

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5198017号
(P5198017)

(45) 発行日 平成25年5月15日(2013.5.15)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl. F I
H02P 6/16 (2006.01) H02P 6/02 351N

請求項の数 5 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2007-235239 (P2007-235239)	(73) 特許権者	000144027
(22) 出願日	平成19年9月11日 (2007.9.11)		株式会社ミツバ
(65) 公開番号	特開2009-71926 (P2009-71926A)		群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地
(43) 公開日	平成21年4月2日 (2009.4.2)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成22年3月19日 (2010.3.19)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータの制御装置及びブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロータと複数相のコイルが巻装されたステータを備えるブラシレスモータの制御装置において、

複数相の前記コイルに流す電流の通電パターンを指令する信号を発生させる位置信号発生手段と、

前記位置信号発生手段からの信号によって前記コイルに電流を供給するインバータ回路と、

前記コイルに流れる電流を測定するために用いられる電流測定手段と、

前記電流測定手段を用いて測定された電流値が予め設定された閾値以上になったら、前記コイルに供給する電流を停止させると共に、前記測定された電流値が予め設定された閾値に達したことを示す検出信号を出力する電流比較手段と、

前記通電パターンを指令する信号が出力されてから、前記検出信号が出力されるまでの時間をカウント値として、通電パターンごとに計数するカウンタと、

前記通電パターンを指令する信号に応じて前記コイルに供給する電流の供給と停止が繰り返され、前記発生させた通電パターンごとに計数された前記カウント値から該通電パターンを指令する信号が出力されている期間を前記コイルに電流を供給する期間として得ることにより、前記計数されたカウント値の大小からロータ停止位置を決定する位置推定手段と、

を備えることを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項 2】

連続して選択された2つの通電パターンにおけるカウント値の増減と、ロータ停止位置を関連付けたマップを備えることを特徴とする請求項1に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項 3】

前記電流比較手段は、前記インバータ回路に流れる過電流を検出する過電流検出回路であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項 4】

ロータと複数相のコイルが巻装されたステータを備えるブラシレスモータのロータ停止位置を判定する方法であって、

複数相の前記コイルに流す電流の通電パターンを指令する信号を発生させるステップと

、
前記コイルに流れる電流が所定の閾値以上になったら、電流供給を停止させるステップと、

前記通電パターンを指令する信号の出力から前記コイルに流れる電流が前記閾値に達するまでの時間をカウント値としてカウンタで計数するステップと、

複数の通電パターンに対して前記カウンタで計数したカウント値から該通電パターンを指令する信号が出力されている期間を前記コイルに電流を供給する期間として得ることに
より、前記計数したカウント値の変化からロータ停止位置を判定するステップと、
を備えることを特徴とするブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法。

【請求項 5】

前記カウンタで計数するステップは、3つ又は4つの通電パターンについて実施されることを特徴とする請求項4に記載のブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブラシレスモータの制御装置、ロータ停止位置の検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ロータが永久磁石を有するタイプのブラシレスモータは、ロータの回転位置を検出する位置センサを設けずに位置センサレスで駆動制御を行うことがある。この場合には、開放区間（非通電相）のモータ端子に現れる誘起電圧と等価中性点電位をコンパレータに入力して得られるパルス信号のエッジ間隔からロータの回転位置を検出している。ところが、ブラシレスモータの始動時など、回転数がゼロである場合や回転数が極めて小さい場合には、誘起電圧が発生しないか極めて小さいので、回転位置の検出に十分な信号が得られなかった。

【0003】

ロータの停止位置を検出する従来の方法としては、3相のコイルに印加される電圧を検出し、電圧の立ち上がり時間の差からコイルのインダクタンスを検出して、永久磁石の磁極と対向しているコイルを判断することがあげられる（特許文献1参照）。なお、コイルによる磁束の方向と鉄心の磁束の方向とが一致していないときには、電流を流したときに鉄心の残留磁化によって電流を流す前後でインピーダンスが変化する。そこで、特許文献1に開示されている駆動装置では、同じ相に連続して二回以上電流を流し、二回目以降の電圧の立ち上がり時間が最小となるコイルを検出している。

【特許文献1】特開2004-40943号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、ロータの停止位置を検出する際、特許文献1に開示されているような方法では、ロータ停止位置を検出する停止位置検出回路を構成するトランジスタや抵抗、コ

10

20

30

40

50

ンパレータなどを追加しなければならず、装置構成が複雑化する要因になっていた。

この発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、簡単な構成で短時間に精度良くロータ停止位置を検出できるようにすることを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題を解決する本発明の請求項1に係る発明は、ロータと複数相のコイルが巻装されたステータを備えるブラシレスモータの制御装置において、複数相の前記コイルに流す電流の通電パターンを指令する信号を発生させる位置信号発生手段と、前記位置信号発生手段からの信号によって前記コイルに電流を供給するインバータ回路と、前記コイルに流れる電流を測定するために用いられる電流測定手段と、前記電流測定手段を用いて測定された電流値が予め設定された閾値以上になったら、前記コイルに供給する電流を停止させると共に、前記測定された電流値が予め設定された閾値に達したことを示す検出信号を出力する電流比較手段と、前記通電パターンを指令する信号が出力されてから、前記検出信号が出力されるまでの時間をカウント値として、通電パターンごとに計数するカウンタと、前記通電パターンを指令する信号に応じて前記コイルに供給する電流の供給と停止が繰り返され、前記発生させた通電パターンごとに計数された前記カウント値から該通電パターンを指令する信号が出力されている期間を前記コイルに電流を供給する期間として得ることにより、前記計数されたカウント値の大小からロータ停止位置を決定する位置推定手段と、を備えることを特徴とするブラシレスモータの制御装置とした。

コイルに通電したときに、ロータ停止位置によって磁束の流れ易さが異なる。このブラシレスモータの制御装置は、コイルに流れる電流が所定の閾値になるまでに要する時間が通電パターンによって変化することに着目してロータ停止位置を検出する。ロータ停止位置は、コイルの流れる電流が所定の閾値になるまでに要する時間が最も少ない位置になる。

【0006】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載のブラシレスモータの制御装置において、連続して選択された2つの通電パターンにおけるカウント値の増減と、ロータ停止位置を関連付けたマップを備えることを特徴とする。

このブラシレスモータの制御装置は、連続して選択された2つの通電パターンの間でカウント値の増減を演算し、マップを検索することでロータ停止位置を決定するための情報を得る。

【0007】

請求項3に係る発明は、前記電流比較手段は、前記インバータ回路に流れる過電流を検出する過電流検出回路であることを特徴とする。

このブラシレスモータの制御装置は、コイルに過電流を流さないように設けられている過電流検出回路を利用してロータ停止位置を判定する。

【0008】

請求項4に係る発明は、ロータと複数相のコイルが巻装されたステータを備えるブラシレスモータのロータ停止位置を判定する方法であって、複数相の前記コイルに流す電流の通電パターンを指令する信号を発生させるステップと、前記コイルに流れる電流が所定の閾値以上になったら、電流供給を停止させるステップと、前記通電パターンを指令する信号の出力から前記コイルに流れる電流が前記閾値に達するまでの時間をカウント値としてカウンタで計数するステップと、複数の通電パターンに対して前記カウンタで計数したカウント値から該通電パターンを指令する信号が出力されている期間を前記コイルに電流を供給する期間として得ることにより、前記計数したカウント値の変化からロータ停止位置を判定するステップと、を備えることを特徴とするブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法とした。

このブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法は、コイルに流れる電流が所定の閾値以上になったら、電流供給を停止させると共に閾値に達するまでの時間をカウントする。複数の通電パターンについて、電流供給と停止を繰り返し、その間の時間をカウントし

10

20

30

40

50

て比較する。ロータ停止位置は、コイルに流れる電流が所定の閾値になるまでの時間が最も少ない位置になるので、カウント値の変化を調べればロータ停止位置がわかる。

【0009】

請求項5に係る発明は、請求項4に記載のブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法において、前記カウンタで計数するステップは、3つ又は4つの通電パターンについて実施されることを特徴とする。

このブラシレスモータのロータ停止位置の検出方法は、磁束の流れ易さによるカウント値の変化が通電パターンによって正弦波状又は台形波状に変化することを利用し、3つ又は4つの通電パターンについてカウントを行ってロータ停止位置を検出する。

【発明の効果】

10

【0010】

本発明によれば、コイルに流す電流が所定の閾値以上になるまでの時間を通電パターンごとに調べてロータ停止位置を検出するようにしたので、ロータ停止位置を精度良く測定することができる。複雑な回路が不要になって装置構成を簡略化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

発明を実施するための最良の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

図1に示すように、ブラシレスモータシステムは、ブラシレスモータ1と、ブラシレスモータ1の回転駆動を制御する駆動装置2とを有する。このブラシレスモータシステムは、ロータ位置を検出するセンサを有しないセンサレスタイプのシステムである。

20

ブラシレスモータ1は、永久磁石を有するロータとステータを有し、ステータには3相(U、V、W)のコイルU、V、Wが周方向に順番に巻装されている。

【0012】

駆動装置2は、マイコンなどから構成される制御装置11と、ブラシレスモータ1の3相U、V、Wのモータ端子の電圧を検出する誘起電圧I/F(インターフェイス)回路12と、通電切り換え用のスイッチング素子を備える駆動回路であるインバータ回路13とを有し、制御装置11とインバータ回路13の間に、ブリドライバ37A、37Bと、過電流検出手段38と、過電流保護手段39とが設けられている。

【0013】

図2に示すように、誘起電圧I/F回路12は、3相U、V、Wのそれぞれのモータ端子の電圧(アナログ信号)が入力され、コンパレータ17A~17Cに入力可能な電圧に分圧する分圧回路(抵抗R11及び抵抗R12)とパルス幅変調信号のノイズを除去する1次のCRフィルタ(抵抗R11及びキャパシタC11)からなるローパスフィルタ回路15A、15B、15Cと、等価中性点電位を検出する回路16と、等価中性点電位と無通電相(開放区間)に現れる誘起電圧のアナログ信号からパルス信号を作成するコンパレータ17A、17B、17Cと、コンパレータ17A~17Cの出力からチャタリング成分をカットするローパスフィルタ(1次のCRフィルタ)18A、18B、18Cとを有する。

30

【0014】

ここで、等価中性点電位を検出する回路16は、例えば、U相については、V相とW相のモータ端子電圧から等価中性点電位を検出するような、2相間比較方式を採用している。このようにすると、等価中性点電位として略フラットな電圧が得られる。なお、U、V、Wの3相全ての信号を用いて等価中性点電位を求める3相比較方式を採用しても良い。この場合は、等価中性点の電位は、電源電圧の1/2を中心にした略三角波になる。

40

コンパレータ17A~17Cは、誘起電圧のアナログ信号が等価中性点電位より高いときはローレベルの信号を出力し、誘起電圧のアナログ信号が等価中性点電位より低いときはハイレベルの信号を出力するパルス信号を発生させる。各コンパレータ17A~17Cでは電気角120°の分解能のパルス信号が作成される。これら信号は、それぞれがローパスフィルタ回路18A~18Cを経て分離手段21に入力される。

【0015】

50

インバータ回路 13 は、6 個のスイッチング素子 40UH, 40UL, 40VH, 40VL, 40WH, 40WL を電源 20 の正負両端子間に 2 個ずつブリッジ接続して構成される回路であって、電源 20 から供給された直流電圧を制御装置 11 から入力されるパルス幅変調信号（駆動信号）に基づく交流電圧に変換し、ブラシレスモータ 1 の各相 U, V, W に印加する。各スイッチング素子 40UH ~ 40WL は、FET (Field effect transistor) と還流ダイオードを並列に接続した構成になっている。

【0016】

インバータ回路 13 とグラウンドレベルの間には、電流測定手段であるシャント抵抗 13A が設けられている。シャント抵抗 13A を用いることで、インバータ回路 13 に流れる電流、つまりブラシレスモータ 1 に入力される電流が過電流検出手段 38 を用いて検出できる。

10

【0017】

過電流検出手段 38 は、コンパレータを有する電流比較手段である。コンパレータのプラス側の入力端子には基準電圧が入力され、マイナス側の端子にはシャント抵抗 13A の電圧が入力されるようになっている。すなわち、シャント抵抗 13A を電流が流れることで発生する電圧が基準電位に達すると、過電流検出手段 38 から信号（過電流検出信号）が出力される。過電流検出手段 38 の出力は、制御装置 11 の立ち下がりエッジ検出用のポートを介してソフトウェア的な手段である過電流保護手段 32 に接続されると共に、ハードウェア的な手段である過電流保護手段 39 に接続されている。

過電流保護手段 39 は、過電流検出信号が入力されるとダイオードに電流が流れ、PWM デューティ決定手段 28 からの出力信号が Hi 側ブリドドライバ 37A に入力されないように構成されている。

20

【0018】

制御装置 11 は、CPU (中央演算装置) やメモリなどから構成され、誘起電圧 I/F 回路 12 に接続される分離手段 21 と、励磁切り替えタイミング演算手段 22 と、回転方向検出口ジック選択手段 24 と、モード選択手段 40 と、通電パターン決定手段 26 と、励磁信号出力手段 27 と、PWM デューティ決定手段 28 と、過電流保護手段 32 と、電流印加時間計測手段 29 と、電流印加時間比較手段 30 と、ロータ位置推定手段 31 と、過電流フラグセット手段 41 を備える。

通電パターン決定手段 26 は、停止位置検出モード 26A と、始動励磁モード 26B と、フリーラン制御モード 26C と、定常励磁モード 26D と、ブレーキ停止モード 26E と、停止モード 26F を備えている。

