

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5546754号  
(P5546754)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(51) Int. Cl. F 1  
**HO2P 6/18 (2006.01)** HO2P 6/02 371S  
**HO2P 6/12 (2006.01)** HO2P 6/02 371P

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-227317 (P2008-227317)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成20年9月4日(2008.9.4)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2010-63287 (P2010-63287A)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(43) 公開日	平成22年3月18日(2010.3.18)	(74) 代理人	100100712 弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
審査請求日	平成23年5月18日(2011.5.18)	(74) 代理人	100095500 弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100098327 弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流を任意の周波数の交流に変換し、その変換した交流出力により電動機を駆動する電力変換器と、

前記電力変換器から出力される交流の電流値を検出する電流検出器と、

トルク指令に基づいて生成された電圧値と前記電流検出器で検出された電流値を利用し、回転子位置検出センサを用いずに前記電動機の回転子位置を推定する推定手段と、

前記トルク指令に基づいて生成された電流指令を利用して求めた第1の計算値と、前記推定手段が推定した回転子位置及び前記電流検出器で検出された電流値を利用して求めた第2の計算値とを利用して前記推定手段が推定した回転子位置の評価値を求める評価値演算手段と、

前記評価値演算手段が求めた前記回転子位置の評価値が予め定めた基準を満たさないときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なることを判定する判定手段と、

前記判定手段が前記推定した回転子位置が真の回転子位置と異なることを判定した場合に、前記電力変換器を停止させる保護動作手段とを備えたことを特徴とする電気車制御装置。

【請求項2】

前記評価値演算手段が求める前記回転子位置の評価値は、前記第1の計算値を利用して求めた第1の電動機出力と前記第2の計算値を利用して求めた第2の電動機出力との差で

あることを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 の計算値は、前記電流指令、モータ抵抗値、インバータ周波数、電動機のインダクタンス及び磁束を用いて求められた d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令であり、

前記第 2 の計算値は、前記電流検出器で検出された電流値と前記推定手段が推定した回転子位置とを用いて求められた d 軸電流値及び q 軸電流値であり、

前記第 1 の電動機出力は、前記電流指令、前記 d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令を用いて求め、前記第 2 の電動機出力は、前記電流検出器で検出された電流値、前記 d 軸電流値及び q 軸電流値を用いて求めることを特徴とする請求項 2 に記載の電気車制御装置。

【請求項 4】

前記判定手段は、前記評価値演算手段が求めた前記第 1 の電動機出力と前記第 2 の電動機出力との差を、前記基準としての所定の設定値と比較し、前記差が前記所定の設定値を超えたときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の電気車制御装置。

【請求項 5】

前記評価値演算手段が求める評価値は、前記第 1 の計算値及び前記第 2 の計算値を利用して得られる評価指標であることを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 6】

前記判定手段は、前記評価値演算手段が求めた評価値としての前記評価指標と前記基準としての所定の設定値とを比較し、前記評価指標が前記所定の設定値を超えたときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 5 に記載の電気車制御装置。

【請求項 7】

前記トルク指令に基づいて生成された電流指令には所定の高周波成分が重畳されており、前記評価値演算手段によって求められた評価指標は前記高周波成分の 2 倍の周波数成分が除去されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 8】

前記評価値演算手段が求める評価値は、前記第 1 の計算値を利用して求めた q 軸誘起電圧指令と前記第 2 の計算値を利用して求めた q 軸誘起電圧値との差であることを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 9】

前記第 1 の計算値は、前記電流指令、モータ抵抗値、インバータ周波数、電動機のインダクタンス及び磁束を用いて求めた q 軸電圧指令であり、

前記第 2 の計算値は、前記電流検出器で検出された電流値と前記推定手段が推定した回転子位置を用いて求めた q 軸電流及び d 軸電流であり、

前記 q 軸誘起電圧指令は、前記電流指令、前記モータ抵抗値、前記インバータ周波数、前記電動機のインダクタンス及び前記求めた q 軸電圧指令を用いて求め、

前記 q 軸誘起電圧値は、前記トルク指令値に基づいて生成された電圧値の q 軸成分、前記モータ抵抗値、前記インバータ周波数、前記電動機のインダクタンス及び前記求めた q 軸電流と d 軸電流を用いて求めることを特徴とする請求項 8 に記載の電気車制御装置。

【請求項 10】

前記判定手段は、前記評価値演算手段が求めた評価値としての前記差と前記基準としての所定の設定値とを比較し、前記差が前記所定の設定値を超えたときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の電気車制御装置。

【請求項 11】

前記判定手段は、前記推定した回転子位置が真の回転子位置と異なることを判定するのに、電動機出力と電動機出力指令値との差が所定の設定値を超えた場合、速度推定の評価指標が所定の設定値を超えた場合、電動機の q 軸誘起電圧と q 軸誘起電圧指令値との誤差が所定の設定値を超えた場合、のいずれか 1 つの場合に前記推定した回転子位置が真の回

10

20

30

40

50

転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 1 2】

前記判定手段は、前記評価値演算手段が求めた前記評価値と所定の設定値とを比較し、前記評価値が前記所定値の設定値を超えたときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 1 に記載の電気車制御装置。

