

(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2005-117819

(P2005-117819A)

(43) 公開日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H02M 7/48  
B60L 15/00  
B61C 17/00  
H05K 7/20

F I

H02M 7/48  
H02M 7/48  
H02M 7/48  
B60L 15/00  
B61C 17/00

テーマコード(参考)

Z 5E322  
D 5H007  
M 5H115  
A  
E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-350663 (P2003-350663)  
(22) 出願日 平成15年10月9日(2003.10.9)

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号  
(74) 代理人 100075812  
弁理士 吉武 賢次  
(74) 代理人 100088889  
弁理士 橘谷 英俊  
(74) 代理人 100082991  
弁理士 佐藤 泰和  
(74) 代理人 100096921  
弁理士 吉元 弘  
(74) 代理人 100103263  
弁理士 川崎 康

最終頁に続く

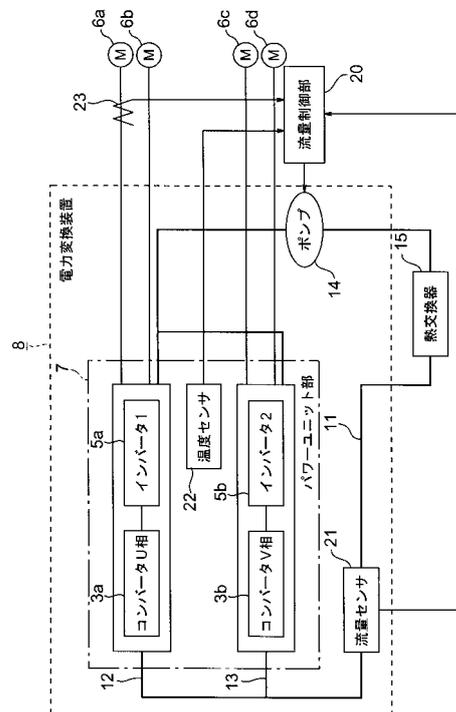
(54) 【発明の名称】 電気車用電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】 コンバータ装置及びインバータ装置を備える場合でも小型化を図ることのできる電気車用電力変換装置を提供する。

【解決手段】 スwitching素子が単相ブリッジ接続され、単相交流を直流に変換するコンバータ装置(3)と、switching素子が3相ブリッジ接続され、コンバータ装置によって変換された直流をそれぞれ3相交流に変換する第1及び第2のインバータ装置(5a, 5b)と、冷媒を循環させる配管経路の途中の区間が2つに分岐され、一方の分岐部(12)がコンバータ装置のU相switching素子ユニット(3a)及び第1のインバータ装置(5a)に熱的に結合され、他方の分岐部(13)がコンバータ装置のV相switching素子ユニット(3b)及び第2のインバータ装置(5b)に熱的に結合された冷媒循環路(11)と、冷媒循環路の主経路に設けられた冷媒循環用のポンプ(14)と、冷媒循環路の主経路に設けられた熱交換器(15)とを備える。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スイッチング素子が単相ブリッジ接続され、単相交流を直流に変換するコンバータ装置と、

スイッチング素子が 3 相ブリッジ接続され、前記コンバータ装置によって変換された直流をそれぞれ 3 相交流に変換する第 1 及び第 2 のインバータ装置と、

冷媒を循環させる配管経路の途中の区間が 2 つに分岐され、一方の分岐部が前記コンバータ装置の U 相スイッチング素子ユニット及び前記第 1 のインバータ装置に熱的に結合され、他方の分岐部が前記コンバータ装置の V 相スイッチング素子ユニット及び前記第 2 のインバータ装置に熱的に結合された冷媒循環路と、

