

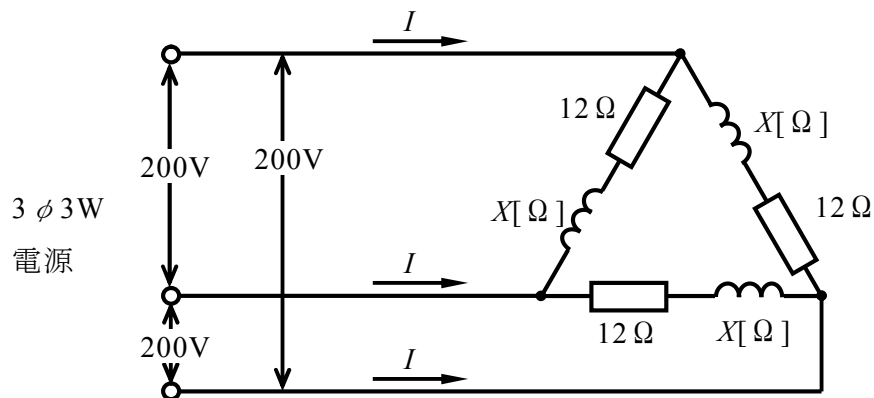
(6) 三相交流回路

重要事項 (これを理解します)

- 1, 三相負荷の電流計算と電圧計算
- 2, 三相負荷で断線した場合の計算
- 3, Δ 接続とY接続の違い

【例題 (よく出る問題)】

図のような三相交流回路の全消費電力が 3600[W]であった。線電流 I の値 [A]は。



- イ. 5.8 ロ. 10.0 ハ. 17.3 ニ. 20.0

【例題 (よく出る問題) の模範解答】

【回答】ハ

まず、三相交流回路の全消費電力 P [W]が 3600[W]であることから、相電流 I_s [A]を求めます。

$$P = 3I_s^2 R$$

$$I_s^2 = \frac{P}{3R}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{P}{3R}} = \sqrt{\frac{3600}{3 \times 12}} = \sqrt{100} = 10$$

よって、線電流 I [A]は、平衡負荷の場合、相電流 I_s [A]の $\sqrt{3}$ 倍であるから

$$I = \sqrt{3}I_s = \sqrt{3} \times 10 = 1.73 \times 10 = 17.3$$

となります。

ゆえに、選択肢は、ハとなります。

【解法の準備】

例題を解くために次のことを学びます。

1, 三相回路の線電流 I [A]と相電流 I_s [A]とは

三相交流の接続には、2種類があります。Δ接続とY接続です。Δ接続とY接続の例を示しましょう。図1-1-6-1と図1-1-6-2を見てください。

図1-1-6-1は、負荷が三角形に接続されていますね。これをΔ接続と言います。この負荷は、たまたまコイルと抵抗ですが、どんな負荷でもかまいません。負荷が三角形に接続されていれば、Δ接続です。

