

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5244876号
(P5244876)

(45) 発行日 平成25年7月24日 (2013. 7. 24)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.		F I		
H02M	7/48	(2007.01)	H02M	7/48 ZHVZ
B60L	9/18	(2006.01)	B60L	9/18 P
B60L	11/14	(2006.01)	B60L	11/14

請求項の数 12 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2010-204567 (P2010-204567)	(73) 特許権者	509186579
(22) 出願日	平成22年9月13日 (2010. 9. 13)		日立オートモティブシステムズ株式会社
(62) 分割の表示	特願2008-195339 (P2008-195339) の分割	(74) 代理人	100084412 弁理士 永井 冬紀
原出願日	平成20年7月29日 (2008. 7. 29)	(72) 発明者	中津 欣也
(65) 公開番号	特開2011-19395 (P2011-19395A)		茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所 日立研究所内
(43) 公開日	平成23年1月27日 (2011. 1. 27)	(72) 発明者	鈴木 英世
審査請求日	平成22年9月13日 (2010. 9. 13)		茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシ ステムグループ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置および電動車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1モータに出力する複数の交流相の相毎に正極側半導体スイッチユニットおよび負極側半導体スイッチユニットを有する第1パワーモジュールと、

第2モータに出力する複数の交流相の相毎に正極側半導体スイッチユニットおよび負極側半導体スイッチユニットを有する第2パワーモジュールと、

前記第1および第2パワーモジュールを冷却する冷却ジャケットと、

複数のコンデンサと、

前記複数のコンデンサと接続される第1配線板と、

正極導体板および負極導体板が絶縁層を介して積層され、かつ、前記第1パワーモジュールと前記第2パワーモジュールとの間の空間の上部を跨るように形成され、前記第1パワーモジュールおよび前記第2パワーモジュールと接続される第2配線板と、

前記第1配線板と前記第2配線板とを接続する第1コンデンサ端子と、

前記第1配線板と前記第2配線板とを接続する第2コンデンサ端子と、を備え、

前記第1パワーモジュールおよび第2パワーモジュールは、前記冷却ジャケットの一方の面側に配置され、

前記複数のコンデンサおよび前記第1配線板は、前記冷却ジャケットを挟んで、前記第1パワーモジュール及び前記第2パワーモジュールと対向する位置に配置され、

前記第1コンデンサ端子は、前記冷却ジャケットの側部であって、前記第2パワーモジュールよりも前記第1パワーモジュールに近い位置に配置され、

10

20

前記第2コンデンサ端子は、前記冷却ジャケットの側部であって、前記第1パワーモジュールよりも前記第2パワーモジュールに近い位置に配置される電力変換装置。

【請求項2】

請求項1に記載の電力変換装置において、

前記第1コンデンサ端子および前記第2コンデンサ端子は、前記第1配線板の一部を成すとともに、該第1配線板から前記冷却ジャケットの側面側に延在するように前記第2配線板に向かって延びる電力変換装置。

【請求項3】

請求項1に記載の電力変換装置において、

前記第2配線板は、前記第1パワーモジュールと前記第2パワーモジュールとの間の空間を通過かつ当該第2配線板を横切る平面に対して対称に形成される電力変換装置。

10

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一項に記載の電力変換装置において、

前記冷却ジャケットは、冷却水を流すための流路を形成し、

前記冷却ジャケットの前記流路は、冷却水が流入口から前記平面に垂直な方向へと流れるように形成された第1流路と、冷却水が前記第1流路と逆向きに流出口へと流れるように形成された第2流路とを有するU字形状の往復流路を有し、

前記第1パワーモジュールは、前記正極側半導体スイッチユニットおよび前記負極側半導体スイッチユニットを搭載する第1放熱ベースを備え、

前記第2パワーモジュールは、前記正極側半導体スイッチユニットおよび前記負極側半導体スイッチユニットを搭載する第2放熱ベースを備え、

前記第1放熱ベース及び前記第2放熱ベースは、前記第1流路と第2の流路とを跨るように前記冷却ジャケットに固定される電力変換装置。

20

【請求項5】

請求項4に記載の電力変換装置において、

前記第1パワーモジュールの前記正極側半導体スイッチユニットは、前記第1放熱ベースを介して前記第1流路に対向して配置され、

前記第1パワーモジュールの前記負極側半導体スイッチユニットは、前記第1放熱ベースを介して前記第2流路に対向して配置され、

前記第2パワーモジュールの前記正極側半導体スイッチユニットは、前記第2放熱ベースを介して前記第1流路に対向して配置され、

前記第2パワーモジュールの前記負極側半導体スイッチユニットは、前記第2放熱ベースを介して前記第2流路に対向して配置される電力変換装置。

30

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか一項に記載の電力変換装置において、

前記第1コンデンサ端子および前記第2コンデンサ端子は、前記第1および第2パワーモジュールの並列配置の方向と直交するモジュール側面方向の一方側に配置され、

前記第1および第2パワーモジュールの出力端子は、該第1および第2パワーモジュールの並列配置の方向と直交するモジュール側面方向の他方側に配置される電力変換装置。

【請求項7】

請求項1に記載の電力変換装置において、

前記第1パワーモジュール又は前記第2パワーモジュールを駆動する駆動回路基板を備え、

前記駆動回路基板は、前記第2配線板を挟んで前記第1パワーモジュール及び前記第2パワーモジュールと対向するように配置され、

前記第2配線板の前記負極導体板は、前記駆動回路基板側に配置され、

前記第2配線板の前記正極導体板は、前記前記第1パワーモジュール及び前記第2パワーモジュール側に配置される電力変換装置。

40

【請求項8】

請求項7に記載の電力変換装置において、

50

3相出力型インバータ回路を内蔵する第3のパワーモジュールをさらに備え、
前記第3のパワーモジュールの放熱ベースを前記冷却ジャケットの前記他方の面に固定したことを特徴とする電力変換装置。

【請求項9】

請求項8に記載の電力変換装置において、

前記複数のコンデンサに蓄積された電荷を放電するための放電回路を前記第3のパワーモジュールに内蔵し、

前記放電回路を、前記第3のパワーモジュールの正極部と負極部との間に接続したことを特徴とする電力変換装置。

【請求項10】

請求項9に記載の電力変換装置において、

前記放電回路は放電抵抗および該放電抵抗に直列接続された放電用スイッチを備え、

前記放電用スイッチは前記第3のパワーモジュールの放熱ベースに実装し、

前記放電抵抗は前記冷却ジャケット底面に固定したことを特徴とする電力変換装置。

【請求項11】

請求項8乃至10のいずれか一項に記載の電力変換装置において、

電力変換装置の直流電力入力端子と前記第1配線板との間に設けられた各直流電力入力ラインと、電力変換装置に設けた接地端子とを接続する一対のコンデンサを備え、

前記各直流電力ライン上に、前記直流電力入力端子側から順に、前記第3のパワーモジュールの入力ラインの接続点と前記一対のコンデンサの各接続点とを設けたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項12】

請求項1乃至11のいずれか一項に記載の電力変換装置と、

前記第1パワーモジュールにより駆動される第1のモータジェネレータと、

前記第2パワーモジュールにより駆動される第2のモータジェネレータとを備えたことを特徴とする電動車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インバータ回路を内蔵するパワーモジュールを備えた電力変換装置、および、その電力変換装置を備えた電動車両に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の電力変換装置において、2つのパワーモジュールを備え、それらの上部にコンデンサモジュールおよびパワーモジュールの制御基板を積層配置する構造が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】特開2008-29117号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電力変換装置では、コンデンサモジュールから各パワーモジュールまでのインピーダンスを小さくすることが望まれる。しかし、2つのパワーモジュールを備えた場合、配線が複雑化したり、コンデンサモジュールから各パワーモジュールまでの配線のインピーダンスが異なったりするということが生じやすい。その結果、スイッチング用半導体素子の損失や耐圧がパワーモジュール間で異なるおそれがあった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、第1モータに出力する複数の交流相の相毎に正極側半導体スイッチユニットおよび負極側半導体スイッチユニットを有する第1パワーモジュールと、第2モータに

10

20

30

40

50

出力する複数の交流相の相毎に正極側半導体スイッチユニットおよび負極側半導体スイッチユニットを有する第2パワーモジュールと、第1および第2パワーモジュールを冷却する冷却ジャケットと、複数のコンデンサと、複数のコンデンサと接続される第1配線板と、正極導体板および負極導体板が絶縁層を介して積層され、かつ、第1パワーモジュールと第2パワーモジュールとの間の空間の上部を跨るように形成され、第1パワーモジュールおよび第2パワーモジュールと接続される第2配線板と、第1配線板と第2配線板とを接続する第1コンデンサ端子と、第1配線板と第2配線板とを接続する第2コンデンサ端子と、を備え、第1パワーモジュールおよび第2パワーモジュールは、冷却ジャケットの一方の面側に配置され、複数のコンデンサおよび第1配線板は、冷却ジャケットを挟んで、第1パワーモジュール及び第2パワーモジュールと対向する位置に配置され、第1コンデンサ端子は、冷却ジャケットの側部であって、第2パワーモジュールよりも第1パワーモジュールに近い位置に配置され、第2コンデンサ端子は、冷却ジャケットの側部であって、第1パワーモジュールよりも第2パワーモジュールに近い位置に配置される。

10

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、2つのパワーモジュールと複数のコンデンサとの間において、インピーダンス特性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】ハイブリッド自動車の制御ブロックを示す図である。

20

【図2】電力変換装置200の回路構成を説明する図である。

【図3】本発明の実施形態に係る電力変換装置の外観斜視図である。

【図4】本発明の実施形態に係る電力変換装置の全体構成を各構成要素に分解した斜視図である。

【図5】冷却水流路を有する筐体のアルミ鋳造品に冷却水入口配管と出口配管を取付けた図であり、(a)は筐体の斜視図、(b)は筐体の上面図、(c)は筐体の下面図である。

【図6】筐体の下面図の詳細図である。

【図7】(a)は本実施形態に関するパワーモジュールの上方斜視図であり、(b)はパワーモジュールの上面図である。

30

【図8】電圧位相補正導出部10の構成を示す図である。

【図9】(a)はパワーモジュールの断面図、(b)は(a)の破線で囲んだ部分の拡大図である。

【図10】(a)は上下アーム直列回路を説明する図であり、(b)はパワーモジュールの電流経路を説明する図である。

【図11】コンデンサモジュールの外観構成を示す斜視図である。

【図12】コンデンサモジュールのモールド内部の一部を示す図である。

【図13】(a)は、本実施形態に係る電力変換装置200において、コンデンサモジュール、直流側導体板、および2つのパワーモジュール300のみを抜き出した斜視図であり、(b)は、直流側導体板の分解斜視図である。

40

【図14】(a)はパワーモジュールと直流側導体板の接続箇所の拡大図、(b)は積層導体板700の接続箇所の拡大図である。

【図15】電力変換装置200の外観を模式的に示す図である。

【図16】図15のE-E断面図である。

【図17】図16のF-F断面図である。

【図18】変形例を示す図である。

【図19】筐体12内にインバータ装置140, 142を配置した場合の変形例を示す図である。

【図20】2つの積層導体板710を用いた場合の変形例を示す図である。

【図21】図20のF-F断面図である。

50

【図 2 2】放電回路 5 5 0 を設けた場合の変形例を示す図である。

【図 2 3】ノイズフィルタ 2 0 4 の接続点と漏れ電流ルートの分離との関係を説明する図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態に係る電力変換装置について、図面を参照しながら以下詳細に説明する。本発明の実施形態に係る電力変換装置は、ハイブリッド用の自動車や純粋な電気自動車に適用可能である。ここでは、代表例として、本発明の実施形態に係る電力変換装置をハイブリッド自動車に適用した場合の、制御構成と電力変換装置の回路構成について、図 1 と図 2 を用いて説明する。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の実施形態に係る電力変換装置では、自動車に搭載される車載電機システムの車載用電力変換装置、特に、車両駆動用電機システムに用いられ、搭載環境や動作環境などが大変厳しい車両駆動用インバータ装置を例に挙げて説明する。車両駆動用インバータ装置は、車両駆動用電動機の駆動を制御する制御装置として車両駆動用電機システムに備えられ、車載電源を構成する車載バッテリー或いは車載発電装置から供給された直流電力を所定の交流電力に変換し、得られた交流電力を車両駆動用電動機に供給して車両駆動用電動機の駆動を制御する。また、車両駆動用電動機は発電機としての機能も有しているので、車両駆動用インバータ装置は、運転モードに応じて車両駆動用電動機の発生する交流電力を直流電力に変換する機能も有している。変換された直流電力は車載バッテリーに供給される。

20

【 0 0 1 0 】

なお、本実施形態の構成は、自動車やトラックなどの車両駆動用電力変換装置として最適であるが、これら以外の電力変換装置に対しても適用可能である。例えば、電車や船舶、航空機などの電力変換装置や、工場の設備を駆動する電動機の制御装置として用いられる産業用電力変換装置、あるいは、家庭の太陽光発電システムや家庭の電化製品を駆動する電動機の制御装置に用いられりする、家庭用電力変換装置に対しても適用可能である。

【 0 0 1 1 】

図 1 はハイブリッド自動車の制御ブロックを示す図である。図 1 において、ハイブリッド電気自動車（以下、「HEV」と記述する）1 1 0 は 1 つの電動車両であり、2 つの車両駆動用システムを備えている。その 1 つは、内燃機関であるエンジン 1 2 0 を動力源としたエンジンシステムである。エンジンシステムは、主として HEV 1 1 0 の駆動源として用いられる。もう 1 つは、モータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 を動力源とした車載電機システムである。車載電機システムは、主として HEV 1 1 0 の駆動源および HEV 1 1 0 の電力発生源として用いられる。モータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 は例えば同期機あるいは誘導機であり、運転方法によりモータとしても発電機としても動作するので、ここではモータジェネレータと記すこととする。

30

【 0 0 1 2 】

車体のフロント部には前輪車軸 1 1 4 が回転可能に軸支されている。前輪車軸 1 1 4 の両端には 1 対の前輪 1 1 2 が設けられている。車体のリア部には後輪車軸（図示省略）が回転可能に軸支されている。後輪車軸の両端には 1 対の後輪が設けられている。本実施形態の HEV では、動力によって駆動される主輪を前輪 1 1 2 とし、連れ回される従輪を後輪とする、いわゆる前輪駆動方式を採用しているが、この逆、すなわち後輪駆動方式を採用しても構わない。

40

【 0 0 1 3 】

前輪車軸 1 1 4 の中央部には、前輪側デファレンシャルギア（以下、「前輪側 DEF」と記述する）1 1 6 が設けられている。前輪車軸 1 1 4 は、前輪側 DEF 1 1 6 の出力側に機械的に接続されている。前輪側 DEF 1 1 6 の入力側には、変速機 1 1 8 の出力軸が機械的に接続されている。前輪側 DEF 1 1 6 は、変速機 1 1 8 によって変速されて伝達

50

された回転駆動力を左右の前輪車軸 1 1 4 に分配する差動式動力分配機構である。変速機 1 1 8 の入力側には、モータジェネレータ 1 9 2 の出力側が機械的に接続されている。モータジェネレータ 1 9 2 の入力側には、動力分配機構 1 2 2 を介してエンジン 1 2 0 の出力側およびモータジェネレータ 1 9 4 の出力側が機械的に接続されている。なお、モータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 および動力分配機構 1 2 2 は、変速機 1 1 8 の筐体の内部に収納されている。

【 0 0 1 4 】

モータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 は回転子に永久磁石を備えた同期機であり、固定子の電機子巻線に供給される交流電力がインバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 によって制御されることにより、モータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 の駆動が制御される。インバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 にはバッテリー 1 3 6 が接続されており、バッテリー 1 3 6 とインバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 との間において電力の授受が可能である。

