

GB507

第二級陸上無線技術士「無線工学B」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、電波の平面波と球面波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。

- 1 電波の進行方向に直交する平面内で、一様な電界と磁界を持つ電波を平面波という。
- 2 等方性アンテナからは球面波が放射される。
- 3 ホーンアンテナから放射された電波は、その開口面の近傍ではほぼ球面波で近似することができる。
- 4 アンテナから放射された電波は、アンテナから十分離れた距離においては平面波とみなすことができる。
- 5 平面波と球面波は、いずれも縦波であり、光波と同じ速さで進む。

A - 2 自由空間内に置かれた微小ダイポールによる静電界と放射電界の大きさが等しくなる距離の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、微小ダイポールによる任意の点 P の電界強度 E_θ は次式で与えられるものとする。この式で I [A] は放射電流、 l [m] は微小ダイポールの長さ、 λ [m] は波長、 r [m] は微小ダイポールからの距離、 θ [rad] は微小ダイポールの電流が流れる方向と微小ダイポールの中心から点 P を見た方向とがなす角度、 ω [rad/s] は角周波数とする。また、周波数を 10 [MHz] とする。

$$E_\theta = \frac{j 60 \pi I l \sin \theta}{\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{j \lambda}{2 \pi r^2} - \frac{\lambda^2}{4 \pi^2 r^3} \right) e^{j(\omega t - 2 \pi r / \lambda)} \quad [\text{V/m}]$$

- 1 1.2 [m] 2 4.8 [m] 3 9.6 [m] 4 19.2 [m] 5 28.8 [m]

A - 3 自由空間において、周波数 150 [MHz]、電界強度 5 [mV/m] の到来電波の中に置かれた半波長ダイポールアンテナに誘起する電圧の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、半波長ダイポールアンテナの最大指向方向は、到来電波の方向に向けられているものとする。また、波長を λ [m] とすれば、半波長ダイポールアンテナの実効長は、 $\lambda /$ [m] である。

- 1 3.2 [mV] 2 6.4 [mV] 3 9.6 [mV] 4 12.0 [mV] 5 14.4 [mV]

A - 4 次の記述は、アンテナの放射抵抗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) 自由空間に置かれた損失のないアンテナの放射抵抗は、実効長の 2 乗に比例し、利得に A する。
(2) 微小ダイポールの放射抵抗は、アンテナの長さが一定ならば、波長が B ほど大きい。
(3) 1/4 波長垂直地アンテナの放射抵抗は、ほぼ C [] である。

	A	B	C
1	反比例	長い	73.1
2	反比例	短い	36.6
3	比例	短い	36.6
4	比例	長い	73.1
5	比例	長い	36.6

A - 5 次の記述は、円形の開口面アンテナの利得とビームの電力半値幅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、開口面の直径は波長に比べて大きく、波長及び開口効率是一定であり、アンテナの損失はなく、開口面上の電磁界分布は一様であるものとする。

- (1) 利得は、開口面の直径が □ A □ ほど大きくなる。
 (2) ビームの電力半値幅は、電界強度が最大放射方向の値の □ B □ なる二つの方向にはさまれる角度の幅であり、開口面の直径が大きいほど小さくなる。
 (3) 利得は、ビームの電力半値幅が小さいほど □ C □ なる。

	A	B	C
1	大きい	$1/\sqrt{2}$	大きく
2	大きい	$1/2$	小さく
3	大きい	$1/2$	大きく
4	小さい	$1/\sqrt{2}$	大きく
5	小さい	$1/2$	小さく

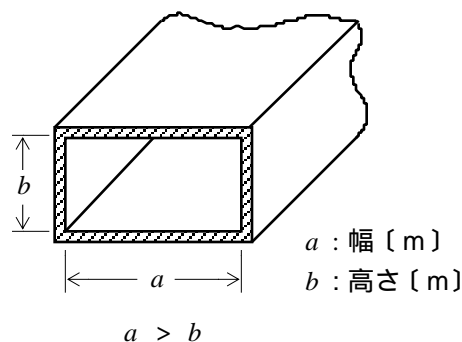
A - 6 無損失で特性インピーダンスが 600 []、長さ 0.5 [m] の平行二線式給電線を終端で短絡したとき、入力インピーダンスの絶対値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、周波数は 100 [MHz] とし、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

- 1 519 [] 2 692 [] 3 1,038 [] 4 1,557 [] 5 2,079 []

