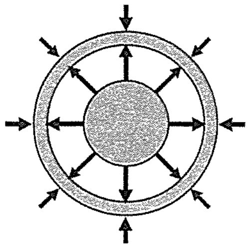
令和５年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題解答例

専門科目（２：電気・電子情報工学）

[1]

(1)

ア．



すべての電気力線が導体円筒に放射状に向かい，円筒の内側外側の本数が同じで，かつ導体内には電気力線は無いように書かれていれば可。

イ．導体円柱と中心を同じとする半径rで単位長さの円柱の表面S^oにガウスの法則を適用する。電界分布の対称性より円柱の軸に直交する面と電界は平行であり，また円柱側面と電界は直交し，かつ面上で電界の大きさは一定であるから，qをS^oの内側に含まれる電荷量として

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

これより$a<r<b$において$q=Q$であるから，$E=\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r}$ [V/m]

$b<r<c$では導体中の電界は0であるから，$E=0$ [V/m]

$c<r<2c$において$q=Q-2Q=-Q$であるから，$E=-\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r}$ [V/m]

ウ．導体円筒の電位がV_0であるから

$$V=V_0-\int_b^a E\,dr=V_0-\int_b^a\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r}dr=V_0-\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\int_b^a\frac{1}{r}dr=V_0-\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\Big[\log r\Big]_b^a=V_0+\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\log\frac{b}{a} \text{ [V]}$$

エ．導体円筒を接地すると導体円筒の単位長さ当たりの電荷は$-Q$[C/m]となり，コンデンサにはQl[C]の電荷が蓄えられている。接地しても導体円柱と導体円筒の電位差$\Delta V=\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\log\frac{b}{a}$は変化しないから，静電容量$C$は

$$C=\frac{Ql}{\Delta V}=\frac{Ql}{\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\log\frac{b}{a}}=\frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\log\frac{b}{a}} \text{ [F]}$$

(2)

ア．アンペールの法則より$2\pi dB=\mu_0 I$だから，磁束密度の大きさは$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ [T]で，向きはz軸正の向き。

イ．$\boldsymbol{F}=2\boldsymbol{I}\times\boldsymbol{B}$より，力の大きさは$F=2I\cdot\frac{\mu_0 I}{2\pi d}=\frac{\mu_0 I^2}{\pi d}$ [N/m]で，向きはy軸正の向き。

ウ．導線1よりも導線2を流れる電流が大きいことを考慮すると，$B=0$となるのは$y<0$の領域。求める位置の導線1からの距離をLとすると$\frac{\mu_0 I}{2\pi L}=\frac{\mu_0 2I}{2\pi(L+d)}$だから，これを解いて$L=d$。よって求める位置は$y=-d$ [m]。

［２］

(1)

ア．

Sを閉じる前の定常状態では，Lの抵抗はゼロとみなせるので，

$$I_0 = \frac{V_1}{r+R}$$

イ．

Sを閉じた後の回路より，次の回路方程式が成り立つ。

$$Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} = V_2$$

①定常解

$$i_1(t) = \frac{V_2}{R}$$

②過渡解（右辺=0）

$$i_2(t) = Ae^{-\frac{R}{L}t}$$

③一般解

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) = \frac{V_2}{R} + Ae^{-\frac{R}{L}t}$$

$t=0$において，$i(0) = I_0$ なので

$$A = \frac{V_1}{r+R} - \frac{V_2}{R}$$

よって

$$i(t) = \frac{V_2}{R} + \left(\frac{V_1}{r+R} - \frac{V_2}{R}\right)e^{-\frac{R}{L}t}$$

ウ．

題意を満たす条件は$i(t)$の過渡項= 0なので，$\frac{V_1}{r+R} - \frac{V_2}{R} = 0$ 。よって

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R}{r+R}$$

(2)

ア．

$$Z_0 = -jX_C + \frac{R\cdot jX_L}{R+jX_L} = -j10 + \frac{10\cdot j5}{10+j5} = -j10 + \frac{j10(2-j)}{(2+j)(2-j)} = -j10 + j2(2-j) = 2 - j6\,\Omega$$

イ．

X_Cを流れる電流をI[A]とすると

$$I = \frac{E}{Z_0} = \frac{10}{2-j6} = \frac{5(1+j3)}{(1-j3)(1+j3)} = \frac{1+j3}{2}\ \mathrm{A}$$

$$V_C = -jX_c \cdot I = -j10 \cdot \frac{1+j3}{2} = -j5(1+j3) = 15 - j5\ \mathrm{V}$$

ウ.

$$I_R = \frac{E - V_C}{R} = \frac{-5+j5}{10} = \frac{-1+j}{2}\ \mathrm{A}$$

エ.

