

1 演習問題

問-1. クラス 2.5 の電流計の 10mA レンジを用いて電流を測定したところ、2mA を示した。この時の真の電流は、どの範囲にあるか。また、測定値に対する誤差の割合は何 % か。

(解答)

誤差は、 $10 \times 0.025 = 0.25$ mA であるので、真の電流値は、 2 ± 0.25 mA の範囲にある。また、その誤差の割合は、 $0.25/2 \times 100 = 12.5$ %.

問-2. ある電圧を、2.5 級の電圧計を用い定格電圧 10V のレンジで測定したら、指針はちょうど 3V を示した。このとき含まれる誤差は何 % か。(2.5 級とクラス 2.5 というのは、同じこと。)

(解答)

2.5 級の計器の誤差は、測定しているレンジのフルスケールに対して 2.5% の誤差を有するということ。したがって、10 V のレンジに対しては、

$$10 \times 2.5/100 = 0.25 \text{ V}$$

の誤差を有することになる。したがって、3 V の電圧に対する誤差率は

$$0.25/3 \times 100 = 8.3\%$$

となる。

問-3. 1 mW は、dBm に直すといくらになるか。

(解答) 電力 P を $10 \log_{10} P$ [dBm] で表した単位の事である。したがって、1 mW は $10 \log_{10} 1 = 0$ dBm。

問-4. $V = A \sin \omega t$ の実効値を求めよ (答えだけではなく、計算式を示すこと)。

(解答)

実効値 V_{rms} (Effective Value または、根二乗平均ともいう → Root Mean Square) とは、2 乗した値を 1 周期に亘って平均し、そのルートを求めれば良い。したがって、以下ようになる。

$$V_{rms} = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2 \omega t dt \right\}^{1/2} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &= \left\{ \frac{A^2}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t dt \right\}^{1/2} \\ &= \left\{ \frac{A^2}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos 2\omega t}{2} \right) dt \right\}^{1/2} \\ &= \left\{ \frac{A^2}{T} \left(\int_0^T \frac{1}{2} dt - \int_0^T \frac{\cos 2\omega t}{2} dt \right) \right\}^{1/2} \\ &= \left\{ \frac{A^2}{T} \left(\left[\frac{1}{2} t \right]_0^T - \left[\frac{\sin 2\omega t}{4} \right]_0^T \right) \right\}^{1/2} \\ &= \left\{ \frac{A^2}{T} \left(\frac{T}{2} - 0 \right) \right\}^{1/2} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} A \quad (2) \end{aligned}$$

問-5. 各家庭に引かれている電源コンセント (商用電源) の電圧は、100 V といわれている。最大値はいくらか。

(解答)

$$100 \times \sqrt{2} = 141 \text{ V}$$

問-6. 実効値 1 V の交流波形をできるだけ正確に描きなさい。

問-7. ある電流値を Class 2.5 の電流計を用い、10 mA レンジで測定した。指示値が 2 mA であった場合、真の電流はどの範囲にあるか。また、誤差率を求めよ。

(解答)

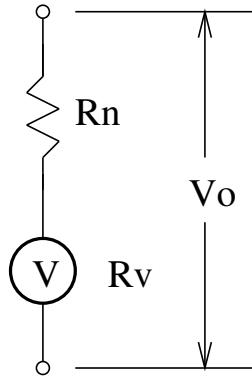
$$\text{誤差} = 10 \times \frac{2.5}{100} = 0.25 \text{ mA} \quad (3)$$

したがって、電流範囲は、 $2 \pm 0.25 \text{ mA}$ となる。また、誤差率は

$$\frac{0.25}{2} \times 100 = 12.5 \quad (4)$$

より、12.5 % となる。

問-8. 内部抵抗 R_v で、測定電圧 1 V の電圧計を用いて 10 V の電圧を測定するには、どのようにすれば良いか。



(解答) 図のように R_n を直列に挿入する。 R_n は以下のように求める。

$$\begin{aligned} \frac{R_v}{R_v + R_n} \times 10 &= 1 \\ \text{従って、} R_n &= 9R_v \end{aligned} \quad (5)$$

問-9. 最大目盛 10 mA, 内部抵抗 10Ω の電流計を用い、最大目盛 1A を指示させようとするには、どのぐらいの大きさの分流器が必要か。(計算式も示すこと。)

