

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3732784号

(P3732784)

(45) 発行日 平成18年1月11日(2006.1.11)

(24) 登録日 平成17年10月21日(2005.10.21)

(51) Int. Cl.	F I		
B60L 3/04 (2006.01)	B60L	3/04	B
B60L 3/00 (2006.01)	B60L	3/00	C
B60L 9/18 (2006.01)	B60L	9/18	A

請求項の数 11 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2002-13366 (P2002-13366)	(73) 特許権者	000173784
(22) 出願日	平成14年1月22日 (2002.1.22)		財団法人鉄道総合技術研究所
(65) 公開番号	特開2003-219504 (P2003-219504A)		東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(43) 公開日	平成15年7月31日 (2003.7.31)	(73) 特許権者	000003078
審査請求日	平成16年4月23日 (2004.4.23)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100058479
			弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100068814
			弁理士 坪井 淳
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車の駆動制御方法および制御装置

(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する可変電圧可変周波数インバータ（VVVFインバータ）と、当該VVVFインバータの直流側に接続されたフィルタコンデンサと、前記VVVFインバータの交流側に接続されて駆動される電気車用の電動機とから主回路を構成し

、前記VVVFインバータの出力電圧指令と前記VVVFインバータの出力電流とから前記電動機の回転速度を推定して速度推定値を得、当該速度推定値に基づいて前記VVVFインバータを制御することにより、前記電動機の駆動制御を行なう電気車の駆動制御方法において、

前記速度推定値が異常な値に収束した場合には、保護動作により前記VVVFインバータを停止させるようにしたことを特徴とする電気車の駆動制御方法。

【請求項2】

直流を任意の周波数の交流に変換する可変電圧可変周波数インバータ（VVVFインバータ）と、当該VVVFインバータの直流側に接続されたフィルタコンデンサと、前記VVVFインバータの交流側に接続されて駆動される電気車用の電動機とから主回路を構成し

、前記VVVFインバータの出力電圧指令と前記VVVFインバータの出力電流とから前記電動機の回転速度を推定して速度推定値を得る速度推定手段を備え、前記速度推定手段により得られた速度推定値に基づいて前記VVVFインバータを制御することにより、前記

電動機の駆動制御を行なう電気車の駆動制御装置において、
前記速度推定手段により得られた速度推定値が異常な値に収束したことを検出する速度異常検出手段と、
前記速度異常検出手段により速度推定値が異常な値に収束していると判定された場合に、
前記VVVFインバータを停止させる保護手段と、
を備えて成ることを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【請求項3】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電気車の一編成中に有する外部の速度情報に基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。 10

【請求項4】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電気車以外の他の電気車の駆動制御装置により得られた速度推定値に基づいて、当該速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【請求項5】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機のインピーダンスを逐次演算するインピーダンス演算手段と、
前記インピーダンス演算手段により演算された電動機のインピーダンスに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。 20

【請求項6】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機の有効電力を逐次演算する有効電力演算手段と、
前記有効電力演算手段により演算された電動機の有効電力に基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。 30

【請求項7】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機の出カトルクを逐次演算するトルク演算手段と、
前記トルク演算手段により演算された電動機の出カトルクに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【請求項8】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記VVVFインバータへの直流入力側の電流値を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段により検出された電流値に基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。 40

【請求項9】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機の誘起電圧を演算する誘起電圧演算手段と、
前記誘起電圧演算手段により演算された電動機の誘起電圧に基づいて、前記速度推定値が 50

異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【請求項10】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機の磁束量を演算する磁束演算手段と、
前記磁束演算手段により演算された電動機の磁束量に基づいて、前記速度推定値が異常な
値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【請求項11】

前記請求項2に記載の電気車の駆動制御装置において、
前記速度異常検出手段としては、
前記電動機の1次インダクタンスを演算する1次インダクタンス演算手段と、前記1次イン
ダクタンス演算手段により演算された電動機の1次インダクタンスに基づいて、前記速
度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段と、
を備えたことを特徴とする電気車の駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、速度検出器を用いずに可変電圧可変周波数インバータ（以下、VVVFインバ
ータと称する）により電動機を駆動する電気車の駆動制御方法および制御装置に係り、特
に過電流や温度上昇、車両推力の低下を抑制できるようにした電気車の駆動制御方法およ
び制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、電気車の駆動制御装置は、電気車用の電動機の回転速度を検出する速度検出器
が備えられ、当該速度検出器により検出された速度に基づいて制御が行なわれている。

【0003】

図10は、この種の従来の速度検出器を備えた電気車の駆動制御装置の概略構成例を示す
ブロック図である。

【0004】

なお、図10は、直流電気車における制御装置の構成例を示している。

【0005】

図10において、直流の架線から、パンタグラフ4で集電される。

【0006】

パンタグラフ4には、入力フィルタ回路として、フィルタリアクトル6およびフィルタコン
デンサ3が接続されている。

【0007】

フィルタコンデンサ3には、3相のVVVFインバータ1の直流側が接続されており、また
VVVFインバータ1の交流側には、電気車用の誘導電動機2が接続されて駆動される
。

【0008】

さらに、VVVFインバータ1と誘導電動機2との間には、誘導電動機2に流れる電流を
検出する電流検出器19が設けられている。

【0009】

一方、VVVFインバータ1は、PWM制御部7、およびベクトル制御部8により制御さ
れる。

【0010】

なお、ベクトル制御に関しては、周知の技術ではあるが、以下に簡単にその概要について
説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

図 1 1 は、本例にて用いる各座標系の関係を示す図である。

【 0 0 1 2 】

なお、図 1 1 は、U V W相静止座標系、a b軸静止座標系、d q軸回転座標系と出力電圧の関係を示している。

【 0 0 1 3 】

図 1 1 において、静止座標系 a 軸から回転座標系 d 軸までの位相角が θ_{dq} であり、静止座標系 a 軸から出力電圧までの位相角が θ_{av} である。

【 0 0 1 4 】

ベクトル制御の目標とする動作点は、d 軸と 2 次磁束が一致する状態である。

10

【 0 0 1 5 】

ベクトル制御部 8 への入力であるトルク指令 T_{mRef} に基づいて、d 軸（励磁）電流指令 I_{dRef} と q 軸（トルク）電流指令 I_{qRef} とが算出される。

【 0 0 1 6 】

【 数 1 】

$$\begin{cases} I_{dRef} = \frac{\phi_{2Ref}}{M} \\ I_{qRef} = \frac{L_2}{p \cdot M} \cdot \frac{T_{mRef}}{\phi_{2Ref}} \end{cases} \quad (1)$$

20

【 0 0 1 7 】

ここに、M：相互インダクタンス、 L_2 ：2 次側自己インダクタンス、p：極対数、 ϕ_{2Ref} ：2 次磁束指令である。

【 0 0 1 8 】

誘導電動機 2 の U 相電流 I_u と W 相電流 I_w は、電流検出器 1 9 によりそれぞれ検出されて、ベクトル制御部 8 に入力される。

【 0 0 1 9 】

後述する a 軸から d 軸までの位相角 θ_{dq} に基づいて、d 軸（励磁）電流 I_d と q 軸（トルク）電流 I_q とが分離生成される。

【 0 0 2 0 】

30

【 数 2 】

$$\begin{cases} I_d = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \left(\sin(\theta_{dq} + \frac{2\pi}{3}) \cdot I_u - \sin(\theta_{dq}) \cdot I_w \right) \\ I_q = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \left(\cos(\theta_{dq} + \frac{2\pi}{3}) \cdot I_u - \cos(\theta_{dq}) \cdot I_w \right) \end{cases} \quad (2)$$

