

解答一覧

問1 (小問各 10点)

(1) 皮相電力1500 VA、有効電力900 W、無効電力1200 var、力率0.6

(2) 皮相電力17.9 kVA、有効電力16.0 kW、無効電力8.02 kvar、力率0.894

(3) 皮相電力7.4 kVA、有効電力6.87 kW、無効電力2.76 kvar、力率0.928

(4) 皮相電力20 kVA、有効電力19.2 kW、無効電力5.6 kvar、力率0.96

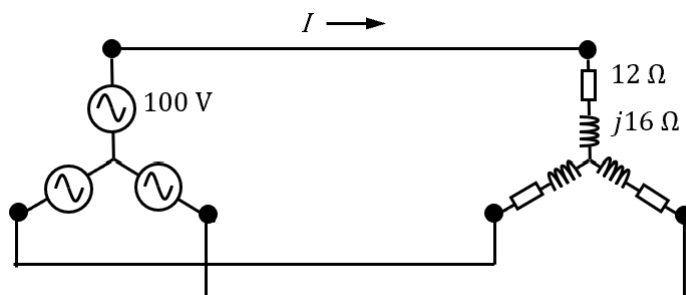
問2 (10点)  $C = 159 \mu\text{F}$

問3 (10点)  $\cos \theta' = 0.997$

問4 (10点)  $Q' = 64.7 \text{ kvar}$

問1 三相交流回路について、各問に答えよ。(小問各 10 点)

(1) 皮相電力[V・A]、有効電力[W]、無効電力[var]、力率を求めよ。



線電流 $I$ の大きさは、

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{\sqrt{12^2 + 16^2}} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

皮相電力は、

$$S = 3EI = 3 \times 100 \times 5 = 1500 \text{ VA}$$

力率はインピーダンスと抵抗の関係から、

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{12}{20} = 0.6$$

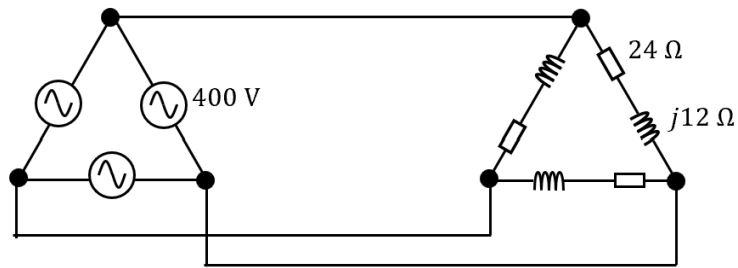
有効電力は、

$$P = S \cos \theta = 1500 \times 0.6 = 900 \text{ W}$$

無効電力は、

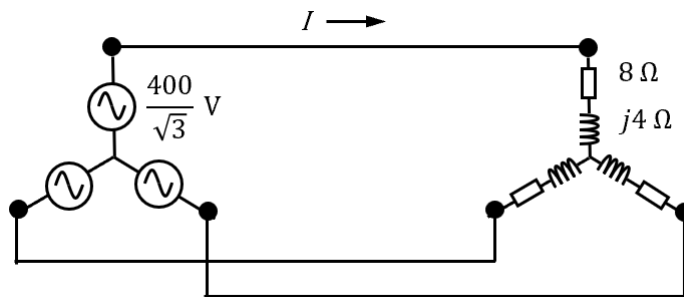
$$Q = S \sin \theta = S \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = 1500 \times \sqrt{1 - 0.6^2} = 1500 \times 0.8 = 1200 \text{ var}$$

(2) 皮相電力[V・A]、有効電力[W]、無効電力[var]、力率を求めよ。



電源と負荷を Y 結線に変換する。

電源電圧は $1/\sqrt{3}$ 倍、負荷の大きさは $1/3$ 倍となる。



線電流 $I$ の大きさは、

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\sqrt{8^2 + 4^2}} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{4\sqrt{5}} = \frac{100}{\sqrt{15}} = 25.82 \text{ A}$$

