

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) **公開特許公報(A)**

(11) 特許出願公開番号

特開2004-128099

(P2004-128099A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H O 1 L 23/473

H01L 23/46

$$Z$$

5 F 0 3 6

H01L 23/40

H01L 23/40

A

5H007

H02M 7/48

H02M 7/48

$$\mathbf{Z}$$

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-288189 (P2002-288189)

(22) 出願日 平成14年10月1日 (2002. 10. 1)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 丹波 昭浩

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

(72) 発明者 中村 卓義

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

[最終頁に続く](#)

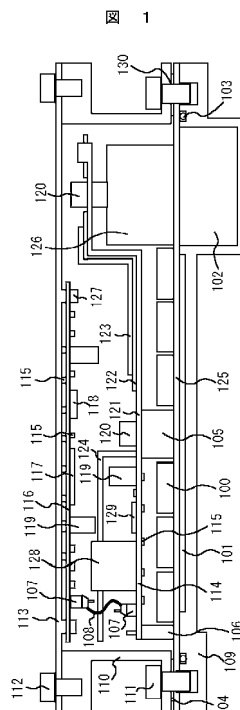
(54) 【発明の名称】 水冷インバータ

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、直接水冷であり、冷却水漏水時に高電圧部が被水する可能性をより低減することが出来るインバータ装置を提供することである。

【解決手段】冷却水の給排水管、給排水管に接続される水路カバー、インバータの周囲を覆う筐体、金属板に絶縁樹脂層を介して金属箔パタンを固着させたメタルコアプリント回路基板、パワー半導体チップが封止され、パワー半導体の反対面にパワー半導体の一電極が露出したパッケージを有する水冷インバータにおいて、パワー回路は、メタルコアプリント回路基板の金属箔パタンに、パワー半導体パッケージの裏面電極をはんだ接着した構造であり、筐体底面はメタルコアプリント回路基板で覆われ、実装メタルコアプリント回路基板の反対面は、水路カバーで覆われており、冷却水を直接メタルコアプリント回路基板裏面にあてる構造。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却水の入口と出口を有する給排水管と、
前記給排水管に接続される水路カバーと、
壁面の一部が開口されておりインバータの周囲を覆う筐体と、
金属板に絶縁樹脂層を介して金属箔パタンを固着させたメタルコアプリント回路基板と、
パワー半導体チップが封止され、該パワー半導体の反対面に該パワー半導体の一電極が露出したパッケージとを有する水冷インバータにおいて、
インバータを構成するパワー回路は、前記メタルコアプリント回路基板の金属箔パタンに、
前記パワー半導体パッケージの裏面電極をはんだ接着した構造であり、
前記筐体底面は、前記パワー半導体パッケージが実装されたメタルコアプリント回路基板で覆われており、
前記パワー半導体パッケージが実装された実装メタルコアプリント回路基板の該パワー半導体
が実装されている面の反対面は、前記水路カバーで覆われており、
冷却水を直接該パワー半導体パッケージ実装メタルコアプリント回路基板裏面にあてる構造であることを特徴とした水冷インバータの構造。

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記筐体，前記メタルコアプリント回路基板，前記水路カバーの平面寸法は概略同一、かつ、
取付けボルト穴の位置，個数等の仕様も同一であり、前記メタルコアプリント回路基板と前記水路カバーのシールは、
リングを前記メタルコアプリント回路基板裏面と前記水路カバー間に配置し、前記メタルコアプリント回路基板，
筐体，水路カバーを、前記取付けボルト穴をボルトで締め付けて行うことを特徴とした水冷インバータ。

【請求項 3】

請求項 2 において、
前記リングは、前記筐体の内周よりも外側で、かつ、取付けボルトの内側に配置されることを特徴とした水冷インバータ。

【請求項 4】

請求項 2 において、
前記メタルコアプリント回路基板の基板材質は Al、金属箔パタンの材質は Cu であり、
前記パワー半導体 P K G は、Insulate Gate Bipolar Transistor (I G B T) , Free Wheeling Diode (F W D) が各 1
チップ以上内蔵された構造であることを特徴とした水冷インバータ。

【請求項 5】

請求項 4 において、
前記パワー半導体 P K G は I G B T , F W D が各 1 チップ内蔵された P K G であり、インバータの 1 アームは該 P K G の 2 個以上の並列接続で構成された構造であることを特徴とした水冷インバータ。

【請求項 6】

請求項 1 において、
前記筐体は Al ダイカスト、前記メタルコアプリント回路基板の基板材質は Al であり、
該メタルコアプリント回路基板の Al 材と前記筐体とは摩擦攪拌等の手段で溶接された構造であることを特徴とした水冷インバータ。

【請求項 7】

少なくとも、冷却水が給排水される給排水管と、該給排水管に接続される水路カバーと、
上面が開口され、インバータの周囲を覆う筐体と、金属板に絶縁樹脂層を介して金属箔パタンを固着させた、
いわゆるメタルコアプリント回路基板と、パワー半導体チップが封止され、裏面に該パワー半導体の一電極が露出したパッケージ (P K G) 、
とから構成される水冷インバータの構造において、
インバータを構成するパワー回路は、前記メタルコアプリント回路基板の金属箔パタンに

、前記パワー半導体 P K G の裏面電極をはんだ接着した構造であり、該パワー半導体 P K G 実装メタルコアプリント回路基板で前記筐体上面全体を覆い、さらに、前記水路カバーで該パワー半導体 P K G 実装メタルコアプリント回路基板裏面全体を覆い、冷却水を直接該パワー半導体 P K G 実装メタルコアプリント回路基板裏面に当てることを特徴とした水冷インバータの構造。

