

【学位論文審査の要旨】

電気自動車や産業用ロボットは、モータやアクチュエータを高精度に制御するために電気エネルギー機器と情報通信機器が近接配置されたシステムとして実用化されている。近年では、電力エネルギーの制御にはパワーデバイスのスイッチング技術を活用したスイッチング電源が用いられているため、スイッチングに起因した電磁ノイズの影響が懸念されている。特に、パワーデバイスの技術進歩に伴うスイッチング速度の向上によりさらなる通信システムの耐電磁ノイズ性の向上が重要な課題となっている。これまでは、通信ロバスト性向上を目的として通信機器側のノイズ耐性向上に関する研究開発が活発に行われてきたが、スイッチング電源と通信機器が協調し電磁環境適合性(EMC)の実現が求められている。従来、周波数領域を対象として電磁ノイズの抑制対策技術が議論されてきたが、対策手法の限界が指摘されており、その課題解決として時間領域での電磁ノイズ対策の必要性が要求されている。本研究では、時間領域を対象としてスイッチング電源の通信機器に発生する電磁ノイズの影響評価とその対策手法について明らかにすることを目的としている。

本論文で得られた成果は以下のとおりである。

(1)スイッチング電源の代表的回路である降圧チョップパ回路の制御信号の伝送に用いられるCAN通信にもたらず電磁障害の発生原理を明らかにするため、試験システムを構築した。このシステムを用いて、時間領域解析に基づく電磁ノイズの伝搬様態および通信エラーの発生原理を明らかにした。(2)スイッチング電源側が発生する電磁ノイズ抑制手法として、アクティブゲートドライバによる降圧チョップパ回路のスイッチング速度制御手法提案し、CANの通信状況に応じて動的な制御を行うことで、電磁障害の低減とスイッチング性能の向上を両立できることを明らかにした。(3)降圧チョップパ回路のスイッチングとCAN通信の信号サンプルのタイミングに着目した新たな電磁障害低減手法を提案した。スイッチングに伴うノイズの発生タイミングと通信のサンプルタイミングが一致することで通信エラーが発生することから、降圧チョップパ回路のスイッチングタイミングを調整するタイミングシフト制御により通信エラー抑制効果を実験により示した。さらに、CANの通信信号に処理を加えるデジタルノイズ除去手法を提案し、実験によりその妥当性を検証した。

以上のように本論文では、スイッチング電源と通信機器のEMCの実現を目的として時間領域における電磁ノイズ抑制対策手法を提案し、その有用性を明らかにしたものである。すなわち、この成果はパワーエレクトロニクス機器の信頼性向上の観点から工学的な面での寄与が認められるだけでなく、両機器が共存しながら高い信頼性が要求される自動車や航空機分野への普及促進に貢献するものと考えられる。以上から、本論文は博士(工学)の学位を授与するに十分価値あるものと認められる。

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上（オンライン）で論文発表を行い、学内外の多様な出席者を得て質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。