

【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 下図のように、間隔 d で配置された無限に長い平行導線 l_1 と l_2 に沿って、電流 $3I$ と $2I$ がそれぞれ逆方向に流れている。導線 l_2 から鉛直方向に距離 a 離れた点 P における磁界の強さ H が零であるとき、 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、平行導線 l_1 、 l_2 と点 P は、同一平面上にあるものとする。

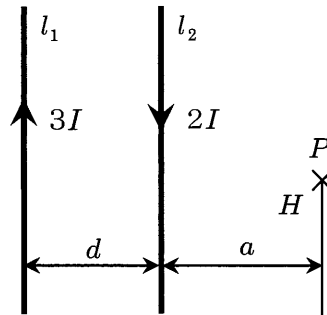
① $a = \frac{d}{3}$

② $a = \frac{d}{2}$

③ $a = d$

④ $a = 2d$

⑤ $a = \frac{2d}{3}$



Ⅲ－２ 誘電体に関する次の記述の、 に入る記号の組合せとして最も適切なものはどれか。

誘電体の内部において、電界を E ，真電荷の体積密度を ρ ，分極電荷の体積密度を ρ_p ，真空中の誘電率を ϵ_0 とすると，

$$\int_S \boxed{\text{ア}} \cdot dS = \boxed{\text{イ}} \int_V \boxed{\text{ウ}} dV$$

が成り立つ。また、この式は、電束密度を D とすると，

$$\int_S \boxed{\text{エ}} \cdot dS = \int_V \boxed{\text{オ}} dV$$

という式に変形できる。これは拡張されたガウスの法則と呼ばれている。

ただし、 $\int_S \boxed{\text{点線}} \cdot dS$ は閉曲面 S の表面における面積分を表し、 $\int_V \boxed{\text{点線}} dV$ は閉曲面内部の体積積分を表す。

	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>	<u>エ</u>	<u>オ</u>
①	ρ	ϵ_0	E	ρ_p	D
②	E	$\frac{1}{\epsilon_0}$	ρ	D	ρ_p
③	$(\rho + \rho_p)$	ϵ_0	E	ρ	D
④	E	$\frac{1}{\epsilon_0}$	$(\rho + \rho_p)$	D	ρ
⑤	E	ϵ_0	ρ	D	ρ_p

Ⅲ－３ 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。

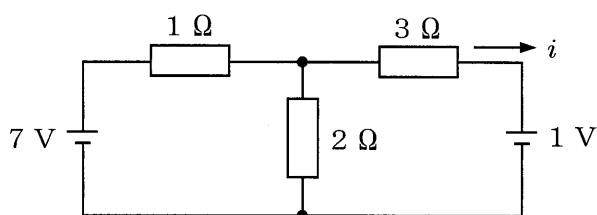
- ① 真空中における電磁波の速度は光速に等しい。
- ② 媒質の誘電率が小さくなると、電磁波の波長は短くなる。
- ③ 媒質の透磁率が大きくなると、電磁波の速度が小さくなる。
- ④ 媒質の誘電率が大きくなると、電磁波の速度が小さくなる。
- ⑤ 周波数が高くなると、電磁波の波長は短くなる。

Ⅲ－４ 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を比較しての類似点としては、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。ただ、この対応は極めて単純化された特殊な場合に成立する。
- ② 磁気回路において磁路を構成する磁性体と周囲の空気の透磁率の差は、電気回路を構成する導体とその周囲の絶縁物との導電率の差に比べると非常に小さいので、特に空隙がある磁路では相当な磁束の漏れが生じる。
- ③ 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、オームの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。
- ④ 電気回路で抵抗に電流が流れる時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時に損失が発生する。
- ⑤ 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。

Ⅲ－５ 下図のような抵抗と直流電圧源からなる回路において、電流 i に最も近い値はどれか。

- ① 0.6 A
- ② 0.8 A
- ③ 1.0 A
- ④ 1.2 A
- ⑤ 1.4 A



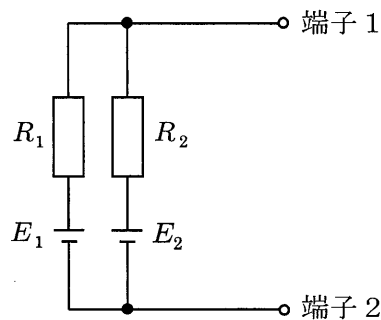
Ⅲ－６ 電圧 V [V] に充電された静電容量 C [F] のコンデンサと、全く充電されていない $\frac{1}{3}C$ [F] のコンデンサがある。これら２つのコンデンサを並列に接続し、十分時間が経ったとき、これらのコンデンサに蓄えられている全静電エネルギーの値として最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{1}{9}CV^2$ [J] ② $\frac{1}{6}CV^2$ [J] ③ $\frac{2}{9}CV^2$ [J]
- ④ $\frac{1}{3}CV^2$ [J] ⑤ $\frac{3}{8}CV^2$ [J]

Ⅲ－７ 抵抗値 R の抵抗 2 個が直列に接続されたものが、理想的な電圧源とみなせる電源につながれ、これらの抵抗には 4.5 A の電流が流れている。この状態から、この抵抗 2 個のうち 1 つについて、それと並列に別な抵抗を新たに接続し、新たに接続された抵抗に流れる電流が 1 A となるようにしたい。新たに接続する抵抗の抵抗値として最も適切なものはどれか。

