

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4286904号
(P4286904)

(45) 発行日 平成21年7月1日 (2009.7.1)

(24) 登録日 平成21年4月3日 (2009.4.3)

(51) Int. Cl.	F I
B 6 0 L 3/04 (2006.01)	B 6 0 L 3/04 B
H 0 2 P 21/00 (2006.01)	H 0 2 P 5/408 A
H 0 2 P 27/04 (2006.01)	H 0 2 P 7/63 3 0 2 S
H 0 2 P 27/06 (2006.01)	B 6 0 L 9/18 A
B 6 0 L 9/18 (2006.01)	

請求項の数 3 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-509258 (P2008-509258)	(73) 特許権者 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86) (22) 出願日 平成19年10月10日 (2007.10.10)	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2007/069725	(74) 代理人 100073759 弁理士 大岩 増雄
(87) 国際公開番号 W02008/053675	(74) 代理人 100093562 弁理士 児玉 俊英
(87) 国際公開日 平成20年5月8日 (2008.5.8)	(74) 代理人 100088199 弁理士 竹中 孝生
審査請求日 平成20年2月18日 (2008.2.18)	(74) 代理人 100094916 弁理士 村上 啓吾
(31) 優先権主張番号 PCT/JP2006/321945	(72) 発明者 根来 秀人 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(32) 優先日 平成18年11月2日 (2006.11.2)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	
早期審査対象出願	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

力行指令もしくはブレーキ指令に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータと、前記VVVFインバータの交流側に接続される交流電動機と、前記VVVFインバータの直流側に直列に接続されるフィルタリアクトルと、前記VVVFインバータの直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサと、前記VVVFインバータの交流側の電流情報を検出する電流検出手段と、前記フィルタコンデンサの直流の電圧情報を検出する電圧検出手段と、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交流電動機の回転速度を推定し、該推定値に基づいて前記VVVFインバータを制御する速度センサレスベクトル制御手段を備えた電気車の制御装置であって、

10

架線の電流を検出する架線電流検出手段もしくは前記VVVFインバータのインバータ電流を検出するインバータ電流検出手段のいずれか1つの直流電流検出手段と、

前記VVVFインバータが運転時に力行指令もしくはブレーキ指令のいずれか1つの指令と前記直流電流検出手段とにより検出される架線の電流もしくはインバータ電流のいずれか1つの直流電流と所定の電流設定値により直流電流の符号を求め、その直流電流の符号によって前記速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段と、

前記不正動作検知手段が異常を検知した時に前記VVVFインバータを停止させるゲートストップ手段とを備え、

20

前記不正動作検知手段は、

前記V V V Fインバータが力行運転時に前記架線電流検出手段もしくは前記インバータ電流検出手段のいずれか1つの前記直流電流検出手段により検出される架線の電流もしくはインバータ電流のいずれか1つの直流電流の値と、不正に回生していると判断するために設定された第1の電流設定値とを比較し、前記第1の電流設定値の方が大きい場合に不正回生検知を前記フィルタリアクトルと前記フィルタコンデンサとの共振周波数で決まる一定時間遅延させることができる不正回生検知手段と、

前記V V V Fインバータが回生運転時に前記架線電流検出手段もしくは前記インバータ電流検出手段のいずれか1つの前記直流電流検出手段により検出される架線の電流もしくはインバータ電流のいずれか1つの直流電流の値と、不正に力行していると判断するために設定された第2の電流設定値とを比較し、前記第2の電流設定値の方が小さい場合に不正力行検知を前記フィルタリアクトルと前記フィルタコンデンサの共振周波数で決まる一定時間遅延させることができる不正力行検知手段と、

力行指令もしくはブレーキ指令のいずれか1つの指令に基づいて力行運転時は前記不正回生検知手段を選択し、回生運転時は前記不正力行検知手段を選択する力行回生検知選択手段とを備えたことを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項2】

前記不正動作検知手段は、前記V V V Fインバータが回生運転時に前記架線電流検出手段もしくは前記インバータ電流検出手段のいずれか1つの前記直流電流検出手段により検出される架線の電流もしくはインバータ電流のいずれか1つの直流電流の値と、ブレーキ指令に基づいた回生時の架線電流条件設定手段に不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と、前記不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と架線の電流もしくはインバータ電流のいずれか1つの直流電流を比較する大なり比較手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の電気車の制御装置。

【請求項3】

前記不正動作検知手段は、前記直流電流検出手段によって検出された電流のオフセット成分を補償するオフセット補償手段を備え、

前記オフセット補償手段は、力行指令もしくはブレーキ指令が投入されてから前記V V Fインバータが起動するまでにオフセット量を算出することを特徴とする請求項2に記載の電気車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、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、V V V Fインバータとも称す。）により駆動される交流電動機を駆動源とする電気車の制御装置に係り、特に、その制御で必要となる速度推定値の異常を検知する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、速度検出器を使用せずに、V V V Fインバータを用いて、高精度で交流電動機の制御を行う方式が提案されている。（例えば、特許文献1、特許文献2を参照。）

このような、速度検出器を使用しないで交流電動機の制御を行う方式では、電流検出値等に基づき速度推定値を演算で求めV V V Fインバータの制御を行うが、電流検出器の故障や配線の断線等のために、速度推定値が正しく演算されていない場合には、これを放置すると過電流が多発し、V V V Fインバータの部品などを破壊する状態ともなりうるので、この速度推定値の異常を速やかに検知する必要がある。

【特許文献1】特許第3732784号公報（図6、式（28））

【特許文献2】特開2004-64905号公報（図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、特許文献1の電気車の駆動制御方法及び制御装置では、有効電力基準 P^* と直流電圧 V_{dc} とを用いて電流基準 I_L^* を演算し、架線の電流を検出した値 I_L と電流基準 I_L^* の偏差を演算し、この偏差が下限値 α と上限値 β との間にない場合には、速度推定値異常と判定するよう構成されている。

そして、電流基準 I_L^* は、有効電力基準 P^* を直流電圧 V_{dc} で割ることによって求めており、厳密には電流基準 I_L^* は架線の電流でなく、インバータの入力電流となる。その結果、架線の電流と架線の電流の基準とから偏差を求める場合には、下限値 α 及び上限値 β を決めるのは比較的簡単であるが、架線の電流とインバータの入力電流の偏差を演算することから下限値 α 及び上限値 β の設定定数を決めることは非常に困難である。

また、有効電力基準 P^* は交流電動機や VVF インバータが変わると変更する必要がある。10

【0004】

また、特許文献2の電気車制御装置では、電流検出器で検出したインバータの入力電流の方向を判別器で判別し、運転指令信号と比較して異常を検知しているため、異常な動作を誤検知する可能性が高い。

例えば、ノッチオフなどで運転指令信号がオフされた直後、インバータの入力電流は短い時間であるが若干流れることになり、その流れた入力電流とオフとなった運転指令信号を判別し、異常な動作であると判断する可能性が高い。

また、この異常検知システムでインバータが停止するのではなく、過電流や過電圧などの他の保護手段による保護によって急にインバータが停止する場合は、インバータを急に停止させることによってインバータの入力電流は過渡的に動作するため、運転指令信号と異なる方向の電流が流れることになり、これによって異常検知システムが働き、誤検知することになる。このように誤検知することは、システムの信頼性を低下させることになる。20

【0005】

この発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、架線の電流の符号もしくはインバータ電流の符号を検知することにより、簡単な構成で速度推定値の異常を検知する制御系を構成し、設定する定数を簡単に決定でき、交流電動機や可変電圧可変周波数インバータが変更になっても設定定数を変更することなく、速度推定値の異常を検知することができる電気車の制御装置を提供することを目的とする。

【0006】

また、速度推定値の異常を誤検知することなく、正確・確実に検知することができる電気車の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】

【0007】

この発明に係わる電気車の制御装置は、力行指令もしくはブレーキ指令に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換する VVF インバータ（可変電圧可変周波数インバータ）と、前記 VVF インバータの交流側に接続される交流電動機と、前記 VVF インバータの直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサと、前記 VVF インバータの交流側の電流情報を検出する電流検出手段と、前記フィルタコンデンサの直流の電圧情報を検出する電圧検出手段と、前記 VVF インバータの出力電圧指令と前記 VVF インバータの出力電流とから前記交流電動機の回転速度を推定し、該推定値に基づいて前記 VVF インバータを制御する速度センサレスベクトル制御手段を備えた電気車の制御装置であって、架線の電流を検出する架線電流検出手段もしくは前記 VVF インバータのインバータ電流を検出するインバータ電流検出手段のいずれか1つの直流電流検出手段と、前記 VVF インバータが運転時に力行指令もしくはブレーキ指令のいずれか1つの指令と前記直流電流検出手段により検出される架線の電流もしくはインバータ電流のいずれかの直流電流と所定の電流設定値により直流電流の符号を求め、その直流電流の符号によって前記速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段と、この不正動作検知手段が異常を検知した時に前記 VVF インバータを停止させるゲートストップ手段とを備えたものである。40

