

## 明 細 書

**発明の名称：** モータ制御装置及びその制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、同期モータを制御するモータ制御装置及びその制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 一般に、同期モータの回転センサレス制御を用いたモータ制御装置において、惰行状態からインバータを再起動する方法が知られている。例えば、再起動する際に、電圧センサにより回転位相角又は速度を推定する方法がある。

[0003] このようなものとして、日本国の公開特許公報、特開 2 0 0 6 - 2 1 7 7 5 4 号公報(以下、特許文献 1 という)、同じく、日本国の公開特許公報、特開 2 0 0 8 - 0 1 7 6 9 0 号公報(以下、特許文献 2 という)、日本国の公開特許公報、特開平 1 1 - 0 7 5 3 9 4 号公報(以下、特許文献 3 という)、日本国の公開特許公報、特開 2 0 0 3 - 2 5 0 2 9 3 号公報(以下、特許文献 4 という)及び日本国の公開特許公報、特開 2 0 0 1 - 3 3 9 9 9 9 号公報(以下、特許文献 5 という)がある。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2 0 0 6 - 2 1 7 7 5 4 号公報  
特許文献 2：特開 2 0 0 8 - 0 1 7 6 9 0 号公報  
特許文献 3：特開平 1 1 - 0 7 5 3 9 4 号公報  
特許文献 4：特開 2 0 0 3 - 2 5 0 2 9 3 号公報  
特許文献 5：特開 2 0 0 1 - 3 3 9 9 9 9 号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、電圧センサを設けるとコストが増加する。また、電圧セン

サを用いずに、回転位相角を推定すると、回転位相角の推定に時間を要する。  
これにより、起動指令を与えてからの応答が遅くなる。

[0006] そこで、本発明の実施形態の目的は、惰行状態からの起動の応答性を高め、コストを低減したモータ制御装置及び、モータ制御方法を有する制御装置を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明の実施形態に従ったモータ制御装置は、車両を走行させるための同期モータと、前記同期モータを駆動するための電力変換をする電力変換手段と、前記同期モータに電圧センサを設けずに前記同期モータの回転速度に関連する回転速度関連情報を取得する回転速度関連情報取得手段と、前記回転速度関連情報取得手段により取得された前記回転速度関連情報に基づいて、前記同期モータの初期回転速度を演算する初期回転速度演算手段と、前記初期回転速度演算手段により演算された前記初期回転速度を初期値として、前記同期モータの回転速度を演算する回転速度演算手段と、前記回転速度演算手段により演算された前記回転速度に基づいて、前記同期モータの回転位相角を演算する回転位相角演算手段と、前記回転位相角演算手段により演算された前記回転位相角に基づいて、前記電力変換手段を制御する制御手段とを備えている。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1の実施形態に係る鉄道車両に適用された制御装置の構成を示す構成図。

[図2]本発明の第2の実施形態に係るハイブリッド自動車に適用された制御装置の構成を示す構成図。

[図3]本発明の第3の実施形態に係る鉄道車両の構成を示す構成図。

[図4]第3の実施形態に係る鉄道車両に適用された第1の制御装置の構成を示す構成図。

[図5]第3の実施形態に係る鉄道車両に適用された第2の制御装置の構成を示す構成図。

[図6]本発明の第4の実施形態に係る鉄道車両の構成を示す構成図。

[図7]第4の実施形態に係る鉄道車両に適用された第1の制御装置の構成を示す構成図。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

[0010] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る鉄道車両10に適用された制御装置2の構成を示す構成図である。なお、図面における同一部分には同一符号を付してその詳しい説明を省略し、異なる部分について主に述べる。以降の実施形態も同様にして重複する説明を省略する。

[0011] 鉄道車両10は、インバータ（電力変換手段）1、制御装置（制御手段）2、永久磁石同期電動機（PMSM, `permanent magnet synchronous motor`）（同期モータ）3、車輪4、パンタグラフ5、フィルタリアクトル6、フィルタキャパシタ7、2つの電流検出器8u、8w、車両速度センサ（回転速度関連情報取得手段）9、及び伝送装置11を備えている。

