

# 理論

R05 下期 予想問題（過去問選抜）

2024/1/31 版

問1 図1及び図2のように、静電容量がそれぞれ4 [μF] と2 [μF] のコンデンサ  $C_1$  及び  $C_2$ 、スイッチ  $S_1$  及び  $S_2$  からなる回路がある。コンデンサ  $C_1$  と  $C_2$  には、それぞれ2 [μC] と4 [μC] の電荷が図のような極性で蓄えられている。この状態から両図ともスイッチ  $S_1$  及び  $S_2$  を閉じたとき、図1のコンデンサ  $C_1$  の端子電圧を  $V_1$  [V]、図2のコンデンサ  $C_1$  の端子電圧を  $V_2$  [V] とすると、電圧比  $\left| \frac{V_1}{V_2} \right|$  の値として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

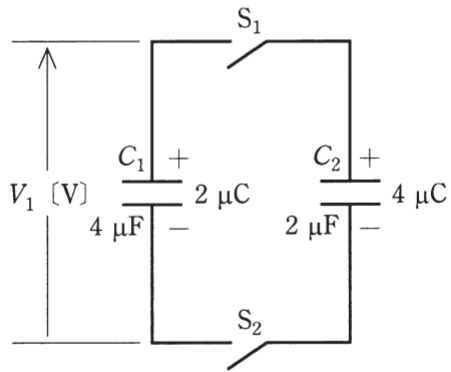


図1

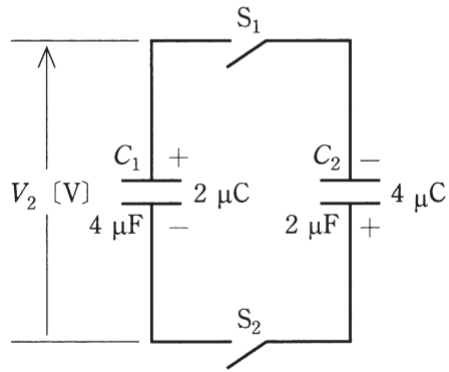


図2

- (1)  $\frac{1}{3}$       (2) 1      (3) 3      (4) 6      (5) 9

問2 次の文章は、平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離  $d_0$  [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率  $\epsilon_r > 1$ ，厚さ  $d_1$  [m]  $< d_0$  [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

また、極板と同形同面積の導体（厚さ  $d_2$  [m]  $< d_0$  [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、導体を挿入する前の値と比べて 。

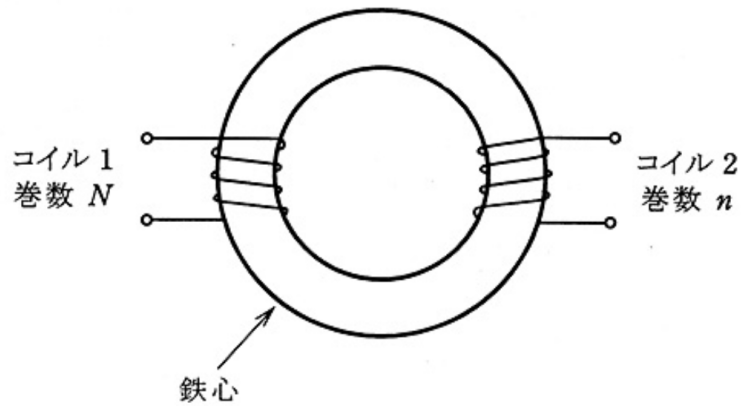
ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)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)   |
|-----|-------|-------|
| (1) | 強くなる  | 強くなる  |
| (2) | 強くなる  | 弱くなる  |
| (3) | 弱くなる  | 強くなる  |
| (4) | 弱くなる  | 弱くなる  |
| (5) | 変わらない | 変わらない |

問3 図のように、環状鉄心に二つのコイルが巻かれている。コイル1の巻数は $N$ であり、その自己インダクタンスは $L$  [H] である。コイル2の巻数は $n$ であり、その自己インダクタンスは $4L$  [H] である。巻数 $n$ の値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、鉄心は等断面、等質であり、コイル及び鉄心の漏れ磁束はなく、また、鉄心の磁気飽和もないものとする。



- (1)  $\frac{N}{4}$       (2)  $\frac{N}{2}$       (3)  $2N$       (4)  $4N$       (5)  $16N$

問4 図1のように、無限に長い直線状導体 A に直流電流  $I_1$  [A] が流れているとき、この導体から  $a$  [m] 離れた点 P での磁界の大きさは  $H_1$  [A/m] であった。一方、図2のように半径  $a$  [m] の一巻きの円形コイル B に直流電流  $I_2$  [A] が流れているとき、この円の中心点 O での磁界の大きさは  $H_2$  [A/m] であった。 $H_1=H_2$  であるときの  $I_1$  と  $I_2$  の関係を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

