

FK607

第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」試験問題

25 問 2 時間 30 分

A - 1 次の記述は、図に示すように、真空中で、半径 a [m] の球の体積内に均等に Q [C] の電荷が分布しているとしたときの電界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、球の中心 O から r [m] 離れた点を P とし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。

(1) 図 1 のように P が球の外部 ($r > a$) のとき、 P の電界の強さを E_o [V/m] とし、ガウスの定理を当てはめると次式が成り立つ。

$$E_o \times 4\pi r^2 = \text{□ A} \dots\dots\dots \text{①}$$

(2) 式①から E_o は、次式で表される。

$$E_o = (\text{□ A}) \times \{1/(4\pi r^2)\} \text{ [V/m]}$$

(3) 図 2 のように P が球の内部 ($r \leq a$) のとき、電界の強さを E_i [V/m] とし、ガウスの定理を当てはめると、次式が成り立つ。

$$E_i \times 4\pi r^2 = \text{□ B} \dots\dots\dots \text{②}$$

(4) 式②から E_i は、次式で表される。

$$E_i = (\text{□ A}) \times \{\text{□ C}\} \text{ [V/m]}$$

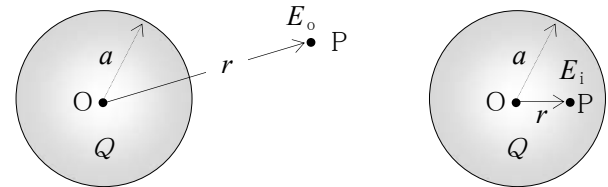


図 1

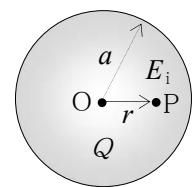


図 2

A	B	C
1 $Q\epsilon_0$	$Qr^2/(\epsilon_0 a^2)$	$r/(4\pi a^3)$
2 $Q\epsilon_0$	$Qr^3/(\epsilon_0 a^3)$	$r^2/(4\pi a^3)$
3 Q/ϵ_0	$Qr^2/(\epsilon_0 a^2)$	$r/(4\pi a^3)$
4 Q/ϵ_0	$Qr^3/(\epsilon_0 a^3)$	$r^2/(4\pi a^2)$
5 Q/ϵ_0	$Qr^3/(\epsilon_0 a^3)$	$r/(4\pi a^3)$

A - 2 次の記述は、図に示すような円筒に、同一方向に巻かれた二つのコイル X 及び Y の合成インダクタンス及び XY 間の相互インダクタンス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) 端子 b と端子 d を接続したとき、二つのコイルは □ A 接続となる。このとき、端子 ac 間の合成インダクタンス L_{ac} は、XY 間の相互インダクタンスを M [H] とすると、次式で表される。

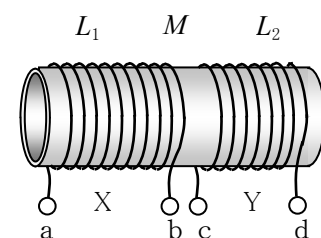
$$L_{ac} = \text{□ B} \text{ [H]}$$

(2) 端子 b と端子 c を接続したときの端子 ad 間の合成インダクタンスを L_{ad} とすると、 L_{ad} と L_{ac} から M は次式で表される。

$$M = (L_{ad} - L_{ac}) / \text{□ C} \text{ [H]}$$

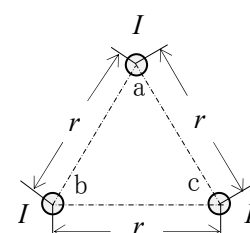
A	B	C
1 差動	$L_1 + L_2 - 2M$	4
2 差動	$L_1 + L_2 - 2M$	2
3 差動	$L_1 - L_2 + 2M$	4
4 和動	$L_1 + L_2 + 2M$	2
5 和動	$L_1 + L_2 + 2M$	4

L_1 : X の自己インダクタンス [H]
 L_2 : Y の自己インダクタンス [H]



A - 3 図に示すように、一辺の長さ r [m] の正三角形 abc のそれぞれの頂点に紙面に垂直な無限長導線を置き、それぞれの導線に同じ大きさで方向の直流電流 I [A] を流した。このとき、一本の導線の 1 [m] 当たりに作用する電磁力の大きさ F_0 を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、導線は真空中にあり、真空の透磁率を $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] とする。