A - 7 次の記述は、図に示す方形導波管を TE_{10} モードの電波で励振した場合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、励振する電波の波長を λ [m]、自由空間中の電波の速度を c [m/s] とする。

- (1) 遮断波長は、□ A □ [m] である。
 (2) 管内波長は、□ B □ [m] である。
 (3) 群速度は、□ C □ [m/s] である。

	A	B	C
1	$2a$	$\lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$	$c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$
2	$2a$	$\lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$	$c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$
3	$2a$	$\lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$	$c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$
4	$2b$	$\lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$	$c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$
5	$2b$	$\lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$	$c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$



A - 8 次の記述は、給電回路で用いられる機器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) 一つのアンテナ系を 2 台以上の送信機で給電する場合に □ A □ が使用される。
 (2) 1 次線路上の入射波及び反射波に比例した電力を、それに結合した 2 次線路側のそれぞれの端子に分離して取り出す場合に □ B □ が使用される。
 (3) ハイブリッド回路は、方向性を □ C □ 電力の 2 等分回路であり、電力分配器、可変減衰器、可変移相器などに広く用いられている。

	A	B	C
1	ダイプレクサ	アイソレータ	持った
2	ダイプレクサ	アイソレータ	持たない
3	ダイプレクサ	方向性結合器	持った
4	サーキュレータ	アイソレータ	持たない
5	サーキュレータ	方向性結合器	持った

A - 9 次の記述は、アンテナと給電線を整合させるための対称形集中定数回路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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。また、給電線は無損失とし、その特性インピーダンス Z_0 を 600 []、アンテナの入力抵抗 R を 73 [] とする。

(1) 特性インピーダンス Z_0 の給電線と入力抵抗 R のアンテナを図に示すリアクタンス X を用いた対称形集中定数回路により整合させるためには、次式が成立しなければならない。

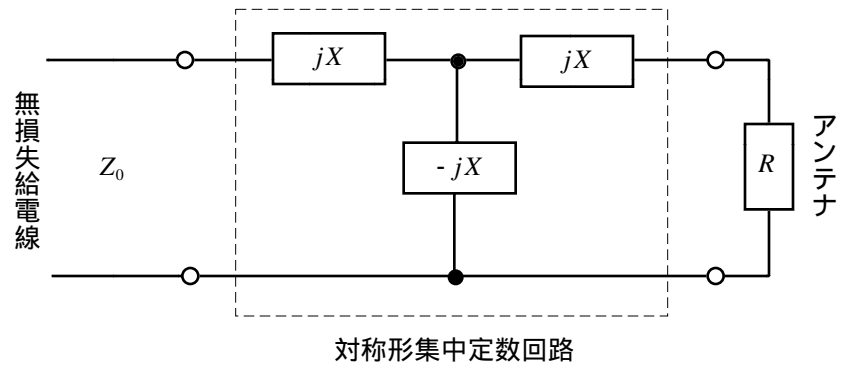
$$Z_0 = jX + \frac{-jX \left(\frac{\square A}{\square A} \right)}{\left(\frac{\square A}{\square A} \right) - jX}$$

(2) これより、整合条件は次式で与えられる。

$$X = \square B$$

(3) 題意の数値を代入すれば、 X は次の値となる。

$$X = \square C \text{ []}$$



	A	B	C
1	$R + jX$	$\sqrt{2RZ_0}$	148
2	$R + jX$	$\sqrt{RZ_0}$	210
3	$R + jX$	$\sqrt{RZ_0/2}$	105
4	$R - jX$	$\sqrt{2RZ_0}$	210
5	$R - jX$	$\sqrt{RZ_0}$	148

A - 10 太さの様な導線を用いた二線式折返し半波長ダイポールアンテナの入力抵抗の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、半波長ダイポールアンテナの入力抵抗を 73 [] とする。

- 1 150 [] 2 200 [] 3 250 [] 4 300 [] 5 400 []

A - 11 次の記述は、コリニヤアレーアンテナ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。

- 1 垂直半波長ダイポールアンテナ等を構成単位としたアレーアンテナである。
- 2 構成単位のアテナの数を増やすと、垂直面内の指向性が鋭くなる。
- 3 使用可能な周波数範囲を広くするためには、素子の直径 D と長さ L の比 (D/L) を大きくする。
- 4 水平面内の指向性は、全方向性である。
- 5 構成単位のアテナを垂直方向に一直線上に等間隔に並べて、隣り合う各素子を互いに同振幅、逆位相の電流で励振する。

