FK107

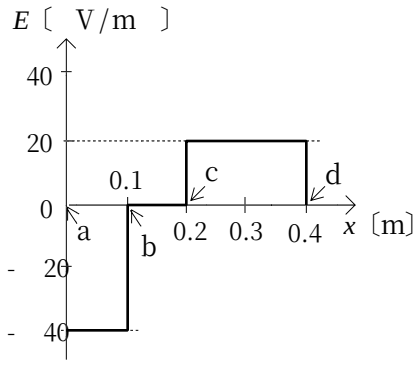
第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」試験問題

（参考）試験問題の図中の抵抗などは、旧図記号を用いて表記しています。

25問 2時間30分

A　－1 次の記述は、図に示すように x 軸に沿って x 方向に電界 E〔V/m〕が分布しているとき、x 軸に沿った各点の電位差について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、点 a　の電位を 0〔V〕とする。

(1)　点 a　と点 b　の二点間の電位差は、［　A　］である。
(2)　点 b　と点 c　の二点間の電位差は、［　B　］である。
(3)　点 a　と点 d　の二点間の電位差は、［　C　］である。



a：x = 0　〔m〕の点
b：x = 0.1〔m〕の点
c：x = 0.2〔m〕の点
d：x = 0.4〔m〕の点

	A	B	C
1	2〔V〕	0〔V〕	0〔V〕
2	2〔V〕	1〔V〕	0〔V〕
3	2〔V〕	0〔V〕	4〔V〕
4	4〔V〕	1〔V〕	4〔V〕
5	4〔V〕	0〔V〕	0〔V〕

A　－2 次の記述は、図 1　に示すような円形コイル L　の中心軸上の点 P　の磁界の強さ H_P〔A/m〕について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、同じ記号の［　　］内には、同じ字句が入るものとする。また、L の円の半径を r〔m〕、L　に流す直流電流を I〔A〕、点 P　と L　の円の中心 O　との間の距離を a〔m〕とする。

(1)　L　の微少部分の長さ dl〔m〕に流れる I によって P　に生ずる磁界の強さ dH は、ビオ・サバールの法則によって、次式で表される。

$$dH = \boxed{\ \mathrm{A}\ } \times dl \ \text{〔A/m〕}$$

また、dH の方向は、図 2　に示すように右ねじの法則に従い、dl と P　を結ぶ直線に対して直角な方向である。

(2)　L　全体に流れる電流で点 P　に生ずる磁界の強さ H_P は、dH を円周全体にわたって積分することにより求められる。
図 2　に示すように、dH を x 軸方向成分 dH_x と x 軸に直角な y 軸方向成分 dH_y に分けると、dH_y は積分すると零になる。
したがって、dH_x を積分することで H_P が求められる。

(3)　dH_x は、次式で表される。

$$dH_x = dH \sin\theta = \boxed{\ \mathrm{B}\ } dl \ \text{〔A/m〕}$$

(4)　したがって、H_P は次式で表される。

$$H_P = \int_0^{2\pi r} \boxed{\ \mathrm{B}\ } dl = \boxed{\ \mathrm{C}\ } \ \text{〔A/m〕}$$

	A	B	C
1	$I/\{4\pi(a^2+r^2)\}$	$Ir/\{4\pi(a^2+r^2)^{3/2}\}$	$Ir^2/\{4(a^2+r^2)^{3/2}\}$
2	$I/\{4\pi(a^2+r^2)\}$	$Ir/\{4\pi(a^2+r^2)^{1/2}\}$	$Ir^2/\{4(a^2+r^2)^{3/2}\}$
3	$I/\{4\pi(a^2+r^2)\}$	$Ir/\{4\pi(a^2+r^2)^{3/2}\}$	$Ir^2/\{2(a^2+r^2)^{3/2}\}$
4	$I/\{4\pi(a^2+r^2)^{1/2}\}$	$Ir/\{4\pi(a^2+r^2)^{1/2}\}$	$Ir^2/\{2(a^2+r^2)^{3/2}\}$
5	$I/\{4\pi(a^2+r^2)^{1/2}\}$	$Ir/\{4\pi(a^2+r^2)^{3/2}\}$	$Ir^2/\{4(a^2+r^2)^{3/2}\}$

