

【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 下図のように比誘電率 $\epsilon_r = 3$ の誘電体で満たされた平行平板のコンデンサがある。電極間距離は d [m] である。電極間には直流電圧 V_0 [V] が印加されている。平行平板電極と同じ形状で同じ面積を持ち、厚さが $\frac{d}{5}$ [m] の帯電していない導体を図に示す位置に平行平板電極と平行に挿入したとき、この導体の電位 [V] として、最も適切なものはどれか。ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

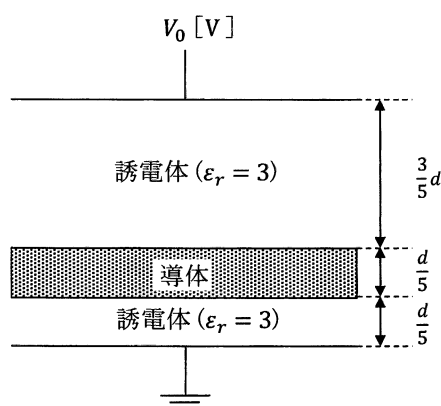
① $\frac{1}{4}V_0$

② $\frac{1}{5}V_0$

③ $\frac{2}{5}V_0$

④ $\frac{1}{6}V_0$

⑤ $\frac{1}{8}V_0$



Ⅲ－２ 電気回路と磁気回路に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 電気回路と磁気回路の類似点としては、電気回路におけるオームの法則と磁気回路におけるオームの法則が挙げられる。
- ② 電気回路で抵抗に電流が流れるときにジュール損失が発生するように、磁気回路では磁気抵抗に磁束が流れるときに損失が発生する。
- ③ 電気回路のキャパシタンスやインダクタンスに相当する素子は磁気回路にはない。
- ④ 磁気回路において磁路を構成する磁性体と周囲の透磁率の差は、電気回路を構成する導体とその周囲の導電率の差に比べると非常に小さいので、空隙がある磁路では相当な磁束の漏れが生じる。
- ⑤ 磁気回路では起磁力と磁束の間にヒステリシスなどの非線形性があるので、電気回路でのオーム法則や重ね合わせの理は厳密には適用することはできない。

Ⅲ－３ 環状の鉄心に巻数4000回のコイルAと巻数500回のコイルBがとりつけてある。コイルAの自己インダクタンスが400mHのとき、AとB両コイルの相互インダクタンスとして、最も近い値はどれか。

ただし、コイルAとコイルB間の結合係数は0.96とする。

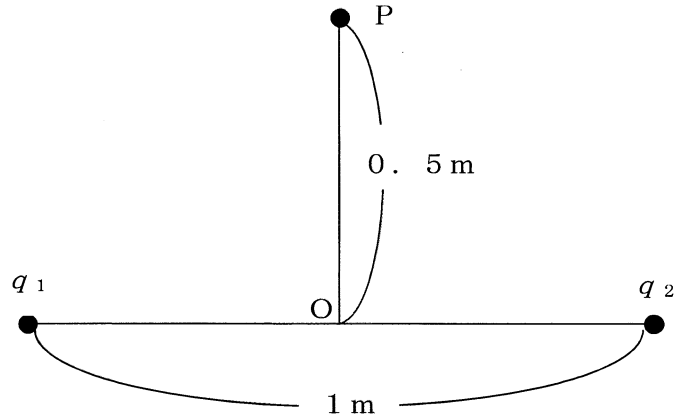
- ① 44mH ② 46mH ③ 48mH ④ 50mH ⑤ 52mH

Ⅲ－４ 電磁波に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 同じ媒質中では周波数が高くなると、電磁波の波長は短くなる。
- ② 真空中における電磁波の速さは光速に等しい。
- ③ 電磁波の周波数が一定の場合、媒質の誘電率が小さくなると、電磁波の波長は短くなる。
- ④ 電磁波の周波数が一定の場合、媒質の透磁率が大きくなると、電磁波の速さは小さくなる。
- ⑤ 電磁波の周波数が一定の場合、媒質の誘電率が大きくなると、電磁波の速さは小さくなる。

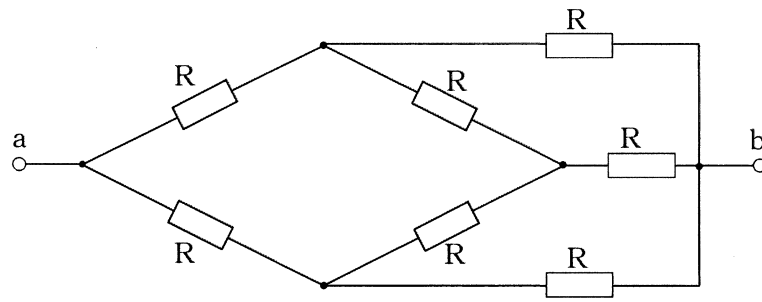
Ⅲ－５ 下図に示すように、真空中に２個の点電荷 q_1 ($2 \times 10^{-12} \text{C}$)、 q_2 ($1 \times 10^{-12} \text{C}$) が 1m 離れて置かれている。 q_1 、 q_2 を結ぶ線上の midpoint O から垂直方向 0.5m の点 P における電位として、最も近い値はどれか。ただし、真空の誘電率 ϵ_0 は、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$ とする。

