

リッツ線の分割構造に着目した損失解析

朝雛 えみり*, 上田 祐資*, 永井 歩美**, 石飛 学*
(奈良高専*, 東北大学**)

High-Frequency Loss and split structure of Litz Wire

E.Asahina, A.Nagai, Y.Ueda, M.Ishitobi

(National Institute of Technology, Nara College Tohoku University)

はじめに

リッツ線は、銅損を抑制する構造をもつため、非接触給電や誘導加熱といった高周波コイル用巻線として汎用されている。一方で、素線径によって単線以上の発熱も確認されており⁽¹⁾、適切な素線径の選択が重要である。そこで、本研究ではシンプルな構造の損失解析モデルを提案し、発熱の原因である誘導電流と素線構造の関係について、分析を試みている。

リッツ線における損失

Fig.1 に提案する損失解析モデルを示す。リッツ線の断面が点対称であることから、半径方向と円周方向の分割数および絶縁被膜の厚さと材質をパラメータに設定し、モデリングを行っている。

Fig.2 に円周方向の分割に対する解析モデルと損失特性を示す。ここで、内径 1.1[mm]、外径 1.2[mm]、導体間距離を 5[μ m]とし、内径外径分割数を 1~12 に可変させている。また入力電流を 2[A]、1[MHz]とし、電磁場解析にはムラタソフトウェア製の Femtel[®]を用いている。Fig.2(b)から損失は円周方向の分割数に依存しないことがわかる。

Fig.3 に半径方向の分割に対する解析モデルと損失特性を、Fig.4 に分割数 4, 9, 17 の電流密度分布を示す。解析条件は、円周方向の分割数に対する解析と同様である。ただし、分割数を 1~30 に可変しつつ、導体の最大半径を 1.2[mm] に統一するため、分割数の変化に伴って導体厚さを増減させている。Fig.3 から分割数 9 のとき、損失のピークが確認できる。このとき、導体の厚さは 1[MHz]における表皮深さ δ (0.066[mm]) の 2 倍程度となっている。一方で Fig.4 より、順方向と逆方向の交互に流れる誘導電流が確認できる。この交互の電流は、素線を通る平均電流に対して無視できない大きさを持ち、発生回数が分割数とともに増加している。また、交互電流の振幅は分割数が多いほど減少傾向を示している。特に分割数が 17 以上 (導体の厚さ δ 以下) のとき、逆方向電流の消失が確認できる。これは、導体が薄くなるほど正負の交互電流が干渉し、振幅を抑制できたと考えられる。したがって、素線径の小さいリッツ線ほど銅損が抑制され、特に δ 以下であると効果が高い。

参考文献

(1) 水野勉, 他: 日本 AEM 学会誌, Vol.18, No.3, pp.300-305 (2010)

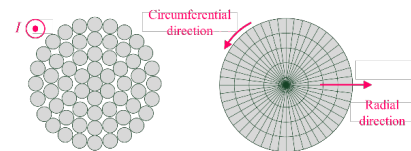
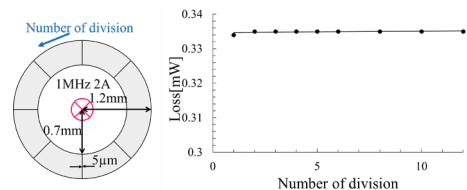
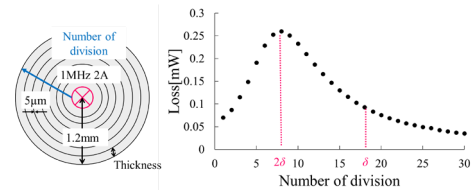


Fig. 1 Analysis model of litz wire



(a) Analysis model (b) Loss characteristics

Fig. 2 Analysis of circumferential direction



(a) Analysis model (b) Loss characteristics

Fig. 3 Analysis of radial direction

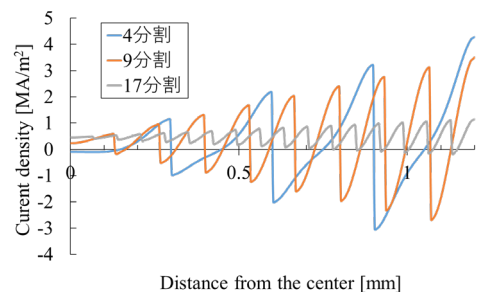


Fig. 4 Current density distribution on each thickness