

明 細 書

発明の名称：洗濯機

技術分野

[0001] 本開示は、洗濯機に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、この種の洗濯機は、モータの回転位置検出を以下のように行っている。回転位置検出とはモータの電気角を検出することで、ホール素子、ロータリーエンコーダーなどを回転センサとして用いている。しかし、コストや構造上の制約の点から、回転センサを設けることができない場合、回転センサなしのセンサレスで回転位置検出を行う方法があり、誘起電圧を用いるものと、インダクタンスを用いるものがある。

[0003] 誘起電圧を用いる場合、モータへの入力電圧と電流からモータの回転数に比例する誘起電圧を算出して、この誘起電圧から回転位置を検出する。この検知方法は、モータの回転数が高い領域では、誘起電圧が大きいため、精度のいい回転位置検知ができるが、モータの回転数が低い領域では、誘起電圧が小さいため、起動や停止時には正しく回転検知できない。

[0004] また、インダクタンスを用いる場合は、モータへの入力電圧と電流からモータのインダクタンスを算出して、このインダクタンス変動周期がモータ電気角の2倍になることを利用して回転位置を検出する。この検知方法は、磁氣的突極性をもつモータに限られ、モータの回転周期と別の周期でモータに電圧を印加する（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2001-169590号公報

発明の概要

[0006] しかしながら、このような従来の洗濯機は、磁氣的非突極性をもつモータでは、回転数が低い領域での位相推定が困難なため、位相情報をフィードバ

ックしない制御方法を使っていた。この場合、位相が不確かなため、トルクが正しくモータに伝わらず、起動に失敗し、ロック状態になるという課題を有していた。さらに、ロック解除のため、同じように起動方法で再起動を行っても、ロック解除されず、起動できないという課題を有していた。

[0007] 本開示は、起動に失敗して、ロック状態になった場合に、起動方法を変えることで、容易にロック状態を解消できる洗濯機を提供する。

[0008] 本開示における洗濯機は、洗濯物と接触する回転物体と、永久磁石と巻線を有する電動機と、電動機に電流を供給する電源回路と、電動機のトルクを回転物体に伝える伝達機構と、洗濯運転を実行する制御部とを備える。また、制御部は、巻線に対する永久磁石の位置に関係しない通電を行う第1の制御処理と、巻線に対する永久磁石の位置に応じた通電を行う第2の制御処理と、を実行可能とする。さらに、制御部は、第1の制御処理から第2の制御処理への移行後に永久磁石が所定の回転数で回転していないとロックしていると検知するロック検知処理と、を実行可能とする。そして、制御部は、ロック検知処理において、ロックしたと検知したときに、第1の制御処理による駆動開始時に複数回、異なる位相での位相固定制御を行う。

[0009] 本開示における洗濯機は、起動に失敗して、ロック状態になった場合に、起動方法を変えることで、容易にロック状態を解消することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1の実施の形態における洗濯機の要部断面図である。

[図2]図2は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの駆動系のブロック図である。

[図3]図3は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの等価回路図である。

[図4]図4は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の制御ブロック図である。

[図5]図5は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの速度位相推定部の詳細ブロック図である。

[図6A]図 6 A は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の推定座標が遅れ状態のベクトル図である。

[図6B]図 6 B は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の推定座標が進み状態のベクトル図である。

[図7]図 7 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのオープンループ時の制御ブロック図である。

[図8A]図 8 A は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレス制御処理のフローチャートである。

[図8B]図 8 B は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの別のセンサレス制御処理のフローチャートである。

[図9]図 9 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御処理のフローチャートである。

[図10]図 1 0 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御の初期位相固定制御のベクトル図である。

[図11]図 1 1 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御の指令回転数を示すグラフである。

[図12]図 1 2 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレス位相推定制御処理のフローチャートである。

[図13]図 1 3 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの速度制御処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。また、この実施の形態によって本開示が限定されるものではない。

[0012] (第 1 実施の形態)

図 1 は、第 1 の実施の形態における洗濯機の要部断面図である。

[0013] 底部に衣類攪拌用のパルセータ 1 を左右回転自在に配した洗濯兼脱水槽 2 は、脱水回転自在に水受け槽 3 の内部に配設される。水受け槽 3 の外底部にはモータ 4 を固定し、モータ 4 の回転は、モータプーリ 3 1 とベルト 5 とイ

ンペラプリー３２、および減速機構兼クラッチ６を介して、パルセータ１または洗濯兼脱水槽２を回転駆動させたり、ブレーキをかけて停止させたりする。ブレーキはモータ４に逆トルクがかかるように制御する方法のほか、ギヤードモータ７を作動させ、ブレーキベルト８を回転部に接触させることで機械的に洗濯兼脱水槽２を制動させる方法がある。洗濯機外枠９の上方に配したパネル部１０の上面には開閉自在に蓋１１を配設し、パネルの前方内方には、洗濯機行程全般を制御すると共に、表示部１２を有する制御装置１３を配する。