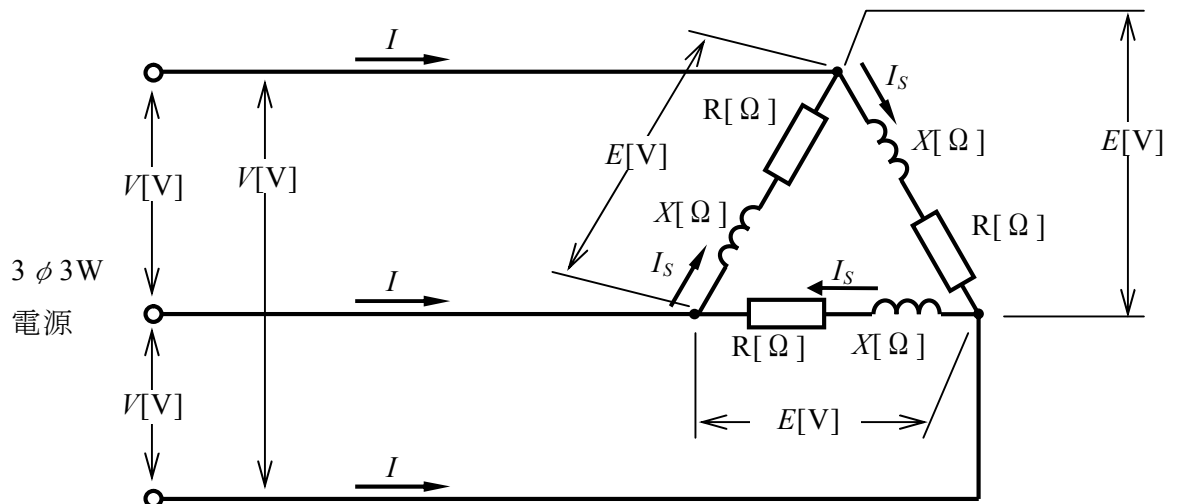


図 1-1-6-1

さて、Δ接続ですが、それぞれの記号を

V : 線間電圧 E : 相電圧

I : 線電流 I_s : 相電流

と言います。

大きさは、

$$V[V] = E[V] \qquad I_s[A] = \frac{I}{\sqrt{3}}[A]$$

です。ここで、 $I_s = \frac{I}{\sqrt{3}}$ となる理由は、試験に出ないので丸暗記しましょう。

次に、Y接続です。 図 1-1-6-2 を見てください。

図 1-1-6-2 は、負荷の接続が、Yの字になっていますね。 この接続方法がY接続と言います。 この例では、たまたま負荷が、コンデンサになっていますがその他の負荷でも同じです。 負荷の接続が、Yの字になっていれば、Y接続です。

