

平成 26 年度

# 第 3 種

# 理 論

(第 1 時限目)

## 答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。  
色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141B01234Lの場合）

| 受 験 番 号 |   |   |   |    |     |   |   |   |    |   |
|---------|---|---|---|----|-----|---|---|---|----|---|
| 数 字     |   |   |   | 記号 | 数 字 |   |   |   | 記号 |   |
| 0       | 1 | 4 | 1 | B  | 0   | 1 | 2 | 3 | 4  | L |
| ●       |   |   |   |    | ●   | ○ | ○ | ○ | ○  | A |
| ①       | ● | ① | ● | ●  | ①   | ● | ① | ① | ①  | B |
| ②       | ② | ② | ② |    | ②   | ② | ● | ② | ②  | C |
| ③       | ③ | ③ | ③ |    | ③   | ③ | ③ | ● | ③  | K |
| ④       | ④ | ● | ④ |    | ④   | ④ | ④ | ④ | ●  | L |
| ⑤       | ⑤ |   | ⑤ |    | ⑤   | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤  | M |
| ⑥       | ⑥ |   | ⑥ |    | ⑥   | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥  | N |
| ⑦       |   |   |   |    | ⑦   | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦  |   |
| ⑧       |   |   |   |    | ⑧   | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧  |   |
| ⑨       |   |   |   |    | ⑨   | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨  |   |

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。  
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

| 問題番号 | 選 択 肢 番 号 |
|------|-----------|
| 1    | ① ② ● ④ ⑤ |

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問17と問18はどちらか1問を選択してください。選択した問題は、マークシートの「選択問題マーク欄」にマークしてください。2問とも選択した場合は採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W  $f=50$  Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例:  $I$  [A] 抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] 面積は  $S$  [ $m^2$ ])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

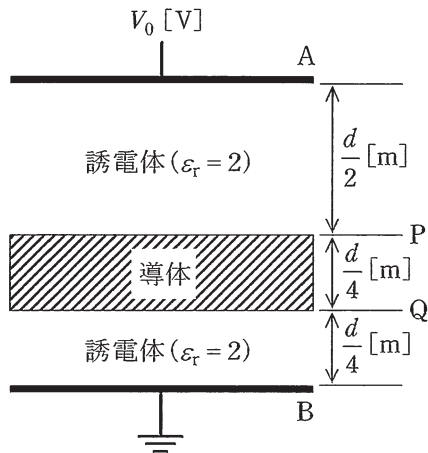
第 3 種

# 理 論

A問題 (配点は1問題当たり5点)

問1 極板 A-B 間が比誘電率  $\epsilon_r=2$  の誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある。極板間の距離は  $d$  [m] , 極板間の直流電圧は  $V_0$  [V] である。極板と同じ形状と大きさを持ち、厚さが  $\frac{d}{4}$  [m] の帯電していない導体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入したとき、導体の電位の値 [V] として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。



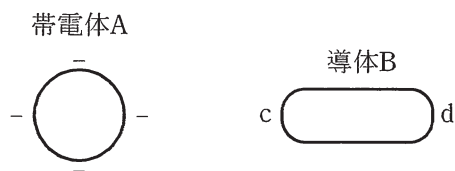
- (1)  $\frac{V_0}{8}$       (2)  $\frac{V_0}{6}$       (3)  $\frac{V_0}{4}$       (4)  $\frac{V_0}{3}$       (5)  $\frac{V_0}{2}$

問2 次の文章は、静電気に関する記述である。

図のように真空中において、負に帯電した帯電体 A を、帯電していない絶縁された導体 B に近づけると、導体 B の帯電体 A に近い側の表面 c 付近に  の電荷が現れ、それと反対側の表面 d 付近に  の電荷が現れる。

