

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4128645号  
(P4128645)

(45) 発行日 平成20年7月30日(2008.7.30)

(24) 登録日 平成20年5月23日(2008.5.23)

(51) Int.Cl.

F 1

HO2P 27/06 (2006.01)

HO2P 7/63 302C

HO2J 7/00 (2006.01)

HO2J 7/00 P

HO2M 7/537 (2006.01)

HO2M 7/537 Z

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平10-4211

(22) 出願日

平成10年1月12日(1998.1.12)

(65) 公開番号

特開平11-206183

(43) 公開日

平成11年7月30日(1999.7.30)

審査請求日

平成16年10月4日(2004.10.4)

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100074631

弁理士 高田 幸彦

(74) 代理人 100083389

弁理士 竹ノ内 勝

(72) 発明者 山村 博久

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 自動

車機器事業部内

(72) 発明者 正木 良三

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】回転電機内蔵用インバータ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

前記正極板と並べて配置され、前記正極板と同様の向きで一方の面と他方の面とを有する負極板と、

発生した熱が前記正極板の他方の面から前記正極板に伝達されて前記正極板の一方の面を介して放熱されるように、前記正極板の他方の面に高電位側が密着して配置されたSiC組成材を用いた第1のSiT型半導体と、

発生した熱が前記負極板の一方の面から前記負極板に伝達されて前記負極板の他方の面を介して放熱されるように、前記負極板の一方の面に低電位側が密着して配置されたSiC組成材を用いた第2のSiT型半導体と、

前記第1の半導体の低電位側と前記第2の半導体の高電位側とを接続する導体と、

前記第1の半導体の低電位側と前記第2の半導体の高電位側とを接続する前記導体を回転電機に接続するための端子とを備え、この構成により前記第1と第2の半導体が直列回路を構成し、

前記直列回路が3組並列に接続され、

並列接続された前記3組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

## 【請求項 2】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

10

20

前記正極板と並べて配置され、前記正極板と同様の向きで一方の面と他方の面とを有する負極板と、

前記正極板の他方の面にコレクタが密着して配置され、これにより発生した熱が前記正極板の他方の面から前記正極板に伝達されて前記正極板の一方の面を介して放熱される熱伝導路が形成されると共に、前記正極板の他方の面とコレクタとが電気的に接続されるS i C組成材を用いた第1のS I T型トランジスタと、

前記負極板の一方の面にエミッタが密着して配置され、これにより発生した熱が前記負極板の一方の面から前記負極板に伝達されて前記負極板の他方の面を介して放熱される熱伝導路が形成されると共に、前記負極板の一方の面とエミッタとが電気的に接続されるS i C組成材を用いた第2のS I T型トランジスタと、

前記第1のトランジスタのエミッタと前記第2のトランジスタのコレクタとを接続する導体と、

前記第1のトランジスタのエミッタと前記第2のトランジスタのコレクタとを接続する前記導体を回転電機に接続するための端子とを備え、この構成により前記第1と第2のトランジスタが直列回路を構成し、

前記直列回路が3組並列に接続され、

並列接続された前記3組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

#### 【請求項3】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

前記正極板と対向し、前記正極板側が一方の面でその反対側が他方の面となる位置関係で配置された負極板と、

前記正極板と前記負極板との間に配置され回転電機に接続するための中間端子体と、

前記正極板の他方の面に高電位側が密着し、前記中間端子体に低電位側が密着して配置されたS i C組成材を用いた第1のS I T型半導体と、

前記負極板の一方の面に低電位側が密着し、前記中間端子体に高電位側が密着して配置されたS i C組成材を用いた第2のS I T型半導体とを備え、この構成により前記第1と第2の半導体が直列回路を構成し、

前記直列回路が3組並列に接続され、

並列接続された前記3組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

#### 【請求項4】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

前記正極板と対向し、前記正極板側が一方の面でその反対側が他方の面となる位置関係で配置された負極板と、

前記正極板と前記負極板との間に配置され回転電機に接続するための中間端子体と、

前記正極板の他方の面にコレクタが密着し、前記中間端子体にエミッタが密着して配置されたS i C組成材を用いた第1のS I T型トランジスタと、

前記負極板の一方の面にエミッタが密着し、前記中間端子体にコレクタが密着して配置されたS i C組成材を用いた第2のS I T型トランジスタとを備え、この構成により前記第1と第2のトランジスタが直列回路を構成し、

前記直列回路が3組並列に接続され、

並列接続された前記3組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

#### 【請求項5】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

前記正極板と並べて配置され、一方の面と他方の面とを有する負極板と、

発生した熱が前記正極板の他方の面から前記正極板に伝達されて前記正極板の一方の面を介して放熱されるように、前記正極板の他方の面に高電位側が密着して配置されたS i C組成材を用いた第1の半導体と、

10

20

30

40

50

発生した熱が前記負極板の一方の面から前記負極板に伝達されて前記負極板の他方の面を介して放熱されるように、前記負極板の一方の面に低電位側が密着して配置された SiC 組成材を用いた第 2 の半導体と、

前記第 1 の半導体の低電位側と前記第 2 の半導体の高電位側とを接続する導体と、

前記第 1 の半導体の低電位側と前記第 2 の半導体の高電位側とを接続する前記導体を回転電機に接続するための端子とを備え、この構成により前記第 1 と第 2 の半導体が直列回路を構成し、

前記直列回路が 3 組並列に接続され、

並列接続された前記 3 組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

10

#### 【請求項 6】

一方の面と他方の面とを有する正極板と、

前記正極板と並べて配置され、一方の面と他方の面とを有する負極板と、

前記正極板の他方の面にコレクタが密着して配置され、これにより発生した熱が前記正極板の他方の面から前記正極板に伝達されて前記正極板の一方の面を介して放熱される熱伝導路が形成つれると共に、前記正極板の他方の面とコレクタとが電気的に接続される SiC 組成材を用いた第 1 のトランジスタと、

