

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6777287号
(P6777287)

(45) 発行日 令和2年10月28日 (2020. 10. 28)

(24) 登録日 令和2年10月12日 (2020. 10. 12)

(51) Int. Cl.	F I
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 9/18 P
B60L 3/00 (2019.01)	B60L 3/00 J
H02P 27/08 (2006.01)	H02P 27/08
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48 E
B60L 15/20 (2006.01)	B60L 15/20 J

請求項の数 13 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2018-566547 (P2018-566547)
 (86) (22) 出願日 平成29年3月10日 (2017. 3. 10)
 (65) 公表番号 特表2019-525699 (P2019-525699A)
 (43) 公表日 令和1年9月5日 (2019. 9. 5)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2017/076328
 (87) 国際公開番号 W02017/219706
 (87) 国際公開日 平成29年12月28日 (2017. 12. 28)
 審査請求日 平成31年2月19日 (2019. 2. 19)
 (31) 優先権主張番号 201610455615.2
 (32) 優先日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 中国 (CN)

(73) 特許権者 504161984
 ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー
 ・リミテッド
 中華人民共和国・518129・グアンドン・
 シェンツェン・ロンガン・ディストリ
 クト・パンティアン・(番地なし)・ホア
 ウェイ・アドミニストレーション・ビルデ
 イング
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車両の駆動システム及び電気車両の駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気車両の駆動システムであって、

前記駆動システムは、

少なくとも電源バッテリーと、

フィルタリングモジュール、第1の変換モジュール、第1のコンデンサ及び第2の変換モジュールを有する駆動部と、

モータと、

前記電気車両の駆動システムのパラメータを検出するように構成される検出モジュールと、

コントローラと、

基準トルクを前記コントローラに送るように構成されるトルク基準モジュールと、

を備え、

前記電源バッテリーの正極は、前記フィルタリングモジュールの入力端に接続され、前記フィルタリングモジュールの第1の出力端は、前記第1の変換モジュールの交流端に接続され、前記フィルタリングモジュールの第2の出力端は、前記電源バッテリーの負極に接続され、

前記第1の変換モジュールの直流入力端は、前記第1のコンデンサの一端及び前記第2の変換モジュールの直流入力端に別々に接続され、前記第1のコンデンサの他端、前記第1の変換モジュールの直流出力端及び前記第2の変換モジュールの直流出力端は、前記電

源バッテリーの前記負極に別々に接続され、

前記第2の変換モジュールの交流端は、前記モータの入力端に接続され、前記モータの出力端は、前記検出モジュールの第1の入力端に接続され、前記検出モジュールの第2の入力端は、前記第1のコンデンサの前記一端に接続され、前記検出モジュールの第3の入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記検出モジュールの出力端及び前記トルク基準モジュールの出力端は、前記コントローラの入力端に別々に接続され、前記コントローラの出力端は、前記第1の変換モジュールの制御端及び前記第2の変換モジュールの制御端に別々に接続され、

前記駆動システムは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールをさらに備え、

10

前記入力スイッチングモジュールの第1の入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記入力スイッチングモジュールの第1の出力端は、前記フィルタリングモジュールの前記入力端に接続され、前記入力スイッチングモジュールの第2の出力端は、前記第1の変換モジュールの前記直流入力端、前記第1のコンデンサの前記一端及び前記第2の変換モジュールの前記直流入力端に別々に接続され、

前記第1の出力スイッチングモジュールの第1の入力端は、前記第1の変換モジュールの前記交流端に接続され、前記第1の出力スイッチングモジュールの出力端は、前記モータの前記入力端に接続され、

前記コントローラの前記出力端は、前記入力スイッチングモジュールの第2の入力端及び前記第1の出力スイッチングモジュールの第2の入力端に別々に接続される、駆動システム。

20

【請求項2】

前記入力スイッチングモジュールは、第1のスイッチ及び第2のスイッチを有し、

前記第1のスイッチの一端及び前記第2のスイッチの一端は、前記電源バッテリーの前記正極に別々に接続され、前記第1のスイッチの他端は、前記フィルタリングモジュールの前記入力端に接続され、前記第2のスイッチの他端は、前記第1の変換モジュールの前記直流入力端に接続される、請求項1に記載の駆動システム。

【請求項3】

前記駆動部は、第2の出力スイッチングモジュールをさらに有し、

前記第2の出力スイッチングモジュールの第1の入力端は、前記第2の変換モジュールの前記交流端に接続され、前記第2の出力スイッチングモジュールの出力端は、前記モータの前記入力端に接続され、

30

前記コントローラの前記出力端は、前記第2の出力スイッチングモジュールの第2の入力端に接続される、請求項1又は2に記載の駆動システム。

【請求項4】

前記駆動システムは、ソフトスタートモジュールをさらに備え、

前記ソフトスタートモジュールの第1の入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記ソフトスタートモジュールの出力端は、前記駆動部の入力端に接続され、前記コントローラの前記出力端は、前記ソフトスタートモジュールの第2の入力端に接続される、請求項1から3のいずれか一項に記載の駆動システム。

40

【請求項5】

前記ソフトスタートモジュールは、第3のスイッチ、第4のスイッチ及び限流抵抗を有し、

前記第3のスイッチの入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記第3のスイッチの出力端は、前記駆動部の前記入力端に接続され、

前記限流抵抗の一端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記限流抵抗の他端は、前記第4のスイッチの入力端に接続され、前記第4のスイッチの出力端は、前記駆動部の前記入力端に接続され、

前記コントローラの前記出力端は、前記第3のスイッチの制御端及び前記第4のスイッチの制御端に別々に接続される、請求項4に記載の駆動システム。

50

【請求項 6】

前記フィルタリングモジュールは、第 2 のコンデンサ及び N 個のブーストインダクタを有し、N は正の整数であり、

前記第 2 のコンデンサの入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に接続され、前記第 2 のコンデンサの出力端は、前記電源バッテリーの前記負極に接続され、

前記 N 個のブーストインダクタの入力端は、前記電源バッテリーの前記正極に別々に接続され、前記 N 個のブーストインダクタの出力端は、前記第 1 の変換モジュールの前記交流端に別々に接続される、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の駆動システム。

【請求項 7】

前記フィルタリングモジュールは、N 個のブーストスイッチをさらに有し、前記 N 個の
10 ブーストスイッチは、前記 N 個のブーストインダクタに一对一で対応しており、

前記 N 個のブーストスイッチの入力端は、対応して前記 N 個のブーストインダクタの前記出力端に別々に接続され、前記 N 個のブーストスイッチの出力端は、前記第 1 の変換モジュールの前記交流端に接続され、前記コントローラの前記出力端は、前記 N 個のブーストスイッチの制御端に接続される、請求項 6 に記載の駆動システム。

【請求項 8】

電気車両の駆動方法であって、

トルク基準モジュールにより、モータの基準トルクを取得し、検出モジュールにより、
電源バッテリーの電圧、前記モータの回転数、第 1 のコンデンサの電圧、前記モータの固定
20 子電流及び前記モータのロータ回転角を取得する段階と、

コントローラにより、前記モータの前記基準トルク及び前記モータの前記回転数に基づいて、前記モータの要求電圧を算出する段階と、

前記要求電圧が前記電源バッテリーの前記電圧より大きい場合、前記コントローラにより、前記電源バッテリーの前記電圧及び前記要求電圧に基づいて、第 1 のパルス幅変調 (PWM) 信号を生成し、前記第 1 の PWM 信号を第 1 の変換モジュールに送ることで、前記第 1 の変換モジュールを用いることにより、フィルタリングモジュールを制御して、前記第 1 のコンデンサの前記電圧を前記要求電圧へとブーストさせる段階と、

前記コントローラにより、前記モータの前記基準トルク、前記モータの前記回転数、前記第 1 のコンデンサの前記電圧、前記モータの前記固定子電流及び前記モータの前記ロータ回転角に基づいて、第 2 の PWM 信号を生成し、前記第 2 の PWM 信号を第 2 の変換モ
30 ジュールに送ることで、前記第 2 の変換モジュールを制御して、前記第 1 のコンデンサにより入力される直流を交流に変換し、前記交流を前記モータに伝達して、前記モータを加速駆動する段階と

を備え、

前記コントローラにより、前記電源バッテリーの前記電圧及び前記要求電圧に基づいて、
第 1 のパルス幅変調 PWM 信号を生成する前記段階は、

前記コントローラにより、前記電源バッテリーの前記電圧に対する前記モータの前記要求電圧の比を算出し、前記比を、電気車両の駆動システムのブースト比と決定する段階と、

前記ブースト比に従って、前記第 1 の PWM 信号のデューティサイクルを算出する段階
40 と、

前記デューティサイクルに従って、前記第 1 の PWM 信号を生成する段階と

を有する、方法。

【請求項 9】

電気車両の駆動システムが入力スイッチングモジュール及び第 1 の出力スイッチングモジュールをさらに備える場合、前記コントローラにより、前記電源バッテリーの前記電圧及び前記要求電圧に基づいて、第 1 のパルス幅変調 PWM 信号を生成する前記段階の前に、前記方法は、

前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 1 のスイッチング状態に切り替え、前記第 1 の出力スイッチングモジュールを第 3 のスイッチング状態に切り替える段階であって、前記第 1 のスイッチング状態は、前記電源バッテリーの正極が前記フィ
50

ルタリングモジュールの入力端に接続されており、かつ、前記電源バッテリーの前記正極が、前記第 1 の変換モジュールの直流入力端から開いている状態であり、前記第 3 のスイッチング状態は、前記第 1 の変換モジュールの交流端が前記モータの入力端から開いている状態である、段階をさらに備える、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

電気車両の駆動システムが入力スイッチングモジュール及び第 1 の出力スイッチングモジュールをさらに備える場合、前記方法は、

前記モータの前記要求電圧が、前記電源バッテリーの前記電圧より小さい又は前記電圧に等しい場合、前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 2 のスイッチング状態に切り替え、前記第 1 の出力スイッチングモジュールを第 4 のスイッチング状態に切り替える段階であって、前記第 2 のスイッチング状態は、前記電源バッテリーの正極が前記第 1 の変換モジュールの直流入力端に接続されており、前記電源バッテリーの前記正極が前記フィルタリングモジュールの入力端から開いている状態であり、前記第 4 のスイッチング状態は、前記第 1 の変換モジュールの交流端が前記モータの入力端に接続されている状態である、段階と、

前記コントローラにより、前記モータの前記基準トルク、前記モータの前記回転数、前記第 1 のコンデンサの前記電圧、前記モータの前記固定子電流及び前記モータの前記ロータ回転角に基づいて、前記第 2 の PWM 信号を生成し、前記第 2 の PWM 信号を前記第 1 の変換モジュール及び前記第 2 の変換モジュールに送る段階と、

前記第 2 の PWM 信号を用いることにより、前記第 1 の変換モジュールを制御して、前記第 1 のコンデンサにより入力された前記直流を第 1 の交流に変換し、前記第 1 の交流を前記モータに出力し、前記第 2 の PWM 信号を用いることにより、前記第 2 の変換モジュールを制御して、前記第 1 のコンデンサにより入力された前記直流を第 2 の交流に変換し、前記第 2 の交流を前記モータに出力することで、前記第 1 の変換モジュール及び前記第 2 の変換モジュールが、速度を上げるように前記モータを並列で駆動させる段階と

をさらに備える、請求項 8 又は 9 に記載の方法。

【請求項 11】

電気車両の駆動システムが入力スイッチングモジュール及び第 1 の出力スイッチングモジュールをさらに備える場合、前記方法は、

前記モータの前記要求電圧が、前記電源バッテリーの前記電圧より小さい又は前記電圧に等しい場合、前記コントローラにより、前記モータの前記基準トルクに基づいて、前記モータの要求固定子電流を算出する段階と、

前記モータの前記要求固定子電流が、前記第 2 の変換モジュールの最大出力電流より小さい又は前記最大出力電流に等しい場合、前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 1 のスイッチング状態に切り替え、前記第 1 の出力スイッチングモジュールを第 3 のスイッチング状態に切り替える段階と、

前記モータの前記要求固定子電流が、前記第 2 の変換モジュールの前記最大出力電流より大きい場合、前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 2 のスイッチング状態に切り替え、前記第 1 の出力スイッチングモジュールを第 4 のスイッチング状態に切り替える段階と

をさらに備える、請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記駆動システムが第 2 の出力スイッチングモジュールをさらに備える場合、前記方法は、

前記モータの前記要求電圧が前記電源バッテリーの前記電圧より大きい場合、前記コントローラにより、前記第 2 の出力スイッチングモジュールを第 5 のスイッチング状態に切り替える段階であって、前記第 5 のスイッチング状態は、前記第 2 の変換モジュールの交流端が前記モータの入力端に接続されている状態である、段階と、

前記第 1 の変換モジュール及び前記第 2 の変換モジュールが速度を上げるように前記モータを並列で駆動させる過程で、前記第 1 の変換モジュールが故障している場合、前記コ

10

20

30

40

50

ントローラにより、前記第 1 の出力スイッチングモジュールを第 3 のスイッチング状態に切り替え、前記第 2 の変換モジュールが故障している場合、前記コントローラにより、前記第 2 の出力スイッチングモジュールを第 6 のスイッチング状態に切り替える段階であって、前記第 6 のスイッチング状態は、前記第 2 の変換モジュールの前記交流端が前記モータの前記入力端から開いている状態である、段階と

をさらに備える、請求項 9 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記入力スイッチングモジュールが第 1 のスイッチ及び第 2 のスイッチを備える場合、前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 1 のスイッチング状態に切り替える前記段階は、

前記コントローラにより、前記第 1 のスイッチを閉じて、前記第 2 のスイッチを開くことで、前記入力スイッチングモジュールを前記第 1 のスイッチング状態に切り替える段階を有し、

対応して、前記コントローラにより、前記入力スイッチングモジュールを第 2 のスイッチング状態に切り替える前記段階は、

前記コントローラにより、前記第 1 のスイッチを開いて、前記第 2 のスイッチを閉じることで、前記入力スイッチングモジュールを前記第 2 のスイッチング状態に切り替える段階を有する、請求項 9 から 12 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2016年6月22日に中国特許庁に出願され、「電気車両の駆動システム及び電気車両の駆動方法」と題する中国特許出願第201610455615.2号の優先権を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明の実施形態は、電気車両技術の分野、特に、電気車両の駆動システム及び電気車両の駆動方法に関する。

【背景技術】

【0003】

人々の環境保護の意識が高まるにつれて、環境にやさしい省エネルギー型の電気車両が石油燃料型の車両の代わりとしての役割を果たしているため、電気車両技術が急速に発展している。電気車両技術が発展するにつれて、人々は、電気車両における駆動システムの動作性能についてより厳しい要件を課す。例えば、駆動システムは、広範な速度調節範囲の性能を有する必要がある。すなわち、駆動システムは、比較的高い最高速度を有する必要がある。

