（様式第３号）

論　文　要　旨

論 文 題 目

"Study on High Performance Drive for Permanent Magnet Synchronous Motors"

（和訳：永久磁石同期電動機の高性能駆動に関する研究）

近年のパワーエレクトロニクス技術の進歩に伴い，可変電圧・可変周波数電源である電圧形インバータを用いた交流電動機の可変速駆動が実用化されている。交流電動機は産業機械やエレベータならびに電気自動車等の駆動源として利用されており，品質向上や性能向上の面から交流電動機の高性能駆動が重要になっている。可変速駆動は低速領域から高速領域までの広範囲に及ぶことから，全速度領域において高性能駆動を実現するためには速度領域に応じた改善が必要となる。特に，高速領域では鉄損による出力トルクへの影響の低減，低速領域では電圧形インバータ使用による電流脈動の発生を抑制する必要がある。

本論文では，永久磁石同期電動機を対象に可変速駆動の高性能化について論じている。高速領域に関しては，交流電動機内で鉄損が増加し，出力トルクに影響を及ぼすことから、通常の永久磁石同期電動機の数学モデルに鉄損を加えたモデルを導出し，その影響を解析している。一方、低速領域に関しては，永久磁石同期電動機の電源である電圧形インバータのデッドタイムの影響が顕著となることから，その補償方法について論じている。本論文は６章構成となっており、各章の概要は以下のとおりである。

第１章では，永久磁石同期電動機の可変速駆動システムの説明，各速度領域における高性能駆動に対する問題点ならびに本論文で論じている解析方法や補償方法の概要を記述している。

第２章では，鉄損を含めた永久磁石同期電動機の数学モデルについて記述している。鉄損を含めた数学モデルとして並列形ならびに直列形が提案されているが，それらの関係は明確にされていない。本論文は，両モデルが数学的に等価であることを証明し，両モデルの物理的意味を明確に示していることから鉄損を考慮した永久磁石同期電動機の解析に対して有益である。

第３章では，鉄損を考慮した永久磁石同期電動機の数学モデルに含まれる鉄損抵抗の測定法について記述している。本手法は鉄損が速度起電力の２乗に比例することに着目しており，線形関数の傾きより鉄損抵抗を直接算出している。従って，本手法は機械損および漂遊負荷損に影響されない特長を有している。

第４章では，算出した鉄損抵抗を用い，永久磁石の数学モデルに基づいて鉄損が出力トルクへ及ぼす影響を定量的に評価している。実験により評価結果の妥当性を検証している。

第５章では，電圧形インバータのデッドタイムによる低速領域の影響とその補償方法について記述している。実験により，低速領域における電流脈動が大幅に低減できていることを示している。

第６章では，本論文のまとめを行い，今後の課題について記述している。

氏　名　　浦崎　直光

（様式第５－３号）

平成 16 年 7 月 30 日

琉球大学大学院
理工学研究科長　殿

論文審査委員
主査　氏　名　千住　智信　㊞
副査　氏　名　上里　勝實　㊞
副査　氏　名　仲村　郁夫　㊞

学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し，学位論文の審査及び学力確認を終了したので，下記のとおり報告します。

記

申　請　者	氏　名　浦崎　直光			
現　住　所				
成績評価	学位論文　(合格)　不合格		学力確認　(合格)　不合格	
論文題目	Study on High Performance Drive for Permanent Magnet Synchronous Motors （和訳：永久磁石同期電動機の高性能駆動に関する研究）			

審査要旨（2000 字以内）

我が国における電力の最終用途の 70%が電動機で使用されていると言われており、電動機は一般家庭から産業界に至る様々な分野で不可欠となっている。特に、産業界では機械の高効率化、高速化ならびに高精度化が重要な課題となっており、交流電動機による高性能な可変速駆動が要求されてきている。交流電動機の可変速駆動システムでは電圧形インバータによる可変電圧・可変周波数電源を用いるため，高性能駆動を実現するためには電動機の特性を正確に表現した数学モデルの構築ならびに電圧形インバータの高性能化が必要となる。

本研究は、交流電動機の中でも近年注目を集めている永久磁石同期電動機を対象に可変速駆動の高性能化について検討している。可変速駆動は低速領域から高速領域までの広範囲に及ぶことから、本研究では各速度領域に応じた電動機制御技術の向上を図っている。

（次頁へ続く）

高速領域においては永久磁石同期電動機内で増加する鉄損が出力トルクに影響を及ぼすことから，本研究では鉄損を考慮した永久磁石同期電動機の数学モデルについて解析している。最終的に鉄損の影響を定量的に解析し、その補償方法を提案している。一方、低速領域においては永久磁石同期電動機の電源として用いられる電圧形インバータの非線形要素の１つであるデッドタイムの影響とその補償方法を提案している。

本研究の成果を要約すると以下のとおりである。

1・鉄損を考慮した永久磁石同期電動機の数学モデルにおいて、並列モデルと直列モデルを解析し、両者が数学的に等価であることを証明している。また、両モデルの特長として、（1）並列モデルは物理的意味が容易な表現であり、物理的な振る舞いを解析する上で優れていること、（2）直列モデルは状態変数の増加がなく制御器設計の際に優位であることを示している。

2．鉄損を考慮した永久磁石同期電動機の数学モデルに含まれる鉄損抵抗に関して新しい測定法を提案している。提案手法は励磁の調整が困難な永久磁石同期電動機に対して有効であり、出力トルクの計算値と実測値との比較により測定した鉄損抵抗の妥当性を検証している。また、種々の動作点における測定結果より、鉄損抵抗が回転速度に依存して変化することを示している。

3．種々の動作点において、出力トルクに対する鉄損の影響を解析している。さらに、解析結果に基づいて鉄損の影響を補償したトルク制御システムを構築し、その妥当性を検証している。出力トルクに対する鉄損の影響は高速領域において増加するため、永久磁石同期電動機の高速化において本研究で展開した解析は有益である。

4．電圧形インバータのデッドタイム補償法において、固定子電流の零交差点付近の極性判別を適切に行うアルゴリズムを提案している。提案したアルゴリズムは簡潔であり、実装容易である特長を有している。通常のデッドタイム補償時と比較して電流ひずみが大幅に低減できることを実験により検証している。デッドタイムは電圧形インバータにおいて必然的に存在する非線形要素である。デッドタイムによるインバータ出力電圧の変化は駆動条件によらずほぼ一定であるから、出力電圧の低下する低速領域における電動機駆動の安定化ならびに高性能化に対して本研究で提案した手法は有効である。

以上のように、本研究は電動機制御技術の発展に大いに寄与し、工学的に価値のある新しい成果を得ているため、提出された学位論文は博士の学位論文に値するものとして学位論文の審査を合格とする。また、（1）筆記試験（外国語）の結果、申請者は本学大学院博士課程修了者と同等以上の学識を有していること、（2）論文発表会における発表ならびに質疑応答の結果、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに本学大学院博士課程修了者と同等以上の研究能力を有していることが確認できたので、学力確認も合格とする。