30

【0019】

回転方向検出口ジック選択手段 24 は、外部からの回転方向信号に応じて、分離手段 21 で使用するロジックを決定し、分離手段 21 に出力する。分離手段 21 は、選択された回転方向検出口ジックを用いて、誘起電圧 I/F 回路 12 から入力されるパルス信号のエッジを誘起電圧のエッジと方形波パルス電圧のエッジとに分離する処理を行う。励磁切り替えタイミング演算手段 22 は、誘起電圧エッジに応じた励磁位相を算出するために 3 つの電気角 120° の分解能のパルス信号から 1 つの電気角 60° の分解能のパルス信号を生成し、励磁切り替えタイミングを演算し、モード選択手段 40 に出力する。モード選択手段 40 は、励磁切り替えタイミング演算手段 22 から励磁切り替えタイミング信号が入力されるか否かにより回転方向を判定し、通電パターン決定手段 26 のモードを選択する。励磁切り替えタイミング信号が入力されている場合には、定常励磁モード 26D とする。同様に、励磁切り替えタイミング信号が入力されない場合にはブラシレスモータ 1 が逆転しているとみなして、ブレーキ停止モード 26E とし、ブラシレスモータ 1 を停止させるような通電パターンを励磁信号出力手段 27 に出力する。

40

【0020】

通電パターン決定手段 26 は、停止位置検出モード 26A と、始動励磁モード 26B と、フリーラン制御モード 26C と、定常励磁モード 26D と、ブレーキ停止モード 26E と、停止モード 26F とを有する。

50

通電パターン決定手段26の停止位置検出モード26Aは、外部からの始動指令を受けて励磁信号出力手段27にロータ停止位置を検出するためのパルス幅変調信号を発生させる。

始動励磁モード26Bは、ロータ位置推定手段31が判定したロータ停止位置に応じた通電パターンを決定する。

フリーラン制御モード26Cは、始動通電パターンを所定の初期通電時間 T_{s1} だけ通電させた後、ブラシレスモータ1をフリーランさせて、励磁切り替えタイミング演算手段22のフリーランモード22Cによってロータ位置を検出する処理を実施する。

定常励磁モード26Dは、ブラシレスモータ1が回転しているときに励磁切り替えタイミング演算手段22の定常モード22Dが演算した励磁切り替えタイミングでロータ位置に応じた通電パターンを決定する。

これらの処理の詳細については、後述する。

【0021】

励磁信号出力手段27は、ブラシレスモータ1のコイルに励磁電流を印加する信号を各ブリドライバ37A, 37Bに出力する。Hi側ブリドライバ37Aは、PWMデューティ決定手段28が決定したデューティ比で高電位側のスイッチング素子のON/OFFを切り替えるドライバである。Lo側ブリドライバ37Bは、低電位側のスイッチング素子のON/OFFを切り替えるドライバである。Hi側ブリドライバ37Aは、インバータ回路13に過電流が流れて過電流保護手段39から信号が入力されると、各スイッチング素子をOFFにする機能を有する。また、過電流が検出されたときには、過電流保護手段32に信号が入力され、ソフトウェア上のリセットがかけられる。

【0022】

電流印加時間計測手段29は、過電流保護手段32の停止位置検出モード32Aと、通電パターン決定手段の停止位置検出モード26Aと、電流印加時間比較手段30に接続され、記憶手段29Aとカウンタ29Bを備える。カウンタ29Bは、停止位置検出モード26Aからの指令を受けてカウントを開始する。記憶手段29Aは、過電流保護手段32の停止位置検出モード32Aを経由して過電流検出手段38が出力する過電流検出信号が入力されたときのカウンタ29Bのカウント値を記憶する。カウンタ29Bは、所定の時間経過した後にリセットされ、それと同時に停止位置検出モード26Aに信号を出力する。

電流印加時間比較手段30は、電流印加時間計測手段29の記憶手段29Aに記憶されたカウント値が入力され、後述するデータ処理を実施する。その出力はロータ位置推定手段31に接続されており、ロータ位置推定手段31と共にロータ位置を決定する位置推定手段を構成する。

ロータ位置推定手段31は、電流印加時間比較手段30の計算結果に基づいて停止時や低速時のロータ位置を推定する。

【0023】

次に、この駆動装置2の動作を説明する。

ブラシレスモータ1の始動時は、停止中のブラシレスモータ1を始動する場合と、外力によってブラシレスモータ1が回転させられている状態から始動する場合とがある。例えば、ブラシレスモータ1をラジエータファンの回転機構に使用した場合、ラジエータからエンジンルームに向かう方向に風が吹いている場合には、通電しなくてもラジエータファンの回転に従ってブラシレスモータ1が正回転させられる。これに対して、ブラシレスモータ1が逆回転している場合とは、エンジン側からラジエータの方向に風が吹いているときや、ラジエータファンに対して逆方向に負圧が生じたときが考えられる。

【0024】

駆動装置2をラジエータファンに使用することを想定した場合、ラジエータファンは正転方向に回転し易い構造になっており、逆転方向に回転するためには大きな風力が必要になる。しかしながら、車両の構造から逆方向に大きい風力が発生する可能性は少なく、ラジエータファンが逆回転する場合でも、その回転速度は小さいと考えられる。したがって

10

20

30

40

50

、この駆動装置 2 では、ブラシレスモータ 1 が外部負荷によって逆回転させられている場合でも、その回転数及びトルクは小さいものとして始動時の制御を行う。

【 0 0 2 5 】

図 4 に始動時のブラシレスモータ 1 の回転速度による始動方法の区分けを模式的に示す。この実施の形態では、回転速度に応じて 3 通りの場合分けを行っている。

駆動装置 2 は、横軸に示すブラシレスモータ 1 の回転速度がゼロを含む領域 R 1 であれば、インダクタンス検出による始動開始処理を実行する。

ブラシレスモータ 1 の回転速度が正回転方向で領域 R 1 より大きい領域 R 2 にあれば、誘起電圧検出によるロータ位置検出を行い、回転制御をする。逆回転方向に回転速度が領域 R 1 より大きい領域 R 3 にある場合には、逆回転状態判別処理と、ロータの停止処理により領域 R 1 へと移行させ、インダクタンス検出による始動開始処理を実行する。領域 R 1 と領域 R 2 は、回転速度が $N 1$ (r p m) 付近で重なっている。回転速度 $N 1$ は、誘起電圧検出によるロータ位置検出が不能となる低速回転速度に相当する。これは、回転速度がゼロ又は低速であれば、インダクタンス検出により電気角 60° の分解能でロータ位置を検出し、正転方向に最大トルクを発生させることが可能な位相で通電を実施することができるのに対し、回転速度が上昇するにしたがって、インダクタンス検出によるロータ位置の検出結果は、電気角 60° から位相がずれて検出精度が悪くなるため、起動トルクが停止状態と比較して減少するからである。

【 0 0 2 6 】

ブラシレスモータ 1 の回転速度が逆回転方向で領域 R 1 より大きい領域 R 3 にあれば、後述するようにブラシレスモータ 1 にブレーキをかけ、領域 R 1 に移行させた後にロータ位置の検出を行う。領域 R 1 と領域 R 3 は、回転速度が $-N 1$ (r p m) 付近で重なっている。

なお、領域 R 1 と領域 R 2 は、重ならず回転速度 $N 1$ を境界として区分けしても良い。領域 R 1 と領域 R 3 は、重ならず回転速度 $-N 1$ を境界として区分けしても良い。

【 0 0 2 7 】

駆動装置 2 は、最初にブラシレスモータ 1 の回転速度が領域 R 1 にあると想定して処理を実行し、領域 R 2 に相当する処理を経て定常駆動に移行する。領域 R 2 に相当する処理を実施したときに、ロータ位置検出ができない場合には、ブラシレスモータ 1 の回転状態が領域 R 3 にあるとみなし、領域 R 3 に相当する処理からやり直す。

【 0 0 2 8 】

このような始動時の処理は、図 5 に示す定時時間の割り込み処理として実施される。

モード選択手段 4 0 は、回転速度信号と過電流フラグ信号を確認する。過電流フラグは、インバータ回路 1 3 のシャント抵抗 $1 3 A$ を流れる電流値をモニタし、シャント抵抗 $1 3 A$ を流れる電流が、所定の値を越えたら ON、つまり過負荷状態と判定する。回転速度信号が ON となったとき、過電流フラグが ON ならば (ステップ S 1 0 1 で Y e s)、全相を OFF にして停止処理を実施して (ステップ S 1 0 2)、ここでの処理を終了する。このとき、PWM デューティを 0 % に設定し、各種パラメータも初期化する。

これに対し、回転速度信号は ON であるが過電流フラグ信号が OFF の場合 (ステップ S 1 0 1 で N o)、通電パターン決定手段 2 6 を停止位置検出モード 2 6 A にセットし (ステップ S 1 0 3)、ブラシレスモータ 1 のインダクタンスを検出してロータ位置を検出する停止位置検出処理を実施する (ステップ S 1 0 4)。

【 0 0 2 9 】

モード選択手段 4 0 がロータ停止位置を検出したら、前記のステップ S 1 0 3 からステップ S 1 0 5 に進み、通電パターン決定手段 2 6 が始動時励磁モード 2 6 B にセットされる (ステップ S 1 0 5 で Y e s)。通電パターン決定手段 2 6 が始動励磁処理を実施する (ステップ S 1 0 6)。

始動励磁処理を実施したら、ステップ S 1 0 7 からステップ S 1 0 8 に進んでフリーラン処理が実施される。このフリーラン処理では、慣性でブラシレスモータ 1 のロータがフリーランしている間に発生する誘起電圧から、正転専用ロジックを用いてロータの位置検

10

20

30

40

50

出を実施する。

誘起電圧を用いたロータの位置検出が可能になったら、ステップS109からステップS110に進んで定常励磁処理が実施される(ステップS110)。誘起電圧を用いてロータの位置を検出できないときは、ステップS111からステップS112に進んでブレーキ停止処理が実施する(ステップS110)。

【0030】

ここで、ステップS104の停止位置検出処理では、コイルが作る磁束の方向と、マグネットの磁束の方向が同方向のときにマグネットのコアの透磁率が大きくなってインダクタンスが小さくなることに着目して停止位置を決定している。以下に、停止位置検出処理で通電パターンを決定する際の原理について説明する。

10

【0031】

停止状態にあるブラシレスモータ1を始動するときは、外部から制御装置11のモード選択手段40に回転速度信号(回転速度がゼロからある回転速度へステップ的に変化する信号)を入力する。これにより、モード選択手段40は、通電パターン決定手段26を停止位置検出モード26Aにセットする。通電パターン決定手段26の停止位置検出モード26Aは、予め定められた6つの停止位置判定用の通電パターンをロータが回転しない程度の時間だけ継続されるように励磁信号出力手段27に指令を出す。なお、ロータが回転しない程度の時間は、ブラシレスモータ1のイナーシャなどによって異なるが、例えば、数 μ 秒から数m秒の間であり、制御装置11が有するカウンタでカウントされる。励磁信号出力手段27は、通電パターンに応じたパルス幅変調信号をインバータ回路13に出力し、パルス幅変調信号に対応してスイッチング素子40UH~40WLがON、OFFされて3相のいずれか2相に通電される。

20

【0032】

図6に停止位置検出手段34が指令する停止位置判定用の通電パターンを示す。これら通電パターン#1~#6は、ブラシレスモータ1を駆動可能なパターンになっている。

通電パターン#1は、U相のコイルUからV相のコイルVに電流を流す。U相がN極磁化され、V相がS極磁化される。

通電パターン#2は、U相からW相のコイルWに電流を流す。U相がN極磁化され、W相がS極磁化される。

通電パターン#3は、V相からW相に電流を流す。V相がN極磁化され、W相がS極磁化される。

30

通電パターン#4は、V相からU相に電流を流す。V相がN極磁化され、U相がS極磁化される。

通電パターン#5は、W相からU相に電流を流す。W相がN極磁化され、U相がS極磁化される。

通電パターン#6は、W相からV相に電流を流す。W相がN極磁化され、V相がS極磁化される。

【0033】

図7に示すように、この実施の形態でロータ41の停止位置検査は、通電パターン#1~#6に対応して実施される。

40

通電パターン#1では、U相からV相への通電を行い、その後に回生期間を設ける。すなわち、スイッチング素子40UNとスイッチング素子40VLにデューティ100%のPWM信号を入力し、それぞれをN極磁化とS極磁化する。コイルUからコイルVに電流が流れ、これに応じた電流がシャント抵抗13Aに流れる。シャント抵抗13Aに流れる電流は、電源20を通してブラシレスモータ1に印加される印加電流であり、時間の経過と共に徐々に増加する。

【0034】

印加電流が予め定められている過電流閾値に達したら、通電区間を終了して回生期間に移行する。具体的には、シャント抵抗13Aの電圧値をモニタしている過電流検出手段38は、基準電圧が過電流閾値に相当する電圧に設定されているので、シャント抵抗13A

50

に流れる印加電流に相当する電圧が基準電圧に達すると、過電流検出信号としてLowレベルの信号を出力する。これによって、過電流保護手段39の電位がLowレベルに落ち、High側の全てのスイッチング素子40UH~40WHがOFFになる(ハードウェアリミット)。さらに、それと同時に、制御装置11は、過電流検出信号の立ち下がりエッジを検出したら、割り込み処理を実施して通電パターン#1の通電を終了させる(ソフトウェアリミット)。これにより、ブラシレスモータ1に流れる電流がゼロになる。ソフトウェアリミットの発生が遅れるので、ハードウェアリミットを併用して、素早く電流をゼロにする。

【0035】

通電パターン決定手段26の停止位置検出モード26Aは、過電流保護手段32の停止位置検出モード32Aを選択し、それと同時にカウンタ29Bはカウントアップを開始する。その後、過電流検出手段38から過電流検出信号が、過電流保護手段の32Aを經由して29Bのカウンタへ入力されると、カウンタ29Bのカウント値は記憶手段29Aに記憶される。記憶手段29Aは、このときのカウント値を通電パターン#1に対する通電時間T1として記憶する。

