

2023 年度（令和 5 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

私費外国人留学生

専門試験問題

（電気・機械工学系プログラム 電気電子）

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、1 ページから 4 ページまであります。解答用紙は、2 枚あります。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせてください。
3. 下記表の問題番号 7 から 8 の問題を全て解答してください。1 題につき解答用紙 1 枚を使用し
て解答してください。 解答用紙の追加配付はありません。

問題番号	出題科目
7	電気回路 Electric circuit
8	電磁気学 Electromagnetics

4. 監督者の指示に従って、問題番号、志望プログラム及び受験番号を 2 枚の解答用紙の該当欄に必ず記入してください。
5. 計算用紙は、問題冊子の白紙ページを利用してください。
6. 解答用紙の裏にも解答を記入する場合には、表と上下を逆にして記入してください。
7. 机の上には、受験票、黒の鉛筆・シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り及び時計（計時機能だけのもの）以外の物を置くことはできません。
8. コンパス及び定規等は、使用できません。
9. 時計のアラーム（計時機能以外の機能を含む。）は、使用しないでください。
10. スマートフォン、携帯電話、ウェアラブル端末等の音の出る機器を全て机の上に出し、それらの機器のアラームを解除してから、電源を切り、かばん等に入れてください。
11. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手をあげてください。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

問題7 電気回路 設問すべてについて解答すること。

I 図1に示す回路は、交流電源 E_1 、 E_2 、可変抵抗 R 、容量性リアクタンス X_C 、誘導性リアクタンス X_L 、スイッチ S で構成される。次の(1)～(4)の問いについて、単位を付けて答えよ。ただし、交流電源の電圧を、 $E_1 = 100 + j0$ [V]、 $E_2 = 100 - j50$ [V]、容量性リアクタンスの値を、 $X_C = 10$ [Ω]、誘導性リアクタンスの値を、 $X_L = 20$ [Ω]とする。

- (1) スイッチ S が開かれているとき、端子 a-b 間の電圧 V_{ab} を求めよ。
- (2) スイッチ S を閉じて、可変抵抗を $R = 10$ [Ω]としたとき、端子 a-b 間の電圧 V_{ab} を求めよ。
- (3) スイッチ S を閉じて、可変抵抗を $R = 10$ [Ω]としたとき、電流 I_1 と電流 I_2 を求めよ。また、図1の破線部に示す回路で消費される電力(有効電力)と無効電力を求めよ。
- (4) スイッチ S を閉じて、回路の消費電力が最大となるように可変抵抗 R を調整した。このとき、可変抵抗 R の値と回路の消費電力を求めよ。

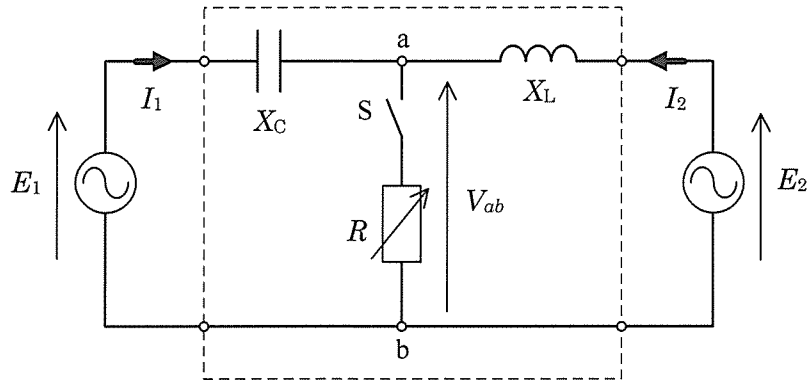


図1

II 図2に示す、電圧 E [V]の直流電圧源、スイッチ S_0, S_1 , 抵抗 R_1, R_2 [Ω]の抵抗器、静電容量 C_1, C_2 [F]のコンデンサから構成される回路について、次の(1)～(5)の問いについて答えよ。

