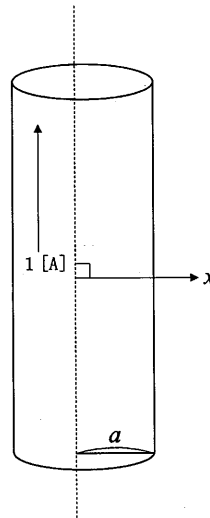


Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 下図に示すように、真空中に設置された半径 a [m] の無限に長い中空円筒導体の表面に図に示す方向に一様に 1 [A] の電流が流れている。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。

図のように中心軸からの距離を x [m] としたとき、距離 x [m] での磁束密度の大きさは円筒内 ($0 \leq x < a$) の範囲では [T]、円筒外 ($a \leq x$) の範囲では、 [T] と表される。ただし、真空の透磁率は μ_0 [H/m] とする。

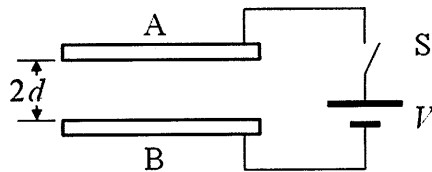
- | | ア | イ |
|---|----------------------------|--------------------------|
| ① | $\frac{\mu_0}{2\pi x}$ | 0 |
| ② | 0 | $\frac{\mu_0}{2\pi x}$ |
| ③ | $\frac{\mu_0 x}{2\pi a^2}$ | $\frac{\mu_0}{2\pi x}$ |
| ④ | $\frac{\mu_0}{2\pi x}$ | $\frac{\mu_0}{2\pi x}$ |
| ⑤ | 0 | $\frac{\mu_0}{2\pi x^2}$ |



Ⅲ－２ 磁気に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 磁気遮断とは、磁界中に中空の強磁性体を置くと、磁束が強磁性体の磁路を進み、中空の部分を通過しない現象を利用したものである。
- ② フレミングの右手の法則とは、右手の人差し指を磁界の向きへ、親指を導体が移動する向きへ指を広げると、中指の方向が誘導起電力の向きとなることである。
- ③ 比透磁率が大きいとは、磁気抵抗が小さいことであり、磁束が通りやすいことである。
- ④ 電磁誘導によって生じる誘導起電力の向きは、その誘導電流が作る磁束が、もとの磁束の増減を妨げる向きに生じる。
- ⑤ 鉄損は、周波数に比例して発生する渦電流損と、周波数の２乗に比例するヒステリシス損に分けることができる。

Ⅲ－３ 下図のように真空中に設置されたコンデンサの平行板A、B間に電圧 V を加える。電圧 V を加えて十分時間が経過した後、スイッチ S を開放した。このときに板Aに加わる単位面積当たりの引力について、最も適切なものはどれか。ただし、真空中の誘電率は ϵ_0 であるとする。



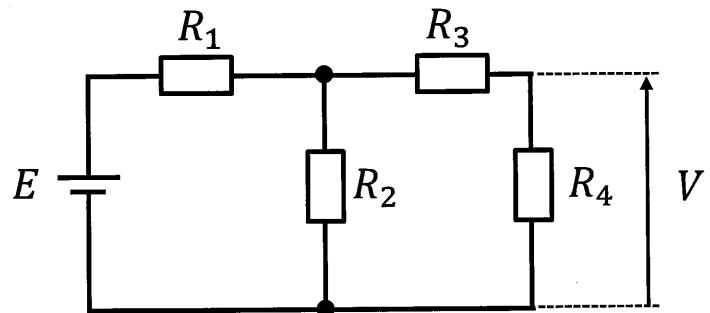
- ① $\frac{V^2}{8\epsilon_0 d^2}$
- ② $\frac{\epsilon_0 d^2}{V^2}$
- ③ $\frac{\epsilon_0 V^2}{8d^2}$
- ④ $\frac{\epsilon_0 V^2}{4d^2}$
- ⑤ $\frac{4\epsilon_0 d^2}{V^2}$

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 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 真空中における電磁波の速度は光速に等しい。

Ⅲ－５ 下図に抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 及び直流電圧源 E で構成される回路を示す。 R_4 の端子電圧 V を表す式として、最も適切なものはどれか。

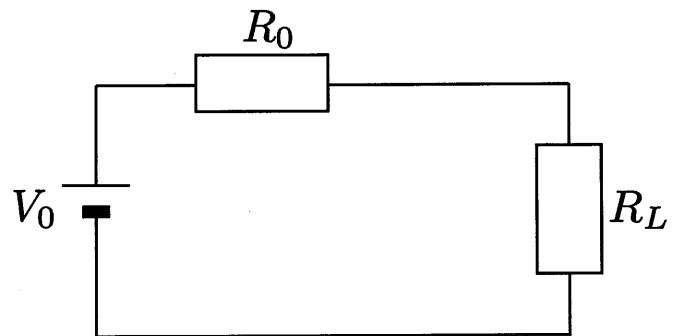
- ① $\frac{R_1 R_3 E}{R_1 R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$
- ② $\frac{R_2 R_4 E}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$
- ③ $\frac{R_2 R_4 E}{R_1 R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$
- ④ $\frac{R_1 R_3 E}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$
- ⑤ $\frac{R_2 R_4 E}{R_1 R_2 + R_3 R_4}$



