

氏 名	楠見 隆行		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	6 4 0 1	号
学位授与の日付	2 0 2 1 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Suppression technique of torque ripple and input current ripple of switched reluctance motors for electric vehicle application (電気自動車用スイッチトリラクタンスモータのトルクリップルと入力電流リップルの抑制技術)		
論文審査委員	教授 平木 英治	教授 金 錫範	教授 竹本 真紹
学位論文内容の要旨			
<p>Switched reluctance motors (SRMs) are attractive to propel the EVs. This is because the SRMs are free from permanent magnet yielding cost-effectiveness and thermal robustness. In addition, because the SRMs are often driven under the magnetic saturation, SRMs' high torque density is expected. However, the torque ripple and the input current ripple prevent the EV application of the SRMs.</p> <p>This thesis addresses the above issues by proposing the technique which can suppress both the torque ripple and the input-current ripple. In addition to the suppression of these ripples, the wide operating range and the high efficiency are required as the EV propulsion motors. Therefore, this thesis develops the technique step by step at each chapter.</p> <p>In chapter 2, the phase-current waveform which can suppress both the torque ripple and the input-current ripple is presented. To propose a basic theory, chapter 2 does not consider the motor efficiency. Besides, chapter 2 assumes the low torque operation, where the SRMs are magnetized below the magnetic saturation level. The proposed waveform is analytically formulated based on the phase inductance profile, and hence, can be derived for SRMs with an arbitrary phase inductance profile, including the commercially available SRMs. The simulation and experiment present a successful reduction in the input-current ripple and the torque ripple, compared to the conventional square-shaped phase-current waveform.</p> <p>In chapter 3, the novel set of the phase-current waveform and the rotor shape is presented to improve the efficiency. Due to the commercially available rotor shape of SRMs, chapter 2 suffers from the increment of the effective value of the phase-current, which results in large copper loss. To solve this problem, chapter 3 simultaneously tunes the rotor shape and the phase-current waveform, which can eliminate both of the input-current and torque ripples with minimum effective value of the phase-current. The simulation and the experiment confirmed elimination of these two ripples with reduced effective value of the phase-current compared with the previous technique.</p> <p>In chapter 4, the phase-current waveform which can suppress both the torque ripple and the input-current ripple is presented to extend the torque range. As chapter 2 and 3 assume the low torque operation and derive the phase-current waveforms, these phase-current waveforms suffer from the torque ripple and the input current ripple at high torque operation due to the magnetic saturation. Therefore, the phase-current waveform is newly proposed by modifying the phase-current waveform derived by the technique in chapter 2. The simulation and experiment present a successful reduction in the input-current ripple and the torque ripple, compared with the previous technique.</p>			

論文審査結果の要旨

スイッチトリラクタンスモータ (SRM) は、安価で堅牢であるため電気自動車 (EV) の動力源として期待されている。しかしながら、トルクリップルとバッテリーからの入力電流リップルが実用化に向けた大きな課題となっている。これまでの研究では、トルクリップルもしくは入力電流リップルどちらかの抑制手法は示されているが、これらを同時に抑制する技術の提案には至っていない。

そこで、本研究では SRM のトルクリップルと入力電流リップルを同時に抑制する技術の開発を行った。まず、トルクリップルと入力電流リップルの原因が、トルクと相電流に存在する 3 の倍数次の高調波成分であることに着目し、これらをキャンセルする相電流プロファイルを提案した。提案した電流プロファイルは SRM の構造に起因する相インダクタンスプロファイルに基づいて解析的に定式化されており、市販の SRM を含め任意の相インダクタンスプロファイルを持つ SRM に対して導出することが可能である。しかしながら、提案する相電流プロファイルの導入によってトルクリップルと入力電流リップルを同時に抑制することには成功したが、銅損の増加が顕著となった。そこで、相電流プロファイルだけでなく、SRM のロータ構造の変更によって相インダクタンスプロファイルも最適化することで、トルクリップルと入力電流リップルを同時に抑制しつつ、かつ銅損の増加をも抑制することが可能であることを示した。さらに、提案する相電流プロファイルをモディファイすることで、大トルク発生に伴う磁気飽和状況下においても、トルクリップルと入力電流リップルを同時に抑制することが可能であることを示した。

本研究によって得られた成果は、EV はもとより様々な工業・民生分野での SRM 適用に向けて有用な知見を提供するものであり、工学的・学術的価値が高い。したがって、本研究は博士 (工学) の学位に値するものと認められる。