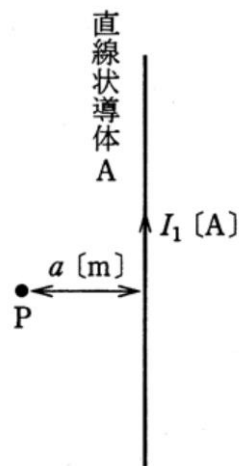


図 1

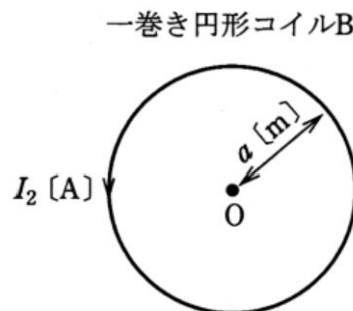
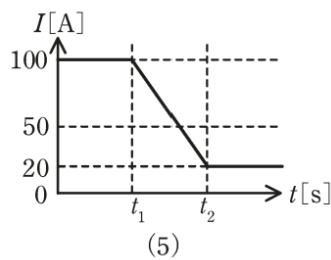
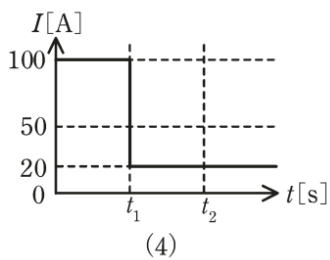
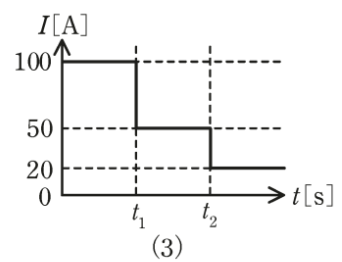
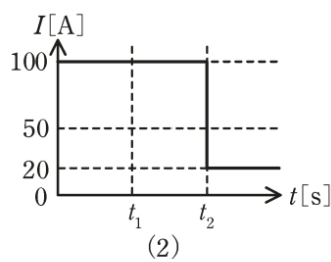
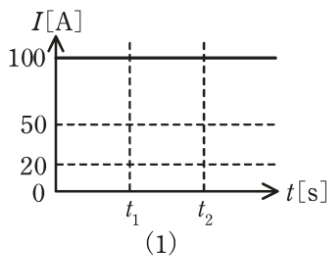
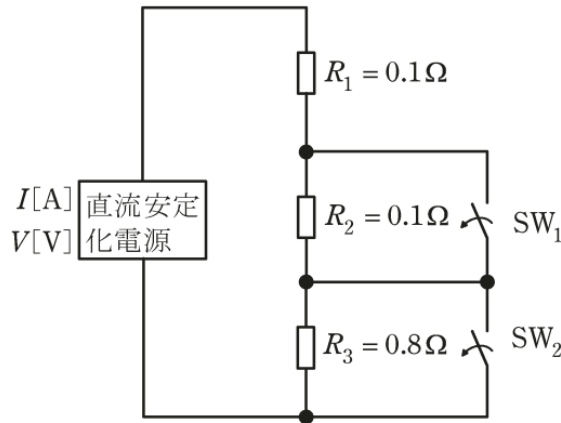


図 2

- (1)  $I_1 = \pi^2 I_2$                       (2)  $I_1 = \pi I_2$                       (3)  $I_1 = \frac{I_2}{\pi}$
- (4)  $I_1 = \frac{I_2}{\pi^2}$                       (5)  $I_1 = \frac{2}{\pi} I_2$

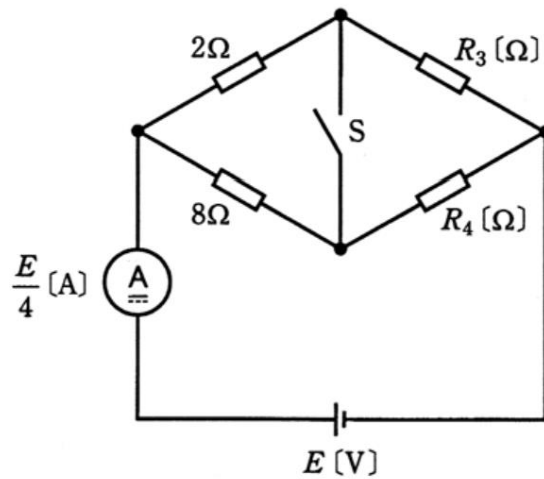
問5 直流の出力電流又は出力電圧が常に一定の値になるように制御された電源を直流安定化電源と呼ぶ。直流安定化電源の出力電流や出力電圧にはそれぞれ上限値があり、一定電流(定電流モード)又は一定電圧(定電圧モード)で制御されている際に負荷の変化によってどちらかの上限値を超えると、定電流モードと定電圧モードとの間で切り替わる。

