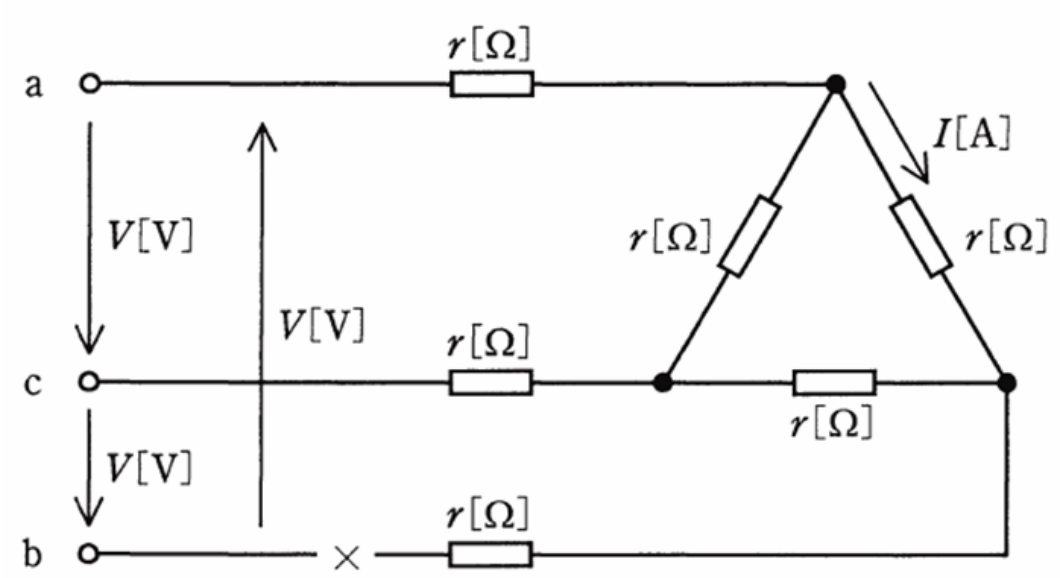
図のように，r [Ω] の抵抗 6 個が線間電圧の大きさ V [V] の対称三相電源に接続されている。

b 相の × 印の位置で断線し，c − a 相間が単相状態になったとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし，電源の線間電圧の大きさ及び位相は，断線によって変化しないものとする。



(a)　図中の電流 I の大きさ [A] は，断線前の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　0.50　　(2)　0.58　　(3)　0.87　　(4)　1.15　　(5)　1.73

(b)　× 印の両側に現れる電圧の大きさ [V] は，電源の線間電圧の大きさ V[V] の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　0　　(2)　0.58　　(3)　0.87　　(4)　1.00　　(5)　1.15

解説

(a)

断線前は、三相回路に流れる電流を求めて、

断線後は、単相回路に流れる電流を求める、という問題です。

以下の手順で解きます。

1, 断線前の電流を求める　(三相回路 に流れる電流を求める)

2, 断線後の電流を求める　(単相回路 に流れる電流を求める)

