

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-196064  
(P2012-196064A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
H02P 6/18 (2006.01) H02P 6/02 371T 5H560

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-58658 (P2011-58658)  
(22) 出願日 平成23年3月17日 (2011.3.17)

(71) 出願人 509186579  
日立オートモティブシステムズ株式会社  
茨城県ひたちなか市高場2520番地  
(74) 代理人 100078330  
弁理士 笹島 富二雄  
(72) 発明者 岡本 直樹  
群馬県伊勢崎市柏川町1671番地1 日  
立オートモティブシステムズ株式会社内  
(72) 発明者 岩路 善尚  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内  
Fターム(参考) 5H560 AA08 BB04 BB12 DA13 EB01  
HA03

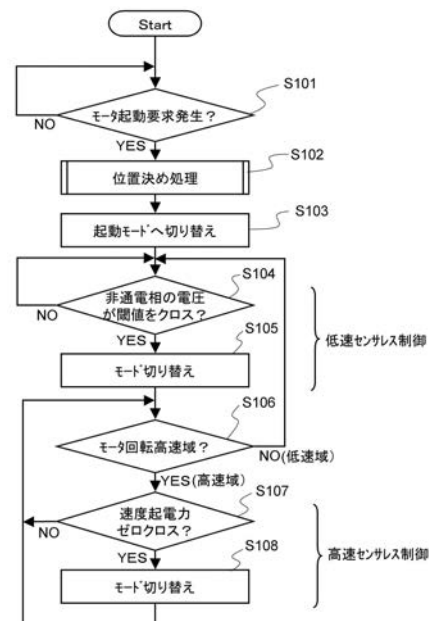
(54) 【発明の名称】 同期電動機の駆動装置

(57) 【要約】

【課題】同期電動機を高い応答でかつ安定的に起動させることができる同期電動機の駆動装置を提供する。

【解決手段】3相同期電動機の3相巻線のうち、通電する2つの相を選択する6通りの通電モード(1)~(6)を切り替えることで、3相同期電動機を回転駆動する同期電動機の駆動装置であって、3相同期電動機を起動するときに、まず、6通りの通電モード(1)~(6)のうちの1つで各相に対する通電を行った場合の角度に、3相同期電動機を位置決めする。そして、3相同期電動機を位置決めした角度に対応する通電モードから次の通電モードを1つ飛ばした通電モードに切り替えて3相同期電動機を起動させ、その後、そのときの通電モードにおける非通電相の電圧と電圧閾値との比較に基づいて、通電モードの切り替えタイミングを判断し、6通りの通電モード(1)~(6)を順次切り替える。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

3 相同期電動機の 3 相巻線のうち、通電する 2 つの相を選択する 6 通りの通電モードを切り替えることで、前記 3 相同期電動機を回転駆動する同期電動機の駆動装置であって、非通電相の電圧と電圧閾値との比較に基づいて前記 6 通りの通電モードを順次切り替える通電モード切替手段と、

前記 3 相同期電動機を起動するときに、前記 6 通りの通電モードのうちの 1 つで各相に対する通電を行った場合の角度に、前記 3 相同期電動機を位置決めする位置決め手段と、前記位置決め手段が前記 3 相同期電動機を位置決めした角度に対応する通電モードから次の通電モードを 1 つ飛ばした通電モードに切り替えて、前記 3 相同期電動機を起動させ、その後、前記通電モード切替手段による通電モードの切り替えを行わせる起動制御手段と、

を備えた同期電動機の駆動装置。

## 【請求項 2】

前記位置決め手段が、相互に異なる通電モードに従って通電を行う 2 回以上の位置決めを行う請求項 1 記載の同期電動機の駆動装置。

## 【請求項 3】

前記位置決め手段が、合成磁束の向きが 180 deg異なる通電モードに切り替えての位置決めを禁止する請求項 2 記載の同期電動機の駆動装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、同期電動機の駆動装置に関し、詳しくは、3 相同期電動機の 3 相巻線のうち、通電する 2 つの相を順次切り替えて、3 相同期電動機を回転駆動させる駆動装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 には、同期電動機の起動時に、まず、所定コイルに通電することで位置決めを行い、その後、回転励磁による強制的な同期によってロータ回転数を上昇させる強制同期駆動制御を行って同期電動機を起動させ、同期電動機の電流が安定すると、逆起電圧の検出によりセンサレスで位置制御を行うようにした同期電動機の制御装置が開示されている。

## 【0003】

また、特許文献 2 には、3 相同期電動機の 3 相巻線のうち通電する 2 相を選択し、6 通りの通電モードにて通電制御する同期電動機の駆動システムにおいて、非通電相の端子電位と基準電圧とを比較することで、通電モードの切り替えタイミングを検出することが開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 284682 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 189176 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、同期電動機を起動させるときに、強制同期駆動制御を最初に行って、その後、センサレス位置制御に切り替える場合、強制同期駆動制御中は、正確な磁極位置が分からないので、不用意にトルクを与えると、回転速度が急に立ち上がって通電相の切り替えタイミングを過ぎ過ぎてしまい、同期制御ができなくなってしまうことがある。このため、強制同期駆動制御においては徐々に加速させる必要があり、起動応答が遅いという問題

10

20

30

40

50

があった。

【0006】

また、非通電相の端子電位と基準電圧とを比較することで通電モードを切り替える場合、停止状態から位置情報の取得が可能であるものの、非通電相に誘起される電圧の検出を、非通電相を切り替えて全相について行わせ、停止状態での位置情報を取得する構成では、起動開始が遅く、また、磁極位置を判定できない場合が生じるという問題があった。

【0007】

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、同期電動機を高い応答でかつ安定的に起動させることができる同期電動機の駆動装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

そのため、本願発明では、3相同期電動機の3相巻線のうち、通電する2つの相を選択する6通りの通電モードを切り替えることで、前記3相同期電動機を回転駆動する同期電動機の駆動装置であって、前記3相同期電動機を起動するときに、前記6通りの通電モードのうちの一つで各相に対する通電を行った場合の角度に、前記3相同期電動機を位置決めし、前記3相同期電動機を位置決めした角度に対応する通電モードから次の通電モードを1つ飛ばした通電モードに切り替えて、前記3相同期電動機を起動させ、その後、非通電相の電圧と電圧閾値との比較に基づいて前記6通りの通電モードを順次切り替えるようにした。

【発明の効果】

【0009】

上記発明によると、起動直後から位置情報に基づく通電モードの切り替えを適用でき、同期電動機を高い応答で安定的に起動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態において、本願発明に係る同期電動機の駆動装置を適用する、自動車AT（オートマチックトランスミッション）用油圧ポンプシステムの構成を示すブロック図である。

【図2】実施形態におけるモータ制御装置及び3相同期電動機の構成を示す回路図である。

【図3】実施形態における制御器の構成を示すブロック図である。

【図4】実施形態における3相同期電動機の通電パターンを示すタイムチャートである。

【図5】実施形態における3相同期電動機の起動処理を示すフローチャートである。

【図6】実施形態における位置決め処理の詳細を示すフローチャートである。

【図7】実施形態における位置決め処理の作用を説明するための図である。

【図8】実施形態における通電モードの切り替えを行う角度と各通電モードにおける合成磁極を示す図である。

【図9】実施形態における位置決めが不能となる例を示す図である。

【図10】実施形態における2回に分けた位置決め処理を示すフローチャートである。

【図11】実施形態における2回に分けた位置決め処理の作用を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に本発明の実施の形態を説明する。

図1は、本願発明に係る同期電動機の駆動装置を適用する、自動車AT（オートマチックトランスミッション）用油圧ポンプシステムの構成を示すブロック図である。

図1に示す自動車AT用油圧ポンプシステムでは、変速機7やアクチュエータ8にオイルを供給するオイルポンプとして、図外のエンジン（内燃機関）の出力により駆動される機械式オイルポンプ6と、同期電動機で駆動される電動オイルポンプ1とを備えている。

【0012】

10

20

30

40

50

また、エンジンの制御システムとして、自動停止条件の成立時にエンジンを停止し、自動始動条件が成立するとエンジンを再始動するアイドルストップ制御機能を備えていて、アイドルストップによってエンジンが停止している間は、機械式オイルポンプ 6 もその動作を停止するため、アイドルストップ中は、電動オイルポンプ 1 を用いて、変速機 7 やアクチュエータ 8 に対するオイルの供給を行い、油圧の低下を抑制する。

電動オイルポンプ 1 は、直結したモータ 2 により駆動され、モータ 2 は、AT 制御装置 (ATCU) 4 からの指令を受け取るモータ制御装置 (MCU) 3 によって制御される。

【0013】

モータ制御装置 (駆動装置) 3 は、モータ 2 を駆動制御して電動オイルポンプ 1 を駆動し、オイルパン 10 のオイルを、電動オイル配管 5 を介して変速機 7 やアクチュエータ 8 に供給する。

