

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7459379号
(P7459379)

(45)発行日 令和6年4月1日(2024.4.1)

(24)登録日 令和6年3月22日(2024.3.22)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 2 M	7/48 (2007.01)	H 0 2 M	7/48	Z
H 0 2 M	7/49 (2007.01)	H 0 2 M	7/49	

請求項の数 10 (全20頁)

(21)出願番号	特願2023-520669(P2023-520669)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年5月13日(2021.5.13)	(74)代理人	110002941 弁理士法人ばるも特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/018146	(72)発明者	檜垣 優介 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/239170	(72)発明者	地道 拓志 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和4年11月17日(2022.11.17)	(72)発明者	小柳 公之 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和5年5月25日(2023.5.25)	(72)発明者	梶山 拓也

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】

一对の単位変換器、および
冷却装置を備え、
前記一对の単位変換器それぞれは、
コンデンサ、

冷却面と、前記冷却面の反対側になる接続面とを有し、主電力が流れる2つの電極が前記接続面に形成され、対をなして電力変換のためのレグを構成するスイッチング素子、

一端部に前記レグにおける第一極に対応する前記対をなすスイッチング素子の電極を固定するための第二端子孔が形成され、他端部に前記第一極に対応する前記コンデンサの電極を固定するための第一端子孔が形成された第一導体板、および

一端部に前記レグにおける第二極に対応する前記対をなすスイッチング素子の電極を固定するための第二端子孔が形成され、他端部に前記第二極に対応する前記コンデンサの電極を固定するための第一端子孔が形成され、前記第一導体板と絶縁を保持して厚み方向に重ねて配置された第二導体板を備え、

前記一对の単位変換器は、一方の単位変換器の前記対をなすスイッチング素子の前記冷却面が、他方の単位変換器の前記対をなすスイッチング素子の前記冷却面に対して、前記冷却装置を挟んで対向していることを特徴とする電力変換装置。

【請求項2】

前記一对の単位変換器それぞれは、

10

20

前記スイッチング素子の前記冷却面に対し、前記第二端子孔から離れる方向において、前記コンデンサが手前側に収まっていることを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記第一導体板と前記第二導体板は、それぞれ前記第一端子孔が形成された部分と前記第二端子孔が形成された部分との間で角度を有するように中間部分に折り曲げ部が形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

前記一对の単位変換器は、互いの前記第一導体板どうし、および互いの前記第二導体板どうしが同じ形状を有していることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

10

【請求項 5】

前記第一導体板と前記第二導体板それぞれには、前記第二端子孔が前記一端部に沿って 3 つ以上配置され、中央に配置された端子孔と前記第一端子孔を結ぶ線上に、開口部が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 6】

前記第一導体板と前記第二導体板それぞれには、前記第二端子孔と前記第一端子孔を結ぶ最短経路から離れた位置に、外部と電気接続するための第三端子孔が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 7】

前記第三端子孔のうち、前記一方の単位変換器の前記第一導体板に形成された端子孔と、前記他方の単位変換器の前記第一導体板に形成された端子孔と、を接続する配線部材を備えたことを特徴とする請求項 6 に記載の電力変換装置。

20

【請求項 8】

前記第三端子孔のうち、前記一方の単位変換器の前記第一導体板に形成された端子孔と、前記他方の単位変換器の前記第二導体板に形成された端子孔と、を接続する配線部材を備えたことを特徴とする請求項 6 に記載の電力変換装置。

【請求項 9】

前記第一導体板、前記第二導体板、および一端部に前記レグにおける交流極に対応する端子孔が形成され、他端部に外部へ電気接続するための端子孔が形成された第三導体板のいずれかは、一方の端部に形成された端子孔の方が他方の端部に形成された端子孔の数よりも多く、前記他方の端部の幅が前記一方の端部の幅よりも狭くなっていることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

30

【請求項 10】

前記一对の単位変換器の間をバイパスするバイパス機構を備えたことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、電力変換装置に関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

直流送電などに用いられる電力変換装置として、モジュラーマルチレベル変換器（以下、MMC (Modular Multilevel Converter) と称す）が知られている。MMC は、複数の単位変換器で構成された電力変換装置である。単位変換器は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) などの対をなすスイッチング素子と直流コンデンサで構成されている。

【0003】

また、分散電源、モータドライブ用途ではマルチレベル電力変換装置が知られている。マルチレベル電力変換装置でも、複数の単位変換器から構成される場合があり、複数の直流コンデンサの責務を均一にすることを課題とした電力変換装置が提案されている（例

50

えば、特許文献1参照。)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2015-115974号公報(段落0011~0022、図1~図3)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、直流送電などに用いられる電力変換装置では、高電圧と大電流を扱うことが多く、スイッチング素子、直流コンデンサ、および配線が大型化し、これらを支持する構造物も大型化する。したがって、直流送電などに用いられる電力変換装置では、小型化が重要課題となる。

10

【0006】

本願は、上記のような課題を解決するための技術を開示するものであり、直流送電等に用いる小型の電力変換装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願に開示される電力変換装置は、一对の単位変換器、および冷却装置を備え、前記一对の単位変換器それぞれは、コンデンサ、冷却面と、前記冷却面の反対側になる接続面とを有し、主電力が流れる2つの電極が前記接続面に形成され、対をなして電力変換のためのレグを構成するスイッチング素子、一端部に前記レグにおける第一極に対応する前記対をなすスイッチング素子の電極を固定するための第二端子孔が形成され、他端部に前記第一極に対応する前記コンデンサの電極を固定するための第一端子孔が形成された第一導体板、および一端部に前記レグにおける第二極に対応する前記対をなすスイッチング素子の電極を固定するための第二端子孔が形成され、他端部に前記第二極に対応する前記コンデンサの電極を固定するための第一端子孔が形成され、前記第一導体板と絶縁を保って厚み方向に重ねて配置された第二導体板を備え、前記一对の単位変換器は、一方の単位変換器の前記対をなすスイッチング素子の前記冷却面が、他方の単位変換器の前記対をなすスイッチング素子の前記冷却面に対して、前記冷却装置を挟んで対向していることを特徴とする。

20

30

【発明の効果】

【0008】

本願に開示される電力変換装置によれば、スイッチング素子の冷却装置を共通化して電力変換装置を構成できるので、部品数が削減され、直流送電等に用いる小型の電力変換装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1Aと図1Bは、それぞれ実施の形態1にかかる電力変換装置の構成を説明するための斜視図と単位変換器の構成を示す回路図である。

【図2】実施の形態1にかかる電力変換装置の単位変換器の構成を説明するための斜視図である。

40

【図3】図3Aと図3Bは、それぞれ実施の形態1にかかる電力変換装置のP極接続導体とN極接続導体の構成を示す斜視図である。

【図4】実施の形態1にかかる電力変換装置において、3つのスイッチング素子を並列接続したレグの構成を示す回路図である。

【図5】図5Aと図5Bは、それぞれ比較例と実施の形態1にかかる電力変換装置における並列接続されたスイッチング素子の配線長について説明するためのP極接続導体部分の模式図である。

【図6】実施の形態1にかかる電力変換装置におけるコンデンサとの電気接続を行うための端子位置について説明するためのP極接続導体の斜視図である。

50

【図 7】図 7 A と図 7 B は、それぞれ実施の形態 1 にかかる電力変換装置における単位変換器間の電気接続について説明するための電力変換装置の斜視図と平面図である。

【図 8】図 8 A ~ 図 8 C は、それぞれ実施の形態 1 にかかる電力変換装置における単位変換器間を電気接続するための形状の異なる配線部材の平面図である。

【図 9】実施の形態 1 の変形例にかかる電力変換装置の構成を説明するための模式的な側面図である。

【図 10】実施の形態 2 にかかる電力変換装置の単位変換器の構成を説明するための斜視図である。

【図 11】実施の形態 2 にかかる電力変換装置の構成を説明するための斜視図である。

【図 12】実施の形態 3 にかかる MMC 方式の電力変換装置の構成を説明するための模式的な回路図である。

10

【図 13】実施の形態 3 にかかる電力変換装置の構成を説明するための模式的な回路図である。

【図 14】実施の形態 3 にかかる電力変換装置の構成を説明するための斜視図である。

【図 15】実施の形態 3 にかかる電力変換装置の構成を説明するための側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 A ~ 図 8 C は実施の形態 1 にかかる電力変換装置の構成および動作について説明するためのものであり、図 1 A は電力変換装置の構成を示す斜め上方から見たときの斜視図、図 1 B は単位変換器の構成を示す回路図、図 2 は単位変換器を斜め上方から見たときの斜視図である。そして、図 3 A は P 極接続導体の構成を示す図 2 における上下を逆転させた構図での斜視図、図 3 B は N 極接続導体の構成を示す図 2 における上下を逆転させた構図での斜視図である。