【0008】

また、この発明に係わる電気車の制御装置は、力行指令もしくはブレーキ指令に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ（可変電圧可変周波数インバータ）と、前記VVVFインバータの交流側に接続される交流電動機と、前記VVVFインバータの直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサと、前記VVVFインバータの交流側の電流情報を検出する電流検出手段と、前記フィルタコンデンサの直流の電圧情報を検出する電圧検出手段と、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交流電動機の回転速度を推定し、該推定値に基づいて前記VVVFインバータを制御する速度センサレスベクトル制御手段を備えた電気車の制御装置であって、架線の電流を推定する架線電流推定手段もしくは前記VVVFインバータのインバータ電流を推定するインバータ電流推定手段のいずれか1つの直流電流推定手段と、前記VVVFインバータが運転時に力行指令もしくはブレーキ指令のいずれか1つの指令と前記直流電流推定手段により推定される架線の電流推定値もしくはインバータ電流推定値のいずれか1つの直流電流推定値と所定の電流設定値により直流電流推定値の符号を求め、その直流電流推定値の符号によって前記速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段と、この不正動作検知手段が異常を検知した時に前記VVVFインバータを停止させるゲートストップ手段とを備えたものである。

10

【発明の効果】

【0009】

この発明の電気車の制御装置によれば、簡単且つ低コストの構成で、速度推定値の異常即ち、速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができ、過電流によるインバータ装置の部品の故障を未然に防ぐことができる。

20

【0010】

また、異常判定のための設定定数を簡単に設定でき、交流電動機や可変電圧可変周波数インバータが変更になっても設定定数を変更することなく、速度推定値の異常を検出することができる。

【0011】

さらに、速度推定値の異常を誤検知することなく、正確・確実に検知することができ、信頼性の高い電気車の制御装置を得ることができる。

【0012】

30

上述した、またその他の、この発明の目的、特徴、効果は、以下の実施の形態における詳細な説明及び図面の記載からより明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施の形態1に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【図2】実施の形態1における不正動作検知手段の構成を示す図である。

【図3】実施の形態1におけるゲートストップ手段の構成を示す図である。

【図4】実施の形態1における力行時の不正動作検知手段の各パラメータの動作説明図である。

【図5】実施の形態1における回生時の不正動作検知手段の各パラメータの動作説明図である。

40

【図6】実施の形態2に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【図7】実施の形態2における架線電流推定手段の構成を示す図である。

【図8】本発明に使用されるVVVFインバータの回路構成図である。

【図9】実施の形態3に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【図10】実施の形態3における不正動作検知手段の構成を示す図である。

【図11】実施の形態3におけるゲートストップ手段の構成を示す図である。

【図12】実施の形態3における回生時の架線電流条件設定手段の構成を示す図である。

【図13】実施の形態3における回生時素手段の構成を示す図である。

【図14】実施の形態3におけるオフセット補償手段の構成を示す図である。

50

【図 1 5】実施の形態 3 に係る電気車の制御装置における制御モード切替を示す図である。

【図 1 6】実施の形態 4 に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【図 1 7】実施の形態 5 に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【図 1 8】実施の形態 6 に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

【0 0 1 4】

1	架線	3	直流フィルタリアクトル	
4	架線電流検出手段	5	フィルタコンデンサ	
6	可変電圧可変周波数インバータ (V V V F インバータ)			10
7	交流電動機	8	車輪	
9	レール	10	電流検出手段	
11	速度センサレスベクトル制御手段	12	不正動作検知手段	
13	ゲートストップ手段	14	不正回生検知手段	
15	不正力行検知手段	16	不正回生検知時素手段	
17	不正力行検知時素手段	18	力行回生検知選択手段	
19	力行時の比較手段	20	回生時の比較手段	
21	力行時の架線電流条件 E P D P L V L (第 1 の電流設定値)			
22	回生時の架線電流条件 E P D B L V L (第 2 の電流設定値)			
23	架線電流推定手段	24	電圧検出手段	20
25	反転 (N O T) 回路	26	ゲート信号生成回路	
27	掛け算器	28	コンデンサ入力電流推定手段	
29	インバータ直流入力電流推定手段	30	加算器	
31	不正動作検知手段	32	ゲートストップ手段	
33	大なり比較手段	34	回生時の架線電流条件設定手段	
35	回生時素手段	36	掛算手段	
37 a、37 b	反転 (N O T) 手段	38	ラッチ手段	
39	切り替え手段	40	時素 (O N T D) 手段	
41	時素 (O N T D) 手段	42	切り替え手段	
43	可変時素 (O N T D) 手段	44	オフセット補償手段	30
45	積分手段	46	時素 (O N T D) 手段	
47	切り替え手段	48	除算手段	
49	減算手段	50	切り替え手段	
51	オフセット量演算手段	52	切り替え手段	
53	インバータ電流検出手段	54	インバータ電流推定手段	

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 1 5】

以下、図面に基づいて、本発明の一実施の形態例について説明する。

なお、各図間において、同一符号は、同一あるいは相当のものを表す。

実施の形態 1.

以下、この発明の実施の形態 1 に係る電気車の制御装置について、図 1 ～図 5 を参照して説明する。

図 1 は、実施の形態 1 に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

なお、実施の形態 1 においては、一例として交流電動機を誘導電動機として制御した場合について説明するが、交流電動機は同期電動機であっても同様の効果が期待できることは勿論である。

また、実施の形態 1 においては、力行指令 P* に応じて動作する電気車の制御装置の場合を例にして説明するが、後述するブレーキ指令 B* で動作することも可能である。

【0 0 1 6】

図 1 において、架線 1 は、パンタグラフ 2、直流フィルタリアクトル 3 を介して、直流

40

50

フィルタコンデンサ 5 の正側電位と接続している。また、直流フィルタコンデンサ 5 の負側電位は、車輪 8 を介して、レール 9 に接地している。さらに、直流フィルタコンデンサ 5 に並列に、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（以下、VVVF インバータともいう。）6 が接続されており、この VVVF インバータ 6 は、誘導電動機である交流電動機 7 に三相の電圧を印加する。交流側の電流検出手段 10 は、交流電動機 7 に発生する相電流 i_u 、 i_v を検出する。

図 1 では、交流側の電流検出手段 10 として、VVVF インバータ 6 と交流電動機 7 とを接続する回路を流れる電流を CT 等により検出するものを記載しているが、他の公知の手法を用いて、母線電流など VVVF インバータ 6 内部に流れる電流を用いて相電流を検出しても良い。

$i_u + i_v + i_w = 0$ の関係が成立するので、 u 、 v 2 相分の検出電流から w 相の電流を求めることができる。

【0017】

なお、交流電動機 7 と車輪 8 とは、独立した構成としているが、これは便宜的に図示しているものであり、実際には、交流電動機 7 がギアを介して車輪 8 に接続され、車輪 8 はレール 9 に接続されている。

【0018】

一方、架線 1 から直流フィルタリアクトル 3 に流れる電流 I_s を検出する架線電流検出手段 4 が設けられており、この架線電流検出手段 4 によって検出された架線電流値 I_s を、不正動作検知手段（詳細は後述する。）12 に入力するようにしている。

【0019】

架線電流検出手段 4 により検出された架線電流値 I_s が、架線 1 から VVVF インバータ 6 を通って交流電動機 7 に流れる（図 1 の矢印の方向に流れる）時を正方向と定義すると、力行運転時の架線電流 I_s は正方向（電流値はプラスとなる）に流れる。

逆に回生運転時の架線電流 I_s は、交流電動機 7 から VVVF インバータ 6 を通って架線 1 に流れる負方向（電流値はマイナスとなる）の流れとなる。即ち、図 1 の矢印の逆方向に流れることになる。

【0020】

速度センサレスベクトル制御手段 11 は、VVVF インバータ 6 の出力電圧指令と VVVF インバータ 6 の出力電流とから交流電動機 7 の回転速度を推定し、この推定値に基づいて VVVF インバータ 6 を制御し、交流電動機 7 を駆動制御する。この速度センサレスベクトル制御手段 11 における制御系は、 dq 軸回転座標系上において、交流電動機 7 の電流、電圧、磁束を制御する速度センサレスベクトル制御方式である。

当該速度センサレスベクトル制御手段 11 に関しては、既存の技術であるので、ここではその詳細説明は省略する。

【0021】

次に、不正動作検知手段 12 について説明する。

図 2 は不正動作検知手段 12 の構成の一例を示すもので、図 2 において、14 は力行運転時における異常を検知する不正回生検知手段であり、架線電流検出手段 4 で検出した架線電流検出値 I_s と、不正に回生していると判断するために設定された第 1 の電流設定値である力行時の架線電流条件 $EPDPLVL21$ とを比較する力行時の比較手段 19 と、この比較手段 19 の検出結果をある時間だけ検知時素を持たせて（遅延させて）出力する不正回生検知時素手段（力行時素）16 を備えている。

また、15 は回生運転時における異常を検知する不正力行検知手段であり、架線電流検出手段 4 で検出した架線電流検出値 I_s と、不正に力行していると判断するために設定された第 2 の電流設定値である回生時の架線電流条件 $EPDBLVL22$ とを比較する回生時の比較手段 20 と、この比較手段 20 の検出結果をある時間だけ検知時素を持たせて（遅延させて）出力する不正力行検知時素手段（回生時素）17 を備えている。

18 は、力行指令 P^* に基づいて、力行運転時か回生運転時かによって、不正回生検知手段 14 か不正力行検知手段 15 のいずれかを選択する力行回生検知選択手段である。

10

20

30

40

50

なお、力行指令 P^* は、電気車の運転台上の変速装置である指令の位置に応じた値から得られるものである。

【0022】

このように構成された不正動作検知手段 12 の原理は、上述したように、速度センサレスベクトル制御手段 11 が正常の力行運転時の場合には、架線電流 I_s が正方向（即ち、プラス）になることを利用する。

