

平成 24 年度

第 3 種

理 論

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

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（又はB）のしん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：0141C01234Lの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	L	
●					●	○	○	○	○	A	
○	●	○	●		○	●	○	○	○	B	
○	○	○	○	●	○	○	●	○	○	C	
○	○	○	○		○	○	○	●	○	K	
○	○	●	○		○	○	○	○	●	L	
○	○		○		○	○	○	○	○	M	
○	○		○		○	○	○	○	○	N	
○					○	○	○	○	○		
○					○	○	○	○	○		
○					○	○	○	○	○		

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. 選択問題は、いずれか一つの問題を選んで解答してください。

なお、2問とも解答した場合には、採点されません。

(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。

A問題 (配点は1問題当たり5点)

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。

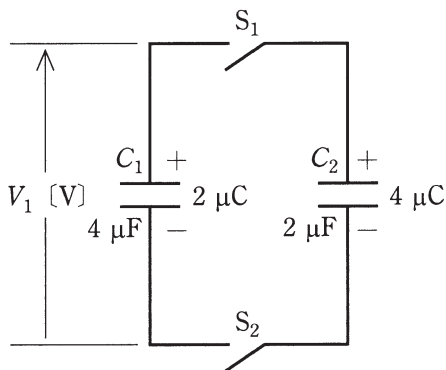


図 1

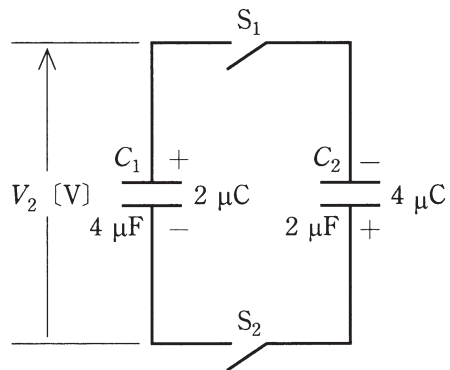
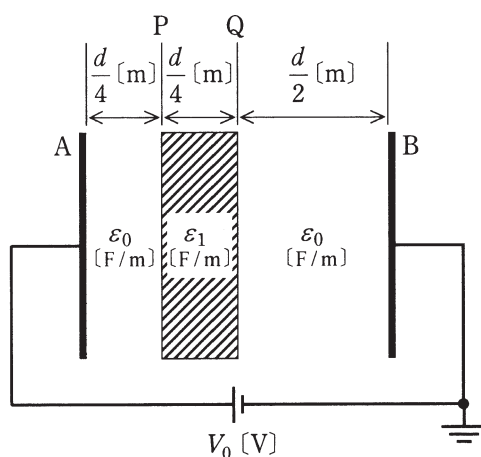


図 2

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

問2 極板 A-B 間が誘電率 ϵ_0 [F/m] の空気で満たされている平行平板コンデンサの空気ギャップ長を d [m]、静電容量を C_0 [F] とし、極板間の直流電圧を V_0 [V] とする。極板と同じ形状と面積を持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m]、誘電率 ϵ_1 [F/m] の固体誘電体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入すると、コンデンサ内の電位分布は変化し、静電容量は C_1 [F] に変化した。このとき、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、空気の誘電率を ϵ_0 、コンデンサの端効果は無視できるものとし、直流電圧 V_0 [V] は一定とする。



- (1) 位置 P の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも低下する。
- (2) 位置 Q の電位は、固体誘電体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (3) 静電容量 C_1 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。
- (4) 固体誘電体を導体に変えた場合、位置 P の電位は固体誘電体又は導体を挿入する前の値よりも上昇する。
- (5) 固体誘電体を導体に変えた場合の静電容量 C_2 [F] は、 C_0 [F] よりも大きくなる。

問3 次の文章は、コイルのインダクタンスに関する記述である。ここで、鉄心の磁気飽和は、無視するものとする。

均質で等断面の環状鉄心に被覆電線を巻いてコイルを作製した。このコイルの自己インダクタンスは、巻数の \square (ア) に比例し、磁路の \square (イ) に反比例する。