A - 12 次の記述は、オフセットパラボラアンテナ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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 曲面が □ A の反射鏡の一部と、□ A の焦点に置かれた一次放射器から構成されている。
- (2) 開口面の正面に一次放射器や給電線路など電波の通路をさえぎるものがないため □ B が良く、放射特性が良好である。
- (3) 衛星用の受信アンテナとして用いる場合、同じ仰角で用いる開口径の等しい円形パラボラアンテナに比べて、地上通信回線の電波による干渉や大地からの熱雑音の影響を □ C 。

	A	B	C
1	回転双曲面	開口効率	受けやすい
2	回転双曲面	面精度	受けにくい
3	回転放物面	開口効率	受けやすい
4	回転放物面	開口効率	受けにくい
5	回転放物面	面精度	受けやすい

A - 13 次の記述は、ホーンアンテナ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。

- 1 方形や円形の導波管の切口部分を徐々に広げて必要な大きさの開口面にしたものである。
- 2 角錐、円錐、扇形などのホーンアンテナがある。
- 3 開口面積が一定であれば、ホーンの長さを変えても利得は変わらない。
- 4 定在波アンテナに比べてインピーダンス特性は広帯域である。
- 5 反射鏡アンテナなどの一次放射器として用いられることがある。

A - 14 $1/4$ 波長垂直地アンテナに 8 [W] の電力を供給したとき、アンテナから水平方向に 20 [km] 離れた地点における電界強度の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの放射効率を 1 とし、大地は完全導体平面とする。

- 1 1.4 [mV/m] 2 2.0 [mV/m] 3 2.6 [mV/m] 4 3.2 [mV/m] 5 3.8 [mV/m]

A - 15 次の記述は、電波の地上波伝搬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) 地表波は、周波数が □ A □ ほど、また、大地の導電率が □ B □ ほど遠くまで伝搬する。
- (2) 超短波 (VHF) 帯の地上波伝搬において、送信点と受信点の途中に山岳があると一般に受信電界強度は非常に弱くなると考えられるが、□ C □ によって通信に使用できる程度の電界強度となる場合がある。この場合の山岳が存在するために得られる伝搬損失の軽減量は、山岳利得と呼ばれている。

	A	B	C
1	高い	小さい	散乱波
2	高い	大きい	回折波
3	低い	小さい	回折波
4	低い	小さい	散乱波
5	低い	大きい	回折波

A - 16 次の記述は、地上系固定マイクロ波通信におけるフェージングの一般的事象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。

- 1 フェージングは、伝搬路が長いほど発生しやすい。
- 2 フェージングは、伝搬路の平均地上高が低いほど発生しやすい。
- 3 フェージングは、山岳地帯を通る伝搬路に比べて、平地の上を通る伝搬路の方が発生しやすい。
- 4 フェージングは、陸上伝搬路に比べて、海上伝搬路の方が発生しにくい。
- 5 周波数選択性フェージングが発生すると、受信信号に波形ひずみが生じやすい。

A - 17 次の記述は、電離層と電子密度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) E 層は夜間も消滅せず、その電子密度は、一般に □ A □ の方が大きい。
- (2) スポラジック E 層 (E_s) は、□ B □ とほぼ同じ高さに生じ、その電子密度は F 層の電子密度より大きくなることもある。
- (3) F 層は、昼間は □ C □ を除き F_1 層と F_2 層に分かれるが夜間は一つにまとまり、そのときの電子密度は、一般に冬より夏の方が大きい。

	A	B	C
1	夏より冬	E 層	冬
2	夏より冬	F 層	夏
3	冬より夏	E 層	夏
4	冬より夏	E 層	冬
5	冬より夏	F 層	冬

A - 18 次の記述は、無損失の平行二線式給電線に接続されたアンテナの入力抵抗を測定する原理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) 給電線の特性インピーダンスを Z_0 []、アンテナの入力抵抗を R [] とすれば、 Z_0 と R が等しくないとき給電線上に定在波が生ずる。このときのアンテナの給電点における定在波電圧は、□ A □ であれば電圧最小（波節）、 Z_0 と R の大小関係が逆であれば電圧最大（波腹）となる。