- ① $2.55 \times 10^{-2} \text{V}$
- ② $3.60 \times 10^{-2} \text{V}$
- ③ $3.82 \times 10^{-2} \text{V}$
- ④ $4.22 \times 10^{-2} \text{V}$
- ⑤ $5.40 \times 10^{-2} \text{V}$

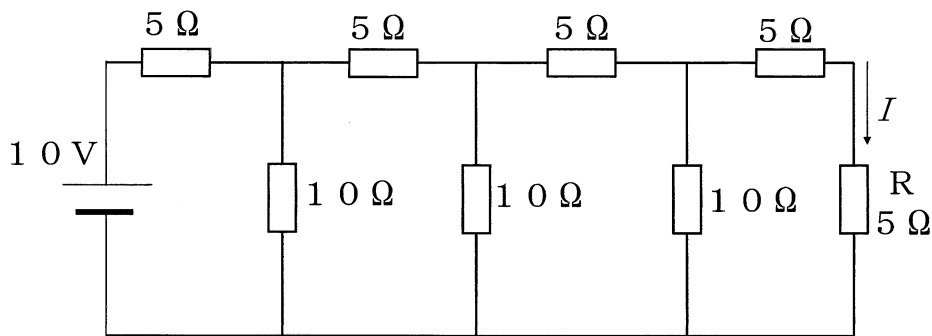


Ⅲ－６ 下図の回路において、端子 a b からみた合成抵抗として、最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{8}{7}R$
- ② $\frac{7}{8}R$
- ③ $\frac{7}{6}R$
- ④ $\frac{6}{7}R$
- ⑤ $\frac{8}{9}R$

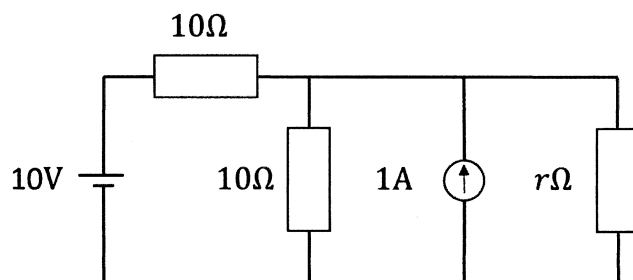


Ⅲ－７ 直流電源及び抵抗よりなる下図の回路において、抵抗Rに流れる電流 I [A] の値として、最も近い値はどれか。



- ① 2A ② 1A ③ 0.5A ④ 0.25A ⑤ 0.125A

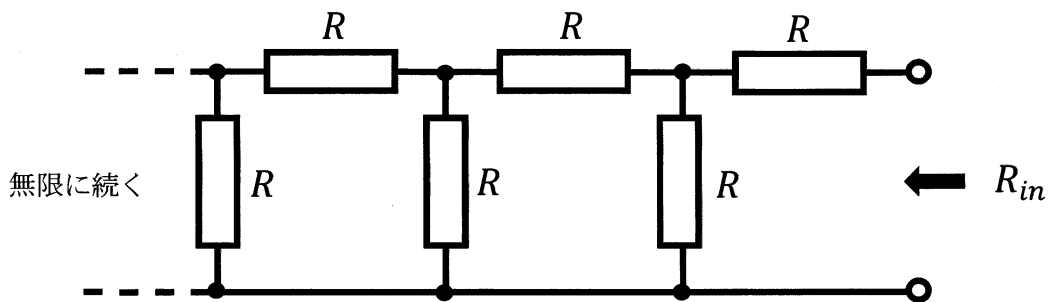
Ⅲ－８ 下図に示す電圧源と電流源と抵抗からなる回路において、負荷抵抗 r で消費される電力が最大となるように r の値を定める。このとき、 r を流れる電流として、最も近い値はどれか。



- ① 0.5A ② 1.0A ③ 1.5A ④ 2.0A ⑤ 2.5A

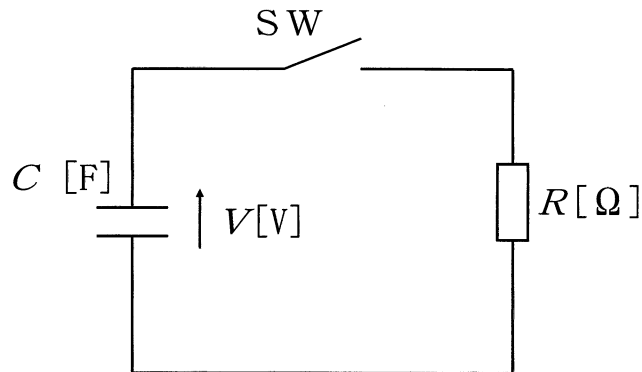
Ⅲ－９ 値が R である抵抗により構成された下図の回路について考える。次の記述の、 に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、抵抗値 R は正とする。

下図の回路を右端から見た抵抗値を R_m とすると、一番右端の横と縦になっている２個の抵抗を除去した後に右端から見た抵抗値はアであるので、 R_m についてイという関係式が成り立つ。この式から R_m がウであることがわかる。