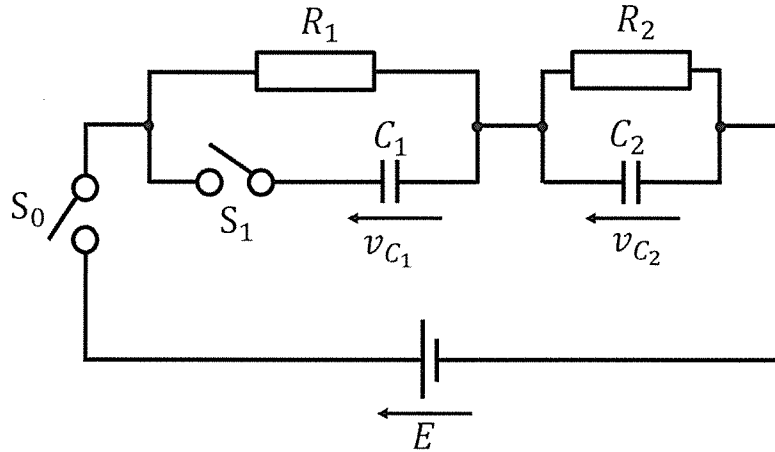


図2

【状態1】スイッチ S_0 を閉じて、スイッチ S_1 は開放されている回路が定常状態にある。時刻 $t = 0$ でスイッチ S_0 を開いた。

- (1) 静電容量 C_2 のコンデンサの電圧 $v_{C_2}(t)$ を求めよ。
- (2) 抵抗 R_2 の抵抗器で消費される電力 $p_{R_2}(t)$ を求めよ。

【状態2】スイッチ S_0 は開放、スイッチ S_1 は閉じている回路が定常状態にある。時刻 $t = 0$ でスイッチ S_0 を閉じた。

(3) 時刻 $t = 0$ でスイッチ S_0 を閉じたときの静電容量 C_1, C_2 のコンデンサのそれぞれの電圧 $v_{C_1}(0), v_{C_2}(0)$, および、十分に時間がたった時刻 $t = \infty$ における静電容量 C_1, C_2 のコンデンサのそれぞれの電圧 $v_{C_1}(\infty), v_{C_2}(\infty)$ を求めよ。

(4) 静電容量 C_1, C_2 のコンデンサの電荷を $q_1(t), q_2(t)$ とすると、 $q(t) = q_1(t) - q_2(t)$ を求めよ。ただし、係数 $A = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)}$, $B = \frac{C_1 R_1 - C_2 R_2}{R_1 + R_2}$ を用いて表せ。

(5) $q(t) = 0$ になる条件を抵抗 R_1, R_2 および静電容量 C_1, C_2 を用いて示せ。

問題8 電磁気学 設問すべてについて解答すること。

I 真空中に置かれた半径 R 、誘電率 ε の球に、体積電荷密度 ρ で自由電荷（真電荷）が一様に分布していると仮定する。真空の誘電率は ε_0 である。

(1) 球の中心 O から距離 r における電界強度を、 $r > R$ 及び $r < R$ についてそれぞれ求めよ。

(2) 球の中心 O から距離 r における電位を、 $r > R$ 及び $r < R$ についてそれぞれ求めよ。なお、 $r = \infty$ での電位は 0 とする。

(3) 横軸を r 、縦軸を電界強度とし、電界強度の r に対する概形を描け。このとき、球と真空の境界面 ($r = R$) での電界強度について、境界条件を用いて説明せよ。

(4) 真空中に置かれた半径 R の球の誘電率を ε_0 とする。図 1 に示すように、球体の内部に半径 a ($a < R - s$) の球形の空洞（誘電率 ε_0 ）があげられ、空洞以外の球体の部分に体積電荷密度 ρ で自由電荷が一様に分布していると仮定する。ここで、 s は空洞の中心 O' と球体の中心 O との間の距離である。空洞の中心 O' における電界強度を求めよ。

