

【04】電気電子部門

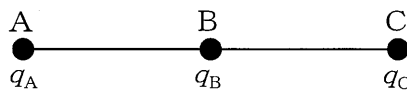
Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 電磁力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。

フレミングの ア の法則は、電流と磁界との間に働く力に関する法則である。親指が力の向きを、人差し指が イ を、中指が ウ を示す。 イ と ウ が平行ならば、働く力の大きさは エ となる。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|----|----|----|
| ① | 右手 | 電流 | 磁界 | 最大 |
| ② | 右手 | 磁界 | 電流 | ゼロ |
| ③ | 右手 | 電流 | 磁界 | ゼロ |
| ④ | 左手 | 電流 | 磁界 | 最大 |
| ⑤ | 左手 | 磁界 | 電流 | ゼロ |

Ⅲ－2 下図のように、A、B、Cの位置に、それぞれ電荷量が q_A 、 q_B 、 q_C の3つの点電荷が置かれている。ただし、A、B、Cは一直線上に等間隔である。それぞれの点電荷に働く力が平衡状態になるための q_A 、 q_B 、 q_C の関係として、最も適切なものはどれか。



- ① $q_B = q_A$, $q_C = q_A / 4$
- ② $q_B = -q_A$, $q_C = q_A / 3$
- ③ $q_B = -q_A / 4$, $q_C = q_A$
- ④ $q_B = -q_A / 3$, $q_C = q_A$
- ⑤ $q_B = -2 q_A$, $q_C = q_A$

Ⅲ－３ 共通の鉄心で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なると合成インダクタンスは 16H となり、磁束が打ち消し合うようにすると 4H となった。両コイル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。

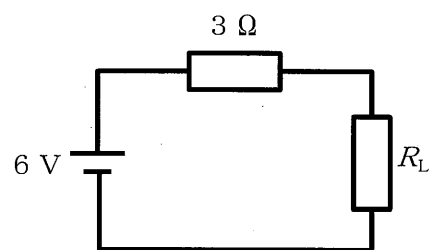
- ① 3H ② 4H ③ 6H ④ 12H ⑤ 16H

Ⅲ－４ 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 S 中に存在する Q の総和は、その 上の電界 E の面積分に する。

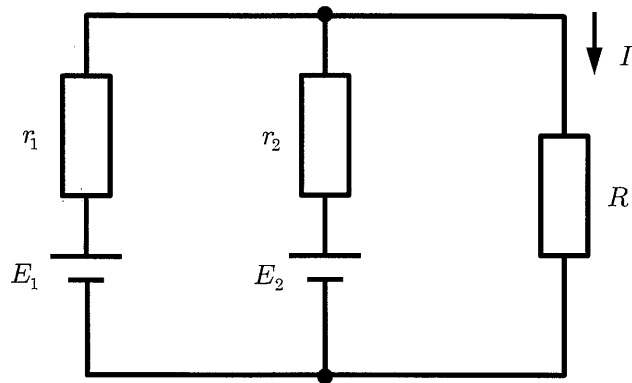
- | | ア | イ | ウ |
|---|-----|----------|-----|
| ① | 閉曲面 | 電荷 | 比例 |
| ② | 閉曲面 | 電流 | 反比例 |
| ③ | 閉曲線 | 電荷 | 反比例 |
| ④ | 閉曲面 | 電流 | 比例 |
| ⑤ | 閉曲線 | 双極子モーメント | 比例 |

Ⅲ－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 0Ω ② 1Ω ③ 2Ω ④ 3Ω ⑤ 4Ω

Ⅲ－６ 抵抗と直流電圧源からなる下図の回路において，直流電流 I を示す式として，最も適切なものはどれか。ただし， E_1 ， E_2 は直流電圧源を表す。



- ① $\frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}$ ② $\frac{E_1 r_1 + E_2 r_2}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}$
- ③ $\frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_1 + r_2 + R r_1 r_2}$ ④ $\frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{R r_1 + r_2 + r_1 r_2}$
- ⑤ $\frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_1 + R r_2 + r_1 r_2}$

Ⅲ－７ 静電容量 2 F の 1 つのコンデンサに電圧 1 V を充電した後，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の値はどれか。

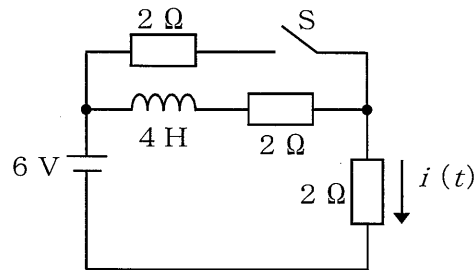
- ① $3/2 \text{ J}$ ② $4/3 \text{ J}$ ③ $3/4 \text{ J}$ ④ $2/3 \text{ J}$ ⑤ $1/2 \text{ J}$

