令和７年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題解答例

専門科目（２：電気・電子情報工学）

［１］　解答例

(1)

ア．

$2\pi r \cdot H_0 = I - I = 0$より，$H_0 = 0$

イ．

$2\pi r \cdot H_1 = I - \{[\pi(r^2 - b^2)]/[\pi(c^2 - b^2)]\}I = I[1 - (r^2 - b^2)/(c^2 - b^2)]$

$= I\,(c^2 - r^2)/(c^2 - b^2)$より，

$H_1 = (I/2\pi r)\,(c^2 - r^2)/(c^2 - b^2)$

ウ．

$2\pi r \cdot H_2 = I$より，$H_2 = I/2\pi r$

エ．

$2\pi r \cdot H_3 = (\pi r^2/\pi a^2)I = (r^2/a^2)I$より，$H_3 = (I/2\pi r)(r^2/a^2) = Ir/(2\pi a^2)$

(2)

ア．

$4\pi r^2 \cdot \varepsilon_0 E_0 = Q$より，$E_0 = Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$

$V_0 = -\int_\infty^r [Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)]dr = -[-Q/(4\pi\varepsilon_0 r)]_\infty^r = Q/4\pi\varepsilon_0 r$

イ．

$4\pi r^2 \cdot \varepsilon_1 E_1 = Q \cdot r^3/a^3$より，$E_1 = Qr/(4\pi\varepsilon_1 a^3)$

$V_1 = -\int_\infty^a [Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)]dr - \int_a^r [Qr/(4\pi\varepsilon_1 a^3)]dr = -[-Q/(4\pi\varepsilon_0 r)]_\infty^a - [Qr^2/(8\pi\varepsilon_1 a^3)]_a^r$

$= Q/(4\pi\varepsilon_0 a) + Q(a^2 - r^2)/(8\pi\varepsilon_1 a^3)$

$= [Q/(4\pi\varepsilon_0 a)][1 + (\varepsilon_0/\varepsilon_1)(a^2 - r^2)/(2a^2)]$

［２］　解答例

(1)

ア．抵抗 R_3 および R_4 には電流は流れないので $\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{5000}{150}=\frac{100}{3}$ Ω

イ．S_1 を開いた後の方程式は $L\frac{di}{dt}+R_4i=0$ なので $i=Ae^{\frac{-R_4}{L}t}$　(A:定数)

S_1 を開く前のコイルに流れている電流 i は $i=\frac{E}{R_2}$

$t=0$ で $A=\frac{E}{R_2}$ となるため $i=\frac{E}{R_2}e^{\frac{-R_4}{L}t}=2e^{-1000t}$ A

ウ．$V_0=\frac{R_3}{R_2+R_3}E=\frac{10000}{150}=\frac{200}{3}$ V

エ．$R_0=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}=\frac{5000}{150}=\frac{100}{3}$ Ω

オ．テフナンの定理より，$I_4=\frac{V_0}{R_0+R_4}=\frac{200}{3}\frac{1}{\frac{100}{3}+100}=\frac{200}{400}=0.5$ A

(2)

ア．ブリッジの平衡条件 $\dot{Z}_1\dot{Z}_5=\dot{Z}_2\dot{Z}_3$ より，$\dot{Z}_4$ には電流は流れないので
$\dot{Z}_0=\frac{3}{2}(1+\mathrm{j})$ より，$\left|\dot{Z}_0\right|=\frac{3}{2}\sqrt{2}$ Ω

イ．上記アより、$\dot{Z}_{0(3f)}=\frac{3}{2}(1+\mathrm{j}3)$ となるため，$\left|\dot{Z}_{0(3f)}\right|=\frac{3}{2}\sqrt{10}$ Ω

よって，$\left|\dot{I}_{3f}\right|=\frac{|\dot{E}|}{\left|\dot{Z}_{0(3f)}\right|}=\frac{20}{3}\sqrt{10}$ A

［３］　解答例

(1)

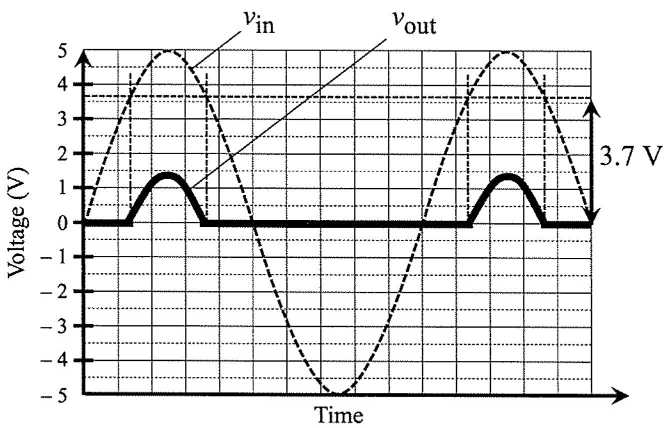
ア．　回路に流れる電流I を用いて，

$$I\cdot 1\ \mathrm{k\Omega} + 0.7\ \mathrm{V} = 3\ \mathrm{V}$$

これより，

$$I = \frac{3\ \mathrm{V} - 0.7\ \mathrm{V}}{1\ \mathrm{k\Omega}} = 2.3\ \mathrm{mA}$$

イ．



(2)

ア．

$$V_{\mathrm{in2}} = \frac{R_2}{R_1+R_2}V_{\mathrm{out}}$$

$V_{\mathrm{in1}} \approx V_{\mathrm{in2}}$ より，

$$\frac{V_{\mathrm{out}}}{V_{\mathrm{in}}} \approx \frac{R_1+R_2}{R_2}$$

もしくは，

$$\frac{V_{\mathrm{out}}}{V_{\mathrm{in}}} \approx 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