10

【0036】

なお、ブラシレスモータ1に流れる電流をゼロにするためにインバータ回路13のFETを全てOFFにする。このとき、コイルに蓄積されていた電力はFETのボディダイオードと、電源20と、シャント抵抗13Aを介してコイルに戻ってくる回路を流れる回生電流となるので、マイナスの電流となる。回生電流は、シャント抵抗13Aの電流波形に示すように、時間の経過と共にゼロなる。

20

【0037】

通電パターン決定手段26の停止位置検出モード26Aは、通電パターン#1の通電を指令する信号を出力してから、カウンタ29Bから所定の時間が経過した信号を受け取ったら、通電パターン#2の通電を指令する信号を出力する。所定の時間は、印加電流が過電流閾値に達し、その後に流れる回生電流がゼロになるまでに要する時間として十分な値が設定されている。なお、カウンタ29Bには、この所定の時間に相当するカウント値がカウンタクリア用の閾値として設定されている。このため、通電パターンを切り替えるタイミングでカウンタ29Bの値がリセットされる。

【0038】

なお、所定の時間は、印加電流が過電流閾値に達し、その後に流れる回生電流がゼロになるまでに要する時間として十分な値が設定されているが、電流を印加してから過電流閾値に達するまでの時間を計測し(記憶手段29Aの計測結果)、その時間と同じ時間を所定の時間としても良い。この場合は、記憶手段29Aが通電時間を計測する毎に、カウンタ29Bをリセットするための所定の時間のデータをカウンタ29Bに渡す。つまり、記憶手段29Aからカウンタ29Bに所定の時間信号が送られる。

30

【0039】

以降、同様にして通電パターン#2~#6を実施すれば、それぞれの通電パターンに対応してシャント抵抗13Aに印加電流と回生電流が順番に流れる。電流印加時間計測手段29は、通電開始からのカウント値を通電パターン#2~#6に対応して通電時間T2~T6として記憶手段29Aに記憶する。

40

記憶手段29Aに記憶されるカウント値は、ロータ停止位置によって変化する。ロータ停止位置に対応する通電パターンでは、最も磁束が流れ易く、過電流閾値に達するまでの時間が短くなる。図7の例では、通電パターン#3のときが最も大きく、その隣りの通電パターン#2、#4が次に大きい、そして通電パターン#6のときが最も小さい。したがって、通電パターン#6に相当する位置にロータが停止していることになる。このように、カウント値の大小を電流印加時間比較手段30で調べれば、ロータ位置推定手段31においてロータ停止位置を推定することが可能になる。

【0040】

ロータ停止位置が推定された後に実施される通電パターン決定手段26の始動励磁モー

50

ド 2 6 B は、6 通りの通電時間のうち最小になる通電パターンから回転方向に 1 2 0 ° 位相を進ませた通電パターンを始動時の通電パターンとして選択する。このことについて、図 8 を参照しながら説明する。

3 相のブラシレスモータ 1 の 2 相間に電流を流してロータを回転させると、図 8 に示すように、位相がずれた正弦波状（又は台形波状）のトルクが発生する。例えば、通電パターン # 3 である V W 通電状態でロータを外部から回転させようとしたとき、ロータ位置の位相が $\pm 0^\circ$ のときはトルクがゼロになり、ロータ位置の位相が $+ 60^\circ$ のときはプラス側の最大トルクの 86.6% のトルクが得られる。以下、ロータ位置の位相が $+ 120^\circ$ のときはプラス側の最大トルクの 86.6% のトルク、ロータ位置の位相が 180° のときはゼロ、ロータ位置の位相が $+ 210^\circ$ のときはマイナス側の最大トルクの 86.6% のトルクがそれぞれ得られる。

10

したがって、ロータ位置に応じて常にプラス側に大きいトルクが得られるように回転させるためには、ロータ位置が P 1 のときに通電パターン # 3 を実施すると、その後トルクが増大するので大きい力でロータ 4 1 を回転させることができる。

【 0 0 4 1 】

このように、電気角 60° ごとに 2 相通電パターンを切り替える 120° 矩形波駆動では、86.6% トルクから 100% トルクを使用しながら駆動させる。

ロータ位置が P 1 のとき、ロック通電パターンは U V 通電であるため、U V 通電パターンから 120° 位相が進んだ V W 通電パターンを使用すれば高いトルクで始動させられる。ロック通電状態となると、ロータマグネット磁束とコイル磁束は増磁状態なのでコイルのインダクタンスが小さくなる。このため、任意のロータ位置においてコイルインダクタンスの最も小さな通電パターンを検索することで、任意のロータ位置におけるロック通電パターンを特定することができる。したがって、特定したロック通電パターンから 120° 位相が進んだ通電パターンを使用すれば高いトルクで始動させられる。なお、トルク波形が台形波になるときは、 120° 矩形波駆動であっても、ほぼ 100% トルクを常に出すことができる。なお、ロック通電パターンは、ロータ停止位置に相当するものである。

20

【 0 0 4 2 】

ここで、1 つのロータ位置に対して、6 通りの通電パターンを出力した場合の挙動について、ロータ位置が図 8 の P 6 にあると仮定して説明する。

30

図 9 の P 6 のロータ位置に対して最も増磁となる通電パターンは、通電パターン # 6 の W V 通電である。このときにロータをプラス側の最大トルクでプラス方向に回転させるのは、 120° 進めた通電パターン # 2 : U W 通電である。これは、P 6 のロータ位置に対して通電パターン # 2 の通電を実施すると、ステータコイルの磁束とロータマグネットの磁束による吸引反発の関係から、ロータにプラス方向に回転する力（トルク）を発生させることができるからである。

これは図 6 の (b) の状態と等価であり、ロータマグネットの N 極の方向を d 軸、d 軸と直交した方向を q 軸とすると、ステータコイルによる磁束の q 軸成分は - 86.6% であり、ロータをプラス方向に回転させると、q 軸成分の磁束の絶対値は増加する。

また、P 6 にあるロータをマイナス側の最大トルクでマイナス方向に回転させるためには、通電パターン # 4 : V U 通電を実施すれば良い。P 6 のロータ位置に対して通電パターン # 4 の通電を実施すると、ステータコイルの磁束とロータマグネットの磁束による吸引反発の関係から、ロータにマイナス方向に回転する力（トルク）が発生させられるからである。この場合、これは図 6 の (d) の状態と等価であり、ステータコイルによる磁束の q 軸成分は 86.6% であり、ロータをマイナス方向に回転させると、q 軸成分の磁束の絶対値は増加する。

40

【 0 0 4 3 】

図 6 の (a) の電パターン # 1 では、U V 通電が行われる。マグネット磁束ベクトルは、d 軸と重なるが、コイル磁束ベクトルは d 軸及び q 軸からずれている。具体的には、d 軸成分が 50% で、q 軸成分が - 86.6% になっている。このため、瞬間的に発生する

50

トルクは、 -86.6% になる。ロータ（回転磁界）がプラス方向（正転方向）に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が減少するトルクが発生する。このときのトルクは2番目に大きいトルクが得られる。これに対し、ロータが $-$ 方向（逆転方向）に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が増加するが、この位置関係では回転させることができない。

【0044】

(b)の通電パターン#2：UV通電では、コイル磁束ベクトルが d 軸成分が -50% で、 q 軸成分が -86.6% になっている。ロータ（回転磁界）が $+$ 方向に回転する q 軸成分の磁束の絶対値が増加するトルクが発生する。このときに $+$ 回転方向で最も大きいトルクが得られる。これに対し、ロータが $-$ 方向に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が増加するが、この位置関係では回転させることができない。

10

【0045】

(c)の通電パターン#3：VW通電では、コイル磁束とマグネット磁束が真逆の関係になる。このため、吸引力がゼロで反発が最大になる。コイル磁束ベクトルは、 d 軸成分が -100% で、 q 軸成分が 0% になる。瞬間発生トルクは 0% になり、ロータがどちらに回転しても q 軸成分の磁束の絶対値が増加するが、発生トルクは小さくほとんどゼロである。このとき、ステータコアを貫く磁束は最小になり、磁気飽和し難くなる。コアの透磁率が最大になって、ステータコイルのインダクタンスも最大となる。

【0046】

(d)の通電パターン#4：VU通電では、コイル磁束ベクトルが d 軸成分が -50% で、 q 軸成分が 86.6% になっている。このため、瞬間的に発生するトルクは、 86.6% になる。ロータが $+$ 方向に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が減少するが、この位置関係では回転させることができない。ロータが $-$ 方向に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が増加するトルクが発生する。このときに $-$ 方向で最も大きいトルクが得られる。

20

【0047】

(e)の通電パターン#5：WU通電では、コイル磁束ベクトルが d 軸成分が 50% で、 q 軸成分が 86.6% になっている。ロータが $+$ 方向に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が増加するが、この位置関係では回転させることができない。ロータが $-$ 方向に回転すると、 q 軸成分の磁束の絶対値が減少するトルクが発生する。このときに $-$ 方向で2番目に大きいトルクが得られる。

30

【0048】

(f)の通電パターン#6：VW通電では、コイル磁束とマグネット磁束が一致する。このため、吸引力が最大になり、反発力がゼロになる。コイル磁束ベクトルは、 d 軸成分が 100% で、 q 軸成分が 0% になる。瞬間発生トルクは 0% になり、ロータがどちらに回転しても q 軸成分の磁束の絶対値が増加するが、発生トルクは小さくほとんどゼロである。この状態では、ステータコアを貫く磁束が最大となって、磁気飽和し易い。コアの透磁率が最小になって、ステータコイルのインダクタンスも最小となる。

【0049】

インダクタンスに関しては、停止しているロータ位置に対して回転磁界（ステータコイル磁束）を変化させることで、原理的には正弦波状にコアを貫く磁束の量が変化するので、インダクタンスの変化も正弦波状になる。図9にロータ位置がP6のときの2相通電パターンとインダクタンス変化、及び発生トルクの変化を示す。

40

図9では、破線が発生トルクの変化を示し、実線がインダクタンスの変化を示している。インダクタンスが最大となる通電パターン#3が、通電時間が最も大きくなる通電パターンである。したがって、この通電パターン#3の1つ前の通電パターン、若しくは通電時間が最小となる通電パターン#6の2つ先の通電パターンが、正転方向の最大トルク発生可能通電パターンであり、この場合は通電パターン#2になる。

同様に、通電時間が最大となる通電パターン#3の1つ先の通電パターン、若しくは通電時間が最小となる通電パターン#6の2つ前の通電パターンが、逆転方向の最大トルク発生可能通電パターンである。このように求めた最大トルク発生可能通電パターンを、起

50

動通電パターンにセットすることで、高トルクな起動が可能になる。

【 0 0 5 0 】

さらに、各通電パターンと通電時間の関係は、図 10 の (a) に示すようになる。ライン L 6 に示す通電時間波形は、ロータが位置 P 6 にあるときの通電時間の変化を示している。ライン L 1 の通電時間波形は、ロータが P 6 から正転方向に $\pi/3$ (60°) 進んだ位置 P 1 にあるときの通電時間の変化を示す。以下、ライン L 2、L 3、L 4、L 5 は、それぞれ正転方向の $\pi/3$ (60°) ずつ進んだ位置 P 2、P 3、P 4、P 5 にあるときの通電時間波形である。このように、ロータ位置により 6 通りの正弦波状になるので、その正弦波から起動通電パターンを推定することができる。

図 10 の (b) に示すように、各通電時間波形を三角波として捉え、これら三角波のそれぞれを微分 (差分 ΔT をとる) して傾きの符号を求めると、図 10 の (c) に示すようになる。例えば、ライン L 4 の通電時間波形で、通電時間 T_1 から通電時間 T_2 に至るまでは減少傾向にあるので、通電時間 T_1 と通電時間 T_2 の差分 ΔT の符号は、「 - 」になる。

【 0 0 5 1 】

ここで、6 通りの通電パターンの全てについて通電時間を調べて記憶手段 29 A に記憶させることも可能であるが、この実施の形態では、電流印加時間比較手段 30 にマップ 30 A を設けることで、3 つ又は 4 つの通電パターンでロータ停止位置を推定するようにしている。すなわち、図 10 の (b) に示すように、4 つの通電パターン # 1 ~ # 4 の中で必ずピークが現れるので、差分 T_{12} ($= T_2 - T_1$)、差分 T_{23} ($= T_3 - T_2$)、差分 T_{34} ($= T_4 - T_3$) の符号の組み合わせから、三角波の最大又は最小のピークを求め、起動通電パターンを推定することができる。

マップ 30 A の構成を以下に示す。

【 0 0 5 2 】

【表 1】

	$\Delta T_{12}=T_2-T_1$	$\Delta T_{23}=T_3-T_2$	$\Delta T_{34}=T_4-T_3$
P4	$\Delta T_{12}<0$	$\Delta T_{23}<0$	$\Delta T_{34}<0$
P5	$\Delta T_{12}>0$	$\Delta T_{23}<0$	$\Delta T_{34}<0$
P6	$\Delta T_{12}>0$	$\Delta T_{23}>0$	$\Delta T_{34}<0$
P1	$\Delta T_{12}>0$	$\Delta T_{23}>0$	$\Delta T_{34}>0$
P2	$\Delta T_{12}<0$	$\Delta T_{23}>0$	$\Delta T_{34}>0$
P3	$\Delta T_{12}<0$	$\Delta T_{23}<0$	$\Delta T_{34}>0$

【 0 0 5 3 】

マップ 30 A から分かるように、ロータ停止位置 P 5 と P 2 の 2 通りは、 T_{12} と T_{23} のみで、 T_{34} を実施しなくても推定できる。