3, 断線後は断線前の何倍となるかを求める

三相回路の問題では、「Δ結線を Y 結線に変換して一相を抜き出して単相回路として計算する、そして求められた値を三相の値に直す」という解き方をよく使います。

では、解いていきます。

1, 断線前の電流を求める

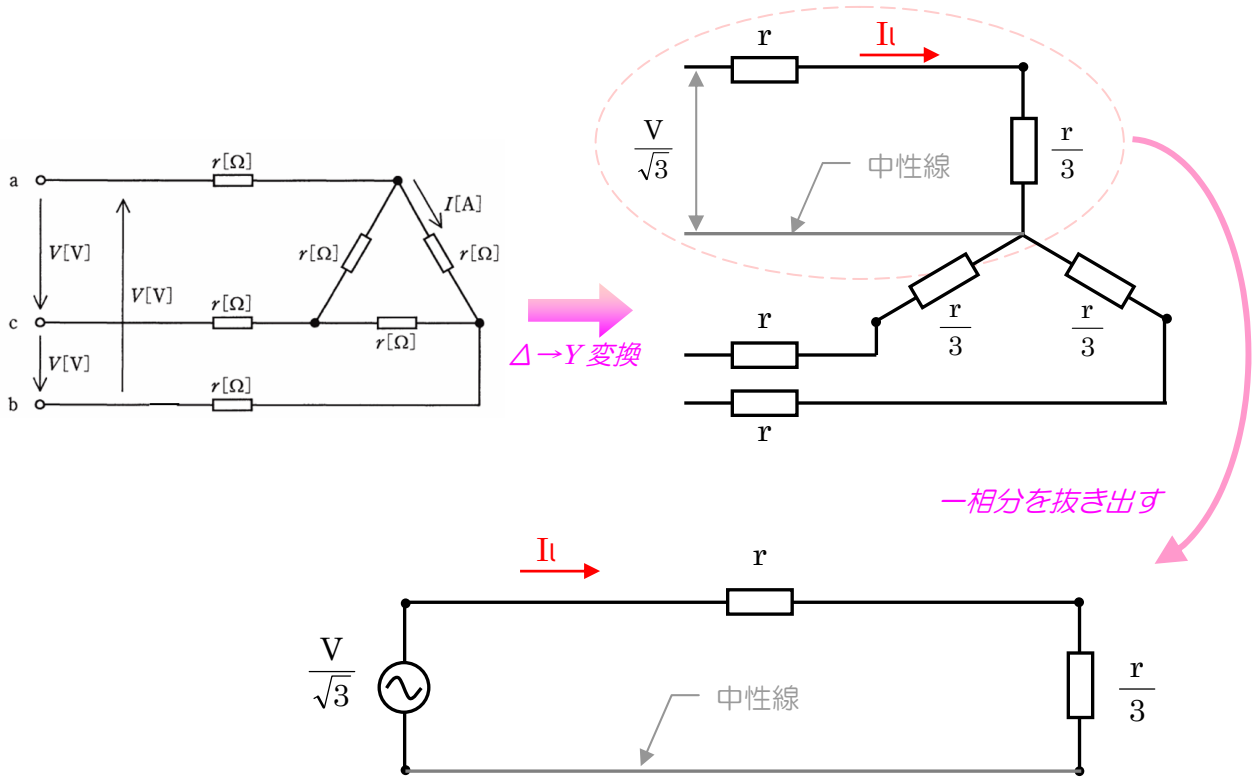
回路を Y 結線に変換して、三相回路の一相を単相回路として抜き出して考える。

・Δ→Y 変換する場合には、抵抗を $\frac{1}{3}$ 倍 する

したがって、抵抗 r を「Δ→Y 変換」すると $\frac{r}{3}$ になる。

・線間電圧 を Y結線の相電圧 に変換するには、$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍 する

したがって、線間電圧 V を Y 結線の相電圧に変換すると $\frac{V}{\sqrt{3}}$ になる。



この回路の合成抵抗 R は $R = r + \frac{r}{3}$ になる。

一相分の回路で電流を求める（ここで求められる電流は線電流になる）

$$I_l = \frac{V}{R} = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{r+\frac{r}{3}} = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{\frac{3r}{3}+\frac{r}{3}} = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{\frac{4r}{3}} = \frac{V\times 3}{\sqrt{3}\times 4r} = \frac{3V}{4\sqrt{3}\,r}$$

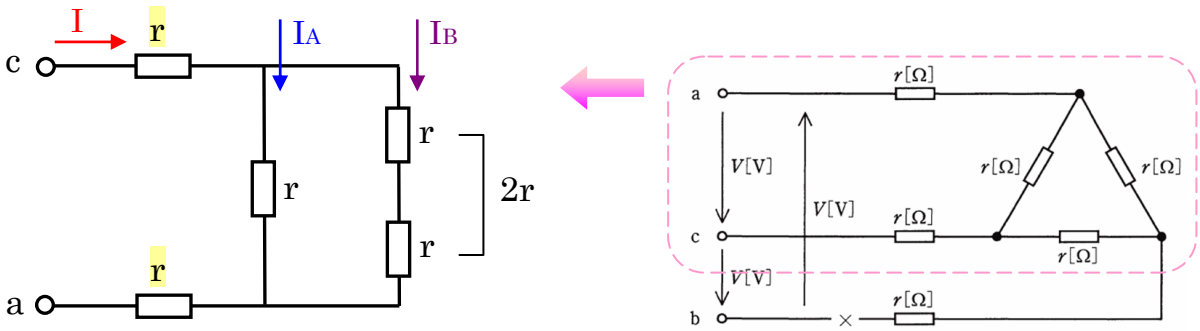
$I_l = \frac{3V}{4\sqrt{3}\,r}$ は線電流なので、相電流に変換するには $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍 する

$$I = \frac{3V}{4\sqrt{3}\,r} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{\frac{V}{4\,r}}}$$ ← ***断線前の電流***