[0012] パンタグラフ5は、架線12から集電する集電装置である。

[0013] フィルタリアクトル6及びフィルタキャパシタ7は、フィルタ回路を構成する素子である。フィルタ回路は、インバータ1により重畳される高調波を抑制する。

[0014] インバータ1の直流側の正極端子は、フィルタリアクトル6を介してパンタグラフ5に接続されている。インバータ1の直流側の負極端子は、車輪4を介してレールに接地される。インバータ1の直流側には、フィルタキャパシタ7が並列に接続されている。インバータ1の交流側には、永久磁石同期電動機3が接続されている。

[0015] インバータ1は、制御装置2から出力されるゲート指令Gtに応じて、内蔵されている主回路のスイッチング素子のONとOFFを切替えることにより、交流電力と直流電力とを相互に変換する。具体的には、インバータ1は

、パンタグラフ 5 により集電された電力を永久磁石同期電動機 3 を駆動するための電力に変換する。インバータ 1 は、永久磁石同期電動機 3 から供給される回生電力を架線 1 2 に戻すための電力に変換する。

[0016] 永久磁石同期電動機 3 は、鉄道車両 1 0 を走行させるための動力源となる同期モータである。永久磁石同期電動機 3 は、各励磁相に流れる三相交流電流によって磁界が発生し、回転子との磁氣的相互作用によりトルクを発生する。なお、永久磁石同期電動機 3 は、同期モータであれば、永久磁石を用いない形式のものでもよい。

[0017] 2 つの電流検出器 8 u, 8 w は、永久磁石同期電動機 3 に流れる三相交流電流のうち U 相及び W 相の二相の電流値  $I_u$ ,  $I_w$  をそれぞれ検出する。なお、V 相を検出するための電流検出器を設けてもよい。電流検出器 8 u, 8 w は、検出した電流値  $I_u$ ,  $I_w$  を制御装置 2 に出力する。

[0018] 車両速度センサ 9 は、車輪 4 に設置されている。車両速度センサ 9 は、車両速度  $V_{Tcar}$  を検出する。車両速度センサ 9 は、検出した車両速度  $V_{Tcar}$  を伝送装置 1 1 に出力する。例えば、車両速度センサ 9 は、運転台に設置されている速度計や ATO (automatic train operation) 等の列車の運転又は制御に利用されるセンサである。

[0019] 伝送装置 1 1 は、車両速度センサ 9 により検出された車両速度  $V_{Tcar}$  を制御装置 2 に伝送する。例えば、伝送装置 1 1 は、各種情報を各車両に伝送する装置である。

[0020] 制御装置 2 は、初期速度推定器（初期回転速度演算手段）2 1、電流制御部 2 2、逆  $\gamma\delta$  軸座標変換部 2 3、三角波 PWM 制御部 2 4、回転位相角誤差推定部 2 5、 $\gamma\delta$  軸座標変換部 2 6、角速度推定部（回転速度演算手段）2 7、及び回転位相角推定部（回転位相角演算手段）2 8 を備えている。

[0021]  $\gamma\delta$  軸座標変換部 2 6 には、電流検出器 8 u, 8 w によりそれぞれ検出された三相のうち U 相及び W 相の二相の電流値  $I_u$ ,  $I_w$  及び回転位相角推定部 2 8 により推定された回転位相角  $\theta_{est}$  が入力される。なお、三相全ての相の電流値を検出して、 $\gamma\delta$  軸座標変換部 2 6 に出力してもよい。 $\gamma\delta$  軸

