

審査の結果の要旨

氏 名 新 政 憲

本論文は「自動車用永久磁石モータの低振動・低騒音化」と題し、自動車用永久磁石モータの振動と騒音の問題について、誘導モータと発生原理や解決方法が大きく異なる振動・騒音の発生原理を解明し、それに基づく根本的な解決法について検討して、実験によりその妥当性の検証を行ったものである。具体的には、振動・騒音をその発生原因から、ギャップの高調波電磁力による電磁振動と騒音、磁気吸引力の不均衡に起因する振動と騒音、およびトルクリップルによる周方向高周波電磁力が構造物の固有振動数で加振して発生する振動・騒音の3つに分類し、詳細に検討している。論文は7章から構成されている。

第1章は「序論」であり、自動車用モータの要求性能と開発動向、リラクタンストルク活用による永久磁石モータの高出力・高効率化、および回転電気機械における振動と騒音現象とそこにおける課題について説明し、その上で本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は「永久磁石リラクタンスマータ」と題し、ハイブリッド自動車や電気自動車用のモータとして求められる仕様と回転子断面構造の変遷を整理した後、永久磁石リラクタンスマータの構造や特性、特長などがまとめられている。このモータは、少量の磁石と、回転子に磁氣的に強い異方性が出るように断面形状を最適化してリラクタンストルクが主なトルクとなるように開発され、特に自動車用に最適設計された永久磁石リラクタンスマータは、小型・高出力で広い可変速運転範囲と広い高効率運転領域を実現している。

第3章は「ギャップの高調波電磁力による電磁振動と騒音」と題し、8極36スロットの永久磁石リラクタンスマータで発生した振動と騒音が、ギャップの高調波電磁力と固定子の固有振動数が共振して発生していることを明らかにした。その対策として、偶数次成分を発生しない巻線に切り替えることが有効であることを示し、具体的な抑制策として、8極36スロットの分数スロットから整数スロットである8極48スロットに切り替えることを提案し、その有効性を示した。

第4章は「磁気吸引力の不均衡に起因する振動と騒音」と題し、巻線ならば

に磁気回路の不均衡に起因する振動・騒音の発生原理と解決手法をまとめた。8極 48 スロットの永久磁石リラクタンスマータにおいて、2000 rpm から 3000 rpm の低速、低負荷で発生した回転周波数の $4n$ 倍以外の整数倍となる振動と騒音が、回転子の偏心運動と並列回路の電流アンバランスによる、回転周波数の $8m \pm 1$ 倍の電磁力により発生していたことを明らかにした。その抑制手法として、隔極接続の並列回路が効果的であることを指摘し、試験によりそれを実証した。

第 5 章は「トルクリップルによる周方向高周波電磁力が構造物を加振して発生する振動と騒音」と題し、トルクリップルによる周方向高周波電磁力が固定子鉄心の周方向固有振動数で加振して、振動・騒音を発生する原理と解決手法をまとめた。この振動と騒音は、モータ回転数の 48 次の周波数で特に顕著となり、スキューによるスロットリップルトルクが周方向高周波電磁力となり、周方向の逆位相の固有振動数を加振して、騒音・振動を発生していることを明らかにした。その抑制策として、4 段 V スキューが有効であることを提案し、試験によりそれを実証した。4 段 V スキューは、スキューを施さない場合に同位相の高周波電磁力で騒音・振動が発生する場合にも有効である。

第 6 章は「騒音低減の効果と評価」と題し、第 3 章から第 5 章で得られたギャップの高調波電磁力による電磁振動と騒音、磁気吸引力の不均衡に起因する振動と騒音、トルクリップルによる周方向高周波振動加振力が固定子鉄心の周方向固有振動数を加振して発生する振動、騒音のそれぞれに対して、モータの固定子巻線のスロット数、並列巻線の接続法、ならびに回転子スキューによるモータのハード面での低振動・低騒音化の効果について総合評価するとともに、制御による振動と騒音の低減手法についてもまとめている。

第 7 章は「結論」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、自動車用永久磁石リラクタンスマータにおいて原因が明らかにならなかった振動・騒音の発生原理を解明して、3 つの振動・騒音源に区分できることを示し、それらの抑制方法を発生原理に基づいて考案して、検証試験によりその有効性を実証したものであり、応用が拡大する永久磁石モータの低振動化、低騒音化に広く役立つ成果であり、電気工学、特に電気機器学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。