10

【 0 0 1 5 】

本実施形態では、HEV 1 1 0 は、モータジェネレータ 1 9 2 およびインバータ装置 1 4 0 からなる第 1 電動発電ユニットと、モータジェネレータ 1 9 4 およびインバータ装置 1 4 2 からなる第 2 電動発電ユニットとの 2 つを備え、運転状態に応じてそれらを使い分けている。すなわち、エンジン 1 2 0 からの動力によって車両を駆動している状況において、車両の駆動トルクをアシストする場合には、第 2 電動発電ユニットを発電ユニットとしてエンジン 1 2 0 の動力によって作動させて発電させ、その発電によって得られた電力によって第 1 電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させる。また、同様の状況において車両の車速をアシストする場合には、第 1 電動発電ユニットを発電ユニットとしてエンジン 1 2 0 の動力によって作動させて発電させ、その発電によって得られた電力によって第 2 電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させる。

20

【 0 0 1 6 】

また、本実施形態では、バッテリー 1 3 6 の電力によって第 1 電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させることにより、モータジェネレータ 1 9 2 の動力のみによって車両の駆動ができる。さらに、本実施形態では、第 1 電動発電ユニットまたは第 2 電動発電ユニットを、発電ユニットとしてエンジン 1 2 0 の動力あるいは車輪からの動力によって作動させて発電させることにより、バッテリー 1 3 6 の充電ができる。

【 0 0 1 7 】

バッテリー 1 3 6 は、さらに補機用のモータ 1 9 5 を駆動するための電源としても使用される。補機としては、たとえばエアコンディショナーのコンプレッサを駆動するモータ、あるいは制御用の油圧ポンプを駆動するモータがあり、バッテリー 1 3 6 からインバータ装置 4 3 に供給された直流電力はインバータ装置 4 3 で交流の電力に変換され、モータ 1 9 5 に供給される。インバータ装置 4 3 はインバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 と同様の機能を持ち、モータ 1 9 5 に供給する交流の位相や周波数、電力を制御する。たとえば、モータ 1 9 5 の回転子の回転に対し進み位相の交流電力を供給することにより、モータ 1 9 5 はトルクを発生する。一方、遅れ位相の交流電力を発生することで、モータ 1 9 5 は発電機として作用し、モータ 1 9 5 は回生制動状態の運転となる。このようなインバータ装置 4 3 の制御機能は、インバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 の制御機能と同様である。モータ 1 9 5 の容量がモータジェネレータ 1 9 2 , 1 9 4 の容量より小さいので、インバータ装置 4 3 の最大変換電力はインバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 より小さいが、インバータ装置 4 3 の回路構成は基本的にインバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 の回路構成と同じである。

30

40

【 0 0 1 8 】

インバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 および 4 3 とコンデンサモジュール 5 0 0 とは、電氣的に密接な関係にある。さらに発熱に対する対策が必要な点が共通している。また装置の体積をできるだけ小さく作ることが望まれている。これらの点から以下で詳述する電力変換装置 2 0 0 は、インバータ装置 1 4 0 , 1 4 2 および 4 3 とコンデンサモジュール 5 0 0 とを電力変換装置 2 0 0 の筐体内に内蔵している。この構成により、小型で信頼性の高い装置が実現できる。

50

【0019】

また、インバータ装置140、142および43とコンデンサモジュール500とを一つの筐体に内蔵することで、配線の簡素化やノイズ対策において効果がある。また、コンデンサモジュール500とインバータ装置140、142および43との接続回路のインダクタンスを低減でき、スパイク電圧を低減できると共に、発熱の低減や放熱効率の向上を図ることができる。

【0020】

次に、図2を用いて電力変換装置200の回路構成について説明する。図1に示したように、電力変換装置200は、インバータ装置140、142と、補記用のインバータ装置43と、コンデンサモジュール500とを備えている。各インバータ装置140、142、43は同様の構成および機能を有している。

10

【0021】

インバータ装置140にはインバータ回路144と直流端子313とを備えたパワーモジュール300が、インバータ装置142にはインバータ回路145と直流端子313とを備えたパワーモジュール300が、インバータ装置43にはインバータ回路146を備えたパワーモジュールがそれぞれ設けられている。後述するように、各パワーモジュールは、インバータ回路とそれに付随する配線や放熱ベース等を備えている。

【0022】

各インバータ回路144、145、146は、制御部170に設けられたドライバ回路174A、174Bおよび174Cによって駆動制御される。図2では、ドライバ回路174Aとドライバ回路174Bとを合わせてドライバ回路174と表示している。各ドライバ回路174A～174Cは制御回路172により制御される。制御回路172、スイッチング用パワー半導体素子のスイッチングタイミングを制御するためのスイッチング信号を生成する。

20

【0023】

インバータ回路144は3相ブリッジ回路により構成されており、U相（符号U1で示す）、V相（符号V1で示す）、W相（符号W1で示す）のそれぞれに対して、正極側に接続される正極側半導体スイッチ部と、負極側に接続される負極側半導体スイッチ部とを備えている。正極側半導体スイッチ部と負極側半導体スイッチ部とで上下アーム直列回路構成される。正極側半導体スイッチ部は、スイッチング用パワー半導体素子である上アーム用IGBT328（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）とダイオード156とを備えている。負極側半導体スイッチ部は、下アーム用IGBT330とダイオード166とを備えている。

30

【0024】

各上下アーム直列回路は、直流端子313の直流正極端子314と直流負極端子316との間に、電氣的に並列接続されている。直流正極端子314および直流負極端子316は、2つのパワーモジュール300の並列配置の方向（図示上下方向）に幅広の導電性板材で構成されている。直流端子313は、直流正極端子314および直流負極端子316の間に絶縁紙318（不図示）を挟持した、3層構造の積層配線板を構成している。

【0025】

IGBT328、330は、ドライバ回路174A（174）から出力された駆動信号を受けて動作し、バッテリー136から供給された直流電力を三相交流電力に変換する。この変換された電力はモータジェネレータ192の電機子巻線に供給される。なお、V相およびW相については、符号328、330、156、166の表示を省略した。インバータ装置142のパワーモジュール300は、インバータ装置140の場合と同様の構成であり、また、インバータ装置43のインバータ回路146はインバータ回路144と同様の構成を有しており、ここでは説明を省略する。

40

【0026】

本実施形態では、スイッチング用パワー半導体素子としてIGBT328、330を用いて例示している。IGBT328、330は、コレクタ電極、エミッタ電極（信号用エ

50

ミッタ電極端子)、ゲート電極(ゲート電極端子)を備えている。IGBT328, 330のコレクタ電極とエミッタ電極との間にはダイオード156, 166が図示するように電氣的に接続されている。ダイオード156, 166は、カソード電極およびアノード電極の2つの電極を備えており、IGBT328, 330のエミッタ電極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、カソード電極がIGBT328, 330のコレクタ電極に、アノード電極がIGBT328, 330のエミッタ電極にそれぞれ電氣的に接続されている。スイッチング用パワー半導体素子としてはMOSFET(金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ)を用いてもよい、この場合はダイオード156やダイオード166は不要となる。

【0027】

制御回路172は、車両側の制御装置やセンサ(例えば、電流センサ180)などからの入力情報に基づいて、IGBT328, 330のスイッチングタイミングを制御するためのタイミング信号を生成する。ドライバ回路174は、制御回路172から出力されたタイミング信号に基づいて、IGBT328, 330をスイッチング動作させるための駆動信号を生成する。

【0028】

制御回路172は、IGBT328, 330のスイッチングタイミングを演算処理するためのマイクロコンピュータ(以下、「マイコン」と記述する)を備えている。マイコンには、モータジェネレータ192に対して要求される目標トルク値、上下アーム直列回路からモータジェネレータ192の電機子巻線に供給される電流値、およびモータジェネレータ192の回転子の磁極位置が、入力情報として入力される。目標トルク値は、不図示の上位の制御装置から出力された指令信号に基づくものである。電流値は、電流センサ180から出力された検出信号に基づいて検出されたものである。磁極位置は、モータジェネレータ192に設けられた回転磁極センサ(不図示)から出力された検出信号に基づいて検出されたものである。本実施形態では3相の電流値を検出する場合を例に挙げて説明するが、2相分の電流値を検出するようにしても構わない。

【0029】

制御回路172内のマイコンは、目標トルク値に基づいてモータジェネレータ192のd, q軸の電流指令値を演算し、この演算されたd, q軸の電流指令値と、検出されたd, q軸の電流値との差分に基づいてd, q軸の電圧指令値を演算する。さらにマイコンは、この演算されたd, q軸の電圧指令値を、検出された磁極位置に基づいてU相、V相、W相の電圧指令値に変換する。そして、マイコンは、U相、V相、W相の電圧指令値に基づく基本波(正弦波)と搬送波(三角波)との比較に基づいてパルス状の変調波を生成し、この生成された変調波をPWM(パルス幅変調)信号としてドライバ回路174に出力する。

【0030】

ドライバ回路174は、下アームを駆動する場合、PWM信号を増幅し、これをドライブ信号として、対応する下アームのIGBT330のゲート電極に出力する。一方、上アームを駆動する場合には、ドライバ回路174は、PWM信号の基準電位のレベルを上アームの基準電位のレベルにシフトしてからPWM信号を増幅し、これをドライブ信号として、対応する上アームのIGBT328のゲート電極にそれぞれ出力する。これにより、各IGBT328, 330は、入力されたドライブ信号に基づいてスイッチング動作する。

【0031】

また、制御部170は、異常検知(過電流、過電圧、過温度など)を行い、上下アーム直列回路を保護している。このため、制御部170にはセンシング情報が入力されている。たとえば、各アームの信号用エミッタ電極端子155, 165からは各IGBT328, 330のエミッタ電極に流れる電流の情報が、対応する駆動部(IC)に入力されている。これにより、各駆動部(IC)は過電流検知を行い、過電流が検知された場合には対応するIGBT328, 330のスイッチング動作を停止させ、対応するIGBT328

10

20

30

40

50

、330を過電流から保護する。上下アーム直列回路に設けられた温度センサ（不図示）からは上下アーム直列回路の温度の情報がマイコンに入力されている。また、マイコンには上下アーム直列回路の直流正極側の電圧の情報が入力されている。マイコンは、それらの情報に基づいて過温度検知および過電圧検知を行い、過温度或いは過電圧が検知された場合には全てのIGBT328、330のスイッチング動作を停止させ、上下アーム直列回路を過温度或いは過電圧から保護する。

【0032】

インバータ装置140の上下アームのIGBT328、330の導通および遮断動作が一定の順で切り替わり、この切り替わり時にモータジェネレータ192の固定子巻線に発生する電流は、ダイオード156、166を含む回路を流れる。なお、本実施形態の電力変換装置200では、インバータ装置140の各相に1つの上下アーム直列回路を設けたが、モータジェネレータへ出力する3相交流の各相の出力を発生する回路として、各相に2つの上下アーム直列回路を並列接続するようにした回路構成の電力変換装置であってもよい。

【0033】

各インバータ装置140、142に設けられた直流端子313は、共通の積層導体板700に接続されている。積層導体板700は、パワーモジュール配列方向に幅広な導電性板材から成る正極側導体板702と負極側導体板704とで絶縁シート706（不図示）を挟持した、3層構造の積層配線板を構成している。積層導体板700の正極側導体板702および負極側導体板704は、コンデンサモジュール500に設けられた積層配線板501の正極導体板507および負極導体板505にそれぞれ接続されている。正極導体板507および負極導体板505もパワーモジュール配列方向に幅広な導電性板材から成り、絶縁シート517（不図示）を挟持した3層構造の積層配線板を構成している。

【0034】

コンデンサモジュール500には複数のコンデンサセル514が並列接続されており、コンデンサセル514の正極側が正極導体板507に接続され、負極側が負極導体板505に接続されている。コンデンサモジュール500は、IGBT328、330のスイッチング動作によって生じる直流電圧の変動を抑制するための平滑回路を構成している。

【0035】

コンデンサモジュール500の積層配線板501は、電力変換装置200の直流コネクタ138に接続された入力積層配線板230に接続されている。入力積層配線板230には、補機用インバータ装置43のインバータ回路146も接続されている。入力積層配線板230と積層配線板501との間には、ノイズフィルタ204が設けられている。ノイズフィルタ204には、筐体12の接地端子と各直流電力ラインとを接続する2つコンデンサを備えていて、コモンモードノイズ対策用のYコンデンサを構成している。

【0036】

19Aは冷却水流路が形成された冷却ジャケットであって、冷却水入口配管13から流入した冷却水は、矢印で示すようにU字形状に流れて往復し、冷却水出口配管14から流出する。インバータ回路144、145は、冷却水の往復経路上に配置されており、いずれのインバータ回路においても、上アーム側のIGBTおよびダイオードは冷却水路の往路側に配置され、下アーム側のIGBTおよびダイオードは冷却水路の復路側に配置されている。

【0037】

図3～図6において、200は電力変換装置、10は上部ケース、11は金属ベース板、12は筐体、13は冷却水入口配管、14は冷却水出口配管、420はカバー、16は下部ケース、17は交流ターミナルケース、18は交流ターミナル、19は冷却水流路、20は制御回路基板で制御回路172を保持している。21は外部との接続のためのコネクタ、22は駆動回路基板でドライバ回路174を保持している。300はパワーモジュール（半導体モジュール部）で2個設けられており、一方のパワーモジュール300にはインバータ回路144が内蔵され、他方のパワーモジュール300にはインバータ回路1

10

20

30

40

50

45が内蔵されている。700は積層導体板、800はリング、304は金属ベース、188は交流コネクタ、314は直流正極端子、316は直流負極端子、500はコンデンサモジュール、502はコンデンサケース、504は正極側コンデンサ端子、506は負極側コンデンサ端子、514はコンデンサセル、をそれぞれ表す。

【0038】

図3は、本発明の実施形態に係る電力変換装置200の外観斜視図を示す。本実施形態に係る電力変換装置200の外観部品としては、上面あるいは底面が略長方形の筐体12と、筐体12の短辺側の外周の1つに設けられた冷却水入口配管13および冷却水出口配管14と、筐体12の上部開口を塞ぐための上部ケース10と、前記筐体12の下部開口を塞ぐための下部ケース16とを備えている。筐体12の底面側あるいは上面側の形状を略長方形としたことで、車両への取り付けが容易となり、また生産し易い効果がある。

10

【0039】

電力変換装置200の長辺側の外周には、各モータジェネレータ192、194との接続に用いる2組の交流ターミナルケース17が設けられている。交流ターミナル18は、パワーモジュール300とモータジェネレータ192、194とを電氣的に接続するために用いられる。パワーモジュール300から出力される交流電流は、交流ターミナル18を介して、モータジェネレータ192、194へ伝達される。

【0040】

コネクタ21は、筐体12に内蔵された制御回路基板20に接続されている。外部からの各種信号は、コネクタ21を介して制御回路基板20に伝送される。直流(バッテリー)負極側接続端子部510と直流(バッテリー)正極側接続端子部512は、バッテリー136とコンデンサモジュール500とを電氣的に接続する。ここで本実施形態では、コネクタ21は、筐体12の短辺側の外周面の一方側に設けられる。一方、直流(バッテリー)負極側接続端子部510と直流(バッテリー)正極側接続端子部512は、コネクタ21が設けられた面とは反対側の短辺側の外周面に設けられる。つまり、コネクタ21と直流(バッテリー)負極側接続端子部510が離れた配置となっている。これにより、直流(バッテリー)負極側接続端子部510から筐体12に侵入し、さらにコネクタ21まで伝播するノイズを低減することでき、制御回路基板20によるモータの制御性を向上させることができる。

20

【0041】

図4は、本発明の実施形態に係る電力変換装置の全体構成を各構成要素に分解した斜視図である。

30

【0042】

図4に示すように、筐体12の中ほどには、内部に冷却水流路19が形成される冷却ジャケット19Aが設けられ、冷却ジャケット19Aの上部には流れの方向に並んで2組の開口400と402が形成されている。2組の開口400と402を塞ぐように2個のパワーモジュール300が冷却ジャケット19Aの上面に固定されている。各パワーモジュール300には放熱のためのフィン305(図9参照)が設けられており、各パワーモジュール300のフィン305はそれぞれ冷却ジャケット19Aの開口400、402から冷却水流路19中に突出している。