- ① R ② $2R$ ③ $4R$ ④ $5R$ ⑤ $6R$

Ⅲ－８ 電圧源と抵抗器からなる下図の回路がある。端子 1 と 2 の間を開放状態に保ったときの、端子 2 に対する端子 1 の電位（開放電圧）を E_0 と表し、端子 1 と 2 の間を短絡状態に保ったときの、端子 1 から端子 2 へ流れる電流（短絡電流）を J_0 とするとき、 E_0 と J_0 の組合せとして最も適切なものはどれか。



- ① $E_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$, $J_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 R_2}$
- ② $E_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$, $J_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 R_2}$
- ③ $E_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $J_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 R_2}$
- ④ $E_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $J_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 R_2}$
- ⑤ $E_0 = \frac{R_1 E_1 - R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $J_0 = \frac{R_1 E_1 - R_2 E_2}{R_1 R_2}$

Ⅲ－９ 下図の回路において，時刻 $t=0$ で，スイッチSWを閉じる。そのとき，初期条件 $v(0)=v_0$ を満たす電圧 $v(t)$ を表す式として最も適切なものはどれか。ただし， E は理想直流電圧源， R は抵抗， C はコンデンサ（キャパシタ）を表す。

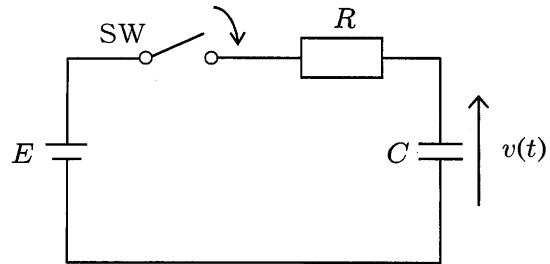
① $(v_0 + E)e^{-\frac{t}{RC}} + E$

② $(v_0 + E)e^{-\frac{t}{RC}} - E$

③ $(v_0 - E)e^{\frac{t}{RC}} - E$

④ $(v_0 - E)e^{\frac{t}{RC}} + E$

⑤ $(v_0 - E)e^{-\frac{t}{RC}} + E$



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 が振動しない条件として最も適切なものはどれか。

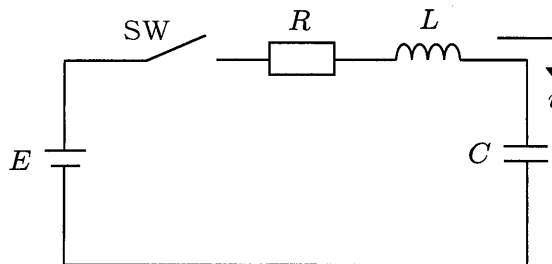
① $R \leq \frac{C}{L}$

② $4L \leq CR^2$

③ $CL \leq R$

④ $CR \leq 4L$

⑤ $C \leq LR$



Ⅲ－１１ 下図の回路において、 L_x と R_x はコイルのインダクタンスと内部抵抗である。検流計①に電流が流れていない条件で、 L_x と R_x を表す式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

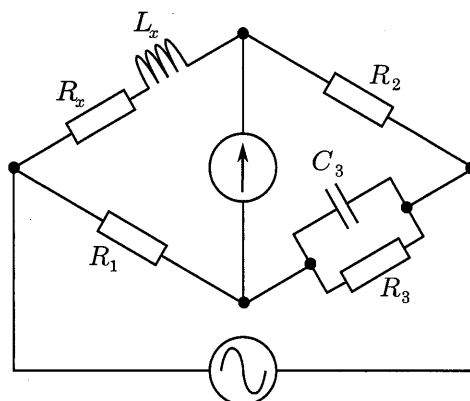
① $L_x = R_1 R_2 C_3, \quad R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$

② $L_x = R_2 R_3 C_3, \quad R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$

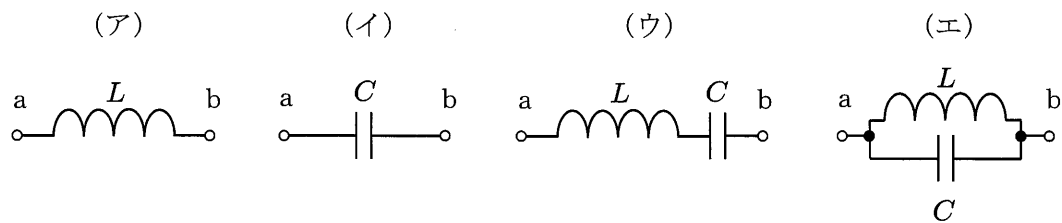
③ $L_x = R_1 R_2 C_3, \quad R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$

④ $L_x = R_1 R_2 C_3, \quad R_x = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$

⑤ $L_x = R_2 R_3 C_3, \quad R_x = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$



