

専門（生産システム工学専攻）
(電気電子工学科目群)

受験番号		氏名	模範解答
------	--	----	------

総得点	/ 100
-----	-------

問 1. 電気磁気学（1／2）

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。
単位を[]の中に記入せよ。

問 1.1

(1)(b)
$$F = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \times 10^{-12}} \cdot \frac{(-5.00) \times (-2.00)}{3.00^2} = +9.99 \times 10^9 \text{ N}$$

(2)(a)
$$\begin{aligned} E_Q &= \int_{\infty}^{r_A} (-F) dx = \int_{\infty}^{r_A} \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1 \cdot Q_A}{x^2} dx \\ &= \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \cdot Q_A \int_{\infty}^{r_A} \frac{dx}{x^2} = \frac{-Q_A}{4\pi\epsilon_0} \cdot [x^{-1}]_{\infty}^{r_A} \\ &= \frac{Q_A}{4\pi\epsilon_0 r_A} \end{aligned}$$
 ここで、位置を x とした。

(2)(b)
積分型ガウスの法則の左辺を
発散定理により変形すると

$$\begin{aligned} \int_V \nabla \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) dV \\ = \int_V \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\mathbf{r}) dV \end{aligned}$$

両辺の積分範囲が
等しいので

$$\nabla \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\mathbf{r})$$

問題 番号	解答	得点
(1) (a)	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_A Q_B}{r^2}$	10
(1) (b)	$+9.99 \times 10^9$ [N]	10
(1) (c)	反発力	10
(2) (a)	$Q_A / 4\pi\epsilon_0 r_A$	10
(2) (b)	$\nabla \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \rho(\mathbf{r}) / \epsilon_0$	10

専門 (生産システム工学専攻)

(電気電子工学科目群)

受験番号

氏名

模範解答

問 1. 電気磁気学 (1/2)

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。

単位を[]の中に記入せよ。

問 1.2

$$(2) |V(t)| = \left| -\frac{d\Phi(t)}{dt} \right| = 15.0 \times 10^{-5} \text{ Wb}/\mu\text{sec.}$$

$$= 15.0 \times 10^{-5} \times 10^6 \text{ Wb/sec} = 150 \text{ V}$$

(3) 磁束 $\Phi(t)$ の増加を打ち消す方向に電流を流そうとするため、 a の方向に電圧が向く。

$$(4) E_{\Phi} = \int_0^t -V(t) I(t) dt = \int_0^t \frac{d\Phi(t)}{dt} I(t) dt$$

$$= \int_0^t L I(t) \frac{dI(t)}{dt} dt = \int_0^t L I dI = \frac{1}{2} L I^2$$

(5) 式(1.1)を、面 S 上で面積分

すると (法線 $n(t)$ との内積をとり)

$$\int_S (\nabla \times E(r,t)) \cdot n(t) dS$$

$$= \int_S \left(-\frac{\partial B(r,t)}{\partial t} \right) \cdot n(t) dS$$

ストークスの定理より、左辺を変形

$$\oint_C E(r,t) \cdot dr$$

$$= \int_S \left(-\frac{\partial B(r,t)}{\partial t} \right) \cdot n(t) dS$$

問題番号	解答	得点
(1)	$V(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt}$	10
(2)	150 [V]	10
(3)	a	10
(4)	$\frac{1}{2} L I^2$	10
(5)	$\oint_C E(r,t) \cdot dr = \int_S \left(-\frac{\partial B(r,t)}{\partial t} \right) \cdot n(t) dS$	10