【請求項 8】

冷却水が給排水される給排水管と、該給排水管に接続される水路カバーと、底面が開口され、インバータの周囲を覆う筐体と、該筐体底面全体を封止する金属板と、パワー半導体チップから構成されるパワー回路、とから構成される水冷インバータの構造において、前記筐体は A 1 ダイカスト材、前記金属板は A 1 材で構成され、前記パワー回路の発熱は、前記 A 1 板裏面に直接当てられる冷却水で冷却されることを特徴とした水冷インバータの構造。

【請求項 9】

請求項 5 において、

前記パワー回路の電流を通電する主端子は、各アームを構成する複数の前記 P K G 群の概略中央に配置され、該主端子に接続される前記メタルコアプリント回路基板の前記銅箔長は、各アーム毎に、概略等しいこと特徴とした水冷インバータ。

【請求項 10】

請求項 9 において、

前記水路カバーには、前記主端子の概略下方の位置に水路を 2 分割するスペーサが存在し、該スペーサにより、前記 P K G 群を冷却する水路は 2 分割されること特徴とした水冷インバータ。

【請求項 11】

請求項 4 において、

前記水路カバーには、少なくとも深さ 5 m m 以下の窪みと、深さ 5 m m 以上の窪みの大小 2 種類の窪みが存在し、該浅い窪みで前記 P K G 群冷却用水路を、該深い窪みで P K G 以外の回路部品冷却用水路を形成することを特徴とした水冷インバータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水冷インバータに関する。特に、I n s u l a t e d G a t e B i p o l a r T r a n s i s t o r (I G B T) 等の高発熱パワー半導体素子を有し、パワー半導体素子の冷却を水冷とする水冷インバータに関する。

【0002】

【従来の技術】

特許文献 1 には、半導体チップの冷却に関し、流路ケーシングの冷媒室に突起を形成して、突起の後流に流れの乱れを生じ、モジュール基板と冷媒との間の熱交換を促進すること、及び、乱れの生じる位置と I G B T 素子の位置が同じになるように、突起の設置位置を I G B T 素子よりも流れの前方側にくるようにすることが記載されている。

【0003】

特許文献 2 には、インバータ装置におけるインバータ主回路をヒートシンク表面に接合して取付け、ヒートシンクの裏側に形成した冷却水路で水冷すること及び、ヒートシンクの背面に冷却水路を形成し、その内側の熱交換面には、熱交（放熱）換効率を高めるために、凹凸するフィンを形成することが記載されている。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 10 - 22428 号公報

【特許文献 2】

特開平 11 - 346480 号公報

【0005】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

前記従来の水冷構造は、システム構成、及び、信頼性の面で以下の問題がある。

【0006】

I G B Tチップジャンクション温度上昇を低減し、インバータの信頼性、寿命を向上するためには、I G B Tチップジャンクションから冷却水への熱抵抗， $R_{th(j-w)}$ を低減しなければならない。この手段として、直接水冷は、間接水冷に比べて極めて有効な手法である。しかしながら、直接水冷構造には以下の課題があることを見出した。即ち、間接水冷の場合、冷却水のシールが破れても冷却水は水路カバーの周囲から外へ流れ出ること、インバータケース中に浸入することはない。しかしながら、直接水冷の場合、防水用のＯリング等の異常により、冷却水がインバータケース中へ浸入する可能性がある。インバータケース内への浸水はインバータの寿命を短くする恐れがある。

10

【0007】

本発明の目的は、直接水冷であり、冷却水漏水時に高電圧部が被水する可能性をより低減することが出来るインバータ装置を提供することである。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するための本発明を説明する。図１は本発明の基本構成を示す断面構造模式図である。直接水冷においても、図２に示す間接水冷構造のように、万が一、冷却水シールが破れても、インバータケース外に漏水が流れ出る構造にすれば良い。図１は、このことを達成した構造である。

20

【0009】

A 1板に絶縁樹脂層を介して回路パタンとなる銅箔パタンを圧着した、いわゆるメタルコアプリント回路基板１２５に、主電流駆動素子であるI G B T，F W Dを封止したF W D内蔵I G B Tパッケージ（以下、P K Gと呼ぶ）１００を複数面実装している。本P K G（パッケージ）面実装基板が、インバータを構成するパワー回路となる。この基板１２５でインバータケース１１０底面全体を覆い、筐体の底板としている。さらに、メタルコアプリント回路基板１２５裏面を、水路カバー１０９で覆い、P K G １００，冷却用水路１０１，フィルタコンデンサ１２６冷却用水路１０２を形成している。

【0010】

以上により、Ｏリング１０３のシールが破れて冷却水が漏れた場合でも、冷却水は外部に流れるのみで、インバータ筐体中に浸入しない。また、P K G １００は、ベース板であるメタルコアプリント回路基板１２５が直接冷却されるので、高い冷却性能を達成することができる。また、メタルコアプリント回路基板１２５にP K G １００を面実装する構造とすることにより、大面積のパワーモジュールを構成する際に問題となる、歩留り低下の問題も解決することができる。

30

【0011】**【発明の実施の形態】**

今回、発明者らは、パワー半導体から構成された回路のベース板に直接冷却水を当てて水冷する構造（直冷構造）を採用したインバータにおいて、漏水しても回路部品が被水しない構造と水冷インバータについて、種々検討した。

40

【0012】

ハイブリッド電気自動車用モータ等、大出力モータを制御するインバータは、水冷が多い。従来の水冷インバータ構造の模式図を図２，図３に示す。I G B Tモジュール２０５，３００の冷却に関する部分のみを表している。図２は、A 1ダイカストインバータケース２０３の外側の一部に、フィン２０２を形成し、水路カバー２０４とで冷却水である不凍液が循環する水路２０７を形成した例である（間接水冷）。I G B Tモジュール２０５は、インバータケース２０３中、水路２０７上に熱伝導グリース２０１で固着される。従って、I G B Tモジュール２０５の熱は、金属ベース２０６，熱伝導グリース２０１，インバータケース２０３，フィン２０２を通して冷却水へ放熱される。水冷とする最大のメリ