2, 断線後の電流を求める

問題中に「b相の×印の位置で断線し、c－a 相間が単相状態になったとき・・・」という記述があるので、断線後は単相回路として考える。

c－a 間を単相とした回路は次のようになる。



この回路の合成抵抗 R を求める

$$R = r + r + \frac{r\times 2r}{r+2r} = 2r + \frac{2r^2}{3r} = \frac{6r}{3} + \frac{2r}{3} = \frac{8r}{3}$$

並列部分の合成

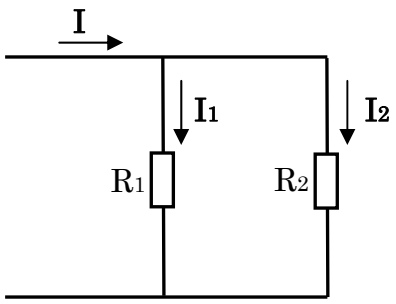
回路全体に流れる電流を求める（$I = \frac{V}{R}$ に $R = \frac{8r}{3}$ を代入する）

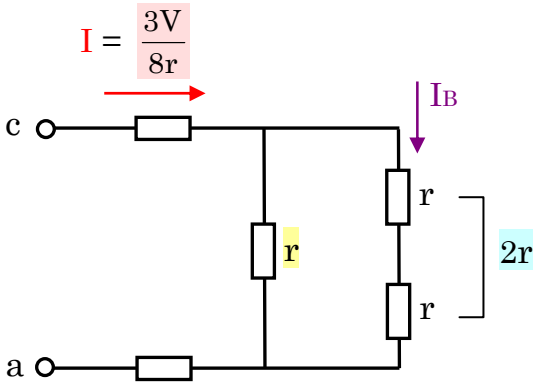
$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{8r}{3}} = \frac{V}{\frac{8r}{3}} = \frac{3V}{8r}$$

I_B に流れる電流を求める（以下の分担電流を求める式を使う）

電流の分流（分担電流）を求める式

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$





$$I_B = \frac{r}{r+2r} \times \frac{3V}{8r} = \frac{r}{3r} \times \frac{3V}{8r} = \frac{V}{8r}$$ ← 断線後の電流

$$\left(I_B = \frac{r}{r+2r} \times \frac{3V}{8r} \right)$$

3，断線後は断線前の何倍になるかを求める

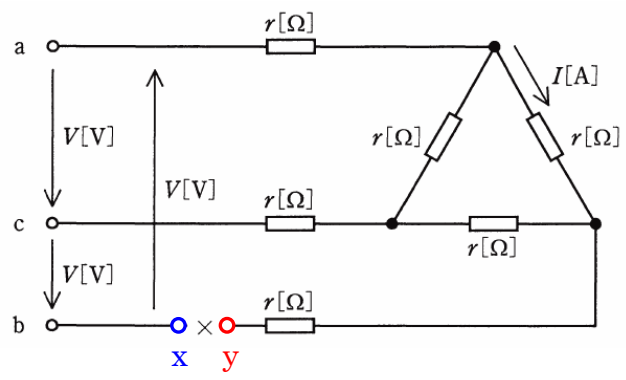
「電流 I の大きさ[A]は、断線前の何倍となるか」は、断線後 ÷ 断線前 で求められる。

$$\text{断線後} \div \text{断線前} = \frac{V}{8r} \div \frac{V}{4r} = \frac{1}{2} = 0.5$$

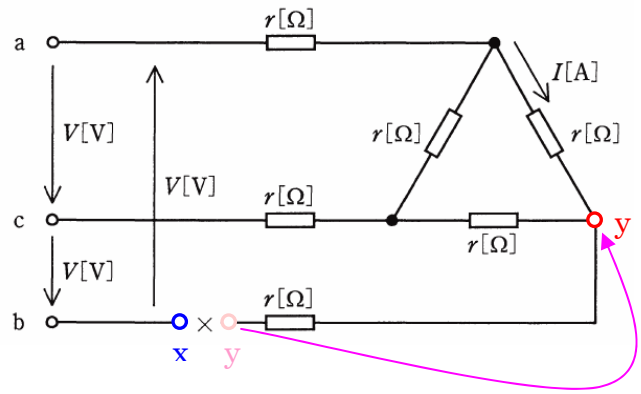
答　(a) － (1)