- $F_0 = (2\sqrt{2}I^2/r) \times 10^{-7}$ [N/m]
- $F_0 = (2\sqrt{3}I^2/r) \times 10^{-7}$ [N/m]
- $F_0 = (2\sqrt{3}\pi I^2/r) \times 10^{-7}$ [N/m]
- $F_0 = (2\pi I^2/r) \times 10^{-7}$ [N/m]
- $F_0 = (\sqrt{2}I^2/r) \times 10^{-7}$ [N/m]



A - 4 図 1 に示す静電容量 C [F] の平行平板空気コンデンサの電極板間の間隔 r [m] を、図 2 に示すように d_0 [m] 広げ、そこに、厚さ d [m] の誘電体を片方の電極板に接しておいても静電容量は C [F] で変わらなかった。このときの誘電体の誘電率 ε を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、空気の誘電率を ε_0 [F/m]、誘電体の面積は電極板の面積 S [m²] に等しいものとする。

- 1 $\varepsilon = \varepsilon_0 (d - d_0) / d_0$ [F/m]
- 2 $\varepsilon = \varepsilon_0 (d_0 - d) / d$ [F/m]
- 3 $\varepsilon = \varepsilon_0 d_0 / (d - d_0)$ [F/m]
- 4 $\varepsilon = \varepsilon_0 d / (d - d_0)$ [F/m]
- 5 $\varepsilon = \varepsilon_0 d / (d_0 - d)$ [F/m]

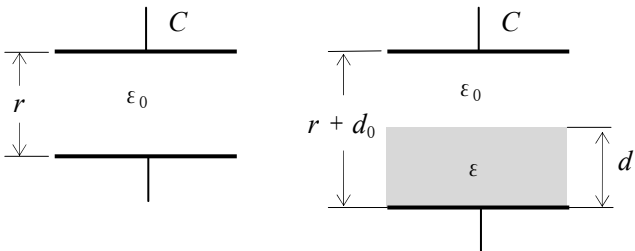
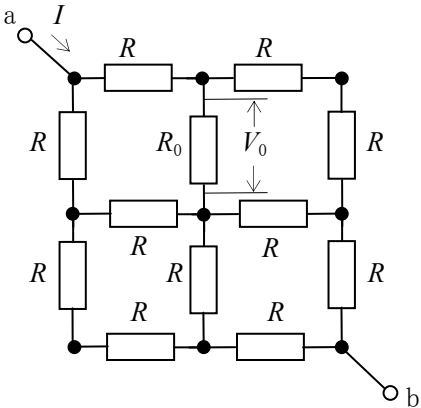


図 1

図 2

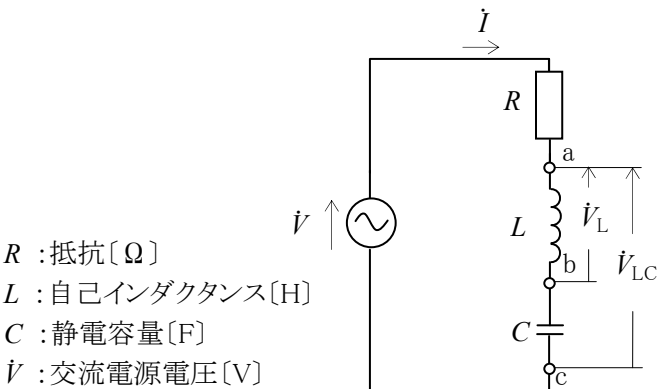
A - 5 図に示す回路において、端子 ab 間に流れる直流電流 I が 16[mA] であるとき、抵抗 R_0 の両端の電圧 V_0 の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、抵抗は $R_0 = R = 3$ [k Ω] とする。

- 1 4 [V]
- 2 8 [V]
- 3 12 [V]
- 4 16 [V]
- 5 20 [V]



A - 6 次の記述は、図に示す直列共振回路について述べたものである。このうち、誤っているものを下の番号から選べ。ただし、共振角周波数を ω_0 [rad/s] 及び共振電流を I_0 [A] とする。また、回路の電流 $\dot{I}$ [A] の大きさが、 $I_0/\sqrt{2}$ となる二つの角周波数をそれぞれ ω_1 及び ω_2 [rad/s] ($\omega_1 < \omega_2$) とし、回路の尖鋭度を Q とする。