10

エンジンの運転中は、エンジン駆動の機械式オイルポンプ 6 により、変速機 7 やアクチュエータ 8 にオイル配管 9 を介してオイルパン 10 のオイルが供給され、このとき、モータ 2 はオフ状態 (停止状態) であり、電動オイルポンプ 1 に向かうオイルは逆止弁 11 によって遮断される。

【0014】

エンジンがアイドルストップすると、機械式オイルポンプ 6 の回転速度が低下してオイル配管 9 の油圧が低下するので、エンジンのアイドルストップと略同時に、AT 制御装置 4 がモータ起動の指令をモータ制御装置 3 に向けて送信する。

起動指令を受けたモータ制御装置 3 は、モータ 2 を駆動して電動オイルポンプ 1 を回転させ、電動オイル配管 5 内の油圧を徐々に上昇させる。

20

機械式オイルポンプ 6 による油圧が低下する一方で、電動オイルポンプ 1 の吐出圧が逆止弁 11 の開弁圧を超えるようになると、オイルは、電動オイル配管 5, 電動オイルポンプ 1, 逆止弁 11, 変速機 7 及び / 又はアクチュエータ 8, オイルパン 10 の経路を通過して循環する動作を行う。

【0015】

図 2 は、モータ制御装置 3 及びモータ 2 の詳細を示す。

モータ制御装置 3 は、モータ駆動回路 212 と、マイクロコンピュータを備えた制御器 213 とを含んで構成され、制御器 213 が AT 制御装置 4 との間で通信を行う。

モータ 2 は、3 相同期電動機 (3 相 DC ブラシレスモータ) であり、U 相, V 相及び W 相の 3 相巻線 215U, 215V, 215W が、図示省略した円筒状の固定子に設けられ、該固定子の中央部に形成された空間に永久磁石回転子 216 が配置される。

30

【0016】

そして、モータ駆動回路 212 は、逆並列のダイオード 218a ~ 218f を含んでなるスイッチング素子 217a ~ 217f を 3 相ブリッジ接続した回路と、電源回路 219 とを有しており、スイッチング素子 217a ~ 217f は例えば FET で構成される。

スイッチング素子 217a ~ 217f の制御端子 (ゲート端子) は、制御器 213 に接続されており、スイッチング素子 217a ~ 217f のオン/オフは、制御器 213 によってデューティ制御される。

【0017】

40

制御器 213 は、モータ (3 相同期電動機) 2 の印加電圧を演算し、駆動回路 212 に出力するパルス幅変調信号 (PWM 信号) を生成する回路であり、図 3 に示すように、PWM 発生器 251、ゲート信号切替器 252、通電モード決定器 253、比較器 254、電圧閾値切替器 255、非通電相電圧選択器 256 を含んでいる。

PWM 発生器 251 は、指令トルクに応じて決定した印加電圧指令 (指令電圧) に基づき、パルス幅変調された PWM 波を生成する回路である。

【0018】

通電モード決定器 253 (通電モード切替手段) は、モータ駆動回路 212 の通電モード (スイッチングモード) を決定するモード指令信号を順次出力するデバイスであり、比較器 254 が出力するモード切替トリガ信号をトリガとして、通電モードを順次切り替え

50

る。

尚、前記通電モードとしては、後述するように、3相巻線 2 1 5 U, 2 1 5 V, 2 1 5 Wのうち、通電する2つの相(巻線)を選択する6通りの通電モードが予め設定されている。

【0019】

ゲート信号切替器 2 5 2 は、モータ駆動回路 2 1 2 の各スイッチング素子 2 1 7 a ~ 2 1 7 f がどのような動作でスイッチングするかを、通電モード決定器 2 5 3 の出力であるモード指令信号に基づいて決定し、該決定に従い、最終的な6つのゲートパルス信号をモータ駆動回路 2 1 2 に出力する。

電圧閾値切替器 2 5 5 は、通電モード毎に設定される非通電相(駆動電流を流さない相)の端子電圧の閾値(電圧閾値)を発生する回路であり、電圧閾値の切り替えタイミングは、通電モード決定器 2 5 3 の出力であるモード指令信号に基づき決定される。

10

【0020】

非通電相電圧選択器 2 5 6 は、モータ(3相同期電動機) 2 の3相端子電圧  $V_u$ ,  $V_v$ ,  $V_w$  の中から非通電相の電圧(端子電位)をモード指令信号に従い選択して出力する回路であり、前記端子電圧は、モータ(3相同期電動機) 2 の中性点に対する電位差として出力される。

比較器 2 5 4 は、電圧閾値切替器 2 5 5 が出力する電圧閾値と非通電相電圧選択器 2 5 6 が出力する非通電相の電圧(誘起電圧)とを比較し、通電モード決定器 2 5 3 にモード切替トリガを出力する。

20

【0021】

尚、非通電相に発生する電圧は、2相の印加パルス電圧によって非通電相に誘起される電圧であり、磁極位置により磁気回路の飽和状態が変化することから、磁極位置に応じた誘起電圧が非通電相に発生することになり、非通電相の誘起電圧から、回転子位置(角度)を推定して、通電モードの切り替えタイミングを検出することができる。

【0022】

図4は、通電モード毎の各相への印加電圧を示す。

通電モードは、電気角  $60 \text{ deg}$  ごとに順次切り替わる6通りの通電モード(1)~(6)からなり、各通電モード(1)~(6)においてスイッチング素子 2 1 7 a ~ 2 1 7 f は、指令電圧に応じてパルス幅変調された信号で駆動される。

30

【0023】

本実施形態では、永久磁石回転子 2 1 6 のN極がU相のコイルに対向する位置を  $0 \text{ (deg)}$  としたときに、通電モード(3)から通電モード(4)への切り替えを行う角度位置を  $30 \text{ deg}$  に、通電モード(4)から通電モード(5)への切り替えを行う角度位置を  $90 \text{ deg}$  に、通電モード(5)から通電モード(6)への切り替えを行う角度位置を  $150 \text{ deg}$  に、通電モード(6)から通電モード(1)への切り替えを行う角度位置を  $210 \text{ deg}$  に、通電モード(1)から通電モード(2)への切り替えを行う角度位置を  $270 \text{ deg}$  に、通電モード(2)から通電モード(3)への切り替えを行う角度位置を  $330 \text{ deg}$  に設定している。

【0024】

40

通電モード(1)は、スイッチング素子 2 1 7 a 及びスイッチング素子 2 1 7 d をオン制御し、他を全てオフとすることで、U相に電圧  $V$  を印加し、V相に電圧  $-V$  を印加し、U相からV相に向けて電流を流す。

通電モード(2)は、スイッチング素子 2 1 7 a 及びスイッチング素子 2 1 7 f をオン制御し、他を全てオフとすることで、U相に電圧  $V$  を印加し、W相に電圧  $-V$  を印加し、U相からW相に向けて電流を流す。

【0025】

通電モード(3)は、スイッチング素子 2 1 7 c 及びスイッチング素子 2 1 7 f をオン制御し、他を全てオフとすることで、V相に電圧  $V$  を印加し、W相に電圧  $-V$  を印加し、V相からW相に向けて電流を流す。

50

通電モード(4)は、スイッチング素子217b及びスイッチング素子217cをオン制御し、他を全てオフとすることで、V相に電圧Vを印加し、U相に電圧-Vを印加し、V相からU相に向けて電流を流す。

【0026】

通電モード(5)は、スイッチング素子217b及びスイッチング素子217eをオン制御し、他を全てオフとすることで、W相に電圧Vを印加し、U相に電圧-Vを印加し、W相からU相に向けて電流を流す。

通電モード(6)は、スイッチング素子217e及びスイッチング素子217dをオン制御し、他を全てオフとすることで、W相に電圧Vを印加し、V相に電圧-Vを印加し、W相からV相に向けて電流を流す。

10

【0027】

尚、上記通電制御の場合、例えば通電モード(1)では、スイッチング素子217a及びスイッチング素子217dをオン制御し、他を全てオフとすることで、U相に電圧Vを印加し、V相に電圧-Vを印加し、U相からV相に向けて電流を流すようにしたが、下段のスイッチング素子217dの駆動するPWM波と逆位相のPWM波で上段のスイッチング素子217cを駆動し、下段のスイッチング素子217dがオンであるときに、上段のスイッチング素子217cをオフさせ、下段のスイッチング素子217dがオフであるときに、上段のスイッチング素子217cをオンさせるようにする相補制御方式で、各通電モード(1)~(6)での通電制御を行わせることができる。

【0028】

20

上記のように、6つの通電モード(1)~(6)を、電気角60deg毎に切り替えることで、各スイッチング素子217a~217fは、240deg毎に120deg間通電されることから、図4に示すような通電方式は120度通電方式と呼ばれる。

前記通電モードの切り替えを、本実施形態では、非通電相に発生する電圧(誘起電圧)と電圧閾値との比較に基づき行うようになっており、本実施形態のモータ制御装置3は、所謂センサレスの通電制御を行う。

