

令和6年度京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科  
博士前期（修士）課程 電子システム工学専攻  
学力検査試験問題

**専門科目**

注意

- この問題冊子は合図があるまで中を開かないでください。問題は  
p. 1… 問題1（電磁気学）……………解答用紙2枚に記入  
p. 2… 問題2（電気回路）……………解答用紙2枚に記入  
p. 4… 問題3（電子回路）……………解答用紙2枚に記入  
の3題であり、全問必答です。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明や落丁などに気づいたら申し出ること。
- 机の上には受験票以外に、次のものを置いてもよろしい。  
…鉛筆（またはシャープペンシル）、消しゴム、鉛筆削り、定規、計時機能のみの時計
- 配付物は、この問題冊子1部、解答用紙6枚、および下書き用紙1枚です。解答用紙、下書き用紙の追加、交換はしません。
- 各問題と解答用紙の枚数は次の通りです。

問題	問題1（電磁気学）	問題2（電気回路）	問題3（電子回路）
解答用紙の枚数	2	2	2（罫線あり）
- 解答用紙6枚すべての上欄の指定枠内に、志望専攻名、受験番号を必ず記入すること。氏名は記入しないこと。  
科目欄には「問題番号(科目内容は不要)」を書くこと。小問について別々の解答用紙に記入するよう指示がある場合は科目欄に小問番号も書くこと。  
…例：「問題2 問1」、「問題2 問2」、「問題3」
- 解答用紙裏面にも記入する場合は、おもて面に「裏面使用」の断り書きをすること。
- 試験終了後も退室の許可があるまで退室はできません。
- 問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

# 電磁気学 (問題 1)

注意：問 1、問 2 の解答は別々の答案用紙に記入せよ。

その際、冒頭に「問題 1、問 1」などと書け。

問 1 半径  $R$  [m] の平行円盤電極 (parallel circular-plate electrodes) を考える。 $R$  は電極間隔より十分大きく、電界は電極間にのみ一様に生じるものとする。また、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。以下の問いに答えよ。

まず、図 1 に示すように、電極間隔を  $d_0$  [m] に保持して、電極間に直流電圧 (DC voltage)  $V$  [V] を印加 (apply) する場合を考える。

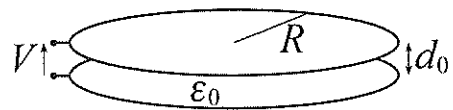


図 1

- (1) 蓄積電荷量 (accumulated charge) はいくらか。
- (2) 電極に加わるクーロン力はいくらか。

次に、図 2 に示すように、電極間を誘電率  $\epsilon$  [F/m] の弾性媒質 (elastic medium) で充填 (fill) し、蓄積電荷量が  $q$  [C] となるような電圧を印加する場合を考える。電圧無印加時で電極間隔は  $d_0$  [m] である。電圧を印加すると電極間隔はフックの法則に従ってバネ定数  $k$  [N/m] で変化する。

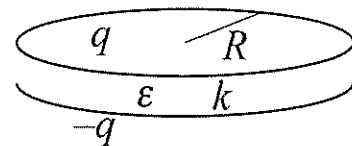


図 2

- (3) 電極間の電界はいくらか。
- (4) 電極間隔はいくらか。

問 2 図 3 のように、内半径 (inner radius)  $a$ 、外半径 (outer radius)  $b$  の無限に長い中空導体 (hollow conductor) を考える。中空導体の中心軸を  $z$  軸、 $z$  軸からの距離を  $r$  とすると、 $a \leq r \leq b$  の部分に、一様な定常電流 (constant current)  $I$  が  $+z$  方向に流れている。導体の透磁率 (permeability) は  $\mu_0$  とする。以下の問いに答えよ。

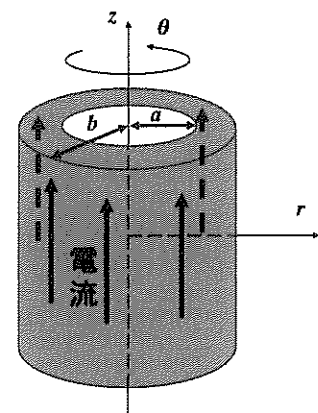


図 3

- (1) 中空部 ( $r < a$ ) での磁束密度 (magnetic flux density)  $\vec{B}$  の大きさを求めよ。
- (2) 導体部 ( $a \leq r \leq b$ ) での  $\vec{B}$  の大きさを求めよ。
- (3) 導体外部 ( $b < r$ ) での  $\vec{B}$  の大きさを求めよ。
- (4) 導体外部 ( $b < r$ ) でのベクトルポテンシャル  $\vec{A}$  を求めよ。