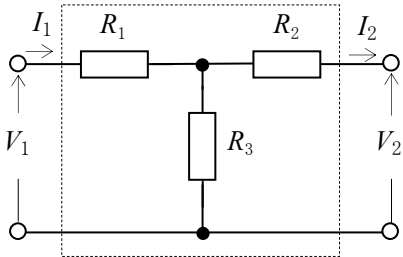
- 1 Q は、 $Q = (\sqrt{L/C})/R$ で表される。
- 2 Q は、 $Q = \omega_0/(\omega_2 - \omega_1)$ で表される。
- 3 ω_0 のとき、端子 ab 間の電圧 $\dot{V}_L$ の大きさは、 $|\dot{V}|/Q$ [V] である。
- 4 ω_0 のとき、端子 ac 間の電圧 $\dot{V}_{LC}$ の大きさは、0 [V] である。
- 5 回路の電流 $\dot{I}$ の位相は、 ω_1 で $\dot{V}$ より進み、 ω_2 で $\dot{V}$ より遅れる。



A - 7 図に示す T 形四端子回路網において、各定数 (A 、 B 、 C 、 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、図に併記したとおりとする。

	A	B	C	D
1	1/2	400 [Ω]	1/200 [S]	1/2
2	1/2	500 [Ω]	1/300 [S]	1/2
3	3/2	400 [Ω]	1/400 [S]	3/2
4	3/2	500 [Ω]	1/400 [S]	2/3
5	3/2	500 [Ω]	1/400 [S]	3/2

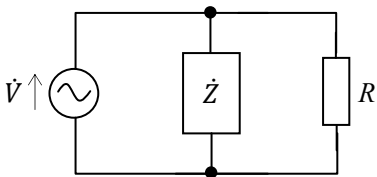
$V_1 = AV_2 + BI_2$	
$I_1 = CV_2 + DI_2$	
V_1 : 入力電圧 [V]	抵抗
V_2 : 出力電圧 [V]	$R_1 = 200$ [Ω]
I_1 : 入力電流 [A]	$R_2 = 200$ [Ω]
I_2 : 出力電流 [A]	$R_3 = 400$ [Ω]



A - 8 図に示すように、交流電源 $\dot{V}=100$ [V] に誘導性負荷 $\dot{Z}$ [Ω] 及び抵抗負荷 R [Ω] を接続したとき、回路全体の皮相電力及び力率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、 $\dot{Z}$ 及び R の有効電力及び力率は表の値とする。

	皮相電力	力率
1	$600\sqrt{5}$ [VA]	$1/\sqrt{5}$
2	$600\sqrt{5}$ [VA]	$2/\sqrt{5}$
3	$600\sqrt{2}$ [VA]	$2/\sqrt{2}$
4	$1,200\sqrt{2}$ [VA]	$2/\sqrt{5}$
5	$1,200\sqrt{2}$ [VA]	$1/\sqrt{2}$

負荷	有効電力	力率
$\dot{Z}$	800 [W]	0.8
R	400 [W]	1.0



(1) 可変容量ダイオードは、PN 接合を持つダイオードであり、A ダイオードとも呼ばれている。

(2) 図に示すように、 D_C に加える逆方向電圧の大きさ $V[V]$ を大きくしていくと、PN 接合の空乏層が B なる。

(3) 空乏層が B になると、 D_C の電極間の静電容量 $C_d[F]$ は C なる。

N: N 形半導體
P: P 形半導體

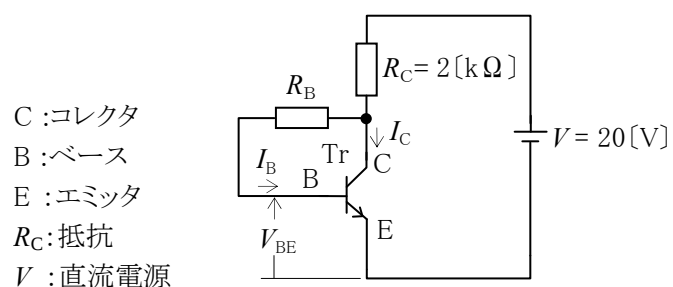
(1) 動作時に A において連続的に消費する電力の最大許容値をいう。

(2) 周囲温度が高くなると、B なる。

(3) $P_{C_{max}} = 5$ [W] のトランジスタでは、コレクタ－エミッタ間の電圧 V_{CE} を 40 [V] で連続使用するとき、流しうる最大のコレクタ電流 I_C は、C である。