【0029】

具体的には、非通電相電圧選択器256が3相端子電圧Vu, Vv, Vwの中から非通電相(開放相)の電圧を選択して出力する一方、電圧閾値切替器255が電圧閾値を出力し、比較器254が、非通電相の端子電圧が電圧閾値を横切ったか否かを判断する。そして、比較器254は、非通電相の端子電圧が電圧閾値を横切って増大変化又は減少変化したときに(非通電相の端子電圧が電圧閾値に一致したときに)、モード切替トリガを通電モード決定器253に出力する。

30

【0030】

ここで、モータ制御装置3が実行する、モータ(3相同期電動機)2の起動制御を、図5のフローチャートに従って詳細に説明する。

ステップS101では、モータ(3相同期電動機)2の起動要求が発生したか否かを判断する。前記起動要求は、例えば、アイドルストップ制御によるエンジンの停止指令に伴って出力される。

【0031】

40

そして、モータ(3相同期電動機)2の起動要求が発生すると、ステップS102(位置決め手段)へ進み、モータ(3相同期電動機)2の位置決め処理を行う。

前記位置決め処理とは、モータ(3相同期電動機)2を起動させる前に、モータ(3相同期電動機)2の角度位置(磁極の向き)を既知の初期位置にまで動かす処理である。

【0032】

ステップS102における位置決め処理の詳細は、図6のフローチャートに示してある。

まず、ステップS201では、前記6通りの通電モードのうちから予め選択された1つの通電モードに従って、各相への通電を行う。

例えば図7に示すように、通電モード(3)に対応する相通電、即ち、Vu = 0、Vv

50

=  $V_{in}$ 、 $V_w = -V_{in}$ に設定し、係る相通電状態を保持することで、モータ角度を初期値の  $90 \text{ deg}$ に向けて変化させる。ここで、 $V_{in}$ は、位置決め用のトルクを発生させるために予め設定された電圧値である。

【0033】

即ち、通電モード(3)に対応する印加電圧を各相に加えた状態を保持させると、U相、V相及びW相の合成磁束が、図6に示すように  $90 \text{ deg}$ の方向となり、係る合成磁束に永久磁石回転子216が引かれることでトルクが発生し、永久磁石回転子216のN極が  $90 \text{ deg}$ の位置になるまでモータ(3相同期電動機)2が回転し、 $90 \text{ deg}$ の位置を保持することになる。

但し、位置決め処理を、通電モード(3)に対応する相通電による  $90 \text{ deg}$ の初期位置への位置決めに限定するものではなく、他の通電モード(1)、(2)、(4)~(6)のいずれか1つを選択することができる。

【0034】

ここで、図8に示すように、位置決め用の通電モードを、通電モード(1)、(2)、(4)~(6)のいずれか1つに選択すると、通電モード(1)では  $330 \text{ deg}$ の初期位置に位置決めし、通電モード(2)では  $30 \text{ deg}$ の初期位置に位置決めし、通電モード(4)では  $150 \text{ deg}$ の初期位置に位置決めし、通電モード(5)では  $210 \text{ deg}$ の初期位置に位置決めし、通電モード(6)では  $270 \text{ deg}$ の初期位置に位置決めすることになる。

【0035】

ステップS201で、モータ(3相同期電動機)2を初期位置に位置決めするための相通電を行うと、次のステップS202では、ステップS201での相通電状態を、モータ(3相同期電動機)2が初期位置まで回転するのに要する時間に相当する設定時間  $t_{SL}$ だけ継続したか否かを判断する。

そして、位置決め処理のための通電開始から設定時間  $t_{SL}$ が経過すると、実際にモータ(3相同期電動機)2が初期位置にまで回転して略停止したものと推定して、位置決め処理を完了させる。

【0036】

ところで、上記のように、例えば通電モード(3)に対応する通電を行わせ、 $90 \text{ deg}$ の位置にモータ(3相同期電動機)2を位置決めする設定としている場合に、図9に示すように、モータ(3相同期電動機)2の磁極位置(N極の向き)が、位置決め処理の開始時点で  $270 \text{ deg}$ であった場合、合成磁束の向きと磁極位置とが正反対となり(合成磁束の向きとN極の向きとがなす角度が  $180 \text{ deg}$ となり)、合成磁束によって回転方向のトルクが作用せず、初期位置( $90 \text{ deg}$ )にまでモータ(3相同期電動機)2を回転させることができないことになる。

そこで、ステップS102の位置決め処理においては、初期位置への位置決めが不能なることを抑制するために、相互に異なる通電モードに従った通電を少なくとも2回行い、2回目に選択した通電モードに対応する角度にモータ(3相同期電動機)2を位置決めすることが好ましい。

【0037】

図10のフローチャートは、ステップS102の位置決め処理において、通電モードが相互に異なる2回の通電を行わせる実施形態を示す。

まず、ステップS211では、第1回目(初回用)の通電処理として、予め定めた第1回用の通電モードに対応する通電を行わせる。

【0038】

次のステップS212では、第1回用の通電モードでの通電時間  $t$ が、第1判定時間  $t_{SL1}$ よりも長くなったか否かを判断し、第1判定時間  $t_{SL1}$ よりも通電継続時間  $t$ が短い場合には、第1回用の通電モードでの通電を継続させる。

そして、第1回用の通電モードでの通電時間  $t$ が第1判定時間  $t_{SL1}$ に達すると、ステップS213へ進み、予め定めた第2回用の通電モードに対応する通電に切り替える。

【0039】

10

20

30

40

50

次のステップ S 2 1 4 では、第 2 回用の通電モードでの通電時間  $t$  が、第 2 判定時間  $t_{SL2}$  よりも長くなったか否かを判断し、第 2 判定時間  $t_{SL2}$  よりも通電継続時間  $t$  が短い場合には、第 2 回用の通電モードでの通電を継続させる。

そして、第 2 回用の通電モードでの通電時間  $t$  が第 2 判定時間  $t_{SL2}$  に達すると、第 2 回用の通電モードでの合成磁束に引かれ、モータ (3 相同期電動機) 2 の回転位置が、第 2 回用の通電モードに対応する位置 (初期位置) に位置決めされたものと見なして、位置決め処理を完了させる。

#### 【0040】

ここで、例えば、第 1 回用の通電モードを通電モード (3) として、第 2 回用の通電モードを通電モード (4) とすることができる。

第 1 回目に通電モード (3) を設定した場合、図 1 1 に示したように、位置決め処理の開始時点でのモータ (3 相同期電動機) 2 の磁極位置が  $270\text{deg}$  であったとすると、通電モード (3) による合成磁束を与えても、回転方向のトルクが発生せず、モータ (3 相同期電動機) 2 は  $270\text{deg}$  の位置を保持することになる。

#### 【0041】

しかし、2 回目の通電において、第 1 回目とは異なる通電モード (4) に対応する通電を行わせると、モータ (3 相同期電動機) 2 の磁極位置は  $270\text{deg}$  であるのに対し、通電モード (4) による合成磁束は  $150\text{deg}$  の方向であるから (図 8 参照)、合成磁束の向きと磁極位置とがなす角度が  $180\text{deg}$  ではなく、図 1 1 に示したように、 $150\text{deg}$  の角度位置に向けて N 極を引くトルクが発生し、 $270\text{deg}$  の角度位置であったモータ (3 相同期電動機) 2 は、 $150\text{deg}$  の角度位置に向けて回転し、 $150\text{deg}$  に位置決めされる。

#### 【0042】

一方、位置決め処理の開始時点でモータ (3 相同期電動機) 2 の磁極位置が  $90\text{deg}$  であった場合も、第 1 回目の通電モード (3) に対応する相通電では、合成磁束の向きと N 極の向きとが一致するために、モータ (3 相同期電動機) 2 は回転することなく  $90\text{deg}$  の位置を保持することになるが、2 回目の通電において、通電モード (4) に対応する通電を行わせれば、 $150\text{deg}$  の角度位置に向けてモータ (3 相同期電動機) 2 は回転することになり、 $150\text{deg}$  に位置決めされる。

#### 【0043】

但し、第 1 回用の通電モードと第 2 回用の通電モードとは、合成磁束の向きが正反対となる組み合わせを除外することが好ましい。

例えば、第 1 回用の通電モードを合成磁束の向きが  $90\text{deg}$  である通電モード (3) として、第 2 回用の通電モードを合成磁束の向きが  $270\text{deg}$  である通電モード (6) とすると、位置決め処理の開始時点でモータ (3 相同期電動機) 2 の磁極位置が  $90\text{deg}$  であった場合、通電モード (3) に対応する相通電を行っても  $90\text{deg}$  を保持し、更に、通電モード (6) に切り替えても、 $90\text{deg}$  を保持し、通電モード (6) に対応する  $270\text{deg}$  の位置に位置決めすることができない場合が発生する。

