

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4968528号
(P4968528)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int. Cl. F 1
 HO2M 7/483 (2007.01) HO2M 7/483
 HO2M 7/48 (2007.01) HO2M 7/48 Z

請求項の数 5 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-217764 (P2007-217764) (22) 出願日 平成19年8月24日 (2007.8.24) (65) 公開番号 特開2009-55664 (P2009-55664A) (43) 公開日 平成21年3月12日 (2009.3.12) 審査請求日 平成22年1月18日 (2010.1.18)</p>	<p>(73) 特許権者 000005234 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 (74) 代理人 100091281 弁理士 森田 雄一 (72) 発明者 神田 淳 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士 電機システムズ株式会社内 審査官 大山 広人</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3レベル電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数相の3レベル変換回路と、これらの3レベル変換回路に対応して設けられた複数のフィルタコンデンサとを備え、

前記3レベル変換回路を構成するスイッチング素子及び結合ダイオード素子を全相共通の冷却体受熱部に装着し、導体相互間に絶縁板を挟んで形成した積層配線部により前記各素子の端子間を接続すると共に、前記積層配線部に近接して配置された前記フィルタコンデンサを前記3レベル変換回路の直流端子に接続してなる3レベル電力変換装置において、

各相の前記フィルタコンデンサを正アーム側及び負アーム側に分けて配置し、各アーム側において、各フィルタコンデンサの同一極性の端子同士を前記直流端子に接続するための2個の平板導体を、絶縁板を挟んで積層して配置すると共に、

前記積層配線部は、正側アームと負側アームとの間で前記各素子とは反対側に突出した凸部を備え、この凸部の表面に前記3レベル変換回路の各相直流端子が、裏面には交流端子が、正側アームと負側アームとの中間線上の特定点を中心として対称の位置に配置され、前記各相直流端子をそれぞれ対応する前記平板導体に接続したことを特徴とする3レベル電力変換装置。

【請求項2】

請求項1に記載した3レベル電力変換装置において、

正アーム側及び負アーム側の前記平板導体並びに前記絶縁板が、同一形状、同一構造で

10

20

あることを特徴とする 3 レベル電力変換装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載した 3 レベル電力変換装置において、
前記平板導体に、ある相の直流端子から他相のフィルタコンデンサの端子に流れる分
流電流を低減させるための切り欠き部を設けたことを特徴とする 3 レベル電力変換装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載した 3 レベル電力変換装置において、
フィルタコンデンサが各アーム当たり 1 個で構成される場合に、各フィルタコンデン
サの両極端子の配列方向を、前記積層配線部の表面に対して平行にしたことを特徴とする 3
レベル電力変換装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載した 3 レベル電力変換装置において、
フィルタコンデンサが各アーム当たり複数個のコンデンサユニットにて構成される場合
に、各コンデンサユニットの両極端子の配列方向を、前記積層配線部の表面に対して垂
直にしたことを特徴とする 3 レベル電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主としてフィルタコンデンサの配線構造を改良した 3 レベル電力変換装置に
関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

例えば電気車両分野において、直流給電電車及び交流給電電車の大容量電力変換用とし
て 3 レベル方式の電力変換装置が広く適用されている。

図 10 は、最近の代表的な交流電車の主回路構成を示している。図において、PT はパ
ンタグラフ、HB は高速度遮断器、MTr は主変圧器、 w_{g11} は 1 次巻線、 w_{g21} ,
 w_{g22} , w_{g23} は 2 次巻線である。

【0003】

電力変換装置は、前記 2 次巻線 w_{g21} に接続されたコンバータ Conv 及び 3 相の 3
レベルインバータ Inv から構成されている。コンバータ Conv は、2 次巻線 w_{g21}
の单相電圧を直流電圧に変換し、その直流電圧を VVVF (可変電圧可変周波数) インバ
ータとしてのインバータ Inv により 3 相交流電圧に変換し、電車駆動用の誘導電動機 I
M に可変電圧可変周波数の交流電力を供給している。

30

なお、図 10 において、Q は IGBT 等のスイッチング素子、 D_c は結合ダイオード、
 C_f はフィルタコンデンサ、 E_p は直流正電源電圧、 E_c は同中性点電圧、 E_N は同負電
源電圧を示す。

【0004】

この種の電力変換装置を構成するインバータは、例えば特許文献 1 に記載されているよ
うに、1 相分の回路が一つのユニット構造に纏められている。

40

すなわち、3 相インバータであれば、3 個のユニットで 1 台のインバータを構成する方
法が採られる。従って、図 10 に示したようなフィルタコンデンサ C_f も、相ごとに分け
てそれぞれ別ユニット内に設けられる。

【0005】

更に、3 レベル電力変換装置の 1 相分の回路を一つのユニットに纏めて構成する例とし
ては、特許文献 2 が挙げられる。

この従来技術では、IGBT モジュール、クランプダイオード (ダイオードモジュール)
、スナバ抵抗器等が冷却体の受熱部材上に取り付けられ、フィルタコンデンサを支持枠
により受熱部材と離れた位置に配置する構造が採られている。

【0006】

50

ここで、各相のフィルタコンデンサがスイッチング素子と離れていると、IGBTモジュール及びクランプダイオードから構成されるスイッチング回路とフィルタコンデンサとの間の配線長が長くなってインダクタンスが増加し、3レベル電力変換装置の転流時に発生するスイッチングサージ電圧が大きくなるという問題がある。

【0007】

そこで、スイッチング素子とフィルタコンデンサの両極端子との間の配線長を短くして低インダクタンス化する従来技術が、特許文献3に開示されている。

しかし、この従来技術は、もっぱら2レベル電力変換装置、すなわち正負の直流電源を備えた電力変換装置を対象としており、3レベル電力変換装置における各相間の転流電流の分流抑制や、正側アーム、負側アームの配線構造の均一性を考慮した対策については言及されていない。

10

【0008】

さて、図11は、図10に示したインバータInvを抜き出して示した図である。

図11において、Pは直流正電源端子、Cは中性点電源端子、Nは直流負電源端子、U、V、Wは各相の交流出力端子、 Q_{U1} 、 Q_{U2} 、 Q_{V1} 、 Q_{V2} 、 Q_{W1} 、 Q_{W2} 、 Q_{X1} 、 Q_{X2} 、 Q_{Y1} 、 Q_{Y2} 、 Q_{Z1} 、 Q_{Z2} は図10のスイッチング素子Qに相当するIGBTモジュール、 D_U 、 D_V 、 D_W 、 D_X 、 D_Y 、 D_Z は図10の結合ダイオード D_C に相当するダイオードモジュール、 C_{FU} 、 C_{FX} 、 C_{FV} 、 C_{FY} 、 C_{FW} 、 C_{FZ} は図10のフィルタコンデンサ C_F に相当するフィルタコンデンサである。