【 0 0 2 1 】

d 軸電流指令 I_{dRef} と d 軸電流 I_d とが一致するように、P I 制御器により、d 軸電圧指令 V_{dRef} が補正される。

【 0 0 2 2 】

40

q 軸電流指令 I_{qRef} と q 軸電流 I_q とが一致するように、P I 制御器により、q 軸電圧指令 V_{qRef} が補正される。

【 0 0 2 3 】

(3) 式の右辺第 2 項は、誘導電動機 2 の誘起電圧を補償するフィードフォワード項である。

【 0 0 2 4 】

【 数 3 】

$$\begin{cases} VdRef = \frac{Kp \cdot s + Ki}{s} \cdot (IdRef - Id) - \omega 1 \cdot \sigma \cdot L1 \cdot IqRef \\ VqRef = \frac{Kp \cdot s + Ki}{s} \cdot (IqRef - Iq) + \omega 1 \cdot L1 \cdot IdRef \end{cases} \quad (3)$$

【 0 0 2 5 】

ここに、L1：1次側自己インダクタンス、 σ ：漏れ係数(=1-M・M/L1/L2)、Kp：比例ゲイン、Ki：積分ゲインである。

【 0 0 2 6 】

d q 軸電圧指令VdRef, VqRefは、3相電圧指令VuRef, VvRef, VwRefへと変換されて、ベクトル制御部8から出力される。 10

【 0 0 2 7 】

【 数 4 】

$$\begin{cases} VuRef = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{VdRef^2 + VqRef^2} \cdot \cos(\theta_{dq} + \tan^{-1}(\frac{VqRef}{VdRef})) \\ VvRef = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{VdRef^2 + VqRef^2} \cdot \cos(\theta_{dq} + \tan^{-1}(\frac{VqRef}{VdRef}) - \frac{2\pi}{3}) \\ VwRef = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{VdRef^2 + VqRef^2} \cdot \cos(\theta_{dq} + \tan^{-1}(\frac{VqRef}{VdRef}) + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (4)$$

20

【 0 0 2 8 】

PWM制御部7では、3相電圧指令VuRef, VvRef, VwRefを入力とし、VVVFインバータ1内のスイッチング素子へのゲート指令が生成出力される。

【 0 0 2 9 】

このPWM制御は周知の技術であるので、個々ではその詳細な説明については省略する。

【 0 0 3 0 】

PWM制御部7には、運転指令Gstが入力される。

【 0 0 3 1 】

Gst=1である場合には、3相電圧指令に応じて然るべきゲート指令が出力される。

【 0 0 3 2 】

Gst=0である場合には、全ゲート指令をオフとし、スイッチング素子が閉とされる。 30

【 0 0 3 3 】

誘導電動機2には、速度検出器22が備えられ、ロータ回転速度Frが検出される。

【 0 0 3 4 】

すべり周波数基準 ωs^* は、d軸(励磁)電流指令IdRefとq軸(トルク)電流指令IqRefとに基づいて算出される。

【 0 0 3 5 】

【 数 5 】

$$\omega s^* = \frac{R2 \cdot IqRef}{L2 \cdot IdRef} \quad (5) \quad 40$$

【 0 0 3 6 】

ここに、R2：2次抵抗、L2：2次側自己インダクタンスである。

【 0 0 3 7 】

VVVFインバータ1の出力周波数 $\omega 1$ は、次式で演算される。

【 0 0 3 8 】

【 数 6 】

$$\omega_1 = \omega_r + \omega_s^* \quad (6)$$

【0039】

V V V F インバータ 1 の出力周波数 ω_1 を積分することで、静止座標系の a 軸から回転座標系の d 軸までの位相角 θ_{dq} が算出される。

【0040】

【数 7】

$$\theta_{dq} = \frac{1}{s} \cdot \omega_1 \quad (7)$$

10

【0041】

以上は、すべり周波数形ベクトル制御の一例であり、良好な過渡応答と高精度な定常特性を得ることができる。

【0042】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したような従来の電気車の駆動制御装置においては、速度検出器 22 は、誘導電動機 2 の回転軸上に備えられている。

【0043】

従って、この速度検出器 22 の存在が、誘導電動機 2 の大きさに制約を与えるため、大出力な誘導電動機 2 を備えることが困難である。 20

【0044】

また、速度検出器 22 の信号線が、主回路線と共に機器内を引き回されることで、ノイズ等の重畳に起因する検出速度の擾乱が生じ、出力トルクに悪影響を及ぼす。

【0045】

さらに、車両の保守検修時にも、信号線の取り扱いが作業効率を低下させる等の課題がある。

【0046】

一方、これに対して、速度検出器により検出された速度を用いずに、速度を推定する電気車の駆動制御装置の出現が望まれている。 30

【0047】

しかしながら、このような速度を推定する電気車の駆動制御装置においては、推定された速度が真の速度とほぼ一致することが不可欠である。そして、この推定された速度値が真値より大きく異なる値に収束している場合には、すべり周波数が過大となり、主磁束量の低下が生じる。

【0048】

また、制御方式にもよるが、主磁束量が所定の値よりも低下した状態で動作継続を行なう場合には、過電流やそれに伴う温度上昇等が生じることがある。

【0049】

さらに、誘導電動機の出力トルクが低下して、車両の加減速度が減少することもある。 40

【0050】

そして、仮に、そのような状態を放置する場合、目標とする動作点へ引き込まれることもあるが、この場合、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、電気車の駆動制御装置としては望ましいものではない。

【0051】

本発明の目的は、速度検出器を用いずに V V V F インバータにより電動機を駆動する電気車の駆動制御方法および駆動制御装置において、速度推定値が異常な値に収束した場合に、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することで所定の車両加速性能を確保することが可能な電気車の駆動制御方法および制御装置を提供することにある。 50

【0052】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1に対応する発明では、直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータと、VVVFインバータの直流側に接続されたフィルタコンデンサと、VVVFインバータの交流側に接続されて駆動される電気車用の電動機とから主回路を構成し、VVVFインバータの出力電圧指令とVVVFインバータの出力電流とから電動機の回転速度を推定して速度推定値を得、当該速度推定値に基づいてVVVFインバータを制御することにより、電動機の駆動制御を行なう電気車の駆動制御方法において、速度推定値が異常な値に収束した場合には、保護動作によりVVVFインバータを停止させるようにしている。

10

【0053】

従って、請求項1に対応する発明の電気車の駆動制御方法においては、速度推定値が異常な値に収束した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

【0054】

また、請求項2に対応する発明では、直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータと、VVVFインバータの直流側に接続されたフィルタコンデンサと、VVVFインバータの交流側に接続されて駆動される電気車用の電動機とから主回路を構成し、VVVFインバータの出力電圧指令とVVVFインバータの出力電流とから電動機の回転速度を推定して速度推定値を得る速度推定手段を備え、速度推定手段により得られた速度推定値に基づいてVVVFインバータを制御することにより、電動機の駆動制御を行なう電気車の駆動制御装置において、速度推定手段により得られた速度推定値が異常な値に収束したことを検出する速度異常検出手段と、速度異常検出手段により速度推定値が異常な値に収束していると判定された場合に、VVVFインバータを停止させる保護手段とを備えている。

20

【0055】

従って、請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、速度推定値が異常な値に収束していることを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

30

【0056】

一方、請求項3に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電気車の一編成中に有する外部の速度情報に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段を備えている。

【0057】

従って、請求項3に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、電気車の駆動制御装置のために備える速度検出器でなく、その他の電気車制御に必要であり、そのために備える速度情報を取り込んで速度推定値と比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

40

さらに、電気車編成中に存在する速度検出器の速度情報と比較することにより、異常検出精度が向上し、システムの信頼性を向上することができる。

【0058】

また、請求項4に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電気車以外の他の電気車の駆動制御装置により得られた速度推定値に基づいて、当該速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段を備えている。

【0059】

従って、請求項4に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、他の1つ以上の電

50

気車の駆動制御装置と速度推定値を比較することで、自身で推定した速度値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

この場合、通常、同一の制御ユニット内部での実現が可能であり、特別なハードやソフトを付加することなく、容易に実現することができる。

【0060】

さらに、請求項5に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機のインピーダンスを逐次演算するインピーダンス演算手段と、インピーダンス演算手段により演算された電動機のインピーダンスに基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

