

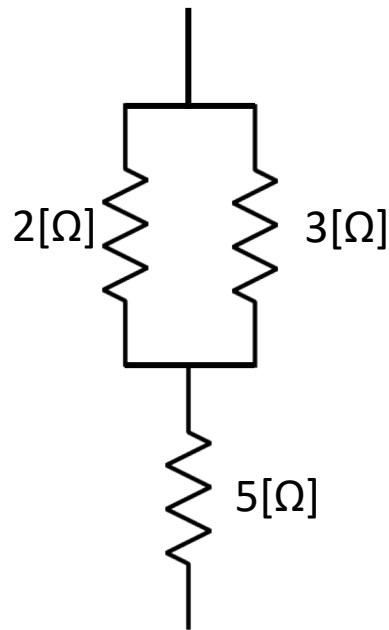
医用工学概論

練習問題まとめ 解答

問題1-1 解答

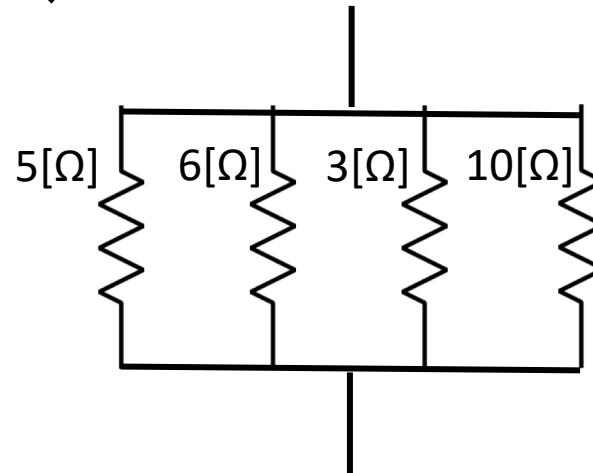
次の合成抵抗を求めよ。

(1)



(1) $\frac{31}{5}$

(2)

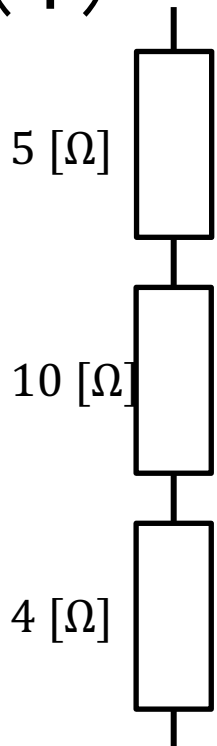


(2) $\frac{5}{4}$

問題1-2 解答

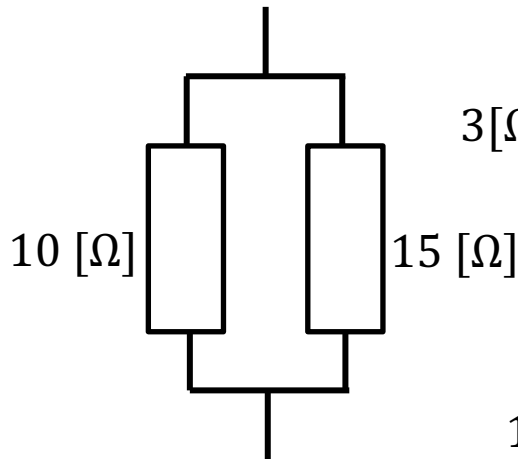
次の合成抵抗を求めよ。

(1)



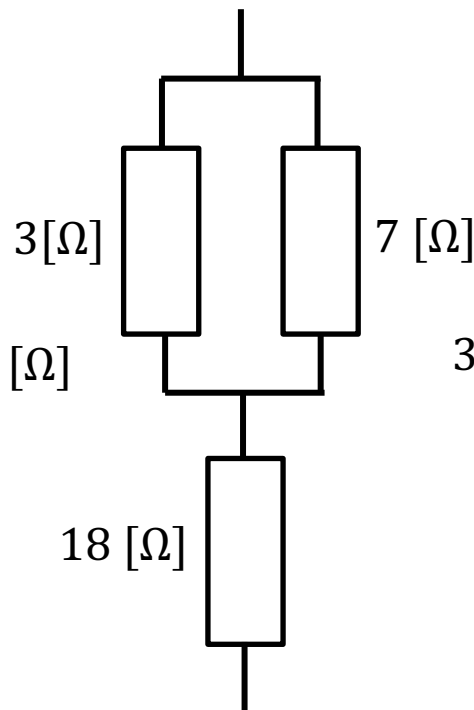
19

(2)



