

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 申 重燮

本論文は、「工作機械用永久磁石形横方向磁束リニア同期モータの研究」と題し、既に産業界に普及しているものと比較して、工作機械への実装に優位性の高いリニア同期モータの開発することを目的とし、高性能・低材料コストの面に重点を置き、横方向磁束形リニア同期モータの構造を提案し、磁気回路方に基づいた簡易な設計の方法論をまとめ、位置決め制御性能の実証を行ったもので、以下の8章からなる。

第1章「序論」では、研究背景として、産業界におけるリニアモータの役割と要求条件をまとめ、研究の目的と論文構成を簡潔に説明している。

第2章「工作機械への実装に有利なリニア同期モータの構造:両側式横方向磁束形リニア同期モータ」では、工作機械への実装に有利なリニア同期モータの構造の条件を満たす方法として、短ポールポッチによる大推力、界磁側に強磁性体を持たず本質的に垂直力の小さな新構造の両側式横方向磁束リニア同期モータの構造提案している。そして、提案するリニアモータが、工作機械への実装に有利な構造の条件を満たしながら、既存のリニア同期モータの構造から起因する技術的な課題を幅広く改善できることを論理的に示している。

第3章「横方向磁束形リニア同期モータの簡易モータ設計(1):要求体積条件での簡易推力設計点導出法」では、工作機械における既存のリニアモータをより高性能なものに代替する場合を想定し、駆動制御上の問題となる推力脈動を一定の水準以下に抑制しつつ、所与の設置スペースの中で推力を最大化する設計法、簡便な磁気回路法に基づく理論計算と三次元磁界解析を上手に組み合わせる方法を工夫し、詳述している。

第4章「横方向磁束形リニア同期モータの簡易モータ設計(2):要求推力条件での簡易体積設計点導出法」では、新たな工作機械のために小型軽量で安価なリニアモータを納める場合を想定し、与えられた推力の要求を満たしつつ、リニアモータの体積・重量と材料コストで大きな割合を占める希土類永久磁石の使用量を抑制する設計法、簡便な磁気回路法に基づく理論計算と三次元磁界解析を上手に組み合わせる方法を工夫し、詳述している。

第5章「両側式横方向磁束形リニア同期モータの5軸マシニングセンタの送り軸向けの設計と設計点での基礎性能特性測定」では、提案するモータの構造

の優位性と前の2章で提案した設計法の有効性を具体的に示している。すなわち、5軸マシニングセンタの送り軸向けのためのリニアモータを一例として設計し、その基礎性能特性の測定を行い、設計通りの性能が得られたこと、提案した簡易推力設計点導出法が有用性であること、ディテント力低減方法として導入したコアと磁石の最小公倍数が大きくなる組合せや永久磁石のスキューなどの推力脈動低減策が有効であることを、検証している。

第6章「両側式横方向磁束形リニア同期モータの位置決め制御性能の実証」では、本論文で提案するリニア同期モータが、回転機で培われてきた一般的な位置制御の考え方で高い位置制御の性能条件を満たすことを、実証している。すなわち、産業用三相サーボ電源を用いて、前章までの方法論を用いて設計し試作した提案の横方向磁束形リニア同期モータの位置決め制御実験を行い、一般の駆動環境下で容易に1 μ m以下の位置決め性能が得られることを、具体的に示している。

第7章「既存の永久磁石形リニア同期モータとの比較・分析による、工作機械への実装の有利なモータとしての提案モデルの評価」では、上記の試作機の性能を、既存の複数の高性能リニアモータと、構造、駆動性能・材料コストの観点から具体的に比較し、本論文で提案する両側式横方向磁束形リニア同期モータが、工作機械への実装において優位性を持つことを総合的に検証している。

第8章「結論」では、本論文の成果と残された課題をまとめ、産業用リニア同期モータ研究開発の将来展望を述べている。

以上これを要するに、本論文は、電機子の各相の磁気回路が独立で、電機子・界磁間に本質的に強い垂直力が発生しない構造の両側式横方向磁束形リニア同期モータの構造を提案し、その特徴を活かした大きな推力性能を実現する機器設計法をまとめ、その推力特性および位置決め制御性能を実験で確認し、既存のリニアモータとの比較を行って、優位性を論じたものであり、電気工学、特に電気機器工学への貢献が少なくない。

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。