#### 【0044】

従って、第 1 回用の通電モードと第 2 回用の通電モードとの組み合わせは、相互に異なる通電モードであって、かつ、合成磁束の向きが正反対とならない組み合わせとする。具体的には、通電モード (1) と通電モード (4) との組み合わせ、通電モード (2) と通電モード (5) との組み合わせ、通電モード (3) と通電モード (6) との組み合わせを除外して、第 1 回用の通電モード及び第 2 回用の通電モードを選択する。

#### 【0045】

このようにして、第 1 回用の通電モード及び第 2 回用の通電モードを選択すれば、第 1 回目又は第 2 回目の通電モードでの合成磁束の向きに、位置決め処理の開始時点でモータ (3 相同期電動機) 2 の磁極位置が一致するか又は正反対であったとしても、第 2 回目に選択した通電モードに対応する角度の磁極位置に位置決めできる。

また、第 1 回用の通電モードと第 2 回用の通電モードとは、第 1 回用の通電モードから

10

20

30

40

50

第2回用の通電モードに向けた回転方向が、モータ(3相同期電動機)2を回転させたい方向に一致していることが好ましい。

【0046】

例えば、第1回用の通電モードを通電モード(3)に設定した場合、合成磁束の向きが正反対となる通電モードが通電モード(6)であり、第2回用の通電モードとして通電モード(6)が除外され、また、第2回用の通電モードとして通電モード(1)又は通電モード(2)を選択すると、第1回の通電モードから第2回の通電モードに切り替えたときに、モータ(3相同期電動機)2が逆転することになる。

従って、第1回用の通電モードを通電モード(3)に設定した場合、第2回用の通電モードとして、通電モード(4)又は通電モード(5)を選択することになる。

10

【0047】

初期位置への位置決めのためにモータ(3相同期電動機)2を逆転させると、初期位置(第2回の通電モードに対応する位置)に達する前の逆転中に起動処理が開始された場合、回転方向を反転させることになり、起動の応答性が悪化する可能性がある。

これに対し、第1回用の通電モードから第2回用の通電モードに向けた回転方向が、モータ(3相同期電動機)2を回転させたい方向に一致していれば、仮に、初期位置に達する前に起動処理が開始されたとしても、そのときの回転方向を継続すればよいので、応答性が悪化することはない。

【0048】

また、第1回用の通電モードに対応する通電を開始した後、当該通電モードに対応する位置に収束するまでは、第2回用の通電モードへの切り替えを行わないことが好ましく、従って、第1回目の通電時間を規定する第1判定時間 $t_{SL1}$ は、そのときの通電モードに対応する位置までモータ(3相同期電動機)2が回転するのに要する最大時間よりも長くすることが好ましい。

20

例えば、第1回用の通電モードを通電モード(3)に設定し、第2回用の通電モードを通電モード(4)に設定した場合に、位置決め開始時点の磁極位置が、例えば、 $270\text{deg}$ と $330\text{deg}$ との中間に位置していたとすると、通電モード(3)に対応する第1回の通電を行うことで、モータ(3相同期電動機)2は $90\text{deg}$ の位置に向けて回転するが、そのとき、 $330\text{deg}$ の位置を通過することになる。

【0049】

30

そして、 $330\text{deg}$ の位置を通過するときに通電モード(4)への切り替えを行ってしまうと、2回目の通電モード(4)による合成磁束の方向が $150\text{deg}$ であるから、回転トルクが作用せず、通電モード(4)に対応する $150\text{deg}$ にまで回転させることができなくなる可能性がある。

これに対し、第1回目の通電で、通電モード(3)に対応する $90\text{deg}$ の位置に収束させていれば、通電モード(4)に切り替えた時点で、通電モード(4)に対応する $150\text{deg}$ の位置に対して正反対の $330\text{deg}$ に位置していないから、通電モード(4)によって発生する合成磁束によって $150\text{deg}$ の位置に向けてモータ(3相同期電動機)2を回転させることができる。

【0050】

40

従って、第1回目の通電時間を規定する第1判定時間 $t_{SL1}$ は、第1回用の通電モードに対応する角度位置の反対側に位置していない場合に、第1回用の通電モードに対応する角度位置にまで回転するのに要する時間付近に設定する。

また、第2回目の通電時間を規定する第2判定時間 $t_{SL2}$ も、第1回用の通電モードに対応する角度位置から第2回用の通電モードに対応する角度位置にまで回転するのに要する時間付近に設定することが好ましい。

【0051】

例えば、第1回用の通電モードを通電モード(3)とし、第2回用の通電モードを通電モード(5)とした場合、通電モード(5)に切り替えた後、回転途中の $150\text{deg}$ 付近で起動のための通電を開始させてしまうと、後述するように、起動のための最初の通電モ

50

ードは通電モード(1)に設定されるから、通電モード(1)での通電で回転トルクが発生しなくなってしまう可能性がある。

このため、第2回目の通電時間は、第1回用として選択した通電モードに対応する角度位置から第2回用として選択した通電モードに対応する角度位置まで回転するのに要する時間付近に設定する。

#### 【0052】

ここで、第1回目の通電では、最大で180deg近く回転させることがあるのに対し、第2回目の通電では、最大でも120degだけ回転させれば良いので、第1判定時間 $t_{SL1}$ >第2判定時間 $t_{SL2}$ とすることができ、また、簡易には、第1回目の通電で磁極位置を収束させるのに要する時間を第1判定時間 $t_{SL1}$ とし、これと同じ時間に第2判定時間 $t_{SL2}$ を設定する( $t_{SL1} = t_{SL2}$ )とすることができる。

10

#### 【0053】

上記のようにして、ステップS102で初期位置への位置決めを行うと、次のステップS103(起動制御手段)では、初期位置からモータ(3相同期電動機)2を起動させるための最初の通電モード(起動通電モード)への切り替えを行う。

具体的には、位置決めに用いた通電モードに対して、正規の回転方向にモータを回転させるための通電モードの切り替え順(通電モード(1)(2)(3)(4)(5)(6))において、次の通電モードを1つ飛ばした通電モードに切り替える。

#### 【0054】

位置決め用の通電モードから起動用の通電モードに切り替えて回転トルクを発生させると、ステップS104へ進んで、そのときの通電モードにおける非通電相の端子電圧と電圧閾値とを比較することで、次の通電モードへの切り替えタイミングを判断し、切り替えタイミングを検出すると、ステップS105(通電モード切替手段)へ進んで、次の通電モードに切り替える。

20

即ち、磁極位置により磁気回路の飽和状態が変化することから、3相のうちの2相の印加パルス電圧によって、回転子の位置に応じた誘起電圧が非通電相に発生することになり、非通電相の誘起電圧から、回転子位置を推定して、通電モードの切り替えタイミングを検出する、センサレス制御(低速センサレス制御)を実施する。

#### 【0055】

例えば、通電モード(3)に対応する90degに位置決めした場合(2回の通電を行う場合には、第2回目の通電モードを通電モード(3)に設定した場合)には、起動処理として、切り替え順において次の通電モード(4)を1つ飛ばして通電モード(5)に切り替える。

30

通電モード(5)に対応する相通電を行うと、210degの角度に向かう回転トルクが発生し、90degから210degに向けて回転途中で、通電モード(5)から通電モード(6)への切り替えタイミングである150degの位置を通過することになり(図8参照)、150degの位置を通過した時点(通電モード(5)から通電モード(6)への切り替えタイミング)は、通電モード(5)における非通電相であるV相に発生する誘起電圧と閾値との比較に基づいて判断できる。

#### 【0056】

40

即ち、通電モード(3)に対応する90degに位置決めした場合には、次の通電モード(4)を1つ飛ばして通電モード(5)に切り替えることで、非通電相の電圧と閾値との比較に基づく通電モード(6)への切り替えタイミングを検出でき、以後は、通電モードの切り替えタイミングをそのときの非通電相に発生する誘起電圧に基づいて検出して、通電モード(1) 通電モード(2) 通電モード(3) 通電モード(4)・・・と、位置情報に基づき通電モードを順次切り替えることができる。

尚、位置決めに用いた通電モードが通電モード(3)以外の場合でも同様であり、例えば、通電モード(1)で330degに位置決めした場合には、次の通電モード(2)を飛ばして通電モード(3)に対応する通電を行うことで、モータ(3相同期電動機)2を起動させ、通電モード(5)で210degに位置決めした場合には、次の通電モード(6)

50

を飛ばして通電モード(1)に対応する通電を行うことで、モータ(3相同期電動機)2を起動させればよい。

【0057】

また、非通電相に発生する誘起電圧と比較させる閾値は、どの通電モードからどの通電モードへの切り替えであるかに応じて個別に記憶させておくことができ、また、温度条件毎に個別に記憶させておくことができる。

また、本実施形態の場合、通電モード(1) 通電モード(2)、通電モード(3) 通電モード(4)、通電モード(5) 通電モード(6)ではマイナスの閾値を用い、通電モード(2) 通電モード(3)、通電モード(4) 通電モード(5)、通電モード(6) 通電モード(1)ではプラスの閾値を用いることになるので、マイナスの閾値を用いて判断する切り替えに共通の閾値と、プラスの閾値を用いて判断する切り替えに共通の閾値とをそれぞれに設定し、これらを使い分けることができる。

