

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、並列に設けられた複数の電力変換ユニットの中の故障した電力変換ユニットを、前記各電力変換ユニットに直流電力を供給する直流電源ユニットから速やかに切り離して、他の健全な電力変換ユニットを継続運転することのできる電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 直流電源を電力源としてモータ等の大容量の交流負荷を駆動し、或いは複数の交流負荷を並列駆動する電源装置として、複数の電力変換ユニットを並列に設けた電力変換装置が用いられる。図3はこの種の電力変換装置の概略構成図で、1は直流電源ユニットである。この直流電源ユニット1は、例えば商用交流電源を整流・平滑化するダイオード回路やバッテリー等からなる。

[0003] また2（2a～2n）は、直流リンク部3を介して前記直流電源ユニット1に接続されて並列に設けられた複数の電力変換ユニットである。これらの電力変換ユニット2（2a～2n）は、前記直流電源ユニット1から供給される直流電力をそれぞれ交流電力に変換して出力するインバータ・ユニットからなる。前記電力変換ユニット2（2a～2n）の各出力端子4（4a～4n）は、例えば並列に接続されて大容量の交流負荷に対する電力出力端子として用いられる。或いは前記複数の電力変換ユニット2（2a～2n）の各出力端子4（4a～4n）には、複数の交流負荷がそれぞれ個別に接続される。

[0004] 図3に電力変換ユニット2aの構成例を示す。前記各電力変換ユニット2（2a～2n）は、例えばIGBT等からなる6個の半導体スイッチング素子Q1～Q6を2個ずつ直列に接続して直流入力端子の正極と負極との間に介装された3組のハーフブリッジ回路を並列に備えて構成される。これらの

各半導体スイッチング素子Q 1～Q 6は、前記各ハーフブリッジ回路毎に所定の位相差で交互にオン・オフ駆動されることで該ハーフブリッジ回路に印加される直流電圧をスイッチングする。そして前記各電力変換ユニット2（2 a～2 n）は、前記ハーフブリッジ回路の midpoint である各直列接続点を前記出力端子4（4 a～4 n）に接続し、所定電圧の三相交流電力を出力するように構成される。

[0005] 尚、D 1～D 6は、前記各半導体スイッチング素子Q 1～Q 6に逆並列に接続されたフリーホイリング・ダイオードである。また5は前記電力変換ユニット2（2 a～2 n）の前記各直流入力端子間に設けられて該電力変換ユニット2（2 a～2 n）に供給される直流電圧を安定化する為のコンデンサである。そして6は前記半導体スイッチング素子Q 1～Q 6を前述したようにオン・オフ制御する制御回路である。このように構成された電力変換装置については、例えば特許文献1等に詳しく紹介されている通りである。

[0006] ところで前記特許文献1には、前記複数の電力変換ユニット2（2 a～2 n）の直流入力部に機械的接点を使用したスイッチ7を回路開閉器としてそれぞれ設けている。さらに前記特許文献1は、前記直流電源ユニット1との間の直流リンク部3にそれぞれ直流リアクトル8を介装することが開示されている。前記スイッチ7は、前記複数の電力変換ユニット2（2 a～2 n）のいずれかに短絡等の故障が生じたとき、故障した電力変換ユニット2（2 a～2 n）を前記直流電源ユニット1から切り離す。こうすることで、残された他の健全な電力変換ユニット2（2 a～2 n）だけを運転することができる。

[0007] しかし故障した電力変換ユニット2（2 a～2 n）が前記スイッチ7により切り離されるまでの間、当該故障した電力変換ユニット2（2 a～2 n）の短絡点に他の健全な電力変換ユニット2（2 a～2 n）から過大な電流が流れ込む。するとこの過大な電流の流れ込みによって他の健全な電力変換ユニット2（2 a～2 n）が過電流状態に陥る虞がある。前記直流リアクトル8は、このような短絡故障の発生時に他の健全な電力変換ユニット2（2 a

～2n) に流れる電流の立上りを制限することで、これらの健全な電力変換ユニット2 (2a～2n) が過電流状態に陥ることを防止する役割を担う。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特許第4726624号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら前記直流リンク部3に前記直流リアクトル8をそれぞれ介装した場合、前記各電力変換ユニット2 (2a～2n) の応答特性が悪くなることが否めない。換言すれば前記各電力変換ユニット2 (2a～2n) の正常動作時における入力直流電圧の変動に対する応答性が悪くなる。しかも前記スイッチ7の動作応答遅れは一般的には数ミリ秒オーダーであり、短絡故障に対する応答性が高いとは言い難い。

