

【04】電気電子部門

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 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。

真空中の任意の ア Sの中に存在する イ Qの総和は、その ア 上の電界 E の面積分に ウ する。

- | | ア | イ | ウ |
|---|-----|----------|-----|
| ① | 閉曲面 | 電荷 | 比例 |
| ② | 閉曲面 | 電流 | 反比例 |
| ③ | 閉曲線 | 電荷 | 反比例 |
| ④ | 閉曲面 | 電流 | 比例 |
| ⑤ | 閉曲線 | 双極子モーメント | 比例 |

Ⅲ－2 無限に広い接地された導体平面から距離 a だけ離れた点に、点電荷 q が置かれている。導体平面に垂直で点電荷を通る直線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、導体平面からの距離を x とし、電界のできる空間の誘電率を ε とする。

	$0 < x < a$	$x > a$
①	$\frac{q}{4\pi\varepsilon a^2}$	$\frac{q}{4\pi\varepsilon(x-a)^2}$
②	$\frac{q}{4\pi\varepsilon ax}$	$\frac{q}{4\pi\varepsilon(x-a)^2}$
③	$\frac{q}{4\pi\varepsilon(x-a)^2}$	$\frac{q}{4\pi\varepsilon(x+a)^2}$
④	$\frac{q}{4\pi\varepsilon} \left(\frac{1}{(x-a)^2} + \frac{1}{(x+a)^2} \right)$	$\frac{q}{4\pi\varepsilon} \left(\frac{1}{(x-a)^2} - \frac{1}{(x+a)^2} \right)$
⑤	$\frac{q}{4\pi\varepsilon} \left(\frac{1}{(x-a)^2} - \frac{1}{(x+a)^2} \right)$	$\frac{q}{4\pi\varepsilon} \left(\frac{1}{(x-a)^2} + \frac{1}{(x+a)^2} \right)$

Ⅲ－３ 下図のように、透磁率が μ の真空中で半径 R の円形回路に電流 I が流れている状況を考え、円の中心 O を通り、円と垂直方向の直線上に点 P をとる。 OP の長さを x としたとき、点 P における磁束密度 B を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、微小長さの電流 Ids が距離 r だけ離れた点に作る磁束密度 dB は、電流の方向とその点の方向とのなす角を θ とすると、以下のビオ・サバルの法則で与えられる。

$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \frac{Ids}{r^2} \sin \theta$$

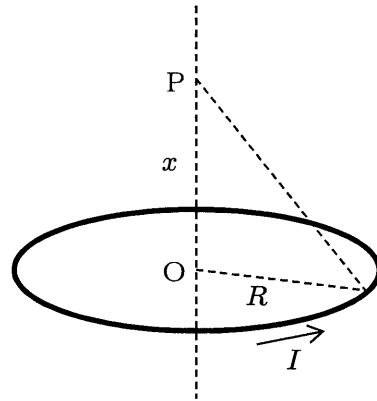
① $\frac{\mu IR}{2x^2}$

② $\frac{\mu IR}{2(x+R)^2}$

③ $\frac{\mu IR^2}{2(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$

④ $\frac{\mu IR}{4x^2}$

⑤ $\frac{\mu Ix^2}{4(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$



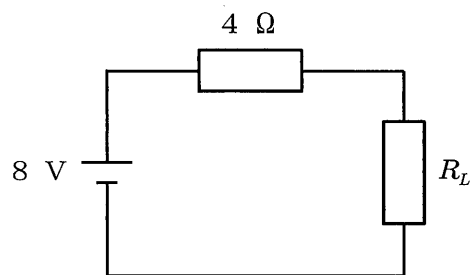
Ⅲ－４ 半径 a の球内に電荷 Q が一様密度で分布したときの電界を考える。次の記述の、 に入る数式の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、球内外の誘電率は ε_0 であるとする。

球の中心からの距離を r としたとき、 $a < r$ における電界はアで、 $r < a$ における電界はイである。

- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|---|--|
| ① | 0 | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qr}{a^3}$ |
| ② | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$ | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qr}{a^3}$ |
| ③ | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$ | 0 |
| ④ | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot Q \log r$ | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot Q \log \frac{a^2}{r}$ |
| ⑤ | $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot Q \log r$ | 0 |

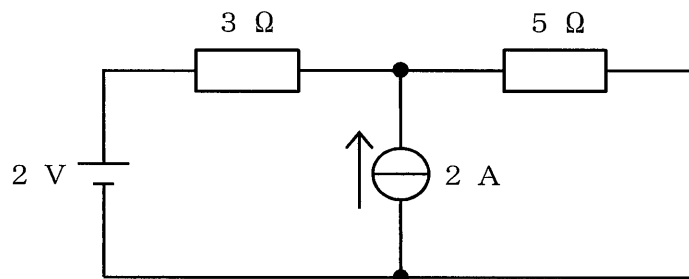
Ⅲ－５ 下図のような回路において、 R_L が消費する電力が最大になるようにその抵抗の値を選んだとき、その値に最も近いものはどれか。

