

レール式非接触給電システムのインダクタンス設計

櫻庭 友和・日下 佳祐・折川 幸司・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、盛んに研究されている非接触給電システム<sup>(1)</sup>では、巻線コイルのインダクタンス値がシステムの特性に大きく影響する。しかし、レール式非接触給電では1次側巻線が長いことやコアのギャップが大きいことから、従来の無限長平行2線を想定した計算法ではインダクタンス値を正確に計算できない。本研究では1次側巻線を矩形コイルとみなし、ギャップ周辺から回り込む磁束を考慮することで、インダクタンスを精度よく計算できることを示す。

2. インダクタンスの計算法

図1にレール式非接触給電システムを示す。1次側巻線が長いことから、従来ではレールを無限長平行2線として自己インダクタンスを計算する。しかし実際の1次側巻線では折り返しがあるため、終端では鎖交磁束が集中して自己インダクタンスがさらに上昇する。そこで本論文では1次側巻線を矩形コイルとして自己インダクタンスを計算する。レールをコアに貫通した場合の自己インダクタンス  $L_1$  は、レール部の自己インダクタンスとコア部の自己インダクタンスの和であるので、(1)式となる。

$$L_1 = \frac{\mu_0}{\pi} N_1^2 \left\{ a \ln(a + \sqrt{a^2 + b^2}) - b \ln(b + \sqrt{a^2 + b^2}) + (a+b) \ln\left(\frac{4ab}{\phi_1}\right) + 2\sqrt{a^2 + b^2} - \frac{7}{4}(a+b) \right\} + N_1^2 \frac{P_i P_g}{P_i + P_g} \quad (1)$$

ここで  $a = w_a + w_w$ ,  $b = l_r$  である。

図2にギャップ周辺のパーミアンスの計算方法を示す。ギャップ  $l_g$  が十分に小さい場合、2次側インダクタンス  $L_2$  の計算はギャップ空間のパーミアンス  $P_c$  のみ考慮すればよい。しかし非接触給電では  $l_g$  が大きく、ギャップ周辺から回り込む磁束の割合が増加するため、パーミアンス  $P_1 \sim P_4$  を考慮しなければならない<sup>(2)</sup>。ここで、 $\gamma = w_h/2w_a$  である。したがって、 $L_2$  は次の式で計算できる。

$$L_2 = N_2^2 \frac{P_i P_g}{P_i + P_g} \quad (2)$$

3. 計算結果と測定結果の比較

1次側巻線を  $2l_g = 10$  mm のコアに貫通させたときの  $L_1$  は、平行2線と矩形コイルを想定した場合でそれぞれ 2.25  $\mu$ H, 3.10  $\mu$ H となる。これに対し、 $L_1$  の実測値は 2.94  $\mu$ H となり、レールを矩形コイルと見なすことで誤差率を 23% から 5.4% に低減できることを確認した。

図3に  $L_2$  と2次側巻数  $N_2$  の関係を示す。図3より、コア周辺部のパーミアンスを考慮することで  $N_2 = 10$  のとき誤差率を 59% から 3.6% へ低減できることを確認した。

図4に  $N_2 = 10$  とし、 $l_g$  を変化させたときの  $P_g$  と  $P_c$  の比を示す。測定結果は、測定された自己インダクタンスとコアのパーミアンス  $P_i$  より  $P_g$  を算出し、 $P_c$  との比を算出した。測定に使用したコアは  $\gamma = 2$  である。図4より、 $l_g$  が大きくなるにつれてギャップ周辺のパーミアンスの影響が大きくなるが、それらを考慮することで、計算値

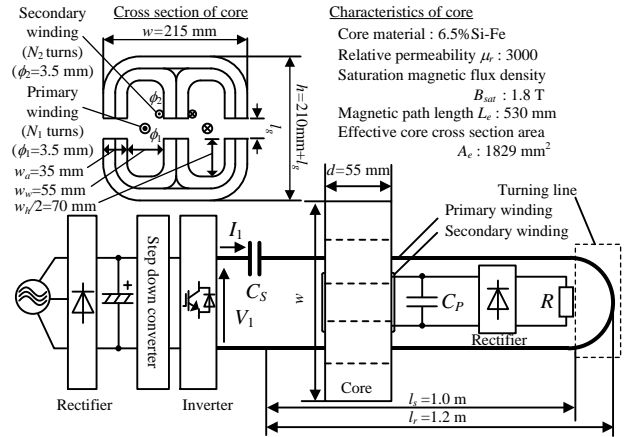


Fig. 1. Wireless power transfer system with a rail.

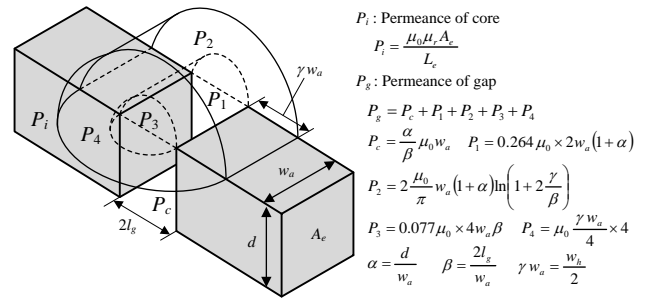


Fig. 2. Calculation method of permeances by a gap.

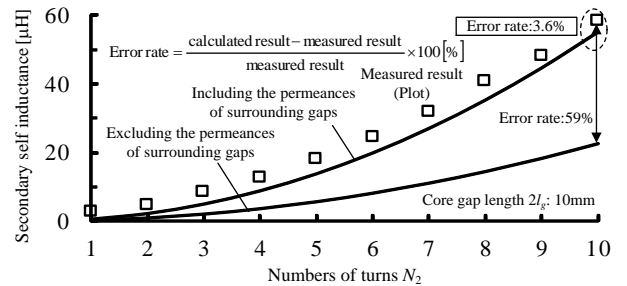


Fig. 3. Calculated and measured results of self inductances.

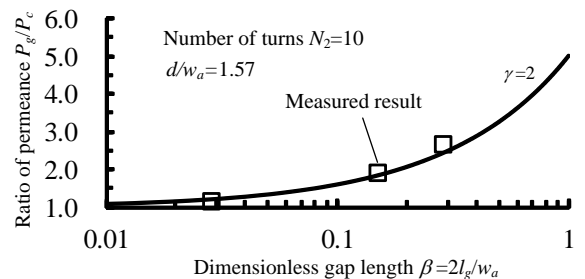


Fig. 4. Effect of gaps on the self inductances.

と実測値が良好に一致する。 $\beta = 2l_g/w_a$  が 0.01 のとき  $P_g/P_c$  が 1.1 となることから、ギャップがコアの足幅に対して 0.01 以上では、ギャップ周辺のパーミアンスを考慮する必要がある。

文献

- (1) 居村ほか：電学論 D, Vol.130, No.1, (2010)
- (2) 大川：総合電子リサーチ出版, 「永久磁石磁気回路・磁石回転機設計マニュアル」, p83-84(1989)