【請求項 1 3】

直流を任意の周波数の交流に変換するとともに、対応する第 1 及び第 2 の電動機それぞれを駆動する第 1 及び第 2 の電力変換器と、

前記第 1 及び第 2 の電力変換器それぞれに対応して設けられ、出力される電流値を検出する第 1 及び第 2 の電流検出器と、

前記第 1 及び第 2 の電力変換器それぞれに対応して設けられ、回転子位置検出手段を用いないセンサレス制御によって前記第 1 及び第 2 の電力変換器の出力を制御する第 1 及び第 2 の電力変換器制御装置と

を備え、

前記第 1 の電力変換器制御装置は、

トルク指令に基づいて生成された電圧値と前記第 1 の電流検出器で検出された電流値を利用して前記第 1 のインバータ周波数を求める第 1 の周波数演算手段を有し、

前記第 2 の電力変換器制御装置は、

トルク指令に基づいて生成された電圧値と前記第 2 の電流検出器で検出された電流値を利用して前記第 2 のインバータ周波数を求める第 2 の周波数演算手段を有し、

さらに、

前記第 1 のインバータ周波数と第 2 のインバータ周波数との差が予め定めた基準を満たさないときに前記第 1 及び第 2 の電動機の推定回転子位置が真の回転子位置と異なると判定する判定手段と、

前記判定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定した場合、前記 2 台の電力変換器を停止させる保護動作手段と

を備えた

ことを特徴とする電気車制御装置。

【請求項 1 4】

前記判定手段は、前記 2 台の電動機のうち少なくとも 1 台の電動機について、その電動機出力と電動機出力指令値との差が所定の設定値を超えた場合、速度推定の評価指標が所定の設定値を超えた場合、q 軸誘起電圧と q 軸誘起電圧指令値との誤差が所定の設定値を超えた場合、前記推定した回転子位置の差が所定の設定値を超えた場合、のいずれか 1 つより前記推定回転子位置が真の回転子位置と異なると判定することを特徴とする請求項 1 3 に記載の電気車制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気車制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、永久磁石型同期電動機を駆動源とする電気車を駆動制御する電気車制御装置として、同期電動機の磁極位置を検出器にて検出し制御する電気車制御装置が知られている。このような従来の電気車制御装置は、同期電動機の回転子位置検出器や配線を必要とし、その分、装置コストが高価なものなる問題点がある。また、それらの保守を行う必要があってメンテナンスにもコストが高む問題点がある。

【0003】

このような問題点を回避するために同期電動機内の永久磁石の磁気突極性を利用し、回転子位置検出器を用いず制御するいわゆるセンサレス制御装置が種々提案されている。その 1 つ、特開 2006 - 217754 号公報（特許文献 1）には、同期電動機の複数の巻

10

20

30

40

50

線のうち、2相間に生じる1つの線間電圧を観測し同期電動機の回転速度と回転子位置とを推定する技術が記載されている。

【0004】

従来の電気車制御装置を図7に示す。図7において、1は直流電圧電源である架線、2は直流電圧を平滑する平滑コンデンサ、3は直流電圧を可変電圧可変周波数に変換するインバータ、4は負荷装置である主電動機、5はインバータ出力電流を検出する電流検出器である。また、6はインバータの制御回路であり、この制御回路6は電流指令作成部61、電流制御部62、座標変換部63、PWM制御部64、座標変換部65、積分器66、インバータ周波数演算部67で構成されている。

【0005】

電流指令作成部61は、トルク指令を入力してトルク電流指令 $I_{qRef}$ 、磁束電流指令 $I_{dRef}$ を演算し、これらトルク電流指令 $I_{qRef}$ 、磁束電流指令 $I_{dRef}$ を電流制御部62に入力する。電流制御部62では座標変換部65より入力されるトルク電流 $I_q$ 、磁束電流 $I_d$ と、電流指令作成部61より入力される電流指令 $I_{qRef}$ 、磁束電流指令 $I_{dRef}$ とからq軸電圧 $V_{qPI}$ 、d軸電圧 $V_{dPI}$ を演算し、これらq軸電圧 $V_{qPI}$ 、d軸電圧 $V_{dPI}$ を座標変換部63に入力する。座標変換部63では、積分器66から出力される位相と、電流制御部62から出力されるq軸電圧 $V_{qPI}$ 、d軸電圧 $V_{dPI}$ とから電圧指令 $V_u, V_v, V_w$ を演算し、これら電圧指令 $V_u, V_v, V_w$ をPWM制御部64に出力する。PWM制御部64では、座標変換部63より入力される電圧指令 $V_u, V_v, V_w$ からゲート信号を出力する。

【0006】

また座標変換部65では、電流検出器5で検出された電流値 $I_u, I_w$ と積分器66から入力される位相とから座標変換によりトルク電流 $I_q$ 、磁束電流 $I_d$ を演算し、これらトルク電流 $I_q$ 、磁束電流 $I_d$ をインバータ周波数演算部67に出力する。インバータ周波数演算部67では、電流制御部62から入力されるq軸電圧指令 $V_{qPI}$ 、d軸電圧指令 $V_{dPI}$ と座標変換65から入力されるトルク電流 $I_q$ 、磁束電流 $I_d$ とからインバータ出力周波数 $\omega_1$ を求め、このインバータ周波数 $\omega_1$ を積分器66に出力する。積分器66ではインバータ周波数演算部67から入力されるインバータ出力周波数 $\omega_1$ を積分して位相 $\theta$ を求め、上述した座標変換部63, 65に出力する。