[0014] 制御装置１３は、モータ４、給水弁１４、排水弁１５などの動作を制御し、洗い、すすぎ、脱水などの一連の行程を逐次制御するマイクロコンピュータからなる制御部２０等で構成している。制御部２０は、使用者が所望の洗濯コース設定や運転開始、一時停止などを操作する入力設定部からの情報を基に、ＬＥＤやＬＣＤ等の発光素子からなる表示部１２によって、行程進捗の表示や各種情報を表示して使用者に知らせる。入力設定部により運転開始が設定されると、水位検知部等からのデータに応じて、ギヤードモータ７、給水弁１４、排水弁１５の動作を制御して洗濯運転を行う。

[0015] 図２は、第１の実施の形態における洗濯機のモータの駆動系のブロック図である。

[0016] 交流電源は、整流回路１６に交流電力を加え、整流回路１６は倍電圧整流回路で構成し、インバータ回路１７に倍電圧直流電圧を加える。インバータ回路１７は、６個のパワースイッチング半導体と逆並列ダイオードよりなる３相フルブリッジインバータ回路により構成している。その３相フルブリッジインバータ回路は、通常、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）と逆並列ダイオードおよびその駆動回路と保護回路を内蔵したインテリジェントパワーモジュール（以下、ＩＰＭという）で構成している。さらに、インバータ回路１７の出力端子にモータ４を接続し、駆動する。

[0017] 電流検出部１８は、インバータ回路１７の負電圧端子と整流回路１６の負電圧端子間にシャント抵抗を接続し、このシャント抵抗の両端電圧から算出

したインバータ回路17の入力電流をもとに、モータ4の相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を検出する。インバータ回路17に加わる直流電圧が、交流電源からの入力以外に、モータ回転により発生する回生エネルギーにより、重畳することもあるため、常に検知している。

[0018] PWM制御部19は制御部20からの3相モータ駆動制御電圧指令 V_{us} 、 V_{vs} 、 V_{ws} に応じ、インバータ回路17のIGBTのスイッチングさせるPWM信号を制御し、インバータ回路の出力電圧 V_u 、 V_v 、 V_w により、モータ4を駆動する。

[0019] 図3は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの等価回路図である。

[0020] ここでは説明を簡単にするため、機械角1回転が電気角1回転となる2極構成としている。極数が4極、8極、・・・に変わった場合、機械角1回転が電気角2回転、4回転、・・・の関係に変わる。モータ4は、三相同期モータであり、U、V、Wの三相の巻線4a、4b、4cと、回転軸中心回りに回転するロータである永久磁石4dを有する等価回路により構成される。この等価回路において永久磁石のN極側を正方向として貫く軸をd軸($direct-axis$)と定義し、それに直交する軸をq軸($quadrature-axis$)と定義する。このように定義するとモータのトルクを主に支配するのはq軸方向の磁界となる。また、位相(電気角)はU相巻線を貫く軸とd軸との回転角 θ となる。以下、記載する位相は全て電気角である。なお、d軸方向に磁界を生じるように電圧を印加した場合の巻線のインダクタンスを L_d とし、同じくq軸方向についてのインダクタンスを L_q とする。

[0021] 埋込磁石型三相同期モータは、 $L_d < L_q$ の関係にある。また後で説明する制御部20は、最初は回転子の位置を正確に検出できていないため、図3に示す通り、位相 θ_c であると想定しており、現実の位相 θ とは誤差 $\Delta\theta$ を生じている。つまり、マイコンが位相 θ_c と想定して制御を行う軸を、実際のモータのd軸、q軸に対し、 γ 軸(推定d軸)、 δ 軸(推定q軸)となる。以降、マイコン内のトルクに対応した電流成分を δ 軸電流 I_δ 、マイコン

内の磁束に対応した電流成分を γ 軸電流 I_γ 、マイコン内のトルクに対応した電圧成分を指令 δ 軸電圧 $V_{\delta s}$ 、マイコン内の磁束に対応した電圧成分を指令 γ 軸電圧 $V_{\gamma s}$ とする。

[0022] 図4は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の制御ブロック図である。

[0023] 制御部20は、マイクロコンピュータ（マイコン）と、マイコンに内蔵したインバータ制御タイマー（タイマー）、A/D変換、メモリ回路を備える。また制御部20は、速度位相推定部21、3相2相変換器22、 I_δ 誤差増幅器23、 I_γ 誤差増幅器24、2相3相変換器25、速度誤差増幅器26、弱め界磁設定部27等を備え、以下のように、インバータ制御を行う。

[0024] 速度位相推定部21の詳細は後で記載する。速度位相推定部21は、 δ 軸電流 I_δ 、 γ 軸電流 I_γ 、指令 γ 軸電圧 $V_{\gamma s}$ を入力し、速度（電気角速度） ω と、推定位相 θ を出力する。以下、記載する速度は全て電気角速度である。

[0025] 3相2相変換器22は、電気角 θ と相電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、静止座標系から回転座標系に変換するのに必要な正弦波データ（ $\sin$ 、 $\cos$ データ）から、 γ 軸電流 I_γ と δ 軸電流 I_δ を、数式1のように演算する。

