

令和 7 年度

室蘭工業大学大学院 博士前期課程

情報電子工学系専攻

電気電子工学コース・共創情報学コース（I 系）

一般入試・2 次募集

— 専門科目 —

注 意 事 項

1. 全問を解答すること。
2. 受験番号、科目名、問題番号を解答用紙に記入すること。
3. 解答欄が不足の場合は、解答用紙の裏側を使用すること。

工業数学問題

問題 1 つぎの微分方程式の一般解を求めよ。ただし y は x の関数とする。

$$(1) \frac{dy}{dx} + 5y = 0$$

$$(2) \frac{dy}{dx} - y = 2e^x$$

問題 2 直角座標系 (x, y, z) における、ベクトル

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \cos(x) \sin(y) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cos(2x) \sin(y) \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

に対して、以下を計算せよ。

$$(1) \operatorname{grad}(\operatorname{div} \mathbf{A})$$

$$(2) \operatorname{rot}(\operatorname{rot} \mathbf{A})$$

$$(3) \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{C} \, dx dy$$

問題 3 行列 $A = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$ に関する以下の問いに答えよ。

(1) 行列 A の固有値を求めよ。

(2) 行列 A の固有ベクトルを求めよ。

問題 4 関数 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を $j = \sqrt{-1}$ として、次のように定義する。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

以下の問いに答えよ。

(1) 関数 $g(t) = \begin{cases} 1 & (|t| \leq 1) \\ 0 & (|t| > 1) \end{cases}$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を求めよ。

(2) 関数 $h(t) = \begin{cases} \cos(\pi t) & (|t| \leq 1) \\ 0 & (|t| > 1) \end{cases}$ のフーリエ変換 $H(\omega)$ を求めよ。

注 意 事 項

1. 必修問題を1問，選択問題から1問選択し，計2問を解答すること。
2. 受験番号，科目名，問題番号を解答用紙に記入すること。
3. 解答欄が不足の場合は，解答用紙の裏側を使用すること。

電気回路問題

必修問題

問題 1 図1のように角周波数が ω の正弦波交流電圧源 E_1 , E_2 , インピーダンス Z_1 , Z_2 , Z_3 からなる回路がある。同図のように電位の基準をとるとする。以下の問いに答えよ。

(1) 節点 A の電位 V に関する節点電位方程式を示せ。

(2) (1) において， E_2 は E_1 に比べ，実効値が，

0.5 倍，位相が 90° 進んでいて，

$V = 10 \angle 0^\circ$ V, $Z_1 = 1 \ \Omega$, $Z_2 = j0.5 \ \Omega$,

$Z_3 = -j0.5 \ \Omega$

であるとき， E_1 , E_2 を求めよ。

(3) (2) において，この回路における全消費電力

P [W] を求めよ。

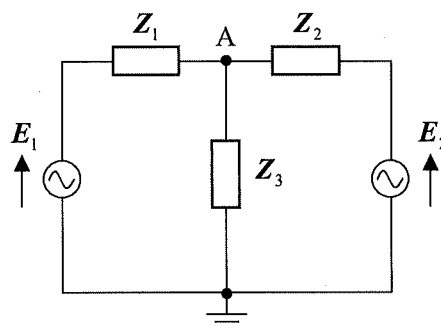


図 1

選択問題

問題 2 図2のように，角周波数 ω の正弦波交流電圧源 E に，抵抗 R ，インダクタ L ，キャパシタ C を接続した回路がある。以下の問いに答えよ。

(1) 図2 (a) の回路を流れる電流 I および回路の全アドミタンス Y を求めよ。

(2) (1) の場合の回路全体の複素電力 P ，消費電力 P を求めよ。

(3) (1) の場合で， $R = 2 \ \Omega$, $j\omega L = j \ \Omega$, $E = 100 \angle 0^\circ$ V のときの消費電力 P を計算せよ。

