決定する。或いは、回転情報算出部36は、順回転方向を表す方向信号と共に受けた第2パルス信号P bの数と、逆回転方向を表す方向信号と共に受けた第2パルス信号P bの数とを別々に計数し、それらの差に基づいて電動機10の回転量を算出してもよい。

[0045] 故障検知部38は、回転角度検出器100の故障を検知する。本実施例では、故障検知部38は、検知対象としての電圧検出部10a、電流検出部10b、及び、リップル検出部RDのそれぞれの出力が通常回転を示すか否かに基づいて電圧検出部10a、電流検出部10b、及び、リップル検出部RDのそれぞれの故障を検知する。そして、故障を検知した場合、故障検知信号を外部に向けて出力する。

[0046] 故障検知部38は、例えば、電圧検出部10a、電流検出部10b、及び、リップル検出部RDのうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない異常状態が所定期間にわたって継続した場合に、その残りの1つが故障していると判断する。

[0047] 故障検知部38は、例えば、電圧検出部10aの出力が通常回転を示し、電流検出部10bの出力が通常回転を示し、且つ、リップル検出部RDの出力が通常回転を示さない第1異常状態が所定期間にわたって継続した場合に、リップル検出部RDが故障していると判断する。

[0048] 第1異常状態は、例えば、電圧検出部10a及び電流検出部10bのそれぞれの出力に基づいて算出される回転角速度 $\omega$ がゼロでないにもかかわらず、リップル検出部RDが第1パルス信号Paを出力していない状態である。

[0049] 電流Im、周期T、端子間電圧Vのそれぞれの正常範囲は、不揮発性記憶媒体等に予め設定されているが、動的に算出され或いは設定されてもよい。また、正常範囲は、電動機10の通常回転時における正常範囲（以下、「第1正常範囲」とする。）である。電動機10の停止時における正常範囲は含まれない。

[0050] また、故障検知部38は、例えば、電圧検出部10aの出力が通常回転の

場合の電圧値の範囲内であり、電流検出部 10b の出力が通常回転の場合の電流値の範囲外であり、且つ、リップル検出部 RD から通常回転を示す信号が出力される第 2 異常状態が所定期間にわたって継続した場合に、電流検出部 10b が故障していると判断する。

[0051] 第 2 異常状態は、例えば、端子間電圧 V が第 1 正常範囲内にあり、且つ、第 1 パルス信号 P a の周期 T が第 1 正常範囲内にあるにもかかわらず、電流 I m が第 1 正常範囲外にある状態である。

[0052] 正常範囲内にある電流 I m の大きさは、例えば、ストール電流値の大きさ以下である。ストール電流値は、例えば、端子間電圧 V を内部抵抗 R m で除した値に係数 K1 を乗じて算出される。係数 K1 は、固定値であってもよく、可変値であってもよい。

[0053] また、故障検知部 38 は、例えば、電圧検出部 10a の出力が通常回転の場合の電圧値の範囲外であり、電流検出部 10b の出力が通常回転の場合の電流値の範囲内であり、且つ、リップル検出部 RD から通常回転を示す信号が出力される第 3 異常状態が所定期間にわたって継続した場合に、電圧検出部 10a が故障していると判断する。

[0054] 第 3 異常状態は、例えば、電流 I m が第 1 正常範囲内にあり、且つ、リップル検出部 RD が出力する第 1 パルス信号 P a の周期 T が第 1 正常範囲内であるにもかかわらず、端子間電圧 V が第 1 正常範囲外にある状態である。

[0055] 故障検知部 38 は、判断保留時間としての異常状態の継続期間を計測するタイマ部 38 T を有する。判断保留時間は、検知対象が故障しているとの判断を保留する時間を意味する。故障検知部 38 は、タイマ部 38 T が計測した判断保留時間が所定期間を超えたときに、その異常状態において通常回転の場合と異なる出力を行っていた 1 つの検知対象が故障していると判断する。

[0056] 次に、図 5 を参照し、回転角度検出器 100 が電動機 10 の回転量を算出する処理（以下、「回転量算出処理」とする。）の流れについて説明する。図 5 は、回転量算出処理のフローチャートである。回転角度検出器 100 は

、電動機 10 の駆動中にこの回転量算出処理を実行する。

[0057] 最初に、回転角度検出器 100 は、端子間電圧  $V$  及び電流  $I_m$  を取得する（ステップ S T 1）。図 1 の例では、回転角度検出器 100 は、電圧検出部 10a が出力する端子間電圧  $V$ 、及び、電流検出部 10b が出力する電流  $I_m$  を所定の制御周期毎に取得する。

[0058] その後、回転角度検出器 100 は、回転角速度  $\omega$  及び回転角度  $\theta$  を算出する（ステップ S T 2）。図 1 の例では、回転角度検出器 100 の回転角速度算出部 31 は、端子間電圧  $V$  と電流  $I_m$  を式（1）に代入して回転角速度  $\omega$  を所定の制御周期毎に算出する。そして、回転角度検出器 100 の回転角度算出部 32 は、制御周期毎に算出される回転角速度  $\omega$  を積算して回転角度  $\theta$  を算出する。

[0059] その後、回転角度検出器 100 は、回転角度  $\theta$  が所定角度未満であるか否かを判定する（ステップ S T 3）。図 1 の例では、回転角度検出器 100 の第 2 信号生成部 35 は、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  未満であるか否かを判定する。

[0060] 回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  以上であると判定した場合（ステップ S T 3 の N O）、第 2 信号生成部 35 は、スリット間角度  $\theta_c$  までのタイミングで第 1 パルス信号  $P_a$  が生成されなかったと判定する。この場合、第 2 信号生成部 35 は、第 1 パルス信号  $P_a$  が生成されていないことを示すためにフラグ  $F$  を "F a l s e" にする（ステップ S T 3 A）。フラグ  $F$  は、第 1 パルス信号  $P_a$  が生成されたか否かを示すためのフラグである。フラグ  $F$  の初期値は、第 1 パルス信号  $P_a$  が生成されていないことを示す "F a l s e" である。フラグ  $F$  が "T r u e" であることは、第 1 パルス信号  $P_a$  が既に生成されたことを示す。そして、第 2 パルス信号  $P_b$  を生成し（ステップ S T 10）、且つ、回転角度  $\theta$  をゼロにリセットする（ステップ S T 11）。これは、第 1 パルス信号  $P_a$  が生成される前に回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達した場合であり、図 4 の例において時刻  $t_3$ 、 $t_7$ 、 $t_9$  で回転角度  $\theta$  が回転角度  $\theta_3$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_9$  に達した場合に対応する。

- [0061] 一方、回転角度 $\theta$ がスリット間角度 $\theta_c$ 未満であると判定した場合（ステップST3のYES）、第2信号生成部35は、第1パルス信号Paが生成されたか否かを判定する（ステップST4）。図1の例では、第1信号生成部34によって第1パルス信号Paが生成されたか否かを判定する。
- [0062] 回転角度 $\theta$ がスリット間角度 $\theta_c$ 未満の段階（ステップST3のYES）で第1パルス信号Paが未だ生成されていないと第2信号生成部35が判定した場合（ステップST4のNO）、回転角度検出器100は、回転量を算出する（ステップST7）。そして、回転情報算出部36は、第2信号生成部35の出力に基づいて電動機10の回転量を算出する。この場合、算出される回転量に変化はない。これは、図4の例において時刻t0で回転角度 $\theta$ が回転角度 $\theta_0$ になっている場合に対応する。
- [0063] その後、回転角度検出器100は、回転角速度 $\omega$ がゼロになったか否かを判定する（ステップST8）。そして、回転角度検出器100は、回転角速度 $\omega$ がゼロになっていないと判定した場合（ステップST8のNO）、処理をステップST1に戻し、回転角速度 $\omega$ がゼロになったと判定した場合（ステップST8のYES）、回転量算出処理を終了させる。
- [0064] 第1パルス信号Paが生成されたと判定した場合（ステップST4のYES）、第2信号生成部35は、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 未満であるか否かを判定する（ステップST5）。第1閾値 $\theta_u$ 未満のタイミングで生成された第1パルス信号Paは、ノイズに基づく慨然性が高いためである。
- [0065] 回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 以上であると判定した場合（ステップST5のNO）、第2信号生成部35は、第1パルス信号Paが生成されたか否かを示すためにフラグFを"True"にする（ステップST5A）。そして、第2信号生成部35は、第2パルス信号Pbを生成し（ステップST10）、且つ、回転角度 $\theta$ をゼロにリセットする（ステップST11）。回転角度 $\theta$ が、第1閾値 $\theta_u$ 以上のときに第1パルス信号Paが発生した場合、第1パルス信号Paが発生した時点の実際の回転角度が、スリット間角度 $\theta_c$ に近いためである。これは、図4の例において時刻t1、t2、t5で第1パル

ス信号 P a 1、P a 2、P a 4 が生成された場合に対応する。

[0066] 回転角度  $\theta$  が第 1 閾値  $\theta_u$  未満であると判定した場合（ステップ S T 5 の Y E S）、第 2 信号生成部 3 5 は、現時点では、第 1 パルス信号 P a がノイズに基づくものでないとは判定できない。回転角度  $\theta$  は、多少の誤差を含む場合がある。また、第 1 パルス信号 P a の生成時期が、ノイズ等の影響で、若干ずれることがある。このため、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達する時期と、第 1 パルス信号 P a の生成時期がずれる場合がある。このため、回転角度  $\theta$  がスリット間角度  $\theta_c$  に達する時期と、第 1 パルス信号 P a の生成時期のどちらが早いかわからないためである。そこで、第 2 信号生成部 3 5 は、直近の第 2 パルス信号 P b を生成した後で最初に受け取った第 1 パルス信号 P a に関し、回転角度  $\theta$  が第 2 閾値  $\theta_d$  未満であるか否かを判定する（ステップ S T 6）。

