

XB603

第一級海上無線通信士「無線工学 B」試験問題

25 問 2 時間 30 分

A－1 自由空間において、微小ダイポールに電力 5 [W] を給電して電波を放射した。このときの最大放射方向の距離 20 [km] の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、電波は平面波とする。

- 1 0.60 [mV/m]
- 2 0.75 [mV/m]
- 3 1.00 [mV/m]
- 4 1.25 [mV/m]
- 5 1.45 [mV/m]

A－2 次の記述は、半波長ダイポールアンテナの入力インピーダ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) 入力インピーダンス  $Z$  は、抵抗分を  $R$  [Ω]、リアクタンス分を  $X$  [Ω] とすれば、次式で表される。  
 $Z = R + jX \simeq$   A  $+ j42.5$  [Ω]
- (2) アンテナの長さを変化させたとき、その長さが半波長より短いほど上式の  $R$  と  $X$  は、 B なる。また、その変化の割合は、 $R$  より  $X$  の方が  C。

- |   | A    | B   | C   |
|---|------|-----|-----|
| 1 | 22.5 | 小さく | 大きい |
| 2 | 22.5 | 大きく | 小さい |
| 3 | 73.1 | 小さく | 小さい |
| 4 | 73.1 | 小さく | 大きい |
| 5 | 73.1 | 大きく | 小さい |

A－3 次の記述は、アンテナ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の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、波長を  $\lambda$  [m] とする。

- (1) アンテナの実効面積を  $S_e$  [m<sup>2</sup>]、等方性アンテナの実効面積を  $S_s$  [m<sup>2</sup>] とすると、アンテナの絶対利得  $G$  は、次式で表される。  
 $G = S_e/S_s$  . . . . . ①
- (2) ここで、アンテナを微小ダイポールとすると、その実効面積は、次式で表される。  
 $S_e =$   A [m<sup>2</sup>] . . . . . ②
- (3) 式①に式②及び微小ダイポールの絶対利得  B (真数) を代入すると、等方性アンテナの実効面積は、次式で表される。  
 $S_s =$   C [m<sup>2</sup>]

- |   | A                         | B   | C                        |
|---|---------------------------|-----|--------------------------|
| 1 | $\frac{3\lambda^2}{4\pi}$ | 1.5 | $\frac{\lambda^2}{2\pi}$ |
| 2 | $\frac{3\lambda^2}{4\pi}$ | 1.0 | $\frac{\lambda^2}{4\pi}$ |
| 3 | $\frac{3\lambda^2}{8\pi}$ | 1.5 | $\frac{\lambda^2}{2\pi}$ |
| 4 | $\frac{3\lambda^2}{8\pi}$ | 1.5 | $\frac{\lambda^2}{4\pi}$ |
| 5 | $\frac{3\lambda^2}{8\pi}$ | 1.0 | $\frac{\lambda^2}{4\pi}$ |

A－4 次の記述は、送信アンテナを受信アンテナに用いたときの可逆関係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) 一般に、指向性の可逆関係は、成立 □ A □。
- (2) 一般に、利得の可逆関係は、成立 □ B □。
- (3) 一般に、入力インピーダンスの可逆関係は、成立 □ C □。

	A	B	C
1	する	する	する
2	する	しない	しない
3	しない	する	する
4	しない	しない	する
5	しない	しない	しない

A－5 単位長当たりの静電容量及びインダクタンスがそれぞれ 10 [pF/m] 及び 2.5 [μH/m] の無損失給電線を周波数 100 [MHz] で使用したときの位相定数の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 π/6 [rad/m]
- 2 π/4 [rad/m]
- 3 π/2 [rad/m]
- 4 3π/4 [rad/m]
- 5 π [rad/m]

A－6 特性インピーダンスが 50 [Ω]、長さが 1.25 波長の無損失給電線の終端に純抵抗負荷 40 [Ω] を接続したとき、給電線の入力端から見たインピーダンスの値として、最も近いものを下の番号から選べ。

