

(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2020-184854

(P2020-184854A)

(43) 公開日 令和2年11月12日(2020.11.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H02M 7/48 (2007.01) H02M 7/48 Z 5H77O
H02M 7/48 M

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2019-88822 (P2019-88822)
(22) 出願日 令和1年5月9日(2019.5.9)

(71) 出願人 501137636
東芝三菱電機産業システム株式会社
東京都中央区京橋三丁目1番1号
(74) 代理人 100108062
弁理士 日向寺 雅彦
(74) 代理人 100168332
弁理士 小崎 純一
(74) 代理人 100146592
弁理士 市川 浩
(74) 代理人 100172188
弁理士 内田 敬人
(72) 発明者 渡辺 拓実
東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三
菱電機産業システム株式会社内

最終頁に続く

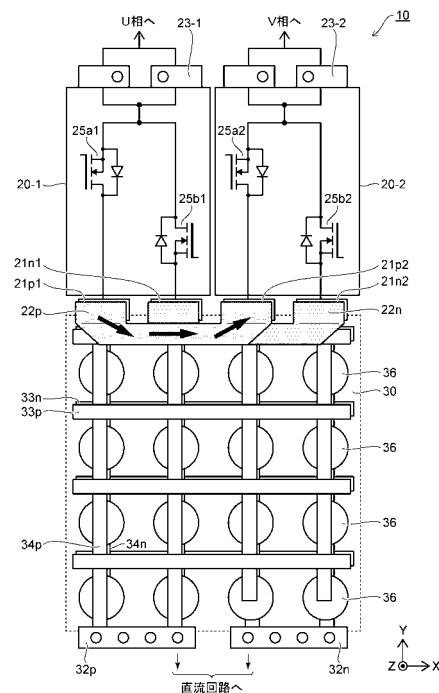
(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 コンデンサの発熱を抑制した電力変換装置を提供する。

【解決手段】 電力変換装置10は、第1端子21p1と、第2端子21n1と、第1、第2端子間で直列に接続された第1、第2スイッチング素子25a1、25b1と、を含む第1パワーモジュール20-1と、第3端子21p2と、第4端子21n2と、第3、第4端子間で直列に接続された第3、第4スイッチング素子25a2、25b2と、を含む第2パワーモジュール20-2と、複数の単位コンデンサ36と、複数の単位コンデンサを相互に並列に接続する第1導体34p、33pと、第2導体34n、33nと、第1導体に接続され第1、第2端子に接続された第1コンデンサ端子と、第2導体に接続され第3、第4端子に接続された第2コンデンサ端子と、を含むコンデンサ30と、第1、第3端子間に接続された第1短絡導体22pと、第2、第4端子間に接続された第2短絡導体22nと、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高電位側の第 1 端子と、
低電位側の第 2 端子と、
前記第 1 端子と前記第 2 端子との間で、直列に接続された第 1 スイッチング素子および第 2 スイッチング素子と、
を含む第 1 パワーモジュールと、
高電位側の第 3 端子と、
低電位側の第 4 端子と、
前記第 3 端子と前記第 4 端子との間で、直列に接続された第 3 スイッチング素子および第 4 スイッチング素子と、
を含む第 2 パワーモジュールと、
複数の単位コンデンサと、
前記複数の単位コンデンサを高電位側で相互に並列に接続する第 1 導体と、
前記複数の単位コンデンサを低電位側で相互に並列に接続する第 2 導体と、
前記第 1 導体に接続され、前記第 1 端子および前記第 3 端子に接続された第 1 コンデンサ端子と、
前記第 2 導体に接続され、前記第 2 端子および前記第 4 端子に接続された第 2 コンデンサ端子と、
を含むコンデンサと、
前記第 1 端子と前記第 3 端子との間に接続された第 1 短絡導体と、
前記第 2 端子と前記第 4 端子との間に接続された第 2 短絡導体と、
を備え、
前記第 1 短絡導体の前記第 1 端子と前記第 3 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 1 スイッチング素子および前記第 3 スイッチング素子に流れる循環電流および前記第 1 導体に流れる電流にもとづいて設定され、
前記第 2 短絡導体の前記第 2 端子と前記第 4 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 2 スイッチング素子および前記第 4 スイッチング素子に流れる循環電流および前記第 2 導体に流れる電流にもとづいて設定された電力変換装置。

【請求項 2】

前記コンデンサは、
前記第 1 導体に接続され、前記第 1 端子および前記第 3 端子に接続された第 3 コンデンサ端子と、
前記第 2 導体に接続され、前記第 2 端子および前記第 4 端子に接続された第 4 コンデンサ端子と、
をさらに含み、
前記第 1 端子、前記第 2 端子、前記第 3 端子および前記第 4 端子は、第 1 方向に沿ってこの順に配列され、
前記第 1 コンデンサ端子、前記第 2 コンデンサ端子、前記第 3 コンデンサ端子および前記第 4 コンデンサ端子は、前記第 1 方向に沿ってこの順に配列されるとともに、前記第 1 端子、前記第 2 端子、前記第 3 端子および前記第 4 端子に対向する位置にそれぞれ設けられた請求項 1 記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記第 1 短絡導体および前記第 2 短絡導体は、それぞれ突出部を有し、前記突出部を介して直流回路に接続し得る請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

前記第 1 短絡導体は、前記第 1 スイッチング素子および前記第 3 スイッチング素子がオンしたときに電流を流し、
前記第 2 短絡導体は、前記第 2 スイッチング素子および前記第 4 スイッチング素子がオンしたときに電流を流す請求項 1～3 のいずれか 1 つの記載の電力変換装置。

