第 1 種　　理　　論

A問題

問1　次の文章は、大地上空に存在する電荷による電界に関する記述である。以下の $\boxed{}$ に当てはまる式又は数値を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

上空に広く分布する電荷を点電荷で近似するとして、地表の点Ａから高さ h_1 の点に正の点電荷 $+Q$ があり、同じく高さ h_2 の点（$h_1 < h_2$）に負の点電荷 $-Q$ がある。空気の誘電率を ε_0、大地を完全導体と見なす。

a．正の点電荷による点Ａの電界の強さ……………… $E_p = \boxed{(1)}$

b．負の点電荷による点Ａの電界の強さ……………… $E_n = \boxed{(2)}$

c．地表の点Ａにおける電界の強さの絶対値 ………… $E_g = \boxed{(3)}$

d．$h_1 = 2$〔km〕、$h_2 = 6$〔km〕、$\varepsilon_0 = 10^7/(4\pi c^2)$〔F/m〕、$c = 3 \times 10^8$〔m/s〕とし、$E_g$ の大きさが 2×10^4〔V/m〕となるのに要する電荷の大きさ …………………………………………… $Q = \boxed{(4)}$〔C〕

e．この $+Q$ の電荷をある人工的手法で大地に放電させたところ、継続時間1〔ms〕の三角波形の電流が流れた。

その電流の波高値 ……………………………………… $I_m = \boxed{(5)}$〔A〕

〔解答群〕

(イ) $\dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_1}$　(ロ) $-\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_2^2}$　(ハ) $\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left[\dfrac{1}{h_1^2}-\dfrac{1}{h_2^2}\right]$　(ニ) 10^4

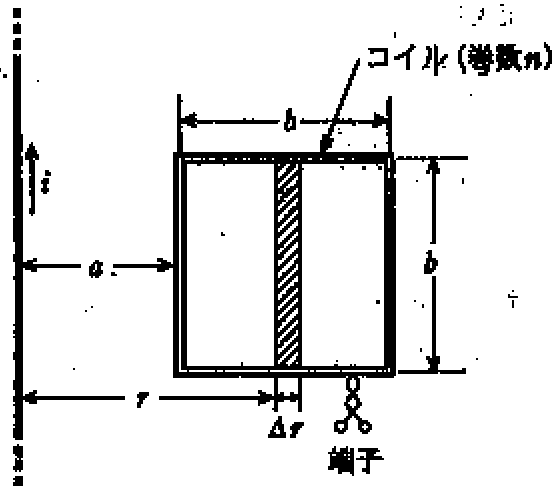
(ホ) 10　(ヘ) $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_1^2}$　(ト) 50　(チ) $-\dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_2}$

(リ) $\dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_1^2}$　(ヌ) $-\dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Q}{h_2^2}$　(ル) 5×10^4　(ヲ) 2×10^4

(ワ) $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\dfrac{1}{h_1^2}-\dfrac{1}{h_2^2}\right]$　(カ) 5　(ヨ) $\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left[\dfrac{1}{h_1}-\dfrac{1}{h_2}\right]$

問２　次の文章は、電流による誘導起電力に関する記述である。文中の [ ] に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

図のように、無限に長い直線状導体に、周波数 f の正弦波交流電流 i が流れている。いま、この導体を含む平面内に一辺の長さ b、巻数 n の正方形コイルが置かれている。その一辺は直線状導体に平行で、距離 a だけ離れている。この導体及びコイルの太さは十分小さいものとしてコイルに誘導される起電力を求める。ただし、媒質は空気とし、その透磁率は μ_0 とする。



直線状導体から距離 r の点における磁界の強さ H を正弦波交流電流の瞬時値 i を用いて表すと、$H=$ [(1)] となる。この点で、長さ b、幅 Δr の面を貫く磁束を $\Delta\Phi$ とすると、$\Delta\Phi=$ [(2)] となる。したがって、正方形コイルを貫く全磁束は $\Phi=$ [(3)] となる。電流を $i=\sqrt{2}\,I\sin 2\pi ft$ と表せば、コイルの端子間に生じる誘導起電力の瞬時値は $v=$ [(4)] となる。ここで a が b の 0.582 倍とすれば、誘導起電力の実効値は $E=$ [(5)] となる。

〔解答群〕

(イ) $\mu_0\left(\dfrac{i}{2\pi r^2}\right)b\cdot\Delta r$　(ロ) $\dfrac{\mu_0 ib}{2\pi}\log_e\dfrac{a+b}{a}$　(ハ) $\dfrac{i}{\pi r^2}$