図のように、直流安定化電源(上限値: 100 A, 20 V), 三つの抵抗 ( $R_1 = R_2 = 0.1\Omega$ ,  $R_3 = 0.8\Omega$ ), 二つのスイッチ ( $SW_1$ ,  $SW_2$ ) で構成されている回路がある。両スイッチを閉じ、回路を流れる電流  $I = 100$  A の定電流モードを維持している状態において、時刻  $t = t_1$  [s] で  $SW_1$  を開き、時刻  $t = t_2$  [s] で  $SW_2$  を開くとき、 $I$  [A] の波形として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



問6 図のような直流回路において、スイッチ S を閉じても、開いても電流計の指示値は、 $\frac{E}{4}$  [A] 一定である。このとき、抵抗  $R_3$  [ $\Omega$ ]、 $R_4$  [ $\Omega$ ] のうち小さい方の抵抗 [ $\Omega$ ] の値として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、直流電圧源は  $E$  [V] とし、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



(1) 1

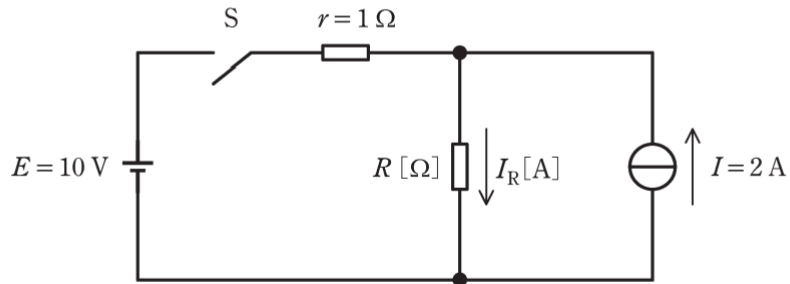
(2) 2

(3) 3

(4) 4

(5) 8

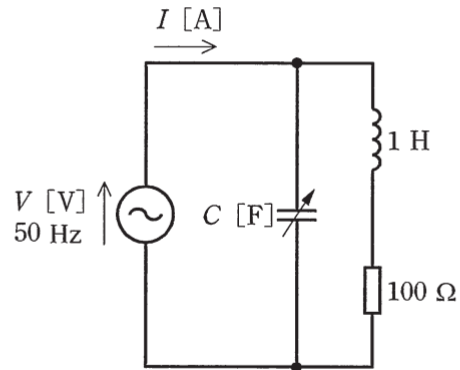
問7 図のように、直流電圧  $E = 10 \text{ V}$  の定電圧源、直流電流  $I = 2 \text{ A}$  の定電流源、スイッチ  $S$ 、 $r = 1 \Omega$  と  $R [\Omega]$  の抵抗からなる直流回路がある。この回路において、スイッチ  $S$  を閉じたとき、 $R [\Omega]$  の抵抗に流れる電流  $I_R$  の値  $[\text{A}]$  が  $S$  を閉じる前に比べて 2 倍に増加した。 $R$  の値  $[\Omega]$  として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



- (1) 2                      (2) 3                      (3) 8                      (4) 10                      (5) 11

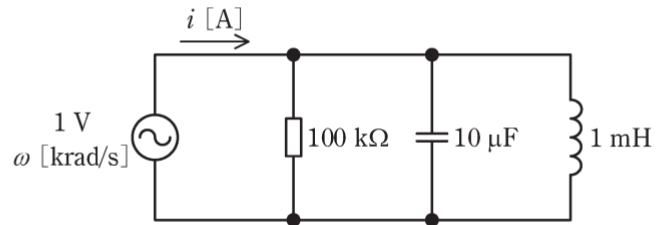


問 8 図の交流回路において、電源を流れる電流  $I$  [A] の大きさが最小となるように静電容量  $C$  [F] の値を調整した。このときの回路の力率の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



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

問9 図は、実効値が  $1\text{ V}$  で角周波数  $\omega$  [krad/s] が変化する正弦波交流電源を含む回路である。いま、 $\omega$  の値が  $\omega_1 = 5\text{ krad/s}$ ,  $\omega_2 = 10\text{ krad/s}$ ,  $\omega_3 = 30\text{ krad/s}$  と3通りの場合を考え、 $\omega = \omega_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) のときの電流  $i$  [A] の実効値を  $I_k$  と表すとき、 $I_1, I_2, I_3$  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。



