電験どうでしょう管理人
KWG presents

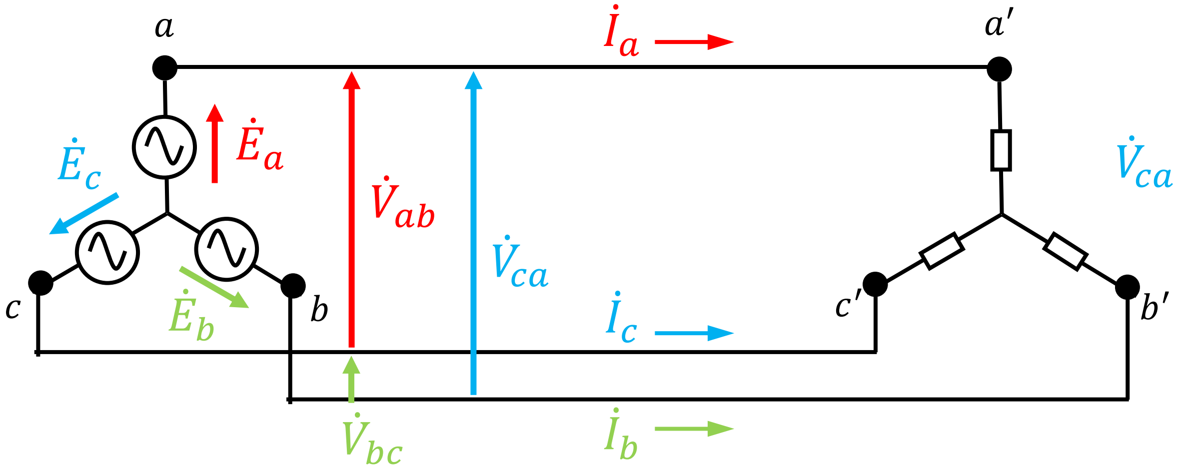
短期集中講座

三相交流（2）

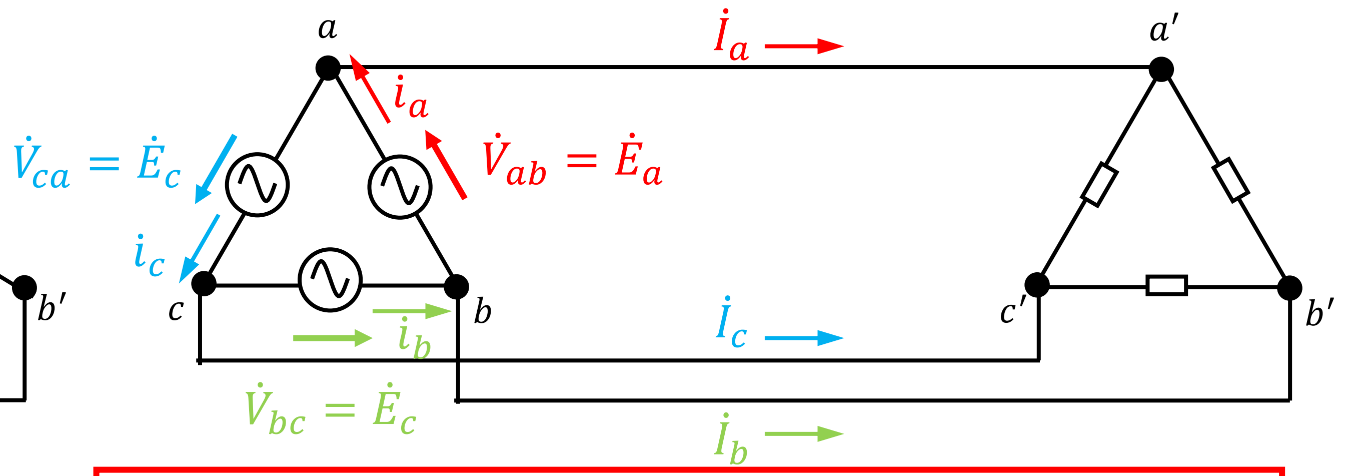
2024.06.01 Sat

Y結線とΔ結線

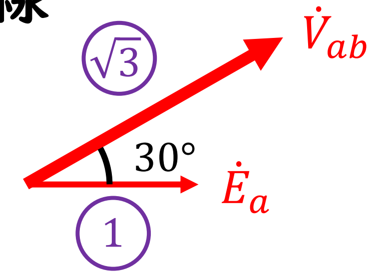
Y結線



Δ結線



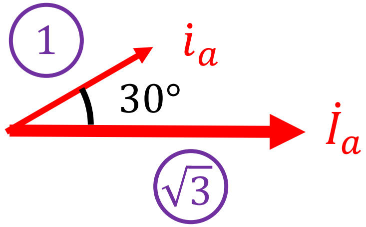
Y結線



$\dot{E}_a, \dot{E}_b, \dot{E}_c$：相電圧

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

Δ結線



$\dot{i}_a, \dot{i}_b, \dot{i}_c$：相電流

$\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$：線電流

Y結線

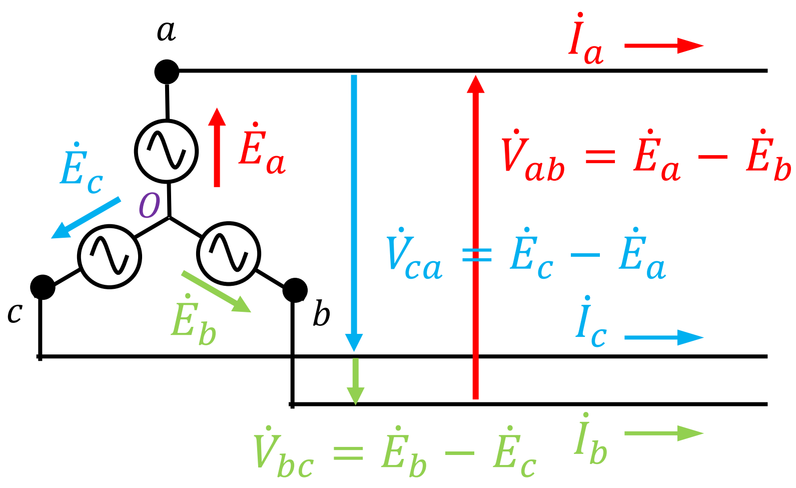
線電流＝相電流
線間電圧＝$\sqrt{3}$×相電圧
線間電圧は相電圧より位相が30°進む

Δ結線

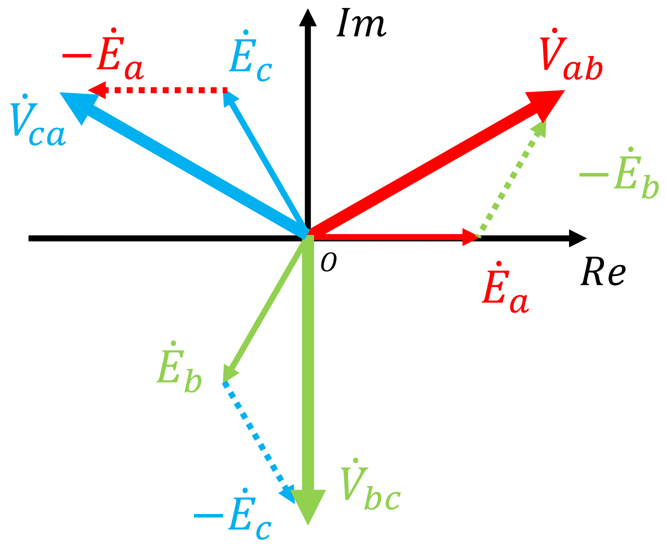
線間電圧＝相電圧
線電流＝$\sqrt{3}$×相電流
線電流は相電流より位相が30°遅れる
（相電流は線電流より位相が30°進む）

三相交流のベクトル（まとめ）

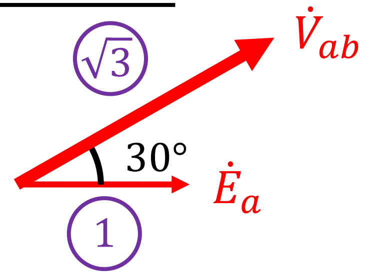
Y結線



電圧のベクトル

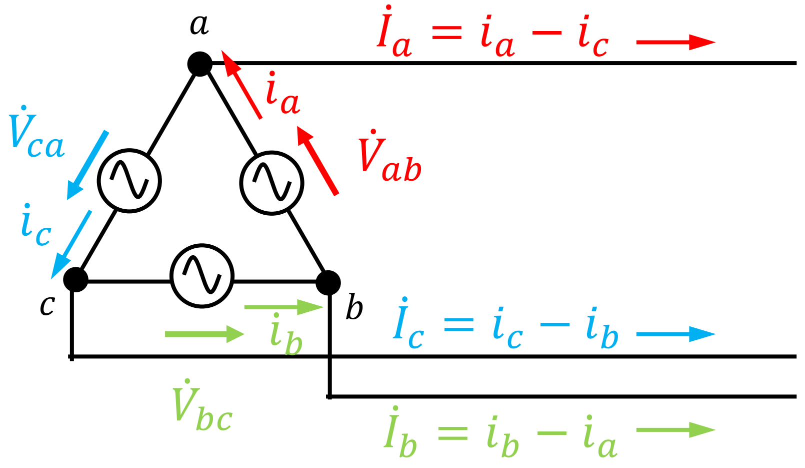


Y結線

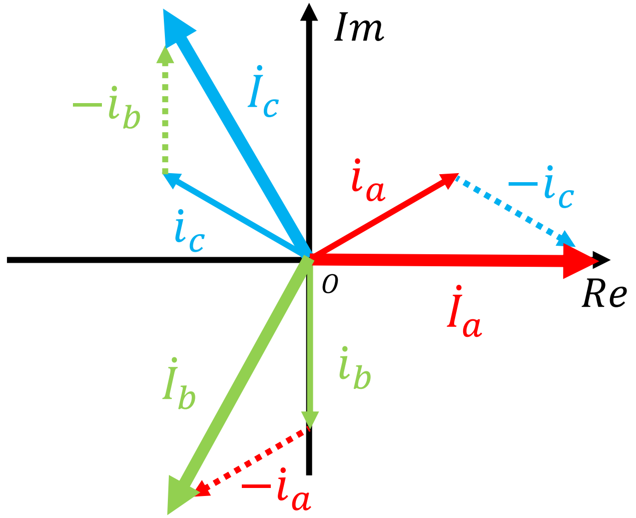


線電流＝相電流
線間電圧＝$\sqrt{3}$×相電圧
線間電圧は相電圧より
位相が30°進む

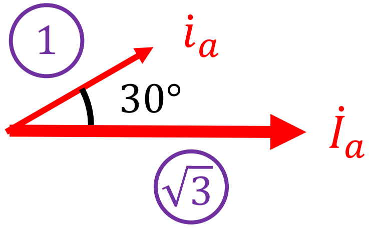
Δ結線



電流のベクトル

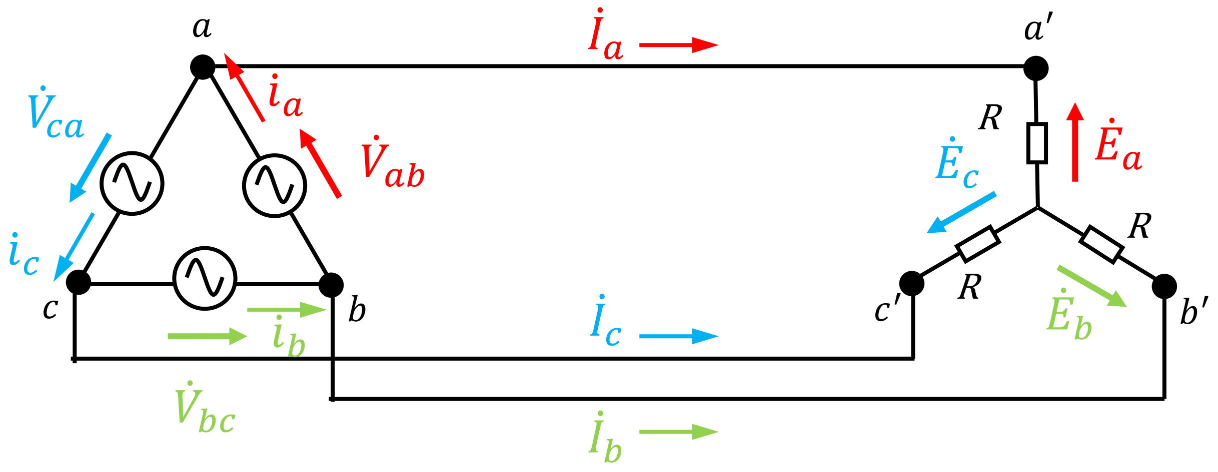


Δ結線



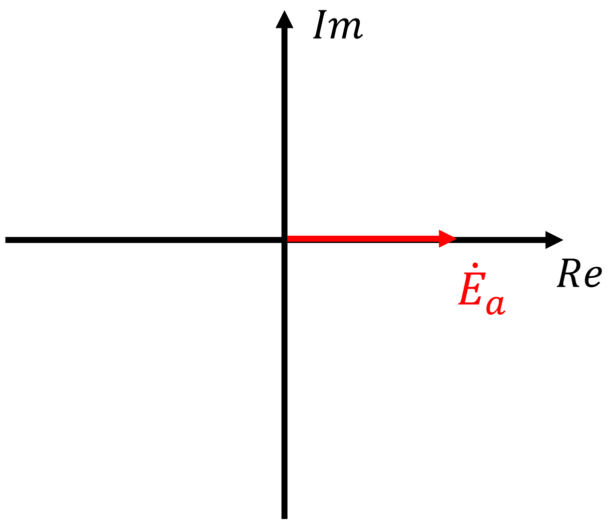
線電圧＝相電圧
線電流＝$\sqrt{3}$×相電流
相電流は線電流より
位相が30°進む