Ⅲ－８ 下図の回路で、スイッチSを閉じたまま十分長時間放置した後、時刻 $t = 0$ にて、Sを開いて切断する。切断直後にコイルに流れ続ける電流を a [A] とすると、 $t > 0$ における電流 $i(t)$ [A] は、次式のように表される。

$$i(t) = a \exp(-\alpha t) + b \{1 - \exp(-\alpha t)\}$$

a , b , α の値の組合せとして、正しいものはどれか。

- ① $a = 1$, $b = 1.5$, $\alpha = 3/4$
- ② $a = 1$, $b = 1.5$, $\alpha = 1$
- ③ $a = 1.5$, $b = 2$, $\alpha = 1$
- ④ $a = 2$, $b = 1.5$, $\alpha = 3/4$
- ⑤ $a = 2$, $b = 1.5$, $\alpha = 1$



Ⅲ－９ 下図に示される，スイッチ，直流理想電圧源，抵抗器，コンデンサ（キャパシタ）からなる回路で，時刻 $t=0$ で，スイッチを閉じる。このとき，コンデンサの電圧 $v(t)$ に関して微分方程式

$$\frac{dv(t)}{dt} = av(t) + bE \quad (t \geq +0)$$

が成り立つ。ただし， R_1 ， R_2 ， C ， E は定数である。この微分方程式の解で，初期条件 $v(0) = v_0$ を満たす電圧 $v(t)$ として最も適切なものはどれか。

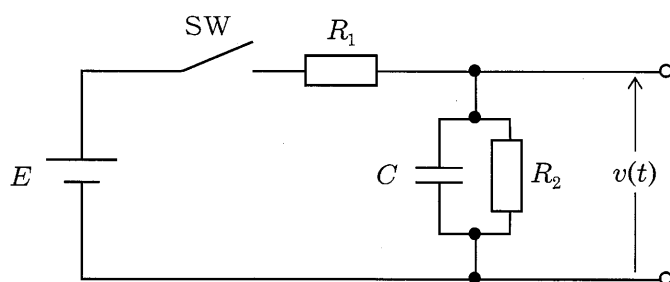
① $(v_0 - E)e^{-\frac{t}{CR_1}} + E$

② $\left(v_0 - \frac{R_2}{R_1 + R_2}E\right)e^{-\frac{R_1 + R_2}{CR_1 R_2}t} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}E$

③ $\left(v_0 - \frac{R_2}{R_1 + R_2}E\right)e^{-\frac{t}{CR_1}} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}E$

④ $(v_0 + E)e^{-\frac{t}{CR_1}} - E$

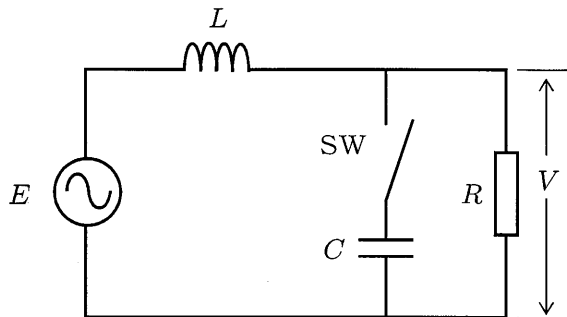
⑤ $\left(v_0 + \frac{R_2}{R_1 + R_2}E\right)e^{-\frac{R_1 + R_2}{CR_1 R_2}t} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}E$



Ⅲ－10 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。

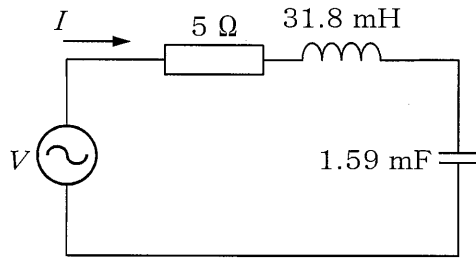
SWが開いている場合に抵抗の両端にかかる電圧 V はア，SWが閉じている場合に抵抗の両端にかかる電圧 V はイとなる。

- | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|--|---|
| ① $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$ | $\frac{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega CR)^2}} E$ |
| ② $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$ | $\frac{R}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$ |
| ③ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$ | $\frac{\sqrt{1 + (\omega CL)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega CR)^2}} E$ |
| ④ $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$ | $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$ |
| ⑤ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} E$ | $\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 (1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega L)^2}} E$ |

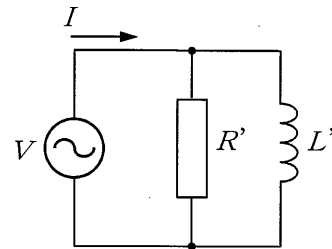


Ⅲ－11 下図において、周波数が50 Hz、電圧が V の交流電源から流れる電流 I は、図A、図Bのいずれも同じ大きさ、かつ電圧との位相差が同一である。このとき、図Bにおける抵抗 R' に最も近い値はどれか。

