

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 細島 拓也

本論文は「共振駆動形静電誘導モータに関する研究」と題し、可動子への直接的な給電を必要とせず、トルクがすべりに依存する静電誘導モータの性質を有し、また電氣的共振を利用して高い出力を得ることができるという特徴を持つ、新しい原理の静電モータに関する一連の研究で得られた成果を纏めたものである。

本文は以下に示す6章で構成されている。

第1章「序論」では、研究の背景と目的について述べている。まず、先行研究として、高い出力重量比を有する静電アクチュエータである交流駆動両電極形静電モータについて述べ、その実用化へ向けた課題の内、特に解決が困難であるものとして、高い出力を維持しつつ可動子と外部電源との直接的な電氣的接続を排除することを挙げている。また、この問題を解決するため、高出力の静電誘導モータの実現を研究目的としたことを述べている。

第2章「両電極形静電誘導モータに関する基礎的検討」では、交流駆動両電極形静電モータの三相電極構造を踏襲した静電誘導モータの実現可能性について理論的な検討を行っている。まず、電磁モータにおける誘導モータからの類推により、固定子・可動子の双方に電極を有し、可動子電極には抵抗要素が接続され、固定子電極に三相交流電圧を印加することにより駆動される両電極形静電誘導モータのモデルを構築している。このモデルにおいては、電極間ギャップに生ずる電場の進行速度と実際の可動子の速度の差からすべり角周波数を定義しており、この角周波数に依存してトルクの変化する静電誘導モータの実現可能性を理論的に示している。また、同モデルを用いた定量的な考察から、この構成では可動子電極の電位が固定子側に比して大幅に低下するという理由により、実用的な出力を有するモータは実現困難であることを示している。さらに、同モータの等価回路に対する考察から、系にインダクタを追加することにより、電氣的共振によって可動子電位を高くすることができ、高出力の静電誘導モータが実現可能になることを示している。

第3章「電氣的共振による静電誘導モータの高出力化」では、第2章における考察を基に考案した共振駆動形静電誘導モータについて、基礎的な理論を構築し、回転形のモータを製作してその理論を検証した結果について述べている。このモータは、回転子側の三相電極にはスリップリングを介して三つの空芯コイルが接続されており、固定子側の三相電極には高圧の三相交流電圧が印加されているという構成となっており、すべり角周波数が系の共振角周波数と一致する条件において回転子電極の電位が最大となり、トルクが最大化されるという特徴を有している。また、同モータを実現するに当たり、電極間の静電容量の非対称性が問題となったが、9対のフィルム状電極を用いて静電容量を平均化する結線方法により、問題が解決可能であることを示

している。同モータを用いた実験により、理論と実際との定性的な一致を確認しており、従来の交流駆動両電極形静電モータと同等のトルクを発生することができる静電誘導モータを実現することに成功している。

第4章「共振駆動形静電誘導モータの設計法」では、より実際的な観点から共振駆動形静電誘導モータの設計法について述べている。まず、第3章で用いたモデルで簡略化のために無視されていた固定子・可動子における誘電損およびインダクタ間の相互インダクタンスを考慮したより詳細なモデルを構築しており、前者が系の共振の鋭さに、後者が系の共振角周波数に影響することを述べている。次に、共振駆動形静電誘導モータにおいては電極間の静電容量が対称であることが極めて重要であり、非対称である場合には振動的なトルクを生ずることを理論と実験の両側面から述べている。また、この結果を踏まえた上で、電極設計における同モータに特有の要件について明らかにし、これを実践した三相が完全に幾何学的に対称な電極を製作している。最後に、この電極を用いて、三つのトロイダルコイルを回転子に搭載したモータおよびスリップリングを介して三つの空芯コイルの接続されたモータを製作し、同電極設計法の有効性を示している。

第5章「静電マスタースレーブ機構」では、電氣的共振を利用して静電モータを高出力化する方法の一つの応用例として、静電マスタースレーブ機構と名付けられた新しい機構を提案している。静電マスタースレーブ機構は、二つの相互に結線された直動形の静電モータで構成され、二つのモータの固定子電極に交流電圧を印加することで、無負荷時には二つのモータの位置が同期し、負荷を一方に加えると他方に伝達されるという、電磁モータにおけるシンクロ系に類似の機能を持つ機構である。まず、同機構においても、可動子電極の電位が固定子側に対して大幅に低くなるという理由により伝達可能な推力が制限されるという問題点があることを示している。次に、この機構においても可動子側に三つのインダクタを接続することで、電氣的共振を利用して伝達可能推力を大幅に向上させることが可能であることを、理論と実験の両側面から明らかにしている。

第6章「結論」では、論文を総括するとともに、今後解決されていくことが望まれる具体的な技術課題について述べている。

このように、本論文は、高出力の静電誘導モータを、電氣的共振を利用するという斬新な手法により実現し、また同モータの理論・設計法から応用まで、詳細な検討結果を報告したものである。その成果は、新たな原理の静電モータを提案することで精密機械工学、メカトロニクス、静電気工学等の学問分野の発展に貢献するものであり、工業的利用への期待も大きいと言える。

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。