電験どうでしょう管理人

KWG presents

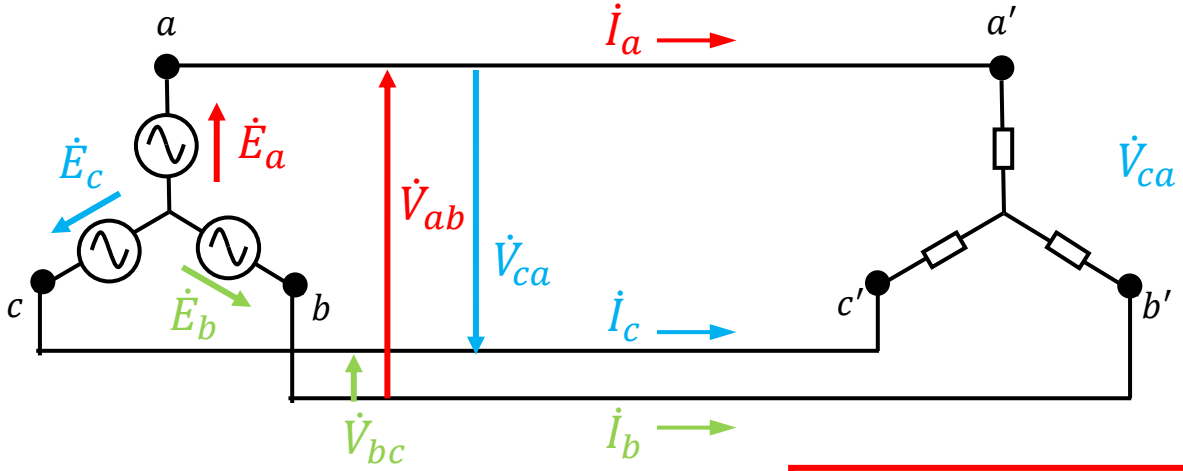
短期集中講座

三相交流

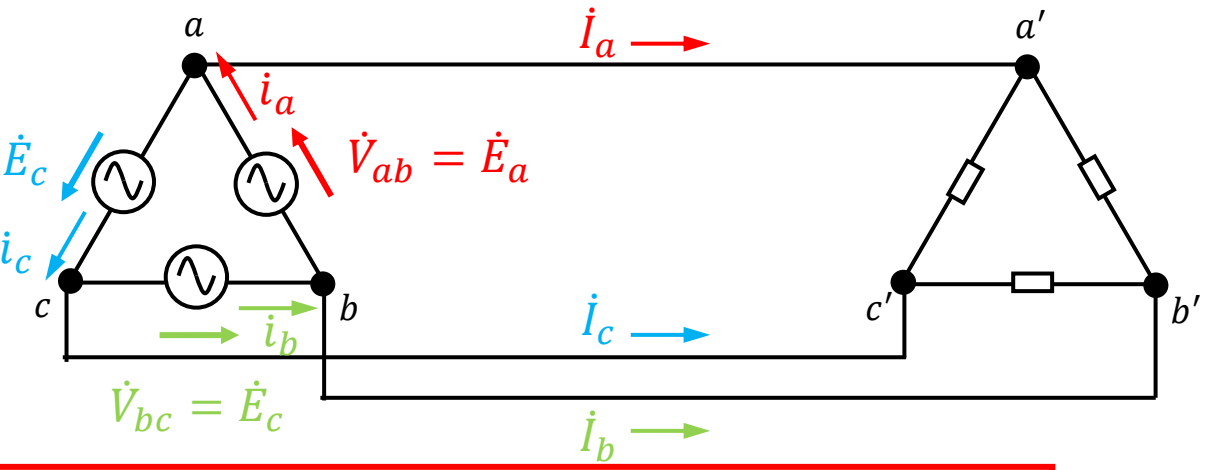
2022.11.6 Sun

Y結線とΔ結線

Y結線



Δ結線



$\dot{E}_a, \dot{E}_b, \dot{E}_c$：相電圧

$\dot{V}_{ab}, \dot{V}_{bc}, \dot{V}_{ca}$：線間電圧

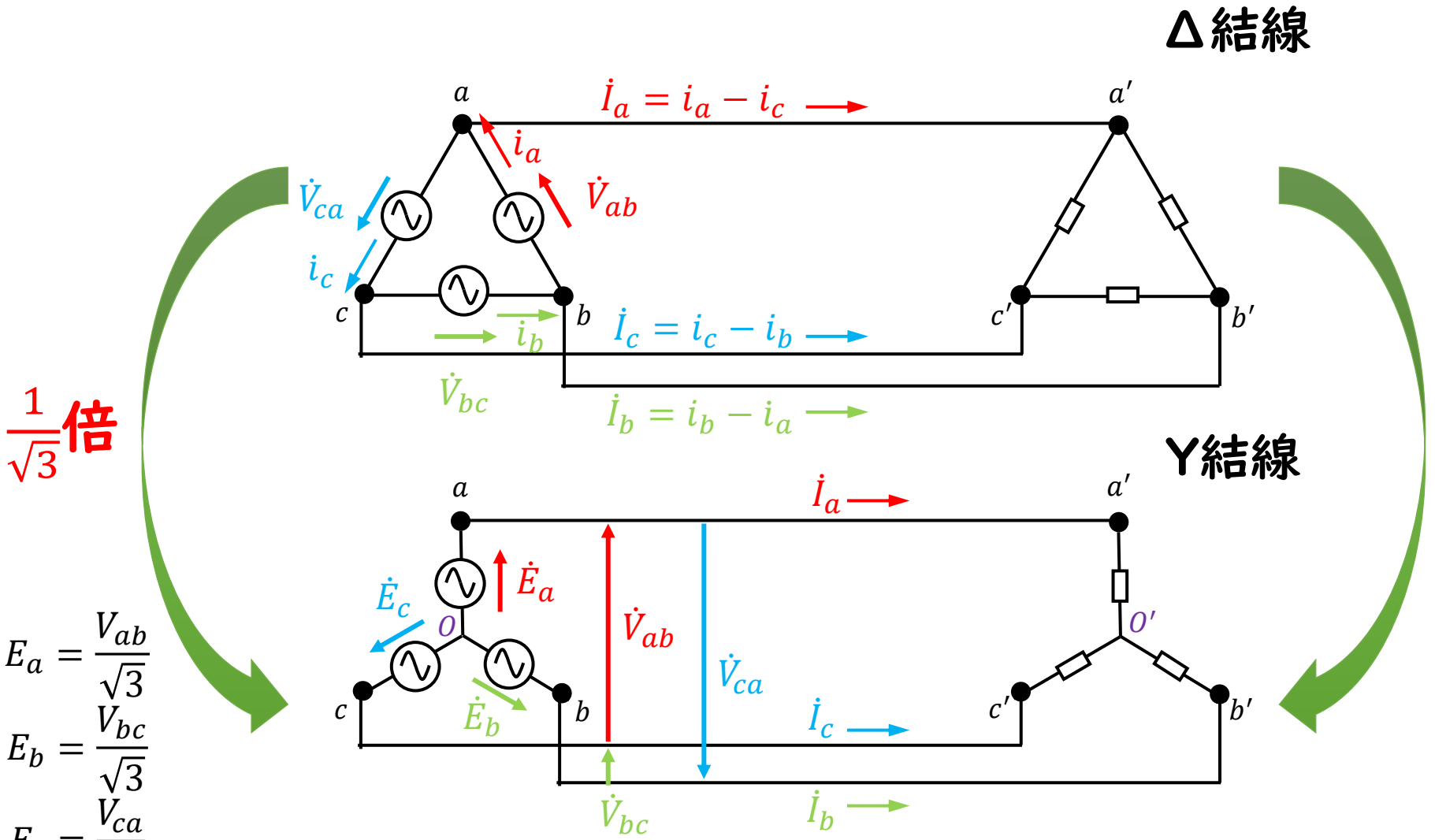
i_a, i_b, i_c：相電流

$\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$：線電流

Y結線　線電流＝相電流
線間電圧＝$\sqrt{3}$ ×相電圧
線間電圧は相電圧より位相が30°進む

Δ結線　線間電圧＝相電圧
線電流＝$\sqrt{3}$ ×相電流
線電流は相電流より位相が30°遅れる
（相電流は線電流より位相が30°進む）

Δ－Y変換



$\frac{1}{\sqrt{3}}$倍

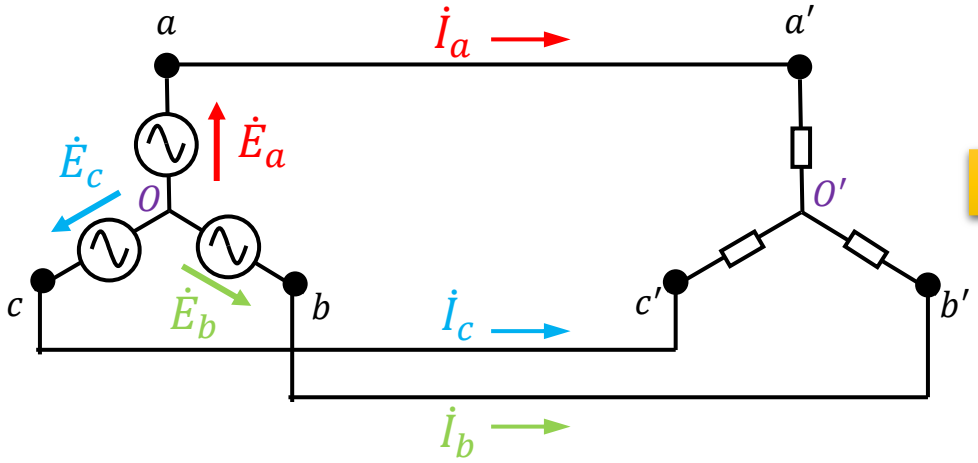
$$E_a = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}}$$
$$E_b = \frac{V_{bc}}{\sqrt{3}}$$
$$E_c = \frac{V_{ca}}{\sqrt{3}}$$

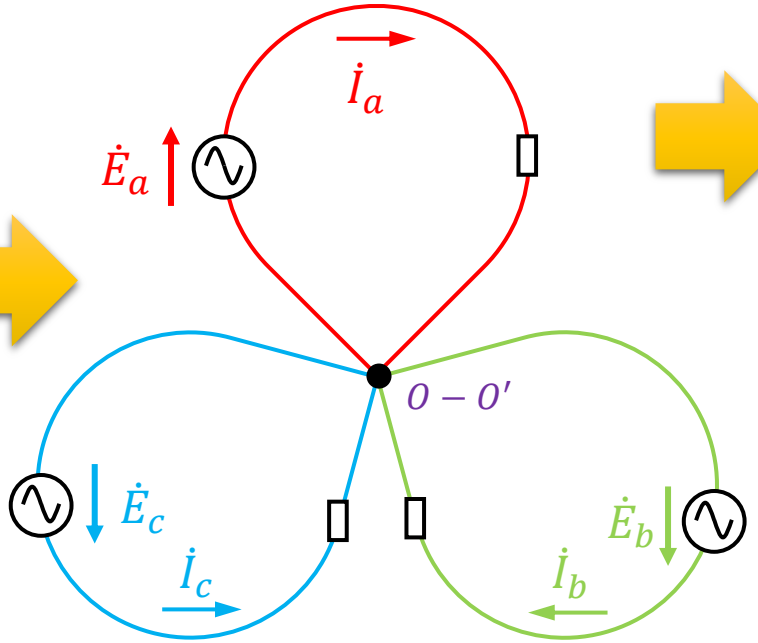
$\frac{1}{3}$倍

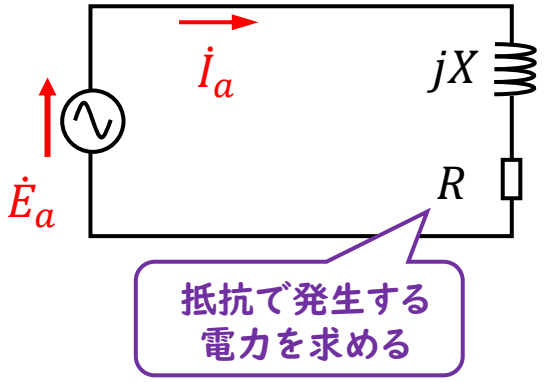
R	ωL	$\frac{1}{\omega C}$
$\frac{R}{3}$	$\frac{\omega L}{3}$	$\frac{1}{3\omega C}$

$$R' = \frac{R}{3} \quad L' = \frac{L}{3} \quad C' = 3C$$

有効電力計算







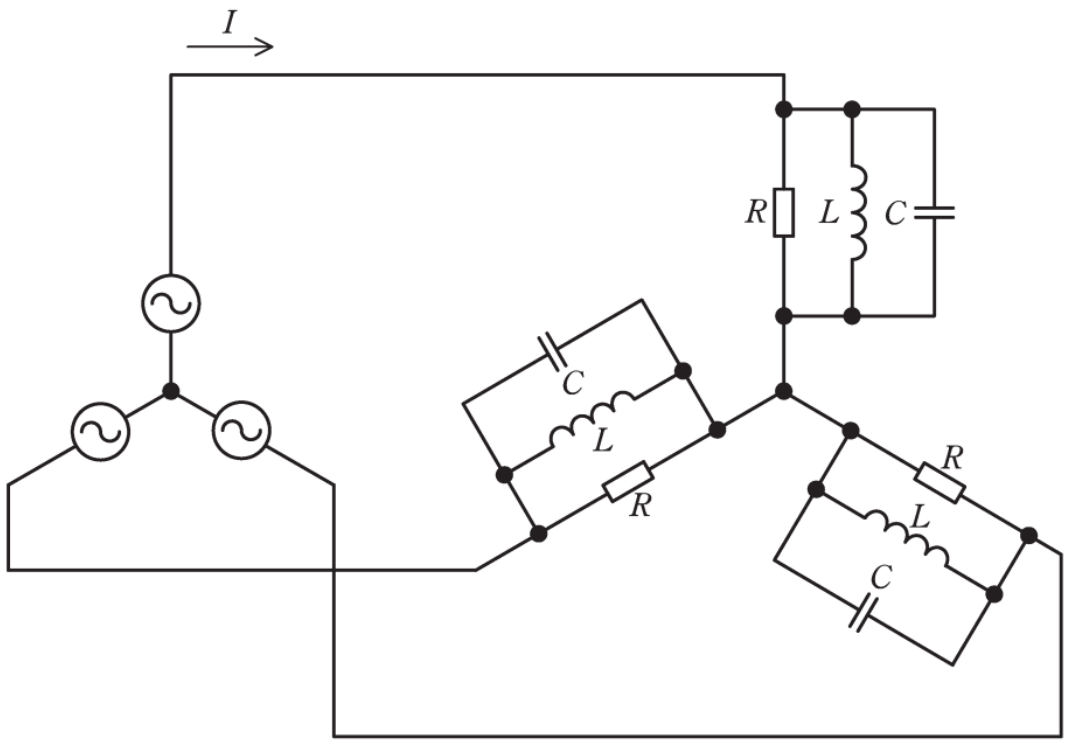
必ず単相回路の有効電力を求めたうえで
その電力を3倍するという手順で導出
すること！

有効電力＝抵抗×（抵抗に流れる電流の２乗）
有効電力＝（抵抗にかかる電圧の２乗）÷抵抗

求めた電力を３倍する

R01 問16

問 16 図のように線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に RLC 負荷が接続されている。$R=10\,\Omega$, 電源角周波数をω [rad/s]として, $\omega L=10\,\Omega$, $\dfrac{1}{\omega C}=20\,\Omega$ である。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



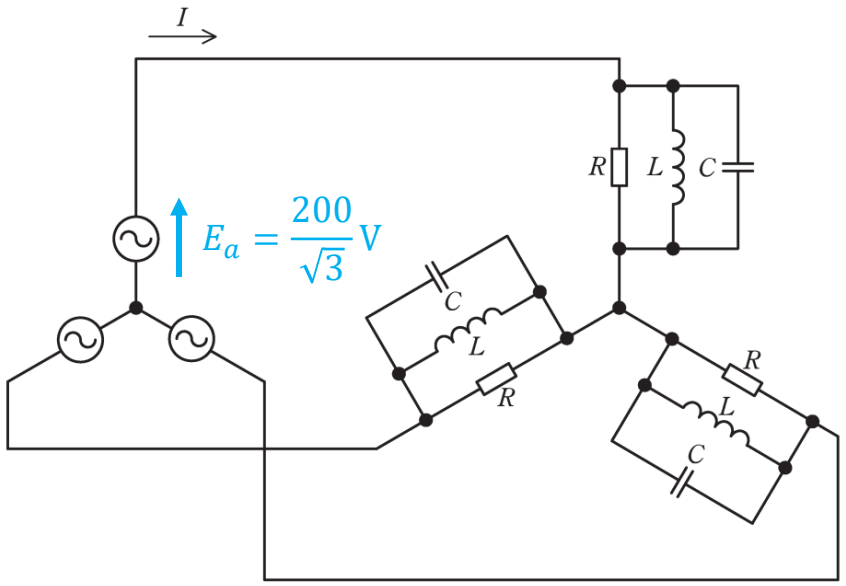
(a) 電源電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 7　(2) 10　(3) 13　(4) 17　(5) 22

(b) 三相負荷の有効電力の値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 1.3　(2) 2.6　(3) 3.6　(4) 4.0　(5) 12

導出のポイント



$R = 10\Omega$　　$X_L = \omega L = 10\Omega$　　$X_C = \frac{1}{\omega C} = 20\Omega$

(a) 電源電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} - \frac{1}{jX_c} = \frac{1}{R} + j\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)$$

$$I = \frac{1}{Z} \cdot E_a = \left[\frac{1}{R} + j\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)\right]\frac{200}{\sqrt{3}} = \left[\frac{1}{10} + j\left(\frac{1}{20} - \frac{1}{10}\right)\right]\frac{200}{\sqrt{3}}$$