前記負極板の一方の面にエミッタが密着して配置され、これにより発生した熱が前記負極板の一方の面から前記負極板に伝達されて前記負極板の他方の面を介して放熱される熱伝導路が形成されると共に、前記負極板の一方の面とエミッタとが電気的に接続される SiC 組成材を用いた第 2 のトランジスタと、

20

前記第 1 のトランジスタのエミッタと前記第 2 のトランジスタのコレクタとを接続する導体と、

前記第 1 のトランジスタのエミッタと前記第 2 のトランジスタのコレクタとを接続する前記導体を回転電機に接続するための端子とを備え、この構成により前記第 1 と第 2 のトランジスタが直列回路を構成し、

前記直列回路が 3 組並列に接続され、

並列接続された前記 3 組の直列回路にさらに並列接続されるコンデンサを備えている回転電機内蔵用インバータ。

#### 【発明の詳細な説明】

30

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、回転電機、特に電気車の電動機に内蔵して用いられるための損失、冷却、小型化等の面を考慮した回転電機内蔵用インバータに関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

電気車、特に電気自動車においては、航続距離の向上から効率の良い駆動システムが要求されており、堅牢な誘導電動機に代わって小型化・高効率を図るために永久磁石を用いた同期電動機が多用されており、さらに、インバータが電動機に内蔵される方向に進んできている。そして、電動機を含む回転電機の小型化を損なわずにインバータを内蔵する技術が開発されている。

40

#### 【0003】

すなわち、内蔵して用いられる従来技術のインバータとしては、SiC 半導体の低損失化を活かして SiC 半導体からなる 3 相全波整流器を車両用交流発電機の後端壁以外の部位へ固定することができるようにして内蔵する車両用交流発電機用のインバータが、特開平 8-336268 公報に開示されている。

また、インバータを電動機に内蔵した従来技術のインバータ内蔵形回転電機としては、ヒートシンクを介して電動機とコントローラ(含むインバータ)を一体にして内蔵する技術が、特開平 5-292703 号公報に開示されている。

#### 【0004】

50

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術の回転電機内蔵用インバータおよびインバータ内蔵形回転電機には、小形化することが困難であるという共通の問題がある。

即ち、インバータとしては、インバータ主回路の素子としてSi(シリコン)を用いた半導体が用いられており、その熱損失が大きく半導体の耐熱保護の面から設ける冷却フィン寸法に制約がある。具体的には、IGBTと呼称されている半導体、または、上記特開平8-336268公報に記載のSiC半導体の接合部の許容温度値が155位にあるため、冷却フィンを小形化するには限度がある。逆に、インバータの使用温度環境が高くなればなるほど冷却フィン寸法は大きくなる。

【0005】

10

一方、インバータを内蔵する回転電機としては、回転電機の内部が150～180位になり、インバータ、即ち、半導体の冷却を考慮すると、小型化を損なわずに内蔵することが難しいという問題がある。特に、内燃機関と電動機を使用したハイブリッドシステムカーの場合の電動機では、エンジンの発熱の影響を受けるためインバータの温度環境は200前後となるので、高温動作可能でかつ低損失なインバータが要望され、この点からも小型化を損なわずにインバータを電動機に内蔵する技術の必要に迫られている。

【0006】

従って、本発明の目的は、冷却フィンを小形化できる回転電機内蔵用インバータを提供することにある。

また、他の目的は、回転電機内蔵用インバータを内蔵しつつ小型化したインバータ内蔵形回転電機を提供することにある。

20

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明による回転電機内蔵用インバータの特徴は、複数個の半導体モジュールを含み形成されたインバータ回路を回転電機に内蔵して成る回転電機内蔵用インバータであって、前記半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードは、 $T_j = 160$ 以上～300以下のジャンクション温度特性を有している点にある。

そして、前記パワートランジスタは、SiC組成材を用いたSiT形半導体から成り、前記ダイオードは、SiC組成材を用いたSiC形ダイオードから成ることが望ましい。

【0008】

30

また、本発明によるインバータ内蔵形回転電機の特徴は、複数個の半導体モジュールにより形成されたインバータを内蔵するインバータ内蔵形回転電機であって、前記インバータの前記半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードは、 $T_j = 160$ 以上～300以下のジャンクション温度特性を有しているところにある。

そして、前記半導体モジュールの前記パワートランジスタおよび前記ダイオードの前記 $T_j$ を、220以上～300以下の範囲とすることが望ましい。更に、前記半導体モジュールは、前記インバータ内蔵形回転電機のステータコイルエンド近傍に配設されていることが好ましい。

【0009】

40

本発明によれば、インバータ回路を形成する半導体モジュールのジャンクション温度特性が高いので、同一使用温度環境であれば冷却フィン寸法は従来より小さくすることができ小形化に結び付く回転電機内蔵用インバータが提供される。

また、耐熱性を向上した回転電機内蔵用インバータを、回転電機内部の比較的空いている高温雰囲気スペースに、例えば、ステータコイルエンド近傍に内蔵することにより、スペース効率の向上を図ってインバータ内蔵形回転電機の小形化が達成される。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

まず、本発明による回転電機内蔵用インバータの第1の実施例について、図1～図6を参照して説明する。

50

図1は、本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータを示す正面図である。回転電機内蔵用インバータの一例としてのインバータ1aを示している。

図2は、図1の回転電機内蔵用インバータを示す側面図である。即ち、図1のQ矢視図である。

【0011】

図1、図2において、インバータ1aは、u、v、w端子をそれぞれ突き出している3個の半導体モジュールとしてのモジュール33(33a,33b,33c)と、該各モジュール33をボルト20及びナット21を介して電気的に接続しつつ圧接挟持する円環形状の正極板15及び負極板16と、各モジュール33のゲート端子に電気接続している信号線(G端子)24aと、正・負極板15,16に電気接続している電源線(正極のP端子及び負極のN端子)26とから構成される。 10