【請求項 5】

前記第 1 短絡導体の前記第 1 端子と前記第 3 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 1 端子および前記第 3 端子から前記第 1 導体の側を見たインピーダンスの大きさよりも小さく、

前記第 2 短絡導体の前記第 2 端子と前記第 4 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 2 端子および前記第 4 端子から前記第 2 導体の側を見たインピーダンスの大きさよりも小さい請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明の実施形態は、電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

直流と交流とを双方向に、あるいは一方向に変換する電力変換装置では、ブリッジ回路を含む変換器を備えたものがある。ブリッジ回路は、直流電圧を平滑するために、直流側にコンデンサを有する。電力変換器の出力容量等によっては、大容量のコンデンサが必要となり、多数のコンデンサを並列に接続することがある。

【0003】

大きな静電容量値を実現するために、複数の単位コンデンサを並列に接続して 1 つのコンデンサのようにして用いることがある。また、このような並列接続された複数の単位コンデンサを単一のケースに収納したコンデンサが用いられることもある。これらのコンデンサでは、単位コンデンサを並列に接続するために、ラミネート製のブスバーや内部導体を用いて、単位コンデンサを互いに接続する構造を有していることがある。

20

【0004】

ブリッジ回路は、さまざまな制御方式によって制御されるが、ほとんどの制御方式で少なくとも 2 つの動作モードを有する。第 1 の動作モードは、直流－交流間で電流を入出力するモードである。この動作モードでは、異なるレグにおいて、高電位側のスイッチング素子と低電位側のスイッチング素子がスイッチング動作する。レグを切り替えることによって、電流の方向を変えることができる。第 2 の動作モードは、交流側にのみ電流を入出力するモードである。この動作モードでは、異なるレグにおいて、高電位側の 2 つのスイッチング素子がスイッチング動作し、または、低電位側のスイッチング素子がスイッチング動作する。

30

【0005】

単位コンデンサを並列接続されたコンデンサでは、第 2 の動作モードの期間にブスバーや内部導体に循環電流が流れる経路が発生し得る。ブスバーや内部導体に電流が流れると、これらで損失が発生し、損失によって発生した発熱が単位コンデンサに影響を及ぼすおそれがある。単位コンデンサの周囲が発熱すると、静電容量が低下したり、コンデンサの寿命が低下したりといった懸念が生じ得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0006】

【特許文献 1】特開 2018-107858 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

実施形態は、コンデンサの発熱を抑制した電力変換装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態に係る電力変換装置は、高電位側の第 1 端子と、低電位側の第 2 端子と、前記第 1 端子と前記第 2 端子との間で、直列に接続された第 1 スwitchング素子および第 2 ス

50

スイッチング素子と、を含む第 1 パワーモジュールと、高電位側の第 3 端子と、低電位側の第 4 端子と、前記第 3 端子と前記第 4 端子との間で、直列に接続された第 3 スwitchング素子および第 4 スwitchング素子と、を含む第 2 パワーモジュールと、複数の単位コンデンサと、前記複数の単位コンデンサを高電位側で相互に並列に接続する第 1 導体と、前記複数の単位コンデンサを低電位側で相互に並列に接続する第 2 導体と、前記第 1 導体に接続され、前記第 1 端子および前記第 3 端子に接続された第 1 コンデンサ端子と、前記第 2 導体に接続され、前記第 2 端子および前記第 4 端子に接続された第 2 コンデンサ端子と、を含むコンデンサと、前記第 1 端子と前記第 3 端子との間に接続された第 1 短絡導体と、前記第 2 端子と前記第 4 端子との間に接続された第 2 短絡導体と、を備える。前記第 1 短絡導体の前記第 1 端子と前記第 3 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 1 スwitchング素子および前記第 3 スwitchング素子に流れる循環電流および前記第 1 導体に流れる電流にもとづいて設定される。前記第 2 短絡導体の前記第 2 端子と前記第 4 端子との間のインピーダンスの大きさは、前記第 2 スwitchング素子および前記第 4 スwitchング素子に流れる循環電流および前記第 2 導体に流れる電流にもとづいて設定される。

【発明の効果】

【0009】

本実施形態では、コンデンサの発熱を抑制した電力変換装置が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】第 1 の実施形態に係る電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

【図 2】図 2 (a) は、第 1 の実施形態の電力変換装置の一部を例示する模式的な平面図である。図 2 (b) は、図 2 (a) の A A' 線における模式的な矢視断面図である。

【図 3】第 1 の実施形態に係る電力変換装置を例示する簡略化された回路図である。

【図 4】比較例の電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

【図 5】比較例の電力変換装置を例示する簡略化された回路図である。

【図 6】比較例の電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

【図 7】第 2 の実施形態に係る電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

【図 8】電力変換装置に用いられるコンデンサの例である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同一とは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

【0012】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本実施形態に係る電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

図 1 に示すように、本実施形態の電力変換装置 10 は、パワーモジュール 20-1, 20-2 と、コンデンサ 30 と、短絡導体 22 p, 22 n と、を備える。

【0013】

パワーモジュール (第 1 パワーモジュール) 20-1 は、スイッチング素子 (第 1 スwitchング素子、第 2 スwitchング素子) 25 a 1, 25 b 1 を含み、同一のケース内にスイッチング素子 25 a 1, 25 b 1 を収納している。パワーモジュール (第 2 パワーモジュール) 20-2 は、スイッチング素子 (第 3 スwitchング素子、第 4 スwitchング素子) 25 a 2, 25 b 2 を含み、同一のケース内にスイッチング素子 25 a 2, 25 b 2 を収納している。