座標変換部26は、回転位相角 $\theta_{est}$ を用いて、三相固定座標の電流値 $I_u$ ,  $I_w$ を $\gamma\delta$ 軸回転座標の $\gamma\delta$ 軸電流値 $I_\gamma$ ,  $I_\delta$ に変換する。制御装置2では、 $\gamma\delta$ 軸電流値 $I_\gamma$ ,  $I_\delta$ をインバータ1の電流応答値として用いる。 $\gamma\delta$ 軸座標変換部26は、変換した $\gamma\delta$ 軸電流値 $I_\gamma$ ,  $I_\delta$ を回転位相角誤差推定部25及び電流制御部22に出力する。

[0022] ここで、 $dq$ 軸座標は、 $d$ 軸と $q$ 軸からなる回転座標である。 $d$ 軸とは、回転子の磁石磁束方向の軸であり、磁気トルクに作用しない軸である。 $q$ 軸とは、回転子の磁石磁束方向と直交する軸（ $d$ 軸と直交する軸）であり、磁気トルクに作用する軸である。また、 $\gamma\delta$ 軸回転座標の $\gamma$ 軸は、 $d$ 軸の推定軸である。 $\delta$ 軸は、 $\gamma$ 軸に直交する $q$ 軸の推定軸である。

[0023] 電流制御部22には、 $dq$ 軸電流指令値 $I_{dref}$ ,  $I_{qref}$ 、 $\gamma\delta$ 軸座標変換部26により変換された $\gamma\delta$ 軸電流値 $I_\gamma$ ,  $I_\delta$ 、及び角速度推定部27により推定された角速度 $\omega_{est}$ が入力される。電流制御部22は、 $\gamma\delta$ 軸電流値 $I_\gamma$ ,  $I_\delta$ が $dq$ 軸電流指令値 $I_{dref}$ ,  $I_{qref}$ に追従するように、 $\gamma\delta$ 軸電圧指令値 $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ を演算する。電流制御部22は、演算した $\gamma\delta$ 軸電圧指令値 $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ を逆 $\gamma\delta$ 軸座標変換部23及び回転位相角誤差推定部25に出力する。

[0024] 逆 $\gamma\delta$ 軸座標変換部23には、回転位相角推定部28により推定された回転位相角 $\theta_{est}$ 及び電流制御部22により演算された $\gamma\delta$ 軸電圧指令値 $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ が入力される。逆 $\gamma\delta$ 軸座標変換部23は、回転位相角 $\theta_{est}$ を用いて、 $\gamma\delta$ 軸電圧指令値 $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ を三相電圧指令値（変調率指令値） $V_{vref}$ ,  $V_{uref}$ ,  $V_{wref}$ に変換する。逆 $\gamma\delta$ 軸座標変換部23は、演算した三相電圧指令値 $V_{vref}$ ,  $V_{uref}$ ,  $V_{wref}$ を三角波PWM（pulse width modulation）制御部24に出力する。

[0025] 三角波PWM制御部24は、三角波比較方式のPWM（パルス幅変調）制御により、ゲート指令 $G_t$ を生成する。ゲート指令 $G_t$ は、インバータ1の各相のスイッチング素子をON又はOFFするための信号である。これによ

り、永久磁石同期電動機 3 の駆動が制御される。三角波 PWM 制御部 24 は、インバータ 1 の出力電圧が逆  $\gamma\delta$  軸座標変換部 23 により演算された三相電圧指令値  $V_{vref}$ ,  $V_{uref}$ ,  $V_{wref}$  に従うように、ゲート指令  $G_t$  を生成する。三角波 PWM 制御部 24 は、生成したゲート指令  $G_t$  をインバータ 1 に出力する。

[0026] 初期速度推定器 21 には、車両速度センサ 9 により検出された車両速度  $V_{Tcar}$  が伝送装置 11 を介して入力される。初期速度推定器 21 は、次式により、惰行中の車両速度  $V_{Tcar}$  [km/h] から初期回転速度  $\omega_{est0}$  [rad/s] を推定する。初期速度推定器 21 は、演算した初期回転速度  $\omega_{est0}$  を角速度推定部 27 に出力する。