[0067] 最初の第 1 パルス信号 P a に関する回転角度  $\theta$  が第 2 閾値  $\theta_d$  未満であると判定した場合（ステップ S T 6 の Y E S）、第 2 信号生成部 3 5 は、フラグ F を調べる（ステップ S T 6 A）。フラグ F は、第 1 パルス信号 P a が、連続して発生したことを判断するためのフラグである。フラグ F が "T r u e" の場合、第 1 パルス信号 P a は、連続して発生した 2 番目以降の第 1 パルス信号 P a である。フラグ F が "T r u e" の場合（ステップ S T 6 A の Y E S）、回転角度検出器 1 0 0 は、回転量を算出する（ステップ S T 7）。これは、図 4 の例において時刻  $t_2'$ 、 $t_4'$  で第 1 パルス信号 P a 2'、P a 3' が生成されたときに対応する。フラグ F が "F a l s e" の場合（ステップ S T 6 A の N O）、第 2 信号生成部 3 5 は、フラグ F を "T r u e" にする（ステップ S T 6 B）。その後、第 2 信号生成部 3 5 は、回転角度  $\theta$  をゼロにリセットする（ステップ S T 1 1）。回転角度  $\theta$  が第 2 閾値  $\theta_d$  未満の場合、第 1 パルス信号 P a が生成されたときの実際の回転角度が、スリット間角度  $\theta_c$  に近いためである。すなわち、第 2 閾値  $\theta_d$  未満の場合、第 1 パルス信号 P a が、直前に生成した第 2 パルス信号 P b に対応すると判定できるためである。これは、図 4 の例において時刻  $t_4$ 、 $t_8$  で第 1 パルス信号 P a 3

、 $P a 6$  が生成された場合に対応する。すなわち、第 1 パルス信号  $P a 3$ 、 $P a 6$  が第 2 パルス信号  $P b 3$ 、 $P b 5$  に対応すると判定できる。

[0068] 最初の第 1 パルス信号  $P a$  に関する回転角度  $\theta$  が第 2 閾値  $\theta d$  以上であると判定した場合（ステップ  $S T 6$  の  $N O$ ）、すなわち、角度範囲  $R 1$  内であると判定した場合、第 2 信号生成部 35 は、その第 1 パルス信号  $P a$  がノイズに基づくものであると判定する。この場合、第 2 信号生成部 35 は、第 2 パルス信号  $P b$  を生成することなく、回転角度  $\theta$  をリセットすることもない。そして、回転情報算出部 36 は、第 2 信号生成部 35 の出力に基づいて電動機 10 の回転量を算出する。これは、図 4 の例において時刻  $t 6$  で第 1 パルス信号  $P a 5$  が生成されたときに対応する。すなわち、第 2 信号生成部 35 は、第 1 パルス信号  $P a 5$  をノイズに基づくものと判定している。

[0069] その後、回転角度検出器 100 は、電動機 10 の回転量を算出する（ステップ  $S T 7$ ）。図 1 の例では、回転角度検出器 100 の回転情報算出部 36 は、電動機 10 の回転が開始した後に生成された第 2 パルス信号  $P b$  の数にスリット間角度  $\theta c$  を乗ずることで、電動機 10 の回転が開始した後の回転量を算出する。

[0070] 次に、図 6 を参照し、回転角度検出器 100 が算出した電動機 10 の回転量の信頼性に関する実験結果について説明する。図 6 は、合成パルス信号及びホールパルス信号のそれぞれの推移を示す図である。

[0071] 合成パルス信号は、第 2 パルス信号  $P b$  の複数パルスを 1 パルスに合成することで得られる信号である。図 6 の例では、スリット間角度  $\theta c$  は 90 度である。第 1 パルス信号  $P a$  及び第 2 パルス信号  $P b$  は、基本的に、電動機 10 の回転軸が 90 度回転する度に生成されている。そして、合成パルス信号は、第 2 パルス信号  $P b$  の 2 パルスを 1 パルスに合成して生成されている。すなわち、回転角度検出器 100 は、電動機 10 の回転軸が 180 度回転する度に合成パルス信号を 1 つ生成するように構成されている。

[0072] ホールパルス信号は、ホールセンサが出力したパルス信号である。ホールセンサは、第 2 パルス信号  $P b$  とホールパルス信号との比較のために電動機

10の回転軸に取り付けられた磁石が作る磁束を検出する。図6の例では、回転角度検出器100は、電動機10の回転軸が180度回転する度にホールパルス信号を1つ生成するように構成されている。

[0073] 図6の「×」に向かう破線矢印は、第1パルス信号P<sub>a</sub>に基づいて第2パルス信号P<sub>b</sub>が生成されなかったことを表す。すなわち、第1パルス信号P<sub>a</sub>がノイズとして無視されたことを表す。また、図6の8つの実線矢印は、第1パルス信号P<sub>a</sub>の生成漏れの際に第2パルス信号P<sub>b</sub>が追加されたことを表す。

[0074] 図6の例では、電動機10の順回転を開始してからその順回転を停止させるまでの期間に生成された合成パルス信号及びホールパルス信号のそれぞれの数が等しいことが確認された。すなわち、第2パルス信号P<sub>b</sub>に基づいて算出される電動機10の回転量が、ホールセンサによって検出される電動機10の回転量に等しいことが確認された。

[0075] 次に、図7を参照し、故障検知部38が検知対象の故障を検知する処理（以下、「故障検知処理」とする。）について説明する。図7は、故障検知処理のフローチャートである。故障検知部38は、所定の制御周期で繰り返しこの故障検知処理を実行する。

[0076] 最初に、故障検知部38は、3つの検知対象のそれぞれの出力のうちの2つが通常回転を示し且つ残りの1つが通常回転を示さないかを判定する（ステップS T 11）。すなわち、3つの検知対象が異常状態であるか否かを判定する。本実施例では、3つの検知対象は、電圧検出部10a、電流検出部10b及びリップル検出部RDである。

[0077] 電圧検出部10aの出力である端子間電圧Vは、例えば、所定の下限電圧値（例えば7[V]）より大きく、且つ、所定の上限電圧値（例えば18[V]）より小さい場合に通常回転を示すと判定され、それ以外の場合に通常回転を示さないと判定される。

[0078] 電流検出部10bの出力である電流I<sub>m</sub>は、例えば、所定の下限電流値（例えば0.5[A]）より大きく、且つ、所定の上限電流値（例えば、20

[A])より小さい場合に通常回転を示すと判定され、それ以外の場合に通常回転を示さないと判定される。上限電流値はストール電流値であってもよい。

[0079] リップル検出部RDの出力である第1パルス信号Paは、例えば、周期Tが所定の下限周期より大きく、且つ、所定の上限周期より小さい場合に通常回転を示すと判定され、それ以外の場合に通常回転を示さないと判定される。

[0080] 3つの検知対象が異常状態であると判定した場合（ステップST11のYES）、故障検知部38は、判断保留時間の計測を開始する（ステップST12）。判断保留時間の計測を既に開始している場合にはその計測を継続する。本実施例では、故障検知部38は、タイマ部38Tによる計時を開始させ或いは継続させる。

[0081] その後、故障検知部38は、判断保留時間が閾値を超えたか否かを判定する（ステップST13）。閾値は、3つの検知対象のうちの何れが通常回転を示さないと判定されているかに応じて異なってもよく、同じであってもよい。

[0082] 判断保留時間が閾値を超えたと判定した場合（ステップST13のYES）、故障検知部38は、出力が通常回転を示さないと判定されているその残りの1つの検知対象が故障していると判断する（ステップST14）。このとき、故障検知部38は、故障検知信号を外部に向けて出力してもよい。

[0083] 判断保留時間が閾値を超えていないと判定した場合（ステップST13のNO）、故障検知部38は、その残りの1つの検知対象が故障していると判断することなく、今回の故障検知処理を終了させる。すなわち、判断保留時間が閾値を超えたと判定するまでは、検知対象のうちの1つが故障しているとの判断を保留する。故障の誤検知を防止するためである。

[0084] 3つの検知対象が異常状態でないと判定した場合（ステップST11のNO）、故障検知部38は、判断保留時間をリセットする（ステップST15）。本実施例では、故障検知部38は、判断保留時間をゼロにリセットした

上でタイマ部 38 T による計時を停止させる。

[0085] また、故障検知部 38 は、これまでの異常状態とは別の異常状態になったと判定した場合には、判断保留時間をゼロにリセットした上でタイマ部 38 T による計時を再開させる。例えば、第 1 異常状態であると判定されてから、ある程度の時間が既にカウントアップされている場合であっても、判断保留時間が閾値を超える前に第 1 異常状態が解消され且つ第 2 異常状態になったと判定された場合には、第 1 異常状態に関する判断保留時間をゼロにリセットし、第 2 異常状態に関する判断保留時間のタイマ部 38 T による計時を開始させる。

[0086] このように、回転角度検出器 100 は、電圧検出部 10 a、電流検出部 10 b 及びリップル検出部 R D のうちの 2 つが通常回転を示し且つ残りの 1 つが通常回転を示さない状態が所定時間にわたって継続する場合に、その残りの 1 つが故障していると判断できる。

[0087] 次に、図 8 を参照し、故障検知部 38 がリップル検出部 R D の故障を検知する処理（以下、「第 1 故障検知処理」とする。）について説明する。図 8 は、第 1 故障検知処理のフローチャートである。故障検知部 38 は、所定の制御周期で繰り返しこの第 1 故障検知処理を実行する。

[0088] 最初に、故障検知部 38 は、端子間電圧 V が第 1 正常範囲内であるか否かを判定する（ステップ S T 2 1）。そして、端子間電圧 V が第 1 正常範囲内であると判定した場合（ステップ S T 2 1 の Y E S）、電流 I m が第 1 正常範囲内であるか否かを判定する（ステップ S T 2 2）。そして、電流 I m が第 1 正常範囲内であると判定した場合（ステップ S T 2 2 の Y E S）、リップルが検出されていないか否か（「リップル検出無し」か「リップル検出有り」か）を判定する（ステップ S T 2 3）。

[0089] その後、リップル検出無しと判定した場合（ステップ S T 2 3 の Y E S）、すなわち、第 1 異常状態であると判定した場合、故障検知部 38 は、非検出時間の計測を開始する（ステップ S T 2 4）。非検出時間は、判断保留時間の一例であり、リップルが検出されていない時間を表す。非検出時間の計

測を既を開始している場合にはその計測を継続する。

[0090] その後、故障検知部 38 は、非検出時間が閾値を超えたか否かを判定する（ステップ S T 2 5）。閾値は、望ましくは、惰性回転期間よりも長い期間である。惰性回転中におけるリップル検出無しの状態に基づき、リップル検出部 R D が故障していると誤って判断されてしまうのを防止するためである。

[0091] 非検出時間が閾値を超えたと判定した場合（ステップ S 2 5 の Y E S）、故障検知部 38 は、リップル検出部 R D が故障していると判断する（ステップ S T 2 6）。このとき、故障検知部 38 は、リップル検出部 R D の故障に関する故障検知信号を外部に向けて出力してもよい。

