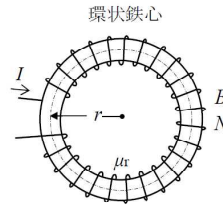


1 アマ無線工学 新問題の解説 令和3年9月期

A - 2 図に示すような半径4 [cm] の環状鉄心に250回コイルを巻き、鉄心内の磁束密度 B を5 [T] にするためのコイルに流す直流電流 I の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、真空の透磁率 μ_0 を $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]、鉄心の比透磁率 μ_r を2,000とする。また、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 1 [A]
- 2 2 [A]
- 3 3 [A]
- 4 4 [A]
- 5 5 [A]



N : コイルの巻数250回
 r : 環状鉄心の半径4 [cm]

解説

環状鉄心の内部の磁界は、コイルに流す電流によって発生するので、コイル内部の磁界の強さ H [A/m] を一定として、環状鉄心を1周する長さを $l = 2\pi r$ [m] とすると、アンペアの法則を適用することができる。そのとき、磁界の内側にある電流 I [A] の数はコイルの巻数 N 倍となるので、次式が成り立つ。

$$2\pi r H = N I$$

$$\text{よって、 } H = \frac{N I}{2\pi r} \quad [\text{A/m}]$$

鉄心内部の磁束密度 B [T] は、 $B = \mu_r \mu_0 H$ [T] で表されるので、次式が成り立つ。

$$B = \mu_r \mu_0 H = \frac{\mu_r \mu_0 N I}{2\pi r} \quad [\text{T}]$$

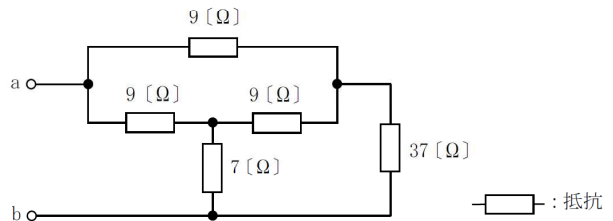
電流 I [A] を求めると、次式で表される。

$$\begin{aligned} I &= \frac{2\pi r B}{\mu_r \mu_0 N} = \frac{2\pi \times 4 \times 10^{-2} \times 5}{2,000 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 250} = \frac{5 \times 10^{-2}}{1,000 \times 250 \times 10^{-7}} \\ &= \frac{5 \times 10^{-2}}{2.5 \times 10^{-2}} = 2 \quad [\text{A}] \end{aligned}$$

[正答: 2]

A - 3 図に示す回路において、端子 ab 間の合成抵抗の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 7 [Ω]
- 2 9 [Ω]
- 3 11 [Ω]
- 4 13 [Ω]
- 5 15 [Ω]



解説

図1 (a)の接続をデルタ形といい、図(b)の接続をスター形という。これらの接続の抵抗値は公式によって、変換することができる。

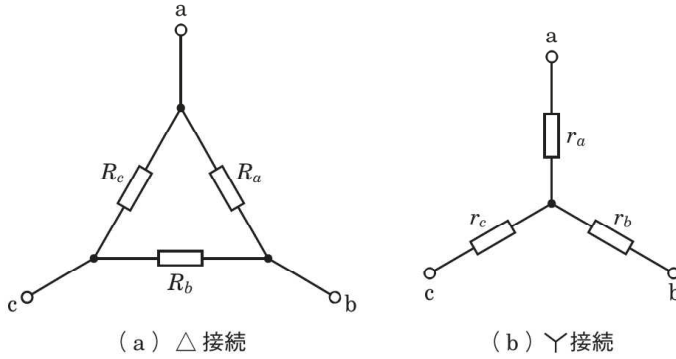


図1

$R_a = R_b = R_c = R$ 、 $r_a = r_b = r_c = r$ のとき、端子cを切り離して端子a b間の抵抗を求めると、図(a)では、 R と $2R$ の並列接続となるので、

$$R_{ab} = \frac{R \times 2R}{R + 2R} = \frac{2}{3} R$$

図(b)では、 r と r の直列接続となるので、

$$r_{ab} = 2r$$

これらは端子bc間、ca間でも成り立つ。ここで、 R_{ab} と r_{ab} の抵抗値が等しいとすると、デルタ形とスター形の抵抗を変換することができるので、

$$\frac{2}{3} R = 2r \quad \text{よって、} R = 3r \quad \text{または、} r = \frac{1}{3} R$$

