令和４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]

(1)

ア．rがaとbの間にあるとき，単位長の同軸円筒に対してガウスの法則を用いる。電気力線は放射状に半径rの円筒の面から出ていくので

$$\int_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = E2\pi r1 = \frac{+q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

となる。

イ．内部円柱導体の内側には電荷がないので，ガウスの法則からE=0 になる。

ウ．外部円筒導体の外側では，電荷の合計は0になるので，ガウスの法則よりE=0になる。

エ．二つの導体間の電位差V は

$$V = -\int_b^a E\,dr = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0}\int_b^a \frac{1}{r}dr = \frac{q}{2\pi\epsilon_0}\ln\frac{b}{a}$$

となる

オ．アとエの解を用い，r=aの代入をして

$$E = \frac{V}{a\ln\frac{b}{a}}$$

が得られる。Eの極小条件を求めるため，分母を微分して0とおくと

$$\frac{d}{da}\left(a\ln\frac{b}{a}\right) = \frac{d}{da}(a\ln b - a\ln a) = \ln b - \ln a - 1 = 0$$

$$\ln\frac{b}{a} = 1$$

$$\frac{b}{a} = e \approx 2.7$$

$$\mathrm{b} \approx 2.7a$$

(2)

ア．閉路ABCDの中には電流は含まれていないので

$$\oint_{\mathrm{ABCD}} \vec{B}\cdot d\vec{s} = B_2 s_2 - B_1 s_2 = 0$$

$$B_1 = B_2$$

ソレノイド外部の磁束密度は位置に依らず一定になるが，無限遠で磁束密度は0になるので，ソレノイド外部ではどこでも磁束密度が0になり$B_1 = B_2 = 0$となる。

イ．アの結果から，ソレノイド外部では磁束密度が0なのでB_3=0である。閉路A'B'C'D'では

$$\oint_{\mathrm{A'B'C'D'}} \vec{B} \cdot d\vec{s} = B_4 s_2 - B_3 s_2 = B_4 s_2 = \mu_0 n s_2 I$$

$$\therefore B_4 = \mu_0 n I$$

となる。これはソレノイド内部の磁束密度である。

ウ．閉路A''B''C''D''では

$$\oint_{\mathrm{A''B''C''D''}} \vec{B} \cdot d\vec{s} = B_6 s_2 - B_5 s_2 = 0$$

$$B_5 = B_6$$

となる。これらはB_4と等しいことになり，ソレノイド内部で磁束密度は一定である。

［２］

(1)

ア．合成抵抗R_{a}は，次のようになる。

$$R_{\mathrm{a}} = \frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3} + R_4 = \frac{6(1+2)}{1+2+6} + 0.5 = 2.5\,\Omega$$

したがって，V_4は次のようになる。

$$V_4 = \frac{ER_4}{R_{\mathrm{a}}} = \frac{10 \times 0.5}{2.5} = 2\,\mathrm{V}$$

イ．十分時間が経った後のコンデンサ電圧V_Cは，抵抗R_4の電圧V_4と等しい。

$$V_C = V_4 = 2\,\mathrm{V}$$

ウ．合成抵抗をR_{b}とすると，任意の時刻tにおける$V_C(t)$は，

$$V_C = -R_{\mathrm{b}}C\frac{dV_C}{dt}$$

$$V_C(t) = V_C e^{-\frac{t}{R_{\mathrm{b}}C}}$$

である。また，時刻$t=0$では，

$$V_C(0) = V_C = 2\,\mathrm{V}$$

となる。合成抵抗R_{b}は，

$$R_{\mathrm{b}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{1+2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{0.5}} = 0.4\,\Omega$$

となることから，$V_C(t)$は，

$$V_C(t) = 2e^{-\frac{t}{0.004}} = 2e^{-250t}$$

となる。

(2)

ア．抵抗R_2の電圧V_2は，

$$V_2 = E - V_1$$

となる。したがって，$R_1 : R_2 = V_1 : V_2$より，

$$R_2 = \frac{R_1V_2}{V_1} = \frac{R_1(E-V_1)}{V_1}$$

となる。

イ．合成インピーダンスZは，

$$Z = \sqrt{{R_2}^2 + {X_L}^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\,\Omega$$