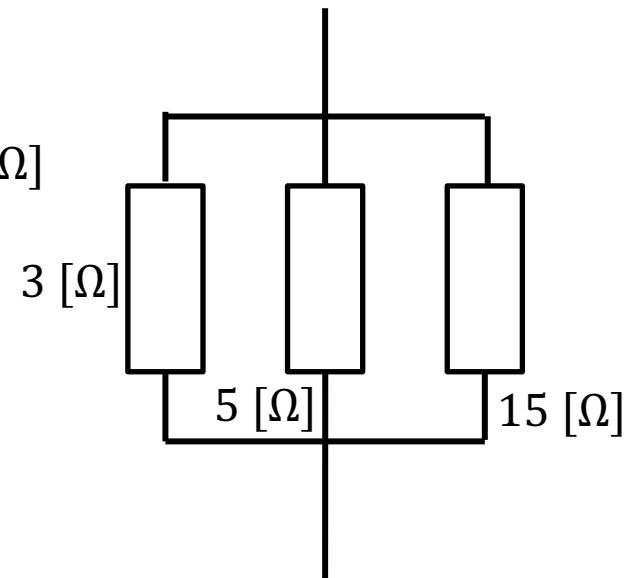
6

(3)



20.1

(4)



$5/3\ [\Omega]$

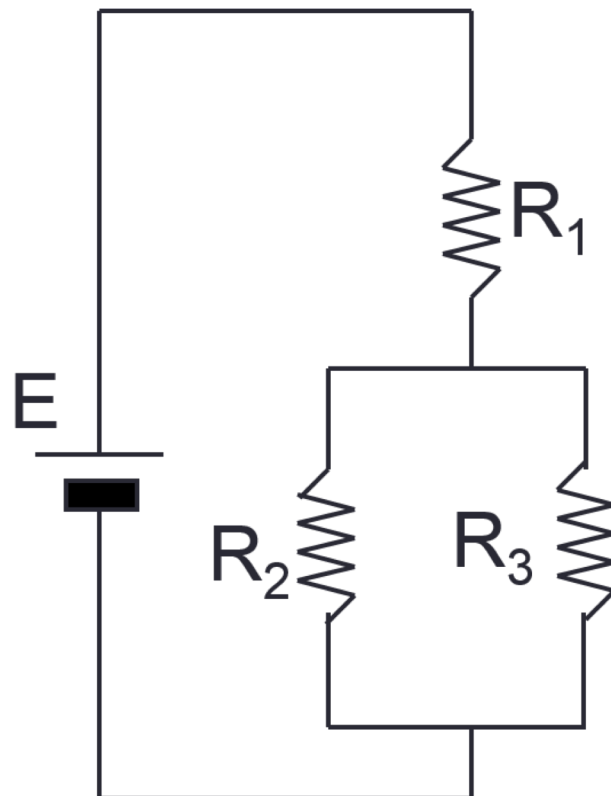
問題1-3 解答

$R_1=2, R_2=4, R_3=6[\Omega], E=20[V]$ となる以下のような回路を作製したときの消費電力を求めよ。

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = \frac{24}{10} = 2.4$$

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 2 + 2.4 = 4.4$$

$$P = VI = V \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{20^2}{4.4} = \frac{400}{4.4} = 90.909 \dots$$



問題1-4 解答

合成抵抗

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5$$

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 20 + 5 = 25$$

正解: 25 [Ω]

電力

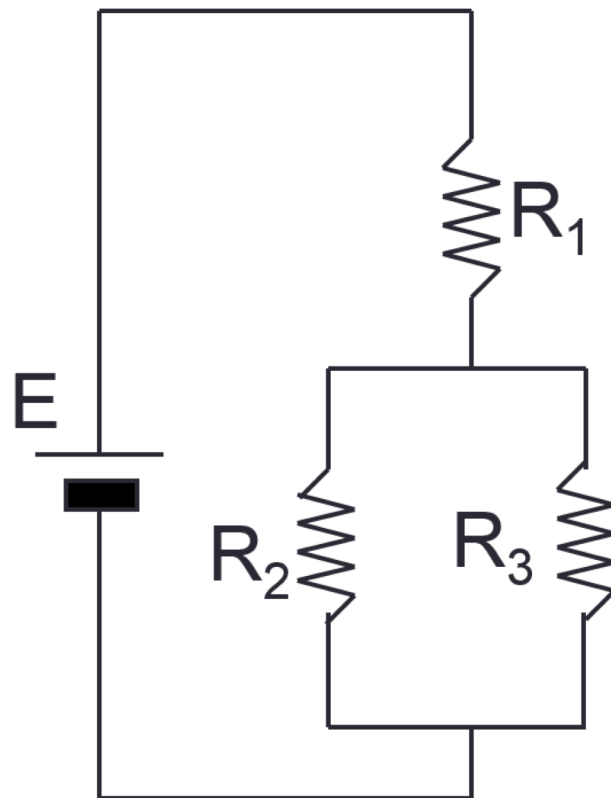
$$P = VI = V \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{25} = \frac{10000}{25} = 400$$

正解: 400 [W]

問題1-5 解答

$R_1=0.1$, $R_2=1$, $R_3=9[\Omega]$, $E=30[V]$ となる
以下のような回路を作製したとき

- (1)消費電力を求めよ。
- (2)10秒間電流を流した時の R_1 で発生する熱量を求めよ。
- (3) R_1 において300[J]の熱量を得るためには何秒間電流を流せば良いか。