【0012】

尚、正・負極板15,16は、モジュール33、即ち、半導体を冷却するために設けられる冷却フィンを兼用しているものである。そして、本実施例では冷却フィンとしての正・負極板15,16を一体形の円環形状としたが、冷却フィンを3個にそれぞれ分割し、即ち、正・負極板を3個にそれぞれ分割してなる3個の分割した半導体モジュールから構成して、該半導体モジュールから形成されるインバータ(図示省略)であっても可である。

【0013】

一方、図3は、本発明による一実施例のモジュールを示す断面図である。そして、図4は、図3のモジュールの回路構成図である。 20

図3、図4において、モジュール33は、即ち、モジュール33a,33b,33cは、2個のパワートランジスタ38(以下、パワトラ38)と、2個のダイオード39と、コレクタ35と、エミッタ36と、中間端子体37と、2個のゲート32(含むゲート電線32a及びゲート電極32b)と、成形体31とから構成される。所謂、モジュール33は、2つのパワトランジスタと2つのダイオードからインバタ回路を形成する構造のものであり、図示した内部回路で構成されている。そして、コレクタ35と、一方のパワトラ38及びダイオード39の対と、中間端子体37と、他方のパワトラ38及びダイオード39の対と、エミッタ36とを順に積層し、成形体31にて一体に組付けた半導体モジュールの構造である。

【0014】

なお、インバタ回路に用いられる半導体モジュールは、2つのダイオードを含まず2つのパワトランジスタだけにて構成することも可である。さらに、前述の分割した構成のインバタであれば、上記のコレクタ35及びエミッタ36を、冷却フィンとしての正・負極板と兼用した半導体モジュールから構成して、該半導体モジュールから形成されるインバタ(図示省略)とすることも可である。 30

【0015】

更に、図1～図3に示すように、モジュール33a,33b,33cは、圧接挟持する導電体であり且つ熱良導体(例えば、アルミ板)としての正極板15及び負極板16に、コレクタ35の正極側接触面(点)15s及びエミッタ36の負極側接触面(点)16sを介して電気的に接続されていると同時に、モジュール33内の半導体としてのパワトラ38及びダイオード39で発生する熱をコレクタ35及びエミッタ36を経て正極板15及び負極板16から放散している。そして、該正極板15及び負極板16に接続された電源線26から、各電極のP端子及びN端子が取り出されている。また、モジュール33(33a,33b,33c)の信号線24aに接続されるゲート32から、G端子が取り出されている。更に、2個のパワトラ38の中立点としての中間端子体37から、u端子(及びv,w端子)が取り出されている。 40

【0016】

なお、本実施例のモジュール33の各u,v,w端子は、後述する同期電動機30のステータコイル3との直接接続が可能である構造としている。また、3相交流の場合として、3個のモジュール33を用いている。さらに、インバータ1aの形状は、ステータコイルエンドに沿って行われる配設が容易に可能とするために円環形状(含む半円環形状や馬蹄形状)から成っていて、同期電動機30の空きスペースの有効活用を促進している。

【0017】

10

20

30

40

50

そして、本発明による回転電機内蔵用インバータの特徴とする構成は、半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードが、 $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有している点にある。

上記の $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有する半導体モジュールについて説明する。図5は、本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータに用いられる半導体モジュールのジャンクション温度特性を示す図である。縦軸はもれ電流(A)を、横軸はジャンクション温度 $T_j$ ( $^{\circ}\text{C}$ )を示し、モジュール温度に対するもれ電流の変化状態を表わしている。

#### 【0018】

図5において、図3に示した本発明品(例えば、SiC-SiT)の半導体モジュール(すなわち、内部の半導体としてのパワートランジスタ及びダイオード)は、約230  $^{\circ}\text{C}$  の近辺においてもれ電流値が急増し、所謂、もれ電流が発生していることが分かる。これに対して、従来品(例えば、Si-IGBT, SiC-MOSFET)の半導体モジュールは、約155  $^{\circ}\text{C}$  の近辺からもれ電流が発生していることが分かる。従って、半導体モジュールの接合部の許容温度値(保証温度値)としてのジャンクション温度 $T_j$ が高くなっている、図5に示す本発明品の半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードは、 $T_j = 230$   $^{\circ}\text{C}$  のジャンクション温度特性を有している。これに対し従来品は、 $T_j = 155$   $^{\circ}\text{C}$  のジャンクション温度特性を有している。尚、現時点の従来品の $T_j$ は、160  $^{\circ}\text{C}$  未満である。

#### 【0019】

さらに、具体的な例として、 $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有する半導体モジュールのパワートランジスタ38は、SiC組成材を用いたSiT形半導体から構成される。また、ダイオード39は、SiC組成材を用いたSiC形ダイオードから構成されている。従って、SiC組成材を用いたSiT形半導体のパワートランジスタ38と、SiC形ダイオードのダイオード39とから構成される半導体モジュールとしての、本第1の実施例に取り上げたモジュール33は、SiC形モジュールである。

#### 【0020】

なお、最近の各種検討によって、 $T_j = 160$  以上～300 以下の範囲にある半導体としてのパワートランジスタ及びダイオードが得られている。さらに、 $T_j = 300$   $^{\circ}\text{C}$  を越える半導体(含む半導体モジュール)を得ることも可能であるが回転電機用の半導体(含む半導体モジュール)としては、(1)回転電機の実用限界温度を越える、(2)ウェハーの歩留まりが悪化する、(3)生産性が悪く高価になる、(4)大形化するなどの点から、 $T_j = 300$   $^{\circ}\text{C}$  を越えることは好ましくない。