	A	B	C
1	エミッタ接合	小さく	625 [mA]
2	エミッタ接合	大きく	125 [mA]
3	コレクタ接合	小さく	625 [mA]
4	コレクタ接合	大きく	125 [mA]
5	コレクタ接合	小さく	125 [mA]

I_B	R_B
1 0.05 [mA]	520 [k Ω]
2 0.05 [mA]	570 [k Ω]
3 0.02 [mA]	520 [k Ω]
4 0.02 [mA]	570 [k Ω]
5 0.02 [mA]	620 [k Ω]



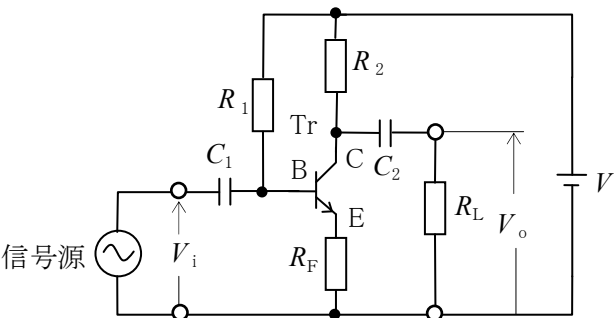
- 1 マグネトロンは、電界の作用と磁界の作用を利用して発振する二極真空管である。
- 2 ガンダイオードは、GaAs(ガリウムヒ素)半導体などに回転磁界を加えたときに生ずるガン効果により発振する。
- 3 インパッドダイオードは、PN 接合のなだれ現象とキャリアの走行時間効果により発振する。
- 4 トンネルダイオードは、PN 接合に順方向電圧を加えたときの負性抵抗特性を利用し発振する。
- 5 進行波管は、界磁コイル内に置かれた回路(ら旋遅延回路)の作用を利用し、広帯域の増幅作用が可能である。

A -13 図に示すトランジスタ(Tr)増幅回路の電圧増幅度 $A = V_o/V_i$ の大きさの値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、 h 定数のうち入力インピーダンス h_{ie} を $3[k\Omega]$ 、電流増幅率 h_{fe} を 300 とする。また、入力電圧 $V_i[V]$ の信号源の内部抵抗を零とし、静電容量 C_1 、 C_2 、 h 定数の h_{re} 、 h_{oe} 及び抵抗 R_1 の影響は無視するものとする。

- 1 8
2 12
3 18
4 42
5 82

C :コレクタ
E :エミッタ
B :ベース
 V_i :入力電圧 [V]
 V_o :出力電圧 [V]
 V :直流電源 [V]

抵抗
 $R_2 = 4 [k\Omega]$
 $R_L = 4 [k\Omega]$
 $R_F = 100 [\Omega]$



A -14 図1に示す電界効果トランジスタ(FET)を用いたドレイン接地増幅回路の原理図において、電圧増幅度 A_v 及び出力インピーダンス $Z_o[\Omega]$ を表す式の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、FET の等価回路を図2とし、また、 Z_o は抵抗 $R_s[\Omega]$ を含むものとする。

- 1 $A_v = g_m R_s$
2 $A_v = g_m R_s$
3 $A_v = g_m R_s / (1 + g_m R_s)$
4 $A_v = g_m R_s / (1 + g_m R_s)$
5 $A_v = g_m R_s / (1 + g_m R_s)$
- $Z_o = R_s / (1 + g_m R_s)$
 $Z_o = R_s / 2 + 1 / g_m$
 $Z_o = R_s / 2 + 1 / g_m$
 $Z_o = R_s / (1 + g_m R_s)$
 $Z_o = R_s + 1 / g_m$

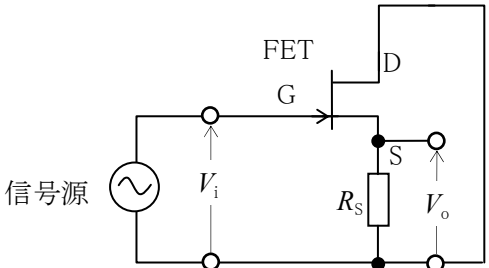


図 1

D:ドレイン
G:ゲート
S:ソース
 V_i :入力電圧 [V]
 V_o :出力電圧 [V]
 V_{GS} :GS 間電圧 [V]
 g_m :相互コンダクタンス [S]