【0004】

現在、図1を参照すると、電気車両により用いられる駆動システムは、通常、電源バッテリー110、駆動部120及びモータ130を含む。駆動部120は、電源バッテリー110及びモータ130の両方に接続される。電源バッテリー110は、直流エネルギーを提供するように構成され、駆動部120は、電源バッテリー110の直流を交流に変換し、交流をモータ130に出力するように構成され、その結果、モータ130は、トルクを出力して、電気車両を駆動して移動させる。駆動部120は、バスコンデンサC及び変換モジュールを含む。バスコンデンサCは、電源バッテリー110の正極と負極との間に接続され、並列に変換モジュールに接続される。変換モジュールは、6個のスイッチングトランジスタV1からV6を含む。スイッチングトランジスタV1及びV4が直列に接続され、スイッチングトランジスタV3及びV6が直列に接続され、スイッチングトランジスタV5及びV2が直列に接続される。直列に接続されたスイッチングトランジスタV1及びV4、直列に接続されたスイッチングトランジスタV3及びV6及び直列に接続されたスイッチングトランジスタV5及びV2は、電源バッテリーの正極と負極との間に別々に接続される。さらに、ノードAが、直列に接続されたスイッチングトランジスタV1とV4との間

10

20

30

40

50

で延びており、ノードBが、直列に接続されたスイッチングトランジスタV3とV6との間で延びており、ノードCが、直列に接続されたスイッチングトランジスタV5とV2との間で延びており、ノードA、B及びCは、モータ130の固定子端に別々に接続され、その結果、モータ130に三相交流を出力する。モータ130が高い回転数で動作する場合、モータ130の端部電圧は回転数と共にブーストする。モータ130の端部電圧が、駆動部120の直流側で出力され得る最大電圧に達した場合、駆動部120に含まれる変換モジュールは、弱め界磁制御によって、モータ130を制御して、より高い回転数で動作させるべく用いられてよい、すなわち、駆動部120に含まれる変換モジュールは、モータ130の磁界を弱めるために用いられてよく、その結果、モータ130の回転数は、ブーストし続ける。このようにして、電気車両の広範な回転数範囲が実現される。

10

【0005】

モータが高速で動作するとき、モータに弱め界磁制御を実行する過程で、モータの磁界が弱められる必要がある場合、モータの直軸減磁電流成分を増大させる必要があり、モータの横軸減磁電流成分を減少させる必要がある。すなわち、無効電流成分を増大させる必要があり、有効電流成分を減少させる必要がある。モータの無効電流成分が増大されるので、モータの力率が低減される。その結果、駆動システムの出力が低減され、効率が低減される。

【発明の概要】

【0006】

従来技術における課題を解決すべく、本発明の実施形態は、電気車両の駆動システム及び電気車両の駆動方法を提供する。技術的解決法は以下のとおりである。

20

【0007】

第1の態様によれば、電気車両の駆動システムが提供される。駆動システムは、少なくとも電源バッテリーと、駆動部と、モータと、検出モジュールと、トルク基準モジュールと、コントローラとを含み、駆動部は、フィルタリングモジュール、第1の変換モジュール、第1のコンデンサ及び第2の変換モジュールを含み、

電源バッテリーの正極は、フィルタリングモジュールの入力端に接続され、フィルタリングモジュールの第1の出力端は、第1の変換モジュールの交流端に接続され、フィルタリングモジュールの第2の出力端は、電源バッテリーの負極に接続され、

第1の変換モジュールの直流入力端は、第1のコンデンサの一端及び第2の変換モジュールの直流入力端に別々に接続され、第1のコンデンサの他端、第1の変換モジュールの直流出力端及び第2の変換モジュールの直流出力端は、電源バッテリーの負極に別々に接続され、

30

第2の変換モジュールの交流端は、モータの入力端に接続され、モータの出力端は、検出モジュールの第1の入力端に接続され、検出モジュールの第2の入力端は、第1のコンデンサの一端に接続され、検出モジュールの第3の入力端は、電源バッテリーの正極に接続され、検出モジュールの出力端及びトルク基準モジュールの出力端は、コントローラの入力端に別々に接続され、コントローラの出力端は、第1の変換モジュールの制御端及び第2の変換モジュールの制御端に別々に接続される。

【0008】

40

電源バッテリーは、駆動システムに電気エネルギーを提供するように構成され、トルク基準モジュールは、モータの基準トルクを取得するように構成され、検出モジュールは、電源バッテリーの電圧、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角などのパラメータを取得するように構成される。コントローラは、モータの基準トルク、モータの回転数及び電源バッテリーの電圧に基づいて、第1のパルス幅変調PWM信号を生成し、第1のPWM信号を第1の変換モジュールに送るように構成され、これにより、第1の変換モジュールを用いることにより、フィルタリングモジュールを制御して、第1のコンデンサの電圧をブーストさせる。さらに、コントローラは、さらに、検出モジュール及びトルク基準モジュールにより取得されたパラメータに基づいて、第2のPWM信号を生成し、第2のPWM信号を第2の変換モジュールに送るように構

50

成され、これにより、第2の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力される直流を交流に変換し、交流をモータに伝達し、モータを加速駆動させる。

【0009】

本発明の実施形態において、電気車両のモータが高い回転数で動作し、かつ、モータの端部電圧が、モータの回転数が増大するにつれてブーストして、電源バッテリーによって供給され得る電圧を超えたとき、第1のコンデンサの電圧は、フィルタリングモジュール及び第1の変換モジュールを含むブースト回路を用いることによりブーストされ、これにより、十分な電圧をモータに入力して、モータを加速駆動させ、電気車両の速度調節範囲を拡張する。モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

10

【0010】

第1の態様に関して、第1の態様の第1の可能な実施例では、駆動システムは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールをさらに含み、

入力スイッチングモジュールの第1の入力端は、電源バッテリーの正極に接続され、入力スイッチングモジュールの第1の出力端は、フィルタリングモジュールの入力端に接続され、入力スイッチングモジュールの第2の出力端は、第1の変換モジュールの直流入力端、第1のコンデンサの一端及び第2の変換モジュールの直流入力端に別々に接続され、

第1の出力スイッチングモジュールの第1の入力端は、第1の変換モジュールの交流端に接続され、第1の出力スイッチングモジュールの出力端は、モータの入力端に接続され、

20

コントローラの出力端は、入力スイッチングモジュールの第2の入力端及び第1の出力スイッチングモジュールの第2の入力端に別々に接続される。

【0011】

入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態を変化させてよく、その結果、電源バッテリーの正極は、フィルタリングモジュールの入力端に接続され、第1の変換モジュールの直流入力端から開くことができ、第1の変換モジュールの交流端は、モータから開くことができる。このようにして、駆動システムにおけるフィルタリングモジュール及び第1の変換モジュールは、ブースト回路を形成して、第1のコンデンサの電圧をブーストさせ、第2の変換モジュールは、ブーストされた電圧を交流に変換し、当該交流をモータに伝達する。すなわち、駆動システムは、ブースティング変換モードで動作する。代替的に、電源バッテリーの正極は、フィルタリングモジュールの入力端から開いており、第1の変換モジュールの直流入力端に接続され、第1の変換モジュールの交流端は、モータに接続され、その結果、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールは、並列インバータ回路を形成して、別々に、第1のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達し、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる。すなわち、駆動システムは、並列変換モードで動作する。代替的に、電源バッテリーの正極は、フィルタリングモジュールの入力端から開いており、第1の変換モジュールの直流入力端に接続され、第1の変換モジュールの交流端は、モータから開いており、その結果、第1の変換モジュールは動作せず、第2の変換モジュールのみが、変換状態で動作して、第1のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達して、モータを加速駆動する。すなわち、駆動システムは、単一の変換モードで動作する。

30

40

【0012】

本発明の実施形態において、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態を変化させるとしてよく、その結果、駆動システムは、ブースティング変換モードと、並列変換モードと単一の変換モードとの間で切り替えられることができる。このようにして、駆動システムの異なる動作要件が満たされ、駆動効率が向上する。ブースティング変換モードにおいて、第1の変換モジュールは、ブースティング状態で動作し、モータの速度調節範囲を拡張することができる。並列変換モードにおいて、第1の変換モジュールは、変換状態で動作し、第2の変換モジュールと共に並列イン

50

バータ回路を形成して、速度を上げるようにモータを並列で駆動させてよい。並列駆動中にモータに入力される電流は、単一の変換モジュールによる駆動の間に入力される電流の2倍なので、モータが低速で動作している場合に、十分な電流をモータに入力できる。このようにして、モータは、比較的大きいトルクを出力して速度を上げ、これにより、低速かつ大きなトルクに対する電気車両の要件を満たす。単一の変換モードにおいて、第1の変換モジュールは動作せず、第2の変換モジュールのみが変換状態で動作する。このようにして、システムリソースを節約することができ、システム稼働効率を向上させることができる。

【0013】

第1の態様に関して、第1の態様の第2の可能な実施例では、入力スイッチングモジュールは、第1のスイッチ及び第2のスイッチを含み、

10

第1のスイッチの一端及び第2のスイッチの一端は、電源バッテリーの正極に別々に接続され、第1のスイッチの他端は、フィルタリングモジュールの入力端に接続され、第2のスイッチの他端は、第1の変換モジュールの直流入力端に接続される。

【0014】

本発明の実施形態において、第1のスイッチ及び第2のスイッチの開閉が制御され、その結果、駆動システムの動作モードを切り替えることができる。制御方法は、シンプルかつ容易に実現される。

【0015】

第1の態様に関して、第1の態様の第3の可能な実施例では、駆動部は、第2の出力スイッチングモジュールをさらに含み、

20

第2の出力スイッチングモジュールの第1の入力端は、第2の変換モジュールの交流端に接続され、第2の出力スイッチングモジュールの出力端は、モータの入力端に接続され、

コントローラの出力端は、第2の出力スイッチングモジュールの第2の入力端に接続される。

【0016】

本発明の実施形態では、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールがモータを並列で駆動させる過程で、第1の変換モジュールが故障した場合、第1の出力スイッチングモジュールは、第1の変換モジュールとモータとの間の接続を遮断させてよく、又は、第2の変換モジュールが故障した場合、第2の出力スイッチングモジュールは、第2の変換モジュールとモータとの間の接続を遮断させ、これにより、駆動システムの冗長制御を実現し、駆動システムの安全性及び信頼性を向上させる。

30

【0017】

第1の態様に関して、第1の態様の第4の可能な実施例では、駆動システムは、ソフトスタートモジュールをさらに含み、

ソフトスタートモジュールの第1の入力端は、電源バッテリーの正極に接続され、ソフトスタートモジュールの出力端は、駆動部の入力端に接続され、コントローラの出力端は、ソフトスタートモジュールの第2の入力端に接続される。

【0018】

40

ソフトスタートモジュールは、電源バッテリーを制御して、第1のコンデンサを徐々に充電するように構成され、これにより、電源バッテリーの比較的高い電圧がバスに直接的に印加された場合に、コンデンサが損傷を受けるというリスクを回避し、システムの安全性及び信頼性を向上させる。

【0019】

第1の態様に関して、第1の態様の第5の可能な実施例では、ソフトスタートモジュールは、第3のスイッチ、第4のスイッチ及び限流抵抗を含み、

第3のスイッチの入力端は、電源バッテリーの正極に接続され、第3のスイッチの出力端は、駆動部の入力端に接続され、

限流抵抗の一端は、電源バッテリーの正極に接続され、限流抵抗の他端は、第4のスイッ

50

チの入力端に接続され、第４のスイッチの出力端は、駆動部の入力端に接続され、
コントローラの出力端は、第３のスイッチの制御端及び第４のスイッチの制御端に別々に接続される。

【００２０】

本発明の実施形態において、駆動システムが起動された場合、コントローラは、第４のスイッチを閉じて、第３のスイッチを開いてよく、その結果、電源バッテリーは、限流抵抗を用いることにより、第１のコンデンサを徐々に充電する。充電が完了した場合、コントローラは、駆動システムが正常に動作することを保証すべく、第４のスイッチを開いて、第３のスイッチを閉じる。このようにして、駆動システムのソフトスタートが実現される。これにより、電源バッテリーの比較的高い電圧がバスに直接的に印加された場合に、第１

10

【００２１】

第１の態様に関して、第１の態様の第６の可能な実施例では、フィルタリングモジュールは、第２のコンデンサ及びＮ個のブーストインダクタを含み、Ｎは正の整数であり、

第２のコンデンサの入力端は、電源バッテリーの正極に接続され、第２のコンデンサの出力端は、電源バッテリーの負極に接続され、

Ｎ個のブーストインダクタの入力端は、電源バッテリーの正極に別々に接続され、Ｎ個のブーストインダクタの出力端は、第１の変換モジュールの交流端に別々に接続される。

【００２２】

第２のコンデンサは、電源バッテリーの電圧に対してフィルタリングを実行するように構成され、Ｎ個のブーストインダクタ及び第１の変換モジュールは、ブースト回路を形成してよく、これにより、第１のコンデンサの電圧をブーストさせる。

20

【００２３】

第１の態様に関して、第１の態様の第７の可能な実施例では、フィルタリングモジュールは、Ｎ個のブーストスイッチをさらに含み、Ｎ個のブーストスイッチは、Ｎ個のブーストインダクタに一对一で対応しており、

Ｎ個のブーストスイッチの入力端は、対応してＮ個のブーストインダクタの出力端に別々に接続され、Ｎ個のブーストスイッチの出力端は、第１の変換モジュールの交流端に接続され、

コントローラの出力端は、Ｎ個のブーストスイッチの制御端に接続される。

30

【００２４】

本発明の実施形態において、第１の変換モジュールが変換状態で動作する場合、コントローラは、Ｎ個のブーストインダクタを停止させ、第１の変換モジュールの交流端と、電源バッテリーの負極との間の接続を遮断させてよく、これにより、第１の変換モジュールの短絡を回避する。

【００２５】

第１の態様に関して、第１の態様の第８の可能な実施例では、第１の出力スイッチングモジュールは、三相スイッチを含み、三相スイッチの一端は、第１の変換モジュールの交流端に接続され、三相スイッチの他端は、モータの入力端に接続される。

【００２６】

本発明の実施形態において、三相スイッチの開閉を制御することができ、その結果、駆動システムの動作モードを切り替えることができる。制御方法は、シンプルかつ容易に実現される。

40

【００２７】

第１の態様に関して、第１の態様の第９の可能な実施例では、駆動部は、第１の定電流インダクタ及び第２の定電流インダクタをさらに含み、

第１の定電流インダクタの一端は、第１の変換モジュールの交流端に接続され、第１の定電流インダクタの他端は、モータの入力端に接続され、

第２の定電流インダクタの一端は、第２の変換モジュールの交流端に接続され、第２の定電流インダクタの他端は、モータの入力端に接続される。

50

【 0 0 2 8 】

本発明の実施形態において、定電流インダクタが、変換モジュールとモータとの間に加えられ、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールが、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる過程で、第1の定電流インダクタ及び第2の定電流インダクタは、第1の変換モジュールと第2の変換モジュールとの間の横流を抑制できる。このようにして、各位相で第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールにより出力される電流は同一である。

【 0 0 2 9 】

第1の態様に関して、第1の態様の第10の可能な実施例では、第1の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路又は3段三相フルブリッジインバータ回路を用い、第2の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路又は3段三相フルブリッジインバータ回路を用いる。

10

【 0 0 3 0 】

本発明の実施形態において、第1の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい、又は、3段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい。対応して、第2の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい、又は、3段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい。第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールは、柔軟な構造及び広範な適用範囲を有する。

【 0 0 3 1 】

第2の態様によれば、電気車両の駆動方法が提供される。方法は、第1の態様のいずれかの実施例に係る駆動システムに適用され、方法は、

20

トルク基準モジュールにより、モータの基準トルクを取得し、検出モジュールにより、電源バッテリーの電圧、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角を取得する段階と、