[0026] [数1]

$$\begin{bmatrix} I_\gamma \\ I_\delta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \times \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) \\ -\sin\theta & -\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & -\sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{bmatrix}$$

[0027] I_δ 誤差増幅器23は、速度誤差増幅器26で求めた δ 軸電流指令 $I_{\delta s}$ と3相2相変換器22で求めた δ 軸電流 I_δ から δ 軸電流の指令値 $I_{\delta s}$ に対する誤差 ΔI_δ が入力され、比例成分と積分成分の和として指令 δ 軸電圧 $V_{\delta s}$ を出力する。

[0028] 同様に I_γ 誤差増幅器24は、弱め界磁設定部27で求めた γ 軸電流指令 $I_{\gamma s}$ と3相2相変換器22で求めた γ 軸電流 I_γ から γ 軸電流の指令値 $I_{\gamma s}$

γ に対する誤差 ΔI_γ が入力され、比例成分と積分成分の和として指令 γ 軸電圧 $V_{\gamma s}$ を出力する。

[0029] δ 軸電流 I_δ と γ 軸電流 I_γ に分解してそれぞれ独立に制御するのでベクトル制御と呼ばれる。

[0030] 2相3相変換器25は、位相 θ と指令 δ 軸電圧 $V_{\delta s}$ と指令 γ 軸電圧 $V_{\gamma s}$ と、回転座標系から静止座標系に逆変換するのに必要な正弦波データ（ $\sin$ 、 $\cos$ データ）から、正弦波状の指令3相電圧 V_{us} 、 V_{vs} 、 V_{ws} を、数式2のように演算する。

[0031] [数2]

$$\begin{bmatrix} V_{us} \\ V_{vs} \\ V_{ws} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \times \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & -\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \cos\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) & -\sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_{\gamma s} \\ V_{\delta s} \end{bmatrix}$$

[0032] 速度誤差増幅器26は、速度指令 ω_s と速度位相推定部21で演算された速度 ω から速度指令 ω_s に対する誤差 $\Delta\omega$ が入力され、比例成分と積分成分の和の δ 軸電流指令 $I_{\delta s}$ を出力する。

[0033] 弱め界磁設定部27は速度位相推定部21で演算された速度 ω とインバータ回路に入力される直流電圧 V_{dc} から負の方向の γ 軸電流指令 $I_{\gamma s}$ を演算し、弱め磁束制御を行う。

[0034] 図5は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの速度位相推定部の詳細ブロック図である。

[0035] モータ4のパラメータとなる巻線4a、4b、4cの抵抗値 R_a とインダクタンス値 L を用いて推定位相 θ を算出する。

[0036] 速度位相推定部21は、 γ 軸誘起電圧計算器28、 γ 軸誘起電圧誤差増幅器29からなる。

[0037] γ 軸誘起電圧計算器28は、インダクタンス値 L と抵抗値 R_a と δ 軸電流 I_δ 、 γ 軸電流 I_γ 、指令 γ 軸電圧 $V_{\gamma s}$ および推定速度 ω から γ 軸誘起電

圧 $V_{e\gamma}$ を数式 3 のように演算する。

[0038] [数3]

$$V_{e\gamma} = V_{\gamma s} - (R_a \times I_\gamma - \omega \times L \times I_\delta)$$

[0039] γ 軸誘起電圧指令 $V_{e\gamma s} = 0$ として、 γ 軸誘起電圧指令 $V_{e\gamma s}$ に対する誤差 $\Delta V_{e\gamma}$ が γ 軸誘起電圧誤差増幅器 29 に入力される。

[0040] γ 軸誘起電圧誤差増幅器 29 は、積分ゲイン K_ω から演算した推定速度 ω を出力し、比例ゲイン K_θ から演算した値に、推定速度 ω を加算し、積分器で時間積分して推定位相 θ を出力する。

[0041] ただし、 γ 軸誘起電圧計算器 28 は必ずしも数式 3 を用いるものに限定されるものではなく、時間微分項を加えた数式 4 で演算してもよい。

[0042] [数4]

$$V_{e\gamma} = V_{\gamma s} - (R_a \times I_\gamma + L \times (dI_\gamma/dt) - \omega \times L \times I_\delta)$$

[0043] なお、上記した各数式でのインダクタンス L は、 $L_d = L_q$ となる特性のモータ 4 であれば同一となる L 値が使用できるが、 $L_d \neq L_q$ となるモータ 4 でも一定の L 値 ($= L_q$) として演算できる。

[0044] 図 6 A は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の推定座標が遅れ状態（モータ 4 の dq 座標に対して $\gamma\delta$ 座標（推定 dq 座標）がやや遅れている）のベクトル図である。図 6 B は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの位相推定時の推定座標が進み状態（モータ 4 の dq 座標に対して $\gamma\delta$ 座標（推定 dq 座標）がやや進んでいる）のベクトル図である。

