

(第二級ハム国試 無線工学勉強用教材 複製不許可・非売品)  
(私用に限定、商用使用は出来ません)

( Edition : 2025.11)

# 第2級アマチュア無線技士 無線工学国家試験問題の 解説と解答

(既出問題～令和7年11月期問題まで)

2025年11月

宇野 孝 JA2ANM  
一般社団法人 日本アマチュア無線連盟 正員

著作権法などによりこの書籍は私用に限定します。内容を許可なく複製や商用使用することは出来ません。

出典資料：既出第2級アマチュア無線技士国家試験問題（総務省）

利用上の注意事項：・計算問題と一部の穴埋め問題などを中心に解説し解答してあります。

- 各問題には、国家試験出題年月期および国家試験コード番号と問題番号を付記してあります。
- ここに掲載されていない国家試験問題は、他の書籍を閲覧して下さい。

## 【問題の解説と解答】

令和6年4月期 (IZ604 A-1)

A - 1 次の記述は、静電気に関するクーロンの法則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) 二つの点電荷  $Q_1$  [C]、 $Q_2$  [C] が距離  $r$  [m] 離れて置かれているとき、  
両電荷の間に働く力の大きさは、□A□に比例し、□B□に反比例する。  
(2) このとき働く力の方向は、両電荷が同じ符号のときは、□C□する方向  
に働く。

	A	B	C
1	$Q_1 + Q_2$	$r^2$	反発
2	$Q_1 + Q_2$	$r$	吸引
3	$Q_1 \times Q_2$	$r$	反発
4	$Q_1 \times Q_2$	$r$	吸引
5	$Q_1 \times Q_2$	$r^2$	反発

答：5

### 〔解説〕

二つの点電荷  $Q_1$  [C] と  $Q_2$  [C] との間に働く力（静電力） $F$  [N]（ニュートン）は、各帶電体が持っている電荷の積に比例し、帶電体間の距離  $r$  [m] の二乗に反比例する。これを式に示せば、次式の通りとなる。

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} [N]$$

ここに、 $K$  は比例定数で、 $Q_1$  と  $Q_2$  の間にある物質により異なり、物質が真空のときの誘電率を  $\epsilon_0$  とすれば  $K$  の値は、 $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \times 8.855 \times 10^{-12}} = 8.991 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9$

点電荷  $Q_1$  [C] と  $Q_2$  [C] が同じ符号（+あるいは-）のときは互いに反発、異符号（一つが+、他方が-）のときは吸引する。

令和2年9月期 (IZ209 A-1)

A - 1 コンデンサに直流電圧 100 [V] を加えたとき、0.5 [C] の電荷が蓄えられた。このときコンデンサに蓄えられたエネルギーの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 5 [J]      2 25 [J]      3 50 [J]      4 100 [J]      5 250 [J]

エネルギー  $J$  [W] は、 $W = \frac{1}{2} QV$  から算出する。この式に題与の諸元を代入して、

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} 0.5 \times 100 = 25[J]$$

答：2

[参考]

$$Q = CV \text{ であるからこれを } W = \frac{1}{2}QV \text{ に代入すれば、 } W = \frac{1}{2}CV \times V \Rightarrow W = \frac{1}{2}CV^2 [J]$$

平成30年8月期(IZ008 A-1)

A-1 コンデンサに直流電圧 40 [V] を加えたとき、0.2 [C] の電荷が蓄えられた。このときコンデンサに蓄えられるエネルギーの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 4 [J]
- 2 8 [J]
- 3 10 [J]
- 4 20 [J]
- 5 30 [J]

静電容量 C[F] のコンデンサに電圧 V[V] を加え、Q[C] の電荷が蓄えられたとき、コンデンサに蓄えられるエネルギー W[J] (ジュール) は、 $W = \frac{1}{2}QV$  から求める。

$$\text{この式に題与の諸元を代入すれば、 } W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 40 = 4 [J]$$

答：1

令和元年8月期(IZ108 A-2)

A-2 次の記述は、導体、絶縁体及び半導体の一般的な特徴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 電流が流れやすく、抵抗率が小さい物質を導体といい、導体には、銀、銅、鉄、アルミニウムなどがある。
- 2 一定の温度において、導体(導線)の抵抗値は断面積に反比例する。
- 3 抵抗率が導体と絶縁体の中間にある物質を半導体といい、半導体には、ゲルマニウム、シリコンなどがある。
- 4 半導体の抵抗率は、温度の上昇に伴って増加する。
- 5 絶縁体には、ピニール、雲母、ガラス、空気、油などがある。

答：4

[解説]

- ・半導体は、温度が上昇するに従い抵抗率が減少する。
- ・半導体の温度が上昇し過ぎると暴走し動作不良となる。

令和6年12月期 (IZ612 A-2)

A - 2 次の記述は、導線に高周波電流を流したときの現象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。

周波数が高くなるほど電流は導線の □ A □ に密集して流れ、導線の実効抵抗は、直流電流を流したときに比べて □ B □ なる。この現象を □ C □ という。

- | A      | B   | C       |
|--------|-----|---------|
| 1 表面近く | 大きく | 表皮効果    |
| 2 表面近く | 小さく | ゼーベック効果 |
| 3 中心部  | 大きく | ゼーベック効果 |
| 4 中心部  | 小さく | 表皮効果    |

答：1

〔解説〕

導線に高周波電流を流したとき、周波数が高くなればなるほど電流は「表皮効果」により表面近くに密集して流れ、中心部における電流量が減少する。一方、直流は導線の断面積全面に一様に流れる。高周波電流における導線の実効抵抗は、直流電流のときより大きくなる。

令和5年8月期 (IZ508 B-1)

B - 1 次の記述は、電流と電圧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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 電流の大きさは、導線の断面を毎秒通過する □ A □ で表すことができる。1秒間に □ イ □ の □ A □ が通過するとき、その電流は 1 [A] となる。
- (2) 導電性物質上の 2 点間の電位差  $V$  [V] と、その間に流れる電流  $I$  [A] の間には、定数を  $R$  [ $\Omega$ ] とすると、 $V = RI$  又は  $I = V/R$  で表される関係が成り立つ。これを □ ウ □ の法則といい、比例定数  $R$  [ $\Omega$ ] を □ エ □ という。また、 $R$  の逆数  $G$  [S] を □ オ □ という。

- |       |         |         |           |            |
|-------|---------|---------|-----------|------------|
| 1 磁気  | 2 1 [T] | 3 ファラデー | 4 キャパシタンス | 5 抵抗       |
| 6 電気量 | 7 1 [C] | 8 オーム   | 9 コンダクタンス | 10 インダクタンス |

答：ア：6、イ：7、ウ：8、エ：5、オ：9

令和6年8月期 (IZ608 A-1)

A - 1 次の記述は、物質の電気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) ある長さと断面積を持ち、同じ材質でできている物質の電気抵抗の値は、一定の温度において、断面積に □ A □ 。
- (2) 長さが  $l$  [m] 、断面積が  $A$  [ $m^2$ ] の物質の電気抵抗  $\rho$  をその物質の抵抗率といい、その単位は □ B □ である。
- (3) 一般に、長さが  $l$  [m] 、断面積が  $A$  [ $m^2$ ] の均一な物質の電気抵抗  $R$  は、 $\rho$  を用いて次の式で表される。

$$R = \boxed{C} [\Omega]$$

- | A       | B                  | C              |
|---------|--------------------|----------------|
| 1 反比例する | $[\Omega / m]$     | $A / (\rho l)$ |
| 2 反比例する | $[\Omega \cdot m]$ | $\rho l / A$   |
| 3 比例する  | $[\Omega / m]$     | $\rho l / A$   |
| 4 比例する  | $[\Omega \cdot m]$ | $A / (\rho l)$ |

答：2

〔解説〕

電気抵抗  $R$  は、 $R = \frac{\rho I}{A}$  から求める。

ここに、 $\rho$  : 抵抗率 [ $\Omega \cdot m$ ]、 $A$  : 断面積 [ $m^2$ ]、 $I$  : 長さ [m]、伝導率  $\sigma = \frac{1}{\rho}$  [ $S/m$ ]

令和6年12月期 (IZ612 A-3)

A-3 次の記述は、導体、絶縁体及び半導体の一般的な特徴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 一定の温度において、導体(導線)の抵抗値は断面積に反比例する。
- 2 絶縁体には、ビニール、雲母、ガラス、空気、油などがある。
- 3 電流が流れやすく、抵抗率が小さい物質を導体といい、導体には、銀、銅、鉄、アルミニウムなどがある。
- 4 抵抗率が導体と絶縁体の中間にある物質を半導体といい、半導体には、ゲルマニウム、シリコンなどがある。
- 5 半導体の抵抗率は、温度が上昇しても変化しない。

答：5

〔解説〕

導体の抵抗を  $R$ 、導体固有の比例定数を  $\rho$ 、導体の長さを  $\ell$ 、導体の断面積を  $S$  とすれば、導体の抵抗  $R$  は、 $R = \rho \frac{\ell}{S} [\Omega]$  から算出する。抵抗率  $\rho$  は、温度の上昇に相反して低下してゆく。

令和3年年12月期(IZ312 A-1)

A-1 次の記述は、電流と電圧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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 電流の大きさは、導線の断面を毎秒通過する □ A で表すこと  
ができる。1秒間に 1 [C] の □ A が通過するとき、その電流は  
1 [A] となる。
- (2) 導電性物質上の 2 点間の電位差  $V$  [V] と、その間に流れる電流  
 $I$  [A] の関係は、定数を  $R$  [ $\Omega$ ] とすると、 $V = RI$  又は  $I = V/R$   
で表される。この関係が成り立つとき、これを □ B の法則という。  
また、 $R$  の逆数  $G$  [S] を □ C という。

A	B	C
1 磁気	ファラデー	コンダクタンス
2 磁気	オーム	インダクタンス
3 電気量	ファラデー	インダクタンス
4 電気量	オーム	コンダクタンス

答：4

〔解説〕

$R$  の逆数  $G = \frac{1}{R}$  [S] を回路における電流の流れ易さを意味しコンダクタンスといい、単位を [S] : ジーメンス (Siemens) という。

令和3年12月期(IZ312 A-2)

A-2 レンツの法則についての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 二つの帯電体の間に働く力の大きさは、それぞれの電荷の積に比例し、距離の二乗に反比例する。
- 電磁誘導によって生じる誘導起電力は、その起電力による誘導電流の作る磁束が、もとの磁束の変化を妨げる方向に発生する。
- 回路網の任意の接続点に流入する電流の代数和は零である。
- 回路網の任意の閉回路において、電圧降下の代数和は、その閉回路に含まれる起電力の代数和に等しい。
- 誘導起電力の大きさは、コイルと鎖交する磁束の時間に対する変化の割合に比例する。

答：2

[解説]

1：クーロンの法則： $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$  [N] N : Newton ニュートン

F : 静電力 (両電荷の間に働く力) [N]、 $Q_1 Q_2$  : 両電荷、r : 電荷間の距離 [m]、k : 比例定数  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$

2 : レンツの法則

3 : キルヒ霍フの第1の法則 (電流の法則)

4 : キルヒ霍フの第2の法則 (電圧の法則)

5 : 電磁誘導に関するファラデーの法則： $e = B \ell v \sin\theta$

e : 誘導起電力 [V]、B : 磁束密度 [T]、v : 移動速度 [m/s]、θ : 磁力線の方向に対する導体の移動方向

令和7年5月期(IZ705 B-1)

B-1 次の表は、電気磁気量に関する国際単位系(SI)からの抜粋である。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

量	単位記号
電荷	[ア]
電界の強さ	[イ]
磁界の強さ	[ウ]
アドミタンス	[エ]
透磁率	[オ]

1 C 2 H 3 H/m 4 Hz 5 V/m  
6 T 7 S 8 J 9 A/m 10 F

答：ア：1、イ：5、ウ：9、エ：7、オ：3

令和5年4月期 (IZ504 A-2)

A-2 キルヒ霍フの第1法則についての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 二つの帯電体の間に働く力の大きさは、それぞれの電荷の積に比例し、距離の二乗に反比例する。
- 回路網の任意の接続点に流入する電流の代数和は零である。
- 誘導起電力の大きさは、コイルと鎖交する磁束の時間に対する変化の割合に比例する。
- 電磁誘導によって生じる誘導起電力は、その起電力による誘導電流の作る磁束が、もとの磁束の変化を妨げる方向に発生する。

答：2

〔解説〕

キルヒ霍フ第1の法則：回路網の任意の一点に入る電流の代数和は、零（0）である。

キルヒ霍フ第2の法則：回路網の任意の閉回路において各部分の電圧降下の代数和は、その閉回路に含まれる起電力の代数和に等しい。

令和7年5月期 (IZ705 A-2)

A - 2 次の記述は、電気と磁気の一般的な関係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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 磁界中で磁界の方向と直角に導線を動かすと、導線には □A□ が発生する。  
 (2) 磁界中で磁界の方向と直角に置かれた導線に電流を流すと、導線には □B□ が働く。このときの磁界の方向、電流を流す方向及び □B□ の方向の関係を表すのが、フレミングの □C□ の法則である。

A	B	C
1 力	起電力	右手
2 力	起電力	左手
3 起電力	力	右手
4 起電力	力	左手

答：4

〔解説〕

フレミングの左手の法則、右手の法則のまとめ

フレミング左手の法則	フレミング右手の法則
人差し指：磁力線（磁界）の方向	人差し指：磁力線（磁界）の方向
中指：導体を流れる電流の方向	中指：導体に誘起される電流（起電力）の方向
親指：導体が受ける力（電磁力）	親指：導体を動かす方向
応用例：直流電動機、可動コイル型スピーカー	応用例：発電機、可動コイル型マイクロフォン

令和5年8月期 (IZ508 A-2)

A - 2 次の記述は、コンデンサ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。

- (1) 平行平板コンデンサは、向かいあつた二つの金属板の間に電荷を蓄え  
 ることができ、静電容量は金属板の面積に □A□ する。  
 (2) コンデンサは静電容量が □B□ ほど交流電流をよく通す。  
 (3) 静電容量及び加える交流電圧の大きさが一定のとき、コンデンサを流  
 れる電流の大きさは周波数に比例し、位相は電圧より 90 度 □C□ 。

A	B	C
1 比例	大きい	遅れる
2 反比例	小さい	遅れる
3 比例	小さい	遅れる
4 反比例	小さい	進む
5 比例	大きい	進む

答：5

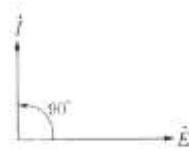
〔解説〕

- ・平行平板コンデンサの静電容量は、 $C = \frac{S}{d} \cdot \epsilon_0$  から求める。 静電容量 C は、金属平行平板の面積 S に比例する。但し、 $\epsilon_0$  : 金属板間の誘電率 [F/m]、S : 金属板面積 [m<sup>2</sup>]、d : 金属板間の距離 [m]

- 容量性リアクタンス  $X_C$  は、 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$   $I = \frac{V}{X_C} = 2\pi fCV$  で、

静電容量が大きいほど交流電流をよく通す。

- 位相は、右ベクトル図通り電圧に対し  $90^\circ$  進む。



令和5年8月期 (IZ508 A-18)

A - 18 次の記述は、比較的静電容量が大きい電解コンデンサの良否を、簡易的に調べ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、調べる直前まで電解コンデンサに電荷の蓄積は無かったものとする。また、使用する測定器は図2に示すアナログ方式の回路計(テスタ)のみとし、メータの振れ角度とは図2に示す位置とする。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- 図1は同じ定格の3個の電解コンデンサ( $C_1$ 、 $C_2$ 及び $C_3$ )を、テスターの[A]レンジで調べたときの、メータの振れ角度の時間的变化を示したものである。テスターの測定端子に電解コンデンサを接続すると、テスター内の電池によって電解コンデンサには瞬間に電流が流れ、やがて振れ角度は一定値となるので、その変化する様子から良否を簡易的に調べられるものである。
- $C_2$ の特性が正常な状態の電解コンデンサである時、 $C_1$ の特性のようにメータの振れ角度が短時間のうちに一定値になってしまうものは、[B]である。また、 $C_3$ の特性のようにメータの振れ角度が初期状態に戻らないものは、[C]である。

A	B	C
1 抵抗	容量抜け	絶縁不良
2 抵抗	絶縁不良	容量抜け
3 直流電圧	容量抜け	絶縁不良
4 直流電圧	絶縁不良	容量抜け

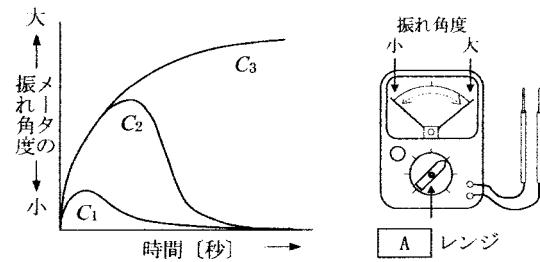


図1

図2

答：1

### [解説]

- テスターの抵抗レンジを使用する。
- 抵抗レンジでは、コンデンサーの+電極から-電極に電流が流れ、この時の電流の過渡現象をメータで確認してコンデンサーの良否を判断する。
- $C_1$ は、容量抜けのため、わずかな電荷しかコンデンサーに蓄積されないから電流が直ぐに減少する。
- $C_2$ は、容量一杯まで電流が流れ電荷が十分に蓄積されるに従い電流が減少して行く。正常なコンデンサー
- $C_3$ は、コンデンサーが絶縁不良になっているから電流が流れっぱなしになっている。

令和5年12月期 (IZ-512 B-1)

B - 1 次の記述は、コンデンサの静電容量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。

- 平行板コンデンサの静電容量は、向かい合った二つの金属板の間隔 [ア] し、金属板の面積 [イ] する。また、両金属板の間に比誘電率が3の誘電体を満たしたときの静電容量は、空気を満たしたときの静電容量のほぼ [ウ] 倍になる。
- 1 [V] の電圧をえたときに [エ] [C] の電荷を蓄えるコンデンサの静電容量が 1 [F] である。
- 静電容量が 50 [ $\mu F$ ] のコンデンサに [オ] [V] の電圧をえたとき、蓄えられる電荷の量は、250 [ $\mu C$ ] である。

1 1	2 30	3 5	4 の二乗に反比例	5 に比例
6 10	7 3	8 50	9 の二乗に比例	10 に反比例

答：ア：10、イ：5、ウ：7、エ：1、オ：3

[解説]

- 平行平板コンデンサーの静電容量  $C$  は、 $C = \varepsilon \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_s \frac{S}{d}$  から求める。

ここに、 $d$ ：二つの金属板の間隔、 $S$ ：平行平板の面積、誘電率  $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_s$ 、 $\varepsilon_0$ ：真空の誘電率 = 1、

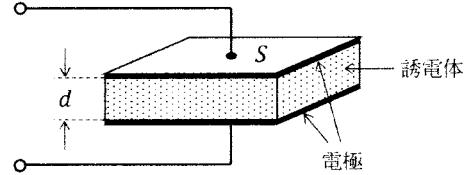
$\varepsilon_s$ ：誘電体の比誘電率 空気の誘電率は、真空の誘電率に近似で約 1

- $C_3 = 3 \times \frac{S}{d}$   $C_a = 1 \times \frac{S}{d} \therefore \varepsilon_a = 1$   $C_3 : C_a = \frac{3S}{d} : \frac{S}{d} \Rightarrow C_3 : C_a = 3 : 1 \Rightarrow C_3 = 3C_a \Rightarrow 3$  倍
- $Q[C] = C[F] \times V[V]$  に題与の諸元を代入すれば、 $Q = 1 \times 1 = 1[C]$
- $Q = CV$  この式に題与の諸元を代入すれば、 $V = \frac{Q}{C} = \frac{250 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-6}} = 5[V] \Rightarrow 5[V]$

令和6年12月期(IZ612 A-1)

A-1 図に示す、平行平板コンデンサーの静電容量の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電極の面積  $S$  を  $40 \text{ [cm}^2\text{]}$  ( $40 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$ )、電極間の距離  $d$  を  $5 \text{ [mm]}$ 、真空の誘電率  $\varepsilon_0$  を  $9 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$  及び誘電体の比誘電率  $\varepsilon_r$  を 5 とする。

- 1 36 [pF]
- 2 18 [pF]
- 3 12 [pF]
- 4 9 [pF]



- 静電容量は次式で求める。 $C = \varepsilon \frac{S}{d}$  但し、 $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_s$

- 上式に題与の諸元を代入すれば、 $C = 9 \times 10^{-12} \times 5 \times \frac{40 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} = 36 \times 10^{-12} = 36[\text{pF}]$

答：1

令和5年12月期(IZ512 B-1)

B-1 次の記述は、コンデンサーの静電容量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) 平行板コンデンサーの静電容量は、向かい合った二つの金属板の間隔 □ア□し、金属板の面積 □イ□する。また、両金属板の間に比誘電率が 3 の誘電体を満たしたときの静電容量は、空気を満たしたときの静電容量のほぼ □ウ□倍になる。
- (2) 1 [V] の電圧を加えたときに □エ□ [C] の電荷を蓄えるコンデンサーの静電容量が 1 [F] である。
- (3) 静電容量が 50 [μF] のコンデンサーに □オ□ [V] の電圧を加えたとき、蓄えられる電荷の量は、250 [μC] である。

- |      |      |      |           |         |
|------|------|------|-----------|---------|
| 1 1  | 2 30 | 3 5  | 4 の二乗に反比例 | 5 に比例   |
| 6 10 | 7 3  | 8 50 | 9 の二乗に比例  | 10 に反比例 |

答：ア：10、イ：5、ウ：7、エ：1、オ：3

[解説]

- 平行平板コンデンサーの静電容量  $C$  は、 $C = \varepsilon \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_s \frac{S}{d}$  から求める。

ここに、 $d$ ：二つの金属板の間隔、 $S$ ：平行平板の面積、誘電率  $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_s$ 、 $\varepsilon_0$ ：真空の誘電率 = 1、

$\epsilon_s$  : 誘電体の比誘電率 空気の誘電率は、真空の誘電率に近似で約 1

$$\cdot C_3 = 3 \times \frac{s}{d} \quad C_a = 1 \times \frac{s}{d} \quad \therefore \quad \epsilon_a = 1 \quad C_3 : C_a = \frac{3s}{d} : \frac{s}{d} \Rightarrow C_3 : C_a = 3 : 1 \Rightarrow C_3 = 3C_a \Rightarrow 3\text{倍}$$

$$\cdot Q[C] = C[F] \times V[V] \text{ に題与の諸元を代入すれば、} Q = 1 \times 1 = 1[C]$$

$$\cdot Q = CV \quad \text{この式に題与の諸元を代入すれば、} V = \frac{Q}{C} = \frac{250 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-6}} = 5[V] \Rightarrow 5[V]$$

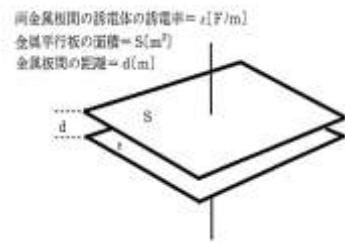
[解説]

平行平板コンデンサの向かい合った二つの金属板の間隔を  $d$ 、金属板の面積を  $S$ 、両金属板間の誘電体の誘電率を  $\epsilon$  とすれば、コンデンサの静電容量  $C$  は、 $C = \epsilon \frac{S}{d}$  から求める。

真空中の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m]、誘電体の比誘電率を  $\epsilon_s$  とすれば、 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$  から

空気中の比誘電率を  $\epsilon_a$  とすれば、この時の静電容量  $C_a$  は、 $C_a = \epsilon_0 \epsilon_a \frac{S}{d}$

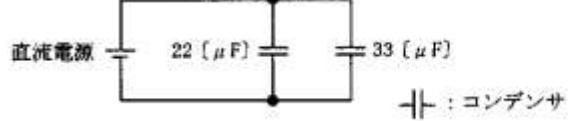
真空中の誘電率  $\epsilon_0 = 1$  [F/m]、空気中の比誘電率を  $\epsilon_a \approx 1$



平成 27 年 12 月期 (IZ712 A-2)

A-2 図に示す回路において、静電容量 22 [μF] のコンデンサに蓄えられている電荷が 16 [μC] であるとき、静電容量 33 [μF] のコンデンサに蓄えられている電荷の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 16 [μC]
- 2 24 [μC]
- 3 33 [μC]
- 4 45 [μC]



・直流電源の電圧を  $V$  [V] とする。  $Q = CV$  から  $V = \frac{Q}{C}$

・22 [μF] および 33 [μF] には同じ電圧  $V$  [V] が掛かる。

・22 [μF] に蓄えられた電荷が 16 [C] であるから、これを上式に代入すれば、 $V = \frac{16}{22}$

33 [μC] に電圧  $V$  [V] が掛かったときの電荷を  $Q$  [μC] とすれば、 $V = \frac{Q}{33}$

$$\text{従って、} \frac{16}{22} = \frac{Q}{33} \Rightarrow 22Q = 16 \times 33 \Rightarrow Q = \frac{528}{22} = 24 \text{ [μC]}$$

答：2

A-1 次の記述は、コンデンサの静電容量及び蓄えられるエネルギーについて述べたものである。□内に入るべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 真空中(誘電率  $\epsilon_0$ )にある半径  $r$  [m] の球状導体に  $Q$  [C] の電荷を与えたとき、導体の電位が  $V$  [V] であると、静電容量  $C$  [F] は

$$C = \frac{Q}{V} = \boxed{A}$$

となり、半径に比例することがわかる。

- (2) 平行板コンデンサの静電容量は、向かい合った二つの金属板の間隔に反比例し、金属板の面積に比例する。従って、両金属板の間に比誘電率が 2 の誘電体を満たしたときの静電容量は、空気を満たしたときの静電容量のほぼ  $\boxed{B}$  倍になる。

- (3) (1)のコンデンサに蓄えられるエネルギー  $W$  [J] は

$$W = \boxed{C}$$

で表される。

	A	B	C
1	$4\pi\epsilon_0 r$	2	$\frac{1}{2}CV^2$
2	$4\pi\epsilon_0 r$	2	$\frac{1}{2}CV^2$
3	$4\pi\epsilon_0 r$	2	$\frac{1}{2}CV$
4	$2\pi\epsilon_0 r$	2	$\frac{1}{2}CV$
5	$2\pi\epsilon_0 r$	2	$\frac{1}{2}CV$

答：1

## 〔解説〕

- (1) 球状導体が帶電したとき、電荷は球体の表面のみに帶電し、内部には帶電しない  $\Rightarrow$  内部には電荷が無い。

球状導体に電荷  $C$  [C] を与えたとき球体表面に生ずる電位  $V$  [V] は、 $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$  [V] になる。

$Q = CV$  を変形すれば、 $C = \frac{Q}{V}$  であり、この式に上記の  $V$  を代入すれば、 $V = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}} \Rightarrow V = 4\pi\epsilon_0 r$

- (2) 空気を満たした平行平板コンデンサーの静電容量  $C$  は、 $C = \epsilon_0 \frac{S}{d} = \frac{S}{d} \quad \therefore \epsilon_0 \approx 1$

ここに、 $\epsilon_0 \approx 1$  [F/m] (空気中の比誘電率)、 $\epsilon_s = 2$  (題与の誘電体の比誘電率)、

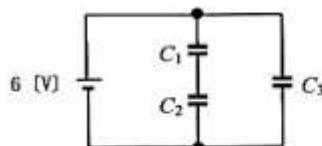
$S$  : 平行平板コンデンサーの面積 [m<sup>2</sup>]、 $d$  : 平行平板コンデンサーの電極間距離 [m]

比誘電率 = 2 のコンデンサーの静電容量を  $C'$  とすれば、 $C' = 2 \frac{S}{d} = 2C \Rightarrow C' = 2C$  2 倍になる。

- (3)  $W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2$  [J]  $\therefore Q = CV$

A-2 図に示す静電容量の等しいコンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$  及び  $C_3$  からなる回路に 6 [V] の電池で充電すると、コンデンサ  $C_1$  には 18 [ $\mu$ C] の電荷が蓄えられた。コンデンサの静電容量の値とコンデンサ  $C_3$  に蓄えられている電荷の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。

静電容量	$C_3$ の電荷
1 3 [ $\mu$ F]	6 [ $\mu$ C]
2 3 [ $\mu$ F]	18 [ $\mu$ C]
3 6 [ $\mu$ F]	6 [ $\mu$ C]
4 6 [ $\mu$ F]	18 [ $\mu$ C]
5 6 [ $\mu$ F]	36 [ $\mu$ C]



題意から  $C_1 = C_2 = C_3$

・静電誘導により  $C_1$  と  $C_2$  には同じ電荷 18 [ $\mu$ C] が蓄えられている。

$C_1$  に掛かる電圧を  $V_1$ 、 $C_2$  に掛かる電圧を  $V_2$  とすれば、

$$Q = C_1 V_1 \quad Q = C_2 V_2 \text{ から } C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow V_1 = V_2 \quad \therefore C_1 = C_2$$

$$V_1 + V_2 = 6 \text{ [V]} \Rightarrow 2V_1 = 6 \Rightarrow V_1 = 3 \Rightarrow V_1 = V_2 = 3 \text{ [V]}$$

$$\cdot Q = C_1 V_1 \text{ に手順①で求めた電圧を代入すれば、 } C_1 = \frac{Q}{V_1} = \frac{18}{3} = 6 \text{ [\mu F]}$$

$$\cdot C_1 = C_2 = C_3 \text{ から } C_3 \text{ に蓄えられる電荷を } Q_3 \text{ とすれば、 } Q_3 = 6 \times 6 = 36 \text{ [\mu C]}$$

答：5

[別解]

題意から  $C_1 = C_2 = C_3$  静電誘導により  $C_1$  と  $C_2$  には同じ電荷  $Q$  が蓄えられる。

$$\cdot V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad V_1 + V_2 = \frac{18}{C_1} + \frac{18}{C_2} = 6 \quad C_1 = C_2 \text{ から } \frac{36}{C_1} = 6 \Rightarrow C_1 = \frac{36}{6} = 6 \text{ [\mu F]}$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 6 \text{ [\mu F]}$$

$$\cdot Q = C_3 V = 6 \times 6 = 36 \text{ [\mu C]}$$

[別解]

・題与の条件からコンデンサー  $C_1$  に  $18 \text{ [\mu C]}$  の電荷が蓄えられているから、静電誘導により  $C_2$  にも同じ  $18 \text{ [\mu C]}$  が蓄えられている。

$$\text{従って、 } Q = CV \text{ に基づき } C_1 V_1 = 18$$

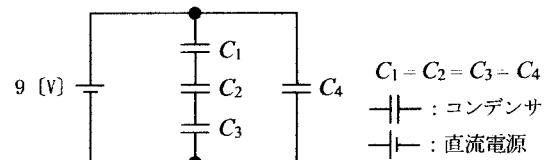
$$\begin{array}{r} C_2 V_1 = 18 \quad (+) \\ \hline C_1 V_1 + C_2 V_2 = 36 \Rightarrow C_1 (V_1 + V_2) = 36 \quad \therefore C_1 = C_2 = C_3 \\ V_1 + V_2 = 6 \text{ ゆえ } 6C_1 = 36 \Rightarrow C_1 = 6 \text{ [\mu C]} \end{array}$$

$$\cdot \text{題意から } C_3 = 6 \text{ ゆえ } Q_{C3} = V C_3 = 6 \times 6 = 36 \text{ [\mu C]}$$

令和7年5月期 (IZ705 A-1)

A-1 図に示す、静電容量の等しいコンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  及び  $C_4$  からなる回路に  $9 \text{ [V]}$  の直流電圧を加えたところ、コンデンサ  $C_1$  には  $18 \text{ [\mu C]}$  の電荷が蓄えられた。各コンデンサの静電容量の値とコンデンサ  $C_4$  に蓄えられている電荷の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。

静電容量	$C_4$ の電荷
1 $6 \text{ [\mu F]}$	$54 \text{ [\mu C]}$
2 $6 \text{ [\mu F]}$	$36 \text{ [\mu C]}$
3 $9 \text{ [\mu F]}$	$54 \text{ [\mu C]}$
4 $9 \text{ [\mu F]}$	$36 \text{ [\mu C]}$



$$\cdot \text{題与の条件: } C_1 = C_2 = C_3 = C_4 \quad \text{および} \quad V = 9 \text{ [V]} \quad Q = CV$$

・静電誘導により  $C_1 \sim C_3$  の各静電容量には  $18 \text{ [\mu C]}$  の電荷が蓄えられている。

$$V = \frac{Q}{C} \text{ の } Q \text{ に題与の電荷を代入すれば、 } C_1 = C_2 = C_3 \text{ から}$$

$$V = \frac{18}{C_1} + \frac{18}{C_2} + \frac{18}{C_3} = \frac{18}{C_1} \times 3 = 9 \Rightarrow 9C_1 = 18 \times 3 = 54 \Rightarrow C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 6 \text{ [\mu F]}$$

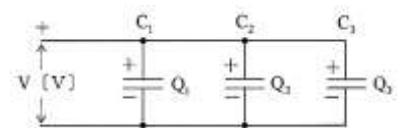
$$\cdot C_4 \text{ の電荷 } Q_4 \text{ は、 } Q_4 = C_4 \times V = 6 \times 9 = 54 \text{ [V]}$$

答：1

[参考]

### 並列接続コンデンサの合成静電容量と電荷

右図の様にコンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  [F]を並列に接続し、その両端に電圧  $V$  [V]を加えたとき各コンデンサに蓄えられる電荷をそれぞれ  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$



とすれば、 $Q_1 = C_1 V$ 、 $Q_2 = C_2 V$ 、 $Q_3 = C_3 V$

端子からみた全電荷  $Q$  [C] は、 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$  ゆえに、 $Q = C_1 V + C_2 V + C_3 V = (C_1 + C_2 + C_3) V$

$$\frac{Q}{V} = C_1 + C_2 + C_3 \quad Q = CV \quad \text{ゆえ} \quad \frac{Q}{V} = C \quad \text{とおけば、} C = C_1 + C_2 + C_3$$

### 直列接続コンデンサの合成静電容量と電荷

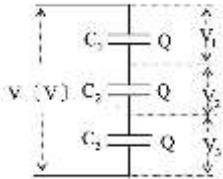
コンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  [F] を次図の様に直列接続してその両端に電圧  $V$  [V] を加えると、各コンデンサには静電誘導により同じ値の電荷  $Q$  [C] が蓄えられる。

各コンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  に加わる電圧をそれぞれ  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  [V] とすれば、

$$Q = CV \text{ により } V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{に上式を代入すれば、} \quad V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

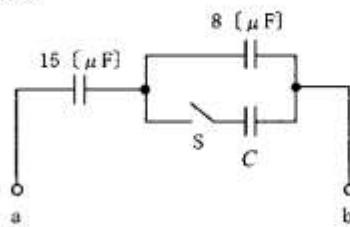
$$\Rightarrow \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad Q = CV \text{ から } \frac{Q}{V} = C \Rightarrow \frac{V}{Q} = \frac{1}{C} \quad \text{ゆえに} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



平成29年12月期(IZ912 A-2)

A-2 図に示す回路において、スイッチ  $S$  を閉じてコンデンサ  $C$  を接続したところ、端子  $ab$  間の合成静電容量が  $6$  [ $\mu F$ ] になった。接続した  $C$  の静電容量の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 2 [ $\mu F$ ]
- 2 4 [ $\mu F$ ]
- 3 8 [ $\mu F$ ]
- 4 16 [ $\mu F$ ]
- 5 20 [ $\mu F$ ]



題と図に  $c$  と  $d$  を追記する。

・  $S$  を閉じたとき、右図  $cd$  間のコンデンサーは並列接続となり、その合成静電容量を  $C'$  とすれば、 $C' = C + 8$

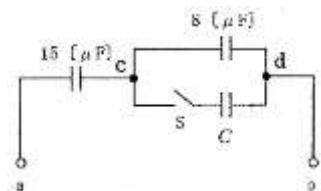
・  $C'$  と  $15$  [ $\mu F$ ] は直列接続であり、その合成静電容量  $C_{ab}$  は、

$$\frac{1}{C_{ab}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{C'} = \frac{C' + 15}{15C'} \Rightarrow C_{ab} = \frac{15C'}{C' + 15}$$

・ 題とから  $ab$  間の静電容量  $C_{ab}$  は、 $C_{ab} = 6$  ゆえ、これを上式に代入すれば、 $6 = \frac{15C'}{C' + 15}$

$$\Rightarrow 15C' = 6(C' + 15) \Rightarrow 15C' = 6C' + 90 \Rightarrow 9C' = 90 \Rightarrow C' = 10$$

上で求めた  $C'$  をここに代入すれば、 $C + 8 = 10 \Rightarrow C = 2$  [ $\mu F$ ]



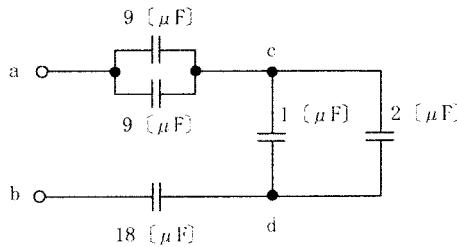
答：1

[別解]

$$\frac{1}{C_{ab}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{8+C} = \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{1}{8+C} = \frac{1}{6} - \frac{1}{15} = \frac{5-2}{30} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10} \Rightarrow 8 + C = 10 \Rightarrow C = 2$$
 [ $\mu F$ ]

A - 4 図に示す回路において、端子 ab 間の直流電圧が 40 [V] であるとき、端子 cd 間の電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電圧を加える前の各コンデンサに蓄えられている電荷の量は、零(0)とする。

- 1 5 [V]
- 2 8 [V]
- 3 15 [V]
- 4 30 [V]



- ・各端子間の合成静電容量を算出する。  $C_{ac} = 9 + 9 = 18[\mu F]$   $C_{cd} = 1 + 2 = 3[\mu F]$   $C_{db} = 18[\mu F]$
- ・ab 間の合成静電容量  $C_{ab}$  は、  $\frac{1}{C_{ab}} = \frac{1}{C_{ac}} + \frac{1}{C_{cd}} + \frac{1}{C_{db}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{3} + \frac{1}{18} = \frac{1}{16} + \frac{6}{18} + \frac{1}{18} = \frac{1}{16} + \frac{4}{18} = \frac{8}{18} = \frac{4}{9}$

$$\Rightarrow C_{ab} = \frac{9}{4}[\mu F]$$

- ・回路に蓄えられる電荷の量  $Q$  は、  $Q = C_{ab}V = \frac{9}{4} \times 40 = 90[\mu C]$
- ・ $C_{ac}$ 、 $C_{cd}$ 、 $C_{db}$  は直列接続ゆえ、静電誘導によりこれら各コンデンサーに蓄えられる電荷の量は等しく  $C_{cd}$  の電荷も  $90[\mu C]$  である。

$$\cdot Q = C_{cd}V_{cd} \Rightarrow V_{cd} = \frac{Q}{C_{cd}} = \frac{90}{3} = 30[V]$$

答：4

B - 1 次の記述は、コンデンサについて述べたものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 平行平板コンデンサは、向かいあつた二つの金属板の間に □ア□ を蓄えることができ、静電容量は、金属板の間隔に □イ□ する。
- (2) コンデンサは静電容量が □ウ□ ほど交流電流をよく通し、コンデンサを流れる電流の大きさは静電容量及び電圧が一定のとき、□エ□ に比例し、位相は電圧より 90 度 □オ□。

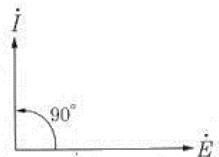
- 1 周波数 2 比例 3 電荷 4 遅れる 5 大きい
- 6 位相 7 反比例 8 磁力 9 進む 10 小さい

答：ア：3、イ：7、ウ：5、エ：1、オ：9

〔解説〕

- ・平行平板コンデンサー  $C$  は、 $C = \epsilon \frac{S}{d}$   $\epsilon$  : 誘電率 [F/m]、 $S$  : 平行平板の面積 [ $m^2$ ]、 $d$  : 金属板間の距離 [ $m$ ]

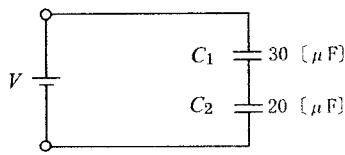
- 容量性リアクタンス  $X_C$  は、 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad \therefore \omega = 2\pi f$
- コンデンサを流れる電流  $I$  は、 $I = \frac{V}{X_C} = 2\pi f C V$  から静電容量が大きい程交流電流をよく通す。また、静電容量及び電圧が一定のとき、周波数に比例する。
- 位相は、電圧よりも 90 度進む（右ベクトル図）。



令和6年8月期 (IZ608 A-2)

A - 2 図に示すように、耐圧 50 [V] で静電容量 30 [ $\mu F$ ] のコンデンサ  $C_1$  と、耐圧 60 [V] で静電容量 20 [ $\mu F$ ] のコンデンサ  $C_2$  を直列に接続したとき、その両端に加えることができる最大電圧  $V$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、各コンデンサは、接続前に電荷は蓄えられていないものとする。

- 1 80 [V]
- 2 90 [V]
- 3 100 [V]
- 4 110 [V]



- $C_1$  に蓄えられる電荷  $Q_1$  は、 $Q_1 = C_1 V_1 = 50 \times 30 \times 10^{-6} = 1500 \times 10^{-6} [C]$
- 静電誘導により両静電容量に蓄えられる電荷の量は等しいから  $C_2$  では、 $1500 \times 10^{-6} = 20 \times 10^{-6} V_2$   
 $\Rightarrow V_2 = 75 [V]$  となり  $C_2$  の耐圧 60 [V] を超え破損するから  $C_1$  に 50 [V] を印加できない。
- $C_2$  に蓄えられる電荷  $Q_2$  は、 $Q_2 = C_2 V_2 = 60 \times 20 \times 10^{-6} = 1200 \times 10^{-6} [C]$   
 $Q_2$  を  $C_1$  に蓄えるとすれば、 $1200 \times 10^{-6} = 30 \times 10^{-6} V_1 \Rightarrow V_1 = 40 [V]$
- $C_2$  が 60 [V] のとき、 $C_1$  に掛かる電圧が 40 [V] となり、この場合は静電容量の破損が無いから

$V = 60 + 40 = 100 [V]$  の印加が可能となる。

答：3

[解説]

この種の問題では、小さい静電容量から計算するのが良い。

令和4年12月期 (IZ412 B-1)

B - 1 次の記述は、磁気誘導と磁性体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。

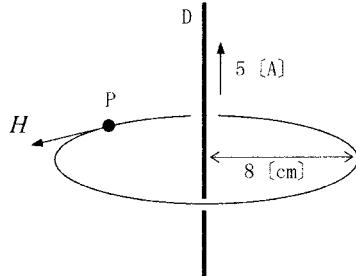
- (1) 磁気誘導を生ずる物質を磁性体といい、このうち鉄、ニッケルなどの物質は □ア□ という。
- (2) 加えた磁界と反対の方向にわずかに磁化される銅、銀などは □イ□ という。
- (3) 磁化されていない鉄片を磁石の S 極に近づけると磁石は鉄片を吸引する。これは、鉄片が磁化され磁石の S 極に近い端が □ウ□ になり、遠い端が □エ□ になるためで、このような現象を □オ□ という。

- |       |        |       |        |       |
|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1 電磁力 | 2 反磁性体 | 3 半導体 | 4 磁気誘導 | 5 N極  |
| 6 誘電体 | 7 強磁性体 | 8 絶縁体 | 9 残留磁気 | 10 S極 |

答：ア：7、イ：2、ウ：5、エ：10、オ：4

A - 1 図に示す無限長の直線導体 D から 8 [cm] 離れた円周上の P 点における磁界の強さ H の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、導体には 5 [A] の直流電流が流れているものとする。

- 1 1 [A/m]
- 2 5 [A/m]
- 3 10 [A/m]
- 4 15 [A/m]
- 5 20 [A/m]



$$\text{磁界の強さ } H = \frac{I}{2\pi r} [\text{A/m}] \quad \text{但し、} I: \text{電流 } [\text{A}], r: \text{導線からの距離 } [\text{m}]$$

$$\text{この式に題与の諸元を代入すれば、} H = \frac{5}{2 \times 3.14 \times 8 \times 10^{-2}} = \frac{5 \times 10^2}{50.24} = 0.0995 \times 10^2 = 9.95 \approx 10 [\text{A/m}]$$

答：3

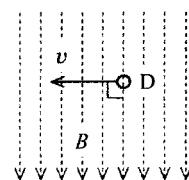
[参考]

$2\pi r$  : 半径 r の円周

A - 1 次の記述は、図に示すように、磁束密度が  $B$  [T] の一様な磁界中で長さが  $l$  [m] の直線導体 D を、磁界に対して直角の方向に  $v$  [m/s] の一定速度で移動させたときに生ずる現象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、磁界は紙面に平行で、D は紙面に直角を保つものとする。

- (1) D に □ A e [V] が生ずる。
- (2) B の方向、v の方向及び e の方向の間には、フレミングの □ B の法則があてはまる。
- (3) D の両端に生ずる e の大きさは、□ C [V] である。

A	B	C
1 起電力	右手	$Blv$
2 起磁力	右手	$Blv$
3 起電力	左手	$Blv$
4 起磁力	左手	$Blv^2$
5 起電力	左手	$Blv^2$



答：1

[解説]

磁束密度が  $B$  [T] の一様な磁界中において、長さが  $\ell$  [m] の直線導体 D を磁界に対して  $\theta$  の方向に  $v$  [m/s]

の一定速度で移動させると直線導体 D には、次式の [起電力]  $e$  [V] が生ずる。これを 電磁誘導現象という。

$e$  の大きさは、 $e = B\ell v \sin\theta$  により得られるが、題与の図の場合  $\theta$  が磁界に対し  $90^\circ$  となっているから

$\sin\theta = \sin 90^\circ = 1$  であり、これを上式に代入すれば、 $e = B\ell v$  が得られる。

令和5年12月期 (IZ512 A-1)

A - 1 次の記述は、コイルの電気的性質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 コイルの自己インダクタンスは、コイルの巻数の二乗に比例する。
- 2 交流電圧を加えたとき、流れる電流の位相は加えた電圧の位相より遅れる。
- 3 電流が増加するとき、電流がさらに増加する方向に起電力が生ずる。
- 4 周波数が高くなるほど交流電流は流れにくい。

答：3

〔解説〕

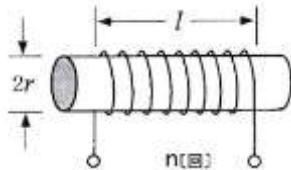
1. 右図のコイルの自己インダクタンス  $L$  [H] は、 $L = \frac{\mu n^2 \pi r^2}{l}$  から求める。

この式から、コイルの自己インダクタンス  $L$  [H] はコイルの巻き数の二乗に比例する。

2. コイルに交流電圧を加えたとき、流れる電流は電圧の位相よりも  $90^\circ$  (π/2) 遅れる。

3. 電流が増加するとき、レンツの法則により磁束の増加を妨げる方向に起電力が生ずる。

4. コイルのリアクタンスを  $X_L$  [Ω] とすれば、 $X_L = \omega L = 2\pi f L$  であり、 $I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{2\pi f L}$  の関係がある。

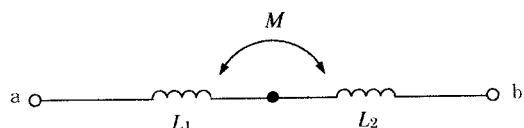


ここに  $I$  をコイルに流れる電流とすれば、 $f$  (周波数) が高くなるほどリアクタンスが大きくなり、電流は流れ難くなる。

令和6年4月期 (IZ604 A-2)

A - 2 図に示す回路において、コイルに生ずる磁束が同じ向きになるように直列に接続した、コイル  $L_1$  及び  $L_2$  のインダクタンスがそれぞれ  $60$  [ $\mu$ H] 及び  $40$  [ $\mu$ H]、端子  $ab$  間の合成インダクタンスが  $140$  [ $\mu$ H] であるとき、相互インダクタンス  $M$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1  $20$  [ $\mu$ H]
- 2  $40$  [ $\mu$ H]
- 3  $60$  [ $\mu$ H]
- 4  $80$  [ $\mu$ H]
- 5  $100$  [ $\mu$ H]



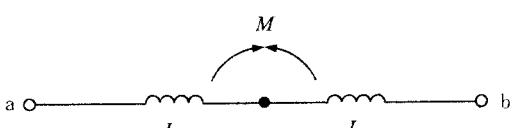
- ・コイルに生ずる磁束が同じ方向ゆえ和動接続。  $L = L_A + L_B + 2M$  に題与の諸元を代入すれば、  
 $140 = 60 + 40 + 2M \Rightarrow 2M = 140 - 60 - 40 = 40 \Rightarrow M = 20$  [ $\mu$ H]

答：1

令和5年4月期 (IZ504 A-1)

A - 1 図に示す回路において、コイルに生じる磁束が反対の向きになるように直列に接続した、コイル  $L_1$  及び  $L_2$  のインダクタンスがそれぞれ  $0.8$  [mH] 及び  $0.6$  [mH]、端子  $ab$  間の合成インダクタンスが  $1.0$  [mH] であるとき、相互インダクタンス  $M$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1  $0.2$  [mH]
- 2  $0.4$  [mH]
- 3  $0.6$  [mH]
- 4  $0.8$  [mH]



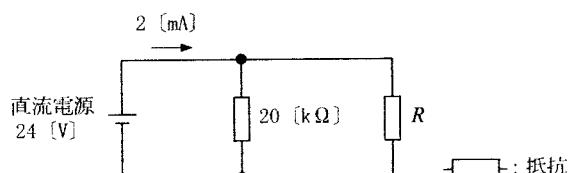
題意から、コイルは差動接続であるから、この時の合成インダクタンス  $L$  は、 $L = L_1 + L_2 - 2M$   
 題与の  $L = 1.0[\text{mH}] \quad L_1 = 0.8[\text{mH}] \quad L_2 = 0.6[\text{mH}]$  を上式に代入すれば、  
 $1.0 = 0.8 + 0.6 - 2M \Rightarrow 2M = 0.8 + 0.6 - 1.0 = 0.4 \Rightarrow M = 0.2[\text{mH}]$

答：1

令和6年4月期 (IZ604 A-3)

A - 3 図に示す回路において、直流電源から流れる電流が 2 [mA] であるとき、抵抗  $R$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 5 [kΩ]
- 2 10 [kΩ]
- 3 20 [kΩ]
- 4 30 [kΩ]
- 5 40 [kΩ]



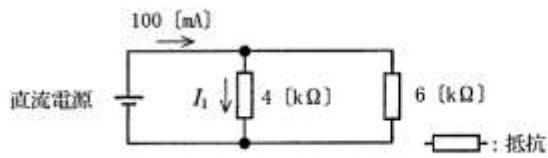
$$\begin{aligned} \cdot R \text{ と } 20 \text{ [kΩ] による並列接続合成抵抗 } Z \text{ は, } \frac{1}{Z} &= \frac{1}{20} + \frac{1}{R} \Rightarrow Z = \frac{20R}{20+R} \\ \cdot Z = \frac{20R}{20+R} &= \frac{V}{I} = \frac{24}{2} \Rightarrow \frac{20R}{20+R} = 12 \Rightarrow 20R = 12(20+R) \Rightarrow 20R = 240 + 12R \Rightarrow 8R = 240 \\ R &= 30[\text{kΩ}] \end{aligned}$$

答：4

令和2年9月期 (IZ209 A-3)

A - 3 図に示す回路において、直流電源から流れる電流が 100 [mA] であるとき、4 [kΩ] の抵抗に流れる電流  $I_1$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 20 [mA]
- 2 40 [mA]
- 3 60 [mA]
- 4 80 [mA]



$$4 \text{ [kΩ] と } 6 \text{ [kΩ] は並列接続。これらの合成抵抗 } R \text{ は, } \frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{3+2}{12} = \frac{5}{12} \Rightarrow R = \frac{12}{5} \text{ [kΩ]}$$

$$\text{直流電源電圧 } V \text{ は, } V = IR = 100 \times 10^{-3} \times \frac{12}{5} \times 10^3 = 240[\text{V}]$$

$$4[\text{kΩ}] \text{ の両端には } 240 \text{ [V]} \text{ 掛かっているから, } I_1 = \frac{240}{4 \times 10^3} = 60 \times 10^{-3} = 0.06[\text{A}] = 60[\text{mA}]$$

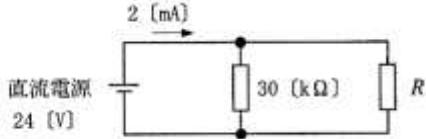
答：3

[別解]

4 [kΩ] と 6 [kΩ] に掛かる電圧を  $V$  とし、4 [kΩ] を流れる電流を  $I_1$ 、6 [kΩ] を流れる電流を  $I_2$  とすれば、両抵抗には同じ電圧  $V$  が掛かっているから、 $V = 4I_1 \quad V = 6I_2 \Rightarrow 4I_1 = 6I_2$   
 回路から  $I_1 + I_2 = 100[\text{mA}] \Rightarrow I_2 = 100 - I_1 \quad I_2$  を上式に代入すれば、  
 $4I_1 = 6(100 - I_1) \Rightarrow 4I_1 = 6 \times 100 - 6I_1 \Rightarrow 10I_1 = 600 \Rightarrow I_1 = 60[\text{mA}]$

A-3 図に示す回路において、直流電源から流れる電流が 2 [mA] であるとき、抵抗  $R$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 12 [kΩ]
- 2 20 [kΩ]
- 3 30 [kΩ]
- 4 50 [kΩ]



$$30[\text{k}\Omega] \text{ と } R \text{ は並列接続であり、この合成接続抵抗を } R_0 [\Omega] \text{ とすれば、 } \frac{1}{R_0} = \frac{1}{30} + \frac{1}{R} = \frac{R+30}{30R} \Rightarrow R_0 = \frac{30R}{R+30}$$

$$\text{題与の直流電源} = 24[\text{V}] \text{、電流} = 2[\text{mA}] \text{ から } R_0 = \frac{24}{2} = 12 \quad \text{上で求めた } R_0 \text{ をここに代入すれば、}$$

$$\frac{30R}{R+30} = 12 \Rightarrow 30R = 12(R + 30) \Rightarrow 30R - 12R = 360 \Rightarrow 18R = 360 \Rightarrow R = 20[\text{k}\Omega]$$