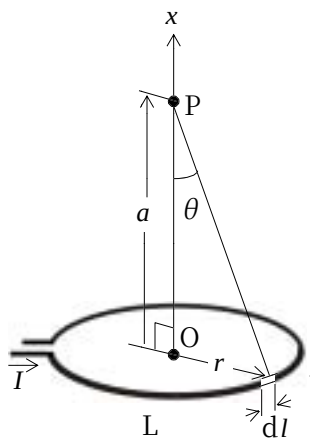


図 1

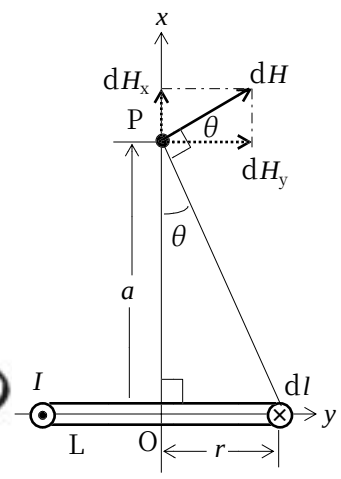


図 2

A　－3 図 1　に示す厚さ $2d$〔m〕の平行平板空気コンデンサの空気層が、電圧 V を昇圧中に 200〔V〕で破壊された。次に、図 2　に示すように、同じコンデンサの極板の間に厚さが d〔m〕で面積が平行平板の面積に等しく比誘電率 ε_r の値が 5　の誘電体を挿入し、V を昇圧中にコンデンサの空気層が破壊された。このときの V の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、空気の比誘電率を 1　とする。

1　220〔V〕
2　200〔V〕
3　160〔V〕
4　120〔V〕
5　100〔V〕

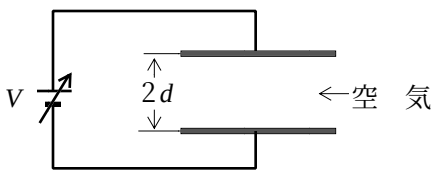


図 1

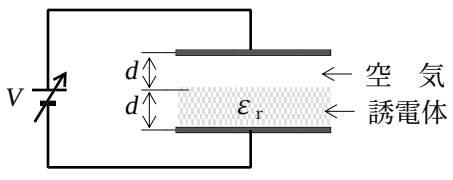
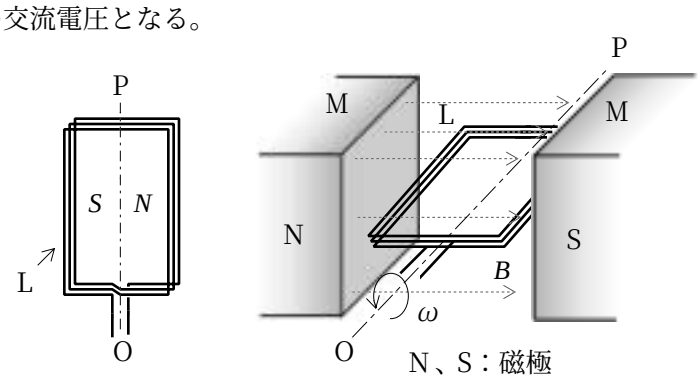


図 2

A － 4　次の記述は、図に示すように、磁石 M　の磁極間において巻数 N 、面積 S〔m^2〕の長方形コイル L　が、コイルの中心軸 OP を中心として反時計方向に角速度 ω〔rad/s〕で回転しているときの、L　に生ずる起電力について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、磁極間の磁束密度 B〔T〕は均一とし、L　の面が B と平行な状態から回転を始めるときの時間 t を $t = 0$〔s〕とする。また、OP　は、B の方向と直角とする。

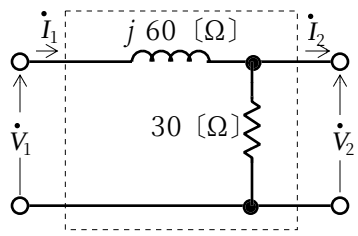
(1)　任意の時間 t〔s〕における L　の磁束鎖交数 ϕ は、$\phi =$ ［ A ］〔Wb〕で表される。
(2)　L　に生ずる誘導起電力 e は、ϕ を用いて表すと、$e =$ ［ B ］〔V〕である。
(3)　したがって、e は(1)及び(2)より、最大値が ［ C ］〔V〕の交流電圧となる。

	A	B	C
1	$NBS\sin\omega t$	$d\phi/dt$	$NBS\omega$
2	$NBS\sin\omega t$	$\omega d\phi/dt$	$NBS\omega^2$
3	$NBS\sin\omega t$	$d\phi/dt$	$NBS\omega^2$
4	$(NB/S)\sin\omega t$	$\omega d\phi/dt$	$NBS\omega^2$
5	$(NB/S)\sin\omega t$	$d\phi/dt$	$NBS\omega$



