

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14683 号
------	---------------

氏 名 佐々木 守

論 文 題 目

Study on Common-Mode Noise Reduction Methods in Non-Isolated DC-DC Converters
(非絶縁DC-DCコンバータ向けコモンモードノイズ低減手法に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研究所	准教授	今岡 淳
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	山本 真義
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	加藤 丈佳
委員	東京都立大学	システムデザイン研究科	教授	和田 圭二
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	特任教授	重松 浩一

論文審査の結果の要旨

佐々木守氏提出の論文「Study on Common-Mode Noise Reduction Methods in Non-Isolated DC-DC Converters(非絶縁DC-DCコンバータ向けコモンモードノイズ低減手法に関する研究)」は非絶縁DC-DCコンバータのコモンモード(Common-Mode, 以降CMと呼称する)ノイズ低減法に焦点をあて、その中でも磁気部品応用、半導体実装の2つの視点から「体積重量増加を伴わないCMノイズ低減法」について提案・理論解析・実験実証評価をしているものである。本論文は第1章から第6章で構成されている。

まず、第1章では、研究背景としてスイッチング電源の需要増加とその高電力密度化の必要性について述べている。この高電力密度化へ向けた方策として、高速・高効率動作が可能な化合物半導体デバイスを利用した高周波駆動が有望視されるが、この方策の相反事項としてノイズ源のスペクトラムが高周波帯域で増大する課題について言及し、体積重量増加を伴う外付けのノイズフィルタを適用すること以外のノイズ抑制の必要性を議論の起点としている。これに対して、文献調査により過去に提案されているCMノイズ対策を体系的に示すことで、本博士論文で提案する体積重量増加を伴わないCMノイズ低減手法の立ち位置と意義、研究目的を明確化している。

第2章では、伝導ノイズの分類とノイズの発生原理、ノイズ伝搬経路、ノイズ測定の基本的な事項について解説し、本論文で取り扱う伝導ノイズに関する基礎的な内容を提供している。

第3章では、結合インダクタ方式多相インターリーブDC-DCコンバータ向けの補助巻き線を用いたCMノイズ対策手法を提案している。本章で提案するCMノイズ低減の原理は、本来生じていたCMノイズ源に対して補助巻き線を利用した逆位相のCMノイズ源を発生させることでノイズを互いにキャンセルリングすることに基づいている。本提案手法について、幅広い周波数帯域でCMノイズが低減可能な設計法を確立していることに加え、ノイズ低減効果を補助巻き線無しの従来手法と相対比較することで実証評価している。CMノイズ評価結果から、提案手法は従来手法と比較して100 kHzから2 MHzの周波数帯において最大20.1 dBのCMノイズ低減が達成されており、さらに補助巻き線を加えることによる結合インダクタの質量増加は5.86%のみであり、対象回路の電力密度をほとんど低下させることなくCMノイズ低減を達成している。

第4章では、CMノイズの伝搬経路であるCM容量の低減に着目したCMノイズ低減手法を提案している。本章で取り上げる提案手法は従来の非絶縁DC-DCコンバータのインダクタとダイオードの配置を変更することでスイッチングノードと筐体間のCM容量を低減するものである。提案手法の原理は数式解析、シミュレーション、実験評価の3点から検証されている。従来手法と提案手法の実験相対比較の結果では提案手法は100 kHzから20 MHzの周波数帯域において20 dB前後のCMノイズ低減が達成されている。また提案された回路構造は従来方式と比較して必要素子数が変わらず、電力密度を低下させない。

第5章では、パワー半導体の放熱パッドの位置に着目したCM容量低減によるCMノイズ抑制法を提案している。本章での提案手法は、従来の非絶縁DC-DCコンバータの回路構成は変えず、使用するパワー半導体の冷却面がスイッチングノードに接続されないようにパワー半導体デバイスを選定することでCM容量を低減するものである。本提案手法についても同様にCMノイズ低減の原理を数式解析、シミュレーション、実験評価の3点から検証している。実験評価においては、非絶縁DC-DCコンバータにおけるハーフブリッジ回路の半導体の位置(ハイサイド・ローサイド)と半導体の放熱面の位置(ドレイン・ソース)から決定される4通りの組み合わせでCMノイズを相対比較することで提案手法の有効性が調査されている。評価結果として、CMノイズが最も大きいデバイスの組み合わせと最も小さいデバイスの組み合わせを相対比較すると100 kHzから30 MHzの周波数帯において20 dB前後のCMノイズ低減が達成されている。

第6章では、本論文で提案された3つのCMノイズ低減手法についてその特徴や適応可能な条件が比較され、本研究の結論および将来展望が述べられている。

以上のように同氏の博士論文はスイッチング電源の高電力密度化を妨げないCMノイズの低減法を複数提案している。これらの各内容は定量的に議論が実施されており、その成果はスイッチング電源の高電力密度化を実現するための重要な要素技術であり、パワーエレクトロニクス分野の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である佐々木守氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。