

(様式)

論文の内容の要旨

氏名 大沼 喜也

電気エネルギーの利用が今後ますます増加する中、最も身近な単相交流電源と接続する単相電力変換器の需要が増加している。このような単相電源から直流または三相交流へ変換する電力変換器は、新幹線などの動力用変換器、蛍光灯やLED電球などの照明器具、エアコンや冷蔵庫などの冷暖房器具、パーソナルコンピュータやテレビなどの通信設備や電気機器など多岐にわたり使用されている。そのため、単相電力変換器の高性能化・高効率化・小型化・低コスト化の達成が強く要求されている。また、このような電力変換器の普及に伴い、配電系統の品質を維持するために単相電流の品質向上が要求される。さらに、単相電源では系統周波数の2倍の電力脈動が発生するため電力脈動を吸収する受動素子が大容量化してしまう問題がある。

本研究は、単相交流電源と接続する電力変換器において、単相電流の高力率正弦波化機能と受動素子の小型化を達成する電力脈動補償機能を有し、低コストで高効率な電力変換器の実現を研究目的とする。これまでの手法は、AC-DC変換回路、DC-AC変換回路、PFC回路、電力脈動補償回路など個々の変換器として独立に動作を実現させているため、装置の大型化、低効率化、高価格化を招いていた。とくに、電力変換回路を単純に追加した場合、要求される機能は実現できるが、スイッチング素子数の増加や、電力変換に必要な受動素子の増加が問題となり、回路構成や制御方式も複雑となり効率が低下してしまう。そこで提案する手法は直接形電力変換技術とそのスナバ回路に注目し、すべての回路を一つの変換器として動作させる手法を提案する。提案手法は、直接形電力変換器技術を応用することで、半導体スイッチ数や受動素子数の大幅な削減を達成する。

第1章では、本研究の背景と、要求される技術と機能を明確化し目的を述べ、本研究の意義を示す。

第2章ではこれまで提案されてきた従来技術の高力率正弦波化手法について整理し、回路構成と原理について説明し、問題点を整理する。次に、高パワー密度化の達成の妨げとなる単相の電力脈動について説明し、これまで小容量の受動素子で電力脈動を補償できる回路技術を調査し、特徴およびその問題点を示す。そして、これらの問題点を解決できる回路構成を提案する。最後に、提案した回路の重要なポイントとなる電力脈動吸収用キャパシタの充電手法について整理し、本論文の位置づけを示す。

第3章～第6章では、第2章で提案するアクティブバッファ回路とその充電手法に対応する具体的な電力変換器の回路構成とその制御方式を提案し、特徴および性能を議論する。

第3章では、三相インバータと負荷を用いてアクティブバッファに充電する手法を提案する。提案回路は従来のダイオード整流器とインバータを組み合わせた手法と比較し、一つのスイッチを追加するだけで、単相電流の正弦波化と受動素子の小型化を達成できる。はじめに、提案回路の動作原理と具体的な制御方式について述べる。また、提案回路の電圧利用率

について述べる。その後、提案回路とその制御方式の有用性の検証をシミュレーション、実験および損失解析により行う。さらに、電力脈動補償用のキャパシタについて考察し必要なキャパシタ容量の検討と、キャパシタの選定について従来回路と比較しながら議論する。

第4章では、単相三相電力変換器において、充電回路をあえて付加してアクティブバッファに充電する手法を提案する。提案回路は充電回路を追加接続することで、部品点数は若干増加するが、電圧利用率を大幅に改善できる。ここでは、シミュレーションおよび実験により提案回路を検証する。また、出力波形を改善するスイッチングパルス生成法について議論し、実験により効果を検証する。さらに、受動素子の体積と損失に着目し従来のPFC回路と比較検討を行い提案回路の有用性を証明する。

第5章では、単相整流器において、アクティブバッファを主経路と直列に接続してアクティブバッファを充電する手法を提案する。提案する回路構成は、半導体スイッチ2個とダイオード1個でPFC機能と電力脈動補償機能を同時に達成できる。そのため、少ない部品点数で受動素子の容量低減ができ、低コスト・高効率期待できる。ここでは、提案回路の動作原理と制御方式を提案し、受動素子の容量低減効果を検証する。最後に実験により、提案回路の有用性を証明する。

第6章では、第5章で示した回路の電力方向を反転した単相インバータ回路を提案する。提案回路のインバータ部を構成する半導体スイッチは電流形のインバータとして動作するが電流形の素子を用いる必要がなく、高効率と低コストを実現できる。また、インバータ回路を含め半導体スイッチ7個とダイオード2個で電力脈動補償機能と最大電力点追従法を実現できる。本章では実機実験により、提案回路の有用性を検証する。

最後に第7章において、本論文を総括し、提案する回路および制御法の有効性について総括を述べ、今後の課題についてまとめる。

アクティブバッファ回路を用いることで、単相電力変換器において、少ない部品点数で単相電流の高力率正弦波化機能と受動素子の小型化を達成できる電力脈動補償機能を実現する電力変換器の実現手法を提案した。