[0092] 非検出時間が閾値を超えていないと判定した場合（ステップ S T 2 5 の N O）、故障検知部 38 は、リップル検出部 R D が故障していると判断することなく、今回の第 1 故障検知処理を終了させる。すなわち、非検出時間が閾値を超えたと判定するまでは、リップル検出部 R D が故障しているとの判断を保留する。故障の誤検知を防止するためである。

[0093] 端子間電圧 V が第 1 正常範囲内ないと判定した場合（ステップ S T 2 1 の N O）、電流 I m が第 1 正常範囲内ないと判定した場合（ステップ S T 2 2 の N O）、或いは、リップル検出有りと判定した場合（ステップ S T 2 3 の N O）、故障検知部 38 は、非検出時間をリセットする（ステップ S T 2 7）。本実施例では、故障検知部 38 は、非検出時間をゼロにリセットした上で非検出時間の計測を停止する。なお、ステップ S T 2 1 からステップ S T 2 3 における 3 つの判定は順不同であり、3 つの判定が同時に行われてもよい。

[0094] このように、故障検知部 38 は、端子間電圧 V と電流 I m から電動機 10 が回転中であると判断できる場合に、所定の期間が経過しても第 1 パルス信号 P a が検出されないときには、リップル検出部 R D が故障していると判断できる。

[0095] 次に、図 9 を参照し、故障検知部 38 が電流検出部 10 b の故障を検知す

る処理（以下、「第2故障検知処理」とする。）について説明する。図9は、第2故障検知処理のフローチャートである。故障検知部38は、所定の制御周期で繰り返しこの第2故障検知処理を実行する。

[0096] 最初に、故障検知部38は、通常回転時と同様にリップルが検出されているか否かを判定する（ステップST31）。通常回転時と同様にリップルが検出されている状態は、例えば、リップル検出部RDが出力する第1パルス信号Paの周期Tが所定値未満の状態である。

[0097] そして、通常回転時と同様にリップルが検出されていると判定した場合（ステップST31のYES）、端子間電圧Vが第1正常範囲内であるか否かを判定する（ステップST32）。そして、端子間電圧Vが第1正常範囲内であると判定した場合（ステップST32のYES）、電流Imが第1正常範囲外であるか否かを判定する（ステップST33）。

[0098] その後、電流Imが第1正常範囲外であると判定した場合（ステップST33のYES）、すなわち、第2異常状態であると判定した場合、故障検知部38は、電流異常継続時間の計測を開始する（ステップST34）。電流異常継続時間は、判断保留時間の一例であり、電流Imが第1正常範囲外にある状態が継続している時間を表す。電流異常継続時間の計測を既に開始している場合にはその計測を継続する。

[0099] その後、故障検知部38は、電流異常継続時間が閾値を超えたか否かを判定する（ステップST35）。閾値は、望ましくは、惰性回転中の電動機10が1回転するのに要する期間よりも長い期間である。電流Imに含まれるノイズに基づき、電流検出部10bが故障していると誤って判断されてしまうのを防止するためである。

[0100] 電流異常継続時間が閾値を超えたと判定した場合（ステップST35のYES）、故障検知部38は、電流検出部10bが故障していると判断する（ステップST36）。このとき、故障検知部38は、電流検出部10bの故障に関する故障検知信号を外部的に出力してもよい。

[0101] 電流異常継続時間が閾値を超えていないと判定した場合（ステップST3

5のNO)、故障検知部38は、電流検出部10bが故障していると判断することなく、今回の第2故障検知処理を終了させる。すなわち、電流異常継続時間が閾値を超えたと判定するまでは、電流検出部10bが故障しているとの判断を保留する。故障の誤検知を防止するためである。

[0102] 通常回転時と同様にはリップルが検出されていないと判定した場合(ステップST31のNO)、端子間電圧Vが第1正常範囲内ないと判定した場合(ステップST32のNO)、或いは、電流Imが第1正常範囲内にあると判定した場合(ステップST33のNO)、故障検知部38は、電流異常継続時間をリセットする(ステップST37)。本実施例では、故障検知部38は、電流異常継続時間をゼロにリセットした上で電流異常継続時間の計測を停止する。なお、ステップST31からステップST33における3つの判定は順不同であり、3つの判定が同時に行われてもよい。

[0103] このように、故障検知部38は、通常回転時と同様にリップルが検出されて電動機10が回転中であると判断できる場合で、所定の期間にわたって端子間電圧Vが正常範囲内であり且つ電流Imが第1正常範囲外(例えばゼロ)であるときには、電流検出部10bが故障していると判断できる。

[0104] 次に、図10を参照し、故障検知部38が電圧検出部10aの故障を検知する処理(以下、「第3故障検知処理」とする。)について説明する。図10は、第3故障検知処理のフローチャートである。故障検知部38は、所定の制御周期で繰り返しこの第3故障検知処理を実行する。

[0105] 最初に、故障検知部38は、通常回転時と同様にリップルが検出されているか否かを判定する(ステップST41)。そして、通常回転時と同様にリップルが検出されていると判定した場合(ステップST41のYES)、電流Imが第1正常範囲内であるか否かを判定する(ステップST42)。そして、電流Imが第1正常範囲内であると判定した場合(ステップST42のYES)、端子間電圧Vが第1正常範囲外であるか否かを判定する(ステップST43)。

[0106] その後、端子間電圧Vが第1正常範囲外であると判定した場合(ステップ

S T 4 3 の Y E S)、すなわち、第3異常状態であると判定した場合、故障検知部38は、電圧異常継続時間の計測を開始する(ステップS T 4 4)。電圧異常継続時間は、判断保留時間の一例であり、端子間電圧Vが正常範囲外にある状態が継続している時間を表す。電圧異常継続時間の計測を既に行っている場合にはその計測を継続する。

[0107] その後、故障検知部38は、電圧異常継続時間が閾値を超えたか否かを判定する(ステップS T 4 5)。閾値は、望ましくは、惰性回転中の電動機10が1回転するのに要する期間よりも長い期間である。端子間電圧Vに含まれるノイズに基づき、電圧検出部10aが故障していると誤って判断されてしまうのを防止するためである。

[0108] 電圧異常継続時間が閾値を超えたと判定した場合(ステップS 4 5のY E S)、故障検知部38は、電圧検出部10aが故障していると判断する(ステップS T 4 6)。このとき、故障検知部38は、電圧検出部10aの故障に関する故障検知信号を外部に向けて出力してもよい。

[0109] 電圧異常継続時間が閾値を超えていないと判定した場合(ステップS T 4 5のN O)、故障検知部38は、電圧検出部10aが故障していると判断することなく、今回の第3故障検知処理を終了させる。すなわち、電圧異常継続時間が閾値を超えたと判定するまでは、電圧検出部10aが故障しているとの判断を保留する。故障の誤検知を防止するためである。

[0110] 通常回転時と同様にはリップルが検出されていないと判定した場合(ステップS T 4 1のN O)、電流I<sub>m</sub>が第1正常範囲内にないと判定した場合(ステップS T 4 2のN O)、或いは、端子間電圧Vが第1正常範囲内にあると判定した場合(ステップS T 4 3のN O)、故障検知部38は、電圧異常継続時間をリセットする(ステップS T 4 7)。本実施例では、故障検知部38は、電圧異常継続時間をゼロにリセットした上で電圧異常継続時間の計測を停止する。なお、ステップS T 4 1からステップS T 4 3における3つの判定は順不同であり、3つの判定が同時に行われてもよい。

[0111] このように、故障検知部38は、通常回転時と同様にリップルが検出され

て電動機 10 が回転中であると判断できる場合で、所定の期間にわたって電流  $I_m$  が第 1 正常範囲内であり且つ端子間電圧  $V$  が第 1 正常範囲外（例えばゼロ）であるときには、電圧検出部 10a が故障していると判断できる。

[0112] 上述のように、整流子 20 を備えた電動機 10 の回転に関する情報を取得する回転角度検出器 100 は、電動機 10 の端子間電圧  $V$  を検出する電圧検出部 10a の検出結果、及び、電動機 10 を流れる電流  $I_m$  を検出する電流検出部 10b の検出結果に基づいて電動機 10 の回転角速度  $\omega$  を算出する回転角速度算出部 31 と、電動機 10 を流れる電流  $I_m$  に含まれるリップル成分  $I_r$  を検出するリップル検出部 RD と、電圧検出部 10a、電流検出部 10b、及び、リップル検出部 RD の出力に基づいて電圧検出部 10a、電流検出部 10b、及び、リップル検出部 RD のそれぞれの故障を検知する故障検知部 38 と、を含む。そして、故障検知部 38 は、電圧検出部 10a、電流検出部 10b、及び、リップル検出部 RD のうちの 2 つの出力が通常回転を示し且つ残りの 1 つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、その残りの 1 つが故障していると判断する。具体的には、回転角度検出器 100 は、電流  $I_m$  のリップル成分  $I_r$  に基づいて生成される第 1 パルス信号  $P_a$ 、及び、端子間電圧  $V$  及び電流  $I_m$  に基づいて算出される回転角度  $\theta$  のそれぞれに基づき、電動機 10 の回転状態を個別に推定できる。すなわち、別々の方法で導き出される 2 つのパラメータである第 1 パルス信号  $P_a$  と回転角度  $\theta$  とを用いて電動機 10 の回転状態を別々に推定できる。そのため、第 1 のパラメータを用いて推定された回転状態と、第 2 のパラメータを用いて推定された回転状態とが顕著に異なる場合、一方のパラメータの導出に関連する検知対象が故障していると判断できる。そして、3 つの検知対象のうちの 2 つが正常であることを確認できれば、残りの 1 つが故障していると判断できる。その結果、追加コスト無しで、検知対象の故障をより確実に検知できる。なお、回転角度検出器 100 は、3 つの検知対象のそれぞれの出力のうちの 2 つが正常で且つ残りの 1 つが異常であるかを判定することで、3 つの検知対象のそれぞれの故障を検知可能な構成であつ

てもよく、3つの検知対象のうちの特定の2つの故障を検知可能な構成であってもよく、3つの検知対象のうちの特定の1つの故障を検知可能な構成であってもよい。

[0113] また、回転角度検出器付き電動機は、電動機10と、電動機10の回転角度を検出する回転角度検出器100とを備えている。電動機10は、複数の整流子片20aからなる整流子20を有する。

[0114] また、回転角度検出器100は、3つの検出部である電圧検出部10a、電流検出部10b及びリップル検出部RDのうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態の継続期間を計測するタイマ部38Tを有していてもよい。そして、故障検知部38は、タイマ部38Tが計測した継続期間が所定期間を超えたときに、その残りの1つが故障していると判断してもよい。この構成により、回転角度検出器100は、故障の誤検出をより確実に防止できる。

