

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5961714号
(P5961714)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl. F 1
HO2M 7/48 (2007.01) HO2M 7/48 Z

請求項の数 4 (全 42 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-25814 (P2015-25814) (22) 出願日 平成27年2月12日 (2015.2.12) (62) 分割の表示 特願2013-127452 (P2013-127452) の分割 原出願日 平成19年8月9日 (2007.8.9) (65) 公開番号 特開2015-92827 (P2015-92827A) (43) 公開日 平成27年5月14日 (2015.5.14) 審査請求日 平成27年2月12日 (2015.2.12)</p>	<p>(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 110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所 (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 中津 欣也 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 審査官 安池 一貴</p>
--	---

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】

電力を変換する上アーム回路及び下アーム回路を有する第1のパワーモジュールと、流路を形成する流路形成体と、を備え、

前記第1のパワーモジュールは、前記上アーム回路を構成する第1半導体素子と、前記下アーム回路を構成する第2半導体素子と、前記第1半導体素子及び前記第2半導体素子を支持する第1金属ベースと、を有し、

前記流路は、第1流路と、前記第1流路に隣り合って配置される第2流路と、前記第1流路及び前記第2流路を繋ぐ折り返し流路と、により構成され、

前記流路形成体は、前記第1流路と前記第2流路とを隔てる隔壁と、前記第1流路と繋がる第1開口と、前記第2流路と繋がる第2開口と、を形成し、

前記第1金属ベースは、前記第1半導体素子と対向する位置に形成された第1フィンと、前記第2半導体素子と対向する位置に形成された第2フィンと、を有し、

更に、前記第1金属ベースは、前記隔壁を跨がり、前記第1フィンを前記第1開口から突出させ、且つ前記第2フィンを前記第2開口から突出させると共に、当該第1開口及び当該第2開口を塞ぐように配置されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項2】

請求項1記載の電力変換装置において、

電力を変換する上アーム回路及び下アーム回路を有する第2のパワーモジュールを備え、

10

20

前記第2のパワーモジュールは、前記上アーム回路を構成する第3半導体素子と、前記下アーム回路を構成する第4半導体素子と、前記第3半導体素子及び前記第4半導体素子を支持する第2金属ベースと、を有し、

前記第2金属ベースは、前記第3半導体素子と対向する位置に形成された第3フィンと、前記第4半導体素子と対向する位置に形成された第4フィンと、を有し、

更に、前記第2金属ベースは、前記隔壁を跨がり、前記第3フィンを前記第1開口から突出させ、且つ前記第4フィンを前記第2開口から突出させると共に、当該第1開口及び当該第2開口を塞ぐように配置されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項3】

請求項1記載の電力変換装置において、

前記第1パワーモジュールに直流電流を伝達する正極導体板及び負極導体板を備え、

前記正極導体板及び前記負極導体板は、絶縁材を介した積層構造で前記第1半導体素子を挟んで前記第1金属ベースと対向する位置に配置されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項4】

請求項1記載の電力変換装置において、

前記第1パワーモジュールに直流電流を伝達する正極導体板及び負極導体板を備え、

前記第1パワーモジュールは、前記第1金属ベースに実装されて前記第1半導体素子に電力を伝達する第1導体と、前記第1金属ベースに実装されて前記第2半導体素子に電力を伝達する第2導体と、を有し、

前記正極導体板と前記第1導体との接続部及び前記負極導体板と前記第2導体との接続部は、前記第1流路及び前記第2流路よりも前記隔壁に近い位置に配置された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電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力変換装置は、直流電源から供給された直流電力を回転電機などの交流電気負荷に供給するための交流電力に変換する機能、あるいは回転電機により発電された交流電力を直流電源に供給するための直流電力に変換する機能を備えている。前記変換機能を果たすため、電力変換装置はスイッチング素子を有するインバータ回路を有しており、前記スイッチング素子が導通動作や遮断動作を繰り返すことにより直流電力から交流電力へあるいは交流電力から直流電力への前記電力変換を行う。

【0003】

前記スイッチング動作により電流が遮断されるので回路に存在するインダクタンスによりスパイク電圧が発生する。このスパイク電圧を低減するために平滑コンデンサを設けると共に直流電気回路のインダクタンスを低減することが望ましい。インダクタンスを低減することによりスパイク電圧を抑える技術が特許文献1(特開2002-34268号公報)に記載されている。前記特許文献1によれば、平滑コンデンサとスイッチング素子間の配線長さを短くすることでインダクタンスを低減し、スパイク電圧を小さくできる、と記載されている。

【0004】

車両に搭載される電力変換装置は車載電源から直流電力を受け、この直流電力を例えば車両駆動用回転電機に供給するための3相交流電力に変換する。車両駆動用回転電機の発生トルクの要求が初期の物に比べ大きくなっている。このため電力変換装置が変換する電力が大きくなる傾向にある。また車両に搭載される電力変換装置は工場内に設置される一般の産業機械の電力変換装置に比べ高い温度環境で使用される。このため一般の電力変換

10

20

30

40

50

装置に比べ、車両用電力変換装置は電力変換装置自身が発生する熱をできるだけ低減することが望まれている。電力変換装置自身が発生する熱の内、インバータ回路を構成するスイッチング素子が発生する熱が大きな割合を占め、スイッチング素子の発熱をできるだけ低減することが望ましい。

【0005】

前記スイッチング素子は遮断状態から導通状態への切り替り時、あるいは導通状態から遮断状態への切り替り時に発熱量が増大するので、上記切り替り動作時の発熱を低減することが望ましい。この発熱量を低減するためには上記スイッチング素子の前記切り替り動作時間を短くすることが第1の対応策である。またスイッチング素子の上記スイッチング動作を行う間隔を長くする、即ち単位時間当たりのスイッチング素子の動作回数を少なくすることにより総合的な発熱量を低減することが第2の対応策である。上記第2の対応策においてスイッチング素子の上記スイッチング動作を行う間隔を非常に長くすることは制御精度を低下させる可能性があり、単位時間当たりのスイッチング素子の動作回数を大きく減らすには限界がある。

10

【0006】

特許文献2(特開2007-143272号公報)には、低インダクタンス化を図ることにより、インバータ回路のスイッチング素子の切り替りに必要な時間を短くし、スイッチング素子のスイッチング動作の一回あたりの発熱量を低減する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0007】

【特許文献1】特開2002-034268号公報

【特許文献2】特開2007-143272号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

前記特許文献1に記載した技術は、上記背景技術に記載したように、前記スイッチング素子の切り替え動作時の発熱低減に対する配慮に欠ける面がある。

【0009】

前記特許文献2には、低インダクタンス化がスイッチング素子の一回あたりの動作の発熱量の低減に繋がること及び低インダクタンス化を実現するための技術が記載されているが、電力変換装置、特に車載用の電力変換装置では車載内部の空間が狭く、発熱量の低減と共に電力変換装置のより小型化が望まれていて、この点で特許文献2には課題が存する。

30

【0010】

電力変換装置が変換する電力量が増大すると装置が大型化する傾向に有り、電力量の増大にかかわらず装置の体積の増大をできるだけ抑えることが望ましい。例えば電力変換装置の単位体積当たりの変換可能な最大電力の値が増大するように工夫することが望ましい。このためには低インダクタンス化の実現と小型化の両立が望ましい。ここで小型化とは電力変換装置の単位体積当たりの変換可能最大電力値の値をできるだけ大きくすることである。

40

【0011】

本発明の目的は、低インダクタンス化の実現と小型化の実現を両立させた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】

【0012】

前記課題を解決するために、本発明は次のような構成を採用する。なお、以下に示す構成要素に付す符号は、本発明の実施例との関連を対応付けする構成の一例であり、本発明が符号を付した実施例の構成に限定されるものでないことは当然である。

電力を変換する上アーム回路及び下アーム回路を有する第1のパワーモジュール(30

50

0)と、流路(19)を形成する流路形成体と、を備え、

前記第1のパワーモジュール(300)は、前記上アーム回路を構成する第1半導体素子(328)と、前記下アーム回路を構成する第2半導体素子(330)と、前記第1半導体素子(328)及び前記第2半導体素子(330)を支持する第1金属ベース(304)と、を有し、

前記流路(19)は、第1流路と、前記第1流路に隣り合って配置される第2流路と、前記第1流路及び前記第2流路を繋ぐ折り返し流路と、により構成され、

前記流路形成体は、前記第1流路と前記第2流路とを隔てる隔壁(408)と、前記第1流路と繋がる第1開口(400)と、前記第2流路と繋がる第2開口(402)と、を形成し、

前記第1金属ベース(304)は、前記第1半導体素子(328)と対向する位置に形成された第1フィン(305)と、前記第2半導体素子(330)と対向する位置に形成された第2フィン(305)と、を有し、

更に、前記第1金属ベース(304)は、前記隔壁(408)を跨がり、前記第1フィン(305)を前記第1開口(400)から突出させ、且つ前記第2フィン(305)を前記第2開口(402)から突出させると共に、当該第1開口(400)及び当該第2開口(402)を塞ぐように配置された電力変換装置。

【0013】

前記電力変換装置において、電力を変換する上アーム回路及び下アーム回路を有する第2のパワーモジュール(300)を備え、

前記第2のパワーモジュール(300)は、前記上アーム回路を構成する第3半導体素子(328)と、前記下アーム回路を構成する第4半導体素子(330)と、前記第3半導体素子(328)及び前記第4半導体素子(330)を支持する第2金属ベース(304)と、を有し、

前記第2金属ベース(304)は、前記第3半導体素子(328)と対向する位置に形成された第3フィン(305)と、前記第4半導体素子(330)と対向する位置に形成された第4フィン(305)と、を有し、

更に、前記第2金属ベース(304)は、前記隔壁(408)を跨がり、前記第3フィン(305)を前記第1開口(400)から突出させ、且つ前記第4フィン(305)を前記第2開口(402)から突出させると共に、当該第1開口(400)及び当該第2開口(402)を塞ぐように配置された電力変換装置。

【0014】

前記電力変換装置において、前記第1パワーモジュールに直流電流を伝達する正極導体板(315)及び負極導体板(317)を備え、

前記正極導体板(315)及び前記負極導体板(317)は、絶縁材を介した積層構造で前記第1半導体素子(328)を挟んで前記第1金属ベース(304)と対向する位置に配置された電力変換装置。

【0015】

前記電力変換装置において、前記第1パワーモジュールに直流電流を伝達する正極導体板(315)及び負極導体板(317)を備え、

前記第1パワーモジュールは、前記第1金属ベース(304)に実装されて前記第1半導体素子(328)に電力を伝達する第1導体(329)と、前記第1金属ベース(304)に実装されて前記第2半導体素子(330)に電力を伝達する第2導体(337)と、を有し、

前記正極導体板(315)と前記第1導体(329)との接続部(339)及び前記負極導体板(317)と前記第2導体(337)との接続部(341)は、前記第1流路及び前記第2流路よりも前記隔壁(408)に近い位置に配置された電力変換装置。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、平滑コンデンサおよびインバータ回路のインダクタンスが低減できる

10

20

30

40

50

と共に電力変換装置の体積の増大を抑えることができ、電力変換装置の単位体積あたりの最大変換電力の値を大きくできる。その他の効果は以下に説明の実施形態の説明の中で述べる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【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。

【図2】上下アームの直列回路及び制御部を含むインバータ装置、インバータ装置の直列側に接続されたコンデンサからなる電力変換装置と、バッテリーと、モータジェネレータと、を備えた車両駆動用電機システムの回路構成を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係る電力変換装置の全体構成の外観斜視図である。

10

【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】本発明の実施形態に関する筐体、及び冷却水流路内の冷却水流れを示す図である。

【図6】本実施形態に関するパワーモジュールを搭載した筐体を下方からみた平面図である。

【図7】本実施形態に関する、図3及び図4に示す電力変換装置の全体構成を切断したときの断面図である。

【図8】図7に示す電力変換装置の主要部を取り上げた断面図である。

【図9】図3の左側面を左側から見た左側面図である。

20

【図10】図3の右側面を右側から見た右側面図である。

【図11】図3の背面を背面側から見た背面図である。

【図12】本実施形態に関するパワーモジュールの上方からの斜視図である。

【図13】本実施形態に関するパワーモジュールの下方からの斜視図である。

【図14】本実施形態に関するパワーモジュールの断面図である。

【図15】本実施形態に関するパワーモジュールを搭載した筐体の平面図である。

【図16】本実施形態に関するIGBTのターンオン時の電流の流れを示す図である。

【図17】本実施形態に関するIGBTのターンオン時の電流及び電圧波形を示す図である。

【図18】本実施形態に関するIGBTのターンオフ時の電流の流れを示す図である。

30

【図19】本実施形態に関するIGBTのターンオフ時の電流及び電圧波形を示す図である。

【図20】本実施形態に関するパワーモジュールにおいて、金属ベースに設けられた絶縁基板上における上下アーム直列回路の具体的設置を示す配置構成とその機能乃至作用を示す説明図である。

【図21】本実施形態に関するパワーモジュールを上方からみた配置構成を示す平面図である。

【図22】本実施形態に関するコンデンサモジュールにおける充填材付き外観構成を示す斜視図である。

【図23】本実施形態に関するパワーモジュールとコンデンサモジュールの結合構造を上方から見た斜視図である。

40

【図24】本実施形態に関するパワーモジュールの直流端子とコンデンサ端子との接続部付近の電流の流れを示す図である。

【図25】本実施形態に関するコンデンサモジュールにおける充填材無し外観構成を示す上方からの斜視図である。

【図26】本実施形態に関するコンデンサモジュールにおける、一对の負極側コンデンサ端子と正極側コンデンサ端子を形成するコンデンサモジュールの基本的単位を示す構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

50

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が、まず、はじめに、本実施形態に係る電力変換装置における、改善改良すべき技術的課題とこの技術的課題を解決するための技術の概要について説明する。

【0020】

〔インダクタンスの低減に係る説明〕

電気回路のインダクタンスの低減に係る工夫には次の3つの観点がある。第1の観点はパワーモジュールのインダクタンス低減である。第2の観点はコンデンサモジュールのインダクタンス低減である。第3の観点はパワーモジュールとコンデンサモジュールとの接続回路のインダクタンス低減である。上記観点1から観点3の全てを実施することが最も望ましい。しかし3つの観点の内1つの観点を実施することでも効果があり、さらに3つ
10

【0021】

第1の観点であるパワーモジュールのインダクタンスの低減について次に説明する。パワーモジュールはインバータ回路に使用される半導体素子のチップを内蔵しており、前記パワーモジュールは直流電力を授受するための直流端子が設けられている。前記直流端子から前記半導体素子までの直流導体は、正極用導体板と負極用導体板が絶縁材を挟んで重ねられることによる積層構造を成している。この積層構造により、直流端子から半導体素子までの電気回路のインダクタンスを大幅に低減することができる。

【0022】

さらにまたパワーモジュールの内部には、インバータ回路の上アーム用半導体チップとインバータ回路の下アーム用半導体チップとの直列回路を単位とし、前記直列回路が3組並列に配置されている。以下の実施形態では、前記各直列回路へ直流電力を供給するための正極端と負極端とが接近して配置されている。直流電力供給するための前記正極端と負極端とが接近して設けられているので、前記正極端から供給され、上アーム用半導体チップと下アーム用半導体チップを通り、前記負極端に戻る電流の流れはループ形状に近い形状となる。電流の流れがループ形状に近くなることにより、半導体チップの冷却用金属板に渦電流が誘起され、この渦電流の誘起によりインダクタンスが低下する。以下の実施形態では上アームと下アームからなる各直列回路へ直流電力を供給するための正極端と負極端とが接近して設けられているのでインダクタンスを低減できる。
20

【0023】

さらにまた、上アーム用半導体チップと下アーム用半導体チップとの直列回路の正極端子と負極端子とを上アーム用半導体チップと下アーム用半導体チップとの中央部に配置し、正極端子と負極端子の位置の一方側に上アーム用半導体チップを配置し、また他方側に下アーム用半導体チップを配置している。このように中央から電流を供給し、一方側と他方側に前記直列回路を配置することで、電流の流れがループ形状を形作り易くなる。このためインダクタンスをより低減できる特性を得ることができる。
30

【0024】

以下の実施形態では、上述のとおり、パワーモジュールの直流端子と前記直列回路の正極端子と負極端子間は積層構造の導体板が使用されているのでインダクタンスを低減でき、さらに前記直列回路の内部は電流がループ形状を描いて流れるので、インダクタンスが
40

【0025】

第2の観点であるコンデンサモジュールのインダクタンス低減について説明する。コンデンサモジュールには正極導体板と負極導体板を有する積層導体が設けられ、この積層導体の平面部にコンデンサセルを複数個並列に配置し、各コンデンサセルの両端の電極を前記正極導体板と負極導体板とに接続する構造としている。この構造によりコンデンサモジュールの内部のインダクタンスを低減することができる。また後述する実施形態では前記正極導体板と負極導体板を有する積層導体がコンデンサモジュールから外に積層状態で突出して伸び、コンデンサモジュールの直流端子を形成している。内部の積層構造の導体板
50

が連続して伸びコンデンサモジュールの端子を形成しているので、インダクタンスを低減することができる。

【 0 0 2 6 】

第3の観点であるパワーモジュールとコンデンサモジュールとの接続回路のインダクタンスの低減について説明する。以下の実施形態ではパワーモジュールとコンデンサモジュールの端子はそれぞれ積層構造を成し、さらにこれらの端子が直接接続しているので、パワーモジュールとコンデンサモジュールとの接続回路のインダクタンスを低減することができる。

【 0 0 2 7 】

上述のとおり、パワーモジュールとコンデンサモジュールとを直接接続することが望ましいが、直接接続しない場合でも、正極導体板と負極導体板からなる積層構造の導体板を使用してパワーモジュールとコンデンサモジュールの直流端子を接続することでインダクタンスを低減できる。