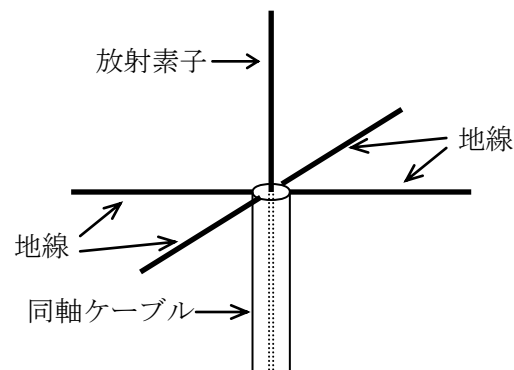
- 1 32 [Ω]
- 2 63 [Ω]
- 3 75 [Ω]
- 4 85 [Ω]
- 5 100 [Ω]

A－7 次の記述は、給電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。

- 1 インピーダンスが異なる二つの給電回路などを接続するときには、反射損を防ぎ、効率よく電力を伝送するためにインピーダンス整合回路が用いられる。
- 2 平衡回路と不平衡回路を接続するとき、インピーダンスが同じでも漏れ電流を防ぐためにバランが用いられることが多い。
- 3 給電線とアンテナの整合がとれ、反射波が生じていないときの電圧定在波比(VSWR)の値は1である。
- 4 給電線に入力される電力を  $P_1$  [W]、給電線に接続されている負荷で消費される電力を  $P_2$  [W] とすれば、 $P_2/P_1$  を伝送効率といい、給電線での損失が少ないほどこの値が小さい。
- 5 インピーダンス整合には、集中定数回路や分布定数回路を用いる方法がある。

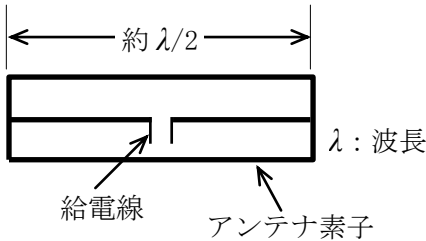
A－8 次の記述は、図に示すブラウンアンテナについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 地線は、同軸ケーブルの外部導体に接続されている。
- 2 地線は、同軸ケーブルの外部導体に漏れ電流が流れ出すのを防ぐ働きをする。
- 3 放射素子と 4 本の地線の長さは、全て約 1/2 波長である。
- 4 入力インピーダンスは、地線の取付け角度によって変わる。
- 5 放射素子を大地に対して垂直に置いたとき、水平面内の指向性は、全方向性である。



A－9 図に示す素子の太さが等しい三線式折返し半波長ダイポールアンテナへ電流 20〔mA〕を給電したときに放射される電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナにおける損失はなく、短縮率は無視できるものとする。

- 1 263〔mW〕
- 2 330〔mW〕
- 3 400〔mW〕
- 4 495〔mW〕
- 5 623〔mW〕



A－10 次の記述は、開口面が円形の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。

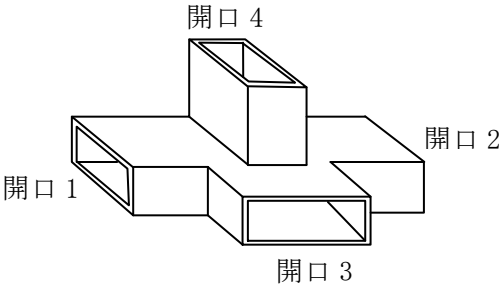
- (1) 金属板や金網などでできた回転放物面反射鏡の焦点に電磁ホーンなどの一次放射器を置き、これより放射された □ A □ を回転放物面反射鏡で反射させ、□ B □ に変換して外部へ放射する。
- (2) 利得は、反射鏡の開口面積に比例し、使用 □ C □ の 2 乗に反比例する。
- (3) 指向性は、最大放射方向が回転放物面の回転軸に一致する □ D □ 性である。

	A	B	C	D
1	平面波	球面波	波長	単一指向
2	平面波	球面波	周波数	全方向
3	平面波	球面波	波長	全方向
4	球面波	平面波	波長	単一指向
5	球面波	平面波	周波数	単一指向

A－11 次の記述は、図に示すマジック T を用いて未知のインピーダンス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、測定器相互間の整合はとれているものとし、接続部からの反射は無視できるものとする。なお、同じ記号の □内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 未知のインピーダンスを測定するには、開口 1 に標準可変インピーダンス、開口 2 に被測定インピーダンスを接続し、開口 3 に □ A □、開口 4 に □ B □ を接続する。
- (2) 標準可変インピーダンスを加減して □ B □ への出力が □ C □ になるようにする。このときの標準可変インピーダンスの値が被測定インピーダンスの値である。

