

【04】電気電子部門

IV 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。)

IV-1 電磁界に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして正しいものはどれか。

媒質中の電磁界を決定する基本方程式は、電界を E 、電束密度を D 、磁界を H 、磁束密度を B とすると、ア の方程式として以下のようにまとめられる。ただし、 i 、 ρ はそれぞれ伝導電流密度と真電荷密度を表し、 rot 、 div はそれぞれ回転と発散を表す演算子である。

$$\text{rot } E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1)$$

$$\text{rot } H = i + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2)$$

$$\text{div } D = \rho \quad (3)$$

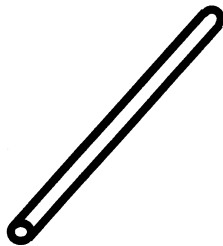
$$\text{div } B = 0 \quad (4)$$

このうち、(1)式はイ の法則を表し、(2)式はウ の法則にエ を導入したアンペール・マクスウェルの法則を表す。また、(3)、(4)式は、それぞれ電界・磁界に関するオ の法則を表す。

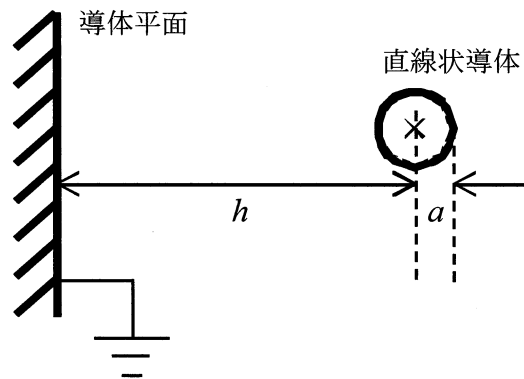
	ア	イ	ウ	エ	オ
①	マクスウェル	変位電流	アンペール	電磁誘導	ガウス
②	アンペール	変位電流	ガウス	電磁誘導	マクスウェル
③	ガウス	電磁誘導	マクスウェル	変位電流	アンペール
④	マクスウェル	電磁誘導	アンペール	変位電流	ガウス
⑤	マクスウェル	電磁誘導	ガウス	変位電流	アンペール

Ⅳ－２ 下図Aのような断面の半径が a の長い直線状導体を，下図Bに示すように，接地された導体平面から距離 h の位置に平面と平行に置く。このときの直線状導体と導体平面の間の静電容量を求める。直線状導体の単位長さ当たりの静電容量を表す式として，正しいものはどれか。ただし，導体は真空中に置かれているものとし，真空中の誘電率を ϵ_0 で表す。また， $a \gg h$ とする。式中の $\log$ は自然対数を表す。

- ① $\frac{ah}{2\pi\epsilon_0}$ ② $4\pi\epsilon_0 \log \frac{4h}{a}$ ③ $2\pi\epsilon_0 \log \frac{2h}{a}$
- ④ $\frac{2\pi\epsilon_0}{\log 2h - \log a}$ ⑤ $\frac{4\pi\epsilon_0}{\log 2h}$



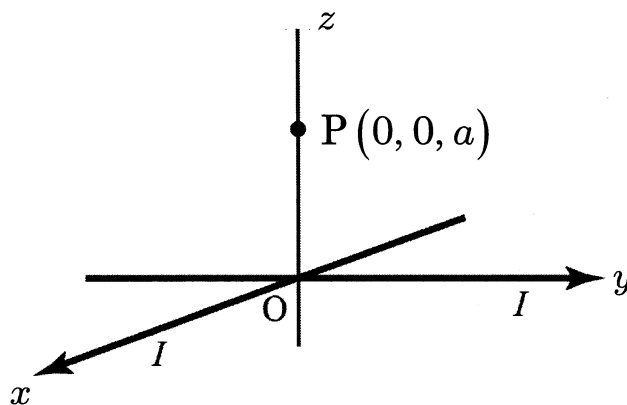
図A 断面の半径が a の長い直線状導体



図B 導体平面と直線状導体の配置

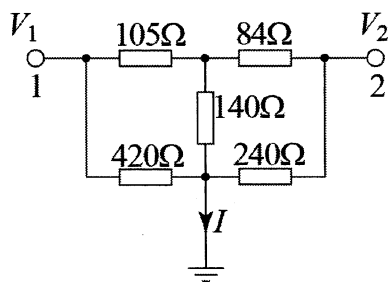
Ⅳ－３ 下図において，直交座標 x, y, z の x 軸と y 軸に沿って電流 I が流れているとき， z 軸上の点 $P(0, 0, a)$ に生ずる磁界の強さ H を表す式として正しいものはどれか。ただし， a は原点 O から点 P までの距離を表す。

- ① $H = \frac{I}{2\pi a}$
- ② $H = \frac{I}{\sqrt{2}\pi a}$
- ③ $H = \frac{I}{\pi a}$
- ④ $H = \frac{\sqrt{2}I}{\pi a}$
- ⑤ $H = \frac{2I}{\pi a}$



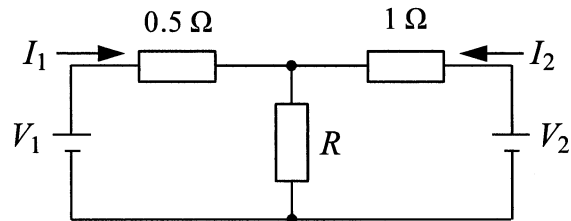
Ⅳ－４ 下図の回路において，端子 1，2 の電位をそれぞれ $V_1 = 210 \text{ V}$ ， $V_2 = 280 \text{ V}$ とするとき，電流 I に最も近い値はどれか。