また、速度センサレスベクトル制御手段 11 が正常の回生運転時の場合には、架線電流 I_s が負方向（即ち、マイナス）になることを利用する。

【0023】

即ち、不正動作検知手段 12 は、速度センサレスベクトル制御手段 11 が力行運転時に、架線電流 I_s が正方向でなく負方向に流れた時に、異常であると判断し、VVVF インバータ 6 をゲートストップ手段 13 で停止させる。

また、不正動作検知手段 12 は、速度センサレスベクトル制御手段 11 が回生運転時に、架線電流 I_s が負方向でなく正方向に流れた時に、異常であると判断し、VVVF インバータ 6 をゲートストップ手段 13 で停止させる。

【0024】

次に、以上のように構成された実施の形態 1 による電気車の制御装置の動作について説明する。

【0025】

まず、力行時の速度センサレスベクトル制御手段の異常の判別方法について説明する。図 1 に示す架線電流検出手段 4 により検出された架線電流値 I_s を不正動作検知手段 12 に入力する。

【0026】

力行時の不正動作検知手段 12 の各パラメータの動作については図 4 に示しており、以下、図 2 と図 4 を用いて動作説明を行う。

まず、力行時は、力行指令 P^* が不正動作検知手段 12 及び速度センサレスベクトル制御手段 11 に入力されているため、力行回生検知選択手段 18 は、A の接点と C の接点が接続されていることになる。

【0027】

図 4 に示すように、正常時は、架線電流 I_s が正（プラス）方向に流れている。

異常が発生すると架線電流 I_s が負（マイナス）方向に流れるため、この架線電流 I_s と第 1 の電流設定値である力行時の架線電流条件 $EPDPLVL21$ とを、力行時の比較手段 19 で比較する。例えば、力行時の架線電流条件 $EPDPLVL21$ は、 $-10A$ と設定し、力行時の比較手段 19 によって架線電流 I_s が $-10A$ （力行時の架線電流条件 $EPDPLVL21$ ）より小さくなったことを検出する。

その検出した結果から、不正回生検知時素手段 16 によって、過渡的な応答などによる誤検知を防止するためある時間だけ検知時素（遅延）を持たして、その時素（遅延）の時間が経過しても架線電流 I_s が力行時の架線電流条件 $EPDPLVL21$ より小さい状態を継続したら、不正動作検知手段 12 から不正動作検知信号 EPD をゲートストップ手段 13 へ出力する。

なお、時素の設定時間は、架線電流 I_s の応答を考慮して直流フィルタリアクトル 3 と直流フィルタコンデンサ 5 の共振周波数以上の時間を設定すれば良い。

【0028】

次に、回生時の速度センサレスベクトル制御手段の異常の判別方法について説明する。回生時の不正動作検知手段 12 の各パラメータの動作については図 5 に示しており、以下、図 2 と図 5 を用いて動作説明を行う。

まず、回生時は力行指令 P^* が入力されていないため、力行回生検知選択手段 18 は、B の接点と C の接点が接続されていることになる。

【0029】

図 5 に示すように、正常時は、架線電流 I_s が負（マイナス）方向に流れている。異常

10

20

30

40

50

が発生すると架線電流 I_s が正（プラス）方向に流れるため、この架線電流 I_s と第 2 の電流設定値である回生時の架線電流条件 $E_{PDBLVL22}$ とを、回生時の比較手段 20 で比較する。

例えば、回生時の架線電流条件 $E_{PDBLVL22}$ は、+10A と設定し、回生時の比較手段 20 によって架線電流 I_s が +10A（回生時の架線電流条件 $E_{PDBLVL22}$ ）より大きくなったことを検出する。

その検出した結果から、不正力行検知時素手段 17 によって、過渡的な応答などによる誤検知を防止するためにある時間だけ検知時素（遅延）を持たして、その時素（遅延）の時間が経過しても架線電流 I_s が回生時の架線電流条件 $E_{PDBLVL22}$ より大きい状態を継続したら、不正動作検知手段 12 から不正動作検知信号の E_{PD} をゲートストップ手段 13 に出力する。

10

なお、時素の設定時間は、架線電流 I_s の応答を考慮して直流フィルタリアクトル 3 と直流フィルタコンデンサ 5 の共振周波数以上の時間を設定すれば良い。

【0030】

架線電流 I_s の正または負の符号によって不正動作検知手段 12 で異常を判定した場合（ $E_{PD}=1$ ）には、保護動作と判断してゲートストップ手段 13 の作用により VVF インバータ 6 の全スイッチング素子へのゲート信号をオフとする。

【0031】

図 3 は、ゲートストップ手段 13 の構成の一例を示すものである。

図 3 において、ゲートストップ手段 13 は、速度センサレスベクトル制御手段 11 によって演算された電圧指令を基に、ゲート信号指令生成回路 26 によってゲート信号を生成する。

20

また、不正動作検知手段 12 によって異常を判断した場合は、信号 E_{PD} が 1 となり、その信号を反転（NOT）回路 25 によって反転させて零とし、これを掛け算器 27 に入力して VVF インバータ 6 の全スイッチング素子へのゲート信号がオフ（零）になるよう構成されている。

なお、ゲート信号生成回路 26 に関しては、既存の技術であるので、ここではその説明を省略する。

【0032】

以上説明したように、本実施の形態による電気車の制御装置は、力行指令 P^* もしくは後述するブレーキ指令 B^* に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換する VVF インバータ（可変電圧可変周波数インバータ）6 と、 VVF インバータ 6 の交流側に接続される交流電動機 7 と、 VVF インバータ 6 の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ 5 と、 VVF インバータ 6 の交流側の電流情報を検出する電流検出手段 10 と、フィルタコンデンサ 5 の直流の電圧情報を検出する電圧検出手段 24 と、 VVF インバータ 6 の出力電圧指令と VVF インバータ 6 の出力電流とから交流電動機 7 の回転速度を推定し、該推定値に基づいて VVF インバータ 6 を制御する速度センサレスベクトル制御手段 11 を備えた電気車の制御装置であって、架線 1 の電流を検出する架線電流検出手段（直流電流検出手段）4 と、 VVF インバータ 6 が運転時に力行指令 P^* もしくはブレーキ指令 B^* のいずれか 1 つの指令と架線電流検出手段（直流電流検出手段）4 により検出される架線の電流（直流電流）と所定の電流設定値により架線の電流の符号を求め、その直流電流の符号によって速度センサレスベクトル制御手段 11 が異常であることを検知する不正動作検知手段 12 と、この不正動作検知手段 12 が異常を検知した時に VVF インバータ 6 を停止させるゲートストップ手段 13 を備えている。

30

40

【0033】

また、本実施の形態における不正動作検知手段 12 は、 VVF インバータ 6 が力行運転時に架線電流検出手段 4 により検出される架線の電流（直流電流）の値と、不正に回生していると判断するために設定された第 1 の電流設定値とを比較する不正回生検知手段 14 と、 VVF インバータ 6 が回生運転時に架線電流検出手段 4 により検出される架線の電流（直流電流）の値と不正に力行していると判断するために設定された第 2 の電流設定

50

値とを比較する不正力行検知手段15と、力行指令P*（もしくはブレーキ指令B*）に基づいて力行運転時は不正回生検知手段14を選択し、回生運転時は不正力行検知手段15を選択する力行回生検知選択手段15を備えている。

【0034】

また、本実施の形態における不正回生検知手段14は、架線電流検出手段4により検出される架線1の電流の値が第1の電流設定値より小さくなった時からある一定の時間を経過させることができる不正回生検知時素手段16を有し、不正力行検知手段15は、架線電流検出手段4により検出される架線1の電流の値が第2の電流設定値より大きくなった時からある一定の時間を経過させることができる不正力行検知時素手段17を有する。

【0035】

以上のように、本実施の形態によれば、VVVFインバータが力行指令P*もしくはブレーキ指令B*に基づいて運転時に架線電流検出手段により検出される架線の電流の符号によって速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段を備え、この不正動作検知手段が異常を検知した時にVVVFインバータを停止させるよう構成しているので、極めて簡単且つ安価な構成で、簡単に速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができ、過電流によるインバータ装置の部品の故障を未然に防ぐことができる。

【0036】

また、異常判定のための設定定数を簡単に設定でき、交流電動機や可変電圧可変周波数インバータが変更になっても設定定数を変更することなく、速度推定値の異常を検知することができる。

【0037】

また、力行時と回生時の処理をわけることにより、力行時と回生時で別々の条件を設定でき、力行時と回生時各々で速度推定値の異常を検知することができる。

【0038】

さらに、架線電流検出手段により検出される架線の電流の値が、不正に回生していると判断するために設定された第1の電流設定値より小さくなった時から、ある一定の時間を経過させることができる不正回生検知時素手段と、架線電流検出手段により検出される架線の電流の値が、不正に力行していると判断するために設定された第2の電流設定値より大きくなった時から、ある一定の時間を経過させることができる不正力行検知時素手段を備えているので、過渡応答などによる不正回生検知手段及び不正力行検知手段の誤検知を防止することができる。

【0039】

実施の形態2.