(4) 各素子および電源電圧の値が (3) のとき，図2(b) のように C を並列接続し，

この回路の力率を 1 とするための ωC の値を求めよ。

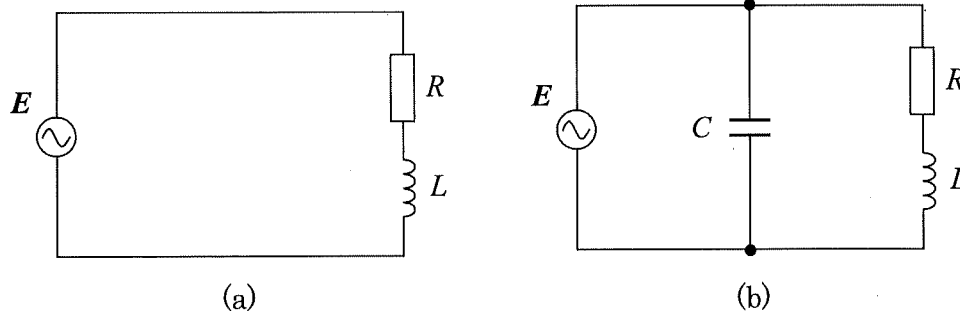


図 2

問題 3 図 3 のように直流電源 E , 抵抗 R , キャパシタ C , および, スイッチ S からなる回路がある. 時刻 $t=0$ で S を閉じる. C の電荷 $q(t)$ は, S を閉じる直前に, 図に示す極性で, $q(0)=CE_0$ [C] であるとする. ただし, E_0 ($E_0 < E$) は, S を閉じる直前の C の電圧とする. 以下の問いに答えよ.

- (1) $t \geq 0$ における C に蓄えられる電荷 $q(t)$, および回路に流れる電流 $i(t)$ を求めよ.
- (2) $t=t_0$ ($t_0 > 0$) において, 抵抗 R における瞬時電力 $p(t_0)$ を求めよ.
- (3) S を閉じてから十分に時間が経過する間に, 抵抗 R で消費される電力量 W を求めよ.

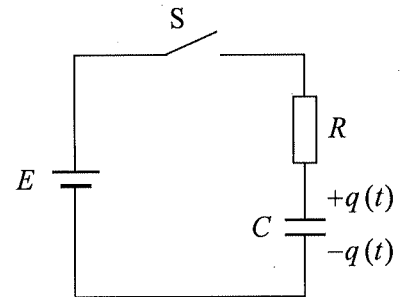


図 3

注 意 事 項

1. 全問を解答すること。
2. 受験番号, 科目名, 問題番号を解答用紙に記入すること。
3. 解答欄が不足の場合は, 解答用紙の裏側を使用すること。

電磁気学問題

問題 1 真空中に置かれた, 帯電した半径 a [m]の無限長完全導体円柱を考える。電荷は, 正の線電荷密度 λ [C/m]で, 円柱表面に一樣に分布している。以下の問いに答えよ。

- (1) 円柱表面以外の点 P で成立するラプラス方程式

$$\nabla^2 V(r) = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{d}{dr} V(r) \right) = 0$$

を解き, 電位 $V(r)$ [V]を求めよ。ここで, 円柱の中心軸と点 P の距離を r [m]とする。境界条件は, 中心軸($r = 0$)で電位 $V(0)$ が有限値, 円柱表面($r = a$)で電位が連続かつ電界の法線成分の値が σ/ϵ_0 である。ここに σ , ϵ_0 は, 表面電荷密度, 真空の誘電率である。

- (2) 点 $P(r \neq a)$ での電界 $E(r)$ [V/m]の大きさと向きを答えよ。
 (3) 円柱表面に働く単位長あたりの力の大きさ F [N/m]を求めよ。

問題 2 波源のない真空中を単位ベクトル $\mathbf{p}$ 方向に進む角周波数 ω で振動する直線偏波の平面波の電界 $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r})$ [V/m]を考える。ここに $\mathbf{E}_0$ は実定数ベクトル, t は時刻, $\mathbf{r}$ は位置ベクトル, ϵ_0 [F/m]は真空の誘電率, μ_0 [H/m]は真空の透磁率である。また, 単位ベクトルを $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ としたデカルト座標系 (x, y, z) では, 位置ベクトル

$\mathbf{r} = ix + jy + kz$, ナブラ演算子 $\nabla = \mathbf{i} \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial}{\partial z}$ である。以下の問いに答えよ。

