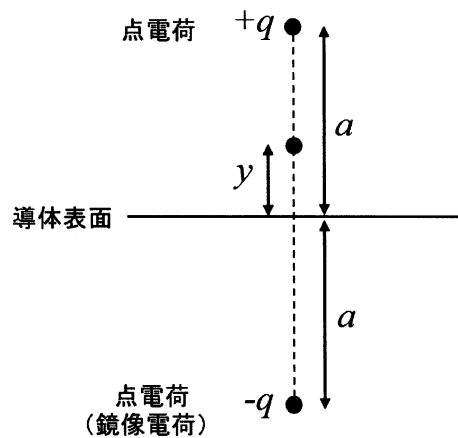


【O4】電気電子部門

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 下図のように、無限に広い接地された導体表面から距離 a 離れた点に、点電荷 q が置かれている。導体表面に垂直で、導体と点電荷を結ぶ線分上の点における電界の大きさを表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、導体表面からの距離を y ($0 < y < a$) とし、電界のできる空間の誘電率を ϵ とする。なお、この電界は鏡像法を用いて導出できる点に留意せよ。

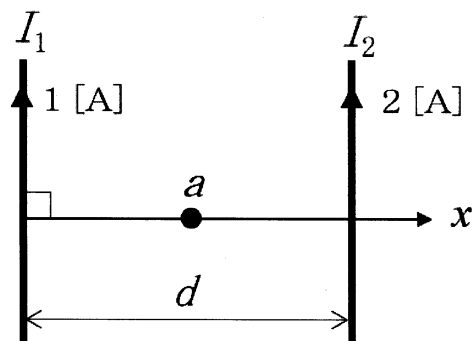


- ① $\frac{q}{4\pi\epsilon a^2}$
- ② $\frac{q}{4\pi\epsilon ay}$
- ③ $\frac{q}{4\pi\epsilon (y-a)^2}$
- ④ $\frac{q}{4\pi\epsilon} \left\{ \frac{1}{(y-a)^2} - \frac{1}{(y+a)^2} \right\}$
- ⑤ $\frac{q}{4\pi\epsilon} \left\{ \frac{1}{(y-a)^2} + \frac{1}{(y+a)^2} \right\}$

Ⅲ－２ 静電容量 2 [F] の 1 つのコンデンサに電圧 1 [V] の直流電圧源を接続し十分時間をかけ充電した後に、直流電圧源を取り外し、代わりに全く充電されていない静電容量 $1/2 \text{ [F]}$ のコンデンサを 2 つ並列接続し、十分時間が経ったとき、並列接続された 3 つのコンデンサに蓄えられる全静電エネルギー [J] の値として最も適切なものはどれか。

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

Ⅲ－３ 下図のように、間隔 d で配置された無限に長い平行導線に沿って $I_1 = 1 \text{ [A]}$ と $I_2 = 2 \text{ [A]}$ の定常電流がそれぞれ図の方向に流れている。導線 I_1 を原点とし、 x 軸上の距離 a 離れた点において磁界の強さが零となる。次のうち、 a と d の関係を表す式として最も適切なものはどれか。ただし、下図はすべて同一平面上にあるものとする。

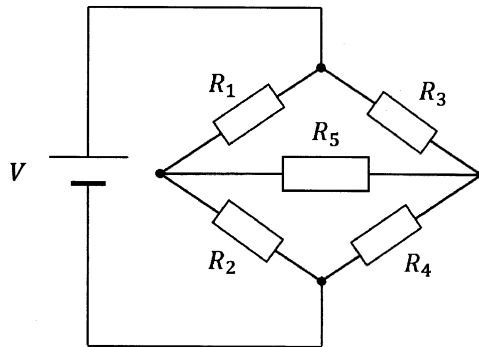


- ① $a = \frac{d}{5}$ ② $a = \frac{d}{3}$ ③ $a = \frac{d}{2}$ ④ $a = \frac{2d}{3}$ ⑤ $a = d$

Ⅲ－４ 共通の鉄心に２つのコイルを接続するとき、両方のコイルが作る磁束が増加するようにすると合成インダクタンスは16 [H] となり、磁束が打ち消し合うようにすると4 [H] となった。両コイル間の相互インダクタンスの値として最も適切なものはどれか。

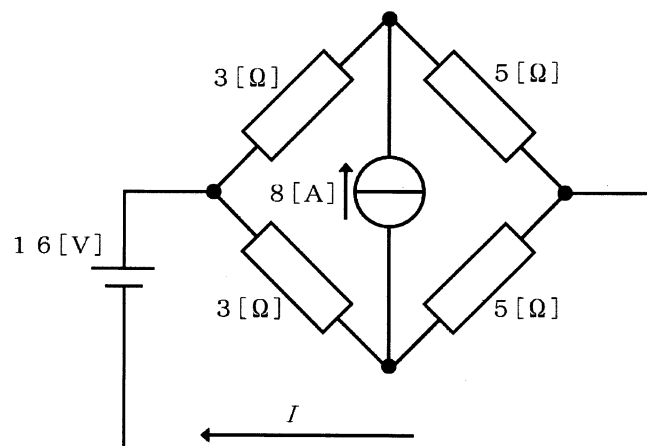
- ① 16 [H] ② 12 [H] ③ 6 [H] ④ 4 [H] ⑤ 3 [H]

Ⅲ－５ 下図に示すブリッジ回路において、抵抗 R_5 に流れる電流が0となる条件として最も適切なものはどれか。



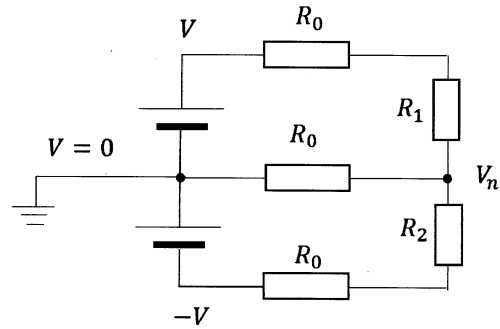
- ① $R_1 R_2 = R_3 R_4$
② $R_1 R_3 = R_2 R_4$
③ $R_1 R_4 = R_2 R_3$
④ $R_1 + R_4 = R_2 + R_3$
⑤ $R_5 = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