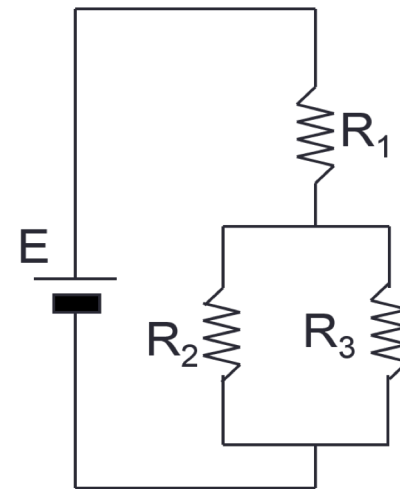
答え

(1) 900[W]

(2) 900[J]

(3) 10/3[s]

問題1-6 解答



(1)消費電力

$$P = VI$$

①並列部分(下半分)

$$R_{23} = \frac{\text{積}}{\text{和}} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5$$

②直列部分(全体)

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 20 + 5 = 25$$

消費電力

$$I = \frac{V}{R} = \frac{E}{R_{123}} = \frac{100}{25} = 4, \quad P = VI = EI = 100 \times 4 = 400 \text{ [W]}$$

問題1-6 解答

(2) 熱量

$$H = P \times t = VI \times t$$

$$V_2 = V_3 = E - V_1 = E - R_1 I = 100 - 20 \times 4 = 100 - 80 = 20$$

R1の消費電力

$$I_2 = V_2 / R_2 = \frac{20}{10} = 2 [A]$$

$$P_2 = V_2 I_2 = 20 \times 2 = 40 [W]$$

R1の発熱量

$$H_2 = P_2 \times t$$

$$1000 = 40t$$

$$t = 25 [\text{秒}]$$

問題2-1 解答

$$\begin{cases} I_c = I_a + I_b \\ 6 = 3I_a + 2I_c \\ 8 = 4I_b + 12I_c \end{cases}$$

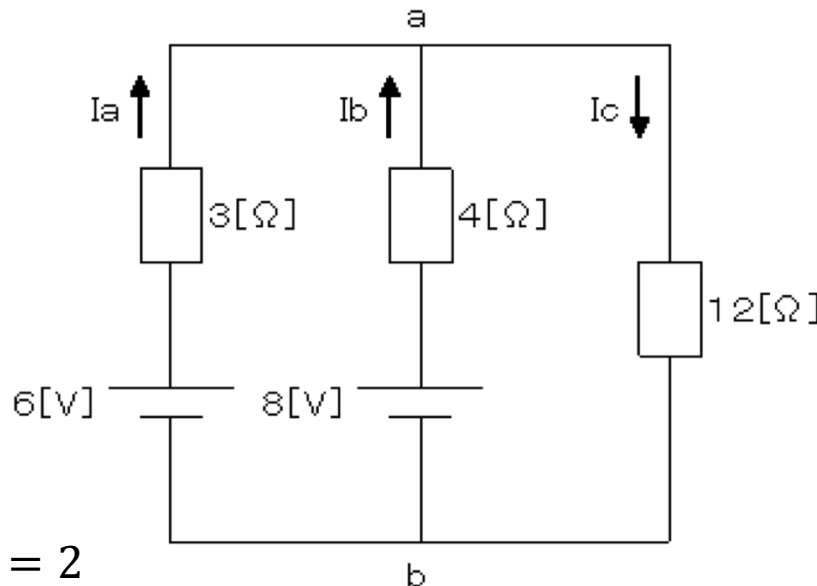
$$\begin{cases} 6 = 3I_a + 12(I_a + I_b) = 15I_a + 12I_b \\ 8 = 4I_b + 12(I_a + I_b) = 12I_a + 16I_b \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 5I_a + 4I_b = 2 \\ -) 3I_a + 4I_b = 2 \\ \hline 2I_a = 0 \\ I_a = 0 \end{array}$$

$$4I_b = 2$$

$$I_b = 0.5$$

$$I_c = 0 + 0.5 = 0.5$$



$$I_a = 0 [A], I_b = 0.5 [A], I_c = 0.5 [A]$$

問題2-2 解答

キルヒホッフを使った方法
回路方程式

$$\begin{cases} i_2 = i_0 + i_1 \\ 0 = -i_0 R_0 + i_1 R_1 \\ -E = -i_2 R_2 - i_1 R_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_2 = i_0 + i_1 \\ 0 = -2i_0 + 4i_1 \\ 20 = 2i_2 + 4i_1 \end{cases}$$