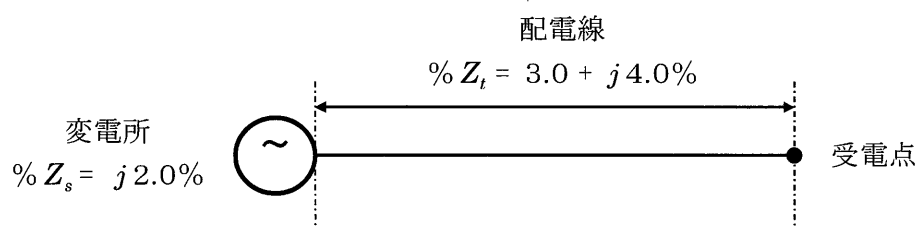
Ⅲ－12 $\omega^2 LC = 1$ であるとき、下図の 2 端子回路 (ア)～(エ) の端子 a－b 間のインピーダンスの組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、 j は虚数単位である。



	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>	<u>エ</u>
①	$j\omega L$	$j\omega C$	0	∞
②	$j\omega L$	$\frac{1}{j\omega C}$	∞	0
③	$\frac{1}{j\omega L}$	$j\omega C$	0	∞
④	$j\omega L$	$\frac{1}{j\omega C}$	0	∞
⑤	$\frac{1}{j\omega L}$	$j\omega C$	∞	0

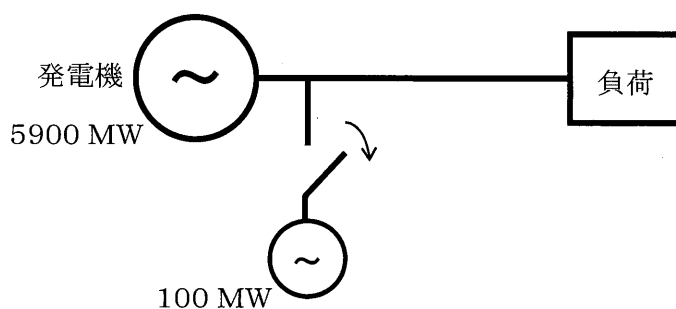
Ⅲ－13 下図に示す受電点の短絡容量に最も近い値はどれか。ここで、短絡容量とはその点での三相短絡電流によって電力系統全体が消費する電力をいう。変電所のパーセントインピーダンス $\%Z_s$ ，配電線のパーセントインピーダンス $\%Z_t$ の基準容量（単位容量）を 10 MVA とする。ただし、 j は虚数単位である。

- ① 110 MVA ② 130 MVA ③ 150 MVA
④ 170 MVA ⑤ 190 MVA



Ⅲ－14 下図に示す電力系統において、送電線事故により100 MWの発電機が解列した。

このときの系統の周波数変化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、発電機の周波数特性は、いずれも $1.0\% \text{MW}/0.1 \text{Hz}$ 、負荷の周波数特性は $0.2\% \text{MW}/0.1 \text{Hz}$ とし、解列前後において変化しないものとする。単位の%は定格容量に対する値である。



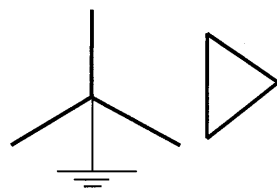
- ① 周波数は、0.17 Hz低下する。
- ② 周波数は、0.14 Hz低下する。
- ③ 周波数は、変化しない。
- ④ 周波数は、0.14 Hz上昇する。
- ⑤ 周波数は、0.17 Hz上昇する。

Ⅲ－15 定格出力37 kW、4極の3相誘導電動機があり、周波数50 Hzのときの定格回転数は 1425 min^{-1} である。いま、132 Nmの定トルク負荷を駆動したときの回転数として最も適切なものはどれか。ただし、3相誘導電動機のトルクとすべりは比例関係にあるものとする。

- ① 1430 min^{-1} ② 1440 min^{-1} ③ 1450 min^{-1}
- ④ 1460 min^{-1} ⑤ 1470 min^{-1}

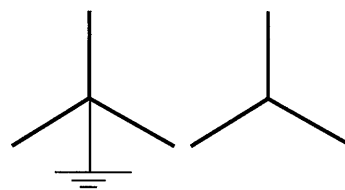
Ⅲ－16 三相変圧器の回路構成として、下図のA（一次：中性点接地Y形、二次：△形）及びB（一次：中性点接地Y形、二次：中性点非接地Y形）を考える。次の記述の、に入る値の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、一次と二次間の短絡リアクタンスを X_T とする。

Aの回路で一次側からみた零相リアクタンスは、アであり、二次側を開放した時と短絡した時で変わらない。また、Bの回路で二次側を短絡しても零相電流は流れることなく、一次側からみた零相リアクタンスは、イである。



一次Y形 二次△形

(A)



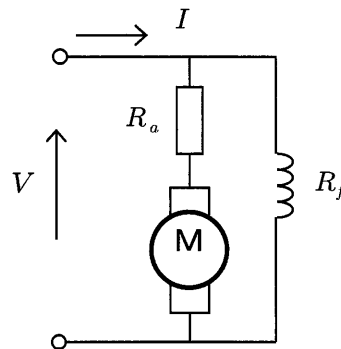
一次Y形 二次Y形

(B)