Ⅲ－６ 下図のような、16 [V] の理想直流電圧源、8 [A] の理想直流電流源及び抵抗を含む回路において、電流 I の値はどれか。



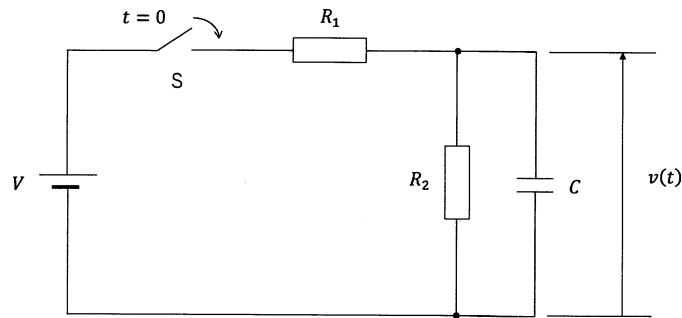
- ① 10 [A] ② 8 [A] ③ 6 [A] ④ 4 [A] ⑤ 2 [A]

Ⅲ－７ 下図に示すように上部線路，中性線，下部線路からなる直流３線式により電力輸送を行う場合，負荷側中性線の電圧 V_n を表す正しい式として最も適切なものはどれか。ただし，電源電圧の大きさを V ，正負電源の中性点の電位を 0 ，電源と負荷を接続する線路の抵抗を R_0 ，負荷の抵抗は上部を R_1 ，下部を R_2 とする。



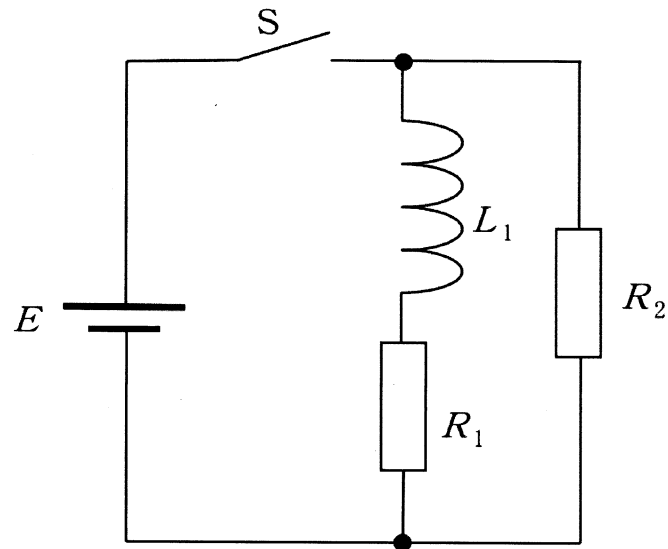
- ① $V_n = \frac{R_1 + R_2}{3R_0 + 2(R_1 + R_2)} V$
- ② $V_n = \frac{R_1 - R_2}{3R_0 + 2(R_1 + R_2)} V$
- ③ $V_n = \frac{R_0(R_2 - R_1)}{2R_0^2 + 2(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)} V$
- ④ $V_n = \frac{R_0(R_2 - R_1)}{R_0\{3R_0 + 2(R_1 + R_2)\} + R_1R_2} V$
- ⑤ $V_n = \frac{R_1 - R_2}{3R_0 + R_1 + R_2} V$

Ⅲ－８ 下図に示す回路において、時間 $t=0$ においてスイッチを入れた時、電圧 $v(t)$ を表す正しい式として最も適切なものはどれか。ただし、キャパシタの初期電圧は 0 とする。



- ① $\frac{R_2 V}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_2^2 C} t} \right)$
- ② $\frac{R_1 V}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{(R_1 + R_2) C}} \right)$
- ③ $\frac{R_2 V}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{(R_1 + R_2) C}} \right)$
- ④ $\frac{R_2 V}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C} t} \right)$
- ⑤ $\frac{R_2 V}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1^2 C} t} \right)$

Ⅲ－９ 下図のようなRL直列回路が定常状態にあり、 $t = 0$ でスイッチSを開く。このとき流れる電流によって抵抗 R_1 で消費されるエネルギーとして、最も適切なものはどれか。

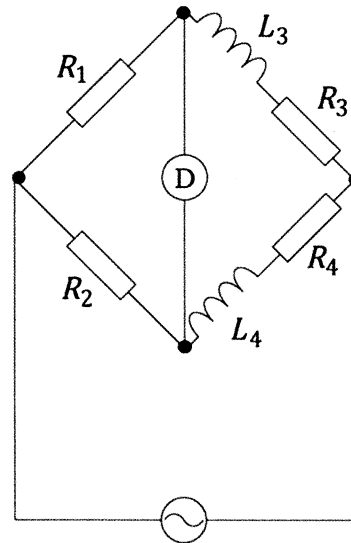


- ① $\frac{L_1 E^2}{2R_1(R_1 + R_2)}$
- ② $\frac{L_1 E^2}{R_1(R_1 + R_2)}$
- ③ $\frac{L_1 E^2}{(R_1 + L_1)(R_1 + R_2)}$
- ④ $\frac{L_1 E^2}{2R_1 R_2}$
- ⑤ $\frac{L_1 E^2}{R_1 R_2}$

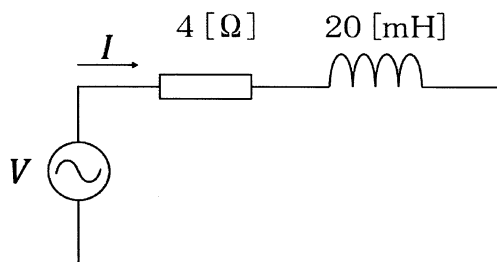
Ⅲ－10 交流ブリッジ回路の平衡条件に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図のようなブリッジ回路が平衡状態にあるとき、 $R_4 = \text{ア}$ Ω 、 $L_4 = \text{イ}$ mHである。ただし、 $R_1 = 2$ [k Ω]、 $R_2 = 4$ [k Ω]、 $R_3 = 60$ [Ω]、 $L_3 = 20$ [mH]とする。