- (1) $\mathbf{p} = \mathbf{k}$ と選ぶと, $\mathbf{k} \cdot \mathbf{E}_0 = 0$ となることを電束密度のガウスの法則を計算することで示せ。また, 任意方向に伝搬するとして $\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}_0 = 0$ となることを導け。なお電荷が存在しない真空中の電束密度のガウスの法則は $\nabla \cdot \epsilon_0 \mathbf{E} = 0$ である。

- (2) この平面波の磁界が $\mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \mathbf{p} \times \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r})$ [A/m]となることを

真空中のファラデーの電磁誘導の法則 $\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -\mu_0 \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{H}(\mathbf{r}, t)$ から導け。

- (3) 図1に示すように無限完全導体平板の表面に垂直に, この平面波が入射し全反射されている。定在波の電界と磁界の式を求めよ。ただし, デカルト座標系の原点を導体板表面に置き, 領域 $z \geq 0$ を完全導体, 領域 $z \leq 0$ に定在波があるとせよ。

なお入射波では $\mathbf{p} = \mathbf{k}$ である。

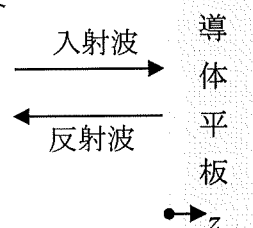


図 1

注 意 事 項

1. 全問を解答すること。
2. 受験番号，科目名，問題番号を解答用紙に記入すること。
3. 解答欄が不足の場合は，解答用紙の裏側を使用すること。

電子回路問題

問題 1 図 1(a)に示す回路を考える。図 1(b)は図 1(a)の微小信号等価回路である。図 1(c)は特性が等しい 2 つのトランジスタ Q_1, Q_2 のカスコード接続回路である。図 1(d)は図 1(c)の微小信号等価回路である。ここで、 v_i 、 v_{in} および v_o 、 v_{out} は入力端子および出力端子における電圧である。入力信号源の内部インピーダンスは無視する。 R_L 、 h_{ie} は抵抗、 h_{fe} は電流増幅率である。 V_{cc} は直流電圧、 i_b 、 i_{b1} 、 i_{b2} はベース電流である。この増幅回路について、以下の問いに答えよ。