【 0 0 2 8 】

さらにまた、パワーモジュールとコンデンサモジュールとを直接接続部分あるいは積層構造の導体板を使用した場合の接続部分において、各接続部分のインダクタンスを低減することが望ましい。後述する実施形態では、接続部は、積層構造の正極と負極の導体板が互いに反対方向に屈曲し、積層構造の各導体の内側面が開いて接続面となり、同様の形状を成す接続相手の接続面と接続される。このような接続構造とすることで接続部分のインダクタンスが非常に低くなり、パワーモジュールとコンデンサモジュールとの間のインダクタンスを大幅に低減できる。

【 0 0 2 9 】

〔電力変換装置の小型化に関する説明〕

電力変換装置の小型化に関する工夫を次の5つの観点で説明する。第1の観点は冷却水流路を電力変換装置の筐体の中ほどに配置し、前記冷却水流路の両面を利用して冷却することにより、電力変換装置の小型化を図ったことである。第2の観点は冷却水流路の側部と前記筐体との間にパワーモジュールとコンデンサモジュールとの電気的な接続を行うための空間を設けることにより、電力変換装置の小型化を図ったことである。第3の観点は冷却水流路の冷却水の流路方向に沿って2組のパワーモジュールを併設して配置したことで、電気配線が簡素化され、小型化が可能となったことである。第4の観点はパワーモジュールの構造的な改善である。第5の観点はコンデンサモジュールの構造的な改善である。上記観点のそれぞれにおいて効果があり、またこれらの観点を組み合わせて実施することで、さらに大きな効果を得ることができる。

【 0 0 3 0 】

前記第1の観点について説明する。後述の実施形態では、電力変換装置の筐体の中ほどに冷却水流路を配置し、前記冷却水流路の両面を利用して冷却する構造を有している。この構造により冷却効率が向上し、小型化に繋がる。さらにまた以下の実施形態では、冷却水流路の一方の側にパワーモジュールを配置し、冷却水流路の他方の側にコンデンサモジュールを配置することができ、パワーモジュールとコンデンサモジュールの冷却構造が必要とする体積を小さくでき、結果として電力変換装置の小型化が可能となる。

【 0 0 3 1 】

さらに他の工夫点として、冷却水流路の位置に対してパワーモジュールを配置した側に、パワーモジュール内部の半導体素子を駆動するための駆動回路を配置することで、パワーモジュールと駆動回路との接続の簡素化が図れ、小型化が可能となる。

【 0 0 3 2 】

さらに他の工夫点として冷却水流路の一方の面にパワーモジュールを配置し、冷却水流路の他方の面に補機用のインバータ装置を設けることで、冷却効率が向上し、結果として電力変換装置の小型化が可能となる。ここで補機用のインバータ装置とは例えば車両用エアコンディショナーの駆動用モータのためのインバータ装置やオイルポンプ用モータのためのインバータ装置などである。さらに前記冷却水流路の他方の側に補機用のインバー

10

20

30

40

50

タ装置とコンデンサモジュールとを設けることで、前記コンデンサモジュールを車両駆動用回転電機の平滑用コンデンサとして使用するのに加え、前記補記用インバータの平滑コンデンサとしても使用できる。従って回路構成が簡素化され電力変換装置をより小型にすることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

第2の観点について説明する。略長方形を成す筐体の一方の辺に沿って冷却水流路を形成し、前記一方の辺に垂直な方向における、流路の側部と筐体との間に、冷却水流路の一方側空間と他方側空間とを繋ぐ穴すなわち貫通する空間を設け、前記空間を介して、冷却水流路の一方側に設けられた電気部品と冷却水流路の他方側に設けられた電気部品との電気接続を行う構造としている。この貫通する空間を介して必要な電気的接続を行うことができ、接続の簡素化が図れると共に電力変換装置の小型化が可能となる。

10

【 0 0 3 4 】

第3の観点について説明する。以下の実施形態では、略長方形を成す筐体の一方の辺に沿って冷却水流路を形成し、この冷却水流路の冷却水の流れの方向に2組のパワーモジュールを並べて配置している。さらに前記2組のパワーモジュールの直流側端子と交流側端子を、前記冷却水の流れの方向と垂直の方向に設けている。このような配置および構造により前記冷却水流路と筐体との間の空間を端子の配置に利用でき、電力変換装置を小型化することができる。また2組のパワーモジュールの端子が2組のパワーモジュールの併設方向と垂直方向にあり、お互いに干渉しあう可能性が少なく、小型化が可能となる。また前述のように前記2組のパワーモジュールの直流側端子が前記冷却水流路と筐体との間に位置するので、前記パワーモジュールの直流側端子の位置である冷却水流路と筐体との間に、冷却水流路の一方側と他方側とを繋ぐ空間を形成することが可能となる。この空間を介して冷却水流路の一方側の前記パワーモジュールの直流側端子とコンデンサモジュールの直流側端子とを接続することができ、配線の簡素化が可能となることで電力変換装置の小型化が実現できる。また信頼性も向上する。

20

【 0 0 3 5 】

第4の観点であるパワーモジュールの小型化について説明する。後述する2組のパワーモジュールは同様の構造を有している。各パワーモジュールにはインバータ回路の上アームと下アームからなる直列回路を3相交流のU相とV相とW相とに対応させて設けている。上記直列回路を併設して設けているので、各直列回路の半導体チップが整然と並べて配置することが可能となり、パワーモジュールの小型化に繋がる。

30

【 0 0 3 6 】

また以下の実施形態では、インバータ回路を構成する半導体素子が放熱用金属板に絶縁層を介して固定され、パワーモジュールへの直流電力を供給するための直流導体が前記半導体素子の上から供給される構造となっている。すなわち、半導体素子の一方側に放熱用金属板が設けられ半導体素子の他方側に前記直流導体が配置される構造となっている。この構造によりパワーモジュール自身が小型となり、電力変換装置の小型化に繋がる。

【 0 0 3 7 】

さらに以下に記述する実施形態では、パワーモジュールの交流側端子がパワーモジュールからさらに伸びて電力変換装置の交流出力端子として使用される。この構造により、組立部品数が少なくなり、生産性の向上だけでなく、電力変換装置の小型化に繋がる。

40

【 0 0 3 8 】

第5の観点である、コンデンサモジュールに関する改善について説明する。コンデンサモジュールは、積層構造の正極および負極導体板にコンデンサセルを複数個併設し、各コンデンサセルの正極と負極を前記正極および負極導体板に電気的に接続する構造を有している。コンデンサセルを固定した前記積層構造の導体板に複数個さらに併設する構成を有しており、大きな容量のコンデンサモジュールを比較的小型の形状で作ることが可能となる。またコンデンサモジュールの小型化は電力変換装置の小型化に繋がる。

【 0 0 3 9 】

さらにまたコンデンサセルとしてフィルムと薄い絶縁部材とを巻回したフィルムコンデ

50

ンサを使用し、フィルムコンデンサの外周面が前記積層構造の導体板の面に対向するように固定することで、コンデンサモジュール自身が小型化するのに加え、振動などに強い構造となり、信頼性が向上する。

【0040】

さらに前記積層構造の導体板の長辺方向に複数個のコンデンサセルを並べ、前記導体板の幅方向にコンデンサセルの電極が配置される構造とすることで、コンデンサセルと前記導体板との接続が容易となり、生産性が向上する。

【0041】

上述した発明の解決しようとする課題や目的効果とは異なる他の課題についても、以下に説明の実施形態は解決すると共に新たな効果を奏する。以下新たな、解決しようとする課題についても説明する。

【0042】

〔信頼性の向上〕

以下に記載の実施形態では、冷却水流路の側部と筐体との間に貫通する空間を形成して、パワーモジュールとコンデンサモジュールとの接続を行っている。冷却水流路とは異なる位置に空間を形成し、この空間を介して上記接続を行っているので、冷却水の影響を受け難く、信頼性が向上する。

【0043】

また、パワーモジュールの交流出力端子である、モータジェネレータに接続するためのU相とV相とW相の交流バスバーをピン結合とすることで、モータジェネレータからの振動による交流バスバーとパワーモジュール基板との半田付け固着に対する剥離への悪影響を防止しており、電力変換装置の信頼性が向上する。さらにピン結合という簡易な結合手法を用いることで作業性や組立性を向上させている。

【0044】

〔生産性の向上〕

さらに、冷却部の筐体は、パワーモジュールの放熱フィンを冷却する冷却水通路のための冷却水空間の外に、パワーモジュールとコンデンサとを接続する直流接続端子構造を包囲する包囲空間を有し、この接続端子構造を筐体で被うことにより、電力変換装置の全体構造の簡易化、小型化が図られ、組立性も向上する。加えて、冷却水空間内の冷却水が、冷却部筐体を介して、コンデンサの冷却にも寄与することができる。

【0045】

また、パワーモジュールとコンデンサとの接続については、互いの接続端が工夫をもって延設され、接続部材を介在させずに直接に互いの接続端を接続する構成を採用することによって接続端子構造が簡単となり、小型化に貢献し、作業性、組立性の向上に繋がっている。

【0046】

〔冷却効率の向上〕

本実施形態に係る電力変換装置は、片側に放熱フィンを有するパワーモジュール（半導体モジュール）の内部にインバータ装置の上下アームの直列回路を収納し、パワーモジュールを冷却部内に挿入し、放熱フィンを冷却水で直接冷却する構成を備えている。また、冷却水の流路を形成する冷却部の筐体内にパワーモジュールと直流電源の平滑用コンデンサを内包するように積層する構成、すなわち、パワーモジュールとコンデンサとで水路を挟むサンドイッチ構造を採用することで、冷却効率が向上させることができ、冷却効率の向上により電力変換装置の小型化を図っている。

【0047】

また長方形の筐体の短辺側から冷却水が冷却水流路に挿入され、前記冷却水流路が長方形の筐体の長辺に沿って伸びると共に再び筐体の長辺に沿って戻る形状をしている。

【0048】

2組のパワーモジュールがそれぞれ行きと帰りの前記冷却水流路で冷やされるように配置されており、冷却効率が向上する。またインバータ回路の上アームを構成するチップの位

10

20

30

40

50

置と下アームを構成するチップの位置がそれぞれ行きと帰りの前記冷却水流路と対応した位置となっているので、冷却効率が向上する。この冷却効率の向上は信頼性の向上や装置の小型化にも好影響を及ぼしている。以上の説明は、本発明の実施形態における効果や解決される課題について説明したものである。本実施形態の詳細については以下に説明する。

【 0 0 4 9 】

次に、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が、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。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 2 は上下アームの直列回路及び制御部を含むインバータ装置、インバータ装置の直流側に接続されたコンデンサモジュールを備えた電力変換装置と、バッテリーと、モータジェネレータと、を備えた車両駆動用電機システムの回路構成を示す図である。

10

【 0 0 5 0 】

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、搭載環境や動作的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、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 5 1 】

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、例えば電車や船舶、航空機などの電力変換装置、さらに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、或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たりする家庭用電力変換装置に対しても適用可能である。

30

【 0 0 5 2 】

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）110 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 120 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 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 192, 194 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 の駆動源及び HEV の電力発生源として用いられる。モータジェネレータ 192, 194 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。

40

【 0 0 5 3 】

車体のフロント部には前輪車軸 114 が回転可能に軸支されている。前輪車軸 114 の両端には 1 対の前輪 112 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 112 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。

【 0 0 5 4 】

前輪車軸 114 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）116 が設けられている。前輪車軸 114 は前輪側 DEF 116 の出力側に機

50

械的に接続されている。前輪側DEF116の入力側には変速機118の出力軸が機械的に接続されている。前輪側DEF116は、変速機118によって変速されて伝達された回転駆動力を左右の前輪車軸114に分配する差動式動力分配機構である。変速機118の入力側にはモータジェネレータ192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192の入力側には動力分配機構122を介してエンジン120の出力側及びモータジェネレータ194の出力側が機械的に接続されている。尚、モータジェネレータ192, 194及び動力分配機構122は、変速機118の筐体の内部に収納されている。

【0055】

動力分配機構122は歯車123～130から構成された差動機構である。歯車125～128は傘歯車である。歯車123, 124, 129, 130は平歯車である。モータジェネレータ192の動力は変速機118に直接に伝達される。モータジェネレータ192の軸は歯車129と同軸になっている。この構成により、モータジェネレータ192に対して駆動電力の供給が無い場合には、歯車129に伝達された動力がそのまま変速機118の入力側に伝達される。

【0056】

エンジン120の作動によって歯車123が駆動されると、エンジン120の動力は歯車123から歯車124に、次に、歯車124から歯車126及び歯車128に、次に、歯車126及び歯車128から歯車130にそれぞれ伝達され、最終的には歯車129に伝達される。モータジェネレータ194の作動によって歯車125が駆動されると、モータジェネレータ194の回転は歯車125から歯車126及び歯車128に、次に、歯車126及び歯車128から歯車130のそれぞれに伝達され、最終的には歯車129に伝達される。尚、動力分配機構122としては上述した差動機構に代えて、遊星歯車機構などの他の機構を用いても構わない。

【0057】

モータジェネレータ192, 194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140, 142によって制御されることによりモータジェネレータ192, 194の駆動が制御される。インバータ装置140, 142にはバッテリー136が電氣的に接続されており、バッテリー136とインバータ装置140, 142との相互において電力の授受が可能である。

【0058】

本実施形態では、モータジェネレータ192及びインバータ装置140からなる第1電動発電ユニットと、モータジェネレータ194及びインバータ装置142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120からの動力によって車両を駆動している場合において、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120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、同様の場合において、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120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。

【0059】

また、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192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。

【0060】

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り、バッテリー136からインバータ43装置

10

20

30

40

50

に直流電力が供給され、インバータ装置 4 3 で交流の電力に変換されてモータ 1 9 5 に供給される。前記インバータ装置 4 3 はインバータ装置 1 4 0 や 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。例えばモータ 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 や 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 や 1 9 4 の容量より小さいので、インバータ装置 4 3 の最大変換電力がインバータ装置 1 4 0 や 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 や 1 4 2 の回路構成と同じである。

10

【 0 0 6 1 】

インバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 およびインバータ装置 4 3 さらにコンデンサモジュール 5 0 0 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は、インバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 およびインバータ装置 4 3 さらにコンデンサモジュール 5 0 0 を電力変換装置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。

【 0 0 6 2 】

またインバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 およびインバータ装置 4 3 さらにコンデンサモジュール 5 0 0 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で効果がある。またコンデンサモジュール 5 0 0 とインバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 およびインバータ装置 4 3 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。

20

【 0 0 6 3 】

次に、図 2 を用いてインバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 あるいはインバータ装置 4 3 の電気回路構成を説明する。尚、図 1 ~ 図 2 に示す実施形態では、インバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 あるいはインバータ装置 4 3 をそれぞれ個別に構成する場合を例に挙げて説明する。インバータ装置 1 4 0 や 1 4 2 あるいはインバータ装置 4 3 は同様の構成で同様の作用を為し、同様の機能を有しているので、ここでは、代表例としてインバータ装置 1 4 0 の説明を行う。

30

【 0 0 6 4 】

本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 はインバータ装置 1 4 0 とコンデンサモジュール 5 0 0 とを備え、インバータ装置 1 4 0 はインバータ回路 1 4 4 と制御部 1 7 0 とを有している。また、インバータ回路 1 4 4 は、上アームとして動作する I G B T 3 2 8 (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) 及びダイオード 1 5 6 と、下アームとして動作する I G B T 3 3 0 及びダイオード 1 6 6 と、からなる上下アーム直列回路 1 5 0 を複数有し(図 2 の例では 3 つの上下アーム直列回路 1 5 0 , 1 5 0 , 1 5 0)、それぞれの上下アーム直列回路 1 5 0 の中点部分(中間電極 1 6 9)から交流端子 1 5 9 を通してモータジェネレータ 1 9 2 への交流電力線(交流バスバー) 1 8 6 と接続する構成である。また、制御部 1 7 0 はインバータ回路 1 4 4 を駆動制御するドライバ回路 1 7 4 と、ドライバ回路 1 7 4 へ信号線 1 7 6 を介して制御信号を供給する制御回路 1 7 2 と、を有している。

40

【 0 0 6 5 】

上アームと下アームの I G B T 3 2 8 や 3 3 0 は、スイッチング用パワー半導体素子であり、制御部 1 7 0 から出力された駆動信号を受けて動作し、バッテリー 1 3 6 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 1 9 2 の電機子巻線に供給される。上述のとおり、インバータ装置 1 4 0 はモータジェネレータ 1 9 2 が発生する三相交流電力を直流電力に変換することもできる。

【 0 0 6 6 】

本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 は図 1 に記載の如くインバータ装置 1 4 0 と 1 4 2 さらにインバータ装置 4 3 とコンデンサモジュール 5 0 0 を有しているが、上述のお

50

リインバータ装置 140 と 142 さらにインバータ装置 43 は同様の回路構成であるのでインバータ装置 140 を代表として記載し、インバータ装置 142 とインバータ装置 43 は、既に上述したとおり省略した。

【0067】

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、3 相分の上下アーム直列回路 150, 150, 150 がそれぞれ、バッテリー 136 の正極側と負極側に電氣的に接続されている直流正極端子 314 と直流負極端子 316 の間に電氣的に並列に接続されている。ここで、上下アーム直列回路 150 はアームと呼称されており、上アーム側のスイッチング用パワー半導体素子 328 及びダイオード 156 と下アーム側のスイッチング用パワー半導体素子 330 及びダイオード 166 を備えている。

10

【0068】

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 IGBT 328 や 330 を用いることを例示している。IGBT 328 や 330 は、コレクタ電極 153, 163、エミッタ電極（信号用エミッタ電極端子 155, 165）、ゲート電極（ゲート電極端子 154, 164）を備えている。IGBT 328, 330 のコレクタ電極 153, 163 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、カソード電極及びアノード電極の 2 つの電極を備えており、IGBT 328, 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 IGBT 328, 330 のコレクタ電極に、アノード電極が IGBT 328, 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。