[数1]

$$\omega_{est0} = V_{Tcar} \times \frac{1}{WD} \times GR \times P \times \left( \frac{10^2}{6} \right)^2 \times 2\pi \quad \cdots \text{式 (1)}$$

[0027] ここで、WD : 車輪径 [mm]、GR : ギア比、P : モータ極数である。

[0028] 一般的に、列車制御に利用される速度は、 $\pm 1 \sim 2$  [km/h] 程度の精度である。この場合、推定される初期回転速度  $\omega_{est0}$  の誤差は 5% 以内になる。

[0029] 回転位相角誤差推定部 25 には、電流制御部 22 により演算された  $\gamma\delta$  軸電圧指令値  $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ 、 $\gamma\delta$  軸座標変換部 26 により演算された  $\gamma\delta$  軸電流値  $I_{\gamma}$ ,  $I_{\delta}$ 、及び角速度推定部 27 により推定された回転子の角速度  $\omega_{est}$  が入力される。回転位相角誤差推定部 25 は、 $\gamma\delta$  軸電圧指令値  $V_{\gamma ref}$ ,  $V_{\delta ref}$ 、 $\gamma\delta$  軸電流値  $I_{\gamma}$ ,  $I_{\delta}$ 、及び角速度  $\omega_{est}$  に基づいて、永久磁石同期電動機 3 の回転位相角と  $\gamma\delta$  軸回転座標系の位相差  $\Delta\theta_{est}$  を推定する。回転位相角誤差推定部 25 は、推定した位相差  $\Delta\theta_{est}$  を角速度推定部 27 に出力する。

[0030] なお、位相差  $\Delta\theta_{est}$  は、 $\sin \Delta\theta$  などのように零近傍で位相差に相当するものであれば良い。例えば、回転子永久磁石磁束方向の推定軸から予め定めた角度だけずれた軸を  $\gamma$  軸とした場合における  $\gamma$  軸電圧と  $\gamma$  軸電圧推

定値との偏差でもよいし、評価関数で表されたものでもよい。また、ここでは、回転座標系によって位相を推定しているが、固定座標系で推定しても良い。

[0031] 角速度推定部 27 には、回転位相角誤差推定部 25 により推定された位相差  $\Delta \theta_{est}$  及び初期速度推定器 21 により推定された初期回転速度  $\omega_{est0}$  が入力される。角速度推定部 27 は、初期値を初期回転速度  $\omega_{est0}$  とし、位相差  $\Delta \theta_{est}$  を入力として、PI（比例積分）制御をして、回転子の角速度（回転速度） $\omega_{est}$  を演算する。このように、角速度推定部 27 は、初期回転速度  $\omega_{est0}$  を初期値として与えることで、角速度推定部 27 による制御の収束を安定して早く収束させる。角速度推定部 27 は、推定した角速度  $\omega_{est}$  を電流制御部 22、回転位相角誤差推定部 25、及び回転位相角推定部 28 に出力する。

[0032] 回転位相角推定部 28 は、角速度推定部 27 により推定された角速度  $\omega_{est}$  を積分して回転位相角  $\theta_{est}$  を推定する。回転位相角推定部 28 は、推定した回転位相角  $\theta_{est}$  を逆  $\gamma\delta$  軸座標変換部 23 及び  $\gamma\delta$  軸座標変換部 26 に出力する。

[0033] 本実施形態によれば、インバータ 1 及び永久磁石同期電動機 3 を惰行状態から起動する場合に、車両速度  $V_{Tcar}$  に基づいて初期回転速度  $\omega_{est0}$  を与えることで、角速度  $\omega_{est}$  を安定して早く求めることができる。