【0007】

上に述べたような回転子位置検出器を用いず制御するセンサレス制御の電気車制御装置では、推定した回転子位置 $\theta_{est}$ が真の回転子位置 $\theta_{true}$ と一致することが不可欠である。この推定された回転子位置が真の回転子位置と異なっている値となっている場合には、所定トルク性能が得られない。そのため、従来技術では線間電圧の正確な検出が必要であるが、回転速度が低い領域では線間電圧が小さいために検出誤差が大きくなる傾向があり、検出誤差により位置推定を失敗して過電流やそれに伴う温度上昇等を生じることがある。そしてこのような状態を保持する場合、目標とする回転子位置に収束することもあるが、その場合、過渡的に大きなトルク変動が生じて乗り心地が劣化する等、電気車制御装置として望ましいものではない問題点があった。

【特許文献1】特開2006-217754号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、センサレス制御方式の電気車制御装置において、推定回転子位置が真の位置と異なる場合に、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる電気車制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

10

20

30

40

50

本発明は、直流を任意の周波数の交流に変換し、その変換した交流出力により電動機を駆動する電力変換器と、前記電力変換器から出力される交流の電流値を検出する電流検出器と、トルク指令に基づいて生成された電圧値と前記電流検出器で検出された電流値を利用し、センサレスで前記電動機の回転子位置を推定する推定手段と、前記トルク指令に基づいて生成された電流指令を利用して求めた第1の計算値と、前記推定手段が推定した回転子位置及び前記電流検出器で検出された電流値を利用して求めた第2の計算値とを利用して前記推定手段が推定した回転子位置の評価値を求める評価値演算手段と、前記評価値演算手段が求めた評価値が予め定めた基準を満たさないときに前記推定手段が推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定する判定手段と、前記判定手段が前記推定した回転子位置が真の回転子位置と異なると判定した場合、前記電力変換器を停止させる保護動作手段とを備えた電気車制御装置を特徴とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、推定回転子位置が真の位置と異なる場合に、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。尚、従来例の図、実施の形態の図に示した構成要素について、同様の機能を有する要素それぞれには共通の符号を用いて説明する。

20

【0012】

(第1の実施の形態) 図1は本発明の第1の実施の形態の電気車制御装置の構成を示している。本実施の形態の電気車制御装置において、架線1からインバータ3の制御回路6のインバータ周波数演算部67までは上述した図7の従来例のものと同様である。

【0013】

本実施の形態においては、制御回路6が従来例と同様の要素に加えて、乗算器68-1~68-4、加算器69-1、69-2、減算器70、絶対値を演算する絶対値演算器(ABS)71、入力された値と所定値とを比較する比較器72、比較器72の出力を反転する反転回路74、PWM制御部64のゲート出力と反転回路74の出力とに対するAND回路75を備えている。

30

【0014】

次に、本実施の形態の電気車制御装置の動作について説明する。モータ出力POWERは電圧電流方程式により、乗算器68-1、68-2、加算器69-1による演算にて、 $POWER = VdPI \times Id + Iq \times VqPI$  (1)

で得られる。ただし、 $VdPI$ はd軸電圧、 $VqPI$ はq軸電圧、 $Id$ は磁束電流、 $Iq$ はトルク電流であり、それぞれ電流制御部62、座標変換部65の出力である。

【0015】

一方、インバータ制御回路6が制御しようとしているモータ出力、すなわちモータ出力指令POWEREMFは、インバータ周波数演算部67による演算と、乗算器68-3、68-4、加算器69-2による次の演算にて得られる。

40

【0016】

$$VdCRef = R1 \times IdRef - 1 \times Lq \times IqRef \quad (2)$$

$$VqCRef = R1 \times IqRef - 1 \times Ld \times IdRef + 1 \times \quad (3)$$

$$POWEREMF = VdCRef \times IdRef + IqRef \times VqCRef \quad (4)$$

ただし、 $VdCRef$ はd軸電圧指令、 $VqCRef$ はq軸電圧指令、 $IdRef$ は磁束電流指令、 $IqRef$ はトルク電流指令、 $R1$ はモータ抵抗値、 $Ld$ はd軸モータ漏れインダクタンス、 $Lq$ はq軸モータ漏れインダクタンス、 $1$ はインバータ周波数、 $1$ は磁束である。

【0017】

50

推定回転子位置が真の値と一致している場合、式(1)、式(4)は一致し、  
 $VdPI \times Id + Iq \times VqPI = VdCRef \times IdRef + IqRef \times VqCRef$  (5)

の関係が得られる。したがって、

$$(VdPI \times Id + Iq \times VqPI) - (VdCRef \times IdRef + IqRef \times VqCRef) \quad (6)$$

はゼロとなる。

【0018】

一方、推定回転子位置が真の値と一致していない場合、

$$VdPI \times Id + Iq \times VqPI \neq VdCRef \times IdRef + IqRef \times VqCRef \quad (7)$$

となり、式(6)の減算を行う減算器70はゼロでない値を出力する。

【0019】

比較器72は、式(6)の結果の絶対値が所定の設定値POWER\_\_D\_\_SETを超え  
 場合、推定回転子位置が真の値と異なると判断し、POWER\_\_Dに“H”を出力する  
 。

【0020】

比較器72の出力は反転回路74に入力する。反転回路74ではPOWER\_\_Dを反転  
 してAND回路75に入力する。AND回路75ではPWM制御部64から出力されるゲ  
 ート信号との論理積を演算し、最終的なゲート信号とする。そして推定回転子位置の異常  
 を検知すれば、AND回路75はPWM制御部64からのゲート信号をオフしてインパ  
 タ3を停止させる。