- ① 1 A
- ② 1.5 A
- ③ 2 A
- ④ 2.5 A
- ⑤ 3 A



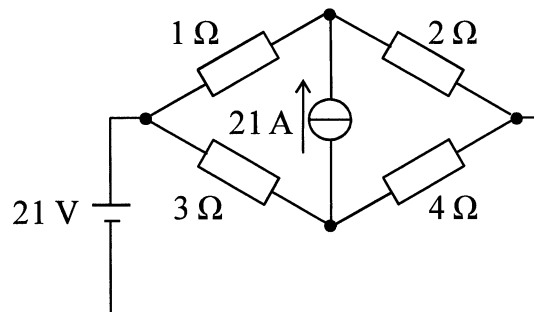
Ⅳ－５ 下図のような回路がある。この回路において $V_1=11\text{ V}$ ， $V_2=17\text{ V}$ のとき $I_1=4\text{ A}$ ， $I_2=8\text{ A}$ であった。 $V_1=8\text{ V}$ ， $V_2=10\text{ V}$ のとき $I_1=4\text{ A}$ であったとすれば， I_2 に最も近い値はどれか。

- ① 2 A
- ② 4 A
- ③ 7.5 A
- ④ 10 A
- ⑤ 15 A



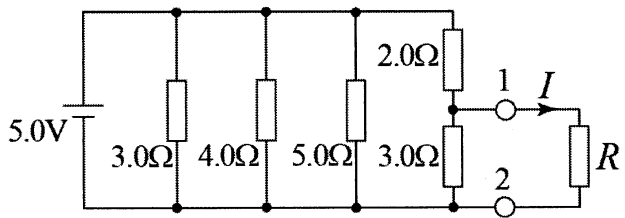
Ⅳ－６ 下図のような回路がある。この回路において４つの抵抗が消費している電力の総和に最も近い値はどれか。

- ① 210 W
- ② 436 W
- ③ 441 W
- ④ 1260 W
- ⑤ 2084 W

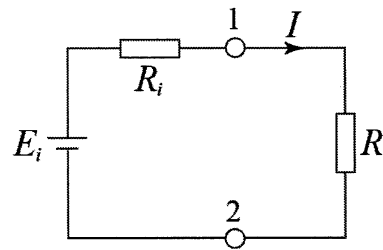


Ⅳ－７ 下図Aの直流回路があり，テブナンの定理を使って下図Bの等価回路で表せる。次の組合せのうち，誤っているものはどれか。

- ① $E_i = 3.0 \text{ V}$, $R_i = 1.2 \Omega$
- ② $R = 0.8 \Omega$, $I = 1.5 \text{ A}$
- ③ $R = 3.8 \Omega$, $I = 1.0 \text{ A}$
- ④ $R = 0 \Omega$, $I = 2.5 \text{ A}$
- ⑤ $R = 4.8 \Omega$, $I = 0.5 \text{ A}$



図A



図B

Ⅳ－８ 下図において，直流電源の電圧を E ，コンデンサのキャパシタンスを C ，コンデンサの電圧を v_c ，SWを切り換えスイッチとする。時刻 $t=0$ において，SWは接点 1 側に接続されており，コンデンサの初期電圧は $-\frac{E}{2}$ とする。

下記の条件でモードがSWにより周期的に切り換わるとき， v_c の周波数 f を表す式として正しいものはどれか。ただし， $\log$ は自然対数を表す。

【モードと切り換わりの条件】

(1) モード 1

接点 1 側に接続された状態， $v_c < \frac{E}{2}$ でモード 1 を維持， $v_c = \frac{E}{2}$ でモード 2 へ瞬時に移行

(2) モード 2

接点 2 側に接続された状態， $v_c > -\frac{E}{2}$ でモード 2 を維持， $v_c = -\frac{E}{2}$ でモード 1 へ瞬時に移行

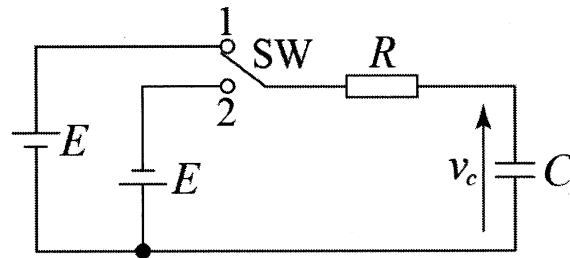
① $f = \frac{1}{2RC}$

② $f = \frac{2}{RC}$

③ $f = \frac{1}{RC \log(1/3)}$

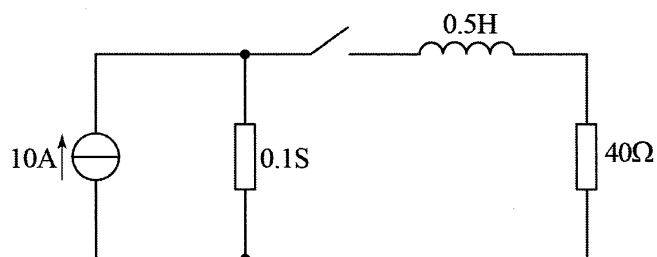
④ $f = \frac{1}{RC \log 3}$

⑤ $f = \frac{1}{2RC \log 3}$



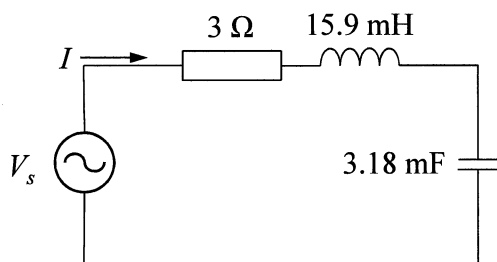
Ⅳ－９ 下図のような理想直流電流源10 A，コンダクタンス0.1 S，インダクタンス0.5 H，抵抗40 Ωと理想スイッチからなる直流回路がある。スイッチを操作すると発生する過渡現象の時定数に最も近い値はどれか。

