



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study of a High-Precision Analysis Method about EMI Noise for Motor Drive Systems in Inverter Air Conditioners [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	唐, 一展弋
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11978号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59980
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yizhanyi_Tang_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 唐 一展弐

審査担当者 主 査 教 授 小笠原 悟司

副 査 教 授 五十嵐 一

副 査 准教授 竹本 真紹

学位論文題名

Study of a High-Precision Analysis Method about EMI Noise for Motor Drive Systems in Inverter
Air Conditioners

(インバータエアコンにおけるモータ駆動システムの高精度 EMI 解析技術に関する研究)

近年, 化石燃料の枯渇, 環境問題, CO₂ 削減などへの関心が高まるにつれて, クリーンな電気エネルギーへのシフトやその効率的な利用 (省エネルギー) への気運が高まっている。パワー半導体デバイスのスイッチング動作を基本とするパワーエレクトロニクス技術は, 電気エネルギーの形態 (電圧, 電流, 周波数, 相数) を高い効率でしかも高速高精度に変換・制御することのできることから, 省エネルギーのキーテクノロジーとなっている。このパワーエレクトロニクス技術は, パワー半導体デバイスの高性能化とともに大きく発展を遂げてきた。これらを背景として, 家庭用・業務用エアコンの分野においても, 室温制御の快適性や省エネルギー性のために圧縮機用モータをインバータで駆動するインバータエアコンの普及が広がっており, 現在では国内で販売されるほぼすべてのエアコンが, 世界でも半分以上のエアコンがインバータ化されている。

一方, エアコンに従来使われている冷媒はオゾン層の破壊に影響を与えるため, 長い間使用されてきた特定フロン (CFC) から, オゾン層破壊を軽減できる指定フロン (HCFC) への転換, さらにオゾン層破壊効果がゼロの代替フロン (HFC) への転換が進められてきた。また, 代替フロンは地球温暖化への影響を有しているため, オゾン層破壊性がなく温暖化への影響も小さなノンフロン (HC) への転換がさらに進められようとしている。しかし, これらの新しい冷媒は誘電率が大きいという性質を有している。コンプレッサ用モータは圧縮機容器内に格納され, モータ巻線と固定子の間には冷媒と潤滑油の混合物が存在している。このため, インバータのスイッチング時に発生するモータ巻線の対地電位のステップ的变化のためモータ巻線と固定子の間の浮遊容量を介して接地に高周波の漏れ電流が流れ, これがノイズの大きな原因となっている。冷媒の転換が進むにつれて, このノイズの問題がより深刻となっている。このため, インバータエアコンが発生するノイズのモデリングや解析技術が重要な技術的課題となっていた。

本論文では, インバータエアコンのノイズに関して, インバータの高周波漏れ電流の波形から簡単ではあるが比較的精度の高い等価回路へのモデリング法について検討している。この等価回路は, 物理的意味が明快であること, 非線形性を考慮している点に特徴があり, さらにパラメータ同定に最適化ソフトウェアを導入して同定精度を向上している点に従来の方法に対して優位性がある。また, この方法で同定されたパラメータは圧縮機が動作中のパラメータであるため, 同定された浮遊容量はモータ巻線と固定子の間の冷媒と潤滑油の混合物の状態を反映しているため, 従来の測定装置では測定が困難であった圧縮機動作中の冷媒と潤滑油の混合物の比誘電率を推定することにも利用

可能である。

第2章では、伝導性 EMI の周波数範囲である 150 kHz ~ 30 MHz で高周波漏れ電流を模擬することが可能な等価回路の構成について述べている。

第3章では、高周波漏れ電流の波形に現れる非線形性とそのパラメータ同定の原理について述べている。しかし、この方法で求めた等価回路はいくぶん誤差を含み、より精度の高い同定法の必要性が述べられている。

第4章では、最適化ソフトウェア modeFRONTIER を用いて非線形抵抗も含めた等価回路パラメータを高精度で同定可能な方法を提案している。さらにこの方法でパラメータ同定した非線形等価回路は、動作条件 (1 相スイッチングと 2 相スイッチング) によらず線形等価回路よりも波形誤差の標準偏差が小さいことを示している。

第5章では、第4章で同定した浮遊容量と冷媒と潤滑油の無い圧縮機の浮遊容量の測定結果から、圧縮機動作中の冷媒と潤滑油の混合物の比誘電率が推定できることを述べており、実験に用いたエアコンの場合 1.98 であることが示されている。

第6章では、インバータエアコンの製品開発に利用することを想定して、使用する各部品の高周波等価回路ライブラリと接続情報からノイズスペクトルを試作前に推定できるシステムについて述べている。

これを要するに、本論文は冷媒を代替フロン (HFC) やノンフロン (HC) に転換した場合に、圧縮機用モータの浮遊容量の増加のために懸念される高周波漏れ電流や伝導性 EMI の増加に対応するためのモデリング技術やパラメータ同定技術について新しい方法を提案しており、さらに実験によりその妥当性・有用性を確認して新たな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、著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。