



Title	High-Frequency Conducted Emissions Modeling in SiC MOSFET based Full-Bridge Power Modules
Author(s)	Deepankar
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105453
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (D E E P A N K A R)	
Title	High-Frequency Conducted Emissions Modeling in SiC MOSFET based Full-Bridge Power Modules (SiC MOSFETを用いたフルブリッジパワーモジュールにおける高周波伝導ノイズのモデル化)
Abstract of Thesis Wide-bandgap semiconductor devices, such as silicon carbide (SiC) MOSFET, are increasingly preferred in high-voltage power converter applications due to their lower on-state resistance and higher switching frequency compared to silicon-based power devices. However, their operation at high dv/dt and di/dt, coupled with high parasitic oscillation frequency due to low device parasitic capacitances, can increase electromagnetic interference (EMI) noise in the high-frequency region. For both commercial and industrial applications, switching power converters must comply with emission limits set by regulatory bodies such as CISPR and FCC, making EMI analysis during the design phase critical. EMI modeling serves as an essential tool, with approaches typically based on equivalent circuits with noise sources characterized through behavioral or analytical methods. These require experimental measurements of voltage and current waveforms on prototypes and exhibit reduced accuracy at higher frequencies. Circuit simulation tools offer an alternative for emission prediction, though their reliability depends on the accuracy of manufacturer provided power device SPICE models. This study aims to develop an analytical time-domain model for circuit voltage and current waveforms to predict the conducted emissions spectrum over the 150 kHz-30 MHz frequency range for a single-phase inverter implemented with an SiC MOSFET based full-bridge power module (FBPM). The circuit behavior is primarily determined by power module parasitics and device characteristics. First, empirical models of SiC MOSFET capacitances and output characteristics are presented. Next, a lumped-element FBPM circuit model incorporating wiring inductances and parasitic capacitances is introduced. Although several methods based on S-parameter measurements have been proposed to characterize the parasitics of half-bridge power modules, no equivalent method exists for FBPM due to the complexity of circuit analysis. An S-parameter based method for FBPM parasitic inductance characterization and an experimental approach for parasitic capacitance estimation are proposed in this study. A non-linear analytical model is then developed to predict switching transients and overall circuit response. The predicted circuit voltage and current waveforms, as well as the conducted emissions spectrum obtained using the proposed model, are validated against experimental measurements. Chapter 1 discusses EMI noise in switching power converters, focusing on regulatory limits and measurement techniques for conducted emissions. Chapter 2 introduces a simplified lumped-element circuit model of the FBPM, including empirical modeling of power device characteristics and parasitic capacitances. The chapter also discusses FBPM operation as a single-phase inverter using phase-shift modulation. Chapter 3 develops a time-domain analytical model and presents a common-mode equivalent circuit for the single-phase full-bridge inverter. Chapter 4 proposes a method for characterizing FBPM wiring parasitic inductances using S-parameter measurements. Chapter 5 describes a non-destructive approach for characterizing FBPM parasitic capacitances through time-domain measurements on the inverter circuit. Chapter 6 simulates the voltage and current waveforms of the full-bridge circuit using the presented analytical model and subsequently analyzes the conducted emissions spectrum. Chapter 7 concludes the thesis by summarizing key contributions.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (DEEPANKAR)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	舟木 剛
	副 査	教授	高井 重昌
	副 査	教授	牛尾 知雄

論文審査の結果の要旨

本論文は、SiC MOSFET を用いたフルブリッジパワーモジュール（FBPM）における150 kHz～30 MHz の高周波伝導ノイズを解析し、時間領域に基づくノイズ予測モデルを構築した研究である。ワイドバンドギャップ半導体である SiC MOSFET は、シリコン素子と比べて高速スイッチングが可能である一方、寄生容量の減少や $dv/dt \cdot di/dt$ の増大によって高周波域の電磁妨害（EMI）が深刻化する問題がある。本論文では、この EMI の発生機構を明らかにするとともに、設計段階で活用可能な高精度のモデルを提示している。

第1章では、SiC デバイスを用いた電力変換回路における EMI 増大の背景と、CISPR・FCC による規制を踏まえた EMI 解析の重要性を述べ、研究目的を明確化している。

第2章では、FBPM の集中定数等価回路モデルを構築し、SiC MOSFET の寄生容量および出力特性を実験式としてモデル化している。さらに位相シフト変調を用いた単相インバータの動作を説明し、寄生成分が回路挙動を支配する点を整理している。

第3章では、スイッチング過渡応答を時間領域で求める解析モデルを示し、フルブリッジインバータとしてのコモンモード等価回路を提案している。このモデルにより、伝導ノイズの発生メカニズムを時間領域で直接解析することが可能としている。

第4章では、本研究の主要な成果の一つである「S パラメータを用いた FBPM の寄生インダクタンス推定手法」を提案している。従来手法では複雑すぎて解析が困難であったフルブリッジ構造に対し、新たな分離・抽出法を提示している。

第5章では、インバータ動作時の波形から寄生容量を非破壊で推定する手法を示している。特にベースプレート容量の評価において、時間領域測定データを用いた推定法は実験の負担を大幅に低減でき、設計の初期段階で有用である。

第6章では、構築した解析モデルを用いたフルブリッジ回路の波形シミュレーション結果を示し、提案モデルを用いて予測した伝導ノイズスペクトルが実測と良好に一致することを確認している。これにより、提案モデルの信頼性と実用性が示されている。

第7章では、本研究成果を総括している。

以上のように本論文は、SiC ベースのパワーモジュールにおける寄生成分の評価、時間領域解析、ノイズ予測を一体化した手法を確立しており、設計段階での EMI 低減や高性能インバータの開発に資する重要な成果である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。