(b)

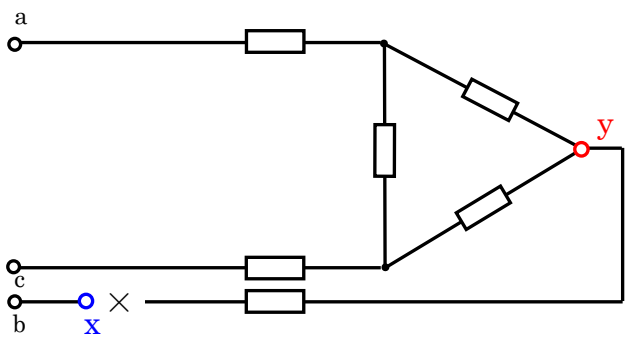
×印の両側に現れる電圧の大きさとは、下図の x と y の電位差になる。



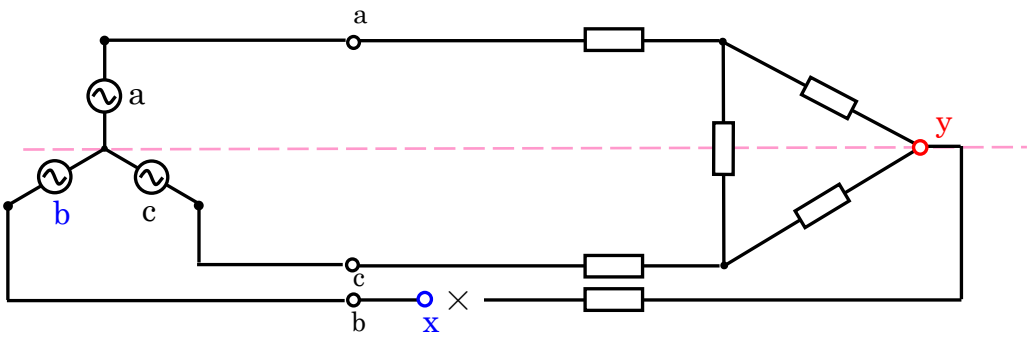
y の右側にある抵抗 r には電流が流れないので、抵抗 r では電圧降下も起きない。
つまり抵抗 r は、あっても意味がないので、無いものとして考える。
したがって、y は下図のように△結線の右下部分にあっても同じと考えられる。



上の図を変形させると、次の回路図になる。



三相電源を接続してみると、次のようになる。

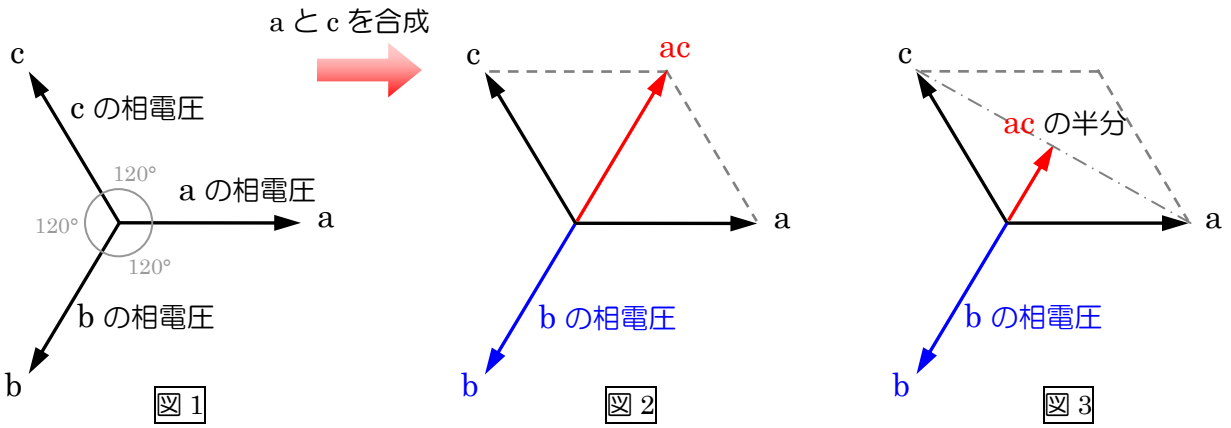


y は a と c の中間地点に位置している。

このことから、y の電圧は、a－c の電圧を半分にしたものになる。（＊1）

(a相とc相の電圧ベクトルを合成したものの半分 が y に現れる電圧(電位)になる)