10

【0061】

従って、請求項5に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される電動機のインピーダンスを、健全時のインピーダンスである電動機のインピーダンス基準と比較し、その誤差率が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

【0062】

一方、請求項6に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機の有効電力を逐次演算する有効電力演算手段と、有効電力演算手段により演算された電動機の有効電力に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

20

【0063】

従って、請求項6に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される電動機の有効電力を、健全状態を想定した電動機の有効電力基準と比較し、その誤差が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

【0064】

また、請求項7に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機の出出力トルクを逐次演算するトルク演算手段と、トルク演算手段により演算された電動機の出出力トルクに基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

30

【0065】

従って、請求項7に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される電動機の出出力トルクをトルク指令と比較し、その誤差が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

【0066】

さらに、請求項8に対応する発明では、上記請求項2に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、VVVFインバータへの直流入力側の電流値を検出する電流検出手段と、電流検出手段により検出された電流値に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

40

【0067】

従って、請求項8に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、検出されたVVVFインバータへの直流入力側の電流値を、健全状態を想定した電流基準値と比較し、その誤差が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

50

【 0 0 6 8 】

一方、請求項 9 に対応する発明では、上記請求項 2 に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機の誘起電圧を演算する誘起電圧演算手段と、誘起電圧演算手段により演算された電動機の誘起電圧に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

【 0 0 6 9 】

従って、請求項 9 に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される電動機の誘起電圧の大きさを、健全状態を想定した電動機の誘起電圧基準と比較し、その誤差率が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によって V V V F インバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

10

【 0 0 7 0 】

また、請求項 1 0 に対応する発明では、上記請求項 2 に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機の磁束量を演算する磁束演算手段と、磁束演算手段により演算された電動機の磁束量に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

【 0 0 7 1 】

従って、請求項 1 0 に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される 2 電動機の次磁束の大きさを 2 次磁束指令と比較し、その誤差が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によって V V V F インバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

20

【 0 0 7 2 】

さらに、請求項 1 1 に対応する発明では、上記請求項 2 に対応する発明の電気車の駆動制御装置において、速度異常検出手段としては、電動機の 1 次インダクタンスを演算する 1 次インダクタンス演算手段と、1 次インダクタンス演算手段により演算された電動機の 1 次インダクタンスに基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する手段とを備えている。

【 0 0 7 3 】

従って、請求項 1 1 に対応する発明の電気車の駆動制御装置においては、逐次演算される電動機の 1 次インダクタンスの大きさを 1 次インダクタンス基準と比較し、その誤差が大きい場合に、速度推定値が異常な値に収束したことを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によって V V V F インバータを停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することができる。

30

【 0 0 7 4 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 7 5 】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図 1 0 と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

40

【 0 0 7 6 】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図 1 に示すように、前記図 1 0 に、速度推定部 9 と、速度異常検出部 1 0 と、保護手段であるアンド回路 1 1 とを付加した構成としている。

【 0 0 7 7 】

速度推定部 9 は、前記 V V V F インバータ 1 の出力電圧指令と、前記電流検出器 1 9 により検出される V V V F インバータ 1 の出力電流とから、前記誘導電動機 2 の回転速度を推定して速度推定値を得る。

50

【 0 0 7 8 】

速度異常検出部 10 は、速度推定部 9 により得られた速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【 0 0 7 9 】

この速度異常検出部 10 は、電気車の一編成中に有する外部の速度情報に基づいて、上記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【 0 0 8 0 】

アンド回路 11 は、速度異常検出部 10 により速度推定値が異常な値に収束していると判定された場合に、V V V F インバータ 1 を停止させる。

【 0 0 8 1 】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【 0 0 8 2 】

なお、本実施の形態にて用いる座標系は、前記図 11 にて説明した従来技術と同一である。

【 0 0 8 3 】

図 1 において、ベクトル制御部 8 では、トルク指令 T_{MRef} に基づき、d 軸（励磁）電流指令 I_{dRef} 、q 軸（トルク）電流指令 I_{qRef} 、d 軸（励磁）電流 I_d 、q 軸（トルク）電流 I_q 、d 軸電圧指令 V_{dRef} 、q 軸電圧指令 V_{qRef} 、3 相電圧指令 V_{uRef} 、 V_{vRef} 、 V_{wRef} を演算する。

【 0 0 8 4 】

速度推定部 9 では、インバータ出力周波数 ω_1 の演算、およびロータ速度の推定を行なう。

【 0 0 8 5 】

この速度推定部 9 で、誘導電動機 2 のロータ速度を推定する方式としては、各種の方式があるが、一例として、ここでは誘起電圧に基づく方式について説明する。

【 0 0 8 6 】

すなわち、誘導電動機 2 の U 相電流 I_u と W 相電流 I_w は、電流検出器 19 によりそれぞれ検出され、前記 (2) 式により、d 軸（励磁）電流 I_d と q 軸（トルク）電流 I_q とが演算される。

【 0 0 8 7 】

d 軸電流 I_d と q 軸電流 I_q と、ベクトル制御部 8 からの出力である d 軸電圧指令 V_{dRef} と q 軸電圧指令 V_{qRef} に基づき、d 軸誘起電圧 E_d と q 軸誘起電圧 E_q が算出される。

【 0 0 8 8 】

【 数 8 】

$$\begin{cases} E_d = V_{dRef} - R_1 \cdot I_d + \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_1 \cdot I_q \\ E_q = V_{qRef} - R_1 \cdot I_q - \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_1 \cdot I_d \end{cases} \quad (8)$$

【 0 0 8 9 】

ベクトル制御の目標動作点は、d 軸と 2 次磁束が一致する状態であり、この時、d 軸誘起電圧 E_d は零となる。

【 0 0 9 0 】

よって、d 軸誘起電圧が零でないことは、d 軸と 2 次磁束が一致していない軸ずれ状態を表わしている。

【 0 0 9 1 】

V V V F インバータ 1 の出力周波数 ω_1 は、次式で決定される。

【 0 0 9 2 】

右辺第 1 項は基準項であり、右辺第 2 項は軸ずれ補正項である。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

【数 9】

$$\omega_1 = \frac{L_2}{M} \cdot \frac{E_q}{\phi_{2Ref}} - \frac{K_p \cdot s + K_i}{s} \cdot E_d \quad (9)$$

【0094】

誘導電動機 2 のロータ速度の推定値 R_h は、次式で演算される。

【0095】

ただし、すべり周波数基準 s^* は、前記 (5) 式で演算される。

【0096】

【数 10】

$$\omega_{rh} = \omega_1 - \omega s^* \quad (10)$$

10

【0097】

速度異常検出部 10 では、本電気車の駆動制御装置以外の機器に必要とされる外部の速度信号を速度基準 R^* として入力し、これを速度推定値 R_h と比較することで、速度推定値 R_h が異常な値に収束していることを検出する。

【0098】

一例として、速度基準 R^* と速度推定値 R_h との偏差の絶対値が所定値 を超過した場合には、速度推定異常と判定する。

20

【0099】

この速度推定異常は、フラグ FED として出力される。

【0100】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【0101】

【数 11】

$$\begin{cases} FED = 1 & \text{if } |\omega R^* - \omega_{rh}| < \alpha & \text{(正常と判断)} \\ FED = 0 & \text{if } |\omega R^* - \omega_{rh}| \geq \alpha & \text{(異常と判断)} \end{cases} \quad (11)$$

30

【0102】

異常判定をした場合 ($FED = 0$) には、保護動作となる。

【0103】

すなわち、アンド回路 11 への入力 $FED = 0$ となり、ゲート指令 $G_s T = 0$ となる。

【0104】

すると、PWM 制御部 7 の作用により、VVVF インバータ 1 の全スイッチング素子へのゲートがオフとなる。

【0105】

以上の作用により、以下のような効果を得ることができる。

40

【0106】

すなわち、推定した速度に基づいて VVVF インバータ 1 の周波数を調整する本実施の形態の構成では、推定した速度が異常な値に収束する可能性がある。

【0107】

この場合、本来与えるべきすべり周波数に比べて、過大なすべり周波数を与えることとなり、トルクの低下や過電流、温度上昇等の問題が生じる。

【0108】

仮に、その状態を放置する場合には、前記 (9) 式の軸ずれ補償項の作用により、目標とする動作点へ引き込まれる場合もあるが、この場合、過渡的に大きな推力変動が生じて乗り心地が劣化する等、電気車の駆動制御装置としては望ましくない。