図6は、この発明の実施の形態2に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

なお、前述の実施の形態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。

なお、実施の形態2においても、力行指令P*に応じて動作する電気車の制御装置の場合を例にして説明するが、ブレーキ指令B*で動作することも可能である。

この実施の形態2では、図6に示すように架線電流推定手段23を備えて、その出力を不正動作検知手段12に入力していることが特徴である。

従って、本実施の形態では、不正動作検知手段12には架線電流検出値に代えて架線電流推定手段23で推定（演算）された架線電流推定値が入力される。

【0040】

実施の形態1では、架線電流検出手段4によって検出された架線電流値I_sを不正動作検知手段12に入力し、速度センサレスベクトル制御手段11の異常を判別していた。

従って、実施の形態1では架線1の電流を検出する架線電流検出手段4が必要であり、装置の製作コストが高くなることや、部品点数増加による装置の信頼性を低下させる課題があった。

【0041】

実施の形態 2 では、図 6 に示すように、架線電流推定手段 2 3 によって架線 1 の電流値を推定することにより、実施の形態 1 で用いたような架線電流検出手段 4 を不要とし、より製作コストを下げ、装置の信頼性を低下させることなく、速度センサレスベクトル制御手段 1 1 の異常を判別することができるようにしたものである。

【0042】

図 7 は架線電流推定手段 2 3 の構成を示しており、図 7 に示すように、架線電流推定手段 2 3 は、コンデンサ入力電流 I_c を推定するコンデンサ入力電流推定手段 2 8、インバータ直流入力電流 I_{dc} を推定するインバータ直流入力電流推定手段 2 9、コンデンサ入力電流推定手段 2 8 で推定されたコンデンサ入力推定電流 I_{c_s} とインバータ直流入力電流推定手段 2 9 で推定されたインバータ直流推定電流 I_{dc_s} を加算する加算器 3 0

10

【0043】

架線電流推定手段 2 3 のコンデンサ入力電流 I_c を推定するコンデンサ入力電流推定手段 2 8 は、VVVF インバータ 6 の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ 5 の直流の電圧情報を検出する電圧検出手段 2 4 によって検出されたコンデンサ電圧 V_c を時間で微分してフィルタコンデンサ容量 C を掛けることによって、以下の式 (1) によりコンデンサ入力推定電流 I_{c_s} を算出する。

【0044】

【数 1】

$$I_{c_s} = C \frac{dV_c}{dt} \text{ ----- (1)}$$

20

【0045】

また、式 (1) は、微分を用いていることから、マイコンなどのソフトウェアで実現することが困難であることや演算結果が発散することなどがあるため、実用的には以下の式 (2) を用いてもよい。

【0046】

【数 2】

$$I_{c_s} = C \frac{s}{1+sT} V_c \text{ ----- (2)}$$

30

ここで、 $s = \frac{d}{dt}$: ラプラス演算子、 T : 時定数。

【0047】

なお、時定数 T については、VVVF インバータ 6 の最大運転周波数と同じような値にすれば良い。

例えば、VVVF インバータ 6 の最大運転周波数が、200 Hz であるとしたら、式 (2) の時定数 T は、以下の式 (3) で算出でき、約 80 msec を設定すれば良い。

40

【0048】

【数 3】

$$T = \frac{1}{2 \times \pi \times 200} = 79.6 \text{ msec} \text{ ----- (3)}$$

【0049】

VVVF インバータ 6 の構成は、例えば図 8 に示すように、IGBT (insulated gate bipolar transistor) などのスイッチング素子 6 個 (S_u 、 S_v 、 S_w 、 S_x 、 S_y 、 S_z) によって構成されている。

VVVF インバータ 6 では、各相の 2 つのスイッチング素子が同時にオンすると直流電

50

圧が短絡され、短絡電流によってスイッチング素子が破壊される。

そのため、実際のVVVFインバータ6では、各相の2つのスイッチング素子が同時にオンすることを防止するために上下短絡防止時間（もしくは、デットタイムという）Tdが設けられる。

【0050】

架線電流推定手段23のインバータ直流入力電流Idcを推定するインバータ直流入力電流推定手段29は、図8に示すVVVFインバータ6のスイッチング素子Su、Sv、Sw、Sx、Sy、Szの状態及び、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10の検出値を用いて、以下の式(4)によりインバータ直流入力推定電流Idc_sを演算する。

10

【0051】

【数4】

$$\begin{aligned} Idc_s &= Iu \cdot Su + Iv \cdot Sv + Iw \cdot Sw \\ &= Iu \cdot Su + Iv \cdot Sv + (-Iu - Iv) \cdot Sw \text{ ----- (4)} \\ &= Iu \cdot (Su - Sw) + Iv \cdot (Sv - Sw) \end{aligned}$$

【0052】

なお、Su、Sv、Swはスイッチング素子の状態を示す関数であるため、以下のような状態時にON(+1で示す)、OFF(0で示す)で定義することができる。

Su、Sv、Sw=+1：正側(P)のスイッチング素子Su、Sv、SwがONの場合又は、Tdの期間且つモータ電流Iu、Iv、Iw<0の場合。

20

Su、Sv、Sw=0：正側(P)のスイッチング素子Su、Sv、SwがOFFの場合又は、Tdの期間且つモータ電流Iu、Iv、Iw>0の場合。

【0053】

なお、実施の形態2では、式(4)を用いたインバータ直流入力電流の推定方法について説明したが、インバータ直流入力電流の推定方法は、他にインバータ電力を算出してコンデンサ電圧Vcで割ることによっても算出でき、インバータ直流入力電流を式(4)以外の他の推定方法を用いて算出してもよいことはいうまでもない。

【0054】

また、架線電流推定手段23で演算した架線電流推定値Is_sを用いて、速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知する動作である不正動作検知手段12以降の動作及び作用は、実施の形態1と同様であるため、説明は省略する。

30

【0055】

以上説明したように、本実施の形態による電気車の制御装置は、力行指令P*もしくはブレーキ指令B*に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ(可変電圧可変周波数インバータ)6と、VVVFインバータ6の交流側に接続される交流電動機7と、VVVFインバータ6の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ7と、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10と、フィルタコンデンサ5の直流の電圧情報を検出する電圧検出手段24と、VVVFインバータ6の出力電圧指令とVVVFインバータ6の出力電流とから交流電動機6の回転速度を推定し、該推定値に基づいてVVVFインバータ6を制御する速度センサレスベクトル制御手段11を備えた電気車の制御装置であって、架線1の電流を推定する架線電流推定手段(直流電流推定手段)23と、VVVFインバータ6が運転時に力行指令P*もしくはブレーキ指令B*と架線電流推定手段(直流電流推定手段)23により推定される架線の電流推定値(直流電流推定値)と所定の電流設定値により直流電流推定値の符号を求め、その架線の電流推定値(直流電流推定値)の符号によって速度センサレスベクトル制御手段11が異常であることを検知する不正動作検知手段12と、この不正動作検知手段12が異常を検知した時にVVVFインバータ6を停止させるゲートストップ手段13を備えている。

40

【0056】

また、本実施の形態における架線電流推定手段23は、電流検出手段10により検出さ

50

れた電流情報とVVVFインバータ6のスイッチング状態に基づきVVVFインバータに架線1から入力されるインバータ直流入力電流を推定するインバータ直流入力電流推定手段29と、フィルタコンデンサ5に架線1から入力されるコンデンサ入力電流を推定するコンデンサ入力電流推定手段28と、インバータ直流入力電流推定手段29及びコンデンサ入力電流推定手段28それぞれの電流推定値を加算して、不正動作検知手段12に inputsする加算器30を備えている。

【0057】

また、本実施の形態における不正動作検知手段12は、VVVFインバータ6が力行運転時に架線電流推定手段（直流電流推定手段）23により推定される架線の電流推定値（直流電流推定値）と、不正に回生していると判断するために設定された第1の電流設定値とを比較する不正回生検知手段14と、VVVFインバータ6が回生運転時に架線電流推定手段（直流電流推定手段）23により推定される架線の電流推定値（直流電流推定値）と、不正に力行していると判断するために設定された第2の電流設定値とを比較する不正力行検知手段15と、力行指令もしくはブレーキ指令に基づいて、力行運転時は不正回生検知手段14を選択し、回生運転時は不正力行検知手段15を選択する力行回生検知選択手段18を備えている。

【0058】

また、本実施の形態における不正回生検知手段14は、架線電流推定手段23により推定される架線1の電流推定値が第1の電流設定値より小さくなった時からある一定の時間を経過させることができる不正回生検知時素手段16を有し、不正力行検知手段15は、架線電流推定手段23により推定される架線の電流推定値が第2の電流設定値より大きくなった時からある一定の時間を経過させることができる不正力行検知時素手段17を有する。

【0059】

従って、本実施の形態によれば、架線の電流推定値の符号によって速度センサレスベクトル制御が異常であることを検知し、VVVFインバータを停止させるよう構成しているので、実施の形態1の場合と同様の効果を奏すると共に、実施の形態1に比して、架線の電流を検出するセンサ（即ち、架線電流検出手段）が不要となり、部品点数の削減によるコスト低減の効果及びシステムの信頼性の向上を図ることができる。

【0060】

実施の形態3.

