回転機の鉄損解析技術

米谷晴之*
谷　良浩**

Technologies of Magnetic Power Loss Analysis for Rotating Machines

Haruyuki Kometani, Yoshihiro Tani

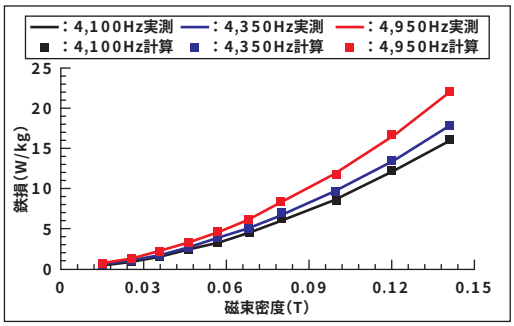
要　旨

近年，地球環境の観点から省エネルギー化が進み，回転機においても高効率化が製品競争力の強化につながるケースが多くなってきている。これに伴い，インバータ駆動される永久磁石モータでは，集中巻き，分割鉄心，磁石埋め込み構造など銅損低減に関して多くの技術開発がなされてきた。しかし，鉄損に関しては，これまで試作・試験による評価以外にこれを精度良く見積もる手法がなかったため，十分な鉄損低減技術が構築されていないように思われる。

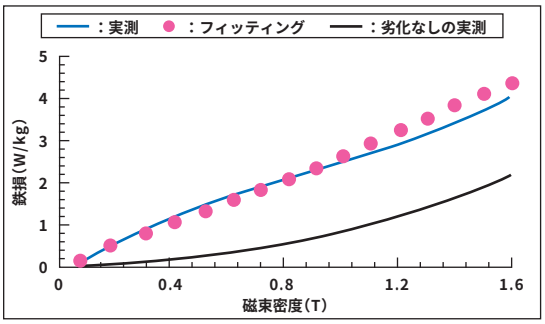
本稿では，試作・試験なしにインバータ駆動される永久磁石モータの鉄損を電磁界解析技術を駆使して計算する手法について示した。

インバータ駆動される永久磁石モータの鉄損は，インバータ高調波やスロット高調波などの高調波による鉄損の見積りがこれまで困難であった。本稿では，表皮効果を考慮した新たな高調波による鉄損の計算手法を提案し，実測と比較検討し，妥当性を証明した。また，フレーム焼きばめや鉄心打ち抜きひずみによる鉄心の劣化も鉄損特性に大きな影響を与えるため，この鉄心の劣化の影響をモデル化する技術を開発した。これは，上記の劣化は製品により大きなばらつきがあるため，劣化の度合いを２種類の劣化係数で置き換え，この係数に範囲を持たすことで対応できるように考えた。さらに，鉄心で発生する鉄損以外の漂遊損と呼ばれる損失についても，解析技術を構築した。

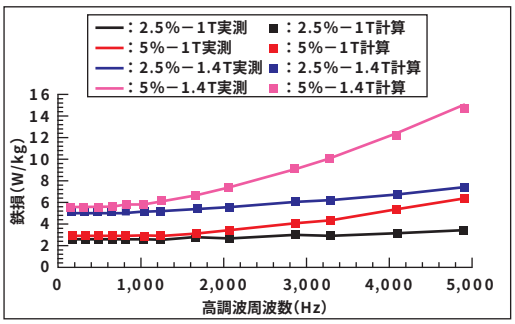
上記の定式化による鉄損解析と実測値を比較し，妥当な解を得た。この手法を各種モータに適用することにより，これまで十分な精度で検証できなかった鉄損が把握でき，モータ又はインバータ設計段階で，鉄損低減構造が提案できると考えられる。



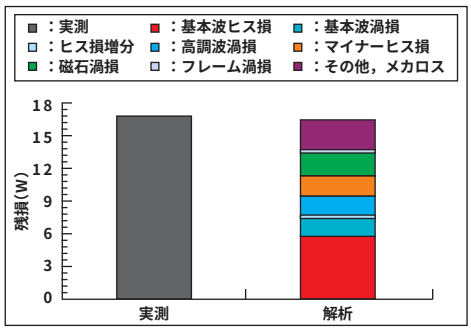
(a)　高周波磁束による鉄損



(c)　鉄心の劣化による鉄損



(b)　高周波重畳磁束による鉄損



(d)　モータの鉄損解析結果例

鉄損解析手法と鉄損解析例

(a)は数kHz以上の高周波磁束によって鉄心に発生する鉄損を計算した例である。鉄心の表皮効果を考慮した定式化により，実測結果とほぼ一致している。(b)はモータの固定子鉄心内で発生する鉄損を模擬した基本波１T及び1.4Tに高調波2.5%並びに５%が重畳した場合の鉄損計算例である。実測結果と計算結果がよく一致している。(c)は焼きばめなどによる圧縮応力印加時の鉄心に発生する鉄損の計算例で，応力により鉄損が増大し，実測と計算がよく一致している。(d)はモータの鉄損解析例である。鉄損発生メカニズムごとに損失分離しており，実測値によく一致している。

*先端技術総合研究所(工博)　**同研究所