【0009】

20

ここで、 Q_{U1} 、 Q_{U2} 、 Q_{X1} 、 Q_{X2} をU相IGBTモジュール、 Q_{V1} 、 Q_{V2} 、 Q_{Y1} 、 Q_{Y2} をV相IGBTモジュール、 Q_{W1} 、 Q_{W2} 、 Q_{Z1} 、 Q_{Z2} をW相IGBTモジュールともいい、 D_U 、 D_X をU相ダイオードモジュール、 D_V 、 D_Y をV相ダイオードモジュール、 D_W 、 D_Z をW相ダイオードモジュールともいう。また、 C_{FU} 、 C_{FX} をU相フィルタコンデンサ、 C_{FV} 、 C_{FY} をV相フィルタコンデンサ、 C_{FW} 、 C_{FZ} をW相フィルタコンデンサともいう。

【0010】

更に、図11における M_U をU相3レベル変換回路、 M_V をV相3レベル変換回路、 M_W をW相3レベル変換回路という。また、中性点電圧 E_C を基準として正電源電圧 E_P 側のアームを正側アームと呼び、負電源電圧 E_N 側のアームを負側アームと呼ぶこととする。

30

【0011】

上記IGBTモジュール $Q_{U1} \sim Q_{X2}$ 、 $Q_{V1} \sim Q_{Y2}$ 、 $Q_{W1} \sim Q_{Z2}$ は、交流出力端子U、V、Wの電圧がPWM制御された3相の正弦波電圧となるように、正電源電圧 E_P 、中性点電圧 E_C 及び負電源電圧 E_N の3値を選択し、各相間に120度の位相差をもってスイッチングされる。この場合、U相、V相、W相とも、出力電圧の3値を選択するための切替時に、IGBTモジュール、ダイオードモジュール及びフィルタコンデンサを通して転流電流が流れる。

上記転流電流の経路のインダクタンス、すなわち、転流回路のインダクタンスと転流電流により発生するサージ電圧とを極力小さくするためには、IGBTモジュール、ダイオードモジュール及びフィルタコンデンサの配置とそれらの間の配線について十分に検討し、上記インダクタンスを最小化するような設計がなされなければならない。

40

【0012】

ここで、図12は、図11におけるU相の転流回路を示したものである。なお、V相及びW相についても同様の転流回路によって説明される。

【0013】

図12(a)は、出力電流 I_U が正の場合、すなわち、交流出力端子Uから負荷に向かって電流が流出している場合に、IGBTモジュール Q_{U1} のオンオフ切替時、または、 Q_{U1} のオフオン切替に伴うダイオードモジュール D_U のオフ時に形成される転流回路であり、i、iiは転流電流の経路を示している。

50

このとき、 Q_{U1} または D_U には、回路のインダクタンスに起因するサージ電圧が発生する。

【0014】

また、図12(b)は、出力電流 I_U が負の場合、すなわち、負荷から交流出力端子 U に向かって電流が流入している場合に、IGBTモジュール Q_{X2} のオン・オフ切替時、または、 Q_{X2} のオフ・オン切替に伴うダイオードモジュール D_X のオフ時に形成される転流回路であり、iii, ivは転流電流の経路を示している。

このとき、 Q_{X2} または D_X には、回路のインダクタンスに起因するサージ電圧が発生する。

【0015】

スイッチング動作に伴って発生するサージ電圧は、上述のように回路のインダクタンスに起因し、モジュール素子を破壊する原因となるため、小さくする必要がある。この原因となる回路のインダクタンスを小さくするためには、前記経路i~ivに存在するIGBTモジュール、ダイオードモジュール及びフィルタコンデンサ間の配線長を、それぞれ小さくしなければならない。

更に、経路iと経路iii、経路iiと経路ivを見ると、それぞれ、中性点電源端子Cが接続された線(中性点電圧 E_c の線)を中心線として対称になっているので、正負アームの転流回路が有するインダクタンスの偏差を極力小さくするためには、各経路上のIGBTモジュール、ダイオードモジュール、フィルタコンデンサ、及び電源端子P, C, N、交流出力端子U, V, W、配線用部材等の配置に関して、幾何学的な意味で対称的であることが望ましい。

【0016】

なお、3レベル電力変換装置において、配線インダクタンスを最小化するための素子の配列と素子端子間の配線方法が、特許文献4及び特許文献5に開示されている。

このうち、特許文献4に係る3レベル電力変換装置は、正側アーム、負側アームの両方においてスイッチング素子、結合ダイオード及び直流電圧源をほぼ直線上に配置し、各スイッチング素子及び結合ダイオードの全ての接続部を同一方向に突出させ、この方向と直交し、かつ互いに絶縁された複数の平板状の配線板を用いて、前記接続部間の所定の接続を行うように構成されている。

【0017】

また、特許文献5に係る3レベル電力変換装置は、複数のスイッチング素子と、結合ダイオードと、直流電圧源(平滑コンデンサ)と、前記スイッチング素子及び直流電圧源に挟まれるように配置される平板状導体と、を備えており、前記スイッチング素子及び結合ダイオードを一列に配置すると共に、平板状導体のほぼ同一箇所の表裏を介して直流電圧源と結合ダイオードとを接続するように構成されている。また、この3レベル電力変換装置では、ターンオフするスイッチング素子の電流が流れる第1の電流路と、この第1の電流路の電流の減少に伴って電流が増大する第2の電流路との配線を沿わせるように構成している。

【0018】

【特許文献1】特許第2896454号公報(段落[0045]~[0048]、図3~図5等)

【特許文献2】特許第3367411号公報(段落[0016]~[0019]、図1~図4等)

【特許文献3】特開2000-069766号公報(段落[0023]~[0025]、図1, 図2, 図5, 図6等)

【特許文献4】特許第3229931号公報(段落[0019]~[0026]、図7~図10等)

【特許文献5】特許第3637276号公報(段落[0018]~[0032]、図1~図7等)