50

【0109】

この点、本実施の形態の構成では、外部の速度信号を速度基準として取り込み、速度推定値と比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることを判定することができる。

【0110】

異常な収束を示した場合には、VVVFインバータ1を保護動作により停止させることで、トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能である。

【0111】

速度情報として、精度のよいものは特に必要とされない。

【0112】

電気車編成中に存在する速度検出器の速度信号と比較するため、異常検知精度が向上し、システムの信頼性を向上することができる。

【0113】

なお、本実施の形態で挙げる外部の速度情報とは、本来、電気車の駆動制御装置に使用する目的ではなく、他の機器で必要とされるために備わる速度情報の全てを含むものである。

【0114】

すなわち、例えばブレーキ制御器、運転台の速度メータやモニタ機器、閉じめ保安装置のために備えられる速度検出器、あるいは自動列車制御装置ATC、自動列車停止装置ATS、自動列車運転装置ATO、速度段リレー回路等から得られる速度情報等により構成することが可能である。

【0115】

また、本実施の形態では、誘導電動機の駆動制御装置を例として示しているが、同様に、他の電動機に適用した場合も同様の作用効果を得ることができる。

【0116】

ここで、他の電動機としては、例えば永久磁石同期電動機(PMSM)、永久磁石リラクタンス電動機(PRM)、シンクロナスリラクタンス電動機(SyRM)等がある。

【0117】

なお、速度異常を検出して、保護動作によりゲートを停止した場合、電気的な推力は得られないこともある。すなわち、力行中の場合、加速しない。ブレーキ中では、電気ブレーキが出力されない分、機械的ブレーキが動作し、所定の減速度は確保されるが、エネルギー効率やブレーキシューの磨耗等の点より望ましいものとは言い難い。

【0118】

そこで、保護動作によりゲートを停止した場合、再度、VVVFインバータ1の再起動を行なう方が望ましい場合も多い。

【0119】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置では、速度推定値が異常な値に収束していることを判定し、異常な収束を示した場合に、保護動作によってVVVFインバータ1を停止させることにより、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0120】

(第2の実施の形態)

図2は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略要部構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0121】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図2に示すように、前記図1における速度異常検出部10として、本電気車以外の他の電気車の駆動制御装置により得られた速度推定値に基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する構成としている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【 0 1 2 3 】

なお、図 1 と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【 0 1 2 4 】

図 2 において、速度異常検出部 10 には、速度推定部 9 で推定された誘導電動機 2 の回転速度 R_h が入力される。

【 0 1 2 5 】

また、同一電車内の他の電気車の駆動制御装置から同様に推定される別の誘導電動機の速度推定値 R_{h2} 、 R_{h3} 、 R_{h4} が入力される。

【 0 1 2 6 】

速度異常検出部 10 では、4 つの速度推定値 R_h 、 R_{h2} 、 R_{h3} 、 R_{h4} に基づき、自身の速度推定値 R_h が異常であるか否かを判定する。

【 0 1 2 7 】

例えば、4 台の平均値を速度基準 R^* として算出する。

【 0 1 2 8 】

【 数 1 2 】

$$\omega r^* = \frac{\omega r_h + \omega r_{h2} + \omega r_{h3} + \omega r_{h4}}{4} \quad (12)$$

【 0 1 2 9 】

この速度基準 R^* に基づき速度推定値 R_h の収束値の異常を判定する基準は、前記 (1 1) 式と同様である。

【 0 1 3 0 】

以上の作用により、他の 1 つ以上の電気車の駆動制御装置と速度推定値を比較することで、自身で推定した速度が、異常な値に収束したことを判定する。各誘導電動機の回転速度は、車輪径の差や空転・滑走といった条件で若干の差異を示すが、概ね車両速度（を各電動機の回転速度に換算したもの）に一致している。

【 0 1 3 1 】

よって、他の電気車の駆動制御装置で推定された速度に比べて大きな差異がある場合には、速度推定値の異常であると判定できる。

【 0 1 3 2 】

これにより、前記第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 1 3 3 】

一般に、電気車の 1 両には 4 つの誘導電動機が備えられており、各誘導電動機を 1 台の V V V F インバータで駆動制御する個別制御方式という駆動方式がある。この個別駆動方式の場合、各々の誘導電動機を駆動する 4 つの駆動制御装置を合わせて、1 つの制御ユニットとして構成することが通例である。

【 0 1 3 4 】

よって、これら 4 つの駆動制御装置内で、各々の速度推定値をやりとりすることは、特別なハードやソフトを付加することなく、容易に実現することが可能である。

【 0 1 3 5 】

なお、本実施の形態では、個々の電気車の駆動制御装置が自身の速度推定異常を判定するようにしているが、速度異常検出部 10 は、複数の電気車の駆動制御装置で共有し、いずれかの電気車の駆動制御装置が速度推定異常であることを判定するように構成してもよい。

【 0 1 3 6 】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過

10

20

30

40

50

電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0137】

(第3の実施の形態)

図3は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0138】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図3に示すように、前記図1に、インピーダンス演算部12と、インピーダンス基準演算部13とを付加した構成として

10

【0139】

インピーダンス演算部12は、誘導電動機2のインピーダンスを逐次演算する。

【0140】

インピーダンス基準演算部13は、速度推定値が正常に収束している健全状態での誘導電動機2のインピーダンス基準を演算する。

【0141】

速度異常検出部10は、インピーダンス演算部12により演算された誘導電動機2のインピーダンスと、インピーダンス基準演算部13により演算された誘導電動機2のインピーダンス基準とに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0142】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

20

【0143】

なお、図1と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【0144】

図3において、インピーダンス演算部12には、電流検出器19により検出された相電流 I_u, I_w と、ベクトル制御部8からの出力である dq 軸電圧指令 V_{dRef}, V_{qRef} とが入力され、誘導電動機2のインピーダンス Z が算出される。

【0145】

相電流 I_u, I_w に基づき、 dq 軸電流値 I_d, I_q は、前記(2)式で演算される。

30

【0146】

dq 軸座標系上の電流ベクトルの大きさ I_1 は、次式で演算される。

【0147】

【数13】

$$I_1 = \sqrt{I_d^2 + I_q^2} \quad (13)$$

【0148】

同様に、 dq 軸座標系上の電圧指令ベクトルの大きさ V_{1Ref} は、次式で演算される。

40

【0149】

【数14】

$$V_{1Ref} = \sqrt{V_{dRef}^2 + V_{qRef}^2} \quad (14)$$

【0150】

誘導電動機2のインピーダンスは、 dq 軸座標系上の電流ベクトルの大きさ I_1 と電圧指令ベクトルの大きさ V_{1Ref} とから、次式で算出される。

【0151】

【数15】

50

$$Z = \frac{V1Ref}{I1} \quad (15)$$

【 0 1 5 2 】

インピーダンス基準演算部 1 3 には、速度推定値 Rhが入力される。

【 0 1 5 3 】

インピーダンス基準値 Z*は、速度推定値 Rhが正常に収束している健全状態での誘導電動機 2 のインピーダンスを表わすものとして、あらかじめ関数化しておくことが望ましい。

10

【 0 1 5 4 】

【 数 1 6 】

$$Z^* = f(\omega rh) \quad (16)$$

【 0 1 5 5 】

速度異常検出部 1 0 には、演算されたインピーダンス Z とインピーダンス基準 Z*とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