答：2

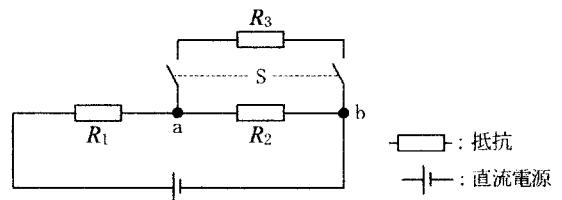
[別解]

$$30 [\text{k}\Omega] \text{ に流れる電流を } I_1 \text{、} R \text{ に流れる電流を } I_2 \text{ とすれば、 } I_1 = \frac{24}{30 \times 10^3} = 0.8 \times 10^{-3} = 0.8[\text{mA}]$$

$$I_2 = 2 - 0.8 = 1.2[\text{mA}] \quad \text{従って、} R = \frac{24}{1.2} = 20[\text{k}\Omega]$$

A-3 図に示す回路において、スイッチ S を開いたときの ab 間の電圧は、S を閉じたときの ab 間の電圧の何倍になるか。正しいものを下の番号から選べ。ただし、 $R_1 = 40 [\Omega]$ 、 $R_2 = 40 [\Omega]$ 、 $R_3 = 10 [\Omega]$  とする。

- 1 2倍
- 2 3倍
- 3 4倍
- 4 5倍
- 5 6倍



・S 開のとき、ab 間の抵抗  $R_{ab}$  は、 $R_{ab} = R_2 + R_3 = 40 + 10 = 50[\Omega]$

この時、回路に流れる電流  $I_0$  は、 $I_0 = \frac{E}{80} [A]$  ⇒  $R_2$  における電圧降下  $E_{ab}$  は、

$$E_{ab} = I_0 \times R_2 = \frac{E}{80} \times 40 = \frac{E}{2} [V]$$

・S 閉のとき、ab 間の抵抗  $R'_{ab}$  は、 $\frac{1}{R'_{ab}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{40} + \frac{1}{10} = \frac{5}{40} \Rightarrow R'_{ab} = 8[\Omega]$

従って、回路の抵抗  $R_C$  は、 $R_C = R_1 + R'_{ab} = 40 + 8 = 48[\Omega]$

この時、回路に流れる電流  $I_C$  は、 $I_C = \frac{E}{48} [A]$  ⇒  $R'_{ab}$  における電圧降下  $E'_{ab}$  は、

$$E'_{ab} = I_C \times R'_{ab} = \frac{E}{48} \times 8 = \frac{E}{6} [V]$$

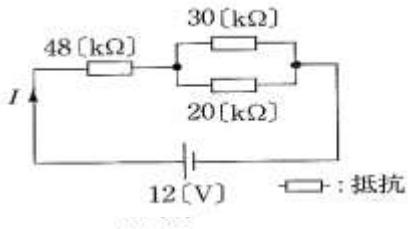
・ $E_{ab} : E'_{ab} = \frac{E}{2} : \frac{E}{6} \Rightarrow E_{ab} : E'_{ab} = \frac{1}{2} : \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{E_{ab}}{E'_{ab}} = \frac{6}{2} \Rightarrow E_{ab} = 3E'_{ab} \Rightarrow 3\text{倍}$

答：2

平成24年4月期 (IZ404 A-2)

A-2 図に示す回路において、回路に流れる電流Iの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 2.0 [mA]
- 2 1.5 [mA]
- 3 1.0 [mA]
- 4 0.5 [mA]
- 5 0.2 [mA]



・  $30[\text{k}\Omega]$  と  $20[\text{k}\Omega]$  による並列接続合成抵抗  $R'$  は、  $\frac{1}{R'} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12} \Rightarrow R' = 12[\text{k}\Omega]$

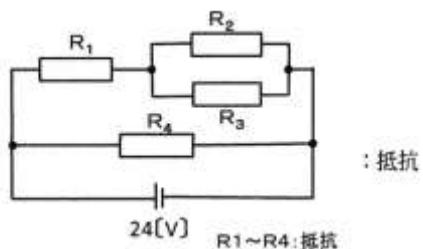
・  $R = 48 + 12 = 60[\text{k}\Omega]$  従って、電流 I は、  $I = \frac{E}{R} = \frac{12}{60 \times 10^3} = 0.2[\text{mA}]$

答：5

平成25年4月期 (IZ504 A-3)

A-3 図に示す回路において、全ての抵抗( $R_1 \sim R_4$ )で消費される全電力の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、抵抗は、 $R_1 = 6[\Omega]$ 、 $R_2 = 15[\Omega]$ 、 $R_3 = 30[\Omega]$  及び  $R_4 = 16[\Omega]$  とする。

- 1 18 [W]
- 2 36 [W]
- 3 72 [W]
- 4 144 [W]
- 5 288 [W]



・  $R_2$  と  $R_3$  による並列接続合成抵抗  $R_{23}$  は、  $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10} \Rightarrow R_{23} = 10[\Omega]$

・  $R_{23}$  と  $R_1$  の直列接続合成抵抗  $R'$  は、  $R' = 6 + 10 = 16[\Omega]$

・  $R'$  と  $R_4$  による合成抵抗  $R$  は、  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R_4} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{1}{8} \Rightarrow R = 8[\Omega]$

・ 回路に流れる電流 I は、  $I = \frac{V}{R} = \frac{24}{8} = 3[A]$

・ 回路で消費される全電力 P は、  $P = IV = 3 \times 24 = 72[W]$

答：3

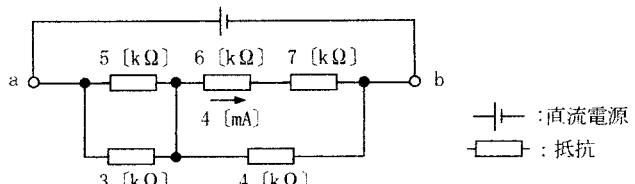
[別解]

$$P = I^2 R = 3^2 \times 8 = 72[W]$$

令和5年4月期 (IZ504 A-3)

A - 3 図に示す回路において、端子 ab 間に直流電圧を加えたところ、6 [kΩ] の抵抗に 4 [mA] の電流が流れた。4 [kΩ] の抵抗に流れる電流の値として正しいものを下の番号から選べ。

- 1 5 [mA]
- 2 8 [mA]
- 3 10 [mA]
- 4 13 [mA]



・4 [kΩ] に掛かる電圧を算出する。

$$\begin{array}{r}
 6 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3} = 24[V] \\
 7 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3} = 28[V] \\
 \hline
 52 [V] \quad \cdots \cdots \quad 4[k\Omega] の両端電圧
 \end{array}$$

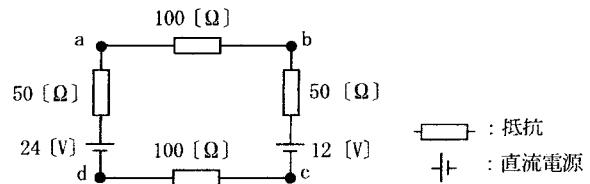
・4 [kΩ] に流れる電流 I は、  $I = \frac{52}{4 \times 10^3} = 13 \times 10^{-3} = 13[\text{mA}]$

答：4

令和7年5月期 (IZ705 A-3)

A - 3 図に示す直流回路の各点 a、b 及び c の電位の値として、正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、点 d の電位を零とする。

- | 点 a      | 点 b    | 点 c   |
|----------|--------|-------|
| 1 22 [V] | 18 [V] | 4 [V] |
| 2 22 [V] | 16 [V] | 2 [V] |
| 3 18 [V] | 16 [V] | 4 [V] |
| 4 18 [V] | 14 [V] | 2 [V] |



この問題は、キルヒホップの法則を利用する。

・題与の回路 d a b c d による合成抵抗 R は、  $R = 50 + 100 + 50 + 100 = 300[\Omega]$

・この回路に流れる電流 I は、  $i = \frac{V}{R} = \frac{24-12}{300} = 0.04 [A]$

・a 点における電圧  $E_a$  は、  $E_a = 24 - 50 \times 0.04 = 22[V]$

同様に、

$$E_b = 22 - 100 \times 0.04 = 18[V]$$

$$E_c = 18 - 12 - 50 \times 0.04 = 4[V]$$

答：1

### 〔解説〕

回路内に電圧があり、そこに電流が流れていれば、電圧と電流を一緒に考えるのが一般的であるが、題与の回路の様に 2 個の直流電源の + 電極を同じ方向に接続したとき、両 + 電極から流れ出る電流が回路内でぶつかり合って、その結果電流がどの様に流れるのか判断できないとの疑問を感じないであろうか。

この問題をグスタフ・ロバート・キルヒホップ (Gustav Robert Kirchhoff : 1824~1887 年 ロシア) は、電圧

と電流に分けた二つの理論により問題を解決することに成功した（1845年にこの理論を発見）。

この二つの理論を「キルヒ霍ッフの法則」という。このキルヒ霍ッフの法則により、電流をどの様に扱えばよいか（キルヒ霍ッフ第1の法則）、回路に含まれる直流電圧をどの様に扱えばよいか（キルヒ霍ッフ第2の法則）整理することが出来るようになった。

題与の回路の様に一つだけの閉回路の場合、電流の分岐が無いから、電流に関する第1の法則の検討は不要で、第2の法則の適用のみで問題を解決することが出来る。

### 『キルヒ霍ッフの第2の法則』

「回路網の任意の閉回路において、各部分の電圧降下の代数和は、その回路に含まれる起電力の代数和に等しい」。

- 題与の回路は、任意の一つの閉回路と見なすことが出来る。題与図の d a b c d に流れる電流  $i$  の向きを右回りと仮定する。

電流の方向の起電力（+）、逆方向の起電力を（-）とする。

この決まりに従って閉回路 d a b c d の起電力の代数和を求めれば、起電力の代数和 =  $24 - 12 = 12[V]$

- 各部分の電圧降下の代数和は、この回路に流れる電流  $i$  から、 $50i + 100i + 50i + 100i = 300i [V]$

第2の法則に基づき、起電力の代数和と各部分の電圧降下の代数和は等しいから、

$$12 = 300i \Rightarrow i = 0.04 [A]$$

- 以上から、題与の閉回路各点 a b c d における電圧をそれぞれ  $E_a$ 、 $E_b$ 、 $E_c$ 、 $E_d$  とすれば、

$$E_a = 24 - 50 \times 0.04 = 24 - 2 = 22[V]$$

同様に  $E_b = 22 - 100 \times 0.04 = 22 - 4 = 18[V]$

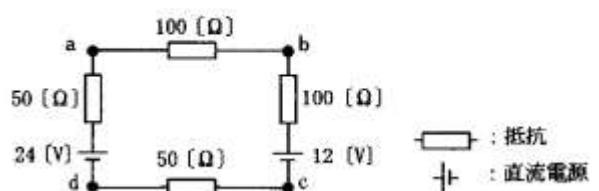
$$E_c = 18 - 12 - 50 \times 0.04 = 6 - 2 = 4[V]$$

$$E_d = 4 - 100 \times 0.04 = 4 - 4 = 0[V]$$

令和3年9月期(IZ309 A-3)

A-3 図に示す直流回路の各点 a、b 及び c の電位の値として、正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、点 d の電位を零とする。

点 a	点 b	点 c
1 18 [V]	14 [V]	4 [V]
2 18 [V]	16 [V]	2 [V]
3 22 [V]	16 [V]	4 [V]
4 22 [V]	18 [V]	2 [V]



- 回路にある抵抗の合計は、 $50 + 100 + 100 + 50 = 300[\Omega]$

- 回路に含まれる電圧の合計は、 $24 - 12 = 12[V]$

- 回路に流れる電流は、 $\frac{12}{300} = 0.04[A]$

- a 点における電圧降下  $E_a$  は、 $E_a = 24 - (50 \times 0.04) = 22[V]$

- b 点における電圧降下  $E_b$  は、 $E_b = 22 - (100 \times 0.04) = 18[V]$

- c 点における電圧降下  $E_c$  は、 $E_c = 18 - 12 - (100 \times 0.04) = 2[V]$

答：4

A - 3 次の記述は、図に示す直流ブリッジ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。ただし、回路は平衡状態にあるものとする。

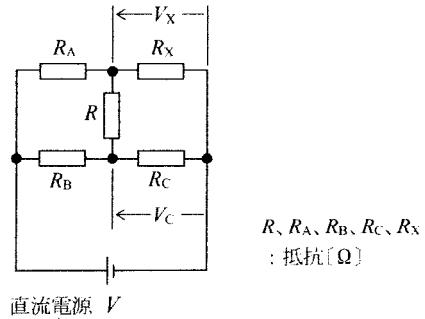
(1) 抵抗  $R_X$  及び  $R_C$  の両端の電圧  $V_X$  [V] 及び  $V_C$  [V] は、直流電源の電圧を  $V$  [V] とすればそれぞれ次式で表される。

$$V_X = V \times \boxed{A} \qquad \qquad V_C = V \times \boxed{B}$$

(2)  $V_X = V_C$  であるので、抵抗  $R_X$  の値は、次式で表される。

$$R_X = \boxed{C}$$

	A	B	C
1	$R_A / (R_A + R_X)$	$R_B / (R_B + R_C)$	$R_A R_C / R_B$
2	$R_A / (R_A + R_X)$	$R_C / (R_B + R_C)$	$R_A R_B / R_C$
3	$R_X / (R_A + R_X)$	$R_B / (R_B + R_C)$	$R_A R_B / R_C$
4	$R_X / (R_A + R_X)$	$R_C / (R_B + R_C)$	$R_A R_C / R_B$



- ・題意から、ブリッジが平衡状態にあるゆえ、R<sub>1</sub>には電流が流れない。
  - ・V<sub>X</sub> は、電源電圧 V を (R<sub>A</sub> + R<sub>X</sub>) で分圧して R<sub>X</sub> に掛かる電圧であるから、V<sub>X</sub> = V ×  $\frac{R_X}{R_A + R_X}$  となる。
  - ・V<sub>C</sub> は、電源電圧 V を (R<sub>B</sub> + R<sub>C</sub>) で分圧して R<sub>C</sub> に掛かる電圧であるから、V<sub>C</sub> = V ×  $\frac{R_C}{R_B + R_C}$  となる。
  - ・V<sub>X</sub> = V<sub>C</sub> から  $V \times \frac{R_X}{R_A + R_X} = V \times \frac{R_C}{R_B + R_C} \Rightarrow \frac{R_X}{R_A + R_X} = \frac{R_C}{R_B + R_C} \Rightarrow R_X(R_B + R_C) = R_C(R_A + R_X)$

答 · 4

〔別解〕

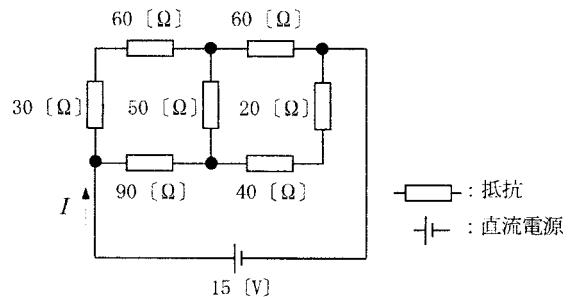
- $R_A$  と  $R_X$  を流れる電流を  $I_1$  とすれば、 $I_1 = \frac{V}{R_A + R_X}$   $V_X = I_1 R_X$  ここに  $I_1$  を代入すれば、 $V_X = V \times \frac{R_X}{R_A + R_X}$
  - $R_B$  と  $R_C$  を流れる電流を  $I_2$  とすれば、 $I_2 = \frac{V}{R_B + R_C}$   $V_C = I_2 R_C$  ここに  $I_2$  を代入すれば、 $V_C = V \times \frac{R_C}{R_B + R_C}$
  - $V_X = V_C \Rightarrow V \times \frac{R_X}{R_A + R_X} = V \times \frac{R_C}{R_B + R_C} \Rightarrow \frac{R_X}{R_A + R_X} = \frac{R_C}{R_B + R_C} \Rightarrow R_X(R_B + R_C) = R_C(R_A + R_X)$   
 $\Rightarrow R_X R_B = R_A R_C \Rightarrow R_X = \frac{R_A R_C}{R_B}$

### 〔参考〕

平衡状態の場合対面の積は等しいから  $R_A R_C = R_B R_X \Rightarrow R_X = \frac{R_A R_C}{R_B}$  により求めて良い。

A - 3 図に示す回路において、電流  $I$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 0.2 [A]
- 2 0.3 [A]
- 3 0.4 [A]
- 4 0.5 [A]
- 5 0.6 [A]



題与図において、直列に接続された  $30\ [\Omega]$  と  $60\ [\Omega]$  の合成抵抗は、

$$30 + 60 = 90\ [\Omega]$$

同じく  $40\ [\Omega]$  と  $20\ [\Omega]$  の合成抵抗は、 $40 + 20 = 60\ [\Omega]$

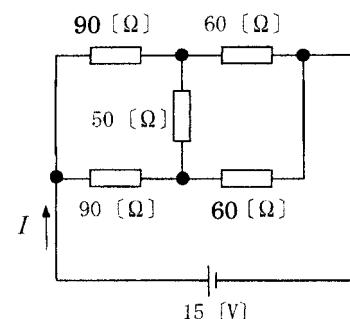
これらを反映して題与図を書き換えれば、右の等価回路図となる。

この図から、相対する辺の積は、 $90 \times 60 = 5400$  になり、

題与図は平衡状態にあるから、 $50\ [\Omega]$  には電流が流れない。

$$\text{右等価回路の合成抵抗 } R \text{ は, } \frac{1}{R} = \frac{1}{90+60} + \frac{1}{90+60} = \frac{2}{150} = \frac{1}{75} \Rightarrow R = 75\ [\Omega]$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15}{75} = 0.2\ [A]$$



答：1

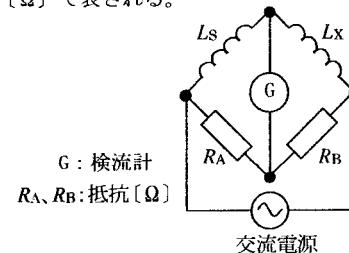
B - 2 次の記述は、図に示す交流ブリッジ回路について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。  
ただし、交流電源の角周波数を  $\omega$  [rad/s] とする。

- (1) 自己インダクタンス  $L_S$  [H] のコイルのリアクタンス  $X_S$  は、 $X_S = \boxed{\text{ア}}$   $[\Omega]$  で表される。
- (2) 未知の自己インダクタンス  $L_X$  [H] のコイルのリアクタンス  $X_X$  は、 $X_X = \boxed{\text{イ}}$   $[\Omega]$  で表される。
- (3) ブリッジが平衡状態のとき、次式が成り立つ。  

$$L_X \times \boxed{\text{ウ}} = L_S \times \boxed{\text{エ}} \dots \dots \textcircled{1}$$
- (4) 式①から  $L_X$  を求めると、次式が得られる。  

$$L_X = L_S \times \boxed{\text{オ}} \text{ [H]}$$

- |                    |                    |               |         |          |
|--------------------|--------------------|---------------|---------|----------|
| 1 $1/(\omega L_S)$ | 2 $1/(\omega L_X)$ | 3 $(R_B/R_A)$ | 4 $R_A$ | 5 $L_S$  |
| 6 $\omega L_X$     | 7 $\omega L_S$     | 8 $(R_A/R_B)$ | 9 $R_B$ | 10 $L_X$ |



答：ア：7、イ：6、ウ：4、エ：9、オ：3

[解説]

$$\cdot X_S = \omega L_S \quad X_X = \omega L_X$$

$$\cdot \text{ブリッジが平衡状態にあるとき } L_X \times R_A = L_S \times R_B \Rightarrow L_X = \frac{L_S \times R_B}{R_A} = L_S \times \frac{R_B}{R_A}$$

A-3 次の記述は、コイルの電気的性質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。

- 1 周波数が高くなるほど交流は流れやすい。
- 2 交流電圧を加えたとき、流れる電流の位相は加えた電圧の位相より進む。
- 3 電流が増加するとき、電流の増加を妨げる方向に起電力が生ずる。
- 4 コイルの自己インダクタンスは、コイルの巻数の二乗に反比例する。

答：3

[解説]

(1) 交流電源に接続されたコイルの自己インダクタンスを  $X_L [\Omega]$  とすれば、

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad \therefore \omega = 2\pi f$$

$$E = IX_L \Rightarrow I = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{2\pi f L}$$

この式から、周波数  $f$  が高くなるほど分母が大きくなることにより  $I$  は小さくなり 交流は流れ難くなる。

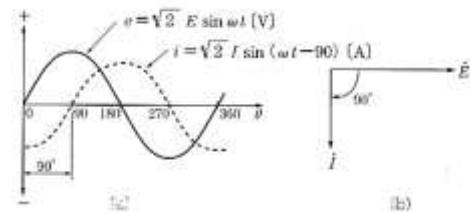
(2) 交流電圧を加えたときに流れる電流  $I$  は、電圧よりも位相が90度遅れる。

(3) コイルに正弦波の交流を流したとき、電流の大きさと方向が時間と共に変化するから、自己誘導作用により常に逆起電力が生ずる  $\Rightarrow$  電流が増加する方向とは逆方向に起電力が生ずる (レンツの法則)。

(4) コイルの自己インダクタンス  $L$  は、 $L = \frac{\mu n^2 \pi r^2}{l}$  により求められる。

この式から、コイルの自己インダクタンス  $L$  は、コイルの巻数の二乗に比例する。

ここに、 $\mu$  : 透磁率、 $n$  : コイルの巻数、 $r$  : コイルの半径、 $l$  : コイルの長さ



答：2

A-20 次の記述は、交流の電圧又は電流の大きさの表し方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) 整流電源回路で、交流入力電圧100 [V]、交流入力電流2 [A] というとき、これらの大きさは、一般に □A□ を表す。

(2) 交流の瞬時値のうちで最も大きな値を最大値といい、正弦波交流では、平均値は最大値の □B□ 倍になり、実効値は最大値の □C□ 倍になる。

	A	B	C
1 実効値	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	
2 実効値	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	
3 平均値	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	
4 平均値	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	

答：1

[解説]

実効値：正弦波交流の電圧、電流の大きさは、一般に実効値で表される。

実効値は、実効値 =  $\frac{\text{最大値}}{\sqrt{2}}$  により得られる。

実効値：抵抗に直流電圧を加えたときの電力と、これに交流電圧を加えたときの電力が等しいときこれを実効値という。

最大値=振幅：正弦波交流が時々刻々変化する中、ある瞬間の時刻における値を瞬時値といい、瞬時値のうちの正の最大値または負の最大値を「最大値」または「振幅」という。

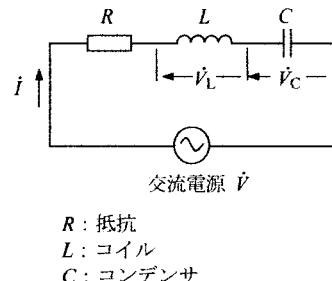
平均値：右図の正弦波の波形  $0 \sim \pi$  の半波長の面積と同じ面積を時間軸上に描いたとき  $abcd$  に囲まれた面積に等しくなる時、これを平均値という。平均値は、平均値 =  $\frac{2}{\pi} \times$  最大値

令和5年8月期 (IZ508 B-2)

B-2 次の記述は、図に示す抵抗  $R$ 、コイル  $L$  及びコンデンサ  $C$  の直列回路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) 回路が電源の周波数に共振したとき、回路のインピーダンスは □ア□ になり、リアクタンス分は零になる。また、回路を流れる電流  $i$  の大きさは、□イ□ となる。
- (2) (1)のとき、 $L$  の両端の電圧  $\dot{V}_L$  と  $C$  の両端の電圧  $\dot{V}_C$  は、大きさが □ウ□、位相の差は □エ□ 度であるので打ち消し合う。
- (3) (1)のとき、回路を流れる電流  $i$  と交流電源  $\dot{V}$ との位相差は、□オ□ 度である。

- |       |      |       |        |        |
|-------|------|-------|--------|--------|
| 1 等しく | 2 最小 | 3 180 | 4 0(零) | 5 約半分  |
| 6 異なり | 7 最大 | 8 90  | 9 45   | 10 無限大 |



答: ア: 2、イ: 7、ウ: 1、エ: 3、オ: 4

[解説]

- ・抵抗  $R [\Omega]$  の端子間電圧  $V_R [V]$  は、 $V_R = IR$
- ・インダクタンス  $L [H]$  のコイルの端子間電圧  $V_L [V]$  は、 $V_L = IX_L = I\omega L$
- ・コンデンサ  $C [F]$  の端子間電圧  $V_C [V]$  は、 $V_C = IX_C = \frac{I}{\omega C}$

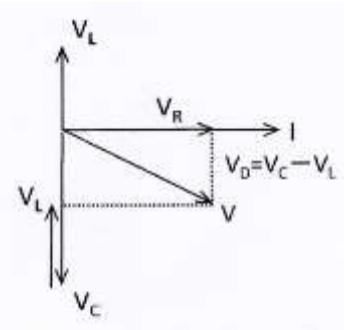
RLC による直列接続回路であるから、RLC には同一の電流  $I$  が流れる。

従って、電流  $I$  を基準軸（横軸）にして題与の各回路素子の電圧をベクトル図に描けば右図の通りとなる。

$I$  に対し  $V_R$  は同位相、 $V_L$  は  $I$  より  $90^\circ$  進み、また  $V_C$  は  $I$  より  $90^\circ$  遅れる。

$V_L < V_C$  の場合のベクトル図は、右図であり、 $V_D = V_C - V_L$

( $V_L > V_C$  の場合は、 $V_D = V_L - V_C$  となる)



ピタゴラスの定理により、 $V^2 = V_R^2 + V_D^2 = V_R^2 + (V_C - V_L)^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2}$

この式に  $V_R = IR$ 、 $V_L = IX_L = I\omega L$  および  $V_C = IX_C = \frac{I}{\omega C}$  を代入すれば、

$$V = \sqrt{(IR)^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - I\omega L\right)^2} = I\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2} \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}$$

$\frac{V}{I} = Z$  とおけば、 $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}$  これが回路の インピーダンス となる。

$V_L > V_C$  のとき、 $V_D = V_L - V_C$  により、同様の進め方をして、

$$V = I\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

ここに得られた式から、 $V_L > V_C$  であっても  $V_L < V_C$  であっても 共振時は、リアクタンス分 = 0

であるから  $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$  であり、 $Z = \sqrt{R^2} = R$  となる。

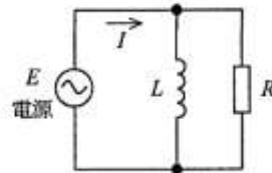
$\omega L = \frac{1}{\omega C}$  であるから、両電圧  $V_C$  と  $V_L$  は等しく、その位相差は、 $180^\circ$ 。

さらに、 $\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  ⇔ 回路の 共振周波数。

令和元年8月期(IZ108 A-5)

A-5 図に示す LR 並列回路の合成インピーダンス  $Z$  及び電流  $I$  の大きさの値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電源電圧  $E$  を 24 [V]、コイル  $L$  のリアクタンスを 40 [ $\Omega$ ]、抵抗  $R$  の値を 30 [ $\Omega$ ] とする。

$Z$	$I$
1 12 [ $\Omega$ ]	2.0 [A]
2 20 [ $\Omega$ ]	1.2 [A]
3 24 [ $\Omega$ ]	1.0 [A]
4 30 [ $\Omega$ ]	0.8 [A]

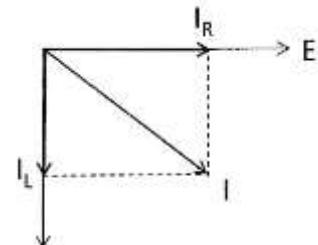


$$I_R = \frac{E}{R} \quad I_L = \frac{E}{X_L} \quad \text{に題与の} \quad E = 24[V], R = 30[\Omega], X_L = 40[\Omega]$$

$$\text{を代入すれば,} \quad I_R = \frac{24}{30} = 0.8 \quad I_L = \frac{24}{40} = 0.6$$

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2 = 0.8^2 + 0.6^2 = 0.64 + 0.36 = 1.0[A] \Rightarrow I = 1.0[A]$$

$$\text{合成インピーダンス} Z = \frac{E}{I} = \frac{24}{1} = 24[\Omega]$$



答: 3

[別解]

(基本事項を詳しく説明しながら問題を解けば、以下の通りとなる  $\Rightarrow$  基本をしっかりと理解しよう)  
交流回路問題では、ベクトル図（上図）を使って解くよう心掛ける。

$L$  と  $R$  には同じ電源電圧  $E$  が掛かっている。一方、電流  $I$  は、 $L$  と  $R$  に分流するから  $E$  を基準軸（横軸）に置いてベクトル図を描く。

$L$  を流れる電流  $I_L$  は、 $E$  よりも 90 度遅れるから基準軸（横軸）から下に、 $R$  を流れる電流  $I_R$  は  $E$  と同相（ $E$  軸上に引く）。

ベクトル図からピタゴラスの定理により、 $I^2 = I_R^2 + I_L^2$

ここで  $I_R = \frac{E}{R}$   $I_L = \frac{E}{X_L}$  ゆえ、これらを上式に代入すれば、

$$I^2 = \left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_L}\right)^2 \Rightarrow I^2 = E^2 \left\{ \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2 \right\} \Rightarrow I = E \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2} \Rightarrow \frac{I}{E} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}$$

$$\frac{E}{I} = Z \text{ とおけば、 } \frac{I}{E} = \frac{1}{Z} \text{ ゆえに } \frac{1}{E} = \frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2} \Rightarrow Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}} \Leftarrow \Leftarrow \Leftarrow \text{ 回路のインピーダンス}$$

題与の諸元:  $X_L = 40[\Omega]$ 、 $R = 30[\Omega]$ 、 $E = 24[V]$  をここに代入すれば、

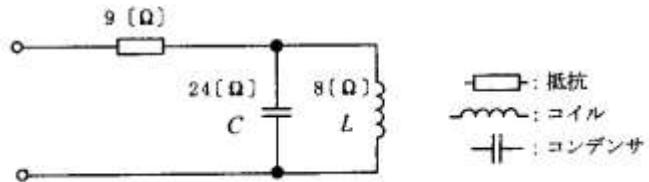
$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{30}\right)^2 + \left(\frac{1}{40}\right)^2}} \Rightarrow Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{900} + \frac{1}{1600}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{16+9}{14400}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{25}{14400}}} = \frac{1}{\frac{5}{120}} = \frac{120}{5} = 24[\Omega]$$

$$Z \text{ を } \frac{E}{I} = Z \text{ に代入すれば、 } I = \frac{E}{Z} = \frac{24}{24} = 1[A]$$

平成27年4月期 (IZ704 A-4)

A-4 図に示す回路の合成インピーダンスの大きさの値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、コンデンサ  $C$  及びコイル  $L$  のリアクタンスの値は、それぞれ  $24[\Omega]$  及び  $8[\Omega]$  とする。

- 1 10 [Ω]
- 2 15 [Ω]
- 3 20 [Ω]
- 4 24 [Ω]
- 5 36 [Ω]



交流回路では、必ず各回路素子に掛かる電圧と電流の関係をベクトル図に描いて問題を解くよう心掛けること。

先ず、 $C$  と  $L$  による並列接続回路のインピーダンス  $Z'$  を求める。

$C$  と  $L$  には同じ電圧  $E$  が掛かるから、 $E$  を基準軸（横軸）にしてベクトル図を描く（次図）。

$C$  に流れる電流を  $I_C$ 、 $L$  に流れる電流を  $I_L$  とする。 $I_C$  は電圧  $E$  よりも 90度進み、 $I_L$  は電圧  $E$  に対し 90度遅れる。従って、 $I_C$  と  $I_L$  の差を  $I_D$  とすれば、右に描いたベクトル図の通り  $I_D = I_L - I_C$  となる。

但し、 $I_L > I_C$  のとき、 $I_L < I_C$  のときは  $I_D = I_C - I_L$

$C$  と  $L$  による並列接続回路のインピーダンス  $Z'$  は、 $I_C = \frac{E}{X_C}$   $I_L = \frac{E}{X_L}$  から

$$I_D = I_L - I_C = \frac{E}{X_L} - \frac{E}{X_C}$$

題与の諸元  $X_L = 8[\Omega]$ 、 $X_C = 24[\Omega]$  を上式に代入すれば、

$$I_D = \frac{E}{8} - \frac{E}{24} = \frac{3E}{24} - \frac{E}{24} = \frac{2E}{24} = \frac{E}{12} \Rightarrow Z' = \frac{E}{I_D} = E \times \frac{12}{E} = 12[\Omega]$$

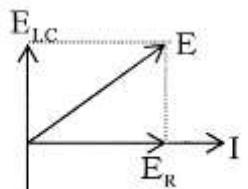
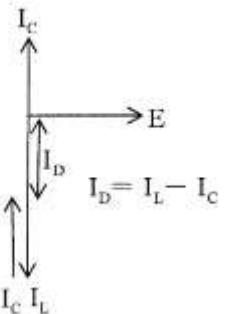
$Z'$  と抵抗  $9[\Omega]$  との直列接続回路をベクトル図に描けば、 $Z'$  と  $9[\Omega]$  には共通の電流  $I$  が流れ、電圧は  $9[\Omega]$  と  $Z'$  に分圧されるから、 $I$  を基準軸（横軸）に置く。

$E_R$  は  $I$  と同相ゆえ  $I$  軸上に、 $E_{LC}$  は  $I$  より  $90^\circ$  位相が進むから  $I$  軸から上に垂直に描き右図の通りとなる。右図から、 $E^2 = E_R^2 + E_{LC}^2$

$E_{LC} = IZ'$   $E_R = IR$  を上式に代入すれば、 $E^2 = (IR)^2 + (IZ')^2 = I^2(R^2 + Z'^2)$

$$E = I\sqrt{R^2 + Z'^2} = I\sqrt{9^2 + 12^2} = I\sqrt{81 + 144} = I\sqrt{225} = I \times 15 \quad \frac{E}{I} = Z \quad \text{とおけ}$$

ば、 $Z = 15[\Omega]$



答：2

〔解説〕

回路を直流回路と思い違いによる計算  $\Rightarrow \Rightarrow$  題与の回路に直流電圧が流れたと読み間違いすれば、

$$24 [\Omega] \text{ と } 8 [\Omega] \text{ による並列接続回路の合成抵抗値 } R' \text{ は、 } \frac{1}{R'} = \frac{1}{8} + \frac{1}{24} = \frac{4}{24} = \frac{1}{6} \Rightarrow R' = 6 [\Omega]$$

回路全体の抵抗  $R$  は、 $R = 9 + R' = 9 + 6 = 15 [\Omega]$  となる。この抵抗値計算結果から国試回答にある選択肢としては『正解』に見えるが、回答を導き出す回路計算理論として間違っている。回路の  $C$  と  $L$  の値をリアクタンス  $[\Omega]$  で示しており、回路は交流回路とみなさなければならぬ。交流回路では、 $C$  と  $L$  のリアクタンス  $[\Omega]$  には位相差があるから、直流の並列接続合成抵抗計算として扱うことは出来ない。

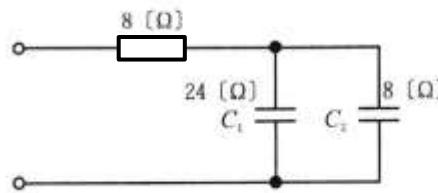
題与の回路に直流電流を流した時の正しい理解は次の通り；

コンデンサー  $C$  に直流電圧をかけたとき過渡現象により一瞬電流が流れるが、 $C$  に電荷が満たされて後は  $C$  には電流が流れない。 $L$  のコイルは、直流通じには微少抵抗値しかないので、題与の回路は過渡現象後の抵抗値（インピーダンス） $Z$  はおおよそ  $R$  の  $9 [\Omega]$  のみとなる。

平成25年4月期(IZ504 A-4)

A-4 図に示す回路の合成インピーダンスの大きさの値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、コンデンサ  $C_1$  及び  $C_2$  のリアクタンスの値は、それぞれ  $24 [\Omega]$  及び  $8 [\Omega]$  とする。

- 1 10  $[\Omega]$
- 2 15  $[\Omega]$
- 3 20  $[\Omega]$
- 4 25  $[\Omega]$
- 5 40  $[\Omega]$



・ $C_1$  と  $C_2$  の合成リアクタンス  $X_C$  は、 $C_1 = 24 [\Omega]$ 、 $C_2 = 8 [\Omega]$  から、

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} = \frac{4}{24} = \frac{1}{6} \Rightarrow X_C = 6 [\Omega]$$

・回路の合成インピーダンス  $Z$  は、 $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = \sqrt{100} = 10 [\Omega]$

答：1

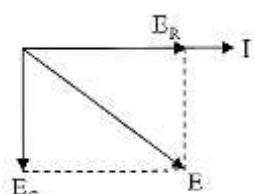
〔解説〕

題与のような交流回路の計算問題は、ベクトル図を描いて解答するよう心がける。

$C_1$  と  $C_2$  による並列接続合成回路のリアクタンス  $X_C$  は、

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} = \frac{4}{24} \Rightarrow X_C = 6 [\Omega]$$

抵抗  $8 [\Omega]$  と  $C$  の合成リアクタンス  $X_C$  は直列接続であり、何れにも同じ電流  $I$  が流れるから電流を基準軸（横軸）に置く。電圧  $E_C$  は、抵抗  $R$  を流れる電流  $I$  よりも 90 度位相が遅れる。また  $E_R$  は  $I$  と同相であるから上のベクトル図を描くことが出来る。



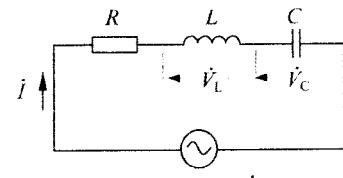
$$E_R = 8I \quad E_C = X_C I = 6I \text{ を } E^2 = E_R^2 + E_C^2 \text{ に代入すれば、 } E^2 = E_R^2 + E_C^2 = (8I)^2 + (6I)^2$$

$$\Rightarrow E^2 = I^2(8^2 + 6^2) \Rightarrow E = I\sqrt{64 + 36} = I\sqrt{100} = I \times 10 \Rightarrow \frac{E}{I} = Z \text{ とおけば、 } Z = 10 [\Omega]$$

B-1 次の記述は、図に示す抵抗  $R$ 、コイル  $L$  及びコンデンサ  $C$  の直列回路について述べたものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 回路が電源の周波数に共振したとき、回路のインピーダンスは □ア □になり、リアクタンス分は零になる。また、回路を流れる電流  $I$  の大きさは、□イ □となる。
- (2) (1)のとき、 $L$  の両端の電圧  $\dot{V}_L$  と  $C$  の両端の電圧  $\dot{V}_C$  は、大きさが □ウ □、位相差は □エ □度であるので打ち消し合う。
- (3) (1)のとき、回路を流れる電流  $I$  と交流電源  $\dot{V}$ との位相差は、□オ □度である。

- |       |       |       |        |        |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 異なり | 2 最大  | 3 90  | 4 45   | 5 最小   |
| 6 等しく | 7 約半分 | 8 180 | 9 0(零) | 10 無限大 |



$R$  : 抵抗  
 $L$  : コイル  
 $C$  : コンデンサ

答: ア:5、イ:2、ウ:6、エ:8、オ:9

〔解説〕

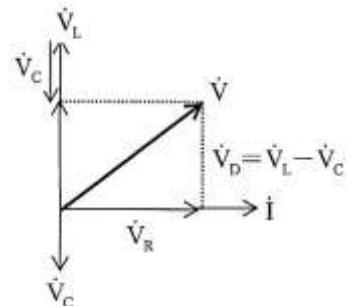
題与の回路は、RLC 直列接続回路であり、各素子には同じ電流  $I$  が流れるから右図の通り  $I$  を基準軸(横軸)に置いてベクトル図を描く。

$V_R$  は  $I$  に同相。 $V_C$  は、 $I$  より  $90^\circ$  位相が遅れるから、横軸から  $90^\circ$  下に

線を引く。 $V_L$  は、 $I$  より  $90^\circ$  進むから横軸から  $90^\circ$  上に  $V_L$  を引く。

これらをベクトル図に描けば、右図となる。

$V_L$  と  $V_C$  の差  $V_D$  は、右のベクトル図から、 $V_D = V_L - V_C$   
 ピタゴラスの定理により右図の  $V$  は、 $V^2 = V_R^2 + V_D^2$



また、 $V_R = IR$ 、 $V_L = IX_L$ 、 $V_C = IX_C$  であり、これを  $V_D = V_L - V_C$  に代入すれば

$$V_D = IX_L - IX_C \Rightarrow V_D = I(X_L - X_C) \quad \text{ゆえに} \quad V^2 = V_R^2 + V_D^2 = (IR)^2 + I^2(X_L - X_C)^2 \Rightarrow$$

$$V^2 = I^2\{R^2 + (X_L - X_C)^2\} \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \frac{V}{I} = Z \quad \text{とおけば、} Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{を上記 } Z \text{ 式に代入すれば、} \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

以上から、

- (1) 回路が共振したとき上式中のリアクタンス分が零(0)になるから

$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow Z = R$  となり、回路のインピーダンス  $Z$  が最小となるゆえ回路を流れる電流  $I$  は最大になる。

- (2) 共振時  $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$  から、 $V_L = V_C$  であり、位相差は上記ベクトル図から  $180^\circ$  となる。

$$\therefore V_L = X_L I = \omega L I \Rightarrow \omega L = \frac{V_L}{I} \quad \text{また} \quad V_C = X_C I = \frac{1}{\omega C} I \Rightarrow \frac{1}{\omega C} = \frac{V_C}{I}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{に} \omega L \text{ と} \frac{1}{\omega C} \text{ を代入すれば、} \frac{V_L}{I} = \frac{V_C}{I} \Rightarrow V_L = V_C$$

(3) 従って、回路に流れる電流  $I$  と交流電源  $V$ との位相差は、零 (0) となる。

(注) 交流回路の計算に当たっては、必ずベクトル図を描き、ピタゴラスの定理を使用して回路のインピーダンスなど求めるようにすること。

追加の解説：回路の共振周波数  $f$  は、 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$  から  $\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow$

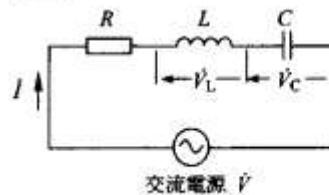
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

令和3年9月期 (IZ309 A-4)

A-4 次の記述は、図に示す抵抗  $R$ 、コイル  $L$  及びコンデンサ  $C$  の直列回路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。

- (1) 回路が電源の周波数に共振したとき、回路のインピーダンスは □ になり、リアクタンス分は零になる。
- (2) (1)のとき、 $L$  の両端の電圧  $V_L$  と  $C$  の両端の電圧  $V_C$  は、大きさが等しく、位相差が □ 度であるので打ち消し合う。
- (3) (1)のとき、回路を流れる電流  $I$  と交流電源  $V$ との位相差は □ 度である。

A	B	C
1 最大	180	90
2 最大	90	0
3 最小	180	90
4 最小	90	90
5 最小	180	0



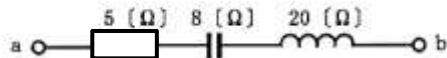
答：5

〔解説〕

題与の回路は、RLC 直列接続回路であり、各素子には同じ電流  $I$  が流れるから次図の通り  $I$  を基準軸 (横軸) に置いてベクトル図を描く。

平成23年8月期 (IZ308 A-4)

A-4 図において、抵抗の値が  $5 \Omega$ 、コンデンサのリアクタンスが  $8 \Omega$  及びコイルのリアクタンスが  $20 \Omega$  のとき、端子 a b 間の合成インピーダンスの大きさとして、正しいものを下の番号から選べ。



- 1  $7 \Omega$       2  $13 \Omega$       3  $17 \Omega$       4  $23 \Omega$       5  $33 \Omega$

題与のそれぞれの素子は、 $R = 5 \Omega$ 、 $X_C = 8 \Omega$ 、 $X_L = 20 \Omega$

ab 間のインピーダンス  $Z$  は、 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{5^2 + (20 - 8)^2} = \sqrt{25 + 144} = \sqrt{169} = 13$

答：2

〔解説〕

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  の求め方は、既述 [解説] を参照のこと。

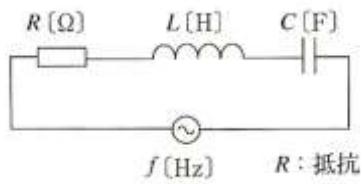
$X_C > X_L$  のときは、 $Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$  で、結果は同じ  $Z = 13[\Omega]$  となる。

平成 22 年 4 月期(IZ204 A-4)

A-4 次の記述は、図に示す抵抗  $R$ 、コイル  $L$  及びコンデンサ  $C$  の直列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。

回路が電源の周波数  $f$  に共振したとき、回路のインピーダンスは、□A□となり、このときの周波数  $f$  は、□B□ [Hz] で表される。

- | A    | B                          |
|------|----------------------------|
| 1 最小 | $\frac{1}{2\pi\sqrt{LCR}}$ |
| 2 最大 | $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  |
| 3 最大 | $\frac{1}{2\pi\sqrt{LCR}}$ |
| 4 最大 | $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  |



答：2

[解説]

題与の回路は、RLC 直列接続回路であり、各素子には同じ電流  $I$  が流れるから、 $I$  を基準軸（横軸）に次図の通りベクトル図を描くことが出来る。

ピタゴラスの定理により、 $V^2 = V_R^2 + V_D^2$

ベクトル図から  $V_D = V_L - V_C$   $V_R = IR$ 、 $V_L = IX_L$ 、 $V_C = IX_C$   $V_D = IX_L - IX_C \Rightarrow V_D = I(X_L - X_C)$

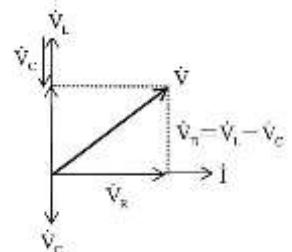
$$V^2 = V_R^2 + V_D^2 = I^2 R^2 + I^2 (X_L - X_C)^2 \Rightarrow V^2 = I^2 \{R^2 + (X_L - X_C)^2\}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \frac{V}{I} = Z \text{ とおけば、} Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ を上式に代入すれば、} Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

この  $Z$  が、回路のインピーダンスとなる。

回路が電源周波数  $f$  に共振したとき、上記  $Z$  に含まれるリアクタンス分が零



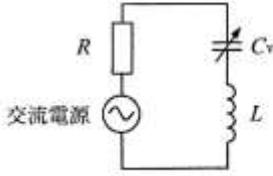
(O) となるから、 $Z = R$  となり、回路のインピーダンスは最小となる。このときの回路の共振周波数  $f$  は、次式により得られる。

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \because \omega = 2\pi f$$

平成30年4月期(IZ004 A-4)

A-4 図に示す直列共振回路において、共振周波数の値を2倍にするためには、可変コンデンサ  $C_V$  の容量を元の値の何倍にすればよいか。正しいものを下の番号から選べ。ただし、抵抗  $R$  及びコイル  $L$  の値は変化しないものとする。

- 1 1/4 倍
- 2 1/2 倍
- 3 1/ $\sqrt{2}$  倍
- 4 2 倍
- 5 4 倍



題与の回路の直列共振回路の周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}}$  から求める。

題意から共振周波数が  $2f$  のときの可変コンデンサーの容量を  $C'_V$  とすれば、 $2f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_V}}$

この式に上式を代入すれば、 $2 \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_V}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{LC_V}} = \frac{1}{2\sqrt{LC'_V}} \Rightarrow 2\sqrt{C_V} = \sqrt{C'_V}$

$\Rightarrow C'_V = \frac{C_V}{4} \Rightarrow$  元の  $C_V$  の  $\frac{1}{4}$  倍となる。

答：1

[別解]

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}}$  共振周波数の値を2倍にしたときの可変コンデンサーの容量を  $C'_V$  とすれば、 $2f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_V}}$

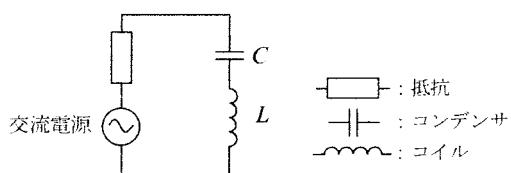
従って、 $f: 2f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}} : \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_V}} \Rightarrow f \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_V}} = 2f \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}}$  両辺の共通項を消去すれば、

$\frac{1}{\sqrt{C'_V}} = 2 \frac{1}{\sqrt{C_V}} \Rightarrow 2\sqrt{C'_V} = \sqrt{C_V} \Rightarrow 4C'_V = C_V \Rightarrow C'_V = \frac{1}{4}C_V$

令和6年12月期 (IZ612 A-4)

A-4 図に示す直列共振回路において、共振周波数の値を3倍にするためには、コイルのインダクタンス  $L$  の値を何倍にすればよいか。正しいものを下の番号から選べ。ただし、コンデンサの静電容量  $C$  の値は変化しないものとする。

- 1 1/9 倍
- 2 1/3 倍
- 3 1/ $\sqrt{3}$  倍
- 4 3 倍
- 5 9 倍



・共振周波数は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  から求める。

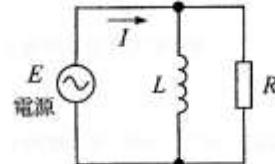
・共振周波数が3倍のときのインダクタンスを  $L'$  とすれば、

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L'C}} = \frac{3}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{L'C}} = \frac{3}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{1}{L'} = \frac{9}{L} \Rightarrow L' = \frac{L}{9}$$

答：1

A-3 図に示す  $LR$  並列回路の合成インピーダンス  $Z$  及び電流  $I$  の大きさの値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電源電圧  $E$  を 12 [V]、コイル  $L$  のリアクタンスを 14.1 [ $\Omega$ ]、抵抗  $R$  の値を 14.1 [ $\Omega$ ] とし、 $\sqrt{2} \approx 1.41$  とする。

$Z$	$I$
1 10.0 [ $\Omega$ ]	1.2 [A]
2 14.1 [ $\Omega$ ]	0.85 [A]
3 20.0 [ $\Omega$ ]	0.85 [A]
4 28.2 [ $\Omega$ ]	0.6 [A]



交流回路問題には、ベクトル図を使って解くよう心掛ける。

$L$  と  $R$  には同じ電源電圧  $E$  が掛かっている。一方、電流  $I$  は、 $L$  と  $R$  に分流するから  $E$  を基準軸（横軸）に置いてベクトル図を描く。

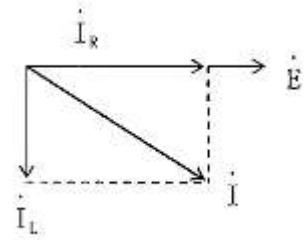
$L$  を流れる電流  $I_L$  は、 $E$  よりも 90 度遅れるから基準軸（横軸）から下に、 $R$  を流れる電流  $I_R$  は  $E$  と同相ゆえ  $E$  軸上に引く（右図）。

右図からピタゴラスの定理により、 $I^2 = I_R^2 + I_L^2$

ここで  $I_R = \frac{E}{R} = \frac{12}{14.1}$   $I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{12}{14.1}$  ゆえ、これらを  $I^2 = I_R^2 + I_L^2$  に

代入すれば、 $I^2 = \left(\frac{12}{14.1}\right)^2 + \left(\frac{12}{14.1}\right)^2 \Rightarrow I = \sqrt{\left(\frac{12}{14.1}\right)^2 + \left(\frac{12}{14.1}\right)^2}$

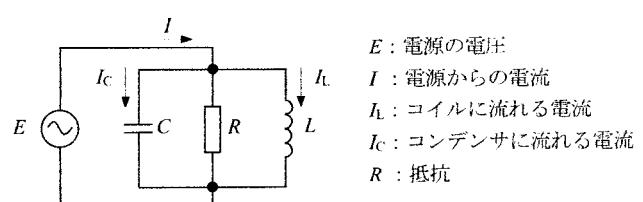
$$\Rightarrow I = \frac{12}{14.1} \sqrt{1+1} = \frac{12}{14.1} \sqrt{2} = \frac{12}{14.1} \times 1.41 = 1.2[A] \Rightarrow Z = \frac{E}{I} = \frac{12}{1.2} 10[\Omega]$$



答：1

A-4 次の記述は、図に示す並列共振回路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、コイル  $L$  及びコンデンサ  $C$  には損失がないものとする。

- 共振時のインピーダンスは、最小になる。
- 共振時の  $I$  と  $I_L$  の位相差は、零(0)になる。
- 共振時の  $I$  と  $I_C$  の位相差は、零(0)になる。
- 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  の大きさは、等しい。
- 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  の位相差は、 $\pi/2$  [rad] になる。



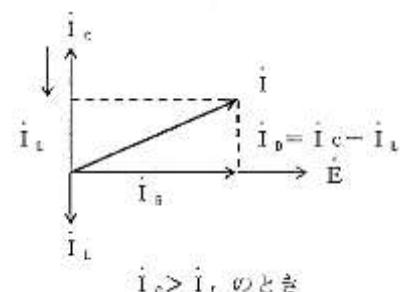
答：4

[解説]

RLC が並列接続では、電源  $E$  は各素子に共通に加わる一方電流は各素子に分流する。

従って、 $E$  を横軸（基準軸）にベクトル図を描けば右図の通りとなる。

- 共振時のインピーダンスは、最大になる。（以下の [解説] を参照）
- $I$  と  $I_L$  の位相差は、 $90^\circ = \frac{\pi}{2}$  ((注)  $I$  の方向は、 $I_R$  の方向に同じ)
- $I$  と  $I_C$  の位相差は、 $90^\circ = \frac{\pi}{2}$
- 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  は、等しい。（以下の [解説] を参照のこと）



5. 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  の位相差は、 $180^\circ = \pi$ 。

[解説]