40

【0043】

冷却ジャケット19Aの下面にはアルミ鋳造を行いやすくするための開口404が形成されており、開口404は下カバー420で塞がれている。また冷却ジャケット19Aの下面には補機用インバータ装置43が取り付けられている。補機用のインバータ装置43は、図2に示したようにインバータ回路146を構成するパワー半導体素子を内蔵したパワーモジュールを有している。補機用のインバータ装置43は、内蔵しているパワーモジュールの放熱金属面が冷却ジャケット19Aの下面に対向するようにして、冷却ジャケット19Aの下面に固定されている。また、パワーモジュール300と筐体12との間には、シールをするためのリング800が設けられ、さらに下カバー420と筐体12との間にもリング802が設けられる。本実施形態ではシール材をリングとしているが、

50

リングの代わりに樹脂材・液状シール・パッキンなどを代用しても良く、特に液状シールを用いた場合には電力変換装置 200 の組立性を向上させることができる。

【0044】

さらに冷却ジャケット 19A の下方には、下部ケース 16 が設けられ、下部ケース 16 にはコンデンサモジュール 500 が設けられている。コンデンサモジュール 500 は、その金属製ケースの放熱面が下部ケース 16 の底板内面に接するように、下部ケース 16 の底板内面に固定されている。この構造により、冷却ジャケット 19A の上面と下面とを利用して、パワーモジュール 300 およびインバータ装置 43 を効率良く冷却することができ、電力変換装置全体の小型化に繋がる。

【0045】

冷却水入出口配管 13, 14 からの冷却水が冷却水流路 19 を流れることによって、併設されている 2 個のパワーモジュール 300 が有する放熱面（放熱フィン）が冷却され、2 個のパワーモジュール 300 全体が冷却される。冷却ジャケット 19A の下面に設けられた補機用のインバータ装置 43 も同様に冷却される。

【0046】

さらに冷却ジャケット 19A が設けられている筐体 12 が冷却されることにより、筐体 12 の下部に設けられた下部ケース 16 が冷却される。その結果、コンデンサモジュール 500 の熱が下部ケース 16 および筐体 12 を介して冷却水に熱的に伝導され、コンデンサモジュール 500 が冷却される。

【0047】

パワーモジュール 300 の上方には、パワーモジュール 300 とコンデンサモジュール 500 とを電氣的に接続するための積層導体板 700 が配置される。この積層導体板 700 は、2 つのパワーモジュール 300 に跨って、2 つのパワーモジュール 300 の並列配置方向に幅広に構成されている。さらに、積層導体板 700 は、コンデンサモジュール 500 の正極導体板 507 と接続される正極側導体板 702（図 13 参照）と、コンデンサモジュール 500 の負極導体板 505 と接続される負極側導体板 704（図 13 参照）と、導体板 702, 704 間に配置される絶縁シート 706 によって構成される。これにより積層導体板 700 の積層面積を広げることができるので、パワーモジュール 300 からコンデンサモジュール 500 までの寄生インダクタンスの低減を図ることができる。また、一つの積層導体板 700 を 2 つのパワーモジュール 300 に載置した後、積層導体板 700 とパワーモジュール 300 とコンデンサモジュール 500 との電氣的な接続を行うことができるので、パワーモジュール 300 を 2 つ備える電力変換装置であっても、その組立工数を抑えることができる。

【0048】

積層導体板 700 の上方には制御回路基板 20 と駆動回路基板 22 とが配置されている。駆動回路基板 22 には図 2 に示すドライバ回路 174（174A, 174B）が搭載され、制御回路基板 20 には図 2 に示す CPU を有する制御回路 172 が搭載されている。また、駆動回路基板 22 と制御回路基板 20 との間には金属ベース板 11 が配置されている。金属ベース板 11 は、両基板 22, 20 に搭載される回路群の電磁シールドの機能を奏すると共に、駆動回路基板 22 と制御回路基板 20 とに発生する熱を逃がし、冷却する作用を有している。このように筐体 12 の中央部に冷却ジャケット 19A を設け、その一方の側にモータジェネレータ 192, 194 駆動用のパワーモジュール 300 を配置し、また他方の側に補機用のインバータ装置（パワーモジュール）43 を配置することで、少ない空間で効率良く冷却でき、電力変換装置全体の小型化が可能となる。冷却ジャケット 19A を、筐体 12 と一体にアルミ鋳造で作ることにより、冷却ジャケット 19A は冷却効果に加え機械的強度を強くする効果がある。またアルミ鋳造により筐体 12 と冷却ジャケット 19A とを一体成形構造としたので熱伝導が良くなり、冷却ジャケット 19A から遠い位置にある駆動回路基板 22, 制御回路基板 20 およびコンデンサモジュール 500 に対する冷却効率が向上する。

【0049】

10

20

30

40

50

駆動回路基板 22 には、金属ベース板 11 を通り抜けて、制御回路基板 20 の回路群との接続を行う基板間コネクタ 23 が設けられている。また、制御回路基板 20 には外部との電氣的接続を行うコネクタ 21 が設けられている。コネクタ 21 を利用して、電力変換装置の外部に設けた車載バッテリー 136、すなわちリチウム電池モジュールとの間で信号の伝送が行われる。リチウム電池モジュールから電池の状態を表す信号やリチウム電池の充電状態などの信号が制御回路基板 20 に送られてくる。図 2 に示す信号線 176 (図 4 では不図示) が基板間コネクタ 23 に結線され、制御回路基板 20 からインバータ回路のスイッチングタイミング信号が駆動回路基板 22 に伝達され、駆動回路基板 22 はゲート駆動信号を発生してパワーモジュールのそれぞれのゲート電極に印加する。

【0050】

筐体 12 の上端部と下端部には開口が形成されている。これら開口は、それぞれ上部ケース 10 と下部ケース 16 を、例えばネジやボルト等の締結部品で筐体 12 に固定することにより塞がれる。筐体 12 の高さ方向のほぼ中央には、内部に冷却水流路 19 が設けられる冷却ジャケット 19A が形成されている。冷却ジャケット 19A の上面開口をパワーモジュール 300 で覆い、下面開口を下カバー 420 で覆うことにより、冷却ジャケット 19A の内部に冷却水流路 19 が形成される。組み立て途中で冷却水流路 19 の水漏れ試験を行う。そして、水漏れ試験に合格した後に、筐体 12 の上部と下部の開口から基板やコンデンサモジュール 500 を取り付け作業を行うことになる。このように筐体 12 の中央に冷却ジャケット 19A を配置し、次に筐体 12 の上端部と下端部の開口から必要な部品を固定する作業が行える構造を採用しており、生産性が向上する。また冷却水流路 19 を最初に完成させ、水漏れ試験の後その他の部品を取り付けることが可能となり、生産性と信頼性の両方が向上する。

【0051】

図 5 は、冷却ジャケット 19A を有する筐体 12 のアルミ鋳造品に冷却水入口配管と出口配管を取付けた図であり、図 5 (a) は筐体 12 の斜視図、図 5 (b) は筐体 12 の上面図、図 5 (c) は筐体 12 の下面図である。図 5 に示す如く、筐体 12 には、内部に冷却水流路 19 が形成される冷却ジャケット 19A が一体に鋳造されている。平面視形状が略長方形である筐体 12 の短辺の一方側側面には、冷却水を取り入れるための冷却水入口配管 13 と冷却水入口配管 14 とが設けられている。

【0052】

冷却水入口配管 13 から冷却水流路 19 に流入した冷却水は、矢印 418 の方向である長方形の長辺に沿って流れ、長方形の短辺の他方側の側面の手前近傍で矢印 421a および 421b のように折り返し、再び長方形の長辺に沿って矢印 422 の方向に流れ、不図示の出口孔から冷却水入口配管 14 へ流出する。冷却ジャケット 19A の上面には 4 つの開口 400 および 402 が空けられている。開口 400 は、冷却水の往路と復路にそれぞれ 1 個ずつ設けられている。開口 402 も同様である。開口 400、402 にはパワーモジュール 300 がそれぞれ固定され、各パワーモジュール 300 の放熱用フィンがそれぞれの開口から冷却水の流れの中に突出する。冷却水の流れの方向すなわち筐体 12 の長辺の沿った方向に並ぶ 2 組のパワーモジュール 300 は、例えばリング 800 などのシール材を介して冷却ジャケット 19A の開口を水密に塞ぐように固定される。

【0053】

冷却ジャケット 19A は、筐体周壁 12W の中段を横断して筐体 12 と一体成形されている。冷却ジャケット 19A の上面には 4 つの開口 400、402 が、下面には 1 つの開口 404 が設けられている。開口 400 および 402 のそれぞれの周囲には、パワーモジュール取り付け面 410S が設けられている。取り付け面 410S の開口 400 と開口 402 との間の部分を支持部 410 と呼ぶ。支持部 410 に対して冷却水の出入り口側の方に一方のパワーモジュール 300 が固定され、支持部 410 に対して冷却水の折り返し側の方に他方のパワーモジュール 300 が固定される。図 5 (b) に示す螺子穴 412 は出入り口側のパワーモジュール 300 を取り付け面 410S に固定するために用いられ、この固定により開口 400 が密閉される。また螺子穴 414 は折り返し側のパワーモジュール

10

20

30

40

50

ル300を取り付け面410Sに固定するために用いられ、この固定により開口402が密閉される。このように冷却水流路19の往路と復路の両方を跨ぐように各パワーモジュール300を配置することで、インバータ回路144, 145を金属ベース304(図8参照)の上に高密度で集積できるため、パワーモジュール300の小型化が可能となり電力変換装置200の小型化にも大きく寄与する。

【0054】

出入り口側のパワーモジュール300は、冷却水入口配管13からの冷たい冷却水と、出口側に近く発熱部品からの熱によって暖められた冷却水とにより冷やされることとなる。一方、折り返し側のパワーモジュール300は、少し温められた冷却水および、出口孔403近くの冷却水よりは少し冷えた状態の冷却水によって冷却される。結果として折り返し冷却通路と2つのパワーモジュール300の配置関係は、2つのパワーモジュール300の冷却効率が均衡した状態となるメリットがある。

10

【0055】

支持部410はパワーモジュール300の固定のために使用され、開口400や402の密閉のために必要である。さらに支持部410は筐体12の強度の強化に大きな効果がある。冷却水流路19は上述の通り折り返し形状であり、流路の往路と流路の復路を隔てる隔壁408が設けられ、この隔壁408が支持部410と一体に作られている。隔壁408は、流路の往路と流路の復路を隔てる部材であるが、筐体12の機械的な強度を高める機能を有している。また流路の復路内の冷却水の熱を、流路の往路内の冷却水に熱伝達して冷却水の温度を均一化する機能も有している。冷却水の入口側と出口側との温度差が大きいと冷却効率のムラが大きくなる。ある程度の温度差は仕方ないが、この隔壁408が支持部410と一体に作られていることで冷却水の温度差を抑える効果が有る。

20

【0056】

図5(c)は冷却ジャケット19Aの裏面を示しており、支持部410に対応した裏面に開口404が形成されている。この開口404は、筐体の鋳造により形成する支持部410と筐体12とを一体成形する際の歩留まりを向上するためのものである。開口404の形成により、支持部410と冷却水流路19の底部との二重構造が無くなり、鋳造し易く、生産性が向上する。

【0057】

また、冷却水流路19の側部外側には貫通穴406が形成される。冷却水流路19を挟んで両側に設置される電気部品(パワーモジュール300およびコンデンサモジュール500)同士が、この貫通穴406を介して接続される。

30

【0058】

筐体12は、冷却ジャケット19Aと一体構造として製造できるので、鋳造生産、特にアルミダイキャスト生産に適している。

【0059】

冷却ジャケット19Aの上面開口にパワーモジュール300を固定し、さらに裏面開口に下カバー420を固定した状態を図6に示す。筐体12の長方形の一方の長辺側において、筐体12の外に交流電力線186および交流コネクタ188が突出している。

【0060】

図6において、筐体12の長方形の他方の長辺側内部に貫通孔406が形成されており、貫通孔406を通してパワーモジュール300と接続される積層導体板700の一部が見えている。補機用インバータ装置43は、直流正極側接続端子部512が接続された筐体12の側面の近傍に配置される。また、この補機用インバータ装置43の下方(冷却水流路19がある側とは反対側)にコンデンサモジュール500が配置される。補機用正極端子44と補機用負極端子45は、下方(コンデンサモジュール500が配置された方向)に突出し、コンデンサモジュール500側の補機用正極端子532と補機用負極端子534にそれぞれ接続される。これにより、コンデンサモジュール500から補機用インバータ装置43までの配線距離が短くなるので、コンデンサモジュール500側の補機用正極端子532および補機用負極端子534から金属製の筐体12を介して制御回路基板

40

50

20に侵入するノイズを低減することができる。

【0061】

また、補機用インバータ装置43は冷却水流路19とコンデンサモジュール500との隙間に配置され、さらに補機用インバータ装置43の高さは下カバー420の高さと同程度となっている。そのため、補機用インバータ装置43を冷却するとともに電力変換装置200の高さの増加を抑えることができる。

【0062】

また図6には冷却水入口配管13と冷却水出口配管14が螺子により固定されている。図6の状態では冷却水流路19の水漏れ検査を実施できる。この検査に合格したものに、上記補機用インバータ装置43が取り付けられ、さらにコンデンサモジュール500が取り

10

【0063】

図7(a)は、本実施形態に関するパワーモジュール300の上方斜視図であり、図7(b)は、当該パワーモジュール300の上面図である。図8は、本実施形態に関するパワーモジュール300の直流端子の分解斜視図である。図9は、パワーモジュール300の断面図である。図10(a)は、パワーモジュール300の構成部品である金属ベース304と、3つの上下アーム直列回路のうちの1つとを示す図である。図10(b)は、金属ベース304、回路配線パターンおよび絶縁基板334の分解斜視図である。

【0064】

図7(a)において、302はパワーモジュールケース、304は金属ベース、314aは直流正極端子接続部、316aは直流負極端子接続部、318は絶縁紙(図8参照)、320U/320Lはパワーモジュールの制御端子、328は上アーム用のIGBT、330は下アーム用のIGBT、156/166はダイオード、をそれぞれ表す。

20

【0065】

パワーモジュール300は、主に、例えば樹脂材料のパワーモジュールケース302内の配線を含めた半導体モジュール部と、金属材料例えばCu, Al, AlSiCなどからなる金属ベース304と、外部との接続端子(直流正極端子314や制御端子320U等)と、から構成される。そして外部と接続する端子として、パワーモジュール300は、モータと接続するためのU, V, W相の交流端子159と、コンデンサモジュール500と接続する直流正極端子314および直流負極端子316(図8参照)とを有している。

30

【0066】

半導体モジュール部は、絶縁基板334の上に上下アームのIGBT328, 330、ダイオード156/166等が設けられて、レジンまたはシリコンゲル(不図示)によって保護されている。絶縁基板334はセラミック基板であっても良いし、さらに薄い絶縁シートであってもよい。

【0067】

図7(b)は、金属ベース304に固着された熱伝導性の良いセラミックからなる絶縁基板334の上に、上下アーム直列回路が具体的にどのような配置で設置されているかを示す配置構成図である。図7(b)に示すIGBT328, 330とダイオード327, 332はそれぞれ2つのチップを並列接続して上アーム、下アームを構成し、上下アームに通電可能な電流容量を増やしている。

40

【0068】

図8に示すように、パワーモジュール300に内蔵された直流端子313は、絶縁紙318を挟んで、直流負極端子316、直流正極端子314の積層構造を有する(図8の点線部)。直流負極端子316、直流正極端子314の端部は、互いに反対方向に屈曲され、積層導体板700とパワーモジュール300とを電気的に接続するための負極接続部316aおよび正極接続部314aを形成している。積層導体板700との接続部314aおよび316aがそれぞれ2つ設けられることにより、負極接続部316aおよび正極接続部314aから3つの上下アーム直列回路までの平均距離がほぼ等しくなるので、パワーモジュール300内の寄生インダクタンスのバラツキを低減することができる。