A － 5 図に示す四端子回路網において、各定数($\dot{A}$、$\dot{B}$、$\dot{C}$、$\dot{D}$)の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、各定数と電圧電流の関係式は、図に示したとおりとする。

	$\dot{A}$	$\dot{B}$	$\dot{C}$	$\dot{D}$
1	2	$-j1$	$j60$〔Ω〕	1/30〔S〕	1
2	2	$-j1$	$-j20$〔Ω〕	1/30〔S〕	1/2
3	1	$-j2$	$j60$〔Ω〕	1/30〔S〕	1
4	1	$-j2$	$-j20$〔Ω〕	1/10〔S〕	1
5	1	$-j2$	$j60$〔Ω〕	1/10〔S〕	1/2

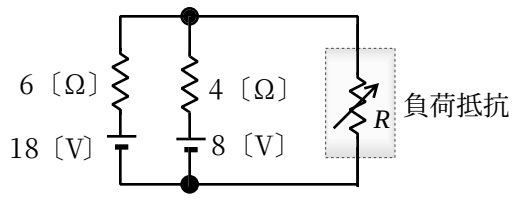


$\dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 + \dot{B}\dot{I}_2$
$\dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 + \dot{D}\dot{I}_2$

$\dot{V}_1$：入力電圧〔V　〕
$\dot{V}_2$：出力電圧〔V　〕
$\dot{I}_1$：入力電流〔A　〕
$\dot{I}_2$：出力電流〔A　〕

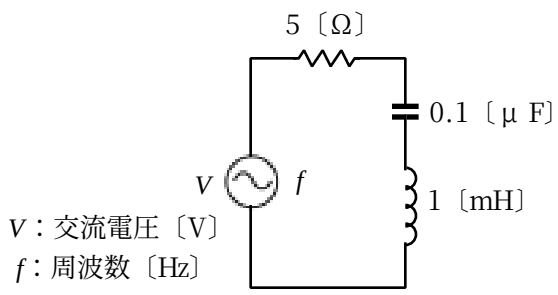
A － 6　図に示す回路において、負荷抵抗 R〔Ω〕の値を変えて R で消費する電力 P の値を最大にした。このときの P の値として、正しいものを下の番号から選べ。

1　12〔W〕
2　15〔W〕
3　18〔W〕
4　24〔W〕
5　32〔W〕



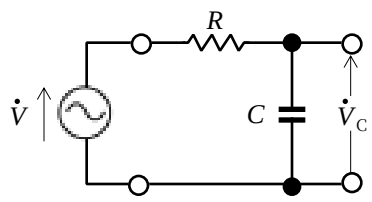
A － 7　図に示す直列共振回路の共振周波数 f_r、尖鋭度 Q 及び共振曲線の半値幅 B の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、コイル及びコンデンサには損失は無いものとする。

	f_r	Q	B
1	25/π〔kHz〕	40	5/(2π)〔kHz〕
2	25/π〔kHz〕	20	5/(2π)〔kHz〕
3	25/π〔kHz〕	40	5/(4π)〔kHz〕
4	50/π〔kHz〕	20	5/(2π)〔kHz〕
5	50/π〔kHz〕	40	5/(4π)〔kHz〕



A － 8 図に示す抵抗 R〔Ω〕及び静電容量 C〔F〕の回路において、電源電圧 $\dot{V}$〔V〕の角周波数 ω が、$\omega = 1/(RC)$〔rad/s〕であるとき、C の両端電圧 $\dot{V}_C$ と $\dot{V}$ の大きさの比の値 $(|\dot{V}_C|/|\dot{V}|)$ として、正しいものを下の番号から選べ。

1　$1/\sqrt{2}$
2　1/2
3　$1/\sqrt{3}$
4　1/3
5　1/4



A － 9 次の記述は、ダイオード又はトランジスタから発生する雑音について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

(1)　雑音の周波数特性の低域で観測される雑音で、周波数 f に反比例して大きくなる特性があることから $1/f$ 雑音とも言われる雑音は、［ A ］である。
(2)　雑音の周波数特性の中域で観測される雑音で、電界を加えて電流を流すとき、キャリアの数やドリフト速度のゆらぎによって生ずる雑音は、［ B ］である。
(3)　雑音の周波数特性の高域で観測される雑音で、エミッタ電流がベース電流とコレクタ電流に分配される比率のゆらぎによって生ずる雑音は、［ C ］である。