10

前記冷媒循環路の主経路に設けられた冷媒循環用のポンプと、

前記冷媒循環路の主経路に設けられた熱交換器と、

を備えた電気車用電力変換装置。

## 【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 のコンバータ装置は互いに等しい容量を有し、前記分岐部は略等しい冷却性能を備えた、請求項 1 に記載の電気車用電力変換装置。

## 【請求項 3】

車両の床下に、風洞のスペースを残すように懸架され、その一部が気密部を形成するように区画された筐体を備え、前記コンバータ装置及びインバータ装置が前記筐体の気密部に収納され、前記ポンプが前記非気密部に収納された、請求項 1 又は 2 に記載の電気車用電力変換装置。

20

## 【請求項 4】

前記熱交換器は前記筐体から離隔して走行風によって自然冷却される部位に設置された、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の電気車用電力変換装置。

## 【請求項 5】

前記コンバータ装置及びインバータ装置が収納された気密部のうち、温度が最も高くなると予測される部位に設置された温度センサと、この温度センサの検出値が所定値を超えないように前記ポンプの流量を制御する流量制御部と、を備えた請求項 3 又は 4 に記載の電気車用電力変換装置。

## 【請求項 6】

前記インバータによって駆動される主電動機の電流を検出する電流センサを備え、前記流量制御部は前記電流センサの検出電流に応じて予め定められた冷媒が供給されるように前記ポンプの流量を制御する、請求項 6 に記載の電気車用電力変換装置。

30

## 【請求項 7】

電気車の走行、停止を検出する手段を備え、前記流量制御部は電気車の走行中と停止中とで流量を変更する請求項 5 又は 6 に記載の電気車用電力変換装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、鉄道車両、とりわけ電気車に用いられる電力変換装置に係り、特に、この電力変換装置の冷却に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

交流き電区間を走行する電気車には、コンバータ装置とインバータ装置を備えた電力変換装置が用いられる。図 5 はこの種の電力変換装置の構成を示す回路図である。同図において、パンタグラフ 1 から集電された交流は、主変圧器 2 によって降圧され、U 相スイッチング素子ユニット 3 a 及び V 相スイッチング素子ユニット 3 b でなるコンバータ装置 3 の交流側に入力される。このコンバータ装置 3 の直流側から出力された直流は、並列接続されたフィルタコンデンサ 4 a , 4 b を介して、インバータ装置 5 a 及びインバータ装置 5 b の直流側に入力される。インバータ装置 5 a , 5 b は入力された直流をそれぞれ正、

50

負、中性の3つのレベルを有するパルスを出力することによりPWM変調された可変電圧可変周波数の3相交流を出力する。この3相交流によって電気車駆動用の誘導式主電動機6a, 6b, 6c, 6dの回転が制御され、電気車が力行する。一方、誘導式主電動機6a, 6b, 6c, 6dが発電機として動作する回生時には、上記力行時とは反対にエネルギーがパンタグラフ1に回生される。

【0003】

上述したコンバータ装置3やインバータ装置5a, 5bは、それぞれ、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) やGTO (Gate Turn Off thyristor) 等のモジュール型自己消弧型スイッチング素子がブリッジ接続された構成になっている。これらのスイッチング素子は冷却系にとってみれば全てが発熱体であり、これらが密に実装されると、熱的に厳しいものとなる。一方、レイアウトもメンテナンスを考慮すると、重要な要素であり、冷却にとって必ずしも都合の良いものとはなり得ない。

10

【0004】

これらの要請に応じるものとして、電力変換装置を構成するモジュール型半導体スイッチング素子を取り付けた受熱板に冷却液を通し、これを空気-液熱交換器との間で循環して冷却する循環液冷方式を採用すると共に、使用する冷媒としては、例えば水や、低温下での凍結を抑制するエチレングリコールの成分を含んだ水溶液を用いるものが開示されている(例えば、特許文献1参照。)

【0005】

一方、直流き電区間を走行する電気車は、交流き電区間を走行する場合に用いられる変圧器やコンバータ装置が不要である。しかし、IGBTやGTOで構成されるインバータ装置が大型化する傾向があるので、装置の構成を工夫し、電気車用インバータ装置を全体として小型化することが要望される。