専門（生産システム工学専攻）
（電気電子工学科目群）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

総得点	／ 1 0 0
-----	---------

問 2．電気回路（1／3）

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。
単位を[]の中に記入せよ。

問 2.1

与えられた条件より、負荷電流は、 $I_L = \sqrt{\frac{P_L}{R_L}} = \sqrt{\frac{100}{1}} = 10 \text{ A}$
抵抗 R_2 にかかる電圧を V_2 とすれば、 $V_2 = I_L(R_3 + R_L) = 10 \times (2 + 1) = 30 \text{ V}$
抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 は、 $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{30}{6} = 5 \text{ A}$
したがって、KCL より電流 I は、 $I = I_L + I_2 = 10 + 5 = 15 \text{ A}$ となる。
抵抗 R_1 にかかる電圧を V_1 とすれば、 $V_1 = IR_1 = 15 \times 2 = 30 \text{ V}$
したがって、KVL より電圧 E は、 $E = V_1 + V_2 = 30 + 30 = 60 \text{ V}$
※合成抵抗を
 $R_T = R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_L)}{R_2 + R_3 + R_L} = 2 + \frac{6 \times (2 + 1)}{6 + 2 + 1} = 4 \Omega$
と求めてから、オームの法則より、 $E = IR_T = 15 \times 4 = 60 \text{ V}$
と求めてもよい。

（各 10 点）関係式が正しければ 5 点

解答		得点
I_L	10 [A]	10
E	60 [V]	10
I	15 [A]	10

専門（生産システム工学専攻）
(電気電子工学科目群)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問 2．電気回路（2／3）

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。
単位を[]の中に記入せよ。

問 2.2

(1) 回路に流れる電流を求めると、
$$I = \frac{\dot{E}}{R + jX_L} = \frac{100}{3 + j4} = 12 - j16 = 20 \angle -53.13^\circ \text{ A}$$
だから、複素電力は、
$$\dot{S} = P + jQ = \dot{E}\bar{I} = 100 \times (12 + j16) = 1200 + j1600 = 2000 \angle 53.13^\circ \text{ VA}$$
となるので、皮相電力は $S = 2000 \text{ VA}$ 、有効電力は $P = 1200 \text{ W}$ 、無効電力は $Q = 1600 \text{ Var}$ 、負荷力率は $\cos \theta = \cos 53.13^\circ = 0.6$ だから 60%となる。
なお、皮相電力を $S = EI = 100 \times 20 = 2000 \text{ VA}$ 、力率を $\cos \theta = \cos 53.13^\circ = 0.6$ と計算し、有効電力を $P = S \cos \theta = 2000 \times 0.6 = 1200 \text{ W}$ 、無効電力を $Q = S \sin \theta = 2000 \times \sqrt{1 - 0.6^2} = 2000 \times 0.8 = 1600 \text{ Var}$ と計算してもよい。
(各 5 点×4) 関係式が正しければそれぞれ 2 点
(2) 力率が 1 となるとき、キャパシタンスによる無効電力が進み $Q_C = 1600 \text{ Var}$ となればよい。
したがって、容量性リアクタンスを $X_C = \frac{1}{\omega C}$ とすれば、
$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{100^2}{1600} = 6.25 \text{ } \Omega$$
つまり、キャパシタンスは、
$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 6.25} = 5.093 \times 10^{-4} \text{ F}$$
となる。
※力率 1 のとき、回路に流れる電流の虚数成分が 0 だから、キャパシタンスに流れる電流は、
$$I_C = \frac{\dot{V}}{-jX_C} = j16$$
 なので、 $X_C = \frac{100}{16} = 6.25 \text{ } \Omega$ と求めてもよいし、合成インピーダンス (もしくは合成アドミタンス) を求めて、その虚数部が 0 という条件で容量性リアクタンスを求めてもよい。
(10 点) 関係式が正しく記載されていれば 4 点

問題番号	解答		得点
(1)	S	2000 [VA]	5
	P	1200 [W]	5
	Q	1600 [Var]	5
	力率	60 [%]	5
(2)	C	5.093×10^{-4} [F]	10

専門（生産システム工学専攻）
（電気電子工学科目群）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問 2．電気回路（3／3）

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。
単位を[]の中に記入せよ。

問 2.3 周波数成分ごとにフェーザで考える。

①基本波（角周波数 ω ）

インピーダンスは、 $\dot{Z}_1 = R - j\frac{1}{\omega C} = 4 - j3 \text{ } \Omega$ 、複素電流は、 $\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1}{\dot{Z}_1} = \frac{\frac{180\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ}{4 - j3} = 36\angle 36.87^\circ \text{ A}$
瞬時値に戻すと、 $i_1(t) = 36\sqrt{2} \sin(\omega t + 36.87^\circ) = 50.91 \sin(\omega t + 36.87^\circ) \text{ A}$

