

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4243567号
(P4243567)

(45) 発行日 平成21年3月25日 (2009. 3. 25)

(24) 登録日 平成21年1月9日 (2009. 1. 9)

(51) Int. Cl.

F I

H02P 6/18 (2006.01)

H02P 6/02 371S

H02P 6/02 371T

請求項の数 28 (全 44 頁)

(21) 出願番号 特願2004-159201 (P2004-159201)
 (22) 出願日 平成16年5月28日 (2004. 5. 28)
 (65) 公開番号 特開2005-39991 (P2005-39991A)
 (43) 公開日 平成17年2月10日 (2005. 2. 10)
 審査請求日 平成16年12月2日 (2004. 12. 2)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-186826 (P2003-186826)
 (32) 優先日 平成15年6月30日 (2003. 6. 30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100091524
 弁理士 和田 充夫
 (74) 代理人 100062926
 弁理士 東島 隆治
 (72) 発明者 岩永 太志
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサレスモータ駆動装置、及びその駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサレスモータのモータコイルを通電させる出力回路；
 前記センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、前記モータコイルの通電のタイミングを示すPWM制御信号、を生成するPWM制御部；
 転流信号に同期して通電相を切り換える通電相切換回路；
 前記通電相に対応する前記モータコイルを選択し、その選択された前記モータコイルの通電を前記出力回路により前記PWM制御信号に従って変化させ、特にPWM禁止期間では前記出力回路による特定の前記モータコイルの通電を禁止するブリドライブ回路；
 前記モータコイルに誘起されるBEMF（逆起電力）を検出し、前記BEMFと前記モータコイルの中点電圧とを比較するBEMF比較部；
 BEMF検出期間中に前記BEMFと前記中点電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成する自励転流回路；及び、
 前記自励転流信号に基づき前記転流信号を生成し、前記転流信号の間隔を計測し、その間隔に基づき前記位置信号を生成し、前記位置信号に基づき前記PWM禁止期間と前記BEMF検出期間とを設定し、特に前記PWM禁止期間を前記BEMF検出期間より早く開始させ、前記転流信号に同期して前記PWM禁止期間と前記BEMF検出期間とを共に終了させるカウント部；
 を有するセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 2】

10

20

原指令と前記位置信号とに基づき目標電流を設定する指令回路；
前記モータコイルの電流を検出し、その検出電流と前記目標電流とを比較する電流比較部；及び

前記検出電流と前記目標電流との差に応じ、前記 P W M 制御信号を生成する P W M 制御回路；

を前記 P W M 制御部が有する、請求項 1 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 3】

前記指令回路が前記目標電流を徐々に増減させる、請求項 2 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 4】

前記 P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過する時、又は前記ロータの推定位置が前記 P W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化する時、のいずれか早い時点に、前記カウント部が前記 B E M F 検出期間を開始させる、請求項 1 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 5】

センサレスモータのモータコイルを通電させる出力回路；

前記センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、前記モータコイルの通電のタイミングを示す P W M 制御信号、を生成する P W M 制御部；

転流信号に同期して通電相を切り換える通電相切換回路；

前記通電相に対応する前記モータコイルを選択し、その選択された前記モータコイルの通電を前記出力回路により前記 P W M 制御信号に従って変化させるブリドライブ回路；

前記モータコイルに誘起される B E M F を検出し、前記 B E M F と前記モータコイルの中点電圧とを比較する B E M F 比較部；

B E M F 検出期間中に前記 B E M F と前記中点電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成する自励転流回路；

所定の周期で他励転流信号を生成する他励転流回路；

前記自励転流信号と前記他励転流信号とのうち、前記 B E M F 検出期間中に先に入力される方を前記転流信号として選択する選択回路；及び、

前記転流信号の間隔を計測し、その間隔に基づき前記位置信号を生成し、前記位置信号に基づき前記 B E M F 検出期間を設定し、特に前記転流信号に同期して前記 B E M F 検出期間を終了させるカウント回路；

を有する、センサレスモータ駆動装置。

【請求項 6】

原指令と前記位置信号とに基づき目標電流を設定する指令回路；

前記モータコイルの電流を検出し、その検出電流と前記目標電流とを比較する電流比較部；及び

前記検出電流と前記目標電流との差に応じ、前記 P W M 制御信号を生成する P W M 制御回路；

を前記 P W M 制御部が有する、請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 7】

前記指令回路が前記目標電流を徐々に増減させる、請求項 6 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 8】

前記カウント回路が、前記位置信号に基づき P W M 禁止期間を設定し、特に前記 P W M 禁止期間を前記 B E M F 検出期間より早く開始させ、前記転流信号に同期して前記 P W M 禁止期間を終了させ；

前記ブリドライブ回路が、前記 P W M 禁止期間では前記出力回路による特定のモータコイルの通電を禁止する；

請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 9】

前記 P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又は前記ロータの推定位置が前記 P W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点に、前記カウンタ回路が前記 B E M F 検出期間を開始させる、請求項 8 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 10】

前記他励転流回路が前記他励転流信号を恒常的に生成する、請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 11】

前記 B E M F 検出期間中に前記自励転流信号が前記他励転流信号より先に入力されるとき、次の B E M F 検出期間では前記他励転流回路が前記他励転流信号の周期を延長する、請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

10

【請求項 12】

前記 B E M F 検出期間中に前記他励転流信号が前記自励転流信号より先に入力されることが所定回数連続するとき、次の B E M F 検出期間では前記他励転流回路が前記他励転流信号の周期を延長する、請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 13】

前記他励転流回路が、周期の異なるパルス信号を少なくとも二種類生成し、前記パルス信号のいずれか一つを前記他励転流信号として選択する、請求項 5 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 14】

20

前記パルス信号が、一定の周期を持つ第一の信号と、前記第一の信号の周期の二倍の周期を持つ第二の信号と、を含む、請求項 13 記載のセンサレスモータ駆動装置。

【請求項 15】

センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、前記センサレスモータのモータコイルの通電のタイミングを示す P W M 制御信号、を生成するステップ；

通電相に対応する前記モータコイルを選択し、その選択された前記モータコイルを前記 P W M 制御信号に従って通電させるステップ；

前記位置信号に基づき P W M 禁止期間を開始させるステップ；

前記 P W M 禁止期間中、特定の前記モータコイルの通電を禁止するステップ；

前記モータコイルに誘起される B E M F を検出し、前記 B E M F と前記モータコイルの中点電圧とを比較するステップ；

30

前記 P W M 禁止期間の開始より遅れて B E M F 検出期間を開始させるステップ；

前記 B E M F 検出期間中に前記 B E M F と前記中点電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成するステップ；

前記自励転流信号に基づき転流信号を生成するステップ；

前記転流信号に同期して前記 P W M 禁止期間と前記 B E M F 検出期間とを共に終了させるステップ；

前記転流信号に同期して前記通電相を切り換えるステップ；

前記転流信号の間隔を計測するステップ；及び、

前記転流信号の間隔に基づき前記位置信号を生成するステップ；

40

を有するセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 16】

原指令と前記位置信号とに基づき目標電流を設定するサブステップ；

前記モータコイルの電流を検出し、その検出電流と前記目標電流とを比較するサブステップ；及び、

前記検出電流と前記目標電流との差に応じ、前記 P W M 制御信号を生成するサブステップ；

を、前記 P W M 制御信号を生成するステップを含む、請求項 15 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 17】

50

前記目標電流を設定するサブステップごとに前記目標電流が徐々に増減する、請求項 16 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 18】

前記 P W M 禁止期間の開始時点から経過時間と前記ロータの推定位置の変化量とを計測するステップ、を前記センサレスモータ駆動方法が有し；

前記 P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又は前記ロータの推定位置が前記 P W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点に、前記 B E M F 検出期間を開始させるステップが実行される；

請求項 15 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 19】

10

センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、前記センサレスモータのモータコイルの通電のタイミングを示す P W M 制御信号、を生成するステップ；

通電相に対応する前記モータコイルを選択し、その選択された前記モータコイルを前記 P W M 制御信号に従って通電させるステップ；

前記モータコイルに誘起される B E M F を検出し、前記 B E M F と前記モータコイルの中点電圧とを比較するステップ；

前記位置信号に基づき B E M F 検出期間を開始させるステップ；

前記 B E M F 検出期間中に前記 B E M F と前記中点電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成するステップ；

所定の周期で他励転流信号を生成するステップ；

20

前記自励転流信号と前記他励転流信号とのうち、前記 B E M F 検出期間中に先に生成される方を転流信号として選択するステップ；

前記転流信号に同期して前記 B E M F 検出期間を終了させるステップ；

前記転流信号に同期して前記通電相を切り換えるステップ；

前記転流信号の間隔を計測するステップ；及び、

前記転流信号の間隔に基づき前記位置信号を生成するステップ；

を有する、センサレスモータ駆動方法。

【請求項 20】

原指令と前記位置信号とに基づき目標電流を設定するサブステップ；

前記モータコイルの電流を検出し、その検出電流と前記目標電流とを比較するサブステップ；及び、

30

前記検出電流と前記目標電流との差に応じ、前記 P W M 制御信号を生成するサブステップ；

を、前記 P W M 制御信号を生成するステップが含む、請求項 19 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 21】

前記目標電流を設定するサブステップごとに前記目標電流が徐々に増減する、請求項 20 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 22】

前記位置信号に基づき P W M 禁止期間を前記 B E M F 検出期間より早く開始させるステップ；

40

前記 P W M 禁止期間中、特定の前記モータコイルの通電を禁止するステップ；及び、

前記転流信号に同期して前記 P W M 禁止期間を終了させるステップ；

を有する、請求項 19 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 23】

前記 P W M 禁止期間の開始時点から経過時間と前記ロータの推定位置の変化量とを計測するステップ、を前記センサレスモータ駆動方法が有し；

前記 P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又は前記ロータの推定位置が前記 P W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点に、前記 B E M F 検出期間を開始させるステップが実行される；

50

請求項 2 2 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 2 4】

前記他励転流信号を生成するステップが恒常的に実行される、請求項 1 9 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 2 5】

前記 B E M F 検出期間中に前記自励転流信号が前記他励転流信号より先に生成されるとき、次の B E M F 検出期間では前記他励転流信号の周期を延長するステップ、を有する、請求項 1 9 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 2 6】

前記 B E M F 検出期間中に前記他励転流信号が前記自励転流信号より先に生成されることが所定回数連続するとき、次の B E M F 検出期間では前記他励転流信号の周期を延長するステップ、を有する、請求項 1 9 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 2 7】

前記他励転流信号を生成するステップが、周期の異なるパルス信号を少なくとも二種類生成するサブステップと、前記パルス信号のいずれか一つを前記他励転流信号として選択するサブステップと、を含む、請求項 1 9 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【請求項 2 8】

前記パルス信号が、一定の周期を持つ第一の信号と、前記第一の信号の周期の二倍の周期を持つ第二の信号と、を含む、請求項 2 7 記載のセンサレスモータ駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明はセンサレスモータの駆動装置及びその駆動方法に関し、特に他励転流制御によりセンサレスモータの起動制御を行うものに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

ブラシレスモータでは、ブラシによる機械的な転流に代え、電氣的な転流が行われる。電氣的な転流にはロータの位置（すなわち回転角）が必要である。

従来のブラシレスモータには、例えばホール素子等の位置センサが備えられ、それらを通してロータの位置が検出された（例えば、特許文献 1 及び 2 参照）。

【0 0 0 3】

センサレスモータでは、ロータの回転中、モータコイルに誘起される電圧（以下、B E M F（逆起電力）という）が検出される。その B E M F を利用し、位置センサによらずにロータの位置検出が行われる。

センサレスモータは位置センサを持たないので、部品点数が少なく、かつ配線が比較的単純である。従って、小型化が容易であるので、例えば、F D D、H D D、及び M D / C D / D V D ドライブ等のスピンドルモータ、並びに、V T R 及びビデオカメラ等のシリンダモータとして多用される。

【0 0 0 4】

図 27 は、従来のセンサレスモータ駆動装置を示すブロック図である（例えば、非特許文献 1 参照）。このセンサレスモータ駆動装置は、例えば三相のセンサレスモータ M を駆動する。

P W M 制御部 10 は位置信号 PS に基づき、P W M 制御信号 P と P W M マスク信号 MPWM とを生成する。ここで、位置信号 PS はセンサレスモータ M のロータ（図示せず）の推定位置を示す。P W M 制御信号 P はセンサレスモータ M のモータコイル Mu、Mv、Mw の通電のタイミングを示す。P W M マスク信号 MPWM は P W M 制御信号 P の立ち上がり立ち下がりとのそれぞれから所定時間、アクティブに維持される。

【0 0 0 5】

ブリッド回路 20 は通電相切換信号 CP に従い、例えば出力回路 3 の三つのハイサイドパワートランジスタ 31U、31V、31W の中から一つを選択し、オン状態に維持する。更に、

10

20

30

40

50

三つのローサイドパワートランジスタ32U、32V、32Wの中から一つを選択し、PWM制御信号Pに従い、小刻みにオンオフさせる。それにより、三つのモータコイルMu、Mv、Mwのうち二つが通電する。ここで、通電のパターンには六種類があり、それぞれが異なる通電相に対応する。

通電するモータコイルには磁界が発生し、ロータにトルクを与える。

【0006】

BEMF比較部4は三つのコンパレータ4U、4V、4Wを含み、センサレスモータMの三つの駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位と三つのモータコイルMu、Mv、Mwの midpoint Cの電位（以下、中点電圧という）とを比較する。

自励転流回路50はBEMF比較部4の三つの出力信号BCU、BCV、BCWに基づき、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位とモータコイルの midpoint 電圧との一致を検出する。ここで、BEMF比較部4の出力信号BCU、BCV、BCWは二種類のマスク信号MZCとMPWMとに従いマスクされる。それにより、通電相のそれぞれで、非通電のモータコイルでのBEMFとモータコイルの midpoint 電圧との一致（以下、ゼロクロスという）が正確に検出される。自励転流回路50はゼロクロスの検出時、自励転流信号SCを生成する。

【0007】

他励転流回路60は、所定の周期で一定のパルス信号、すなわち他励転流信号FCを生成する。

カウンタ部70は、自励転流信号SCと他励転流信号FCとのいずれかを選択し、転流信号CSとして通電相切換回路80へ送出する。一方、転流信号CSの間隔を計測し、その間隔に基づき位置信号PSを生成する。ここで、転流信号CSは例えば、選択される自励転流信号SC又は他励転流信号FCから約30°位相が遅れるように設定される。

通電相切換回路80は転流信号CSの入力ごとに通電相切換信号CPを生成する。更に、転流信号CSの入力時点から所定時間、位置検出マスク信号MZCをアクティブに維持する。

【0008】

図28は、センサレスモータMについて、ロータの安定な回転時での三つのモータコイルMu、Mv、Mwそれぞれの電流（すなわち相電流）Iu、Iv、Iw、とBEMFVu、Vv、Vw、三つの駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位VU0、VV0、VW0、及び位置検出マスク信号MZCを示す波形図である。図28では横軸が位相を示し、電気角で表されたロータの位置に対応する。

【0009】

ブリッドドライブ回路20は通電相ごとに、出力回路3の六つのパワートランジスタのオンオフを切り換える。ここで、オンオフのパターン、及びそれに伴うモータコイルの通電のパターンには、図28に示されるI~VIまでの六種類がある。すなわち、通電相は相電流の一周を60°ずつに分ける。各通電相では、三つのモータコイルMu、Mv、Mwのうち、一つにソース電流（駆動端子からモータコイルの midpoint Cへの向き（図27に示される矢印の向き）に流れる電流）が流れ、別の一つにシンク電流（ソース電流とは逆向きに流れる電流）が流れ、残りの一つが非通電に維持される。図28ではシンク電流が斜線部で示される。

【0010】

従来のセンサレスモータ駆動装置では、ブリッドドライブ回路20が各通電相で、例えば、ソース電流が流れるハイサイドパワートランジスタ31U、31V、31Wをオン状態に維持し、シンク電流が流れるローサイドパワートランジスタ32U、32V、32Wのオンオフに対しPWM制御を行う。ブリッドドライブ回路20は更に、通電相の切換に伴うパワートランジスタのオンオフをハードスイッチングで行う。それにより、相電流Iu、Iv、Iwが矩形波を成す。特にモータコイルMu、Mv、Mwのそれぞれでは120°の通電期間と60°の非通電期間とが交互に反復される。更に、相電流Iu、Iv、Iw間の位相差は120°に維持される。

【0011】

ロータの回転により、モータコイルMu、Mv、MwのそれぞれにはBEMFVu、Vv、Vwが誘起される。BEMFVu、Vv、Vwの波形は正弦波に近い。

センサレスモータMの三つの駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位VU0、VV0、VW0は、出力回路3から印加される駆動電圧にBEMFVu、Vv、Vwをそれぞれ重畳した電圧に等しい。

10

20

30

40

50

ここで、図28では、P W M制御による出力電圧VU0、VV0、VW0それぞれの細かいリプルが省略される。

各通電相では非通電のモータコイル、すなわち出力回路3から駆動電圧を印加されないモータコイルで、B E M F Vu、Vv、Vwがゼロクロスを生じる（図28に示される白丸ZC参照）。従って、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位VU0、VV0、VW0がモータコイルの midpoint 電圧と一致する時点（図28に示される黒丸ZC0参照）が、B E M F Vu、Vv、VwそれぞれのゼロクロスZCに対応する。

【 0 0 1 2 】

B E M F Vu、Vv、Vwそれぞれのレベルは、ステータの磁極中心（モータコイルMu、Mv、Mwのそれぞれを流れる相電流Iu、Iv、Iwにより生成される磁界のそれぞれが特に集中する部分）とロータの磁極中心との間の角度に対応する。特に、ゼロクロスの時点ではロータの位置が、60°（電気角）間隔の六つの所定位置（図28では0°、60°、120°、180°、240°、300°）のいずれかと一致する。

従って、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位VU0、VV0、VW0によるゼロクロスZC0の検出により、ロータの位置が推定される。その推定されるロータの位置に基づき、モータコイルの通電が制御され、例えばステータの磁極中心とロータの磁極中心との間の角度が適切な範囲内に維持される。それにより、ロータにはトルクが効率良く与えられ、かつ十分に大きく維持される。

図28では、転流信号CSの位相がゼロクロスの検出時点から約30°遅れるので、通電相がゼロクロスの検出時点から約30°遅れて切り換えられる。それによりステータの磁極中心とロータの磁極中心との間の角度が実質的に90°（電気角）と等しく維持されるので、ロータに与えられるトルクが最大に維持される。従って、ロータの安定な回転が効率良く維持され、かつ負荷変動に対して強い。

【 0 0 1 3 】

駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位VU0、VV0、VW0の変化は、実際には、パワートランジスタのオンオフに起因するノイズを含む。そのノイズは主に、通電相の切換に伴うノイズN（図28参照）、及びP W M制御に伴う細かいリプル（図示せず）である。それらのノイズは、B E M F 比較部4によるゼロクロスの検出に誤差を与える。

従来のセンサレスモータ駆動装置では各通電相の切換ごとに、すなわち転流信号CSの生成ごとに、位置検出マスク信号MZCが所定時間、アクティブに維持される（図28参照）。その期間ではB E M F 比較部4の出力信号BCU、BCV、BCWがマスクされるので、通電相の切換に伴うノイズNによるゼロクロスの誤検出が回避される。

更に、P W M制御信号Pの立ち上がり／立ち下がりごとにP W Mマスク信号MPWMが所定時間、アクティブに維持される。その期間ではB E M F 比較部4の出力信号BCU、BCV、BCWがマスクされるので、P W M制御に伴うリプルによるゼロクロスの誤検出が回避される。

