

スイッチング電源における高調波低減と高効率化に関する研究

長崎大学大学院 生産科学研究科 関根 正興

要旨

今日の生活面や産業面において、多くの電気・電子機器が使用されている。それらの機器は動力源として商用電力または蓄電池等の直流電力を利用しているが、機器の中で動作している各機能部は動作する電圧が異なるので、受電した電力を各機能部に電圧を安全にかつ高効率で変換しなければならない。この電力変換を行うのがスイッチング電源であり、ほとんどの電気・電子機器に用いられている。

スイッチング電源は電気・電子機器の普及にともなって小型・低コストを目指し、年々変換周波数が上がっていったが、それによる弊害も生じてきている。電磁雑音の放出や高調波電流の増加がそれである。また、気球温暖化防止の観点から省資源・低損失が求められ、高効率や待機時の消費電力低減といった事も求められている。

本研究はスイッチング電源に求められる高調波抑制と高効率化に着目し、需要の多い数百ワット程度までのスイッチング電源に対する実用化を目指して行った。

第1章ではスイッチング電源全体に触れ、スイッチング電源の発展の歴史や問題点、スイッチング電源に求められる法的要求事項（安全性、電磁界雑音放出の制限、高調波電流の抑制、消費電力低減、有害物質の使用禁止）などについて紹介・記述する。さらに、高調波対策とソフトスイッチングに対して提案されている手法について紹介し、本研究の目的と意義について明らかにする。

第2章では単相の商用電力を受電し電力変換を行うAC/DCコンバータにおいて、部品点数削減の観点から1段で高調波電流抑制と電力変換を行う回路の提案であり、回路解析と実験によって、有効性を確認するとともに設計法を提示している。

提案回路は電力変換用スイッチング素子がオンの期間、昇圧用リアクトルにバイパス用コンデンサを介して電流を流し、入力電圧の低い位相時にも電流を流すことができるので、高調波電流を抑制することができる。また、バイパス用コンデンサとトランスの励磁インダクタンスによる共振現象によって、ゼロ電圧スイッチングが可能になり、励磁電流もリサイクル可能で、トランスのリセット回路が不要になる利点がある。反面、軽負荷時整流電圧が上昇する欠点があり、その対処法を示している。

第3章では最近の高速整流ダイオードは蓄積電荷を低減し高速化を図るとともに逆回復時の電流遮断をソフトにすることで低損失・低ノイズを目指しているが、これとは対称に

蓄積電荷を多くし、逆回復時の電流遮断を早くした電荷蓄積ダイオードが実用化された。このダイオードを DC/DC コンバータのスナバ回路に使用すると、有用な特性が得られることを示し、実験によって有効性を証明している。

スイッチング素子のターンオフ時、トランスの漏れインダクタンスや配線のインダクタンスに溜まったエネルギーとトランスの励磁エネルギーをスナバ回路に取り込み、電荷蓄積ダイオードの蓄積時間中に励磁インダクタンスとスナバコンデンサ容量との共振現象で入力に戻す方法であり、損失低減と励磁電流のリサイクルによって、磁束密度の低減による効率改善とトランスのリセット回路が不要になる利点がある。

第 4 章では三相交流電圧に対する高調波電流抑制方法の提案である。従来の三相回路での高調波抑制方法は複雑でコストが高く、小容量の用途には不向きであった。

提案回路は三相入力線に昇圧用リアクトルを挿入し、整流ブリッジ回路の各アームのローサイド整流素子と並列にスイッチング素子を接続し、昇圧リアクトルの電流が不連続になるよう各素子とも同一のパルス幅制御された信号で駆動する。これだけで高調波電流抑制が可能になり、また従来のようにハイサイド駆動といったことも不要であり制御、駆動が大幅に改善できる特徴を有する。提案方式は三相ばかりでなく単相や多相交流電圧にも応用可能であるが、電流不連続動作で小容量を狙ったものであり多相整流には適していない。

提案回路の有効性について実験により確認し示している。

第 5 は本研究のまとめであり、結論と今後の課題について記述している。