練習問題1

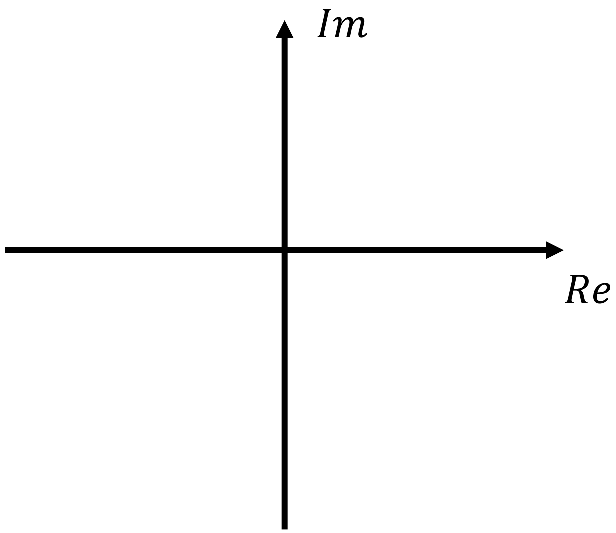


電流と電圧のベクトル図を描いてみよう！

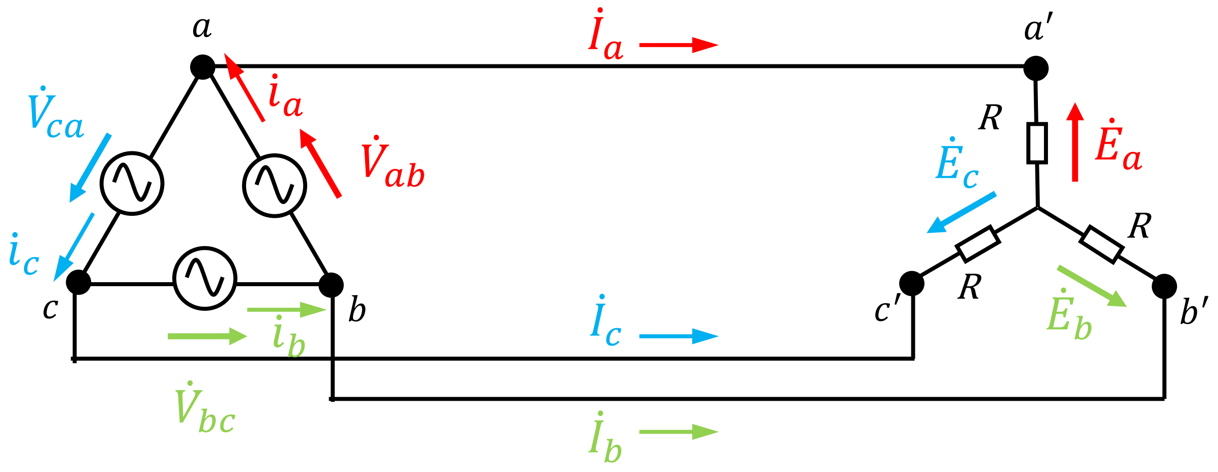
電圧のベクトル



電流のベクトル

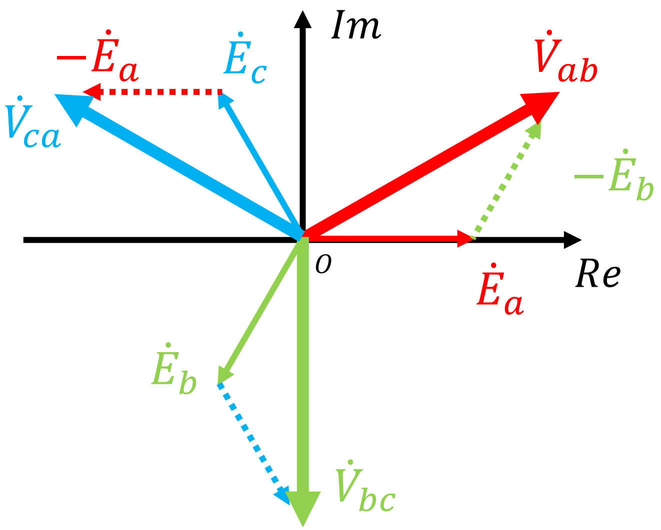


練習問題１（解答）

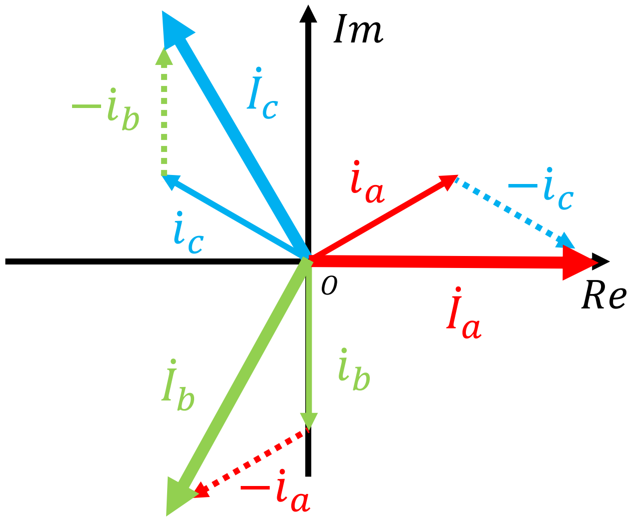


電流と電圧のベクトル図を
描いてみよう！

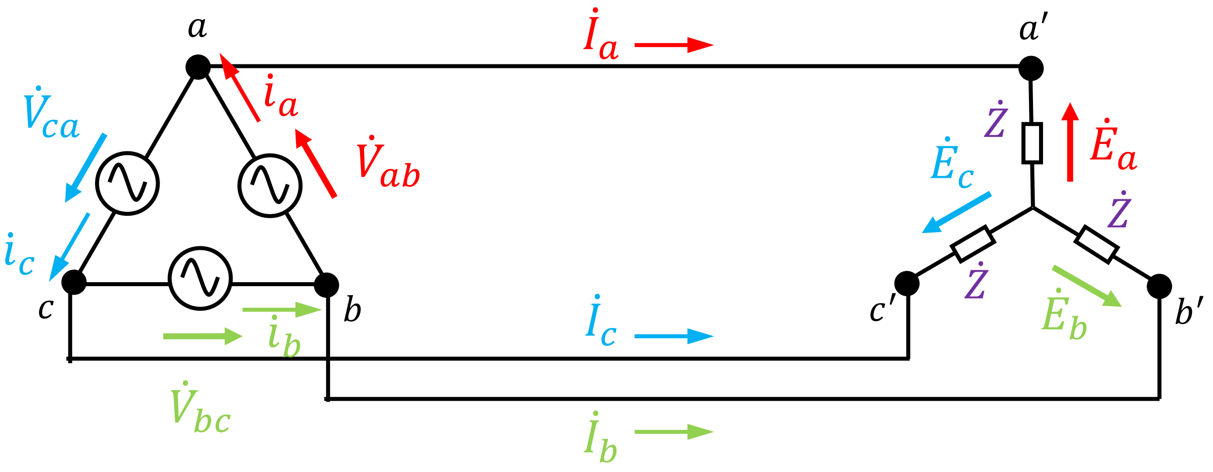
電圧のベクトル



電流のベクトル

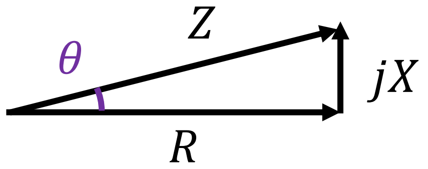


負荷が純抵抗でない場合



負荷をRから$\dot{Z}$に変更する

$\dot{Z} = R + jX$

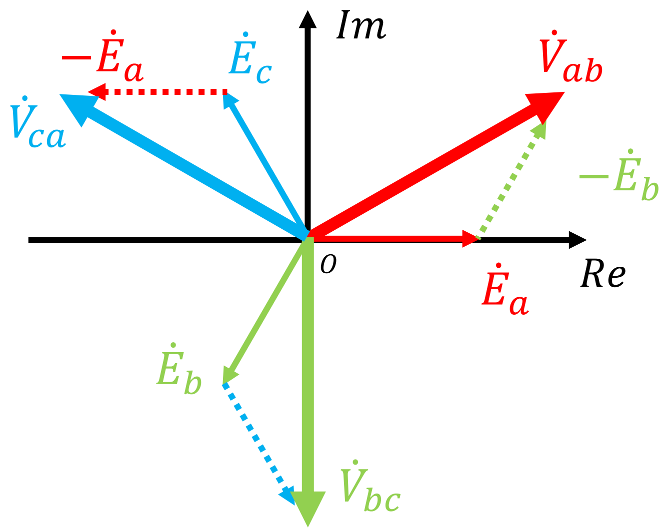


電流のベクトル全体を$-\theta$だけ回転させればよい

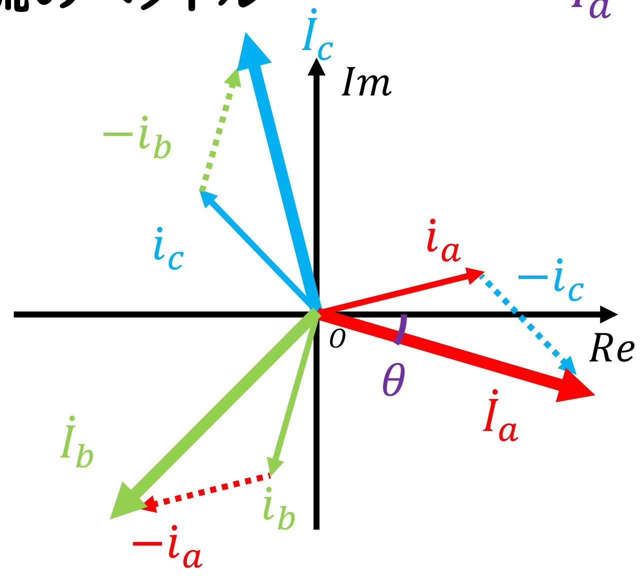
$$\dot{I}_a = \frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}} = \boxed{\frac{1}{\dot{Z}}}\dot{E}_a$$