- ① 0 Ω
- ② 1 Ω
- ③ 2 Ω
- ④ 4 Ω
- ⑤ 8 Ω



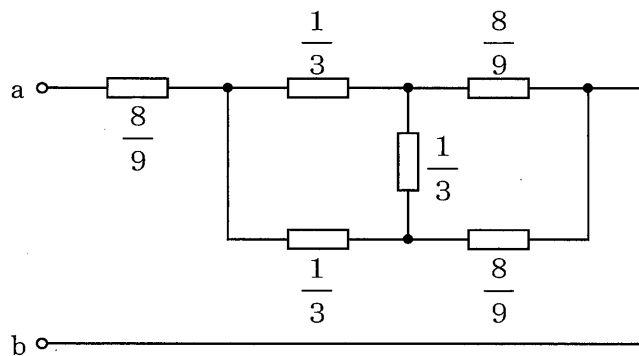
Ⅲ－６ 下図のような，2 Vの電圧源，2 Aの電流源と，2つの抵抗器とからなる回路において，5 Ω の抵抗器を流れる電流の値に最も近いものはどれか。

- ① 0.5 A
- ② 0.75 A
- ③ 1 A
- ④ 1.25 A
- ⑤ 1.5 A



Ⅲ－７ 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近い値はどれか。ただし，数値の単位はΩとする。

- ① $\frac{43}{57}$
- ② $\frac{19}{27}$
- ③ 1
- ④ 1.5
- ⑤ $\frac{19}{9}$



Ⅲ－８ 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近い値はどれか。

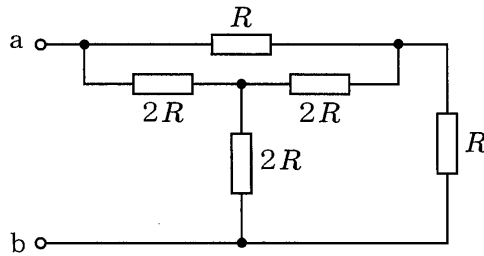
① $\frac{R}{3}$

② $\frac{R}{2}$

③ R

④ $\frac{4R}{3}$

⑤ $2R$



Ⅲ－９ 下図において，スイッチSは時刻 $t = 0$ より以前には開いており，それ以降は閉じているものとする。このとき，時刻 $t \geq 0$ 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。

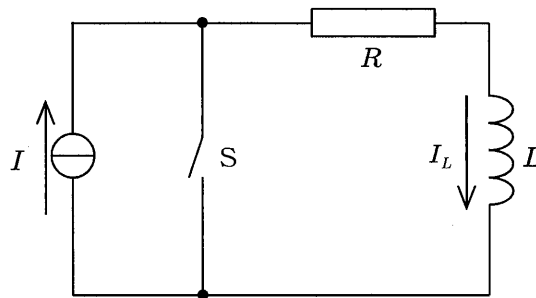
① $I_L = Ie^{-\frac{Rt}{L}}$

② $I_L = Ie^{-\frac{t}{LR}}$

③ $I_L = I \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right)$

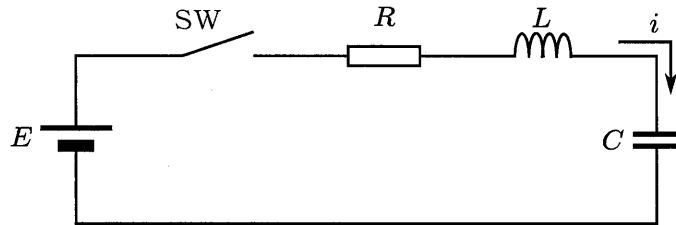
④ $I_L = I \left(1 - e^{-\frac{t}{LR}} \right)$

⑤ $I_L = 0$



Ⅲ－10 下図に示される，スイッチSW，直流理想電圧源 E ，抵抗器 R ，コンデンサ C ，インダクタ L からなる回路で，時刻 $t=0$ でスイッチを閉じる。このとき，回路に流れる電流 i が振動する条件として最も適切なものはどれか。

- ① $R < CL$
- ② $4L < CR^2$
- ③ $CL < R$
- ④ $CR^2 < 4L$
- ⑤ $C < LR$

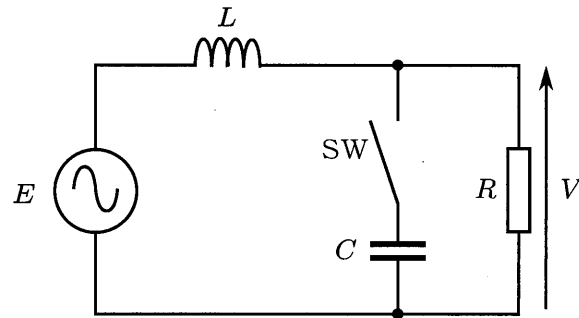


Ⅲ－11 理想的な回路素子に正弦波交流電圧を印加した場合に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

- ① 抵抗器の電圧と電流は，ともに 0 でないとき，同じ位相で力率は 1 である。
- ② インダクタ（コイル）の電圧と電流は，ともに 0 でないとき，90度の位相差があり，力率は 0 である。
- ③ キャパシタ（コンデンサ）の電圧と電流は，ともに 0 でないとき，90度の位相差があり，力率は 0 である。
- ④ 2つのキャパシタ A 及び B があり，B は A の 2 倍の静電容量を持つ。A 及び B に同一の電圧を印加したとき，B に流れる電流は A に流れる電流の半分となる。
- ⑤ 2つのインダクタ A 及び B があり，B は A の 2 倍のインダクタンスを持つ。A 及び B に同一の電圧を印加したとき，B に流れる電流は A に流れる電流の半分となる。