また、SiC組成材以外の他の材料を採用したワイドギャップ形半導体にて、 $T_j = 160$  以上～300 以下の範囲にある半導体モジュールを作成できることを把握している。

#### 【0021】

そして、上記の $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有したパワートランジスタ及びダイオード(または、パワートランジスタのみ)から構成された半導体モジュールによって形成されたインバータ回路を有する回転電機内蔵用インバータは、同一使用温度環境の場合においては、冷却フィン寸法を従来より小さくすることができる。換言すれば、従来品の $T_j = 155$   $^{\circ}\text{C}$  に比べて、 $T_j = 230$   $^{\circ}\text{C}$  とした本実施例のインバータの場合であれば、冷却フィン寸法を小さくした分だけ温度上昇しても耐えられることになり、冷却フィンとしての正・負極板15, 16が小形化されることになる。さらに、 $T_j = 230$   $^{\circ}\text{C}$  である本実施例の半導体モジュールを用いた回転電機内蔵用インバータであれば、耐熱性を有しているので、回転電機の内部が150  $^{\circ}\text{C}$  ～180  $^{\circ}\text{C}$  位になる場合であっても内蔵する事が十分に可能であり、さらにまた、例えば、回転電機の冷却ファンを大きくすることもなく内蔵することができるという効果が得られる。

#### 【0022】

従って、複数個の半導体モジュールを含み形成されたインバータ回路を回転電機に内蔵して成る回転電機内蔵用インバータであって、半導体モジュールを構成するパワートランジ

10

20

30

40

50

スタ及びダイオードは、 $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有している本発明による回転電機内蔵用インバータの構成であれば、耐熱性が向上し、冷却フィン寸法や回転電機の小形化に結び付けることができる。また、複数個の半導体モジュールを含み形成されたインバータ回路を回転電機に内蔵して成る回転電機内蔵用インバータであって、半導体モジュールを構成するパワートランジスタは、 $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有している回転電機内蔵用インバータであっても、上記と同様な効果が得られることは明らかである。

#### 【0023】

一方、SiC組成材を用いたSIT形半導体のパワートランジスタ38は、前述のように高温動作可能であることに加えて、低損失である、即ち、発熱量が少ないことが判明した。  
図6は、本発明による一実施例の半導体モジュールを構成するパワートランジスタの定格電圧 $V_{CE}$ (コレクタ・エミッタ間の定格電圧)に対するオン抵抗特性を示す図である。縦軸はオン抵抗( $\text{m} \cdot \text{cm}^2$ )を、横軸は定格電圧 $V_{CE}$ (V)を示し、図5に示した本発明品(SiC-SIT)の $T_j = 230$  のジャンクション温度特性を有しているパワートランジスタのオン抵抗特性を、従来品(Si-IGBT, SiC-MOSFET)のオン抵抗特性と比べて表わしている。

10

#### 【0024】

図6において、本発明品のSiC組成材を用いたSIT形半導体としてのパワートランジスタは、従来品のパワートランジスタに比べて、定格電圧 $V_{CE}$ の広い範囲に亘って、オン抵抗が小さいことが分かる。

20

具体的には、本実施例の回転電機内蔵用インバータを電気車用の永久磁石形同期電動機に用いて、定格電圧 $V_{CE} = 600\text{V} \sim 3000\text{V}$ の範囲と、スイッチング周波数 $10\text{kHz} \sim 100\text{kHz}$ の範囲とで動作させると、半導体モジュールの順方向飽和電圧が、従来形半導体モジュール(例えば、IGBTモジュール)の $1/6$ の $0.3\text{V}$ とすることが可能で、低熱損失化されることが判明した。

また、本実施例の回転電機内蔵用インバータを、車両用交流発電機(定格電圧 $V_{CE} = 24 \sim 100\text{V}$ の範囲)に採用しても、同様の低熱損失効果が得られることは、図6から明らかに理解できる。

#### 【0025】

したがって、パワートランジスタ38が、SiC組成材を用いたSIT形半導体から成る半導体モジュールにより形成されたインバータ回路を有する回転電機内蔵用インバータは、高耐熱性と低熱損失性とを備えるので、さらに、冷却フィンを小形化すると言える。即ち、回転電機の小型化を損なわずインバータを該回転電機に内蔵することができ、回転電機の小形化に結び付く回転電機内蔵用インバータが提供される。

30

#### 【0026】

次に、図7～図9を参照して第2の実施例について説明する。

図7は、本発明による他の実施例の回転電機内蔵用インバータを示す正面図である。回転電機内蔵用インバータとしての一体型インバータ1bを示している。図8は、図7の回転電機内蔵用インバータを示す側面図である。即ち、図7のR矢視図である。

40

#### 【0027】

図7,図8において、一体型インバータ1bは、u,v,w端子をそれぞれに有する3個の半導体モジュールとしてのモジュール13(13a,13b,13c)と、3個のコンデンサ14(14a,14b,14c)と、各モジュール13と各コンデンサ14をボルト20及びナット21を介して電気的に接続しつつ圧接挿持する円環形状の正極板15及び負極板16と、各モジュール13に電気接続している信号線(Co端子)24bと、正・負極板15,16に電気接続している電源線(P及びN端子)26とから構成される。尚、第1と第2の実施例にて表示した同一符号は、同一構成を表わしている。

#### 【0028】

また、図9は、図7の一体型インバータ1bのモジュール13の回路構成図である。図9において、モジュール13は、所謂2素子イン1インテリジェントモジュールと呼称される構

50

造のものであり、3個のうちの一つのモジュール13aは、2個のパワートランジスタ(以下、パワトラ)18aと、2個のダイオード19aと、1個のインテリジェントドライバ(以下、ドライバ)17aとから、図示した内部回路で構成されている。