こうして、ゼロクロスの正確な検出が実現する。

【 0 0 1 4 】

センサレスモータでのロータの位置検出は上記の通り、モータコイルでのB E M Fによるゼロクロスの検出に基づく。ロータがある程度以上の速度で回転するときでしかB E M Fは検出されないため、上記のロータ位置検出はセンサレスモータの起動には使用できない。

従来のセンサレスモータ駆動装置は例えば、センサレスモータの起動時、自励転流回路50からの自励転流信号SCに代え、他励転流回路60からの他励転流信号FCを用いる（図27参照）。それにより、モータコイルの通電を一定の周期で、ロータの実際の位置とは無関係に切り換える。他励転流信号FCに基づく通電制御（以下、他励転流制御という）は、センサレスモータの起動開始時点から所定時間、又はロータの回転数が一定値に達する時点まで継続される。その後、他励転流制御は、自励転流信号SCに基づく通電制御（以下、自励転流制御という）に切り換えられる。

こうして、従来のセンサレスモータ駆動装置はロータの位置検出によらず、センサレスモータの起動を実現した。

【 0 0 1 5 】

【特許文献 1】特開2003-174789号公報

【特許文献 2】特開2003-244983号公報

【非特許文献 1】日下智、「特集 実験で学ぶモータ制御回路の設計 第4章 センサレス D C モータの駆動法」、トランジスタ技術、C Q 出版社、2000年2月、第37巻、第425号、p.221-228

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 6 】

ブラシレスモータでは一般に、通電相の切換に伴い、ステータの磁極とロータの磁極との間での吸引力ノ反発力、及び、ステータ内部とロータ内部とのそれぞれの応力分布が周期的に変化する。それにより、ブラシレスモータからは一般に騒音（以下、モータエコーノイズという）が発生する。特に、図28に示されるように、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w が急峻な変化を示すとき、モータエコーノイズは過大になりやすい。従って、モータエコーノイズの抑制には相電流の緩やかな変化が望ましい。

位置センサを備えるブラシレスモータではセンサレスモータとは異なり、ロータの位置検出がモータコイルの非通電期間を要しない。従って、相電流の緩やかな変化が容易に実現できるので、モータエコーノイズの抑制が比較的容易である（例えば特許文献 1 及び 2 参照）。特に、モータコイルの通電制御を P W M 制御で行う場合、位置センサの検出精度はその P W M 制御に伴うリップルに関わらず、高く維持される。

【 0 0 1 7 】

一方、センサレスモータでは上記の通り、B E M F のゼロクロス検出がモータコイルの非通電期間を要する。しかし、相電流の緩やかな変化はモータコイルの非通電期間を短縮する。特に、位置センサを備えるブラシレスモータと同様な通電制御では、モータコイルの非通電期間を確保できない。

更に、P W M 制御に伴うリップルはゼロクロスの検出精度を低下させるので、確実にマスクされねばならない。しかし、相電流の緩やかな変化は P W M 制御期間の延長を要する。それに伴い、上記のマスクに要する期間が延長されるので、ゼロクロスの検出期間が短縮される。

こうして、センサレスモータでは、モータエコーノイズの抑制がゼロクロスの正確な検出を妨げた。

【 0 0 1 8 】

ゼロクロスの正確な検出に対する妨げは自励転流制御の确实性の向上を妨げ、特にセンサレスモータでの発生トルクの増大を妨げた。すなわち、モータエコーノイズの抑制と自励転流制御による発生トルクの増大とは両立が困難であった。

【 0 0 1 9 】

ゼロクロスの正確な検出に対する妨げは更に、センサレスモータの迅速かつ確実な起動を次のように困難にした。

他励転流制御では、ロータの実際の位置に関わらず、モータコイルの通電が切り換えられる。従って、ステータの磁極中心とロータの磁極中心との間の角度が一般には最適な範囲から外れるので、発生トルクの増大が一般に困難であった。その結果、他励転流制御によるセンサレスモータの起動では、起動トルクの増大が困難であるので、起動時間の短縮が困難であった。更に、起動制御が負荷変動に対して弱かった。

例えば C D / D V D 兼用ドライブのスピンダルモータとしてセンサレスモータが利用されるとき、C D と D V D とでは慣性モーメントが異なる。更に、H D D のスピンダルモータとしてセンサレスモータが利用されるとき、容量により磁気ディスクの枚数が異なり、更にサイズによりディスク半径が異なる。他励転流制御では、そのような様々な負荷のいずれに対しても共通にセンサレスモータの起動を安定化させることは困難であった。

これらの困難を解消するには、センサレスモータの起動時、他励転流制御から自励転流制御への切り換えができる限り速やかに、かつ確実に行われねばならない。

【 0 0 2 0 】

しかし、従来のセンサレスモータ駆動装置ではセンサレスモータの起動時、例えば起動時点から所定時間、又はロータの回転数が一定値に達する時点まで他励転流制御が継続された。すなわち、ゼロクロスの正確な検出が可能とみなせる状態に達するまでは、他励転流制御が自励転流制御へは切り換えられなかった。ゼロクロスの正確な検出が妨げられるとき、上記の所定時間の短縮は起動の確実性を損なうので困難であった。一方、センサレスモータの起動時点から、ロータの回転数が一定値に達する時点までに要する時間は、他励転流制御では短縮が困難であった。

こうして、従来のセンサレスモータ駆動装置ではセンサレスモータの起動時、他励転流制御から自励転流制御への迅速かつ確実な切り換えが困難であった。それ故、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が困難であった。

10

【 0 0 2 1 】

本発明は、モータエコーノイズを抑制したまま B E M F のゼロクロスを正確に検出し、それによりセンサレスモータの迅速かつ確実な起動を実現させるセンサレスモータ駆動装置及びその駆動方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置は、
センサレスモータのモータコイルに通電させる出力回路；
センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、モータコイルの通電
のタイミングを示す P W M 制御信号、を生成する P W M 制御部；
転流信号に同期して通電相を切り換える通電相切換回路；
通電相に対応するモータコイルを選択し、その選択されたモータコイルの通電を出力回路により P W M 制御信号に従って変化させ、特に P W M 禁止期間では出力回路による特定のモータコイルの通電を禁止するプリドライブ回路；
モータコイルに誘起される B E M F を検出し、B E M F とモータコイルの midpoint 電圧とを比較する B E M F 比較部；
B E M F 検出期間中に B E M F とモータコイルの midpoint 電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成する自励転流回路；及び、
自励転流信号に基づき上記の転流信号を生成し、その転流信号の間隔を計測し、その間
隔に基づき上記の位置信号を生成し、その位置信号に基づき P W M 禁止期間と B E M F 検
出期間とを設定し、特に P W M 禁止期間を B E M F 検出期間より早く開始させ、転流信号
に同期して P W M 禁止期間と B E M F 検出期間とを共に終了させるカウンタ部；
を有する。

20

30

【 0 0 2 3 】

このセンサレスモータ駆動装置はまず、P W M 禁止期間を設定し、その期間では特定のモータコイルの通電を禁止する。こうして、モータコイルの非通電期間が確保される。

次に、P W M 禁止期間の開始から遅れて B E M F 検出期間を開始させる。それによりモータコイルの一つに対する B E M F 検出期間の開始時点では既に、そのモータコイルの通電に対する P W M 制御が停止している。従って、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

40

更に、転流信号に同期して、すなわちゼロクロスの検出時、通電相が切り換えられると共に、P W M 禁止期間と B E M F 検出期間とが終了する。それにより、ゼロクロスの検出時、モータコイルの通電とそれに対する P W M 制御とが迅速に再開できる。例えば相電流が緩やかに変化するようにモータコイルの通電が制御されるとき、ゼロクロスの検出と同時に相電流の立ち上げを開始できる。従って、トルクの発生に適した範囲内にロータが位置する期間では相電流が十分に大きいので、発生トルクが十分に大きい。

こうして、本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置は、相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制し、かつ発生トルクを十分に増大できる。

【 0 0 2 4 】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは P W M 制御部が、

50

原指令と上記の位置信号とに基づき目標電流を設定する指令回路；

モータコイルの電流、すなわち相電流を検出し、その検出電流と目標電流とを比較する電流比較部；及び

検出電流と目標電流との差に応じ、P W M制御信号を生成するP W M制御回路；を有する。すなわち、P W M制御部が相電流に関するフィードバック制御を行う。

特に好ましくは、指令回路が目標電流を徐々に増減させる。それにより、相電流が緩やかな波形に制御されるので、モータエコーノイズが抑制される。

【 0 0 2 5 】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、P W M禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又はロータの推定位置がP W M禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点に、カウント部がB E M F検出期間を開始させる。

10

それにより、ロータの回転が低速のときは、P W M禁止期間の開始時点から一定時間の経過時にB E M F検出期間が開始される。一方、ロータの回転が高速のときは、ロータの推定位置がP W M禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化する時にB E M F検出期間が開始される。その結果、ロータの実際の回転数に関わらず、B E M F検出期間が十分に長く確保されるので、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

【 0 0 2 6 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置は、

センサレスモータのモータコイルを通電させる出力回路；

20

センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、モータコイルの通電のタイミングを示すP W M制御信号、を生成するP W M制御部；

転流信号に同期して通電相を切り換える通電相切換回路；

通電相に対応するモータコイルを選択し、その選択されたモータコイルの通電を出力回路によりP W M制御信号に従って変化させるプリドライブ回路；

モータコイルに誘起されるB E M Fを検出し、そのB E M Fとモータコイルの midpoint 電圧とを比較するB E M F比較部；

B E M F検出期間中にB E M Fと midpoint 電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成する自励転流回路；

所定の周期で他励転流信号を生成する他励転流回路；

30

自励転流信号と他励転流信号とのうち、B E M F検出期間中に先に入力される方を転流信号として選択する選択回路；及び、

転流信号の間隔を計測し、その間隔に基づき上記の位置信号を生成し、その位置信号に基づきB E M F検出期間を設定し、特に転流信号に同期してB E M F検出期間を終了させるカウント回路；

を有する。

【 0 0 2 7 】

このセンサレスモータ駆動装置は他励転流制御中、B E M F検出期間を確保し、ゼロクロスの検出動作を並行する。転流信号は自励転流信号又は他励転流信号のいずれか早く生成された信号であり、B E M F検出期間はその転流信号の生成により終了する。自励転流信号はB E M F検出期間にしか生成されないで、自励転流信号の生成時、すなわちゼロクロスの検出時には必ず、その自励転流信号が転流信号として選択される。こうして、他励転流制御はゼロクロスの検出により速やかに自励転流制御に切り換えられる。

40

特にセンサレスモータの起動が他励転流制御により行われるとき、他励転流制御から自励転流制御への切り換えが迅速かつ確実に行われる。従って、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【 0 0 2 8 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくはP W M制御部が、原指令と上記の位置信号とに基づき目標電流を設定する指令回路；

モータコイルの電流、すなわち相電流を検出し、その検出電流と目標電流とを比較する

50

電流比較部；及び

検出電流と目標電流との差に応じ、P W M制御信号を生成するP W M制御回路；
を有する。すなわち、P W M制御部が相電流に関するフィードバック制御を行う。

特に好ましくは、指令回路が目標電流を徐々に増減させる。それにより、相電流が緩やかな波形に制御されるので、モータエコーノイズが抑制される。

【 0 0 2 9 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、

カウンタ回路が、上記の位置信号に基づきP W M禁止期間を設定し、特にそのP W M禁止期間をB E M F検出期間より早く開始させ、転流信号に同期してそのP W M禁止期間を終了させ；

ブリドライ回路が、P W M禁止期間では出力回路による特定のモータコイルの通電を禁止する。

【 0 0 3 0 】

このセンサレスモータ駆動装置はまず、P W M禁止期間を設定し、その期間では特定のモータコイルの通電を禁止する。こうして、モータコイルの非通電期間が確保される。

次に、P W M禁止期間の開始から遅れてB E M F検出期間を開始させる。それによりモータコイルの一つに対するB E M F検出期間の開始時点では既に、そのモータコイルの通電に対するP W M制御が停止している。従って、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

更に、転流信号に同期して、すなわちゼロクロスの検出時、通電相が切り換えられると共に、P W M禁止期間とB E M F検出期間とが終了する。それにより、ゼロクロスの検出時、モータコイルの通電とそれに対するP W M制御とが迅速に再開できる。例えば相電流が緩やかに変化するようにモータコイルの通電が制御されるとき、ゼロクロスの検出と同時に相電流の立ち上げを開始できる。従って、トルクの発生に適した範囲内にロータが位置する期間では相電流が十分に大きいので、発生トルクが十分に大きい。

こうして、本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置は、相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制し、かつ発生トルクを十分に増大できる。特にセンサレスモータの起動時、起動トルクが十分に増大できるので、起動時間の短縮が容易であり、更に、起動制御が負荷変動に対して強い。

【 0 0 3 1 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、P W M禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又はロータの推定位置がP W M禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれかが早い時点に、カウンタ部がB E M F検出期間を開始させる。

それにより、ロータの回転が低速のときは、P W M禁止期間の開始時点から一定時間の経過時にB E M F検出期間が開始される。一方、ロータの回転が高速のときは、ロータの推定位置がP W M禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化する時にB E M F検出期間が開始される。その結果、ロータの実際の回転数に関わらず、B E M F検出期間が十分に長く確保されるので、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

特にセンサレスモータの起動時、他励転流制御から自励転流制御への切り換えが迅速かつ確実に実行されるので、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【 0 0 3 2 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、他励転流回路が他励転流信号を恒常的に生成する。

例えば、外部からの突発的な振動／衝撃がロータの安定な回転を妨げ、それにより自励転流信号の生成が突然中断するとき、他励転流信号が即座に転流信号として選択される。すなわち、自励転流制御が即座に他励転流制御に切り換えられる。従って、センサレスモータの再起動がスムーズに実行可能である。

【 0 0 3 3 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、B E M F検出期間中に自励転流信号が他励転流信号より先に入力されるとき、次のB E M F検出期間では

10

20

30

40

50

他励転流回路が他励転流信号の周期を延長する。

ゼロクロスが一旦検出され、自励転流信号が一旦生成されれば、次のBEMF検出期間でもゼロクロスが検出され、自励転流信号が生成される可能性が高い。従って、上記のように他励転流信号の周期を延長することで、次のBEMF検出期間でのゼロクロスの検出可能性を更に高める。それにより、一回のゼロクロス検出だけで、他励転流制御が速やかにかつ確実に自励転流制御へ切り換えられる。こうして、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0034】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、BEMF検出期間中に他励転流信号が自励転流信号より先に入力されることが所定回数連続するとき、次のBEMF検出期間では他励転流回路が他励転流信号の周期を延長する。特に好ましくは上記所定回数の通電相全体が電気角で360°の期間に相当する。

上記のように他励転流信号の選択が連続するとき、他励転流信号はロータの回転と同調していない。特にセンサレスモータの起動時では、他励転流信号の周期がロータの実際の回転周期より極めて短い可能性が高い。例えば、負荷が大きいときはそのような現象が生じやすい。従って、上記のように他励転流信号の周期を延長することで、他励転流信号の周期をロータの実際の回転周期に接近させる。それにより、ゼロクロスの検出可能性が高まる。その結果、他励転流制御から自励転流制御への切り換えを迅速かつ確実にできる。こうして、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0035】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、他励転流回路が、周期の異なるパルス信号を少なくとも二種類生成し、それらのパルス信号のいずれか一つを他励転流信号として選択する。更に、好ましくは、それらのパルス信号が、一定の周期を持つ第一の信号と、第一の信号の周期の二倍の周期を持つ第二の信号と、を含む。

例えばセンサレスモータの起動を第一の信号に基づく他励転流制御で行うとき、自励転流信号がなかなか生成されなければ、第一の信号はロータの回転と同調していない。特に第一の信号の周期がロータの実際の回転周期より極めて短い可能性が高い。例えば、負荷が大きいときはそのような現象が生じやすい。そのときは、第一の信号を第二の信号に切り換える。第二の信号の周期はロータの実際の回転周期に近い可能性が高いので、ゼロクロスの検出可能性が高まる。その結果、他励転流制御から自励転流制御への切り換えを迅速かつ確実にできる。従って、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0036】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動方法は、

センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、センサレスモータのモータコイルの通電のタイミングを示すPWM制御信号、を生成するステップ；

通電相に対応するモータコイルを選択し、その選択されたモータコイルをPWM制御信号に従って通電させるステップ；

上記の位置信号に基づきPWM禁止期間を開始させるステップ；

PWM禁止期間中、特定のモータコイルの通電を禁止するステップ；

モータコイルに誘起されるBEMFを検出し、BEMFとモータコイルの midpoint 電圧とを比較するステップ；

PWM禁止期間の開始より遅れてBEMF検出期間を開始させるステップ；

BEMF検出期間中にBEMFとモータコイルの midpoint 電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成するステップ；

自励転流信号に基づき転流信号を生成するステップ；

転流信号に同期してPWM禁止期間とBEMF検出期間とを共に終了させるステップ；

転流信号に同期して通電相を切り換えるステップ；

転流信号の間隔を計測するステップ；及び、

転流信号の間隔に基づき位置信号を生成するステップ；

を有する。

【 0 0 3 7 】

このセンサレスモータ駆動方法はまず、P W M 禁止期間を設定し、その期間では特定のモータコイルの通電を禁止する。こうして、モータコイルの非通電期間が確保される。

次に、P W M 禁止期間の開始から遅れてB E M F 検出期間を開始させる。それによりモータコイルの一つに対するB E M F 検出期間の開始時点では既に、そのモータコイルの通電に対するP W M 制御が停止している。従って、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

更に、転流信号に同期して、すなわちゼロクロスの検出時、通電相が切り換えられると共に、P W M 禁止期間とB E M F 検出期間とが終了する。それにより、ゼロクロスの検出時、モータコイルの通電とそれに対するP W M 制御とが迅速に再開できる。例えば相電流が緩やかに変化するようにモータコイルの通電が制御されるとき、ゼロクロスの検出と同時に相電流の立ち上げを開始できる。従って、トルクの発生に適した範囲内にロータが位置する期間では相電流が十分に大きいので、発生トルクが十分に大きい。

こうして、本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動方法は、相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制し、かつ発生トルクを十分に増大できる。

【 0 0 3 8 】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動方法では好ましくは、P W M 制御信号を生成するステップが、

原指令と位置信号とに基づき目標電流を設定するサブステップ；

モータコイルの電流を検出し、その検出電流と目標電流とを比較するサブステップ；及び、

検出電流と目標電流との差に応じ、P W M 制御信号を生成するサブステップ；を含む。すなわち、P W M 制御が相電流に関するフィードバック制御に相当する。

特に好ましくは、目標電流を設定するサブステップごとに目標電流が徐々に増減する。それにより相電流が緩やかな波形に制御されるので、モータエコーノイズが抑制される。

【 0 0 3 9 】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動方法は好ましくは、P W M 禁止期間の開始時点から経過時間とロータの推定位置の変化量とを計測するステップ、を有する。そのとき更に、P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又はロータの推定位置がP W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点で、B E M F 検出期間を開始させるステップが実行される。

それにより、ロータの回転が低速のときは、P W M 禁止期間の開始時点から一定時間の経過時にB E M F 検出期間が開始される。一方、ロータの回転が高速のときは、ロータの推定位置がP W M 禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化する時にB E M F 検出期間が開始される。その結果、ロータの実際の回転数に関わらず、B E M F 検出期間が十分に長く確保されるので、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

【 0 0 4 0 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は、

センサレスモータのロータの推定位置を示す位置信号、に基づき、センサレスモータのモータコイルの通電のタイミングを示すP W M 制御信号、を生成するステップ；

通電相に対応するモータコイルを選択し、その選択されたモータコイルをP W M 制御信号に従って通電させるステップ；

モータコイルに誘起されるB E M F を検出し、B E M F とモータコイルの midpoint 電圧とを比較するステップ；

位置信号に基づきB E M F 検出期間を開始させるステップ；

B E M F 検出期間中にB E M F とモータコイルの midpoint 電圧との一致、すなわちゼロクロスを検出し、そのゼロクロスの検出時に自励転流信号を生成するステップ；