イ．

$$\begin{aligned} V_{\mathrm{out}} &= A_0(V_{\mathrm{in1}} - V_{\mathrm{in2}}) \\ &= A_0(V_{\mathrm{in}} - V_{\mathrm{out}}) \end{aligned}$$

これより，

$$A_0 = \frac{V_{\mathrm{out}}}{V_{\mathrm{in}} - V_{\mathrm{out}}} = \frac{0.9999}{1 - 0.9999} = 9999$$

［４］　解答例

(1)

ア．$t<0$において$x(t)=0$なので，$\tau>t$において$x(t-\tau)=0$となる。一方，$\tau<0$において$h(\tau)=0$であるので，$x(t-\tau)h(\tau)$が非ゼロとなるτの範囲は$0<\tau<t$となる（$0\leq\tau\leq t$でも可）。

イ．$0<\tau<t$において$x(t-\tau)h(\tau)=e^{-\tau}$となるので，これを式(4.1)に代入して積分を実行すると，以下のようになる。

$$y(t)=\int_0^t e^{-\tau}d\tau=[-e^{-\tau}]_{\tau=0}^{\tau=t}=1-e^{-t}$$

ウ．$0<\tau<t$において$x(t-\tau)h(\tau)=te^{-\tau}$となるので，これを式(4.1)に代入して積分を実行すると，以下のようになる（部分積分を用いる）。

$$y(t)=\int_0^t te^{-\tau}d\tau=\int_0^t t\left(-\frac{d}{d\tau}e^{-\tau}\right)d\tau=[-\tau e^{-\tau}]_{\tau=0}^{\tau=t}+\int_0^t e^{-\tau}d\tau=-te^{-t}+[-e^{-\tau}]_{\tau=0}^{\tau=t}=1-(1+t)e^{-t}$$

(2)

ア．式(4.3)を用いると，以下のようになる。

$$X(z)=\sum_{n=0}^{\infty}a^n z^{-n}=\sum_{n=0}^{\infty}\left(az^{-1}\right)^n=\frac{1}{1-az^{-1}}$$

イ．$\{y_{n-1}\}_{n=-\infty}^{\infty}$をZ変換し，$m=n-1$と変数変換すると，以下のように$Y(z)$を含んだ表示式が得られる。

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty}y_{n-1}z^{-n}=z^{-1}\sum_{n=-\infty}^{\infty}y_{n-1}z^{-(n-1)}=z^{-1}\sum_{m=-\infty}^{\infty}y_m z^{-m}=z^{-1}Y(z)$$

ウ．差分方程式(4.4)の両辺をZ変換し，$Y(z)$について代数的に解くと，以下のようになる。

$$3Y(z)-z^{-1}Y(z)=\frac{2}{1-z^{-1}}\quad\Leftrightarrow\quad Y(z)=\frac{2}{3(1-z^{-1})(1-z^{-1}/3)}$$

エ．$Y(z)$を部分分数分解すると，以下のようになる。

$$Y(z)=\frac{2}{3(1-z^{-1})(1-z^{-1}/3)}=\frac{A}{1-z^{-1}}+\frac{B}{1-z^{-1}/3}$$

ただし，係数A,Bは以下のように求まる。

$$A=\left(1-z^{-1}\right)Y(z)\Big|_{z^{-1}=1}=\left.\frac{2}{3(1-z^{-1}/3)}\right|_{z^{-1}=1}=1$$

$$B=\left(1-z^{-1}/3\right)Y(z)\Big|_{z^{-1}=3}=\left.\frac{2}{3(1-z^{-1})}\right|_{z^{-1}=3}=-\frac{1}{3}$$

したがって，$Y(z)$は以下のように表せる。

$$Y(z)=\frac{1}{1-z^{-1}}-\frac{1}{3(1-z^{-1}/3)}$$

この$Y(z)$を逆Z変換すると，以下のとおりy_nが求まる。

$$y_n = 1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^n = 1 - \left(\frac{1}{3}\right)^{n+1}$$

［５］　解答例

(1)

ア．容器2内の気体の物質量をx [mol]とすると，2つの容器の圧力が等しいから，気体定数をRとして，

$$\frac{(n-x)RT_0}{V}=\frac{xR(1.5T_0)}{2V}$$

これより$n-x=0.75x$ だから，$x=\frac{4}{7}n$ [mol]

イ．問アより定常状態になったときの圧力をpとすると，$p(2V)=\frac{4}{7}nRT_0$である。一方，封入直後の初期状態において，$p_0\cdot 3V=nRT_0$…①より，$p=\frac{2}{7}\cdot 3p_0=\frac{6}{7}p_0$となるので，$\frac{6}{7}$ 倍。

ウ．Q [J]の熱量を与えられたときの上昇温度をΔTとすると$2p_0V=\frac{4}{7}nR(T_0+\Delta T)$

①を考慮し$\frac{p_0V}{nRT_0}=\frac{2}{7}\left(1+\frac{\Delta T}{T_0}\right)=\frac{1}{3}$ となる。$\therefore \Delta T=\frac{1}{6}T_0$

容器2に含まれる気体の物質量は$\frac{4}{7}n$ [mol]だから，$Q=\frac{4}{7}n\cdot C_{\mathrm{V}}\cdot\frac{1}{6}T_0=\frac{2}{21}nC_{\mathrm{V}}T_0$ [J]

(2)

ア．$CH_3OH+1.5O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$

イ．$-(-166)+(-394)+2(-237)=-702\ \mathrm{kJ\ mol^{-1}}=-7.02\times10^5\ \mathrm{J\ mol^{-1}}$

ウ．$-\frac{-7.02\times10^5}{6\times(9.65\times10^4)}=1.21\ \mathrm{V}$