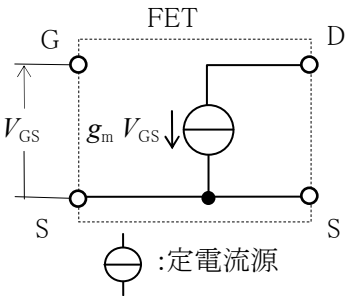


図 2

A -15 次の記述は、図 1 に示す整流回路の各部の電圧について述べたものである。□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、交流電源は実効値が $V[V]$ の正弦波交流とし、ダイオード D_1 、 D_2 は理想的な特性を持つものとする。

- (1) 静電容量 $C_1[F]$ のコンデンサの両端の電圧 V_{C1} は、直流の □ A □ である。
(2) D_1 の両端の電圧 v_{D1} は、図 2 の □ B □ のように変化する電圧である。
(3) 静電容量 $C_2[F]$ のコンデンサの両端の電圧 V_{C2} は、直流の □ C □ である。

- A
1 $\sqrt{2}V [V]$
2 $\sqrt{2}V [V]$
3 $\sqrt{2}V [V]$
4 $2V [V]$
5 $2V [V]$
- B
イ
イ
ア
イ
ア
- C
 $2\sqrt{2}V [V]$
 $2V [V]$
 $2\sqrt{2}V [V]$
 $2V [V]$
 $2\sqrt{2}V [V]$

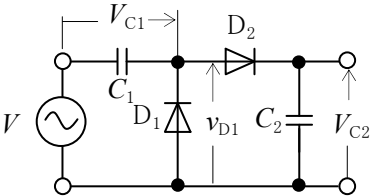


図 1

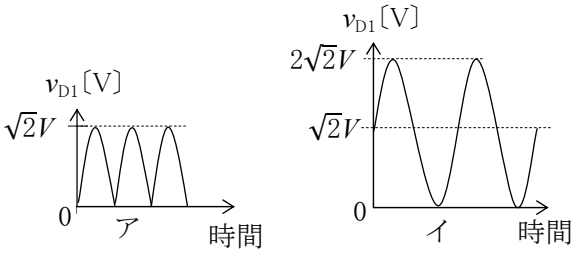
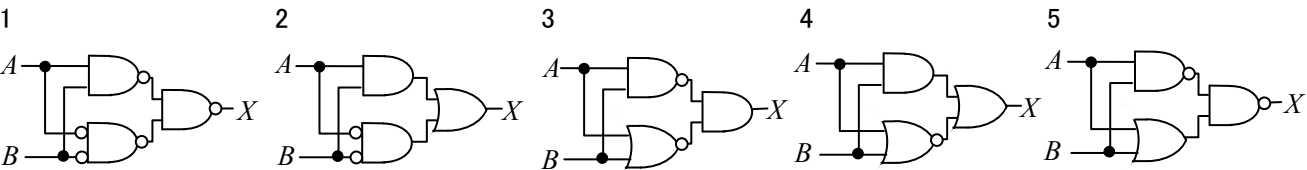


図 2

A -16 表に示す真理値表と異なる動作をする論理回路を下の番号から選べ。ただし、正論理とし、 A 及び B を入力、 X を出力とする。

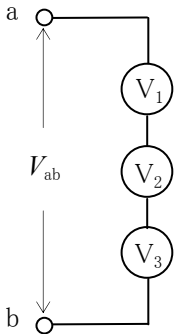


A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

真理値表

A -17 図に示すように、直流電圧計 V_1 、 V_2 及び V_3 を直列に接続したとき、それぞれの電圧計の指示値 V_1 、 V_2 及び V_3 の和の値から測定できる端子 ab 間の電圧 V_{ab} の最大値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、それぞれの電圧計の最大目盛値及び内部抵抗は、表の値とする。

- 1 215 [V]
- 2 265 [V]
- 3 325 [V]
- 4 355 [V]
- 5 430 [V]



電圧計	最大目盛値	内部抵抗
V_1	30 [V]	30 [k Ω]
V_2	100 [V]	200 [k Ω]
V_3	300 [V]	300 [k Ω]

A -18 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 16 [V] を指示した。方形波電圧の最大値 V 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いるものとする。

- 1 6.4 [V]
- 2 8.4 [V]
- 3 10.4 [V]
- 4 12.4 [V]
- 5 14.4 [V]