付録：円筒座標系 (cylindrical coordinate) のベクトル  $\vec{A}$  の回転 (rotation) は以下の通り

$$\nabla \times \vec{A} = \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z} \right] \vec{e}_r + \left[ \frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right] \vec{e}_\theta + \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial}{\partial r} (r A_\theta) - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right] \vec{e}_z$$

## 電気回路（問題 2） [1/2]

注意：「電気回路（問題 2） 解答用紙」の指定された解答欄に解答すること。  
問 1 と問 2 は別の解答用紙に解答せよ。

問 1 抵抗値が  $R$  の抵抗器 (resistor) とインダクタンスが  $L$  のインダクタ (inductor) を並列接続した回路 (parallel circuit) がある。この並列回路に角周波数 (angular frequency) が  $\omega$  の正弦波電源 (ac voltage source) をつないだ。流れる電流を  $i(t)$ 、端子電圧を  $v(t)$  とする。この並列回路について以下の問いに答えよ。

- (1) インピーダンス (impedance) の実部 (real part) および虚部 (imaginary part) を答えよ。
- (2) アドミタンス (admittance) の実部および虚部を答えよ。
- (3)  $\omega = \omega_0$  のときのインピーダンス、ならびにアドミタンスを図に示すとそれぞれ図 1 ならびに図 2 に示した点のようになった。 $\omega$  を  $\omega_0$  から  $\omega \rightarrow \infty$  まで変化させた場合のインピーダンス、ならびにアドミタンスの軌跡 (locus) の概略を解答欄の指定された複素平面 (complex plane) の図にそれぞれ描け。

角周波数  $\omega$  を  $\omega_0$  に設定したとき、電流は  $i(t) = A \sin(\omega_0 t + \theta)$  となった。

- (4) 電圧  $v(t)$  を示せ。
- (5) 消費される電力 (dissipation power) を求めよ。
- (6) 力率 (power factor) はいくらか。
- (7) この回路と並列にキャパシタ (capacitor) を接続して力率を 1 にしたい。その場合のキャパシタンスはいくらか。

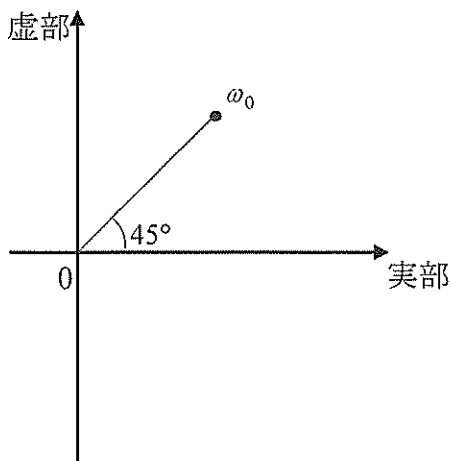


図 1 インピーダンス図

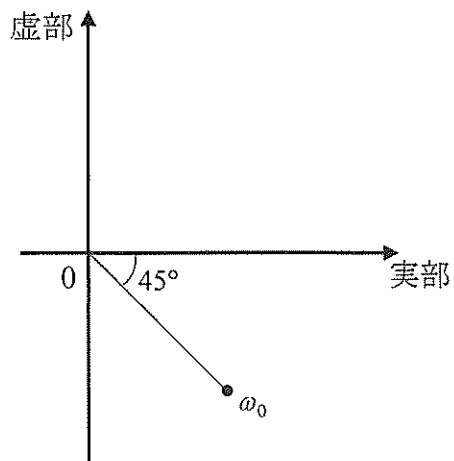


図 2 アドミタンス図

## 電気回路（問題 2） [2/2]

問 2 図 3 に示す抵抗  $R$  の抵抗器、インダクタンス  $L$  のインダクタ、キャパシタンス  $C$  のキャパシタが直列に接続された回路において、最初スイッチ (switch)  $S$  は A 側に閉じており、直流電圧 (dc voltage)  $-V$  が印加された状態で、十分長い時間が経過しているものとする。以下の問いに答えよ。

