

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5422468号
(P5422468)

(45) 発行日 平成26年2月19日 (2014. 2. 19)

(24) 登録日 平成25年11月29日 (2013. 11. 29)

(51) Int. Cl.

H02M 7/48 (2007.01)

F I

H02M 7/48 ZHVZ

請求項の数 8 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2010-84785 (P2010-84785)
 (22) 出願日 平成22年4月1日 (2010. 4. 1)
 (65) 公開番号 特開2011-217550 (P2011-217550A)
 (43) 公開日 平成23年10月27日 (2011. 10. 27)
 審査請求日 平成24年8月29日 (2012. 8. 29)

(73) 特許権者 509186579
 日立オートモティブシステムズ株式会社
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 前田 建
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 日立オートモティブ
 システムズ株式会社内
 (72) 発明者 中嶋 賢市郎
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 日立オートモティブ
 システムズ株式会社内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに積層状態に配置された一方と他方の直流端子を複数個有する平滑用のコンデンサモジュールと、

前記コンデンサモジュールに沿って冷媒を流す冷媒流路を形成する流路形成体と、

冷却面を有するモジュールケースと前記モジュールケースから積層状態で一方の方向に突出する直流端子と前記モジュールケースから一方の方向に突出する交流端子を備える複数のパワー半導体モジュールと、を備え、

前記パワー半導体モジュールは、前記パワー半導体モジュールのモジュールケースの冷却面が前記流路形成体の冷媒流路に挿入され前記流路形成体内を流れる冷媒に接するように、前記流路形成体に固定され、

前記コンデンサモジュールの各積層状態の直流端子は、前記コンデンサモジュールから対応する前記パワー半導体モジュールに向かって伸び、さらに前記積層状態の直流端子は流路に沿った方向の接続部を有し、前記コンデンサモジュールの各直流端子の流路に沿った方向の各接続部はそれぞれ前記パワー半導体モジュールから冷媒流路を横切る方向に突出した直流端子に接続され、

前記パワー半導体モジュールのモジュールケースから前記冷媒流路と反対の方向である前記一方の方向に突出する積層状態の直流端子はそれぞれ幅広導体で作られていて幅広面が互いに対向しており、

また前記コンデンサモジュールの各接続部はそれぞれ幅広導体で作られていて幅広面が

10

20

互いに対向しており、前記コンデンサモジュールの接続部の積層状態における各内側に位置する幅広面が、前記パワー半導体モジュールの積層状態の直流端子のそれぞれの外側に位置する幅広面とそれぞれ接するようにして溶接にて固定され、

前記コンデンサモジュールはコンデンサケースと前記コンデンサケース内に収納された複数個のコンデンサセルとを有し、前記コンデンサモジュールの直流端子は前記コンデンサケースから積層状態で突出しており、

前記コンデンサモジュールの直流端子は、前記パワー半導体モジュールの直流端子との接続部と前記コンデンサケースとの間の部分において、少なくとも一方の直流端子が前記冷媒の流れの方向において折り返す形状をなして、前記一方の直流端子の返す形状の内側に他方の前記コンデンサモジュールの直流端子の接続部が位置する構造としたことを特徴とする電力変換装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールの各積層状態の直流端子はそれぞれ幅広導体で作られており、また前記パワー半導体モジュールのモジュールケースから突出している積層状態の直流端子は幅広導体で作られており、さらに前記モジュールケースから前記冷媒流路の反対方向に突出しており、

前記コンデンサモジュールの各直流端子の幅広導体の幅広面は、それぞれ前記パワー半導体モジュールの幅広導体で作られた直流端子の幅広面と接し、

前記互いに幅広面で接しているコンデンサモジュールの各直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子は、前記冷媒流路の反対方向の部分で溶接により接続されていることを特徴とする電力変換装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電力変換装置において、

前記パワー半導体モジュールのモジュールケースから前記冷媒流路と反対の方向である前記一方の方向に突出する積層状態の直流端子はそれぞれ幅広導体で作られていて幅広面が互いに対向しており、

また前記コンデンサモジュールの各接続部はそれぞれ幅広導体で作られていて幅広面が互いに対向しており、前記コンデンサモジュールの接続部の積層状態における各内側に位置する幅広面が、前記パワー半導体モジュールの積層状態の直流端子のそれぞれの外側に位置する幅広面とそれぞれ接するようにして溶接にて固定されていることを特徴とする電力変換装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールの直流端子は、前記パワー半導体モジュールの直流端子との接続部と前記コンデンサケースとの間の部分において、それぞれ直流端子が前記冷媒の流れの方向において折り返す形状をなして、前記一方の直流端子の返す形状の内側に他方の前記コンデンサモジュールの直流端子の接続部が位置する構造としたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 の内の一に記載の電力変換装置において、

前記各パワー半導体モジュールは、上アームと下アームを構成する半導体チップと前記上アームと下アームの半導体チップを直列に接続する導体を備えており、

前記各パワー半導体モジュールの交流端子は、各パワー半導体モジュールの内部において前記上アームと下アームの半導体チップを直列に接続する導体と電氣的に接続されていることを特徴とする電力変換装置。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールに対して空間を介して、複数の交流バスバーを備える交流バスバーアセンブリが配置され、前記各交流バスバーが対応するパワー半導体モジュール

50

の交流端子と溶接にて接続されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の電力変換装置において、

前記交流バスバーアッセンブリを挟んで前記コンデンサモジュールと反対の位置に前記各パワー半導体モジュールを動作させるためのドライバ回路が配置されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 8】

互いに積層状態に配置された一方と他方の直流端子を複数個有する平滑用のコンデンサモジュールと、

前記コンデンサモジュールに沿って冷媒を流す冷媒流路を形成する流路形成体と、

冷却面を有するモジュールケースと前記モジュールケースから積層状態で一方の方向に突出する直流端子と前記モジュールケースから一方の方向に突出する交流端子を備える複数のパワー半導体モジュールと、を備え、

前記パワー半導体モジュールは、前記パワー半導体モジュールのモジュールケースの冷却面が前記流路形成体の冷媒流路に挿入され前記流路形成体内を流れる冷媒に接するように、前記流路形成体に固定され、

前記コンデンサモジュールの各積層状態の直流端子は、前記コンデンサモジュールから対応する前記パワー半導体モジュールに向かって伸び、さらに前記積層状態の直流端子は流路に沿った方向の接続部を有し、前記コンデンサモジュールの各直流端子の流路に沿った方向の各接続部はそれぞれ前記パワー半導体モジュールから冷媒流路を横切る方向に突出した直流端子に接続され、

前記各パワー半導体モジュールは、上アームと下アームを構成する半導体チップと前記上アームと下アームの半導体チップを直列に接続する導体を備えており、

前記各パワー半導体モジュールの交流端子は、各パワー半導体モジュールの内部において前記上アームと下アームの半導体チップを直列に接続する導体と電気的に接続され、

前記コンデンサモジュールは略長方形をなし、前記コンデンサモジュールの長辺に沿って前記積層状態の直流端子が複数個配置され、前記コンデンサモジュールの短辺に直流電源と直流電力の授受を行うための電源端子を備えていることを特徴とする電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は直流電力を交流電力に変換しあるいは交流電力を直流電力に変換するために使用する電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に電力変換装置は、直流電源から直流電力を受ける平滑用のコンデンサモジュールとコンデンサモジュールから直流電力を受けて交流電力を発生するインバータ回路とインバータ回路を制御するための制御回路を備えている。前記交流電力は例えばモータに供給され、供給された交流電力に応じてモータは回転トルクを発生する。前記モータは一般的には発電機としての機能を有しており、外部からモータに対して機械エネルギーが供給されると、前記モータは供給される機械エネルギーに基づいて交流電力を発生する。上記電力変換装置は交流電力を直流電力に変換する機能も備えている場合が多く、モータが発生する交流電力は直流電力に変換される。直流電力から交流電力への変換、あるいは交流電力から直流電力への変換は上記制御装置によって制御される。例えば上記モータが同期電動機の場合には、同期電動機の回転子の磁極位置に対する固定子が発生する回転磁界の位相を制御することにより、上記電力変換に係る制御を行うことができる。電力変換装置の一例は特開 2009-219217 号公報に開示されている。

【0003】

電力変換装置は、例えば自動車に搭載され、同じく自動車に搭載された二次電池から直流電力を受け、走行用の回転トルクを発生する電動機に供給するための交流電力を発生す

10

20

30

40

50

る。また車の回生制動運転時には制動力を発生するために電動機は走行エネルギーに基づき交流電力を発生し、発生した交流電力は電力変換装置によって直流電力に変換され、上記二次電池に蓄電され、再び車両走行用などの電力として使用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-219270号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

インバータ回路は、回路を導通あるいは遮断する動作を行うことにより直流電力と交流電力との間の変換を行う。前記回路の導通あるいは遮断動作により回路のインダクタンスに基づくスパイク電圧が発生する。この電圧が大きいと絶縁破壊など、信頼性の低下につながる。平滑用のコンデンサモジュールと前記インバータ回路のパワー半導体モジュールとの接続部のインダクタンスの低減が十分ではなかった。

【0006】

本発明の目的は、平滑用のコンデンサモジュールと前記インバータ回路のパワー半導体モジュールとの接続部のインダクタンスを低減できる電力変換装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0007】

本発明の目的を解決するための構成の1つは次の通りである。

【0008】

積層状態に配置された直流端子を複数個有する平滑用のコンデンサモジュールと、冷媒流路を形成する流路形成体と、冷却面を有するモジュールケースから積層状態で突出する直流端子と前記モジュールケースから突出する交流端子を備える複数のパワー半導体モジュールと、を備え、前記パワー半導体モジュールは冷媒流路に沿って配置され、前記コンデンサモジュールの直流端子は対応する前記パワー半導体モジュールに向かって伸び、さらに前記直流端子は流路に沿った方向の接続部を有し、前記コンデンサモジュールの各接続部はそれぞれ前記パワー半導体モジュールから突出した直流端子に接続されることを特徴とする電力変換装置。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、平滑用のコンデンサモジュールとインバータ回路のパワー半導体モジュールとの接続部のインダクタンスを低減でき、電力変換装置の信頼性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ハイブリッド自動車のシステムを示すシステム図である。

【図2】図1に示す電気回路の構成を示す回路図である。

40

【図3】電力変換装置の構成を説明するための分解斜視図である。

【図4】電力変換装置の全体構成を説明するために構成要素に分解した斜視図である。

【図5】流路形成体12を説明するために、図4に示す流路形成体12を底側から見た図である。

【図6】(a)は、パワー半導体モジュール300aの外観を示す斜視図である。(b)は、パワー半導体モジュール300aの断面図である。

【図7】(a)は、理解を助けるために、モジュールケース304と絶縁シート333と第一封止樹脂348と第二封止樹脂351を取り除いたパワー半導体モジュール300aの内部断面図である。(b)は、パワー半導体モジュール300aの内部構成を説明するための斜視図である。

50

【図 8】(a)は、(b)の構造の理解を助けるための分解図である。(b)は、パワー半導体モジュール 300 の回路図である。

【図 9】(a)は、インダクタンスの低減効果を説明する回路図である。(b)は、インダクタンスの低減作用を説明するための説明図である。

【図 10】(a)は補助モールド体 600 の斜視図である。(b)は補助モールド体 600 の透過図である。

【図 11】コンデンサモジュール 500 の内部構造を説明するための分解斜視図である。

【図 12】流路形成体 12 にパワー半導体モジュールとコンデンサモジュールとバスバーアッセンブリを組み付けた状態の外観斜視図である。

【図 13】図 12 の破線で示す部分 A の拡大図である。

【図 14】パワー半導体モジュールとコンデンサモジュールを組み付けた流路形成体 12 とバスバーアッセンブリ 800 との関係を示す分解斜視図である。

【図 15】保持部材 803 を除いたバスバーアッセンブリ 800 の外観斜視図である。

【図 16】パワー半導体モジュールとコンデンサモジュールとバスバーアッセンブリ 800 と補機用パワーモジュール 350 を組み付けた流路形成体 12 の外観斜視図である。

【図 17】説明のために制御回路基板 20 と金属ベース板 11 を分離した電力変換装置 200 の斜視図である。

【図 18】図 17 の破線 B での断面を、矢印 C の方向から見た断面図である。

【図 19】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の接続状態を説明するための説明図である。

【図 20】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 21】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 22】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 23】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 24】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 25】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【図 26】コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の更に他の接続状態を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に説明する本発明が適用された実施の形態の電力変換装置およびこの装置を使用したシステムは、製品化のために解決することが望ましい色々な課題を解決している。これら実施の形態が解決している色々な課題の一つに、上述の発明が解決しようとする課題の欄に記載したインダクタンスの低減に関する課題があり、また上述の発明の効果の欄に記載したインダクタンスの低減および信頼性の向上効果がある。すなわち以下に詳述する電力変換装置およびこの電力変換装置を使用したシステムは、製品化のために解決することが望ましい色々な課題を解決していて、上述の発明が解決しようとする課題の欄に記載した小型化の課題があり、また上述の発明の効果の欄に記載した小型化の効果に止まらず、上記課題や効果以外に色々な課題を解決し、色々な効果を達成することができる。さらに、上述の発明が解決しようとする課題の欄に記載したインダクタンスの低減に係る課題、また上述の発明の効果の欄に記載したインダクタンスの低減および信頼性の向上に係る効果を達成する構成についても、上述の課題を解決するための手段の欄に記載した構成だけで無く、他の構成によっても上記課題が解決でき、上記効果を得ることができる。以下その代表的なものを幾つか列挙する。さらにそれ以外については実施の形態の説明の中で述

10

20

30

40

50

べる。

【0012】

インダクタンスをより低減できる構成1を次に記載する。冷媒流路に沿ってパワー半導体モジュールを配置し、前記パワー半導体モジュールのケースから突出する積層状態の直流端子と、コンデンサモジュールの直流端子が有する冷媒の流路に沿う方向の接続部とを接触させ、前記接触する直流端子同士を互いに接続した構造である。この構造においては、コンデンサモジュールの直流端子を積層状態で、パワー半導体モジュールの直流端子との接続位置まで伸ばすことができる。このためインダクタンスの低減が可能となる。またコンデンサモジュールの直流端子の接続部を、冷媒流路に沿う方向からパワー半導体モジュールの端子の方に延ばしているため、接続部の構造の複雑化を避けることができる。

10

【0013】

上記構成1において、コンデンサモジュールの積層状態の直流端子の内側にパワー半導体モジュールの直流端子を配置することにより、パワー半導体モジュールの直流端子同士を接近して配置することができ、この構造により低インダクタンス化が可能となる。

【0014】

さらに構成1において、コンデンサモジュールの直流端子は、前記パワー半導体モジュールの直流端子との接続部とコンデンサケースとの間の部分において、少なくとも一方の直流端子が前記冷媒の流れの方向において折り返す形状をなして、前記一方の直流端子の返す形状の内側に他方の前記コンデンサモジュールの直流端子との接続部が位置する構造としている。この構造により、インダクタンスを低減することができる。

20

【0015】

さらに構成1において、コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子との接続部が、冷媒流路と反対の方向に位置するので、溶接器具の前記接続部への挿入が容易となり、溶接作業の生産性が向上する。さらに溶接部の信頼性も向上する。

【0016】

さらに構成1において、コンデンサモジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの直流端子の上に、交流バスバーを配置することが可能となり、小型化あるいは生産性向上が可能となる。