[0034] 一般的に、同期モータを惰行状態から再起動する場合、速度が分からないため、初期速度をゼロとして角速度を推定することになる。この場合、推定する制御（例えば、PI 制御）の時定数で推定している角速度が収束する。しかし、角速度を位相誤差などの演算に用いる場合、収束前の角速度では、位相誤差の演算は正しく行われず、このため、同期モータの制御の収束が遅くなり、収束できないこともある。また、角速度を位相誤差などの演算に用いない場合であっても、角速度が収束するまでに同期モータの駆動が不安定になり、過電流又は過電圧による保護動作によりインバータ及び同期モータを起動できないこともある。

[0035] これに対して、制御装置 2 は、車両速度  $V_{Tcar}$  に基づいて初期回転速度  $\omega_{est0}$  を得ることで、推定する角速度を安定して早く収束させることができる。従って、インバータ 1 及び永久磁石同期電動機 3 を惰行状態から起動する場合であっても、制御装置 2 は、短時間でかつ安定性の高い起動をすることができる。

[0036] また、制御装置 2 は、制御対象の永久磁石同期電動機 3 に電圧センサを設けずに、角速度  $\omega_{est}$  を推定することができる。これにより、永久磁石同期電動機 3 の制御系の機器のコストを低減することができる。

[0037] 以上述べた実施形態のモータ制御装置によれば、車両速度から初期回転速度を推定することにより、惰行状態からの起動の応答性を高め、コストを低減したモータ制御装置および、モータ制御方法を有する制御装置を提供することが可能となる。

[0038] (第 2 の実施形態)

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るハイブリッド自動車 (HEV) 10A に適用された制御装置 2A の構成を示す構成図である。

[0039] ハイブリッド自動車 10A は、インバータ 1A、制御装置 2A、永久磁石同期電動機 3、2 つの電流検出器 8u、8w、ギア 13、エンジン 14、エンジン回転数センサ (回転数検出手段) 15、及びバッテリー 16 を備えている。永久磁石同期電動機 3 及び 2 つの電流検出器 8u、8w については、第 1 の実施形態と同様である。

[0040] インバータ 1A の直流側には、バッテリー (直流電源) 16 が接続されている。インバータ 1A は、バッテリー 16 から供給される直流電力を交流電力に変換する。その他の点は、第 1 の実施形態に係るインバータ 1 と同様である。

[0041] エンジン 14 は、永久磁石同期電動機 3 と共にハイブリッド自動車 10A を走行させるための動力源である。エンジン 14 の回転軸は、ギア 13 を介して永久磁石同期電動機 3 の回転軸と連結されている。なお、エンジン 14 は、ギア 13 を設けずに、永久磁石同期電動機 3 と直結させてもよい。

[0042] エンジン回転数センサ 15 は、エンジン 14 のエンジン回転数  $\omega_{eng}$  を検出する。エンジン回転数センサ 15 は、検出したエンジン回転数  $\omega_{eng}$  を制御装置 2 A に出力する。エンジン回転数センサ 15 は、運転手へのエンジン回転数表示のために設置されているタコメータ又はエンジン制御に利用されるセンサと兼用させてもよい。

[0043] 制御装置 2 A は、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る制御装置 2 において、初期速度推定器 21 を初期速度推定器 21 A に代えたものである。その他の点は、第 1 の実施形態と同様である。

[0044] 初期速度推定器 21 A には、エンジン回転数センサ 15 により検出されたエンジン回転数  $\omega_{eng}$  が入力される。初期速度推定器 21 A は、次式により、惰行中のエンジン回転数  $\omega_{eng} [rpm]$  から初期回転速度  $\omega_{est0} [rad/s]$  を推定する。初期速度推定器 21 A は、演算した初期回転速度  $\omega_{est0}$  を角速度推定部 27 に出力する。

[数2]

$$\omega_{est0} = \omega_{eng} \times GR \times P \times \frac{2\pi}{60} \quad \dots \text{式 (2)}$$