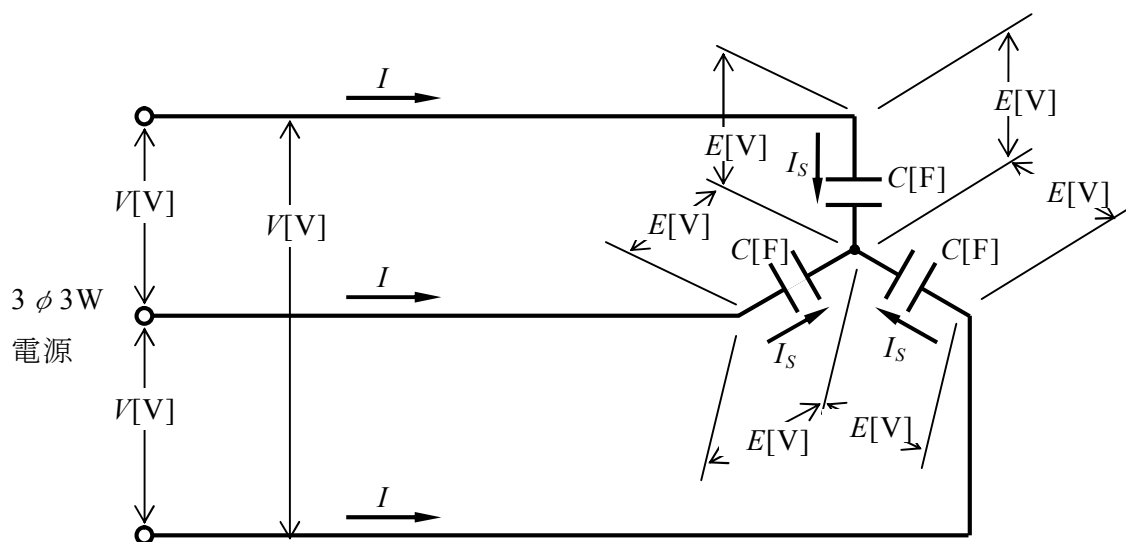


図 1-1-6-2

さて、Y接続ですが、 Δ 接続と同じようにそれぞれの記号を

V : 線間電圧 E : 相電圧
 I : 線電流 I_s : 相電流

と言います。

大きさは、

$$E = \frac{V}{\sqrt{3}} [V] \qquad I [A] = I_s [A]$$

です。ここで、 $E = \frac{V}{\sqrt{3}}$ となる理由も、 Δ 接続と同じように試験に出ないので丸暗記しましょう。

2. 三相負荷の電力とは

三相負荷の電力は、単相負荷を3個並べたモノとして計算します。

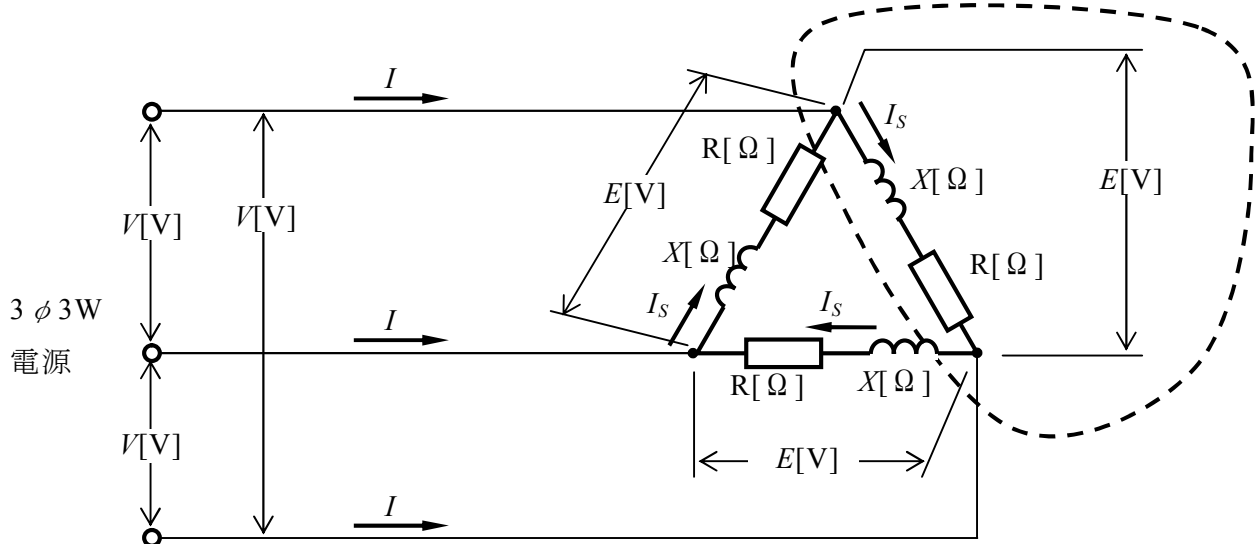


図 1-1-6-3

まず、 Δ 接続の図 1-1-6-3 で点線で囲んだ部分を考えます。点線で囲んだ部分は、電源電圧が $E[V]$ で、電流が $I_s [A]$ で、負荷が $R + jX$ ですね。すると点線で囲んだ部分の電力は、単相で計算して

$$\text{有効電力} : P_s = R \cdot I_s^2 \quad [W]$$

$$\text{無効電力} : Q_s = X \cdot I_s^2 \quad [\text{var}]$$

$$\text{皮相電力} : S_s = E \cdot I_s = \sqrt{P_s^2 + Q_s^2} \quad [\text{VA}]$$

となります。

また、三相の電力は、点線で囲んだ部分が3個在るので

$$\text{有効電力} : P_3 = 3P_s = 3R \cdot I_s^2 \quad [W]$$

$$\text{無効電力} : Q_3 = 3Q_s = 3X \cdot I_s^2 \quad [\text{var}]$$

$$\text{皮相電力} : S_3 = 3S_s = 3E \cdot I_s = 3\sqrt{P_s^2 + Q_s^2} \quad [\text{VA}]$$