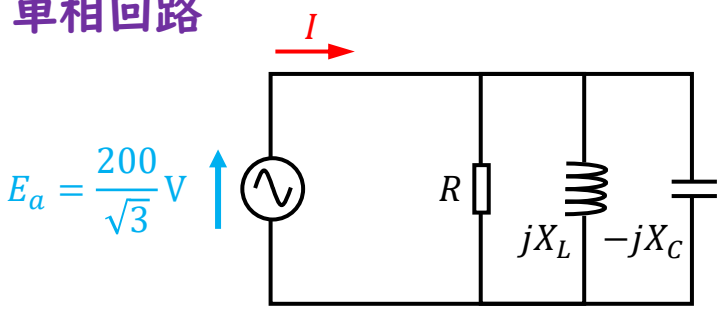
$$= \left(\frac{1}{10} - j\frac{1}{20}\right)\frac{200}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}}(2 - j) = \frac{10}{\sqrt{3}}\sqrt{2^2 + 1^2} = \frac{10\sqrt{5}}{\sqrt{3}} = 12.9\ \mathrm{A}$$

(b) 三相負荷の有効電力の値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

有効電力とは抵抗で発生する電力
従って抵抗に流れる電流、または抵抗で発生する電圧から求められる

$$P = 3RI_R^2 = 3\frac{V_R^2}{R}$$

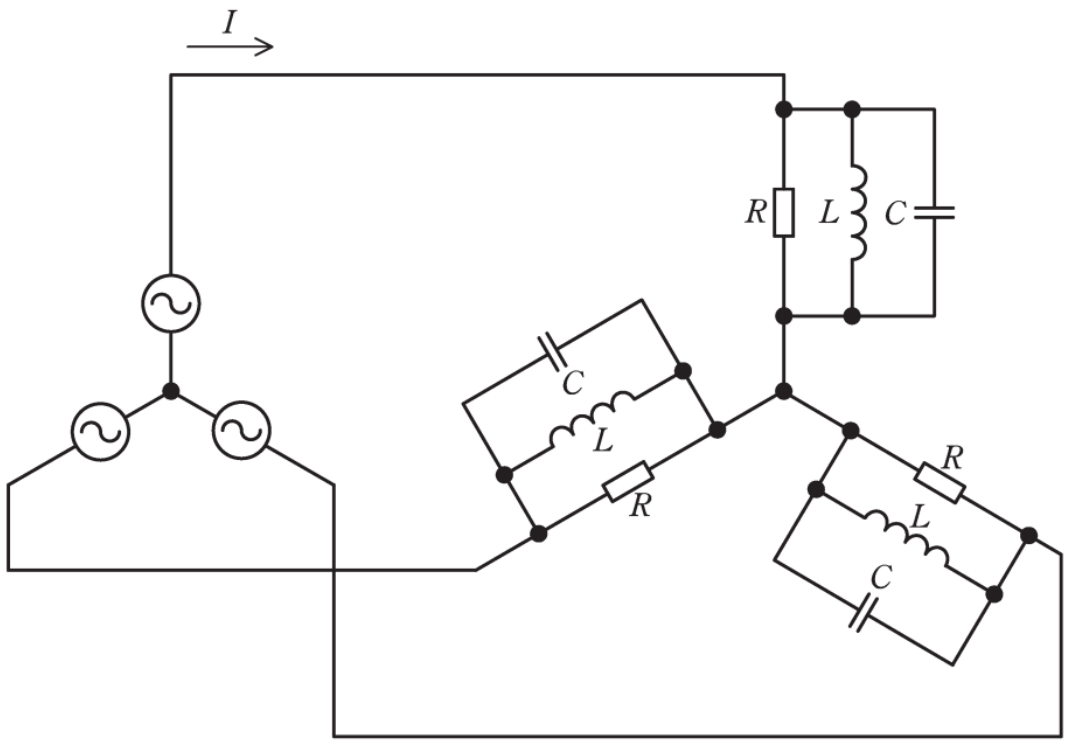
単相回路



$$P = 3\frac{E_a^2}{R} = 3 \times \left(\frac{200}{\sqrt{3}}\right)^2 \times \frac{1}{10} = 4000\ \mathrm{W} = 4\ \mathrm{kW}$$

R01 問16

問 16 図のように線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に RLC 負荷が接続されている。$R=10\,\Omega$, 電源角周波数をω [rad/s]として, $\omega L=10\,\Omega$, $\dfrac{1}{\omega C}=20\,\Omega$ である。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 電源電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 7　(2) 10　(3) 13　(4) 17　(5) 22

(b) 三相負荷の有効電力の値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 1.3　(2) 2.6　(3) 3.6　(4) 4.0　(5) 12

H26 問16

問16　図 1 のように，線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に 1 Ω の抵抗と誘導性リアクタンス $\frac{4}{3}\,\Omega$ のコイルとの並列回路からなる平衡三相負荷(Y 結線)が接続されている。また，スイッチ S を介して，コンデンサ C(Δ 結線)を接続することができるものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

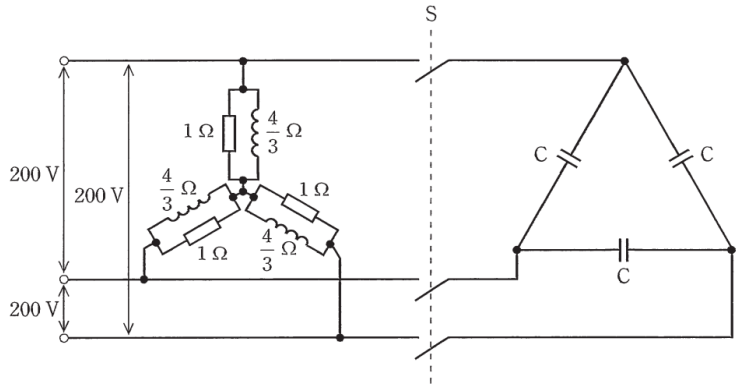


図 1

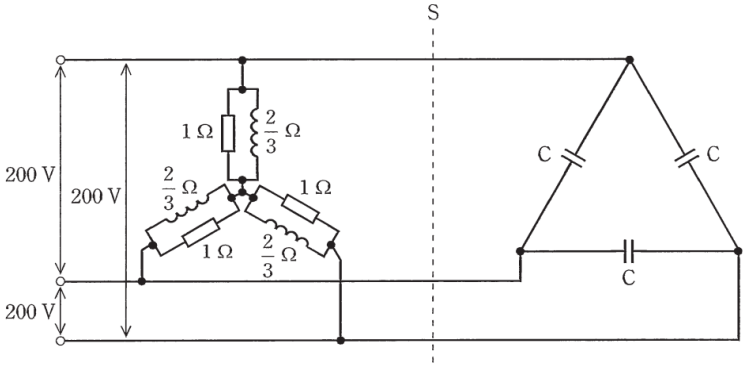


図 2

(a)　スイッチ S が開いた状態において，三相負荷の有効電力 P の値［kW］と無効電力 Q の値［kvar］の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	P	Q
(1)	40	30
(2)	40	53
(3)	80	60
(4)	120	90
(5)	120	160

(b)　図 2 のように三相負荷のコイルの誘導性リアクタンスを $\frac{2}{3}\,\Omega$ に置き換え，スイッチ S を閉じてコンデンサ C を接続する。このとき，電源からみた有効電力と無効電力が図 1 の場合と同じ値となったとする。コンデンサ C の静電容量の値［μF］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　800　　(2)　1 200　　(3)　2 400　　(4)　4 800　　(5)　7 200

導出のポイント（設問a）

問16　図 1 のように，線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に 1 Ω の抵抗と誘導性リアクタンス $\frac{4}{3}$ Ω のコイルとの並列回路からなる平衡三相負荷(Y 結線)が接続されている。また，スイッチ S を介して，コンデンサ C(Δ 結線)を接続することができるものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

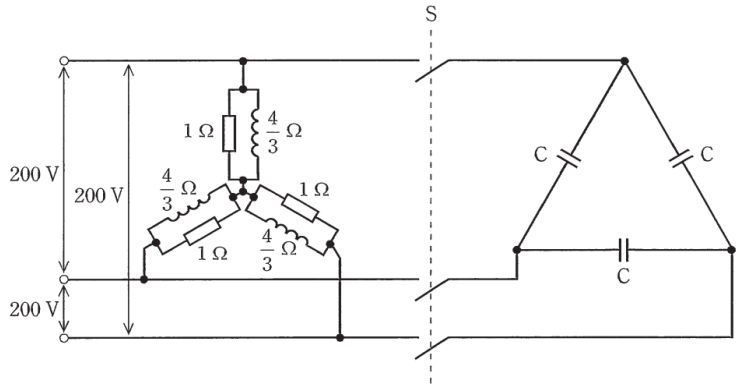
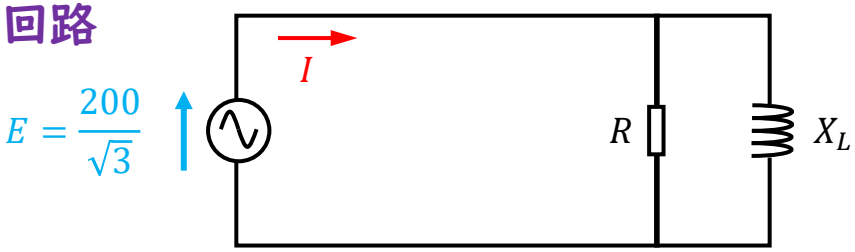


図 1

(a)　スイッチ S が開いた状態において，三相負荷の有効電力 P の値［kW］と無効電力 Q の値［kvar］の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

単相回路



有効電力：負荷（抵抗）で消費される電力

$$P = 3VI\cos\theta = \sqrt{S^2 - Q^2} = 3RI_R^2 = 3\frac{V_R^2}{R}$$　**単位：**W

$$P = 3\frac{E^2}{R} = 3 \times \left(\frac{200}{\sqrt{3}}\right)^2 \times \frac{1}{1} = 40000\ \text{W} = 40\ \text{kW}$$

無効電力：負荷（コイル、コンデンサ）で蓄えられる電力

$$Q = 3VI\sin\theta = \sqrt{S^2 - P^2} = 3XI_X^2 = 3\frac{V_X^2}{X}$$　**単位：**var

$$Q = 3\frac{E^2}{X_L} = 3 \times \left(\frac{200}{\sqrt{3}}\right)^2 \times \frac{1}{4/3} = 30000\ \text{var} = 30\ \text{kvar}$$

導出のポイント（設問b）

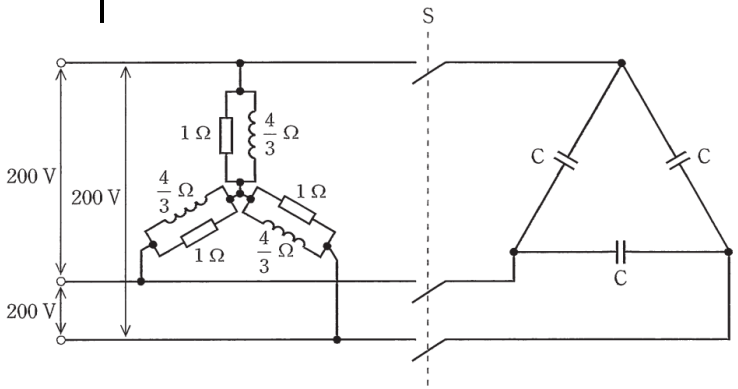


図 1

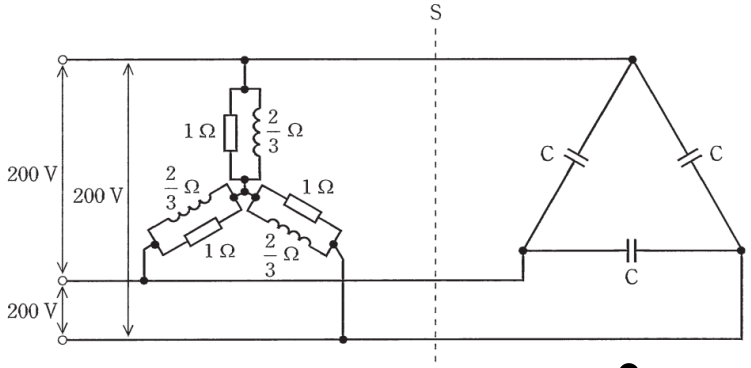
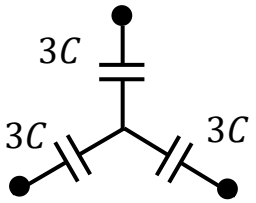
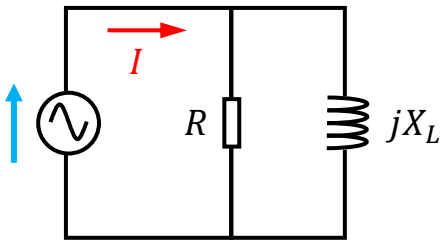


図 2

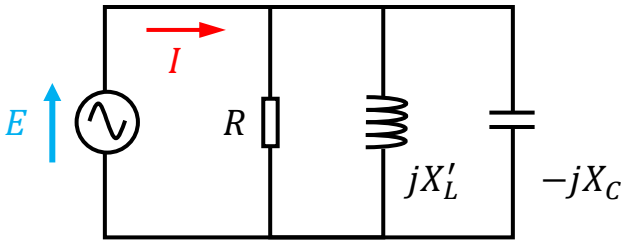


単相回路

$E = \frac{200}{\sqrt{3}}$



単相回路



$-jX_C = -j\frac{1}{3\omega C}$

Y結線に変換するとインピーダンスは1/3倍になるので、Cは3倍になる

(b) 図 2 のように三相負荷のコイルの誘導性リアクタンスを $\frac{2}{3}$ Ω に置き換え，スイッチ S を閉じてコンデンサ C を接続する。このとき，電源からみた有効電力と無効電力が図 1 の場合と同じ値となったとする。コンデンサ C の静電容量の値［μF］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

変更前後で電力が変わらないので、インピーダンスが等しい

変更前　　変更後

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX'_L} - \frac{1}{jX_c}$$

$$\frac{1}{jX_L} = \frac{1}{jX'_L} - \frac{1}{jX_c}$$

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X'_L} - \frac{1}{X_c}$$

$$\frac{1}{X_c} = \frac{1}{X'_L} - \frac{1}{X_L} = \frac{1}{4/3} - \frac{1}{2/3} = \frac{3}{2} - \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{1}{X_c} = 3\omega C = \frac{3}{4} \rightarrow C = \frac{1}{4\omega} = \frac{1}{4 \times 2\pi \times 50}$$

$$\therefore\ C = 800\ \mu\mathrm{F}$$

H26 問16

問16　図 1 のように，線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に 1 Ω の抵抗と誘導性リアクタンス $\frac{4}{3}$ Ω のコイルとの並列回路からなる平衡三相負荷(Y 結線)が接続されている。また，スイッチ S を介して，コンデンサ C(Δ 結線)を接続することができるものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

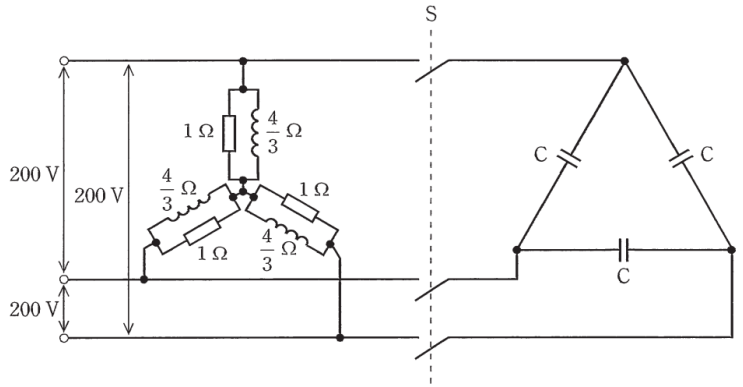


図 1

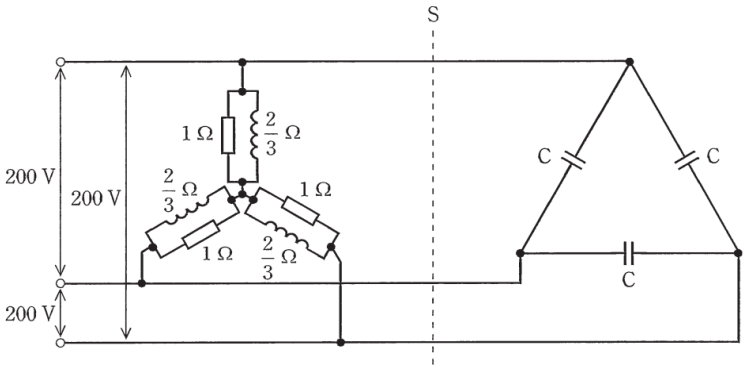


図 2

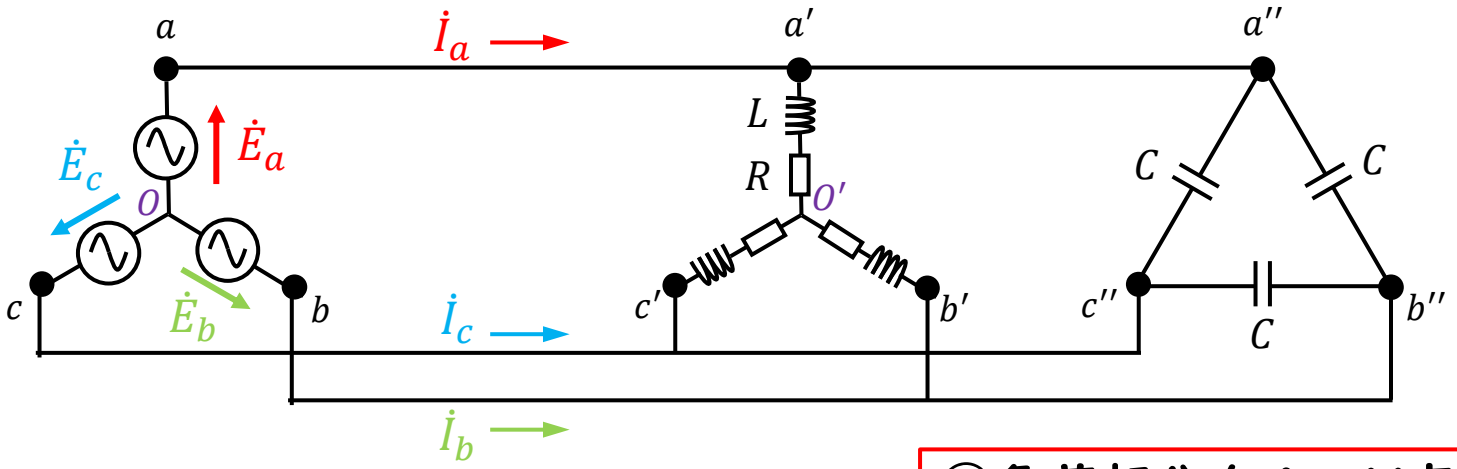
(a)　スイッチ S が開いた状態において，三相負荷の有効電力 P の値［kW］と無効電力 Q の値［kvar］の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	P	Q
(1)	40	30
(2)	40	53
(3)	80	60
(4)	120	90
(5)	120	160