【0021】

本実施の形態によれば、モータ出力の実際値POWERとモータ出力指令POWERE  
 MFとを比較することで、推定回転子位置が真の値と異なっているか容易に判断すること  
 ができる。そして、推定回転子位置の異常検知にて、PWM制御部64の出力するゲート  
 信号をオフすることで、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加  
 減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保する  
 ことができる。

【0022】

(第2の実施の形態)図2は、本発明の第2の実施の形態の電気車制御装置の構成を示  
 している。本実施の形態は、図1に示した第1の実施の形態とは、回転子位置の異常判断  
 方法が異なる。永久磁石同期電動機等の電氣的突極性を持つ電動機の回転子位置推定方法  
 としては、特許第3719910号公報に記載されているように、モータの回転子にトルクを  
 発生させるために供給する電源周波数に、これより高い周波数の電圧ないしは電流を  
 重畳させて印加し、その結果得られる電流ないしは電圧のうち、印加した高周波と同じ周  
 波数の成分の波形を抽出・解析し回転子位置を推定する技術が知られている。本実施の形  
 態はこの技術を利用している。

【0023】

図2に示した電気車制御装置において、インバータ周波数演算部67Aは、第1の実施  
 の形態と同様に、d軸電圧指令VdCRefとq軸電圧指令VqCRefとを演算し、図  
 3に示す回転子位置推定回路8にて評価指標Hdcを演算し、この評価指標Hdcがゼロ  
 になるように、1を比例積分(PI)制御する。しかしながら、評価指標Hdcがゼロ  
 にならない場合、1、すなわち推定回転子位置が真の値と異なっている。そこで  
 、本実施の形態では、この評価指標Hdcが所定値HYOd\_\_D\_\_SETを超えた場合、  
 異常判断する。

【0024】

図2において、電流指令作成部61Aは、トルク指令に基づきd軸電流指令、q軸電流  
 指令を作成し、さらに電動機4の回転周波数に対して十分高い周波数の高周波回転電流指  
 令をそれぞれの電流指令に重畳して、d軸電流指令、q軸電流指令IdRef、IqRef  
 として出力する。

【0025】

電流制御部62では、電流指令作成部61Aから出力される高周波重畳のd軸電流指令

10

20

30

40

50

、q軸電流指令  $I_{dRef}$ 、 $I_{qRef}$  と、座標変換部 65 から出力される d 軸電流、q 軸電流の実際値  $I_d$ 、 $I_q$  とを入力として、d 軸電圧指令、q 軸電圧指令  $V_{dPI}$ 、 $V_{qPI}$  を求めて出力する。

【0026】

座標変換部 63 では、電流制御部 62 から出力される d 軸電圧指令、q 軸電圧指令  $V_{dPI}$ 、 $V_{qPI}$  と、インバータ周波数演算部 67A から出力される回転子位置推定値 とを入力として、3 相電圧指令  $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$  を求めて出力する。

【0027】

もう一つの座標変換部 65 では、電動機 4 の 3 相のうちの 2 相の電流検出値  $I_u$ 、 $I_w$  と、インバータ周波数演算部 67A から出力される回転子位置推定値 とを入力とし、d 軸電流、q 軸電流の実際値  $I_d$ 、 $I_q$  を求めて出力する。

10

【0028】

インバータ周波数演算部 67A における回転子位置推定回路 8 は、座標変換部 65 から出力される d 軸電流、q 軸電流の実際値  $I_d$ 、 $I_q$  と、このインバータ周波数演算部 67A 内で式 (2)、式 (3) にて計算した d 軸電圧指令、q 軸電圧指令  $V_{dCRef}$ 、 $V_{qCRef}$  を入力として、次のような手順により、モータ回転子の位置推定値 及び回転角速度推定値 1 を求めて出力する。

【0029】

図 3 に示す回転角速度推定回路 8 は、バンドパスフィルタ (BPF) 81-1 ~ 81-4、乗算器 82-1、82-2、加算器 83、第 2 のバンドパスフィルタ (BPF2) 84、減算器 85、そして減算器 85 の出力する評価関数  $H_{dc}$  を PI 演算して角速度推定値 1 を出力する PI 演算器 86 を備えている。そしてこの PI 演算器 86 の角速度推定値 1 を積分器 66 にて積分して位置推定値 とする。

20

【0030】

d 軸電圧指令、q 軸電圧指令  $V_{dCRef}$ 、 $V_{qCRef}$ 、d 軸電流、q 軸電流  $I_d$ 、 $I_q$  のバンドパスフィルタ 81-1 ~ 81-4 を通した結果をそれぞれ  $V_{dRefBPF}$ 、 $V_{qRefBPF}$ 、 $I_{dBPF}$ 、 $I_{qBPF}$  とし、次のような評価関数  $H$  を求める。

【0031】

$$H = V_{qRefBPF} \times I_{qBPF} - V_{dRefBPF} \times I_{dBPF} \quad (8)$$

次に、評価関数  $H$  に対して次のような第 2 のバンドパスフィルタ (BPF2) 84 で、電流指令重畳高周波の 2 倍の周波数成分のみを選択的に遮断して評価指標  $H_{dc}$  を得、この評価指標  $H_{dc}$  がゼロとなるように PI 制御器 86 にて比例積分制御し、回転子角周波数推定値 1 を求めて出力する。