$-\theta$回転

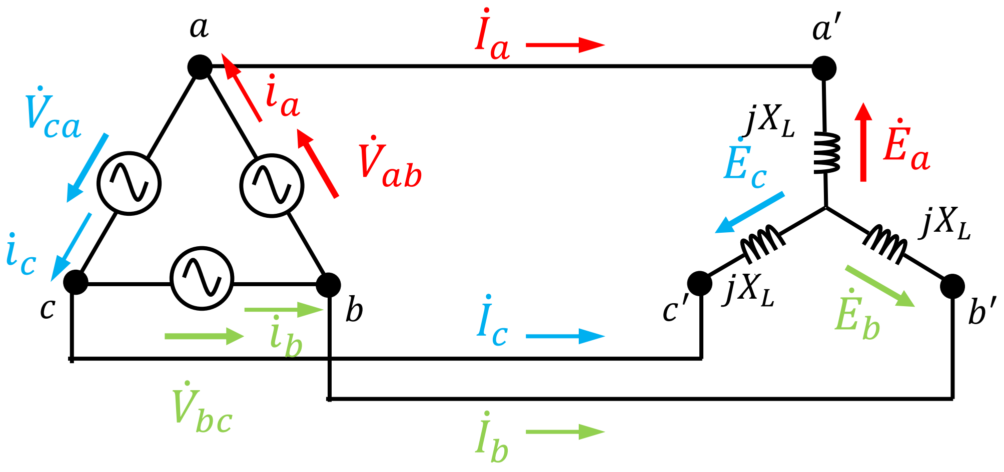
電圧のベクトル

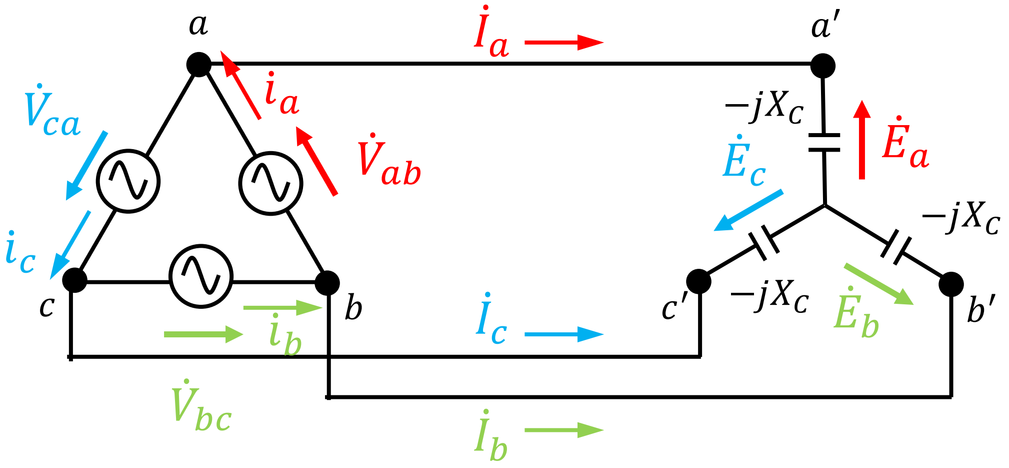


電流のベクトル

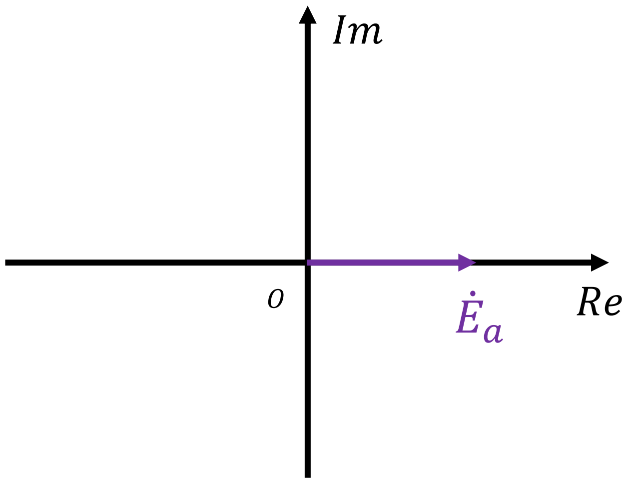


練習問題2

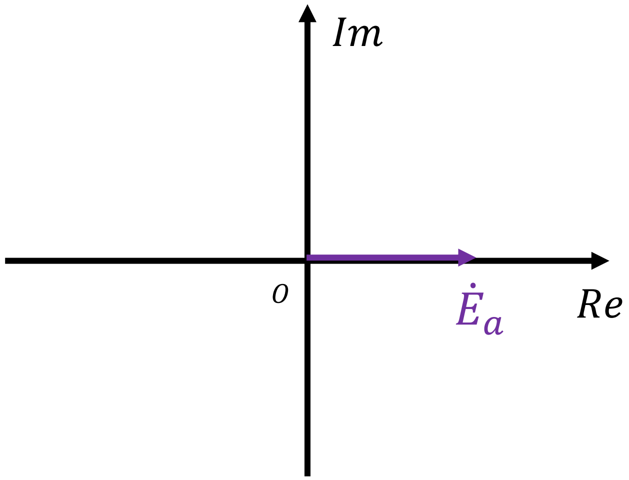




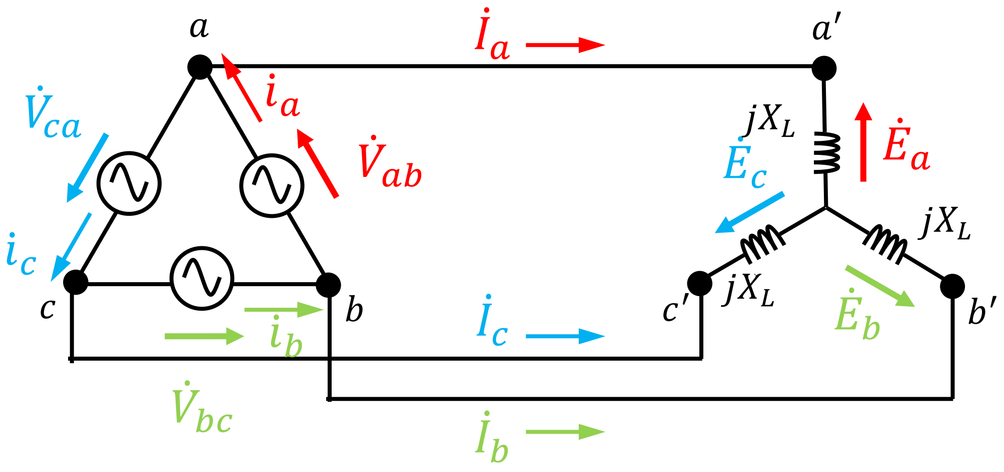
電流のベクトル $\dot{I}$, $\dot{i}$

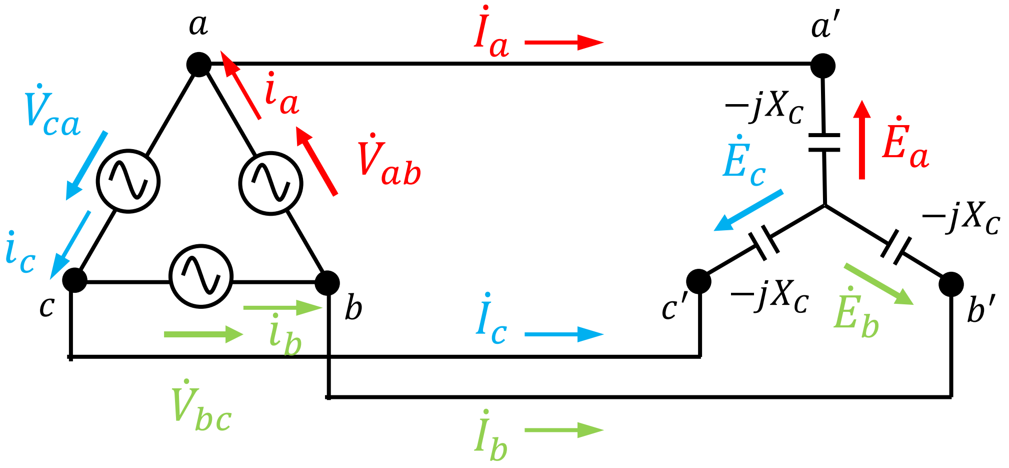


電流のベクトル $\dot{I}$, $\dot{i}$



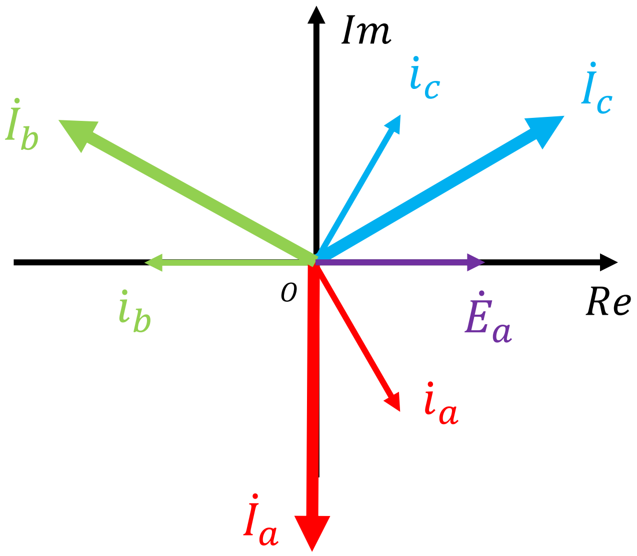
練習問題2（解答）





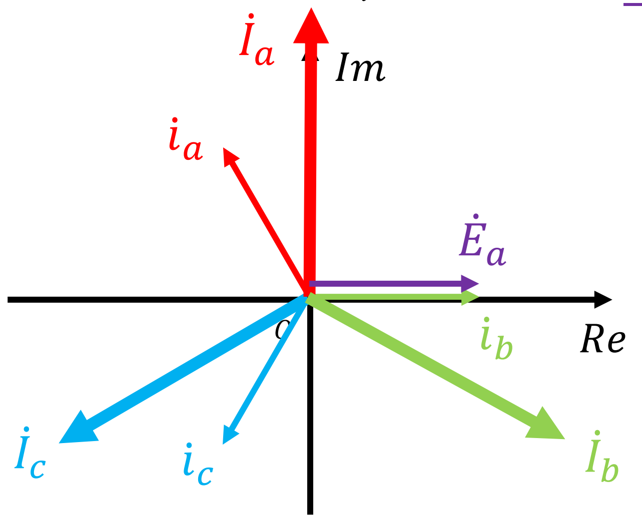
電流のベクトル $\dot{I}$, i

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{E}_a}{jX_L} = -j\frac{1}{X_L}\dot{E}_a$$

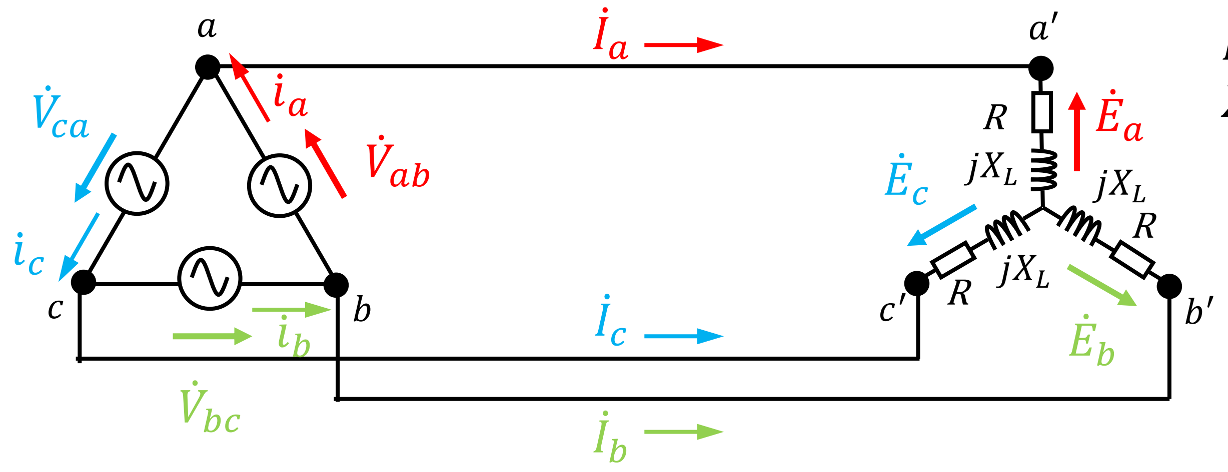


電流のベクトル $\dot{I}$, i

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{E}_a}{-jX_C} = j\frac{1}{X_C}\dot{E}_a$$