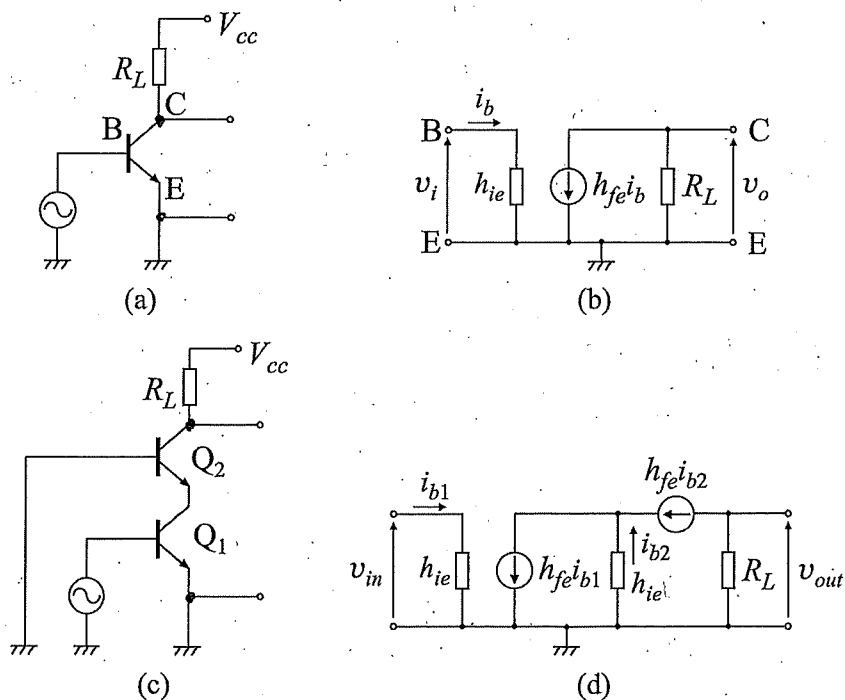


図 1

- (1) 図 1(a)のエミッタ接地回路における入力端子電圧 v_i および出力端子電圧 v_o を i_b 、 h_{ie} 、 h_{fe} および R_L を用いて表せ。
- (2) 図 1(c)のカスコード接続回路における入力端子電圧 v_{in} および出力端子電圧 v_{out} を i_{b1} 、 i_{b2} 、 h_{ie} 、 h_{fe} および R_L を用いて表せ。
- (3) ベース電流 i_{b1} と i_{b2} の関係を示せ。
- (4) 電流増幅率 $h_{fe} = 100$ のとき、図 1(c)のカスコード接続回路における電圧増幅率 A_2 と図 1(a)のエミッタ接地回路における電圧増幅率 A_1 の比 A_2/A_1 を有効数字 3 桁で求めよ。

問題2 数字, 四則演算記号, =, AC のキーを持つ電卓用キーボードからの4つの論理変数 A_3, A_2, A_1, A_0 が下記の表で定義されている. この論理値を受け取り演算記号 (+, -, ×, ÷) か, それ以外かを判定する論理回路について考える. ここで演算記号のときは1を出力し, それ以外のときは0を出力するものとする.

以下の問いに答えよ.

- (1) 真理値表を示せ.
- (2) カルノー図を示せ.
- (3) 最小積和形式の論理式を示せ.
- (4) 最小積和形式の論理回路を描け.

キー	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
+	1	0	1	0
-	1	0	1	1
×	1	1	0	0
÷	1	1	0	1
=	1	1	1	0
AC	1	1	1	1

問題 1

出題意図：微分方程式は物理現象，とりわけ過渡現象を理解する上で必須の知識であり，その計算能力を有していないと電気電子分野の専門科目を理解するのが困難である．そこで，その計算力を問う問題を出題した．

解答例

(1)

$$\int \frac{1}{y} \frac{dy}{dx} dx = \int -5 dx + C_1$$

(C_1 : 任意定数)

$$y = e^{C_1} e^{-5x}$$

$$y = C e^{-5x}$$

$$(C = e^{C_1})$$

(2)

$$y = f(x)e^x$$

$$\frac{dy}{dx} = f'(x)e^x + f(x)(e^x)' = f'(x)e^x + f(x)e^x$$

$$\frac{dy}{dx} - y = f'(x)e^x + f(x)e^x - f(x)e^x = 2e^x$$

$$f(x) = 2x + C_2$$

(C_2 : 任意定数)

$$y = (2x + C_2)e^x$$

問題 2

出題意図：ベクトル解析は物理現象，とりわけ電磁気学を理解する上で必須の知識であり，その計算能力を有していないと電気電子分野の専門科目を理解するのが困難である．そこで，その計算力を問う問題を出題した．

解答例

(1)

$$\operatorname{div} \mathbf{A} = \nabla \cdot \mathbf{A} = -\sin(x) \sin(y)$$

$$\operatorname{grad}(\operatorname{div} \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x}(\nabla \cdot \mathbf{A}) \\ \frac{\partial}{\partial y}(\nabla \cdot \mathbf{A}) \\ \frac{\partial}{\partial z}(\nabla \cdot \mathbf{A}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos(x) \sin(y) \\ -\sin(x) \cos(y) \\ 0 \end{pmatrix}.$$

(2)

$$\operatorname{rot} \mathbf{A} = \nabla \times \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{\partial}{\partial z}(\cos(x) \sin(y)) \\ -\frac{\partial}{\partial y}(\cos(x) \sin(y)) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\cos(x) \cos(y) \end{pmatrix}$$

$$\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \mathbf{A}) = \nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial y}(-\cos(x) \cos(y)) \\ -\frac{\partial}{\partial x}(-\cos(x) \cos(y)) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(x) \sin(y) \\ -\sin(x) \cos(y) \\ 0 \end{pmatrix}.$$

(3)