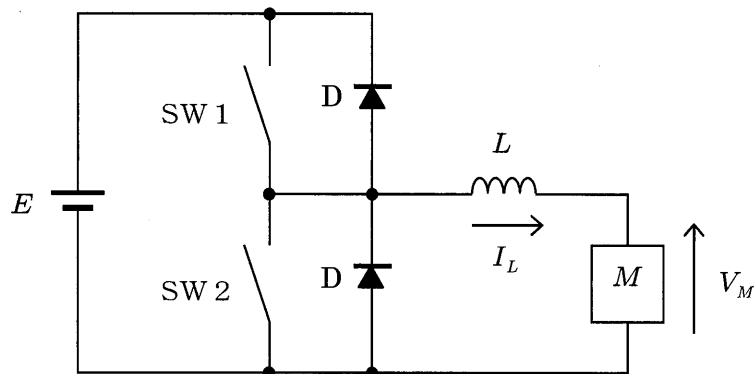
- | | ア | イ |
|---|---------------|-------|
| ① | 無限大 | 無限大 |
| ② | $\sqrt{3}X_T$ | X_T |
| ③ | $\sqrt{3}X_T$ | 無限大 |
| ④ | 無限大 | X_T |
| ⑤ | X_T | 無限大 |

Ⅲ－17 下図に示す分巻式の直流電動機において、端子電圧 V が 250 V、無負荷時の電動機入力電流 I が 11 A のとき、回転速度が 1200 min^{-1} であった。同じ端子電圧で、電動機入力電流が 110 A に対する回転速度に最も近いものはどれか。ただし、この直流電動機の界磁巻線の抵抗 R_f は 25Ω 、電機子巻線とブラシの接触抵抗の和 R_a は 0.1Ω とし、電機子反作用による磁束の減少もなく、電機子巻線に鎖交する磁束数は一定であるとする。

- ① 1104 min^{-1} ② 1152 min^{-1} ③ 1200 min^{-1}
 ④ 1248 min^{-1} ⑤ 1296 min^{-1}



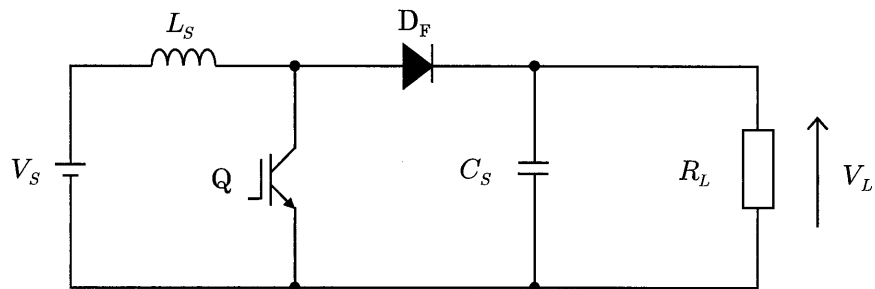
Ⅲ－18 下図のような DC-DC コンバータに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。 E は理想直流電圧源、 L はインダクタ、 M は直流電動機を含む負荷、SW 1、SW 2は理想スイッチ、 D は理想ダイオードを表す。なお、スイッチング周波数は十分高いものとする。



まず、SW 1のみを周期的にOn-OffさせSW 2をOff状態にすると I_L の平均値はアとなり、 V_M の平均値はイとなる。次に、SW 2のみを周期的にOn-OffさせSW 1をOff状態にすると I_L の平均値はウとなり、 V_M の平均値はエとなる。

	ア	イ	ウ	エ
①	負の値	正の値	負の値	正の値
②	正の値	正の値	負の値	正の値
③	正の値	正の値	負の値	負の値
④	正の値	負の値	正の値	正の値
⑤	正の値	負の値	負の値	正の値

Ⅲ－19 下図に示される，電圧源 V_s ，サイリスタ Q ，コイル L_s ，ダイオード D_F ，コンデンサ C_s ，抵抗 R_L からなるチョップ回路において， Q は周期的にオン状態とオフ状態を繰り返している。 Q がオンである時間及びオフである時間をそれぞれ T_{ON} ，及び T_{OFF} とするとき， $\frac{V_L}{V_s}$ を表す式として最も適切なものはどれか。ただし， $0 < V_s < V_L$ とし， C_s によって電圧のリプルは十分抑制されており無視できるものとする。



① $\frac{V_L}{V_s} = \frac{T_{ON} + T_{OFF}}{T_{ON}}$

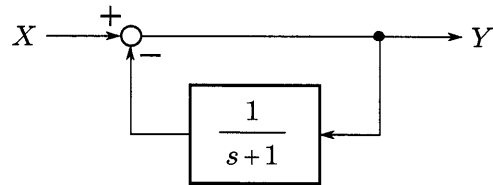
② $\frac{V_L}{V_s} = \frac{T_{ON} + T_{OFF}}{T_{OFF}}$

③ $\frac{V_L}{V_s} = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}}$

④ $\frac{V_L}{V_s} = \frac{T_{OFF}}{T_{ON}}$

⑤ $\frac{V_L}{V_s} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$

Ⅲ－20 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は イ と表される。

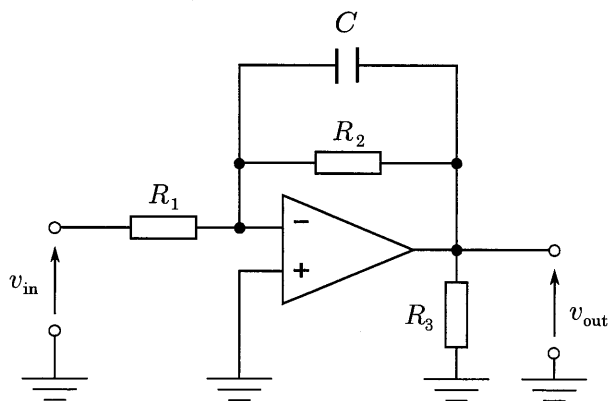
- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|-------------------|---|
| ① | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{2}} \right)$ |
| ② | $\frac{s+1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 + e^{-2t} \right)$ |
| ③ | $\frac{1}{s+1}$ | $1 - e^{-t}$ |
| ④ | $\frac{1}{s+2}$ | $\frac{1}{2} \left(1 - e^{-2t} \right)$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