Ⅲ－12 下図に示される，角周波数が ω ，実効値が E の交流電圧源とスイッチ SW，抵抗器 R ，コンデンサ C ，インダクタ L からなる回路を考える。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。

SWが開いている場合に抵抗の両端にかかる電圧はア，SWが閉じている場合に抵抗の両端にかかる電圧はイとなる。



ア

イ

① $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$

$\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$

② $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$

$\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$

③ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$

$\frac{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega CR)^2}} E$

④ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$

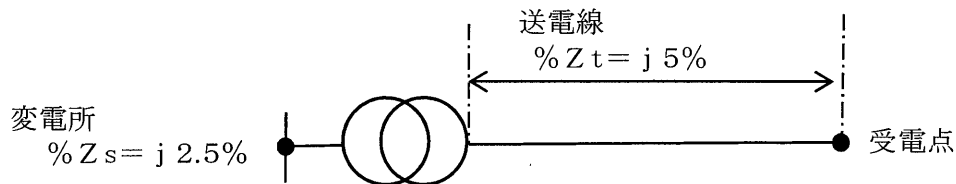
$\frac{R}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$

⑤ $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$

$\frac{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega CR)^2}} E$

Ⅲ－13 下図に示す受電点の短絡容量に最も近い値はどれか。ただし、変電所のパーセントインピーダンス $\%Z_s$ 、送電線のパーセントインピーダンス $\%Z_t$ は、いずれも10 MVAを基準容量とする。

- ① 100 MVA ② 130 MVA ③ 150 MVA
④ 170 MVA ⑤ 200 MVA



Ⅲ－14 熱効率50 %の火力発電所が定格出力100万kWで連続的に運転しているときに、排水の温度上昇を7度以内とするのに必要な冷却水の最低流量に最も近い値はどれか。ただし、熱の仕事当量は4.2 J/cal, 水の密度は1.0 g/cm³, 比熱は1.0 cal/(g°C)とする。

- ① 15 m³/s ② 25 m³/s ③ 35 m³/s ④ 45 m³/s ⑤ 55 m³/s

Ⅲ－15 同期発電機の制動巻線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。

制動巻線にはアや故障電流の制限などの効果があり、アにはイのものが必要であるが、故障電流を制限するには逆にウのものが効果的である。

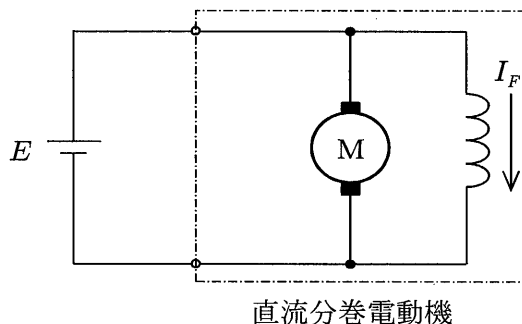
ア	イ	ウ
① 高調波電流抑制	低抵抗	高抵抗
② 安定度の向上	低抵抗	高抵抗
③ 高調波電流抑制	高抵抗	低抵抗
④ 安定度の向上	高抵抗	低抵抗
⑤ 電食の防止	高抵抗	低抵抗

Ⅲ－16 定格電圧200 V，定格出力4 kWの三相誘導電動機がある。この電動機が力率80 %で定格出力運転しているときの電流の大きさに最も近い値はどれか。ただし，効率は85 %とする。

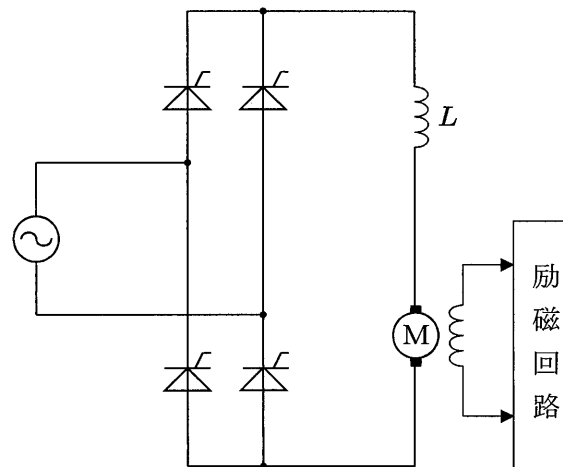
- ① 17 A ② 25 A ③ 32 A ④ 40 A ⑤ 47 A

Ⅲ－17 効率が十分高く，損失が無視できる直流分巻電動機がある。その入力端子に，下図のように電圧 E の理想電圧源が接続され，電動機が無負荷で定常運転している。この状態から，接続する理想電圧源の電圧をもとの半分，すなわち $E/2$ としたのち，新たな定常状態に達した。このときの電動機に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。ただし，鉄心の磁気飽和の影響はなく，界磁に流れる電流 I_F は端子電圧に比例するものとする。

- ① もとの速度の16分の1となる。
 ② もとの速度の8分の1となる。
 ③ もとの速度の4分の1となる。
 ④ もとの速度の2分の1となる。
 ⑤ もとの速度と同一である。

