【解答】

(1)解答：ヲ

ワンポイント解説「2.並列回路の共振回路」の通り，$\left|\dot{I}_{\mathrm{L}}\right| = \left|\dot{I}_{\mathrm{C}}\right|$ が成立するのは，それぞれの素子にかかる電圧を $\dot{V}$ とすると，

$$\begin{aligned}
\left|\mathrm{j}\omega C\dot{V}\right| &= \left|\frac{\dot{V}}{\mathrm{j}\omega L}\right| \\
\left|\mathrm{j}\omega C\right| &= \left|\frac{1}{\mathrm{j}\omega L}\right| \\
\omega C &= \frac{1}{\omega L} \\
\omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}}
\end{aligned}$$

と求められる。

(2)解答：ハ

ワンポイント解説「2.並列回路の共振回路」の通り，並列共振状態においては，アドミタンスが零すなわちインピーダンスが $\infty$ となるので，回路には電流が流れず $\dot{I}_{\mathrm{R}} = 0$ [A] となる。したがって，$R$ における電圧降下もなく $\left|\dot{V}_{\mathrm{R}}\right| = 0$ [V] と求められる。

(3)解答：イ

$\frac{1}{\mathrm{j}\omega C} = \frac{R}{\mathrm{j}}$，$\mathrm{j}\omega L = \mathrm{j}\frac{R}{2}$ のとき，合成リアクタンス

$$\begin{aligned}
\mathrm{j}X &= \frac{\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}\cdot \mathrm{j}\omega L}{\frac{1}{\mathrm{j}\omega C} + \mathrm{j}\omega L} \\
&= \frac{\frac{R}{\mathrm{j}}\cdot \mathrm{j}\frac{R}{2}}{\frac{R}{\mathrm{j}} + \mathrm{j}\frac{R}{2}} \\
&= \frac{\frac{R^2}{2}}{-\mathrm{j}R + \mathrm{j}\frac{R}{2}} \\
&= \frac{\frac{R^2}{2}}{-\mathrm{j}\frac{R}{2}} \\
&= \mathrm{j}\frac{\frac{R^2}{2}}{\frac{R}{2}} \\
&= \mathrm{j}R
\end{aligned}$$

と求められる。

(4)解答：リ

(3)より，$\dot{I}_{\mathrm{R}}$ [A] は，

$$\begin{aligned}
\dot{I}_{\mathrm{R}} &= \frac{\dot{E}}{R + \mathrm{j}R} \\
&= \frac{\dot{E}}{R + \mathrm{j}R} \times \frac{R - \mathrm{j}R}{R - \mathrm{j}R} \\
&= \frac{\dot{E}}{R^2 + R^2} \times (R - \mathrm{j}R) \\
&= \frac{\dot{E}}{2R^2} \times R(1 - \mathrm{j}) \\
&= \frac{\dot{E}}{2R}(1 - \mathrm{j})
\end{aligned}$$

となるので，ワンポイント解説「3.複素平面における複素数の表記方法」により指数表記すると，

$$\begin{aligned}
\dot{I}_{\mathrm{R}} &= \frac{\dot{E}}{\sqrt{2}R}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \mathrm{j}\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \\
&= \frac{\dot{E}}{\sqrt{2}R}\left(\cos\frac{\pi}{4} - \mathrm{j}\sin\frac{\pi}{4}\right) \\
&= \frac{\dot{E}}{\sqrt{2}R}\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\frac{\pi}{4}}
\end{aligned}$$

と求められる。

(5)解答：ニ

回路が消費する有効電力 $P$ は，抵抗 $R$ で消費される電力であるから，

$$\begin{aligned}
P &= R\left|\dot{I}_{\mathrm{R}}\right|^2 \\
&= R\left(\frac{\left|\dot{E}\right|}{\sqrt{2}R}\right)^2 \\
&= \frac{\left|\dot{E}\right|^2}{2R}
\end{aligned}$$