20

【0069】

上下アーム直列回路 150 は、モータジェネレータ 192 の電機子巻線の各相巻線に対応して 3 相分設けられている。3 つの上下アーム直列回路 150, 150, 150 はそれぞれ、IGBT 328 のエミッタ電極と IGBT 330 のコレクタ電極 163 を接続する中間電極 169、交流端子 159 を介してモータジェネレータ 192 への U 相、V 相、W 相を形成している。上下アーム直列回路同士は電氣的に並列接続されている。上アームの IGBT 328 のコレクタ電極 153 は正極端子（P 端子）157 を介してコンデンサモジュール 500 の正極側コンデンサ電極に、下アームの IGBT 330 のエミッタ電極は負極端子（N 端子）158 を介してコンデンサモジュール 500 の負極側コンデンサ電極にそれぞれ電氣的に接続（直流バスバーで接続）されている。各アームの中間部分（上アームの IGBT 328 のエミッタ電極と下アームの IGBT 330 のコレクタ電極との接続部分）にあたる中間電極 169 は、モータジェネレータ 192 の電機子巻線の対応する相巻線に交流コネクタ 188 を介して電氣的に接続されている。

30

【0070】

コンデンサモジュール 500 は、IGBT 328, 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平滑回路を構成するためのものである。コンデンサモジュール 500 の正極側コンデンサ電極にはバッテリー 136 の正極側が、コンデンサモジュール 500 の負極側コンデンサ電極にはバッテリー 136 の負極側がそれぞれ直流コネクタ 138 を介して電氣的に接続されている。これにより、コンデンサモジュール 500 は、上アーム IGBT 328 のコレクタ電極 153 とバッテリー 136 の正極側との間と、下アーム IGBT 330 のエミッタ電極とバッテリー 136 の負極側との間で接続され、バッテリー 136 と上下アーム直列回路 150 に対して電氣的に並列接続される。

40

【0071】

制御部 170 は IGBT 328, 330 を作動させるためのものであり、他の制御装置やセンサなどからの入力情報に基づいて、IGBT 328, 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制御回路 172 と、制御回路 172 から出力されたタイミング信号に基づいて、IGBT 328, 330 をスイッチング動作させるためのドライブ信号を生成するドライブ回路 174 とを備えている。

50

【 0 0 7 2 】

制御回路 1 7 2 は I G B T 3 2 8 , 3 3 0 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。マイコンには入力情報として、モータジェネレータ 1 9 2 に対して要求される目標トルク値、上下アーム直列回路 1 5 0 からモータジェネレータ 1 9 2 の電機子巻線に供給される電流値、及びモータジェネレータ 1 9 2 の回転子の磁極位置が入力されている。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 1 8 0 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 1 9 2 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。

10

【 0 0 7 3 】

制御回路 1 7 2 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 1 9 2 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 1 7 4 に出力する。

【 0 0 7 4 】

ドライバ回路 1 7 4 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 I G B T 3 3 0 のゲート電極に、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 I G B T 3 2 8 のゲート電極にそれぞれ出力する。これにより、各 I G B T 3 2 8 , 3 3 0 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。

20

【 0 0 7 5 】

また、制御部 1 7 0 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 1 5 0 を保護している。このため、制御部 1 7 0 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端子 1 5 5 , 1 6 5 からは各 I G B T 3 2 8 , 3 3 0 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 I G B T 3 2 8 , 3 3 0 のスイッチング動作を停止させ、対応する I G B T 3 2 8 , 3 3 0 を過電流から保護する。上下アーム直列回路 1 5 0 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 1 5 0 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 1 5 0 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 I G B T 3 2 8 , 3 3 0 のスイッチング動作を停止させ、上下アーム直列回路 1 5 0（引いては、この回路 1 5 0 を含む半導体モジュール）を過温度或いは過電圧から保護する。

30

40

【 0 0 7 6 】

図 2 において、上下アーム直列回路 1 5 0 は、上アームの I G B T 3 2 8 及び上アームのダイオード 1 5 6 と、下アームの I G B T 3 3 0 及び下アームのダイオード 1 6 6 との直列回路であり、I G B T 3 2 8 , 3 3 0 はスイッチング用半導体素子である。インバータ回路 1 4 4 の上下アームの I G B T 3 2 8 , 3 3 0 の導通および遮断動作が一定の順で切り替わり、この切り替わり時のモータジェネレータ 1 9 2 の固定子巻線の電流は、ダイオード 1 5 6 , 1 6 6 によって作られる回路を流れる。

【 0 0 7 7 】

上下アーム直列回路 1 5 0 は、図示するように、P o s i t i v e 端子（P 端子、正極端子）1 5 7、N e g a t i v e 端子（N 端子 1 5 8、負極端子）、上下アームの中間電

50

極 1 6 9 からの交流端子 1 5 9、上アームの信号用端子（信号用エミッタ電極端子）1 5 5、上アームのゲート電極端子 1 5 4、下アームの信号用端子（信号用エミッタ電極端子）1 6 5、下アームのゲート端子電極 1 6 4、を備えている。また、電力変換装置 2 0 0 は、入力側に直流コネクタ 1 3 8 を有し、出力側に交流コネクタ 1 8 8 を有して、それぞれのコネクタ 1 3 8 と 1 8 8 を通してバッテリー 1 3 6 とモータジェネレータ 1 9 2 にそれぞれ接続される。また、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回路構成の電力変換装置であつてもよい。

【 0 0 7 8 】

次に、図 1 および図 2 に記載した電力変換装置 2 0 0 の全体構成について、図 3 ~ 図 7 を参照しながら以下説明する、尚図 1 乃至図 2 と同じ参照符号は同じ部品を示し、既に説明した内容については説明を省略する。図 3 は電力変換装置 2 0 0 の全体構成の外観斜視図である。図 4 は本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 の全体構成を各構成要素に分解した斜視図である。図 5 は図 3 及び図 4 に示す電力変換装置のハウジングである筐体と前記筐体の内部に設けられた冷却水流路を示す説明図である。図 6 冷却水流路を筐体の底部側から見た説明図である。図 7 は電力変換装置 2 0 0 を図 6 に示す A - A の位置で断面し、中央側を見た断面図である。

【 0 0 7 9 】

図 3 ~ 図 7 において、2 0 0 は電力変換装置、1 0 は上部ケース、1 1 は金属ベース板、1 2 は筐体、1 3 は冷却水入口配管、1 4 は冷却水出口配管、4 2 0 はカバー、1 6 は下部ケース、1 7 は交流ターミナルケース、1 8 は交流ターミナル、1 9 は冷却水流路、2 0 は制御回路基板で図 2 に示す制御回路 1 7 2 を保持している。2 1 は外部との接続のためのコネクタ、2 2 は駆動回路基板で図 2 に示すドライバ回路 1 7 4 を保持している。

【 0 0 8 0 】

2 3 は基板間コネクタで前記制御回路基板 2 0 に設けられた制御回路 1 7 2 と電氣的に接続されるために設けられており、図 2 に示す信号線 1 7 6 の接続に使用される、尚信号線の図示は省略する。3 0 0 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、それぞれのパワーモジュールには図 2 に示すインバータ回路 1 4 4 が内蔵されている。3 0 2 はパワーモジュールケース、3 0 4 は金属ベース、1 8 8 は交流コネクタ、3 1 4 は直流正極端子、3 1 6 は直流負極端子、4 9 : 鋳造肉盗み、5 0 0 はコンデンサモジュール、5 0 2 はコンデンサケース、5 0 4 は正極側コンデンサ端子、5 0 6 は負極側コンデンサ端子、5 1 4 はコンデンサセル、をそれぞれ表す。

【 0 0 8 1 】

本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 は、大きく構成要素を分けると、直流電力と交流電力との変換を行うパワーモジュール（半導体モジュール部）3 0 0 と、直流電源の電圧平滑用のコンデンサモジュール 5 0 0 と、パワーモジュール 3 0 0 などを冷却するための冷却水流路 1 9 とから構成される。図 3 に示すように、本実施形態に係る電力変換装置 2 0 0 の外観は、上面あるいは底面が略長方形の筐体 1 2 と、前記筐体 1 2 の短辺側の外周の 1 つに設けられた冷却水入口配管 1 3 および冷却水出口配管 1 4 と、前記筐体 1 2 の上部開口を塞ぐための上部ケース 1 0 と、前記筐体 1 2 の下部開口を塞ぐための下部ケース 1 6 とを固定して形成されたものである。前記電力変換装置 2 0 0 の長辺側の外周にはモータジェネレータ 1 9 2 や 1 9 4 との接続を助けるための 3 組の交流ターミナルケース 1 7 が設けられている。筐体 1 2 の底面図あるいは上面図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。

【 0 0 8 2 】

図 4 に示すように、筐体 1 2 の中ほどに冷却水流路 1 9 が設けられ、前記冷却水流路 1 9 の上部には流れの方向に並んで 2 組の開口 4 0 0 と 4 0 2 が形成されている。前記 2 組の開口 4 0 0 と 4 0 2 がそれぞれパワーモジュール 3 0 0 で塞がれる様に 2 個のパワーモジュール 3 0 0 が前記冷却水流路 1 9 の上面に固定されている。各パワーモジュール 3 0 0 には放熱のためのフィン 3 0 5 が設けられており、各パワーモジュール 3 0 0 のフィン

10

20

30

40

50

305はそれぞれ前記冷却水流路19の開口400と402から冷却水の流れの中に突出している。

【0083】

前記冷却水流路19の下側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、前記開口404はカバー420で塞がれている。また前記冷却水流路19の下側には補機用のインバータ装置43が取り付けられている。前記補機用のインバータ装置43は、図2に示すインバータ回路144と同様の回路が内蔵されており、前記インバータ回路144を構成してい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は前記内蔵している前記パワーモジュールの放熱金属面が前記冷却水流路19の下面に対向するようにして、前記冷却水流路19の下面に固定され

10

【0084】

さらに前記冷却水流路19の下部に放熱作用を為す下部ケース16が設けられ、前記下部ケース16にはコンデンサモジュール500が、コンデンサモジュール500の金属材料からなるケースの放熱面が前記下部ケース16の面に対向するようにして前記下部ケース16の面に固定されている。この構造により冷却水流路19の上面と下面とを利用して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。

【0085】

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が有する放熱フィンが冷却され、前記2個のパワーモジュール300全体が冷却される。冷却水流路19の下面に設けられた補機用のインバータ装置43も同時に冷却する。

20

【0086】

さらに冷却水流路19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、この冷却により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伝導され、コンデンサモジュール500が冷却される。

【0087】

詳細は後述するが、本実施形態では、パワーモジュール300の直流正極バスバー314、直流負極バスバー316は、コンデンサモジュール500の正極側コンデンサ端子504、負極側コンデンサ端子506にそれぞれ直接に電氣的及び機械的に筐体12内で接続されている。この接続のための貫通孔406が形成されている。

30

【0088】

パワーモジュール300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、駆動回路基板22には図2に示すドライバ回路174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が搭載される。また、駆動回路基板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とが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19の中央部に冷却水流路19を設け、その一方の側に車両駆動用のパワーモジュール300を

40

【0089】

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により電力変換装置の外の、例えばバッテリー136として車に搭載されているリチウム電池モジュールとの信号

50

の伝送が行われ、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送られてくる。前記制御回路基板 20 に保持されている制御回路 172 との信号の授受を行うために前記基板間コネクタ 23 が設けられており、図示を省略しているが図 2 に示す信号線 176 が設けられ、この信号線 176 と基板間コネクタ 23 を介して制御回路基板 20 からインバータ回路のスイッチングタイミングの信号が駆動回路基板 22 に伝達され、駆動回路基板 22 で駆動信号であるゲート駆動信号を発生し、パワーモジュールのゲート電極にそれぞれ印加される。

【0090】

筐体 12 の上部と下部には開口が形成され、これら開口はそれぞれ上部ケース 10 と下部ケース 16 が例えばネジ等で筐体 12 に固定されることにより塞がれる。筐体 12 の中央に冷却水流路 19 が設けられ、前記冷却水流路 19 にパワーモジュール 300 やカバー 420 を固定する。このようにして冷却水流路 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、次に前記筐体 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 を取り付ける作業を行うことができる。このように中央に冷却水流路 19 を配置し、次に前記筐体 12 の上部と下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為しており、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。

【0091】

図 5 は冷却水流路 19 を有する筐体 12 のアルミ鋳造品を示す図であり、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 と前記筐体 12 の内部に設けられた冷却水流路 19 が一体に鋳造されている。筐体 12 の上面あるいは下面は略長方形の形状を為し、長方形の短辺の一方側筐体側面に冷却水を取り入れるための入口孔 401 が設けられ、同じ側面に出口孔 403 が設けられている。

【0092】

前記入口孔 401 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側面の手前近傍で矢印 421 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、出口孔 403 から流出する。冷却水流路 19 の行き側と帰り側にそれぞれ 2 個ずつの開口 400 と 402 とが形成されている。前記開口には後述する図 13 に示すパワーモジュール 300 がそれぞれ固定され、各パワーモジュール 300 の放熱のための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構造となっている。前記筐体 12 の流れの方向すなわち長辺の沿った方向にパワーモジュール 300 が並べて固定され、この固定により前記各パワーモジュール 300 により冷却水流路 19 の開口を完全に塞ぐことができるように、支持部 410 が筐体と一体成形されている。この支持部 410 は略中央に位置し、支持部 410 に対して冷却水の出入り口側の方に 1 つのパワーモジュール 300 が固定され、また前記支持部 410 に対して冷却水の折り返し側の方に他の 1 つ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 は前記出入り口側のパワーモジュール 300 を冷却水流路 19 に固定するために使用され、この固定により開口 400 が密閉される。また螺子穴 414 は前記折り返し側のパワーモジュール 300 を冷却水流路 19 に固定するために使用され、この固定により開口 402 が密閉される。

【0093】

前記出入り口側のパワーモジュール 300 は入口孔 401 からの冷たい冷却水と出口側に近い暖められた冷却水で冷やされることとなる。一方前記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により冷却されるが、出口孔 403 近くの冷却水よりは温度が低くなる。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。

【0094】

10

20

30

40

50

前記支持部 4 1 0 はパワーモジュール 3 0 0 の固定のために使用され、開口 4 0 0 や 4 0 2 の密閉のために必要である。さらに前記支持部 4 1 0 は筐体 1 2 の強度の強化に大きな効果がある。冷却水流路 1 9 は上述の通り折り返し形状であり、行き側流路と帰り側流路を隔てる隔壁 4 0 8 が設けられ、この隔壁 4 0 8 が前記支持部 4 1 0 と一体に作られている。隔壁 4 0 8 は単に行き側流路と帰り側流路を隔てる作用の他に、筐体の機械的な強度を高める作用をしている。また折り返し通路間の熱の伝達通路としての作用を為し、冷却水の温度を均一化する作用を為す。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、前記隔壁 4 0 8 が前記支持部 4 1 0 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。

【 0 0 9 5 】

図 5 (C) は前記冷却水流路 1 9 の裏面を示しており、前記支持部 4 1 0 に対応した裏面に開口 4 0 4 が形成されている。この開口 4 0 4 は、筐体の鋳造により形成する前記支持部 4 1 0 と筐体 1 2 一体構造の歩留まりを向上するためのものである。開口 4 0 4 の形成により、鋳造品では、前記支持部 4 1 0 と冷却水流路 1 9 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。

【 0 0 9 6 】

前記冷却水流路 1 9 の側部と長方形の長辺との間に通路の上側と下側とを貫通する貫通穴 4 0 6 を形成している。前記冷却水流路 1 9 を挟んで両側に電気部品が取り付けられるため、前記両側の電気部品の電氣的な接続が必要となる。貫通孔 4 0 6 は冷却水流路 1 9 の両側の電気部品の電氣的な接続を行うための孔である。

【 0 0 9 7 】

図 5 に示す筐体構造は鋳造生産特にアルミダイキャスト生産に適した構造をしている。

【 0 0 9 8 】

すなわち冷却水流路 1 9 と筐体 1 2 との一体構造を完成に近い形状で製造できる効果がある。矢印 4 2 1 で示す水路の折り返し部分を開口 4 0 2 の一部としていることで折り返し部分の一体鋳造が可能となった。すなわち開口 4 0 2 にパワーモジュール 3 0 0 を固定することで折り返し通路が完成する。さらに折る返し通路を冷却に利用できることで、良い小型化が可能となっている。冷却水流路 1 9 周辺は開口面に対して略垂直であり、前記隔壁 4 0 8 の側面も略垂直である。このような形状とすることで、上面に開口 4 0 0 および 4 0 2 にパワーモジュール 3 0 0 を固定子、裏面にカバー 4 2 0 を固定することで水路が完成する。この時点で水路の水漏れの検査を行い、次に部品の取り付けを行うことで不良品を早く取り除き生産性を向上できる効果がある。

【 0 0 9 9 】

冷却水流路 1 9 の上面開口にパワーモジュール 3 0 0 を固定し、裏面開口にカバー 4 2 0 を固定した状態を図 6 に示す。筐体 1 2 の長方形の一方の長辺側において、筐体 1 2 の外に交流電力線 1 8 6 および交流コネクタ 1 8 8 が突出している。なお、図 7 の断面図は電力変換装置 2 0 0 の交流コネクタ 1 8 8 側に、モータジェネレータ 1 9 2 や 1 9 4 の交流端子と前記交流コネクタ 1 8 8 とを繋ぐための交流ターミナルケース 1 7 を取り付けした状態を示している。