[0115] また、整流子20を備えた電動機10の回転情報を取得する回転角度検出器100は、端子間電圧Vと電流Imとに基づいて回転角度 $\theta$ を算出する回転角度算出部32と、電流Imに含まれるリップル成分Irに基づいて第1パルス信号Paを生成する第1信号生成部34と、第1パルス信号Paと回転角度 $\theta$ とに基づいて電動機10が所定角度だけ回転したことを表す第2パルス信号Pbを生成する第2信号生成部35と、第2信号生成部35の出力に基づいて回転情報を算出する回転情報算出部36とを含む。そのため、ホールセンサ等の回転センサが無くても、電動機10の回転情報を高い信頼性で取得できる。これは、センサインタフェース回路、ハーネス等の回転センサを利用するために必要な部品を省略できることを意味する。そのため、軽量化、低コスト化、小型化等を実現できる。

[0116] また、回転角度検出器100は、電流Imのリップル成分Irに基づいて生成される第1パルス信号Paと、端子間電圧V及び電流Imに基づいて算出される回転角度 $\theta$ とを用いて第2パルス信号Pbを生成する。すなわち、別々の方法で導き出される2つのパラメータである第1パルス信号Paと回

転角度 $\theta$ とを用いて第2パルス信号P bを生成する。そのため、一方のパラメータが適切に導出されなかった場合であっても他方のパラメータでその不具合を補うことができる。その結果、電動機10の回転情報をより高い信頼性で取得できる。

[0117] 回転角度算出部32は、例えば、端子間電圧Vと電流I mとに基づいて算出される電動機10の回転角速度 $\omega$ を積算して回転角度 $\theta$ を算出するように構成される。そのため、回転角度算出部32は、電動機10の起動直後の期間、惰性回転期間等を含めた全期間に亘って回転角度 $\theta$ を安定的且つ継続的に算出できる。そして、第2信号生成部35は、例えば、回転角度 $\theta$ が所定角度に達したときに、第2パルス信号P bを即時に生成するように構成される。そのため、第2信号生成部35は、第1パルス信号P aの生成漏れが発生した場合であっても、安定的且つ継続的に算出される回転角度 $\theta$ に基づき、所定角度だけ回転したことを表す第2パルス信号P bをリアルタイムに生成できる。そのため、回転角度検出器100は、電動機10の回転情報を遅滞なく算出できる。

[0118] 第2信号生成部35は、例えば、回転角度 $\theta$ が所定角度に達したときに、回転角度 $\theta$ をゼロにリセットする指令を回転角度算出部32に出力するように構成される。そのため、回転角度検出器100は、回転角度算出部32が算出する回転角度 $\theta$ の最大値が所定角度に制限されるので、回転角度 $\theta$ の記憶に必要なメモリのサイズを小さくできる。

[0119] 所定角度は、例えば、整流子片20aの円弧の中心角、すなわちスリット間角度 $\theta_c$ である。そのため、回転角度検出器100は、回転角度算出部32が算出する回転角度 $\theta$ の累積誤差の最大値をスリット間角度 $\theta_c$ とすることができる。

[0120] 受付範囲は、例えば、電動機10がスリット間角度 $\theta_c$ だけ回転する毎に生じる回転角度 $\theta$ の最大誤差の範囲である。すなわち、回転角速度算出部31が、実際よりも、回転角速度 $\omega$ を大きく算出した場合に、実際の回転角度に基づく第1パルス信号P aが生成される（誤差を含んだ）回転角度 $\theta$ の最

大値が第2閾値 $\theta_d$ である。また、回転角速度算出部31が、実際よりも、回転角速度 $\omega$ を小さく算出した場合に、実際の回転角度に基づく第1パルス信号Paが生成される（誤差を含んだ）回転角度 $\theta$ の最小値が第1閾値 $\theta_u$ である。そのため、回転角度検出器100では、回転角度算出部32が算出する回転角度 $\theta$ の誤差が累積されない。つまり、電動機10が何回転しても、誤差を $-\alpha$ から $+\beta$ の範囲とすることができる。

[0121] 第2信号生成部35は、例えば、第1パルス信号Paを受けたときに、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 以上であれば、第2パルス信号Pbを生成するように構成される。第1閾値 $\theta_u$ は、例えば、所定角度（スリット間角度 $\theta_c$ ）より小さい値として予め設定されている。この構成により、第2信号生成部35は、回転角度 $\theta$ が、第1閾値 $\theta_u$ 以上のときに生成された第1パルス信号Paをノイズに基づくものではないと見なす。そして、第1パルス信号Paが生成されなくても、回転角度 $\theta$ が所定角度（スリット間角度 $\theta_c$ ）に達したら、第2パルス信号Pbを生成する。そのため、第1パルス信号Paの生成漏れによる回転情報の算出結果への影響を確実に排除できる。

[0122] また、第2信号生成部35は、例えば、第1パルス信号Paを受けたときに、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 未満であれば、第2パルス信号Pbを生成しないように構成される。この構成により、第2信号生成部35は、回転角度 $\theta$ が第1閾値 $\theta_u$ 未満のときに生成された第1パルス信号Paをノイズに基づくものであると判定できる。そして、ノイズに基づいて生成された第1パルス信号Paに対応する第2パルス信号Pbが生成されてしまうのを防止できる。そのため、ノイズに基づいて生成された第1パルス信号Paによる回転情報の算出結果への影響を確実に排除できる。

[0123] また、第2信号生成部35は、例えば、第1パルス信号Paを受けたときに、回転角度 $\theta$ が第2閾値 $\theta_d$ より小さければ、回転角度 $\theta$ をゼロにリセットする指令を回転角度算出部32に出力するように構成される。第2閾値 $\theta_d$ は、例えば、所定角度（スリット間角度 $\theta_c$ ）より位相が $\beta$ だけ遅れた値として予め設定されている。この構成により、第2信号生成部35は、第1

パルス信号 P a の生成漏れの発生に先立って第 2 パルス信号 P b を生成した直後に第 1 パルス信号 P a を受けた場合、その第 1 パルス信号 P a をノイズに基づくものではないと見なす。そして、その第 1 パルス信号 P a を、直前に生成した第 2 パルス信号 P b に対応付けることができる。そのため、第 1 パルス信号 P a の生成タイミングのずれによる回転情報の算出結果への影響を確実に排除できる。

[0124] 以上、本発明の好ましい実施例について詳説した。しかしながら、本発明は、上述した実施例に制限されることはない。本発明の範囲を逸脱することなしに上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

[0125] 本願は、2017 年 5 月 9 日に出願した日本国特許出願 2017-093294 号に基づく優先権を主張するものであり、これらの日本国特許出願の全内容を本願に参照により援用する。

### 符号の説明

[0126] 10・・・電動機 10a・・・電圧検出部 10b・・・電流検出部  
20・・・整流子 20a・・・整流子片 20s・・・スリット 30・・・電圧フィルタ部 31・・・回転角速度算出部 32・・・回転角度算出部 33・・・電流フィルタ部 34・・・第 1 信号生成部 35・・・第 2 信号生成部 36・・・回転情報算出部 38・・・故障検知部 38T・・・タイマ部 100・・・回転角度検出器 RD・・・リップル検出部 SW1～SW4・・・スイッチ

## 請求の範囲

### [請求項1]

電動機と、

前記電動機の回転角度を検出する回転角度検出器とを備え、

前記電動機は、複数の整流子片からなる整流子を有し、

前記回転角度検出器は、

前記電動機の端子間電圧を検出する電圧検出部の検出結果、及び、  
前記電動機を流れる電流を検出する電流検出部の検出結果に基づいて  
前記電動機の回転角速度を算出する回転角速度算出部と、

前記電動機を流れる電流に含まれるリップル成分を検出するリップル検出部と、

前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部の出力に基づいて前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のそれぞれの故障を検知する故障検知部と、を含み、

前記故障検知部は、前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、該残りの1つが故障していると判断する、

回転角度検出器付き電動機。

### [請求項2]

前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態の継続期間を計測するタイマ部を有し、

前記故障検知部は、前記タイマ部が計測した継続期間が所定期間を超えたときに、該残りの1つが故障していると判断する、

請求項1に記載の回転角度検出器付き電動機。

### [請求項3]

前記故障検知部は、前記電圧検出部の出力が通常回転を示し、前記電流検出部の出力が通常回転を示し、且つ、前記リップル検出部の出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、前記リップル検出部が故障していると判断する、

請求項 1 又は 2 に記載の回転角度検出器付き電動機。

[請求項4] 前記故障検知部は、前記電圧検出部の出力が通常回転を示さず、前記電流検出部の出力が通常回転を示し、且つ、前記リップル検出部の出力が通常回転を示す状態が所定期間にわたって継続した場合に、前記電圧検出部が故障していると判断する、

請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の回転角度検出器付き電動機。

[請求項5] 前記故障検知部は、前記電圧検出部の出力が通常回転を示し、前記電流検出部の出力が通常回転を示さず、且つ、前記リップル検出部の出力が通常回転を示す状態が所定期間にわたって継続した場合に、前記電流検出部が故障していると判断する、

請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の回転角度検出器付き電動機。

[請求項6] 整流子を備えた電動機の回転角度を検出するための電動機の回転角度検出器であって、

前記電動機の端子間電圧を検出する電圧検出部の検出結果、及び、前記電動機を流れる電流を検出する電流検出部の検出結果に基づいて前記電動機の回転角速度を算出する回転角速度算出部と、

前記電動機を流れる電流に含まれるリップル成分を検出するリップル検出部と、

前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部の出力に基づいて前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のそれぞれの故障を検知する故障検知部と、を含み、

前記故障検知部は、前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のうちの 2 つの出力が通常回転を示し且つ残りの 1 つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、該残りの 1 つが故障していると判断する、