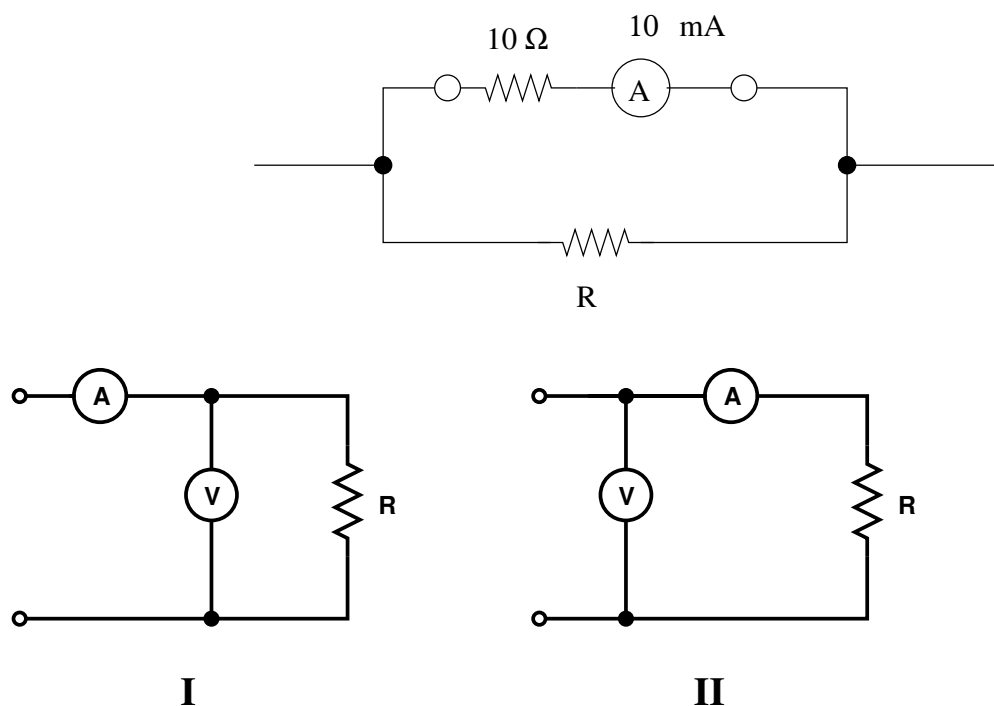
(解答)

下図のように接続すると考えると、 R に流れる電流が 990mA であるので、

$$\begin{aligned} R \times 0.99 &= 10 \times 0.01 \\ R &= 0.10101 \end{aligned}$$

より、 $R = 0.101 \Omega$

問-10. 図の 2 種類の回路において、電圧計の内部抵抗を R_v , 電流計の内部抵抗を R_a として、以下の問に答えよ。ただし、 R は未知抵抗とする。



- (a) I の回路において、電流計に流れる電流値を I_1 [A], 電圧計にかかる電圧を V_1 [V] として、抵抗 R に流れる電流を I_1, R_a, V_1, R_v のいくつかを用いて表せ。
- (b) I の回路において抵抗 R で消費される電力 P_1 を I_1, R_a, V_1, R_v のいくつかを用いて表せ。
- (c) II の回路において、電流計に流れる電流値を I_2 [A], 電圧計にかかる電圧を V_2 [V] として、抵抗 R にかかる電圧を I_2, R_a, V_2, R_v のいくつかを用いて表せ。
- (d) II の回路において抵抗 R で消費される電力 P_2 を I_2, R_a, V_2, R_v のいくつかを用いて表せ。
- (e) 負荷抵抗 R の値が大きい時は、どちらの回路を採用すべきか。理由も答えよ。

(解答)

- (a) (R に流れる電流) = (電流計に流れる電流) - (電圧計に流れる電流) なので、

$$I_R = I_1 - V_1/R_v$$

- (b) (電力) = (電圧) $\times$ (電流) であるので、

$$P_1 = V_1 \times I_R = V_1 \times (I_1 - V_1/R_v) = V_1 \cdot I_1 - V_1^2/R_v \quad (6)$$