なお、回路に流れる電流を  $i(t)$ 、キャパシタの電荷を  $q(t)$  とする。 $R_0$  は電源内部のインピーダンスであり、純抵抗と仮定する。

時刻  $t=0$  において、スイッチ  $S$  を B 側に切り替え直流電圧  $+V$  を印加した。

- (1) スイッチ  $S$  を B 側に切り替えた直前の  $t=0_-$  で、キャパシタに蓄えられた電荷  $q(0_-)$  を、素子値  $R, R_0, L, C$  および電圧  $V$  のうち必要なものを用いて示せ。
- (2)  $t>0$  での電流  $i(t)$  と電圧  $V$  を使った回路方程式 (circuit equation) を示せ。
- (3)  $t>0$  での  $q(t)$  に関する微分方程式 (differential equation) を示せ。

今、それぞれの素子値が  $R = 1 \text{ k}\Omega, L = 1 \text{ mH}, C = 1 \text{ nF}, R_0 = 600 \text{ }\Omega$  であり、印加した直流電圧の大きさは  $|V| = 4\text{V}$  であった。

- (4) スイッチ  $S$  を B 側に切り替えた直後の  $t=0_+$  での電流  $i(0_+)$  を示せ。
- (5)  $t>0$  での電流  $i(t)$  を求めよ。なお、解答欄にはその導出過程も示すこと。
- (6) スイッチ  $S$  を切り替えてから十分長い時間が経過した後の電荷  $q(t \gg 0)$  を求めよ。
- (7)  $t>0$  での電荷  $q(t)$  を求めよ。なお、解答欄にはその導出過程も示すこと。

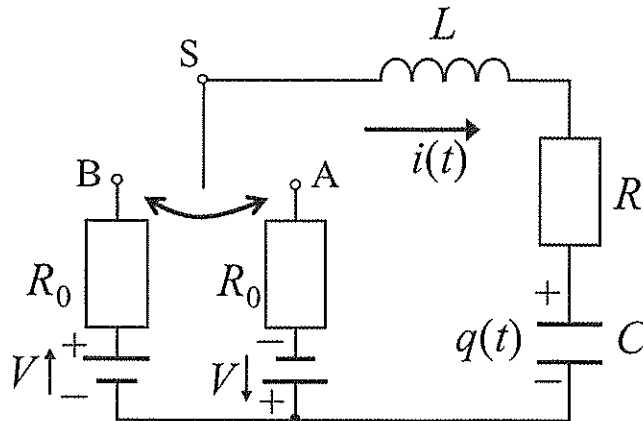


図 3

# 電子回路（問題 3） [1/2]

問 1 と問 2 は同じ解答用紙に、問 3 は別の解答用紙に記入せよ。

問 1 以下の問いに答えよ。

(a) 次の論理式 (logical equation) を簡単化 (simplify) せよ。

$$Y_1 = A \cdot B \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \overline{C} + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$$

(b) 次の論理式を簡単化せよ。

$$Y_2 = A \cdot B \cdot D + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{D} + A \cdot C \cdot D + A \cdot \overline{C} \cdot D$$

(c) 次の論理式を nMOS と pMOS を用いたトランジスタレベル (transistor level) の回路図で書け。

$$Y_3 = \overline{A \cdot B + C \cdot D}$$

問 2 D フリップフロップ (flip flop) を 4 個使用した回路において、その出力状態 ( $Q_4Q_3Q_2Q_1$ ) の状態遷移図 (state transition diagram) を図 3 に示す。初期状態 (initial state) は  $Q_4Q_3Q_2Q_1 = 0000$  とする。以下の問いに答えよ。

(a) どのような動作をする回路か答えよ。

(b) D フリップフロップの入力を ( $D_4D_3D_2D_1$ ) とする。この状態遷移表 (state transition table) を書け。

(c)  $D_4, D_2$  について簡単化後の論理式を示し、ゲートレベル (gate level) で書け。簡単化の際は、カルノー図も同時に解答用紙に記載せよ。