上記ベクトル図において、 $I_C > I_L$  のとき、 $I_D = I_C - I_L$  から  $I^2 = I_R^2 + I_D^2$

$$I_R = \frac{E}{R} \quad I_C = \frac{E}{X_C} \quad I_L = \frac{E}{X_L} \quad \text{を代入すれば、} \quad I^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 \quad \text{から} \quad I^2 = \left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_C} - \frac{E}{X_L}\right)^2$$

$$\Rightarrow I^2 = E^2 \left\{ \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2 \right\} \Rightarrow \frac{I^2}{E^2} = \left\{ \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2 \right\} \Rightarrow \frac{1}{I} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}}$$

$$\frac{1}{I} = Z \text{ とおけば、} Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} \Leftrightarrow \text{題与回路のインピーダンスとなる。}$$

$$\text{回路が共振時、回路のリアクタンス分 } X_C \text{ と } X_L \text{ は等しくなるから} \quad \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} = 0 \Rightarrow Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2}} = R$$

回路のインピーダンスは最大になり  $R [\Omega]$  となる。

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_L} \Rightarrow X_C = X_L \quad \text{即ち } I_C \text{ と } I_L \text{ は等しくなる。}$$

[参考]

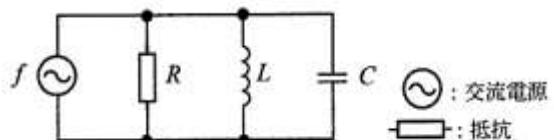
$$I_C < I_L \text{ のとき、} I_D = I_L - I_C \quad \text{となり、同様の計算を進め} \quad Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}} \quad \text{になり、}$$

$X_C = X_L$  即ち  $I_C$  と  $I_L$  が得られる。

令和2年12月期 (IZ212 A-5)

A-5 図に示す  $RLC$  並列回路の共振周波数  $f$  が  $1.8$  [MHz] のとき、コイル  $L$  の自己インダクタンスの値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、抵抗  $R$  は  $50$  [ $k\Omega$ ]、コンデンサ  $C$  の静電容量は  $150$  [ $pF$ ] とする。また、 $\pi^2 = 10$  とする。

- 1 50 [ $\mu H$ ]
- 2 100 [ $\mu H$ ]
- 3 200 [ $\mu H$ ]
- 4 500 [ $\mu H$ ]



題与回路の共振周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  から求める。

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{4 \times 10 \times 150 \times 10^{-12} \times 3.24 \times 10^{12}} \Rightarrow L = \frac{1}{19440} = 0.00005144 = 51.55 \times 10^{-6}$$

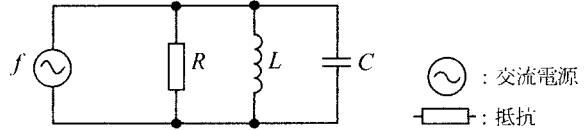
$$\Rightarrow L \approx 50 \times 10^{-6} \approx 50 [\mu H]$$

答：1

令和4年12月度(IZ412 A-5)

A-5 図に示すRLC並列回路の共振周波数  $f$  が 50 [MHz] のとき、コンデンサ  $C$  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、抵抗  $R$  は 50 [kΩ]、コイル  $L$  の自己インダクタンスは 2 [μH] とする。また、 $\pi^2 = 10$  とする。

- 1 1 [pF]
- 2 5 [pF]
- 3 10 [pF]
- 4 50 [pF]



・この回路の共振周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  から求める。

$$\cdot f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f} \Rightarrow C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

この式に題与の諸元： $\pi^2 \approx 10$   $f^2 = (50 \times 10^6)^2 = 2500 \times 10^{12}$   $L = 2 \times 10^{-6}$  を代入すれば、

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L} = \frac{1}{4 \times 10 \times 2500 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-6}} = \frac{1}{197500 \times 10^6} = \frac{1}{19.72 \times 10^{10}}$$

$$c = 0.0507 \times 10^{-10} = 5.07 \times 10^{-12} \approx 5 \text{ [pF]}$$

答：2

[参考]

題与の諸元の中に解答に関与しない  $R = 50 \text{ [k}\Omega\text{]}$  が与えられている。余分な条件に惑わされない様注意する。

RLC 並列回路のインピーダンス  $Z$  は、 $Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$  で、回路が共振時 リアクタンス分 = 0 となるから

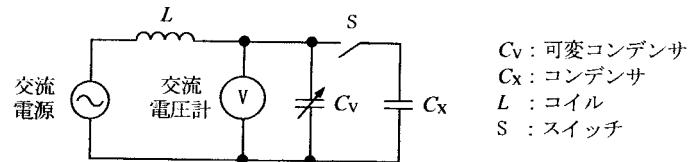
$$\frac{1}{\omega L} - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

であり、回路の  $R$  は解答に関係しない。

令和7年5月期 (IZ705 A-19)

A-19 図に示す回路において、最初にスイッチ  $S$  を断(OFF)にしたとき、可変コンデンサ  $C_V$  の値が 250 [pF] で電圧計の指示値が最大になった。次に  $S$  を接(ON)にしたとき、 $C_V$  の値が 100 [pF] で電圧計の指示値が最大になった。このときの未知のコンデンサ  $C_X$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、コイルの自己インダクタンス、交流電源の周波数及び電圧は一定とする。

- 1 50 [pF]
- 2 80 [pF]
- 3 100 [pF]
- 4 120 [pF]
- 5 150 [pF]



・  $S$  が OFF のとき  $C_V = 250 \text{ [pF]}$  で回路が共振した。

・  $S$  が ON のとき、 $C_V$  と  $C_X$  は並列接続になるから、 $C_V + C_X = 250 \text{ [pF]}$  のとき回路は共振する。

このときの題与の  $C_V = 100 \text{ [pF]}$  を上式に代入すれば、 $100 + C_X = 250 \Rightarrow C_X = 150 \text{ [pF]}$

答：5

[別解]

電圧計の指示値が最大になった = 回路が共振した = 共振周波数  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}}$  となる。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times 250 \times 10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100+C_X) \times 10^{-12}}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{250}} = \frac{1}{\sqrt{100+C_X}} \Rightarrow \frac{1}{250} = \frac{1}{100+C_X} \Rightarrow C_X + 100 = 250$$

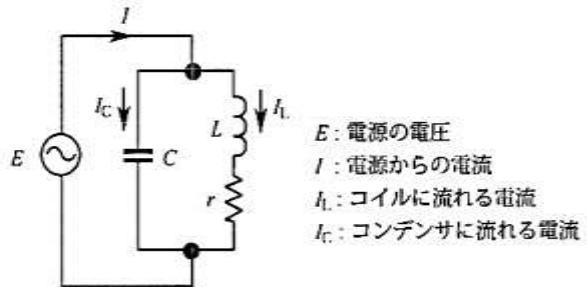
$$\Rightarrow C_X = 250 - 100 = 150[\text{pF}]$$

答：2

平成21年12月期 (IZ112 A-4)

A-4 次の記述は、図に示す並列共振回路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、コイルのインダクタンス  $L$  は、電源電圧の角周波数を  $\omega$  及びコイルの抵抗を  $r$  としたとき  $r \ll \omega L$  の関係にあるものとする。

- 1 共振時のインピーダンスは、最小になる。
- 2 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  の大きさは、ほぼ等しい。
- 3 共振時の  $I$  と  $I_L$  の位相差は、ほぼ零になる。
- 4 共振時の  $I$  と  $I_C$  の位相差は、零になる。
- 5 共振時の  $I_L$  と  $I_C$  の位相差は、ほぼ零になる。



答：2

#### 〔解説〕

題与の条件  $r \ll \omega L$  から題与の回路は、近似的に  $C$  と  $L$  による並列接続回路と見なすことが出来る。題与の  $C$  と  $L$  には電源電圧  $E$  が等しく掛かり、回路電流  $I$  は、 $C$  と  $L$  に分流するから  $E$  を基準軸（横軸）に置いてベクトル図を描くことが出来る（右図）。

$$I_C \text{ と } I_L \text{ はそれぞれ } I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L} \quad I_C = \frac{E}{X_C} = \omega C E$$

$$\text{回路のインピーダンス } Z \text{ は、 } Z = \frac{E}{I_D} \quad \text{ただし } I_D = I_C - I_L$$

$$I_D = \omega C E - \frac{E}{\omega L} = E(\omega C - \frac{1}{\omega L}) \text{ を } Z \text{ に代入すれば、 } Z = \frac{E}{I_D} = \frac{E}{E(\omega C - \frac{1}{\omega L})} = \frac{1}{\omega C - \frac{1}{\omega L}}$$

$$\text{回路が共振しているとき、リアクタンス分が零 (0) となるから } \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$$

$$\Rightarrow Z = \frac{1}{0} \Rightarrow \infty \quad (\text{無限大})$$

1. 共振時リアクタンス分 = 0 から  $Z = \frac{1}{0} \Rightarrow \infty \Rightarrow$  最大になる

2. 共振時リアクタンス分 = 0、即ち  $I_D = I_C - I_L = 0$  により  $I_C$  と  $I_L$  は等しい

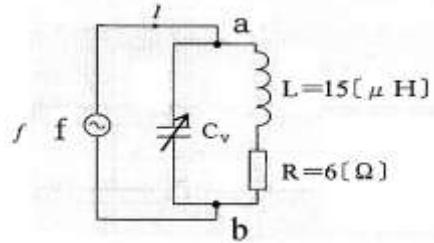
3. 共振時の  $I$  と  $I_L$  の位相差は、 $90^\circ$  (上記ベクトル図参照、以下同様)

4. 共振時の  $I$  と  $I_C$  の位相差は、 $90^\circ$

5. 共振時の  $I_C$  と  $I_L$  の位相差は、 $180^\circ$

A-3 図に示す回路が電源周波数  $f$  に共振しているとき、a b 間のインピーダンスが  $10 [k\Omega]$  であった。このときの可変コンデンサ  $C_v$  の値として最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 350 [pF]
- 2 300 [pF]
- 3 250 [pF]
- 4 150 [pF]
- 5 100 [pF]



この問題では、 $R \ll \omega L$  の記述がないから  $R$  を無視できない。

題与の回路が共振しているときのインピーダンス  $Z$  は、 $Z = \frac{L}{C_v R}$  から求める。

この式を変形すれば、 $C_v = \frac{L}{Z R}$  であり、この式に題与の諸元  $Z = 10 \times 10^3 [\Omega]$ 、

$L = 15 [\mu\text{H}]$ 、 $R = 6 [\Omega]$  を代入すれば、

$$C_v = \frac{15 \times 10^{-6}}{6 \times 10 \times 10^3} = 2.5 \times 10^{-10} = 250 \times 10^{-12} = 250 [\text{pF}]$$

答：3

[参考]

以下の解説は、1 アマの範疇になるが、題与回路の  $r$  が無視できないときのインピーダンス  $Z = \frac{L}{rC}$  が導き出されるプロセスを理解するようにして下さい。1 アマ受験勉強の時に役立ちます。

次図の回路に交流電圧  $E$  を加えたとき、 $C$  及び  $L$  と  $r$  に流れる電流をそれぞれ  $I_C$  及び  $I_L$  とする。

$L$  と  $r$  による直列回路のインピーダンスを  $Z_L$  とすれば、 $Z_L = r + j\omega L$

$C$  のインピーダンスを  $Z_C$  とすれば、 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   $Z_L$  と  $Z_C$  は並列接続ゆえ

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{r + j\omega L} + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{r + j\omega L} + j\omega C \Rightarrow \frac{1}{Z} = \frac{r - j\omega L}{(r + j\omega L)(r - j\omega L)} + j\omega C$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{r - j\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} + j\omega C \Rightarrow \frac{1}{Z} = \frac{r}{r^2 + \omega^2 L^2} - \frac{j\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} + j\omega C$$

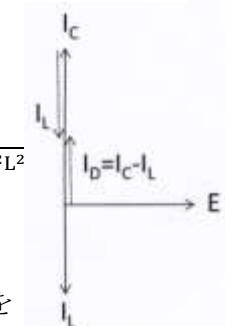
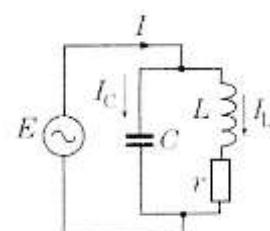
上式を実数部と虚数部に分ければ、 $\frac{1}{Z} = \frac{r}{r^2 + \omega^2 L^2} - j\left(\frac{\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} - \omega C\right)$

回路が共振時、虚数部が零 (0) となるから、 $\frac{\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} = \omega C \Rightarrow \frac{L}{r^2 + \omega^2 L^2} = C \Rightarrow \frac{1}{r^2 + \omega^2 L^2} = \frac{1}{C}$

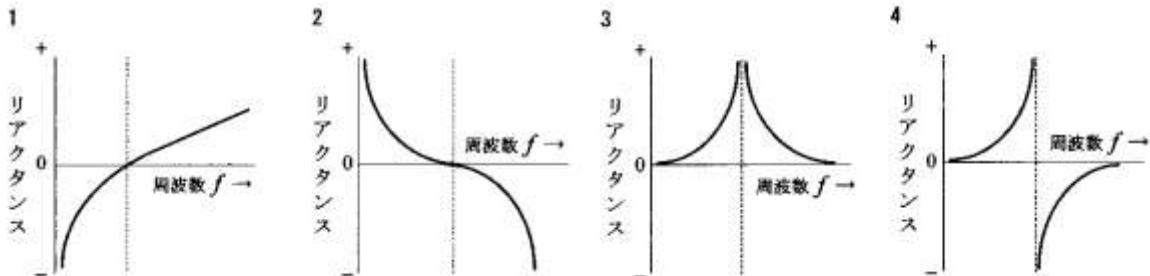
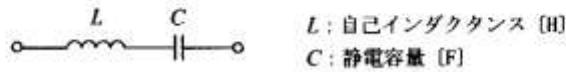
$$\Rightarrow r^2 + \omega^2 L^2 = \frac{L}{C}$$

これを実数部に代入すれば、 $\frac{1}{Z} = \frac{r}{r^2 + \omega^2 L^2} \Rightarrow Z = \frac{r^2 + \omega^2 L^2}{r}$  ここに  $r^2 + \omega^2 L^2 = \frac{L}{C}$  を

代入すれば、 $Z = \frac{L}{cr}$



A-5 図に示す回路のリアクタンスの周波数特性曲線図として、正しいものを下の番号から選べ。



答：1

[解説]

題与の図から、CL 直列回路に交流電圧  $V$  を掛けば、電圧  $V$  は  $V_L$  と  $V_C$  に分圧される。電流  $I$  は、 $C$  と  $L$  に共通に流れる。このとき、 $V_L$  は電流  $I$  よりも位相が  $90^\circ$  進み、一方、 $V_C$  は  $I$  よりも  $90^\circ$  遅れる。この関係をベクトル図に描けば、次図の通りとなる。

$V_L$  と  $V_C$  の差を  $V_D$  とすれば、 $V_D = V_L - V_C$   $V_L = IX_L$ 、 $V_C = IX_C$  とすれば、 $V_D = IX_L - IX_C = I(X_L - X_C)$

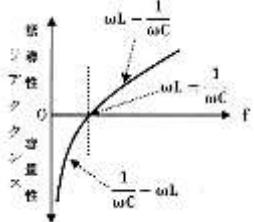
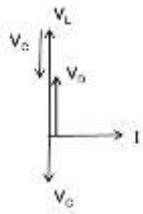
$\frac{V_D}{I} = Z$  と置けば、 $Z = X_L - X_C$   $X_L = \omega L$ 、 $X_C = \frac{1}{\omega C}$  を代入すれば、

$$Z = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

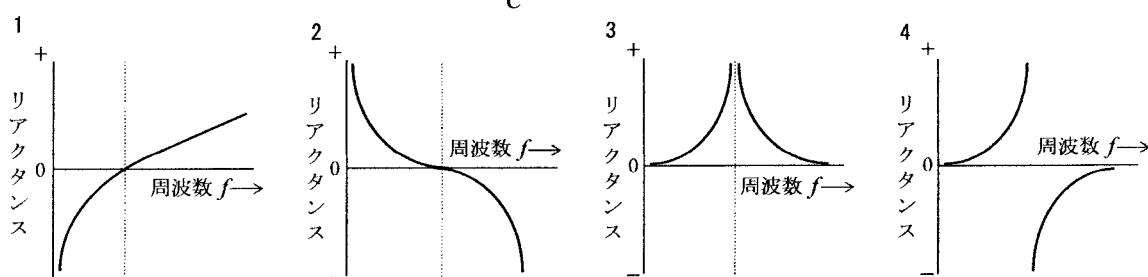
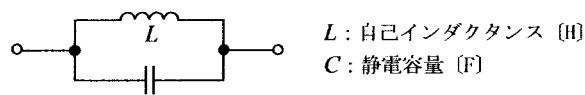
以上から、回路のインピーダンス  $Z$  は、 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$

回路の共振時、リアクタンス分  $X = 0 \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$

右図の通り、 $X > 0$  のとき誘導性 ( $\omega L - \frac{1}{\omega C}$ )、 $X < 0$  のとき容量性 ( $\frac{1}{\omega C} - \omega L$ )。



A-4 図に示す回路のリアクタンスの周波数特性曲線図として、正しいものを下の番号から選べ。



答：4

〔解説〕

共振時回路のインピーダンス  $Z$  は、 $Z = \frac{1}{\frac{1}{\omega L} - \omega C}$

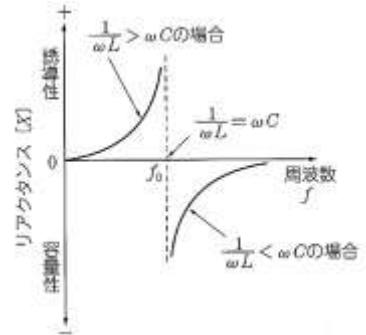
共振時リアクタンス分 = 0 ゆえ  $\frac{1}{\omega L} - \omega C = 0$  で、この時  $Z = 0$  であり、右図横軸（周波数軸）の共振周波数は  $f_0$  点となる。

共振周波数から  $\frac{1}{\omega L} - \omega C$  が大きくなるに従いリアクタンス分がこよなく 0 に近似して行き、また、 $\frac{1}{\omega L} - \omega C$  が小さくなればなるほど  $Z = 1$

に近づく、即ち、共振周波数  $f_0$  に近似して行く。これをグラフにすれば、右図の通りとなる。

$\frac{1}{\omega L} - \omega C > 0$  のとき、リアクタンス  $Z < 0$  で、誘導性になる。

$\frac{1}{\omega L} - \omega C < 0$  のとき、リアクタンス  $Z > 0$  で、容量性になる。



令和5年8月期 (IZ508 A-4)

A-4 図1に示すパルス幅  $T$  [s]の方形波電圧を、図2に示す微分回路の入力に加えたとき、出力に現れる電圧波形として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、 $t$  は時間を示し、回路の時定数  $CR$  は  $T$  より十分小さいものとする。

図1

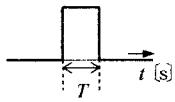
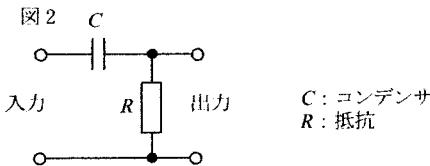


図2

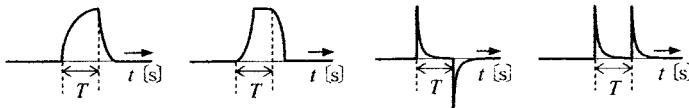


1

2

3

4



答：3

〔解説〕

題与の図2は、微分回路。

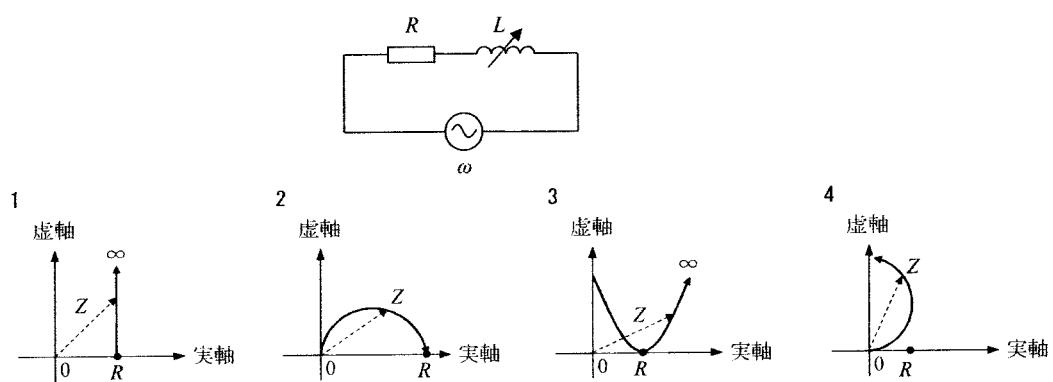
[参考]

矩形波の波形変換回路と入出力波形

入力波形	微分回路	積分回路	出力波形

令和6年8月期 (IZ608 A-45

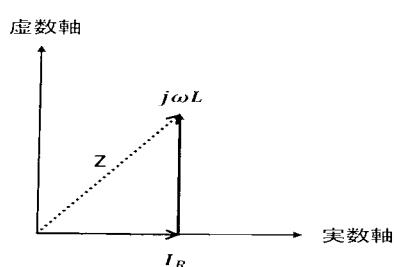
A - 5 図に示す抵抗  $R$  とインダクタンス  $L$  の直列回路において、角周波数  $\omega$  を一定としてインダクタンス  $L$  の値を、0 [H] から限りなく大きくした場合の、合成インピーダンス  $Z$  の軌跡(図の実線)として、正しいものを下の番号から選べ。



答：1

[解説]

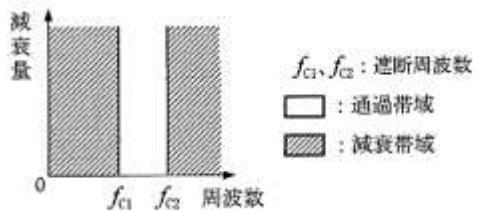
- 題与回路のインピーダンス  $Z$  は、 $Z = R + X_L = R + j\omega L$
- $X_L = j\omega L$  の  $\omega$  を一定にして  $L$  を0 から限りなく大きくしたとき  $X_L$  は、実数軸上の  $I_R$  点から上に垂直に  $j\omega L$  だけ移動する。これを図示すれば、右の通りとなる。



令和元年4月期(IZ104 A-4)

A-4 図に示す理想的な通過帯域及び減衰帯域特性を持つフィルタの名称として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 高域フィルタ (HPF)
- 2 低域フィルタ (LPF)
- 3 帯域フィルタ (BPF)
- 4 帯域除去フィルタ (BEF)



答：3

〔解説〕

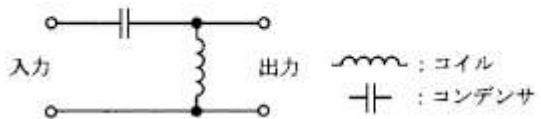
帯域フィルタ：バンドパスフィルタともいう。

ある帯域の周波数成分だけを通し、それ以外の周波数成分を通さないフィルタ。

平成27年4月期 (IZ704 A-5)

A-5 図に示すフィルタ回路の名称として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 帯域除去フィルタ (BEF)
- 2 帯域フィルタ (BPF)
- 3 低域フィルタ (LPF)
- 4 高域フィルタ (HPF)



答：4

〔解説〕

・入力電圧をE、コンデンサCのリアクタンスをX<sub>C</sub>とすれば、Cに流れる電流Iは、

$$I = \frac{E}{X_C} = \frac{E}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{E}{\frac{1}{2\pi f C}} = 2\pi f C E$$

この式から、周波数fが高くなるほどCを流れる電流Iが大きくなる  
 ⇒ 高域周波数をよく通す高域フィルタとなる。

・出力側に挿入のコイルLのリアクタンスをX<sub>L</sub>、Lに流れる電流をI<sub>L</sub>とすれば、 $I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L} = \frac{E}{2\pi f L}$

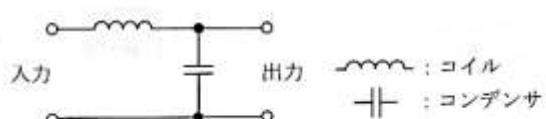
この式から周波数fが高くなればなるほどLを流れる電流I<sub>L</sub>は小さくなり、高域周波数電流のアースラインへの流出を抑える役割を果たす。

以上から高域周波数電流を通すフィルタ (High Pass Filter : HPF) となる。

平成29年4月期 (IZ904 A-3)

A-4 図に示すフィルタ回路の名称として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 帯域除去フィルタ (BEF)
- 2 低域フィルタ (LPF)
- 3 高域フィルタ (HPF)
- 4 帯域フィルタ (BPF)



答：2

[解説]

・入力電圧を  $E$ 、コイルのリアクタンスを  $X_L$  とすれば、 $L$  を流れる電流  $I$  は、 $I = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L} = \frac{E}{2\pi f L}$

以上から、周波数  $f$  が高くなるほど  $L$  を流れる電流  $I$  が小さくなる  $\Rightarrow$  低域周波数電流をよく通す。

・出力側に挿入のコンデンサ  $C$  のリアクタンスを  $X_C$ 、 $C$  を流れる電流を  $I_C$  とすれば、 $I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{E}{\omega C}$

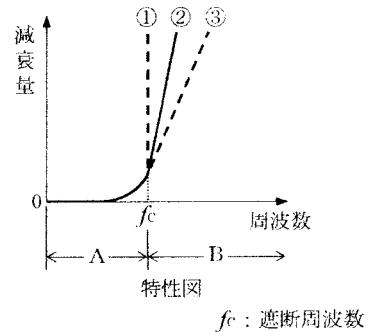
から  $I_C = \omega C E = 2\pi f C E \Rightarrow$  周波数が高くなるほどアース側に流れる電流  $I_C$  が大きくなり、高域周波数が出力側に流れないように働く。

以上から低域周波数電流を通すフィルタ (Low Pass Filter : LPF) となる。

令和7年11月期 (IZ711 A-5)

A-5 次の記述は、図に示す低域フィルタ (LPF) の特性等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。

- 特性図において、Aの部分は通過帯域、Bの部分は減衰帯域である。
- LPFを実現するための原理的な回路としては、コイルとコンデンサをL形、T形又はπ形等に配置したものがある。
- 特性図において、 $f_c$  は LPF に通す信号(正弦波)の周波数を上げていったとき、十分低い周波数の時に比べて出力が 6 [dB] 下がる周波数である。
- 特性曲線②が実際の特性であるとき、LPFとして理想的な特性に近いものは③より①の特性を持つLPFの方である。



答：3

[解説]

LPFの例

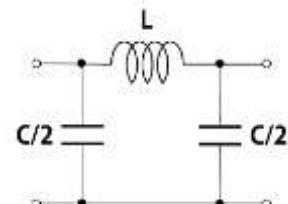
右にπ形LPFの一例を示す。

(1) 入力側のコンデンサーでは、リアクタンス  $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$

$$\Rightarrow I = \frac{V}{X_C} = 2\pi f C V \quad \text{この式から周波数が高くなるほど}$$

このコンデンサーを通してアース側に電流をよく通す

$\Rightarrow L$  には低域周波数の電流が流れる。



リアクタンス  $X_L = \omega L = 2\pi f L \Rightarrow I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{2\pi f L} \quad$  この式から周波数が高くなるほど  $I$  は小さくなる

$\Rightarrow L$  では低域周波数の電流がよく流れる  $\Rightarrow$  LPFになる。

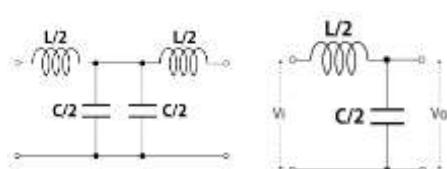
フィルター回路では、通過領域の信号強度の  $\frac{1}{\sqrt{2}} = 3[\text{dB}]$  になったところを遮断周波数  $f_c$  としている。

換言すれば、通過帯域電圧の  $\sqrt{2}$  倍となる周波数。従って、題与の 6[dB] は誤り。A-

(2) π形LPFの基本回路は上図であり、各素子  $LC$  はそれぞれ  $\frac{L}{2}$  と  $\frac{C}{2}$  からなっている。

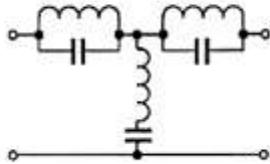
従って、この時の遮断周波数  $f_c$  は、 $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{L}{2} \times \frac{C}{2}}} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$

実際の回路では、右の組合せも使用される。



A-4 図に示すフィルタ回路の名称として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 低域フィルタ (LPF)
- 2 高域フィルタ (HPF)
- 3 带域消去フィルタ (BEF)
- 4 带域フィルタ(BPF)



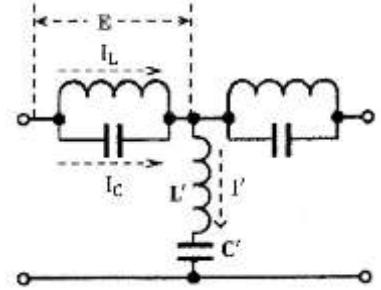
答：3

[解説]

入力側の  $L$  と  $C$  による並列接続回路の両端電圧を  $E$  とすれば、この回路に流れる電流は  $L$  と  $C$  に分流し、 $L$  には電流  $I_L$  が、 $C$  には  $I_C$  が流れる（右図）。

電圧  $E$  は、 $LC$  の両端に等しく加わるから、電圧  $E$  を基準軸（横軸）に次のベクトル図を描くことが出来る。

$L$  のリアクタンスを  $X_L$ 、 $C$  のリアクタンスを  $X_C$  とすれば、回路に流れ電流  $I_D$  は、 $I_D = I_L - I_C$ （又は、 $I_D = I_C - I_L$ ）となる。

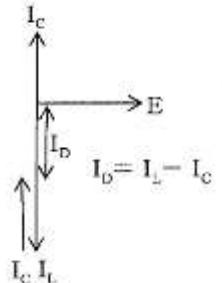


この  $LC$  並列接続回路のインピーダンスを  $Z$  とすれば、 $Z = \frac{E}{I_D}$

$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L} \quad I_C = \frac{E}{X_C} = \omega C E \quad \text{これらを } I_D = I_L - I_C \text{ に代入すれば、}$$

$$I_D = \frac{E}{\omega L} - \omega C E = E \left( \frac{1}{\omega L} - \omega C \right) \Rightarrow \frac{I_D}{E} = \frac{1}{\omega L} - \omega C = \frac{1}{Z} \text{ とおけば、}$$

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{\omega L} - \omega C} \quad Z \text{ は、入力側の } LC \text{ 並列接続回路のインピーダンスとなる。}$$



この  $LC$  並列接続回路が入力周波数  $f$  に共振したとき、リアクタンス分が零（0）となるから、 $Z = \frac{1}{0}$  で、 $Z$  は無限大（ $\infty$ ）となり、入力周波数  $f$  の電流  $I_D$  は  $LC$  並列接続回路から出力されない  $\Rightarrow$  周波数  $f$  の帯域消去フィルタとして働く。

入力ラインからアースラインに接続されている  $L' C'$  直列回路に流れる電流を  $I'$  とする。

このとき、 $L'$  にかかる電圧を  $E'_L$ 、コンデンサ  $C'$  にかかる電圧を  $E'_C$  とすれば、 $E'_D = E'_C - E'_L$  ( $E'_C > E'_L$  の時)  $L'$  のインダクタンスを  $X'_L$ 、 $C'$  のインダクタンスを  $X'_C$  とすれば、 $E'_L = I' X'_L$   $E'_C = I' X'_C$

これらを  $E'_D = E'_C - E'_L$  に代入すれば、 $E'_D = I' X'_C - I' X'_L \Rightarrow E'_D = I' (X'_C - X'_L) \Rightarrow \frac{E'_D}{I'} = X'_C - X'_L$

$$Z' = \frac{E'_D}{I'} \text{ とおけば、} Z' = X'_C - X'_L \Rightarrow Z' = \frac{1}{\omega C'} - \omega L'$$

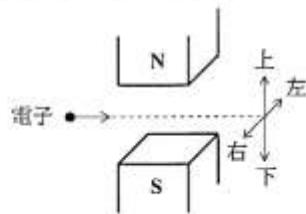
$Z'$  が入力周波数  $f$  に共振時、リアクタンス分が零（0）になるから、 $\frac{1}{\omega C'} - \omega L' = 0$  から  $Z' = 0$

即ち、周波数  $f$  の電流は全部アースラインに流れ、出力されない。以上から入力周波数  $f$  を通さない帯域消去フィルタ（Band Elimination Filter : BEF）となる。

出力側に挿入の  $LC$  並列接続回路は、以上のフィルタで消去しきれなかった残余の周波数  $f$  成分を更に消去して帯域消去フィルタとしての特性の向上を図っている。

A-1 図に示すように、磁極間を電子が進むとき、電子の動きとして正しいものを下の番号から選べ。

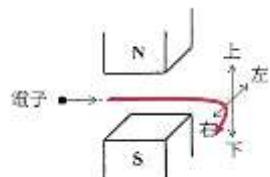
- 1 上に曲がる。
- 2 下に曲がる。
- 3 左に曲がる。
- 4 右に曲がる。



答：4

[解説]

題与の図にあって、N極からS極に向かう磁界中を電子が左から右に移動するとき、電子の軌道はフレミング左手の法則に従い磁界内で円弧を描き右に曲がりながら磁界の外に出る。磁界外に出た電子は、右図赤矢印の通り直進する。



[解説：ダイオード]

ダイオード別印加電圧方向のまとめ

Diode の種類	ツナード	バラタ D	ホ D	イパット D	トルド D	発光 D	ガソ D
印加電圧方向	逆方向	逆方向	逆方向	逆方向	順/逆方向	順方向	順方向

A-6 次の記述は、各種半導体素子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 サイリスタは、大きな電流を制御できる素子で、照明の調光や電動機の速度制御などに用いられる。
- 2 サーミスタは、温度が変化しても抵抗値が変化しない素子で、電子回路の温度補償用などに用いられる。
- 3 バリスタは、加える電圧の値により抵抗値が大きく変化する素子で、過電圧防止回路や避雷器などに用いられる。
- 4 バラクタダイオードは、加える電圧を変化させることにより静電容量を可変することができる。

答：2

[解説]

サーミスタは、温度変化に応じて抵抗値が変化する。この性質を利用して温度補償回路に使用される。

A-6 次の記述は、各種半導体素子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 バリスタは、加える電圧の値により抵抗値が大きく変化する素子で、過電圧防止回路や避雷器などに用いられる。
- 2 サイリスタは、大きな電流を制御できる素子で、照明の調光や電動機の速度制御などに用いられる。
- 3 サーミスタは、温度が変化しても抵抗値が変化しない素子で、電子回路の温度補償用などに用いられる。
- 4 発光ダイオードは、順方向電圧を加えると接合面で光を発生し、電子機器の表示用ランプなどに用いられる。

答：3

〔解説〕

- ・サーミスタは、温度によって抵抗値が大きく変化する素子。
- ・サーミスタには正の温度計数を持つPTCと負の温度計数を持つNTCがあり、この性質を利用して温度センサー、電流制御回路の温度補償回路に用いられる。

令和4年12月期 (IZ412 B-2)

B-2 次の記述は、各種ダイオード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) 逆方向のバイアス電圧を加えたPN接合部に光を当てるとき、光の強さに□ア□した電流が生ずる特性を持つのは、□イ□である。
- (2) 電気信号を光信号に変換する特性を持つダイオードに、□ウ□がある。
- (3) PN接合に□エ□の電圧を加えたときに、加える電圧により静電容量が変化するという特性を利用するには、□オ□である。

1 反比例 2 バラクタダイオード 3 順方向 4 トンネルダイオード 5 発光ダイオード  
6 比例 7 ガンダイオード 8 逆方向 9 フォトダイオード 10 サイリスタ

答：ア：6、イ：9、ウ：5、エ：8、オ：2

令和5年8月期 (IZ508 A-5)

A-5 次の記述は、不純物半導体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。

4個の価電子を持つシリコンや□A□に、3個の価電子を持つインジウムを不純物として微量加えると、□B□半導体を作ることができ、また、5個の価電子を持つヒ素を不純物として微量加えると、□C□半導体を作ることができる。

A	B	C
1 ゲルマニウム	N形	P形
2 ゲルマニウム	P形	N形
3 アルミニウム	N形	P形
4 アルミニウム	P形	N形

答：2

〔解説〕

物質を構成する最小の粒を原子という。原子は、正(+)の電荷をもつ原子核と負(-)の電荷をもつ電子で構成されている。通常は、正の電荷=負の電荷で、物質は電荷を帯びていない。原子は、原子核を中心に同心円状に電子が存在する構造になっており、最外周の電子を価電子という。

シリコンやゲルマニウムの価電子は4個ある。インジウムの価電子は3個。シリコンとインジウムを結合するとシリコンやゲルマニウムの価電子に対しインジウムの価電子が一つ不足したことになる。この不足したところが正孔であり、これが結晶中を移動する。この様な半導体をP形半導体という。

5個の価電子を持つヒ素では、シリコンやゲルマニウムに対し価電子が一つ多く、これが過剰電子(自由電子)として結晶内を移動し導電作用をする。この様な半導体をN形半導体という。

A - 6 次の記述は、定電圧ダイオード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。

定電圧ダイオードは、PN接合ダイオードに[A]電圧を加え次第に増加させると、ある電圧で電流が急激に[B]するがダイオードの端子電圧はほぼ一定となる性質を利用したものであり、別名を[C]という。

A	B	C
1 逆方向	減少	ショットキーダイオード
2 逆方向	増加	ツエナーダイオード
3 順方向	増加	ショットキーダイオード
4 順方向	減少	ツエナーダイオード

答：2

[解説]

ツエナーダイオードは、PN接続の半導体で、定電圧ダイオードとも言う。

PN接続に逆方向電圧を加え、これを増加させるとある電圧(ツエナー電圧)

で電流が急激に増加するが、加えた電圧はほぼ一定になる(右図)。

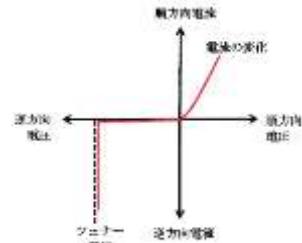
この性質を利用した回路が定電圧回路(右回路図)。

この回路において、

① 安定抵抗Rを流れる電流を $I_R$ 、ツエナーダイオードを流れる電流を $I_{DZ}$ 、  
負荷抵抗 $R_L$ を流れる電流 $I_L$ から、 $I_R = I_{DZ} + I_L$

② 負荷電流 $I_L$ が零から最大値までの間で変動するとき、ツエナー電流 $I_{DZ}$ はこれに相反して変動する。

負荷電流 $I_L$ が変動しても、 $I_R = I_{DZ} + I_L$ が一定となる範囲では、Rにおける電圧降下が一定になり、出力電圧は一定となる。



A - 4 次の記述は、接合形トランジスタの電極の名称を導通試験により調べ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。

トランジスタの電極を①、②及び③とし、これらの間の導通を調べたところ、②から①には電流が流れ、③から①には電流が流れなかった。電極①をコレクタとし、た場合、電極②の名称は[A]であり、このトランジスタは[B]形である。

A	B
1 エミッタ	NPN
2 エミッタ	PNP
3 ベース	NPN
4 ベース	PNP

答：3

[解説]

題意に従い右の通り電極に番号を付す。

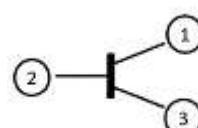
- ②から①に電流が流れる  $\Rightarrow$  順方向電流が流れる。
- ③から①へは電流が流れない。

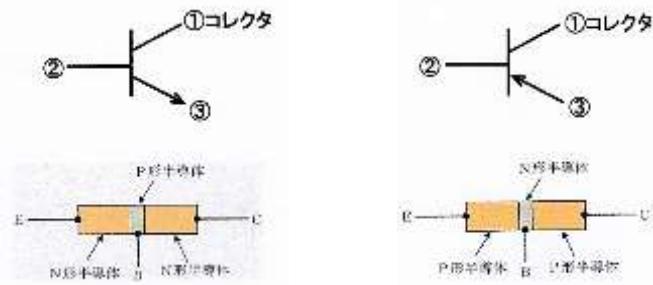
電極①をコレクタにしたとき、電流は②→①に順方向電流が流れる。

題意に基づき①をコレクタとすれば、②から①に電流が流れ、②をベースとすれば③から①には電流が流れないが②から③へは電流が流れる。

題意から①をコレクタとし、②をベース、③をエミッタと判断できる。

NPN形トランジスタとPNP形トランジスタの図記号と構造図を次図に示す。





NPN形トランジスタは、①コレクタから③エミッタに電流が流れ、②ベースがこの電流の流れを制御する。③エミッタから①コレクタへは電流が流れない。以上から②がベースであり、NPN形トランジスタと判断する。

PNP形トランジスタでは、③エミッタから①コレクタに電流が流れる。このとき②ベースがこの電流の流れを制御する。エミッタ③から矢印が外に出ていればNPN、矢印がベースに向かっていればPNP形と判断できる。

令和6年4月期 (IZ604 A-5)

A-5 次に示す各素子のうち、通常、マイクロ波(SHF)帯の発振のための能動素子として用いることができないものを下の番号から選べ。

- 1 ガリウムヒ素電界効果トランジスタ(GaAsFET)
- 2 インパットダイオード
- 3 ガンダイオード
- 4 バリスタ

答：4

〔解説〕

バリスタは、電圧により抵抗値が大きく変化する半導体で、発振用能動素子には使えない。電子機器の過電圧防止回路や避雷器に使用する。

令和5年12月期 (IZ512 A-6)

A-6 次の記述は、可変容量ダイオード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) PN接合ダイオードに加える A 電圧を増加させるほど空乏層の幅は広くなるので、静電容量は B なる。したがって、このダイオードに加える電圧によって静電容量を変化させることができる。
- (2) この素子は、C とも呼ばれている。

- | A     | B   | C         |
|-------|-----|-----------|
| 1 逆方向 | 大きく | バリスタ      |
| 2 逆方向 | 小さく | バラクタダイオード |
| 3 順方向 | 大きく | バラクタダイオード |
| 4 順方向 | 小さく | バリスタ      |

答：2

令和7年11月期 (IZ711 A-6)

A-6 次の記述は、発光ダイオード(LED)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 電気のエネルギーにより光を発生する特性を利用する半導体素子である。
- 2 逆方向電圧を加えて、逆方向電流を流したときに発光する。
- 3 基本的な構造は、PN接合の構造を持ったダイオードである。
- 4 使用するときの電圧及び電流は、最大定格より低い値にする。
- 5 白熱電球と比べると、一般的に信頼性が高く寿命が長い。

答：2

[解説]

PN接合ダイオードで、順方向電圧を加え、順方向電流を流したとき、接合面で発光する。

令和6年8月期 (IZ608 B-1)

B-1 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。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

バイポーラトランジスタの電極名をFETの電極名と対比すると、エミッタは□ア□に、コレクタは□イ□に、ベースは□ウ□に相当する。また、バイポーラトランジスタは□エ□トランジスタであるのに対し、FETは□オ□トランジスタである。

- |         |        |        |          |        |
|---------|--------|--------|----------|--------|
| 1 電圧制御形 | 2 ドレイン | 3 カソード | 4 アノード   | 5 グリッド |
| 6 電流制御形 | 7 プレート | 8 ソース  | 9 ペルチエ効果 | 10 ゲート |

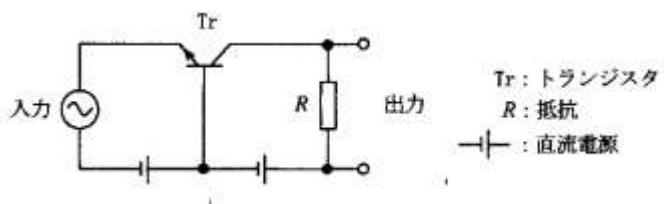
答：ア：8、イ：2、ウ：10、エ：6、オ：1

令和元年12月期 (IZ112 A-7)

A-7 次の記述は、図に示すトランジスタ增幅回路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。

図の回路は□A□形トランジスタを用いて、□B□を共通端子として接地した增幅回路の一例である。この回路は、出力側から入力側への□C□が少なく、高周波增幅に適している。

A	B	C
1 PNP	ベース	減衰
2 PNP	エミッタ	帰還
3 NPN	ベース	減衰
4 NPN	エミッタ	減衰
5 NPN	ベース	帰還



答：5

[解説]

題与の回路は、ベース接地増幅回路。

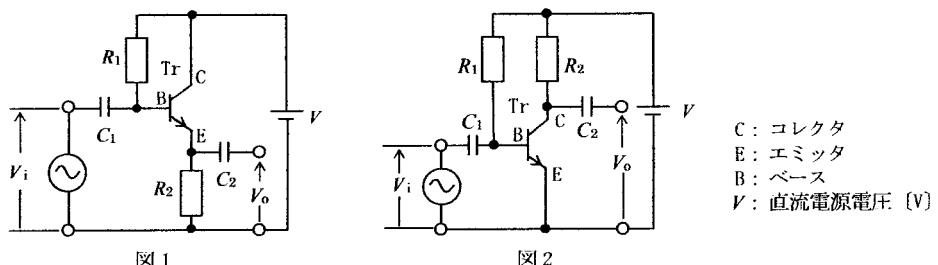
各種回路の特徴を次表に示す。

NPN トランジスタ増幅回路の回路図例とそれぞれの特徴を以下に示す。

	エミッタ接地	ベース接地	コレクタ接地
入力インピーダンス	低い	低い	高い
出力インピーダンス	高い	高い	低い
電圧増幅度	大きい	エミッタ接地に同じ	$\approx 1$
電流増幅度	大きい	$\approx 1$	エミッタ接地と同じ
電力増幅度	大きい	エミッタ接地より小さい	エミッタ接地より小さい
入出力位相	逆位相	同位相	同位相
周波数特性	余り良くない	エミッタ接地より良い	エミッタ接地より良い
基本回路図			
			(エミッタホロワともいう)

令和7年5月期 (IZ705 B-3)

B - 3 次の記述は、トランジスタ増幅回路の接地方式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、 $R_1$ 、 $R_2$ は抵抗 [ $\Omega$ ]、 $C_1$ 、 $C_2$ は静電容量 [ $F$ ]、 $V_i$ は入力電圧 [V]、 $V_o$ は出力電圧 [V] を表す。



- (1) 図 1 は、□ア□接地の増幅回路である。
- (2) 図 2 は、□イ□接地の増幅回路である。
- (3) 図 1 の回路は、□ウ□増幅回路ともいわれる。
- (4) 図 1 の回路の電圧増幅度は、ほぼ□エ□である。
- (5) 入力インピーダンスは、一般的に図 2 の回路よりも図 1 の回路の方が□オ□。

- |        |           |     |       |       |
|--------|-----------|-----|-------|-------|
| 1 コレクタ | 2 コレクタホロワ | 3 1 | 4 ベース | 5 高い  |
| 6 エミッタ | 7 エミッタホロワ | 8 3 | 9 ソース | 10 低い |

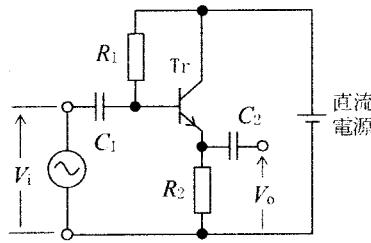
答: ア:1、イ:6、ウ:7、エ:3、オ:5

令和6年12月期 (IZ612 A-6)

A - 6 次の記述は、図に示すトランジスタ(Tr)増幅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。ただし、入力電圧を  $V_i$  [V]、出力電圧を  $V_o$  [V]、直流電源の内部抵抗を零(0)とし、また、静電容量  $C_1$  及び  $C_2$  の影響は無視するものとする。

- (1) 回路は、□ A 増幅回路である。
- (2) 電圧増幅度  $V_o/V_i$  の大きさは、ほぼ □ B である。
- (3)  $V_i$  と  $V_o$  の位相は、□ C である。

A	B	C
1 コレクタ接地	$R_1, R_2$	逆相
2 エミッタ接地	$R_1/R_2$	同相
3 エミッタ接地	$R_1/R_2$	逆相
4 コレクタ接地	1	同相
5 コレクタ接地	1	逆相



$R_1, R_2$  : 抵抗 [Ω]

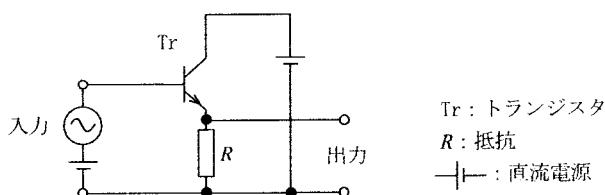
答: 4

[解説]

- (1) 題与図の回路は、エミッタから出力を取り出しており、コレクタ接地増幅回路（エミッタホロア増幅回路）。
- (2) 電圧増幅度  $A = \frac{V_o}{V_i} \approx 1$
- (3)  $V_o$  と  $V_i$  の位相は、同位相。

令和6年4月期 (IZ604 B-3)

B - 3 次の記述は、図に示す増幅回路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。



Tr : トランジスタ  
R : 抵抗  
—+— : 直流電源

- (1) この回路は □ ア 接地増幅回路であり、エミッタホロワ増幅回路とも呼ばれる。
- (2) 入力電圧と出力電圧の位相は、□ イ である。
- (3) 電圧増幅度の大きさは、約 □ ウ である。
- (4) □ エ インピーダンスは、一般に他の接地方式の増幅回路に比べて高い。
- (5) この回路は、□ オ 変換回路としても用いられる。

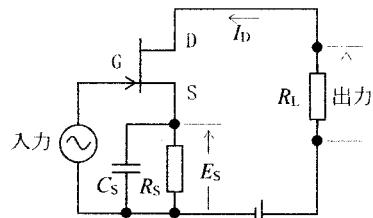
- |        |           |       |       |       |
|--------|-----------|-------|-------|-------|
| 1 エミッタ | 2 インピーダンス | 3 100 | 4 逆位相 | 5 出力  |
| 6 コレクタ | 7 電圧      | 8 1   | 9 同位相 | 10 入力 |

答: ア: 6、イ: 9、ウ: 8、エ: 10、オ: 2

令和7年11月期 (IZ711 A-7)

A-7 図に示す電界効果トランジスタ(FET)を用いた増幅回路において、ドレイン電流(直流)  $I_D$  が 1 [mA]、自己バイアス電圧  $E_S$  が 0.6 [V]、相互コンダクタンス  $g_m$  が 8 [mS] であった。このときの電圧増幅度の大きさの値  $A_V$  とバイアス抵抗  $R_S$  [Ω] の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、負荷抵抗  $R_L$  は 4 [kΩ]、ドレイン抵抗  $r_D$  は  $r_D \gg R_L$  とし、コンデンサ  $C_S$  のインピーダンスは、十分小さな値とする。

$A_V$	$R_S$
1	32 300 [Ω]
2	32 600 [Ω]
3	320 300 [Ω]
4	320 600 [Ω]



G: ゲート  
D: ドレイン  
S: ソース

$$\cdot A_V = g_m \times R_L \quad \text{ここに題与の諸元を代入すれば、} A_V = 8 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3 = 32$$

$$\cdot R_S = \frac{E_S}{I_D} \quad \text{ここに題与の諸元を代入すれば、} R_S = \frac{0.6}{1 \times 10^{-3}} = 0.6 \times 10^3 = 600 [\Omega]$$

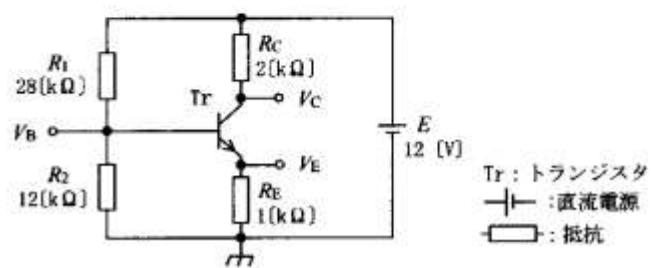
答：2

令和3年12月期 (IZ312 A-8)

A-8 次の記述は、図に示すトランジスタ(Tr)回路のバイアス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。ただし、Tr の直流電流増幅率  $h_{FE}$  は十分大きいものとし、動作時のベース・エミッタ間電圧は約 0.6 [V] とする。

- (1) Tr の  $h_{FE}$  が十分大きく、抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  を流れる電流に比べ、ベース電流が十分小さいとき、ベース電位  $V_B$  は  $R_1$  と  $R_2$  の比で定まり、約 □ A となる。
- (2) Tr のベース・エミッタ間電圧が与えられているので、エミッタ電流は約 □ B となる。
- (3) Tr の  $h_{FE}$  が十分大きいので、コレクタ電流はエミッタ電流とほぼ同じであり、コレクタの電位  $V_C$  は、約 □ C となる。

A	B	C
1 3.6 [V]	3.0 [mA]	6.0 [V]
2 3.6 [V]	3.0 [mA]	5.0 [V]
3 3.6 [V]	2.0 [mA]	6.0 [V]
4 7.2 [V]	3.0 [mA]	5.0 [V]
5 7.2 [V]	2.0 [mA]	5.0 [V]



$$(1) R_1, R_2 を流れる電流を I_{R_1R_2} とすれば、I_{R_1R_2} = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

ここに題与の諸元:  $R_1 = 28[\text{k}\Omega]$ 、 $R_2 = 12[\text{k}\Omega]$ 、 $E = 12 [\text{V}]$  を代入すれば、

$$I_{R_1R_2} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12}{(28+12) \times 10^3} = 0.3 \times 10^{-3} [\text{A}]$$

