

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 山下 典理男

本論文は「静電誘導給電型モータの構造と駆動特性に関する研究」と題し、静電誘導給電型モータ (VITEM) について、誘導特性と駆動特性を解析により明らかにした上で、正弦波電圧駆動及びパルス電圧駆動における適切な駆動手法と電極構造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7章で構成されている。

第1章「序論」では、研究の背景と目的および本論文の構成について述べている。静電フィルムモータの機能性に着目し、応用用途の広がりを目指す上で同期駆動可能で移動子に配線を必要としないモータの有用性について論じた。さらにそれらを満たすモータとしてVITEMを挙げた上で、従来その駆動原理や適切な電極構成が不明確である点を指摘し、駆動特性と適切な駆動手法および電極構造を明らかにすることを目的としている。

第2章「任意相数に一般化したVITEMの特性の解析」では、電極相数によるVITEMの電圧誘導特性および駆動特性について、任意相の交流駆動両電極形モータ(DEMED)とVITEMの解析を通して明らかにしている。特に、二相電極を持つVITEMは、三相以上の電極で構成されるモータとは特性が異なり、同期駆動を行なう際に振動を生じさせる推力成分を有すること、その要因が二相電極上に生じる定在波状の電位分布波であることを指摘している。その上で、高周波交流電圧を用いることにより、振動を生じさせる推力成分を減衰させ、二相電極を持つモータにおいても安定な同期駆動を実現できることを理論的に示している。さらにVITEMの同期駆動時の電力についても議論を与えている。

第3章「VITEMの二相電極特性の実験的検証」では、第2章で得られた二相電極を持つVITEMの駆動特性の理論的知見に対し、プロトタイプを用いた実験的検証を行なっている。高周波電圧を用いた二相四相VITEMの駆動において理論通りの速度での同期駆動を実現しており、また周波数の上昇に伴い、移動子上に発生する振動が減衰していることを確認し、第2章での解析の妥当性を実験的に裏付けている。

第4章「VITEMの電極構造の比較と最適化」では、VITEMにおける適切な電極構造および相数の検証を目指した解析を行なっている。任意相数のVITEMに対して、最適な駆動電極と誘導電極の面積の割合とそのときの推力の理論式を導出し、加えて、摩擦が最適駆動電極面積割合に与える影響について議論を行なっている。さらに、電極等のモータの断面構造が性能に与える影響を指摘し、有限要素解析の援用のもと検証を行なっている。これらの結果を通して、電極厚み等の駆動電極構造が性能に与える影響を明らかにするとともに、VITEMにおける二相四相電極構造の優位性を指摘している。

第5章「VITEMのパルス駆動」では、二相四相VITEMに対して新たな駆動手

法としてパルス駆動手法を提案し、その駆動特性を明らかにしている。3種のパルスシーケンスを提案し、それぞれにおいて安定的な駆動を実現できることを示している。さらに、フィルム表面に蓄積される電荷の影響について、VITEMの移動子に生じる誘導電圧と推力の測定により実験的に検証し、フィルムに蓄積される電荷が推力を増大させられる可能性を示している。これらにより、パルス駆動手法の実証と有効性を示している。

第6章「DCパルスの立ち上がりの影響」では、パルス駆動において、電圧波形が一次遅れをもつ場合のVITEMの電流特性と駆動特性について理論と実験から検証を行なっている。まず、安全性の面から電源出力に電流制限抵抗を接続することを想定し、抵抗と容量性負荷であるVITEMによりRC回路が形成され電圧波形に一次遅れが生じる可能性について言及している。抵抗を接続した状態を模擬した時定数を持つパルス電圧による駆動実験において、VITEMに流れる電流量が理論値とほぼ一致することを確認し、駆動特性に関しても、時定数による最大速度の変化やオーバーシュート量への影響について明らかにしている。次いで、実際に抵抗を接続した駆動実験を通して、抵抗を接続した状態でもVITEMのステップ駆動を行えることを実証している。これらにより、VITEMのパルス駆動における電流制限手法の実現可能性と、そのときの駆動特性を明らかにしている。

第7章「結論」では本研究で得られた結果を総括し、今後の課題について述べている。

このように、本論文では、従来、駆動原理や適切な駆動方法および電極構造が明らかでなかったVITEMに対し、駆動特性の解析および実験的検証を通して、適切な正弦波電圧駆動手法およびパルス電圧駆動手法と電極構造を与えることに成功している。本研究で得られた知見はVITEMのアクチュエータとしての特性を明確にするとともに、提案された駆動手法により静電モータの応用と実用化の可能性を拡大している。その成果はメカトロニクスに関する学術と産業の発展に大きく寄与するものと言える。

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。