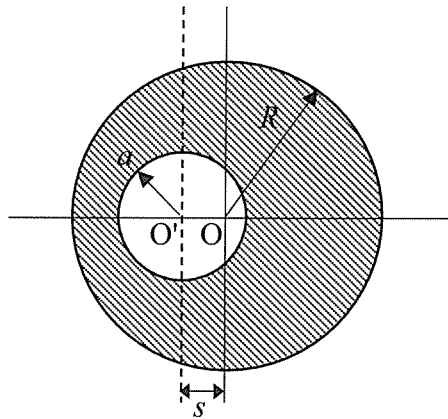


図 1

II 図2に示すように、原点 O を中心として太さの無視できる半径 a の1回巻き円形コイルが xy 平面に置かれており、電流 I が流れている。透磁率を μ_0 として、次の問いに答えよ。

- (1) 円形コイル上の微小幅 ds の電流素片が点 $P(0, 0, z)$ につくる微小磁束密度 $d\mathbf{B}$ の大きさおよび z 成分 dB_z を求めよ。
- (2) 円形電流 I によって点 P に生じる磁束密度 \mathbf{B} を求めよ。また、円形コイルの中心 O に生じる磁束密度 \mathbf{B}_0 の大きさを示せ。

図3のように円形コイルを多数つなげたものはソレノイドと呼ばれ、無限に長いソレノイドの中心軸上の磁束密度は、各円形コイルによる磁束密度を重ね合わせたものと考えることができる。図3の無限長ソレノイドの中心軸は z 軸に一致しており、半径は a 、単位長さ当たりの巻き数は n である。このソレノイドに電流 I が流れているとき、ソレノイド内の透磁率を μ_0 として、次の問いに答えよ。

- (3) z 軸上の点 O から距離 z にある点 P から微小幅 Δz 内にある円形コイルの数を求めよ。また、これらのコイルが点 O につくる磁束密度 $d\mathbf{B}$ の大きさを求めよ。ただし、 Δz 内にある円形コイルは全て同じ磁束密度をつくるものとする。
- (4) (3) の $d\mathbf{B}$ について、 z を Δz ずつ変化させた際の $d\mathbf{B}$ の足し合わせを考え、これを積分とみなすことにより、中心軸上の点 O における磁束密度 \mathbf{B} を求めることができる。 \mathbf{B} の大きさを求めよ。
- (5) ソレノイド内に、図に示したように点 O が円形コイルの中心となるように、太さの無視できる半径 b 、 N 回巻きの円形コイルを中心軸同士のなす角が θ となるように設置した。ソレノイドとコイルとの間の相互インダクタンス M を求めよ。

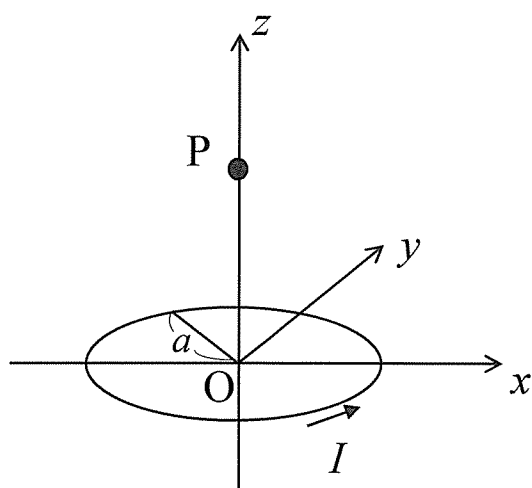


図2

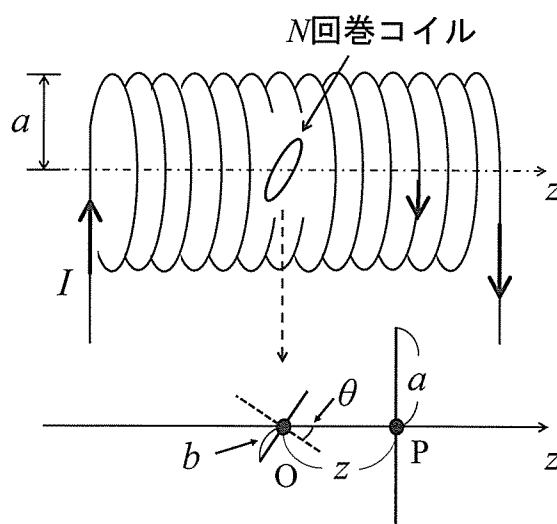


図3