	A	B	C
1	抵抗減衰器	検出器(検波器)	最大
2	抵抗減衰器	終端抵抗	最大
3	抵抗減衰器	終端抵抗	零
4	高周波発振器	終端抵抗	最大
5	高周波発振器	検出器(検波器)	零



A－12 5〔MHz〕の線状アンテナの指向性を測定するために必要な送信アンテナと受信アンテナ間の最小距離の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、送信アンテナと受信アンテナは同じものとし、その最大寸法は波長に比べて十分小さいものとする。

- 1 180〔m〕
- 2 225〔m〕
- 3 360〔m〕
- 4 420〔m〕
- 5 600〔m〕

A－13 次の記述は、アンテナに供給される電力を求める計算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。

入力インピーダンスが  $R_a$ 〔Ω〕のアンテナに、特性インピーダンスが  $R_0$ 〔Ω〕の給電線を用いて給電したとき、給電線上に生ずる定在波の電圧波腹及び電圧波節の実効値がそれぞれ  $V_{\max}$ 〔V〕及び  $V_{\min}$ 〔V〕であった。ただし、 $R_a$ 及び  $R_0$ は純抵抗で、 $R_a < R_0$ であり、給電線は無損失で波長に比べて十分長いものとする。

(1) 給電線の電圧反射係数  $\Gamma$ の絶対値 $|\Gamma|$ は、 $R_a$ と  $R_0$ を用いて、次式で表される。

$$|\Gamma| = \boxed{\text{A}} \qquad \cdots \cdots \cdots \text{①}$$

(2) 電圧定在波比  $S$  は、 $|\Gamma|$ を用いて、次式で表される。

$$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \qquad \cdots \cdots \cdots \text{②}$$

式①を式②に代入すれば、次式で表される。

$$S = \boxed{\text{B}} \qquad \cdots \cdots \cdots \text{③}$$

(3)  $S$  は、 $V_{\max}$ と  $V_{\min}$ を用いて、次式で表される。

$$S = \boxed{\text{C}} \qquad \cdots \cdots \cdots \text{④}$$

(4) 負荷の電圧  $V_l$ 〔V〕は、給電線上の進行波電圧  $V_f$ 〔V〕及び反射波電圧  $V_r$ 〔V〕を用いて、次式で表される。

$$V_l = V_f - V_r = V_{\min} \text{〔V〕} \cdots \text{⑤}$$

(5) 式③、④及び⑤より、アンテナに供給される電力  $P$  は、次式で表される。

$$P = V_l^2 / R_a = \boxed{\text{D}} \text{〔W〕}$$

	A	B	C	D
1	$\frac{R_0+R_a}{R_0-R_a}$	$\frac{R_0}{R_a}$	$V_{\max} - V_{\min}$	$\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_a}$
2	$\frac{R_0+R_a}{R_0-R_a}$	$\frac{R_a}{R_0}$	$\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$	$\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_a}$
3	$\frac{R_0-R_a}{R_0+R_a}$	$\frac{R_a}{R_0}$	$\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$	$\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_0}$
4	$\frac{R_0-R_a}{R_0+R_a}$	$\frac{R_0}{R_a}$	$V_{\max} - V_{\min}$	$\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_0}$
5	$\frac{R_0-R_a}{R_0+R_a}$	$\frac{R_0}{R_a}$	$\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$	$\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_0}$

A－14 次の記述は、電離層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) 地上約 □ A □〔km〕に比較的層の厚さが薄いE層、その下にD層、約 □ B □〔km〕に層の厚さが厚く電子密度が最も大きいF層がある。

(2) F層の電子密度は、赤道付近の上空で最も □ C □、極地方の上空に近づくほど □ D □なる。

	A	B	C	D
1	200	300	大きく	小さく
2	200	500	小さく	大きく
3	100	300	大きく	小さく
4	100	300	小さく	大きく
5	100	500	小さく	大きく