【0029】

そして、図7～図9に示すように、モジュール13aとコンデンサ14aとは、圧接挿持する導電体としての正極板15及び負極板16自身を介して、正極側接触点15s及び負極側接触点16sにて電気的に接続し、正極板15及び負極板16に接続した電源線26を介してそれぞれのP端子及びN端子が取り出されている。本実施例の場合も、正・負極板15,16は、半導体を冷却するために設けられる冷却フィンを兼用しているものである。また、ドライバ17aからは、信号線24のCo端子が取り出され、更に、2個のSIT18aの中立点からは、u端子が取り出されている。10

尚、モジュール13b及び13cの構成はモジュール13aと同様である。

【0030】

すなわち、第2の実施例の一体型インバータ1bの第1の実施例のインバータ1aとの構成の違いは、パワトラ18とダイオード19とドライバ17とを一体に成形したモジュール13と、平滑用のコンデンサ14とを、正極板15及び負極板16によって圧接挿持して、一体にして組み立てた点にある。

尚、ドライバ17は、1チップドライバIC(集積回路)から構成されていて、このドライバ17を、2つのパワートランジスタ(本実施例ではパワトラ18)及び2つのダイオード(本実施例ではダイオード19)と一体にしてインバータ回路を形成した構成のそのものは、公知技術であり、図示説明は省略する。また、一体型インバータ1bは一体形状であるので、ドライバ17及びコンデンサ14は、パワトラ18やダイオード19と同等の耐熱性(即ち、同じ使用環境温度で正常に作動する機能)を有することが望ましい。例えば、ドライバ17内部の半導体はSiC組成材を用いたものであり、コンデンサ14は、セラミック形コンデンサである。20

【0031】

一方、本実施例の3個のモジュールの各u, v, w端子は、ステータコイル3との直接接続が可能である構造と成っている。耐熱性を向上した本実施例のモジュールを、回転電機内部の比較的空いている高温雰囲気スペースとしてのステータコイルエンド近傍に配設することによって、スペース効率の向上を図りインバータ内蔵形回転電機の小形化を達成することができる。30

従って、上記3個のモジュール13a,13b,13cからなる一体型インバータ1bの形状は、空きスペースの有効活用を促進し、かつ、ステータコイルエンドに沿って行われる配設が容易に可能とするために、円環形状(含む半円環形状や馬蹄形状)から成っていることが好ましい。

【0032】

そして、本第2の実施例の一体型インバータ1bに用いられている半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードは、第1の実施例のインバータ1aに用いられている半導体モジュールと同様に、 $T_j = 160$  以上～300 以下のジャンクション温度特性を有している。すなわち、半導体モジュールのパワートランジスタ18は、SiC組成材を用いたSIT形半導体素子から成り、ダイオード19は、SiC組成材を用いたSiC形ダイオード素子から成っている。40

従って、SiC組成材を用いたSIT形半導体素子のパワートランジスタ18とSiC形ダイオード素子のダイオード19から構成される半導体モジュールとしての第2の実施例のモジュール13も、SiC形モジュールである。

【0033】

従って、本第2の実施例の一体型インバータ1bは、第1の実施例のインバータ1aと同様の効果を発揮し、即ち、冷却フィン寸法を従来より小さくすることができる。また、低熱損失化される効果によって、さらに、冷却フィンを小形化すると言える。そして、ドライバ17やコンデンサ14をも含めて一体化したので、更に、回転電機の小型化を損なわずイ50

ンバータを該回転電機に内蔵することができ、回転電機の小形化に結び付く回転電機内蔵用インバータが提供される。

【0034】

ところで、第1の実施例に示すインバータ1aに用いた半導体モジュールは、一体型インバータ1bからコンデンサ14とドライバ17とを分離し、パワートラ38及びダイオード39だけをモジュール化した分離型のモジュール33である。

従って、図1に示した3個のモジュール33を用いたインバータ1aの場合は、コンデンサ14は、例えば、同期電動機30の外に設置し、該モジュール33のドライバ制御を実行するドライバ17は、例えば、後掲する図11に示すように、コントローラ35の一部として、同期電動機30の外に設置することになる。従って、インバータ1aを採用する場合は、別に設けられるコンデンサ14やドライバ17の耐熱性は、従来品と同等で十分である。尚、インバータ1aを採用する場合であっても、コンデンサ14やドライバ17の耐熱性に問題が起きないならば、同期電動機30の内部に該コンデンサ14やドライバ17を設置するも可である。

【0035】

次に、本発明によるインバータ内蔵形回転電機について、回転電機の一種類としてのハイブリッドシステムカーや電気自動車に用いられる永久磁石形同期電動機を例示した、図10を参照して説明する。まず、インバータ内蔵形回転電機としての永久磁石形同期電動機の構成について説明する。

図10は、本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータを用いたインバータ内蔵形回転電機の構成を示す半断面図である。即ち、前述のインバータ1aまたはインバータ1bを内蔵した同期電動機30を示している。図10に示す本実施例の同期電動機30は、インバータ1c(例えば前述のインバータ1aまたは1b)と、リアブラケット6、アルミブレーム7及びフロントブラケット8などを含むモータボディ10と、ロータコア4や永久磁石5などを含むロータ11と、ステータコア2やステータコイル3などを含むステータ12とを含んで構成される。

【0036】

即ち、永久磁石5は、ロータコア4の内部に分割して挿入されており、ステータコア2に巻かれたステータコイル3に印加する3相電圧・電流を制御することにより、同期電動機30からハイブリッドシステムカーや電気自動車の駆動力(トルクや回転速度)を得ている。ステータコア2は、リアブラケット6とアルミブラケット7の内部水路を流れる冷却水により冷却されている。フロントブラケット8は、電気自動車の架台やハイブリッドシステムカーや内燃機関に取り付けられる構造である。