20

【0006】

この小型化を可能にするため、及び、電気車の床下などのように、狭い場所に設けられてもメンテナンス性を向上させるために、ブリッジ接続されたスイッチング素子のモジュールを1相分毎に分割して伝熱性を有する同一の受熱板を一面に取り付けると共に、この受熱板の他面に、ヒートパイプの一端を熱的に結合し、その他端に放熱部を形成し、作動流体として水を用いた冷却器を接続するインバータ装置が開示されている(例えば、特許文献2参照。)

30

【特許文献1】特開平9-219904号公報

【特許文献2】特開平11-8982号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した2つの電力変換装置のうち、交流き電区間を走行する電気車の電力変換装置、すなわち、コンバータ装置及びインバータ装置を有する電力変換装置は、その1相分(S相、T相、U相、V相、W相)の冷却対象素子がそれぞれ両面に取り付けられた受熱板が、軌道方向に4枚配置され、これらが単一の筐体に一体的に収納されているため、電気車の床下の限られたスペースに艤装するには装置が大型化してしまうという問題があった。

40

【0008】

一方、直流き電区間を走行するインバータ装置のみでなる電力変換装置は、半導体スイッチモジュールを1相分毎に分割して同一の受熱板の一面に取り付け、その他面に冷却器を熱的に接続したことにより、冷却器の熱負荷量を平均化することができ、これによって、冷却器の小型化と装置全体の小型化ができる。しかし、交流き電区間を走行する電気車のようにコンバータ装置を備えた電力変換装置には適用し難いという問題があった。

【0009】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、コンバータ装置及びインバータ装置を備える場合でも小型化を図ることのできる電気車用電力変換装置を提供することにある。

50

## 【0010】

本発明の他の目的は、信頼性を向上させると共に、経済性においても有利な電気車用電力変換装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

請求項1に係る発明は、

スイッチング素子が単相ブリッジ接続され、単相交流を直流に変換するコンバータ装置と、

スイッチング素子が3相ブリッジ接続され、コンバータ装置によって変換された直流をそれぞれ3相交流に変換する第1及び第2のインバータ装置と、

冷媒を循環させる配管経路の途中の区間が2つに分岐され、一方の分岐部がコンバータ装置のU相スイッチング素子ユニット及び第1のインバータ装置に熱的に結合され、他方の分岐部がコンバータ装置のV相スイッチング素子ユニット及び第2のインバータ装置に熱的に結合された冷媒循環路と、

冷媒循環路の主経路に設けられた冷媒循環用のポンプと、

冷媒循環路の主経路に設けられた熱交換器と、

を備えた電気車用電力変換装置である。

## 【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の電気車用電力変換装置において、第1及び第2のコンバータ装置は互いに等しい容量を有し、分岐部は略等しい冷却性能を備えている。

## 【0013】

請求項3に係る発明は、請求項1又は2に記載の電気車用電力変換装置において、車両の床下に、風洞のスペースを残すように懸架され、その一部が気密部を形成するように区画された筐体を備え、コンバータ装置及びインバータ装置が筐体の気密部に収納され、ポンプが非気密部に収納されている。

## 【0014】

請求項4に係る発明は、請求項1ないし3のいずれか1項に記載の電気車用電力変換装置において、熱交換器は筐体から離隔して走行風によって自然冷却される部位に設置されている。

## 【0015】

請求項5に係る発明は、請求項3又は4に記載の電気車用電力変換装置において、コンバータ装置及びインバータ装置が収納された気密部のうち、温度が最も高くなると予測される部位に設置された温度センサと、この温度センサの検出値が所定値を超えないようにポンプの流量を制御する流量制御部と、を備えている。

## 【0016】

請求項6に係る発明は、請求項6に記載の電気車用電力変換装置において、インバータによって駆動される主電動機の電流を検出する電流センサを備え、流量制御部は電流センサの検出電流に応じて予め定められた冷媒が供給されるようにポンプの流量を制御する。

## 【0017】

請求項7に係る発明は、請求項5又は6に記載の電気車用電力変換装置において、電気車の走行、停止を検出する手段を備え、流量制御部は電気車の走行中と停止中とで流量を変更する。