となる。回路全体に流れる電流Iは，

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{50} = 2\ \mathrm{A}$$

となる。したがって，

$$V_L = 40 \times 2 = 80\ \mathrm{V}$$

となる。

［３］

（1）

ア．遮断状態なので，$I_C = 0$ である。

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + R_2}$$

イ．ベース電流I_Bは，以下のように求められる。

$$I_B = \frac{V_1 - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2}$$

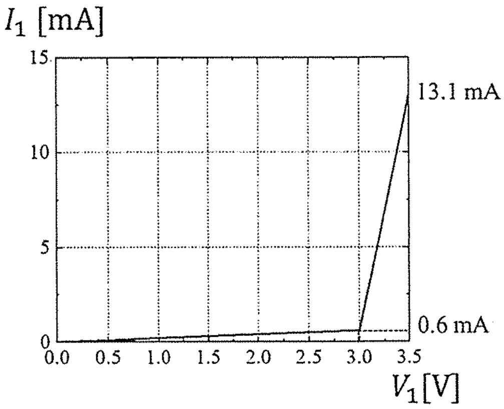
$$I_1 = \frac{V_1 - V_{BE}}{R_1} + \left(\frac{V_1 - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2}\right) h_{FE}$$

ウ．R_2にかかる電圧V_2が 0.6 V となる電圧V_1は以下のように求められる。

$$V_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \times 0.6 = 3\ \mathrm{V}$$

イの解答に，数値を代入すると，$I_1 = 25V_1 - 74.4$ [mA]と求められる。

したがって，V_1－I_1特性は下図のように描くことができる。



（2）

ア．

$$v_A = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} v_{in} = \frac{v_{in}}{1 + j\omega CR}$$

イ．

$$v_{out} = v_{in} - 2(v_{in} - v_A) = \frac{1 - j\omega CR}{1 + j\omega CR} v_{in}$$

$$v_{out}/v_{in} = \frac{1 - j\omega CR}{1 + j\omega CR}$$

ウ．

$$|v_{out}/v_{in}| = \left|\frac{1 - j\omega CR}{1 + j\omega CR}\right| = 1$$

[4]

(1)

ア．

$$X(z) = 1$$

イ．

$$X(z) = 1 - z^{-1} + 2z^{-2}, \qquad z \neq 0$$

ウ．

$$X(z) = \sum_{t=0}^{\infty} a^t z^{-t} = \sum_{t=0}^{\infty} \left(\frac{a}{z}\right)^t = \frac{1}{1 - az^{-1}}, \qquad |z| > |a|$$

(2)

ア．線形時不変システムの両辺をZ変換すると，以下を得る。

$$Y(z) = X(z) + 3\sum_{t=0}^{\infty} y_{t-1} z^{-t} - 2\sum_{t=0}^{\infty} y_{t-2} z^{-t}$$

定義$y_{-1} = 0$を用いて右辺第2項を評価すると，

$$\sum_{t=0}^{\infty} y_{t-1} z^{-t} = \sum_{t=1}^{\infty} y_{t-1} z^{-t} = z^{-1} \sum_{t=0}^{\infty} y_t z^{-t} = z^{-1} Y(z)$$

右辺第3項についても同様に計算して，

$$Y(z) = X(z) + 3z^{-1}Y(z) - 2z^{-2}Y(z)$$

これを$Y(z)$に関して解くと，

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

(1)のアから，$X(z) = 1$であるため，

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

イ．$Y(z)$の部分分数分解を行うと，

$$Y(z) = \frac{2}{1 - 2z^{-1}} - \frac{1}{1 - z^{-1}}$$

ウ．(1)のウから，$Y(z)$の右辺第1項における$(1 - 2z^{-1})^{-1}$は，系列$\{2^t\}_{t=0}^{\infty}$のZ変換である。同様に，第2項の$(1 - z^{-1})^{-1}$は，$t = 0, 1, \ldots$に対して常に1を取る系列のZ変換である。したがって，$t = 0, 1, \ldots$に対して

$$y_t = 2^{t+1} - 1$$

[5]

(1)

ア．$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

イ．グルコース1モルを生成するのに二酸化炭素6モルが必要なので

$$\frac{1}{180} \times 6 \times 44 \approx 1.5\ \mathrm{g}$$

ウ．ヘスの法則から

$1274 - 6\times(394+286) = -2806$　　反応熱は2806 kJ/molで吸熱

(2)

ア．0.0100 mol/L　(1.00×10^{-2} mol/L)

イ．モル電気伝導率の大きな水酸化物イオンが当量点以降で増加するから

ウ．酢酸分子は電荷がないので電気伝導度に寄与しない。また，明らかに酸性であるので水酸化物イオン濃度は無視できるほど小さい。そこで，電気伝導度に寄与するのは水素イオンと酢酸イオンである。

それらの濃度が等しいので，それらの濃度をx [mol/L]とすると，

電気伝導度とそれらの濃度との関係は　$35.0x + 4.0x = 0.0195$　である。

ゆえに　$x = 0.000500$ 水素イオンの濃度は，5.00×10^{-4} mol/L

(3)

ア．負極

イ．$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \rightleftarrows 2PbSO_4 + 2H_2O$

ウ．この充電で$PbSO_4$がPbになるので，2電子モル当たり96 g 質量は減少するので

$$\frac{0.50\times3860\times(-96)}{2\times96500} = -0.96\ \mathrm{g}$$