で表される公式によって、抵抗値を変換することができる。なお、各抵抗値が異なる場合でも変換することができる公式はあるが、一アマの試験では必要ないと思われる。

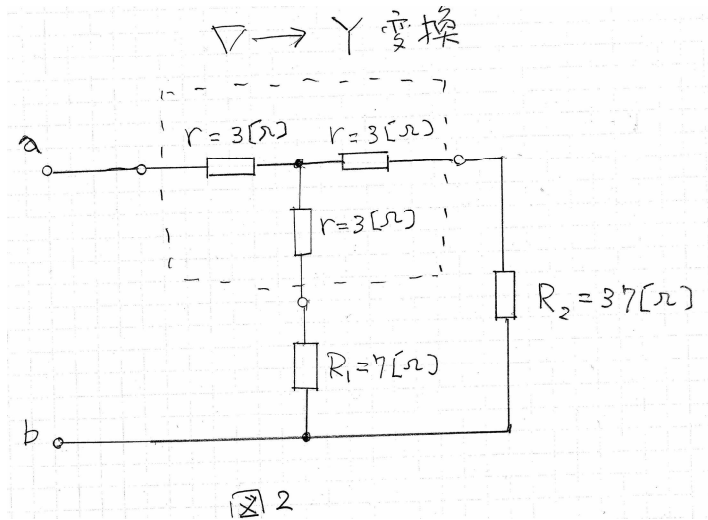
この公式を使って、デルタ形の三つの9 [Ω] の抵抗をスター形にすると3 [Ω] の三つの抵抗となるので、問題の回路は図2のように変換することができる。

図2の回路において、 r と R_1 の直列回路を $R_x = 3 + 7 = 10$ [Ω]、 r と R_2 の直列回路を $R_y = 3 + 37 = 40$ [Ω]、とすると、これらの並列合成抵抗 R_z は次式で表される。

$$R_z = \frac{R_x \times R_y}{R_x + R_y} = \frac{10 \times 40}{10 + 40} = \frac{40}{5} = 8 \text{ [}\Omega\text{]}$$

よって、端子a b間の合成抵抗 R [Ω] は次式で表される。

$$R = r + R_z = 3 + 8 = 11 \text{ [}\Omega\text{]}$$



[正答 : 3]

A-4 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。□ 内に入るべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、初期状態で C の電荷は零とし、 ε は自然対数の底とする。

(1) スイッチ S を接 (ON) にして直流電圧 V [V] を加えると、 C の両端の電圧 v_c [V] は経過時間を t [s] とすれば次式で表される。

$$v_c = V \times \square \text{ A} \text{ [V]}$$

(2) v_c が V の約 □ B [%] となるまでの時間を、この回路の時定数という。

(3) $t = 0$ [s] からの電流 i [A] の変化は、図 2 の □ C である。

A	B	C
1 $(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{CR}})$	68.2	①
2 $(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{CR}})$	63.2	②
3 $\varepsilon^{-\frac{t}{CR}}$	63.2	①
4 $\varepsilon^{-\frac{t}{CR}}$	68.2	②
5 $\varepsilon^{-\frac{t}{CR}}$	68.2	①

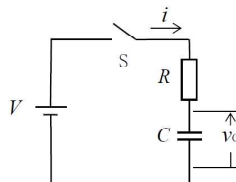


図 1

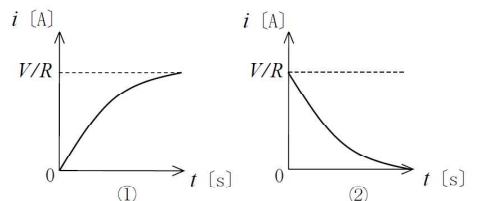


図 2

解説

C の両端の電圧 v_c [V] は、自然対数の底を $\varepsilon \doteq 2.718$ とすると、次式で表される。

$$v_c = V(1 - \varepsilon^{-t/CR}) \text{ [V]}$$

この式で、 $t = CR$ [s] の時間を時定数と呼び、このとき次式のようなになる。

$$\begin{aligned} v_c &= V(1 - \varepsilon^{-1}) = V\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) \doteq V\left(1 - \frac{1}{2.718}\right) \\ &\doteq V(1 - 0.368) \doteq 0.632 V \text{ [V]} \end{aligned}$$