## 【発明の効果】

## 【0018】

本発明によれば、冷媒を循環させる配管経路の途中の区間が2つに分岐された冷媒循環路によって冷媒を強制的に循環させると共に、一方の分岐部がコンバータ装置のU相スイッチング素子ユニット及び第1のインバータ装置に熱的に結合され、他方の分岐部がコンバータ装置のV相スイッチング素子ユニット及び第2のインバータ装置に熱的に結合されているので、コンバータ装置及びインバータ装置を備える場合でも小型化を図ることので

10

20

30

40

50

きる電気車用電力変換装置が提供される。

【発明の実施の形態】

【0019】

以下、本発明を図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。図1は本発明を適用する電力変換装置の主回路の構成を示す回路図であり、図中、従来装置を示した図5と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この場合、コンバータ装置3を構成するU相スイッチング素子ユニット3aとV相スイッチング素子ユニット3bとは回路構成が同じになっている。また、インバータ装置5a, 5bも回路構成は互いに同じになっている。そこで、本実施形態はU相スイッチング素子ユニット3a及びインバータ装置5aを1つの被冷却単位とし、V相スイッチング素子ユニット3b及びインバータ装置5bをもう1つの被冷却単位とすることにより、両者の冷却構造を同じにすると共に、これらを強制循環水冷方式として装置の小型化を図るものである。

10

【0020】

図2は本発明に係る電力変換装置の一実施形態の概略構成を示すブロック図である。同図において、U相スイッチング素子ユニット3a及びインバータ装置5aが1つの被冷却単位となり、さらに、V相スイッチング素子ユニット3b及びインバータ装置5bがもう1つの被冷却単位となって、これらがパワーユニット部7として後述する筐体に一纏めに収納される。パワーユニット部7を冷却するために冷媒循環路11が設けられている。冷媒循環路11は配管経路の途中の区間が分岐部12, 13になっており、このうち、分岐部12がU相スイッチング素子ユニット3a及びインバータ装置5aに熱伝達可能に結合され、分岐部13がV相スイッチング素子ユニット3b及びインバータ装置5bに熱伝達可能に結合されている。また、冷媒循環路11の主経路に冷媒として、例えば、エチレングリコールの成分を含んだ水溶液を循環させるポンプ14が設けられ、さらに、パワーユニット部7が収納された筐体の外側に導出された主経路に、冷却フィンによって走行風と熱交換を図る熱交換器15が設けられている。

20

【0021】

ポンプ14としては能力制御可変なものが用いられ、その回転速度を制御するための流量制御部20を備えている。流量制御部20は、冷媒循環路11の主経路に設けられた流量センサ21、パワーユニット部7が収納された筐体内で、温度が最も高くなると予測される部位に設置された温度センサ22及び誘導式主電動機6aの電流を検出するCT23の各出力信号に基づいてポンプ14の回転速度を制御するように構成されている。

30

【0022】

図3は上述した電力変換装置が装着された電気車の底部の構成を説明するために、特に、本実施形態に関連する要素の取付状態を示した底面図である。ここで、電気車30は、走行方向の一端部に台車31を備え、その他端部に台車32を備えており、中間部に電力変換装置8が装着され、この電力変換装置8から離隔した位置に熱交換器15と主変圧器2とが装着されている。図4(a)は本実施形態に関連する要素の取付状態を示した電気車の一部の側面図であり、電力変換装置8は電気車30の底部に風洞9のスペースを残すように懸架された筐体内に装着され、その側方に熱交換器15及び主変圧器2が装着されている。図4(b)は電力変換装置8を構成する要素の装着状態を示すための断面図である。電力変換装置8は、パワーユニット収納部81及び気密部82に区画された筐体80を備え、パワーユニット収納部81に前述したパワーユニット部7が収納され、気密部82にポンプ14及び流量センサ21が収納されている。なお、パワーユニット収納部81にはプロアや抵抗器等が収納され、気密部82には充電ユニット、過電圧抑制サイリスタユニット等が収納されるが、これらは本発明に直接的に関係しないので図示を省略している。