a 相の電圧を基準として b 相と c 相の電圧ベクトルを書くと左下(図 1)のようになる。
(**対称三相電源**なので、a , b , c は 120° ずつ ずれた 同じ電圧のベクトルになる)



a と c を合成したベクトルを ac として (図 2)、ac の半分 がyの電圧になる (図 3)
そして、x の電圧は bの相電圧 になる。

×印の両側に現れる電圧は、bの相電圧 と ac の半分 を足したものになるので、次のように「bの相電圧 と ac の半分 を足したもの」を求める

a の先端と b の先端を結んだ線は 線間電圧V と同じ大きさになる。
同様に b と c の先端を結んだ線、c と a の先端を結んだ線も 線間電圧V と同じ大きさになる。(図 4)

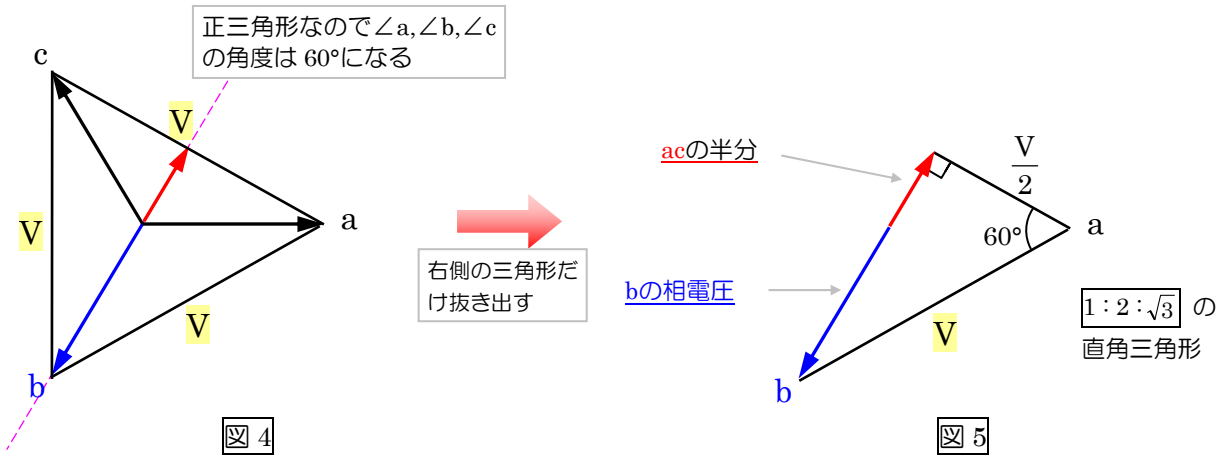


図 5 から、bの相電圧 と acの半分 を足したベクトルの大きさを求める。

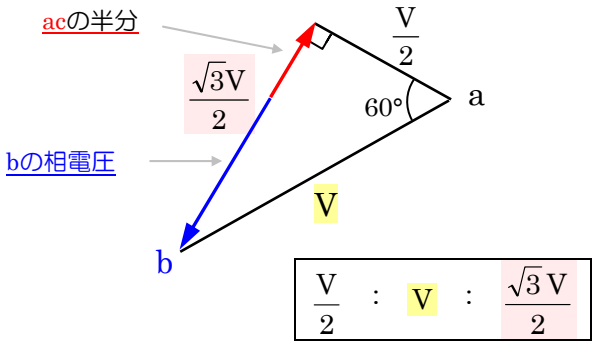
この三角形の辺の比は $1:2:\sqrt{3}$ であるから、

斜辺の長さを V とすると、垂線の長さ (b + acの半分) は $\dfrac{\sqrt{3}\,V}{2}$ になる。

$$1 : 2 : \sqrt{3} = \frac{V}{2} : V : \frac{\sqrt{3}V}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}V}{2} \fallingdotseq 0.866V \fallingdotseq 0.87V$$