20

【0011】

また、図 4 は 3 つのスイッチング素子を並列接続したレグの構成を示す回路図であり、図 5 A は比較例にかかる電力変換装置における並列接続されたスイッチング素子の配線長について説明するための P 極接続導体部分の模式図であり、図 5 B は実施の形態 1 にかかる電力変換装置における並列接続されたスイッチング素子の配線長について説明するための P 極接続導体部分の模式図である。さらに、図 6 はコンデンサとの電気接続を行うための端子位置について説明するための P 極接続導体の図 3 A に対応する斜視図である。

30

【0012】

一方、図 7 A は単位変換器間の電気接続について説明するための図 1 A に対応する電力変換装置の斜視図であり、図 7 B は上方から見たときの平面図である。そして、図 8 A ~ 図 8 C は、それぞれ単位変換器間を電気接続するための接続対象、あるいは形状の異なる配線部材の平面図である。

【0013】

本願で開示する電力変換装置は、直流送電に用いるものであり、後述する実施の形態 3 で詳細な説明を行う MMC 方式を想定している。そして、図 1 A に示すように、冷却装置 4 を 2 つの単位変換器 3 で挟み込む（詳細は後述）ようにして電力変換装置 9 を構成している。単位変換器 3 は、蓄電要素としてのコンデンサ 1 と、2 つ以上のスイッチング素子 2 とで構成する。ここで、本願の特徴的な構成の説明の前に、前提となる基本的な構成について説明する。

40

【0014】

単位変換器 3 は、より具体的には、図 1 B に示すように、2 つ以上のスイッチング素子 2 を直列接続したレグ 20 と、レグ 20 と並列に接続されるコンデンサ 1 により、ハーフブリッジ回路を構成する。ここで、2 つ以上のスイッチング素子 2 を直列接続したレグ 20 の中間が AC 極 20 p 3 となる。レグ 20 の一端は P 極 20 p 1 となり、P 極 20 p 1 とは反対側の他端が N 極 20 p 2 となる。P 極 20 p 1 にはスイッチング素子 2 のドレイン端子、あるいはコレクタ端子が接続される。N 極 20 p 2 にはスイッチング素子 2 のソ

50

ース端子、あるいはエミッタ端子が接続される。

【0015】

コンデンサ1には、フィルムコンデンサ、電解コンデンサ、電気二重層キャパシタなど、多様な蓄電素子が適用できる。スイッチング素子2には、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) など、多様な半導体素子が適用できる。ただし、本願では、特許文献1に開示された電力が流れる電極が両面に分かれて形成される圧接型の半導体素子ではなく、後述するパッケージとしても、一方の面の中で領域を分けて、電力が流れる2つの電極が形成されるスイッチング素子2を対象としている。電極としては、例えば、絶縁性のパッケージの面から浮かせたねじ穴のように、ボルト等で機械的な固定と電気接続が可能な形態を想定している。

10

【0016】

ここで、図1Bで説明した単位変換器3を実際に構成するには、ハーフブリッジ回路を構成する素子のほかに、P極の配線となるP極接続導体5と、N極の配線となるN極接続導体6と、AC極の配線となるAC極接続導体7と、スイッチング素子2を冷却する冷却装置4とが必要となる。

【0017】

P極接続導体5、N極接続導体6、AC極接続導体7といった導体には金属板を用い、厚板状の冷却装置4を用いて、ハーフブリッジ回路を構成する素子とを組み上げると、図2に示すような単位変換器3が構成できる。図2においては、3つのレグ20が互いに並列に接続されている(図6参考)。図1Bでは、2つのスイッチング素子2が一体になっている2in1パッケージを想定し、レグ20を形成するパッケージをひとつのスイッチング素子2のように描画しているが、これに限ることはない。例えば、1つのスイッチング素子2が収められている1in1パッケージを2つ直列接続方向に配置してレグ20を構成したうえで、3つのレグ20を並列接続方向に配置しても良い。

20

【0018】

なお、冷却装置4としては、水冷フィンを想定した構造の例を示して、冷媒の出入り口である水冷バルブ口4vを備え、構造部品4sによって支持されるものとする。構造部品4sは、単位変換器3を内蔵する図示しない筐体に連結・固定される。本願では詳しく説明しないが、コンデンサ1、および各種導体も必要があれば、ボルト、金具といった何らかの構造部品類によって筐体に固定される。

30

【0019】

P極接続導体5とN極接続導体6とは、厚み方向に重なるように配置される。ただし、P極接続導体5とN極接続導体6との間には、一定の隙間または絶縁部材を設け、互いに電氣的に切り離される。また、コンデンサ1は、P極の端子1p1と、N極の端子1p2とを備えている。コンデンサ1のP極の端子1p1、N極の端子1p2はコンデンサ1の同一面に設けられている。そして、その面に、図3Aに示すP極接続導体5の一端に形成された第一端子孔5t1、および図3Bに示すN極接続導体6の一端に形成された第一端子孔6t1がボルトなどの機構で固定される。なお、P極接続導体5とN極接続導体6それぞれには、端子1p1と端子1p2との干渉を避けるため、N極接続導体6の第一端子孔6t1とP極接続導体5の第一端子孔5t1の位置に合わせて、貫通孔5hと貫通孔6hが形成されている。

40

【0020】

P極接続導体5の第一端子孔5t1とは面内における反対側の端部に形成された第二端子孔5t2(図2では隠れて見えない)は、レグ20のP極20p1にボルトなどの機構で接続される。N極接続導体6の第一端子孔6t1とは面内における反対側の端部に形成された第二端子孔6t2は、レグ20のN極20p2にボルトなどの機構で接続される。

【0021】

なお、図2において、N極接続導体6とレグ20との接続箇所にある符号を付さない3つのボルトは、3つのレグ20にそれぞれ対応する。P極接続導体5とレグ20のP極2

50

0 p 1 との接続箇所にも同様に 3 つのボルトがあるが、N 極接続導体 6 によって隠れて見えない。P 極接続導体 5 は第一端子孔 5 t 1 と第二端子孔 5 t 2 との中間部分（屈曲部 5 b）で角度 90 度だけ折れ曲がる。N 極接続導体 6 も第一端子孔 6 t 1 と第二端子孔 6 t 2 との中間部分（屈曲部 6 b）で角度 90 度だけ折れ曲がる。折れ曲がる理由は後述する。
【0022】

また、P 極接続導体 5 の第一端子孔 5 t 1、および第二端子孔 5 t 2 とは異なる箇所（詳細は後述）に第三端子孔 5 t 3 が設けられて、単位変換器 3 と外部との接続に使用される。同様に N 極接続導体 6 の第一端子孔 6 t 1、および第二端子孔 6 t 2 とは異なる箇所に第三端子孔 6 t 3 が設けられて、単位変換器 3 と外部との接続に使用される。

【0023】

AC 極接続導体 7 の一端に設けられた第一端子孔 7 t 1 はレグ 20 の AC 極 20 p 3 にボルトなどの機構で接続され、AC 極接続導体 7 とレグ 20 との接続箇所にある 3 つのボルトは、3 つのレグ 20 にそれぞれ対応する。AC 極接続導体 7 の第一端子孔 7 t 1 とは面内における反対側の一端に位置する第二端子孔 7 t 2 は単位変換器 3 の外部と接続され、入出力端子として使用される。

【0024】

スイッチング素子 2 は、2 i n 1 のパッケージも含め、板状をなし、2 つの主面のうち、一方の面内に各種導体（P 極接続導体 5、N 極接続導体 6、AC 極接続導体 7）と接続する電極が領域に分かれて形成されている。P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 は、途中で 90 度だけ折れ曲がる、としているが、角度 90 度だけ折れ曲がるのは簡単な例である。角度は必ずしも 90 度でなくても良く、後述する変形例のように別の角度でもよい。極端な例として、コンデンサ 1 の厚みがスイッチング素子 2 と同等以下の厚みの場合、P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 は、後述の理由により、途中で折り曲げる必要がない。