40

【0023】

上記のように構成された本実施形態の動作について、特に、従来装置と構成を異にする部分を中心にして以下に説明する。被冷却単位となる一組の発熱体として、コンバータ装置3を構成するU相スイッチング素子ユニット3aとインバータ装置5aとが分岐部12

50

に熱的に結合され、もう一組の発熱体として、コンバータ装置 3 を構成する V 相スイッチング素子ユニット 3 b とインバータ装置 5 b とが分岐部 1 3 に熱的に結合されている。これらの発熱体の電力容量は互いに等しく、原理的に等しい電流が流れるため、両者の発熱量も略等しくなる。これに対応して分岐部 1 2 及び 1 3 の配管の直径、結合部分の全長、曲げ形状を同じにして、略等しい冷却性能を持たせている。従って、ポンプ 1 4 によって冷媒循環路 1 1 にエチレングリコールの成分を含んだ水溶液を循環させると、分岐部 1 2 及び 1 3 において、二組のスイッチング素子の発熱が水溶液に吸収され、次いで、熱交換器 1 5 において、走行風との熱交換が行われて放熱が行われ、コンバータ装置 3 及びインバータ装置 5 a , 5 b を構成するスイッチング素子が冷却され、これらのスイッチング素子の抵抗値は略等しく保たれる。

10

**【 0 0 2 4 】**

ここで、流量制御部 2 0 は次の a ~ c 項の制御を実行する。

**【 0 0 2 5 】**

a . パワーユニット部 7 が収納された非気密部のうち、温度が最も高くなると予測される部位に設置された温度センサ 2 2 の検出値が所定の閾値を超えない範囲ではポンプの流量を定常の値に保持する。そして、温度センサ 2 2 の検出値が閾値を越えようとする毎に、流量センサ 2 1 によって検出される流量が所定値だけ増加するようにポンプ 1 4 の速度を高める。反対に、温度センサ 2 2 の検出値が閾値以下に降下する毎に流量センサ 2 1 によって検出される流量が所定値だけ減少するようにポンプ 1 4 の速度を低下させる動作を繰り返す。

20

**【 0 0 2 6 】**

b . 誘導式主電動機 6 a , 6 b , 6 c , 6 d の電流を検出するために設けた C T 2 3 の検出値に応じて、上記 a 項の閾値を連続的又は段階的に変更する。これによって、C T 2 3 の検出電流に応じて予め定められた冷媒が供給されるようにポンプ 1 4 の流量が制御される。

**【 0 0 2 7 】**

c . 上記 a 項及び b 項の制御は主に電気車の走行中の制御であるが、電気車の停止時にはコンバータ装置 3 及びインバータ装置 5 a , 5 b の電流は実質的にゼロとなることから、上述したポンプ流量の定常値及び閾値を変更して運転する必要がある。そこで、流量制御部 2 0 は C T 2 3 の電流検出信号に基づき、電気車が走行中か停止中かを判定し、停止中には定常値及び閾値を変更して運転する。

30

**【 0 0 2 8 】**

上記の制御を実行することによって、発熱体であるスイッチング素子の温度を予め設定した値に抑えることができる。

**【 0 0 2 9 】**

かくして、本実施形態によれば、発熱量が略同じになるようにコンバータ装置及びインバータ装置のスイッチング素子ユニットを組み合わせる二組の発熱体（又は被冷却単位）とし、冷媒を強制的に循環させる冷媒循環路の分岐路にそれぞれ熱的に結合させる構成により、装置の小型化が図られる。また、パワーユニット部 7 が収納される部位の温度、電動機の電流及び運転、停止の状態に応じてスイッチング素子の温度が閾値を越えないよう

40

**【 0 0 3 0 】**

また、上記の実施形態によれば、主変圧器 2 と、熱交換器 1 5 と、電力変換装置 8 とが互いに離隔配置されているため、熱交換器 1 5 に対する主変圧器 2 からの放熱の影響が避けられ、熱交換器 1 5 の冷却効率が高められるという効果もある。

