

論文内容の要旨

氏名 阿部 晃大

新興国の目覚ましい経済成長とともに、電化製品の省エネルギー化の位置づけは重要性を増している。この背景には、パワーエレクトロニクスおよびマイクロコンピュータの進歩によって実現できたインバータの低価格化、小型化によるところが大きい。電化製品の性能向上に伴い、近年ではインバータを用いた高効率な家電製品が広がりを見せている。また、家電製品の中でもエアコンは特に中国やインドなどの新興国において需要が拡大している。経済発展にともなって環境問題が深刻化している新興国において、インバータエアコンは電力使用量を削減できる有効な手段であり、これら非インバータ機をインバータ化した場合には電力使用量および排出二酸化炭素量の大きな削減効果が見込まれる。

しかしながら、配電システムの品質維持のための電源高調波規制が高効率なインバータエアコンの普及促進の妨げとなる。規制を満足するには通常、追加回路が必要となり、電力変換器の高コスト化を招くためである。そのため、インバータの小型軽量化、省資源化、低コスト化と電源高調波規制対応を並立させる制御アルゴリズムの検討が必要となる。

そこで本論文では、電解コンデンサレスインバータの受動素子容量低減による更なる低コスト化を図るための新しい要素技術として、電圧指令高調波印加による電源電流高調波抑制法、高入力力率モータトルク制御法および電源高調波を抑制するフィードフォワード制御法、正弦波電源電流を実現する直接直流リンク電流制御法を提案する。

まず、第1章では、本論文の序章として研究の背景を説明し、本研究の目的について説明する。

第2章では、これまで提案されてきた電源高調波対策と高入力力率化の手法について述べ、従来のアクティブ素子等の回路追加による高力率正弦波化手法の問題点を整理する。次に、本論文で取り扱う電解コンデンサレスインバータを示し、その基本となる制御アルゴリズムを述べる。また、電解コンデンサレスインバータにおいてこれまで取り扱われてこなかった電源高調波について述べ、その問題点を示す。そして、電源高調波を抑制する新しいインバータ制御手法を提案する。最後に、従来の回路および制御手法と、電解コンデンサレスインバータおよび提案制御手法を比較し、本論文の研究の位置付けを示す。

第3章では、電圧指令高調波印加による電源電流高調波抑制法の提案と、その有用性について明らかにしている。印加する電圧指令高調波はオフラインで決定し、モータの空間高調波による電源電流高調波と、LC共振による電源電流共振振動をそれぞれ抑制する。LC共振による電源電流共振振動をオンラインで抑制する手法については付録にて述べる。また、第2章で述べた電解コンデンサレスインバータの従来の制御アルゴリズムにおいて、電源電流高調波を増加させないモータ電流制御器の設計指針についても述べる。提案するシステムは、家庭用電化製品を対象としたIPMSM駆動システムへの応用を目的としており、その有用性を実験による評価と従来方式との比較により明らかにする。

第4章では、第2章で述べた従来の制御アルゴリズムの高性能化と位置付けて、電源電力とモータトルクまでのパワーフローに着目した高入力力率モータトルク制御法を提案す

る。また、電源電流高調波抑制手法の制御帯域以上の電源電流高調波をオンラインで抑制する高速電圧フィードフォワード制御法を提案している。モータトルク制御法では高入力力率制御系のゲイン設計指針を明らかにし、高速電圧フィードフォワード制御では直流リンク電流波形を改善するための電圧指令修正量をオンラインで計算し、パッシブフィルタ回路の容量増加無しで電源電流高調波が抑制できることを示す。本提案法の有用性は、実験により明らかにする。

第5章では、電圧飽和による電源電流歪みをなくし、正弦波電源電流を実現する直接直流リンク電流制御を提案している。ここでは、第4章で述べたフィードフォワード制御理論を電圧飽和領域へ拡張し、電圧飽和時においても直流リンク電流を制御する手法を示す。また、本提案法を適用するために必要な条件を示し、これに基いて新しくd軸電流指令値を算出する。ここでも提案したシステムの有用性は、実験により明らかにする。

最後に、第6章では、エアコン用電解コンデンサレシインバータの低コスト化に対する本論文の成果と各提案法における総括、そして今後の課題を示す。

本論文は、単相商用電源からモータまでのパワーフローを考慮した上で、直流リンク電流直接制御に基づく電源電流高調波の抑制技術を確立したものであり、工学的かつ工業的に意義のあるものである。