となります。

すなわち、三相の電力は、単相で計算してその3倍にすればよいのです。

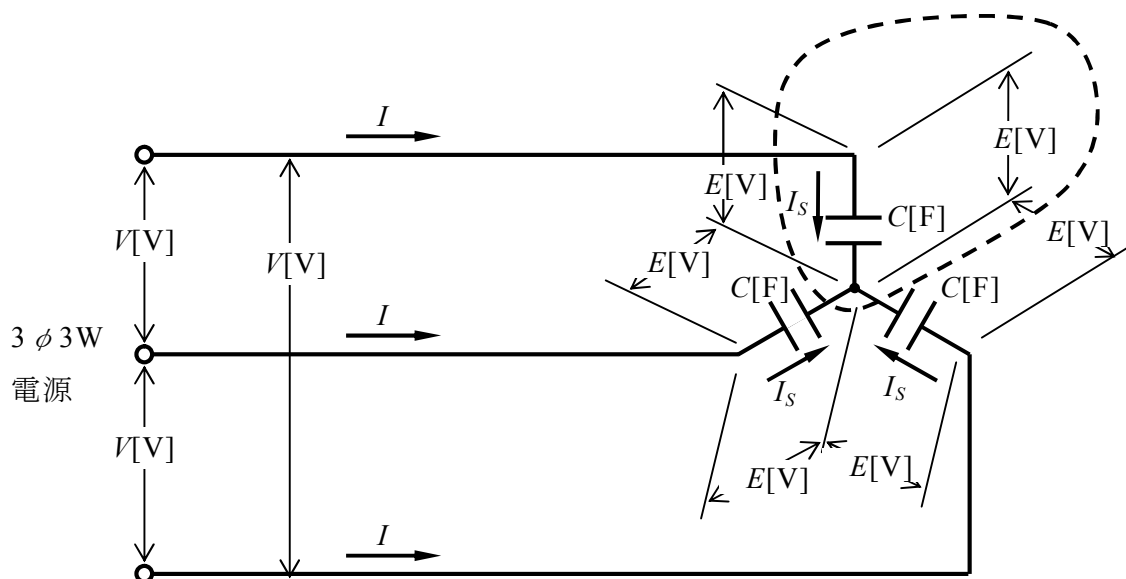


図 1-1-6-4

同じようにY接続の図 1-1-6-4 で点線で囲んだ部分を考えます。点線で囲んだ部分は、電源電圧が $E[V]$ で、電流が $I_s [A]$ で、負荷が $R-jX$ (ここで $R=0, X=\frac{1}{2\pi fC}$) ですね。すると点線で囲んだ部分の電力は、単相で計算して

有効電力： $P_s = R \cdot I^2$ (ただし $R=0$ ですから $P_s=0$ ですね) [W]

無効電力： $Q_s = X \cdot I^2$ (ただし $X = \frac{1}{2\pi fC}$ ですから $Q_s = \frac{I^2}{2\pi fC}$ ですね) [var]

皮相電力： $S_s = E \cdot I = \sqrt{P_s^2 + Q_s^2}$ [VA]

となります。

また、三相の電力は、点線で囲んだ部分が3個在るので

有効電力： $P_3 = 3P_s = 3R \cdot I^2$ [W]

無効電力： $Q_3 = 3Q_s = 3X \cdot I^2$ [var]

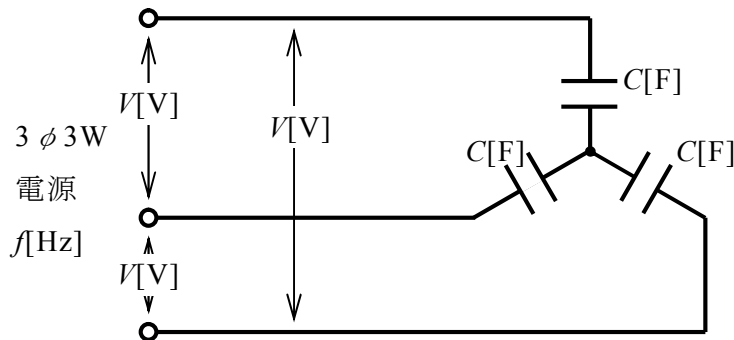
皮相電力： $S_3 = 3S_s = 3E \cdot I = 3\sqrt{P_s^2 + Q_s^2}$ [VA]

となります。

すなわち、三相の電力は、 Δ 接続であろうがY接続であろうが、単相で計算してその3倍にすればよいのです。

【確認問題 1】

図は、電源電圧 V [V]、電源周波数 f [Hz]、三相コンデンサの 1 相当りの静電容量 C [F] の三相交流回路である。三相コンデンサの進相容量（進相無効電力）[var] を示す式は。



- イ. $2\pi fCV^2$ ロ. $3\pi fC^2V$ ハ. $4\pi fCV$ ニ. $5\pi fCV$

【確認問題 1 の解説】

【確認問題 1 の回答】 イ

線間電圧が V [V] なので、コンデンサ 1 相当りにかかる電圧 V_s [V] は、

$$V_s = \frac{V}{\sqrt{3}} \quad [\text{V}] \text{-----1-1-6-1}$$

よって、コンデンサ 1 相当りに流れる電流 I [A] は、

$$I = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{2\pi fC}} = 2\pi fC \frac{V}{\sqrt{3}} \quad [\text{A}] \text{-----1-1-6-2}$$