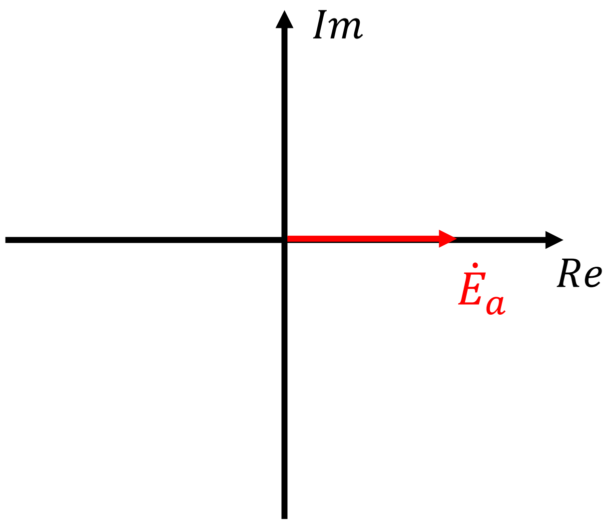


練習問題3

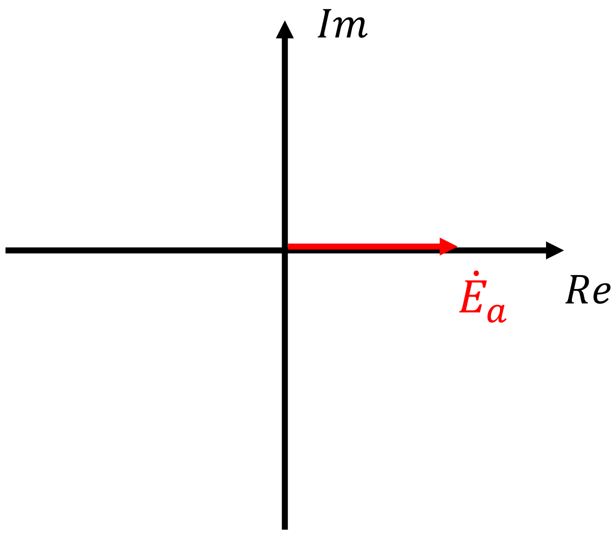


$R = \sqrt{3}\ \Omega$
$X_L = 1\ \Omega$

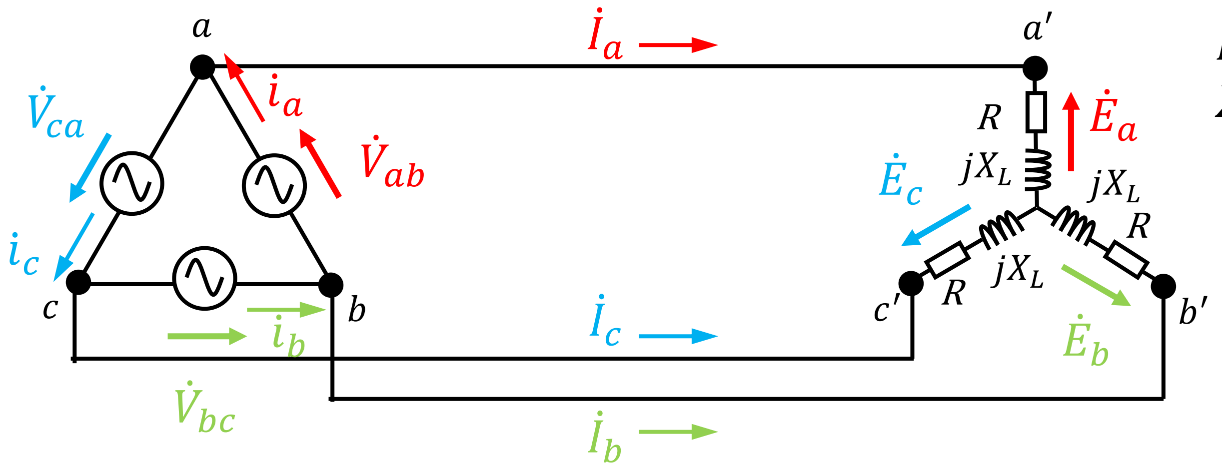
電圧のベクトル



電流のベクトル

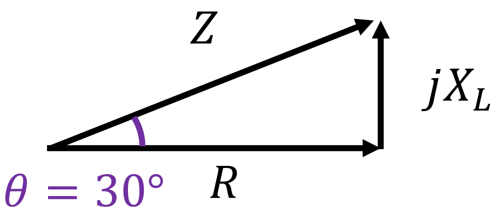


練習問題3（解答）

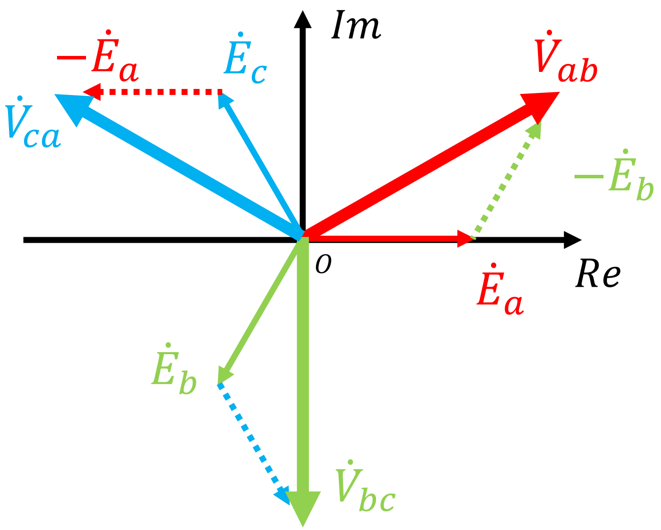


$R = \sqrt{3}\,\Omega$

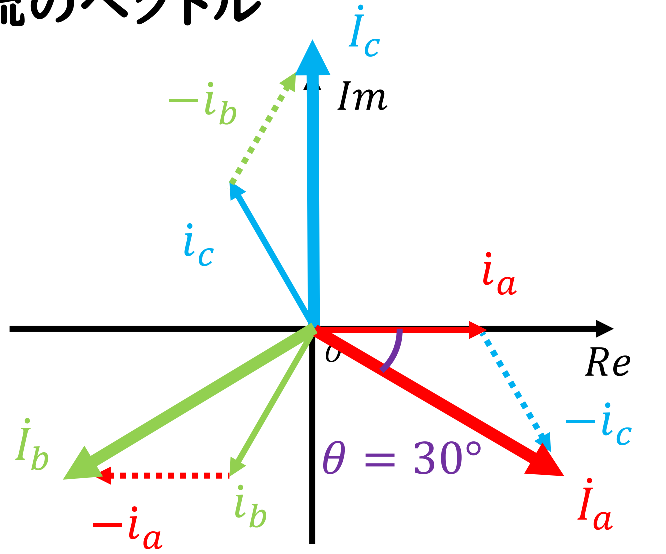
$X_L = 1\,\Omega$



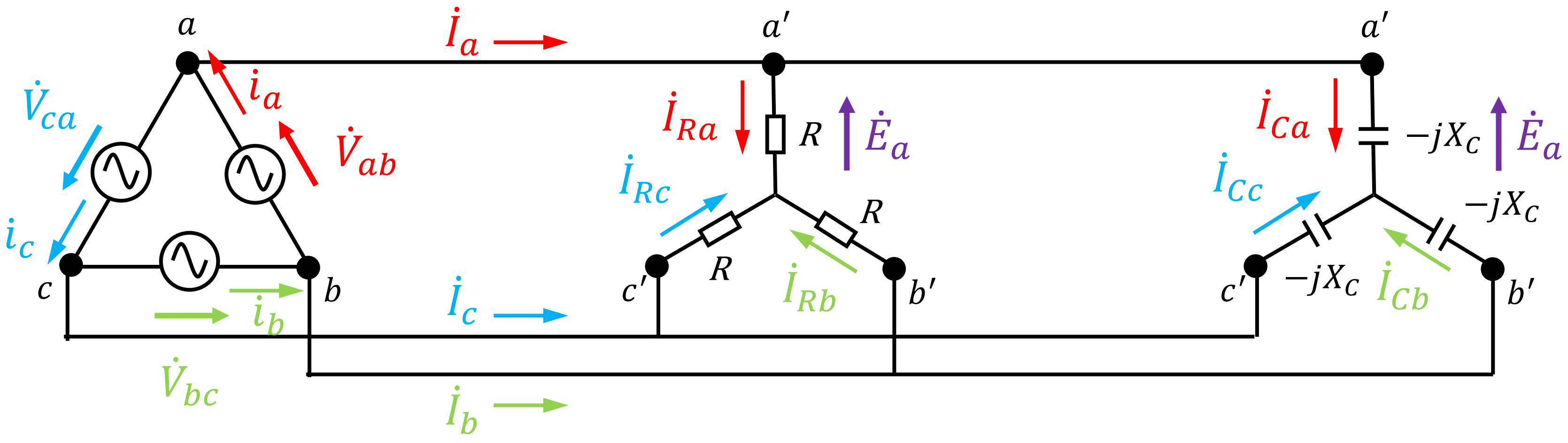
電圧のベクトル



電流のベクトル

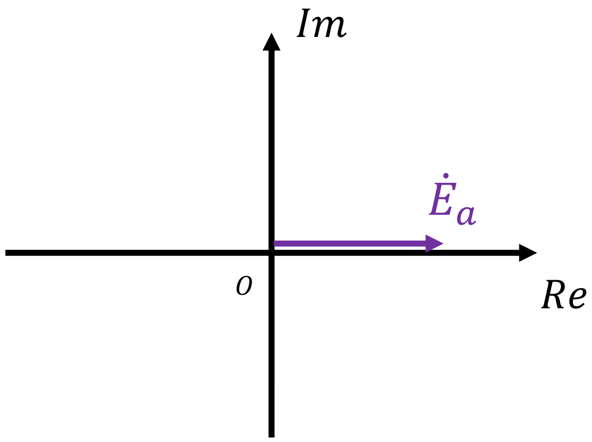


練習問題4

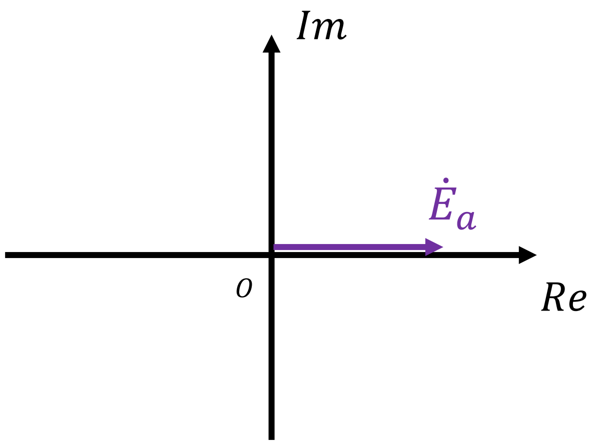


$R = 1\ \Omega$
$X_C = 1\ \Omega$

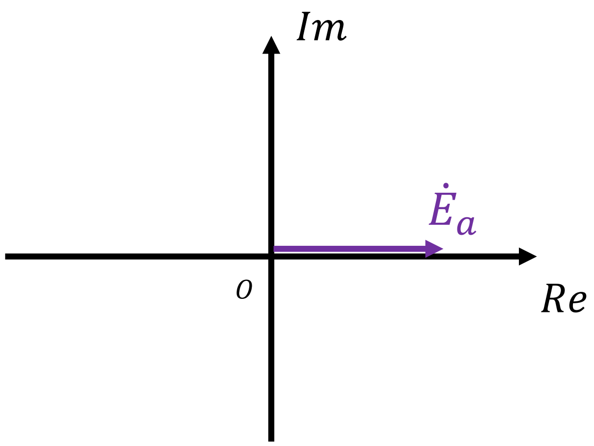
電流のベクトル $\dot{I}_R$



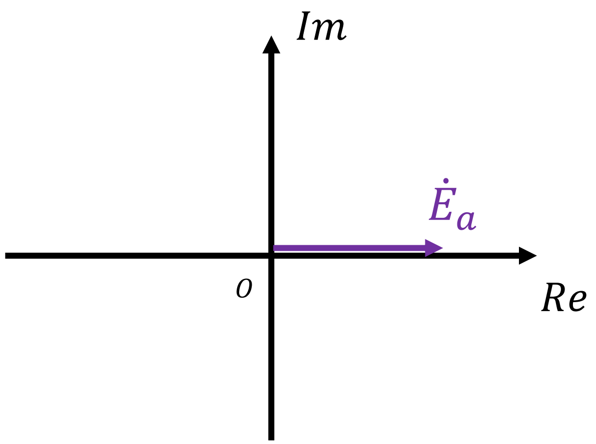
電流のベクトル $\dot{I}_C$



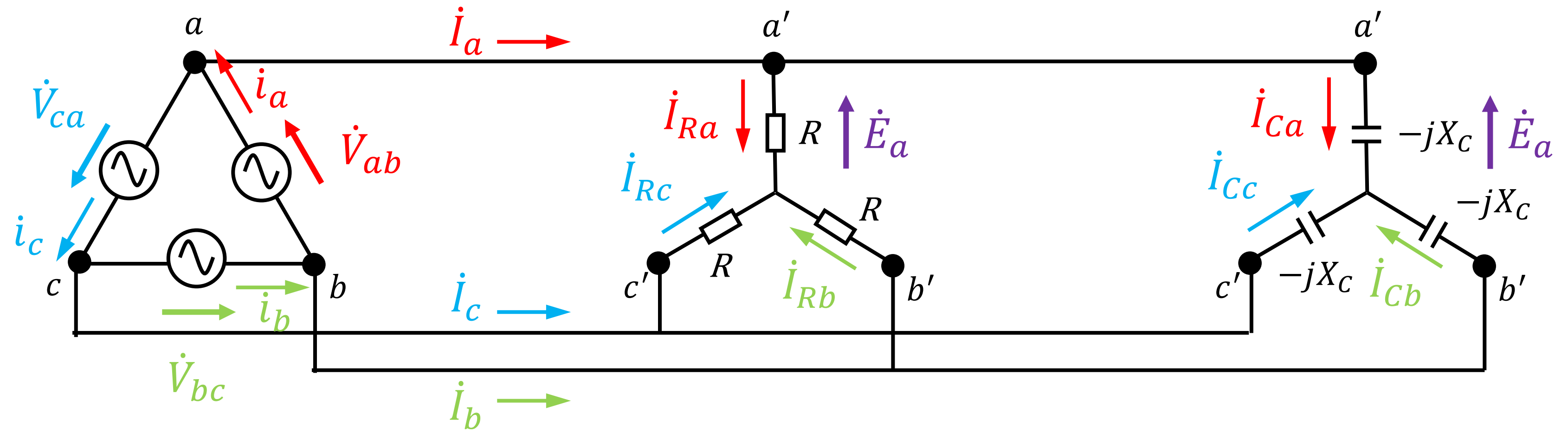
電流のベクトル $\dot{I}$



電流のベクトル $\dot{i}$



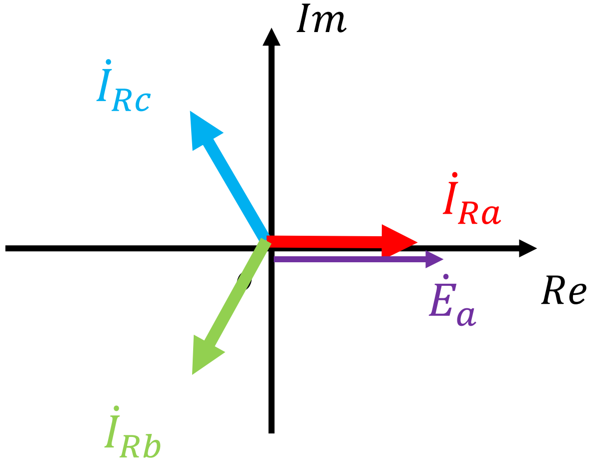
練習問題4（解答）



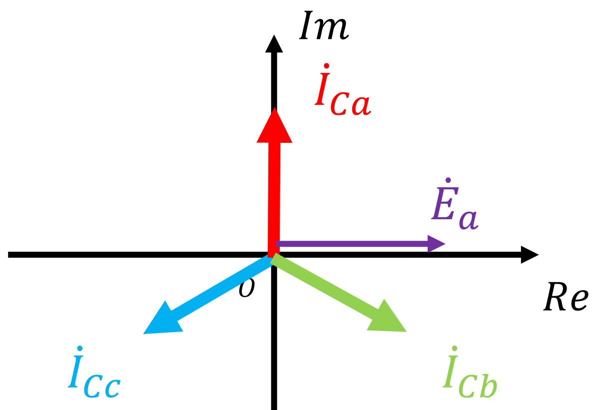
$R = 1\,\Omega$
$X_C = 1\,\Omega$

$$\dot{I}_{Ra} = \frac{\dot{E}_a}{R} \qquad \dot{I}_{Ca} = \frac{\dot{E}_a}{-jX_C} = j\frac{1}{X_C}\dot{E}_a$$