【0017】

より小型化が望ましい課題を解決するための構成2を次に記載する。構成2は、ハウジング内に、冷媒流路と平滑用のコンデンサモジュールを配置し、さらに前記冷媒流路に沿って縦長形状のパワー半導体モジュールを配置し、前記コンデンサモジュールから前記パワー半導体モジュールに直流電流を流すための直流バスバーを配置し、直流バスバーの縦方向における上側に交流バスバーを配置し、前記交流バスバーの上に前記パワー半導体モジュールを制御するための制御信号線を配置する構成である。この構成により、電力変換装置の全体構成をより整然とした状態で配置でき、電力変換装置の小型化が可能となる。また冷媒流路を横切る横方向における、すなわち、電力変換装置の横方向のサイズをより小さくできる効果を得ることができる。上記効果は特にインバータの上下のアームの直列回路を内蔵したパワー半導体モジュールを使用する場合に大きな効果が得られるが、上下のアームのどちらか1つのアームを挿入したパワー半導体モジュールを使用する場合であっても効果が達成できる。ただし、1つのアームを挿入したパワー半導体モジュールを使用する場合には、インバータの上アーム用と下用のパワー半導体モジュールを別々に使用するため、これらアーム接続するためのバスバー構成が増加する。

30

40

【0018】

上述の構成2において、さらにまた、直流バスバーや交流バスバーを電力変換装置のハウジング内のより側部側に配置し、これらバスバーの中央側に併設して前記コンデンサモジュールを配置でき、コンデンサモジュールの上部を有効に利用できる。例えばその他の回路をコンデンサモジュールの上部に配置でき、例えば実施の形態の如くコンプレッサなどの補機用の電動機を駆動する交流電力を発生するための補機用の半導体モジュールをこの部分に配置することができる。これらにより、電力変換装置の小型化を実現できる。さ

50

らに加えて、前記コンデンサモジュールとパワー半導体モジュールとの接続距離が短くなり、低インダクタンス化において効果がある。さらに溶接作業により電氣的に接続する場合には、溶接器具を使用する空間が確保し易く、生産性が向上する。

【0019】

さらに上述の構成2において、コンデンサモジュールの外形に沿って冷媒流路を形成する流路形成体を設け、前記コンデンサモジュールを前記流路形成体に固定する構成とすることで、前記冷媒流路により前記パワー半導体モジュールと前記コンデンサモジュールとを合せて冷却できる。さらに直流バスバーや交流バスバーを側部の方に寄せて配置できるので、前記コンデンサモジュールの上側に配置した前記他の回路を流路形成体に接近して配置できる。前記パワー半導体モジュールと前記コンデンサモジュールとに加え、前記他の回路を効率的に冷却できる。前記他の回路とは回路を構成するためのいろいろな部品であっても良い。特に上述の通り、補機用の半導体モジュールを他の回路としてこの部分に配置することで、装置全体をより小型化でき、さらに補機用の半導体モジュールを効率的に冷却でき、信頼性の向上にもつながる。

10

【0020】

より小型化が望ましいとの課題を解決するための他の構成である構成3を次に記載する。構成3は、パワー半導体モジュールから交流電力を出力するための、あるいはモータが発生した交流電力をパワー半導体モジュールに供給するための複数の交流バスバーを幅広の導体で構成し、各交流バスバーの幅の狭い面をハウジングの縦方向に沿うように、幅の広い面を互いに対向するように並べて配置したことである。この構成により、複数の交流

20

【0021】

また上述の構成3に加え、上記複数の交流バスバーを交流バスバーアッセンブリとして一体化する構成とする。交流バスバーアッセンブリが、固定部を有する保持部材を有して、前記保持部材に前記複数の交流バスバーを固定することにより前記複数の交流バスバーを一体化する構成とする。この構成により全体がより小型化できる。さらに交流バスバーアッセンブリの固定部を固定することで、前記複数の交流バスバーを固定でき、生産性が向上する。さらに他の回路やハウジング内面との緩衝の可能性も低減でき、信頼性の向上につながる。

【0022】

30

また上述の構成3に加え、ハウジングの側部に沿って冷媒を流すための流路を配置し、前記冷媒の流路に沿って交流バスバーを配置するようにすれば、さらに電力変換装置の小型化の達成が容易と成る。また前記冷媒の流路に沿ってパワー半導体モジュールを配置することとなるので、電氣的な接続も容易となる。

【0023】

より小型化が望ましいとの課題を解決するための他の構成である構成4を次に記載する。構成4は、パワー半導体モジュールから交流電力を出力するための、あるいはモータが発生した交流電力をパワー半導体モジュールが受けるための、複数の交流バスバーを幅広の導体で構成し、各交流バスバーを、ハウジングの両側部の方にそれぞれ配置された冷媒流路に沿って配置し、両側部の前記交流バスバーに対してこれより中央の位置に、他の回路を配置したことである。他の回路としては、例えば実施の形態の如くコンプレッサなどの補機用の電動機を駆動する交流電力を発生するための補機用の半導体モジュールを配置することができる。これらにより、電力変換装置の小型化を実現できる。またこの効果に加え、補機用の半導体モジュールなどの他の回路を、冷媒流路を構成する流路形成体に直接あるいは接近して固定でき、パワー半導体モジュールに加え補機用の半導体モジュールなどの他の回路を効率良く冷却できる。

40

【0024】

より小型化が望ましいとの課題を解決するための他の構成である構成5を次に記載する。構成5は、冷媒の流路に沿って配置したパワー半導体モジュールから突出する信号端子の接続位置を直流端子や交流端子より、縦方向のより一方側の方の位置に設け、前記縦方

50

向において、コンデンサモジュールや交流バスバーよりドライバ回路を縦方向においてより一方側の位置に配置したことである。このような構成とすることで、大電流を流す直流や交流バスバーを配置する位置と前記信号端子に信号を供給する配線の位置とを、縦方向において分けることができ、配線を整理して配置できる。このことは電力変換装置の小型化の実現につながる。さらに大電流を流す直流や交流バスバーを溶接接続工程により接続し、前記信号端子の接続を半田接続工程で行う場合に、溶接工程と半田工程とを分けることができ、生産性の向上につながる。

【 0 0 2 5 】

より小型化が望ましいとの課題を解決するための他の構成である構成 6 を次に記載する。構成 6 は、電力変換装置を略直方体の構造とし、その上面の四角形の長辺側に沿って冷媒を流す冷媒流路を配置し、冷媒の流路に沿ってパワー半導体モジュールを配置し、さらに交流バスバーを幅広導体で構成すると共に、各交流導体の幅の狭い面を縦方向に、幅広面が互いに対向するようにして前記冷媒の流路に沿って伸びるように配置し、これら冷媒流路に沿って伸びる交流バスバーを前記電力変換装置の略四角形の短辺側に揃え、この短辺から交流電力を出力する構造としたことである。このような構成とすることで、交流バスバーの占める空間を小さくでき、また他の回路との配置関係が整い、電力変換装置をより小型にすることが可能となる。

【 0 0 2 6 】

生産性の向上に係る課題を解決するための構成 7 を次に記載する。構成 7 は、電力変換装置のハウジングの内部に冷媒流路を形成するための冷媒流路形成体にコンデンサモジュールやパワー半導体モジュールを固定し、さらにその上に交流バスバーアッセンブリを配置する構造としている。このような構成とすることで、コンデンサモジュールとパワー半導体モジュールとの接続を容易に行うことができ、次にパワー半導体モジュールと交流バスバーアッセンブリとの接続を容易に行うことができる。このことにより、生産性が向上する。特にコンデンサモジュールとパワー半導体モジュールとの接続部には大電流が流れるため、溶接により電気的な接続を行うことが多い。先ずコンデンサモジュールとパワー半導体モジュールとを溶接により接続し、次に交流バスバーアッセンブリを固定してパワー半導体モジュールと交流バスバーアッセンブリとを溶接により接続することが可能となる。溶接による接続では溶接の器具を溶接部分に導くことが必要となり、上記の構造では、溶接器具を溶接部分に導くことが可能となる。また先に溶接による接続を行い、次に半田による接続を行うことで、作業性が向上する。上記構造は小型化に寄与するだけでなく、溶接工程により電気的な接続を行う場合には、生産性が向上する。さらにコンデンサモジュールとパワー半導体モジュールとの電気的な接続やパワー半導体モジュールと交流バスバーアッセンブリとの電気的な接続に溶接工程を使用することで、パワー半導体モジュールの端子部分にねじ止めのための面積を確保することが不要となり、パワー半導体モジュールをより小型にでき、このことは電力変換装置の小型化につながる。

【 0 0 2 7 】

生産性の向上に係る課題を解決するための他の構成 8 を次に記載する。構成 8 は、上述の構成 4 で説明した構成と基本的に同じであり、冷媒の流路に沿って配置したパワー半導体モジュールから突出する信号端子の接続部を直流端子や交流端子の接続部より、縦方向のより一方側の方に配置し、前記縦方向において、コンデンサモジュールや交流バスバーよりドライバ回路を縦方向におけるより一方側の方に配置したことである。このような構成とすることで、大電流を流すバスバーを配置する位置と前記信号端子に信号を供給する配線の位置とを、縦方向において分け配置することで、縦方向に順に組み立てることができ、さらに縦方向に順に接続作業を行うことができる。このことにより、生産性が向上する。

【 0 0 2 8 】

上記構成 8 においてさらに、大電流を流すバスバーに関係する電気的な接続を溶接接続により行い、信号端子に関する配線の接続を半田接続により行うことで、溶接工程を半田工程と分け、直流バスバーの溶接工程と交流バスバーの溶接工程とを近づけて行うことが

10

20

30

40

50

できる。このことにより、生産性が向上する。

【 0 0 2 9 】

信頼性の向上に係る課題を解決するための構成 9 を次に記載する。構成 9 は、金属性のハウジング内に、冷媒を流すための冷媒流路を形成する流路形成体を配置し、前記流路形成体に交流電流を流すための交流バスバーを固定し、前記交流バスバーを流れる電流を検出するための電流センサをバスバーに固定する構造である。前記流路形成体に固定されるバスバーに電流センサを配置することで、冷媒により冷却された流路形成体を介して交流バスバーを冷却し、モータ側から伝達される熱による交流バスバーの温度上昇を抑さえ、電流センサの温度上昇を抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

例えば、電力変換装置を車両のトランスミッションの如く高温になる可能性の有る部材に固定する場合には、ハウジングを介して熱が伝達されてくる。またモータに交流電力を供給する交流バスバーは材料が銅であるため、良好な熱伝導体である。このためモータの熱が交流バスバーを介して伝えられ、電流センサの温度を高める可能性がある。構成 9 では、冷媒流路を形成する前記流路形成体に交流バスバーを固定し、前記交流バスバーに電流センサを固定したので、電流センサの温度上昇を抑制でき、信頼性が向上する。

【 0 0 3 1 】

信頼性の向上に係る課題を解決するための他の構成 1 0 を次に記載する。構成 1 0 は、上述の構成 9 において、固定部材および保持部材を有する交流バスバーアセンブリを設け、この交流バスバーアセンブリの前記保持部材により、前記交流バスバーを保持し固定する構成である。交流バスバーアセンブリの固定手段により交流バスバーアセンブリを前記流路形成体に固定する構成としている。交流バスバーアセンブリ自身は上記固定部材により前記流路形成体に固定される。

【 0 0 3 2 】

この構成により交流バスバーアセンブリの組み付けが容易と成ると共に、交流バスバーアセンブリを前記流路形成体により冷却することができる。交流バスバーを効率的に冷却することができる。電流センサの温度上昇を抑制できるので電流センサ信頼性および電力変換装置全体の信頼性が向上する。電流センサは高温に弱い温度特性を有しており、電流センサの熱対策は重要な解決されるべき課題である。

【 0 0 3 3 】

信頼性の向上に係る課題を解決するための他の構成 1 1 を次に記載する。構成 1 1 は、冷媒の流れによりパワー半導体モジュールを冷却するための冷媒流路に加え、冷媒通路の外周面で冷却する構成を設け、前記外周面に冷却したい回路を配置する構成とした。より具体的には、冷媒の流れにより冷却するためにパワー半導体モジュールを冷媒流路内に挿入し、外周面により冷却するために冷却したい回路を前記外周面に密着させる構成とした。冷却したい回路としては、例えば実施の形態に説明の如く、車載コンプレッサなどの車載の補機用の電動機に供給する交流電力を発生するための補機用の半導体モジュールがあり、前記補機用の半導体モジュールを冷却のための前記外周面に固定する構成としている。

【 0 0 3 4 】

以下の実施の形態では、前記冷媒流路を形成する流路形成体に、冷媒である水を溜める空間を形成し、流路形成体の外周面の内の前記水を溜める空間の外周面に前記補機用の半導体モジュールを配置している。この構成により、パワー半導体モジュールを冷却すると共に前記補機用の半導体モジュールを効率的に冷却できる。

【 0 0 3 5 】

前記構成 1 0 に加え、流路形成体に平滑用のコンデンサモジュールを収納する窪みを形成し、流路形成体に前記コンデンサモジュールを固定することで、前記パワー半導体モジュールと前記補機用の半導体モジュールと前記コンデンサモジュールを効率良く冷却できると共に、これらをコンパクトに配置でき、電力変換装置のより小型化と効率の良い冷却とを両立できる。さらにこれらを流路形成体に固定したので電力変換装置の組み体制にも

10

20

30

40

50

優れている。

【0036】

次に図面を使用して本発明に係る実施の形態を説明する。図1は本発明に係る電力変換装置を、エンジンとモータの両方を使用して走行するいわゆるハイブリッド用自動車に適用したシステムズである。本発明に係る電力変換装置はハイブリッド用車両のみならず、モータのみで走行するいわゆる電気自動車にも適用可能であり、また一般産業機械に使用されているモータを駆動するための電力変換装置としても使用可能である。しかし上述あるいは以下に説明のとおり、本発明に係る電力変換装置は特に上記ハイブリッド用自動車や上記電気自動車に適用すると、小型化の観点あるいは信頼性の観点、その他、いろいろの観点で優れた効果が得られる。ハイブリッド用自動車に適用した電力変換装置は電気自動車に適用した電力変換装置と略同じ構成であり、代表例としてハイブリッド自動車に適用した電力変換装置について説明する。

10

【0037】

図1は、ハイブリッド自動車（以下「HEV」と記述する）の制御ブロックを示す図である。エンジンEGNおよびモータジェネレータMG1、モータジェネレータMG2は車両の走行用トルクを発生する。またモータジェネレータMG1およびモータジェネレータMG2は回転トルクを発生するだけでなく、モータジェネレータMG1あるいはモータジェネレータMG2に外部から加えられる機械エネルギーを電力に変換する機能を有する。

【0038】

モータジェネレータMG1あるいはMG2は、例えば同期機あるいは誘導機であり、上述のごとく、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。モータジェネレータMG1あるいはMG2を自動車に搭載する場合に、小型で高出力を得ることが望ましく、ネオジウムなどの磁石を使用した永久磁石型の同期電動機が適している。また永久磁石型の同期電動機は、誘導電動機に比べて回転子の発熱が少なく、この観点でも自動車用として優れている。

20

【0039】

エンジンEGNの出力側及びモータジェネレータMG2の出力トルクは動力分配機構TSMを介してモータジェネレータMG1に伝達され、動力分配機構TSMからの回転トルクあるいはモータジェネレータMG1が発生する回転トルクは、トランスミッションTMおよびデファレンシャルギアDEFを介して車輪に伝達され。一方回生制動の運転時には、車輪から回転トルクがモータジェネレータMG1に伝達され、供給されてきた回転トルクに基づいて交流電力を発生する。発生した交流電力は後述するように電力変換装置200により直流電力に変換され、高電圧用のバッテリー136を充電し、充電された電力は再び走行エネルギーとして使用される。また高電圧用のバッテリー136の蓄電している電力が少なくなった場合に、エンジンEGNが発生する回転エネルギーをモータジェネレータMG2により交流電力に変換し、次に交流電力を電力変換装置200により直流電力に変換し、バッテリー136を充電することができる。エンジンEGNからモータジェネレータMG2への機械エネルギーの伝達は動力分配機構TSMによって行われる。