同じ鉄心にさらに被覆電線を巻いて別のコイルを作ると、これら二つのコイル間には相互インダクタンスが生じる。相互インダクタンスの大きさは、漏れ磁束が \square (ウ) なるほど小さくなる。それぞれのコイルの自己インダクタンスを L_1 [H], L_2 [H] とすると、相互インダクタンスの最大値は \square (エ) [H] である。

これら二つのコイルを \square (オ) とすると、合成インダクタンスの値は、それぞれの自己インダクタンスの合計値よりも大きくなる。

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)	1 乗	断面積	少なく	$L_1 + L_2$	差動接続
(2)	2 乗	長さ	多く	$L_1 + L_2$	和動接続
(3)	1 乗	長さ	多く	$\sqrt{L_1 L_2}$	和動接続
(4)	2 乗	断面積	少なく	$L_1 + L_2$	差動接続
(5)	2 乗	長さ	多く	$\sqrt{L_1 L_2}$	和動接続

問4 真空中に、2本の無限長直線状導体が20〔cm〕の間隔で平行に置かれている。一方の導体に10〔A〕の直流電流を流しているとき、その導体には1〔m〕当たり 1×10^{-6} 〔N〕の力が働いた。他方の導体に流れている直流電流 I 〔A〕の大きさとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 〔H/m〕である。

- (1) 0.1 (2) 1 (3) 2 (4) 5 (5) 10

問5 図1のように電圧が E [V] の直流電圧源で構成される回路を、図2のように電流が I [A] の直流電流源(内部抵抗が無限大で、負荷変動があっても定電流を流出する電源)で構成される等価回路に置き替えることを考える。この場合、電流 I [A] の大きさは図1の端子 a-b を短絡したとき、そこを流れる電流の大きさに等しい。また、図2のコンダクタンス G [S] の大きさは図1の直流電圧源を短絡し、端子 a-b からみたコンダクタンスの大きさに等しい。 I [A] と G [S] の値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。

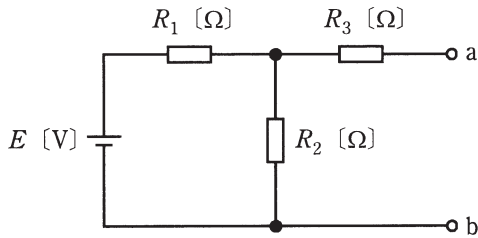


図 1

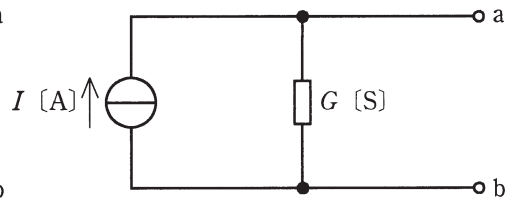
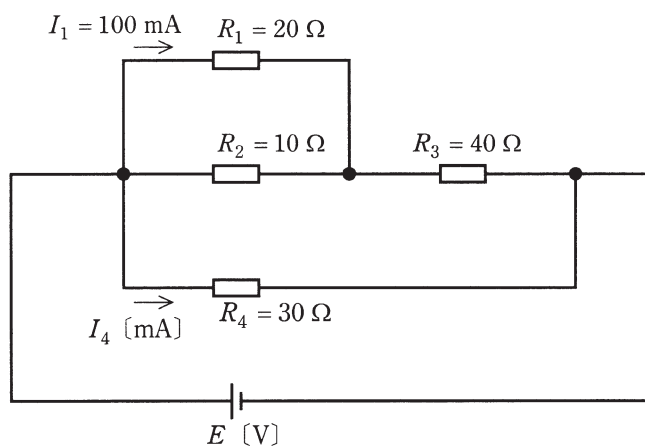