【0037】

そして、インバータ1cを、高温雰囲気であるが同期電動機30の内部にあっては比較的空いているスペースであって、かつ、インバータ1cとの直結構造による電気接続の簡素化することが可能な、耐絶縁許容温度(MAX220)を満たすステータコイル3に近接して配設する構成とする。例えば、インバータ1cのu,v,w端子を同期電動機30のステータコイル3に直接接続する構成とする。

【0038】

一般的に、図10に示したように同期電動機30においては、その内部空間はほとんど隙間がない位に有効に使われており、内蔵されるインバータに対する要求として、(1)インバータを小形化する、(2)内部空間を有効に利用する等がある。

そして、比較的空いているスペース部分として、例えば、高温雰囲気ではあるが耐絶縁許容温度(MAX220)以下を満たすように設計されているステータコイル3のエンドコイル近傍がある。従って、耐熱性が向上した回転電機内蔵用インバータであれば、スペースの有効利用によって回転電機の小形化が図られると考えられる。

【0039】

即ち、本発明によるインバータ内蔵形回転電機の特徴とする構成は、半導体モジュールを構成するパワートランジスタ及びダイオードがT<sub>j</sub> = 220以上~300以下のジャンクション温度特性を有している該半導体モジュールにより形成されたインバータを内蔵してい

10

20

30

40

50

る点にある。更に、半導体モジュールをステータコイルエンドに直結する構造によって電気接続の簡素化にも繋がるので、インバータが電動機のステータコイルエンドに直結されていることが好ましいと言える。

#### 【0040】

次に、上記構成のインバータ内蔵形回転電機の動作について、回転電機内蔵用インバータの動作を絡めて、図1、図7ならびに図10～図12を参照して説明する。図11は、図1のインバータ1aを、同期電動機30の駆動回路に実装した場合の回路構成を示している。図12は、図7の一体型インバータ1bを、同期電動機30の駆動回路に実装した場合の回路構成を示している。

図10に示す同期電動機30の駆動回路は、インバータ1aと、電源40と、コンデンサ14と、ドライバ17を含むコントローラ35と、各種センサ(エンコーダ9や電流センサ23など)と、同期電動機30とを含み構成される。そして、インバータ1aのインバータ回路(の主回路部分)は、前述したような3個のモジュール33から構成される。また、図11に示す同期電動機30の駆動回路は、一体型インバータ1bと、電源40と、コントローラ25と、各種センサ(エンコーダ9や電流センサ23など)と、同期電動機30とを含み構成される。そして、一体型インバータ1bは、前述したような3個のモジュール13と、3個のコンデンサ14a,14b,14c(ただし、3個を1つ纏めて図示)とから構成される。

#### 【0041】

上記のインバータの動作は、次の通りである。インバータ1a, 1bは、電源40から電源線26を介して直流電源を入力する。コンデンサ14は、直流電源を平滑化する。それぞれのパワトランジスタ18,38及びダイオード19,39からなるインバータ主回路は、信号線24a,24bを介してコントローラ25,35から受けた制御信号に基づき、ドライバ17が実行するドライバ制御に従って、直流電源を交流電源に変換する。

変換された交流電源は、各u, v, w端子から出力される。そして、本実施例のインバータ1a, 1bは、耐絶縁許容温度(MAX220)以下を満たしつつ高温雰囲気に置かれたステータコイル3のエンドコイル近傍に直結されているが、その耐熱性によって正常に動作することができる。

#### 【0042】

一方、同期電動機30の駆動回路の動作は、コントローラ25が、電源40の直流電源を交流電源に変換するインバータ1cのドライバ17を介した変換制御を実行すると同時に、エンコーダ9や電流センサ23などからの各種センサ信号を用いて、PWM駆動制御を実行して同期電動機30を駆動するものである。即ち、電流センサ23を用いて各U, V, W電流を検出し、マイコンなどから構成されるコントローラ25により所定値となるようデジタル制御し、更に、エンコーダ9によりA, B相信号と位置信号を取り込んでベクトル制御を行い、最も効率が良くなるように同期電動機30のPWM運転を実行している。

#### 【0043】

上記の構成と動作によって、該インバータを、高温雰囲気であるが電動機の内部にあっては比較的空いているスペースであって、また、インバータとの直結構造による電気接続の簡素化に繋がる、耐絶縁許容温度(MAX220)のステータコイルに近接して配設することができるようになり、スペース効率の向上を図り電動機の小形化を達成することができる。即ち、高耐熱や低熱損失の回転電機内蔵用インバータを内蔵し小形化したインバータ内蔵形回転電機が提供される。

#### 【0044】

ところで、ハイブリッドシステムカー や電気自動車に用いられる同期電動機30の各部の環境温度は、永久磁石の許容温度150, ステータコイルの耐絶縁許容温度220, 他の内部雰囲気温度150～200などから定められるものである。

この環境温度に依り、同期電動機30において、 $T_j = 220$ 以上～300以下のジャンクション温度特性を有している複数個の半導体モジュールにより形成されたインバータ回路を有するインバータを内蔵した。

#### 【0045】

10

20

30

40

50

しかしながら、インバータ内蔵形回転電機が、例えば、車両用交流発電機であっても、該車両用交流発電機の比較的空いている高温雰囲気スペースに本発明による回転電機内蔵用インバータを内蔵することが可能となり、スペース効率の向上によって車両用交流発電機の小形化が図られることは明らかである。

即ち、従来のSi-IGBTまたはSiC-MOSFETのジャンクション温度特性から定まる温度限界としての約155℃を、SiC-SiT形半導体の特長を活かして、約155℃より高い範囲の160℃～300℃までに温度限界を上げて、より高温度で作動可能とした本発明によるインバータであれば、回転電機内の比較的空いたスペースに実装できて回転電機の小形化に有効である。尚、約155℃よりも5℃だけ高い場合であっても、半導体の自己発熱による温度上昇分だけ耐熱性が向上し有効であり、インバータならびにインバータを内蔵する回転電機を小型化できる効果がある。