所定の周期で他励転流信号を生成するステップ；

自励転流信号と他励転流信号とのうち、B E M F 検出期間中に先に生成される方を転流信号として選択するステップ；

転流信号に同期してB E M F 検出期間を終了させるステップ；

転流信号に同期して通電相を切り換えるステップ；
転流信号の間隔を計測するステップ；及び、
転流信号の間隔に基づき位置信号を生成するステップ；
を有する。

【 0 0 4 1 】

このセンサレスモータ駆動方法は他励転流制御中、B E M F 検出期間を確保し、ゼロクロスの検出動作を並行する。転流信号は自励転流信号又は他励転流信号のいずれか早く生成された信号であり、B E M F 検出期間はその転流信号の生成により終了する。自励転流信号はB E M F 検出期間にしか生成されないの、自励転流信号の生成時、すなわちゼロクロスの検出時には必ず、その自励転流信号が転流信号として選択される。こうして、他励転流制御はゼロクロスの検出により速やかに自励転流制御に切り換えられる。

10

特にセンサレスモータの起動が他励転流制御により行われるとき、他励転流制御から自励転流制御への切り換えが迅速かつ確実に行われる。従って、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【 0 0 4 2 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法では好ましくは、P W M 制御信号を生成するステップが、

原指令と位置信号とに基づき目標電流を設定するサブステップ；

モータコイルの電流を検出し、その検出電流と目標電流とを比較するサブステップ；及び、

20

検出電流と目標電流との差に応じ、P W M 制御信号を生成するサブステップ；
を含む。すなわち、P W M 制御が相電流に関するフィードバック制御に相当する。

特に好ましくは、目標電流を設定するサブステップごとに目標電流が徐々に増減する。それにより相電流が緩やかな波形に制御されるので、モータエコーノイズが抑制される。

【 0 0 4 3 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は好ましくは、

位置信号に基づきP W M 禁止期間をB E M F 検出期間より早く開始させるステップ；

P W M 禁止期間中、特定のモータコイルの通電を禁止するステップ；及び、

転流信号に同期してP W M 禁止期間を終了させるステップ；

を有する。

30

【 0 0 4 4 】

このセンサレスモータ駆動方法はまず、P W M 禁止期間を設定し、その期間では特定のモータコイルの通電を禁止する。こうして、モータコイルの非通電期間が確保される。

次に、P W M 禁止期間の開始から遅れてB E M F 検出期間を開始させる。それによりモータコイルの一つに対するB E M F 検出期間の開始時点では既に、そのモータコイルの通電に対するP W M 制御が停止しているので、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

更に、転流信号に同期して、すなわちゼロクロスの検出時、通電相が切り換えられると共に、P W M 禁止期間とB E M F 検出期間とが終了する。それにより、ゼロクロスの検出時、モータコイルの通電とそれに対するP W M 制御とが迅速に再開できる。例えば相電流が緩やかに変化するようにモータコイルの通電が制御されるとき、ゼロクロスの検出と同時に相電流の立ち上げを開始できる。従って、トルクの発生に適した範囲内にロータが位置する期間では相電流が十分に大きいので、発生トルクが十分に大きい。

40

こうして、本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は、相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制し、かつ発生トルクを十分に増大できる。特にセンサレスモータの起動時、起動トルクが十分に増大できるので、起動時間の短縮が容易であり、更に、起動制御が負荷変動に対して強い。

【 0 0 4 5 】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は好ましくは、P W M 禁止期間の開始時点から経過時間とロータの推定位置の変化量とを計測するステップ、を有する。そのとき更に、P W M 禁止期間の開始時点から一定時間が経過した時点、又はロータの推定

50

位置がPWM禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化した時点、のいずれか早い時点に、BEMF検出期間を開始させるステップが実行される。

それにより、ロータの回転が低速のときは、PWM禁止期間の開始時点から一定時間の経過時にBEMF検出期間が開始される。一方、ロータの回転が高速のときは、ロータの推定位置がPWM禁止期間の開始時点での値から一定量だけ変化する時にBEMF検出期間が開始される。その結果、ロータの実際の回転数に関わらず、BEMF検出期間が十分に長く確保されるので、ゼロクロスの正確な検出が可能である。

特にセンサレスモータの起動時、他励転流制御から自励転流制御への切り換えが迅速かつ確実に実行されるので、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0046】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法では好ましくは、他励転流信号を生成するステップが恒常的に実行される。

例えば、外部からの突発的な振動／衝撃がロータの安定な回転を妨げ、それにより自励転流信号の生成が突然中断するとき、他励転流信号が即座に転流信号として選択される。すなわち、自励転流制御が即座に他励転流制御に切り換えられる。従って、センサレスモータの再起動がスムーズに実行可能である。

【0047】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は好ましくは、BEMF検出期間中に自励転流信号が他励転流信号より先に生成されるとき、次のBEMF検出期間では他励転流信号の周期を延長するステップ、を有する。

ゼロクロスが一旦検出され、自励転流信号が一旦生成されれば、次のBEMF検出期間でもゼロクロスが検出され、自励転流信号が生成される可能性が高い。従って、上記のように他励転流信号の周期を延長することで、次のBEMF検出期間でのゼロクロスの検出可能性を更に高める。それにより、一回のゼロクロス検出だけで、他励転流制御が速やかにかつ確実に自励転流制御へ切り換えられる。こうして、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0048】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動方法は、好ましくは、BEMF検出期間中に他励転流信号が自励転流信号より先に生成されることが所定回数連続するとき、次のBEMF検出期間では他励転流信号の周期を延長するステップ、を有する。特に好ましくは、上記所定回数の通電相全体が電気角で360°の期間に相当する。

上記のように他励転流信号の選択が連続するとき、他励転流信号はロータの回転と同調していない。特にセンサレスモータの起動時では、他励転流信号の周期がロータの実際の回転周期より極めて短い可能性が高い。例えば、負荷が大きいときはそのような現象が生じやすい。従って、上記のように他励転流信号の周期を延長することで、他励転流信号の周期をロータの実際の回転周期に接近させる。それにより、ゼロクロスの検出可能性が高まる。その結果、他励転流制御から自励転流制御への切り換えを迅速かつ確実にできる。こうして、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【0049】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、他励転流信号を生成するステップが、周期の異なるパルス信号を少なくとも二種類生成するサブステップと、それらのパルス信号のいずれか一つを他励転流信号として選択するサブステップと、を含む。更に、好ましくは、それらのパルス信号が、一定の周期を持つ第一の信号と、第一の信号の周期の二倍の周期を持つ第二の信号と、を含む。

例えばセンサレスモータの起動を第一の信号に基づく他励転流制御で行うとき、自励転流信号がなかなか生成されなければ、第一の信号はロータの回転と同調していない。特に第一の信号の周期がロータの実際の回転周期より極めて短い可能性が高い。例えば、負荷が大きいときはそのような現象が生じやすい。そのときは、第一の信号を第二の信号に切り換える。第二の信号の周期はロータの実際の回転周期に近い可能性が高いので、ゼロクロスの検出可能性が高まる。その結果、他励転流制御から自励転流制御への切り換えを迅

10

20

30

40

50

速かつ確実にできる。従って、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

【発明の効果】

【0050】

本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置及び方法は、PWM禁止期間をBEMF検出期間より早く開始させる。更に、ゼロクロスの検出時、通電相が切り換えられると共にPWM禁止期間とBEMF検出期間とを終了させる。従って、例えば相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制するとき、モータコイルの非通電期間が確保されるのでゼロクロスの正確な検出が可能である。更に、ゼロクロスの検出と同時に相電流が速やかに立ち上がるので、発生トルクを十分に増大できる。それにより特に、センサレスモータの駆動制御が負荷変動に対して強い。

10

それ故、本発明の第一の観点によるセンサレスモータ駆動装置及び方法は例えば、CD/DVD兼用ドライブのスピンダルモータとして、及び様々な容量/サイズを持つHDDに汎用のスピンダルモータとして、それぞれ利用されるセンサレスモータの駆動に有利である。

【0051】

本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置及び方法は、他励転流制御中、BEMF検出期間を確保し、ゼロクロスの検出動作を並行する。更に、自励転流信号又は他励転流信号のいずれか早く生成された信号を転流信号として選択することで、ゼロクロス検出時での他励転流制御から自励転流制御への迅速かつ確実な切り換えを実現させる。従って、特にセンサレスモータの起動が他励転流制御により行われるとき、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が可能である。

20

それ故、本発明の第二の観点によるセンサレスモータ駆動装置及び方法は例えば、CD/DVDドライブのスピンダルモータとして利用されるセンサレスモータの駆動では再生品質の向上の点で有利である。更に、HDDのスピンダルモータとして利用されるセンサレスモータの駆動では処理速度の向上の点で有利である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0052】

以下、本発明の最良の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

《実施形態1》

図1は本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置を示すブロック図である。このセンサレスモータ駆動装置は、例えば三相(U相、V相、W相)のセンサレスモータMを駆動対象とする。そのセンサレスモータMは、例えばY結線の三つのモータコイルMu、Mv、Mw、三つの駆動端子U0、V0、W0、及びモータコイルの midpoint 端子Cを有する。

30

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置は、PWM制御部1、ブリッド回路2、出力回路3、BEMF比較部4、自励転流回路5、他励転流回路6、カウント部7、及び通電相切換回路8を有する。

【0053】

出力回路3は、一定の高電位に維持される電源端子33と接地端子との間に、二つのパワートランジスタの直列接続を三組、並列に接続する。六つのパワートランジスタは好ましくは、MOSFETである。その他に、IGBT又はバイポーラトランジスタであっても良い。パワートランジスタのそれぞれにはフリーホイールダイオードが接続される。フリーホイールダイオードは好ましくは、対応するパワートランジスタのボディダイオードである。その他に、パワートランジスタとは独立なダイオードであっても良い。

40

ハイサイドパワートランジスタ31U、31V、31Wとローサイドパワートランジスタ32U、32V、32Wとの間の接続点はそれぞれ、センサレスモータMの三つの駆動端子U0、V0、W0に接続される。更に、ローサイドパワートランジスタ32U、32V、32Wと接地端子との間には電流検出抵抗Rが接続される。

【0054】

PWM制御部1は、発振回路11、トルク指令回路12、電流比較部13、及びPWM制御回路14を含む。

50

発振回路11は二つのセットパルス信号SP1とSP2とを生成する。二つのセットパルス信号SP1とSP2とは好ましくは同じ周波数（PWM制御のキャリア周波数）を持つ。更に、両者間の位相差が一定値、好ましくは 180° に維持される。

【0055】

トルク指令回路12は例えば外部のマイクロプロセッサから原トルク指令TQを入力する。原トルク指令TQは好ましくはアナログ信号であり、そのレベルがセンサレスモータMの発生トルクの目標値、すなわち出力回路3からセンサレスモータMへの出力電流Iの目標値を示す。

トルク指令回路12は更に、原トルク指令TQに基づき、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とを以下のように生成する。ここで、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とは好ましくは原トルク指令TQと同様なアナログ信号であり、それらのレベルが三つの相電流 I_u 、 I_v 、 I_w のうち二つの同じ向きの電流の目標値を示す。そのとき、原トルク指令TQのレベルは残り一つの相電流の目標値を示す。原トルク指令TQ、増加トルク指令TQ1、及び減少トルク指令TQ2のそれぞれと三つの相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の目標値との実際の対応は、ブリッド回路2により通電相ごとに決定される（詳細は後述参照）。

【0056】

図2は、トルク指令回路12の内部構成を示すブロック図である。トルク指令回路12はトルクマップ回路121とトルク合成回路122とを含む。

トルクマップ回路121は所定のデータマップを記憶する。そのデータマップは増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とのそれぞれのレベル変化のパターンを示す。そのパターンは好ましくは、増加トルク指令TQ1のレベルについては原トルク指令TQのレベルに対する比の増大列で表され、減少トルク指令TQ2のレベルについては原トルク指令TQのレベルに対する比の減少列で表される。ここで、増加トルク指令TQ1のレベルと減少トルク指令TQ2のレベルとの和は原トルク指令TQのレベルと等しい。

トルクマップ回路121は更に、原トルク指令TQを入力し、データマップにより示されるパターンと原トルク指令TQのレベルとに基づき、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とのそれぞれのレベルを決定する。好ましくは、原トルク指令TQのレベルにデータマップから読み出される一連の比を乗算し、それにより得られる一連の乗算値を増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とのそれぞれの一連のレベルとして設定する。

【0057】

トルク合成回路122は増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とを実際に生成する。特にそれぞれのレベルをトルクマップ回路121により決定されるパターンに従い、位置信号PSと同期して変化させる。

図3は、位置信号PS、原トルク指令TQ、増加トルク指令TQ1、及び減少トルク指令TQ2の波形図である。

位置信号PSは好ましくは、16本のパラレル信号である。信号線の数はその他の数、例えば8本又は32本であっても良い。位置信号PSは16個の矩形パルス波を含む。図3ではそれらのパルス波に、0、1、2、...、15の番号が振られる。それらのパルス波は、実質的に 60° （電気角）と等しいパルス間隔と、実質的に $60^\circ / 16 = 3.75^\circ$ （電気角）と等しいパルス幅とを持つ。更に、番号0～15の順に実質的に 3.75° （電気角）ずつ位相が遅れる。

先頭のパルス波（番号0）は通電相の切換に同期する（詳細は後述参照）。従って、番号0～15の一連のパルスは一つの通電相の期間を 3.75° （電気角）ずつ、16区間に分割する。すなわち、番号0～15のパルスそれぞれがセンサレスモータMのロータの推定位置を 3.75° （電気角）間隔で示す。

【0058】

トルクマップ回路121のデータマップは好ましくは、増加トルク指令TQ1については、 $1/11$ 、 $2/11$ 、 $3/11$ 、...、 $10/11$ の10個の比から成る増大列を示し、減少トルク指令TQ2については、 $10/11$ 、 $9/11$ 、 $8/11$ 、...、 $1/11$ の10個の比から成る減少列を示す。トルクマップ回路121はそのとき、増加トルク指令TQ1の一連のレベルを原トルク指令TQのレベルの $1/11$ 倍、 $2/11$ 倍、...、 $10/11$ 倍に設定し、減少トルク指令TQ2の一連のレベルを原

10

20

30

40

50

トルク指令TQのレベルの10/11倍、9/11倍、...、1/11倍に設定する。

トルク合成回路122はまず、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とのそれぞれの10個のレベルを位置信号PSの番号0~9のパルス波に順次対応させる。次に、位置信号PSの番号0~9のパルス波それぞれの立ち上がり同期して、原トルク指令TQを位置信号PSのパルス幅 3.75° （電気角）ずつ切り出す。更に、切り出された原トルク指令TQのレベルを番号0~9のパルス波それぞれに対応するレベルに変換し、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2として電流比較部13（図1参照）へ順次送出する。

こうして、増加トルク指令TQ1のレベルは通電相の切替時点から 37.5° （電気角）の期間TPに、原トルク指令TQのレベル（図3に示される一点鎖線参照）の1/11倍から11/11倍＝等倍まで原トルク指令TQのレベルの1/11倍ずつ増加する（図3に示される実線参照）。一方、減少トルク指令TQ2のレベルは同じ期間TPに、原トルク指令TQのレベルの10/11倍から0まで原トルク指令TQの1/11倍ずつ減少する（図3に示される破線参照）。

更に、上記の期間TP以外では、増加トルク指令TQ1のレベルが原トルク指令TQのレベルに維持され、減少トルク指令TQ2のレベルが0に維持される。

【0059】

増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2との増減期間TPの長さ、増加トルク指令TQ1のレベルの増加分、及び減少トルク指令TQ2のレベルの減少分はそれぞれ、上記とは別の値に設定されても良い。特にレベルの増減分が上記の期間TP内で変化しても良い。それらの変更はトルクマップ回路121内のデータマップの変更により容易に実現できる。更に、増加トルク指令TQ1と減少トルク指令TQ2とのそれぞれのレベルが連続的に増減しても良い。但し、上記いずれの場合でも、増加トルク指令TQ1のレベルと減少トルク指令TQ2のレベルとの和は原トルク指令TQのレベルと等しく維持される。

【0060】

電流比較部13は三つのコンパレータ131、132、133を含む。三つのコンパレータ131、132、及び133はそれぞれ、増加トルク指令TQ1、減少トルク指令TQ2、及び原トルク指令TQのそれぞれのレベルを、電流検出抵抗Rでの電圧降下量と比較する。電流検出抵抗Rには出力回路3の出力電流Iが流れるので、電流検出抵抗Rでの電圧降下量はその出力電流Iのレベルに相当する。一方、増加トルク指令TQ1、減少トルク指令TQ2、及び原トルク指令TQのレベルは三つの相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の目標値を示す。従って、電流比較部13の三つの出力信号IC1、IC2、IC3はそれぞれ、三つの相電流 I_u 、 I_v 、 I_w それぞれの目標値と出力回路3の出力電流Iとの差を示す。

【0061】

PWM制御回路14はまず、第一のセットパルス信号SP1の立ち上がり同期して第一のPWM制御信号P1を立ち上げる。その後、電流比較部13の第一の出力信号IC1が増加トルク指令TQ1と電流検出抵抗Rでの電圧降下量とのレベルの一致を示すとき、PWM制御回路14は第一のPWM制御信号P1を立ち下げる。次に、第二のセットパルス信号SP2の立ち上がり同期して第二のPWM制御信号P2を立ち上げる。その後、電流比較部13の第二の出力信号IC2が減少トルク指令TQ2と電流検出抵抗Rでの電圧降下量とのレベルの一致を示すとき、PWM制御回路14は第二のPWM制御信号P2を立ち下げる。

【0062】

第一のPWM制御信号P1と第二のPWM制御信号P2とのいずれか一方が立ち下がる前に他方が立ち上がった場合、PWM制御回路14は電流比較部13の第一の出力信号IC1と第二の出力信号IC2とを共にマスクする。その後、電流比較部13の第三の出力信号IC3が原トルク指令TQと電流検出抵抗Rでの電圧降下量とのレベルの一致を示すとき、PWM制御回路14は第二のPWM制御信号P2のみを立ち下げる。PWM制御回路14は続いて、第一の出力信号IC1と第二の出力信号IC2とに対するマスクングを解除する。

ここで、PWM制御回路14は第二のPWM制御信号P2に代え、第一のPWM制御信号P1のみを立ち下げても良い。その他に、所定の電気角（例えば 30° ）の期間ごとに、立ち下げるべきPWM制御信号を決定しても良い。

【0063】

PWM制御回路14は第一のPWM制御信号P1の立ち上がりと立ち下がりとのそれぞれから一定時間、PWMマスク信号MPWMをアクティブに維持する。

二つのPWM制御信号P1とP2とはブリッドドライブ回路2へ送出され、PWMマスク信号MPWMは自励転流回路5へ送出される。

【0064】

ブリッドドライブ回路2は次のように、通電相切換信号CPに従って出力回路3の六つのパワートランジスタのオンオフを通電相ごとに制御し、モータコイルMu、Mv、Mwの通電を制御する。

ここで、モータコイルMu、Mv、Mwの通電のパターンには、相電流Iu、Iv、Iwの状態に応じた六種類があり、それぞれが異なる通電相に対応する。図4は、通電相I~VIそれぞれの相電流Iu、Iv、Iwそれぞれの状態を示す表である。

