

環境磁界発電の誘起起電力の解析

山田外史, 池田慎治, 田代晋久*
(公立小松大学, *信州大学)

Analysis of electromotive force of environmental magnetic field power generation

S.Yamada, S.Ikeda, and K.Tashiro*

(Komatsu University, *Shinshu University)

はじめに

ワイヤレスセンサネットワークやIoTに関連して, 環境発電技術に関心が集まっている. 環境発電技術の1種として, 電気機器や電力ケーブルなどの近傍の漏洩磁界による環境磁界発電がある¹⁾. μT オーダから mT 程度の環境漏洩磁界からの数 V の電圧で数 mW から数 10 mW オーダの電力の発電を得るにあたり, 環境磁界発電の構造を最適化する必要がある. 本稿では, 棒状磁心とコイルで構成した環境磁界発電機の誘起起電力の解析的式を導出したので報告する.

環境磁界発電機の構造と誘起起電力

本稿で対象とする環境磁界発電機の例を Fig. 1 の写真に示す. 発電機の構造は, 正方形断面の棒状磁心にコイルを巻いた単純な構成である. 均一なベクトルの環境磁界 B_0 (実効値)に対して平行に磁心の軸を設置する. ここで簡単化のため同一断面を持つ円柱状の磁心に, コイルを円筒ソレノイドとして誘起起電力を求める. 解析式の導出には, 円柱磁心の寸法比(長さ/直径) m に対する反磁界係数 $N(m)$ により磁心中央での磁束密度 B_c (実効値)の推定と磁心軸方向 x での磁束密度分布 $B(x)$ (実効値)からなる²⁾. すなわち,

$$B_c = \frac{\mu_r B_0}{1 + N(\mu_r - 1)} \quad [\text{T}] \quad (1), \quad B(x) = B_c \left\{ 1 - C \left(\frac{x}{l_1/2} \right)^2 \right\} \quad [\text{T}] \quad (2),$$

μ_r : 磁心の比透磁率(=2000), l_1 : 磁心長, C : 減衰係数(=0.6-0.9).

で表される. (2)式を用いてコイルの鎖交磁束数 Φ から誘起起電力(実効値) V_{rms} を導出した.

$$\Phi = \frac{n \mu_r S_i B_0}{1 + N(\mu_r - 1)} \left\{ 1 - \frac{C}{3} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^3 \right\} \quad [\text{Wb}] \quad (3), \quad V_{\text{rms}} = 2\pi f \Phi \quad [\text{V}] \quad (4).$$

S_i : 磁心の断面積, n : コイル巻数(=5000), l_2 : コイル長(< l_1), f : 周波数(60 Hz).

誘起起電力の実験結果

Fig. 1 に示す3種類の試作機において誘起起電力の実験結果ならびに(4)式による実験結果を Fig. 2 に示す. 3種類の磁心の体積は一定($V_{\text{core}}=2.6\text{E-}5 \text{ m}^3$)とし, 長さ($l_1=200, 150, 100 \text{ mm}$)を変化させた. コイルの長さ l_2 は磁心長 l_1 の1/2とする. 誘起起電力は磁心の長い方が良く, 長い形状では反磁界係数が小さく磁心中の磁束密度が大きく, すなわち環境磁界の磁束の収束作用が強く働いている.

上記の解析と同様に環境磁界発電機の等価インダクタンスも求めることができ, コイルの抵抗を加えると発電機の等価回路を導くことができる. 等価回路からは, 最大出力電力などの解析, 発電機の形状との関係を検討できる.

参考文献

- 1) 田代, 他, 環境磁界発電-原理と設計法, 科学情報出版, 2016.
- 2) 山田, 他, 電気学会論文誌, 54-B, 651-657, 1979.

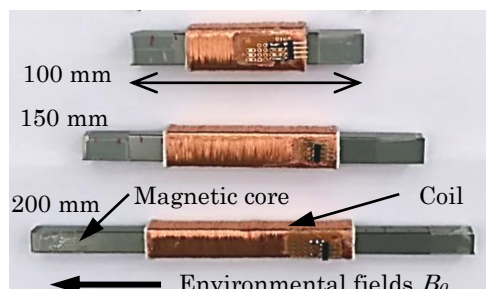


Fig. 1 Magnetic field power generators

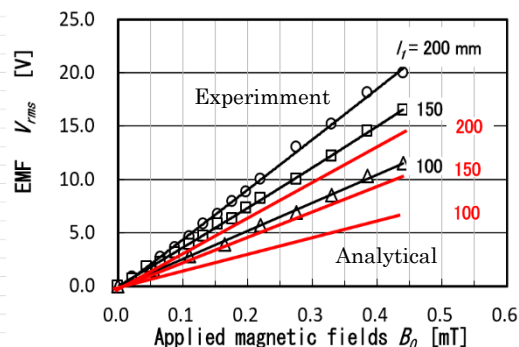


Fig. 2 EMF (Analytical and experimental)