30

【0032】

$$1 = (K_p S L + K_i S L / s) \times H_{dc} \quad (9)$$

ただし、 $K_p S L$  は比例ゲイン、 $K_i S L$  は積分ゲイン、 $s$  はラプラス演算子である。

【0033】

さらに、積分器 66 にてこの回転子角周波数推定値 1 を積分し、積分値をモータ回転子の位置推定値 として出力する。

【0034】

この回転子各周波数推定回路 8 は、速度変化率が高い運転状態におけるモータ回転子位置推定応答速度遅れをなくし、直流成分のみを取り出すことを可能にするものである。

40

【0035】

しかしながら、評価指標  $H_{dc}$  がゼロにならない場合があり、その場合には、1、すなわち推定回転子位置が真の値と異なっていることになる。そこで、本実施の形態では、絶対値演算器 71、比較器 72 にて評価指標  $H_{dc}$  の絶対値を所定値  $H_{YOd\_D\_SET}$  と比較し、評価指標  $H_{dc}$  が所定値  $H_{YOd\_D\_SET}$  を超えた場合には異常と判断し、 $H_{YOd\_D}$  に “H” を出力する。

【0036】

第 1 の実施の形態と同様に、比較器 72 の出力  $H_{YOd\_D}$  は反転回路 74 に入力する

50

。反転回路 7 4 では H Y O d \_ \_ D を反転して A N D 回路 7 5 に入力する。A N D 回路 7 5 では P W M 制御部 6 4 から出力されるゲート信号との論理積を演算し、最終的なゲート信号とする。

【 0 0 3 7 】

本実施の形態においても、第 1 の実施の形態と同様に推定回転子位置が真の値と異なっているか容易に判断することができる。また、推定回転子位置の異常検知にて、P W M 制御部 6 4 の出力するゲート信号をオフすることで、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる。

【 0 0 3 8 】

(第 3 の実施の形態) 図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態の電気車制御装置の構成を示している。本実施の形態は、図 1 に示した第 1 の実施の形態とは、回転子位置の異常判断方法が異なる。その他の構成は第 1 の実施の形態と同様であるので、共通の符号を用いて説明する。

【 0 0 3 9 】

本実施の形態においては、図 7 の従来例の構成に加えて、乗算器 6 8 - 1 ~ 6 8 - 4、加算器 6 9 - 1, 6 9 - 2、減算器 7 0 - 1 ~ 7 0 - 3、そして絶対値演算器 7 1、比較器 7 2、反転回路 7 4、A N D 回路 7 5 を備えている。

【 0 0 4 0 】

本実施の形態の電気車制御装置は、次のように動作する。電動機 4 に誘起される q 軸誘起電圧 E q は電圧電流方程式により、

$$E_q = V_q P I - R \times I_q + \omega \times L_d \times I_d \quad (10)$$

で得られる。減算器 7 0 - 1 はこの E q を出力する。一方、インバータ制御回路 6 が制御しようとしている q 軸誘起電圧指令 E q R e f は、

$$E_{qRef} = V_q C Ref - R \times I_{qRef} + \omega_1 \times L_d \times I_{dRef} \quad (11)$$

で得られる。減算器 7 0 - 2 はこの E q R e f を出力する。

【 0 0 4 1 】

ここで、E q は q 軸誘起電圧、E q R e f は q 軸誘起電圧指令、V q P I は q 軸電圧、V q C R e f は q 軸電圧指令、R はモータ抵抗値、I q はトルク電流、I q R e f はトルク電流指令、I d は磁束電流、I d R e f は磁束電流指令、L d は d 軸モータ漏れインダクタンス、 $\omega_1$  はインバータ周波数である。

【 0 0 4 2 】

推定回転子位置が真の値と一致している場合、式 ( 1 0 )、式 ( 1 1 ) は一致し、

$$V_q P I - R \times I_q + \omega \times L_d \times I_d = V_q C Ref - R \times I_{qRef} + \omega_1 \times L_d \times I_{dRef} \quad (12)$$

の関係が得られる。したがって、

$$(V_q P I - R \times I_q + \omega \times L_d \times I_d) - (V_q C Ref - R \times I_{qRef} + \omega_1 \times L_d \times I_{dRef}) \quad (13)$$

はゼロとなる。

【 0 0 4 3 】

一方、推定回転子位置が真の値と一致していない場合、

$$V_q P I - R \times I_q + \omega \times L_d \times I_d \neq V_q C Ref - R \times I_{qRef} + \omega_1 \times L_d \times I_{dRef} \quad (14)$$

となり、式 ( 1 3 ) はゼロでない値が出力される。減算器 7 0 - 3 はこの式 ( 1 3 ) の結果を絶対値演算器 7 1 に出力する。

【 0 0 4 4 】

そこで、本実施の形態の場合、式 ( 1 3 ) の値の絶対値が所定の設定値 E q \_ \_ D \_ \_ S E T を超え場合に、推定回転子位置が真の値と異なると判断して E q \_ \_ D に “ H ” を出力する。すなわち、絶対値演算器 7 1、比較器 7 2 にて式 ( 1 3 ) の絶対値を所定の設定値 E q \_ \_ D \_ \_ S E T と比較し、式 ( 1 3 ) の値が所定値 E q \_ \_ D \_ \_ S E T を超えた場合には異常と判断し、比較器 7 2 から E q \_ \_ D に “ H ” を出力する。