**【 0 0 3 1 】**

さらに、上記の実施形態によれば、1 台のコンバータ装置と 2 台のインバータ装置を一組とする冷却方式であるため、台車及び個別方式に有効である。

**【 0 0 3 2 】**

なお、上記実施形態ではパワーユニット部 7 が収納される部位の温度、電動機の電流及

50

び運転、停止の状態に応じて冷媒の定常流量及び流量増減の閾値を変更したが、パワーユニット部 7 が収納される部位の温度のみによって流量制御しても、あるいは、パワーユニット部 7 が収納される部位の温度及び電動機の電流に応じて流量制御しても上述したものに準じた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明を適用する電力変換装置の主回路の構成を示す回路図。

【図2】本発明に係る車両用電力変換装置の一実施形態の概略構成を示すブロック図。

【図3】図2に示した電力変換装置が装着された電気車の底面図。

【図4】図2に示した実施形態に関連する要素の取付状態を示した電気車の側面図及びその断面図。 10

【図5】従来の電気車用電力変換装置の構成を示す回路図。

【符号の説明】

【0034】

2 主変圧器

3 コンバータ装置

3 a U相スイッチング素子ユニット

3 b V相スイッチング素子ユニット

5 a , 5 b インバータ装置

6 a , 6 b , 6 c , 6 d 誘導式主電動機 20

7 パワーユニット部

