

(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2009-268165

(P2009-268165A)

(43) 公開日 平成21年11月12日(2009.11.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 H02M 7/48 (2007.01) H02M 7/48 Z 5H007

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-111018 (P2008-111018)
 (22) 出願日 平成20年4月22日 (2008.4.22)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 鳥居 薫
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (72) 発明者 塚田 浩司
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

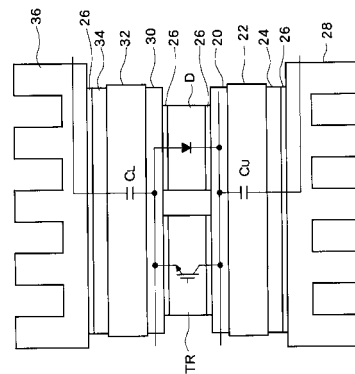
(54) 【発明の名称】 インバータモジュール

(57) 【要約】

【課題】 コモンモード電流の発生を抑制したインバータモジュールを提供する。

【解決手段】 各アームは、スイッチング素子TRとダイオードDとの高電圧側に設けられる冷却装置28と、スイッチング素子TRとダイオードDとの低電圧側に設けられる冷却装置36と、スイッチング素子TR及びダイオードDと冷却装置28及び冷却装置36とにそれぞれ挟まれる絶縁基板22及び絶縁基板32と、を備え、上アームに含まれる絶縁基板22によって構成されるキャパシタC_{UU}及び下アームに含まれる絶縁基板32によって構成されるキャパシタC_{LL}が、上アームに含まれる絶縁基板32によって構成されるキャパシタC_{UL}及び下アームに含まれる絶縁基板22によって構成されるキャパシタC_{LU}よりも小さいインバータモジュールとする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スイッチング素子と、前記スイッチング素子に逆並列接続されたダイオードと、を 1 つのアームとし、2 つのアームをそれぞれ上アーム及び下アームとして直列に接続したアーム直列接続体をモジュール化したインバータモジュールであって、

各アームは、前記スイッチング素子と前記ダイオードとの高電圧側に設けられる第 1 冷却装置と、前記スイッチング素子と前記ダイオードとの低電圧側に設けられる第 2 冷却装置と、前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置及び前記第 2 冷却装置とにそれぞれ挟まれる第 1 絶縁基板及び第 2 絶縁基板と、を備え、

前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタが、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタよりも小さいことを特徴とするインバータモジュール。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のインバータモジュールであって、

前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタを、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタの 3 3 倍以上とすることを特徴とするインバータモジュール。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のインバータモジュールであって、

前記上アームに含まれる前記第 1 絶縁基板及び前記下アームに含まれる前記第 2 絶縁基板の厚さを、前記上アームに含まれる前記第 2 絶縁基板及び前記下アームに含まれる前記第 1 絶縁基板の厚さの 1 0 0 倍以上とすることを特徴とするインバータモジュール。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載のインバータモジュールであって、

前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間に外部キャパシタを接続することを特徴とするインバータモジュール。

30

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のインバータモジュールであって、

前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタと、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 2 冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第 1 冷却装置との間のキャパシタとを、インバータモジュールに接続される負荷のケースとインバータモジュールのケースとが同電位となるようにすることを特徴とするインバータモジュール。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インバータ回路に用いられるインバータモジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車、ハイブリッド自動車等に搭載されるモータ等の負荷を駆動するためのインバータ回路が広く用いられている。インバータ回路にはスイッチングアームが含まれてお

50

り、大電力用インバータ回路の各スイッチングアームには冷却装置が設けられた構造となっている。

【0003】

特許文献1には、半導体モジュールを両面から冷却する冷却部材を備えた自動車用インバータが開示されている。また、特許文献2には、放熱板上に半導体素子が絶縁シートを介して接着され、半導体素子から発生する熱を両面から放熱板により冷却する電力用半導体素子及びインバータ装置が開示されている。

【0004】

また、電力変換装置のインバータモジュールでは、インバータと負荷（通常はモータ）との間においてコモンモード電圧が発生する。このコモンモード電圧に起因してコモンモード電流が流れ、放射ノイズの原因になる等の問題を引き起こすので、コモンモード電流を抑制する技術も考えられている。