[0045] ここで、GR : ギア比、P : モータ極数である。

[0046] 本実施形態によれば、制御装置 2 A は、エンジン回転数  $\omega_{eng}$  に基づいて初期回転速度  $\omega_{est0}$  を得ることで、推定する角速度を安定して早く収束させることができる。従って、インバータ 1 A 及び永久磁石同期電動機 3 を惰行状態から起動する場合であっても、制御装置 2 A は、短時間でかつ安定性の高い起動をすることができる。よって、本実施形態は、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0047] (第 3 の実施形態)

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る鉄道車両 10 B の構成を示す構成図である。

[0048] 鉄道車両 10 B は、列車を編成する 1 つの車両である。鉄道車両 10 B は、1 両編成の列車でもよい。

- [0049] 鉄道車両 10B は、4つの永久磁石同期電動機 3a（第2の同期モータ）、3b（第1の同期モータ）、3c（第3の同期モータ）、3d（第4の同期モータ）を備えている。また、鉄道車両 10B は、それぞれの永久磁石同期電動機 3a、3b、3c、3d に対応して、インバータ 1a、1b、1c、1d、制御装置 2Ba、2Bb、2Bc、2Bd、及び左右両側に車輪 4 を備えている。第2の永久磁石同期電動機 3a（第2の同期モータ）に対応する車輪 4 には、車両速度センサ 9 が設けられている。制御装置 2Ba～2Bd 間は、データを送受信する伝送路 41 で接続されている。
- [0050] インバータ 1a～1d 及び永久磁石同期電動機 3a～3d は、それぞれ第1の実施形態に係るインバータ 1 及び永久磁石同期電動機 3 と同様である。4つの制御装置 2Ba～2Bd は、それぞれインバータ 1a～1d 及び永久磁石同期電動機 3a～3d を制御する。
- [0051] 図4は、本実施形態に係る鉄道車両 10B に適用された第1の制御装置 2Ba の構成を示す構成図である。
- [0052] 第1の制御装置 2Ba は、初期速度推定器 21 により推定された初期回転速度  $\omega_{est0}$  を他の制御装置 2Bb～2Bd に伝送路 41 を介して送信する。その他の点は、第1の制御装置 2Ba は、第1の実施形態に係る制御装置 2 と同様である。
- [0053] 図5は、本実施形態に係る鉄道車両 10B に適用された第2の制御装置 2Bb の構成を示す構成図である。なお、第3及び第4の制御装置 2Bc、2Bd は、第2の制御装置 2Bb と同様であるため、説明を省略する。
- [0054] 第2の制御装置 2Bb は、図1に示す第1の実施形態に係る制御装置 2 において、初期速度推定器 21 を取り除き、角速度推定部 27 の代わりに角速度推定部 27Bb を設けた構成である。角速度推定部（初期回転速度取得手段）27Bb は、第1の制御装置 2Ba から送信される初期回転速度  $\omega_{est0}$  を受信して、角速度  $\omega_{est}$  を推定する。その他の点は、第2の制御装置 2Bb は、第1の実施形態に係る制御装置 2 と同様である。
- [0055] 本実施形態によれば、以下の作用効果を得ることができる。

[0056] 第1の制御装置2Baは、第1の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、第2の制御装置2Bbは、第1の制御装置2Baから初期回転速度 $\omega_{est0}$ を受信することで、初期速度推定器21を設けなくても、第1の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0057] なお、ここでは、第1～第4の制御装置2Ba～2Bdは、全て同一の鉄道車両10Bに設けられた構成として説明したが、同一の列車の鉄道車両10Bであれば、第1～第4の制御装置2Ba～2Bdは、複数の鉄道車両10Bに分散して設けられていてもよい。これは、同一の列車に設けられた永久磁石同期電動機3であれば、どの永久磁石同期電動機3でも、ほぼ同じ回転速度と考えられるからである。

[0058] (第4の実施形態)

