

## 2019年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	長岡技術科学大学大学院 電気電子情報工学専攻
職位または役職	助教
氏名	日下 佳祐

### 1. 研究題目

---

数式モデルに基づいたスイッチトリラクタンスモータ駆動システムの高効率化

### 2. 研究目的

---

本研究では、スイッチトリラクタンスモータ(SRM)の車載化を目指し、SRM 駆動システムの小型・高効率化を図る。SRM の車載化に向けた課題として、SRM 駆動用インバータを含めたシステムの小型・高効率化が挙げられる。本研究では、SRM 駆動回路を小型化するため、SRM の直流リンク電流リップルの低減が可能な理想電流波形の生成アルゴリズム検討と、実験機による検証を行う。

### 3. 研究内容及び成果

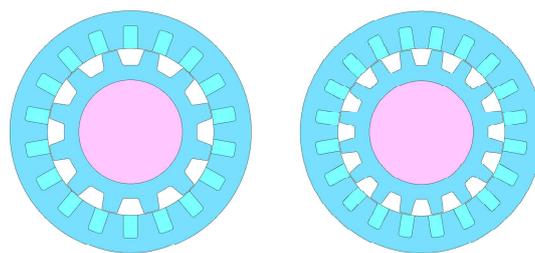
---

本研究では、スイッチトリラクタンスモータ(SRM)の車載化を目指し、SRM 駆動用インバータを含めたシステムの小型・高効率化技術の開発を行った。SRM はモータに通流する電流波形によって出力トルク及び効率が大幅に変化する。そのため昨年度まで、SRM に通流する電流のリプルと、出力トルクリプルの両者の低減が可能な電流波形(理想電流波形 II)を数式モデルから導出するアルゴリズムの開発を行ってきた。本年度はこれに加え、SRM 駆動用インバータの直流リンク電流に通流する電流ピークの低減を図った。SRM の直流リンクコンデンサは通流する電流リプルによって決定するため、システムを小型化するためには、直流リンクコンデンサ電流の低減が必須である。

SRM に通流する電流リプルと出力トルクリプルの低減に加え、直流リンクコンデンサ電流が最小となる理想電流波形 III の導出を目指して研究を行った結果、自由度が不足しており、3 つを全て満足することが理論的に不可能であることが判明した。そのため研究方針を転換し、モータの構造から上記 3 つの目標を解決できるのではないかと考え、新たな構造をもつ SRM を開発した。新型の SRM は従来の SRM よりも多相であることが特徴であり、これにより従来よりも多くの自由度を持つ。開発した SRM により上記の特性を満足可能であることを実験により確認した。

## 4. 今後の研究の見通し

本研究により開発した新型のSRM(構造例:図1, 仕様例:図2)のように, 相数を増加させることで相数を増加させると自由度が増え, その自由度によって所望の特性を与えることが可能であるという知見が得られた。本成果を応用することで, 所望の特性をさらに追加することが可能となる見込みがある。一方で, 単なる相数の増加はコストの増加を招くため, コストと特性のトレードオフを考慮してシステムを設計していく必要がある。今後はこれらのトレードオフを考慮したシステムの設計法を確立できれば産業への貢献が可能である。



(a) 3-phase 18S/12P SRM (b) 5-phase 20S/16P SRM

図1 新型SRMの概略図

	3-phase 18S/12P SRM	5-phase 20S/16P SRM
Rated power $P_m$	5.5 kW	
Rated speed $\omega_r$	12000 r/min	
Rated torque $T_n$	9.3 Nm	
Input voltage	48V	
Number of poles	Stator 18, Rotor 12	Stator 20, Rotor 16
Number of turns	12 turns	11 turns
Winding resistance	0.012 $\Omega$	0.018 $\Omega$

図2 SRMの仕様例

## 5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

## 【国際会議(査読付)】

1. Takahiro Kumagai, Keisuke Kusaka, Jun-ichi Itoh, "Reduction Method of Current RMS Value, DC Current Ripple, and Radial Force Ripple for SRM based on Mathematical Model of Magnetization Characteristic", IEEE INTERNATIONAL FUTURE ENERGY ELECTRONICS CONFERENCE IFEEC2019, Vol. , No. 1123, pp. (2019)

## 【国内会議(査読無)】

1. 熊谷崇宏, 伊東淳一, 日下佳祐, 佐藤大介: 「磁気飽和を考慮した要求 N-T 特性を満たすスイッチトリラクタンスモータの最適設計手法」, 静止器・回転機合同研究会, No. SA-20-016, RM-20-016, pp. 1-6 (2020)
2. 熊谷崇宏, 伊東淳一, 日下佳祐: 「SRM の 5 相化によるトルクリプル, DC 電流リプル, ラジアルカリリプル低減」, 令和 2 年 電気学会 全国大会, Vol. , No. 5-075, pp. 120-121 (2020)

## 【受賞】

1. IEEE International Future Energy Electronics Conference 2019, Best Paper Award