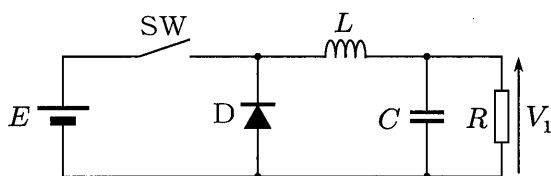


Ⅲ－18 下図のような単相サイリスタブリッジ回路において、サイリスタは理想スイッチであり、転流は瞬時に行われるものとする。また、直流側には他励式直流機が接続されている。この直流機を適切に励磁して発電機として動作させ、整流回路をインバータとして運転し、交流電圧源に対して電力を回生したい。このとき、整流回路の制御遅れ角に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。ただし、直流側にあるリアクトル L は十分大きく、直流側電流は完全に平滑であり、一定と考えられるものとする。

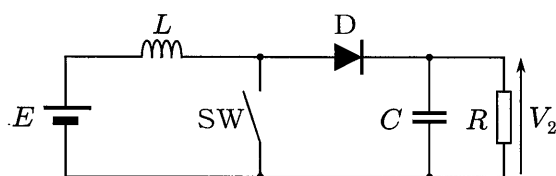


- ① 0° より大きく、 90° より小さい。
- ② 0° より大きく、 180° より小さい。
- ③ 180° より大きく、 360° より小さい。
- ④ 0° より大きく、 360° より小さい。
- ⑤ 90° より大きく、 180° より小さい。

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 とおくと, 負荷抵抗の両端にかかる平均電圧 V_1, V_2 として最も適切な組合せはどれか。



図A



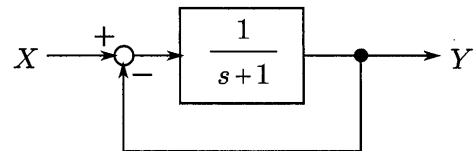
図B

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

Ⅲ－20 伝達関数 $G(s) = \frac{5}{1+3s}$ のシステムに対して，ゲイン（利得）が最大値の半分になる周波数と，その周波数における位相 ϕ が満たす式として，最も適切な組合せはどれか。

- | | 周波数 | 位相が満たす式 |
|---|--------------------------|---------------------------|
| ① | $\frac{\sqrt{11}}{2\pi}$ | $\tan \phi = -3\sqrt{11}$ |
| ② | $\sqrt{11}$ | $\tan \phi = -3\sqrt{11}$ |
| ③ | $\frac{\sqrt{3}}{\pi}$ | $\tan \phi = -3\sqrt{3}$ |
| ④ | $\sqrt{3}$ | $\tan \phi = -3\sqrt{3}$ |
| ⑤ | $\frac{\sqrt{3}}{6\pi}$ | $\tan \phi = -\sqrt{3}$ |

Ⅲ－21 下図のようなブロック線図で表される系で，単位ステップ応答を考える。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。



入力 X から出力 Y への伝達関数は ア と表される。また，時刻 t における単位ステップ応答 $y(t)$ は $y(t) =$ イ と表される。

- | | ア | イ |
|---|-------------------|---|
| ① | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{2}} \right)$ |
| ② | $\frac{s+1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} (1 + e^{-2t})$ |
| ③ | $\frac{1}{s+1}$ | $1 - e^{-t}$ |
| ④ | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} (1 - e^{-2t})$ |
| ⑤ | $\frac{s+1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 + e^{-\frac{t}{2}} \right)$ |

Ⅲ－22 NPN型のバイポーラトランジスタにおいて、エミッタに対するベースの電圧を V_{BE} とすると、コレクタに流れ込む電流 I_C は $e^{\alpha V_{BE}}$ に比例する ($I_C = \beta e^{\alpha V_{BE}}$)。このNPN型バイポーラトランジスタと理想オペアンプを利用して、下図のような回路を構成したとき、 V_{in} と V_{out} の関係を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 α 、 β は定数とする。

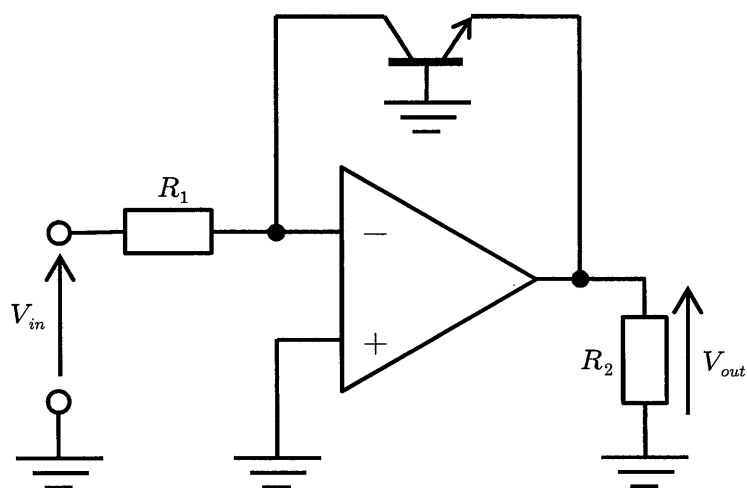
① $V_{out} = \frac{\alpha}{R_1} V_{in}$

② $V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$

③ $V_{out} = -\frac{R_2}{\alpha} \log_e V_{in}$

④ $V_{out} = -\frac{1}{\alpha} \log_e \frac{V_{in}}{\beta R_1}$

⑤ $V_{out} = -\frac{R_2}{\alpha} e^{\frac{V_{in}}{\beta R_1}}$



Ⅲ－23 理想オペアンプの特性として、最も不適切なものはどれか。

- ① 入力バイアス電流が0である。
- ② 入力インピーダンスが無限大である。
- ③ 差動利得が無限大である。
- ④ 入力オフセット電圧が0である。
- ⑤ 出力インピーダンスが無限大である。