[0045] γ 軸誘起電圧誤差 $\Delta V_{e\gamma}$ は、ベクトル図では、モータ 4 の入力電圧 V_a から、 R_a および ωL に流れる電流のドロップを差し引いた推定の誘導電圧ベクトル $V_e (= \omega \times \Psi_a)$ の γ 軸成分となる。誘導電圧ベクトル V_e は常に q 軸上になるため、推定位相誤差 $\Delta\theta$ (dq 座標に対して反時計回りに $\gamma\delta$ 座標が来る状態を正とする) が 0 のときは、 q 軸が δ 軸と一致する。図 6 A で

は推定位相誤差 $\Delta\theta$ が負($\Delta\theta < 0$)となり、図6Bでは推定位相誤差 $\Delta\theta$ が正($\Delta\theta > 0$)となる。

[0046] γ 軸誘起電圧誤差増幅器29により、図6Aの場合には推定速度 ω を増やし、 θ をより進め、図6Bの場合には推定速度 ω を減らし、 θ を遅らせることで、 γ 軸誘起電圧誤差 $\Delta V_e \gamma$ および推定位相誤差 $\Delta\theta$ が0になるように、フィードバック制御をしている。

[0047] このように、位相推定は誘起電圧 V_e のあるモータ回転状態を前提としているため、誘起電圧が低い起動時や停止時の低速域は、位相推定が安定しない。よって、次に位相推定をしないオープンループ制御について、説明する。

[0048] 図7は、第1の実施の形態における洗濯機のモータのオープンループ時の制御ブロック図である。

[0049] 制御部20内のマイクロコンピュータ（マイコン）と、マイコンに内蔵したインバータ制御タイマー（タイマー）、A/D変換、メモリ回路、3相2相変換器22、 I_δ 誤差増幅器23、 I_γ 誤差増幅器24、2相3相変換器25は、図4と共通となる。

[0050] 位相演算部30は、初期位相 θ_{init} と単位時間毎に設定した速度指令 ω_s から単位時間あたりの位相を積算して、位相 θ を求める。このとき、オープンループで速度推定しないので、速度指令 ω_s をそのまま速度 ω として扱って制御する。また、単位時間毎に設定した δ 軸電流指令 $I_\delta s$ 、 γ 軸電流指令 $I_\gamma s$ をそれぞれ I_δ 誤差増幅器23、 I_γ 誤差増幅器24に入力する。

[0051] オープンループ時は、初期位相 θ_{init} 、単位時間毎に設定した速度指令 ω_s 、 δ 軸電流指令 $I_\delta s$ 、 γ 軸電流指令 $I_\gamma s$ のみで制御するため、通常は位相推定が安定しない低速域の起動時、ブレーキ停止時に限定した駆動方法として使われる。ここでは、 δ 軸電流指令 $I_\delta s$ 、 γ 軸電流指令 $I_\gamma s$ を用いた電流制御の例を記載しているが、単位時間毎に指令 δ 軸電圧 $V_\delta s$ 、指令 γ 軸電圧 $V_\gamma s$ を設定した電圧制御とすることも、単位時間毎に変調

度のみを設定した電圧制御に置き換えることも可能である。

- [0052] 上記構成において、図 8 A～図 1 2、および表 1 を参照しながら動作を説明する。
- [0053] 図 8 Aは、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレス制御処理のフローチャートである。図 8 Bは、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータの別のセンサレス制御処理のフローチャートである。
- [0054] 図 8 Aに示すように、ステップ S 1 0 0 よりセンサレス制御処理を開始し、ステップ S 1 0 1 でモータ停止状態からセンサレスオープンループ加速制御処理ルーチンを行い。ステップ S 1 0 2 で位相推定フラグが S E T されたら、ステップ S 1 0 3 のセンサレス位相推定制御処理ルーチンに移行し、速度 ω 、位相 θ の情報を引き継いだのちに、シーケンスに応じて加速、減速を含めた速度制御が行われる。ステップ S 1 0 4 で位相推定フラグが C L R されたら、ステップ S 1 0 5 のセンサレスオープンループ減速制御処理ルーチンに移行し、速度 ω 、位相 θ の情報を引き継いだのちに、減速制御が行われる。ステップ S 1 0 6 で速度 ω が 0 になり、停止したら、ステップ S 1 0 7 でセンサレス制御を終了する。
- [0055] ここで、図 8 Aに示すステップ S 1 0 5、S 1 0 6 は、図 8 Bに示すように、S 1 0 5 a、S 1 0 6 a に置き換えることも可能である。ステップ S 1 0 5 a の短絡ブレーキやメカブレーキなどのブレーキを行い、停止させ、ステップ S 1 0 6 a で、速度 ω の代わりにブレーキ開始からの時間 T が停止までに必要な一定時間 T 1 経過したら、停止したとして、ステップ S 1 0 7 でセンサレス制御を終了する。
- [0056] 図 9～図 1 1 を用いて、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御の起動について、説明する。
- [0057] 図 9 は、第 1 の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御処理のフローチャートである。
- [0058] ステップ S 2 0 0 よりセンサレスオープンループ加速制御処理を開始し、ステップ S 2 0 1 でモータロックによる再起動かどうかを確認する。再起動