【0014】

パワーモジュール 20-1 は、端子 (第 1 端子、第 2 端子) 21 p 1, 21 n 1 を有し

、パワーモジュール 20-2 は、端子（第 3 端子、第 4 端子）21p2, 21n2 を有している。スイッチング素子 25a1~25b2 は、ブリッジ回路を構成している。スイッチング素子 25a1~25b2 は、交流の各相に対応するレグごとにパワーモジュール 20-1, 20-2 に収納されている。

【0015】

コンデンサ 30 は、端子 31p1, 31n1, 31p2, 31n2（図 2（a））を有している。パワーモジュール 20-1 の端子 21p1, 21n1 は、コンデンサ 30 の端子（第 1 コンデンサ端子、第 2 コンデンサ端子）31p1, 31n1 に接続されている。パワーモジュール 20-2 の端子 21p2, 21n2 は、コンデンサ 30 の端子（第 3 コンデンサ端子、第 4 コンデンサ端子）31p2, 31n2 に接続されている。つまり、パ
10
ワーモジュール 20-1, 20-2 は、端子 21p1~21n2 および端子 31p1~31n2 を介してコンデンサ 30 に電氣的に接続されている。

【0016】

短絡導体（第 1 短絡導体）22p は、パワーモジュール 20-1 の端子 21p1, 21p2 間およびコンデンサ 30 の端子 31p1, 31p2 間を、電氣的に接続している。短絡導体（第 2 短絡導体）22n は、パワーモジュール 20-2 の端子 21n1, 21n2 間およびコンデンサ 30 の端子 31n1, 31n2 間を、電氣的に接続している。

【0017】

コンデンサ 30 は、複数の単位コンデンサ 36 を含む。複数の単位コンデンサ 36 は、コンデンサ 30 の内部で導体 34p, 34n, 33p, 33n を用いて並列に接続されている。導体（第 1 導体）34p, 33p は、端子 31p1, 31p2 に接続されている。導体（第 2 導体）34n, 33n は、端子 31n1, 31n2 に接続されている。
20

【0018】

以下では、インピーダンスや入力インピーダンスというときには、誘導性インピーダンスと抵抗値とのベクトル和をいうものとし、インピーダンスの大きさや入力インピーダンスの大きさは、このベクトル和の大きさ（長さ）をいうものとする。つまり、インピーダンス Z は、 $Z = R + j\omega L$ をいうものとする。したがって、インピーダンス Z の大きさ $|Z|$ は、 $(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}$ である。ここで、 R は、抵抗値、 L はインダクタンス値、 ω は角周波数である。 R および L は、配線や導体等の形状等に起因する寄生的なものを含む。
30

【0019】

また、以下では、スイッチング素子 25a1, 25a2 および交流回路に電流が流れる動作を還流動作といい、スイッチング素子 25b1, 25b2 および交流回路に電流が流れる動作も還流動作ということとする。また、還流動作によりスイッチング素子 25a1, 25a2 および交流回路に流れる電流を循環電流といい、循環電流は、スイッチング素子 25b1, 25b2 および交流回路の経路にも流れ得る。

【0020】

短絡導体 22p は、端子 31p1, 31p2 間から見た入力インピーダンスに流れる電流を分流することができるインピーダンスを有する。短絡導体 22n は、端子 31n1, 31n2 から見た入力インピーダンスに流れる電流を分流することができるインピーダンスを有する。短絡導体 22p および短絡導体 22n は、上述の端子間に接続されることによって、ブリッジ回路の高電位側のスイッチング素子 25a1, 25a2 がスイッチング動作する場合、または低電位側のスイッチング素子 25b1, 25b2 がスイッチング動作する場合に、コンデンサ 30 内に流れる電流を抑制する。
40

【0021】

電流の流入あるいは流出が抑制されたコンデンサ 30 内では、導体 34p, 34n, 33p, 33n に流れる電流が抑制されるので、導体 34p, 34n, 33p, 33n の有する抵抗成分で発生する損失および発熱が低減される。

【0022】

短絡導体 22p, 22n のインピーダンスは、循環電流およびコンデンサ 30 内部の導
50

体 3 4 p, 3 4 n, 3 3 p, 3 3 n 等に許容される損失および発熱にもとづいて、決定される。

【0023】

たとえば、短絡導体 2 2 p は、端子 3 1 p 1, 3 1 p 2 間から見た入力インピーダンスの大きさよりも十分小さいインピーダンスの大きさを有するように設定されている。短絡導体 2 2 n は、端子 3 1 n 1, 3 1 n 2 間から見た入力インピーダンスの大きさよりも小さいインピーダンスを有するように設定されている。

【0024】

短絡導体 2 2 p, 2 2 n を用いることによって、ブリッジ回路の還流動作時に、コンデンサ 3 0 内の導体に循環電流が流れることによって生じる発熱を抑制することができる。

10

【0025】

パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 は、端子 2 3-1, 2 3-2 をそれぞれ有し、電力変換装置 1 0 は、端子 2 3-1, 2 3-2 を介して、交流回路に接続されている。この例では、交流回路は 2 つの相を有しており、一方が U 相であり、他方が V 相である。

【0026】

コンデンサ 3 0 は、端子 3 2 p, 3 2 n を有し、電力変換装置 1 0 は、端子 3 2 p, 3 2 n を介して、直流回路に接続されている。

【0027】

電力変換装置 1 0 は、端子 2 3-1, 2 3-2 を介して接続された交流回路と、端子 3 2 p, 3 2 n を介して接続された直流回路との間で相互に、あるいはいずれか一方向に電力変換する。

20

【0028】

以下では、3次元座標を用いて説明することがある。パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 およびコンデンサ 3 0 は、XY 平面上に載置されているものとする。パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 は、XY 平面にほぼ平行な底面を有する立方体または直方体形状を有する。パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 は、X 軸方向に沿って配置されている。コンデンサ 3 0 は、並置されたパワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 の載置方向に直交する Y 軸方向に配置されている。