【 0 0 4 5 】

第 1 の実施の形態と同様に、比較器 7 2 の出力 E q \_ \_ D は反転回路 7 4 に入力する。反

10

20

30

40

50



転回路 7 4 では  $E_{q\_D}$  を反転して AND 回路 7 5 に入力する。AND 回路 7 5 では PWM 制御部 6 4 から出力されるゲート信号との論理積を演算し、最終的なゲート信号とする。

【0046】

本実施の形態においては、電動機 4 に誘起される誘起電圧と誘起電圧指令を比較することで、推定回転子位置が真の値と異なっているか否かを容易に判断することができる。また、推定回転子位置の異常検知にて、PWM 制御部 6 4 の出力するゲート信号をオフすることで、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる。

【0047】

(第 4 の実施の形態) 図 5 は、本発明の第 4 の実施の形態の電気車制御装置の構成を示している。本実施の形態は、複数台のインバータ 3 a, 3 b を備えた場合の電気車制御装置であり、複数台のインバータ 3 a, 3 b それぞれを制御するためにインバータ制御回路 6 a, 6 b を備えている。これらのインバータ制御回路 6 a, 6 b の構成は第 1 の実施の形態と同様であり、それぞれに電流指令作成部 6 1、電流制御部 6 2、座標変換部 6 3、PWM 制御部 6 4、座標変換部 6 5、積分器 6 6、インバータ周波数演算部 6 7 を備えている。

【0048】

そして、本実施の形態では、第 1 のインバータ制御回路 6 a のインバータ周波数演算で算出されるインバータ周波数  $1\_1$  と第 2 のインバータ制御回路 6 b のインバータ周波数演算で算出されるインバータ周波数  $1\_2$  の差を求める減算器 7 0、差の絶対値を演算する絶対値演算器 7 1、差の絶対値を所定の設定値  $FR\_D\_SET$  と比較し、判定値  $FD\_D$  を出力する比較器 7 2、判定値  $FD\_D$  を反転させる反転回路 7 4、第 1 のインバータ制御回路 6 a 側の PWM 制御部 6 4 のゲート信号と反転回路 7 4 の出力との論理積を求め、第 1 のインバータ 3 a のゲート信号とする AND 回路 7 5 a、第 2 のインバータ制御回路 6 b 側の PWM 制御部 6 4 のゲート信号と反転回路 7 4 の出力との論理積を求め、第 2 のインバータ 3 b のゲート信号とする AND 回路 7 5 b を備えている。

【0049】

本実施の形態によれば、第 1 のインバータ制御回路 6 a のインバータ周波数演算で算出されるインバータ周波数  $1\_1$  と第 2 のインバータ制御回路 6 b のインバータ周波数演算で算出されるインバータ周波数  $1\_2$  の差の絶対値が所定値  $FR\_D\_SET$  を超えた場合、推定回転子位置が真の値と異なると判断し、比較器 7 2 は  $FR\_D$  に “H” を出力する。

【0050】

第 1 の実施の形態と同様に、比較器 7 2 の出力  $FR\_D$  は反転回路 7 4 に入力する。反転回路 7 4 では  $FD\_D$  を反転して AND 回路 7 5 a, 7 5 b それぞれに入力する。AND 回路 7 5 a では第 1 のインバータ制御回路 6 a 側の PWM 制御部 6 4 から出力されるゲート信号との論理積を演算し、第 1 のインバータ 3 a に対する最終的なゲート信号とする。AND 回路 7 5 b では第 2 のインバータ制御回路 6 b 側の PWM 制御部 6 4 から出力されるゲート信号との論理積を演算し、第 2 のインバータ 3 b に対する最終的なゲート信号とする。

【0051】

本実施の形態においても、第 1 の実施の形態と同様に推定回転子位置が真の値と異なっているか容易に判断することができる。また、推定回転子位置の異常検知にて、第 1、第 2 のインバータ制御回路 6 a, 6 b それぞれの PWM 制御部 6 4 の出力するゲート信号をオフすることで、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる。

【0052】

(第 5 の実施の形態) 図 6 は、本発明の第 5 の実施の形態の電気車制御装置の構成を示

10

20

30

40

50

している。本実施の形態は、第 1 ~ 第 4 の各実施の形態の推定回転子位置の異常検出機能をすべて備え、かつ、それぞれの方法で算出した異常フラグ P O W E R \_ D、H Y O d \_ D、E q \_ D、F R \_ D の論理和を求める O R 回路 7 3、この O R 回路 7 3 の出力に対する反転回路 7 4、そして、P W M 制御部 6 4 のゲート信号との論理積を求める A N D 回路 7 5 を備えている。

#### 【 0 0 5 3 】

本実施の形態によれば、第 1 ~ 第 4 の各実施の形態の推定回転子位置の異常検出方法で算出した異常フラグ P O W E R \_ D、H Y O d \_ D、E q \_ D、F R \_ D の論理和を O R 回路 7 3 にて計算して F E D \_ D を反転回路 7 4 に入力する。反転回路 7 4 では F E D \_ D を反転して A N D 回路 7 5 に入力する。A N D 回路 7 5 では P W M 制御部 6 4 から出力されるゲート信号との論理積を演算し、最終的なゲート信号としてインバータ 3 に出力する。尚、第 4 の実施の形態のように複数台のインバータ 3 a、3 b をインバータ制御回路 6 a、6 b にて個別に制御する場合、これらの O R 回路 7 3、反転回路 7 4、A N D 回路 7 5 は各インバータ制御回路 6 a、6 b 毎に設けるものとする。

