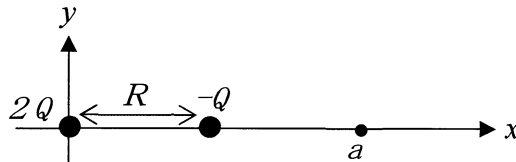


【04】電気電子部門

10時30分～12時30分

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 真空中で、下図のように x 軸上原点に電荷量 $+2Q$ [C]、原点から R (> 0) [m] 離れた位置に $-Q$ [C] の点電荷が置かれている。図のように x 軸上かつ有限の範囲内で電界の大きさがゼロとなる位置 a [m] ($a > R$) として、最も適切なものはどれか。ただし、真空中の誘電率は ϵ_0 [F/m] とする。



- ① $2R$ ② $\sqrt{2}R$ ③ $1 + \frac{1}{2}R$ ④ $(\sqrt{2}-1)R$ ⑤ $(2+\sqrt{2})R$

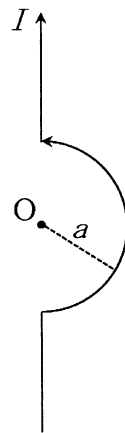
Ⅲ－2 地中電線路に用いられる単心ケーブルの1m当たりの対地静電容量 [F/m] として、最も適切なものはどれか。単心ケーブルは同心円筒構造とし、内側導体の半径は a [m]、外側シース導体半径は b [m] である。ただし、内側導体と外側シース導体との間は比誘電率 ϵ_s の誘電体でつめられているものとし、真空の誘電率は ϵ_0 とする。

- ① $\frac{2\pi\epsilon_s\epsilon_0}{\log_e \frac{a}{b}}$ ② $\frac{\log_e \frac{a}{b}}{2\pi\epsilon_s\epsilon_0}$ ③ $\frac{\log_e \frac{b}{a}}{2\pi\epsilon_s\epsilon_0}$ ④ $\frac{2\pi\epsilon_s\epsilon_0}{\log_e \frac{b}{a}}$ ⑤ $2\pi\epsilon_s\epsilon_0 \log_e ab$

Ⅲ－３ 物理現象における効果に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 「ペルチェ効果」とは、熱と電気との間に関する効果の一種であり、電子冷房に応用されている。
- ② 「トンネル効果」とは、電流と磁界との間に関する効果の一種であり、磁束計に応用されている。
- ③ 「光電効果」とは、光と電気との間に関する効果の一種であり、太陽電池に応用されている。
- ④ 「ピエゾ効果」とは、圧力と電圧との間に関する効果の一種であり、マイクロホンに応用されている。
- ⑤ 「ゼーベック効果」とは、熱と電気との間に関する効果の一種であり、熱電対温度計に応用されている。

Ⅲ－４ 下図のように、真空中に置かれた半径 a の半円とその中心 O に向かう 2 つの半直線とからできた回路に電流 I が流れている。半円の中心 O における磁界の大きさを表した式として、最も適切なものはどれか。ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。



- ① $\frac{I}{4\pi\mu_0 a}$ ② $\frac{I}{2\pi\mu_0 a}$ ③ $\frac{I}{4\pi a}$ ④ $\frac{I}{2\pi a}$ ⑤ $\frac{I}{4a}$

Ⅲ－５ 下図の抵抗 R_1, R_2, R_3 と理想直流電圧源 E_1, E_2 で構成される回路において、抵抗 R_3 を流れる電流 I を表す式として、最も適切なものはどれか。

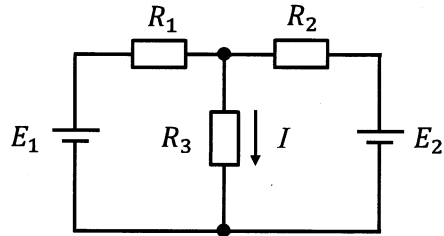
① $\frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_1 (R_2 + R_3) - R_2 R_3}$

② $\frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_2 (R_1 + R_3) - R_1 R_3}$

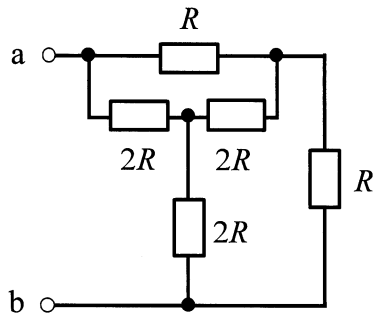
③ $\frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3}$

④ $\frac{R_1 E_2 - R_2 E_1}{R_2 (R_1 + R_3) - R_1 R_3}$

⑤ $\frac{R_1 E_2 - R_2 E_1}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3}$

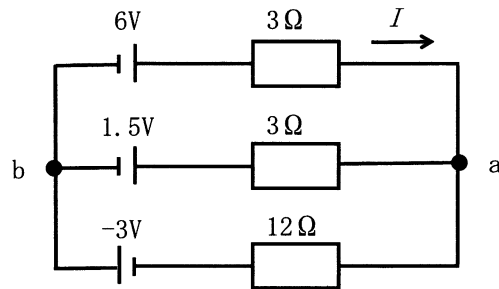


Ⅲ－６ 下図の回路において、端子abからみた合成抵抗として、最も適切なものはどれか。



① $2R$ ② R ③ $\frac{2R}{3}$ ④ $\frac{5R}{3}$ ⑤ $\frac{4R}{3}$

Ⅲ－７ 下図の回路において、電流 I [A] の値はどれか。



- ① 1 [A] ② 0.5 [A] ③ 2 [A] ④ 1.5 [A] ⑤ 10 [A]