A－15 次の記述は、電波の降水による減衰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 降雨減衰は、電波が降雨粒子にあたり、電波エネルギーの一部が吸収又は散乱される現象である。
- 2 単位距離当たりの降雨減衰の大きさは、降雨強度が大きいほど大きい。
- 3 降雨減衰の大きさは、周波数が低いほど大きいが、20〔GHz〕以下でほぼ一定である。
- 4 乾燥した雪による減衰は、マイクロ波(SHF)帯以下の周波数では、ほとんど無視できる。
- 5 アンテナの鏡面やレドームなどに水滴や水分を多く含んだ雪が付着すると、電波に減衰を与える。

A-16 次の記述は、ダイバーシティ方式の一つ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。

- 一つの電波を異なる受信点で観測したときの電界強度の変動（フェージング）の相関関係は、一般に受信点間の距離が大きいほど □ A □ なる。
- フェージングの影響を軽減するには、相関関係が十分 □ A □ なるように相互に離れた複数個の受信点にアンテナを設置し、それらに接続した受信機のうちで最も受信状態の □ B □ 受信機に切り換えるか、又は各受信機の出力を合成する。
- 離れた複数個の受信点で同じ信号及び周波数の電波を受信し、フェージングの影響を軽減する方式を □ C □ ダイバーシティ方式という。

	A	B	C
1	小さく	不安定な	周波数
2	小さく	良い	スペース（空間）
3	大きく	不安定な	周波数
4	大きく	不安定な	スペース（空間）
5	大きく	良い	周波数

A-17 周波数 30〔MHz〕の電波を半波長ダイポールアンテナで受信したとき、接続された受信機入力端子における最大電圧が 20〔mV〕であった。このときの受信した電波の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、半波長ダイポールアンテナと受信機入力回路は整合しているものとする。

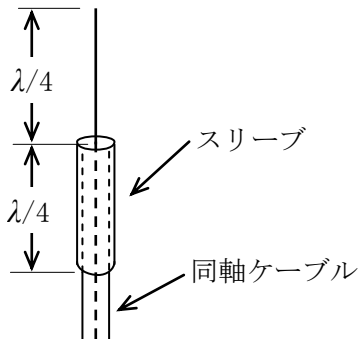
- 7.6〔mV/m〕
- 12.6〔mV/m〕
- 14.9〔mV/m〕
- 19.7〔mV/m〕
- 22.6〔mV/m〕

A-18 次の記述は、方形導波管の伝送モードと遮断波長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。

- 高次モードの遮断波長は、伝送する電磁波の電力の大きさによって変わる。
- 高次モードの遮断波長は、基本モードの遮断波長より短い。
- 基本モードの遮断波長は、導波管の管軸に直角な断面内壁の長辺の寸法によって決まる。
- 基本モードは、TE<sub>10</sub>モードである。
- 基本モードは、各モードの内でもっとも低い周波数の電磁波を伝送できる。

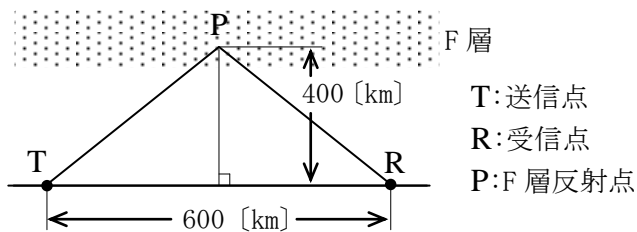
A-19 次の記述は、図に示すスリーブアンテナについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、スリーブアンテナは大地に垂直に置かれているものとし、波長をλ〔m〕とする。

- 指向性は、水平面内では全方向性であり、垂直面内ではほぼ8字形の指向性である。
- 給電点インピーダンスは、スリーブが一定の太さを持っているので73〔Ω〕より少し小さい。
- 利得を上げるために垂直方向にこのアンテナを必要な段数だけ重ねて使用する。
- 同軸ケーブルの芯線を1/4波長延ばしたものであり、1/4波長接地アンテナと等価な働きをする。
- スリーブにより同軸ケーブルの外部導体への漏れ電流は阻止される。



A-20 図に示すように、F層の見掛けの高さが400[km]で、600[km]離れた地点と通信するときの最高使用可能周波数(MUF)が10[MHz]であるとき、臨界周波数の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電離層は大地に平行であるものとする。