よって、 v_c が V の約 63.2 [%] となる。

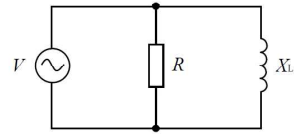
$t = 0$ [s] のときは、コンデンサの電荷は零なので、 $v_c = 0$ [V] だから、そのとき流れる電流は $i = V/R$ となる。電流が流れてコンデンサに電荷が蓄積され、十分に時間

が経つと $v_c \doteq V$ [V] となるので、電流 i は流れなくなるから電流の変化は図2の②となる。

[正答：2]

A - 5 図に示す、抵抗 R [Ω] 及び誘導リアクタンス X_L [Ω] の並列回路の有効電力(消費電力) [W]、無効電力 [var] 及び皮相電力 [VA] 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、交流電圧を V [V] とする。

	有効電力 (消費電力)	無効電力	皮相電力
1	$\frac{V^2}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$	$\frac{V^2}{X_L}$	$V^2\sqrt{\frac{1}{R}+\frac{1}{X_L}}$
2	$\frac{V^2}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$	$\frac{V^2}{R+X_L}$	$V^2\sqrt{\frac{1}{R}+\frac{1}{X_L}}$
3	$\frac{V^2}{R}$	$\frac{V^2}{X_L}$	$V^2\sqrt{\frac{1}{R}+\frac{1}{X_L}}$
4	$\frac{V^2}{R}$	$\frac{V^2}{R+X_L}$	$V^2\sqrt{\frac{1}{R^2}+\frac{1}{X_L^2}}$
5	$\frac{V^2}{R}$	$\frac{V^2}{X_L}$	$V^2\sqrt{\frac{1}{R^2}+\frac{1}{X_L^2}}$



解説

有効電力は抵抗で消費される電力であり、抵抗端の電圧は V [V] だから有効電力 P_r [W] は次式で表される。

$$P_r = \frac{V^2}{R} \quad [\text{W}]$$

無効電力はリアクタンスの電力であり、誘導性リアクタンス端の電圧は V [V] だから無効電力 P_q [var] は次式で表される。

$$P_q = \frac{V^2}{X_L} \quad [\text{var}]$$

有効電力 P_r [W]、無効電力 P_q [var]、皮相電力 P [VA] は、コンダクタンス、サセプタンス、アドミタンス（抵抗、リアクタンス、インピーダンス）と同じように図3のような直角三角形の関係となるので、皮相電力 P [VA] は次式で表される。

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{P_r^2 + P_q^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{V^2}{R}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{X_L}\right)^2} \\ &= V^2 \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}} \quad [\text{VA}] \end{aligned}$$

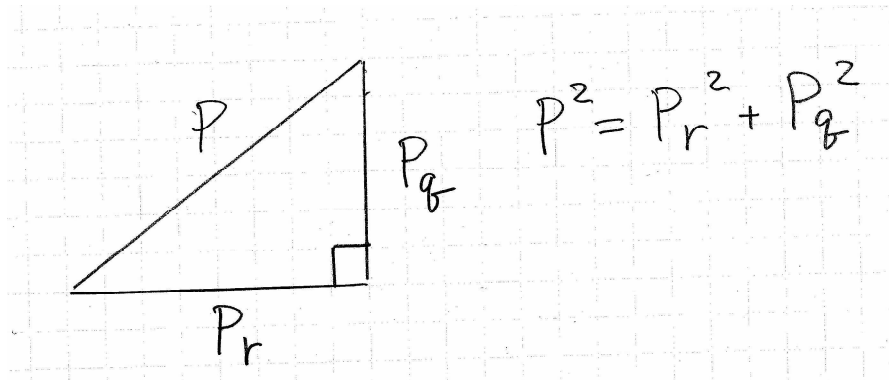


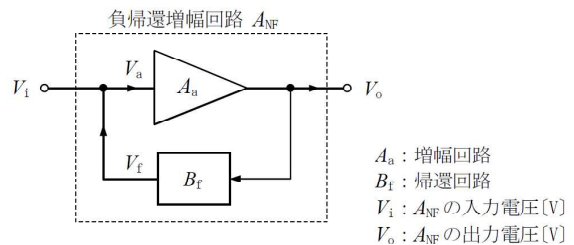
図 3

[正 答 : 5]