【0029】

パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 の端子 2 1 p 1~2 1 n 2 は、XZ 平面にほぼ平行なパワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 の側面に設けられている。端子 2 1 p 1~2 1 n 2 は、パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 の側面から Z 軸の負方向に向かって延伸している。

30

【0030】

この例では、パワーモジュール 2 0-1, 2 0-2 の端子 2 3-1, 2 3-2 は、端子 2 1 p 1~2 1 n 2 が設けられた側面に対向する側面に設けられており、Z 軸の正方向に向かって延伸している。

【0031】

コンデンサ 3 0 は、XY 平面にほぼ平行な底面を有する立方体または直方体形状を有する。コンデンサ 3 0 の端子 3 1 p 1~3 1 n 2 は、XZ 平面にほぼ平行な側面に設けられており、Z 軸の正方向に向かって延伸している。

40

【0032】

この例では、コンデンサ 3 0 の端子 3 2 p, 3 2 n は、端子 3 1 p 1~3 1 n 2 が設けられた側面に対向する側面に設けられており、Z 軸の負方向に向かって延伸している。

【0033】

端子 2 1 p 1~2 1 n 2 および端子 3 1 p 1~3 1 n 2 は、それぞれ同様の形状を有している。また、端子 2 1 p 1~2 1 n 2 および端子 3 1 p 1~3 1 n 2 は、十分な幅および厚さを有している。端子 2 1 p 1~2 1 n 2 および端子 3 1 p 1~3 1 n 2 は、X 軸方向に沿って、ほぼ等間隔に配置されている。端子 2 1 p 1~2 1 n 2 は、端子 3 1 p 1~3 1 n 2 の位置に対応するように設けられている。

50

【0034】

端子21p1, 31p1は、互いに重ね合わせてネジ等で締結等され接続される。端子21n1, 31n1、端子21p2, 31p2、端子21n2, 31n2も同様に、互いに重ね合わせてネジ等で締結等される。

【0035】

パワーモジュール20-1, 20-2およびコンデンサ30は、このような配置および端子形状とすることによって、パワーモジュール20-1, 20-2とコンデンサ30との間の配線の長さを短くすることができ、配線によるインダクタンスを低減することができる。パワーモジュール20-1, 20-2とコンデンサ30との間の配線によるインダクタンス値を低減することによって、不要なサージ電圧の発生や各相のパワーモジュール20-1, 20-2に流れる電流の非対称性等を抑制する。

10

【0036】

本実施形態の電力変換装置10の動作を説明するために、コンデンサ30の構成例について詳述する。

図2(a)は、本実施形態の電力変換装置の一部を例示する模式的な平面図である。図2(b)は、図2(a)のAA'線における模式的な矢視断面図である。

図2(a)および図2(b)に示すように、コンデンサ30は、複数の単位コンデンサ36と、導体33p, 33n, 34p, 34nと、を含む。

【0037】

複数の単位コンデンサ36は、XY平面上で、たとえば格子状に配列されている。この例では、X軸方向に沿って4個の単位コンデンサ36が配列され、Y軸方向に沿って4個の単位コンデンサが配列されている。

20

【0038】

単位コンデンサ36は、この例ではZ軸方向に沿って延伸する円柱形状の外囲器に封止されている。円柱の上下の両端に端子37p, 37nが設けられている。単位コンデンサ36は、たとえば無極性のコンデンサであり、フィルムコンデンサ等である。

【0039】

導体34pは、Y軸方向に延伸して設けられ、Y軸方向に配列された4つの単位コンデンサ36の上方の端子にそれぞれ接続されている。

【0040】

導体34nは、導体34pとほぼ平行するように設けられ、4つの単位コンデンサ36の下方の端子にそれぞれ接続されている。

30

【0041】

導体34p, 34nおよび導体33p, 33nによって接続された4つの単位コンデンサ36の組は、X軸方向にほぼ均等な間隔で配置されている。

【0042】

導体33pは、X軸方向に延伸して設けられ、導体34pと交差する箇所で導体34pと接続されている。導体33pは、単位コンデンサ36のY軸方向の配置に応じて4つ設けられている。

【0043】

導体33nは、導体33pとほぼ平行に設けられ、導体34nと交差する箇所で導体34nと接続されている。導体33nは、単位コンデンサ36のY軸方向の配置に応じて4つ設けられている。

40

【0044】

導体34p, 33pの接続および導体34n, 33nの接続は、たとえばハンダ接合や溶接等の周知の技術を用いて行われる。

【0045】

上述のように、コンデンサ30は、導体33p~34nを用いて互いに接続された単位コンデンサ36を含んでいる。導体33p~34nは、有限のインピーダンスを有するので、パワーモジュール20-1, 20-2や直流回路との間で電流が入出力するのにも

50

なって、損失を生じ得る。

【0046】

図3は、本実施形態に係る電力変換装置を例示する簡略化された回路図である。

図3では、回路素子および端子のうち図1および図2と同じものについては、同一の符号を付してある。

図3に示すように、本実施形態の電力変換装置10は、スイッチング素子25a1～25b2からなるブリッジ回路を有している。ブリッジ回路では、スイッチング素子25a1, 25b1は、直列に接続され、U相のレグを構成する。スイッチング素子25a2, 25b2は、直列に接続され、V相のレグを構成する。

【0047】

スイッチング素子25a1, 25b1の直列回路は、パワーモジュール20-1に収納されている。スイッチング素子25a2, 25b2の直列回路は、パワーモジュール20-2に収納されている。