【 0 1 5 6 】

一例として、インピーダンス基準 Z*に対するインピーダンス Z の比率を演算し、この比率が下限値 と上限 との間に無い場合には、速度推定値異常と判定される。

20

【 0 1 5 7 】

この速度推定値異常は、フラグ FEDとして出力される。

【 0 1 5 8 】

【 数 1 7 】

$$\begin{cases} FED=1 & \text{if } \alpha \leq \frac{Z}{Z^*} \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED=0 & \text{if } \frac{Z}{Z^*} < \alpha \text{ or } \frac{Z}{Z^*} > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (17)$$

30

【 0 1 5 9 】

すなわち、正常と判定した場合には、FED = 1 であり、異常と判定した場合には、FED=0とする。

【 0 1 6 0 】

速度推定値が真値近傍に収束している健全状態での誘導電動機 2 のインピーダンスは、出力トルクに応じて数倍の変化を示す。

【 0 1 6 1 】

速度推定値の異常収束の保護検知を精度よく行なう場合、(1 6) 式に示したインピーダンス基準は、速度推定値のみならず、トルク指令 TmRef (あるいはそれに準ずるトルク電流指令 IqRefやトルク電流 Iq) の関数として与えることが望ましい。

40

【 0 1 6 2 】

【 数 1 8 】

$$Z^* = f(\omega rh, TmRef) \quad (18)$$

【 0 1 6 3 】

なお、あらかじめ関数化するのではなく、モータパラメータと各指令値に基づき、インピーダンス基準 Z*を逐次演算することも可能である。

50

【0164】

以上の作用により、逐次演算される誘導電動機2のインピーダンスを、健全時のインピーダンスであるインピーダンス基準と比較し、その誤差率が大きい場合に、速度推定値異常(FED=0)と判定する。

【0165】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価である。

【0166】

誘導電動機2のインピーダンスは、1次周波数とロータ周波数とが一致している状態で極大となる。このため、すべりが過大である状態では、インピーダンスが低下する。

【0167】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

10

【0168】

これにより、前記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0169】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0170】

(第4の実施の形態)

図4は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

20

【0171】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図4に示すように、前記図1に、有効電力演算部14と、有効電力基準演算部15とを付加した構成としている。

【0172】

有効電力演算部14は、誘導電動機2の有効電力を逐次演算する。

【0173】

有効電力基準演算部15は、速度推定値が正常に収束している健全状態での誘導電動機2の有効電力基準を演算する。

30

【0174】

速度異常検出部10は、有効電力演算部14により演算された誘導電動機2の有効電力と、有効電力基準演算部15により演算された誘導電動機2の有効電力基準とに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0175】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【0176】

なお、図1と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

40

【0177】

図4において、有効電力演算部14には、電流検出器19により検出された相電流 I_u 、 I_w と、ベクトル制御部8からの出力であるd q軸電圧指令 V_{dRef} 、 V_{qRef} とが入力され、VVFインバータ1から出力される有効電力Pが算出される。

【0178】

相電流 I_u 、 I_w に基づき、d q軸電流値 I_d 、 I_q は、前記(2)式により演算される。

【0179】

有効電力Pは、次式により演算される。

【0180】

【数19】

50

$$P = VdRef \cdot Id + VqRef \cdot Iq \quad (19)$$

【0181】

有効電力基準演算部15には、VVVFインバータ1の1次周波数 ω_1 が入力される。

【0182】

誘導電動機2のモータ定数を用いて、dq軸電圧基準 Vd^* 、 Vq^* が、次式により算出される。

【0183】

【数20】

$$\begin{cases} Vd^* = R1 \cdot IdRef - \omega_1 \cdot \sigma \cdot L1 \cdot IqRef \\ Vq^* = R1 \cdot IqRef + \omega_1 \cdot L1 \cdot IdRef \end{cases} \quad (20)$$

10

【0184】

ここに、 $R1$ ：1次抵抗、 $L1$ ：1次側自己インダクタンス、 σ ：漏れ係数(=1 - $M \times M / L1 / L2$)、ただし、 M ：相互インダクタンス、 $L2$ ：2次側自己インダクタンスである。

【0185】

有効電力基準 P^* は、次式により演算される。

20

【0186】

【数21】

$$P^* = Vd^* \cdot IdRef + Vq^* \cdot IqRef \quad (21)$$

【0187】

なお、有効電力基準 P^* は、上記(21)式により逐次演算するのでなく、あらかじめ1次周波数 ω_1 とトルク指令 $TmRef$ (あるいはそれに準ずるトルク電流指令 $IqRef$ やトルク電流)の関数として、次式により定義するようにしておいてもよい。

【0188】

【数22】

$$P^* = f(\omega_1, TmRef) \quad (22)$$

30

【0189】

速度異常検出部10には、演算された有効電力 P と有効電力基準 P^* とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

【0190】

一例として、有効電力基準 P^* と有効電力 P との偏差を演算し、この偏差が下限値 P_{min} と上限 P_{max} との間にない場合には、速度推定値異常と判定される。

40

【0191】

この速度推定値異常は、フラグFEDとして出力される。

【0192】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【0193】

【数23】

$$\begin{cases} FED=1 & \text{if } \alpha \leq (P^* - P) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED=0 & \text{if } (P^* - P) < \alpha \text{ or } (P^* - P) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (23)$$

【0194】

以上の作用により、逐次演算される誘導電動機2の有効電力を、健全状態を想定した有効電力基準と比較し、その偏差が大きい場合に、速度推定値異常(FED=0)と判定する。

【0195】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であるが、この場合、主磁束が低下した状態となる。このため、所望なトルクが出力されず、有効電力の低下となって現われる。

10

【0196】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

【0197】

これにより、前記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0198】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0199】

20

(第5の実施の形態)

図5は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0200】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図5に示すように、前記図1に、トルク演算部16を付加した構成としている。

【0201】

トルク演算部16は、誘導電動機2の出力トルクを逐次演算する。

【0202】

30

速度異常検出部10は、トルク演算部16により演算された誘導電動機2の出力トルクとトルク指令とに基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0203】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【0204】

なお、図1と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【0205】

図5において、トルク演算部16には、電流検出器19により検出された相電流 I_u, I_w と、ベクトル制御部8からの出力であるd q軸電圧指令 V_dRef, V_qRef とが入力される。

40

【0206】

誘導電動機2の入力端子における有効電力Pは、前記(19)式により演算される。

【0207】

誘導電動機2の機械出力PMは、1次抵抗R1と2次抵抗R2で消費される電力を差し引くことで、その概算を求めることができる。

【0208】

速度推定値が真の回転速度と一致する場合には、次式により算出することができる。

【0209】

【数24】

50

$$P_m = P - R_1 \cdot (I_d^2 + I_q^2) - \frac{M^2}{L_2^2} \cdot R_2 \cdot I_q^2 \quad (24)$$

【0210】

誘導電動機 2 の出力トルクの推定値 T_{Mh} は、速度推定値 R_h を用いて、次式により演算される。

【0211】

【数25】

$$T_{mh} = \frac{p \cdot P_m}{\omega_{rh}} \quad (25)$$

10

【0212】

ただし、 p : 極対数を表わす。

【0213】

速度異常検出部 10 には、演算された推定トルク T_{Mh} とトルク指令 T_{MRef} とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

【0214】

一例として、トルク指令 T_{MRef} と推定トルク T_{Mh} との偏差を演算し、この偏差が下限値と上限との間にない場合には、速度推定値異常と判定される。

20

【0215】

この速度推定値異常は、フラグ FED として出力される。

【0216】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【0217】

【数26】

$$\begin{cases} FED=1 & \text{if } \alpha \leq (T_{MRef} - T_{mh}) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED=0 & \text{if } (T_{MRef} - T_{mh}) < \alpha \text{ or } (T_{MRef} - T_{mh}) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (26)$$

30

【0218】

以上の作用により、逐次演算される推定トルクを、トルク指令と比較し、その偏差が大きい場合に、速度推定値異常 ($FED = 0$) と判定する。

【0219】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であり、主磁束が低下した状態である。このため、所望なトルクが出力されない。