回転角度検出器。

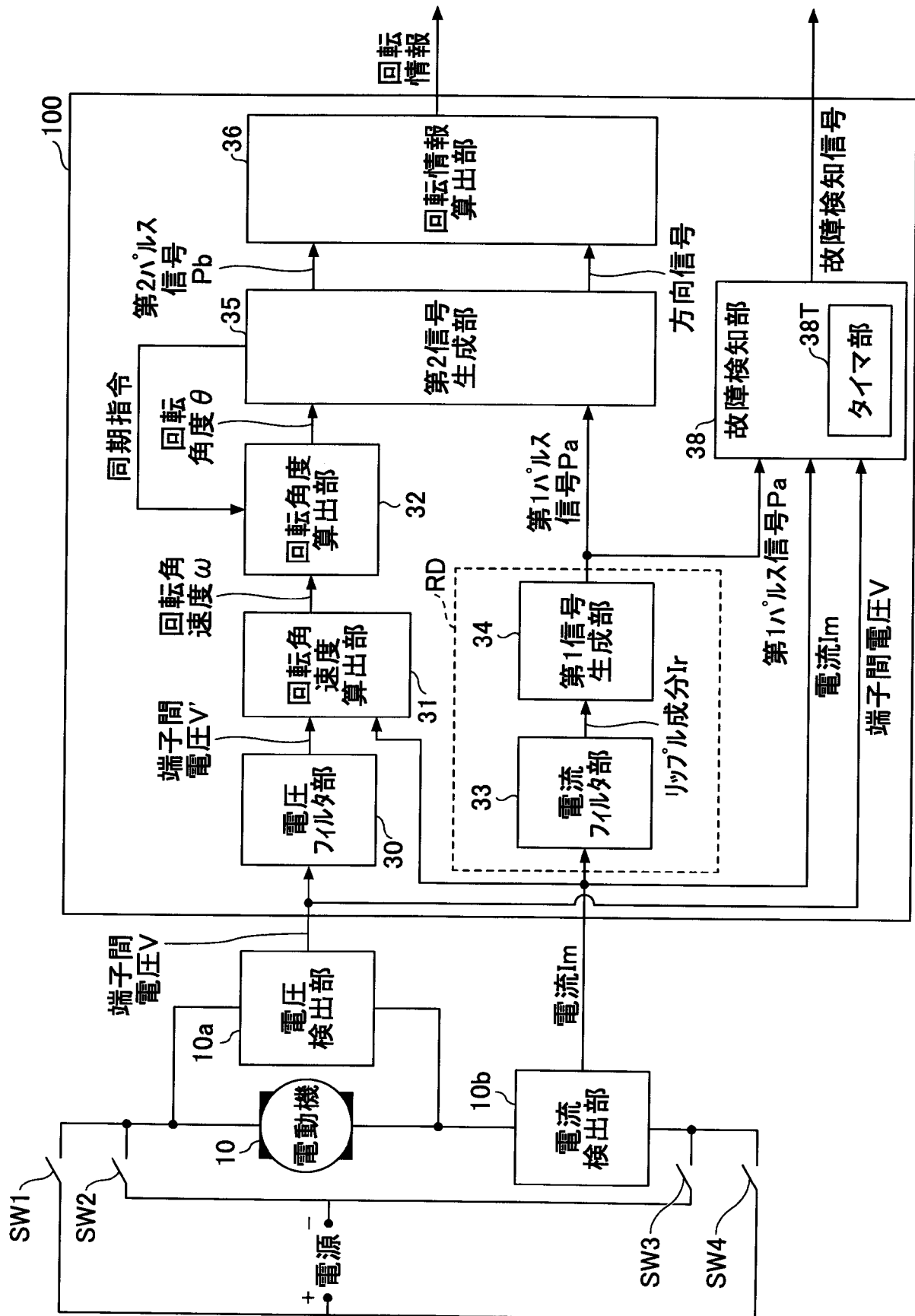
[請求項7] 電動機の回転角度を検出する回転角度検出器の故障を検知する方法であって、

前記回転角度検出器は、前記電動機の端子間電圧を検出する電圧検出部の検出結果、及び、前記電動機を流れる電流を検出する電流検出部の検出結果に基づいて前記電動機の回転角速度を算出する回転角速度算出部と、前記電動機を流れる電流に含まれるリップル成分を検出するリップル検出部と、を含み、

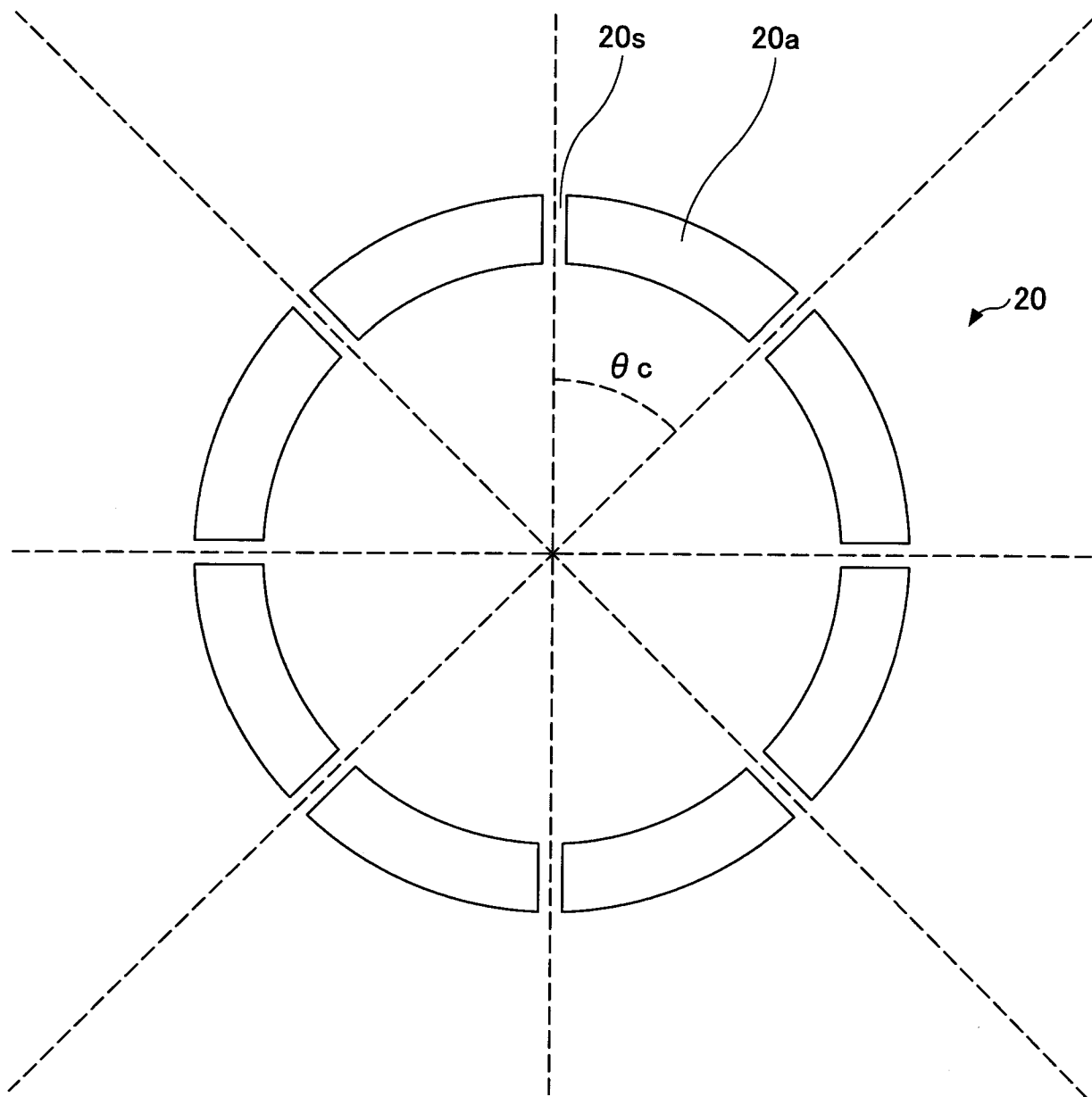
当該方法は、前記電圧検出部、前記電流検出部、及び、前記リップル検出部のうちの2つの出力が通常回転を示し且つ残りの1つの出力が通常回転を示さない状態が所定期間にわたって継続した場合に、該残りの1つが故障していると判断するステップを有する、

方法。

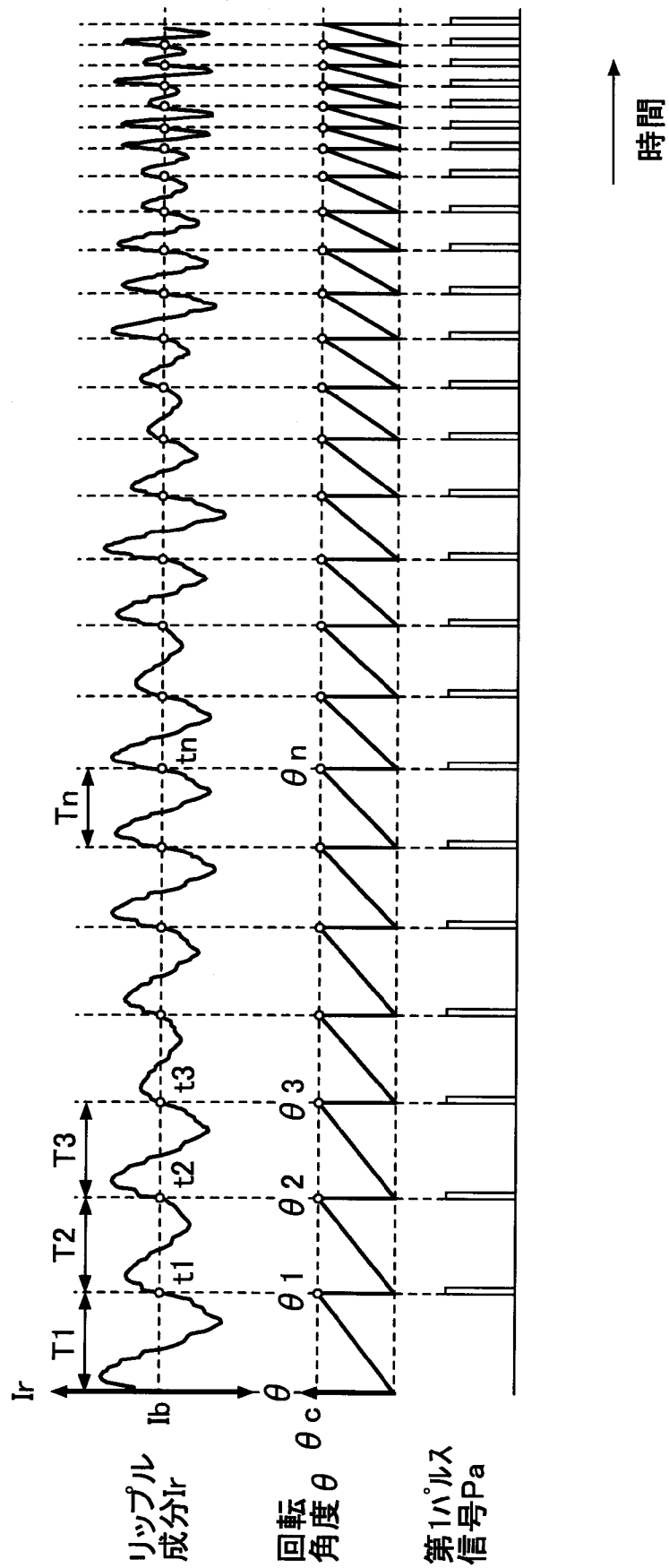
[図1]