D : ダイオード
V : 直流電圧計

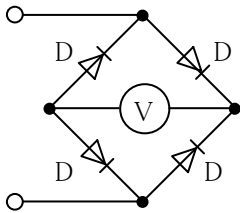


図 1

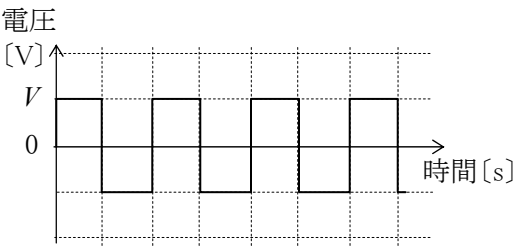
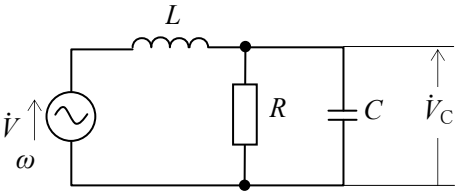


図 2

A -19 次の記述は、図に示す回路を用いて静電容量 C [F] を求める過程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、回路は、交流電源 $\dot{V}$ [V] の角周波数 ω [rad/s] に共振しており、そのときの合成インピーダンス $\dot{Z}_0$ は、 $\dot{Z}_0 = R/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ [Ω] で表されるものとする。

- (1) 共振時において、 $\dot{V}$ と C の両端の電圧 $\dot{V}_C$ [V] の間には、 $\dot{V}_C/\dot{V} = \square \text{ A}$ が成り立つ。
- (2) したがって、 $|\dot{V}_C/\dot{V}| = \square \text{ B}$ が成り立つ。
- (3) よって、 $\dot{V}$ 及び $\dot{V}_C$ の大きさをそれぞれ V [V] 及び V_C [V] とすれば、 C は、 $C = \square \text{ C} / (\omega R)$ [F] である。

A	B	C
1 $1 - j\omega CR$	$\sqrt{1 + (\omega CR)^2}$	$\sqrt{(V_C/V)^2 - 1}$
2 $1 + j\omega CR$	$\sqrt{1 - (\omega CR)^2}$	$\sqrt{(V_C/V)^2 - 1}$
3 $1 + j\omega CR$	$\sqrt{1 + (\omega CR)^2}$	$\sqrt{(V_C/V) - 1}$
4 $1 - j\omega CR$	$\sqrt{1 + (\omega CR)^2}$	$\sqrt{(V_C/V) - 1}$
5 $1 - j\omega CR$	$\sqrt{1 - (\omega CR)^2}$	$\sqrt{(V_C/V) - 1}$



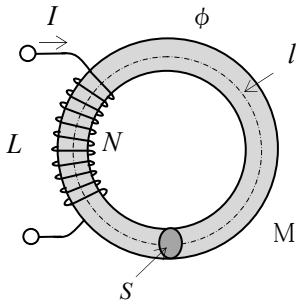
$\dot{V}$: 交流電源電圧 [V]
 R : 抵抗 [Ω]
 L : 自己インダクタンス [H]

A -20 次の記述は、国際単位系 (SI) で表された電気磁気に関する量の単位を「他の SI 単位」で表したものである。このうち、誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 抵抗の単位 [Ω] を、他の SI 単位で表すと [V/A] である。
- 2 電圧、電位の単位 [V] を、他の SI 単位で表すと [W/A] である。
- 3 静電容量の単位 [F] を、他の SI 単位で表すと [C/V] である。
- 4 インダクタンスの単位 [H] を、他の SI 単位で表すと [Wb/V] である。
- 5 磁束密度の単位 [T] を、他の SI 単位で表すと [Wb/m²] である。

B－1 次の記述は、図に示す磁気回路に蓄えられるエネルギー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、磁気回路には、漏れ磁束及び磁気飽和がないものとする。