【0220】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

40

【0221】

これにより、前記第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0222】

なお、本実施の形態では、トルクを推定するようにしているが、トルクメータを誘導電動機 2 に備えて、このトルクメータで検出された値に基づいて、速度推定値の異常を判定するようにしても、同様の作用効果を得ることができる。

【0223】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

50

【 0 2 2 4 】

(第 6 の実施の形態)

図 6 は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図 1 と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【 0 2 2 5 】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図 6 に示すように、前記図 1 に、F L 電流基準演算部 1 7 と、電流検出器 1 8 とを付加した構成としている。

【 0 2 2 6 】

電流検出器 1 8 は、前記 V V V F インバータ 1 への直流入力側の電流値、すなわちフィルタリアクトル 6 の電流値を検出する。 10

【 0 2 2 7 】

F L 電流基準演算部 1 7 は、定常的なフィルタリアクトル 6 の電流基準を演算する。

【 0 2 2 8 】

速度異常検出部 1 0 は、電流検出器 1 8 により検出された電流値と、F L 電流基準演算部 1 7 により演算されたフィルタリアクトル電流基準とに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【 0 2 2 9 】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。 20

【 0 2 3 0 】

なお、図 1 と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【 0 2 3 1 】

図 6 において、フィルタリアクトル 6 を流れる電流を検出する電流検出器 1 8 が設けられる。

【 0 2 3 2 】

F L 電流基準演算部 1 7 には、V V V F インバータ 1 の 1 次周波数 ω_1 が入力される。

【 0 2 3 3 】

例えば、定常的なフィルタリアクトル 6 の電流基準 I_{L^*} は、前記 (2 1) 式の有効電力基準 P^* と直流電圧 V_{dc} とを用いて、次式により演算される。 30

【 0 2 3 4 】

【 数 2 7 】

$$I_{L^*} = \frac{P^*}{V_{dc}} \quad (2 7)$$

【 0 2 3 5 】

速度異常検出部 1 0 には、フィルタリアクトル 6 電流基準 I_{L^*} と検出されたフィルタリアクトル 6 電流 I_L とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。 40

【 0 2 3 6 】

一例として、フィルタリアクトル 6 電流基準 I_{L^*} とフィルタリアクトル 6 電流 I_L との偏差を演算し、この偏差が下限値 $I_{L^*} - \Delta I$ と上限 $I_{L^*} + \Delta I$ との間でない場合には、速度推定値異常と判定される。

【 0 2 3 7 】

この速度推定値異常は、フラグ FED として出力される。正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【 0 2 3 8 】

【 数 2 8 】

$$\begin{cases} FED=1 & \text{if } \alpha \leq (IL^* - IL) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED=0 & \text{if } (IL^* - IL) < \alpha \text{ or } (IL^* - IL) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (28)$$

【0239】

以上の作用により、検出されたフィルタリアクトル電流 IL を、健全状態を想定したフィルタリアクトル電流基準と比較し、その偏差が大きい場合に、速度推定値異常 ($FED = 0$) と判定する。

【0240】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であり、主磁束が低下した状態である。このため、所望なトルクが出力されず、有効電力の低下、すなわち VVF インバータ 1 への直流入力電流の低下として現われる。

【0241】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

【0242】

これにより、前記第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0243】

なお、本実施の形態では、フィルタコンデンサ 3 より架線側のフィルタリアクトル 6 の電流を検出するようにしているが、フィルタコンデンサ 3 から VVF インバータ 1 への入力直流電流を検出するようにしても、同様の作用効果を得ることができる。

【0244】

すなわち、交流電気車への適用を図る上では、 VVF インバータ 1 への入力直流電流を直接検出する構成が極めて有効である。

【0245】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0246】

(第 7 の実施の形態)

図 7 は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図 1 と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0247】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図 7 に示すように、前記図 1 に、誘起電圧演算部 20 と、誘起電圧基準演算部 21 とを付加した構成としている。

【0248】

誘起電圧演算部 20 は、誘導電動機 2 の誘起電圧を演算する。

【0249】

誘起電圧基準演算部 21 は、速度推定値が正常に収束している健全状態での誘導電動機 2 の誘起電圧基準を演算する。

【0250】

速度異常検出部 10 は、誘起電圧演算部 20 により演算された誘導電動機 2 の誘起電圧と、誘起電圧基準演算部 21 により演算された誘導電動機 2 の誘起電圧基準とに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0251】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【0252】

なお、図 1 と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

10

20

30

40

50

【 0 2 5 3 】

図 7 において、誘起電圧演算部 20 では、電流検出器 19 により検出された相電流 I_u, I_w と、ベクトル制御部 8 からの出力である d q 軸電圧指令 V_dRef, V_qRef とが入力され、 d q 軸座標系上の誘起電圧 E_d, E_q が、前記 (8) 式により演算される。

【 0 2 5 4 】

誘起電圧の大きさ E は、次式により算出される。

【 0 2 5 5 】

【 数 2 9 】

$$E = \sqrt{E_d^2 + E_q^2} \quad (29)$$

10

【 0 2 5 6 】

誘起電圧基準演算部 21 では、 V V F インバータ 1 の周波数 ω_1 に基づき、次式のようにして誘起電圧基準 E^* が演算される。

【 0 2 5 7 】

【 数 3 0 】

$$E^* = \frac{M}{L_2} \cdot \omega_1 \cdot \phi_2Ref \quad (30)$$

【 0 2 5 8 】

速度異常検出部 10 には、演算された誘起電圧の大きさ E と誘起電圧基準 E^* とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

20

【 0 2 5 9 】

一例として、誘起電圧の大きさ E と誘起電圧基準 E^* との偏差を演算し、この偏差が下限値 α と上限 β との間でない場合には、速度推定値異常と判定される。

【 0 2 6 0 】

この速度推定値異常は、フラグ FED として出力される。

【 0 2 6 1 】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

30

【 0 2 6 2 】

【 数 3 1 】

$$\begin{cases} FED=1 & \text{if } \alpha \leq (E^* - E) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED=0 & \text{if } (E^* - E) < \alpha \text{ or } (E^* - E) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (31)$$

【 0 2 6 3 】

以上の作用により、逐次演算される誘起電圧の大きさを、健全状態を想定した誘起電圧基準と比較し、その偏差が大きい場合に、速度推定値異常 ($FED = 0$) と判定する。

【 0 2 6 4 】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であり、主磁束が低下した状態である。このため、健全状態で生じる誘起電圧基準に比べて、小さい誘起電圧しか生じない。

40

【 0 2 6 5 】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

【 0 2 6 6 】

これにより、前記第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 2 6 7 】

なお、本実施の形態では、誘導電動機 2 の誘起電圧の大きさをその基準と比較するように

50

しているが、誘導電動機 2 の誘起電圧は、健全状態で q 軸方向にしか生じないため、前記 (8) 式により演算された q 軸誘起電圧 E_q と誘起電圧基準 E^* とを比較して、速度推定値の異常を判定するようにしてもよい。

【0268】

また、誘導電動機 2 の誘起電圧でなく、VVVF インバータ 1 の出力電圧の大きさや q 軸電圧に基づいて、速度推定値の異常を判定するようにしても、同様の作用効果を得ることができる。

【0269】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

10

【0270】

(第 8 の実施の形態)

図 8 は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図 1 と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0271】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図 8 に示すように、前記図 1 に、磁束演算部 23 を付加した構成としている。

【0272】

磁束演算部 23 は、誘導電動機 2 の磁束量を演算する。

20

【0273】

速度異常検出部 10 は、磁束演算部 23 により演算された誘導電動機 2 の磁束量と磁束指令とに基づいて、前記速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0274】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【0275】

なお、図 1 と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【0276】

図 8 において、磁束演算部 23 には、電流検出器 19 により検出された相電流 I_u, I_w と、ベクトル制御部 8 からの出力である d q 軸電圧指令 V_{dRef}, V_{qRef} とが入力され、誘導電動機 2 の主磁束が演算される。