前述の実施の形態1及び実施の形態2では、力行指令P*に基づいて電気車の運転が制御される場合について説明したが、実施の形態3～実施の形態6では、ブレーキ指令B*に基づいて電気車の運転が制御される場合について説明する。

図9は、この発明の実施の形態3に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

図9において、1は架線、2はパンタグラフ、3は直流フィルタリアクトル、4は架線電流検出手段、5はフィルタコンデンサ、6はVVVFインバータ、7は誘導電動機である交流電動機である。

また、10は交流側の電流検出手段であって、電流検出手段10は交流電動機（誘導電動機）7に発生する相電流 i_u 、 i_v 、 i_w を検出する。

【0061】

なお、図9では、交流側の電流検出手段10として、VVVFインバータ6と誘導電動機である交流電動機7とを接続する結線を通る電流をCT等により検出するものを示しているが、他の公知の手法を用いて、母線電流などVVVFインバータ6の内部に流れる電流を用いて相電流を検出しても良い。

11は、速度センサレスベクトル制御手段、24は電圧検出手段、31は不正動作検知手段、32はゲートストップ手段である。直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ6は、交流電動機7（誘導電動機）に三相の電圧を印加する。

【0062】

前述の実施の形態1または2の場合と比較すると、本実施の形態においては、ブレーキ

10

20

30

40

50

指令B*を入力とし、架線電流I_sのオフセットを補償する機能であるオフセット補償手段44を備えた不正動作検知手段31とブレーキ指令B*を入力としたゲートストップ手段32を設けている点異なる。

なお、本実施の形態は、ブレーキ時のみ交流電動機7の回転速度推定異常を検知する。

【0063】

本実施の形態が、ブレーキ時のみ速度推定異常を検知する理由は、電気車の場合、力行時は運転台から指令である力行指令と同方向に交流電動機である交流電動機である誘導電動機が回転するように回転方向を決めるためである。

しかし、ブレーキ時は、確実に安全にブレーキ動作を行うために、VVVFインバータ6が出力する電圧指令が交流電動機7の回転している方向と一致するように回転方向を決める必要がある。

VVVFインバータ6が停止中には交流電動機7の回転速度を得ることができない。

そこで、本実施の形態による速度センサレスベクトル制御では、VVVFインバータ6が動作時に、その電圧及び電流から交流電動機7の回転速度を推定できるように、VVVFインバータ6が再動作すると、まず既に公知である特開2003-309996号公報や特開2004-350459号公報に示されている方法により、フリーラン状態を検出するための初期速度推定を行う。

【0064】

図10は、本実施の形態における不正動作検知手段31の構成を示す図である。

不正動作検知手段31は、図10に示すように、架線電流検出手段4により検出された架線電流検出値I_s、ブレーキ指令B*を入力とし、大なり比較手段33、回生時の架線電流条件設定手段34、回生時素手段35、オフセット補正手段44で構成される。

また、図11は、本実施の形態におけるゲートストップ手段32の構成を示す図であり、ゲートストップ手段32の構成と動作については後述する。

【0065】

不正動作検知手段31の回生時の架線電流条件設定手段34は、図12に示すように、切り替え手段39、時素(ONTD)手段40a、時素(ONTD)手段40bで構成される。時素(ONTD)手段40aは、遅延時間400msecを設定する。

なお、“ONTD”とは、ON Time Delayのことである。

また、時素(ONTD)手段40bは、遅延時間1400msecを設定する。

不正動作検知手段31の回生時素手段35は、図13に示すように時素(ONTD)手段41、切り替え手段42、可変時素(ONTD)手段43で構成される。

【0066】

時素(ONTD)手段41は、遅延時間400msecを設定し、時素(ONTD)手段41の出力は、ブレーキ指令B*がONされてから400msec後に切り替え手段42にON指令を出力する。

切り替え手段42は、時素(ONTD)手段41から出力するON指令を受けて、10msecから100msecに切り替えを行うことができる。

可変時素(ONTD)手段43は、切り替え手段42の出力(即ち、10msecもしくは100msecの時間)をEPDB信号が入力されてからEPD信号を出力するまで遅らすことができる。

【0067】

オフセット補償手段44は、図14に示すように、オフセット量演算手段51及び減算手段49とで構成される。

オフセット量演算手段51は、積分手段45、時素(ONTD)手段46、切り替え手段47、除算手段48、切り替え手段50、切り替え手段52によって構成されており、減算手段49は、入力される架線電流検出値I_sからオフセット量演算手段51で演算されたオフセット量を減算する。

本実施の形態では、架線電流検出手段4が検出する架線電流検出値I_sの符号によって不正力行あるいは不正回生であることを判断している。

10

20

30

40

50

そのため、架線電流検出手段4に不要な直流成分のオフセットやドリフトの影響がある場合、正確に不正力行、不正回生を判断することができなくなるが、オフセット補償手段44によって架線電流検出手段4が検出する架線電流の不要な直流成分のオフセットやドリフトを除去でき、正確に不正力行、不正回生を判断することができる。

【0068】

また、本実施の形態におけるオフセット補償手段44は、ブレーキ指令B*が投入されてからある一定の時間(100ms)の間のみでオフセット量を算出することが特徴である。

例えば、電流のオフセットを補償するために、「電流検出値にハイパスフィルタで電流検出値の直流成分を減衰させる方法」や「特公平06-68503号公報に示されている交流機の電流検出方式」では、検出した電流検出値の低周波減衰信号を算出する方法などが取られていた。

しかし、これまでの方法では、オフセット量を算出するのに計算が複雑であることと、算出するまでに時間が掛かる課題があった。

それらの課題を解決するために、オフセット補償手段44では、オフセット量演算手段51により短い時間でオフセット量を算出することができる。

【0069】

オフセット量演算手段51は、ブレーキ指令B*が投入されてからVVVFインバータが起動するまで一定時間の遅れ(タイムラグ)があることを利用して、ブレーキ指令B*が投入されて一定時間(本実施の形態では、100ms)の間でオフセット量を検出するようにしている。

まず、ブレーキ指令B*が入力されると、切り替え手段50は、架線電流検出値Is側にスイッチがかわる。その結果、架線電流検出値Isが積分手段45に入力される。

通常、ブレーキ指令B*投入時は、VVVFインバータ6が起動していないため、架線電流検出値Isは零であるはずである。

しかし、架線電流検出手段4にオフセットやドリフトがあると、VVVFインバータ6が停止中も架線電流検出値Isは零でなくなる。その零でない値を積分手段45は検出して、ブレーキ指令B*投入から100ms間で貯めていくことになる。

【0070】

ブレーキ指令B*の投入から100ms後に、切り替え手段47はON側に切り替わることになり、それと同時に切り替え手段52は、ON側に切り替わることになり、積分手段45の入力は零になり、積分手段45はブレーキ指令B*投入から100ms間で演算した量で停止する。

積分手段45においてブレーキ指令B*投入から100ms間で演算された量は、切り替え手段47を通過して除算手段48に入力され、除算手段48で所定の定数である0.1(100m)で割り算を行う。

これにより、オフセット量(もしくはドリフト量)の平均値を算出することができる。

減算手段49は、架線電流検出手段4により検出された架線電流検出値Isから除算手段48により算出したオフセット量の平均値を減算する。

その結果、架線電流のオフセット量(もしくはドリフト量)分を減算でき、オフセット量の影響を除去することができる。そのため、架線電流検出手段4のオフセットの影響を除去できる。

【0071】

架線電流検出手段4により検出された架線電流検出値Isは、オフセット補償手段44により架線電流検出手段4のオフセットの影響を除去した値Is_{offset}を大なり比較手段33に入力する。

大なり比較手段33は、オフセット補償手段44から出力される値Is_{offset}と回生時の架線電流条件設定手段34から出力される値EPDBLVを比較する。

大なり比較手段33に入力される回生時の架線電流条件設定手段34の出力値EPDBLVは、図12に示すように、3種類の決まった定数(即ち、5A、10A、50A)が

10

20

30

40

50

ある。

その決まった３種類の定数は、ブレーキ指令B*が投入された後の時間によって、変更される。

【0072】

まず、ブレーキ指令B*が投入されていない時（即ち、電気車で言う惰行時）は、切り替え手段39a、39bはOFF側を選択し、EPDBLVは、決まった定数である「5A」を選択する。

この「5A」を選択する期間は、VVVFインバータ6が動作していない惰行中〔図15の（a）〕と、ブレーキ指令が投入されているがVVVFインバータ6が動作していない100msの間〔図15の（b）〕と、VVVFインバータ6が再動作するとまず既に公知である特開2003-309996号公報や特開2004-350459号公報に示された方法によりフリーラン状態を検出するための初期速度推定を行う期間の300msの間〔図15の（c）〕のみである。

なお、図15の（b）は“架線電流＝0”の期間であり、図15の（c）は小さい電流が流れる“初期速度推定時”の期間である。

【0073】

これらの期間は、VVVFインバータ6が動作しないか、もしくはVVVFインバータ6が動作しても微小な電流のみを流す制御モードである。

そのため、この不正力行を正確に検知するためには、EPDBLVを小さい値にする必要がある、このような方法を取っている。

次に、初期速度推定を行う期間後（即ち、ブレーキ指令B*が投入されてから400ms後）の交流電動機7のトルクを立上げる時は、図13に示すように切り替え手段39aはON側にスイッチが切り替わり、切り替え手段39bはOFF側のままであるため、EPDBLVは、決まった定数である「10A」を選択することになる。

なお、図15の（d）は、交流電動機7のトルクを立上げる時であり、電流が増加する期間である。

制御としては、この時（即ち、図15（d）の期間）が過渡動作中であるトルクを立上げる時であるため、速度センサレスベクトル制御手段11が異常になる可能性が大きくなる。

そのため、EPDBLV（回生時の架線電流条件設定手段34から出力される値）は小さい値にし、検知しやすい状態にする必要がある。

【0074】

次に、図12が示すように、ブレーキ指令B*が投入されてから1400ms後は、切り替え手段39bがON側に切り替わり、「50A」が選択される。

制御としては、ブレーキ指令B*が投入された後、1400ms後は交流電動機のトルクも立ち上がって安定した状態になるため、電流も安定し、速度センサレスベクトル制御手段11も安定に動作することになる。

そのため、この状態で速度センサレスベクトル制御手段が異常になる場合は、電流検出手段10の故障などにより、突然大きな電流で架線電流検出値がマイナス側からプラス側に変化することが考えられるので、EPDBLVは、図15の（a）～（d）の状態に比べて大きな値である「50A」を選択することができる。