50

ットは、空冷と比べて大幅に高熱伝達を実現できることである。しかしながら、本構造の場合、フィン202は熱伝導率の低いアルミダイカスト材で形成されているためフィン効率は低い、金属部材と比べて熱伝導率の極めて低い熱伝導グリース201が介在する、等のため、IGBTチップジャンクションから冷却水までの熱抵抗は顕著に低減できない欠点がある。

【0013】

一方、図3に示す例は、本欠点を改善したものである。フィン304をIGBTモジュール300の金属ベース305に形成し、AIダイカストインバータケース301の開口部307よりケース301の外へ出し、直接冷却水を当てている（直接水冷）。すなわち、本実施例において、水路306は、IGBTモジュール300の金属ベース305と水路カバー308とで構成される。本構造で、図2の熱伝導グリース201は削除でき、かつ、フィン304は熱伝導率の高い銅等の金属で形成されるため、フィン効率は高く、大幅な低熱抵抗化が図れる。

【0014】

IGBTチップジャンクション温度上昇を低減し、インバータの信頼性、寿命を向上するためには、IGBTチップジャンクションから冷却水への熱抵抗、 $R_{th(j-w)}$ を低減しなければならない。この手段として、図3に示す直接水冷は、図2に示す間接水冷に比べて、前述の通り極めて有効な手法である。しかしながら、図3に示した直接水冷構造には課題があることが発明者らの検討で明らかになった。

【0015】

以下、実施例を、図面を使用して詳細に説明する。

【0016】

（実施例1）

図1、図4、図5、図6、図7及び図8を使用して第一の実施例について説明する。50kWクラスの水冷3相インバータの実施例である。いずれの図も、冷却水給排水管、インバータを制御するための制御端子、P、N、U、V、W端子等は省略している。図1は断面構造模式図、図4～図7は各組立過程の平面内観模式図、図8は3相インバータ相（U相）分の主回路の寄生インダクタンスモデル図である。

【0017】

まず、図1で構造概略を説明する。エポキシ樹脂でトランスファモールドされた、大きさ16mm×21mm、厚さ5mmのPKG100を1アーム当たり6PKG、メタルコアプリント回路基板125上の銅パタンに共晶はんだで面実装している。共晶はんだ厚さは約0.1mmである。PKGはIGBT、FWDを各1チップ内蔵した、いわゆる1in1PKGであり、6PKGが並列接続されている。PKG100の定格は600V/60Aであり、結果として、パワー回路全体の定格は600V/400A程度となる。メタルコアプリント回路基板125の厚さは2mmで、大きさは25cm×20cm（概略A4サイズ）である。銅箔パタンの厚さは70μmであり、表面一層のみのパタンである。メタルコアプリント回路基板125上には、さらに、主端子105、制御端子106が面実装されている。主端子の材質はタフピッチ銅、厚さは1.5mmである。主端子105には、

M5ボルト120でPバスバー121、Nバスバー123、U、V、W出力配線124が接続されている。各バスバーの材質はタフピッチ銅、厚さは1.5mmである。Pバスバー121、Nバスバー123は厚さ1mmの絶縁シート122で絶縁されると同時に近接配置されるため、低インダクタンス構造となっている。Pバスバー121、Nバスバー123間にはフィルタコンデンサ126が同じくM5ボルト120で取付けられる。フィルタコンデンサは電解コンデンサであり、直径3cm、高さ2cm、容量1000μFである。フィルタコンデンサ126は4個並列接続されている。制御端子106には、制御電源用トランス128、ゲートドライバー129、電解コンデンサ119、各種のチップ抵抗チップコンデンサ115、マイコン基板116とのインタフェース端子107等が搭載されたゲートドライブ・電源基板114が接続されている。前記U、V、W出力配線1

10

20

30

40

50

24は、本ゲートドライブ・電源基板114上に配置されている。インバータカバー113には、マイコン基板116が取付けボルト(M3)127で取付けられ、インタフェースケーブル108で接続される。マイコン基板116には、マイコン117, 制御IC118, 電解コンデンサ119, 各種のチップ抵抗チップコンデンサ115等が面実装されている。マイコン基板116をインバータカバー113に取付けるメリットは、マイコン117等の熱をインバータカバー113に逃がして、温度上昇を抑えることである。インバータカバー113はM5ボルト112で取付けられている。

【0018】

メタルコアプリント回路基板125裏面はAlダイカスト製水路カバー109で覆われ、パワー回路(PKG100)冷却用水路101, フィルタコンデンサ冷却用水路102が形成される。水路101と水路102はシリーズに接続されている。水路101は、深さ2mm, 幅12cm, 水路102の深さは17mm, 幅3.5cmである。水路カバー109はOリング103を使用して、M6ボルト111で取付けられ、冷却水はシールされる。Oリング103は1.9mmφである。この際、インバータケース110, メタルコアプリント回路基板125, 水路カバー109は、同じ取付け穴を使用して、とも締められる。Oリング103のシールが破られた場合、漏水は前述のようにインバータケース110外へ流れ出る。しかし、ボルト穴のすきま130からケース110へしみ込む可能性は残っている。これを削除するため、本構造において、シールワッシャ104を使用している。以上の構成でインバータの高さは6cm, 大きさはメタルコアプリント回路基板125と同じ大きさの25cm×20cmである。