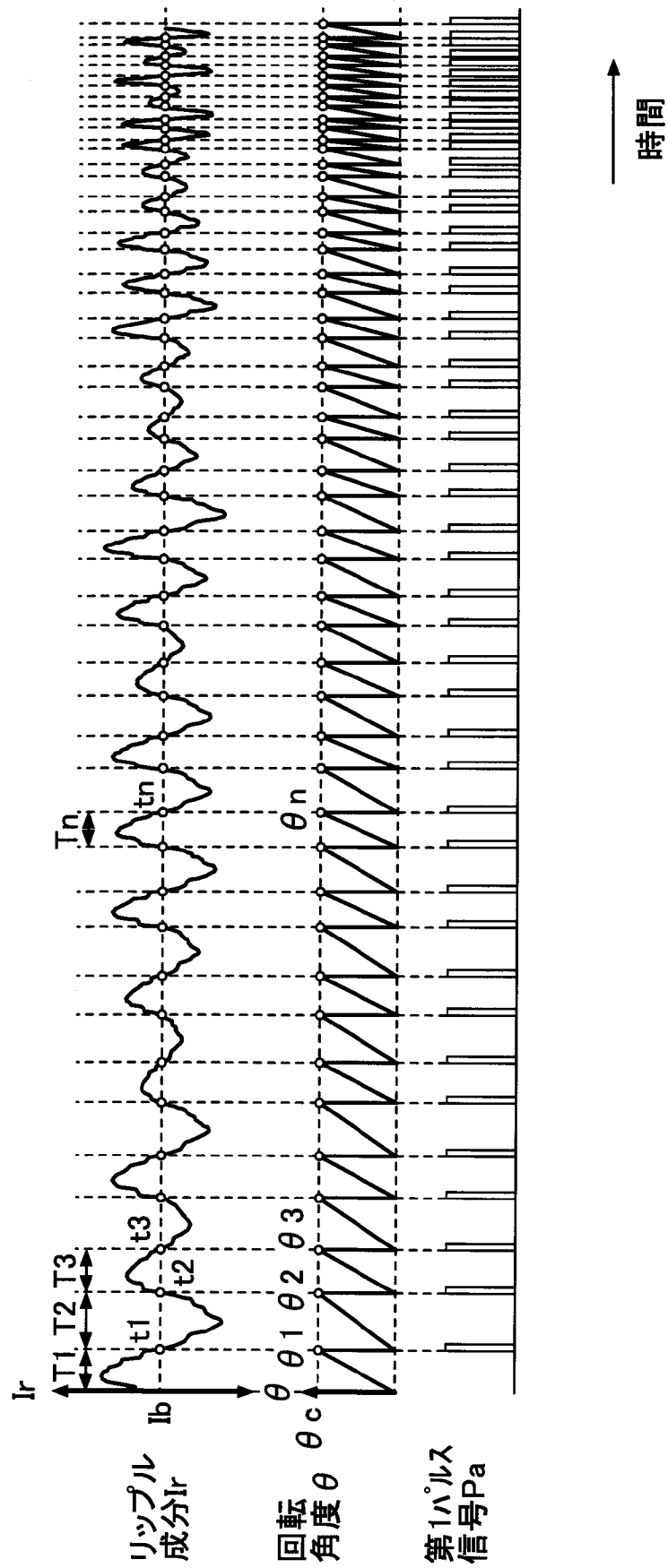
[図2]



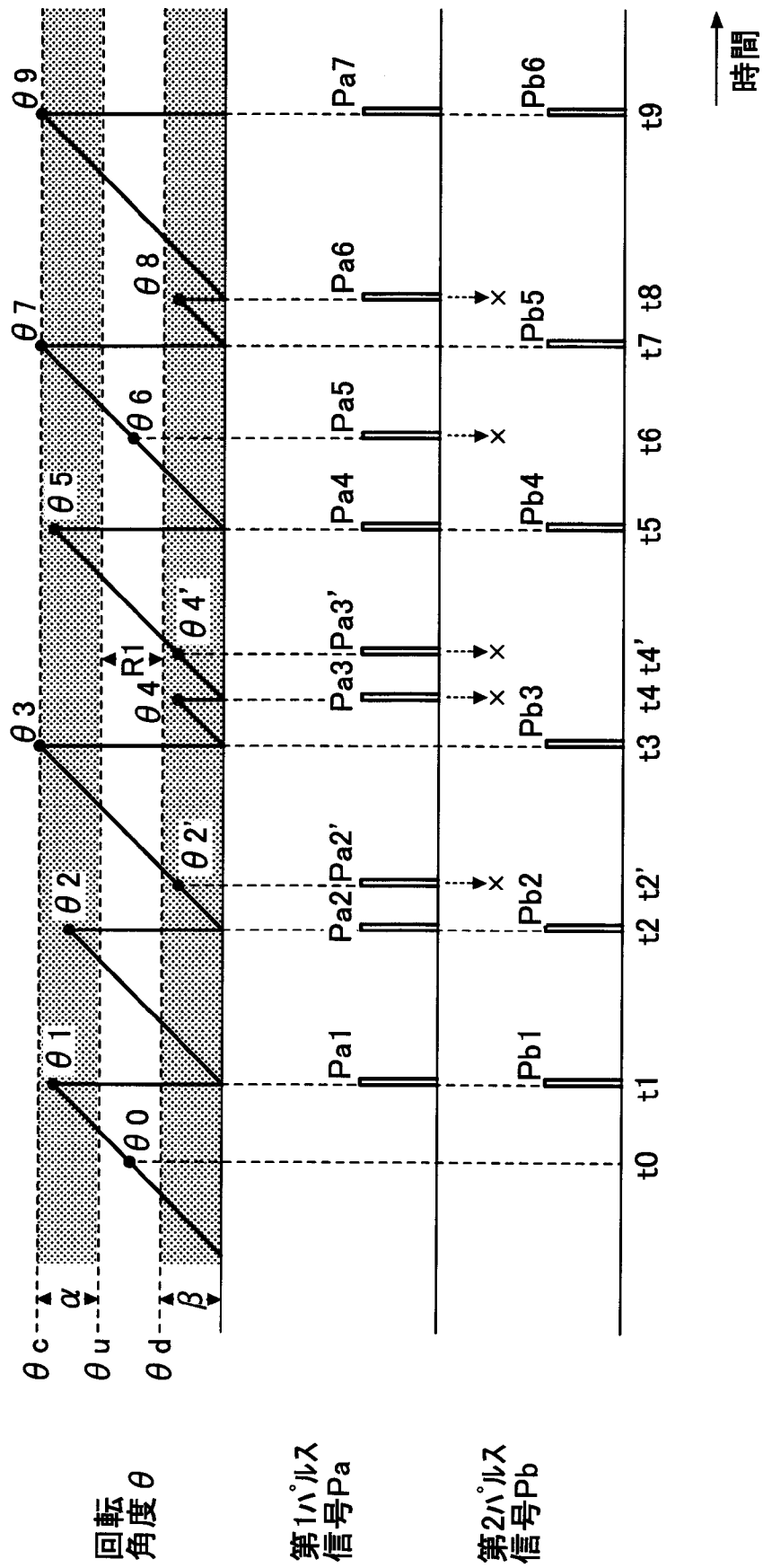
[図3A]



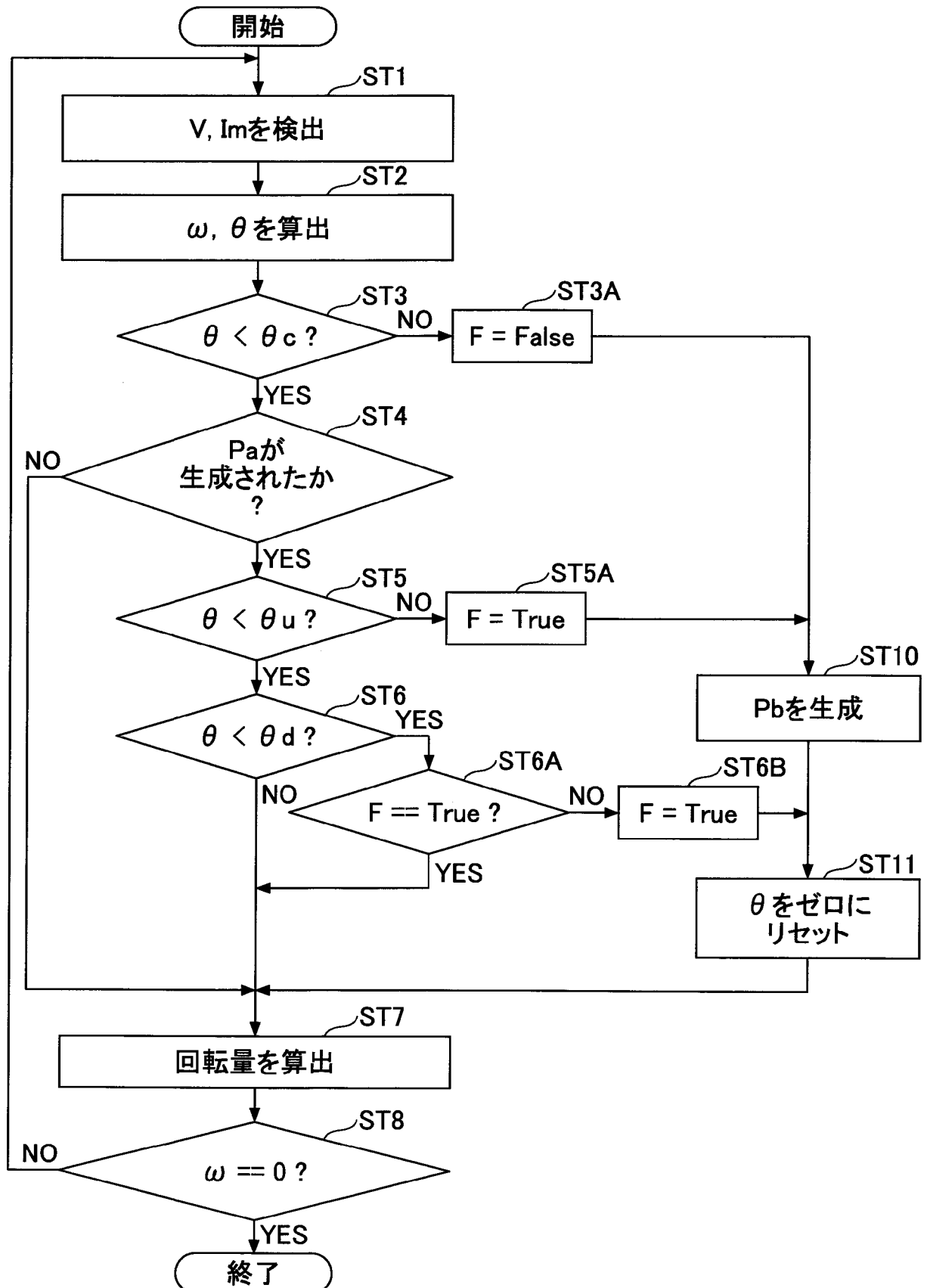
[図3B]