[0010] 本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、その目的は、並列に設けられた複数の電力変換ユニットの中の故障した電力変換ユニットを直流電源ユニットから速やかに切り離し、他の健全な電力変換ユニットを継続運転することのできる簡易な構成で応答性の高い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] 上述した目的を達成するべく本発明に係る電力変換装置は、直流電源ユニットと、直流リンク部を介して並列に設けられて前記直流電源ユニットから給電される直流電力をそれぞれ交流電力に変換して出力する複数の電力変換ユニットとを備えたものである。

特に本発明に係る電力変換装置は、前記各電力変換ユニットと前記直流電源ユニットとの間に、前記各電力変換ユニットに給電される電力を制限する複数の半導体スイッチ素子をそれぞれ個別に介装すると共に、前記各電力変換ユニットに生じる短絡電流をそれぞれ監視する制御回路により、短絡電流

が流れた電力変換ユニットに接続された前記半導体スイッチ素子をオフ制御して当該電力変換ユニットに対する電力供給を遮断するように構成したことを特徴としている。

[0012] ちなみに前記制御回路は、例えば次のような電流を検出して前記半導体スイッチ素子をオフ制御するように構成される。前記直流電源ユニットから前記電力変換ユニットに供給される電流、または前記電力変換ユニットの主体部を構成する半導体スイッチング素子に流れる電流、若しくは前記半導体スイッチング素子に印加される直流電圧の低下から該電力変換ユニットの短絡故障に伴う短絡電流。

[0013] 尚、前記直流電源ユニットは、例えば IGBT や MOS-FET 等の半導体スイッチング素子を用いて所定の直流電圧を生成する電圧制御型の PWM コンバータ等からなる。また前記複数の電力変換ユニットのそれぞれは、例えば三相交流電力を生成するインバータ・ユニットからなる。更に前記半導体スイッチ素子は、例えばダイオードを逆並列に接続した IGBT、または双方向に電流を流し得る逆導通 IGBT からなる。そして前記半導体スイッチ素子は、前記各電力変換ユニットにおける直流入力部の正極側および負極側の少なくとも一方に介装される。

発明の効果

[0014] 上記構成の電力変換装置によれば、前記各電力変換ユニットと前記直流電源ユニットとの間に介装された半導体スイッチ素子の素子特性自体を有効に活用して、前記各電力変換ユニットにそれぞれ給電される電力、特に電流を制限することができる。従って前記各電力変換ユニットを構成する半導体スイッチング素子に、不本意に過電流が流れることを効果的に阻止することができる。

[0015] その上で前記電力変換ユニットに短絡故障が発生した場合には、前記制御回路の制御の下で当該故障が生じた電力変換ユニットに接続された前記半導体スイッチ素子をオフ制御することで、該電力変換ユニットを前記直流電源ユニットから速やかに切り離すことができる。しかも前記半導体スイッチ素

子の応答遅延は一般的に数マイクロ秒オーダーなので、従来一般的な機械的接点を使用したスイッチを回路開閉器として用いる場合に比較して十分高速に、前記故障が生じた電力変換ユニットを前記直流電源ユニットから切り離すことができる。

[0016] 従って本発明に係る電力変換装置によれば、前記各電力変換ユニットの直流入力部にそれぞれ直流リアクトルを介装した従来装置のように、正常時における前記各電力変換ユニットの動作応答遅れの問題を招来することがない。しかも直流リアクトルを必要としないので、そのインダクタンスを調整する必要がなく、前記各電力変換ユニットの動作応答性を十分に速くすることができる。

[0017] また前記各電力変換ユニットにおける短絡電流の検出時には前記半導体スイッチ素子をオフ制御するだけで、短絡故障が生じた電力変換ユニットを前記直流電源ユニットから速やかに切り離すことができる。従って他の健全な電力変換ユニットを、前述した過電流の問題を招来することなしに安定に継続して運転することが可能となる。故に電流制限機能と直流リソク回路の切り離し機能とを持たせた半導体スイッチ素子を用いることで、電力変換装置の全体構成の簡素化を図りながらその動作特性を保証し、健全な電力変換ユニットの継続運転を可能とする等の実用上多大なる効果が奏せられる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る電力変換装置の要部概略構成図。