【0019】

次に、図4～図7を使用して、平面構造を説明する。図4は、メタルコアプリント回路基板125にPKG100, 主端子105, 制御端子106を面実装し、フィルタコンデンサ126を固着した後の内観模式図である。PKG100の裏面は厚さ1.5mmの銅板であり、この銅板はコレクタ電極と放熱板を兼ねている。PKG100の端子403, 404は各々エミッタ, ゲート端子である。この端子403, 404は、各々メタルコアプリント回路基板125のゲートパタン406, エミッタパタンであるNパタン402及びU, V, Wパタン408にはんだ接着されている。なお、PKG100にはゲート抵抗が内蔵されており、並列接続固有の共振を防止している。また、銅箔パタン405はコレクタパタンであり、PKG100は本パタンに面実装される。U, V相のエミッタパタン、V, W相のコレクタパタンは共通化され、パワー回路の面積増大を防止している。フィルタコンデンサ126は、メタルコアプリント回路基板125の絶縁樹脂層に押し付ける構造となっており、放熱を考慮している。また、主端子105は、端子の樹脂層に突起を設け、メタルコアプリント回路基板125に突起用の窪みを設けはめ込むことにより、M5ボルトの締め付けトルクに耐えられる構造としている。この主端子105は、組立性の低下をもたらさなければ、削除して、P, N, U, V, Wバスバーを直接メタルコアプリント回路基板上銅パタンにはんだ接着することも可能である。また、アーム毎にサーミスタ407を面実装して温度検出することにより、加熱保護を行えるようにしている。さらに、各アームのコレクタパタン405には制御端子106を面実装し、コレクタ電圧を検出することにより、短絡保護等の保護を行えるようにしている。

【0020】

図5は、Pバスバー121を主端子105, フィルタコンデンサ126にボルト120で取付けた後の内観模式図である。フィルタコンデンサ126のN端子周囲には絶縁距離確保用に20mmφの穴を設けている。図6は絶縁シート122, Nバスバー123を実装した後の模式図である。図7はゲートドライブ114, U, V, W出力配線124を実装した後の模式図である。ゲートドライブ・電源基板114は制御端子106にスルーホールはんだ接着されている。また、U, V, W出力配線124は、M5ボルト120で取付けられる。以上の構造に、インタフェースケーブル108で、カバー113に取付けられたマイコン基板116を接続して、水路カバー109以外の取付けは完了する。

【0021】

10

20

30

40

50

本構造の特徴は、上述の通り、直冷構造において、漏水による回路部品の被水を防止することである。しかしながら、性能的にも以下の特徴がある。まず熱的には以下の特徴がある。1アームは6並列で構成されている。従って、従来のように、1チップの電流容量が大きく2並列接続等と比べて、大幅に熱源は分散される。並列数を多くして実装面積を増大することは、この理由で、熱抵抗低減のためには有利である。しかしながら、グリースを使用した放熱構造では、基板面積増大により、反りが顕著になり、接触熱抵抗が増大してしまう。そのため、実現に至っていなかった。本構造の場合、直接冷却の為、この問題を削除できる。そのため、本構造のような多数の並列接続が実現できたのである。

【0022】

本構造の水路に、流量 20 L/min の冷却水（エチレングリコール 50 vol %）
10
を通流して、冷却水からIGBTチップジャンクションまでの熱抵抗 $R_{th}(j-w)$
を測定した。結果、 $R_{th}(j-w) = 0.14\text{ K/W}$ となり、十分小さくすることができた。また、従来このような大容量モジュールにメタルコアプリント回路基板125を適用することは、不可能と考えられてきた。銅パタンの厚さが $70\text{ }\mu\text{m}$ 程度と薄い為、電流容量的に不可と考えられてきたからである。しかしながら、本構造のように、メタルコアプリント回路基板125上の銅パタン長さを最小限にするようにレイアウト的に工夫することにより実現できた。例えば、本構造において、PKG100が実装されていないため、銅パタンのみの抵抗が問題となる部分の最大長さは約 4 cm であり、幅は 2 cm である。この部分に3個のPKG100から電流が各々 60 A 流れ込んだとすると、銅パタンの
20
発熱量は 10 W 程度である。この程度の発熱量であれば、熱的には全く問題ない。さらには、エレクトロマイグレーション的にも全く問題無い電流密度である。

【0023】

次に電気的性能の特徴を、図8を使用して説明する。並列接続数を多くした場合の問題は、電流分担のアンバランスにより、電流集中を起こすことである。これは、主として寄生インダクタンスの差によって起こる。図8にU相の寄生インダクタンスモデルを示す。Pバスバーインダクタンス800，N端子インダクタンス810，コレクタ銅パタンインダクタンス801，PKG100内インダクタンス802，803，804，805，エミッタ端子403インダクタンス806，U配線銅パタンインダクタンス807，U端子インダクタンス808，エミッタ銅パタンインダクタンス809から構成されている。以上の寄生インダクタンスの中で、電流アンバランスの原因となるのは、寄生インダクタンス
30
801，807，809である。インダクタンスを算出すると、いずれも 6 nH 程度である。従って、各配線パタン801，807，809において、PKG100間で寄生インダクタンスの差は最大でも 4 nH となる。この程度の差であれば、スイッチング時の電流アンバランスへの影響は無視できる。6並列と並列数を多くしているにもかかわらず、このように小さいアンバランスですんだのは、レイアウトの対照性に考慮したためと、渦電流効果によりインダクタンスが低減されるためである。

【0024】

排水管を封止し、水路に高い水圧を加えることにより、耐漏水性能を検証した。結果、 300 kPa 程度まで漏水しないことを確認できた。例えば、電気自動車への適用を考慮すると、電動ポンプの最大吐出圧力は 50 kPa 程度であり、十分な耐漏水製を確認できた
40
。

【0025】

（実施例2）

図9を使用して第二の実施例について説明する。前記実施例1は、冷却水のシールをリングで実施した場合であった。しかしながら、万が一シールが破れた場合、ボルト穴より、冷却水がケース中にしみ込む可能性があり、防止策として、シールワッシャ104が必要であった。従って、より理想的には、組立性の向上等のために、シールワッシャ等の手段はとらないことが望まれる。本実施例はこのことに対処した実施例である。