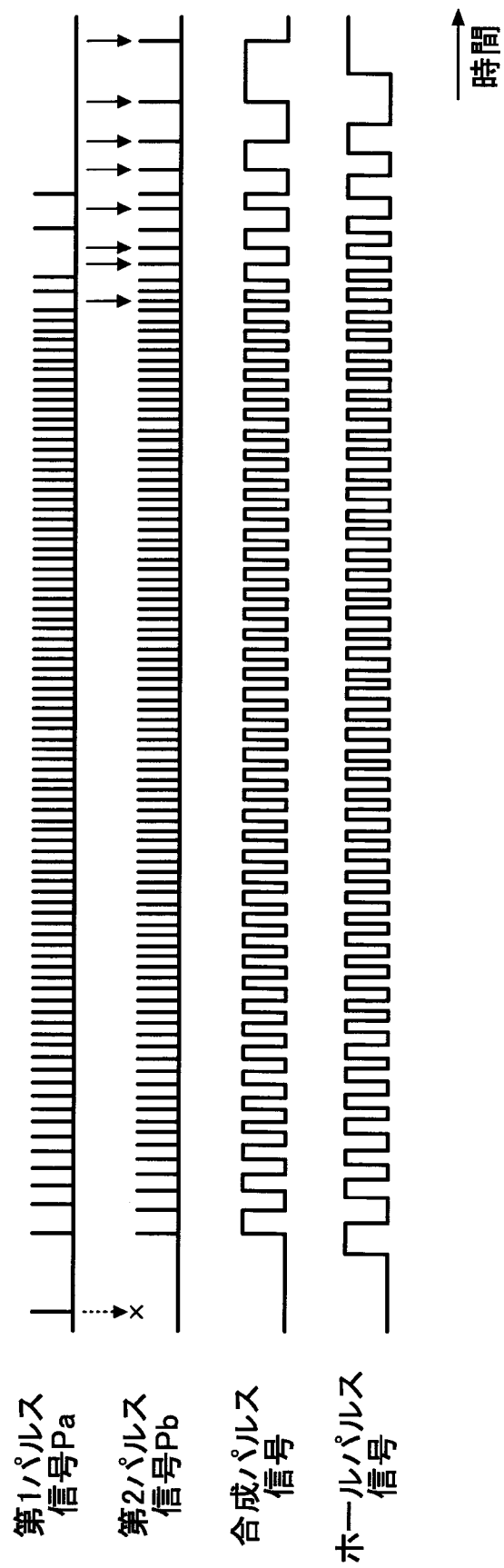
[図4]



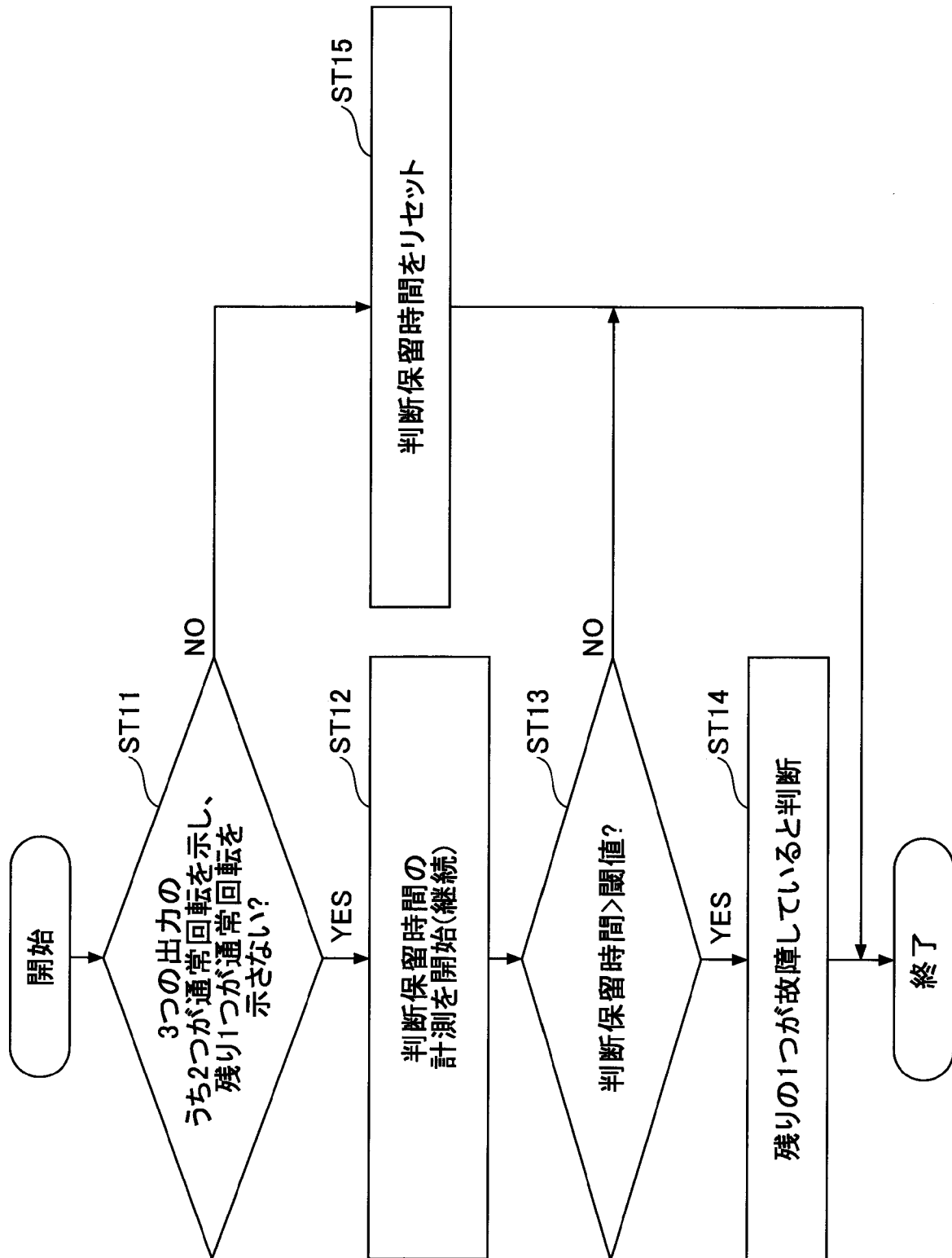
[図5]



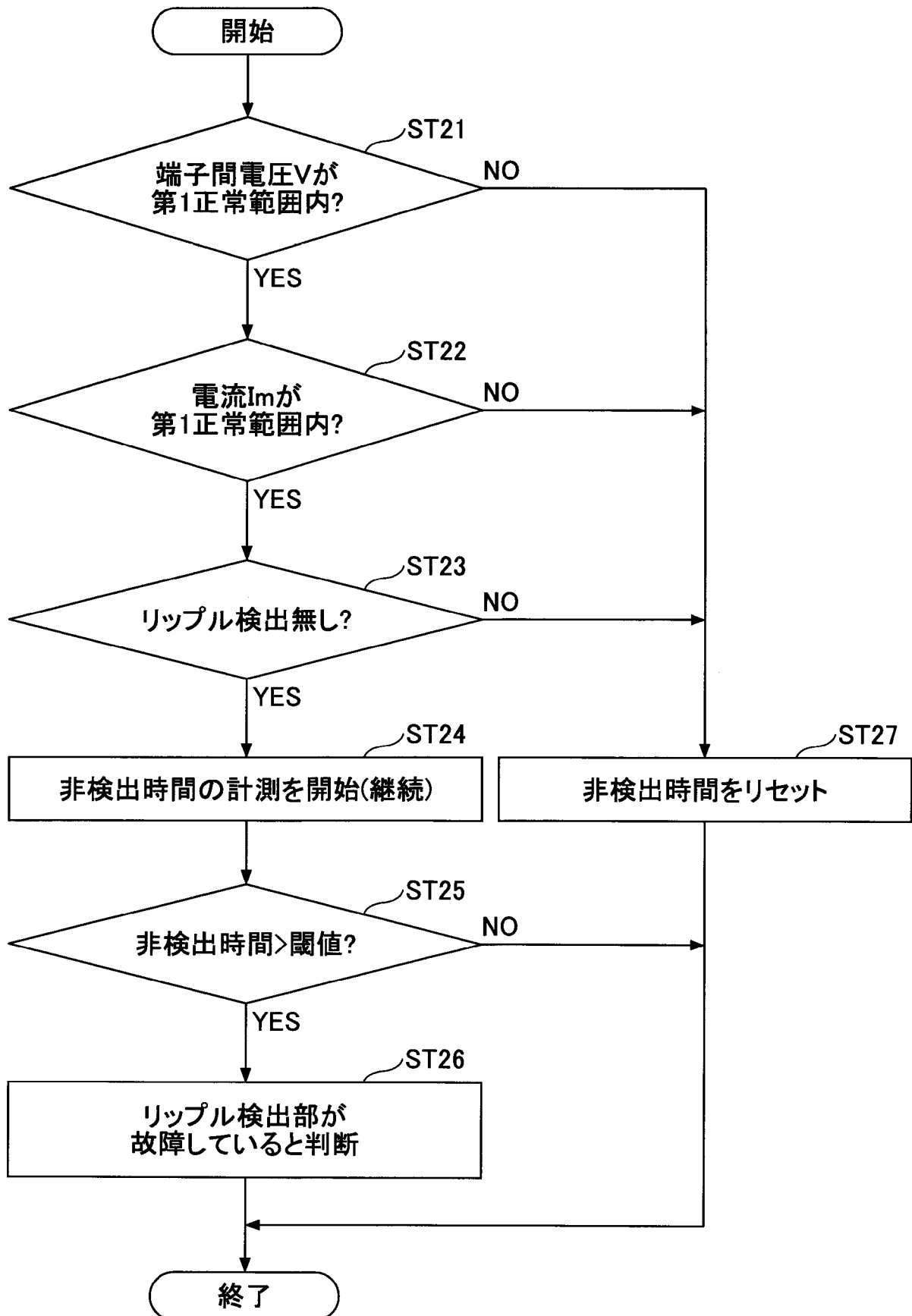
[図6]