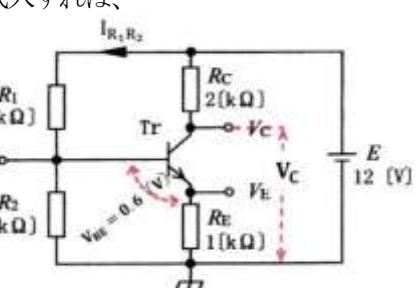
ベース電位  $V_B$  は、

$$V_B = R_2 I_{R_1R_2} = 12 \times 10^3 \times 0.3 \times 10^{-3} = 3.6 [\text{V}]$$

$$(2) エミッタ電位  $V_E$  は、 $V_E = V_B - V_{BE} = 3.6 - 0.6 = 3.0 [\text{V}]$$$

$$\text{エミッタ電流 } I_E \text{ は、} I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{3.0}{1 \times 10^3} = 3.0 \times 10^{-3} = 3.0 [\text{mA}]$$

$$(3) コレクタ電位  $V_C$  は、 $V_C = E - V_{RC} = E - (R_C \times I_E) = 12 - 2.0 \times 10^3 \times 3.0 \times 10^{-3} = 6.0 [\text{V}]$$$

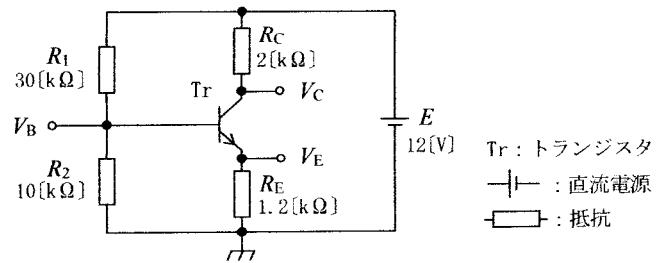


令和6年8月期 (IZ608 A-7)

A - 7 次の記述は、図に示すトランジスタ(Tr)回路のバイアス回路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、Tr の直流電流増幅率  $h_{FE}$  は十分大きいものとし、動作時のベース・エミッタ間電圧は約 0.6 [V] とする。

- (1) Tr の  $h_{FE}$  が十分大きく、抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  を流れる電流に比べ、ベース電流が十分小さいとき、ベース電位  $V_B$  は  $R_1$  と  $R_2$  の比で定まり、約 □ A となる。
- (2) Tr のベース・エミッタ間電圧が与えられているので、エミッタ電流は約 □ B となる。
- (3) Tr の  $h_{FE}$  が十分大きいので、コレクタ電流はエミッタ電流とほぼ同じであり、コレクタの電位  $V_C$  は、約 □ C となる。

A	B	C
1 6.0 [V]	3.0 [mA]	8.0 [V]
2 6.0 [V]	3.0 [mA]	6.0 [V]
3 6.0 [V]	2.0 [mA]	8.0 [V]
4 3.0 [V]	2.0 [mA]	6.0 [V]
5 3.0 [V]	2.0 [mA]	8.0 [V]



・  $R_1$ 、 $R_2$  を流れる電流を  $I_{R1}$ 、 $I_{R2}$  とすれば、 $I_{R1R2} = \frac{E}{R_1+R_2} = \frac{12}{30+10} = 0.3 \times 10^{-3} [A]$

ベース電位  $V_B$  は、 $V_B = R_2 I_{R1R2} = 10 \times 10^3 \times 0.3 \times 10^{-3} = 3.0 [V]$

・題与により  $V_E = 0.6 [V] \Rightarrow$  ベース・エミッタ間電圧  $V_{BE}$  は、 $V_{BE} = 3 - 0.6 = 2.4 [V]$

従って、エミッタ電流  $I_E$  は、 $I_E = \frac{2.4}{1.2 \times 10^3} = 2.0 \times 10^{-3} = 2.0 [mA]$

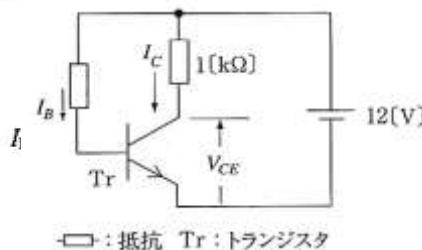
・コレクタ電流  $I_C$  は、エミッタ電流  $I_E$  にほぼ同じゆえ、 $I_C \approx I_E$   $R_C$  における電圧降下  $V_{RC}$  は、  
 $V_{RC} = I_E \times R_C = 2.0 \times 2 = 4 [V] \Rightarrow$  コレクタ電位  $V_C$  は、 $V_C = E - V_{RC} = 12 - 4 = 8 [V]$

答：5

平成25年8月期(IZ508 A-8)

A - 8 図に示すトランジスタ(Tr)回路のコレクタ電流  $I_C$  及びコレクタ-エミッタ間電圧  $V_{CE}$  の値の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、Tr のエミッタ接地直流電流増幅率  $h_{FE}$  を 100 とし、ベース電流  $I_B$  を 40 [ $\mu$ A] とする。

$I_C$	$V_{CE}$
1 6 [mA]	6 [V]
2 6 [mA]	8 [V]
3 4 [mA]	6 [V]
4 4 [mA]	8 [V]
5 4 [mA]	10 [V]



題与の諸元を  $h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow I_C = h_{FE} \times I_B$  に代入すれば、 $h_{FE} = 100$ 、 $I_B = 40 [\mu A]$  から、

$I_C = 100 \times 40 \times 10^{-6} = 4000 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-3} = 4 [mA]$

$1 [k\Omega]$  における電圧降下  $V_C$  は、 $V_C = I_C R = 4 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 4 [V]$

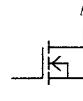
$V_{CE}$ は、 $V_{CE} = 12 - V_C = 12 - 4 = 8$  [V]

答：4

令和4年8月期 (IZ408 A-5)

A - 5 図に示す電界効果トランジスタ(FET)の形名及び図中のAに該当する電極の名称として、正しい組合せを下の番号から選べ。

- | 形名          | Aの名称 |
|-------------|------|
| 1 PチャネルMOS形 | ソース  |
| 2 Pチャネル接合形  | ドレイン |
| 3 NチャネルMOS形 | ドレイン |
| 4 Nチャネル接合形  | ソース  |



答：3

〔解説〕

題与のMOSFETは、エンハンスメント形NチャンネルでAは、ドレインを示す。

令和7年5月期 (IZ705 A-5)

A - 5 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。

FETは A トランジスタとも呼ばれ、半導体中のキャリアの流れを、ゲート電極に B によって制御する。

- | A       | B     |
|---------|-------|
| 1 ユニポーラ | 流れる電流 |
| 2 ユニポーラ | 加える電圧 |
| 3 バイポーラ | 流れる電流 |
| 4 バイポーラ | 加える電圧 |

答：1

〔解説〕

A : FETは、自由電子か正孔のいずれか一つのキャリアで動作するから、ユニポーラトランジスタという。

B : FETは、電圧制御形トランジスタとも言われ、従って、ゲート電極に加える電圧により制御する。

ちなみに接合形トランジスタは電流制御になる。

令和5年12月期 (IZ512 A-5)

A - 5 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。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 FETは構造によって、接合形とMOS形に大別され、キャリアが1種類のユニポーラ形である。
- 2 FETは、ゲート電圧でドレイン電流を制御する電圧制御素子である。
- 3 ソース接地及びドレイン接地増幅回路は、入力インピーダンスが非常に大きい。
- 4 ドレイン接地増幅回路の入力と出力電圧の位相は、逆相である。

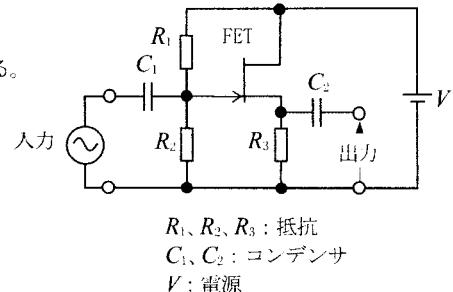
答：4

令和4年12月期 (IZ412 A-7)

A-7 次の記述は、図に示す電界効果トランジスタ(FET)増幅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。

- (1) この回路は、□A□ 接地増幅回路でソースホロワ回路ともいう。
- (2) 電圧増幅度は、ほぼ1であり、入力電圧と出力電圧は□B□ 位相である。
- (3) 他の接地方式の増幅回路に比べて、出力インピーダンスが□C□。

	A	B	C
1	ソース	逆	低い
2	ソース	同	高い
3	ドレイン	逆	高い
4	ドレイン	同	低い



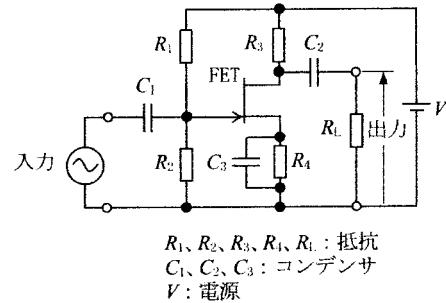
答: 4

令和5年12月期 (IZ512 A-7)

A-7 次の記述は、図に示す電界効果トランジスタ(FET)を用いたソース接地増幅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。

- (1) この回路は、□A□ 結合増幅回路である。
- (2)  $C_3$ は、□B□ コンデンサである。
- (3) 電圧増幅度は、□C□。

	A	B	C
1	$RC$	バイパス	1より大きくすることができる
2	$RC$	カップリング	ほぼ1である
3	直接	バイパス	ほぼ1である
4	直接	カップリング	1より大きくすることができる

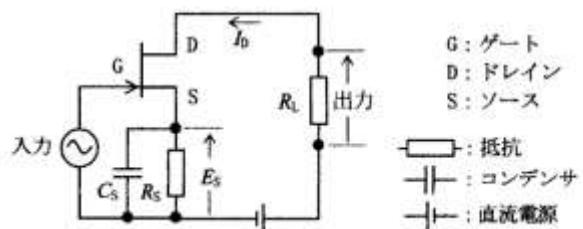


答: 1

令和4年4月期 (IZ404 A-7)

A-7 図に示す電界効果トランジスタ(FET)を用いた増幅回路において、ドレイン電流(直流)  $I_D$  が 3 [mA]、自己バイアス電圧  $E_S$  が 0.6 [V]、相互コンダクタンス  $g_m$  が 6 [mS] であった。このときの電圧増幅度の大きさの値  $A_V$  とバイアス抵抗  $R_S$  [Ω] の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、負荷抵抗  $R_L$  は 4 [kΩ]、ドレイン抵抗  $r_D$  は  $r_D \gg R_L$  とし、コンデンサ  $C_S$  のインピーダンスは、十分小さな値とする。

$A_V$	$R_S$
1 12	300 [Ω]
2 12	200 [Ω]
3 24	300 [Ω]
4 24	200 [Ω]



手順① 電圧増幅度  $A_V$  は、 $A_V = gm \times R_L$  から求める。

題与の諸元:  $gm = 6$  [mS]、 $R_L = 4$  [kΩ] から、 $A_V = 6 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3 = 24$

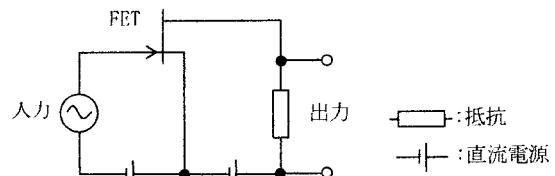
手順② 題与の  $E_S = 0.6$  [V]、 $I_D = 3 \times 10^{-3}$  [A] から、 $R_S = \frac{E_S}{I_D} = \frac{0.6}{3 \times 10^{-3}} = 0.2 \times 10^3 = 200$  [Ω]

答：4

令和4年8月期 (IZ408 A-7)

A - 7 次の記述は、図に示すFET増幅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 回路はソース接地増幅回路である。
- 2 入力インピーダンスは非常に高い。
- 3 電圧増幅度は、1より大きくすることができる。
- 4 入力電圧と出力電圧の位相は、同位相である。
- 5 他の接地方式の増幅回路と比べ、最も多く用いられている。



答：4

〔解説〕

FET増幅回路の特徴

	ソース接地	ドレン接地	ゲート接地
入力インピーダンス	高い	高い	低い
出力インピーダンス	低い	低い	高い
電圧増幅度	$>1$	$\approx 1$	ソース接地に近似
入出力電圧位相	逆位相	同位相	逆位相

答：1

令和6年8月期 (IZ608 A-8)

A - 8 次の記述は、増幅回路において負帰還をかけたときに生ずる効果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 増幅度が大きくなり、利得が安定する。
- 2 低域しゃ断周波数は低くなり、高域しゃ断周波数は高くなっている、周波数特性が改善される。
- 3 出力される雑音やひずみが減少する。
- 4 入力インピーダンス及び出力インピーダンスが変化する。

答：1

〔解説〕

- ・負帰還には、正帰還と負帰還がある。正帰還は発振回路、負帰還は低周波増幅回路に使用される。
- ・負帰還増幅は、増幅度（利得）が小さくなるが、利得が安定する。
- ・増幅度が3 [dB] 低下するが、周波数帯域が広くなり、周波数特性が改善される。
- ・負帰還を掛けることにより入出力インピーダンスが変化する。

A - 8 次の記述は、增幅回路に負帰還をかけたときの特徴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) 増幅度が □ A □ なり、出力される雑音やひずみが減少する。
- (2) 増幅回路の入力インピーダンスは、かけないときより □ B □ なる。
- (3) 増幅度が 3 [dB] 低下する周波数帯域幅は □ C □ なる。

A	B	C
1 小さく	小さく	狭く
2 小さく	小さく	広く
3 小さく	大きく	広く
4 大きく	大きく	広く
5 大きく	大きく	狭く

答：3

〔解説〕

增幅回路の出力信号  $V_o$  の一部を入力側に帰還 ( $V_f$ ) して増幅する回路。

このとき、帰還信号 ( $V_f$ ) を入力信号 ( $V_i$ ) と同じ位相で帰還させる場合を正帰還、逆位相で帰還させる場合を負帰還という。

正帰還は発振回路、負帰還は低周波増幅回路に使用される。

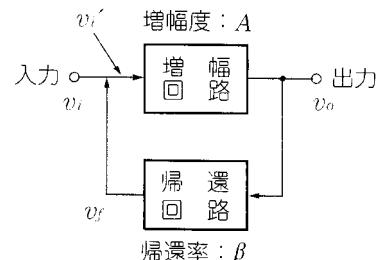
帰還の無いときの電圧増幅度を A、機関回路の負帰還率を  $\beta$  とすれば、

負帰還回路の増幅度  $A_f$  は  $A_f = \frac{A}{1+A\beta}$  から得られる。

負帰還増幅回路の特徴：

1. 増幅度が小さくなるが、出力の安定性が高くなる。
2. 増幅度が 3[dB] 低下する周波数帯域幅が広くなり、周波数特性が向上する。
3. 出力に含まれる雑音や歪が減少する。
4. 内部雑音、内部歪が抑制される。
5. 増幅回路の入力インピーダンスは、負帰還をかけない時より大きくなる。

令和2年12月期 (IZ212 A-6)



A - 6 次の記述は、個別の部品を組み合わせた回路と比べたときの、集積回路(IC)の一般的特徴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 複雑な電子回路が小型化できる。
- 2 IC内部の配線が短く、高周波特性の良い回路が得られる。
- 3 個別の部品を組み合わせた回路に比べて信頼性が高い。
- 4 大容量、かつ高速な信号処理回路が作れない。

答：4

〔解説〕

高周波特性が良い  $\Rightarrow$  信号処理容量が大容量化できる。

IC内配線が短い  $\Rightarrow$  信号の回路内伝搬遅延時間が短くなり高速処理回路の作成が可能になる。

令和2年12月期 (IZ212 A-9)

A - 9 電力増幅器において、高周波出力電力が 200 [W] で直流供給電流が 6.25 [A] のときの直流供給電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電力増幅器の電力効率は 80 [%] とする。

- 1 30 [V]      2 40 [V]      3 50 [V]      4 60 [V]

高周波出力電力  $P$  は、 $P = IE$  [W] から求める。この式から  $E = \frac{P}{I}$  この式に題与の諸元を代入すれば、

$$E = \frac{P}{I} = \frac{200}{6.25} = 32 [V] \quad \text{電力効率が 80% ゆえ、加えるべき電圧 } E_0 \text{ は、} E_0 = \frac{32}{0.8} = 40 [V]$$

答：2

[別解]

電力増幅器の電力効率が 80 [%] であるから、出力電力 200 [W] を得るために、

$$P' = \frac{200}{0.8} = 250 [W] \text{ が必要。} \quad P = IE \text{ から } E = \frac{P}{I} = \frac{250}{6.25} = 40 [V]$$

平成 26 年 4 月期 (IZ604 A-11)

A - 11 電力増幅器において、高周波出力電力が 240 [W] で直流供給電流が 3 [A] のときの直流供給電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電力増幅器の電力効率は 80 [%] とする。

- 1 25 [V]      2 50 [V]      3 80 [V]      4 100 [V]

電力増幅器の電力効率  $\eta$  は、 $\eta = \frac{\text{高周波出力電力}}{\text{直流供給電力}} \times 100 [\%]$  から求める。

直流供給電圧を  $E_i$ 、直流供給電流を  $I_i$  とすれば、直流供給電力  $P_i = E_i \times I_i$  から、

$$E_i I_i = \frac{\text{高周波出力電力}}{\eta} \Rightarrow E_i = \frac{\text{高周波出力電力}}{\eta I_i}$$

題与の諸元：高周波出力電力  $P_0 = 240 [W]$ 、直流供給電流  $I_i = 3 [A]$ 、電力効率  $\eta = 80 [\%]$  から

$$E_i = \frac{240}{0.8 \times 3} = \frac{240}{2.4} = 100 [V]$$

答：4

[別解]

電力効率  $\eta = 80\%$  のとき出力電力  $P = 240 [W]$  に必要な入力電力  $P_i$  は、 $P_i = \frac{240}{0.8} = 300 [W]$

$$\text{供給直流電圧 } E_i \text{ は、} P_i = E_i I_i \Rightarrow E_i = \frac{P_i}{I_i} = \frac{300}{3} = 100 [V]$$

令和6年12月期 (IZ612 A-7)

A-7 増幅器の出力側において、基本波(正弦波)の電圧の実効値が 50 [V]、第二高調波の電圧の実効値が 0.8 [V]、第三高調波の電圧の実効値が 0.6 [V] であった。このときのひずみ率の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 0.5 [%]
- 2 1 [%]
- 3 2 [%]
- 4 4 [%]

歪率  $K$  は、 $K = \frac{\sqrt{E_2^2 + E_3^2}}{E_1}$  から求める。

ここに基本波の電圧を  $E_1$ 、第二高調波の電圧を  $E_2$ 、第三高調波の電圧を  $E_3$  とする。

$$\text{題与の諸元を上式に代入すれば、} K = \frac{\sqrt{(160^2 + 120^2) \times 10^{-6}}}{5} = \frac{\sqrt{25600 + 14400}}{5 \times 10^3} = \frac{\sqrt{40000}}{5 \times 10^3} = \frac{200}{5 \times 10^3} = 40 \times 10^{-3} = 0.04$$

$$K = 0.04 \Rightarrow K = 4[\%]$$

答：3

[参考]

$$\text{別計算の仕方 : } K = \frac{\sqrt{(160 \times 10^{-3})^2 + (120 \times 10^{-3})^2}}{5} = \frac{1 \times 10^{-2} \sqrt{16^2 + 12^2}}{5} = \frac{1 \times 10^{-2} \sqrt{256 + 144}}{5} = \frac{\sqrt{400}}{5 \times 10^2} = \frac{20}{500} = 0.04$$

令和5年8月期 (IZ508 A-7)

A-7 増幅器の出力側において、基本波の電圧の実効値が 5 [V]、第二高調波の電圧の実効値が 120 [mV]、第三高調波の電圧の実効値が 90 [mV] であった。このときのひずみ率の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 1 [%]
- 2 2 [%]
- 3 3 [%]
- 4 4 [%]

基本波 = 5 [V]、第2高調波 = 120 [mV]、第3高調波 = 90 [mV] から

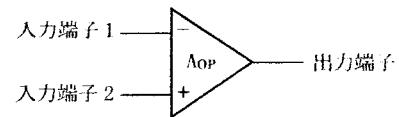
$$\begin{aligned} \text{歪率 } K &= \frac{\sqrt{(120 \times 10^{-3})^2 + (90 \times 10^{-3})^2}}{5} \times 100 = \frac{\sqrt{\frac{120^2 + 90^2}{10^6}}}{5} = \sqrt{\frac{22500}{25 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{22.5 \times 10^3}{25 \times 10^6}} \times 100 \\ &= \sqrt{\frac{0.9}{10^3}} \times 100 = \sqrt{\frac{9}{10^4}} \times 100 = \frac{3}{100} \times 100 = 3[\%] \end{aligned}$$

答：3

令和5年12月期 (IZ512 B-3)

B - 3 次の記述は、図に示す理想的な演算増幅器(オペアンプ)AOPについて述べたものである。□に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 入力端子1は、□ア□入力端子である。
- (2) 入力インピーダンスは、□イ□である。
- (3) 入力端子2から演算増幅器(AOP)には電流が□ウ□。
- (4) □エ□は、無限大( $\infty$ )である。
- (5) 動作原理として一般には□オ□を用いている。



- |        |                    |         |       |             |
|--------|--------------------|---------|-------|-------------|
| 1 流れない | 2 零 (0)            | 3 電圧増幅度 | 4 非反転 | 5 スタガ同調増幅回路 |
| 6 流れる  | 7 無限大 ( $\infty$ ) | 8 位相遅延  | 9 反転  | 10 差動増幅回路   |

答：ア：9、イ：7、ウ：1、エ：3、オ：10

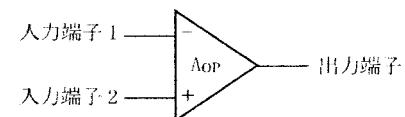
[解説]

- (1) 入力端子1：反転入力（入出力の位相が反転する）。入力端子2：非反転入力（入出力の位相が同相）  
入力インピーダンス：非常に大きい。出力インピーダンス：小さい
- (2) 電圧増幅度：無限大( $\infty$ )。反転入力端子と非反転入力端子に加えた入力電圧の差の電圧を増幅する。

令和6年12月期 (IZ612 B-2)

B - 2 次の記述は、図に示す理想的な演算増幅器(オペアンプ)AOPについて述べたものである。□に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 入力端子1は、□ア□入力端子である。
- (2) 入力インピーダンスは、□イ□である。
- (3) 入力端子2から演算増幅器(AOP)には電流が□ウ□。
- (4) 増幅度は周波数が高く□エ□。
- (5) 動作原理として一般には□オ□を用いている。

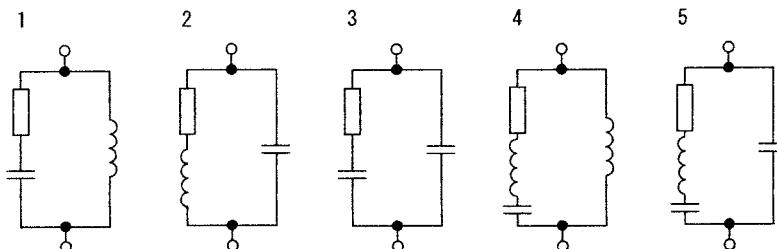


- |             |       |        |                    |              |
|-------------|-------|--------|--------------------|--------------|
| 1 なると小さくなる  | 2 反転  | 3 流れない | 4 零 (0)            | 5 差動増幅回路     |
| 6 なっても変わらない | 7 非反転 | 8 流れる  | 9 無限大 ( $\infty$ ) | 10 スタガ同調増幅回路 |

答：ア：2、イ：9、ウ：3、エ：6、オ：5

令和5年4月期 (IZ504 A-7)

A - 7 水晶振動子の電気的等価回路として、正しいものを下の番号から選べ。



□: 抵抗  
□: コイル  
□: コンデンサ

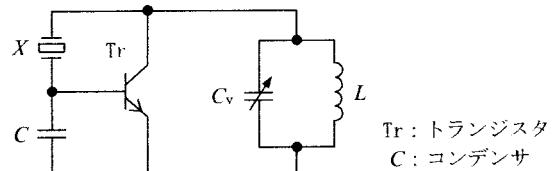
答：5

令和6年4月期 (IZ604 A-6)

A - 6 次の記述は、水晶発振回路の原理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。

図に示すピアース CB 水晶発振回路の原理図において、水晶発振子 X のリアクタンスが誘導性で、ベースとエミッタ間のリアクタンスが容量性であるから、コレクタとエミッタ間の同調回路(コイル L 及び可変コンデンサ C<sub>V</sub>の並列回路)が □ A の場合に発振する。したがって、発振を持続させるには L と C<sub>V</sub>による同調周波数を、発振周波数(水晶発振子の固有周波数)よりもわずかに □ B すればよい。

A	B
1 容量性	高く
2 容量性	低く
3 誘導性	高く
4 誘導性	低く



答: 2

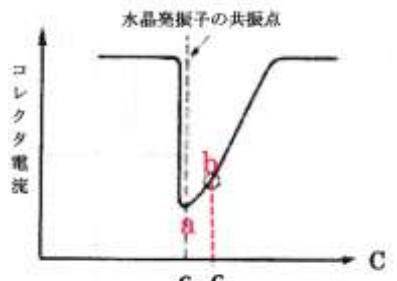
[解説]

題の回路は、ピアース BC 水晶発振回路。水晶発振子は、誘導性リアクタンス。ベース・エミッタ間には静電容量 C が入っており容量性。

コレクタとエミッタ間の同調回路が容量性のとき回路は発振する。

L と C<sub>V</sub> の並列接続同調回路による発振周波数は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_V}}$  から求める。

水晶発振子を流れる電流を縦軸に、同調回路の静電容量を横軸にして回路が発振するときの I<sub>C</sub> の状況をグラフに描けば、次図の通りとなる。



C<sub>V</sub>=C<sub>1</sub> のとき回路は共振してインピーダンスが最大で、コレクタ電流 I<sub>C</sub>

が最小になり (a点)、発振強度が最大になる。C<sub>V</sub> を C<sub>1</sub> よりも僅かに大きく

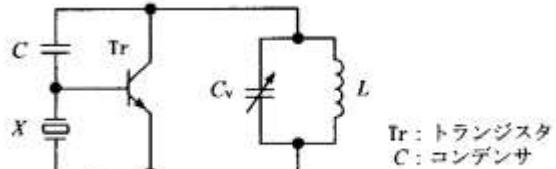
して発振周波数を高くすれば I<sub>C</sub> が急速に増加して発振が停止するなど発振状態が不安定になる。C<sub>V</sub> の値を C<sub>1</sub> より若干大きくして C<sub>2</sub> にし、同調回路の共振周波数を水晶発振子の発振周波数より僅かに低くすることにより同調回路の容量性が大きくなり、水晶発振子の発振の持続性 (安定性) を向上させることが出来る (b点)。

令和3年12月期 (IZ312 A-9)

A - 9 次の記述は、水晶発振回路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。

図に示すビアース BE 水晶発振回路の原理図において、水晶発振子 X のリアクタンスが誘導性で、ベースとコレクタ間のリアクタンスが容量性であるから、コレクタとエミッタ間の同調回路(コイル L 及び可変コンデンサ Cv の並列回路)が □ A の場合に発振する。したがって、発振を維持させるには、L と Cv による同調周波数を発振周波数(水晶発振子の固有周波数)よりもわずかに □ B すればよい。

A	B
1 誘導性	低く
2 誘導性	高く
3 容量性	低く
4 容量性	高く



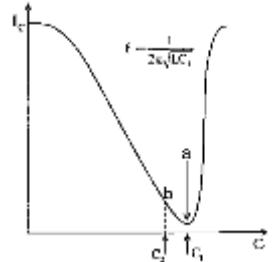
Tr: パワートランジスタ  
C: コンデンサー

答: 2

[解説]

水晶発振子 X が誘導性であるから、コレクタ・エミッタ間同調回路が誘導性のとき発振する。

コンデンサーの容量が右図 a 点で  $LC_V$  並列接続同調回路のインピーダンスが最大で、コレクタ電流  $I_C$  が最小となるが、右グラフに示す通り  $C_V$  が僅かに増加すれば  $I_C$  が急増加し、発振不安定  $\Rightarrow$  発信停止 に至る不安定な状況になるため、 $C_V$  の容量を僅かに小さくして水晶発振子の固有発振周波数を僅かに高くすることにより安定な発振動作 (b 点) を得、水晶発振子の発振持続性 (安定性) を向上させることが出来る。



令和7年5月期 (IZ705 A-7)

A - 7 次の記述は、水晶発振器の発振周波数を安定にする一般的な方法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 機械的衝撃や振動の影響を軽減する。
- 2 電源に定電圧回路を用いる。
- 3 水晶発振器又は水晶発振子を恒温槽に入れる。
- 4 水晶発振器と負荷との結合を疎にする。
- 5 水晶発振器と負荷との間に IDC 回路を設ける。

答: 5

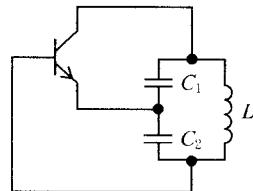
[解説]

IDC (Instantaneous Deviation Control) : FM 送信機において、大きな振幅の音声入力が加わったとき周波数偏移が瞬間に占有周波数帯幅の規定値を超えて広がる。これを防止するために変調回路の前段に IDC 回路を設け、入力信号が大きくなっても最大周波数偏移が規定値内に収まるように制御する回路。

令和4年12月期 (IZ412 A-8)

A-8 図に示すコルビッツ発振回路の原理図における発振周波数の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、コンデンサ  $C_1$  及び  $C_2$  の静電容量はそれぞれ  $0.008 \text{ } \mu\text{F}$  、コイル  $L$  の自己インダクタンスは  $4 \text{ } \mu\text{H}$  とする。

- 1 200 [kHz]
- 2 160 [kHz]
- 3 120 [kHz]
- 4 80 [kHz]
- 5 40 [kHz]



$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ から求める。} \text{ 但し, } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad \because C_1 \text{ と } C_2 \text{ は直列接続}$$

$$C = \frac{8 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^{-9}}{(8+8) \times 10^{-9}} = \frac{64 \times 10^{-9}}{16} = 4 \times 10^{-9} \text{ を上式に代入すれば,}$$

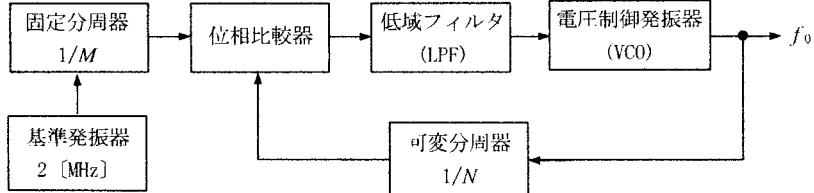
$$f = \frac{1}{2 \times 3.14 \sqrt{4 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{25.12 \sqrt{1 \times 10^{-12}}} = 39.8 \times 10^3 \doteq 40 \times 10^3 = 40 \text{ [kHz]}$$

答: 5

令和4年8月期 (IZ408 A-8)

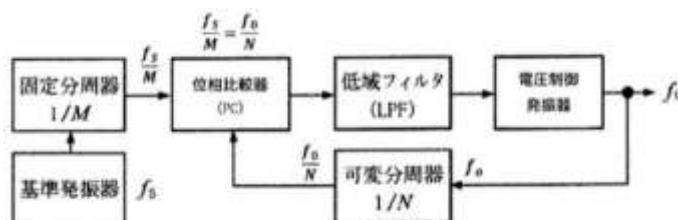
A-8 図に示す位相同期ループ(PLL)回路を用いた周波数シンセサイザ発振器において、可変分周器の分周比の  $N$  が 32 のときの出力周波数  $f_0$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、基準発振器の出力周波数は 2 [MHz] 及び固定分周器の分周比の  $M$  は 8 とする。

- 1 0.5 [MHz]
- 2 1.0 [MHz]
- 3 2.0 [MHz]
- 4 4.0 [MHz]
- 5 8.0 [MHz]



PLL回路の各段における周波数関係は下図の通り。

$$\text{右図から } \frac{f_s}{M} = \frac{f_0}{N} \Rightarrow f_0 = \frac{N}{M} f_s \quad \text{この式に題与の諸元を代入すれば, } f_0 = \frac{32}{8} \times 2 = 8.0 \text{ [MHz]}$$

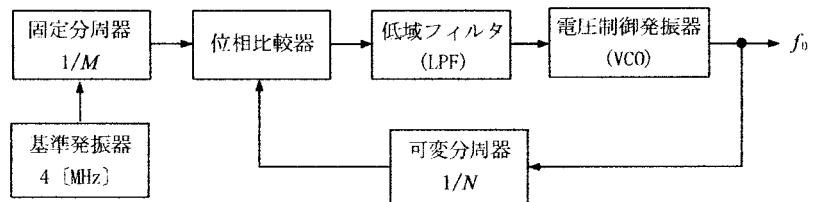


答: 5

令和5年12月期 (IZ512 A-8)

A-8 図に示す位相同期ループ(PLL)回路を用いた周波数シンセサイザ発振器において、基準発振器の出力周波数が 4 [MHz] 及び固定分周器の分周比の  $M$  が 16 のとき、出力周波数  $f_o$  が 32 [MHz] であった。可変分周器の分周比の  $N$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 32
- 2 64
- 3 128
- 4 256
- 5 512

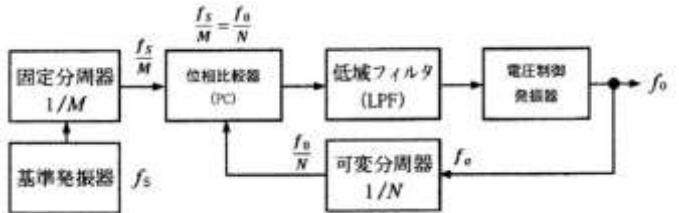


PLL回路の各段における周波数関係は次図の通り。

$$\text{右図から } \frac{f_s}{M} = \frac{f_o}{N} \Rightarrow N = \frac{f_o M}{f_s}$$

ここに題与の諸元を代入すれば、

$$N = \frac{32 \times 16}{4} = 128 \text{ [MHz]}$$

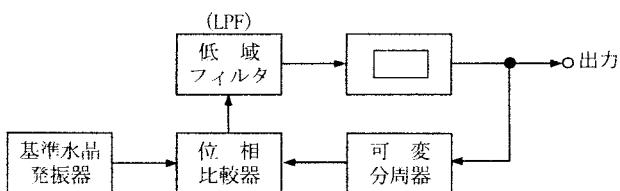


答：3

令和5年4月期 (IZ504 A-8)

A-8 図は、位相同期ループ(PLL)を用いた発振器の原理的な構成例を示したものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

- 1 検波器
- 2 振幅制限器
- 3 電圧制御発振器
- 4 周波数混合器



答：3

令和6年4月期 (IZ604 A-7)

A-7 NOR回路の真理値表として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、論理は正論理とする。

1

入力 A	入力 B	出力
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2

入力 A	入力 B	出力
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

3

入力 A	入力 B	出力
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

4

入力 A	入力 B	出力
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

答：2

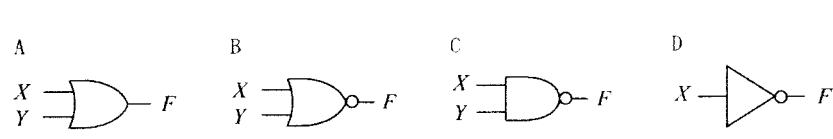
[解説]

題与の各論理回路は、 1. NAND 回路 2. NOR 回路 3. AND 回路 4. OR 回路

令和7年11月期 (IZ711 A-9)

A - 9 図に示す各論理回路に  $X = 0, Y = 1$  の入力を加えた場合、各論理回路の出力  $F$  の正しい組合せを下の番号から選べ。

A	B	C	D
1	1	0	1
2	1	0	0
3	0	1	1
4	0	1	0



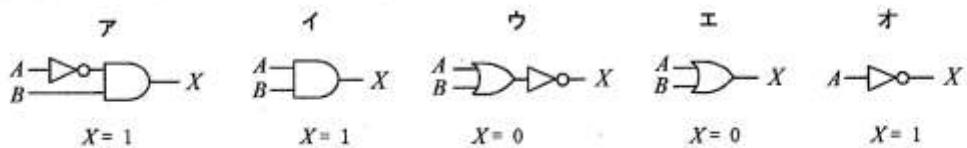
答：1

[解説]

$(X,Y) \Rightarrow F$  としたとき、A :  $(0,1) \Rightarrow 1$ 、B :  $(0,1) \Rightarrow 0$ 、C :  $(0,1) \Rightarrow 1$ 、D :  $(0,1) \Rightarrow 1$  から選択肢1 が得られる

令和元年12月期(IZ112 B-2)

B - 2 次の図は、論理回路とその入力に  $A = 0, B = 1$  を加えたときの出力  $X$  の値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、正論理とする。



答：ア：1、イ：2、ウ：1、エ：2、オ：1

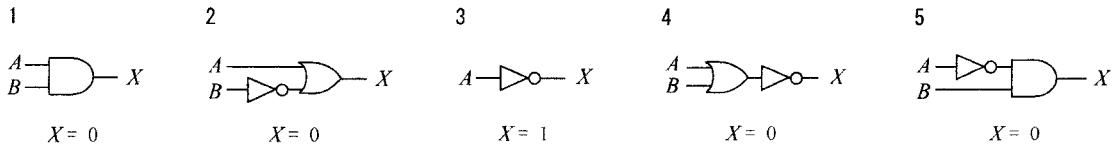
[解説]

各論理回路の正誤は次表の通り。

ア						イ			ウ						エ			オ	
NOT			AND			AND			OR			NOT			OR			NOT	
A	B	X'	X'	B	X	A	B	X	A	B	X'	X	X	A	B	X	A	X	
0		1	1	1	1	判定：1			判定：2			判定：1			判定：2			判定：1	

令和4年8月期 (IZ408 A-4)

A - 4 次の図は、論理回路とその入力に  $A = 0, B = 1$  を加えたときの出力  $X$  の値の組合せを示したものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、正論理とする。



題与の1~5の出力Xを表にまとめれば次の通りとなり 5のX=0が誤り。

1		2		3		4		5							
A	B	X	A	B	X	A	X	A	B	X'	X	A	B	A'	X
0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1

答：5

令和元年8月期(IZ108 B-3)

B - 3 次に示す論理回路の名称と真理値表の組合せとして正しいものを1、誤っているものを2として解答せよ。ただし、論理は正論理とする。

ア AND

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

イ OR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ウ NAND

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

エ NOR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

オ EXOR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

答：ア：1、イ：2、ウ：2、エ：1、オ：2

[解説]

題予表の正解は以下の通り。

AND

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NAND

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

EXOR

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

[解説]

EXOR (Exclusive OR) : 左の図記号が EXOR。



図に示す通り A と B の入力端子があり、出力側に F 端子 (X と記する場合もある) がある。

A または B のいずれかに入力 (1) があるときだけ出力 (1) がある。

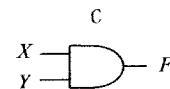
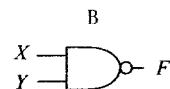
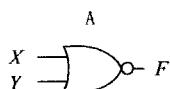
この論理回路では、A または B いずれか一方のみに入力 (1) があるときだけ F が (1) になることに注目する。

OR 回路の場合は、A、B とともに (1) のときも F は (1) になるが、EXOR では (0) になる。上記の真理値表を見比べて区別を理解すること。

令和5年8月期(IZ508 A-9)

A - 9 図に示す各論理回路に  $X = 1, Y = 0$  の入力を加えた場合、各論理回路の出力  $F$  の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、論理は正論理とする。

A	B	C
1	0	1
2	1	1
3	0	0
4	1	0



答：3

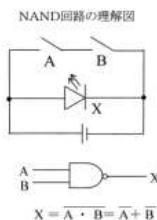
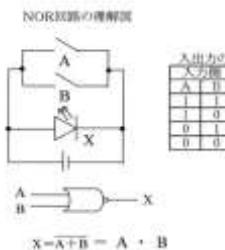
[解説]

入力  $X, Y$  に対する各論理回路の図記号の出力  $F$  は、右表の通り

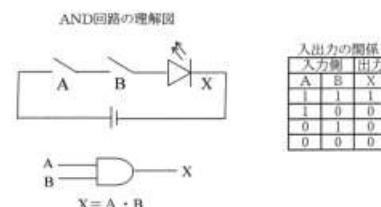
入力	A	B	C
X	Y	F	F
1	0	0	1

[解説]

題与図 A:NOR回路 B : NAND回路 C : AND回路 を示す。



入出力の関係		
入力側	出力	
A	B	X
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

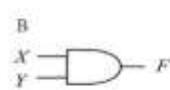
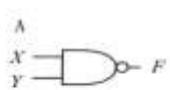


入出力の関係		
入力側	出力	
A	B	X
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

平成28年12月期(IZ812 A-9)

A - 9 図に示す各論理回路に  $X = 0, Y = 1$  の入力を加えた場合、各論理回路の出力  $F$  の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、論理は正論理とする。

A	B	C
1	0	1
2	0	0
3	0	1
4	1	0
5	1	0



題与の A、B、C は、それぞれ論理回路の NAND、AND、NOR であり、題与の条件のもと次表の出力  $F$  を得る。

A(NAND)			B(AND)			C(NOR)		
X	Y	F	X	Y	F	X	Y	F
0	1	1	0	1	0	0	1	0

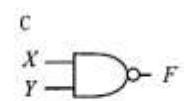
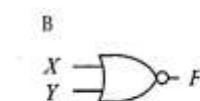
以上の結果から選択肢 4 が得られる。

答：4

令和3年4月期 (IZ304 A-9)

A-9 図に示す各論理回路に  $X = 0, Y = 1$  の入力を加えた場合、各論理回路の出力  $F$  の正しい組合せを下の番号から選べ。

A	B	C
1	1	0
2	1	0
3	0	1
4	0	1



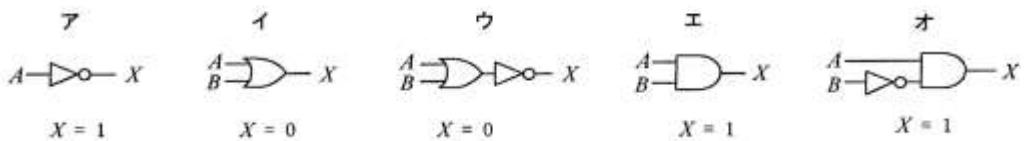
題与の論理回路の入力、出力関係を表記すれば次の通り。

A (OR回路)			B (NOR回路)			C (NAND回路)		
X	Y	F	X	Y	F	X	Y	F
1	0	1	1	0	0	1	0	1

答：1

平成28年8月期 (IZ808 B-2)

B-2 次の図は、論理回路とその入力に  $A = 1, B = 0$  を加えたときの出力  $X$  の値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、正論理とする。



答：ア：2、イ：2、ウ：1、エ：2、オ：1

[解説]

ア：NOT回路。A=1の時、出力側に負論理「。」がついているから  $X=0$  となる・・・2

イ：OR回路。A=1またはB=1の時  $X=1$  となる・・・2

ウ：OR回路にNOT回路が付いている。OR回路の出力  $X=1$  を NOT回路で否定するから  $X=0$  ・・・1

エ：AND回路。A=1、B=0 ゆえ  $X=0$  でなければならない・・・2

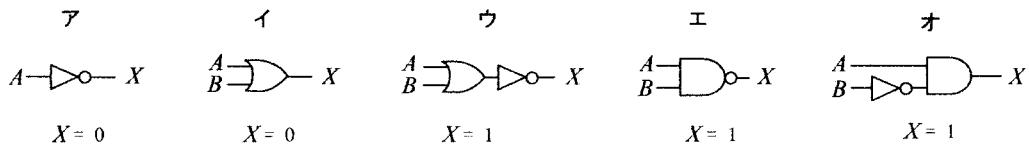
オ：BにNOT回路。B=0の出力が 1 となるから AND回路には入力 1、1 となるから出力 = 1 ・・・1

題与の論理回路の入力に対する正しい出力を表にまとめた。

ア			イ			ウ			エ			オ		
A	-	X	A	B	X	A	B	X	A	B	X	A	B	X
1	-	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
誤：2			誤：2			正：1			誤：2			正：1		

令和5年12月期 (IZ512 B-2)

B-2 次の図は、論理回路とその入力に  $A = 1, B = 0$  を加えたときの出力  $X$  の値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、正論理とする。



答：ア：1、イ：2、ウ：2、エ：1、オ：1

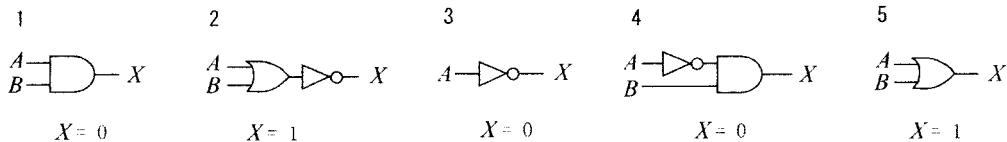
〔解説〕

題与の論理回路の入力に対する正しい出力を次表にまとめた。○：図記号の出力を否定する

ア			イ			ウ			エ			オ		
A	-	X	A	B	X	A	B	X	A	B	X	A	B	X
1		0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
正：1			誤：2			誤：2			正：1			正：1		

令和6年12月期 (IZ612 A-5)

A-5 次の図は、論理回路とその入力に  $A = 1, B = 0$  を加えたときの出力  $X$  の値の組合せを示したものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、正論理とする。



答：2

〔解説〕

・2：OR回路の出力=1 が NOT回路で  $X=0$  にならなければならぬ。

平成26年12月期 (IZ612 A-9)

A-9 NOR回路の真理値表として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、論理は正論理とする。

1	2	3	4								
入力A	入力B	出力									
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1

答：2

〔解説〕

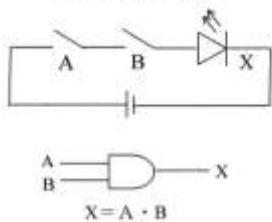
NOR回路の理解図と真理値表を次図に示す。

次図の理解図のA、B入力の順序が題与の表に記載と異なる順序であるから注意すること。

〔論理回路一般解説〕

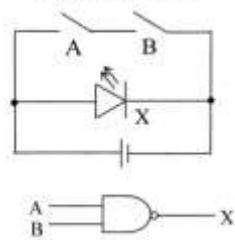
論理回路の入力側「A」、「B」に入力があるときを『1』、無いときを『0』、出力側「X」に出力があるときを『1』、無いときを『0』とすれば、それぞれの論理回路の入出力関係は次の通りとなる。

AND回路の理解図



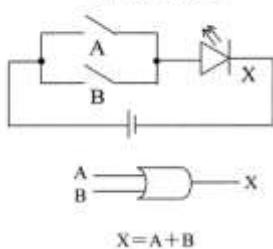
入出力の関係	
入力側	出力
A	1
B	1
1	1
1	0
0	1
0	0

NAND回路の理解図



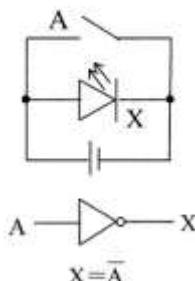
入出力の関係	
入力側	出力
A	1
B	1
1	0
1	1
0	1
0	0

OR回路の理解図



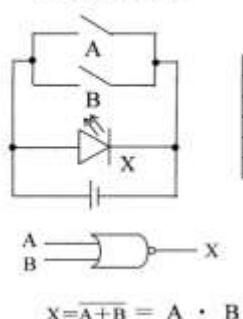
入出力の関係	
入力側	出力
A	1
B	1
1	1
1	0
0	1
0	0

NOT回路の理解図



入出力の関係	
入力	出力
A	X
1	0
0	1

NOR回路の理解図



入出力の関係	
入力側	出力
A	1
B	1
1	0
1	0
0	1
0	1

令和2年12月期 (IZ212 B-3)

B - 3 次に示す論理回路の名称と真理値表の組合せとして正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。ただし、論理は正論理とする。

ア EXOR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

イ OR

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ウ NAND

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

エ NOR

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

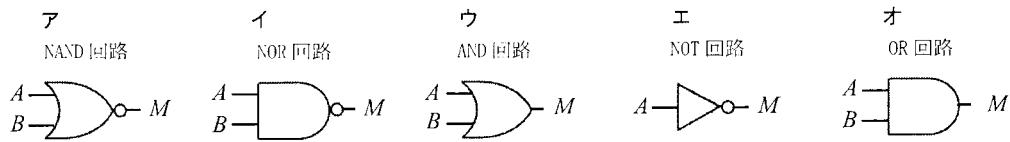
オ AND

入力		出力
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

答: ア: 2、イ: 2、ウ: 1、エ: 2、オ: 1

令和5年4月期 (HZ504 B-3)

B - 3 図は、通常用いられる論理回路及びその名称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、正論理とし、A 及び B を入力、M を出力とする。



答：ア：2、イ：2、ウ：2、エ：1、オ：2

[解説]

ア：NOR回路、イ：NAND回路、ウ：OR回路、エ：NOT回路、オ：AND回路

[参考]

記号を負論理という。例えば、AND回路の出力端に。を付してAND出力を否定  $\Rightarrow$  即ちNAND回路とする。  
OR回路の出力端に。を付してNOR回路とする。

令和4年12月期 (IZ412 A-9)

A - 9 NAND回路の真理値表として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、論理は正論理とする。

1	2	3	4
入力 A	入力 A	入力 A	入力 A
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	1

1	2	3	4
入力 B	入力 B	入力 B	入力 B
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	1	0

1	2	3	4
出力	出力	出力	出力
1	0	1	0
0	1	1	0
1	0	1	0
0	1	0	1

1	2	3	4
入力 B	入力 B	入力 B	入力 B
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	0
1	1	1	1

答：3

[参考]

NAND回路は、AND回路の出力にNOT回路を付したもの。AND回路は、入力A及びBがともに『1』の時のみ出力が『1』となるが、NOT回路で否定するからこの時のみ『0』、との入力の組み合わせに対し出力は全部『1』となる。

令和5年8月期 (IZ508 A-10)

A - 10 電力増幅器において、高周波出力電力が 120 [W]で直流供給電流が 4 [A]のときの直流供給電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電力増幅器の電力効率は 60 [%]とする。

1 20 [V]      2 30 [V]      3 40 [V]      4 50 [V]

$P = IE$  に題与の諸元を代入すれば、 $E = \frac{P}{I} = \frac{120}{4} = 30[V]$   $\Rightarrow$  電力効率 60 [%] を反映すれば、

$$\text{直流供給電圧} = \frac{30}{0.6} = 50[V]$$

答：4

令和3年9月期 (IZ309 A-11)

A - 11 AM(A3E)送信機において、無変調時の搬送波電力が 100 [W]、変調信号が単一正弦波で変調度 90 [%] のときの、振幅変調(A3E)波の平均電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 140 [W]    2 180 [W]    3 210 [W]    4 250 [W]    5 280 [W]

無変調搬送波電力を  $P_c$ 、振幅変調の平均電力を  $P_m$ 、変調度を  $M$  とすれば、 $P_m = P_c(1 + \frac{M^2}{2})$  を使用する。

この式に題与の諸元を代入すれば、 $P_m = 100 \left(1 + \frac{0.9^2}{2}\right) = 100 \times 1.405 = 140.5 \approx 140[W]$

答：1

令和6年8月期 (IZ608 A-9)

A - 9 次の記述は、AM(A3E)送信機の動作等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) 緩衝増幅器は、発振器に負荷の変動の影響を与える、発振周波数を安定にするよう、水晶発振器の出力と次段の結合ができるだけ A にするため  
に用いられる増幅器で、通常 A 級で動作させる。
- (2) 高電力変調方式は、低電力変調方式に比べて変調器出力が B 、また、終段の電力増幅器は効率の良い C で動作させることができる。

	A	B	C
1	密	小さく	C級
2	密	大きく	A級
3	疎	小さく	A級
4	疎	大きく	C級

答：4

〔解説〕

- (1) 次段への結合を疎にしなければ次段回路の動作が発振器に影響を与える。
- (2) 高電力変調方式の名の通り変調器出力が大きい。終段電力増幅器は効率の良い C 級動作が使用されるが、増幅歪の発生に留意しなければならない。

令和5年4月期 (IZ504 A-10)

A - 10 AM(A3E)送信機において、無変調時の搬送波電力が 150 [W]、変調信号が単一正弦波で変調度 80 [%] のとき、振幅変調(A3E)波の平均電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 160 [W]  
2 170 [W]  
3 180 [W]  
4 190 [W]  
5 200 [W]

平均電力を  $P_m$ 、無変調時の搬送波電力を  $P_c$ 、変調度を  $M$  とすれば、 $P_m = P_c(1 + \frac{M^2}{2})$  の関係にある。

この式に題与の諸元を代入すれば、 $P_m = 150 \left(1 + \frac{0.8^2}{2}\right) = 150(1 + 0.32) = 150 \times 1.32 = 198 \approx 200[W]$

答：5

令和7年5月期 (IZ705 A-9)

A - 9 電力増幅器において、高周波出力電力が 80 [W] で直流供給電流が 5 [A] のときの直流供給電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電力増幅器の電力効率は 80 [%] とする。

1 20 [V]      2 30 [V]      3 40 [V]      4 50 [V]      5 60 [V]

・高周波出力電力を  $P$ 、直流供給電流を  $I$ 、直流供給電圧を  $E$ 、電力効率を  $\eta$  とすれば、 $P = \eta IE$

$\Rightarrow E = \frac{P}{\eta I}$  この式に題与の諸元を代入すれば、 $E = \frac{80}{0.8 \times 5} = 20[V]$

答：1

令和5年12月期 (IZ512 A-9)

A - 9 次の記述は、DSB(A3E)通信方式と比べたときの、SSB(J3E)通信方式の特徴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) 送話のときだけ電波が発射され、搬送波が抑圧されているために □ A が生じない。  
(2) 占有周波数帯幅は、ほぼ 1/2 であり、□ B の影響が少ない。  
(3) 100 [%] 変調をかけた DSB 送信機出力の、片側の側波帯と等しい電力を SSB 送信機で送り出すとすれば、SSB 送信機出力は、DSB の搬送波電力の 1/4、すなわち、全 DSB 送信機出力の □ C の値で済む。

A	B	C
1 ビート妨害	干渉性フェージング	1/8
2 ビート妨害	選択性フェージング	1/6
3 トランкиングエラー	干渉性フェージング	1/6
4 トランкиングエラー	選択性フェージング	1/8