Ⅲ－８ 下図の回路において、 E は定電圧電源、 R と L は理想的な素子とする。時刻 $t < 0$ でスイッチ S は開いている。時刻 $t \geq 0$ でスイッチ S を閉じるものとする。 $t \geq 0$ における電流 I_L を表す式として、最も適切なものはどれか。

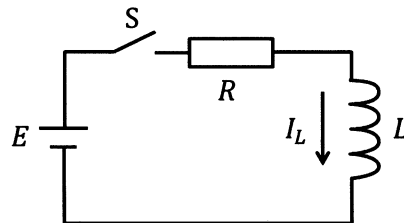
① $I_L = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$

② $I_L = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{L}{R}t} \right)$

③ $I_L = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$

④ $I_L = 0$

⑤ $I_L = \frac{E}{R} e^{-\frac{L}{R}t}$



Ⅲ－９ 過渡現象に関する次の記述の、に入る数式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

抵抗値 R の抵抗と静電容量 C のコンデンサを直列に接続した回路に時間 $t = 0$ において直流電圧 E を印加する。ただし、 $t = 0$ のときコンデンサの電荷はゼロとする。このとき回路には、過渡電流 $i(t) =$ ア が流れる。この回路において、 $t = 0$ から ∞ までの間に抵抗で消費されるエネルギーを W_R 、 $t = \infty$ において、コンデンサに蓄積されるエネルギーを W_C とすると $W_R / W_C =$ イ である。

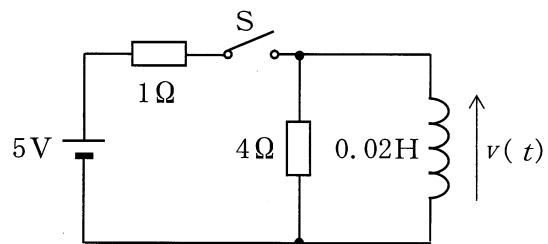
- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|---------------------------------|-------------------|
| ① | $\frac{E}{R} e^{-\frac{R}{C}t}$ | 1 |
| ② | $\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$ | $\frac{R}{C}$ |
| ③ | $\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$ | 1 |
| ④ | $\frac{E}{R} e^{-\frac{R}{C}t}$ | $\frac{R}{C}$ |
| ⑤ | $\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$ | $\frac{R^2}{C^2}$ |

Ⅲ－10 下図の回路で、スイッチSを閉じたまま十分な時間が経過した後、時刻 $t = 0$ [s] にて、Sを開いた。その直後にコイルにかかる電圧を a [V] とすると、 $t > 0$ における電圧 $v(t)$ [V] は、図中の矢印の向きを正として、次式のように表される。

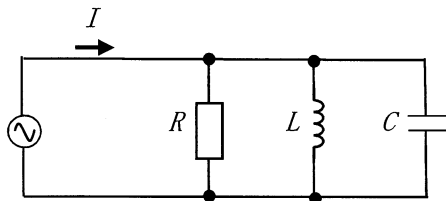
$$v(t) = a \exp(-\alpha t) + b$$

a , b , α の値の組合せとして、最も適切なものは次のうちどれか。

- | | a | b | α |
|---|-----|-----|----------|
| ① | 20 | 0 | 0.005 |
| ② | 20 | 4 | 200 |
| ③ | 4 | 0 | 0.005 |
| ④ | -20 | 0 | 200 |
| ⑤ | -20 | 4 | 200 |



Ⅲ－11 下図のように抵抗 R [Ω], コイル L [H], コンデンサ C [F], からなる並列回路がある。回路に流れる電流 I [A]の大きさが最小となる交流正弦波電源の周波数 f [Hz]として、最も適切なものはどれか。

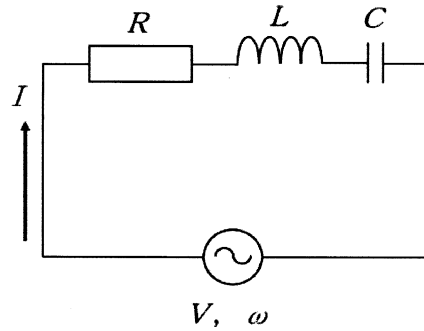


- ① $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ ② $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ③ $\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ ④ $\frac{1}{2\pi R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{L}{C}}$

Ⅲ－１２ 有限な値を有する理想的な回路素子 R 、 L 、 C で構成された下図の回路において、
 実効値 V の正弦波電圧源の角周波数 ω を変化させた場合の説明に関する次の記述の、
 に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

回路を流れる電流は、ある角周波数で ア となり、その極値における電流の実効値
 は イ である。

- | | ア | イ |
|------|---|---|
| ① 極小 | | 0 |
| ② 極小 | | $\frac{V}{R}$ |
| ③ 極小 | | $\frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ |
| ④ 極大 | | $\frac{V}{R}$ |
| ⑤ 極大 | | ∞ |