- 1 2.5 [MHz]
- 2 3.0 [MHz]
- 3 4.5 [MHz]
- 4 6.0 [MHz]
- 5 8.0 [MHz]



B-1 次の記述は、ポインティングベクトル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) 自由空間における電磁波の伝搬において、電界強度を  $E$  [V/m]、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m]、磁界強度を  $H$  [A/m]、真空の透磁率を  $\mu_0$  [H/m] とすると、電界及び磁界が単位体積中に保有するエネルギー  $W_e$  [J/m<sup>3</sup>] 及び  $W_h$  [J/m<sup>3</sup>] は、それぞれ以下の式で表される。ただし、電磁波は平面波とする。

$$W_e = \boxed{\text{ア}} \text{ [J/m}^3\text{]}$$

$$W_h = \boxed{\text{イ}} \text{ [J/m}^3\text{]}$$

(2) 電磁波の進行方向に垂直な単位面積を単位時間に通過する電磁エネルギーの大きさ  $P$  は、電磁波の伝搬速度を  $c$  [m/s] とすると、次式で表される。

$$P = \boxed{\text{ウ}} \times c \text{ [W/m}^2\text{]} \dots\dots\dots \text{①}$$

自由空間の固有インピーダンス  $Z$  [Ω] 及び電磁波の伝搬速度  $c$  は、それぞれ以下の式で表される。

$$Z = \boxed{\text{エ}} = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi \text{ [Ω]}$$

$$c = 1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0} \text{ [m/s]}$$

これらを式①に代入すると、式②が得られる。

$$P = E^2/(120\pi) \text{ [W/m}^2\text{]} \dots\dots\dots \text{②}$$

(3) 電界強度、磁界強度をベクトル表示したものをそれぞれ  $\vec{E}$ 、 $\vec{H}$  とすると、両者のなす角は  $\pi/2$  [rad] であり、また、電磁エネルギーをベクトル表示した  $\vec{P}$  は、電磁波の伝搬方向を考慮すると、式③で表される。

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \dots\dots\dots \text{③}$$

外積の定義より、右ネジを  $\vec{E}$  から  $\vec{H}$  の方向へ回転させたときに、ネジの進む方向が電磁エネルギーの伝搬方向になる。

(4) このように電磁エネルギーの流れはベクトル量であり、これをポインティングベクトルという。アンテナを囲む任意の半径の球面を考え、外側に向かうポインティングベクトルを球の全表面にわたって積分すれば、アンテナの □ が得られる。

- |                 |                               |                 |                     |                          |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| 1 $\frac{H}{E}$ | 2 $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ | 3 $(W_e + W_h)$ | 4 $2\epsilon_0 E^2$ | 5 $\frac{1}{2}\mu_0 H^2$ |
| 6 $2\mu_0 H^2$  | 7 $E(W_e + W_h)$              | 8 $\frac{E}{H}$ | 9 放射抵抗              | 10 放射電力                  |

B-2 次の記述は、各種の給電線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 平行二線式給電線の特性インピーダンスの大きさは、導線の直径が大きいほど、また、導線間の間隔が狭いほど大きくなる。
- イ 平行二線式給電線は、太さの等しい導線を一定間隔で平行に配置した平衡形の給電線であり、同軸ケーブルに比べて雨風や近接物体などの外部からの影響を受けやすい。
- ウ 同軸ケーブルによって伝送される電磁波は、主に TE 波と TM 波である。
- エ 同軸ケーブルの特性インピーダンスは、一般に平行二線式給電線の特性インピーダンスより小さい。
- オ 導波管は、その管軸に直角な断面が長方形や円形などの導体の管であり、電磁波は、導波管の内部に閉じ込められて伝送され、導波管とその外部との間の電磁的結合はほとんどない。

B-3 次の記述は、図に示すエンドファイヤヘリカル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)
ヘリックスの1巻きの長さが波長に比べて非常に短い場合、