10

【0065】

相電流Iu、Iv、Iwにはそれぞれ、六つの状態がある。

まず、電流の向きにより「ソース」と「シンク」との二つの状態がある。相電流の向きは、対応するモータコイルに直接接続される二つのパワートランジスタのうち、いずれをオンさせるかで決まる。

例えばU相ハイサイドパワートランジスタ31Uがオンするとき、U相モータコイルMuにはU相電流Iuが、図1に示される矢印の向きに流れる。U相ローサイドパワートランジスタ32Uがオンするときはその逆である。

図4では、ハイサイドパワートランジスタがオンするときの向きを「ソース」とし、ローサイドパワートランジスタがオンするときの向きを「シンク」とする。

20

【0066】

次に、電流のレベル変化の態様により「増加」、「減少」、及び「固定」の三つの状態がある。相電流のレベル変化は、対応するモータコイルに直接接続される二つのパワートランジスタのいずれかがその通電相の期間中、オン状態に維持されるか、又はPWM制御信号P1とP2とのいずれに従いオンオフされるかで決まる。

例えばU相パワートランジスタ31U又は32Uが第一のPWM制御信号P1に従いオンオフするとき、U相電流Iuは増加する。U相パワートランジスタ31U又は32Uが第二のPWM制御信号P2に従いオンオフするとき、U相電流Iuは減少する。U相パワートランジスタ31U又は32Uがオン状態に維持されるとき、U相電流Iuは一定に維持される。

30

【0067】

ブリッドドライブ回路2は通電相切換信号CPの受信ごとにオンオフ制御対象のパワートランジスタを切り換える。それにより、図4に示されるI~VIの順に相電流Iu、Iv、Iwそれぞれの状態を切り換える。すなわち、相電流Iu、Iv、Iwはそれぞれ、ソースの向きでのレベルの増加、固定、減少、シンクの向きでのレベルの増加、固定、減少を繰り返す。三つの相電流間では状態変化の位相が120°（電気角）ずつずれる。

【0068】

図5は、相電流Iu、Iv、Iw、及びBEMFVu、Vv、Vwの波形図である。図6には、図5に示される通電相I~IVでの波形の拡大図が示される。実線が相電流を示し、破線がBEMFを示す。

40

ブリッドドライブ回路2は、第一の斜線部A1（図5、6参照）に対応するハイサイドパワートランジスタを第一のPWM制御信号P1に従いオンオフさせる。それにより、第一の斜線部A1に示される通り、相電流がソース方向で細かな階段状に増大し、最高段（11段目）で維持される（図6参照）。

【0069】

ブリッドドライブ回路2は、第二の斜線部A2（図5、6参照）に対応するハイサイドパワートランジスタを第二のPWM制御信号P2に従いオンオフさせる。それにより、第二の斜線部A2に示される通り、相電流がソース方向で細かな階段状に減少する。相電流が0まで到達するとき、又はPWM禁止信号NPWMが立ち上がるとき、ブリッドドライブ回路2は対応するハイサイドパワートランジスタをオフ状態に維持する。それにより、相電流が遮断される。

50

【 0 0 7 0 】

ここで、通電相の切換時点、すなわち通電相切換信号CPの受信時点から一定電気角（例えば 37.5° ）の期間TP（図6参照）が経過する時点でPWM禁止信号NPWMは立ち上がり、次の通電相の切換時点までアクティブに維持される（詳細は後述参照）。PWM禁止信号NPWMがアクティブに維持される期間（以下、PWM禁止期間という）ではブリッド回路2は第二のPWM制御信号P2に関わらず、対応するパワートランジスタをオフ状態に維持し、対応する相電流を遮断する。

【 0 0 7 1 】

第一の斜線部A1と第二の斜線部A2とは同じ通電相に含まれる（図5、6参照）。例えば通電相Iでは、U相ハイサイドパワートランジスタ31Uが第一のPWM制御信号P1に従ってオンオフし、V相ローサイドパワートランジスタ32Vがオン状態を維持し、W相ハイサイドパワートランジスタ31Wが第二のPWM制御信号P2に従ってオンオフする。

ここで、二つのセットパルス信号SP1とSP2との位相差、すなわち第一のPWM制御信号P1と第二のPWM制御信号P2との位相差が実質的に 180° と等しく維持される。従って、第一の斜線部A1でのU相ハイサイドパワートランジスタ31Uのオン期間と第二の斜線部A2でのW相ハイサイドパワートランジスタ31Wのオン期間とは一般には重複しない。

【 0 0 7 2 】

第一のPWM制御信号P1のアクティブ期間では、W相電流 I_w が、V相モータコイル M_v 、V相ローサイドパワートランジスタ32V、及びW相ローサイドパワートランジスタ32Wに並列接続されるフリーホイールダイオードを通して循環する。従って、電流検出抵抗Rに流れる電流I（図1参照）はU相電流 I_u と実質的に等しい。すなわち、電流比較部13の第一の出力信号IC1（図1参照）はU相電流 I_u と増加トルク指令TQ1の示す目標値（図3参照）との差を示す。それ故、第一のPWM制御信号P1に従うオンオフ制御はU相電流 I_u を、増加トルク指令TQ1の示す目標値と等しく増大させる。その結果、U相電流 I_u がソース方向に一定の変化率で増大する（図5、6参照）。

【 0 0 7 3 】

同様に、第二のPWM制御信号P2のアクティブ期間では、U相電流 I_u が、V相モータコイル M_v 、V相ローサイドパワートランジスタ32V、及びU相ローサイドパワートランジスタ32Uに並列接続されるフリーホイールダイオードを通して循環する。従って、電流検出抵抗Rに流れる電流I（図1参照）はW相電流 I_w と実質的に等しい。すなわち、電流比較部13の第二の出力信号IC2（図1参照）はW相電流 I_w と減少トルク指令TQ2の示す目標値（図3参照）との差を示す。それ故、第二のPWM制御信号P2に従うオンオフ制御はW相電流 I_w を、減少トルク指令TQ2の示す目標値と等しく減少させる。その結果、W相電流 I_w がソース方向にU相電流 I_u の変化率と同じ変化率で減少する（図5、6参照）。

【 0 0 7 4 】

V相電流 I_v はシンク方向に一定の大きさに流れる（図5、6参照）。そのとき、V相電流 I_v の大きさはU相電流 I_u とW相電流 I_w との大きさの和と等しく、特に原トルク指令TQの示す目標値と等しい（図3参照）。

通電相Iの開始時点から一定期間TPが経過するとき、U相電流 I_u はピーク値（原トルク指令TQの示す目標値）まで到達し、W相電流 I_w は遮断される。こうして、W相からU相への転流が完了する。

通電相Iでの以上の通電制御、及びそれによる通電状態の変化は、通電相IIIとVとでも同様である。

【 0 0 7 5 】

ブリッド回路2は、第三の斜線部A3（図5、6参照）に対応するローサイドパワートランジスタを第一のPWM制御信号P1に従いオンオフさせる。それにより、第三の斜線部A3に示される通り、相電流がシンク方向で細かな階段状に増大し、最高段（11段目）で維持される（図6参照）。

【 0 0 7 6 】

ブリッド回路2は、第四の斜線部A4（図5、6参照）に対応するローサイドパワート

10

20

30

40

50

ランジスタを第二のP W M制御信号P2に従いオンオフさせる。それにより、第四の斜線部A4に示される通り、相電流がシンク方向で細かな階段状に減少する。相電流が0まで到達するとき、又はP W M禁止信号NPWMが立ち上がる時、ブリッド回路2は対応するローサイドパワートランジスタをオフ状態に維持する。それにより、相電流が遮断される。
【0077】

第三の斜線部A3と第四の斜線部A4とは同じ通電相に含まれる(図5、6参照)。例えば通電相IIでは、U相ハイサイドパワートランジスタ31Uがオン状態を維持し、V相ローサイドパワートランジスタ32Vが第二のP W M制御信号P2に従ってオンオフし、W相ローサイドパワートランジスタ32Wが第一のP W M制御信号P1に従ってオンオフする。

ここで、第四の斜線部A4でのV相ローサイドパワートランジスタ32Vのオン期間と第三の斜線部A3でのW相ローサイドパワートランジスタ32Wのオン期間とは一般には重複しない。

【0078】

第一のP W M制御信号P1のアクティブ期間では、V相電流 I_v が、V相ハイサイドパワートランジスタ31Vに並列接続されるフリーホイールダイオード、U相ハイサイドパワートランジスタ31U、及びU相モータコイル M_u を通して循環する。従って、電流検出抵抗Rに流れる電流I(図1参照)はW相電流 I_w と実質的に等しい。すなわち、電流比較部13の第一の出力信号IC1(図1参照)はW相電流 I_w と増加トルク指令TQ1の示す目標値(図3参照)との差を示す。それ故、第一のP W M制御信号P1に従うオンオフ制御はW相電流 I_w を、増加トルク指令TQ1の示す目標値と等しく増大させる。その結果、W相電流 I_w がシンク方向に一定の変化率で増大する(図5、6参照)。

【0079】

同様に、第二のP W M制御信号P2のアクティブ期間では、W相電流 I_w が、W相ハイサイドパワートランジスタ31Wに並列接続されるフリーホイールダイオード、U相ハイサイドパワートランジスタ31U、及びU相モータコイル M_u を通して循環する。従って、電流検出抵抗Rに流れる電流I(図1参照)はV相電流 I_v と実質的に等しい。すなわち、電流比較部13の第二の出力信号IC2(図1参照)はV相電流 I_v と減少トルク指令TQ2の示す目標値(図3参照)との差を示す。それ故、第二のP W M制御信号P2に従うオンオフ制御はV相電流 I_v を、減少トルク指令TQ2の示す目標値と等しく減少させる。その結果、V相電流 I_v がシンク方向にW相電流 I_w の変化率と同じ変化率で減少する(図5、6参照)。

【0080】

U相電流 I_u はソース方向に一定の大きさに流れる(図5、6参照)。そのとき、U相電流 I_u の大きさはV相電流 I_v とW相電流 I_w との大きさの和と等しく、特に原トルク指令TQの示す目標値と等しい(図3参照)。

通電相IIの開始時点から一定期間TPが経過するとき、V相電流 I_v は遮断され、W相電流 I_w はピーク値(原トルク指令TQの示す目標値)まで到達する。こうして、V相からW相への転流が完了する。

通電相IIでの以上の通電制御、及びそれによる通電状態の変化は、通電相IVとVIとでも同様である。

【0081】

上記の例では、二つのセットパルス信号SP1とSP2との位相差を利用し、電流比較部13が共通の電流検出抵抗Rを用いて三つの相電流 I_u 、 I_v 、 I_w をそれぞれ検出する。電流比較部13がその他に、例えば電流検出抵抗を少なくとも二つ利用する等により、相電流の少なくとも二つを独立に検出しても良い。そのとき、二つのセットパルス信号SP1とSP2とは同位相でも良く、一つのセットパルス信号に統合されても良い。

【0082】

モータコイルの通電の切り換えはロータを貫く磁界を変化させ、センサレスモータMの発生トルクを変化させる。本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置では、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の変化がいずれも図5に示される通り、緩やかな台形状を示す。従って、発生トルクの変化が緩やかであるので、センサレスモータMの振動とモータエコーノイズ

10

20

30

40

50

とが十分に小さく抑制される。

【 0 0 8 3 】

B E M F 比較部4 (図1参照) は三つのコンパレータ4U、4V、4Wを含む。それらのコンパレータ4U、4V、4Wの出力信号BCU、BCV、BCWは、センサレスモータMの三つの駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位と中点端子Cの電位 (以下、モータコイルの中点電圧という) との差を示す。

【 0 0 8 4 】

B E M F 比較部4は上記とは別に、次の電位差を検出しても良い。

例えば、三つの高抵抗値の抵抗器の一端を一つの節点で接続し、Y結線を構成する。更に、三つの抵抗器の他端をそれぞれ、センサレスモータMの三つの駆動端子U0、V0、W0に接続する。B E M F 比較部4は、三つの抵抗器間の節点の電位を仮想的な中点電圧とみなし、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位との差を検出しても良い。

10

【 0 0 8 5 】

自励転流回路5 (図1参照) は、B E M F 比較部4の三つの出力信号BCU、BCV、BCWに基づき、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位とモータコイルの中点電圧との一致を検出する。

駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位は、出力回路3 (図1参照) から印加される駆動電圧にB E M F Vu、Vv、Vwをそれぞれ重畳した電圧に等しい。一方、ロータが安定に回転するとき、各通電相では非通電のモータコイル、すなわち相電流が遮断されるモータコイルでB E M F Vu、Vv、Vwがモータコイルの中点電圧と一致し、すなわちゼロクロスを生じる。従って、駆動端子U0、V0、W0それぞれの電位とモータコイルの中点電圧との一致から、B E M F Vu、Vv、Vwそれぞれのゼロクロスが検出される。

20

【 0 0 8 6 】

モータコイルの中点電圧との電位の一致を検出すべき駆動端子は通電相ごとに異なる。自励転流回路5は外部から入力されるゼロクロス点情報ZCPに従い、次に検出すべきゼロクロスの態様を決定する。

ここで、ゼロクロスの発生するモータコイルの相違 (Mu、Mv、及びMwの三種類) とゼロクロス前後での相電流の方向変化の相違 (「ソース」から「シンク」への変化、及びその逆の二種類) とにより、ゼロクロスの態様は六種類に分別される。

図4に示される表の最下行には、ゼロクロス点情報ZCPにより示されるゼロクロスの態様が通電相I ~ VIのそれぞれについて示される。ここで、次にゼロクロスの発生するモータコイルがU、V、Wで表される (それぞれ、Mu、Mv、及びMwに対応する) 。更に、次に発生するゼロクロス前後での相電流の方向変化が上向きの矢印 と下向きの矢印 とで表される (それぞれ、「ソース」から「シンク」への変化、及びその逆に対応する) 。

30

図5と図6とには、ロータが安定に回転するとき、モータコイルMu、Mv、Mwのそれぞれに誘起されるB E M F Vu、Vv、Vwが破線で示される。更に、B E M F Vu、Vv、Vwによるゼロクロスの発生点 (以下、ゼロクロス点という) が、図4に示されるゼロクロスの態様を表す符号 (U 、U 、V 、V 、W 、W) で示される。

【 0 0 8 7 】

自励転流回路5はゼロクロス点情報ZCPに従って決定されるゼロクロスの態様に基づき、B E M F 比較部4の三つの出力信号BCU、BCV、BCWの一つを選択し、選択される出力信号の立ち上がり又は立ち下りのいずれかを検出対象として決定する。こうして、ゼロクロスの検出精度を高く維持する。

40

【 0 0 8 8 】

自励転流回路5は更に、B E M F 比較部4の出力信号BCU、BCV、BCWを二種類のマスク信号MPWMとDZCとに従いマスクする。それにより、ゼロクロスの検出精度が次の通り、更に向上する。

P W Mマスク信号MPWMはP W M制御回路14により、第一のP W M制御信号P1の立ち上がり / 立ち下りから一定時間、アクティブに維持される。自励転流回路5はそのアクティブ期間ではB E M F 比較部4の出力信号BCU、BCV、BCWをいずれも無効に維持する。それにより、自励転流回路5によるゼロクロス検出は、第一のP W M制御信号P1に従うパワート

50

ランジスタのオンオフに伴うリップルに対して強い。

【0089】

図6には、PWM禁止信号NPWMとBEMF検出信号DZCとの波形が示される。通電相の切換時点から一定電気角（例えば 45° ）の期間TDが経過する時点でBEMF検出信号DZCは立ち上がり、次の通電相の切換時点までアクティブに維持される（詳細は後述参照）。ここで、BEMF検出信号DZCはPWM禁止信号NPWMより一定電気角（例えば $45^\circ - 37.5^\circ = 7.5^\circ$ ）の期間だけ立ち上がりが遅い。

BEMF検出信号DZCがアクティブに維持される期間（以下、BEMF検出期間という）に、自励転流回路5はゼロクロス検出を行う。BEMF検出期間はPWM禁止期間に含まれるので、BEMF検出期間では第二のPWM制御信号P2に従うパワートランジスタのオンオフが禁止され、ゼロクロスの検出対象であるモータコイルで相電流が確実に遮断される。こうして、ゼロクロスの検出対象であるモータコイルの非通電期間が一定の幅（例えば $45^\circ \sim 60^\circ$ の約 15° （電気角））確保されるので、ゼロクロスの検出精度が高く維持される。特に、BEMF検出期間の開始はPWM禁止期間の開始より遅いので、相電流の遮断に伴うフライバック電圧等のサージ電圧／電流がゼロクロス検出を妨げない。

【0090】

自励転流回路5は更に、ゼロクロスの検出時、自励転流信号SCを生成する。但し、BEMF検出期間中にゼロクロスを検出しないときは自励転流信号SCを生成しない。

図7と図8とは、第一の通電相Iから第二の通電相IIへの切換時点近傍での、第一のPWM制御信号P1、U相駆動端子U0の電位VU0、W相駆動端子W0の電位VW0、モータコイルの中点電圧VC、BEMF比較部4のW相出力信号BCW、PWMマスク信号MPWM、BEMF検出信号DZC、及び自励転流信号SCの波形図である。図7は、W相でのゼロクロスがBEMF検出期間中に発生する場合、すなわちゼロクロスのエッジ検出の場合を示す。図8は、W相でのゼロクロスがBEMF検出期間前に発生する場合、すなわちゼロクロスのステート検出の場合を示す。

【0091】

第一の通電相IにおけるPWM禁止期間では、第一のPWM制御信号P1に従うU相ハイサイドパワートランジスタ31Uに対するオンオフ制御が継続され、U相電流 I_u が維持される。従って、U相駆動端子U0の電位VU0は第一のPWM制御信号P1に従い、電源端子33（図1参照）の高電位と接地電位との二値に変化する。それに伴い、W相駆動端子W0の電位VW0と中点電圧VCとが同様な変化を示し、特に立ち上がり立ち下がり共にノイズを含む（図7と図8との実線と破線とを参照）。それにより、第一のPWM制御信号P1の立ち上がり／立ち下がりからしばらくの間、BEMF比較部4のW相出力信号BCWが細かく、立ち上がり立ち下がりとを繰り返す。これらの変動は一般に実際のゼロクロスには対応しない。

【0092】

PWMマスク信号MPWMは第一のPWM制御信号P1の立ち上がり／立ち下がりから一定時間 T_M 、アクティブに維持される（図7と図8とでは、PWMマスク信号MPWMの低電位状態がアクティブ状態に設定される）。自励転流回路5はそのアクティブ期間 T_M ではBEMF比較部4のW相出力信号BCWを無効に維持する。それにより、第一のPWM制御信号P1の立ち上がり／立ち下がりに伴うノイズがゼロクロス検出を妨げない。

【0093】

図7ではBEMF検出期間中、W相でのゼロクロスが発生する（図7に示されるゼロクロス点W参照）。自励転流回路5はそのゼロクロス点Wを正確に検出し、その検出時点に自励転流信号SCを生成する。ここで、自励転流信号SCは一定の短いパルス幅を持つ矩形パルスである。自励転流信号SCの立ち上がりによりBEMF検出信号DZCが立ち下がり、BEMF検出期間が終了する。一方、通電相がIからIIへと切り換えられる（詳細は後述参照）。

【0094】

図8ではBEMF検出期間前、すなわちBEMF検出信号DZCが立ち上がる前に、W相でのゼロクロスが発生する（図7に示されるゼロクロス点ZC参照）。自励転流回路5はBEM

10

20

30

40

50

F 検出信号DZCの立ち上がりと同時に、W相駆動端子W0の電位VW0が中点電圧VCより低いことを検出する（図7に示される点W 参照）。更に、その検出時点に自励転流信号SCを生成する。自励転流信号SCの立ち上がりによりB E M F 検出信号DZCが即座に立ち下がり、B E M F 検出期間が開始後、速やかに終了する。一方、通電相がIからIIへと切り換えられる（詳細は後述参照）。