- ① 0.01 s
- ② 0.0125 s
- ③ 0.02 s
- ④ 0.5 s
- ⑤ 100 s

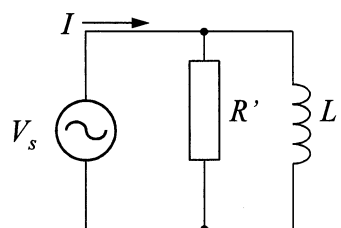


Ⅳ－10 下図において，周波数が50 Hz，電圧が V_s の正弦波交流電源から流れる電流 I は，図A，図Bのいずれも同じ大きさ，かつ電圧との位相差が同一である。このとき，図Bにおける抵抗 R' に最も近い値はどれか。

- ① 3 Ω ② 4 Ω ③ 6.25 Ω ④ 8.33 Ω ⑤ 19.9 Ω



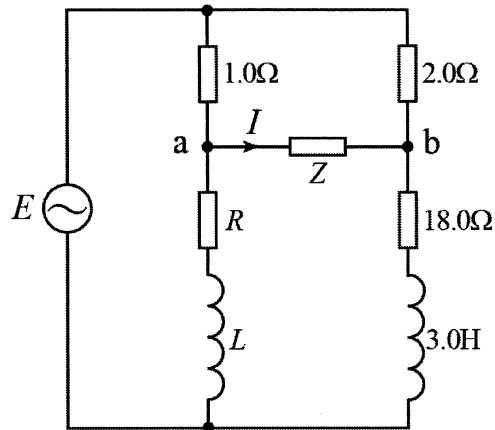
図A



図B

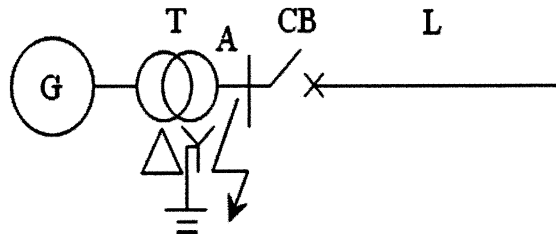
Ⅳ－11 下図の回路において、 $E[V]$ は交流電圧源で角周波数 ω とする。節点 a－b 間の電流 I が ω に関係なく零となる R と L の値の組合せとして正しいものはどれか。

- ① $R = 18.0 \Omega$ $L = 1.5 \text{ H}$
- ② $R = 9.0 \Omega$, $L = 1.5 \text{ H}$
- ③ $R = 9.0 \Omega$, $L = 3.0 \text{ H}$
- ④ $R = 2.0 \Omega$, $L = 18.0 \text{ H}$
- ⑤ $R = 36.0 \Omega$, $L = 6.0 \text{ H}$



Ⅳ－12 下図に示す三相送電系統において、変圧器 T のごく近傍の地点 A で一線地絡故障が発生した。地点 A から大地に流れる電流の大きさに最も近い値はどれか。ただし故障が発生したとき、発電機 G 及び変圧器 T は無負荷定格電圧運転中であり、遮断器 CB は切れていたため送電線 L の影響は考えなくてよい。発電機 G のリアクタンスは正相、逆相ともに 20 %，変圧器 T の漏れリアクタンスは 10 % とし、変圧器 T から地点 A のリアクタンスは無視し、中性点は直接接地されており、アーク抵抗など地絡インピーダンスは零とする。パーセント値の基準容量はすべて 100 kVA で共通である。

- ① 110 %
- ② 190 %
- ③ 270 %
- ④ 350 %
- ⑤ 430 %



Ⅳ－13 火力発電所における熱効率やその向上方策に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 理想的熱機関を表現するカルノーサイクルの熱効率は高熱源の絶対温度が高いほど高くなる。
- ② ボイラ、蒸気タービン、復水器等によってランキンサイクルを構成している火力発電所の熱効率は、蒸気圧力が高いほど向上する。
- ③ ランキンサイクルの熱効率を向上させるのに効果的な方式の1つに再熱があり、このためにタービン高圧部から出てきた蒸気を再び過熱してタービン低圧部に送る装置を過熱器と呼んでいる。
- ④ 火力発電所では、煙突から排出されるガスの保有熱をできるだけ利用して、燃料の消費率を低くすることが望ましく、節炭器や空気予熱器を設ける場合がある。
- ⑤ 火力発電所の熱効率向上のため、蒸気タービンとガスタービンを組み合わせた複合サイクル発電が用いられる場合がある。

Ⅳ－14 定格が6300/210 V，15 kVA，50 Hzの単相変圧器において漏れインピーダンスは3 %であるとする。この変圧器の低圧側に5 kVA，力率0.8遅れの負荷をかけた状態から負荷を遮断したときの低圧側電圧の変動率に最も近い値はどれか。ただし変圧器の銅損，励磁アドミタンスは無視し，高圧側電圧は負荷遮断の前後で変わらないものとする。

- ① 0.4 % ② 0.6 % ③ 0.8 % ④ 1.2 % ⑤ 1.4 %

Ⅳ－15 効率が十分高く，損失が無視できる他励式直流電動機がある。この電動機の電機子に，ある電圧の理想電圧源が接続され，界磁に，ある大きさの電流が流れていて，電動機が無負荷で定常運転している。この状態から，界磁電流をもとの大きさの半分に減少させたのち，新たな定常状態に達した。このときの電動機の数値に関する次の記述のうち，正しいものはどれか。ただし，鉄心の磁気飽和の影響はないものとする。