コントローラにより、モータの基準トルク及びモータの回転数に基づいて、モータの要求電圧を算出する段階と、

要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、コントローラにより、電源バッテリーの電圧及び要求電圧に基づいて、第1のパルス幅変調PWM信号を生成し、第1のPWM信号を第1の変換モジュールに送ることで、第1の変換モジュールを用いることにより、フィルタリングモジュールを制御して、第1のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせる段階と、

30

コントローラにより、モータの基準トルク、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータのロータ回転角及びモータの固定子電流に基づいて、第2のPWM信号を生成し、第2のPWM信号を第2の変換モジュールに送ることで、第2の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力される直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達して、モータを加速駆動する段階と

を含む。

【 0 0 3 2 】

本発明の実施形態において、モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、フィルタリングモジュール及び第1の変換モジュールを含むブースト回路を用いることにより、第1のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせてよい。第1のコンデンサの電圧は、要求電圧へとブーストされている。故に、第2の変換モジュールが、第1のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達した場合、速度を上げ続けるようにモータを駆動させることができ、これにより、電気車両の速度調節範囲を拡張する。さらに、モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

40

【 0 0 3 3 】

第2の態様に関して、第2の態様の第1の可能な実施例では、コントローラにより、電源バッテリーの電圧及び要求電圧に基づいて、第1のパルス幅変調PWM信号を生成する段階は、

50

コントローラにより、電源バッテリーの電圧に対するモータの要求電圧の比を算出し、当該比を、駆動システムのブースト比と決定する段階と、

ブースト比に従って、第1のPWM信号のデューティサイクルを算出する段階と、
デューティサイクルに従って、第1のPWM信号を生成する段階と
を含む。

【0034】

本発明の実施形態において、コントローラは、要求電圧と、電源バッテリーの電圧との間のブースト比を算出してよく、ブースト比に従って、第1のPWM信号を生成してよい。故に、第1のPWM信号が第1の変換モジュールに送られた場合、第1の変換モジュールは、フィルタリングモジュールを制御して、第1のコンデンサの電圧を要求電圧へと正確にブーストさせ、これにより、モータの駆動要件を満たす。

10

【0035】

第2の態様に関して、第2の態様の第2の可能な実施例では、駆動システムが、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールをさらに含む場合、コントローラにより、電源バッテリーの電圧及び要求電圧に基づいて、第1のパルス幅変調PWM信号を生成する段階の前に、方法は、

コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第1のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第3のスイッチング状態に切り替える段階であって、第1のスイッチング状態は、電源バッテリーの正極が、フィルタリングモジュールの入力端に接続されており、電源バッテリーの正極が第1の変換モジュールの直流入力端から開いている状態であり、第3のスイッチング状態は、第1の変換モジュールの交流端がモータの入力端から開いている状態である、段階をさらに含む。

20

【0036】

本発明の実施形態において、コントローラは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態を制御し、その結果、駆動システムをブースティング変換モードに切り替えることができる。このようにして、柔軟性を向上させる。

【0037】

第2の態様に関して、第2の態様の第3の可能な実施例では、方法は、

モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替える段階であって、第2のスイッチング状態は、電源バッテリーの正極が第1の変換モジュールの直流入力端に接続されており、電源バッテリーの正極がフィルタリングモジュールの入力端から開いている状態であり、第4のスイッチング状態は、第1の変換モジュールの交流端がモータの入力端に接続されている状態である、段階と、

30

第2のPWM信号を用いることにより、第1の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力される直流を第1の交流に変換し、当該第1の交流をモータに出力し、コントローラにより、モータの基準トルク、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角に基づいて、第2のPWM信号を生成し、第2のPWM信号を第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールに送り、第2のPWM信号を用いることにより、第2の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力された直流を第2の交流に変換し、第2の交流をモータに出力することで、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールが、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる段階と

40

をさらに含む。

【0038】

本発明の実施形態において、モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、入力スイッチングモジュールのスイッチング状態を変化させることができ、その結果、駆動システムは、並列変換モードに切り替えられる。すなわち、電

50

源バッテリーの電圧が、モータの駆動要件を満たし、ブーストされる必要がない場合、ブースティングが、駆動システムにおいて実行されず、その結果、駆動システムの異なる動作要件を満たす。さらに、並列駆動中にモータに入力される電流は、単一の変換モジュールによる駆動の間に入力される電流の2倍なので、モータが低速で動作している場合に、十分な電流をモータに入力できる。このようにして、モータは、比較的大きいトルクを出力して速度を上げ、これにより、低速かつ大きなトルクに対する電気車両の要件を満たす。

【0039】

第2の態様に関して、第2の態様の第4の可能な実施例では、方法は、

モータの要求電圧が、電源電圧の電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、コントローラにより、モータの基準トルクに基づいて、モータの要求固定子電流を算出する段階と

10

、
モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より小さい又は最大出力電流に等しい場合、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第3のスイッチング状態に切り替える段階と、

モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より大きい場合、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替える段階と

をさらに含む。

【0040】

20

本発明の実施形態において、モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より小さい又は当該最大出力電流に等しい場合、すなわち、駆動システムが、低速かつ軽負荷動作状態で動作し、単一の変換モジュールが、十分な駆動電流を提供する場合、コントローラは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態を変化させることができ、その結果、第1の変換モジュールは動作せず、第2の変換モジュールのみが、駆動電流をモータに伝達して、モータを加速駆動する。さらに、モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より大きい場合、すなわち、駆動システムが、低速かつ重負荷の動作状態で動作し、単一の変換モジュールが、十分な駆動電流を提供できない場合、コントローラは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態をさらに変化させる

30

【0041】

第2の態様に関して、第2の態様の第5の可能な実施例では、駆動システムが第2の出力スイッチングモジュールをさらに含む場合、方法は、

モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、コントローラにより、第2の出力スイッチングモジュールを第5のスイッチング状態に切り替える段階であって、第5のスイッチング状態は、第2の変換モジュールの交流端がモータの入力端に接続されている状態である、段階と、

40

第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールが、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる過程で、第1の変換モジュールが故障している場合、コントローラにより、第1の出力スイッチングモジュールを第3のスイッチング状態に切り替え、第2の変換モジュールが故障している場合、コントローラにより、第2の出力スイッチングモジュールを第6のスイッチング状態に切り替える段階であって、第6のスイッチング状態は、第2の変換モジュールの交流端がモータの入力端から開いている状態である、段階と

をさらに含む。

【0042】

本発明の実施形態では、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールがモータを並列で駆動させる過程で、第1の変換モジュールが故障した場合、第1の出力スイッチング

50

モジュールは、第1の変換モジュールとモータとの間の接続を遮断させてよく、又は、第2の変換モジュールが故障した場合、第2の出力スイッチングモジュールは、第2の変換モジュールとモータとの間の接続を遮断させ、これにより、駆動システムの冗長制御を実現し、駆動システムの安全性及び信頼性を向上させる。

【0043】

第2の態様に関して、第2の態様の第6の可能な実施例では、入力スイッチングモジュールが第1のスイッチ及び第2のスイッチを含む場合、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第1のスイッチング状態に切り替える段階は、

コントローラにより、第1のスイッチを閉じて、第2のスイッチを開くことで、入力スイッチングモジュールを第1のスイッチング状態に切り替える段階を含み、

10

対応して、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替える段階は、

コントローラにより、第1のスイッチを開いて、第2のスイッチを閉じることで、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替える段階を含む。

【0044】

本発明の実施形態において、第1のスイッチ及び第2のスイッチの開閉を制御することができ、その結果、入力スイッチングモジュールのスイッチング状態を変化させることができる。このようにして、駆動システムの動作モードは切り替えられ、制御方法はシンプルかつ容易に実現される。

【0045】

20

第2の態様に関して、第2の態様の第7の可能な実施例では、方法は、

駆動システムがソフトスタートモジュールを含む場合、駆動部が起動されたときに、コントローラにより、ソフトスタートモジュールを起動させることで、電源バッテリーを制御して、第1のコンデンサを徐々に充電する段階をさらに含む。

【0046】

本発明の実施形態において、第1のコンデンサは、ソフトスタートモジュールを用いることにより徐々に充電され、これにより、電源バッテリーの比較的高い電圧がバスに直接的に印加された場合に、第1のコンデンサが損傷を受けるというリスクを回避し、システムの安全性及び信頼性を向上させる。

【0047】

30

本発明の実施形態において提供される技術的解決法は、以下の有利な効果を含み得る。

【0048】

本発明の実施形態において、モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、フィルタリングモジュール及び第1の変換モジュールを含むブースト回路を用いることにより、第1のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせてよい。第1のコンデンサの電圧は、要求電圧へとブーストされている。故に、第2の変換モジュールが、第1のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達した場合、モータは、速度を上げ続けるように駆動され、これにより、電気車両の速度調節範囲を拡張する。さらに、モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

40

【0049】

前述の一般的な説明及び以下の詳細な説明は、単に解釈のための例に過ぎず、本発明を限定するものではないことが理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【0051】

【図2】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【0052】

【図3】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

50

【 0 0 5 3 】

【図 4】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 5 4 】

【図 5】本発明の実施形態に係るフィルタリングモジュールの概略構造図である。

【 0 0 5 5 】

【図 6】本発明の実施形態に係るフィルタリングモジュールの概略構造図である。

【 0 0 5 6 】

【図 7】本発明の実施形態に係るブースティング原理の概略図である。

【 0 0 5 7 】

【図 8】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

10

【 0 0 5 8 】

【図 9】本発明の実施形態に係る並列変換モードにおける等価回路図である。

【 0 0 5 9 】

【図 10】本発明の実施形態に係る単一の変換モードにおける等価回路図である。

【 0 0 6 0 】

【図 11】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 1 】

【図 12】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 2 】

【図 13】本発明の実施形態に係る第 1 の出力スイッチングモジュール及び第 2 の出力スイッチングモジュールの概略構造図である。

20

【 0 0 6 3 】

【図 14】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 4 】

【図 15】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 5 】

【図 16】本発明の実施形態に係る駆動システムの等価回路図である。

【 0 0 6 6 】

【図 17】本発明の実施形態に係る 3 段構造を有する変換モジュールの概略構造図である。

30

【 0 0 6 7 】

【図 18】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 8 】

【図 19】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。

【 0 0 6 9 】

【図 20】本発明の実施形態に係る電気車両の駆動方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 7 0 】

本願の目的、技術的解決法及び利点をより明確にするために、以下では、添付の複数の図面を参照して詳細に本願の実施例をさらに説明する。

40

【 0 0 7 1 】

図 2 は、本発明の実施形態に係る電気車両の駆動システムの概略構造図である。図 2 を参照すると、駆動システムは、少なくとも電源バッテリー 210 と、駆動部 220 と、モータ 230 と、検出モジュール 240 と、トルク基準モジュール 250 と、コントローラ 260 とを含み、駆動部 220 は、フィルタリングモジュール 221、第 1 の変換モジュール 222、第 1 のコンデンサ 223 及び第 2 の変換モジュール 224 を含む。

【 0 0 7 2 】

電源バッテリー 210 の正極 10a は、フィルタリングモジュール 221 の入力端 1a に接続され、フィルタリングモジュール 221 の第 1 の出力端 1b は、第 1 の変換モジュール 222 の交流端 2c に接続され、フィルタリングモジュール 221 の第 2 の出力端 1c

50

は、電源バッテリー 210 の負極 10b に接続される。第 1 の変換モジュール 222 の直流入力端 2a は、第 1 のコンデンサ 223 の一端及び第 2 の変換モジュール 224 の直流入力端 4a に別々に接続され、第 1 のコンデンサ 223 の他端、第 1 の変換モジュール 222 の直流出力端 2b 及び第 2 の変換モジュール 224 の直流出力端 4b は、電源バッテリー 210 の負極 10b に別々に接続される。第 2 の変換モジュール 224 の交流端 4c は、モータ 230 の入力端 30a に接続され、モータ 230 の出力端 30b は、検出モジュール 240 の第 1 の入力端 40a に接続され、検出モジュール 240 の第 2 の入力端 40b は、第 1 のコンデンサ 223 の一端に接続され、検出モジュール 240 の第 3 の入力端 40c は、電源バッテリー 210 の正極 10a に接続され、検出モジュール 240 の出力端 40b 及びトルク基準モジュール 250 の出力端 50a は、コントローラ 260 の入力端 60a に別々に接続され、コントローラ 260 の出力端 60b は、第 1 の変換モジュール 222 の制御端 2d 及び第 2 の変換モジュール 224 の制御端 4d に別々に接続される。

10

【0073】

電源バッテリー 210 は、電気エネルギーを駆動システムに提供するように構成され、例えば、蓄電池であってよい。検出モジュール 240 は、電源バッテリーの電圧、モータの回転数、第 1 のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角などのパラメータを検出するように構成される。当然ながら、検出モジュール 240 は、さらに、モータのポール数のペアの数又はモータの永久磁石の鎖交磁束などの別のパラメータを検出するように構成されてよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。検出モジュール 240 は、ロータ位置センサを含んでよく、駆動システムは、ロータ位置センサを用いることにより、モータのロータ回転角を取得してよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。トルク基準モジュール 250 は、基準トルクをコントローラ 260 に送るように構成され、基準トルクは、加速器システムを用いることにより、モータ 230 に入力される基準トルク、すなわち、加速器システムの制御の下、モータ 230 に入力される必要があるトルクであってよい。コントローラ 260 は、検出モジュール 240 及びトルク基準モジュール 250 により取得されたパラメータに従って、制御信号を駆動部 220 に送り、駆動部 220 を制御して、電源バッテリー 210 により入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータ 230 に伝達して、速度を上げるようにモータ 230 を駆動させるように構成される。制御信号は、パルス幅変調 (PWM) 信号などであってよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

20

30

【0074】

具体的には、駆動部 220 は、フィルタリングモジュール 221、第 1 の変換モジュール 222、第 1 のコンデンサ 223 及び第 2 の変換モジュール 224 を含んでよい。フィルタリングモジュール 221 及び第 1 の変換モジュール 222 は、ブースト回路を形成して、第 1 のコンデンサ 223 の電圧をブーストさせてよい。第 1 のコンデンサ 223 の電圧がブーストされた後に、第 2 の変換モジュール 224 は、第 1 のコンデンサ 223 により入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータ 230 に伝達して、速度を上げるようにモータ 230 を駆動させてよい。

【0075】

具体的には、モータ 230 が動作する過程で、コントローラ 260 は、検出モジュール 240 を用いることにより、モータ 230 の回転数を取得し、トルク基準モジュール 250 を用いることにより、モータ 230 の基準トルクを取得してよい。さらに、コントローラ 260 は、モータ 230 の回転数及びモータ 230 の基準トルクに基づいて、モータ 230 の要求電圧を算出し、要求電圧を電源バッテリー 210 の電圧と比較してよい。コントローラ 260 は、要求電圧が電源バッテリー 210 の電圧より大きいと決定した場合、電源バッテリー 210 の電圧及び要求電圧に基づいて、第 1 の PWM 信号を生成し、第 1 の PWM 信号を第 1 の変換モジュール 222 に送ってよく、これにより、第 1 の変換モジュール 222 を用いることにより、フィルタリングモジュール 221 を制御して、第 1 のコンデンサ 223 の電圧を要求電圧へとブーストさせる。その後、コントローラ 260 は、モータ