10

【0058】

更に、1つの通電モードに対応する通電を継続的に行なうことで位置決めされる位置は、通電モードの切り替えを行う位置でもあるので、位置決め処理に伴って前記閾値の学習を行わせることができる。

例えば、初期位置への位置決めの第1回用の通電モードとして通電モード(2)を選択し、第2回用の通電モードとして通電モード(3)を選択し、第2回目の通電において、通電モード(3)に対応する90degに位置決めした場合、この90degの位置は、通電モード(4)から通電モード(5)への切り替えタイミングである。従って、この90degの位置で、通電モード(4)における通電相であるU相及びV相の印加パルス電圧によって非通電相であるW相に誘起される電圧が、90degの位置を示す誘起電圧である。

20

【0059】

そこで、第2回目の通電に続けて、第3回目の通電として次の通電モード(4)に切り替え、この通電モード(4)への切り替え直後のW相の端子電圧を、通電モード(4)から通電モード(5)への切り替え判断に用いる閾値として学習させることができる(学習手段)。

通電モード(4)に切り替えた後は、通電モード(4)に対応する位置である150degに収束するのに十分な時間の経過を待って初期位置への位置決め完了を判断し、起動処理として、次の通電モードである通電モード(5)を飛ばして通電モード(6)への切り替えを行い、モータ2を起動させるようにすればよい。

30

【0060】

同様に、第1回用の通電モードとして通電モード(3)を選択し、第2回用の通電モードとして通電モード(4)を選択し、次いで、第2回用として選択した通電モード(4)の次の通電モード(5)に切り替えれば、通電モード(5)から通電モード(6)への切り替えタイミングの判断に用いる誘起電圧(電圧閾値)を学習でき、通電モードの切り替えタイミングの判断に用いるそれぞれの誘起電圧(電圧閾値)を学習することが可能である。

【0061】

但し、上記のようにして、モータ(3相同期電動機)2の起動時に、通電モードの切り替えタイミングにおける誘起電圧を学習させるようにすると、位置決めのための通電回数が増え、起動までの時間が長くなるので、電圧閾値の学習は、機械式オイルポンプ6の運転中であって、電動オイルポンプ1がオイルを吐出する必要がないときに行うことができる。

40

【0062】

このように、既知の初期位置に位置決めし、位置決めを用いた通電モードの次の通電モードを1つ飛ばした通電モードでモータ起動を開始させるようにすれば、起動の当初からセンサレスによる位置情報に基づく通電モードの切り替えを行えるから、大きなトルクを与えて回転上昇を速くしても、脱調することを抑制でき、モータ(3相同期電動機)2を高い応答で起動させることができる。

50

従って、油圧ポンプシステムの電動オイルポンプ 1 を駆動するモータ（3 相同期電動機）2 においては、電動オイルポンプ 1 の作動応答を改善でき、機械式オイルポンプ 6 から電動オイルポンプ 1 に切り替えるときに、油圧の一時的な落ち込みを抑制でき、アイドルストップ状態から車両を発進させるときの発生性能の低下を抑制できる。

【 0 0 6 3 】

また、モータ（3 相同期電動機）2 は、エンジンの冷却水を循環させるためのウォータポンプを駆動するモータなどであってもよく、例えば、ハイブリッド車両において、エンジンの一時的な停止に伴ってモータ駆動のウォータポンプを起動させる場合に、上記のようにしてモータ起動を行えば、ウォータポンプによる冷却水の循環が速やかに開始され、エンジン温度の上昇を抑制することができる。

10

更に、モータ（3 相同期電動機）2 が回転駆動する機器をオイルポンプやウォータポンプに限定するものではなく、モータ（3 相同期電動機）2 を高い応答で起動させることができることで、モータ（3 相同期電動機）2 で駆動される機器の作動応答性を改善できる。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 0 6 では、モータ回転速度が設定速度以上に高くなったか否かを判断し、モータ回転速度が設定速度以上になると、回転子が回転することによって発生する誘起電圧である速度起電力のゼロクロスポイントで通電モードを切り替える、センサレス制御（高速センサレス制御）に移行する。

前記設定速度は、速度起電力が低下することで、速度起電力に基づき正確な位置情報が得られなくなる低速域と、速度起電力が十分に高く、速度起電力に基づき正確な位置情報が得られる高速域とを分ける閾値である。

20

【 0 0 6 5 】

そして、前記設定速度未満の低速域では、速度起電力に基づき位置情報を得て通電タイミングの切り替えを行わせると脱調する可能性があるため、非通電相に発生する回転子の位置に応じた誘起電圧に基づき位置情報を得て通電モードの切り替えタイミングを決定する低速センサレス制御を行わせる。

一方、前記設定速度以上の高速域では、速度起電力のゼロクロスポイントに基づき、高い感度で位置情報を得られるので、速度起電力に基づき位置情報を得て通電タイミングを切り替える高速センサレス制御を行わせる。

30

【 0 0 6 6 】

ここで、上記実施形態から把握し得る請求項以外の技術的思想について、以下に効果と共に記載する。

（イ）請求項 2 記載の同期電動機の駆動装置において、

前記位置決め手段が、第 1 回目の通電と第 2 回目の通電とで位置決め処理を行い、第 1 回目を選択した通電モードの次の通電モード又は第 1 回目を選択した通電モードの次の次の通電モードで第 2 回目の通電を行う同期電動機の駆動装置。

【 0 0 6 7 】

上記構成によると、第 1 回目の通電で発生する合成磁束と、第 2 回目の通電で発生する合成磁束とが正反対の向きではなく、位置決め開始時の磁極位置に関わらず、第 2 回目の通電モードに対応する磁極位置に位置決めでき、更に、第 1 回目の通電で位置決めされる位置から第 2 回目に位置決めされる位置に向けた回転方向が、同期電動機の正規の回転方向に一致し、起動に伴って回転方向を反転させる必要がなく、同期電動機の起動応答を改善できる。

40

【 0 0 6 8 】

（ロ）請求項 2 記載の同期電動機の駆動装置において、

前記位置決め手段が、

第 1 回目の通電と第 2 回目の通電とで位置決め処理を行い、かつ、合成磁束の向きが 1 8 0 deg 異なる通電モードに切り替えての位置決めを禁止すると共に、

第 1 回目の通電モードでの通電を、当該通電モードに対応する位置に収束するのに要す

50

る時間だけ継続する同期電動機の駆動装置。

【0069】

上記構成によると、第1回目の通電モードに対応する位置に収束してから第2回目の通電モードに切り替えられるから、第1回目の通電モードに対応する位置に向けて回動している途中であって、第2回目の通電モードでの合成磁束の向きと正反対の位置で、第2回目の通電モードに切り替えられてしまうことがなく、第2回目の通電モードに対応する位置に位置決めできる。

【0070】

(八) 請求項2記載の同期電動機の駆動装置において、

前記位置決め手段によって切り替えられる通電モードにおける非通電相の誘起電圧に基づき、前記通電モード切替手段が用いる電圧閾値を学習する学習手段を備えた同期電動機の駆動装置。

10

【0071】

上記構成によると、例えば、通電モード(3)における合成磁束の向きである90degに位置決めしたときに、この90degが、通電モード(4)から通電モード(5)への切り替えタイミングである場合、90degの磁極位置で通電モード(4)での非通電相に発生する誘起電圧が、切り替えタイミングに相当する電圧になる。従って、通電モード(3)で位置決めした状態で通電モード(4)に切り替えた直後における非通電相の電圧を、通電モードの切り替えに用いる電圧閾値として学習できる。

【0072】

20

(二) 請求項1~3のいずれか1つに記載の同期電動機の駆動装置において、

前記3相同期電動機が、自動車用オートマチックトランスミッションにオイルを圧送する電動オイルポンプであって、前記電動オイルポンプが、エンジンで駆動されてオイルを前記自動車用オートマチックトランスミッションに圧送する機械式オイルポンプと並列に設けられ、

エンジンが一時的に停止される場合に、前記3相同期電動機によって前記電動オイルポンプを駆動する同期電動機の駆動装置。

【0073】

上記構成によると、エンジン停止に伴って電動オイルポンプを起動するときに、電動オイルポンプを駆動する3相同期電動機の起動応答が速く、機械式オイルポンプから電動オイルポンプへの切り替え時に、油圧の落ち込みを抑制できる。