- ① もとの速度の4倍になる。
- ② もとの速度の2倍になる。
- ③ 変化しない。
- ④ もとの速度の2分の1倍になる。
- ⑤ もとの速度の4分の1倍になる。

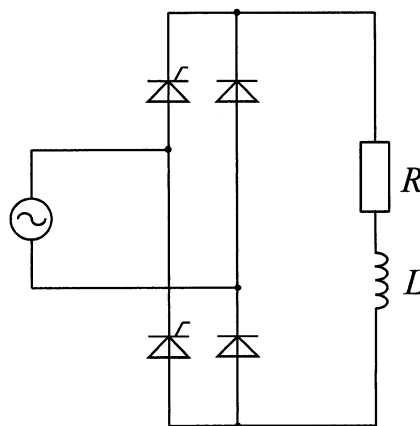
Ⅳ－16 同期機の制動巻線に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして正しいものはどれか。

「同期機の負荷が急変すると の振動が起こる。制動巻線は のかご形巻線と似た巻線であって、振動を抑えるトルクを生じる。これは 防止作用である。」

	ア	イ	ウ
①	負荷角	誘導電動機	乱調
②	温度	直流機	脱調
③	電流	誘導電動機	短絡
④	電流	変圧器	乱調
⑤	負荷角	変圧器	乱調

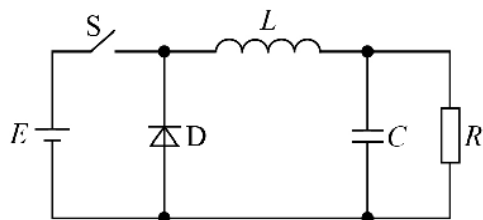
Ⅳ－17 下図のようなサイリスタとダイオードを組み合わせた単相混合ブリッジ整流回路において、サイリスタやダイオードは理想スイッチであり、転流は瞬時に行われるものとする。また、直流側にあるリアクトル L は十分大きく、直流側電流は完全に平滑であり、一定とする。これにおいて、制御遅れ角が 60° であるとき、交流側の基本波力率に最も近い値はどれか。

- ① 0
- ② $\frac{1}{2}$
- ③ $\frac{\sqrt{2}}{2}$
- ④ $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- ⑤ 1

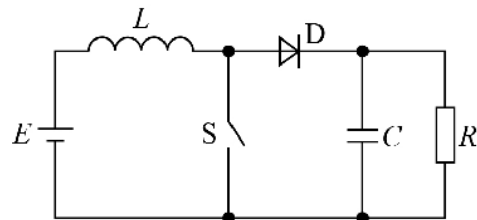


Ⅳ－18 下図A～CのDC－DCコンバータにおいて、次の説明のうち誤っているものはどれか。ただし、 E は理想直流電圧源、 L はリアクトル、 C はキャパシタンス、 R は負荷抵抗、 S は理想スイッチ、 D は理想ダイオードを表す。なお、スイッチング周波数は十分高いものとする。

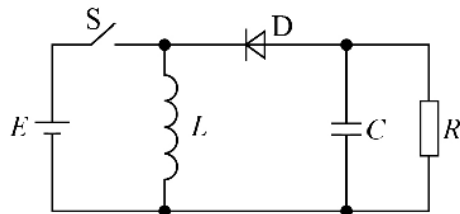
- ① 図Aにおいて、スイッチ S のオン時間とオフ時間の比率を d とおくとき、出力電圧（負荷抵抗の電圧降下）は d に比例する。
- ② 図A、図B、図Cはそれぞれ降圧形コンバータ（buck converter）、昇圧形コンバータ（boost converter）、昇降圧コンバータ（buck/boost converter）と呼ばれる。
- ③ 図Aのリアクトル L は電流を連続にする作用がある。
- ④ 図Bにおいて、スイッチ S がオン状態のとき、リアクトル L の電流は増加する。
- ⑤ 図Cにおいて、スイッチ S がオフ状態のとき、ダイオード D はオン状態である。



図A



図B



図C

Ⅳ－19 ある測定を行った結果，測定値 A ， B を得た。それぞれの測定値に対する測定誤差を ΔA ， ΔB としたとき，

$$X = A + B$$

$$Y = AB$$

で計算される X ， Y の値の最大誤差を表す式として正しいものはどれか。ただし， ΔX ， ΔY はそれぞれ X ， Y に対する誤差を表し ΔX と ΔY の積は非常に小さく無視できるものとする。

- | | <u>X</u> | <u>Y</u> |
|---|--|--|
| ① | $\left \frac{\Delta X}{X} \right \leq \left \frac{\Delta A}{A} \right + \left \frac{\Delta B}{B} \right $ | $\left \frac{\Delta Y}{Y} \right \leq \left \frac{\Delta A \Delta B}{AB} \right $ |
| ② | $\left \frac{\Delta X}{X} \right \leq \left \frac{\Delta A}{A} \right + \left \frac{\Delta B}{B} \right $ | $\left \frac{\Delta Y}{Y} \right \leq \left \frac{\Delta A}{A} \right - \left \frac{\Delta B}{B} \right $ |
| ③ | $ \Delta X \leq \Delta A + \Delta B $ | $\left \frac{\Delta Y}{Y} \right \leq \left \frac{\Delta A \Delta B}{AB} \right $ |
| ④ | $ \Delta X \leq \Delta A + \Delta B $ | $\left \frac{\Delta Y}{Y} \right \leq \left \frac{\Delta A}{A} \right - \left \frac{\Delta B}{B} \right $ |
| ⑤ | $ \Delta X \leq \Delta A + \Delta B $ | $\left \frac{\Delta Y}{Y} \right \leq \left \frac{\Delta A}{A} \right + \left \frac{\Delta B}{B} \right $ |