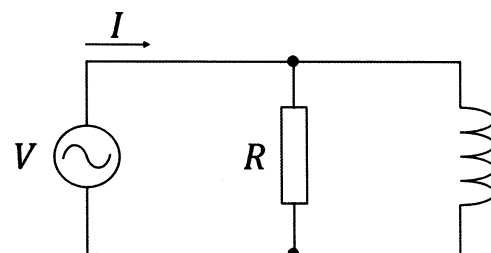
- | | ア | イ |
|---|-------|----|
| ① | 30 | 10 |
| ② | 120 | 40 |
| ③ | 0.008 | 40 |
| ④ | 30 | 40 |
| ⑤ | 120 | 10 |



Ⅲ－11 下図において、角周波数が400 [rad/s]、電圧が V （実効値）の交流電源から流れる電流 I は、図A、図Bのいずれも同じ大きさ、かつ電圧との位相差が同一である。このとき、図Bにおける抵抗 R に最も近い値はどれか。



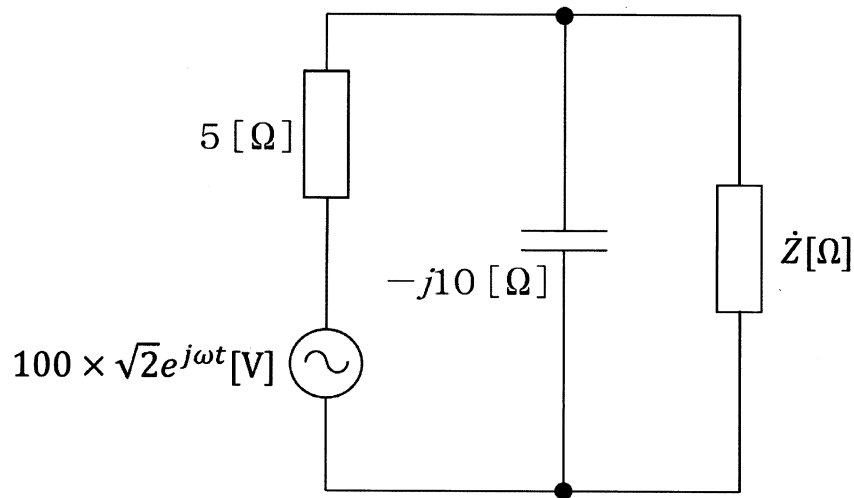
図A



図B

- ① 5 [Ω] ② 10 [Ω] ③ 15 [Ω] ④ 20 [Ω] ⑤ 25 [Ω]

Ⅲ－12 下図の回路で負荷インピーダンス $\dot{Z}$ を調整して $\dot{Z}$ の有効電力 P を最大にしたい。
次のうち、最大にした時の P の値として、最も近い値はどれか。



- ① 125 [W] ② 250 [W] ③ 444 [W] ④ 500 [W] ⑤ 559 [W]

Ⅲ－13 電力系統における地中送電線に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 複数のケーブルが近接して配置されると、導体断面の電流密度が偏ることで等価的な抵抗値が増加する場合がある。
- ② 架空送電線と比較して静電容量が大きいため、充電電流が送電容量に及ぼす影響に注意する必要がある。
- ③ 管路式による布設では送電線の増設や撤去が容易であり、他の方式と比較して熱放散が良好で許容電流が大きい利点がある。
- ④ 事故点の測定方法として、マーレーループ法は短絡・地絡故障、静電容量法は断線事故に対して、それぞれ有効である。
- ⑤ 長距離かつ大容量の地中送電に際しては、系統安定性や充電電流への対策等の観点から、交流送電に比較して直流送電が有利となる。

Ⅲ－14 系統容量6000 [MW]，系統定数1.0 [%MW/0.1Hz] の電力系統において，送電線事故により100 [MW] の負荷が解列した場合，次の記述のうち，系統の周波数変化として最も適切なものはどれか。ただし，この電力系統の有する周波数特性は負荷の解列前後で変化はなく，他の系統との連系や負荷周波数制御の効果は無視して良い。また，単位の％は系統容量に対する値である。

- ① 周波数は，1.7 [Hz] 低下する。
- ② 周波数は，0.17 [Hz] 低下する。
- ③ 周波数は，変化しない。
- ④ 周波数は，0.17 [Hz] 上昇する。
- ⑤ 周波数は，1.7 [Hz] 上昇する。

Ⅲ－15 同期発電機に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

- ① 負荷電流が一定であっても，力率により出力端子電圧が変動する。
- ② 同期インピーダンスは電機子反作用によっても変動する。
- ③ 巻線形同期発電機の励磁巻線には，交流電源が直接接続され励磁電流を制御している。
- ④ タービン発電機はタービンの性質上，高速回転が要求されるため，2極又は4極が主流である。
- ⑤ 同期発電機の主な特性曲線には，無負荷飽和曲線，短絡曲線，負荷飽和曲線，外部特性曲線がある。

Ⅲ－16 定格容量20 [MVA]，インピーダンス5 [%] の単相変圧器を3台用いて三相変圧器 1バンクを構成した。この三相変圧器のインピーダンスを10 [MVA] 基準の％インピーダンスで表したものとして，最も近い値はどれか。

- ① 0.83 [%]
- ② 2.50 [%]
- ③ 7.50 [%]
- ④ 10.0 [%]
- ⑤ 30.0 [%]

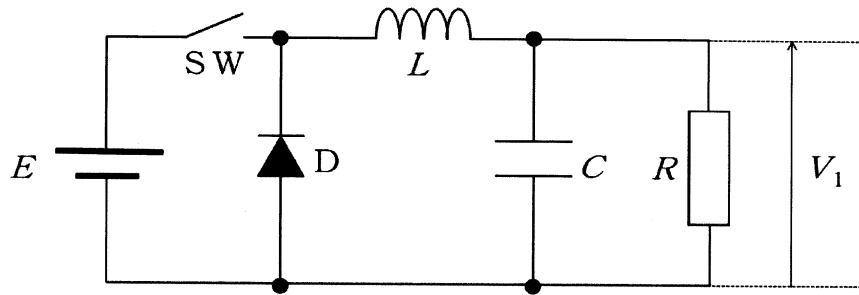
Ⅲ－17 鉄損が1000 [W]，全負荷時の銅損が1100 [W] である定格出力100 [kVA] の単相変圧器がある。この変圧器を1日のうち，無負荷で8時間，力率100 [%] の半負荷で6時間，力率85 [%] の全負荷で10時間使用したときの全日効率として最も近いものはどれか。

- ① 96.7 [%]
- ② 96.9 [%]
- ③ 97.1 [%]
- ④ 97.3 [%]
- ⑤ 97.5 [%]

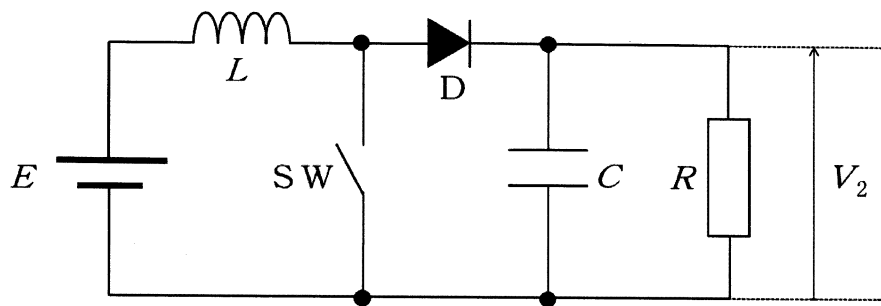
Ⅲ－18 インバータ駆動機器は制御性や省エネ効果が高く，産業用をはじめとして家庭用機器にも多用されている。これに伴い，高調波の発生源が多くなっている。次のうち，高調波により発生する障害事例として，最も不適切なものはどれか。

- ① 通信線や放送波への誘導障害は対象とする周波数が異なるので問題にならない。
- ② 電力用コンデンサやリアクトルの振動，過熱，焼損が発生する。
- ③ 回転機からの異音が発生する。
- ④ 変圧器の鉄損が増加する。
- ⑤ 継電器の誤動作が発生する。

Ⅲ－19 図A、図BのDC－DCコンバータにおいて、 E は理想直流電圧源、 L はインダクタ、 C はコンデンサ、 R は負荷抵抗、SWは理想スイッチ、 D は理想ダイオードを表す。なお、スイッチング周波数は十分高いものとする。スイッチSWの動作周期に対するオン時間の比率を d 、負荷抵抗の両端にかかる平均電圧をそれぞれ V_1 、 V_2 とするとき、その組合せとして、最も適切なものはどれか。



図A

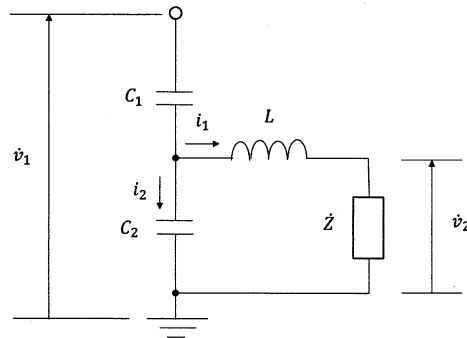


図B

- ① $V_1 = (1-d)E$, $V_2 = \frac{1}{1-d}E$
- ② $V_1 = (1-d)E$, $V_2 = \frac{1}{d}E$
- ③ $V_1 = dE$, $V_2 = \frac{1}{1-d}E$
- ④ $V_1 = dE$, $V_2 = \frac{1}{d}E$
- ⑤ $V_1 = \frac{1}{1-d}E$, $V_2 = dE$

Ⅲ－20 下図はインダクタンスの抵抗を無視した時のコンデンサ型計器用変圧器の等価回路である。入力電圧 $\dot{v}_1$ と出力電圧 $\dot{v}_2$ の比は次式で与えられる。

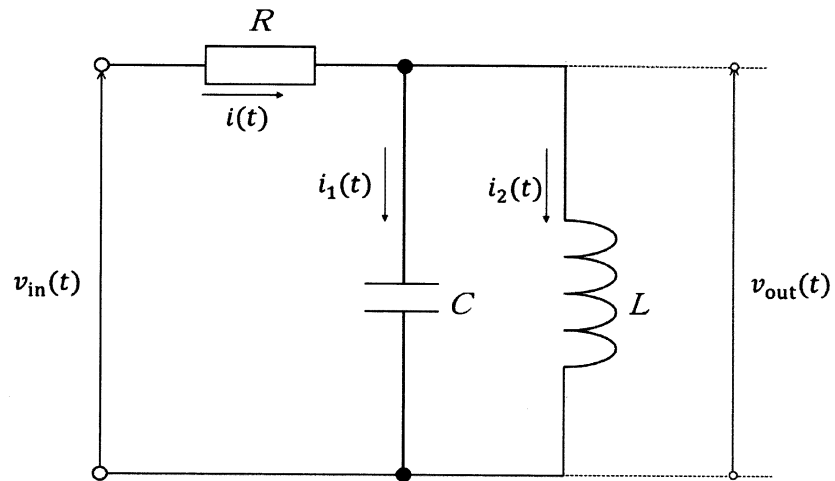
$$\frac{\dot{v}_1}{\dot{v}_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} + \frac{1 - \omega^2 L(C_1 + C_2)}{j\omega C_1 \dot{Z}}$$