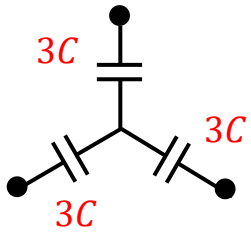
(b)　図 2 のように三相負荷のコイルの誘導性リアクタンスを $\frac{2}{3}$ Ω に置き換え，スイッチ S を閉じてコンデンサ C を接続する。このとき，電源からみた有効電力と無効電力が図 1 の場合と同じ値となったとする。コンデンサ C の静電容量の値［μF］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 800　　(2) 1 200　　(3) 2 400　　(4) 4 800　　(5) 7 200

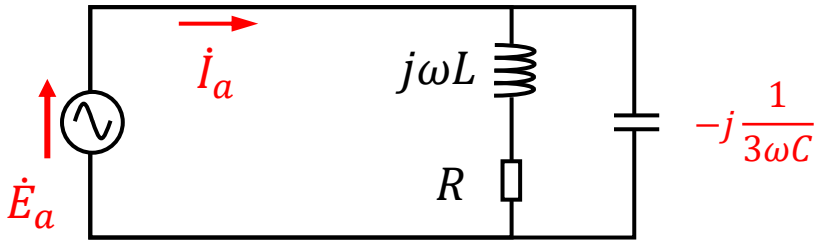
力率改善の計算手順



①



②



①負荷部分をΔ－Y変換する

②単相分の回路を作る

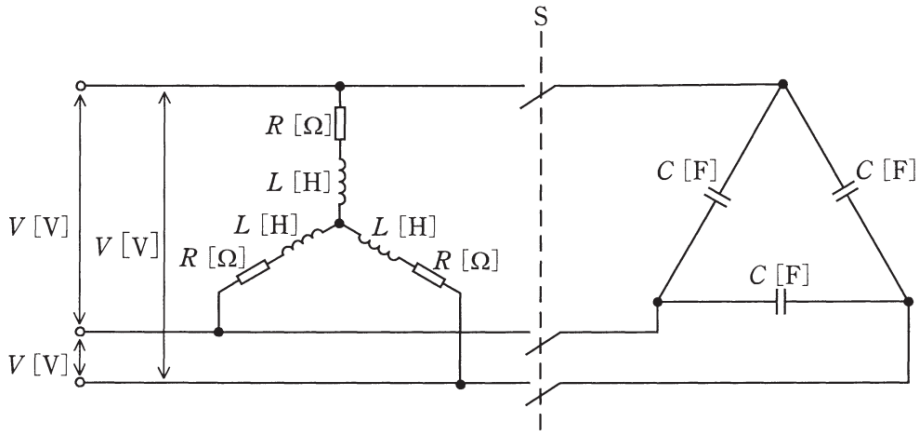
③単相分の回路の合成インピーダンスの式を作る
直列回路の場合：Zの式
並列回路の場合：$\frac{1}{Z}$ の式

④合成インピーダンスの式から力率改善に合わせた条件を、式の実部または虚部に適用する

力率が1 → 虚部が0

H29 問16

問 16　図のように，線間電圧 V [V]，周波数 f [Hz]の対称三相交流電源に，R [Ω]の抵抗とインダクタンス L [H]のコイルからなる三相平衡負荷を接続した交流回路がある。この回路には，スイッチ S を介して，負荷に静電容量 C [F]の三相平衡コンデンサを接続することができる。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) スイッチ S を開いた状態において，V=200 V，f=50 Hz，R=5 Ω，L=5 mH のとき，三相負荷全体の有効電力の値[W]と力率の値の組合せとして，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(b) スイッチ S を閉じてコンデンサを接続したとき，電源からみた負荷側の力率が 1 になった。

このとき，静電容量 C の値[F]を示す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，角周波数を ω [rad/s]とする。

(a)の選択肢

	有効電力	力率
(1)	2.29×10^3	0.50
(2)	7.28×10^3	0.71
(3)	7.28×10^3	0.95
(4)	2.18×10^4	0.71
(5)	2.18×10^4	0.95

(b)の選択肢

(1) $C=\dfrac{L}{R^2+\omega^2L^2}$

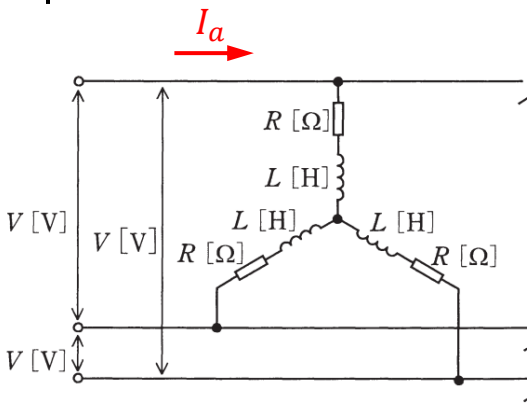
(2) $C=\dfrac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}$

(3) $C=\dfrac{L}{\sqrt{3}(R^2+\omega^2L^2)}$

(4) $C=\dfrac{L}{3(R^2+\omega^2L^2)}$

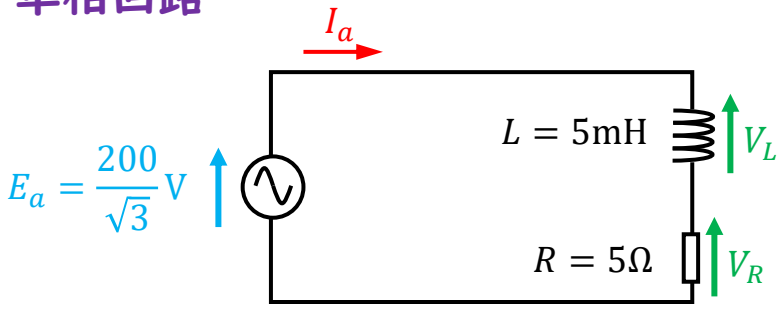
(5) $C=\dfrac{\omega L}{3(R^2+\omega^2L^2)}$

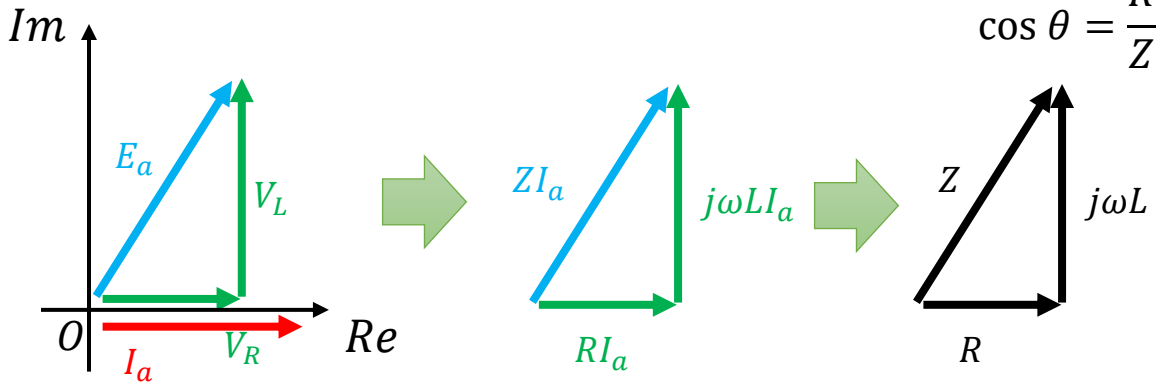
導出のポイント（設問a）



(a) スイッチSを開いた状態において，V=200 V，f=50 Hz，R=5 Ω，L=5 mHのとき，三相負荷全体の有効電力の値[W]と力率の値の組合せとして，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

単相回路





I_aを求める

$$I_a = \frac{E_a}{Z} = \frac{E_a}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} = \frac{200}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{5^2+(2\pi\times50\times5\times10^{-3})^2}}$$
$$= 22 \text{ A}$$

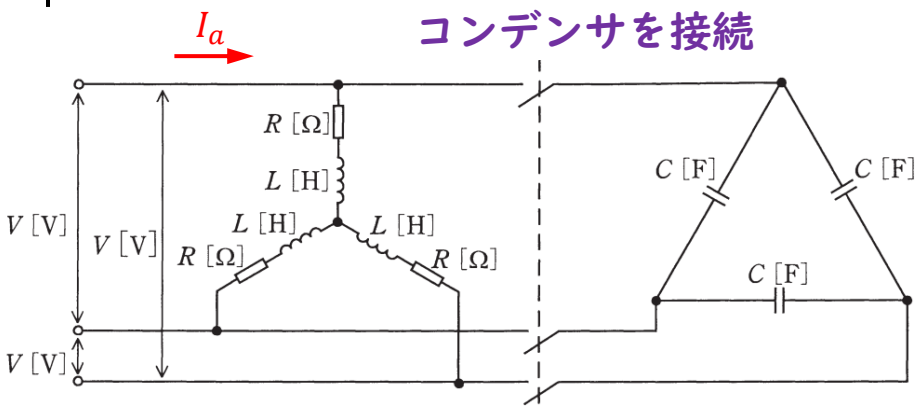
Pを求める

$$P = 3RI_a^2 = 3\times5\times22^2 = 7.28 \text{ kW}$$

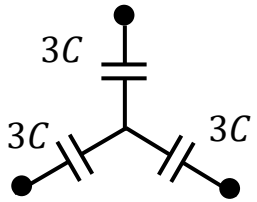
力率を求める

$$\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} = \frac{5}{\sqrt{5^2+(2\pi\times50\times5\times10^{-3})^2}} = 0.954$$

導出のポイント（設問b）

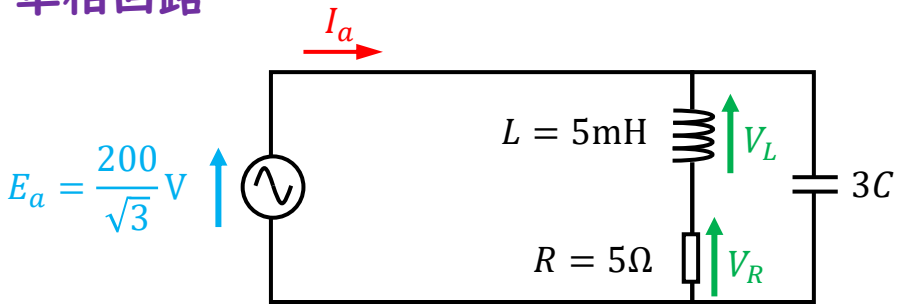


コンデンサ部分をΔ－Y変換



Y結線に変換するとインピーダンスは
1/3倍になるので、Cは3倍になる

単相回路



(b) スイッチSを閉じてコンデンサを接続したとき，電源からみた負荷側の力率が1になった。

このとき，静電容量Cの値[F]を示す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，角周波数をω [rad/s]とする。

$1/Z$の式を作る

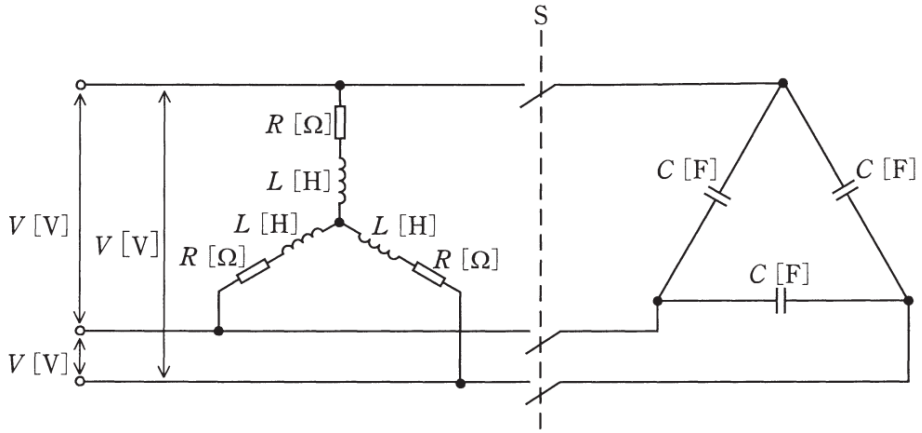
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j\omega L} + j3\omega C = \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j3\omega C$$
$$= \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j\left(3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right)$$

虚数成分が0になるとき、
力率が1となる

$$3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} = 0 \rightarrow C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

H29 問16

問 16　図のように，線間電圧 V [V]，周波数 f [Hz]の対称三相交流電源に，R [Ω]の抵抗とインダクタンス L [H]のコイルからなる三相平衡負荷を接続した交流回路がある。この回路には，スイッチ S を介して，負荷に静電容量 C [F]の三相平衡コンデンサを接続することができる。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) スイッチ S を開いた状態において，V=200 V，f=50 Hz，R=5 Ω，L=5 mH のとき，三相負荷全体の有効電力の値[W]と力率の値の組合せとして，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(b) スイッチ S を閉じてコンデンサを接続したとき，電源からみた負荷側の力率が 1 になった。

このとき，静電容量 C の値[F]を示す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，角周波数を ω [rad/s]とする。

(a)の選択肢

	有効電力	力率
(1)	2.29×10^3	0.50
(2)	7.28×10^3	0.71
(3)	7.28×10^3	0.95
(4)	2.18×10^4	0.71
(5)	2.18×10^4	0.95

(b)の選択肢

(1) $C=\dfrac{L}{R^2+\omega^2L^2}$

(2) $C=\dfrac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}$

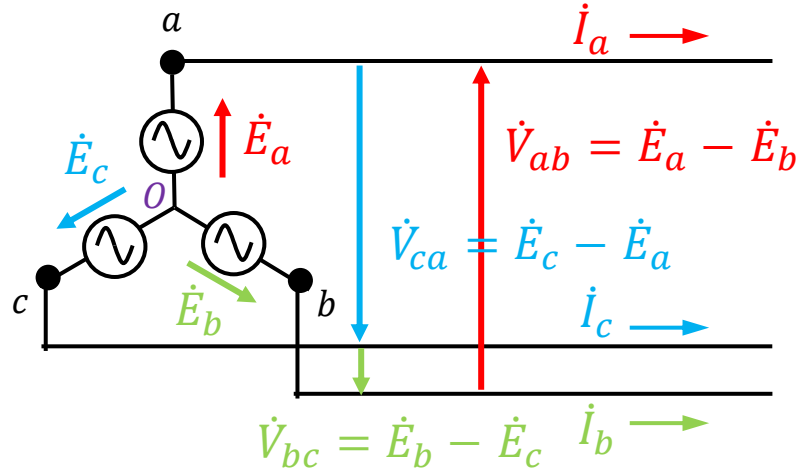
(3) $C=\dfrac{L}{\sqrt{3}(R^2+\omega^2L^2)}$

(4) $C=\dfrac{L}{3(R^2+\omega^2L^2)}$

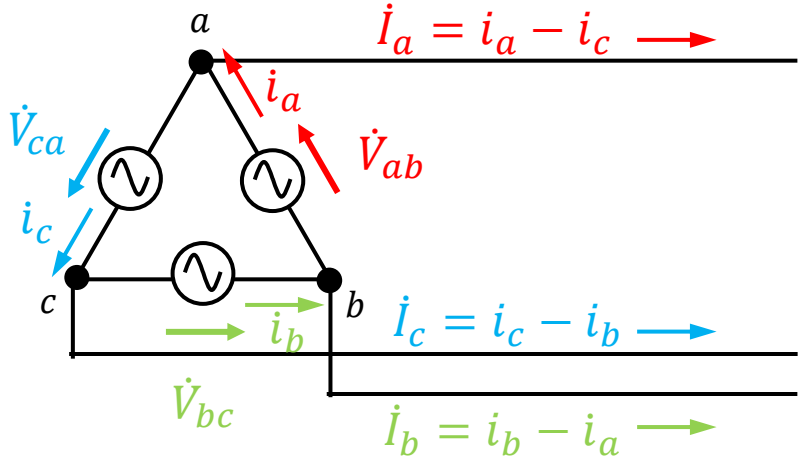
(5) $C=\dfrac{\omega L}{3(R^2+\omega^2L^2)}$