Ⅲ－24 3変数 X, Y, Z から構成される論理式

$$F(X, Y, Z) = \overline{\overline{X} \cdot Y \cdot Z + X \cdot \overline{Y} \cdot Z + X \cdot Y \cdot Z}$$

を簡単化した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 $X \cdot Y + \overline{Z}$
- ② $\overline{X} \cdot \overline{Y} + Z$
- ③ $\overline{X} \cdot \overline{Y} + \overline{Z}$
- ④ $X + Y + \overline{Z}$
- ⑤ $\overline{X} + \overline{Y} + \overline{Z}$

Ⅲ－25 図1は、2入力NANDを実現するスタティックCMOS（相補型Metal Oxide Semiconductor）論理回路である。図2が実現する論理関数 $F(X,Y,Z)$ 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、 $\bar{A}$ は A の論理否定を表し、 V_{DD} は電源電圧を示す。

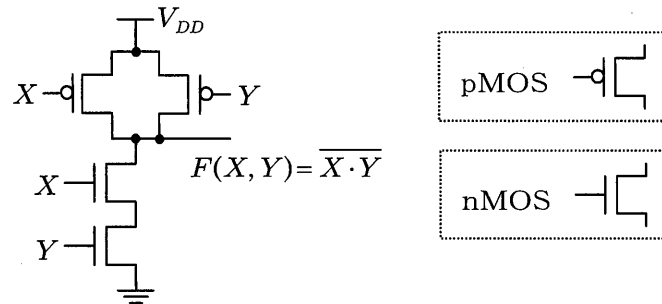


図1

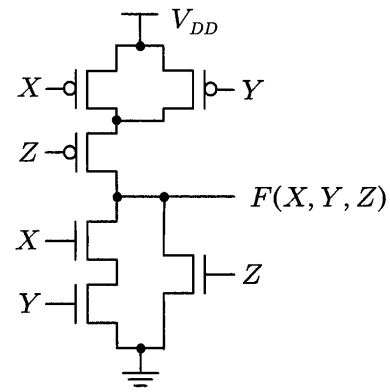


図2

- ① $F(X, Y, Z) = \overline{X \cdot Y} + \bar{Z}$
- ② $F(X, Y, Z) = \overline{X + Y \cdot Z}$
- ③ $F(X, Y, Z) = \overline{X \cdot Y} + \overline{X \cdot Z}$
- ④ $F(X, Y, Z) = \overline{X \cdot Z} + \overline{Y \cdot Z}$
- ⑤ $F(X, Y, Z) = \overline{X \cdot Z + Y \cdot Z}$

Ⅲ－26 下表は、5個の情報源シンボル s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 からなる無記憶情報源と、それぞれのシンボルの発生確率と、A～Eまでの5種類の符号を示している。これらの符号のうち、「瞬時に復号可能」なすべての符号の集合をXとし、Xの中で平均符号長が最小な符号の集合をYとする。XとYの最も適切な組合せはどれか。ただし、瞬時に復号可能とは、符号語系列を受信した際、符号語の切れ目が次の符号語の先頭部分を受信しなくても分かり、次の符号語を受信する前にその符号語を正しく復号できることをいう。

情報源シンボル	発生確率	符号A	符号B	符号C	符号D	符号E
s_1	0.35	1	00	1	1	000
s_2	0.35	10	1	00	01	001
s_3	0.15	110	010	011	001	010
s_4	0.10	1110	0111	0100	0011	011
s_5	0.05	11110	0110	0101	0010	100

- ① $X = \{A, B, C, D, E\}, Y = \{B, C\}$
- ② $X = \{A, B, C, D\}, Y = \{B, C\}$
- ③ $X = \{A, B, D, E\}, Y = \{A, B, D\}$
- ④ $X = \{A, B, E\}, Y = \{B, E\}$
- ⑤ $X = \{B, C, E\}, Y = \{B, C\}$

Ⅲ-27 パリティ検査行列 $H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ を持つ符号長 5 の 2 元 Hamming 符号は,

$Hx^T = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ を満たす $x = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5]$ の集合として定義される。

ただし、 x の各成分は 0 又は 1 であり、 x^T は x の転置を表し、行列 H とベクトル x^T の積は各々の成分の mod 2 を伴う加算と乗算によって行うものとする。符号語 x を「高々 1 ビットが反転する可能性のある通信路」に対して入力し、出力 $y = [1, 1, 1, 1, 0]$ が得られたとき、符号語 x として最も適切なものはどれか。

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

Ⅲ-28 アナログ・デジタル (AD) 変換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。

AD変換では、まずアナログ信号がアされ、その後イされる。アの周波数がアナログ信号の最高周波数のウ倍よりもエ場合は、ア信号から元のアナログ信号を復元できる。イで発生する相対誤差を低減するには、振幅の小さな信号ほどイステップ幅をオすればよい。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① | 標本化 | 量子化 | 2 | 大きい | 小さく |
| ② | 標本化 | 量子化 | 2 | 大きい | 大きく |
| ③ | 標本化 | 量子化 | 0.5 | 小さい | 小さく |
| ④ | 量子化 | 標本化 | 0.5 | 小さい | 大きく |
| ⑤ | 量子化 | 標本化 | 2 | 大きい | 小さく |

