

令和7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1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5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	1	2（罫線あり）
- 解答用紙5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 図 1 に示すような断面を持つ, 長さ l の同心二重円筒電極間に抵抗率 ρ の抵抗体が均一に充填された抵抗がある。内筒の半径は a , 外筒の半径は b で, 外筒と内筒の間に電圧を印加したところ内筒から外筒に向かって電流 $I (> 0)$ が流れた。この状態について以下の問いに答えよ。但し, 電極端部の影響は無視できるものとする。

- (a) 抵抗体中で円筒中心線から距離 r ($a < r < b$) の点の電流密度の大きさを示せ。
- (b) 抵抗体中で電界の最も強い位置を示せ。
- (c) 外筒の電位を 0 として内筒の電位を示せ。
- (d) この抵抗全体の消費電力を求めよ。
- (e) 内筒直近外側で単位時間・単位体積当たり
に発生するジュール熱は, 外筒直近内側の
値の何倍であるか示せ。

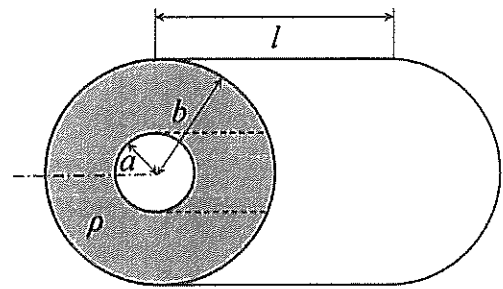


図 1

問 2 時間変化する電磁界を考える。今, 電界 \mathbf{E} , 電束密度 \mathbf{D} , 磁界 \mathbf{H} , 磁束密度 \mathbf{B} , 電荷密度 ρ , 電流密度 \mathbf{J} とおく。

- (a) 電磁界を記述する Maxwell 方程式(4 式の組)を示せ。結果のみで微分表示でよい。
- (b) 電荷保存の法則を表す連続の方程式を示せ。結果のみで微分表示でよい。
- (c) 電荷保存の法則が成り立つとき, Ampere-Maxwell の法則が成立すれば, 電束に関する Gauss の法則も成立することを示せ。

電荷が存在せず, 誘電率および透磁率がそれぞれスカラー定数の ϵ, μ で与えられる絶縁性の線形等方性媒質を考える。

- (d) Maxwell 方程式より, 同媒質中の電界 \mathbf{E} が満たす波動方程式を求めよ。導出過程も示すこと。

電気回路 (問題 2) [1/2]

注意：解答の際は問題 2 専用の解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

問1 抵抗値(resistance) R の抵抗器、キャパシタンス(capacitance) C のキャパシタを並列に接続した図 1 に示す回路に、角周波数(angular frequency)が ω の交流電圧源(ac voltage source)をつないだ。以下の問いに答えよ。

- (1) この回路のアドミタンス(admittance)を示せ。
- (2) この回路のインピーダンス(impedance)の実部(real part)、ならびに虚部(imaginary part)を示せ。

抵抗に流れる電流(current) $i_1(t)$ の波形(waveform)を示すと図 2 のようになった。

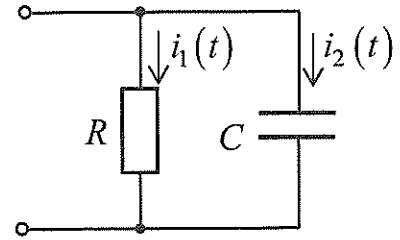


図 1

- (3) 図 2 の波形を読んで、周波数(frequency)はいくらか答えよ。
- (4) $i_1(t)$ を表す式を、グラフから読み取った数値を用いた数式で表せ。なお、解答に円周率 π が含まれて構わない。
- (5) いま、 $\omega CR = 1$ が成立しているとする。 $i_2(t)$ の実効値(root mean square value)は $i_1(t)$ の実効値の何倍か。
- (6) 設問(5)の条件が成り立っているとき、 $i_2(t)$ の時間波形を描け。解答欄にはあらかじめ $i_1(t)$ の波形が破線で描かれているので、 $i_1(t)$ と $i_2(t)$ の関係が明らかになるように描くこと。
- (7) 力率(power factor)を 1 にするために、さらに並列にインダクタを接続した。そのインダクタンス(inductance)を ω, R, C のうち必要なものを使って表せ。
- (8) 抵抗値を $R = 1000$ [Ω] とした場合の消費電力を計算し、有効数字 2 桁 (two significant figures) で答えよ。