三相交流のベクトル（まとめ）

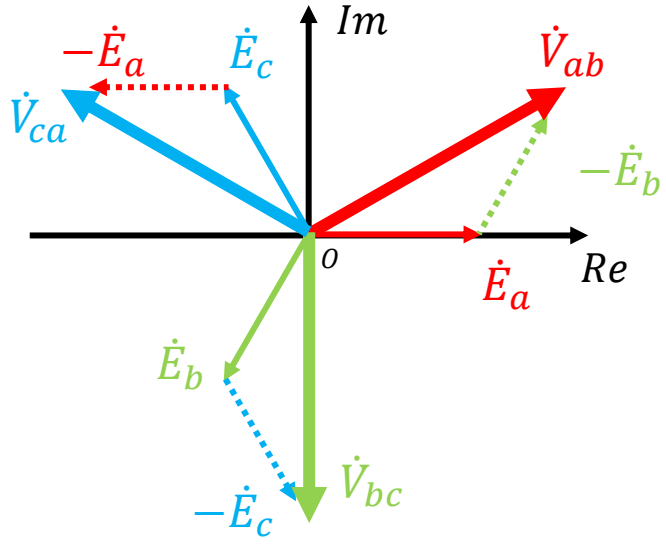
Y結線



Δ結線

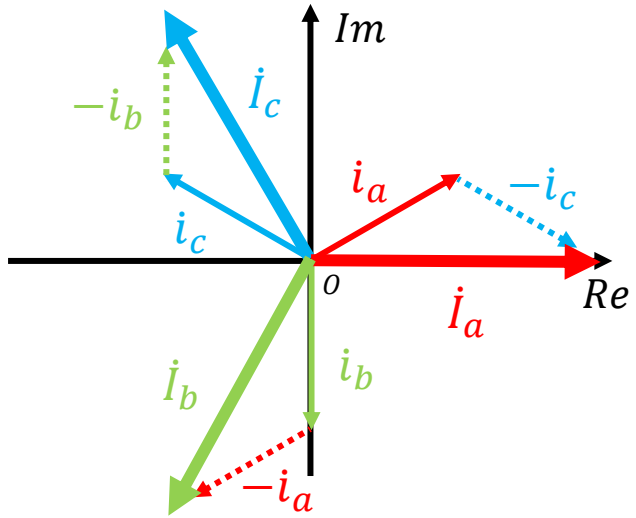


電圧のベクトル



線電流＝相電流
線間電圧＝$\sqrt{3}$ ×相電圧
線間電圧は相電圧より
位相が30°進む

電流のベクトル

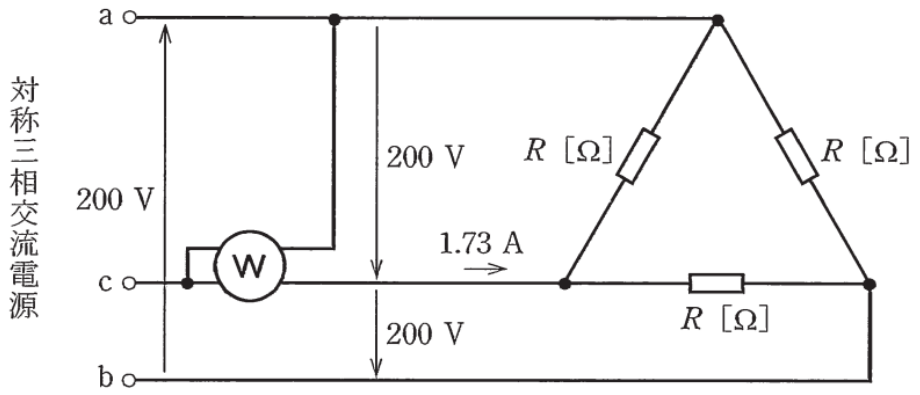


線間電圧＝相電圧
線電流＝$\sqrt{3}$ ×相電流
線電流は相電流より
位相が30°遅れる
（相電流は線電流より
位相が30°進む）

H26 問14

問14　図のように 200 V の対称三相交流電源に抵抗 R [Ω] からなる平衡三相負荷を接続したところ，線電流は 1.73 A であった。いま，電力計の電流コイルを c 相に接続し，電圧コイルを c－a 相間に接続したとき，電力計の指示 P [W] として，最も近い P の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，対称三相交流電源の相回転は a，b，c の順とし，電力計の電力損失は無視できるものとする。

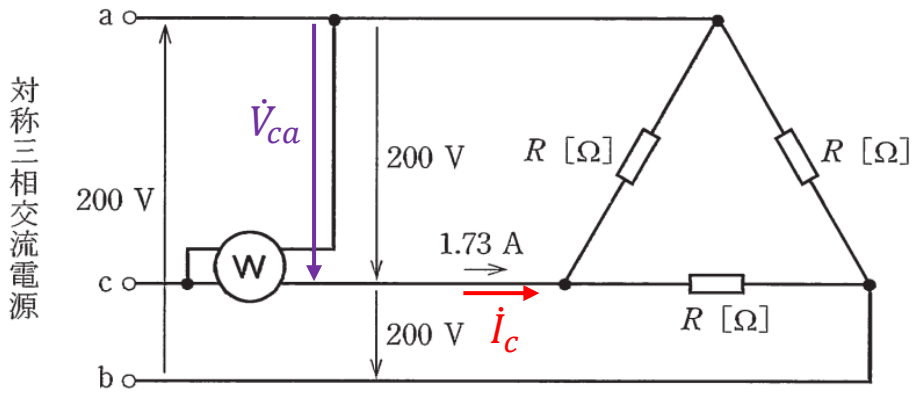


(1) 200　　(2) 300　　(3) 346　　(4) 400　　(5) 600

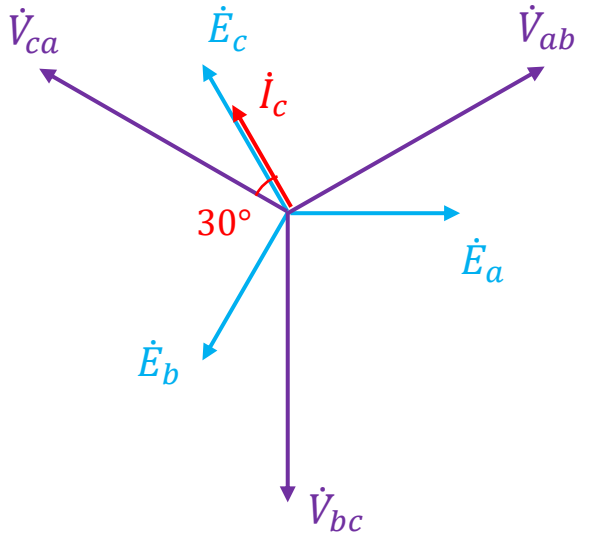
導出のポイント

問14　図のように 200 V の対称三相交流電源に抵抗 R [Ω] からなる平衡三相負荷を接続したところ，線電流は 1.73 A であった。いま，電力計の電流コイルを c 相に接続し，電圧コイルを c－a 相間に接続したとき，電力計の指示 P [W] として，最も近い P の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，対称三相交流電源の相回転は a，b，c の順とし，電力計の電力損失は無視できるものとする。



ベクトル図を描く



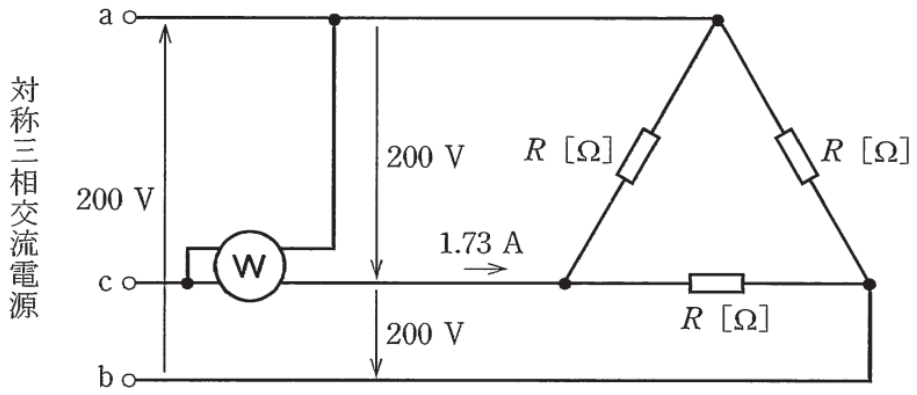
有効電力を求める

$$P = V_{ca} I_c \cos 30° = 200 \times 1.73 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$= 300 \text{ W}$$

H26 問14

問14　図のように 200 V の対称三相交流電源に抵抗 R [Ω] からなる平衡三相負荷を接続したところ，線電流は 1.73 A であった。いま，電力計の電流コイルを c 相に接続し，電圧コイルを c－a 相間に接続したとき，電力計の指示 P [W] として，最も近い P の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

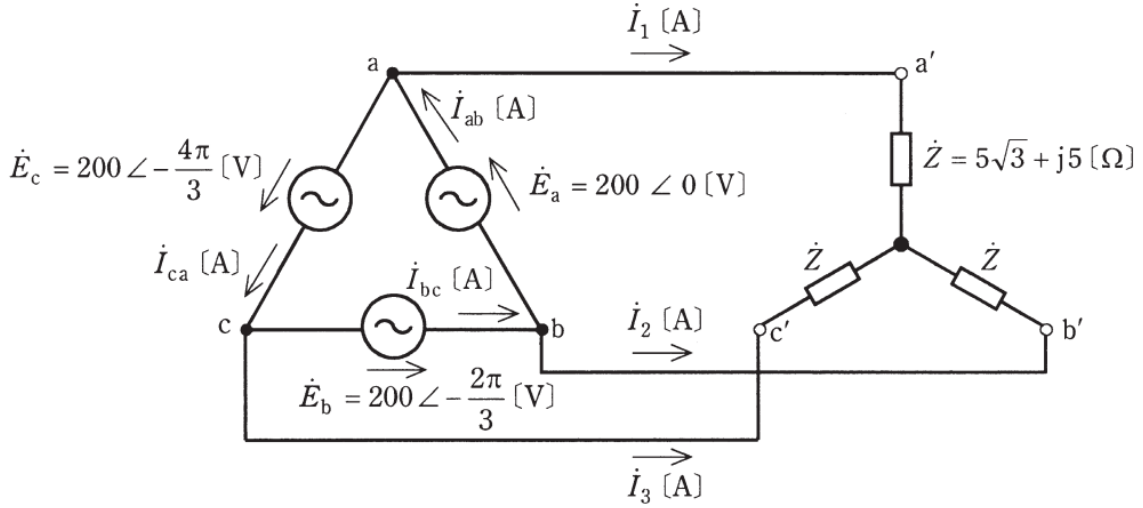
ただし，対称三相交流電源の相回転は a，b，c の順とし，電力計の電力損失は無視できるものとする。



(1) 200　　(2) 300　　(3) 346　　(4) 400　　(5) 600

H24 問16

問16　図のように，相電圧 200〔V〕の対称三相交流電源に，複素インピーダンス $\dot{Z}=5\sqrt{3}+\mathrm{j}5$〔Ω〕の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a)　電流 $\dot{I}_1$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　$20.00\angle-\frac{\pi}{3}$　　(2)　$20.00\angle-\frac{\pi}{6}$

(3)　$16.51\angle-\frac{\pi}{6}$　　(4)　$11.55\angle-\frac{\pi}{3}$

(5)　$11.55\angle-\frac{\pi}{6}$

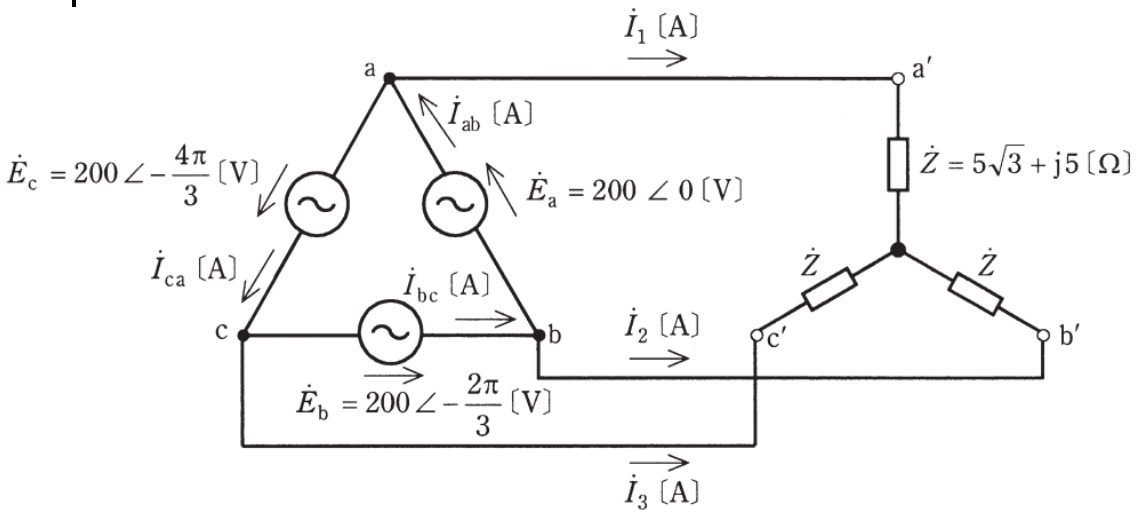
(b)　電流 $\dot{I}_{ab}$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　$20.00\angle-\frac{\pi}{6}$　　(2)　$11.55\angle-\frac{\pi}{3}$

(3)　$11.55\angle-\frac{\pi}{6}$　　(4)　$6.67\angle-\frac{\pi}{3}$

(5)　$6.67\angle-\frac{\pi}{6}$

導出のポイント（設問a）



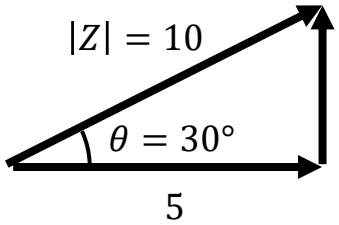
(a) 電流 $\dot{I}_1$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

フェーザ表示　$Z = A\angle\theta$

絶対値　角度（位相）

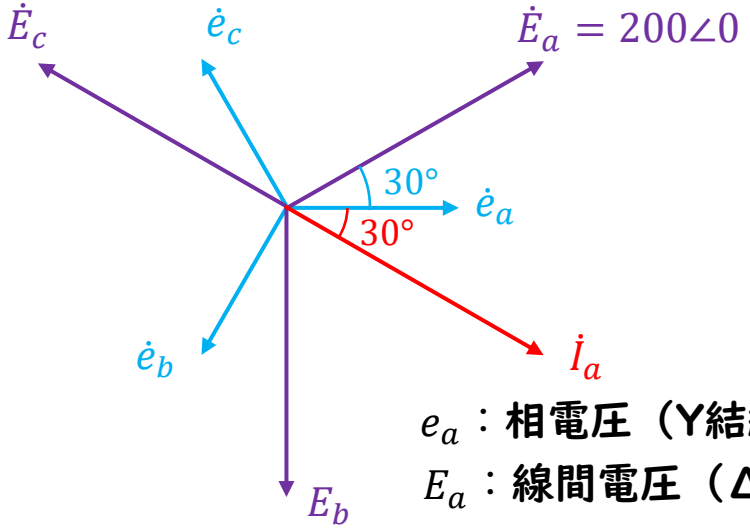
$Z = 5\sqrt{3} + j5$

$$|Z| = \sqrt{\left(5\sqrt{3}\right)^2 + 5^2} = \sqrt{75 + 25} = \sqrt{100} = 10$$



$Z = 10\angle 30°$

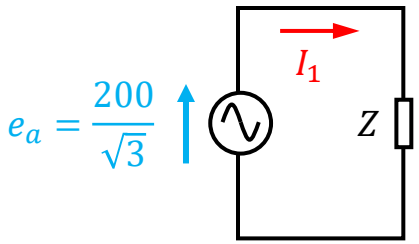
ベクトル図を描く（必ず相電圧を基準に作図する）



e_a：相電圧（Y結線電源）

E_a：線間電圧（Δ結線電源）

単相回路

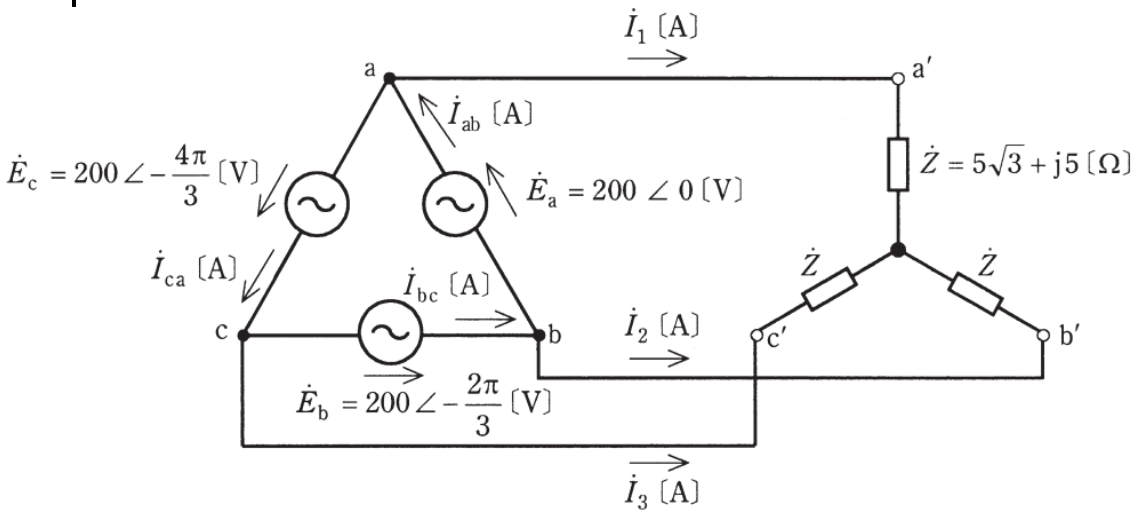


$$I_1 = \frac{e_a}{Z} = \frac{200/\sqrt{3}}{10} = 11.55\ \mathrm{A}$$

$\frac{1}{Z} = \frac{1}{10}\angle -30° \rightarrow I_1$は$e_a$より$-30°$ずれる

ベクトル図より　$I_1 = 11.55\angle -\frac{\pi}{3}$

導出のポイント（設問b）



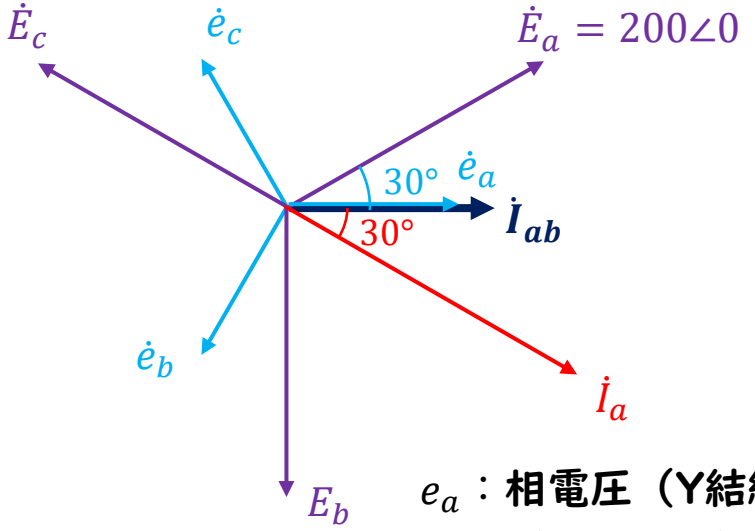
(b) 電流 $\dot{I}_{ab}$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$I_1 = 11.55\angle -\frac{\pi}{3}$$