このように、表 1 に示すようなマップ 30 A を予め用意しておき、前後して通電される 2 つの通電パターンのそれぞれの通電時間の差分で検索することで、3 回又は 4 回の通電でロータ回転位置を推定できるようになる。なお、全ての場合において 4 回通電を行ってからロータ停止位置を判別しても良い。

【 0 0 5 4 】

ここで、ステップ S 1 0 4 の停止位置検出処理のフローを図 1 1 に示す。

最初に過電流保護手段 3 2 の停止位置検出モード 3 2 A が選択され (ステップ S 1 2 1)、停止位置検出サブルーチン A が実施される (ステップ S 1 2 2)。停止位置検出サブルーチン A は、通電パターンの決定 (ステップ S 1 2 2 A) と、次のモードへの移行の可否の判定 (ステップ S 1 2 2 B) を実施する。

始動励磁パターンが確定していないときは、ステップ S 1 2 2 B からステップ S 1 2 3 に進む。この処理は、過電流検出信号の立下りを検出したときに発生する割り込み処理であり、ブラシレスモータ 1 に電流が流れている間待機し (ステップ S 1 2 3)、過電流検出が検出されたら (ステップ S 1 2 4)、停止位置検出サブルーチン B を実施する (ステップ S 1 2 5)。その後、停止位置検出サブルーチン A に戻る。

これに対し、始動励磁パターンが確定したときは、ステップ S 1 2 2 B からステップ S 1 2 6 に進んでカウンタ 2 9 B を停止させる。この後、始動励磁モードに移行し (ステップ S 1 2 7)、過電流保護手段 3 2 の過電流検出モード 3 2 B を設定する (ステップ S 1 2 8)。具体的には、過電流検出手段 3 8 が過電流を検出したら (ステップ S 1 2 8 A)、過電流フラグを「1」にセットする (ステップ S 1 2 8 B)。

【 0 0 5 5 】

図 1 2 に示すように、停止位置検出サブルーチン A では、通電ナンバー (通電 No) のカウンタをインクリメントする (ステップ S 2 0 1)。1 回目の処理では通電 No カウンタは 1 に設定される。カウンタ 2 9 B のクリア用の閾値を最大値に設定し (ステップ S 2 0 2)、カウンタ 2 9 B を一度リセットしてから (ステップ S 2 0 3)、PWM デューティを 1 0 0 % に設定する (ステップ S 2 0 4)。

通電 No カウンタが「1」であれば (ステップ S 2 0 5 で Yes)、通電パターン # 1 を実施する (ステップ S 2 0 6)。そして、ここでの処理を抜ける。

同様に、通電 No カウンタが「2」であれば (ステップ S 2 0 7 で Yes)、通電パターン # 2 を実施する (ステップ S 2 0 8)。

通電 No カウンタが「3」であれば (ステップ S 2 0 9 で Yes)、通電パターン # 3 を実施する (ステップ S 2 1 0)。

【 0 0 5 6 】

これに対し、通電 No カウンタが「4」であれば (ステップ S 2 1 1 で Yes)、差分 $T 1 2 < 0$ で、かつ差分 $T 2 3 > 0$ の場合 (ステップ S 2 1 2 で Yes)、又は差分 $T 1 2 > 0$ で、かつ差分 $T 2 3 < 0$ の場合 (ステップ S 2 1 3 で Yes)、PWM デューティを 0 % に設定し (ステップ S 2 1 4)、次のモード (始動励磁モード 2 6 B) に移行する (ステップ S 2 1 5)。それ以外の場合 (ステップ S 2 1 2、ステップ S 2 1 3 が共に No)、通電パターン # 4 を実施する (ステップ S 2 1 6)。

【 0 0 5 7 】

そして、通電 No カウンタが「5」であれば (ステップ S 2 1 7 で Yes)、差分 $T 1 2 > 0$ 、かつ差分 $T 2 3 > 0$ 、かつ差分 $T 3 4 > 0$ である場合 (ステップ S 2 1 8 で Yes)、差分 $T 1 2 > 0$ 、かつ差分 $T 2 3 > 0$ 、かつ差分 $T 3 4 < 0$ である場合 (ステップ S 2 1 9 で Yes)、差分 $T 1 2 < 0$ 、かつ差分 $T 2 3 < 0$ 、かつ差分 $T 3 4 < 0$ である場合 (ステップ S 2 2 0 で Yes)、差分 $T 1 2 < 0$ 、かつ差分 $T 2 3 < 0$ 、かつ差分 $T 3 4 > 0$ である場合 (ステップ S 2 2 1 で Yes)、PWM デューティを 0 % に設定し (ステップ S 2 2 2)、次のモード (始動励磁モード 2 6 B) に移行する (ステップ S 2 2 3)。

【 0 0 5 8 】

停止位置検出サブルーチン B の詳細を図 1 3 及び図 1 4 を示す。停止位置検出サブルーチン B は、電流印加計測手段 2 9 と、電流印加時間比較手段 3 0 と、ロータ停止位置推定手段 3 1 の処理の詳細を示すものである。まず、通電のカウンタを調べ、カウンタ番号が「1」であれば (ステップ S 2 5 1 で Yes)、カウンタ 2 9 B のカウント値を通電時間 T 1 として記憶手段 2 9 A にメモリさせる (ステップ S 2 5 2)。

10

20

30

40

50

カウンタ番号が「2」であれば(ステップS253でYes)、カウンタ29Bのカウンタ値を通電時間T2として記憶手段29Aにメモリさせる(ステップS254)。さらに、差分T12を算出する(ステップS255)。

カウンタ番号が「3」であれば(ステップS256でYes)、カウンタ29Bのカウンタ値を通電時間T3として記憶手段29Aにメモリさせる(ステップS257)。さらに、差分T12を算出する(ステップS258)。

【0059】

ここで、差分 $T12 < 0$ で、かつ差分 $T23 > 0$ の場合(ステップS259でYes)、正転時であれば(ステップS260でのNo)、起動通電パターンを通電パターン#1に設定する(ステップS261)。逆転時であれば(ステップS260でYes)、起動通電パターンを通電パターン#3に設定する(ステップS262)。

10

一方、差分 $T12 > 0$ で、かつ差分 $T23 < 0$ で(ステップS263)、正転時には(ステップS264でNo)、起動通電パターンを通電パターン#4に設定する(ステップS265)。逆転時であれば(ステップS264でYes)、起動通電パターンを通電パターン#6に設定する(ステップS266)。

【0060】

カウンタ番号が「4」であれば(ステップS267でYes)、カウンタ29Bのカウンタ値を通電時間T4として記憶手段29Aにメモリさせる(ステップS268)。さらに、差分T34を算出する(ステップS258)。

ここで、差分 $T12 > 0$ 、 $T23 > 0$ 、 $T34 > 0$ の場合(ステップS270でYes)、正転時であれば(ステップS271でNo)、起動通電パターンを通電パターン#6に設定する(ステップS272)。逆転時であれば(ステップS271でYes)、起動通電パターンを通電パターン#2に設定する(ステップS273)。

20

【0061】

差分 $T12 > 0$ 、 $T23 > 0$ 、 $T34 < 0$ の場合(ステップS274でYes)、正転時であれば(ステップS275でYes)、起動通電パターンを通電パターン#5に設定する(ステップS276)。逆転時であれば(ステップS275でNo)、起動通電パターンを通電パターン#1に設定する(ステップS277)。

差分 $T12 < 0$ 、 $T23 < 0$ 、 $T34 < 0$ の場合(ステップS278でYes)、正転時であれば(ステップS279でNo)、起動通電パターンを通電パターン#3に設定する(ステップS280)。逆転時であれば(ステップS279でYes)、起動通電パターンを通電パターン#5に設定する(ステップS281)。

30

差分 $T12 < 0$ 、 $T23 < 0$ 、 $T34 > 0$ の場合(ステップS282でYes)、正転時であれば(ステップS283でNo)、起動通電パターンを通電パターン#2に設定する(ステップS284)。逆転時であれば(ステップS283でYes)、起動通電パターンを通電パターン#4に設定する(ステップS285)。

【0062】

次に、図5のステップS106の始動励磁処理の詳細について説明する。

図15に示すように、通電パターン決定手段26の始動時励磁モード26Bでは、そのロータ位置に対して最大のトルクを発生可能な位相の始動通電パターンを決定し、励磁信号出力手段27に始動通電パターンを出力させる(ステップS131)。初期通電カウンタを起動させ、予め設定した一定の初期通電時間 $Ts1$ が経過するまで、前記した位相に通電する(ステップS132)。そして、所期通電時間 $Ts1$ 経過したことを確認したら、モード選択手段40が通電パターン決定手段26をフリーラン制御モード26Cにセットする(ステップS133)。

40

【0063】

図5のステップS108のフリーラン制御処理の詳細について説明する。

図16に示すように、最初に、通電パターン決定手段26のフリーラン制御モード26Cがフリーランパターンとして、全相の通電をOFFにする通電パターンを出力する(ステップS141)。

50

慣性でブラシレスモータ 1 のロータがフリーランしている間に発生する誘起電圧から、正転専用ロジックを用いてロータの位置検出を実施する（ステップ S 1 4 2）。ロータ位置を予め定めた回数だけ検出できたら（ステップ S 1 4 3 で Yes）、通電パターン決定手段 2 6 を定常励磁モード 2 6 D にセットし、誘起電圧によるセンサレス駆動（定常駆動モード）に移行する（ステップ S 1 4 4）。

ステップ S 1 4 3 でロータ位置を予め定めた回数検出されていないときは（ステップ S 1 4 3 で No）、誘起電圧のエッジ間隔を計測する回数が予め設定された回数経過するまで（ステップ S 1 4 5）、ステップ S 1 4 2 を繰り返す。所定回数経過してもロータ位置を予め定めた回数検出できないときは（ステップ S 1 4 5 で Yes）、ブラシレスモータ 1 が逆転していると判定し、モード選択手段 4 0 は、通電パターン決定手段 2 6 をブレーキ停止モード 2 6 E にセットする（ステップ S 1 4 6）。

10

【 0 0 6 4 】

図 5 のステップ S 1 1 2 のブレーキ停止処理の詳細について説明する。

図 1 7 に示すように、ブレーキ停止手段 2 6 E によるブレーキ停止処理として、低デューティで 2 相通電ロック処理が行われる（ステップ S 1 5 1）。2 相通電ロック処理は、予め定められた一定時間実施し、この時間が経過したら（ステップ S 1 5 2）、停止位置検出モード 1 5 3 がセットされる（ステップ S 1 5 3）。

【 0 0 6 5 】

次に、停止位置検出を含む始動時の処理の全体について、図 1 8 を参照してさらに詳細に説明する。図 1 8 は、横軸に時間経過をとっており、縦方向に各種の情報が並んで配置されている。なお、最も上側に示されているホールセンサ信号は、ホールセンサが取り付けられていた場合にホールセンサの出力として想定される信号である。

20

時間 t_1 で始動信号が入力されたら、時間 t_2 までの間にロータ停止位置検出処理（ステップ S 1 0 3）が行われる。この間の回転速度はゼロである。

【 0 0 6 6 】

時間 t_2 でロータ停止位置を決定したら、シャント抵抗 1 3 A の電流波形に示すように、始動時励磁手段 3 6 が初期通電時間 $T_s 1$ の間だけ始動励磁パターンを継続して通電させる。この間、ロータ 4 1 の回転速度が徐々に増大する。

ここで、初期通電時間 $T_s 1$ は、通電を OFF にした後で誘起電圧のエッジが複数回、例えば、4 回以上発生するまでの間、ロータ 4 1 を回転速度 N_1 以上でフリーランさせることができるだけロータ 4 1 を加速できる時間である。この観点からは、初期通電時間 $T_s 1$ が長いことが望ましい。しかしながら、初期通電時間 $T_s 1$ が長すぎて通常運転時における励磁パターンの切り替え位置を越えて同じ励磁パターンを継続すると、逆トルクが発生してしまってロータ 4 1 を減速させてしまう。したがって、初期通電時間 $T_s 1$ は、逆トルクが発生しない範囲内で、できるだけ長い時間とすることが好ましい。初期通電時間 $T_s 1$ の決定方法の一例としては、設計段階や製造段階でブラシレスモータ 1 をホールセンサ付きで始動させ、最初にホールセンサの信号が切り替わるまでの時間を測定し、これと略同じ時間又はこれより短い時間を初期通電時間 $T_s 1$ として制御装置 1 1 に記憶させることがあげられる。

30

【 0 0 6 7 】

時間 t_3 で初期通電時間 $T_s 1$ が経過したら、通電パターン決定手段 2 6 がフリーラン制御モード 2 6 c に移行し、全相への通電を OFF にする。シャント抵抗 1 3 A で計測される電流値がゼロになり、ロータ 4 1 がフリーランする。以降は、時間の経過と共に回転速度がゆるやかに減少する。時間 t_3 では、各位置信号にパルスが現れている。このため、3 相の信号の立ち上がりエッジに対応して、励磁切り替えタイミング信号に 1 つ目の信号 $SL 1$ が発生している。このときパルス信号は、ステータのコイルに蓄積されたエネルギーがフライホイールパルスとして放出されときに、3 相全てのモータ端子電圧に方形波パルス電圧が発生することに起因して発生している。通常駆動の場合はこれらの方形波パルス電圧は分離手段 2 1 により無視できるが、時間 t_3 では全相を OFF するロジックなので、通常駆動時には在り得ない例外状態となるため、方形波パルス電圧を無視できずに誤