【0025】

スイッチング素子 2 の各種電極が設けられる面とは反対側の面は平坦状をなし、電気的な接続を伴わない冷却面として使用される。スイッチング素子 2 を通電させると、スイッチング損失、および導通損失などの各種損失が発生して、スイッチング素子 2 の温度上昇の要因となる。スイッチング素子 2 の温度上昇は、スイッチング素子 2 の性能低下、あるいは故障の要因となるため、抑制する必要がある。

【0026】

そこで、スイッチング素子 2 の温度上昇を抑制するために、単位変換器 3 には冷却装置 4 を備える。冷却装置 4 はスイッチング素子 2 で発生する損失に伴う発熱量を処理できる冷却能力を備える必要がある。冷却能力の指標は、例えば、熱抵抗（K/W）が使われる。これは 1 ワット（W）あたりの伝熱に必要な温度差（K）を表し、熱抵抗が小さいほど、少ない温度差で伝熱が可能、つまり冷却対象の到達温度を低く抑えることが可能となる。

【0027】

上述した基本構成を前提として、2 つの単位変換器 3 で 1 つの冷却装置 4 を共有するようにして構成した本願の電力変換装置 9 の特徴的部分についての説明に入る。単位変換器 3 を 2 つ用いた電力変換装置 9 は、図 1 A に示すように、2 つの単位変換器 3 を互いに向かい合わせて配置する。このとき、各単位変換器 3 のスイッチング素子 2 の冷却面が互いに対向するように配置する。このように 2 つの単位変換器 3 を対向させて配置することで、本来、単位変換器 3 ごとに設ける必要のあった冷却装置 4 を一体化（共通化）することができる。

【0028】

ここで、単位変換器 3 ごとの冷却装置 4 を一体化するためには、各単位変換器 3 のスイッチング素子 2 あるいはパッケージの冷却面同士が近接する必要がある。したがって、単位変換器 3 を構成する素子のうち、スイッチング素子 2、あるいはパッケージの高さを超える構成要素は、スイッチング素子 2 とは異なる方向に設置する必要が生じる。

【0029】

10

20

30

40

50

例えば、図 2 に示す単位変換器 3 では、コンデンサ 1 の方が、スイッチング素子 2 よりも実装高さが高い。そこで、P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 をスイッチング素子 2 と接続する領域とコンデンサ 1 と接続する領域の中間部分（屈曲部 5 b、および屈曲部 6 b）で 90 度だけ折り曲げる。そして、スイッチング素子 2 の実装方向（図では水平方向）と、コンデンサ 1 の実装方向（同垂直方向）とが、90 度異なるようにした。その結果として、2 つの単位変換器 3 に対して、それぞれのスイッチング素子 2 の冷却面同士を対向させて近接させることができる。

【0030】

上述したように、屈曲部 5 b、屈曲部 6 b は、単位変換器 3 を構成する素子のうち、スイッチング素子 2、あるいはパッケージの高さを超える構成要素がある場合に必要としたものである。そのため、コンデンサ 1 がスイッチング素子 2 の高さを超えない場合は、P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 を途中で折り曲げる必要は生じない。よって、P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 は折り曲げていない平板で良くなる。また、P 極接続導体 5 および N 極接続導体 6 の一面にスイッチング素子 2 が接続され、その反対の面にコンデンサ 1 が接続されてもよい。そのように設置する際は、コンデンサ 1 の方が、スイッチング素子 2 よりも実装高さが高い場合でも、P 極接続導体 5 および N 極接続導体 6 を折り曲げる必要はない。

【0031】

一方、2 つの単位変換器 3 において共有する冷却装置 4 には、2 つの単位変換器 3 のスイッチング素子 2 で生じる発熱量に対応した冷却能力が求められる。単位変換器 3 ごとに独立した冷却装置 4 を設けた場合と比べて、2 つの単位変換器 3 において一体化した冷却装置 4 では、単純計算で 2 倍の損失によって生じる温度上昇を冷却する必要がある。冷却装置 4 が空冷フィンである場合、風量の増大、あるいはフィン形状の変更等により、熱抵抗を低減すればよい。

【0032】

冷却装置 4 が水冷フィンである場合は、流量の増大、あるいはフィン形状の変更等に加え、冷却水の組成を変えて熱伝導率を向上させることで熱抵抗を低減すればよい。冷却水の熱伝導率を向上させる方法の一例として、一般的に熱伝導率が温度に依存することを利用することがあげられる。冷却水温が高くなると熱伝導率が上がる組成の冷却水を使用することで、発熱量が増加し、冷却水温が上昇した場合に、温度差の低下を補って、冷却能力を保つことが可能となる。

【0033】

本実施の形態 1 における単位変換器 3 に用いる冷却装置 4 については、水冷フィンを想定して描画している。冷却装置 4 の冷却能力を向上させる場合において、冷却風、冷却液等の冷媒の条件で改善するがぎりでは、冷却装置 4 自体の外形を大型化させることは必ずしも必要ではない。よって、2 つの単位変換器 3 において一体化した冷却装置 4 は、単位変換器 3 ごとに独立した冷却装置を設けた場合の一個の独立した冷却装置に対して、必ずしも外形を変える必要はない。

【0034】

そこで、本願の電力変換装置 9 では、本来、単位変換器 3 それぞれに設ける仕様の冷却装置と同じ外形の冷却装置 4 を用い、2 つの単位変換器 3 に対して 1 つの冷却装置 4 を設置している。よって、電力変換装置 9 に搭載する冷却装置の数を半減させることができる。なお、特許文献 1 に記載の圧接型の半導体素子を用いる場合、半導体素子の両側に冷却装置を搭載する必要があり、仮に、単位変換器間でひとつの冷却装置を共有した場合でも、さらに素子数に応じた冷却装置を設け、少なくとも 3 つの冷却装置を用いる必要がある。つまり、単位変換器の数よりも多い冷却装置が必要となる。

【0035】

冷却装置の材質は、一般的にアルミニウム（Al）、銅（Cu）、あるいはそれらを主体とした合金が使用されることが多い。銅を使用する場合は冷却能力に優れるが重量が重くなりやすい。アルミニウムを使用する場合は銅と比べると軽量となる。このような冷却

10

20

30

40

50

装置 4 を電力変換装置 9 に組み込むためには、固定用の構造部品 4 s が必要となる。構造部品 4 s は例えば金属製の枠組み（フレーム）であり電力変換装置 9 を内蔵する、図示しない筐体に連結・固定される。

【 0 0 3 6 】

筐体は、例えば金属、あるいは樹脂で作られた直方体の箱が用いられる。構造部品 4 s は支持対象物の重量に応じて厚みと強度を調整する必要があり、また、支持対象物の数に応じて数を増加させる必要がある。よって、冷却装置 4 の数および重量を半減させることは、冷却装置 4 の削減のみならず、構造部品 4 s の削減の効果も得る。

【 0 0 3 7 】

< 開口部 >

上述した構成において、スイッチング素子 2 を複数個並列接続した際の配線長について説明する。スイッチング素子 2 には、板状をなし、片面にハーフブリッジとしての電流を流す 2 つの電極が領域を分けて形成されたものであり、例えば直方体の樹脂ケースに半導体チップが封入されていて上面に接続用電極が出ているものである。電力変換装置 9 に用いるスイッチング素子 2 は、電力変換装置 9 の定格電流の大きさに応じて並列接続数を変えることがある。

【 0 0 3 8 】

電力変換装置 9 の定格電流に対して、スイッチング素子 2 を 1 つ使用することで所望の電流に到達できる場合は、スイッチング素子 2 は 1 つ以上使用する。電力変換装置 9 の定格電流に対して、例えばスイッチング素子 2 を 3 つ使用することで、ようやく所望の電流

【 0 0 3 9 】

このように、スイッチング素子 2 を並列接続する場合の配線長に関する課題について説明する。スイッチング素子 2 を流れる電流は、スイッチング素子 2 の電流の流れやすさと、電流が流れる経路の電流の流れやすさに応じて大小が変化する。並列接続した複数のスイッチング素子 2 では、それぞれのスイッチング素子 2 での電流の流れやすさのばらつきと、それぞれの電流経路での電流の流れやすさのばらつきに応じて、それぞれを流れる電流の大きさにばらつきが生じる。