- (1)  $I_1 < I_2 < I_3$                       (2)  $I_1 = I_2 < I_3$                       (3)  $I_2 < I_1 < I_3$   
 (4)  $I_2 < I_1 = I_3$                       (5)  $I_3 < I_2 < I_1$

問10 図1のようなインダクタンス  $L$  [H] のコイルと  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗からなる直列回路に、図2のような振幅  $E$  [V]、パルス幅  $T_0$  [s] の方形波電圧  $v_i$  [V] を加えた。このときの抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] の端子間電圧  $v_R$  [V] の波形を示す図として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、図1の回路の時定数  $\frac{L}{R}$  [s] は  $T_0$  [s] より十分小さく ( $\frac{L}{R} \ll T_0$ )、方形波電圧  $v_i$  [V] を発生する電源の内部インピーダンスは  $0$  [ $\Omega$ ] とし、コイルに流れる初期電流は  $0$  [A] とする。

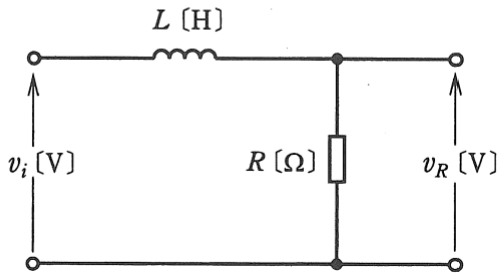


図 1

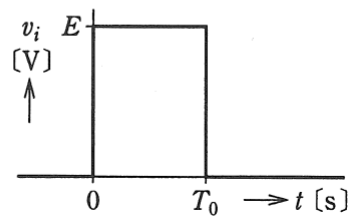
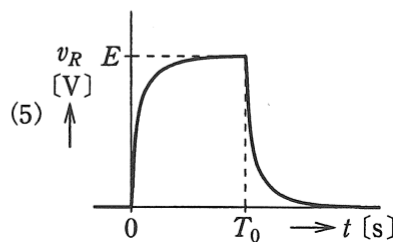
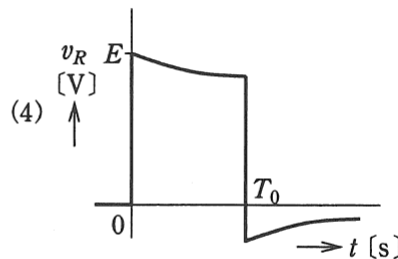
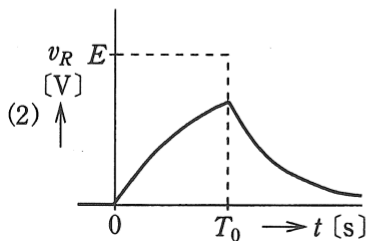
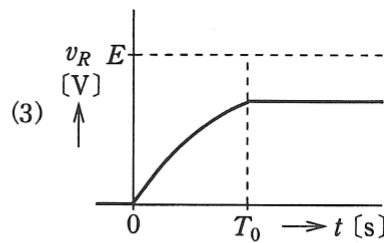
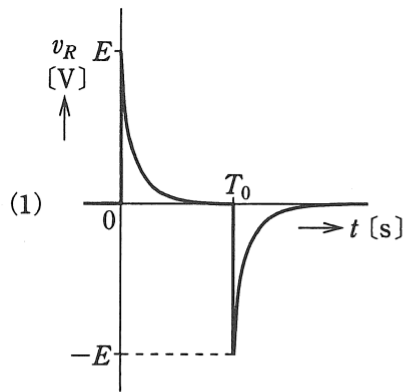


図 2

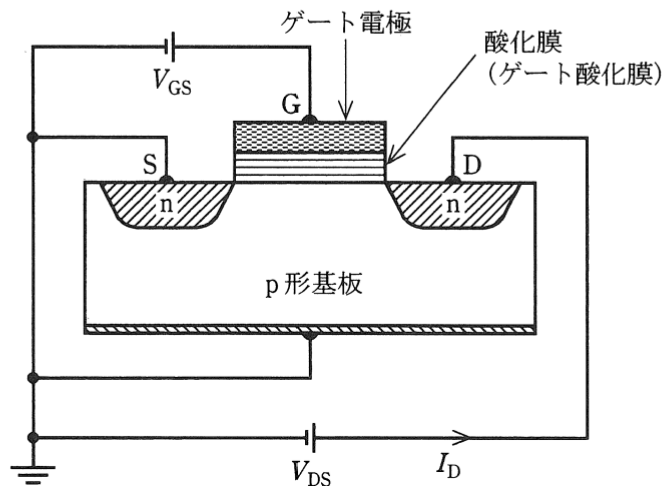


問11 次の文章は、電界効果トランジスタに関する記述である。

図に示す MOS 電界効果トランジスタ (MOSFET) は、p 形基板表面に n 形のソースとドレイン領域が形成されている。また、ゲート電極は、ソースとドレイン間の p 形基板表面上に薄い酸化膜の絶縁層 (ゲート酸化膜) を介して作られている。ソース S と p 形基板の電位を接地電位とし、ゲート G にしきい値電圧以上の正の電圧  $V_{GS}$  を加えることで、絶縁層を隔てた p 形基板表面近くでは、(ア) が除去され、チャンネルと呼ばれる (イ) の薄い層ができる。これによりソース S とドレイン D が接続される。この  $V_{GS}$  を上昇させるとドレイン電流  $I_D$  は (ウ) する。