【0046】

【発明の効果】

本発明によって、耐熱性や低熱損失性が向上し冷却フィン寸法や回転電機の小形化に結び付く回転電機内蔵用インバータが提供される。

また、耐熱性や低熱損失性に優れたインバータを比較的スペースの空いた高温雰囲気空間に配設することによって、回転電機の小形化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータを示す正面図である。

【図2】図1の回転電機内蔵用インバータを示す側面図である。

【図3】本発明による一実施例のモジュールを示す断面図である。

【図4】図3のモジュールの回路構成を示す図である。

【図5】本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータに用いられる半導体モジュールのジャンクション温度特性を示す図である。

【図6】本発明による一実施例の半導体モジュールを構成するパワートランジスタの定格電圧V<sub>CE</sub>に対するオン抵抗特性を示す図である。

【図7】本発明による他の実施例の回転電機内蔵用インバータを示す正面図である。

【図8】図7の回転電機内蔵用インバータを示す側面図である。

【図9】図7の回転電機内蔵用インバータのモジュールの回路構成を示す図である。

【図10】本発明による一実施例の回転電機内蔵用インバータを用いたインバータ内蔵形回転電機の構成を示す半断面図である。

【図11】図1の回転電機内蔵用インバータを用いたインバータ内蔵形回転電機の駆動回路構成を示す図である。

【図12】図7の回転電機内蔵用インバータを用いたインバータ内蔵形回転電機の駆動回路構成を示す図である。

【符号の説明】

1a…インバータ、1b…一体型インバータ、2…ステータコア、

3…ステータコイル、4…ロータコア、5…永久磁石、6…リアブラケット、

7…アルミブレーム、8…フロントブラケット、9…エンコーダ、

10…モータボディ、11…ロータ、12…ステータ、

13,13a,13b,13c,33,33a,33b,33c…SiC形モジュール(モジュール)、

14,14a,14b,14c…コンデンサ、15…正極板、15s…正極側接触点、16…負極板、

16s…負極側接触点、17,17a,17b,17c…インテリジェントドライバ(ドライバ)、

18,18a,18b,18c,38…SiC-SiT(SiT)、