皮相電力は、

$$S = 3EI = 3 \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times 25.82 = 17889 \text{ VA} \sim 17.9 \text{ kVA}$$

力率はインピーダンスと抵抗の関係から、

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{8}{4\sqrt{5}} = 0.894$$

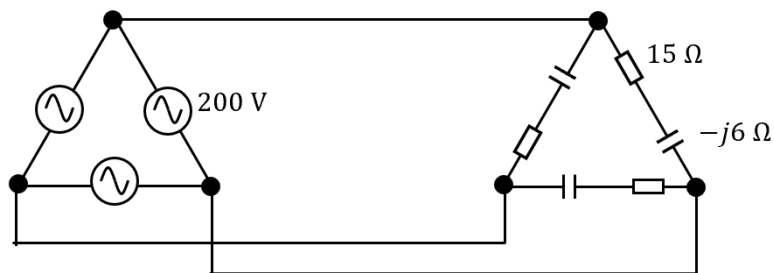
有効電力は、

$$P = S \cos \theta = 17.9 \times 0.894 = 16.0 \text{ kW}$$

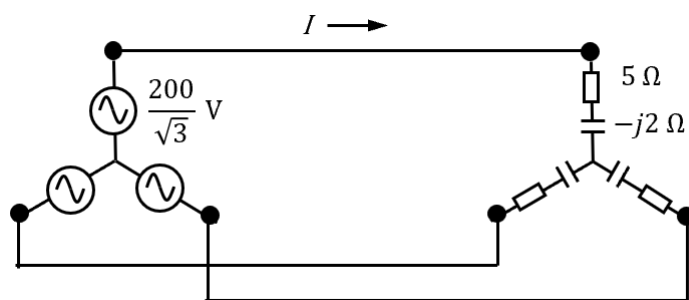
無効電力は、

$$Q = S \sin \theta = S \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = 17.9 \times \sqrt{1 - 0.894^2} = 17.9 \times 0.448 = 8.02 \text{ kvar}$$

(3) 皮相電力[V・A]、有効電力[W]、無効電力[var]、力率を求めよ。



電源と負荷を Y 結線に変換する。



線電流 $I$ の大きさは、

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\sqrt{5^2 + 2^2}} = \frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\sqrt{29}} = \frac{200}{\sqrt{87}} = 21.44 \text{ A}$$

皮相電力は、

$$S = 3EI = 3 \times \frac{200}{\sqrt{3}} \times 21.44 = 7427 \text{ VA} \sim 7.4 \text{ kVA}$$

力率はインピーダンスと抵抗の関係から、

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{5}{\sqrt{29}} = 0.928$$

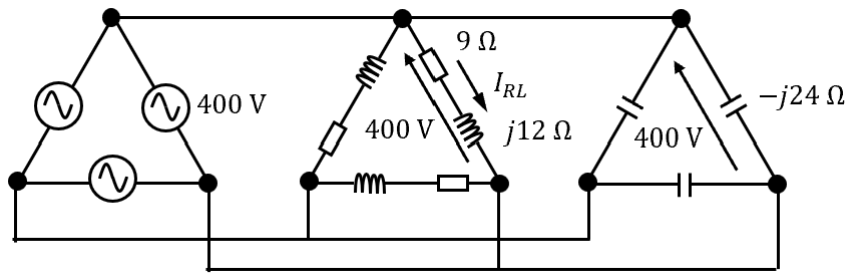
有効電力は、

$$P = S \cos \theta = 7.4 \times 0.928 = 6.87 \text{ kW}$$

無効電力は、

$$Q = S \sin \theta = S \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = 7.4 \times \sqrt{1 - 0.928^2} = 7.4 \times 0.373 = 2.76 \text{ kvar}$$

(4) 皮相電力[V・A]、有効電力[W]、無効電力[var]、力率を求めよ。



抵抗とコイルの部分に流れる電流 $I_{RL}$ の大きさは、

$$I_{RL} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{400}{\sqrt{9^2 + 12^2}} = \frac{400}{15} = 26.7 \text{ A}$$