	A	B	C
1	熱雑音	散弾雑音	分配雑音
2	熱雑音	分配雑音	散弾雑音
3	白色雑音	散弾雑音	分配雑音
4	フリッカ雑音	分配雑音	散弾雑音
5	フリッカ雑音	散弾雑音	分配雑音

A－10　次の記述は、光を電気に又は電気を光に変換する素子について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

(1)　ホトダイオードは、PN　接合面に逆方向電圧を加え光を照射すると、逆方向電流が光を照射する前よりも［ A ］する。
(2)　CdS　セルは、光を照射すると、［ B ］が大きくなる。
(3)　発光ダイオードは、PN　接合面に［ C ］電圧を加え電流を流すと、半導体の接合面(部)から光を発する。

	A	B	C
1	増加	導電率	順方向
2	増加	抵抗率	逆方向
3	増加	導電率	逆方向
4	減少	抵抗率	逆方向
5	減少	導電率	順方向

A－11　次の記述は、理想的なダイオード D　及び 1〔kΩ〕の抵抗 R を組み合わせた回路の電圧電流特性について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、回路に加える直流電圧及び流れる直流電流をそれぞれ V 及び I とする。

(1)　図 1　に示す回路の V - I 特性のグラフは、［ A ］である。
(2)　図 2　に示す回路の V - I 特性のグラフは、［ B ］である。
(3)　図 3　に示す回路の V - I 特性のグラフは、［ C ］である。

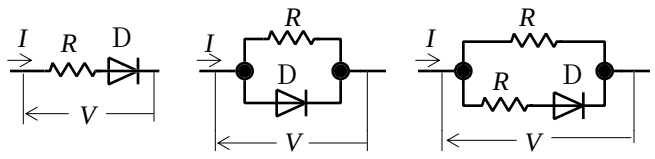
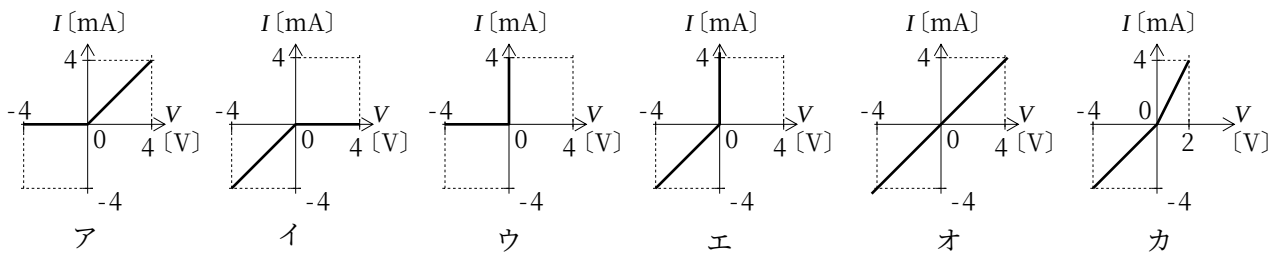


図 1　　図 2　　図 3

	A	B	C
1	ア	ウ	オ
2	ア	エ	カ
3	ア	ウ	カ
4	イ	エ	カ
5	イ	ウ	オ

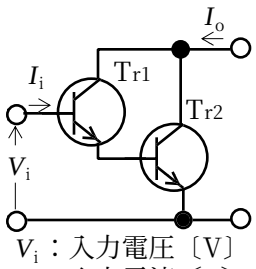


A－12　次に示す素子のうち、マイクロ波の発振素子として用いられないものを下の番号から選べ。

1　ガリウムヒ素電界効果トランジスタ(GaAsFET)
2　インパットダイオード
3　トンネルダイオード
4　ガンダイオード
5　バリスタ

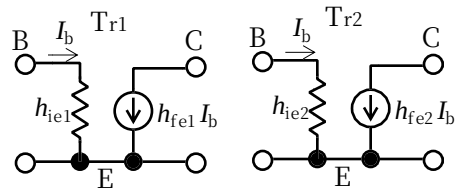
A－13　図１　に示すように、二つのトランジスタ Tr1 及び Tr2 からなる回路を構成した。この回路の電流増幅率 $A_i = I_o / I_i$ 及び入力抵抗 $R_i = V_i / I_i$ を h パラメータで表した式の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、Tr1 及び Tr2 は図２　に示す等価回路で表すものとする。