- (2) 電圧定在波比 S は、給電点における反射係数を Γ 、波腹の電圧を V_{\max} [V]、波節の電圧を V_{\min} [V] とすれば、次式で与えられる。

$$S = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \text{□ B □}$$

ただし、 $|\Gamma| = \frac{R - Z_0}{R + Z_0}$ ($Z_0 < R$) 又は $|\Gamma| = \frac{Z_0 - R}{R + Z_0}$ ($Z_0 > R$) とする。

- (3) 給電点の定在波電圧が波腹か波節かを確かめた後、 V_{\max} と V_{\min} を測定して、 R を次式により求める。

$$R = Z_0 \times \text{□ C □} \quad (Z_0 < R)$$

$$R = Z_0 \times \text{□ D □} \quad (Z_0 > R)$$

	A	B	C	D
1	$Z_0 > R$	$(1 - \Gamma)/(1 + \Gamma)$	V_{\min} / V_{\max}	V_{\max} / V_{\min}
2	$Z_0 > R$	$(1 + \Gamma)/(1 - \Gamma)$	V_{\max} / V_{\min}	V_{\min} / V_{\max}
3	$Z_0 < R$	$(1 - \Gamma)/(1 + \Gamma)$	V_{\min} / V_{\max}	V_{\max} / V_{\min}
4	$Z_0 < R$	$(1 + \Gamma)/(1 - \Gamma)$	V_{\max} / V_{\min}	V_{\min} / V_{\max}
5	$Z_0 < R$	$(1 + \Gamma)/(1 - \Gamma)$	V_{\min} / V_{\max}	V_{\max} / V_{\min}

A - 19 次の記述は、図に示す構成によりマイクロ波のアンテナの利得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、各アンテナの損失は無視し、基準アンテナと被測定アンテナは同じ位置に置くものとする。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 絶対利得 G_t (真数) の送信アンテナから送信電力 P_t [W] を送信したとき、距離 d [m] 離れた受信点での電波の電力束密度 p は、次式で表される。

$$p = \text{□ A □} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \dots\dots\dots$$

- (2) スイッチ SW を基準アンテナ側にして受信電力 P_s [W] を測定する。基準アンテナの絶対利得及び実効面積をそれぞれ G_s (真数) 及び S [m²]、波長を λ [m] とすれば、式 から、 P_s は、次式で表される。

$$P_s = Sp = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_s p = \text{□ B □} \times G_s G_t P_t \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots$$

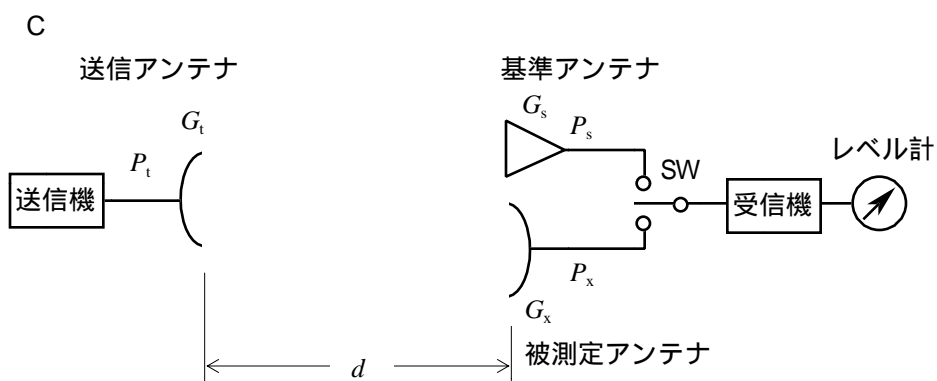
- (3) SW を被測定アンテナ側にして受信電力 P_x [W] を測定する。被測定アンテナの利得を G_x (真数) とすれば、式 と同様に、 P_x は、次式で表される。

$$P_x = \text{□ B □} \times G_x G_t P_t \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots$$

- (4) 式 と から、 G_x は次式となり、被測定アンテナの利得が測定できる。

$$G_x = \text{□ C □}$$

A	B	C
$\frac{G_t P_t}{d^2}$	$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{\lambda}{d}\right)^2$	$\frac{G_s P_x}{P_s}$
2 $\frac{G_t P_t}{\pi d^2}$	$\left(\frac{\lambda}{2\pi d}\right)^2$	$\frac{G_s}{P_x}$
$\frac{G_t P_t}{\pi d^2}$	$\left(\frac{\lambda}{2\pi d}\right)^2$	$\frac{G_s P_x}{P_s}$
$\frac{G_t P_t}{4\pi d^2}$	$\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$	$\frac{G_s P_x}{P_s}$
$\frac{G_t P_t}{4\pi d^2}$	$\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$	$\frac{G_s}{P_x}$