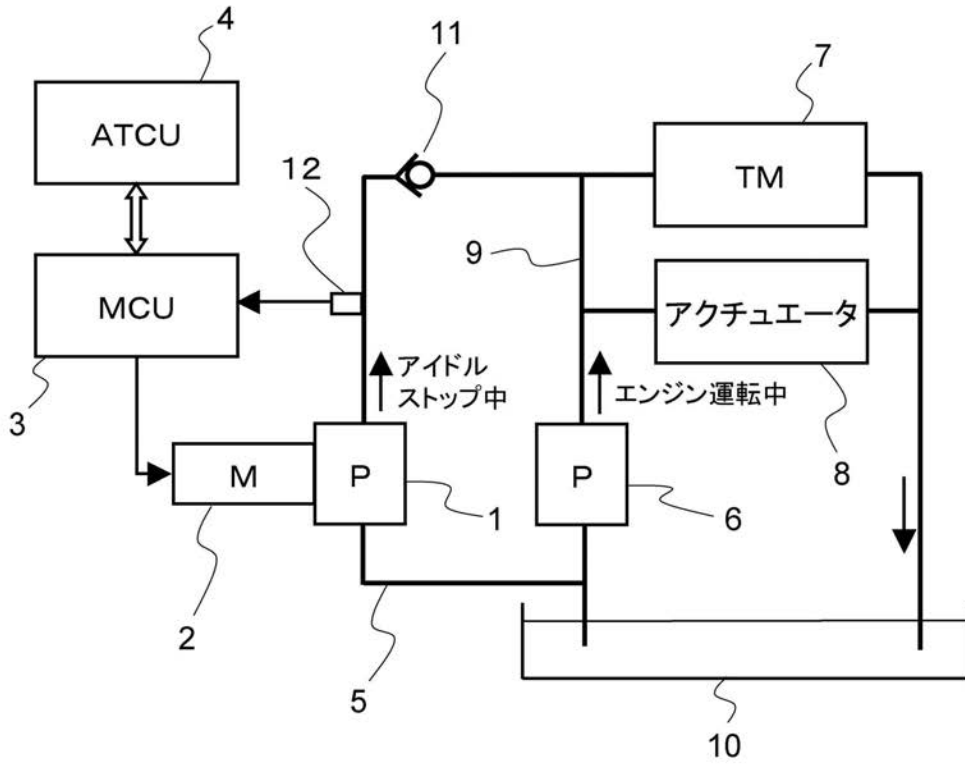
30

【符号の説明】

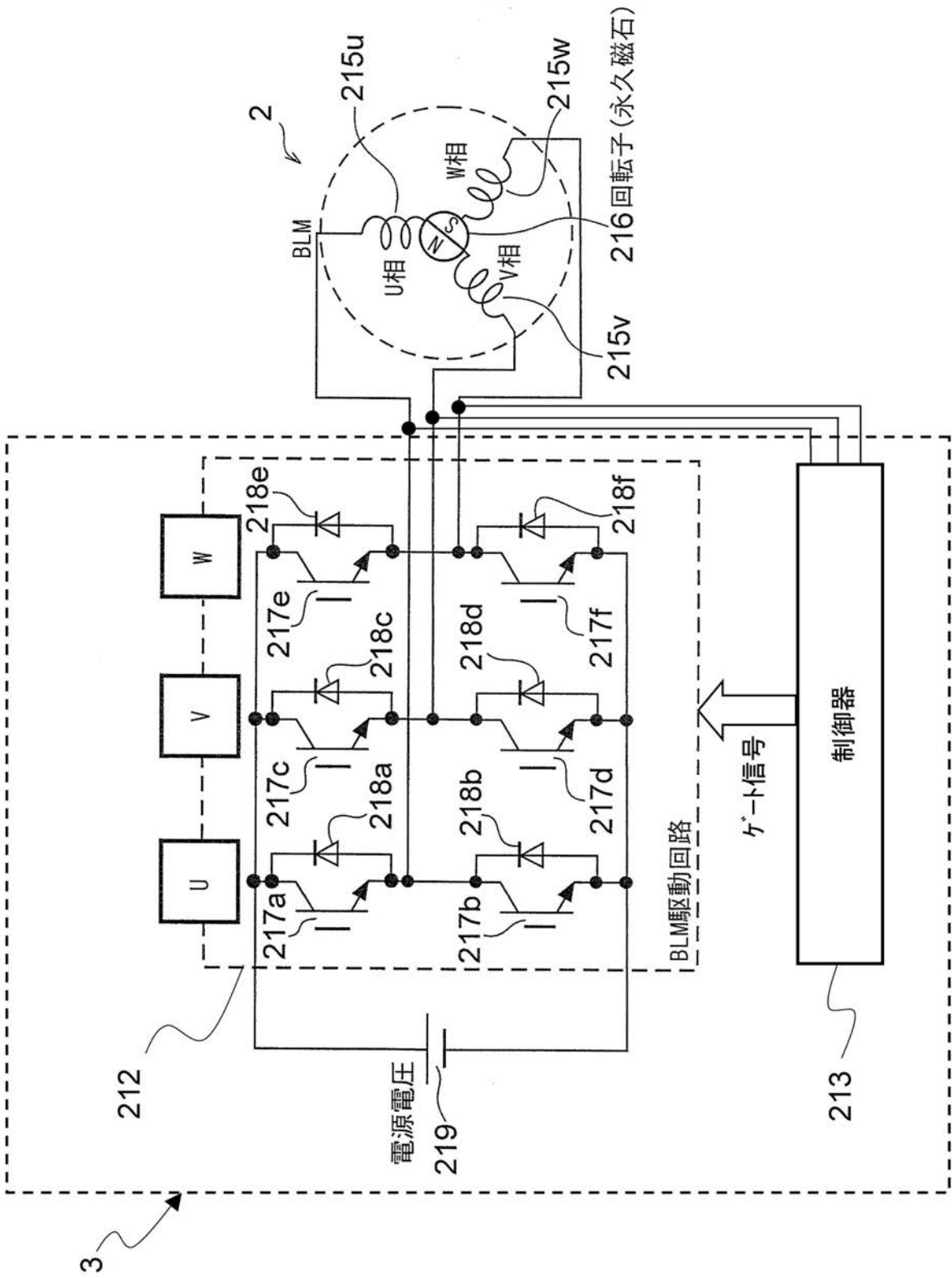
【0074】

1...電動オイルポンプ、2...モータ(3相同期電動機)、3...モータ制御装置、212...モータ駆動回路、213...制御器、215U, 215V, 215W...巻線、216...永久磁石回転子、217a~217f...スイッチング素子、251...PWM発生器、252...ゲート信号切替器、253...通電モード決定器、254...比較器、255...電圧閾値切替器、256...非通電相電圧選択器

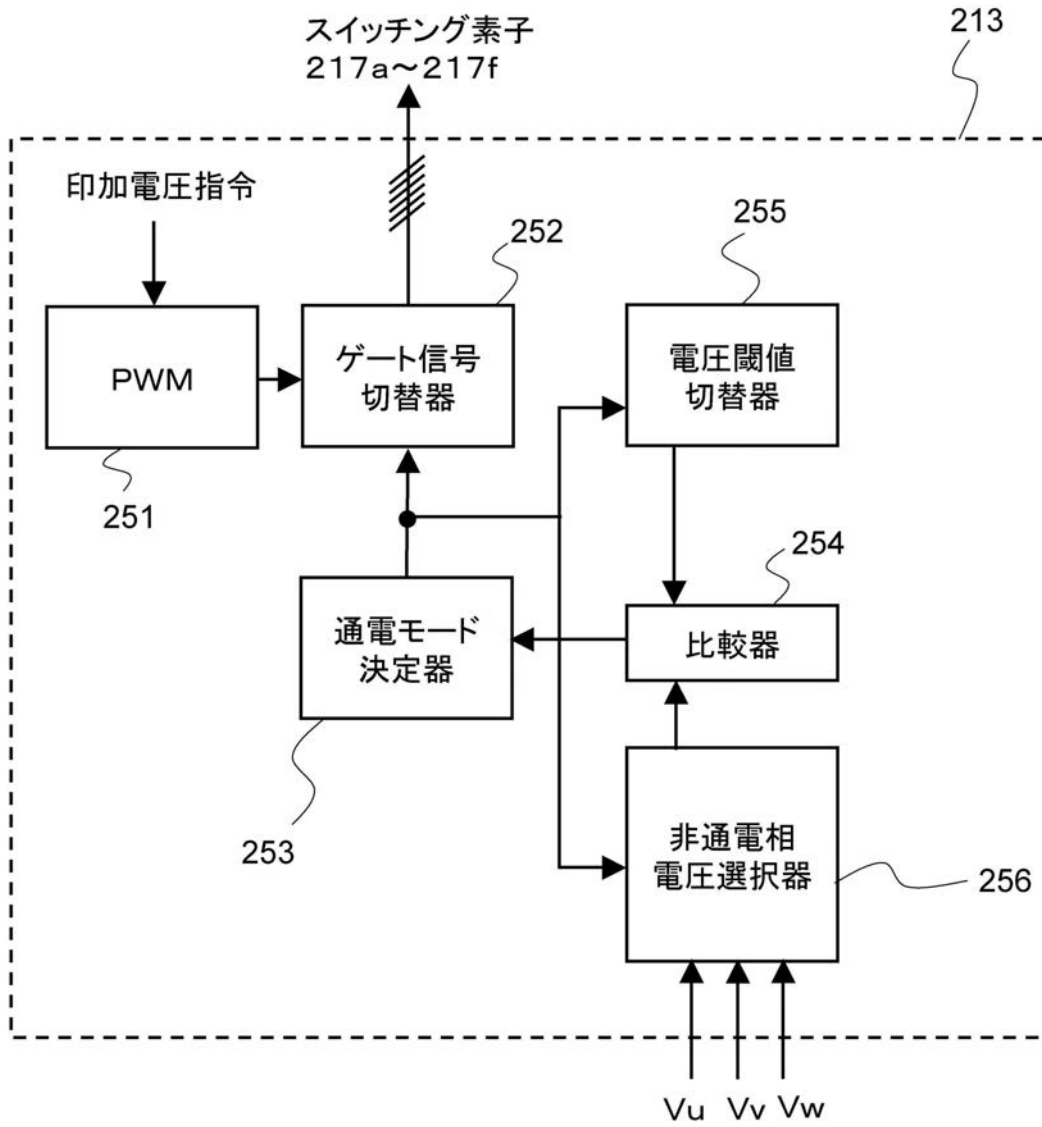
【図1】



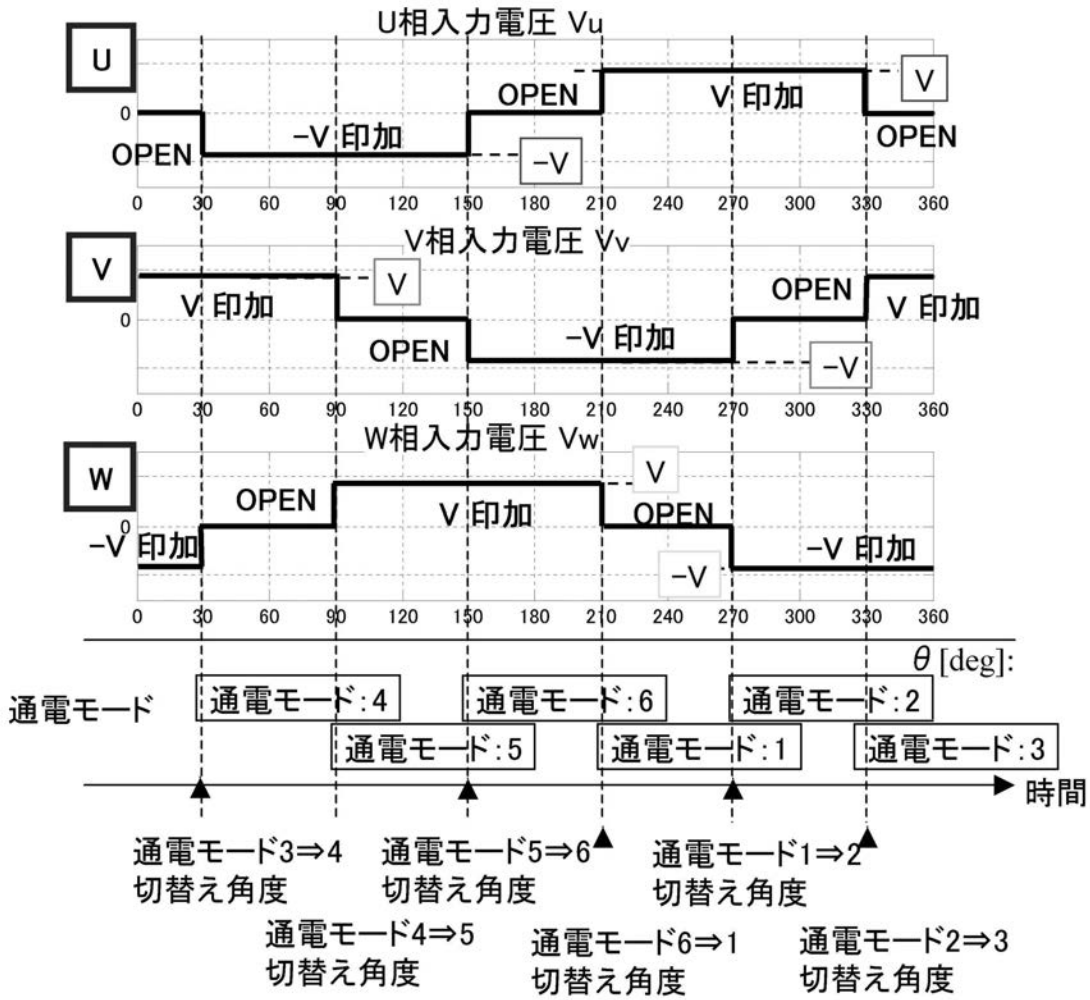
【 図 2 】



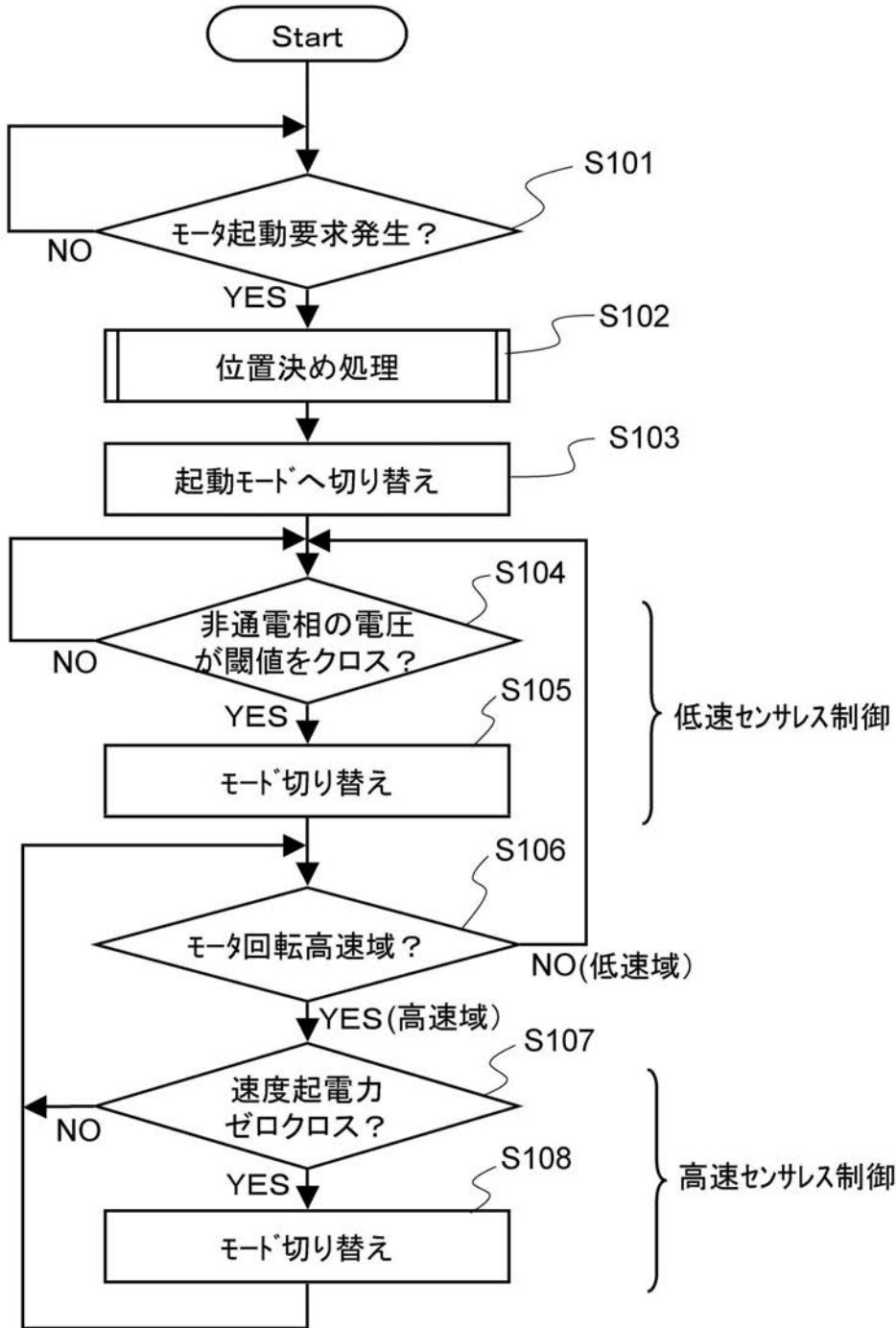
【図3】



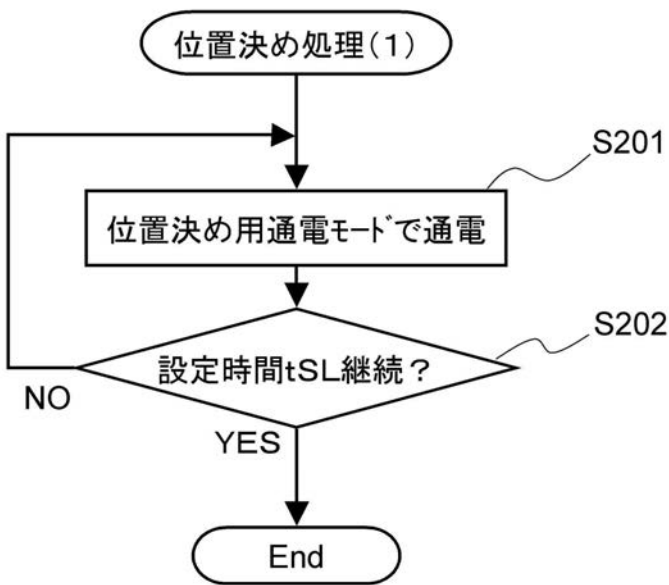
【 図 4 】



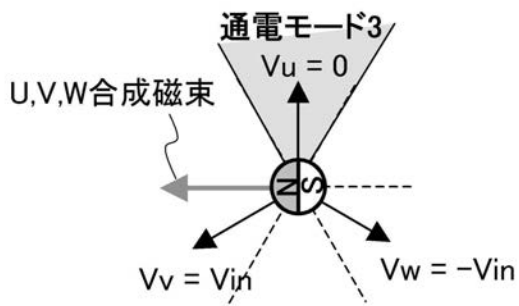
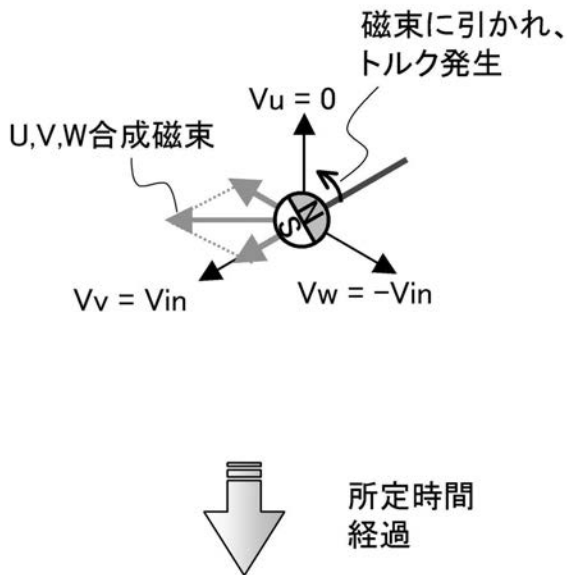