次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

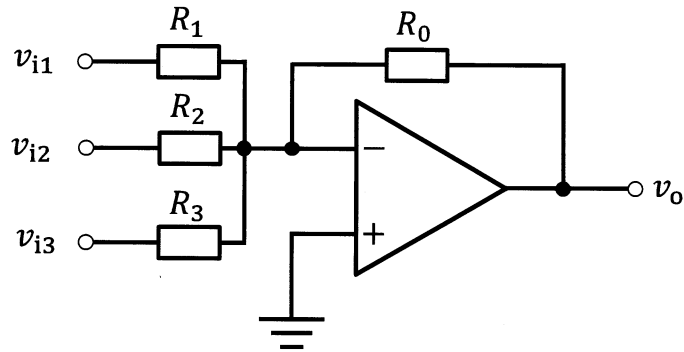
- ① $\omega^2 L(C_1 + C_2) = 1$ となる条件を満たせばインピーダンス $\dot{Z}$ に関係なく分圧比を決めることができる。
- ② 電圧波形にひずみがない場合の分圧比は、 $\omega^2 L(C_1 + C_2) = 1$ となる条件を満たせば容量分圧器の分圧比とすることができる。
- ③ 周波数の変動や電圧波形の歪により、分圧比の誤差が増える。
- ④ インダクタンスの抵抗成分は分圧比の誤差に影響しない。
- ⑤ 分圧回路に接続される計測器の等価回路はインピーダンス $\dot{Z}$ で表すことができる。

Ⅲ－21 下図に示すRLC回路において、 $v_{\text{in}}(s)$ から $v_{\text{out}}(s)$ への伝達関数として最も適切なものはどれか。ただし、 s はラプラス演算子であり、コンデンサの初期電荷は0とする。



- ① $\frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$
- ② $\frac{Ls}{RLCs^2 + Ls + R}$
- ③ $\frac{Ls}{Ls + RLC + R}$
- ④ $\frac{RLCs^2 + Ls + R}{Ls}$
- ⑤ $\frac{Ls}{RLCs^2 + R}$

Ⅲ－22 抵抗 R_0, R_1, R_2, R_3 と理想オペアンプを下図のように接続した回路において，入力電圧 v_{i1}, v_{i2}, v_{i3} を与えた場合，出力電圧 v_o を表す式として，適切なものはどれか。



① $-\left(\frac{R_1}{R_2}v_{i1} + \frac{R_2}{R_3}v_{i2} + \frac{R_3}{R_1}v_{i3}\right)$

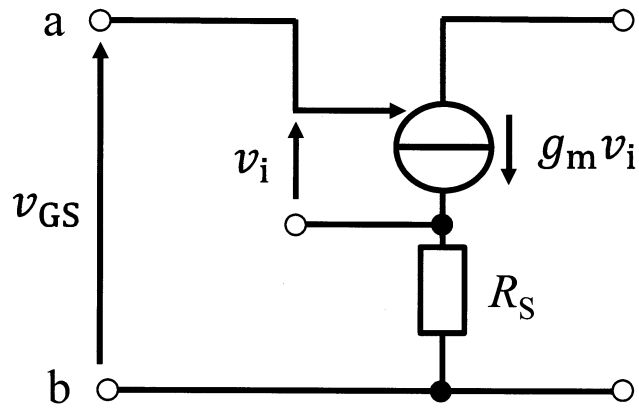
② $-\left(\frac{R_0}{R_1}v_{i1} + \frac{R_0}{R_2}v_{i2} + \frac{R_0}{R_3}v_{i3}\right)$

③ $-\left(\frac{R_1}{R_0}v_{i1} + \frac{R_2}{R_0}v_{i2} + \frac{R_3}{R_0}v_{i3}\right)$

④ $\frac{R_1}{R_2}v_{i1} + \frac{R_2}{R_3}v_{i2} + \frac{R_3}{R_1}v_{i3}$

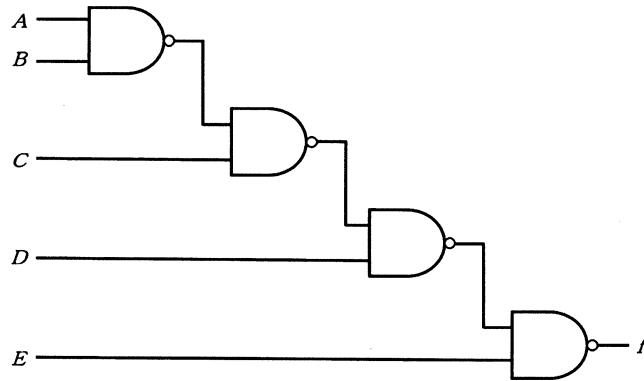
⑤ $\frac{R_0}{R_1}v_{i1} + \frac{R_0}{R_2}v_{i2} + \frac{R_0}{R_3}v_{i3}$

Ⅲ－23 下図に示す回路において，端子ab間に電圧 v_{GS} を印加したとき，電圧の比 v_i / v_{GS} を表す式として，適切なものはどれか。ただし， R_s は抵抗， g_m は相互コンダクタンスとし，理想電流源の電源電流が電圧 v_i に比例する $g_m v_i$ であるとする。



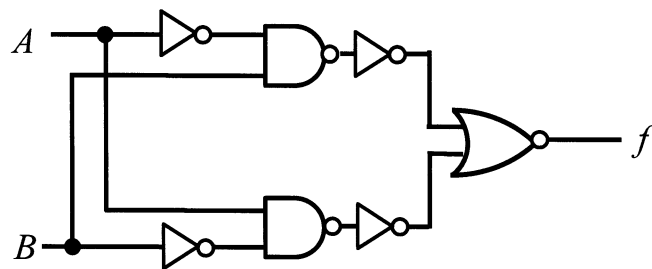
- ① $\frac{1}{1 + g_m R_s}$ ② $1 + g_m R_s$ ③ $\frac{g_m R_s}{1 + g_m R_s}$ ④ $g_m R_s$ ⑤ $\frac{1 + R_s}{1 + g_m R_s}$

Ⅲ－24 4つのNANDを使った下記の論理回路で、出力 f の論理式として、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、 $A \cdot B$ は論理積を表す。また、 $\overline{A}$ は A の否定を表す。



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

Ⅲ－25 任意の A, B を入力とし、4つのNOT、2つのNAND、1つのNORを用いて、下図の論理回路を構成した。次のうち、出力 f の論理式として、適切なものはどれか。