- ① 17.8 Ω ② 8.33 Ω ③ 6.28 Ω ④ 5.6 Ω ⑤ 0.56 Ω

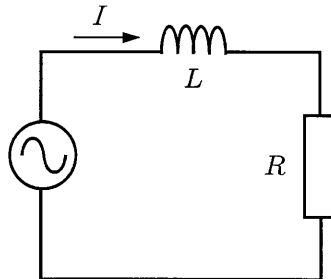


図A



図B

Ⅲ－12 下図のように実効値 V_m 、角周波数 ω の正弦波電圧源とリアクトル L 、抵抗 R からなる回路がある。このとき、電圧源の電流実効値 I と無効電力 Q の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、遅れの無効電力を正とする。



- ① $I = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, Q = \frac{\omega L V_m^2}{R^2 + (\omega L)^2}$
- ② $I = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, Q = \frac{R V_m^2}{R^2 + (\omega L)^2}$
- ③ $I = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, Q = \frac{\omega L R V_m^2}{R^2 + (\omega L)^2}$
- ④ $I = \frac{V_m}{R^2 + (\omega L)^2}, Q = \frac{\omega L V_m}{R^2 + (\omega L)^2}$
- ⑤ $I = \frac{V_m}{R^2 + (\omega L)^2}, Q = \frac{R V_m}{R^2 + (\omega L)^2}$

Ⅲ－13 発電所の電圧調整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。

1号機と2号機の同期発電機がそれぞれ変圧器により同一母線に接続されて系統に送電している。2機とも電圧・無効電力調整装置は自動から手動に切り替えており、端子電圧及び有効電力出力は同一である。この状態で1号機の界磁電流を増加させると、1号機から2号機にはアが流れて、1号機の力率はイ側に、2号機の力率はウ側に変化する。

	ア	イ	ウ
①	進相無効電力	進相	進相
②	進相無効電力	進相	遅相
③	遅相無効電力	遅相	遅相
④	遅相無効電力	遅相	進相
⑤	遅相無効電力	進相	遅相

Ⅲ－14 再生可能エネルギー等の新しい発電に使用される装置に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 風力発電には、誘導発電機と同期発電機が用いられる。前者は交流で系統に直接に連系する。後者は系統に連系して安定な運転を行うためには周波数変換器を介して連系する。
- ② 地熱発電には、地下で発生する高温の天然蒸気を直接蒸気タービンへ供給する方式と、蒸気と熱水を汽水分離器により分離して蒸気のみを蒸気タービンへ供給する方式がある。
- ③ 太陽電池の出力電圧は負荷電流によって変化するため、最大電力を得るために直流側の電圧を制御している。
- ④ 燃料電池は、負極に酸素、正極に燃料を供給すると通常の燃焼と同じ反応で発電する。小型でも発電効率がよく、大容量化によるコスト低減のメリットが少ない。
- ⑤ 二次電池は、発電に使用するためには自己放電が少ないこと、充放電を繰り返したときの電圧や容量の低下が小さいことが要求される。

Ⅲ－15 電気機器に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

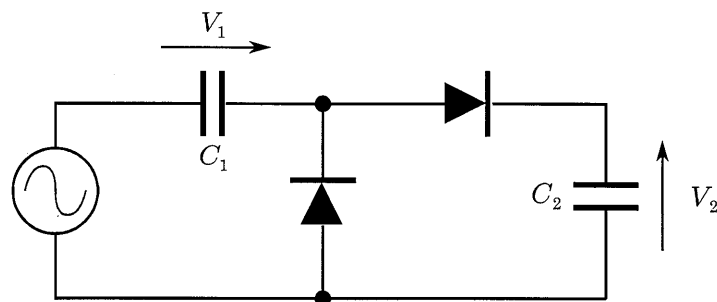
- ① 同期機では、界磁が回転する回転界磁形が一般的である。
- ② 同期機の同期回転速度は、周波数と磁極数のみで定まる。
- ③ かご形誘導電動機は、回転子の構造が簡単で保守が容易なので、小形から大形まで広く用いられている。
- ④ 界磁巻線を有する同期機には、回転子の磁極形状により、突極機と非突極機がある。
発電機においては、前者が高速機に、後者が比較的低速機に使用される。
- ⑤ 単巻変圧器では、自己容量を線路出力より小さくすることができる。

Ⅲ－16 定格が15 kVA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、変圧器の巻線抵抗、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。