X_Lを流れる電流I_L[A]を計算すると，

$$I_L = \frac{E - V_C}{jX_L} = \frac{-5+j5}{j5} = 1 - \frac{1}{j} = 1 + j\ \mathrm{A}$$

よって

$$\theta_L = \tan^{-1}\frac{1}{1} = \frac{\pi}{4}\ \mathrm{rad}$$

[3]

(1)　理想的な演算増幅器であるから，入力端子間は仮想短絡として考えられる。

ア．スイッチS_2，S_3が開いているときには反転増幅回路となるから

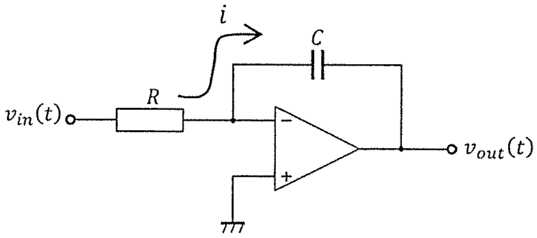
$$v_{out} = -\frac{R_0}{R_1}v_1$$

イ．スイッチS_2，S_3が閉じているときには加算回路として動作し

$$v_{out} = -\frac{R_0}{R_1}v_1 - \frac{R_0}{R_2}v_2 - \frac{R_0}{R_3}v_3$$

ウ．コンデンサに流れる電流をiとすると

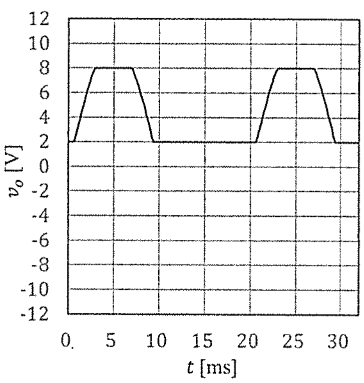
$$v_{out}(t) = -\int_0^t \frac{i}{C}dt = -\frac{1}{CR}\int_0^t v_{in}(t)\,dt$$



(2)

ア．5 V

イ．v_o [V]は，交流電源v_i [V]の波形の8 V以上，および2 V以下をクリップした右図の波形となる。



ウ．$v_1 = 9$ V

$v_2 = 18$ V

$v_3 = 18$ V

[4]

(1)

ア．ビット0を3回送信したときに，ビット1を1回も受信しない確率$p_{3,0}$は，3回ともビット反転が起こらない確率なので，

$$p_{3,0} = (1-p)^3$$

イ．ビット0を3回送信したときに，ビット1を2回受信する確率$p_{3,2}$は，受信系列が110，101，011のいずれかになる確率である。各系列は確率$p^2(1-p)$で発生するため，

$$p_{3,2} = 3p^2(1-p)$$

ウ．まず，ビット0をn回送信したときに，ビット1をk回受信する確率$p_{n,k}$を求める。この確率は，ビット1をk個，ビット0を$n-k$個含む受信系列が発生する確率である。このような系列の総数を${}_nC_k$とすると，$0! = 1$として，

$${}_nC_k = \frac{n!}{k!\,(n-k)!}$$

各系列は確率$p^k(1-p)^{n-k}$で発生するため，

$$p_{n,k} = \frac{n!}{k!\,(n-k)!}p^k(1-p)^{n-k}$$

$n = 10$と$k = 4$を代入して，

$$p_{10,4} = 210p^4(1-p)^6$$

(2)

ア．ビット0を1回送信したときに，ビット1を受信する確率$p_{1,1}$は，$p_{1,1} = p$より，

$$\sigma_1^2(p) = \sum_{k=0}^{1} k^2 p_{1,k} - p^2 = p_{1,1} - p^2 = p(1-p)$$

イ．ビット0を2回送信したときに，ビット1をk回受信する確率$p_{2,k}$を計算する。(1)のウの結果から得られる$p_{2,1} = 2p(1-p)$と$p_{2,2} = p^2$を使って分散を求めると，

$$\sigma_2^2(p) = \sum_{k=0}^{2}\left(\frac{k}{2}\right)^2 p_{2,k} - p^2 = \frac{p_{2,1} + 4p_{2,2}}{4} - p^2 = \frac{2p(1-p) + 4p^2}{4} - p^2 = \frac{p(1-p)}{2}$$

ウ．(2)のイから，以下の変動係数を得る。

$$\frac{\sigma_2(p)}{p} = \sqrt{\frac{1-p}{2p}}$$

ビット0を2回送信したときに，ビット1を1回受信したので，ビット反転確率の推定値は$\hat{p} = 1/2$である。よって，変動係数の推定値は，

$$\frac{\sigma_2(\hat{p})}{\hat{p}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

[5]

(1)

ア． 8

イ． $1+(1/8)\times 8 = 1+1 = 2$

ウ． $(\sqrt{2}a)^2+a^2 = (4r)^2$ より $r = \dfrac{\sqrt{3}}{4}a$ [cm]

エ． $\rho = 2M / (N_A a^3)$ [g / cm^3]

(2)

ア． 右に移動する。

イ． 右に移動する。

ウ． $K_p = p_3{}^2 / (p_1 p_2{}^3)$

(3)

ア． $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

イ． $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

ウ． $E^{\ominus}(Cu^{2+} | Cu) - E^{\ominus}(Zn^{2+} | Zn) = (+0.337\ V) - (-0.763\ V) = 1.100\ V$