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

特許文献1のように、インバータ等の電力変換装置を構成する各相の回路を別々のユニットとして構成する場合には、回路上の共通電圧の導体がユニットごとに必要となり、装置全体の大形化や重量増加を招く。

また、特許文献2においても、スイッチング素子とフィルタコンデンサとの間の配線長に起因するインダクタンスが大きくなるという問題がある。このインダクタンスはスイッチング動作に伴って大きなサージ電圧を発生させ、素子を破壊する原因となるが、サージ電圧吸収用にスナバ回路を追加すると、スナバ回路の構成部品によってインバータやコンバータのユニットが大形化し、結果的に装置全体が大形化し、重量増加の原因となる。

10

【0020】

更に、特許文献4, 5に記載された従来技術によれば、配線インダクタンスの低減はある程度可能であるが、装置の小形化等の観点から、フィルタコンデンサの配線構造や両極端子、直流電源端子の配置等に関して更に改良の余地を残している。

【0021】

そこで、本発明の解決課題は、

(1) フィルタコンデンサを含んだスイッチング素子周りの配線の低インダクタンス化

(2) フィルタコンデンサの配線構造の合理化(部品点数の削減、部品の共通化等)

(3) 各相の直流端子及びフィルタコンデンサの両極端子の合理的配置

を行い、装置全体の小形化、軽量化を可能にした3レベル電力変換装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0022】

上記課題を解決するため、本発明は、複数相の3レベル変換回路及び複数のフィルタコンデンサを備えた3レベル電力変換装置において、各相の配線インダクタンスを最小化するために、フィルタコンデンサの両極端子を2個の平板導体の重ね配線構造によって直流端子に接続することを基本としている。

【0023】

すなわち、前述の図11に示した3レベルインバータ等の3レベル電力変換装置において、本発明の主な特徴は以下の通りである。

30

まず、各相の正側アームのフィルタコンデンサ C_{FU} , C_{FV} , C_{FW} の両極端子を、全相分一括して、直流正電源端子P及び中性点電源端子Cに接続される2個の平板導体にそれぞれ接続し、これらの平板導体を絶縁板を介して積層配置する(なお、このような2個の平板導体による積層状の配線構造を重ね配線ともいう)。同様に、負側アームのフィルタコンデンサ C_{FX} , C_{FY} , C_{FZ} の両極端子を、全相分一括して、中性点電源端子C及び直流負電源端子Nに接続される2個の平板導体にそれぞれ接続し、これらの平板導体を絶縁板を介して積層配置する。

【0024】

また、各相共に正側アーム及び負側アームの配線インダクタンスが均衡して最小値となるように、正側アーム及び負側アームを構成するスイッチング素子モジュールとしてのIGBTモジュール Q_{U1} , Q_{U2} , Q_{V1} , Q_{V2} , Q_{W1} , Q_{W2} , Q_{X1} , Q_{X2} , Q_{Y1} , Q_{Y2} , Q_{Z1} , Q_{Z2} 並びにダイオードモジュール D_U , D_V , D_W , D_X , D_Y , D_Z を、中性点電圧 E_C に対応する導体の一点を幾何学的中心点としてほぼ対称となるように配置し、その配線部材も前記幾何学的中心点を中心としてほぼ対称となるように配置する。

40

更に、直流正電源端子P、中性点電源端子C及び直流負電源端子Nにそれぞれ接続されるフィルタコンデンサの各電源端子は、各相とも前記幾何学的中心点を中心として対称となるように配置し、各相の交流出力端子U, V, Wは前記幾何学的中心点を含む直線上に配置する。

【0025】

50

また、電源端子 P, C, N 及び交流出力端子 U, V, W については、フィルタコンデンサ C_{FU} , C_{FV} , C_{FW} , C_{FX} , C_{FY} , C_{FZ} の平板導体による重ね配線化と外部端子配線の広幅導体による重ね配線化を行うために、適正な位置決めを行う。

【0026】

各相の3レベル変換回路 M_U , M_V , M_W の素子間を接続するための積層配線部は、正側アームと負側アームとの中間部でスイッチング素子等の素子群とは反対側に突出した凸部を備えている。この凸部の表面には、3レベル変換回路 M_U , M_V , M_W の電源端子 P, C, N にそれぞれ接続されるフィルタコンデンサの各電源端子を、また、裏面には交流出力端子 U, V, W を、正側アームと負側アームとの中間線上の特定点を中心点として対称となる位置に配置する。

10

【0027】

各相の3レベル変換回路 M_U , M_V , M_W を構成するスイッチング素子の転流時に発生する転流電流が、相間で相互に分流するのを阻止して転流電流を各相で均一化するために、隣接する相のフィルタコンデンサ間の平板導体の所定位置に、分流電流を抑制するための切り欠き部をそれぞれ設ける。

【0028】

フィルタコンデンサが各アーム当たり1個で構成される場合には、各フィルタコンデンサの両極端子の配列方向を、積層配線部の表面に対して平行にする。

また、フィルタコンデンサが各アーム当たり複数個のコンデンサユニットにて構成される場合には、各コンデンサユニットの両極端子の配列方向を、積層配線部の表面に対して垂直にする。更に、隣接するコンデンサユニットの両極端子の極性が交互に変わるように配置する。

20

【発明の効果】

【0029】

通常、3相インバータの場合、フィルタコンデンサは各アーム当たり少なくとも1個設置されるから、電源端子 P, C, N からフィルタコンデンサまでの配線数は1相あたり最小で3本必要となり、3相では最小で9本必要となる。また、2相コンバータの場合でも電源端子 P, C, N からフィルタコンデンサまでの配線数は1相当たり最小で3本必要となり、2相では最小で6本必要となる。

【0030】

これに対し、本発明によれば、電源端子 P, C, N から一括して平板導体による重ね配線となるので、配線のインダクタンスが低減される。更に、電源端子 P, C, N からフィルタコンデンサまでの配線数は、インバータ等の相数に関係なく正側アーム用が2個、負側アーム用が2個で計4個となり、部品点数の低減と部品の共通化が可能となり、配線の簡単化、組み立て工数の低減、装置の小形・コンパクト化、軽量化が可能となる。

30

【0031】

各相のスイッチング素子、結合ダイオード、電源端子、交流出力端子等の配線は幾何学的中心点を中心としてすべての相が対称的に配置され、正側アーム用、負側アーム用フィルタコンデンサも同様に対称的に配置されるので、転流ループのインダクタンスの最小化と均一化が可能になる。