【 図 5 】



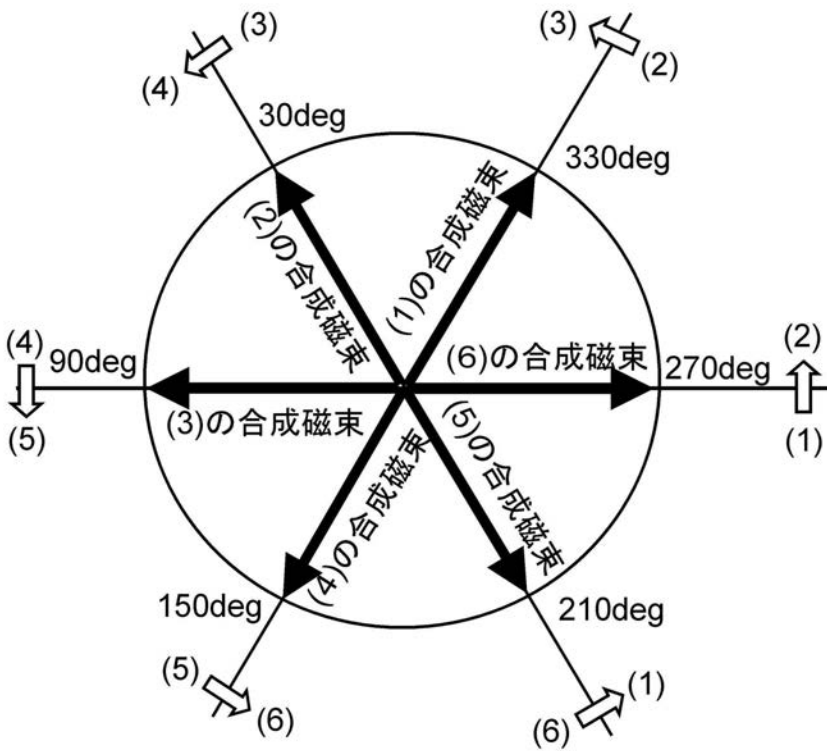
【 図 6 】



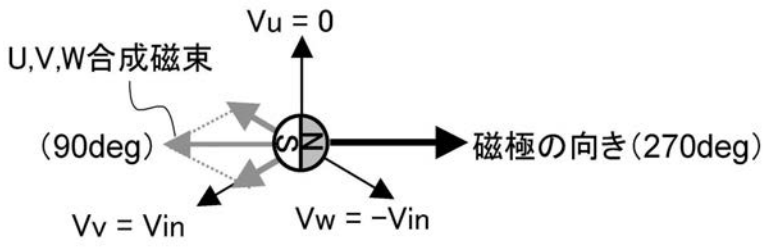
【 図 7 】



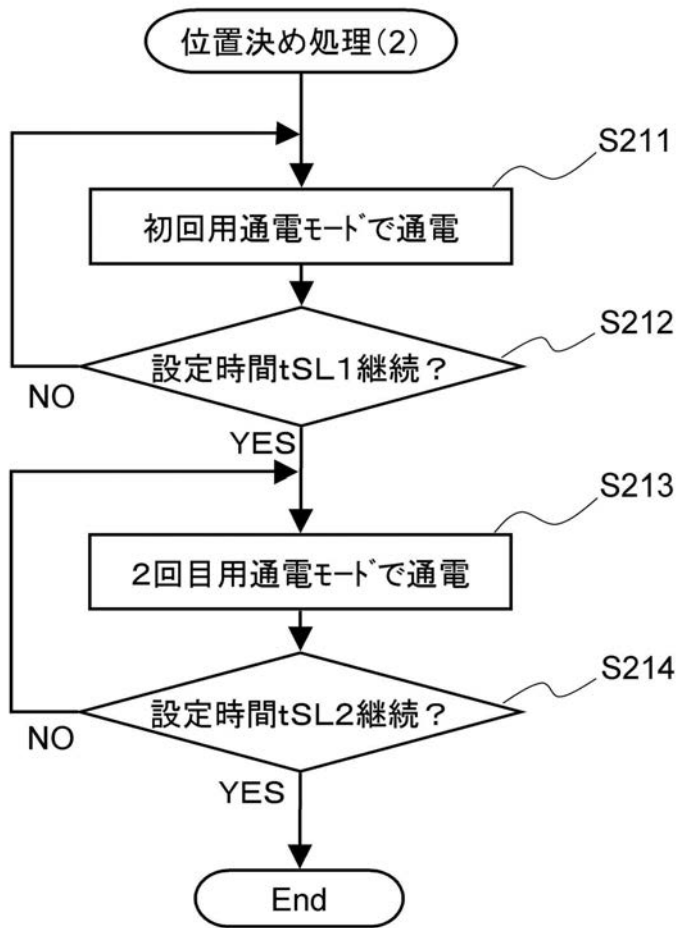
【 図 8 】



【 図 9 】

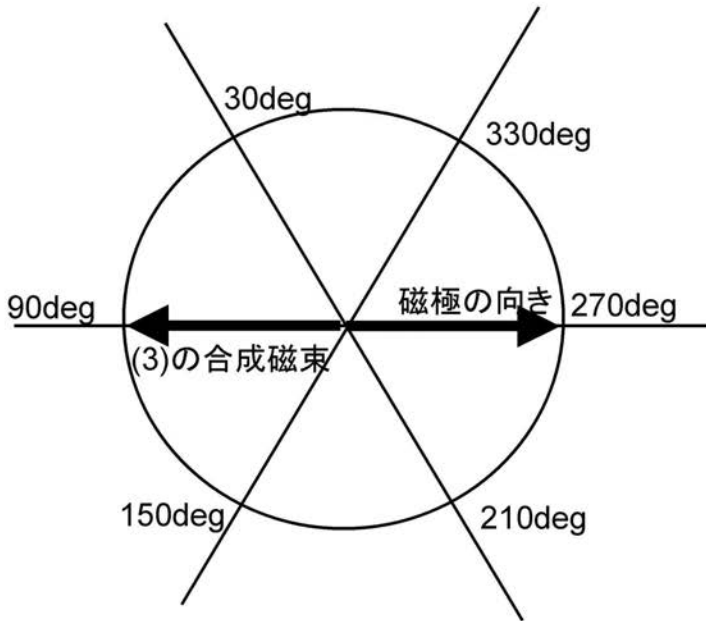


【図10】



【図 1 1】

《第1回位置決め:通電モード(3)》



《第2回位置決め:通電モード(4)》

