

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ハーフブリッジを逆直列接続した商用周波 - 高周波単相交流直接変換回路の位相シフト制御法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	米田昇平
Author(English)	Shohei Komeda
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10636号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 英明,安岡 康一,千葉 明,七原 俊也,萩原 誠,清水 敏久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10636号, Conferred date:2017/9/20, 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

(博士課程)

## 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	米田 昇平	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	藤田 英明	准教授	萩原 誠	准教授
	審査員	安岡 康一	教授	清水 敏久	首都大学東京 教授
		千葉 明	教授		
	七原 俊也	教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「ハーフブリッジを逆直列接続した商用周波—高周波単相交流直接変換回路の位相シフト制御法に関する研究」と題し、数 kW 程度の高周波誘導加熱装置や絶縁形直流電源装置へ適用される商用周波の単相交流を高周波交流に変換する交流変換回路として、2 台のハーフブリッジ変換器を逆直列に接続した交流直接変換方式に着目し、これに対して位相シフト制御を適用することにより、零電圧スイッチング動作と同期整流動作を同時に可能にするとともに、出力電力脈動を抑制できるパワーデカップリング制御を提案し、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 6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、現在の民生用や小容量の産業用に使用される誘導加熱装置や直流電源装置には、主に商用周波単相交流を一旦直流に整流して再び高周波交流に変換する間接変換方式が採用されているが、直流平滑コンデンサや入力フィルタの体積が比較的大きく、従来の交流間接変換に代わる小型化が可能な回路方式が必要であることを論じている。

第 2 章「交流変換回路の技術動向とその応用」では、現在主流となっている交流間接変換方式を概説するとともに、今後適用が進められると考えられている三相交流直接変換方式について技術動向を述べ、単相交流直接変換方式では商用周波単相交流によって発生する原理的な電力脈動とこれに伴う出力電力脈動や平滑コンデンサの大型化などに問題があることを明確にし、この問題の解決を目的として電力脈動を吸収する補助回路を接続するパワーデカップリングについて種々の方法が検討されているがコストや電力変換効率の面では課題があることを指摘し、本研究の目的と解決すべき課題を整理して研究の位置付けを明確にしている。

第 3 章「位相シフト制御法」では、2 台のハーフブリッジ変換器を逆直列に接続した交流直接変換回路の零電圧スイッチング動作と同期整流動作を可能にする位相シフト制御法について検討している。これまでに報告のあった 2 種の制御法について動作特性を詳細に解析し、スイッチング損失を低減する零電圧スイッチング動作とオン損失を低減する同期整流動作を同時には実現できないことを明らかにし、新しいスイッチングシーケンスを開発して零電圧スイッチング動作を行うとともに、位相シフト制御を適用することによりフィルタコンデンサに流入する電流を零に制御して同期整流動作を可能にし、スイッチング損失とオン損失の両者を低減できることを理論的に明らかにするとともに、試作した 1.3 kW の誘導加熱装置を用いて実験により最大電力変換効率 98% を実現し、新しい制御法の妥当性を確認している。

第 4 章「パワーデカップリング制御」では、3 章で開発した位相シフト制御を用いてフィルタコンデンサに流入する電流を積極的に操作して蓄積エネルギーを制御することにより出力電力を一定にできるパワーデカップリング制御について検討している。パワーデカップリングに必要なフィルタコンデンサ電流から、これを満足する位相シフト角と出力電流の基本波実効値を一定に保つスイッチング周波数を理論的に導出し、位相シフト角とスイッチング周波数を同時に制御することにより、電源電流を力率 1 の正弦波に保つとともに、出力電力の平滑化を同時に実現できることを明らかにし、300 W のダイオード整流器負荷を用いた実験によりその原理を確認し、パワーデカップリングに必要なエネルギー蓄積容量をこれまでに報告されてきた方式と比較して必要なフィルタコンデンサは比較的小容量であることを明らかにしている。

第 5 章「パワーデカップリング制御の出力制御範囲の拡大」では、第 4 章で提案した方式の軽負荷時に直流負荷電圧が低下する課題に対して、直流負荷電圧を一定に制御できる範囲を拡大する制御方法を検討している。負荷電圧、共振電流、およびフィルタコンデンサに流入する電流の関係の詳細に解析してパワーデカップリング制御が実行可能となる条件を導き出し、パワーデカップリングのための蓄積エネルギー制御のためだけでなく、電源から流入する進相電流を補償するために一定の共振電流振幅が必要となり、負荷電圧の低下を引き起こしていることを明らかにし、これに対して進相無効電力を補償しない制御法を提案し、軽負荷時の直流負荷電圧が低下する問題を解決するとともに、この場合であっても定格動作時の電源力率は 99% 程度であり、実用上の問題はないことを確認している。

以上を要するに、本論文は商用単相交流電源に接続される高周波誘導加熱装置や直流電源装置に使用される交流変換回路として 2 台のハーフブリッジ変換器を逆直列に接続した交流直接変換について、零電圧スイッチングと同期整流を実現し、電力脈動を抑制できる新しい制御方法を提案し、実験によってその妥当性を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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。