	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>
①	R_m	$R_m = R + \frac{R_m R}{R_m + R}$	$\frac{1+\sqrt{5}}{2} R$
②	$2R_m$	$R_m = \frac{R_m R}{R_m + R}$	$\frac{1+\sqrt{5}}{2} R$
③	R_m	$R_m = \frac{R_m R}{R_m + R}$	$\frac{1+\sqrt{5}}{2} R$
④	$1.5R_m$	$R_m = R + \frac{R_m R}{R_m + R}$	$\frac{1-\sqrt{5}}{2} R$
⑤	R_m	$R_m = \frac{R_m R}{R_m + R}$	$\frac{1-\sqrt{5}}{2} R$

Ⅲ－10 下図の回路で最初スイッチSWは開いており，コンデンサ（静電容量を C [F]）には電圧 V [V] が生じていたものとする。スイッチSWで抵抗（抵抗値を R [Ω]）を接続した際に生じる過渡現象について，最も不適切な記述はどれか。

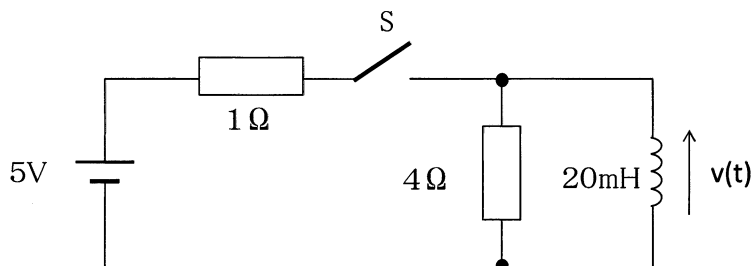


- ① 過渡現象の時定数は RC である。
- ② 電流はスイッチを投入した瞬間は0であり，その後徐々に増大する。
- ③ 十分に長い時間が経過するまでに抵抗 R が消費するエネルギーは $\frac{1}{2}CV^2$ である。
- ④ スイッチ投入時に流れる電流は $\frac{V}{R}$ である。
- ⑤ 徐々にコンデンサの電圧が減少していくのは抵抗にエネルギーを供給するからである。

Ⅲ－11 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、次式のように表される。

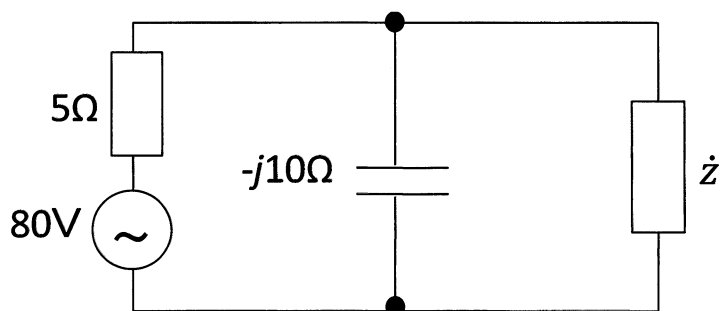
$$v(t) = a \exp(-\alpha t) + b$$

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。



	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>α</u>
①	20	0	0.005
②	-20	0	200
③	-20	4	200
④	4	0	0.005
⑤	20	4	200

Ⅲ－12 図の回路で負荷インピーダンス Z を調整して Z の有効電力 P を最大にしたい。最大にしたときの P の値として、最も近い値はどれか。



- ① 320W ② 330W ③ 340W ④ 350W ⑤ 360W

Ⅲ－13 2つのLC直列共振回路A，Bがある。回路Aは L [H] と C [F]，回路Bは L [H] と $2C$ [F]の直列回路であり，それぞれの共振周波数は f_A ， f_B である。この2つの回路をさらに直列に接続した回路Cでは，共振周波数は f_C となった。 f_A ， f_B ， f_C の値の大小関係として，最も適切なものはどれか。

- ① $f_A < f_C < f_B$
- ② $f_A < f_B < f_C$
- ③ $f_C < f_B < f_A$
- ④ $f_B < f_C < f_A$
- ⑤ $f_B < f_A < f_C$

Ⅲ－14 水力発電所の水管内を水が充満して流れている。水車の中心線上と同じ高さに位置する場所の水圧が1.0MPaで流速が6.0m/sと計測されている。この位置の水頭として，最も近い値はどれか。ただし，位置水頭を決める基準面是水車の中心線上とし，損失水頭は無いものとする。また，水の密度は $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とし，重力加速度は 9.8 m/s^2 である。

- ① 92m ② 96m ③ 100m ④ 104m ⑤ 108m

Ⅲ－15 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，最も不適切なものはどれか。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- 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合せた複合サイクル発電が用いられる場合がある。

Ⅲ－16 図に示すような3相同期モーターで駆動するベルトコンベアーにおいて、ベルトの進行速度が v [m/s] 一定である場合、モーターへ供給される電源周波数 f [Hz] として、最も適切なものはどれか。

ただし、ベルトの厚みは無視することとし、駆動輪とベルトの間には滑りがなく、駆動輪とモーターは直結されており駆動輪の半径を r [m] とし、同期モーターの極数を p ，円周率を π とする。

