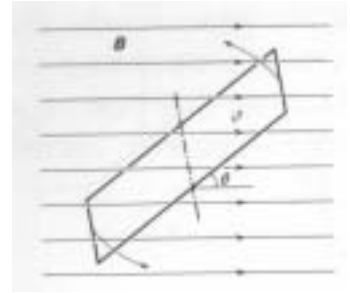


## 電磁気学演習 第5回 (2005. 1. 24)

問1 一様な静磁場中で回路を磁場に垂直な軸の周りで一定の角速度で回転させたとき、回路に生じる起電力を求めたい。以下の空欄を埋めよ。



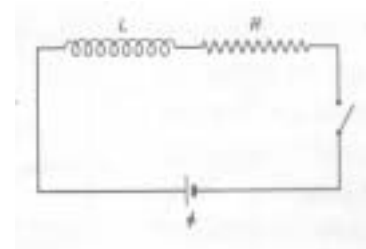
磁束密度を  $B$ 、回路の面積を  $S$ 、回路の面と磁場の向きとのなす角をとすれば、回路を貫く磁束は  となる。回路の回転の角速度を  $\omega$ 、時刻  $t=0$  における角度を  $\theta_0$  とすれば、 $\frac{d\Phi}{dt} = \text{$  であるから、 $\mathcal{E} = \text{$  と書き直せる。これより、回路に生じる起電力は  となる。より、回路の回転の角速度が 2 倍になると、起電力の振幅は  倍になる。

問2 単位長さあたりの巻き数が  $n$ 、長さ  $l$ 、断面積  $S$  のコイルの自己インダクタンスを求めたい。

以下の空欄を埋めよ。ただし、真空の透磁率を  $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \text{ [H/m]}$  とする。

コイルに電流  $I$  を流したとき、コイルの内部に生じる磁束密度  $B$  は  となる。コイル 1 巻きを貫く磁束は  $BS$  だから、コイル全体を貫く磁束は  となる。これより、自己インダクタンスは  となる。直径 5cm、長さ 20cm、2000 回巻きのソレノイドの自己インダクタンスは  [H] である。

問3 自己インダクタンス  $L$ 、抵抗  $R$  の回路に起電力  $\mathcal{E}$  の電池をつなぐ。



スイッチを入れた後の電流の時間変化を調べたい。

- (1) 回路に流れる電流を  $I(t)$  としたとき、抵抗の両端の電位差は電池の起電力と誘導起電力（符号に注意!）の和となる。オームの法則を適用して電流に対する微分方程式を導け。
- (2) スイッチを入れた時刻を  $t=0$  とし、(1)の微分方程式を初期条件に注意して解け。
- (3) 横軸を  $t$ 、縦軸を  $I(t)$  にとったグラフの概形を描け。  $L$  が小さいときと大きいときではグラフにはどのような違いがあるか、説明せよ。

問4 はじめ電流の流れていないコイルに、外から徐々に電位差をかけて電流を流す場合を考える。

電流  $I(t)$  は  $t=0$  で  $I(0)=0$ 、 $t=T$  で  $I(T)=I$  になったとする。この間に電流が増加するので、コイルには電流の増加を妨げる向きに自己誘導起電力が生じる。電流を流すには、それに抗するだけの電位差を外部からかけなくてはならない。コイルの電気抵抗は無視できるものとして、以下の問に答えよ。

- (1) 自己インダクタンスを  $L$  として、外部から印加すべき電位差  $\mathcal{E}(t)$  を  $I(t)$  で表せ。
- (2)  $0 \leq t \leq T$  の間に回路になされた電気的工作  $W$  は  $W = \int_0^T \Phi(t) I(t) dt$  として表される。積分を実行し、 $W$  を  $L$  と  $I$  で表せ。  $L=1[\text{mH}]$ 、 $I=1[\text{A}]$  のとき、 $W$  は何[J]になるか？
- (3) コイルの自己インダクタンスが  で与えられるとき、コイル内の磁場  $H=nI$  を用いると、コイル内に蓄えられた単位体積あたりの磁場のエネルギー  $U_m$  が  $\frac{1}{2} \mu_0 H^2$  となることを示せ。