また、この FET は (エ) チャンネル MOSFET と呼ばれている。

上記の記述中の空白箇所 (ア), (イ), (ウ) 及び (エ) 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) | (エ) |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) | 正孔  | 電子  | 増加  | n   |
| (2) | 電子  | 正孔  | 減少  | p   |
| (3) | 正孔  | 電子  | 減少  | n   |
| (4) | 電子  | 正孔  | 増加  | n   |
| (5) | 正孔  | 電子  | 増加  | p   |

問 12 次の文章は、紫外線ランプの構造と動作に関する記述である。

紫外線ランプは、紫外線を透過させる石英ガラス管と、その両端に設けられた  
□ (ア) □ からなり、ガラス管内には数百パスカルの □ (イ) □ 及び微量の水  
銀が封入されている。両極間に高電圧を印加すると、 □ (ウ) □ から出た電子  
が電界で加速され、 □ (イ) □ 原子に衝突してイオン化する。ここで生じた正  
イオンは電界で加速され、 □ (ウ) □ に衝突して電子をたたき出す結果、放電  
が安定に持続する。管内を走行する電子が水銀原子に衝突すると、電子からエネ  
ルギーを得た水銀原子は励起され、特定の波長の紫外線の光子を放出して安定な  
状態に戻る。さらに □ (エ) □ はガラス管の内側の面にある種の物質を塗り、  
紫外線を □ (オ) □ に変換するようにしたものである。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)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) | (エ)    | (オ)   |
|-----|-----|-----|-----|--------|-------|
| (1) | 磁極  | 酸素  | 陰極  | マグネトロン | マイクロ波 |
| (2) | 電極  | 酸素  | 陽極  | 蛍光ランプ  | 可視光   |
| (3) | 磁極  | 希ガス | 陰極  | 進行波管   | マイクロ波 |
| (4) | 電極  | 窒素  | 陽極  | 赤外線ヒータ | 赤外光   |
| (5) | 電極  | 希ガス | 陰極  | 蛍光ランプ  | 可視光   |

問 13 図 1 は、ダイオード D、抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗器、及び電圧  $E[V]$  の直流電源からなるクリップ回路に、正弦波電圧  $v_i = V_m \sin \omega t [V]$  (ただし、 $V_m > E > 0$ ) を入力したときの出力電圧  $v_o [V]$  の波形である。図 2(a)～(e) のうち図 1 の出力波形が得られる回路として、正しいものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、 $\omega [\text{rad/s}]$  は角周波数、 $t [\text{s}]$  は時間を表す。また、順電流が流れているときのダイオードの端子間電圧は  $0 \text{ V}$  とし、逆電圧が与えられているときのダイオードに流れる電流は  $0 \text{ A}$  とする。

- (1) (a), (e)                      (2) (b), (d)                      (3) (a), (d)  
 (4) (b), (c)                      (5) (c), (e)