40

従って、各アームのスイッチング素子は、スナバ回路を付加しなくても、充分小さいサージ電圧でスイッチングすることができる。更に、2枚重ねの平板導体とこれらに挟まれた絶縁板とは、両アームとも同一形状、同一構造であるから、部品の共通化と部品点数の削減に有効である。

【0032】

各相の電源端子及び交流出力端子は、直流電圧の配線及び交流電圧の配線を広幅の平板導体による重ね配線を行うために最も効果的な位置に設けられるので、電源及び交流出力の配線インダクタンスを低減でき、近傍の電子回路への誘導障害が低減される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

50

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。なお、以下の実施形態は、本発明を3相の3レベルインバータに適用した場合のものである。

まず、図1は、3相の3レベルインバータの各相について、図12に示した転流回路のインダクタンスを最小化するためのフィルタコンデンサの配置構造及び接続状態を説明するための配線図である。

【0034】

図1において、1, 2, 3はそれぞれU相, V相, W相3レベル変換回路であり、図11における各相3レベル変換回路 M_U , M_V , M_W に相当する。各3レベル変換回路1~3は、U相, V相, W相IGBTモジュール11~14, 21~24, 31~34、U相, V相, W相ダイオードモジュール15, 16、25, 26、35, 36から構成されている。

10

【0035】

4は正側アーム用フィルタコンデンサ接続回路であり、正側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ41, 42, 43と、これらを並列接続する2個の正側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体101, 102とからなっている。なお、平板導体101を正電源平板導体、102を中性点電源平板導体ともいう。上記フィルタコンデンサ41, 42, 43は、図11におけるフィルタコンデンサ C_{FU} , C_{FV} , C_{FW} に相当する。

前記平板導体101には、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子111, 211, 311が設けられ、平板導体102には、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子112, 212, 312が設けられている。

20

【0036】

一方、5は負側アーム用フィルタコンデンサ接続回路であり、負側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ51, 52, 53と、これらを並列接続する2個の負側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体103, 104とからなっている。なお、平板導体103を中性点電源平板導体、104を負電源平板導体ともいう。上記フィルタコンデンサ51, 52, 53は、図11におけるフィルタコンデンサ C_{FX} , C_{FY} , C_{FZ} に相当する。

前記平板導体103には、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子113, 213, 313が設けられ、平板導体104には、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子114, 214, 314が設けられている。

30

【0037】

ここで、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子111, 211, 311は、後述する積層配線部503上の導体を介して直流正電源端子Pに接続され、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子114, 214, 314は同じく直流負電源端子Nに接続されている。同時に、直流電源端子111, 211, 311はIGBTモジュール11, 21, 31のコレクタに、直流電源端子114, 214, 314はIGBTモジュール14, 24, 34のエミッタにも接続されている。

また、U, V, W相フィルタコンデンサ直流電源端子112, 212, 312, 113, 213, 313は、後述する積層配線部503上の導体を介して中性点電源端子Cに接続されている。

40

更に、各相3レベル変換回路1, 2, 3の正側アームと負側アームとの接続点は、U, V, W相交流出力端子115, 215, 315となっている。

【0038】

次に、図2は、図1の配線図に対応する3レベルインバータのパワーユニットの構造図であり、図2(a)は正面図、図2(b)は図2(a)の右側面図である。

図2(a)において、 CL_U , CL_V , CL_W は、それぞれ正側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ41, 42, 43、負側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ51, 52, 53の中心を通るU, V, W相中心線であり、 CL_C は正負アームの中間点を通る中間線である。また、平板導体101~104及び各相の電源端子111~114, 211~214, 311~314は、各端子の位置関係を明示するため上下方向に離れた

50

位置に描かれているが、実際は正負アーム中間線 CL_c に近接して配置される。特に、平板導体101, 102及び103, 104は、それぞれ2枚重ねられて積層構造となっている。

【0039】

なお、図2(b)において、501は平板導体101, 102間を絶縁する絶縁板、502は平板導体103, 104間を絶縁する絶縁板、503は表裏の導体相互間に絶縁板を挟んで形成したプリント基板等の積層配線部、504はIGBTモジュールやダイオードモジュール(図示せず)が実装され、かつ積層配線部503及び平板導体101~104を介してフィルタコンデンサ41~43, 51~53や各相の電源端子111~114, 211~214, 311~314、各相交流出力端子115, 215, 315に接続されるモジュール取付部、505は放熱のための冷却体受熱部である。

10

【0040】

更に詳述すると、正側アーム用のフィルタコンデンサ41, 42, 43及び負側アーム用のフィルタコンデンサ51, 52, 53は、それぞれ2枚重ねの平板導体101, 102及び103, 104によりアームごとに並列接続されている。また、平板導体101は、直線上に配置されて積層配線部503上の導体により互いに導通している電源端子111, 211, 311に、平板導体102, 103は同じく直線上に配置されて互いに導通している電源端子112, 212, 312及び113, 213, 313に、平板導体104は同じく直線上に配置されて互いに導通している電源端子114, 214, 314に、それぞれ接続されている。

20

【0041】

図2(a)から明らかなように、正側アーム用フィルタコンデンサ接続回路4内のフィルタコンデンサ41~43と負側アーム用フィルタコンデンサ接続回路5内のフィルタコンデンサ51~53、及び各相の電源端子111~114, 211~214, 311~314は、V相3レベル変換回路2の中心点、すなわち、正負アーム中間線 CL_c とV相中心線 CL_v との交点を中心にして、180度回転した位置(点対称)となるように対称に配置される。

更に、電源端子111~114, 211~214, 311~314については各相ともに、その相の中心線と正負アーム中間線 CL_c との交点を中心にして点対称となるように、例えばU相の場合、電源端子111, 112と電源端子114, 113とは、U相中心線 CL_u と正負アーム中間線 CL_c との交点を中心にして点対称となるように配置されている。

30

【0042】

また、図2(b)には示されていないが、各相3レベル変換回路1~3を構成するIGBTモジュール11~14, 21~24, 31~34及びダイオードモジュール15, 16, 25, 26, 35, 36も、前記モジュール取付部504において、各相とも正側アーム、負側アームの中間点を中心にして180度回転した位置となるように対称に配置されており、モジュールの端子間配線を最も合理的に配置できる位置に装着されている。

【0043】

各モジュールの端子は、積層配線部503の中心部において各モジュールとは反対側(平板導体101~104側)に突出した凸部503aに集約されている。この凸部503aの表面の導体には、各相の電源端子111, 211, 311(図2(b)では便宜上、符号311のみを表記する)、112, 113, 212, 213, 312, 313(同じく符号313のみを表記する)、114, 214, 314(同じく符号314のみを表記する)が配置され、裏面の正負アーム中間線 CL_c と各相中心線 CL_u , CL_v , CL_w との交点には、各相の交流出力端子115, 215, 315がそれぞれ配置される。

40

交流出力端子115, 215, 315を上記の位置に配置することにより、積層配線部503上の出力電流を平面的に平準化することができる。

【0044】

なお、この実施形態において、積層配線部503の表面側では、平板導体101~10

50

4と各電源端子P, N, Cとが各相につきそれぞれ1個の電源端子により接続される例を示しているが、複数の電源端子により接続しても良い。同様に、裏面側の交流出力端子115, 215, 315についても、それぞれ複数の出力端子によって構成しても良い。

【0045】

次に、図3は、この実施形態における積層配線部503の各電源端子P, C, Nと、交流出力端子115, 215, 315に接続された各相の交流出力端子U, V, Wの配線状態を示している。

図3に示すように、積層配線部503の裏面において、交流出力端子115, 215, 315を正負アーム中間線 CL_C と各相中心線 CL_U, CL_V, CL_W との交点にそれぞれ配置し、広幅導体510を相間の隙間から上面に出して重ね配線することにより、電源端子111, 211, 311, 112, 113, 212, 213, 312, 313, 114, 214, 314と各電源端子P, C, Nとを接続する広幅導体511と区分可能としている。

【0046】

各相の端子をこのように配置することにより、パワーユニットの外線端子、すなわち、各電源端子P, C, N及び交流出力端子U, V, Wに至る広幅導体510, 511を重ねて構成することができ、電源及び交流出力の配線インダクタンスを小さくして近傍の電子回路への誘導障害を低減することができる。

【0047】

図4(a)は図2(a)のY-Y断面図、図4(b)は図4(a)の右側面図であり、正側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ41~43と正側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体101, 102との接続状態を示している。なお、A, Bはフィルタコンデンサ41~43の両極端子であり、一方が正極端子、他方が負極端子である。

ここで、図4に示す平板導体101, 102を平板導体の第1実施例というものとする。

【0048】

図4に示すフィルタコンデンサ41~43及び平板導体101, 102の接続構造を、例えば接続端子112を中心として180°回転させれば、負側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ51~53と負側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体104, 103との接続構造と実質的に同様になる。言い換えれば、平板導体101, 104及び102, 103の形状、構造をそれぞれ同一にすることができる。

このことは、後述する平板導体の第2実施例~第4実施例においても同様である。

ここで、平板導体による重ね配線構造及び転流電流の流れは正側、負側で全く同様であるため、以下では正側アームについて平板導体101, 102による重ね配線の特徴を説明する。

【0049】

図4において、各相のフィルタコンデンサ41~43の端子Aは正電源用の平板導体101に接続され、端子Bは中性点電源用の平板導体102に接続されている。また、平板導体101, 102の間には、両導体間の印加電圧に十分に耐えると共にできるだけ薄い絶縁板501を挟むことにより、フィルタコンデンサに至る配線のインダクタンスを最小化する。

更に、端子Bと平板導体101との間の耐圧、端子Aと平板導体102との間の耐圧にそれぞれ充分耐えるように空間距離を保有させるための孔101a, 102aが、平板導体101, 102に設けられている。

正電源用の平板導体101には、前記積層配線部503の正電源端子Pに接続される電源端子111, 211, 311が、中性点電源用の平板導体102には、積層配線部503の中性点電源端子Cに接続される電源端子112, 212, 312がそれぞれ設けられている。

【0050】

次に、図5は、図12(a)における転流電流の経路iを、平板導体101, 102上

10

20

30

40

50

の電流経路として単線で示したものである。図5において、太線は転流相フィルタコンデンサへの主電流を、細線は他相フィルタコンデンサへの分流電流を示し、実線は手前の平板導体102上の電流を、点線は背後の平板導体101上の電流を示す。

【0051】

図5に示すように、実線の電流と点線の電流とは、電磁作用により平板導体101, 102上をペアで重なって端子A, Bと電源端子P, Cとの間を流れるので、これらの端子間のインダクタンスは効果的に低減される。なお、図12(b)における転流電流の経路ivについても、同様に説明することができる。

前述したように、負側アームは正側アームと対称的に配置・配線されているので、図12(a), (b)における負側アームのフィルタコンデンサの転流電流の経路ii, iiiについて、正側アームと同様に説明可能である。

10

【0052】

なお、図5では、説明を単純化するために転流電流を単線で示してあるが、点線で示す正電源用の平板導体101上の電流と、実線で示す中性点電源用の平板導体102上の電流は、実際には各相のフィルタコンデンサの端子A, Bと電源端子P, Cとの幾何学的配置関係によって決まる幅状電流となって、両平板導体101, 102上を互いに逆方向に流れる。このように幅状電流が流れることにより、配線インダクタンスは一層効果的に低減される。

また、以下に説明する第2～第4実施例においても転流電流を単線で示すが、実際の電流はコンデンサ端子と電源端子との幾何学的配置関係によって決まる幅状電流となる。

20

【0053】

次に、図6は平板導体の第2実施例を示している。この実施例では、図5に細線で示した他相フィルタコンデンサへの分流電流を低減して各相の電流を均一化するために、平板導体101A, 102Aにそれぞれ切り欠き部Cut1, Cut2を設けてある。

すなわち、図6では、各電源端子111～312の近傍に切り欠き部Cut1, Cut2を設けることにより、平板導体101A, 102Aの各相間下部の分流電流の経路を遮断するようにした。

【0054】

また、図7は平板導体の第3実施例を示している。この実施例では、各相のフィルタコンデンサ41～43の相互間において、平板導体101Bでは下部に、平板導体102B

30

では上部に、それぞれ切り欠き部Cut1, Cut2を設けたものである。このように切り欠き部Cut1, Cut2によって平板導体101B, 102Bの各相間に空隙部を形成することにより、分流電流がペアとなって重なって流れるのを抑制することができる。

【0055】

なお、以上の説明は、フィルタコンデンサが各アーム当たり1個で構成される場合のものである。この場合、図4～図7に示したように、コンデンサの両極端子A, Bの配列方向は、平板導体101(101A, 101B), 102(102A, 102B)の電源端子111～312が接続される図2(b)の積層配線部503(凸部503a)の表面に対して平行になっている。これにより、平板導体101(101A, 101B), 102