式 1-1-6-1 と式 1-1-6-2 より 1 相分のコンデンサの進相容量（進相無効電力） Q_1 [var] を示す式は

$$Q_1 = \frac{V}{\sqrt{3}} \cdot 2\pi fC \frac{V}{\sqrt{3}} = 2\pi fC \frac{V^2}{3} \quad [\text{var}]$$

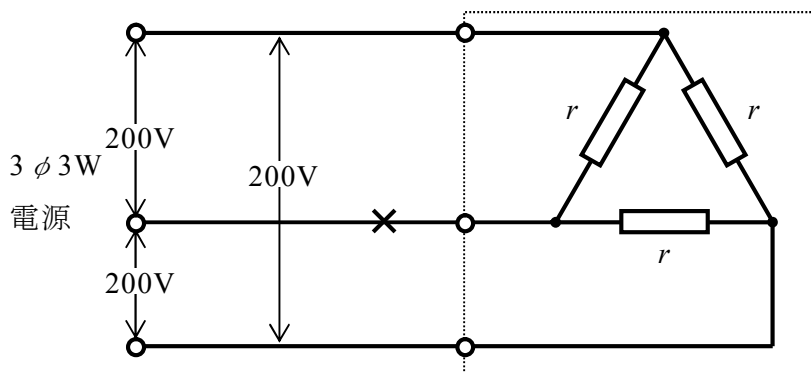
よって、三相コンデンサの進相容量（進相無効電力） Q_3 [var] を示す式は

$$Q_3 = 3Q_1 = 3 \times 2\pi fC \frac{V^2}{3} = 2\pi fCV^2 \quad [\text{var}]$$

ゆえに、選択肢は、イとなります。

【確認問題 2】

図のような三相交流回路において、三相抵抗負荷の消費電力は 30[kW]である。
 図中の×印点で断線した場合の負荷の消費電力[kW]は。



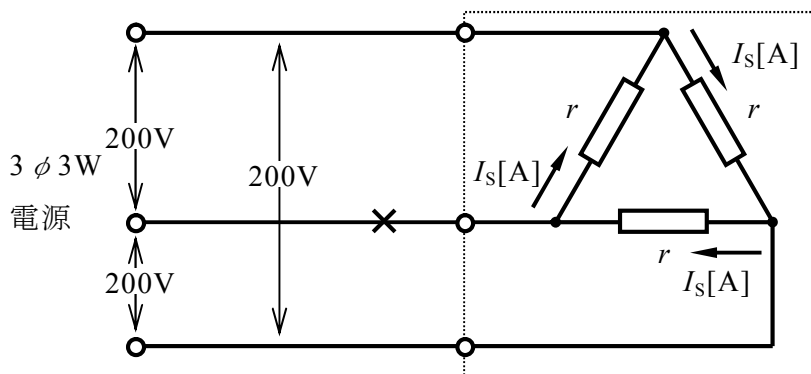
三相抵抗負荷
30kW

- イ. 5 ロ. 10 ハ. 15 ニ. 20

【確認問題 2 の解説】

【確認問題 2 の回答】 ハ

まず、三相抵抗負荷の消費電力 $P_3=30$ [kW]、線間電圧 $V=200$ [V]である事から負荷抵抗 r [Ω]を求めてみる。



三相抵抗負荷
30kW

相電流を I_s [A]とすると、

$$P_3 = 3V \cdot I_s = 3V \cdot \frac{V}{r} = \frac{3V^2}{r}$$

負荷抵抗 r [Ω]について解くと

$$r = \frac{3V^2}{P} = \frac{3 \times 200^2}{30 \times 1000} = \frac{3 \times 40000}{30 \times 1000} = 4 \quad [\Omega]$$

(ここで、 30×1000 は、 $30[\text{kW}] = 30 \times 1000[\text{W}]$ である)