19,19a,19b,19c,39…SiC-ダイオード(ダイオード)、20…ボルト、

21…ナット、23…電流センサ、24a…信号線(G端子)、

24b…信号線(Co端子)、25,35…コントローラ、26…電源線(P及びN端子)、

30…同期電動機、31…成形体、32…ゲート、32a…ゲート電線、

32b…ゲート電極、35…コレクタ、36…エミッタ、37…中間端子体、40…電源。

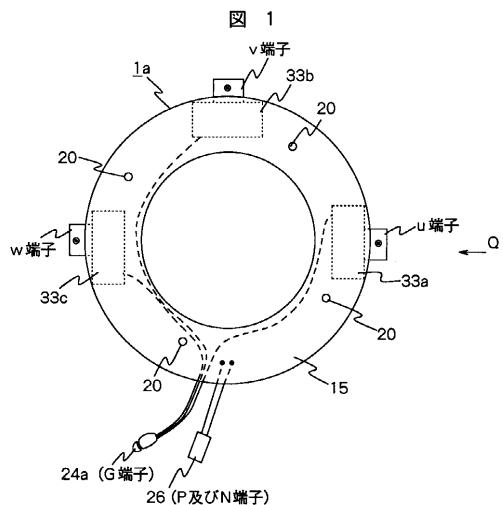
10

20

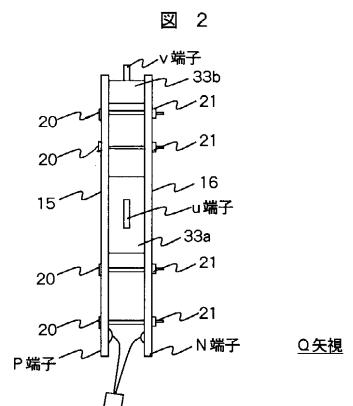
30

40

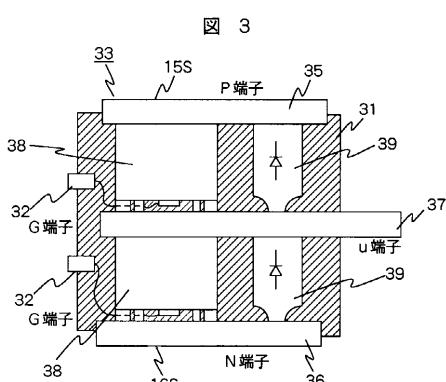
【図1】



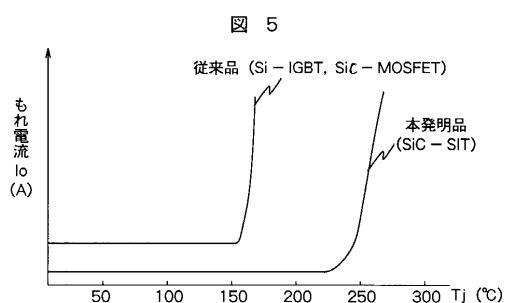
【図2】



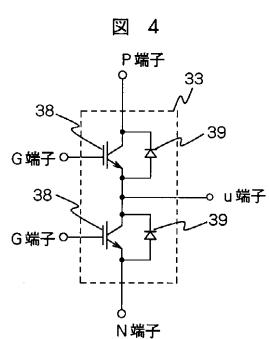
【図3】



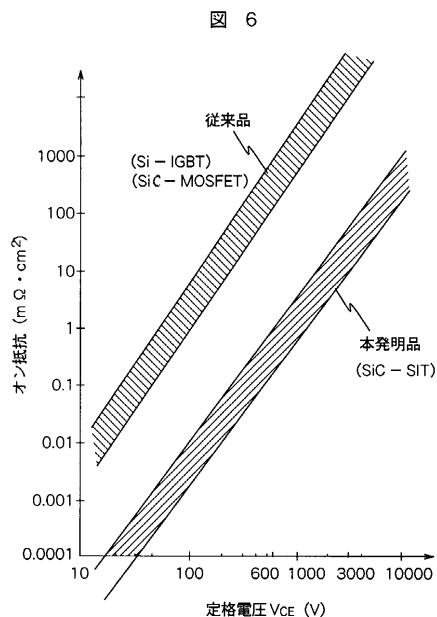
【図5】



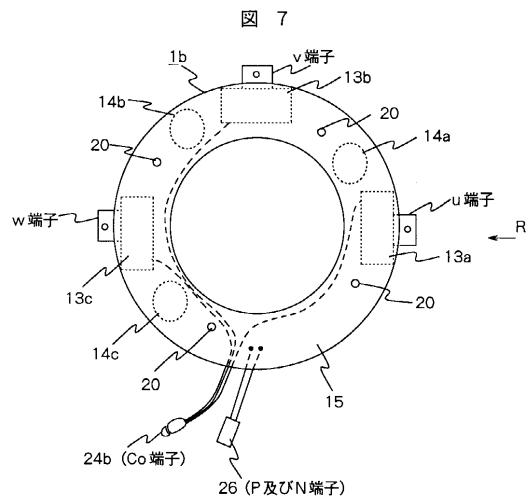
【図4】



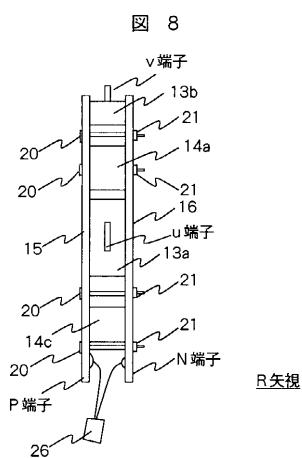
【図6】



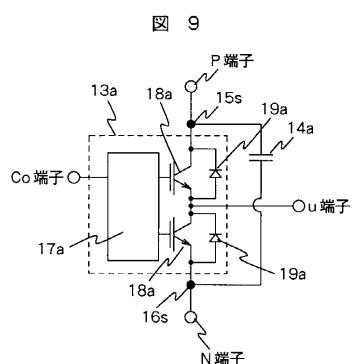
【図7】



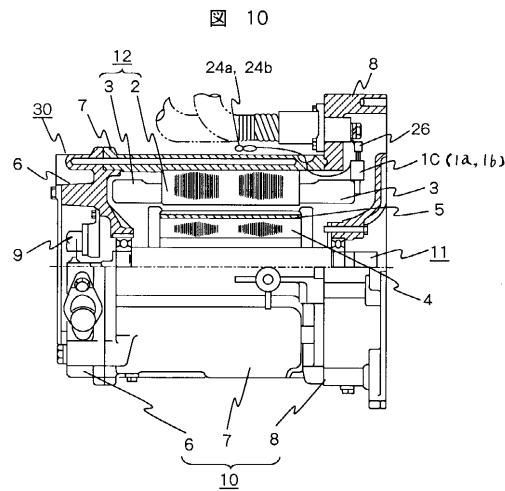
【図8】



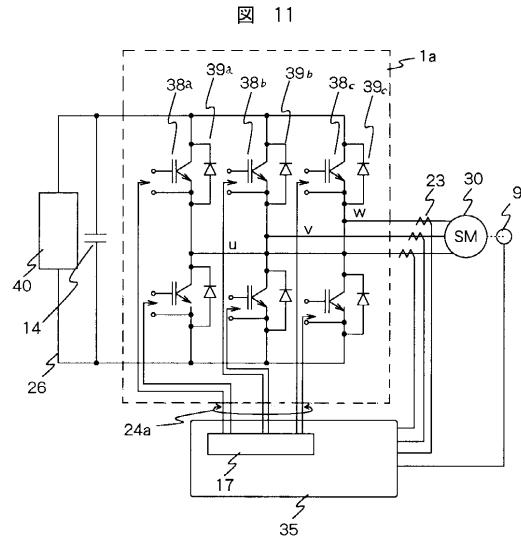
【図9】



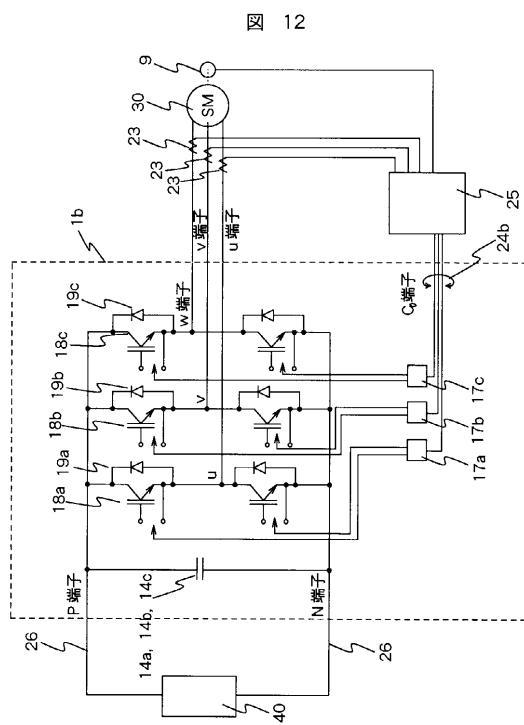
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 田原 和雄

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 西村 泰英

(56)参考文献 特開平07-030111 (JP, A)

特開平05-292703 (JP, A)

特開平11-178353 (JP, A)

特開平09-009522 (JP, A)

特開平5-83947 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 27/06

H02J 7/00

H02M 7/537