10

【0005】

特許文献3には、スイッチングアームの直列回路を含むパッケージにおいて、パッケージの外側に冷却用の銅ベースが配置され、スイッチングアームの直列回路における下アームが実装される銅ベースの面積より上アームが実装される銅ベースの面積を大きくすることによって、コモンモード電流の発生を低減させる技術が開示されている。

【0006】

また、特許文献4には、インバータと電気機器との間にコモンモード用のチョークコイルを接続し、そのチョークコイルと電気機器との間の配線にコンデンサと抵抗の直列接続体を接続し、それら直列接続体を共通接続したうえで電源よりも高い周波数に対して接地と同電位となる仮想接地部に接続することによって、コモンモード電流の発生を低減させる技術が開示されている。

20

【0007】

また、特許文献5には、インバータ回路の入力側に設けたノイズフィルタを装置の筐体を介して接地した制御装置であって、交流ラインに接続されたコンデンサと、コンデンサの間に設けられたコイルとを備え、コンデンサの間の接続点と筐体との間に設けられたクランプと、クランプに並列接続されるコンデンサと、を備えることによって、コモンモード電流の発生を低減させる技術が開示されている。

【0008】

30

【特許文献1】特開2005-65379号公報

【特許文献2】特開2007-67220号公報

【特許文献3】特開2007-181351号公報

【特許文献4】特開2001-69762号公報

【特許文献5】特開2003-143753号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記従来技術においてチョークコイル等を含むフィルタを設ける技術では、インバータと負荷（モータ等）の間には数百Aもの大電流が流れる場合があり、インダクタンスの磁気飽和を防ぐために巨大なコイルを用いる必要がある。これによって、インバータモジュールの小型化が阻害されてしまうという問題もある。

40

【0010】

また、コモンモード電流による磁氣的ノイズが外部に漏れることを防ぐために電磁シールドを設ける技術は装置の製造コストを増大させ、またノイズ源を取り除くものではないので根本的な対策にならないという問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の1つの態様は、スイッチング素子と、前記スイッチング素子に逆並列接続されたダイオードと、を1つのアームとし、2つのアームをそれぞれ上アーム及び下アームと

50

して直列に接続したアーム直列接続体をモジュール化したインバータモジュールであって、各アームは、前記スイッチング素子と前記ダイオードとの高電圧側に設けられる第1冷却装置と、前記スイッチング素子と前記ダイオードとの低電圧側に設けられる第2冷却装置と、前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置及び前記第2冷却装置とにそれぞれ挟まれる第1絶縁基板及び第2絶縁基板と、を備え、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタが、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタよりも小さいことを特徴とするインバータモジュールである。

10

【0012】

ここで、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタを、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタの3倍以上とすることが好適である。

【0013】

また、前記上アームに含まれる前記第1絶縁基板及び前記下アームに含まれる前記第2絶縁基板の厚さを、前記上アームに含まれる前記第2絶縁基板及び前記下アームに含まれる前記第1絶縁基板の厚さの100倍以上とすることが好適である。

20

【0014】

また、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間に外部キャパシタを接続することが好適である。

【0015】

すなわち、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタと、前記上アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第2冷却装置との間のキャパシタ及び前記下アームに含まれる前記スイッチング素子及び前記ダイオードと前記第1冷却装置との間のキャパシタとを、インバータモジュールに接続される負荷のケースとインバータモジュールのケースとが同電位となるようにすることが好適である。

30

【発明の効果】**【0016】**

本発明によれば、インバータモジュールにおけるコモンモード電流の発生を抑制することができる。これにより、電磁ノイズを低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0017】**

図1は、基本的なインバータ回路100を示す図である。インバータ回路100は、電源200と、負荷(モータ)300と、の間に接続される。インバータ回路100は、6個のダイオードD1~D6を含む整流器モジュール10、コンデンサ12、電力用スイッチング素子TR1~TR6及びダイオードD7~D12を含むインバータモジュール14を含んで構成される。