答：2

令和4年12月期(IZ412 B-3)

B - 3 次の記述は、DSB(A3E)通信方式と比べたときの、SSB(J3E)通信方式の特徴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) 送話のときだけ電波が発射され、□ ア が抑圧されているためにビート妨害が生じない。  
(2) 占有周波数帯幅は、ほぼ □ イ 倍であり、□ ウ の影響が少ない。  
(3) 100 [%] 変調をかけた DSB 送信機出力の、片側の側波帯と等しい電力を SSB 送信機で送り出すとすれば、SSB 送信機出力は、DSB の搬送波電力の □ エ 倍、すなわち、全 DSB 送信機出力の □ オ の値で済む。

1 下側波帶	2 搬送波	3 1/4	4 デリンジャ現象	5 1/2
6 上側波帶	7 1/5	8 1/6	9 選択性フェージング	10 1/3

答：ア：2、イ：5、ウ：9、エ：3、オ：8

A - 9 次の記述は、DSB(A3E)通信方式と比べたときの、SSB(J3E)通信方式の特徴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。

- (1) 送話のときだけ電波が発射され、搬送波が抑圧されているために □A が生じない。
- (2) 占有周波数帯幅は、ほぼ  $1/2$  であり、□B の影響が少ない。
- (3) 100 [%] 変調をかけた DSB 送信機出力の、片側の側波帯と等しい電力を SSB 送信機で送り出すとすれば、SSB 送信機出力は、DSB の搬送波電力の  $1/4$ 、すなわち、全 DSB 送信機出力の □C の値で済む。

	A	B	C
1	ビート妨害	干渉性フェージング	$1/8$
2	ビート妨害	選択性フェージング	$1/6$
3	トラッキングエラー	干渉性フェージング	$1/6$
4	トラッキングエラー	選択性フェージング	$1/8$

答：2

〔解説〕

以下の解説は、1アマの範疇になるが、題与の選択肢3と8の論拠をここに示し、 $\frac{1}{4}$  と  $\frac{1}{6}$  が導き出されたプロセスを理解するようにして下さい。1アマ受験勉強の時に役立ちます。

DSB変調波(A3E)の電流は、次図の通り搬送波( $f$  :  $I_m$ )、

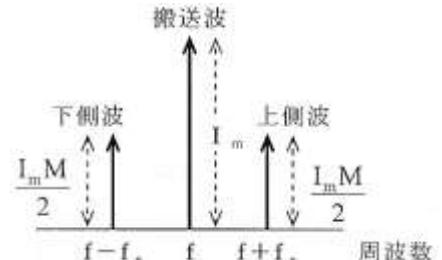
上側波( $f + f_s$  :  $\frac{I_m M}{2}$ )、下側波( $f - f_s$  :  $\frac{I_m M}{2}$ )の3成分からなる。

ここに  $f_s$  は、信号波周波数とする。

被変調搬送波電流の最大値は  $I_m$  であり、 $M$  を変調度とすれば

上側波電流の最大値は、 $\frac{I_m M}{2}$

下側波電流の最大値は、 $\frac{I_m M}{2}$



被変調搬送波電流の最大値  $I_m$  の実効値を  $I$ [A]、被変調波電流が流れる抵抗を  $R[\Omega]$ 、被変調波の変調率を  $M$  とすれば、

搬送波電力  $P_C = I^2 R$

$$\text{上側波電力 } P_U \text{ は, } P_U = \left(\frac{I_m M}{2}\right)^2 R = \frac{I^2 M^2 R}{4}$$

$$M = 100\% \ (M = 1) \text{ のとき, } P_U = \frac{I^2 M^2 R}{4} = \frac{I^2 R}{4} = \frac{P_C}{4} \Rightarrow \text{搬送波電力 } P_C \text{ の } \frac{1}{4}$$

$$\text{下側波電力 } P_L \text{ は, } P_L = \left(\frac{I_m M}{2}\right)^2 R = \frac{I^2 M^2 R}{4}$$

$$M = 100\% \ (M = 1) \text{ のとき, } P_L = \frac{I^2 M^2 R}{4} = \frac{I^2 R}{4} = \frac{P_C}{4} \Rightarrow \text{搬送波電力 } P_C \text{ の } \frac{1}{4}$$

従って、被変調波の平均電力  $P_m$  は、 $P_m = P_C + P_U + P_L$  となる。この式に上記の諸元を代入すれば、

$$P_m = I^2 R + \frac{I^2 M^2 R}{4} + \frac{I^2 M^2 R}{4} = I^2 R + \frac{I^2 M^2 R}{2} = I^2 R \left(1 + \frac{M^2}{2}\right)$$

$$I^2R = P_C \text{ を上式に代入すれば、 } P_m = P_C \left(1 + \frac{M^2}{2}\right) [W] \Leftarrow \text{ A3E送信機の平均電力}$$

$$\text{変調度 } M = 100\% \text{ のとき、 } P_m = P_C \left(1 + \frac{M^2}{2}\right) \Rightarrow P_m = P_C \left(1 + \frac{1^2}{2}\right) = P_C(1 + 0.5) \Rightarrow P_m = 1.5P_C$$

被変調波の平均電力  $P_m$  の上側波または下側波の平均電力を  $P_S$  とすれば、  $P_S = P_U = P_L$  と同じであり、

$$P_S = \frac{I^2 M^2 R}{4} = \frac{P_C}{4} \quad \text{上記に求めた } P_m = 1.5P_C \text{ は、 } P_C = \frac{P_m}{1.5} \text{ で、これを左式 } P_S \text{ に代入すれば、}$$

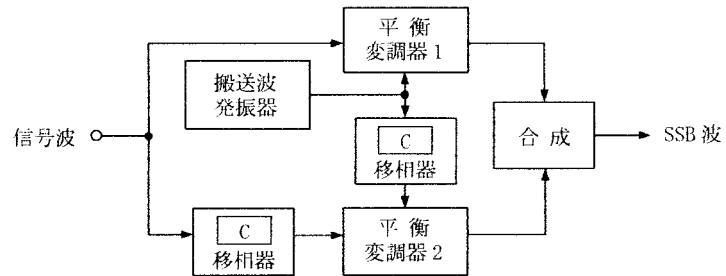
$$P_S = \frac{P_C}{4} = \frac{1}{4} \times \frac{P_m}{1.5} = \frac{P_m}{4 \times 1.5} = \frac{P_m}{6} \Leftarrow \text{上側波または下側波の平均電力 } P_S \text{ は、全DSB送信機出力 } P_m \text{ の } \frac{1}{6} \text{ となる。}$$

令和6年4月期(IZ604 A-8)

A-8 次の記述は、SSB(J3E)波の発生方法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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) フィルタ法では、平衡変調器を用いて □ 撥送波両側波帯を発生させ、次に、いずれか一方の側波帯のみを取り出す。
- (2) 図は、移相法によるSSB変調器の構成例を示したものである。この方法は、フィルタ法に必要となる急峻な □ が不要な反面、信号波の全域にわたり平坦な位相特性を有する □ 移相器が必要である。

デジタル信号処理の発展に伴うデジタル移相器の実現により、この方法が実用化されている。



A	B	C
1 低減	帯域除去フィルタ(BEF)	$\pi/2$
2 低減	帯域フィルタ(BPF)	$\pi/4$
3 抑圧	帯域フィルタ(BPF)	$\pi/2$
4 抑圧	帯域除去フィルタ(BEF)	$\pi/4$

答：3

[解説]

SSB(J3E)波の発生法にはフィルタ法のほか位相法がある。題与の図は、位相法である。

フィルタ法では、平衡変調器やリング変調器を用いて搬送波を抑圧する。位相法では、フィルタ法に必要な周波数遮断特性を持つ帯域フィルタ

(BPF) が不要であるが、信号波の広い周波数範囲にわたって一様に  $\frac{\pi}{2}$  [rad] 移相することが必要。

この方法は、デジタル移相器の普及により一般的に使用されるようになってきている。



令和7年11月期 (IZ711 A-8)

A - 8 次の記述は、無線通信機器に使用されている基本的な DSP (Digital Signal Processor) を用いたデジタル信号処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) デジタル信号処理では、例えば音声のアナログ信号を □ A でデジタル信号に変換して DSP と呼ばれるデジタル信号処理専用のプロセッサに取り込む。
- (2) DSP は信号を □ B することにより、デジタルフィルタ等が実現できる。
- (3) 原理的に DSP は周囲温度の変化や電源電圧の変動に対し、特性の変化が □ C 。

	A	B	C
1	D-A 変換器	演算処理	起きやすい
2	D-A 変換器	位相変換	起きにくい
3	A-D 変換器	演算処理	起きにくい
4	A-D 変換器	位相変換	起きやすい

答：3

〔解説〕

DSP を用いたデジタル信号処理簡易図を右に示す。  
アナログ信号を A-D 変換器によりデジタル信号に変換し、これを DSP で演算処理して後 D-A 変換器を経てアナログ信号として取り出す。デジタル処理を行うから周囲温度や電源電圧の変動を受けにくい。



令和6年4月期 (IZ604 A-9)

A - 9 次の記述は、無線印刷電信 (RTTY) に使用される印刷電信符号等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 一つの文字や記号を表すために、短点 5 個分の長さの符号を用いるものを 5 単位符号という。
- 2 通信速度を表す単位として、1 単位 (短点) の長さを秒で表した時間 (s) を用いる。
- 3 発射される電波は、発射電波の中心周波数を基準にそれぞれ正又は負へ一定値だけ偏移させる。
- 4 アマチュア局が使用する RTTY の周波数偏移幅は、一般的に 170 [Hz] が使われている。

答：2

〔解説〕

RTTY の通信速度を表す単位をボー (baud) という。RTTY の符号は、短点 (bit) とスペース (space) で構成されており、一つの文字や記号を示す符号の長さは一定である。1 単位 (短点) の長さを秒で表した時間  $t$  の逆数を通信速度  $baut$  といい、 $baut = \frac{1}{t}$  で表す。

令和3年9月期 (IZ309 A-10)

A - 10 次の記述は、無線印刷電信 (RTTY) に使用される印刷電信符号等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 一つの文字や記号を表すために、短点 5 個分の長さの符号を用いるものを 5 単位符号という。
- 2 通信速度を表す単位として、1 単位 (短点) の長さを秒で表した時間の逆数である「ボー」を用いる。
- 3 発射される電波は、発射電波の中心周波数を基準にそれぞれ正又は負へ一定値だけ偏移させる。
- 4 アマチュア局が使用する RTTY の周波数偏移幅は、一般的に 270 [Hz] が使われている。

答：4

〔解説〕

RTTY の周波数のシフト幅は、170Hz が使われる。

令和7年5月期(IZ705 A-10)

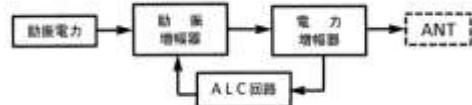
A - 10 SSB(J3E)送信機のALC回路の働きについての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 音声の低音部を強調する。
- 2 音声入力レベルが低いとき、マイクの増幅度を自動的に上げる。
- 3 電力増幅器に一定レベル以上の入力電圧が加わったとき、増幅器の増幅度を自動的に下げる。
- 4 送信機とアンテナとの整合が取れていないとき、送信の動作を止める。

答：4

〔解説〕

ALC (Automatic Level Control) : J3E 送信機において、電力増幅器に一定以上の入力が加わったとき、増幅器が過励振になり送信波形に歪が発生し、占有周波数帯域幅が規定以上に広がる。これを防止するために電力増幅器の前段増幅器(励振増幅器)の増幅度を自動的に下げて過励振を防止する回路。



令和5年8月期 (IZ508 A-11)

A - 11 次の記述は、アマチュア無線局の電波障害対策の一例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) SSB(J3E)電波の送信時には、[A] メータの指針が規定範囲を超えないようにマイクに向かって話す。
- (2) 高調波が放射されないよう、送信機と給電線の間に [B] を挿入する。
- (3) 屋内のAC100[V](又は200[V])の配線や屋外の配電線へ不要な電波が漏れないよう、定電圧電源装置等のAC側に [C] を挿入する。

A	B	C
1 ALC	高域フィルタ (HPF)	くし形フィルタ
2 ALC	低域フィルタ (LPF)	コモンモードフィルタ
3 SWR	高域フィルタ (HPF)	コモンモードフィルタ
4 SWR	低域フィルタ (LPF)	くし形フィルタ

答：2

〔解説〕

- ・ALCは、電力増幅器への入力電圧が一定値よりも高くなると（過励振）、増幅器出力に歪が発生し、占有帯域幅が過度に広がる。過励振になるのを防ぐために、電力増幅器電力の一部を励振増幅器にフィードバックし、入力レベルが過大のとき、励振増幅器の増幅度を自動的に制御する回路。  
ALCメーターは、励振状態を監視するもので、指針が一定レベルを超えるとき、音声入力レベルを下げて過励振を防ぎ、ひずみの無い出力電波を維持する。
- ・高調波は、基本波よりも高い周波数であるから、低域フィルタ（Low Pass Filter）を送信機と出力給電線間に挿入して高調波の輻射を防ぐ。この時LPFは、送信機の出力端に挿入すること。
- ・無線機器内の高周波電流が、電源系統に乗って外部に漏出すれば、電波障害の原因になることがある。この漏出を防止するために「コモンモードフィルター（CMF）」を電源装置のAC側に挿入する。漏出した高周波電流はCMFを通過の際AC2線間でキャンセルし合い、外部への漏出を防止する。

令和5年12月期 (IZ512 A-10)

A - 10 次の記述は、BCI等を防止するために送信機側で行う寄生振動防止対策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 同調回路と高周波チョークコイルなどは、相互の結合が密になるように配置する。
- 2 ランジスタは、なるべく電極間容量の小さいものを選ぶ。
- 3 電力増幅器のコレクタ側とベース側の結合を打ち消すため、中和回路を取り付ける。
- 4 電力増幅器のコレクタ回路またはベース回路の電極の近くに、直列に寄生振動防止回路を挿入する。

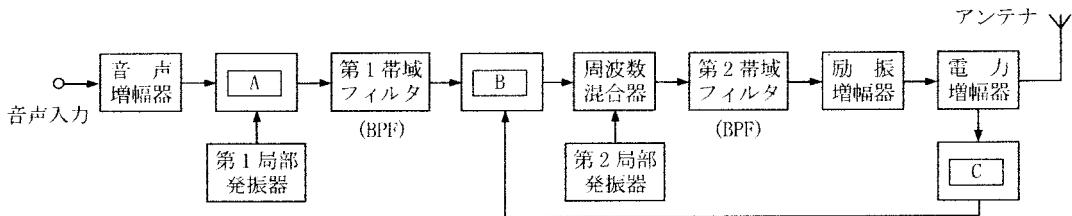
答：1

〔解説〕

コレクタ・ベース間の電極間静電容量が大きくなれば、そこに発振回路が形成され、出力電力の一部が入力側に帰還し、この帰還電力が大きくなれば電力増幅回路が飽和し発振状態となり、スプリアス（目的周波数と全く関係のない周波数）を発生させる。スプリアス電力の周波数が中波帯に及べばBCIの原因となる。両者間を出来るだけ離し、相互の結合が起こらないように配置する。

令和7年11月期 (IZ711 A-10)

A - 10 図は、SSB(J3E)送信機の原理的な構成例を示したものである。□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。



A	B	C
1 平衡変調器	中間周波増幅器	ALC回路
2 平衡変調器	電圧制御発振器	AFC回路
3 周波数倍増器	中間周波増幅器	AFC回路
4 周波数倍増器	電圧制御発振器	ALC回路

答：1

[解説]

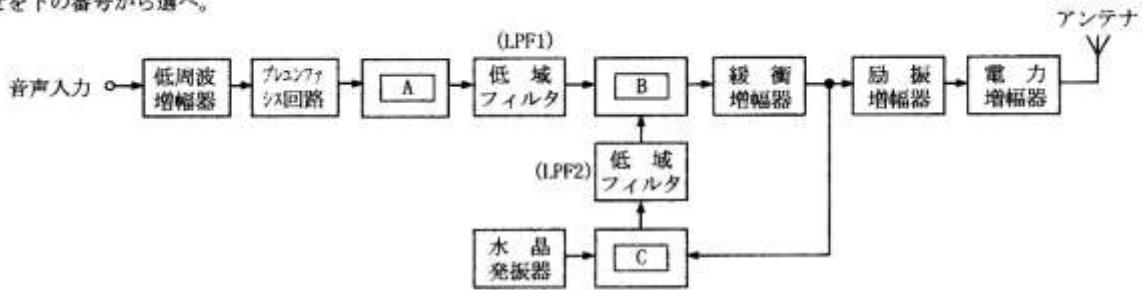
A：平衡変調器（リング変調回路）は、搬送波を取り除き、上側波帶（USB）と下側波帶（LSB）周波数を取り出し帯域フィルター回路に出力する。

B：中間周波増幅部は、平衡変調回路から出力された両側波帶の内の一方の側波帶を増幅して次段に出力する。

C：ALC回路（Automatic Level Control）は、励振増幅器から電力増幅器に入る入力レベルが過大になると出力波形に歪が生じ、これが占有周波数帯域幅を広くして必要周波数帯域外にスプリアスを発射させる原因となる。電力増幅器の一部信号を取り出し励振増幅器または中間周波増幅器にfeedbackして増幅器の増幅レベルを自動調整し、電力増幅器における過励振を制御してスプリアスの発射を防止する回路。

令和4年4月期 (IZ404 A-11)

A - 11 図は、直接周波数変調方式を用いた FM(F3E)送信機の構成例を示したものである。□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。



A	B	C
1 IDC回路	電圧制御発振器 (VCO)	位相比較器
2 IDC回路	周波数弁別器	分周器
3 AFC回路	電圧制御発振器 (VCO)	分周器
4 AFC回路	周波数弁別器	局部発振器

答：1

[解説]

IDC回路：FM変調のピークでデビエーションが瞬時に規定値を超えないようピークを制限する回路。これにより隣接周波数への妨害を抑え、平均変調度を上げることが出来る。

令和7年11月期 (IZ711 A-11)

A - 11 FM(F3E)送信機に用いられる IFC回路の働きについての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 撮送波周波数を送信周波数まで高める。
- 2 送信機出力が規定値以内となるようにする。
- 3 変調信号波の高い周波数成分を強調する。
- 4 電力增幅段に過大な入力が加わらないようにする。
- 5 最大周波数偏移が規定値以内となるようにする。

答：5

令和5年8月期 (IZ508 A-12)

A - 12 次の記述は、電信(A1A)電波の復調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。

AM(A3E)受信機で A1A 電波を受信すると、□A 音しか得られない。このため、A3E 受信機に中間周波数より □B [kHz] くらい高いか、又は低い周波数で発振する BFO(うなり周波発振器)を付加し、その出力を中間周波数信号と共に検波器に加え検波すれば、電信の □C 受信時に可聴音が得られる。

- | A      | B  | C    |
|--------|----|------|
| 1 クリック | 10 | スペース |
| 2 クリック | 1  | マーク  |
| 3 ピート  | 1  | スペース |
| 4 ピート  | 10 | マーク  |

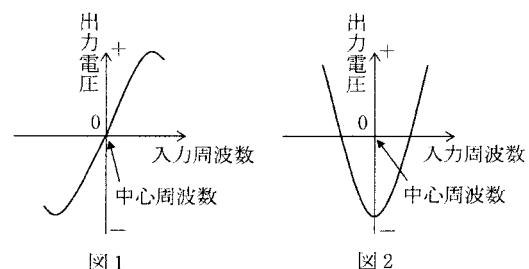
答：2

令和4年8月期 (IZ408 A-12)

A - 12 次の記述は、FM(F3E)受信機に用いられる周波数弁別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。

周波数弁別器は、FM(F3E)波の □A の変化から信号波を取り出す回路であり、□B や比検波器などがある。周波数弁別器の入力周波数-出力電圧特性は □C である。

- | A     | B            | C   |
|-------|--------------|-----|
| 1 振幅  | リング検波器       | 図 1 |
| 2 振幅  | フォスター・シリーア回路 | 図 2 |
| 3 周波数 | リング検波器       | 図 2 |
| 4 周波数 | フォスター・シリーア回路 | 図 1 |



答：4

[解説]

FM波の復調器にはフォスター・シリーア回路とレシオ(比)検波回路などがあり、一般にこれらを周波数弁別器といふ。

これらの周波数弁別器では、F3E波の瞬時周波数と出力電圧の振幅が、題と図1に示すS字関係にあり、振幅の変化を直線検波（包絡線検波）する回路の組み合わせから構成されている。

令和元年12月期(IZ112 A-10)

A-10 次の記述は、アマチュア無線局の電波障害に関する対策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。

- (1) 電信(A1A)送信機の電鍵操作においては、□Aが生じないようにする。
- (2) 高調波が放射されないよう、送信機と給電線の間に□Bを挿入する。
- (3) 電灯線(低圧配電線)へ電波が漏れないよう、電源の入力部に□Cを挿入する。

A	B	C
1 ハウリング	高域フィルタ(HPF)	ACラインフィルタ
2 ハウリング	低域フィルタ(LPF)	セラミックフィルタ
3 キークリック	低域フィルタ(LPF)	ACラインフィルタ
4 キークリック	高域フィルタ(HPF)	セラミックフィルタ

答：3

令和3年12月期 (IZ312 A-11)

A-11 次の記述は、アマチュア局の電波による電波障害の原因と対策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。

- (1) ラジオ受信機及び電子機器などの被障害機器に、アマチュア局の送信電波による電波障害が発生することがある。その主な原因として、アマチュア局の送信機から発射された電波の基本波と不要輻射(スブリアス)によるものがある。  
電波障害の原因が基本波の場合は、□A側の対策が有効であり、電波障害の原因が不要輻射の場合は、□B側の対策が有効である。
- (2) 一方、被障害機器などがアマチュア局など無線局の電波による電磁界の影響を、どの程度のレベルまで受けても電波障害を起こさない能力を持っているかを表す指標を一般に□Cという。

A	B	C
1 送信機	被障害機器	二信号特性
2 送信機	被障害機器	安定度
3 被障害機器	送信機	イミュニティ
4 被障害機器	送信機	周波数許容偏差

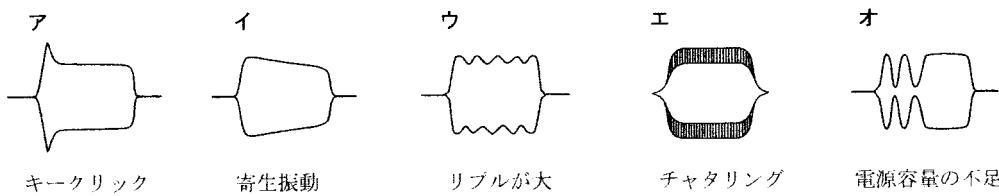
答：3

#### 〔解説〕

電波法を順守した無線局の基本波による電波障害の発生の場合は、基本波の小電力化或いは停波以外の策がない。基本波の停波は、無線局の存在を否定するもので、あり得ない対策となるから、被障害機器への対策以外の方法がない。

令和7年11月期 (IZ711 B-3)

B - 3 図は、AM(A1A)送信機で、電鍵操作をしたときの送信波の異常波形とその原因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。



答：ア：1、イ：2、ウ：1、エ：2、オ：2

〔解説〕

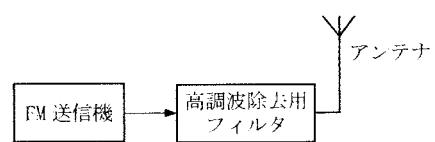
次表に異常送信波形と原因、対策を示す。

異常送信波形	原 因	対 策
	キークリック。 電鍵接のとき発生する火花などが原因。	C R直列回路を電鍵に並列に挿入する。電鍵断時の電荷を放電して火花を防止。Rは電鍵接時サーボ電流による火花を防止する。
	電源の容量不足。 電鍵接直後から負荷が増大するに伴い送信電力が減少していく。	負荷に十分な電源容量とし、負荷が掛かっても電源が安定に動作するようにする。
	電源平滑回路が不完全なため直流にリップルが乗っている。	平滑回路の静電容量増やす。
	発振回路、高周波增幅回路で寄生振動を起こしている。	発振回路、高周波增幅回路の入出力間の高周波結合を無くし、帰還発振を防止するなど。
	チャタリングの発生。	リレーの接片間隔を広くし過ぎないように調整し、接片の振動が起こらないようにする。

令和4年12月期 (IZ412 A-10)

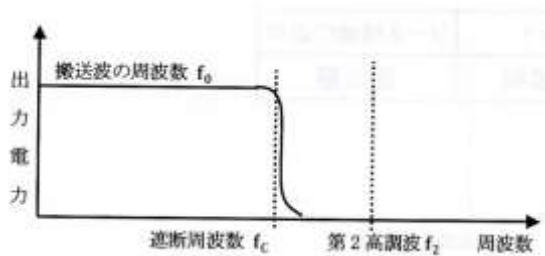
A - 10 図に示すように、FM(F3E)送信機とアンテナの間に挿入する高調波除去用フィルタの特性として、適切なものを下の番号から選べ。ただし、送信電波の搬送波の周波数を  $f_0$ 、送信出力に含まれる第2高調波の周波数を  $f_1$ 、第3高調波の周波数を  $f_2$  とする。

- 1 通過周波数帯域が  $f_0$  から  $f_1$  までの帯域フィルタ(BPF)
- 2 中心周波数が  $f_0$  の帯域除去フィルタ(BEF)
- 3 遮断周波数が  $f_0$  より高い高域フィルタ(HPF)
- 4 遮断周波数が  $f_0$  の低域フィルタ(LPF)
- 5 遮断周波数が  $f_0$  より高く、 $f_2$  より低い低域フィルタ(LPF)



答：5

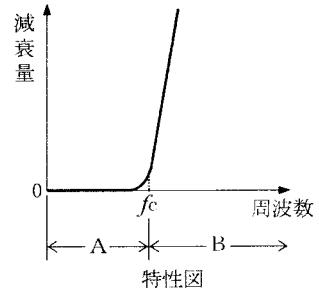
〔参考〕



令和4年12月期 (IZ412 A-4)

A-4 次の記述は、低域フィルタ(LPF)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。

- 特性図に示すAの部分は通過帯域、Bの部分は減衰帯域である。
- 抵抗成分を省略した原理的なLPFの回路として、コイルとコンデンサをL形、T形或いはπ形等に配置したものがある。
- 特性図に示す $f_c$ (遮断周波数)は、LPFに通す信号(正弦波)の周波数を上げていったとき、十分低い周波数のときに比べて出力が電力で6[dB]下がる周波数である。
- 送信機と空中線の間に挿入する場合は、空中線系の整合が取れないと、LPFとして正常に動作をしない。



答：3

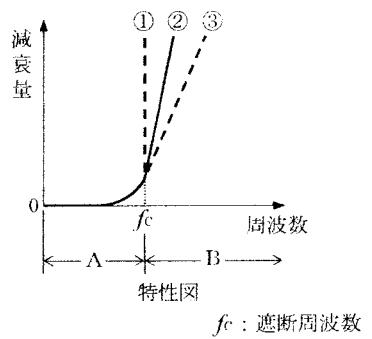
[参考]

出力電力が3[dB]下がる周波数。

令和7年11月期 (IZ711 A-5)

A-5 次の記述は、図に示す低域フィルタ(LPF)の特性等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。

- 特性図において、Aの部分は通過帯域、Bの部分は減衰帯域である。
- LPFを実現するための原理的な回路としては、コイルとコンデンサをL形、T形又はπ形等に配置したものがある。
- 特性図において、 $f_c$ はLPFに通す信号(正弦波)の周波数を上げていったとき、十分低い周波数の時に比べて出力が6[dB]下がる周波数である。
- 特性曲線②が実際の特性であるとき、LPFとして理想的な特性に近いものは③より①の特性を持つLPFの方である。



答：3

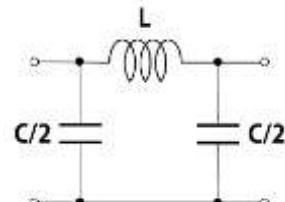
[解説]

・周波数が $f_c$ を超えたとき、①方が急峻な減衰になるから理想的な特性に近い。

・LPFの例

右にπ形LPFの一例を示す。

- (1) 入力側のコンデンサーでは、リアクタンス  $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$



$$\Rightarrow I = \frac{V}{X_C} = 2\pi f C V \quad \text{この式から周波数が高くなるほど}$$

このコンデンサーを通してアース側に電流をよく通す

$\Rightarrow L$  には低域周波数の電流が流れる。

$$\text{リアクタンス } X_L = \omega L = 2\pi f L \Rightarrow I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{2\pi f L} \quad \text{この式から周波数が高くなるほど } I \text{ は小さくなる}$$

$\Rightarrow L$  では低域周波数の電流がよく流れる  $\Rightarrow$  LPF になる。

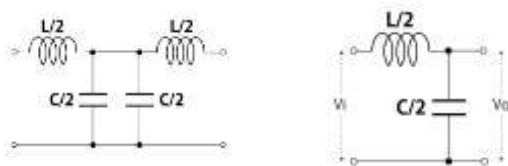
フィルター回路では、通過領域の信号強度の  $\frac{1}{\sqrt{2}} = 3[\text{dB}]$  になったところを遮断周波数  $f_c$  としている。

換言すれば、通過帯域電圧の  $\sqrt{2}$  倍となる周波数。従って、題与の  $6[\text{dB}]$  は誤り。A-

(2)  $\pi$  形 LPF の基本回路は上図であり、各素子  $LC$  はそれぞれ  $\frac{L}{2}$  と  $\frac{C}{2}$  からなっている。

$$\text{従って、この時の遮断周波数 } f_c \text{ は, } f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{L}{2} \times \frac{C}{2}}} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$$

実際の回路では、次の組合せも使用される。

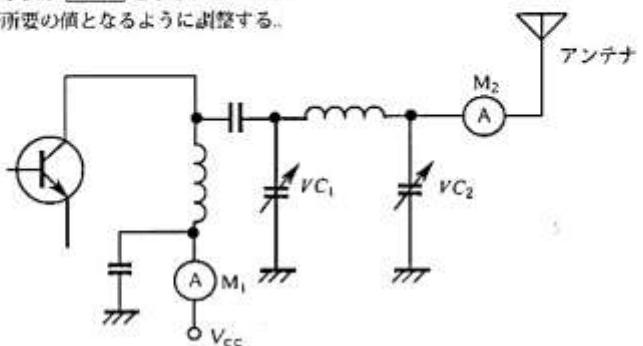


平成 23 年 4 月期(IZ304 A-11)

A-11 次の記述は、図に示す  $\pi$  形アンテナ結合回路の調整方法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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 初めに、可変コンデンサ  $VC_2$  の静電容量を **A** にする。次に可変コンデンサ  $VC_1$  を調整して、終段電力増幅器のコレクタ電流を示す直流電流計  $M_1$  の指示値が **B** となるようする。
- (2) 次に、 $VC_2$  の静電容量を僅かに **C** させると、アンテナ電流を示す高周波電流計  $M_2$  の指示値が増加し、 $M_1$  の指示値も変化するので、 $VC_1$  を調整し直して  $M_1$  の指示値が **B** となるようする。
- (3) (2)の操作を繰り返しながら、 $M_2$  の指示値が所要の値となるように調整する。

	A	B	C
1	最小	最小	増加
2	最小	最大	減少
3	最大	最大	増加
4	最大	最小	減少



初めに  $VC_2$  を **最大** にする。次に  $VC_1$  を調整して  $M_1$  を **最小** にする。次に  $VC_2$  を僅かに **減少** させる。

答：4

令和元年 12 月期(IZ112 A-11)

A-11 希望する電波を受信しているとき、近接周波数の強力な電波により受信機の感度が低下した。この現象に該当する名称を下の番号から選べ。

- 1 影像周波数妨害
- 2 感度抑圧（感度抑圧効果）
- 3 引込み現象
- 4 トランシーバー

答：2

令和4年4月期 (IZ404 A-12)

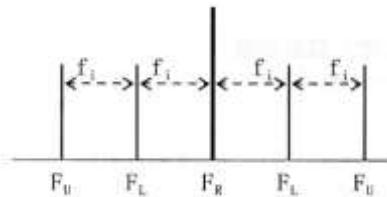
A-12 スーパーヘテロダイン受信機において、受信周波数 433.2 [MHz] を局部発振周波数  $f_L$  [MHz] と共に周波数混合器に加えて、中間周波数 10.7 [MHz] を得るとき、局部発振周波数  $f_L$  [MHz] 及び影像周波数  $f_U$  [MHz] の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。

	$f_L$	$f_U$
1	443.9	465.3
2	443.9	401.1
3	422.5	454.6
4	422.5	411.8

受信周波数  $F_R$ 、中間周波数  $f_i$ 、局部発振器の発振周波数  $F_L$ 、  
影像周波数  $F_U$  それぞれの関係を次図に示す。

$$F_R = 433.2[\text{MHz}] \quad f_i = 10.7[\text{MHz}] \quad \text{から}$$

$$F_L = 433.2 - 10.7 = 422.5 \quad F_U = 433.2 - 2 \times 10.7 = 411.8$$



答：4

〔解説〕

$F_L$  と  $F_U$  が  $F_R$  よりも高いとき、 $F_L = 433.2 + 10.7 = 443.9$   $F_U = 433.2 + 2 \times 10.7 = 454.6$  となり、題与の選択肢に無い。

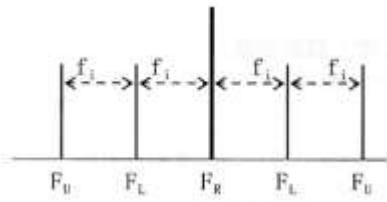
令和5年12月期 (IZ512 A-12)

A-12 スーパーヘテロダイン受信機において、受信周波数 145.4 [MHz] を局部発振周波数  $f_L$  [MHz] と共に周波数混合器に加えて、中間周波数 10.7 [MHz] を得るとき、局部発振周波数  $f_L$  [MHz] 及び影像周波数  $f_U$  [MHz] の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。

	$f_L$	$f_U$
1	156.1	113.3
2	156.1	155.7
3	134.7	124.0
4	134.7	166.8

受信周波数  $F_R$ 、中間周波数  $f_i$ 、局部発振器の発振周波数  $F_L$ 、中間周波数  $f_i$  影像周波数  $F_U$  のそれぞれの関係を次図に示す。

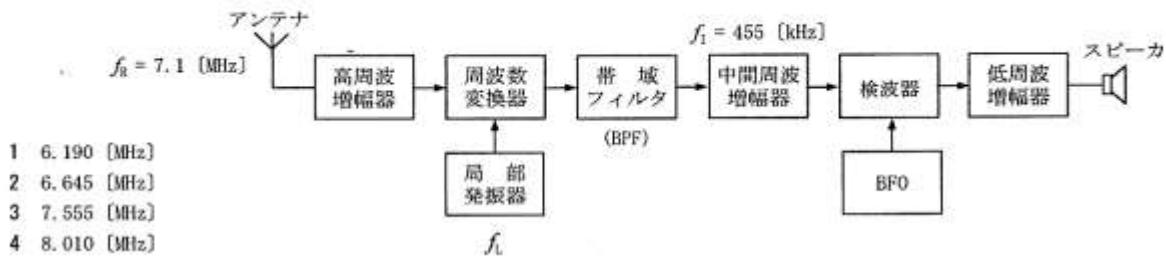
$$\begin{aligned} F_R &= 145.4 \text{ [MHz]} & f_i &= 10.7 \text{ [MHz]} & \text{から} \\ \cdot F_L &= F_R - f_i = 145.4 - 10.7 = 134.7 \text{ [MHz]} & & & \\ F_u &= F_L - f_i = 134.7 - 10.7 = 124.0 \text{ [MHz]} & & & \\ \cdot F_L &= F_R + f_i = 145.4 + 10.7 = 156.1 \text{ [MHz]} & & & \\ F_u &= F_L + f_i = 156.1 + 10.7 = 166.8 \text{ [MHz]} & & & \end{aligned}$$



答：3

平成30年4月期(IZ004 A-11)

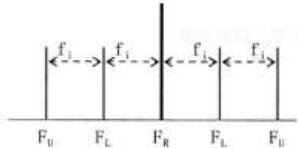
A-11 図に示すスーパー・ヘテロダイーン AIA 受信機の構成例において、受信周波数  $f_R$  が 7.1 [MHz] のときの影像周波数の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、中間周波数  $f_i$  は 455 [kHz] とし、局部発振器の発振周波数  $f_L$  は受信周波数  $f_R$  より高いものとする。



受信周波数  $F_R$ 、中間周波数  $f_i$ 、局部発振器の発振周波数  $F_L$ 、影像周波数  $F_U$  それぞれの関係を次図に示す。

題意から右図に示す通り影像周波数  $F_U$  は、受信周波数  $F_R$  及び局部発振周波数  $F_L$  よりも高いところにある。

題与の条件  $f_L > f_R$  から、 $F_U = F_R + 2f_i$  であり、題与の諸元をここに代入すれば、  
 $F_U = 7.1 + 2 \times 0.455 = 8.010 \text{ [MHz]}$



答：4

[参考]

スーパー・ヘテロダイーン受信機において、受信周波数  $F_R$  より中間周波数  $f_i$  の2倍だけ高い、または低い周波数  $F_U$  を影像（イメージ）周波数という。受信周波数  $F_R$ 、影像周波数  $F_U$ 、局部発信周波数  $F_L$  のそれぞれの関係は、右図の通りとなる。

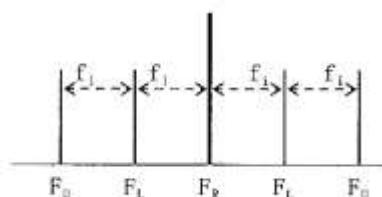
局部発信周波数  $F_L$  が受信周波数  $F_R$  よりも中間周波数  $f_i$  だけ高いとき、

$f_R + f_i = f_L$  となる。また、 $f_L + f_i = f_U$  または、 $f_R + 2f_i = F_U$  ( $F_U$  : 影像周波数) となる。

上図を描いて各周波数間の関係を確認しよう。

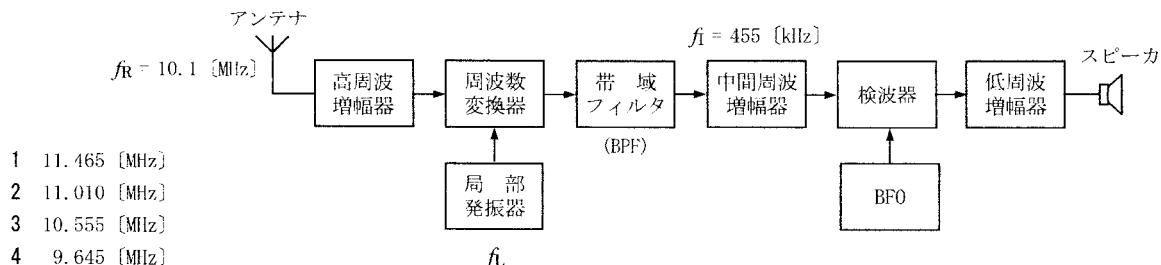
到来電波（受信電波）の周波数が  $F_U$  の時、 $F_U - F_L = f_i$  の関係が生じ、同じ中間周波数  $f_i$  が出来、影像周波数の関係となって、希望波の受信に妨害を与えることになる。

$F_L$  が  $F_R$  よりも  $f_i$  だけ低い場合も、同様の周波数関係となり、影像周波数妨害が生ずる。



令和4年12月期 (IZ412 A-12)

A - 12 図に示すスーパーハテロダイン AIA 受信機の構成例において、受信周波数  $f_R$  が 10.1 [MHz] のときの影像周波数の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、中間周波数  $f_i$  は 455 [kHz] とし、局部発振器の発振周波数  $f_L$  は受信周波数  $f_R$  より高いものとする。

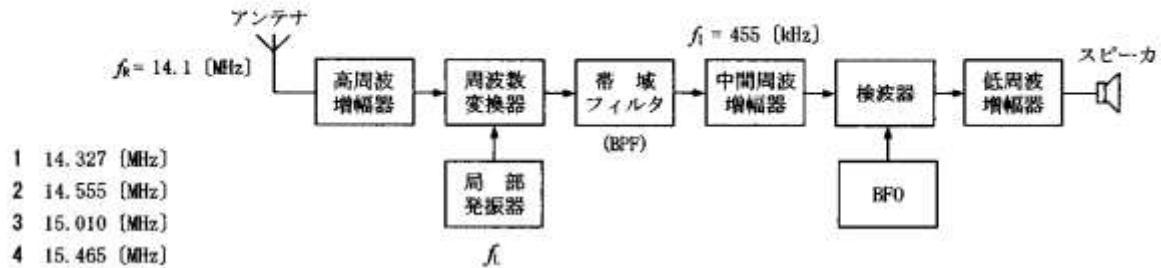


$$\text{影像周波数 } f_u \text{ とすれば、 } f_u = f_R + f_i + f_i = 10.1 + 0.455 + 0.455 = 11.01 \text{ [MHz]}$$

答：2

令和3年9月期 (IZ309 A-13)

A - 13 図に示すスーパーハテロダイン AIA 受信機の構成例において、受信周波数  $f_R$  が 14.1 [MHz] のときの影像周波数の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、中間周波数  $f_i$  は 455 [kHz] とし、局部発振器の発振周波数  $f_L$  は受信周波数  $f_R$  より高いものとする。

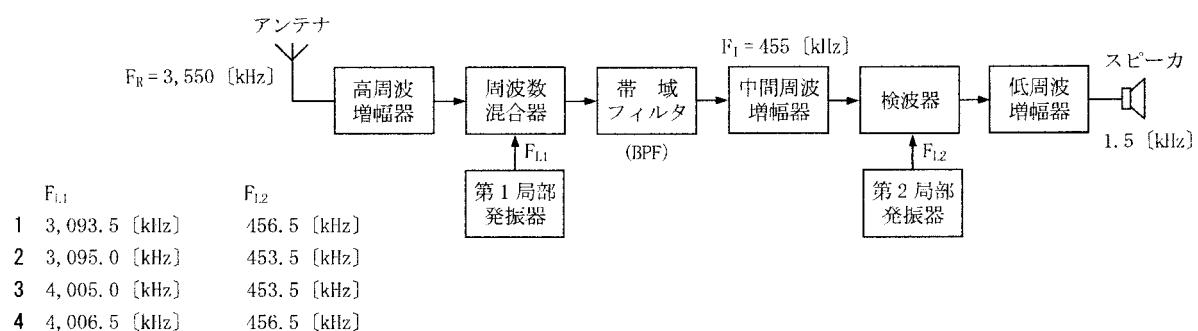


$$\text{影像周波数 } f_u \text{ は、 } f_u = f_R + 2f_i = 14.1 + 2 \times 0.455 = 15.01 \text{ [MHz]}$$

答：3

令和4年8月期 (IZ408 A-11)

A - 11 図に示すSSB(J3E)用スーパーハテロダイン受信機において、受信周波数  $F_R$  が 3,550 [kHz] で下側波帯(LSB)のSSB電波を受信するとき、第1局部発振周波数  $F_{L1}$  及び復調用の第2局部発振周波数  $F_{L2}$  の値として、正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、中間周波数  $F_i$  は 455 [kHz]、スピーカからの出力信号の周波数は 1.5 [kHz] とする。



受信周波数  $F_R = 3,550$  [kHz]

・ $F_I = F_R \pm F_{L1}$  から  $F_{L1} = F_I \pm F_R = 455 \pm 3550 = 4005$  または  $-455 \Rightarrow F_{L1} = 4005[\text{kHz}]$

・ $F_{L2} = F_I \pm F_S = 455 \pm 1.5 = 465.5$  または  $453.5[\text{kHz}]$

選択肢の中で、 $F_{L1} = 4005[\text{kHz}]$  は、選択肢 3 で、この時の  $F_{L2} = 453.5 [\text{kHz}]$

答：3

令和4年12月期(IZ412 A-11)

A - 11 次の記述は、SSB(J3E)用スーパーヘテロダイン受信機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。

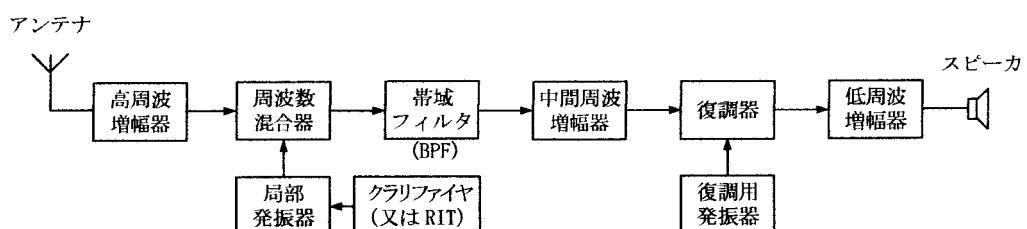
- (1) J3E 電波は、搬送波が □A□ されているので、受信機で復調するためには、搬送波に相当する周波数を発振する復調用局部発振器が必要である。
- (2) 受信機の周波数変換部における □B□ がずれると、ひずみが生じ音声出力の明瞭度が悪くなるので、調整のため □C□ が用いられる。

A	B	C
1 低減	局部発振周波数	ノッチフィルター
2 低減	单一調整(トラッキング)	クラリファイヤ(又は RIT)
3 抑圧	局部発振周波数	クラリファイヤ(又は RIT)
4 抑圧	单一調整(トラッキング)	ノッチフィルター

答：3

令和7年5月期 (IZ705 A-11)

A - 11 次の記述は、図に示す SSB(J3E)受信機の各部の動作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。



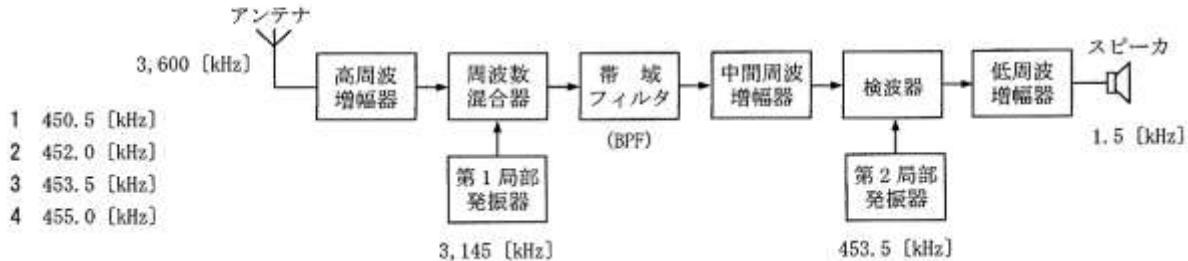
- 1 高周波増幅器は、受信周波数の信号を増幅し、感度及び選択度の向上を図る。
- 2 周波数混合器により中間周波数となった信号は、帯域フィルタ(BPF)を通過する際に、影像(イメージ)周波数による混信が除去される。
- 3 復調器は、中間周波数に変換された信号に復調用発振周波数を加えて信号波を取出す。
- 4 下側波带 LSB の電波を復調する場合の復調用発振周波数は、中間周波数より 1.5 [kHz] 高い周波数である。
- 5 クラリファイヤ(又は RIT)は、局部発振器の発振周波数をわずかに変えて、受信した音声信号の明りよう度が良くなるように調整する。

答：2

[解説]

受信 J3E 信号は、周波数混合器で局部発振周波数が加えられて中心周波数が中間周波数に変換される。この信号は、帯域フィルタにより近接周波数による混信などの通過帯域外の不要な周波数成分が除去され、中間周波増幅器で増幅される。

A-13 図は、SSB(J3E)受信機の構成例を示したものである。中間周波増幅器の出力信号の周波数として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの受信波、第1局部発振器、第2局部発振器及びスピーカからの出力信号の周波数を、それぞれ3,600 [kHz]、3,145 [kHz]、453.5 [kHz] 及び1.5 [kHz] とする。



受信周波数  $F_R = 3,600$  [kHz]、

第1局部発振周波数  $F_{L1} = 3,145$  [kHz]、

第2局部発振周波数  $F_{L2} = 453.5$  [kHz]、

$F_S = 1.5$  [kHz]、中間周波数を  $f_i$  とすれば、

$$f_i = F_R \pm F_{L1} = 3,600 \pm 3,145 = 6,745 \text{ または } 455 \text{ [kHz]}$$

$$f_i = F_{L2} \pm F_S = 453.5 \pm 1.5 = 455 \text{ または } 452 \text{ [kHz]}$$

以上の計算から、 $f_i$  として 455 [kHz] が得られる。

答：4

[別解]

題与から、搬送波周波数 :  $f$ 、受信信号周波数 :  $F_R = 3,600$  [kHz]、

第1局部発振周波数  $F_{L1} = 3,145$  [kHz]、中間周波数  $f_i$ 、第2局部発振周波数  $F_{L2} = 453.5$  [kHz]、

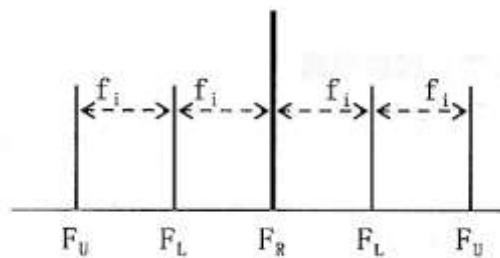
スピーカからの信号周波数 :  $F_S = 1.5$  [kHz]

手順① 受信信号  $F_R$  が LSB のとき、

$$f = F_R + F_S = 3,600 + 1.5 = 3,601.5 \text{ [kHz]}$$

$$f_i = F_R - F_{L1} = 3,600 - 3,145 = 455 \text{ [kHz]}$$

$$F_{L2} = f - F_{L1} = 3,601.5 - 3,145 = 456.5 \text{ [kHz]}$$



従って、このとき題与の第2局部発振周波数 453.5 [kHz] にはならないから受信信号  $F_R$  は、LSB ではない。

手順② 受信周波数  $f$  が USB のとき、

$$f = F_R - F_S = 3,600 - 1.5 = 3,598.5 \text{ [kHz]}$$

$$f_i = F_R - F_{L1} = 3,600 - 3,145 = 455 \text{ [kHz]}$$

$$F_{L2} = f - F_{L1} = 3,98.5 - 3,145 = 453.5 \text{ [kHz]}$$

従って、題与の第2局部発振周波数となり、受信信号  $F_R$  は、USB 波で、中間周波数  $f_i$  は、455 [kHz] となる。

送信側では、音声信号  $F_S$  と第1局部発振器で作られた搬送波周波数 ( $F_{L1}$ ) を平衡変調器に入ることにより搬送

波( $F_{L1}$ )が抑圧処理され、第1局部発振周波数に重畠した信号波は帯域フィルタを経て  $F_{L1} + f_S$  または  $F_{L1} - f_S$  のいずれか一つだけが次段回路に送られる。さらに、目的周波数を得るために第2局部発振周波数( $F_{L2}$ )と再度周波数混合と帯域フィルタにより SSB送信周波数( $F_R$ )となり、電力増幅器を経て電波として発射される。受信側では、このプロセスを逆に辿ることになる。受信SSB波には搬送波が無いからこのままでは受信波から信号波を取り出すことが出来ない。

先ず、受信波に信号波を加えて搬送波を求める ( $f = F_R + f_S$  又は  $f = F_R - f_S$ )。

このあとは、それぞれの信号処理回路における周波数加減算をする。周波数にマイナス (-) はないから、引き算のときは高い周波数から低い周波数を引く。

搬送波周波数、受信周波数、信号波周波数のそれぞれの関係を理解しておくこと。

令和4年4月期(IZ404 B-3)

B-3 次の記述は、スーパーヘテロダイン方式の AM(A3E)受信機の中間周波増幅器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) 中間周波増幅器は周波数混合器で作られた中間周波数の信号を增幅するとともに、□ **ア** 妨害を除去する働きをする。  
 (2) 中間周波増幅器の通過帯域幅が受信電波の占有周波数帯幅と比べて極端に□ **イ** 場合には、必要としない周波数帯域まで増幅されるので□ **ウ** 度が悪くなる。また、通過帯域幅が極端に□ **エ** 場合には、必要とする周波数帯域の一部が増幅されないので□ **オ** が悪くなる。

- |       |      |      |       |               |
|-------|------|------|-------|---------------|
| 1 過変調 | 2 狹い | 3 選択 | 4 忠実度 | 5 影像(イメージ)周波数 |
| 6 混変調 | 7 広い | 8 変調 | 9 安定度 | 10 近接周波数      |

答: ア: 10、イ: 7、ウ: 3、エ: 2、オ: 4

[解説]

- (1) 中間周波増幅器に内蔵されている中間周波変成器は、フィルタの役割を持っており、近接周波数妨害を除去する働きがある。  
 (2) 通過帯域幅が受信電波の占有周波数帯幅と比べて極端に広い場合には、必要としない周波数帯域まで増幅されるので忠実度は良いが選択度が悪くなる。通過帯域幅が極端に狭い場合には、必要とする周波数帯域の一部しか増幅されないから選択度は良いが忠実度が悪くなる。

令和5年12月期 (IZ512 A-11)

A-11 次の記述は、FM(F3E)受信機に用いられる振幅制限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) FM受信機では、中間周波増幅器と□ **A** との間に振幅制限器を挿入して、この段までに入ってくる雑音、混信その他による□ **B** 成分を除去し、中間周波信号の振幅を一定に保つようとする。  
 (2) 振幅制限器は、ある電圧□ **C** の入力に対しては出力電圧が一定になるような特性を持つ回路であり、これを用いることにより、受信機出力の信号対雑音比(S/N)の改善や復調された信号波のひずみを低減することができる。

- |          |    |    |
|----------|----|----|
| A        | B  | C  |
| 1 周波数混合器 | FM | 以上 |
| 2 周波数混合器 | AM | 以下 |
| 3 周波数弁別器 | AM | 以上 |
| 4 周波数弁別器 | AM | 以下 |
| 5 周波数弁別器 | FM | 以上 |

答：3

令和7年5月期 (IZ705 A-12)

A - 12 次の記述は、FM(F3E)受信機に用いられる各種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。

