

双方向に昇降圧変換可能な結合インダクタを用いた 直接方式電力変換装置に関する研究

山中, 克利

<https://doi.org/10.15017/1441252>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

(別紙様式2)

氏 名 : 山中 克利

論文題名 : 双方向に昇降圧変換可能な結合インダクタを用いた直接方式電力変換装置に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、化石燃料の枯渇や地球温暖化対策を目的とした二酸化炭素 (CO₂) 削減のために、化石燃料消費を削減させ、二酸化炭素を排出せず、環境負荷の低減が期待できる再生可能エネルギーの利用研究が推進されている。再生可能エネルギーの発電装置は様々な国や場所に設置され、発電電力量が安定でない太陽光発電・風力発電などが入力となり、電力変換装置 (コンバータ) を用いて、電力を負荷に必要な電圧・周波数へ変換するため、直流 (DC) 電源・交流 (AC) 電源の広い電圧範囲に対応し、低ノイズで環境にやさしく、発電電力を効率良く変換できる電力変換装置が必要とされている。また、余剰電力をバッテリーなどへ蓄電し、負荷電力よりも発電電力が不足する場合には蓄電池から電力を供給することで、負荷への電力供給の平準化も行われており、バッテリーを充放電する電力変換装置の効率化も求められている。これらの要求に対して直接形マトリクスコンバータを高効率で求められる再生可能エネルギーの電力変換装置に応用しようという研究・開発・製品化が進んでいる。直接形マトリクスコンバータは入出力間を双方向スイッチで直接接続し、高効率で双方向に電力を変換する直接方式の電力変換装置である。本論文では、入出力間を原理上一つのスイッチで直接接続し電力変換を行う方式を直接方式ということとする。マトリクスコンバータは直流母線と大容量のコンデンサを持たないので、他の双方向電力変換回路に比べて小形化を実現できる。しかし、マトリクスコンバータは歪みなく出力できる電圧が入力交流電源電圧よりも低いという問題をもっており、この対策としてマトリクスコンバータとインダクタを組み合わせる電流形の変換動作を行い、低圧のバッテリーへ充放電を行う電力変換装置や双方向の昇降圧変換を行う電力変換装置が提案されている。しかし、これらの提案されている変換装置は、電力変換方向を反転させる応答が遅いという問題や、昇圧動作・降圧動作を切り替える際に回路自体を切り替えなければならないという問題をもっており、高速な応答が必要とされるような装置への適用には十分ではない。

本研究では、直接形マトリクスコンバータとインダクタを組み合わせる双方向に昇圧・降圧の電力変換を行う装置の問題を解決し、高効率で、低ノイズで環境にやさしく、多種の電源へ対応できる変換装置を実現するために、結合インダクタとマトリクスコンバータ回路および電流形の電力変換方法を用いた新しい直接方式の電流形電力変換装置を提案する。そして、提案する回路方式、動作を解説し、シミュレーションおよび実機試験で確認を行い、その有効性を明らかにすることを目的とする。提案する新しい回路は再生可能エネルギーへの適用のみでなく、昇圧動作と降圧動作お

よび力行・回生動作の高速な切り替えが必要とされるモータ駆動へも十分適用することができるので、シミュレーションおよび実機試験はモータを駆動する条件にて確認を行った。

本論文は、以下の6章で構成されている。

第1章は序論であり、再生可能エネルギーの利用において求められる電力変換装置と電力変換装置の技術動向について解説し、さらに、本研究が対処しようとする問題点と、本研究の課題を明確にし、研究の目的を述べた。

第2章は、電力変換装置の基本的な回路とPWM方式について解説し、更にインバータが出力するコモンモード電圧について解説した。次に、提案されているマトリクスコンバータとインダクタを組み合わせて双方向に昇圧・降圧の電力変換ができる装置について解説し、その問題点を明らかにした。

第3章では、結合インダクタ巻線間の電流移動（転流）における電流の転流速度と転流前後の電流値について解析を行い、インダクタ巻線電流を高速に反転させる方法として、結合インダクタの巻線間の転流が利用できることを明らかにした。

第4章では、結合インダクタとマトリクスコンバータ回路および電流形の電力変換方法を用いて、双方向に昇圧・降圧変換を行い、更に電力変換方向を瞬時に切り替えることができる新しい直接方式のDC-AC電流形電力変換装置を提案した。そして、提案する回路と動作について解説し、提案回路の動作をシミュレーションおよび試験で確認し、提案回路は従来できなかった運転中の電力変換方向切り替えが高速にできることを確認し、その有効性を明らかにした。

第5章では、結合インダクタとマトリクスコンバータ回路および電流形の電力変換方法を用いて、運転動作中に双方向に昇圧・降圧変換を行い、更に電力変換方向を切り替えることができる新しい直接方式のAC-AC電流形電力変換装置を提案した。そして、提案する回路の導出と動作について解説し、提案回路の動作をシミュレーションおよび試験で確認し、提案回路が従来できなかった昇圧動作と降圧動作のスムーズな切り替えと電力変換方向の切り替え動作が運転中にできることを確認し、その有効性を明らかにした。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果をまとめた。