30

【0040】

次に電力変換装置200について説明する。インバータ回路140と142は、バッテリー136と直流コネクタ138を介して電氣的に接続されており、バッテリー136とインバータ回路140あるいは142との相互において電力の授受が行われる。モータジェネレータMG1をモータとして動作させる場合には、インバータ回路140は直流コネクタ138を介してバッテリー136から供給された直流電力に基づき交流電力を発生し、交流端子188を介してモータジェネレータMG1に供給する。モータジェネレータMG1とインバータ回路140からなる構成は第1電動発電ユニットとして動作する。同様にモータジェネレータMG2をモータとして動作させる場合には、インバータ回路142は直流コネクタ138を介してバッテリー136から供給された直流電力に基づき交流電力を発生し、交流端子159を介してモータジェネレータMG2に供給する。モータジェネレータMG2とインバータ回路142からなる構成は第2電動発電ユニットとして動作する。第

40

50

1 電動発電ユニットと第2 電動発電ユニットは、運転状態に応じて両方をモータとしてあるいは発電機として運転する場合、あるいはこれらを使い分けて運転する場合がある。また片方を運転しないで、停止することも可能である。なお、本実施形態では、バッテリー136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MG1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 電動発電ユニット又は第2 電動発電ユニットを発電ユニットとしてエンジン120の動力或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136の充電ができる。

【0041】

バッテリー136はさらに補機用のモータ195を駆動するための電源としても使用される。補機用のモータとしては例えば、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である。バッテリー136から直流電力が補機用パワーモジュール350に供給され、補機用パワーモジュール350で交流電力を発生し、交流端子120を介して補機用モータ195に供給される。補機用パワーモジュール350はインバータ回路140や142と基本的には同様の回路構成および機能を持ち、補機用モータ195に供給する交流の位相や周波数、電力を制御する。補機用モータ195の容量がモータジェネレータMG1や194の容量より小さいので、補機用パワーモジュール350の最大変換電力がインバータ回路140や142より小さいが、上述の如く補機用パワーモジュール350の基本的な構成や基本的な動作はインバータ回路140や142と略同じである。なお、電力変換装置200は、インバータ回路140やインバータ回路142、インバータ回路350Bに供給される直流電力を平滑化するためのコンデンサモジュール500を備えている。

【0042】

電力変換装置200は上位の制御装置から指令を受けたりあるいは上位の制御装置に状態を表すデータを送信したりするための通信用のコネクタ21を備えている。コネクタ21からの指令に基づいて制御回路172でモータジェネレータMG1やモータジェネレータMG2、補機用モータ195の制御量を演算し、さらにモータとして運転するか発電機として運転するかを演算し、演算結果に基づいて制御パルスを発生し、ドライバ回路174や補機用パワーモジュール350のドライバ回路350Bへ、上記制御パルスを供給する。補機用パワーモジュール350は専用の制御回路を有しても良い、この場合はコネクタ21からの指令に基づいて上記専用の制御回路が制御パルスを発生し、補機用パワーモジュール350のドライバ回路350Bへ供給する。上記制御パルスに基づいてドライバ回路174がインバータ回路140やインバータ回路142を制御するための駆動パルスを発生する。また補機用パワーモジュール350のインバータ回路350Bを駆動するための制御パルスをドライバ回路350Aが発生する。

【0043】

次に、図2を用いてインバータ回路140やインバータ回路142の電気回路の構成を説明する。図1に示す補機用パワーモジュール350のインバータ350Bの回路構成も基本的にはインバータ回路140の回路構成と類似しているのので、図2においてインバータ350Bの具体的な回路構成の説明は省略し、インバータ回路140を代表例として説明する。ただし、補機用パワーモジュール350は出力電力が小さいので、以下に説明する各相の上アームや下アームを構成する半導体チップや該チップを接続する回路が補機用パワーモジュール350の中に集約されて配置されている。

【0044】

さらにインバータ回路140やインバータ回路142は回路構成も動作も極めて類似しているので、インバータ回路140で代表して説明する。

【0045】

なお以下で半導体素子として絶縁ゲート型バイポーラトランジスタを使用しており、以下略してIGBTと記す。インバータ回路140は、上アームとして動作するIGBT328及びダイオード156と、下アームとして動作するIGBT330及びダイオード1

66と、からなる上下アームの直列回路150を、出力しようとする交流電力のU相、V相、W相からなる3相に対応して備えている。これらの3相はこの実施の形態では、モータジェネレータMG1の電機子巻線の3相の各相巻線に対応している。3相のそれぞれの上下アームの直列回路150は、前記直列回路の中点部分である中間電極169から交流電流が出力され、この交流電流は交流端子159及び交流コネクタ188を通して、モータジェネレータMG1への交流電力線である以下に説明の交流バスバー802や804と接続する。

【0046】

上アームのIGBT328のコレクタ電極153は正極端子157を介してコンデンサモジュール500の正極側のコンデンサ端子506に、下アームのIGBT330のエミッタ電極は負極端子158を介してコンデンサモジュール500の負極側のコンデンサ端子504にそれぞれ電氣的に接続されている。

10

【0047】

上述のように、制御回路172は上位の制御装置からコネクタ21を介して制御指令を受け、これに基づいてインバータ回路140を構成する各相の直列回路150の上アームあるいは下アームを構成するIGBT328やIGBT330を制御するための制御信号である制御パルスが発生し、ドライバ回路174に供給する。ドライバ回路174は、上記制御パルスに基づき、各相の直列回路150の上アームあるいは下アームを構成するIGBT328やIGBT330を制御するための駆動パルスを各相のIGBT328やIGBT330に供給する。IGBT328やIGBT330は、ドライバ回路174からの駆動パルスに基づき、導通あるいは遮断動作を行い、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し、この変換された電力はモータジェネレータMG1に供給される。

20

【0048】

IGBT328は、コレクタ電極153と、信号用エミッタ電極155と、ゲート電極154を備えている。また、IGBT330は、コレクタ電極163と、信号用のエミッタ電極165と、ゲート電極164を備えている。ダイオード156が、コレクタ電極153とエミッタ電極との間に電氣的に接続されている。また、ダイオード166が、コレクタ電極163とエミッタ電極との間に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金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ（以下略してMOSFETと記す）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。スイッチング用パワー半導体素子としてはIGBTは直流電圧が比較的高い場合に適していて、MOSFETは直流電圧が比較的低い場合に適している。

30

【0049】

コンデンサモジュール500は、複数の正極側のコンデンサ端子506と複数の負極側のコンデンサ端子504と正極側の電源端子509と負極側の電源端子508とを備えている。バッテリー136からの高電圧の直流電力は、直流コネクタ138を介して、正極側の電源端子509や負極側の電源端子508に供給され、コンデンサモジュール500の複数の正極側のコンデンサ端子506や複数の負極側のコンデンサ端子504から、インバータ回路140やインバータ回路142、補機用パワーモジュール350へ供給される。一方交流電力からインバータ回路140やインバータ回路142によって変換された直流電力は、正極側のコンデンサ端子506や負極側のコンデンサ端子504からコンデンサモジュール500に供給され、正極側の電源端子509や負極側の電源端子508から直流コネクタ138を介してバッテリー136に供給され、バッテリー136に蓄積される。

40

【0050】

制御回路172は、IGBT328及びIGBT330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。マイコンへの入力情報として、モータジェネレータMG1に対して要求される目標トルク値、上下アーム直列回路150からモータジェネレータMG1に供給される電流値、及びモータジェネレータMG1の回転子の磁極位置がある。目標トルク値は、不図示の上位

50

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による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ＭＧ１に設けられたレゾルバなどの回転磁極センサ（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、電流センサ１８０は３相の電流値を検出する場合を例に挙げているが、２相分の電流値を検出するようにし、演算により３相分の電流を求めても良い。

【００５１】

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ＭＧ１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し、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。ドライバ回路１７４は、下アームを駆動する場合、PWM信号を増幅したドライブ信号を、対応する下アームのIGBT３３０のゲート電極に出力する。また、ドライバ回路１７４は、上アームを駆動する場合、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。

【００５２】

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１５０を保護している。このため、制御回路１７２にはセンシング情報が入力されている。例えば各アームの信号用エミッタ電極１５５及び信号用エミッタ電極１６５からは各IGBT３２８とIGBT３３０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、IGBT３３０のスイッチング動作を停止させ、対応するIGBT３２８、IGBT３３０を過電流から保護する。上下アーム直列回路１５０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１５０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１５０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及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、IGBT３３０のスイッチング動作を停止させる。

【００５３】

図３は、本発明に係る実施の形態としての電力変換装置２００の分解斜視図を示す。電力変換装置２００は、トランスミッションＴＭに固定された電力変換装置２００の回路部品を収納するためのアルミニウム製の底を有するハウジング１０と蓋８とを有する。電力変換装置２００は、底面及び上面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。流路形成体１２は、後述するパワー半導体モジュール３００及びコンデンサモジュール５００を保持するとともに、冷却媒体によってこれらを冷却する。また、流路形成体１２は、ハウジング１０に固定され、かつハウジング１０の底部に入口配管１３と出口配管１４が設けられている。入口配管１３から冷却媒体である水が流路形成体１２に流入し、冷却に使用した後と出口配管１４から流出する。

【００５４】

蓋８は、電力変換装置２００を収容する回路部品を収納し、ハウジング１０に固定される。蓋８の内側の上部には、制御回路１７２を実装した制御回路基板２０が配置されている。蓋８には、外部に繋がる第１開口２０２と第２開口２０４とが設けられており、第１開口２０２を介して前記コネクタ２１が外部の制御装置と接続され、制御回路基板２０に設けられた制御回路１７２と上位の制御装置などの外部の制御装置との間で信号伝送を行う。電力変換装置２００内の制御回路を動作させる低電圧の直流電力は、前記コネクタ２１から供給される。第２開口２０４には、バッテリー１３６との間で直流電力を送受するた

めの直流コネクタ 1 3 8 が設けられており、電力変換装置 2 0 0 内部に高電圧直流電力を供給するための負極側電力線 5 1 0 と正極側電力線 5 1 2 は、バッテリー 1 3 6 と直流電力の授受を行う直流コネクタ 1 3 8 とコンデンサモジュール 5 0 0 などとを電氣的に接続する。

【 0 0 5 5 】

コネクタ 2 1 と負極側電力線 5 1 0 や正極側電力線 5 1 2 は、蓋 8 の底面に向かって延ばされ、コネクタ 2 1 は第 1 開口 2 0 2 から突出し、また負極側電力線 5 1 0 や正極側電力線 5 1 2 の先端部は、第 2 開口 2 0 4 から突出して直流コネクタ 1 3 8 の端子を構成する。蓋 8 には、その内壁の第 1 開口 2 0 2 及び第 2 開口 2 0 4 の周りにシール部材（不図示）が設けられる。コネクタ 2 1 等の端子の嵌合面の向きは、車種により種々の方向となるが、特に小型車両に搭載しようとした場合、エンジンルーム内の大きさの制約や組立性の観点から嵌合面を上向きにして出すことが好ましい。特に、本実施形態のように、電力変換装置 2 0 0 が、トランスミッション T M の上方に配置される場合には、トランスミッション T M の配置側とは反対側に向かって突出させることにより、作業性が向上する。また、コネクタ 2 1 は外部の雰囲気からシールする必要があるが、コネクタ 2 1 に対して蓋 8 を上方向から組付ける構成となることで、蓋 8 がハウジング 1 0 に組付けられたときに、蓋 8 と接触するシール部材がコネクタ 2 1 を押し付けることができ、気密性が向上する。

【 0 0 5 6 】

図 4 は、電力変換装置 2 0 0 のハウジング 1 0 の内部に収納される構成を理解を助けるために分解した斜視図である。流路形成体 1 2 には、図 5 に示す冷媒流路 1 9 が両サイドに沿うように形成されている。該冷媒流路 1 9 の一方側の上面には、開口部 4 0 0 a ~ 4 0 0 c が冷媒の流れ方向 4 1 8 に沿って形成され、また該冷媒流路 1 9 の他方側の上面には、開口部 4 0 2 a ~ 4 0 2 c が冷媒の流れ方向 4 2 2 に沿って形成されている。開口部 4 0 0 a ~ 4 0 0 c は、挿入されたパワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c によって塞がれる、また開口部 4 0 2 a ~ 4 0 2 c は挿入されたパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c によって塞がれる。

【 0 0 5 7 】

流路形成体 1 2 が形成する一方と他方の流路の間には、コンデンサモジュール 5 0 0 を収納するための収納空間 4 0 5 が形成され、コンデンサモジュール 5 0 0 は、収納空間 4 0 5 に収納される。ことにより、冷媒流路 1 9 内に流れる冷媒によってコンデンサモジュール 5 0 0 は冷やされる。コンデンサモジュール 5 0 0 は、冷媒の流れ方向 4 1 8 を形成するための冷媒流路 1 9 と、冷媒の流れ方向 4 2 2 を形成するための冷媒流路 1 9 に挟まれるため、効率良く冷却することができる。またコンデンサモジュール 5 0 0 の外側面に沿って冷媒を流す流路が形成されているので、冷却効率が向上すると共に、冷媒流路やコンデンサモジュール 5 0 0 やパワー半導体モジュール 3 0 0 と 3 0 1 との配置が整然と整い、全体がより小型と成る。また冷媒流路 1 9 がコンデンサモジュール 5 0 0 の長辺に沿って配置されており、冷媒流路 1 9 と冷媒流路 1 9 に挿入固定されるパワー半導体モジュール 3 0 0 と 3 0 1 との距離が略一定となるので、平滑コンデンサとパワー半導体モジュール回路との回路定数が 3 相の各層においてバランスし易くなり、スパイク電圧を低減し易い回路構成となる。本実施の形態では、冷媒としては水が最も適している。しかし、水以外であっても利用できるもので、以下冷媒と記す。

【 0 0 5 8 】

流路形成体 1 2 には、入口配管 1 3 と出口配管 1 4 と対向する位置に冷媒の流れを変える空間を内部に備える冷却部 4 0 7 が設けられている。冷却部 4 0 7 は、流路形成体 1 2 と一体に形成され、この実施の形態では、補機用パワーモジュール 3 5 0 を冷却するために利用される。補機用パワーモジュール 3 5 0 は冷却部 4 0 7 の外周面である冷却面に固定され、前記冷却面の内側に形成された空間に冷媒を蓄え、この冷媒によって冷却部 4 0 7 が冷却され、補機用パワーモジュール 3 5 0 の温度上昇が抑えられる。前記冷媒は前記冷媒流路 1 9 内を流れる冷媒であり、パワー半導体モジュール 3 0 0 や 3 0 1 とコンデン

10

20

30

40

50

サモジュール 500 と共に補機用パワーモジュール 350 が冷却される。補機用パワーモジュール 350 の両側部には、後述するバスバーアッセンブリ 800 が配置される。バスバーアッセンブリ 800 は、交流バスバー 186 や保持部材を備えており、電流センサ 180 を保持し、固定している。詳細は後述する。

【0059】

このように流路形成体 12 の中央部にコンデンサモジュール 500 の収納空間 405 を設け、その収納空間 405 を挟むように冷媒流路 19 を設け、それぞれの冷媒流路 19 に車両駆動用のパワー半導体モジュール 300a ~ 300c 及びパワー半導体モジュール 301a ~ 301c を配置し、さらに流路形成体 12 の上面に補機用パワーモジュール 350 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。

10

【0060】

また流路形成体 12 の冷媒流路 19 の主構造を流路形成体 12 と一体にアルミ材の鋳造で作ることにより、冷媒流路 19 は冷却効果に加え機械的強度を強くする効果がある。またアルミ鋳造で作ることにより流路形成体 12 と冷媒流路 19 とが一体構造となり、熱伝導が良くなり冷却効率が向上する。なお、パワー半導体モジュール 300a ~ 300c とパワー半導体モジュール 301a ~ 301c を冷媒流路 19 に固定することで冷媒流路 19 を完成させ、水路の水漏れ試験を行う。水漏れ試験に合格した場合に、次にコンデンサモジュール 500 や補機用パワーモジュール 350 や基板を取り付ける作業を行うことができる。このように、電力変換装置 200 の底部に流路形成体 12 を配置し、次にコンデンサモジュール 500、補機用パワーモジュール 350、バスバーアッセンブリ 800、基板等の必要な部品を固定する作業を上から順次行えるように構成されており、生産性と信頼性が向上する。