図 2

	I [A]	G [S]
(1)	$\frac{R_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E$	$\frac{R_2 + R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
(2)	$\frac{R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E$	$\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
(3)	$\frac{R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E$	$\frac{R_2 + R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
(4)	$\frac{R_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E$	$\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
(5)	$\frac{R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E$	$\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$

問6 図のように、抵抗を直並列に接続した回路がある。この回路において、 $I_1 = 100$ [mA] のとき、 I_4 [mA] 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) 266

(2) 400

(3) 433

(4) 467

(5) 533

問7 次の文章は、RLC直列共振回路に関する記述である。

R [Ω] の抵抗，インダクタンス L [H] のコイル，静電容量 C [F] のコンデンサを直列に接続した回路がある。

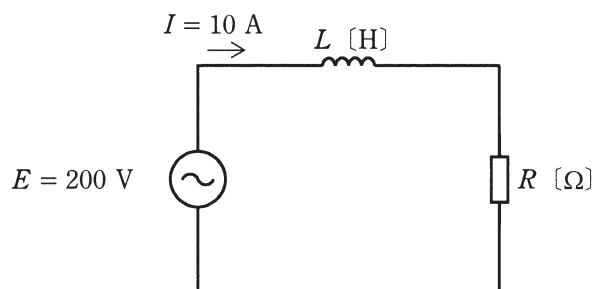
この回路に交流電圧を加え，その周波数を変化させると，特定の周波数 f_r [Hz] のときに誘導性リアクタンス $= 2\pi f_r L$ [Ω] と容量性リアクタンス $= \frac{1}{2\pi f_r C}$ [Ω] の大きさが等しくなり，その作用が互いに打ち消し合って回路のインピーダンスが なり， 電流が流れるようになる。この現象を直列共振といい，このときの周波数 f_r [Hz] をその回路の共振周波数という。

回路のリアクタンスは共振周波数 f_r [Hz] より低い周波数では となり，電圧より位相が 電流が流れる。また，共振周波数 f_r [Hz] より高い周波数では となり，電圧より位相が 電流が流れる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ)及び(カ)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。

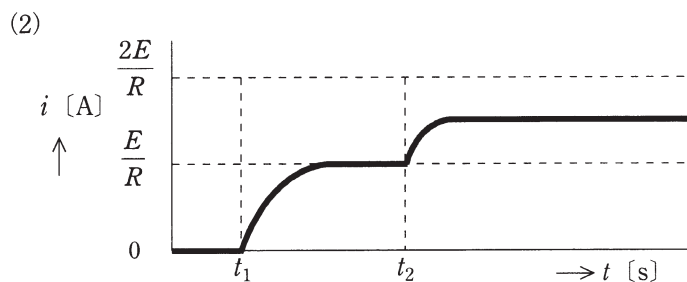
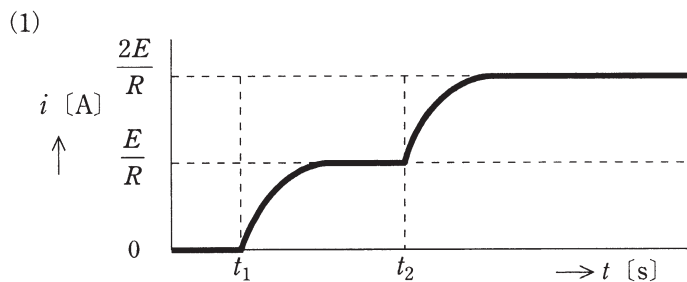
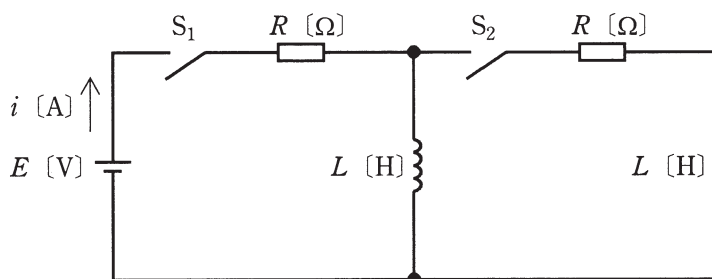
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
(1)	大きく	小さな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(2)	小さく	大きな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(3)	小さく	大きな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(4)	大きく	小さな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(5)	小さく	大きな	容量性	遅れた	誘導性	進んだ