10

#### 【 0 0 5 4 】

本実施の形態の場合、第 1 ~ 第 4 の各実施の形態の推定回転子位置の異常検出方法のいずれかにより推定回転子位置の異常を検知した場合にゲート信号をオフすることで、過電流や温度上昇を抑制し、計画した車両の加減速度と実際の加減速度との差異を低減して車両推力の低下を抑制し、計画した車両の加速性能を確保することができる。

20

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 5 5 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態の電気車制御装置のブロック図。

【 図 2 】 本発明の第 2 の実施の形態の電気車制御装置のブロック図。

【 図 3 】 本発明の第 2 の実施の形態におけるインバータ制御回路内の回転子位置推定回路のブロック図。

【 図 4 】 本発明の第 3 の実施の形態の電気車制御装置のブロック図。

【 図 5 】 本発明の第 4 の実施の形態の電気車制御装置のブロック図。

【 図 6 】 本発明の第 5 の実施の形態の電気車制御装置のブロック図。

【 図 7 】 従来例の電気車制御装置のブロック図。

30

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 5 6 】

1 ... 架線

2 ... 平滑コンデンサ

3、3 a、3 b ... インバータ

4 ... 電動機

6、6 a、6 b ... インバータ制御回路

8 ... 回転子位置推定回路

6 1 ... 電流指令作成部

6 2 ... 電流制御部

6 3 ... 座標変換部

6 4 ... P W M 制御部

6 5 ... 座標変換部

6 6 ... 積分器