30

【0277】

すなわち、まず、相電流 I_u, I_w に基づいて、a b 軸静止座標系上での電流値 I_a, I_b が演算される。

【0278】

【数 3 2】

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_u \\ -I_u - I_w \\ I_w \end{bmatrix} \quad (32)$$

40

【0279】

a b 軸静止座標系上での電圧指令 V_{aRef}, V_{bRef} は、次式により演算される。

【0280】

【数 3 3】

$$\begin{bmatrix} V_{aRef} \\ V_{bRef} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{dq}) & -\sin(\theta_{dq}) \\ \sin(\theta_{dq}) & \cos(\theta_{dq}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{dRef} \\ V_{qRef} \end{bmatrix} \quad (33)$$

【0281】

a b 軸静止座標系上での 2 次磁束量 ϕ_{2a} 、 ϕ_{2b} は、次式により推定演算される。

【0282】

【数34】

$$\begin{cases} \phi_{2a} = \int (V_a - R_1 \cdot I_a - \sigma \cdot L_1 \cdot p(I_a)) dt \\ \phi_{2b} = \int (V_b - R_1 \cdot I_b - \sigma \cdot L_1 \cdot p(I_b)) dt \end{cases} \quad (34) \quad 10$$

【0283】

ただし、 $p(\)$: 微分演算子である。

【0284】

a b 軸 2 次磁束 ϕ_{2a} 、 ϕ_{2b} は、次式により、d q 軸座標系上の 2 次磁束 ϕ_{2d} 、 ϕ_{2q} に変換される。

【0285】

【数35】

$$\begin{bmatrix} \phi_{2d} \\ \phi_{2q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{dq}) & \sin(\theta_{dq}) \\ -\sin(\theta_{dq}) & \cos(\theta_{dq}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi_{2a} \\ \phi_{2b} \end{bmatrix} \quad (35) \quad 20$$

【0286】

2 次磁束の大きさ ϕ_2 は、次式により演算される。

【0287】

【数36】

$$\phi_2 = \sqrt{\phi_{2d} \cdot \phi_{2d} + \phi_{2q} \cdot \phi_{2q}} \quad (36) \quad 30$$

【0288】

速度異常検出部 10 には、演算された 2 次磁束の大きさ ϕ_2 と 2 次磁束指令 ϕ_{2Ref} とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

【0289】

一例として、2 次磁束の大きさ ϕ_2 と 2 次磁束指令 ϕ_{2Ref} との偏差を演算し、この偏差が下限値 α と上限 β との間にはない場合には、速度推定値異常と判定される。

【0290】

この速度推定異常は、フラグ FED として出力される。

【0291】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【0292】

【数37】

$$\begin{cases} FED = 1 & \text{if } \alpha \leq (\phi_{2ref} - \phi_2) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED = 0 & \text{if } (\phi_{2ref} - \phi_2) < \alpha \text{ or } (\phi_{2ref} - \phi_2) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (37) \quad 40$$

【0293】

以上の作用により、逐次演算される 2 次磁束の大きさを、2 次磁束指令と比較し、その偏 50

差が大きい場合に、速度推定値異常 (FED = 0) と判定する。

【0294】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であり、2次磁束が低下した状態である。

【0295】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

【0296】

これにより、前記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0297】

なお、本実施の形態では、2次磁束の大きさをその基準と比較するようにしているが、2次磁束は、健全状態でd軸方向にしか生じないため、前記(35)式により演算されたd軸2次磁束 $2d$ と2次磁束指令 $2Ref$ とを比較して、速度推定値の異常を判定するようにしてもよい。

【0298】

また、誘導電動機2の主磁束として、2次磁束に基づく構成を示しているが、1次磁束やギャップ磁束に基づく構成とするようにしても、同様の作用効果を得ることができる。

【0299】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0300】

(第9の実施の形態)

図9は、本実施の形態による電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0301】

すなわち、本実施の形態による電気車の駆動制御装置は、図9に示すように、前記図1に、1次インダクタンス演算部24を付加した構成としている。

【0302】

1次インダクタンス演算部24は、誘導電動機2の1次インダクタンスを演算する。

【0303】

速度異常検出部10は、1次インダクタンス演算部24により演算された誘導電動機2の1次インダクタンスと1次インダクタンス基準とに基づいて、速度推定値が異常な値に収束したことを検出する。

【0304】

次に、以上のように構成した本実施の形態による電気車の駆動制御装置の作用について説明する。

【0305】

なお、図1と同一部分の作用についてはその説明を省略し、ここでは異なる部分の作用についてのみ述べる。

【0306】

図9において、誘導電動機2をベクトル制御で駆動した場合、定常状態において、q軸電圧 Vq は、次式により表わされる。

【0307】

【数38】

$$Vq = R1 \cdot Iq + L1 \cdot \omega1 \cdot Id \quad (38)$$

【0308】

1次インダクタンス演算部24では、上記(38)式の関係に基づき、次式のように、1

10

20

30

40

50

次インダクタンス L_1 が推定演算される。

【0309】

ただし、 d q 軸電流 I_d, I_q は、前記(2)式により求める。

【0310】

【数39】

$$L_1 = \frac{V_q \text{Ref} - R_1 \cdot I_q}{\omega_1 \cdot I_d} \quad (39)$$

【0311】

速度異常検出部10には、演算された1次インダクタンス L_1 と1次インダクタンス基準 L_1^* とが入力され、双方を比較することで、速度推定値が異常な値に収束していることが検出される。

【0312】

一例として、1次インダクタンス L_1 とその基準 L_1^* との偏差を演算し、この偏差が下限値 と上限 との間でない場合には、速度推定値異常と判定される。

【0313】

この速度推定値異常は、フラグ FED として出力される。

【0314】

すなわち、正常と判定した場合には、 $FED = 1$ であり、異常と判定した場合には、 $FED = 0$ とする。

【0315】

【数40】

$$\begin{cases} FED = 1 & \text{if } \alpha \leq (L_1^* - L_1) \leq \beta & \text{(正常判断)} \\ FED = 0 & \text{if } (L_1^* - L_1) < \alpha \text{ or } (L_1^* - L_1) > \beta & \text{(異常判断)} \end{cases} \quad (40)$$

【0316】

以上の作用により、逐次演算される1次インダクタンスを、1次インダクタンス基準と比較し、その偏差が大きい場合に、速度推定値異常 ($FED = 0$) と判定する。

【0317】

速度推定値が異常であることは、すべりが過大となっていることと等価であり、2次磁束が低下した状態である。この場合、 q 軸誘起電圧が低下するため、 q 軸電圧自体が小さくなる。この結果、前記(39)式により演算される1次インダクタンスは、正確な値を推定することができない。

【0318】

よって、上記の作用により、速度推定値が異常な値に収束したことを判定することができる。

【0319】

これにより、前記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0320】

なお、本実施の形態では、1次インダクタンスを推定する構成を示しているが、ギャップ磁束や2次磁束を推定する構成とするようにしても、同様の作用効果を得ることができる。

【0321】

上述したように、本実施の形態による電気車の駆動制御装置でも、平均トルクの低下や過電流、温度上昇、トルク急変等の問題を回避することが可能となる。

【0322】

(その他の実施の形態)

尚、本発明は、上記各実施の形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸

10

20

30

40

50

脱しない範囲で、種々に変形して実施することが可能である。

また、各実施の形態は可能な限り適宜組合わせて実施してもよく、その場合には組合わせた作用効果を得ることができる。

さらに、上記各実施の形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組合わせにより、種々の発明を抽出することができる。

例えば、実施の形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題（の少なくとも一つ）が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果（の少なくとも一つ）が得られる場合には、この構成要件が削除された構成を発明として抽出することができる。