40

50

検出となる。このため、始動後の1回目の信号S L 1はロータ位置の検出には使用しない。

【0068】

さらに、ロータ41がフリーランすることで、ロータ41の回転位置に応じてブラシレスモータ1の所定の相のモータ端子に誘起電圧が発生する。この場合には、W相位置信号、U相位置信号、V相位置信号の順番に立ち上がりエッジ、又は立ち下がりエッジが発生している。その結果、励磁切り換えタイミング信号は、W相のエッジに起因する2回目の信号S L 2と、U相のエッジに起因する3回目の信号S L 3と、V相のエッジに起因する4回目の信号S L 4とが発生する。なお、全相をOFFにすることで、インバータ回路13からブラシレスモータ1に入力されるパルス幅変調信号などの不要な信号成分がない状態

10

【0069】

この間、励磁切り替えタイミング演算手段22は、2回目の信号S L 2と3回目の信号S L 3の時間間隔を計測して電気角60°を算出する。さらに、3回目の信号S L 3と4回目の信号S L 4の時間間隔を計測して電気角60°を算出する。これら時間間隔に基づいて、4回目の信号S L 4から例えば電気角30°進角させるなどして、励磁切り替えタイミングを算出する。そして、以降は、モータ端子電圧と等価中性点電位の比較結果から生成される信号に基づいて励磁切り替えタイミングを決定し、通電パターンの切り替え制御を行うことで、ブラシレスモータ1の運転が行われる。ホールセンサを有する場合の電気角120°矩形波駆動と同等性能の駆動が可能になって、回転速度が制御される。

20

【0070】

なお、イナーシャが大きいブラシレスモータでは、5回目以降の信号を取得し、同様にして時間間隔から励磁通電タイミングを算出しても良い。始動時の安定性や、正確性をさらに向上できる。

また、イナーシャが大きいブラシレスモータでは、2～3回目の信号S L 2, S L 3の時間間隔と、3～4回目の信号S L 3, S L 4の時間間隔が略等しい。このため、2～3回目の信号S L 2, S L 3の時間間隔のみでセンサレス駆動に移行しても良い。このようにすると、さらに短い時間で定常的な運転を開始することができる。また、1回目の信号S L 1と2回目の信号S L 2の時間間隔だけを取得してセンサレス駆動に移行しても良い。イナーシャが小さいブラシレスモータに有効である。この場合は、初期通電時間S L 1は予め設定された値を用いており、S L 2のタイミングを検出した時点でS L 1とS L 2の時間間隔を演算し、それをロータ位置信号として使用することができるので、2回目の信号S L 2まででセンサレス駆動に移行できるようになる。

30

また、イナーシャが小さいブラシレスモータでは、減速が大きくなって2～3回目の信号S L 2, S L 3の時間間隔より、3～4回目の信号S L 3, S L 4の時間間隔の方が大きくなる。この場合には、時間間隔の変化から加速度を算出し、この加速度を用いて次の時間間隔を推定することで励磁通電タイミングを算出しても良い。

【0071】

さらに、この始動方法では、モータ始動時に電流を抑制しながら起動する方法（以下、ソフトスタートという）を実施している。例えば、図19に示すように、始動時は、パルス幅変調信号（PWM）のデューティを例えば50%にして電流を抑制し、その後回転速度を上昇させ、初期通電時間T_s1が経過したら、一旦デューティを0%にして、フリーランさせる。フリーランが終了したら、再びデューティを約50%にし、そこからデューティを徐々に増加させ、最終的にデューティが100%に達しときに回転速度が目標値（例えば、最大回転数）に達するようにする。これによって、始動時に過電流が流れることを防止することができ、ブラシレスモータ1が搭載されているシステム全体の安定性を高めることができる。

40

【0072】

次に、図5のステップS 110に示す誘起電圧によるセンサレス駆動（定常駆動モード

50

)の詳細について説明する。

定常駆動モードでは、モータ端子の誘起電圧を検出してロータ位置を検出するが、誘起電圧波形には方形波状のスイッチングパルス（方形波パルス電圧）が重畳するので、このようなノイズを除去する必要がある。この実施の形態では、各相のロータ位置信号に相当するエッジを検出したときに、他相のレベル検出を行って、ロータ位置信号と方形波パルス電圧とを区別している。この際に使用される正転専用ロジックは、表2に示す誘起電圧信号検出ロジックと、表3に示す方形波パルス電圧終了エッジ判定ロジックとからなる。なお、正転専用ロジックは、ブラシレスモータ1が正回転していると判定された場合に、回転方向検出ロジック選択手段24の指令によって分離手段21が参照する。

【0073】

【表2】

10

検出するエッジ		確認するレベル		
		Ud	Vd	Wd
立上りエッジ	Ud	/	L	H
	Vd	H	/	L
	Wd	L	H	/
立下りエッジ	Ud	/	H	L
	Vd	L	/	H
	Wd	H	L	/

20

【0074】

【表3】

30

検出するエッジ		確認するレベル		
		Ud	Vd	Wd
立上りエッジ	Ud	/	H	L
	Vd	L	/	H
	Wd	H	L	/
立下りエッジ	Ud	/	L	H
	Vd	H	/	L
	Wd	L	H	/

40

【0075】

定常駆動モードで通電制御しているときの信号波形を図20に示す。図20は、横軸に電気角をとり、縦軸は上側から各相U、V、Wへの通電状態と、各相U、V、Wの実際の誘起電圧波形Uv、Vv、Wv（アナログ信号）と、相U、V、Wごとの誘起電圧信号Ud、Vd、Wd（デジタル信号）とが図示されている。最上段の相U、V、Wへの通電状

50

態は、上段で「+」が付加されている相U、V、Wが高電位側で、下段で「-」が付加されている相U、V、Wが低電位側であることを示している。つまり、電気角 0° から 60° までの間の「W+」「V-」は、W相からV相に通電することを示す(図6における通電パターン#6と同等)。また、例えば、誘起電圧波形Uvにおいて、電気角 0° で立ち上がるパルスや、電気角 180° で立ち下がるパルスが方形波パルス電圧Psであり、これら方形波パルス電圧Psがこの実施の形態において除去対象となる信号である。

【0076】

また、図21はマスク信号の生成過程及び位置検出信号の生成過程を模式的に示す図である。なお、図21は、横軸に電気角をとり、縦軸は上側から各相U、V、Wの誘起電圧信号Ud、Vd、Wd(図20と同じ信号)と、前記誘起電圧信号Ud、Vd、Wdそれぞれに重畳されている方形波パルス電圧信号Psを分離するためのマスク信号Um、Vm、Wmと、前記マスク信号によってUd、Vd、Wdから分離された方形波パルス電圧信号Ups、Vps、Wpsと、各相U、V、Wの位置検出信号Us、Vs、Wsと、電気角 30° 位相シフトした後の位置検出信号Uss、Vss、Wssとが順番に図示されている。

10

【0077】

図20に示す各相U、V、Wの誘起電圧波形Uv、Vv、Wvは、誘起電圧I/F回路12(図1参照)に入力され、図2のローパスフィルタ回路15A~15Cの分圧回路によりコンパレータ17A~17Cに入力可能な電圧Uv2、Vv2、Wv2に分圧される。その後、ローパスフィルタ回路18A~18CによりPWMノイズを除去した後の誘起電圧信号Uv3、Vv3、Wv3を生成し、これらの電圧値から等価中性点電圧が得られる。この等価中性点電圧と誘起電圧波形Uv3とをコンパレータに入力すると、誘起電圧信号Udが得られる。同様にして、アナログ信号の誘起電圧波形Vv3、Wv3からデジタル信号の誘起電圧信号Vd、Wdが得られる。これら、誘起電圧信号Ud、Vd、Wdは、制御装置11の分離手段21に入力され、以下の処理によって通電切り替えタイミングが生成される。

20

【0078】

分離手段21は、誘起電圧信号Ud、Vd、Wdのパルス信号から、方形波パルス電圧Psのエッジとロータ41の回転により生じる誘起電圧のエッジとを分離し、回転子位置検出部23がロータ41の回転により生じる誘起電圧の情報からなる位置検出信号Us、Vs、Wsを作成し、励磁切り替えタイミング演算手段22に受け渡す。励磁切り替えタイミング演算手段22では、図21に示す位置検出信号Us、Vs、Wsのエッジ(誘起電圧エッジ)の間隔Teをカウントする。具体的には、位置検出信号Us、Vs、Wsのすべてのエッジをトリガーとしてカウンタによる計測を開始し、次にいずれかの位置検出信号Us、Vs、Wsのエッジが検出されたらカウンタ値をクリアすると同時に次のカウントを開始する。ここで、ブラシレスモータ1が回転しているときには、誘起電圧エッジの間隔Teは、電気角 60° ごとに発生するので、誘起電圧の発生間隔を示すカウンタ値からロータ41の回転速度や加速度を演算し、これに応じて次に通電を切り替えるタイミングを補正し、その分だけ位置検出信号Us、Vs、Wsの位相をシフトして位相検出信号Uss、Vss、Wssを生成する。そして、励磁信号出力手段27が、これら位相検出信号Uss、Vss、Wssに従ってインバータ回路13を制御し、各固定子巻線U、V、Wへの通電を切り替えてブラシレスモータ1のロータ41を回転させる。

30

40

【0079】

ここで、励磁信号出力手段27はマスク信号生成手段27Aを備えており、マスク信号生成手段27Aは、励磁信号出力手段27がインバータ回路13に通電パターンを出力する直前に分離手段21にマスク信号を出力する。

例えば、図21の例では、U相の位置検出信号Ussのエッジの発生タイミングの直前に、W相のマスク信号WmをH(High)レベルに設定する。同様に、V相の位置検出信号Vssのエッジエッジの発生タイミングの直前に、U相のマスク信号UmをH(High)レベルに設定する。W相の位置検出信号Wssのエッジの発生タイミングの直前に、V相の

50

マスク信号 V_m を H (High) レベルに設定する。これら各マスク信号 U_m , V_m , W_m の信号レベルは所定の電気角の間維持された後に L (Low) レベルに変更される。

【 0 0 8 0 】

なお、マスク信号 U_m , V_m , W_m のパルス幅を決定する電気角は、常に T_e の計測値から予めメモリされている角度を算出する。具体的には、通常負荷で回転させたときの方形波パルス電圧 P_s のパルス幅よりも大きく、かつマスク信号のパルスで誘起電圧波形 U_v , V_v , W_v と等価中性点電圧との交点がマスクされないような値、 $0^\circ < \theta < 30^\circ$ が用いられる。

【 0 0 8 1 】

以降は、誘起電圧 I / F 回路 1 2 から入力される誘起電圧信号 U_d , V_d , W_d に対して、マスク信号 U_m , V_m , W_m で方形波パルス電圧 P_s のパルス除去して位置検出信号 U_s , V_s , W_s を作成し、複数台並列モータ 1 の通電制御を行う。

10

【 0 0 8 2 】

ここで、方形波パルス電圧 P_s のパルス幅は、負荷の大きさや、回転速度によって変化する。これに対して、マスク信号 U_m , V_m , W_m は、一定のパルス幅なので、マスク信号 U_m , V_m , W_m で方形波パルス電圧 P_s のパルスを完全にマスクできる場合と、マスクしきれない場合とが生じる。

【 0 0 8 3 】

まず、方形波パルス電圧 P_s のパルス幅がマスク幅以下の場合には、図 2 2 に示すように、方形波パルス電圧 P_s の開始エッジ及び終了エッジの両方をマスクすることができる。この場合には、分離手段 2 1 は、表 1 に示すような誘起電圧信号検出口ジックに従って、誘起電圧信号 U_d , V_d , W_d から位置検出信号 U_s , V_s , W_s を作成する。

20

【 0 0 8 4 】

なお、図 2 2 において、電気角 θ_1 から始まる方形波パルス電圧 P_s の立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジは、マスク信号 U_m が H レベルであるので無視される。電気角 θ_2 における立ち上がりエッジは、表 1 の立ち上がりエッジの誘起電圧信号 U_d についての条件を満たすので、U 相の誘起電圧の立ち上がりエッジとみなされる。同様に、電気角 θ_3 から始まる方形波パルス電圧 P_s の立ち下がりエッジ及び立ち上がりエッジは、マスク信号 U_m が H レベルであるので無視される。電気角 θ_4 における誘起電圧信号 U_d の立ち下がりエッジは、表 1 の立ち下がりエッジの誘起電圧信号 U_d についての条件を満たすので、固定子巻線 U の誘起電圧の立ち下がりエッジとみなされる。同様にして他の誘起電圧信号 V_d , W_d についても、表 1 の誘起電圧信号検出口ジックに従って誘起電圧の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジとを判定し、位置検出信号 U_s , V_s , W_s を作成する。

30

【 0 0 8 5 】

これに対して、図 2 3 に示すように、方形波パルス電圧 P_s のパルス幅がマスク幅を超える場合には、方形波パルス電圧 P_s の開始エッジはマスクできるが、方形波パルス電圧 P_s の終了エッジはマスクすることができない。このような場合に、分離手段 2 1 は、表 1 に示すような誘起電圧信号検出口ジックに加えて、表 2 に示すような方形波パルス電圧終了エッジ判定ロジックを参照して誘起電圧エッジを分離し、位置検出信号 U_s , V_s , W_s を作成する。

40

【 0 0 8 6 】

図 2 3 において、電気角 θ_1 から始まる方形波パルス電圧 P_s の立ち上がりエッジは、マスクされるが、同じ方形波パルス電圧 P_s の立ち下がりエッジは、マスクできないので、表 2 及び表 3 に示す立ち下がりエッジの条件を満たすか否かを調べる。この場合には、表 3 の立ち下がりエッジの誘起電圧信号 U_d についての条件を満たすので、方形波パルス電圧 P_s のエッジであるとみなし、この信号を除去した上で位置検出信号 U_s を作成する。電気角 θ_2 のエッジは、前記のように表 1 の条件を満たすので、誘起電圧エッジとする。同様に、電気角 θ_3 から始まる方形波パルス電圧 P_s の立ち下がりエッジは、マスク信号 U_m によって除去され、同じ方形波パルス電圧 P_s の立ち上がりエッジは、表 3 の立ち上がりエッジの誘起電圧信号 U_d についての条件を満たすので除去する。このようにして