約 0.87 倍になる

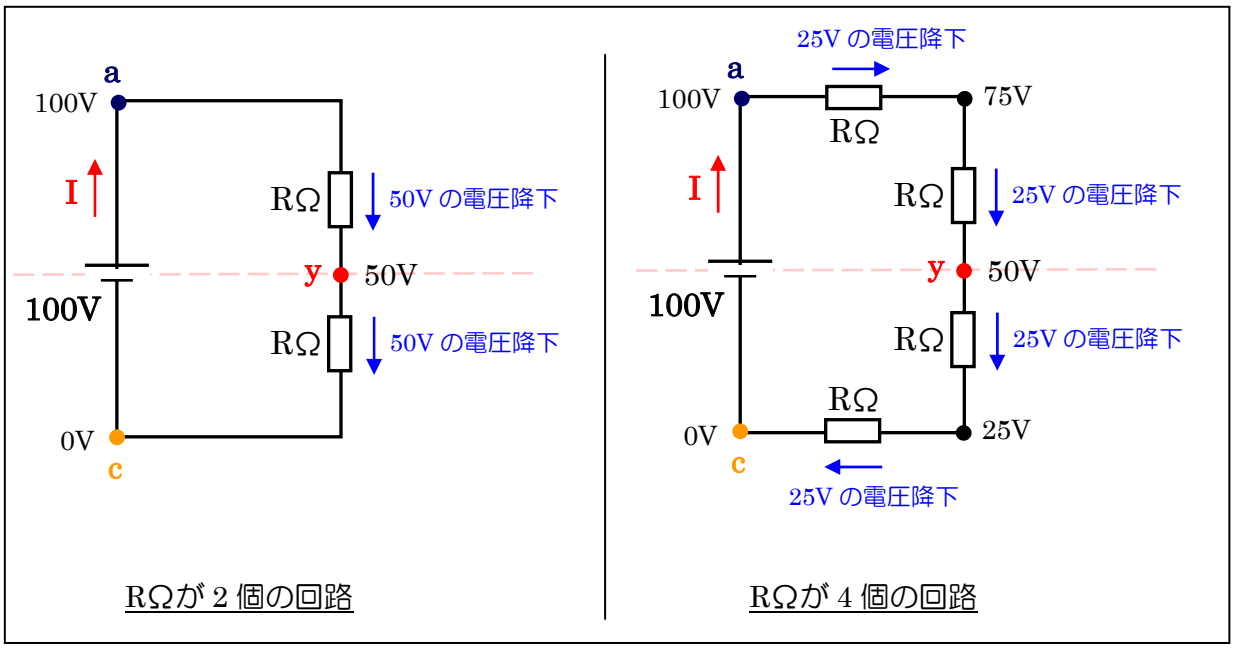


答　(b) ― (3)

注 釈

(＊1)

「a と c の中間地点は電源電圧の半分の電圧になる」ということについて、簡単な回路を示してみる。



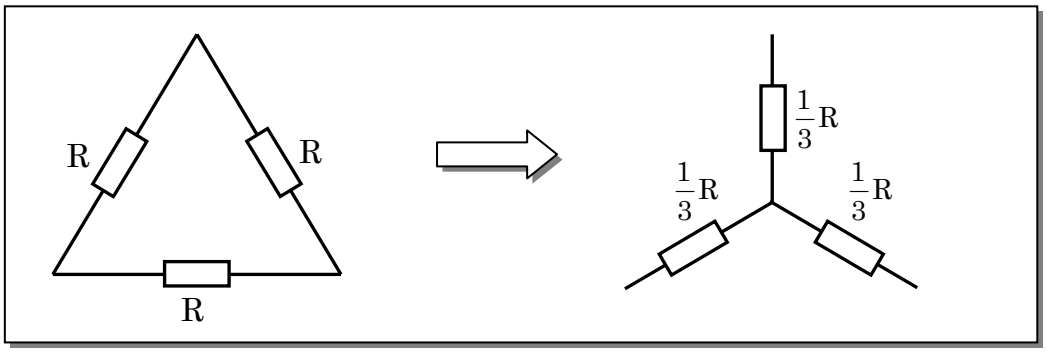
各抵抗の値が同じ場合、各抵抗での電圧降下の値は等しくなるので、中間地点 y の電圧は電源電圧の半分になる。