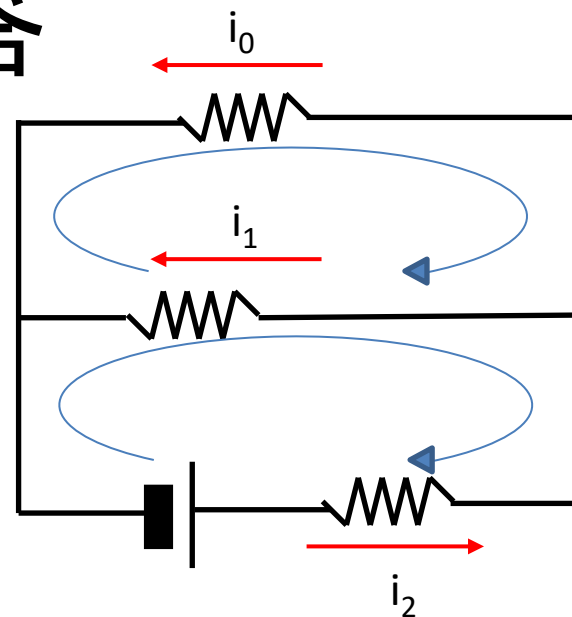
$$\begin{cases} i_1 = i_2 - i_0 \\ i_0 = 2i_1 \\ i_2 = 10 - 2i_1 \end{cases}$$

$$i_1 = 10 - 2i_1 - 2i_1$$

$$5i_1 = 10$$

$$i_1 = 2$$

$$i_0 = 2i_1 = 2 \times 2 = 4 [A]$$



問題2-3 解答

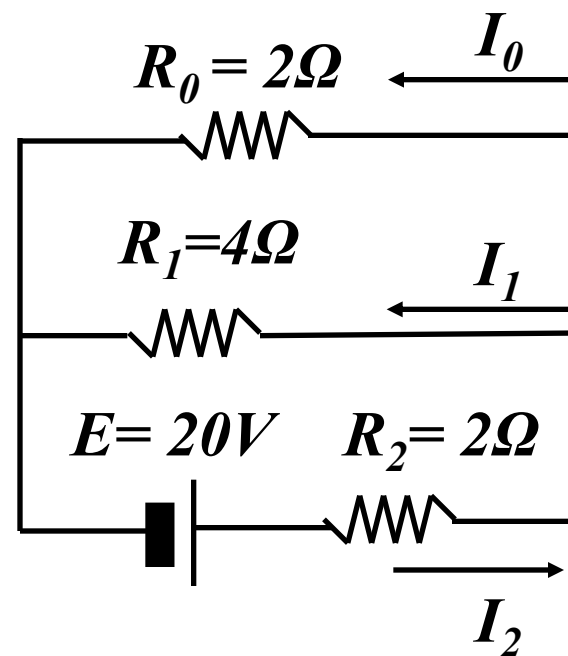
キルヒホッフの法則を使って
各抵抗を流れる電流を求めよ。

答え

$$I_0 = 4 \text{ [A]}$$

$$I_1 = 2 \text{ [A]}$$

$$I_2 = 6 \text{ [A]}$$



問題2-4 解答

キルヒホッフの法則から、方程式を3つたてる

$$I_2 = I_0 + I_1 \quad (1)$$

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2 \rightarrow 40 = 4I_1 + 6I_2 \quad (2)$$

$$E = I_0 R_0 + I_2 R_2 \rightarrow 40 = 4I_0 + 6I_2 \quad (3)$$

3つの変数に対して方程式が3つあるので解ける

(1)より $I_0 = I_2 - I_1$ を(3)に代入

$$40 = 10I_2 - 4I_1 \quad (4)$$

(4) + (2)

$$40 + 40 = 10I_2 + 6I_2 \rightarrow I_2 = 5 \text{ [A]}$$

I_2 を(3)に代入

$$40 = 4I_0 + 5 \times 6 \rightarrow I_0 = 2.5 \text{ [A]}$$

問題2-5 解答

キルヒホッフの法則から、方程式を3つたてる

$$I_2 = I_0 + I_1 = 3 + I_1 \quad (1)$$

$$E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \rightarrow E_1 + 46 = 3I_1 + 4I_2 \quad (2)$$

$$E_2 = I_0 R_0 + I_2 R_2 \rightarrow 46 = 3 \times 2 + 4I_2 \quad (3)$$

(3)より

$$I_2 = 10 \text{ [A]}$$

(1)に代入

$$I_1 = 7 \text{ [A]}$$

(2)に代入

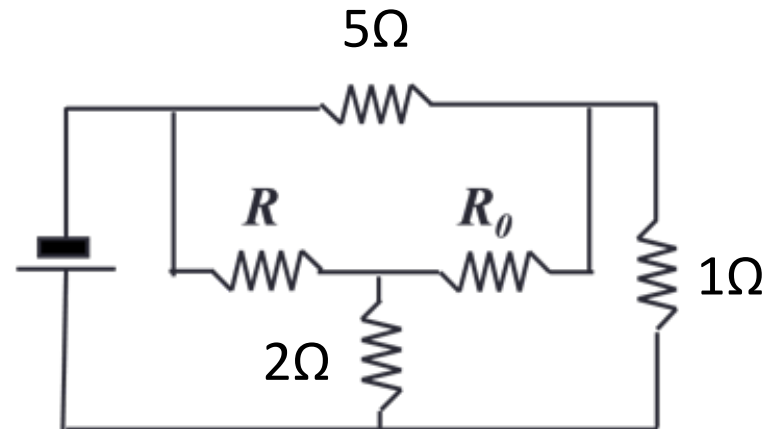
$$E_1 + 46 = 3 \times 7 + 4 \times 10 \rightarrow E_1 = 15 \text{ [V]}$$