50

【0069】

直流正極端子314、絶縁紙318、直流負極端子316を積層して組み立てたときに、負極接続部316aと正極接続部314aが互いに反対方向に屈曲した構造となる。絶縁紙318は、負極接続部316aに沿って曲げ、正極、負極の端子の絶縁沿面距離を確保する。絶縁紙318は、耐熱が必要なときは、ポリイミドやメタ系アラミド繊維、トラッキング性を高めたポリエステルなどを複合したシートを用いる。また、ピンホールなどの欠陥を考慮して、信頼性を高めるときは2枚重ねする。また、破れたり、裂けたりすることを防ぐために、コーナ部にアールを設けたり、端子のエッジが絶縁紙に触れないよう、打ち抜き時のダレ面を絶縁紙に面する方向にする。本実施例では、絶縁物として絶縁紙を用いたが、他の例として、端子に絶縁物をコーティングしてもよい。寄生インダクタンスを低減するため、例えば、600V耐圧のパワーモジュールのときは、正極、負極間の距離を0.5mm以下とし、絶縁紙の厚さは、その半分以下とする。

10

【0070】

直流正極端子314および直流負極端子316は、絶縁基板334上の回路配線パターン334kと接続するための接続端314k、316kを有する。それぞれの接続端314k、316kは、各相(U、V、W相)に対して2つ設けられている。これにより、後述するように、各相のアーム毎に、2つの小ループ電流経路を形成した回路配線パターンと接続することができる。また、各接続端314k、316kは、回路配線パターン334kの方向に向かって突出し、かつ回路配線パターン334kとの接合面を形成するために、その先端部が屈曲している。接続端314k、316kと回路配線パターン334kとは、はんだなどを介して接続されるか、もしくは直接金属同士を超音波溶接により接続される。

20

【0071】

パワーモジュール300、特に金属ベース304は、温度サイクルによって膨張および収縮する。この膨張および収縮によって、接続端314k、316kと回路配線パターン334kの接続部は、亀裂または破断するおそれが生じる。そこで、本実施形態に係るパワーモジュール300では、図9に示すように、直流正極端子314と直流負極端子316が積層されることにより形成される積層平面部319が、絶縁基板334を搭載した側の金属ベース304の平面に対して、略平行となるように構成されている。これにより、積層平面部319は、前述の膨張および収縮により発生する金属ベース304の反り返りに対応した反り返り動作が可能となる。そのため、積層平面部319に一体に形成された接続端314k、316kの剛性は、金属ベース304の反り返りに対して、小さくすることができる。したがって、接続端314k、316kと回路配線パターン334kとの接合面の垂直方向に加わる応力を緩和することができる。この接合面の亀裂または破断を防止することができる。

30

【0072】

なお、本実施形態に係る積層平面部319は、金属ベース304の幅方向および奥行き方向の両方の反り返りに対応して反り返り動作が可能となるように、積層平面部319の幅方向の長さを130mm、奥行き方向の長さを10mmとして、奥行き方向の長さを大きめにしている。また、直流正極端子314と直流負極端子316のそれぞれの積層平面部319の厚さは、反り返り動作をしやすいように1mmと比較的薄く設定されている。

40

【0073】

図9に示されるように、金属ベース304は、冷却水流路19を流れる冷却水へ効率良く放熱するために、絶縁基板334の反対側にフィン305を有している。金属ベース304は、その一方の面にインバータ回路を構成するIGBTやダイオードを実装し、金属ベース304の外周に樹脂製のパワーモジュールケース302を備える。金属ベース304の他方の面には、フィン305が口ウ付けで突設されている。金属ベース304とフィン305を鍛造により一体成型してもよい。この製造方法では、パワーモジュール300の生産性が向上するとともに、金属ベース304からフィン305までの熱伝導率が向上し、IGBTおよびダイオードの放熱性を向上させることができる。また、金属ベース3

50

04をビッカース硬度60以上の材料で製造することで、温度サイクルによって生ずる金属ベース304のラチェット変形を抑制し、金属ベース304と筐体12とのシール性を向上させることができる。さらに、図9(a)に示す如く、上下アームにそれぞれ対応するように2組のフィン群305Gが設けられており、これらのフィン群305Gは往復する冷却水流路19の上方の開口400, 402から水路内に突出する。金属ベース304のフィン群305Gの周囲の金属面は、冷却ジャケット19に設けられた開口400, 402を閉じるために使用される。

【0074】

なお、本実施形態のフィン305の形状はピン型であるが、他の実施形態として、冷却水の流れ方向に沿って形成されたストレート型フィンであってもよい。フィン305の形状をストレート型とし場合には、冷却水を流すための圧力を低減させることができ、一方、ピン型のフィンを用いた場合には冷却効率を向上させることができる。

【0075】

金属ベース304の一方の面(図示上側の面)には、絶縁基板334が固定され、絶縁基板334上には、上アーム用のIGBT328と上アーム用のダイオード156、および下アーム用のIGBT330や下アーム用のダイオード166を有するチップが、はんだ337により固定される。絶縁基板334の裏面には、すなわち回路配線パターン面とは反対側の面には、回路パターンが形成されていないベタパターン334rが形成されている。この絶縁基板334の裏面のベタパターン334rと、金属ベース304とが、はんだ337で接合されている。

【0076】

図10(a)に示すように、上下アーム直列回路150は、上アーム回路151、下アーム回路152、これら上下アーム回路151, 152を結線するための端子370、および交流電力を出力するための交流端子159を備えている。また、図10(b)に示すように、上アーム回路151は、金属ベース304の上に、回路配線パターン334kを形成した絶縁基板334を設け、回路配線パターン334kの上にIGBT328、ダイオード156を実装して構成されている。

【0077】

IGBT328およびダイオード156は、それらの裏面側の電極と、回路配線パターン334kとが、はんだにより接合される。下アーム回路152も上アームと同様に、金属ベース304の上に配置された絶縁基板334と、この絶縁基板334の上に配線された回路配線パターン334kと、この回路配線パターン334kの上に実装されたIGBT330およびダイオード166とを備えている。

【0078】

IGBT330およびダイオード166の裏面側の電極も、回路配線パターン334kとはんだで接合される。なお、本実施形態における各相の各アームは、IGBT328とダイオード156を並列接続した一組の回路部を2組並列に接続して構成される。要求される回路部の組数は、モータ192に通電される電流量によって決定される。本実施形態に係るモータ192に通電される電流よりも大電流が必要な場合には、回路部を3組、もしくはそれ以上を並列接続して構成される。逆に、モータを小さい電流で駆動することができる場合には、各相の各アームは、回路部を一組のみで構成される。

【0079】

図10(b)を用いてパワーモジュール300の電流経路を説明する。パワーモジュール300の上アーム回路151に流れる電流の経路を以下に示す。

(1) 不図示の直流正極端子314から接続導体部371U、(2) 接続導体部371Uから素子側接続導体部372Uを介して上アーム用IGBT328および上アーム用ダイオード156の一方側電極(素子側接続導体部372Uと接続された側の電極)、(3) 上アーム用IGBT328および上アーム用ダイオード156の他方側電極からワイヤ336を介して接続導体部373U、(4) 接続導体部373Uから結線端子370の接続部374U、374Dを介して接続導体部371D、のように流れる。なお、前述のよう

10

20

30

40

50

に上アームは、IGBT328とダイオード156を並列接続した回路部を2組並列に接続して構成される。よって、上記(2)の電流経路において、電流は、素子側接続導体部372Uにて2つに分岐され、分岐された電流は2組の回路部へそれぞれ流れる。

【0080】

パワーモジュール300の下アーム回路152に流れる電流経路を以下に示す。

(1) 接続導体部371Dから素子側接続導体部372Dを介して下アーム用IGBT330および上アーム用ダイオード166の一方側電極(素子側接続導体部372Dと接続された側の電極)、(2) 下アーム用IGBT330および下アーム用ダイオード166の他方側電極からワイヤ336を介して接続導体部373D、(3) 接続導体部373Dから不図示の直流負極端子316、のように流れる。なお、上アームと同様に下アームは、IGBT330とダイオード166を並列接続した回路部を2組並列に接続して構成されるので、上記(1)の電流経路において、電流は、素子側接続導体部371Dにて2つに分岐され、分岐された電流は2組の回路部へそれぞれ流れる。

10

【0081】

ここで、上アーム回路のIGBT328(およびダイオード156)と不図示の直流正極端子314とを接続するための接続導体部371Uは、絶縁基板334の一边の略中央部付近に配置される。そして、IGBT328(およびダイオード156)は、接続導体部371Uが配設された絶縁基板334の一边側とは反対側である他辺側の近傍に実装される。また、本実施形態においては、2つ備えられた接続導体部373Uは、前述の接続導体部371Uを挟んで、かつ絶縁基板334の一边側に一列に配置される。

20

【0082】

このような回路パターンおよび実装パターン、すなわち、絶縁基板334上の回路配線パターンを、概ねT字形の配線パターンと、概ねT字の縦棒(371U)の両側に、2つの配線パターン(373U)とし、接続端371U、373Uから端子を実装することで、IGBT328のスイッチング時の過渡的な電流経路は、図10(b)の矢印350(破線)に示すようなM字状の電流経路、すなわち2つの小ループ電流経路となる(矢印の方向は下アームターンオン時)。この2つの小ループ電流経路の周辺には、図10(b)の矢印350H方向(実線)の磁界350Hが発生する。この磁界350Hによって、絶縁基板334の下方に配置された金属ベース304に、誘導電流、いわゆる渦電流340が誘導される。この渦電流340は、前述の磁界350Hを打ち消す方向の磁界340Hを発生させ、上アーム回路で生じる寄生インダクタンスを低減させることができる。

30

【0083】

上述の2つの小ループ電流は、絶縁基板334上に流れる電流同士が打ち消し合うような2つのUターン電流である。このため、図10(b)の磁界350Hに示すように、パワーモジュール300の内部に、より小さいループ磁界ができるため、寄生インダクタンスを低減できる。さらに、スイッチング時に生ずる磁界ループが小さく、パワーモジュール内部に磁界ループを閉じ込めることができるため、パワーモジュールの外の筐体への誘導電流を低減し、制御回路基板上の回路の誤動作や、電力変換装置の外部への電磁ノイズも防止できる。

【0084】

下アーム回路も前述の上アーム回路と同様な回路配線パターンおよび実装パターンとを有する。すなわち、下アーム回路のIGBT330(およびダイオード166)と不図示の直流負極端子316とを接続するための接続導体部371Dは、絶縁基板334の一边の略中央部付近に配置される。そして、IGBT330(およびダイオード166)は、接続導体部371Dが配設された絶縁基板334の一边側とは反対の他辺側の近傍に実装される。また、本実施形態においては、2つ備えられた接続導体部373Dは、前述の接続導体部371D挟んで、かつ絶縁基板334の一边側に一列に配置される。

40

【0085】

このような回路配線パターンおよび実装パターンとすることにより、下アーム回路側においても、前述の寄生インダクタンスを低減させる効果を奏する。なお、本実施形態にお

50

いて、各相の各アームの電流経路の入口は、例えば2つの接続導体部373Uに挟まれた接続導体部371Uとなり、一方、電流経路の出口は、2つの接続導体部373Uとなっている。しかし、これら入口と出口が逆となっても、各相の各アームにおいて前述の小ループ電流経路が形成される。そのため、前述の同様に、各相の各アームの寄生インダクタンス低減および電磁ノイズ防止を図ることができる。

【0086】

本実施形態のコンデンサモジュール500の詳細構造について、図11および12を参照しながら以下説明する。図11は本実施形態に関するコンデンサモジュール500の外観構成を示す斜視図である。図12は、図11に示すコンデンサモジュール500の内部構造の一部を示す図である。

10

【0087】

コンデンサケース502内には、複数のコンデンサセル514と積層配線板501とが設けられ、さらに、樹脂などの充填材522が充填されている。図11では、充填材522に埋め込まれた積層配線板501を二点鎖線で示した。複数のコンデンサセル514はこの積層配線板501の下側に設けられ、それぞれ積層配線板501に並列接続されている。図12に示すように、コンデンサモジュール500の蓄電部の単位構造体であるコンデンサセル514は、片面にアルミなどの金属を蒸着したフィルムを2枚積層し巻回して、2枚の金属フィルムの各々を正極、負極としたフィルムコンデンサ515で構成する。巻回した積層体の軸端面がそれぞれ正および負の電極508となり、それらは、スズなどの導電体508を吹き付けて製造される。

20

【0088】

図12に示されるように、積層配線板501は、薄板状の幅広導体で構成される負極導体板505と正極導体板507とを絶縁シート517を介して積層したものである。このような構成としたことにより、積層配線板501の寄生インダクタンスが低減される。なお、負極導体板505と正極導体板507との間の絶縁層としては絶縁シート517に限らず、例えば、負極導体板505と正極導体板507との間の絶縁層が形成されるように、それらを樹脂や合成ゴム等の絶縁材料でモールドしたものであっても良い。

【0089】

積層配線板501の負極導体板505および正極導体板507には、コンデンサセル514の正負の電極508と接続するための端子516、518が各コンデンサセル514

30

【0090】

また、負極導体板505および正極導体板507には、その薄板状の幅広導体の端部を上方に屈曲させて形成された負極側コンデンサ端子504および正極側コンデンサ端子506が複数設けられている。これら負極側コンデンサ端子504および正極側コンデンサ端子506は、積層導体板700と接続される。また、図11に示すように、負極導体板50および正極導体板507には、バッテリー電力を受電する端子に接続される直流負極側接続端子510、直流正極側接続端子512、および、補機用インバータ43のパワーモジュールに給電するための補機用正負極端子532、534が設けられている。4対のコンデンサ端子504、506には開口部509、511が形成され、パワーモジュール300の直流正負極端子316、314がボルト固定できるように、開口部509、511の裏側にナットが溶接されている。

40

【0091】

コンデンサケース502は、端子カバー520を備え、端子の位置を決めるとともに、電力変換装置の筐体との絶縁をとる。また、コンデンサケース502には、コンデンサセル514の位置決めのための仕切りが設けられる。コンデンサケース502の材料としては、熱伝導性に優れた材料が用いられ、上述した仕切りに放熱用の熱伝導性のよい材料を埋め込んでよい。

50

【 0 0 9 2 】

コンデンサモジュール 5 0 0 では、コンデンサセル内部のフィルム上に蒸着された金属薄膜、内部導体（端子）の電気抵抗により、スイッチング時にリップル電流が流れると発熱する。コンデンサセルの耐湿のため、コンデンサセル、内部導体（端子）は、コンデンサケース 5 0 2 に樹脂（充填材 5 2 2）で含浸（モールド）する。このため、コンデンサセルや内部導体は、樹脂を介してコンデンサケース 5 0 2 と密着した状態となり、コンデンサセルの発熱がケースに伝わりやすい構造になる。さらに本構造では、負極導体板 5 0 5、正極導体板 5 0 7 とコンデンサセル 5 1 4 の電極 5 0 8 と端子 5 1 6、5 1 8 を直接接続するため、コンデンサセル 5 1 4 の発熱が負極、正極導体板 5 0 5、5 0 7 に直接伝わり、幅広導体によりモールド樹脂へ熱が伝わりやすい構造となる。このため、コンデンサケース 5 0 2 から筐体 1 2、さらには冷却水流路 1 9 へ熱が良好に伝わり、放熱性を確保できる。

10

【 0 0 9 3 】

本実施形態では、全てのコンデンサセル 5 1 4 を幅広導体板である積層配線板 5 0 1 に接続する構成としているので、配線部材の点数を削減することができ、生産性を向上させることができるとともに、全てのコンデンサセル 5 1 4 の静電容量を略均等に使用することができ、コンデンサモジュール 5 0 0 全体の部品寿命を伸ばすことができる。さらに、幅広導体板を使用することで、寄生インダクタンスを低減することができる。

【 0 0 9 4 】

図 1 3 (a) は、本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 において、コンデンサモジュール 5 0 0、積層導体板 7 0 0、および 2 つのパワーモジュール 3 0 0 のみを抜き出した斜視図である。図 1 3 (b) は、積層導体板 7 0 0 の分解斜視図である。

20

【 0 0 9 5 】

図 1 3 (a) に示されるように、2 つのパワーモジュール 3 0 0 は、各々の交流端子 1 5 9 を一側にそろえて、並設される。これら交流端子 1 5 9 と反対側に、2 つのパワーモジュール 3 0 0 とコンデンサモジュール 5 0 0 との電気的な接続部が設けられている。この 2 つのパワーモジュール 3 0 0 とコンデンサモジュール 5 0 0 との電気的な接続は、平板上の積層導体板 7 0 0 によって行われる。