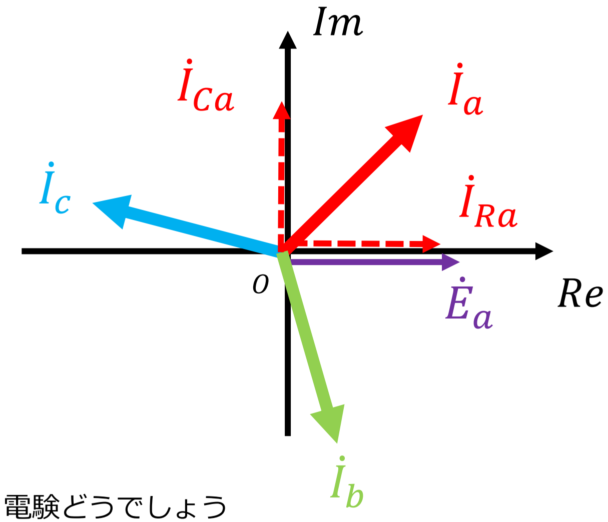
電流のベクトル $\dot{I}_R$



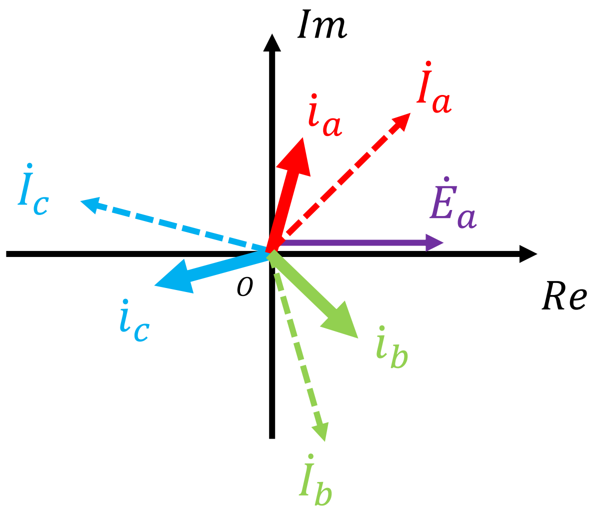
電流のベクトル $\dot{I}_C$



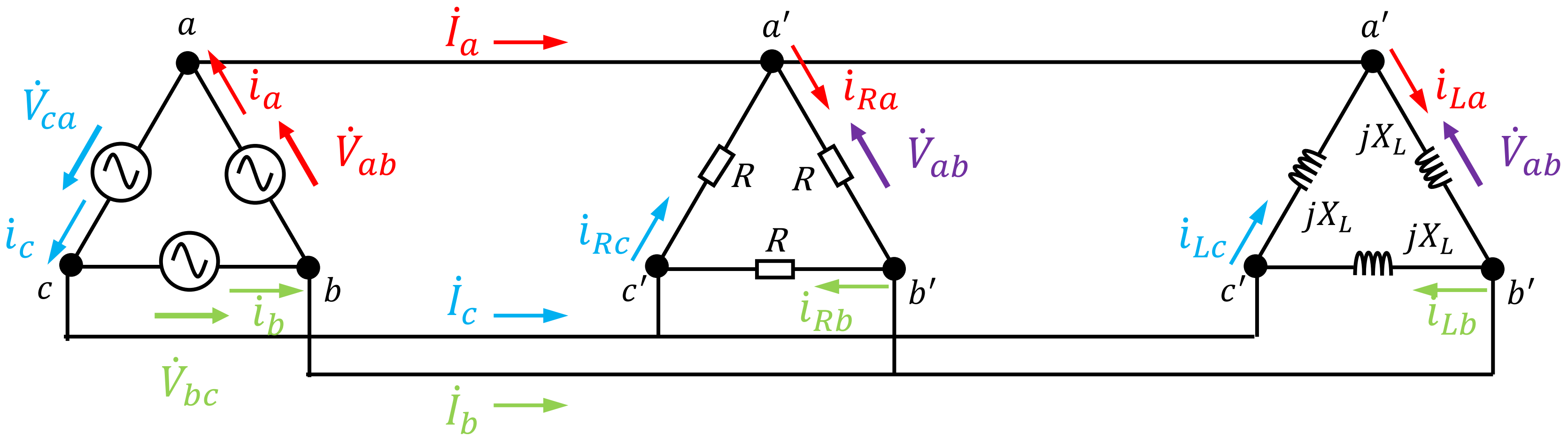
電流のベクトル $\dot{I}$



電流のベクトル $\dot{i}$

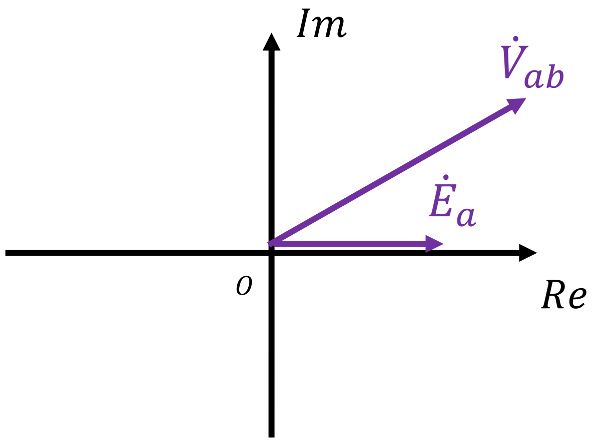


練習問題5

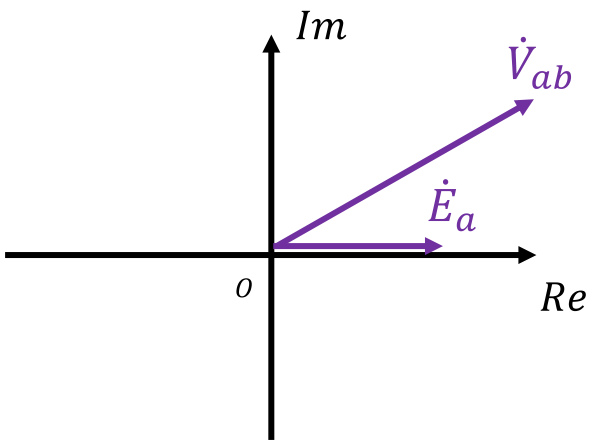


$R = 1\,\Omega$
$X_L = 1\,\Omega$

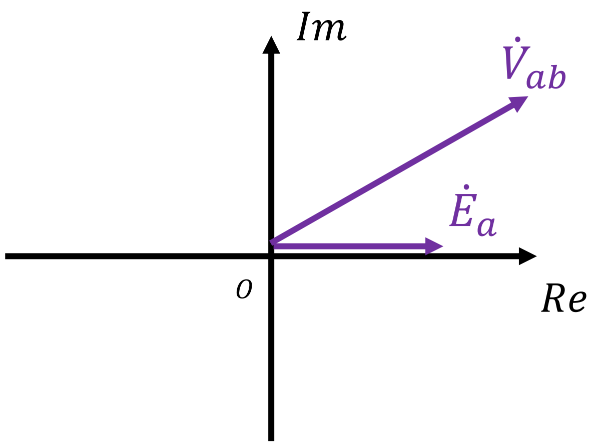
電流のベクトル $\dot{I}_R$



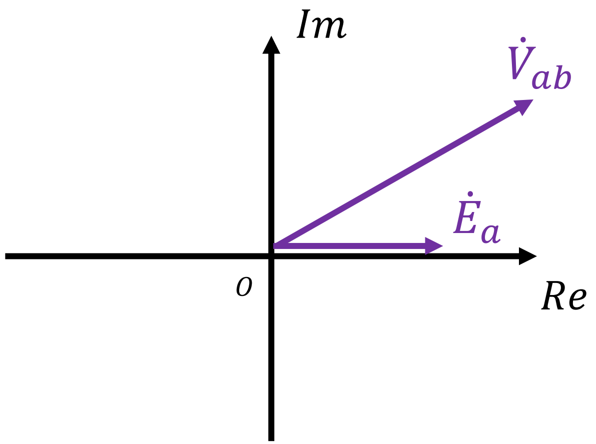
電流のベクトル $\dot{I}_L$



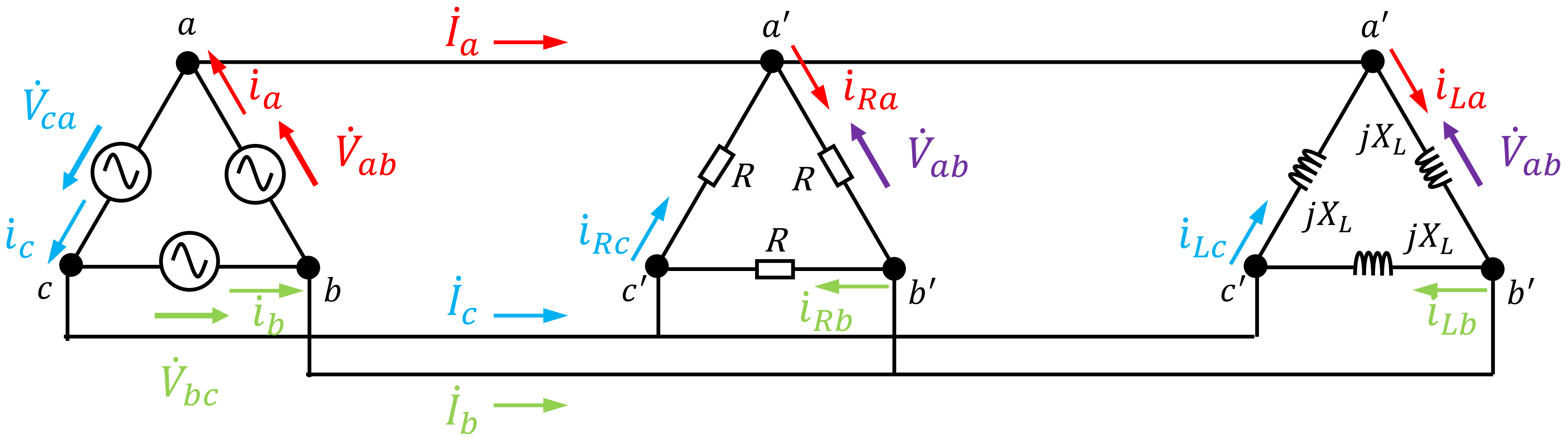
電流のベクトル $\dot{I}$



電流のベクトル $\dot{I}$



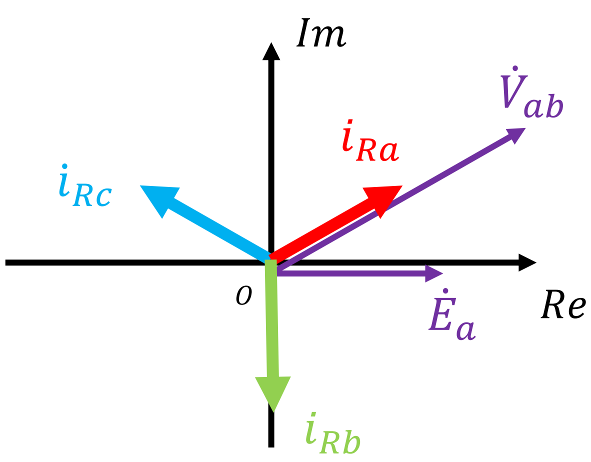
練習問題5（解答）



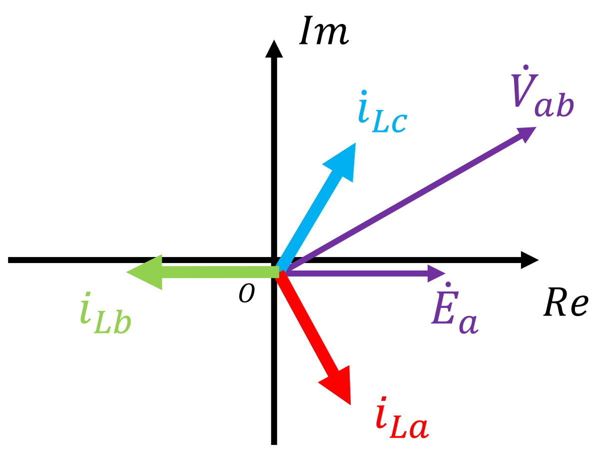
$R = 1\,\Omega$
$X_L = 1\,\Omega$

$$\dot{I}_{Ra} = \frac{\dot{V}_{ab}}{R} \qquad \dot{I}_{La} = \frac{\dot{V}_{ab}}{jX_L} = -j\frac{1}{X_L}\dot{V}_{ab}$$

