

論文審査の結果の要旨

学位申請者 中田 祐樹

本論文は、「空間ベクトルに基づくパルス密度変調を用いた高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータの高性能化」と題し、6章より構成されている。第1章「序論」では、連系コンバータについて触れ、変圧器による絶縁という特徴から、高周波によるトランスの小型化の重要性と高効率化の問題点について述べた。また、これらのシステムを高周波化することによって得られる特徴から、低スイッチング損失化手法について述べ、研究の目的について述べている。

第2章では、高周波単相-低周波三相コンバータの高性能化の方法について述べている。回路方式を分類し、それぞれの特徴について調査を行った。そして、高周波単相-低周波三相コンバータとして、マトリックスコンバータを採用した。その制御法の検討も行い、高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータの高性能化の方法としてパルス密度変調(PDM)を用いた制御法を提案し、この論文の位置づけについて明らかにしている。

第3章では、入力の高周波に対して出力周波数が十分高いことに着目し、インダイレクト形高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータに PDM 制御を適用している。PDM 制御によりインバータ部のスイッチング損失低減が可能となる。しかし、出力波形に逆方向電圧パルスとクランプ現象が発生し、損失が増加する一因となる。波形改善手法として空間ベクトル変調(SVM)を基にした PDM 信号生成法を提案し、その有用性を示している。

第4章では、インダイレクト形回路はモータなどの低力率の負荷では出力電圧にクランプ現象が発生し、波形が大きくひずむ問題について述べている。ダイレクト形高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータでは低力率負荷でもクランプ現象が生じない。そこでダイレクト形回路への SVM を基にした PDM 制御をダイレクト形回路に適用し、その動作を確認している。

第5章では、3章で述べた SVM を基にした PDM 制御においてキャリア周波数が高いときや変調率が低いときに、発生する量子化誤差による出力波形ひずみの改善法の検討を行っている。改善法として SVM をベースとして量子化の際に誤差が最小となる出力ベクトルを選択する制御法を提案し、ダイレクト形回路において、SVM を基にした制御方式と SVM とデルタ-シグマ変調を組み合わせた方式を、試作機を用いた実験により比較検討し、提案方式の有用性を示している。

第6章では、本論文の有用性と各提案法の総括を述べ、今後の課題について言及した。

以上のように、本研究では高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータの制御法として、三相を一括して制御できる空間ベクトルに基づく PDM を提案した。この制御方式により、高い分解能を維持しながらゼロ電圧スイッチングが実現でき、従来方式よりも入力電圧周波数の高い領域において、より低ひずみ率と高効率を実現できることを理論と実験により明らかにした。この結果、提案法はマトリックスコンバータの高周波利用の普及に貢献することが期待できる。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。