50

、マスク信号 U_m で除去しきれない方形波パルス電圧 P_s のパルスがあった場合には、他の誘起電圧信号 V_d , W_d の電圧レベルの高低を調べて表 2 及び表 3 の条件に当てはめることで除去の可否を判定し、方形波パルス電圧 P_s による信号を除去して位置検出信号 U_s を作成する。さらに、同様にして、位置検出信号 V_s , W_s を作成する。

【 0 0 8 7 】

ここで、位相検出信号 U_{ss} , V_{ss} , W_{ss} を生成する際に、通電を切り替えるタイミングを補正する処理について説明する。補正は、励磁切り替えタイミング演算手段 2 2 に設けられた遅れ位相補正部 2 2 A で実施する。補正の対象となる遅れ位相を図 2 3 に示す。図 2 4 は、U 相における励磁タイミングと遅れ位相 1、2 を模式的に示している。遅れ位相 1 は、誘起電圧 I / F 回路 1 2 のローパスフィルタ回路 1 5 A ~ 1 5 C に起因し、回転速度によって変化する。遅れ位相 2 は、コンパレータ 1 7 A ~ 1 7 C から後段の誘起電圧 I / F 回路 1 2、すなわちコンパレータ 1 7 A ~ 1 7 C とローパスフィルタ 1 8 A ~ 1 8 C による遅れ成分 2 a と、制御装置 1 1 のマイコンの処理遅れ時間 2 b の和 ($2 = 2 a + 2 b$) であり、駆動装置 2 に固有の値である。したがって、遅れ位相補正部 2 2 A は、遅れ位相 1 を補正するフィルタ遅れ位相補正手段、及び遅れ位相 2 を補正する回路遅れ位相補正手段として機能する。

10

【 0 0 8 8 】

まず、フィルタ遅れ位相補正手段としての遅れ位相補正部 2 2 A の処理について説明する。

図 2 5 に示す範囲 R 5 がブラシレスモータ 1 の回転速度の制御範囲である場合、ローパスフィルタ回路 1 5 A ~ 1 5 C は、範囲 R 5 より高い周波数領域にカットオフ周波数 f_c が設定される。図 2 5 は、横軸を周波数の対数表示とし、縦軸を位相にしたボード線図である。カットオフ周波数 f_c のローパスフィルタ回路 1 5 A ~ 1 5 C を通った誘起電圧信号には遅れ位相 1 が生じる。遅れ位相 1 は、高周波数になる程、大きくなる。

20

【 0 0 8 9 】

ローパスフィルタ回路 1 5 A ~ 1 5 C の伝達関数 $G(s)$ は、($= C \times R$) を用いると次式で表せる。

$$G(s) = 1 / (s + 1) \quad (1)$$

式 (1) から、遅れ位相 1 [rad] は、

$$1 = -\arctan(\quad) \quad (2)$$

30

【 0 0 9 0 】

ここで、角加速度 は、回転速度に相当するモータ端子電圧の基本周波数 f の関数として表すことができるので、

$$1 = -\arctan(2 \times f) \quad (3)$$

となる。単位を [°] に変換し、遅れにとると、

$$1 = \arctan(2 \times f) \times 360 / 2 \quad (4)$$

となる。電気角 60° 回転するのに要する時間を T_a とすると、 $1 / f = 6 T_a$ なので、

$$1 = \arctan(2 / 6 T_a) \times 360 / 2 \quad (5)$$

式 (5) からフィルタ 1 5 A ~ 1 5 C による遅れ位相 1 を算出できる。遅れ位相 1 は、式 (5) からその都度計算しても良いが、この実施の形態では遅れ位相補正部 2 2 A にマップ登録しておき、時間 T_a で検索して遅れ位相 1 を求める。

40

【 0 0 9 1 】

次に、回路遅れ位相補正手段としての遅れ位相補正部 2 2 A の処理について説明する。

遅れ位相 2 は、のフィルタ 1 5 A ~ 1 5 C 以外のその他の回路及びソフトウェア処理によって発生する。この遅れ位相 2 は、コンパレータ 1 7 A ~ 1 7 C、ローパスフィルタ回路 1 8 A ~ 1 8 C、マイコンなどに起因して発生する。このときの遅れ時間 T_2 は、回転速度に依らず一定値である。したがって、電気角 60° 回転するのに要する時間 T_a に対する遅れ時間 T_2 の割合から遅れ位相 2 を算出できる。

$$2 = (T_2 / T_a) \times 60 [^\circ] \quad (6)$$

【 0 0 9 2 】

50

式(6)からは、遅れ時間 T_2 が一定なので、回転速度が上昇して時間 T_a が短くなると、 T_2/T_a の値が大きくなって、遅れ位相 θ_2 が大きくなることがわかる。なお、式(6)もマップ化しておく、計算をスムーズに行える。

【0093】

以上から、励磁を切り替えるタイミング E_w は、

$$E_w = 30 - (1 + 2) \quad (7)$$
 になる。マップを使用してタイミング E_w を補正することで、タイミング E_w を速やかに演算できる。さらに、補正したタイミング E_w を使用することで、回転速度に依らずに励磁を精度良く切り替えられる。

【0094】

次に、始動時に回転速度が既に領域 R_2 にあるときについて説明する。

図26に示すように、始動前の状態が前記したフリーラン状態と同じになる。図5のフローチャートに従ってステップ S_{103} からステップ S_{108} の処理を実施してもフリーランしている回転状態への影響は少なく、フリーラン状態を維持できる。したがって、ステップ S_{109} からステップ S_{110} に進んで、定常駆動モードに移行する。

【0095】

始動時に回転速度が図4に示す領域 R_3 にあるときについて説明する。

図5のステップ S_{101} からステップ S_{108} を実施しても、逆方向に回転しているロータ41の誘起電圧波形では、正転専用ロジックでロータ位置信号を抽出することはできない。したがって、ロータ位置信号が例えば1~9秒程度の所定の時間の間、検出できないときは、励磁切り替えタイミング演算手段22のフリーランモード22Cからの励磁切り替えタイミング信号がモード選択手段40に送られないので、モード選択手段が逆転状態にあると判定する。

この場合、図1に示す制御装置11は、ブレーキ停止モード26Eが2相ロック通電を一定の時間、過電流とならない程度の低いデューティでブラシレスモータ1に印加する(ブレーキ停止モード26E)。ラジエータファンにはブレーキとして働き、ラジエータファンの回転速度が小さくなって、停止状態に近くなる。

【0096】

図27に始動時に逆回転しているときの回転速度の変化を示す。2相ロック通電を継続する時間は、予め設定されたブレーキ通電時間で、例えば、1~9秒程度である。これによって、ブラシレスモータ1の回転速度は、 $-N_1$ からゼロに近づく。前記したように、ラジエータファンは、逆回転している場合に回転数及びトルクは小さいからである。

【0097】

ブレーキ通電時間が経過したら、インダクタンス検出を用いた始動処理を実施する。ラジエータファンは、フリクションが大きいシステムなので機械的な時定数は大きく、逆回転中に強制的に停止させた場合、風力によって再び逆方向に回転し始めるまでには時間がかかるため、回転速度が領域 R_1 に留まっているからである。以降は、前記したステップ S_{102} からステップ S_{108} を実施し、定常駆動モードに移行する。

【0098】

この実施の形態によれば、コイルが作る磁束とマグネットが作る磁束が同じ方向の場合、つまりコイルとマグネットの間で磁束が流れ易いようなロータ位置ではインダクタンスが小さくなることに着目したので、従来の方法に比べて精度良く、かつ安定してロータ停止位置を検出することができる。

インダクタンス検出のための特別の回路が不要になるので回路構成を簡略化できる。

【0099】

ここで、このようなブラシレスモータ1は、例えば、ファンモータや、燃料ポンプのモータなど、イナーシャが大きいモータ、コギングトルクが無いスロットレスモータ、摩擦やコギングトルク等による損失が少ない低損失モータがあげられる。スロットレスモータでは、スロットのコアがないことからインダクタンス検出によるロータ停止位置の検出ができない。しかしながら、イナーシャが極めて小さいことから、ロータの停止位置を検出

10

20

30

40

50

する際の通電で所定の回転位置に容易に吸い付けることができるので、そのような方法で停止位置を決めて、そこから電気角120°位相が遅れた通電パターンを始動励磁パターンに選択すれば良い。

【0100】

なお、本発明は、前記の実施の形態に限定されずに広く応用することができる。

例えば、正転専用ロジックに加えて逆転専用ロジックを使用しても良い。逆転専用ロジックは、回転方向判定手段23が逆転と判定するときに回転方向検出ロジック選択手段24によって選択されるもので、表3に示す誘起電圧信号検出ロジックと、表2に示す方形波パルス電圧終了エッジ判定ロジックとからなり、分離手段21に登録されている。逆転専用ロジックを使用することで逆回転状態にあることを確実に検出できるようになる。

10

【0101】

ステップS112のブレーキ停止処理を最初に実施しても良い。始動時にブラシレスモータ1の回転速度がいずれの領域R1~R3にある場合でも、ブレーキ停止処理によって強制的に領域R1に制御されるようになる。

6つの通電パターン全てについてカウント値を計数してロータ停止位置を判定しても良い。

ブラシレスモータ1は、複数台を並列に接続させても良い。

ロータ停止位置を検出した後の始動方法や、定常回転時の駆動方法は、実施の形態に限定されない。

【図面の簡単な説明】

20

【0102】

【図1】本発明の実施の形態に係るブラシレスモータの駆動装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】誘起電力E/F回路の具体的な回路構成を例示する図である。

【図3】インバータ回路と、過電流検出回路の構成をさらに詳細に示す図である。

【図4】始動時の回転速度によって処理が切り替わることを模式的に説明する図である。

【図5】定時間割り込み処理のフローチャートである。

【図6】通電パターンによって発生する磁束及びトルクを説明する図である。

【図7】ロータ停止位置の検出方法を説明するチャートである。

【図8】ロータ停止位置に応じて2相通電あせた場合の発生トルクを示す図である。

30

【図9】ロータ停止位置P6における2相通電パターンとインダクタンス及び発生トルクの関係を示す図である。

【図10】ロータ停止位置と通電時間の関係を説明する図である。

【図11】停止位置検出処理のフローチャートである。

【図12】停止位置検出サブルーチンAのフローチャートである。

【図13】停止位置検出サブルーチンBのフローチャートである。

【図14】停止位置検出サブルーチンBのフローチャートである。

【図15】始動励磁処理のフローチャートである。

【図16】フリーラン処理のフローチャートである。

【図17】ブレーキ停止処理のフローチャートである。

40

【図18】始動時の処理を具体的に説明するためのタイミングチャートである。

【図19】ソフトスタートする場合のデューティ制御と回転速度を示す図である。

【図20】固定子巻線の誘起電圧波形の信号処理を説明する図であって、アナログ信号からデジタル信号を作成する手順を示すタイミングチャートである。

【図21】固定子巻線の誘起電圧波形の信号処理を説明する図であって、マスク信号の作成手順と、マスク処理後の位置検出信号の作成手順を示すタイミングチャートである。

【図22】誘起電圧エッジの判定処理を説明するタイミングチャートであって、方形波パルス電圧のパルス幅がマスク信号のパルス幅以下の場合を示す図である。

【図23】誘起電圧エッジの判定処理を説明するタイミングチャートであって、方形波パルス電圧のパルス幅がマスク信号のパルス幅を越える場合を示す図である。

50

【図24】U相の励磁タイミングを示す図である。

【図25】周波数に対するモータ端子電圧波形の遅れ位相を示す図である。

【図26】図4の領域R2から始動するときのタイミングチャートである。

【図27】図4の領域R3から始動するときのタイミングチャートである。

【符号の説明】

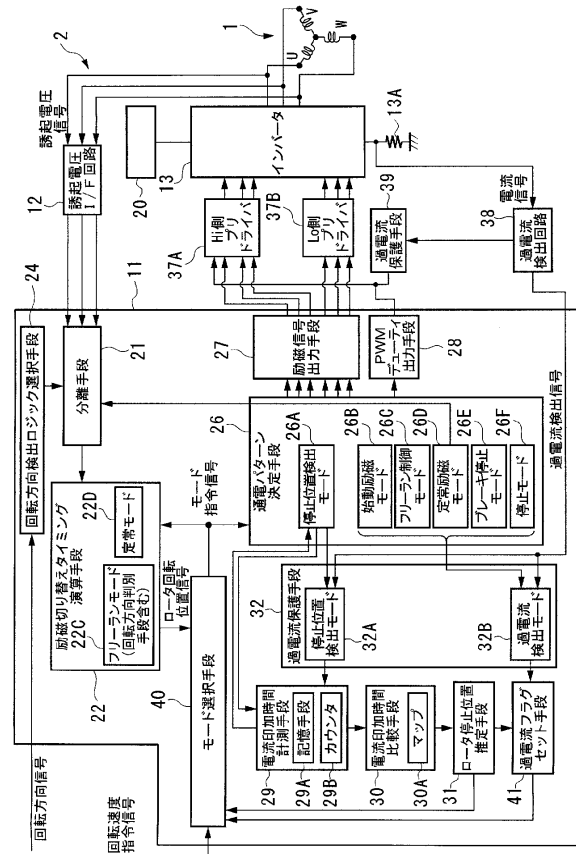
【0103】

- 1 ブラシレスモータ
- 2 制御装置
- 13 インバータ回路
- 13A シャント抵抗 (電流測定手段)
- 29A 記憶手段
- 29B カウンタ
- 30 電流印加時間比較手段 (位置推定手段)
- 30A マップ
- 31 ロータ位置推定手段 (位置推定手段)
- 38 過電流検出手段 (電流比較手段)
- 41 ロータ
- U, V, W コイル