40

【0018】

整流器モジュール10は、ダイオードD1~D6を2つずつ直列に接続した3つの直列接続体を並列に接続して構成される。整流モジュール10は、コンデンサ12及びインバータモジュール14と並列に接続される。また、3つの直列接続体に含まれる2つのダイオード間に電源200の各相が印加される。

50

【 0 0 1 9 】

インバータモジュール 1 4 は、スイッチング素子 T R 1 ~ T R 6 の各々にダイオード D 7 ~ D 1 2 の各々が逆並列に接続されたアームを 6 つ備えて構成される。スイッチング素子 T R 1 ~ T R 6 は、例えば、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (I G B T)、電界効果トランジスタ (M O S F E T) 等の大電力スイッチング素子とされる。また、ダイオード D 7 ~ D 1 2 は、例えば、大容量の P I N ダイオードとされる。6 つのアームは 2 つずつ上アーム及び下アームとして直列に接続した 3 つの直列接続体とされ、さらに 3 つの直列接続体が並列に接続されてインバータモジュール 1 4 が構成される。3 つの直列接続体に含まれる 2 つのアーム間に負荷 3 0 0 の各相が接続される。

【 0 0 2 0 】

各アームは、図 2 の斜視図及び図 3 の側面図に示すように、スイッチング素子 T R (T R 1 ~ T R 6)、ダイオード D (D 7 ~ D 1 2)、第 1 電極 2 0、絶縁基板 2 2、第 2 電極 2 4、はんだ材 2 6、冷却装置 2 8、第 3 電極 3 0、絶縁基板 3 2、第 4 電極 3 4 及び冷却装置 3 6 を含んで構成される。

【 0 0 2 1 】

スイッチング素子 T R の高電圧側端子 (N チャンネル I G B T のコレクタ、N チャンネル M O S F E T のドレイン等) は、はんだ材 2 6 によって、第 1 電極 2 0 に接続される。また、ダイオード D の高電圧側端子 (P I N ダイオードのカソード等) も第 1 電極 2 0 に接続される。第 1 電極 2 0 は、絶縁基板 2 2 に表面に接着され、絶縁基板 2 2 の裏面は第 2 電極 2 4 に接着される。さらに第 2 電極 2 4 は、はんだ材 2 6 によって冷却装置 2 8 に電氣的に接続を保ちつつ接着される。

【 0 0 2 2 】

スイッチング素子 T R の低電圧側端子 (N チャンネル I G B T のエミッタ、N チャンネル M O S F E T のソース等) は、はんだ材 2 6 によって、第 3 電極 3 0 に接続される。また、ダイオード D の低電圧側端子 (P I N ダイオードのアノード等) も第 3 電極 3 0 に接続される。第 3 電極 3 0 は、絶縁基板 3 2 に表面に接着され、絶縁基板 3 2 の裏面は第 4 電極 3 4 に接着される。さらに第 4 電極 3 4 は、はんだ材 2 6 によって冷却装置 3 6 に電氣的に接続を保ちつつ接着される。

【 0 0 2 3 】

このような構成により、図 3 に併せて図示したように、第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間に挟まれた絶縁基板 2 2 によって、第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間にキャパシタ C_U が生成される。また、第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間に挟まれた絶縁基板 3 2 によって、第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間にキャパシタ C_L が生成される。

【 0 0 2 4 】

本実施の形態では、上アームの第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間に生ずるキャパシタを C_{UU} とし、上アームの第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間に生ずるキャパシタを C_{UL} とする。下アームの第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間に生ずるキャパシタを C_{LU} とし、下アームの第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間に生ずるキャパシタを C_{LL} とする。

【 0 0 2 5 】

本実施の形態では、キャパシタ C_{LL} 及び C_{UU} が、キャパシタ C_{LU} 及び C_{UL} よりも小さくなるように各アームを構成する。例えば、絶縁基板 2 2 と絶縁基板 3 2 を総て同じ材料とした場合、上アームの第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間の絶縁基板 2 2 及び下アームの第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間の絶縁基板 3 2 を、下アームの第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 4 との間の絶縁基板 2 2 及び上アームの第 3 電極 3 0 と第 4 電極 3 4 との間の絶縁基板 3 2 よりも厚くする。