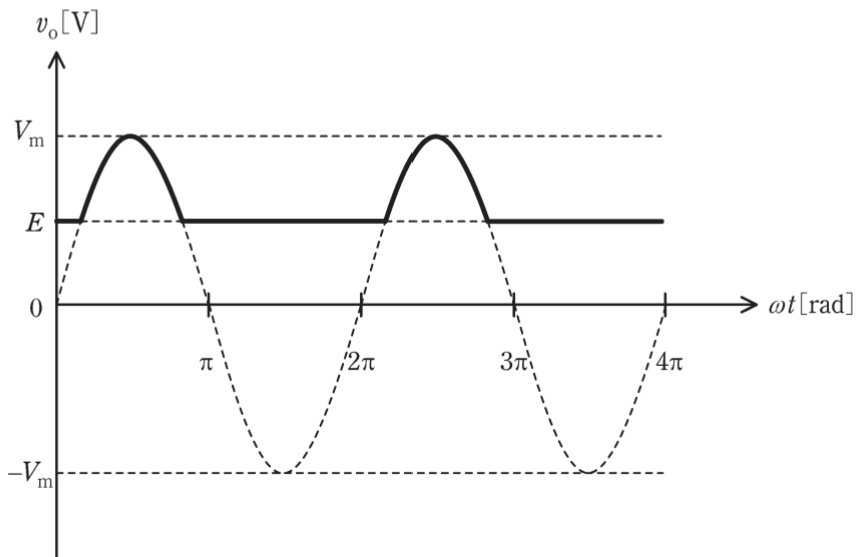


図 1

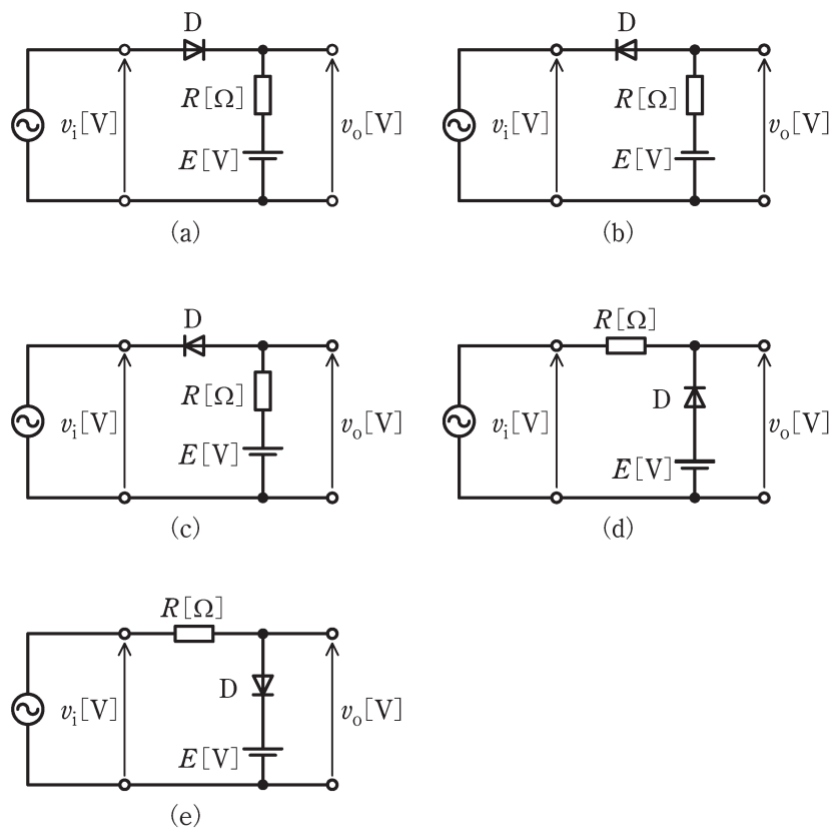


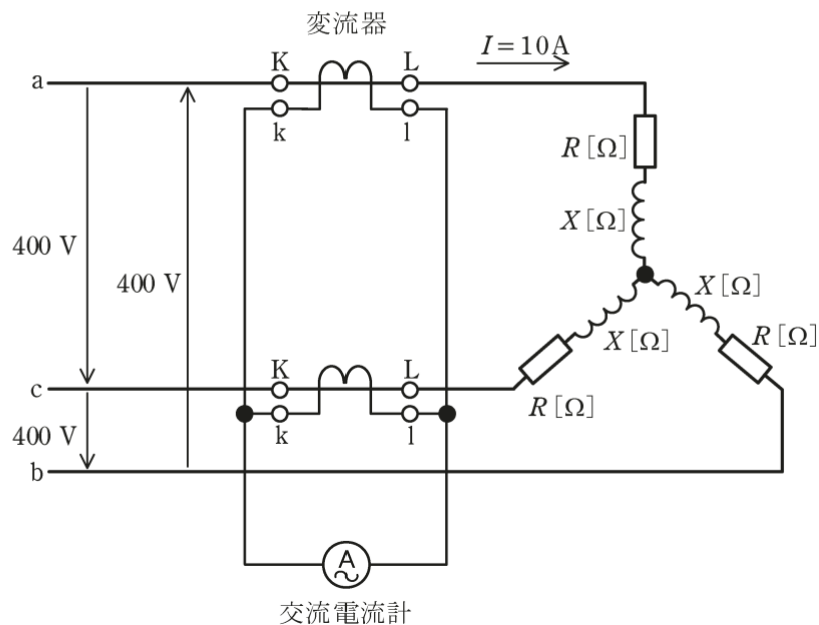
図 2

問 14 固有の名称をもつ SI 組立単位の記号と、これと同じ内容を表す他の表し方の組合せとして、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

|     | SI 組立単位の記号 | SI 基本単位及び SI 組立単位<br>による他の表し方 |
|-----|------------|-------------------------------|
| (1) | F          | C/V                           |
| (2) | W          | J/s                           |
| (3) | S          | A/V                           |
| (4) | T          | Wb/m <sup>2</sup>             |
| (5) | Wb         | V/s                           |