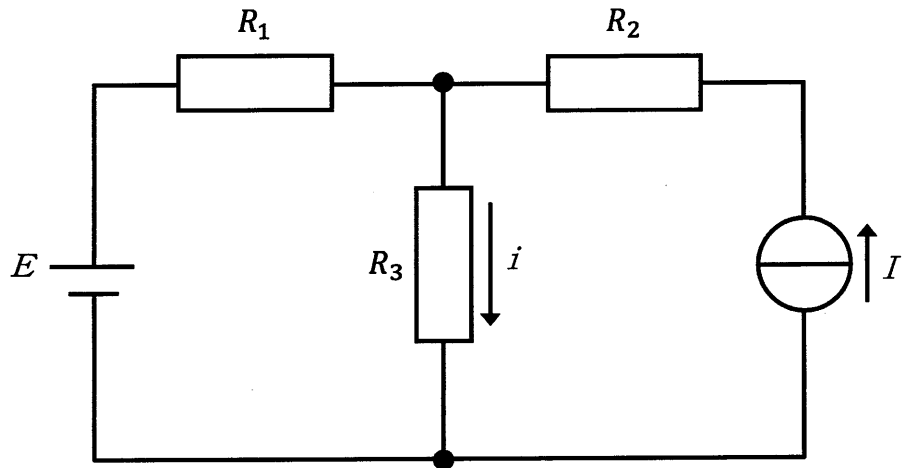
Ⅲ－６ 下図は直流電圧源と負荷抵抗からなる回路である。この回路に関する次の記述の、
に入る数式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

負荷抵抗 R_L で消費される電力は、直流電圧源の起電力値 V_0 と内部抵抗値 R_0 、負荷抵抗値 R_L を用いて ア と表される。これより、 R_L の値を変えた場合、 R_L の値が イ であるとき負荷抵抗 R_L で消費される電力が最大となる。また、このときの負荷抵抗 R_L で消費される電力は ウ となる。

- | | ア | イ | ウ |
|---|-----------------------------------|-----------------|----------------------|
| ① | $\frac{R_L V_0^2}{(R_0 + R_L)^2}$ | R_0 | $\frac{V_0^2}{4R_0}$ |
| ② | $\frac{V_0^2}{R_0 + R_L}$ | R_0 | $\frac{V_0^2}{2R_0}$ |
| ③ | $\frac{R_L V_0^2}{(R_0 + R_L)^2}$ | $\frac{R_0}{2}$ | $\frac{V_0^2}{2R_0}$ |
| ④ | $\frac{R_L V_0^2}{(R_0 + R_L)^2}$ | $\frac{R_0}{2}$ | $\frac{V_0^2}{4R_0}$ |
| ⑤ | $\frac{R_L V_0^2}{(R_0 + R_L)^2}$ | R_0 | $\frac{V_0^2}{2R_0}$ |



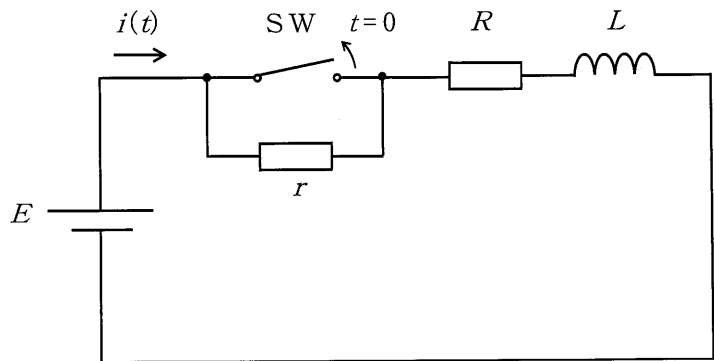
Ⅲ－７ 下記の回路において、直流電流 i を示す式として、最も適切なものはどれか。ただし直流電圧源の電圧値 E ，直流電流源の電流値 I とする。



- ① $\frac{E + R_3 I}{R_1 + R_3}$ ② $\frac{E + R_2 I}{R_1 + R_2}$ ③ $\frac{E + R_1 I}{R_1 + R_3}$ ④ $\frac{E + R_3 I}{R_2 + R_3}$ ⑤ $\frac{E + R_1 I}{R_2 + R_3}$

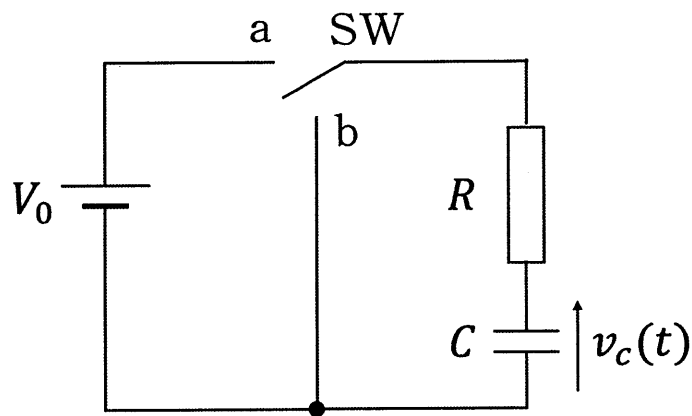
Ⅲ－８ 下図に示す回路において、スイッチSWが閉じられていて定常状態にあるとし、時刻 $t=0$ でSWを開く。このとき、電流 $i(t)$ ($t>0$) を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 E は理想直流電圧源、 r と R は抵抗、 L はコイル（インダクタ）を表す。

- ① $\frac{E}{r+R} \left(1 - \frac{E}{r+R} \right) e^{-\frac{L}{r+R}t}$
 ② $\frac{E}{r+R} - \left(\frac{E}{R} - \frac{E}{r+R} \right) e^{-\frac{r+R}{L}t}$
 ③ $\frac{E}{R} + \left(\frac{E}{r+R} - \frac{E}{R} \right) e^{-\frac{r+R}{L}t}$
 ④ $\frac{E}{R} + \left(1 - \frac{E}{r+R} \right) e^{-\frac{L}{r+R}t}$
 ⑤ $\frac{E}{r+R} + \left(\frac{E}{R} - \frac{E}{r+R} \right) e^{-\frac{r+R}{L}t}$