【 0 0 2 6 】

具体的には、高電圧側端子 P に接続される上アームと低電圧側端子 N に接続される下アームとを図 4 に示すように直列接続した構成とすることができる。また、高電圧側端子 P に接続される上アームと低電圧側端子 N に接続される下アームとを図 5 に示すように、直列接続した構成としてもよい。この場合、上アームの絶縁基板 2 2、第 2 電極 2 4、冷却

10

20

30

40

50

装置 28、第 3 電極 30、絶縁基板 32、第 4 電極 34 及び冷却装置 36 は、それぞれ下アームの絶縁基板 32、第 4 電極 34、冷却装置 36、第 1 電極 20、絶縁基板 22、第 2 電極 24、冷却装置 28 と共通となる。

【0027】

また、上アームの第 1 電極 20 と第 2 電極 24 との間の絶縁基板 22 及び下アームの第 3 電極 30 と第 4 電極 34 との間の絶縁基板 32 の誘電率を、下アームの第 1 電極 20 と第 2 電極 24 との間の絶縁基板 22 及び上アームの第 3 電極 30 と第 4 電極 34 との間の絶縁基板 32 の誘電率よりも大きくしてよい。

【0028】

図 6 は、インバータモジュール 14 をインバータ回路 100 に適用した場合の等価回路を示す図である。ここでは、インバータモジュール 14 内の寄生インダクタンスを無視している。

10

【0029】

インバータの動作モードは、(1) 上アーム 1 相及び下アーム 2 相が導通、(2) 上アーム 2 相及び下アーム 1 相が導通、の 2 つに分けられ、これら 2 つの状態を繰り返す。

【0030】

図 7 は、(1) 上アーム 1 相及び下アーム 2 相が導通の状態における、インバータの等価回路である。図 8 は、(2) 上アーム 2 相及び下アーム 1 相が導通の状態における、インバータの等価回路である。

20

【0031】

図 7 及び図 8 の導通状態において、インバータの高電圧側から低電圧側へと至るには 2 つの経路が生ずる。すなわち、第 1 の経路は、導通する上アーム モータへのケーブルの寄生インダクタ L_c 、モータ巻線とモータケース間の寄生キャパシタ C_M 、モータケースとモータ巻線間の寄生キャパシタ C_M 、モータへのケーブルの寄生インダクタ L_c 、導通する下アームという経路である。第 2 の経路は、各上アームの寄生キャパシタ C_{UU} 、導通する上アーム 導通する上アームの寄生キャパシタ C_{UL} 、のいずれかから冷却装置 28 又は 36 へ通ずる経路と、冷却装置 28 又は 36 から、各下アームの寄生キャパシタ C_{LL} 、導通する下アームの寄生キャパシタ C_{LU} 、導通する下アーム、のいずれかへ通ずる経路と、を繋ぐ経路である。

【0032】

図 9 は、図 7 の導通状態において第 1 の経路及び第 2 の経路をコモンモード電流の経路となる冷却装置 28、36 のケース及びモータケースの間の寄生インダクタ L_G を挟んだブリッジ回路として書き換えた図である。

30

【0033】

図 10 は、図 8 の導通状態において第 1 の経路及び第 2 の経路をコモンモード電流の経路となる冷却装置 28、36 のケース及びモータケースの間の寄生インダクタ L_G を挟んだブリッジ回路として書き換えた図である。

【0034】

図 11 は、これらの回路をさらに簡素化して示した図である。この回路において、数式 (1) が成り立つ場合にコモンモード電流は流れなくなる。

40

$$Z_a : Z_b = Z_c : Z_d \cdots \cdots (1)$$

【0035】

図 9 及び図 10 のいずれの状態においても数式 (1) が成り立つようにするための条件はキャパシタ C_{LL} 及び C_{UU} が、キャパシタ C_{LU} 及び C_{UL} よりも十分に小さくすることである。例えば、キャパシタ C_{LU} 及び C_{UL} がキャパシタ C_{LL} 及び C_{UU} の 3 倍以上となるようにすれば高いノイズ低減効果を得ることができる。

【0036】

例えば、上アームを構成する絶縁基板 22 の厚さ及び下アームを構成する絶縁基板 32 の厚さを上アームを構成する絶縁基板 32 の厚さ及び下アームを構成する絶縁基板 22 の厚さの 100 倍以上厚くすることが好適である。例えば、上アームを構成する絶縁基板 2