と求められる。

1.電圧源と電流源の等価変換

図 4 に示すように，電圧源と電流源は直列と並列で等価変換することができます。

> ! 電圧源の図を基本として，開放端電圧と短絡電流が電圧源の図のときと等しくなるように電流源の図の要素を求めれば，電流源の図における要素の式を覚えなくて済みます。

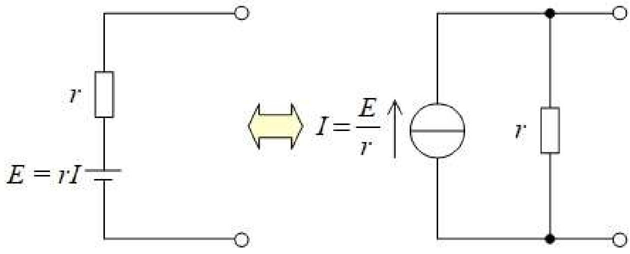


図 4

【解答】

(1)解答：ヲ

(2)解答：へ

図 1 の回路について，回路方程式を立てると，

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad \cdots\cdots \quad ①$$
$$rI_0 = (r+R)I_1 - rI_2 \quad \cdots\cdots \quad ②$$

となるので，①×$r$＋②により$I_2$を消去すると，

$$2rI_0 = (2r+R)I_1$$
$$I_1 = \frac{2r}{2r+R}I_0$$

と求められる。よって，上式を①に代入して$I_2$を求めると，

$$I_2 = I_0 - I_1 = I_0 - \frac{2r}{2r+R}I_0 = \frac{R}{2r+R}I_0$$

と求められる。

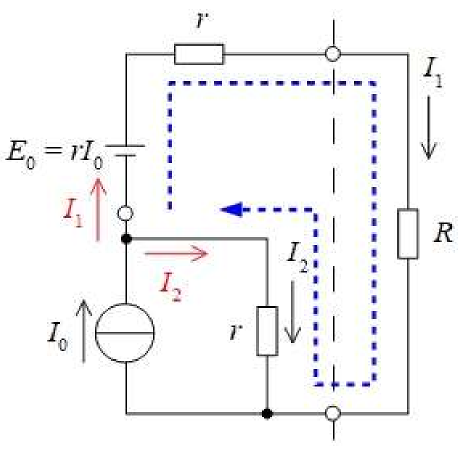


図 5

(3)解答：ヨ

二つの内部抵抗$r$と負荷抵抗$R$で消費される電力の総和$P_1$は，

$$P_1 = (r+R){I_1}^2 + r{I_2}^2$$
$$= (r+R)\left[\frac{2r}{2r+R}I_0\right]^2 + r\left[\frac{R}{2r+R}I_0\right]^2$$
$$= \frac{(r+R)\cdot 4r^2 + rR^2}{(2r+R)^2}I_0^2$$
$$= \frac{4r^3+4r^2R+rR^2}{4r^2+4rR+R^2}I_0^2$$
$$= \frac{r(4r^2+4rR+R^2)}{4r^2+4rR+R^2}I_0^2$$
$$= rI_0^2$$

と求められる。

(4)解答：ハ

図 1 から図 2 への等価変換を図 2-2，図 1 から図 3 への等価変換を図 3-2 に示す。

【ワンポイント解説】

演算増幅器に関する計算問題です。

例年演算増幅器はパターンが似ている問題が出題されているので，過去問をマスターして選択できるようにすると良いと思います。

**1.理想的な演算増幅器の特徴**

1．電圧増幅率が無限大である。したがって，無限大でない有限数が出力される時，入力端子間の電圧は 0 V (バーチャルショート)となる。

2．入力インピーダンスが無限大である。したがって入力端子に電流は流れない。

3．出力インピーダンスがゼロである。

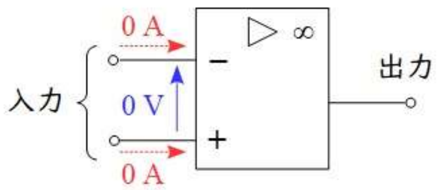


図 1

【解答】

**(1)解答：ヌ**

$V_4$ [V] は，$V_2 = 2.0$ [V] が $R_2 = 1.0$ [kΩ] と $R_4 = 1.0$ [kΩ] に分圧されたときの $R_4$ の電圧であるから，分圧の法則より，

$$\begin{aligned} V_4 &= \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_2 \\ &= \frac{1.0}{1.0 + 1.0} \times 2.0 \\ &= 1.0\ [\mathrm{V}] \end{aligned}$$