Ⅲ－９ 過渡現象に関する次の記述の、に入る式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

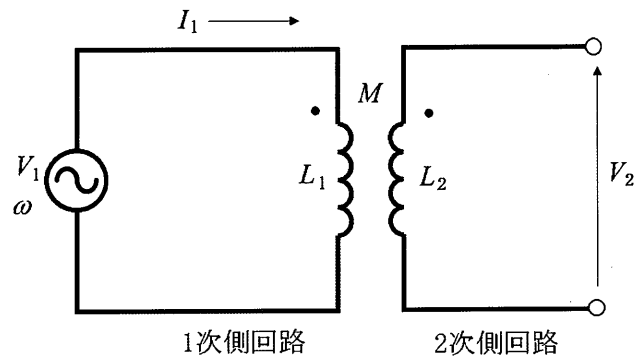
下図に示す回路で、予めスイッチは a 側に接続されており、十分時間が経過しているものとする。時刻 $t=0$ でスイッチを b 側に接続した直後、抵抗値 R [Ω] の抵抗には、大きさが ア [A] の電流が流れ、静電容量 C [F] のコンデンサの電圧 $v_c(t)$ の傾き（時間変化に対する微係数）は イ である。また、時定数 $\tau =$ ウ [s] の時刻になると、 $v_c(t)$ は エ [V] となる。ただし、 e は自然対数の底である。



- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|
| ① | RV_0 | RCV_0 | $\frac{R}{C}$ | $(1-e^{-1})V_0$ |
| ② | RV_0 | $\frac{V_0}{RC}$ | $\frac{1}{RC}$ | $\frac{V_0}{e}$ |
| ③ | $\frac{V_0}{R}$ | $\frac{CV_0}{R}$ | $\frac{R}{C}$ | $\frac{V_0}{\sqrt{2}}$ |
| ④ | $\frac{V_0}{R}$ | $\frac{V_0}{RC}$ | RC | $\frac{V_0}{e}$ |
| ⑤ | $\frac{V_0}{RC}$ | $\frac{V_0}{RC}$ | RC | $(1-e^{-1})V_0$ |

Ⅲ－10 下図に示すように、1次側回路のコイルの自己インダクタンスを L_1 [H]、2次側回路のコイルの自己インダクタンスを L_2 [H]とし、相互インダクタンス M [H]でそれらを電磁結合させた。1次側回路の交流電源の電圧を V_1 [V]、角周波数を ω [rad/s]、1次側回路に流れる電流を I_1 [A]としたとき、2次側回路の開放端に生じる電圧の大きさ V_2 [V]を表す最も適切な数式はどれか。ただし、 j は虚数単位である。

- ① $j\omega MI_1$
- ② $j\omega L_2 I_1$
- ③ $j\omega L_1 L_2 I_1$
- ④ $j\omega(M - L_2)I_1$
- ⑤ $j\omega ML_2 I_1$



Ⅲ－１１ 抵抗とコイル（インダクタ）からなる直列回路がある。この直列回路を電圧 V_1 [V]、周波数 f_1 [Hz] の交流電源に接続すると電流 I_1 [A] が流れ、また、電圧 V_2 [V]、周波数 f_2 [Hz] の交流電源に接続すると電流 I_2 [A] が流れる。この直列回路のインダクタンス L [H] を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 V_1 、 I_1 、 V_2 、 I_2 は実効値を表すものとし、 $f_1 < f_2$ とする。

①
$$\sqrt{\frac{\left(\frac{V_1 f_2}{I_1}\right)^2 - \left(\frac{V_2 f_1}{I_2}\right)^2}{f_2^2 - f_1^2}}$$

②
$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\left(\frac{V_2}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{V_1}{I_1}\right)^2}{f_2^2 - f_1^2}}$$

③
$$\frac{2\pi(f_2^2 - f_1^2)}{\sqrt{\left(\frac{V_2}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{V_1}{I_1}\right)^2}}$$

④
$$\sqrt{\frac{\left(\frac{I_2}{V_2}\right)^2 - \left(\frac{I_1}{V_1}\right)^2}{2\pi(f_2^2 - f_1^2)}}$$

⑤
$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{f_2^2 - f_1^2}{\left(\frac{I_2}{V_2}\right)^2 - \left(\frac{I_1}{V_1}\right)^2}}$$

Ⅲ－１２ 下図に示すような、抵抗 R 、コイル L 、コンデンサ C からなる直列回路がある。交流正弦波電源の共振周波数 f が 1 [MHz] であった場合の、コンデンサの静電容量 C と Q 値（共振の鋭さ：Quality factor）として、最も近い値はどれか。