この現象を  という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



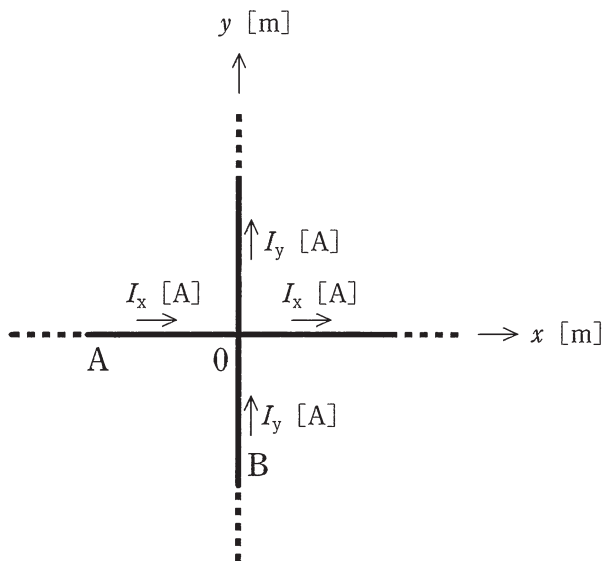
|     | (ア) | (イ) | (ウ)   |
|-----|-----|-----|-------|
| (1) | 正   | 負   | 静電遮へい |
| (2) | 負   | 正   | 静電誘導  |
| (3) | 負   | 正   | 分極    |
| (4) | 負   | 正   | 静電遮へい |
| (5) | 正   | 負   | 静電誘導  |

問3 環状鉄心に絶縁電線を巻いて作った磁気回路に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 磁気抵抗は、磁束の通りにくさを表している。毎ヘンリー  $[H^{-1}]$  は、磁気抵抗の単位である。
- (2) 電気抵抗が導体断面積に反比例するように、磁気抵抗は、鉄心断面積に反比例する。
- (3) 鉄心の透磁率が大きいほど、磁気抵抗は小さくなる。
- (4) 起磁力が同じ場合、鉄心の磁気抵抗が大きいほど、鉄心を通る磁束は小さくなる。
- (5) 磁気回路における起磁力と磁気抵抗は、電気回路におけるオームの法則の電流と電気抵抗にそれぞれ対応する。

問4 図のように、十分に長い直線状導体 A, B があり、A と B はそれぞれ直角座標系の  $x$  軸と  $y$  軸に沿って置かれている。A には  $+x$  方向の電流  $I_x$  [A] が、B には  $+y$  方向の電流  $I_y$  [A] が、それぞれ流れている。 $I_x > 0, I_y > 0$  とする。このとき、 $xy$  平面上で  $I_x$  と  $I_y$  のつくる磁界が零となる点 ( $x$  [m],  $y$  [m]) の満たす条件として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

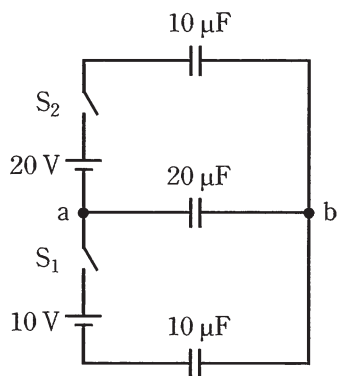
ただし、 $x \neq 0, y \neq 0$  とする。



- (1)  $y = \frac{I_x}{I_y} x$       (2)  $y = \frac{I_y}{I_x} x$       (3)  $y = -\frac{I_x}{I_y} x$       (4)  $y = -\frac{I_y}{I_x} x$       (5)  $y = \pm x$

問5 図のように、コンデンサ 3 個を充電する回路がある。スイッチ  $S_1$  及び  $S_2$  を同時に閉じてから十分に時間が経過し、定常状態となったとき、a 点からみた b 点の電圧の値 [V] として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、各コンデンサの初期電荷は零とする。

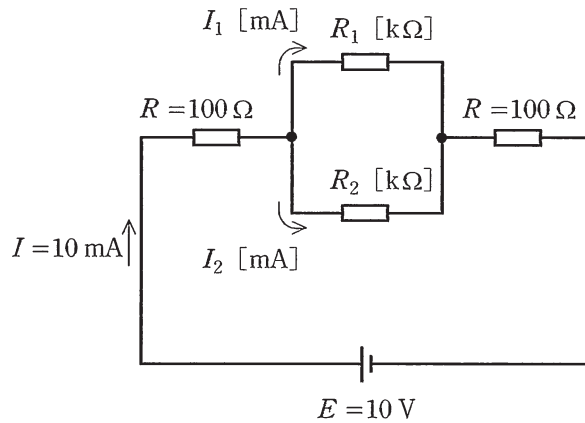


- (1)  $-\frac{10}{3}$       (2)  $-2.5$       (3)  $2.5$       (4)  $\frac{10}{3}$       (5)  $\frac{20}{3}$