Ⅳ－20 下図のフィードバック制御系において、 $R(s)$ は目標値、 $Y(s)$ は制御量を表す。

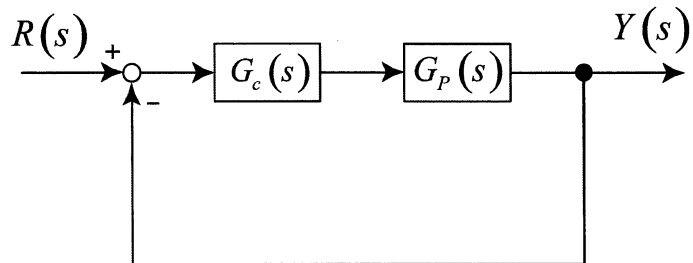
プラント（制御対象）の伝達関数 $G_p(s)$ と制御器の伝達関数 $G_c(s)$ がそれぞれ

$$G_p(s) = \frac{1}{2s^3 + s^2 + 8s + a} \quad (\text{ただし、} a \text{ は } 1 < a < 3 \text{ で変化する実数})$$

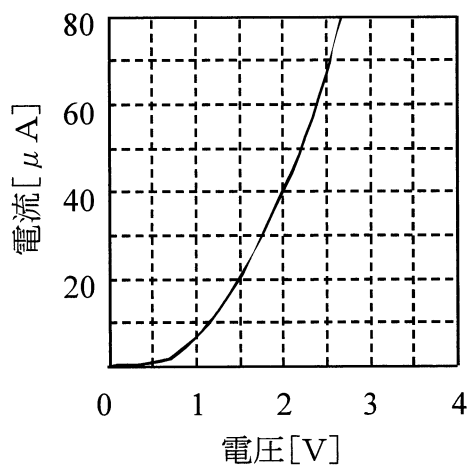
$$G_c(s) = \frac{K}{s}$$

与えられるとき、フィードバック制御系を安定にする積分ゲイン K の条件で正しいものはどれか。

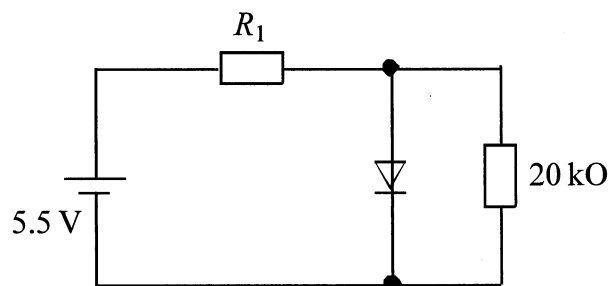
- ① $0 < K < 4$
- ② $4 < K < 6$
- ③ $K > 6$
- ④ $0 < K < 6$
- ⑤ $6 < K < 8$



Ⅳ－21 下図Aのような電圧－電流特性を有するダイオードを使って、下図Bの回路を構成する。ダイオードの両端電圧が2 Vとなるとき、 R_1 の抵抗値に最も近いものはどれか。



図A ダイオードの電圧－電流特性

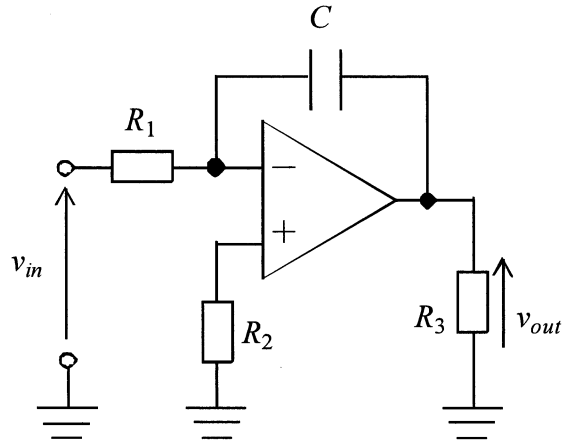


図B ダイオードを用いた回路

- ① 5 k Ω
- ② 15 k Ω
- ③ 25 k Ω
- ④ 35 k Ω
- ⑤ 45 k Ω

Ⅳ-22 下図は、理想オペアンプを用いた回路である。図のように v_{in} を与えたとき、抵抗 R_3 にかかる電圧 v_{out} を表す式として正しいものはどれか。ただし、 V_0 は時刻 0 における R_3 の両端電圧とする。

- ① $-\frac{R_1}{C} \int v_{in} dt + V_0$
- ② $-\frac{1}{C(R_1 + R_2)} \int v_{in} dt + V_0$
- ③ $-\frac{1}{CR_1} \int v_{in} dt + V_0$
- ④ $-\frac{R_3}{C(R_1 + R_2)} \int v_{in} + V_0$
- ⑤ $-\frac{1}{CR_1 R_2} \int v_{in} + V_0$



Ⅳ-23 3変数 X, Y, Z から構成される論理式

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

を簡便化した論理式として正しいものはどれか。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 の否定を表す。

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

Ⅳ－24 論理回路において、NANDゲートだけを利用して、NOT回路、AND回路、NOR回路、OR回路を実現する場合、それぞれ最低限必要なNANDゲートの個数として適切なものはどれか。ただし、NOT回路以外は2入力とする。

	<u>NOT</u>	<u>AND</u>	<u>NOR</u>	<u>OR</u>
①	1	3	4	5
②	2	2	3	5
③	1	1	2	5
④	2	3	3	3
⑤	1	2	4	3

Ⅳ－25 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の正しい組合せは、次のうちどれか。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	000	1	0	1	01
s_2	0.35	001	00	10	01	1
s_3	0.15	010	011	110	001	001
s_4	0.10	011	0100	1110	0011	0001
s_5	0.05	100	0101	1111	0010	0000

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

Ⅳ-26 パリティ検査行列 $\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ を持つ符号長 5 の 2 元 Hamming 符号は,

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

ただし、 $\mathbf{x}$ の各成分は 0 又は 1 であり、 $\mathbf{x}^T$ は $\mathbf{x}$ の転置を表し、行列 $\mathbf{H}$ とベクトル $\mathbf{x}^T$ 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 $\mathbf{x}$ 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 $\mathbf{y} = [1, 1, 0, 1, 1]$ が得られたとき、符号語 $\mathbf{x}$ として正しいものは、次のうちどれか。

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

Ⅳ-27 長さ N の離散信号 $\{x(n)\}$ の離散フーリエ変換 $X(k)$ は次式のように表される。ただし、 j は虚数単位を表す。

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

ここで、 $N=6$ として、 $[x(0), x(1), x(2), x(3), x(4), x(5)] = [2, 0, 2, 0, 0, 0]$ で与えられた場合、離散フーリエ変換 $[X(0), X(1), X(2), X(3), X(4), X(5)]$ を計算した結果として、正しいものは次のうちどれか。

- ① $[4, 1+j\sqrt{3}, 1-j\sqrt{3}, 4, 1+j\sqrt{3}, 1-j\sqrt{3}]$
- ② $[4, 1+j\sqrt{3}, 1-j\sqrt{3}, 0, 1-j\sqrt{3}, 1+j\sqrt{3}]$
- ③ $[4, 1-j\sqrt{3}, 1+j\sqrt{3}, 4, 1-j\sqrt{3}, 1+j\sqrt{3}]$
- ④ $[4, -\sqrt{3}-j, \sqrt{3}+j, 0, -\sqrt{3}+j, \sqrt{3}-j]$
- ⑤ $[4, \sqrt{3}-j, \sqrt{3}+j, 4, \sqrt{3}-j, \sqrt{3}+j]$

Ⅳ-28 離散的な数値列として離散時間信号 $\{x(n)\}$ 、 $-\infty < n < \infty$ 、が与えられているとする。このとき、信号 $x(n)$ に対する両側 z 変換を、複素数 z を用いて、

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) z^{-n}$$

と定義する。このとき、信号 $ax(n-k)$ の z 変換は ア と表され、信号 $a^n x(n)$ の z 変換は イ と表される。ただし、 k は整数、 a は実数とする。 に入る数式の組合せとして正しいものはどれか。

- | $\supset$ | $\perp$ |
|------------------|--------------|
| ① $a^{-k} X(z)$ | $X(a^{-1}z)$ |
| ② $az^{-k} X(z)$ | $X(az)$ |
| ③ $a^{-k} X(z)$ | $X(z-a)$ |
| ④ $az^{-k} X(z)$ | $X(a^{-1}z)$ |
| ⑤ $a^{-k} X(z)$ | $X(az)$ |

Ⅳ－29 パルス符号変調 (PCM) 方式に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 最高周波数が $B[\text{Hz}]$ のアナログ信号を標本化したときに、標本化後のパルス列から元のアナログ信号を完全に再生するためには、標本化周期 $T[\text{s}]$ は $\frac{1}{2B}$ より小さい必要がある。
- ② 線形量子化では、標本値を示すビット数を n ビット増大することにより、量子化雑音電力は $6n[\text{dB}]$ だけ減少する。
- ③ 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。
- ④ 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。
- 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。

Ⅳ－30 デジタル変復調方式に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① ナイキストの第 1 基準では、ローパスフィルタのインパルス応答が時間原点を除き時間軸と等間隔交差することが要求される。
- ② 複素包絡線の実数部は同相成分、複素包絡線の虚数部は直交成分と呼ばれる。
- ③ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) は 1 シンボル当たり 2 ビットを伝送する。
- ④ 変調指数が 1 の FSK (Frequency Shift Keying) は MSK (Minimum Shift Keying) と呼ばれる。
- ⑤ 1 シンボル当たり k ビットを送信する多値変調では、信号点が 2^k 個必要となる。

Ⅳ－31 インターネットに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① TCP (Transmission Control Protocol) のフロー制御は、受信ノードの受信可能な情報量に応じて送信情報量を制御する。
- ② TCPの輻輳制御は、乗算的増大と加算的減少を基本としている。
- ③ TCPのデータ単位はセグメントと呼ばれる。
- ④ IPv4 (Internet Protocol version 4) では、IPアドレスの長さは32ビットである。
- ⑤ ARP (Address Resolution Protocol) は、IPアドレスとMAC (Media Access Control) アドレスの変換を行うプロトコルである。

Ⅳ－32 集積回路及び半導体に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 不純物半導体を集積回路の中で抵抗素子として用いる場合、混入された不純物の濃度が高いほど抵抗率が下がる。
- ② 集積回路のパターン加工精度に限界があるために、抵抗素子の抵抗値にある程度のばらつきが生じるが、抵抗素子の面積をできるだけ小さくすることによって抵抗値のばらつきを減らすことができる。
- ③ p形半導体とn形半導体を接合すると、pn接合面付近で形成される空乏層が絶縁体となりpn接合容量（コンデンサ）を形成する。このとき、逆方向バイアス電圧を大きくすると、空乏層が広がるのでその容量値は小さくなる。
- ④ MOS (Metal Oxide Semiconductor) 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誘電体として挟んだ構造によって作られるMOS容量の容量値はゲート面積に比例する。
- ⑤ MOSトランジスタのスイッチング遅延時間は、そのゲート長に比例して大きくなる。