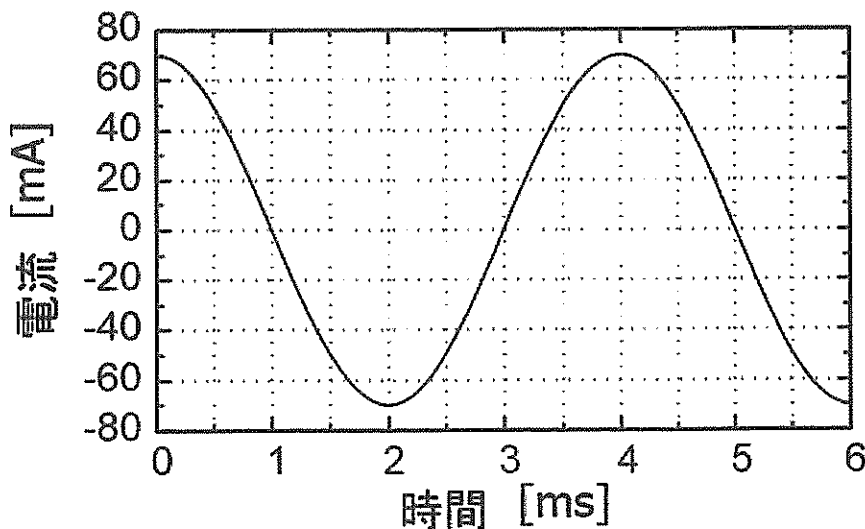


図 2

[次ページに続く]

電気回路（問題 2） [2/2]

問 2 キャパシタンス C のキャパシタ、抵抗値 R の 2 つの抵抗器、インダクタンス L のインダクタ、電圧 V の直流電圧源 (dc voltage source)、及びスイッチ S からなる図 3 のような回路がある。時刻を t で表し、キャパシタ側、インダクタ側に流れる電流をそれぞれ $i_1(t)$ 、 $i_2(t)$ 、キャパシタに蓄えられる電荷を $q(t)$ とする。

$t < 0$ ではスイッチ S が開いていてキャパシタには電荷は蓄えられていなかった。 $t = 0$ でスイッチを閉じた。 $t \geq +0$ において、以下の問いに答えよ。

- (1) 電圧源 V とキャパシタ C 、抵抗 R が作る閉回路において、電荷 $q(t)$ に関する回路方程式 (circuit equation) を V, R, C を用いて表せ。
- (2) 設問(1)の回路方程式を解き、電荷 $q(t)$ を V, R, C および t を用いて表せ。
- (3) 電流 $i_1(t)$ を V, R, C および t を用いて表せ。
- (4) 電圧源 V とインダクタ L 、抵抗 R が作る閉回路において、電流 $i_2(t)$ に関する回路方程式を V, R, L を用いて表せ。
- (5) 設問(4)の回路方程式を解き、電流 $i_2(t)$ を V, R, L および t を用いて表せ。
- (6) 電圧源を流れる電流を V, R, C, L および t を用いて表せ。
- (7) $\frac{1}{CR} = \frac{R}{L}$ のときに、 $i_1(t) = i_2(t)$ となる時刻を C, R を用いて表せ。

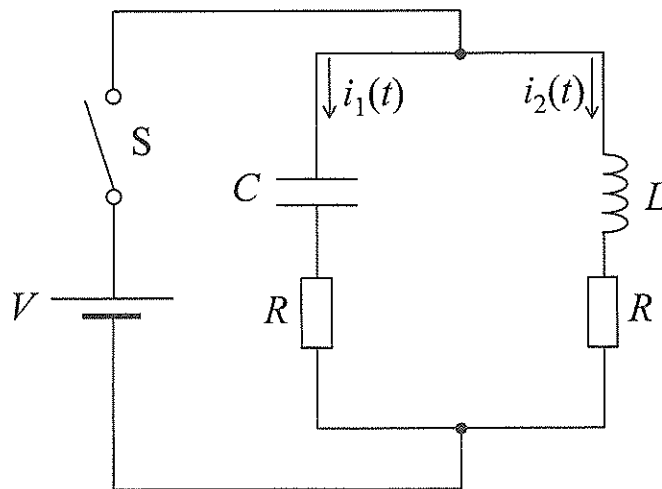


図 3

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) XOR ゲート (XOR gate) について、次の真理値表 (truth table) を完成させよ。