【 0 0 9 5 】

他励転流回路6（図1参照）は所定の周期で一定のパルス信号、すなわち他励転流信号FCを生成する。

図9は、他励転流回路6の内部構成を示すブロック図である。他励転流回路6は第二の発振回路61と他励転流信号発生回路62とを含む。第二の発振回路61は一定周期のクロック信号CLKを生成する。他励転流信号発生回路62はそのクロック信号CLKと自励転流信号SCとに基づき、他励転流信号FCを次のように生成する。

【 0 0 9 6 】

図10は、他励転流信号FC、クロック信号CLKのパルスについてのカウントCN1、及び自励転流信号SCを示すタイミング図である。図11と図12とは、他励転流信号発生回路62による他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートである。

他励転流信号発生回路62は制御開始時、内部カウンタをリセットし（図11に示されるS1参照）、クロック信号CLKのパルスをカウントする（図11に示されるS2参照）。

図10に示されるように自励転流信号SCが入力されない期間では、そのカウントCN1が第一の閾値Dに達するごとに他励転流信号発生回路62は他励転流信号FCを生成し（図11に示されるS3、S4、S5参照）、カウントCN1をリセットする（図11に示されるS1参照）。ここで、他励転流信号FCは自励転流信号SCと同形のパルスである。更に、自励転流信号SCが入力されない期間では、他励転流信号FCの周期（パルス間隔）が、第一の閾値Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間Tと等しい。

【 0 0 9 7 】

他励転流信号発生回路62は自励転流信号SCの入力時、クロック信号CLKのパルスについてのカウントCN1を、第一の閾値Dに達する前でもリセットする（図10、及び図11に示されるS3と図12に示されるS6とを参照）。

他励転流信号発生回路62はその後、第一の閾値Dを第二の閾値6Dに置き換え、クロック信号CLKのパルスを再びカウントする（図12に示されるS7参照）。

ここで、第二の閾値6Dは第一の閾値Dより大きく、好ましくは、第一の閾値Dの6倍である。その他に、例えば2倍又は20倍であっても良い。

【 0 0 9 8 】

カウントCN1が第二の閾値6Dに達する前に次の自励転流信号SCが入力されるとき、他励転流信号発生回路62はカウントCN1をリセットし、クロック信号CLKのパルスを再び0からカウントする（図12に示されるS6、S7、S8参照）。そのとき、カウントCN1の閾値は第二の閾値6Dに維持される。こうして、自励転流信号SCの生成が反復され、そのパルス間隔が第二の閾値6Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間6Tより短いとき、他励転流信号FCは生成されない。

【 0 0 9 9 】

図10に示されるように、次の自励転流信号SCが入力される前にカウントCN1が第二の閾値6Dに達するとき、他励転流信号発生回路62は他励転流信号FCを生成する（図12に示されるS8、S9、及び図11に示されるS5参照）。更に、自励転流信号SCが再び入力されるまで、図11に示されるループS1～S5を反復する。特に、他励転流信号FCのパルス間隔が再び、第一の閾値Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間Tに設定される（図10参照）。

【 0 1 0 0 】

カウント部7（図1参照）は選択回路71とカウント回路72とを含む。

選択回路71は、自励転流信号SCと他励転流信号FCとのいずれか早く入力される方を転流信号CSとして選択し、カウント回路72と通電相切換回路8とへ送出する。

通電相切換回路8（図1参照）は転流信号CSに同期して通電相切換信号CPをブリドライブ回路2へ送出し、更にゼロクロス点情報ZCPを自励転流回路5へ送出する。それにより、転流信号CSに同期して通電相が切り換えられる。

【 0 1 0 1 】

カウント回路72は、転流信号CSの間隔を計測し、その間隔に基づき位置信号PSを生成する。更に、その位置信号PSに基づき、P W M禁止信号NPWMとB E M F検出信号DZCとを生成する。

図13は、カウント回路72の内部構成を示すブロック図である。図14は、転流信号CS、カウント回路72の内部信号CN2、RTC、DV、及び、カウント回路72から送出される三つの信号PS、NPWM、DZCのタイミングチャートである。

10

【 0 1 0 2 】

カウント回路72は、60°区間カウント回路721、データ保持回路722、分割回路723、及び位置信号生成回路724を含む。

60°区間カウント回路721は転流信号CSの入力時に内部カウンタのカウントCN2をリセットし、次の転流信号CSの入力時まで内部クロックのパルスのカウントする。

【 0 1 0 3 】

データ保持回路722は転流信号CSに同期して、60°区間カウント回路721から内部カウンタのカウントCN2を読み取る。更に、読み取られたカウントCN2を他励転流信号FCのパルス間隔Tに相当するパルス数と比較する。それにより、前者と後者とのいずれか小さい方が保持データRTCとして、次の転流信号CSの入力時まで保持される。

20

例えば図14に示されるように、転流信号CSのパルス間隔がT1、T2、T3、T4、T5、T6と変化し、それらがいずれも他励転流信号FCのパルス間隔Tより短いときを想定する。データ保持回路722の保持データRTCはそのとき、パルス間隔T2の期間ではパルス間隔T1に対応するカウントD1と等しい。保持データRTCは同様に、パルス間隔T3、T4、T5、及びT6の期間ではそれぞれ、パルス間隔T2、T3、T4、及びT5にそれぞれ対応するカウントD2、D3、D4、及びD5と等しい。

例えば、転流信号CSのパルス間隔T1が他励転流信号FCのパルス間隔Tより長いとき、パルス間隔T2の期間ではデータ保持回路722の保持データRTCが他励転流信号FCのパルス間隔Tに相当するパルス数と等しい。

【 0 1 0 4 】

30

分割回路723は転流信号CSの入力時、データ保持回路722の保持データRTCを例えば16で割る。ここで、分割数はその他の数、例えば8又は32でも良い。

分割回路723は例えば、内部に4ビットカウンタを含む。分割回路723はそのとき、60°区間カウント回路721の内部クロックと同じ周期の内部クロックのパルスを保持データRTCの1/16ずつカウントするごとに、4ビットカウンタのカウントを一ずつ増やす。そのカウントは4ビットの平行信号DVとして生成される（図14参照）。

平行信号DVの4ビットの状態に応じ、転流信号CSのパルス間隔は実質上、その直前のパルス間隔の1/16ずつ16分割される。例えば、転流信号CSのパルス間隔T2の期間はパルス間隔T1の1/16ずつに分割される。同様に、パルス間隔T3、T4、T5、及びT6の期間はそれぞれ、パルス間隔T2、T3、T4、及びT5の1/16ずつに分割される。

40

但し、センサレスモータMの起動時では、分割回路723は内部クロックのパルスを、保持データRTCの1/16に代え、他励転流信号FCのパルス間隔Tに相当するパルス数の1/16ずつカウントするごとに、4ビットカウンタのカウントを一ずつ増やす。それにより、次の転流信号CSの入力時までの期間が他励転流信号FCのパルス間隔Tの1/16ずつに分割される。

【 0 1 0 5 】

位置信号生成回路724は分割回路723から4ビットの平行信号DVを読み出し、位置信号PSの16個のパルス波0～15のうち、平行信号DVの4ビットで表される数値と等しい番号のパルス波を立ち上げる（図14参照）。特に、先頭のパルス波（番号0）は転流信号CSに同期するので、番号0～15の一連のパルスは転流信号CSのパルス間隔を16区間に分割する。転流信号CSのパルス間隔が一つの通電相の期間（60°（電気角）の期間）を決定する

50

ので、位置信号PSのパルス一つ当たりの区間は 3.75° （電気角）に相当する。こうして、番号0～15のパルスそれぞれがセンサレスモータMのロータの推定位置を 3.75° （電気角）間隔で示す（図3と図14とを参照）。

【0106】

位置信号生成回路724は更に、位置信号PSの一定番号のパルス、例えば番号10のパルスの立ち上がりと同期してPWM禁止信号NPWMを立ち上げる（図14参照）。それにより転流信号CSの生成時点、すなわち通電相の切換時点からPWM禁止期間の開始時点までの期間TPが一定の電気角（例えば 37.5° ）の期間に設定される。

ここで、その期間TPは 37.5° と異なる値、例えば 30° であっても良い。更に、その期間TPは特に減少トルク指令TQ2のレベル変化の期間（図3参照）より長く設定されても良い。

10

【0107】

位置信号生成回路724はPWM禁止信号NPWMの立ち上げ後、位置信号PSの一定番号のパルス、例えば番号12のパルスの立ち上がりと同期してBEMF検出信号DZCを立ち上げる（図14参照）。それにより転流信号CSの生成時点、すなわち通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間TDが一定の電気角（例えば 45° ）の期間に設定される。特に、BEMF検出期間の開始時点がPWM禁止期間の開始時点より一定の電気角の期間（例えば 7.5° ）だけ遅れる。

ここで、上記の期間TDは 45° と異なる値、例えば 40° であっても良い。すなわち、PWM禁止期間の開始時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間が 7.5° とは異なる値（例えば 10° ）に設定されても良い。

20

【0108】

センサレスモータMのロータが安定に回転するとき、自励転流回路5は上記の通り、ゼロクロスの正確な検出を安定に反復できる。ここで、他励転流信号FCの延長されたパルス間隔6Tは自励転流信号SCのパルス間隔より十分に長く設定される。従って、カウンタ部7は自励転流信号SCを転流信号CSとして送出し続ける。それ故、通電相の切換はロータの回転と正確に同期する。こうして、ロータの回転の安定性が高く維持される。

【0109】

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置では上記の通り、ゼロクロス点の直前の一定期間にPWM禁止期間が設定される。それにより、モータコイルのそれぞれでは相電流がBEMFより早くゼロに達する。

30

更に、転流信号に同期して通電相が切り換えられ、特にPWM禁止期間とBEMF検出期間とが同時に終了する。それにより、ゼロクロスの検出時、モータコイルの非通電状態が速やかに解除され、相電流が速やかに増大する。

図15は、センサレスモータMのロータが安定に回転するとき、同じモータコイルについての相電流とBEMFとの波形図である。図15では実線が相電流を示し、破線がBEMFを示す。図15に示される通り、PWM禁止期間TPの設定により、相電流がBEMFより先にゼロに達する。一方、BEMFのゼロクロス点ZCでは、その検出直後からソース電流又はシンク電流が速やかに増大する。その結果、相電流の波形がBEMFの波形より擬似的に進相する（図15に示される矢印参照）。相電流の速やかな立ち上がりは発生トルクの速やかな増大を表す。

40

【0110】

こうして、本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置は、相電流の緩やかな変化によりモータエコーノイズを抑制するとき、PWM禁止期間、すなわちモータコイルの非通電期間が確保されるのでゼロクロスの正確な検出が可能である。更に、ゼロクロスの検出、すなわち通電相の切換と同時に相電流が速やかに立ち上がるので、発生トルクを十分に増大できる。それにより特に、センサレスモータの駆動制御が負荷変動に対して強い。

【0111】

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置は更に、センサレスモータMの起動を次のような他励転流制御で行う。特に上記の構成を利用し、他励転流制御から自励転

50

流制御への切り換えを以下の通り、迅速かつ確実に実現させる。

図16、図17、及び図18は、センサレスモータMの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を示すタイミングチャートである。図16～18ではBEMF検出期間が斜線部で示される。

【0112】

センサレスモータMの起動時点からゼロクロス最初の検出時点、すなわち最初の自励転流信号SCの生成時点（図16～18に示される時刻TC参照）までは、選択回路71は他励転流信号FCを転流信号CSとして選択する。それにより、通電相の切換周期が他励転流信号FCの周期Tと等しい。

更に、位置信号PSのパルス幅は他励転流信号FCの周期Tの $1/16$ と等しい（図14参照）。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形が、他励転流信号FCの周期Tに基づき設定される。例えば、相電流の周期が他励転流信号FCの周期Tの6倍と等しく、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times T$ と等しい。

その上、他励転流信号FCの生成時点からBEMF検出期間（図16～18に示される斜線部参照）の開始時点までの期間TDが他励転流信号FCの周期Tに基づき、一定に決定される（例えば、 $TD = 45^\circ / 60^\circ \times T$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

【0113】

図16～18では時刻TCに最初の自励転流信号SCが生成される。自励転流信号SCは必ずBEMF検出期間中に生成されるので、自励転流信号SCと直前の他励転流信号FC（図16～18に示される時刻T0での他励転流信号FC）とのパルス間隔T1は必ず、他励転流信号FCのパルス間隔Tより短い。従って、自励転流信号SCが生成されるときは必ず、選択回路71にはその自励転流信号SCが先に入力され、転流信号CSとして選択される。それにより、通電相が他励転流信号FCに代え、自励転流信号SCに従い切り換えられる。こうして、他励転流制御が自励転流制御へ迅速かつ確実に切り換えられる。

【0114】

自励転流信号SCの生成時点TCでは他励転流回路6が他励転流信号FCの周期（パルス間隔）を6倍に延長する（図10と図12参照）。

更に、時刻TC直後の通電相では、位置信号PSのパルス幅が直前の通電相の時間T1の $1/16$ と等しい（図14参照）。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形が直前の通電相の時間T1に基づき設定される。例えば、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times T1$ と等しい。

その上、時刻TCからBEMF検出期間の開始時点までの期間TD1が、直前の通電相の時間T1に基づき設定される（例えば $TD1 = 45^\circ / 60^\circ \times T1$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

【0115】

時刻TC後、自励転流信号SCの生成が反復され、かつそれらのパルス間隔が他励転流信号FCの延長されたパルス間隔6Tより短いとき、転流信号CSは自励転流信号SCに同期する（図16と図17参照）。

自励転流信号SCのパルス間隔T2が例えば図16に示されるように他励転流信号FCの元のパルス間隔Tより短いとき（ $T2 < T$ ）、次の通電相では位置信号PSのパルス幅が自励転流信号SCのパルス間隔T2の $1/16$ と等しい（図14参照）。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形が自励転流信号SCのパルス間隔T2に基づき設定される。例えば、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times T2$ と等しい。

更に、通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間TD2が、自励転流信号SCのパルス間隔T2に基づき設定される（例えば $TD2 = 45^\circ / 60^\circ \times T2$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

【0116】

自励転流信号SCのパルス間隔T2が例えば図17に示されるように、他励転流信号FCの元のパルス間隔Tより長く、かつ他励転流信号FCの延長されたパルス間隔6Tより短いとき（ $T < T2 < 6T$ ）、次の通電相では位置信号PSのパルス幅が他励転流信号FCの元のパルス間隔Tの $1/16$ と等しく設定される（図14参照）。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形が他励転流信号

FCの元のパルス間隔Tに基づき設定される。例えば、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times T$ と等しい。

更に、通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間TDが、他励転流信号FCのパルス間隔Tに基づき設定される（例えば $TD = 45^\circ / 60^\circ \times T$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

【0117】

例えば図18に示されるように、新たな自励転流信号SCが時刻TCから他励転流信号FCの延長された周期6Tの経過時点までには生成されないとき、他励転流信号FCが次の転流信号CSとして選択される。すなわち、次の通電相の切換は他励転流信号FCの生成により実行される（図18に示される時刻TC2参照）。

10

その通電相では、位置信号PSのパルス幅が他励転流信号FCの元のパルス間隔Tの $1/16$ と等しく設定される（図14参照）。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形が他励転流信号FCの元のパルス間隔Tに基づき設定される。例えば、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times T$ と等しい。

更に、通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間TDが、他励転流信号FCのパルス間隔Tに基づき設定される（例えば $TD = 45^\circ / 60^\circ \times T$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

その上、他励転流回路6は時刻TC2に、他励転流信号FCの周期を元の周期Tに戻す。それ以後、自励転流信号SCが再び生成されるまで、他励転流制御が継続される。

【0118】

20

図17と図18とに示されるような状況は、例えばセンサレスモータMの起動時、ロータの回転数が小さい期間に生じやすい。そのような状況では、BEMFのレベルが一般に低いのでゼロクロスの検出精度が低下する。ゼロクロスの検出精度を高く維持するには、BEMF検出期間の延長が好ましい。

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置では、図17と図18とに示される通り、BEMF検出期間が長く確保される。従って、ゼロクロスの検出精度が高く維持されるので、特にセンサレスモータの起動がスムーズにかつ正確に実行できる。

更に、位置信号PSのパルス幅が直前の通電相の時間に関わらず、他励転流信号FCの元のパルス間隔Tの $1/16$ を超えない。それにより、通電相の切換時、相電流の立ち上がりが一定以上の速さに維持される。従って、発生トルクが十分に大きい。特にセンサレスモータMの起動時では起動トルクが大きいので、起動時間が短縮でき、かつ起動制御が負荷変動に対して強い。

30

【0119】

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置では更に、ゼロクロスの検出が反復されず、それにより他励転流制御から自励転流制御への切り換えに失敗する場合、図18に示される通り、センサレスモータMの起動直後と同様な他励転流制御が速やかに再開される。すなわち、従来のセンサレスモータ駆動装置でのリトライとは異なり、例えば、ロータの回転数を判定しなくても、又は外部のマイクロプロセッサによるリトライ命令を待たなくても良い。こうして、センサレスモータの起動が更にスムーズに実行できる。

【0120】

40

センサレスモータMが例えば、携帯情報機器のCD/DVDドライブ又はHDDのスピンダルモータとして利用されるとき、駆動中のセンサレスモータMは外部から過大な振動/衝撃を受けやすい。従って、過大な振動/衝撃によりロータが突発的なトルクを受け、それによりBEMFのゼロクロス点が突然大きくずれ、自励転流信号SCの生成が突然停止する、という場合が想定される。

本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置では好ましくは、他励転流回路6が他励転流信号FCの生成をセンサレスモータMの駆動期間全体にわたり、恒常的に継続する。それにより、上記のように自励転流信号SCの生成が突然停止するときでも、選択回路71は即座に他励転流信号FCを転流信号CSとして選択できる。すなわち、自励転流制御が速やかに他励転流制御に切り換えられる。更に、他励転流制御は上記の通り、自励転流制御

50

へ迅速かつ確実に切り換えられる。

こうして、本発明の実施形態 1 によるセンサレスモータ駆動装置による制御は、外部からの振動 / 衝撃に対して強い。

【 0 1 2 1 】

本発明の実施形態 1 によるセンサレスモータ駆動装置では、P W M 制御部 1 が上記の通り、電流駆動制御により相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を直接調節する。その他に、P W M 制御部 1 が電圧駆動制御、すなわち出力回路 3 からセンサレスモータ M の三つの駆動端子 U_0 、 V_0 、 W_0 のそれぞれに印加される駆動電圧の制御により、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を間接的に調節しても良い。

【 0 1 2 2 】

本発明の実施形態 1 によるセンサレスモータ駆動装置では、P W M 制御部 1 が上記の通り、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を緩やかな波形に維持する。P W M 制御部 1 はその他に、従来のセンサレスモータ駆動装置と同様、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を矩形波に維持しても良い（例えば図 28 参照）。その場合でも、他励転流制御から自励転流制御への切り換えの迅速性と確実性とは損なわれないので、センサレスモータの迅速かつ確実な起動が実現できる。

【 0 1 2 3 】

《実施形態 2》

本発明の実施形態 2 によるセンサレスモータ駆動装置は上記の実施形態 1 による駆動装置と同様、例えば三相（U 相、V 相、W 相）のセンサレスモータを駆動対象とする。そのセンサレスモータ駆動装置の構成要素はカウンタ回路 72 を除き、上記の実施形態 1 による駆動装置と同様である（図 1 参照）。その同様な構成要素については上記の実施形態 1 での説明と引用図面とを援用する。