(ニ) $fI\mu_0 nb$　(ホ) $\dfrac{i}{2\pi r^2}$　(ヘ) $\mu_0\left(\dfrac{i}{\pi r^2}\right)b\cdot\Delta r$

(ト) $\dfrac{\mu_0 ib}{\pi r}\log_e\dfrac{a+b}{a}$　(チ) $\dfrac{\mu_0 ia}{2\pi}\log_e\dfrac{a+b}{a}$　(リ) $\dfrac{i}{2\pi r}$

(ヌ) $\mu_0\left(\dfrac{i}{2\pi r}\right)b\cdot\Delta r$　(ル) $-fI\mu_0 nb\log_e\left(\dfrac{a+b}{a}\right)\cdot\sin 2\pi ft$

(ヲ) $-\sqrt{2}fI\mu_0 nb\log_e\left(\dfrac{a+b}{a}\right)\cdot\cos 2\pi ft$　(ワ) $\sqrt{2}\,fI\mu_0 nb$

(カ) $\dfrac{1}{\sqrt{2}}fI\mu_0 nb$　(ヨ) $-\dfrac{1}{\sqrt{2}}fI\mu_0 nb\log_e\left(\dfrac{a+b}{a}\right)\cdot\sin 2\pi ft$

問3 次の文章は、直流回路の電圧、電流分布に関する記述である。文中の$\boxed{}$に当てはまる数値を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

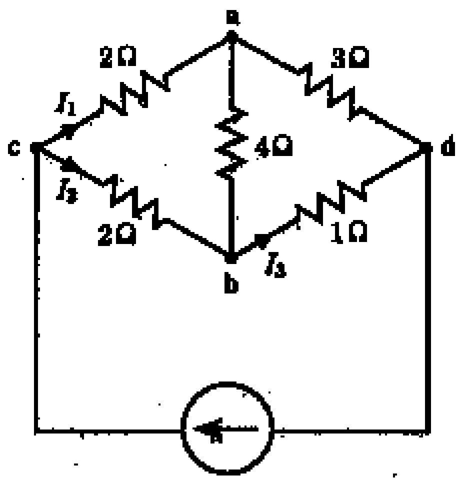
図の回路において、電流源J〔A〕の供給する電流は、次のように分流する。

$I_1 = \boxed{(1)} \times J$〔A〕

$I_2 = \boxed{(2)} \times J$〔A〕

$I_3 = \boxed{(3)} \times J$〔A〕

また、端子a、b間の電圧は、$|V_{ab}| = \boxed{(4)} \times J$〔V〕であり、端子c、d間の電圧は、$|V_{cd}| = \boxed{(5)} \times J$〔V〕となる。



電流源J〔A〕

〔解答群〕

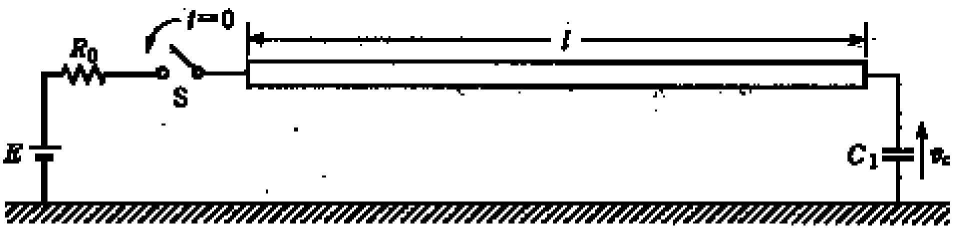
(イ) 0.167	(ロ) 0.250	(ハ) 0.333	(ニ) 0.400
(ホ) 0.417	(ヘ) 0.500	(ト) 0.583	(チ) 0.600
(リ) 0.667	(ヌ) 0.833	(ル) 1.000	(ヲ) 1.500
(ワ) 1.833	(カ) 2.167	(ヨ) 4.000	

問４ 次の文章は、分布定数回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

図のように、単位長当たりのインダクタンス及び静電容量がそれぞれ L 及び C で、長さ l の無損失分布定数線路がある。始端はスイッチ S を介して、内部抵抗 R_0、起電力 E の直流電圧源に結ばれている。終端には静電容量 C_1 のコンデンサが接続されている。また、大地は完全導体とする。

この線路の特性インピーダンスは $Z_0 = \boxed{(1)}$ である。時刻 $t = 0$ においてスイッチ S を閉じると、電圧は進行波となり、時間 $T = \boxed{(2)}$ 後に終端に到達する。