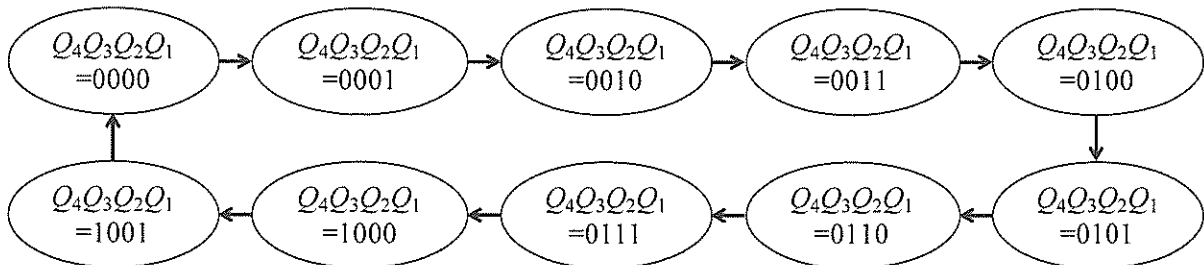


図 1: 状態遷移図

[次頁に続く]

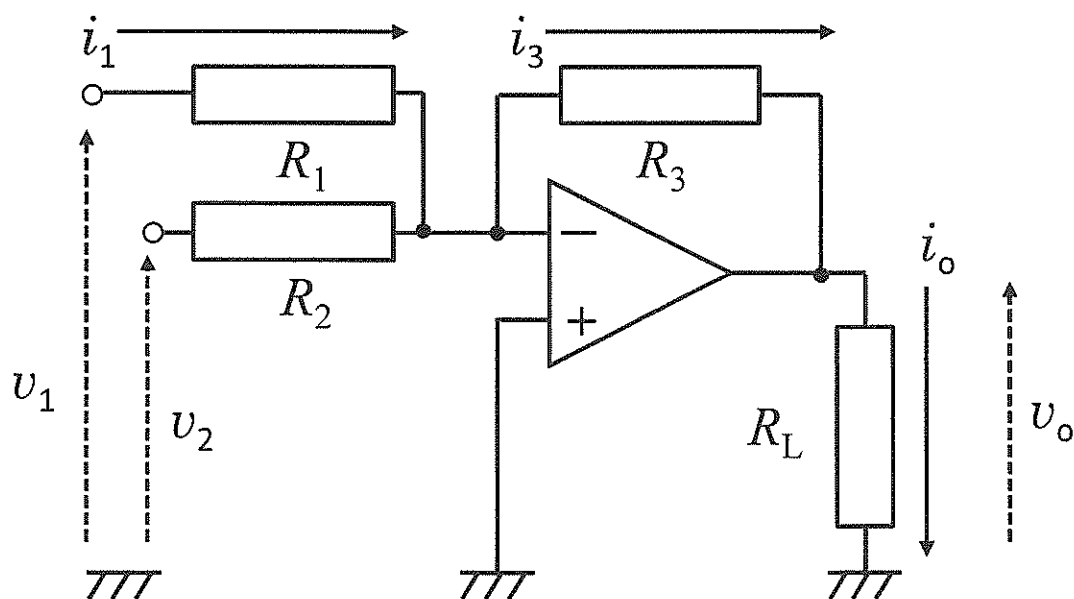
## 電子回路（問題 3） [2/2]

問 3. 図に示す回路において、以下の間に答えよ。ただし、抵抗 (resistor)  $R_1 = 2\text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 3\text{ k}\Omega$ 、 $R_3 = 1\text{ k}\Omega$ 、 $R_L = 1\text{ M}\Omega$  とする。オペアンプ (operational amplifier) は理想オペアンプとする。 $v_1$ 、 $v_2$  を入力電圧 (input voltage) とし、 $v_o$  を出力電圧 (output voltage) とする。また、電流 (current) は図に示す矢印の方向を正として答えよ。最初、 $v_1$  に直流電圧 (dc voltage) 2 V、 $v_2$  に直流電圧 6 V を印加した。

- (a) 抵抗  $R_1$  に流れる電流  $i_1$  を求めよ。
- (b) 抵抗  $R_3$  に流れる電流  $i_3$  を求めよ。
- (c) 抵抗  $R_L$  に流れる電流  $i_o$  を求めよ。

次に、 $v_1$  に振幅 (amplitude) 4 V、周波数 (frequency) 1 kHz、初期位相 (initial phase angle) 0、 $v_2$  に振幅 3 V、周波数 1 kHz、初期位相  $\pi/2\text{ rad}$  の正弦波交流電圧 (sinusoidal voltage) を、それぞれ、印加した。

- (d) 出力電圧  $v_o$  の振幅を求めよ。



図：回路図