40

(102A, 102B)上の電流経路が対称的かつ最短となる。

【0056】

次いで、図8は平板導体の第4実施例を示しており、フィルタコンデンサが各アーム当たり複数個(図8では2個)のコンデンサユニットにより構成される場合のものである。すなわち、フィルタコンデンサ41～43は、互いに並列接続されたコンデンサユニット411, 412, 421, 422, 431, 432によってそれぞれ構成されている。

【0057】

この場合、フィルタコンデンサ41～43はアームごとに隣接して配置され、各コンデンサユニット411, 412, 421, 422, 431, 432の両極端子A, Bの配列方向は、平板導体101C, 102Cの電源端子111～312が取り付けられる図2(

50

b) の積層配線部 503 (凸部 503a) の表面に対して垂直になっている。また、相隣り合うコンデンサユニットは、端子 A, B が交互に配置されており、全ての端子は直線上で 2 列に整列して平板導体 101C, 102C に接続されている。

なお、図 8 においても、図 7 と同様に分流電流を抑制するための切り欠き部 Cut 1, Cut 2 が、平板導体 101C, 102C の各相間に形成されている。

【0058】

図 9 は、この実施例における各相電流の平板導体 101C, 102C 上の電流経路を示している。

フィルタコンデンサ 41 ~ 43 を構成するコンデンサユニット 411, 412, 421, 422, 431, 432 は、それぞれ異極性の端子 A, B が隣り合うように順次配置されているため、上側の端子を流れる電流と下側の端子を流れる電流とが逆向きになり、これらの電流がペアを構成して重なって流れることになるので、配線のインダクタンスが効果的に低減されることになる。

【0059】

なお、上述した実施形態では本発明を 3 相 3 レベルインバータに適用した場合について説明したが、2 相 3 レベルコンバータの場合も、前記同様のフィルタコンデンサ、平板導体及び積層配線部等の配線構造、接続構造を適用することができる。また、各アームを構成するスイッチング素子及び結合ダイオードがそれぞれ複数の並列接続によって使用される場合にも、同様の配線構造、接続構造を適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】本発明の実施形態を示す配線図である。

【図 2】実施形態におけるパワーユニットの構造図である。

【図 3】実施形態における電源端子及び交流出力端子の配線状態を示す図である。

【図 4】平板導体の第 1 実施例におけるフィルタコンデンサと平板導体との接続状態を示す図である。

【図 5】図 4 における平板導体上の電流経路を示した図である。

【図 6】平板導体の第 2 実施例におけるフィルタコンデンサと平板導体との接続状態を示す図である。

【図 7】平板導体の第 3 実施例におけるフィルタコンデンサと平板導体との接続状態を示す図である。

【図 8】平板導体の第 4 実施例におけるフィルタコンデンサと平板導体との接続状態を示す図である。

【図 9】図 8 における平板導体上の電流経路を示した図である。

【図 10】交流電車の主回路構成図である。

【図 11】3 レベルインバータの主回路構成図である。

【図 12】図 11 における U 相の転流回路を示す図である。

【符号の説明】

【0061】

- 1 : U 相 3 レベル変換回路
- 2 : V 相 3 レベル変換回路
- 3 : W 相 3 レベル変換回路
- 4 : 正側アーム用フィルタコンデンサ接続回路
- 5 : 負側アーム用フィルタコンデンサ接続回路
- 11 ~ 14 : U 相 IGBT モジュール
- 21 ~ 24 : V 相 IGBT モジュール
- 31 ~ 34 : W 相 IGBT モジュール
- 15, 16 : U 相ダイオードモジュール
- 25, 26 : V 相ダイオードモジュール
- 35, 36 : W 相ダイオードモジュール

10

20

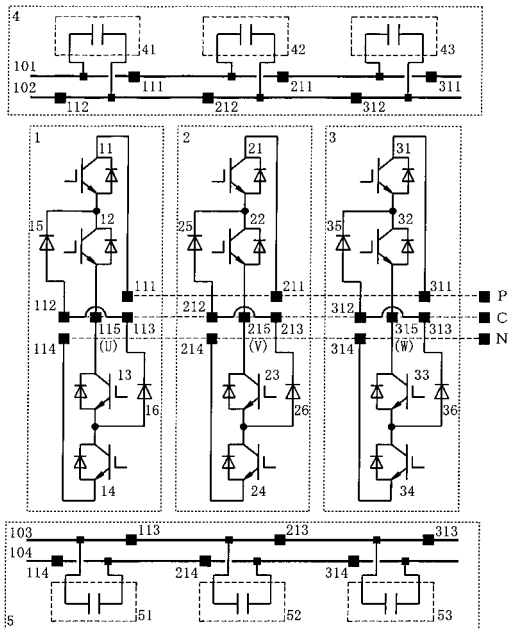
30

40

50

4 1 , 4 2 , 4 3 : 正側アーム用 U , V , W 相フィルタコンデンサ	
5 1 , 5 2 , 5 3 : 負側アーム用 U , V , W 相フィルタコンデンサ	
1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 1 A , 1 0 2 A , 1 0 1 B , 1 0 2 B , 1 0 1 C , 1 0 2 C : 正側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体	
1 0 1 a , 1 0 2 a : 孔	
1 0 3 , 1 0 4 : 負側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体	
(1 0 1 : 正電源平板導体 , 1 0 4 : 負電源平板導体 , 1 0 2 , 1 0 3 : 中性点電源平板導体)	
1 1 1 ~ 1 1 4 : U 相フィルタコンデンサ直流電源端子	
2 1 1 ~ 2 1 4 : V 相フィルタコンデンサ直流電源端子	10
3 1 1 ~ 3 1 4 : W 相フィルタコンデンサ直流電源端子	
1 1 5 : U 相出力端子	
2 1 5 : V 相出力端子	
3 1 5 : W 相出力端子	
4 1 1 , 4 1 2 , 4 2 1 , 4 2 2 , 4 3 1 , 4 3 2 : コンデンサユニット	
5 0 1 , 5 0 2 : 絶縁板	
5 0 3 : 積層配線部	
5 0 3 a : 凸部	
5 0 4 : モジュール取付部	
5 0 5 : 冷却体受熱部	20
5 1 0 , 5 1 1 : 広幅導体	
P , C , N : 電源端子	
U , V , W : 交流出力端子	
A , B : 端子	
C L _c : 正負アーム中間線	
C L _u : U 相中心線	
C L _v : V 相中心線	
C L _w : W 相中心線	
C u t 1 , C u t 2 : 切り欠き部	