[図2]本発明の他の実施形態に係る電力変換装置の要部概略構成図。

[図3]従来の電力変換装置の要部概略構成図。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照して本発明の実施形態に係る電力変換装置について説明する。

[0020] 図1は本発明の一実施形態に係る電力変換装置10の要部概略構成を示す

図で、図3に示した従来の電力変換装置と同一部分には同一符号を付して示してある。尚、これらの同一符号を付して示した構成要素については、その

繰り返し説明を省略する。またこの実施形態における前記直流電源ユニット 1 は、例えば IGBT や MOS-FET 等の半導体スイッチング素子を用いて直流入力電圧をスイッチングし、所定の直流出力電圧を生成する電圧制御型の PWM コンバータ等として実現される。

[0021] さてこの実施形態に係る電力変換装置 10 が特徴とするところは、並列に設けられた前記複数の電力変換ユニット 2 (2a~2n) の各直流入力部に、例えば IGBT からなる半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) を回路開閉器としてそれぞれ直列に介装した点にある。これらの各半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) には、ダイオード 12 (12a~12n) が逆並列に接続されている。これらのダイオード 12 (12a~12n) は、前述したスイッチング素子 Q1~Q6 のスイッチング動作遅れや、前記電力変換ユニット 2 (2a~2n) の構成部品のバラツキ等に起因して直流電力に重畳する交流の横流成分を流す役割を担う。

[0022] 尚、ここでは前記電力変換ユニット 2 (2a~2n) の各直流入力部における正極側に前記半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) をそれぞれ直列に介装した例について示している。しかしながら前記電力変換ユニット 2 (2a~2n) の前記各直流入力部における負極側に前記半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) をそれぞれ直列に介装しても良いことは言うまでもない。また前記半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) として双方向に電流を流し得る逆導通 IGBT を用いることも可能である。

[0023] ちなみに前記半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) は、前記各電力変換ユニット 2 (2a~2n) に異常がないとき、つまり前記各電力変換ユニット 2 (2a~2n) が正常に動作している場合には、前記制御回路 6 の制御の下でそれぞれオン制御される。従って前記直流電源ユニット 1 から前記直流リンク部 3 を介して供給される直流電力は、前記各半導体スイッチ素子 11 (11a~11n) をそれぞれ介して前記各電力変換ユニット 2 (2a~2n) に加えられる。

[0024] このようにオン制御された前記半導体スイッチ素子 11 (11a~11n)

）を介して前記各電力変換ユニット2（2 a～2 n）に流れ込む直流電流は、該半導体スイッチ素子1 1（1 1 a～1 1 n）の素子特性に応じてその最大電流が制限される。従って前記各電力変換ユニット2（2 a～2 n）の主体部を構成する前述した各ハーフブリッジ回路にそれぞれ加えられる直流電力が制限される。従って前記各ハーフブリッジ回路を構成する前述した半導体スイッチング素子Q 1～Q 6に短絡等の異常が発生しない限り、前記各ハーフブリッジ回路に過電流が流れることがない。

[0025] ところで前記半導体スイッチング素子Q 1～Q 6が短絡する等の異常が発生したとき、その電力変換ユニット2（2 a～2 n）の直流入力部に設けられた前記コンデンサ5の端子電圧、いわゆる直流リンク電圧が低下する。そして上記端子電圧の低下に伴って前記直流電源ユニット1から当該電力変換ユニット2（2 a～2 n）に電流値が異常に大きい短絡電流が流れ込む。前記制御回路6は、このような短絡電流の発生を、例えば前記直流入力部に設けた電流検出器1 3（1 3 a～1 3 n）を介して監視している。

[0026] そして前記制御回路6は短絡電流が検出されたとき、当該短絡電流が検出された電力変換ユニット2（2 a～2 n）における前記半導体スイッチ素子1 1（1 1 a～1 1 n）をオフ制御する。これによって前記制御回路6は前記直流電源ユニット1から当該電力変換ユニット2（2 a～2 n）に供給される直流電力を遮断する。この半導体スイッチ素子1 1（1 1 a～1 1 n）のオフ制御により、当該短絡故障が発生した電力変換ユニット2（2 a～2 n）が前記直流電源ユニット1から切り離される。この直流電源ユニット1からの前記電力変換ユニット2（2 a～2 n）の切り離しは前記半導体スイッチ素子1 1（1 1 a～1 1 n）の素子特性に依存し、例えば数マイクロ秒オーダーの応答遅れだけで速やかに実行される。

