

論文審査の結果の要旨

報告番号	博（工）甲第4号	氏名	宮本 恭祐
学位審査委員	主査 樋口 剛 副査 辻 峰男 副査 山下 敬彦 副査 阿部 貴志		
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>宮本恭祐氏は、2011年4月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に社会人学生として入学し、現在に至っている。同氏は、工学研究科博士後期課程に入学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、永久磁石同期機の高効率化や自起動型永久磁石モータの開発に関する研究を行い、その成果を2013年12月に主論文「永久磁石同期機における高効率化と実用化に関する研究」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文12編（うち審査付き論文10編）、学位の基礎となる論文1編（うち審査付き論文1編）を付して、博士（工学）の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は、2013年12月18日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2014年2月19日の工学研究科教授会に報告した。</p> <p>本研究は、希土類磁石の特性向上、制御技術の発達とともに発展を遂げてきた永久磁石同期機（以下PMSMと略す）に関する設計法の研究と3種類の負荷特性に応じたPMSMの開発を行ったものである。まず、高効率化のための研究の視点を電機子の巻線方法に置き、特に分数スロット巻線方式と高エネルギー積磁石で構成された電磁部の高効率化設計の検討を行っている。次に、この検討結果を基に、回転電機の代表的な3つの負荷、「定トルク負荷」、「2乗逓減トルク負荷」、「定出力負荷」へ適用し開発を行っている。さらに、PMSMを自起動型PMSMやリラクタンスモータ等の他種のモータと比較することでPMSMの回転電機の中での技術的な位置づけの検討を行っている。</p> <p>第2章では、設計の基本技術となるPMSMの最適設計法に関する検討を行っている。モータ定数方程式、トルク方程式を導出し、性能評価指数をモータ定数密度に定め、極数をパラメータにした場合のモータ定数密度が最大となる最適機器体格を求めている。</p> <p>第3章では、高効率化のために効果的と考える分数スロット巻線について、Slot Star Diagramを用いてその効果を明らかにし、さらに分数スロット巻線における不等ピッチ巻線の有効性を明らかにしている。</p> <p>第4章では、PMSMの「定トルク負荷」への適用例として、永久磁石リニア同期モータの高推力</p>			

化、低トルクリプル化について検討している。特に、高推力化に関しては、吸引力相殺形電機子に方向性電磁鋼板を用いて推力特性を改善させる方法を、低トルクリプル化に関しては、コギング相殺構造による方法を提案し実験によりその効果を確認している。

第5章では、PMSMの「2乗過減トルク負荷」への適用例として、大型風車用永久磁石同期発電機の開発を行っている。電機子巻線には分数スロット巻線方式（毎極毎相のスロット数 $q$ が、 $1 < q < 3/2$ ）を用いて、起電力の全高調波歪（THD）特性を改善し、これを電源のマトリクスコンバータと組み合わせて評価した結果、Grid電流のTHD特性を目標以下にできることを実証している。

第6章では、PMSMの「定出力負荷」への適用例として、工作機械主軸用永久磁石同期モータの開発を行っている。モータを埋込磁石構造にし、高速運転時の巻線切替制御方式を想定した電磁設計を行うことで高効率化を図り、誘導機を搭載した主軸に対して、加工時間を短縮させ、工作機械の加工能力を向上させている。

第7章では、国際規格のプレミアム効率IEC-3、IEC-4のクリアを目的として開発研究を行った自起動型PMSMや磁石レスモータとして開発を行ったセグメントタイプスイッチトリラクタンスモータと比較することで、本論文で提唱した「交流機の電磁構造マトリクス」の中でのPMSMの位置づけを検討している。その一つの結論として、PMSMの位置づけを評価する場合、第2章で述べた「モータ定数密度」の他、「定出力指数」、「定出力指数密度」での比較が必要であるとの結論を導き出している。

以上のように本論文は、永久磁石同期機に関して、まず高効率化設計の基本となる性能評価、最適設計法、巻線法について検討し、次に、これらの研究で得られた設計指針を実際に制御用リアモータ、大型風車用発電機、工作機械主軸用モータに適用する実用化研究を行い、さらに、「交流機の電磁構造マトリクス」を示して、他のモータとの比較を交えながら、永久磁石同期機の位置づけや評価方法をまとめている。このように、自動車・鉄道、産業応用、家庭電気の分野で今後ますます需要が伸びるであろう永久磁石同期機の高効率化およびその実用化の研究に関して、新規性および独創性があり、高い学術的価値を有するものと評価できる。

学位審査委員会は、宮本恭祐氏の研究が電気・電子工学の電気機器の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。