図6は、本発明の第4の実施形態に係る鉄道車両10Cの構成を示す構成図である。

[0059] 鉄道車両10Cは、図3に示す第3の実施形態に係る鉄道車両10Bにおいて、車両速度センサ9の代わりに電圧センサ42を設け、第1の制御装置2Baの代わりに第1の制御装置2Caを設けた構成である。その他の点は、第3の実施形態と同様である。

[0060] 電圧センサ42は、第1のインバータ1aから出力されるUV相間の電圧 $V_{uv}$ を検出する。電圧センサ42は、検出したUV相間の電圧 $V_{uv}$ を第1の制御装置2Caに出力する。

[0061] 図7は、本実施形態に係る鉄道車両に適用された第1の制御装置2Caの構成を示す構成図である。

[0062] 第1の制御装置2Caは、図4に示す第3の実施形態に係る第1の制御装置2Baにおいて、初期速度推定器21を初期速度推定器21Cに代えたものである。その他の点は、第1の制御装置2Caは、第3の実施形態に係る制御装置2Baと同様である。

[0063] 初期速度推定器21Cは、電圧センサ42により検出されたUV相間の電圧 $V_{uv}$ に基づいて、初期回転速度 $\omega_{est0}$ を推定する。その他の点は、

初期速度推定器 21C は、第3の実施形態に係る初期速度推定器 21 と同様である。

[0064] 第2から第4の制御装置 2Bb～2Bd に設けられた図5に示す角速度推定部 27Bb は、第1の制御装置 2Ca から出力された初期回転速度  $\omega_{est0}$  を受信する。その他の点は、第2から第4の制御装置 2Bb～2Bd は、第3の実施形態と同様である。

[0065] 本実施形態によれば、第2から第4の制御装置 2Bb～2Bd は、第1の制御装置 2Ca 初期回転速度  $\omega_{est0}$  を受信することで、第3の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0066] 即ち、第2から第4の制御装置 2Bb～2Bd の制御対象となる永久磁石同期電動機 3b～3d とは異なる永久磁石同期電動機 3a の初期回転速度  $\omega_{est0}$  であっても、同一の鉄道車両 10C を走行させる永久磁石同期電動機 3b～3d であれば、回転速度がほぼ同じであると推測される。従って、第2から第4の制御装置 2Bb～2Bd は、制御対象外の永久磁石同期電動機 3a の初期回転速度  $\omega_{est0}$  を、制御対象の永久磁石同期電動機 3b～3d の初期回転速度  $\omega_{est0}$  として回転位相角  $\theta_{est}$  を推定することで、永久磁石同期電動機 3b～3d の惰行状態からの起動を安定して短時間で行うことができる。また、4つのうち3つの永久磁石同期電動機 3b～3d には電圧センサ 42 を設ける必要がないため、コストを低減することができる。

[0067] なお、第1から第3の実施形態において、初期回転速度  $\omega_{est0}$  を推定するために、車両速度  $V_{Tcar}$  又はエンジン回転数  $\omega_{eng}$  を検出したが、これらの情報に限らない。永久磁石同期電動機 3 の回転速度に関連する情報を電圧センサを用いずを取得するのであればどのような情報でも良い。また、第4の実施形態において、第1の制御装置 2Ca は、線間電圧  $V_{uv}$  に基づいて初期回転速度  $\omega_{est0}$  を推定したが、これに限らない。永久磁石同期電動機 3 の回転速度に関連する情報であればどのような情報でも良い。また、第1の制御装置 2Ca は、永久磁石同期電動機 3 の回転速度を直接検