【 0 1 2 4 】

本発明の実施形態 2 によるセンサレスモータ駆動装置では上記の実施形態 1 による駆動装置とは、カウンタ回路 72 の内部構成が異なる。図 19 は、本発明の実施形態 2 によるセンサレスモータ駆動装置でのカウンタ回路 72 の内部構成を示すブロック図である。図 20 は、転流信号 CS、4 ビットのパラレル信号 DV、位置信号 PS、P W M 禁止信号 NPWM、トリガ信号 TR、及び B E M F 検出信号 DZC のタイミングチャートである。

図 19 と図 20 とでは、図 13 と図 14 とに示される構成要素と同様な構成要素に対し図 13 と図 14 とに示される符号と同じ符号を付し、それらの説明は実施形態 1 での説明を援用する。

【 0 1 2 5 】

カウンタ回路 72 は、 60° 区間カウンタ回路 721、データ保持回路 722、分割回路 723、及び位置信号生成回路 724A に加え、一定時間カウンタ回路 725 を含む。

一定時間カウンタ回路 725 は、分割回路 723 から 4 ビットのパラレル信号 DV を読み出し、位置信号 PS の一定番号のパルス、例えば番号 10 のパルスの立ち上がり時点から一定時間 T を計測する。一定時間カウンタ回路 725 は更に、その一定時間 T の経過時、トリガ信号 TR を位置信号生成回路 724A へ送出する。

ここで、一定時間カウンタ回路 725 による計測開始時点は、位置信号 PS の番号 10 とは異なる番号のパルスの立ち上がり時点であっても良い。但し、その計測開始時点は P W M 禁止信号 NPWM の立ち上がり時点に設定される。

【 0 1 2 6 】

位置信号生成回路 724A は分割回路 723 から 4 ビットのパラレル信号 DV を読み出し、位置信号 PS の 16 個のパルス波 0 ~ 15 のうち、パラレル信号 DV の 4 ビットで表される数値と等しい番号のパルス波を立ち上げる（図 20 参照）。特に、先頭のパルス波（番号 0）は転流信号 CS に同期するので、番号 0 ~ 15 の一連のパルスは転流信号 CS のパルス間隔を 16 区間に分割するので、位置信号 PS のパルス一つ当たりの区間は 3.75° （電気角）に相当する。こうして、番号 0 ~ 15 のパルスそれぞれがセンサレスモータ M のロータの推定位置を 3.75° （電気角）間隔で示す（図 3 と図 19 とを参照）。

【 0 1 2 7 】

位置信号生成回路724Aは更に、位置信号PSの一定番号のパルス、例えば番号10のパルスの立ち上がりと同期してPWM禁止信号NPWMを立ち上げる（図20参照）。それにより転流信号CSの生成時点、すなわち通電相の切換時点からPWM禁止期間の開始時点までの期間TPが一定の電気角（例えば 37.5° ）の期間に設定される。

ここで、その期間TPは 37.5° と異なる値、例えば 30° であっても良い。更に、その期間TPは特に減少トルク指令TQ2のレベル変化の期間（図3参照）より長く設定されても良い。

【0128】

位置信号生成回路724Aは、位置信号PSの一定番号のパルス、例えば番号12のパルスとトリガ信号TRとのいずれか早く入力される方の立ち上がりと同期してBEMF検出信号DZCを立ち上げる（図20参照）。

例えば図20の左半分に示されるようにロータの回転数が小さいとき、転流信号CSのパルス間隔T1が長いので、トリガ信号TRが位置信号PSの番号12のパルスより先に生成される。そのとき、BEMF検出信号DZCはトリガ信号TRの立ち上がりと同期して立ち上がる。従って、通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間は 37.5° （電気角）の期間TDより短い。

【0129】

それに対し、例えば図20の右半分に示されるようにロータの回転数が十分に増大するとき、転流信号CSのパルス間隔T2が十分に短いので、位置信号PSの番号12のパルスがトリガ信号TRより先に生成される。そのとき、BEMF検出信号DZCは位置信号PSの番号12のパルスの立ち上がりと同期して立ち上がる。従って、通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間が 37.5° （電気角）の期間TDと一致する。

こうして、ロータの回転数に関わらず、PWM禁止期間の開始からBEMF検出期間の開始までの時間が、例えばフライバック電圧等によるゼロクロスの誤検出を回避可能な程度で十分に小さく維持される。すなわち、BEMF検出期間が速やかに開始される。その結果、ゼロクロスの検出精度がロータの回転数に関わらず、高く維持される。

【0130】

《実施形態3》

本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置は上記の実施形態1による駆動装置と同様、例えば三相（U相、V相、W相）のセンサレスモータを駆動対象とする。そのセンサレスモータ駆動装置の構成要素は他励転流回路6を除き、上記の実施形態1による駆動装置と同様である（図1参照）。その同様な構成要素については上記の実施形態1での説明と引用図面とを援用する。

【0131】

本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置では上記の実施形態1による駆動装置とは他励転流回路6の内部構成が異なる。図21は、本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置での他励転流回路6の内部構成を示すブロック図である。図21では、図9に示される構成要素と同様な構成要素に対し図9に示される符号と同じ符号を付し、それらの説明は実施形態1での説明を援用する。

【0132】

他励転流回路6は、第二の発振回路61、他励転流信号発生回路62A、及び他励転流信号制御回路63を含む。

他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とは、クロック信号CLKと自励転流信号SCとに基づき、他励転流信号FCを以下のように生成する。

図22は、他励転流信号発生回路62Aにより生成される二つの信号PAとPB、クロック信号CLKのパルスについての第一のカウントCN1Aと第二のカウントCN1B、他励転流信号FC、及び自励転流信号SCを示すタイミング図である。図23、図24、及び図25は、他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とによる他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートである。

【0133】

他励転流信号発生回路62Aは内部に二つのカウンタを持つ。他励転流信号発生回路62Aは

10

20

30

40

50

制御開始時（図22に示される時刻TS）、まず両方のカウンタをリセットし（図23に示されるS11参照）、第一のカウンタでクロック信号CLKのパルスをカウントする（図23に示されるS12参照）。

図22に示されるように、自励転流信号SCが入力されないうちに第一のカウンタのカウントCN1Aが第一の閾値Dに達するとき、他励転流信号発生回路62Aは第一の信号PAを生成する（図23に示されるS13、S14参照）。更に、他励転流信号制御回路63は第一の信号PAを他励転流信号FCとして送出する（図23に示されるS15参照）。

ここで、第一の信号PAは自励転流信号SCと同形のパルスである。

【0134】

自励転流信号SCが入力されない期間では他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とは第一の信号PAのパルスを数える（図24に示されるS16参照）。図22に示されるように、自励転流信号SCが入力されない期間で、かつ第一の信号PAのパルス数が一定数、例えば6より小さい期間では、第一のカウンタのカウントCN1Aが第一の閾値Dに達すると共に、第一のカウンタのカウントCN1Aのリセット、第一の信号PAの生成、及び第一の信号PAの他励転流信号FCとしての送出が反復される（図23と図24とに示されるS11～S16参照）。

ここで、自励転流信号SCが入力されない期間では、第一の信号PAの周期（パルス間隔）が、第一の閾値Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間TAと等しい。

【0135】

図22に示されるように、自励転流信号SCが入力されないうちに第一の信号PAのパルス数が一定数、例えば6に達するとき、他励転流信号発生回路62Aは両方のカウンタをリセットし、第一のカウンタと共に、第二のカウンタでもクロック信号CLKのパルスをカウントする（図24に示されるS17、S18参照）。

図22に示されるように、自励転流信号SCが入力されない期間では第二のカウンタのカウントCN1Bが第二の閾値2Dに達すると共に、他励転流信号発生回路62Aは第二の信号PBを生成し、第二のカウンタのカウントCN1Bをリセットする（図24に示されるS17、S18、S19、S20参照）。更に、第二のカウンタによるカウントの開始時点から自励転流信号SCの入力時点までの期間では、他励転流信号制御回路63は第一の信号PAに代え、第二の信号PBを他励転流信号FCとして送出する（図24に示されるS21参照）。

【0136】

ここで、第二の信号PBは第一の信号PAと同様、自励転流信号SCと同形のパルスである。更に、第二の信号PBの周期（パルス間隔）は、第二の閾値2Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間TBと等しい。第二の閾値2Dは第一の閾値Dより大きく、好ましくは2倍である。そのとき、第二の信号PBの周期TBは第一の信号PAの周期TAより長く（ $TB > TA$ ）、好ましくは第一の信号PAの周期TAの2倍である。

【0137】

図22に示されるように、他励転流信号発生回路62Aは自励転流信号SCの入力時、クロック信号CLKのパルスについての二つのカウントCN1AとCN1Bとをいずれも、それぞれの閾値Dと2Dとに達する前でもリセットする（図23に示されるS13、図24に示されるS19、及び図25に示されるS22参照）。

他励転流信号発生回路62Aはその後、第一のカウンタについて第一の閾値Dを第三の閾値に置き換える。ここで、第三の閾値は第一の閾値Dと第二の閾値2Dとのいずれよりも大きく、好ましくは第一の閾値Dの6倍である。その他に、例えば20倍であっても良い。第三の閾値は更に好ましくは、第二の閾値2Dの整数倍である。

他励転流信号発生回路62Aはその上で、二つのカウンタのそれぞれでクロック信号CLKのパルスを再びカウントする（図22、及び図25に示されるS23参照）。

一方、第一のカウンタに第三の閾値6Dが設定される期間では、他励転流信号制御回路63は第二の信号PBに代え、第一の信号PAを他励転流信号FCとして選択する。すなわち、図22に示されるように、第二の信号PBは他励転流信号FCとしては送出されない。

【0138】

第一のカウンタのカウントCN1Aが第三の閾値6Dに達する前に次の自励転流信号SCが入力

10

20

30

40

50

されるとき、他励転流信号発生回路62Aは二つのカウンタのカウントCN1AとCN1Bとをリセットし、クロック信号CLKのパルスを再び0からカウントする（図25に示されるS22、S23、S24参照）。そのとき、第一のカウンタのカウントCN1Aの閾値は第三の閾値6Dに維持される。更に、他励転流信号制御回路63は他励転流信号FCとしての選択対象を第一の信号PAに維持する。

こうして、自励転流信号SCの生成が反復され、かつそのパルス間隔が第三の閾値6Dと等しいパルス数のクロック信号CLKの生成に要する時間6TAより短いとき、他励転流信号FCは生成されない。

【0139】

図22に示されるように、次の自励転流信号SCが入力される前に第一のカウンタのカウントCN1Aが第三の閾値6Dに達するとき、他励転流信号発生回路62Aは第一の信号PAを生成する。更に、他励転流信号制御回路63は第一の信号PAを他励転流信号FCとして送出する（図25に示されるS25、S26参照）。

他励転流信号発生回路62Aはその後、第一のカウンタについて第三の閾値6Dを元の第一の閾値Dに置き換える。更に、他励転流信号制御回路63は第一の信号PAに代え、第二の信号PBを他励転流信号FCとして選択する。

その上で、自励転流信号SCが再び入力されるまで図24に示されるループS17～S21が反復される。特に、他励転流信号FCの周期が再び、第二の信号PBの周期TBに設定される（図22参照）。

【0140】

本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置は、センサレスモータMの起動を次のような他励転流制御で行う。特に上記の他励転流回路6を利用し、他励転流制御から自励転流制御への切り換えを以下の通り、負荷の重さに関わらず、迅速かつ確実に実現させる。

図26は、センサレスモータMの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流I_u、I_v、I_wを示すタイミングチャートである。図26ではBEMF検出期間が斜線部で示される。

【0141】

センサレスモータMの起動時点TSからゼロクロスの最初の検出時点、すなわち最初の自励転流信号SCの生成時点（図26に示される時刻TC参照）までは、選択回路71は他励転流信号FCを転流信号CSとして選択する。その期間ではまず、第一の信号PAが他励転流信号FCとして送出されるので、通電相の切換周期が第一の信号PAの周期TA（以下、他励転流信号FCの短周期TAという）と等しい。

更に、位置信号PSのパルス幅は他励転流信号FCの短周期TAの1/16と等しい（図14参照）。従って、相電流I_u、I_v、I_wの波形が他励転流信号FCの短周期TAに基づき設定される。例えば、相電流の周期が他励転流信号FCの短周期TAの6倍と等しく、相電流の増減期間が $37.5^\circ / 60^\circ \times TA$ と等しい。

その上、他励転流信号FCの生成時点からBEMF検出期間（図26に示される斜線部参照）の開始時点までの期間TDが他励転流信号FCの短周期TAに基づき、一定に決定される（例えば、 $TD = 45^\circ / 60^\circ \times TA$ ）。PWM禁止期間についても同様である。

【0142】

センサレスモータMの起動時点TSから他励転流信号FCが六回連続して生成される前に自励転流信号SCが生成されるとき、上記の実施形態1と同様、通電相が他励転流信号FCに代え、自励転流信号SCに従い切り換えられる。特に自励転流信号SCが一旦生成されると、第一の信号PAの周期TAが6倍に延長される。一方、第二の信号PBはまだ生成されない。従って、上記の実施形態1と同様、BEMF検出期間が長く確保される（図17参照）。その結果、ゼロクロスの検出精度が高く維持されるので、他励転流制御が自励転流制御へ迅速かつ確実に切り換えられる。こうして、センサレスモータの起動がスムーズにかつ正確に実行できる。

【0143】

図26に示されるように、センサレスモータMの起動時点TSから自励転流信号SCが生成される前に他励転流信号FCが六回連続して生成されるとき、他励転流回路6は第二の信号PBを他励転流信号FCとして送出する。従って、他励転流信号FCの周期が第二の信号PBの周期TB（以下、他励転流信号FCの長周期TBという）に延長される。

一方、位置信号PSのパルス幅はそれまでの値と同じく、他励転流信号FCの短周期TAの1/16と等しく維持される。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形、及び通電相の切換時点からBEMF検出期間の開始時点までの期間TDがそれまでのものと等しく維持される。PWM禁止期間についても同様である。

【0144】

センサレスモータMの負荷が比較的軽いとき、短周期TAの他励転流信号FCによる他励転流制御がロータの回転数を速やかに増大させる。しかし、センサレスモータMの負荷が比較的重いとき、短周期TAの他励転流信号FCによる他励転流制御がロータの回転数を増大させるににくい。従って、ゼロクロスの検出が高精度には維持されにくい。

10

本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置では上記の通り、短周期TAの他励転流信号FCによる他励転流制御では一定期間、ゼロクロスが検出されないとき、他励転流信号FCの短周期TAが長周期TBに延長される。それにより図26に示される通り、BEMF検出期間が延長される。従って、ゼロクロスの検出精度が向上する。

こうして、本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置は負荷の重さに関わらず、センサレスモータの迅速かつ確実な起動を実現できる。

そのとき、位置信号PSのパルス幅が他励転流信号FCの短周期TAの1/16を超えない。それにより通電相の切換時、相電流の立ち上がりが一定以上の速さに維持される。従って、起動トルクが大きいので、起動時間が短縮でき、かつ起動制御が負荷変動に対して強い。

20

【0145】

図26では時刻TCに最初の自励転流信号SCが生成される。上記の実施形態1と同様に、自励転流信号SCが生成されるときは必ず、選択回路71にはその自励転流信号SCが先に入力され、転流信号CSとして選択される。それにより、通電相が他励転流信号FCに代え、自励転流信号SCに従い切り換えられる。こうして、他励転流制御が自励転流制御へ迅速かつ確実に切り換えられる。

【0146】

自励転流信号SCの生成時点TCでは他励転流回路6が他励転流信号FCの周期（パルス間隔）を短周期TAの6倍に延長する。

30

更に、時刻TC直後の通電相では、位置信号PSのパルス幅、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形、及び時刻TCからBEMF検出期間の開始時点までの期間TD1が、直前の通電相の時間T1、又は他励転流信号FCの短周期TAのいずれか短い方にに基づき設定される。PWM禁止期間についても同様である。

それにより図26に示される通り、BEMF検出期間が延長される。従って、ゼロクロスの検出精度が向上する。

そのとき、位置信号PSのパルス幅が他励転流信号FCの短周期TAの1/16を超えない。それにより通電相の切換時、相電流の立ち上がりが一定以上の速さに維持される。従って、起動トルクが大きいので、起動時間が短縮でき、かつ起動制御が負荷変動に対して強い。

40

【0147】

時刻TC後、自励転流信号SCの生成が反復され、かつそれらのパルス間隔が他励転流信号FCの短周期TAの6倍より短いとき、上記の実施形態1と同様、転流信号CSは自励転流信号SCに同期する（図16と図17参照）。

一方、図26に示されるように、新たな自励転流信号SCが時刻TCから他励転流信号FCの短周期TAの6倍の経過時点までには生成されないとき、他励転流信号FCが次の転流信号CSとして選択される。すなわち、次の通電相の切換は他励転流信号FCの生成により実行される（図26に示される時刻TC2参照）。

その通電相では、位置信号PSのパルス幅が他励転流信号FCの短周期TAの1/16と等しく設定される。従って、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の波形、及び通電相の切換時点TC2からBEMF

50

検出期間の開始時点までの期間TDが、他励転流信号FCの短周期TAに基づき設定される。PWM禁止期間についても同様である。

その上、他励転流回路6は時刻TC2以後、他励転流信号FCの周期を長周期TBに設定する。それにより、BEMF検出期間が長く維持されるので、ゼロクロスの検出精度が高く維持される。

更にその後、自励転流信号SCが再び生成されるまで、長周期TBの他励転流信号FCによる他励転流制御が継続される。

【0148】

図26に示されるように、ゼロクロスの検出が反復されず、それにより他励転流制御から自励転流制御への切り換えに失敗する場合、本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置は、特に長周期TBの他励転流信号FCによる他励転流制御を速やかに再開する。すなわち、従来のセンサレスモータ駆動装置でのリトライとは異なり、例えば、ロータの回転数を判定しなくても、又は外部のマイクロプロセッサによるリトライ命令を待たなくても良い。こうして、センサレスモータの起動が更にスムーズに実行できる。

本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置は上記の他に、例えばロータの回転数を検出し、その検出される回転数に基づき、再開時の他励転流制御での他励転流信号FCの周期を判断しても良い。

【産業上の利用可能性】

【0149】

本発明によるセンサレスモータ駆動装置及び駆動方法は上記の通り、PWM禁止期間とBEMF検出期間との設定により、モータエコーノイズの抑制とセンサレスモータの迅速かつ確実な起動とを両立させる。このように、本発明は明らかに産業上利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0150】

【図1】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、トルク指令回路12の内部構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、位置信号PS、原トルク指令TQ、増加トルク指令TQ1、及び減少トルク指令TQ2の波形図である。

【図4】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、通電相I~VIそれぞれでの相電流I_u、I_v、I_wそれぞれの状態を示す表である。

【図5】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、相電流I_u、I_v、I_w、及びBEMF V_u、V_v、V_wの波形図である。

【図6】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、図5に示される通電相I~IVでの相電流I_u、I_v、I_w、及びBEMF V_u、V_v、V_wの拡大波形図、及び、PWM禁止信号NPWMとBEMF検出信号DZCとの波形図である。

【図7】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、W相でのゼロクロスがBEMF検出期間中に発生する場合、すなわちゼロクロスのエッジ検出の場合を示す波形図である。

【図8】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、W相でのゼロクロスがBEMF検出期間前に発生する場合、すなわちゼロクロスのステート検出の場合を示す波形図である。

【図9】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流回路6の内部構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号FC、クロック信号CLKのパルスについてのカウンタCN1、及び自励転流信号SCを示すタイミング図である。

【図11】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号発生回路62による他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートの前半である。

【図12】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号

10

20

30

40

50

発生回路62による他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートの後半である。

【図13】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、カウント回路72の内部構成を示すブロック図である。