8 電力変換装置

1 1 冷媒循環路

1 2 , 1 3 分岐部

1 4 ポンプ

1 5 熱交換器

2 0 流量制御部

2 1 流量センサ

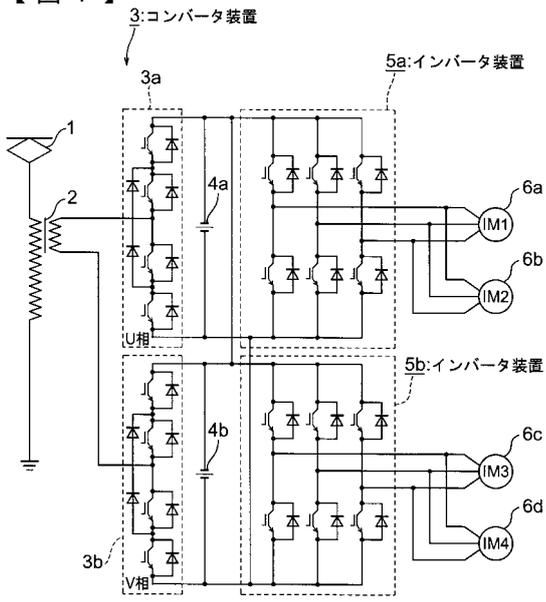
2 2 温度センサ

2 3 C T 30

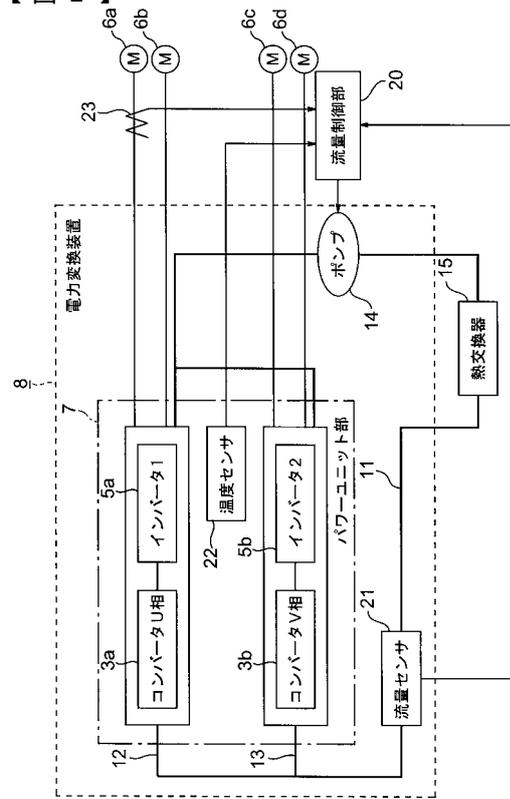
3 0 電気車

3 1 , 3 2 台車

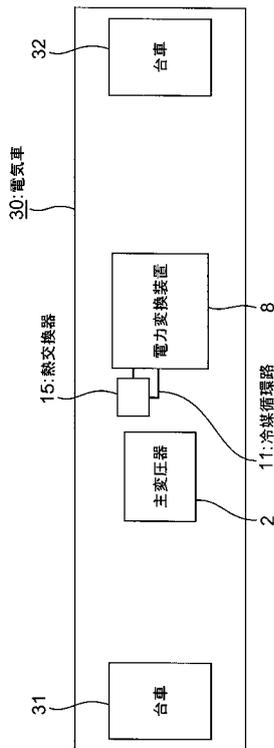
【図1】



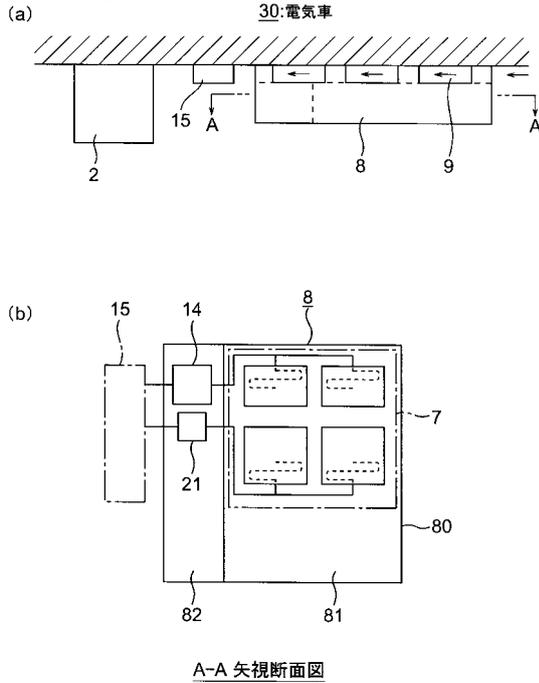
【図2】



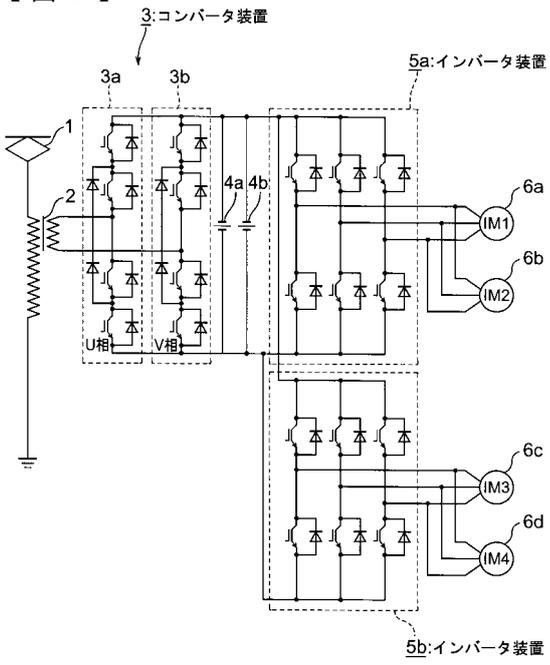
【図3】



【図4】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I		テーマコード(参考)
	H 0 5 K	7/20	H
	H 0 5 K	7/20	M

(72)発明者 小 泉 聡 志

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内

Fターム(参考) 5E322 AA05 AB10 BB07 DA01 EA10

5H007 BB06 CA01 CB05 CC05 HA06

5H115 PC02 PG01 PI02 PU09 PV07 PV09 SE10 T005 T012 T030

U130