A - 9 次の記述は、図に示す原理的な構成の負帰還増幅回路 A_{NF} 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) A_a の入力電圧 V_a と出力電圧 V_o の位相差が π [rad] のとき、 B_f の入力電圧 V_o と出力電圧 V_f の位相差は、□ A □ [rad] である。
- (2) A_{NF} の増幅度 (V_o/V_i) は、一般に A_a の増幅度 (V_o/V_a) が非常に大きいと、 B_f の帰還率 (V_f/V_o) を β としたとき、約 □ B □ である。

A	B
1 0(零)	$\frac{1}{\beta}$
2 0(零)	$\frac{\beta}{\sqrt{2}}$
3 π	$\frac{1}{\beta}$
4 π	$\frac{\beta}{\sqrt{2}}$



解説

負帰還増幅回路は逆位相 (π [rad]) で帰還するが、増幅回路自体の入出力の位相差が π [rad] なので、 V_o と V_f の位相差は、0 [rad] である。

A_{NF} は次式で表される。

$$A_{NF} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_a + V_f} = \frac{V_o}{V_a + \beta V_o}$$

分母と分子を V_o で割って、増幅回路の増幅度 A_a が非常に大きいので、 $A_a = V_o/V_a \approx \infty$ とすると、次式となる。

$$A_{NF} = \frac{1}{(V_a/V_o) + \beta} = \frac{1}{(1/A_a) + \beta} = \frac{1}{(1/\infty) + \beta} = \frac{1}{\beta}$$

[正 答 : 1]

A - 10 アナログ信号を標本化周波数 24 [kHz] で標本化後、各標本毎に 16 ビットで量子化し、誤り訂正符号を 2 ビット付加して伝送する。このときのビットレートの値として正しいものを下の番号から選べ。

- 1 27 [kbps] 2 54 [kbps] 3 108 [kbps] 4 216 [kbps] 5 432 [kbps]

解説

量子化のビット数を $n = 16$ [bit]、付加する誤り訂正符号を $p = 2$ [bit]、標本化周波数を $f_s = 24$ [kHz] とすると、ビットレート B [kbps] は次式で表される。

$$B = (n + p) f_s = (16 + 2) \times 24 = 18 \times 24 = 432 \text{ [kbps]}$$

[正 答 : 5]

A - 12 次の記述は、移相法による SSB (J3E) 波の上側波帯 (USB) 発生方法の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。

図において、平衡変調器 1 に搬送波 v_c と信号波 v_s を加え、平衡変調器 2 に v_c と v_s の位相を移相器によりそれぞれ $\pi/2$ [rad] ずらしたものを加え、両平衡変調器から抑圧搬送波両側波帯 (DSB) を出力させる。

この両平衡変調器出力の上側波帯 (USB) 及び下側波帯 (LSB) を合成するとき、一方は打ち消しあい、他方は強め合うようにすれば SSB 波が得られる。

すなわち、平衡変調器 1 の出力 v_1 は、搬送波 $v_c = E_c \sin \omega t$ 、信号波 $v_s = E_s \cos pt$ 、比例定数を k とすれば、

$$v_1 = k v_c v_s = k E_c E_s \sin \omega t \cos pt = \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p)t + \sin(\omega - p)t \}$$

が得られ、平衡変調器 2 の出力 v_2 は次のとおりとなる。

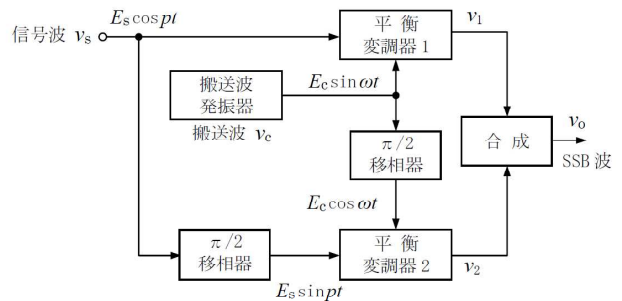
$$v_2 = k E_c E_s \cos \omega t \sin pt = \frac{k}{2} E_c E_s \{ \text{□ A} \}$$