と求められる。

**(2)解答：ト**

演算増幅器の入力端子間の電圧が零であり $V_3 = 1.0$ [V] であることから，$R_1 = 5.0$ [kΩ] を流れる電流 $I_1$ [A] は，

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_1 - V_3}{R_1} \\ &= \frac{3.0 - 1.0}{5.0 \times 10^3} \\ &= 0.40 \times 10^{-3}\ [\mathrm{A}] \quad \rightarrow \quad 0.40\ [\mathrm{mA}] \end{aligned}$$

と求められる。

**(3)解答：ル**

$R_3 = 5.0$ [kΩ] の電圧降下 $V_{\mathrm{R3}}$ [V] は，$I_1$ がすべて抵抗 $R_3$ に流れ込むことから，

$$\begin{aligned} V_{\mathrm{R3}} &= R_3 I_1 \\ &= 5.0 \times 10^3 \times 0.4 \times 10^{-3} \\ &= 2.0\ [\mathrm{V}] \end{aligned}$$

と求められる。

**(4)解答：ニ**

(1)～(3)より，$V_5$ [V] は，

$$\begin{aligned} V_5 &= V_3 - V_{\mathrm{R3}} \\ &= 1.0 - 2.0 \\ &= -1.0\ [\mathrm{V}] \end{aligned}$$

と求められる。

**(5)解答：ヲ**

$V_5 = 0$ [V] となるとき，$V_3$ [V] は，

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{R_3}{R_1 + R_3} V_1 \\ &= \frac{5.0}{5.0 + 5.0} \times 3.0 \\ &= 1.5\ [\mathrm{V}] \end{aligned}$$

となり，$V_4$ [V] も同電圧となるから，

$$\begin{aligned} V_4 &= \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_2 \\ V_2 &= \frac{R_2 + R_4}{R_4} V_4 \\ &= \frac{5.0 + 5.0}{5.0} \times 1.5 \\ &= 3.0\ [\mathrm{V}] \end{aligned}$$

と求められる。

【ワンポイント解説】

この問題はこれまで慣例的に 2 種では分布定数回路は出題されないとされてきたものを覆すような問題となっています。一種受験者であれば難なく解ける問題となりますが，2 種受験者にとってはとても厳しい問題となったと思います。

1.基本的な回路の四端子定数

図 1～図 3 の四端子定数は以下の通りとなります。

$$\begin{bmatrix} 1 & \dot{Z} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (図 1)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}} & 1 \end{bmatrix} \qquad (図 2)$$

$$\begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix} \qquad (図 3)$$

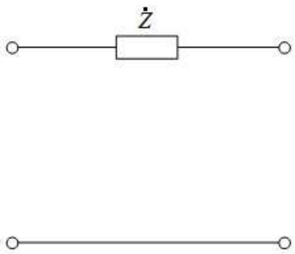

図 1

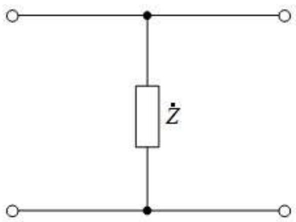

図 2

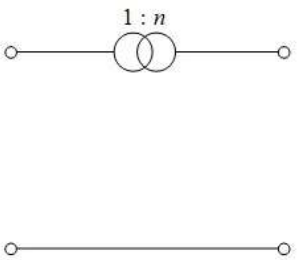

図 3

※それぞれの送電端電圧と受電端電圧の関係を求めれば導出することができますが，試験では暗記しておいた方が良いと思います。

2.分布定数回路の送電端電圧・電流と受電端電圧・電流の関係

長距離送電線では線路の特性インピーダンスや伝搬定数を無視することはできず，分布定数回路として扱います。線路の特性インピーダンスを$\dot{Z}_{\mathrm{C}}$，伝搬定数を$\dot{\gamma}$，線路の長さを$l$とすると，