でない場合は、ステップS202で通常のパラメータを入力され、再起動の場合は、ステップS203で再起動の回数に応じたロック時パラメータを入力する。

[0059] 表1は、第1の実施の形態における洗濯機のモータ起動時のパラメータ設定を示したものである。

[0060] [表1]

パラメータ		通常時	ロック後 再起動 1回目		ロック後 再起動 2回目	
初期位相 固定制御	位相固定 時間 T2	0s	0~1s	1~2s	0~2s (>0~1s)	2~4s (>1~2s)
	指令 δ 軸電流 $I_{\delta s}$	—	-1A	0A	2A (> -1A)	0A
	指令 γ 軸電流 $I_{\gamma s}$	—	0A	1A	0A	1A (>2A)
	固定 位相 θ_{fix}	—	270°	0°	90° ($\neq 270^\circ$)	0°
設定速度 制御	回転方向	CW	CCW (CWの逆)		CW (CCWの逆)	
	加速度 α	100 rpm/s	50rpm/s (<100rpm/s)		25rpm/s (<50rpm/s)	
	指令 δ 軸電流 $I_{\delta s}$	1A	2A(>1A)		3A(>2A)	
	指令 γ 軸電流 $I_{\gamma s}$	0A	0A		0A	

[0061] パラメータには、初期位相固定制御の位相固定時間T2、固定位相 θ_{fix} 、指令 δ 軸電流 $I_{\delta s}$ 、指令 γ 軸電流 $I_{\gamma s}$ および、設定速度制御の回転方向、加速度 α 、指令 δ 軸電流 $I_{\delta s}$ 、指令 γ 軸電流 $I_{\gamma s}$ がある。これらは設定の一例で、攪拌、脱水などのシーケンスや洗濯物の量により、設定は変更され

る。

- [0062] ステップS 2 0 4で行われる初期位相固定制御は、位相一定の直流電圧を印加して、固定位相 θ_{fix} （例えば、 270° または 90° ）にロータ位置が収束させる。さらに 90° ずらした位相 θ_{fix} （例えば、 0° ）で、もう一度初期位相固定制御を行うことで、ロータ位置を任意の位相（例えば、 0° ）に収束しやすくしている。ステップS 2 0 5で一定時間 T_2 経過するまで続ける。起動を早くするため、 $T_2 = 0\text{ s}$ として、即ステップS 2 0 6に移行してもよい。
- [0063] ステップS 2 0 6で行われる設定速度制御は速度 ω を検知せず、設定速度 ω_s と同等として扱うオープンループのまま加速させ、ステップS 2 0 7で設定速度 ω_s が、位相推定可能な速度を元に設定した ω_1 （例えば、 100 rpm ）を超えたら、ステップS 2 0 8で位相推定フラグをSETし、ステップS 2 0 9でセンサレスオープンループ加速制御処理を終了する。
- [0064] 図10は、第1の実施の形態における洗濯機のモータの初期位相固定制御のベクトル図である。図11は、第1の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレスオープンループ加速制御の指令回転数を示すグラフである。
- [0065] 位相 θ_{fix} は、図10に示すように、初期位相固定制御 $\omega_s = 0\text{ rpm}$ の固定座標で、マイコンが設定する γ 軸方向を 0° 、 δ 軸方向を 90° とした座標で設定される。
- [0066] 図11で、通常時、ロック検知された後の再起動1回目、ロック検知された後の再起動2回目の動作について説明する。
- [0067] 通常時は、位相固定時間 $T_2 = 0\text{ s}$ とし、初期位相固定制御は行わない。起動初期から設定速度制御をCW方向、加速度 α_1 （例えば、 100 rpm/s 、1秒間に 100 rpm 上昇する加速度）、電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = 1\text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0\text{ A}$ ）で、 ω_1 まで加速させる。以下で説明するロック時の動作のように、初期位相固定制御を行わないため、起動時の余分な時間が生じない。またロック時の動作に対して、設定速度制御の加速度 α が大きく、加速時間短いため、素早い起動制御が行うことができる。またロック時の