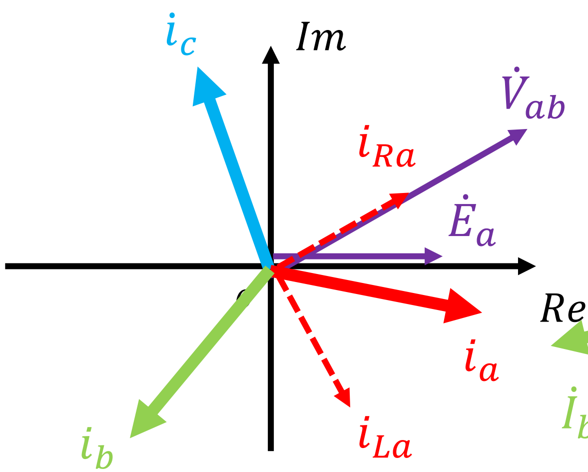
電流のベクトル $\dot{I}_R$



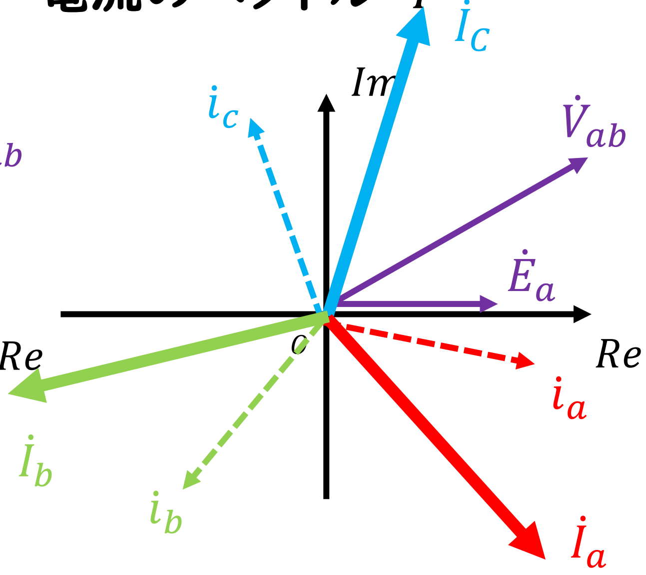
電流のベクトル $\dot{I}_L$



電流のベクトル $\dot{I}$



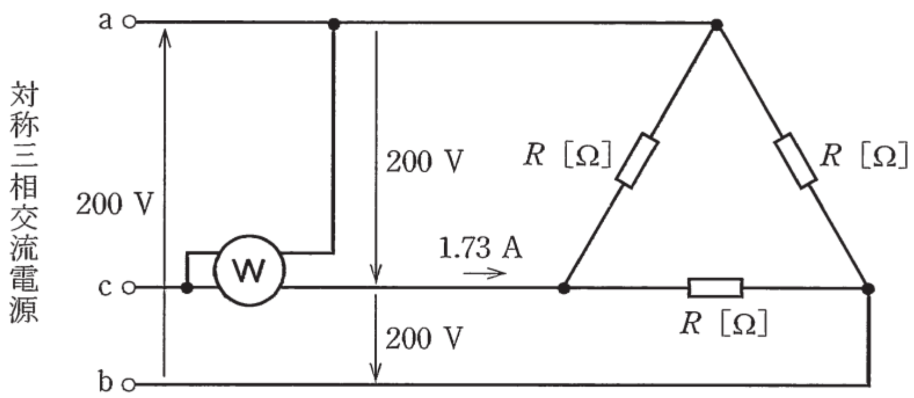
電流のベクトル $\dot{I}$



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。

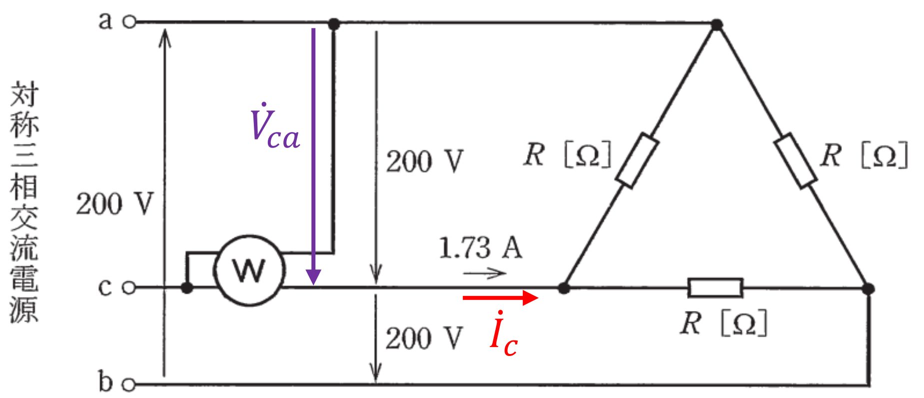


(1) 200　　(2) 300　　(3) 346　　(4) 400　　(5) 600

H26 問14

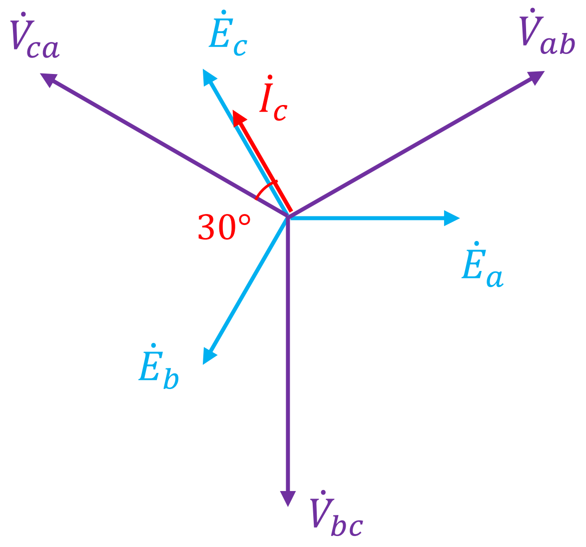
問14　図のように 200 V の対称三相交流電源に抵抗 R［Ω］からなる平衡三相負荷を接続したところ，線電流は 1.73 A であった。いま，電力計の電流コイルを c 相に接続し，電圧コイルを c－a 相間に接続したとき，電力計の指示 P［W］として，最も近い P の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

ベクトル図を描く



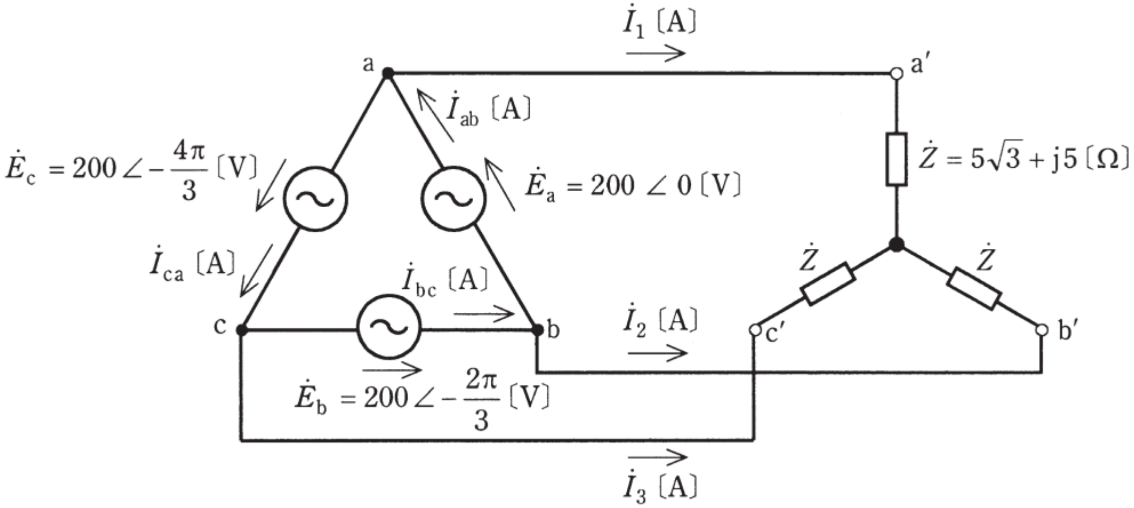
有効電力を求める

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

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)　$11.55\angle-\frac{\pi}{6}$

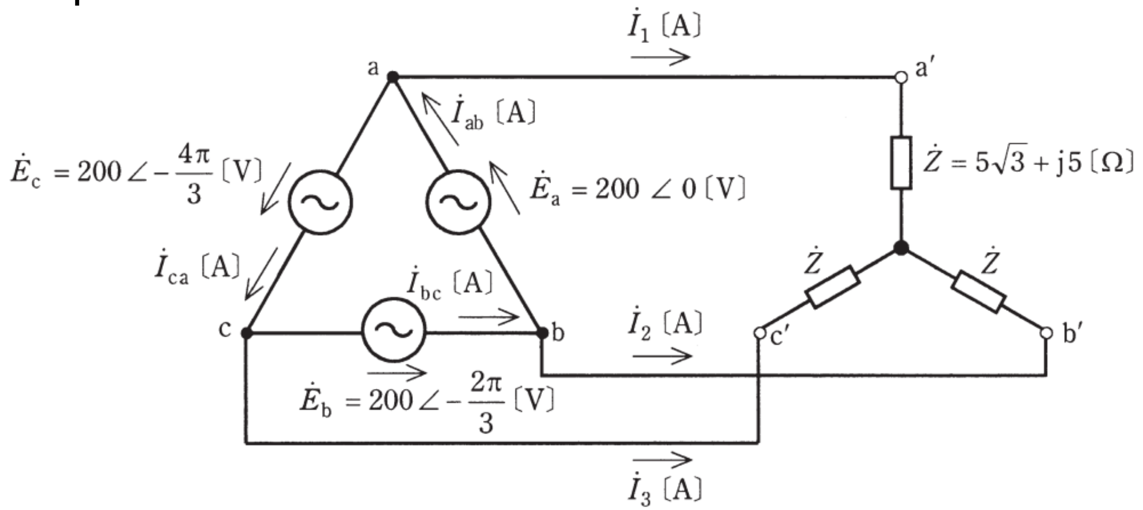
(b)　電流 $\dot{I}_{ab}$〔A〕の値として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

(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)　$6.67\angle-\frac{\pi}{6}$

H24 問16（設問a）



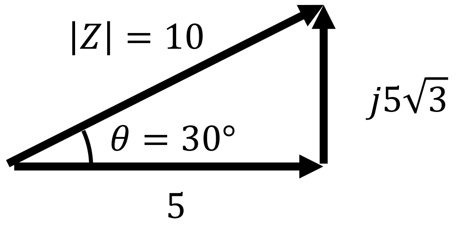
(a) 電流 $\dot{I}_1$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

フェーザ表示　$Z = A\angle\theta$

絶対値　角度（位相）

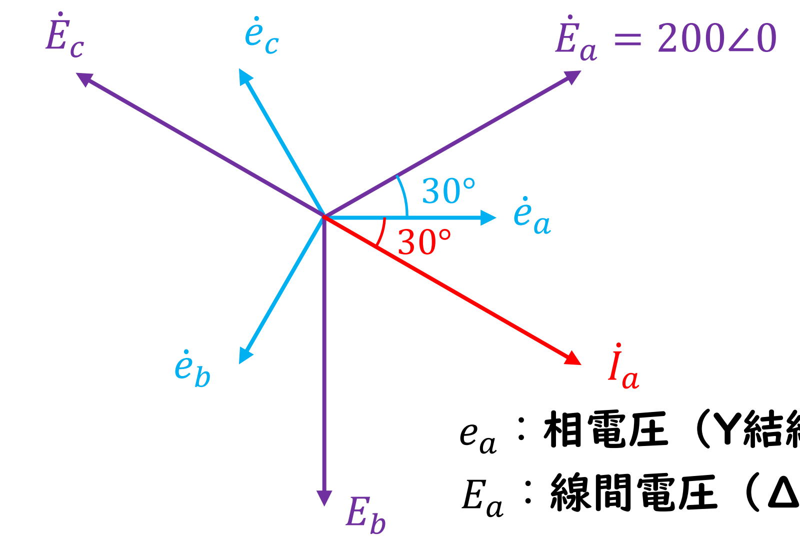
$$Z = 5\sqrt{3} + j5$$

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



$$Z = 10\angle 30°$$

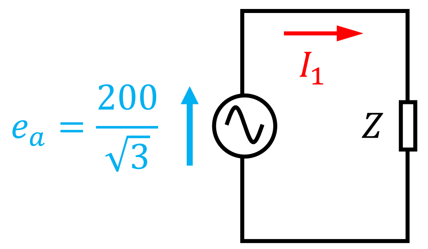
ベクトル図を描く（必ず相電圧を基準に作図する）



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

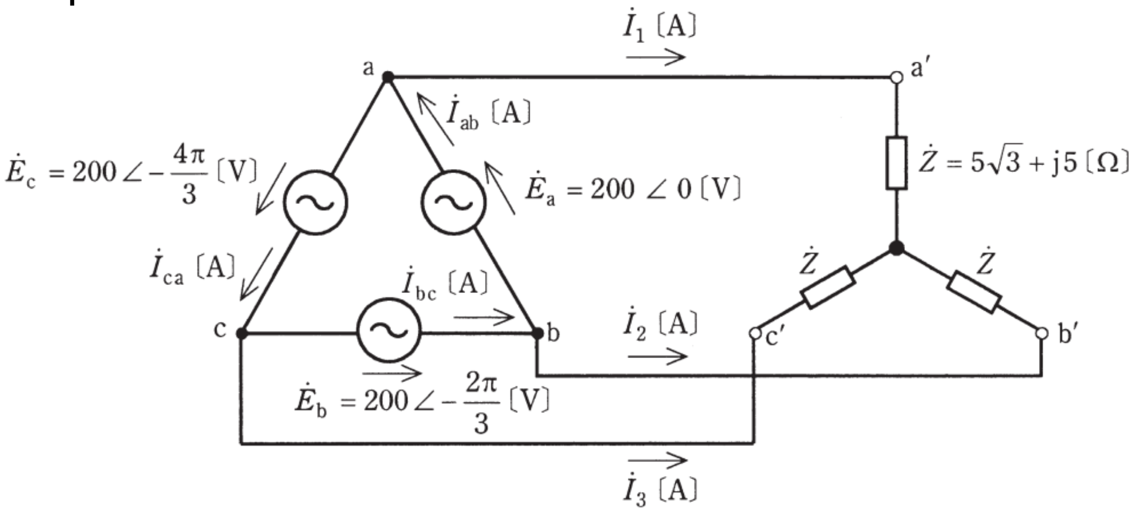


$$I_1 = \frac{e_a}{Z} = \frac{200/\sqrt{3}}{10} = 11.55\ \text{A}$$

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

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

H24 問16（設問b）



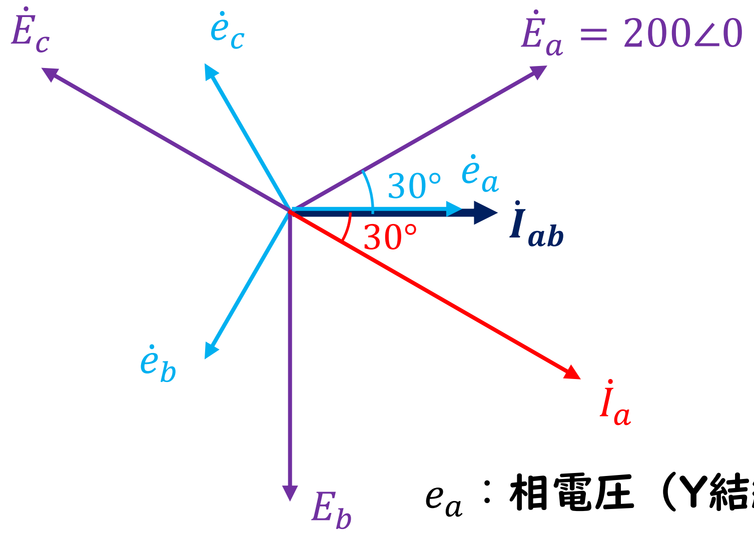
(b) 電流 $\dot{I}_{ab}$〔A〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

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）



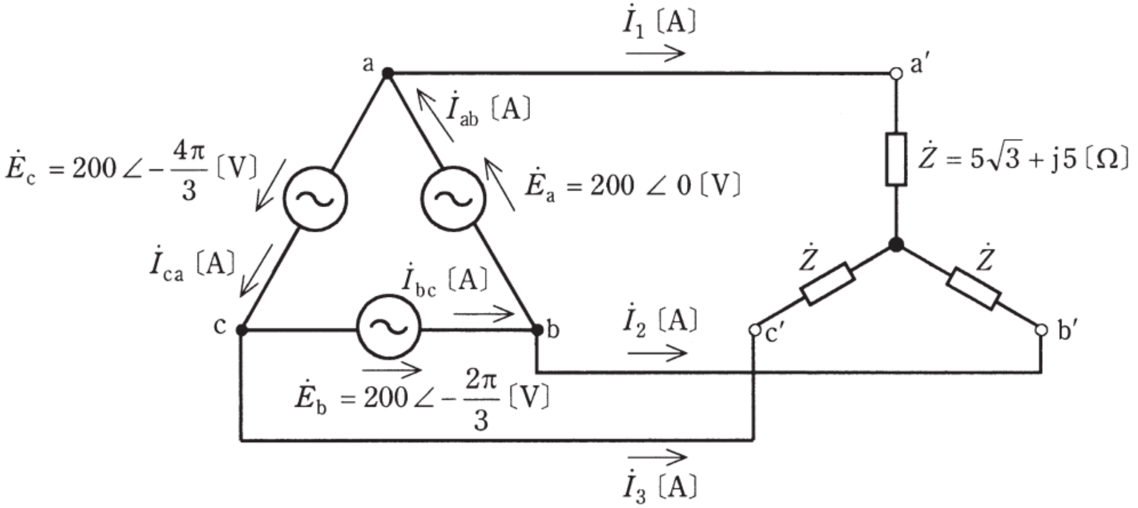
e_a：**相電圧（Y結線電源）**

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 $\dot{Z}=5\sqrt{3}+\mathrm{j}5$〔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) $11.55\angle-\frac{\pi}{3}$

