

論文内容の要旨

氏名 渡辺 大貴

深刻化した地球環境汚染を背景に、地球温暖化や、化石燃料の枯渇などの問題が大きく取り上げられている。発電電力に対する電力化率が増加している現在において、電気エネルギーの有効利用は非常に重要となる。その中で、パワーエレクトロニクス技術は要求される電気の形態(直流, 交流)に応じて高効率に電力変換を行う技術として注目されている。

太陽光発電などに用いられる電力変換器は、直流を単相交流へ連系する機能が要求されるが、系統周波数の2倍周波数成分で発生する電力脈動を補償するために、寿命部品である電解コンデンサが必要となり、電力変換器の短寿命化や大型化が課題となる。一方で、電解コンデンサをより長寿命なコンデンサへ置き換えることが可能なアクティブパワーデカップリング方式がこれまでに多く研究されてきた。しかし、多くのアクティブパワーデカップリング方式は追加素子が必要となり、電力変換効率の低下や部品点数の増加を招く。

そこで本論文では、内包する電流源と電流形電力変換動作を用いた電圧形アクティブバッファについて検討する。従来手法に関する問題を解決するため、単相系統連系機能を達成するための電力変換器にアクティブパワーデカップリングとしての機能を付与する。本提案手法により、追加素子を用いることなく電解コンデンサを長寿命コンデンサに置き換えることができる。提案手法を用いることで直流-単相系統連系電力変換器の高性能化を目指す。

第1章では、地球温暖化や化石燃料枯渇といった地球環境問題を背景に、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの重要性を論じ、世界的にその導入が進んでいることを述べる。次に、太陽光発電に用いられる電力変換器についてその一例を挙げ、電力変換器のさらなる高性能化のためには電解コンデンサなどの受動部品の小容量化、小型化が重要であることを述べる。また、受動部品の小容量化手法として検討されてきたアクティブパワーデカップリング方式の問題点を挙げ、提案方式の必要性について述べる。

第2章ではこれまでに検討されてきたアクティブパワーデカップリング方式について、3種類の補償方式に大別してその特徴とその問題点について整理する。次に、本論文で提唱する内包する電流源と電流形電力変換動作を用いた電圧形アクティブバッファについて、その原理と詳細を述べる。最後に、従回路に対する提案回路の位置づけを示す。

第3章では昇圧チョップをベースとした電圧形アクティブバッファを提案する。本方式は昇圧チョップが昇圧動作とパワーデカップリング機能を有し、別途パワーデカップリング回路を必要としない。昇圧チョップは入力電圧を昇圧する昇圧リアクトルを有することに着目し、昇圧リアクトルを用いてコンデンサ電圧を制御することで、単相電力脈動を補償するエネルギー量を確保し、小容量化する。本章では提案方式の具体的な回路方式とその制御法、および実験結果を示す。また、昇圧チョップと電解コンデンサを有する一般的な単相-交流電力変換器とのパワー密度を比較し、大幅に小型化が可能なことを示す。

第4章では、フライングキャパシタ DC/DC コンバータをベースとした電圧形アクティブバッファを提案する。第4章では、フライングキャパシタ DC/DC コンバータにアクテ

ィブパワーデカップリング機能を付与することで、マルチレベルコンバータの特徴を生かしつつ追加素子無しでパワーデカップリング用のコンデンサを小容量化できることを実験的に示す。

第5章では、絶縁共振形フルブリッジ(ハーフブリッジ)コンバータをベースとした電圧形アクティブバッファを提案する。本方式は一次側変換器とトランスを電流源と見立てパワーデカップリング用キャパシタを充電する。共振形電力変換器のため、トランス二次側には共振周波数を有する高周波の共振電流が流れる。本回路は共振電流を整流した後、単相電力脈動を補償するコンデンサの充放電経路、単相系統に対して正弦波電流を流す電流経路の二つをスイッチングパターンから直接的に制御することで単相電力脈動補償とインバータ出力電流の正弦波化を行う。また、提案回路は共振回路の特徴であるソフトスイッチングを適用し、スイッチング損失の削減について検討を行う。

第6章では、フライバックコンバータをベースとした電圧形アクティブバッファを提案する。本章ではフライバックコンバータを用いて追加素子、複雑な制御の両方を用いないパワーデカップリング法を提案する。提案法では結合インダクタの特性をアクティブパワーデカップリングに応用することで、フライバックコンバータの動作モードのみでアクティブパワーデカップリングを達成する。本章において提案法の原理を示し、その有用性を実験的に検証する。

第7章では本論文の成果とこれまでに提案したパワーデカップリング手法について総括を述べ、今後の課題についてまとめる。