【 0 0 9 6 】

下部ケース 1 6 上に固定されたコンデンサケース 5 0 2 内には、多数のコンデンサセル 5 1 4（不図示）が収納され、コンデンサモジュール 5 0 0 の正極側コンデンサ端子 5 0 4 および負極側コンデンサ端子 5 0 6 は、コンデンサケース 5 0 2 の一方の長辺に沿って配列されている。正極側コンデンサ端子 5 0 4 および負極側コンデンサ端子 5 0 6 の上端部の正極接続部および負極接続部 5 0 4 c、5 0 6 b は、コンデンサセル 5 1 4 の上面より突き出た位置に配置されている。

30

【 0 0 9 7 】

パワーモジュール 3 0 0 と接続される積層導体板 7 0 0 は、2 つのパワーモジュール 3 0 0 を覆うように配置される。そして、正極側コンデンサ端子 5 0 4 および負極側コンデンサ端子 5 0 6 は、コンデンサケース 5 0 2 の開口面から立ち上がった構造の L 字構造を形成しており、この L 字構造の正極側コンデンサ端子 5 0 4 および負極側コンデンサ端子 5 0 6 の上端部の正極接続部 5 0 6 b および負極接続部 5 0 4 c が、電力変換装置 2 0 0 の組み立て時において、積層導体板 7 0 0 に直接に当接してボルトで接続されることとなる。

40

【 0 0 9 8 】

図 1 3 (b) に示されるように、この積層導体板 7 0 0 は、平板状の正極側導体板 7 0 2 および負極側導体板 7 0 4 と、これら正極側導体板 7 0 2 と負極側導体板 7 0 4 に挟まれる絶縁シート 7 0 6 により構成されている。すなわち積層導体板 7 0 0 は積層構造として形成されているので、パワーモジュール 3 0 0 からコンデンサモジュール 5 0 0 までの寄生インダクタンスの低減を図ることができる。

【 0 0 9 9 】

50

図13(a)および図7(b)に示すように、複数の上アーム制御端子320Uは、パワーモジュール300のA辺側(図7(b)参照)の中央部付近に寄せて配置される。すなわち、U相制御ピンをV相制御ピンに寄せ、W相制御ピンをV相制御ピンに寄せ、パワーモジュール300のA辺側の中央部付近に一行に上アーム制御端子320Uが配置されている。そして、積層導体板700は、この複数の上アーム制御端子320Uを貫通するための透孔705を有し、この透孔705の両脇においても、正極側導体板702と負極側導体板704とが積層されている。これらの構成により、負極側導体板704と正極側導体板702との積層面積を広げることができ、さらにパワーモジュール300からコンデンサモジュール500までの寄生インダクタンスの低減を図ることができる。

【0100】

図7(b)に示すパワーモジュール300のA辺側の中央部付近、すなわち上アーム制御端子320U付近にボス321を配置する。このボス321に、ドライバ回路174が実装された駆動回路基板22を固定するとともに、上アーム制御端子320Uを駆動回路基板22に形成された孔に貫通させる。その後、駆動回路基板22上の端子とアーム制御端子320Uとを溶接等により接合させる。このような構成により、上アーム制御端子320Uと駆動回路基板22上の端子との接合部が、ボス321に対して近い距離となるので、車両走行時における耐振動が向上する。

【0101】

駆動回路基板22は積層導体板700の上方に配置される。そこで、図13(b)に示すように、積層導体板700は、駆動回路基板22側に負極側導体板704を備え、一方、パワーモジュール300側に正極側導体板702を備える。これにより、高電圧となる正極導体板702と駆動回路基板22との間には、低電圧の負極導体板704および絶縁シート706が存在し、駆動回路基板22が高電圧に触れることを防止させることができる。

【0102】

図13(b)に示すように、正極側導体板702は、2つのパワーモジュール300の上方にまたがって配置され、さらに2つのパワーモジュール300とコンデンサモジュール500とを結線する。同様に、負極導体板704は、2つのパワーモジュール300の上方にまたがって配置され、さらに2つのパワーモジュール300とコンデンサモジュール500とを結線する。これにより、積層導体板700が幅広になるので、パワーモジュール300からコンデンサモジュール500までの寄生インダクタンスを低減させることができる。また、1つのパワーモジュール300に対して、コンデンサモジュール500の接続箇所が4組存在するため、寄生インダクタンスを低減できる。また、2つのパワーモジュール300からコンデンサモジュール500への接続導体を2つのパワーモジュール300間で共有化することによって、電力変換装置200全体の部品点数を少なくすることができ、生産性を向上させることができる。

【0103】

図7に示すように、パワーモジュール300は、正極側接続部314aと負極側接続部316aを一組として、パワーモジュール300の一辺側に一組の接続部314a、316aが配置され、その反対側の辺に他の一組の接続部314a、316aが配置される。積層導体板700は、これら二組の接続部314a、316aの上方にまたがって配置され、さらに各接続部314a、316aとボルトにより接続される。これにより、コンデンサモジュール500から供給される直流電流が、一組の接続部314a、316a側に集中することが無くなるため、すなわち、二組の接続部314a、316aに直流電流が分散されることになるため、パワーモジュール300からコンデンサモジュール500までのインダクタンスを低減させることができる。

【0104】

前述したように、コンデンサモジュール500には、複数のコンデンサセル514が内蔵されている。さらに各組に対応した幅広導体(正極導体板507および負極導体板505)を備えている。本実施形態においては、これらすべての負極コンデンサ端子504お

10

20

30

40

50

よび正極コンデンサ端子506を、一組の積層導体板700に電氣的に接続させる。これにより、2つのパワーモジュール300に対して、全てのコンデンサセル514が電氣的に接続される関係となり、全てのコンデンサセル514の静電容量を略均等に使用することができ、コンデンサモジュール500全体の部品寿命を伸ばすことができる。

【0105】

積層導体板700を構成する正極側導体板702と負極側導体板704は、寄生インダクタンスを小さくするために、それらの隙間距離をできるだけ小さくすることが望ましい。例えば、積層導体板700に、パワーモジュール300とコンデンサモジュール500を結線するための曲げ構造部が存在する場合には、その曲げ構造部には、平板部よりも大きい隙間距離が生じてしまい、寄生インダクタンスが大きくなってしまふ。

10

【0106】

そこで、本実施形態に係るパワーモジュール300の正極側接続部314a、負極側接続部316a、およびコンデンサモジュール500の正極側接続部504c、負極側接続部506bは、略同一平面上に配置されるように構成する。これにより、平板状の積層導体板700を用いることができるため、正極側導体板702と負極側導体板704の隙間距離を小さくして、寄生インダクタンスを低減させることができる。

【0107】

図14(a)は、図13に示すパワーモジュール300と積層導体板700の接続箇所380(図13(a)参照)の拡大図を示している。

【0108】

20

図14(a)に示されるように、負極側接続部316aおよび正極側接続部314aは、直流正極端子314および直流負極端子316の端部を反対方向に屈曲させて構成され、これら負極側接続部316aおよび正極側接続部314aに対して、積層した積層導体板700の負極導体板704、正極導体板702をそれぞれ接続する。これにより、IGBT328、330のスイッチング時に瞬時に流れる負極側の電流は、図14(a)に示す電流経路382のようになるため、負極導体板の接続部704aと負極側接続部316aとの間でUターン電流が形成される。したがって、負極側導体板704の接続部704aの周りに発生する磁束と負極側接続部316aの周りに発生する磁束が打ち消し合うので、インダクタンスの低減を図ることができる。

【0109】

30

一方、正極導体板の接続部702aの電流は、図14(a)に示されるような電流経路384を通る。この正極導体板の接続部702aの上方には負極導体板704が配置されているため、正極導体板の接続部702aの電流方向と、負極導体板704の電流方向とが逆方向となり、それぞれの電流によって生じる磁束が打ち消しあうことになる。その結果、正極導体板の接続部702aの寄生インダクタンスを低減することができる。

【0110】

また、図14(a)に示されるように、絶縁紙318と絶縁シート706は、上下方向に重なる領域を有するようにそれぞれ配置される。さらに、ボルト等により積層導体板700を負極側接続部316aおよび正極側接続部314aに固定した場合に、絶縁紙318と絶縁シート706は、積層導体板700と正極側接続部314aによって挟まれることがない領域、つまり圧縮応力が加わらない領域を有するように配置される。これにより、接続部における正極と負極間との絶縁、具体的には正極側接続部314aと負極導体板704との絶縁を確保することができる。

40

【0111】

図14(b)は、積層導体板700の接続箇所390の拡大図(図13(a)参照)を示す。図14(b)に示されるように、コンデンサモジュール500の正極側接続部506bおよび負極側接続部504cは、それぞれ反対方向に屈曲させて構成され、それぞれの上面に積層導体板700の正極導体板702および負極導体板704をそれぞれ接続する。これにより、IGBT328、330のスイッチング時に瞬時に流れる負極側の電流は、図14(b)に示す電流経路392のようになるため、負極導体板704の接続部704cとコ

50

ンデンサモジュール500の負極側接続部504cとの間でUターン電流が形成される。したがって、負極導体板704の接続部704aの周りに発生する磁束と負極側接続部504cの周りに発生する磁束が打ち消し合うので、インダクタンスの低減を図ることができる。

【0112】

同様に、IGBT328、330のスイッチング時に瞬時に流れる正極側の電流は、図14(b)に示されるような電流経路394を通る。すなわち、正極導体板の接続部702bとコンデンサモジュール500の正極側接続部506bとの間でUターン電流が形成される。したがって、正極側導体板702の接続部702bの周りに発生する磁束と正極側接続部506bの周りに発生する磁束が打ち消し合うので、インダクタンスの低減を図ることができる。

10

【0113】

また、図14(b)に示されるように、絶縁シート517と絶縁シート706は、上下方向に重なる領域を有するようにそれぞれ配置される。さらに、ボルト等により積層導体板700をコンデンサモジュール500の正極側接続部506bおよび負極側接続部504cに固定した場合に、絶縁シート517と絶縁シート706は、積層導体板700と正極側接続部506bによって挟まれることがない領域、つまり圧縮応力が加わらない領域を有するように配置される。これにより、接続部における正極と負極間との絶縁、具体的には正極側接続部506bと負極導体板704との絶縁を確保することができる。

【0114】

20

図15は電力変換装置200の概観を模式的に示す図である。長手方向(図示左右方向)の一方の側面には、冷却水入口配管13、冷却水出口配管14、外部との信号送受信を行うコネクタ21、および、補機用インバータ装置43の交流コネクタ189が設けられている。長手方向他方の側面には、直流コネクタ138が配置されている。また、手前側の側面にはインバータ装置140、142の交流コネクタ188がそれぞれ配置されている。後述するように、電力変換装置200の筐体12内は、3階構成となっており、直流コネクタ138および補機用の交流コネクタ189は1階部分の側面に配置され、配管13、14、コネクタ21および一対の交流コネクタ188は2階部分の側面に配置されている。

【0115】

30

図16および図17は電力変換装置200の断面を示す図である。図16は図15のE-E断面を示す図であって、冷却水流の往路部分に沿って断面したものである。図17は図16のF-F断面を示す図であり、並列配置された2つのパワーモジュール300のほぼ中間位置を、冷却水流方向に対して垂直に断面したものである。図16、17において、筐体12の中ほどに設けられた冷却ジャケット19Aの下側が1階部分であって、冷却ジャケット19Aの部分および冷却ジャケット19Aと金属ベース板11とで挟まれた部分が2階部分である。そして、金属ベース板11を含み、それよりも上側の上部ケース10の部分が3階部分である。

【0116】

1階部分においては、下部ケース16にコンデンサモジュール500が設けられている。コンデンサモジュール500は、前述したように複数のコンデンサセル514と積層配線板501とを備えている。また、積層配線板501の下側には、図2に示したフィルタ204が設けられている。積層配線板501の負極導体板505および正極側導体板507に設けられた4組のコンデンサ端子504、506は、積層配線板501から垂直に立ち上がり、冷却ジャケット19Aと筐体12の側壁との隙間(図5の貫通穴406)を通過して、2階部分まで延在している。なお、図16に示す例では積層配線板501をコンデンサセル514の上方に配置しているが、下方に配置しても良い。

40

【0117】

また、冷却ジャケット19Aの底面191には、補機用インバータ装置43を構成するパワーモジュールが固定されている。冷却ジャケット19Aは筐体12と一体にアルミ鋳

50

造で形成されているので、冷却水が流れることにより冷却ジャケット19A全体が冷却されている。そのため、冷却ジャケット19Aの底面191も冷却面として利用することができる。パワーモジュールは、インバータ用の半導体素子（IGBT，ダイオード）が搭載された放熱用の金属ベース431を上側にし、その金属ベース431が冷却ジャケット19Aの底面191に密着するように固定される。インバータ装置43のドライバ回路174Cやドライブ電源432が搭載されている駆動回路基板433は、スイッチング半導体素子の下側に設けられている。

【0118】

インバータ装置140，142の各パワーモジュール300は、冷却ジャケット19Aの上面側、すなわち、筐体12の2階部分に配置されている。各パワーモジュール300は、冷却水の水流通路方向、すなわち、図16の左右方向に並んで配置されている。図示左側がインバータ装置140のパワーモジュール300で、右側がインバータ装置142のパワーモジュール300である。各パワーモジュール300に設けられた金属ベース304は冷却ジャケット19Aの上面側に固定され、金属ベース304の底面に形成された複数のフィン（ピンフィン）305は冷却水流路19内に突出している。各金属ベース304上には、図2の縦方向に並んだ上アーム側のU，V，W相の素子が、図示左右方向に絶縁基板334を介して搭載されている。

10

【0119】

筐体12の断面における上下方向の中央部には筐体12と一体にアルミダイキャストで作られた冷却ジャケット19Aが設けられ、冷却ジャケット19Aの上面側に形成された開口にパワーモジュール300が設置されている。図示左側が冷却水の往路19aであり、右側が水路の折り返し側の復路19bである。往路19aおよび復路19bの上方には、上述のとおりそれぞれ開口が設けられ、開口は、パワーモジュール300の放熱のための金属ベース304により往路19aおよび復路19bの両方に跨るように塞がれ、金属ベース304に設けられた放熱用フィン305が冷却水の流れのなかに開口から突出する。また、冷却水流路19の下面側には補機用のインバータ装置43が固定されている。

20

【0120】

略中央が屈曲した板状の交流電力線186は、その一端がパワーモジュール300の交流端子159と接続され、その他端が、電力変換装置200内部から突出して交流コネクタを形成している。正極側コンデンサ端子504および負極側コンデンサ端子506は、貫通孔406を介して、正極側導体板702および負極側導体板704にそれぞれ電気的および機械的に接続される。筐体12に設けた冷却水流路19内の冷却水の流れ方向と略垂直の方向に、交流コネクタ188と正極側コンデンサ端子504および負極側コンデンサ端子506が配置される。そのため電気配線が整然と配置され、電力変換装置200の小型化に繋がっている。積層導体板700の正極側導体板702、負極側導体板704、および交流側電力線186がパワーモジュール300の外に突出して接続端子を形成している。そのため、電気的接続構造がたいへん簡単で、また他の接続導体を使用されていないため小型化になっている。この構造により生産性が向上し、信頼性も向上する。

30

【0121】

さらに貫通孔406は冷却水流路19とは筐体12内部の枠体で隔絶しており、かつ正極側導体板702および負極側導体板704と正極側コンデンサ端子506および負極側コンデンサ端子504との接続部が貫通孔406内に存在するため、信頼性が向上する。

40

【0122】

図17において、矢印を付したラインは電力の流れを示したものである。電力変換装置200に入力された直流電力は、コンデンサモジュール500、コンデンサ端子504，506および積層導体板700を介して2階部分に設けられた各パワーモジュール300に入力される。直流電力はパワーモジュール300で交流電力に変換され、交流コネクタ188から出力される。