大なり比較手段33によって回生時の架線電流条件設定手段34から出力される値EPDBLVとオフセット補償手段44により架線電流検出手段4のオフセットの影響を除去した値Is_{off}を比較して、EPDBLVよりIs_{off}が大きければ、大なり比較手段33よりEPDBが出力されて回生時素手段35に入力される。

【0075】

回生時素手段35は、図13に示すようにブレーキ指令B*により可変時素（ONTD）手段43の時素の時間をブレーキ指令B*の投入時間により可変にしていることが特徴である。

大なり比較手段33よりEPDBが出力されて回生時素手段35に入力された後、誤検

10

20

30

40

50

知を防止するために可変時素手段43により決まった時間分を遅らせてEPD信号を出力する。

可変時素手段43の時素は、ブレーキ指令B*が入力され400msを経過する前は、切り替え手段42のOFF側の時素である10msを選択する。

この値は、ブレーキ指令B*が入力され400msまでは、図15の(b)、(c)に示すように、インバータが動作していない状態か、初期速度推定を行なっている状態である。

そのため、初期速度推定の時に速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知するためには、可変時素手段43の時素は、300msより十分に短い時間である必要があり、10msを選択する。

10

【0076】

ブレーキ指令B*が投入されてから400ms経過後は、時素手段41からON信号が出力されて、切り替え手段42はON側が選択されることになり、100msが可変時素手段43の時素となる。

ブレーキ指令B*が投入されてから400ms経過後は、図15の(d)、(e)に示すように交流電動機のトルクを立ち上げる時になり、制御状態は1secの時間の単位で実施されるため、初期速度推定時の時間の時素と比較して100msとしての長い時間を選択する。従って、更に誤検知を防止することができる。

【0077】

回生時素手段35の出力であるEPD信号は、ゲートストップ手段32に入力される。

20

速度センサレスベクトル制御手段11の異常を示すEPD信号を受けて、ゲートストップ手段32は、VVVFインバータ6を停止するように動作する。

これにより、インバータ装置の拡大故障を防止している。

本実施の形態におけるゲートストップ手段32が前述の実施の形態1または2のゲートストップ手段13と異なる点は、図11に示すように、ラッチ手段38を備えていることであり、これが本実施の形態3の特徴である。

ゲートストップ手段32は、電気車の制御動作異常を示す信号であるEPD信号（この場合、1（ONレベルの信号）である）が入力されると、反転手段37bにより“零”に反転して、ラッチ手段38を通して、掛算器36に入力されて電圧信号に零を掛けることにより、VVVFインバータ6に供給されるゲート信号を停止することになる。

30

【0078】

なお、このゲートストップ手段32の基本的な動作は、実施の形態1あるいは実施の形態2のゲートストップ手段13と同様である。

ただ、本実施の形態におけるゲートストップ手段32は、ラッチ手段38を用いて、一度、EPDの信号により異常を検知したら、ブレーキ指令B*がOFFされるまでラッチ手段により反転手段37bにより出力された零を保持しつづける。

その結果、ブレーキ指令B*がOFFされるまでインバータは停止した状態になる。

ブレーキの場合、インバータが停止しても機械による空制ブレーキが動作することにより電気車はブレーキ動作を行うことができ、電気車の運行上問題はない。

そのため、異常を検知したら、電気車の安定な運行を考えると、VVVFインバータをブレーキ指令B*がOFFされるまで停止させていたほうが効果的である。

40

なお、ブレーキ指令B*がOFFされた時のラッチ手段38の保持を解除する方法は、ブレーキ指令B*がOFFされると“零”が入力され反転手段37aにより1に変換されて、ラッチ手段38のスイッチを切り、ラッチを解除することができる。

【0079】

以上説明したように、本実施の形態による電気車の制御装置は、ブレーキ指令B*に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ（可変電圧可変周波数インバータ）6と、VVVFインバータ6の交流側に接続される交流電動機7と、VVVFインバータ6の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ5と、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10と、フィルタコンデンサ5の直流の電

50

圧情報を検出する電圧検出手段24と、VVVFインバータ6の出力電圧指令とVVVFインバータ6の出力電流とから交流電動機7の回転速度を推定し、該推定値に基づいてVVVFインバータ6を制御する速度センサレスベクトル制御手段11を備えた電気車の制御装置であって、架線1の電流を検出する架線電流検出手段（直流電流検出手段）4と、VVVFインバータ6が運転時に、ブレーキ指令B*と架線電流検出手段（直流電流検出手段）4により検出される架線の電流（直流電流）と所定の電流設定値により架線の電流の符号を求め、その直流電流の符号によって速度センサレスベクトル制御手段11が異常であることを検知する不正動作検知手段31と、この不正動作検知手段31が異常を検知した時にVVVFインバータ6を停止させるゲートストップ手段32を備えている。

そして、不正動作検知手段31は、VVVFインバータ6が回生運転時に架線電流検出手段（直流電流検出手段）4により検出される架線1の電流（直流電流）の値と、ブレーキ指令B*に基づいた回生時の架線電流条件設定手段34に不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と、この不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と架線1の電流を比較する大なり比較手段33を備えている。

【0080】

従って、本実施の形態によれば、VVVFインバータが運転時に、架線電流検出手段により検出される架線の電流の符号によって速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段を備え、この不正動作検知手段は、VVVFインバータが回生運転時に架線電流検出手段（直流電流検出手段）により検出される架線の電流（直流電流）の値と、ブレーキ指令B*に基づいた回生時の架線電流条件設定手段に不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と、この不正に力行していると判断するために設定された電流設定値と架線の電流を比較する大なり比較手段33を設け、不正動作検知手段が異常を検知した時にVVVFインバータを停止させるように構成しているので、極めて簡単且つ安価な構成で、正確に速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができる。

そのため、過電流によるインバータ装置の部品の故障をより未然に確実に防ぐことができる。

【0081】

また、本実施の形態における不正動作検知手段31は、架線電流検出手段（直流電流検出手段）4によって検出された電流のオフセット成分を補償するオフセット補償手段44を更に備えている。

従って、オフセット補償手段によって架線電流検出手段4が検出する架線電流の不要な直流成分のオフセットやドリフトを除去でき、正確に不正力行、不正回生を判断することができる。

【0082】

実施の形態4.

図16は、この発明の実施の形態4に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

図16を参照して本実施形態による電気車の制御装置について説明する。

本実施の形態は、前述の実施形態3による電気車の制御装置の構成をベースとし、架線1の電流を推定するための架線電流推定手段23と電圧検出手段24とを備えていることを特徴とする。

なお、架線電流推定手段23及び電圧検出手段24は、実施の形態2で説明したものと同等のものであり、架線電流推定手段23の構成と動作については、実施の形態2で詳細説明済みである。

また、不正動作検知手段31及びゲートストップ手段32の構成と動作は、実施の形態3で詳細説明済みである。

つまり、本実施の形態は、実施の形態3と実施の形態2を組み合わせたものである。

ただし、実施の形態2は、図2に示すように、力行指令P*に基づいて電気車の運転が制御されるものであったが、本実施の形態では、図16に示すように、ブレーキ指令B*に基づいて電気車の運転が制御される。

【0083】

本実施の形態による電気車の制御装置は、図16に示すように、ブレーキ指令B*に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ（可変電圧可変周波数インバータ）6と、VVVFインバータ6の交流側に接続される交流電動機7と、VVVFインバータ6の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ5と、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10と、フィルタコンデンサ5の直流の電圧情報を検出する電圧検出手段24と、VVVFインバータ6の出力電圧指令とVVVFインバータ6の出力電流とから交流電動機7の回転速度を推定し、該推定値に基づいてVVVFインバータ6を制御する速度センサレスベクトル制御手段11を備えた電気車の制御装置であって、架線1の電流を推定する架線電流推定手段（直流電流推定手段）23と、VVVFインバータ6が運転時にブレーキ指令と架線電流推定手段（直流電流推定手段）23により推定される架線1の電流推定値（直流電流推定値）と所定の電流設定値により架線1の電流推定値（直流電流推定値）の符号を求め、架線1の電流推定値（直流電流推定値）の符号によって速度センサレスベクトル制御手段11が異常であることを検知する不正動作検知手段31と、この不正動作検知手段31が異常を検知した時にVVVFインバータを停止させるゲートストップ手段32とを備えている。

10

【0084】

また、前述した実施の形態2の場合と同様に、架線電流推定手段23は、電流検出手段10により検出された電流情報とVVVFインバータ6のスイッチング状態に基づきVVVFインバータ6に架線1から入力されるインバータ直流入力電流を推定するインバータ直流入力電流推定手段29と、フィルタコンデンサ5に架線1から入力されるコンデンサ入力電流を推定するコンデンサ入力電流推定手段28と、インバータ直流入力電流推定手段29及びコンデンサ入力電流推定手段28それぞれの電流推定値を加算して、不正動作検知手段31に入力する加算器30を備えている。

20

また、不正動作検知手段31及びゲートストップ手段32等の構成と動作は、前述した実施の形態3の場合と同様である。

【0085】

以上のように、本実施の形態によれば、ブレーキ指令に基づいてVVVFインバータが運転時に架線電流推定手段により推定される架線の電流の符号によって、速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段を備え、この不正動作検知手段が異常を検知した時にVVVFインバータを停止させるように構成しているので、極めて簡単且つ安価な構成で、簡単・正確に速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができる。

30

そのため、過電流によるインバータ装置の部品の故障を未然に防ぐことができる。

【0086】

実施の形態5.