問題3-1 解答

平衡条件

$$5 \times 2 = R \times 1$$

$$R = 10$$

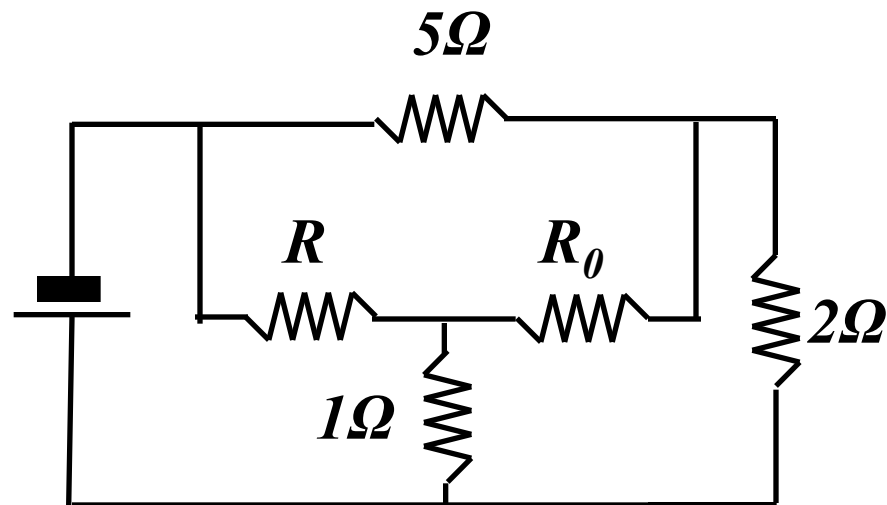


問題3-2 解答

図の回路において抵抗 R_0 に流れる電流が0[A]になるとき、抵抗 R の値を求めよ。

答え

$$R = 2.5 \text{ } [\Omega]$$

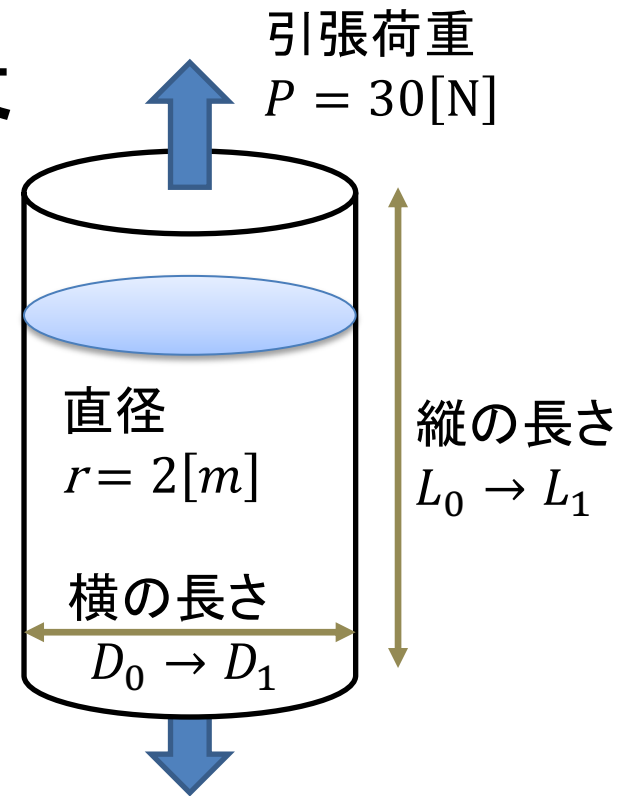


問題4-1 解答

(1) 応力

$$A = 1 \times 1 \times \pi = \pi$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{30}{\pi}$$



問題4-1 解答

(2) 横変形量

縦歪み $\varepsilon_L = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{12 - 10}{10} = \frac{2}{10} = 0.2$

$$m = -\frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_L} \rightarrow \varepsilon_D = -m \times \varepsilon_L$$

横歪み $\varepsilon_D = -m \times \varepsilon_L = -0.5 \times 0.2 = -0.1$

(符号については、ポアソン比がプラスの時、縦横歪みのいずれかはマイナスになるので、横歪み = -0.1としても良い)