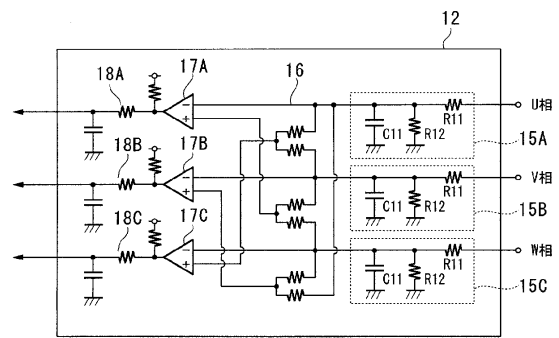
10

20

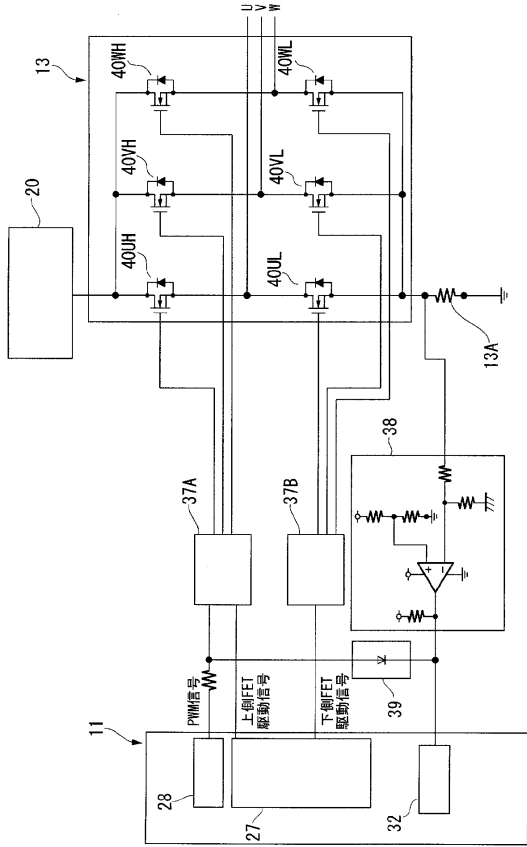
【図1】



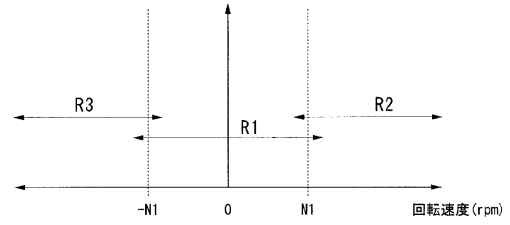
【図2】



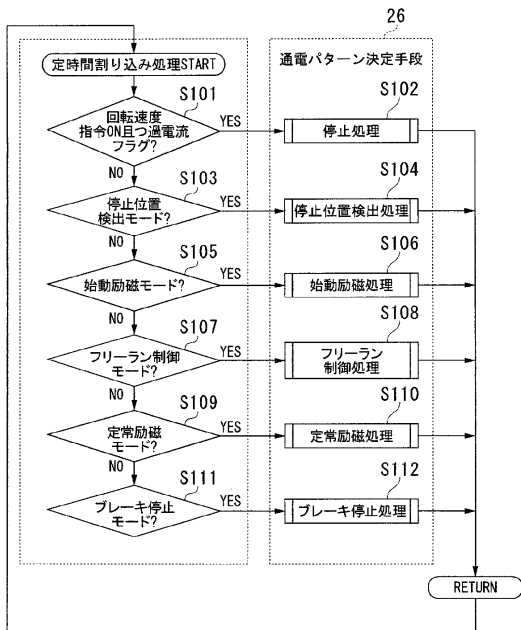
【図3】



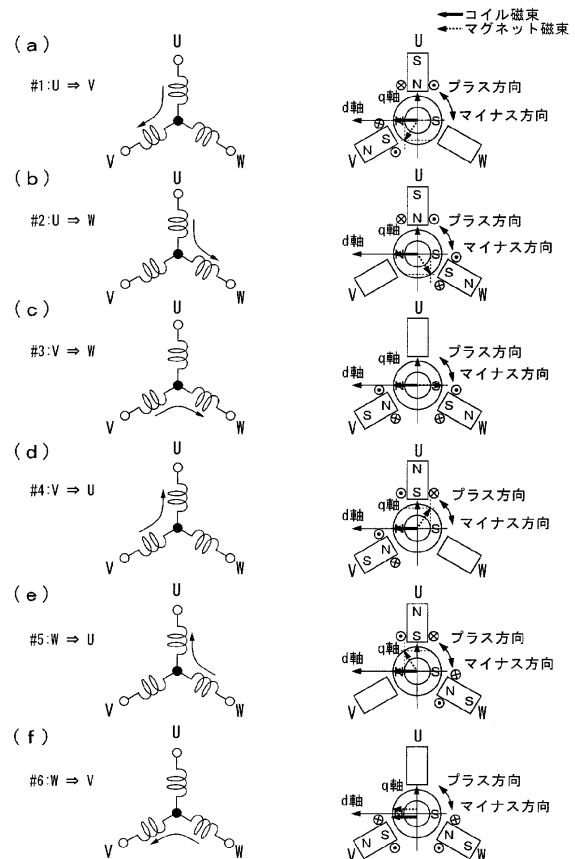
【図4】



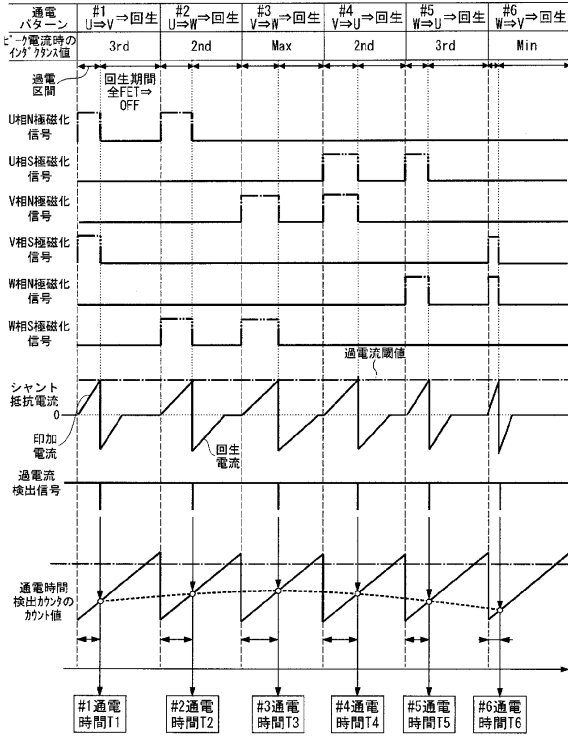
【図5】



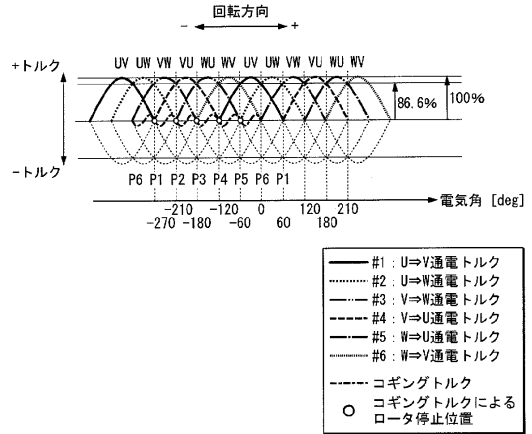
【図6】



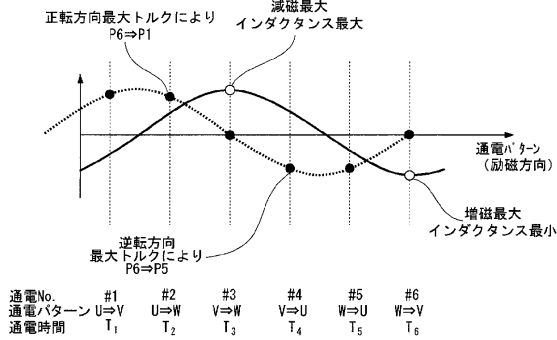
【図7】



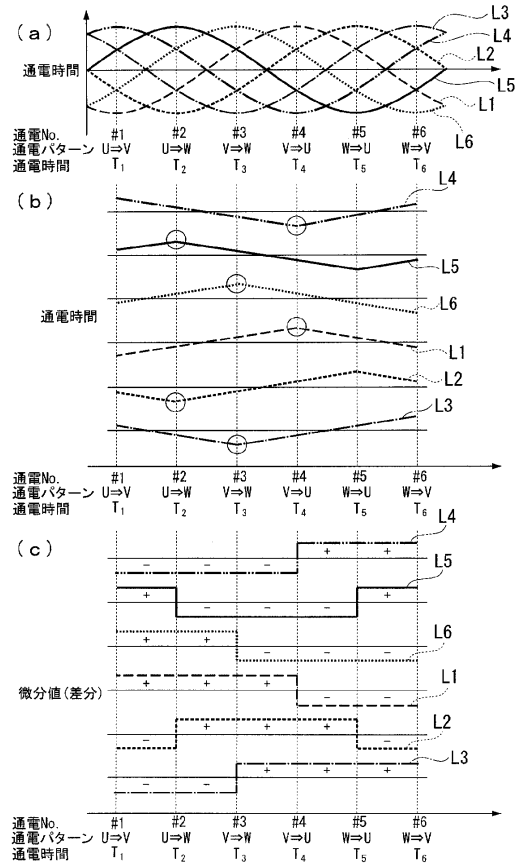
【図8】



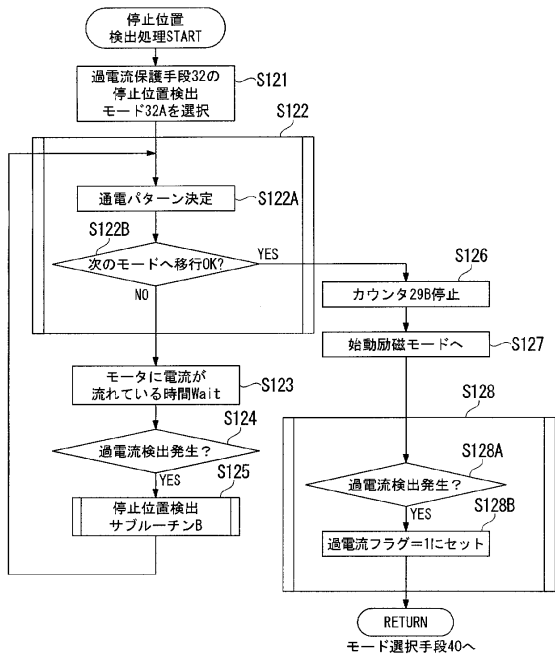
【図9】



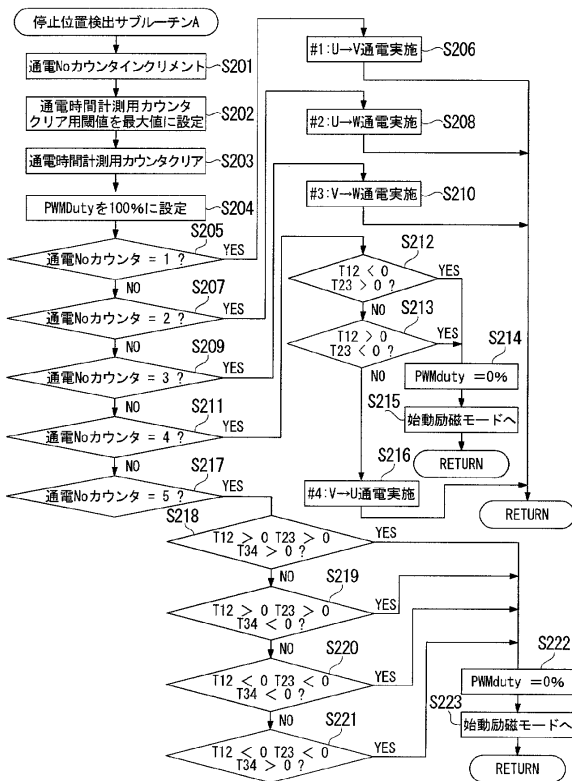
【図10】



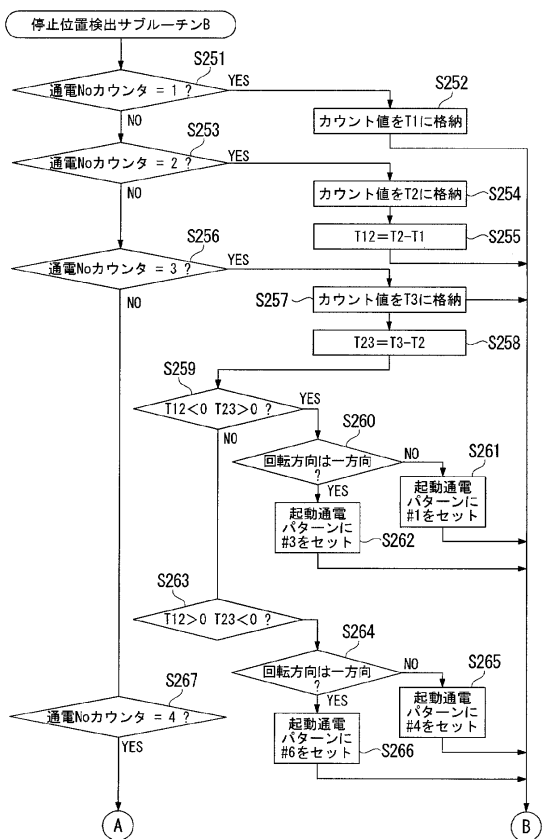
【図11】



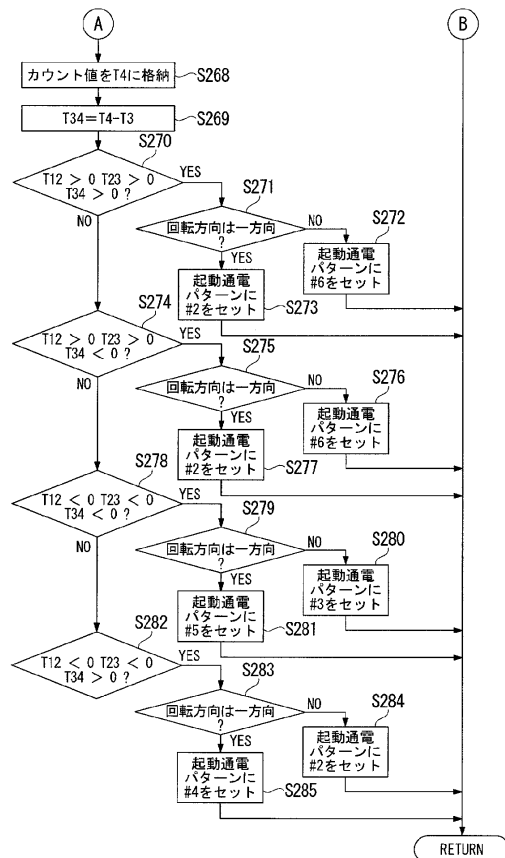
【図12】



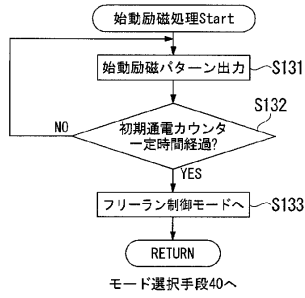
【図13】



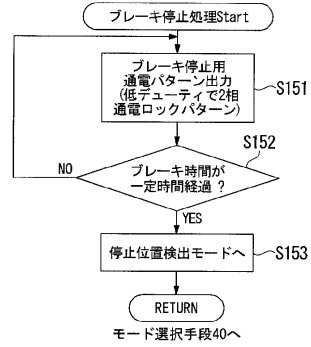
【図14】



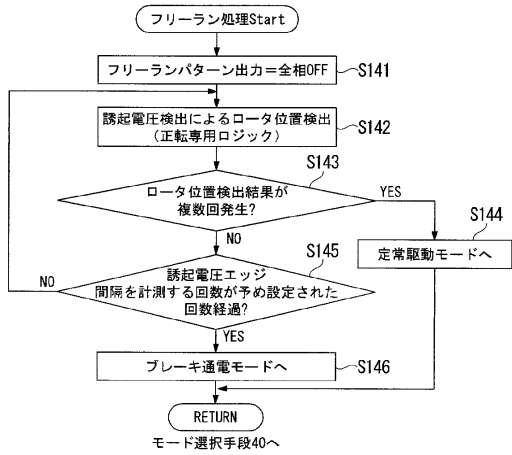
【図15】