【 0 1 0 0 】

図 6 において、筐体 1 2 の長方形の他方の長辺側内部に前記貫通孔 4 0 6 が形成されており、前記貫通孔 4 0 6 を通してパワーモジュール 3 0 0 の直流正極端子 3 1 4 と直流負極端子 3 1 6 が見えている。破線で示した補機用インバータ装置 4 3 はこの後取り付けられる。また図 6 には冷却水入口配管 1 3 と冷却水出口配管 1 4 が螺子により固定されている。図 6 の状態で水漏れ検査を実施できる。この検査に合格したものに、前記補機用インバータ装置 4 3 が取り付けられ、さらにコンデンサモジュール 5 0 0 が取り付けられる。

【 0 1 0 1 】

図 7 は必要な部品および配線を行った状態を示す電力変換装置 2 0 0 の断面図であり、基本的な構造は図 3 から図 6 に基づいて、既に説明したとおりである。図 3 から図 6 に記載した内容との相違点は、図 7 では、電力変換装置 2 0 0 の交流コネクタ 1 8 8 側に、モ

10

20

30

40

50

ータジェネレータ 192 の端子と交流コネクタ 188 とを接続するための交流ターミナルケース 17 を設けた点である。

【0102】

図7で、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 2 つの冷却水流路 19 が設けられ、冷却水流路 19 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 7 の左側が行き側の冷却水流路 19 で右側が折り返し側の冷却水流路 19 である。行き側および折り返し側の冷却水流路 19 は上述のとおりそれぞれ開口が設けられ、前記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 で塞がれ、前記金属ベース 304 に設けられた放熱のためのフィン 305 が冷却水の流れのなかに前記開口から突出している。前記冷却水流路 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。

10

【0103】

図 7 の左側に断面が直方体形状すなわちバスバー形状の交流電力線 186 がパワーモジュール 300 内部から伸びて交流コネクタ 188 を形成している。図 7 の右側には、直方体形状すなわちバスバー形状の直流正極/負極端子 314, 316 がそれぞれ配置されている。また、筐体 12 内で冷却水流路 19 の右端側に貫通孔 406 が形成され、パワーモジュール 300 の前記直流正極/負極端子 314, 316 が、コンデンサモジュール 500 から伸びてきたコンデンサ正極/負極と直接に電氣的及び機械的に接続している。筐体 12 の略中央を長方形の長辺方向に往復する冷却水流路 19 が配置され、前記冷却水の流れ方向と略垂直の方向に交流コネクタ 188 と直流正極/負極端子 314, 316 が配置される構造となっているので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。さらにパワーモジュール 300 の直流側の正極/負極導体板 315, 317 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ため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。パワーモジュール 300 の直流正極/負極端子 314, 316 とコンデンサモジュール 500 の負極側/正極側端子 504, 506 が接続する貫通孔 406 は、前記冷却水流路 19 とは筐体 12 内部の枠体で隔絶している構造であり、信頼性が向上する。

20

【0104】

筐体 12 の下側開口には熱伝導性に優れるアルミ製の下部ケース 16 が設けられている。下部ケース 16 にはコンデンサモジュール 500 の金属製コンデンサケース 502 が固定されている。前記下部ケース 16 は筐体 12 を介して冷却水流路 19 を流れる冷却水で冷却されるため、コンデンサモジュール 500 の内部で発生した熱は前記下部ケース 16 を通して放熱する。

30

【0105】

発熱量の大きいパワーモジュール 300 を冷却水流路 19 の一方の面に固定すると共にパワーモジュール 300 のフィン 305 が冷却水流路 19 の開口から水路内に突出するようにして効率良く冷却し、次に放熱量の大きい補機用インバータ装置 43 を冷却水流路 19 の他方の面で冷却し、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 を介して冷却する構造としている。このように放熱量の多さにあわせて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。

40

【0106】

さらに補機用インバータ装置 43 を冷却水流路 19 のコンデンサモジュール 500 側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 を使用でき、この場合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。

【0107】

冷却水流路 19 の一方の面に固定された、この例では上方、パワーモジュール 300 のさらに上方には、図 2 のドライバ回路 174 を保持した駆動回路基板 22 が配置され、さ

50

らにその上方には放熱および電磁シールドの作用をする金属ベース板 11 を介在させて制御回路基板 20 がコネクタ 21 を付設して配置されている。なお制御回路基板 20 には図 2 の制御回路 172 が搭載されている。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。

【0108】

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 を配置しているため、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 を配置しているため、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。

10

【0109】

図 8 は、上述の冷却についてその考え方を説明する図である。冷却水流路 19 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 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 で筐体 12 を冷却し、筐体 12 に下部ケース 16 や金属ベース板 11 を固定することで下部ケース 16 や金属ベース板 11 を介して冷却する。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 を介してコンデンサモジュール 500 が冷却される。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。このように中央に冷却水流路 19 を設け、一方に金属ベース板 11 を設け、他方に下部ケース 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。

20

【0110】

さらに中央部の冷却水流路 19 にパワーモジュール 300 を取り付けられた状態で水漏れのテストを行うことが可能となり、テストを終えてから筐体 12 の上と下とから必要な部品を固定できるので、生産性に優れている。

【0111】

本発明の実施形態に係る電力変換装置の特徴についてさらに説明する。本実施形態に係る電力変換装置の全体積層構成と冷却構造では、主たる発熱体であるパワーモジュール 300 は、冷却水流路 19 を流れる冷却水によって直接冷却され、発熱体であるコンデンサモジュール 500 は冷却水流路 19 を間にしてパワーモジュール 300 とサンドイッチ構造となっており、このサンドイッチの積層構造によって電力変換装置の薄型化、小型化が図られている。

30

【0112】

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（放熱機能を果たすために金属ベース板 11 を設けている）。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。さらに、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、冷却水流路 19 の冷却水で放熱される。また、冷却水流路 19 の下部カバー 15 側である他方の側には、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 を設置してもよい。この補機用インバータ装置 43 からの発熱は、前記筐体 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。

40

【0113】

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 層の積層体を形成しており、すなわち、金属ベース板 11、冷却部 9 の冷却水流路 19、下部ケース 19 という積層

50

構造であり、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、回路基板20、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。

【0114】

次に、本実施形態に係る電力変換装置の全体構成における各側面の外観構造について、図9、図10及び図11を参照しながら以下説明する。図9は本実施形態に関する図3の左側面を左側から見た左側面図である。図10は本実施形態に関する図3の右側面を右側から見た右側面図である。図11は本実施形態に関する図3の背面を背面側から見た背面図である。

10

【0115】

図9において、筐体12の上下方向の中央部分に冷却水の入口配管13と出口配管14を並列して設け、これらの配管13、14を通して冷却水を循環することによりパワーモジュール300が金属ベース304を介して冷却されることになる。電磁シールド用の金属ベース板11が筐体12の上縁部に配置され、その上部に上部ケース10が、その下部に下部ケース16が固定されて、本実施形態の電力変換装置が一体的構造となっている。

【0116】

筐体12を介して冷却水流路からの冷源が効率良くコンデンサモジュール500に伝わるように、筐体12は熱伝導効率の良い材料が選定され、例えばアルミ材で作られている。

20

【0117】

長方形の形状をした筐体12の短辺側の側面に入口配管13と出口配管14を並列して設けていることで、内部の冷却通路を長くできる効果がある。また電力変換装置200を車に搭載し、冷却水を流すための配管接続作業において、入口配管13と出口配管14を隣接して設けていることで、上記接続作業が行い易い効果がある。

【0118】

図10は、図9に示す側面と対向する反対側の側面であり、図4に示す制御回路基板20のコネクタ21が上部ケース10に設けられている。このコネクタ21は、図2に示す制御部170が外部との信号を授受するための接続端子である。筐体12には、バッテリーと接続する直流正極側接続端子510と直流負極側接続端子512が設けられており、これらの接続端子510、512は、図2に示す直流コネクタ138に対応する。また、筐体12からは交流電力線186が突出し、その先端が交流コネクタ188を形成している。

30

【0119】

冷却水の出入り側と反対の側にバッテリーとの接続端子や通信のための信号線用のコネクタ21を設けているので、信頼性が向上すると共に、車に電力変換装置200を搭載する際の作業性が向上する。

【0120】

図11は、図3を背面から見た背面図であり、モータへの交流接続端子を形成する交流コネクタ188が設けられている。制御回路基板20からのコネクタ21と冷却水入口配管13がそれぞれ図の左右に突設されている。また、筐体12には筐体材料を鋳造する際の肉盗み49が形成されている。なお、図11の例では、図2に示す3つの上下アーム直列回路からなる、U相、V相及びW相の交流電力線186を備えたパワーモジュール（半導体モジュール）300が2つ併設された構造例を示している。

40

【0121】

図11からわかるように、冷却水の供給や排出と信号や直流電力の授受と交流電力の授受とをそれぞれ筐体12の異なる側面で行っているため、作業性が向上すると共に、信頼性が向上する。

【0122】

50

次に、本実施形態に係る電力変換装置におけるパワーモジュール300の詳細構造について、図12～図14、及び図21を参照しながら以下説明する。図12は本実施形態に関するパワーモジュールの上方からの斜視図である。図13は本実施形態に関するパワーモジュールの下方からの斜視図である。図14は本実施形態に関するパワーモジュールの断面図である。図21は本実施形態に関するパワーモジュールの平面図である。

【0123】

図12～図14、および図21を用いてパワーモジュール300の構造を説明する。上記図で、300はパワーモジュール(半導体モジュール)、302はパワーモジュールケース、304は金属ベース、305はフィン、186は断面が略長方形の交流電力線、314は直流正極端子、316は直流負極端子、318は薄い絶縁材、154/155はパワーモジュール300の上アーム用IGBTの制御端子、164/165はパワーモジュール300の下アーム用IGBTの制御端子、322はチップ保護用レジン又はシリコンゲル、324は交流バスバーとして作用する交流電力線の保持用ピン、326はIGBT、328は上アーム用IGBT、330は下アーム用IGBT、156/166はダイオード、334は絶縁基板、337は導体、をそれぞれ表す。

【0124】

パワーモジュール300は、大きく分けて、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、外部との接続端子と、からなる。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相の交流コネクタ188と、コンデンサモジュール500と接続する直流正極端子314及び直流負極端子316とを有している。また、半導体モジュールは、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、レジンはシリコンゲル322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。金属ベース304は、冷却水路に浸されて冷却水へ効率良く放熱するために、絶縁基板334の反対側にフィンの形状305を有している。

【0125】

コンデンサモジュール500と接続する直流端子314と316は、図示例では基板334の中央部分において、接続すべき部位で半田又は超音波接合で固着され(図14を参照)、端子314と316の間に薄い絶縁材318を介在させて両者の絶縁を取って、直流正極端子314を上にしてパワーモジュール300の右端にまで持ち来たらし、両導体板と絶縁材318を捻って最終的に図21に示すようにコンデンサの端子部と接続する端子部を一行上に形成する。

【0126】

図12乃至図14および図21において、金属ベース304の一方の面にインバータ回路を構成するIGBTやダイオードを内蔵した樹脂製のパワーモジュールケース302を有し、金属ベース304の他方の面にフィン305が図13に示す如く口ウ付けしている。金属ベース304の一方の面には図14や図21に示す如く絶縁基板334が固定され、絶縁基板334に薄い導体337が貼り付けられ、その上に上アーム用IGBT328や上アーム用ダイオード156さらに下アーム用IGBT330や下アーム用ダイオード166のチップが半田などにより固定されている。図14に示す如く、積層構造の直流正極/負極端子314, 316から絶縁材318を挟んだ積層構造の正極導体板315と負極導体板317とにより略中央に導かれる。図14において積層状の導体板315と317の金属ベース304側、すなわち図14で直流端子側に上アームのチップが固定されており、交流コネクタ188側に下アームのチップが固定されている。このように略中央から直流電流を供給する構造とすることで、後述するようにインダクタンスを低減できる。

【0127】

金属ベース304を挟んで上アームのチップと対応する位置にフィン305が口ウ付けされている。また金属ベース304を挟んで下アームのチップと対応する位置にフィン3

10

20

30

40

50

05が口付けされている。図13や図14に示す如く上下アームにそれぞれ対応してフィン305が設けられており、これらのフィン305は往復する冷却水流路19の開口から水路内に突出する。金属ベース304のフィン305周辺の金属面は前記冷却水流路19に設けられた開口を閉じるために使用される。

【0128】

図14で上下アームの接続点である交流端子159（図2参照）に交流電力線186が接続され、前記交流電力線186はパワーモジュール300から外に突出してその先端部が交流コネクタ188を形成する。パワーモジュールケース302からU相とV相とW相に対応した交流電力線186が突出して伸び、交流コネクタ188を形成する状態を図12と図13に示す。

10

【0129】

また、交流電力線186のパワーモジュール300への固着形態について図14を参照しながら説明する。断面が略直方体の交流電力線186は、図示例を参照すると、その右端側で絶縁基板334の適宜の接続部位において半田等で固着されており、その左端側である交流コネクタ188で、モータジェネレータ192からの接続端部と接続されている（不図示）。交流電力線186の左端側は、自動車に搭載されたモータからの振動の影響を受けることになる。交流電力線186は大電流に対応して断面が略直方体の強固な導体であり、モータからの振動が交流電力線186を介して絶縁基板334の接続部位に伝わることになると、当該接続部位の接続不良を引き起こす恐れがある。そこで、本実施形態においては、図21に示されるように、この接続部位と交流コネクタ188の途中に交流電力線186を保持する保持用ピン324を設けて、この保持用ピン324によってモータからの振動が直接に絶縁基板334との接続部位に伝わらないようにしている。

20

【0130】

ここで、保持用ピン324は、パワーモジュールケース302と一体又は一体的に形成されており、この保持用ピン324に交流電力線186を挿通させて位置決めすることができる。さらに、保持用ピン324を交流電力線186（屈曲させた平板形状のバー）と一体又は一体的構造にして、このピンをパワーモジュールケース302の穴に嵌入させて位置決めしてもよい。要は、モータを含めた外部からの振動などによる応力を保持用ピン324で受け止めて、交流電力線186と絶縁基板334との接続部位に外部応力の影響を及ぼさないようにする構造であれば、ピンに限ることはない。図21の例では、各相の交流電力線186にはそれぞれ2本のピンが設けられている。このピンは円柱ピンでもよく、また、十字型ピンであってもよい。

30

【0131】

また、交流電力線186は、図6や図11からも分かるように、筐体12の外枠から突出した延在構造となっていて、モータ側からの接続部材端子と自由度をもって接続可能な形状を構成している。この延在構造によって、交流電力線186の端子がパワーモジュール300のケースに固定して収まっている従来例のものに比べて、交流コネクタ188とパワーモジュール300の交流出力端とをつなぐ中間部材を不要として、交流電力線186が筐体の外部に突出しているのもータ側接続部材端子との結合接続が容易となり作業性が向上する。また部品数もへり、接続箇所が減るので信頼性が向上する。このように、交流電力線186の突出した延在構造と保持用ピン324との関連構成が、外部からの応力や振動による絶縁基板334への影響を防ぐとともに、モータ側接続部材端子との結合接続を容易にするという相乗効果を引き起こしているのである。

40

【0132】

絶縁基板334は、セラミックを挟んでその両側にCu又はAlの膜を形成したものであり、図14の図示例で、絶縁基板334の下側に半田によってフィン又はピン付き金属ベース304（Cu，Al又はAlSiC）が固着され、その上側には半田によってIGBT326やダイオード332が、半田又は超音波接合によって直流端子314，316が固着される。また、図21において、パワーモジュールの制御端子154，155，164，165が図示されているが、これらは、図2で説明した上・下アームのゲート電極

50

端子154, 164や、エミッタ電極端子155, 165であり、IGBTのスイッチング動作を制御するための信号が印加される。

【0133】

図21に示すパワーモジュール300における上下アーム直列回路の配置構成について、さらに説明すると、パワーモジュール300は、その断面構造をみると、図14に示されるように、フィン305を備えた金属ベース304上に、上下両面をCu膜形成したセラミックからなる絶縁基板334が半田付けされている。金属ベース304それ自身及びフィン305は、高い熱伝導性を備え、放熱機能を有する。金属ベース304の上面Cu膜上に、IGBT326とダイオード332等の発熱体が半田付けされて搭載されている。

10

【0134】

図20は、金属ベース304に設けられた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とその機能乃至作用を示す説明図である。ここで、パワーモジュールのインダクタンス低減について概説する。図20(A)をみると、パワーモジュール300の接続端子を構成する直流正極端子314は正極導体板315と一体に作られており、上アームの上を通過して延び、導体329と接続するための接合部339を半田等により形成する。直流負極端子316は同様に負極導体板317と一体に作られており、上アームの上を通過して延び、導体337と接続するための接合部341を半田等により形成する。

【0135】

ここで、接合部339と接合部341は、本実施形態では絶縁基板334の略中央部且つ左端側に隣接して配置されている(図20(A)を参照)。直流端子314や316と接合部339や341との間の接続は、薄い絶縁材318を介して積層構造を成す正極導体板315と負極導体板317とによって行われる。これら正極導体板315と負極導体板317との互いの電流の向きは逆方向である(電流流れ338の矢印方向を参照)。図20に示すIGBT328, 330とダイオード327, 332はそれぞれ並列接続された2組のアームが搭載して上下アームに流れる電流を増大させている。また図20を使用して後述するように、接合部339と接合部341は近接して配置されている。接合部339と接合部341を接近して配置することにより、上記上下アームに流れるリカバリ電流が接合部339から円を描いて接合部341に至るようになる。この円を描く電流により、金属ベース304に渦電流が誘起され、リカバリ電流に対するインダクタンスが低減する。

20

30

【0136】

次に、パワーモジュール300内部のインダクタンスの低減についての詳細について、図16~図20と図21を用いて以下説明する。図16~図20を使用して、リカバリ電流とスパイク電圧との関係、さらに発熱、インダクタンス低減の効果について説明する。