A - 20 雑音温度が 120 [K] のアンテナに給電回路を接続したとき、200 [K] の雑音温度が測定された。この給電回路の損失 (真数) の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、周囲温度を 27 [] とする。

- 1 1.6 2 1.8 3 2.0 4 2.2 5 2.4

B - 1 次の記述は、微小ダイポールの実効面積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、波長を λ [m] とし、長さ l [m] の微小ダイポールの放射抵抗 R_r は、次式で表されるものとする。

$$R_r = 80 \left(\frac{\pi l}{\lambda} \right)^2 \quad [\quad]$$

(1) 微小ダイポールの実効面積 A_e は、受信有能電力を P_a [W]、到来電波の電力束密度を p [W/m²] とすれば、次式で与えられる。

$$A_e = \text{ア} \quad [\text{m}^2] \quad \dots\dots$$

(2) P_a は、アンテナの誘起電圧 V_a [V] 及び R_r を用いて、次式で与えられる。

$$P_a = \text{イ} \quad [\text{W}] \quad \dots\dots$$

(3) V_a は、到来電波の電界強度 E [V/m] と l [m] から、次式で与えられる。

$$V_a = \text{ウ} \quad [\text{V}] \quad \dots\dots$$

(4) p は、 E と自由空間の固有インピーダンスから、次式で与えられる。

$$p = \text{エ} \quad [\text{W/m}^2] \quad \dots\dots$$

(5) 式、 、 、 より、 A_e は次式で表される。

$$A_e = \text{オ} \times \frac{\lambda^2}{\pi} \quad [\text{m}^2]$$

- | | | | | |
|-------------------|------------------------|---------|------------------------|------------------|
| 1 $\frac{p}{P_a}$ | 2 $\frac{V_a^2}{4R_r}$ | 3 $2El$ | 4 $\frac{E^2}{120\pi}$ | 5 $\frac{3}{8}$ |
| 6 $\frac{P_a}{p}$ | 7 $\frac{V_a^2}{2R_r}$ | 8 El | 9 $120\pi E^2$ | 10 $\frac{8}{3}$ |

B - 2 次の記述は、整合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。

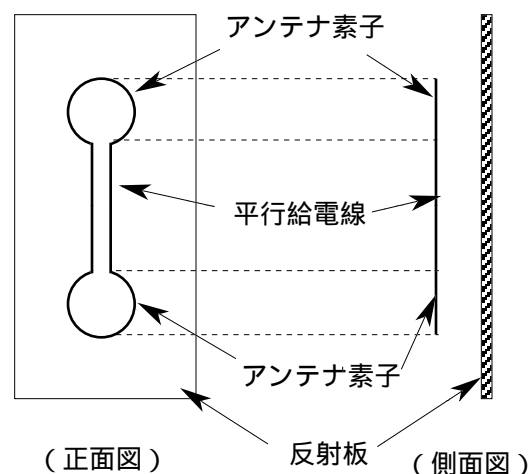
(1) 給電線の特性インピーダンスと給電線に接続されているアンテナや送受信機の入力又は出力インピーダンスが □ア と、これらの接続点から反射波が生じ、電力の □イ が低下する。これを防ぐため、これらの接続点にインピーダンス整合回路を挿入して整合をとる。

(2) 同軸給電線のような □ウ とダイポールアンテナのような平衡回路を直接接続すると、平衡回路に □エ が流れ、送信や受信に悪影響を生ずる。これを防ぐため、二つの回路の間に □オ を挿入して、整合をとる。

- | | | | | |
|-------|--------|---------|---------|----------|
| 1 等しい | 2 反射効率 | 3 不平衡回路 | 4 不平衡電流 | 5 アイソレータ |
| 6 異なる | 7 伝送効率 | 8 平衡回路 | 9 平衡電流 | 10 バラン |