40

50

タ 2 3 0 の基準トルク、モータ 2 3 0 の回転数、第 1 のコンデンサ 2 2 3 の電圧、モータ 2 3 0 の固定子電流及びモータ 2 3 0 のロータ回転角に基づいて、第 2 の P W M 信号を生成し、当該第 2 の P W M 信号を第 2 の変換モジュール 2 2 4 に送ってよく、これにより、第 2 の変換モジュール 2 2 4 を制御して、第 1 のコンデンサ 2 2 3 により入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータ 2 3 0 に伝達して、モータを加速駆動する。

【 0 0 7 6 】

本発明の本実施形態において、モータ 2 3 0 の要求電圧が電源バッテリー 2 1 0 の電圧より大きいと決定した場合、すなわち、モータ 2 3 0 の端部電圧が電源バッテリー 2 1 0 の電圧より大きい場合、コントローラ 2 6 0 は、第 1 の P W M 信号を第 1 の変換モジュール 2 2 2 に送り、フィルタリングモジュール 2 2 1 を制御して、第 1 のコンデンサ 2 2 3 の電圧を要求電圧へとブーストさせてもよく、その結果、第 2 の変換モジュール 2 2 4 が、十分な出力電圧を出力して、モータを加速駆動する。このようにして、モータの端部電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、モータは、速度を上げ続けるように駆動され、これにより、電気車両の速度調節範囲を拡張する。さらに、モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、駆動システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

【 0 0 7 7 】

従来技術において、図 1 を参照すると、変換モジュールの入力電圧は、電源バッテリー 1 1 0 により出力された電圧であり、バスコンデンサ C の電圧は、直流バス電圧であり、直流バス電圧は調節されることができず、駆動部 1 2 0 の出力電圧は、直流バス電圧により決定される。電源バッテリー 1 1 0 のバッテリー残量が比較的低い場合、電源バッテリー 1 1 0 により出力される電圧が低減され、直流バス電圧が低減される。故に、駆動部 1 2 0 の出力電圧も低減される。モータ 1 3 0 の回転数は、駆動部 1 2 0 の出力電圧により決定される。故に、駆動部 1 2 0 の出力電圧が低減された場合、最も高い回転数及びモータ 1 3 0 により出力され得る出力の両方が低減されることになる。

【 0 0 7 8 】

本発明の本実施形態では、電源バッテリー 2 1 0 の出力電圧が低減された場合、ブースト回路が、第 1 のコンデンサ 2 2 3 の電圧をブーストしてよい、すなわち、直流バス電圧をブーストしてよい。故に、第 2 の変換モジュール 2 2 4 の出力電圧、すなわち、駆動部 2 2 0 の出力電圧は、これに応じてブーストされ、これにより、比較的高い回転数を出力し続けるようにモータを駆動させる。

【 0 0 7 9 】

さらに、図 1 を参照すると、モータ 1 3 0 が高い回転数で動作する場合、モータ 1 3 0 の端部電圧は、モータ 1 3 0 の回転数と共にブーストする。モータ 1 3 0 の端部電圧は、電源バッテリー 1 1 0 により出力され得る最大電圧より大きい値へとブーストされたとき、モータ 1 3 0 の回転数が弱め界磁制御によってブーストされ続ける場合、モータ 1 3 0 の弱め界磁電流が、モータ 1 3 0 の回転数と共にブーストし、提供され得る有効電流が、変換モジュールの出力性能の制限に起因して低減される。その結果、モータ 1 3 0 の出力及び出力トルクが低減される。さらに、弱め界磁制御の下、モータ 1 3 0 の力率が比較的低いので、モータ 1 3 0 からの熱が激しく、駆動システム全体の効率も低減される。

【 0 0 8 0 】

本発明の本実施形態では、モータ 2 3 0 の端部電圧が、電源バッテリー 2 1 0 により出力され得る最大電圧より大きい値へとブーストされた場合、フィルタリングモジュール 2 2 1 及び第 1 の変換モジュール 2 2 2 は、コントローラ 2 6 0 の制御の下、第 1 のコンデンサ 2 2 3 の電圧をブーストさせてよく、その結果、第 2 の変換モジュール 2 2 4 は、より大きい電圧をモータに出力して、速度を上げ続けるようにモータ 2 3 0 を駆動させ得る。このようにして、電気車両の速度調節範囲が拡張される。さらに、モータ 2 3 0 の出力は、モータ 2 3 0 の回転数と共に徐々に増大する。このようにして、モータ 2 3 0 が高速で動作する場合に、比較的大きな電力出力及び好ましいトルク性能を維持できる。

【 0 0 8 1 】

図3に示されるように、第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224は、2段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい。対応して、第1の変換モジュール222の制御端は、第1の変換モジュール222内の6個のスイッチングトランジスタのベースであり、第2の変換モジュール224の制御端は、第2の変換モジュール224内の6個のスイッチングトランジスタのベースである。コントローラ260の出力端は、第1の変換モジュール222内の6個のスイッチングトランジスタのベースに別々に接続され、コントローラ260の出力端は、第2の変換モジュール224内の6個のスイッチングトランジスタのベースに別々に接続され、これにより、PWM信号を第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224に送る。PWM信号は、駆動パルス信号であり、スイッチングトランジスタの開閉を制御できる。

10

【0082】

フィルタリングモジュール221は、第2のコンデンサC2及びN個のブーストインダクタL1を含んでよく、Nは正の整数である。第2のコンデンサC2の入力端は、電源バッテリー210の正極に接続され、第2のコンデンサC2の出力端は、電源バッテリー210の負極に接続される。N個のブーストインダクタL1の入力端は、電源バッテリー210の正極に別々に接続され、N個のブーストインダクタL1の出力端は、第1の変換モジュール222の交流端に別々に接続される。

【0083】

例えば、図3を参照すると、Nが1であり、かつ、第1の変換モジュール222が2段三相フルブリッジインバータ回路を用いる場合、1つのブーストインダクタL1の一端は、第2のコンデンサC2の入力端に接続され、1つのブーストインダクタL1の他端は、第1の変換モジュール222の三相交流端に別々に接続される、すなわち、2段三相フルブリッジインバータ回路の3つのブリッジアームの中間点に別々に接続される。

20

【0084】

さらに、図4を参照すると、Nが3であり、かつ、第1の変換モジュール222が2段三相フルブリッジインバータ回路を用いる場合、3つのブーストインダクタL1のそれぞれの一端は、第2のコンデンサC2の入力端に接続され、3つのブーストインダクタL1の他端は、一対一の対応方式で第1の変換モジュール222の三相交流端に別々に接続される、すなわち、一対一の対応方式で、2段三相フルブリッジインバータ回路の3つのブリッジアームの中間点に別々に接続される。

30

【0085】

Nが3である場合、3つのブーストインダクタL1は互い違いの方式で並列に第1の変換モジュール222の3つのブリッジアームの中間点に接続されてもよい。さらに、3つのブーストインダクタL1及び第1の変換モジュール222の3つのブリッジアームは、3つの並列ブースト回路を形成してよい。故に、任意のブリッジアームが故障した場合、残りのブリッジアームが動作し続けることができ、これは、駆動システムの信頼性を高める。

【0086】

Nが3である場合、3つのブーストインダクタL1は、3つのインダクタが全体として用いられる、図5に示される構造、すなわち、3つのブーストインダクタが磁心を共有する構造のものであってよい。又は、3つのインダクタが分かれている、図6に示される構造、すなわち、3つのブーストインダクタのそれぞれが1つの磁心を用いる構造のものであってよい。3つのインダクタが全体として用いられる構造は、比較的小さいボリュームに起因して選択されることが好ましい。

40

【0087】

本発明の本実施形態において、フィルタリングモジュール221内のN個のブーストインダクタL1及び第1の変換モジュール222内の2段三相フルブリッジインバータ回路は、ブースト回路を形成してよく、これにより、第1のコンデンサ223の電圧をブーストさせる。

【0088】

50

例えば、図 4 を参照すると、ブースティング原理が、一例として、第 1 の変換モジュール 222 の 1 つの位相についてのブリッジアームを用いることにより解析され、簡略化された回路が図 7 に示され得る。V1 が開いており、V2 が閉じている場合、電源バッテリー 210 は、ブーストインダクタ L1 を充電してよく、第 1 のコンデンサ 223 に予め蓄積された電圧が負荷 290 に供給されてよい。V1 が閉じており、V2 が開いている場合、電源バッテリー 210 及びブーストインダクタ L1 の両方が第 1 のコンデンサ 223 を充電してよく、これにより、第 1 のコンデンサ 223 の電圧をブーストさせる。負荷 290 は、第 2 の変換モジュール 224 であってよく、第 2 のコンデンサ C2 は、電源バッテリー 210 の電圧をフィルタリングすることを実行するように構成される。さらに、V1 及び V2 に入力されるパルスは相補的である。すなわち、ハイレベルが V1 に入力されると同時に、ローレベルが V2 に入力され、V1 を開くように制御し、V2 を閉じるように制御してよく、又は、ローレベルが V1 に入力されると同時に、ハイレベルが V2 に入力され、V1 を閉じるように制御し、V2 を開くように制御してよい。V2 が一例として用いられる。オン - オフのサイクルにおいて、V2 の閉時間が t_{on} であり、V2 の開時間が t_{off} である場合、V2 の開時間に対する閉時間の比が制御され、その結果、第 1 のコンデンサ 223 のブースト比を制御できる。

【0089】

さらに、コントローラ 260 は、フィルタリングモジュール 221 及び第 1 の変換モジュール 222 を含むブースト回路に基づいて、三相駆動パルスを第 1 の変換モジュール 222 の制御端に入力してよく、これにより、ブースト回路を制御して、ブースティングを実行する。さらに、コントローラ 260 は、さらに、三相駆動パルスのデューティサイクルを制御する、すなわち、第 1 の変換モジュール 222 内のブリッジアームの上部及び下部スイッチの閉時間及び開時間を制御し、これにより、第 1 のコンデンサ 223 のブースト比を制御する。このようにして、異なるブースティング要件が満たされる。第 2 の変換モジュール 224 は、空間ベクトルパルス幅変調 (Space Vector Pulse Width Modulation, SVPWM) 制御を用いた直流入力から交流出力への変換を完了し、変換された交流をモータ 230 に伝達して、速度を上げるようにモータ 230 を駆動させてよい。

【0090】

さらに、図 8 を参照すると、駆動部 220 は、入力スイッチングモジュール 225 及び第 1 の出力スイッチングモジュール 226 をさらに含んでよい。

【0091】

入力スイッチングモジュール 225 の第 1 の入力端 5a は、電源バッテリー 210 の正極 10a に接続され、入力スイッチングモジュール 225 の第 1 の出力端 5b は、フィルタリングモジュール 221 の入力端 1a に接続され、入力スイッチングモジュール 225 の第 2 の出力端 5c は、第 1 の変換モジュール 222 の直流入力端 2d、第 1 のコンデンサ 223 の一端及び第 2 の変換モジュール 224 の直流入力端 4a に別々に接続される。第 1 の出力スイッチングモジュール 226 の第 1 の入力端 6a は、第 1 の変換モジュール 222 の交流端 2c に接続され、第 1 の出力スイッチングモジュール 226 の出力端 6b は、モータ 230 の入力端 30a に接続される。コントローラ 260 の出力端 60b は、入力スイッチングモジュール 225 の第 2 の入力端 5d 及び第 1 の出力スイッチングモジュール 226 の第 2 の入力端 6c に別々に接続される。

【0092】

接続線の数が比較的多いので、コントローラ 260 の出力端 60b と入力スイッチングモジュール 225 の第 2 の入力端 5d との間の接続線、及び、コントローラ 260 の出力端 60b と第 1 の出力スイッチングモジュール 226 の第 2 の入力端 6c との間の接続線は、図 8 には描かれていない。しかしながら、実際には、コントローラ 260 と入力スイッチングモジュール 225 との間に接続関係があり、コントローラ 260 と第 1 の出力スイッチングモジュール 226 との間に接続関係があり、これにより、入力スイッチングモジュール 225 及び第 1 の出力スイッチングモジュール 226 のスイッチング状態を制御

することに留意すべきである。

【0093】

入力スイッチングモジュール225のスイッチング状態は、第1のスイッチング状態及び第2のスイッチング状態を含む。第1のスイッチング状態は、電源バッテリー210の正極がフィルタリングモジュール221の入力端に接続されており、電源バッテリー210の正極が、第1の変換モジュール222の直流入力端から開いている状態である。第2のスイッチング状態は、電源バッテリー210の正極が、フィルタリングモジュール221の入力端から開いており、電源バッテリー210の正極が、第1の変換モジュール222の直流入力端に接続されている状態である。

【0094】

第1の出力スイッチングモジュール226のスイッチング状態は、第3のスイッチング状態及び第4のスイッチング状態を含む。第3のスイッチング状態は、第1の変換モジュール222の交流端がモータ230の入力端から開いている状態であり、第4のスイッチング状態は、第1の変換モジュール222の交流端がモータ230の入力端に接続されている状態である。

【0095】

本発明の本実施形態において、コントローラ260は、入力スイッチングモジュール225及び第1の出力スイッチングモジュール226のスイッチング状態を変化させてよく、これにより、駆動システムを制御して、異なる動作モードで動作させる。

【0096】

具体的には、コントローラ260は、入力スイッチングモジュール225を第1のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュール226を第3のスイッチング状態に切り替えてよく、これにより、電源バッテリー210の正極を制御して、フィルタリングモジュール221の入力端に接続し、電源バッテリー210の正極を制御して第1の変換モジュール222の直流入力端から開き、第1の変換モジュール222の交流端を制御してモータ230の入力端から開く。このようにして、駆動システムにおけるフィルタリングモジュール221及び第1の変換モジュール222は、ブースト回路を形成して、第1のコンデンサ223の電圧をブーストさせてよく、第1のコンデンサ223の電圧がブーストされた後に、第2の変換モジュールは、第1のコンデンサ223により入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータ230に伝達する。すなわち、駆動システムは、ブースティング変換モードで動作する。ブースティング変換モードにおける等価回路図については、図4を参照されたい。代替的に、コントローラ260は、入力スイッチングモジュール225を第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュール226を第4のスイッチング状態に切り替えてよく、これにより、フィルタリングモジュール221の入力端から開くように電源バッテリー210の正極を制御し、電源バッテリー210の正極を制御して第1の変換モジュール222の直流入力端に接続させ、第1の変換モジュール222の交流端を制御してモータ230の入力端に接続させる。このようにして、駆動システム内の第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224は、並列インバータ回路を形成してよい。この場合、第1の変換モジュール222は、第1のコンデンサ223により入力された直流を第1の交流に変換し、第1の交流をモータ230に伝達してよい。さらに、第2の変換モジュール224は、第1のコンデンサ223により入力された直流を第2の交流に変換し、第2の交流をモータ230に伝達してよい。すなわち、第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224は、第1のコンデンサ223により入力された直流を交流に別々に変換し、当該交流をモータ230に伝達してもよく、これにより、速度を上げるようにモータ230を並列で駆動させる。このようにして、駆動システムは、並列変換モードで動作し、並列変換モードにおける等価回路図が図9に示される。