【0137】

先に動作を説明した図2のインバータ回路144で、上アームと下アームの直列回路150が3相の各相に対応して設けられている。通常の動作では上下アーム直列回路150の上アームのIGBT328あるいは下アームのIGBT330のどちらかのIGBTが導通している場合、他方のIGBTは遮断している。すなわち上下のIGBTが同時に導通することが無い。このため上下IGBTを短絡的に流れる電流は存在しない。しかし、IGBTを使用したインバータ回路あるいはMOSFETを使用したインバータ回路では上下アーム直列回路150を短絡的に流れる電流が発生する。この電流は例えばリカバリ電流と呼ばれる電流に起因する電流で、IGBTと並列に接続されたダイオード156やダイオード166に起因する電流である。なおMOSFETを使用したインバータ回路では各MOSFETの内部にダイオード156やダイオード166と同等のダイオードが作られているので現象としては同じである。以下代表してIGBTを使用した回路で説明する。

40

【0138】

50

図16と図17に基づいて前記リカバリ電流の一例を説明する。図16(A)は複数のIGBT326のうちの一つを示す。IGBT326のコレクタは逆方向接続のダイオード156とモータジェネレータ192を介してバッテリー136の正極に接続され、下アーム用IGBT330のエミッタがバッテリー136の負極に接続されている。この回路において、図16(A)は下アーム用IGBT330が遮断状態でモータジェネレータ192の固定子の還流電流がダイオード156を介して流れている状態を示している。

【0139】

図16(B)において、下アーム用IGBT330が導通するとバッテリー136の正極から浮遊インダクタンス335とモータジェネレータ192の固定子、下アーム用IGBT330を介してバッテリー136の負極に至る電流が流れる。このとき上アーム用ダイオード156は逆バイアスであるが、リカバリ電流614が流れ、モータジェネレータ192を流れる電流600に加え、リカバリ電流614が加算された状態でIGBTのコレクタ電流として流れる。ここで上アーム用ダイオード156の蓄積キャリアがリカバリ電流614として流れると蓄積キャリアが消滅し、ダイオード156に空乏層が作られ、電流614が消滅する。下アーム用IGBT330のコレクタ電流は図16(C)に示すごとく電流600のみとなる。

10

【0140】

図17は下アーム用IGBT330のコレクタ電流606とコレクタ電圧604を示しており、図16(A)の状態が図17のグラフの時間軸のもっとも左の状態である。IGBT330のゲートに駆動電圧が加えられると、ゲート電流が流れ始める。この電流によりゲート-エミッタ間容量とゲート-コレクタ間容量を充電し、これらが充電されるに従い、下アーム用IGBT330のゲート電圧は増加する。上アーム用ダイオード156にはモータジェネレータ192の還流電流が流れている。ゲート電圧602が、閾値 V_{th1} を越える時点 t_0 から下アーム用IGBT330のコレクタ電流606が流れ始める。

20

【0141】

このとき、下アーム用IGBT330にはダイオード156のリカバリ電流614とモータジェネレータ192を流れる電流600の重畳された電流がIGBT330のコレクタ電流602として流れる。時点 t_1 以降IGBT330導通状態となり、コレクタとエミッタ間電圧604は急激に減少する。IGBT330にはモータジェネレータ192を流れる電流600にリカバリ電流614が加算された電流が流れるので、コレクタ電流606は電流600より大きいピーク電流614を持つ。一方、ダイオード156の蓄積キャリアがなくなるとリカバリ電流614は無くなり、IGBT330のコレクタ電流606はモータジェネレータ192を流れる電流600となる。

30

【0142】

時間 t_0 から t_2 までの期間はコレクタ-エミッタ間電圧604が高い状態となっているため、いわゆるターンオン損失が発生し、大きな熱がIGBT330に発生する。また電流600にリカバリ電流614が加算されたコレクタ電流606の変化電流とインダクタンス335とにより電圧が発生する。特にリカバリ電流614は上下アームを流れるので上下アームを通る直流回路のインダクタンス335でスパイク電圧が発生する。

【0143】

上記説明は上下アームを流れる電流の一例である。インバータ回路144の制御方法において、あるいは制御状態において、上下アームのIGBTは同時に導通することが無いが、上下アームを通る電流が流れる状態が、実際にはいろいろ生じる。

40

【0144】

図18と図19を使用してIGBTの遮断動作の状況を説明する。図18において図16と同じ番号を付したものは図16と同様の部品であり、同様の動作を為す。図18(A)で下アーム用IGBT330は導通状態にあり、バッテリー136から浮遊インダクタンス335とモータジェネレータ192の固定子とを介してコレクタ電流が流れている。このとき下アーム用IGBT330は導通状態であり、下アーム用IGBT330のコレクタ電圧は図19のグラフ一点鎖線の左端のごとく低い。なお、グラフ624はコレクタ電

50

流の変化を示す。

【0145】

図19のグラフのごとく、パワーモジュール300のゲート電圧を下げ、ゲート電圧622が閾値 V_{th2} より小さくなると、コレクタ電流624は減少し始め、それと共にコレクタに加わる一点鎖線で示す電圧が上昇する。下アーム用IGBT330のコレクタ電流が減少し始めると、その減少率 di/dt と直流回路に存在するインダクタンス成分335によりスパイク電圧($L \times di/dt$)が発生し、下アーム用IGBT330のコレクタ電圧と上記スパイク電圧の合成ベクトルが、例えば直流正極端子314と直流負極端子316との間などの直流回路に生じる電圧となる。IGBT330のコレクタ-エミッタ間にスパイク電圧が加わるため、コレクタ電圧は大きな電圧となる。

10

【0146】

ゲート電圧622が閾値 V_{th2} よりさらに減少したことにより、下アーム用IGBT330コレクタ電圧に加わる626が上昇し、図19に一点鎖線で示すごとくピーク電圧628を有する。次にIGBT330のチャンネルが消滅するとコレクタ電流は流れなくなり、図18(B)に示すように、モータジェネレータ192の電流はダイオード156を介して還流することで維持される。

【0147】

図19に示されたコレクタ電流は変化幅 i を持ち、この変化幅 i はターンオフ時のコレクタ電流変化であり、 t はコレクタ電流が10%から90%まで減少する間の時間、いわゆる切り替り動作時間である。前述したように、電流の時間変化率 i/t が大きくなると、IGBT330の回路に浮遊したインダクタンス335(インダクタンス成分 L)が存在するため、インダクタンス335に流れる電流の時間変化によってスパイク電圧($L \times i/t$)が発生する。なおベクトル方向は省略している。このスパイク電圧により、素子や装置に大きな電圧がかかり、電圧破壊の原因やノイズの原因となる。下アーム用IGBT330のコレクタ電流とコレクタ電圧の積に基づいて損失すなわち熱が発生する。

20

【0148】

このスパイク電圧を低減するため、時間変化率 i/t を小さくする、すなわちゲート電圧の変化を緩やかにする。このことによりコレクタ電流の時間変化率 i/t が小さくなり、スパイク電圧が小さくなる。しかし発熱時間 $t+T$ が長くなり、発熱量が大きくなる。このため浮遊インダクタンス335(L 値)を小さくし、インダクタンス L の減少により時間変化率 i/t を小さくしても大きなスパイク電圧が発生しない状態となり、時間変化率 i/t を小さくすることにより、発熱期間 $T+t$ の時間を短くすることが望ましい。

30

【0149】

また従来、単位時間当たりのインバータ回路144のIGBTの動作回数を減少させて単位時間当たりの発熱量を下げるが行われているが、制御応答性を考慮すると好ましいことではない。すなわちIGBTのゲートを制御するPWM(パルスワイドモデューレーション)の周波数を低くすることが行われている。しかし制御の応答性や制御精度の点で上記周波数を下げることは好ましくない。

40

【0150】

本実施形態ではインバータ回路の直流側回路のインダクタンスが非常に少なくできる。

【0151】

例えば60ナノヘンリ以下が非常に容易に、30ナノヘンリ以下が容易に実現でき、適切に設計すれば20ナノヘンリ以下が実現できる。インダクタンス成分の減少により、時間変化率 i/t を大きくできる。またIGBT330などのスイッチング周波数(PWMの基本周波数)を大きくすることができる。例えば、スイッチング周波数を1kHz以上、好ましくは10kHz以上することができる。切り替り動作時間(図19の t :コレクタ電流が90%から10%に減少する時間)を1 μ s以下、好ましくは0.5 μ s以下、さらに好ましくは0.2 μ s以下とすることができる。このような特性を持つ電力変

50

換装置 200 においてはスパイク電圧を適正に抑え、さらに高性能の制御性を確保しつつ発熱量を極めて少なくできる。それにより冷却水としてエンジン冷却水を使用できる可能性がある。

【0152】

次に、図 20 と図 21 に基づいてパワーモジュール 300 のインダクタンス低減について説明する。図 21 は既に説明の如く、パワーモジュール 300 の上面図であり、図 20 は、図 21 において 3 相の内の 1 相に関する上下アーム直列回路 150 を代表として取り上げ、インダクタンス低減の作用を説明する説明図である。なお図 20 は 1 つの相について代表して説明するものであり、3 相の内の他相についても同様のことが言える。図 20 (A) は上下アーム直列回路 150 のチップの配置状態とダイオードのリカバリ電流の流れを示す図、図 20 (B) はダイオードのリカバリ電流の流れる回路図、図 20 (C) は金属ベース 304 に生じる誘導電流を示す。

10

【0153】

図 21 に示すパワーモジュール 300 の構造は既に説明のとおりであり、図 14 で説明のように、金属ベース 304 の裏面にフィン 305 を備えている。前記金属ベース 304 の表面にはセラミック基板などの薄い絶縁材 334 が半田付けなどの手段で固定されている。前記薄い絶縁材 334 の面に、例えば銅膜などで作られた導体 329 や導体 331、導体 333、導体 337 が固定され、前記導体 329 には上アームを構成する IGBT 328 のチップとダイオード 156 のチップが電氣的に並列接続された状態で、IGBT チップのコレクタ面やダイオードチップのカソード面が導体 329 面に固定されている。また前記導体 333 の面には下アームを構成する IGBT 330 のチップとダイオード 166 のチップが電氣的に並列接続された状態で、IGBT チップのコレクタ面やダイオードチップのカソード面が導体 333 の面に固定されている。

20

【0154】

パワーモジュール 300 の直流正極端子 314 と一体の正極導体板 315 や、直流負極端子 316 と一体の負極導体板 317 とが絶縁材を介して積層構造を成しており、前記積層構造の導体板が上アームの配置されている部分の上を通過して略中央まで延び、前記正極導体板 315 が前記導体 329 に接続部 339 で接続し、また負極導体板 317 が導体 337 と接続部 341 で接続している。前記接合部 339 と接合部 341 は、この実施形態では、上アーム用導体 329 と下アーム用導体 337 の略中央部に接近して配置されている。接合部 339 と接合部 341 を接近して配置することにより、前記上下アームに流れるリカバリ電流が接合部 339 から閉じた円を描いて接合部 341 にいたるように流れる。このようにインバータ回路 144 のダイオードのリカバリ電流が円を描くように流れることにより、金属ベース 304 に渦電流が誘起され、前記誘起された電流による磁束とリカバリ電流による磁束が相殺しあい、リカバリ電流に関するインダクタンスが低減する。

30

【0155】

図 20 で、上アームと下アームを連結する接続端端子は図 20 に端子 A と端子 B とで示されている。端子 A と B は絶縁基板 334 の略中央部で且つ左右の一方である右側（この実施形態での例示）に隣接して配置されている。端子 A と B は、図 2 に示す中間電極 169 に相当するものであって、ワイヤ 336 で接続されている。本実施形態のように接続部 339 や接続部 341 が左右の一方に、また上アームと下アームの接続部が左右の他方に配置されることで、リカバリ電流の流れが円を描き易くなり、インダクタンスの低減がより大きくなる。

40

【0156】

図示するように、インバータ回路 144 のダイオードのリカバリ電流の流れ 338 は、直流正極端子 314 から接合部 339 を通り、上アームの IGBT 328 あるいはダイオード 156 を経て端子 A に至り、ワイヤ 336 を経て、端子 B から下アームの IGBT 330 あるいはダイオード 166 を経て端子接合部 341 に至り、接合部 341 から直流負極端子 316 を巡るルートを形成している。この電流の流れ 338 は、円環状を形成しており、且つ接合部 339 と接合部 341 との距離を接近させて上記円ができるだけ閉じた

50

円となるようにしていることが特徴である。さらに、直流正極端子 3 1 4 と接合部 3 3 9 の間、直流負極端子 3 1 6 と接合部 3 4 1 の間の導体は、図 2 0 で模式的に棒状に示したが、実際は図 2 1 やその他の図で説明の通り、板状導体の積層構造であり、積層構造をしている正極導体板 3 1 5 と負極導体板 3 1 7 を流れる電流 3 3 8 がお互いに逆向きで略同じ大きさであるので、互いに磁束を相殺し合い、インダクタンスが低減される。

【 0 1 5 7 】

図示するように略円環状の電流ルートが形成されていることによって、図 2 0 (C) に記載のように、この電流によって誘起される渦電流 3 4 0 が金属ベース 3 0 4 を流れる。

【 0 1 5 8 】

この渦電流 3 4 0 によって再び磁束が発生し、前記略円環状電流が発生する磁束を打ち消す作用をするので、前記略円環状電流ルートのインダクタンスは低下する。また、接合部 3 3 9 と接合部 3 4 1 との距離を接近させることによって、接合部 3 3 9 , 3 4 1 間が離隔しているものとの対比で前記金属ベース 3 0 4 に誘導電流が流れ易くなり、前記インダクタンスがより小さくなる。

【 0 1 5 9 】

前記チップ配置に係るインダクタンス低減に加えさらに、直流正極 / 負極端子 3 1 4 , 3 1 6 と接合部 3 3 9 , 3 4 1 との間の並行導体配置および逆向き電流の形成によって、この間で発生するインダクタンスを減少させることができ、リカバリ電流に関するパワーモジュール 3 0 0 全体のインダクタンスを低減することができる。

【 0 1 6 0 】

図 2 0 (B) にインバータ回路の 3 相の内の 1 相の上下アーム直列回路 1 5 0 を示す。

【 0 1 6 1 】

上アーム用 I G B T 3 2 8 と下アーム用 I G B T 3 3 0 は同時に導通することが無いので、上下 I G B T の短絡電流は流れない。しかしダイオード 1 5 6 やダイオード 1 6 6 にはリカバリ電流が流れ、このリカバリ電流はダイオードの極性に対して逆向きに流れるので、ダイオードと導通状態にある上あるいは下 I G B T 3 2 8 , 3 3 0 とで構成される直流正極端子 3 1 4 と直流負極端子 3 1 6 間の直列回路にリカバリ電流が生じる。インバータのスイッチング動作による跳ね上がり電圧 (スパイク電圧) の悪影響を低減するには直流正極端子 3 1 4 と直流負極端子 3 1 6 間の直列回路全体でのインダクタンスの低減を考慮することが必要であり、図 2 0 (A) の構造によりインダクタンスの低減が可能となる。

【 0 1 6 2 】

本実施形態における半導体モジュールの低インダクタンス化と発熱低減について、さらに概説する。過渡的な電圧上昇や半導体チップの大きな発熱は、インバータ回路を構成する上あるいは下アームのスイッチング動作時に発生するので、特にスイッチング動作時のインダクタンスを低減し、跳ね上がり電圧 (スパイク電圧) が低くなるようにし、それに基づきスイッチング動作時を短くすることが望ましい。スイッチング動作時の跳ね上がり電圧 (スパイク電圧) として、単に I G B T などのスイッチング素子を流れる電流変化を考えるのでは十分とはいえない。過渡時にダイオードのリカバリ電流が発生し、このリカバリ電流に対する対策を行うことがさらに重要である。一例として下アームのダイオードのリカバリ電流を例としてインダクタンス低減の作用を敷衍して機能的に説明する。

【 0 1 6 3 】

ダイオードのリカバリ電流とはダイオードに逆バイアスであるにもかかわらず流れる電流であり、ダイオードの順方向状態でダイオード内に満たされたキャリアに起因すると考えられる。インバータ回路を構成する上あるいは下アームの導通動作あるいは遮断動作が所定の順に行われることでインバータ回路の交流端子には 3 相交流電力が発生する。上記スイッチング動作において、モータジェネレータの固定子巻線の電流は、前記固定子巻線の大きなインダクタンスにより、電流値を維持する方向にインバータを構成しているダイオードを介して還流電流が流れる。この還流電流はダイオードの順方向電流であり、ダイオード内部はキャリアで満たされる。次に、上アームとして動作している半導体チップ 3 2 8 が遮断状態から再び導通状態に切り替わると、下アームのダイオードに上述したキャ

10

20

30

40

50

リアに起因するリカバリ電流が流れる。定常的な動作では上下アーム直列回路のどちらかが必ず遮断状態にあり、上下アームに短絡電流が流れることが無いが、過渡状態の電流例えばダイオードのリカバリ電流は上下アームで構成する直列回路を流れる。この直列回路を流れる電流が大きなスパイク電圧を発生する可能性がある。

【 0 1 6 4 】

例えば、上下アーム直列回路の上アームとして動作する I G B T 3 2 8 がオフからオンに変化したとき、正極端子 3 1 4 から I G B T 3 2 8、下アームダイオード 1 6 6 を通って負極端子 3 1 6 に下アームダイオード 1 6 6 のリカバリ電流が流れる可能性がある。なお、このとき、I G B T 3 3 0 は遮断状態にある。このリカバリ電流の流れをみると、図 2 0 (A) に示すように、端子 P と接合部 3 3 9、端子 N と接合部 3 4 1 間では導体が並行して配置され、且つ逆向きの同一電流が流れる。そうすると、導体の間の空間では互いの電流によって発生する磁界が打ち消し合うことになり、結果として電流経路のインダクタンスが低下することとなる。いわゆる、上記の端子間の導体が接近して対抗して配置されたラミネート状態にあることでインダクタンスの低減作用が生じる（ラミネート効果によるインダクタンス低減効果）。

