



Title	高速スイッチング電力変換器が発生する電磁ノイズの抑制手法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	高橋, 翔太郎
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第14140号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/78381
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Shotaro_Takahashi_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 高橋 翔太郎

審査担当者 主査 教授 小笠原 悟司
副査 教授 北 裕幸
副査 准教授 竹本 真紹

学位論文題名

高速スイッチング電力変換器が発生する電磁ノイズの抑制手法に関する研究
(Study on Suppression Technique of Electromagnetic Noise Proposed by High-Speed-Switching Power Converters)

SiC(炭化ケイ素)や GaN(窒化ガリウム)などのワイドバンドギャップ半導体を用いた次世代パワーデバイスの実用化により、電力変換器におけるスイッチングの高速化ならびに高周波化が進められている。これにより、電力変換器の高効率化・小型化が実現できる反面、電力変換器のスイッチングに伴い発生する電磁ノイズの増大が懸念されている。そのため、電力変換器と近接した情報通信機器や電子機器に悪影響を与える可能性が大きくなり、電力変換器が生じる電磁ノイズに起因する電磁障害 (EMI; Electromagnetic interference) の深刻化が懸念されている。

従来、電力変換器の生じる電磁ノイズは、EMI 規格により主に 150 kHz から 30 MHz で規制されている伝導ノイズと、30 MHz 以上で規制されている放射ノイズに大別できる。従来の電磁ノイズに対する研究は、伝導性ノイズを対象としたものがほとんどで、放射性ノイズを対象とした研究例はほとんどなかった。これは、従来のシリコンを用いたスイッチングデバイスのスイッチング速度が低速であり、放射性ノイズの対象とする 30 MHz 以上の周波数領域でノイズが問題となる場合が少なかったことに起因すると考えられる。しかし、次世代パワーデバイスの高速スイッチングに起因する電磁ノイズは、30 MHz 以上の周波数領域において大きく増大することが予想されている。従って、特に高周波数領域において電力変換器が発生する放射ノイズの発生メカニズムの解明やそれに基づいた効果的な高周波電磁ノイズ抑制手法の確立が求められている。本論文は、特に数 MHz ~ 100 MHz 程度の高周波領域を含む広帯域において、大きな減衰量を有する EMI フィルタの設計法の確立、高周波領域での EMI フィルタの減衰特性の向上、放射ノイズの発生メカニズムの解明とそれに基づいた効果的な抑制対策について述べている。

第 1 章では研究背景と目的について述べ、第 2 章においてパワーエレクトロニクス機器が発生する電磁ノイズの概要について述べている。第 3 章から第 5 章では、EMI フィルタを構成する受動素子のうち、最も複雑な周波数特性を有すると考えられるインダクタについて検討している。

第 3 章では、自己共振によって高周波領域におけるインピーダンスが大きく低下し、フィルタの特性を悪化させるインダクタ浮遊容量の簡易推定法について検討している。実際に CMI を製作してインピーダンスアナライザを用いたインピーダンス測定を行うことにより、提案した手法が簡易な計算であるにも関わらず、実用上問題ない精度で CMI の浮遊容量を推定可能であることを示している。

第 4 章では、フィルタインダクタの磁性コア材料として広く採用される MnZn フェライトの複素透磁率の周波数特性が、選定したコアの寸法に依存することを実験的に指摘し、それがインダクタインピーダンスに与える影響を明らかにしている。また、トロイダル形状のコアを磁路に水平な方向で分割し、積層することで、MnZn フェライトの複素透磁率の寸法依存性を緩和し、フィルタインダクタのインピーダンスを高周波領域で増加できることを実証している。

第 5 章では、ジャイレータを用いることで、CMI の幾何学的形状を反映した CMI の回路シミュレーションモデルを提案している。提案モデルは、1 kHz から 100 MHz の広帯域に渡って CMI のインピーダンスを再現可能である。

第 6 章では、一次コモンモード (PCM) と二次コモンモード (SCM) という 2 つの高周波ノイズ電流伝搬経路に着目し、電力ケーブルを伝搬する SCM 電流が主要な放射ノイズ源となることを実証している。また、SCM 電圧源が PCM 電流と電源系統側のインピーダンスの不均衡によって生じることを明らかにしている。

第 7 章では、アクティブフィードバック回路を用いた受動フィルタの高周波領域での減衰性能向上について検討している。低周波領域の大振幅の電磁ノイズは従来のフィルタによりを低減可能であるが、高周波領域の低減特性が悪化するという問題点があった。アクティブフィードバック回路が小振幅の MHz 帯域のノイズのみを抑制するように設計した点に特長があり、実際の電力変換器に実装可能であることを、実験により示している。

これを要するに筆者は、これまで検討されていなかった数 MHz から 100 MHz 程度の周波数領域を中心に、フィルタインダクタに関して周波数特性の考慮、寸法共鳴の検討と特性改善、物理現象を把握しやすいモデリングを行っただけでなく、放射性 EMI の発生メカニズムの解明やアクティブ回路を用いたその低減を実証して新しい知見を得たものであり、電気工学ならびにパワーエレクトロニクス分野に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。