The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Studies on EMI noise generation mechanism for switching converter based on time and frequency mixed domain analysis
Author(s)	井渕, 貴章
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52114
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　井渕　貴章　）	
論文題名	Studies on EMI noise generation mechanism for switching converter based on time and frequency mixed domain analysis （スイッチングコンバータにおけるEMIノイズ発生メカニズムの時間・周波数領域解析に関する研究）

論文内容の要旨

省エネルギー化、CO_2排出削減、再生可能エネルギーの有効利用のためには、パワー半導体デバイスのスイッチング動作を用いて高効率の電力変換を行うパワーエレクトロニクス技術が必要不可欠である。一方で、高電圧・大電流を扱う電力変換回路においてさらなるスイッチング損失の低減やパワー密度の向上を目的とし、SiCやGaN等の次世代パワー半導体デバイスによる高速・高周波数スイッチング動作を適用すると、配線や素子に存在する寄生成分との相互作用によって機器から生じるEMI(電磁干渉)ノイズの増大が懸念されるようになる。よって、次世代パワー半導体デバイスを適用した電力変換回路においてEMIノイズの低減・抑制を考慮した回路設計論の構築を実現するためには、ノイズ発生メカニズムの解明に向けたノイズ源の特性評価・モデル化が必要である。本研究では、パワー半導体デバイスの示すスイッチング特性に着目し、Prony法を用いて実測の時間領域データに含まれる減衰や振動周波数等のパラメータ抽出による動特性の評価を行った。また本研究では、リアルタイムスペクトル解析によるEMIノイズのスペクトログラム表示を用い、ノイズ源の特性や回路入力の時間変化に対応した時間・周波数領域におけるEMIノイズ測定・評価をもとに、スイッチングコンバータにおけるEMIノイズ発生メカニズムの検討を行った。

本論文は、「スイッチングコンバータにおけるEMIノイズ発生メカニズムの時間・周波数領域解析」に関する研究成果をまとめたものであり、以下の５章で構成されている。

第１章では、本研究の背景、パワーエレクトロニクス回路におけるEMC(電磁環境両立性)に関する課題と本研究の目的について述べた後、本論文の構成の概略を示した。

第２章では、国際規格に基づくEMIノイズの分類や規制についてまとめ、従来の周波数スペクトルに基づくノイズ測定・評価手法を示している。これらをふまえたうえで、Prony法による動特性解析の原理、およびリアルタイムスペクトル解析によるスペクトログラム表示について述べ、EMIノイズ発生メカニズムの解明に向けて本研究で検討する時間・周波数領域解析手法を示した。

第３章では、電源回路に広く用いられる電流連続導通モード昇圧型DC-DCコンバータを例に挙げ、ダイオードの動特性が伝導ノイズエミッションに与える影響について検討した。昇圧型コンバータでは、回路に用いるダイオードのスイッチング特性に起因してスイッチング損失や電磁ノイズの発生が顕著になる。SiC-ショットキーバリアダイオード(SBD)は、従来のSi-PiNダイオード(PiND)と比較してスイッチング損失および電磁ノイズの低減が可能として期待されている。Prony法によるダイオード電流のターンオフ応答のモデル化により、Si-PiNDとSiC-SBDのスイッチング特性の差異を明らかにした。また、伝導ノイズエミッションのスペクトログラム表示により、ダイオード電流のターンオフ特性がコンバータの伝導ノイズレベルやスペクトル分布に影響を与えていることを示した。

第４章では、高調波電流の抑制および総合力率の改善のためにAC－DC電力変換回路に広く用いられる昇圧型PFCコンバータを対象とし、交流入力電圧の周期的な時間変化に対応した伝導ノイズエミッションの時間・周波数領域解析結果を示している。本検討で対象とした300W定格のPFCコンバータにおいて、SiC-SBDを用いることによって回路全体の電力変換損失がSi-PiNDを用いた場合と比較して低減されることを確認した。また、従来法によるノイズエミッションレベルの測定結果では、用いるダイオードの種類による大きな差は見られないが、時間・周波数領域解析による評価をあわせて行うことにより、ダイオードの動作特性および交流入力の時間変化と伝導ノイズエミッションとの対応を明らかにし、本解析手法がEMIノイズ発生メカニズムの解明に有用であることを示した。

第５章では、本論文で得られた成果についてまとめ、今後の展望を示している。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　井渕　貴章　）			
論文審査担当者		(職)	氏　名
	主 査	教授	舟木　剛
	副 査	教授	伊瀬敏史
	副 査	教授	高井重昌
	副 査	教授	谷野哲三
	副 査	教授	白神宏之

論文審査の結果の要旨

本論文は、「スイッチングコンバータにおける EMI ノイズ発生メカニズムの時間・周波数領域解析」に関する研究成果をまとめたものであり、以下の５章で構成されている。

第１章では、本研究の背景、パワーエレクトロニクス回路における EMC(電磁環境両立性)に関する課題と本研究の目的について述べた後、本論文の構成の概略を示している。

第２章では、国際規格に基づく EMI ノイズの分類や規制についてまとめ、従来の周波数スペクトルに基づくノイズ測定・評価手法を示す。これらをふまえたうえで、Prony 法による動特性解析の原理、およびリアルタイムスペクトル解析によるスペクトログラム表示について述べ、EMI ノイズ発生メカニズムの解明に向けて本研究で検討する時間・周波数領域解析手法を示している。

第３章では、電源回路に広く用いられる電流連続導通モード昇圧型 DC-DC コンバータを例に挙げ、ダイオードの動特性が伝導ノイズエミッションに与える影響について検討している。昇圧型コンバータでは、回路に用いるダイオードのスイッチング特性に起因してスイッチング損失や電磁ノイズの発生が顕著になる。SiC-ショットキーバリアダイオード(SBD)は、従来の Si-PiN ダイオード(PiND)と比較してスイッチング損失および電磁ノイズの低減が可能として期待されている。Prony 法によるダイオード電流のターンオフ応答のモデル化により、Si-PiND と SiC-SBD のスイッチング特性の差異を明らかにしている。また、伝導ノイズエミッションのスペクトログラム表示により、ダイオード電流のターンオフ特性がコンバータの伝導ノイズレベルやスペクトル分布に影響を与えていることを示している。

第４章では、高調波電流の抑制および総合力率の改善のために AC－DC 電力変換回路に広く用いられる昇圧型 PFC コンバータを対象とし、交流入力電圧の周期的な時間変化に対応した伝導ノイズエミッションの時間・周波数領域解析結果を示している。本検討で対象とした 300W 定格の PFC コンバータにおいて、SiC-SBD を用いることによって回路全体の電力変換損失が Si-PiND を用いた場合と比較して低減されることを確認している。また、従来法によるノイズエミッションレベルの測定結果では、用いるダイオードの種類による大きな差は見られないが、時間・周波数領域解析による評価をあわせて行うことにより、ダイオードの動作特性および交流入力の時間変化と伝導ノイズエミッションとの対応を明らかにし、本解析手法が EMI ノイズ発生メカニズムの解明に有用であることを示している。

第５章では、本論文で得られた成果についてまとめ、今後の展望を示している。

以上のように、本論文はスイッチングコンバータにおける EMI ノイズの発生メカニズムやその解析に関して重要な知見を得ており、次世代パワー半導体デバイスを適用した電力変換回路において EMI ノイズの低減・抑制を考慮した回路設計論の構築に貢献・寄与するものである。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。