次に、×印で断線した場合の回路図を書くと図 1-1-6-1(a)(b)となります。

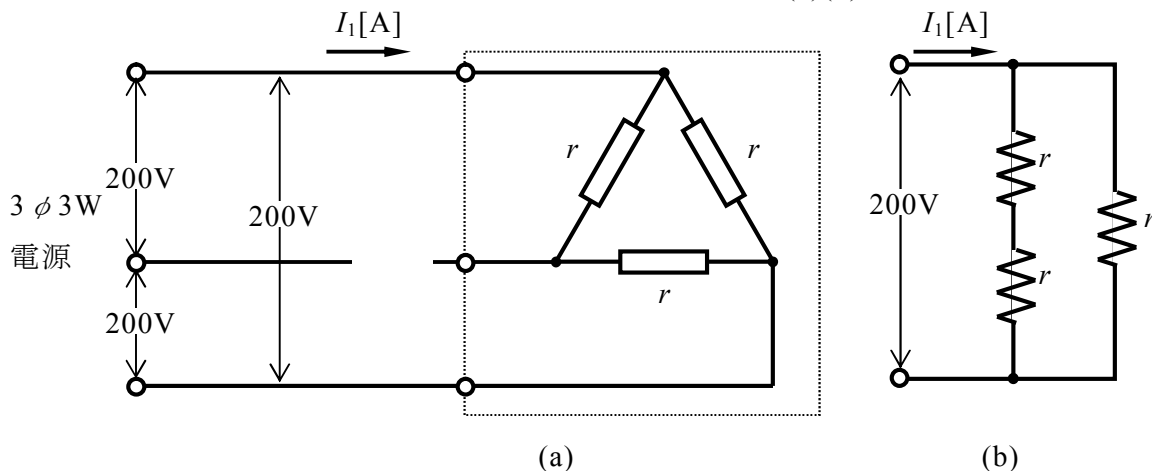


図 1-1-6-1

図 1-1-6-1(b)から、回路の合成抵抗を計算すると、

$$R = \frac{r(r+r)}{r+(r+r)} = \frac{2r^2}{3r} = \frac{2r}{3} = \frac{2 \times 4}{3} = \frac{8}{3}$$

よって、断線時の消費電力 $P_1[\text{W}]$ は、図 1-1-6-2★から

$$P_1 = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{200^2}{\frac{8}{3}} = \frac{40000}{\frac{8}{3}} = \frac{40000 \times 3}{8} = 5000 \times 3 = 15000 [\text{W}]$$

$$= 15[\text{kW}]$$

ゆえに、選択肢は、ハとなります。

キーワード

△接続、Y接続、三相電力、線間電圧、線電流、相電圧、相電流、

【例題（よく出る問題）の解説】

三相の場合は、1相当たり（単相当たり）で計算してから三相に変換するのがよいです。【例題（よく出る問題）】の場合は、まず三相電力を単相電力にして、相電流を求めます。次に、単相電力から、相電流を求めます。そして、最後に相電流を線電流に変換して、こたえを計算します。