単位ステップ関数を $u(t)$ で表すと、終端のコンデンサの電圧 $v_c(t)$ は、$0 < t < 3T$ において $v_c(t) = \boxed{(3)} \times (1 - e^{\boxed{(4)}}) \times u(t - T)$ となる。始端においてインピーダンス整合が成り立てば、コンデンサの端子電圧 $v_c(t)$ は、$t > 3T$ においても上の式に従って変化し、定常状態では $\boxed{(5)}$ となる。



〔解答群〕

(イ) $\sqrt{LC}\,l$　(ロ) $\dfrac{2R_0E}{R_0+Z_0}$　(ハ) $\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　(ニ) $\dfrac{l}{\sqrt{LC}}$

(ホ) $-\dfrac{t}{C_1Z_0}$　(ヘ) $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　(ト) $\dfrac{\sqrt{LC}}{l}$　(チ) $\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

(リ) $\dfrac{Z_0E}{R_0+Z_0}$　(ヌ) $-\dfrac{t-T}{C_1R_0}$　(ル) $2E$　(ヲ) $-\dfrac{t-T}{C_1Z_0}$

(ワ) $\dfrac{E}{2}$　(カ) $\dfrac{2Z_0E}{R_0+Z_0}$　(ヨ) E

B問題

問5　次の文章は、同一の鉄心に一次巻線、二次巻線及び三次巻線を有する理想的な変流器(各巻線の起磁力は互いに完全に打ち消し合っている)に関する記述である。各巻線の巻数比を一次：二次：三次 ＝1：n：m (n, m >1)とし、文中の $\boxed{}$ に当てはまる式又は数値を解答群の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

一次側に対称な三相交流電流

$$\dot{I}_A = \dot{I}、\quad \dot{I}_B = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\dot{I}、\quad \dot{I}_C = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\dot{I}$$

が流れている。これに対し図1の結線では、三次回路の電流は $\dot{I}_{01} = \boxed{(1)}$ となる。いまC相の変流器の結線を図2のように変更すると、A相及びB相の二次巻線には電流 $\dot{I}_{a2} = \boxed{(2)}$、$\dot{I}_{b2} = \boxed{(3)}$ が流れる。

一次側の電流が $\dot{I}_A = 3\dot{I}_0$、$\dot{I}_B = 0$、$\dot{I}_C = 0$ の場合には、図1の三次回路に流れる電流は $\dot{I}_{01} = \boxed{(4)}$ であり、図2の三次回路には図1の三次回路の $\boxed{(5)}$ 倍の電流が流れることになる。

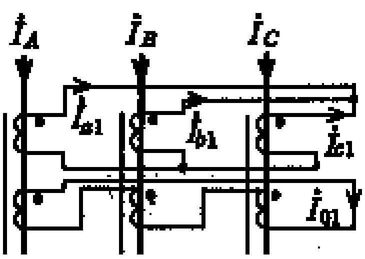


図1

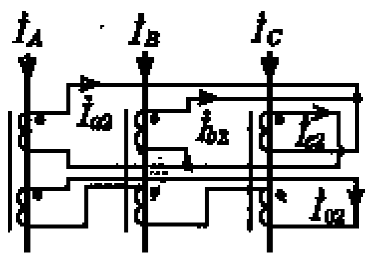


図2

問５の〔解答群〕

(イ) $j\sqrt{3}\,\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(ロ) $\left[\dfrac{1}{2}-j\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right]\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(ハ) 0　　(ニ) $\dfrac{\dot{I}}{n}$

(ホ) $\left[-\dfrac{3}{2}+j\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right]\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(ヘ) $\dfrac{\dot{I}_0}{3m}$　　(ト) $\left[\dfrac{1}{2}+j\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right]\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(チ) 3

(リ) $\left[-\dfrac{5}{6}-j\dfrac{\sqrt{3}}{6}\right]\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(ヌ) $\dfrac{3\dot{I}_0}{2m}$　　(ル) $\left[\dfrac{2}{3}+j\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right]\dfrac{\dot{I}}{n}$　　(ヲ) $\sqrt{3}$