【 0 3 2 3 】

10

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、速度検出器を用いずにVVVFインバータにより電動機を駆動する電気車の駆動制御方法および制御装置において、速度推定値が異常な値に収束した場合に、保護動作によりVVVFインバータを停止させるようにしているので、速度推定値が異常な値に収束した場合に、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することで所定の車両加速性能を確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電気車の駆動制御装置の第1の実施の形態を示すブロック図。

【図2】本発明による電気車の駆動制御装置の第2の実施の形態を示すブロック図。

20

【図3】本発明による電気車の駆動制御装置の第3の実施の形態を示すブロック図。

【図4】本発明による電気車の駆動制御装置の第4の実施の形態を示すブロック図。

【図5】本発明による電気車の駆動制御装置の第5の実施の形態を示すブロック図。

【図6】本発明による電気車の駆動制御装置の第6の実施の形態を示すブロック図。

【図7】本発明による電気車の駆動制御装置の第7の実施の形態を示すブロック図。

【図8】本発明による電気車の駆動制御装置の第8の実施の形態を示すブロック図。

【図9】本発明による電気車の駆動制御装置の第9の実施の形態を示すブロック図。

【図10】従来の速度検出器を備えた電気車の駆動制御装置の概略構成例を示すブロック図。

【図11】各座標系の関係を示す図。

30

【符号の説明】

1 ... VVVFインバータ

2 ... 誘導電動機

3 ... フィルタコンデンサ

4 ... パンタグラフ

5 ... 車輪

6 ... フィルタリアクトル

7 ... PWM制御部

8 ... ベクトル制御部

9 ... 速度推定部

40

10 ... 速度異常検出部

11 ... アンド回路

12 ... インピーダンス演算部

13 ... インピーダンス基準演算部

14 ... 有効電力演算部

15 ... 有効電力基準演算部

16 ... トルク演算部

17 ... FL電流基準演算部

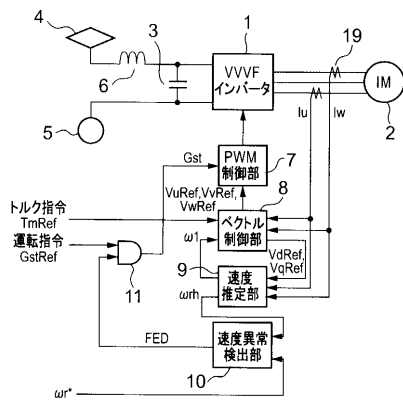
18 ... 電流検出器

19 ... 電流検出器

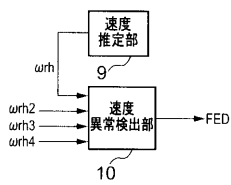
50

- 2 0 ... 誘起電圧演算部
- 2 1 ... 誘起電圧基準演算部
- 2 2 ... 速度検出器
- 2 3 ... 磁束演算部
- 2 4 ... 1次インダクタンス演算部。

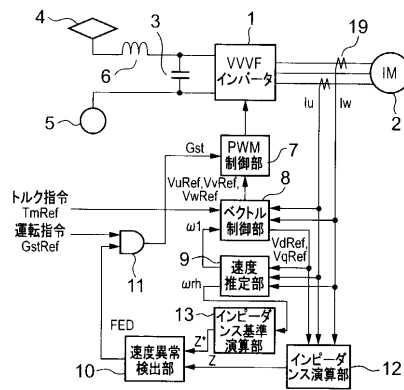
【 図 1 】



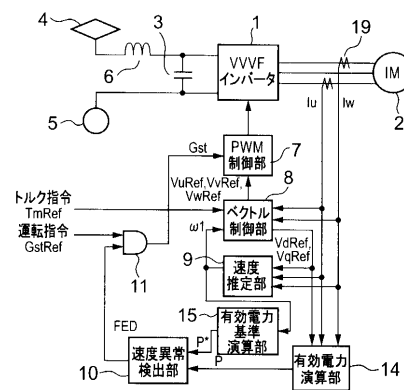
【 図 2 】



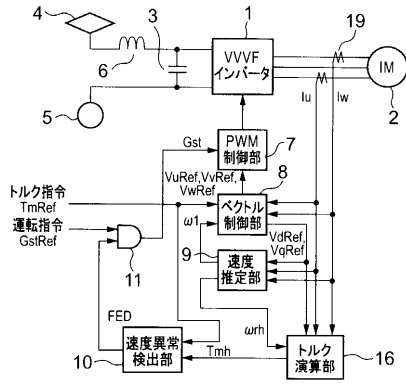
【 図 3 】



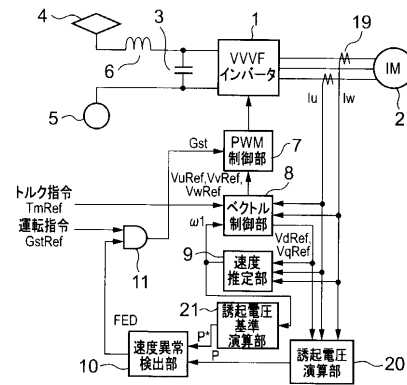
【 図 4 】



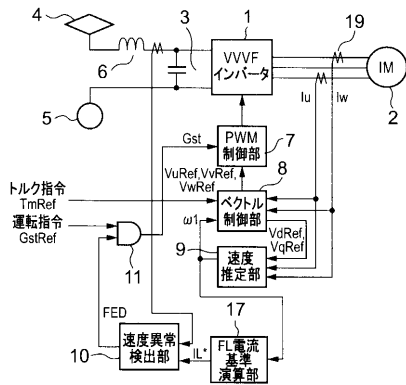
【図5】



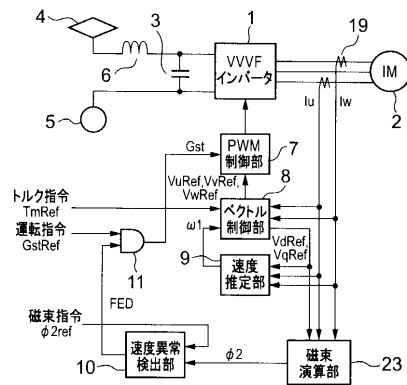
【図7】



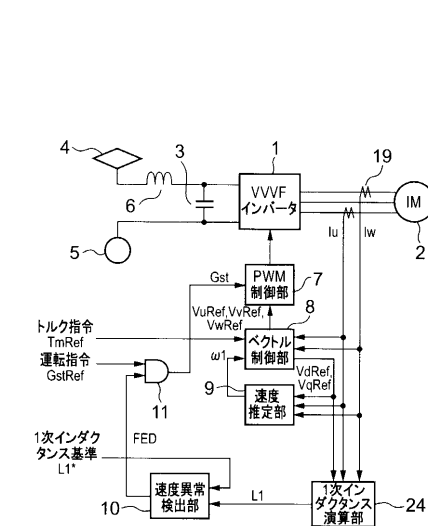
【図6】



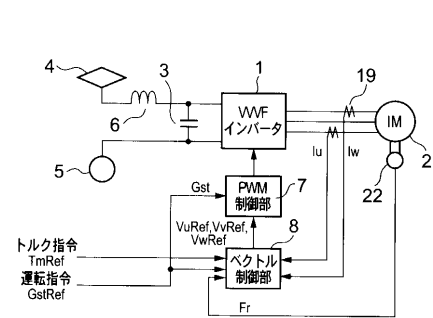
【図8】



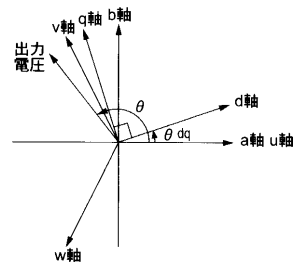
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091351
弁理士 河野 哲
- (74)代理人 100088683
弁理士 中村 誠
- (74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
- (72)発明者 近藤 圭一郎
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 松岡 孝一
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 結城 和明
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝府中事業所内
- (72)発明者 恩田 昇治
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝府中事業所内

審査官 本庄 亮太郎

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B60L 3/04

B60L 3/00

B60L 9/18