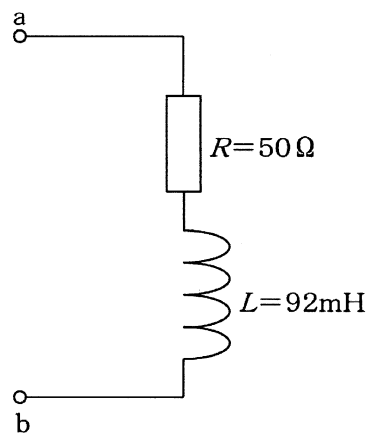


Ⅲ－13 交流回路に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

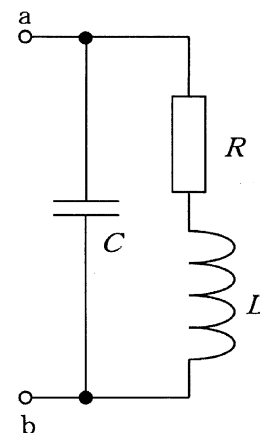
下図Aに示す回路の端子ab間の力率を改善するために、下図Bのようにコンデンサを接続した。図Aの回路で、周波数50Hzの交流電圧を印加すると、力率はである。

力率を1に改善するためには、静電容量が[μF]のコンデンサを接続すればよい。ただし、 $\tan^{-1}0.577 \approx 30^\circ$ である。

	ア	イ
①	0.5	350
②	0.71	350
③	0.71	27.6
④	0.87	350
⑤	0.87	27.6



図A



図B

Ⅲ－14 水力発電は、発電の際に地球温暖化の原因となる二酸化炭素を排出しないことや、安定した電力が供給できる長所を持つ。今、水力発電において有効落差75mで、流量が毎分600tの水車を用いて発電を行った結果、6MWの電力が得られた。発電機の効率が0.95の場合、水車の効率として、最も近い値はどれか。ただし、水の密度は $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 、重力加速度 $9.8\text{m}/\text{s}^2$ とする。

- ① 82% ② 86% ③ 90% ④ 94% ⑤ 98%

Ⅲ－15 ある負荷送電線の電圧が64[kV]，有効電力，遅れ無効電力がそれぞれ $1.0 \times \sqrt{3}$ [MW]，1.0[MVar]であった。66[kV]，10[MVA]を基準にこの送電線の複素電力 $P+jQ$ ，電流 $\dot{I}$ を単位法表記した式の組合せとして，最も適切なものはどれか。ただし， j は虚数単位であり，無効電力は遅れを正とする。

- | | $P+jQ$ [PU] | $\dot{I}$ [PU] |
|---|---------------|--------------------------|
| ① | $0.17+j 0.10$ | $0.206 \angle 30^\circ$ |
| ② | $0.17+j 0.10$ | $0.206 \angle -30^\circ$ |
| ③ | $0.17+j 0.10$ | $0.178 \angle -30^\circ$ |
| ④ | $0.17-j 0.10$ | $0.178 \angle 30^\circ$ |
| ⑤ | $0.17-j 0.10$ | $0.206 \angle 30^\circ$ |

Ⅲ－16 変圧器に関する次の記述の，に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか。

変圧器を運転すると，その内部では損失が発生する。この損失を二次出力に加えたものが，一次入力として電源から入ってくるのである。ここで，損失は無負荷損と負荷損に分けられる。無負荷損は，変圧器を無負荷にして，定格周波数，定格電圧を一次側に加えたときの入力で，そのほとんどが ア である。 ア のうち， イ は，磁束の変化によって鉄心内に起電力を生じ，電流が流れる結果，抵抗損失を生ずるもので，鋼板の厚さ，周波数及び磁束密度のそれぞれ2乗に比例する。負荷損は，変圧器に負荷をつなげたとき，流れる負荷電流によって生ずる損失で，巻線の ウ と，漂遊（ひょうゆう）負荷損の和からなる。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|---------|----|
| ① | 鉄損 | うず電流損 | 銅損 |
| ② | 銅損 | うず電流損 | 鉄損 |
| ③ | 銅損 | ヒステリシス損 | 鉄損 |
| ④ | 銅損 | 誘電体損 | 鉄損 |
| ⑤ | 鉄損 | ヒステリシス損 | 銅損 |

Ⅲ－17 容量1kVAの単相変圧器において、定格電圧時の鉄損が20W、全負荷銅損が60Wであった。定格電圧時、力率0.8の全負荷に対する50%負荷時の効率に最も近い値はどれか。