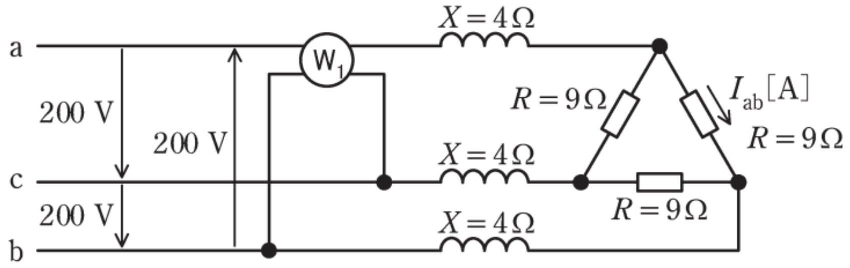
(3) $11.55\angle-\frac{\pi}{6}$　　(4) $6.67\angle-\frac{\pi}{3}$

(5) $6.67\angle-\frac{\pi}{6}$

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，$X=4\ \Omega$の誘導性リアクタンス 3 個，$R=9\ \Omega$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。



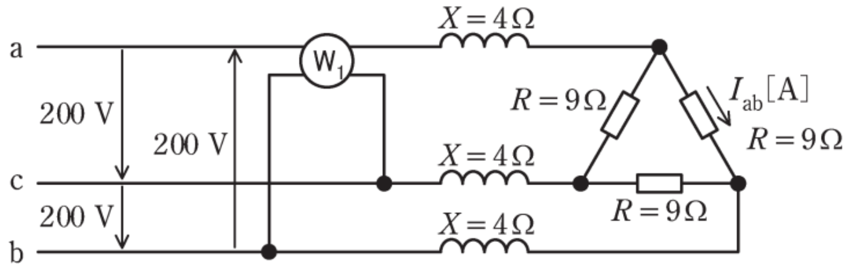
(a) $R=9\ \Omega$の抵抗に流れる電流 I_{ab} の実効値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

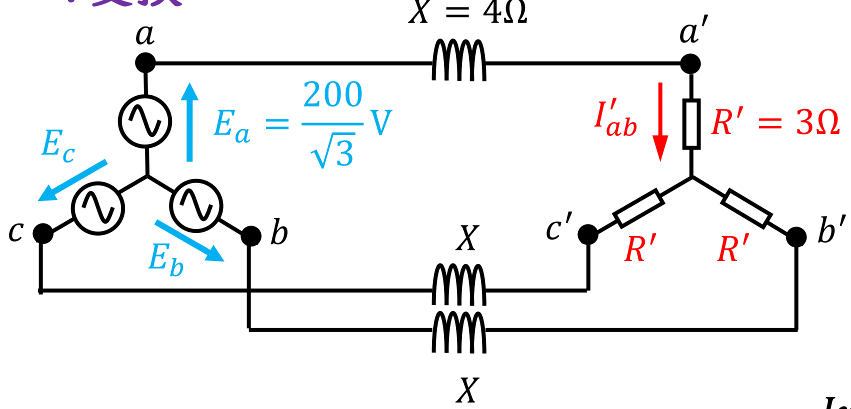
(b) 単相電力計 W_1 の指示値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

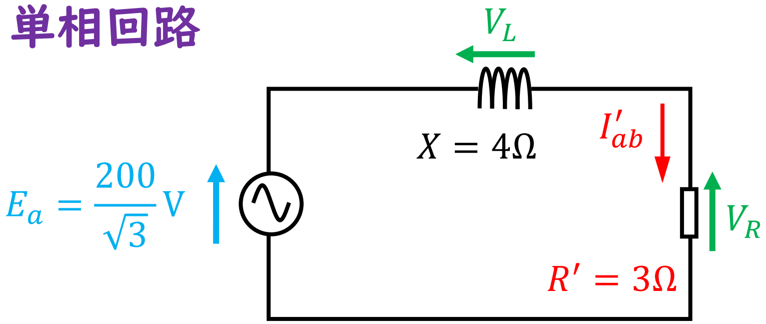
R02 問15（設問a）



Δ−Y変換



単相回路



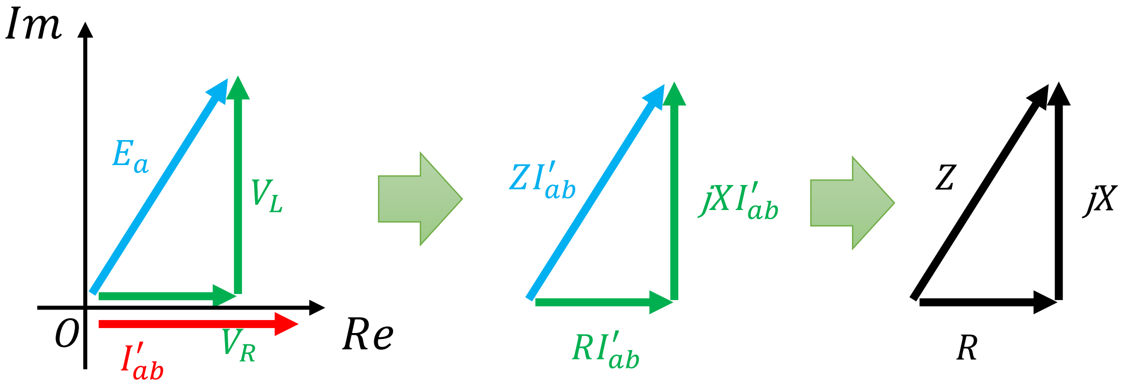
I'_{ab}を求める

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

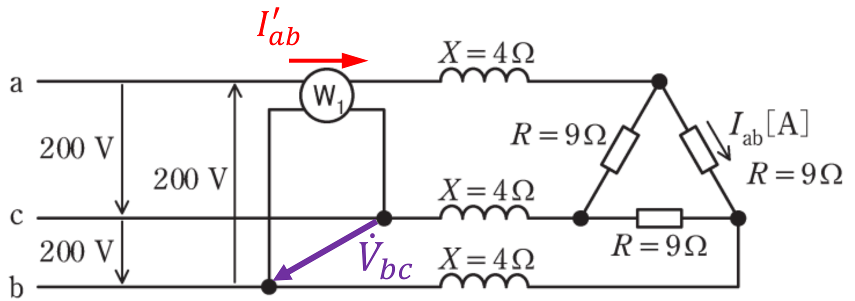
I'_{ab}からI_{ab}へ変換する

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

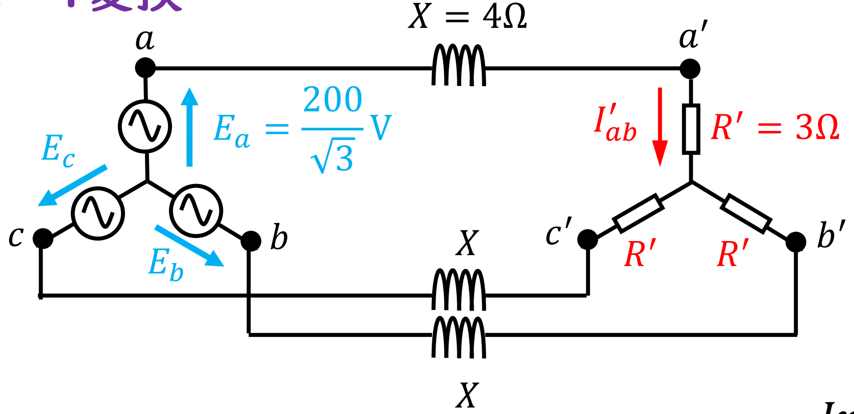
$$I_{ab} = \frac{I'_{ab}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{40}{\sqrt{3}} = \frac{40}{3} = 13.3\ \mathrm{A}$$

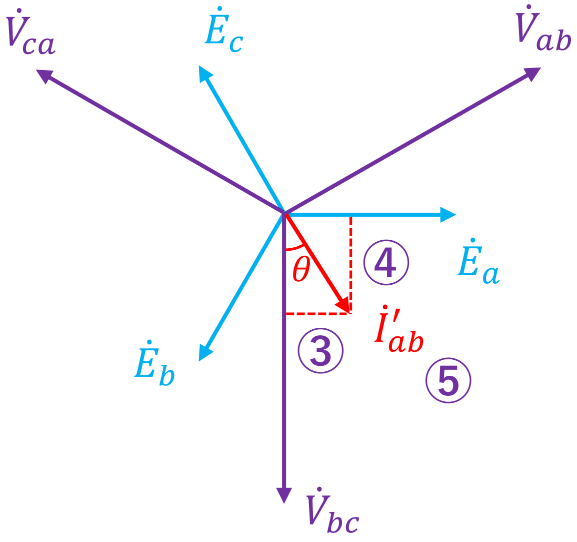


R02 問15（設問b）



Δ－Y変換

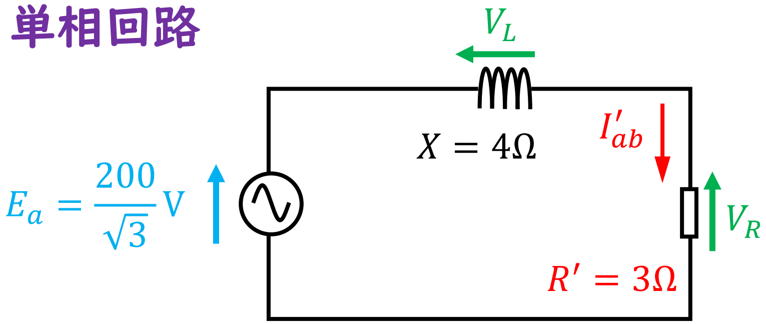


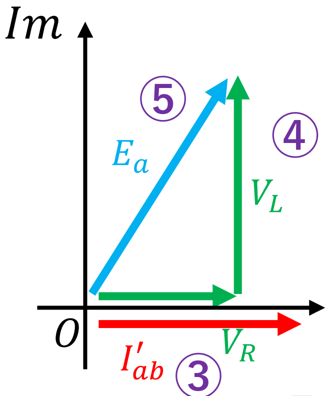


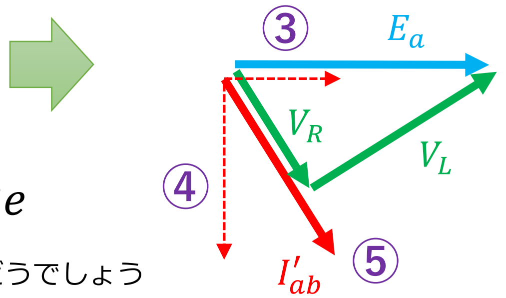
ベクトル図から$\dot{V}_{bc}$と$\dot{I}'_{ab}$の位相関係を確認する

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

単相回路







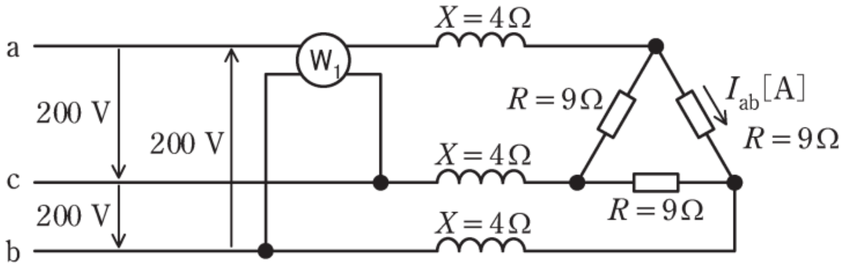
$$I'_{ab} = \frac{40}{\sqrt{3}}\ \mathrm{A}$$

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

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) $R=9\,\Omega$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

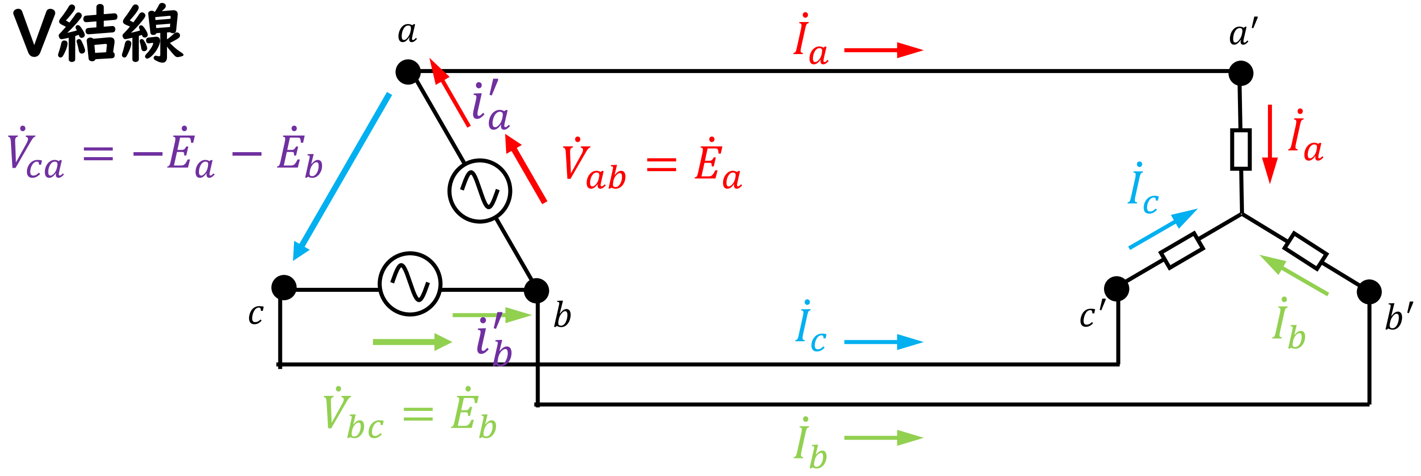
(b) 単相電力計 W_1 の指示値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