Ⅳ－33 nMOS（n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正しいものはどれか。

nMOS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nMOS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、 $V_{GS} \geq V_T$ 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 | ドレインからソース |
| ② | p | n | 電子 | 正 | ソースからドレイン |
| ③ | n | p | 電子 | 負 | ドレインからソース |
| ④ | n | p | 正孔 | 正 | ドレインからソース |
| ⑤ | n | p | 電子 | 正 | ソースからドレイン |

Ⅳ－34 電気設備の安全確保や隔離に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 電気設備は、感電、火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えるおそれがないように施設しなければならない。
- ② 架空電線路の支持物には、感電のおそれがないよう、取扱者以外の者が容易に昇塔できないように適切な措置を講じなければならない。
- ③ 電線路の電線等は、他の工作物や植物と接近したり交さす場合には、他の工作物や植物を損傷するおそれがなく、かつ、接触、断線等によって生じる感電や火災のおそれがないように施設しなければならない。
- ④ 使用電圧230 kV以上の特別高圧架空電線と、その支持物、支柱等との離隔距離としては50 cmを確保すればよい。
- ⑤ 使用電圧35000 V以下の特別高圧架空電線が横断歩道橋と近接して施設される場合は通常3 mの離隔距離をとればよい。

Ⅳ－35 電気設備の接地に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして正しいものはどれか。

「電路の保護装置の確実な動作の確保やアの抑制及びイの低下を図るため電路のウに接地を施す場合がある。」

- | | ア | イ | ウ |
|---|------|--------|------|
| ① | 過電流 | 異常高温 | 線路導体 |
| ② | 異常電圧 | 一線地絡電流 | 中性点 |
| ③ | 過電流 | 回転数 | 線路導体 |
| ④ | 過電流 | 通信雑音 | 末端 |
| ⑤ | 異常電圧 | 対地電圧 | 中性点 |

【正解と解説】

●問題Ⅳ-1

正解は④

媒質中の電磁界方程式群はマクスウェルの方程式と呼ばれる。(1)式はファラデーの電磁誘導の法則、(2)式は変位電流、(3)(4)式は電界および磁界に関するガウスの法則を表す組み合わせとなる。

●問題Ⅳ-2

正解は④

電気映像法を適用すると、距離 $2h$ 離れた半径 a の平行往復導線間の電位差の半分が導体と平面間の電位差となる。これより単位長さ当たりの静電容量を計算すると選択肢④の式となる。

●問題Ⅳ-3

正解は②

x 軸および y 軸を流れる電流が点 P に作る磁界はビオ・サバールの法則よりそれぞれ大きさが $I/(2\pi a)$ であり、互いに直交する。これらを直交合成すると強さは $I/(\sqrt{2}\pi a)$ となる。

●問題Ⅳ-4

正解は⑤

接地点の電位を $0V$ として上部接続点の電位を節点方程式より求めると $560/3V$ となる。各抵抗から下部接続点に流入する電流の和を計算すると $0.5+7/6+4/3=3A$ となり、選択肢⑤が正しい。

●問題Ⅳ-5

正解は②

キルヒホッフの電圧則より回路方程式を立てると、最初の条件から抵抗 R の値が 0.75Ω と定まる。この値を用いて第2の条件の方程式を I_2 について解くと、電流は $4A$ となる。

●問題Ⅳ-6

正解は④

節点電位法により各節点の電位を求めると、上部節点が $28V$ 、下部節点が $-24V$ となる。各抵抗にかかる電圧からそれぞれの消費電力を算出して足し合わせると、電力の総和は $1260W$ となる。

●問題Ⅳ-7

正解は③

テブナンの定理より開放電圧は $3.0V$ 、内部抵抗は 1.2Ω となる。負荷抵抗 R を接続したときの電流は $3.0/(1.2+R)$ で表されるため、 $R=3.8\Omega$ のときの電流は $0.6A$ となり③は誤りとなる。

●問題Ⅳ-8

正解は⑤

各モードでの過渡応答式からコンデンサ電圧が変化する時間を計算すると、それぞれ $RC \log 3$ となる。1周期は両モードの和で $2RC \log 3$ となるため、周波数は $1/(2RC \log 3)$ となる。

●問題Ⅳ-9

正解は①

回路の全等価抵抗は電流源側の内部抵抗 10Ω と直列抵抗 40Ω の和より 50Ω となる。 RL 直列回路の時定数はインダクタンスを抵抗で割った値となるため、 $0.5/50=0.01$ 秒となる。

●問題Ⅳ-10

正解は④

図Aの誘導性および容量性リアクタンスを計算すると合成インピーダンスは $3+j4\Omega$ となる。このアドミタンスの実部が図Bのコンダクタンス $1/R'$ と等しくなるため、 $R'=25/3 \approx 8.33\Omega$ となる。

●問題Ⅳ-11

正解は②

交流ブリッジ回路において電流 I が周波数によらず零となる条件は平衡条件を満たすことである。対角辺の積を比較し実部と虚部をそれぞれ等置すると、 $R=9.0\Omega$ 、 $L=1.5H$ となる。

●問題Ⅳ-12

正解は⑤

対称座標法により正相と逆相リアクタンスは各30%、零相リアクタンスは変圧器のみの10%となる。一線地絡電流は $3/(0.3+0.3+0.1)$ より約4.29puとなり、約430%となる。

●問題Ⅳ-13

正解は③

タービン高圧部から出た蒸気を再び過熱して中低圧部に送る装置は再熱器であり、過熱器は飽和蒸気を過熱蒸気にする装置であるため、過熱器と記述している③は誤りとなる。

●問題Ⅳ-14

正解は②

銅損が無視できるため変圧器の百分率抵抗降下は0%となり、百分率リアクタンス降下は3%となる。負荷率 $1/3$ および力率遅れ0.8の条件式に代入すると、電圧変動率は約0.6%となる。