ただし、 $R = 1$ [k Ω]、 $L = 25$ [mH] とする。

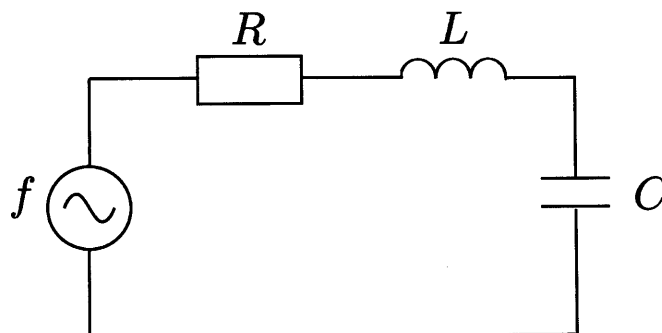
① $C = 1$ [pF]、 $Q = 157$

② $C = 1$ [pF]、 $Q = 79$

③ $C = 1$ [pF]、 $Q = 25$

④ $C = 40$ [pF]、 $Q = 157$

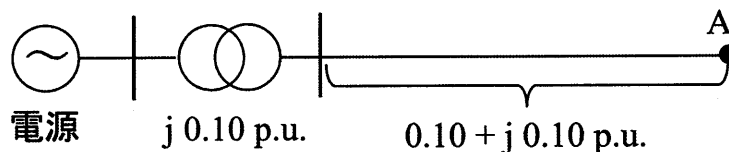
⑤ $C = 40$ [pF]、 $Q = 25$



Ⅲ－13 電力系統における過渡安定性の向上対策に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

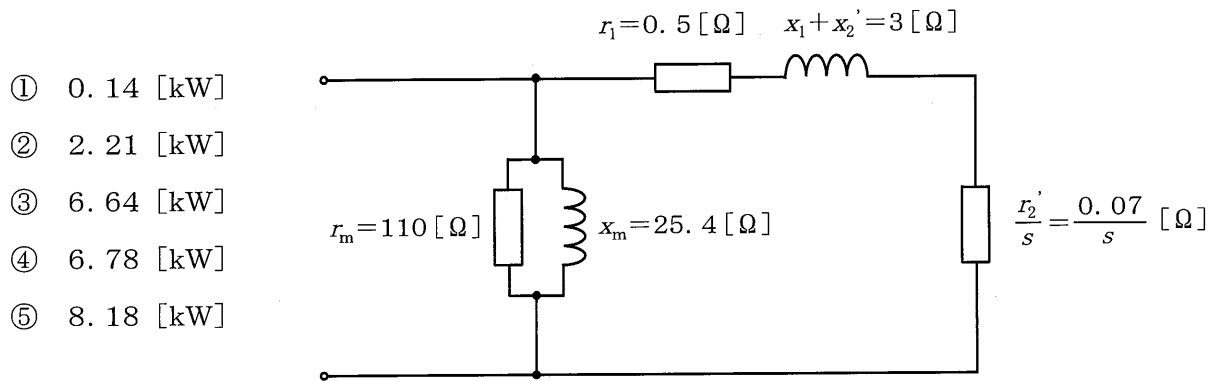
- ① 速応励磁方式は、送電線故障時に高速に内部誘起電圧を持ち上げて送電電力を増加させ、加速エネルギーを大きくすることで過渡安定性を向上させる対策である。
- ② 送電系統における故障発生時に制動抵抗を投入して一時的に発電機出力を消費させ、かつ故障除去後に適切に切り離すことで、過渡安定性の向上が期待できる。
- ③ 高速な故障除去と再閉路は過渡安定性の向上に寄与するが、再閉路時間は短絡アークが消えるまでの時間によって制限される。
- ④ 発電機の短絡比を大きくし、リアクタンスを小さくすると、過渡安定性の向上が期待できる。
- ⑤ 高速バルブ制御は、系統故障時に中間阻止弁の開閉操作と蒸気溜めを利用してタービンの出力を急速に絞り込むことにより、発電機の機械入力を減少させて過渡安定性を向上させる対策である。

Ⅲ－14 三相3線式による下図の電力系統において、点Aで三相短絡故障が発生した場合の故障電流の大きさとして、最も近い値はどれか。ただし、故障前における点Aの線間電圧は6.6kVとし、単位法における基準電圧は6.6kV、基準三相電力は10MVAとする。



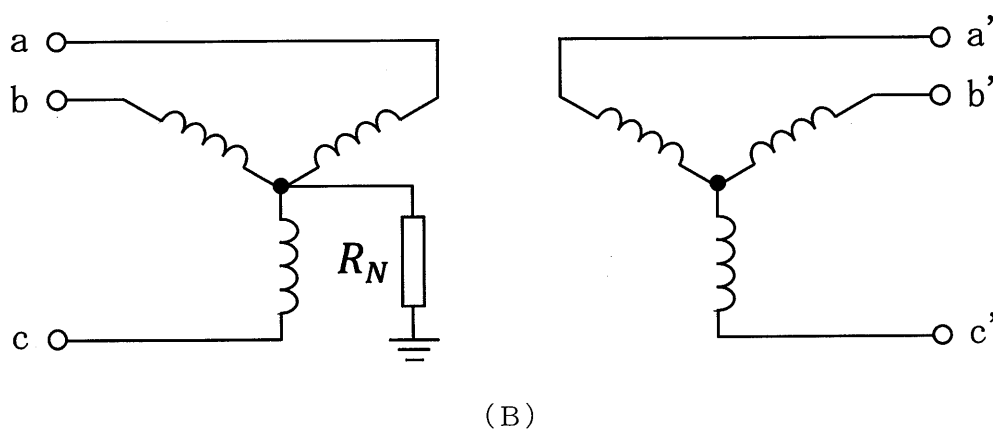
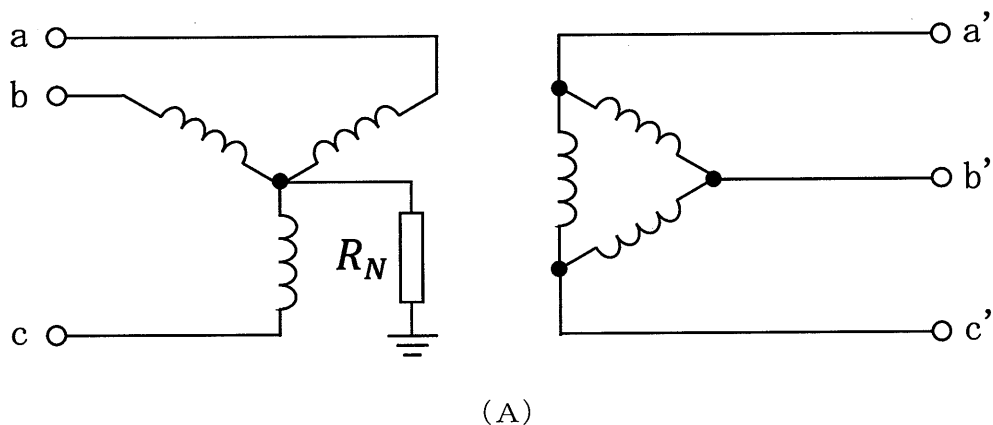
- ① 2.27kA ② 3.92kA ③ 4.47kA ④ 6.77kA ⑤ 19.5kA

Ⅲ－15 線間電圧220 [V]，周波数60 [Hz]，4極の三相かご形誘導電動機の1相当りの等価回路が下図のように表せるとする。この誘導電動機をすべり2%で運転したときの機械的出力（機械的な損失がない場合の軸出力）として，最も近い値はどれか。ただし， r_m は等価鉄損抵抗， x_m は励磁リアクタンス， r_1 は一次抵抗， $x_1 + x_2'$ は漏れリアクタンス， r_2' は二次抵抗， s はすべりを表す。



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、 に入る組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、変圧器の漏れリアクタンスを X_T ，一次側の中性点の接地インピーダンスを R_N とする。

Aの回路で一次側からみた零相インピーダンスは ア であり，二次側を開放したときと短絡したときで変わらない。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はなく，一次側からみた零相インピーダンスは イ である。



- | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|-------------------------|---------------|
| ① $j\sqrt{3}X_T$ | jX_T |
| ② $j\sqrt{3}X_T + 3R_N$ | $jX_T + 3R_N$ |
| ③ $jX_T + 3R_N$ | 無限大 |
| ④ 無限大 | jX_T |
| ⑤ jX_T | 無限大 |

Ⅲ－17 架空送電線路の設備に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 架空地線は、電力線への直撃雷を防止するために設けられている。
- ② スペースは、複数条の電線で多導体を構成するために用いられる。
- ③ がいしは、絶縁を維持しながら電線を鉄塔に支持するものであり、沿岸地域では塩害に注意する必要がある。
- ④ アーマロッドは、振動エネルギーを吸収することで微風振動による電線の疲労を防止するものである。
- ⑤ 鋼心アルミより線は、機械的強度の高い鋼線の周囲に、導電率の高い導体をより合わせた構成となっている。

Ⅲ－18 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	増幅係数	電気入力	有効加熱熱量	下回って
②	増幅係数	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	成績係数	有効加熱熱量	電気入力	上回って
⑤	成績係数	電気入力	有効加熱熱量	上回って

Ⅲ－19 ある三相誘導電動機がトルク10 [Nm]、回転数1500 [min⁻¹] で運転している。

このときの電動機の出力として、最も適切なものはどれか。

- ① 400 π [W]
- ② 500 π [W]
- ③ 600 π [W]
- ④ 700 π [W]
- ⑤ 800 π [W]

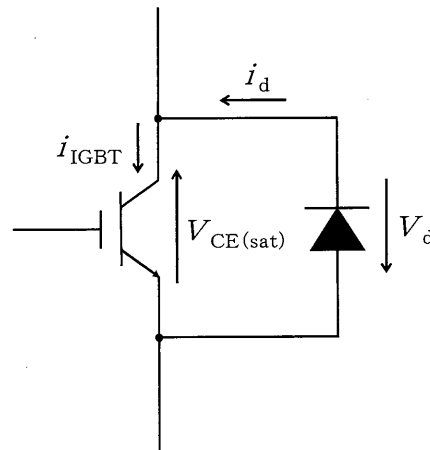
Ⅲ－20 下図に示す，IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）及びダイオードからなるスイッチング回路により電力変換装置を構成し下記の条件で動作しているとき，このスイッチング回路で発生する定常損失の値はどれか。なお，リード線での損失やスイッチング損失は発生しないものとする。また，各素子での電流の立ち上がりや立ち下がりの遅れはなく，IGBTのデューティ比とダイオードのデューティ比の和は1とする。

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

ダイオード電流 $i_{\text{d}}=1000$ [A]，ダイオード順方向電圧 $V_{\text{d}}=1.9$ [V]

IGBT素子のデューティ比 $d=0.7$

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



Ⅲ－21 交流単相電力の測定において，負荷インピーダンス Z が $Z=4+j3$ [Ω] のとき，交流単相電力の皮相電力として，最も適切な値はどれか。ただし，このときの交流電圧の実効値は100[V]とする。

- ① 0.5 [kVA]
- ② 1 [kVA]
- ③ 1.4 [kVA]
- ④ 2 [kVA]
- ⑤ 4 [kVA]

Ⅲ－22 PID (Proportional－Integral－Derivative) 制御系に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① PID補償をすることにより速応性を改善できる。
- ② 比例ゲインを大きくすると定常偏差は小さくなる。
- ③ 比例ゲインを大きくすると系の応答は振動的になる。
- ④ 制御系にその微分値を加えて制御すると、速応性を高め、減衰性を改善できる。
- ⑤ 積分制御を行うと定常偏差は大きくなる。

Ⅲ－23 理想オペアンプの特性として、最も適切なものはどれか。

- ① 差動電圧利得が無限大である。
- ② 周波数帯域幅が0である。
- ③ 入力インピーダンスが0である。
- ④ 出力インピーダンスが無限大である。
- ⑤ 同相電圧利得が無限大である。

Ⅲ－24 理想オペアンプと抵抗 R 及びダイオードを下図のように接続した回路を考える。

入力電圧 v_i を与えた場合、ダイオードの両端の電位差が v_d となり、ダイオードに次式で示される電流 i_d が流れるとする。出力電圧 v_o を表す式として、最も適切なものはどれか。

$$i_d = I_0 e^{\frac{qv_d}{kT}}$$

ただし、ダイオードの逆方向飽和電流を I_0 、電気素量を q 、ボルツマン定数を k 、絶対温度を T とする。

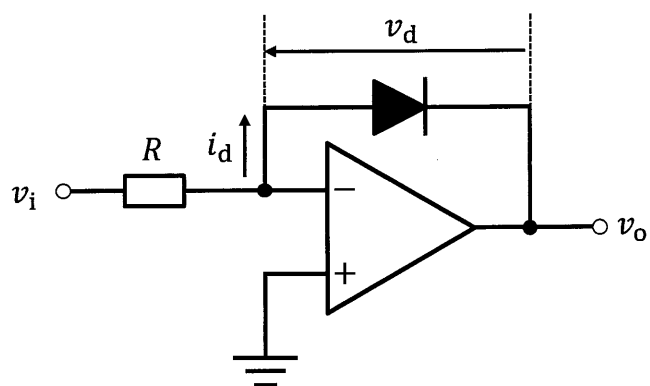
① $-\frac{kT}{q} v_i \log_e \frac{1}{RI_0}$

② $-\frac{kT}{q} \log_e \frac{v_i}{RI_0}$

③ $-kT v_i \log_e \frac{q}{RI_0}$

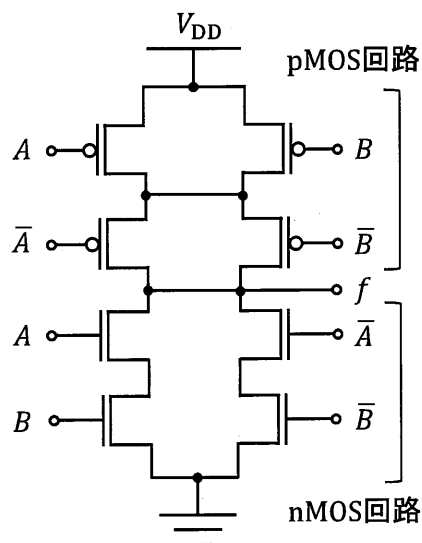
④ $-\frac{kT}{q} \log_e \frac{RI_0}{v_i}$

⑤ $-kT \log_e \frac{qv_i}{RI_0}$



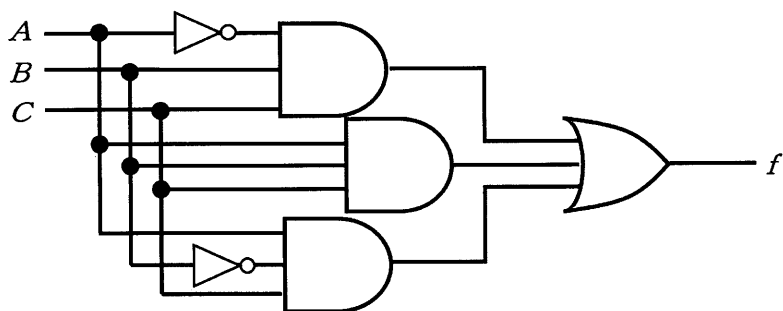
Ⅲ-25 下図に、pチャネルMOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタ (pMOS) とnチャネルMOSトランジスタ (nMOS) を用いた、CMOS (相補型MOS) 複合ゲートのトランジスタ回路を示す。論理変数 A , B 及びそれらの否定 $\bar{A}$, $\bar{B}$ が下図のように入力されている場合、出力 f として、最も適切なものはどれか。ただし、 V_{DD} は電源電圧であり、pMOS の基板は V_{DD} に接続され、nMOS の基板は接地されているものとする。

- ① $f = A \cdot B$
- ② $f = A + B$
- ③ $f = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$
- ④ $f = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$
- ⑤ $f = \bar{A} + \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{B}$



Ⅲ-26 下図に示すデジタル回路と等価な出力 f を与える論理式はどれか。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 $\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$
- ② $\bar{A} \cdot C + B \cdot C$
- ③ $A + C \cdot B + C$
- ④ $B \cdot C + A \cdot C$
- ⑤ $\bar{A} \cdot \bar{C} + B \cdot C$



Ⅲ－27 パリティ検査行列 H が以下の行列で表される (7, 4) ハミング符号を考える。符号化された符号語 x が、1 ビット誤りの状況で符号語 $y = [1, 0, 0, 0, 1, 1, 1]$ と受信された。受信された符号語 y に対するシンドロームとして、最も適切なものはどれか。

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

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

Ⅲ－28 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。

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

Ⅲ-29 連続信号 $f(t)$ ($-\infty < t < \infty$) 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。次の関数 $g(t)$ をフーリエ変換した結果として、最も適切なものはどれか。 α は正の値とする。

$$g(t) = \begin{cases} e^{-\alpha t} & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$

- ① $\frac{1}{1+j\omega\alpha}$ ② $\omega+j\alpha$ ③ $\alpha+j\omega$ ④ $\frac{1}{\omega+j\alpha}$ ⑤ $\frac{1}{\alpha+j\omega}$

Ⅲ－30 時間に対して連続的に変化する2つの信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ がある。各信号に含まれる最高周波数成分が、それぞれ20kHz、40kHzであった。このとき、以下のサンプリング周波数に関する記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。以下では、2つの信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ のフーリエ変換をそれぞれ $X_1(\omega)$ 、 $X_2(\omega)$ とする。また、畳み込み積分は以下の式で与えられるものとする。

$$\{x_2(t) * x_1(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x_2(T) x_1(t-T) dT$$

「出力信号が $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の畳み込み積分で与えられるとき、この出力信号のフーリエ変換は、 $X_1(\omega)$ と $X_2(\omega)$ の積で与えられる。よって、情報を失うことなくデジタル信号処理を行うためには、サンプリング周波数をアkHzよりも大きく設定しておく必要がある。一方、出力信号が $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の積で与えられるとき、この出力信号のフーリエ変換は、 $X_1(\omega)$ と $X_2(\omega)$ の畳み込み積分で与えられる。よってこの出力信号の情報を失うことなくデジタル信号処理を行うためには、サンプリング周波数をイkHzよりも大きく設定しておく必要がある。」

- | | ア | イ |
|---|----|-----|
| ① | 40 | 100 |
| ② | 20 | 120 |
| ③ | 40 | 120 |
| ④ | 20 | 100 |
| ⑤ | 40 | 80 |

Ⅲ－31 無線通信の受信機に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 受信した高周波数信号を周波数変換した後に、安定に増幅した後、検波又は復調処理を行うものをスーパーヘテロダイン方式という。
- ② ダイレクトコンバージョン方式では、受信した高周波数信号を直接ベースバンド信号には変換せず、直交復調器で同相信号と直交信号にそれぞれ変換・増幅した後に復調処理を行う。
- ③ 周波数混合器（ミキサ）は、希望波と局部発信器からの信号を混合して和又は差により、中間周波数の信号を生成する。
- ④ 一般に増幅器への入力信号の振幅が大きいほど、非線形性歪みは大きくなるため、増幅器を線形領域で使用できるように、入力電圧と増幅器の利得を適切に調整する必要がある。
- ⑤ 希望波を受信しているときに、変調された強力な不要波が高周波増幅器又は周波数変換器、あるいは中間周波数増幅器に混入すると、不要波の変調信号によって希望波が変調を受けて混信が生じる。

Ⅲ－32 雑音指数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。

増幅器の入力と出力における信号電力強度をそれぞれ S_i [W], S_o [W], 雑音電力強度をそれぞれ N_i [W], N_o [W] としたとき、雑音指数 F は ア で与えられる。増幅器の利得 G は、 イ で与えられることから、雑音指数 F は、 ウ と書き直すことができる。 F の値が エ ほど、この増幅器を用いた受信機の感度は良い。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-------------------------------|-------------------|--------------------|-----|
| ① | $\frac{S_o / N_o}{S_i / N_i}$ | $\frac{S_o}{S_i}$ | $\frac{GN_i}{N_o}$ | 大きい |
| ② | $\frac{S_o / N_o}{S_i / N_i}$ | $\frac{S_i}{S_o}$ | $\frac{N_i}{GN_o}$ | 小さい |
| ③ | $\frac{S_o / N_i}{S_i / N_o}$ | $\frac{S_o}{S_i}$ | $\frac{GN_o}{N_i}$ | 大きい |
| ④ | $\frac{S_i / N_i}{S_o / N_o}$ | $\frac{S_i}{S_o}$ | $\frac{GN_o}{N_i}$ | 小さい |
| ⑤ | $\frac{S_i / N_i}{S_o / N_o}$ | $\frac{S_o}{S_i}$ | $\frac{N_o}{GN_i}$ | 小さい |

Ⅲ－33 無線通信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 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) は、1シンボル当たり4ビットの送信データに応じて位相と振幅を両方変化させる変調方式である。
- ② ASK (Amplitude Shift Keying) 方式は、送信データに応じて搬送波の振幅を変化させる変調方式であり、PSK (Phase Shift Keying) は、送信データに応じて搬送波の位相を変化させる変調方式である。
- ③ BPSK (Binary PSK) は、1シンボル当たり1ビットのデータを送信する変調方式であり、QPSK (Quadrature PSK) は、1シンボル当たり2ビットのデータを送信する変調方式である。
- ④ PSKでも1シンボル当たり3ビット以上のデータを変調することは可能である。
- ⑤ BPSK, QPSK, 16QAMを、同一の送信電力で送信したとき、シンボル誤り率が最も大きいものはBPSKであり、最も小さいものは16QAMである。

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型半導体とn型半導体を接合し、pn接合を形成すると、n型半導体の多数キャリアである ア はp型半導体に拡散し、p型半導体の多数キャリアである イ はn型半導体に拡散する。この結果、pn接合界面近傍においてキャリアが存在しない空乏層が形成され、n型半導体側は ウ に帯電しp型半導体側は エ に帯電するため オ が生じ、キャリアの拡散が抑制され熱平衡状態となる。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|----|----|---|---|------|
| ① | 電子 | 正孔 | 正 | 負 | 拡散電位 |
| ② | 正孔 | 電子 | 負 | 正 | 拡散電位 |
| ③ | 電子 | 正孔 | 負 | 正 | 拡散電流 |
| ④ | 正孔 | 電子 | 正 | 負 | 拡散電位 |
| ⑤ | 正孔 | 電子 | 正 | 負 | 拡散電流 |

Ⅲ－35 半導体デバイス及び集積回路に関する次の記述の、に入る語句及び数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタを用いたCMOS (相補型MOS) インバータは、nMOS (n-channel MOS) トランジスタとpMOS (p-channel MOS) トランジスタを用いて、個のMOSトランジスタにより構成されている。入力が“イ”でnMOSトランジスタがウのとき、pMOSトランジスタはエとなり、入力が“オ”でnMOSトランジスタがカのとき、pMOSトランジスタがキとなることで入力信号を反転する。CMOSインバータでは、定常状態において電源からアースへの直流電流が流れることがないため、低消費電力である。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ
①	2	0	オン	オフ	1	オフ	オン
②	4	1	オフ	オン	0	オン	オフ
③	2	1	オン	オフ	0	オフ	オン
④	4	0	オン	オフ	1	オフ	オン
⑤	2	1	オフ	オン	0	オン	オフ

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は②

アンペールの周回積分の法則より、円筒内部では閉曲線内に電流が含まれないため磁束密度は0となる。外部では全電流1Aを囲むため $\mu_0/(2\pi x)$ となる。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

鉄損のうちヒステリシス損は周波数に比例し、渦電流損は周波数の2乗に比例する。周波数との比例関係が逆に記述されているため、⑤が最も不適切となる。

●問題Ⅲ-3

正解は③

極板間の電界の強さは $V/(2d)$ である。マクスウェルの応力の公式より、単位面積当たりの引力は $(1/2)\epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 V^2/(8d^2)$ となる。

●問題Ⅲ-4

正解は①

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加して波長は長くなるため、短くなるとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-5

正解は③

R2と(R3+R4)の並列回路とR1による分圧を求め、さらにR3とR4の分圧比を乗じる。式を整理すると、端子電圧Vは選択肢③の式として導出される。

●問題Ⅲ-6

正解は①

負荷抵抗RLの消費電力は $RL \cdot V_0^2/(R_0+RL)^2$ で表される。最大電力供給条件より $RL=R_0$ のとき消費電力は最大となり、その値は $V_0^2/(4R_0)$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は③

重ね合わせの理を用いる。電圧源Eのみによる電流は $E/(R_1+R_3)$ であり、電流源Iのみによる電流は分流則より $I/(R_1+R_3)$ となるため、合計は選択肢③となる。

●問題Ⅲ-8

正解は⑤

初期電流は E/R であり、スイッチ開放後の定常電流は $E/(r+R)$ である。時定数 $L/(r+R)$ で指数関数的に定常値へ漸近するため、選択肢⑤の式となる。

●問題Ⅲ-9

正解は④

スイッチ接続直後の放電電流は V_0/R であり、電圧の傾きは $V_0/(RC)$ である。RC直列回路の時定数はRCであり、時定数経過時のコンデンサ電圧は V_0/e となる。