【0123】

このように、冷却ジャケット19Aの側方を通るようにコンデンサ端子504，506

50

を設けて、コンデンサモジュール500と積層導体板700とを接続するようにしたので、冷却ジャケット19を囲むような電力配線を形成でき電力ラインが最短となるような配線構成とすることができる。また、電力配線に積層構造を採用した。その結果、冷却ジャケット19Aを挟むような位置にコンデンサモジュール500とパワーモジュール300を配置した場合でも、インピーダンスを小さくすることができる。さらに冷却ジャケット19Aの近くにコンデンサモジュール500を配置しているので、コンデンサモジュール500の冷却効率が向上する。

【0124】

以上説明した冷却構造では、発熱量の大きいパワーモジュール300を冷却ジャケット19Aの一方の面に固定し、パワーモジュール300のフィン305を冷却水流路19内に突出させて、パワーモジュール300を効率良く冷却する。次に放熱量の大きい補機用インバータ装置43を冷却ジャケット19Aの他方の面で冷却する。さらに次に発熱量が大きいコンデンサモジュール500を筐体12および下部ケース16を介して冷却する。このように放熱量の多さにあわせた冷却構造としているので、冷却効率や信頼性が向上すると共に、電力変換装置200をより小型化することができる。

【0125】

さらに補機用インバータ装置43を、冷却ジャケット19Aのコンデンサモジュール500に面する底面に固定しているので、補機用インバータ装置43の平滑用コンデンサとしてコンデンサモジュール500を使用する際、配線距離が短くなる効果がある。また配線距離が短いことからインダクタンスを小さくできる効果がある。

【0126】

パワーモジュール300の上方には、ドライバ回路174を実装した駆動回路基板22が配置され、さらに駆動回路基板22の上方には、放熱および電磁シールドの効果を高める金属ベース板11を隔てて制御回路基板20が配置されている。制御回路基板20には制御回路172を構成するCPU212や制御電源214等が搭載されている。金属ベース板11には開口部100が形成されており、制御回路基板20の信号端子からの信号ケーブル102は、この開口部100を通して2階部分の筐体側壁に設けられたコネクタ21に接続されている。上部ケース10を筐体12に固定することによって、本実施形態に係る電力変換装置200が構成される。

【0127】

上述のように、制御回路基板20とパワーモジュール300との間に駆動回路基板22を配置しているので、制御回路基板20からインバータ回路の動作タイミングが駆動回路基板22に伝えられ、それに基づいて駆動回路基板22でゲート信号が作られ、パワーモジュール300のゲートにそれぞれ印加される。このように電氣的な接続関係に沿って制御回路基板20や駆動回路基板22を配置しているので、電気配線が簡素化でき、電力変換装置200の小型化に繋がる。また、駆動回路基板22は、制御回路基板20に対して、パワーモジュール300やコンデンサモジュール500よりも近い距離に配置される。そのため駆動回路基板22から駆動回路基板20までの配線距離は、他の部品(パワーモジュール300等)と制御回路基板20との配線距離よりも短くなる。よって直流正極側接続端子部512から伝わる電磁ノイズやIGBT328、330のスイッチング動作による電磁ノイズが、駆動回路基板22から制御回路基板20までの配線に侵入することを抑えることができる。

【0128】

冷却ジャケット19Aの一方の面にパワーモジュール300を固定し、他方の面に補機用インバータ装置43を固定することで、冷却水流路19を流れる冷却水でパワーモジュール300と補機用インバータ装置43を同時に冷却する。この場合、パワーモジュール300は放熱のためのフィンが冷却水流路19の冷却水と直接、接するのでより冷却効果が大きい。さらに冷却水流路19を流れる冷却水で筐体12を冷却するとともに、筐体12に固定した下部ケース16および金属ベース板11を冷却する。下部ケース16にはコンデンサモジュール500の金属ケースが固定されるので、下部ケース16と筐体12を

10

20

30

40

50

介してコンデンサモジュール500が冷却水で冷却される。さらに金属ベース板11を介して制御回路基板20や駆動回路基板22を冷却する。下部ケース16も熱伝導性の良い材料でできていて、コンデンサモジュール500からの発熱を受け、筐体12に熱を伝導し、伝熱された熱は冷却水流路19の冷却水で放熱される。また、冷却ジャケット19Aの下面には、車内用エアコン、オイルポンプ、他用途のポンプ用として用いる、比較的小容量の補機用インバータ装置43を設置する。この補機用インバータ装置43からの発熱は、筐体12の中間枠体を通して冷却水流路19の冷却水で放熱される。このように筐体12の中央に冷却ジャケット19Aを設け、冷却ジャケット19Aの一方、すなわち上方に金属ベース板11を設け、他方、すなわち下方側に下部ケース16を設けることで、電力変換装置200を構成するのに必要な部品を発熱量に応じ、効率良く冷却することができる。また電力変換装置200の内部に部品が整然と配置されることとなり、小型化が可能となる。

10

【0129】

電力変換装置の放熱機能を果たす放熱体は、第1に冷却水流路19であるが、この他にも金属ベース板11がその機能を奏している。金属ベース板11は、電磁シールド機能を果たすとともに、制御回路基板20や駆動回路基板22からの熱を受けて、筐体12に熱を伝導し、冷却水流路19の冷却水で放熱される。

【0130】

このように、本実施形態に係る電力変換装置は、放熱体が3層の積層体、すなわち、金属ベース板11、冷却水流路19（冷却ジャケット19A）、下部ケース16という積層構造を有している。これらの放熱体はそれぞれの発熱体（パワーモジュール300、制御回路基板20、駆動回路基板22、コンデンサモジュール500）に隣接して階層的に設置される。階層構造の中央部には、主たる放熱体である冷却水流路19が存在し、金属ベース板11と下部ケース16は筐体12を通して冷却水流路19の冷却水に熱を伝える構造となっている。筐体12内に3つの放熱体（冷却水流路19、金属ベース板11、下部ケース16）が収容されて、放熱性を向上させるとともに薄型化、小型化に寄与している。

20

【0131】

図18は、上述した実施形態の変形例を示す図であり、図2と同様の回路ブロック図である。図18では、パワーモジュール300におけるインバータ回路144, 145の配置が図2に示す場合と異なっている。図2に示した例では、インバータ回路144, 145の上アーム側の半導体スイッチ部（IGBT328、ダイオード156）が往路側の冷却水流路19上に配置され、下アーム側の半導体スイッチ部（IGBT330、ダイオード166）が復路側の冷却水流路19上に配置されるようにした。一方、図18に示す例では、インバータ回路144, 145内における各半導体スイッチ部の配置を、図2に示す配置に対して90度回転している。

30

【0132】

図19は、筐体12内にインバータ装置140, 142を配置した場合を示す。走行駆動に用いられるモータジェネレータ192, 194を駆動制御するインバータ装置140, 142は、補機用のインバータ装置43に比べて発熱が大きいため、冷却水ジャケット19Aが設けられた筐体12内に配置している。一方、発熱が比較的少ない補機用インバータ装置43は、図示していないが筐体12の外部に配置するようにした。なお、この場合においても、図2に示したように、上アーム側半導体スイッチ部（IGBT328、ダイオード156）を冷却水流路19の往路側に配置し、下アーム側半導体スイッチ部（IGBT330、ダイオード166）を復路側に配置するようにしても良い。

40

【0133】

図20は、図18に示した構成において積層配線板の形態を変えた変形例を示す。図21は変形例における電力変換装置200の断面図であり、図17の場合と同様の方向から見た断面を示したものである。なお、この変形例は、図2に示す構成にも同様に適用することができる。図18では、コンデンサモジュール500の積層配線板501に積層導体

50

板 700 を接続し、その積層導体板 700 にパワーモジュール 300 内蔵の直流端子 313 を接続するような構成としている。一方、図 20 に示す例では、積層導体板 700 を 2 つの積層導体板 710 に分割し、分割された各積層配線板 710 の一部を各パワーモジュール 300 に内蔵する構成とした。

【0134】

積層導体板 710 は絶縁シート 713 を挟んで正極導体板 711 と負極導体板 712 とが設けられており、積層導体板 710 とコンデンサ端子 504, 506 との接続構造は、積層導体板 700 の場合と同様である。コンデンサ端子 504, 506 に対してほぼ直角に固定された積層導体板 710 は、上アームと下アームとの中間位置で直角に折れ曲がってパワーモジュール 300 内に導入され、パワーモジュール 300 の回路配線パターン 334k (図 9 参照) に接続される。パワーモジュール 300 の各上下アーム直列回路は、正極導体板 711 と負極導体板 712 との間にそれぞれ並列接続されている。

10

【0135】

図 18 に示した例の場合、図 17 に示すように積層導体板 700 を、パワーモジュール 300 に内蔵されている配線部材 (直流正極端子接続部 314a、直流負極端子接続部 316a) にボルト等で接続する必要がある。一方、図 21 に示す例の場合、積層導体板 700 の正極導体板 711 および負極導体板 712 を、パワーモジュール 300 の端子に接触するように直接接続しているので、部品点数の削減が行えると共に、組み立て作業の効率化を図ることができる。図 20 に示す変形例においても、F-F 断面に関して積層配線板 501 および積層導体板 710 を対称に構成しているため、並列配置された 2 つのパワーモジュール 300 に関して等インピーダンス化を図ることができる。

20

【0136】

図 22 に示す変形例では、図 18 に示す構成に、平滑コンデンサであるコンデンサモジュール 500 のエネルギーを放電するための放電回路 550 を付加した。放電回路 550 は補機用インバータ装置 43 内に設けられ、直流ライン 432 の正極部と負極部との間に接続されている。放電回路 550 には、直列接続された放電抵抗 551 とスイッチング素子 552 とが設けられている。放電抵抗 551 には環流用のダイオード 553 が並列接続されている。スイッチング素子 552 およびダイオード 553 はパワーモジュール内に内蔵されており、例えば、放熱ベース 431 上に実装されている。一方、放電抵抗 551 はインバータ装置 43 のパワーモジュールの外側に設けられており、冷却水ジャケット 19A の底面 191 (例えば、冷却ジャケット 19A の底面に形成された開口 404 を塞いでいるカバー 420) に固定されている。スイッチング素子 552 のオンオフはインバータ装置 43 のドライバ回路 174C によって駆動制御される。なお、内蔵可能であれば、放電抵抗 551 をインバータ装置 43 内に設けても構わない。

30

【0137】

通常 (非放電時) は、スイッチング素子 552 はオフ状態とされている。車両のイグニッションがオフされ、コンデンサモジュール 500 に蓄積された電荷を放電する場合には、スイッチング素子 552 をオンする。スイッチング素子 552 のオン動作により放電抵抗 551 に電流が流れ、コンデンサモジュール 500 が放電される。コンデンサモジュール 500 に蓄えられたエネルギーは、放電抵抗 551 によって熱エネルギーに変換され、発生した熱は冷却水ジャケット 19A へ放熱される。すなわち、パワーモジュール用の冷却装置 (冷却水ジャケット 19A) を、放電抵抗 551 の冷却装置として兼用することで、放電抵抗 551 専用の冷却装置を設ける必要がなく、小型化を図ることができる。また、補機用インバータ装置 43 の配線 432 を利用しているため、放電のための配線を省略できる。なお、上述した例では放電抵抗 551 を冷却ジャケット 19A の底面に固定したが、放電抵抗 551 をインバータ装置 43 のパワーモジュール内に設けても構わない。また、この放電回路 550 は、図 2, 18 ~ 20 に示す構成にも適用することができる。

40

【0138】

図 23 は、洩れ電流対策のための変形例を示す図である。図 23 に示す電力変換装置では、補機 (モータ 195) 用の交流コネクタ 189 は、主機 (モータジェネレータ 192

50

、194)用の交流コネクタ188から離れた位置の1階部分に設けられている。実線で示す矢印ラインは主機の洩れ電流のルートを示し、破線で示す矢印ラインは補機の洩れ電流のルートを示す。

【0139】

図23では、直流電力の入力ターミナルである直流コネクタ138とコンデンサモジュール500の積層配線板501とを接続する直流ラインに対して、直流コネクタ138側からインバータ装置43のパワーモジュール、ノイズフィルタ204の順に接続するような構成としている。各接続点の位置をこのように配置することにより、主機の洩れ電流のルートと、補機の洩れ電流のルートとを分離することができる。主機からの洩れ電流は、実線の矢印ラインで示すように筐体12のノイズフィルタ204が接続されている点から、ノイズフィルタ204を通過して積層配線板501へ流れる。一方、補機からの洩れ電流は、破線の矢印ラインで示すように筐体12からノイズフィルタ204および入力積層配線板230を通過してインバータ装置43のパワーモジュールへと流れ込む。

10

【0140】

走行駆動用に用いられるモータジェネレータ192、194で発生するノイズは、補機用モータ195に比べると大きい。そのため、モータジェネレータ192、194で発生したノイズが、補機用インバータ回路1446の入力に重畳されないようにすることが重要となる。その点、図23の構成では、ノイズフィルタ204を積層配線板501の接続点とインバータ43の入力ラインの接続点との間に設けたので、主機の洩れ電流ルートと補機の洩れ電流ルートが分離され、モータジェネレータ192、194のノイズの影響を防止することができる。その結果、ノイズ低減を図ることができる。

20

【0141】

なお、図2、18、19、20、22において、符号Fを付した破線は、図16におけるF-F断面と同様の断面の位置を示したものである。また、図23では、図示の都合上、積層配線板501を積層導電体700に対して図示上方にずらして記載しているが、図2の場合と同様に、積層配線板501、積層導電体700および直流端子313はF-F断面に関して対称に配置されている。

【0142】

以上説明した本実施の形態においては、以下のような作用効果を奏する。

(1)インバータ回路を内蔵する2つのパワーモジュール300を並列配置した電力変換装置200において、パワーモジュール300の並列配置の方向に幅広な正極導体板507および負極導体板505が絶縁シート517を介して積層された3層積層構造の積層配線板501と、積層配線板501の正極導体板507と負極導体板505との間に並列接続された複数のコンデンサセル514と、前記並列配置の方向に幅広な正極側導体板702および負極側導体板704が絶縁シート706を介して積層された3層積層構造を有し、2つのパワーモジュール300の正極側および負極側と積層配線板501とをそれぞれ接続する積層導体板700と、を備えた。すなわち、図2、11~13に示したように、積層配線板501および積層導体板700は、いずれもパワーモジュール300の並列配置の方向に幅広な一対の導体板を絶縁シート等の絶縁層を介して積層した構造を有しているため、複数のコンデンサセル514から2つのパワーモジュール300までの配線部分のインダクタンスおよび抵抗を小さくすることができる。また、積層配線板501に複数のコンデンサセル514を並列接続するようにしたので、コンデンサモジュールは容量の大きな一つのコンデンサとして機能する。その結果、配線部分の低インピーダンス化を図ることができ、例えば、スイッチング時のサージ電圧を低減することができる。さらに、サージ電圧を低減してスイッチングロスを図ることでインバータ回路の発熱が低減でき、冷却系の小型化を図れる。また、過大な発熱によるスイッチング半導体素子の寿命低下を防止することができる。なお、並列配置の方向に幅広な導体板を用いて積層配線を構成しているため、2つのパワーモジュール300に対して、インピーダンスの均等化を図りやすい。

30

40

【0143】

50

(2) さらに、複数のコンデンサセル514から2つのパワーモジュール300までのインピーダンスがほぼ等インピーダンスとなるように、積層配線板501および積層導体板700の形状および配置を設定する。例えば、図2, 16, 18に示すように2つのパワーモジュール300を一つの平面(F-F断面)に関して対称に並列配置し、積層配線板501および積層導体板700の形状および配置をF-F断面に関して対称に配置する。そうすることで、複数のコンデンサセル514と2つのパワーモジュール300との距離および位置関係がほぼ等価になり、それらの間のインピーダンスがほぼ等インピーダンスとなる。このように、高速でスイッチングを行っている2つのパワーモジュール300に対して、コンデンサモジュール500からの直流電力をほぼ等インピーダンスの配線により供給できるので、半導体素子の耐圧や損失が各パワーモジュール300でほぼ同じになる。例えば、耐圧や損失が異なると、それに応じた耐圧のデバイスを使用する必要があり、そうしないと2つのパワーモジュール300の出力電流が同じにならないという不都合が生じる。また、2つのパワーモジュール300の間で、スイッチング素子の寿命が大きく異なるというような不都合も発生する。しかしながら、本実施の形態のように、配線部材をほぼ等インピーダンスな配置および形状とすることで、そのような不都合の発生を防止することができる。また、2つのパワーモジュール300に同一部品を用いることができ、コスト低減を図ることができる。