A	B	$A \oplus B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

図 1: 真理値表

(b) 4 ビットの入力 A, B, C, D に対し、出力 P を $P = A \oplus B \oplus C \oplus D$ と定義する。
 入力 A, B, C, D がそれぞれ $A = 1, B = 1, C = 0, D = 1$ が与えられた時の P を求めよ。

問 2 $0 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 0 \rightarrow \dots$ と変化するカウンタを設計する。4 個の D フリップ・フロップ (Flip-Flop, FF) で回路を構成し、D-FF の入力と出力を最上位ビットからそれぞれ D_3, D_2, D_1, D_0 と Q_3, Q_2, Q_1, Q_0 とする。クロック印加後のフリップフロップの値を最上位ビットから Q_3', Q_2', Q_1', Q_0' とする。以下の問いに答えよ。

(a) 状態遷移表を書け。ただしドントケア (Don't Care) は X で表すこと。

Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3'	Q_2'	Q_1'	Q_0'
				D_3	D_2	D_1	D_0

図 2: 状態遷移表

(b) Q_3', Q_2', Q_1' それぞれについて、簡単化後の論理式を示せ。

[次頁に続く]

電子回路（問題3） [2/2]

問3. 図1に示す回路は、NMOS トランジスタを用いた増幅回路である。抵抗 $R = 1\text{ k}\Omega$ 、電源電圧 $V_{DD} = 15\text{ V}$ とする。NMOS トランジスタの電流電圧特性を図2に示す。以下の問に答えよ。

まず、この増幅回路の入力端子に 4 V の直流電圧を印加した。

- (a) NMOS トランジスタのしきい値電圧 V_{TH} を求めよ。
- (b) NMOS トランジスタは飽和領域で動作しているか、それとも線形領域で動作しているかを理由とともに答えよ。
- (c) NMOS トランジスタの相互コンダクタンス g_m を求めよ。

つぎに、この増幅回路の入力端子に

$$V_{IN}(t) = V_0 + V_m \sin(2\pi ft)$$

の信号を入力した。ここで、 $V_0 = 4\text{ V}$ 、 $V_m = 1\text{ mV}$ 、 $f = 2\text{ kHz}$ である。

- (d) 電圧利得の大きさ $|V_{OUT}/V_{IN}|$ を求めよ。
- (e) 出力電圧の振幅を求めよ。

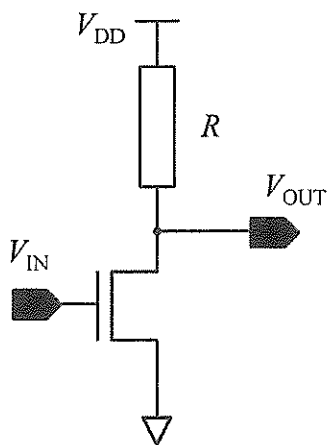


図1. 回路図

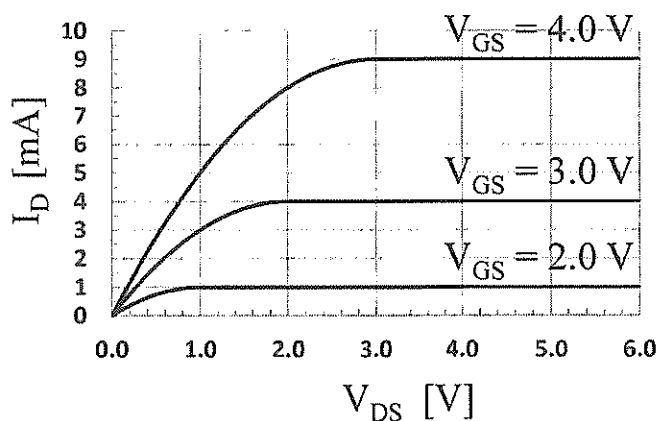


図2. 電流電圧特性