【0097】

並列変換モードでは、第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224が電流をモータ230に並列に出力し得るので、駆動部220の出力電流は、単一の変換モ

10

20

30

40

50

ジュールの出力電流の２倍である。モータ２３０の出力トルクが、駆動部２２０の出力電流により決定されるので、モータ２３０の出力トルクも倍になり得る。故に、本発明の本実施形態において、モータ２３０が低速で動作する場合、コントローラ２６０は、入力スイッチングモジュール２２５及び第１の出力スイッチングモジュール２２６のスイッチング状態を変化させてよく、これにより、駆動システムを制御して、並列変換モードで動作させる。このようにして、駆動部２２０は、比較的大きいトルクを出力するようモータ２３０を駆動するために十分な電流を出力することができ、これにより、低速かつ大きなトルクに対する電気車両の要件を満たす。故に、モータ２３０は、比較的短時間で、比較的高い回転数に速度が上げられ得、これにより、電気車両の加速性能を向上させる。

【００９８】

10

さらに、コントローラ２６０を用いることにより、駆動システムは、さらに、入力スイッチングモジュール２２５を第２のスイッチング状態に切り替え、第１の出力スイッチングモジュール２２６を第３のスイッチング状態に切り替えてよく、これにより、電源バッテリー２１０の正極を制御してフィルタリングモジュール２２１の入力端から開き、電源バッテリー２１０の正極を制御して第１の変換モジュール２２２の交流端に接続させ、第１の変換モジュール２２２の交流端を制御してモータ２３０から開く。このようにして、第１の変換モジュールは動作せず、第２の変換モジュールのみが変換状態で動作することが保証され、これにより、第１のコンデンサ２２３により入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータ２３０に伝達して、速度を上げるようにモータ２３０を駆動させる。すなわち、駆動システムは、単一の変換モードで動作し、単一の変換モードの等価回路図が図

20

【００９９】

結論として、本発明の本実施形態では、入力スイッチングモジュール２２５及び第１の出力スイッチングモジュール２２６のスイッチング状態が変化されてよく、その結果、駆動システムは、ブースティング変換モードと、並列変換モードと、単一の変換モードとの間で切り替えられることができる。このようにして、駆動システムの異なる動作要件が満たされ、駆動効率が向上する。ブースティング変換モードにおいて、第１の変換モジュール２２２は、ブースティング状態で動作し、第２の変換モジュール２２４は、変換状態で動作し、モータ２３０の速度調節範囲をブースティングによって拡張させることができる。並列変換モードにおいて、第１の変換モジュール２２２は変換状態で動作し、第１の変換モジュール２２２及び第２の変換モジュール２２４は、並列インバータ回路を形成してよく、その結果、モータ２３０は、比較的大きいトルクを出力して、低速かつ大きなトルクに対する電気車両の要件を満たすように、速度を上げる。単一の変換モードにおいて、第１の変換モジュール２２２は動作せず、第２の変換モジュール２２４のみが変換状態で動作し、これにより、駆動システムのリソースを節約し、駆動システムの稼働効率を向上させる。

30

【０１００】

本発明の本実施形態では、駆動システムが動作する過程で、コントローラ２６０は、電源バッテリー２１０の電圧及びモータ２３０の回転数などの情報を含む駆動システムの収集された情報を取得し、収集された情報に従って、広範囲の解析を実行してよく、これにより、例えば、ブースティング変換モード、並列変換モード又は単一の変換モードなどの、駆動システムの現在の動作状態に一致する動作モードを選択する。後続の処理において、コントローラ２６０は、選択結果に従って、駆動システムを対応する動作モードに切り替えてよく、これにより、駆動システムの稼働効率を向上させる。収集された情報に従って、一致する動作モードを選択することについての具体的な処理については、図２０に示される方法の実施形態を参照されたい。詳細は、本発明の本実施形態において説明されない。

40

【０１０１】

例えば、駆動システムが低速かつ軽負荷動作状態で動作する場合、コントローラ２６０は、単一の変換モードを選択してよく、駆動システムが低速かつ重負荷の動作状態で動作

50

する場合、並列変換モードを選択してよく、又は、駆動システムが高速動作状態で動作する場合、ブースティング変換モードを選択してよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

【0102】

さらに、本発明の本実施形態において、駆動システムがブースティング変換モードに切り替えられたときに、駆動システムが軽負荷で動作し、かつ、単一の変換モードで現在動作している場合、単一の変換モードが、ブースティング変換モードに直接的に切り替えられてよい。駆動システムが重負荷で動作し、かつ、並列変換モードで現在動作している場合、まず、負荷低減が第1の変換モジュール222に対して実行されてよく、次に、駆動システムがブースティング変換モードに切り替えられてよい。

10

【0103】

具体的には、第1の変換モジュール222に対して負荷低減を実行する過程で、第1の変換モジュール222に送られたPWM信号のデューティサイクルが制御されてよく、その結果、第1の三相インバータユニット222の出力電流を低減すべく、第1の変換モジュール222の出力電圧を低減できる。第1の三相インバータユニット222の出力電流がゼロに近づく値に低減された場合、第1の変換モジュール222へのPWM信号の送信が停止され、次に、駆動システムがブースティング変換モードに切り替えられる。負荷低減が第1の変換モジュール222に対して実行され、これにより、第1の変換モジュール222の出力電流が低減される。これによって、入力スイッチングモジュールにおける閉じた状態のスイッチへの大電流についての衝撃であって、駆動システムがブースティング変換モードに切り替えられたときに発生する衝撃を回避することができ、これにより、駆動システムの安全性を向上させる。

20

【0104】

さらに、本発明の本実施形態における回路構造を用いることにより、電気車両のフィードバックブレーキがさらに実現されてよい。具体的には、駆動システムが、動作すべく駆動された場合、トルク基準モジュールにより入力される基準トルクは、正の値であり、駆動部220は、直流を交流に変換し、当該交流をモータ230に伝達して、回転させるようにモータ230を駆動させる。電気車両が減速又はブレーキをかけた場合、トルク基準モジュールにより入力される基準トルクは、負の値であり、駆動部220は、モータ230側のエネルギーを直流に整流し、当該直流を電源バッテリー210に送ることができる。この場合における駆動システムの電流の方向は、駆動システムが動作すべく駆動される場合の電流の方向とは反対であり、モータ230側のエネルギーが電源バッテリー210にフィードバックされてよく、これにより、電源バッテリー210を充電する。

30

【0105】

故に、電気車両が減速又はブレーキをかけた場合、駆動システムは、発電状態で動作するようにモータ230を駆動させてよい。第1の変換モジュール222のエネルギー及び第2の変換モジュール224のエネルギーは、逆に流れるように制御され、これにより、ブレーキエネルギーフィードバックを実施するように電源バッテリー210を充電する。このようにして、駆動システムのエネルギーを節約することができ、電気車両の持続的な走行可能距離を拡張することができる。

40

【0106】

図11を参照すると、入力スイッチングモジュール225は、第1のスイッチK1及び第2のスイッチK2を含んでよい。第1のスイッチK1の一端及び第2のスイッチK2の一端は、電源バッテリー210の正極に別々に接続され、第1のスイッチK1の他端は、フィルタリングモジュール221の入力端に接続され、第2のスイッチK2の他端は、第1の変換モジュール222の直流入力端に接続される。対応して、コントローラ260は、第1のスイッチK1を閉じ、第2のスイッチK2を開いてよく、これにより、入力スイッチングモジュール225を第1のスイッチング状態に切り替える。代替的に、コントローラ260は、第1のスイッチK1を開き、第2のスイッチK2を閉じてよく、これにより、入力スイッチングモジュール225を第2のスイッチング状態に切り替える。

50

【 0 1 0 7 】

第 1 のスイッチ K 1 及び第 2 のスイッチ K 2 は、サイリスタ、トランジスタ、電界効果トランジスタ、シリコン制御サイリスタ又はリレーなどの電子スイッチであってよい。コントローラ 2 6 0 は、第 1 のスイッチ K 1 及び第 2 のスイッチ K 2 の制御端に別々に接続されてよく、これにより、電流ドライブ又は電圧ドライブによって、第 1 のスイッチ K 1 及び第 2 のスイッチ K 2 の閉開を制御する。第 1 のスイッチ K 1 が電界効果トランジスタである例において、第 1 のスイッチ K 1 の制御端は、電界効果トランジスタのゲートである。コントローラ 2 6 0 は、ハイレベル又はローレベルを第 1 のスイッチ K 1 の制御端に入力してよく、これにより、第 1 のスイッチ K 1 の閉開を制御する。

【 0 1 0 8 】

さらに、図 1 1 を参照すると、第 1 の出力スイッチングモジュール 2 2 6 は、三相スイッチを含んでよい。三相スイッチの一端は、対応して、第 1 の変換モジュール 2 2 2 の三相交流出力端に別々に接続され、三相スイッチの他端は、モータ 2 3 0 の三相交流入力端に別々に接続される。コントローラ 2 6 0 の出力端は、三相スイッチの制御端に接続されてよく、三相スイッチの閉開が制御される。駆動システムは、コントローラ 2 6 0 を用いることにより、三相スイッチを開いて、第 1 の出力スイッチングモジュール 2 2 6 を第 3 のスイッチング状態に切り替えてよい。対応して、駆動システムは、コントローラ 2 6 0 を用いることにより、三相スイッチを閉じて、第 1 の出力スイッチングモジュール 2 2 6 を第 4 のスイッチング状態に切り替えてよい。

【 0 1 0 9 】

三相スイッチの形式については、第 1 のスイッチの説明を参照されたい。本発明の本実施形態において、詳細は、再び説明されない。

【 0 1 1 0 】

任意選択で、図 1 1 を参照すると、フィルタリングモジュール 2 2 1 は、N 個のブーストスイッチ K 0 をさらに含み、N 個のブーストスイッチ K 0 は、N 個のブーストインダクタ L 1 に一対一に対応している。N 個のブーストスイッチ K 0 の入力端は、対応して N 個のブーストインダクタ L 1 の出力端に別々に接続される。N 個のブーストスイッチ K 0 の出力端は、第 1 の変換モジュール 2 2 2 の交流端に接続され、コントローラ 2 6 0 の出力端は、N 個のブーストスイッチ K 0 の制御端に接続される。

【 0 1 1 1 】

N 個のブーストスイッチの形式及び制御方式については、第 1 のスイッチの説明を参照されたい。本発明の本実施形態において、詳細は、再び説明されない。

【 0 1 1 2 】

本発明の本実施形態において、ブースティング変換モードで動作する場合、駆動システムは、さらに、コントローラ 2 6 0 を用いることにより、N 個のブーストスイッチ K 0 を閉じる必要がある。さらに、駆動システムが並列変換モード又は単一の変換モードで動作する場合、駆動システムは、さらに、フィルタリングモジュール 2 2 1 を用いることにより実行される電源バッテリー 2 1 0 の負極に対する第 1 の三相インバータユニット 2 2 2 の交流端の接続によって引き起こされる第 1 の三相インバータユニット 2 2 2 の短絡を回避すべく、コントローラ 2 6 0 を用いることにより、N 個のブーストスイッチ K 0 を閉じる必要がある。

【 0 1 1 3 】

任意選択で、図 1 2 を参照すると、駆動部 2 2 0 は、第 2 の出力スイッチングモジュール 2 2 7 をさらに含んでよい。

【 0 1 1 4 】

第 2 の出力スイッチングモジュール 2 2 7 の第 1 の入力端 7 a は、第 2 の変換モジュール 2 2 4 の交流端 4 c に接続され、第 2 の出力スイッチングモジュール 2 2 7 の出力端 7 b は、モータ 2 3 0 の入力端 3 0 a に接続される。コントローラ 2 6 0 の出力端 6 0 b は、第 2 の出力スイッチングモジュール 2 2 7 の第 2 の入力端 7 c に接続される。

【 0 1 1 5 】

第2の出力スイッチングモジュール227のスイッチング状態は、第5のスイッチング状態及び第6のスイッチング状態を含む。第5のスイッチング状態は、第2の変換モジュール224の交流端がモータ230の入力端に接続されている状態であり、第6の状態は、第2の変換モジュール224の交流端が、モータ230の入力端から開いている状態である。

【0116】

駆動部220が第2の出力スイッチングモジュール227をさらに含む場合、単一の変換モードに基づいて、駆動システムは、さらに、コントローラ260を用いることにより、第2の出力スイッチングモジュール227を第5のスイッチング状態に切り替える必要がある。さらに、コントローラ260を用いることにより、駆動システムは、さらに、入力スイッチングモジュール225を第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュール226を第4のスイッチング状態に切り替え、第2の出力スイッチングモジュール227を第6のスイッチング状態に切り替えてよく、その結果、駆動システムは、単一の変換モードで動作する。この場合、電源バッテリー210の正極は、フィルタリングモジュール221の入力端から開いており、電源バッテリー210の正極は、第1の変換モジュール222の交流端に接続され、第1の変換モジュール222の交流端は、モータ230に接続され、第2の変換モジュール224の交流端は、モータ230から開いている。故に、第2の変換モジュール224は動作せず、第1の変換モジュール222のみが変換状態で動作し、これにより、第1のコンデンサ223により入力される直流を交流に変換し、当該交流をモータ230へ伝達して、速度を上げるようにモータ230を駆動させる。

【0117】

結論として、第2の出力スイッチングモジュール227が第2の変換モジュール224とモータ230との間に加えられ、その結果、コントローラ260は、第1の出力スイッチングモジュール226を第3のスイッチング状態に切り替え、第2の出力スイッチングモジュール227を第5のスイッチング状態に切り替えて、駆動システムを単一の変換モードに切り替えてもよい。代替的に、コントローラ260は、第1のスイッチングモジュール226を第4のスイッチング状態に切り替え、第2の出力スイッチングモジュール227を第6のスイッチング状態に切り替えて、駆動システムを単一の変換モードに切り替えてもよい。このようにして、駆動システムの単一の変換モードの切り替えがより柔軟になる。

【0118】

さらに、第1の変換モジュール222及び第2の変換モジュール224がモータ230を並列で駆動させる過程で、第1の変換モジュール222が故障した場合、コントローラ260は、さらに、第1の出力スイッチングモジュール226を用いることにより、第1の変換モジュール222とモータ230との間の接続を遮断させてよい、又は、第2の変換モジュール224が故障した場合、コントローラ260は、第2の出力スイッチングモジュール227を用いることにより、第2の変換モジュール224とモータ230との間の接続を遮断させ、これにより、駆動システムの冗長制御を実現し、駆動システムの安全性及び信頼性を向上させる。冗長制御によって、電気車両が移動する過程で、車両は、制御不能にならず、障害が発生した場合であってもさらに減速及び負荷低減後に安全に移動できる。

【0119】

コントローラ260は、第1の出力スイッチングモジュール226を第3のスイッチング状態に切り替えてよく、これにより、第1の変換モジュール222とモータ230との間の接続を遮断させる。対応して、コントローラ260は、第2の出力スイッチングモジュール227を第6のスイッチング状態に切り替えてよく、これにより、第2の変換モジュール224とモータ230との間の接続を遮断させる。

【0120】

図13を参照すると、第2の出力スイッチングモジュール227はまた、三相スイッチ

10

20

30

40

50

を含んでよい。三相スイッチの一端は、対応して第2の変換モジュール224の三相交流出力端に別々に接続され、三相スイッチの他端は、モータ230の三相交流入力端に別々に接続される。三相スイッチの具体的な切り替え形式及び制御方式に関して、第1の出力スイッチングモジュール226の説明を参照する。本発明の本実施形態において、詳細は、再び説明されない。