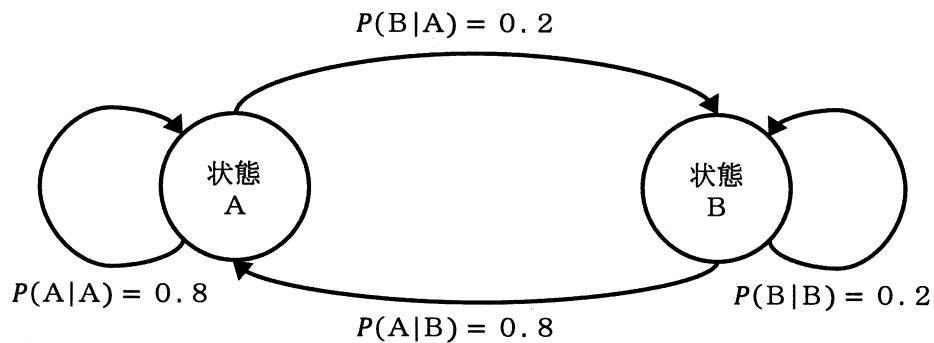
- ① $f = A \cdot B$
- ② $f = A + B$
- ③ $f = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$
- ④ $f = A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$
- ⑤ $f = \overline{A} + \overline{B} + \overline{A} \cdot \overline{B}$

Ⅲ－26 パリティ検査行列 H が以下の行列で表される (7, 4) ハミング符号を考える。
符号化された符号語 x が, 1 ビット誤りの状況で符号語 $y = [1, 1, 1, 0, 0, 0, 1]$ と受信された。送信された符号語 x として, 最も適切なものはどれか。

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- ① $x = [1, 0, 1, 0, 0, 0, 1]$
- ② $x = [1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]$
- ③ $x = [1, 1, 1, 1, 0, 0, 1]$
- ④ $x = [0, 1, 1, 0, 0, 0, 1]$
- ⑤ $x = [1, 1, 1, 0, 0, 0, 0]$

Ⅲ－27 エルゴード性を持つ二元単純マルコフ情報源が, 状態 A, 状態 B からなり, 下図に示す遷移確率を持つ。このマルコフ情報源が状態 A への遷移では 0 を, 状態 B への遷移では 1 を出力するとき, この情報源のエントロピーとして最も適切なものはどれか。ただし, 図中 $P(A|B)$ は状態 B から A の遷移確率を表し, $\log_2 5 = 2.32$ とする。



- ① 0.72 ② 0.22 ③ 0.80 ④ 0.58 ⑤ 0.11

Ⅲ－28 連続信号 $f(t)$ ($-\infty < t < \infty$) のフーリエ変換は,

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

で定義される。ただし, j は虚数単位である。いま正の実数 T に対して, 信号 $f(t)$ が

$$f(t) = \begin{cases} 1/T & (-2T \leq t \leq 2T) \\ 0 & (t < -2T, t > 2T) \end{cases}$$

であるとき, 信号 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ として, 最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{\sin 2\omega T}{2\omega T}$ ② $\frac{\cos 2\omega T}{\omega T}$ ③ $\frac{2\cos 2\omega T}{\omega T}$ ④ $\frac{\sin 2\omega T}{\omega T}$ ⑤ $\frac{2\sin 2\omega T}{\omega T}$

Ⅲ－29 フーリエ変換に関する次の記述の、に入る式及び語句の組合せとして、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。

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

$u(t)$ は単位ステップ関数を表し、これは $t < 0$ において 0、 $t \geq 0$ において 1 となる関数である。また、 $\alpha > 0$ とする。

時間領域の信号 $f(t) = e^{-\alpha t} u(t)$ のフーリエ変換対は、で与えられる。得られた周波数応答より、 $f(t)$ を任意の時間領域の信号に畳み込んだ場合、となることが分かる。

ア

イ

① $F(\omega) = \frac{1}{\omega^2 + 1}$ ローパスフィルタ

② $F(\omega) = \frac{1}{\alpha - i\omega}$ ハイパスフィルタ

③ $F(\omega) = \frac{1}{\omega}$ ローパスフィルタ

④ $F(\omega) = \frac{1}{\alpha + i\omega}$ ハイパスフィルタ

⑤ $F(\omega) = \frac{1}{\alpha + i\omega}$ ローパスフィルタ

Ⅲ－30 人工衛星を利用した衛星通信の特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 台風や地震などの地上の災害の影響を受けにくい特徴がある。
- ② 同じ情報を多数の受信地点にほぼ同時に送ることが出来る。
- ③ 通常1つの衛星を介して情報が伝送されるため、地球局間の距離にはほとんど無関係で、ほぼ同じ品質の情報を伝送できる。
- ④ 地球上の一般的な無線システムと比較しても大きな伝搬遅延なく情報を伝送できる。
- ⑤ 衛星通信に利用される周波数は、数百MHzから数十GHzで、これより高い周波数では降雨や大気の影響による吸収損失が大きくなるので一般的に利用されない。

Ⅲ－31 アナログ信号からデジタル信号への変換に関する次の記述のうち、に入る値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

直流から8 [kHz] の周波数成分を持つアナログ信号をデジタル信号に変換する場合、標本化のナイキスト周波数は、 ア kHzである。ナイキスト周波数で標本化された信号を、256ステップで直線量子化した場合、各標本値は イ ビットのデジタル符号になり、デジタル信号速度は128 [kbits/s] になる。

また、これを ウ ステップで直線量子化すると144 [kbits/s] になり、この場合の量子化雑音は、256ステップの場合に比較して、約 エ dB小さい。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|---|-----|---|
| ① | 16 | 6 | 512 | 6 |
| ② | 14 | 6 | 256 | 8 |
| ③ | 16 | 8 | 512 | 8 |
| ④ | 14 | 8 | 256 | 8 |
| ⑤ | 16 | 8 | 512 | 6 |

