

解析電磁気学演習 (13) 電磁誘導現象とインダクタンス (July 4)

学籍番号:

氏名:

以下の問に答えよ。真空の透磁率を μ_0 [H/m] とする。

- 1 図1に示すように、正方形の導線ループ D が磁石の磁極間を一定の速さ v [m/s] で移動するときの現象について、次の□に入れるべき字句を以下の番号から選び、□に記入せよ。ただし、磁極は導線ループに比べ十分に大きく、一様な磁場 B [T] ができているものとする。また、D は一辺が l [m] で、その面を磁極面に平行 (磁束密度に垂直) に保ち、かつ磁極の中央を辺 ab と磁極の辺 pq が平行を保って移動するものとする。

(第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」H22年7月)

- D に生ずる起電力の大きさ e [V] は、D 内部の磁束が Δt [s] 間に $\Delta\Phi$ [Wb] 変化すると、 $e =$ [V] である。
- 辺 dc が面 $pp'q'q$ に達した時間 t_1 から、辺 ab が面 $pp'q'q$ に達する時間 t_2 の間に D に生ずる起電力の大きさは、 $e =$ [V] である。
- 上のとき、 e によって D に流れる電流の方向は、点 a から の方向である。
- D 全体が磁界中にあるときには、起電力の大きさは、 [V] である。
- D に生ずる起電力の時間による変化の概略は、図2の である。

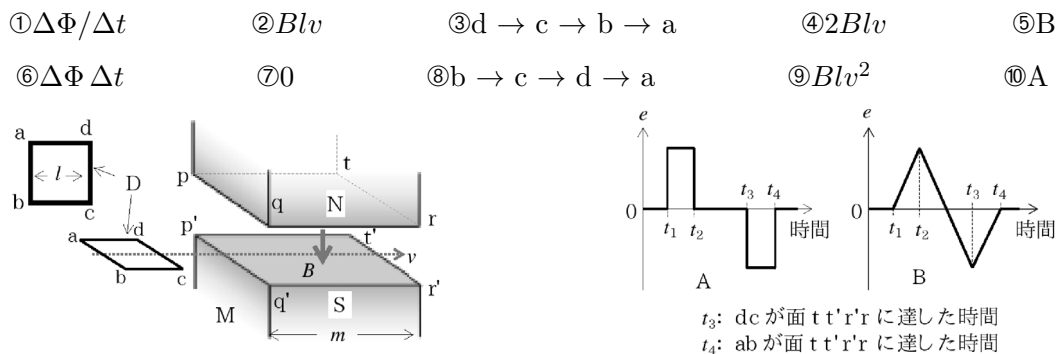


図 1: 磁極を通過する導線ループ

図 2: 設問オの選択肢 (左:A, 右 B)

- 2 時刻 $t = 0$ s において、図 3 のように、真空中の xy 面状に、辺の長さが a [m] と b [m] の長方形のコイルがある。コイルの両端は開放端となっており、端子 1, 2 間に発生する誘導起電力 (端子 1 に対する端子 2 の電位) を U [V] とする。以下の問に答えよ。 (H27/3 東北大院試 電子・情報系 基礎科目「電磁気学」)

- (a) コイルが xy 面上に固定された状態で、この空間に一様な磁束密度 $B = B_0 \cos \omega_1 t \hat{z}$ [T] が印加されている。このときコイルの両端に生じる起電力 U [V] を求めよ。

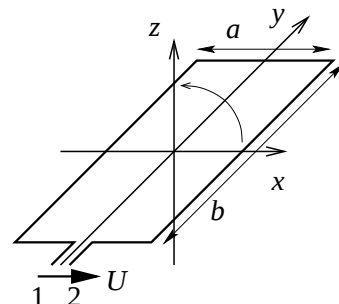


図 3: 長方形コイル

- (b) この空間に一様な磁束密度 $B = B_1 \hat{x}$ [T] が印加された状態で、コイルが y 軸を軸として図の矢印の方向に角周波数 ω_2 [rad/sec] で回転している。このときコイルの両端に生じる起電力 U [V] を求めよ。
- (c) この空間に一様な磁束密度 $B = B_2 \cos \omega_2 t \hat{x}$ [T] が印加された状態で、コイルが y 軸を軸として図の矢印の方向に角周波数 ω_2 [rad/sec] で回転している。このときコイルの両端に生じる起電力 U [V] を求めよ。

3 図4に示すように、半径 a [m] の二本の平行導線が距離 d [m] 離れて置かれている ($d \gg a$ とする)。電流が互いに逆方向に I [A] 流れているものとする (図の矢印の方向)。この線路の長さ l [m] における自己インダクタンスを次の方法で求めよ。

(i) まず、各導線の内部インダクタンス L_i [H] を求める。互いの導線間のできる磁場は無視し、自分の導線自体がつくる磁場のみで考える。半径 a [m]、長さ l [m] の導線内部の磁場のエネルギーは (a) [J] となる。これが $\frac{1}{2} L_i I^2$ に等しいので、 $L_i =$ (b) [H] となる。

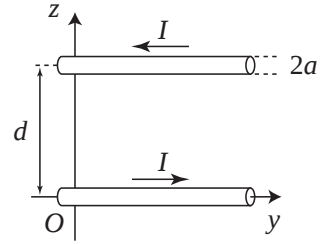


図 4: 平行二導体線路

(ii) 次に導線間のインダクタンスを考える。位置 $r = z\hat{z}$ にできる磁場 (磁界 $H(z)$ [A/m] は、(各導線がつくる磁場をアンペールの法則を用いて求めると) $H(z) =$ (c) となる。

従って、両線間と鎖交する磁束 Φ [Wb] は $\Phi = \iint_S \mu_0 \mathbf{H} \cdot d\mathbf{S} = \int_{y=0}^l \int_{z=a}^{d-a} \text{(d)} dz dy = \text{(e)}$ となる。
両線間のインダクタンス L_e [H] は、 $\Phi = L_e I$ より、 $L_e =$ (f) 。

結局、自己インダクタンス L [H] は $L = 2L_i + L_e =$ (g) となる。