

磁気エネルギー (演習問題)

v1.9 Nov.2019

凡例: ♣◇教科書 ♡演習書 ♠他文献

番号: _____ 氏名: _____

1. ◇ 自己インダクタンス L_1, L_2 [H] の二つのコイルが相互インダクタンス M [H] で結合されている。 L_1 に I_1 [A], L_2 に I_2 [A] を流したとき、二つのコイル全体に蓄えられる磁気エネルギーを求めよ。^{*1} (教科書, 演習 9.5)
2. ♣ ヒステリシスループをもつ強磁性体に交流磁界をくわえたとき、これを磁化するのに要する 1 周期あたりのエネルギーは、ループによって囲まれる面積となることを示せ。^{*2} (教科書, 例題 9.3)
3. ♣ 鉄の棒が x [m] だけ挿入されているソレノイドコイルの自己インダクタンスを $L(x)$ とする。ソレノイドに一定の電流 I [A] を流したとき、鉄の棒にはたらく力を求めよ。^{*3} (教科書, 例題 9.4)
4. ◇ 巻数が 1000 回で 0.1 H の自己インダクタンスをもつコイルに 3 A の電流が流れているとき、磁束鎖交数と磁束はいくらか。また、コイルに蓄えられる磁気エネルギーを求めよ。^{*4} (教科書, 演習 9.4)

5. ♡ 鉄心が挿入された巻数 N 回の細長いソレノイドがある。電流 I [A] を流したとき、ソレノイドに蓄えられる磁気エネルギーが W_m [J] であった。ソレノイド内の磁束密度を求めよ。ただし、ソレノイドの断面積は S [m²] であり、ソレノイド内の磁束は一様とする。^{*5} (演習書, 応用 9.6)
6. ◇ 内導体の半径 a [m], 外導体の内半径 b [m] の同軸線路がある。内外導体に往復電流 I [A] が流れているとき、内外導体の円筒表面にはたらく単位面積当たりの力を求めよ。^{*6} (教科書, 演習 9.13)
7. ◇ 断面積 S [m²], 平均磁路長 l_1 [m], 透磁率 μ_1 [H/m], 巻数 N のコイルをもつ電磁石に電流 I [A] を流したとき、微小な間隔 δ [m] を隔てて置かれた透磁率 μ_2 [H/m], 平均磁路長 l_2 [m] の鉄片にはたらく力を求めよ。^{*7} (教科書, 演習 9.14)
8. 鉄損の種類について説明せよ。また、銅損との違いを説明せよ。^{*8}

★ 公式集

磁気エネルギー

$$W_m = \int_0^I Li \, di = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \varphi I \quad [\text{J}], \quad (\text{回路素子の場合}) \quad (1)$$

$$u_m = \int_0^B H \, dB = \frac{1}{2} HB = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu} \quad [\text{J/m}^3] \text{ or } [\text{N/m}^2], \quad (2)$$

^{*1} 答え: $\frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 \pm M I_1 I_2$ [J]

^{*2} 答え: 略

^{*3} 答え: $\frac{1}{2} I^2 \frac{dL(x)}{dx}$ [N]

^{*4} 答え: $\varphi = 0.3$ Wb, $\Phi = 0.3$ mWb, $W_m = 0.45$ J

^{*5} 答え: $B = \frac{2W_m}{NSI}$ [T]

^{*6} 答え: 内導体内向きに $\frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 a^2}$ [Pa], 外導体外向きに $\frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 b^2}$ [Pa]

^{*7} 答え: $\frac{B^2 S}{\mu_0}$ [N] の吸引力, ただし, $B = \frac{NI}{\frac{l_1}{\mu_1} + \frac{l_2}{\mu_2} + \frac{2\delta}{\mu_0}}$ [T]

^{*8} 答え: 鉄損にはヒステリシス損と渦電流損がある。コイルの巻線抵抗分が発熱するジュール損を銅損と呼ぶのに対して、鉄損はコイルのコア材料である磁性体内部の損失に相当する。