20

【0061】

ドライバ回路基板 22 は、補機用パワーモジュール 350 及びバスバーアッセンブリ 800 の上方、すなわち蓋側に配置される。またドライバ回路基板 22 と制御回路基板 20 の間には金属ベース板 11 が配置され、金属ベース板 11 は、ドライバ回路基板 22 及び制御回路基板 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ドライバ回路基板 22 と制御回路基板 20 とが発生する熱を逃がし、冷却する作用を有している。さらに制御回路基板 20 の機械的な共振周波数を高める作用をする。すなわち金属ベース板 11 に制御回路基板 20 を固定するためのねじ止め部を短い間隔で配置することが可能となり、機械的な振動が発生した場合の支持点間の距離を短くでき、共振周波数を高くできる。トランスミッションから伝わる振動周波数に対して制御回路基板 20 の共振周波数を高くできるので、振動の影響を受け難く、信頼性が向上する。

30

【0062】

図 5 は流路形成体 12 を説明するための説明図で、図 4 に示す流路形成体 12 を下から見た図である。流路形成体 12 とこの流路形成体 12 の内部にコンデンサモジュール 500 の収納空間 405 (図 4 参照) に沿って形成された冷媒流路 19 は一体に鋳造されている。流路形成体 12 の下面には、1 つに繋がった開口部 404 が形成され、該開口部 404 は、中央部に開口を有する下カバー 420 によって塞がれる。下カバー 420 と流路形成体 12 の間には、シール部材 409a 及びシール部材 409b が設けられ気密性を保っている。

40

【0063】

下カバー 420 には、一方の端辺の近傍であって当該端辺に沿って、入口配管 13 (図 4 参照) を挿入するための入口孔 401 と、出口配管 14 (図 4 参照) を挿入するための出口孔 403 が形成される。また下カバー 420 には、トランスミッション TM の配置方向に向かって突出する凸部 406 が形成される。凸部 406 は、パワー半導体モジュール 300a ~ 300c 及びパワー半導体モジュール 301a ~ 301c に対応して設けられている。冷媒は、点線で示す流れ方向 417 の方向に、入口孔 401 を通って、流路形成体 12 の短手方向の辺に沿って形成された第 1 流路部 19a に向かって流れる。第 1 流路

50

部 1 9 a は冷媒の流れを変える空間を形成しており、該空間で冷却部 4 0 7 の内面に衝突し、流れの方向を変える。この衝突時に冷却部 4 0 7 の熱を奪う作用を為す。そして冷媒は、流れ方向 4 1 8 のように、流路形成体 1 2 の長手方向の辺に沿って形成された第 2 流路部 1 9 b を流れる。また冷媒は、流れ方向 4 2 1 のように、流路形成体 1 2 の短手方向の辺に沿って形成された第 3 流路部 1 9 c を流れる。第 3 流路部 1 9 c は折り返し流路を形成する。また、冷媒は、流れ方向 4 2 2 のように、流路形成体 1 2 の長手方向の辺に沿って形成された第 4 流路部 1 9 d を流れる。第 4 流路部 1 9 d は、コンデンサモジュール 5 0 0 を挟んで第 2 流路部 1 9 b と対向する位置に設けられる。さらに、冷媒は、流れ方向 4 2 3 のように、流路形成体 1 2 の短手方向の辺に沿って形成された第 5 流路部 1 9 e 及び出口孔 4 0 3 を通って出口配管 1 4 に流出する。

10

【 0 0 6 4 】

第 1 流路部 1 9 a , 第 2 流路部 1 9 b , 第 3 流路部 1 9 c , 第 4 流路部 1 9 d 及び第 5 流路部 1 9 e は、いずれも幅方向より深さ方向が大きく形成される。パワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c が、流路形成体 1 2 の上面側に形成された開口部 4 0 0 a ~ 4 0 0 c から挿入され (図 4 参照) 、第 2 流路部 1 9 b 内の収納空間に収納される。なお、パワー半導体モジュール 3 0 0 a の収納空間とパワー半導体モジュール 3 0 0 b の収納空間との間には、冷媒の流れを滞らせないための中間部材 4 0 8 a が形成される。同様に、パワー半導体モジュール 3 0 0 b の収納空間とパワー半導体モジュール 3 0 0 c の収納空間との間には、冷媒の流れを滞らせないための中間部材 4 0 8 b が形成される。中間部材 4 0 8 a 及び中間部材 4 0 8 b は、その主面が冷媒の流れ方向に沿うように形成される。第 4 流路部 1 9 d も第 2 流路部 1 9 b と同様にパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c の収納空間及び中間部材を形成する。また、流路形成体 1 2 は、開口部 4 0 4 と開口部 4 0 0 a ~ 4 0 0 c 及び 4 0 2 a ~ 4 0 2 c とが対向するように形成されているので、アルミ鋳造により製造し易い構成になっている。

20

【 0 0 6 5 】

下カバー 4 2 0 には、ハウジング 1 0 と当接し、電力変換装置 2 0 0 を支持するための支持部 4 1 0 a 及び支持部 4 1 0 b が設けられる。支持部 4 1 0 a は下カバー 4 2 0 の一方の端辺に近づけて設けられ、支持部 4 1 0 b は下カバー 4 2 0 の他方の端辺に近づけて設けられる。これにより、電力変換装置 2 0 0 の流路形成体 1 2 を、トランスミッション T M やモータジェネレータ M G 1 の円柱形状に合わせて形成されたハウジング 1 0 の内壁に強固に固定することができる。

30

【 0 0 6 6 】

また、支持部 4 1 0 b は、抵抗器 4 5 0 を支持するように構成されている。この抵抗器 4 5 0 は、乗員保護やメンテナンス時における安全面に配慮して、コンデンサセルに帯電した電荷を放電するためのものである。抵抗器 4 5 0 は、高電圧の電気を継続的に放電できるように構成されているが、万が一抵抗器もしくは放電機構に何らかの異常があった場合でも、車両に対するダメージを最小限にするように配慮した構成とする必要がある。つまり、抵抗器 4 5 0 がパワー半導体モジュールやコンデンサモジュールやドライバ回路基板等の周辺に配置されている場合、万が一抵抗器 4 5 0 が発熱、発火等の不具合を発生した場合に主要部品近傍で延焼する可能性が考えられる。

40

【 0 0 6 7 】

そこで本実施形態では、パワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c やパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c やコンデンサモジュール 5 0 0 は、流路形成体 1 2 を挟んで、トランスミッション T M を収納したハウジング 1 0 とは反対側に配置され、かつ抵抗器 4 5 0 は、流路形成体 1 2 とハウジング 1 0 との間の空間に配置される。これにより、抵抗器 4 5 0 が金属で形成された流路形成体 1 2 及びハウジング 1 0 で囲まれた閉空間に配置されることになる。なお、コンデンサモジュール 5 0 0 内のコンデンサセルに貯まった電荷は、図 4 に示されたドライバ回路基板 2 2 に搭載されたスイッチング手段のスイッチング動作によって、流路形成体 1 2 の側部を通る配線を介して抵抗器 4 5 0 に放電制御される。本実施形態では、スイッチング手段によって高速に放電するように制御される。放

50

電を制御するドライバ回路基板 2 2 と抵抗器 4 5 0 の間に、流路形成体 1 2 が設けられているので、ドライバ回路基板 2 2 を抵抗器 4 5 0 から保護することができる。また、抵抗器 4 5 0 は下カバー 4 2 0 に固定されているので、冷媒流路 1 9 と熱的に非常に近い位置に設けられているので、抵抗器 4 5 0 の異常な発熱を抑制することができる。

【 0 0 6 8 】

図 6 乃至図 1 0 を用いてインバータ回路 1 4 0 およびインバータ回路 1 4 2 に使用されるパワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c およびパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c の詳細構成を説明する。上記パワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c およびパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c はいずれも同じ構造であり、代表してパワー半導体モジュール 3 0 0 a の構造を説明する。尚、図 6 乃至図 1 0 において信号端子 3 2 5 U は、図 2 に開示したゲート電極 1 5 4 および信号用エミッタ電極 1 5 5 に対応し、信号端子 3 2 5 L は、図 2 に開示したゲート電極 1 6 4 およびエミッタ電極 1 6 5 に対応する。また直流正極端子 3 1 5 B は、図 2 に開示した正極端子 1 5 7 と同一のものであり、直流負極端子 3 1 9 B は、図 2 に開示した負極端子 1 5 8 と同一のものである。また交流端子 3 2 1 は、図 2 に開示した交流端子 1 5 9 と同じものである。

【 0 0 6 9 】

図 6 (a) は、本実施形態のパワー半導体モジュール 3 0 0 a の斜視図である。図 6 (b) は、本実施形態のパワー半導体モジュール 3 0 0 a の断面図である。

【 0 0 7 0 】

上下アームの直列回路 1 5 0 を構成するパワー半導体素子 (I G B T 3 2 8 , I G B T 3 3 0 , ダイオード 1 5 6 , ダイオード 1 6 6) が、図 7 乃至図 9 に示す如く、導体板 3 1 5 や導体板 3 1 8 によって、あるいは導体板 3 1 6 や導体板 3 1 9 によって、両面から挟んで固着される。これら導体板には、信号端子 3 2 5 U や信号端子 3 2 5 L である信号配線を一体成型して成る補助モールド体 6 0 0 が組みつけられる。導体板 3 1 5 等は、その放熱面が露出した状態で第一封止樹脂 3 4 8 によって封止され、当該放熱面に絶縁シート 3 3 3 が熱圧着される。第一封止樹脂 3 4 8 により封止されたモジュール一次封止体 3 0 2 は、モジュールケース 3 0 4 の中に挿入して絶縁シート 3 3 3 を挟んで、CAN 型冷却器であるモジュールケース 3 0 4 の内面に熱圧着される。ここで、CAN 型冷却器とは、一面に挿入口 3 0 6 と他面に底を有する筒形状をした冷却器である。

【 0 0 7 1 】

モジュールケース 3 0 4 は、アルミ合金材料例えば A l , A l S i , A l S i C , A l - C 等から構成され、かつ、つなぎ目の無い状態で一体に成形される。モジュールケース 3 0 4 は、挿入口 3 0 6 以外に開口を設けない構造であり、挿入口 3 0 6 は、フランジ 3 0 4 B によって、その外周を囲まれている。また、図 6 (a) に示されるように、他の面より広い面を有する第 1 放熱面 3 0 7 A 及び第 2 放熱面 3 0 7 B がそれぞれ対向した状態で配置され、当該対向する第 1 放熱面 3 0 7 A と第 2 放熱面 3 0 7 B と繋ぐ 3 つの面は、当該第 1 放熱面 3 0 7 A 及び第 2 放熱面 3 0 7 B より狭い幅で密閉された面を構成し、残りの一辺の面に挿入口 3 0 6 が形成される。モジュールケース 3 0 4 の形状は、正確な直方体である必要が無く、角が図 6 (a) に示す如く曲面を成していても良い。

【 0 0 7 2 】

このような形状の金属性のケースを用いることで、モジュールケース 3 0 4 を水や油などの冷媒が流れる冷媒流路 1 9 内に挿入しても、冷媒に対するシールをフランジ 3 0 4 B にて確保できるため、冷却媒体がモジュールケース 3 0 4 の内部に侵入するのを簡易な構成で防ぐことができる。また、対向した第 1 放熱面 3 0 7 A と第 2 放熱面 3 0 7 B に、フィン 3 0 5 がそれぞれ均一に形成される。さらに、第 1 放熱面 3 0 7 A 及び第 2 放熱面 3 0 7 B の外周には、厚みが極端に薄くなっている湾曲部 3 0 4 A が形成されている。湾曲部 3 0 4 A は、フィン 3 0 5 を加圧することで簡単に変形する程度まで厚みを極端に薄くしてあるため、モジュール一次封止体 3 0 2 が挿入された後の生産性が向上する。

【 0 0 7 3 】

モジュールケース 3 0 4 の内部に残存する空隙には、第二封止樹脂 3 5 1 を充填される

。また、図 8 及び図 9 に示されるように、コンデンサモジュール 500 と電氣的に接続するための直流正極配線 315A および直流負極配線 319A が設けられており、その先端部に直流正極端子 315B (157) と直流負極端子 319B (158) が形成されている。モータジェネレータ MG1 あるいは 194 に交流電力を供給するための交流配線 320 が設けられており、その先端に交流端子 321 (159) が形成されている。本実施形態では、直流正極配線 315A は導体板 315 と一体成形され、直流負極配線 319A は導体板 319 と一体成形され、交流配線 320 は導体板 316 と一体成形される。

【0074】

上述のように導体板 315 等を絶縁シート 333 を介してモジュールケース 304 の内壁に熱圧着することにより、導体板とモジュールケース 304 の内壁の間の空隙を少なくすることができ、パワー半導体素子の発生熱を効率良くフィン 305 へ伝達できる。さらに絶縁シート 333 にある程度の厚みと柔軟性を持たせることにより、熱応力の発生を絶縁シート 333 で吸収することができ、温度変化の激しい車両用の電力変換装置に使用するのに良好となる。

【0075】

図 7 (a) は、理解を助けるために、モジュールケース 304 と絶縁シート 333 と第一封止樹脂 348 と第二封止樹脂 351 を取り除いた内部断面図である。図 7 (b) は、内部斜視図である。図 8 (a) は、図 7 (b) の構造の理解を助けるための分解図である。図 8 (b) は、パワー半導体モジュール 300 の回路図である。また、図 9 (a) は、インダクタンスの低減効果を説明する回路図であり、図 9 (b) は、インダクタンスの低減作用を説明するための電流の流れを示す斜視図である。

【0076】

まず、パワー半導体素子 (IGBT 328, IGBT 330, ダイオード 156, ダイオード 166) と導体板の配置を、図 8 (b) に示された電気回路と関連付けて説明する。図 7 (b) に示されるように、直流正極側の導体板 315 と交流出力側の導体板 316 は、略同一平面状に配置される。導体板 315 には、上アーム側の IGBT 328 のコレクタ電極と上アーム側のダイオード 156 のカソード電極が固着される。導体板 316 には、下アーム側の IGBT 330 のコレクタ電極と下アーム側のダイオード 166 のカソード電極が固着される。同様に、交流導体板 318 と導体板 319 は、略同一平面状に配置される。交流導体板 318 には、上アーム側の IGBT 328 のエミッタ電極と上アーム側のダイオード 156 のアノード電極が固着される。導体板 319 には、下アーム側の IGBT 330 のエミッタ電極と下アーム側のダイオード 166 のアノード電極が固着される。各パワー半導体素子は、各導体板に設けられた素子固着部 322 に、金属接合材 160 を介してそれぞれ固着される。金属接合材 160 は、例えばはんだ材や銀シート及び微細金属粒子を含んだ低温焼結接合材、等である。

【0077】

各パワー半導体素子は板状の扁平構造であり、当該パワー半導体素子の各電極は表裏面に形成されている。図 7 (a) に示されるように、パワー半導体素子の各電極は、導体板 315 と導体板 318、または導体板 316 と導体板 319 によって挟まれる。つまり、導体板 315 と導体板 318 は、IGBT 328 及びダイオード 156 を介して略平行に対向した積層配置となる。同様に、導体板 316 と導体板 319 は、IGBT 330 及びダイオード 166 を介して略平行に対向した積層配置となる。また、導体板 316 と導体板 318 は中間電極 329 を介して接続されている。この接続により上アーム回路と下アーム回路が電氣的に接続され、上下アーム直列回路が形成される。