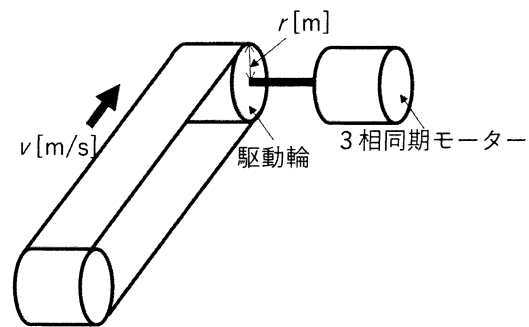
① $f = \frac{p}{4\pi v}$

② $f = \frac{vp}{4\pi r}$

③ $f = \frac{2\pi r}{vp}$

④ $f = \frac{p}{2\pi r v}$

⑤ $f = \frac{vp}{2\pi r}$



Ⅲ－17 変圧器の損失と効率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。

出力1000Wで運転している単相変圧器において、鉄損が50W，銅損が50W発生している。出力電圧は変えずに出力を900Wに下げた場合，銅損は Wで，効率は %となる。出力電圧が20%低下した状態で出力は1000Wで運転したとすると鉄損は Wで，効率は %となる。ただし，変圧器の損失は鉄損と銅損のみとし，負荷の力率は一定とする。鉄損は電圧の2乗に比例，銅損は電流の2乗に比例するものとする。

	ア	イ	ウ	エ
①	32	91	39	89
②	41	90	50	89
③	39	91	32	90
④	41	91	32	90
⑤	50	90	39	90

Ⅲ－18 電力用半導体素子に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

- ① 電力用バイポーラトランジスタ（GTR）は，ゲート信号により主電流をオンすることができるが，オフすることはできない。
- ② ゲートターンオフサイリスタ（GTO）は，ゲート信号により，主電流をオフすることができる。
- ③ ダイオードは方向性を持つ素子で，交流を直流に変換するために用いることができる。
- ④ 光トリガサイリスタは，光によるゲート信号によりターンオンを行うことができる。
- ⑤ MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）は，ゲート信号により主電流をオン，オフすることができる。

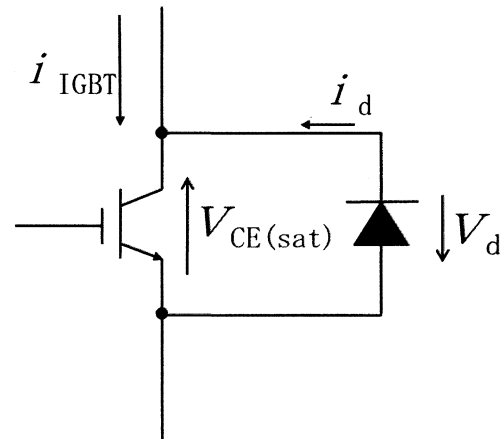
Ⅲ－19 下図に示す，IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）及びダイオードからなるスイッチング回路により電力変換装置を構成し下記の条件で動作しているとき，このスイッチング回路で発生する定常損失で最も近い値はどれか。なお，リード線での損失やスイッチング損失は発生しないものとする。また，各素子での電流の立ち上がりや立ち下りの遅れはなく，IGBTのデューティ比とダイオードのデューティ比の和は1とする。

IGBT電流 $i_{\text{IGBT}}=1000\text{A}$ ，コレクターエミッタ間飽和電圧 $V_{\text{CE(sat)}}=1.75\text{V}$

ダイオード電流 $i_d=1000\text{A}$ ，ダイオード順方向電圧 $V_d=1.9\text{V}$

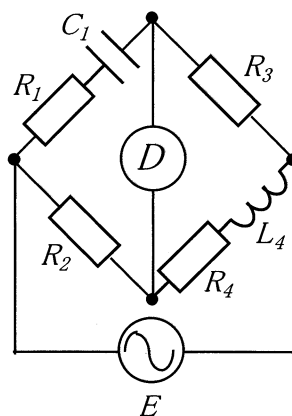
IGBT素子のデューティ比 $d=0.7$

- ① 3650W
- ② 3125W
- ③ 1900W
- ④ 1795W
- ⑤ 1225W



Ⅲ－20 周波数計測に用いられることがある下図のようなヘイブリッジにおいて、検出器 D に電流が流れない平衡条件で、電源の周波数 f [Hz] として、最も適切なものはどれか。ただし、ブリッジの各素子は既知とし、電源は交流電源で電圧の実効値が E [V] で周波数は f [Hz] とする。

- ① $\frac{\sqrt{R_4}}{\sqrt{C_1 L_4 R_1}}$
- ② $\frac{R_4}{C_1 L_4 R_1}$
- ③ $\frac{\sqrt{R_4}}{2\pi\sqrt{C_1 L_4 R_1}}$
- ④ $\frac{\sqrt{R_1}}{2\pi\sqrt{C_1 L_4 R_4}}$
- ⑤ $\frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 L_4}}$