Ⅲ－32 デジタル変調方式を使って、BPSK (Binary Phase Shift Keying) で4シンボル、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) で4シンボル、16値QAM (Quadrature Amplitude Modulation) で4シンボルのデータを伝送した。伝送した合計12シンボルで最大伝送できるビット数として、最も近い値はどれか。

- ① 12ビット ② 20ビット ③ 24ビット ④ 28ビット ⑤ 36ビット

Ⅲ－33 半導体に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① n型半導体の少数キャリアは正孔である。
 ② シリコンに不純物であるリンやヒ素を導入すると、p型の不純物半導体となる。
 ③ 真性半導体の電子と正孔の密度は等しく、温度を下げると電子と正孔の密度は低減する。
 ④ p型半導体とn型半導体を接合したpn接合では、接合部分に空乏層ができる。
 ⑤ pn接合のn型半導体を接地し、p型半導体側に負の電圧をかけると、正の電圧をかけた場合よりも低い電流が流れる。

Ⅲ－34 半導体デバイス及び集積回路に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタはア制御型であるためイ制御型のバイポーラトランジスタと比較して消費電力がウ。エによるチャネル電流が流れるnMOS (n-channel MOS) トランジスタとオによるチャネル電流が流れるpMOS (p-channel MOS) トランジスタを組み合わせたCMOS (相補型MOS) インバータは、抵抗負荷型のMOSインバータなどと比較して待機時の消費電力がウため、現在の集積回路に用いられている。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|----|----|----|----|----|
| ① | 電流 | 電圧 | 高い | 電子 | 正孔 |
| ② | 電圧 | 電流 | 低い | 正孔 | 電子 |
| ③ | 電流 | 電圧 | 低い | 電子 | 正孔 |
| ④ | 電圧 | 電流 | 低い | 電子 | 正孔 |
| ⑤ | 電流 | 電圧 | 高い | 正孔 | 電子 |

Ⅲ－35 スポットネットワーク方式による受電設備に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 20kV級の電源変電所から標準的には3回線で受電し、一次側の母線を併用して受電する。
- ② 変圧器1台が事故等により停止した場合でも、他の回線の設備容量に余裕があれば無停電で供給できる。
- ③ 電圧降下や電力損失が小さくなる一方で、保護装置が複雑であり建設費が高くなる問題もある。
- ④ 都心部の高層ビルや大規模な工場など、需要密度の高い大容量の負荷群に対して適用される。
- ⑤ 受電用遮断器を省略する代わりに、自動再閉路等の機能を有するネットワークプロテクタが用いられる。

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は⑤

鏡像法により、点電荷 $+q$ から距離 $(a-y)$ の電界と鏡像電荷 $-q$ から距離 $(a+y)$ の電界を求める。両電界の向きはともに下向きで同方向となるため、足し合わせることで選択肢5の式が得られる。

●問題Ⅲ-2

正解は③

初期電荷 $Q=2F \times 1V=2C$ は保存される。コンデンサの並列合成容量は $2+0.5+0.5=3F$ となる。蓄えられる全静電エネルギーは $Q^2/(2C)=2^2/(2 \times 3)=2/3J$ となる。

●問題Ⅲ-3

正解は②

直線電流 I_1 、 I_2 が作る磁界はアンペールの法則より $I_1/(2\pi a)$ および $I_2/[2\pi(d-a)]$ となる。両者の向きが逆で打ち消し合う条件 $1/a = 2/(d-a)$ を解くことで、 $a=d/3$ が得られる。

●問題Ⅲ-4

正解は⑤

和動接続の合成インダクタンス $L_1+L_2+2M=16H$ 、差動接続の $L_1+L_2-2M=4H$ である。両式の差をとると $4M=12H$ となり、相互インダクタンス $M=3H$ が導出される。

●問題Ⅲ-5

正解は③

ブリッジの平衡条件より、対角アームの抵抗の積が等しいときに検流計や中央抵抗 R_5 の両端電位差がゼロとなり電流が流れなくなる。したがって、条件式は $R_1 R_4 = R_2 R_3$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は④

重ね合わせの理を用いる。電流源による電流は回路の上下対称性により電圧源側で相殺されてゼロとなる。電圧源のみによる電流は全体の合成抵抗 4Ω から $16V/4\Omega=4A$ と求まる。

●問題Ⅲ-7

正解は④

中性点の電位 V_n について節点方程式を立てる。 $(V_n-V)/(R_0+R_1) + V_n/R_0 + (V_n+V)/(R_0+R_2) = 0$ を整理して V_n について解くことで、選択肢4の式が正しく導出される。

●問題Ⅲ-8

正解は④

テブナンの定理より、キャパシタから見た開放電圧は $R_2 V/(R_1+R_2)$ 、内部抵抗は R_1 と R_2 の並列合成抵抗となる。過渡応答の公式に代入して整理すると選択肢4の式が得られる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

定常時にコイルを流れていた電流は E/R_1 であり、蓄積エネルギーは $(1/2)L_1(E/R_1)^2$ である。スイッチ開放後に放電される全エネルギーのうち抵抗 R_1 で消費される比率を乗じると導出される。

●問題Ⅲ-10

正解は②

交流ブリッジの平衡条件式 $R_1(R_4+j\omega L_4)=R_2(R_3+j\omega L_3)$ より実部と虚部を比較する。 $R_4=(R_2/R_1)R_3=120\Omega$ 、 $L_4=(R_2/R_1)L_3=40mH$ がそれぞれ算出される。

●問題Ⅲ-11

正解は④

図Aの合成インピーダンスは $4+j8\Omega$ である。アドミタンスの実部が図Bの並列コンダクタンス $1/R$ と等しくなる条件式 $1/R = 4/(4^2+8^2) = 4/80$ より、抵抗 $R=20\Omega$ となる。

●問題Ⅲ-12

正解は④

テブナン等価回路より開放電圧の実効値の2乗は $8000V^2$ 、等価抵抗は 4Ω となる。共役整合時の最大消費電力は $|V_{th}|^2/(4R_{th})$ より $8000/16=500W$ となる。