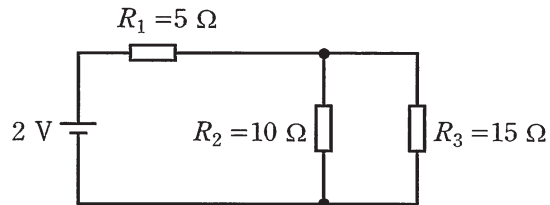
問6 図のように、抵抗を直並列に接続した直流回路がある。この回路を流れる電流  $I$  の値は、 $I = 10 \text{ mA}$  であった。このとき、抵抗  $R_2$  [ $\text{k}\Omega$ ] として、最も近い  $R_2$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、抵抗  $R_1$  [ $\text{k}\Omega$ ] に流れる電流  $I_1$  [ $\text{mA}$ ] と抵抗  $R_2$  [ $\text{k}\Omega$ ] に流れる電流  $I_2$  [ $\text{mA}$ ] の電流比  $\frac{I_1}{I_2}$  の値は  $\frac{1}{2}$  とする。



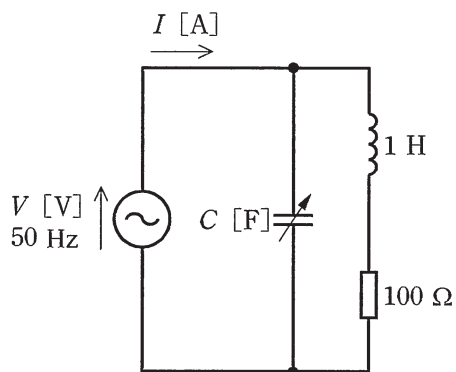
- (1) 0.3      (2) 0.6      (3) 1.2      (4) 2.4      (5) 4.8

問7 図に示す直流回路において、抵抗  $R_1 = 5 \Omega$  で消費される電力は抵抗  $R_3 = 15 \Omega$  で消費される電力の何倍となるか。その倍率として、最も近い値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



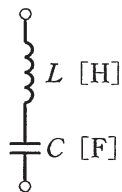
- (1) 0.9      (2) 1.2      (3) 1.5      (4) 1.8      (5) 2.1

問8 図の交流回路において、電源を流れる電流  $I$  [A] の大きさが最小となるように静電容量  $C$  [F] の値を調整した。このときの回路の力率の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

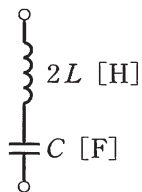


- (1) 0.11      (2) 0.50      (3) 0.71      (4) 0.87      (5) 1

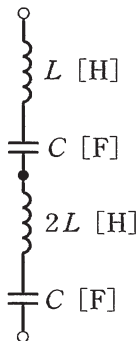
問9 図のように、二つのLC直列共振回路A、Bがあり、それぞれの共振周波数が $f_A$  [Hz]、 $f_B$  [Hz]である。これらA、Bをさらに直列に接続した場合、全体としての共振周波数が $f_{AB}$  [Hz]になった。 $f_A$ 、 $f_B$ 、 $f_{AB}$ の大小関係として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



回路A



回路B



回路Aと回路Bの直列接続

- (1)  $f_A < f_B < f_{AB}$       (2)  $f_A < f_{AB} < f_B$       (3)  $f_{AB} < f_A < f_B$   
 (4)  $f_{AB} < f_B < f_A$       (5)  $f_B < f_{AB} < f_A$

問10 交流回路に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、抵抗  $R$  [ $\Omega$ ], インダクタンス  $L$  [H], 静電容量  $C$  [F] とする。

- (1) 正弦波交流起電力の最大値を  $E_m$  [V], 平均値を  $E_a$  [V] とすると, 平均値と最大値の関係は, 理論的に次のように表される。

$$E_a = \frac{2E_m}{\pi} \doteq 0.637E_m \text{ [V]}$$

- (2) ある交流起電力の時刻  $t$  [s] における瞬時値が,  $e = 100 \sin 100\pi t$  [V] であるとする, この起電力の周期は 20 ms である。