【0048】

スイッチング素子25a1, 25b1の直列回路は、パワーモジュール20-1の端子21p1, 21n1を介して、コンデンサ30に接続されている。スイッチング素子25a2, 25b2の直列回路は、パワーモジュール20-2の端子21p2, 21n2を介して、コンデンサ30に接続されている。

【0049】

2つのパワーモジュール20-1, 20-2の正電位側の端子21p1, 21p2間および負電位側の端子21n1, 21n2間には、インピーダンス素子122p, 122nがそれぞれ接続されている。インピーダンス素子122pは、端子21p1, 21p2間における短絡導体22pの等価的なインピーダンスを表している。インピーダンス素子122nは、端子21n1, 21n2間における短絡導体22nの等価的なインピーダンスを表している。インピーダンス素子122pおよびインピーダンス素子122nは、短絡導体22p, 22nのインピーダンス Z_3 を有する。

【0050】

単位コンデンサ36と端子31p1との間には、インピーダンス素子133p1が接続されている。単位コンデンサ36と端子31p2との間には、インピーダンス素子133p2が接続されている。インピーダンス素子133p1, 133p2は、コンデンサ30の端子31p1, 31p2から見たときの等価的な入力インピーダンスを表している。インピーダンス素子133p1, 133p2のインピーダンスは、主として、導体34p, 33pの有する抵抗成分および寄生インダクタンスからなる。

【0051】

単位コンデンサ36と端子31n1との間には、インピーダンス素子133n1が接続されている。単位コンデンサ36と端子31n2との間には、インピーダンス素子133n2が接続されている。インピーダンス素子133n1, 133n2は、コンデンサ30の端子31n1, 31n2から見たときの等価的な入力インピーダンスを表している。インピーダンス素子133n1, 133n2のインピーダンスは、主として、導体34n, 33nの有する抵抗成分および寄生インダクタンスからなる。

【0052】

インピーダンス素子122p, 122nは、これに限るものではないが、この例では、ほぼ等しいインピーダンスの大きさ $|Z_3|$ を有するものとする。インピーダンス素子133p1, 133n1およびインピーダンス素子133p2, 133n2は、インピーダンス Z_1 , Z_2 を有しており、端子31p1, 31p2から見たインピーダンスは、 $Z_1 + Z_2$ であり、その大きさは $|Z_1 + Z_2|$ と表されるものとする。

【0053】

本実施形態の電力変換装置10では、それぞれのインピーダンス素子のインピーダンスの大きさ $|Z_1 + Z_2|$, $|Z_3|$ は、たとえば、パワーモジュール20-1, 20-2に実際に流れ得る循環電流およびコンデンサ30に流入し、またはコンデンサ30から流

10

20

30

40

50

出する電流によって生じる発熱の許容値にもとづいて決定される。

【0054】

たとえば、実際に流れ得る循環電流 I_a とし、インピーダンス素子 $133p1$, $133p2$ (または $133n1$, $133n2$) の発熱の許容値にもとづいて計算される電流 I_b とすると、インピーダンス素子 $122p$ (または $122n$) に流れる電流 I_c は、以下のよう求められる。

【0055】

$$I_c = I_a \times |Z_1 + Z_2| / \{|Z_3| + |Z_1 + Z_2|\} \quad (1)$$

【0056】

したがって、インピーダンス素子 $122p$ (または $122n$) のインピーダンスの大きさ $|Z_3|$ は、以下のよう求められる。

【0057】

$$|Z_3| = I_b \times |Z_1 + Z_2| / I_c \quad (2)$$

【0058】

つまり、本実施形態では、短絡導体 $22p$, $22n$ は、有限のインピーダンスの大きさ $|Z_3|$ を有するので、端子 $31p1$, $31p2$ または端子 $31n1$, $31n2$ に流れ込む、あるいは、流れ出す電流を分流することができる。これにより、ブリッジ回路が還流動作をしている場合に、循環電流の大部分が短絡導体 $22p$ または短絡導体 $22n$ を流れるので、コンデンサ 30 側に流れる循環電流を小さくすることができる。

【0059】

式 (1) および式 (2) において、 I_a や I_b は、実測され、あるいはシミュレーション等により解析的に求められるので、短絡導体 $22p$, $22n$ のインピーダンスの大きさは適切に設定されることができる。

【0060】

短絡導体 $22p$, $22n$ のインピーダンスの大きさ $|Z_3|$ を、端子 $31p1$, $31p2$ または端子 $31n1$, $31n2$ から見た入力インピーダンスの大きさ $|Z_1 + Z_2|$ よりも十分小さくすることによって、コンデンサ 30 側に流れる循環電流を十分に小さくすることができる、より好ましい。

【0061】

コンデンサ 30 に流れる電流が低減されることによって、導体 $33p \sim 34n$ での発熱が低減され、コンデンサ 30 側の発熱を抑制することができる。

【0062】

本実施形態の効果について、比較例の電力変換装置と比較しつつ説明する。

図4は、比較例の電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

図4に示すように、比較例の電力変換装置 110 では、端子 $32p1$, $32p2$ 間の短絡導体および端子 $32n1$, $32n2$ 間の短絡導体が接続されていない点で上述の実施形態の場合と相違する。他の点では相違しない。

図5は、比較例の電力変換装置を例示する簡略化された回路図である。

図5に示すように、端子 $21p1$, $21p2$ 間および端子 $21n1$, $21n2$ 間に短絡導体が接続されていないことによって、これらの端子間の入力インピーダンスの大きさは理想的には無限大である。

【0063】

したがって、ブリッジ回路を還流する電流は、インピーダンス素子 $133p1$, $133p2$ (図4中の太線) または $133n1$, $133n2$ に流れる。