【0026】

より確実なシールとするために、メタルコアプリント回路基板904とAlダイカストイ
50

ンバータケース 901 を、溶接箇所 903 で溶接している。溶接法としては、摩擦攪拌による塑性流動を利用した溶接が望まれる。温度の上昇を可能な限り抑制する為である。なお、メタルコアプリント回路基板 904 の樹脂絶縁層は、溶接箇所 903 の内側 2 cm 程度の領域は可能な限り削除している。温度上昇による樹脂の劣化を防ぐ為である。本構造で、万が一 Oリングのシールが破れても、漏水はケース 901 中に侵入することは有り得ない構造とすることができた。インバータ形状、容量、熱的・電氣的な性能等は実施例 1 と同じである。

【0027】

(実施例 3)

第三の実施例を図 12 の断面構造模式図で説明する。従来の水冷インバータ構造、及び上記実施例 1, 2 の構造は、いずれもパワー回路をインバータ底面に配置して水冷する構造であった。従来、IGBT モジュールはシリコングル等の軟質レジンで封止されていた。従って、モジュールをさかさまに実装することは、重力によって封止樹脂が変形する等の懸念があり、あえて行われてこなかった。しかしながら、本発明のように、硬質樹脂であるエポキシ樹脂で封止された

PKG によりパワー回路を構成する場合、パワー回路はインバータ底面に配置する必然性はない。そこで、パワー回路をインバータ上面に配置した場合の実施例である。実施例 1 の場合と同じ基板 125 を AL ダイカストケース 1202 の上面に Oリング 103, シールワッシャ 104 を使用して M6 ボルト 111 で取付けている。本構造に伴い、フィルタコンデンサ 126 は冷却水路上に配置せず、底蓋 1203 上に配置している。この変更により、P, N バスバー 1204,

1206 の形状は平板にでき、インダクタンスを低減することができた。また、水路カバー 1201 は実施例 1 の場合から、フィルタコンデンサ 126 用水路を削除し、よりシンプルな構造とした。PKG 100 冷却用水路 101 の形状は全く同じである。本構造の利点は、上記 P, N バスバー 1204, 1206 の低インダクタンス化と、マイコン 119 温度の低減である。マイコン基板 116 をパワー回路の下方に配置した為、パワー回路の発熱は下方へは伝わりにくい為である。

【0028】

(実施例 4)

第四の実施例を図 13 の断面構造模式図を使用して説明する。これまでの実施例において、パワー回路である PKG 100 を冷却する水路の形状は幅 12 cm, 深さ 2 mm であった。この水路に 20 L/min. の冷却水を流した場合、平均流速は 1.4 m/s である。冷却性能を向上させる場合、冷却水の流速を増大させることが知られている。しかしながら、冷却水の流速を増大させる為に、流量を増大させることは、冷却水を循環させるポンプの体格を増大させることになり、電気自動車等、インバータの設置スペースに厳しい制約がある場合、好ましくない。そこで、本実施例では、流速を増大させる為、流路の幅を狭くした。すなわち、上記実施例ではひとつの流路であったが、主端子領域にスペース 1303 を設け、往復 2 流路 1302 とした。流路 1302 は幅 5 cm, 深さ 2 mm である。よって、本実施例において、20 L/min. の冷却水を流した場合、平均流速は 3.4 m/s である。実施例と同じ、エチレングリコール 50 vol% 溶液、温度 60 の冷媒 20 L/min. 通流し、 $R_{th}(j-w)$ を測定すると、0.1 K/W と、実施例 1 に比べ、約 0.7 倍となった。

【0029】

以下、二つの実施例は、パワー回路である、PKG 100, 主端子 105, 制御端子 106 の配置を変えた場合の実施例である。図 10, 図 11 とともに、PKG 100, 主端子 105, 制御端子 106 を面実装したメタルコアプリント基板の平面模式図を示している。

【0030】

(実施例 5)

図 10 を使用して第五の実施例について説明する。図 10 において、制御端子 106 は、ゲート、及び、制御エミッタ端子のみを記載しており、その他の制御端子、及び、サーミ

10

20

30

40

50

スタは省略している。本実施例は、実施例 1 よりも、さらに低インダクタンスに配慮した実施例である。実施例 1 において、コレクタ端子 105 は P K G 100 と同列の並びに存在していた。本実施例では、コレクタ端子 105 は P K G 100 の並びから外し、コレクタパタン銅箔 1003 の長さを低減すると同時に、幅を 4 cm と増大している。この結果、図 8 の銅箔パタンインダクタンス 801 は、電流の流れかたが変化する効果も含めて、4 nH と実施例 1 より低減することができた。従って、さらに電流アンバランスに対する耐量は向上できる。欠点は、実施例 1 と比べて、インバータの大きさが増大することである。長手方向は 3 cm 増大し、28 cm となった。

【0031】

(実施例 6)

図 11 を使用して第六の実施例について説明する。実施例 5 と同じく、サーミスタ、ゲート、制御エミッタ以外の制御端子は省略している。実施例 1, 5 において、主端子は、P K G 100 レイアウトの対照性、及び、メタルコアプリント基板上の銅箔パタンの抵抗を考慮して、各 3 個の P K G の中央に配置している。このため、ゲートドライブ・電源基板の大きさは、インバータサイズの半以下にしなければならない。そこで、本実施例では、上記利点を犠牲にして、P, N, U, V, W 端子を P K G 100 群の両端に配置した。本構造で、ゲートドライブ・電源基板面積は上記実施例の倍にできた。この結果、上記実施例では別基板にしていたマイコン基板を、ゲートドライブ・電源基板と同一基板にできた。

【0032】

以上述べた実施例によれば、A1 板表面に絶縁樹脂層を介して銅箔を圧着し、回路パタンを形成するメタルコアプリント回路基板に、I G B T, F W D を封止した P K G を面実装し、インバータのパワー回路を形成する。インバータケース底面全体を、このメタルコアプリント回路基板で封止する。さらに、メタルコアプリント回路基板裏面に、水路カバーをリング等のシール手段で取付け、メタルコアプリント回路基板裏面を直接水冷する水路を形成する。本構造で、リングのシールが破れても、冷却水はインバータケース中に浸入する可能性をより低くすることが出来る。