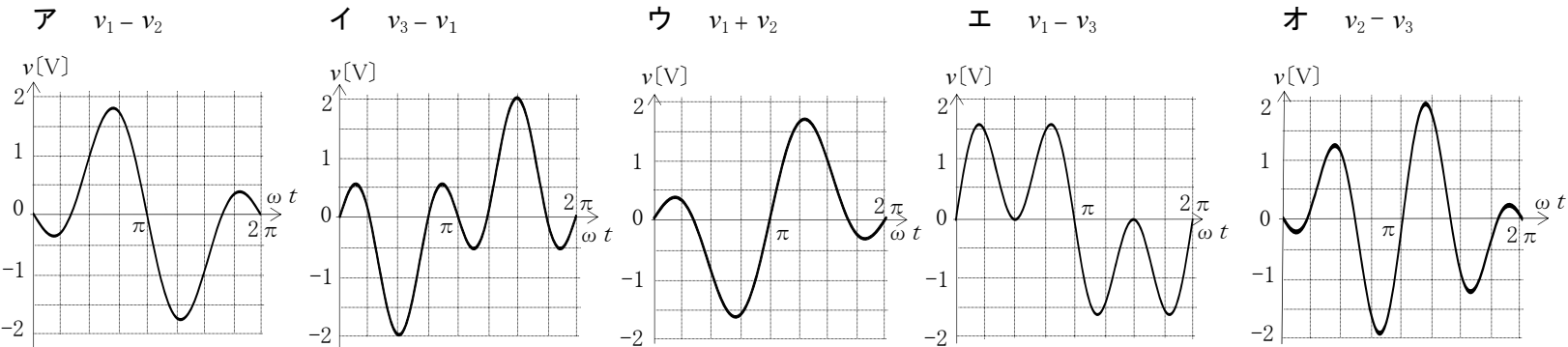
- (1) 自己インダクタンス L [H] のコイルに直流電流 I [A] が流れているとき、磁気回路に蓄えられるエネルギー W は、 L 及び I で表すと、次式で表される。
 $W = \text{ア}$ [J] ①
- (2) L は、環状鉄心 M 中の磁束を ϕ [Wb]、コイルの巻数を N とすると、次式で表される。
 $L = N\phi / I$ [H] ②
- (3) M の断面積を S [m²]、平均磁路長を l [m]、M 中の磁束密度を B [T] とすると、 ϕ 及び磁界の強さ H は、それぞれ次式で表される。
 $\phi = \text{イ}$ [Wb] ③
 $H = \text{ウ}$ / l [A/m] ④
- (4) 式②、③、④を用いると、式①は次式で表される。
 $W = \text{エ}$ [J]
- (5) したがって、磁路の単位体積あたりに蓄えられるエネルギー w は、 $w = \text{オ}$ [J/m³] である。



- | | | | | |
|------------|----------|----------|------------|-----------|
| 1 LI^2 | 2 BS | 3 NI | 4 $HBSl/2$ | 5 HB |
| 6 $LI^2/2$ | 7 $BS/2$ | 8 N^2I | 9 HBS/l | 10 $HB/2$ |

B－2 次の図は、三つの正弦波交流電圧 v_1 、 v_2 及び v_3 を合成したときの式と概略の波形の組合せを示したものである。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。ただし、正弦波交流電圧は、角周波数を ω [rad/s]、時間を t [s] としたとき、次式で表されるものとする。

$v_1 = \sin\omega t$ [V] $v_2 = \sin 2\omega t$ [V] $v_3 = \sin 3\omega t$ [V]



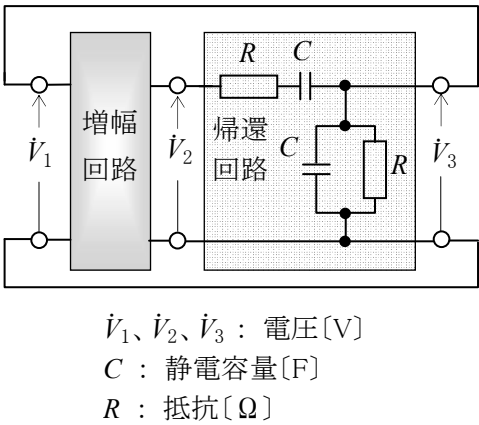
B－3 次の記述は、各種半導体素子について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) サイリスタは、□アの安定状態を持つスイッチング素子である。
- (2) バリスタは、□イによって電気抵抗が変化する素子である。
- (3) サーミスタは、温度によって □ウ が変化する素子である。
- (4) ホール素子は、□エに応じて起電力を発生する素子である。
- (5) ホトダイオードは、□オを電気エネルギーに変換する素子である。

- | | | | | |
|--------|------|------|-------------|----------|
| 1 静電容量 | 2 電圧 | 3 二つ | 4 光エネルギー | 5 熱エネルギー |
| 6 電気抵抗 | 7 三つ | 8 長さ | 9 自己インダクタンス | 10 磁界の強さ |