6 7 ... インバータ周波数演算部

6 8 - 1 ~ 6 8 - 4 ... 乗算器

6 9 - 1、6 9 - 2 ... 加算器

7 0、7 0 - 1 ~ 7 0 - 3 ... 減算器

7 1 ... 絶対値演算器

7 2 ... 比較器

7 3 ... O R 回路

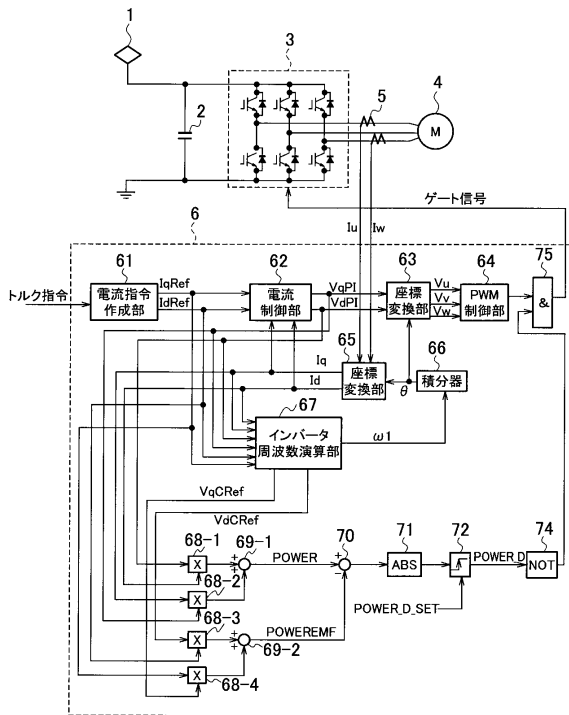
40

50

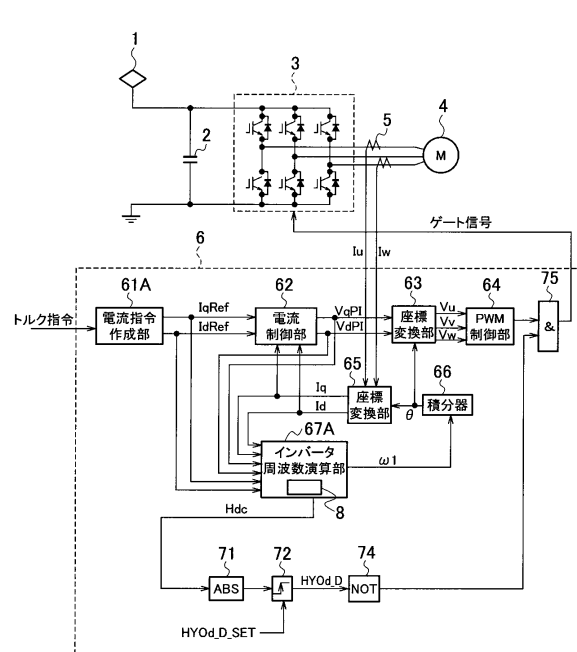
7 4 ... 反転回路

7 5 , 7 5 a , 7 5 b ... A N D 回路

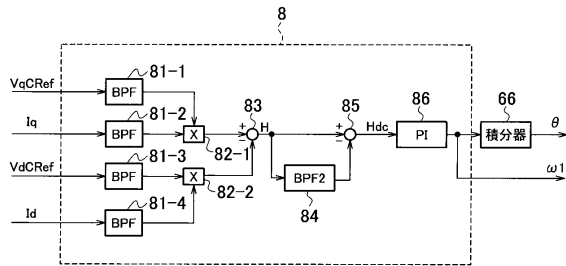
【 図 1 】



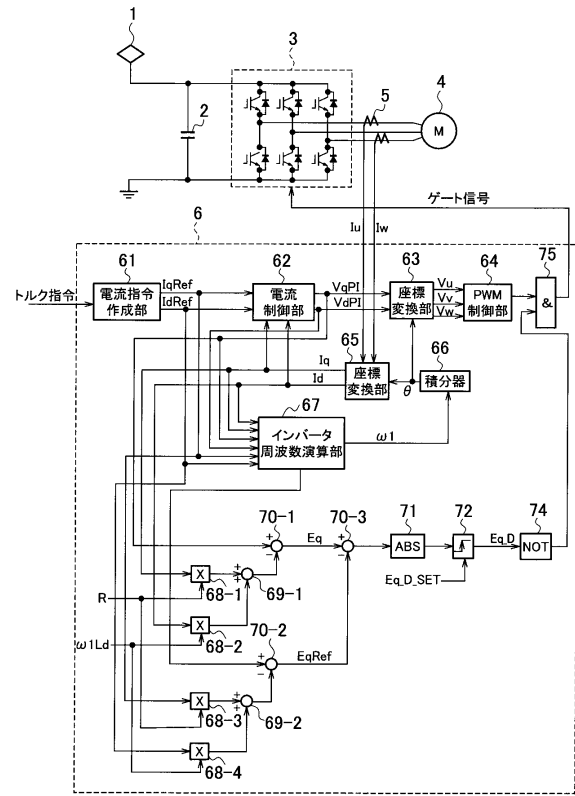
【 図 2 】



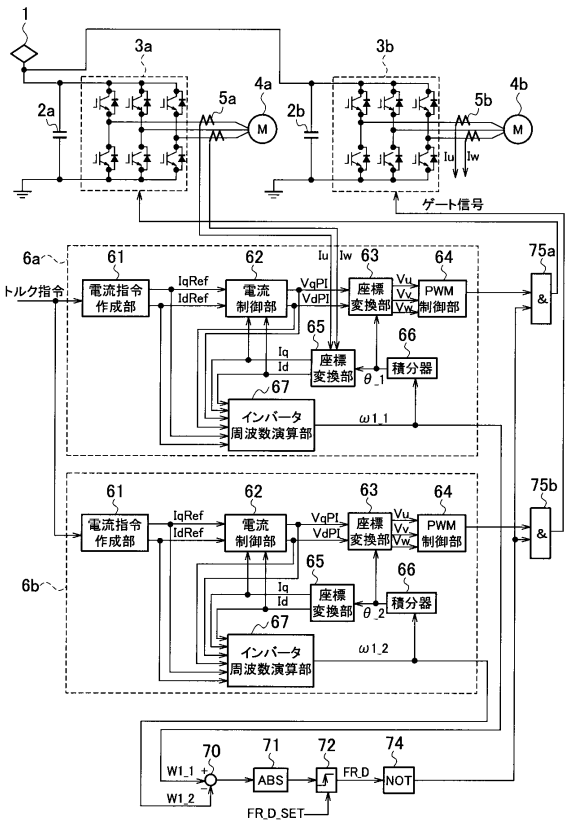
【図3】



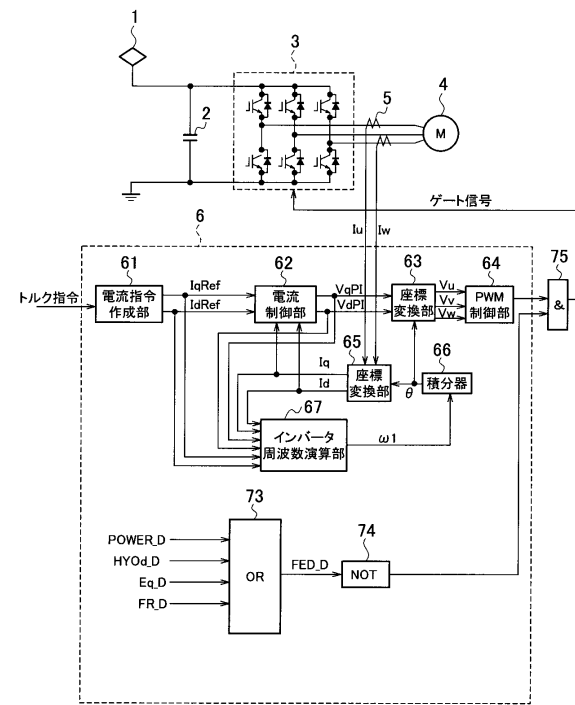
【図4】



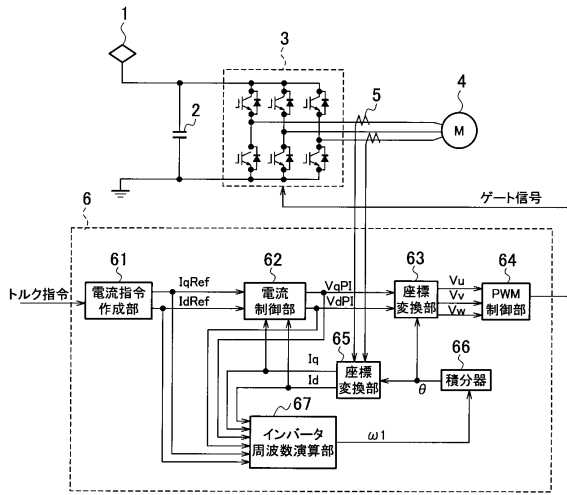
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山崎 修  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 塩治 雅也

(56)参考文献 特開2001-339999(JP,A)  
特開2001-197769(JP,A)  
特開2003-264901(JP,A)  
特開2003-319698(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 6/18  
H02P 6/12