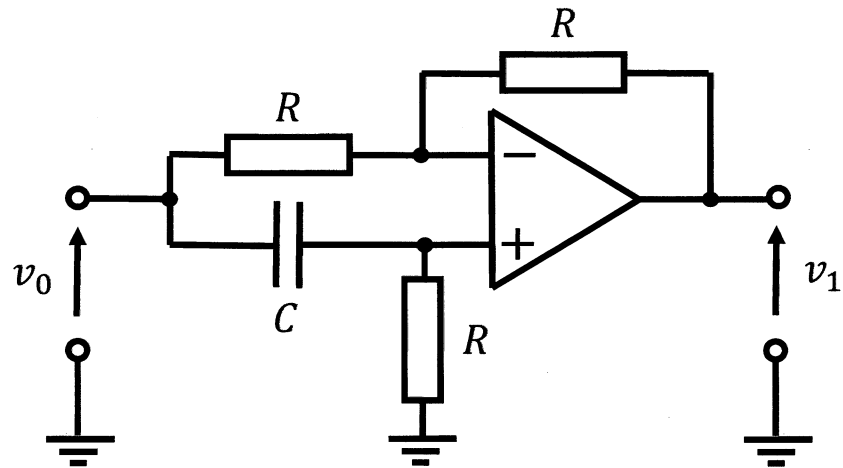


Ⅲ－21 伝達関数 $G(s)$ が次の式で表される制御系がある。角周波数 ω [rad/s] における周波数伝達関数は、 $s = j\omega$ (j は虚数単位) にすることで得られる。この制御系の入力信号に対する出力信号の位相が、遅れ 90° となるときの、周波数伝達関数のゲイン $|G(j\omega)|$ に最も近い値はどれか。

$$G(s) = \frac{5}{s^2 + 1.2s + 9}$$

- ① 1.0 ② 1.1 ③ 1.2 ④ 1.3 ⑤ 1.4

Ⅲ－22 下図は理想オペアンプを用いた回路である。この回路に関する次の記述の、
に入る数式の組合せとして、最も適切なのはどれか。



この回路の伝達関数 $\frac{v_1}{v_0}$ は ア であり、その絶対値は イ となる。ただし、 ω は
 信号角周波数である。

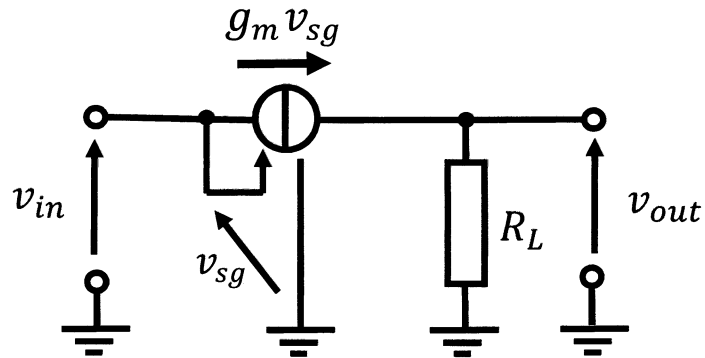
- | $\mathcal{Z}$ | $\mathcal{I}$ |
|---|---|
| ① $\frac{1-j\omega CR}{1+j\omega CR}$ | 1 |
| ② $\frac{j2\omega CR}{1+j\omega CR}$ | $\frac{2\omega CR}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}$ |
| ③ $\frac{2}{1+j\omega CR}$ | $\frac{2}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}$ |
| ④ $\frac{1-j\omega CR+(j\omega CR)^2}{1+j\omega CR+(j\omega CR)^2}$ | 1 |
| ⑤ $\frac{-1+j\omega CR}{1+j\omega CR}$ | 1 |

Ⅲ－23 下図のように電圧 v_{in} を印加したとき、抵抗 R_L にかかる電圧は v_{out} となった。電圧

の比 $\frac{v_{out}}{v_{in}}$ を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、回路における図記号



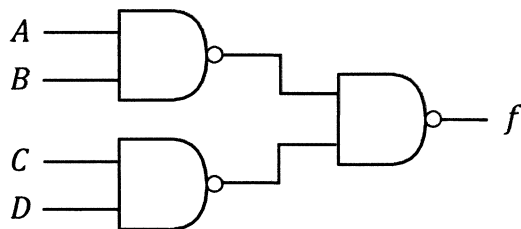
の部分は理想電流源で、その電流源の電流は $g_m v_{sg}$ であるとする。ただし、 g_m は相互コンダクタンスである。



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

Ⅲ－24 下図の論理回路で、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、 $\bar{A}$ は A の否定を表す。

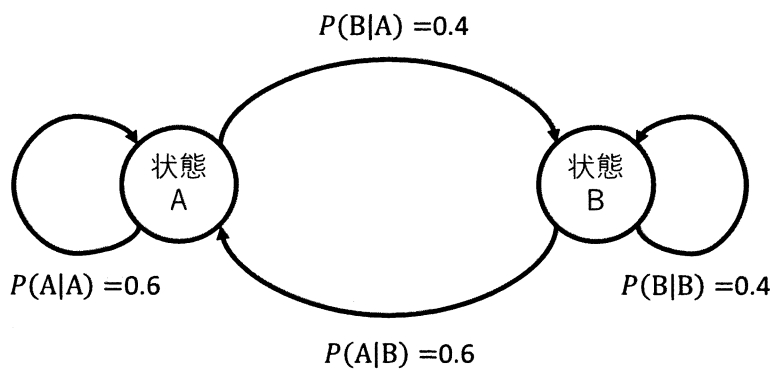


- ① $A+B+C+D$
 ② $\overline{A+B+C+D}$
 ③ $A \cdot B \cdot C \cdot D$
 ④ $\overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$
 ⑤ $A \cdot B + C \cdot D$

