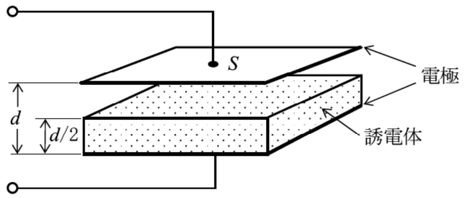
１アマ無線工学　新問題の解説 令和４年１２月期

A－1 図に示す、真空中に置かれた二つの平行板電極間に、電極間隔の 1/2 の厚さの誘電体を入れたときの静電容量の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電極の面積 S = 20〔cm^2〕、電極間の距離 d = 4〔mm〕、誘電体の比誘電率 ε_r = 5 及び真空の誘電率 ε_0 = 8.855×10^{-12}〔F/m〕とする。

1　3.7〔pF〕
2　7.4〔pF〕
3　11.1〔pF〕
4　14.8〔pF〕



Point 直列接続された二つのコンデンサの合成静電容量を求める。このとき、真空のコンデンサに比較し誘電体の静電容量が 5倍になることを使う。

解説

面積 S〔m^2〕、電極間の距離 d のコンデンサの静電容量 C〔F〕は、次式で表される。

$$C=\varepsilon_r\varepsilon_0\frac{S}{d}\quad〔\mathrm{F}〕\qquad ①$$

式①より、コンデンサの静電容量は、比誘電率 ε_r に比例するので、真空のコンデンサの静電容量を C_1〔F〕、誘電体のコンデンサの静電容量を C_2〔F〕とすると、

$$C_2=\varepsilon_r C_1=5C_1$$

となるので、これらを直列接続したものとして合成静電容量 C〔μF〕を求めると、次式で表される。

$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{C_1\times 5C_1}{C_1+5C_1}=\frac{5}{6}C_1\quad〔\mathrm{F}〕\qquad ②$$

d＝4/2〔mm〕＝2〔mm〕＝2×10^{-3}〔m〕、S＝20〔cm^2〕＝20×10^{-4}〔m^2〕、誘電率を ε_0〔F/m〕として、式①より静電容量 C_1 を求めると、

$$C_1=8.855\times10^{-12}\times\frac{20\times10^{-4}}{2\times10^{-3}}=8.855\times10\times10^{-12-4-(-3)}$$

$$=8.855\times10^{-12}\quad〔\mathrm{F}〕\qquad ③$$

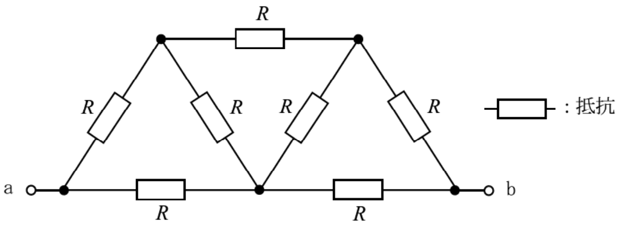
式③を式②に代入して合成静電容量 C〔F〕を求めると、次式となる。

$$C=\frac{5}{6}\times8.855\times10^{-12}〔\mathrm{F}〕=\frac{44.275}{6}〔\mathrm{pF}〕\fallingdotseq 7.4〔\mathrm{pF}〕$$

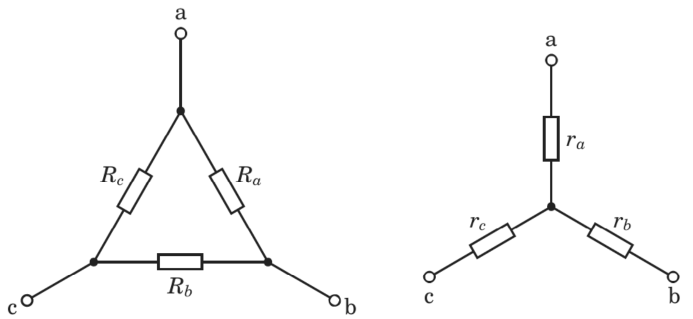
［**正答**：2］

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　$\frac{2}{5}R$〔Ω〕
2　$\frac{4}{5}R$〔Ω〕
3　$\frac{6}{7}R$〔Ω〕
4　$\frac{8}{7}R$〔Ω〕
5　$\frac{10}{7}R$〔Ω〕



$\boxed{\text{Point}}$　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。



（ａ）△接続　　（ｂ）Y接続

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ａｂ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、

