

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)甲第242号	氏名	廣瀬俊郎
学位審査委員	主査 松尾博文 副査 樋口剛 副査 辻峰男 副査 阿部貴志		
<p>・論文審査の結果の要旨</p> <p>廣瀬俊郎氏は、昭和62年3月に長崎大学工学部電気工学科を卒業し、昭和62年4月に、ニシム電子工業株式会社に入社、その後、現在までの約24年間、交流無停電電源装置、ハイブリッド発電システムおよび瞬時電圧低下補償装置等の電源機器の研究開発に従事している。平成20年4月より在職のまま長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に入学し、現在に至っている。</p> <p>同氏は、大学院博士課程後期においてはシステム科学を専攻し、所定の単位を取得するとともに、主として、Bidirectional Superposed Dual Active Bridge DC-DC converter (以下SDABコンバータ)およびハイブリッド発電システム用インバータの高性能化に関する研究を行い、多くの研究業績を上げ、その結果を学位論文「Study on High Performance PWM Inverter with Digital Control Strategy」としてまとめ、審査付論文6編を含む参考論文6編を添えて長崎大学大学院生産科学研究科教授会に博士(工学)の学位を申請した。</p> <p>長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、これを平成22年12月15日の教授会に付議し、受理を決定後、上記の審査委員を選定した。審査委員は、主査を中心に論文内容について最終試験を行い、論文の審査及び最終試験の結果を平成23年2月16日の研究科教授会に報告した。</p> <p>本論文では、異なる電圧源間で双方向に電力制御を行うDC-DCコンバータに求められる小型・軽量・高効率化に関し、これらを実現できる新しいDC-DCコンバータであるSDABコンバータに着目し、動作の実験および解析によりその優れた特性を明らかにした。また、DC-DCコンバータ、DC-ACインバータを使用した独立型ハイブリッド発電システムの研究開発を行った。</p> <p>第1章では、代表的なスイッチング方式の電源に関して、これまでに提案されている様々な方式の動作原理と主な特長について整理した。この中で、大電力用途であるフルブリッジ型DC-DCコンバータを異なる電圧圧間で双方向に電力制御する従来の回路(Bidirectional Dual Active Bridge DC-DC Converter, 以下DABコンバータ)における問題点を明確にした。また、</p>			

これらの双方向 DC-DC コンバータを使用した系統連系型と独立型のハイブリッド発電システムの主な構成例とその概要および特徴、さらには、デジタル制御を適用することの必要性和その効果についてまとめた。

第2章では、従来方式である DAB コンバータにおける問題点とスイッチング素子に IGBT を使用した場合の SDAB コンバータの特長を示すとともに、力行および回生モードにおける動作原理を示した。SDAB コンバータは、2つのフルブリッジ型 DC-DC コンバータを加極性に直列に接続し、それぞれの交流出力端を漏れインダクタンスを有する高周波トランスを介して接続することによって構成される。DAB コンバータと比較して、スイッチング素子にかかる電流および電圧ストレスが低減されるとともに高周波トランスの容量が小さくなり、また、重負荷時にはすべてのターンオンはゼロ電流・ゼロ電圧スイッチングとなることによって高効率が達成されることを明らかにした。

第3章では、スイッチング素子に MOSFET を使用した SDAB コンバータの力行および回生モードにおける詳細な動作原理を示した。これにより MOSFET を使用した場合は、同期整流動作によって IGBT を用いる場合よりもさらなる高効率化が期待できることがわかった。

第4章では、スイッチング素子に IGBT と MOSFET を使用した場合の力行および回生モードにおける等価回路を導出し、高周波トランス電流の計算式を求め、その実験波形と計算波形を比較した。その結果、両者は非常によく一致しており、等価回路の導出が妥当であることがわかった。また、試作実験により変換効率を測定し損失解析を行った。この結果、力行および回生モードともに、IGBT では定格出力時(1 kW)において96.6%、MOSFET では98.2%の高い変換効率を得られた。また、入力電圧が定格値から変動した場合は軽負荷になるにつれて効率が低下するが、詳細な損失解析の結果、ダイオードの逆回復損失の増大が主な要因であることを明らかにした。さらには、負荷急変試験によりデジタルフィードバック制御の安定動作を確認するとともに蓄電デバイスに与える影響が無いことを確認した。

第5章では、提案する独立型ハイブリッド発電システムの構成、動作原理および主要な制御技術である有効・無効電力制御、デジタル制御方式 PLL 制御および余剰電力制御についてまとめた。PLL 制御においては、ゼロクロス検出方式と比較して波形歪みに強い同期手順を明確にし、余剰電力制御においては、動作アルゴリズムを示し、システム全体でフィードバック系を構築することで従来のダンプ負荷による蓄電池の充電制御を不要にし、コスト低減が可能であることを明確にした。

以上のように、本論文は小型・軽量・高効率化を実現する SDAB コンバータおよびそのコンバータが適用できるハイブリッド発電システムにおいて、それらのデジタル制御による高性能化に関しての研究を行ったものである。

以上の研究成果は電子通信分野ならびにエネルギーエレクトロニクス分野における技術の進歩発展に貢献するところ極めて大であり、博士(工学)の学位に値するものとして合格と判定した。