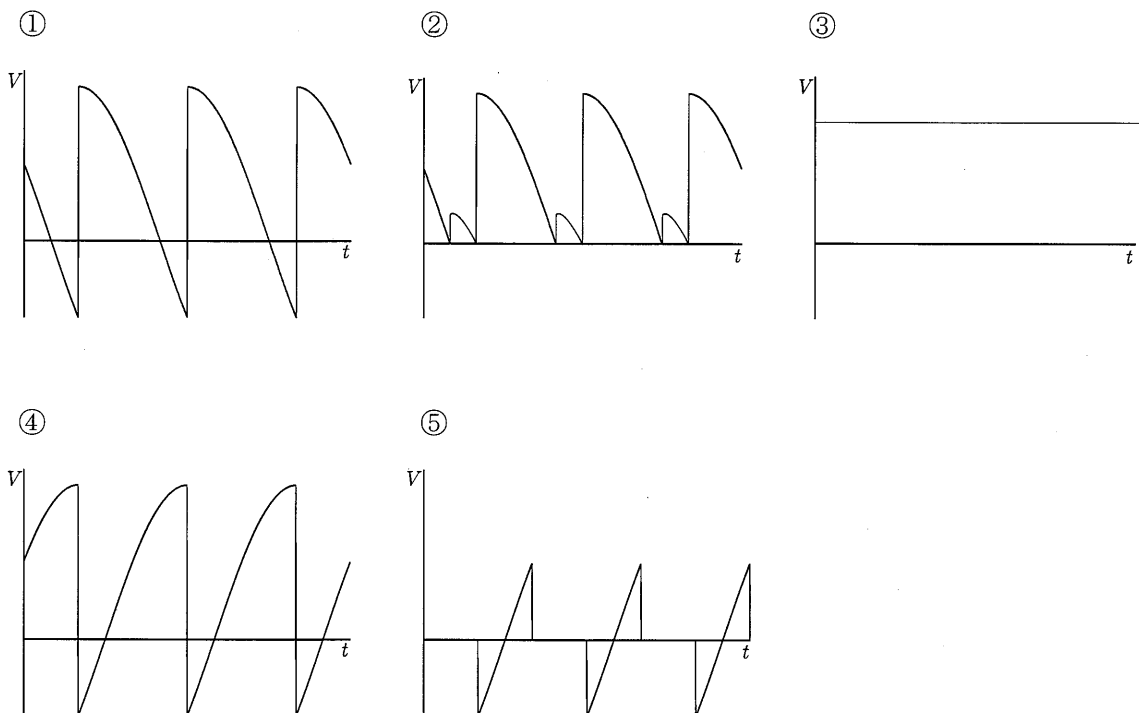
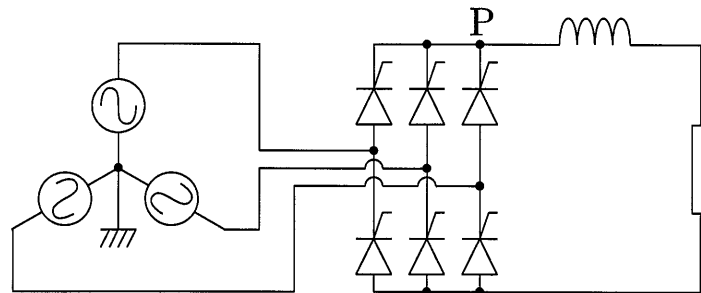
- ① 0.4% ② 0.6% ③ 0.8% ④ 1.2% ⑤ 1.4%

Ⅲ－17 下図のように実効値 V_m の正弦波電圧源にダイオードとコンデンサからなる回路が接続されている。ダイオードとコンデンサは理想的であるとし、コンデンサ C_1 にかかる電圧 V_1 とコンデンサ C_2 にかかる電圧 V_2 の組合せとして最も適切なものはどれか。



- ① $V_1 = \sqrt{2} V_m, V_2 = \sqrt{2} \frac{C_1}{C_2} V_m$
- ② $V_1 = \sqrt{2} V_m, V_2 = 2\sqrt{2} V_m$
- ③ $V_1 = \sqrt{2} V_m, V_2 = \sqrt{2} \frac{C_2}{C_1} V_m$
- ④ $V_1 = -\sqrt{2} V_m, V_2 = 2\sqrt{2} V_m$
- ⑤ $V_1 = -\sqrt{2} V_m, V_2 = \sqrt{2} \frac{C_1}{C_2} V_m$

Ⅲ－18 下図に示す三相サイリスタブリッジ回路において、制御遅れ角を 60° で運転しているとする。直流側のインダクタンスは十分大きく、負荷に一定電流が流れているとみなせるとき、点Pの電位 V として最も適切な波形はどれか。



Ⅲ－19 高電圧の計測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。

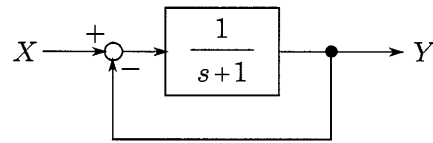
高電圧の電圧測定器として用いられる球ギャップ（平等電界）間の火花電圧は、
ア 火花電圧を基準として、気体の圧力 p とギャップ長 d の積（ pd 積）を増加させると
イ し、 pd 積を減少させると イ する。球ギャップ間の ア 火花電圧は、
球ギャップが空気中にあるときは ウ V、ヘリウム（He）中のときは エ V、ア
ルゴン（Ar）中のときは オ V になる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	最小	増加	233	340	156
②	最小	減少	340	233	156
③	最小	増加	340	156	233
④	最小	増加	340	233	156
⑤	最大	減少	233	340	156