図17は、この発明の実施の形態5に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

図17を参照して本実施形態による電気車の制御装置について説明する。

本実施の形態は、図9に示した実施の形態3の構成において、架線電流検出手段4に代えてインバータ電流検出手段53を備えていることを特徴とする。

40

なお、他の構成は、実施の形態3と同様であり、同一符号で示している。

実施の形態3と同一符号を付したものについては、説明を省略する。

本実施の形態は、実施の形態3と比べると、インバータ電流 I_{dc} を検出して速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知することが特徴である。

【0087】

つまり、本実施の形態による電気車の制御装置は、図17に示すように、ブレーキ指令B*に基づいて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）6と、VVVFインバータ6の交流側に接続される交流電動機7と、VVVFインバータ6の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ5と、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10と、フィルタコンデンサ5の

50

直流の電圧情報を検出する電圧検出手段24と、VVVFインバータ6の出力電圧指令とVVVFインバータ6の出力電流とから交流電動機7の回転速度を推定し、該推定値に基づいてVVVFインバータ6を制御する速度センサレスベクトル制御手段11を備えた電気車の制御装置であって、VVVFインバータ6のインバータ電流を検出するインバータ電流検出手段（直流電流検出手段）53と、VVVFインバータ6が運転時にブレーキ指令B*とインバータ電流検出手段（直流電流検出手段）53で検出されるインバータ電流（直流電流）と所定の電流設定値によりインバータ電流（直流電流）の符号を求め、そのインバータ電流（直流電流）の符号によって速度センサレスベクトル制御手段11が異常であることを検知する不正動作検知手段31と、この不正動作検知手段31が異常を検知した時にVVVFインバータ6を停止させるゲートストップ手段32とを備えている。

10

【0088】

本実施の形態のように、架線電流Isでなくインバータ電流Idcを検出しても、実施の形態3の場合と同様に、速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知することが可能である。

インバータ電流検出手段53によりインバータ電流を検出する構成の場合、インバータ電流検出手段53をインバータ装置内部に予め組み込んで取り付けることができる。

そのため、実施の形態3のように架線電流検出手段を取り付ける場合よりも、取り付け作業を簡略化できる。

また、インバータ装置内部に取り付けることにより、電気車の振動などに対して安定に検出手段を取り付けることができる。

20

【0089】

以上のように、本実施の形態では、VVVFインバータが運転時にインバータ電流検出手段により検出されるインバータ電流の符号によって速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段を備え、この不正動作検知手段が異常を検知した時にインバータを停止させるように構成しているので、極めて簡単且つ安価な構成で、簡単・正確に速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができる。

そのため、過電流によるインバータ装置の部品の故障を未然に防ぐことができる。

【0090】

実施の形態6.

図18は、この発明の実施の形態6に係る電気車の制御装置の構成を示す図である。

30

図18を参照して本実施形態による電気車の制御装置について説明する。

本実施の形態は、実施の形態4と比べると、架線電流推定手段23に代えてインバータ電流推定手段54を備えている。

なお、他の構成は実施の形態4と同様であり、同一符号で示している。

本実施の形態は、実施の形態4に比べ、インバータ電流を推定し、Idc_s（インバータ直流入力推定電流）を演算して速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知することが特徴である。

なお、インバータ電流推定値Idc_s（インバータ直流入力推定電流）は、実施の形態2の式（4）によって演算する。

【0091】

40

つまり、本実施の形態による電気車の制御装置は、図18に示すように、ブレーキ指令B*に基づいて直流を任意の周波数の交流に変換するVVVFインバータ（可変電圧可変周波数インバータ）6と、VVVFインバータ6の交流側に接続される交流電動機7と、VVVFインバータ6の直流側に並列に接続されるフィルタコンデンサ5と、VVVFインバータ6の交流側の電流情報を検出する電流検出手段10と、フィルタコンデンサ5の直流の電圧情報を検出する電圧検出手段24と、VVVFインバータ6の出力電圧指令とVVVFインバータ6の出力電流とから交流電動機7の回転速度を推定し、該推定値に基づいてVVVFインバータ6を制御する速度センサレスベクトル制御手段11を備えた電気車の制御装置であって、VVVFインバータ6のインバータ電流を推定するインバータ電流推定手段（直流電流推定手段）54と、VVVFインバータ6が運転時にブレーキ指

50

令 B^* と直流電流推定手段（直流電流推定手段）54により推定されるインバータ電流推定値（直流電流推定値）と所定の電流設定値によりインバータ電流推定値（直流電流推定値）の符号を求め、そのインバータ電流推定値（直流電流推定値）の符号によって速度センサレスベクトル制御手段11が異常であることを検知する不正動作検知手段31と、この不正動作検知手段31が異常を検知した時にVVVFインバータ6を停止させるゲートストップ手段32とを備えている。

【0092】

本実施の形態のように、架線電流推定値 I_{s_s} でなくインバータ電流推定値 I_{dc_s} を推定しても、実施の形態2、実施の形態4と同様に速度センサレスベクトル制御手段11の異常を検知することが可能である。

10

特に、本実施の形態では、インバータ電流推定手段54によりインバータ電流 I_{dc} を推定するので、実施の形態2、実施の形態4の場合と比べて、前掲の式（1）もしくは式（2）を演算する必要がなくなるため、マイコンの負荷率及び演算量を低減できる。

以上より、インバータが運転時にインバータ電流推定手段により推定されるインバータ電流の符号によって、速度センサレスベクトル制御手段が異常であることを検知する不正動作検知手段を備え、この不正動作検知手段が異常を検知した時にインバータを停止させるように構成しているので、極めて簡単且つ安価な構成で、簡単・正確に速度センサレスベクトル制御手段の異常を検出することができる。

そのため、過電流によるインバータ装置の部品の故障を未然に防ぐことができる。

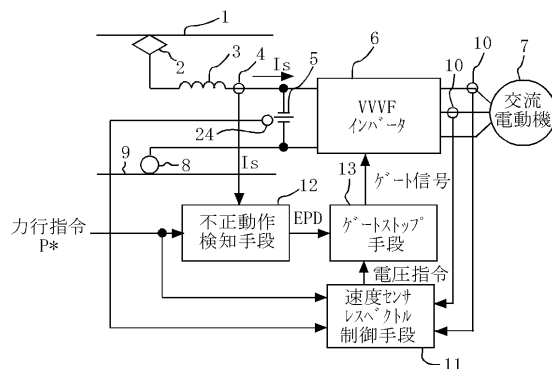
【産業上の利用可能性】

20

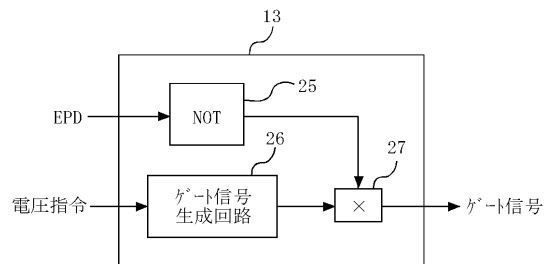
【0093】

この発明は、交流電動機を駆動源とし、特に速度センサレスベクトル制御手段を利用して交流電動機をVVVFインバータにより制御する電気車の制御装置に適用することができる。