B - 3 次の記述は、図に示す反射板付きの双ループアンテナ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) 2 ループを平行給電線で接続したものに反射板を組み合わせたアンテナで、ループの円周の長さは、それぞれ約 □ア 波長である。
- (2) 給電点は、一般に平行給電線の □イ である。
- (3) 2 ループが大地に対して上下になるように置いたときの水平面内の指向性は、□ウ の指向性とほぼ等しい。
- (4) 利得を上げるために反射板内のループの数を上下方向に直列に増やすと、使用周波数範囲が □エ なる。
- (5) このアンテナを四角鉄塔の各面に取付けた場合、鉄塔の幅が波長に比べて狭いときは、水平面内の指向性はほぼ □オ となる。



- | | | | | |
|------|--------|-------|---------------------|-------|
| 1 中央 | 2 全方向性 | 3 1/2 | 4 微小ダイポール | 5 広く |
| 6 上端 | 7 双方向性 | 8 1 | 9 反射板付き 4 ダイポールアンテナ | 10 狭く |

B - 4 次の記述は、電波雑音の一般的事象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 電波雑音は、自然雑音と人工雑音の二つに大別され、自然雑音の主なものには 大気雑音、太陽雑音、宇宙雑音などがある。
- イ 大気雑音の一種である空電雑音は、主に、マイクロ波(SHF)帯以上の周波数で顕著である。
- ウ 人工雑音は、自動車のイグニッション系機器、電気機器及び高圧送電線などから発生するものである。
- エ 自動車のイグニッション系機器から発生する雑音は、衝撃性雑音(インパルス雑音)であり、短波帯以下の狭い周波数帯域に発生する。
- オ 静止衛星通信では、春分及び秋分の前後数日間、地球局のアンテナの主ビームが太陽に向くとき、太陽雑音の影響を受けることがある。

B - 5 次の記述は、方向性結合器を用いて同軸給電回路の反射係数及び定在波比を測定する原理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、方向性結合器の主線路と副線路は、図に示すように静電容量 C [F] 及び相互インダクタンス M [H] によって結合されているものとし、主線路は特性インピーダンス Z_0 [] の同軸給電線で信号源と負荷に接続され、副線路は電流を測定する検出器と終端抵抗 R [] に接続されているものとする。また、検出器の内部抵抗と終端抵抗は等しく、副線路の自己インダクタンスを L [H]、角周波数を [rad/s] とすると、 L 、 R 及び $R = 1/(C)$ のとき、 $M = CRZ_0$ の関係があるものとする。

(1) 主線路上の電圧を V [V]、電流を I [A] とすると、副線路に流れる電流は、 V に比例し、静電結合により静電容量 C を通り検出器と終端抵抗に二分されるので、その一つを i_c とすると、 i_c は、次式で表される。

$$i_c = \text{ア} \text{ [A]} \dots\dots\dots$$

また、誘導結合により副線路に流れる電流 i_m は、 I に比例し次式で表される。ここで、 i_m の向きは誘導結合の方向により検出器側又は終端抵抗側のいずれかの方向になる。

$$i_m = \text{イ} \text{ [A]} \dots\dots\dots$$

(2) i_c と i_m の合成電流は、 i_m の向きによりそれらの和又は差となるが、ここでは、検出器側の電流 i_t [A] が和、終端抵抗側の電流 i_r [A] が差となるように回路が構成されているものとする、 i_t は、次式で表される。

$$i_t = i_c + i_m = \text{ウ} \text{ [A]} \dots\dots\dots$$

(3) 入射波のみのときは、 $V/I = Z_0$ であり、条件から $M = CRZ_0$ であるから、式 は次式となる。

$$i_t = \text{エ} \text{ [A]}$$

また、負荷側からの反射波のみのときには I の符号が変わるから、 $i_t = 0$ となる。この場合、方向性結合器に接続されている検出器と終端抵抗を入れ替えると、この反射波電圧に比例した電流を測定できる。このようにして、入射波電圧と反射波電圧を測定し、それらの **オ** から反射係数を求め、定在波比を算出する。

- | | | | | |
|--------------------------|---------------------------|--|---|----------------------------|
| 1 $\frac{j\omega CV}{2}$ | 2 比 | 3 積 | 4 $j\omega \left(\frac{CV}{2} + \frac{MI}{2R} \right)$ | 5 $j\omega MI$ |
| 6 $\frac{j\omega MI}{2}$ | 7 $\frac{j\omega CV}{2R}$ | 8 $j\omega \left(\frac{CV}{2R} + \frac{MI}{2R} \right)$ | 9 $j\omega CV$ | 10 $\frac{j\omega MI}{2R}$ |