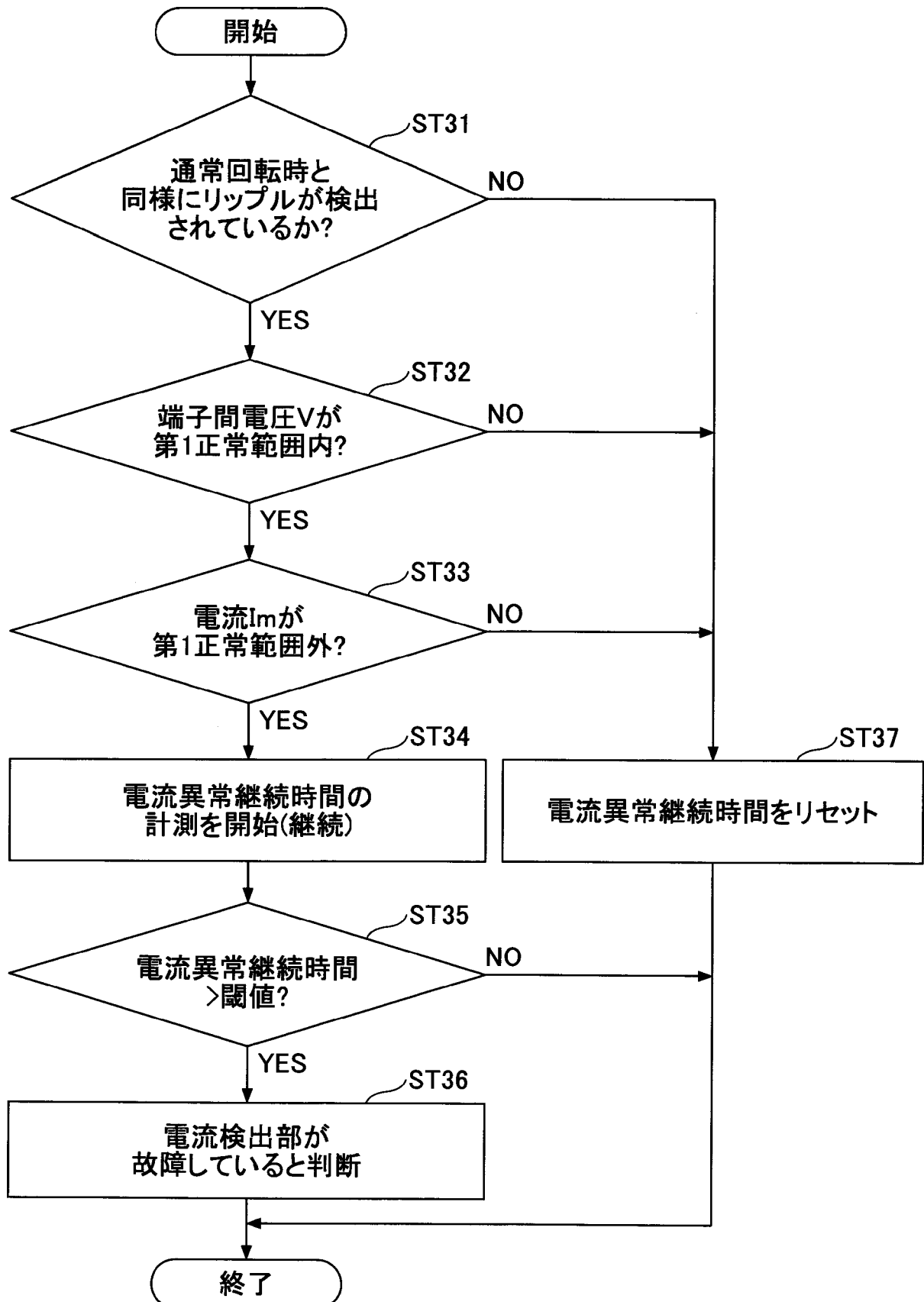
[図7]



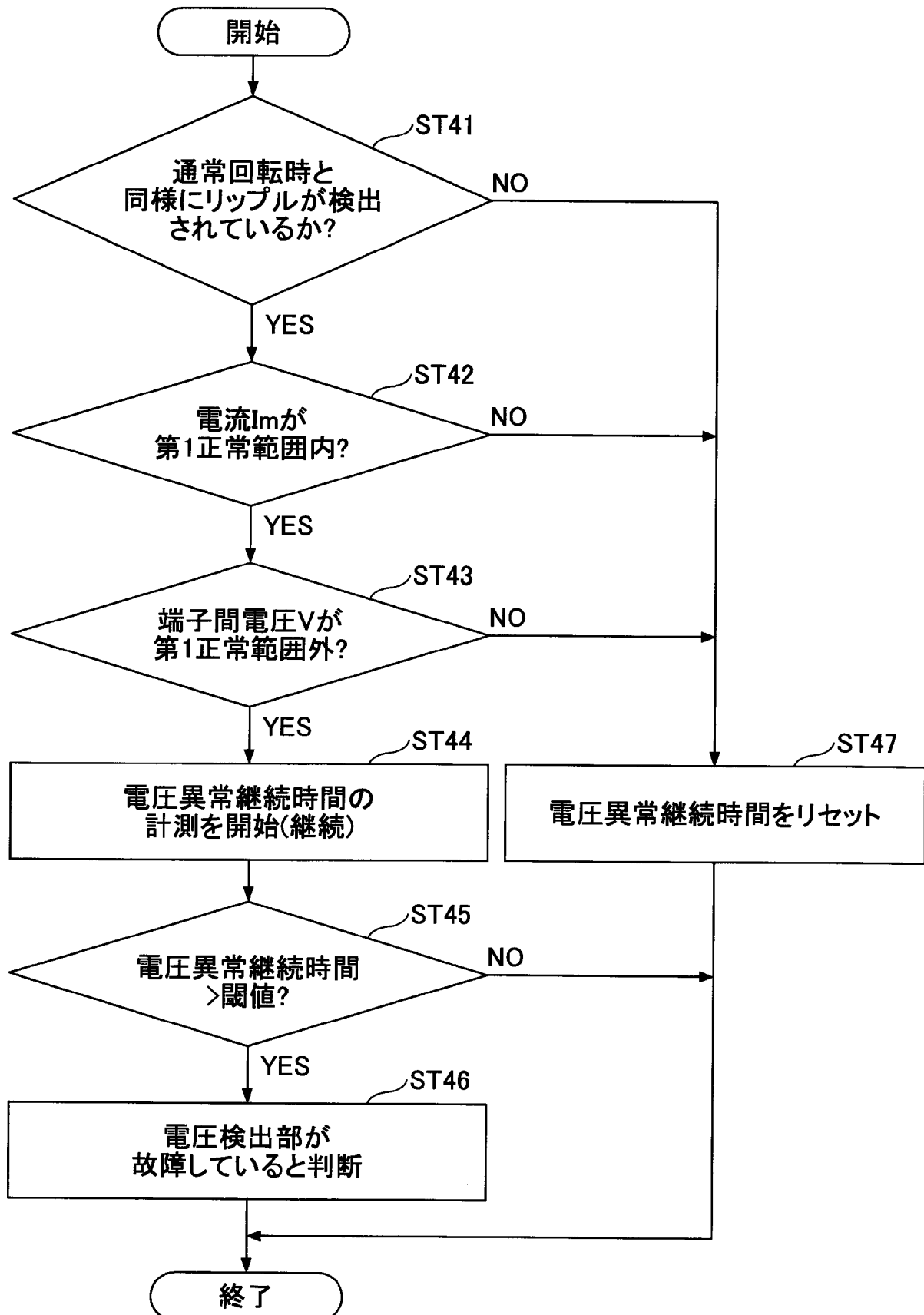
[図8]



[図9]



[図10]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/017513

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P7/06(2006.01) i, H02P29/024(2016.01) 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. H02P7/06, H02P29/024

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<br>A    | JP 6-311773 A (OMRON CORP.) 04 November 1994, paragraphs [0025]-[0070], fig. 12 (Family: none)                                                                         | 1-2, 6-7<br>3-5       |
| Y<br>A    | JP 4-156222 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 28 May 1992, specification, page 3, lower right column, line 14 to page 7, upper left column, line 20, fig. 1-6 (Family: none) | 1-2, 6-7<br>3-5       |
| Y<br>A    | JP 2014-7807 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 16 January 2014, paragraphs [0021]-[0027], fig. 1 (Family: none)                                                                | 1-2, 6-7<br>3-5       |

☐ 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  
10 July 2018 (10.07.2018)

Date of mailing of the international search report  
17 July 2018 (17.07.2018)

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. H02P7/06(2006.01)i, H02P29/024(2016.01)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. H02P7/06, H02P29/024

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<br>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<br>請求項の番号  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Y<br>A          | JP 6-311773 A（オムロン株式会社）1994. 11. 04, 段落<br>[0025]-[0070]、図 12（ファミリーなし）                     | 1-2, 6-7<br>3-5 |
| Y<br>A          | JP 4-156222 A（ダイキン工業株式会社）1992. 05. 28, 明細書第 3 頁<br>右下欄第 14 行-第 7 頁左上欄第 20 行、図 1-6（ファミリーなし） | 1-2, 6-7<br>3-5 |
| Y<br>A          | JP 2014-7807 A（アイシン精機株式会社）2014. 01. 16, 段落<br>[0021]-[0027]、図 1（ファミリーなし）                   | 1-2, 6-7<br>3-5 |

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                                | 「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       |
| 「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                        | 「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                       |
| 「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） | 「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 |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                     | 「&」 同一パテントファミリー文献                                                     |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                  |                                                                       |

国際調査を完了した日

10.07.2018

国際調査報告の発送日

17.07.2018

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）

樋口 幸太郎

3 V

5 5 6 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3357