Ⅲ－21 自動制御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。

フィードバック制御系について、ステップ信号を加えたときの応答をアという。
ボード線図を描いたとき、位相特性曲線が -180° と交わるときのゲインの絶対値をイ
といい、ゲイン特性曲線が0 dBと交わるときの位相角と -180° の差をウという。
ナイキスト線図において、安定・不安定の判別の基準はエである。

	ア	イ	ウ	エ
①	インディシャル応答	ゲイン余裕(余有)	位相余裕(余有)	点 $(-1, 0)$
②	過渡現象	位相差	ゲイン	点 $(-1, -1)$
③	レスポンス	ゲイン余裕(余有)	位相余裕(余有)	点 $(-1, -1)$
④	レスポンス	ゲイン	位相差	点 $(-1, 0)$
⑤	インディシャル応答	ゲイン余裕(余有)	位相余裕(余有)	点 $(0, -1)$

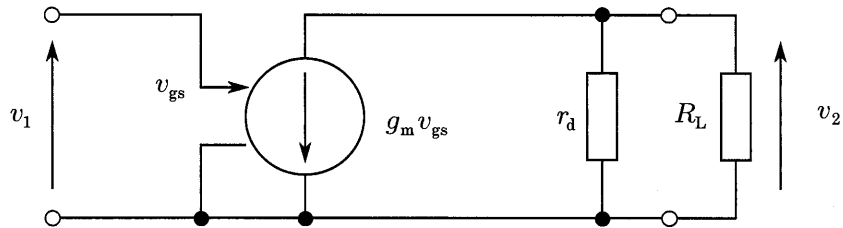
Ⅲ－22 下図は、理想オペアンプを用いた一次ローパスフィルタ回路である。この回路に関する次の記述の、に入る数式の組合せとして最も適切なものはどれか。



この回路のカットオフ周波数 f_c は ア あり，入力信号の周波数が f_c より十分低い場合の利得 $\frac{v_{out}}{v_{in}}$ は イ である。

- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|--------------------------|-----------------------|
| ① | $\frac{1}{2\pi CR_1R_2}$ | $-\frac{R_2}{R_1}$ |
| ② | $\frac{1}{2\pi CR_2}$ | $-\frac{R_2}{R_1}R_3$ |
| ③ | $\frac{1}{2\pi CR_2}$ | $-\frac{R_2}{R_1}$ |
| ④ | $\frac{R_1}{2\pi CR_2}$ | $-\frac{R_2}{R_1}R_3$ |
| ⑤ | $\frac{1}{2\pi CR_1}$ | $-\frac{R_2}{R_1}$ |

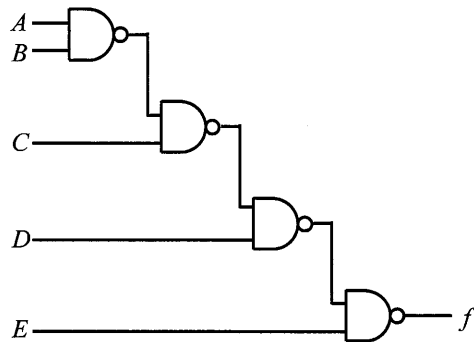
Ⅲ－23 下図のような回路に電圧 v_1 を印加したとき、抵抗 r_d と抵抗 R_L の抵抗器にかかる電圧は v_2 となった。電圧の比 $\frac{v_2}{v_1}$ を表す式として最も適切なものはどれか。ただし、回路における図記号①の部分は理想電流源で、その電源電流が電圧 v_{gs} に比例する電流 $g_m v_{gs}$ であるとする。



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

Ⅲ－24 4つのNANDを使った下図の論理回路で、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 $A \cdot B \cdot D + \bar{C} \cdot D + \bar{E}$
- ② $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} \cdot \bar{E}$
- ③ $\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D} + \bar{E}$
- ④ $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{D} + C \cdot \bar{D} + \bar{E}$
- ⑤ $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot D + C \cdot D + \bar{E}$



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、 $A \cdot B$ は論理積、 $\bar{A}$ は A の否定を表す。また、 V_{DD} は電源電圧を示す。