1　$A_i = h_{fe1} + h_{fe2}$　　$R_i = h_{ie1} + h_{ie2}$ 〔Ω〕
2　$A_i = h_{fe1} + h_{fe2} + h_{fe1} h_{fe2}$　　$R_i = h_{ie1} + h_{ie2}$ 〔Ω〕
3　$A_i = h_{fe1} + h_{fe2} + h_{fe1} h_{fe2}$　　$R_i = 2(h_{ie1} + h_{ie2})$ 〔Ω〕
4　$A_i = h_{fe1} + h_{fe2}$　　$R_i = h_{ie1} + h_{ie2} + h_{fe1} h_{ie2}$ 〔Ω〕
5　$A_i = h_{fe1} + h_{fe2} + h_{fe1} h_{fe2}$　　$R_i = h_{ie1} + h_{ie2} + h_{fe1} h_{ie2}$ 〔Ω〕



V_i：入力電圧〔V〕
I_i：入力電流〔A〕
I_o：出力電流〔A〕

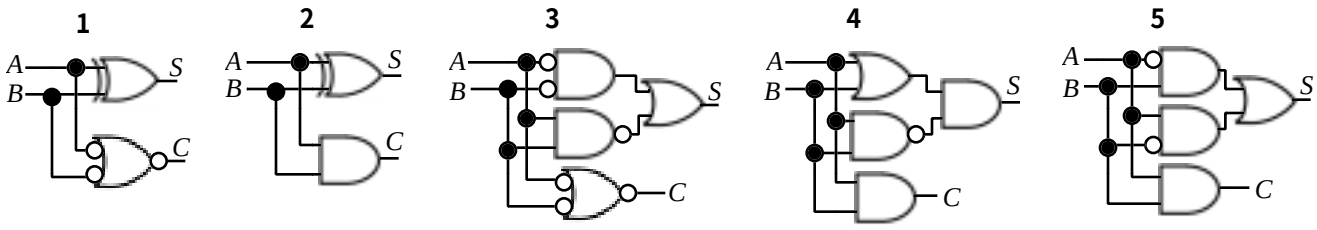
図１



h_{fe1}、h_{fe2}：電流増幅率
h_{ie1}、h_{ie2}：入力抵抗〔Ω〕
I_b：ベース電流〔A〕
B：ベース
E：エミッタ
C：コレクタ

図２

A－14　次に示す論理回路図のうち、半加算器の動作をしないものを下の番号から選べ。ただし、A 及び B をそれぞれ被加数入力及び加数入力とし、S 及び C を下位出力及び桁上げ出力とする。



入力		出力	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

半加算器の
真理値表

A－15　図１　に示す回路と図２　に示す回路の伝達関数 $(\dot{V}_o / \dot{V}_i)$ が等しいとき、自己インダクタンス L の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、A_{OP} は理想的な演算増幅器とする。

1　200〔mH〕
2　160〔mH〕
3　120〔mH〕
4　80　〔mH〕
5　40　〔mH〕

$\dot{V}_i$：入力電圧〔V〕
$\dot{V}_o$：出力電圧〔V〕

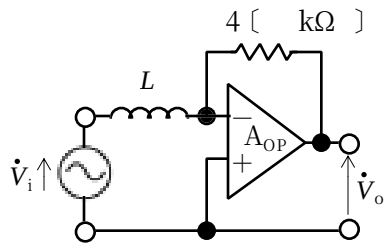


図１

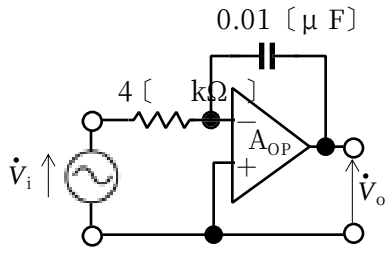


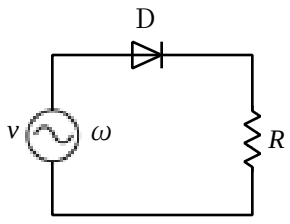
図２

A－16　次の記述は、図に示す理想的なダイオード D　による半波整流回路の抵抗 R〔Ω〕で消費される電力 P について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、交流電源の電圧 v を、$v = V_m \sin \omega t$〔V　〕とし、内部抵抗は無視するものとする。

(1)　R に流れる電流は、半波整流波形の電流となるので、P は次式で表される。

$$P = \boxed{\quad A \quad} \times \int_0^{\pi} (V_m^2 / R) \sin^2 \omega t \, d(\omega t) \text{〔W〕} \cdots\cdots ①$$