【 0 0 4 0 】

例えば、図 4 に示すように、3 つのスイッチング素子 2 を並列接続した場合について検討する。この場合、中央に位置するスイッチング素子 2 の電流経路 P 2 のインピーダンス R 2 が他の電流経路 P 1、P 3 のインピーダンス R 1、R 3 よりも小さく、電流が流れやすい場合、中央のスイッチング素子 2 に電流が集中する。例えば、横並びに配置した 3 つのスイッチング素子 2 それぞれに対し、分岐点 P s で 3 つに分割した電流経路 P 1 ~ P 3 で各スイッチング素子 2 へ配線する場合が相当する。この場合、両側のスイッチング素子 2 それぞれの電流経路 P 1、P 3 に要する配線の長さよりも、中央のスイッチング素子 2 の電流経路 P 2 に要する配線の長さの方が物理的に短くなる。その結果、インピーダンス R 1 と R 3 は、インピーダンス R 2 よりも大きくなる。

【 0 0 4 1 】

一方、2 つのスイッチング素子 2 を横並びに配置して、電流経路を 2 分割してそれぞれの 2 つのスイッチング素子 2 へ配線する場合は、2 つの電流経路の配線は対称で長さが等しくなる傾向にある。したがって、3 つ以上のスイッチング素子 2 を並列接続する場合は、2 つのスイッチング素子 2 を並列接続する場合と比べて、各スイッチング素子 2 へ流れる電流を均一化することが困難になりやすい。

【 0 0 4 2 】

スイッチング素子が、大電流用途向けのモジュール型の形状をしている場合は、配線に金属板を使用してスイッチング素子にボルトで固定することがある。金属板を使用して 3 つ以上のスイッチング素子を並列接続すると、スイッチング素子それぞれの電流経路の配線長は物理配置に左右される。

【 0 0 4 3 】

例えば、図 5 A に示す比較例を用いて説明する。比較例では、横並びに配置された 3 つのスイッチング素子 2 を本願の P 極接続導体 5 に対応する金属導体 5 C の下端の端子孔 5 t 2 C で接続し、上端中央部の端子孔 5 t 1 C (本願の第一端子孔 5 t 1、図 4 の分岐点 P s に対応) を介して外部と電気接続する。なお、比較例における実施の形態における対応する部分に対しては、符号の末尾に「C」を付して区別している。この場合、スイッチング素子 2 の配置と端子孔 5 t 1 C との位置関係に応じて配線長が異なり、配線長 L 1 C、L 3 C に対して、配線長 L 2 C は短くなり(不一致)、各スイッチング素子 2 へ流れる電流を均一化できない。

【0044】

それに対して、本願の電力変換装置 9 では、図 5 B に示すように、3 つ以上のスイッチング素子 2 と接続する金属板 (P 極接続導体 5) に開口部 (スリット 5 s) を設けた。なお、図示しないがスリット 5 s 部分は空気などの絶縁部となり、第一端子孔 5 t 1 から各スイッチング素子 2 (第二端子孔 5 t 2) へ電流経路はスリット 5 s を避けて形成される。これにより、外側のスイッチング素子 2 への配線長 L 1 (= L m + L s 1) と、中央のスイッチング素子 2 への配線長 L 2 (= L m + L s 2) は等しくなる。これは、スリット 6 s を設けた N 極接続導体 6 でも同様である。

【0045】

よって、各スイッチング素子 2 へ流れる電流のばらつきのうち、配線長の違いによって発生する分は抑制されることになる。金属板にスリット 5 s のような開口部を設ける手法は、プレス加工、レーザー加工などの一般手法にて行える。このように並列接続するスイッチング素子 2 の接続に用いる金属板 (P 極接続導体 5 と N 極接続導体 6) において、開口部 (スリット 5 s、スリット 6 s) を設けるといった簡易な加工により、電流均一化を実現する。

【0046】

各スイッチング素子 2 の電流均一化は、各スイッチング素子 2 の電流利用率を一様に向上させる効果を得る。ここでの電流利用率は、スイッチング素子 2 の定格電流値を分母として、最大通流電流値を分子としたときの割合である。各スイッチング素子 2 の電流が均一でない場合は、最も電流が流れやすいスイッチング素子 2 の電流利用率が 1 を超えないように制約される。その結果、電流が流れにくいスイッチング素子 2 の電流利用率が 1 よりも低下することになり、そのスイッチング素子 2 を十分に活用していないことになる。しかし、開口部を設けたことによる均一化により、各スイッチング素子 2 を十分に活用することが可能となる。

【0047】

< 端部形状 >

本願の電力変換装置 9 で用いる A C 極接続導体 7 は、図 2 に示すように、矩形における 4 つの角のうち、2 つの角を斜めに切り取った形状にしている。矩形の導体から切り取られた 2 つの角の部分に導体は存在しないため、電流経路ではなくなる。矩形の導体から切り取られた 2 つの角は、3 つのスイッチング素子 2 のうち、外側に配置される 2 つのスイッチング素子 2 の方が中央に配置されるスイッチング素子 2 よりも近い位置にある。よって、矩形の導体から 2 つの角の部分の切り取ることは、外側に配置される 2 つのスイッチング素子 2 への電流の流れやすさに影響しやすく、中央側に配置されるスイッチング素子 2 への電流の流れやすさには影響しにくい。したがって、矩形形状に対する角の切り取り部分の形状を調整する、つまり、端子孔が形成された数の少ない方の端部の幅を狭めることで、外側のスイッチング素子 2 に対する電流の流れやすさを調整することができる。

【0048】

一方で、矩形形状の内側に設けた開口部 (スリット 5 s、6 s) は中央側のスイッチング素子 2 の電流の流れにくくするものであった。以上のように、電気接続に用いる導体の外周形状の調整と、内側に設けた開口部の形状の調整とを組み合わせることで、各スイッチング素子 2 への電流の流れやすさを調整する。その結果、各スイッチング素子 2 の電流利用率を均一化する効果を得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

ここでは、A C極接続導体 7 を例として説明したが、A C極接続導体 7 に限るものではない。スイッチング素子 2 への電流の流れやすさを調整することを説明したが、コンデンサ 1 への電流の流れやすさの調整に用いることも同様に可能である。導体の角を斜めに切り取った形状を示したが、切り取る形状は三角形に限定するものではなく、四角、あるいはその他の形状で切り取っても、同様の効果を得る。

【 0 0 5 0 】

< コンデンサへの電流経路 >

上述した分岐点 P s とスイッチング素子間の電流経路の配線長に加え、P 極接続導体と N 極接続導体におけるコンデンサへの電流経路として、それぞれの第三端の位置について説明する。P 極接続導体 5 には、コンデンサ 1 の電極と接続する第一端子孔 5 t 1、スイッチング素子 2 と接続する第二端子孔 5 t 2、および外部と接続する第三端子孔 5 t 3 が形成されている。スイッチング素子 2 のスイッチング動作で発生する急峻な電圧変化および電流変化は、蓄電要素であるコンデンサ 1 の平滑作用によって吸収される。平滑作用を円滑に行うためには、スイッチング素子 2 とコンデンサ 1 との間の電流経路のインピーダンスを低くする必要がある。

【 0 0 5 1 】

しかし、金属板で形成された P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 では、取付穴に対してボルト締め付けにより電気接続が形成されるため、接触抵抗が生じる。よって、P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 の位置は、第一端子孔 5 t 1 と第二端子孔 5 t 2 とを結ぶ経路を避けることが望ましい。それに対し、P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3、第一端子孔 5 t 1 と第二端子孔 5 t 2 とを結ぶ経路上に設置すると、スイッチング動作で発生する急峻な電圧変化および電流変化が第三端子孔 5 t 3 を介して外部に流れやすくなる。ただし、外部に接続されるインピーダンスが十分に高い場合は、外部に流れることはない。

【 0 0 5 2 】

そこで、本願の電力変換装置の P 極接続導体 5 は、図 6 に示すように、第一端子孔 5 t 1 と第二端子孔 5 t 2 とを結ぶ経路を避けるようにして第三端子孔 5 t 3 を配置した。図 6 において矢印で示す経路 P 1、P 2 が第一端子孔 5 t 1 と第二端子孔 5 t 2 とを結ぶ経路となる。N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 についても、P 極接続導体 5 と同様に、第一端子孔 6 t 1 と第二端子孔 6 t 2 を結ぶ経路を避けるように配置した。このように、第三端子孔 5 t 3、6 t 3 の位置を設定することで、電力変換装置 9 のスイッチング動作を安定にすることができる。