動作に対して、電流を抑えているため、省エネ動作ができる。

[0068] ロック検知された後の再起動1回目は、 $0 \sim T2_1/2$ （例えば、1 s）の期間は初期位相固定制御を電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = -1 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0 \text{ A}$ 、 $\theta_{fix} = 270^\circ$ ）、 $T2_1/2 \sim T2_1$ （例えば、2 s）の期間は初期位相固定制御を電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = 0 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 1 \text{ A}$ 、 $\theta_{fix} = 0^\circ$ ）で制御して、ロータ位置を 0° に収束させる。 $T2$ （例えば、2 s）以降は、設定速度制御をCCW方向、加速度 α_2 （例えば、 50 rpm/s ）、電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = 2 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0 \text{ A}$ ）で、 ω_1 まで加速させる通常時のCW方向とは逆のCCW方向に回転させて、攪拌起動時の布の偏りによるロック状態を解除しやすくする。通常時より加速度を下げ（例えば、 $100 \text{ rpm/s} \rightarrow 50 \text{ rpm/s}$ ）、急加速による脱調が発生しにくくするとともに、指令電流を増やして（例えば、 $I_{\delta s} = 1 \text{ A} \rightarrow 2 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0 \text{ A}$ ）、トルクを増やして、ロックを解除しやすくしている。また、以下で説明する再起動2回目の動作に対して、初期位相固定制御が短く、加速度 α も大きく加速時間が短いため、素早い起動制御が行うことができる。また再起動2回目の動作に対して、電流を抑えているため、省エネ動作ができる。

[0069] ロック検知された後の再起動2回目は、 $0 \sim T2_2/2$ （例えば、2 s）の期間は初期位相固定制御を電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = 2 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0 \text{ A}$ 、 $\theta_{fix} = 90^\circ$ ）、 $T2_2/2 \sim T2_2$ （例えば、4 s）の期間は初期位相固定制御を電流設定（例えば、 $I_{\delta s} = 0 \text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 2 \text{ A}$ 、 $\theta_{fix} = 0^\circ$ ）で制御して、ロータ位置を 0° に収束させる。 $0 \sim T2/2$ の期間の固定位相 θ_{fix} を再起動1回目の 270° から 90° に変更することで、位相が 90° 付近で1回目にロックした場合も、位相が収束しやすくしている。また、指令電流（ $I_{\delta s}$ 、 $I_{\gamma s}$ ）も大きくすることで、より回転トルクが生じるようにし、位相固定時間に増やし（例えば、 $2 \text{ s} \rightarrow 4 \text{ s}$ ）、位相が収束する時間を確保している。 $T2$ （例えば、4 s）以降は、設定速度制御をCW方向、加速度 α_2 （例えば、 25 rpm/s ）、電流設

定（例えば、 $I_{\delta s} = 3\text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0\text{ A}$ ）で、 ω_1 まで加速させる。

[0070] 再起動1回目のCCW方向とは逆のCW方向に回転させて、攪拌起動時の布の偏りによるロック状態を解除しやすくする。再起動1回目より加速度を下げ（例えば、 $50\text{ rpm/s} \rightarrow 25\text{ rpm/s}$ ）、急加速による脱調が発生しにくくするとともに、指令電流を増やして（例えば、 $I_{\delta s} = 2\text{ A} \rightarrow 3\text{ A}$ 、 $I_{\gamma s} = 0\text{ A}$ ）、トルクを増やして、ロックを解除しやすくしている。

[0071] 上記の説明では、電流（ $I_{\delta s}$ 、 $I_{\gamma s}$ ）によって、モータ印可電圧（ V_{us} 、 V_{vs} 、 V_{ws} ）を演算しているが、電圧（ $V_{\delta s}$ 、 $V_{\gamma s}$ ）を設定して、モータ印可電圧（ V_{us} 、 V_{vs} 、 V_{ws} ）を演算することも可能である。

[0072] 図12は、第1の実施の形態における洗濯機のモータのセンサレス位相推定制御処理のフローチャートである。

[0073] ステップS300よりセンサレス位相推定制御処理を開始し、ステップS301でロックしているかどうかを判定する。判定は設定速度 ω_s に対して、位相推定により算出した速度 ω や誘起電圧 V_e が極端に低い状態のときに検知する。ロック状態でなかったらステップS302に進み、ロック状態ならステップS305に進む。ステップS305でロック状態が所定時間 T_3 （例えば、 5 s ）未満の場合、ステップS302に進み、 T_3 を超えた場合、ステップS306に進む。

[0074] ステップS302で、センサレスオープンループ加速制御の最後の速度 ω 、位相 θ を初期値として、速度制御を行い、ステップS303に進む。

[0075] シーケンスにより決められた設定速度 ω_s でモータが回転するように、速度 ω に応じて、 δ 軸電流指令 $I_{\delta s}$ を設定する。以降で記載する図13で詳細説明する。ステップS303で、速度 ω が位相推定不可能な速度を元に設定した ω_2 （例えば、 100 rpm ）未満になった場合、ステップS308に進み、 ω_2 より大きくなった場合、ステップS301のロック状態確認に戻る。

[0076] ステップS306ではロック回数を確認し、所定回数 n_1 （例えば、 16

回) 未満なら、ステップS 3 0 8に進み、センサレスオープンループ加速制御で再起動させ、所定回数n 1 以上なら、ステップS 3 0 7でモータロック状態が解消されないとして、異常報知する。

