T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ハイブリッド自動車用スイッチトリラクタンスモータの小型高出力化・高効率化および低騒音化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	清田恭平
Author(English)	Kyohei Kiyota
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9781号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:千葉　明,赤木　泰文,渡邉　朝紀,高橋　宏治,竹内　希,堺　和人
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9781号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	清田　恭平	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	千葉　明	教授	竹内　希	講師
	審査員	赤木　泰文	教授	堺　和人	東洋大学教授
		渡邉　朝紀	特任教授		
		高橋　宏治	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「ハイブリッド自動車用スイッチトリラクタンスモータの小型高出力化・高効率化および低騒音化に関する研究」と題し、和文７章から構成されている。

第 1 章序論では、本論文の主題が、普及時期に入ったハイブリッド自動車のモータのレアアース問題を解決する手法の確立にあることを述べている。ネオジウムなどのレアアース永久磁石を使用しないで、現行の小形軽量なモータと等しいトルク、出力を出し、さらに同等の効率を実現するモータとして、スイッチトリラクタンスモータに大きな可能性があることを述べている。

第 2 章「自動車用スイッチトリラクタンスモータの技術動向」ではスイッチトリラクタンスモータの基本原理、自動車駆動用に開発されたスイッチトリラクタンスモータの技術動向を調査している。現行のレアアース磁石を使用したモータと等しいトルク密度、最高効率を両方実現したモータが存在しないことを述べている。さらに、フェライト永久磁石、ハイブリッド巻線界磁モータなどの省レアアースモータについて調査結果を明らかにし、トルク密度、最高効率などが劣ることを明らかにしている。

第 3 章「小型高出力・高効率 SRM の検討」では、レアアース永久磁石を使用した高性能なモータと等しいトルク密度、最高効率を実現できる可能性があるスイッチトリラクタンスモータ（SRM）の設計を検討している。低鉄損の鉄心を使用し、同等のトルク密度、最高効率を実現できる可能性を示している。この際、電流実効値を低減するためには適切にコイル巻数を選択することが重要であることを明らかにしている。さらに、電流連続制御を適用することにより、高速域における最大出力は1.6 倍程度に向上できることを明らかにしている。

第 4 章「各燃費規格における IPMSM と SRM の比較」では、レアアース永久磁石を使用した永久磁石内蔵型モータ(IPMSM)とスイッチトリラクタンスモータ（SRM）を、自動車の燃費を算出する走行パターンを、日本、米国、欧州の規格に基づいて比較している。電気自動車として運転し、プリウス程度の大きさの自動車を設定し、走行に必要なエネルギーを算出している。走行に応じて動作点は速度トルク平面上を移動する。平面上の各動作点での、各モータの効率が必要エネルギーに大きく影響することを明らかにしている。スイッチトリラクタンスモータは高速域での効率がよいため、米国の高速走行モード、欧州の走行モードでの必要エネルギーが IPMSM より低いことを明らかにしている。さらに、ギヤ比を増加することにより、より必要エネルギー量を低減できることを明らかにしている。

第 5 章「設計 SRM の実負荷試験及び解析との比較」では、第 3 章で設計した SRM を試作し、負荷試験等を行った結果を示し、考察している。モータの試作は多くの大学で行われるミニモデルではなく、実機サイズであり、トルク 200Nm 強、直流側電圧 650V、電流ピーク値 200A 強、最大出力 100kW 程度である。レアアース永久磁石モータと比較して、同等のトルク、最高効率が実現できたこと、最大電流実効値は低減できること、最大出力は高速域で 1.6 倍に増加できることを確認している。さらに、コンピュータ解析段階での予測値と実測値が２カ所で差異が発生することを指摘している。すなわち、大トルク領域と高速高出力領域である。この 2 つの領域で予測値から実測値がずれた原因を明らかにしている。

第 6 章「SRM の円筒化による効率・騒音改善」においては、スイッチトリラクタンスモータで問題となる騒音を低減するため、あたらしく回転子にリブを形成する回転子構造を提案した。回転子にリブを構成すると突極性が低下し、等しいトルクを得るために必要な電流が増加してしまう問題点がある。しかし、実際は突極の回転子が発生する風損が大きく低減し、この結果、効率は向上することを明らかにしている。

第 7 章「結論」では本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論を述べるとともに、今後の検討課題について言及している。

以上を要するに、本論文はレアアース永久磁石を用いたハイブリッド自動車用モータのレアアース問題を解決する一方式を提案し、実験的にも確認したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値のあるものと認める。