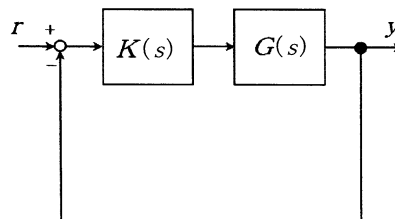
- ① 88% ② 90% ③ 92% ④ 94% ⑤ 96%

Ⅲ－18 電気機器の絶縁診断法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 絶縁抵抗計（メガー）によって絶縁抵抗を算定することができ、極端な吸湿や外部絶縁の欠陥について、おおよその見当をつけるのに有用である。
- ② 直流高電圧を誘電体試料に印加し、内部を通過する電流を測定する際には、表面を伝わる電流が検出されないようにガード電極を取り付けて測定を行う。
- ③ 直流高電圧を誘電体試料に印加すると、印加直後に吸収電流、一定時間後に漏れ電流が検出される。試料の吸湿は、吸収電流に大きく影響する。
- ④ シェーリングブリッジ回路を用いて交流電圧を印加することで、絶縁系の誘電正接（ $\tan \delta$ ）を測定することができる。
- ⑤ 誘電体にボイドなどの欠陥や吸湿、汚損があるときに交流電圧を印加すると、電流成分中に直流分が検出されるため、劣化状況の判定ができることがある。

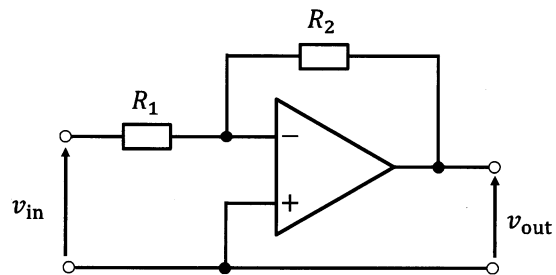
Ⅲ－19 下図に示すフィードバック制御系において $K(s)=2$ ， $G(s)=\frac{2}{s}$ とする。この閉ループ系の時定数とゲインの組合せとして、最も適切なものはどれか。

- | | 時定数 | ゲイン |
|---|------|------|
| ① | 0.25 | 1 |
| ② | 0.25 | 4 |
| ③ | 1 | 4 |
| ④ | 4 | 1 |
| ⑤ | 4 | 0.25 |



Ⅲ－20 演算増幅器はオペアンプとも呼ばれ，波形操作などに用いられる汎用増幅器である。抵抗 R_1, R_2 と理想オペアンプを下図のように接続した反転増幅器の回路において，入力電圧 v_{in} を与えた場合，出力電圧 v_{out} と入力インピーダンス Z_{in} の組合せとして，最も適切なものはどれか。

- | | $\frac{v_{out}}{v_{in}}$ | Z_{in} |
|---|---------------------------------|-------------|
| ① | $-\frac{R_1}{R_2} v_{in}$ | R_1 |
| ② | $-\frac{R_2}{R_1} v_{in}$ | R_1 |
| ③ | $-\frac{R_1}{R_2} v_{in}$ | $R_1 + R_2$ |
| ④ | $-\frac{R_1 + R_2}{R_1} v_{in}$ | R_1 |
| ⑤ | $-\frac{R_1 + R_2}{R_1} v_{in}$ | $R_1 + R_2$ |



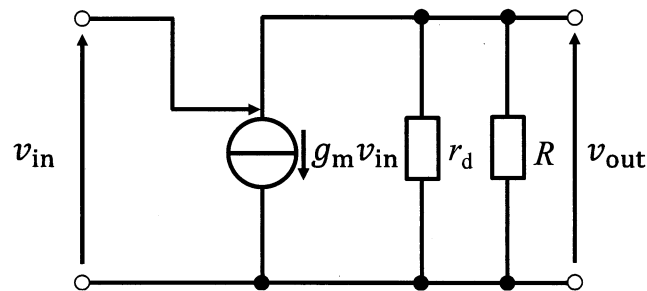
Ⅲ－21 下図にMOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタを用いたソース接地

増幅器の小信号等価回路を示す。入力電圧 v_{in} と出力電圧 v_{out} の比 $\frac{v_{out}}{v_{in}}$ を電圧増幅率という。

電圧増幅率を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 r_d と R は抵抗とする。ま

た、 g_m は相互コンダクタンスとし、回路における図記号 $\oplus$ の部分は理想電流源で、そ

の電源電流が電圧 v_{in} に比例する $g_m v_{in}$ であるとする。

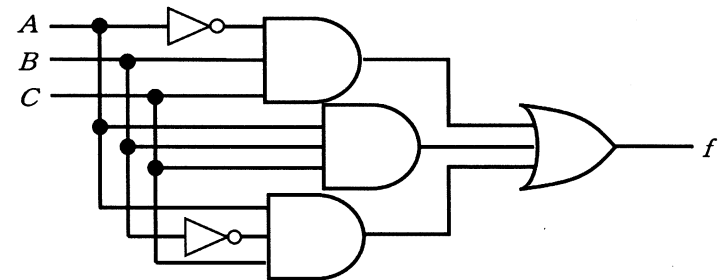


- ① $-\frac{g_m}{r_d R}$ ② $-\frac{g_m r_d}{r_d + R}$ ③ $-\frac{g_m r_d R}{r_d + R}$ ④ $-\frac{g_m (r_d + R)}{r_d R}$ ⑤ $-\frac{g_m R}{r_d + R}$

Ⅲ－22 下図に示すデジタル回路と等価な出力 f を与える論理式はどれか。ただし、論

理変数 A , B に対して、 $A + B$ は論理和を表し、 $A \cdot B$ は論理積を表す。また、 $\overline{A}$ は A の否定を表す。