[0077] ステップS 3 0 8で位相推定フラグをCLRして、ステップS 3 0 9でセンサレス位相推定制御処理を終了する。

[0078] 図1 3は、第1 の実施の形態における洗濯機のモータの速度制御処理のフローチャートである。

[0079] ステップS 4 0 0より速度制御処理を開始し、ステップS 4 0 1で洗濯機のシーケンス部から送られる加速または減速に応じた指令速度 ω_s を演算する。ステップS 4 0 2で速度位相推定部2 1から速度 ω を演算し、ステップS 4 0 3で速度 ω が指令速度 ω_s より大きいかを確認する。ステップS 4 0 3で、速度 ω が指令速度 ω_s より大きい(Y E S) 場合、ステップS 4 0 4で指令 $I_{\delta s}$ を減らし、加速トルクを減らす。ステップS 4 0 3で、速度 ω が指令速度 ω_s より小さい(N O)場合、トルクが不足しているので、ステップS 4 0 5で指令 $I_{\delta s}$ を増やし、トルクを増やす。

[0080] このステップS 4 0 1～S 4 0 5の速度ループ部を一定周期毎(例えば、1 m s 毎)に繰返す。

[0081] ステップS 4 0 6で、電流検出部1 8により検知した相電流(I_u 、 I_v 、 I_w)と速度位相推定部2 1で演算された推定位相 θ から、3相2相変換して、 δ 軸電流 I_{δ} を演算する。ステップS 4 0 7で I_{δ} が指令 $I_{\delta s}$ より大きいかを確認し、 I_{δ} が指令 $I_{\delta s}$ より大きい(Y E S)なら、ステップS 4 0 8で指令 $V_{\delta s}$ を減らし、 I_{δ} が指令 $I_{\delta s}$ より小さい(N O)なら、ステップS 4 0 9で指令 $V_{\delta s}$ を増やす。

[0082] ステップS 4 1 0で I_{γ} も I_{δ} 同様に、電流検出部1 8により検知した相電流(I_u 、 I_v 、 I_w)と速度位相推定部2 1で演算された推定位相 θ から、3相2相変換して、 γ 軸電流 I_{γ} を演算する。ステップS 4 1 1で I_{γ} が指令 $I_{\gamma s}$ より大きいかを確認し、 I_{γ} が指令 $I_{\gamma s}$ より大きい(Y E S)なら、ステップS 4 1 2で指令 $V_{\gamma s}$ を減らし、 I_{γ} が指令 $I_{\gamma s}$ より小

い(NO)なら、ステップS413で指令 $V_{\gamma s}$ を増やす。

[0083] 続いて、ステップS414でこの指令 $V_{\delta s}$ と指令 $V_{\gamma s}$ と、速度位相推定部21で演算された推定位相 θ から、2相3相変換し、印加電圧 V_{us} 、 V_{vs} 、 V_{ws} を演算し、ステップS415でモータに電圧印加する。

[0084] このステップS406～S415の電流マイナーループ部を、速度ループ部より速い一定周期毎（例えば、0.1ms毎）に繰返す。

[0085] 最後に、ステップS416で速度制御処理を終了する。

[0086] ステップS401～S405の速度ループ部で ω を指令 ω_s と比較して、指令 $I_{\delta s}$ を出力するが、変動要素が大きく制御が安定しないため、平均化などの積分要素を加えたPI制御を行う。

[0087] 同様に、ステップS406～S415の電流マイナーループ内で、 I_{δ} 、 I_{γ} をそれぞれ指令 $I_{\delta s}$ 、指令 $I_{\gamma s}$ と比較して、それぞれ指令 $V_{\delta s}$ 、指令 $V_{\gamma s}$ を出力するが、変動要素が大きく制御が安定しないため、平均化などの積分要素を加えたPI制御を行う。

[0088] （作用等）

以上のように、本実施の形態における洗濯機は、洗濯物と接触する回転物体である衣類攪拌用のパルセータ1と、永久磁石4dと巻線4a、4b、4cを有する電動機であるモータ4と、モータ4に電流を供給する電源回路であるインバータ回路17と、モータ4のトルクをパルセータ1に伝える伝達機構であるモータプーリ31、ベルト5、インペラプーリ32および減速機構兼クラッチ6と、洗濯運転を実行する制御部20とを備える。また、制御部20は、巻線4a、4b、4cに対する永久磁石4dの位置に関係しない通電を行う第1の制御処理であるセンサレスオープンループ加速制御処理と、巻線4a、4b、4cに対する永久磁石4dの位置に応じた通電を行う第2の制御処理であるセンサレス位相推定制御処理と、を実行する。さらに、制御部20は、センサレスオープンループ加速制御処理からセンサレス位相推定制御処理への移行後に永久磁石4dが所定の回転数で回転していないとロックしていると検知するセンサレス位相推定制御処理と、を実行可能とす

る。そして、制御部20は、センサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたと検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理による駆動開始時に複数回、異なる位相での位相固定制御を行う。

[0089] この構成により、ロータ位置を任意の位相に収束しやすくし、初期駆動時のトルクをモータに伝わりやすくして、容易にロック状態を解消できる。

[0090] 本実施の形態のように、制御部20は、センサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたと検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理による位相固定制御の位相を変更させるようにしてもよい。