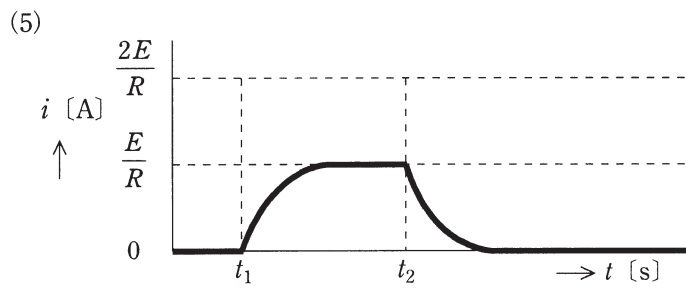
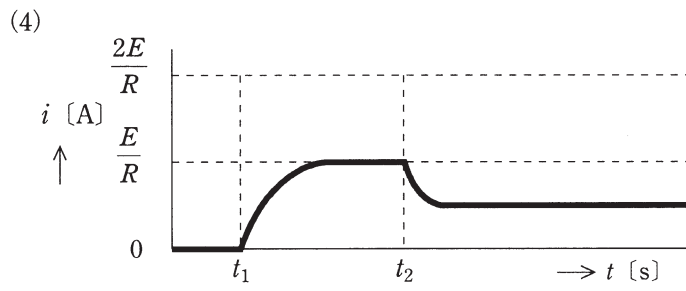
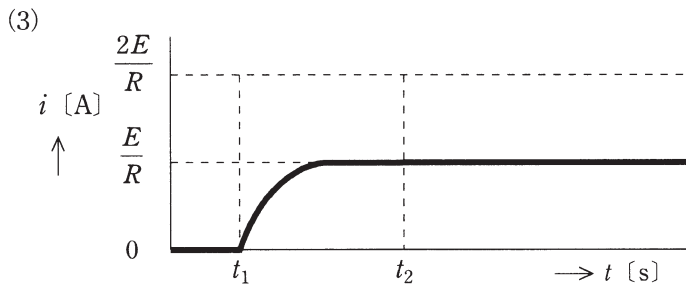
問 8 図のように，正弦波交流電圧 $E = 200$ [V] の電源がインダクタンス L [H] のコイルと R [Ω] の抵抗との直列回路に電力を供給している。回路を流れる電流が $I = 10$ [A]，回路の無効電力が $Q = 1\,200$ [var] のとき，抵抗 R [Ω] の値として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



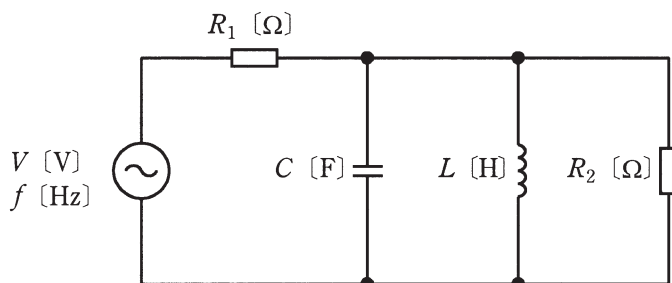
- (1) 4 (2) 8 (3) 12 (4) 16 (5) 20

問9 図のように、直流電圧 E [V] の電源、 R [Ω] の抵抗、インダクタンス L [H] のコイル、スイッチ S_1 と S_2 からなる回路がある。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 $\frac{L}{R}$ [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_2 を閉じる。このとき、電源から流れ出る電流 i [A] 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。