上の回路では、a と c の中間地点は、電源電圧 100V の半分の電圧 (50V) になる。

この問を解くのに必要な公式、その他を示しておきます。

Δ → Y 変換

Δ 結線の平衡負荷を Y 結線の負荷へ等価変換するには、Δ 結線の負荷を $\frac{1}{3}$ 倍する。

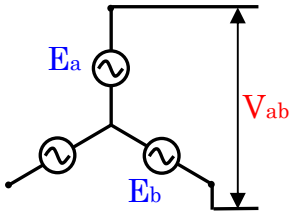


Y－Y 回路において **線間電圧** と **相電圧** の関係は次のようになります。

公式

$V_{ab} = \sqrt{3}E_a$

線間電圧 $= \sqrt{3} \times$ 相電圧



Y－Y 回路において、

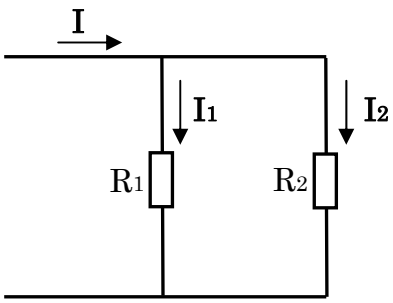
線間電圧 は 相電圧の $\sqrt{3}$ 倍 になる

公式

電流の分流（分担電流）を求める公式

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$



I ： 全電流

I_1 ： R_1 を流れる電流

I_2 ： R_2 を流れる電流

Δ結線 ⇒ Y結線 への変換

Δ結線の電源($100\sqrt{3}$ [V])をＹ結線にする変換する場合は、次のようになります。

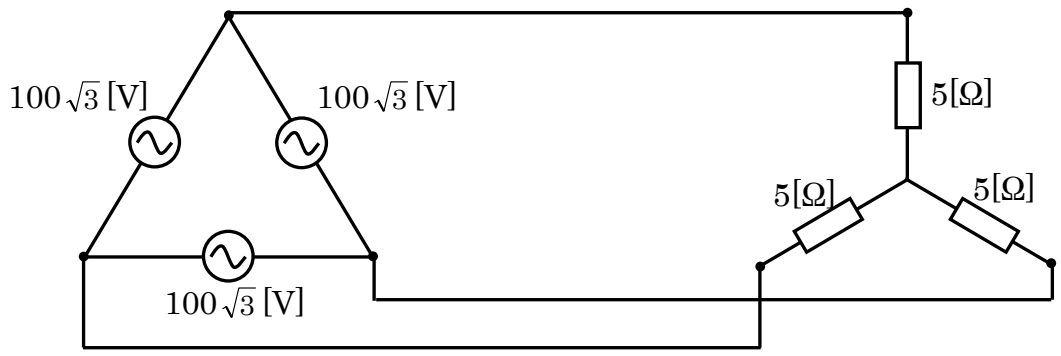


図 1

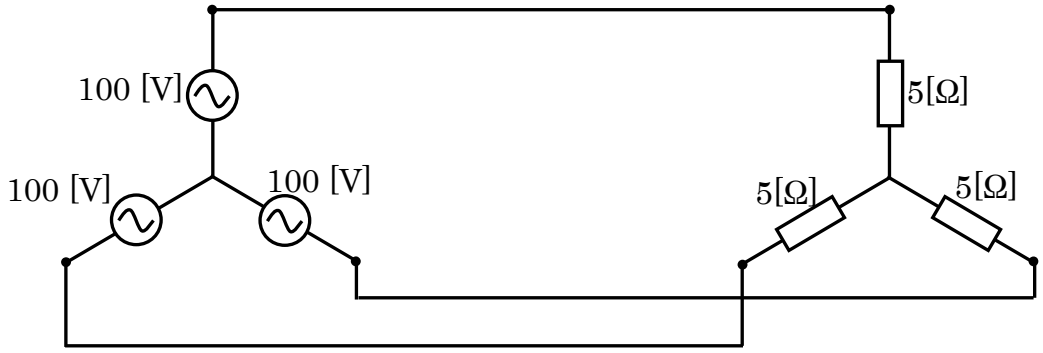


図 2

図 1のΔ結線の電源をY結線に変換すると、図 2のようになる。

Δ結線の電源をＹ結線に変換する場合、$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍します。

Y結線の電源電圧は $100\sqrt{3} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 100$ と求められ、100[V] になります。