- (1) 復調器出力における信号対雑音比(S/N)の改善やひずみの低減のため、受信されたFM波の振幅変動を除去して一定の振幅とする回路を[A]回路という。
- (2) 復調された信号波において、送信側で強調された[B]周波数の成分を減衰させるとともに、[B]周波数成分の雑音も減衰させ、周波数特性とS/Nを改善するための回路をディエンファシス回路という。
- (3) FM受信機では入力波がなくなると、復調器出力に大きな雑音が現れるので、自動的に[C]増幅器の動作を止めて、雑音を消去する回路をスケルチ回路という。

A	B	C
1 ディスクリミネータ	低い	低周波
2 ディスクリミネータ	高い	高周波
3 リミタ	低い	高周波
4 リミタ	高い	低周波

答：4

[解説]

リミタ（振幅制限器）は、FM波が伝搬中に受ける雑音、混信やその他によるAM成分を除去し、フェーディングなどによる変動を除去し、復調器出力における信号対雑音比を改善して、F3E波に含まれる振幅変動を除去して振幅を一定にする回路。

令和6年年8月期(IZ608 A-11)

A - 11 次の記述は、AM(A3E)受信機で発生する相互変調による混信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。

ある周波数の電波を受信しているとき、2つ以上の強力な妨害波( $f_1, f_2, \dots$ )が混入すると、受信機内部で希望波と等しい周波数の妨害波を生じる現象で、周波数変換回路のような[A]の回路に、 $f_1$ と $f_2$ の2つの周波数が同時に入ると、周波数変換部の出力側には、 $f_1, f_2$ 及びその高調波どうしの和または差の周波数成分が無数に発生する。一般に、これらの周波数の中に受信周波数、受信機の[B]、影像周波数のどれかに合ったものがあるとき混信妨害を受けることになる。

相互変調を軽減するには、高周波増幅部の選択度を良くしたり、[C]にウェーブトラップを挿入したりする等の方法がある。

A	B	C
1 直線性	中間周波数	アンテナ回路
2 直線性	局部発振周波数	中間周波増幅回路
3 非直線性	中間周波数	中間周波増幅回路
4 非直線性	局部発振周波数	中間周波増幅回路
5 非直線性	中間周波数	アンテナ回路

答：5

〔解説〕

受信機に希望波以外の二つ以上の強力な不要波（周波数  $f_1$ 、 $f_2$ ）が混入したとき、回路の非直線性により入力した信号周波数の整数倍の和もしくは差の周波数が生じ、これらの周波数の中に受信機の中間周波数又は影像周波数と一致したものがあるときに生ずる混信障害を相互変調といふ。

$f_1$  と  $f_2$  の周波数成分について、

- ・  $f_1 + f_2$  または  $f_1 - f_2$  の周波数成分を第2次の相互変調歪
- ・  $2f_1 - f_2$  または  $2f_2 - f_1$  の周波数成分を第3次の相互変調歪 という。

令和5年4月期 (IZ504 A-12)

A - 12 次の記述は、DSB(A3E)受信機で発生する相互変調による混信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。

ある周波数の電波を受信しているとき、2つ以上の強力な妨害波( $f_1$ 、 $f_2$ 、….)が混入すると、受信機内部で希望波と等しい周波数の妨害波を生じる現象で、周波数変換回路のような □ A □ 回路に、 $f_1$  と  $f_2$  の2つの周波数が同時に入ると、周波数変換部の出力側には、 $f_1$ 、 $f_2$  及びその高調波どうしの □ B □ の混信波が無数に発生する。一般に、これらの周波数の中に受信周波数、受信機の □ C □ 、影像周波数のどれかに合ったものがあるとき混信妨害を受けることになる。

A	B	C
1 非直線性	積と商	局部発振周波数
2 非直線性	和と差	中間周波数
3 非直線性	積と商	中間周波数
4 直線性	積と商	中間周波数
5 直線性	和と差	局部発振周波数

答：2

令和6年4月期 (IZ604 A-11)

A - 11 希望する電波を受信しているとき、近接周波数の強力な電波により受信機の感度が低下した。この現象に該当する名称を下の番号から選べ。

- 1 引込み現象
- 2 影像周波数妨害
- 3 トランкиングエラー
- 4 感度抑圧 (感度抑圧効果)

答：4

令和4年12月期(IZ412 A-18)

A - 18 次の記述は、正弦波交流の電圧又は電流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) 正弦波交流の電圧又は電流の大きさは、一般に □ A で表される。  
 (2) 正弦波交流の瞬時値のうちで最も大きな値を最大値といい、平均値は最大値の □ B 倍になり、実効値は最大値の □ C 倍になる。

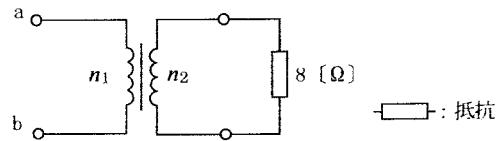
	A	B	C
1 平均値	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	
2 平均値	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	
3 実効値	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	
4 実効値	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	

答：4

令和6年8月期 (IZ608 A-4)

A - 4 図に示すように、一次側及び二次側の巻線数がそれぞれ  $n_1$  及び  $n_2$  で、巻数比  $n_1/n_2 = 5$  の変成器の二次側に  $8 \text{ } [\Omega]$  の抵抗を接続したとき、端子 ab から見たインピーダンスの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 50  $[\Omega]$   
 2 100  $[\Omega]$   
 3 150  $[\Omega]$   
 4 200  $[\Omega]$



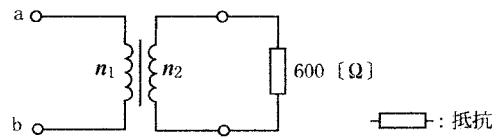
- ・一次側を  $V_1$ 、 $I_1$ 、二次側を  $V_2$ 、 $I_2$  とすれば、 $\frac{n_1}{n_2} = 5 = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow V_1 = 5V_2 \quad I_2 = 5I_1$   
 •  $V_1 = I_1 Z_1 \quad V_2 = 8I_2 \Rightarrow I_1 Z_1 = 5 \times 8I_2 = 40 \times 5I_1 = 200I_1 \Rightarrow Z_1 = 200[\Omega]$

答：4

令和5年8月期 (IZ508 A-3)

A - 3 図に示す回路において、一次側及び二次側の巻線数がそれぞれ  $n_1$  及び  $n_2$  の無損失の変成器(理想変成器)の二次側に  $600 \text{ } [\Omega]$  の抵抗を接続したとき、端子 ab から見たインピーダンスの値を  $15 \text{ } [k\Omega]$  とするための変成器の巻数比( $n_1/n_2$ )として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 2  
 2 3  
 3 4  
 4 5  
 5 6



ab 端子から見たインピーダンスを  $Z$ 、二次側の抵抗を  $R$  とすれば、 $Z = (\frac{n_1}{n_2})^2 \times R$  の関係がある。

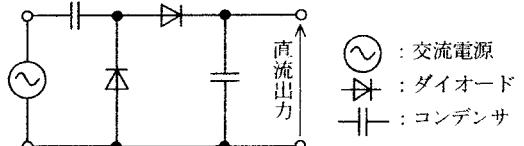
題与の諸元をこの式に代入すれば、 $15 \times 10^3 = (\frac{n_1}{n_2})^2 \times 600 \Rightarrow (\frac{n_1}{n_2})^2 = \frac{15000}{600} = 25 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = 5$

答：4

令和5年8月期 (IZ508 A-20)

A - 20 図に示す電源の整流回路の特徴として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、交流入力は、実効値が  $E$  [V] の正弦波とし、回路は理想的に動作するものとする。

- 1 全波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $\sqrt{2} E$  [V] である。
- 2 全波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $2\sqrt{2} E$  [V] である。
- 3 半波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $2E$  [V] である。
- 4 半波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $\sqrt{2} E$  [V] である。
- 5 半波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $2\sqrt{2} E$  [V] である。



答：5

[解説]

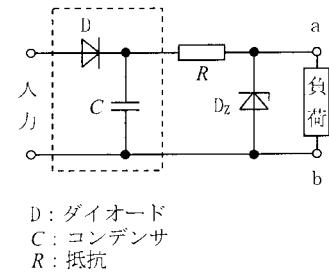
題与の回路は、単相半波倍電圧整流回路。出力電圧の最大値 =  $\sqrt{2}$  実効値 となるが倍電圧整流回路であるから

この回路の出力電圧の最大値は、出力電圧の最大値 =  $2\sqrt{2}$  実効値

令和5年4月期 (IZ504 A-18)

A - 18 次の記述は、図に示す原理的な電源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、回路は正常に動作しているものとする。

- 1 破線で囲まれた部分は、整流及び平滑回路である。
- 2  $D_z$  は、ツェナーダイオードである。
- 3 負荷に加わる電圧は、端子 a が正 (+)、端子 b が負 (-) である。
- 4 負荷の電圧は、負荷を流れる電流の値が変わっても、ほぼ一定である。
- 5 負荷を流れる電流が増加しても、 $D_z$  を流れる電流の値は変化しない。



答：5

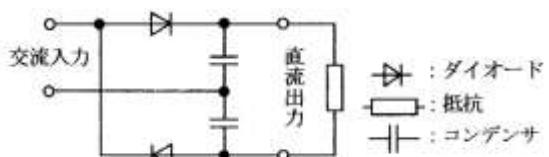
[解説]

負荷電流  $I_o$  が増加すると  $D_z$  を流れる電流  $I_{Dz}$  が減少し、 $R$  を流れる電流  $I_R$  は、 $I_R = I_{Dz} + I_o$  は一定となる。その結果、 $R$  における電圧降下  $E_R$  は、一定となり、出力電圧  $V_o$  も一定 (ツェナーダ電圧) となる。

令和3年12月期 (IZ312 A-20)

A - 20 図に示す電源の整流回路の特徴として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、交流入力は、実効値が  $E$  [V] の正弦波とし、回路は理想的に動作するものとする。

- 1 全波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $\sqrt{2} E$  [V] である。
- 2 全波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $2\sqrt{2} E$  [V] である。
- 3 半波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $\sqrt{2} E$  [V] である。
- 4 半波整流回路で、出力電圧の最大値は、約  $2E$  [V] である。



答：2

[解説]

題与の回路図は、全波倍電圧整流回路。

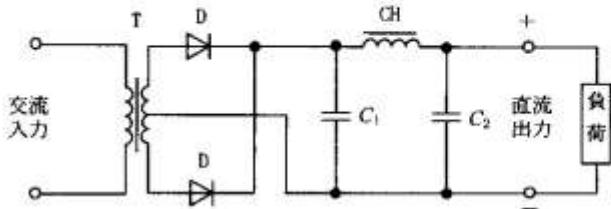
一般に、実効値  $E$  [V] の最大値  $E_m$  [V] は、 $E_m = \sqrt{2}E$  [V]。

回路の出力電圧の最大値は、全波倍電圧ゆえ  $2 \times E_m$  となり、 $2\sqrt{2}E$  [V] となる。

令和3年9月期 (IZ309 A-18)

A-18 次の記述は、図に示す電源回路において、コンデンサ  $C_1$  が短絡（ショート）した後に起こる可能性のある現象又は状態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 電源変圧器  $T$  が過熱する。
- 2 整流用ダイオード  $D$  が破損する。
- 3 チョークコイル  $CH$  が過熱する。
- 4 コンデンサ  $C_2$  は破損しない。
- 5 負荷に過大な電流は流れない。



答：3

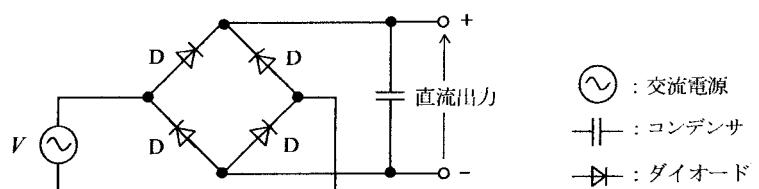
[解説]

$C_1$  が短絡することにより電源側からの電力は全部  $C_1$  を通ってアース側に流れるから  $CH$  には電流が流ず、過熱しない。

令和7年5月期 (IZ705 A-17)

A-17 図に示す整流回路において、交流電源電圧  $V$  が実効値 100 [V] の正弦波交流電圧であるとき、各ダイオード  $D$  に加わる逆電圧の最大値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、交流電源電圧を加える前に、コンデンサには電荷が蓄えられていないものとし、整流回路は理想的に動作するものとする。

- 1 50 [V]
- 2 100 [V]
- 3 141 [V]
- 4 173 [V]
- 5 283 [V]



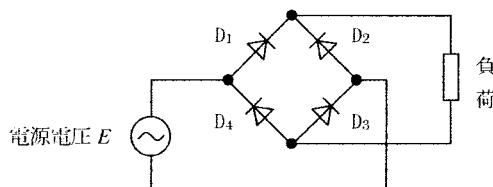
- ・回路は単相全波整流回路
- ・ $100 \times \sqrt{2} = 141.4 \approx 141$  [V]

答：3

令和6年4月期 (IZ604 A-17)

A - 17 図に示す整流回路において、電源電圧  $E$  が実効値 40 [V] の正弦波交流であるとき、負荷にかかる脈流電圧の平均値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、 $D_1$  から  $D_4$  までのダイオードの特性は、理想的なものとする。

- 1 30 [V]
- 2 32 [V]
- 3 34 [V]
- 4 36 [V]
- 5 38 [V]



実効値 = 40 [V] の最大値  $E_m$  は、 $E_m = \sqrt{2} \times 40 = 56.4 [V]$

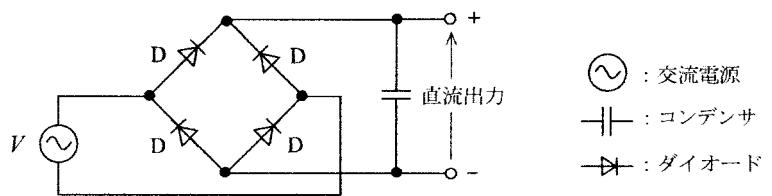
$$\text{平均値} = \frac{2}{\pi} \times \text{最大値} = \frac{2 \times 56.4}{3.14} = 35.9 \approx 36 [V]$$

答：4

令和5年12月期 (IZ512 A-17)

A - 17 図に示す整流回路において、交流電源電圧  $V$  が実効値 50 [V] の正弦波交流電圧であるとき、各ダイオード  $D$  に加わる逆電圧の最大値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、交流電源電圧を加える前に、コンデンサには電荷が蓄えられていないものとし、整流回路は理想的に動作するものとする。

- 1 68 [V]
- 2 71 [V]
- 3 75 [V]
- 4 80 [V]



・正の半サイクルにおける逆電圧の最大値  $V_m$  は、 $V_m = \sqrt{2} \times 50 \approx 71 [V]$

・負の半サイクルにおける逆電圧の最大値  $V'_m$  は、 $V'_m = \sqrt{2} \times 50 \approx 71 [V]$

答：2

令和5年12月期 (IZ512 A-18)

A - 18 次の記述は、電源回路に用いられるインバータの動作原理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。

インバータは、蓄電池等の直流電圧を □ A □ 等を用いて □ B □ 電圧にし、これを □ C □ で昇圧又は降圧して、所要の電圧を得るようにした装置である。

- | A        | B  | C   |
|----------|----|-----|
| 1 バリスタ   | 交流 | 変圧器 |
| 2 バリスタ   | 直流 | 整流器 |
| 3 トランジスタ | 交流 | 整流器 |
| 4 トランジスタ | 直流 | 整流器 |
| 5 トランジスタ | 交流 | 変圧器 |

答：5

〔解説〕

直流電圧を A—D 変換器の中でトランジスタ発振器を使用して交流電圧に変換する。この交流電圧を変圧器で昇圧又は降圧して所要の電圧を取り出す。

令和元年 12 月期 (IZ112 A-19)

A - 19 電源装置の電圧変動率  $\varepsilon$  を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、無負荷の場合の出力電圧を  $E_0$  [V] 及び定格負荷を接続したときの出力電圧を  $E_L$  [V] とする。

- 1  $\varepsilon = \{(E_L - E_0)/E_0\} \times 100$  [%]
- 2  $\varepsilon = \{(E_0 - E_L)/E_L\} \times 100$  [%]
- 3  $\varepsilon = (E_L/E_0) \times 100$  [%]
- 4  $\varepsilon = (E_0/E_L) \times 100$  [%]

答：2

〔解説〕

電圧変動率  $\delta$  <sup>デルタ</sup> は、 $\delta = \frac{E_0 - E_L}{E_L} \times 100$  [%] から求める。但し、 $E_0$ ：無負荷時出力電圧、 $E_L$ ：定格負荷時電圧

令和6年8月期 (IZ608 A-18)

A - 18 電源回路において、定格負荷時の出力電圧が 13.8 [V]、無負荷時の出力電圧が 14.5 [V] であった。この回路の電圧変動率の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 5 [%]
- 2 7 [%]
- 3 10 [%]
- 4 14 [%]

電圧変動率を  $\delta$ 、無負荷出力電圧を  $E_0$ 、低負荷時の出力電圧を  $E_L$  とすれば、 $\delta = \frac{E_0 - E_L}{E_L} \times 100$  [%]

題与の諸元を代入すれば、 $\delta = \frac{14.5 - 13.8}{13.8} \times 100 = 5$  [%]

答：1

令和7年11月期 (IZ711 A-15)

A - 15 電源装置の電圧変動率  $\varepsilon$  を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、無負荷の場合の出力電圧を  $E_0$  [V] 及び定格負荷を接続したときの出力電圧を  $E_L$  [V] とする。

- 1  $\varepsilon = \{(E_L - E_0)/E_0\} \times 100$  [%]
- 2  $\varepsilon = \{(E_0 - E_L)/E_0\} \times 100$  [%]
- 3  $\varepsilon = \{(E_0 - E_L)/E_L\} \times 100$  [%]
- 4  $\varepsilon = (E_L/E_0) \times 100$  [%]
- 5  $\varepsilon = (E_0/E_L) \times 100$  [%]

答：3

〔解説〕

無負荷時の出力電圧を  $E_0$  、定格負荷時の出力電圧を  $E_L$  とすれば、電源装置の電圧変動率  $\varepsilon$  は、

$$\delta = \frac{E_0 - E_L}{E_L} \times 100 \quad \text{から算出される。}$$

令和元年8月期(IZ108 A-17)

A-17 電源回路において、定格負荷時の出力電圧が 12.5 [V] 、無負荷時の出力電圧が 14.0 [V] であった。この回路の電圧変動率の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 6 [%]
- 2 8 [%]
- 3 10 [%]
- 4 12 [%]

題与の諸元：無負荷時の出力電圧  $E_0 = 14.0[V]$  、定格負荷時の出力電圧  $E_L = 12.5[V]$  を上式に代入すれば、

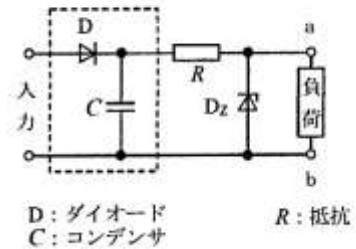
$$\delta = \frac{E_0 - E_L}{E_L} \times 100 = \frac{14.0 - 12.5}{12.5} \times 100 = 12[%]$$

答：4

令和2年9月期 (IZ209 A-18)

A-18 次の記述は、図に示す電源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、回路は正常に動作しているものとする。

- 1 破線で囲まれた部分は、定電圧回路である。
- 2  $D_z$  は、ツェナーダイオードである。
- 3 負荷に加わる電圧は、端子 a が正(+)、端子 b が負(-)である。
- 4 負荷を流れる電流が増加すると、 $D_z$  を流れる電流は減少する。
- 5 負荷の電圧は、負荷を流れる電流の値が変わっても、ほぼ一定である。



答：1

〔解説〕

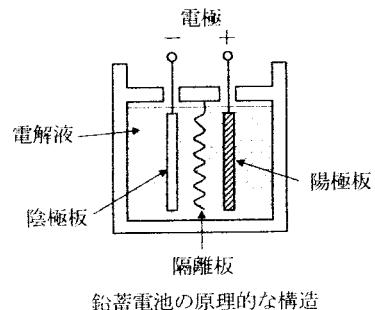
破線で囲まれた回路は、交流  $\Rightarrow$  直流への整流回路。R とツェナーダイオード Dz による回路が定電圧回路で、この回路の動作により直流出力電圧を一定に保つ。

令和5年8月期 (IZ508 B-4)

B-4 次の記述は、図に示す鉛蓄電池に電流を流して充電しているときの状態等について述べたものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

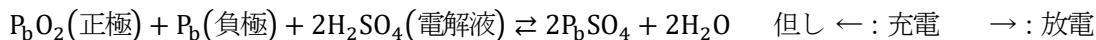
- (1) この蓄電池の電解液は □ア□ である。
- (2) 充電中に発生するガスは、酸素と □イ□ である。
- (3) 蓄電池は少しづつ □ウ□ する。
- (4) 電解液の比重は、徐々に □エ□ する。
- (5) 充電が完了した鉛蓄電池1個あたりの電圧は約 □オ□ である。

- |      |      |      |       |            |
|------|------|------|-------|------------|
| 1 吸熱 | 2 窒素 | 3 低下 | 4 希塩酸 | 5 2 [V]    |
| 6 発熱 | 7 水素 | 8 上昇 | 9 希硫酸 | 10 1.5 [V] |



答: ア: 9、イ: 7、ウ: 6、エ: 8、オ: 5

[解説]



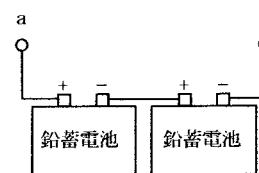
- ・放電時発生の  $2H_2O$  は、充電時には  $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$  に変化し、酸素  $O_2$  と水素イオン  $H^+$  に分解され放出される。
- ・充電中に起こる化学反応による発熱がある。
- ・電解液は、放電時  $2H_2SO_4 \rightarrow 4H^+ + 2SO_4^{2-}$  と変化し、電解液の比重が低下する。この反応は可逆反応で、充電時には逆方向に反応し、 $2H_2SO_4$  に戻ってゆくから、比重は徐々に上昇する。
- ・鉛蓄電池の公称電圧は、2.0 [V]。

令和7年5月期 (IZ705 A-18)

A-18 次の記述は、鉛蓄電池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。

- (1) 鉛蓄電池は、充電することにより繰り返し何度も使用できる電池であり、□A□ 電池という。
- (2) 鉛蓄電池の容量は、通常、放電電流の大きさと □B□ の積で表される。
- (3) 電圧、内部抵抗及び容量の等しい鉛蓄電池2個を図に示すように直列に接続したとき、端子abから見た □C□ の値はそれぞれ2倍になり、□D□ の値は1個のときと同じである。

- | A    | B    | C       | D    |
|------|------|---------|------|
| 1 一次 | 放電電圧 | 電圧と内部抵抗 | 容量   |
| 2 一次 | 放電時間 | 電圧と容量   | 内部抵抗 |
| 3 二次 | 放電電圧 | 電圧と容量   | 内部抵抗 |
| 4 二次 | 放電時間 | 電圧と内部抵抗 | 容量   |



答: 4

[解説]

- ・蓄電池の容量 [Ah] = 放電電流 [A] × 放電時間 [h]
- ・題与の接続により、電圧と内部抵抗は2倍になるが、容量は1個のときと同じ。

令和7年11月期 (IZ711 A-14)

A - 14 次の記述は、蓄電池の浮動充電(フローティング)方式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。

浮動充電方式は、整流装置に蓄電池及び負荷を[A]に接続する方式であり、負荷に電力を供給しながら、蓄電池の[B]を補う程度の小電流で充電し、常に蓄電池を完全充電状態にしておくようとする。この方式では、出力電圧の変動が少なく、出力電圧のリップル含有率は非常に[C]。

	A	B	C
1	直列	過放電	小さい
2	直列	自己放電	大きい
3	並列	過放電	大きい
4	並列	自己放電	大きい
5	並列	自己放電	小さい

答：5

[解説]

浮動充電(フローティング)方式を次図に示す。

整流装置出力に蓄電池と負荷を並列接続し、蓄電池の自己放電を補う傍ら負荷に直流電力を供給する。大きな負荷が掛かったときは、整流装置出力電力に加えて蓄電池からの放電電力により負荷電圧の低下を補う結果、負荷に掛かる電圧の変動が小さく、また蓄電池がリップルの低減に寄与するから出力のリップル率が非常に小さくなる。



令和6年12月期 (IZ612 B-4)

B - 4 次の表は、電源に用いられる回路等の分類と、これに対応する名称を示したものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

分類	名称
入力の交流電圧を、必要とする大きさの交流電圧に変換する回路	ア
スイッチのオン・オフする時間を制御することにより、平均出力の定電圧を得る電源回路	イ
整流された出力に含まれる交流分を取り除く回路	ウ
いったん放電し終わると、充放電の繰返しができない電池	エ
ニッケル・カドミウム蓄電池と公称電圧が同一の蓄電池	オ

1 二次電池 2 整流回路 3 変圧回路 4 スイッチング電源回路 5 リチウムイオン蓄電池  
6 一次電池 7 平滑回路 8 倍電圧整流電源回路 9 太陽電池 10 ニッケル・水素蓄電池

答：ア：3、イ：4、ウ：7、エ：6、オ：10

令和6年8月期 (IZ608 B-4)

B-4 次の記述は、一般的なリチウムイオン蓄電池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) セル1個の公称電圧は □ア [V] より高い。
- (2) □イ 電池である。
- (3) 電解液には □ウ が使われる。
- (4) 過充電・過放電をすると性能が □エ する。
- (5) 破損・変形による発火の危険性が □オ 。

1 9.0	2 非水系電解液	3 二次	4 ない	5 向上
6 2.0	7 蒸留水	8 一次	9 ある	10 劣化

答: ア:6、イ:3、ウ:2、エ:10、オ:9

令和6年8月期 (IZ608 A-13)

A-13 次の記述は、接地アンテナの放射効率を改善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。

- (1) アンテナ素子の導体抵抗を小さくし、支持物等の誘電体による損失を □A する。
- (2) アンテナの実効高を高くし、放射抵抗をできるだけ □B する。
- (3) 導電率のなるべく □C 土地にアンテナを設置し、接地抵抗をできるだけ小さくする。

	A	B	C
1	大きく	小さく	大きい
2	大きく	大きく	小さい
3	小さく	大きく	小さい
4	小さく	大きく	大きい
5	小さく	小さく	小さい

答: 5

〔解説〕

- ・アンテナ素子（導体）に電力（アンテナ電流）が加えられたとき、導体の抵抗と電流により導体にオーム熱が発生し、供給電力の一部が熱となって消耗されるからアンテナ素子の導体抵抗は小さいほど良い。
- ・アンテナの実効高を高くすることによりアンテナ素子と大地間の静電容量を小さくして大地へ流れるエネルギーを小さくする。
- ・アンテナ素子（放射抵抗 R）に電流  $I_a$  を流したとき、空中戦電力 P は、 $P = I_a^2 R [W]$  となるから、放射抵抗（R）は大きくする。
- ・接地アンテナは、空中のアンテナ素子と同じ素子が地中に仮想的に存在するものとしている。従って、アンテナ素子の導体抵抗と同様小さな接地抵抗にするのが良い。

平成30年4月期(IZ004 A-13)

A-13 長さが 8.5 [m] の 1/4 波長垂直接地アンテナを用いて周波数が 10 [MHz] の電波を放射するとき、この周波数でアンテナを共振させるために一般的に用いられる方法として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの短縮率は無視するものとする。

- 1 アンテナにコイルを直列に接続する。
- 2 アンテナに抵抗を直列に接続する。
- 3 アンテナにコンデンサを直列に接続する。
- 4 アンテナの接地抵抗を小さくする。

手順① 周波数10[MHz]の波長λは、 $\lambda = \frac{300}{10} = 30[m]$

手順② 共振に必要な  $\frac{1}{4}$  波長のエレメントの長さ  $\ell$  は、 $\ell = \frac{1}{4}\lambda = \frac{30}{4} = 7.5[\text{m}]$

手順③ 題与のアンテナエレメントの長さが 8.5[m] ゆえ、必要長よりも長すぎるからアンテナインピーダンスの誘導性リアクタンス部分が大きくなる。この誘導性リアクタンスを打ち消すためにコンデンサーをエレメントに直列に挿入して容量性リアクタンスを加え誘導性リアクタンスを打ち消してエレメントを周波数に同調させる。

答：3

平成 26 年 12 月期 (IZ612 A-14)

A-14 長さが 2.6 [m] の  $1/4$  波長垂直接地アンテナを用いて周波数が 21 [MHz] の電波を放射するとき、この周波数でアンテナを共振させるために一般的に用いられる方法として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの短絡率は無視するものとする。

- 1 アンテナにコイルを直列に接続する。
- 2 アンテナに抵抗を直列に接続する。
- 3 アンテナにコンデンサを直列に接続する。
- 4 アンテナの接地抵抗を小さくする。

21[MHz] の電波の波長  $\lambda$  は、 $\lambda = \frac{300}{f}$  [m] から  $\lambda = \frac{300}{21} = 14.285$  [m]

$\frac{1}{4}$  波長垂直接地アンテナに共振するエレメント長  $\ell$  は、 $\ell = \frac{14.285}{4} = 3.57$  [m]

題与のアンテナのエレメント 2.6[m] は、共振エレメント長よりも短いから、アンテナエレメントに延長コイルを直列に接続する。

答：1

令和 5 年 4 月期 (IZ504 A-14)

A-14 長さが 4.9 [m] の  $1/4$  波長垂直接地アンテナを用いて周波数が 14.1 [MHz] の電波を放射するとき、この周波数でアンテナを共振させるために一般的に用いられる方法として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの短絡率は無視するものとする。

- 1 アンテナにコンデンサを直列に接続する。
- 2 アンテナに抵抗を直列に接続する。
- 3 アンテナにコイルを直列に接続する。
- 4 アンテナの接地抵抗を小さくする。

答：3

[解説]

14.1 [MHz] の波長  $\lambda$  は、 $\lambda = \frac{300}{14.1} \approx 21.28[\text{m}]$  この波長の  $\lambda/4$  長  $\ell$  は、 $\ell = \frac{21.28}{4} \approx 5.3[\text{m}]$

題与のアンテナのエレメント長 = 4.9 [m] で、短すぎるからコイルを直列に接続して共振させる。

A-14 1/4 波長垂直接地アンテナの放射電力を 144 [W] とするために、アンテナに供給する電流の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、熱損失となるアンテナ導体などの抵抗分は無視するものとする。

1 1.2 [A]    2 1.4 [A]    3 1.7 [A]    4 2.0 [A]    5 2.4 [A]

・1/4 波長垂直接地アンテナの放射抵抗  $Z$  は約 36 [ $\Omega$ ] (半端長ダイポールの約 1/2 )

・放射電力を  $P$  とし、供給電流を  $I$  とすれば、 $P = I^2 Z \Rightarrow I^2 = \frac{P}{Z}$  ここに題与の諸元を代入すれば、

$$I^2 = \frac{144}{36} \Rightarrow I = \frac{12}{6} = 2[A]$$

答：4

〔解説〕

$\frac{1}{4}$  波長垂直接地型アンテナは、大地を完全な導体とみなすとき電気的には鏡面とみなされ、垂直半波長ダイポールアンテナの様に地上の  $\frac{1}{4}$  波長のエレメントが鏡の中にもう一つあるように仮想することができる (電気影像エレメント)。

従って、 $\frac{1}{4}$  波長垂直接地型アンテナは、垂直接地半波長ダイポールアンテナと同じ様に動作する。

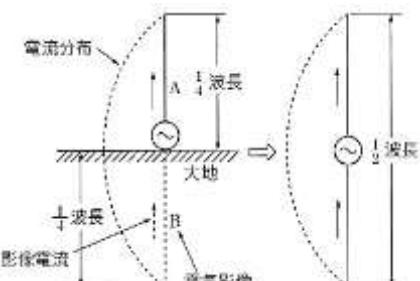
半波長ダイポールアンテナは定在波アンテナであり、電圧と電流は

半波長ダイポールアンテナの  $\frac{1}{2}$  が実在エレメント上に分布する。

従って、放射抵抗  $R$  は、半波長ダイポールの  $\frac{1}{2}$  即ち  $36.5[\Omega]$  となる。

$\sqrt{2}$  の開平について ;  $\sqrt{2} = 1.414$  (覚え方 : 人よ一夜) 、

$\sqrt{3} = 1.732$  (覚え方 : 人並みに) など。開平法の詳しく述べは末尾の『平方根の開き方 (開平)』を参照のこと。



A-13 次の記述は、接地アンテナの放射効率を改善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。

- (1) アンテナ素子の導体抵抗を小さくし、支持物等による誘電体損失を □ A □ する。
- (2) アンテナの実効高を高くし、放射抵抗ができるだけ □ B □ する。
- (3) 導電率のなるべく □ C □ 土地にアンテナを設置し、接地抵抗ができるだけ小さくする。

	A	B	C
1	小さく	大きく	大きい
2	小さく	小さく	小さい
3	小さく	大きく	小さい
4	大きく	小さく	大きい
5	大きく	大きく	小さい

答：1

[解説]

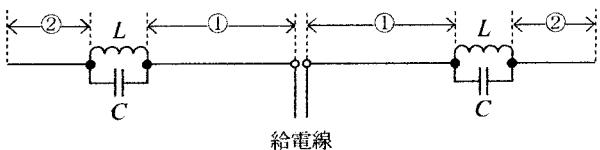
- (1) 誘電体に外部から交流電界(電波)を加えると電気エネルギーの一部が電界によって熱エネルギーとなって誘電体内で消費されるから誘電体損は出来るだけ小さくする  $\Rightarrow$  アンテナ素子を周囲の建造物などから出来るだけ離して設置する。
- (2) アンテナの放射抵抗は出来るだけ大きくする。アンテナに供給する電力を  $P$  [W]、アンテナからの放射電力を  $P_r$  [W]、アンテナの放射抵抗を  $R_r$  [ $\Omega$ ]、損失抵抗を  $R_L$  [ $\Omega$ ]、実行抵抗を  $R_e$  [ $\Omega$ ]、アンテナ電流を  $I$  [A] とすれば、アンテナの放射効率  $\eta$  は、 $\eta = \frac{P_r}{P} = \frac{I^2 R_r}{I^2 R_e} = \frac{R_r}{R_e} = \frac{R_r}{R_r + R_L} \times 100[\%]$
- この式から、アンテナの放射抵抗  $R_r$  を大きくすればアンテナの放射効率  $\eta$  、すなわちアンテナの働きを良くすることできる。

令和5年12月期 (IZ512 A-13)

A - 13 次の記述は、図に示す周波数 3.5 [MHz] 及び 7 [MHz] の 2 バンド用の、トラップ付き半波長ダイポールアンテナ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。

- (1) アンテナを 3.5 [MHz] で励振したときは、 $LC$  回路が □ リアクタンスとして働くので、アンテナエレメントの①と②の間に □ が入ったことと等価になり、アンテナエレメントの①及び②の部分が半波長ダイポールアンテナとして動作する。
- (2) アンテナを 7 [MHz] で励振したときは、 $LC$  回路(トラップ)が共振してインピーダンスが □ なり、アンテナエレメントの②の部分は、電気的に切り離された状態となり、①の部分が半波長ダイポールアンテナとして動作する。

A	B	C
1 容量性	短縮コンデンサ	高く
2 容量性	短縮コンデンサ	低く
3 容量性	延長コイル	低く
4 誘導性	延長コイル	低く
5 誘導性	延長コイル	高く



答：5

[解説]

- (1) 題与の図のトラップ回路は、 $LC$  並列同調回路である。 $LC$  には同じ電圧  $E$  が加わるから  $E$  を基準軸(横軸)に置いたベクトル図を描くことが出来る。(次図は  $I_L > I_C$  の場合)

$$I_C = \frac{E}{X_C} = E\omega C \quad \therefore X_C = \frac{1}{\omega C} \quad I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L} \quad \therefore X_L = \omega L$$

右ベクトル図から  $I_D = I_L - I_C$  より

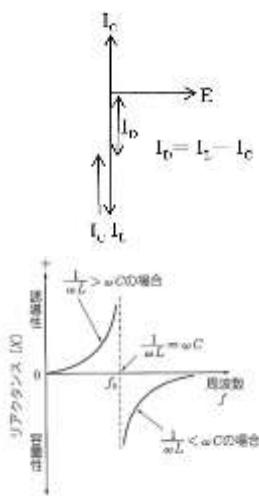
$$I_D = I_L - I_C = \frac{E}{\omega L} - E\omega C = E\left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right) \quad \Rightarrow \quad \frac{I_D}{E} = \frac{1}{\omega L} - \omega C$$

$$Z = \frac{E}{I_D} \quad \text{とおけば、} \quad Z = \frac{1}{\frac{1}{\omega L} - \omega C}$$

回路が共振しているとき、リアクタンス分 = 0 となるから

$$\frac{1}{\omega L} - \omega C = 0 \quad \therefore Z = \frac{1}{0} \Rightarrow \infty \quad \text{により } Z \text{ は最大}(\infty) \text{ となり、}$$

エレメント②が電気的に切り離され、エレメント①のみが 7 [MHz] に共振する。



[参考]

$$Z = \frac{1}{0} \Rightarrow \infty \text{ の説明 : } Z = \frac{1}{0.1} = 10 \quad Z = \frac{1}{0.01} = 100 \quad Z = \frac{1}{0.001} = 1000 \quad Z = \frac{1}{0.00001} = 100000$$

この様に分母が零 (0) に近付ければ近づくほど割り算の答が大きくなる。以上から  $Z = \frac{1}{0} \Rightarrow \infty$  即ちインピーダンス  $Z$  が限りなく大きくなり、LC 並列回路から先のエレメント②が電気的に切り離されることになる。

令和6年4月期(IZ604 A-13)

A - 13 半波長ダイポールアンテナ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 定在波アンテナである。
- 2 放射抵抗は約  $73 \Omega$  である。
- 3 アンテナの絶対利得は、約  $2.15 \text{ [dB]}$  である。
- 4 アンテナを水平に設置すると、水平面内の指向特性は8字形となる。
- 5 電圧分布は給電部で最大となる。

答 : 5

[解説]

1. 先端が開放されているエレメント上の電圧分布と電流分布が時間的に変化しても異動しない波を定在波といい、これによって電波が放射されるアンテナを定在波アンテナという。定在波アンテナは、エレメントを  $1/2$  波長の整数倍、また  $1/4$  波長の奇数倍に共振させて使用する。
2. 給電点インピーダンス  $Z$  は、アンテナの設置条件により純抵抗  $73.1 \Omega$  のほかに誘導性リアクタンス分  $+j42.5 \Omega$  を含んでいる。即ち、 $Z = 73.1 + j42.5 \Omega$  であるが、エレメントの長さを若干短くすることによりエレメントに容量性リアクタンス  $(-j42.5 \Omega)$  を持たせ誘導性リアクタンス分を消去することが出来、純抵抗の  $73.1 \Omega$  にすることが出来る。これが、エレメント長の短縮率となる。
3. 基準アンテナとして等方性アンテナ（あらゆる方向に一様に電波を放射する仮想アンテナ）を用いたときの利得を絶対利得、一般に半波長ダイポールアンテナにした時の利得を相対利得という。  
等方性アンテナの絶対利得は 1 (真数) である。また、半波長ダイポールアンテナの最大放射方向の絶対利得は、理論計算から約 1.64 (真数) (倍) である。従って、

$$\text{半波長ダイポールアンテナの絶対利得 [dB]} = 10 \log_{10} 1.64 = 2.15 \text{ [dB]}$$

同一アンテナの相対利得と絶対利得の間には、 $\text{絶対利得} = \text{相対利得} + 2.15 \text{ [dB]}$  の関係があり、絶対利得の方が相対利得よりも大きな値となる。

5. 半波長ダイポールアンテナの電圧分布は、中央部分（給電部分）で最小、エレメント端部で最大となる。また、電流分布は、中央部分（給電部分）で最大、エレメント端で最小となる。給電点の電圧分布を最大にすれば耐電圧の高い給電点構造が必要となり、実用上の問題が発生する。

令和7年11月期(IZ112 A-16)

A - 16 半波長ダイポールアンテナの放射電力を  $150 \text{ [W]}$  とするために、アンテナに供給する電流の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、熱損失となるアンテナ導体などの抵抗分は無視するものとする。

- 1 1.0 [A]    2 1.4 [A]    3 1.8 [A]    4 2.2 [A]    5 2.6 [A]

- ・ダイポールアンテナの放射抵抗  $Z$  は、 $Z = 73 \Omega$

・放射電力Pは、 $P = I^2 Z$  に題与の諸元を代入すれば、 $150 = I^2 \times 73 \Rightarrow I = 1.43 \approx 1.4[W]$

答：2

[参考]

アンテナは、エレメントによるコイル分とエレメントと大地間の静電容量分により構成されている。コイル分が誘導性リアクタンス、静電容量分が容量性リアクタンスと見なすことが出来る。アンテナは、この両リアクタンスにより構成されたインピーダンスで、半波長ダイポールアンテナの場合、給電点インピーダンスZを  $Z = 73.1 + j42.5[\Omega]$  としている。誘導性リアクタンス+j42.5[Ω]は、エレメント長を若干短くすることにより誘導性リアクタンスが-j42.5[Ω]となり、誘導性リアクタンスを打ち消し、このアンテナのインピーダンスを純抵抗の73.1[Ω]のみとすることが出来る。エレメント長を若干短くする割合を短縮率といい、通常3%程度である。

令和2年9月期 (IZ209 A-15)

A-15 送信点Aから半波長ダイポールアンテナに対する相対利得9[dB]の八木アンテナ(八木・宇田アンテナ)に25[W]の電力を供給し電波を送信したとき、最大放射方向の受信点Bで電界強度 $E_0$ [V/m]が得られた。次にAから半波長ダイポールアンテナで送信したとき、最大放射方向のBで同じ電界強度 $E_0$ [V/m]を得るために必要な供給電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナ系に損失はないものとし、 $\log_{10}2 \approx 0.3$ とする。

1 50 [W]      2 100 [W]      3 150 [W]      4 200 [W]

基準アンテナへの供給電力を $P_0$ [W]、供試アンテナへの供給電力をP[W]とすれば、

八木・宇田アンテナの相対利得Gは、 $G = 10\log_{10}\frac{P_0}{P}$ の関係がある。

題与の諸元をこの式に代入すれば、 $9 = 10\log_{10}\frac{P_0}{25} \Rightarrow 0.9 = \log_{10}\frac{P_0}{25}$

$0.9 = 0.3 + 0.3 + 0.3 = 3 \times 0.3 \Rightarrow 3\log_{10}2 = \log_{10}2^3 = 0.9 \quad \therefore \log_{10}2 = 0.3$

従って、 $\log_{10}2^3 = \log_{10}\frac{P_0}{25} \Rightarrow 2^3 = \frac{P_0}{25} \Rightarrow P_0 = 2^3 \times 25 = 8 \times 25 = 200[W]$

答：4

令和3年9月期 (IZ309 A-15)

A-15 送信点Aから半波長ダイポールアンテナに対する相対利得6[dB]の八木アンテナ(八木・宇田アンテナ)に50[W]の電力を供給し電波を送信したとき、最大放射方向の受信点Bで電界強度 $E_0$ [V/m]が得られた。次にAから半波長ダイポールアンテナで送信したとき、最大放射方向のBで同じ電界強度 $E_0$ [V/m]を得るために必要な供給電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナに損失はないものとし、 $\log_{10}2 \approx 0.3$ とする。

1 100 [W]      2 200 [W]      3 300 [W]      4 400 [W]

八木アンテナへの供給電力をP、半波長ダイポールアンテナへの供給電力を $P_0$ とする。

手順①  $6 = 10\log_{10}\frac{P_0}{P}$  に題与の諸元を代入する。 $\frac{P_0}{P}$ は真数であるから相対利得6[dB]を真数に変換する。

$$6 = 10\log_{10}\frac{P_0}{P} \Rightarrow 0.6 = \log_{10}\frac{P_0}{P}$$

$$0.6 = 0.3 \times 2 \Rightarrow 0.6 = 2\log_{10}2 = \log_{10}2^2 \quad \therefore \text{題与により } \log_{10}2 \approx 0.3$$

$$\text{手順② } \log_{10}2^2 = \log_{10}\frac{P_0}{P} \Rightarrow 4 = \frac{P_0}{P} \Rightarrow P_0 = 4P = 4 \times 50 = 200[W]$$

答：2

令和5年8月期 (IZ508 A-15)

A - 15 送信点 Aにおいて、半波長ダイポールアンテナに対する相対利得 7 [dB]の八木アンテナ（八木・宇田アンテナ）に 20 [W]の電力を供給し電波を送信したとき、最大放射方向の受信点 B で電界強度  $E_0$  [V/m]が得られた。次に A から半波長ダイポールアンテナで送信したとき、最大放射方向の B で同じ電界強度  $E_0$  [V/m]を得るために必要な供給電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナに損失はないものとし、 $\log_{10}2 \approx 0.3$  とする。

- 1 200 [W]
- 2 150 [W]
- 3 100 [W]
- 4 50 [W]

$$7 = 10\log_{10} \frac{P}{20} \Rightarrow 0.7 = \log_{10} \frac{P}{20} \quad 0.7 = 1 - 0.3 = \log_{10} 10 - \log_{10} 2 = \log_{10} 5$$

$$\Rightarrow \log_{10} 5 = \log_{10} \frac{P}{20} \Rightarrow 5 = \frac{P}{20} \Rightarrow P = 100[W]$$

答：3

平成30年8月期(IZ008 B-3)

B - 3 次の記述は、折返し半波長ダイポー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) 二線式の折返し半波長ダイポールアンテナの給電点インピーダンスは、約 □ [Ω] であり、特性インピーダンスが比較的 □ 給電線に □ しやすい。
- (2) アンテナの折返し導体の本数を多くしたり、また、その導体を □ することにより、周波数特性は半波長ダイポールアンテナに比べてやや □ となる。

- 1 整合 2 太く 3 大きな 4 73 5 狹帯域
- 6 同期 7 細く 8 小さな 9 292 10 広帯域

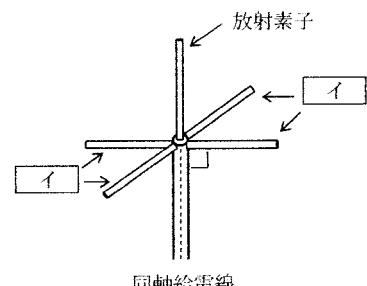
答:ア：9、イ：3、ウ：1、エ：2、オ：10

令和7年11月期 (IZ711 B-4)

B - 4 次の記述は、図に示すブラウンアンテナ(グランドプレーンアンテナ)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。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) ブラウンアンテナは、一般に同軸給電線の中心導体を □ 波長だけ垂直に延ばして放射素子とし、大地の代わりとなる長さが □ 波長の □ イ を、同軸給電線の外部導体に放射状に付けたものである。
- (2) 放射電波は □ 偏波で、水平面内の指向特性は □ エ である。
- (3) 給電点のインピーダンスは、□ イ が外部導体と直角のときは約 □ オ [Ω] である。

- 1 水平 2 73 3 全方向性(無指向性) 4 1/4 5 トランプ
- 6 垂直 7 21 8 8字形 9 1/2 10 地線



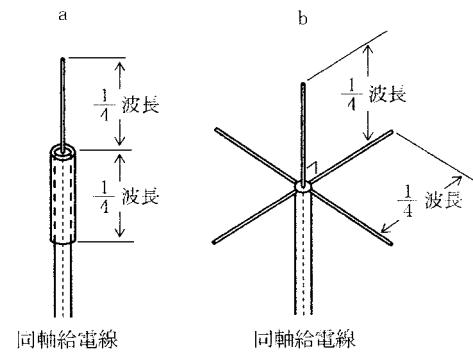
答:ア：4、イ：10、ウ：6、エ：3、オ：7

令和4年12月期 (IZ412 A-13)

A - 13 次の記述は、図に示すアンテナ a 及び b 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。

- (1) グランドプレーン（ブラウン）アンテナは、□ A □ である。
- (2) a のアンテナを、地面に直角に設置した場合の水平面内指向特性は、□ B □ である。
- (3) b のアンテナの垂直部分と水平部分が直角であるときの給電点インピーダンスは、約 □ C □ である。

A	B	C
1 a	全方向性(無指向性)	50 [Ω]
2 a	8字特性	50 [Ω]
3 b	全方向性(無指向性)	50 [Ω]
4 b	8字特性	21 [Ω]
5 b	全方向性(無指向性)	21 [Ω]



答：5

令和2年9月期 (IZ209 A-14)

A - 14 次の記述は、インバーテッド V(逆 V)アンテナ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。

- (1) このアンテナは、水平半波長ダイポールアンテナのエレメントの □ A □ にある給電点部分を頂点にして、それぞれのエレメントを大地に向かって傾斜させたもので、Vの形を逆にしたような形状であり比較的狭い敷地でも建設が容易である。
- (2) アンテナの □ B □ 分布は、給電点の部分が最大になり、給電点部分の頂点の角度を狭く(小さく)すると給電点のインピーダンスは □ C □ なる。なお、水平面指向特性は、給電点の高さが等しい水平半波長ダイポールアンテナと比べ、エレメントが傾斜していることによる影響を若干受けことがある。

A	B	C
1 両端	電流	低く
2 両端	電圧	高く
3 中心	電圧	低く
4 中心	電圧	高く
5 中心	電流	低く

答：5

〔解説〕

アンテナの電流分布は中心部（給電点部）で最大、電圧分布は最小にする。

給電点部の電圧分布を最大とすれば、給電点部の耐電圧を得るために大きな絶縁耐力を持つ給電部構造が必要となり、実用的ではない。

令和7年5月期 (IZ705 A-13)

A - 13 次の記述は、垂直偏波で用いるコーリニアアレーアンテナ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。

- (1) 原理的に、放射素子として □ A アンテナを垂直方向の一直線上に等間隔に多段接続した構造のアンテナである。  
 (2) □ B では鋭いビーム特性を持ち、□ C の指向性は全方向性である。

A	B	C
1 垂直半波長ダイポール	水平面内	垂直面内
2 垂直半波長ダイポール	垂直面内	水平面内
3 1/4 波長垂直接地	水平面内	垂直面内
4 1/4 波長垂直接地	垂直面内	水平面内

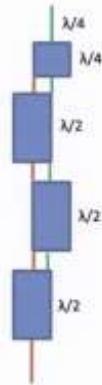
答：2

〔解説〕

構造を右図に示す。

1/2 波長のエレメントを同軸ケーブルで構成し、1/2 波長おきに同軸ケーブルの内部導体と外部導体を「互い違い」になるように接続することで、電流の位相を同相、逆相、同相、逆相・・・に反転させて位相をそろえ、各エレメントからの放射が同位相で励振させるようにして利得を向上させる。

垂直アンテナの一種で、水平面内の指向性は無指向性であり、垂直面内では鋭いビーム特性を持つ定在波アンテナで、VHF、UHF 帯で使用される。



令和5年12月期 (IZ512 A-14)

A - 14 次の記述は、各種のアンテナの特徴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 ホイップアンテナは、水平面内では無指向性であり、構造が簡単で設置する場所が狭くてすむ。  
 2 折り返し半波長ダイポールアンテナは、半波長ダイポールアンテナとほぼ同じ指向特性を持つ。  
 3 ループアンテナは、その寸法が波長に比べて十分小さく、ループ面が大地に垂直のとき、水平面内の指向性は8字形である。  
 4 八木アンテナは、半波長ダイポールアンテナに導波器及び反射器を付加して、一方向に強く電波を放射するようにしたものである。  
 5 パラボラアンテナは、利得が大きなものほど、半値角(半値幅)も大きい。

答：5

令和6年4月期 (IZ604 A-14)

A - 14 周波数が 15 [MHz] の電波を、ループの直径が 0.6 [m]、巻数  $N$  が 50 の円形ループアンテナで受信したとき、このアンテナの実効高の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、ループの面積を  $A$  [m<sup>2</sup>]、電波の波長を  $\lambda$  [m] とすると、ループアンテナの実効高  $h_e$  は次式で表されるものとする。

$$h_e = \frac{2\pi AN}{\lambda} [m]$$

- 1 59.2 [m]      2 44.4 [m]      3 5.9 [m]      4 4.4 [m]      5 0.4 [m]

・ループの面積Aは、 $A = \pi r^2 = 3.14 \times 0.3 \times 0.3 \approx 0.283[m^2]$  巻き数N=50

$$\text{波長}\lambda \text{は、} \lambda = \frac{300}{15} = 20[m]$$

・これらの諸元を題与の式に代入すれば、 $h_e = \frac{2 \times 3.14 \times 0.283 \times 50}{20} = 4.44[m]$

答：4

平成27年12月期 (IZ712 A-15)

A-15 周波数50 [MHz] で用いる八木アンテナ (八木・宇田アンテナ) の放射器の長さとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、短縮率は3 [%] とする。

- 1 1.4 [m]      2 1.8 [m]      3 2.3 [m]      4 2.9 [m]

手順①  $f = 50[\text{MHz}]$  の波長 $\lambda$ は、 $\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{50} = 6 [\text{m}]$

手順② エレメントの長さ $\ell$ は、短縮率 $\Delta = 3\%$  から、

$$\ell = \frac{\lambda}{2} (1 - \text{短縮率 } \Delta) = \frac{6}{2} (1 - 0.03) = 2.91 \approx 2.9 [\text{m}]$$

答：4

令和元年12月期(IZ112 A-14)

A-14 次の記述は、図に示す八木アンテナ (八木・宇田アンテナ) 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) 電波は、放射器から見て A の方向に強く放射される。
- (2) 給電点インピーダンスは、導波器や反射器と放射器との間隔により変化するが、おおむね、単独の半波長ダイポールアンテナより B なる。
- (3) 放射器を折返し半波長ダイポールアンテナに変えると、給電点インピーダンスは、変更前より C なる。