関数の直交性より，互いに異なる自然数 m, n に対して

$$\int_0^{2\pi} \cos(mx) \cos(nx) dx = 0 \quad (m \neq n)$$

が成り立つので，

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{C} dx dy = \int_0^{2\pi} \cos(x) \cos(2x) dx \int_0^{2\pi} \sin^2(y) dy = 0$$

となる．

問題 3

出題意図：行列計算，固有値等の線形代数は電気電子分野の専門科目を学ぶ上で必須の知識であり，その計算能力を有していないと専門科目の習得は困難である．そこで，その計算力を問う問題を出題した．

解答例：

(1)

$$\det(\lambda I - A) = 0$$

$$\det\left(\lambda \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}\right) = 0$$

$$(\lambda - 5)(\lambda + 2) = 0$$

固有値 λ は5と -2 である．

(2)

固有値 $\lambda = 5$ の場合，

$$(\lambda I - A)x = 0$$

$$\left(5 \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}\right)x = 0$$

$$\begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}x = 0$$

固有ベクトルは $x = c_1 \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \end{pmatrix}$ である．

同様な方法により，固有値 $\lambda = -2$ の場合の固有ベクトルは $x = c_2 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ である．

ただし， c_1, c_2 は定数

問題 4

出題意図：フーリエ級数，フーリエ変換は電気電子分野の専門科目を学ぶ上で必須の知識であり，その計算能力を有していないと信号処理等の専門科目の習得は困難である．そこで，その計算力を問う問題を出題した．

解答例：

(1) $\omega \neq 0$ のときを考えると，

$$G(\omega) = \int_{-1}^1 e^{-j\omega t} dt = 2 \int_0^1 \cos \omega t dt = 2 \left[\frac{\sin \omega t}{\omega} \right]_0^1 = \frac{2 \sin \omega}{\omega}$$

となり， $\omega = 0$ のとき $G(0) = 2$ となる．

(2) $\omega \neq \pm\pi$ のときを考えると，

$$\begin{aligned} H(\omega) &= \int_{-1}^1 \cos(\pi t) e^{-j\omega t} dt = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 e^{-j(\omega - \pi)t} dt + \frac{1}{2} \int_{-1}^1 e^{-j(\omega + \pi)t} dt \\ &= \frac{1}{2} G(\omega - \pi) + \frac{1}{2} G(\omega + \pi) = \frac{\sin(\omega - \pi)}{\omega - \pi} + \frac{\sin(\omega + \pi)}{\omega + \pi}. \end{aligned}$$

となり， $\omega = \pm\pi$ のとき $H(\pm\pi) = 1$ となる．

電気回路 出題意図

大問 1 では，正弦波交流回路における，閉路方程式，節点電位方程式の概念の理解，および，閉路方程式，節点電位方程式の計算能力，さらに，消費電力の理解と計算能力を問う．

大問 2 では，正弦波交流回路における，抵抗，インダクタ，キャパシタを用いた複素インピーダンス，複素アドミッタンスの計算の能力，複素電力の概念の理解，および，これらに関する計算能力を問う．

大問 3 では，直流回路の過渡現象における微分方程式を構築する能力，消費電力の概念の理解，および，微分方程式を解いて解析解を求める計算能力を問う．

電気回路 解答例

問題 1

(1)

$$\frac{V - E_1}{Z_1} + \frac{V}{Z_3} + \frac{V - E_2}{Z_2} = 0$$

(2)

$$\frac{10\angle 0^\circ - E_1}{1} + \frac{10\angle 0^\circ}{-j0.5} + \frac{10\angle 0^\circ - j0.5E_1}{j0.5} = 0$$

$$10 + j20 - j20 - 2E_1 = 0$$

$$E_1 = 5\angle 0^\circ \text{ V}, \quad E_2 = j0.5E_1 = 2.5\angle 90^\circ \text{ V}$$

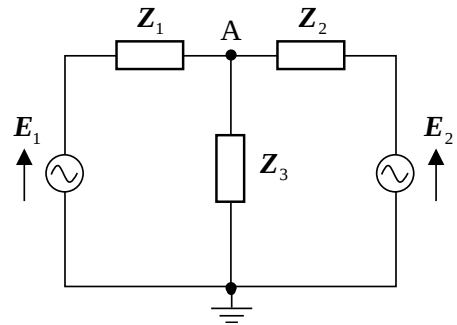


図 1

(3)