よって、両者の合成出力 v_o は

$$v_o = v_1 + v_2 = k E_c E_s \text{ □ B}$$

となり、上側波帯 (USB) の信号が得られる。

- | A | B |
|---|---------------------|
| 1 $\sin(\omega - p)t - \sin(\omega + p)t$ | $\sin(\omega + p)t$ |
| 2 $\sin(\omega - p)t - \sin(\omega - p)t$ | $\sin(\omega - p)t$ |
| 3 $\sin(\omega + p)t - \sin(\omega - p)t$ | $\sin(\omega + p)t$ |
| 4 $\sin(\omega + p)t - \sin(\omega - p)t$ | $\sin(\omega - p)t$ |



解説

三角関数の積を和に変換する積和公式は、次式で表される。

$$\sin A \times \cos B = \frac{1}{2} \{ \sin(A + B) + \sin(A - B) \}$$

$$\cos A \times \sin B = \frac{1}{2} \{ \sin(A + B) - \sin(A - B) \}$$

$A = \omega t$ 、 $B = pt$ として公式を用いると、 v_1 、 v_2 は次式で表される。

$$v_1 = k E_c E_s \sin \omega t \cos pt = \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p)t + \sin(\omega - p)t \}$$

$$v_2 = k E_c E_s \cos \omega t \sin p t = \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p) t - \sin(\omega - p) t \}$$

これらの合成出力 v_0 は、次式で表される。

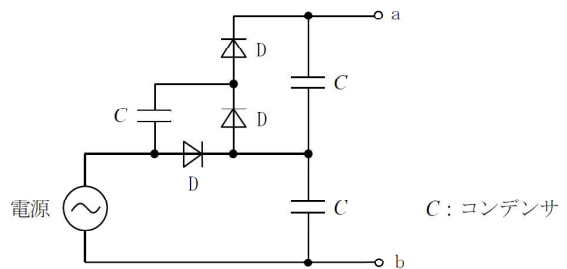
$$\begin{aligned} v_0 &= v_1 + v_2 = \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p) t + \sin(\omega - p) t \} \\ &\quad + \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p) t - \sin(\omega - p) t \} \\ &= \frac{k}{2} E_c E_s \{ \sin(\omega + p) t + \sin(\omega + p) t \} \\ &= k E_c E_s \sin(\omega + p) t \end{aligned}$$

よって、上側波帯(U S B)の信号が得られる。

[正 答 : 3]

A - 16 図に示す整流回路における端子 ab 間の電圧の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電源は実効値電圧 210 [V] の正弦波交流とし、また、ダイオード D の順方向の抵抗は零、逆方向の抵抗は無限大とする。

- 1 420 [V]
- 2 590 [V]
- 3 630 [V]
- 4 750 [V]
- 5 890 [V]



解説

この回路は 3 倍電圧整流回路である。

図 4 の交流入力電圧において①、②、③の順番に図 5 のようにコンデンサが充電される。

①の周期で C_1 が電源電圧の最大値 $V_m = \sqrt{2} \times 210 \doteq 1.4 \times 210 = 294$ [V] に充電される。

②の周期では C_2 が充電されるが、そのとき電源電圧の最大値 V_m に C_1 の電圧 V_m が加わるので、 C_2 の電圧は $2V_m \doteq 2 \times 294 = 588$ [V] に充電される。

③の周期では C_3 が充電されるが、そのとき電源電圧の最大値 V_m に C_2 の電圧 $2V_m$ が加わるので、a b 間の電圧は $3V_m \doteq 3 \times 294 = 882$ [V] になるから、 C_3 は $2V_m$ に充電される。