出してもよい。

[0068] また、各実施形態では、鉄道車両又はハイブリッド自動車のいずれか1つの車両を用いて説明したが、各実施形態の制御をどちらの車両に適用してもよい。

[0069] なお、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

### 産業上の利用分野

[0070] 本発明は、モータ制御装置及びその制御方法を応用する電車、ハイブリッド自動車等において利用される。

### 符号の説明

[0071] 1…インバータ、2…制御装置、3…永久磁石同期電動機、4…車輪、5…パンタグラフ、6…フィルタリアクトル、7…フィルタキャパシタ、8 u, 8 w…電流検出器、9…車両速度センサ、10…鉄道車両、11…伝送装置、12…架線、21…初期速度推定器、22…電流制御部、23…逆 $\gamma\delta$ 軸座標変換部、24…三角波PWM制御部、25…回転位相角誤差推定部、26… $\gamma\delta$ 軸座標変換部、27…角速度推定部、28…回転位相角推定部。

## 請求の範囲

- [請求項1] 車両を走行させるための同期モータと、  
前記同期モータを駆動するための電力変換をする電力変換手段と、  
前記同期モータに電圧センサを設けずに前記同期モータの回転速度に関連する回転速度関連情報を取得する回転速度関連情報取得手段と、  
、  
前記回転速度関連情報取得手段により取得された前記回転速度関連情報に基づいて、前記同期モータの初期回転速度を演算する初期回転速度演算手段と、  
前記初期回転速度演算手段により演算された前記初期回転速度を初期値として、前記同期モータの回転速度を演算する回転速度演算手段と、  
前記回転速度演算手段により演算された前記回転速度に基づいて、前記同期モータの回転位相角を演算する回転位相角演算手段と、  
前記回転位相角演算手段により演算された前記回転位相角に基づいて、前記電力変換手段を制御する制御手段と  
を備えるモータ制御装置。
- [請求項2] 前記回転速度関連情報は、前記車両の速度である請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記同期モータと連結され、前記車両を走行させるためのエンジンと、  
前記エンジンの回転数を検出する回転数検出手段とを備え、  
前記回転速度関連情報は、前記回転数検出手段により検出された前記エンジンの回転数である請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 列車を走行させるための第1の同期モータと、  
前記第1の同期モータを駆動するための電力変換をする電力変換手段と、  
前記列車を走行させるための第2の同期モータの初期回転速度を取

得する初期回転速度取得手段と、

前記初期回転速度取得手段により取得された前記初期回転速度を初期値として、前記第 1 の同期モータの回転速度を演算する回転速度演算手段と、

前記回転速度演算手段により演算された前記回転速度に基づいて、前記第 1 の同期モータの回転位相角を演算する回転位相角演算手段と

、

前記回転位相角演算手段により演算された前記回転位相角に基づいて、前記電力変換手段を制御する制御手段とを備えるモータ制御装置。

[請求項5] 前記初期回転速度は、前記列車の速度に基づいて演算される請求項 4 に記載のモータ制御装置。

[請求項6] 前記初期回転速度は、前記第 2 の同期モータに印加される線間電圧に基づいて演算される請求項 4 に記載のモータ制御装置。

[請求項7] 車両を走行させるための同期モータを駆動するための電力変換をする電力変換装置を制御するモータ制御方法であって、

前記同期モータに電圧センサを設けずに前記同期モータの回転速度に関連する回転速度関連情報を取得し、

取得した前記回転速度関連情報に基づいて、前記同期モータの初期回転速度を演算し、

演算した前記初期回転速度を初期値として、前記同期モータの回転速度を演算し、

演算した前記回転速度に基づいて、回転位相角を演算し、

演算した前記回転位相角に基づいて、前記電力変換装置を制御すること

を含むモータ制御方法。

[請求項8] 列車を走行させるための第 1 の同期モータ及び第 2 の同期モータが前記列車に設けられ、前記第 1 の同期モータを駆動するための電力変

換をする電力変換装置を制御するモータ制御方法であって、

前記第 2 の同期モータの初期回転速度を取得し、

取得した前記初期回転速度を初期値として、前記第 1 の同期モータの回転速度を演算し、

演算した前記回転速度に基づいて、前記第 1 の同期モータの回転位相角を演算し、

演算した前記回転位相角に基づいて、前記電力変換装置を制御するモータ制御方法。