10

【0144】

(3) 図2, 16, 17に示すように、上アーム側半導体スイッチ部(IGBT328, ダイオード156)および下アーム側半導体スイッチ部(IGBT330, ダイオード166)が搭載された金属ベース304を、F-F断面に垂直な方向へと流れる冷却水で金属ベース304を直接に冷却する冷却ブロック19Aを設けたので、パワーモジュール300の冷却を効果的に行うことができる。なお、上述した実施形態では、冷却水流路19がU字状になっているが、一方から供給され他方から排水されるような一直線状の冷却水流路であっても良い。その場合も、直線状の流路上にパワーモジュール300が並設されるように構成しているので、冷却水流路19の形状が簡単になる。

20

【0145】

(4) また、図2に示すように、冷却水が流入口(冷却水入口配管13)からF-F断面に垂直な方向へと流れる往路の冷却水流路19と、冷却水が往路と逆向きに流出口(冷却水出口配管14)へと流れる冷却水流路19とを有するU字形状の往復流路が形成された面410Sに、往復流路のそれぞれを跨ぐように放熱ベース304が固定されているので、2つのパワーモジュール300の間で冷却効率の均一化が図れる。すなわち、出入口側のパワーモジュール300は、冷却水入口配管13からの冷たい冷却水と、出口側に近く発熱部品からの熱によって暖められた冷却水とにより冷やされることとなる。一方、折り返し側のパワーモジュール300は、少し温められた冷却水および、出口孔403近くの冷却水よりは少し冷えた状態の冷却水によって冷却される。結果として折り返し冷却通路と2つのパワーモジュール300の配置関係は、2つのパワーモジュール300の冷却効率が均衡した状態となるメリットがある。その結果、2つのパワーモジュール300は互いに同じような温度に維持され、素子寿命が著しく異なるようなことがない。

30

【0146】

(5) また、図2に示すように、上アーム側のIGBT328およびダイオード156を往路の冷却水流路19で冷却し、下アーム側のIGBT330およびダイオード166を復路の冷却水流路19で冷却するようにしても良い。

40

【0147】

(6) 図6, 15に示すように、2つのパワーモジュール300の並列配置の方向と直交するモジュール側面方向に、各パワーモジュール300の出力端子である交流コネクタ188を配置したので、配線時の作業性の向上を図ることができる。

【0148】

(7) 図16, 17に示すように、冷却水流路19が形成された面410Sと反対側の冷却ジャケット19Aの底面191と対向する位置に複数のコンデンサセル514および

50

積層配線板 501 を配置すると共に、2つのパワーモジュール 300 と対向する位置に積層導体板 700 を配置したので、コンデンサモジュール 500 と冷却ジャケット 19A の距離が近付き、例えば、筐体 12 を冷却経路として用いる場合、コンデンサモジュール 500 の冷却を効果的に行うことができる。また、積層配線板 501 の一部（コンデンサ端子 504, 506）を冷却ジャケット 19A の側面側に延在させて積層導体板 700 と接続したので、積層配線板 501 と積層導体板 700 との接続や容易となり、作業性の向上を図ることができる。

【0149】

(8) さらに、積層配線板 501 の一部（コンデンサ端子 504, 506）を、2つのパワーモジュール 300 と対向するように配置された積層導体板 700 まで延在させること
10

【0150】

(9) 図 16, 17 に示すように、3相出力型インバータ回路 146 を内蔵する第3のパワーモジュール 43 を、その金属ベース 431 が冷却ジャケット 19A の底面 191 に固定されるように設ける。このように、冷却ジャケット 19A の底面 191 を冷却面として有効に利用することにより、冷却装置が大型化したり冷却装置の個数が増えたりするのを避けられ、電力変換装置 200 の小型化を図ることができる。

【0151】

(10) 図 22 に示すように、複数のコンデンサセル 514 に蓄積された電荷を放電するための放電回路 550 の一部をパワーモジュール 43 に内蔵しているので、装置の小型
20

【0152】

(11) 図 23 に示すように、電力変換装置 200 の直流電力入力用の直流コネクタ 138 と積層配線板 501 との間に設けられた各直流電力ライン上に、直流コネクタ 138 側から順に、補機用パワーモジュール 43 の入力ラインの接続点と、各直流電力ラインと
30

【0153】

実施形態と変形例の一つ、もしくは複数を組み合わせることも可能である。変形例をどのように組み合わせることも可能である。

【0154】

以上の説明はあくまで一例であり、本発明は上記実施形態の構成に何ら限定されるものではない。例えば、上述した実施形態では、インバータ装置 43 やパワーモジュール 300 のインバータ回路を 3相出力型として説明したが、3相に限定されるものではない。

【符号の説明】

【0155】

10 上部ケース、11 金属ベース板、12 筐体、
13 冷却水入口配管、14 冷却水出口配管、16
下部ケース、17 交流ターミナルケース、18 交流ターミナル
、19 冷却水流路、19A 冷却ジャケット、20
制御回路基板、21 コネクタ、22 駆動回路基板、23
50

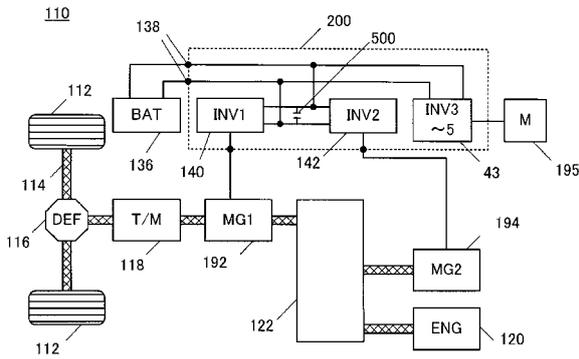
・ ・ ・基板間コネクタ、43 ・ ・ ・ ・ ・補機用インバータ装置、110 ・ ・ ・ ・ ・ハ
 イブリッド電気自動車、112 ・ ・ ・ ・ ・前輪、114 ・ ・ ・ ・ ・前輪車軸、116
 ・ ・ ・ ・ ・前輪側DEF、118 ・ ・ ・ ・ ・変速機、120 ・ ・ ・ ・ ・エンジン、
 122 ・ ・ ・ ・ ・動力分配機構、136 ・ ・ ・ ・ ・バッテリー、138 ・ ・ ・ ・ ・直
 流コネクタ、140, 142 ・ ・ ・ ・ ・インバータ装置、144~146 ・ ・ ・ ・ ・
 インバータ回路、150 ・ ・ ・ ・ ・上下アームの直列回路、156 ・ ・ ・ ・ ・上ア
 ームのダイオード、159 ・ ・ ・ ・ ・交流端子、166 ・ ・ ・ ・ ・下アームのダイオー
 ド、170 ・ ・ ・ ・ ・制御部、172 ・ ・ ・ ・ ・制御回路、174、174A~17
 4C ・ ・ ・ ・ ・ドライバ回路、176 ・ ・ ・ ・ ・信号線、180 ・ ・ ・ ・ ・電流セ
 ンサ、182 ・ ・ ・ ・ ・信号線、186 ・ ・ ・ ・ ・交流電力線、188, 189 ・ ・
 ・ ・ ・ ・ ・交流コネクタ、191 ・ ・ ・ ・ ・底面、192, 194 ・ ・ ・ ・ ・モータジ
 エネレータ、195 ・ ・ ・ ・ ・モータ、200 ・ ・ ・ ・ ・電力変換装置、204 ・ ・
 ・ ・ ・ ・ ・ノイズフィルタ、230 ・ ・ ・ ・ ・入力積層配線板、300 ・ ・ ・ ・ ・パワ
 ーモジュール、302 ・ ・ ・ ・ ・パワーモジュールケース、304 ・ ・ ・ ・ ・金属ベ
 ース、305 ・ ・ ・ ・ ・フィン、313 ・ ・ ・ ・ ・直流端子、315 ・ ・ ・ ・ ・正
 極導体板、317 ・ ・ ・ ・ ・負極導体板、318 ・ ・ ・ ・ ・絶縁紙、328 ・ ・ ・ ・
 ・ ・ ・ ・ ・上アーム用IGBT、330 ・ ・ ・ ・ ・下アーム用IGBT、334 ・ ・ ・ ・ ・
 絶縁基板、400 ・ ・ ・ ・ ・開口部、401 ・ ・ ・ ・ ・入口孔、402 ・ ・ ・ ・ ・
 開口部、403 ・ ・ ・ ・ ・出口孔、404 ・ ・ ・ ・ ・開口部、406 ・ ・ ・ ・ ・貫
 通穴、408 ・ ・ ・ ・ ・隔壁、410 ・ ・ ・ ・ ・支持部、410S ・ ・ ・ ・ ・面、
 420 ・ ・ ・ ・ ・カバー、500 ・ ・ ・ ・ ・コンデンサモジュール、501 ・ ・ ・ ・
 ・ ・ ・ ・ ・積層配線板、502 ・ ・ ・ ・ ・コンデンサケース、504 ・ ・ ・ ・ ・負極側コン
 デンサ端子、505 ・ ・ ・ ・ ・負極導体板、506 ・ ・ ・ ・ ・正極側コンデンサ端子
 、507 ・ ・ ・ ・ ・正極導体板、510 ・ ・ ・ ・ ・直流(バッテリー)負極側接続端子
 部、511 ・ ・ ・ ・ ・開口部(端子固定用)、512 ・ ・ ・ ・ ・直流(バッテリー)正
 極側接続端子部、514 ・ ・ ・ ・ ・コンデンサセル、517 ・ ・ ・ ・ ・絶縁シート、
 550 ・ ・ ・ ・ ・放電回路、700, 710 ・ ・ ・ ・ ・積層導体板、702 ・ ・ ・ ・
 ・ ・ ・ ・ ・正極側導体板、704 ・ ・ ・ ・ ・負極側導体板