【0121】

任意選択で、図14を参照すると、駆動システムは、ソフトスタートモジュール270をさらに含んでよい。

【0122】

ソフトスタートモジュール270の第1の入力端70aは、電源バッテリー210の正極10aに接続され、ソフトスタートモジュール270の出力端70bは、駆動部220の入力端に接続され、コントローラ260の出力端60bは、ソフトスタートモジュール270の第2の入力端70cに接続される。

10

【0123】

駆動部220が入力スイッチングモジュール225を含まない場合、駆動部の入力端は、フィルタリングモジュールの入力端1aであってよい。すなわち、ソフトスタートモジュール270の出力端70bは、フィルタリングモジュール221の入力端1aに接続されてよい。駆動部220が入力スイッチングモジュール225を含む場合、駆動部220の入力端は、入力スイッチングモジュール225の第1の入力端5aであってよい。すなわち、ソフトスタートモジュール270の出力端70bは、入力スイッチングモジュール225の第1の入力端5aに接続されてよい。ソフトスタートモジュール270の出力端70bが入力スイッチングモジュール225の第1の入力端5aに接続されることは、単に、図14における一例として用いられているに過ぎない。

20

【0124】

駆動システムが起動された場合、ソフトスタートモジュール270は、電源バッテリー210を制御して、第1のコンデンサ223を徐々に充電するように構成され、これにより、電源バッテリー210の比較的大きな電圧がバスに直接的に印加された場合に、第1のコンデンサ223が損傷を受けるというリスクを回避し、システムの安全性及び信頼性を向上させる。

【0125】

30

具体的には、図11を参照すると、ソフトスタートモジュール270は、第3のスイッチK3、第4のスイッチK4及び限流抵抗R1を含む。第3のスイッチK3の入力端は、電源バッテリー210の正極に接続され、第3のスイッチK3の出力端は、駆動部220の入力端に接続される。限流抵抗R1の一端は、電源バッテリー210の正極に接続され、限流抵抗R1の他端は、第4のスイッチK4の入力端に接続され、第4のスイッチK4の出力端は、駆動部220の入力端に接続される。コントローラ260の出力端は、第3のスイッチK3の制御端及び第4のスイッチK4の制御端に別々に接続される。

【0126】

本発明の本実施形態において、駆動システムが起動された場合、コントローラ260は、第4のスイッチK4を閉じて、第3のスイッチK3を開き、その結果、電源バッテリー210は、限流抵抗R3を用いることにより、第1のコンデンサ223を徐々に充電することができる。充電が完了した場合、コントローラ260は、駆動システムが正常に動作することを保証すべく、第4のスイッチK4を開いて、第3のスイッチK3を閉じる。このようにして、駆動システムのソフトスタートが実現される。これにより、電源バッテリーの比較的高い電圧がバスに直接的に印加された場合に、第1のコンデンサ223が損傷を受けるというリスクを回避する。

40

【0127】

電源バッテリー210が、限流抵抗R3を用いることにより第1のコンデンサ223を徐々に充電する過程で、コントローラ260は、検出モジュール240を用いることにより、電源バッテリー210の電圧及び第1のコンデンサ223の電圧を取得してよい。第1の

50

コンデンサ 223 の電圧が電源バッテリー 210 の電圧に達したこと、例えば、電源バッテリー 210 の電圧の予め設定された百分率に達したこと、を検出した後に、コントローラ 260 は、第 1 のコンデンサ 223 の充電が完了したと決定する。予め設定された百分率は、80%、90%、95% などであってよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

【0128】

任意選択で、図 15 を参照すると、駆動部 220 は、第 1 の定電流インダクタ 228 及び第 2 の定電流インダクタ 229 をさらに含む。第 1 の定電流インダクタ 228 の一端は、第 1 の変換モジュール 222 の交流端に接続され、第 1 の定電流インダクタ 228 の他端は、モータ 230 の入力端に接続される。第 2 の定電流インダクタ 229 の一端は、第 2 の変換モジュール 224 の交流端に接続され、第 2 の定電流インダクタ 229 の他端は、モータ 230 の入力端に接続される。

10

【0129】

定電流インダクタが変換モジュールとモータとの間に加えられ、その結果、第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 が、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる過程で、第 1 の定電流インダクタ 228 及び第 2 の定電流インダクタ 229 は、第 1 の変換モジュール 222 と第 2 の変換モジュール 224 との間の横流を抑制できる。このようにして、各位相で第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 により出力される電流は同一である。

【0130】

20

例えば、定電流インダクタが加えられた後の並列変換モードにおける駆動システムの等価回路が図 16 に示され得る。R2 及び R3 は、それぞれ、第 1 の変換モジュール 222 と負荷 290 との間のラインインピーダンス及び第 2 の変換モジュール 224 と負荷 290 との間のラインインピーダンスであり、L2 及び L3 は、定電流インダクタであり、RL は負荷インピーダンスであり、U1 及び U2 は、それぞれ、第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 の出力電圧であり、Uo は、負荷の端部電圧である。定電流インダクタ L2 及び L3 が加えられていない場合、駆動システムが並列変換モードで動作するとき、かつ、U1 及び U2 が一致しないとき、すなわち、2 つの変換モジュールの電圧差があるとき、R2 及び R3 の値が小さいので、比較的大きな横流が、負荷を通過しないで 2 つの変換モジュールの間を流れるかもしれない。定電流インダクタ L2 及び L3 が加えられた後に、動的又は静的な調節処理における電圧差によって引き起こされる横流が効果的に抑制されてよく、その結果、第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 の出力電流は同一になる。

30

【0131】

第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 の両方が 2 段三相フルブリッジインバータ回路を用いることは、単に、本発明の本実施形態における説明のための一例として用いられているに過ぎないことに留意すべきである。しかしながら、実際の適用では、第 1 の変換モジュール 222 は、2 段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよく、又は、3 段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよく、第 2 の変換モジュール 224 は、2 段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよく、又は、3 段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。3 段三相フルブリッジインバータ回路が図 17 に示され得る。

40

【0132】

図 3 に示されるように、第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 の両方が 2 段三相フルブリッジインバータ回路を用いてよい。代替的に、図 18 に示されるように、第 1 の変換モジュール 222 が 2 段三相フルブリッジインバータ回路を用い、第 2 の変換モジュール 224 が 3 段三相フルブリッジインバータ回路を用いる。代替的に、第 1 の変換モジュール 222 が 3 段三相フルブリッジインバータ回路を用い、第 2 の変換モジュール 224 が 2 段三相フルブリッジインバータ回路を用いる。代替的に、図 19 に示されるように、第 1 の変換モジュール 222 及び第 2 の変換モジュール 224 の両方

50

が３段三相フルブリッジインバータ回路などを用いる。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

【０１３３】

結論として、本発明の本実施形態では、電気車両のモータが高い回転数で動作し、かつ、モータの端部電圧が、モータの回転数とともにブーストして電源バッテリーにより供給され得る電圧を超えたとき、駆動システムは、フィルタリングモジュール及び第１の変換モジュールを含むブースト回路を用いることにより、第１のコンデンサの電圧をブーストさせることができ、これにより、十分な電圧をモータに入力して、速度を上げるようにモータを駆動させ、電気車両の速度調節範囲を拡張する。モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

10

【０１３４】

図２０は、本発明の実施形態に係る電気車両の駆動方法のフローチャートである。方法は、前述の実施形態のいずれか１つに係る駆動システムに適用され、図２０を参照すると、方法は、以下の段階を含む。

【０１３５】

段階２００１：トルク基準モジュールは、モータの基準トルクを取得し、検出モジュールは、電源バッテリーの電圧、モータの回転数、第１のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角を取得する。

【０１３６】

20

段階２００２：コントローラは、モータの基準トルク及びモータの回転数に基づいて、モータの要求電圧を算出する。

【０１３７】

具体的には、コントローラは、まず、システムトルク方程式（１）を用いることにより、モータの基準トルクに基づいて、空間ベクトルにおけるモータのｄ軸電流及びｑ軸電流を算出してよい。

（１）

【数１】

$$T_e = \frac{3}{2} n_p [i_q \psi_f + (L_d - L_q) i_d i_q]$$

30

i_d 及び i_q は、それぞれ、モータのｄ軸電流及びｑ軸電流であり、 T_e は、モータの基準トルクであり、 n_p は、モータのポールペアの数であり、 ψ_f は、モータの永久磁石の鎖交磁束であり、 L_d 及び L_q は、それぞれ、モータのｄ軸インダクタンス値及びｑ軸インダクタンス値である。

【０１３８】

40

システムトルク方程式（１）を用いることにより、モータの基準トルクに基づいて、空間ベクトルにおけるモータのｄ軸電流及びｑ軸電流を算出する処理は、以下の方式のうちのいずれか１つを含んでよい。

【０１３９】

第１の方式：テーブル検索。

【０１４０】

すなわち、コントローラは、前述の式に従って、基準トルク、ｄ軸電流及びｑ軸電流の割当値のグループを予め算出して、基準トルク、ｄ軸電流及びｑ軸電流の割当値のグループをテーブルに格納してよい。その後、コントローラは、基準トルクに従って、テーブル検索を実行して、対応するｄ軸電流及び対応するｑ軸電流を選択してよい。

50

【 0 1 4 1 】

第2の方式：最大トルク／電流比の制御。

【 0 1 4 2 】

すなわち、電流に対する基準トルクの比が最大であるという原則に従って、固定子電流が制御され、その結果、基準トルクが要件を満たしながらも、固定子電流は最小値であり、効率性を高める。式(1)に関する原理に従って、固定子電流の最小値が算出され、d軸電流 i_d 及びq軸電流 i_q の割り当て式は、以下のとおりである。

(2)

【数2】

$$\left\{ \begin{array}{l} i_d = \frac{\psi_f}{2(L_q - L_d)} - \sqrt{\frac{(\psi_f)^2}{4(L_q - L_d)^2} + (i_q)^2} \\ i_q = \frac{T_e}{\psi_f + (L_d - L_q)i_d} \end{array} \right.$$

10

20

i_d 及び i_q は、それぞれ、モータのd軸電流及びq軸電流であり、 T_e は、モータの基準トルクであり、 n_p は、モータのポールのペアの数であり、 ψ_f は、モータの永久磁石の鎖交磁束であり、 L_d 及び L_q は、それぞれ、モータのd軸インダクタンス値及びq軸インダクタンス値である。

【 0 1 4 3 】

モータのd軸電流及びq軸電流が計算によって得られた後に、コントローラは、ベクトル制御下の電圧式(3)を用いることにより、モータのd軸電流、q軸電流及び回転数に基づいて、モータのd軸端部電圧及びq軸端部電圧を算出してよい。

30

(3)

【数3】

$$\left\{ \begin{array}{l} u_d = R_s i_d - L_q \omega_e i_q + L_d \frac{di_d}{dt} \\ u_q = R_s i_q + L_d \omega_e i_d + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_e \psi_f \end{array} \right.$$

40

R_s は、モータの固定子抵抗であり、 i_d 及び i_q は、それぞれ、モータのd軸電流及びq軸電流であり、 L_d 及び L_q は、それぞれ、モータのd軸インダクタンス値及びq軸インダクタンス値であり、 ω_e は、モータの回転数であり、 ψ_f は、モータの永久磁石の鎖交磁束であり、 u_d 及び u_q は、それぞれ、モータのd軸端部電圧及びq軸端部電圧である。

【 0 1 4 4 】

その後、コントローラは、電圧式(4)を用いることにより、モータのd軸端部電圧及

50

び q 軸端部電圧に基づいて、モータの要求電圧を算出してよい。

(4)

【数 4】

$$U_{dc}^* = \sqrt{3} \cdot \sqrt{u_d^2 + u_q^2}$$

u_d 及び u_q は、それぞれ、モータの d 軸端部電圧及び q 軸端部電圧であり、 U_{dc}^* は、モータの要求電圧である。 10

【 0 1 4 5 】

段階 2 0 0 3：要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、コントローラは、電源バッテリーの電圧及び要求電圧に基づいて、第 1 のパルス幅変調 PWM 信号を生成し、第 1 の PWM 信号を第 1 の変換モジュールに送り、これにより、第 1 の変換モジュールを用いることにより、フィルタリングモジュールを制御して、第 1 のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせる。

【 0 1 4 6 】

要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、電源バッテリーにより入力された電圧が、モータの現在の電圧要件を満たすことができない、すなわち、速度を上げ続けるようにモータを駆動させることができないことを示す。本発明の本実施形態において、速度を上げ続けるようにモータを駆動させるべく、第 1 のコンデンサの電圧が要求電圧へとブーストされる、すなわち、駆動システムの直流バス電圧が、ブーストされ、その結果、駆動システムの出力電圧がブーストされ得る。このようにして、モータの現在の電圧要件が満たされ、これにより、速度を上げ続けるようにモータを駆動させる。 20

【 0 1 4 7 】

具体的には、コントローラが、電源バッテリーの電圧及び要求電圧に基づいて、第 1 のパルス幅変調 PWM 信号を生成する処理は、

コントローラにより、電源バッテリーの電圧に対するモータの要求電圧の比を算出し、当該比を、駆動システムのブースト比と決定する段階と、ブースト比に従って、第 1 の PWM 信号のデューティサイクルを算出する段階と、デューティサイクルに従って、第 1 の PWM 信号を生成する段階とを含んでよい。 30

【 0 1 4 8 】

コントローラは、式 (5) を用いることにより、駆動システムのブースト比を算出してよい。

(5)

$$B = U_{dc}^* / U_{dc}$$

B は、駆動システムのブースト比であり、 U_{dc} は、電源バッテリーの電圧であり、 U_{dc}^* は、モータの要求電圧である。

【 0 1 4 9 】

計算によってブースト比を取得した後に、コントローラは、式 (6) を用いることにより、第 1 の PWM 信号のデューティサイクルを算出してよい。

(6)

40

【数 5】

$$D = \frac{B - 1}{B}$$

D は、第 1 の PWM 信号のデューティサイクルであり、B は、駆動システムのブースト比である。

10

【0150】

その後、コントローラは、計算によって取得された第 1 の PWM 信号のデューティサイクルに従って、第 1 の PWM 信号を生成してよい。

【0151】

段階 2004：コントローラは、モータの基準トルク、モータの回転数、第 1 のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角に基づいて、第 2 の PWM 信号を生成し、第 2 の PWM 信号を第 2 の変換モジュールに送り、これにより、第 2 の変換モジュールを制御して、第 1 のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達して、モータを加速駆動する。

20

【0152】

コントローラは、SVPWM 制御ポリシを用いることにより、モータの基準トルク、モータの回転数、第 1 のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角に基づいて、第 2 の PWM 信号を生成してよい。SVPWM 制御ポリシを用いることにより第 2 の PWM 信号を生成することについての具体的な処理については、関連する技術を参照されたい。本発明の本実施形態において、詳細は説明されない。

【0153】

本発明の本実施形態において、モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、フィルタリングモジュール及び第 1 の変換モジュールを含むブースト回路を用いることにより、第 1 のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせてよい。第 1 のコンデンサの電圧は、要求電圧へとブーストされている。故に、第 2 の変換モジュールが、第 1 のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達した場合、速度を上げ続けるようにモータを駆動させることができ、これにより、電気車両の速度調節範囲を拡張する。さらに、モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