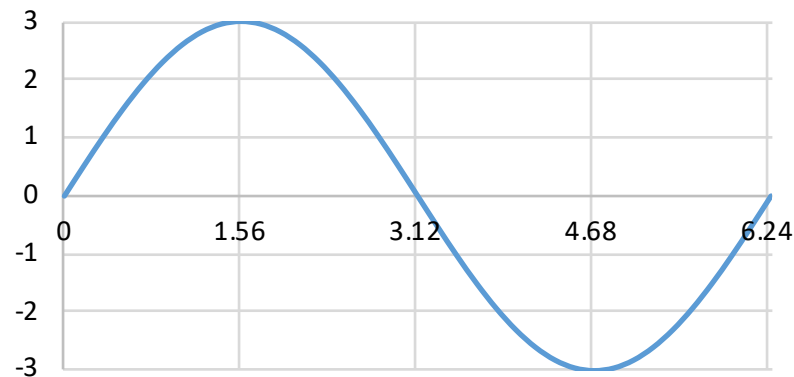
$$\Delta D = D_0 \times \varepsilon_D = 2 \times -0.1 = -0.2 [m]$$

問題6-1 解答

(1) 電流の式を求めよ

$$i(t) = 3\sin(t)$$

(2) 電流をのグラフをかけ



(3) $\pi/4$ [s]後の電流の瞬時値を求めよ

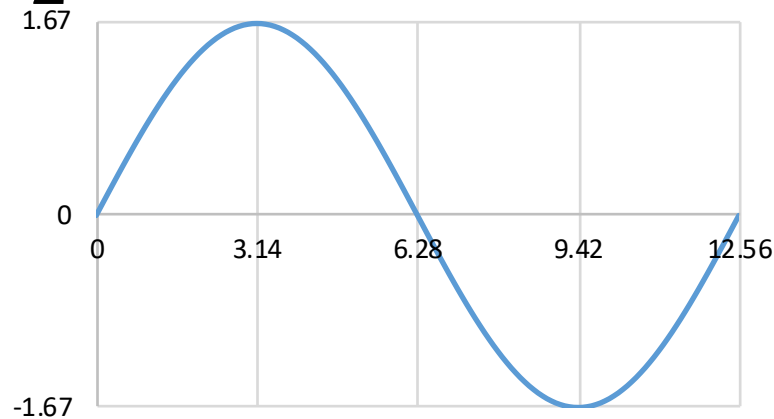
$$i\left(\frac{\pi}{4}\right) = 3 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 3 \frac{1}{\sqrt{2}}$$

問題6-2 解答

(1) 電流の式を求めよ

$$i(t) = \frac{5}{3} \sin\left(\frac{1}{2}t\right)$$

(2) 電流をのグラフをかけ



(3) $\pi/4$ [s]後の電流の瞬時値を求めよ

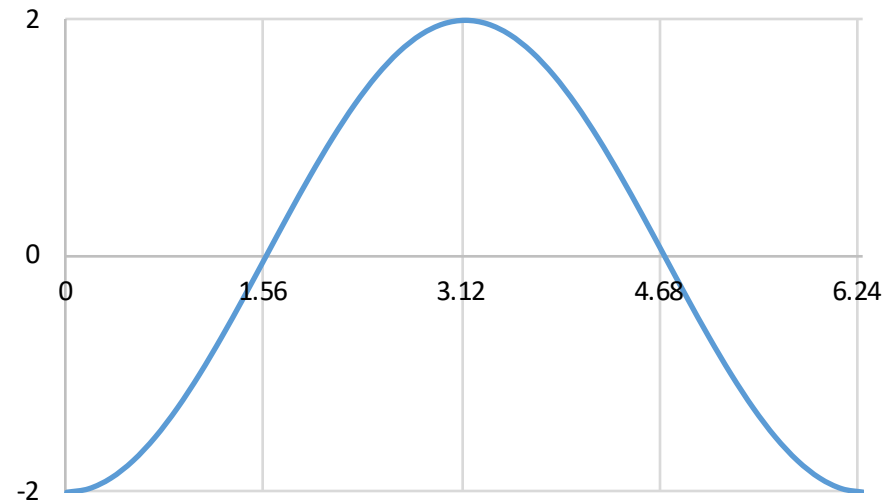
$$i\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{5}{3} \sin\left(\frac{\pi}{8}\right)$$

問題6-3 解答

(1) 電流の式を求めよ

$$2\sin\left(t - \frac{\pi}{2}\right)$$

(2) 電流をのグラフをかけ



(3) $\pi/6$ [s]後の電流の瞬時値を求めよ

$$2\sin(30-90)=2\sin(-60)=-2\sin(60)=-2 \cdot (\sqrt{3}/2)=-\sqrt{3}$$

問題7-1 解答

抵抗 R を8 [Ω]自己インダクタンス L を9 [H]とし、
交流電源の周波数 f を $1/2\pi$ 、最大電圧 V_0 を50 [V]とする。

(1) インピーダンスを求めよ。

$$|Z| = \sqrt{64 + 81} = \sqrt{145}$$

(2) 電流の式をかけ。

$$i = \frac{50}{\sqrt{145}} \sin\left(t - \tan^{-1}\left(\frac{9}{8}\right)\right)$$