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

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。

解説

Δ－Ｙの公式を使って、デルタ形の三つの抵抗Rをスター形にすると$R/3$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。

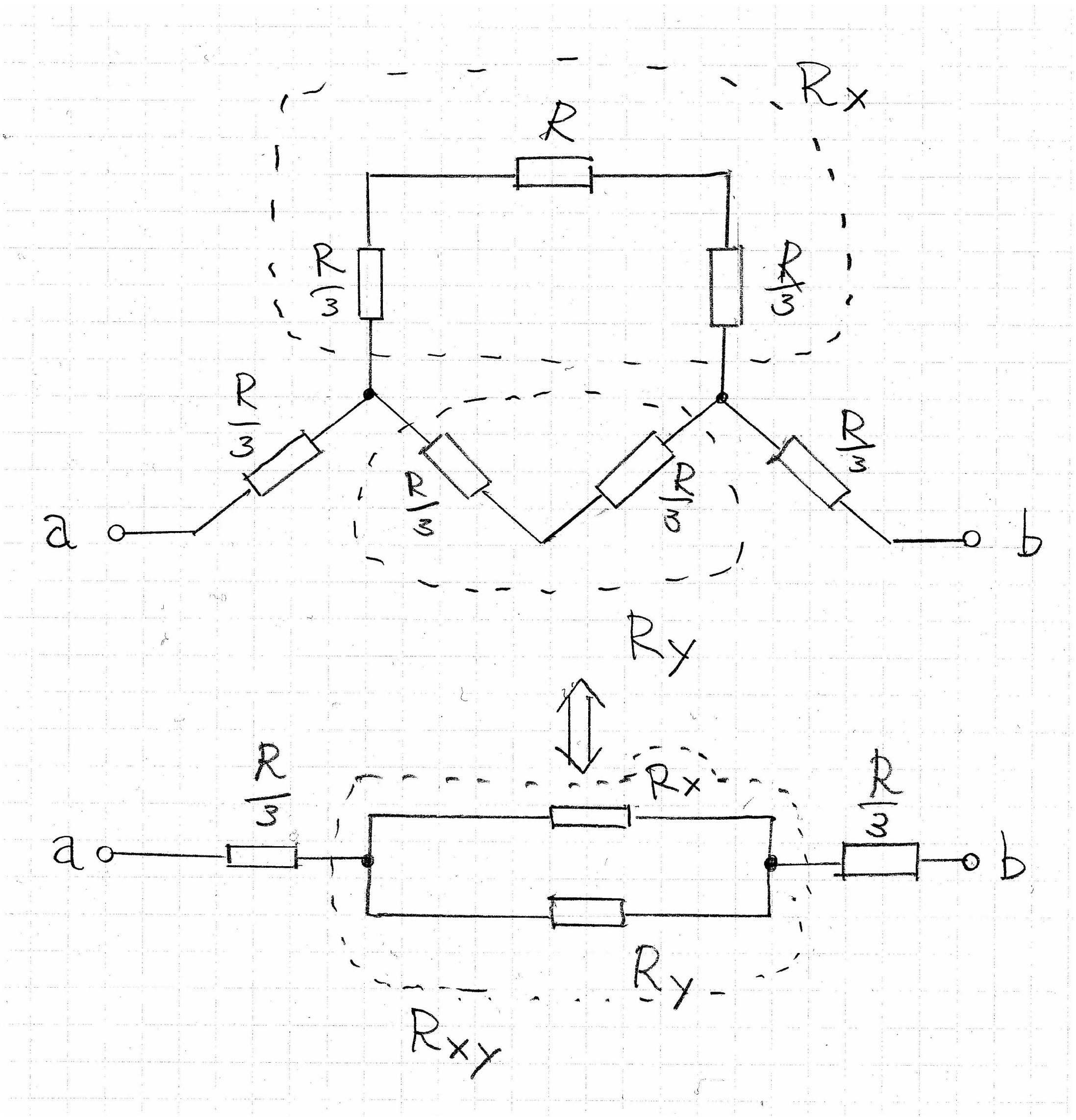


図２

図２の回路において、

$$R_x = \frac{R}{3} + R + \frac{R}{3} = \frac{1+3+1}{3}R = \frac{5}{3}R \quad 〔\Omega〕$$