よって、a b 間の電圧は $3V_m \doteq 3 \times 294 = 882 \doteq 890$ [V] となる。

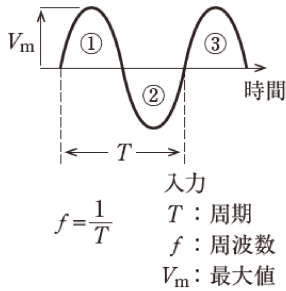


図 4

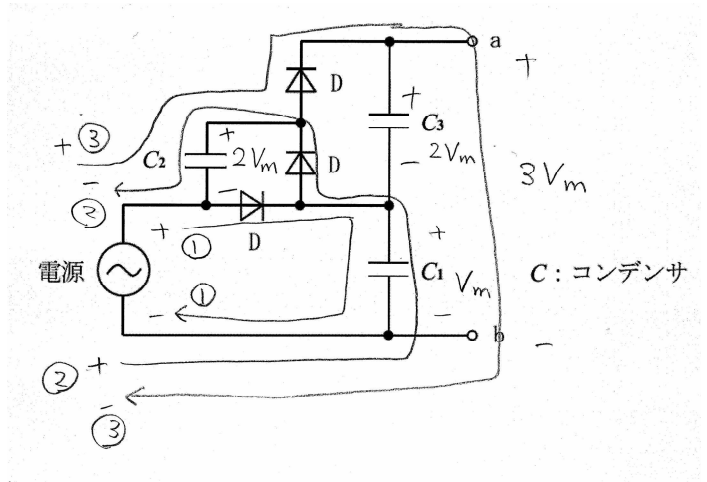
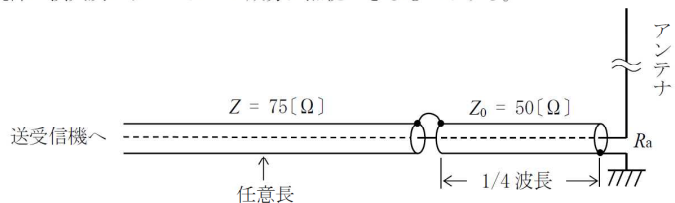


図 5

[正答 : 5]

A - 18 図に示す、特性インピーダンス Z_0 が $50 [\Omega]$ の同軸ケーブルを使用した $1/4$ 波長整合回路の送受信機側に、特性インピーダンス Z が $75 [\Omega]$ の同軸ケーブルを接続した場合、整合するアンテナの入力インピーダンス R_a の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、接続部の損失及びリアクタンス成分は無視できるものとする。

- 1 25 $[\Omega]$
- 2 33 $[\Omega]$
- 3 48 $[\Omega]$
- 4 56 $[\Omega]$
- 5 73 $[\Omega]$



解説

特性インピーダンス Z_0 $[\Omega]$ の $1/4$ 波長整合線路の終端に R_a $[\Omega]$ のインピーダンスを接続したとき、受端からみたインピーダンスを Z $[\Omega]$ とすると、次式が成り立つ。

$$Z = \frac{Z_0^2}{R_a} \quad [\Omega]$$

終端に接続されたアンテナの入力インピーダンス R_a $[\Omega]$ を求めると次式で表される。

$$R_a = \frac{Z_0^2}{Z} = \frac{50^2}{75} = \frac{2,500}{75} = \frac{100}{3} \approx 33 \quad [\Omega]$$

[正答 : 2]

A - 19 接地アンテナの接地(アース又はグランド)についての記述として、誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 接地アンテナの電力損失は、ほとんど接地抵抗による誘電体損失であり、放射効率をよくするためには、接地抵抗を小さくする必要がある。
- 2 深掘接地は、銅板を地表下に埋設し、湿気を保つため木炭、塩或いは接地抵抗低減剤をその周囲に混合するとよい。
- 3 放射状接地は、アンテナ基部を中心に放射状に導線を埋設したものである。
- 4 乾燥地など大地の導電率が小さい所での接地のためには、地上に導線や導体網を張り、これらと大地との容量を通して接地効果を得るカウンターポイズが用いられる。