Ⅲ－20 高電圧の計測に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 静電電圧計の電極間に電圧 V を印加すると、マクスウェルの応力により V^2 に比例した引力が電極間に働く。
- ② 球ギャップの火花電圧は、球電極の直径、ギャップ長、相対空気密度を一定にすると、 $\pm 3\%$ の変動範囲でほぼ一定になる。
- ③ 100 kV を超える直流電圧の測定には、静電電圧計よりも抵抗分圧器の方が適している。
- ④ 球ギャップの火花電圧は、静電気力が原因で電極表面に空気中のちりや繊維が付着し、低下することがある。
- ⑤ 平等電界において、球ギャップ間で火花放電が発生する平均の電界は約 30 kV/cm になる。

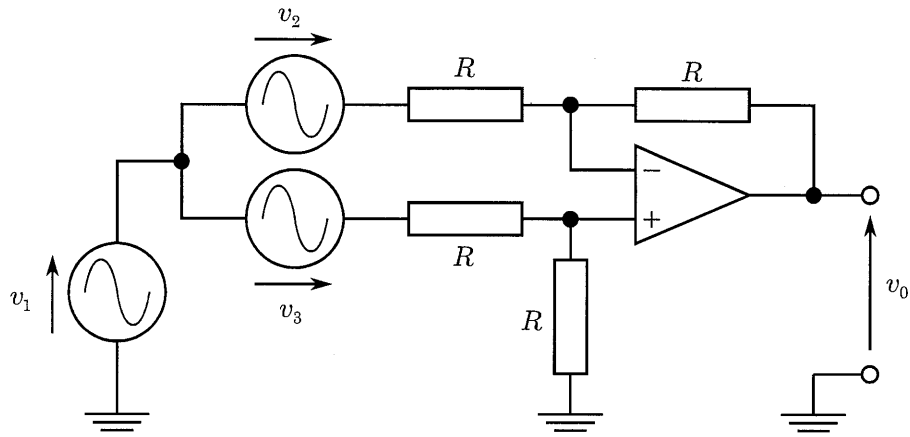
Ⅲ－21 下図のようなブロック線図で表される系で，単位ステップ応答を考える。次の記述の，に入る数式の組合せとして最も適切なものはどれか。



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 イ と表される。

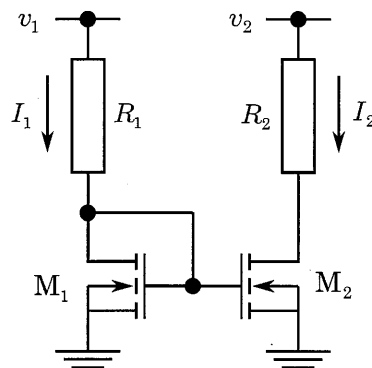
- | | ア | イ |
|---|-------------------|---|
| ① | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{2}} \right)$ |
| ② | $\frac{s+1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} (1 + e^{-2t})$ |
| ③ | $\frac{1}{s+1}$ | $1 - e^{-t}$ |
| ④ | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} (1 - e^{-2t})$ |
| ⑤ | $\frac{s+1}{s+2}$ | $\frac{1}{2}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

Ⅲ－22 下図のように3個の交流電圧源 v_1 , v_2 , v_3 と理想オペアンプ, 抵抗 R からなる回路がある。このとき v_0 を表す式として最も適切なものはどれか。



- ① $v_0 = v_2 - v_3 - v_1$ ② $v_0 = v_3 - v_2$ ③ $v_0 = v_3 + v_2 + 2v_1$
 ④ $v_0 = v_2 - v_3$ ⑤ $v_0 = v_2 - v_3 + v_1$

Ⅲ－23 下図のように特性が同一の理想的なMOS-FET M_1 , M_2 と抵抗 R_1 , R_2 からなる回路がある。 R_1 に電流 I_1 が流れているとした場合, 電流 I_2 を表す一般的な式として最も適切なものはどれか。ただし, M_2 側の回路は十分に電流が流せる能力があるものとし, $R_1 \neq R_2$, $v_1 \neq v_2$ であるとする。