- ① $\overline{A} \cdot \overline{C} + B \cdot C$
 ② $\overline{A} \cdot C + B \cdot C$
 ③ $B \cdot C + A \cdot C$
 ④ $A + C \cdot B + C$
 ⑤ $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$



Ⅲ－23 排他的論理和 (XOR) の論理式は次式で表され、入力の不一致を検出する。

$$A \oplus B = \bar{A} \cdot B + \bar{B} \cdot A$$

上記の論理式を変形し、XORを2つのNOTと3つのNORで実現した場合、最も適切なものはどれか。ただし、論理変数 A, B に対して、 $A+B$ は論理和を表し、 $A \cdot B$ は論理積を表し、 $\bar{A}$ は A の否定を表す。なお、任意の A, B について、ド・モルガンの定理

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

$$\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

が成り立つことを利用してよい。

① $\overline{(A+B)} + \overline{(\bar{A} + \bar{B})}$

② $\overline{(A+B)} + (\bar{A} + \bar{B})$

③ $\overline{(\bar{A} + \bar{B})} + \overline{(\bar{A} + \bar{B})}$

④ $(A+B) + \overline{(\bar{A} + \bar{B})}$

⑤ $\overline{(A+B)} + (\bar{A} + \bar{B})$

Ⅲ－24 エントロピーに関する次の記述の、 に入る式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

情報源アルファベット $\{a_1, a_2, \dots, a_M\}$ の記憶のない情報源を考える。 $a_1, a_2, \dots, a_M$ の発生確率を $p_1, p_2, \dots, p_M$ とすれば、エントロピーはアとなる。エントロピーは負にはならない。エントロピーが最大となるのは、 $p_1 = p_2 = \dots = p_M = 1/M$ のときであり、このとき、エントロピーはイとなる。

- | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|----------------------------------|-------------------------|
| ① $\sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$ | $-\log_2 M$ |
| ② $-\sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$ | $\frac{1}{M} \log_2 M$ |
| ③ $-\sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$ | $\frac{-1}{M} \log_2 M$ |
| ④ $-\sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$ | $\log_2 M$ |
| ⑤ $\sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$ | $\log_2 M$ |

Ⅲ－25 六面体のサイコロの各面に数字 1 から 6 が割り振られている。サイコロを振ったとき、それぞれの面が出る確率を $p_1, p_2, \dots, p_6$ とする。1 回振るときのエントロピーが最も大きくなるようにサイコロを作製した場合、そのエントロピーの値に最も近い値はどれか。ただし $\log_2 3 = 1.58$ とする。

- ① 0.17 ② 0.43 ③ 2.58 ④ 1.00 ⑤ 7.78

Ⅲ－26 下表に示すような4個の情報源シンボル s_1 , s_2 , s_3 , s_4 からなる無記憶情報源がある。この情報源に対し、ハフマン符号によって二元符号化を行ったときに得られる平均符号長の値はどれか。なお、符号アルファベットは $\{0, 1\}$ とする。

情報源シンボル	発生確率
s_1	0.5
s_2	0.2
s_3	0.2
s_4	0.1

- ① 1.8 ② 2.0 ③ 1.4 ④ 1.6 ⑤ 2.2

Ⅲ－27 時間幅 τ ，振幅 $1/\tau$ の孤立矩形パルス $g(t)$ のフーリエ変換 $G(f)$ は，

$$G(f) = \frac{\sin(\pi f \tau)}{\pi f \tau} \text{ と表される。}$$

一方，フーリエ変換には伸縮性があり， $g(t)$ とそのフーリエ変換 $G(f)$ の関係を

$$F[g(t)] = G(f) \text{ と表すとき，伸縮の比率を } \alpha \text{ として } F[g(\alpha t)] = \frac{1}{|\alpha|} G\left(\frac{f}{\alpha}\right) \text{ の関係が成立}$$

する。

そこで，孤立矩形パルス $g(t)$ に対して，時間幅を $\frac{1}{4}$ ，振幅を 4 倍とした孤立矩形パル

スを $g'(t)$ とするとき， $g'(t)$ のフーリエ変換として，最も適切なものはどれか。

① $\frac{\sin(\pi f \tau)}{\pi f \tau}$

② $\frac{4 \sin\left(\frac{\pi f \tau}{4}\right)}{\pi f \tau}$

③ $\frac{\sin(2\pi f \tau)}{2\pi f \tau}$

④ $\frac{4 \sin\left(\frac{\pi f \tau}{2}\right)}{\pi f \tau}$

⑤ $\frac{\sin(2\pi f \tau)}{4\pi f \tau}$

Ⅲ－28 フーリエ変換に関する次の記述の、 に入る式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

ただし、フーリエ変換は以下の式で定義されるものとする。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

時間領域の信号 $f_1(t) = \exp(-|t|)$ のフーリエ変換対は、 ア で与えられる。別の時間領域の信号 $f_2(t)$ のフーリエ変換対を $F_2(\omega)$ としたとき、 $f_1(t) + 2f_2(t)$ のフーリエ変換対は、 イ と与えられる。

