

Fig. 1. Representative example of RNA model ($r_{ce} = 80$ mm).

め、自己インダクタンス L 、相互インダクタンス M は、送電側巻線電流 I_p と巻数 N を用いて、(1)式と(2)式でそれぞれあらわされる。

$$L = \frac{N \sum \phi_{ppn}}{I_p} \dots\dots\dots (1), \quad M = \frac{N \sum \phi_{psn}}{I_p} \dots\dots\dots (2)$$

ϕ_{ppn} と ϕ_{psn} は、受電側巻線電流ゼロのときの、送電側起磁力源と受電側起磁力源に流れる磁束をそれぞれ表している。

3. インダクタンスの計算結果

〈3・1〉 インダクタンスの計算 図2と図3にコイル半径 r_{ce} とギャップ h_g を変化させて、 L と M を実験結果と比較してそれぞれ示す。各曲線は、コア半径 r_{fe} 一定とし、 r_{ce} のみ変えた場合のインダクタンス値を示している。また、縦のプロット点は、同一コイル半径における、 h_g を変化させたときのインダクタンス値である。

L と M 共にフルスケールの誤差 30%以内で一致し、モデルの妥当性を確認した。RNAモデル1個あたりの平均計算時間は、一般のPCで1.4秒であり、FEMで解析した場合(モデル1個の平均計算時間: 245秒)に比べて非常に短時間である。 r_{ce} が小さい時の誤差原因は、試作コイルにおける寸法誤差とインダクタンス値の測定誤差である。 h_g が大きい時の M の誤差は絶対量が小さいことに起因し、 L の誤差は、後述する理由より、空気領域の要素サイズ増加に伴うモデル化誤差の影響が大きい。

なお、 r_{ce} と h_g が大きい領域で、 M の誤差が増大する原因は、空気領域を斜めに流れる磁束の影響で磁路の磁気抵抗が増大していると考えられるが、詳細は今後検討する。

〈3・2〉 要素数と誤差の関係 図4にRNAモデルの要

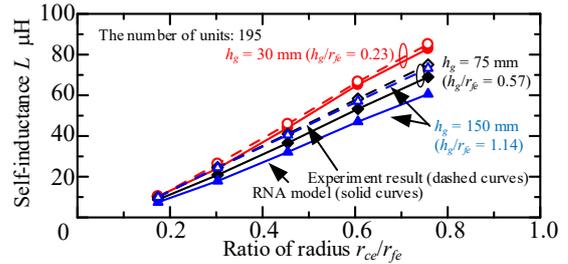


Fig. 2. Self-inductance of prototype and RNA model.

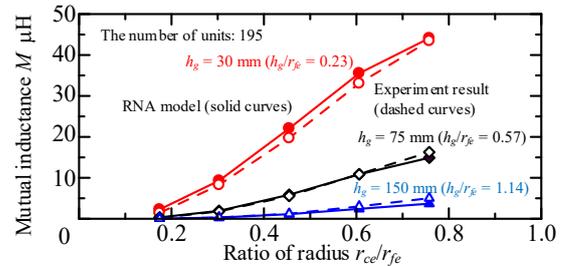


Fig. 3. Mutual inductance of prototype and RNA model.

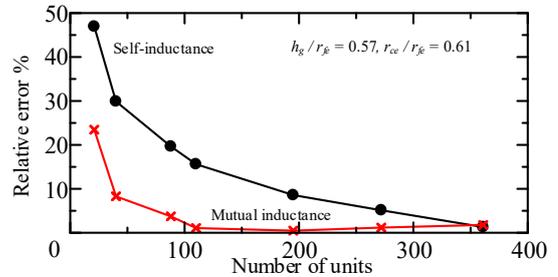


Fig. 4. Relative error of self-inductance and mutual inductance.

素数を変更した時の、 L と M の実験結果に対する誤差を示す。モデル領域は図1と同じとし、要素数は、要素サイズを小さくすることで増やした。

図4より、誤差は要素数が多いほど小さくなる。加えて、同じ要素数では、 L より M の誤差が小さくなる。精度良く L を計算するためには、巻線周囲の詳細な磁束密度分布が必要である。しかし、RNAモデルは要素サイズより詳細な磁束密度分布を表現することは困難である。したがって、要素数が少ない(要素サイズが大きい)程、誤差が増大する。一方、 M の計算の際は、ノイマンの公式より、巨視的な磁束密度分布が支配的となる。したがって、要素数が少なくとも、伝送コイル全体の磁束密度分布が概ね再現できれば、 M は精度よく計算できる。

以上の結果より、伝送コイルの周囲を含めた領域を、約200個以上の要素で分割すれば、自己インダクタンス、相互インダクタンス共に誤差10%以内で簡易的に導出可能であり、本簡易設計法が妥当であることを確認した。

文 献

- (1) R. Bosshard, et al.: IEEE Trans. Emerg. Sel. Topics Power Electron. , pp. 1370-1382 (2016)
- (2) Y. Yoshida et al.: IEEE Journal of I. A., pp. 304-309 (2014)
- (3) K. Furukawa et al.: Ee2019, No. T1.4-6 (2019)