50

2及び下アームを構成する絶縁基板32を窒化アルミニウム(A1N)やアルミナ(A12O3)で0.5mm以上5mm以下とした場合、上アームを構成する絶縁基板32及び下アームを構成する絶縁基板22としてDLC(Diamond Like Carbon)等で0.005mm以上0.05mm以下とするとよい。

【0037】

なお、本実施の形態では上アーム及び下アーム共にNチャネルのスイッチング素子を用いたが、図12に示すように、上アームにPチャネルのスイッチング素子を用いてもよい。これによりコレクタ側の寄生キャパシタを小さくすることができる。

【0038】

また、図13に示すように、図5の構成において、上アームの第3電極30と第4電極34との間に外部キャパシタCextを接続してキャパシタを調整する構成としてもよい。この場合、絶縁基板22と絶縁基板32を総て同じ材料とした場合、上アームの第1電極20と第2電極24との間の絶縁基板22及び下アームの第3電極30と第4電極34との間の絶縁基板32を、下アームの第1電極20と第2電極24との間の絶縁基板22及び上アームの第3電極30と第4電極34との間の絶縁基板32と同じにしてもキャパシタCLL及びCUUが、キャパシタCLU及びCULよりも小さくなるように構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の実施の形態におけるインバータ回路の基本構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態におけるインバータモジュールの構成を示す斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態におけるインバータモジュールの構成を示す側面図である。

【図4】本発明の実施の形態における上アームと下アームとの組み合わせ例を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態における上アームと下アームとの組み合わせ例を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態におけるインバータ回路の等価回路を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態におけるインバータ回路の動作モードを示す図である。

【図8】本発明の実施の形態におけるインバータ回路の動作モードを示す図である。

【図9】本発明の実施の形態におけるインバータ回路のコモンモード電流に対するブリッジ回路を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態におけるインバータ回路のコモンモード電流に対するブリッジ回路を示す図である。

【図11】本発明の実施の形態におけるブリッジ回路の等価回路を示す図である

【図12】本発明の実施の形態におけるインバータ回路の変形例を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態における変形例を示す図である。

【符号の説明】

【0040】

10 整流器モジュール、12 コンデンサ、14 インバータモジュール、20 第1電極、22 絶縁基板、24 第2電極、26 はんだ材、28 冷却装置、30 第3電極、32 絶縁基板、34 第4電極、100 インバータ回路、200 電源、300 負荷(モータ)。