【 0 0 5 3 】

< 単位変換器間の配線部材 >

上述した単位変換器内の P 極接続導体内と N 極接続導体内での電流経路に加え、単位変換器間の電流経路を形成する電気接続方法について説明する。P 極接続導体 5 には、上述した第一端子孔 5 t 1、第二端子孔 5 t 2 との位置関係で配置され、単位変換器 3 と外部との接続に用いる第三端子孔 5 t 3 が、第一端子孔 5 t 1 が形成された部位 5 1 (図 3 A) 側に 2 か所設けられている。同様に、N 極接続導体 6 にも、上述した第一端子孔 6 t 1、第二端子孔 6 t 2 との位置関係で配置され、単位変換器 3 と外部との接続に用いる第三端子孔 6 t 3 が、第一端子孔 6 t 1 が形成された部位 6 1 (図 3 B) 側に 2 か所設けられている。

【 0 0 5 4 】

そして、P 極接続導体 5 の 2 つの第三端子孔 5 t 3 は、それぞれ部位 5 2 側 (図 3 A における下方) に向かって延び、かつ P 極接続導体 5 の (同、左右方向 (屈曲部 5 b の延びる方向) での) 中心に対して対称の位置に配置されている。同様に、N 極接続導体 6 の 2 つの第三端子孔 6 t 3 も、それぞれ部位 6 2 側 (図 3 B における下方) に向かって延び、N 極接続導体 6 の (同、左右方向 (屈曲部 6 b の延びる方向) での) 左右方向の中心に対して対称の位置に配置される。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

そして、単位変換器 3 に組み込まれた際、図 7 A、図 7 B に示すように、P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 と、N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 とが、単位変換器 3 内において、2 か所に分かれて、それぞれ左右方向で隣り合う位置に配置されることとする。このとき、上述したように、第三端子孔 5 t 3 が、中心に対して対称（等距離）の位置に配置されているので、2 つの単位変換器 3 のスイッチング素子 2 同士を対向させて配置すると、それぞれの P 極接続導体 5 の 2 つの第三端子孔 5 t 3 の先端が延伸方向において接近することになる。同様に、それぞれの N 極接続導体 6 の 2 つの第三端子孔 6 t 3 の先端が延伸方向において接近することになる。

【 0 0 5 6 】

また、単位変換器 3 の P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 と N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 とは、前述のとおり左右方向で隣り合う位置に設けることとしている。そのため、電力変換装置 9 として組み込んだ 2 つの単位変換器 3 の向かいあう P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 と N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 とは近接することになる。したがって、2 つの単位変換器 3 間の接続が短い配線で行えるようになる。

10

【 0 0 5 7 】

2 つの単位変換器 3 の P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 同士および N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 同士を接続する場合、例えば、図 8 A に示すような、両端に端子孔 1 0 t が形成された直線形状の配線部材 1 0 で実現できる。一方の単位変換器 3 の P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 と、もう一方の単位変換器 3 の N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 とを接続する場合は、図 8 B に示すような、L 字形状、または図 8 C に示すような S 字形状の配線部材 1 0 で実現できる。このように、2 つの単位変換器 3 は、接続用の配線部材 1 0 を用いて接続され、配線部材 1 0 の形状を選択することで、直列または並列に接続することができる。接続用の配線部材 1 0 形状を選択するのみで、直列接続用途と並列接続用途とを容易に選択することができる。

20

【 0 0 5 8 】

< 部品共通化 >

また、本願の電力変換装置 9 においては、部品の共通化として、電力変換装置 9 を構成する 2 つの単位変換器 3 は、互いの P 極接続導体 5 どうし、および互いの N 極接続導体 6 どうしが同じ形状を有している。つまり、電力変換装置 9 を構成する 2 つの単位変換器 3 は、それぞれ同じ形状（図 3 A）の P 極接続導体 5、同じ形状（図 3 B）の N 極接続導体 6 を用いている。

30

【 0 0 5 9 】

これにより、電力変換装置 9 を構成する 2 つの単位変換器 3 の P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 がそれぞれ共通化できるため、部品の共通化による部品製造ラインの削減、および、電力変換装置 9 の製造の簡易化といった効果を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

変形例 .

上記例では、コンデンサが立方体の形状である場合に対して、P 極接続導体、N 極接続導体に 90° の屈曲部を設ける例について説明した。本変形例では、三角柱状のコンデンサを用いる場合について説明する。図 9 は本変形例にかかる電力変換装置の構成を説明するための模式的な側面図である。コンデンサの形状に応じた P 極接続導体、N 極接続導体の形状以外の構成については基本的には上述した実施の形態と同様であり、同様部分の説明は省略する。

40

【 0 0 6 1 】

本変形例にかかる電力変換装置 9 では、三角柱状をなし、天面、底面といった柱状の端面ではなく、柱の軸を接地面（例えば、第一端子孔 5 t 1 が形成された面）に水平にして、ある側面を接地面に対向させて設置するコンデンサ 1 を用いたものである。この場合、図 9 に示すように、P 極接続導体 5、および N 極接続導体 6 を、三角柱の角の角度に併せて、0° を超え、90° 未満の角度範囲で屈曲する屈曲部 5 b、6 b を形成する。これにより、コンデンサ 1 を、各単位変換器 3 におけるスイッチング素子 2 よりも手前側（例え

50

ば、部位 5 2 の延長線よりも部位 6 2 側) に収めることができ、スイッチング素子 2 同士を対向させて冷却装置 4 を共有させることができる。

【 0 0 6 2 】

この場合、2 つの単位変換器 3 の P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 および N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 は、例えば、部位 5 1、部位 6 1 から平行に延びた際に途中で部位 5 2、部位 6 2 と垂直になるように折り曲げるようにする。このようにすれば、2 つの単位変換器 3 それぞれの P 極接続導体 5 の 2 つの第三端子孔 5 t 3 が延伸方向において接近することになる。同様に、それぞれの N 極接続導体 6 の 2 つの第三端子孔 6 t 3 が延伸方向において接近することになる。その結果、図 8 A ~ 図 8 C で説明した配線部材 1 0 により、容易に単位変換器 3 間の電気接続が可能となる。

10

【 0 0 6 3 】

あるいは、2 つの単位変換器 3 の P 極接続導体 5 の第三端子孔 5 t 3 および N 極接続導体 6 の第三端子孔 6 t 3 は、部位 5 1、部位 6 1 から平行に延びたままとする。この場合でも、例えば、図 8 A ~ 図 8 C で説明した配線部材 1 0 の中間部分を厚み方向に折り曲げることで、容易に単位変換器 3 間の電気接続が可能となる。

【 0 0 6 4 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、単位変換器ごとに 1 つのコンデンサが設けられた場合について説明した。本実施の形態 2 では、単位変換器ごとに複数のコンデンサが設けられた場合について説明する。図 1 0 と図 1 1 は実施の形態 2 にかかる電力変換装置および単位変換器の構成および動作について説明するためのものであり、図 1 0 は電力変換装置の単位変換器の構成を説明するための図 2 に対応する斜視図、図 1 1 は電力変換装置の構成を説明するための図 1 A に対応する斜視図である。コンデンサの配置に応じた P 極接続導体、N 極接続導体の形状以外の構成については基本的には上述した実施の形態と同様であり、同様部分の説明は省略するとともに、実施の形態 1 で用いた図 1 B、図 4、図 9 等を援用する。

20

【 0 0 6 5 】

実施の形態 2 にかかる電力変換装置 9 は、図 1 0 に示すように、単位変換器 3 内に 2 つの同じ仕様のコンデンサ 1 (2 つを区別する際、一方のコンデンサ 1 をコンデンサ 1 A、もう一方のコンデンサ 1 をコンデンサ 1 B とする。) を設けている。2 つのコンデンサ 1 は、単位変換器 3 における左右方向における中心線 X 3 を含む面に対して対称に配置する。すると、コンデンサ 1 A の P 極の端子 1 p 1 A と N 極の端子 1 p 2 A との中心位置 (距離 L 1 A で等分) と、コンデンサ 1 B の P 極の端子 1 p 1 B と N 極の端子 1 p 2 B との中心位置 (距離 L 1 B で等分) との、中心位置 P X 1 (距離 L 2 A と L 2 B が一致) が中心線 X 3 上に位置する。

30

【 0 0 6 6 】

なお、1 つのコンデンサ 1 を入れる単位変換器 3 では、コンデンサ 1 を中心線 X 3 上に配置するため P 極の端子 1 p 1 と N 極の端子 1 p 2 との中心位置 P X 1 は中心線 X 3 上となる。よって、2 つのコンデンサ 1 A、1 B を有する単位変換器 3 と、1 つのコンデンサ 1 を有する単位変換器 3 とで、コンデンサ 1 とスイッチング素子 2 との間の電流経路は等価となる。なお、2 つのコンデンサ 1 A、1 B を有する単位変換器 3 と共有する冷却装置 4 を組み合わせると図 1 1 に示すような電力変換装置 9 になる。

40

【 0 0 6 7 】

実施の形態 3 .