【図14】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、転流信号CS、カウント回路72の内部信号CN2、RTC、DV、及び、カウント回路72から送出される三つの信号PS、NPWM、DZCのタイミングチャートである。

【図15】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、センサレスモータMのロータが安定に回転するとき、同じモータコイルについての相電流とBEMFとの波形図である。

【図16】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、センサレスモータMの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を示すタイミングチャートである。特に、自励転流信号SCのパルス間隔 T_2 が他励転流信号FCの元のパルス間隔 T より短い場合 ($T_2 < T$) を示す。

10

【図17】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、センサレスモータMの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を示すタイミングチャートである。特に、自励転流信号SCのパルス間隔 T_2 が他励転流信号FCの元のパルス間隔 T より長く、かつ他励転流信号FCの延長されたパルス間隔 $6T$ より短い場合 ($T < T_2 < 6T$) を示す。

【図18】本発明の実施形態1によるセンサレスモータ駆動装置について、センサレスモータMの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を示すタイミングチャートである。特に、新たな自励転流信号SCが時刻 TC から他励転流信号FCの延長された周期 $6T$ の経過時点までには生成されない場合を示す。

20

【図19】本発明の実施形態2によるセンサレスモータ駆動装置について、カウント回路72の内部構成を示すブロック図である。

【図20】本発明の実施形態2によるセンサレスモータ駆動装置について、転流信号CS、4ビットの平行信号DV、位置信号PS、PWM禁止信号NPWM、トリガ信号TR、及びBEMF検出信号DZCのタイミングチャートである。

【図21】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流回路6の内部構成を示すブロック図である。

【図22】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号発生回路62Aにより生成される二つの信号PAとPB、クロック信号CLKのパルスについての第一のカウントCN1Aと第二のカウントCN1B、他励転流信号FC、及び自励転流信号SCを示すタイミング図である。

30

【図23】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とによる他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートの第一の部分である。

【図24】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とによる他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートの第二の部分である。

【図25】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、他励転流信号発生回路62Aと他励転流信号制御回路63とによる他励転流信号FCの生成動作を示すフローチャートの第三の部分である。

40

【図26】本発明の実施形態3によるセンサレスモータ駆動装置について、センサレスモータの起動時での他励転流信号FC、自励転流信号SC、転流信号CS、及び相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を示すタイミングチャートである。

【図27】従来のセンサレスモータ駆動装置を示すブロック図である。

【図28】従来のセンサレスモータ駆動装置について、ロータの安定な回転時での、三つのモータコイル M_u 、 M_v 、 M_w それぞれのBEMF V_u 、 V_v 、 V_w と電流 I_u 、 I_v 、 I_w 、位置検出マスク信号MZC、及び三つの駆動端子 U_0 、 V_0 、 W_0 それぞれの電位 V_{U0} 、 V_{V0} 、 V_{W0} を示す波形図である。

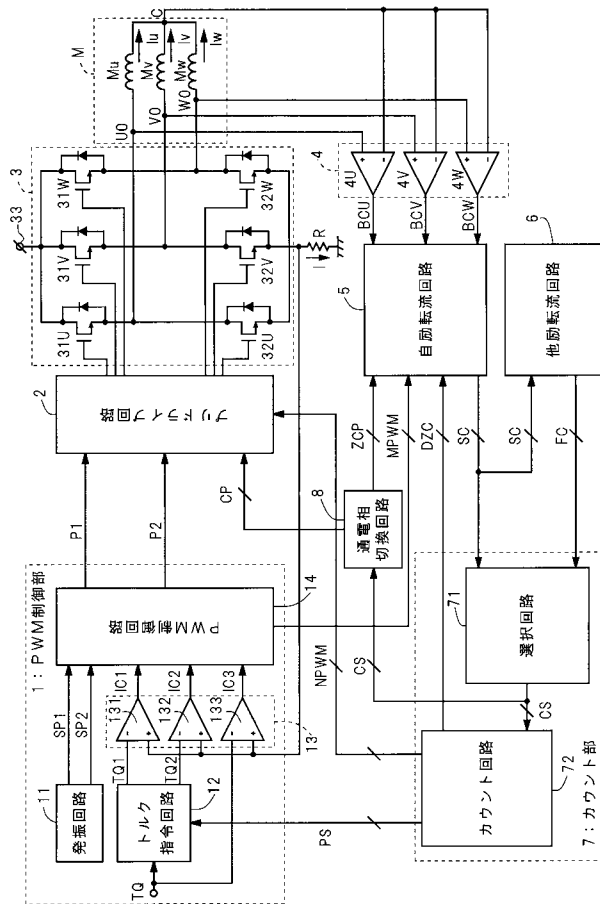
50

【符号の説明】

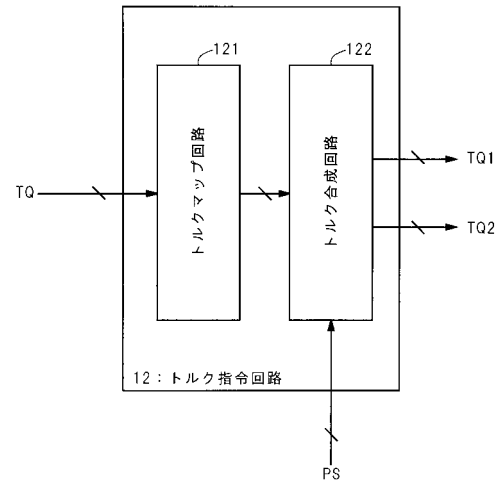
【 0 1 5 1 】

SP1	第一のセットパルス信号	
SP2	第二のセットパルス信号	
TQ	原トルク指令	
TQ1	増加トルク指令	
TQ2	減少トルク指令	
13	電流比較部	
IC1	電流比較部13の第一の出力信号	
IC2	電流比較部13の第二の出力信号	10
IC3	電流比較部13の第三の出力信号	
P1	第一のP W M制御信号	
P2	第二のP W M制御信号	
CP	通電相切換信号	
3	出力回路	
33	電源端子	
31U	U相ハイサイドパワートランジスタ	
31V	V相ハイサイドパワートランジスタ	
31W	W相ハイサイドパワートランジスタ	
32U	U相ローサイドパワートランジスタ	20
32V	V相ローサイドパワートランジスタ	
32W	W相ローサイドパワートランジスタ	
R	電流検出抵抗	
M	センサレスモータ	
Mu	U相モータコイル	
Mv	V相モータコイル	
Mw	W相モータコイル	
U0	U相駆動端子	
V0	V相駆動端子	
W0	W相駆動端子	30
C	モータコイルの midpoint 端子	
Iu	U相電流	
Iv	V相電流	
Iw	W相電流	
4	B E M F 比較部	
BCU	B E M F 比較部13の第一の出力信号	
BCV	B E M F 比較部13の第二の出力信号	
BCW	B E M F 比較部13の第三の出力信号	
ZCP	ゼロクロス点情報	
MPWM	P W M マスク信号	40
DZC	B E M F 検出信号	
SC	自励転流信号	
FC	他励転流信号	
CS	転流信号	
PS	位置信号	
NPWM	P W M 禁止信号	

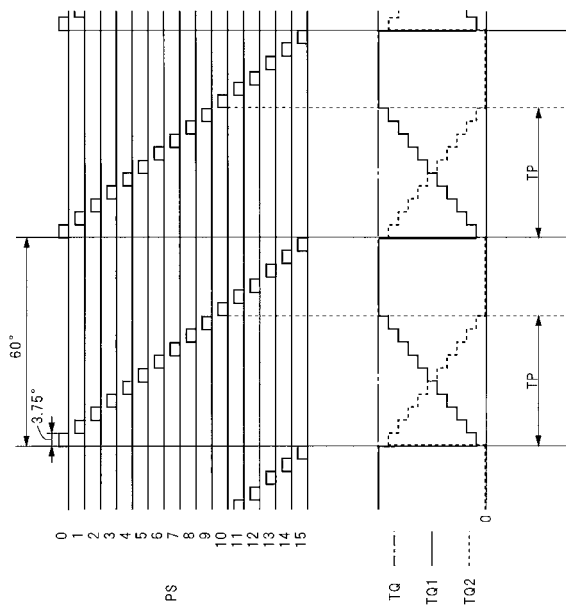
【 図 1 】



【 図 2 】



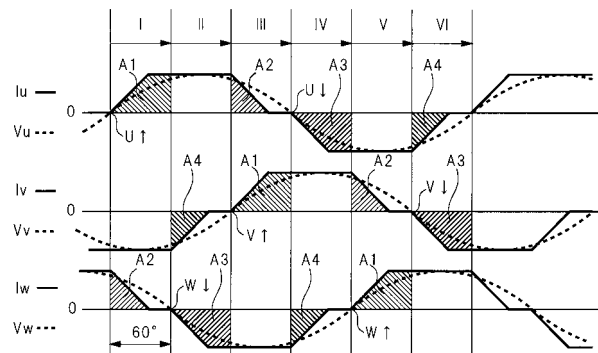
【 図 3 】



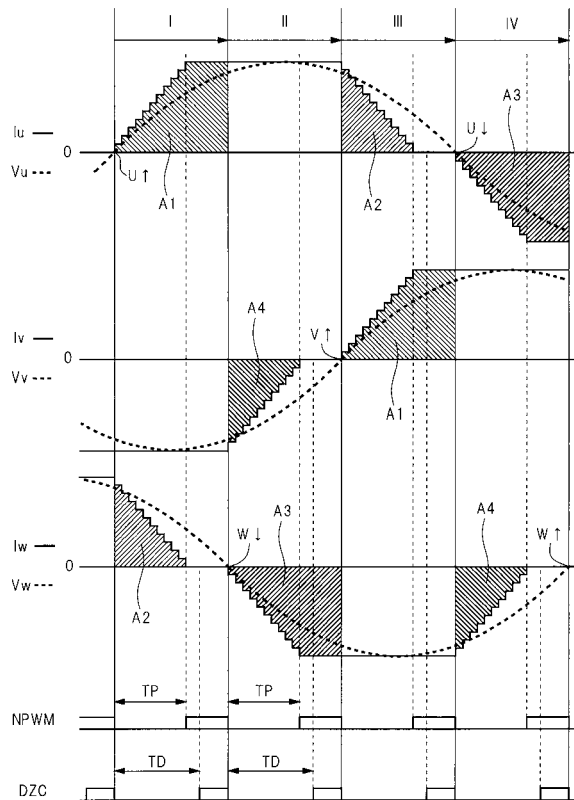
【圖 4】

	I	II	III	IV	V	VI
Iu	ソース 増加	ソース 固定	ソース 減少	シンク 増加	シンク 固定	シンク 減少
Iv	シンク 固定	シンク 減少	ソース 増加	ソース 固定	ソース 減少	シンク 増加
Iw	ソース 減少	シンク 増加	シンク 固定	シンク 減少	ソース 増加	ソース 固定
ZCP	W ↓	V ↑	U ↓	W ↑	V ↓	U ↑