【図1】



U, V, W: 交流出力端子
 P: 直流正電源端子
 C: 中性点電源端子
 N: 直流負電源端子

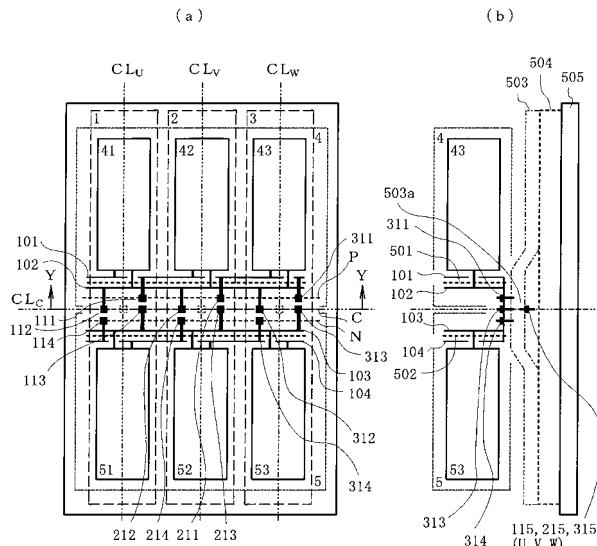
1: U相3レベル変換回路 2: V相3レベル変換回路 3: W相3レベル変換回路
 4: 正側アーム用フィルタコンデンサ接続回路 5: 負側アーム用フィルタコンデンサ接続回路

11~14: U相IGBTモジュール 21~24: V相IGBTモジュール 31~34: W相IGBTモジュール
 15, 16: U相ダイオードモジュール 25, 26: V相ダイオードモジュール 35, 36: W相ダイオードモジュール
 41, 42, 43: 正側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ
 51, 52, 53: 負側アーム用U, V, W相フィルタコンデンサ

111~114: U相フィルタコンデンサ直流電源端子 211~214: V相フィルタコンデンサ直流電源端子
 311~314: W相フィルタコンデンサ直流電源端子 115: U相出力端子 215: V相出力端子 315: W相出力端子

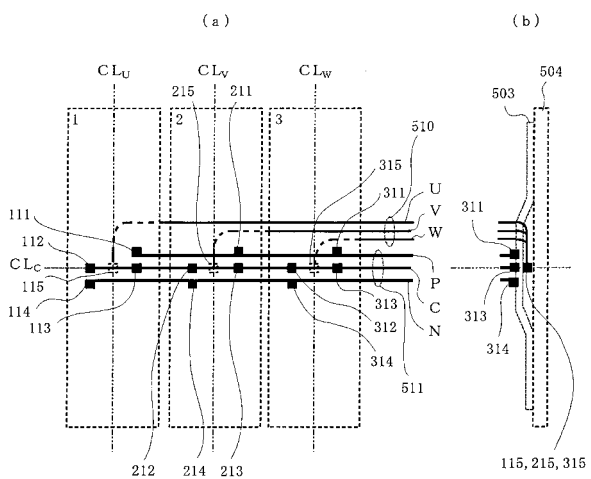
101, 102: 正側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体 (101: 正電源平板導体 104: 負電源平板導体)
 103, 104: 負側アーム用フィルタコンデンサ接続平板導体 (102, 103: 中性点電源平板導体)

【図2】

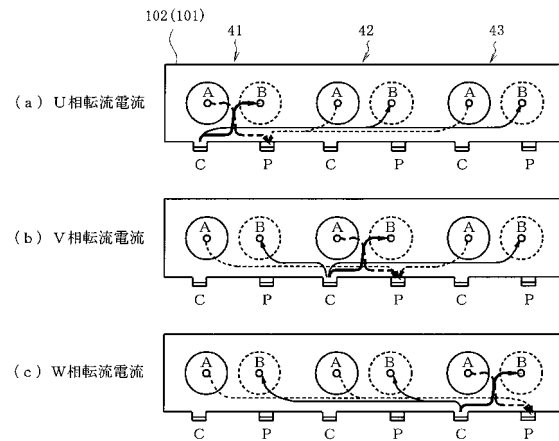


CL_U: U相中心線 CL_V: U相中心線 CL_W: W相中心線
 CL_C: 正負アーム中心線
 503: 積層配線部 504: モジュール取付部
 505: 冷却体受熱部
 503a: 凸部