	A	B	C
1 反射器	低く	低く	
2 反射器	高く	高く	
3 導波器	低く	低く	
4 導波器	高く	高く	
5 導波器	低く	高く	



答：5

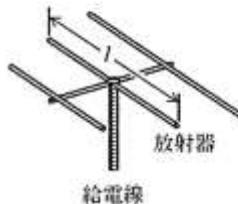
[解説]

折返し半波長ダイポールアンテナの給電点インピーダンスは、 $292[\Omega]$  (半波長ダイポールアンテナのインピーダンス  $73 [\Omega]$  の4倍)。

令和3年4月期 (IZ304 A-14)

A - 14 周波数 14 [MHz] で用いる八木アンテナ(八木・宇田アンテナ)の放射器の長さ  $l$  として、最も近いものを下の番号から選べ。  
ただし、短縮率は 3 [%] とする。

- 1 10.0 [m]
- 2 10.4 [m]
- 3 10.8 [m]
- 4 11.2 [m]



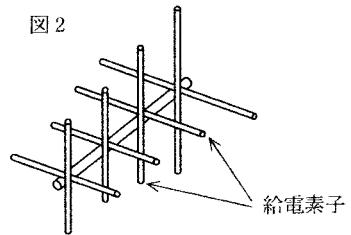
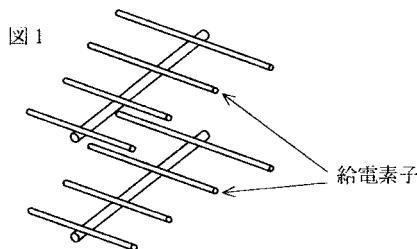
波長  $\lambda$  は、 $\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{14} = 21.43$  放射器の長さ  $l$  は、 $l = \frac{\lambda}{2} \times (1 - \text{短縮率})$  から求める。

$$l = \frac{21.43}{2} \times (1 - 0.03) = 10.39 \approx 10.4 \text{ [m]}$$

答：2

令和6年8月期 (IZ608 A-14)

A - 14 直線偏波の八木・宇田アンテナ(八木アンテナ)を 2 本使って、アマチュア衛星通信に用いる円偏波アンテナを実現する方法として、正しいものを下の番号から選べ。



- 1 2 本の八木・宇田アンテナを図 1 のように上下に一定間隔で配置して、90 度の位相差をもたせてそれぞれのアンテナに給電する。
- 2 2 本の八木・宇田アンテナを図 1 のように上下に一定間隔で配置して、同じ位相でそれぞれのアンテナに給電する。
- 3 2 本の八木・宇田アンテナを図 2 のようにそれぞれのエレメント(素子)が互いに直角となるように配置して、90 度の位相差をもたせてそれぞれのアンテナに給電する。
- 4 2 本の八木・宇田アンテナを図 2 のようにそれぞれのエレメント(素子)が互いに直角となるように配置して、同じ位相でそれぞれのアンテナに給電する。

答：4

#### 〔解説〕

電離層で反射された電波は電離層内の地球磁界の影響を受けて円偏波する。直角に配置したエレメントに 90 度の給電位相差をつけて円偏波電波を発射したり、受信することにより垂直偏波、水平偏波ばかりでなくどのような傾きの偏波性電波も安定に受信することを可能にする。

何れのスタック八木でも同位相給電する。題与の図 1 は、水平偏波用で、円偏波にはならない。題与の図 2 では、縦横エレメント間に 90 度の位相差を持たせることにより円偏波に適したアンテナとなる。

B - 4 次の記述は、折返し半波長ダイポー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。ただし、波長を  $\lambda$  [m] とする。

- (1) 二線式の折返し半波長ダイポールアンテナの給電点インピーダンスは約 □ [Ω]、実効長は □ [m] であり、利得は半波長ダイポールアンテナ □ ウ。
- (2) アンテナの折返し導体の本数を多くしたり、その導体を □ エ したりすることにより、周波数特性は半波長ダイポールアンテナに比べてやや □ オ となる。

1 細く	2 73	3 $2\lambda/\pi$	4 広帯域	5 より約 3 [dB] 高くなる
6 太く	7 292	8 $\lambda/\pi$	9 狹帯域	10 とほぼ同じである

答: ア:7、イ:3、ウ:10、エ:6、オ:4

[解説]

- 1) 給電点インピーダンスは、半波長ダイポールアンテナの4倍 ( $73 \times 4 = 292$  [Ω])  
 かつてはリボンフィーダー (平行線式給電線 (300 [Ω])) を直結して使用出来たが、フィーダーからの不要輻射、外来雑音を受け易いなどによりリボンフィーダーが利用されなくなった。現在では 1:4 のパンを使用して給電する。  
 広帯域特性を必要とする UHF 用 TV 受信アンテナの放射器として多用されている。
- (2) 利得は、半波長ダイポールアンテナとほぼ同じ。  
 等方性アンテナの絶対利得 1 (真値) に対し、半波長ダイポールアンテナの絶対利得は理論計算から約 1.64 (真値) 倍になる。これを G[dB] で表せば、 $G = 10\log_{10}1.64 = 2.15$  [dB]  
 折返し半波長ダイポールアンテナの絶対利得は、2.15 [dB]  
 導体の本数を多くしたり、導体を太くすることにより半波長ダイポールアンテナに比べやや広帯域となる。
- (3) 半波長ダイポールアンテナとほぼ同じ
- (4) 実行長 =  $\frac{2\lambda}{\pi}$  [m]

[参考]

$2.15$  [dB] =  $10\log_{10}N \Rightarrow 0.215 = \log_{10}N \Rightarrow N = 10^{0.215} = 1.64$   
 絶対利得 1.64 (真数) をデシベル [dB] に変換すれば、2.15 [dB] となる。

B - 3 次の記述は、同軸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 同軸給電線の特性インピーダンスは、内部導体の外径、外部導体の内径及び内部導体と外部導体の間の絶縁物の比誘電率を用いて求められる。
- イ 特性インピーダンスが  $50$  [Ω] と  $75$  [Ω] の 2 種類の同軸給電線があるとき、それぞれの内部導体の外径が等しく絶縁物の比誘電率が同じならば、外部導体の内径は  $50$  [Ω] の同軸給電線の方が小さい。
- ウ 内部導体と外部導体の間の絶縁物による損失は、周波数が高くなるほど小さくなる。
- エ 外部導体がシールドの役目をするので、雑音など外部からの影響を受けにくい。
- オ 内部導体と外部導体との間に充てんされている絶縁物に、充実ポリエチレンを使用しているものは、発泡ポリエチレンを使用しているものより、高い周波数での損失が小さい。

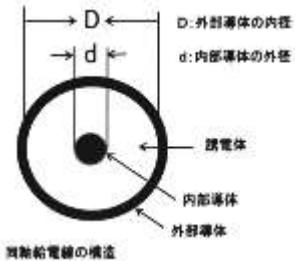
答: ア:1、イ:1、ウ:2、エ:1、オ:2

### [解説]

同軸給電線の特性インピーダンスは、外部導体の内径と内部導体の外径および両導体の間にある誘電体の比誘電率により決まる。

同軸給電線の特性インピーダンス  $Z$  は、 $Z = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D}{d}$  により得られる。

但し、 $D$ ：外部導体の内径、 $d$ ：内部導体の外径、 $\epsilon_r$ ：誘電体の比誘電率とする。内部導体の外径が等しく比誘電率が同じならば、外部導体の内径は  $50[\Omega]$  の同軸給電線の方が小さい。



### [参考]

$Z = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D}{d}$ において、 $75[\Omega]$  同軸給電線の外被導体の内径を  $D_7$ 、 $50[\Omega]$  同軸給電線の外被導体の内径を  $D_5$  とすれば、 $75 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_7}{d}$        $50 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_5}{d}$

$$\Rightarrow 75 : 50 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_7}{d} : \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_5}{d}$$

$$\Rightarrow 75 \times \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_5}{d} = 50 \times \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{D_7}{d} \Rightarrow 75 \frac{D_5}{d} = 50 \frac{D_7}{d}$$

$$\Rightarrow 75D_5 = 50D_7 \Rightarrow D_5 = \frac{50}{75}D_7 \Rightarrow D_5 = \frac{2}{3}D_7$$

従って、 $50[\Omega]$  同軸給電線の外被導体の内径は、 $75[\Omega]$  同軸給電線の外被導体の内径寸法の  $2/3$  となる。

令和6年4月期 (IZ604 B-4)

B - 4 次の記述は、同軸給電線及び平行二線式給電線について述べたものである。□内に入るべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 同軸給電線は、中心導体と外部導体とからなり、両導体間に □ア□ が詰められている □イ□ 形の給電線である。
- (2) 平行二線式給電線は、太さの等しい二本の導線を平行にした線路で □ウ□ 形の給電線である。この給電線は構造が簡単であり、同軸給電線に比べ外部から誘導などの妨害を □エ□ 。
- (3) 同軸給電線を半波長ダイポールアンテナに接続するときは、□オ□ を用いて平衡-不平衡変換を行う。

- |       |       |       |         |           |
|-------|-------|-------|---------|-----------|
| 1 スタブ | 2 半導体 | 3 平衡  | 4 受けにくい | 5 短絡コンデンサ |
| 6 バラン | 7 絶縁物 | 8 不平衡 | 9 受けやすい | 10 SWR 計  |

答：ア：7、イ：8、ウ：3、エ：9、オ：6

### [解説]

機器端子とのインピーダンス整合の取れた同軸給電線では、外部導体がシールドの役割を果たし、送信時給電線からの電波輻射がほとんど無く、また受信時の外来雑音の影響を受け難い。

平行二線式給電線は、はしごの様な形をした給電線やテレビの受信用リボンフィーダーとして一般的であったが、平行二線が平衡に保たれていないとき、一方の導線に大地を通じて電流が流れ、給電線の途中から電波が輻射され電波障害の原因となることがある。また、外来の電磁波を受け受信障害を受け易いため、今日ではほとんど使用されなくなった。

B - 3 次の記述は、給電線に必要な電気的条件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 絶縁耐力が大きいこと。
- イ 導体の抵抗損が少ないこと。
- ウ 誘電損が大きいこと。
- エ 給電線から放射される電波の量が多いこと。
- オ 外部から雑音又は誘導を受けにくいくこと。

答: ア:1、イ:1、ウ:2、エ:2、オ:1

[解説]

ウ:誘電損は、誘電体に高周波電界を加えたとき、誘電体内で失われる電力損。

エ:給電線から放射される電波の量が大きい  $\Rightarrow$  電波は、本来空中線から輻射されるべきで、給電線から電波が放射されれば、空中線の指向方向以外から電波が輻射され、また、周辺機器に電波による障害を与える恐れもある。

A - 14 次の記述は、給電線とアンテナの整合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、給電線と送信機は整合しているものとする。

- 1 平衡形のアンテナと同軸ケーブルを接続するときは、バランを使用して平衡-不平衡の整合をとる必要がある。
- 2 同軸ケーブルとアンテナのインピーダンスが異なるときは、給電部に整合器を挿入する必要がある。
- 3 整合していないと定在波が生じるので、給電部の絶縁体が破壊することがある。
- 4 整合していると定在波が生じないので、給電線上の電圧(又は電流)分布は、どの場所でも一様になる。
- 5 入力インピーダンスが  $75 \Omega$  のアンテナに、 $50 \Omega$  の同軸ケーブルを接続したときの電圧定在波比(VSWR)の値は 2.0 である。

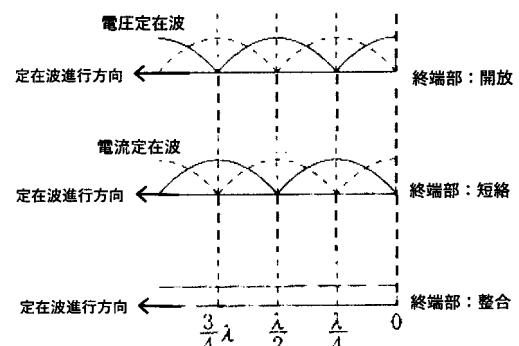
答: 5

[解説]

$$\cdot VSWR = \frac{1+\gamma}{1-\gamma} \quad \text{電圧反射計数 } \gamma = \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0}$$

・アンテナインピーダンス  $Z_R = 75 \Omega$   
給電線インピーダンス  $Z_0 = 50 \Omega$  を上式に代入すれば、

$$\gamma = \frac{75-50}{75+50} = \frac{25}{125} = 0.2 \quad VSWR = \frac{1+0.2}{1-0.2} = \frac{1.2}{0.8} = 1.5$$



B - 4 次の記述は、図に示す給電線とアンテナのインピーダンスの整合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。ただし、給電線と送信機側は整合しているものとする。



- ア 整合して反射波が生じないとき、電圧定在波比(VSWR)の値は 0(零)である。
- イ 整合していると、給電線に定在波が生じない。
- ウ 整合していないと、給電線上の電圧(又は電流)分布は、どの場所でも一様になる。
- エ 効率良く電力をアンテナに供給するためには、給電線とアンテナとをよく整合させ、反射波を生じないようにする。
- オ 整合していないと定在波が生じるので、給電線の絶縁が破壊することがある。

答：ア：2、イ：1、ウ：2、エ：1、オ：1

[解説]

電圧定在波比(VSWR)は、 $VSWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}}$  から求める。

ここに、 $P_f$  = 進行波電力[W]、 $P_r$  = 反射波電力[W]。 題与から $P_r = 0$ [W]であるから、これを上式に代入すれば、 $VSWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}} = \frac{\sqrt{P_f} + 0}{\sqrt{P_f} - 0} = 1$

A - 14 次の記述は、給電線とアンテナのインピーダンスの整合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、給電線と送信機側は整合しているものとする。

- 1 整合していないと定在波が生じるので、給電線上の電圧(又は電流)分布には、山と谷が生じる。
- 2 整合していると定在波が生じないので、給電線上の電圧(又は電流)分布は、どの場所でも一様になる。
- 3 整合して反射波が生じないとき、電圧定在波比(VSWR)の値は 0 である。
- 4 効率良く電力をアンテナに供給するためには、給電線とアンテナとを整合させ、反射波を生じないようにする。

答：3

[解説]

VSWR は、 $VSWR = \frac{\text{進行波電圧} + \text{反射波電圧}}{\text{進行波電圧} - \text{反射波電圧}}$  から求める。

この式に 反射波電圧 = 0 を代入すれば、 $VSWR = \frac{\text{進行波電圧}}{\text{進行波電圧}} = 1$  となる。

令和4年12月期 (IZ412 A-15)

A - 15 次の記述は、給電線のVSWR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。

VSWRとは□のことである。給電線上に定在波が生ずる場合、電圧の最大のところと最小のところができる。このときの最小電圧をV<sub>1</sub>、最大電圧をV<sub>2</sub>とすると、VSWRは、□で表される。給電線にその□と等しい負荷を接続すると、VSWRの値は1になる。

- | A        | B                              | C         |
|----------|--------------------------------|-----------|
| 1 電圧定在波比 | V <sub>2</sub> /V <sub>1</sub> | 特性インピーダンス |
| 2 電圧定在波比 | V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub> | 周波数特性     |
| 3 電流定在波比 | V <sub>2</sub> /V <sub>1</sub> | 周波数特性     |
| 4 電流定在波比 | V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub> | 特性インピーダンス |

答：1

令和5年12月期 (IZ512 B-4)

B - 4 次の記述は、給電線のVSWR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。

VSWRとは□のことである。給電線上に□が生ずる場合、電圧の最大のところと最小のところができる。このときの最小電圧をV<sub>1</sub>、最大電圧をV<sub>2</sub>とすると、VSWRは、□で表される。給電線にその□と等しい負荷を接続すると、給電線のVSWRの値が□になる。

- |                                  |          |             |         |         |
|----------------------------------|----------|-------------|---------|---------|
| 1 V <sub>2</sub> /V <sub>1</sub> | 2 電圧定在波比 | 3 周波数特性     | 4 定在波   | 5 1     |
| 6 V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub> | 7 電流定在波比 | 8 特性インピーダンス | 9 抑圧搬送波 | 10 零(0) |

答：ア：2、イ：4、ウ：1、エ：8、オ：5

〔解説〕

・電圧定在波の最大振幅点V<sub>2</sub>と最小振幅点V<sub>1</sub>の電圧比をVSWRという。  $VSWR = \frac{V_2}{V_1}$

・特性インピーダンスZ<sub>0</sub>の給電線の終端に負荷インピーダンスZ<sub>R</sub>を接続したとき、

$$Z_0 > Z_R \text{ のとき } VSWR = \frac{Z_0}{Z_R} \quad Z_0 < Z_R \text{ のとき } VSWR = \frac{Z_R}{Z_0}$$

$$Z_0 = Z_R \text{ であれば } VSWR = \frac{Z_0}{Z_R} = \frac{Z_R}{Z_0} = 1$$

令和4年4月期 (IZ404 A-15)

A - 15 次の記述は、電離層の特徴について述べたものである。この記述に該当する電離層の名称として、正しいものを下の番号から選べ。

地上から約200 [km] 以上の高さにあり、電子密度の日変化の大きさは、夏季より冬季の方が大きい。

- |                  |
|------------------|
| 1 D層             |
| 2 E層             |
| 3 スポラジック E層(Es層) |
| 4 F層             |

答：4

〔解説〕

F層は、地上から 200~400km の高さにあり、昼間および夏季の電子密度が高い（日変化、季節変化）。夜間、春秋期には電子密度の低下により F<sub>1</sub> と F<sub>2</sub> 層が合体し F 層となる。

令和3年4月期 (IZ304 A-15)

A-15 次の記述は、電離層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 電離層の電子密度が低くなると、最高使用可能周波数(MUF)は低くなる。
- 2 電離層の電子密度が高くなると、臨界周波数は低くなる。
- 3 太陽活動が活発になると、電離層の電子密度は高くなる。
- 4 通常、F 層の電子密度は E 層の電子密度より高い。

答：2

〔解説〕

電離層の電子密度（1 m<sup>3</sup>当たりに含まれる電子の個数）を N とし、臨界周波数を f<sub>c</sub> とすれば、 $f_c = 9\sqrt{N}$  の関係がある。従って、電子密度が高くなれば、臨界が高くなる。

令和7年5月期 (IZ705 A-15)

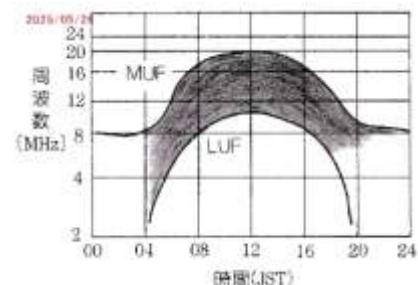
A-15 次の記述は、周波数帯別の電波伝搬の特徴について述べたものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。

- 1 中波(MF)帯の電波の伝搬は、日中は電離層 D 層による減衰が大きいため、地表波伝搬が主となる。
- 2 一般に短波(HF)帯の電波を用いる通信回線では、昼間は比較的低い周波数を使用し、夜間は比較的高い周波数を使用する。
- 3 短波(HF)帯の電波の伝搬は、季節変化の影響を受けず年間を通して変わらない。
- 4 超短波(VHF)帯の電波は直進する性質があり、あらゆる建物や障害物等の背後に全く届かない。

答：1

〔解説〕

- ・中波の減衰が大きい D 層（電離層）は、地上から約 60~90 [km] にあり、昼間に発生し夜間には消滅する（日変化）。中波帯のラジオを聞くとき、昼間は近くの放送局の電波しか受信出来ないが、夜間になると遠方の放送、時にはアジア大陸方面からの電波も受信することができる。この現象による。
- ・昼間は、D 層で中波の電波が減衰するため電波が遠くまで伝搬せずもっぱら近くの地上波しか受信できないが、D 層が消滅する夜間には D 層による電波の減衰が無くなり遠方からの電波を受信することができるようになる。
- ・中波・短波帯の電波は、LUF 曲線より下の周波数では電離層の減衰が大きく通信に必要な最低限の電界強度が得られないから通信が成立しない。
- ・MUF 曲線より上の周波数では、電波は電離層を突き抜けるから通信が出来ない。
- ・MUF 曲線と LUF 曲線に挟まれた周波数帯（右図塗りつぶし部）が通信可能周波数帯であり、早朝から日没後までの通信が可能になる。
- ・この LUF・MUF 曲線は、時間の変化のほか季節変化の影響を受ける。
- ・超短波帯(VHF)の電波は、建物や障害物を回折して伝搬するから、障害物の背後にも届く。



令和5年8月期 (IZ508 A-16)

A - 16 次の記述は、短波の電離層伝搬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。なお、同じ記号の□内には同じ字句が入るものとする。

- (1) F層では、一般に正午前後に A が最も大きくなる。電波を垂直に打ち上げ、その周波数を変化させながら電離層を観測すると、電離層の B もこのころに最も高くなる。  
 (2) 電離層伝搬による通信では、電離層における電波の反射点の C が高く、かつ、送受信点間の距離が大きいほど、C は高い。

A	B	C
1 大気圧	臨界周波数	MUF
2 大気圧	ジャイロ周波数	LUF
3 電子密度	臨界周波数	LUF
4 電子密度	ジャイロ周波数	LUF
5 電子密度	臨界周波数	MUF

答：5

令和7年11月期 (IZ711 A-18)

A - 18 次の記述は、地上波伝搬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。

- (1) 超短波(VHF)帯以上の電波の伝搬において、送受信アンテナが波長に比べて大地から十分に高く設置されているとき、受信アンテナには主に A と大地反射波との合成波が受信される。  
 (2) 受信点の電界強度は、この二つの電波の位相が同相で、かつ、大きさが同じであれば、大地反射波がないときの電界強度に比べてほぼ B 増加する。また、この二つの電波の位相が逆相のときは、電界強度が著しく低下する。

A	B
1 直接波	6 [dB]
2 直接波	3 [dB]
3 地表波	6 [dB]
4 地表波	3 [dB]

答：1

[解説]

直接波と大地反射波が受信点において同位相で、電界強度の大きさが等しいとき、大地反射波が無いときに比べ約 6dB 増加する。即ち、 $20\log_{10}n = 6$  [dB]  $\Rightarrow \log_{10}n = 0.3$   $0.3 = \log_{10}2$  から  $\log_{10}n = \log_{10}2 \Rightarrow n = 2$  から受信電界強度が 2 倍になる。

令和6年4月期 (IZ604 A-15)

A - 15 短波(HF)帯の電離層伝搬についての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 最高使用可能周波数(MUF)は、臨界周波数より低い。
- 最高使用可能周波数(MUF)は、送受信点間の距離が変わっても一定である。
- 最高使用可能周波数(MUF)の 50 パーセントの周波数を最適使用周波数(FOT)という。
- 地上から垂直に電波を発射したとき、電離層で反射されて地上に戻ってくる電波の最低の周波数を臨界周波数という。
- 最低使用可能周波数(LUF)以下の周波数の電波は、電離層の第一種減衰が大きいために使用できない。

答：5

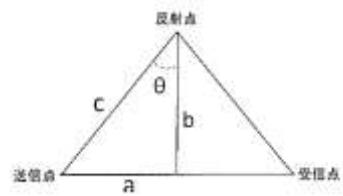
[解説]

- 最高使用可能周波数 (MUF :  $f_m$ ) は、 $f_m = f_c \sec \theta$  から求められる。この式に見られる通り、 $f_m > f_c$  であり、最高使用可能周波数 (MUF) は、臨界周波数 ( $f_c$ ) よりも高い周波数となる。

2. 最高使用可能周波数(MUF)は、送受信点間距離が変われば変化する。

送受信点間の距離が長いほど高くなる。右図から、送受信点間の距離が長くなれば、電離層の反射点への入射角θが大きくなり、

$$f_m = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta}$$
 の式から最高使用周波数(MUF)が高くなる。



3. 最高使用可能周波数(MUF)の85[%]の周波数を最適使用周波数(FOT)という。  
 4. 地上から垂直に電波を発射したとき、電離層に反射されて地上に戻ってくる電波の最高の周波数を臨界周波数という。  
 5. 最低使用可能周波数(LUF)以下の周波数の電波は、電離層の第一種減衰が大きいために使用出来ない。  
 LUF : Lowest Useable Frequency)

令和5年12月期 (IZ512 A-15)

A - 15 次の記述は、最高使用可能周波数(MUF)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。

- (1) ある距離の間で、電波を電離層に対し □A□ に入射させて通信を行う場合  
 に使用できる最高の周波数を最高使用可能周波数(MUF)という。電離層への入射角をθ度、電離層の臨界周波数をf<sub>0</sub>とすれば、MUF = □B□ で表される。  
 (2) MUFは、送受信点間の距離及び電離層の臨界周波数などにより変化するが、  
 臨界周波数が高いほど、また、送受信点間の距離が □C□ ほど高くなる。

	A	B	C
1	斜め	$f_0 \sec \theta$	長い
2	斜め	$f_0 \sec \theta$	短い
3	斜め	$f_0 \cos \theta$	短い
4	垂直	$f_0 \sec \theta$	短い
5	垂直	$f_0 \cos \theta$	長い

答：1

令和元年8月期 (IZ108 A-15)

A - 15 次の記述は、短波(HF)帯の電波伝搬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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 地上から上空に向かって垂直に発射された電波は、その周波数が □A□ より高いと電離層を突き抜けるが、これより低いと反射して地上に戻ってくる。  
 (2) 使用周波数が、□A□ よりかなり高くなると、電離層への □B□ 角が小さい間は突き抜け、ある程度 □B□ 角が大きくなつて初めて反射が起こり、地上に戻るようになる。このように送信点からある距離までの範囲には、電離層反射波は届かない。この距離を □C□ 距離という。

A	B	C
1 臨界周波数	入射	跳躍
2 臨界周波数	屈折	可視
3 LUF(最低使用可能周波数)	屈折	跳躍
4 LUF(最低使用可能周波数)	入射	可視

答：1

### 〔解説〕

臨界周波数f<sub>c</sub>とは、地上から電離層に向かって垂直に電波を低い周波数から順次高い周波数に変化させて発射したとき、電離層で反射されて地上に戻ってくる電波の最も高い周波数をいう。

発射する電波を電離層に向かって斜めに発射したとき、臨界周波数よりも高い周波数まで電離層で反射させることが出来る。

電波の電離層への入射角を  $\theta$  度とすれば、

$$\text{最高使用可能周波数 } f_m \text{ は、 } f_m = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta}$$

から得られる。

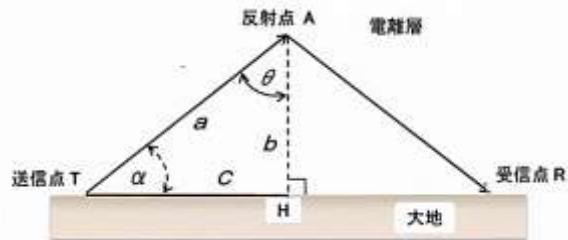
今、電離層の反射点 A における入射角  $\theta$  度を 45 度とすれば、最高使用可能周波数  $f_m$  は、

$$f_m = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta} \quad \sec \theta = \sec 45^\circ = \frac{1}{\cos 45^\circ}$$

右図により、 $b = 1$ 、 $c = 1$  とすれば、 $a^2 = b^2 + c^2 = 2 \Rightarrow a = \sqrt{2}$  ゆえ、 $\cos 45^\circ = \frac{b}{a} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\text{従って、 } f_m = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta} = f_c \frac{1}{\cos 45^\circ} = f_c \times \sqrt{2} = 1.41 f_c$$

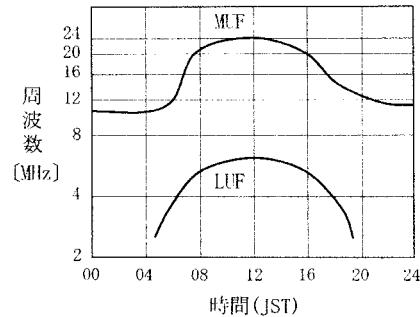
以上から、最高使用可能周波数  $f_m$  は、臨界周波数  $f_c$  よりも高くなる。



令和4年12月期 (IZ412 A-16)

A - 16 図は、短波(HF)帯における、ある2地点間のMUF/LUF曲線の例を示したものであるが、この図における16時(JST)の最適使用周波数(FOT)の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、MUFは最高使用可能周波数、LUFは最低使用可能周波数を示す。

- 1 20 [MHz]
- 2 17 [MHz]
- 3 15 [MHz]
- 4 12 [MHz]
- 5 10 [MHz]

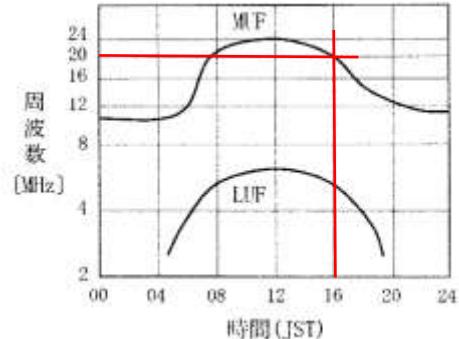


題と図の16時に垂線を立て MUFとの交点から周波数軸に線を引けば

20 [MHz] が得られる。最適使用周波数 FOT は、MUF の 85 [%]

の周波数ゆえ、 $FOT = 20 \times 0.85 = 17$  [MHz]

答：2



[解説]

MUF：最高使用可能周波数 Maximum Usable Frequency

LUF：最低使用周波数 Lowest Useable Frequency

FOT：最適使用可能周波数 Frequency of Optimum Traffic

MUF-LUF曲線

上図は、最高使用周波数(MUF)と最低使用周波数(LUF)の日変化を示した曲線で、これをMUF-LUF曲線という。

MUFより上の周波数では、電波が電離層を突き抜けるから無線通信上実用にはならない。LUF曲線より下の周波数では電離層での減衰が大きく、通信に必要な最低限の電界強度が得られないので実用にはならない。

従って、MUF曲線とLUF曲線とで挟まれた範囲の周波数の電波が実用になるが、その中でもMUFの85%の値の周波数を最適使用周波数(FOT)といい、通信に最も適した周波数になる。

令和5年12月期 (IZ512 A-16)

A-16 次の記述は、周波数帯別の電波伝搬の特徴等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。

- 1 中波(MF)帯の電波は、日中はE層またはF層で反射して電離層波が遠くまで伝搬する。
- 2 一般に短波(HF)帯の電波を用いる通信回線では、昼間は比較的低い周波数を使用し、夜間は比較的高い周波数を使用する。
- 3 短波(HF)帯の電波の伝搬は、季節変化の影響を受けず年間を通して変わらない。
- 4 超短波(VHF)帯の電波は直進する性質があるが、回折波により、建物や障害物等の裏側に届くこともある。

答：4

〔解説〕

- ・中波帯の電波は、D層の電子密度が高くなる夜間にD層と地上間を反射して遠くまで伝搬する。
- ・HF帯の電波は、主にF層で反射して伝搬する。昼間及び夏季は電子密度が高く（日変化、季節変化）、夜間と春秋期は電子密度が低下する。

平成27年12月期 (IZ712 A-16)

A-16 短波(HF)帯の電離層伝搬についての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 地上から垂直に電波を発射したとき、電離層で反射されて地上に戻ってくる電波の最低の周波数を臨界周波数という。
- 2 最低使用可能周波数(LUF)以上の周波数の電波は、電離層の第一種減衰が大きいために使用できない。
- 3 最高使用可能周波数(MUF)の50[%]の周波数を最適使用周波数(FOT)という。
- 4 最高使用可能周波数(MUF)は、送受信点間の距離が変わっても一定である。
- 5 最高使用可能周波数(MUF)は、臨界周波数より高い。

答：5

〔解説〕

1. 地上から垂直に電波を発射したとき、電離層に反射されて地上に戻ってくる電波の最高の周波数を臨界周波数という。
2. 最低使用可能周波数(LUF)以下の周波数の電波は、電離層の第一種減衰が大きいために使用出来ない。
3. 最高使用可能周波数(MUF)の85[%]の周波数を最適使用周波数(FOT)という。
4. 最高使用可能周波数(MUF)は、送受信点間の距離が変われば変化する。送受信点間の距離が長いほど高くなる。
5. 最高使用可能周波数(MUF)は臨界周波数よりも高い。

臨界周波数を  $f_c$  とすれば、(MUF)は次式により得られる。

$$MUF = f_c \sec \theta \quad \sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} \Rightarrow MUF = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta}$$

例えば、打上げ角  $\theta$  を  $45^\circ$  とすれば、 $\sec \theta = \sec 45^\circ \Rightarrow \sec 45^\circ = \frac{1}{\cos 45^\circ} \quad \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$

$\Rightarrow \frac{1}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{0.707} = 1.414$  故に  $\sec 45^\circ = 1.414$  これをMUFの式に代入すれば、

$MUF = f_c \times 1.414$  例えば、打上角 =  $45^\circ$  のとき、MUFの周波数は、臨界周波数の1.414倍高くなる。

令和5年4月期 (IZ504 A-15)

A - 15 次の記述は、短波(HF)帯の電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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 地上から上空に向かって垂直に発射された電波は、その周波数が□Aより高いと電離層を突き抜けるが、これより低いと反射して地上に戻ってくる。
- (2) 使用周波数が、□Aよりかなり高くなると、電離層への□B角が小さい間は突き抜け、ある程度□B角が大きくなつて初めて反射が起り、地上に戻るようになる。このように送信点からある距離までの範囲には、電離層反射波は届かない。この距離を□C距離という。

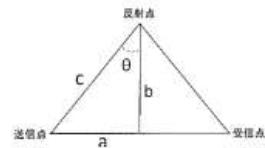
A	B	C
1 LUF(最低使用可能周波数)	屈折	跳躍
2 LUF(最低使用可能周波数)	入射	見通し
3 臨界周波数	屈折	見通し
4 臨界周波数	入射	跳躍

答：4

〔解説〕

最高使用可能周波数を  $f_m$ 、臨界周波数を  $f_c$  とすれば、

$$f_m = f_c \sec \theta = f_c \frac{1}{\cos \theta}$$
 の関係にある。右図において  $\cos \theta = \frac{b}{c}$



令和3年9月期 (IZ309 A-16)

A - 16 次の記述は、短波の電離層伝搬における減衰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) 電波がD層またはE層を通過するとき、電波はエネルギーの一部を失うため減衰する。この減衰を第一種減衰といい、減衰の大きさは周波数が低いほど□Aなる。
- (2) 電波がE層またはF層で反射するときに受ける減衰を第二種減衰といい、減衰の大きさは周波数が低いほど□B。また、第二種減衰は周波数がMUFに近づくほど急激に□Cなる。

A	B	C
1 小さく	大きい	大きく
2 小さく	大きい	小さく
3 小さく	小さい	小さく
4 大きく	小さい	小さく
5 大きく	小さい	大きく

答：5

〔解説〕

電波が電離層の中を伝搬するとき、エネルギーの一部が減衰する。

減衰には、第一種減衰と、第二種減衰がある。

第一種減衰：地上から発射した電波が、電離層に入ったときと出るときにエネルギーが減衰する、これを第一種

減衰という。(D層・E層：長波、中波、 F層：短波)

周波数が低いほど減衰量が大きい。

第二種減衰：電離層で電波が反射されるときに発生するエネルギーの減衰を第二種減衰という。

周波数が低いほど減衰量が少なく、最高使用可能周波数に近づくほど急激に減衰する。

A-17 次の記述は、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) 超短波(VHF) 帯以上の電波の伝搬において、送受信アンテナが波長に比べて大地から十分に高く設置されているとき、受信アンテナには主に □ A と大地反射波との合成波が受信される。
- (2) 受信点の電界強度は、この二つの電波の位相が同相で、かつ、大きさが同じであれば、大地反射波がないときの電界強度に比べてほぼ □ B 増加する。また、この二つの電波の位相が逆相のときは、電界強度が著しく低下する。

A	B
1 直接波	6 [dB]
2 地表波	3 [dB]
3 直接波	3 [dB]
4 地表波	6 [dB]

答：1

〔解説〕

直接波と大地反射波の二つの電波の位相が同相で、かつ、大きさが同じとき、電界強度がほぼ 6[dB](2 倍) 増加する。この増加の論拠は以下の通り。

受信アンテナにおける電界強度を  $E$  とすれば、 $G = 20\log_{10}E$  により求める。

$E$  を直接波若しくは大地反射波のみの電界強度とし、これを相対値 1 とすれば、題与の条件による直接波と大地反射波が重畠したときの値は 2 となる。

$G = 20\log_{10}E$  に  $E = 2$  を代入すれば、 $G = 20\log_{10}2 = 0.3$  から、 $G = 20 \times 0.3 = 6[\text{dB}]$

A-17 次の記述は、超短波(VHF) 帯の電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) 見通し距離内での受信波は、通常、□ A と大地等の反射波との合成波である。
- (2) 電波が □ B 内を伝搬するとき、減衰が非常に小さく、見通し距離外まで伝搬することがある。
- (3) 山岳 □ C により、見通し距離外まで伝搬することがある。

A	B	C
1 直接波	ラジオダクト	回折
2 直接波	スポラジック E 層(Es 層)	減衰
3 散乱波	ラジオダクト	減衰
4 散乱波	スポラジック E 層(Es 層)	回折

答：1

令和元年12月期(IZ112 A-16)

A-16 次の記述は、短波(HF)帯による遠距離通信の場合の電波伝搬に関する対せき点(対しょ点)効果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) 地球上における1地点に対して、正反対(裏側)の位置を対せき点(対しょ点)という。例えば東京の対せき点は、□の大西洋上にある。
- (2) ある点とその対せき点との間で通信を行う場合、2地点を結ぶ地球上の最短の大円コースは無数にあることになり、そのうちの□による減衰の少ない通路を経て電波のエネルギーが伝わる。
- (3) この伝搬減衰の少ない電波通路は季節や時間などによって、ほぼ全方向にわたって変動し、最大の電界強度を示す受信方向は変動するが、□が大きい割に受信電界強度が大きい。

A	B	C
1 アルゼンチンの東側	電離層	伝搬距離
2 アルゼンチンの東側	対流層	伝搬距離
3 アルゼンチンの東側	電離層	定在波比
4 カナダの東側	対流層	定在波比
5 カナダの東側	電離層	伝搬距離

答：1

[解説]

東京の対蹠点は、アルゼンチンの東側。短波の電波伝搬は、電離層反射による。

令和6年8月期 (IZ608 A-17)

A-17 次の記述は、超短波(VHF)帯及び極超短波(UHF)帯などの通信における、見通し外伝搬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 電波の伝搬路上に山岳があるとき、山岳の尾根の厚みが波長に比べて薄く、かつ完全導体とみなせる場合、山岳回折波により山の背後へ届いた電波の電界強度は、山岳のない場合の球面大地回折波より著しく強くなることがある。
- 2 送信点と受信点が見通し外であっても、送受信アンテナのビームが交差する上空の対流圏に、電波を散乱する空間が存在すると、見通し外からの電波を受信できることがある。
- 3 気象状態の変化により大気中に温度の逆転層ができた場合に、この層が導波管のように作用し、通常の伝搬範囲を超えて遠方まで伝搬する現象は、スキャッターと呼ばれる。
- 4 地上からおよそ 100 [km] 前後の高さのところに、突然電子密度の濃いスポラジック E 層(Es 層)が現れると、通常 E 層を突き抜ける VHF 帯等の電波がこの層で反射され、見通し距離をはるかに超えた遠方まで伝搬する。

答：3

[参考]

3. 気象現象により大気の屈折率の高さ方向の分布が逆転した層が出来ると VHF 以上の周波数の電波がこの層内で導波管のように反射を繰り返しながら遠距離まで到達することがある。この層をラジオダクトという。

令和元年12月期(IZ112 A-15)

A-15 次の記述は、超短波(VHF)帯及び極超短波(UHF)帯などの通信において発生するフェージングについて述べたものである。この記述に該当するフェージングの名称を下の番号から選べ。

「気象状況の影響で、大気の屈折率の高さによる減少割合の変動とともに電波の通路の変化により発生するフェージング」

- 1 シンチレーションフェージング  
2 偏波性フェージング  
3 跳躍性フェージング  
4 吸收性フェージング  
5 K 形フェージング

答：5

〔解説〕

気象状況の影響を受けて大気の屈折率の分布状態が変化して地球の等価半径係数Kが変化するため、直接波と大地反射波との干渉状態や大地による回折状態が変化して生じるフェージングをK形フェージングという。

平成31年4月期(IZ104 A-16)

A-16 次の記述は、主に短波(HF)帯において発生するフェージング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。

- (1) 短波(HF)帯の通信では、主にF層反射を利用するが、電離層の高さや電子密度及び使用周波数の関係により、電波が電離層を突き抜けたり、反射したりするために、受信点において電波が入感したり消滅したりするフェージングが生ずる。このようなフェージングを **A** フェージングという。
- (2) 電離層反射波は、地球磁界の影響を受けて、だ円偏波となって地上に到達する。このだ円軸が時間的に変化するために生ずるフェージングを、**B** フェージングという。
- (3) 送信点から放射された電波が二つ以上の異なった経路を通過して受信点に到達するとき、各到達波の位相がそれぞれ別々に変動し、その合成の電界強度が変動するために生ずるフェージングを **C** フェージングという。

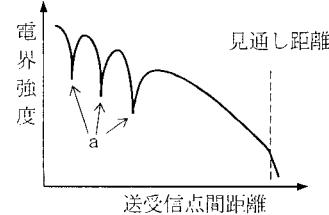
A	B	C
1 干渉性	偏波性	選択性
2 干渉性	吸収性	選択性
3 跳躍性	偏波性	吸収性
4 跳躍性	選択性	干渉性
5 跳躍性	偏波性	干渉性

答：5

令和5年4月期 (IZ504 A-16)

A-16 図は、超短波(VHF)帯における、電波の電界強度と送受信点間の距離との関係の例を示したものである。見通し距離内においても、図中のaのように受信点の電界強度が著しく低下する地点がある理由として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 スポラジックE(Es)層によるものである。  
2 電波の回折現象によるものである。  
3 電波のシンチレーションフェージングによるものである。  
4 直接波と電離層の反射波が干渉して互いに打ち消し合うためである。  
5 直接波と大地反射波が逆相となる距離では互いに打ち消し合うためである。



答：5

〔解説〕

地上高2波長以上の十分に高い送信点から発射された電波は、直接伝搬(直接波)と大地反射伝搬(大地反射波)により受信点に到達する。直接波と大地反射波が、伝搬路で位相が同位相となったときそれぞれの電波が重畳して電界強度が高くなり、逆位相で電界強度がほぼ同じときに相殺して電位が最小になる。題与図のa点は、直接波と大地反射波の相殺された点を示す。

令和2年12月期 (IZ212 A-17)

A-17 次の記述は、アマチュア衛星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。

- 現在打ち上げられているアマチュア衛星は、周回衛星が多い。
- 周回衛星から発射される電波は、衛星が受信点に近づくときには送信周波数より低い周波数で受信される。
- 自局の信号が正常に中継されていることを確認するため、アップリンク時にダウンリンクの周波数を受信できる設備が望ましい。
- 用途は通信衛星が多いが、地球観測や天体観測などを行う衛星もある。
- 衛星を可視できる仰角が低いほど遠距離との通信が可能である。

答：2

[解説]

周回衛星は、地球の上空を高速で周回しているから周回衛星と地球の相対運動により受信周波数にドプラ効果が発生する。周回衛星が地上の受信点に近付いて来る時は、受信周波数が周回衛星の送信周波数よりも高く受信され、遠ざかって行くに従い送信周波数よりも低くなつて行く。

令和6年8月期 (IZ608 A-16)

A-16 次の記述は、周回衛星から発射される電波のドプラ効果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。

周回衛星から発射される電波は、衛星が受信点に近づくときには送信周波数より  周波数で受信され、受信点に最も近づいたときには  周波数で受信される。また、衛星が受信点から遠ざかるときには  周波数で受信される。

	A	B	C
1	高い	送信周波数と同じ	送信周波数より低い
2	高い	送信周波数より低い	送信周波数と同じ
3	低い	送信周波数と同じ	送信周波数より高い
4	低い	送信周波数より高い	送信周波数と同じ

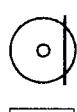
答：1

[解説]

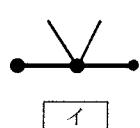
周回衛星と受信側との間に相対的な速度差があるとき、相対速度に応じて送信周波数と受信周波数との間にずれが生ずる。相対距離が近くなれば、受信周波数は送信周波数よりも高くなり、受信点に最も近づいた時受信周波数は送信周波数と同じになり、相対距離が遠くなれば、受信周波数が送信周波数よりも低くなる。

令和4年8月期 (IZ408 B-5)

B-5 次の図は、指示電気計器の動作原理を表す記号である。□内に入れるべき名称を下の番号から選べ。



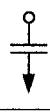
ア



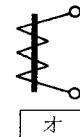
イ



ウ



エ



オ

- |         |           |       |         |               |
|---------|-----------|-------|---------|---------------|
| 1 比率計形  | 2 非絶縁熱電対形 | 3 整流形 | 4 静電形   | 5 热線形         |
| 6 可動鉄片形 | 7 振動片形    | 8 誘導形 | 9 電流力計形 | 10 永久磁石可動コイル形 |

答：ア：8、イ：2、ウ：10、エ：4、オ：6

[参考]



令和4年4月期 (IZ404 A-17)

A-17 次の記述は、永久磁石可動コイル形計器を用いるアナログ式回路計(テスタ)の使用方法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 電圧の測定誤差を減らすため、測定する値がテスタの最大目盛に近くなるような測定レンジを選ぶ。
- 2 メータの指示を読み取るときは、メータの正面から読み取る。
- 3 測定に先立ち、メータの指針の指示を確かめ、ずれていたら零位調整ネジを回して修正する。
- 4 電圧を測定する場合、使用するテスタの内部抵抗が大きいほど、被測定回路に与える電気的影響は小さい。
- 5 交流電圧測定レンジを使用すれば、どんな波形の交流でも正確に電圧を測定できる。

答：5

[解説]

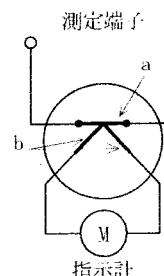
永久磁石可動コイル形計器の指針は、入力交流電圧の平均値を 1.11 倍した実効値を示す。方形波電圧を測定するときは、波形率および波高率が 1 であり、最大値と平均値が等しいから正弦波交流に目盛られたテスタでは直接測定値を読み取れない、1.11 倍換算しなければならない。

令和7年11月期 (IZ711 B-5)

B-5 次の記述は、図に示す熱電対形電流計の特徴等について述べたものである。□ 内に入るべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 図において、a の部分は □ ア □ で、b の部分は □ イ □ であり、指示計には □ ウ □ 形計器が用いられる。
- (2) 热電対形電流計は交流電流の □ エ □ 及び直流電流を測定でき、図中の a の部分のインピーダンスが広い周波数帯域にわたり極めて □ オ □ ため、高周波電流の測定にも適する。

- 1 平均値 2 リップ線 3 小さい 4 热線 5 永久磁石可動コイル  
6 実効値 7 分流器 8 大きい 9 热電対 10 誘導



答：ア：4、イ：9、ウ：5、エ：6、オ：3

〔解説〕

永久磁石可動コイル計器の目盛は、2乗目盛で、直流電流及び交流電流の実効値を表示する。

令和5年8月期 (IZ508 B-5)

B-5 次の記述は、永久磁石可動コイル形計器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 永久磁石の磁界とコイルに流れる電流との間に働く電磁力を利用した計器である。
- イ 可動コイルに流れる電流の大きさに比例した駆動トルクと、渦巻ばね等による逆方向の制御トルクが等しくなったとき、この計器の指針は静止する。
- ウ 電流の流れている2個のコイル相互間に作用する電磁力を利用した計器である。
- エ 計器内部において交流を整流して、直流計器で交流を測れるようにした計器である。
- オ 固定コイルによる磁界と軟鉄片との間に働く電磁力を利用した計器である。

答：ア：1、イ：1、ウ：2、エ：2、オ：2

〔解説〕

- ・永久磁石のN極とS極の間に置いた軟鉄芯に巻いた1個の可動コイルに直流電流を流し、これにより生ずる磁界と永久磁石との間に生ずる吸引、反発力をを利用して指針を動かす。電流値に相応した指針の回転は、回転軸に配した渦巻スプリングによる回転制御を受け、バランスが取れた指針の位置がメーターの指示値となる。
- ・直流測定用計器。交流に対しては、内蔵の整流器により交流を直流にして直流計器で測定する計器があり、整流型計器と称する。
- ・この計器では、固定された永久磁石と回転する軟鉄心に巻かれた可動コイルによる電磁力により動作する。

令和3年4月期 (IZ304 A-19)

A-19 次の記述は、直流電流計の測定範囲の拡大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) 測定範囲を拡大するため、電流計に□Aに抵抗を接続する。
- (2) 接続する抵抗を電流計の内部抵抗の1/9倍の値とすれば、電流計の測定範囲は□B倍となる。
- (3) 電流計の内部抵抗を $r$  [Ω]、測定範囲の倍率を $m$ とするためには、接続する抵抗 $R$  [Ω]は、 $R = □C$  [Ω]で表される。

	A	B	C
1 並列	10	$\frac{r}{m-1}$	
2 並列	9	$\frac{r}{m+1}$	
3 並列	9	$\frac{r}{m-1}$	
4 直列	9	$\frac{r}{m+1}$	
5 直列	10	$\frac{r}{m-1}$	

答：1

〔解説〕

直流電流計の測定範囲の拡大

測定範囲の拡大は、電流計に並列に抵抗R(分流器)を接続する(次図)。

電流計に流れる電流を  $I_0$ 、電流計の内部抵抗を  $r$ 、電流計の端子電圧を  $E$  とすれば、 $I_0 = \frac{E}{r}$

分流器に流れる電流を  $I_R$  とすれば、 $I_R = \frac{E}{R}$

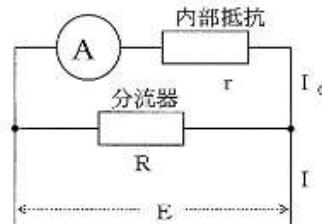
分流器を挿入後の回路に流れる全電流を  $I$  とすれば、 $I = I_0 + I_R$

分流器を挿入することによる測定範囲の拡大を  $m$  倍とすれば、 $I = mI_0$

これを上式に代入すれば、 $mI_0 = I_0 + I_R \Rightarrow (m-1)I_0 = I_R$

この式に上記  $I_0$  と  $I_R$  を代入すれば、 $(m-1)\frac{E}{r} = \frac{E}{R} \Rightarrow \frac{m-1}{r} = \frac{1}{R}$

分流器  $R$  の値は、 $R = \frac{r}{m-1}$



令和元年 12 月期 (IZ112 A-18)

A-18 次の記述は、直流電圧計の測定範囲の拡大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) 測定範囲を拡大するため、電圧計に □A □ に抵抗を接続する。
- (2) 接続する抵抗を電圧計の内部抵抗の 9 倍とすれば、電圧計の測定範囲は □B □ 倍となる。
- (3) 電圧計の内部抵抗を  $r$  [Ω]、測定範囲の倍率を  $m$  とすれば、接続した抵抗  $R$  [Ω] は、 $R = □C □$  [Ω] で表される。

A	B	C
1 並列	10	$r(m-1)$
2 並列	9	$r(m-1)$
3 直列	10	$r(m-1)$
4 直列	9	$r(m+1)$
5 直列	10	$r(m+1)$

答：3

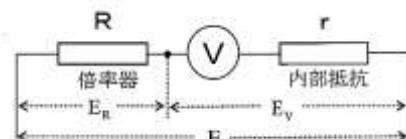
[解説]

- (1) 直流電圧計の測定範囲を拡大するには右図の通り電圧計に直列に抵抗  $R$  (倍率器) を挿入する。回路の電流を  $I$  とすれば、右図から  $E = E_R + E_V$   $E_R = RI$   $E_V = rI$

測定範囲を  $m$  倍にすれば、 $E = mE_V \Rightarrow m = \frac{E}{E_V} \Rightarrow$

$$m = \frac{E_R + E_V}{E_V} \Rightarrow m = \frac{RI + rI}{rI} = \frac{R+r}{r} \Rightarrow mr = R + r \Rightarrow R = mr - r \Rightarrow R = r(m-1)$$

- (2)  $R = r(m-1)$  に題意により  $R=9r$  を代入すれば、 $9r = r(m-1) \Rightarrow 9 = m-1 \Rightarrow m = 10$



A-18 最大目盛値が  $300[\mu\text{A}]$  で内部抵抗が  $450[\Omega]$  の電流計を用いて、最大  $3[\text{mA}]$  まで測定するためには必要な分流器の抵抗値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1  $40[\Omega]$
- 2  $45[\Omega]$
- 3  $50[\Omega]$
- 4  $60[\Omega]$
- 5  $72[\Omega]$

手順① 電流計の最大指示値  $I_0 = 300[\mu\text{A}]$ 、内部抵抗  $r = 450[\Omega]$  から電流計にかかる電圧  $E$  は、

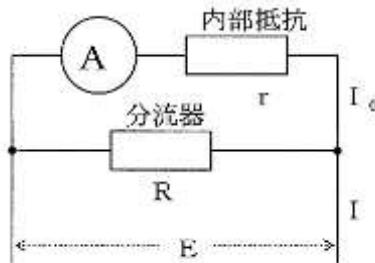
$$E = 450 \times 300 \times 10^{-6} = 135 \times 10^{-3} [\text{V}]$$

手順② 分流器  $R$  を挿入したときの最大測定電流値は、題意の  $I = 3[\text{mA}]$  であるから、分流器に流れる電流  $I_R$  は、

$$I_R = I - I_0 = 3 \times 10^{-3} - 300 \times 10^{-6}$$

$$I_R = (3000 - 300) \times 10^{-6} = 2,7 \times 10^{-3}$$

手順③ 分流器の抵抗  $R$  は、 $R = \frac{E}{I_R} = \frac{135 \times 10^{-3}}{2,7 \times 10^{-3}} = 50[\Omega]$



答：3

[別解]