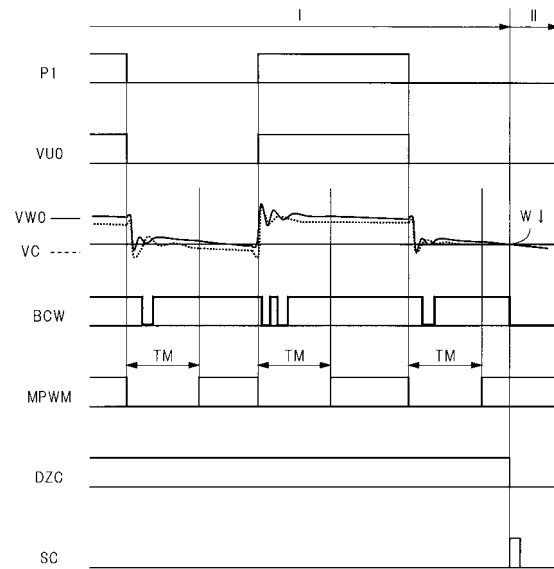
【 図 5 】



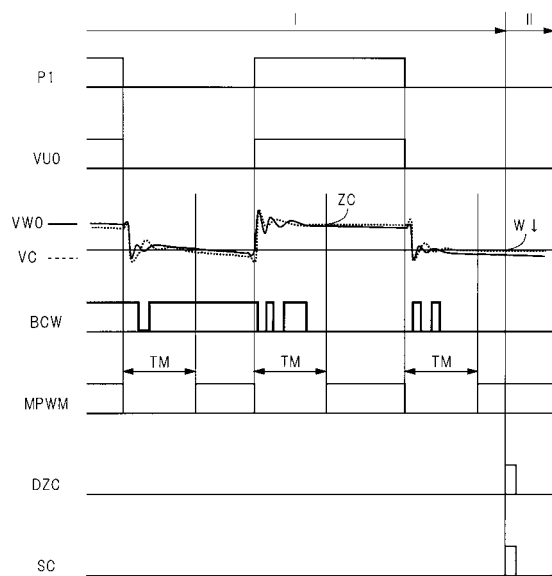
【図 6】



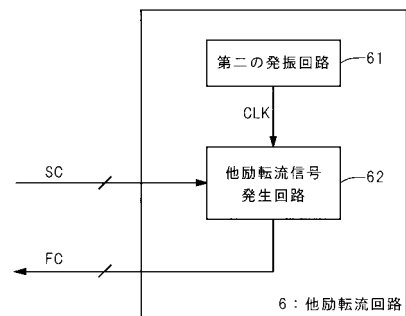
【図 7】



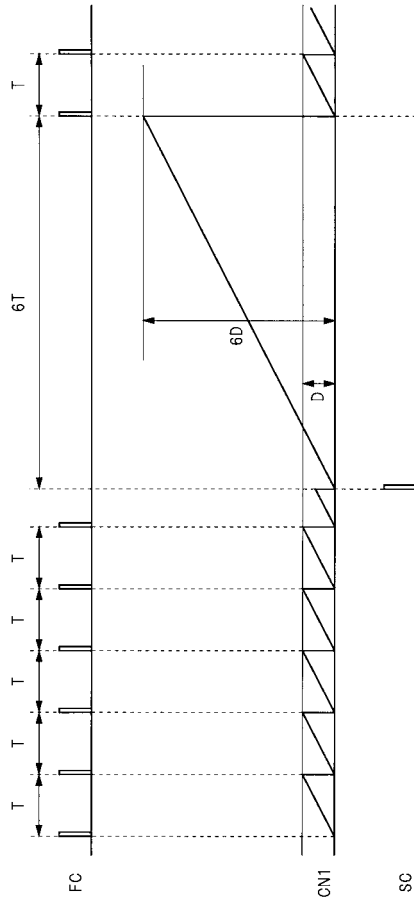
【図 8】



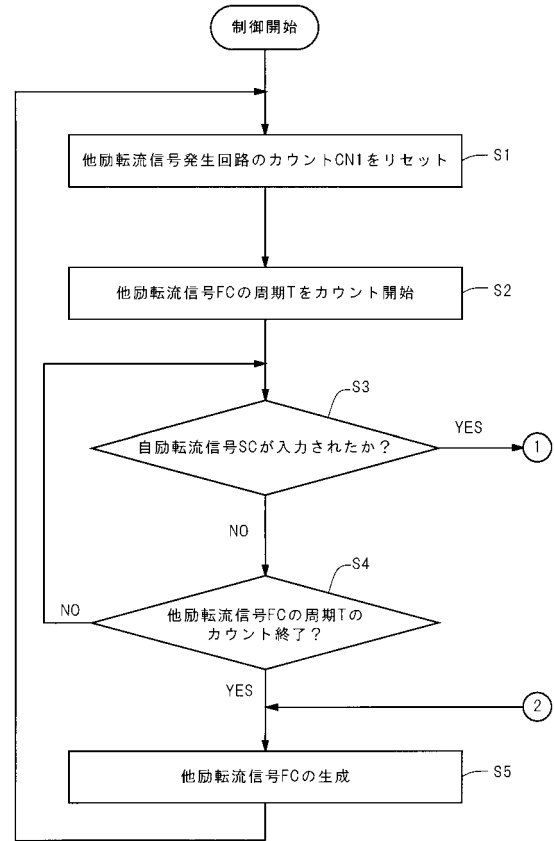
【図 9】



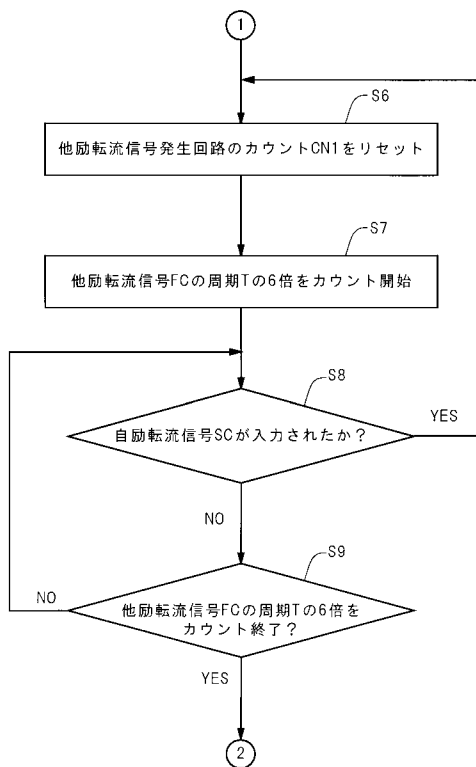
【図10】



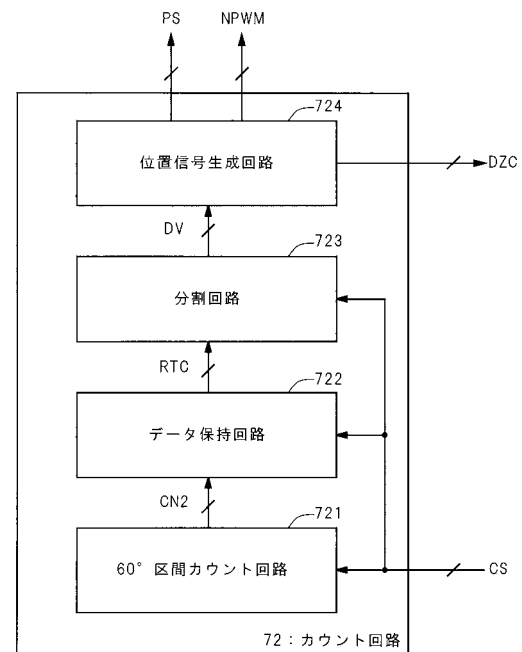
【図11】



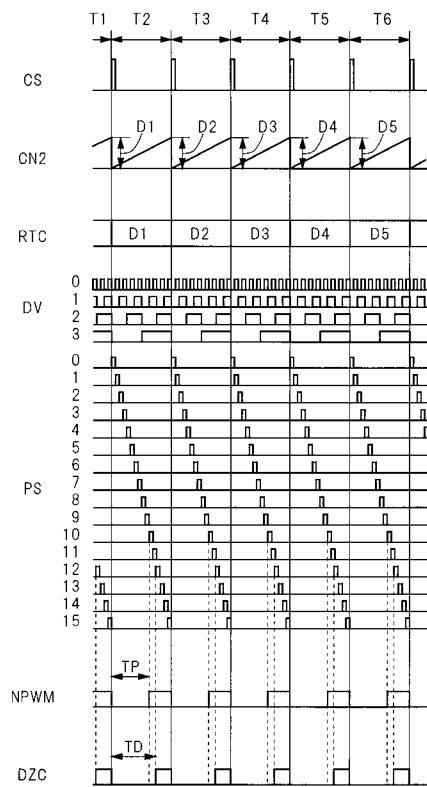
【図12】



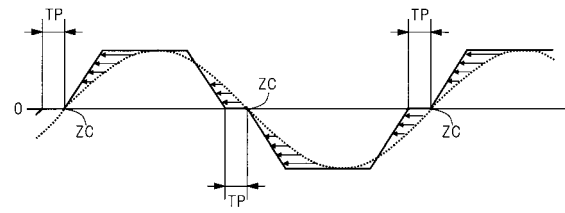
【図13】



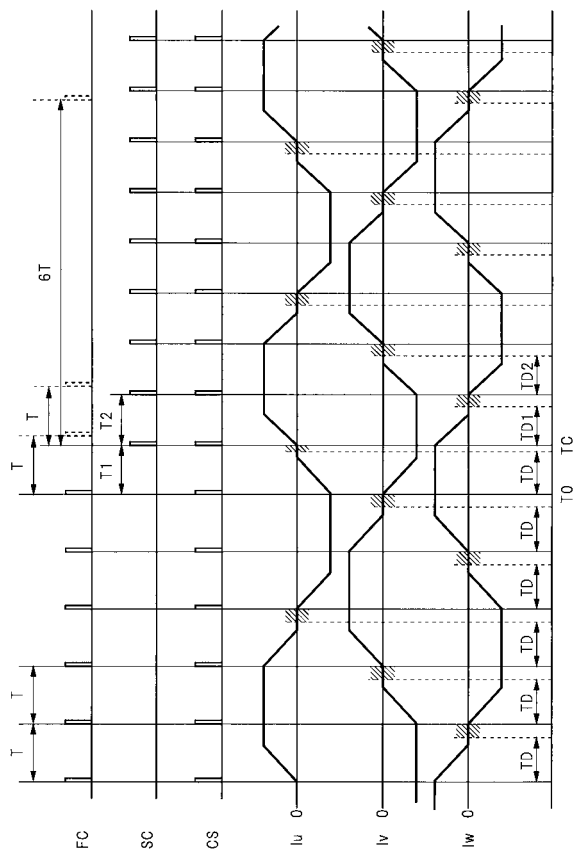
【図 14】



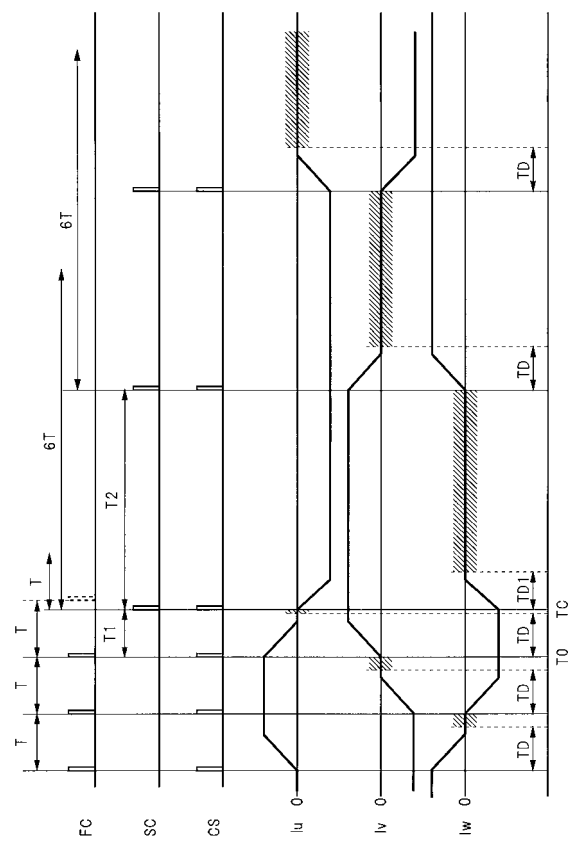
【図 15】



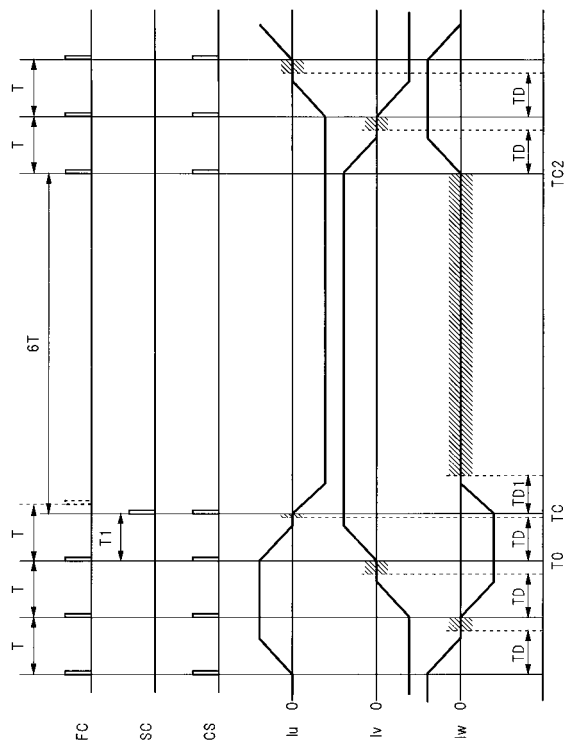
【図 16】



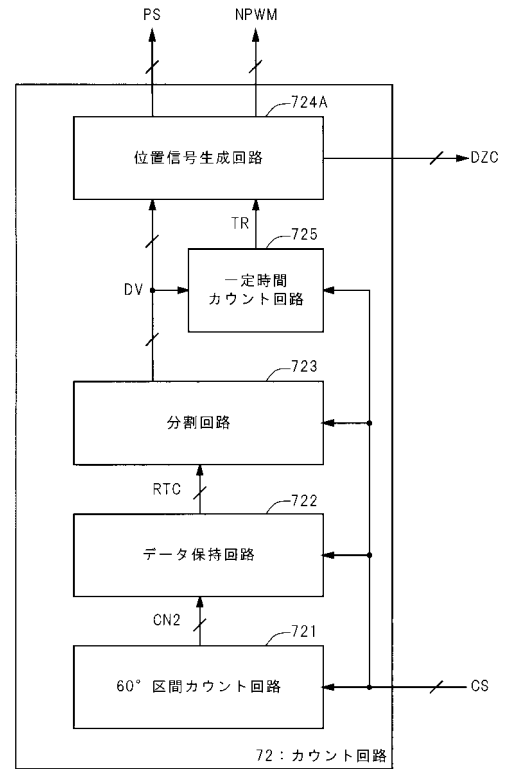
【図 17】



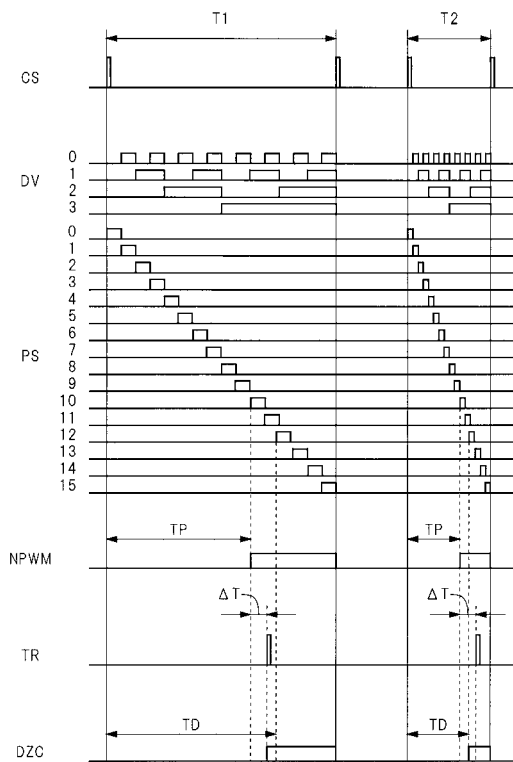
【図 18】



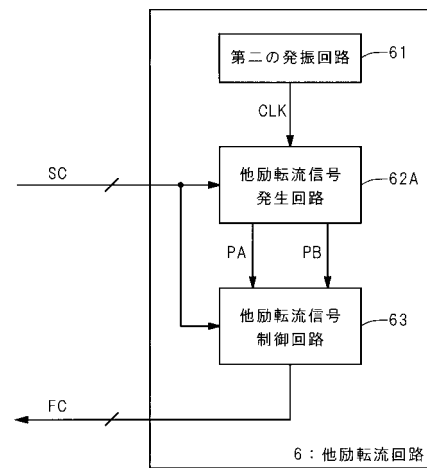
【図 19】



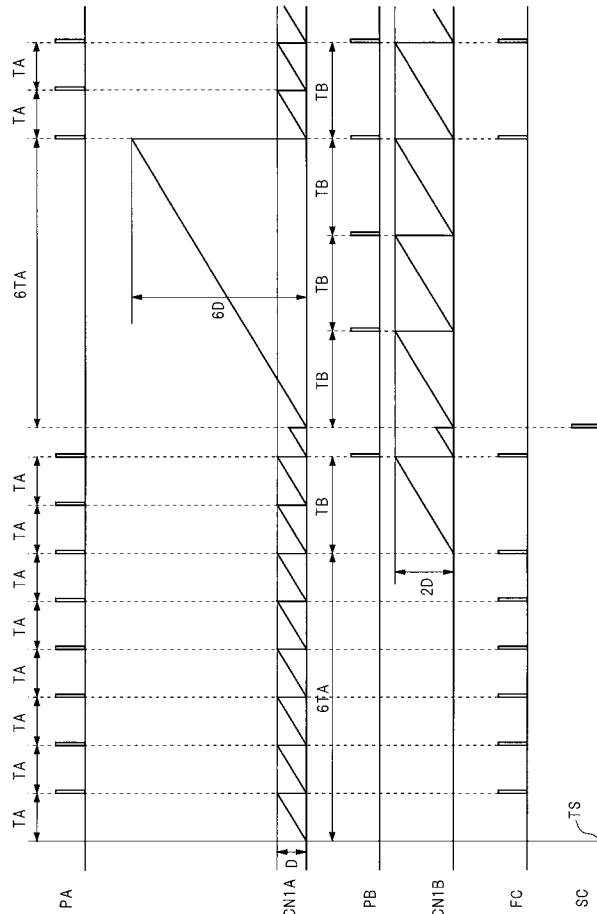
【図 20】



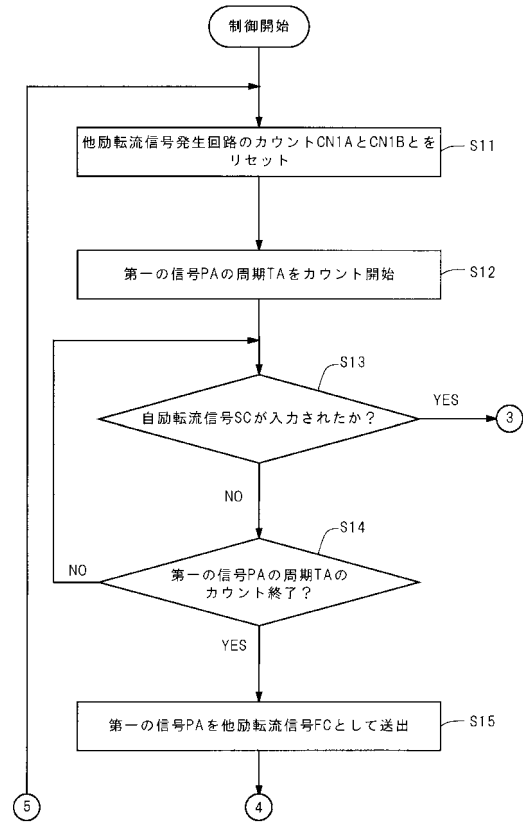
【図 21】



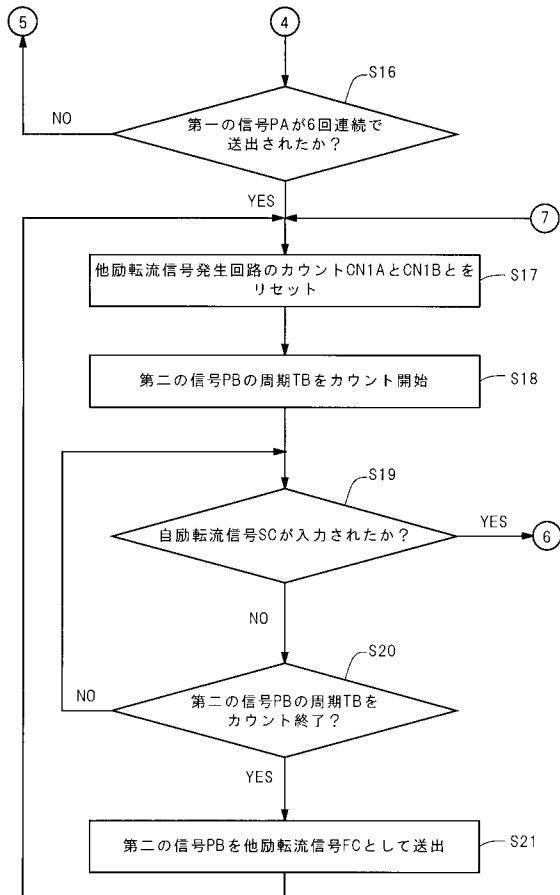
【図22】



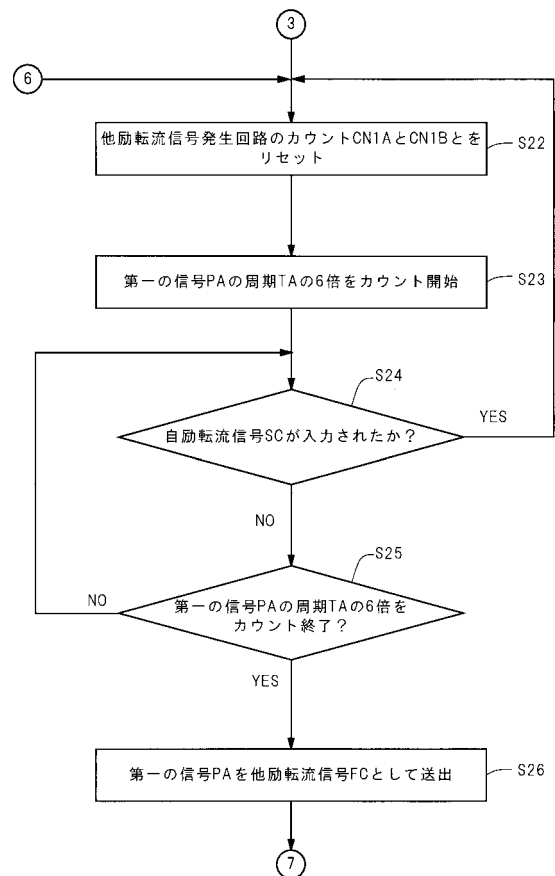
【図23】



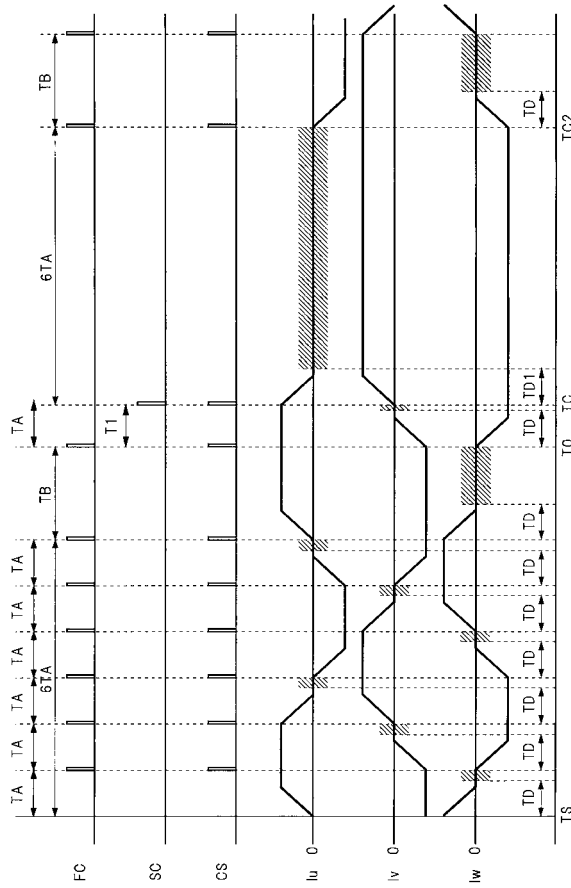
【図24】



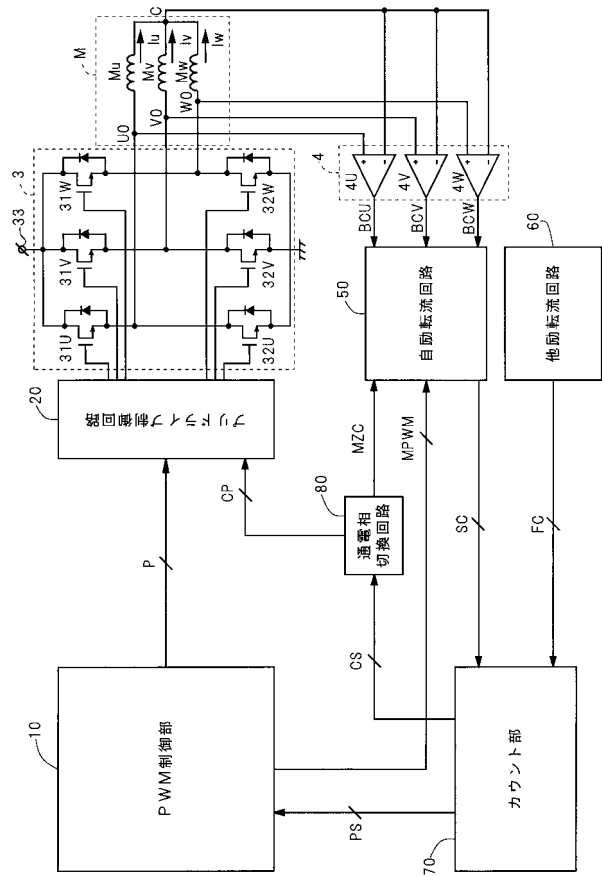
【図25】



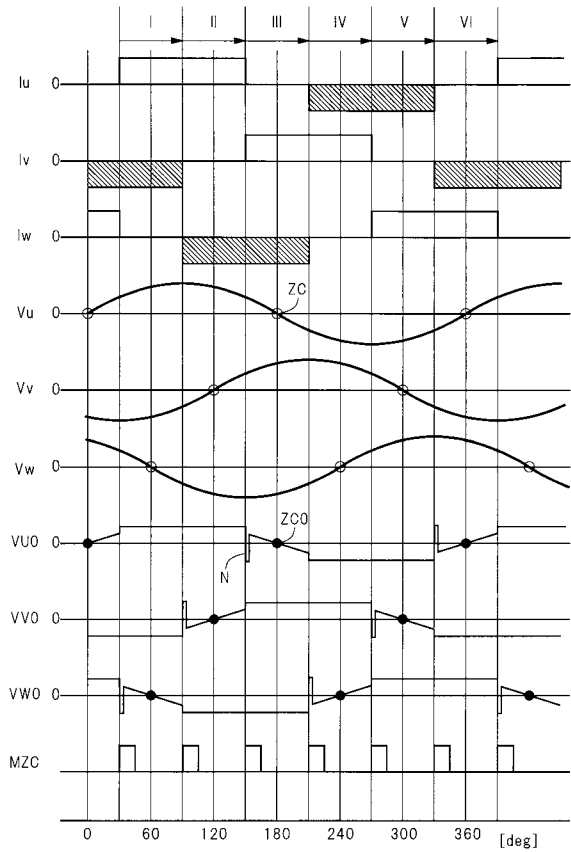
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

- (72)発明者 山本 泰永
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 西野 英樹
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 天坂 康種

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 2 8 7 4 7 7 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 3 0 8 9 3 (J P , A)
特開平 0 6 - 1 3 3 5 8 4 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 P 6 / 1 8