本実施の形態 3 では、上記各実施の形態で説明した、1 つの冷却装置を共有して 2 つの単位変換器を組み合わせた電力変換装置に対して、装置保護手段であるバイパススイッチを設けた例、およびそれらを組み合わせた MMC について説明する。図 1 2 ~ 図 1 5 は実施の形態 3 にかかる電力変換装置および単位変換器の構成および動作について説明するためのものであり、図 1 2 は MMC 方式の電力変換装置の構成を説明するための模式的な回路図、図 1 3 は MMC 方式に好適なバイパス機構を備える電力変換装置の模式的な回路図である。

50

【0068】

そして、図14はバイパス機構を備える電力変換装置の図1Aに対応する部分の斜視図、図15はバイパス機構を備える電力変換装置の側面図である。なお、バイパス機構を備えたこと以外の構成については、基本的には上述した実施の形態1、2と同様であり、同様部分の説明は省略するとともに、実施の形態1、あるいは実施の形態2で用いた図2～図11を援用する。

【0069】

本実施の形態3にかかる電力変換装置9は、図13に示すように、バイパススイッチ14を介して、2つの単位変換器3のAC極20p3同士を接続して構成したものである。一方の単位変換器3のN極接続導体6と他方の単位変換器3のP極接続導体5とは実施の形態1で説明した配線部材10で接続される。バイパススイッチ14を有する電力変換装置9の各単位変換器3をセルとして、ある電力変換装置のP極側の単位変換器3のP極接続導体5と、隣接する電力変換装置9のN極側の単位変換器3のN極接続導体6とを接続していく。すると、図12に示すように、複数の電力変換装置9のセルを直列接続したアーム30が構成され、MMC方式の電力変換装置9Mを形成する。

10

【0070】

MMC方式の電力変換装置9Mでは、アーム30を複数備えて、正電圧端子9Mt2側に接続するアーム30と、負電圧端子9Mt3側に接続するアーム30に振り分け、アーム30同士が接続される箇所が交流端子9Mt1となる。

【0071】

このとき、特定の電力変換装置9が異常発生などにより通電動作不可状態になった場合、MMC方式の電力変換装置9M全体において動作を継続させるために、通電動作不可状態となった電力変換装置9をバイパスさせる。バイパス機構の例がバイパススイッチ14である。他には所定電圧以上の電圧印加により短絡する素子を用いることもある。あるいは、電力変換装置9の外部で短絡事故が発生した場合に、電力変換装置9に過電流が流れることによる故障を回避するために、当該電力変換装置9をバイパスさせる。この場合のバイパス機構の例は、転流ダイオード、あるいはバイパススイッチである。

20

【0072】

そこで、本実施の形態にかかる電力変換装置9においては、2つの単位変換器3それぞれのAC極20p3間をバイパスさせることで、通電動作負荷状態となったときに自身の単位変換器3をバイパスさせることができる。また、バイパス機構として、例えば、直方体のバイパススイッチ14を用いた場合、図14、図15に示すように、2つの単位変換器3それぞれのAC極接続導体7の間に挟まれる形態で固定できる。

30

【0073】

そして、AC極接続導体7の第一端子孔7t1に接続される外部接続配線15とともに、バイパス機構がボルトなどの機構で固定される。つまり、コンデンサ1がスイッチング素子2より前面に出ないように単位変換器3を構成したので、冷却装置4と同様に、2つの単位変換器3に対して1つのバイパススイッチ14を共有させることができる。

【0074】

その結果、1つの単位変換器3につき、1つのバイパス機構を備える場合と比べて、MMC方式の電力変換装置9M全体において必要となるバイパス機構の数を半減させることができた。また、バイパス機構(バイパススイッチ14)と外部接続配線15とを共通の機構で固定することで構造部品数を減らすことができる。

40

【0075】

なお、本願は、様々な例示的な実施の形態および実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載されたような様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態で開示した内容の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組合せで実施の形態に適用可能である。したがって、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し

50

、他の実施の形態で開示した構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

【0076】

例えば、スイッチング素子2とコンデンサ1との位置関係についても、例示した形態に限ることはなく、冷却装置4を共通化しているのであれば、一对の単位変換器3のコンデンサ1が一体的に設けられるようにしてもよい。その他、コンデンサ1、P極接続導体5、およびN極接続導体6の形状等についても、様々な変形が可能である。

【0077】

以上のように、本願の電力変換装置9によれば、一对の単位変換器3、および冷却装置4を備え、一对の単位変換器3それぞれは、コンデンサ1、冷却面と、冷却面の反対側になる接続面とを有し、主電力が流れる2つの電極が接続面に形成され、対をなして電力変換のためのレグ20を構成するスイッチング素子2、一端部にレグ20における第一極（例えば、P極20p1）に対応する対をなすスイッチング素子2の電極を固定するための第二端子孔5t2が形成され、他端部に第一極（同、P極20p1）に対応するコンデンサ1の電極（端子1p1）を固定するための第一端子孔5t1が形成された第一導体板（例えば、P極接続導体5）、および一端部にレグ20における第二極（例えば、N極20p2）に対応する対をなすスイッチング素子2の電極を固定するための第二端子孔6t2が形成され、他端部に第二極（同、N極20p2）に対応するコンデンサ1の電極（端子1p2）を固定するための第一端子孔6t1が形成され、第一導体板（P極接続導体5）と絶縁を保って厚み方向に重ねて配置された第二導体板（例えば、N極接続導体6）を備え、一对の単位変換器3は、一方の単位変換器3の対をなすスイッチング素子2の冷却面が、他方の単位変換器3の対をなすスイッチング素子2の冷却面に対して、冷却装置4を挟んで対向しているように構成した。つまり、互いのスイッチング素子2の冷却面を対向させ、ひとつの冷却装置4を挟み込んで（共有して）電力変換装置9を構成することになる。そのため、部品数が削減され、小型の電力変換装置9を得ることが可能になる。

【0078】

その際、一对の単位変換器3それぞれは、スイッチング素子2の冷却面に対し、第二端子孔5t2（および第二端子孔6t2）から離れる方向において、コンデンサ1が手前側に収まっているように構成した。そのため、コンデンサ1が干渉することなく、互いのスイッチング素子2（の平坦面）を対向させ、ひとつの冷却装置4を挟み込んで（共有して）電力変換装置9を構成することができる。

【0079】

とくに、第一導体板（P極接続導体5）と第二導体板（N極接続導体6）は、それぞれ第一端子孔5t1、6t1が形成された部分（部位51、61）と第二端子孔5t2、6t2が形成された部分（部位52、62）との間で角度を有するように中間部分に折り曲げ部（屈曲部5b、6b）が形成されているので、スイッチング素子2よりも嵩の高いコンデンサ1を容易に手前側に収めることができる。

【0080】

一对の単位変換器3は、互いの第一導体板（P極接続導体5）どうし、および互いの第二導体板（N極接続導体6）どうしが同じ形状を有しているように構成すれば、部品の共通化により、さらに生産性が向上する。

【0081】

第一導体板（P極接続導体5）と第二導体板（N極接続導体6）それぞれには、第二端子孔5t2、6t2が一端部に沿って3つ以上配置され、中央に配置された端子孔と第一端子孔5t1、6t1を結ぶ線上に、開口部（スリット5s、6s）が形成されているように構成すれば、開口部の位置と大きさにより、中央の端子孔に接続されたスイッチング素子2とコンデンサ1との間の電流経路の長さ $L_2 (= L_m + L_{s2})$ と外側の端子孔に接続されたスイッチング素子2とコンデンサ1との間の電流経路の長さ $L_1 (= L_m + L_{s1})$ を同等に調整し、並列接続されたスイッチング素子2それぞれの電流利用率を一樣に向上させることができる。