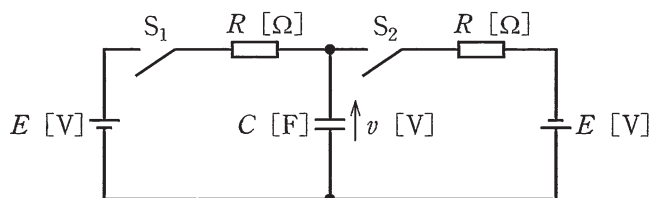
- (3)  $RLC$  直列回路に角周波数  $\omega$  [rad/s] の交流電圧を加えたとき,  $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  の場合, 回路を流れる電流の位相は回路に加えた電圧より遅れ,  $\omega L < \frac{1}{\omega C}$  の場合, 回路を流れる電流の位相は回路に加えた電圧より進む。

- (4)  $RLC$  直列回路に角周波数  $\omega$  [rad/s] の交流電圧を加えたとき,  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  の場合, 回路のインピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ] は,  $Z = R$  [ $\Omega$ ] となり, 回路に加えた電圧と電流は同相になる。この状態を回路が共振状態であるという。

- (5)  $RLC$  直列回路のインピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ], 電力  $P$  [W] 及び皮相電力  $S$  [V·A] を使って回路の力率  $\cos\theta$  を表すと,  $\cos\theta = \frac{R}{Z}$ ,  $\cos\theta = \frac{S}{P}$  の関係がある。

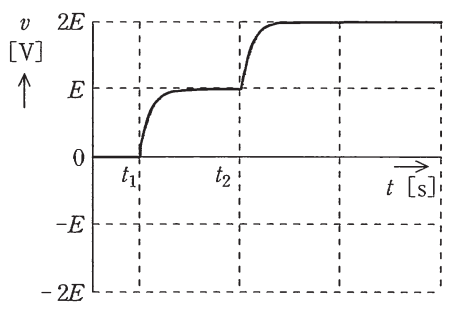
問11 図のように、直流電圧  $E$  [V] の電源が 2 個、 $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗が 2 個、静電容量  $C$  [F] のコンデンサ、スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  からなる回路がある。スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  の初期状態は、共に開いているものとする。電源の内部インピーダンスは零とする。時刻  $t = t_1$  [s] でスイッチ  $S_1$  を閉じ、その後、時定数  $CR$  [s] に比べて十分に時間が経過した時刻  $t = t_2$  [s] でスイッチ  $S_1$  を開き、スイッチ  $S_2$  を閉じる。このとき、コンデンサの端子電圧  $v$  [V] の波形を示す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの初期電荷は零とする。

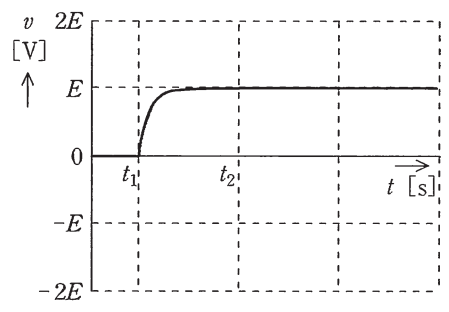


(選択肢は右側に記載)

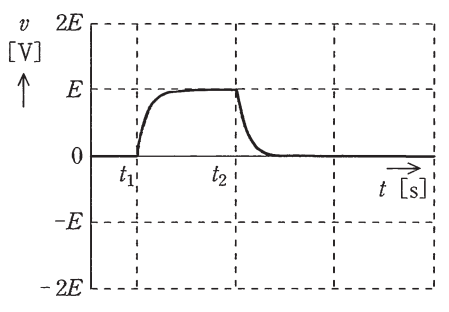
(1)



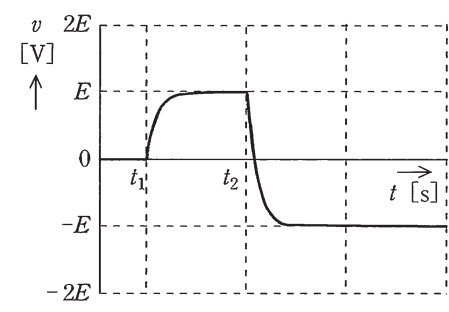
(2)