ア

方向に電波が放射される。
- (2)
ヘリックスの1巻きの長さを約1波長として、中心軸方向に位相が合うようにピッチを調整すると、ヘリックス上に

イ

電流が流れ、ほぼ

ウ

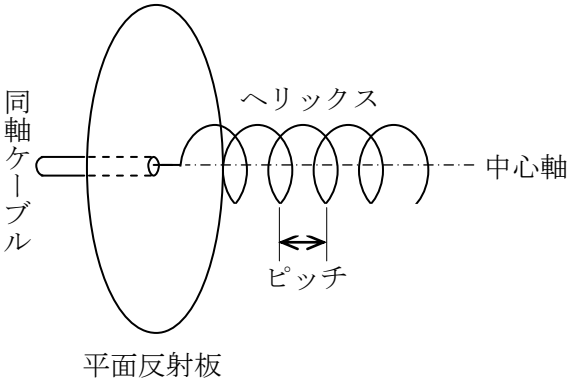
偏波の電波が中心軸方向に放射される。この場合のモードを

エ

モードという。
- (3)
主に

オ

帯で用いられる。



- |           |       |      |         |                           |
|-----------|-------|------|---------|---------------------------|
| 1 中心軸の    | 2 定在波 | 3 円  | 4 アクシャル | 5 中波(MF)～短波 (HF)          |
| 6 中心軸に直角な | 7 進行波 | 8 直線 | 9 ノーマル  | 10 超短波 (VHF) ～マイクロ波 (SHF) |

B-4 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  $Z_0$  [ $\Omega$ ] の同軸給電線で高周波発振器とアンテナに接続され、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  $\omega$  [rad/s] とすると、 $\omega L \ll R$  及び  $R \ll 1/(\omega C)$  であり、このとき  $M = CRZ_0$  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。

$i_C \simeq$ 

ア

[A]
.....
①

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側又は終端抵抗側のいずれかの方向になる。

$i_M \simeq$ 

イ

[A]
.....
②

- (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  $i_f$  が和、終端抵抗側の電流  $i_r$  が差となるように回路が構成されているものとする、 $i_f$  は、次式で表される。

$i_f = i_C + i_M =$ 

ウ

[A]
...
③

- (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③は次式となる。

$i_f =$ 

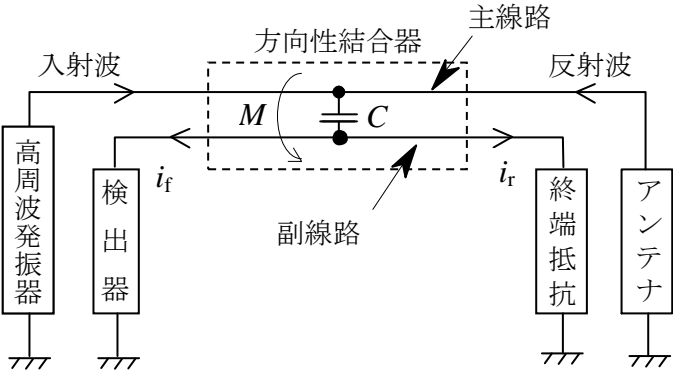
エ

[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、 $i_f = 0$  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 積                      | 3 $\frac{j\omega CV}{R}$ | 4 $j\omega CV$                  | 5 比  |
| 6 $\frac{j\omega MI}{2R}$ | 7 $\frac{j\omega MI}{R}$ | 8 $j\omega M$            | 9 $\frac{j\omega}{R} (CV + MI)$ | 10 $j\omega \left( \frac{CV}{2} + \frac{MI}{2R} \right)$ |

B-5 次の記述は、超短波 (VHF) 帯の電波が見通し外まで伝搬する場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)
球面大地上の電波の回り込み現象及びナイフエッジ状の地形などによる

ア

により、見通し外まで伝搬する。
- (2)
電離層において夏季に発生することのある

イ

による反射により、見通し外まで伝搬する。
- (3)
大気や電離層の組成の局所的な乱れによる

ウ

により、見通し外まで伝搬する。
- (4)
大気中に発生する

エ

の異常な分布により  $M$  曲線が負の傾斜をもつとき、これにより形成される

オ

内を電波が見通し外まで伝搬する。

- |      |                   |      |       |          |
|------|-------------------|------|-------|----------|
| 1 吸収 | 2 スポラジック E 層 (Es) | 3 海面 | 4 導電率 | 5 ラジオダクト |
| 6 回折 | 7 フレネルゾーン         | 8 散乱 | 9 屈折率 | 10 磁気嵐   |