【0064】

ブリッジ回路は、PWM動作等するときには、高電位側のスイッチング素子および低電位側のスイッチング素子が動作するモードと、同じ電位の側のスイッチング素子が動作するモード (還流動作) と、を有している。ブリッジ回路は、動作状態に応じて、これらの動作モードを随時切り替えて動作する。

【0065】

10

20

30

40

50

還流動作では、ブリッジ回路の動作原理上、コンデンサ 30 に電流は流入し、あるいはコンデンサ 30 から電流が流出することはない。しかしながら、比較例の電力変換装置 110 の場合には、還流動作において、パワーモジュール 20-1, 20-2 からコンデンサ 30 に電流が流出入する経路が、コンデンサ 30 の内部の導体を介して形成される。そのため、ブリッジ回路が還流動作するとき、コンデンサ 30 の内部の導体に流れる電流で、導体のインピーダンスの抵抗成分による損失が発生する。

【0066】

たとえば、PWM制御されたブリッジ回路では、低デューティの場合に還流動作の期間が長くなることがあり、コンデンサ 30 の内部における損失が大きくなる傾向にある。また、電力系統用途や鉄道用途等のような大電力を扱う電力変換装置では、非常に大きな循環電流が流れることを想定して、コンデンサ 30 の内部の導体のインピーダンスの大きさを小さくするために、導体の幅や厚さが増大し、コンデンサ 30 自体が大型化するおそれもある。

10

【0067】

図 6 は、比較例の電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

図 6 に示すように、比較例の電力変換装置 110a では、大電力を扱うために、パワーモジュール 20-1, 20-2 をそれぞれを並列に接続する場合がある。端子 132p, 132n を介して直流回路に接続されるコンデンサ 130 では、内部の単位コンデンサの並列数を増やして、静電容量が増大される。

【0068】

20

このような場合に、パワーモジュール 20-1, 20-2 を X 軸方向に沿って配列し、それに応じて、コンデンサ 130 も X 軸方向に単位コンデンサの並列を増大させることによって、相互に接続したときにインダクタンス値を低減することができる。

【0069】

一方で、このように並列接続されたパワーモジュール 20-1, 20-2 に循環電流を流すと、図示した矢印の太さで示したように、両側のパワーモジュール 20-1, 20-2 よりも中央の中側のパワーモジュール 20-1, 20-2 に関連する電流経路に循環電流がより集中し、コンデンサ 130 内の損失および発熱が大きくなる。

【0070】

これに対して、本実施形態の電力変換装置 10 では、パワーモジュール 20-1, 20-2 の正側の端子 21p1, 21p2 間および負側の端子 21n1, 21n2 間に短絡導体 22p, 22n をそれぞれ接続している。短絡導体 22p, 22n のインピーダンスの大きさは、コンデンサ 30 内に流入あるいは流出する循環電流を分流して、コンデンサ 30 内の導体の発熱を低減するように設定されている。たとえば、短絡導体 22p および短絡導体 22n が接続されたコンデンサ 30 の端子 31p1, 31p2 間および端子 31n1, 31n2 間のそれぞれの入力インピーダンスの大きさよりも十分小さく設定されている。

30

【0071】

そのため、還流動作時に流れる電流は、主として短絡導体 22p または短絡導体 22n を流れ、短絡導体 22p, 22n のインピーダンスの大きさに応じた損失に低減される。短絡導体 22p, 22n は、パワーモジュール 20-1, 20-2 およびコンデンサ 30 の外部に設けられるので、短絡導体 22p, 22n の損失による発熱は、パワーモジュール 20-1, 20-2 およびコンデンサ 30 の温度上昇に直接の影響を小さくすることができる。

40

【0072】

(第 2 の実施形態)

図 7 は、本実施形態に係る電力変換装置を例示する模式的な平面図である。

図 7 に示すように、本実施形態の電力変換装置 210 では、コンデンサ 230 は、直流側の端子を有していない。直流側の端子は、短絡導体 222p, 222n に設けられている。

50

【0073】

短絡導体222pは、パワーモジュール20-1の端子21p1, 21p2間およびコンデンサ30の端子31p1, 31p2間を、電氣的に接続するとともに、導体部分から突出する接続部を介して、直流回路に接続することができる。短絡導体222nは、パワーモジュール20-2の端子21n1, 21n2間およびコンデンサ30の端子31n1, 31n2間を、電氣的に接続するとともに、導体部分から突出する接続部を介して、直流回路に接続することができる。

【0074】

本実施形態では、短絡導体222p, 222nが直流側の端子を兼ねることによって、コンデンサ230の直流側の端子を不要とすることができ、コンデンサ230の構造を簡素化することが可能になる。

10

【0075】

コンデンサに直流側の端子を設けたままとしてもよく、その場合には、直流側の配線や配置の自由度を高めることができる。

【0076】

上述の各実施形態においては、コンデンサ30は、複数の単位コンデンサ36を含むものとして説明したが、これら複数の単位コンデンサ36は、必ずしも単一のケース内に収納されてコンデンサ30を構成していなくてもよい。たとえば、図8に示すように、単一ケースに収納された単位コンデンサ236を正負の端子237p, 237nを介して、ブス(第1導体、第2導体)234p, 234nに接続されていてもよい。ブス234p, 234nによって並列接続された複数の単位コンデンサ236を、コンデンサ230aとして取り扱うようにしてももちろんよい。

20

【0077】

上述の他の実施形態の場合のように、正負の端子は、単位コンデンサの上下に設けられている場合に限らず、図8のように、単位コンデンサ236の一方の面に設けられていてももちろんかまわない。端子が同じ面に設けられることによって、正負のブス234p, 234n間の距離を短くすることができ、ブス234p, 234nによるインダクタンス値を低減することができる。正負のブス234p, 234nは、たとえばラミネートブスバー等を用いることができる。

【0078】

以上説明した実施形態によれば、コンデンサの発熱を抑制した電力変換装置を実現することができる。

30

【0079】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他のさまざまな形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明およびその等価物の範囲に含まれる。また、前述の各実施形態は、相互に組み合わせて実施することができる。

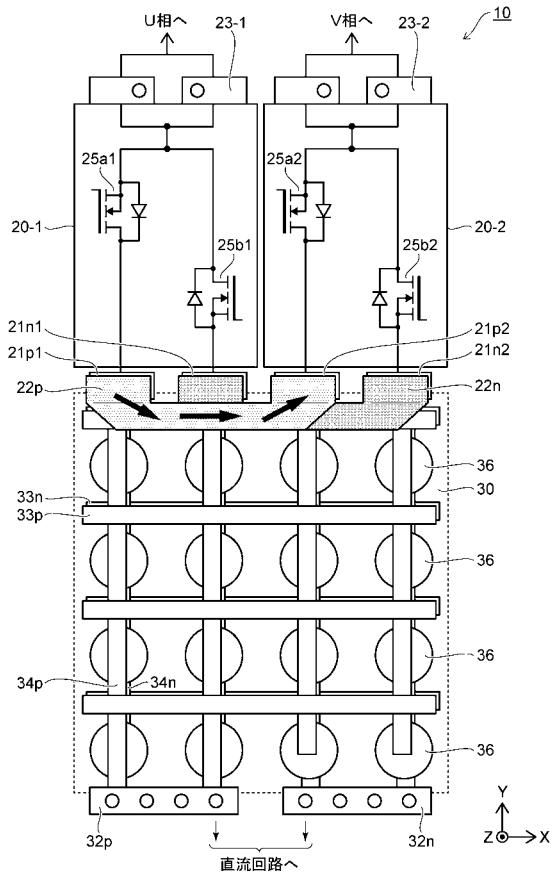
40

【符号の説明】

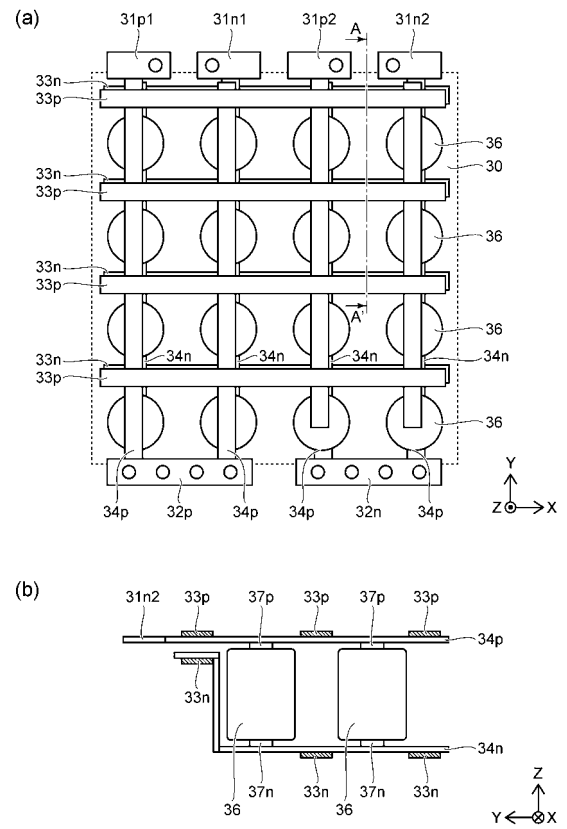
【0080】

10, 210 電力変換装置、20-1, 20-2 パワーモジュール、21p1, 21n1, 21p2, 21n2 端子、22p, 22n, 222p, 222n 短絡導体、25a1, 25b1, 25a2, 25b2 スwitching素子、30, 230, 230a コンデンサ、31p1, 31n1, 31p2, 31n2 端子、33p, 33n, 34p, 34n 導体、36, 236 単位コンデンサ