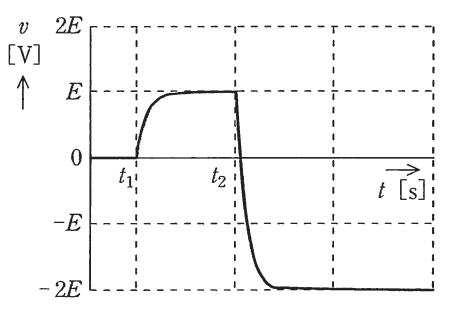
(3)



(4)



(5)



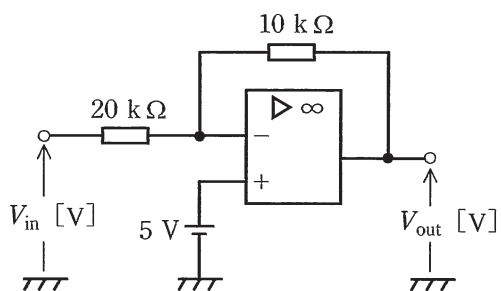
問12 半導体の pn 接合を利用した素子に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) ダイオードに p 形が負、n 形が正となる電圧を加えたとき、p 形、n 形それぞれの領域の少数キャリアに対しては、順電圧と考えられるので、この少数キャリアが移動することによって、極めてわずかな電流が流れる。
- (2) pn 接合をもつ半導体を用いた太陽電池では、その pn 接合部に光を照射すると、電子と正孔が発生し、それらが pn 接合部で分けられ電子が n 形、正孔が p 形のそれぞれの電極に集まる。その結果、起電力が生じる。
- (3) 発光ダイオードの pn 接合領域に順電圧を加えると、pn 接合領域でキャリアの再結合が起こる。再結合によって、そのエネルギーに相当する波長の光が接合部付近から放出される。
- (4) 定電圧ダイオード(ツェナーダイオード)はダイオードにみられる順電圧・電流特性の急激な降伏現象を利用したものである。
- (5) 空乏層の静電容量が、逆電圧によって変化する性質を利用したダイオードを可変容量ダイオード又はバラクタダイオードという。逆電圧の大きさを小さくしていくと、静電容量は大きくなる。



問13 図のような、演算増幅器を用いた能動回路がある。直流入力電圧  $V_{in}$  [V] が 3V のとき、出力電圧  $V_{out}$  [V] として、最も近い  $V_{out}$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

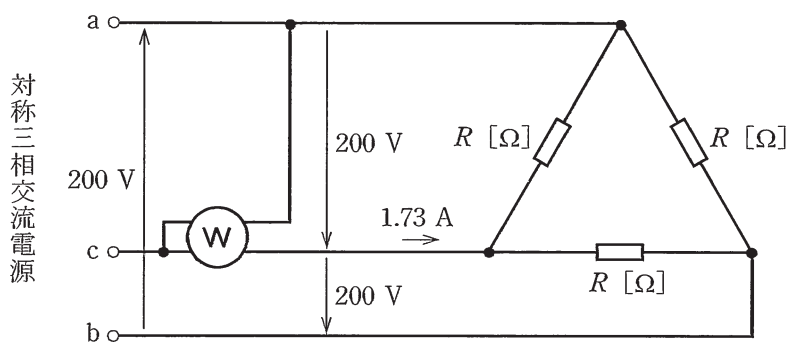
ただし、演算増幅器は、理想的なものとする。



- (1) 1.5      (2) 5      (3) 5.5      (4) 6      (5) 6.5

問14 図のように  $200\text{ V}$  の対称三相交流電源に抵抗  $R [\Omega]$  からなる平衡三相負荷を接続したところ、線電流は  $1.73\text{ A}$  であった。いま、電力計の電流コイルを  $c$  相に接続し、電圧コイルを  $c$ - $a$  相間に接続したとき、電力計の指示  $P [\text{W}]$  として、最も近い  $P$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、対称三相交流電源の相回転は  $a, b, c$  の順とし、電力計の電力損失は無視できるものとする。