Ⅲ－29 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。

離散的な数値列として離散時間信号 $\{f(n)\}$ ， $-\infty < n < \infty$ ，が与えられているとする。このとき，信号 $f(n)$ に対する両側 z 変換 $F(z)$ が，複素数 z を用いて，

$$F(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n)z^{-n}$$

と定義されるものとする。ここで， $f(n)$ の a^n 倍である $a^n f(n)$ の z 変換はアと表され，信号 $f(n-L)$ の z 変換はイと表される。ただし， n, L は整数， a は実数とする。

- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|--------------|--------------|
| ① | $z^{-a}F(z)$ | $F(z-L)$ |
| ② | $F(az)$ | $F(z+L)$ |
| ③ | $F(a^{-1}z)$ | $z^{-L}F(z)$ |
| ④ | $F(a^{-1}z)$ | $F(z-L)$ |
| ⑤ | $z^{-a}F(z)$ | $z^{-L}F(z)$ |

Ⅲ－30 長さ N の離散信号 $\{x(n)\}$ の離散フーリエ変換 (DFT : Discrete Fourier Transform) $X(k)$ は次式のように表される。ただし， j は虚数単位を表す。

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\frac{2\pi nk}{N}} \quad (k=0,1,\dots,N-1)$$

$\{x(n)\}$ が次式のように与えられた場合，離散フーリエ変換 $X(k)$ を計算した結果として最も適切なものはどれか。

$$x(n) = \begin{cases} 2 & (n=0) \\ 1 & (n=1, N-1) \\ 0 & (2 \leq n \leq N-2) \end{cases}$$

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ① $2 + 2\sin\frac{2\pi}{N}k$ | ② $2 - 2j\sin\frac{2\pi}{N}k$ | ③ $2 - 2\cos\frac{2\pi}{N}k$ |
| ④ $2 + 2j\cos\frac{2\pi}{N}k$ | ⑤ $2 + 2\cos\frac{2\pi}{N}k$ | |

Ⅲ－31 インターネットのプロトコル階層に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 対等な層間の通信制御の規約をプロトコル、上下層間の通信制御の手続きをインタフェースという。
- ② 通信の宛先を示す情報には、ポート番号、IP (Internet Protocol) アドレス、及び MAC (Media Access Control) アドレスがある。
- ③ TCP (Transmission Control Protocol) はトランスポート層のプロトコルであり、信頼性のあるトランスポートサービスを実現するために、コネクションレス型サービスを実現する。
- ④ TCPでは、ARQ (Automatic Repeat reQuest) におけるウインドウ機能を用いて、フロー制御と輻輳制御を実現する。
- ⑤ IPはネットワーク層のプロトコルであり、IPアドレスに基づきデータグラム型パケット交換処理を行う。

Ⅲ－32 無線変調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。

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) は、送信データに応じて搬送波の ア を変化させることで、1シンボル当たり イ ビットのデータを送信する変調方式である。また、16値QAM (Quadrature Amplitude Modulation) は、送信データに応じて搬送波の ウ を変化させることで、1シンボル当たり エ ビットのデータを送信する変調方式である。両者のうち、同一の送信電力において、シンボル誤り率がより大きいものは オ である。

	ア	イ	ウ	エ	オ
① 振幅だけ	1	振幅だけ	2	QPSK	
② 振幅だけ	1	振幅だけ	2	16値QAM	
③ 位相だけ	2	位相と振幅	2	QPSK	
④ 位相だけ	2	位相と振幅	4	16値QAM	
⑤ 位相と振幅	2	位相と振幅	4	QPSK	

Ⅲ－33 pMOS（pチャネル型Metal Oxide Semiconductor）トランジスタ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。

pMOSトランジスタは、ソース、ドレイン、ゲート、基板の4つの端子を持ち、ソースとドレインはア形半導体で作られ、ゲートは金属又はポリシリコンで作られ、基板はイ形半導体で作られている。ゲート・ソース間電圧 V_{GS} とpMOSのしきい値電圧 V_T が $V_{GS} > V_T$ の場合、ドレイン・ソース間には電流が流れないが、 $V_{GS} \leq V_T$ の場合、ゲート直下の基板の領域が反転することでウが誘起されて、エのドレイン・ソース間電圧 V_{DS} によってウがオに向かって動くことにより電流が流れる。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|---|---|----|---|-----------|
| ① | p | n | 正孔 | 負 | ソースからドレイン |
| ② | p | n | 電子 | 正 | ドレインからソース |
| ③ | n | p | 電子 | 負 | ドレインからソース |
| ④ | n | p | 電子 | 正 | ソースからドレイン |
| ⑤ | p | n | 正孔 | 正 | ドレインからソース |

Ⅲ－34 MOS（Metal Oxide Semiconductor）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。