ア

イ

- | | |
|--|---|
| ① $F_1(\omega) = \frac{2}{\omega^2 + 1}$ | $\frac{2}{\omega^2 + 1} + F_2(\omega)$ |
| ② $F_1(\omega) = \frac{1}{\omega}$ | $\frac{1}{\omega} + 2F_2(\omega)$ |
| ③ $F_1(\omega) = \frac{4}{\omega + 1}$ | $\frac{4}{\omega + 1} + F_2(\omega)$ |
| ④ $F_1(\omega) = \frac{2}{\omega^2 + 1}$ | $\frac{2}{\omega^2 + 1} + 2F_2(\omega)$ |
| ⑤ $F_1(\omega) = \frac{2}{\omega}$ | $\frac{2}{\omega} + F_2(\omega)$ |

Ⅲ－29 パルス符号変調（PCM）方式に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 線形量子化では、信号電力対量子化雑音電力比は信号電力が小さいほど大きくなる。
- ② 標本化パルス列から原信号を歪みなく復元できる周波数をナイキスト周波数と呼ぶ。
- ③ 非線形量子化を行う際の圧縮器特性の代表的なものとして、 μ -law（ μ 則）がある。
- ④ 標本化定理によれば、アナログ信号はその最大周波数の 2 倍以上の周波数でサンプリングすれば、そのパルス列から原信号を復元できる。
- ⑤ 量子化された振幅値と符号の対応のさせ方の代表的なものとして、自然 2 進符号、交番 2 進符号、折返し 2 進符号がある。

Ⅲ－30 30ビットの情報をデジタル変調方式を使って伝送する。8PSK (Phase Shift Keying) を用いて2シンボル送信し、正しく受信された。残りの情報を、16値QAM (Quadrature Amplitude Modulation) を用いて伝送するのに必要な最低送信シンボル数として、最も適切なものはどれか。

- ① 2シンボル
- ② 3シンボル
- ③ 4シンボル
- ④ 5シンボル
- ⑤ 6シンボル

Ⅲ－31 無線通信における送信方式に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 送信データに応じて搬送波の位相を変化させるPSK (Phase Shift Keying) を遅延検波によって復調する場合、送信機において事前に差動符号化することが必要である。
- ② 受信機において搬送波を再生する同期検波方式を用いた場合、チャネルの時間変動がなければ、遅延検波方式よりも復調性能は改善する。
- ③ BPSK (Binary PSK) は1シンボル当たり1ビットのデータを送信する変調方式であり、QPSK (Quadrature PSK) は1シンボル当たり2ビットのデータを送信する変調方式である。
- ④ 誤り訂正符号化と変調方式を同時に設計することで、優れた復調性能を達成する技術を時空間ブロック符号 (STBC : Space-Time Block Coding) と呼ぶ。
- ⑤ 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) は振幅と位相を変化させることで、1シンボル当たりでQPSK (Quadrature PSK) よりも多くのデータを伝送できるが、同一受信電力における雑音耐性が低下する。

Ⅲ－32 半導体に関する次の記述の、に入る語句及び数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

正孔が多数キャリアである半導体を型半導体，電子が多数キャリアである半導体を型半導体という。型及び型はキャリアの電荷がそれぞれ正であるか負であるかを表している。

集積回路に用いられる主要な半導体であるシリコンは14族の元素であるため，ホウ素などの族の元素を加えると型となり，この元素をと呼ぶ。また，リンなどの族の元素を加えると型となり，この元素をと呼ぶ。

	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>	<u>エ</u>	<u>オ</u>	<u>カ</u>
①	p	n	13	ドナー	15	アクセプタ
②	p	n	15	アクセプタ	13	ドナー
③	n	p	13	アクセプタ	15	ドナー
④	p	n	13	アクセプタ	15	ドナー
⑤	p	n	15	ドナー	15	アクセプタ

Ⅲ－33 半導体デバイス及び集積回路に関する次の記述の、に入る語句及び数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタを用いたCMOS(相補型MOS)インバータは、nMOS (n-channel MOS) トランジスタとpMOS (p-channel MOS) トランジスタを用いて、個のMOSトランジスタにより構成されている。入力が“イ”でnMOSトランジスタがウのとき、pMOSトランジスタはエとなり、入力が“オ”でnMOSトランジスタがカのとき、pMOSトランジスタがキとなることで入力信号を反転する。CMOSインバータでは、定常状態において電源からアースへの直流電流が流れることが無いため、低消費電力である。

	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>	<u>エ</u>	<u>オ</u>	<u>カ</u>	<u>キ</u>
①	2	0	オン	オフ	1	オフ	オン
②	4	1	オフ	オン	0	オン	オフ
③	4	0	オン	オフ	1	オフ	オン
④	2	1	オン	オフ	0	オフ	オン
⑤	2	1	オフ	オン	0	オン	オフ

Ⅲ－34 電力系統に直列コンデンサを設置することに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

送電線路に直列コンデンサを設置することは、線路のを減少させることにより、等価的に線路の長さを短縮することになる。このため、長距離送電線に適用するとより効果的である。また、直列コンデンサを設置することにより、の低減及び安定度の向上に役立つ。しかし、同期機におけるや負制動現象の原因になることがある。

<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>
① 誘導リアクタンス	高調波の発生	共振
② 誘導リアクタンス	電圧変動率	軸ねじれ現象
③ 並列キャパシタンス	電圧変動率	共振
④ 並列キャパシタンス	高調波の発生	共振
⑤ 並列キャパシタンス	電圧低下	軸ねじれ現象