10

【 0 1 6 5 】

さらに、リカバリ電流の経路をみると、逆方向且つ並行電流の経路に続いて、ループ形状の経路が生じている。このループ形状経路を電流が流れることによって、金属ベース 3 0 4 に渦電流 3 4 0 が流れることとなり、この渦電流による磁界打ち消し効果によってループ形状経路におけるインダクタンスの低減作用が生じる。

20

【 0 1 6 6 】

上記説明ではダイオード 1 6 6 のリカバリ電流を例としたが、ダイオード 1 5 6 のリカバリ電流が下アーム用 I G B T 3 3 0 の導通に基づいて発生する可能性がある。この場合も図 2 0 (B) を流れる電流に対して上述と同じ構成、作用で、インダクタンスが低減する。また I G B T を使用する代わりに M O S トランジスタを使用する場合、見掛け上はダイオードを使用しないが、M O S トランジスタの内部にはダイオード 1 5 6 や 1 6 6 が存在しており、上述の説明内容と同じ現象が生じる。図 2 0 の構造および他の図を使用して説明した構成は M O S トランジスタを使用した場合にも上述の作用、効果を生じる。

【 0 1 6 7 】

以上のように、本実施形態に関する半導体モジュールの回路構成の配置によって、ラミネート配置による効果と渦電流による効果によってインダクタンスを低減することができる。スイッチング動作時のインダクタンスを低減することが重要であり、本実施形態の半導体モジュールでは、上アームと下アームの直列回路を半導体モジュール内に収納している。このため上下アーム直列回路を流れるダイオードのリカバリ電流に対して低インダクタンス化が可能となるなど、過渡的な状態でのインダクタンス低減効果が大きい。インダクタンスが低減すれば、半導体モジュールで発生する誘起電圧は小さくなり、低損失の回路構成を得ることができ、また、インダクタンスが小さいことによってスイッチング速度の向上に繋げることができ、発熱期間の短縮が可能となる。

30

【 0 1 6 8 】

図 6、図 1 3、図 1 5、図 2 1 でパワーモジュール 3 0 0 の直流正極端子 3 1 4 と直流負極端子 3 1 6 の接続部が反対方向に屈曲し、積層構造の内側面が開いて他の直流配線との接続面を為している。この構造は接続部のインダクタンスの低減に非常に効果がある。

40

【 0 1 6 9 】

この作用については後述する。

【 0 1 7 0 】

本実施形態におけるコンデンサモジュール 5 0 0 はインダクタンスを大幅に低減できる効果を奏する。また前記コンデンサモジュール 5 0 0 は生産性に優れ、さらに放熱効果が大きい構造である。

【 0 1 7 1 】

そこで、コンデンサモジュール 5 0 0 の詳細構造について、図 2 2 乃至図 2 6 を参照し

50

ながら以下説明する。図 2 2 は本実施形態に関する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 2 3 は前記コンデンサモジュール 5 0 0 のパワーモジュール 3 0 0 との接続状態を説明する上方からの斜視図である。図 2 4 はインダクタンスを低減できる接続部の構成を示す図である。図 2 5 は図 2 2 に示すコンデンサモジュール 5 0 0 の内部が分るように、樹脂などの充填材 5 2 2 を充填する前の状態を示す斜視図である。図 2 6 はさらにコンデンサモジュール 5 0 0 の詳細構造である積層導体にコンデンサセル 5 1 4 を固定した構造を示す図である。

【 0 1 7 2 】

図 2 2 乃至図 2 6 において、5 0 0 はコンデンサモジュール、5 0 2 はコンデンサケース、5 0 4 は負極側コンデンサ端子、5 0 6 は正極側コンデンサ端子、5 1 0 は直流（バッテリー）負極側接続端子部、5 1 2 は直流（バッテリー）正極側接続端子部、5 3 2 は補機用正極端子、5 3 4 は補機用負極端子、5 1 4 はコンデンサセル、をそれぞれ表す。

10

【 0 1 7 3 】

図 2 5 と図 2 6 で、負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 とからなる積層導体が複数組、本実施形態では 4 組、直流（バッテリー）負極側接続端子部 5 1 0 と直流（バッテリー）正極側接続端子部 5 1 2 に対して電氣的に並列に接続されている。前記負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 には、複数個のコンデンサセル 5 1 4 の正極と負極がそれぞれ並列接続されるための端子 5 1 6 と端子 5 1 8 が複数個設けられている。

【 0 1 7 4 】

コンデンサモジュール 5 0 0 の蓄電部の単位構造体であるコンデンサセル 5 1 4 はそれぞれ、正極となるフィルムと負極となるフィルムの 2 種の導電フィルムを絶縁フィルムを挟んで巻回して作られているフィルムコンデンサ 5 1 5 を有している。巻回構造のフィルムコンデンサ 5 1 5 は、一方の端に前記正極フィルムと電氣的に接続されている正極側の導電材 5 0 8 が設けられ、他方の端に前記負極フィルムと電氣的に接続されている負極側の導電材 5 0 8 が設けられている。但し負極側の導電材 5 0 8 は、陰になり、図に表れていない。前記正極側および負極側の導電材 5 0 8 は半田あるいは蒸着により前記巻回されたそれぞれのフィルムに接続されている。

20

【 0 1 7 5 】

負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 は積層構造を為しており、負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 からなる積層の平面形状は細長い形状で、直方体に近い形状である。前記平面の短い側の長さすなわち平面の幅は前記コンデンサセル 5 1 4 の巻回軸方向の長さに略近くなっており、前記負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 からなる積層の短い側の端の両端に端子 5 1 6 と端子 5 1 8 とがそれぞれ設けられている。図 2 6 では負極側の端子 5 1 6 と端子 5 1 8 とが陰となりあらわれていない。前記負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 からなる積層の両端に設けられた端子 5 1 6 と端子 5 1 8 は並列に配置された 2 個のコンデンサセル 5 1 4 の両端の導電材 5 0 8 とそれぞれ半田あるいは溶接により接続される。

30

【 0 1 7 6 】

上述のとおり、巻回したフィルムコンデンサ 5 1 5 の一側端面が + 電極（図 2 6 で端子 5 1 6 , 5 1 8 の固着されるコンデンサの面が + 電極）で他側端面が - 電極であって、負極導体 5 0 5 と正極導体 5 0 7 とから積層導体の平面部にフィルムコンデンサ 5 1 5 が配置され、本実施形態はコンデンサ端子 5 0 4 , 5 0 6 側に向かった方向に 2 個配列された例である。

40

【 0 1 7 7 】

そして、2 個のセル群が 4 列縦に配置されていて、合計 8 個のコンデンサセル 5 1 4 が図示の如く設けられている。2 個のセルはそれぞれの一側端面が + 電極であって、この + 電極が各端子 5 1 6 , 5 1 8 を通して正極側コンデンサ端子 5 0 6 に繋がる正極導体板 5 0 7 に接続される。コンデンサセル 5 1 4 の他側端面は - 電極であり、この - 電極は、正極導体板 5 0 7 に絶縁シート 5 1 7 を介した負極導体板 5 0 5 に接続され、負極側コンデンサ端子 5 0 4 に繋がる。また、図 2 6 で、正極導体板 5 0 7 は直流（バッテリー）正極側接続端子部 5 1 2 に接続され、負極導体板 5 0 5 は直流（バッテリー）負極側接続端子部 5

50

10に接続されて、最終的にバッテリーに繋がる。

【0178】

コンデンサセル514の正極が端子516, 518(図26を参照)と正極導体板507を介して正極側コンデンサ端子506につながり、コンデンサセル514の負極が端子(図26で背面側)と負極導体板505を介して負極側コンデンサ端子504につながる。図示の例では、一对のコンデンサ端子504, 506は2個のコンデンサセル514が並列接続されている。一对のコンデンサ端子504, 506が図示の例では4対設けられているが、これらの縦列と横列のコンデンサセルの数は容量に応じて任意の数とすることができる。各端子504, 506には、パワーモジュール300の直流正負極端子316, 314と直接にねじ固定できるように開口部509, 511が形成されている。

10

【0179】

コンデンサモジュール500の製法について説明する。まず正極と負極のフィルムを、絶縁シートを挟んで巻回することによりフィルムコンデンサ515を生産し、その両端に導電材508を前記正極と負極に電氣的に接続するようにして固定し、コンデンサセル514を生産する。

【0180】

前記端子516や端子518を備えた積層構造の平らな導体板を作る。この積層構造の導体板には直立して伸びる正極側コンデンサ端子506と負極側コンデンサ端子504とが一体に形成されている。前記積層構造の導体板は、幅がフィルムコンデンサ515の巻回軸方向の長さに略等しく、長手方向の長さが並列に配置されたフィルムコンデンサ515の長さに略等しい、略長方形の平面を有している。前記平面に前記コンデンサセル514の外周面が対向するようにコンデンサセル514が複数個並列に配置され、それぞれの両端が前記端子516や端子518にそれぞれ接続されることで、コンデンサのセル群が作られる。前記の如く図26に示すコンデンサのセル群を生産する。このセル群は、正極側コンデンサ端子506と一体に正極導体507とを一体に機械加工でき、さらに負極側コンデンサ端子504と負極導体505とを一体に機械加工できる。これらを薄い絶縁材を挟んで機械で積層構造に組み立てることができ、さらに複数のコンデンサセル514を端子516や端子518に接続する工程も、端子516や端子518の両サイドに生産の障害となるものが無いので、簡単に機械で製造できる。

20

【0181】

端子カバー520を備えたコンデンサケース502を例えば熱伝導性に優れた金属材料で作り、コンデンサケース502内に前記コンデンサのセル群を複数個挿入する。前記各コンデンサセル514は、金属性コンデンサケース502の内側底面にコンデンサセル514の外周面が対向するように配置される。図25に示す如く所定のコンデンサのセル群が挿入され、絶縁性の樹脂からなる充填材522が充填されて図22に示すコンデンサモジュール500が作られる。前記コンデンサのセル群単位で生産し、次に前記コンデンサのセル群を必要数コンデンサケース502に挿入してコンデンサモジュール500を作ることで、車の機種に合わせて利用するコンデンサのセル群の数を変えることで前記コンデンサのセル群を共通に使用できる。

30

【0182】

上述のとおり、前記コンデンサのセル群は生産性に優れている効果がある。また車種によるコンデンサモジュール500の仕様の違いに対し、前記コンデンサのセル群を共通に使用でき、生産性に優れている効果がある。

40

【0183】

またコンデンサセル514の外周はコンデンサケース502の内面にほとんど接するように配置されており、コンデンサセル514が発生する熱をコンデンサケース502を介して放熱することができる。本実施形態のコンデンサモジュール500は良好な放熱特性を有する。図8で説明の如くコンデンサケース502は下部ケース16に保持され、下部ケース16および筐体12を介して冷却水流路19に熱が良好に伝えられ、良好な放熱特性が得られる。

50

【 0 1 8 4 】

またコンデンサモジュール500は正極側コンデンサ端子506や負極側コンデンサ端子504を有しているのみならず、補機用正極端子532と補機用負極端子を有しており、これらの端子はそれぞれ直流（バッテリー）正極側接続端子部512と直流（バッテリー）負極側接続端子部510に電氣的に接続されている。このような補機用端子を持つことで、コンデンサモジュール500を補機用にも併用できる。電力変換装置全体の機能として車両駆動用のみならずその他の補機用の交流出力も取り出すことができ、機能向上となる。

【 0 1 8 5 】

コンデンサケース502は端子カバー520を有しており、製造工程やコンデンサモジュール500の運送途中での負極側コンデンサ端子504や正極側コンデンサ端子506の保護となり、信頼性の向上や生産性の向上に繋がる。

10

【 0 1 8 6 】

次に、本実施形態に係る電力変換装置におけるパワーモジュールとコンデンサ部の結合構造について、図23を参照しながら以下説明する。図23は本実施形態に関するパワーモジュールとコンデンサ部の結合構造を上方から見た斜視図である。

【 0 1 8 7 】

下部ケース16上に固定されたコンデンサケース502内には、多数のコンデンサセル514が収納され、その負極側と正極側のコンデンサ端子504, 506は、コンデンサケース502の一側方に沿って配列されている。この当該一側方は、コンデンサ端子504, 506がコンデンサセル514の上面より立ち上った位置に配置されているので、その形状に対応してケースも立ち上げ形状となっている。

20

【 0 1 8 8 】

このコンデンサ端子504, 506の配列に対向して、図13や図15に示すパワーモジュール300の直流負極端子/正極端子314, 316が配列されている。そして、パワーモジュール300をコンデンサ500の上に据え付けると、直流負極端子/正極端子314, 316の端部が、他の接続体を介在させることなく、直接にコンデンサ端子504, 506に相対向して設置することができる。

【 0 1 8 9 】

すなわち、図13や図15に示されるように、パワーモジュール300の直流正極端子314と直流負極端子316は、パワーモジュールケース502から突出して形成されている。そして、図22に図示するように、正極側コンデンサ端子506と負極側コンデンサ端子504はコンデンサセル群の充填材522平面の側部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字構造のコンデンサ端子506, 504がパワーモジュールケース302から突出したパワーモジュールの直流端子314, 316に、電力変換装置の組み立て時において、直接に当接してボルトで接続されることとなる。

30

【 0 1 9 0 】

ここで、端子と端子との接続部に大きなインダクタンスが生じる恐れがある。本実施形態におけるパワーモジュール300とコンデンサモジュール500の端子構造はインダクタンスを低減できる構造となっている。図24でインダクタンスの低減について説明する。

40

【 0 1 9 1 】

図24に負極側コンデンサ端子504や正極側コンデンサ506とパワーモジュール300の直流負極端子316や直流正極端子314との接続部における電流の流れを示す。

【 0 1 9 2 】

負極側コンデンサ端子504や正極側コンデンサ端子506およびはパワーモジュール300の直流負極端子316や直流正極端子314は、薄い絶縁材を挟んだ積層構造の導体部と相手と接続するための接続部とから構成されており、前記導体部の端部はそれぞれ反対方向に折り曲げられた形状を為し、積層構造の内側面が開いて、接続相手と接する接続面を成している。

50

【 0 1 9 3 】

図 2 4 で前記積層構造を中心として前記接続面が左右に開いている。この開いた接続面同士が接触し、前記接触面を介して正極および負極の導体を電流が流れる。図 2 4 には正極側の電流の流れ 6 1 8 と負極側の電流の流れ 6 2 0 を示す。前記接触面での電流の分布は接触面の状態により変わるが、中央の積層部から左右に開いて分布する電流は再び中央部の積層部に戻る構造となっている。この左右に広がる電流と接続面を通過後再び中央の積層部に戻る電流は、その大きさが等しく方向が反対であり、互いに発生する磁束が相殺される。このため接続部のインダクタンスが非常に小さくなる。

【 0 1 9 4 】

積層構造の導体部分はインダクタンスが小さく、それに比べて接続部分のインダクタンスが大きいという課題があった。図 2 4 に示す構造を使用して接続すると接続部のインダクタンスが非常に小さくなる。本実施形態ではパワーモジュール 3 0 0 の直流端子とコンデンサモジュール 5 0 0 の直流端子とを直接接続して最良であるが、上述の説明で接続部のインダクタンスが小さくなるので、直接接続する構造に限らず、別部材の積層構造の接続導体を使用したとしても接続部のインダクタンスを低減する構造とすることで良好な特性が得られる。

【 0 1 9 5 】

本実施形態では、コンデンサ 5 0 0 とパワーモジュール 3 0 0 の端子を直接接続することによって、部品点数の減少をもたらすことができ、小型化が図られる。さらに、本実施形態では、従来技術におけるコンデンサモジュールとパワーモジュールの端子同士を接続する中間部材の存在による浮遊インダクタンスが無くなることで、スパイク電圧を低減でき、製品としての電力変換装置の信頼性を高めることに繋がる。

【 0 1 9 6 】

図 2 4 を使用した前述の説明のごとく、本実施形態では、接続部が互いに反対方向に開き、相手方の導体との接続面前後で電流の流れが折り返される構造となっているので、接続面前後の電流の磁束が相殺され、接続部でのインダクタンスの増加を抑えることができる。端子接続部がこのような構造を有することで接続部のインダクタンスを低減できるので、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 との直流端子を直接接続することが最良であるが、仮に両端子間に別部材の積層導体を使用したとしても全体の回路のインダクタンスの増大を押さえることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 9 7 】

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 9 : 冷却部 | 1 0 : 上部ケース、 |
| 1 1 : 金属ベース板 | 1 2 : 筐体 |
| 1 3 : 冷却水入口配管 | 1 4 : 冷却水出口配管 |
| 1 6 : 下部ケース | 1 7 : 交流ターミナルケース |
| 1 8 : 交流ターミナル | 1 9 : 冷却水流路 |
| 2 0 : 制御回路基板 | 2 1 : コネクタ |
| 2 2 : 駆動回路基板 | 2 3 : 基板間コネクタ |
| 4 3 : インバータ (パワーモジュールを含む補機用) | |
| 4 9 : 鋳造肉盗み | |
| 1 1 0 : ハイブリッド電気自動車 | 1 1 2 : 前輪 |
| 1 1 4 : 前輪車軸 | 1 1 6 : 前輪側 D E F |
| 1 1 8 : 変速機 | 1 2 0 : エンジン |
| 1 2 2 : 動力分配機構 | 1 2 3 , 1 2 4 , 1 2 5 : 歯車 |
| 1 2 6 , 1 2 7 , 1 2 8 : 歯車 | 1 2 9 , 1 3 0 : 歯車 |
| 1 3 6 : バッテリ | 1 3 8 : 直流コネクタ |
| 1 4 0 , 1 4 2 : インバータ装置 | 1 4 4 : インバータ回路 |
| 1 5 0 : 上下アームの直列回路 | 1 5 3 : 上アームのコレクタ電極 |
| 1 5 4 : 上アームのゲート電極端子 | |