(ワ) $\dfrac{\dot{I}}{m}$　　(カ) 1　　(ヨ) $\dfrac{\dot{I}_0}{m}$

解答欄は、別紙です。必ず、試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。

問６及び問７は選択問題ですから、このうちから１問を選んで解答してください。

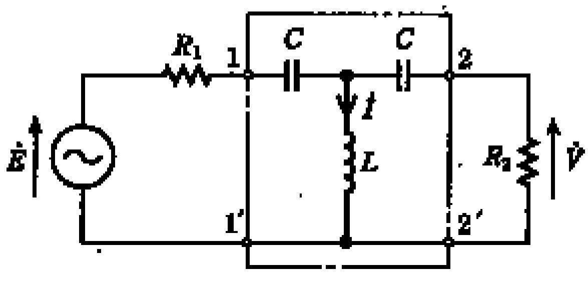
（選択問題）

問６　次の文章は、交流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

図のような交流回路（角周波数 ω）において、一点鎖線で囲まれた部分の回路の四端子定数 $\dot{A}$、$\dot{B}$、$\dot{C}$ 及び $\dot{D}$ は

$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-\dfrac{1}{\omega^2 LC} & \boxed{(1)} \\ \dfrac{1}{j\omega L} & 1-\dfrac{1}{\omega^2 LC} \end{bmatrix}$$

である。この回路において、角周波数 ω を変化させたところ、端子対 1、1′ から右の負荷側を見たインピーダンスが同端子対から左の電源側を見たインピーダンスに等しくなった。このとき、角周波数は $\omega=\boxed{(2)}$ であり、関係式 $R_1R_2=\boxed{(3)}$ が成り立つ。負荷 R_2 の端子電圧は $\dot{V}=\boxed{(4)}$ 、インダクタンス L に流れる電流は $\dot{I}=\boxed{(5)}$ となる。ただし、 $R_1 \neq R_2$ とする。



問6の〔解答群〕

(イ) LC

(ロ) $\dfrac{1}{j\omega C}\left(2-\dfrac{1}{\omega^2 LC}\right)$

(ハ) $\dfrac{1}{2\sqrt{LC}}$

(ニ) $\dfrac{\dot{E}}{2R_1}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

(ホ) $\dfrac{L}{C}$

(ヘ) $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

(ト) $\left(\dfrac{1}{R_1}-j\sqrt{\dfrac{C}{L}}\right)\dot{E}$

(チ) $j\omega L\left(2-\dfrac{1}{\omega^2 LC}\right)$

(リ) $\dfrac{1}{\sqrt{2LC}}$

(ヌ) $j\dfrac{\dot{E}}{2R_1}\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

(ル) $\left(\dfrac{1}{R_1}-j\sqrt{\dfrac{C}{L}}\right)\dfrac{\dot{E}}{2}$

(ヲ) $\dfrac{1}{j\omega C}\left(1-\dfrac{1}{\omega^2 LC}\right)$

(ワ) $j\dfrac{\dot{E}}{2R_1}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

(カ) $\dfrac{C}{L}$

(ヨ) $\left(\dfrac{1}{R_1}-j\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right)\dfrac{\dot{E}}{2}$

解答欄は、別紙です。必ず、試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。

（選択問題）

問７　次の文章は、理想的な演算増幅器を用いた差動増幅回路に関する記述である。

各式の $\boxed{}$ に当てはまる式又は数値を解答欄に記入しなさい。

図のような回路で、出力電圧 v_0 と入力電圧 v_A、v_B との関係を次のような手順で求める。

まず、電圧増幅度は無限大と考えてよいから次式が成り立つ。

$v_a - v_b = \boxed{(1)}$ ……………………………………①

他方、入力インピーダンスも無限大と考えてよいから次の二つの式が成立する。

$v_a = \boxed{(2)} \times v_A$ ……………………………………②

$\dfrac{\boxed{(3)}}{200} + \dfrac{v_0 - v_b}{\boxed{(4)}} = \boxed{(5)}$ …………③

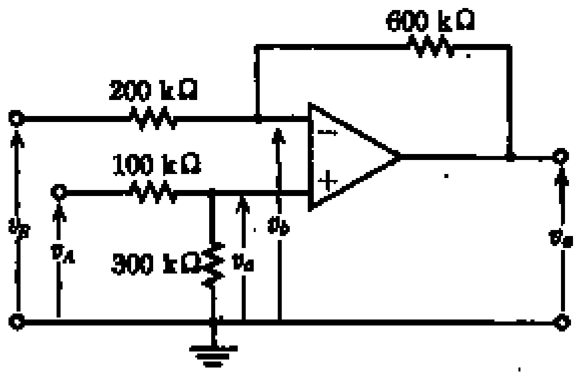
式③を整理すれば

$3v_B - \boxed{(6)} \times v_b + v_0 = 0$ ……………………④

したがって、出力電圧 v_0 は、式①及び②を考慮して、

$v_0 = \boxed{(7)} \times (v_A - v_B)$ ……………………………⑤

となる。



解答欄は、別紙です。必ず、試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。