問10 図のように、 $R_1 = 20$ [Ω] と $R_2 = 30$ [Ω] の抵抗，静電容量 $C = \frac{1}{100\pi}$ [F] のコンデンサ，インダクタンス $L = \frac{1}{4\pi}$ [H] のコイルからなる回路に周波数 f [Hz] で実効値 V [V] が一定の交流電圧を加えた。 $f = 10$ [Hz] のときに R_1 を流れる電流の大きさを $I_{10\text{Hz}}$ [A]， $f = 10$ [MHz] のときに R_1 を流れる電流の大きさを $I_{10\text{MHz}}$ [A] とする。このとき，電流比 $\frac{I_{10\text{Hz}}}{I_{10\text{MHz}}}$ 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) 0.4 (2) 0.6 (3) 1.0 (4) 1.7 (5) 2.5

問11 半導体集積回路 (IC) 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。

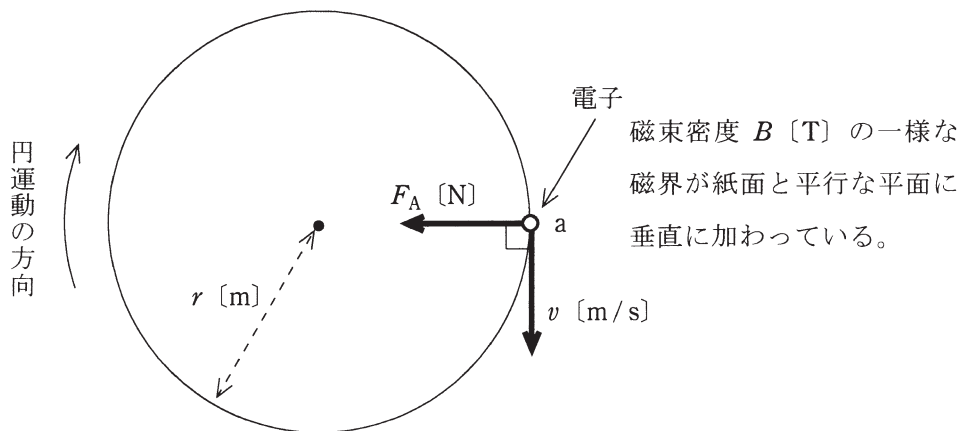
- (1) MOS IC は、MOSFET を中心としてつくられた IC である。
- (2) IC を構造から分類すると、モノリシック IC とハイブリッド IC に分けられる。
- (3) CMOS IC は、n チャネル MOSFET のみを用いて構成される IC である。
- (4) アナログ IC には、演算増幅器やリニア IC などがある。
- (5) ハイブリッド IC では、絶縁基板上に、IC チップや抵抗、コンデンサなどの回路素子が組み込まれている。

問12 次の文章は、図に示す「磁界中における電子の運動」に関する記述である。

真空中において、磁束密度 B [T] の一様な磁界が紙面と平行な平面の (ア) へ垂直に加わっている。ここで、平面上の点 a に電荷 $-e$ [C]、質量 m_0 [kg] の電子をおき、図に示す向きに速さ v [m/s] の初速度を与えると、電子は初速度の向き及び磁界の向きいずれに対しても垂直で図に示す向きの電磁力 F_A [N] を受ける。この力のために電子は加速度を受けるが速度の大きさは変わらないので、その方向のみが変化する。したがって、電子はこの平面上で時計回りに速さ v [m/s] の円運動をする。この円の半径を r [m] とすると、電子の運動は、磁界が電子に作用する電磁力の大きさ $F_A = Bev$ [N] と遠心力 $F_B = \frac{m_0}{r} v^2$ [N] とが釣り合った円運動であるので、その半径は $r =$ (イ) [m] と計算される。したがって、この円運動の周期は $T =$ (ウ) [s]、角周波数は $\omega =$ (エ) [rad/s] となる。