- (c) 抵抗 R にかかる電圧 V_R は、

$$V_R = V_2 - I_2 R_a$$

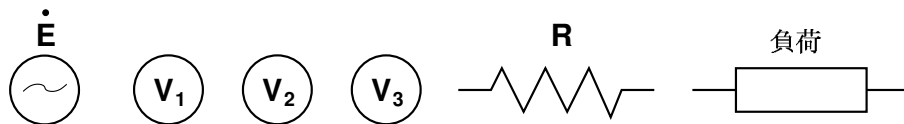
- (d) 電力は、

$$P_2 = I_2 \times V_R = I_2(V_2 - I_2 R_a) = I_2 V_2 - I_2^2 R_a \quad (7)$$

- (e) 式 (6) では、負荷抵抗 R の値が大きい時は、誤差の項小さくなり、式 (7) の場合は R が大きくなればなるほど誤差が大きくなる。

問-11. 電圧計だけで単相電力を測定する方法に三電圧計法がある。以下の問に答えよ。

(a) 以下の部品を用い、回路図を示せ。



(b) 負荷での消費電力が、以下の式で与えられることを示せ。

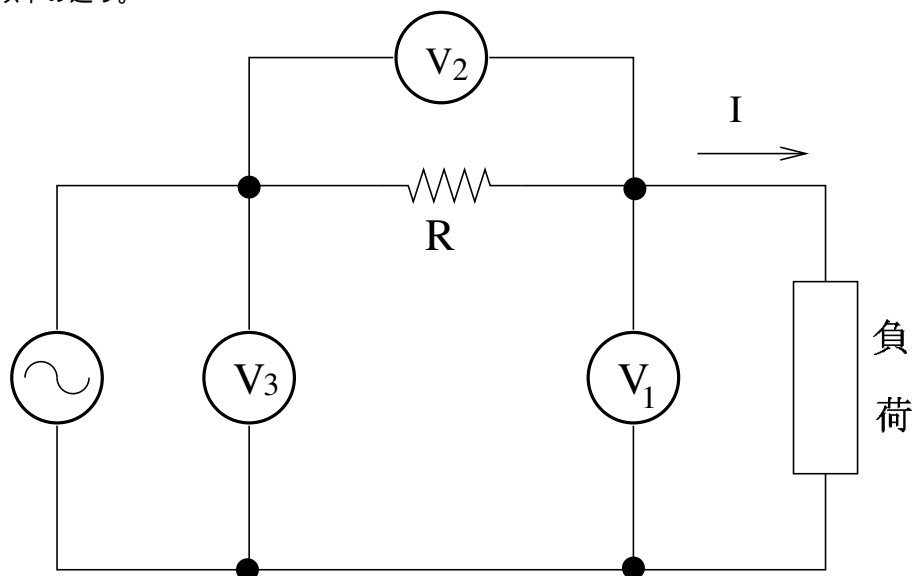
$$P = \frac{1}{2R}(V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

(c) 力率が以下の式で与えられることを示せ。

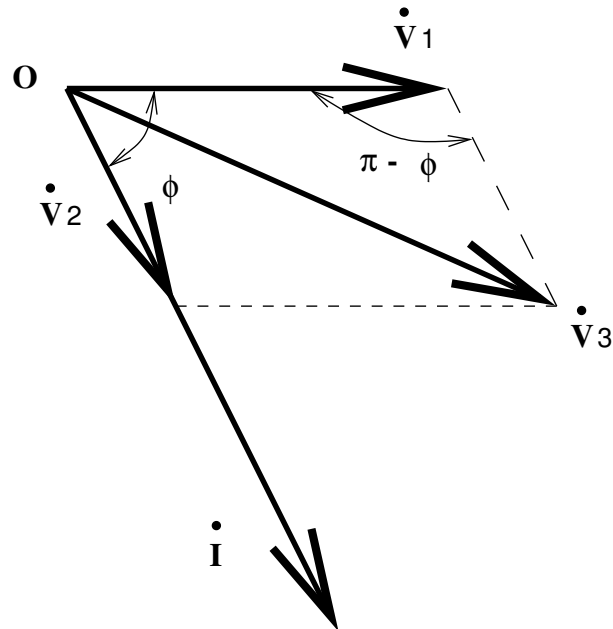
$$\cos \phi = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2V_1V_2}$$

(解答)

(a) 回路図は以下の通り。



(b) 負荷電圧と負荷電流の位相差を ϕ とすると、 $\cos \phi$ が力率になる。また、交流電力 (有効電力) P は電圧と電流の積に力率をかければ良い。



電圧と電流の位相関係は図??のようになっていると考えられるので、交流電力 (有効電力) P は電圧と電流の積に力率をかければ良い。

$$P = V_1 I \cos \phi = V_1 \frac{V_2}{R} \cos \phi \quad (8)$$

まず、以下のように力率を求める。図??の位相関係より、

$$\begin{aligned} V_3^2 &= V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos(\pi - \phi) \\ &= V_1^2 + V_2^2 + 2V_1 V_2 \cos \phi \end{aligned} \quad (9)$$

これより、力率を求めることができる。

$$\cos \phi = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2V_1 V_2} \quad (10)$$