【0082】

10

20

30

40

50

第一導体板（P極接続導体5）と第二導体板（N極接続導体6）それぞれには、第二端子孔5 t 2、6 t 2と第一端子孔5 t 1、6 t 1を結ぶ最短経路（電流経路P 1、P 2）から離れた位置に、外部と電気接続するための第三端子孔5 t 3、6 t 3が形成されているように構成すれば、スイッチング動作で発生する急峻な電圧変化および電流変化の外部への流出を抑制することができる。

【0083】

第一導体板（P極接続導体5）、第二導体板（N極接続導体6）、および一端部にレグ20における交流極（AC極20 p 3）に対応する端子孔（第一端子孔7 t 1）が形成され、他端部に外部へ電気接続するための端子孔（第二端子孔7 t 2）が形成された第三導体板（AC極接続導体）のいずれかは、一方の端部に形成された端子孔の方が他方の端部に形成された端子孔の数よりも多く、他方の端部の幅が一方の端部の幅よりも狭くなっているように構成すれば、並列接続された素子から当該導体板を経由する電流経路の長さを均等化することができる。

10

【0084】

とくに、一对の単位変換器3の間をバイパスするバイパス機構（バイパススイッチ14）を備えるようにすれば、特定の電力変換装置9に異常発生が生じても、正常動作が可能なMMC方式の電力変換装置9を形成することができる。

【符号の説明】

【0085】

1：コンデンサ、1 p 1：（P極の）端子、1 p 2：（N極の）端子、2：スイッチング素子、20：レグ、20 p 1：P極、20 p 2：N極、20 p 3：AC極、3：単位変換器、30：アーム、4：冷却装置、4 v：水冷バルブ口、4 s：構造部品、5：P極接続導体（第一導体板）、5 s：スリット（開口部）、5 t 1：第一端子孔、5 t 2：第二端子孔、5 t 3：第三端子孔、6：N極接続導体（第二導体板）、6 s：スリット（開口部）、6 t 1：第一端子孔、6 t 2：第二端子孔、6 t 3：第三端子孔、7：AC極接続導体（第三導体板）、7 t 1：第一端子孔、9：電力変換装置、9 M：電力変換装置、9 M t 1：交流端子、9 M t 2：正電圧端子、9 M t 3：負電圧端子、10：配線部材、14：バイパススイッチ（バイパス機構）、15：外部接続配線。

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

図1

図1A

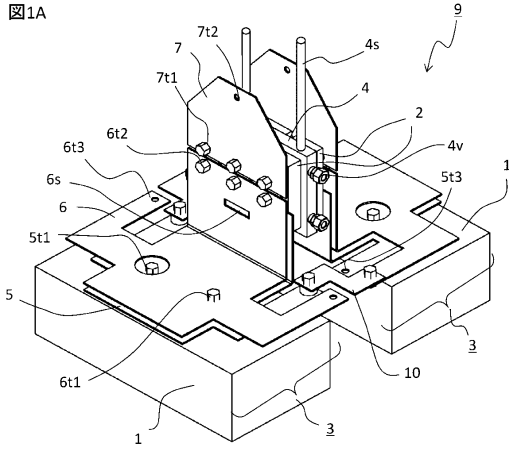
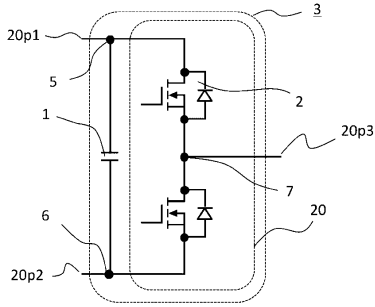
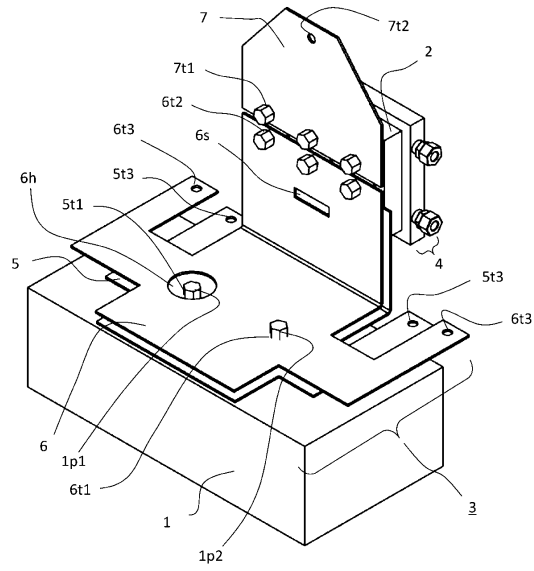


図1B



【図 2】

図2



10

20

【図 3】

図3

図3A

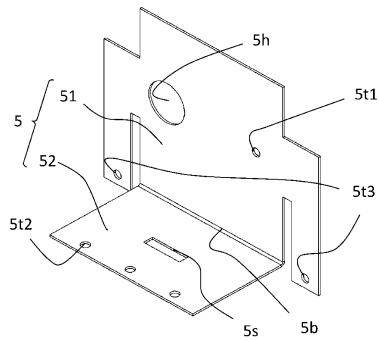
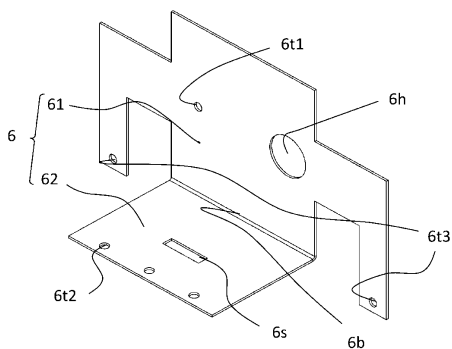
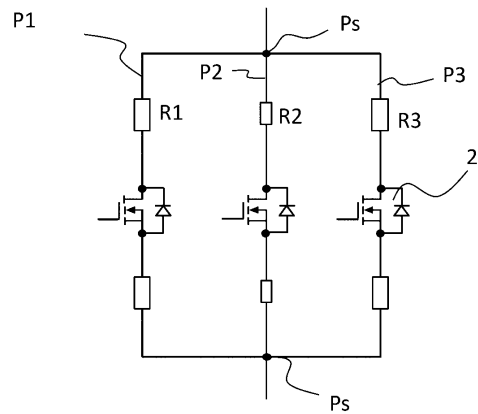


図3B



【図 4】

図4



30

40

50

【 図 5 】

図5

図5A

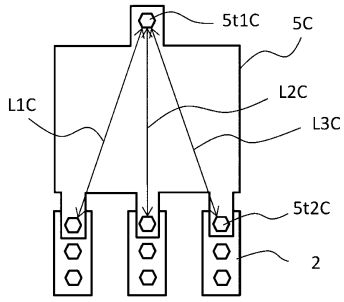
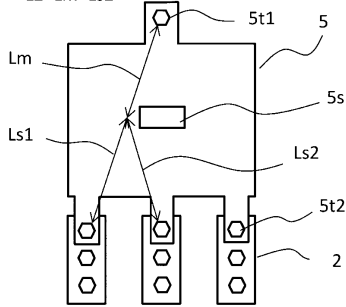


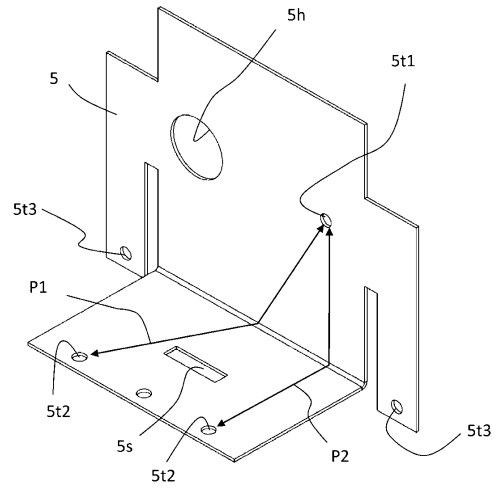
図5B

$L1=Lm+Ls1$
 $L2=Lm+Ls2$



【 図 6 】

図6



10

20

【 図 7 】

図7

図7A

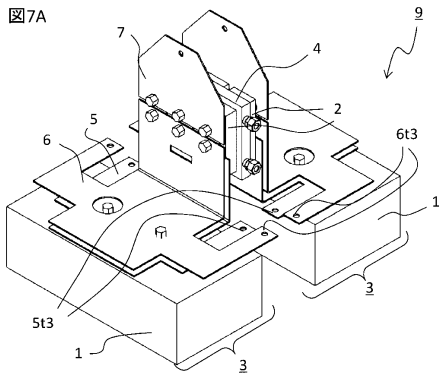
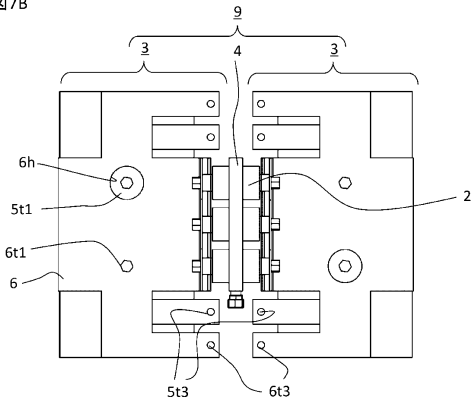