問 15 図のように、線間電圧  $400\text{ V}$  の対称三相交流電源に抵抗  $R[\Omega]$  と誘導性リアクタンス  $X[\Omega]$  からなる平衡三相負荷が接続されている。平衡三相負荷の全消費電力は  $6\text{ kW}$  であり、これに線電流  $I=10\text{ A}$  が流れている。電源と負荷との間には、変流比  $20:5$  の変流器が a 相及び c 相に挿入され、これらの二次側が交流電流計  $\text{A}$  を通して並列に接続されている。この回路について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) 交流電流計  $\text{A}$  の指示値  $[\text{A}]$  として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

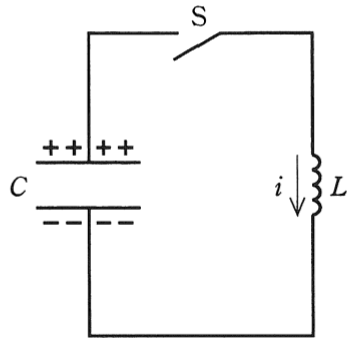
- (1) 0      (2) 2.50      (3) 4.33      (4) 5.00      (5) 40.0

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

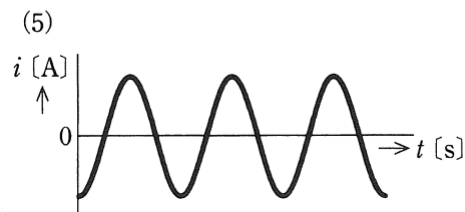
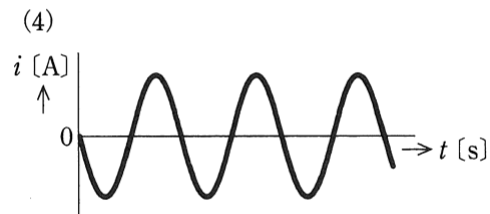
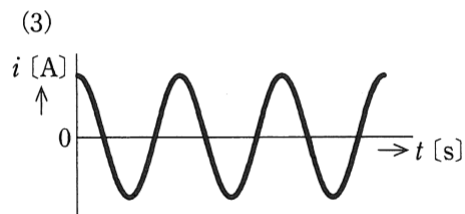
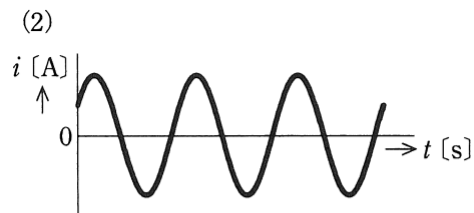
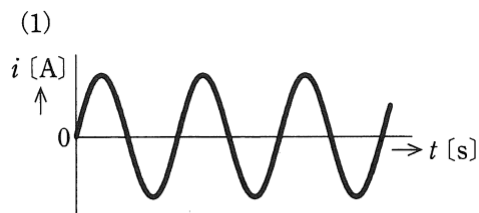
- (1) 11.5      (2) 20.0      (3) 23.1      (4) 34.6      (5) 60.0

問16 図のように、電圧 100 [V] に充電された静電容量  $C = 300$  [ $\mu\text{F}$ ] のコンデンサ、インダクタンス  $L = 30$  [mH] のコイル、開いた状態のスイッチ S からなる回路がある。時刻  $t = 0$  [s] でスイッチ S を閉じてコンデンサに充電された電荷を放電すると、回路には振動電流  $i$  [A] (図の矢印の向きを正とする) が流れる。このとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、回路の抵抗は無視できるものとする。



(a) 振動電流  $i$  [A] の波形を示す図として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



(b) 振動電流の最大値 [A] 及び周期 [ms] の値の組合せとして, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

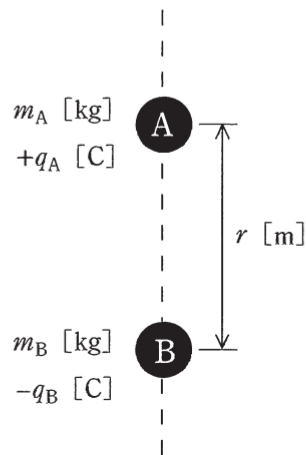
|     | 最大値  | 周 期  |
|-----|------|------|
| (1) | 1.0  | 18.8 |
| (2) | 1.0  | 188  |
| (3) | 10.0 | 1.88 |
| (4) | 10.0 | 18.8 |
| (5) | 10.0 | 188  |