線電流から相電流の変換
- **電流の大きさは$1/\sqrt{3}$倍**
- **位相は30°進む**

$$I_{ab} = \frac{20}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3}}\angle -\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6} = 6.67\angle -\frac{\pi}{6}$$

ベクトル図を描く（必ず相電圧を基準に作図する）

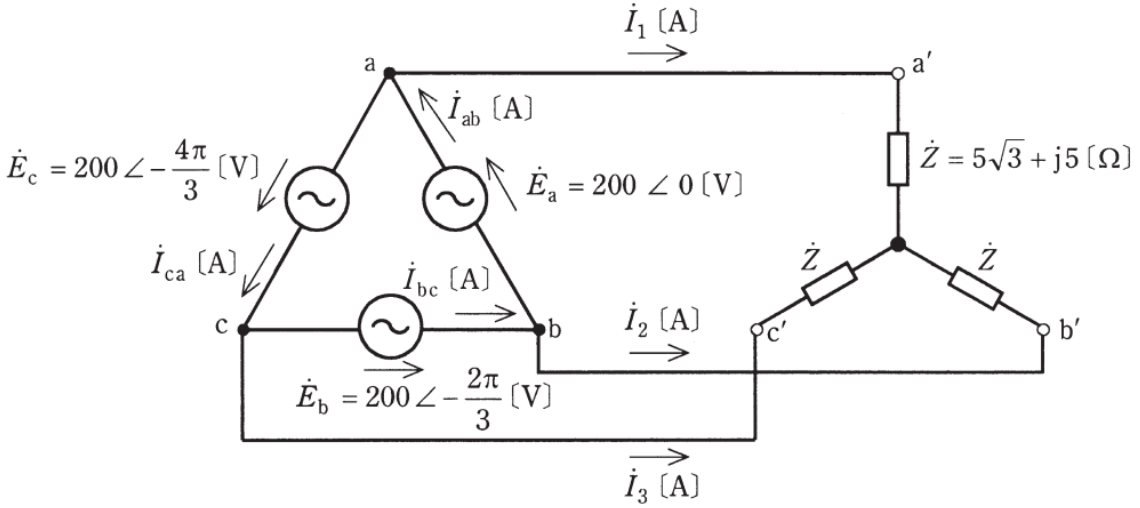


e_a：**相電圧（Y結線電源）**

E_a：**線間電圧（Δ結線電源）**

H24 問16

問16　図のように，相電圧 200〔V〕の対称三相交流電源に，複素インピーダンス $\dot{Z} = 5\sqrt{3} + j5$〔Ω〕の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a)　電流 $\dot{I}_1$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　$20.00\angle -\frac{\pi}{3}$　　(2)　$20.00\angle -\frac{\pi}{6}$

(3)　$16.51\angle -\frac{\pi}{6}$　　(4)　$11.55\angle -\frac{\pi}{3}$

(5)　$11.55\angle -\frac{\pi}{6}$

(b)　電流 $\dot{I}_{ab}$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　$20.00\angle -\frac{\pi}{6}$　　(2)　$11.55\angle -\frac{\pi}{3}$

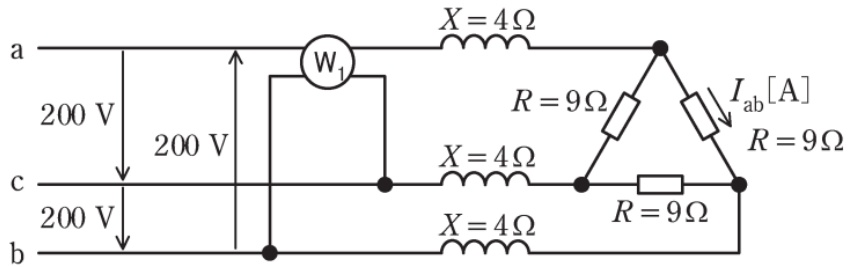
(3)　$11.55\angle -\frac{\pi}{6}$　　(4)　$6.67\angle -\frac{\pi}{3}$

(5)　$6.67\angle -\frac{\pi}{6}$

R02 問15

問 15　図のように，線間電圧(実効値)200 V の対称三相交流電源に，1 台の単相電力計 W_1，X=4 Ωの誘導性リアクタンス 3 個，R=9 Ωの抵抗 3 個を接続した回路がある。単相電力計 W_1 の電流コイルは a 相に接続し，電圧コイルは b－c 相間に接続され，指示は正の値を示していた。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし，対称三相交流電源の相順は，a，b，c とし，単相電力計 W_1 の損失は無視できるものとする。



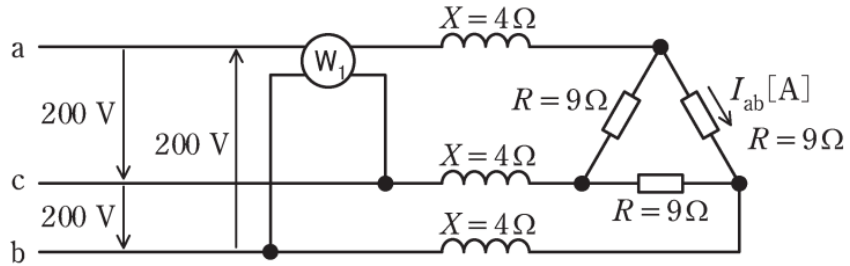
(a) R = 9 Ωの抵抗に流れる電流 I_{ab} の実効値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 6.77　(2) 13.3　(3) 17.3　(4) 23.1　(5) 40.0

(b) 単相電力計 W_1 の指示値[kW]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) 2.77　(3) 3.70　(4) 4.80　(5) 6.40

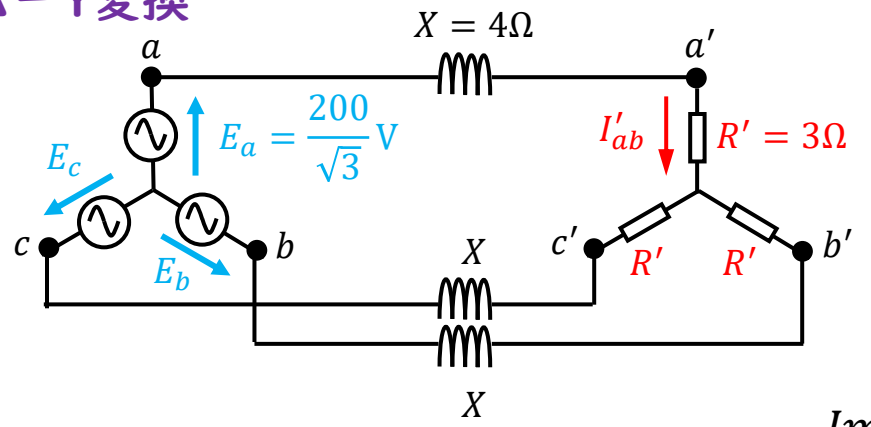
導出のポイント（設問a）



I'_{ab}を求める

$$I'_{ab} = \frac{E_a}{Z} = \frac{E_a}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{200}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \frac{40}{\sqrt{3}}\ \mathrm{A}$$

Δ－Y変換

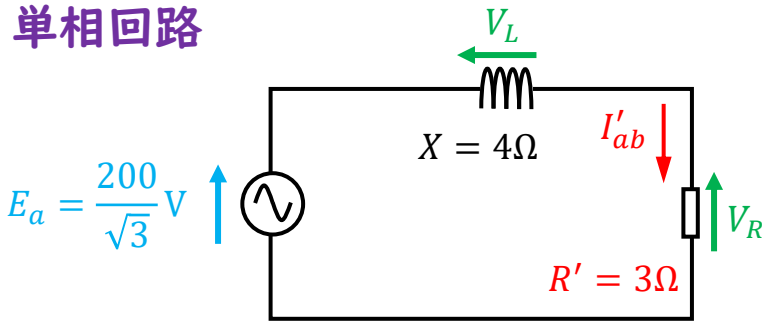


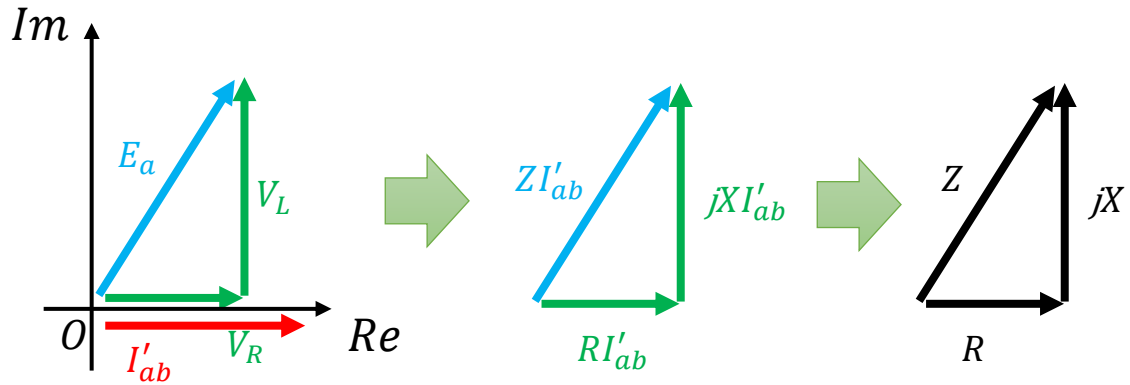
I'_{ab}からI_{ab}へ変換する

線電流から相電流の変換
- 電流の大きさは$1/\sqrt{3}$倍
- 位相は30°進む

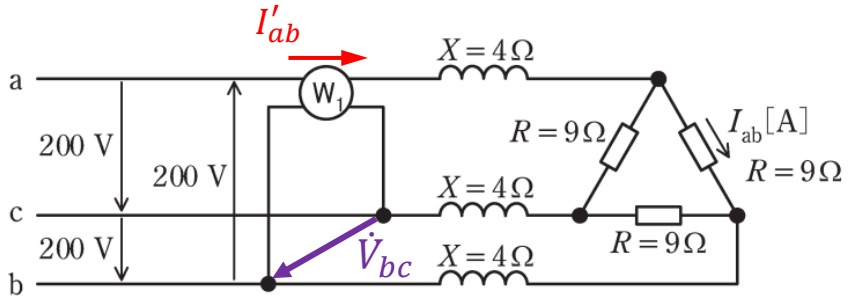
$$I_{ab} = \frac{I'_{ab}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{40}{\sqrt{3}} = \frac{40}{3} = 13.3\ \mathrm{A}$$

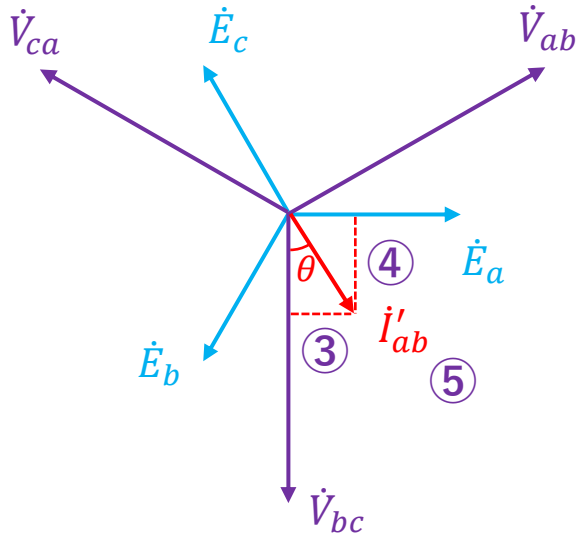
単相回路





導出のポイント（設問b）

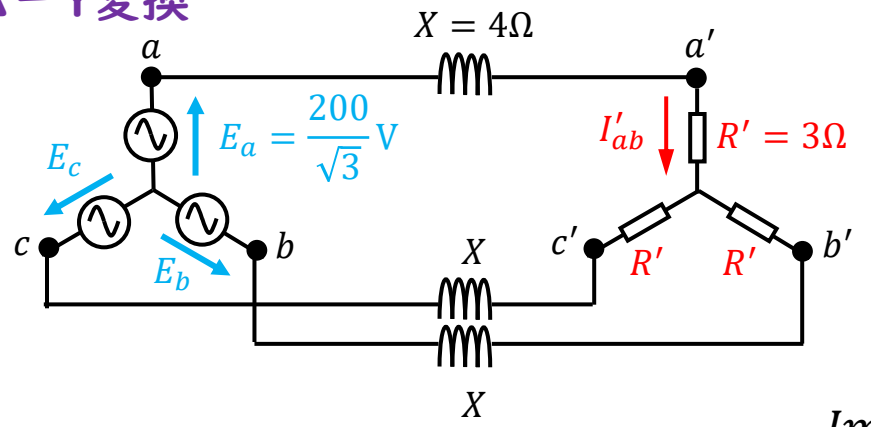




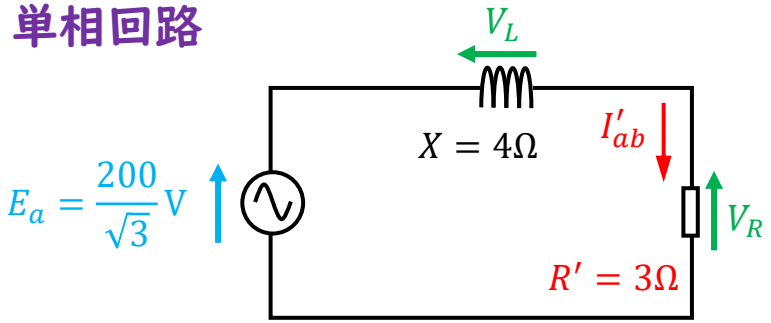
ベクトル図から$\dot{V}_{bc}$と$\dot{I}'_{ab}$の位相関係を確認する

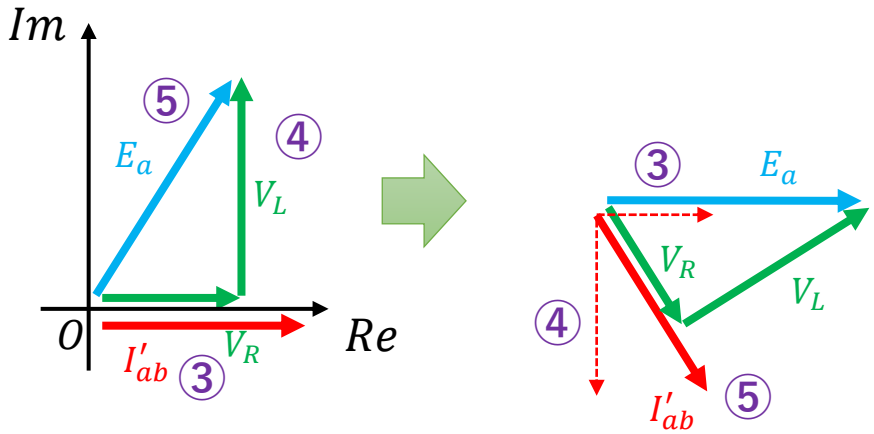
$$P = V_{bc} I'_{ab} \cos\theta = 200 \times \frac{40}{\sqrt{3}} \times \frac{4}{5}$$
$$= 3695\ \mathrm{W} = 3.70\ \mathrm{kW}$$

Δ－Y変換



単相回路





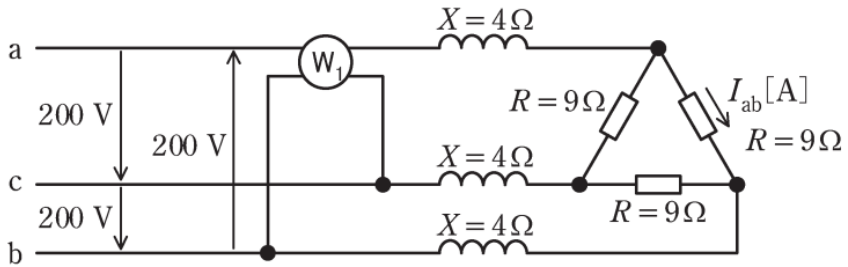
$$I'_{ab} = \frac{40}{\sqrt{3}}\ \mathrm{A}$$

$$I_{ab} = 13.3\ \mathrm{A}$$

R02 問15

問 15　図のように，線間電圧(実効値)200 V の対称三相交流電源に，1 台の単相電力計 W_1，X=4 Ωの誘導性リアクタンス 3 個，R=9 Ωの抵抗 3 個を接続した回路がある。単相電力計 W_1 の電流コイルは a 相に接続し，電圧コイルは b－c 相間に接続され，指示は正の値を示していた。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし，対称三相交流電源の相順は，a，b，c とし，単相電力計 W_1 の損失は無視できるものとする。



(a) R = 9 Ωの抵抗に流れる電流 I_{ab} の実効値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 6.77　(2) 13.3　(3) 17.3　(4) 23.1　(5) 40.0

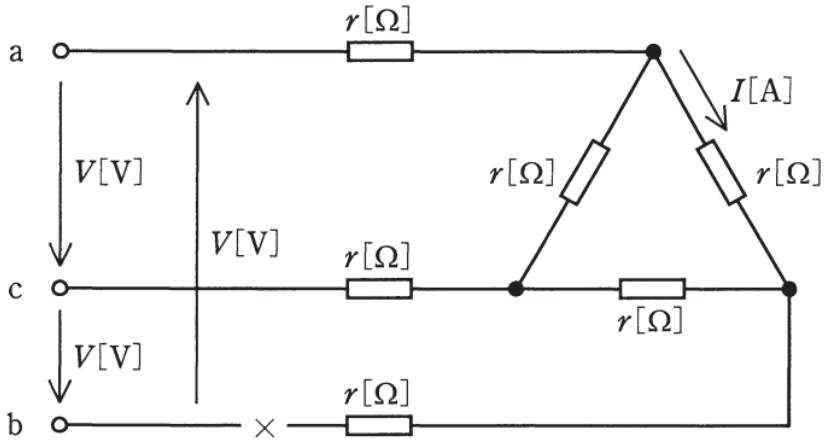
(b) 単相電力計 W_1 の指示値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 0　(2) 2.77　(3) 3.70　(4) 4.80　(5) 6.40