これがポイント

コツ 1、三相の計算は、1相当たり（単相当たり）で計算してから三相に変換する

コツ 2、 Δ 接続は、線電流 I [A]と相電流 I_s [A]で $I_s = \frac{I}{\sqrt{3}}$ の関係がある

コツ 3、Y 接続は、線間電圧 V [V]と相電圧 E [V]で $E = \frac{V}{\sqrt{3}}$ の関係がある

復習

- 1, 三相の電圧と電流の関係は、理解できましたか
- 2, 三相の電力は、計算できますか
- 3, 三相負荷で Δ 接続と Y 接続の違いを理解できましたか

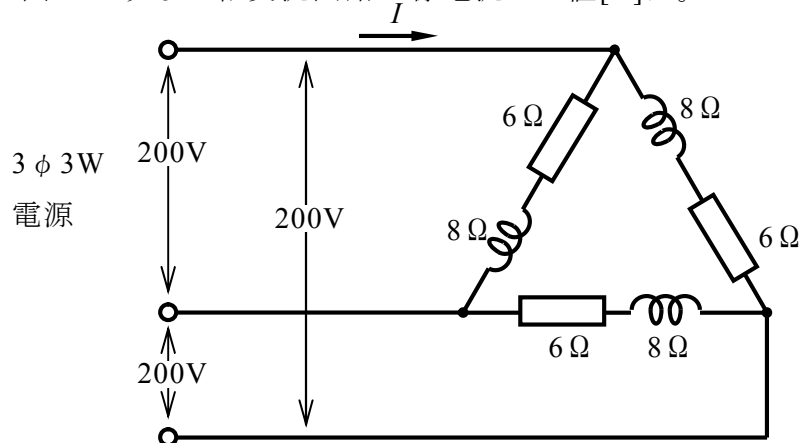
アドバイス

三相は、単相にして計算するのが重要です。 三相の問題が出たら、まずどのように単相にして計算するかを考えてください。

練習問題

【問 1】

図のような三相交流回路の線電流 I の値[A]は。



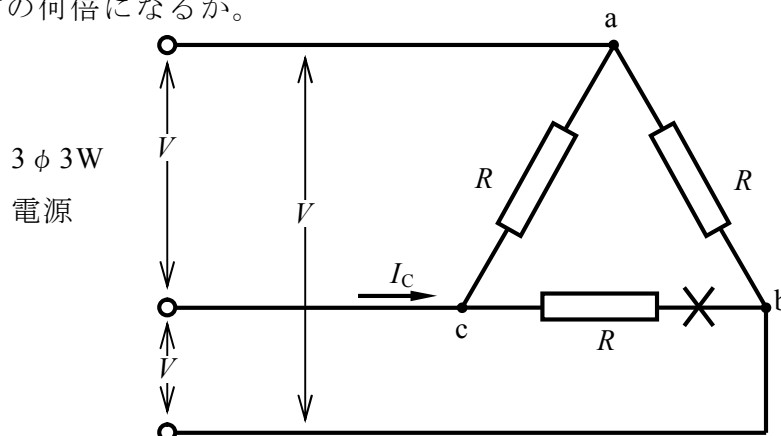
- イ. 20 ロ. 25 ハ. 30 ニ. 35

ヒント 1相のインピーダンス $Z[\Omega]$ を求めて相電流を求めて下さい。

【回答】：ニ

【問 2】

図のような三相交流回路において、図中の×印点で断線した場合、電流 I_c は、断線前の何倍になるか。



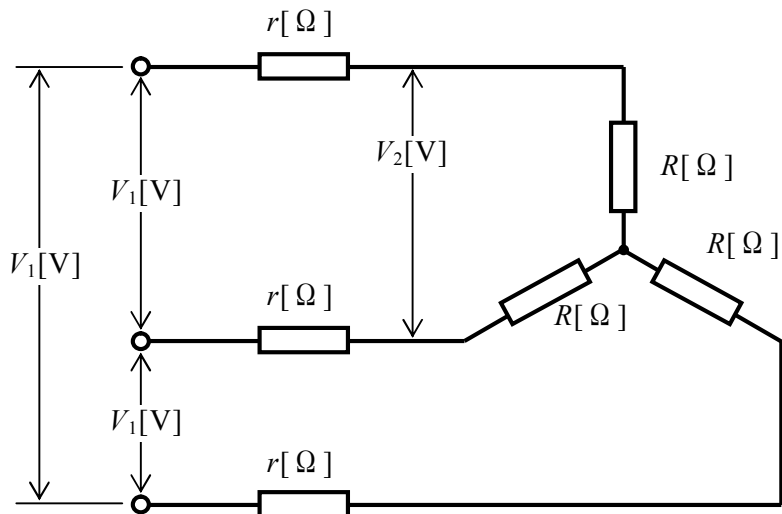
- イ. $\frac{1}{3}$ ロ. $\frac{1}{2}$ ハ. $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ニ. 1

ヒント ×印で断線した場合は、単相回路です。

【回答】：ハ

【問 3】

図のような三相 3 線式配電線路において、電圧降下 ($V_1 - V_2$) の値[V]を示す式は。



- イ. $\frac{r}{R}V_2$ ロ. $\frac{\sqrt{3}r}{R}V_2$ ハ. $\frac{2r}{R}V_2$ ニ. $\frac{\sqrt{3}r}{2R}V_2$