MOSトランジスタのゲート電極とシリコン基板の間にシリコン酸化膜を挟んだ構造によって作られるMOS容量の容量値は、そのアにイする。また、MOSトランジスタのスイッチング遅延時間は、そのウにエする。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-------|-----|------|-----|
| ① | ゲート面積 | 比例 | ゲート幅 | 比例 |
| ② | ゲート面積 | 比例 | ゲート長 | 比例 |
| ③ | ゲート面積 | 反比例 | ゲート幅 | 反比例 |
| ④ | ゲート幅 | 比例 | ゲート長 | 反比例 |
| ⑤ | ゲート幅 | 反比例 | ゲート幅 | 反比例 |

Ⅲ－35 あるビルの蓄電池設備計画では、次の2条件を満たすことが求められるという。

第一に停電発生からその復旧までの所要時間を1時間とし、この間の平均使用電力が5 kWであること、また、第二に停電復旧後に復電に必要な開閉器駆動に50 kWの電力が必要で、これにかかる時間が36秒であることである。この蓄電池に最低限必要な電流容量に最も近い値はどれか。ただし、蓄電池の定格電圧は100 Vであるものとする。

- ① 50 Ah ② 55 Ah ③ 60 Ah ④ 65 Ah ⑤ 70 Ah

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

ガウスの法則に関する問題である。真空中の任意の閉曲面Sの中に存在する電荷Qの総和は、その閉曲面上における電界Eの面積分に比例する。したがって、アは閉曲面、イは電荷、ウは比例の組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-2

正解は④

電気映像法を用いる。導体平面に対して対称な位置に逆符号の点電荷を仮定する。 $0 < x < a$ の領域では両電荷の電界の向きが同一で和となり、 $x > a$ では逆向きとなって差となるため選択肢④の式となる。

●問題Ⅲ-3

正解は③

ビオ・サバールの法則より、円形電流が中心軸上に作る磁界の公式を適用する。軸上の磁界を求め、これに真空の透磁率 μ を乗じることで、点Pにおける磁束密度は選択肢③の式として導出される。

●問題Ⅲ-4

正解は②

ガウスの法則を用いる。球の外部では全電荷が中心にある点電荷と等価となり、球の内部では半径r内の電荷が体積比に応じて減少する。それぞれの領域で電界を計算すると選択肢②の組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-5

正解は④

直流電源から負荷抵抗 R_L に供給される電力が最大となるのは、負荷抵抗の値が電源側の内部抵抗と等しくなる最大電力供給条件を満たすときである。回路全体の内部抵抗が 4Ω であるため $R_L = 4\Omega$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は③

重ね合わせの理を用いる。 $2V$ の電圧源のみでは電流は $2/(3+5) = 0.25A$ となる。 $2A$ の電流源のみでは分流則より $3/(3+5) \times 2 = 0.75A$ となる。両者の和をとることで 5Ω の抵抗に流れる電流は $1A$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は④

回路の対称性より中央の縦に接続された抵抗の両端は同電位となるため電流が流れず、これを取り除いて考えることができる。残りの並列回路の合成抵抗を計算して初段の抵抗と加算すると合成抵抗は 1.5 となる。

●問題Ⅲ-8

正解は④

上側のデルタ接続された抵抗網にスター・デルタ変換を適用してスター接続へと変換する。直列および並列の関係を順次整理して端子abから見た回路全体の合成抵抗を求めると、 $4R/3$ が得られる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

スイッチ投入により電源が短絡され、インダクタに流れていた初期電流Iが抵抗RとインダクタLの閉回路で放電される。時定数 L/R で指数関数的に減衰するため、電流は $Ie^{-(Rt/L)}$ となる。

●問題Ⅲ-10

正解は④

直列RLC回路の回路方程式に対する特性方程式は $Ls^2 + Rs + 1/C = 0$ である。回路に流れる電流が振動的となる条件は判別式が負となって複素根をもつことであるため、 $CR^2 < 4L$ となる。

●問題Ⅲ-11

正解は④

交流におけるキャパシタのインピーダンスの大きさは $1/(\omega C)$ であるため、流れる電流は静電容量に比例する。静電容量が2倍のBに流れる電流はAの2倍となるため、半分とする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-12

正解は④

SW開放時はRL直列回路となり、分圧比より抵抗電圧は $R/\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \times E$ となる。SW投入時はRとCの並列回路とLの直列回路となり、回路方程式を解くことで選択肢④の式となる。

●問題Ⅲ-13

正解は②

変電所と送電線の基準容量10MVAにおける合成パーセントインピーダンスは直列和として7.5%となる。受電点の短絡容量は基準容量をこの値で除算することで約133MVAとなり、約130MVAとなる。

●問題Ⅲ-14

正解は③

熱効率50%より発電出力と同等の熱量100万kJ/sが冷却水へと放出される。この放熱量を水の比熱および許容温度上昇7度で除して所要の流量を算出すると、最低流量は約35m³/sとなる。

●問題Ⅲ-15

正解は②

制動巻線は同期機の過渡的な動揺を抑制して安定度を向上させる目的には低抵抗が適しており、電力系統の短絡時などに流れる故障電流を抑制するには逆に高抵抗が効果的となる組み合わせである。

●問題Ⅲ-16

正解は①

三相電力の公式 $P = \sqrt{3}VI \cos \theta \times \eta$ を用いる。線間電圧200V、定格出力4kW、力率0.8、効率0.85を代入して電流Iについて解くことで、運転時の電流の大きさは約17Aと算出される。