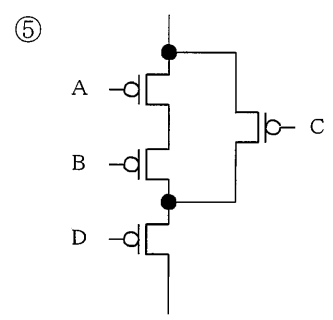
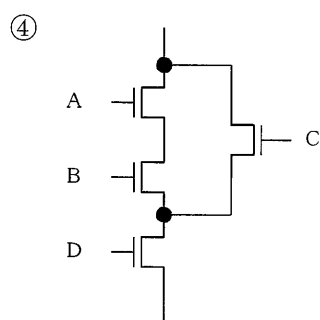
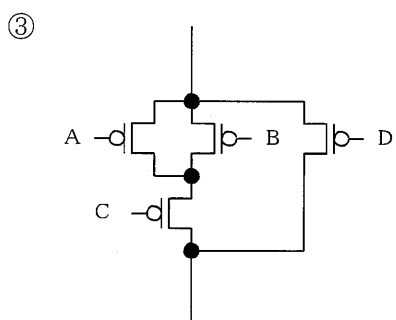
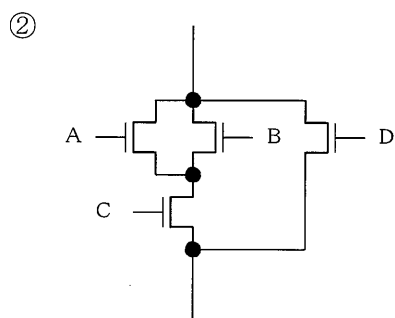
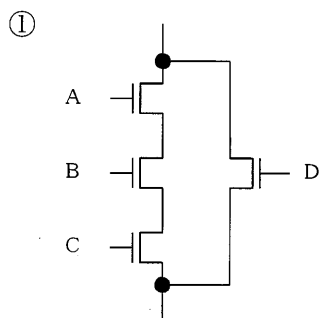
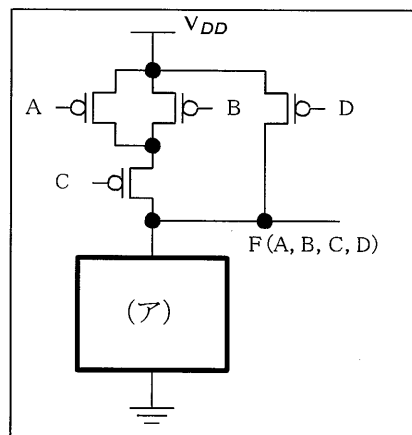


- ① $I_2 = \frac{v_1 R_2}{v_2 R_1} I_1$ ② $I_2 = \frac{R_2}{R_1} I_1$ ③ $I_2 = I_1$
 ④ $I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1$ ⑤ $I_2 = \frac{v_2 R_1}{v_1 R_2} I_1$

Ⅲ－24 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，ORゲート
- ② NOTゲート，ANDゲート
- ③ NOTゲート，NANDゲート
- ④ ORゲート，ANDゲート
- ⑤ ORゲート，NANDゲート

Ⅲ－25 下図はA, B, C, Dを入力とし, $F(A, B, C, D)$ を出力とするスタティック CMOS (相補型Metal Oxide Semiconductor) 論理回路である。図中の(ア)に入る回路として最も適切なものはどれか。



Ⅲ－26 下表に示す，5つの符号語を持つ2元符号A～Eのうち，瞬時に復号可能な符号のみを選んでいる組合せとして最も適切なものはどれか。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。

符号A	符号B	符号C	符号D	符号E
0 0 0	1	0	1	0
1 1	1 0	1 0	0 1	0 1
1 0	1 1 0	1 1 0	0 0 1	0 1 1
0 1	1 1 1 0	1 1 1 0	0 0 0 1	0 1 1 1
0 0	1 1 1 1 0	1 1 1 1 0	0 0 0 0	0 1 1 1 1

- ① B, C, D, E ② B, C, E ③ A, D
 ④ B, E ⑤ C, D

Ⅲ－27 エントロピー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。

情報源アルファベットが $\{a_1, a_2, \dots, a_M\}$ 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、イにはならない。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、エントロピーはウとなる。

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

Ⅲ－28 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。

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

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

Ⅲ－29 4変数 A, B, C, D から構成される論理式

$$A \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{C} \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D}$$

を簡略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 X, Y に対して、 $X + Y$ は論理和を表し、 $X \cdot Y$ は論理積を表す。また、 X は $\overline{X}$ の否定を表す。

① $B \cdot \overline{C} + C \cdot \overline{D} + A \cdot B \cdot \overline{D}$

② $B \cdot \overline{C} + \overline{C} \cdot D + A \cdot B \cdot \overline{D}$

③ $\overline{B} \cdot \overline{C} + C \cdot \overline{D} + A \cdot B \cdot \overline{D}$

④ $\overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{C} \cdot D + A \cdot B \cdot \overline{D}$

⑤ $\overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{C} \cdot \overline{D} + A \cdot B \cdot \overline{D}$

Ⅲ－30 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、ウされる。

アの周波数がアナログ信号の最高周波数のエ倍よりもオ場合は、

ア信号から元のアナログ信号を復元できる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	標本化	量子化	符号化	0.5	大きい
②	標本化	量子化	符号化	2	大きい
③	量子化	標本化	符号化	0.5	小さい
④	量子化	符号化	標本化	2	大きい
⑤	符号化	標本化	量子化	2	小さい