[0091] この構成により、どのロータ位置でロックされても、初期駆動時のトルクをモータに伝わりやすくして、容易にロック状態を解消できる。

[0092] 本実施の形態のように、前記制御部は、攪拌またはすすぎシーケンスでセンサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたことを検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理による駆動回転方向を逆転させるようにしてもよい。

[0093] この構成により、パルセータ回転の左右のどちらか一方方向で布が固まり、起動できなかった場合であっても、一度ロック回転方向とは逆に起動させることで、布の固まりをほぐし、元のロック回転方向のロック状態を解消できる。

[0094] また、本実施の形態のように、洗濯物と接触する回転物体である衣類攪拌用のパルセータ1と、永久磁石4dと巻線4a、4b、4cを有する電動機であるモータ4と、モータ4に電流を供給する電源回路であるインバータ回路17と、モータ4のトルクをパルセータ1に伝える伝達機構であるモータプーリ31、ベルト5、インペラプーリ32および減速機構兼クラッチ6と、洗濯運転を実行する制御部20とを備える。また、制御部20は、巻線4a、4b、4cに対する永久磁石4dの位置に関係しない通電を行う第1の制御処理であるセンサレスオープンループ加速制御処理と、巻線4a、4b、4cに対する永久磁石4dの位置に応じた通電を行う第2の制御処理であるセンサレス位相推定制御処理と、を実行する。さらに制御部20は、セン

サレスオープンループ加速制御処理からセンサレス位相推定制御処理への移行後に永久磁石4 dが所定の回転数で回転していないとロックしていることを検知するセンサレス位相推定制御処理と、を実行可能とする。そして、制御部20は、センサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたことを検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理による駆動回転数加速度を低くするようにしてもよい。

[0095] この構成により、ロック時の加速による脱調を抑制し、トルクをモータに伝えて、容易にロック状態を解消できる。

[0096] 本実施の形態のように、制御部20は、センサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたことを検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理により制御される電流または、電圧を大きくするようにしてもよい。

[0097] この構成により、強いトルクをモータに伝えることで、容易にロック状態を解消できる。

[0098] 本実施の形態のように、制御部は、攪拌またはすすぎシーケンスでセンサレス位相推定制御処理において、モータ4がロックしたことを検知したときに、センサレスオープンループ加速制御処理による駆動回転方向を逆転させるようにしてもよい。

[0099] この構成により、パルセータ回転の左右のどちらか一方方向で布が固まり、起動できなかった場合であっても、一度ロック回転方向とは逆に起動させることで、布の固まりをほぐし、元のロック回転方向のロック状態を解消できる。

[0100] (他の実施の形態)

以上のように、本開示の例示として、第1の実施の形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されない。

[0101] そこで、以下、他の実施の形態を例示する。

[0102] 第1の実施の形態は、ベルト5により、モータプーリ31とインペラプーリ32を接続し、減速機構兼クラッチ6によりパルセータ1または、洗濯兼

脱水槽 2 に結合するパルセータ式の縦型洗濯機を例に説明している。しかし、洗濯兼脱水槽とモータが同軸となるダイレクトドライブ方式の洗濯機においても、起動に失敗してロック状態になった場合に、容易にロック状態を解消することができる。

[0103] また、第 1 の実施の形態はパルセータ式の縦型洗濯機を例にとって説明しているが、ドラム式洗濯機においても、起動に失敗してロック状態になった場合に、容易にロック状態を解消することができる。

産業上の利用可能性

[0104] 本開示は、起動に失敗して、ロック状態になった場合に、起動方法を変えることで、容易にロック状態を解消することができる。具体的には、パルセータ式縦型洗濯機、ドラム式洗濯機に、本開示は適用可能である。

符号の説明

- [0105]
- 1 パルセータ（回転物体）
 - 2 洗濯兼脱水槽
 - 3 水受け槽
 - 4 モータ（電動機）
 - 4 a 巻線
 - 4 b 巻線
 - 4 c 巻線
 - 4 d 永久磁石（ロータ）
 - 5 ベルト（伝達機構）
 - 6 減速機構兼クラッチ（伝達機構）
 - 7 ギヤードモータ
 - 8 ブレーキベルト
 - 9 洗濯機外枠
 - 10 パネル部
 - 11 蓋
 - 12 表示部

- 1 3 制御装置
- 1 4 給水弁
- 1 5 排水弁
- 1 6 整流回路
- 1 7 インバータ回路（電源回路）
- 1 8 電流検出部
- 1 9 PWM制御部
- 2 0 制御部
- 2 1 速度位相推定部
- 2 2 3相2相変換器
- 2 3 $I \delta$ 誤差増幅器
- 2 4 $I \gamma$ 誤差増幅器
- 2 5 2相3相変換器
- 2 6 速度誤差増幅器
- 2 7 弱め界磁設定部
- 2 8 γ 軸誘起電圧計算器
- 2 9 γ 軸誘起電圧誤差増幅器
- 3 0 位相演算部
- 3 1 モータプーリ（伝達機構）
- 3 2 インペラプーリ（伝達機構）