【0078】

直流正極配線 315A と直流負極配線 319A は、樹脂材料で成形された補助モールド体 600 を介して対向した状態で略平行に延びる形状を成している。信号端子 325U や信号端子 325L は、補助モールド体 600 に一体に成形されて、かつ直流正極配線 315A 及び直流負極配線 319A と同様の方向に向かって延びている。補助モールド体 600 に用いる樹脂材料は、絶縁性を有する熱硬化性樹脂かあるいは熱可塑性樹脂が適してい

10

20

30

40

50

る。これにより、直流正極配線 3 1 5 A と直流負極配線 3 1 9 A と信号端子 3 2 5 U と信号端子 3 2 5 L との間の絶縁性を確保でき、高密度配線が可能となる。さらに、直流正極配線 3 1 5 A と直流負極配線 3 1 9 A を略平行に対向するように配置したことにより、パワー半導体素子のスイッチング動作時に瞬間的に流れる電流が、対向してかつ逆方向に流れる。これにより、電流が作る磁界が互いに相殺する作用をなし、この作用により低インダクタンス化が可能となる。

【 0 0 7 9 】

低インダクタンス化が生じる作用について、図 9 (a) を用いて説明する。図 9 (a) において、下アーム側のダイオード 1 6 6 が順方向バイアス状態で導通している状態とする。この状態で、上アーム側 I G B T 3 2 8 が O N 状態になると、下アーム側のダイオード 1 6 6 が逆方向バイアスとなりキャリア移動に起因するリカバリ電流が上下アームを貫通する。このとき、各導体板 3 1 5 , 3 1 6 , 3 1 8 , 3 1 9 には、図 9 (b) に示されるリカバリ電流 3 6 0 が流れる。リカバリ電流 3 6 0 は、点線で示されるとおり、直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) と対向に配置された直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) を通り、続いて各導体板 3 1 5 , 3 1 6 , 3 1 8 , 3 1 9 により形成されるループ形状の経路を流れ、再び直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) と対向に配置された直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) を介して実線に示すように流れる。ループ形状経路を電流が流れることによって、モジュールケース 3 0 4 の第 1 放熱面 3 0 7 A 及び第 2 放熱面 3 0 7 B に渦電流 3 6 1 が流れる。この渦電流 3 6 1 の電流経路に等価回路 3 6 2 が発生する磁界相殺効果によって、ループ形状経路における配線インダクタンス 3 6 3 が低減する。

【 0 0 8 0 】

なお、リカバリ電流 3 6 0 の電流経路がループ形状に近いほど、インダクタンス低減作用が増大する。本実施形態では、ループ形状の電流経路は点線で示す如く、導体板 3 1 5 の直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) 側に近い経路を流れ、I G B T 3 2 8 及びダイオード 1 5 6 内を通る。そしてループ形状の電流経路は実線で示す如く、導体板 3 1 8 の直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) 側より遠い経路を流れ、その後、点線で示す如く導体板 3 1 6 の直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) 側より遠い経路を流れ、I G B T 3 3 0 及びダイオード 1 6 6 内を通る。さらにループ形状の電流経路は実線で示す如く、導体板 3 1 9 の直流負極配線 3 1 9 A 側に近い経路を流れる。このようにループ形状の電流経路が、直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) や直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) に対して、近い側や遠い側の経路を通ることで、よりループ形状に近い電流経路が形成される。

【 0 0 8 1 】

図 1 0 (a) は補助モールド体 6 0 0 の斜視図、図 1 0 (b) は補助モールド体 6 0 0 の透過図である。

【 0 0 8 2 】

補助モールド体 6 0 0 は、信号導体 3 2 4 をインサート成形により一体化している。ここで、信号導体 3 2 4 は、上アーム側のゲート電極端子 1 5 4 やエミッタ電極端子 1 5 5 及び上アーム側のゲート電極端子 1 6 4 やエミッタ電極端子 1 6 5 (図 2 参照)、さらにはパワー半導体素子の温度情報を伝達するための端子が含まれる。本実施形態の説明では、これらの端子を総称して、信号端子 3 2 5 U , 3 2 5 L と表現する。

【 0 0 8 3 】

信号導体 3 2 4 は、一方の端部に信号端子 3 2 5 U や 3 2 5 L を形成し、他方の端部に素子側信号端子 3 2 6 U や 3 2 6 L を形成する。素子側信号端子 3 2 6 U や 3 2 6 L は、パワー半導体素子の表面電極に設けられた信号パッドと、例えばワイヤにより接続される。第 1 封止部 6 0 1 A は、図 8 (a) に示された直流正極配線 3 1 5 A や直流負極配線 3 1 9 A あるいは交流配線 3 2 0 の形状の長軸に対してこれを横切る方向に延びる形状を成す。一方、第 2 封止部 6 0 1 B は、直流正極配線 3 1 5 A や直流負極配線 3 1 9 A あるいは交流配線 3 2 0 の形状の長軸に対して略平行な方向に延びる形状を成す。また、第 2 封止部 6 0 1 B は、上アーム側の信号端子 3 2 5 U を封止するための封止部と、下アーム側の信号端子 3 2 5 L を封止するための封止部とにより構成される。

【 0 0 8 4 】

補助モールド体 6 0 0 は、その長さが、横に並べられた導体板 3 1 5 と 3 1 6 との全体の長さ、あるいは横に並べられた導体板 3 1 9 と 3 2 0 との全体の長さより長く形成される。つまり、横に並べられた導体板 3 1 5 と 3 1 6 の長さ、あるいは横に並べられた導体板 3 1 9 と 3 2 0 の長さが、補助モールド体 6 0 0 の横方向の長さの範囲内に入っている。

【 0 0 8 5 】

第 1 封止部 6 0 1 A は、窪み形状を成しておりかつ当該窪みに直流負極配線 3 1 9 A を嵌合するための配線嵌合部 6 0 2 B を形成する。また第 1 封止部 6 0 1 A は、窪み形状を成しておりかつ当該窪みに直流正極配線 3 1 5 A を嵌合するための配線嵌合部 6 0 2 A を形成する。さらに第 1 封止部 6 0 1 A は、配線嵌合部 6 0 2 A の側部に配置されており、かつ窪み形状を成し、さらに当該窪みに交流配線 3 2 0 を嵌合するための配線嵌合部 6 0 2 C を形成する。これら配線嵌合部 6 0 2 A ~ 6 0 2 C に各配線が嵌合されることにより、各配線の位置決めが為される。これにより、各配線を強固に固定した後に樹脂封止材の充填作業を行うことが可能となり、量産性が向上する。

10

【 0 0 8 6 】

また、配線絶縁部 6 0 8 が、配線嵌合部 6 0 2 A と配線嵌合部 6 0 2 B の間から、第 1 封止部 6 0 1 A から遠ざかる方向に突出する。板形状を成す配線絶縁部 6 0 8 が直流正極配線 3 1 5 A と直流負極配線 3 1 9 A の間に介在することにより、絶縁性を確保しながら、低インダクタンス化のための対向配置が可能となる。

20

【 0 0 8 7 】

また、第 1 封止部 6 0 1 A には、樹脂封止する際に用いられる金型と接触する金型押圧面 6 0 4 が形成され、かつ金型押圧面 6 0 4 は、樹脂封止する際の樹脂漏れを防止するための突起部 6 0 5 が第 1 封止部 6 0 1 の長手方向の外周を一周して形成される。突起部 6 0 5 は、樹脂漏れ防止効果を高めるために、複数設けられる。さらに、これら配線嵌合部 6 0 2 A と配線嵌合部 6 0 2 B にも突起部 6 0 5 が設けられているので、直流正極配線 3 1 5 A 及び直流負極配線 3 1 9 A の周囲から樹脂封止材が漏れるのを防止できる。ここで、第 1 封止部 6 0 1 A、第 2 封止部 6 0 1 B、及び突起部 6 0 5 の材料としては、150 ~ 180 程度の金型に設置されることを考慮すると、高耐熱性が期待できる熱可塑性樹脂の液晶ポリマーやポリブチレンテレクタレート (PBT) やポリフェニレンサルファイド樹脂 (PPS) が望ましい。

30

【 0 0 8 8 】

また、第 1 封止部 6 0 1 A の短手方向のパワー半導体素子側には、図 10 (b) に示される貫通孔 6 0 6 が長手方向に複数設けられる。これにより、貫通孔 6 0 6 に第一封止樹脂 3 4 8 が流入して硬化することにより、アンカー効果が発現して、補助モールド体 6 0 0 は第一封止樹脂 3 4 8 に強固に保持され、温度変化や機械的振動によって応力がかかっても両者は剥離しない。貫通孔の代わりに凸凹の形状としても剥離しがたくなる。また、第 1 封止部 6 0 1 A にポリイミド系のコート剤を塗布するか、あるいは表面を粗化することでもある程度の効果が得られる。

【 0 0 8 9 】

40

モジュール一次封止体 3 0 2 における第 1 封止樹脂 3 4 8 の封止工程では、まず各配線を支持した補助モールド体 6 0 0 を、150 ~ 180 程度に余熱された金型に挿入する。本実施形態では、補助モールド体 6 0 0、直流正極配線 3 1 5 A、直流負極配線 3 1 9 A、交流配線 3 2 0、導体板 3 1 5、導体板 3 1 6、導体板 3 1 8、導体板 3 1 9 が、それぞれ強固につながっているため、補助モールド体 6 0 0 を所定の位置に設置することで主要回路およびパワー半導体素子が所定の位置に設置される。従って生産性が向上すると共に、信頼性が向上する。

【 0 0 9 0 】

また、第 2 封止部 6 0 1 B は、モジュールケース 3 0 4 近傍からドライバ回路基板 2 2 近傍まで延ばされるように形成される。これにより、強電配線の間をかいくぐってドライ

50

バ回路基板 2 2 との配線を行う際に、高電圧にさらされても正常にスイッチング制御信号を伝達できるようになる。また、直流正極配線 3 1 5 A , 直流負極配線 3 1 9 A , 交流配線 3 2 0 , 信号端子 3 2 5 U 及び信号端子 3 2 5 L が、モジュールケース 3 0 4 から同一方向に突出しても、電氣的絶縁を確保することができ、信頼性を確保できる。

【 0 0 9 1 】

図 1 1 は、コンデンサモジュール 5 0 0 の内部構造を説明するための分解斜視図である。積層導体板 5 0 1 は、板状の幅広導体で形成された負極導体板 5 0 5 及び正極導体板 5 0 7、さらに負極導体板 5 0 5 と正極導体板 5 0 7 に挟まれた絶縁シート 5 1 7 により構成されている。積層導体板 5 0 1 は以下に説明の如く、各相の上下アームの直列回路 1 5 0 を流れる電流に対して磁束を互いに相殺しあうので、上下アームの直列回路 1 5 0 を流れる電流に関して低インダクタンス化が図られる。積層導体板 5 0 1 は、略長方形形状を成す。負極側の電源端子 5 0 8 及び正極側の電源端子 5 0 9 は、積層導体板 5 0 1 の短手方向の一方の辺から立ち上げられた状態で形成され、それぞれ正極導体板 5 0 7 と負極導体板 5 0 5 に接続されている。正極側の電源端子 5 0 9 及び負極側の電源端子 5 0 8 には、図 2 で説明した如く、直流コネクタ 1 3 8 を介して直流電力が供給される。

【 0 0 9 2 】

コンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 c は、積層導体板 5 0 1 の長手方向の一方の辺から立ち上げられた状態で、各パワー半導体モジュール 3 0 0 の正極端子 1 5 7 (3 1 5 B) 及び負極端子 1 5 8 (3 1 9 B) に対応して形成される。また、コンデンサ端子 5 0 3 d ~ 5 0 3 f は、積層導体板 5 0 1 の長手方向の他方の辺から立ち上げられた状態で、各パワー半導体モジュール 3 0 1 の正極端子 1 5 7 (3 1 5 B) 及び負極端子 1 5 8 (3 1 9 B) に対応して形成される。なお、コンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 f は、積層導体板 5 0 1 の主面を横切る方向に立ち上げられている。コンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 c は、パワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c とそれぞれ接続される。コンデンサ端子 5 0 3 d ~ 5 0 3 f は、パワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c とそれぞれ接続される。コンデンサ端子 5 0 3 a を構成する負極側コンデンサ端子 5 0 4 a と正極側コンデンサ端子 5 0 6 a との間には、絶縁シート 5 1 7 の一部が設けられ、絶縁が確保されている。他のコンデンサ端子 5 0 3 b ~ 5 0 3 f も同様である。なお、本実施形態では、負極導体板 5 0 5 , 正極導体板 5 0 7 , バッテリ負極側端子 5 0 8 , バッテリ負極側端子 5 0 9 , コンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 f は、一体に成形された金属製板で構成され、上下アームの直列回路 1 5 0 を流れる電流に対してインダクタンス低減の効果を有する。

【 0 0 9 3 】

コンデンサセル 5 1 4 は、積層導体板 5 0 1 の下方であるコンデンサモジュール 5 0 0 の内部側に、複数個設けられる。本実施の形態では、8つのコンデンサセル 5 1 4 が積層導体板 5 0 1 の長手方向の一方の辺に沿って一列に並べられ、かつさらに別の8つのコンデンサセル 5 1 4 が積層導体板 5 0 1 の長手方向の他方の辺に沿って一列に並べられ、合計 1 6 個のコンデンサセルが設けられる。積層導体板 5 0 1 の長手方向のそれぞれの辺に沿って並べられたコンデンサセル 5 1 4 は、図 1 1 に示される点線 A A を境にて対称に並べられる。これにより、コンデンサセル 5 1 4 によって平滑化された直流電流をパワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c 及びパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c に供給する場合に、コンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 c とコンデンサ端子 5 0 3 d ~ 5 0 3 f との間の電流バランスが均一化され、積層導体板 5 0 1 のインダクタンス低減を図ることができる。また、電流が積層導体板 5 0 1 にて局所的に流れることを防止できるので、熱バランスが均一化されて耐熱性も向上させることができる。

【 0 0 9 4 】

コンデンサセル 5 1 4 が冷媒流路に沿った方向に多数配置されているので、冷媒流路に沿って配置されるパワーモジュール 3 0 0 やパワー半導体モジュール 3 0 1 の U 相 , V 相 , W 相の上下アームの直列回路 1 5 0 に対して均一化し易い傾向となる。また各コンデンサセル 5 1 4 を冷媒により均一に冷却できる効果がある。またコンデンサ端子 5 0 3 a ~ 5 0 3 c とコンデンサ端子 5 0 3 d ~ 5 0 3 f との間の電流バランスが均一化されて積層

導体板 501 のインダクタンス低減を図ることができ、かつ熱バランスが均一化されて耐熱性も向上させることができる。

【0095】

コンデンサセル 514 は、コンデンサモジュール 500 の蓄電部の単位構造体であり、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 枚の金属の各々を正極、負極としたフィルムコンデンサを用いる。コンデンサセル 514 の電極は、巻回した軸面がそれぞれ、正極、負極電極となり、スズなどの導電体を吹き付けて製造される。

【0096】

コンデンサケース 502 は、コンデンサセル 514 を収納するための収納部 511 を備え、上記収納部 511 は、図に記載の上面及び下面が略長形状を成す。コンデンサケース 502 には、コンデンサモジュール 500 を流路形成体 12 に固定するための固定手段例えば螺子を貫通させるための孔 520a ~ 520h が設けられる。パワー半導体モジュールとの間に、孔 520b、孔 520c、孔 520f、孔 520g が設けられることで、パワー半導体モジュールと冷媒流路 19 との気密性を向上させている。収納部 511 の底面部 513 は、円筒形のコンデンサセル 514 の表面形状に合わせるように、なめらかな凹凸形状若しくは波形形状を成している。これにより、積層導体板 501 とコンデンサセル 514 が接続されたモジュールをコンデンサケース 502 に位置決めすることが容易になる。また、積層導体板 501 とコンデンサセル 514 がコンデンサケース 502 に収納された後に、コンデンサ端子 503a ~ 503f と負極側の電源端子 508 及び正極側の電源端子 509 を除いて、積層導体板 501 が覆われるようにコンデンサケース 502 内に充填材（不図示）が充填される。底面部 513 がコンデンサセル 514 の形状に合わせて波形形状となっていることにより、充填材がコンデンサケース 502 内に充填される際に、コンデンサセル 514 が所定位置からずれることを防止できる。