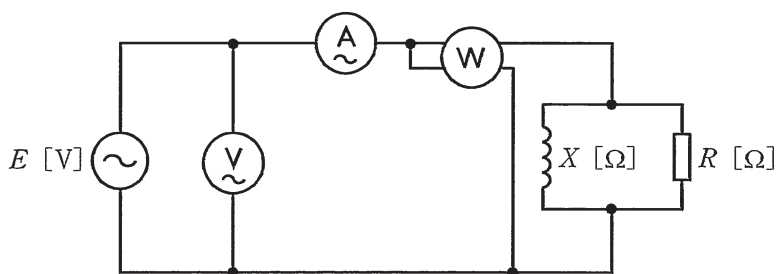


- (1) 200      (2) 300      (3) 346      (4) 400      (5) 600

**B問題**（配点は1問題当たり(a)5点、(b)5点、計10点）

問15 図のように、正弦波交流電圧  $E$  [V] の電源が誘導性リアクタンス  $X$  [ $\Omega$ ] のコイルと抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] との並列回路に電力を供給している。この回路において、電流計の指示値は 12.5 A、電圧計の指示値は 300 V、電力計の指示値は 2250 W であった。

ただし、電圧計、電流計及び電力計の損失はいずれも無視できるものとする。  
次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) この回路における無効電力  $Q$  [var] として、最も近い  $Q$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1800      (2) 2250      (3) 2750      (4) 3000      (5) 3750

(b) 誘導性リアクタンス  $X$  [ $\Omega$ ] として、最も近い  $X$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 16      (2) 24      (3) 30      (4) 40      (5) 48

問16 図1のように、線間電圧 200 V、周波数 50 Hz の対称三相交流電源に  $1\ \Omega$  の抵抗と誘導性リアクタンス  $\frac{4}{3}\ \Omega$  のコイルとの並列回路からなる平衡三相負荷 (Y 結線) が接続されている。また、スイッチ S を介して、コンデンサ C ( $\Delta$  結線) を接続することができるものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