[0027] 従って前記短絡故障に起因して他の健全な電力変換ユニット2（2 a～2 n）に前述した異常な電流が流れ込む前に、前記短絡故障が発生した電力変換ユニット2（2 a～2 n）が切り離される。故に前記他の健全な電力変換ユニット2（2 a～2 n）に、上記短絡故障に起因する過電流が流れ込むこ

とがない。また仮に前記他の健全な電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) に、上記短絡故障に起因する過電流が流れ込もうとしても、前述した半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n) による電流制限が作用する。こうして当該健全な電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) における過電流の発生が未然に防がれる。故に、短絡故障が生じた電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) を切り離し、残された他の健全な電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) を継続して安定に運転することが可能となる。

[0028] 特に上述した構成の電力変換装置 1 0 によれば、前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n) を用いて前記各電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) に流れ込む直流電流 (直流電力) を制限することができる。それと同時に上述した構成の電力変換装置 1 0 は、短絡電流の検出時には前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n) を用いて短絡故障が発生した電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) を前記直流電源ユニット 1 から速やかに切り離すことができる。従ってその構成が簡単であり、正常動作時における前記各電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の動作応答特性を犠牲にすることもない等の優れた利点がある。

[0029] ところで前記各電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の主体部が、例えば図 2 に示すように 3 レベル・インバータにより構成される場合、次のような構成が好ましい。前記電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の各直流入力部における正極側に前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n) をそれぞれ直列に介装することに加えて、前記各直流入力部における負極側にも前記半導体スイッチ素子 1 4 (1 4 a ~ 1 4 n) をそれぞれ直列に介装する構成である。ここで前記 3 レベル・インバータは、中性点クランプ・インバータとも称される。

[0030] 即ち、3 レベル・インバータは、概略的には前記直流電源ユニット 1 からその直流出力電圧を 2 分割した中間点電圧と前述した正極電圧および負極電圧とを入力し、これらの各電圧間でその直流電圧をそれぞれスイッチングする。そして上記各電圧間でスイッチングして求められる出力電圧を合成する

ことで、図1に示したインバータよりも、より正弦波に近い交流電力を生成するものである。この3レベル・インバータについては、例えば特開2011-193646号公報等に詳しく紹介される通りである。

[0031] 尚、図2において15（15a～15n）は、前記各半導体スイッチ素子14（14a～14n）にそれぞれ逆並列に接続されたダイオードである。また16（16a～16n）は前記各半導体スイッチ素子14（14a～14n）にそれぞれ流れる電流を検出する電流検出器である。更に17a, 17b, 17cは、前記3レベル・インバータにおける前記各ハーフブリッジ回路の直列接続点の電位を制御する為の双方向スイッチを示している。

[0032] また図2では、前記3レベル・インバータに与える前記中間点電圧を出力するように前記直流電源ユニット1を、1/2の直流電圧を出力する直流電源1a, 1bとして等価的に示している。更に前記3レベル・インバータでは、前記正極電圧と前記中間電圧点との間、および前記中間電圧点と前記負極電圧点との間にそれぞれ介装される2つのコンデンサ5a, 5bが用いられる。

[0033] 従ってこのような3レベル・インバータを主体部として前記電力変換ユニット2（2a～2n）が構成される場合には、図2に示すように前記電力変換ユニット2（2a～2n）の各直流入力部における正極側および負極側にそれぞれ前記半導体スイッチ素子11（11a～11n）、14（14a～14n）を設ける。そして前記各ハーフブリッジ回路における上アーム側または下アーム側の短絡故障に応じて前記正極側の半導体スイッチ素子11（11a～11n）、または負極側の半導体スイッチ素子14（14a～14n）をオフ制御する。そして前記電力変換ユニット2（2a～2n）を、前記直流電源ユニット1における直流電源1a, 1bからそれぞれ切り離すようにすれば良い。

[0034] この際、短絡故障が発生した電力変換ユニット2（2a～2n）を前記直流電源ユニット1における直流電源1a, 1bの一方から切り離すと同時に、前記制御回路6の制御の下で当該電力変換ユニット2（2a～2n）を他方

の直流電源 1 a, 1 b からも切り離すことが望ましい。このようにすれば短絡故障が発生した電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) を前記直流電源ユニット 1 から完全に切り離すことが可能となる。そして前述した実施形態と同様に、他の健全な電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) を継続して安定に運転することが可能となる。

[0035] 尚、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。例えば前記電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の電力容量にもよるが、前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n), 1 4 (1 4 a ~ 1 4 n) として MOS-FET やバイポーラ・トランジスタを用いることも可能である。さらに SiC (シリコンカーバイド) 素子を使ったスイッチング素子を用いることも勿論可能である。また前記各実施形態では前記電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の直流入力部に設けた電流検出器 1 3 (1 3 a ~ 1 3 n), 1 6 (1 6 a ~ 1 6 n) にて該電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) に流れ込む電流から短絡電流を検出した。

[0036] しかし前記半導体スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 として電流センス端子を備えた IGBT を用いるような場合には、該電流センス端子から前記半導体スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 に流れる電流を直接的に検出して短絡電流の発生を監視することも可能である。或いは前記半導体スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 に印加される直流電圧、例えば IGBT のコレクタ電圧から、当該半導体スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 の短絡を検出することも可能である。

[0037] また本発明は三相交流電力を生成する電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) のみならず、単相交流電力を生成する電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) や、その他の電力変換回路を並列に設けた電力変換装置にも同様に適用可能である。また各実施形態においては前記制御回路 6 において前記各電力変換ユニット 2 (2 a ~ 2 n) の短絡を検出して前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n), 1 4 (1 4 a ~ 1 4 n) をオン・オフ制御するものとして説明した。しかしこの短絡検出による前記半導体スイッチ素子 1 1 (1 1 a ~ 1 1 n), 1 4 (1 4 a ~ 1 4 n) のオン・オフ制御機能を、前記各電力変換

ユニット 2 (2 a ~ 2 n) 毎に個別に設けることも可能である。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

符号の説明

- [0038] 1 直流電源ユニット
- 1 a, 1 b 直流電源
- 2 (2 a ~ 2 n) 電力変換ユニット
- 3 直流リンク部
- 5, 5 a, 5 b コンデンサ
- 6 制御回路
- 10 電力変換装置
- 11 (11 a ~ 11 n) 半導体スイッチ素子
- 12 (12 a ~ 12 n) ダイオード
- 13 (13 a ~ 13 n) 電流検出器
- 14 (14 a ~ 14 n) 半導体スイッチ素子
- 15 (15 a ~ 15 n) ダイオード
- 16 (16 a ~ 16 n) 電流検出器
- 17 a, 17 b, 17 c 双方向スイッチ
- Q1 ~ Q6 半導体スイッチング素子
- D1 ~ D6 フリーホイリング・ダイオード

請求の範囲

- [請求項1] 直流電源ユニットと、
直流リンク部を介して並列に設けられて前記直流電源ユニットから給電される直流電力をそれぞれ交流電力に変換して出力する複数の電力変換ユニットと、
これらの各電力変換ユニットと前記直流電源ユニットとの間にそれぞれ個別に介装されて前記各電力変換ユニットに給電される電力を制限する複数の半導体スイッチ素子と、
前記各電力変換ユニットに生じる短絡電流をそれぞれ監視し、短絡電流が流れた電力変換ユニットに接続された前記半導体スイッチ素子をオフ制御して当該電力変換ユニットに対する電力供給を遮断する制御回路と
を具備したことを特徴とする電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御回路は、前記直流電源ユニットから前記電力変換ユニットに供給される電流、前記電力変換ユニットの主体部を構成する半導体スイッチング素子に流れる電流、または前記半導体スイッチング素子に印加される直流電圧の低下から該電力変換ユニットの短絡電流を検出して前記半導体スイッチ素子をオフ制御する請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記複数の電力変換ユニットは、それぞれ三相交流電力を生成するインバータ・ユニットである請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 前記半導体スイッチ素子は、前記各電力変換ユニットにおける直流入力部の正極側および負極側の少なくとも一方に介装される請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項5] 前記半導体スイッチ素子は、ダイオードを逆並列に接続したIGBT、または双方向に電流を流し得る逆導通IGBTからなる請求項1に記載の電力変換装置。