Ⅲ－35 中性点接地方式に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

中性点抵抗接地方式は、我が国の154kV以下の電力系統に広く採用されている方式で、中性点を抵抗器を通して接地し地絡事故時のを抑制するので、地絡継電器の事故検出機能は方式より低下する。抵抗接地系では地絡電流は大きくないが、地絡瞬時には送電線の対地静電容量の影響を受けて大きな過渡突入電流が流れるので、特に系統では地絡継電器に時間遅れを持たせるなどの配慮が必要である。

<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>
① 地絡電流	非接地	ループ
② 零相電圧	直接接地	ケーブル
③ 地絡電流	直接接地	ケーブル
④ 地絡電流	リアクトル接地	ケーブル
⑤ 零相電圧	非接地	ループ

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は⑤

点aにおける電界のつり合い式 $2Q/a^2 = Q/(a-R)^2$ を解く。両辺の平方根をとって整理すると $(\sqrt{2}-1)a = \sqrt{2}R$ となり、 $a = (2+\sqrt{2})R$ が得られる。

●問題Ⅲ-2

正解は④

同心円筒導体間の電位差は単位長さあたりの電荷Qを用いて $Q/(2\pi\epsilon r\epsilon_0) \cdot \log_e(b/a)$ で表される。静電容量 $C=Q/V$ より、選択肢④の式となる。

●問題Ⅲ-3

正解は②

トンネル効果は微視的粒子がポテンシャル障壁を透過する量子力学的現象であり、電流と磁界の間の効果ではない。したがって、選択肢②の説明は最も不適切となる。

●問題Ⅲ-4

正解は⑤

中心Oに向かう2つの半直線電流が作る磁界はビオ・サバールの法則よりゼロとなる。半円電流が中心に作る磁界は円形電流の半分となるため、 $(I/2a) \times (1/2) = I/(4a)$ となる。

●問題Ⅲ-5

正解は③

ミルマンの定理より R_3 の両端電圧を求めると $(E_1/R_1 + E_2/R_2) / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$ となる。これを R_3 で割って分母分子を整理すると選択肢③の式が導出される。

●問題Ⅲ-6

正解は⑤

デルタ・スター変換を用いて中央のデルタ結線された $2R$ の抵抗網をスター接続に変換し、直並列の合成抵抗を順次計算すると、端子ab間の合成抵抗は $4R/3$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は①

ミルマンの定理より端子ab間の電圧を求めると $(6/3 + 1.5/3 - 3/12) / (1/3 + 1/3 + 1/12) = 3V$ となる。電流Iはオームの法則より $(6-3)/3 = 1A$ となる。

●問題Ⅲ-8

正解は①

直流電圧Eを印加したRL直列回路の過渡現象における微分方程式を解く。初期電流ゼロの条件から、電流 i_L は時定数 L/R で指数関数的に増加し、 $(E/R)(1 - e^{-(Rt/L)})$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は③

過渡電流は $i(t) = (E/R)e^{-(t/(CR))}$ である。抵抗で消費される熱エネルギーとコンデンサに蓄積される静電エネルギーはともに $(1/2)CE^2$ と等しくなるため、比 W_R/W_C は1となる。

●問題Ⅲ-10

正解は④

定常電流は $5V/1\Omega = 5A$ である。S開放直後、電流は 4Ω を流れて $v(0) = -20V$ となり、定常値bは0Vとなる。時定数は $L/R = 0.02/4 = 0.005s$ より減衰係数 $\alpha = 200$ となる。

●問題Ⅲ-11

正解は②

RLC並列回路において並列共振が生じるとき、合成アドミタンスが最小（純コンダクタンス $1/R$ ）となり電流は最小となる。共振周波数は $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ となる。

●問題Ⅲ-12

正解は④

直列RLC回路では直列共振角周波数においてリアクタンスがゼロとなり、合成インピーダンスが最小値Rとなる。このとき回路を流れる電流は極大となり、その値は V/R となる。

●問題Ⅲ-13

正解は⑤

誘導性リアクタンスは $\omega L = 2\pi \times 50 \times 0.092 \div 28.9 \Omega$ である。 $\tan \phi = 28.9/50 \div 0.577 (30^\circ)$ より力率は $\cos 30^\circ \div 0.87$ となる。アドミタンス虚部をゼロとする容量Cは約 $27.6 \mu F$ となる。

●問題Ⅲ-14

正解は②

理論水力出力は $P_0 = 9.8 \times 10 \times 75 = 7.35 \text{ MW}$ である。総合効率は $6/7.35 \div 0.816$ となり、発電機効率0.95で割ることで水車効率は約0.86 (86%) となる。

●問題Ⅲ-15

正解は②

複素電力の単位法は $P + jQ = (\sqrt{3} + j1.0)/10 = 0.173 + j0.10 \text{ pu}$ である。基準電流に対する実電流の比と位相遅れ 30° から電流を求めると、 $0.206 \angle -30^\circ \text{ pu}$ となる。