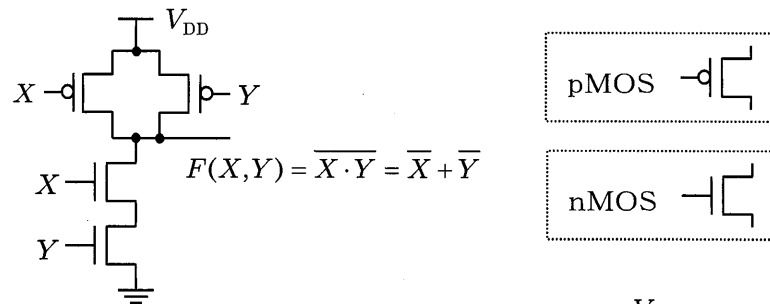


図1

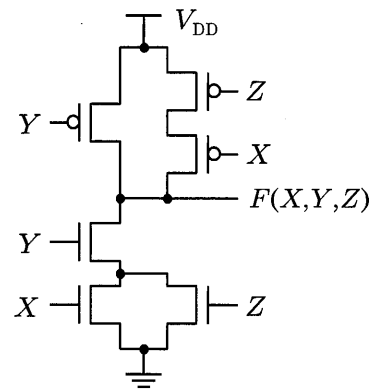


図2

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

Ⅲ－26 各々が 0 又は 1 の値を取る 4 個の情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 に対し,

$$c_1 = (x_1 + x_2 + x_3) \bmod 2$$

$$c_2 = (x_2 + x_3 + x_4) \bmod 2$$

$$c_3 = (x_1 + x_2 + x_4) \bmod 2$$

により, 検査ビット c_1, c_2, c_3 を作り, 符号語 $\mathbf{w} = [x_1, x_2, x_3, x_4, c_1, c_2, c_3]$ を生成する (7, 4) ハミング符号を考える。ある符号語 $\mathbf{w}$ 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, 出力である受信語 $\mathbf{y} = [1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]$ が得られたとき, 入力された符号語 $\mathbf{w}$ として最も適切なものはどれか。

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

Ⅲ－27 下表に示すような 4 個の情報源シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 からなる無記憶情報源がある。この情報源に対し, ハフマン符号によって二元符号化を行ったときに得られる平均符号長として最も適切なものはどれか。なお, 符号アルファベットは $\{0, 1\}$ とする。

情報源シンボル	発生確率
s_1	0.4
s_2	0.3
s_3	0.2
s_4	0.1

- ① 1.5 ② 1.7 ③ 1.9 ④ 2.0 ⑤ 2.2

Ⅲ－28 連続時間信号 $f(t)$ ($-\infty < t < \infty$) のフーリエ変換 $F(\omega)$ は,

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

で定義される。ただし、 j は虚数単位である。いま正なる値 T に対して、信号 $f(t)$ が

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

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

Ⅲ－29 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。このとき、信号 $f(n-k)$ の z 変換として最も適切なものはどれか。ただし、 n, k は整数とする。

- ① $-kF(z)$
- ② $z^{-k}F(z)$
- ③ $z^kF(z)$
- ④ $F(z-k)$
- ⑤ $F(z+k)$

Ⅲ－30 インターネット通信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 IPはインターネット層のプロトコルであり、インターネット上のホストはIPアドレスで識別される。
- ④ TCP (Transmission Control Protocol) はコネクションレス型のプロトコルである。
- ⑤ TCP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。

Ⅲ－31 デジタル無線変調方式に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① BPSK (Binary Phase Shift Keying) は、2 値の変調方式である。
- ② QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) はBPSKに比較して1 シンボル当たりに伝送されるビット数が2 倍である。
- ③ 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) は、1 シンボル当たり4 ビットを伝送する。
- ④ 64QAMは、1 シンボル当たり8 ビットを伝送する。
- 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。

Ⅲ－32 パルス符号変調 (PCM) 方式に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 標本化定理によれば、アナログ信号はその最大周波数の2 倍以上の周波数でサンプリングすれば、そのパルス列から原信号を復元できる。
- ② 標本化パルス列から原信号を復元できる周波数をナイキスト周波数と呼ぶ。
- 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。

Ⅲ－33 半導体素子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。

主として ア によって電流が運ばれる半導体を p 形半導体，主として イ によって電流が運ばれる半導体を n 形半導体という。ガリウムなどの ウ 族元素は エ と呼ばれ，シリコンやゲルマニウムなどⅣ族の半導体に不純物として混入させると p 形半導体ができる。一方，ヒ素などの オ 族元素は カ と呼ばれ，Ⅳ族の半導体に不純物として混入させると n 形半導体ができる。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
①	正孔	伝導電子	Ⅲ	アクセプタ	V	ドナー
②	伝導電子	正孔	Ⅲ	アクセプタ	V	ドナー
③	正孔	伝導電子	Ⅲ	ドナー	V	アクセプタ
④	伝導電子	正孔	V	ドナー	Ⅲ	アクセプタ
⑤	正孔	伝導電子	V	ドナー	Ⅲ	アクセプタ

Ⅲ－34 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 形半導体を接合して形成されるpn接合ダイオードは， ア 形半導体側に正電圧を印加すると電流は流れず，この状態をpn接合の イ バイアスと呼ぶ。このとき，接合面付近に生じる空乏層をはさんでpn接合容量が形成される。 イ バイアス電圧を大きくすると，空乏層の広がり ウ し，その容量値は空乏層の広がりに エ する。

	ア	イ	ウ	エ
①	p	順方向	増加	正比例
②	n	順方向	減少	正比例
③	p	逆方向	減少	正比例
④	n	逆方向	増加	反比例
⑤	p	逆方向	減少	反比例

