

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	MUHAMMAD Hazarul Azmeer Bin Ab Malek (むはんまど はざる あずめーる びん あび まれく)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1317 号
○授与年月日	2019 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	A Study on Modulation Strategies of Dual Active Bridge DC-DC Converter for Battery Energy Storage Systems (蓄電池システムのための双方向絶縁型 DC-DC コンバータの 変調方式に関する研究)
○審査委員 (主査)	鷹羽 浄嗣 (立命館大学理工学部教授) 川畑 良尚 (立命館大学理工学部教授) 柿ヶ野 浩明 (立命館大学理工学部准教授)

<論文の内容の要旨>

本論文は、大きな電圧変動と広い動作範囲を持つ蓄電池システムに適する双方向絶縁型 Dual Active Bridge (DAB) dc-dc コンバータの変調方式を開発した成果をまとめたものであり、5 つの章で構成されている。第 1 章は序論であり、再生可能エネルギー・蓄電池組合せシステムに適用する DAB dc-dc コンバータの課題を述べ、本研究の目的を明確に位置付けている。第 2 章では、先行研究で提案されている DAB dc-dc コンバータの変調方式を調査した結果、いずれも大きな電圧変動と広い動作範囲を必要とする蓄電池システムに適していないことを述べ、この課題を解決するために理想的な DAB コンバータモデルを用いて、二重パルス幅変調(DPWM)方式と単一パルス幅変調(SPWM)方式を解析し、それらを組み合わせた新しい変調方式の複合パルス幅変調(CPWM)方式を提案している。CPWM 方式の優位性について実験による検証を行い、低出力範囲(± 0.6 kW)において位相シフト変調に対して 6%以上の効率向上が得られることを示している。第 3 章では、前章で提案した CPWM 方式に関して、低電力範囲に適用する DPWM 方式に焦点を当て、パワーデバイスの寄生容量を考慮した DAB コンバータモデルを用いた解析を行い、ゼロ電圧スイッチング (ZVS) で動作できる新しい変調方式の可調整二重パルス幅変調(TDPWM)方式を提案している。低電力範囲における TDPWM 方式の ZVS 動作と、DPWM 方式との効率比較について実験に

よる検証を行い、低出力範囲(± 0.2 kW)において TDPWM 方式の方が 3%以上の効率向上が得られることを示している。第 4 章は結論であり、本研究から得られた成果を総括し、将来展望について論じている。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は、大きな電圧変動と広い動作範囲を必要とする蓄電池システムに適する DAB dc-dc コンバータの変調方式に関する研究成果をまとめたものである。DAB dc-dc コンバータは、双方向昇降圧動作、シンプルな回路構成、ソフトスイッチング動作が可能といった利点を備えている。その変調方式としては、一般に位相シフト変調が用いられているが、入出力電圧に変動が生じた場合にソフトスイッチング範囲が制限されることや、低出力時の循環電流による導通損失が課題であった。そこで、本論文では、位相シフト角に加えて、一次側と二次側の出力電圧のパルス幅も調整することで自由度を増やした変調方式について解析を行い、広範囲のソフトスイッチング動作と低循環電流を実現する新たな変調方式を提案し、実験による検証を行っている。

本論文は具体的に以下の点で高い新規性および実用性を評価できる。

- (1) DAB dc-dc コンバータの変調方式について、双方向昇降圧動作および循環電流の低減ができ、基本波の位相差から位相シフト角、一次側、二次側の出力電圧のパルス幅をシンプルな式で導出できる複合パルス幅変調(CPWM)方式を開発した。
- (2) CPWM 方式について実験による検証を行い、低出力範囲(± 0.6 kW)において位相シフト変調に対して 6%以上の効率向上が得られることを実証した。
- (3) 低電力範囲に適用する二重パルス幅変調(DPWM)方式について、パワーデバイスの寄生容量を考慮した解析を行い、ゼロ電圧スイッチング (ZVS) で動作できる新しい変調方式の可調整二重パルス幅変調(TDPWM)方式を開発した。
- (4) 実験による検証を行い、低出力範囲(± 0.2 kW)において TDPWM 方式を適用することで 3%以上の効率向上が得られることを実証した。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の公聴会は、2019 年 1 月 28 日 (月) 15 時 00 分～16 時 30 分ウエストウイング 4 階 電子システム系共同研究室において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 MUHAMMAD Hazarul Azmeer Bin Ab Malek に対する口頭試問を行った。各審査委員より、本研究の学術的新規性、変換器のモデリングの妥当性、変調方式に必要なパラメータの取得方法などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。審査委員会は、論文内容および公聴

会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、審査委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。