30

【0154】

実際の適用では、モータが高速で動作する場合、通常、要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい。故に、モータが高速で動作する場合、駆動システムは、ブースティング変換モードで動作してよい。すなわち、フィルタリングモジュール及び第 1 の変換モジュールが、ブースティングのためのブースト回路及び第 2 の変換モジュールを形成する動作モードは、変換を実行する。さらに、本発明の本実施形態において、駆動システムのブースト比は、現在の基準トルク及びモータの現在の回転数に従って柔軟に調節され得る。故に、モータの回転数が高い場合、駆動システムのブースト比は増大され得、モータの回転数が低い場合、駆動システムのブースト比は低減され得る。

40

【0155】

さらに、駆動システムが、入力スイッチングモジュール及び第 1 の出力スイッチングモジュールをさらに含む場合、駆動システムは、さらに、モータの要求電圧に従って、モードスイッチングを実行してよい。

【0156】

第 1 の方式において、要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、コントローラを用いることにより、入力スイッチングモジュールを第 1 のスイッチング

50

状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第3のスイッチング状態に切り替えてよい。第1のスイッチング状態は、電源バッテリーの正極が、フィルタリングモジュールの入力端に接続されており、電源バッテリーの正極が、第1の変換モジュールの直流入力端から開いている状態である。第3のスイッチング状態は、第1の変換モジュールの交流端が、モータの入力端から開いている状態である。

【0157】

コントローラは、入力スイッチングモジュール及び第1の出力スイッチングモジュールのスイッチング状態を切り替え、これにより、駆動システムを制御して、ブースティング変換モードで動作させる。

【0158】

第2の方式において、モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、駆動システムは、コントローラを用いることにより、さらに、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替えてよい。第2のスイッチング状態は、電源バッテリーの正極が、第1の変換モジュールの直流入力端に接続されており、電源バッテリーの正極が、フィルタリングモジュールの入力端から開いている状態である。第4のスイッチング状態は、第1の変換モジュールの交流端がモータの入力端に接続されている状態である。コントローラは、モータの基準トルク、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角に基づいて、第2のPWM信号を生成し、第2のPWM信号を第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールに送る。コントローラは、第2のPWM信号を用いることにより、第1の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力された直流を第1の交流に変換し、第1の交流をモータへ出力し、第2のPWM信号を用いることにより、第2の変換モジュールを制御して、第1のコンデンサにより入力された直流を第2の交流に変換し、第2の交流をモータに出力し、その結果、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールは、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる。

【0159】

コントローラが、モータの基準トルク、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角に基づいて、第2のPWM信号を生成する処理については、第1のPWM信号を生成する処理を参照されたい。本発明の本実施形態において、詳細は、再び説明されない。

【0160】

第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールに対する変換制御を実行する過程で、コントローラは、個別制御を実行してよい、すなわち、SVPWM制御の2つの別個の要素に基づいて、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールを別々に制御してよい、又は、並列制御を実行してよい、すなわち、SVPWM制御の1つの要素に基づいて、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールの両方を制御してよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

【0161】

並列制御の間に、モータの基準トルク、モータの回転数、第1のコンデンサの電圧、モータの固定子電流及びモータのロータ回転角などの情報が収集されてよく、収集された情報に従って、かつ、SVPWM制御の同一の要素に基づいて、6つのPWM信号が別々に生成され、これにより、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールを別々に制御して、第1のコンデンサにより入力された直流を交流に変換し、当該交流をモータに出力して、動作させるべくモータを駆動させることに留意すべきである。故に、コントローラは、1つのSVPWM制御システムのみを必要とし、少数のハードウェアを必要とし、コントローラは、小さいボリュームを有する。故に、並列制御は、好ましくは、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュール上で実行される。さらに、コントローラは、並列制御の間に、同一のPWM信号を2つの変換モジュールに送る。これは、駆動システムによる電流均一化に役立つ。故に、定電流インダクタは、並列制御の間に、変換モジュールとモ

10

20

30

40

50

ータとの間に加えられる必要がない可能性があり、これは、システムの動作性能を改善する。

【 0 1 6 2 】

第3の方式において、モータの要求電圧が、電源電圧の電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、コントローラは、モータの基準トルクに基づいて、モータの要求固定子電流を算出する。モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より小さい又は当該最大出力電流に等しい場合、コントローラは、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第3のスイッチング状態に切り替える。モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より大きい場合、コントローラは、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替える。

10

【 0 1 6 3 】

第2の変換モジュールの最大出力電流は、第2の変換モジュールにより出力され得る最大の電流を示し、第2の変換モジュールの固定パラメータであり、第2の変換モジュールの構造及び性能により決定される。故に、コントローラは、第2の変換モジュールの最大出力電流を第2の変換モジュールのパラメータリストから直接検索してよい、又は、入力された第2の変換モジュールの最大出力電流を直接取得するなどしてよい。第2の変換モジュールの最大出力電流を取得する方式は、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

20

【 0 1 6 4 】

コントローラは、システムトルク方程式(1)を用いることにより、モータの基準トルクに基づいて、空間ベクトルにおけるモータのd軸電流及びq軸電流を算出してよい。具体的な計算処理については、前述の関連する説明を参照されたい。本発明の本実施形態において、詳細は、再び説明されない。

【 0 1 6 5 】

モータのd軸電流及びq軸電流が計算によって得られた後に、コントローラは、以下の式を用いることにより、モータの要求固定子電流を算出してよい。

(7)

【 数 6 】

30

$$i_s = \sqrt{i_d^2 + i_q^2}$$

i_s は、モータの要求固定子電流であり、 i_d 及び i_q は、それぞれ、モータのd軸電流及びq軸電流である。

【 0 1 6 6 】

モータの要求固定子電流が計算によって得られた後に、コントローラは、モータの要求固定子電流を第2の変換モジュールの最大出力電流と比較してよい。当然ながら、第1の変換モジュールの構造及び性能が第2の変換モジュールと同一、すなわち、最大出力電流が同一である場合、コントローラは、さらに、モータの要求固定子電流を第1の変換モジュールの最大出力電流と比較してよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。第1の変換モジュールの構造及び性能が第2の変換モジュールと同一である例が本発明の本実施形態において用いられることに留意すべきである。故に、モータの要求固定子電流は、変換モジュールのいずれかの最大出力電流と比較されてよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

40

【 0 1 6 7 】

モータの要求固定子電流が、第2の変換モジュールの最大出力電流より小さい又は当該

50

最大出力電流に等しい場合、１つの変換モジュールが十分な電流をモータに出力でき、かつ、モータが、速度を上げるための十分なトルクを出力できることを示す。この場合、コントローラは、駆動システムを単一の変換モード、すなわち、第１の変換モジュールは動作せず第２の変換モジュールのみが変換を実行するモードに切り替えてよく、これにより、駆動システムのエネルギー資源を節約し、システムの動作性能を改善する。

【０１６８】

モータの要求固定子電流が、第２の変換モジュールの最大出力電流より大きい場合、１つの変換モジュールが十分な電流をモータに出力するには不十分であり、モータが、速度を上げるための十分なトルクを出力できないことを示す。この場合、コントローラは、駆動システムを並列変換モード、すなわち、第１の変換モジュール及び第２の変換モジュールの両方が変換状態で動作するモードに切り替えてよく、これにより、三相電流をモータに別々に入力し、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる。並列変換モードで駆動部によりモータに入力される電流は、単一の変換モードで駆動部によりモータに入力される電流の２倍である。故に、モータの出力トルクは倍になり得る。このようにして、駆動システムが低速かつ重負荷の動作状態で動作する場合、低速かつ大きなトルクに対する駆動システムの要件が満たされ得、その結果、電気車両は、短時間で比較的高い回転数に速度が上げられて、電気車両の１００キロメートルの加速時間を減らし、システムの動作性能を改善することができる。

【０１６９】

入力スイッチングモジュールが第１のスイッチ及び第２のスイッチを含む場合、コントローラが入力スイッチングモジュールを第１のスイッチング状態に切り替えることは、コントローラにより、第１のスイッチを閉じ、第２のスイッチを開くことを含み、これにより、入力スイッチングモジュールを第１のスイッチング状態に切り替える。対応して、コントローラが入力スイッチングモジュールを第２のスイッチング状態に切り替えることは、コントローラにより、第１のスイッチを開き、第２のスイッチを閉じることを含み、これにより、入力スイッチングモジュールを第２のスイッチング状態に切り替える。

【０１７０】

さらに、駆動システムが第２の出力スイッチングモジュールをさらに含むときに、モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より大きい場合、コントローラは、第２の出力スイッチングモジュールを第５のスイッチング状態に切り替える。第５のスイッチング状態は、第２の変換モジュールの交流端がモータの入力端に接続されている状態である。第１の変換モジュール及び第２の変換モジュールが、速度を上げるようにモータを並列で駆動させる過程で、第１の変換モジュールが故障している場合、コントローラは、第１の出力スイッチングモジュールを第３のスイッチング状態に切り替え、第２の変換モジュールが故障している場合、コントローラは、第２の出力スイッチングモジュールを第６のスイッチング状態に切り替える。第６のスイッチング状態は、第２の変換モジュールの交流端がモータの入力端から開いている状態である。

【０１７１】

駆動システムが並列変換モードで動作するとき、変換モジュールのいずれかが故障した場合、故障している１つの変換モジュールが取り外され、他の変換モジュールが負荷低減後に動作し続けることができる。故に、駆動システムの冗長制御を実現でき、駆動システムの安全性及び信頼性が向上する。冗長制御によって、電気車両が移動する過程で、車両は、制御不能にならず、障害が発生した場合であってもさらに減速及び負荷低減後に安全に移動できる。

【０１７２】

さらに、駆動部が第２の出力スイッチングモジュールをさらに含む場合、単一の変換モードに基づいて、駆動システムは、さらに、コントローラを用いることにより、第２の出力スイッチングモジュールを第５のスイッチング状態に切り替える必要がある。さらに、モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、コントローラを用いることにより、さらに、入力スイッチングモジュールを第２のスイッチング状態に

切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替え、第2の出力スイッチングモジュールを第6のスイッチング状態に切り替えてよく、その結果、駆動システムは単一の変換モードで動作する。この場合、電源バッテリーの正極は、フィルタリングモジュールの入力端から開いており、電源バッテリーの正極は、第1の変換モジュールの交流端に接続されており、第1の変換モジュールの交流端は、モータに接続されており、第2の変換モジュールの交流端は、モータから開いている。故に、第2の変換モジュールは動作せず、第1の変換モジュールのみが変換状態で動作する。

【0173】

第2の入力スイッチングモジュールは、第2の変換モジュールとモータとの間に加えられ、その結果、駆動システムの単一の変換モードの切り替えがより柔軟になり得る。

10

【0174】

さらに、フィルタリングモジュールがN個のブーストスイッチを含む場合、モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、コントローラが、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替えることは、モータの要求電圧が、電源バッテリーの電圧より小さい又は当該電圧に等しい場合、コントローラにより、入力スイッチングモジュールを第2のスイッチング状態に切り替え、第1の出力スイッチングモジュールを第4のスイッチング状態に切り替え、N個のブーストスイッチを開くことをさらに含む。

【0175】

20

N個のブーストスイッチは開いており、これにより、フィルタリングモジュールを用いることにより実行される電源バッテリーの負極への第1の三相インバータユニットの交流端の接続によって引き起こされる第1の三相インバータユニットの短絡を回避する。

【0176】

任意選択で、駆動システムがソフトスタートモジュールをさらに含む場合、駆動部が起動されたときに、駆動システムは、さらに、コントローラを用いることによりソフトスタートモジュールを起動してよく、これにより、電源バッテリーを制御して、第1のコンデンサを徐々に充電する。

【0177】

さらに、ソフトスタートモジュールが第3のスイッチ、第4のスイッチ及び限流抵抗を含む場合、駆動部が起動されたときに、ソフトスタートモジュールが、コントローラを用いることにより起動され、これにより、電源バッテリーを制御して、第1のコンデンサを徐々に充電することは、駆動部が起動されたときに、コントローラにより、第4のスイッチを閉じ、電源バッテリーにより、限流抵抗を用いることにより第1のコンデンサを充電すること、及び、第1のコンデンサの電圧が予め設定された電圧より大きい場合、コントローラにより、第4のスイッチを開き、第3のスイッチを閉じることを含む。

30

【0178】

予め設定された電圧は、電源バッテリーの電圧に近づき、電源バッテリーの電圧に対する百分率で表されてよい。その百分率は、80%、90%、95%などであってよい。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

40

【0179】

本発明の本実施形態における方法によれば、電源バッテリーの比較的大きな電圧がバスに直接的に印加された場合に、第1のコンデンサが損傷を受けるというリスクが回避され、システムの安全性及び信頼性を向上させる。

【0180】

さらに、駆動システムは、本発明の本実施形態における回路構造及び制御ロジックを用いることにより、電気車両のフィードバックブレーキをさらに実現してよい。電気車両が減速又はブレーキをかけた場合、駆動システムは、さらに、発電状態で動作するようにモータを駆動させてよい。第1の変換モジュールのエネルギー及び第2の変換モジュールのエネルギーは、逆に流れるように制御され、これにより、ブレーキエネルギーフィードバ

50

ックを実施するように電源バッテリーを充電する。このようにして、駆動システムのエネルギーを節約することができ、電気車両の持続的な走行可能距離を拡張することができる。

【0181】

第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールの両方が2段三相フルブリッジインバータ回路を用いることは、単に、本発明の本実施形態における説明のための一例として用いられているに過ぎないことに留意すべきである。しかしながら、実際の適用では、第1の変換モジュール又は第2の変換モジュールは、3段三相フルブリッジインバータ回路を用いてもよい。例えば、第1の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路を用い、第2の変換モジュールは、3段三相フルブリッジインバータ回路を用いる。代替的に、第1の変換モジュールは、3段三相フルブリッジインバータ回路を用い、第2の変換モジュールは、2段三相フルブリッジインバータ回路を用いる。代替的に、第1の変換モジュール及び第2の変換モジュールの両方が、3段三相フルブリッジインバータ回路などを用いる。これは、本発明の本実施形態において限定されるものではない。

10

【0182】

第1の変換モジュール又は第2の変換モジュールが3段三相フルブリッジインバータ回路を用いるか否かにかかわらず、駆動システムの制御プロシージャは、前述の実施形態の制御プロシージャと同一である。相違点は変換処理にあり、3段三相フルブリッジインバータ回路を用いて、PWM信号が変換モジュールに送られる場合、3段階制御ポリシがPWM信号を生成することに用いられる必要がある。

【0183】

20

結論として、本発明の本実施形態において提供される駆動方式では、モータの要求電圧が電源バッテリーの電圧より大きい場合、駆動システムは、フィルタリングモジュール及び第1の変換モジュールを含むブースト回路を用いることにより、第1のコンデンサの電圧を要求電圧へとブーストさせてよい。第1のコンデンサの電圧は、要求電圧へとブーストされている。故に、第2の変換モジュールが、第1のコンデンサにより入力される直流を交流に変換し、当該交流をモータに伝達する場合、速度を上げ続けるようにモータを駆動させることができ、これにより、電気車両の速度調節範囲を拡張する。さらに、モータは、弱め界磁制御が無くても、ブースティングによって速度が上げられるので、システムの出力が増大し、駆動効率が向上する。