B-4 次の記述は、図に示すターマン発振回路の発振条件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、増幅回路は、入力抵抗及び出力抵抗を無限大及び零とし、入出力間に位相差はないものとする。また、角周波数を ω [rad/s] とする。

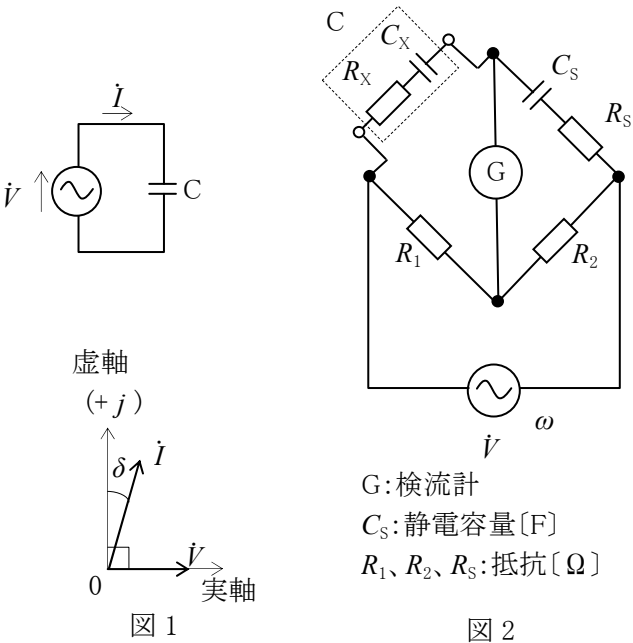
- (1) 帰還回路の帰還率 $\beta = \dot{V}_3 / \dot{V}_2$ は、 C と R の直列インピーダンス及び並列インピーダンスをそれぞれ $\dot{Z}_S$ [Ω] 及び $\dot{Z}_P$ [Ω] とすると、次式で表される。
 $\beta =$ ア ①
- (2) 式①に C と R を代入して整理すると、次式が得られる。
 $\beta =$ イ ②
- (3) 発振状態においては、 β は実数である。したがって発振周波数 f は、次式で表される。
 $f =$ ウ [Hz] ③
- (4) また、発振状態においては、増幅回路の増幅度 $A_v = \dot{V}_2 / \dot{V}_1$ は、エ である。
- (5) この回路は、主に オ の発振に適している。



- | | | | | |
|---|--|--------------------------|-----|-----------------------|
| 1 $\frac{\dot{Z}_P}{\dot{Z}_S + \dot{Z}_P}$ | 2 $\frac{1}{3 + j\{\omega CR - 1/(\omega CR)\}}$ | 3 $\frac{1}{\sqrt{2}CR}$ | 4 3 | 5 超短波帯 (VHF 帯) 以上の高周波 |
| 6 $\frac{\dot{Z}_S}{\dot{Z}_S + \dot{Z}_P}$ | 7 $\frac{1}{6 - j\{\omega CR - 1/(\omega CR)\}}$ | 8 $\frac{1}{2\pi CR}$ | 9 6 | 10 低周波 |

B-5 次の記述は、交流ブリッジ回路によるコンデンサ C の誘電損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。ただし、角周波数を ω [rad/s] とする。

- (1) 図 1 に示すように、コンデンサ C に誘電損があるとき、加えた正弦波交流電圧 $\dot{V}$ [V] と流れる電流 $\dot{I}$ [A] との位相差は $\pi/2$ [rad] より δ [rad] 小さくなる。
- (2) このため、一般に、コンデンサの良否を表す指標として $\tan\delta$ を求めている。この $\tan\delta$ を ア という。
- (3) したがって、 $\tan\delta$ が イ ほど損失の少ないコンデンサとなる。
- (4) コンデンサ C の静電容量を C_x 、誘電損を表す抵抗を 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 $\tan\delta$ は、それぞれ次式で求められる。
 $C_x =$ ウ [F] $R_x =$ エ [Ω] $\tan\delta =$ オ



- | | | | | |
|--------|-------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 誘電分極 | 2 大きい | 3 $C_S R_1 / R_2$ | 4 $R_S R_1 / R_2$ | 5 $\omega R_S C_S$ |
| 6 誘電損率 | 7 小さい | 8 $C_S R_2 / R_1$ | 9 $R_2 R_1 / R_S$ | 10 $\omega C_S / R_S$ |