●問題Ⅲ-10

正解は①

電磁誘導の法則および相互インダクタンスの定義より、2次側が開放されているときに誘導される端子電圧は $V_2 = j\omega M I_1$ となる。

●問題Ⅲ-11

正解は②

各周波数におけるインピーダンスの2乗の差をとることで抵抗成分Rを消去する。インダクタンスLについて解くと、選択肢②の式が正しく導出される。

●問題Ⅲ-12

正解は①

直列共振周波数 $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ より静電容量 C を計算すると約1pFとなる。また Q 値は $\omega L/R=(2\pi fL)/R$ に各値を代入して計算すると約157となる。

●問題Ⅲ-13

正解は①

速応励磁方式は、事故時に内部誘起電圧を急激に上昇させて送電電力を増やし、発電機の加速エネルギーを減少させて過渡安定度を向上させるため、①は不適切となる。

●問題Ⅲ-14

正解は②

基準電流を求め、事故点までの合成パーセントインピーダンスの大きさ約0.224puで除算して短絡電流を計算する。その大きさは約3.92kAとなる。

●問題Ⅲ-15

正解は③

1相あたりの相電圧と等価直列インピーダンスから二次電流を求める。機械出力の公式 $3 \times I_2'^2 \times (r_2'/s)(1-s)$ に代入して計算すると、約6.64kWとなる。

●問題Ⅲ-16

正解は③

一次接地形・二次△形のA回路では零相電流が△内を循環できるため jX_T+3R_N となる。二次非接地形のB回路では零相電流が流れないため無限大となる。

●問題Ⅲ-17

正解は④

微風振動の振動エネルギーを吸収するのはダンパの役割である。アーマロッドは支持点付近の電線を補強して応力集中や疲労を防ぐ部材であるため、④は不適切となる。

●問題Ⅲ-18

正解は④

ヒートポンプの効率指標は成績係数(COP)と呼ばれ、電気入力に対する有効加熱熱量の比で定義される。投入電気量以上の熱を汲み上げるため通常1を大きく上回る。

●問題Ⅲ-19

正解は②

回転速度 1500min^{-1} を角速度に換算すると $50\pi\text{ rad/s}$ となる。出力はトルクと角速度の積 $P=T\omega$ で求まるため、 $10 \times 50\pi=500\pi\text{ W}$ となる。

●問題Ⅲ-20

正解は②

IGBTの導通損失1225Wと、導通率0.3となるダイオードの導通損失570Wを計算する。両者を足し合わせることで、全体の定常損失は1795Wとなる。

●問題Ⅲ-21

正解は④

負荷インピーダンスの絶対値は $\sqrt{4^2+3^2}=5\Omega$ となる。電流実効値は $100\text{V}/5\Omega=20\text{A}$ となり、皮相電力は $S=VI=100 \times 20=2\text{kVA}$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は⑤

積分制御(I制御)は偏差を時間積分して制御出力を出し続けるため、定常偏差をゼロに除去する効果を持つ。定常偏差が大きくなるとする記述は最も不適切となる。

●問題Ⅲ-23

正解は①

理想オペアンプの特性として、差動電圧利得(開ループゲイン)は無限大である。他の選択肢は帯域幅、入力・出力インピーダンス等の数値設定が誤っている。

●問題Ⅲ-24

正解は②

オペアンプの仮想接地によりダイオード電流は v_i/R に等しくなる。ダイオードの順方向電圧降下が $-v_o$ となる関係から整理すると、選択肢②の対数増幅特性が得られる。

●問題Ⅲ-25

正解は③

プルダウン側のnMOS管は $(A \cdot B)$ と $(\bar{A} \cdot \bar{B})$ の並列接続であるため、導通条件は $AB + \bar{A}\bar{B}$ となる。出力 f はその否定となり、 $\overline{AB + \bar{A}\bar{B}} = \bar{A}B + A\bar{B}$ となる。

●問題Ⅲ-26

正解は④

各ゲートの入力信号の論理積を整理し、論理和をとって簡単化を行う。冗長項を吸収して論理式をまとめると、出力 f は $B \cdot C + A \cdot C$ として導出される。

●問題Ⅲ-27

正解は②

パリティ検査行列 H と受信ベクトル y の積をmod 2で計算する。シンドローム $s = Hy^T$ を行列演算により算出すると、 $[0, 1, 0]$ が得られる。

●問題Ⅲ-28

正解は①

接頭辞条件を満たす瞬時復号可能な符号はC, D, Eである。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ため、 $X = \{C, D, E\}$, $Y = \{C, D\}$ となる。

●問題Ⅲ-29

正解は⑤

片側指数関数のフーリエ変換の定義式に従い、0から無限大まで積分を実行する。 $1/(a + j\omega)$ となり、選択肢⑤が適切となる。

●問題Ⅲ-30

正解は③

畳み込みのスペクトルは積となり最高周波数は20kHzのため40kHz以上が必要となる。時間積のスペクトルは畳み込みとなり最高周波数は60kHzのため120kHz以上が必要となる。

●問題Ⅲ-31

正解は②

ダイレクトコンバージョン方式は、中間周波数を用いずに受信高周波信号を直接ベースバンド信号に周波数変換する方式であるため、変換しないとする②は不適切となる。

●問題Ⅲ-32

正解は⑤

雑音指数 F は入力SNRと出力SNRの比 $(S_i/N_i)/(S_o/N_o)$ で定義され、利得 $G = S_o/S_i$ より $N_o/(G N_i)$ と表される。 F の値が小さいほど受信機の雑音特性は良好となる。

●問題Ⅲ-33

正解は⑤

多値変調では多値数が増加するほど信号点間距離が狭まり誤りやすくなる。同一電力下では16QAMの誤り率が最も大きく、BPSKが最も小さいため⑤は不適切となる。

●問題Ⅲ-34

正解は①

n型から電子、p型から正孔が拡散することで空乏層が形成され、n型側が正、p型側が負に帯電する。これにより拡散を阻止する向きの内蔵電界と拡散電位が生じる。

●問題Ⅲ-35

正解は③

CMOSインバータは2個のMOSで構成される。入力が1のときnMOSがオン・pMOSがオフとなり、入力が0のときnMOSがオフ・pMOSがオンとなることで反転出力する。