10

20

30

40

50

1 5 5 : 上アームの信号用エミッタ電極端子			
1 5 6 : 上アームのダイオード	1 5 7 : 正極 (P) 端子		
1 5 8 : 負極 (N) 端子	1 5 9 : 交流端子		
1 6 3 : 下アームのコレクタ電極	1 6 4 : 下アームのゲート電極端子		
1 6 5 : 下アームの信号用エミッタ電極端子			
1 6 6 : 下アームのダイオード	1 6 9 : 中間電極		
1 7 0 : 制御部	1 7 2 : 制御回路		
1 7 4 : ドライバ回路	1 7 6 : 信号線		
1 8 0 : 検出部	1 8 2 : 信号線		
1 8 6 : 交流電力線	1 8 8 : 交流コネクタ		10
1 9 2 , 1 9 4 : モータジェネレータ			
1 9 5 : モータ (補機用 = エアコン、オイルポンプ、冷却ポンプ)			
2 0 0 : 電力変換装置			
3 0 0 : パワーモジュール (半導体モジュール)			
3 0 2 : パワーモジュールケース	3 0 4 : 金属ベース		
3 0 5 : フィン			
3 0 8 : U 相交流バスバー	3 1 0 : V 相交流バスバー		
3 1 2 : W 相交流バスバー	3 1 4 : 直流正極端子		
3 1 5 : 正極導体板	3 1 6 : 直流負極端子		
3 1 7 : 負極導体板	3 1 8 : 絶縁紙		20
3 2 0 : パワーモジュール制御端子			
3 2 2 : チップ保護用レジン又はシリコンゲル			
3 2 4 : 交流バスバー保持用 (位置決め) ピン			
3 2 6 : I G B T	3 2 8 : 上アーム用 I G B T		
3 2 9 , 3 3 1 : 導体	3 3 3 , 3 3 7 : 導体		
3 3 0 : 下アーム用 I G B T	3 3 4 : 絶縁基板		
3 3 5 : インダクタンス成分 (等価回路)			
3 3 6 : ワイヤ	3 3 8 : 電流の流れ		
3 3 9 : 接合部 (直流正極バスバー用)			
3 4 0 : 渦電流			30
3 4 1 : 接合部 (直流負極バスバー用)			
4 0 0 , 4 0 2 , 4 0 4 : 開口部	4 0 1 : 入口孔		
4 0 3 : 出口孔	4 0 6 : 貫通孔		
4 0 8 : 隔壁	4 1 0 : 支持部		
4 1 2 , 4 1 4 : ねじ穴 (パワーモジュール固定用)			
4 1 6 : ねじ穴 (水路カバー固定用)			
4 1 8 : 冷媒の流れ (流入方向)	4 2 0 : カバー		
4 2 1 : 冷媒の流れ (U ターン部)	4 2 2 : 冷媒の流れ (流出方向)		40
5 0 0 : コンデンサモジュール	5 0 2 : コンデンサケース		
5 0 4 : 負極側コンデンサ端子	5 0 5 : 負極導体板		
5 0 6 : 正極側コンデンサ端子	5 0 7 : 正極導体板		
5 0 8 : 導電材	5 0 9 , 5 1 1 : 開口部 (端子固定用)		
5 1 0 : 直流 (バッテリ) 負極側接続端子部			
5 1 2 : 直流 (バッテリ) 正極側接続端子部			
5 1 4 : コンデンサセル	5 1 5 : フィルムコンデンサ		
5 1 6 : 端子	5 1 7 : 絶縁シート		
5 1 8 : 端子	5 2 0 : 端子カバー		
5 2 1 : 絶縁シート	5 2 2 : 充填材		50

5 3 2 : 補機用正極端子

5 3 4 : 補機用負極端子

6 0 0 : コレクタ電流

6 0 2 : ターンオン時ゲート電圧波形

6 0 4 : ターンオン時コレクタ電圧波形

6 0 6 : ターンオン時コレクタ電流波形

6 0 8 : ダイオード

6 1 0 : インダクタンス負荷

6 1 2 : 環流

6 1 4 : 電流ピーク

6 1 6 : ミラー期間

6 1 8 : 電流の流れ (正極側)

6 2 0 : 電流の流れ (負極側)

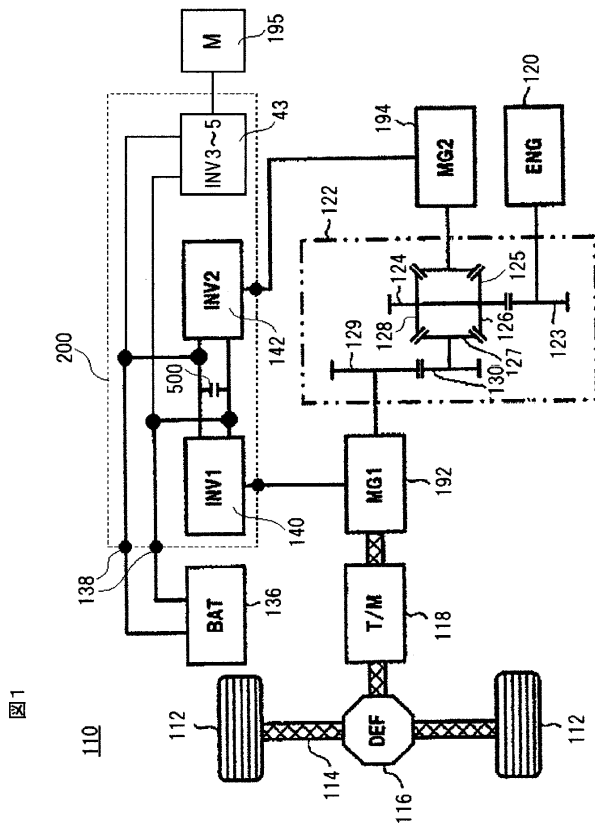
6 2 2 : ターンオフ時ゲート電圧波形

6 2 4 : ターンオフ時コレクタ電流波形

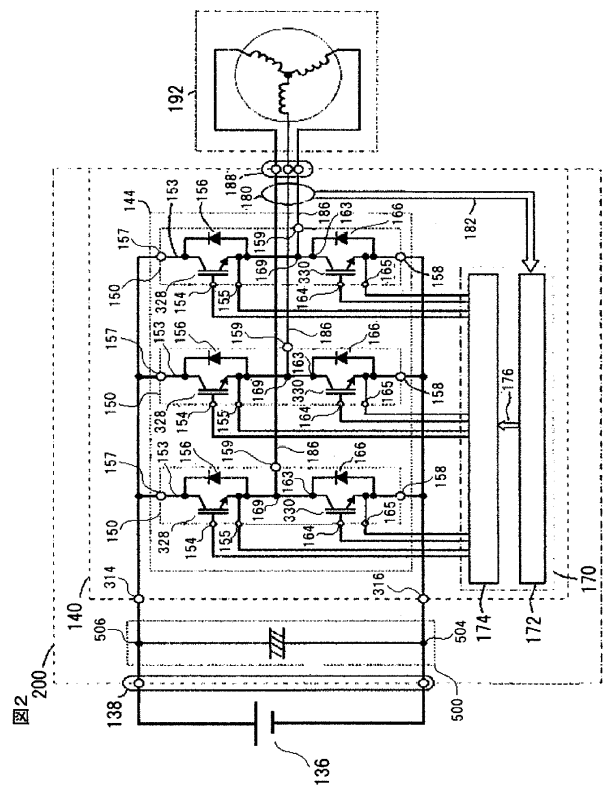
6 2 6 : ターンオフ時コレクタ電圧波形

6 2 8 : 電圧ピーク

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

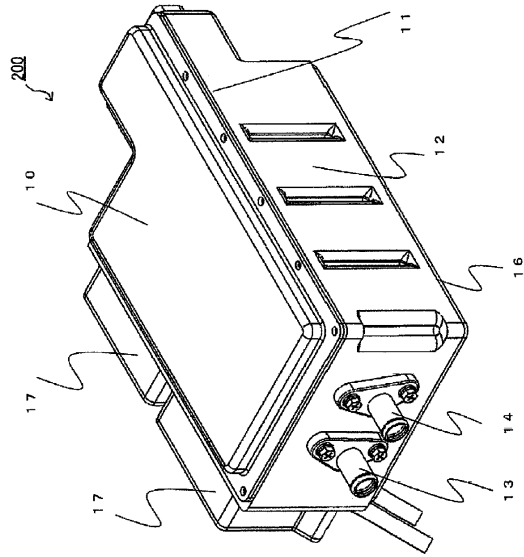
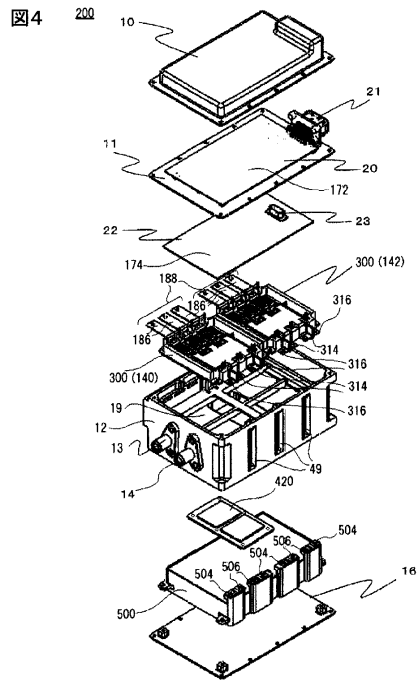


