

論文内容の要旨

氏名 佐藤 大介

地球温暖化対策の一環として、化石エネルギーの消費による温室効果ガス排出量の削減が必要とされる。そのため、再生可能エネルギーの普及促進とともに、無駄なエネルギー消費を低減する技術が求められる。また、一次エネルギーのおよそ4分の1は電力化され、さらに電力の半数は電動機の駆動に使用される。近年、電動機駆動システムは産業機器や家電だけではなく、自動車や油圧システムの電動化にも取り入れられており、今後も電動機駆動システムの数は増加することが見込まれる。したがって、エネルギー消費を低減するにあたり、電動機駆動システムの低消費電力量化がますます求められる。低消費電力量化を目的とした電動機駆動システムの設計では、数多くの検討事項や候補から適切な設計値を導く必要がある。よって、比較的簡易な設計手法によって、最適なシステム構築を実現することが求められる。

そこで、低消費電力量化を目的とした永久磁石同期電動機駆動システムの簡易設計法について検討する。本論文では、従来手法に関する問題を解決するため、速度の関数を用いた手法を提案する。本提案手法により、電動機駆動システムの消費電力量の簡易評価および低消費電力量化手法の単純化を実現し、低消費電力量となるシステムの最適設計が可能になる。

第1章では、世界的なエネルギー消費の低減と経済発展の両立を実現するために、電動機駆動システムにおける低消費電力量化が必要とされる背景を述べる。また、低消費電力量な永久磁石同期電動機駆動システムの設計に必要な要因を挙げ、本論文において検討する消費電力量の評価手法とインバータの回路方式と変調方式に着目した低消費電力量化手法の重要性を述べる。

第2章では永久磁石同期電動機駆動システムの低消費電力量化を実現するための設計手法に関して、消費電力量による評価を前提として考えたときの従来の鉄損解析手法および消費電力量の評価手法、マルチレベルインバータによる消費電力量低減効果の評価、非線形変調の利用を実現するための制御手法について、それぞれ特徴と問題点を整理する。また、これらの従来手法の問題点を解決するため、速度の関数を用いた簡易設計を提案し、本論文の位置付けを示す。

第3章では永久磁石同期電動機の鉄損を簡易的に計算することを目的として、パーミアンス法モデルを提案する。従来のパーミアンス法モデルではギャップ中の磁束分布を考慮するために回転子位置により変化する磁気抵抗や結線を変化させる手法がとられていた。これらの手法はモデルの複雑化を招き、構築に時間がかかるという問題があった。この問題を解決するため、起磁力関数という新しい要素を導入し、モデルの単純化を実現する。また、提案モデルの有用性を評価するため、提案モデルにより鉄損計算を行い、有限要素法モデルによる解析結果および実機システムにおいて測定した結果と比較する。

第4章では、消費電力量の簡易評価手法の提案とインバータのマルチレベル化による低消費電力量化について検討する。アプリケーションによっては、速度変化により電動機の

動作点が複雑に変化し、消費電力量の評価を難しいものとしていた。そこで、速度により変化する効率を関数として扱い、これにより消費電力量を評価する手法を提案する。提案手法による消費電力量の評価結果の妥当性を検証するため、実機実験により評価を行う。また、マルチレベルインバータの適用による駆動システムの消費電力量低減効果はあまり評価されていないため、提案評価手法により、2レベル方式に対するマルチレベルインバータの消費電力量低減効果を定量的に評価する。特にマルチレベルインバータにより消費電力量の低減効果を大きく得られる電動機の駆動条件を明らかにする。

第5章では、インバータの非線形変調の利用による低消費電力量化とこれを実現するために必要な簡易速度制御法を提案する。非線形変調によりインバータのスイッチング損失を低減できることから、低消費電力量化を実現できると考えられる。一方、非線形変調を利用するためには、電圧に含まれる低次高調波による影響を考慮する必要がある。本論文ではオープンループ制御の適用を検討する。オープンループ制御は従来の制御法と比べて、簡単であるという利点があるが、制御器に安価な汎用マイコンの使用を前提しているため、方形波電圧領域において、トルク脈動が増加するという問題がある。そこで、速度によって伝達関数が増加する可変バンドパスフィルタを用いることで、トルク脈動を低減させる。提案制御の有用性を確認するためにシミュレーションと実機実験を行う。また、非線形変調の利用による消費電力量低減効果を示す。

第6章では、本論文の有用性と各章で提案した回路の総括を述べ、今後の課題についてまとめる。