【0033】

また、以上述べた各実施例によれば、パワー回路を構成する P K G が面実装されたメタルコアプリント回路基板でインバータケース底面全体を封止し、本メタルコアプリント回路基板裏面に直接冷却水を当ててパワー回路を冷却する。これにより、冷却水シールが破れても、漏水はインバータケース中に浸入する可能性をより低くすることが出来る。そのため、回路部品の被水を防止する効果がある。また、インバータを構成するパワー回路を、1 アーム当たり複数の P K G で構成することは、熱源の分散により直接水冷をより有効にして低熱抵抗化できる。また、大面積化に伴う歩留り低下を防止することができる。

【0034】

【発明の効果】

本発明によれば、直接水冷であり、冷却水漏水時に高電圧部が被水する可能性をより低減することが出来るインバータ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】基本構造を示す断面構造模式図。

【図 2】構造模式図（間接水冷）。

【図 3】構造模式図（直接水冷）。

【図 4】平面模式図（制御基板、バスバー搭載前）。

【図 5】平面模式図（P バスバー搭載後）。

【図 6】平面模式図（N バスバー搭載後）。

【図 7】平面模式図（ゲートドライブ・電源基板、U, V, W 配線搭載後）。

【図 8】パワー回路（一相）の寄生インダクタンスを含んだ等価回路。

【図 9】一実施例の断面構造模式図。

【図 10】一実施例の銅箔回路パタン模式図。

10

20

30

40

50

【図 1 1】一実施例の銅箔回路パターン模式図。

【図 1 2】一実施例の断面構造模式図。

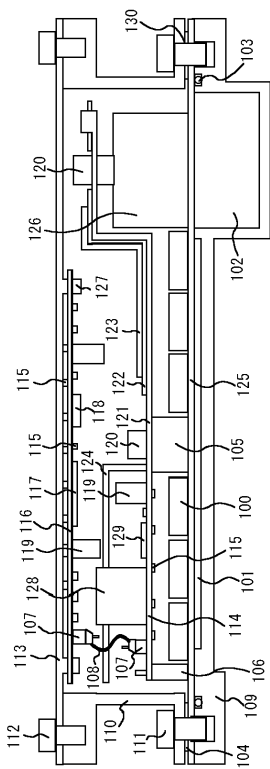
【図 1 3】一実施例の断面構造模式図。

【符号の説明】

1 0 0 ... F W D 内蔵 I G B T パッケージ (P K G)、1 0 1、1 3 0 2 ... パワー回路冷却用水路、1 0 2 ... フィルタコンデンサ冷却用水路、1 0 3、3 0 2 ... O リング、1 0 4 ... シールワッシャ、1 0 6 ... 制御端子、1 0 7 ... コネクタ (インターフェイス端子)、1 0 8 ... 制御基板間接続ケーブル (インターフェイスケーブル)、1 0 9、2 0 4、3 0 8、9 0 2、1 2 0 1、1 3 0 1 ... 水路カバー、1 1 0、2 0 3、3 0 1、9 0 1、1 2 0 2 ... インバータケース、1 1 2、2 1 0 ... 筐体、カバー締結ボルト (M 5 ボルト)、1 1 3、2 0 9 ... インバータカバー、1 1 4 ... ゲートドライブ・電源基板、1 1 5 ... チップ抵抗、チップコンデンサ、1 1 6 ... マイコン基板、1 1 7 ... マイコン、1 1 8 ... 制御 I C、1 2 0 ... 主端子・バスバー締結ボルト (M 5)、1 2 1、1 2 0 4 ... P バスバー、1 2 2、1 2 0 5 ... 絶縁シート、1 2 3、1 2 0 6 ... N バスバー、1 2 4 ... 出力配線、1 2 5、9 0 4、1 0 0 1、1 1 0 1 ... メタルコアプリント回路基板、1 2 6 ... フィルタコンデンサ、1 2 7 ... 取付けボルト (M 3)、1 2 8 ... トランス、1 2 9 ... ゲートドライバー、1 3 0 ... 漏水懸念箇所 (すきま)、2 0 1 ... グリース、2 0 2 ... フィン、2 0 5、3 0 0 ... I G B T モジュール、2 0 6 ... 金属 (銅) ベース、2 0 7、3 0 6 ... 冷却水路、2 0 8 ... モジュール取付けボルト、2 1 1 ... 水路カバー・筐体取付けボルト、3 0 4 ... 銅フィン、3 0 5 ... フィン付銅ベース (金属ベース)、3 0 7 ... I G B T モジュール冷却用開口部、4 0 1 ... カバー取付けボルト穴、4 0 2 ... 銅箔パターン (エミッタパターン、N パターン)、4 0 3 ... エミッタ端子、4 0 4 ... ゲート端子、4 0 5、1 0 0 3 ... 銅箔パターン (コレクタパターン)、4 0 6 ... 銅箔パターン (ゲートパターン)、4 0 7 ... サーミスタ、4 0 8 ... 銅箔パターン (U、V、W パターン)、8 0 0 ... P バスバーインダクタンス、8 0 1 ... 銅箔パターン (P 配線) インダクタンス、8 0 2、8 0 3、8 0 4、8 0 5 ... P K G 1 0 0 内インダクタンス、8 0 6 ... エミッタ端子インダクタンス、8 0 7 ... U 配線銅パターンインダクタンス、8 0 8 ... U 端子インダクタンス、8 0 9 ... N バスバーインダクタンス、8 1 0 ... N 端子インダクタンス、9 0 3 ... 溶接箇所、1 2 0 3 ... インバータ底蓋、1 3 0 3 ... 冷却水路スペーサ。