H28 問15

問15　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。



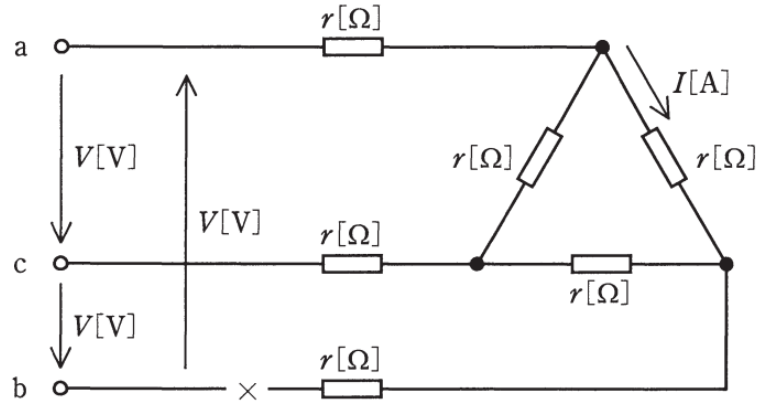
(a)　図中の電流Iの大きさ[A]は，断線前の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(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

導出のポイント（設問a）

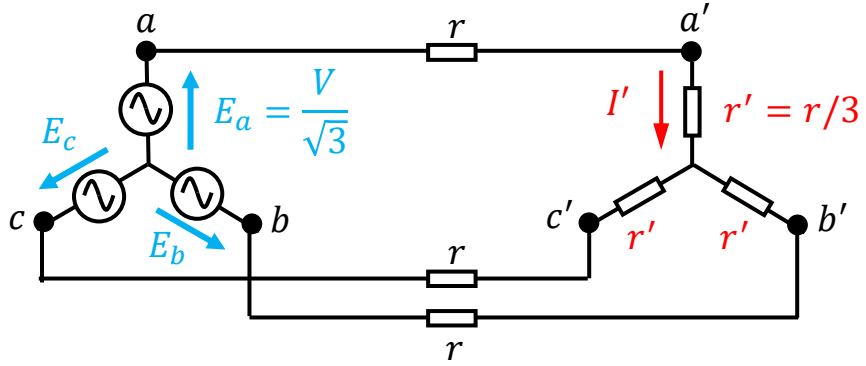


(a) 図中の電流Iの大きさ[A]は，断線前の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

断線前の回路からI'を求める

$$I' = \frac{E_a}{r + r'} = \frac{V/\sqrt{3}}{r + r/3} = \frac{V/\sqrt{3}}{4r/3} = \frac{V}{\sqrt{3}} \times \frac{3}{4r} = \frac{\sqrt{3}V}{4r}$$

断線前：Δ－Y変換



IからI'へ変換する

$$I = \frac{I'}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}V}{4r} = \frac{V}{4r}$$

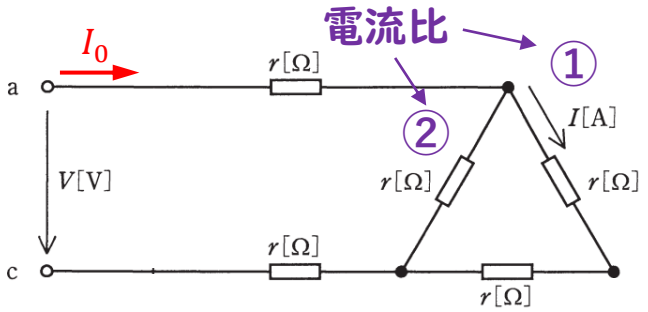
線電流から相電流の変換
- 電流の大きさは$1/\sqrt{3}$倍
- 位相は30°進む

断線後の回路からIを求める

$$\frac{V}{I_0} = 2r + \frac{r \cdot 2r}{r + 2r} = 2r + \frac{2r}{3} = \frac{8}{3}r$$

$$I_0 = \frac{3V}{8r}$$

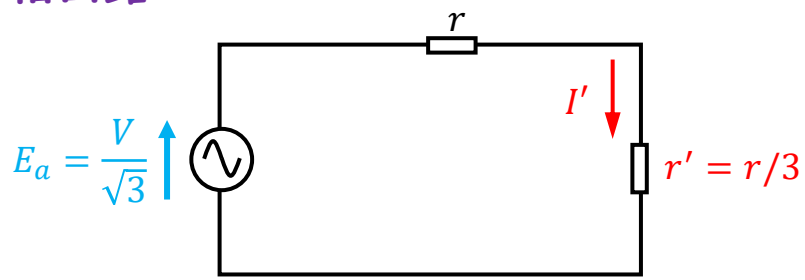
$$I = \frac{1}{3}I_0 = \frac{1}{3} \times \frac{3V}{8r} = \frac{V}{8r}$$



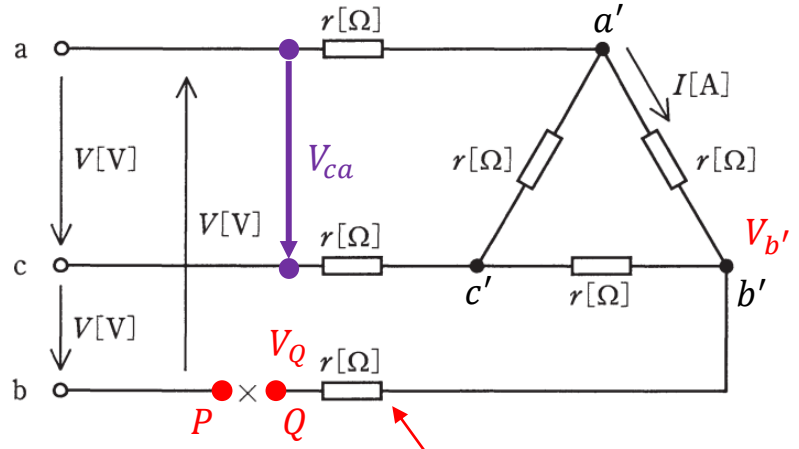
断線前後の電流の変化を求める

$$\frac{\text{断線後の電流}}{\text{断線前の電流}} = \frac{\frac{V}{8r}}{\frac{V}{4r}} = \frac{V}{8r} \times \frac{4r}{V} = \frac{1}{2} = 0.5$$

単相回路

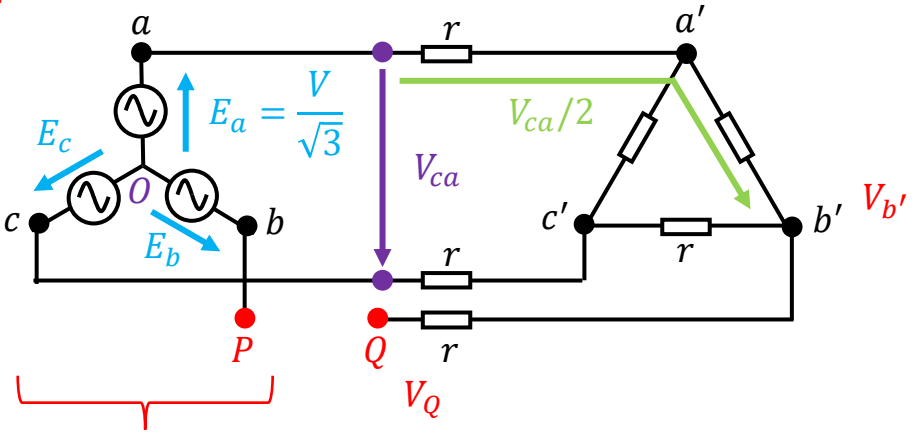


導出のポイント（設問b）



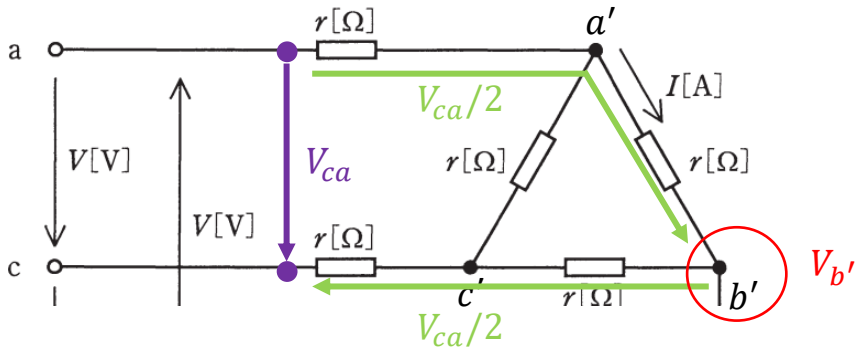
rには電流が流れないので、電圧降下は発生しない。
従って、Qの電圧V_Qとb′の電圧$V_{b'}$は同じになる。

$V_Q = V_{b'} = \frac{V_{ca}}{2}$ となる。



電源部分をY結線で表す

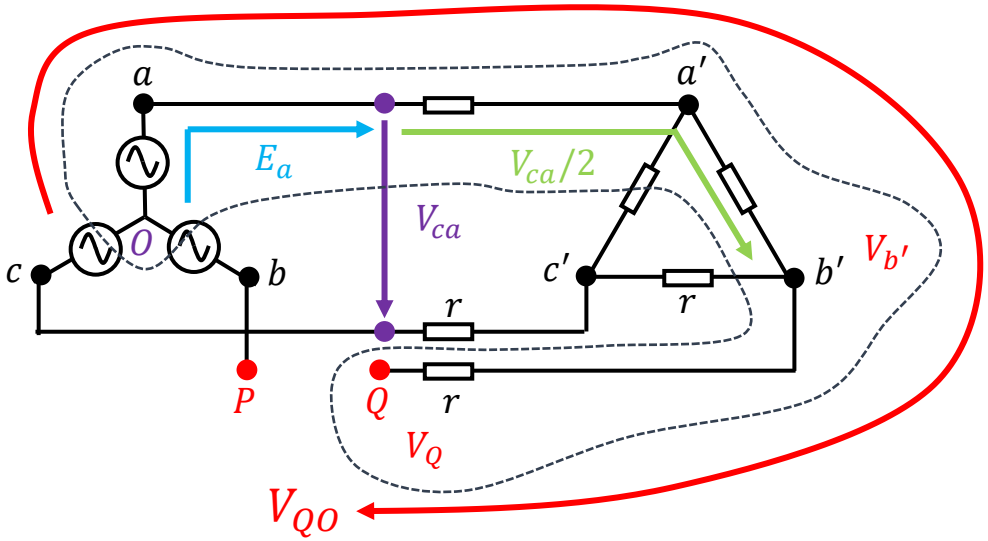
$V_{ca} = E_c - E_a$ より $V_Q = V_{b'} = \frac{V_{ca}}{2} = \frac{E_c - E_a}{2}$ となる。



V_{ca}はb′で半分（$V_{ca}/2$）になる

導出のポイント（設問b）

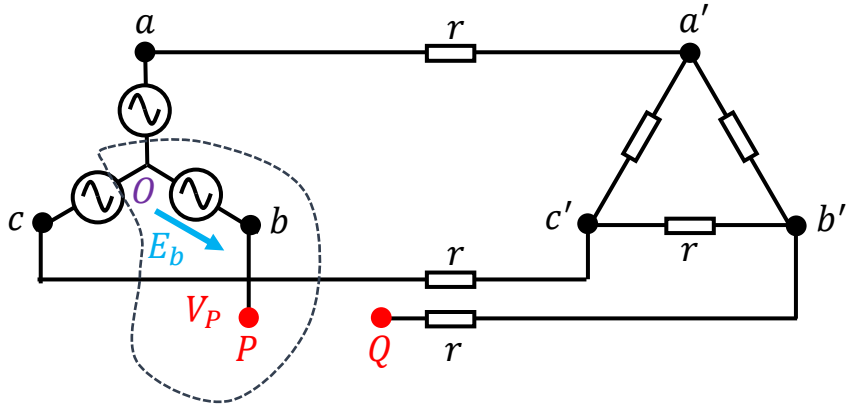
中性点Oを基準に電位差を考える



中性点OからQの電圧V_Qをみると、

$$V_Q = V_{b'} = \frac{V_{ca}}{2} = \frac{E_c - E_a}{2}$$ **より**

$$V_{QO} = \frac{V_{ca}}{2} + E_a = \frac{E_c - E_a}{2} + E_a = \frac{E_c + E_a}{2}$$ **となる。**



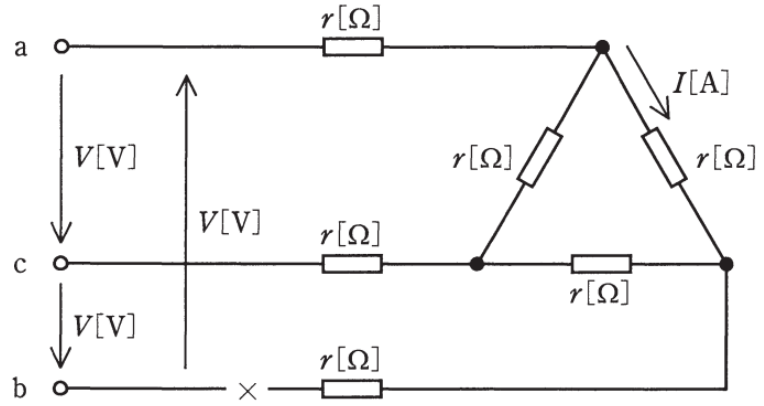
中性点OからPの電圧V_Pをみると、

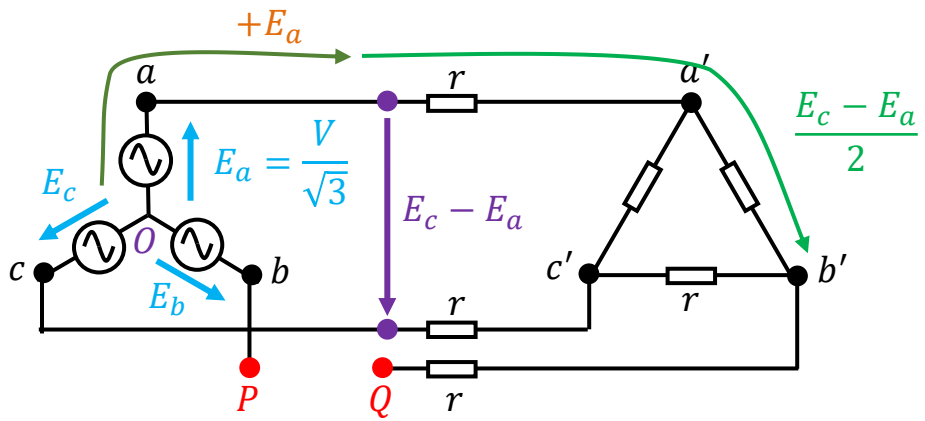
$$V_P = E_b$$ **となる。**

以上より、$P-Q$間の電位差V_{PQ}は、

$$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO} = E_b - \frac{E_c + E_a}{2}$$ **となる。**

導出のポイント（設問b）



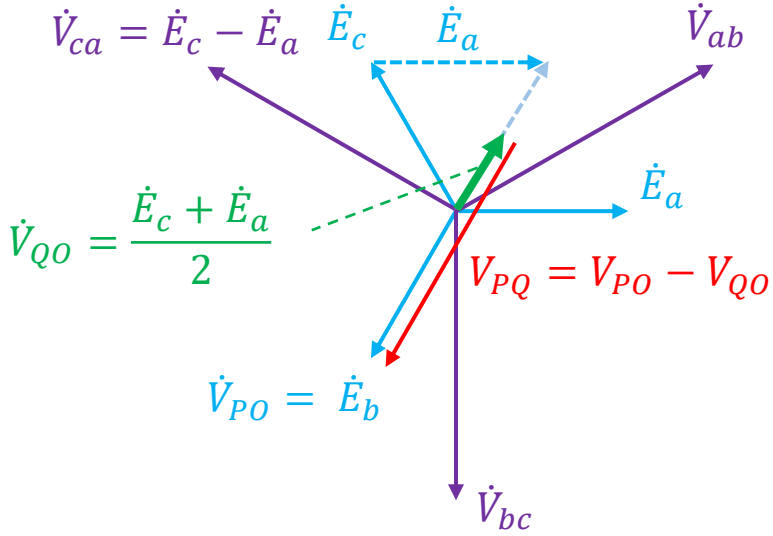


$$V_{QO} = \frac{E_C - E_a}{2} + E_a = \frac{E_C + E_a}{2}$$
$$V_{PO} = E_b$$
$$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO}$$

中性点Oを基準に電位差を考える

(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。

V_{PQ}をベクトル図から求める



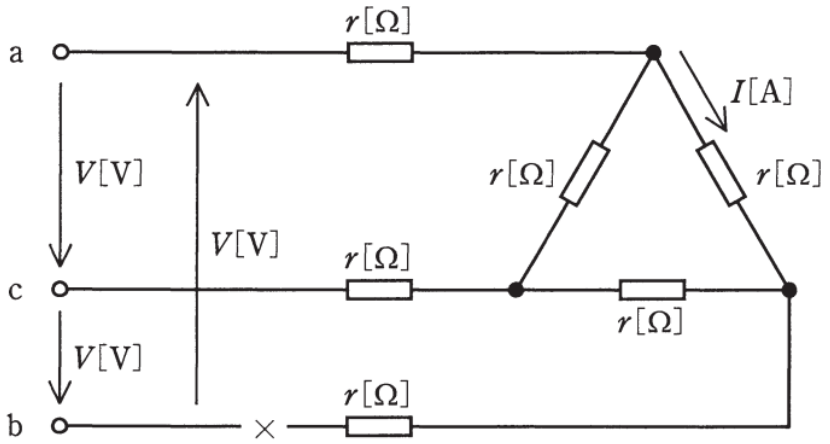
$$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO} = \frac{1}{2}\frac{V}{\sqrt{3}} + \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{3}{2}\frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}V = 0.87V$$