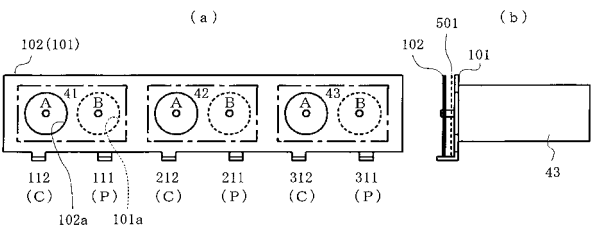
【図3】



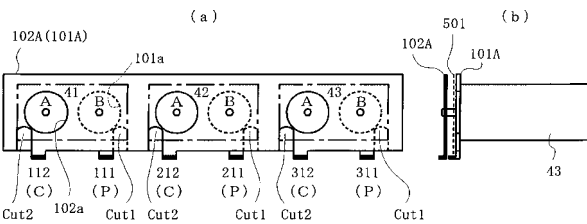
【図5】



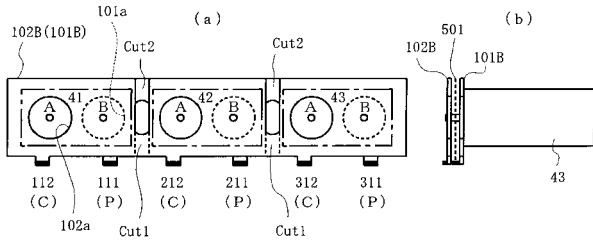
【図4】



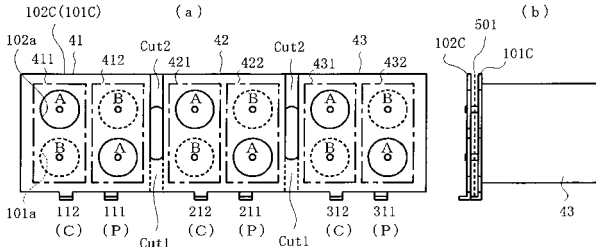
【図6】



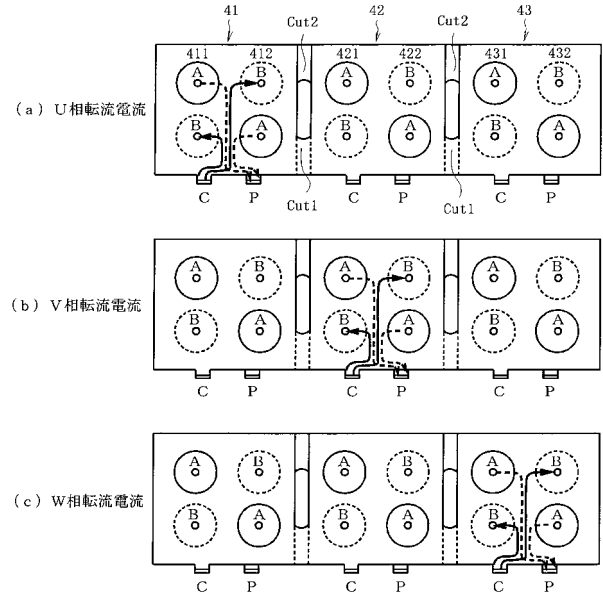
【図7】



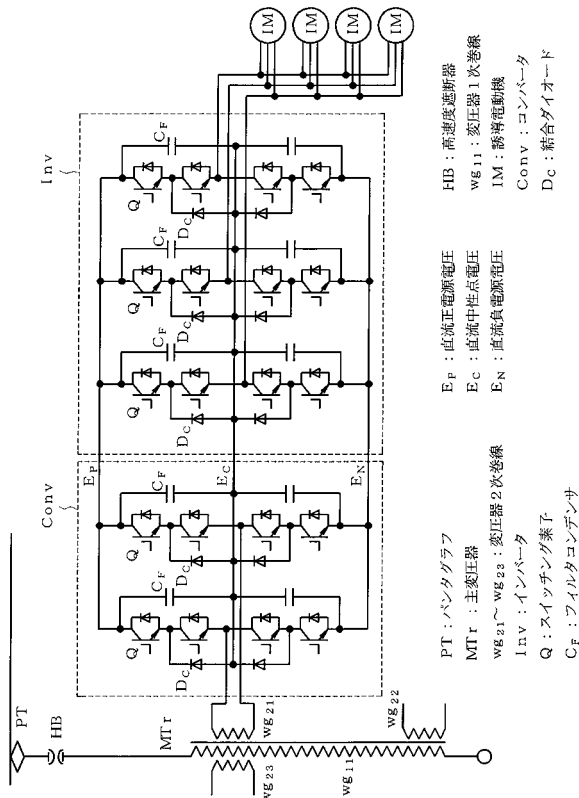
【図8】



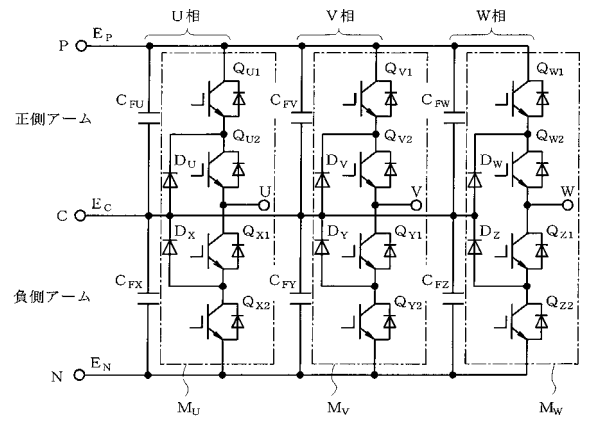
【図9】



【図10】



【図11】



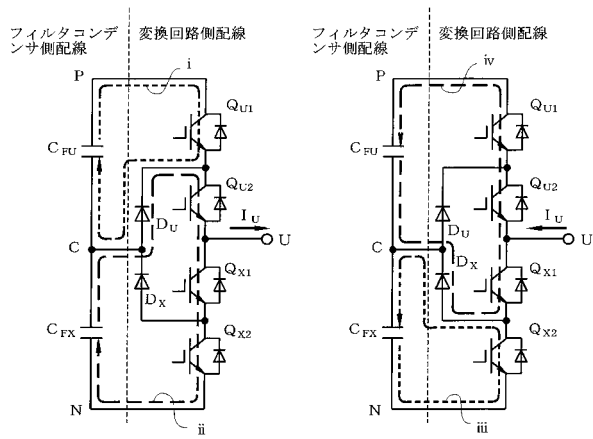
HB : 高速遮断器
 wg11 : 変圧器1次巻線
 IM : 誘導電動機
 Conv : コンバータ
 DC : 結合ダイオード
 Ep : 直流正電源電圧
 Ec : 直流中性点電圧
 En : 直流負電源電圧
 PT : パンタグラフ
 MTr : 主変圧器
 wg21 ~ wg23 : 変圧器2次巻線
 Inv : インバータ
 Q : スイッチング素子
 CF : フィルタコンデンサ

U, V, W : 交流出力端子
 Ep : 直流正電源電圧
 C : 中性点電源端子
 Ec : 直流中性点電圧
 En : 直流負電源電圧
 Qu1 ~ Qu2 : U相IGBTモジュール
 Du, Dx : U相ダイオードモジュール
 Qv1 ~ Qv2 : V相IGBTモジュール
 Dv, Dy : V相ダイオードモジュール
 Mu : U相3レベル変換回路
 Mv : V相3レベル変換回路
 Mw : W相3レベル変換回路
 P : 直流正電源端子
 C : 中性点電源端子
 N : 直流負電源端子
 Qw1 ~ Qw2 : W相IGBTモジュール
 Dw, Dz : W相ダイオードモジュール
 CfU, CfX : U相フィルタコンデンサ
 CfV, CfY : V相フィルタコンデンサ
 CfW, CfZ : W相フィルタコンデンサ

【図 12】

(a) 出力電流 I_U が正の場合

(b) 出力電流 I_U が負の場合



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 8 9 2 4 9 (J P , A)
国際公開第 0 1 / 0 3 1 7 7 1 (W O , A 1)
特開平 1 0 - 2 0 1 2 4 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 M 7 / 4 8 3
H 0 2 M 7 / 4 8