問題8-1 解答

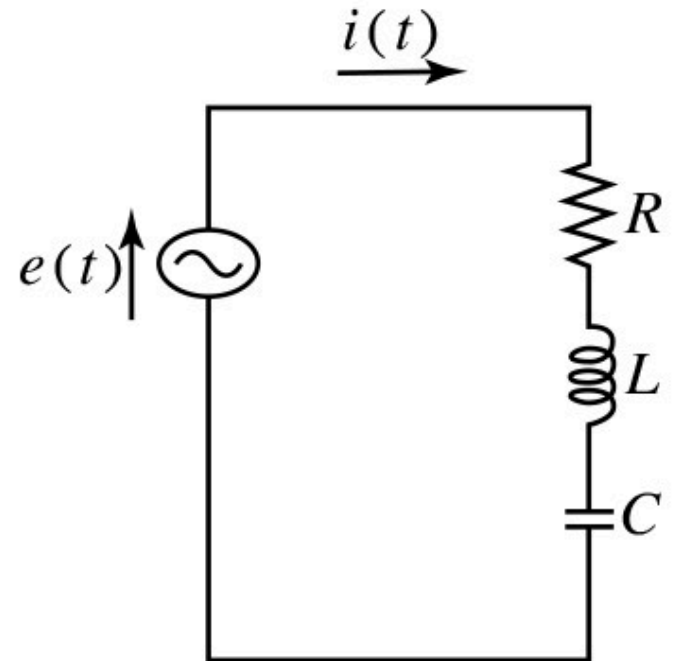
図の交流回路で $R=10[\Omega]$ 、 $L=80[H]$ 、 $C=0.2[F]$ とする。

(1) 共振周波数を求めよ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{16}} = \frac{1}{8\pi}$$

(2) 共振周波数の時のインピーダンス $|Z|$ を求めよ。

$$|Z| = R = 10$$



問題10 解答

図の回路において r は電源 E の内部抵抗、 R は回路に接続された負荷を表す。

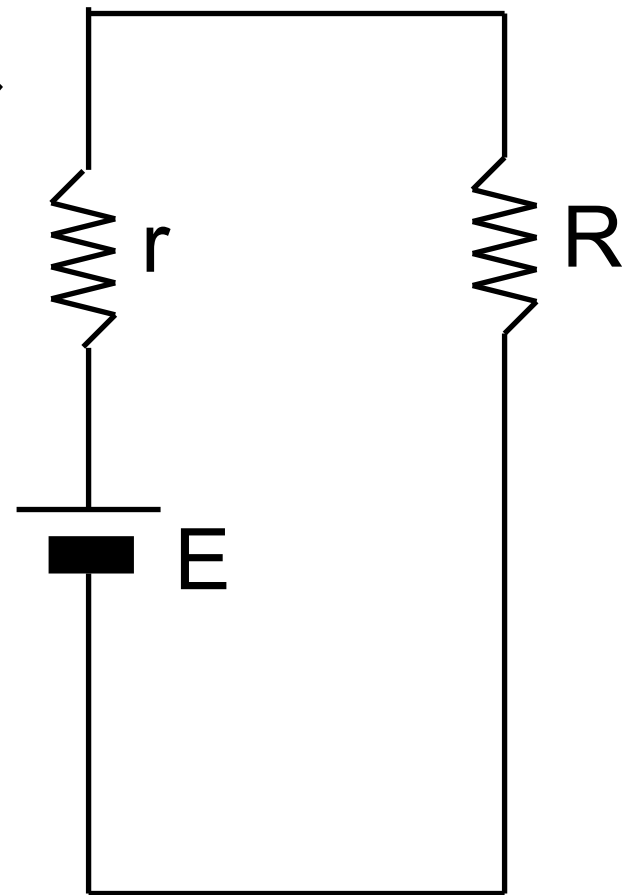
(1) $r=5[\Omega]$ 、 $E=10[V]$ 、 R を可変としたとき、インピーダンスマッチングで得られる負荷 R の最大消費電力を求めよ。

最大電力供給のための条件は

$$R = r = 5$$

R での消費電力は

$$P = RI^2 = R \frac{E^2}{(r + R)^2} = \frac{10^2}{10^2} 5 = 5[W]$$



問題10 解答

(2) $r=10[\Omega]$ 、 $R=30[\Omega]$ とする。このとき R に並列で抵抗 R_x を追加することで、 R 及び R_x で消費される電力を最大化したい。この時の R_x の抵抗値を求めよ。