ただし、電子の速さ v [m/s] は、光速より十分小さいものとする。また、重力の影響は無視できるものとする。

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。

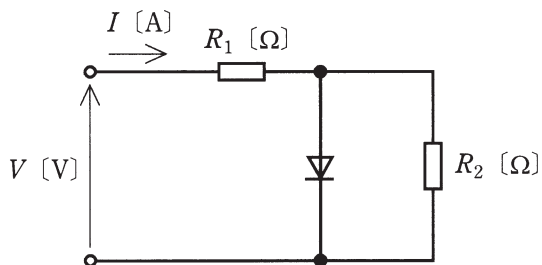


(選択肢は右側に記載)

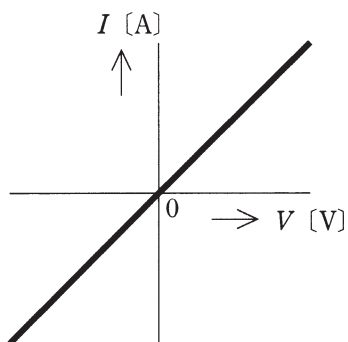
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1) 裏からおもて	$\frac{m_0 v}{eB^2}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$	
(2) おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$	
(3) おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{e^2 B}$	$\frac{2e^2 B}{m_0}$	
(4) おもてから裏	$\frac{2m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB^2}$	$\frac{eB^2}{m_0}$	
(5) 裏からおもて	$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$	

問13 図は、抵抗 R_1 [Ω] とダイオードからなるクリップ回路に負荷となる抵抗 R_2 [Ω] ($= 2R_1$ [Ω]) を接続した回路である。入力直流電圧 V [V] と R_1 [Ω] に流れる電流 I [A] の関係を示す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

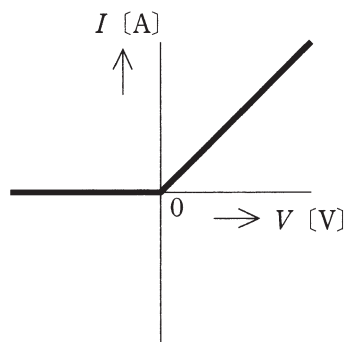
ただし、順電流が流れているときのダイオードの電圧は、0 [V] とする。
 また、逆電圧が与えられているダイオードの電流は、0 [A] とする。



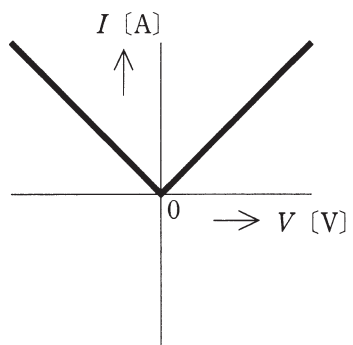
(1)



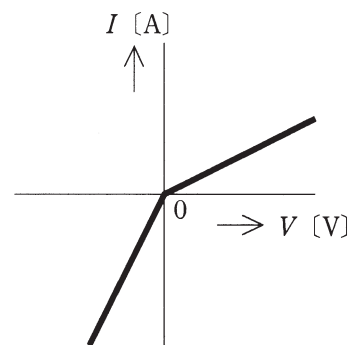
(2)



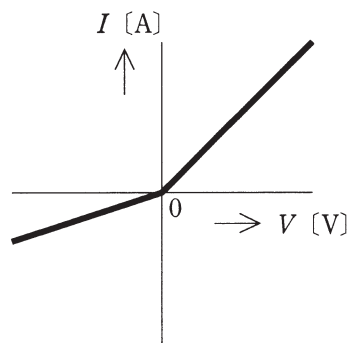
(3)



(4)



(5)