図 3

【 図 4 】



【 図 6 】

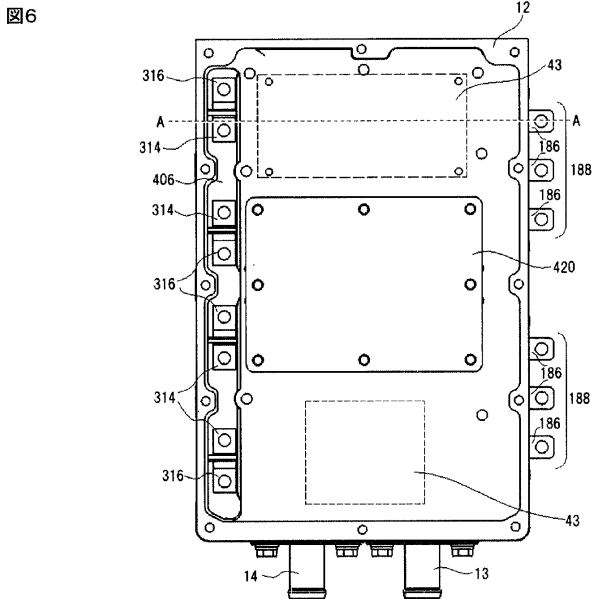


図 6

【 図 5 】

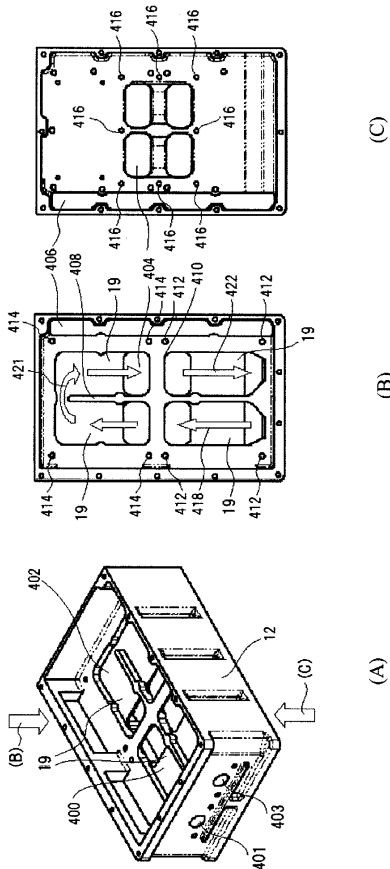


図 5

【 図 7 】

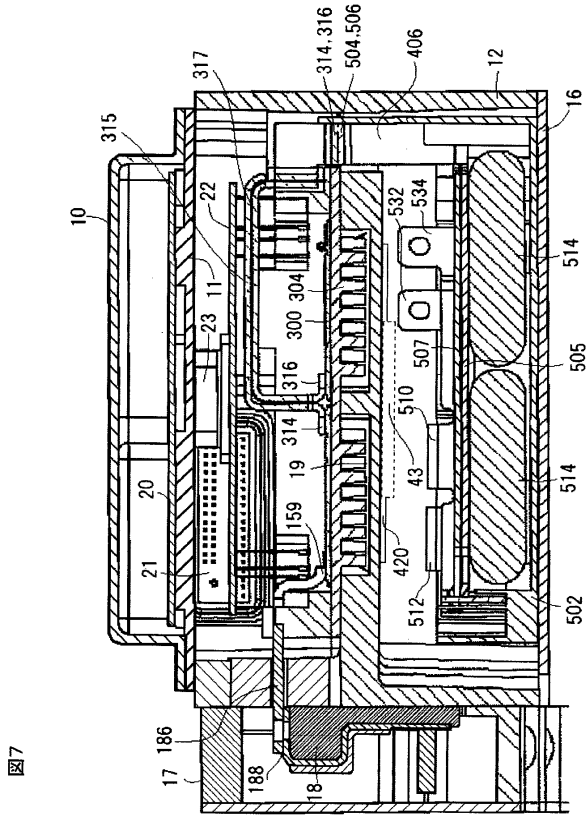


図7

【 図 8 】

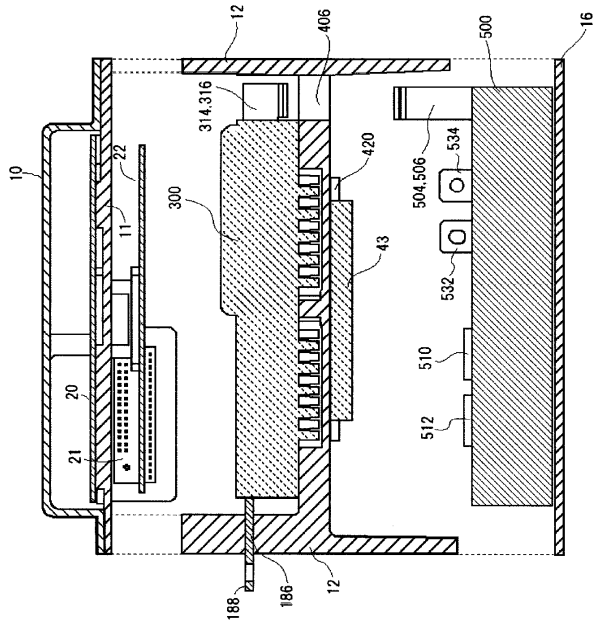


図8

【 図 9 】

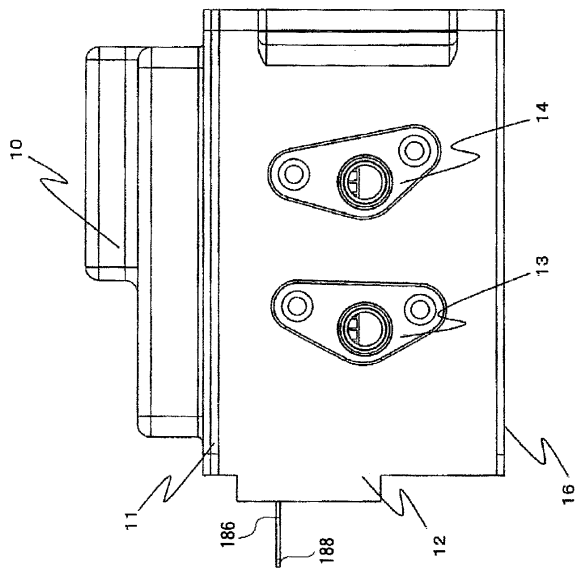


図9

【 図 10 】

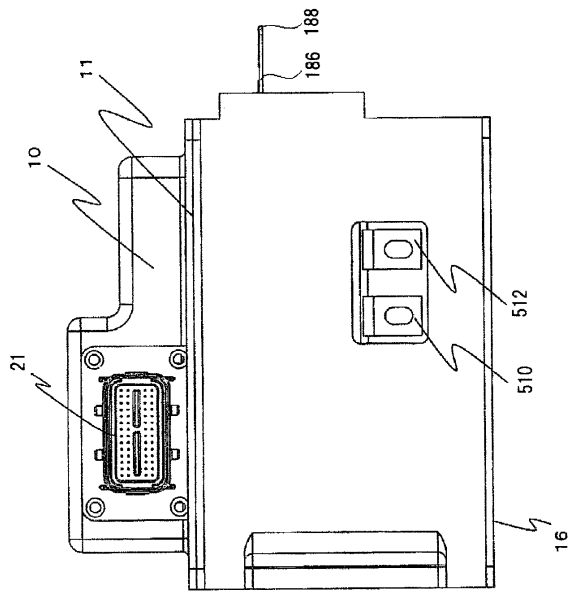


図10

【 図 1 1 】

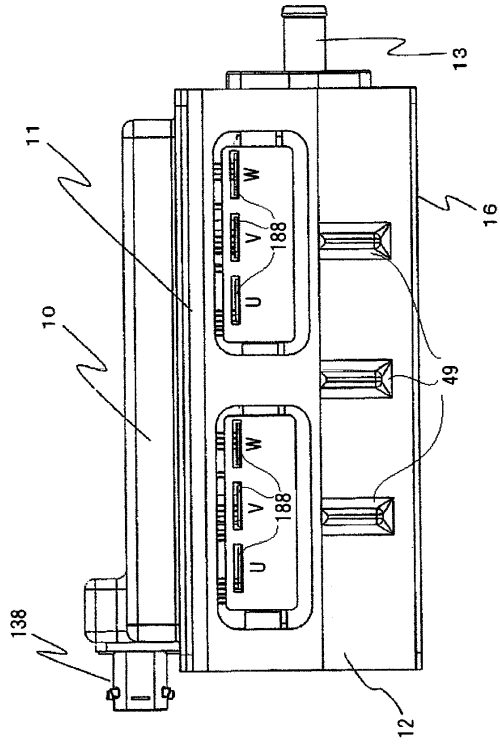


図 11

【 図 1 2 】

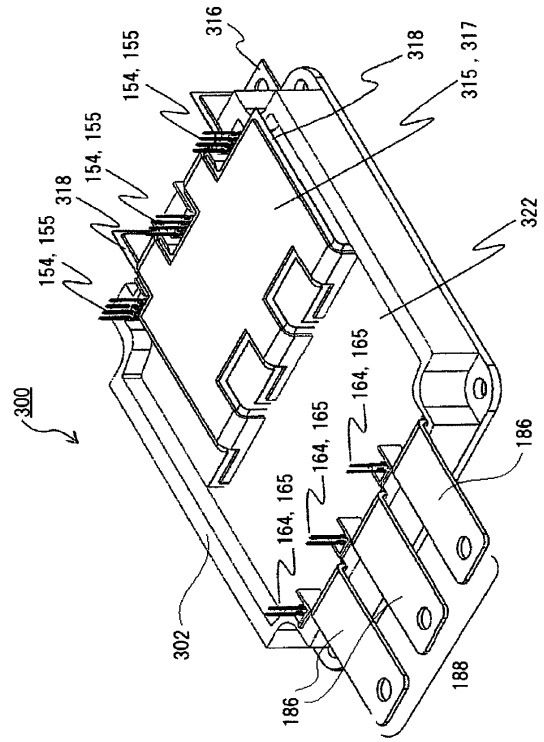


図 12

【 図 1 3 】

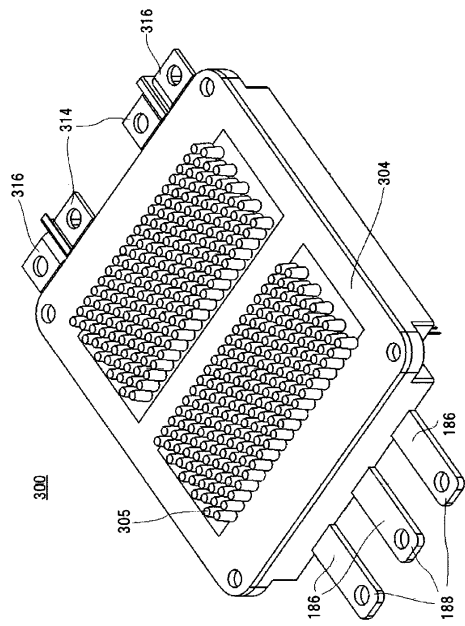


図 13

【 図 1 4 】

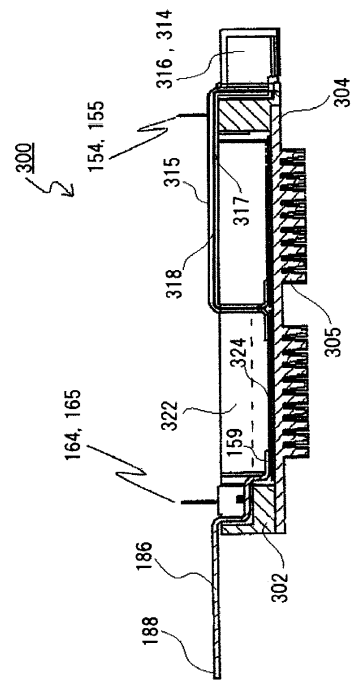
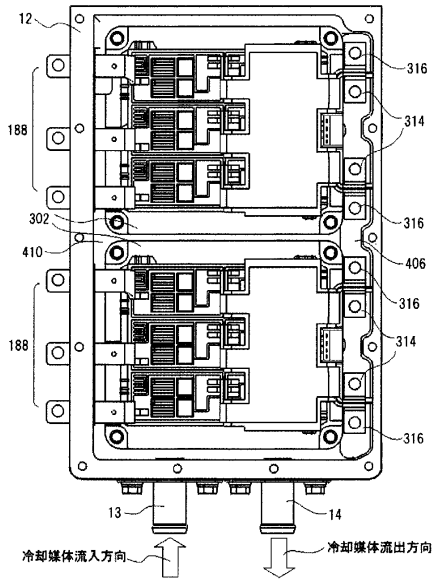


図 14

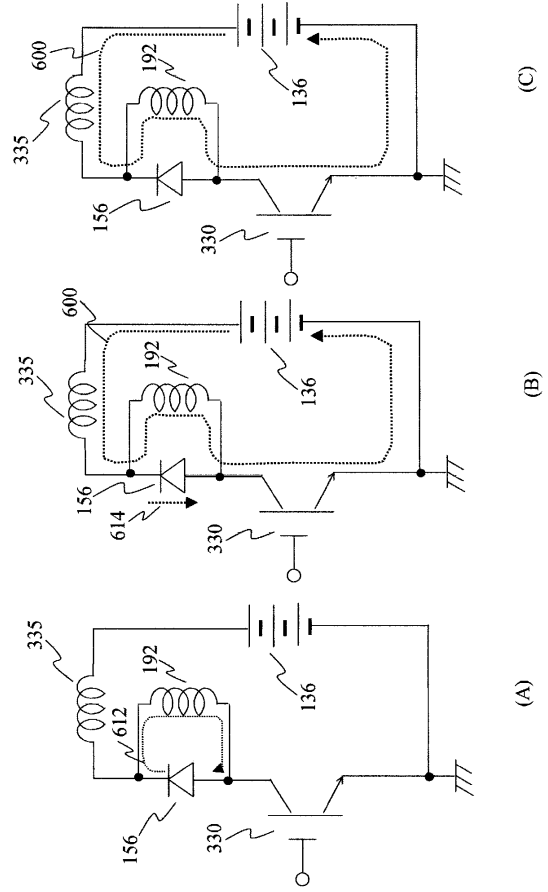
【 図 15 】

図 15



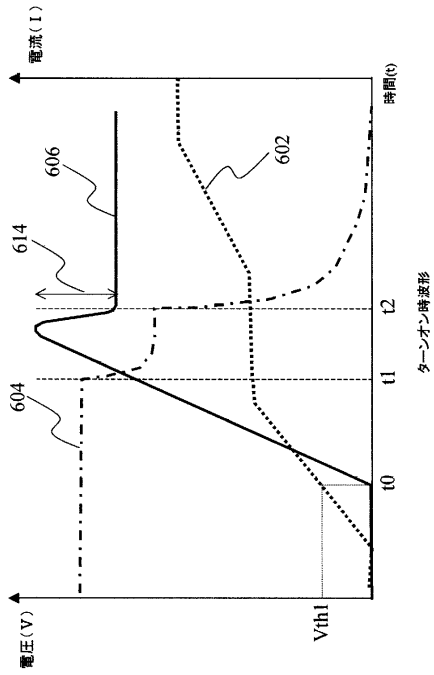
【 図 16 】

図 16



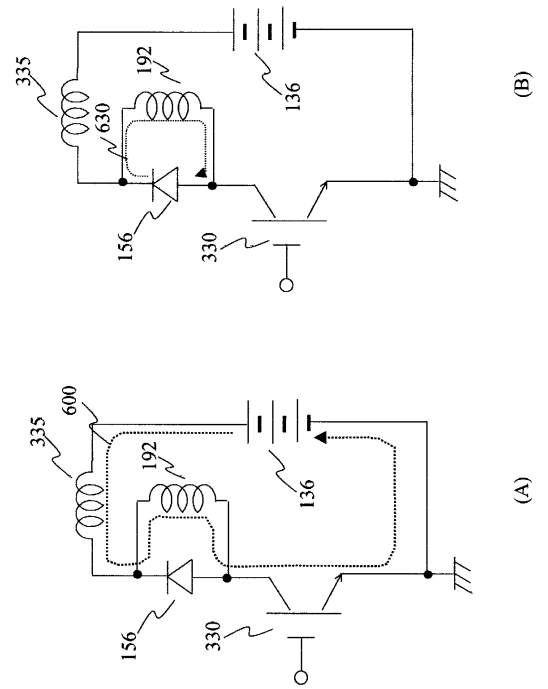
【 図 17 】

図 17



【 図 18 】

図 18



【図19】

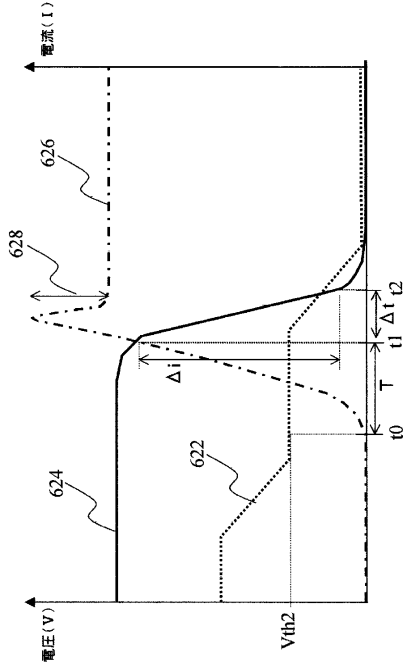


図19

【図20】

ターンオフ降圧形

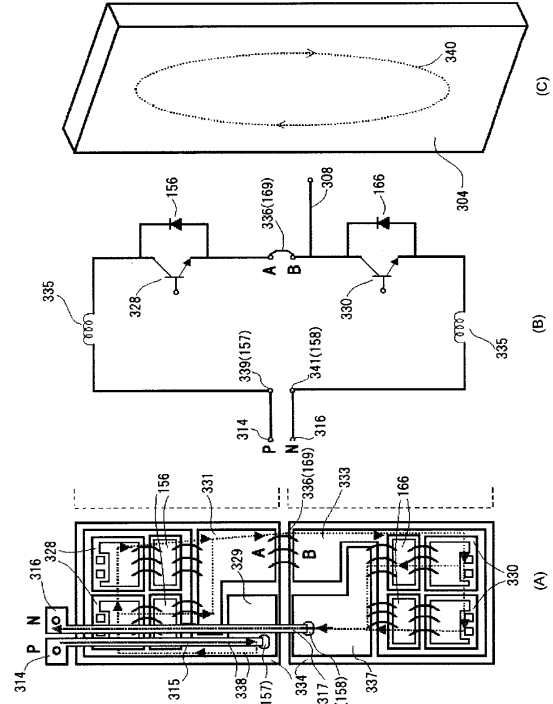
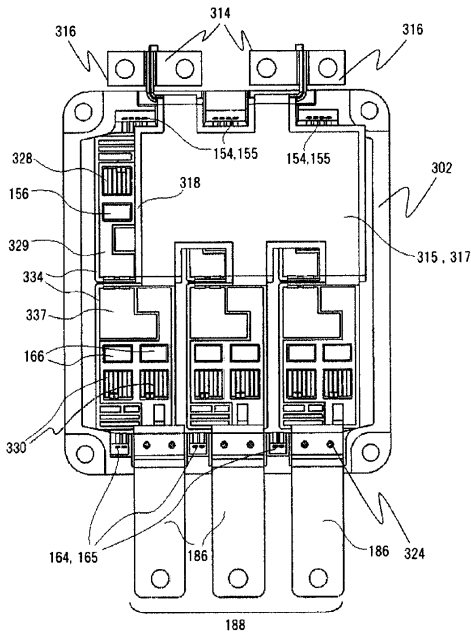


図20

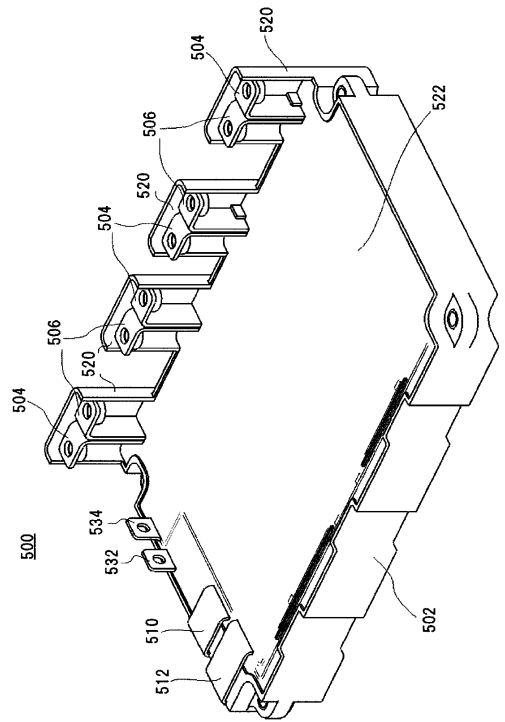
【図21】

図21



【図22】

図22



【 23 】

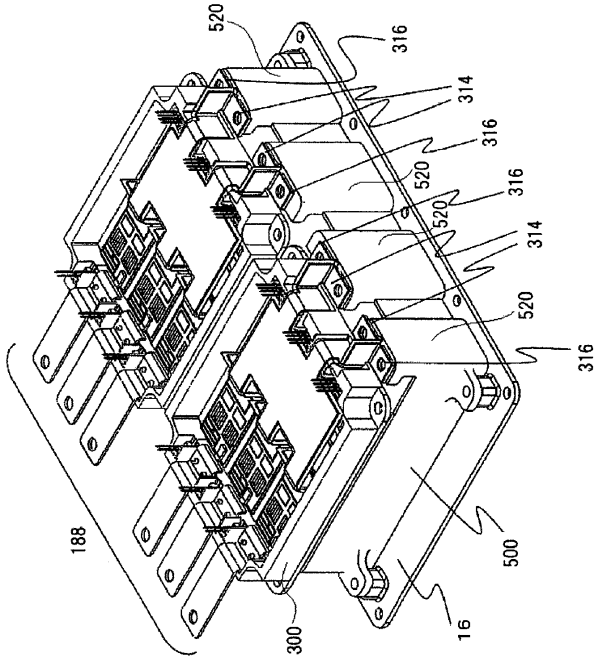
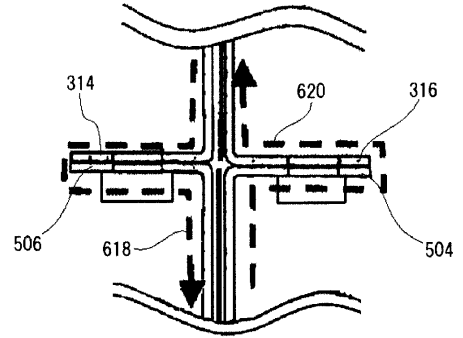


图23

【 24 】

图24



【 25 】

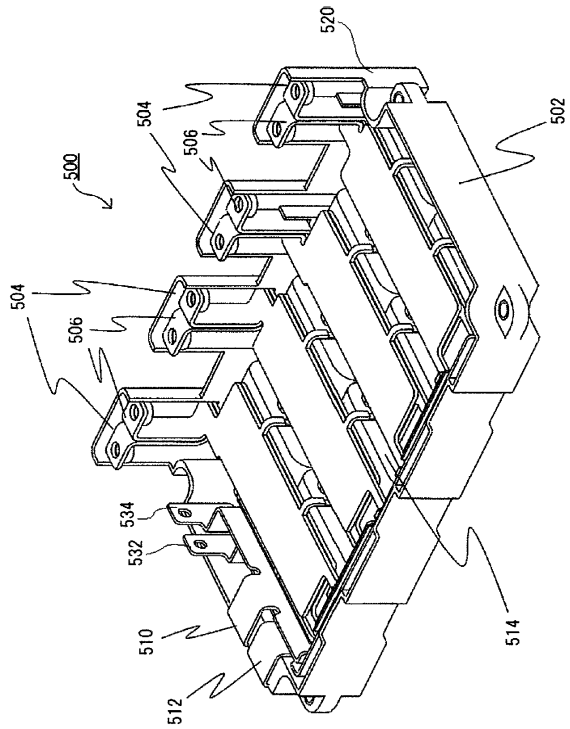


图25

【 26 】

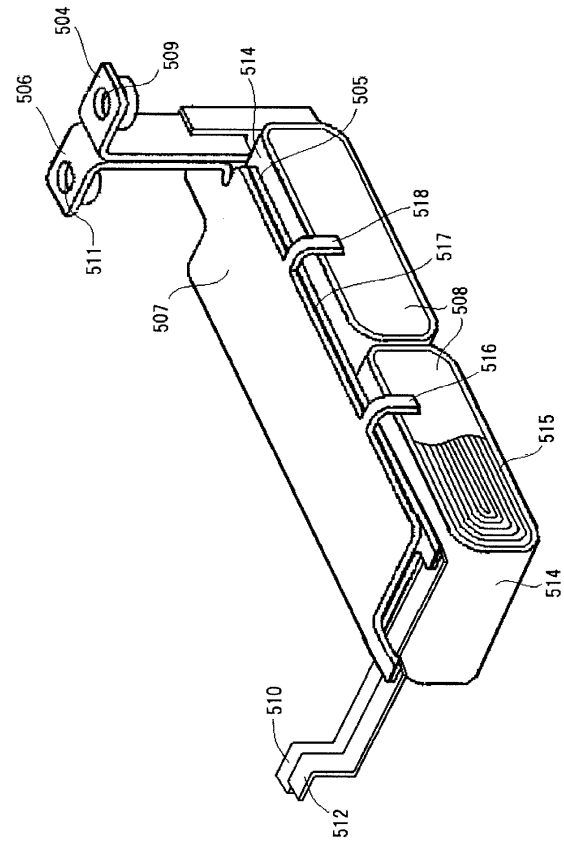


图26

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-308246(JP,A)
特開平11-163572(JP,A)
特開2007-195292(JP,A)
特開2004-312866(JP,A)
特開2007-115946(JP,A)
特開2005-175163(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/42 - 7/98
H01L 23/473