

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	電気電子工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	米田 昇平		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	藤田 英明	准教授
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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、商用周波の単相交流を高周波の単相交流に直接変換が可能な交流直接変換回路に対して、電力変換効率を改善する制御法と出力電力を平滑化する制御法について理論および実験の両面から解析を行い、その妥当性を検証するとともに、誘導加熱装置とバッテリー充電回路への適用を検討している。本論文の交流直接変換回路は、小容量のフィルタコンデンサを有するハーフブリッジを逆直列接続した回路構成に特長があり、ダイオード整流器や力率改善回路、大容量電解コンデンサを必要としない。本論文では、交流直接変換回路の理論解析を通して、位相シフト制御法の適用を提案し、フィルタコンデンサ電圧の制御を実現する。そして、交流直接変換回路で構成される誘導加熱装置とバッテリー充電回路に対し、その高効率化と小型化について検討する。本論文は以下の 6 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、誘導加熱装置やバッテリー充電回路の技術動向、特に交流直接変換回路を適用した場合の技術動向と課題について述べるとともに、研究目的を明らかにする。

第 2 章「交流直接変換回路の技術動向とその応用」では、商用周波の単相交流を一旦直流に整流して高周波の単相交流に変換する間接形交流変換回路と直流リンクを介さない直接形交流変換回路の両者を比較考察する。また、単相交流に起因した電力脈動とその平滑化に必要なエネルギー蓄積能力について詳述し、補助回路を用いて電力脈動の平滑化を行うパワーデカップリング技術について代表的な回路方式とその特徴をまとめる。さらに、本論文と他の研究との関連性や相違点を考察し、本論文の位置づけを明確にする。

第 3 章「位相シフト制御法」では、まず交流直接変換回路の回路構成に着目し、4 通りのスイッチングモードが存在することを示し、従来の 2 方式のスイッチングシーケンスでは 2 通りのスイッチングモードのみを用いており、過電圧やハードスイッチング、MOSFET のボディダイオードの順方向電圧降下による導通損失の増加などの問題点が生じていたことを指摘している。その上で、4 通りのスイッチングモードを用いる位相シフト制御法の適用を提案し、上下ハーフブリッジ間の位相シフト角によりフィルタコンデンサ電圧が制御可能であることを理論的に明らかにしている。さらに、100 V、1.3 kW の誘導加熱装置を模擬した実験システムを構築し、位相シフト制御法によりフィルタコンデンサ電圧を半波整流波形に制御することにより、すべての MOSFET の過電圧抑制、零電圧スイッチングおよび同期整流を同時に実現し、電力変換効率が改善できることを確認する。

第 4 章「パワーデカップリング制御法」では、第 3 章の位相シフト制御法によるフィルタコンデンサの電圧制御を応用し、フィルタコンデンサをエネルギー蓄積要素として活用するパワーデカップリング制御法を提案する。上下ハーフブリッジの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、電源電流の力率改善と出力電力(共振電流)の平滑化を同時に実現する。バッテリー充電回路を想定した絶縁形単相交流—直流変換回路を構築し、整流器負荷を用いた 100 V、300 W の実験により制御の妥当性を確認する。また、フィルタコンデンサに蓄積するエネルギーの最大値により必要となるコンデンサの体積を評価し、従来の方式に比べて、回路の小型化が可能であることを示す。

第 5 章「パワーデカップリング制御における出力電圧の制御範囲の拡大」では、定電圧出力が可能な動作領域について検討する。交流直接変換回路のエネルギー蓄積用フィルタコンデンサは、進相コンデンサとしても働くため、パワーデカップリング時の電源電流の力率改善動作に伴い、軽負荷時に出力電圧の制御範囲が狭くなる。この課題に対して、フィルタコンデンサのオフセット電圧を高くすることで出力電圧の制御範囲を拡大する方法と電源力率を改善しない方法を提案し、電源力率を改善しない場合、高効率に出力電圧の制御範囲が拡大できることを第 4 章と同様の実験装置により確認する。

第 6 章「結論」では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題についても言及する。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	米田 昇平		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	藤田 英明	准教授
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation discusses a new control method for a direct ac-to-ac converter, which converts the single-phase line-frequency ac input to the single-phase high-frequency ac output directly. This direct converter consists of two half-bridges and a series-resonant circuit. Each half bridge has a small filter capacitor on its dc side, and the two bridges are connected in anti-series. From this circuit topology, the converter does not require a diode-bridge rectifier, a power factor correction circuit, and a bulky electrolytic capacitor. However, the detail operation principle of the converter has not presented yet. Moreover, conventional two different control methods for the converter provide power pulsation to the load like another direct ac-to-ac converter. This dissertation proposes application of a new phase-shift control method for the converter to control the filter capacitor voltages based on the switching sequence analysis. This control method can regulate the filter capacitor voltages, and thus, makes it possible to avoid an overvoltage problem and to achieve zero-voltage switching and synchronous rectification in all MOSFETs. An experimental induction heating system based on the converter topology and the phase-shift control method exhibits an improved conversion efficiency as high as 97.7%. Moreover, this dissertation proposes a power decoupling control method based on the developed phase-shift control method. In this method, the filter capacitor voltages are adjusted as a specific waveform to absorb the power pulsation into the filter capacitors. Therefore, the filter capacitors act as energy storage elements. Consequently, the proposed control method realizes a unity power factor in the input current and a constant power in the load side at the same time without any additional switching device or energy storage element. The proposed control method is verified by an experimental isolated single-phase ac-to-dc converter. In the same way, characteristics of the power factor in the input current is also examined to expand the controllable range of the output voltage under the light load condition. Finally, this dissertation evaluates and compares the required stored energy in the filter capacitors with other methods to demonstrate the effectiveness of the proposed power decoupling control method. As a result, it is expected that the proposed power decoupling control method enables the size reduction as well as the high power conversion efficiency in an isolated single-phase ac-to-dc converter applied to battery chargers.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).