$$R_y = \frac{R}{3} + \frac{R}{3} = \frac{2}{3}R \quad 〔\Omega〕$$

となるからこれらの合成抵抗 R_{xy}〔Ω〕は、

$$R_{xy}=\frac{R_x\times R_y}{R_x+R_y}=\frac{\frac{5}{3}R\times\frac{2}{3}R}{\frac{5}{3}R+\frac{2}{3}R}=\frac{\frac{10}{3\times3}R\times R}{\frac{7}{3}R}$$

$$=\frac{10R}{7\times3}\ 〔\Omega〕$$

端子ａｂ間の合成抵抗 R〔Ω〕を求めると次式となる。

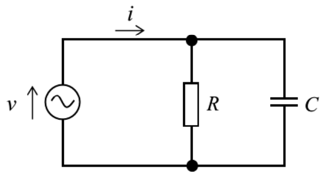
$$R=\frac{R}{3}+R_{xy}+\frac{R}{3}=\frac{2R}{3}+\frac{10R}{7\times3}$$

$$=\frac{7\times2R}{7\times3}+\frac{10R}{7\times3}=\frac{24R}{7\times3}=\frac{8\times3}{7\times3}R=\frac{8}{7}R\ 〔\Omega〕$$

［**正答**：4］

A－4 図に示す回路において、交流電源電圧の瞬時値 v が $100\sqrt{2}\sin\omega t$〔V〕、抵抗 R が 20〔Ω〕及びコンデンサ C のリアクタンスが 20〔Ω〕であるとき、電源から流れる電流 i〔A〕を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、角周波数を ω〔rad/s〕、時間を t〔s〕とする。

1 $i=10\sin(\omega t-\frac{\pi}{4})$
2 $i=10\sin(\omega t+\frac{\pi}{4})$
3 $i=10\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})$
4 $i=10\sqrt{2}\sin(\omega t-\frac{\pi}{4})$
5 $i=10\sqrt{2}\sin(\omega t+\frac{\pi}{4})$



解説

瞬時値 $v=V_m\sin\omega t=100\sqrt{2}\sin\omega t$〔V〕で表される交流電圧を複素数のベクトル量として表すと、電圧は実効値で表されるので、$\dot{V}=100$〔V〕となる。

抵抗を流れる電流 $\dot{I}_R$〔A〕は、

$$\dot{I}_R=\frac{\dot{V}}{R}=\frac{100}{20}=5\ 〔A〕$$

コンデンサを流れる電流 $\dot{I}_C$〔A〕は、

$$\dot{I}_C=\frac{\dot{V}}{-jX_C}=j\frac{100}{20}=j5\ 〔A〕$$

回路を流れる電流 $\dot{I}$〔A〕は、

$$\dot{I}=\dot{I}_R+\dot{I}_C=5+j5\ 〔A〕$$

大きさを I〔A〕求めると、

$$I=\sqrt{I_R{}^2+I_C{}^2}=\sqrt{5^2+5^2}=5\sqrt{2}\ 〔A〕$$

電圧と電流をベクトル図で表すと図３のようになる。

図より電流と電圧の位相差θは、$\pi/4$〔rad〕であり、電圧に比較して電流は$\pi/4$〔rad〕位相が進んでいる。

電流を瞬時値iで表すと、次式となる。

$$i = I_m \sin(\omega t + \theta)$$
$$= \sqrt{2}\, I \sin(\omega t + \theta)$$
$$= \sqrt{2} \times 5\sqrt{2} \sin(\omega t + \pi/4) = 10\sin(\omega t + \pi/4)\text{〔A〕}$$

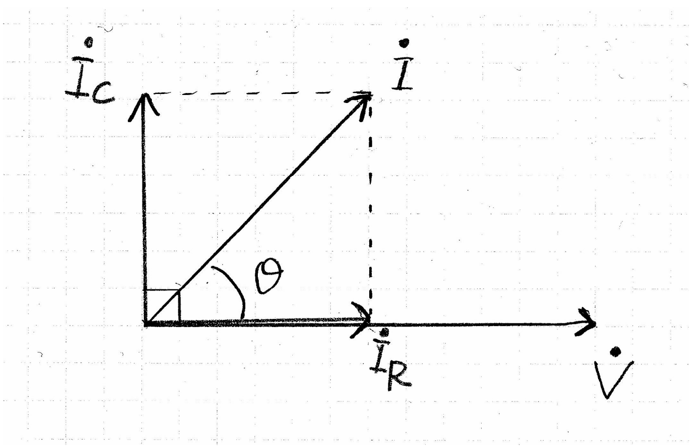


図３

［**正答**：2］

A－7 次の記述は、電界効果トランジスタ(FET)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、ゲート(G)−ソース(S)間電圧V_{GS}及びドレイン(D)電流I_Dは図１の矢印で示した方向を正(+)とする。

(1)　図１に示す図記号の電界効果トランジスタは[A]チャネルで、[B]形である。
(2)　(1)の伝達特性の概略図を、V_{GS}〔V〕とI_D〔A〕間の特性で示すと[C]である。

	A	B	C
1	P	MOS(絶縁ゲート)	図3
2	P	接合	図2
3	N	MOS(絶縁ゲート)	図3
4	N	接合	図3
5	N	MOS(絶縁ゲート)	図2

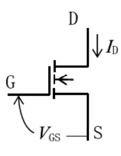


図１

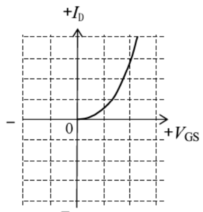


図２

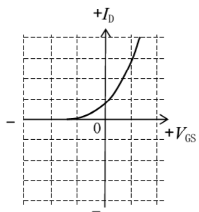


図３

解説

ＦＥＴの図記号と特性については、合格テキスト５８ページを参照。問題図１はエンハンスメント形であり、V_{GS}を加えないと電流が流れないので特性図は図２となる。

［**正答**：5］

A－11 AM(A3E)送信機の出力端子において、変調をかけないときの搬送波電圧の振幅値(最大値)が 100〔V〕であった。単一の正弦波信号で変調をかけたとき、変調度が 50〔%〕になったとすると、このときの変調波電圧の実効値として正しいものを下の番号から選べ。

1 65〔V〕　**2** 70〔V〕　**3** 75〔V〕　**4** 80〔V〕　**5** 85〔V〕

解説

搬送波電力をP_C〔W〕、振幅変調波電力をP_A〔W〕、変調度をm（真数）とすると、次式で表される。

$$P_A=\left(1+\frac{m^2}{2}\right)P_C=\left(1+\frac{0.5^2}{2}\right)P_C=\left(1+\frac{0.25}{2}\right)P_C$$

$$=1.125P_C$$

電力は電圧の２乗に比例するので、最大値が$V_m=100$〔V〕の搬送波電圧の実効値$V_C=100/\sqrt{2}$〔V〕と振幅変調波電圧の実効値V_A〔V〕は次式の関係となる。

$$V_A^2=1.125V_C^2=1.125\times\frac{100^2}{(\sqrt{2})^2}=0.5625\times100^2=5,625$$

√を開く計算が難しいので、選択肢の数値を２乗すると、

$65^2=4,225$　$70^2=4,900$　$75^2=5,625$　$80^2=6,400$　$85^2=7,225$

となるので、正しい選択肢は３である。

［**正答**：3］

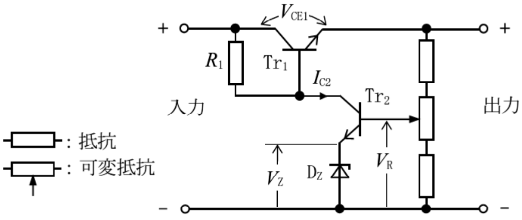
A－17 次の記述は、図に示す直列形定電圧回路の動作原理について述べたものである。[　] 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

(1) 図において、出力電圧が上昇すると、トランジスタ Tr_2 のベース電圧 V_R が上昇するが、Tr_2 のエミッタはツェナーダイオード D_Z により常に一定の電圧 V_Z に保たれているので、Tr_2 のコレクタ電流 I_{C2} は [A] する。

(2) 従って、抵抗 R_1 における電圧降下が大きくなり、制御用トランジスタ Tr_1 のベース電位は [B] し、Tr_1 のコレクタ-エミッタ間の電圧 V_{CE1} が増加して出力電圧の上昇を妨げ、一定電圧となるように動作する。

(3) 過負荷又は出力の短絡に対する、トランジスタ [C] の保護回路が必要である。

	A	B	C
1	増加	低下	Tr_1
2	増加	上昇	Tr_1
3	増加	低下	Tr_2
4	減少	上昇	Tr_2
5	減少	低下	Tr_2



解説

出力が短絡(ショート)すると、Tr_1には入力電圧がすべて加わり、大きな電流が流れてTr_1が破損するので保護回路が必要である。

［**正答**：1］

A－18 次の記述は、シリコン太陽電池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。

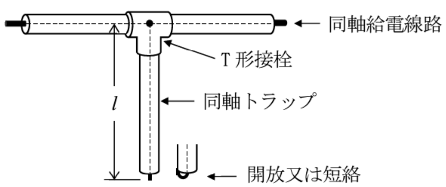
(1) 太陽電池の素子に太陽光などの光を照射すると、pn 接合部で光は吸収され、そのエネルギーにより電子とホールが励起されて、p 側が［A］、n 側が［B］に帯電する。
(2) シリコン太陽電池には、発電した電力を蓄える蓄電機能［C］。
(3) シリコン太陽電池は、一般に電池パネル面(pn 接合部)の温度上昇に伴い、変換効率が［D］する。

	A	B	C	D
1	負	正	がある	低下
2	負	正	がある	上昇
3	負	正	はない	低下
4	正	負	はない	上昇
5	正	負	はない	低下

［**正答**：5］

A－19 次の記述は、図に示す長さ l の同軸トラップにより、自局が発射する電波(基本波)に含まれる第 2 高調波電流を、同軸給電線路から除去する方法について述べたものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。ただし、T 形接栓は同軸給電線路と同軸トラップの内部導体同士及び外部導体同士がそれぞれ接続されているものとし、同軸給電線路と同軸トラップの特性インピーダンスの値は同一とする。また、波長とは同軸線路上の波長とし、同軸トラップ先端からの電波の漏れは無視できるものとする。

1 l を基本波の波長の 1/2 とし、同軸トラップの先端を開放する。
2 l を基本波の波長の 1/4 とし、同軸トラップの先端を開放する。
3 l を基本波の波長の 1/2 とし、同軸トラップの先端を短絡する。
4 l を基本波の波長の 1/4 とし、同軸トラップの先端を短絡する。



解説　同軸給電線などの伝送線路に、並列に線路を取り付けて、第２高調波を除去するためのトラップ（わな）にする方法である。並列伝送線路を構成する回路において、第２高調波を除去して、基本波を通すためにはトラップのインピーダンスは、基本波に対して無限大（∞）〔Ω〕、第２高調波に対しては 0〔Ω〕としなければならない。

先端が短絡された無損失給電線の受端から距離 l〔m〕の点のインピーダンス $\dot{Z}$〔Ω〕は、次式で表される。

$$\dot{Z} = jZ_0 \tan \beta l \text{〔Ω〕} \quad ①$$

ただし、Z_0〔Ω〕は線路の特性インピーダンス、$\beta = 2\pi/\lambda$〔rad/m〕は位相定数である。基本波の周波数の波長を λ〔m〕とすると、$l = \lambda/4$ とすれば、

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2} \text{〔rad〕}$$

$$\dot{Z} = j\,Z_0 \tan\theta = j\,Z_0 \tan(\pi/2) = \infty \text{〔}\Omega\text{〕}$$

となるので基本波の周波数に対しては $\dot{Z}=\infty$〔Ω〕となるので、基本波の周波数に対してはトラップの影響がない。このとき、第２高調波は周波数が２倍で波長は 1/2 になるから、$l=\lambda/2$ となるので、

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{2} = \pi \text{〔rad〕}$$

$$\dot{Z} = j\,Z_0 \tan\theta = j\,Z_0 \tan\pi = 0 \text{〔}\Omega\text{〕}$$

となって、第２高調波を除去するのトラップとして動作する。

よって、距離 l を波長の1/4とし、同軸トラップの先端を短絡する。

角周波数 $\omega=2\pi f=2\pi/T$〔rad/s〕（f〔Hz〕は周波数、T〔s〕は周期）が時間 t〔s〕を0～2π〔rad〕の角度 $\theta=\omega t$〔rad〕に置き換える定数であるのと同じように，式①において、位相定数 β は長さ l〔m〕を角度 $\theta=\beta l$〔rad〕に置き換えるための定数である。

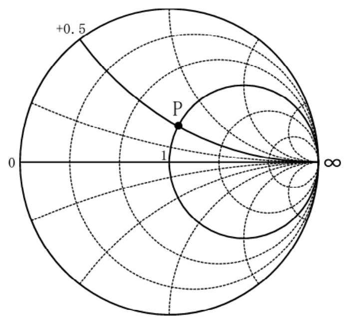
$l=\lambda$ のときは $\theta=2\pi$〔rad〕（360°）、$l=\lambda/2$ のときは $\theta=\pi$〔rad〕（180°）、$l=\lambda/4$ のときは $\theta=\pi/2$〔rad〕（90°）である。

$\tan\theta$ は、$\theta=0$～$\pi/2$〔rad〕のとき0～∞の正の値をとるので、式(1)は $+jX$〔Ω〕のリアクタンスになるから、コイルと等価的な動作をする。

［正答：4］

A－20 アンテナの 10〔MHz〕におけるインピーダンスが、図のスミスチャートにおいてＰ点の位置であった。アンテナのリアクタンス成分を打ち消すためには、アンテナをどのように調整すればよいか。正しいものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの R（抵抗）成分は 50〔Ω〕とし、座標の数値は正規化されているものとする。

1 2000/π〔pF〕のコンデンサをアンテナに直列に接続する。
2 2000/π〔pF〕のコンデンサをアンテナに並列に接続する。
3 1000/π〔pF〕のコンデンサをアンテナに直列に接続する。
4 1000/π〔mH〕のコイルをアンテナに直列に接続する。
5 1000/π〔mH〕のコイルをアンテナに並列に接続する。



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$\dot{Z}=R+jX$〔Ω〕は、

$$\dot{z}=\frac{R}{Z_0}+j\frac{X}{Z_0}=r+jx \qquad ①$$

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。

点Pの正規化インピーダンスは、

$$\dot{z}=1+j0.5$$

なので、アンテナのインピーダンス$\dot{Z}=R+jX$〔Ω〕は、

$$\dot{Z}=Z_0\dot{z}=50\times(1+j0.5)=50+j25〔Ω〕 \qquad ②$$

式②のリアクタンスを打ち消すためには、$-j25$〔Ω〕の容量性リアクタンスX_Cをアンテナに直列に接続すればよい。静電容量C〔F〕の値を求めると、

$$X_C=\frac{1}{\omega C}$$

より、

$$X_C=\frac{1}{\omega X_C}=\frac{1}{2\pi f\times 25}=\frac{1}{2\times 25\times 10\times 10^6\times\pi}$$

$$=\frac{1}{500\pi}\times 10^{-6}=\frac{10^6}{500\pi}\times 10^{-12}=\frac{2,000}{\pi}\times 10^{-12}〔F〕$$

$$=\frac{2,000}{\pi}〔pF〕$$

［**正答**：1］

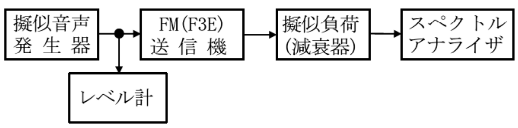
A－24 次の記述は、図に示す構成例を用いた FM(F3E)送信機の占有周波数帯幅の測定法について述べたものである。[　　] 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。なお、同じ記号の [　　] 内には、同じ字句が入るものとする。

(1) 擬似音声発生器から規定の擬似音声信号を送信機に加え、所定の変調を行った周波数変調波を擬似負荷に出力する。スペクトルアナライザを所定の動作条件とし、規定の占有周波数帯幅 [A] の帯域を掃引し、所要の数のサンプル点で測定した各電力値の和から全電力を求める。

(2) 測定する最低の周波数から高い周波数の方向に掃引して得たそれぞれの電力値を順次加算したとき、その電力が全電力の [B] 〔%〕になる周波数 f_1〔Hz〕を求める。

(3) 次に、測定する最高の周波数から低い周波数の方向に掃引して得たそれぞれの電力値を順次加算したとき、その電力が全電力の [B] 〔%〕になる周波数 f_2〔Hz〕を求めると、占有周波数帯幅は [C] 〔Hz〕となる。

	A	B	C
1	の 2～3.5 倍程度	1.0	f_2-f_1
2	の 2～3.5 倍程度	0.5	f_2-f_1
3	の 2～3.5 倍程度	1.0	f_1+f_2
4	と同程度	0.5	f_1+f_2
5	と同程度	1.0	f_1+f_2



解説　電波法施行規則では、

「占有周波数帯幅」とは、その上限の周波数を超えて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の0.5パーセントに等しい上限及び下限の周波数帯幅をいう。ただし、周波数分割多重方

式の場合、テレビジョン伝送の場合等0.5パーセントの比率が占有周波数帯幅及び必要周波数帯幅の定義を実際に適用することが困難な場合においては、異なる比率によることができる。

と規定されているので、その規定によって測定を行う。

［**正答**：2］