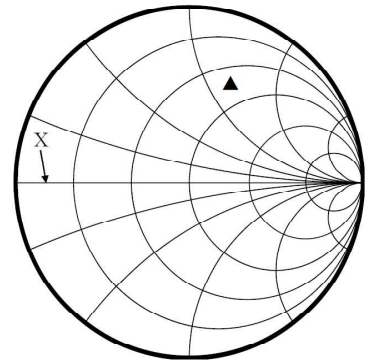
正しく

1 接地アンテナの電力損失は、ほとんど接地抵抗による**抵抗損失**であり、放射効率をよくするためには、接地抵抗を小さくする必要がある。

[正 答 : 1]

A - 24 次の記述は、図に示す一般的なスミスチャートの概略図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) 水平の直線Xが、正規化されたアンテナのインピーダンスの抵抗成分であるとき、直線Xの右端はアンテナを □ A □ した状態である。
- (2) あるアンテナのインピーダンスが▲の位置であった時、このアンテナのリアクタンス成分は □ B □ である。
- (3) ▲の位置を利用して、このアンテナのSWRの値の読取りは □ C □ 。



A	B	C
1 開放(∞ [Ω])	インダクティブ	できる
2 短絡(0 [Ω])	インダクティブ	できない
3 開放(∞ [Ω])	キャパシティブ	できる
4 短絡(0 [Ω])	キャパシティブ	できない
5 開放(∞ [Ω])	キャパシティブ	できない

解説

スミスチャートはアンテナの特性を表すときや、給電線とアンテナを整合させるときに用いられる。

一般に、給電線の特性インピーダンスを Z_0 [Ω] とすると、アンテナなどのインピーダンス $Z = R + jX$ [Ω] は、

$$\dot{z} = \frac{R}{Z_0} + j \frac{X}{Z_0} = r + jx$$

として、インピーダンスを Z_0 で正規化して (割って) スミスチャート上に表す。

スミスチャート上の正規化インピーダンスは、図6のようになり、中心点は $1 + j0$ を、左端は 0 を、右端は ∞ を表す。

▲は $r + jx$ の値を持つのでリアクタンスは+のインダクティブ (誘導性) となる。

中心から図6のように円を描くとSWRの値を表し、中心が $SWR = 1$ 、外側の円が $SWR = \infty$ となり、アンテナの▲の位置よりアンテナのSWRを読み取ることができる。

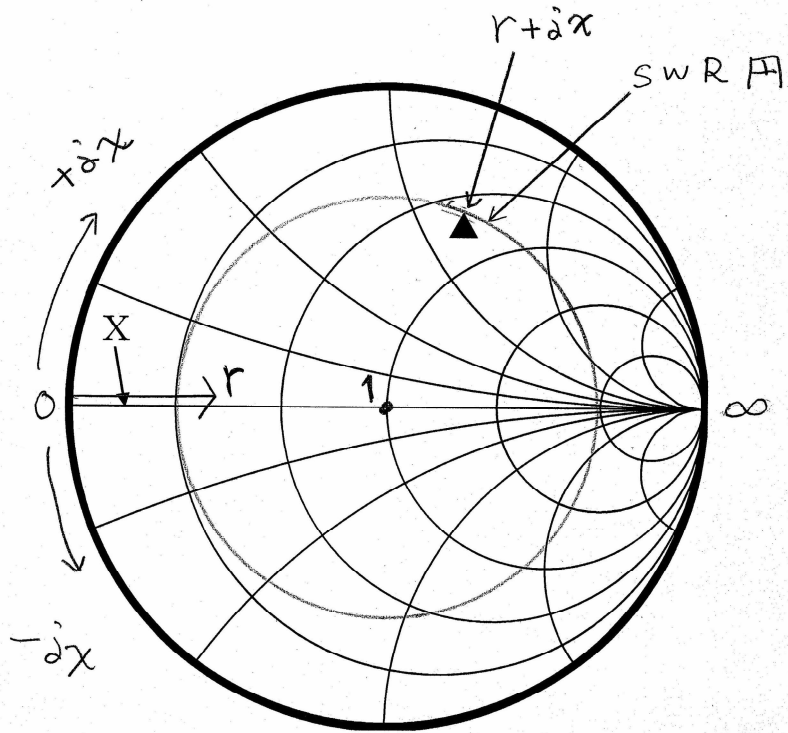
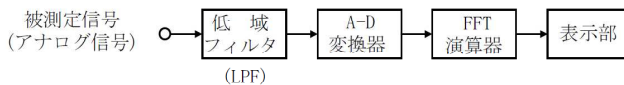