Ⅲ－35 ITやマルチメディアなどの情報通信機器を支える電源システムの一般的な品質向上策に関する次の記述のうち、最も不適切ものはどれか。

- ① 冗長なシステムの構成法の1つは、常用機と予備機を用意し、常用機が故障時に予備機に切り替わって運転する方式である。
- ② 冗長なシステムのもう1つの構成法は、複数台の機器が負荷を分担して運転し、故障時は故障機を瞬時に切り離し、残りの健全機から電力を供給する方式である。
- ③ 事故時の予備電源装置への切換においては、瞬断切換方式に加えて、瞬断を発生させない無瞬断切換方式もある。
- ④ 無停電電源装置（UPS）は、定電圧定周波電源装置（CVCF）及び自家発電装置からなり、停電時にも長時間の給電が可能な装置である。
- ⑤ 定電圧定周波電源装置（CVCF）は、交流を整流したのち、インバータで再び交流に変換しており、電圧や周波数の安定した電力供給が可能である。

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は④

2本の平行電流が点Pに作る磁界の向きは互いに逆向きとなる。アンペールの法則より両磁界の大きさを等しいとおくと $3I/[2\pi(d+a)] = 2I/(2\pi a)$ となり、これを解くことで $a=2d$ が得られる。

●問題Ⅲ-2

正解は④

真電荷と分極電荷を合わせた全電荷に対する電界のガウスの法則と、真電荷のみを源とする電束密度Dに対する拡張されたガウスの法則の積分形である。したがって、記号の組み合わせは選択肢④となる。

●問題Ⅲ-3

正解は②

電磁波の伝搬速度は誘電率および透磁率の平方根の積に反比例する。周波数が一定のとき、誘電率が小さくなると速度が増加して波長は長くなるため、短くなるとする選択肢②の記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-4

正解は④

直流電気回路の抵抗では電流によるジュール熱損失が発生するが、静磁気回路では一定の磁束が磁気抵抗を通っても定常的な電力損失は生じない。したがって、損失が発生するとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-5

正解は③

中央の接続点の電位をVとしてキルヒホッフの電流則より節点方程式を立てると、 $(V-7)/1 + V/2 + (V-1)/3 = 0$ となる。これを解くと $V=4V$ となり、電流iは $(4-1)/3=1.0A$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は⑤

電荷保存則より接続前後の全電荷はCVで一定である。並列接続後の合成静電容量はCとC/3の和より $(4/3)C$ となる。蓄えられる全静電エネルギーは $Q^2/(2C_{\text{total}})$ から $(3/8)CV^2$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は③

電源電圧は $4.5A \times 2R=9R$ である。新たに並列接続する抵抗をRxとすると並列部の合成抵抗は $R \cdot Rx/(R+Rx)$ となる。Rxに流れる電流が1Aとなる方程式を解くことで、 $Rx=4R$ が得られる。

●問題Ⅲ-8

正解は①

端子1-2間の開放電圧E0はミルマンの定理より $(R_2E_1+R_1E_2)/(R_1+R_2)$ となる。また端子間を短絡したときの短絡電流J0は各枝路の短絡電流の和となり、選択肢①の式が導出される。

●問題Ⅲ-9

正解は⑤

回路の過渡現象を表す微分方程式は $RC \, dv/dt + v = E$ となる。定常解Eと斉次解の和より一般解を求め、初期条件 $v(0)=v_0$ を適用して未定係数を決定すると、選択肢⑤の式が得られる。

●問題Ⅲ-10

正解は②

直列RLC回路の特性方程式は $LS^2+RS+1/C=0$ である。回路に流れる電流が振動しない条件は特性根が実数解を持つことであり、判別式 $R^2-4L/C \geq 0$ を整理すると $4L \leq CR^2$ が得られ

る。

●問題Ⅲ-11

正解は③

交流ブリッジの平衡条件より対角のアームのインピーダンスの積を等置する。 $(R_x + j\omega L_x) / (1/R_3 + j\omega C_3) = R_1 R_2$ を展開して実部と虚部を比較することで、選択肢③の関係式が導出される。

●問題Ⅲ-12

正解は④

共振条件 $\omega^2 LC = 1$ のもとで、直列LC回路(ア)は直列共振によりインピーダンスが0となり、並列LC回路(イ)は並列共振により ∞ となる。単一素子の(ウ)は $j\omega L$ 、(エ)は $1/(j\omega C)$ となる。

●問題Ⅲ-13

正解は③

受電点から電源側をみた合成パーセントインピーダンスは $3.0 + j6.0\%$ となり、その大きさは約6.71%である。基準容量10MVAをこの値で除算することで、短絡容量は約150MVAと算出される。

●問題Ⅲ-14

正解は②

発電機解列による100MWの電力不足に対し、残存発電機と負荷の周波数特性から系統全体の特性容量を求めると710MW/Hzとなる。周波数変化は $-100/710$ より約0.14Hzの低下となる。

●問題Ⅲ-15

正解は④

同期速度は 1500 min^{-1} であり定格すべりは0.05、定格トルクは約248Nmである。トルクとすべりの比例関係より132Nm時のすべりは約0.0266となり、回転数は約 1460 min^{-1} となる。

●問題Ⅲ-16

正解は⑤

二次側が Δ 結線のA回路では零相電流が Δ 内を還流できるため一次側からみた零相リアクタンスは X_T となる。二次側が非接地Y結線のB回路では零相電流が流れないためリアクタンスは無限大となる。