●問題Ⅲ-17

正解は⑤

直流分巻電動機の回転速度は端子電圧に比例し界磁磁束に反比例する。界磁電流が端子電圧に比例するため電圧が半分になると磁束も半分となり、両者が相殺されるため回転速度はもとの速度と同一となる。

●問題Ⅲ-18

正解は⑤

他励直流機を発電機として動作させ交流電源へ電力を回生する他励インバータ運転では、変換器の直流出力電圧の極性を負にする必要がある。したがって、制御遅れ角は90度より大きく180度より小さい範囲となる。

●問題Ⅲ-19

正解は①

図Aは降圧形コンバータであり出力電圧は通流率dに比例してdEとなる。図Bは昇圧形コンバータであり出力電圧は $E/(1-d)$ となる。したがって、それぞれの平均電圧の組み合わせは選択肢①となる。

●問題Ⅲ-20

正解は⑤

一次遅れ系の周波数応答においてゲインが最大値の半分となるのは分母の絶対値が2倍になるときであり、角周波数は $\sqrt{3}/3 \text{ rad/s}$ となる。周波数は $\sqrt{3}/(6\pi) \text{ Hz}$ となり、位相特性は $\tan \phi = -\sqrt{3}$ を満たす。

●問題Ⅲ-21

正解は④

閉ループ伝達関数を求めると前向き要素と単位負帰還により $1/(s+2)$ となる。これに単位ステップ入力を加えてラプラス逆変換を行うことで、時間応答 $y(t)$ は $(1/2)(1-e^{-2t})$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は④

オペアンプの反転入力端子は仮想接地により0Vとなるため入力電流は V_{in}/R_1 である。これがトランジスタのコレクタ電流に等しく、出力電圧が $-V_{BE}$ となる関係から整理すると選択肢④の対数変換式となる。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

理想オペアンプの特性として、差動利得は無限大、入力インピーダンスは無限大、入力バイアス電流およびオフセット電圧は0、出力インピーダンスは0である。出力インピーダンスが無限大とする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-24

正解は③

論理式を展開しカルノー図や代数法則を用いて簡約化する。共通因数でまとめると $X \cdot Y \cdot (Z + \bar{Z}) = X \cdot Y$ となり、これと残りの項を合わせることで、簡単化した式は $X \cdot Y + Y \cdot Z$ となる。

●問題Ⅲ-25

正解は④

プルダウン側のnMOS回路において、XとYの直列回路に対してZが並列に接続されているため導通条件は $X \cdot Y + Z$ となる。出力はその論理否定となるため、整理すると $F = (X \cdot Z + Y \cdot Z)$ の否定となる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

接頭語条件を満たして瞬時復号可能な符号はB, C, Eである。それぞれの平均符号長を計算するとBとCがともに2.15ビットで最小となり、Eの2.40ビットより短いため、 $Y = \{B, C\}$ となる。

●問題Ⅲ-27

正解は⑤

受信ベクトル y に対してシンドローム $s = Hy^T$ を計算すると $[0, 1, 0, 1]^T$ 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特定できるため、正しい符号語 x は $[1, 0, 1, 1, 0]$ となる。

●問題Ⅲ-28

正解は①

AD変換は標本化の後に量子化を行う。標本化定理より標本化周波数は最高周波数の2倍より大きい必要がある。また微小信号の相対誤差を抑えるには振幅に応じて量子化ステップ幅を小さくする非線形量子化を行う。

●問題Ⅲ-29

正解は③

z 変換の変調定理により、信号に a^n を乗じた関数の変換は複素変数が z/a に置き換わるため $F(a^{-1}z)$ となる。また時間推移定理により、 L サンプル遅延した信号の変換は $z^{-L}F(z)$ となる。

●問題Ⅲ-30

正解は⑤

離散フーリエ変換の定義式に信号値を代入すると、 $2e^{-j2\pi k/N} + e^{-j2\pi(N-1)k/N}$ となる。複素指数関数の和をオイラーの公式で余弦関数にまとめると、 $2+2\cos(2\pi k/N)$ が得られる。

●問題Ⅲ-31

正解は③

TCPは信頼性の高いエンドツーエンドの通信を保証するために、接続の確立と終了を明示的に行うコネクション型のプロトコルである。コネクションレス型サービスを実現するとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-32

正解は④

QPSKは位相のみを変化させて1シンボルあたり2ビットを送り、16値QAMは位相と振幅を変化させて1シンボルあたり4ビットを送る。同一送信電力では信号点間距離が狭い16QAMのほうが誤り率は大きくなる。

●問題Ⅲ-33

正解は①

pMOSトランジスタはn形基板上にp形領域を形成し、チャネルには多数キャリアとして正孔が誘起される。負のドレイン・ソース間電圧により正孔はソースからドレインへと移動することで電流が流れる。

●問題Ⅲ-34

正解は②

MOS容量は絶縁膜の面積に比例するためゲート面積に比例する。また、MOSトランジスタのチャネル内をキャリアが走行する時間およびスイッチング遅延時間は、ゲート長に比例して大きくなる。

●問題Ⅲ-35

正解は②

停電時の使用電力量5kWhと開閉器駆動時の電力量0.5kWhの合計は5.5kWhとなる。これを蓄電池の定格電圧100Vで割ることで、最低限必要な蓄電池の電流容量は55Ahと算出される。