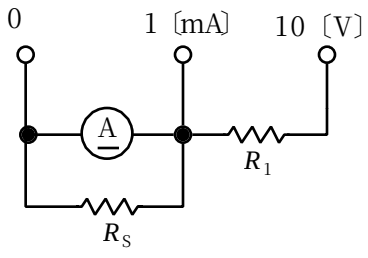
(2)　式①を計算すると P は、$P = \boxed{\quad B \quad}$〔W〕で表される。



ω：交流電源の角周波数〔rad/s〕
t：時間〔s〕

	A	B
1	$1/(2\pi)$	$V_m^2/(4R)$
2	$1/(2\pi)$	$V_m^2/(8R)$
3	$1/(2\pi)$	$V_m^2/(2R)$
4	$1/\pi$	$V_m^2/(8R)$
5	$1/\pi$	$V_m^2/(4R)$

A－17　図に示すように、内部抵抗が 400〔Ω〕で最大目盛値 0.5〔mA〕の直流電流計 A　に、抵抗 R_S 及び R_1 を接続して最大目盛値が 1〔mA〕及び 10〔V〕の多端子形の電流・電圧計にした。このときの R_S 及び R_1 の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。



	R_S	R_1
1	200〔Ω〕	9,200〔Ω〕
2	200〔Ω〕	9,800〔Ω〕
3	400〔Ω〕	4,900〔Ω〕
4	400〔Ω〕	9,800〔Ω〕
5	400〔Ω〕	9,200〔Ω〕

A－18　抵抗と電流の測定値から抵抗で消費する電力を求めるときの測定の誤差率 ε を表す式として、最も適切なものを下の番号から選べ。ただし、抵抗の真値を R〔Ω〕、測定誤差を ΔR〔Ω〕、電流の真値を I〔A〕、測定誤差を ΔI〔A〕とする。また、抵抗及び電流の誤差率 $\Delta R/R$ 及び $\Delta I/I$ は、1より十分小さいものとする。

1　ε　$\Delta I/I + \Delta R/R$
2　ε　$\Delta I/I \times \Delta R/R$
3　ε　$\Delta I/I + 2(\Delta R/R)$
4　ε　$2(\Delta I/I) + \Delta R/R$
5　ε　$2(\Delta I/I + \Delta R/R)$

A－19　図 1 に示す整流形電圧計を用いて、図 2 に示すような方形波電圧を測定したとき 10〔V〕を指示した。方形波電圧の最大値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、ダイオード D は理想的な特性とし、また整流形電圧計は正弦波の実効値で目盛ってあるものとする。

1　6〔V〕
2　9〔V〕
3　12〔V〕
4　15〔V〕
5　18〔V〕

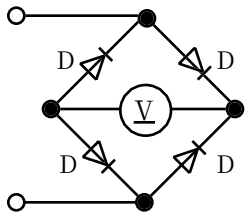


図 1

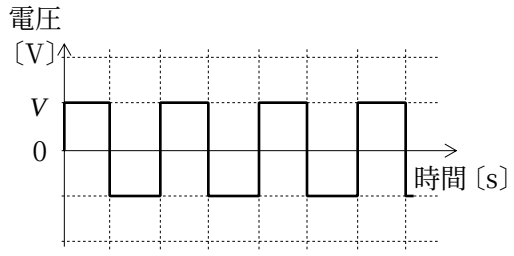


図 2

A－20　次の記述は、図 1 に示すように三つの交流電流計 A_1、A_2 及び A_3 の測定値 I_1〔A〕、I_2〔A〕及び I_3〔A〕を用いて負荷の交流電力 P を測定する方法について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、各電流計の内部抵抗は無視するものとする。

(1)　P 及び電源電圧 V は、それぞれ、$P = V \times$［　A　］$\times \cos\phi$〔W〕及び $V = RI_3$〔V〕で表される。
(2)　図 2 より I_1、I_2 及び I_3 の間には、$I_1^2 = I_2^2 + I_3^2 +$［　B　］が成り立つ。
(3)　(1)及び(2)より P は、$P = R(/2) \times ($［　C　］$)$〔W〕で表される。

	A	B	C
1	I_2	$2I_2I_3\cos\phi$	$I_1^2 - I_2^2 + I_3^2$
2	I_2	$I_2\cos\phi$	$I_1^2 - I_2^2 + I_3^2$
3	I_2	$2I_2I_3\cos\phi$	$I_1^2 - I_2^2 - I_3^2$
4	I_3	$I_2\cos\phi$	$I_1^2 - I_2^2 + I_3^2$
5	I_3	$2I_2I_3\cos\phi$	$I_1^2 - I_2^2 - I_3^2$