ヒント 線抵抗と相抵抗を合成して、単相回路で考えること。

【回答】：イ

【問 4】

図 A の等価回路が図 B であるとき、図 B の抵抗 $R[\Omega]$ 、リアクタンス $X[\Omega]$ の値は。

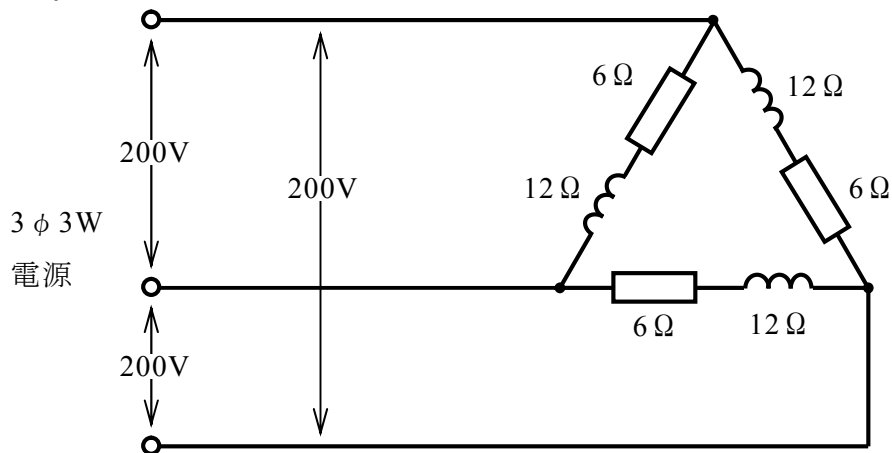


図 A

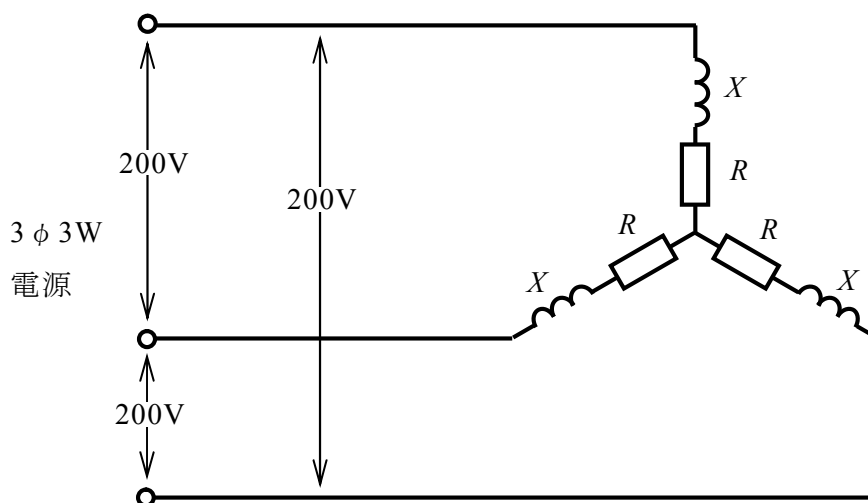


図 B

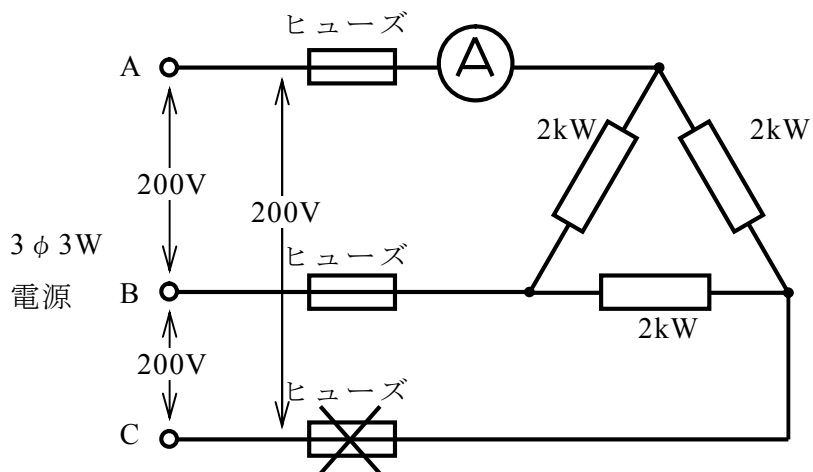
- イ. $R=2$ $X=4$ ロ. $R=3.5$ $X=6.9$ ハ. $R=18$ $X=4$ ニ. $R=18$ $X=36$

ヒント インピーダンスは、 $\Delta \rightarrow Y$ に変換すると $1/3$ になる

【回答】：イ

【問 5】

三相交流電源に図のような負荷を接続したときの電流計の指示を I_1 、C 相のヒューズが溶断した状態での電流計の指示を I_2 とするとき、 I_2/I_1 の値は。ただし、負荷の抵抗値及び電源電圧は変わらないものとする。



- イ. 0.87 ロ. 1 ハ. 1.5 ニ. 1.73

ヒント ヒューズが溶断したときは、単相負荷と考えられます。

【回答】：イ