●問題Ⅲ-16

正解は①

変圧器の無負荷損の主成分は鉄損であり、周波数や磁束密度の2乗に比例する渦電流損が含まれる。また負荷電流によって巻線に生じる負荷損の主成分は銅損である。

●問題Ⅲ-17

正解は③

50%負荷の出力は $1000 \times 0.8 \times 0.5 = 400 \text{ W}$ となる。銅損は負荷率の2乗に比例して $60 \times (0.5)^2 = 15 \text{ W}$ 、鉄損は 20 W で全損失は 35 W となり、効率は $400/(400+35) \div 92\%$ となる。

●問題Ⅲ-18

正解は③

直流高電圧印加時に試料の吸湿に大きく影響されるのは、定常的に流れる漏れ電流である。吸収電流に大きく影響するとする選択肢③の記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-19

正解は①

閉ループ伝達関数は $4/(s+4) = 1/(1+0.25s)$ となる。標準的な一次遅れ系の形式と比較することにより、時定数は0.25、直流ゲインは1となる。

●問題Ⅲ-20

正解は②

理想オペアンプの仮想接地により反転入力端子は0Vとなるため、入力インピーダンスは R_1 となる。また反転増幅器の利得公式より出力電圧は $-(R_2/R_1)V_{in}$ となる。

●問題Ⅲ-21

正解は③

出力電圧 v_{out} は電流源 $g_m v_{in}$ が並列接続された抵抗 r_d と R に流れることによる電圧降下となる。極性を考慮して計算すると、電圧増幅率は $-g_m(r_d \parallel R)/(r_d \parallel R)$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は③

回路の論理式は $\bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C}$ である。前2項から $BC(\bar{A} + A) = BC$ となり、後2項から $AC(B + \bar{B}) = AC$ となるため、整理すると $BC + AC$ となる。

●問題Ⅲ-23

正解は①

XOR式 $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$ にド・モルガンの定理を適用してNORの形式に変形する。

((A+B)の否定) + ((A_bar+B_bar)の否定)の全体を否定することで選択肢①の式が得られる。

●問題Ⅲ-24

正解は④

情報源エントロピーの定義式は $-\sum p_i \log_2 p_i$ である。すべてのシンボルが等確率 $1/M$ のときにエントロピーは最大値 $\log_2 M$ をとるため、選択肢④の組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-25

正解は③

エントロピーが最大となるのは全事象が等確率 $1/6$ のときである。最大エントロピーは $\log_2 6 = \log_2 2 + \log_2 3 = 1 + 1.58 = 2.58$ ビットとなる。

●問題Ⅲ-26

正解は①

確率の小さい順に統合してハフマン木を構成すると、符号語長はS1が1ビット、S2が2ビット、S3とS4が3ビットとなる。平均符号長は $0.5 \times 1 + 0.2 \times 2 + 0.2 \times 3 + 0.1 \times 3 = 1.8$ となる。

●問題Ⅲ-27

正解は②

パルス $g'(t)$ は $g(t)$ に対し時間を4倍圧縮し振幅を4倍にした $4g(4t)$ である。相似定理 $F[\alpha g(\alpha t)] = G(f/\alpha)$ に $\alpha=4$ を適用すると、 $G(f/4) = \sin(\pi f \tau / 4) / (\pi f \tau / 4)$ より選択肢②となる。

●問題Ⅲ-28

正解は④

両側指数関数のフーリエ変換を計算すると $2/(\omega^2+1)$ となる。フーリエ変換の線形性より、 $f_1(t)+2f_2(t)$ の変換は $F_1(\omega)+2F_2(\omega)$ となるため選択肢④となる。

●問題Ⅲ-29

正解は①

線形量子化では量子化雑音電力が信号レベルによらず一定であるため、信号電力が小さいほど信号電力対量子化雑音電力比は小さくなる。大きくなるとする①は不適切となる。

●問題Ⅲ-30

正解は⑤

8PSKは1シンボル3ビットであり2シンボルで6ビット伝送する。残る24ビットを1シンボル4ビットの16値QAMで伝送するため、必要なシンボル数は $24/4=6$ シンボルとなる。

●問題Ⅲ-31

正解は④

誤り訂正符号化と変調方式を統合設計する技術はトレリス符号化変調(TCM)などと呼ばれる。時空間ブロック符号(STBC)は複数アンテナを用いるダイバーシティ技術であるため誤りとなる。

●問題Ⅲ-32

正解は④

正孔が多数キャリアのものはp型、電子はn型である。14族のシリコンに13族元素(ホウ素等)を加えるとアクセプタとなりp型に、15族元素(リン等)を加えるとドナーとなりn型となる。

●問題Ⅲ-33

正解は④

CMOSインバータはnMOSとpMOSの2個のトランジスタで構成される。入力が1のときはnMOSがオン、pMOSがオフとなり、入力が0のときはnMOSがオフ、pMOSがオンとなる。

●問題Ⅲ-34

正解は②

直列コンデンサは送電線の誘導リアクタンスを補償して等価線路長を短縮し、電圧変動率の低減や安定度向上に寄与するが、タービン発電機軸の軸ねじれ現象（SSR）の原因となることがある。

●問題Ⅲ-35

正解は③

中性点抵抗接地方式は地絡事故時の地絡電流を抑制するため、直接接地方式よりもリレー検出が難しくなる。特に対地静電容量が大きいケーブル系統では突入電流への配慮が必要となる。