電力消費は、 $Z_1 = 1 \Omega$ のみで行われるので、まず、 Z_1 を流れる電流 I を求めると、(2) の第一項より、

$$I = \frac{10\angle 0^\circ - E_1}{1} = 10\angle 0^\circ - 5\angle 0^\circ = 5\angle 0^\circ$$

よって、回路の全消費電力 P は、

$$P = |I|^2 \operatorname{Re} Z_1 = 5^2 \times 1 = 25 \text{ W}$$

問題 2

(1) C がない場合のこの回路を流れる電流 I は、

$$I = \frac{E}{R + j\omega L}$$

また、アドミッタンス Y は、

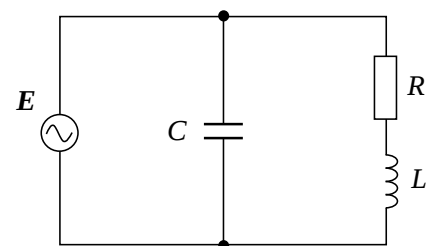
$$Y = \frac{1}{R + j\omega L} = \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

(2) 複素電力 P および、消費電力 P は、

$$P = E \left(\frac{E}{Z} \right)^* = \frac{|E|^2}{Z^*} = |E|^2 \frac{1}{R - j\omega L}$$

また、消費電力 P この実部なので、

$$P = \operatorname{Re} \left(|E|^2 \frac{1}{R - j\omega L} \right) = \operatorname{Re} \left(|E|^2 \frac{R + j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \right) = |E|^2 \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2}$$



(3) $R = 2 \Omega$, $j\omega L = j \Omega$, $E = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$ のときの消費電力 P は, (2) の P に代入して,

$$P = |E|^2 \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} = 100^2 \frac{2}{2^2 + 1^2} = 4,000 = 4 \text{ kW}$$

(4) C がない場合のこの回路のアドミッタンス Y の値は, (1) で求めた式に, (3) の値を代入して,

$$Y = \frac{2-j}{5}$$

回路の力率が 1 となるためには, この虚部を打ち消すように $j\omega C$ のキャパシタンスのインピーダンスを並列接続すればいいので,

$$\omega C = \frac{1}{5} = 0.2$$

問題 3

(1)

回路方程式は

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$$

右辺 = 0 として, 上式を解くと同次解 $q_t(t)$ が次のように求まる。

$$q_t(t) = K e^{-\frac{t}{RC}}$$

ただし, K は定数。十分に時間が経つと, キャパシタの充電が完了して, 電荷量の時間変化はなくなる。よって, ①式の定常解は次のようになる。

$$q_s = CE$$

よって, 時刻 t における電荷量は,

$$q(t) = q_s + q_t(t) = CE + K e^{-t/RC}$$

$q(0) = CE_0$ より, $K = -C(E - E_0)$ 。したがって,

$$q(t) = CE - C(E - E_0)e^{-t/RC}$$

時刻 t における電流 $i(t)$ は,

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{(E - E_0)}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

(2)

よって, 時刻 t_0 において, 抵抗 R における瞬時電力は,

$$p(t_0) = Ri(t_0)^2 = \frac{(E - E_0)^2}{R} e^{-\frac{2t}{RC}}$$

(3)

$$W = \int_0^\infty p(t)dt = \frac{(E - E_0)^2}{R} \left[-\frac{RC}{2} e^{-\frac{2t}{RC}} \right]_0^\infty = \frac{C}{2} (E - E_0)^2$$

二次選抜電磁気学問題解答例

問題 1 静電界の理解度を問う

(1) 境界条件を考慮して微分方程式を解くと,

$$V(\mathbf{r}) = \begin{cases} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \log_e \frac{a}{r} [\text{V}] & r > a \\ 0 [\text{V}] & r \leq a \end{cases}. \quad \text{ここに円柱表面での電位を基準に選びゼロとした.}$$

(2) 電位勾配を計算し符号反転すると

$$E(r) = \begin{cases} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} [\text{V/m}] & r > a \\ 0 [\text{V/m}] & r \leq a \end{cases}.$$

$r > a$ での電界の向きは, 点 P から円柱中心軸への垂線上で, 中心軸から外向き.