Ⅲ－25 任意の論理回路を実現する場合に必要なゲートの種類の組合せとして，最も不適切なものはどれか。ただし，論理回路の実現において同じ種類のゲートを複数用いてもよいものとする。

- ① NOTゲート，ANDゲート
- ② NOTゲート，ORゲート
- ③ ANDゲート，ORゲート
- ④ NANDゲート
- ⑤ NORゲート

Ⅲ－26 エルゴード性を持つ2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とき，状態Aの定常確率 P_A ，状態Bの定常確率 P_B の組合せとして，最も適切なものはどれか。



- ① $P_A = \frac{1}{2}$ $P_B = \frac{1}{2}$
- ② $P_A = \frac{1}{4}$ $P_B = \frac{3}{4}$
- ③ $P_A = \frac{3}{4}$ $P_B = \frac{1}{4}$
- ④ $P_A = \frac{2}{5}$ $P_B = \frac{3}{5}$
- ⑤ $P_A = \frac{3}{5}$ $P_B = \frac{2}{5}$

Ⅲ－27 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	0.30	000	1	0	01	000
s_2	0.30	11	10	10	1	001
s_3	0.20	10	110	110	001	010
s_4	0.15	01	1110	1110	0001	011
s_5	0.05	00	1111	1111	0000	100

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

Ⅲ－28 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。

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

ここで、 $N=6$ として、 $[x(0), x(1), x(2), x(3), x(4), x(5)] = [1, 0, 1, 0, -1, 0]$ の場合、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、最も適切なものはどれか。

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

Ⅲ－29 アナログ信号とデジタル信号に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 時間と振幅が連続値をとるか離散値をとるかにより、信号を分類することができる。
サンプル値信号は、時間が離散的で、連続的な振幅値をとる信号である。
- ② アナログ素子の特性（例えばコンデンサ容量）にはばらつきがあるので、同一特性のアナログ処理回路を大量に製造することは困難であるのに対して、デジタル処理回路では高い再現性を保証できるという利点がある。
- ③ アナログ・デジタル（AD）変換は、標本化、量子化、符号化の三つの処理からなる。このうち符号化とは、量子化された振幅値を2進数のデジタルコードに変換する処理である。
- ④ AD変換において、アナログ信号がサンプリング周波数の $1/2$ より大きい周波数成分を含んでいれば、そのサンプル値から元の信号を復元できる。
- ⑤ AD変換において、サンプル値信号から元の信号を復元できるサンプリング周期の最大間隔をナイキスト間隔という。

Ⅲ－30 無線通信の移動通信環境受信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。

移動通信環境では、電波は周囲の建物などにより ア され、移動局において電波は多くの方向から到来することになる。

このような環境で移動局が移動すると、異なる方向から到来する電波に干渉が生じ、一般に受信信号強度に イ が生じる。これをマルチパス ウ と呼ぶ。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|----|---------|
| ① | 吸収 | 変動 | フェージング |
| ② | 吸収 | 減衰 | シャドウイング |
| ③ | 反射 | 変動 | フェージング |
| ④ | 反射 | 減衰 | シャドウイング |
| ⑤ | 反射 | 変動 | シャドウイング |

Ⅲ－31 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 24ビット ③ 28ビット ④ 36ビット ⑤ 88ビット

Ⅲ－32 インターネット及びその関連技術に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① MPLS (Multi-protocol Label Switching) は、トランスポート層の技術で、IPヘッダの前に付与されるラベルとIPアドレスを見て転送処理を行うため、転送処理の高速化を図ることが可能である。
- ② TCPは信頼性を確保するためのコネクション型のプロトコルであるのに対して、UDPはコネクションレス型のプロトコルでマルチキャスト通信などに使用される。
- ③ 経路制御（ルーティング）の代表的なプロトコルであるRIP (Routing Information Protocol) は距離と方向を用いてルーティングを行う距離ベクトル型、OSPF (Open Shortest Path First) はネットワーク全体の接続状態に応じてルーティングを行うリンク状態型に分類される。
- ④ DNS (Domain Name System) は、ホスト名（ドメイン名）とIPアドレスとの対応関係を検索し提供するシステムである。
- ⑤ SNMP (Simple Network Management Protocol) は、TCP/IPのネットワーク管理において、必要な情報の取得などを行うために利用される。SNMPは、UDP/IP上で動作するプロトコルである。

Ⅲ－33 半導体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。

p形半導体とn形半導体とを接合すると、n形半導体中のアはp形半導体内へ拡散し、p形半導体中のイはn形半導体内へ拡散する。この結果、n形半導体の接合面近傍はウに帯電し、p形半導体の接合面近傍はエに帯電する。これによって、接合面にはn形半導体からp形半導体へ向かう電界が生じ、これ以上の拡散が抑制される。このとき、接合部にはオが生じる。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|------|------|---|---|------|
| ① | 正孔 | 自由電子 | 正 | 負 | 逆電圧 |
| ② | 自由電子 | 正孔 | 正 | 負 | 拡散電位 |
| ③ | 正孔 | 自由電子 | 負 | 正 | 拡散電位 |
| ④ | 自由電子 | 正孔 | 負 | 正 | 逆電圧 |
| ⑤ | 正孔 | 自由電子 | 正 | 負 | 拡散電位 |

Ⅲ－34 MOS (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。

MOS トランジスタには、n チャネル形と p チャネル形があり、p チャネル形 MOS トランジスタは □ ア □ 半導体基板上にソースとドレーンが □ イ □ 半導体で作られ、反転層が □ ウ □ によって形成される。p 形半導体と n 形半導体を入れ替えれば n チャネル形 MOS トランジスタを作ることができる。

また、MOS トランジスタはしきい値電圧の正負によっても分類することができる。ゲート・ソース間電圧が零のときに反転層が形成されないものを □ エ □，ゲート・ソース間電圧が零のときに反転層が形成されるものを □ オ □ と呼んでいる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	n 形	p 形	正孔	エンハンスメント形	デプレッション形
②	n 形	p 形	自由電子	エンハンスメント形	デプレッション形
③	n 形	p 形	正孔	デプレッション形	エンハンスメント形
④	p 形	n 形	自由電子	デプレッション形	エンハンスメント形
⑤	p 形	n 形	正孔	デプレッション形	エンハンスメント形

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 であり、蓄電池の放電損失はないものとする。

- ① 40 Ah ② 45 Ah ③ 50 Ah ④ 55 Ah ⑤ 60 Ah

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

導体内部の電界はゼロで、上下の誘電体内の電界は等しい。電位差 V_0 は合計厚さ $(4/5)d$ にかかるため電界は $5V_0/(4d)$ となる。下側接地極板からの距離 $(d/5)$ を乗じると電位は $(1/4)V_0$ となる。

●問題Ⅲ-2

正解は②

電気回路では抵抗に電流が流れるとジュール熱が発生するが、一定の磁束が磁気抵抗を通る静磁気回路では定常的なエネルギー損失は生じない。したがって、損失が発生するとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-3

正解は③

同一磁路の自己インダクタンスは巻数の2乗に比例するため、コイルBは 6.25mH となる。相互インダクタンスの公式 $M=k\sqrt{L_1 L_2}$ に結合係数 0.96 を代入して計算すると 48mH となる。

●問題Ⅲ-4

正解は③

電磁波の伝搬速度は誘電率の平方根に反比例する。周波数が一定のとき、誘電率が小さくなると速度が増大して波長は長くなるため、波長が短くなるとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-5

正解は③

中点から垂直に 0.5m 離れた点Pから各電荷までの距離はともに $\sqrt{0.5}\text{m}$ となる。両電荷による電位の重ね合わせの式に数値を代入して計算すると、電位は約 $3.82 \times 10^{-2}\text{V}$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は②

各抵抗の接続関係に基づき、回路の対称性や直並列接続を整理して順次合成抵抗を計算する。回路全体の端子ab間から見た合成抵抗を求めると、最終的に R となる。

●問題Ⅲ-7

正解は⑤

右端から順に並列および直列の合成抵抗を計算すると各段で 10Ω となり半分ずつ分流する。全電流 1A から各節点で2等分されていき、抵抗 R に流れる電流は 0.125A となる。

●問題Ⅲ-8

正解は②

負荷 r から見たテブナン等価回路の内部抵抗は 5Ω 、開放電圧は重ね合わせの理より 10V となる。最大電力条件 $r=5\Omega$ のとき、 r を流れる電流は $10\text{V}/(5\Omega+5\Omega)=1.0\text{A}$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

無限回路の自己相似性より、1段除いても合成抵抗は R_{in} のままである。直並列の関係から $R_{in}=R+R_{in} \quad R/(R_{in}+R)$ が成り立ち、正の解を求めると $(1+\sqrt{5})R/2$ となる。

●問題Ⅲ-10

正解は②

RC放電回路では、スイッチを閉じた瞬間に最大の電流 V/R が流れ、その後時間とともに指数関数的に減衰してゼロに収束する。したがって、瞬間がゼロで増大するとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-11

正解は②

定常時にコイルへ流れる電流5Aは遮断直後も維持され、 4Ω の抵抗を環流する。端子電圧は下向き電流により $-20V$ となり、時定数 $L/R=0.005$ 秒より減衰係数 $\alpha=200$ となる。

●問題Ⅲ-12

正解は①

負荷から見たテブナン開放電圧の大きさの2乗は $5120V^2$ 、等価抵抗は 4Ω となる。共役整合によりリアクタンスを相殺したときの最大電力は $5120/(4 \times 4)=320W$ となる。

●問題Ⅲ-13

正解は④

共振周波数はインダクタンスとキャパシタンスの積の平方根に反比例する。各積はBが $2LC$ 、Cが $(4/3)LC$ 、Aが LC となるため、共振周波数は $f_B < f_C < f_A$ の順となる。

●問題Ⅲ-14

正解は④

全水頭は位置水頭、圧力水頭、速度水頭の和となる。中心線を基準とすると位置水頭はゼロであり、圧力水頭約 $102.0m$ と速度水頭約 $1.8m$ を足し合わせると約 $104m$ となる。

●問題Ⅲ-15

正解は①

タービン高圧部から出た蒸気を再び加熱して中低圧部へ送る装置は再熱器である。過熱器はボイラで発生した飽和蒸気を過熱蒸気にする装置であるため、選択肢①の記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-16