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 デジタル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 を変化させることにより、1シンボル当たり イ ビットのデータを伝送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 を変化させることにより、1シンボル当たり エ ビットのデータを伝送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、ビット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	2	振幅だけ	4	16値QAM
③	位相だけ	1	振幅だけ	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、ゲート直下のチャンネルにウが誘起されて、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	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	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 集積回路及び半導体に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① p形半導体の多数キャリアは正孔である。
- 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限り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。

Ⅲ－35 ヒートポンプ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。

近年、広く普及したヒートポンプ式の加熱装置は、低温部から熱を移動して高温部に伝送する装置である。効率の良さを表す指標としては ア が用いられ、略称はCOPである。その定義は、電気式で加熱の場合、 イ を ウ で割ったものである。COPは通常1を大きく エ いる。

	ア	イ	ウ	エ
①	成績係数	電気入力	有効加熱熱量	上回って
②	成績係数	有効加熱熱量	電気入力	上回って
③	成績係数	電気入力	有効加熱熱量	下回って
④	増幅係数	電気入力	有効加熱熱量	下回って
⑤	増幅係数	有効加熱熱量	電気入力	上回って

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は⑤

フレミングの左手の法則は親指が力、人差し指が磁界、中指が電流の向きを示す。電流と磁界の向きが平行な場合、両者の外積で表される電磁力の大きさはゼロとなる。

●問題Ⅲ-2

正解は③

各点電荷に働くクーロン力のつり合い条件を立てる。中央のBに働く力から $qA=qC$ が導かれ、端のAに働く力から $qB=-qA/4$ が導かれるため、選択肢③の関係となる。

●問題Ⅲ-3

正解は①

和動接続の合成インダクタンス $L1+L2+2M=16H$ と、差動接続の $L1+L2-2M=4H$ の差をとると $4M=12H$ となる。これを解くことで相互インダクタンス M は $3H$ となる。

●問題Ⅲ-4

正解は①

球対称の電荷分布にガウスの法則を適用する。球の外部では全電荷 Q が中心にある点電荷の電界となり、球の内部では半径 r 内の電荷のみが寄与するため、距離 r に比例する電界となる。

●問題Ⅲ-5

正解は④

電源から負荷抵抗 RL 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。したがって $RL=3\Omega$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は①

各電源の枝路にミルマンの定理を適用して並列部の端子電圧を求める。この端子電圧を負荷抵抗 R で除算して整理することで、直流電流 I を表す選択肢①の式が導出される。

●問題Ⅲ-7

正解は④

並列接続後の合成静電容量は $3F$ となり、初期電荷 $2C$ は保存される。全静電エネルギーは電荷の2乗を合成静電容量の2倍で割ることで求められ、 $2/3J$ となる。

●問題Ⅲ-8

正解は②

定常時のコイル電流は $1A$ であり、切断直後も連続して保たれるため $a=1$ となる。切断後の時定数は $L/R=4/4=1$ 秒より $\alpha=1$ となり、最終定常電流は $b=6/4=1.5A$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は②

テブナンの定理より開放電圧は $R2E/(R1+R2)$ 、内部抵抗は $R1$ と $R2$ の並列合成抵抗となる。過渡解に初期条件を代入して指数関数的に変化する電圧式を求めると選択肢②となる。

●問題Ⅲ-10

正解は②

SW開放時は RL 直列回路の分圧となり、SW投入時は R と C の並列インピーダンスと L の直列回路の分圧となる。それぞれの回路方程式から電圧の実効値を計算すると選択肢②となる。

●問題Ⅲ-11

正解は①

図Aの誘導性リアクタンス 10Ω と容量性リアクタンス 2Ω から合成インピーダンスは $5+j8\Omega$ となる。アドミタンスの実部が $1/R'$ と等しくなる関係から、 $R'=17.8\Omega$ となる。

●問題Ⅲ-12

正解は①

回路の合成インピーダンスの大きさはルート($R^2 + (\omega L)^2$)であるため電流実効値Iが定まる。遅れ無効電力Qは電流の2乗に誘導性リアクタンス ωL を乗じた値となる。

●問題Ⅲ-13

正解は④

過励磁となった1号機からは遅相無効電力が系統へ送出される。これにより1号機は遅相力率側に変化し、電力を受電する2号機は不足励磁状態となって進相力率側に変化する。

●問題Ⅲ-14

正解は④

燃料電池では、負極（燃料極）に水素などの燃料ガスを供給し、正極（空気極）に酸素を供給して電気化学反応を起こす。供給する極が逆になっているため選択肢④の記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-15

正解は④

同期機の回転子において、突極機は水車発電機などの低速多極機に用いられ、非突極機（円筒機）はタービン発電機などの高速機に用いられる。前後が逆に記述されているため不適切となる。

