



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	モータ駆動用インバータの電磁ノイズ抑制に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	小原, 峻介
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14594号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81471
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shunsuke_Ohara_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 小原 峻介

学 位 論 文 題 名

モータ駆動用インバータの電磁ノイズ抑制に関する研究
(Study on Suppression Technique of Electromagnetic Noise Generated by Inverters for Motor Drive Systems)

直流から任意周波数の交流に変換する電力変換器であるスイッチングインバータは、半導体スイッチングデバイスのスイッチング動作により変換を行うため、損失が非常に小さく高効率な変換を実現できる。省電力・高効率の観点から、インバータは広く普及しており、現代において必要不可欠な装置である。さらに、自動車や航空機といった移動体の電動化が進んでおり、インバータ機器の小型軽量化や信頼性の向上が強く求められている。

しかし、スイッチングインバータは、大電流をスイッチングする際に急峻な電圧・電流の変動が起こり、電磁ノイズを発生する。電磁ノイズにより周辺機器に電磁妨害 (EMI; electromagnetic interference) を引き起こす恐れがある。そのため、これらの EMI を引き起こす電磁ノイズに対して、国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Commission) によって国際規格が定められている。特に近年では、これまで一般的なインバータ機器に対して電磁ノイズの規制値が定められていなかった 150 kHz 以下の電磁ノイズについて、規制を新たに設けることが検討されている。この規制が定められた場合、今まで規制外だったスイッチング周波数 (10 kHz~100 kHz 程度) の電磁ノイズも規制の対象となる。スイッチング周波数の電磁ノイズは非常に高レベルなため、抑制が困難である。また、インバータに用いられるスイッチング素子の性能向上により、数 MHz 以上の高い周波数のインバータ電磁ノイズ対策が必要となりつつある。以上より、今後は 150 kHz 以下から数 MHz 以上の広い周波数帯域で、インバータ電磁ノイズの抑制が必要になると考えられる。現在、主に用いられるパッシブフィルタでは、このような広い周波数帯域にわたって電磁ノイズ抑制する場合、大型化と重量の増加が避けられない。

本研究の目的は、スイッチングインバータの代表的な適用先である交流モータ可変速駆動システムにおいて、広い周波数帯域で電磁ノイズ減衰効果が高く、小型軽量の電磁ノイズ対策手法を開発することである。アクティブコモンノイズキャンセラ (ACC), 高電圧インバータ対応ハイブリッド ACC, 大電流インバータ用パッシブコモンノイズキャンセラ (PCC) の 3 手法について検討を行う。

インバータが発生する電磁ノイズの原因となるコモンモード (CM) 電圧を検出し、その逆位相の電圧を加算することで CM 電圧を打ち消す、アクティブコモンノイズキャンセラ (ACC) が提案されており、原理的にはパッシブフィルタと同サイズでより高減衰量、広帯域の CM 電圧減衰性能を持つ。しかし、ACC の回路内部で発生するひずみ電圧が原因となり、CM 電圧の正確なキャンセルが行えず、CM 電圧減衰量は -20 dB 程度であった。そこで、残留 CM 電圧を再び検出し、フィードバック制御により CM 電圧を減少させる、フィードバック併用 ACC を検討する。フィードバック併用 ACC では、フィードバックする電圧を小振幅の残留 CM 電圧のみに絞ることで、低コストながら高速動作可能なオペアンプをフィードバック回路に採用できる。

ACC に用いられるバイポーラトランジスタのコレクタ-エミッタ間電圧最大定格によって、ACC

を適用できるインバータ電源電圧は 300 V 程度に制限される。自動車駆動用などの高出力インバータは一般に高い電源電圧であるため、従来の ACC は適用困難であった。そこで、CM 電圧検出回路に非零相チョークを用いて、バイポーラトランジスタを廃し高耐圧化を実現するハイブリッド ACC を検討する。非零相チョークはスイッチング時に発生する相間過大電流を抑制しつつ、CM 電圧を検出できる。しかし、非零相チョークの漏れインダクタンスに起因して残留 CM 電圧が発生し、CM 電圧抑制性能が悪化するという問題があった。ハイブリッド ACC では、残留 CM 電圧をフィードバック回路により補償し CM 電圧抑制性能の向上が可能である。

従来のパッシブフィルタや ACC は、インダクタやトランスに貫通構造を採用することが困難で、複数の巻線ターン数を必要とした。そのため、大きな巻線導体断面積を必要とする大電流インバータへの適用は、重量と体積の増加が避けられなかった。そこで、モータ配線側を貫通 (1 ターン)、励磁巻線を 3 ターンとした CM トランスを、3 個用いる貫通型パッシブコモンノイズキャンセラ (PCC) を検討する。大電流が流れるモータ配線側が貫通であるため、大電流インバータに適用しても巻線重量と体積が小さい。励磁巻線が 3 ターンであることと透磁率の高いコア材料の採用するため、十分に大きな励磁インダクタンスが得られることが特徴である。

ACC の CM 電圧減衰性能向上、高耐圧インバータへの ACC の適用、大電流インバータ用の小型軽量の PCC の提案を行い、幅広い電圧・電流容量のモータ駆動用インバータにおける、電磁ノイズ抑制装置の性能向上、小型軽量化手法を明らかにする。