$$r = \frac{R_x R}{R_x + R}$$

$$r(R_x + R) = R_x R$$

$$rR_x + rR = R_x R$$

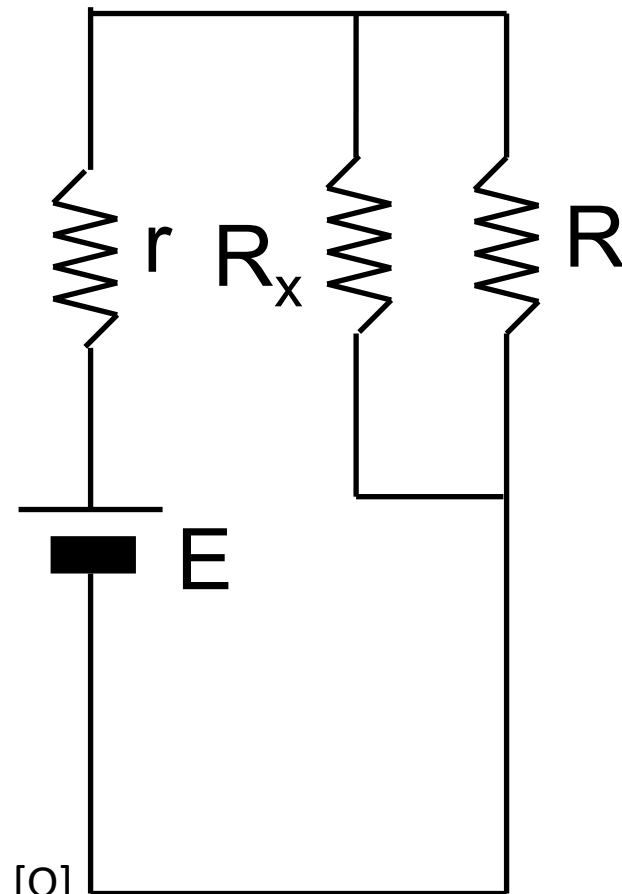
$$rR_x - R_x R = -rR$$

$$R_x(r - R) = -rR$$

$$R_x = \frac{rR}{(R - r)}$$

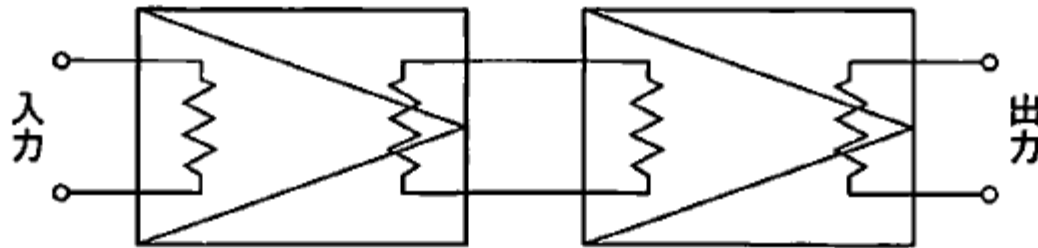
$$= \frac{10 \times 30}{30 - 10} = \frac{300}{20} = 15 [\Omega]$$

最大化の条件
あとは解くだけ

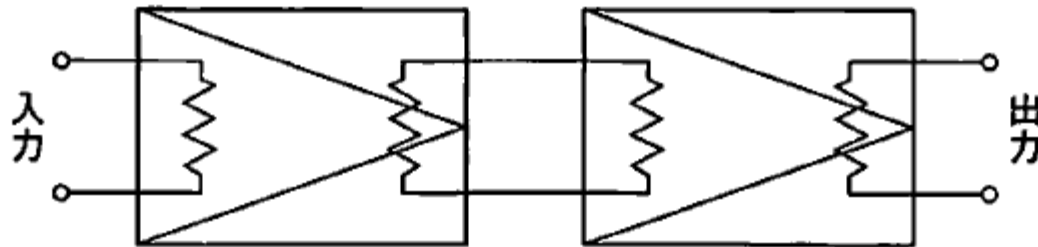


問題11 解答

$$\begin{array}{ccccccc} 1/2\text{倍} & \times & 1/5\text{倍} & = & 1/10\text{倍} \\ -3\text{dB} & + & -7\text{dB} & = & -10\text{dB} \end{array}$$



$$\begin{array}{ccccccc} 1/100\text{倍} & \times & 1,000\text{倍} & = & 10\text{倍} \\ -20\text{dB} & + & 30\text{dB} & = & 10\text{dB} \end{array}$$



問題12-1 解答

(1)最高周波数が100Hzのアナログ信号をAD変換する際の最大サンプリング周期はいくつか。

$$T < \frac{1}{2f_{max}}$$

$$T < \frac{1}{2 \times 100}$$

$$T < 0.005 \text{ [s]}$$

問題12-1 解答

(2)最高周波数が25Hzのアナログ信号をAD変換する際の最低サンプリング周波数はいくつか。

$$f > 2f_{max}$$

$$f > 2 \times 25$$

$$f > 50 [Hz]$$

問題12-2 解答

$y = 8\sin(6\pi t + \frac{\pi}{2})$ で表されるアナログ信号波形をAD変換する時、信号が復元可能であるための条件を、サンプリング周波数 f_s を用いて表せ。

信号の周波数は次のようになる。

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{6\pi}{2\pi} = 3[Hz]$$

サンプリング周波数は次のようになる。

$$f > 2f_{max}$$

$$f > 2 \times 3$$

$$f > 6 [Hz]$$