●問題Ⅲ-16

正解は②

巻線抵抗が無視できるため百分率抵抗降下はゼロ、リアクタンス降下は3%となる。負荷率1/3および遅れ力率0.8の条件式に代入すると、電圧変動率は $(1/3) \times 3 \times 0.6 = 0.6\%$ となる。

●問題Ⅲ-17

正解は②

入力負の半サイクルでC1が充電されて端子間電圧はルート $2V_m$ となる。正の半サイクルで電源電圧とC1の電圧が直列に加算されてC2が充電されるため、 V_2 は2ルート $2V_m$ となる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

三相サイリスタブリッジのP点電位は正極側サイリスタの相電圧に等しい。制御遅れ角60度では自然転流点から60度遅れて点弧し、相電圧の包絡線が順次現れる選択肢①の波形となる。

●問題Ⅲ-19

正解は③

パッシェンの法則より、火花電圧は最小値（パッシェンミニマム）をもち、pd積を増減させるといずれも火花電圧は増加する。最小火花電圧は空気が340V、Heが156V、Arが233Vとなる。

●問題Ⅲ-20

正解は③

100kVを超える超高電圧直流の測定では、分圧抵抗器は大容量化に伴う発熱やコロナ損による測定誤差が生じやすい。そのため電力を消費しない静電電圧計が精密測定に適しており、③は誤りとなる。

●問題Ⅲ-21

正解は④

ブロック線図より一巡伝達関数を求めて閉ループ伝達関数を導くと $1/(s+2)$ となる。これに単位ステップ入力を加えて逆ラプラス変換を行うと、時間応答は $(1/2)(1 - e^{-2t})$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は②

理想オペアンプの差動増幅回路において、重ね合わせの理または節点方程式を適用する。非反転入力と反転入力の電位を計算して整理すると、出力電圧 v_0 は v_3-v_2 として導出される。

●問題Ⅲ-23

正解は③

MOS-FETによるカレントミラー回路である。特性が等しい2つのトランジスタのゲート・ソース間電圧が共通であるため、飽和領域で動作するときドレイン電流は等しくなり $I_2=I_1$ となる。

●問題Ⅲ-24

正解は④

ANDゲートとORゲートの組み合わせのみではNOT（否定）演算を実現できず、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④の組み合わせが最も不適切となる。

●問題Ⅲ-25

正解は④

CMOS回路のプルダウンnMOS網はプルアップpMOS網と双対の接続関係となる。pMOS網の直並列構成を反転させると、AとBの直列にCが並列接続され、さらにDが直列接続された図④となる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

瞬時復号可能であるための必要十分条件は接頭語条件を満たすことである。符号Cと符号Dはどの符号語も他の符号語の先頭部分と一致しないため、瞬時復号可能な符号はCとDとなる。

●問題Ⅲ-27

正解は②

情報源エントロピーの定義式は $-\sum p_i \log_2 p_i$ であり、常に非負の値をとる。すべての事象が等確率 $1/M$ で生じるときに不確実性が最大となり、その最大エントロピーは $\log_2 M$ となる。

●問題Ⅲ-28

正解は①

離散フーリエ変換の定義式に非ゼロ成分の値を代入すると、 $1+e^{-j2\pi k/N}+e^{j2\pi k/N}$ となる。オイラーの公式を用いて複素指数関数の和をまとめると、 $1+2\cos(2\pi k/N)$ となる。

●問題Ⅲ-29

正解は④

共通因数をまとめてカルノー図を用いて論理式を簡単化する。各積項の論理和を整理することで、最簡形として $\bar{B} \cdot C + C \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot D$ が得られる。

●問題Ⅲ-30

正解は②

AD変換は標本化、量子化、符号化の手順で行われる。標本化定理に基づき、原信号を復元するためには標本化周波数がアナログ信号の最高周波数の2倍より大きい必要がある。

●問題Ⅲ-31

正解は③

TCPは通信開始時に3方向ハンドシェイクを行い、コネクションを確立して高信頼なデータ転送を提供するプロトコルである。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は位相のみを変調し1シンボルあたり2ビットを伝送する。16値QAMは位相と振幅を変調し1シンボルあたり4ビットを伝送する。同一送信電力では信号点間距離が狭い16値QAMの誤り率が高い。

●問題Ⅲ-33

正解は①

pMOSはn形基板上にp形ソース・ドレインを形成する。しきい値電圧以下のゲート電圧で正孔が誘起され、負のドレイン・ソース間電圧により正孔がソースからドレインへ移動して電流が流れる。

●問題Ⅲ-34

正解は②

集積回路の抵抗素子では、パターン加工寸法の相対的誤差の影響を抑えて抵抗値のばらつきを低減するために、素子面積を大きく設計する。面積を小さくするとばらつきが増大するため誤りとなる。

●問題Ⅲ-35

正解は②

ヒートポンプのエネルギー消費効率(成績係数(COP))で表され、電気入力に対する有効加熱熱量の比として定義される。投入した電気エネルギー以上の熱量を汲み上げるためCOPは通常1を大きく上回る。