電流計の内部抵抗を流れる電流を  $I_0$ 、分流器  $R$  を流れる電流を  $I_R$  とすれば、 $I = I_0 + I_R$

分流器の挿入により拡大された電流値が  $m$  倍になったとすれば、 $I = mI_0$  になる。これを上式に代入すれば、

$$mI_0 = I_0 + I_R \Rightarrow (m-1)I_0 = I_R \quad I_0 = \frac{E}{r} \quad I_R = \frac{E}{R} \quad \text{を左式に代入すれば、}$$

$$(m-1)\frac{E}{r} = \frac{E}{R} \Rightarrow \frac{m-1}{r} = \frac{1}{R} \Rightarrow R = \frac{r}{m-1}$$

題与の  $300[\mu\text{A}] \Rightarrow 3[\text{mA}]$  から、 $m = \frac{3 \times 10^{-3}}{300 \times 10^{-6}} = 0.01 \times 10^3 = 10$  これを上式に代入すれば、

$$R = \frac{r}{m-1} = \frac{r}{10-1} = \frac{r}{9} \quad \text{題与から } r = 450[\Omega] \quad \text{をここに代入すれば、} R = \frac{450}{9} = 50[\Omega]$$

A-18 次の記述は、電流計の分流器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。

- (1) 測定範囲を拡大するため、電流計に □A□ に接続する抵抗である。
- (2) 電流計の内部抵抗を  $r$  [Ω]、電流の測定範囲を  $N$  倍に拡大するために必要な分流器の抵抗  $R$  [Ω] は、 $R = □B□$  [Ω] である。

- | A    | B           |
|------|-------------|
| 1 並列 | $r / (N-1)$ |
| 2 並列 | $r / (N+1)$ |
| 3 直列 | $r / (N+1)$ |
| 4 直列 | $r / (N-1)$ |

答：1

〔解説〕

- (1) 測定範囲の拡大は、電流計に並列に抵抗R(分流器)を接続する。
- (2) 電流計に流れる電流を  $I_0$ 、電流計の端子電圧を  $E$  とすれば、 $I_0 = \frac{E}{r}$

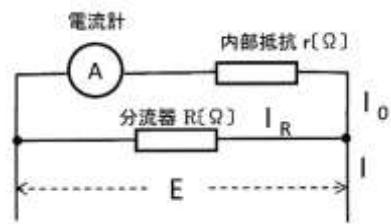
(3) 分流器Rに流れる電流を  $I_R$  とすれば、 $I_R = \frac{E}{R}$

- (4) 分流器Rを挿入後の電流を  $I$  とすれば、 $I = I_0 + I_R$  また題意から

$$I = NI_0$$

- (5) ゆえに、 $NI_0 = I_0 + I_R \Rightarrow (N-1)I_0 = I_R$  この式に  $I_0$  と  $I_R$  を代入すれば、

$$(N-1)\frac{E}{r} = \frac{E}{R} \Rightarrow R = \frac{r}{N-1} \text{ から 選択肢のBは、} \frac{r}{N-1}$$



平成22年12月期(IZ212 A-17)

A-17 次の記述は、直流電圧計の測定範囲の拡大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) 測定範囲を拡大するため、電圧計に□に抵抗を接続する。  
 (2) 接続する抵抗を電圧計の内部抵抗の7倍の値とすれば、電圧計の測定範囲は□倍となる。  
 (3) 電圧計の内部抵抗を  $r$  [Ω]、測定範囲の倍率を  $m$  とすれば、接続した抵抗  $R$  [Ω] は、 $R = \boxed{C}$  [Ω] で表される。

	A	B	C
1	直列	8	$r(m-1)$
2	直列	8	$r(m+1)$
3	直列	6	$r(m+1)$
4	並列	8	$r(m+1)$
5	並列	6	$r(m-1)$

答：1

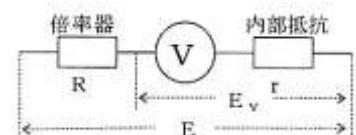
〔解説〕

- (1) 測定範囲を拡大するためには電圧計に直列に抵抗を接続する。  
 (2) 題与の条件から電圧計の内部抵抗を  $r$  とすれば、接続する抵抗(倍率器)  $R$  は、 $R = 7r$

電圧計の測定範囲を  $m$  倍とすれば、 $E = mE_V$  から  $E = E_V + E_R$

$$\Rightarrow mE_V = E_V + E_R \Rightarrow (m-1)E_V = E_R$$

$$E_V = rI, E_R = RI \text{ から } (m-1)rI = RI \Rightarrow R = (m-1)r$$

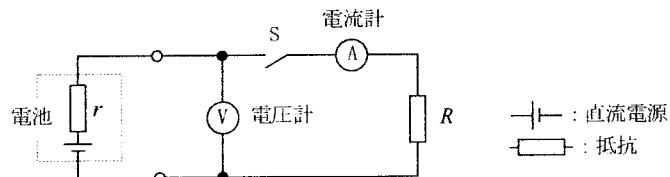


題与の条件  $R = 7r$  を代入すれば、 $7r = (m-1)r \Rightarrow 7 = m-1 \Rightarrow m = 7+1 = 8$

- (3) 上記から、 $R = (m-1)r$

A-19 図に示す測定回路において、スイッチSを開いた状態のとき、電圧計の指示値は13.0 [V] であった。次に、スイッチSを閉じて負荷抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] を接続したとき、電圧計の指示値が11.5 [V]、電流計の指示値が3.0 [A] になった。電池の内部抵抗  $r$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電圧計及び電流計の内部抵抗の影響はないものとする。

- 1 0.1 [ $\Omega$ ]
- 2 0.3 [ $\Omega$ ]
- 3 0.5 [ $\Omega$ ]
- 4 1.0 [ $\Omega$ ]
- 5 1.5 [ $\Omega$ ]



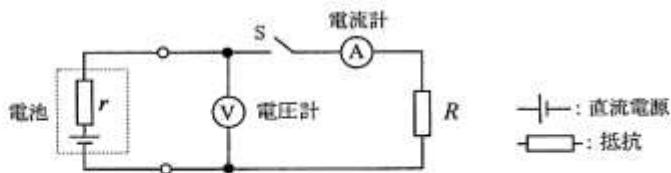
- ・スイッチSを開いたとき、題意から電池の起電力  $E$  は、  
 $E = 13.0$  [V]
- ・スイッチSを閉じたとき、電圧計の指示値を  $V$  とし、電流を  $I$  とすれば、  
 $V = E - rI$
- ・この式に題与の諸元を代入すれば、 $11.5 = 13.0 - r \times 3.0 \Rightarrow$

$$r = \frac{13-11.5}{3} = 0.5 [\Omega]$$

答：3

A-18 図に示す測定回路において、スイッチSを閉じて電池の負荷抵抗を  $R$  [ $\Omega$ ] としたとき、電圧計の指示値が22.5 [V]、電流計の指示値が1.5 [A] であった。次にスイッチSを開いたとき、電圧計の指示値が24 [V] になった。電池の内部抵抗  $r$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電圧計には電流が流れないものとする。

- 1 0.1 [ $\Omega$ ]
- 2 0.2 [ $\Omega$ ]
- 3 0.3 [ $\Omega$ ]
- 4 0.6 [ $\Omega$ ]
- 5 1.0 [ $\Omega$ ]



S接のときVの指示値は、 $V = IR \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{22.5}{1.5} = 15 [\Omega]$  但し、Iは電流計に流れる電流[A]

S断のときVの値を  $V_0$  とすれば、 $V_0 = 24$  [V] (電池の起電力となる。 $\because r \ll r_V$   $r_V$ : 電圧計の内部抵抗)

$$V_0 = (R+r)I \text{ にこれらを代入すれば、} 24 = 15 \times 1.5 + 1.5r \Rightarrow 24 - 22.5 = 1.5r \Rightarrow 1.5r = 1.5$$

$$r = 1 [\Omega]$$

答：5

[解説]

電池の内部抵抗  $r$  を求める方法として、直流電圧計及び直流電流計を使用する方法と、直流電圧計及び標準抵抗器を使用する方法がある。

直流電圧計及び直流電流計を使用する方法

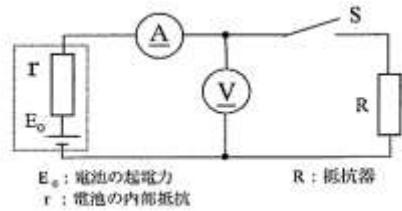
スイッチSを開いたときの電圧計の指示値 (電池の起電力) を

$E_0$ [V]、Sを閉じて抵抗器  $R[\Omega]$  に  $I[A]$  の電流を流したときの電圧計の指示値を  $E$ [V] とすれば、次の手順により電池の内部抵抗  $r[\Omega]$  を求めることが出来る。

手順① Sを開いているとき、電池の内部抵抗  $r$  と電圧計の内部抵抗  $R_V$  との関係は、 $r \ll R_V$  であり、電圧計には微弱電流しか流れないので電圧計による電圧降下は無視し得るものとし、電圧計の指示値が電池の起電力  $E_0$  と考えてよい。

手順② Sを閉じたとき、抵抗  $R$  に流れる電流を  $I[A]$  とし、電圧計の指示値を  $E$ [V] とすれば、一般に電圧計の内部抵抗  $R_V \gg R$  ゆえ、電圧計に流れる電流は無視できるから、 $E = IR$

手順③ 電池の起電力  $E_0$  は、 $E_0 = rI + RI$  この式に  $E = IR$  を代入すれば、 $E_0 = rI + E$   $\therefore r = \frac{E_0 - E}{I} [\Omega]$



### 直流電圧計と標準抵抗器を使用する方法

手順① Sを開いたときの電圧計の指示値は、電池の起電力  $E_0$  を示す。

∴ 電池の内部抵抗を  $r$ 、電圧計  $V$  の内部抵抗を  $R_V$  とすれば、 $r \ll R_V$

手順② Sを閉じて標準抵抗  $R$  に電流  $I[A]$  を流したとき、電圧計  $V$  が  $E$ [V] を示したとする。このとき、 $E = IR$

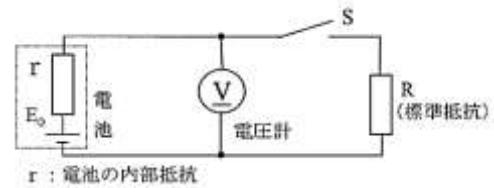
手順③ 電圧計の内部抵抗  $R_V$  と標準抵抗  $R$  との関係は、 $R_V \gg R$

ゆえ回路の抵抗は、 $(r+R)[\Omega]$  となる。

従って、 $E_0 = (r+R)I$  また、 $E = IR$  ゆえ、これを代入すれば、

$$E_0 = rI + RI \Rightarrow E_0 = rI + E \Rightarrow r = \frac{E_0 - E}{I}$$

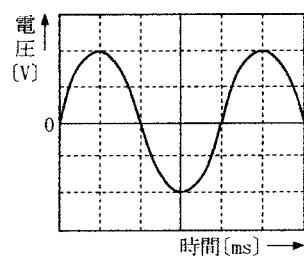
電流計を使用していないから  $I$  の値は不明だが、 $I = \frac{E}{R}$  これを代入すれば、 $r = \frac{E_0 - E}{\frac{E}{R}} = \frac{(E_0 - E)R}{E} [\Omega]$



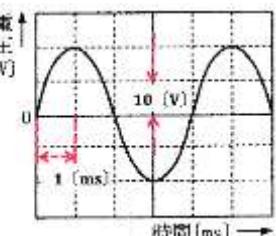
令和5年12月期(IZ512 A-19)

A-19 図は、オシロスコープで観測した正弦波の波形である。この正弦波の実効値  $V$  及び周波数  $f$  の値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、縦軸(振幅)は1目盛当たり  $10$  [V]、横軸(掃引時間)は1目盛当たり  $1$  [ms] とする。

$V$	$f$
1 14.1 [V]	250 [Hz]
2 14.1 [V]	500 [Hz]
3 28.3 [V]	250 [Hz]
4 28.3 [V]	500 [Hz]



- オシロスコープの表示器に表示される電圧は、最大電圧で表される。
- 最大電圧  $V_m$  は、 $V_m = \frac{10}{\text{目盛}} \times 2 \text{ 目盛} = 20[\text{V}] \Rightarrow$  実効値  $V$  は、 $V = \frac{20}{\sqrt{2}} \approx 14.1[\text{V}]$
- $t = \frac{4 \text{ 目盛}}{1 \text{ サイクル}} \times 1[\text{ms}] = 4[\text{ms}] \Rightarrow f = \frac{1}{t} = \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 0.25 \times 10^3 = 250[\text{Hz}]$

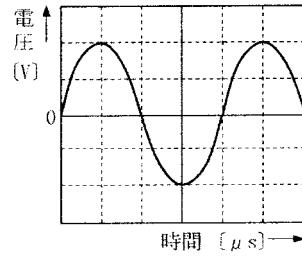


答：1

令和7年11月期(IZ711 A-19)

A - 19 図は、オシロスコープで観測した正弦波の波形である。この正弦波の実効値  $V$  及び周波数  $f$  の値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、縦軸(振幅)は1目盛当たり  $2.5$  [V]、横軸(掃引時間)は1目盛当たり  $25$  [ $\mu$ s] とする。

$V$	$f$
1 2.8 [V]	5 [kHz]
2 2.8 [V]	10 [kHz]
3 3.5 [V]	5 [kHz]
4 3.5 [V]	10 [kHz]



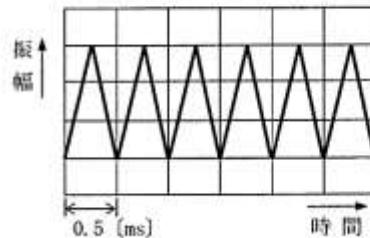
- ・オシロスコープで観測される波形は、最大値で示される。
  - ・題与の諸元：画像の垂直軸1目盛=  $2.5$  [V]、横軸1目盛=  $25$  [ $\mu$ s]から、題与の波形から 電圧の最大値  $V_m$  は、 $V_m = 2.5 \times 2 = 5$  [V]
- $V_m$  の実効値  $V$  は、 $V = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3.546 \approx 3.5$  [V]
- 一波長の時間  $T$  は、 $T = 25 \times 4 = 100$  [ $\mu$ s]
- 周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 0.01 \times 10^6 = 10 \times 10^3 = 10$  [kHz]

答：4

令和3年4月期 (IZ304 A-20)

A - 20 オシロスコープで図に示すような波形を観測した。この波形の繰り返し周波数の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、横軸(掃引時間)は、1目盛り当たり  $0.5$  [ms] とする。

1 0.5 [kHz]
2 1.0 [kHz]
3 1.5 [kHz]
4 2.0 [kHz]



題与の波形の  $1\text{Hz}$  は、画像横軸1目盛。

題与の条件1目盛=  $0.5$  [ms] から、1波長当たりのオシロスコープの掃引時間  $T$  は、 $T = 0.5$  [ms]

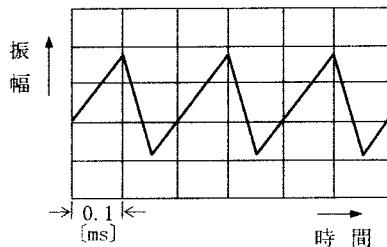
従って、周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5 \times 10^{-3}} = 2.0 \times 10^3 = 2.0$  [kHz]

答：4

令和6年8月期(IZ608 A-19)

A-19 オシロスコープで図に示すような波形を観測した。この波形の繰り返し周波数の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、横軸(掃引時間)は、1目盛り当たり  $0.1 \text{ [ms]}$  とする。

- 1 1.0 [kHz]
- 2 2.0 [kHz]
- 3 2.5 [kHz]
- 4 4.0 [kHz]
- 5 5.0 [kHz]



題与の波形の  $1\text{Hz}$  は、画像横軸 2 目盛。

題与の条件  $1\text{目盛} = 0.1\text{[ms]}$  から、1 波長当たりのオシロスコープの掃引時間  $T$  は、 $T = 0.1 \times 2 = 0.2\text{[ms]}$

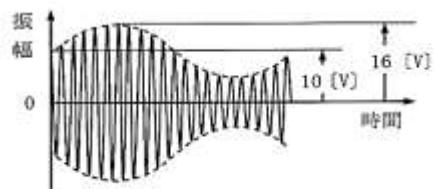
従って、周波数  $f$  は、 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^3 = 5 \text{ [kHz]}$

答：5

平成28年8月期(IZ808 A-18)

A-18 図は、AM(A3E)波をオシロスコープで観測したときの波形である。無変調のときの搬送波の振幅が  $10 \text{ [V]}$ 、单一正弦波で変調したときの最大振幅が  $16 \text{ [V]}$  のときの変調度の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 25 [%]
- 2 33 [%]
- 3 40 [%]
- 4 50 [%]
- 5 60 [%]



無変調時の搬送波の振幅  $a = 10\text{[V]}$ 、信号波の振幅  $b = 16 - 10 = 6\text{[V]}$

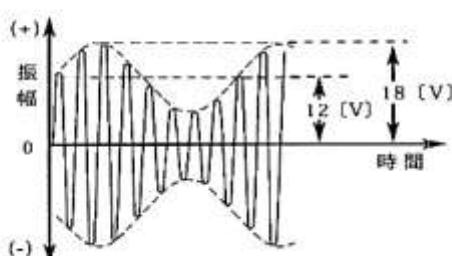
ここから、変調度  $M$  は、 $M = \frac{b}{a} \times 100 = \frac{6}{10} \times 100 = 60 \text{ [%]}$

答：5

平成21年12月期(IZ112 A-18)

A-18 図は、AM(A3E)波をオシロスコープで観測したときの波形である。無変調のときの搬送波の振幅が  $12 \text{ [V]}$ 、单一正弦波で変調したときの最大振幅が  $18 \text{ [V]}$  のときの変調度の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 25 [%]
- 2 33 [%]
- 3 40 [%]
- 4 50 [%]
- 5 60 [%]



無変調時の搬送波の振幅  $a = 12\text{[V]}$ 、信号波の振幅  $b = 18 - 12 = 6\text{[V]}$

$$\text{ここから、変調度Mは、} M = \frac{b}{a} \times 100 = \frac{18-12}{12} = \frac{6}{12} \times 100 = 50 [\%]$$

答：4

令和4年12月期 (IZ412 B-5)

B-5 次の記述は、一般的なオシロスコープとスーパー・テロダイン方式のスペクトルアナライザ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 オシロスコープの水平軸は時間、垂直軸は振幅を表示し、信号の波形や電圧値を観測することができる。
- イ オシロスコープの水平軸と垂直軸に正弦波を入力したとき、表示面上に描かれる図をヒステリシス図という。
- ウ オシロスコープの水平軸と垂直軸に正弦波を入力すると、二つの正弦波の周波数比や位相差を求めることができる。
- エ スペクトルアナライザの水平軸は周波数、垂直軸は振幅を表示し、信号の周波数成分を観測することができる。
- オ スペクトルアナライザにより、送信機から発射される電波の不要発射を観測するときには、発射する電波を低減させる帯域除去フィルタ(BEF)を送信機と負荷の間に挿入する必要がある。

答：ア：1、イ：2、ウ：1、エ：1、オ：2

令和5年15月期 (IZ512 A-20)

A-20 次の記述は、一般的なVNA(ベクトルネットワークアナライザ)の測定項目等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 アンテナのVSWR特性の測定ができる。
- 2 同軸ケーブルの電気的長さが測定できる。
- 3 LPFやHPFなどの周波数特性の測定ができる。
- 4 スミスチャートの表示ができる。
- 5 送信機・アンテナ間に接続して空中線電力の測定ができる。

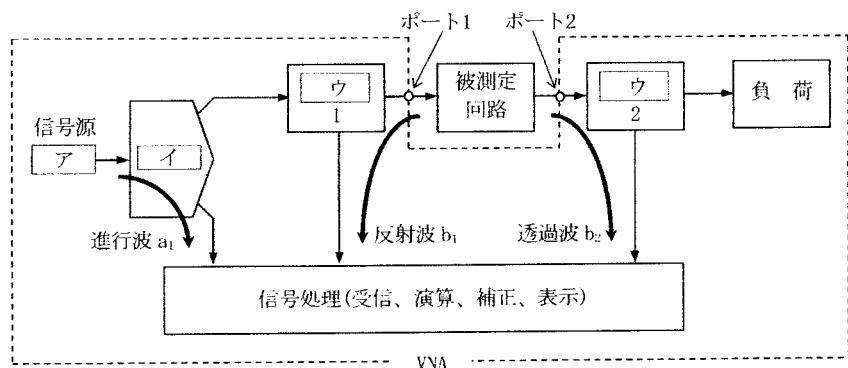
答：5

〔解説〕

測定器内に信号源を内蔵しており、機種により異なるが、一般に50 [Hz] から1 [GHz] 間の送受信回路の伝送路のインピーダンス整合確認、伝送ケーブル内の高周波反射箇所の特定、VSWRの測定などに使われる。測定結果は、スミスチャートや周波数グラフに表示することが多い。

B-5 次の記述は、図に示す原理的なベクトルネットワークアナライザ(VNA)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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) VNAは、被測定回路に□ア信号を加え、その反応を観察することにより被測定回路の性質を調べる測定器であり、加える信号の周波数を可変(掃引)することにより、測定項目の周波数特性を得ることができる。
- (2) 信号源からの信号は□イにより2分割され、一方は進行波 $a_1$ として受信される。他方の信号は、ポート1から被測定回路へ入力され、反射波 $b_1$ が□ウ1を介して受信される。電圧比 $b_1/a_1$ は□エ特性を示すものである。
- (3) 一方、ポート1から出力された信号は被測定回路を通過後、ポート2から□ウ2により分離され、透過波 $b_2$ として受信される。電圧比 $b_2/a_1$ は伝送特性を示すものである。
- (4) □エ特性や伝送特性等の計算結果を利用して、被測定回路のインピーダンスや□オなどを表示することができる。



- |        |             |      |          |        |
|--------|-------------|------|----------|--------|
| 1 正弦波  | 2 ダミーロード    | 3 反射 | 4 バラン    | 5 VSWR |
| 6 パルス波 | 7 パワー・スプリッタ | 8 変調 | 9 方向性結合器 | 10 耐電圧 |

答: ア:1、イ:7、ウ:9、エ:3、オ:5

#### [解説]

(4) 反射特性や伝送特性の計算結果を利用して、被測定回路のインピーダンスやVSWRなどを表示することが出来る。例えば、インピーダンス $Z$ を測定の結果 $Z = 50 - j33$ と表示されたとき、このアンテナのVSWRを1に整合させるために必要なキャパシタンスは、次の要領で求めることが出来る。

- ・表示された $Z = 50 - j33$ から、例えばアンテナの7.0 [MHz]におけるインピーダンスの純抵抗分が50 [ $\Omega$ ]であり、リアクタンス分が $j33$  [ $\Omega$ ]であることが判る。
- このインピーダンスを $Z = 50[\Omega]$ で正規化(50 [ $\Omega$ ]で割る)すれば、 $Z = 1 - j0.66$ になる。
- これをスミスチャートに作図すれば、スミスチャート上の点○が得られる。

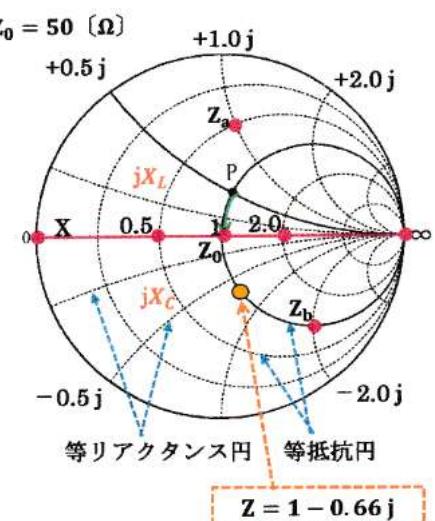
- ・リアクタンス分 $X_C = 33$  [ $\Omega$ ]は、 $33 = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$  であり、
- ここに周波数 $f = 7.0$  [MHz]を代入すれば、

$$C = \frac{1}{33 \times 2\pi f} = \frac{1}{33 \times 2 \times 3.14 \times 7 \times 10^6}$$

$$= 0.000689 \times 10^{-6} = 689 \times 10^{-12} \approx 690[pF]$$

が得られ、この静電容量を同調回路に挿入することにより

$Z = 50[\Omega]$ の純抵抗分だけとなり、 $VSWR = 1$ のアンテナを含む伝送回路が得られる。



[参考]

以上の解説は、二アマでも必要なアンテナ設置の実務に属するところがあり、また一アマ国試問題としても出題されているから参考にされたい。

令和6年12月期 (IZ612 A-20)

A-20 次の記述は、一般的なVNA(ベクトルネットワークアナライザ)の測定項目等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 スプリアス発射の強度の測定ができる。
- 2 同軸ケーブルの電気的長さが測定できる。
- 3 LPF や HPF などの周波数特性を測定できる。
- 4 スミスチャートの表示ができる。

答：1

[解説]

ネットワークアナライザ (VNA) は、高周波信号を取り扱うとき信号の振幅と位相を一度に測定するから二次元ベクトルを使用して周波数ドメインでの反射係数やSパラメーターの測定を行う装置。基本構造は、入力信号分離器、方向性結合器及び最低三つの受信機から構成される。信号を二つに分離して一つを基準R受信機、他を入射信号とし、反射信号のA受信機および伝送信号のB受信機との比較測定がSパラメーターとなる。Sパラメーターは、実数と虚数とで表す複素量であり、測定系が持つ誤差要因の位相と振幅を校正によって除去するため高精度の測定が出来る。データをスミスチャートにプロットすることによりネットワークの状況を観ることが出来る。測定系が持つ誤差要因の位相と振幅を校正によって取り除けば、極めて高い精度のデータが得られる。データは、デジタル処理によりスミスチャート、対数振幅、位相、群遅延など14種類の形式により表示される。

令和6年4月期 (IZ604 A-20)

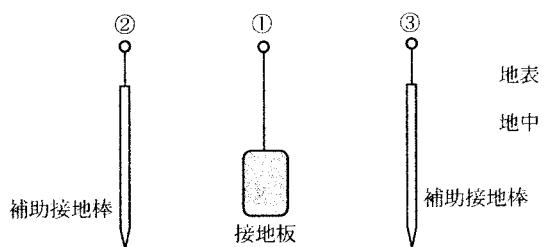
A-20 図は、接地板の接地抵抗の測定例を示したものである。図において端子①-②、①-③、②-③間の抵抗値がそれぞれ  $R_{12} [\Omega]$ 、 $R_{13} [\Omega]$ 、 $R_{23} [\Omega]$  のとき、端子①に接続された接地板の接地抵抗  $R$  を求める式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、補助接地棒の長さ、接地板と補助接地棒の配置及び相互の距離は適切に設定されているものとする。

$$1 \quad R = \frac{R_{12} + R_{13} - R_{23}}{2} [\Omega]$$

$$2 \quad R = \frac{R_{12} - R_{13} + R_{23}}{2} [\Omega]$$

$$3 \quad R = \frac{R_{12} + R_{13} + R_{23}}{2} [\Omega]$$

$$4 \quad R = \frac{R_{12} - R_{13} - R_{23}}{2} [\Omega]$$



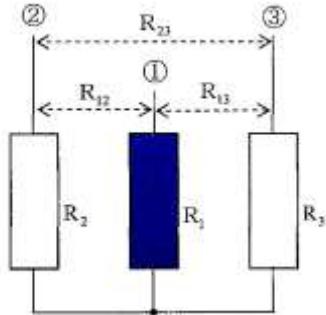
題と図の等価回路を右に示す。

接地板①の接地抵抗を  $R_1 [\Omega]$ 、補助接地棒②と③の接地抵抗をそれぞれ  $R_2 [\Omega]$ 、 $R_3 [\Omega]$  とすればオームの法則に基づき以下の計算式から接地抵抗  $R_1 [\Omega]$  を求めることが出来る。

$$R_{12} \neq \begin{cases} R_1 + R_2 & \dots \dots \dots (1) \\ R_{13} = R_1 + R_3 & \dots \dots \dots (2) \\ R_{23} = R_2 + R_3 & \dots \dots \dots (3) \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} ①+② \\ \hline R_{12} = R_1 + R_2 \\ R_{13} = R_1 + R_3 \\ \hline R_{12} + R_{13} = 2R_1 + R_2 + R_3 \end{array} \quad (+) \quad \dots \quad ④$$

$$\begin{aligned}
 ④ - ③ \quad & R_{12} + R_{13} = 2R_1 + R_2 + R_3 \\
 & R_{23} = R_2 + R_3 \quad (—) \\
 \hline
 R_{12} + \frac{R_{13} - R_{23}}{R_{12} + R_{13} - R_{23}} & = 2R_1 \\
 \therefore \quad R_1 & = \frac{R_{12} + R_{13} - R_{23}}{2} \quad [\Omega]
 \end{aligned}$$



答：3

令和7年5月期 (IZ705 A-15)

A - 16 次の記述は、30 [MHz] を超える電波の強度に対する安全基準及び電波の強度の算出方法の概要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。

次の表は、アマチュア局に適用する基準値の一部を示したものである。ただし、 $f$  は MHz を単位とする周波数とし、電界強度、磁界強度及び電力束密度は、それらの 6 分間における平均値とする。

周波数	電界強度の実効値 $E$ [V/m]	磁界強度の実効値 $H$ [A/m]	電力束密度の実効値 $S$ [mW/cm <sup>2</sup> ]
30MHzを超え300MHz以下	27.5	0.0728	0.2
300MHzを超え1.5GHz以下	$1.585 \sqrt{f}$	$\sqrt{f} / 237.8$	$f / 1500$
1.5GHzを超え300GHz以下	61.4	0.163	1

この表の電力束密度  $S$  を算出する基本算出式は、次式で与えられている。

$$S = \frac{PG}{A} \times K \quad [\text{mW/cm}^2]$$

$P$  : 空中線入力電力 [W]  $G$  : 空中線の主放射方向の絶対利得(真数)

$R$  : 空中線からの距離(算出地点までの距離) [m]  $K$  : 大地等の反射係数

また、上記の  $S$  と電界強度  $E$  [V/m] の相互換算をする場合には、次式を用いる。

$$S = \frac{B}{3770} \text{ (mW/cm}^2\text{)}$$

A	B
1 $40\pi R^2$	$2E$
2 $40\pi R^2$	$E^2$
3 $40\pi R$	$2E$
4 $40\pi R$	$E^2$

答：2

### 〔解説〕

通常の場合、定められた算出拠点で題与の基本算出式を用いて算出した結果が表の基準値を満たしていれば（基準値以下であれば）、実測の必要はない。

問題は、電波法施行規則第21条の3からの抜粋

[参考]

別表第二号の三の二 電波の強度の値の表(第21条の3関係)

周波数	電界強度 (V/m)	磁界強度 (A/m)	電力束密度 (mW/cm <sup>2</sup> )	平均時間 (分)
1 10kHz を超え 30kHz 以下	275	728	1.18E <sup>-1</sup>	6
2 30kHz を超え 3MHz 以下	275	2.18E <sup>-1</sup>		
3 3MHz を超え 30MHz 以下	824E <sup>-1</sup>	2.18E <sup>-1</sup>		
4 30MHz を超え 300MHz 以下	275	0.0728	0.2	
5 300MHz を超え 15GHz 以下	1.58E <sup>17</sup>	1E <sup>12</sup> /237.8	1E <sup>12</sup> /1500	
6 15GHz を超え 300GHz 以下	61.4	0.163	1	

注1 1は、MHzを単位とする周波数とする。

注2 電界強度及び磁界強度は、実効値とする。

注3 人体が電波に不均一にばく露される場合その他従務大臣がこの表によることが不合理であると認める場合は、従務大臣が別に告示するところによるものとする。

注4 同一場所若しくはその周辺の複数の無線局が電波を発射する場合又は同一の無線局が複数の電波を発射する場合は、電界強度及び磁界強度については各周波数の表中の値に対する割合の自乗和の値、また電力束密度については各周波数の表中の値に対する割合の和の値がそれぞれ1を超えてはならぬ。

アマチュア周波数告示 190

無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び  
測定方法

平成二十一年四月十七日施行規則第十一条の二第三項

- 1 この告示中の計算式等における記号の意味は、次のとおりとする。
- (1) Eは、電界強度[V/m]とする。
  - (2) Hは、磁界強度[A/m]とする。
  - (3) Sは、電力束密度[mW/cm<sup>2</sup>]とする。
  - (4) Pは、空中線入力電力(送信機出力から結電線系の損失及び不整合損を減じたものをいう。以下同じ。)[W]とする。ただし、パルス波の場合は、空中線入力電力の時間平均値とする。
  - (5) Gは、送信空中線の最大輻射方向における輻射料得を電力比率で表したものとする。
  - (6) Rは、算出に係る送信空中線と算出を行う地点との距離[m]とする。
  - (7) Dは、送信空中線の最大寸法[m]とする。
  - (8) θは、送信周波数の波長[m]とする。
  - (9) Kは、反射係数とし、代入する値は次のとおりとする。
    - ア 大陸面の反射を考慮する場合
      - (7) 送信周波数が76MHz以上の場合 2.56
      - (7) 送信周波数が76MHz未満の場合 4
    - イ 水面等大地面以外の反射を考慮する場合 4
    - ウ すべての反射を考慮しない場合 1
  - (10) Fは、空中線判取による補正係数とし、代入する値は次のとおりとする。
    - ア 空中線が回転していない場合 1
    - イ 空中線が回転している場合
      - (7) 距離Rが0.6D°/λを越える場合 θ<sub>av</sub>/360  
θ<sub>av</sub>は電力半価幅[度]
      - (7) 距離Rが0.6D°/λ以下の場合 φ/360  
φは距離Rにおける空中線直線の見込み角[度]であり。  
φ = 2tan<sup>-1</sup>(D/2R)  
とする。
- 2 電力束密度の値から電界強度又は磁界強度の値への換算は、次式を用いる。
- $$S = \frac{E^2}{3770} = 37.7H^2$$
- 3 電波の強度は、算出に係る送信空中線の位置からその最大輻射方向が定まらないときは任意の方向)を基準とする45度開角の各方位に存在する人が通常、集合し、通行し、その他の入りする場所について、送信空中線から最も近い地点から少なくとも1/10[m]開角の各地点(以下「算出地点」という。)で算出する。各算出地点においては、大地等の上方10cm(300MHz未満の周波数においては20cm)以上200cm以下の範囲の少なくとも10cm開角(300MHz未満の周波数においては20cm開角)となる位置で算出を行い、その最大値を求める。ただし、各算出地点は、送信空中線及び金属物体から10cm以上(300MHz未満の周波数においては20cm以上)離れてなければならない。
- 4 算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合は、算出した電波の強度の値に6デシベルを加えること。
- 5 電波の強度の算出に当たっては、次式により電力束密度の値を求めてこととする。ただし、30MHz以下の周波数においては、電界強度の値に換算すること。

A - 20 次の記述は、ディップメータの原理的動作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) 校正された自励発振器のコイルを、他の **A** 回路へ近づけて、自励発振器の発振周波数を変化させると、両者の周波数が等しくなったときに自励発振器の出力が吸収されて低下し、メータの指示が振れる(ディップする)。
- (2) 自励発振器は、通常 **B** 発振回路が用いられる。コイルの差し換えと **C** の使用により、HFからVHFの周波数帯にわたって連続的に発振させることができる。

A	B	C
1 CR発振	ブロッキング	可変コンデンサ
2 CR発振	ウェーンブリッジ	固定コンデンサ
3 LC共振	コルピツ	可変コンデンサ
4 LC共振	クリスタル	固定コンデンサ

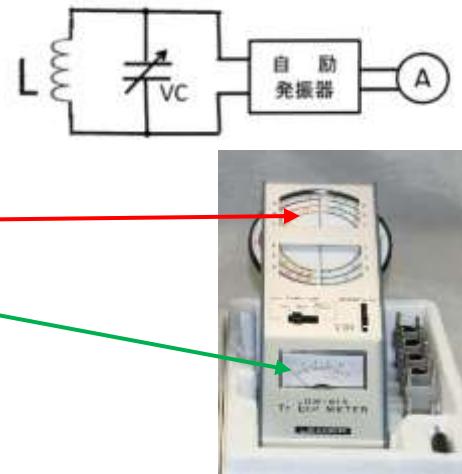
答：3

[解説]

ディップメータ回路を右図に示す。

回路はコルピツ発振回路。Lを外部のLC回路に近づける。VCを調整し計器Aの振れが最小になる点(ディップ点)を求める。VCに直結した円板スケール値から外部LC回路の共振周波数を読み取る。

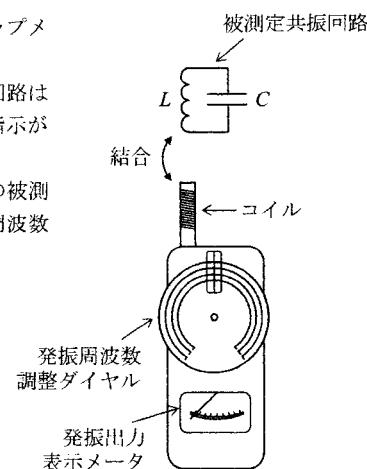
円板スケール(VC)を回転してディップメータの発振周波数を変化させて外部LC回路に周波数を同調(共振)させたとき、自励発振器の出力が外部LC回路に発振電波が吸収されて計器Aの振れが最小になる。これによりLC回路の共振周波数を見付けることが出来る。



A - 20 次の記述は、ディップメータ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) 図に示すように、ディップメータのコイルを被測定共振回路に近づけ、ディップメータの発振周波数を変化させる。  
A 結合状態となっている両者の周波数が等しくなったとき、被測定共振回路はディップメータの発振出力を **B** するので、出力を表示しているメータの指示が減少(ディップ)し、被測定共振回路の共振周波数を測定することができる。
- (2) また、ディップメータを使うと、LやCの概略の値を知ることができる。図の被測定共振回路のCの静電容量[F]を既知とすれば、ディップメータで測定した周波数が  $f$  [Hz] の時、Lのインダクタンス [ $H$ ] は **C** となる。

A	B	C
1 誘導	吸収	$1/(4\pi^2 f^2 C)$
2 誘導	放出	$1/(2\pi^2 f^2 C)$
3 静電	吸収	$1/(2\pi^2 f^2 C)$
4 静電	放出	$1/(4\pi^2 f^2 C)$



答：1

〔解説〕

被測定共振回路の共振周波数  $f$  は、次式から得られる。この式から  $L$  を求める式に変換すれば、

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi f \sqrt{LC} = 1 \Rightarrow 4\pi^2 f^2 LC = 1 \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} [H]$$

令和6年12月期 (IZ612 B-5)

B-5 次の記述は、CM形電力計による電力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。

CM形電力計は、送信機と□ア又はアンテナとの間に挿入して電力の測定を行うもので、容量結合と□イを利用し、給電線の電流及び電圧に□ウする成分の和と差から、進行波電力と□エ電力を測定することができるため、負荷の消費電力のほかに□オを知ることもできる。

- |           |       |        |       |         |
|-----------|-------|--------|-------|---------|
| 1 占有周波数帯幅 | 2 比例  | 3 抵抗結合 | 4 反射波 | 5 受信機   |
| 6 負荷の整合状態 | 7 反比例 | 8 誘導結合 | 9 高調波 | 10 擬似負荷 |

答：ア：10、イ：8、ウ：2、エ：4、オ：6

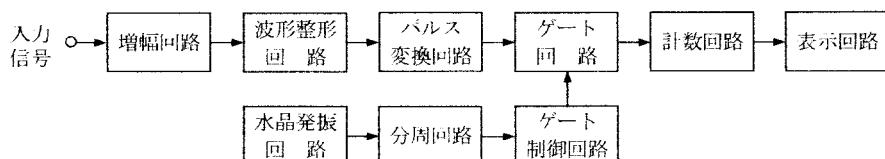
〔解説〕

CM形電力計は、送信機と擬似空中線または実際のアンテナとの間に挿入して電力の測定を行うもので、電力の検出にコンデンサによる容量結合 (C) と、カレントトランジスタによる誘導結合 (M) を利用し、給電線の電流及び電圧に比例する成分の和と差から進行波電力と反射波電力を測定することができるため、負荷の消費電力のほか送信機と負荷との間のインピーダンス整合状態を知ることが出来る。

進行波電力を  $P_f$  とし反射波電力を  $P_r$  とすれば、 $VSWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}}$  から得られる。

令和7年11月期 (IZ711 A-20)

A-20 次の記述は、図に示す計数形周波数計(周波数カウンタ)の構成例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、波形整形回路及びパルス変換回路の出力の繰返し周期は等しいものとする。



- (1) 波形整形回路は、入力信号を□Aに整形する。
- (2) パルス変換回路は、波形整形後の信号を□Bを用いて計数しやすいパルスに変換する。
- (3) ゲートの開いた  $T$  [s] 間に  $N$  個のパルスが計数されたとき、入力信号の周波数は□C [Hz] である。

A	B	C
1 正弦波	微分回路	$T/N$
2 正弦波	乗算回路	$N/T$
3 方形波	微分回路	$N/T$
4 方形波	乗算回路	$T/N$

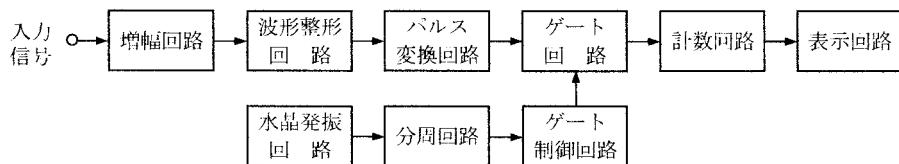
答：3

〔解説〕

波形整形回路で入力信号を方形波に整形して後、パルス変換回路で波形成形後の信号を微分回路で計数し易いパルス波に変換する。入力信号の周波数  $f$  は、 $f = \frac{N}{T}$  となる。ここに  $N$  は、ゲートを通過するパルスの数。 $T$  は、ゲートの開いている時間。この時間内にゲートを通過するパルスの数を計測して入力信号の周波数を求める。

令和4年12月期 (IZ412 A-20)

A - 20 次の記述は、図に示す計数形周波数計の原理的な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 波形整形回路は、入力信号をリミタを用いて方形波に整形する。
- 2 パルス変換回路は、入力信号を微分回路を用いて計数しやすいパルスに変換する。
- 3 ゲートの開いた  $T$  [s] 間に  $N$  個のパルスが計数されたとき、入力信号の周波数は  $T/N$  [Hz] である。
- 4 水晶発振回路は、ゲートを開閉する動作時間の基準となる周波数を発振する。

答：3

〔解説〕

パルス変換回路には微分回路が用いられ、被測定信号の周波数をパルス列に変換してゲート回路に送られる。ゲート回路ではゲート制御回路からの制御信号に基づきゲートが開いてその間のみパルス列を通す。通過したパルスの個数を計数回路でカウントして表示回路で表示する。ゲートが開いている時間を  $T$  [秒]、この間にゲート回路を通過するパルス数を  $N$  [個] とすれば、入力信号の周波数  $f$  [Hz] は、 $f = \frac{N}{T}$  である。

令和6年4月期 (IZ604 B-5)

B - 5 次の記述は、永久磁石可動コイル形計器を用いたアナログ式回路計(テスター)の使用方法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。

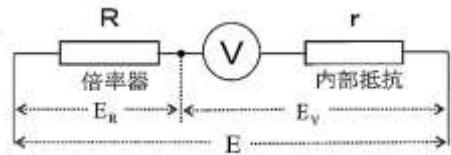
- ア 測定に先立ち、メータの指針の指示を確かめ、ずれていたら零位調整ネジを回して修正する。
- イ 電圧の測定誤差を減らすため、指針がメータの中央付近になるような測定レンジを選ぶ。
- ウ メータの指示を読み取るときは、メータの正面から読み取る。
- エ 電圧を測定する場合、使用するテスターの内部抵抗が大きいほど、被測定回路に与える電気的影響は大きい。
- オ 交流電圧測定レンジを使用して、正弦波以外の交流電圧を測定すると、測定値に誤差を生ずる。

答：ア：1、イ：2、ウ：1、エ：2、オ：1

〔解説〕

テスターで電圧を測定する場合、測定電圧を  $E$  とすれば右図の回路により測定することになる。測定電圧  $E$  が計器固有の最大電圧を超える場合、倍率器  $R$  を計器に直列に挿入することにより測定電圧を分圧

して計器の最大測定範囲を超えて電圧を測定できるようになる。  
計器の内部抵抗  $r$  が小さいほど測定電圧  $E$  に対する電気的影響が小さくなり、測定精度が向上する。



令和6年8月期 (IZ608 A-20)

A - 20 次の記述は、アナログ式のテスタ(回路計)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 刻々と変動する測定値でも、その変化がゆるやかな場合には、おおまかな測定値を読み取ることができる。
- 2 交流電圧測定においては、高周波の測定には利用できない。
- 3 指示計器としては、一般に可動コイル形直流電流計が用いられる。
- 4 電圧計として使用する場合は、低電圧レンジほど入力抵抗が大きい。
- 5 電圧及び電流を測定する場合は、テスタに電源が不要である。

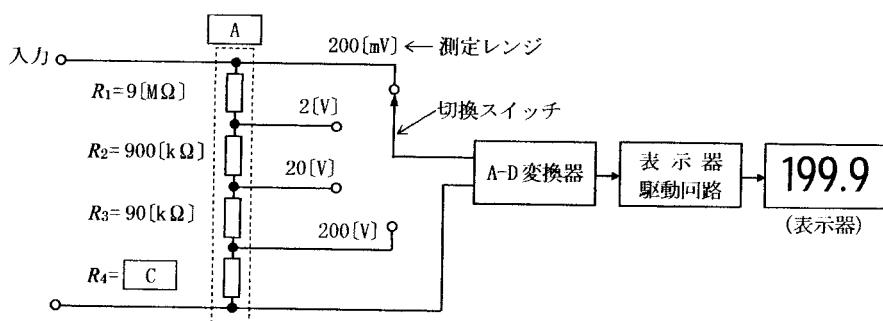
答：4

〔解説〕

低電圧に大きな内部入力抵抗を用いれば、指示計器(電流計)に流れる電流が微小になり測定が出来なくなる。  
低電圧のときは、小さい入力抵抗が必要。

令和7年5月期 (IZ705 A-20)

A - 20 次の記述は、デジタルマルチメータにおける直流電圧の測定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。なお、同じ記号の□内には同じ字句が入るものとする。



- (1) 図において、測定する直流電圧は入力から直接又は破線で囲まれた測定範囲を拡大するための **A** を経由して、A-D 変換器へ出力される。
- (2) A-D 変換器は **A** の抵抗 **B** を読み、A-D 変換器においてデジタル化された測定結果の値は表示器でデジタル表示される。
- (3) 測定レンジ及び  $R_1, R_2, R_3$  の抵抗値が図に示すとおりであるとき、 $R_4$  の値は **C** である。

A	B	C
1 分圧器	の端子電圧	10 [kΩ]
2 分圧器	を流れる電流	10 [kΩ]
3 分圧器	の端子電圧	9 [kΩ]
4 分流器	を流れる電流	9 [kΩ]
5 分流器	の端子電圧	9 [kΩ]

答：1

〔解説〕

・表示器の最大表示数は、4桁の場合 2000 のときオーバースケールとなり、1.999 まで表示される。

- 切替スイッチを 200 [V] にしたとき、表示器の表示を 2 [V] にするには、 $R_3 + R_4 = 100[\text{k}\Omega]$  となる。  
 $R_3 = 90[\text{k}\Omega]$  から、 $R_4 = 100 - 90 = 10[\text{k}\Omega]$

[別解]

- 各端子間電圧は、分圧の法則に基づいている。従って、 $\frac{R_4}{R_3+R_4} = \frac{20}{200} = \frac{1}{10}$   
 $10R_4 = R_3 + R_4 \Rightarrow$  題与の  $R_3 = 90[\Omega]$  を代入して、 $10R_4 - R_4 = 90 \Rightarrow R_4 = 10[\Omega]$

令和5年4月期 (IZ504 A-20)

A - 20 次の記述は、デジタルマルチメータ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。

- 被測定量は、通常、□A 電圧に変換して測定する。
- 電圧測定では、アナログ電圧計に比べて入力インピーダンスが□B、被測定物に接続したときの被測定量の変動が小さい。
- 測定結果はデジタル表示され、読み取り誤差が□C。

	A	B	C
1 直流	高く	ない	
2 直流	低く	ある	
3 交流	高く	ある	
4 交流	低く	ない	

答：1

[解説]

アナログ入力信号は、直流電圧に変換されて A-D 変換部に供給され、ここで標本化  $\Rightarrow$  量子化  $\Rightarrow$  符号化  $\Rightarrow$  してデジタル信号として取り出し、これを表示部でデジタル表示して測定値とする。

電流は、基準抵抗における電圧降下を測定電圧とし、これをデジタル変換して測定値とする。

抵抗値の場合は、基準電圧に変換して測定値とし、これをデジタル変換して測定値とする。

令和7年5月期 (IZ705 B-5)

B - 5 次の記述は、一般的なオシロスコープとスーパーパーテロダイン方式のスペクトルアナライザ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 オシロスコープの水平軸は周波数、垂直軸は振幅を表示し、信号の波形や電圧値を観測することができる。
- イ オシロスコープの水平軸と垂直軸に正弦波を入力したとき、表示面上にリサジー図形が描かれる。
- ウ オシロスコープの水平軸と垂直軸に正弦波を入力すると、二つの正弦波の周波数比や位相差を求めることができる。
- エ スペクトルアナライザの水平軸は時間、垂直軸は振幅を表示し、信号の周波数成分を観測することができる。
- オ スペクトルアナライザを用いて、送信機からの電波を観測すると、信号の基本波だけでなく不要発射も観測することができる。

答：ア：2、イ：1、ウ：1、エ：2、オ：1

ここに記載の内容は、個人使用に限定し、商用使用はできません。

## 無線工学の計算に必要な無線数学

### [ 無線数学の基礎 ]

#### 無線工学の計算に必要な基礎無線数学

$$\text{指数計算 } X^0 = 1 \quad a^{-m} = \frac{1}{a^m} \quad (a^m)^n = a^{m \times n} \quad (ab)^m = a^m b^m$$

$$\text{常用対数 } \log_{10} X^m = m \log_{10} X \quad \log_{10} XY = \log_{10} X + \log_{10} Y \quad \log_{10} \frac{X}{Y} = \log_{10} X - \log_{10} Y$$

$$\log_{10} 1 = 0 \quad \log_{10} 10 = 1 \quad \log_{10} 2 = 0.301 \quad \log_{10} 3 = 0.477$$

$$\text{計算例: } \log_{10} 1.5 = \log_{10} \frac{3}{2} = \log_{10} 3 - \log_{10} 2 = 0.477 - 0.301 = 0.167$$

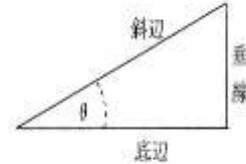
$$\log_{10} 6 = \log_{10} (3 \times 2) = \log_{10} 3 + \log_{10} 2 = 0.477 + 0.301 = 0.778$$

$$\log_{10} 12 = \log_{10} (4 \times 3) = \log_{10} 2^2 + \log_{10} 3 = 2 \log_{10} 2 + \log_{10} 3 = 2 \times 0.301 + 0.477 = 1.079$$

$\log_a N = b$  の意味: 正の整数  $a$  と  $N$  が与えられたとき、 $N = a^b$  を満足させる実数  $b$  の値を  $a$  を底とする  $N$  の対数といい、 $N$  を  $b$  の真数という。 $b$  [dB]  $\Rightarrow$   $N$  [W] への換算のときに理解が必要。

$$\text{三角関数} \quad \sin \theta = \frac{\text{垂線}}{\text{斜辺}} \quad \cos \theta = \frac{\text{底辺}}{\text{斜辺}} \quad \tan \theta = \frac{\text{垂線}}{\text{底辺}}$$

(覚え方:  $\sin \theta$  は  $\frac{\text{垂線}}{\text{斜辺}}$  : 水車  $\cos \theta$  は  $\frac{\text{底辺}}{\text{斜辺}}$  : 停車  $\tan \theta$  は  $\frac{\text{垂線}}{\text{底辺}}$  : 水底)



$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2} \quad \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \sin 90^\circ = 1$$

(直角二等辺三角形のとき)

平方根の覚え方例:  $\sqrt{2} = 1.414$  : 人世一夜 (ひとよひとよ)

$\sqrt{3} = 1.732$  : 人並みに (ひとなみに)

$\sqrt{5} = 2.236$  : 富士山麓 (ふじさんろく)

#### 平方根の開き方 (開平)

$$\begin{array}{l}
 \text{5に対して2を立てる} \rightarrow 2 \\
 \text{上の2を下にも置く} \rightarrow \underline{2} \\
 2+2=4 \quad \text{右に2を置く} \rightarrow \underline{4} \quad 2 \\
 \text{上の2を下にも置く} \rightarrow \underline{2} \\
 42+2=44 \quad \text{右に3を置く} \rightarrow \underline{4} \quad 4 \quad 3 \\
 \text{上の3を下にも置く} \rightarrow \underline{3} \\
 3+3=6 \quad \text{右に6を置く} \rightarrow \underline{4} \quad 4 \quad 6 \quad 6 \\
 \text{以下繰り返し} \rightarrow \underline{6} \\
 \hline
 4 \quad 4 \quad 7 \quad 2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2. \quad 2 \quad 3 \quad 6 \\
 \sqrt{5. \quad 00 \quad 00 \quad 00} \\
 \underline{4} \\
 1 \quad 00 \\
 \underline{84} \\
 16 \quad 00 \\
 \underline{13} \quad 29 \quad 00 \\
 2 \quad 67 \quad 96
 \end{array}$$

$\leftarrow 5$  の後に 00 00 00 00 を置く  
 $\leftarrow 2 \times 2 = 4$  となる  
 $\leftarrow 5-4=1$  上から 00 を下ろす  
 $\leftarrow 42 \times 2 = 84$  上から 00 を下ろす  
 $\leftarrow 100-84=16$  上から 00 を下ろす  
 $\leftarrow 433 \times 3 = 1329$  上から 00 を下ろす

ここに記載の内容は、個人使用に限定し、商用使用はできません。