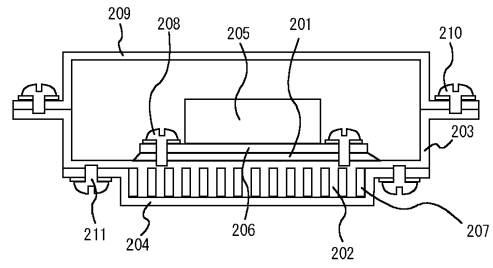
【図 1】

図 1



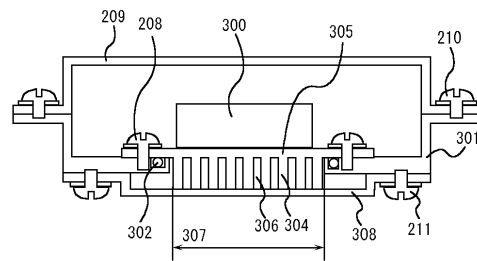
【図 2】

図 2



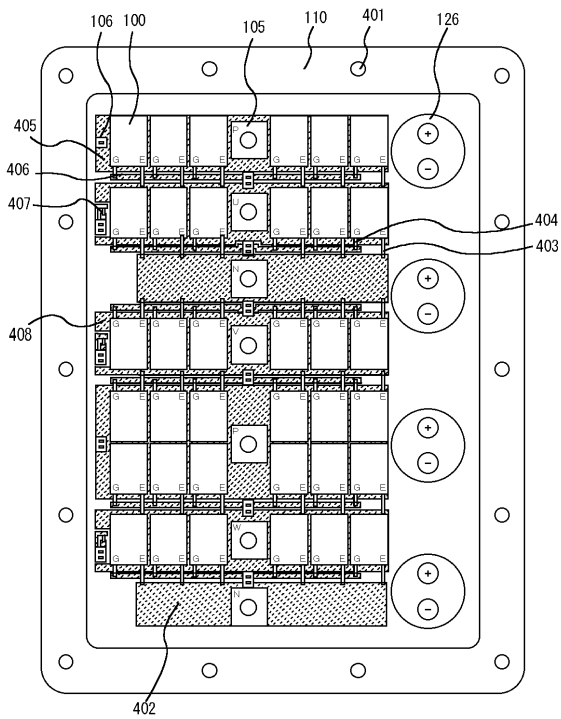
【図 3】

図 3



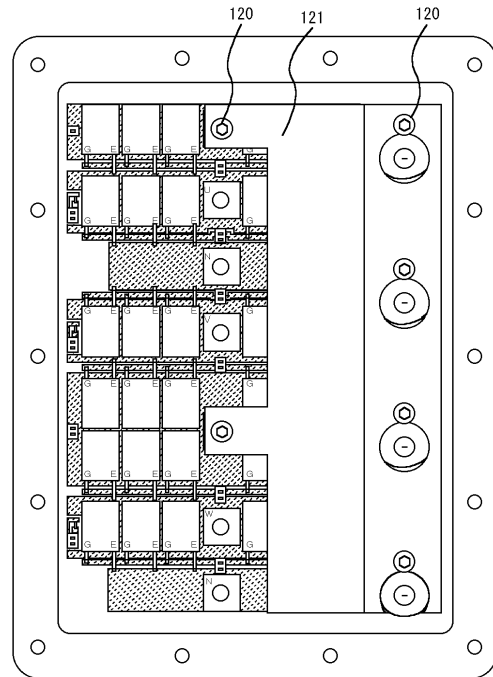
【図 4】

図 4



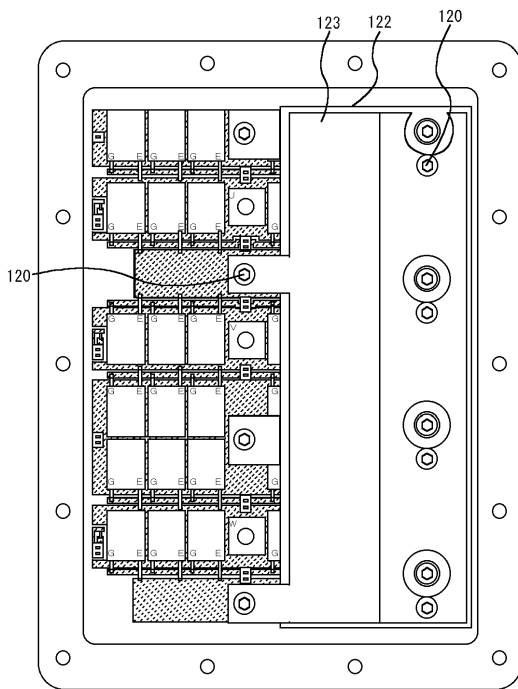
【図 5】

図 5



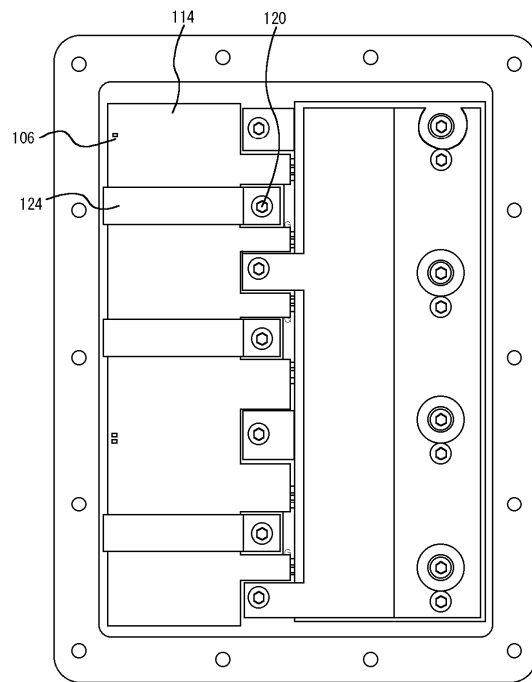
【図 6】

図 6



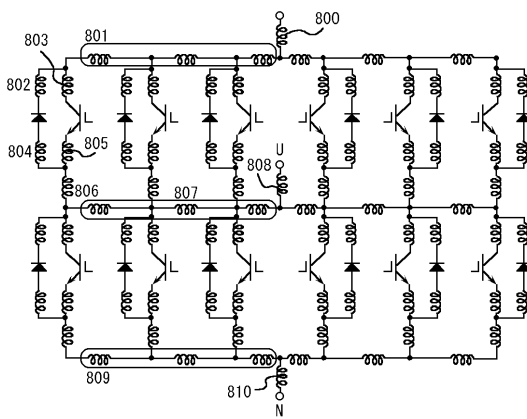
【図 7】

図 7



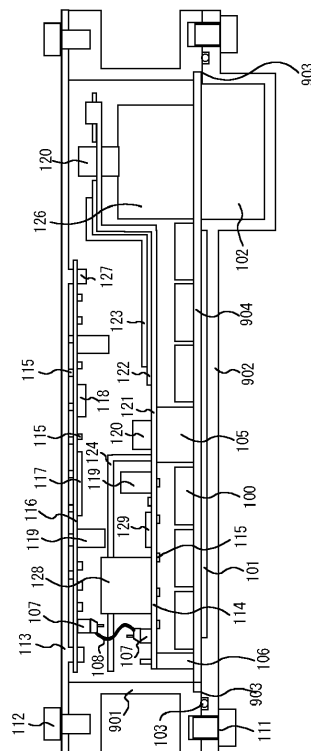
【図 8】

図 8