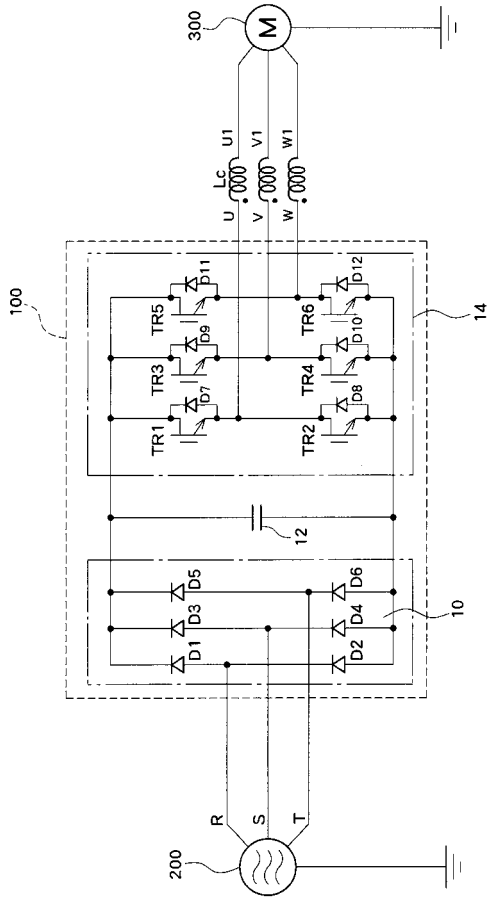
10

20

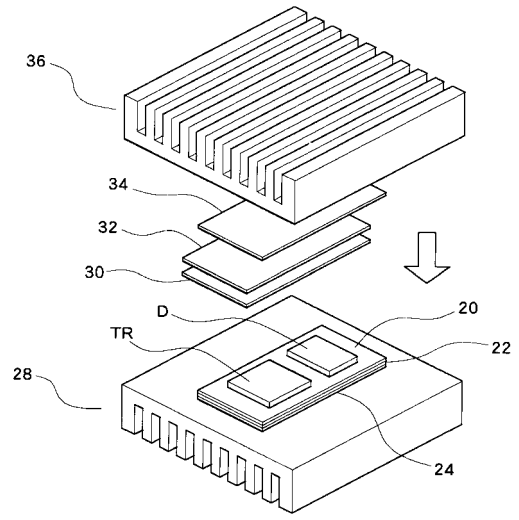
30

40

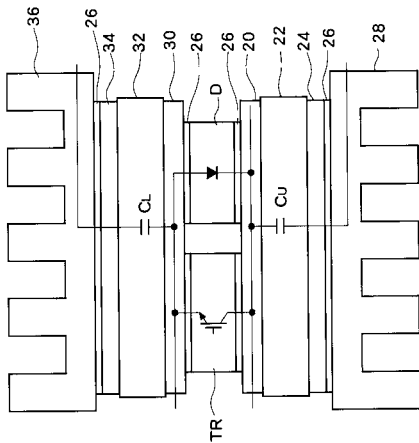
【 図 1 】



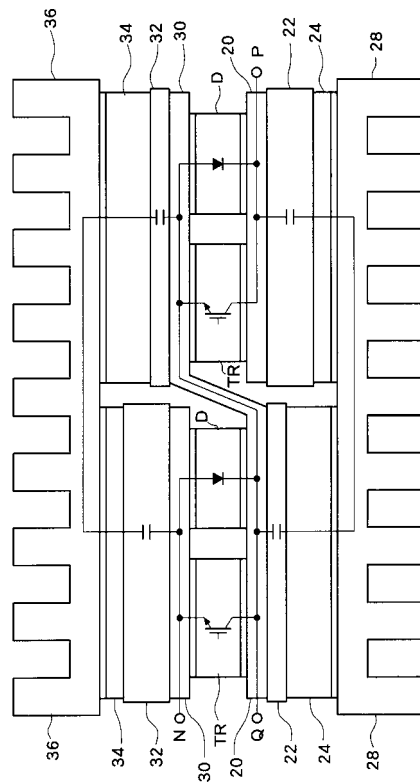
【 図 2 】



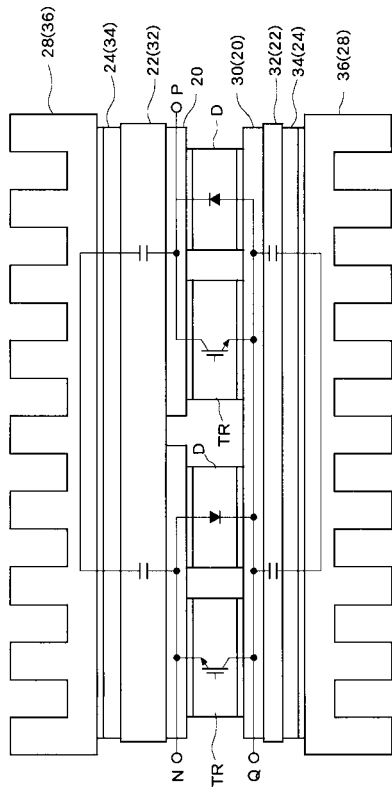
【 図 3 】



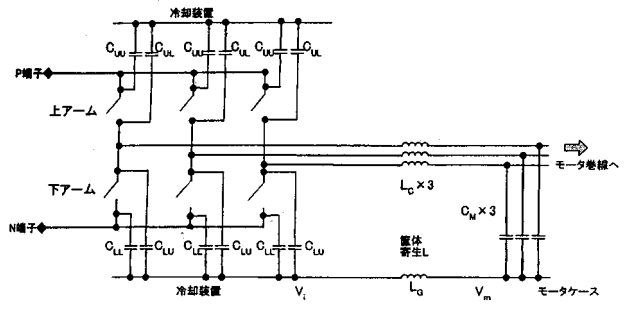
【 図 4 】



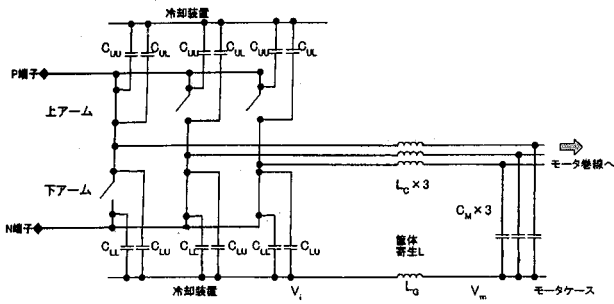
【 図 5 】



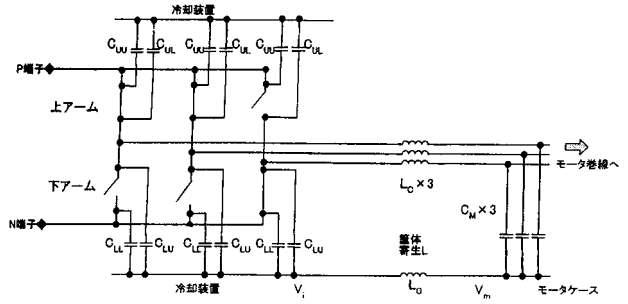
【 図 6 】



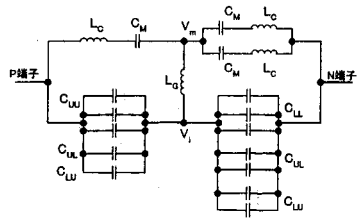