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  $g$  [m/s<sup>2</sup>] 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  $v_B$  [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、飽和領域で動作する接合形 FET を用いた増幅回路を示し、図中の  $v_i$  並びに  $v_o$  はそれぞれ、入力と出力の小信号交流電圧 [V] を表す。また、図2は、その増幅回路で使用する FET のゲート-ソース間電圧  $V_{gs}$  [V] に対するドレーン電流  $I_d$  [mA] の特性を示している。抵抗  $R_G = 1$  [M $\Omega$ ]、 $R_D = 5$  [k $\Omega$ ]、 $R_L = 2.5$  [k $\Omega$ ]、直流電源電圧  $V_{DD} = 20$  [V] とするとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) FET の動作点が図2の点 P となる抵抗  $R_S$  [k $\Omega$ ] 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) 0.1      (2) 0.3      (3) 0.5      (4) 1      (5) 3

(b) 図2の特性曲線の点 P における接線の傾きを読むことで、FET の相互コンダクタンスが  $g_m = 6$  [mS] であるとわかる。この値を用いて、増幅回路の小信号交流等価回路をかくと図3となる。ここで、コンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_S$  のインピーダンスが使用する周波数で十分に小さいときを考えており、FET の出力インピーダンスが  $R_D$  [k $\Omega$ ] や  $R_L$  [k $\Omega$ ] より十分大きいとしている。この増幅回路の電圧増幅度  $A_v = \left| \frac{v_o}{v_i} \right|$  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) 10      (2) 30      (3) 50      (4) 100      (5) 300

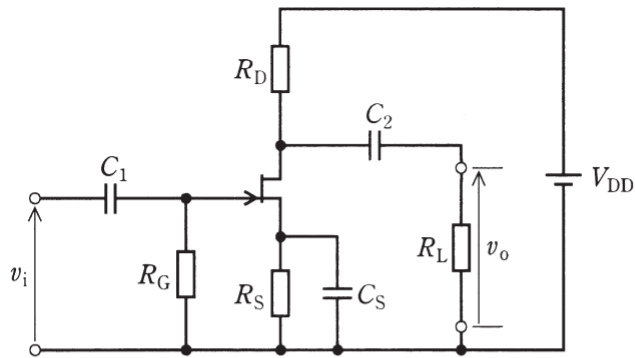


図 1

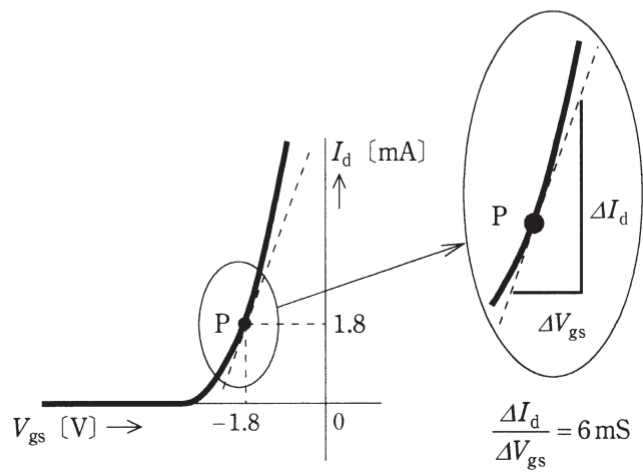


図 2

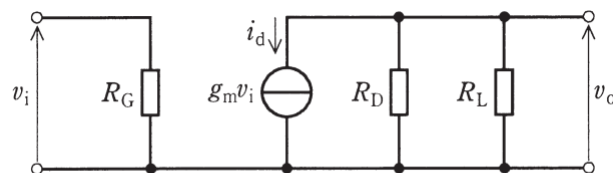


図 3

次のページは予想問題の解答  
(試験終了後に確認ください)



| 理論     |   |        |
|--------|---|--------|
| 問1     | 3 | H24問1  |
| 問2     | 1 | H30問2  |
| 問3     | 3 | H20問4  |
| 問4     | 2 | H19問1  |
| 問5     | 2 | R03問6  |
| 問6     | 3 | H19問6  |
| 問7     | 1 | H30問7  |
| 問8     | 5 | H26問8  |
| 問9     | 3 | R01問9  |
| 問10    | 5 | H21問10 |
| 問11    | 1 | H23問11 |
| 問12    | 5 | H29問12 |
| 問13    | 3 | H30問13 |
| 問14    | 5 | H30問14 |
| 問15(a) | 2 | R03問15 |
| 問15(b) | 1 |        |
| 問16(a) | 1 | H23問16 |
| 問16(b) | 4 |        |
| 問17(a) | 1 | H26問17 |
| 問17(b) | 2 |        |
| 問18(a) | 4 | H24問18 |
| 問18(b) | 1 |        |