②第 2 調波（各周波数 2ω ）

インピーダンスは、 $\dot{Z}_2 = R - j\frac{1}{2\omega C} = 4 - j\frac{3}{2} \text{ } \Omega$ 、複素電流は、 $\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2}{\dot{Z}_2} = \frac{\frac{90\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\angle 30^\circ}{4 - j\frac{3}{2}} = 21.07\angle 50.56^\circ \text{ A}$
瞬時値に戻すと、 $i_2(t) = 21.07\sqrt{2} \sin(2\omega t + 50.56^\circ) = 29.80 \sin(2\omega t + 50.56^\circ) \text{ A}$
したがって、負荷に流れる電流の瞬時値はこれらを足し合わせればよいので、
 $i(t) = i_1(t) + i_2(t) = 50.91 \sin(\omega t + 36.87^\circ) + 29.80 \sin(2\omega t + 50.56^\circ) \text{ A}$ となる。
(15 点) 基本波および第 2 調波のフェーザをそれぞれ正しく求めることができていれば 5 点

実効値は、 $I = \sqrt{(I_1)^2 + (I_2)^2} = \sqrt{(36)^2 + (21.07)^2} = 41.71 \text{ [A]}$ (10 点) 関係式が正しく記載されていれば、4 点

有効電力は、各周波数成分ごとに計算して足し合わせればよいので、

$P_1 = E_1 I_1 \cos \theta_1 = 180 \times 36 \times \cos(36.87^\circ) = 5184 \text{ W}$ 、 $P_2 = E_2 I_2 \cos \theta_2 = 90 \times 21.07 \times \cos(30^\circ - 50.56^\circ) = 1776 \text{ W}$
 $P = P_1 + P_2 = 5184 + 1776 = 6960 \text{ W}$

なお、 $P = I^2 R = 41.71^2 \times 4 = 6959 \cong 6960 \text{ W}$ と求めてもよい。

(15 点) 基本波および第 2 調波の電力をそれぞれ正しく求めることができていれば 5 点

解答		得点
$i(t)$	$50.91 \sin(\omega t + 36.87^\circ) + 29.80 \sin(2\omega t + 50.56^\circ) \text{ [A]}$	15
I	41.71 [A]	10
P	6960 [W]	15

専門 (生産システム工学専攻)

(電気電子工学科目群)

受験番号

氏名

模範解答

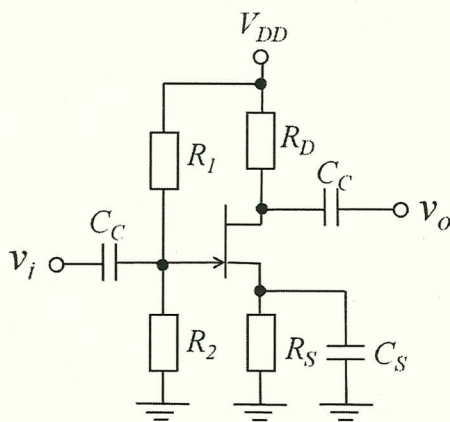
総得点

/ 100

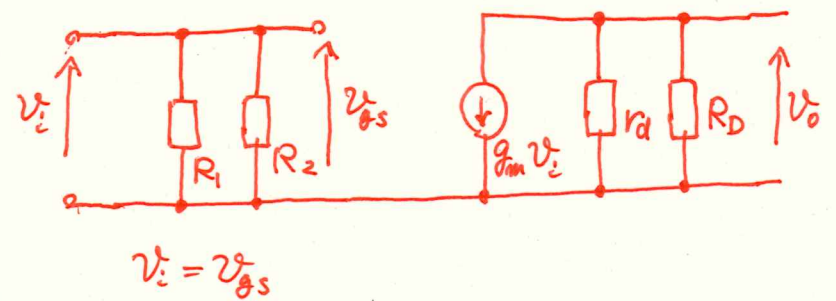
問 3. 電子回路 (1 / 3)

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。

問 3.1



- ・ 小信号等価回路
DC電圧 $V_{DD} \rightarrow 0$
- ・ 容量性リアクタンス
 $\frac{1}{\omega C_c} \approx 0, \frac{1}{\omega C_S} \approx 0$
- ・ ソースは交流的に接地