問14 電気計測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。

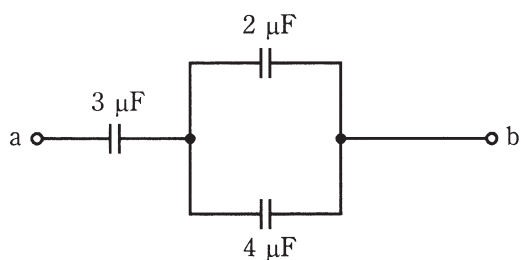
- (1) デジタル指示計器(デジタル計器)は、測定値が数字のデジタルで表示される装置である。
- (2) 可動コイル形計器は、コイルに流れる電流の実効値に比例するトルクを利用している。
- (3) 可動鉄片形計器は、磁界中で磁化された鉄片に働く力を応用しており、商用周波数の交流電流計及び交流電圧計として広く普及している。
- (4) 整流形計器は感度がよく、交流用として使用されている。
- (5) 二電力計法で三相負荷の消費電力を測定するとき、負荷の力率によっては、電力計の指針が逆に振れることがある。

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, 三つの平行平板コンデンサを直並列に接続した回路がある。

ここで, それぞれのコンデンサの極板の形状及び面積は同じであり, 極板間には同一の誘電体が満たされている。なお, コンデンサの初期電荷は零とし, 端効果は無視できるものとする。

いま, 端子 a-b 間に直流電圧 300 [V] を加えた。このとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



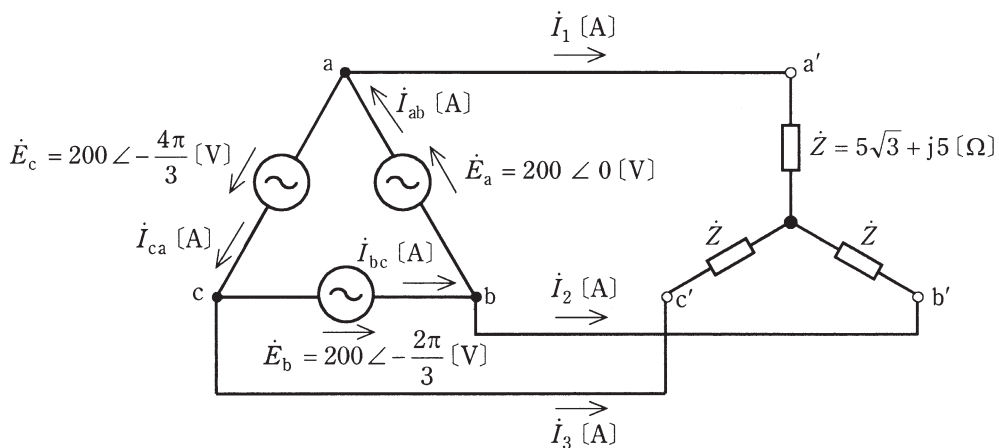
(a) 静電容量が 4 [μF] のコンデンサに蓄えられる電荷 Q [C] の値として, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.2×10^{-4} (2) 2×10^{-4} (3) 2.4×10^{-4}
(4) 3×10^{-4} (5) 4×10^{-4}

(b) 静電容量が 3 [μF] のコンデンサの極板間の電界の強さは, 4 [μF] のコンデンサの極板間の電界の強さの何倍か。倍率として, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{3}{4}$ (2) 1.0 (3) $\frac{4}{3}$ (4) $\frac{3}{2}$ (5) 2.0

問16 図のように、相電圧 200 [V] の対称三相交流電源に、複素インピーダンス $\dot{Z} = 5\sqrt{3} + j5$ [Ω] の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 電流 \dot{I}_1 [A] 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) $20.00 \angle -\frac{\pi}{3}$ (2) $20.00 \angle -\frac{\pi}{6}$

(3) $16.51 \angle -\frac{\pi}{6}$ (4) $11.55 \angle -\frac{\pi}{3}$

(5) $11.55 \angle -\frac{\pi}{6}$

(b) 電流 \dot{I}_{ab} [A] 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) $20.00 \angle -\frac{\pi}{6}$ (2) $11.55 \angle -\frac{\pi}{3}$

(3) $11.55 \angle -\frac{\pi}{6}$ (4) $6.67 \angle -\frac{\pi}{3}$

(5) $6.67 \angle -\frac{\pi}{6}$

問17及び問18は選択問題です。問17又は問18のどちらかを選んで解答してください。(両方解答すると採点されませんので注意してください。)

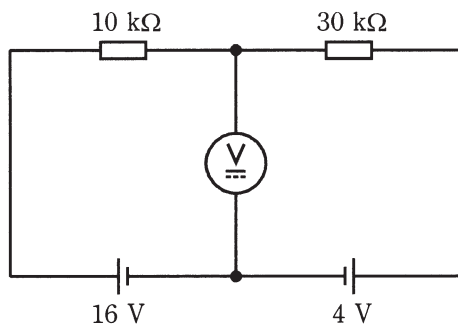
(選択問題)

問17 直流電圧計について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 最大目盛 1 [V]、内部抵抗 $r_v = 1000$ [Ω] の電圧計がある。この電圧計を用いて最大目盛 15 [V] の電圧計とするための、倍率器の抵抗 R_m [$k\Omega$] の値として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 12 (2) 13 (3) 14 (4) 15 (5) 16

(b) 図のような回路で上記の最大目盛 15 [V] の電圧計を接続して電圧を測ったときに、電圧計の指示 [V] はいくらになるか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 7.2 (2) 8.7 (3) 9.4 (4) 11.3 (5) 13.1

(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〕に対するドレイン電流 I_d 〔mA〕の特性を示している。抵抗 $R_G = 1$ 〔M Ω 〕、 $R_D = 5$ 〔k Ω 〕、 $R_L = 2.5$ 〔k Ω 〕、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 Ω 〕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 Ω 〕や R_L 〔k Ω 〕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

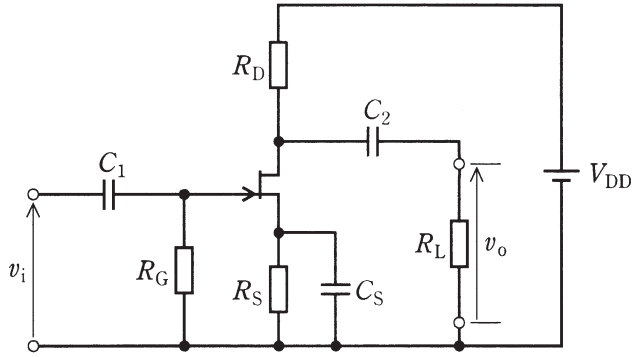


図 1

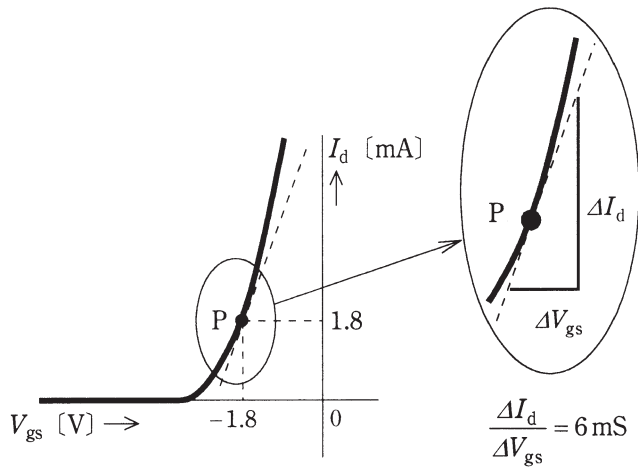


図 2

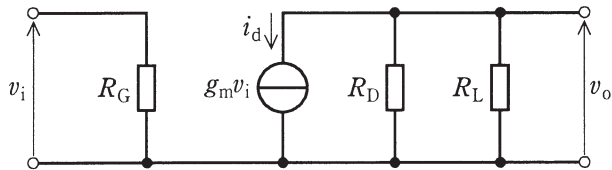


図 3