

ソフトスイッチングを適用した高力率整流回路に関する研究

長崎大学大学院 生産科学研究科 太田 裕之

電子機器から商用交流電源系統に発せられる高調波電流は、高調波障害を引起し低周波の EMC 問題として対策すべき社会問題となっている。その高調波電流を抑制するために IEC 及び経済産業省からガイドラインが公示され、機器毎に高調波電流抑制対策を順次実施している状況にある。

近年その高調波電流抑制回路に関する研究が盛んに行われており、その中でも Single stage converter 方式と呼ばれる回路方式は、性能とコストを包括的に比較すると、200W 以下の用途には他の方式に比べ最も費用対効果が大きいとされている。しかし現時点で開発改良途上にある技術であり課題も多い。

需要の多い 200W 以下の情報・通信の電子機器及び家電製品の電源において、開発設計(人・時間)、製造コスト、性能の観点から Single stage converter 方式の高調波抑制回路に求められる項目を以下に示す。すなわち

1. 部品点数が少なく、性能対コスト効果が高い。
2. IEC 61000-3-2 Class D 規格を満足する。
3. 軽負荷時に昇圧動作しない(電圧ストレスが大きくない)
4. 電流ストレスが大きくない
5. 高効率
6. 負荷の過渡応答が良い・出力保持時間が長い

といった項目が広い入力電圧範囲(ユニバーサルインプット)で対応可能な回路が求められている。しかし上記の項目に関して数多くの研究がされているが、広い入力電圧範囲(ユニバーサルインプット)でバランスよく対応でき、かつ高効率な回路は少ない。

上記の要求を満足する方法の一つとして、4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータが提案されている。この AC-DC コンバータは、Single stage converter 方式の高調波抑制回路で、広範囲な入力電圧に対して IEC 規格のクラス D を満足する回路としての特徴をもち、実用的観点から有用と思われる。

本論文では、ソフトスイッチングを適用した高力率整流回路に関する研究を行う。ここで言う整流回路とは、4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータの高調波電流抑制回路であり、その高調波電流抑制回路のモ

デル化，電力効率の改善及び電力容量の増大化，動作モード解析及び設計指針の確立を行う。

本論文は全 5 章からなり，その内容は次の通りである。

第 1 章は緒言であり，電子機器の入力電流歪から生じる高調波電流が引起す高調波障害を取り上げ，低周波の EMC 問題として社会問題となっている高調波電流抑制の重要性を示す。その対策として IEC 及び経済産業省から公示されているガイドライン及びその動向について説明する。さらにそれらのガイドラインに準拠するために実施されている電流抑制回路方式についての研究動向の概要を解説する。

第 2 章では，高調波電流抑制回路の一つとして，提案されている 4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータの入力フィルタの特性を考慮した回路のモデル化を行い，実験結果と比較検討し，モデル化した回路の妥当性を明らかにする。まず 4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータ回路の 4 巻線リアクトルの 1 次巻線と 2 次巻線の電流を不連続モードで動作させ，その構成と動作について説明する。更にモデル化した回路の妥当性を明らかにするために，動作特性のシミュレーション結果と実験結果を比較検討し，良好な入力電流抑制特性が得られることを示した。

第 3 章では，4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータの 4 巻線リアクトルの電圧変換を行う 1 次巻線と 2 次巻線の電流を連続モードで動作させ，電力効率の改善及び電力容量の増大を図った。次にこのコンバータの入力高調波電流抑制回路の動作状態及び動作モードを示し，回路動作の解析を行う。更に入力フィルタ部の特性を変化させ，それと入力高調波電流特性との関係を明らかにした。

第 4 章では，4 巻線リアクトル方式ソフトスイッチング AC-DC コンバータの入力高調波電流抑制回路の動作特性と回路パラメータの関係を明らかにし，そこから設計の指針を導き出す。この場合，入力高調波電流抑制回路の電流を過度に増大すると新しい動作モードが現れ，入力高調波電流特性が急激に劣化することを明らかにした。次に，回路パラメータと入力高調波電流特性，交流入力電流のピーク値，完全平滑用キャパシタの電圧など，回路の動作特性との関係を実験及びシミュレーションで明らかにし，回路の設計指針を確立した。更にその結果をもとに設計した回路が広い入力電圧範囲で優れた性能，高調波電流抑制特性を持つことを示した。

第 5 章は，以上を総括した結論である。