Ans. 0.87倍

H28 問15

問15　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

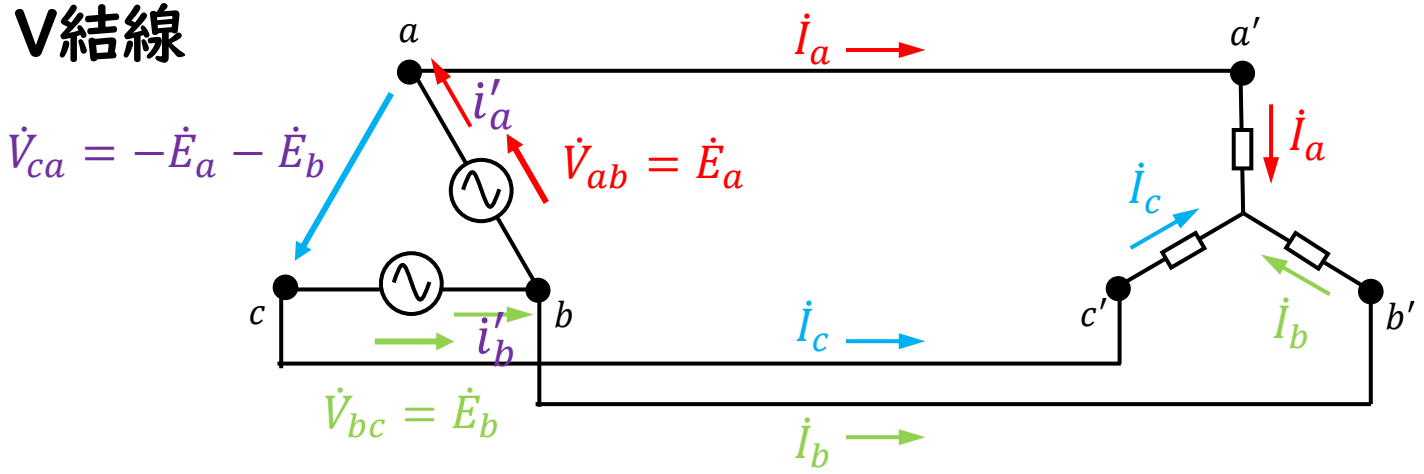
(b)　×印の両側に現れる電圧の大きさ[V]は，電源の線間電圧の大きさV[V]の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

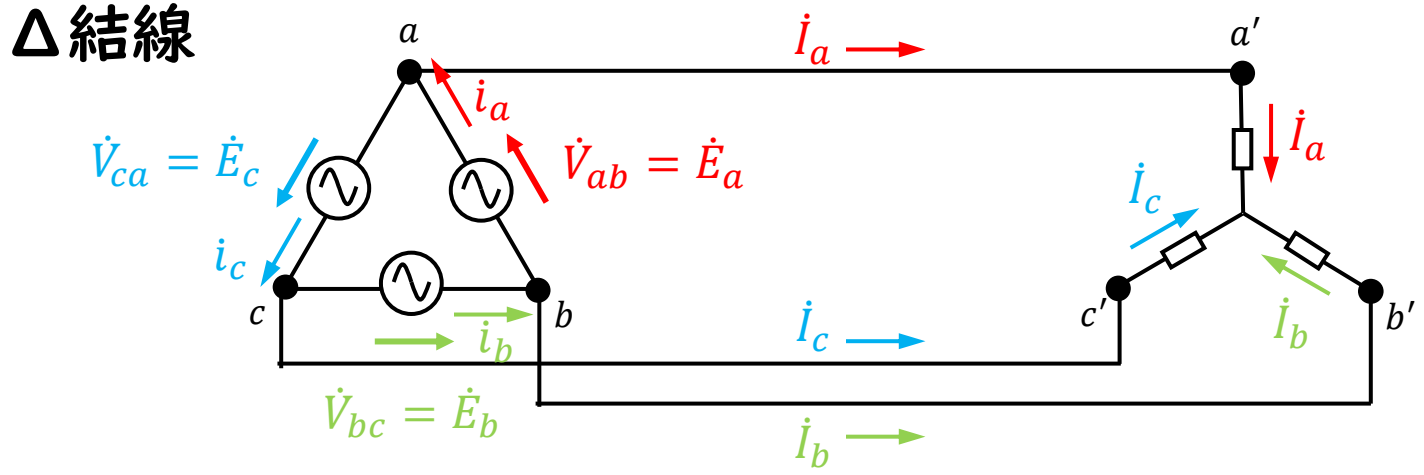
V結線の基本特性

V結線とは2台の単相変圧器を使用し、三相交流を実現する電源の方式のこと
三相結線のΔ結線と同様の働きをする

V結線



Δ結線

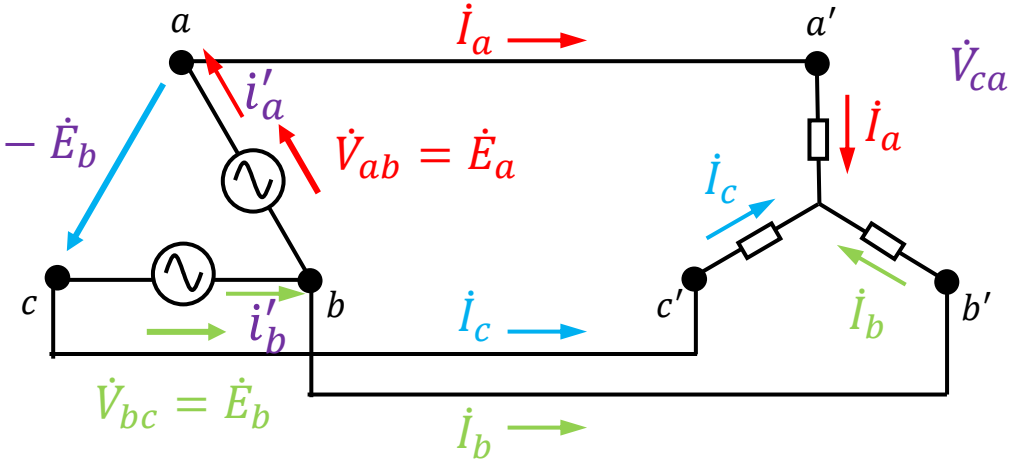


電流/電圧		V結線	Δ結線
電源側	線間電圧	同じ	
	相電圧	同じ	
	相電流	異なる	
送電線	線電流	同じ	
負荷側	線間電圧	同じ	
	相電圧	同じ	
	相電流	同じ	

電力	V結線	Δ結線
変圧器の数	2個	3個
変圧器の合計容量 S	$2E_aI_a$	$3E_ai_a$
最大出力 P_{max}	$\sqrt{3}E_aI_a$	$3E_ai_a$
利用率 $P_{max}/S \times 100[\%]$	86.5 %	100 %

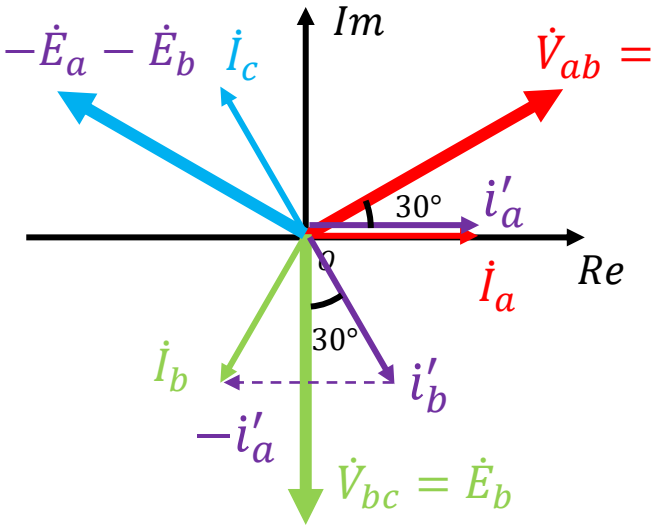
V結線のベクトル図

V結線



$\dot{V}_{ca} = -\dot{E}_a - \dot{E}_b$

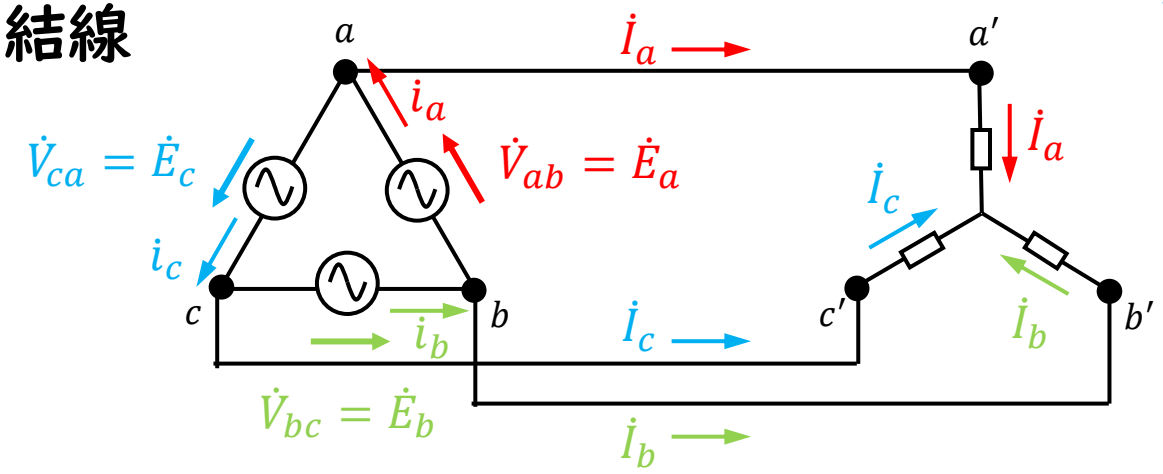
$i'_a = \dot{I}_a$　　$i'_b = -\dot{I}_c$　　$i'_b = i'_a + \dot{I}_b \rightarrow \dot{I}_b = i'_b - i'_a$

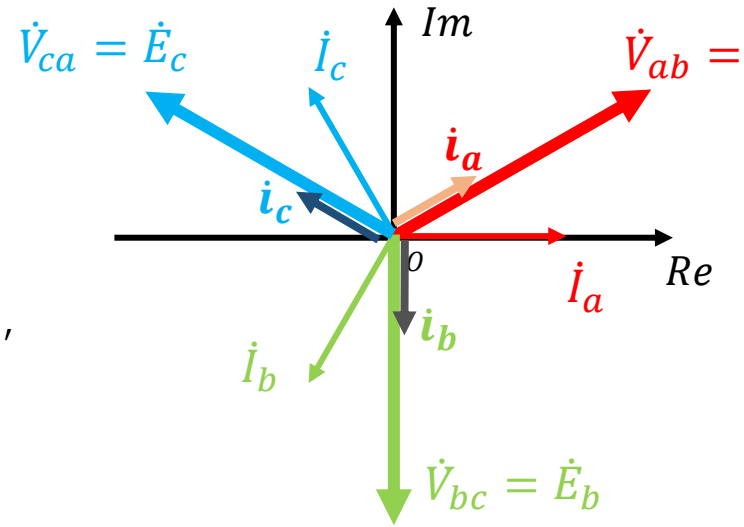


電源側相電圧と相電流の間に30°の位相差があるため最大出力は$\sqrt{3}S$
(Sは変圧器1台の電力容量)

$$S = E_a I_a \quad P = S\cos 30°$$
$$P_{max} = 2P = 2S\cos 30°$$
$$= 2S \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}S$$
$$\therefore P_{max} = \sqrt{3}S$$

Δ結線



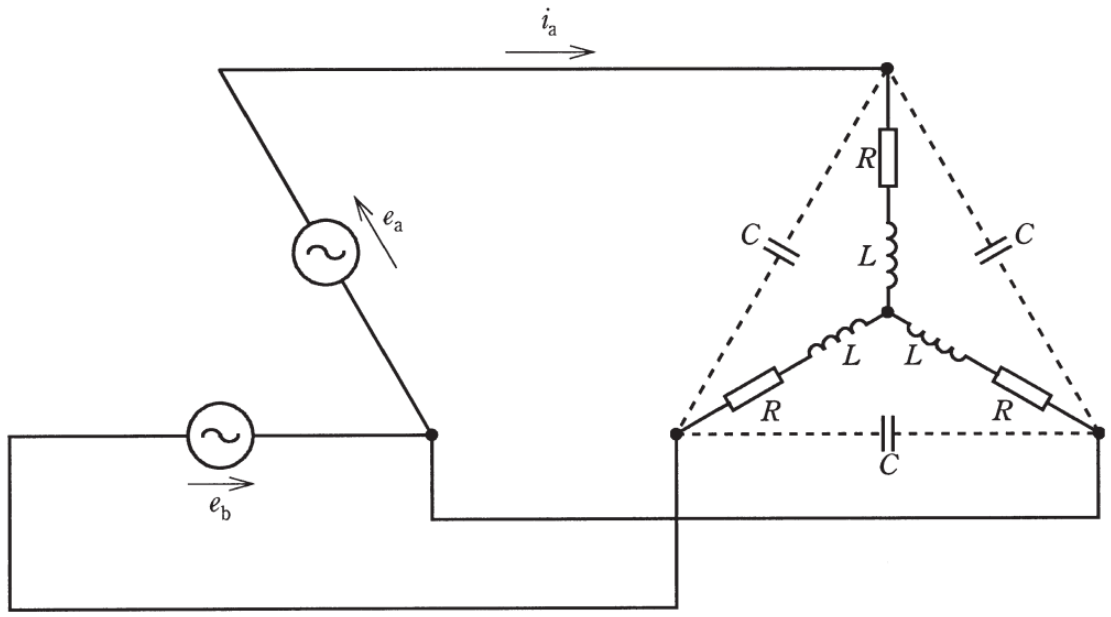


電源側相電圧と相電流の間に位相差はなく
最大出力は$3S$
(Sは変圧器1台の電力容量)

$$S = E_a i_a \quad P = S$$
$$\therefore P_{max} = 3S$$

H27 問17

問17　図のような V 結線電源と三相平衡負荷とからなる平衡三相回路において，$R = 5\,\Omega$，$L = 16\,\text{mH}$ である。また，電源の線間電圧 e_a［V］は，時刻 t［s］において $e_a = 100\sqrt{6}\sin(100\pi t)$［V］と表され，線間電圧 e_b［V］は e_a［V］に対して振幅が等しく，位相が 120° 遅れている。ただし，電源の内部インピーダンスは零である。このとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a)　図の点線で示された配線を切断し，3 個のコンデンサを三相回路から切り離したとき，三相電力 P の値［kW］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

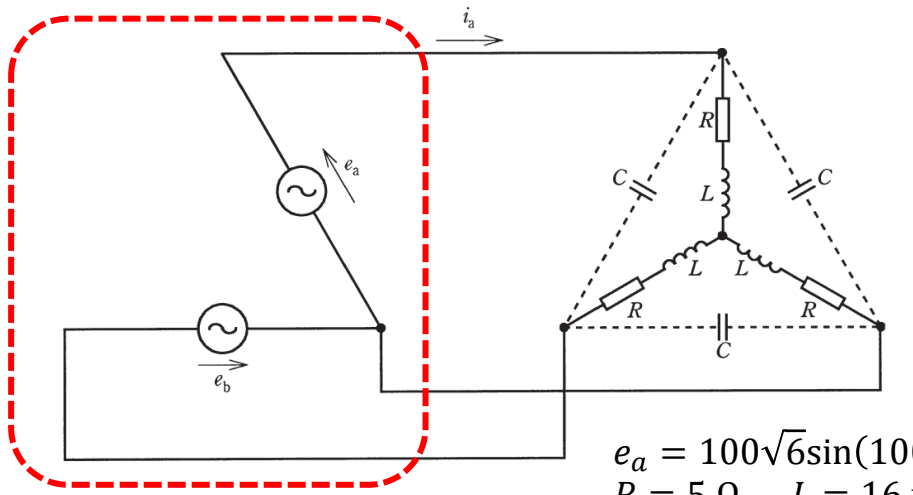
(1)　1　　(2)　3　　(3)　6　　(4)　9　　(5)　18

(b)　点線部を接続することによって同じ特性の 3 個のコンデンサを接続したところ，i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30° 遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値［F］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　3.6×10^{-5}　　(2)　1.1×10^{-4}　　(3)　3.2×10^{-4}

(4)　9.6×10^{-4}　　(5)　2.3×10^{-3}

導出のポイント（設問a）



Δ結線と考えてよい

$e_a = 100\sqrt{6}\sin(100\pi t)$
$R = 5\ \Omega \quad L = 16\ \mathrm{mH}$

e_aの実効値$= 100\sqrt{3}$
角周波数$\omega = 100\pi$

(a) 図の点線で示された配線を切断し，3 個のコンデンサを三相回路から切り離したとき，三相電力 P の値［kW］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

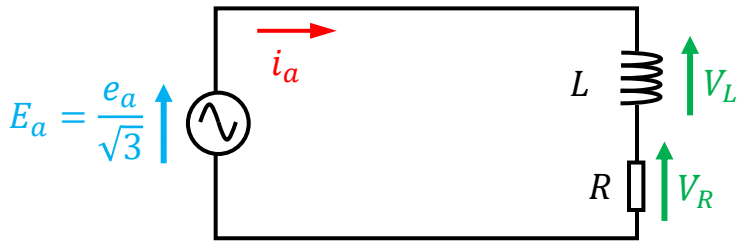
i_aを求める

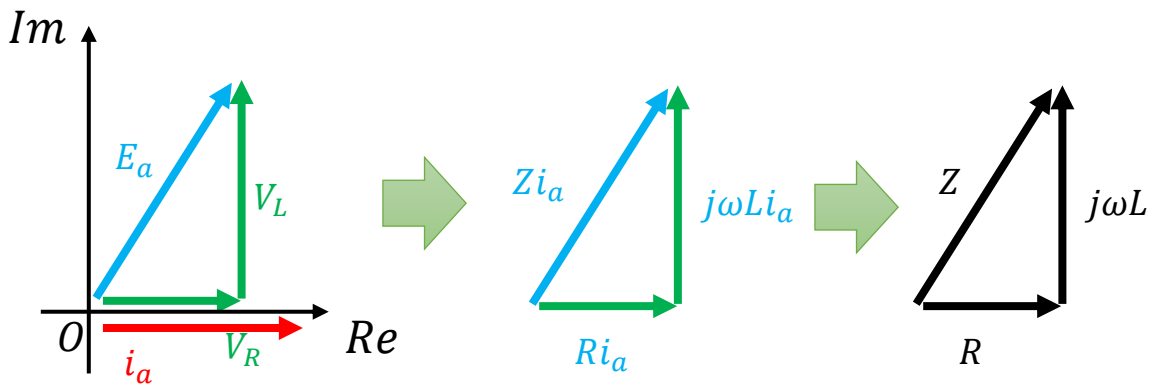
$$i_a = \frac{E_a}{Z} = \frac{e_a/\sqrt{3}}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} = \frac{100\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{5^2+(2\pi\times 50\times 16\times 10^{-3})^2}}$$
$$= 14.1\ \mathrm{A}$$