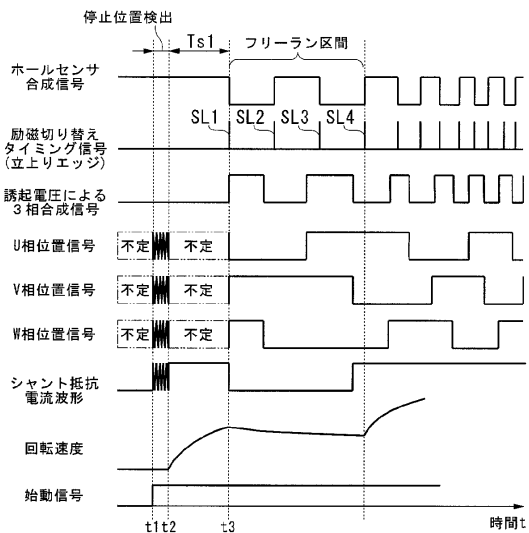
【図17】



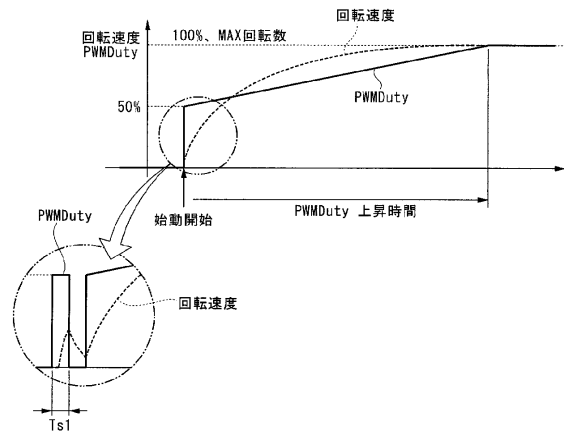
【図16】



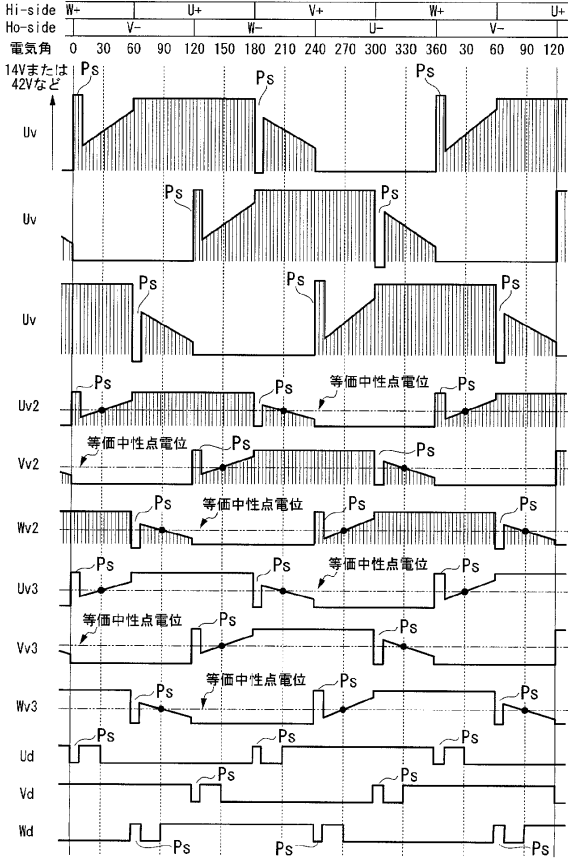
【図18】



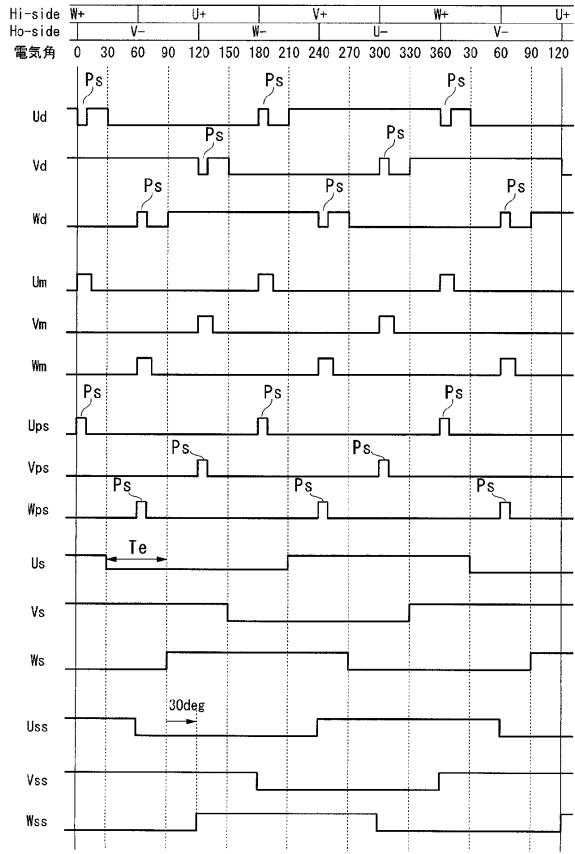
【図19】



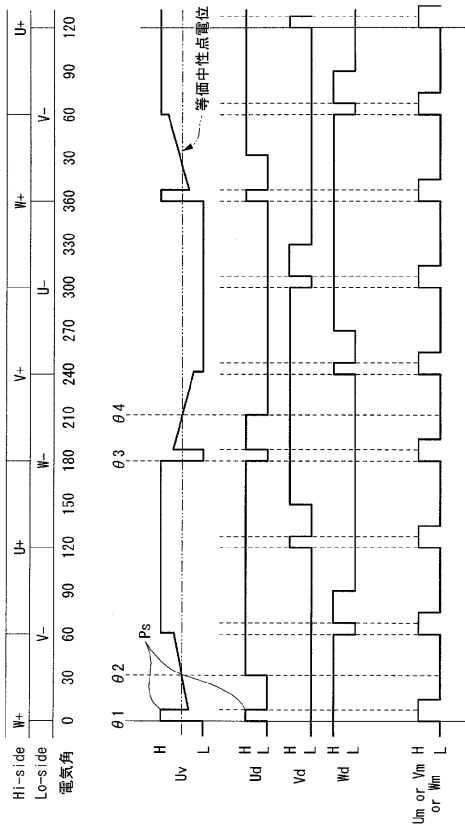
【図 20】



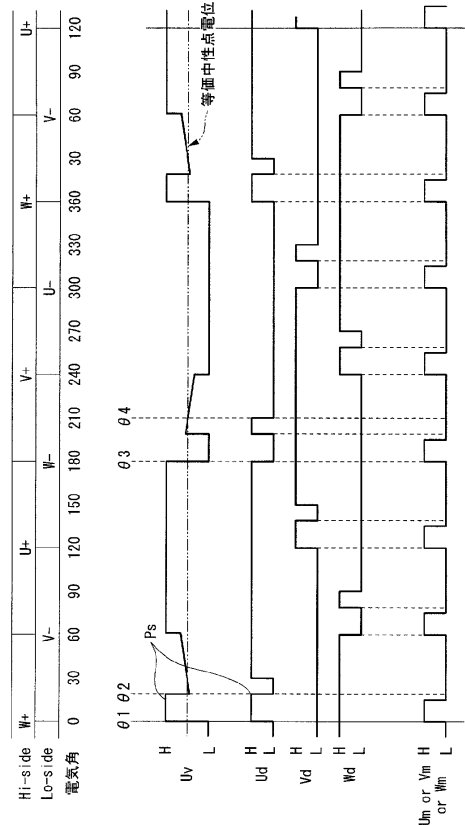
【図 21】



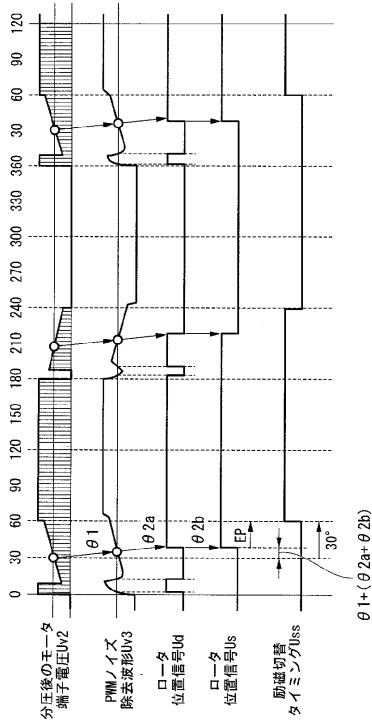
【図 22】



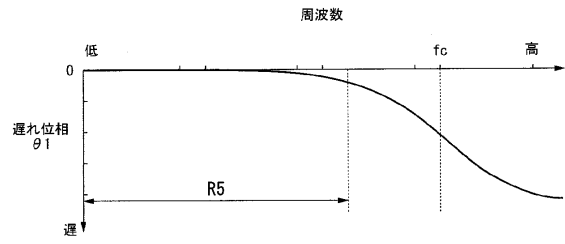
【図 23】



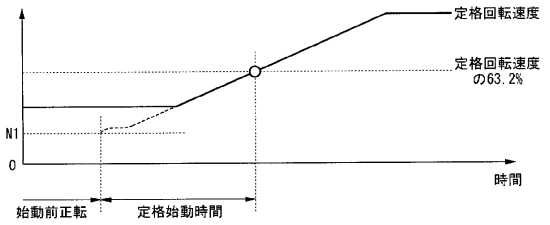
【図 24】



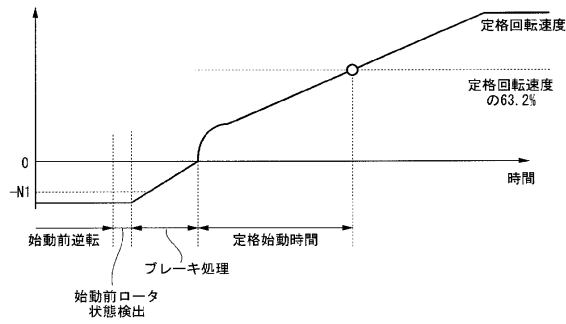
【図 25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

- (72)発明者 洪谷 真治
群馬県桐生市広沢町一丁目二六八一番地 株式会社ミツバ内
- (72)発明者 磯村 俊章
群馬県桐生市広沢町一丁目二六八一番地 株式会社ミツバ内
- (72)発明者 根岸 覚
群馬県桐生市広沢町一丁目二六八一番地 株式会社ミツバ内

審査官 森山 拓哉

- (56)参考文献 特開2000-287477(JP,A)
特開2002-119083(JP,A)
特開2004-261275(JP,A)

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