式 (8) および (10) より、電力 P は、

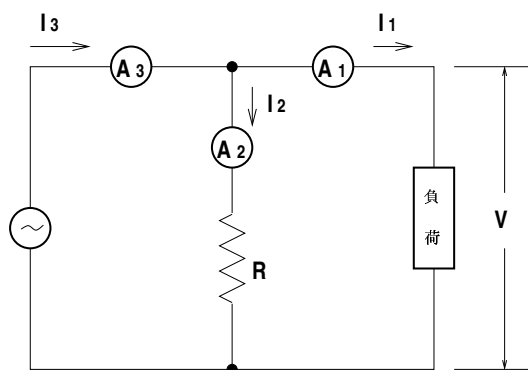
$$P = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2R} \quad (11)$$

問-12. 前問において、3 電圧計法により単相交流電圧を測定したところ、 V_1 の指示が 80[V], V_2 の指示が 100[V], V_3 の指示が 150[V] であった。この時の抵抗値が 50Ω のときの電力を求めよ。

(解答)

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2R} \\ &= \frac{150^2 - 80^2 - 100^2}{250} \\ &= 61 \text{ W} \end{aligned}$$

問-13. 図に示すように、3 個の電流計の読み I_1, I_2, I_3 と既知の抵抗 R から負荷で消費される電力に関して、以下の問に答えよ。



(a) 負荷電流 $\dot{I}_1$ は負荷電圧 $\dot{V}$ より位相 ϕ だけ遅れているとした場合、 $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$, $\dot{I}_3$, $\dot{V}$ のベクトル図を示せ。

(b) I_1 , I_2 , I_3 の関係式を導出せよ。

(c) 交流電力 P および力率 $\cos \phi$ を求めよ。

(解答)

(a) 実抵抗 R に流れている電流の位相が負荷電圧の位相と等しくなる。今、負荷電流 $\dot{I}_1$ 負荷電圧より ϕ だけ遅れていると仮定するとベクトル図に直すと、以下ようになる。

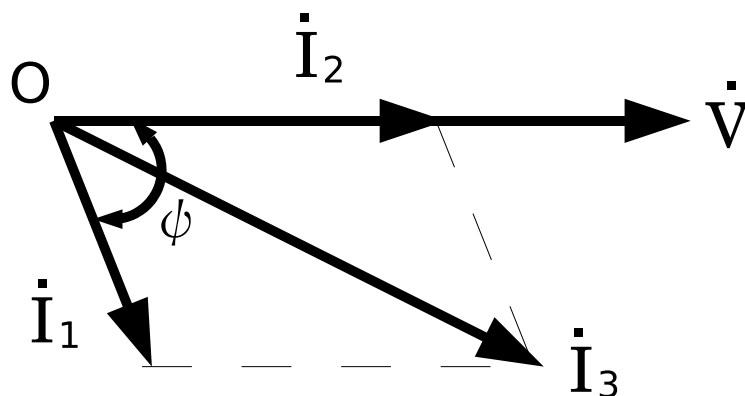


図 1 ベクトル図

(b) ベクトル図より、各電流および位相差との関係は

$$I_3^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2 \cos \phi \quad (12)$$

である。

(c) P を求めると、

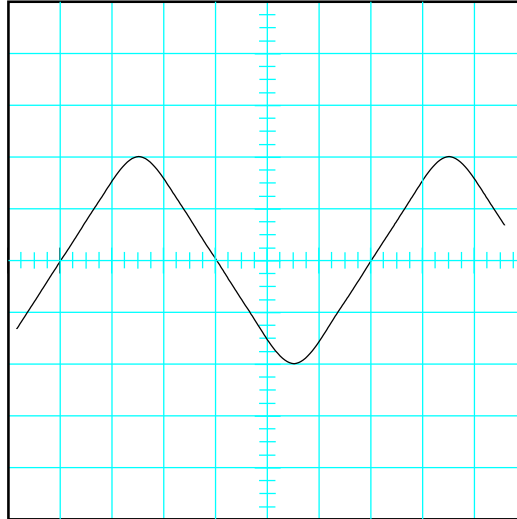
$$P = \frac{R}{2}(I_3^2 - I_1^2 - I_2^2) \quad (13)$$

となる。また、力率は式 (12) より

$$\cos \phi = \frac{I_3^2 - I_2^2 - I_1^2}{2I_1 I_2} \quad (14)$$

と、求めることができる。

問-14. オシロスコープに以下の波形が表示されている時、周期と周波数と振幅 (V_{P-P}) を求めよ。ただし、レンジは $2V/div$, $5mS/div$ であるとする。



(解答)

振幅の V_{P-P} は 4 目盛分なので振幅は、8 V。周期は、6 目盛分であり、30 mS。周波数は周期の逆数であり、 $1/(30 \times 10^{-3}) = 33 \text{ Hz}$ 。