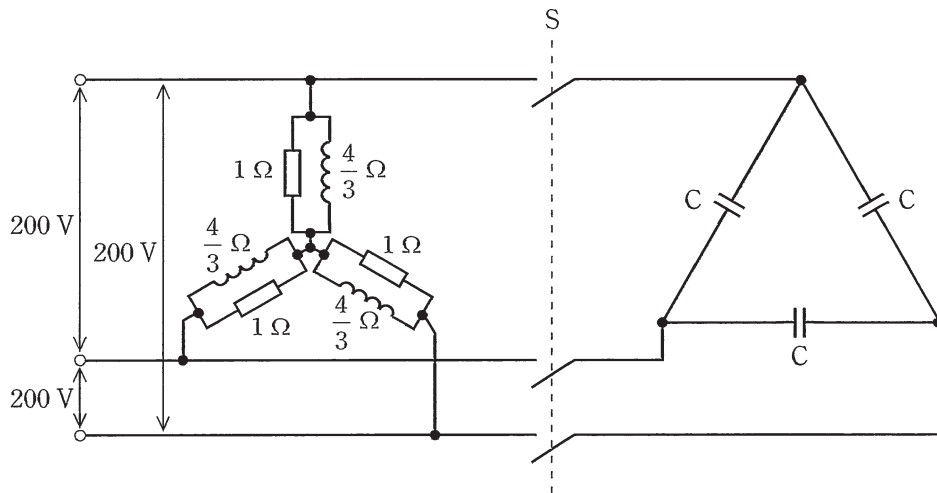


図 1

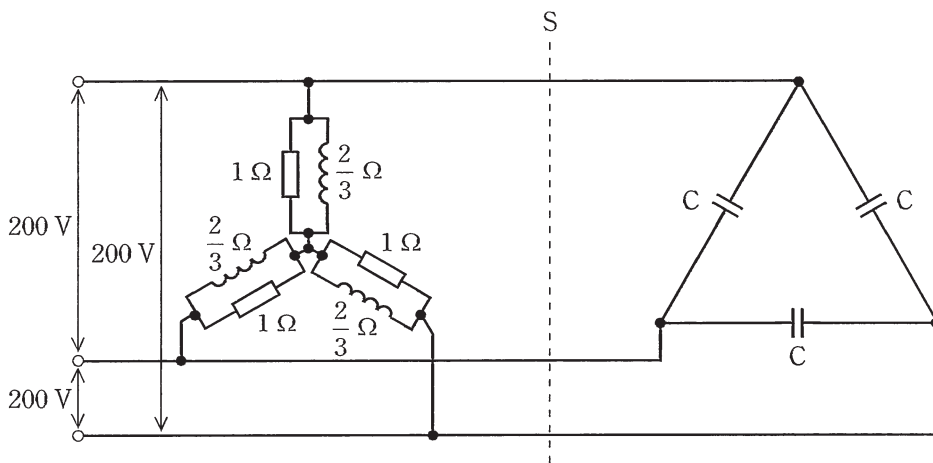


図 2

(a) スイッチ S が開いた状態において、三相負荷の有効電力  $P$  の値 [kW] と無効電力  $Q$  の値 [kvar] の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

|     | $P$ | $Q$ |
|-----|-----|-----|
| (1) | 40  | 30  |
| (2) | 40  | 53  |
| (3) | 80  | 60  |
| (4) | 120 | 90  |
| (5) | 120 | 160 |

(b) 図 2 のように三相負荷のコイルの誘導性リアクタンスを  $\frac{2}{3} \Omega$  に置き換え、スイッチ S を閉じてコンデンサ C を接続する。このとき、電源からみた有効電力と無効電力が図 1 の場合と同じ値となったとする。コンデンサ C の静電容量の値 [ $\mu\text{F}$ ] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

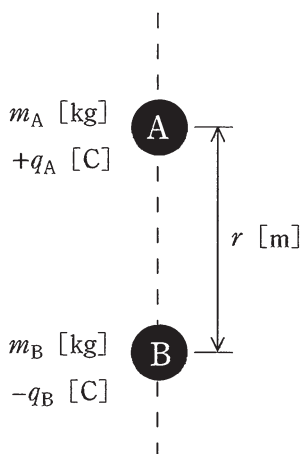
- (1) 800            (2) 1200            (3) 2400            (4) 4800            (5) 7200

問17及び問18は選択問題であり、問17又は問18のどちらかを選んで解答すること。  
なお、両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問17 図のように、真空中において二つの小さな物体 A, B が距離  $r$  [m] を隔てて鉛直線上に置かれている。A は固定されており、A の真下に B がある。物体 A, B はそれぞれ、質量  $m_A$  [kg],  $m_B$  [kg] をもち、電荷  $+q_A$  [C],  $-q_B$  [C] を帯びている。 $q_A > 0$ ,  $q_B > 0$  とし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、小問(a)においては重力加速度  $g$  [m/s<sup>2</sup>] の重力を、小問(b)においては無重力を、それぞれ仮定する。物体 A, B の間の万有引力は無視する。



(a) 重力加速度  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] の重力のもとで B を初速度零で放ったとき、B は A に近づくように上昇を始めた。このときの条件を表す式として、正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

$$(1) \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r^2} > m_B g \quad (2) \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r} > m_B g \quad (3) \frac{q_A q_B}{4\pi r} > m_B g$$

$$(4) \frac{q_A q_B}{2\pi\epsilon_0 r^2} > m_B g \quad (5) \frac{q_A q_B}{2\pi\epsilon_0 r} > m_B g$$

(b) 無重力のもとで B を下向きの初速度  $v_B$  [ $\text{m/s}$ ] で放ったとき、B は下降を始めたが、途中で速度の向きが変わり上昇に転じた。このときの条件を表す式として、正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

$$(1) \frac{1}{2} m_B v_B^2 < \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2) \frac{1}{2} m_B v_B^2 < \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (3) m_B v_B < \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$(4) m_B v_B < \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (5) \frac{1}{2} m_B v_B < \frac{q_A q_B}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

(選択問題)

問18 図1は、代表的なスイッチング電源回路の原理図を示している。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