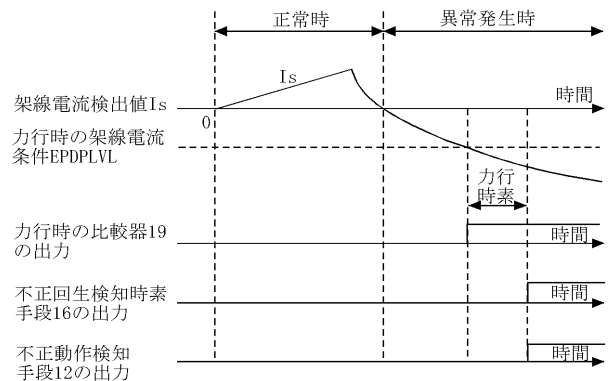
【図1】



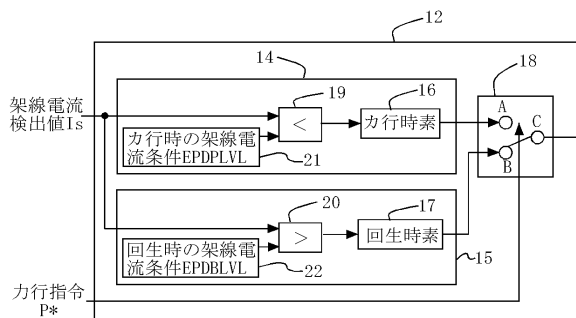
【図3】



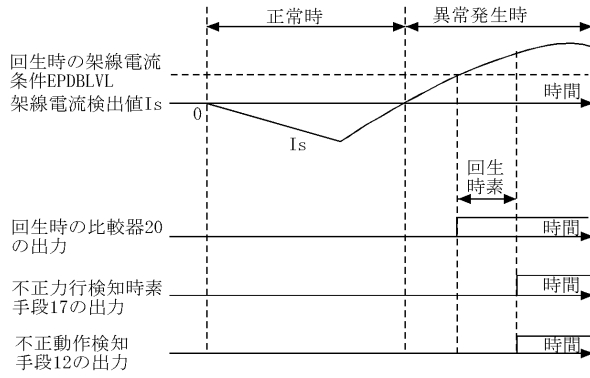
【図4】



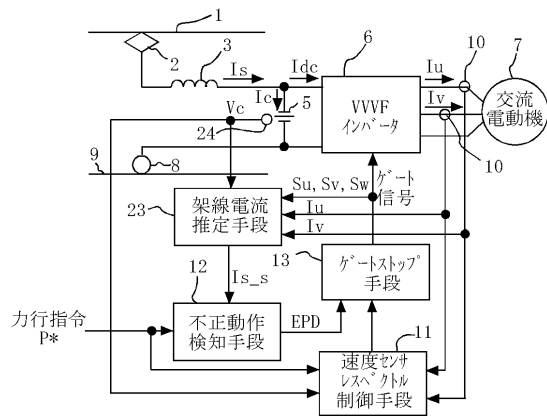
【図2】



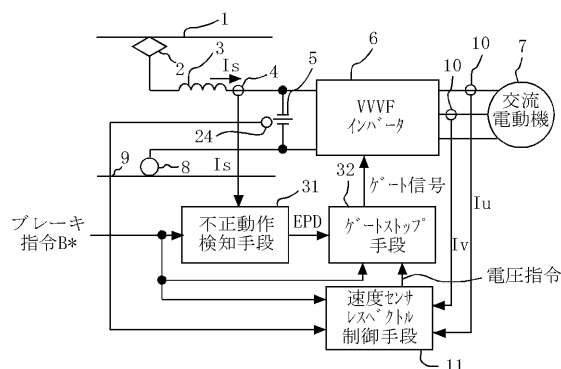
【図 5】



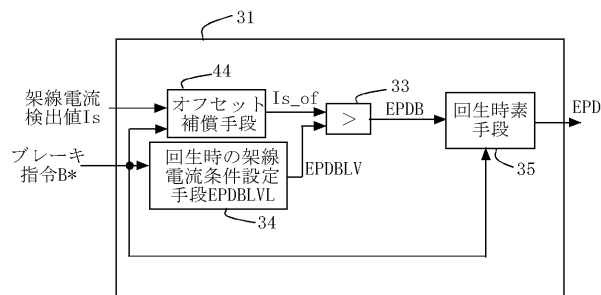
【図 6】



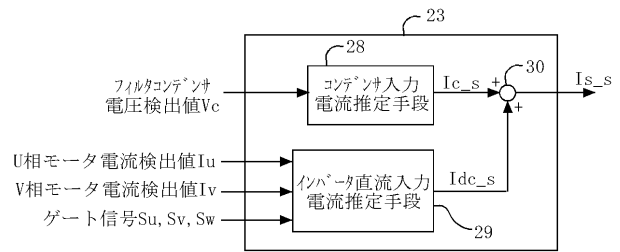
【図 9】



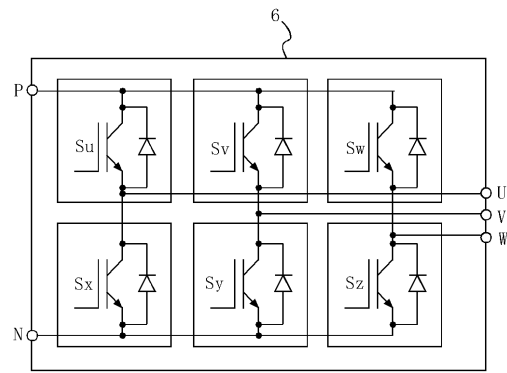
【図 10】



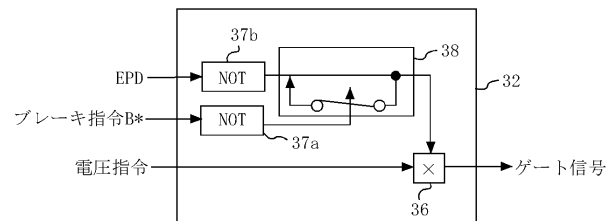
【図 7】



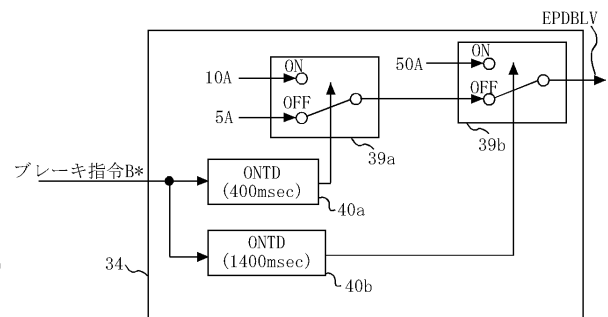
【図 8】



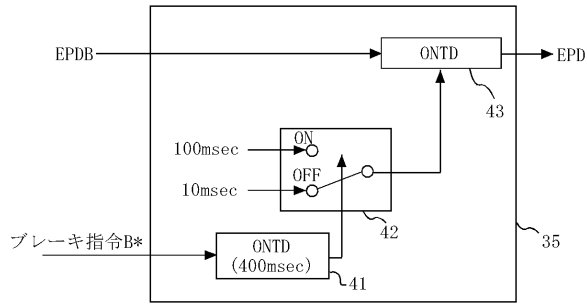
【図 11】



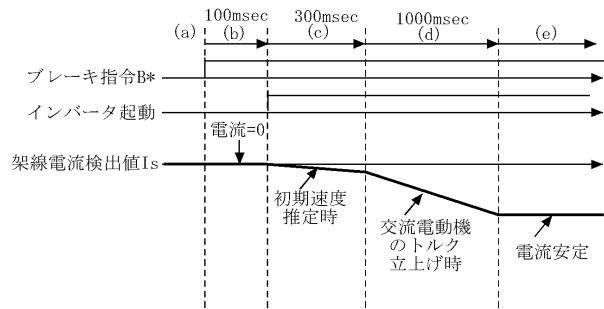
【図 12】



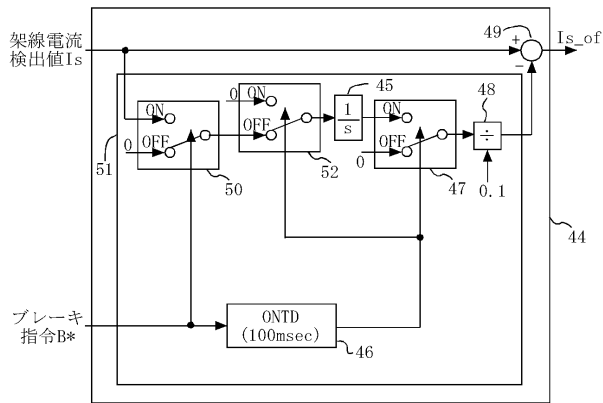
【図 1 3】



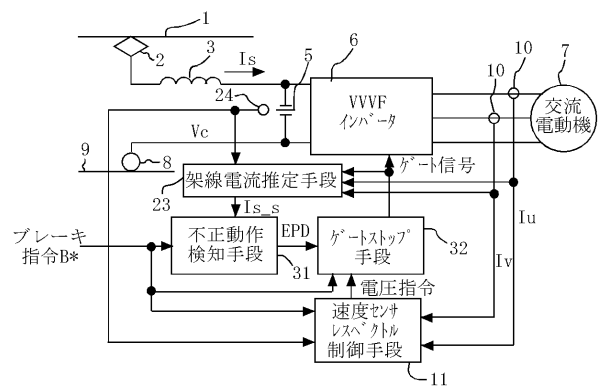
【図 15】



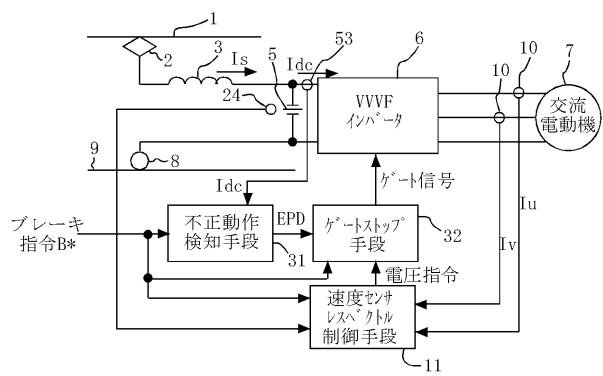
【図 14】



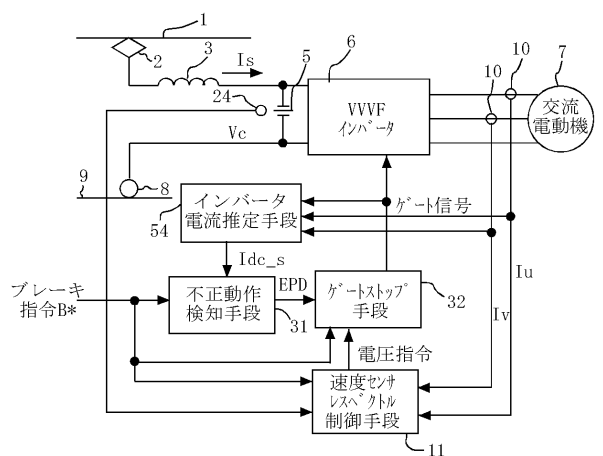
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 河野 雅樹
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 山村 和人

(56)参考文献 特開昭61-081102 (JP, A)
特開2004-064905 (JP, A)
特開2004-264298 (JP, A)
特開2006-029938 (JP, A)
特開平05-095605 (JP, A)
特開2003-018898 (JP, A)
特開平11-069880 (JP, A)
特開2005-006476 (JP, A)
特開2006-014474 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 21/00

H02P 27/04

H02P 27/06

B60L 1/00 - 15/42

B60W 10/00 - 10/30