【 図 7 】



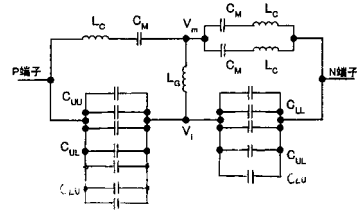
【 図 8 】



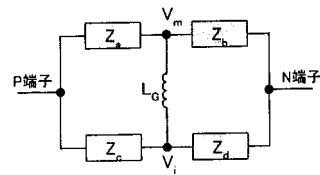
【図9】



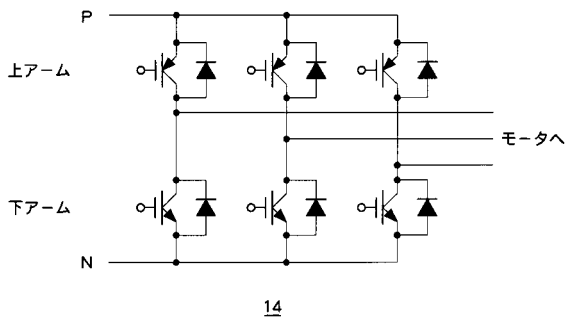
【図10】



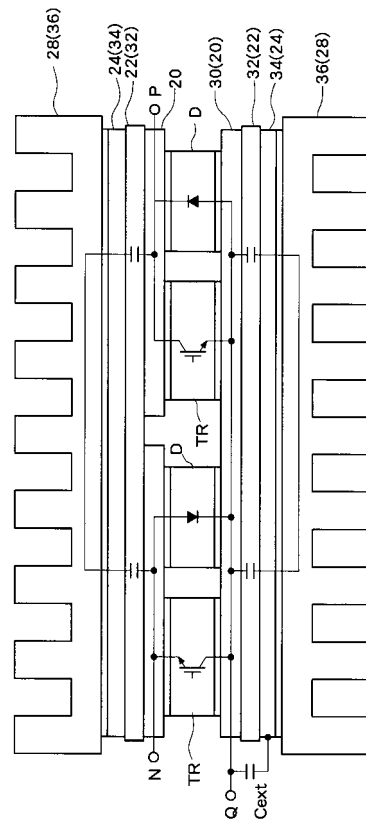
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 西部 祐司

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 小島 崇

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 5H007 AA01 BB06 CA01 CB05 CC01 CC23 HA03 HA04 HA05