【0097】

また、コンデンサセル 514 は、スイッチング時のリップル電流により、内部のフィルム上に蒸着された金属薄膜、内部導体の電気抵抗により発熱する。そこで、コンデンサセル 514 の熱を、コンデンサケース 502 を介して逃がし易くするために、コンデンサセル 514 を充填材でモールドする。また樹脂製の充填材を用いることにより、コンデンサセル 514 の耐湿も向上させることができる。本実施形態では、コンデンサモジュール 500 の収納部 511 の長手方向に沿って冷媒流路が設けられており、冷却効率が向上する。さらに、本実施形態では、コンデンサモジュール 500 は、収納部 511 の長手方向の辺を形成する側壁が冷媒流路 19 に挟まれように配置されているので、コンデンサモジュール 500 を効率良く冷やすことができる。また、コンデンサセル 514 は、当該コンデンサセル 514 の電極面の一方が収納部 511 の長手方向の辺を形成する内壁と対向するように配置されている。これにより、フィルムの巻回軸の方向に熱が伝達し易いので、熱がコンデンサセル 514 の電極面を介してコンデンサケース 502 に逃げやすくなっている。

【0098】

以下の説明で、直流正極端子 315B と図 2 に記載の正極端子 157 は同じものである。また直流負極端子 319B と図 2 に記載の負極端子 158 は同じものである。図 12 は、流路形成体 12 にパワー半導体モジュールとコンデンサモジュールとバスバーアッセンブリを組み付けた外観斜視図である。図 13 は、図 12 の部分 A の拡大図である。図 11 および図 12、図 13 において、直流正極端子 315B（157）、直流負極端子 319B（158）、交流端子 321（159）及び第 2 封止部 601B は、ハウジング 10 の縦方向に蓋側に向けて延びている。直流正極端子 315B（157）及び直流負極端子 319B（158）の電流経路の面積は、積層導体板 501 の電流経路の面積より非常に小さい。そのため、電流が積層導体板 501 から直流正極端子 315B（157）及び直流負極端子 319B（158）に流れる際には、電流経路の面積が大きく変化することになる。つまり、電流が直流正極端子 315B（157）及び直流負極端子 319B（158）に集中することになる。また、直流正極端子 315B（157）及び直流負極端子 31

10

20

30

40

50

9 B (1 5 8) が積層導体板 5 0 1 を横切る方向に突出する場合、言い換えると、直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) 及び直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) が積層導体板 5 0 1 とねじれの関係にある場合、新たな接続用導体が必要になり生産性低下やコスト増大の可能性がある。

【 0 0 9 9 】

そこで、本実施形態では、負極側コンデンサ端子 5 0 4 a は、積層導体板 5 0 1 から立ち上がっている立ち上がり部を有し、その先端部に接続部 5 4 2 を有している。また、正極側コンデンサ端子 5 0 6 a は、積層導体板 5 0 1 から立ち上がっている立ち上がり部を有し、その先端部に接続部 5 4 5 を有している。前記接続部 5 4 2 と前記接続部 5 4 5 との間にパワー半導体モジュール 3 0 0 や 3 0 1 の直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) や直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) が挟まれるようにして接続されている。これにより、コンデンサ端子 5 0 4 a や 5 0 6 a が接続部 5 4 2 や 5 4 5 の直前まで絶縁シートを介した積層構造を成すため、電流が集中する当該コンデンサ端子 5 0 4 a や 5 0 6 a の配線部分のインダクタンスを低減することができる。さらに、直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) の先端と接続部 5 4 2 の側辺とは溶接により接続され、同様に直流正極端子 3 1 5 B (1 5 7) の先端と接続部 5 4 5 の側辺とは溶接により接続される。このため、低インダクタンス化による特性改善に加え生産性を向上させることができる。

【 0 1 0 0 】

パワー半導体モジュール 3 0 0 や 3 0 1 の交流端子 3 2 1 (1 5 9) の先端は交流バスバー 8 0 2 a の先端とは溶接により接続される。溶接をするための生産設備において、溶接機械を溶接対象に対して複数方向に可動できるように作るとは、生産設備を複雑化させることにつながり生産性及びコスト的な観点から好ましくない。そこで、本実施形態では、交流端子 3 2 1 (1 5 9) の溶接箇所と直流負極端子 3 1 9 B (1 5 8) の溶接箇所は、流路形成体 1 2 の長手方向の辺に沿って一直線状に配置される。これにより、溶接機械を一方向に可動する間に、複数の溶接を行うことができ、生産性が向上する。

【 0 1 0 1 】

さらに、図 4 及び図 1 2 に示されるように、複数のパワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c は、流路形成体 1 2 の長手方向の辺に沿って一直線状に配置される。これにより、複数のパワー半導体モジュール 3 0 0 a ~ 3 0 0 c を溶接する際に、更に生産性を向上させることができる。

【 0 1 0 2 】

図 1 4 は、パワー半導体モジュールとコンデンサモジュールを組み付けた流路形成体 1 2 とバスバーアッセンブリ 8 0 0 の分解斜視図である。図 1 5 は、保持部材 8 0 3 を除いたバスバーアッセンブリ 8 0 0 の外観斜視図である。図 1 4 及び図 1 5 において、バスバーアッセンブリ 8 0 0 は、それぞれ両サイドに配置された第 1 と第 2 交流バスバーを保持し固定するための保持部材 8 0 3 と、上記両サイドに設けられた第 1 交流バスバー 8 0 2 a ~ 8 0 2 f と、第 2 交流バスバー 8 0 4 a ~ 8 0 4 f と、を備えている。前記バスバーアッセンブリ 8 0 0 にはさらに両サイドに設けられた第 1 および第 2 交流バスバー 8 0 2 と 8 0 4 を流れる交流電流を検出するための電流センサ 1 8 0 が設けられている。両サイドに設けられた上記第 1 および第 2 交流バスバー 8 0 2 , 8 0 4 はそれぞれ幅広導体で作られており、電流センサ 1 8 0 a 又は電流センサ 1 8 0 b の設置箇所まで両サイドの第 1 交流バスバー 8 0 2 a ~ 8 0 2 f は、幅広面がコンデンサモジュール 5 0 0 の積層導体板 5 0 1 の主面と略垂直になるように配置されている。第 1 交流バスバー 8 0 2 a ~ 8 0 2 f は電流センサ 1 8 0 a あるいは 1 8 0 b の貫通孔の手前で、それぞれ略直角に折り曲げられ、これら交流バスバーの幅広面が積層導体板 5 0 1 の主面と略平行の状態になる。電流センサ 1 8 0 a や電流センサ 1 8 0 b の孔を貫通後、第 2 交流バスバー 8 0 4 a ~ 8 0 4 f と接続される。第 2 交流バスバー 8 0 4 a ~ 8 0 4 f は大部分が幅広面をコンデンサモジュール 5 0 0 の積層導体板 5 0 1 の主面と略垂直の状態、すなわち交流バスバーの幅狭面が電力変換装置の縦方向を向く状態を成している。図 1 5 に記載の如く、第 1 交流バスバー 8 0 2 a ~ 8 0 2 f は前記電流センサ 1 8 0 a や電流センサ 1 8 0 b の孔を貫通後

、第1交流バスバー802a～802fに形成された接続部805a～805f（接続部805d～805fは不図示）で、第2交流バスバー804a～804fと接続される。

【0103】

上述の如く、第2交流バスバー804a～804fは、接続部805a～805fの近傍で、コンデンサモジュール500側に向かって略直角に折り曲げられる。これにより、第2交流バスバー804a～804fの主面がコンデンサモジュール500の積層導体板501の主面と略垂直になるように形成される。さらに第2交流バスバー804a～804fは、電流センサ180a又は電流センサ180bの近傍から、図12や図14、図15に示す如く、流路形成体12の短手方向の一方の辺12aに向かって延ばされ、当該辺12aを横切るように形成される。つまり、複数の第2交流バスバー804a～804fの主面が向かい合った状態で、当該第2交流バスバー804a～804fが辺12aを横切るように形成される。

10

【0104】

交流バスバー802a、802b、802d、802eが、ハウジング10の内側両サイドに配置された冷媒流路に沿って両サイドに配置されていることにより、装置全体の大型化を低減できる。また幅広導体の幅狭面が装置の縦方向を向くようにそろえて配置しているので、第1交流バスバー802や第2交流バスバー804が占める空間を小さくでき、装置全体の大型化を低減できる。さらにまた流路形成体12の一面側から複数の交流バスバーを突出させることで、電力変換装置200の外部での配線の取り回しが容易になり、生産性が向上する。

20

【0105】

図14に示されるように、第1交流バスバー802a～802f、電流センサ180a～180b及び第2交流バスバー804a～804fは、樹脂で構成された保持部材803によって、保持及び絶縁されている。この保持部材803により、第2交流バスバー804a～804fが金属製の流路形成体12及びハウジング10との間の絶縁性を向上させる。

【0106】

バスバーアッセンブリ800は、保持部材803によって流路形成体12に固定される構造になっている。仮にハウジング10に外部から熱が伝達されても、冷却媒体の流路が形成されている流路形成体12は温度上昇が抑えられる。この流路形成体12にバスバーアッセンブリ800を固定することで、バスバーアッセンブリ800の温度上昇を抑えることができるのみならず、バスバーアッセンブリ800に保持された電流センサ180の温度上昇を抑えることができる。電流センサ180は熱に弱い特性を有しており、上記構造により、電流センサ180a～180bの信頼性を向上させることができる。さらに本実施例の如く、電力変換装置をトランスミッションに固定する場合には、ハウジング10にトランスミッションTM側から熱が伝達されるだけでなく、モータジェネレータ側から第2交流バスバー804a～804fを介して熱が伝達される。これらの熱を流路形成体12で遮断し、あるいは熱を冷媒に逃がすことができ、電流センサ180a～180bの温度上昇を抑えることができ、信頼性を向上させることができる。

30

【0107】

図14に示されるように、保持部材803は、図4に示されたドライバ回路基板22を指示するための支持部材807a及び支持部材807bを備えている。支持部材807aは、複数設けられ、かつ流路形成体12の長手方向の一方の辺に沿って形成される。また、支持部材807bは、複数設けられ、かつ流路形成体12の長手方向の他方の辺に沿って並べて形成される。支持部材807a及び支持部材807bの先端部には、ドライバ回路基板22を固定するための螺子穴が形成されている。

40

【0108】

さらに、保持部材803は、電流センサ180a及び電流センサ180bが配置された箇所から上方に向かって延びる突起部806a及び突起部806bを有している。突起部806a及び突起部806bは、それぞれ電流センサ180a及び電流センサ180bを

50

貫通するように構成される。図 15 に示されるように、電流センサ 180a 及び電流センサ 180b は、ドライバ回路基板 22 の配置方向に向かって延びる信号線 182a 及び信号線 182b を有する。信号線 182a 及び信号線 182b は、ドライバ回路基板 22 の配線パターンと半田によって接合される。本実施形態では、保持部材 803、支持部材 807a ~ 807b 及び突起部 806a ~ 806b は、樹脂で一体に形成される。

【0109】

これにより、保持部材 803 が電流センサ 180 とドライバ回路基板 22 との位置決め機能を備えることになるので、信号線 182a とドライバ回路基板 22 との間の組み付け及び半田接続作業が容易になる。また、電流センサ 180 とドライバ回路基板 22 を保持する機構を保持部材 803 に設けることで、電力変換装置全体としての部品点数を削減できる。

10

【0110】

本実施の形態では、電力変換装置 200 はトランスミッション T M に設けられたハウジング 10 に固定されるので、トランスミッション T M からの振動の影響を大きく受ける。そこで、保持部材 803 は、ドライバ回路基板 22 の中央部の近傍を指示するための支持部材 808 を設けて、ドライバ回路基板 22 に加わる振動の影響を低減している。例えば支持部材 808 によってドライバ回路基板 22 の中央部を指示することで、ドライバ回路基板 22 の共振周波数をトランスミッション T M から伝達されてくる振動の周波数より高くすることができ、ドライバ回路基板 22 に加わるトランスミッション T M の振動の影響を低減できる。なお、バスバーアセンブリ 800 の保持部材 803 は流路形成体 12 に

20

【0111】

また、保持部材 803 は、補機用パワーモジュール 350 の一方の端部を固定するためのブラケット 809 を設ける。また図 4 に示されるように、補機用パワーモジュール 350 は冷却部 407 に配置されることにより、当該補機用パワーモジュール 350 の他方の端部が当該冷却部 407 に固定される。これにより、補機用パワーモジュール 350 に加わる振動の影響を低減するとともに、固定用の部品点数を削減することができる。

【0112】

図 16 は、パワー半導体モジュールとコンデンサモジュールとバスバーアセンブリ 800 と補機用パワーモジュール 350 を流路形成体 12 に組み付けた状態の外観斜視図である。電流センサ 180 は、約 100 以上の温度になるとセンサとして使用できない場合がある。車載用の電力変換装置では使用される環境が非常に厳しく、高温になる場合があり、電流センサ 180 を熱から保護することが重要な課題の 1 つである。特に、本実施の形態では、電力変換装置 200 はトランスミッション T M に搭載されるので、当該トランスミッション T M から発せられる熱の影響から電流センサ 180 を保護することが重要な課題となる。

30

【0113】

そこで、本実施の形態では、電流センサ 180a 及び電流センサ 180b は、流路形成体 12 を挟んでトランスミッション T M とは反対側に配置される。これにより、トランスミッション T M が発する熱が電流センサに伝達しづらくなり、電流センサの温度上昇を抑えられる。さらに、第 2 交流バスバー 804a ~ 804f は、図 5 に示された第 3 流路 19c を横切るように形成される。そして、電流センサ 180a 及び電流センサ 180b は、第 3 流路部 19c を横切る第 2 交流バスバー 804a ~ 804f の部分よりもパワーモジュールの交流端子 321 (159) に近い側に配置される。これにより、第 2 交流バスバー 804a ~ 804f が冷媒によって間接的に冷却され、交流バスバーから電流センサ、更にはパワーモジュール内の半導体チップに伝わる熱を和らげることができるため、信頼性が向上する。

40

【0114】

図 16 に示される流れ方向 811 は、図 5 にて示された第 4 流路 19d を流れる冷媒の流れ方向を示す。同様に、流れ方向 812 は、図 5 にて示された第 2 流路 19b を流れる

50

冷媒の流れ方向を示す。本実施の形態では、電流センサ 180 a 及び電流センサ 180 b は、電力変換装置 200 の上方から投影したときに、電流センサ 180 a 及び電流センサ 180 b の投影部が冷媒流路 19 の投影部に囲まれるように配置される。これにより電流センサをトランスミッション T M からの熱から更に保護することができる。

【0115】

図 17 は、理解を助けるために制御回路基板 20 と金属ベース板 11 を分離した状態の斜視図である。図 16 に示すように、電流センサ 180 は、コンデンサモジュール 500 の上方に配置される。ドライバ回路基板 22 は、図 16 に示す電流センサ 180 の上方に配置され、さらに図 14 に示されたバスバーアッセンブリ 800 に設けられる支持部材 807 a 及び 807 b によって支持される。金属ベース板 11 は、ドライバ回路基板 22 の上方に配置され、この実施の形態では、流路形成体 12 から立設された複数の支持部材 15 によって支持される。制御回路基板 20 は、金属ベース板 11 の上方に配置され、上記金属ベース板 11 に固定される。