図 6

[正答 : 1]

A - 25 次の記述は、図に示す FFT アナライザの構成例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 低域フィルタ (LPF) を通過した被測定信号 (アナログ信号) を A-D 変換してデジタルデータに置き換える。
- 2 A-D 変換器の出力であるデジタルデータは、FFT (高速フーリエ変換) 演算器で演算処理されて時間領域のデータに変換され表示部に表示される。
- 3 被測定信号に含まれる周波数成分の振幅、周波数及び位相の情報を得ることができる。
- 4 被測定信号を忠実に表示するためには、理論的に、被測定信号の周波数がサンプリング周波数の 1/2 倍より低くなるように被測定信号の周波数帯域を制限する。
- 5 解析可能な周波数の上限は、主に A-D 変換器の変換速度で決まる。

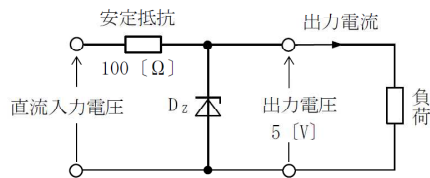
正しく

2 A-D 変換器の出力であるデジタルデータは、FFT (高速フーリエ変換) 演算器で演算処理されて **周波数領域** のデータに変換され表示部に表示される。

[正答 : 2]

B-5 次の記述は、図に示す定電圧回路の動作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、ツェナーダイオード D_Z のツェナー電圧及び許容電流をそれぞれ 5 [V] 及び 200 [mA]、安定抵抗を 100 [Ω] とし、定電圧回路の出力電圧を 5 [V]、最大出力電流を 100 [mA] とする。また、ツェナーダイオード D_Z は理想的に動作するものとする。

- (1) D_Z が、定電圧特性を示すためには、 D_Z の □ア に電流が流れる必要がある。負荷に最大出力電流 100 [mA] が流れるとき、安定抵抗を流れる電流による電圧降下は 10 [V] より □イ。よって、直流入力電圧は □ウ でなければならない。
- (2) また、無負荷のとき、安定抵抗を流れる電流は、すべて D_Z を流れる。 D_Z が破損しないためには、安定抵抗を流れる電流は D_Z の許容電流以下でなければならない、その電圧降下は □エ となる。よって、直流入力電圧は □オ でなければならない。



- | | | | | |
|-----------|-------|--------------|-------------|--------------|
| 1 順バイアス方向 | 2 大きい | 3 15 [V] より小 | 4 20 [V] 以下 | 5 35 [V] 以下 |
| 6 逆バイアス方向 | 7 小さい | 8 15 [V] より大 | 9 30 [V] 以下 | 10 25 [V] 以下 |

解説

(1) D_Z が、定電圧特性を示すためには、 D_Z の**逆バイアス方向**に電流が流れる必要がある。負荷に最大出力電流 $I_m = 100$ [mA] = 0.1 [A] が流れるとき、ツェナーダイオードを流れる電流を I_Z [A] とすると、安定抵抗 $R = 100$ [Ω] を流れる電流による電圧降下 V [V] は、

$$V = (I_m + I_Z)R = I_m R + I_Z R = 0.1 \times 100 + I_Z R = 10 + I_Z R \text{ [V]}$$

となるので、10 [V] より**大きい**。よって、直流入力電圧は10 [V] より大きい電圧に、出力電圧の5 [V] を加えた**15 [V] より大**でなければならない。

(2) また、無負荷のとき、安定抵抗を流れる電流は、すべて D_Z を流れる。 D_Z が破損しないためには、安定抵抗を流れる電流は D_Z の許容電流 $I_{Zm} = 200$ [mA] = 0.2 [A] 以下でなければならない、その電圧降下 V [V] は、

$$V = I_{Zm} R = 0.2 \times 100 = 20 \text{ [V]}$$

となるので、**20 [V] 以下**となる。よって、直流入力電圧は20 [V] 以下に、出力電圧の5 [V] を加えた**25 [V] 以下**でなければならない。

[正答 : ア- 6 イ- 2 ウ- 8 エ- 4 オ- 10]