●問題Ⅲ-13

正解は③

管路式は管路内にケーブルを引き入れる布設方式であり、直接埋設式や洞道式と比較して放熱性が劣るため許容電流が小さくなる。したがって、放熱が良好で許容電流が大きいとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-14

正解は④

系統特性容量は $6000MW \times 1.0\%/0.1Hz = 600MW/Hz$ である。負荷解列による $100MW$ の余剰電力により、周波数変化は $\Delta f = 100/600 = +0.167Hz$ となり、約 $0.17Hz$ 上昇する。

●問題Ⅲ-15

正解は③

同期発電機の界磁巻線（励磁巻線）には、回転界磁を形成するために直流電源から励磁電流が供給される。交流電源を直接接続とする選択肢3の記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-16

正解は①

三相バンク容量は $20MVA \times 3=60MVA$ であり、その基準でのインピーダンスは 5% である。 $10MVA$ 基準へ換算すると容量比に比例するため、 $5\% \times (10/60) = 0.83\%$ となる。

●問題Ⅲ-17

正解は②

全日鉄損は $1kW \times 24h=24kWh$ である。全日銅損は負荷率に応じて半負荷 $6h$ で $1.1 \times (0.5)^2 \times 6=1.65kWh$ 、全負荷 $10h$ で $11kWh$ となる。有効電力量と全損失から計算すると全日効率は約 96.9% となる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

高調波電流は通信線への電磁誘導障害や無線機器への電波障害を引き起こす主要な原因の一つである。周波数が異なるため問題にならないとする選択肢1の記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-19

正解は③

図Aは降圧形コンバータであり平均出力電圧は $V_1=dE$ となる。図Bは昇圧形コンバータであり平均出力電圧は $V_2=E/(1-d)$ となる。したがって、選択肢3の組み合わせが適切となる。

●問題Ⅲ-20

正解は④

インダクタンスの抵抗成分が存在すると分圧比の式に実数項が付加され、分圧比および位相角に誤差が生じる。したがって、抵抗成分が誤差に影響しないとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-21

正解は②

CとLの並列インピーダンスは $Ls/(LCs^2+1)$ である。これと抵抗Rによる分圧比から伝達関数 $V_{out}(s)/V_{in}(s)$ を求めると、 $Ls/(RLCs^2+Ls+R)$ が得られる。

●問題Ⅲ-22

正解は②

仮想接地により反転入力端子は0Vとなる。各入力から流れ込む電流の和($v_{i1}/R_1 + v_{i2}/R_2 + v_{i3}/R_3$)が帰還抵抗 R_0 を流れることで、出力電圧は選択肢2の加算増幅器の式となる。

●問題Ⅲ-23

正解は①

ソース電位は接地を基準として $g_m v_i R_s$ となる。入力電圧 v_{GS} は v_i とソース電位の和 $v_{GS}=v_i+g_m v_i R_s$ となるため、電圧比 v_i/v_{GS} は $1/(1+g_m R_s)$ となる。

●問題Ⅲ-24

正解は③

各段のNANDゲートの論理式を順に展開しド・モルガンの定理を適用する。中間段の論理積の否定を整理して最終出力を導出すると、 $f = A \cdot B \cdot D + \bar{C} \cdot D + \bar{E}$ となる。

●問題Ⅲ-25

正解は④

上側のAND段は $\bar{A} \cdot B$ 、下側は $A \cdot \bar{B}$ を出力する。これらがNORゲートに入力されて否定論理和をとることで、出力 f は $A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$ (XNOR) となる。

●問題Ⅲ-26

正解は②

受信語 y に対してシンドローム $s=Hy^T$ を計算すると $[1, 1, 0]^T$ となり、検査行列 H の第2列と一致する。第2ビットに誤りがあると判定できるため、訂正後の符号語は選択肢2となる。

●問題Ⅲ-27

正解は①

マルコフ情報源の状態確率 $P_A=0.8$, $P_B=0.2$ を求める。各状態における条件付きエントロピー $-H(S|A)=-H(S|B)$ を計算し、平均エントロピーを求めると約0.72ビットとなる。

●問題Ⅲ-28

正解は⑤

対称な孤立矩形パルス信号の定義式に従い、 $-2T$ から $2T$ の区間で複素指数関数を積分する。オイラーの公式を適用して正弦関数に変換すると、 $2\sin(2\omega T)/(\omega T)$ となる。

●問題Ⅲ-29

正解は⑤

片側指数関数のフーリエ変換は $F(\omega)=1/(\alpha+j\omega)$ となる。周波数特性の振幅は高周波ほど減衰する特性を示すため、畳み込みを行うとローパスフィルタとして機能する。

●問題Ⅲ-30

正解は④

静止衛星通信では電波が約3万6千km上空の衛星との間を往復するため、約0.25秒の顕著な伝搬遅延が生じる。大きな伝搬遅延がないとする選択肢4の記述は最も不適切となる。

●問題Ⅲ-31

正解は⑤

最高周波数8kHzよりナイキスト周波数は16kHzである。256ステップは8ビットであり、速度144kbpsは9ビット即ち512ステップとなる。1ビット増加により量子化雑音は約6dB低下する。

●問題Ⅲ-32

正解は④

各変調方式の1シンボルあたりの伝送ビット数は、BPSKが1、QPSKが2、16値QAMが4である。それぞれ4シンボルずつ伝送した合計ビット数は $4 \times 1 + 4 \times 2 + 4 \times 4 = 28$ ビットとなる。

●問題Ⅲ-33

正解は②

14族のシリコンに15族元素であるリンやヒ素を添加すると、電子が多数キャリアとなる n

型不純物半導体が形成される。p型になるとする選択肢2の記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-34

正解は④

MOSは電圧制御型、バイポーラは電流制御型であり、MOSのほうが消費電力が低い。CMOSは電子電流のnMOSと正孔電流のpMOSを組み合わせで構成される。

●問題Ⅲ-35

正解は①

スポットネットワーク方式は電源変電所の異なる母線から引き出された複数回線で受電し、一次側母線は連絡せず独立して受電する。一次側母線を併用受電するとする記述は誤りとなる。