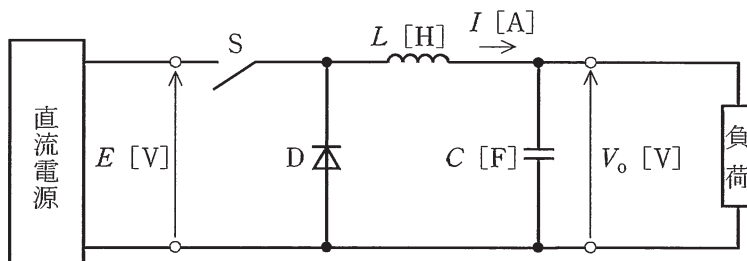


図 1

- (a) 回路の説明として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
- (1) インダクタンス  $L$  [H] のコイルはスイッチ S がオンのときに電磁エネルギーを蓄え、S がオフのときに蓄えたエネルギーを放出する。
  - (2) ダイオード D は、スイッチ S がオンのときには電流が流れず、S がオフのときに電流が流れる。
  - (3) 静電容量  $C$  [F] のコンデンサは出力電圧  $V_o$  [V] を平滑化するための素子であり、静電容量  $C$  [F] が大きいほどリップ電圧が小さい。
  - (4) コイルのインダクタンスやコンデンサの静電容量値を小さくするためには、スイッチ S がオンとオフを繰り返す周期(スイッチング周期)を長くする。
  - (5) スイッチの実現には、バイポーラトランジスタや電界効果トランジスタが使用できる。



(b) スイッチ S がオンの間にコイルの電流  $I$  が増加する量を  $\Delta I_1$  [A] とし、スイッチ S がオフの間に  $I$  が減少する量を  $\Delta I_2$  [A] とすると、定常的には図 2 の太線に示すような電流の変化がみられ、 $\Delta I_1 = \Delta I_2$  が成り立つ。

ここで出力電圧  $V_0$  [V] のリップルは十分小さく、出力電圧を一定とし、電流  $I$  の増減は図 2 のように直線的であるとする。また、ダイオードの順方向電圧は 0 V と近似する。さらに、スイッチ S がオン並びにオフしている時間をそれぞれ  $T_{ON}$  [s]、 $T_{OFF}$  [s] とする。

$\Delta I_1$  と  $V_0$  を表す式の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

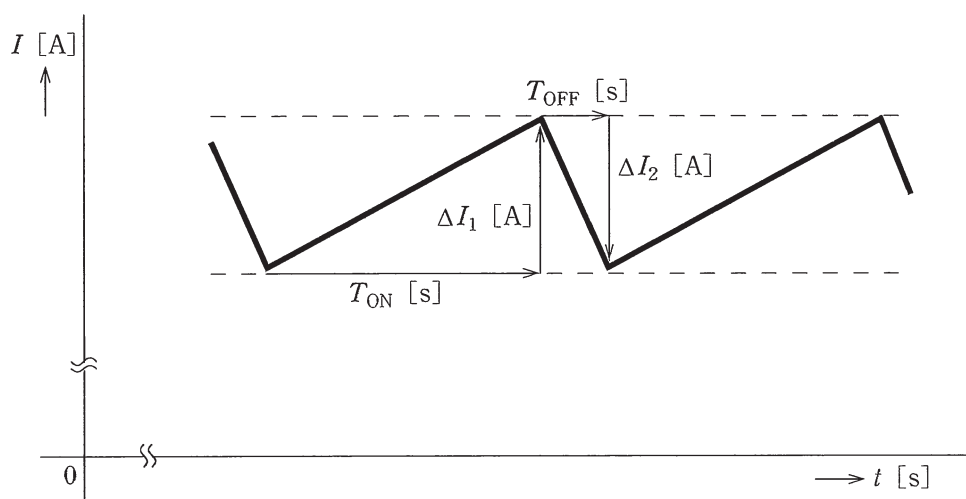


図 2

|     | $\Delta I_1$                | $V_0$                                 |
|-----|-----------------------------|---------------------------------------|
| (1) | $\frac{(E - V_0)T_{ON}}{L}$ | $\frac{T_{OFF}E}{T_{ON} + T_{OFF}}$   |
| (2) | $\frac{(E - V_0)T_{ON}}{L}$ | $\frac{T_{ON}E}{T_{ON} + T_{OFF}}$    |
| (3) | $\frac{(E - V_0)T_{ON}}{L}$ | $\frac{(T_{ON} + T_{OFF})E}{T_{OFF}}$ |
| (4) | $\frac{(V_0 - E)T_{ON}}{L}$ | $\frac{(T_{ON} + T_{OFF})E}{T_{ON}}$  |
| (5) | $\frac{(V_0 - E)T_{ON}}{L}$ | $\frac{(T_{ON} + T_{OFF})E}{T_{OFF}}$ |