●問題Ⅲ-17

正解は②

界磁電流は10Aで一定である。無負荷時の電機子電流は1Aで逆起電力は249.9V、負荷時の電機子電流は100Aで逆起電力は240Vとなる。回転速度は逆起電力に比例するため約 1152 min^{-1} となる。

●問題Ⅲ-18

正解は②

SW1を駆動すると電源から負荷へ電流が供給され $I_L \cdot V_M$ ともに正となる。SW2を駆動すると負荷側から電源へ回生動作が行われ、電流 I_L は負となるが端子電圧 V_M は正に保たれるため、選択肢②が適切となる。

●問題Ⅲ-19

正解は②

インダクタに加わる電圧時間積の平均値が定常状態でゼロになる平衡条件式 $V_s \cdot T_{ON} + (V_s - V_L) \cdot T_{OFF} = 0$ を解くことで、電圧比 V_L/V_s は $(T_{ON} + T_{OFF})/T_{OFF}$ として導出される。

●問題Ⅲ-20

正解は②

前向き伝達関数が1で帰還路に $1/(s+1)$ を持つ負帰還系より、閉ループ伝達関数は

$(s+1)/(s+2)$ となる。単位ステップ入力に対する出力を逆ラプラス変換すると $(1/2)(1+e^{(-2t)})$ となる。

●問題Ⅲ-21

正解は①

ステップ応答はインディシャル応答と呼ばれ、ボード線図における安定性の指標はゲイン余裕と位相余裕である。また、ナイキストの安定判別法において一巡伝達関数の軌跡が周回する基準点は $(-1, 0)$ である。

●問題Ⅲ-22

正解は③

オペアンプ反転増幅回路の帰還インピーダンスは R_2 と C の並列接続となる。カットオフ周波数は虚部と実部が等しくなる $1/(2\pi CR_2)$ であり、低周波領域における直流利得は $-R_2/R_1$ となる。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

入力電圧 v_1 がゲート・ソース間電圧 v_{gs} と等しくなる。出力電圧 v_2 は従属電流源 $g_m v_{gs}$ が並列抵抗 r_d と R_L に逆方向に流れ込むことによる電圧降下となるため、比 v_2/v_1 は選択肢⑤の式となる。

●問題Ⅲ-24

正解は①

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。2段目が $AB + \bar{C}$ 、3段目の否定を経て4段目の出力を整理すると、 $AB\bar{D} + \bar{C}\bar{D} + E$ が得られる。

●問題Ⅲ-25

正解は②

プルダウン側のnMOS網は Y と $(X+Z)$ が直列に接続されているため、出力がローとなる条件は $Y \cdot (X+Z)$ である。出力 F はその論理否定となるため、整理すると $\bar{X}\bar{Z} + \bar{Y}$ となる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

受信語からシンδροームを計算すると $[s_1, s_2, s_3] = [0, 1, 1]$ となる。これは x_4 が反転した際のエラーパターンと一致するため、第4ビットを反転訂正した符号語は $[1, 1, 0, 1, 0, 0, 1]$ となる。

●問題Ⅲ-27

正解は③

出現確率の低い順にシンボルを統合してハフマン木を構成すると、符号語長は S_1 が1ビット、 S_2 が2ビット、 S_3 と S_4 が3ビットとなる。平均符号長を計算すると $0.4 + 0.6 + 0.6 + 0.3 = 1.9$ となる。

●問題Ⅲ-28

正解は②

矩形パルス信号のフーリエ変換の定義式に従い、 $-T$ から T までの区間で複素指数関数を積分する。オイラーの公式を適用して虚数項を正弦関数で表すと、 $F(\omega) = 2\sin(\omega T)/(\omega T)$ が得られる。

●問題Ⅲ-29

正解は②

z 変換の時間推移定理に関する基本問題である。離散時間領域において信号を k サンプル遅延させた $f(n-k)$ の z 変換は、定義式における変数の置換を行うことで $z^{-k}F(z)$ として導出される。

●問題Ⅲ-30

正解は④

TCPは送信元と宛先の間で3方向ハンドシェイクを行い、仮想的な通信路を確立して確実なデータ伝送を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とする記述は誤りで不適切となる。

●問題Ⅲ-31

正解は④

多値変調において1シンボルで伝送できるビット数は信号点数の対数 $\log_2(M)$ で決まる。64QAMの信号点数は64であるため伝送ビット数は6ビットであり、8ビットとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-32

正解は③

線形量子化における量子化雑音電力はステップ幅により一定であるため、信号電力が小さくなるほど信号電力対量子化雑音比は低下して小さくなる。したがって大きくなるとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-33

正解は①

p形は正孔、n形は電子が主たるキャリアである。IV族半導体に対しIII族元素は電子受容体（アクセプタ）としてp形を形成し、V族元素は電子供与体（ドナー）としてn形を形成するため、選択肢①が正しい。

●問題Ⅲ-34

正解は④

n形側に正電圧を印加する状態は逆方向バイアスである。逆方向電圧を大きくすると空乏層幅は増加し、平行平板コンデンサと同様に接合容量は空乏層幅に反比例して減少するため、選択肢④が適切となる。

●問題Ⅲ-35

正解は④

無停電電源装置（UPS）は整流器、蓄電池、インバータから構成され、停電直後の短時間の電力供給を担うものである。自家発電装置を含んで長時間の給電を行う装置とする記述は定義として不適切となる。