【0184】

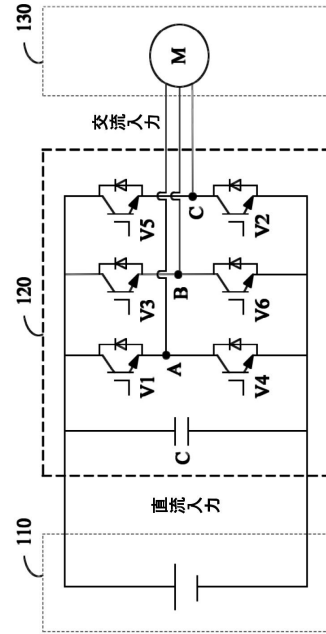
30

当業者によれば、実施形態の段階の全て又は一部が、ハードウェア又は関連するハードウェアに指示するプログラムにより実現され得ることを理解し得る。プログラムは、コンピュータ可読記憶媒体に格納されてよい。記憶媒体は、リードオンリメモリ、磁気ディスク又は光ディスクを含んでよい。

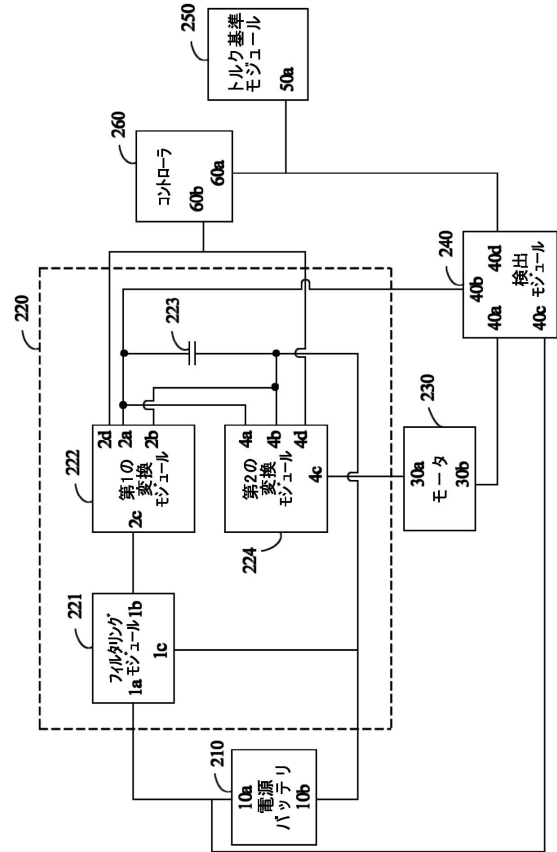
【0185】

前述の説明は、単に、本願の実施形態に過ぎないが、本願を限定することを意図するものではない。本願の主旨及び原理から逸脱することなく行われる変更、均等な置換又は改良が本願の保護範囲に含まれるべきである。

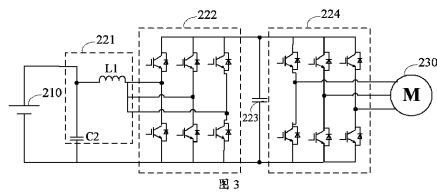
【図 1】



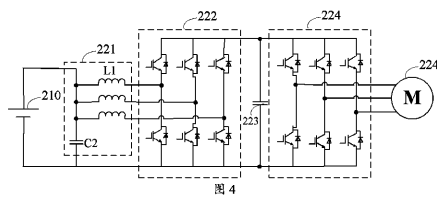
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

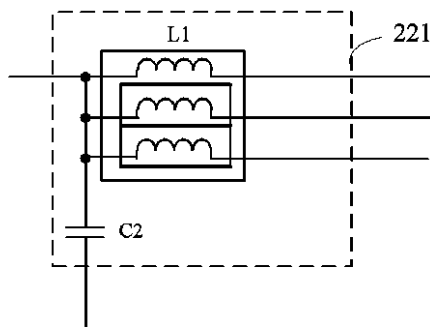


図 5

【図 6】

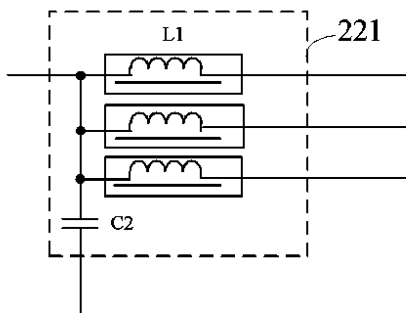
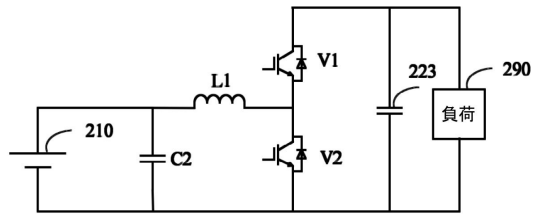
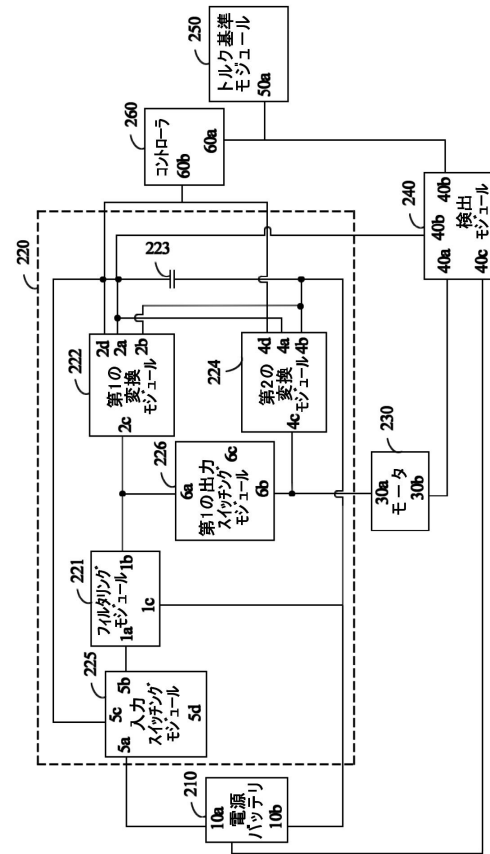


図 6

【図 7】



【図 8】



【図 9】

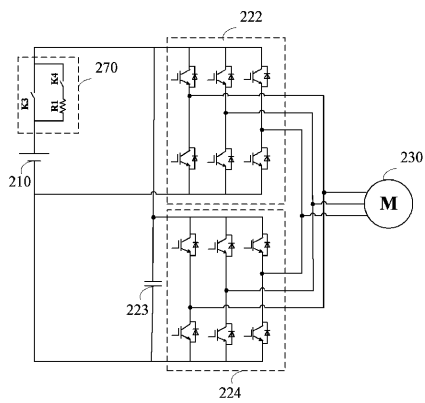


图 9

【図 11】

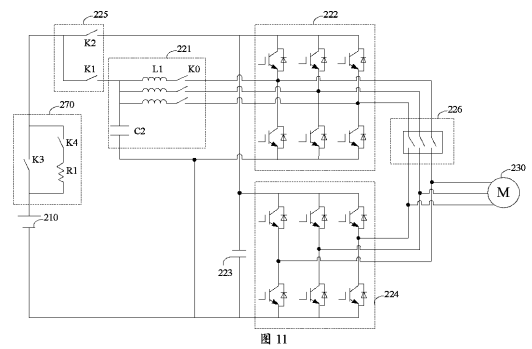


图 11

【図 10】

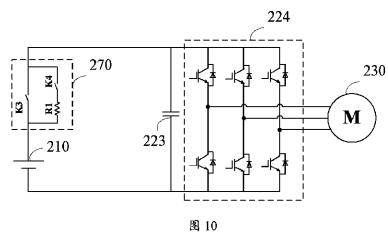
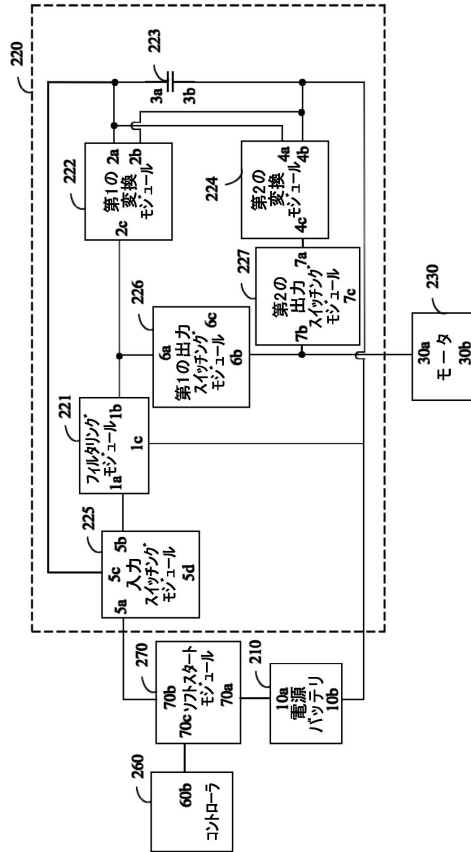
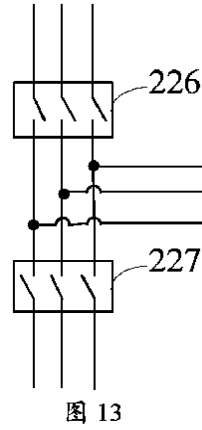


图 10

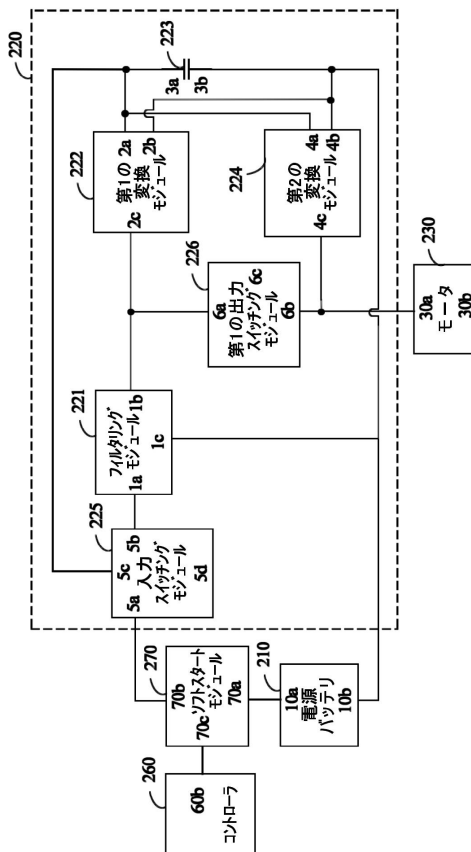
【 図 1 2 】



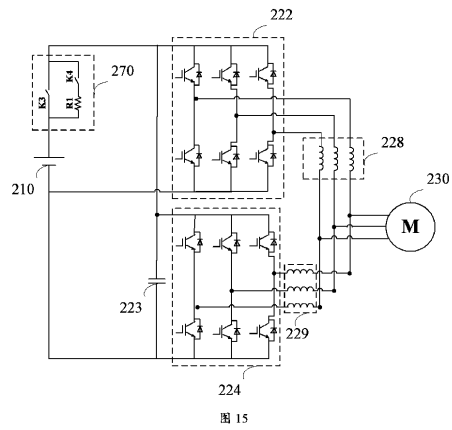
【 図 1 3 】



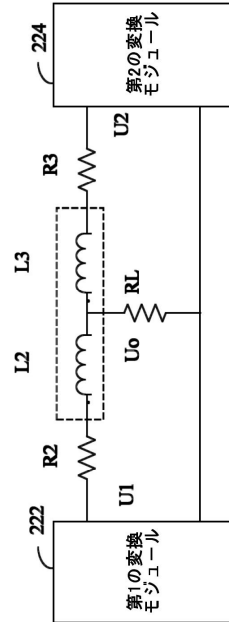
【 図 1 4 】



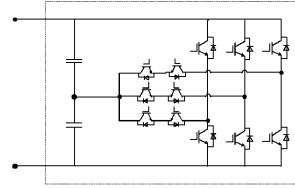
【 図 1 5 】



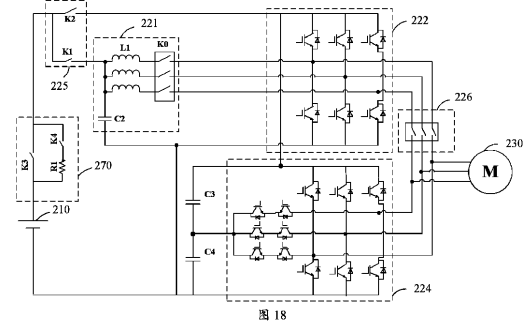
【 図 1 6 】



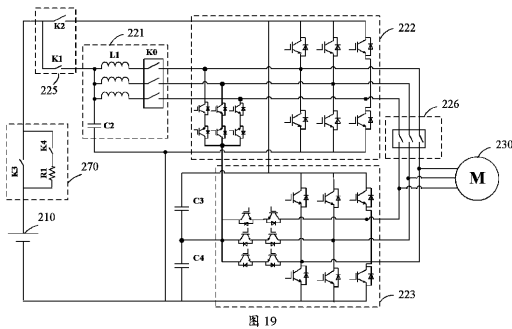
【 図 1 7 】



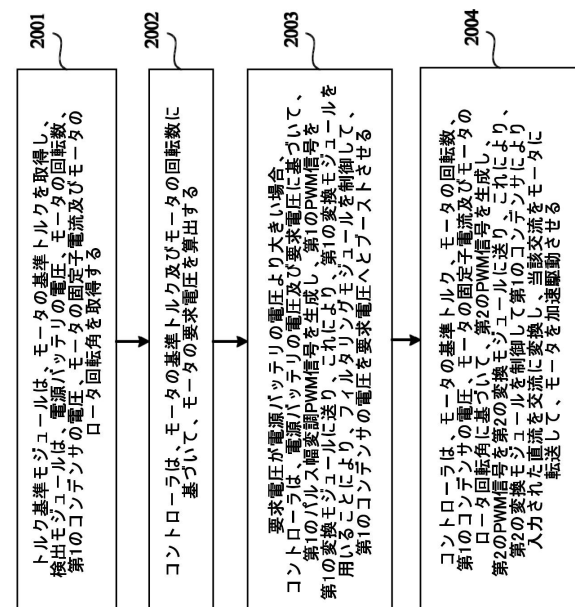
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 イー、ジエ

中華人民共和国・518129・グアンドン・シェンツェン・ロンガン・ディストリクト・パンティアン・(番地なし)・ホアウェイ・アドミニストレーション・ビルディング ホアウェイ・テクノロジー・カンパニー・リミテッド内

(72)発明者 タン、ジエ

中華人民共和国・518129・グアンドン・シェンツェン・ロンガン・ディストリクト・パンティアン・(番地なし)・ホアウェイ・アドミニストレーション・ビルディング ホアウェイ・テクノロジー・カンパニー・リミテッド内

審査官 今井 貞雄

(56)参考文献 特開2007-330022(JP,A)

特開2003-235105(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 9/18

B60L 15/20