(3) 導体表面の面電荷に働く単位面積あたりの力 $\epsilon_0 |E(a)|^2/2$ を周方向に積分して

$$F = \frac{\lambda^2}{4\pi a \epsilon_0} [\text{N/m}].$$

問題 2 時刻変化する電磁界の理解度を問う

(1) $\nabla \cdot \epsilon_0 \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = 0 \rightarrow \nabla \cdot \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{k} \cdot \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) = 0$. この式は, t と z によらず成立するので, $\mathbf{k} \cdot \mathbf{E}_0 = 0$. 同様に, $\nabla \cdot \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r}) = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r}) = 0 \rightarrow \mathbf{p} \cdot \mathbf{E}_0 = 0$.

(2) $\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = -\frac{1}{\mu_0} \nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -\frac{1}{\mu_0} \nabla \times \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r})$

$$= -\omega \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \mathbf{p} \times \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r}) \rightarrow \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \mathbf{p} \times \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r}) [\text{A/m}]$$

(3) 導体表面での電界の反射係数-1 だから, 定在波の電界 $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ が

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) &= \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) + (-\mathbf{E}_0) \cos(\omega t + \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) [\text{V/m}] \\ &= 2\mathbf{E}_0 \sin(\omega t) \sin(\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) [\text{V/m}] \end{aligned}$$

と求まる. この電界を真空中の電磁誘導の法則に代入し, 時刻で積分し, 定在波部分のみを取出すと

$$\mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = 2 \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \mathbf{k} \times \mathbf{E}_0 \cos(\omega t) \cos(\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} z) [\text{A/m}]$$

と求まる.

電子回路 出題意図・解答例

問題1

出題意図：エミッタ接地回路とカスコード回路は、実際のアナログ回路設計で頻繁に使われるため、電子工学や通信技術を学ぶ学生にとって必須の知識である。そこで、微小信号等価回路や増幅利得に関する理解をチェックする。

$$(1) \quad \begin{aligned} v_i &= h_{ie} i_b \\ v_o &= -h_{fe} R_L i_b \end{aligned}$$

$$(2) \quad \begin{aligned} v_{in} &= h_{ie} i_{b1} \\ v_{out} &= -h_{fe} R_L i_{b2} \end{aligned}$$

$$(3) \quad \begin{aligned} h_{fe} i_{b1} &= h_{fe} i_{b2} + i_{b2} \\ i_{b2} &= \frac{h_{fe}}{h_{fe} + 1} i_{b1} \end{aligned}$$

$$\text{or} \quad i_{b1} = \frac{h_{fe} + 1}{h_{fe}} i_{b2} = \left(1 + \frac{1}{h_{fe}}\right) i_{b2}$$

$$(4) \quad \begin{aligned} A_1 &= \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_L h_{fe}}{h_{ie}} \\ v_{out} &= -\frac{h_{fe}^2}{h_{fe} + 1} R_L i_{b1} \\ A_2 &= \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_L h_{fe}^2}{h_{ie} (h_{fe} + 1)} = -\frac{R_L h_{fe}}{h_{ie}} \frac{1}{1 + \frac{1}{h_{fe}}} \\ \frac{A_2}{A_1} &= \frac{h_{fe}}{h_{fe} + 1} = \frac{1}{1 + \frac{1}{h_{fe}}} \end{aligned}$$

$h_{fe} = 100$ のとき,

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{1 + \frac{1}{h_{fe}}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{100}} \approx 0.990$$

問題2

出題意図: 組み合わせ論理回路の基本的な設計についての出題である. 題意から真理値表を作成し、それをもとに簡単化を行い, 回路図が作成できるかを確認している。

(1)

A_3	A_2	A_1	A_0	Z
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

(2)

A_3	A_2	A_1	A_0	00	01	11	10
00							
01							
11				1	1		
10						1	1

(3)

$$Z = A_3 A_2 \overline{A_1} + A_3 \overline{A_2} A_1$$

(4)