正解は②

同期電動機の回転数 $n=2f/p$ と、駆動輪の周速度 $v=2\pi rn$ の関係式を連立させる。周波数 f について解くと、ベルト速度 v と極数 p に比例し半径 r に反比例する $vp/(4\pi r)$ となる。

●問題Ⅲ-17

正解は④

出力を下げると銅損は電流の2乗に比例して $41W$ となり効率は 91% となる。電圧が 20% 低下すると鉄損は電圧の2乗に比例して $32W$ となり、電流増加による銅損増加を含め効率は 90% となる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

電力用バイポーラトランジスタ (GTR) はベース電流を制御することにより主電流のターンオンおよびターンオフの両方が可能である。オフできないとする選択肢①の記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-19

正解は④

導通損失は電流と飽和電圧およびデューティ比の積で求まる。IGBTの損失 $1225W$ と、導通率 0.3 となるダイオードの損失 $570W$ を足し合わせることで、定常損失は $1795W$ となる。

●問題Ⅲ-20

正解は③

交流ブリッジの平衡条件より対角アームのインピーダンスの積を等置する。虚部をゼロと置いて角周波数 ω について解き、 2π で除算することで周波数は選択肢③の式として導出される。

●問題Ⅲ-21

正解は⑤

分母の実部がゼロになるとき出力位相は 90 度遅れとなるため、角周波数は $3rad/s$ となる。このときの周波数伝達関数の絶対値は $5/(1.2 \times 3)=5/3.6$ より約 1.4 となる。

●問題Ⅲ-22

正解は⑤

非反転端子の電位をRC分圧から求め、仮想短絡を適用して反転端子の節点方程式を解く。伝達関数は $(-1+j\omega CR)/(1+j\omega CR)$ となり、分子と分母の大きさが等しいため絶対値は常に1となる。

●問題Ⅲ-23

正解は③

ゲートが接地されたゲート接地回路であり、ソース電位が v_{in} と等しくなるため $v_{sg}=v_{in}$ である。電流源から負荷抵抗 R_L へ電流 $g_m v_{in}$ が流れ込むため、電圧比 v_{out}/v_{in} は $g_m R_L$ となる。

●問題Ⅲ-24

正解は⑤

前段の2つのNANDゲートの出力はそれぞれABの否定およびCDの否定となる。これらが入力される後段のNANDゲートにド・モルガンの定理を適用すると、論理式は $A \cdot B + C \cdot D$ となる。

●問題Ⅲ-25

正解は③

ANDゲートとORゲートの組み合わせのみでは否定（NOT）演算を生成することができず、任意の論理関数を表現する完全系を構成できない。したがって選択肢③の組み合わせは不適切となる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

定常状態における状態間の遷移確率の釣り合い式 $0.4P_A=0.6P_B$ と、全確率の和 $P_A+P_B=1$ を連立させて解く。これにより定常確率は $P_A=3/5$ 、 $P_B=2/5$ が得られる。

●問題Ⅲ-27

正解は④

符号Aは00が000の接頭語となり除外されるため、瞬時復号可能な集合は $X=\{C, D, E\}$ となる。平均符号長を計算するとCとDがともに2.3ビットで最小となる。

●問題Ⅲ-28

正解は④

非ゼロ成分 $n=0, 2, 4$ の複素指数関数を展開して各周波数成分 k を計算する。オイラーの公式を適用して実部と虚部を整理すると、選択肢④の複素数列が得られる。

●問題Ⅲ-29

正解は④

対称な孤立矩形パルス信号の定義式に従い、 $-T$ から T までの区間で複素指数関数を積分する。オイラーの公式により虚数項を正弦関数で表すと、 $2\sin(\omega T)/(\omega T)$ となる。

●問題Ⅲ-30

正解は③

プレフィックス長が/16であるため、第1および第2オクテットがネットワーク部となる。ブロードキャストアドレスはホスト部の全ビットを1とした170.15.255.255となる。

●問題Ⅲ-31

正解は③

1シンボルあたりの伝送ビット数はBPSKが1ビット、QPSKが2ビット、16値QAMが4ビットである。それぞれ4シンボルずつ伝送した合計ビット数は $4+8+16=28$ ビットとなる。

●問題Ⅲ-32

正解は①

MPLSはネットワーク層とデータリンク層の中間に位置する技術であり、パケット転送時はIPアドレスを参照せずラベルのみに基づいて高速にスイッチングを行うため記述は誤りと

なる。

●問題Ⅲ-33

正解は②

多数キャリアの拡散によりn形側には正の固定ドナーイオン、p形側には負の固定アクセプターイオンが残り空乏層を形成する。これによりn形からp形へ向かう電界と拡散電位が生じる。

●問題Ⅲ-34

正解は①

pMOSはn形基板上にp形領域を設け、正孔による反転層で導通する。ゲート電圧ゼロでチャネルが形成されないものをエンハンスメント形、初期状態で形成されているものをデプレッション形と呼ぶ。

●問題Ⅲ-35

正解は④

停電時の所要電力量5kWhと開閉器駆動時の電力量0.5kWhを合算すると5.5kWhとなる。これを定格電圧100Vで除算することにより、必要な電流容量は55Ahと算出される。