

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	部分昇圧制御を適用した太陽光発電用三相低圧連系変換器の損失低減に関する研究
Title(English)	Study of Power Loss Reduction Based on a New Partial Boost Control Method for PV Inverters Connected to Three-Phase Low-Voltage Grids
著者(和文)	山口大輝
Author(English)	Daiki Yamaguchi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11134号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 英明,七原 俊也,安岡 康一,千葉 明,萩原 誠,平木 英治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11134号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	山口 大輝
		氏 名	職 名	
論文審査	主査	藤田 英明	教授	萩原 誠
審査員	審査員	七原 俊也	教授	平木 英治
		安岡 康一	教授	
		千葉 明	教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「部分昇圧制御を適用した太陽光発電用三相低圧連系変換器の損失低減に関する研究」と題し、最近の低圧三相系統に導入が進められている灯動共用結線変圧器や異容量 V 結線変圧器への適応を目的として、太陽光発電システムに用いられる非絶縁形パワーコンディショナについて、正負対称接続チョップと 3 台のハーフブリッジインバータを用いた回路構成を提案し、部分昇圧制御を適用することにより回路損失を大幅に低減すると共に、回路損失の新たな解析方法を導入して、その妥当性を理論と実験の両面から詳細に検討したものである。本論文は、以下の 7 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、太陽光発電用パワーコンディショナの導入状況をはじめ、低圧三相系統の方式、最大電力点追従制御など、最近の技術動向とこれに伴う実運用の上での課題を述べ、これを解決するためには新しい回路方式が必要であることを論じている。

第 2 章「太陽光発電用系統連系変換器の技術動向」では、現在の太陽光発電システムの導入事例を述べ、種々の電圧階級ごとに太陽光発電用系統連系変換器の代表的な回路方式を示した上で、低圧三相用パワーコンディショナについては連系用変圧器の結線方式や太陽電池の開放電圧から、使用するパワーデバイスの選定や直流電圧の設定などに制限があり、スイッチング損失・オン損失を低減することは難しく、直流電圧制御する昇圧チョップとその制御方法には解決すべき課題が残されていることを論じている。

第 3 章「太陽光発電用系統連系変換器の回路トポロジー」では、従来の電灯動力共用結線用パワーコンディショナとして、一般的な昇圧チョップと三相インバータを用いた回路構成を用いた場合の動作特性を解析し、三相インバータに印加する直流電圧の条件に注目すると、従来回路の昇圧チョップでは不必要な昇圧動作を行っている期間や必要以上の電流が流れている期間があることを理論的に明らかにし、その結果を踏まえて特に昇圧チョップ周辺の回路構成を改善することにより、昇圧チョップの損失を低減できるだけでなく、インバータの直流電圧を低減してパワーコンディショナ全体での損失低減が期待できることを論理的に述べている。

第 4 章「昇圧チョップとインバータの協調制御」では、電灯動力共用結線用パワーコンディショナの新しい回路構成とその制御法について検討している。正負対称接続チョップと 3 台のハーフブリッジインバータを用いてパワーコンディショナを構成し、昇圧が不要な相のハーフブリッジインバータをバイパスすることにより、不必要な昇圧動作を抑制して正負対称接続チョップの損失を大幅に低減できることを明らかにし、さら正負のチョップとハーフブリッジインバータを協調して動作させることにより、パワーコンディショナ全体の電力損失を大幅に低減できることを理論的に述べ、さらに定格 8 kW の実験システムを用いて電力変換効率を実測し、提案する回路構成と提案する制御法を用いることにより、電灯動力共用結線用パワーコンディショナの高効率化が可能であることを実証すると共に、回路損失を分離し、提案する回路方式と制御法の損失低減効果が理論によく一致することを明らかにしている。

第 5 章「MPPT 制御下のシステム効率」では、太陽光発電用低圧三相連系システム全体の損失および効率の解析法を提案し、提案回路の有用性を評価している。太陽電池の V-I 特性の理論式から、最大電力点追従制御を適用した場合の理論解を導出することにより、太陽電池への光入力からパワーコンディショナの交流出力までの各部の損失と総合的な電力変換効率の理論計算を可能にすると共に、パワーコンディショナの直流電圧が一定でない場合にも回路損失を正確に推定できる損失計算法を開発して、協調制御を適用した場合のパワーコンディショナの各部の回路損失を算出し、従来回路と提案回路を用いた場合の太陽光発電システム全体の効率特性を評価して、最大電力点追従制御適用時の提案回路の優位性を確認し、本解析法を用いて太陽光発電システム全体の効率をシミュレーションしてシステム効率が最大になる動作点と MPPT 制御法の関係を明らかにしている。

第 6 章「協調制御を適用した太陽光発電用系統連系変換器の系統連系制御」では、提案回路に協調制御を適用した場合の系統連系制御法を提案している。提案するパワーコンディショナを系統連系する場合、チョップ制御にエネルギー補償項とダンピング制御項を加えることにより、従来の系統連系制御法を適用した場合と比べて、チョップとインバータの回路定数を比較的大きく設計でき、キャリア周波数を 20 kHz 程度に設定した場合でも、系統電流を安定に制御することができることを理論的に証明し、インバータがスイッチングを停止する期間であっても、チョップの制御のみで系統電流が制御できることを明らかにし、定格容量 8 kW の実験装置を用いて、提案する系統連系制御によって系統電流を正弦波に制御できることを実証する。

第 7 章「結論」では、本論文における成果を要約し、今後の展望について言及している。

以上を要するに、本論文は太陽光発電に用いられるパワーコンディショナとして、正負対称接続チョップと 3 台のハーフブリッジインバータを用いた新しい回路方式を提案し、低圧三相系統に導入が進められている灯動共用結線変圧器や異容量 V 結線変圧器へ適用した場合の電力変換効率を大幅に改善し、新しい制御方法の妥当性を実験と理論の両面から詳細に検討したものであり、工学および学術上貢献するところが大きい。よって、本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値あるものと認める。