【0116】

電流センサ 180 とドライバ回路基板 22 と制御回路基板 20 が高さ方向に階層的に配置され、また制御回路基板 20 が強電系のパワー半導体モジュール 300 及び 301 から最も遠い場所に配置されるので、スイッチングノイズ等が混入を抑制することができる。さらに、金属ベース板 11 は、グランドに電氣的に接続された流路形成体 12 に電氣的に接続されている。この金属ベース板 11 によって、ドライバ回路基板 22 から制御回路基板 20 に混入するノイズを低減している。

【0117】

電流センサ 180 とドライバ回路基板 22 を電氣的に繋ぐ際の、配線コネクタを用いると接続工程の煩雑さや、接続ミス防止することが望ましい。図 17 では、ドライバ回路基板 22 には、当該ドライバ回路基板 22 を貫通する第 1 孔 24 及び第 2 孔 26 が形成される。また第 1 孔 24 にはパワー半導体モジュール 300 の信号端子 325 U 及び信号端子 325 L が挿入され、信号端子 325 U 及び信号端子 325 L はドライバ回路基板 22 の配線パターンと半田により接合される。さらに第 2 孔 26 には電流センサ 180 の信号線 182 が挿入され、信号線 182 はドライバ回路基板 22 の配線パターンと半田により接合される。なお、流路形成体 12 との対向面とは反対側のドライバ回路基板 22 の面側から半田接合が行われる。

【0118】

これにより、配線コネクタを用いることなく信号線が接続できるので生産性を向上させることができる。また、パワー半導体モジュール 300 の信号端子 325 と電流センサ 180 の信号線 182 を、同一方向から半田により接合されることにより、生産性を更に向上させることができる。また、ドライバ回路基板 22 に、信号端子 325 を貫通させるための第 1 孔 24 や、信号線 182 を貫通させるための第 2 孔 26 をそれぞれ設けることにより接続ミスの危険性を少なくすることができる。

【0119】

また、本実施形態のドライバ回路基板 22 は、流路形成体 12 と対向する面側に、ドライバ IC チップ等の駆動回路（不図示）を実装している。これにより、半田接合の熱がドライバ IC チップ等に伝わることを抑制して、半田接合によるドライバ IC チップ等の損傷を防止している。また、ドライバ回路基板 22 に搭載されているトランスのような高背部品が、コンデンサモジュール 500 とドライバ回路基板 22 との間の空間に配置されるので、電力変換装置 200 全体を低背化することが可能となる。

【0120】

本実施の形態においては、冷媒流路 19 に流れる冷媒によって、冷媒流路 19 内に挿入され固定されたパワー半導体モジュール 300 及び 301 を冷却すると共に、コンデンサモジュール 500 を冷却する。さらに、補機用パワーモジュール 350 も発熱による温度上昇を抑えるため、冷却することが望ましい。ハウジング 10 内で冷却できる部分が限られているので、冷却方法や冷却構造の工夫が必要である。

【 0 1 2 1 】

図 1 8 は、図 1 7 の破線 B で示す面の、電力変換装置 2 0 0 を C 方向から見た断面図である。モジュールケース 3 0 4 に設けられたフランジ 3 0 4 B は、流路形成体 1 2 の流路の開口に押し付けられ、流路形成体 1 2 にモジュールケース 3 0 4 を押しつけることにより、冷媒流路 1 9 の気密性を向上させることができる。パワー半導体モジュール 3 0 0 の冷却効率を向上させるために、冷媒流路 1 9 内の冷媒をフィン 3 0 5 が形成された領域に流すようにする必要がある。モジュールケース 3 0 4 は湾曲部 3 0 4 A のスペースを確保するために、モジュールケース 3 0 4 の下部にはフィン 3 0 5 が形成されていない。そこで下カバー 4 2 0 は、モジュールケース 3 0 4 の下部が、当該下カバー 4 2 0 に形成された凹部 4 3 0 に嵌合されるように形成される。これにより、冷却フィンが形成されていない空間に冷媒が流れ込むことを防止することができる。

10

【 0 1 2 2 】

図 1 9 および図 2 0 を用いてコンデンサモジュール 5 0 0 の正極側のコンデンサ端子 5 0 6 および負極側のコンデンサ端子 5 0 4 とパワー半導体モジュールの直流正極端子 3 1 5 およびパワー半導体モジュールの直流負極端子 3 1 9 との接続部を説明する。図 1 9 における円で示す上記接続 1 5 0 0 の拡大を図 2 0 に示す。コンデンサモジュール 5 0 0 の積層導体板 5 0 1 を構成する正極導体板 5 0 7 と負極導体板 5 0 5 とに正極側のコンデンサ端子 5 0 6 と負極側のコンデンサ端子 5 0 4 とがそれぞれ接続されている。負極側のコンデンサ端子 5 0 4 と正極側のコンデンサ端子 5 0 6 とはそれぞれ幅広の導体からなり、幅広導体の幅広面が互いに対向するように積層状態に配置され、コンデンサモジュール 5 0 0 から突出し、対応するパワー半導体モジュールの方に伸びる形状を成している。すなわち負極側のコンデンサ端子 5 0 4 と正極側のコンデンサ端子 5 0 6 とはそれぞれ冷媒流路と反対の方向に立ち上がり、その後冷媒流路に沿う方向に伸びる形状を成している。

20

【 0 1 2 3 】

正極側のコンデンサ端子 5 0 6 の接続部 5 4 5 は正極側のコンデンサ端子 5 0 6 の先端部に位置し、冷媒の流れを横切る方向に伸びるパワー半導体モジュールの直流正極端子 3 1 5 に対して、正極側のコンデンサ端子 5 0 6 の接続部 5 4 5 は冷媒流路に沿う方向から接近し、幅広面が互いに接している。同様に負極側のコンデンサ端子 5 0 4 はその先端部に接続部 5 4 2 を有し、冷媒の流れを横切る方向に伸びるパワー半導体モジュールの直流負極端子 3 1 9 に対して、負極側のコンデンサ端子 5 0 4 の接続部 5 4 2 は冷媒流路に沿う方向から接近し、幅広面が互いに接している。

30

【 0 1 2 4 】

図 2 0 に示すように、この構造は正極側のコンデンサ端子 5 0 6 と負極側のコンデンサ端子 5 0 4 とが積層状態で、冷媒流路から遠ざかる方向に立ち上がり、その後流路に沿う方向において折り返し、パワー半導体モジュールの直流正極端子 3 1 5 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 3 1 9 との積層状態の直流端子を両側から挟んでいる。このような構造をなすことで、正極側のコンデンサ端子 5 0 6 と負極側のコンデンサ端子 5 0 4 とが接近することができ、インダクタンスが低減する。またパワー半導体モジュールの直流正極端子 3 1 5 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 3 1 9 とが接近することができ、インダクタンスを低減できる。

40

【 0 1 2 5 】

図 2 0 で溶接接続部 1 5 2 0 が冷媒流路の反対側に配置されている。したがって冷媒流路の反対側から溶接用の電極を挿入できるので、溶接が容易となり、生産性の向上や溶接部分の信頼性の向上につながる。

【 0 1 2 6 】

図 2 1 は、図 1 9 や図 2 0 で説明した接続部の構造 1 5 0 0 の他の実施の形態 1 5 0 2 を説明する図である。図 1 9 や図 2 0 で説明した接続部の構造との違いは、正極側のコンデンサ端子 5 0 6 と負極側のコンデンサ端子 5 0 4 との積層端子が折り返すのではなく、立ち上がった後伸びる方向を変え、例えばコンデンサモジュール 5 0 0 の外周に沿って垂直に方向を変え、冷媒流路に沿ってパワー半導体モジュールの直流端子の方に伸び、接続

50

される点である。効果は図 20 の構造と略同じである。

【0127】

図 22 は、さらに他の実施の形態を示す図であり、コンデンサモジュール 500 の積層導体板 501 から立ち上がった積層構造の正極側のコンデンサ端子 506 と負極側のコンデンサ端子 504 は、パワー半導体モジュール 300 を冷却する冷媒流路の方に方向を変えて伸び、冷媒流路に挿入されたパワー半導体モジュールの位置で冷媒流路に沿う方向 1540 に方向を変えて伸び、パワー半導体モジュールのパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 およびパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 に接続される。溶接接続部 1520 は冷媒流路と反対の位置にあり、溶接作業が容易となる。

【0128】

図 23 はコンデンサモジュールの正極側のコンデンサ端子 506 や負極側のコンデンサ端子 504 とパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 やパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 との接続構造の他の実施の形態を示す図である。正極導体板 507 および負極導体板 505 (図 23 には表れていない) から冷媒流路の方向に直流端子が伸び、その後冷媒流路と反対の方向に立ち上がり、さらに冷媒流路に沿う方向 1540 に伸びてパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 やパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 の幅広面と互いに接し、溶接にて接続される。溶接接続部 1520 は冷媒流路と反対の方向に位置し、上述の通り、溶接作業が容易となる。

【0129】

図 24 はコンデンサモジュールの正極側のコンデンサ端子 506 や負極側のコンデンサ端子 504 とパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 やパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 との接続構造の他の実施の形態を示す図である。負極側のコンデンサ端子 504 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 との接続部を正極側のコンデンサ端子 506 が取り囲む構造をなしており、溶接接続部 1520 は他の実施の形態と同様に冷媒流路と反対の方向に位置している。上述の通り、この構造は溶接作業が容易となる。上述の構造は、負極側のコンデンサ端子 504 と正極側のコンデンサ端子 506 とを、絶縁シート 517 を介して、接近して配置することができる。またパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 とを接近して配置できるので、パワー半導体モジュールの直流端子とコンデンサモジュール 500 の直流端子との接続部のインダクタンスを低くすることができる。

【0130】

図 25 と図 26 は、図 19 から図 24 に記載のパワー半導体モジュールの直流端子とコンデンサモジュール 500 の直流端子との溶接作業を説明するための説明図である。溶接作業はパワー半導体モジュール 300 もパワー半導体モジュール 301 も同じであり、代表してパワー半導体モジュール 300 で説明する。コンデンサモジュール 500 およびパワー半導体モジュール 300 は上述の通り、流路形成体 12 に保持されており、パワー半導体モジュールの直流端子とコンデンサモジュール 500 の直流端子との接続部は、パワー半導体モジュール 300 が挿入されている冷媒流路と反対の方向、ハウジング 10 の蓋側に位置している。図 25 の破線 A の部分の拡大図が図 26 である。パワー半導体モジュール 300 のパワー半導体モジュールの直流正極端子 315 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 とは幅広の導体で構成されており、互いに幅広面が対抗する状態で、積層構造を成すように配置されている。上記各端子の外側に正極側のコンデンサ端子 506 と負極側のコンデンサ端子 504 とが配置され互いに幅広面が接するように配置される。正極側のコンデンサ端子 506 と負極側のコンデンサ端子 504 との間に、ガイド 1536 が配置され、また正極側のコンデンサ端子 506 とパワー半導体モジュールの直流正極端子 315、および負極側のコンデンサ端子 504 とパワー半導体モジュールの直流負極端子 319 とは、それぞれ両側に位置するガイド 1534 と中央部に位置するガイド 1536 とで挟まれて固定され、次に溶接機 1530 の溶接機の電極 1532 で各接続面が溶接される。

【0131】

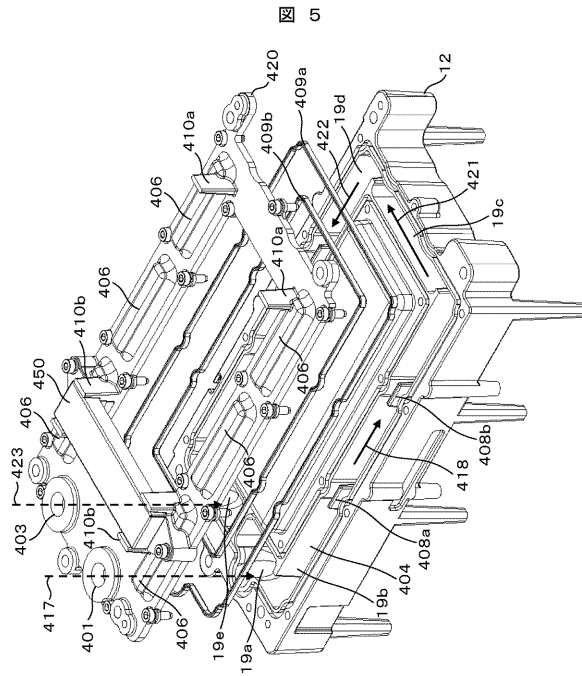
上述の通り、パワー半導体モジュールの直流端子とパワー半導体モジュールの端子との接続部を冷媒流路あるいは流路形成体 12 とは反対の方向に位置させたので、溶接作業が容易となり、生産性が向上する。また同様にバスバーアッセンブリとパワー半導体モジュールとの接続部を冷媒流路あるいは流路形成体 12 とは反対の方向に位置させたので、溶接作業が容易となり、生産性が向上する。

【符号の説明】

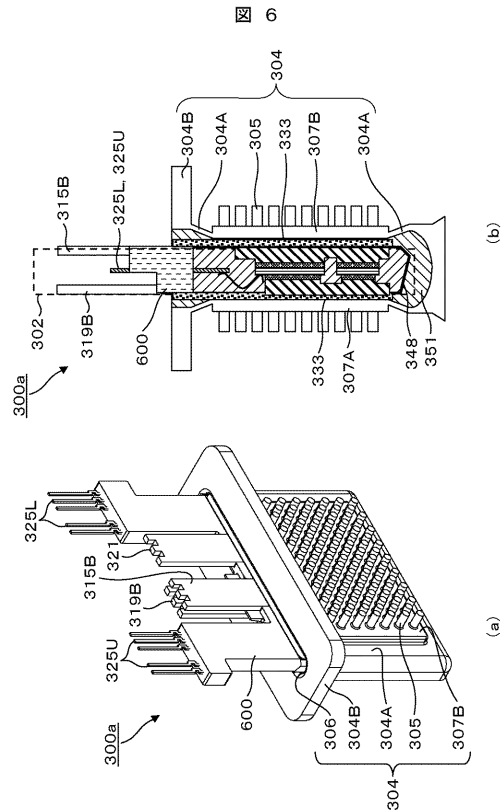
【0132】

10	ハウジング	
11	金属ベース板	
12	流路形成体	10
13	入口配管	
14	出口配管	
19	冷媒流路	
20	制御回路基板	
136	バッテリー	
140, 142	インバータ回路	
150	上下アームの直列回路	
150A	上アーム半導体モジュール	
150B	下アーム半導体モジュール	
174	ドライバ回路	20
180	電流センサ	
200	電力変換装置	
350	補機用パワーモジュール	
407	冷却部	
500	コンデンサモジュール	
504	負極側のコンデンサ端子	
506	正極側のコンデンサ端子	
508	負極側の電源端子	
509	正極側の電源端子	
514	コンデンサセル	30
800	バスバーアッセンブリ	
802, 805	交流バスバー	
803	保持部材	
1520	溶接接続部	
1530	溶接機	
1532	溶接機の電極	