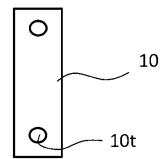
図7B



【 図 8 】

図8

図8A



30

図8B

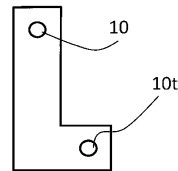
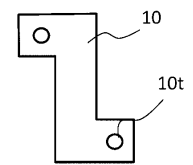


図8C

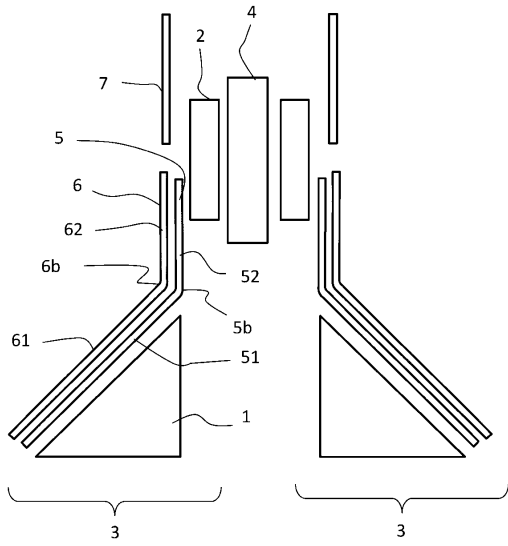


40

50

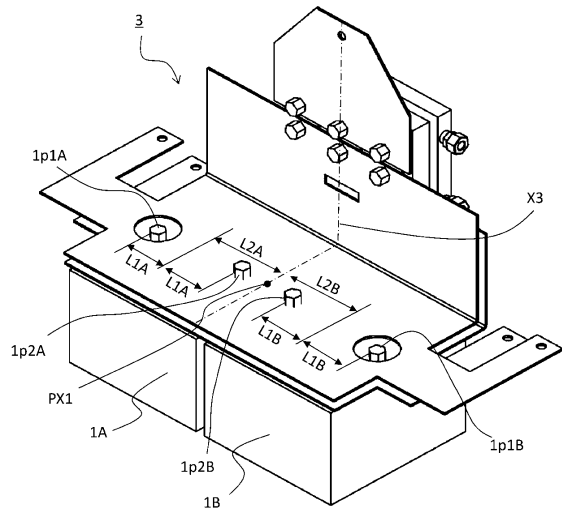
【 9 】

図9



【 10 】

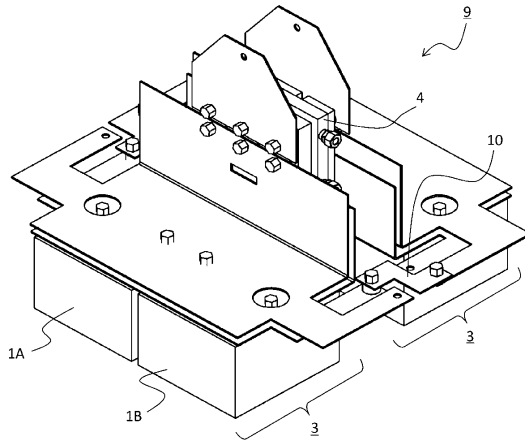
図10



10

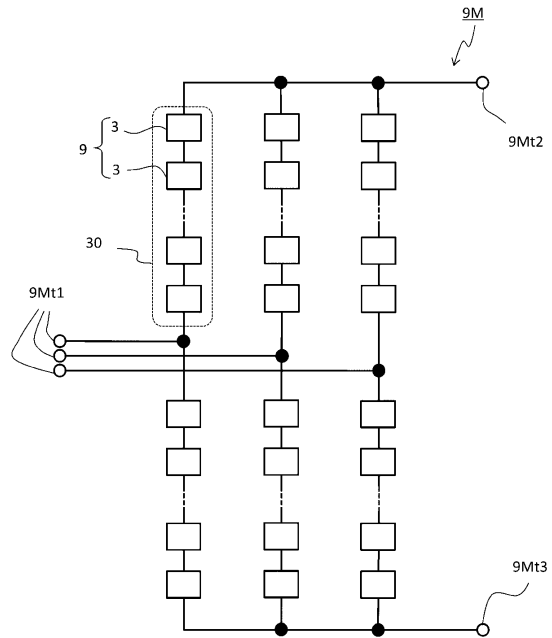
【 11 】

図11



【 12 】

図12



20

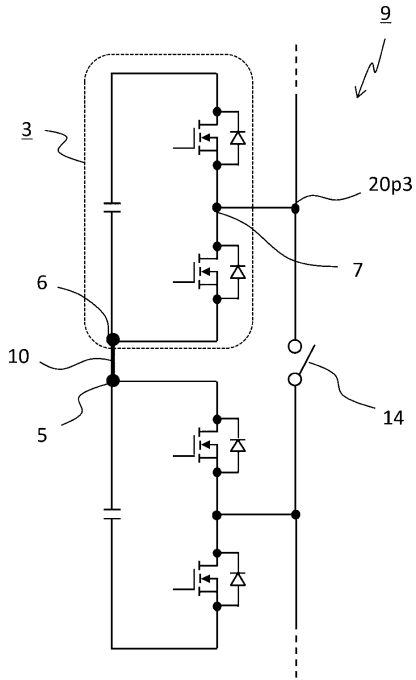
30

40

50

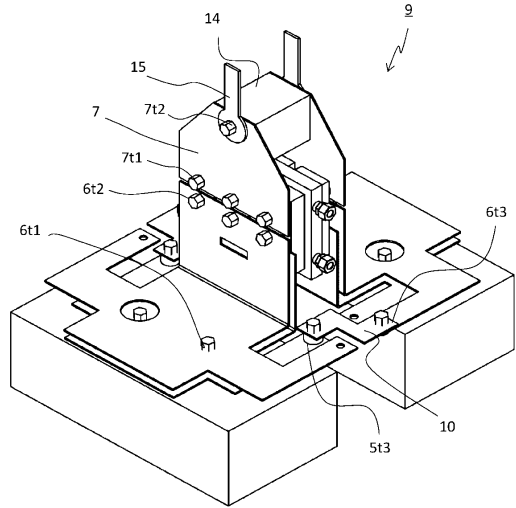
【 1 3 】

図13



【 1 4 】

図14

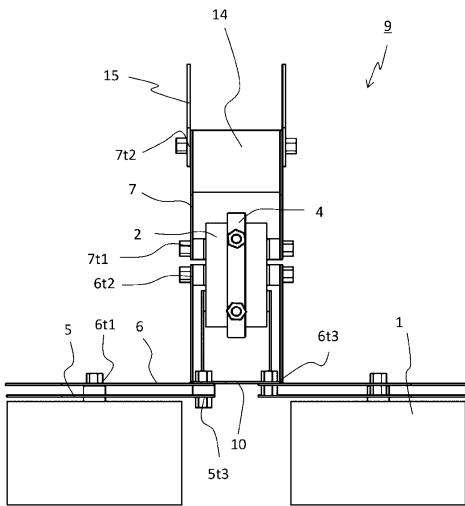


10

20

【 1 5 】

図15



30

40

50

フロントページの続き

- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 中山 暁斗
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- 審査官 佐藤 匡
- (56)参考文献 特開2007-49848(JP,A)
特開2005-160248(JP,A)
特開平7-236281(JP,A)
特開2001-286160(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02M 7/48
H02M 7/49