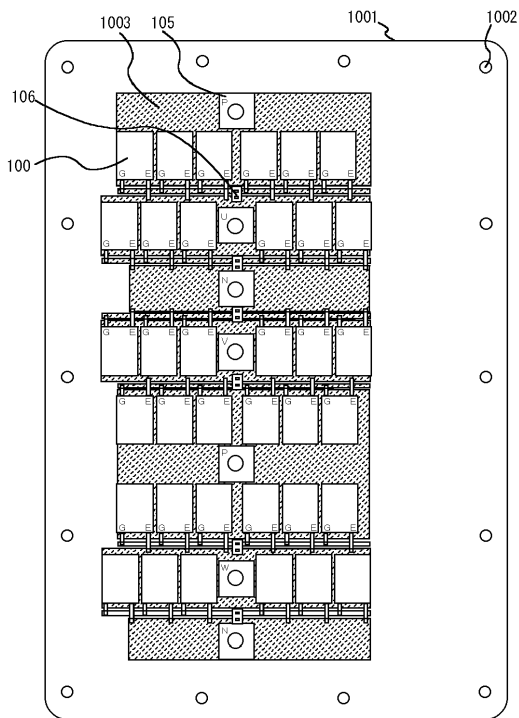
【図 9】

図 9



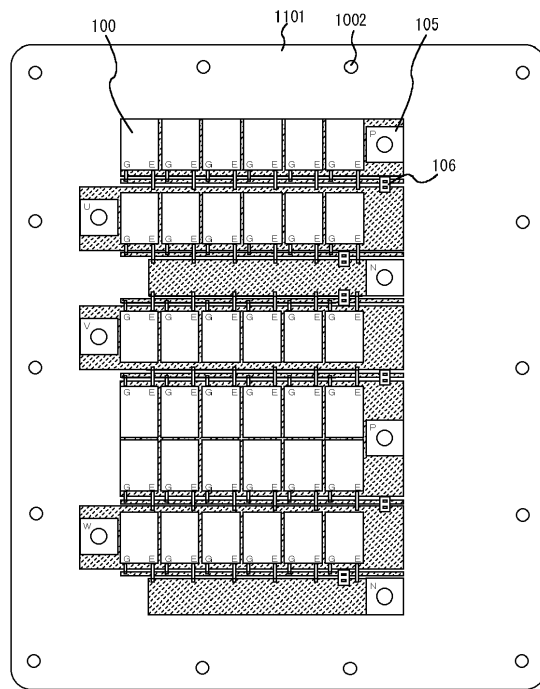
【 図 1 0 】

図 10



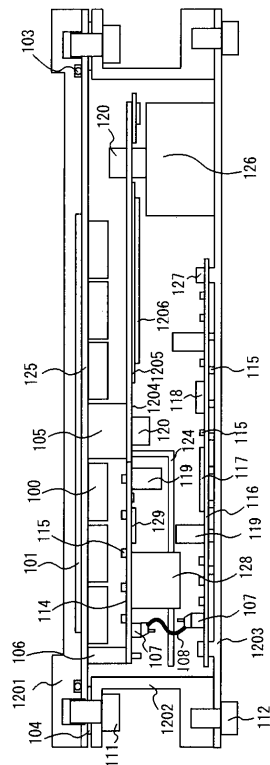
【 図 1 1 】

11



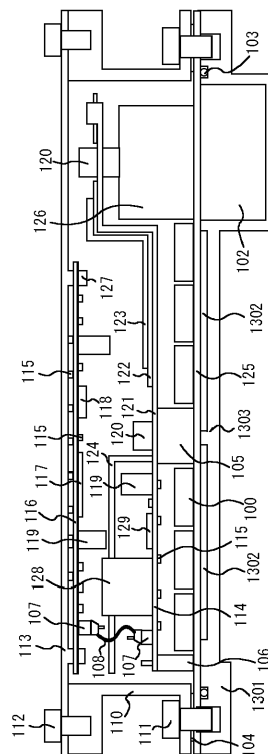
【 図 1 2 】

図 12



【 図 1 3 】

图 13



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 隆一

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

F ターム(参考) 5F036 AA01 BA10 BB01 BB41 BC03
5H007 AA06 BB06 CA01 HA04 HA06