

2022年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	大分大学 理工学部 知能機械システムプログラム
職位または役職	准教授
氏名	高 炎輝

1. 研究題目

高キャリア周波数領域におけるモータ鉄芯材料の鉄損解析方法の開発と検証

2. 研究目的

産業機械の高付加価値のニーズに伴い、10kHz以上の高キャリア周波数インバータ駆動を採用するモータの使用が拡大されつつある。この研究の目的は、高キャリア周波数インバータ駆動源とするモータのさらなる高効率化を図るため、これら高性能モータの開発・設計に用いられる磁界解析による鉄損計算を高精度化することである。その中で本研究では、直流ヒステリシス特性と異常渦電流損両方を考慮した非線形渦電流解析を開発するとともに異なる電磁鋼板のヒステリシスループと鉄損計算に適用し、測定値と比較することにより解析方法の有効性を検証する。今後、インバータ駆動モータの最適設計に適用することが期待される。

3. 研究内容及び成果

1. 直流ヒステリシス特性の測定（国際会議論文1）

永守財団研究助成 2021 直流ヒステリシス特性の測定は渦電流の影響を無視できる超低周波数 (e.g. 0.01Hz) で行う必要があるが、検出信号が非常に小さいため困難であり、比較的測定容易な 20Hz でのヒステリシス特性の測定結果から直接反復計算により直流ヒステリシス特性を推定する方法を提案したが、推定するとき異常渦電流損の影響を無視されているので、その影響を無視してもいいかどうかを直流ヒステリシス特性の測定値と比較することで確認するため、非常に低い周波数で (eg. 2Hz, 0.2Hz, 0.02Hz) の直流ヒステリシス特性をホール素子用いた電磁石測定システムで測定した。しかし、ホール素子を用いた電磁石測定システムは反作用磁界の影響を含むため、それを補正する方法をさらに検討する必要があることがわかった。今後、その補正方法を検討する予定である。

2. グレード異なる電磁鋼板への適用（国内会議論文1）

永守財団研究助成 2021 において、上記の推定法で得られた直流ヒステリシス特性を反作用磁界により考慮し、異常渦電流損を修正導電率法により考慮する直流ヒステリシス特性と異常渦電流損両方を考慮した非線形渦電流解析を無方向性電磁鋼板に適用し、交流対称ヒステリシスループを求め、測定値と比較した。

今年、上記の直流ヒステリシス特性と異常渦電流損両方を考慮した非線形渦電流解析を方向性電磁鋼板に適用し、交流対称ヒステリシスループの計算値と測定値の比較を行った。その結果、方向性電磁鋼板においても、測定した交流対称ヒステリシスループの再現ができることがわかった。

3. 低磁束密度領域における交流対称ヒステリシスループの再現性を良くするための検討（国際会議論文2）

上記の直流ヒステリシス特性と異常渦電流損両方を考慮した非線形渦電流解析をグレード異なる電磁鋼板へ適用したとき、得られた交流対称ヒステリシスループは低磁束密度領域においてループ形状に多少ずれが生じたため、それを改善するため、直流ヒステリシス特性の推定方法を改良した。

4. 改良した直流ヒステリシス特性推定法を用いて得られた直流ヒステリシス特性を使用して、直流ヒステリシス特性と異常渦電流損両方を考慮した非線形渦電流解析により、グレード異なる電磁鋼板の交流対称ヒステリシスループを再度計算し、改善を確認した。（国内会議論文2）

4. 今後の研究の見通し

ホール素子を用いた電磁石測定システムを用いた直流ヒステリシスの測定には反作用磁界の影響を含むため、それを補正する方法をさらに検討する。

5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

学術論文(査読付)

1. Estimation of DC Hysteresis Property Using Nonlinear Eddy Current Analysis Considering Hysteretic Property, Yanhui Gao, Hongyun Zhao, Yuji Gotoh, Weimin Guan, Kazuhiro Muramatsu, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 59, no. 2, pp. 1571-1576, #22814654, 2023.

国際会議(査読付)

2. Investigation on Magnetic Property Measurement Method of Solid Specimens Using an Electromagnet, Yanhui Gao, Yoshizawa Naoki, Hongyun Zhao, Yuji Gotoh, Weimin Guan, Kazuhiro Muramatsu, presentation no. 1570823937, International Conference on Electrical Machines and Systems, 2022年11月, Thailand.
3. An Experimental-Numerical Approach for Energy Loss Separation of Grain-Oriented Electrical Steels, Hamed Hamzehbahmani¹, Taketo Shibauchi, Yanhui Gao, Weimin Guan and Kazuhiro Muramatsu, presentation no. 3891515, IEEE International Magnetism Conference Intermag 2023 Conference, 2023年5月, 仙台.

国内会議

4. 電磁鋼板の交流ヒステリシスループのモデリング, 柴内 勇人, 高 炎輝, 村松 和弘, 2022年度冬電気学会静止器・回転機合同研究会, nos. SA-23-015, RM-23-015, 2023年3月, 東海大学.
5. 直流ヒステリシス特性と異常渦電流損を考慮した無方向性電磁鋼板の鉄損計算, 吉良 綾音, 高 炎輝, 村松 和弘, 2023年度第76回電気・情報関係学会九州支部連合大会, no. 03-1A-04, 2023年9月, 熊本.