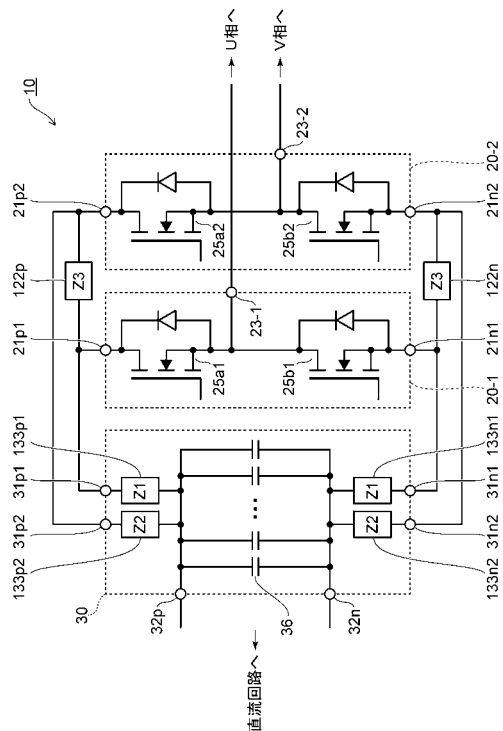
【図 1】



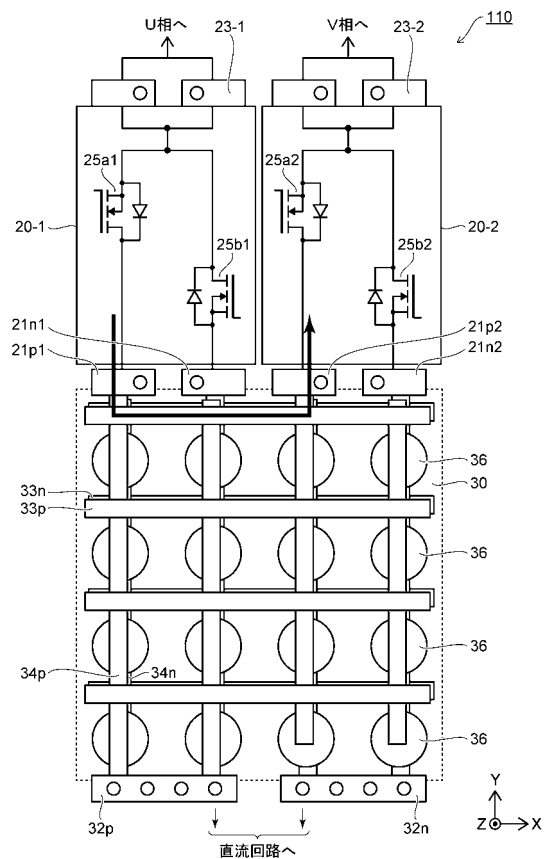
【図 2】



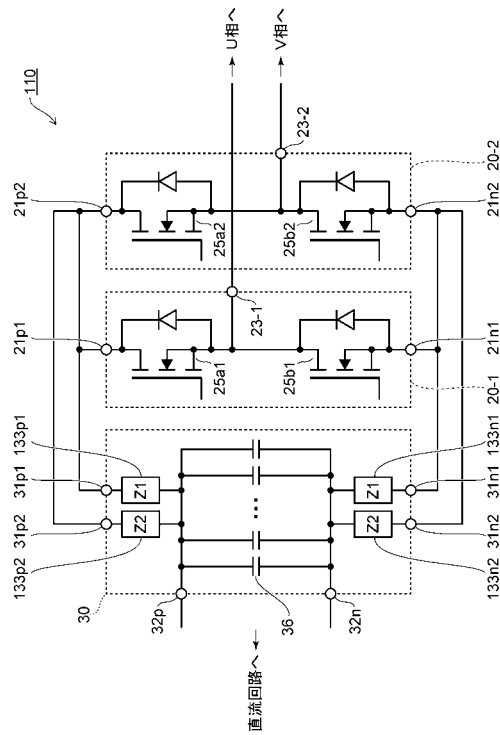
【図 3】



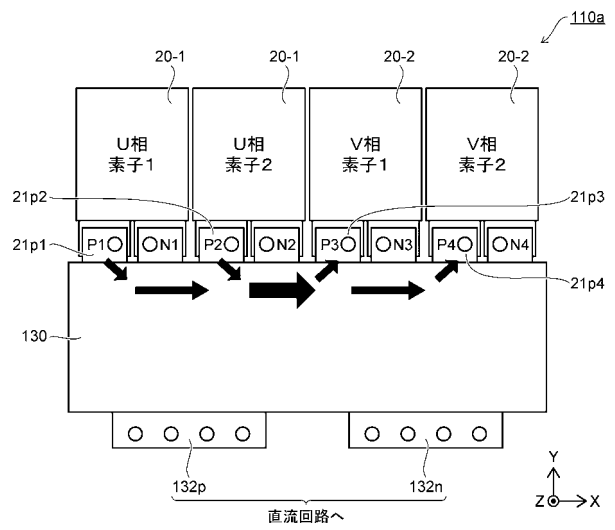
【図 4】



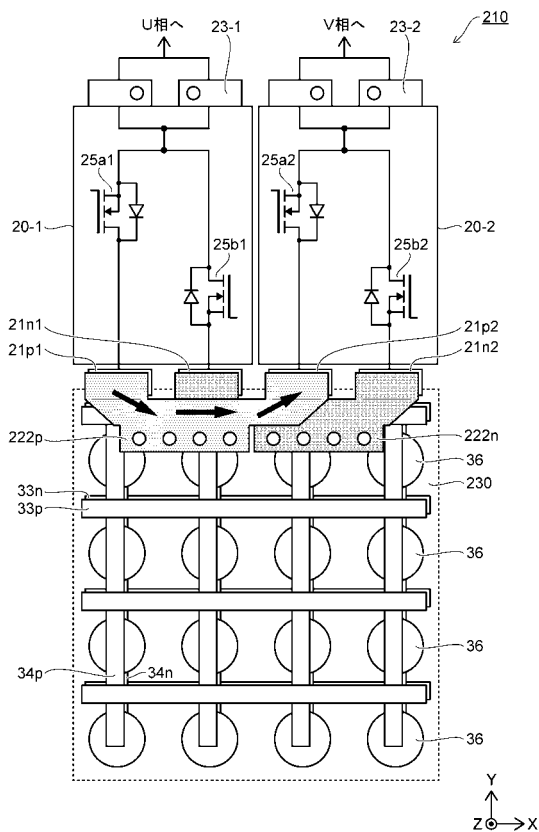
【図 5】



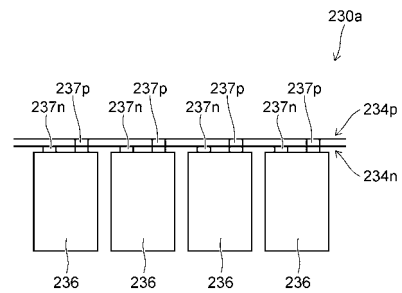
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 松岡 祐司

東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

Fターム(参考) 5H770 AA01 AA21 DA01 DA41 EA01 JA11W LA04W QA12 QA16 QA17
QA22 QA33