



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_review.pdf, 審査の要旨



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 小原 峻介

審査担当者 主 査 教 授 小笠原 悟司
副 査 教 授 北 裕幸
副 査 教 授 五十嵐 一
副 査 教 授 竹本 真紹 (岡山大学 大学院 自然科学研究科)

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電圧形 PWM インバータは、パワー半導体デバイスのスイッチング動作により電力の変換を行うため、損失が非常に小さく高効率な電力変換を実現でき、現代において必要不可欠な機器である。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、電圧形 PWM インバータは、スイッチングの際に急峻な電圧・電流の変動を引起し、その結果として電磁ノイズにより周辺機器に電磁妨害 (EMI; electromagnetic interference) を発生する恐れがある。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。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 以上の高周波の電磁ノイズ対策が必要となりつつある。このように、今後は 150 kHz 以下から数 MHz 以上の広い周波数帯域で、インバータの電磁ノイズ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。

本研究では、電圧形 PWM インバータの代表的な応用例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を目的としている。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 つの手法について提案している。

第 1 章では研究背景と目的について述べ、第 2 章ではモータ駆動用インバータにおける電磁ノイズ発生メカニズムや従来の抑制法について述べている。

第 3 章では、電磁ノイズの主原因であるインバータの発生するコモンモード (CM) 電圧を相殺する ACC の特性改善について述べている。ACC は、インバータの CM 電圧を検出し、その逆位相の電圧をインバータ出力に加算することで CM 電圧を相殺し、原理的には高減衰量、広帯域のノイズ低減効果を得られる。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、-20 dB 程度のノイズ低減効果しか得られていなかった。本論文では、残留 CM 電圧を検出し、フィードバック制御により残留 CM 電圧を減少させる、フィードバック併用 ACC を提案している。このフィードバック併用 ACC は、低コスト・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だけでなく、-40~50 dB 程度の優れたノイズ低減効果が得られることを実験により示している。

第 4 章では、高電圧インバータに適用可能なハイブリッド ACC を提案している。ACC に用いられるバイポーラトランジスタの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。そこで、非零相チョークを用いたパッシブコモンノイズキャンセラ (PCC) と、オペアンプを用いたフィードバック回路を併用して、高耐圧化を実現するハイブリッド ACC を提案している。これにより、600 V 程度の直流電源電圧のインバータにおいても、良好なノイズ抑制効果を得られることを示した。

第 6 章では、大電流インバータにも適用可能な貫通型 PCC を提案している。従来の方法においては、CM 電圧を重ねるトランスに多数の巻線をまくことが必要で、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、困難であった。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 PCC を提案している。提案した貫通型 PCC を試作し、700 kVA 程度 (直流電源電圧 600 V 程度、インバータ出力電流 1000 A 程度) の大電流インバータに適用可能であることを示している。

これを要するに筆者は、電磁ノイズの主原因であるインバータの発生するコモンモード (CM) 電圧を相殺する電磁ノイズ抑制法の特性改善とその適用範囲拡大を実現し、実験によりその効果を検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。よって筆者は、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。