10

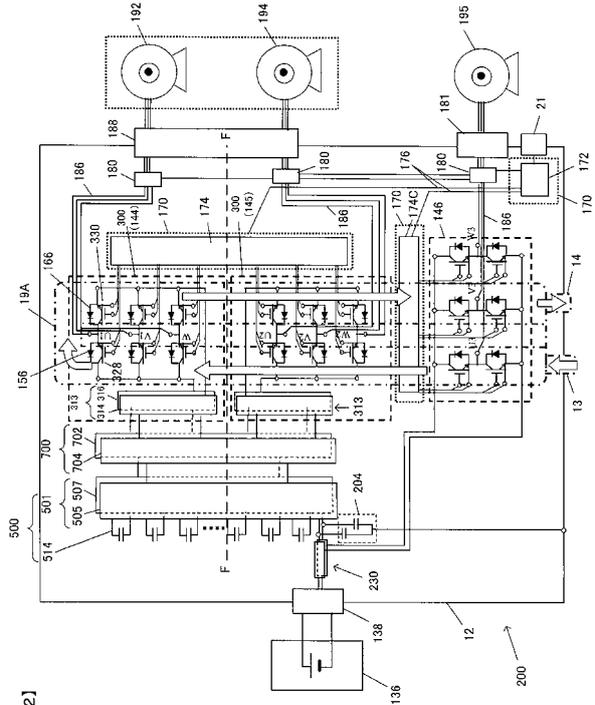
20

【図1】

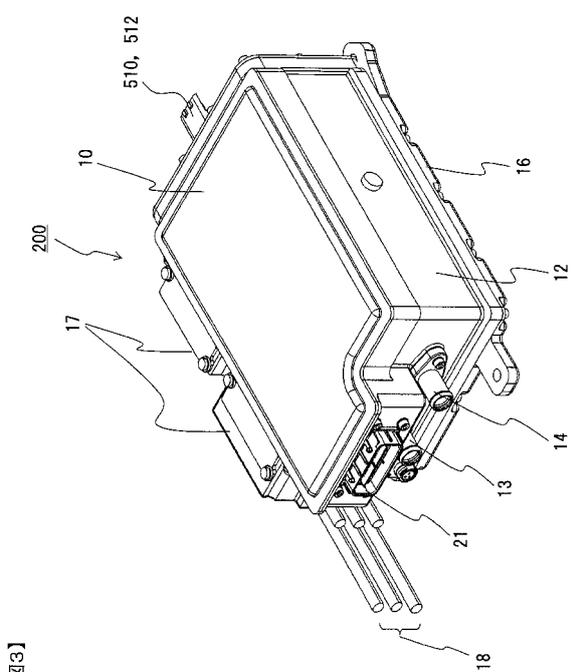
【図1】



【図2】

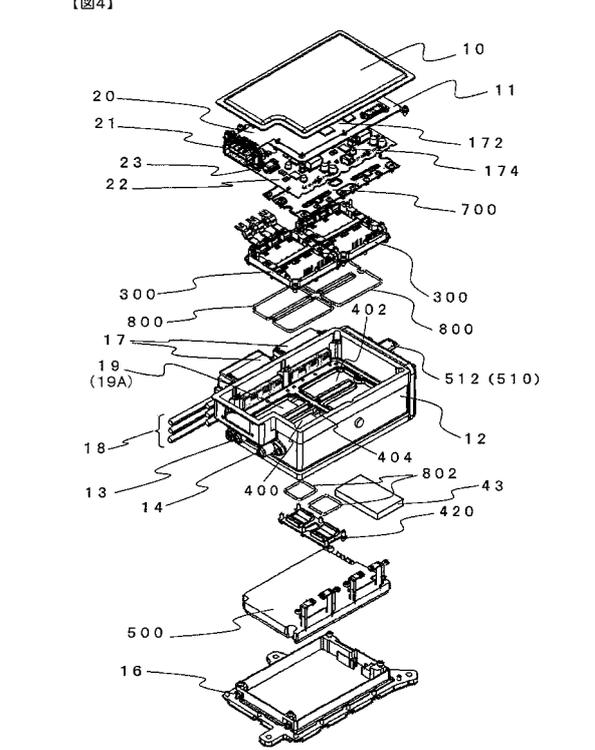


【図3】

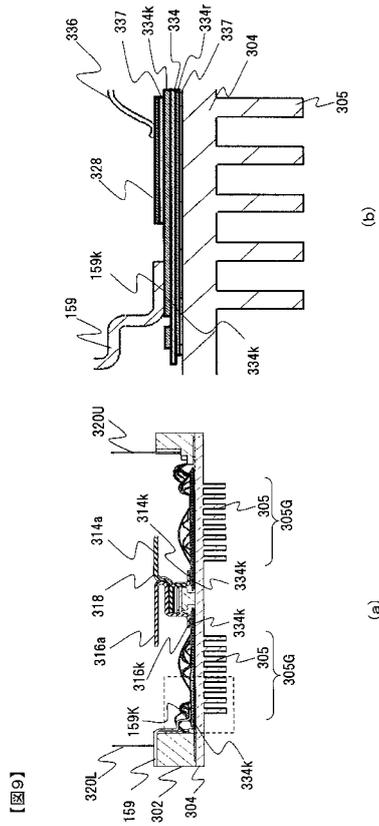


【図3】

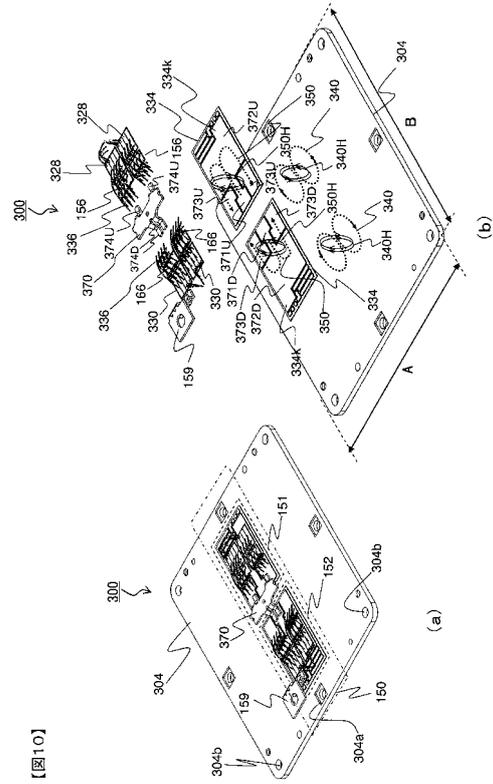
【図4】



【図9】

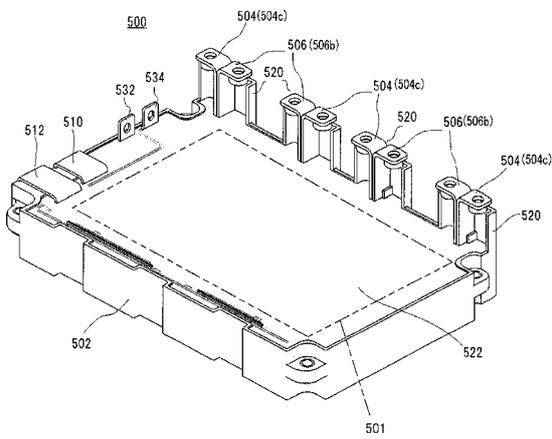


【図10】



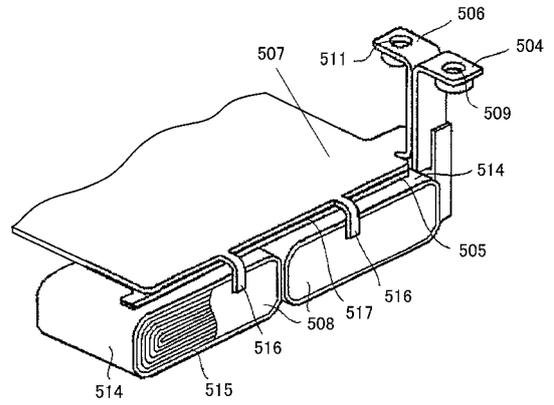
【図11】

【図11】

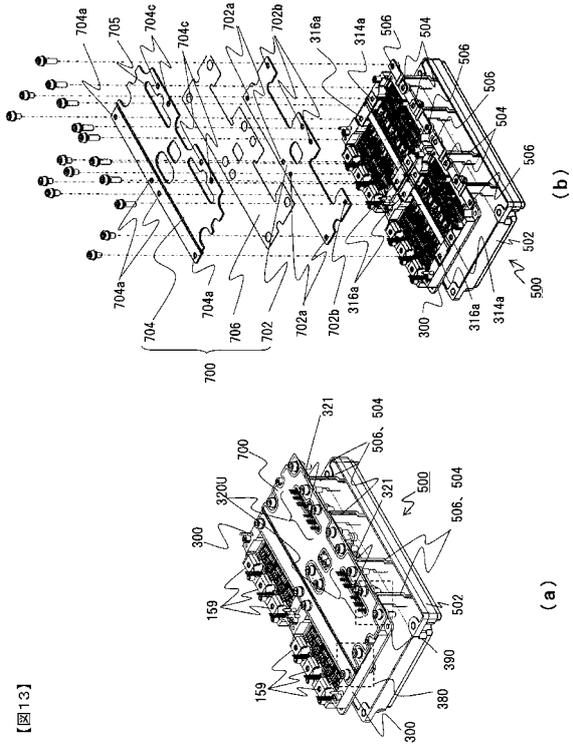


【図12】

【図12】

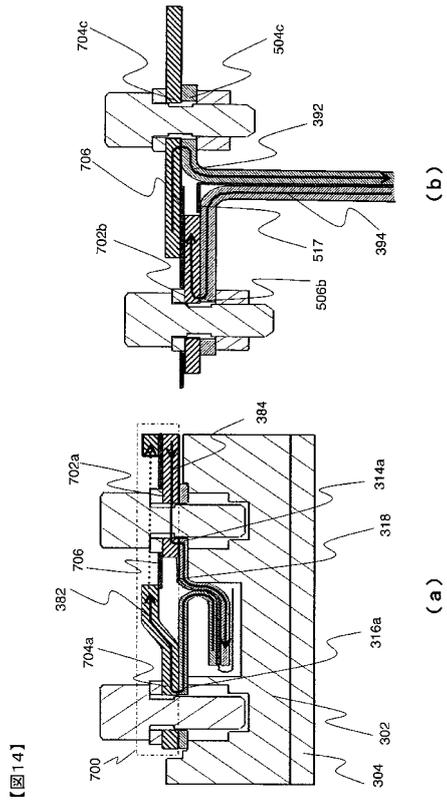


【図13】



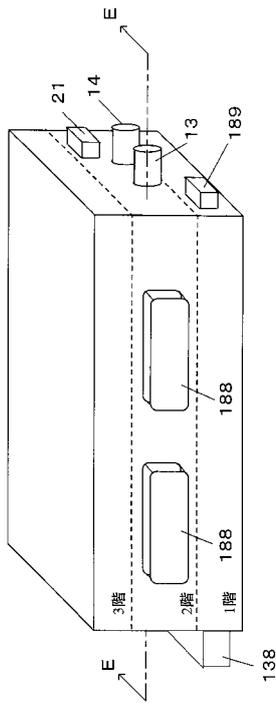
【図13】

【図14】



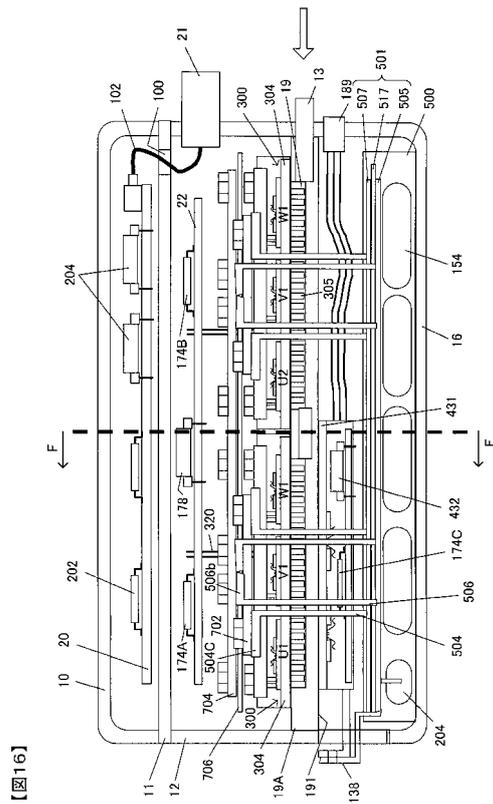
【図14】

【図15】



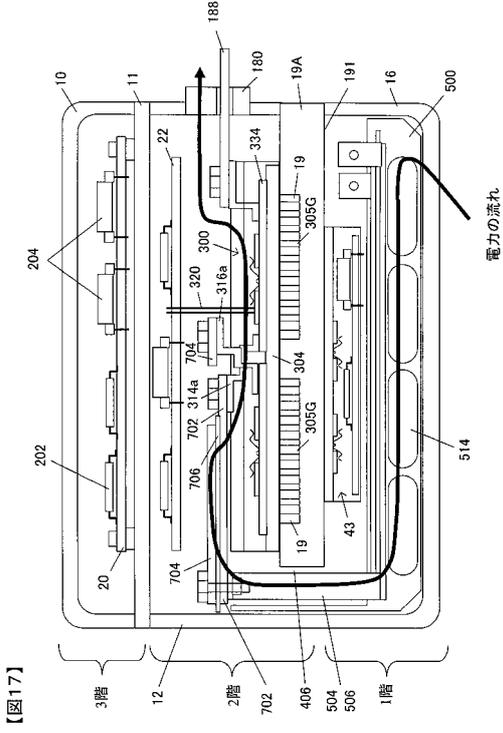
【図15】

【図16】

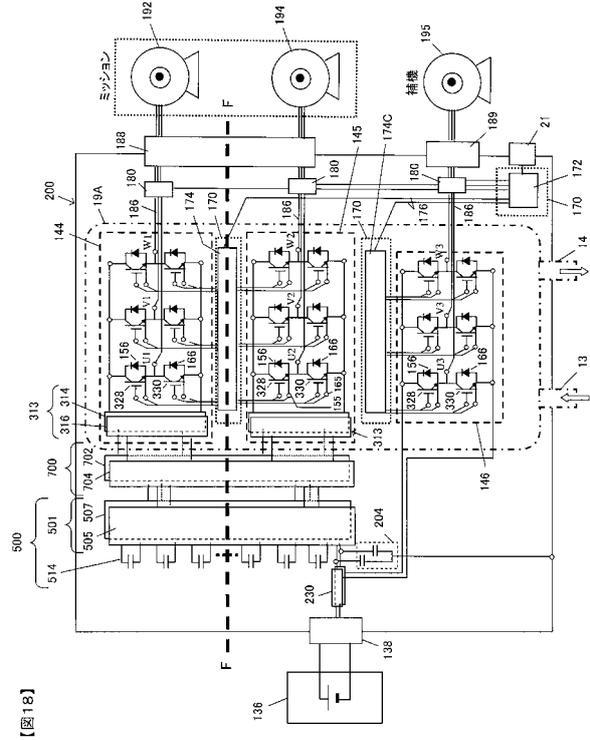


【図16】

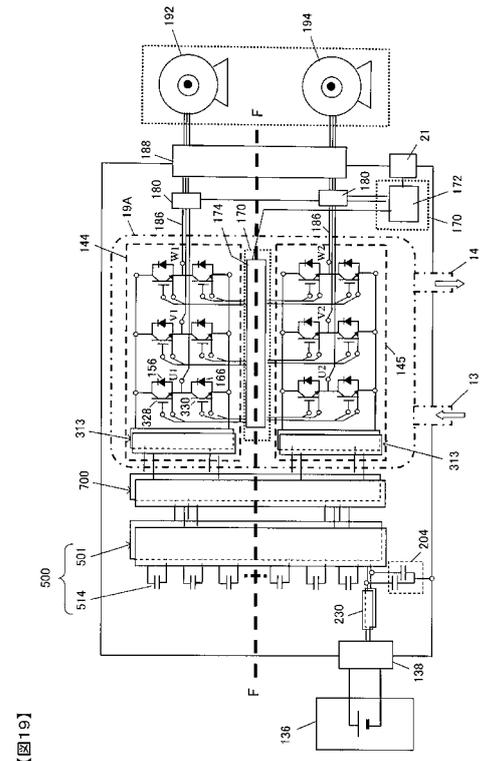
【図17】



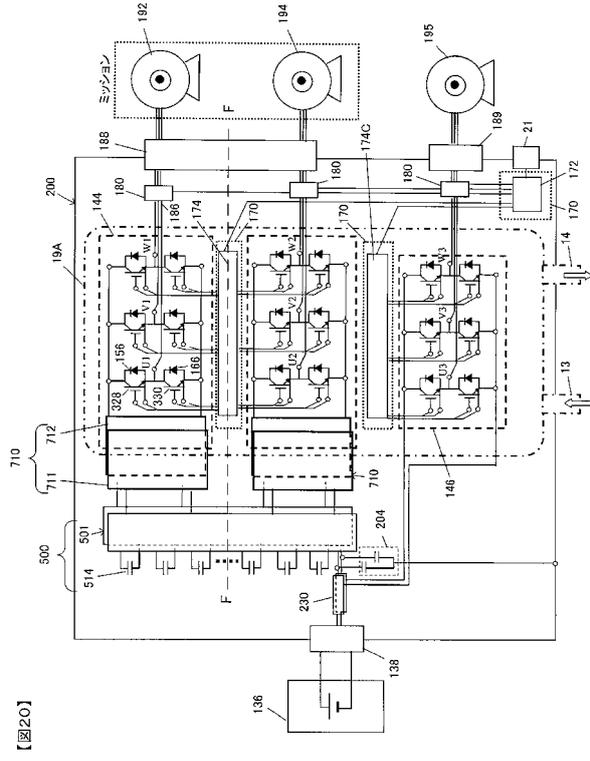
【図18】



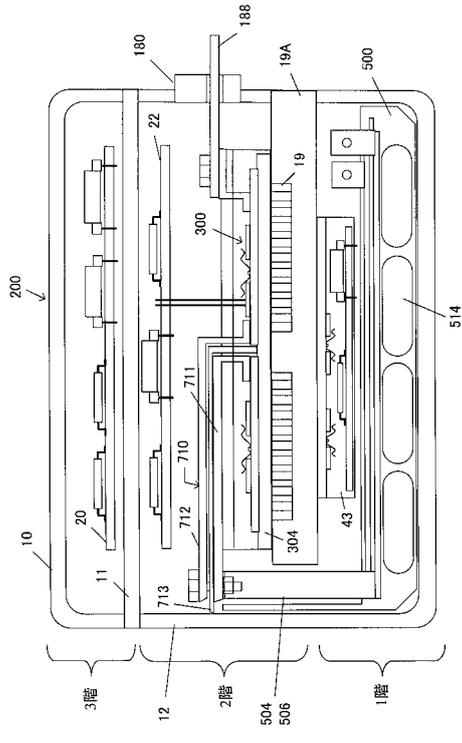
【図19】



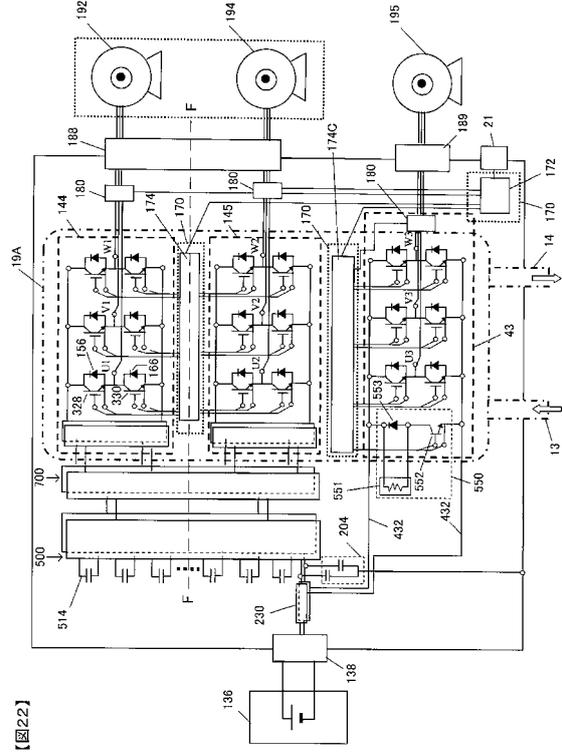
【図20】



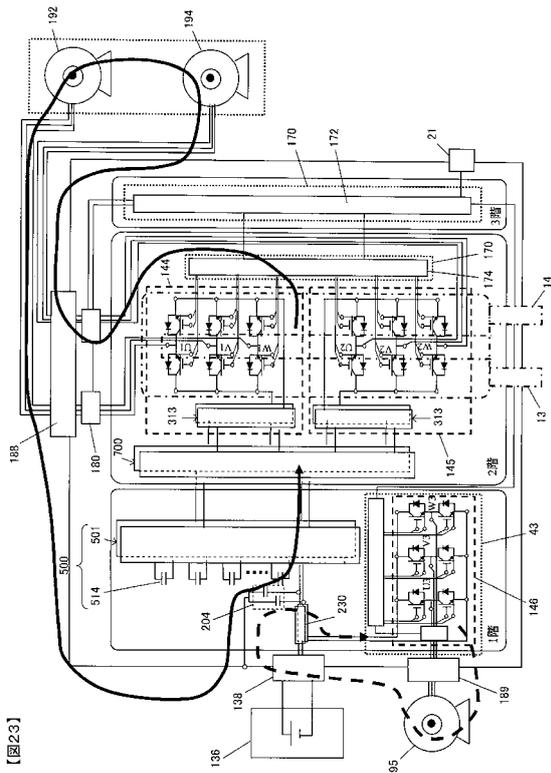
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

- (72)発明者 錦見 総徳
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内
- (72)発明者 松尾 壮志
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内
- (72)発明者 雪田 篤
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

審査官 河村 勝也

- (56)参考文献 特開2007-195292(JP,A)
特開2006-121834(JP,A)
特開2008-061282(JP,A)
特開2009-044891(JP,A)
特開2005-347561(JP,A)
特開2007-189801(JP,A)
特開2004-201500(JP,A)
特開2006-238515(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/48
B60L 9/18
B60L 11/14