抵抗で生じる有効電力（1相分） $p$ は、

$$p = RI_{RL}^2 = 9 \times 26.67^2 = 6402 \text{ W}$$

コイルで生じる無効電力（1相分） $q_L$ は、

$$q_L = X_L I_{RL}^2 = 12 \times 26.67^2 = 8535 \text{ var (遅れ)}$$

コンデンサで生じる無効電力（1相分） $q_c$ は、

$$q_c = \frac{V^2}{X_c} = \frac{400^2}{24} = 6667 \text{ var (進み)}$$

三相分の有効電力 $P$ は、

$$P = 3p = 3 \times 6402 = 19206 \sim 19.2 \text{ kW}$$

三相分の無効電力 $Q$ は、

$$Q = 3(q_L - q_c) = 3 \times (8535 - 6667) = 5604 \sim 5.6 \text{ kvar}$$

皮相電力 $S$ は、

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19.2^2 + 5.6^2} = 20 \text{ kVA}$$

力率は、

$$\cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{19.2}{20} = 0.96$$

問2 図のように  $V = 200 \text{ V}$  で周波数  $f = 50 \text{ Hz}$  の単相交流電源に、抵抗  $R = 10 \Omega$  とインダクタンス  $L = 31.8 \text{ mH}$  のコイルを接続した回路がある。この回路に静電容量  $C$  のコンデンサを並列に接続し、電源電圧  $\dot{V}$  と電源から出力される電流  $I$  が同相になるようにしたい。この条件を満たすための静電容量  $C [\mu\text{F}]$  の値を求めよ。(10 点)

電源電圧  $\dot{V}$  と電流  $I$  が同相であるということは、負荷のインピーダンスまたはアドミタンスの虚数成分が 0 となればよい。

この回路の負荷のアドミタンスを式で表すと以下のようになる。

$$\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{R + j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}}$$

この式を整理し、実部と虚部に分解すると以下のようになる。

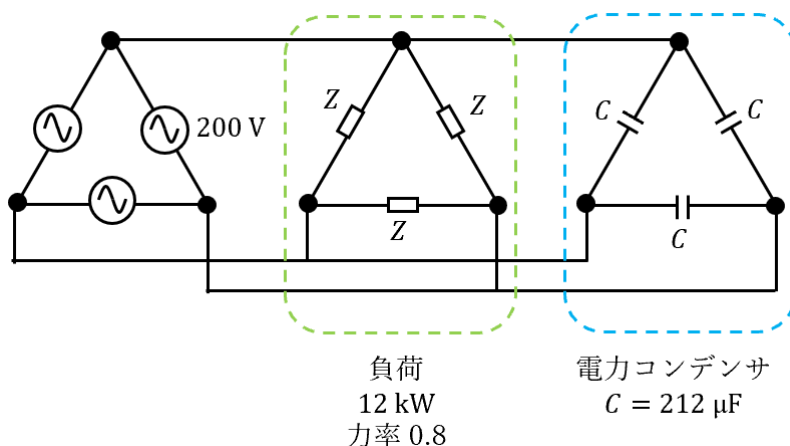
$$\begin{aligned} \dot{Y} &= \frac{1}{R + j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}} \\ &= \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C \\ &= \frac{1 \times (R - j\omega L)}{(R + j\omega L)(R - j\omega L)} + j\omega C \\ &= \frac{R - j\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} + j\omega C \\ &= \frac{R}{R^2 + (\omega L)^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}\right) \end{aligned}$$

この式の虚数成分が零となる静電容量  $C$  は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \omega C - \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} &= 0 \\ \omega C &= \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} \\ C &= \frac{L}{R^2 + (\omega L)^2} \\ &= \frac{31.8 \times 10^{-3}}{10^2 + (2 \times \pi \times 50 \times 31.8 \times 10^{-3})^2} \\ &= \frac{31.8 \times 10^{-3}}{10^2 + (10)^2} = 159 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\therefore C = 159 \mu\text{F}$$