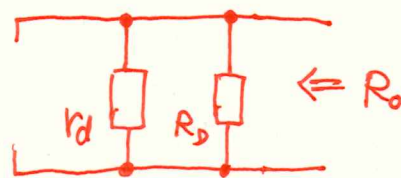
① 入力インピーダンス

$$R_i = R_1 \parallel R_2$$

$$= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

② 出力インピーダンス

- ・ $v_i \rightarrow 0$ とする
- ・ 出力端子から回路を見たときのインピーダンス



$$R_o = r_d \parallel R_D$$

$$\approx R_D \quad (r_d \gg R_D \text{ とき})$$

③ 電圧増幅度

$$v_o = -g_m v_i (r_d \parallel R_D)$$

$$\approx -g_m R_D v_i \quad (r_d \gg R_D \text{ とき})$$

$$\therefore A_v = \frac{v_o}{v_i}$$

$$= -g_m R_D$$

解答		得点
R_i	$R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$	10
R_o	R_D	10
A	$-g_m R_D$	15

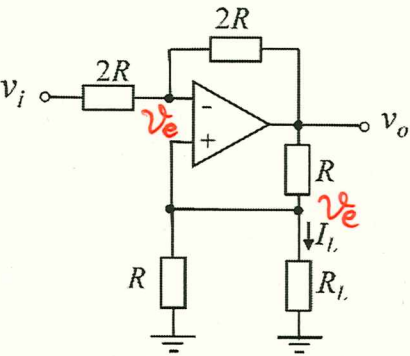
専門（生産システム工学専攻）
(電気電子工学科目群)

受験番号		氏名	模範解答
------	--	----	------

問 3. 電子回路（2／3）

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。

問 3.2



仮想短絡
KCLより

$$\frac{v_i - v_e}{2R} = \frac{v_e - v_o}{2R}$$

$$\therefore v_i + v_o = 2v_e$$

$$v_o = 2v_e - v_i \quad \text{--- ①}$$

-ノード

$$\frac{v_o - v_e}{R} = \frac{v_e}{R} + \frac{v_e}{R_L}$$

$$\therefore v_o - v_e = v_e + \frac{R}{R_L} v_e \quad \text{--- ②}$$

②に①を代入

$$2v_e - v_i - v_e = v_e + \frac{R}{R_L} v_e$$

$$v_i = -\frac{R}{R_L} v_e = -\frac{R}{R_L} I_L R_L$$

$$\therefore I_L = -\frac{v_i}{R}$$

解答	得点
$I_L = -\frac{v_i}{R}$	30

専門 (生産システム工学専攻)

(電気電子工学科目群)

受験番号

氏名

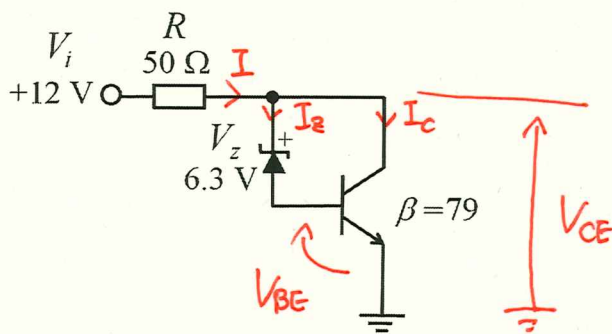
模範解答

問 3. 電子回路 (3 / 3)

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。

単位を[]の中に記入せよ。

問 3.3



KVL より

$$V_{CE} = V_Z + V_{BE} \\ = 6.3 + 0.7 = 7V$$

$$I = \frac{V_i - V_{CE}}{R} = \frac{12 - 7}{50} = 0.1A \\ (100mA)$$

KCL より

$$I = I_Z + I_C = I_Z + \beta I_Z = (1 + \beta) I_Z$$

$$\therefore I_Z = \frac{I}{1 + \beta} = \frac{100m}{1 + 79} = 1.25mA$$

$$I_C = \beta I_Z = 79 \times 1.25m = 98.75mA$$

問題 番号	解答	得点
(1)	1.25 [mA]	25
(2)	98.8 [mA]	10