

【学位論文審査の要旨】

化石燃料に替わるエネルギー源として再生可能エネルギーのさらなる導入が期待されている。再生可能エネルギーの代表例である太陽光発電システムには、発電した直流電力を交流電力へ高効率に変換するための電力変換回路の接続が必要不可欠である。そのため、太陽光発電システムの普及促進には、高効率かつ長寿命な電力変換回路を開発することが求められる。しかしながら、既存の電力変換回路では太陽電池アレイよりも短寿命であることが知られている。そこで、長寿命な電力変換回路を実現するために、電解コンデンサの代わりにフィルムコンデンサを使用するアクティブパワーデカップリング（APD）方式の研究が数多く行われている。APD方式は、回路による電力損失が発生するためにシステム全体の効率が低下する。さらに、太陽電池アレイの発電特性や配電系統の高調波成分およびインピーダンスに着目した、APD方式を適用したシステムの高効率化の検討が十分に行われていない。本研究では、APD方式の太陽光発電システムを対象としてその高効率化を目的とした制御法を開発する。

本論文で得られた成果は以下のとおりである。

(1) 太陽電池アレイの等価回路を含めた回路解析により、出力電力に応じた直流コンデンサの電圧リップルを5%に設計するAPD方式の制御手法を提案した。さらに、太陽光発電システムに対する検証結果から、提案手法により従来制御と比較して最大で16.8%の効率向上が達成できることを明らかにした。(2) 太陽電池アレイにおける、部分陰による発電電力低下を補償する発電動作点制御回路とAPD方式を統合した回路・制御手法を提案し、その有用性を明らかにした。(3) 電圧リップルの制御において、基本波周波数成分に加えて高調波成分を考慮した制御手法を提案した。配電系統に3次高調波成分が含まれた太陽光発電システムを対象にして、基本波と高調波に起因する電圧リップルを5%に設計する制御手法を明らかにした。(4) 配電系統のインピーダンスが直流コンデンサの電圧リップルへ与える影響を定量的に明らかにした。そこで、インピーダンスの推定誤差を5%以下にする必要性を示し、さらに共振特性を持つ系統インピーダンス推定手法を明らかにした。インバータに対する検証結果から、推定時間を従来手法の5分1、インピーダンスの推定誤差を2%以下にする手法を明らかにした。

以上のように本論文では、太陽光発電システムの高効率化・長寿命化を実現するためにAPD方式を適用したシステムの制御手法について明らかにし、その有用性を実験とリアルタイムシミュレータの両面から示した。この成果は、高効率電力変換回路の確立に向けた工学的な面での寄与が認められるだけでなく、再生可能エネルギーの普及促進に貢献するものと考えられる。以上から、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分価値あるものと認められる。

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上（オンライン）で論文発表を行

い、学内外の多様な出席者を得て質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。