問3 図のように、端子電圧に 200V を印加すると、有効電力 12 kW、力率 0.8 (遅れ) となる三相平衡負荷を三相交流電源に接続する。三相交流電源は  $\Delta$  結線とし、電源の相電圧  $V = 200 \text{ V}$  で周波数  $f = 50 \text{ Hz}$  とする。力率を改善するため、静電容量  $C = 212 \mu\text{F}$  の電力コンデンサを図のように負荷に並列に接続した。電力コンデンサ接続後の電源から見える負荷の力率  $\cos \theta'$  の大きさを求めよ。(10 点)



負荷の皮相電力は、

$$S = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{12}{0.8} = 15 \text{ kVA}$$

負荷の無効電力  $Q_Z$  は、

$$Q_Z = S \sin \theta = S \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = 15 \times \sqrt{1 - 0.8^2} = 15 \times 0.6 = 9 \text{ kvar(遅れ)}$$

コンデンサで生じる無効電力  $Q_c$  は、

$$\begin{aligned} Q_c &= 3 \frac{V^2}{X_c} = 3 \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} = 3 \omega C V^2 \\ &= 3 \times 2 \times 3.14 \times 50 \times 212 \times 10^{-6} \times 200^2 = 7988 \sim 8 \text{ kvar(進み)} \end{aligned}$$

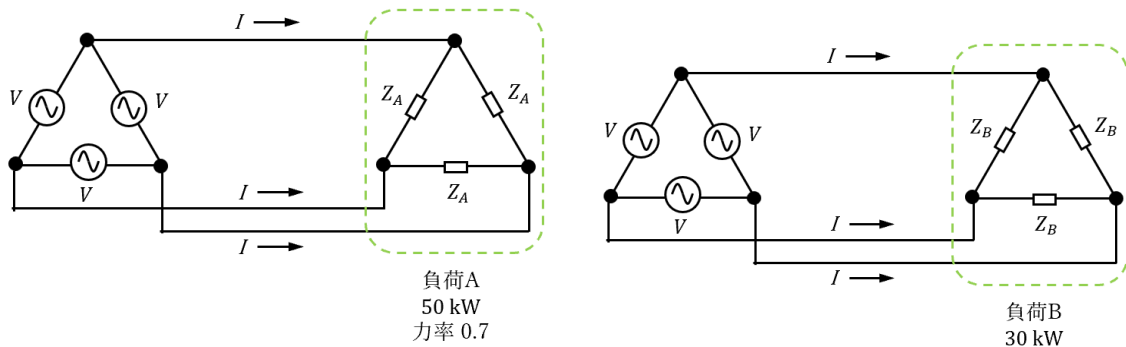
全体の無効電力  $Q$  は、

$$Q = Q_Z - Q_c = 9 - 8 = 1 \text{ kvar}$$

電源から見える力率は、

$$\cos \theta' = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{12}{\sqrt{12^2 + 1^2}} = \frac{12}{\sqrt{145}} \sim 0.997$$

問4 対称三相交流電源に対して、負荷 A を接続したところ、負荷 A 全体で生じる有効電力が 50kW、力率が 0.7 であった。負荷 B を接続したところ、電源から負荷に流れる線電流の大きさは変化せず、負荷で生じる有効電力は 30kW であった。負荷 B を接続したときに電源が出力する無効電力[var]の大きさを求めよ。(10 点)



負荷 A を接続したときの皮相電力  $S$  は、

$$S = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{50}{0.7} = 71.4 \text{ kVA}$$

負荷を変更しても線電流の大きさが変化しないので、皮相電力  $S = \sqrt{3}VI$  は負荷 A、負荷 B とともに同じ値となる。

負荷 B を接続したときの無効電力  $Q'$  は、

$$Q' = \sqrt{S^2 - P'^2} = \sqrt{71.4^2 - 30^2} = 64.7 \text{ kvar}$$