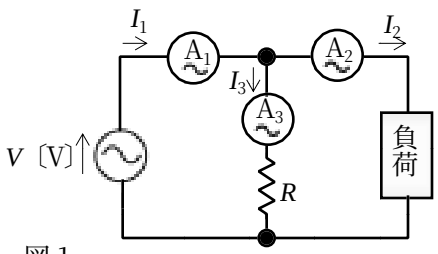
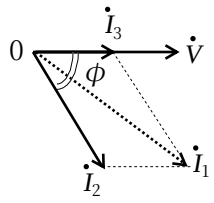


図 1
R：抵抗〔Ω〕



cos ϕ：負荷の力率
I_1、I_2、I_3 のベクトルを $\dot{I}_1$、$\dot{I}_2$、$\dot{I}_3$ で表す。
図 2

B－1　次の記述は、磁束密度が B〔T〕の一様な磁界中に、磁界の方向に対して直角に電子が v〔m/s〕の速度で進入したときの電子の運動について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、同じ記号の［　　］内には、同じ字句が入るものとする。また、電子の電荷を q〔C〕、質量を m〔kg〕とする。

(1)　磁界に対して直角に進入した電子は、常に v の方向と［　ア　］方向のローレンツ力(電磁力)を受けるので、円運動をする。
(2)　ローレンツ力の大きさは、［　イ　］〔N〕であり、電子が円運動で受ける［　ウ　］力の大きさと等しくなる。
(3)　［　ウ　］力の大きさは、円運動の半径を r〔m〕とすると［　エ　］〔N〕となるので、r は、$r =$［　オ　］〔m〕となる。

1　直角　**2**　qBv　**3**　静電　**4**　mv^2/r　**5**　$mv/(qB)$
6　同じ　**7**　qBv/m　**8**　遠心　**9**　mv/r　**10**　$mv^2/(qB)$

B－2　次の記述は、接合形電界効果トランジスタと比べたときの MOS形電界効果トランジスタの特徴について述べたものである。このうち正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。

ア　デプレッション形とエンハンスメント形がある。
イ　ゲートとチャネルの間に絶縁体を入れた構造である。
ウ　ソース接地回路では、入力抵抗が大きい。
エ　絶縁破壊しにくい。
オ　ゲート電流が多い。

B － 3 次の記述は、図 1 に示す抵抗 R〔Ω〕と静電容量 C〔F〕の直列回路の過渡現象について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、スイッチ SW を接(ON)にする時間を $t = 0$〔s〕とし、SW を接(ON)にする前は C に電荷はないものとする。また、ε を自然対数の底とし、$1/\varepsilon = 0.37$ とする。

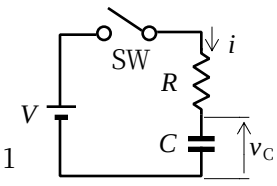


図 1
V：直流電圧〔V〕

(1) 時間 t〔s〕後の電流を i〔A〕とすると、$V = Ri + (1/C) \times$［　ア　］〔V〕が成り立つ。
(2) (1)の方程式を初期条件のもとに解き、i を求めると、$i = (V/R) \times$［　イ　］〔A〕で表される。
(3) i の波形は、図 2［　の　］になる。
(4) t が十分経過した後のコンデンサの両端の電圧 v_C は、［　エ　］〔V〕になる。
(5) $t = CR$〔s〕のとき、i は V/R の約［　オ　］%である。

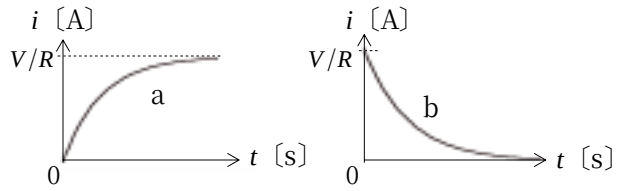


図 2

1 $\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$　**2** $\varepsilon^{-\{1/(RC)\}t}$　**3** 37　**4** 0　**5** a
6 $\int i\,\mathrm{d}t$　**7** $\varepsilon^{-(R/C)t}$　**8** V　**9** 63　**10** b

B － 4 次の記述は、図 1 に示す電界効果トランジスタ(FET)増幅回路において、D-G 間静電容量 C_{DG}〔F〕の高い周波数における影響について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、同じ記号の［　　］内には、同じ字句が入るものとする。また、図 2 は高い周波数では静電容量 C_S、C_1 及び C_2 のリアクタンスが十分小さくなるものとして表した等価回路である。