●問題Ⅳ-15

正解は②

他励直流電動機の無負荷運転では端子電圧と逆起電力が等しく、回転速度は界磁磁束に反比例する。界磁電流を半分にすると磁束も半減するため、端子電圧を一定に保つと回転速度は2倍となる。

●問題Ⅳ-16

正解は①

同期機の負荷が急変した際に生じる負荷角の動揺を抑えるため、誘導電動機のかご形巻線と同様の制動巻線が設けられる。これにより制動トルクが発生し、乱調を防止する作用を持つ。

●問題Ⅳ-17

正解は④

単相混合ブリッジ回路では還流動作により交流入力電流の基本波位相遅れ角は制御遅れ角の半分の30度となる。したがって基本波力率は $\cos 30^\circ$ となり、値はルート3/2となる。

●問題Ⅳ-18

正解は①

降圧形コンバータの出力電圧はオン時間と周期の比である通流率に比例する。オン時間とオフ時間の比率に比例するわけではないため、選択肢①の記述は誤りとなる。

●問題Ⅳ-19

正解は⑤

加算値の最大絶対誤差は各測定値の絶対誤差の和で抑えられ、乗算値の最大相対誤差は各測定値の相対誤差の和で抑えられる。したがって不等式として選択肢⑤が正しい。

●問題Ⅳ-20

正解は④

特性方程式にラウスの安定判別法を適用すると、 $K>0$ かつ $K<8a-2a^2$ が得られる。 a が1から3の範囲で変動しても常に系が安定であるための条件を求めると、 $0<K<6$ となる。

●問題Ⅳ-21

正解は③

特性曲線よりダイオード電圧2V時の電流は $40\mu A$ となる。並列抵抗 $20k\Omega$ に流れる電流100

μA との和 $140 \mu A$ が $R1$ に流れるため、 $R1 = (5.5 - 2) / 140 \mu A = 25k \Omega$ となる。

●問題Ⅳ-22

正解は③

理想オペアンプの仮想短絡により反転入力端子は接地電位となる。入力電流 $v_{in}/R1$ がすべて帰還コンデンサ C に流入して積分されるため、出力電圧は選択肢③の積分回路の式となる。

●問題Ⅳ-23

正解は⑤

ド・モルガンの定理と論理代数の簡約化を適用する。否定記号内の論理和を整理すると $Y + X_{\text{bar}} \cdot Z$ となるため、全体の否定をとると $Y_{\text{bar}} \cdot (X + Z_{\text{bar}})$ が導かれる。

●問題Ⅳ-24

正解は⑤

NANDゲートを用いた基本論理回路の構成において、NOTは1個、ANDはNAND出力を反転して2個、ORはド・モルガンの定理より3個、NORはOR出力を反転して4個必要となる。

●問題Ⅳ-25

正解は④

接頭語条件を満たす符号はA, B, C, Eであり、符号Dはs3がs4とs5の接頭語となるため除外される。またA以外の3つの平均符号長は等しく最小値2.10となる。

●問題Ⅳ-26

正解は③

受信ベクトル y に対するシンδροーム $H y^T$ を計算すると $[0, 1, 1, 1]^T$ となり、 H の第1列と一致する。したがって第1ビットに誤りがあると特定され、 x は $[0, 1, 0, 1, 1]$ となる。

●問題Ⅳ-27

正解は③

非ゼロ成分が $n=0$ と $n=2$ のみであるため、離散フーリエ変換の定義式は $2 + 2e^{(-j2\pi k/3)}$ となる。各 k について計算すると、実部と虚部の周期的な値から選択肢③が得られる。

●問題Ⅳ-28

正解は④

z 変換の推移定理より時間遅れ $n-k$ に対して $z^{-(k)}$ が生じ、変調定理より a^n を乗じた信号の z 変換は複素変数が z/a に置き換わるため、選択肢④の組み合わせが正しい。

●問題Ⅳ-29

正解は③

線形量子化における量子化雑音電力は信号レベルによらずほぼ一定であるため、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。したがって③の記述は誤りとなる。

●問題Ⅳ-30

正解は④

MSKは直交検波が可能な最小の周波数偏移を持つ連続位相周波数偏移変調であり、変調指数は1ではなく0.5である。したがって変調指数を1としている④は誤りとなる。

●問題Ⅳ-31

正解は②

TCPの輻輳回避アルゴリズムは加算的増大・乗算的減少(AIMD)を基本としており、パケットロス時にウィンドウサイズを半減させる。したがって逆の記述となっている②は誤りとなる。

●問題Ⅳ-32

正解は②

半導体抵抗素子では面積を小さくするほど微細加工寸法の相対的誤差の影響が顕著となり、抵抗値のばらつきが増大する。ばらつきを抑えるには面積を大きくする必要があるため②は誤りとなる。

●問題Ⅳ-33

正解は⑤

nMOSはp形基板上にn形領域を作り、反転層に多数キャリアである電子が誘起される。正のドレイン電圧により負電荷の電子はソースからドレインへ移動するため、選択肢⑤が正しい。

●問題Ⅳ-34

正解は④

230kV以上の特別高圧架空電線と支持物等との離隔距離は絶縁破壊を防ぐため数メートル以上の確保が必要であり、50cmとする記述は保安基準から著しく逸脱しており誤りとなる。

●問題Ⅳ-35

正解は⑤

電気設備技術基準において、保護装置の確実な動作、異常電圧の抑制、および対地電圧の低下を目的として変圧器等の電路の中性点に接地工事を施すことが規定されている。