Pを求める

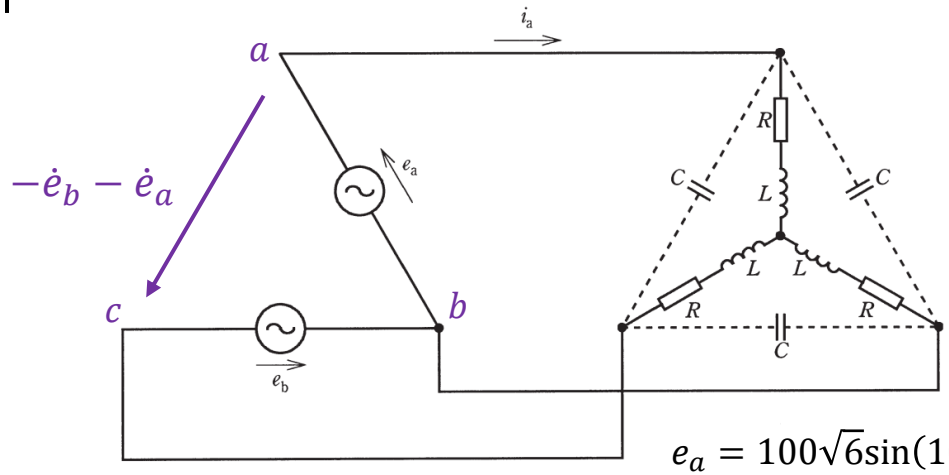
$$P = 3Ri_a^2 = 3\times 5\times 14.1^2 = 2986 = 3\ \mathrm{kW}$$

単相回路





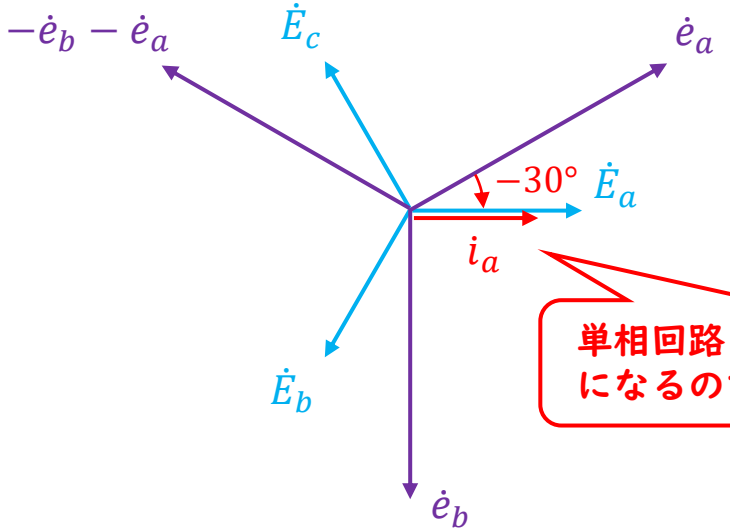
導出のポイント（設問b）



$e_a = 100\sqrt{6}\sin(100\pi t)$
$R = 5\ \Omega \quad L = 16\ \mathrm{mH}$

e_aの実効値$= 100\sqrt{3}$
角周波数$\omega = 100\pi$

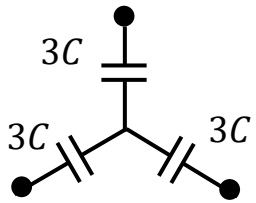
(b) 点線部を接続することによって同じ特性の 3 個のコンデンサを接続したところ，i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30 ° 遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値［F］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



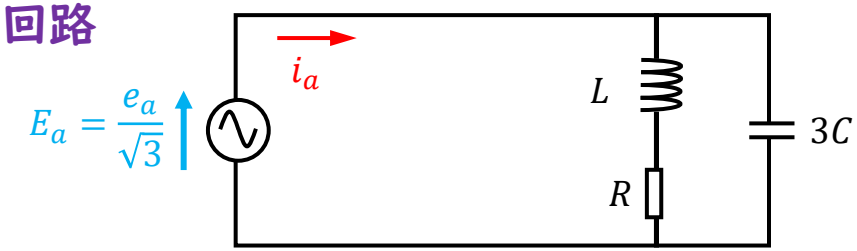
単相回路よりE_aとi_aが同相になるので力率が1となる

コンデンサ部分をΔ－Y変換

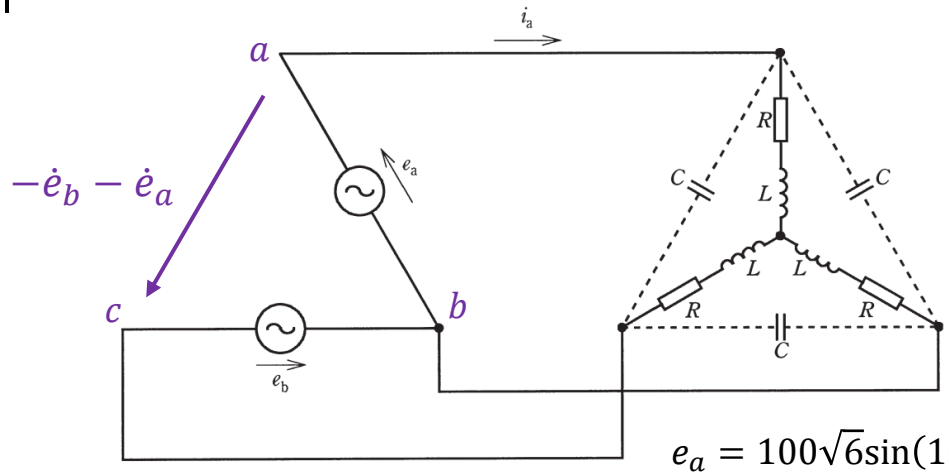
Y結線に変換するとインピーダンスは1/3倍になるので、Cは3倍になる



単相回路



導出のポイント（設問b）



$e_a = 100\sqrt{6}\sin(100\pi t)$
$R = 5\ \Omega \quad L = 16\ \mathrm{mH}$

e_aの実効値$= 100\sqrt{3}$
角周波数$\omega = 100\pi$

(b) 点線部を接続することによって同じ特性の 3 個のコンデンサを接続したところ，i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30 ° 遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値［F］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

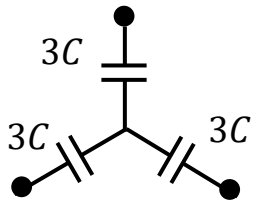
$1/Z$の式を作る

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j\omega L} + j3\omega C = \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j3\omega C$$
$$= \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j\left(3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right)$$

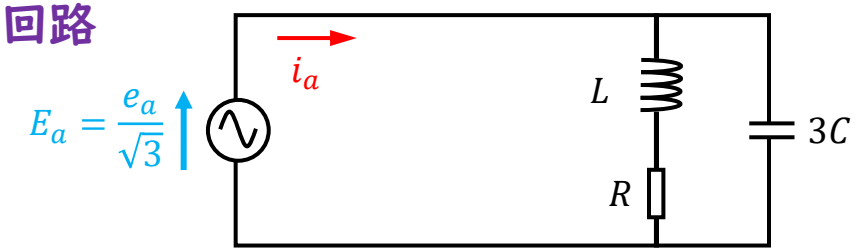
虚数成分が0になるとき、力率が1となる

コンデンサ部分をΔーY変換

Y結線に変換するとインピーダンスは1/3倍になるので、Cは3倍になる



単相回路

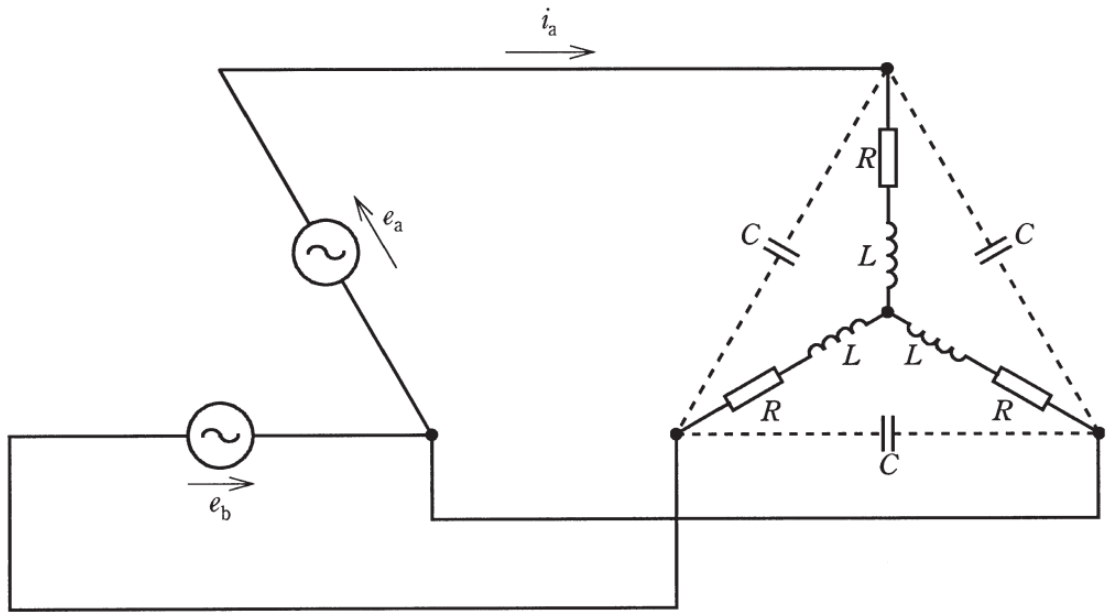


$$3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} = 0 \rightarrow C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

$$C = \frac{16 \times 10^{-3}}{3(5^2 + (100\pi \times 16 \times 10^{-3})^2)} = 1.1 \times 10^{-4}\ \mathrm{F}$$

H27 問17

問17　図のような V 結線電源と三相平衡負荷とからなる平衡三相回路において，$R = 5\,\Omega$，$L = 16\,\text{mH}$ である。また，電源の線間電圧 e_a［V］は，時刻 t［s］において $e_a = 100\sqrt{6}\sin(100\pi t)$［V］と表され，線間電圧 e_b［V］は e_a［V］に対して振幅が等しく，位相が 120° 遅れている。ただし，電源の内部インピーダンスは零である。このとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a)　図の点線で示された配線を切断し，3 個のコンデンサを三相回路から切り離したとき，三相電力 P の値［kW］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　1　　(2)　3　　(3)　6　　(4)　9　　(5)　18

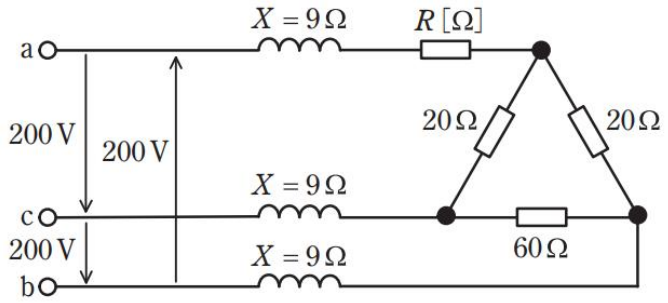
(b)　点線部を接続することによって同じ特性の 3 個のコンデンサを接続したところ，i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30 ° 遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値［F］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　3.6×10^{-5}　　(2)　1.1×10^{-4}　　(3)　3.2×10^{-4}

(4)　9.6×10^{-4}　　(5)　2.3×10^{-3}

R04 問15

問 15　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源に，三相負荷として誘導性リアクタンス $X = 9\,\Omega$ の 3 個のコイルと R [Ω]，20 Ω，20 Ω，60 Ωの 4 個の抵抗を接続した回路がある。端子 a，b，c から流入する線電流の大きさは等しいものとする。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 線電流の大きさが 7.7 A，三相負荷の無効電力が 1.6 kvar であるとき，三相負荷の力率の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

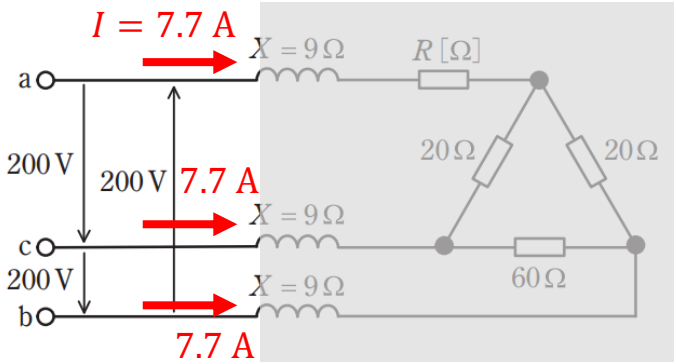
(1) 0.5　(2) 0.6　(3) 0.7　(4) 0.8　(5) 1.0

(b) a 相に接続された R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 4　(2) 8　(3) 12　(4) 40　(5) 80

導出のポイント

問 15　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源に，三相負荷として誘導性リアクタンス $X = 9\,\Omega$ の 3 個のコイルと R [Ω]，20 Ω，20 Ω，60 Ω の 4 個の抵抗を接続した回路がある。端子 a，b，c から流入する線電流の大きさは等しいものとする。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



インピーダンスは気にしなくてよい

(a) 線電流の大きさが 7.7 A，三相負荷の無効電力が 1.6 kvar であるとき，三相負荷の力率の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 0.5　(2) 0.6　(3) 0.7　(4) 0.8　(5) 1.0

皮相電力Sを求める

$$S = \sqrt{3}VI = \sqrt{3} \times 200 \times 7.7 = 2667\ \text{VA}$$

有効電力Pを求める

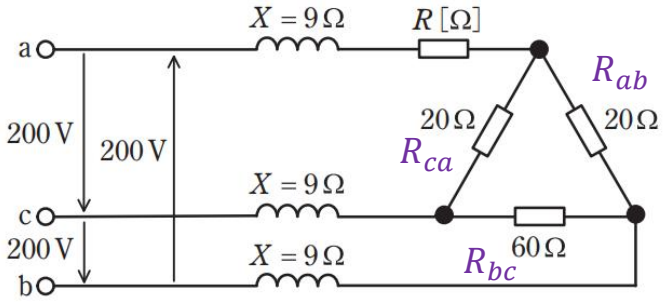
$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} = \sqrt{2667^2 - 1600^2} = 2134\ \text{W}$$

力率を求める

$$\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{2134}{2667} = 0.800$$

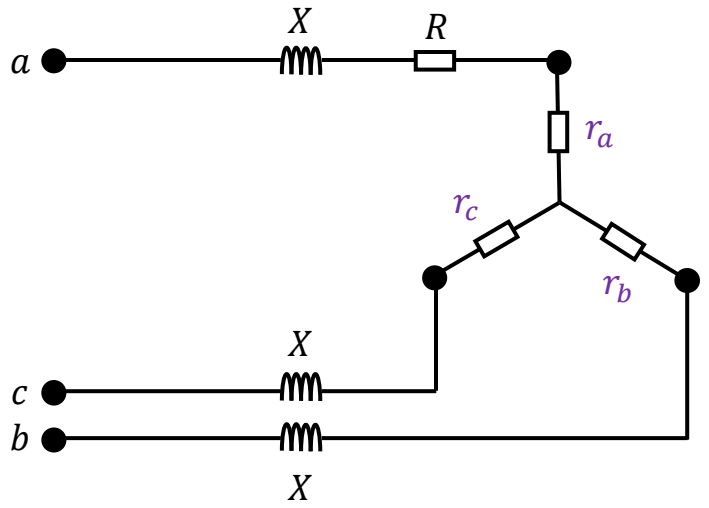
導出のポイント

問 15　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源に，三相負荷として誘導性リアクタンス $X = 9\,\Omega$ の 3 個のコイルと R [Ω]，20 Ω，20 Ω，60 Ωの 4 個の抵抗を接続した回路がある。端子 a，b，c から流入する線電流の大きさは等しいものとする。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(b) a 相に接続された R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 4　　(2) 8　　(3) 12　　(4) 40　　(5) 80



$$r_a = \frac{R_{ab}R_{ca}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}} = \frac{20\times 20}{20+20+60} = \frac{400}{100} = 4\,\Omega$$

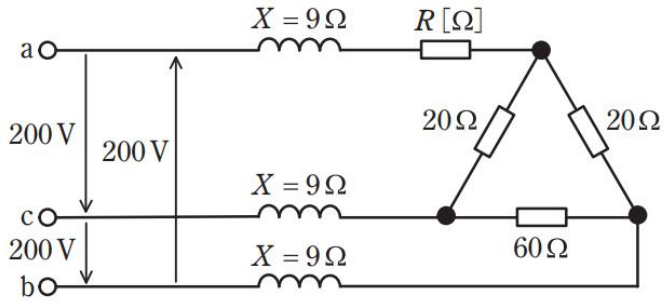
$$r_b = \frac{R_{ab}R_{bc}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}} = \frac{20\times 60}{20+20+60} = \frac{1200}{100} = 12\,\Omega$$

$$r_c = \frac{R_{bc}R_{ca}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}} = \frac{60\times 20}{20+20+60} = \frac{1200}{100} = 12\,\Omega$$

$$R + r_a = r_c \;\rightarrow\; R = r_c - r_a = 12 - 4 = 8\,\Omega$$

R04 問15

問 15　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源に，三相負荷として誘導性リアクタンス $X = 9\,\Omega$ の 3 個のコイルと R [Ω]，20 Ω，20 Ω，60 Ωの 4 個の抵抗を接続した回路がある。端子 a，b，c から流入する線電流の大きさは等しいものとする。この回路について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 線電流の大きさが 7.7 A，三相負荷の無効電力が 1.6 kvar であるとき，三相負荷の力率の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 0.5　(2) 0.6　(3) 0.7　(4) 0.8　(5) 1.0

(b) a 相に接続された R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 4　(2) 8　(3) 12　(4) 40　(5) 80

ご聴講ありがとう
ございました!!