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_{\mathrm{S}} \\ \dot{I}_{\mathrm{S}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \dot{\gamma} l & \dot{Z}_{\mathrm{C}} \sinh \dot{\gamma} l \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_{\mathrm{C}}} \sinh \dot{\gamma} l & \cosh \dot{\gamma} l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_{\mathrm{r}} \\ \dot{I}_{\mathrm{r}} \end{bmatrix}$$

となります。

【解答】

(1)解答：ロ

長距離送電線では，短距離送電線で用いられる一般的な集中定数回路の計算を用いず，分布定数回路にて求めます。

(2)解答：ト

長距離送電線の$\dot{Z}_{\mathrm{C}}$は特性インピーダンスと言います。

(3)解答：へ

長距離送電線の$\dot{\gamma}$を伝搬定数と言います。

(4)解答：チ

ワンポイント解説「2.分布定数回路の送電端電圧・電流と受電端電圧・電流の関係」の通り，長距離送電線の$\dot{B}_1$は，

$$\dot{Z}_{\mathrm{C}} \sinh \dot{\gamma} l$$

となります。

(5)解答：ニ

ワンポイント解説「1.基本的な回路の四端子定数」の通り，問題図の変圧器部の四端子定数は，

$$\begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_0} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & 0 \\ \dfrac{n}{\dot{Z}_0} & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & \dfrac{\dot{Z}_1}{n} \\ \dfrac{n}{\dot{Z}_0} & n\left(\dot{Z}_1/\dot{Z}_0 + 1\right) \end{bmatrix}$$

と求められます。

平成 27 年 問 7

問題　【難易度】★★★☆☆（普通）

次の文章は，リチウムイオン電池に関する記述である。文中の　　　に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

リチウムイオン電池はエネルギー密度が高い二次電池であることから，モバイル機器や電気自動車用の電池として利用されている。現状では，正極材料には (1) ，負極材料にはカーボン系材料を用いたものが最も多い。リチウムイオン電池の公称電圧は約3.6 Vと高いため水溶液は使用できないので，一般的に電解質には (2) を用いる。この電池の電極反応ではリチウム自体は酸化還元せず， (3) 価のリチウムとして存在するため，リチウムが価数変化して酸化還元するリチウム二次電池とは区別される。また，エネルギー密度が高く，発火などの危険性も高いため，温度が高くなると外部回路のPTC(Positive Temperature Coefficient)素子及び電極間のセパレータが電流を遮断するなどの安全対策が施されている。

リチウムイオン電池の充放電に必要なリチウムの量は (4) の法則で計算することができる。リチウムのモル質量が6.90 g/molであるとすると，例えば1200 mA · hの充放電に必要なリチウム量は (5) mgである。ただし，電気素量$e = 1.602 \times 10^{-19}$ C，アボガドロ定数$N_A = 6.022 \times 10^{23}$ mol$^{-1}$とする。

〔問 7 の解答群〕

| | | | |
|---|---|---|---|
| （イ） | リチウムコバルト酸化物 | （ロ） | ファラデー |
| （ハ） | オーム | （ニ） | ＋1 |
| （ホ） | 硫酸等の酸性電解液 | （ヘ） | リチウム金属 |
| （ト） | 155 | （チ） | リチウム水酸化物 |
| （リ） | ＋2 | （ヌ） | 495 |
| （ル） | 0 | （ヲ） | ネルンスト |
| （ワ） | 309 | （カ） | 炭酸エステル系の有機電解液 |
| （ヨ） | 水酸化ナトリウム等のアルカリ電解液 | | |

【正答チェック表】

| 日にち | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |