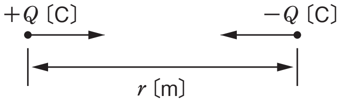
◆　解答とポイント解説　◆

10月3日（日）に令和3年度第一種電気工事士筆記試験（午後）が実施されました。

ここでは問い合わせをいただくことの多い計算問題を中心に解説します。

1．ハ.

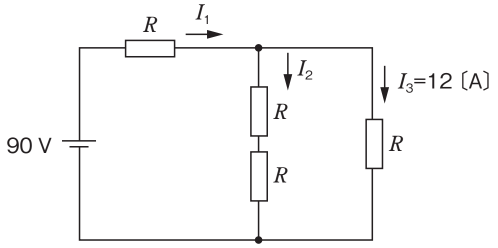


2つの点電荷間に働く力F〔N〕は、クーロンの法則により両電荷の積に比例し、距離の2乗に反比例する。式で表すと次のようになる。

$$F=k\frac{Q^2}{r^2}\text{〔N〕}\quad(k\text{は比例定数})$$

なお、異符号の電荷間には吸引力が働く。

2．ロ.



$I_3=12$〔A〕から$I_2=6$〔A〕、$I_1=I_2+I_3=6+12=18$〔A〕である（I_2の回路は$2R$より、I_3の$\frac{1}{2}$倍の電流となる）。

回路全体の合成抵抗を求めると、

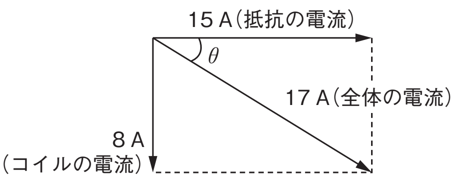
$$R+\underbrace{\boxed{\frac{2R\times R}{2R+R}}}_{\text{（並列合成抵抗）}}=R+\frac{2R^2}{3R}=R+\frac{2R}{3}=\frac{3R+2R}{3}$$
$$=\frac{5}{3}R \qquad \cdots①$$

また、

$$\text{回路全体の抵抗}=\frac{\text{電圧}}{\text{電流}}=\frac{90}{I_1}=\frac{90}{18}=5\text{〔Ω〕}\quad\cdots②$$

①＝②より、$\frac{5}{3}R=5$　　$R=5\times\frac{3}{5}=3$〔Ω〕

3．ハ. 電流のベクトル図を描くと図のようになる。

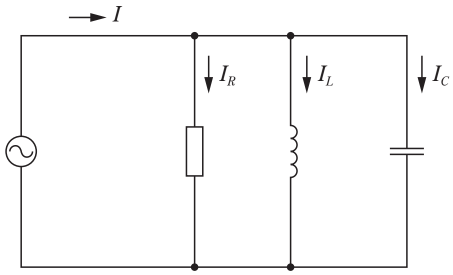


回路の力率$\cos\theta$は、

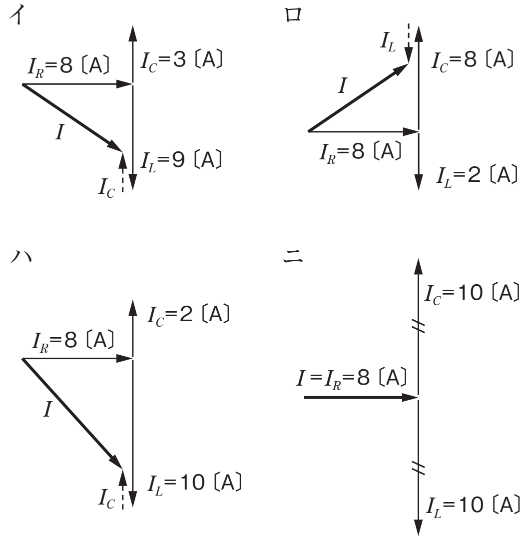
$$\cos\theta=\frac{\text{抵抗の電流}}{\text{全体の電流}}=\frac{15}{17}\fallingdotseq 0.88$$

パーセントで表すときは100倍して、88%。

4．ニ.



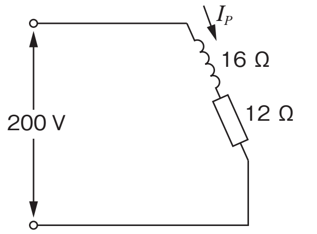
ベクトル図(電流の直角三角形)を描くと図のようになる。



図から、Iの値が最も小さくなるのはニ. で、$I=I_R=8$〔A〕となる(I_LとI_Cは大きさが等しく逆位相となるので互いに打ち消し合い、I_Rのみとなる)。

5．ハ.