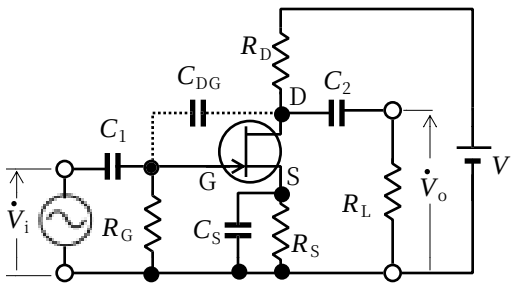


図 1

R_G、R_D、R_S、R_L：抵抗〔Ω〕
g_m：相互コンダクタンス〔S〕
$\dot{V}_i$：入力電圧〔V〕
$\dot{V}_o$：出力電圧〔V〕
V：直流電圧〔V〕

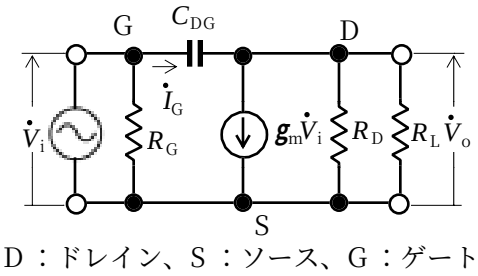


図 2　D：ドレイン、S：ソース、G：ゲート

(1) 図 2 に示す回路で、C_{DG} に流れる電流 $\dot{I}_G$ は、次式で表される。
$\dot{I}_G = ($［　ア　］$)/\{1/(j\omega C_{DG})\}$〔A〕 …… ①
(2) 式①を整理すると、次式が得られる。
$\dot{I}_G = j\omega C_{DG}($［　イ　］$)\dot{V}_i$〔A〕 …… ②
(3) 回路の電圧増幅度を A_V とすると、$\dot{V}_o/\dot{V}_i = A_V$ であるから、式②を A_V を使って表すと次式が得られる。
$\dot{I}_G = j\omega C_{DG}($［　ウ　］$)\dot{V}_i$〔A〕 …… ③
(4) 式③の $C_{DG}($［　ウ　］$)$ を C_i〔F〕とすれば、C_i は等価的に［　エ　］間に接続された静電容量となる。
(5) このように C_{DG} が C_i となって表れる効果を［　オ　］効果という。

1 $1-\dot{V}_i/\dot{V}_o$　**2** G-S　**3** $1+1/A_V$　**4** $\dot{V}_i - \dot{V}_o$　**5** シュミット
6 $1-\dot{V}_o/\dot{V}_i$　**7** D-S　**8** $1+A_V$　**9** $\dot{V}_i$　**10** ミラー

B － 5 次の記述は、交流ブリッジ回路によるコンデンサ C の誘電体損失の測定について述べたものである。［　　］内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

(1) 図 1 に示すように、C に誘電体損失があるとき、加えた正弦波交流電圧 $\dot{V}$ と流れる電流 $\dot{I}$ との位相差は $\pi/2$〔rad〕より δ〔rad〕小さくなる。この δ を［　ア　］という。
(2) δ が大きいほど誘電体損失は［　イ　］なるので、一般に tan δ を求めてコンデンサの良否を表す指標としている。
(3) C の静電容量を C_x、誘電体損失を表す抵抗を R_x とすると、図 2 に示す交流ブリッジ回路が平衡したとき C_x、R_x 及び tan δ は、それぞれ次式で表される。

$R_x =$［　ウ　］〔Ω〕　$C_x =$［　エ　］〔F〕　$\tan\delta = \omega \times$［　オ　］

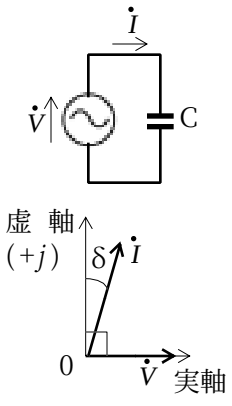
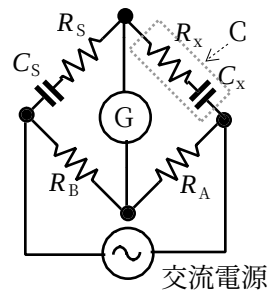


図 1



G：検流計
C_S：静電容量〔F〕
R_A、R_B、R_S：抵抗〔Ω〕
図 2

1 小さく　**2** $R_S R_A/R_B$　**3** $R_A R_B/C_S$　**4** 誘電損角　**5** $R_S C_S$
6 大きく　**7** $R_B R_A/R_S$　**8** $C_S R_B/R_A$　**9** 誘電位相角　**10** C_S/R_S