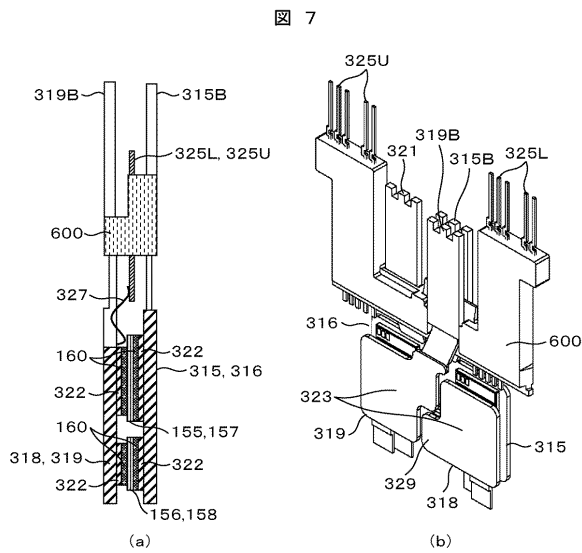
【図 5】



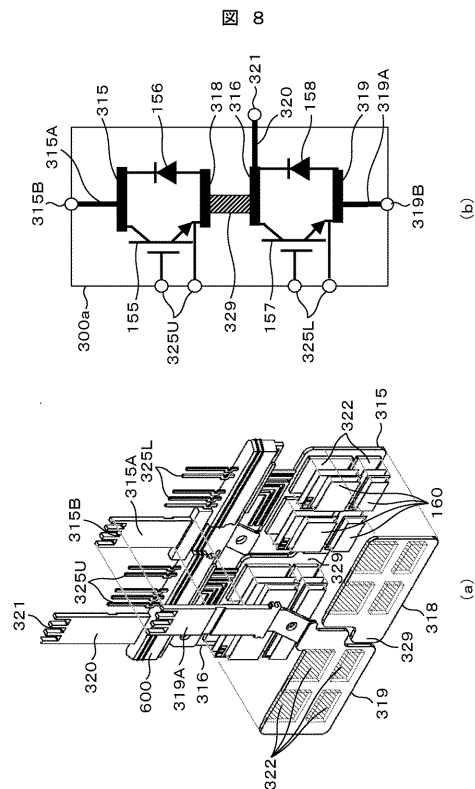
【図 6】



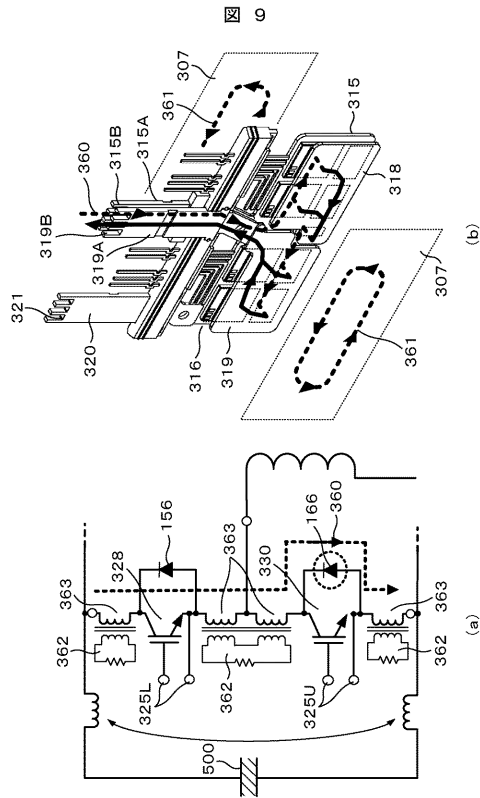
【図 7】



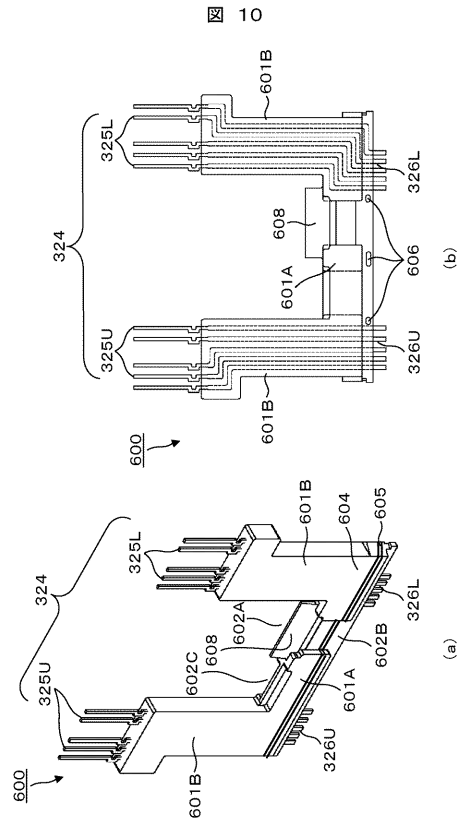
【図 8】



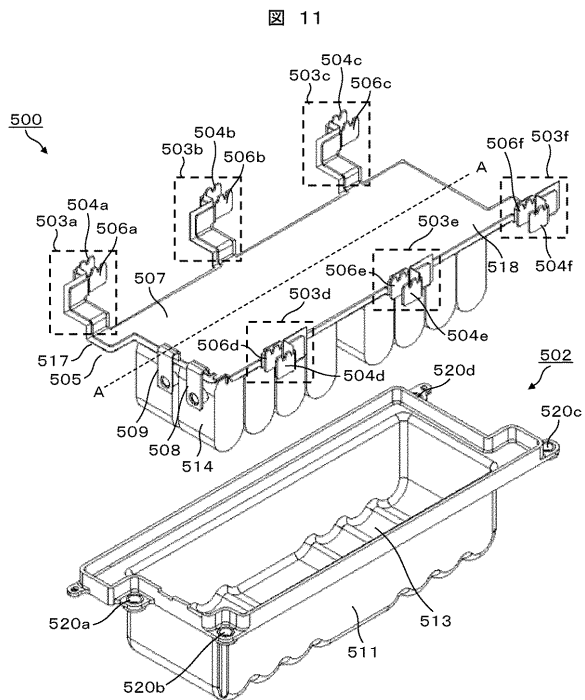
【 図 9 】



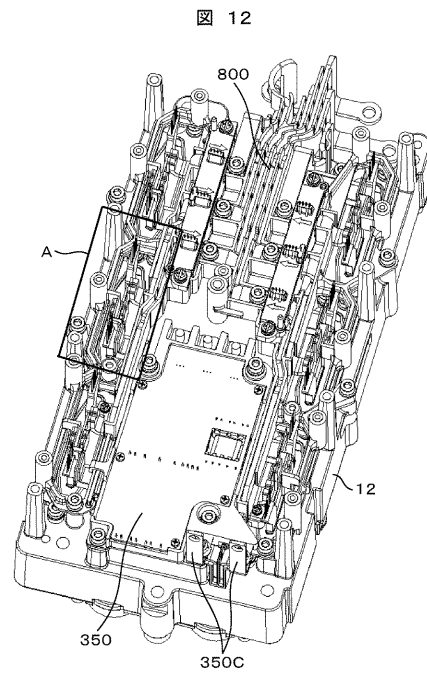
【 図 1 0 】



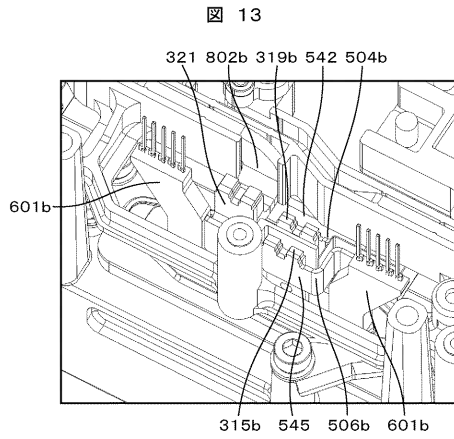
【 図 1 1 】



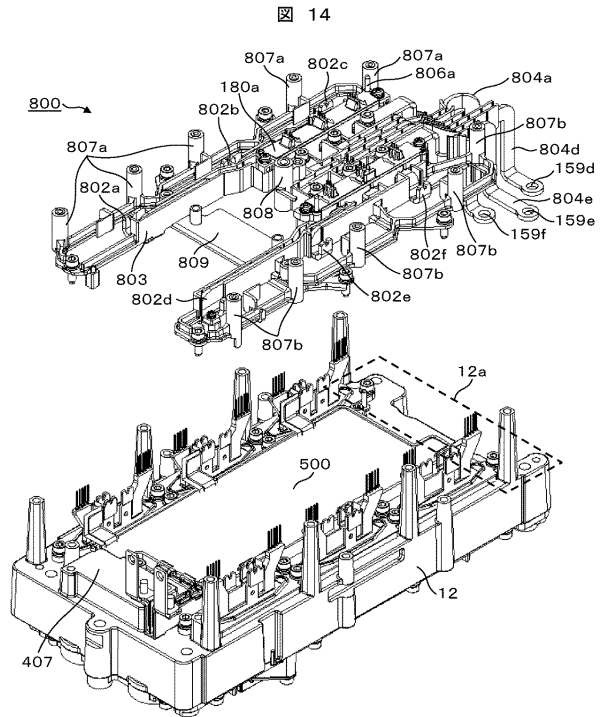
【圖 12】



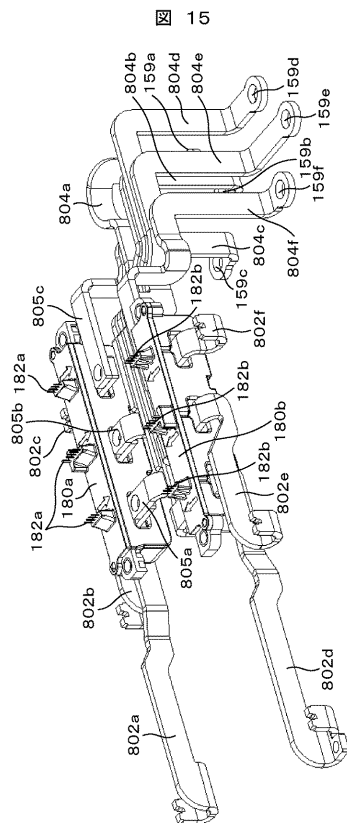
【図 13】



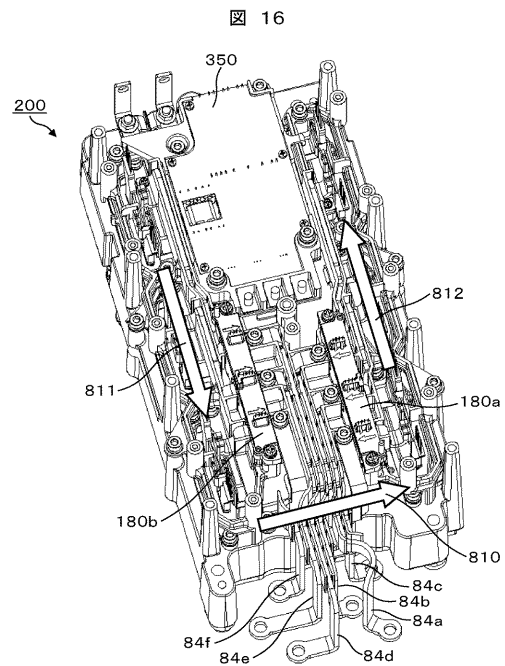
【図 14】



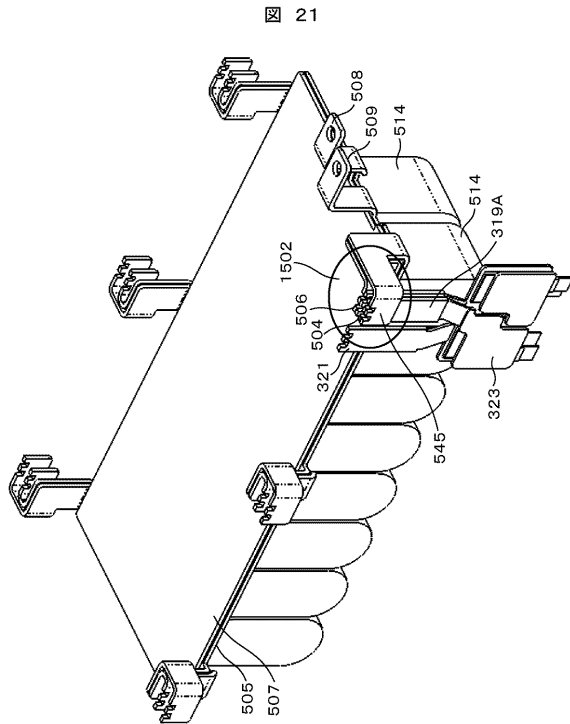
【図 15】



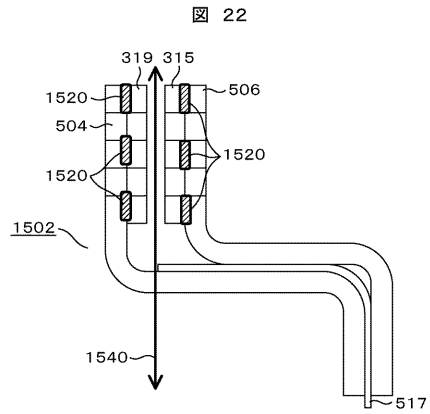
【図 16】



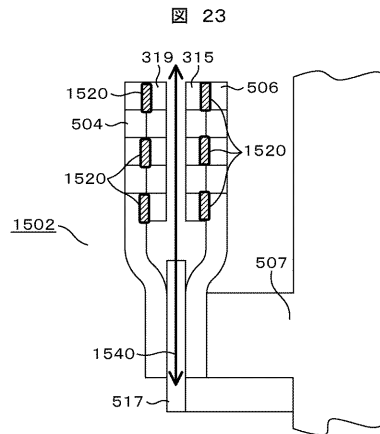
【図 2 1】



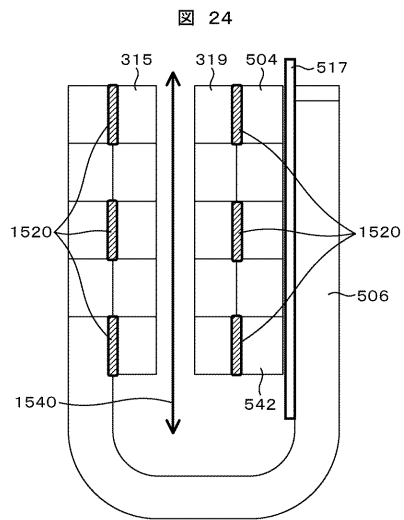
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】

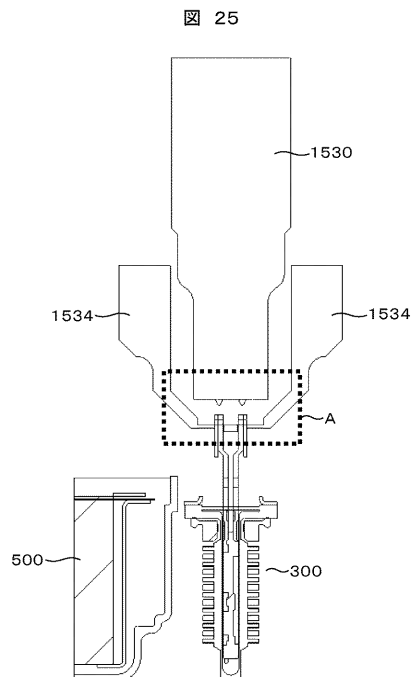
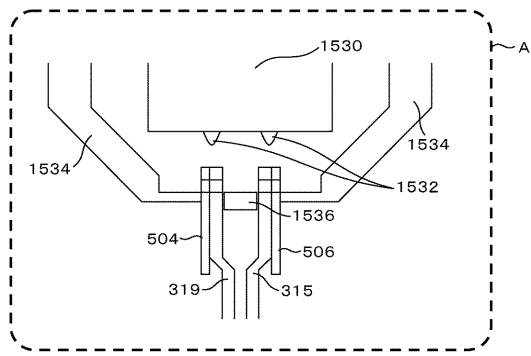


图 26



フロントページの続き

(72)発明者 加瀬 政道

茨城県ひたちなか市高場2520番地
式会社内

日立オートモティブシステムズ株

審査官 安池 一貴

(56)参考文献 特開2009-081993(JP,A)

特開2001-308266(JP,A)

特開2008-259267(JP,A)

特開2009-093852(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/48