三相交流回路の1相を取り出すと図のようになる。



インピーダンスZは、$Z=\sqrt{12^2+16^2}=20$〔Ω〕

相電流I_Pは、$I_P=\dfrac{V}{Z}=\dfrac{200}{20}=10$〔A〕

線電流I_lは、$\sqrt{3}\,I_P$より、

$I_l=\sqrt{3}\times 10=1.73\times 10=17.3$〔A〕

6．ロ． 三相3線式配電線路で、進み力率となっている場合の電圧降下vは、V_s：送電端電圧、V_r：受電端電圧とすると、

$$v=V_s-V_r=\sqrt{3}\,I(r\cos\theta-x\sin\theta)$$

となる。

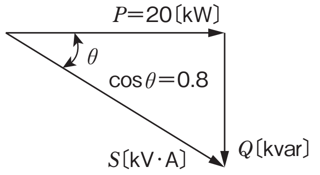
この式に$I=20$〔A〕、$r=0.8$〔Ω〕、$x=1.0$〔Ω〕、$\cos\theta=0.9$、$\sin\theta=0.436$を代入して計算すると、

$$v=\sqrt{3}\times20(0.8\times0.9-1.0\times0.436)\fallingdotseq10\text{〔V〕}$$

よって、

$$V_s=V_r+v=6\,700+10=6\,710\text{〔V〕}$$

7．ロ．



図から負荷の皮相電力S〔kV･A〕は、$\cos\theta=\dfrac{P}{S}$より、

$$S=\frac{P}{\cos\theta}=\frac{20}{0.8}=25\text{〔kV･A〕}$$

このとき負荷の無効電力Q〔kvar〕は、$S=\sqrt{P^2+Q^2}$より、

$$Q=\sqrt{S^2-P^2}=\sqrt{25^2-20^2}=15\text{〔kvar〕}$$

力率改善前の配電線路に流れる電流I_1は、$P=\sqrt{3}\,VI_1\cos\theta$より、

$$I_1=\frac{P}{\sqrt{3}\,V\cos\theta}=\frac{20\times10^3}{\sqrt{3}\times200\times0.8}=\frac{125}{\sqrt{3}}\text{〔A〕}$$

力率を100％に改善した場合の配電線路に流れる電流I_2は、

$$I_2=\frac{20\times10^3}{\sqrt{3}\times200\times1.0}=\frac{100}{\sqrt{3}}\text{〔A〕}$$

三相3線式の電力損失は$P_l=3I^2r$で求められることから、配電線路に流れる電流を小さくすることで電力損失を最小とできる。

したがって、力率を100％に改善することで電流が小さくできるので、このために必要なコンデンサの容量は無効電力と同じ大きさの15〔kvar〕となる。

8．ハ． 三相短絡容量P_s〔MV･A〕は、基準容量をP_n〔MV･A〕とすると、$P_s=\dfrac{P_n}{Z}\times100$〔MV･A〕で表される。$P_n=10$〔MV･A〕であるので、

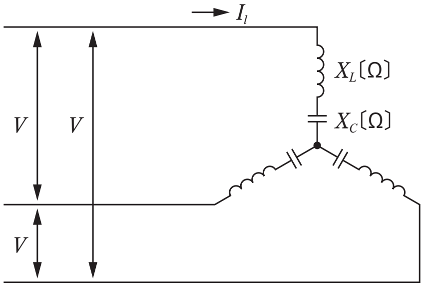
$$P_s=\frac{10}{Z}\times100=\frac{1\,000}{Z}\text{〔MV･A〕}$$

三相短絡電流I_s〔kA〕は、$I_s=\dfrac{P_s}{\sqrt{3}\,V}$〔kA〕で表される。この式に$P_s=\dfrac{1\,000}{Z}$を代入すると、

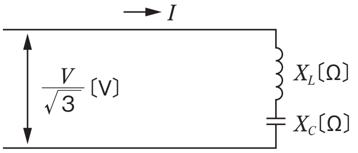
$$I_s=\frac{\frac{1000}{Z}}{\sqrt{3}\,V}=\frac{1000}{\sqrt{3}\,VZ}\text{〔kA〕}$$

となる。

9．イ．図のようなY結線となっている。



1相分を取り出すと、



回路のインピーダンスZは、

$$Z=\sqrt{(X_C-X_L)^2}=X_C-X_L\text{〔Ω〕}$$

回路に流れる電流Iは、

$$I=\frac{\text{相電圧}}{Z}=\frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{X_C-X_L}=\frac{V}{\sqrt{3}\,(X_C-X_L)}$$

Y結線において、線電流＝相電流になる。

したがって、回路の無効電力Qは$Q=\sqrt{3}\,VI$〔var〕で求められる。

よって、

$$Q=\sqrt{3}\,VI=\sqrt{3}\,V\times\frac{V}{\sqrt{3}\,(X_C-X_L)}$$

$$=\frac{V^2}{X_C-X_L}\text{〔var〕}$$

となる。

10．ニ．変圧器の巻線の抵抗や損失を無視すると入力と出力は等しい。一次側の電圧をV_1、電流をI_1、二次側の電圧をV_2、電流をI_2とすると、

$$V_1I_1=V_2I_2$$

が成り立つ。

二次側の出力V_2I_2をV_2とRを用いて表すと、$\frac{V_2^{\,2}}{R}$となるので、

$$V_1I_1=\frac{V_2^{\,2}}{R}\ \rightarrow\ 2\,000\times1=\frac{V_2^{\,2}}{20}$$

$$\rightarrow\ V_2^{\,2}=40\,000\ \rightarrow\ V_2=200\text{〔V〕}$$