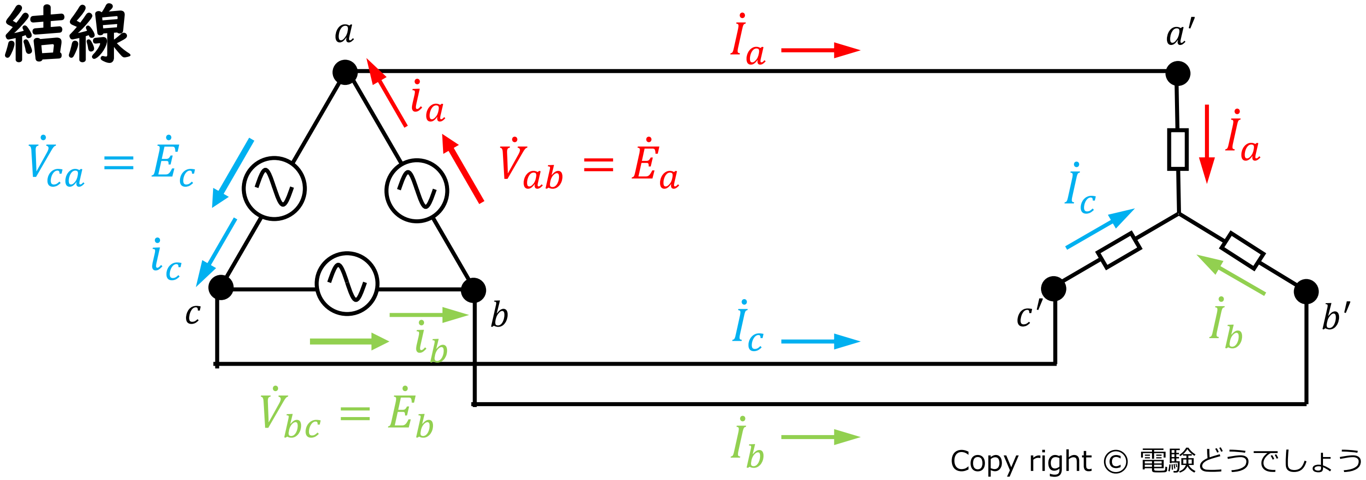
V結線の基本特性

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

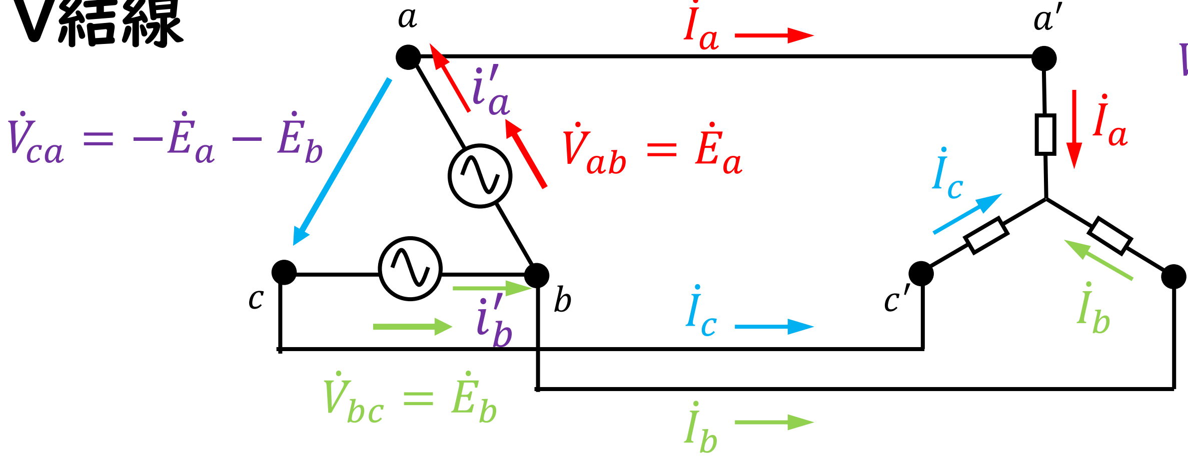


電流/電圧		V結線	Δ結線
電源側	線間電圧	同じ	
	相電圧	同じ	
	相電流	異なる	
送電線	線電流	同じ	
負荷側	線間電圧	同じ	
	相電圧	同じ	
	相電流	同じ	

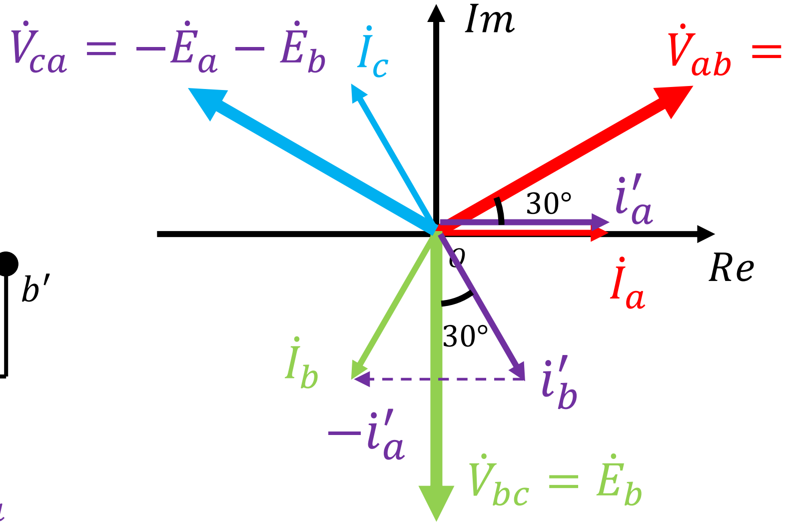
電力	V結線	Δ結線
変圧器の数	2個	3個
変圧器の合計容量 S	$2E_a I_a$	$3E_a i_a$
最大出力 P_{max}	$\sqrt{3}E_a I_a$	$3E_a i_a$
利用率 $P_{max}/S \times 100[\%]$	86.5 %	100 %

V結線のベクトル図

V結線



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



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)

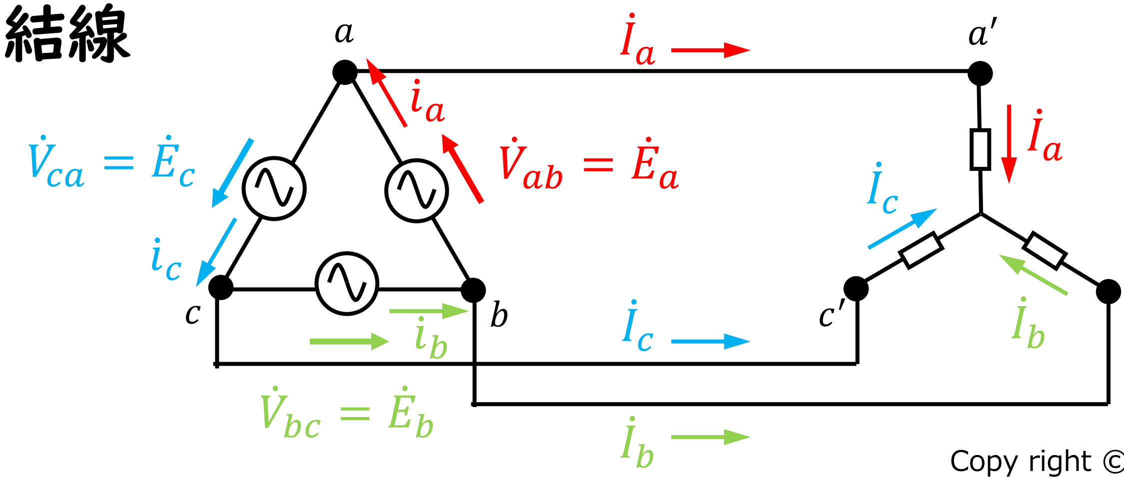
$S = E_a I_a \quad P = S\cos 30°$

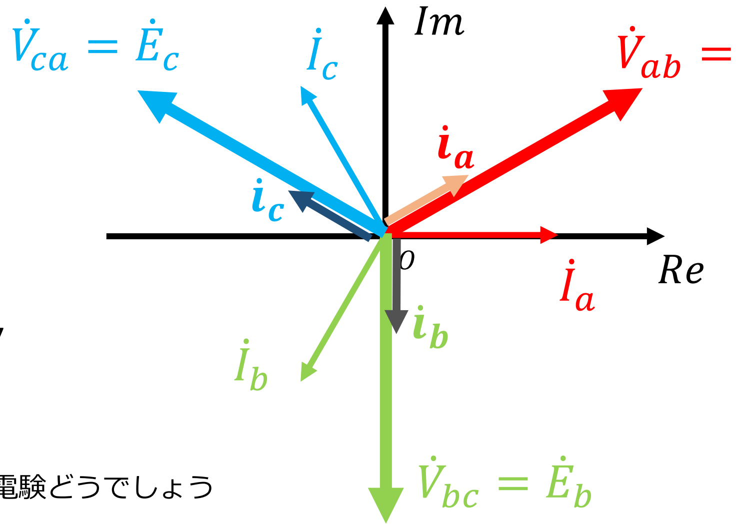
$P_{max} = 2P = 2S\cos 30°$

$= 2S \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}S$

$\therefore P_{max} = \sqrt{3}S$

Δ結線





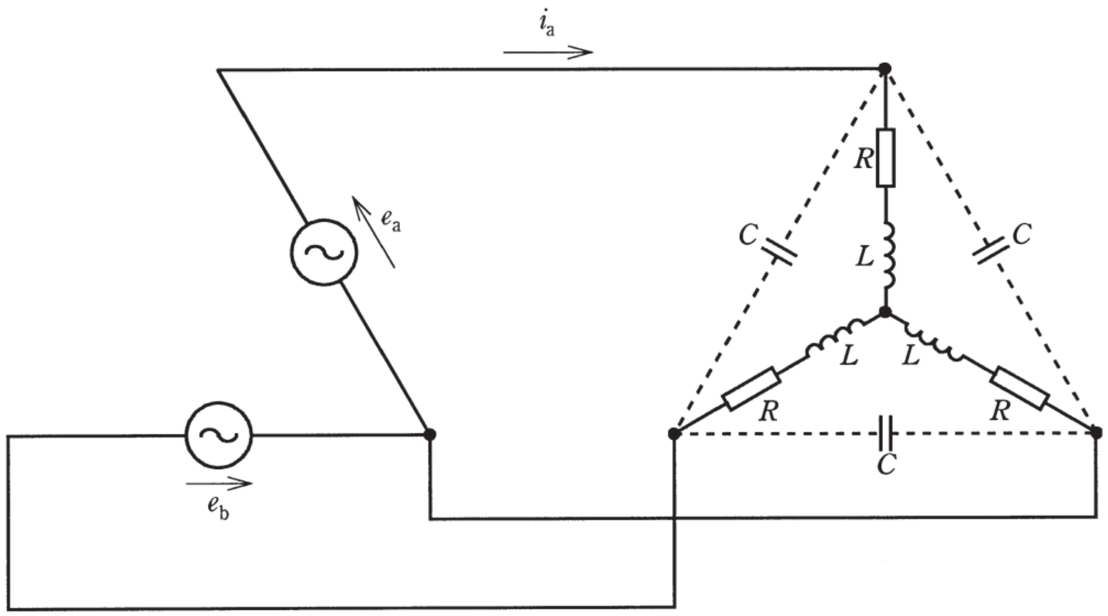
電源側相電圧と相電流の間に位相差はなく最大出力は$3S$
(Sは変圧器1台の電力容量)

$S = E_a i_a \quad P = S$

$\therefore P_{max} = 3S$

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，$R=5\,\Omega$，$L=16\,\mathrm{mH}$ 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。



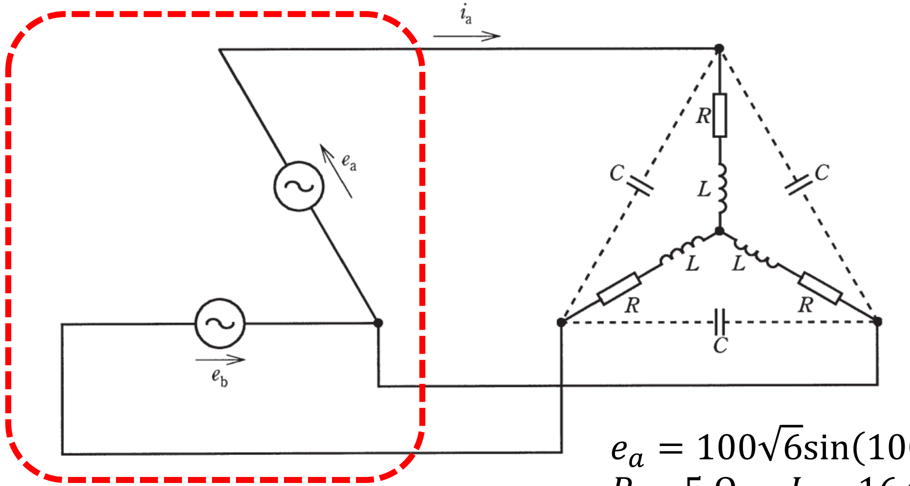
(a) 図の点線で示された配線を切断し，3 個のコンデンサを三相回路から切り離したとき，三相電力 P の値［kW］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(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。

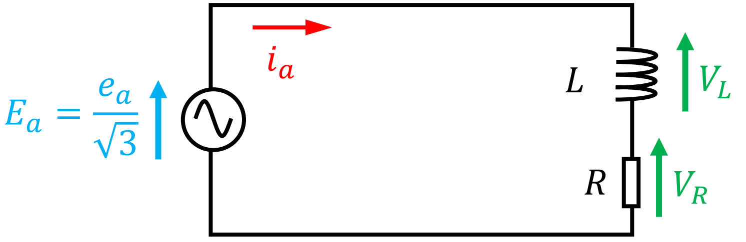
i_aを求める

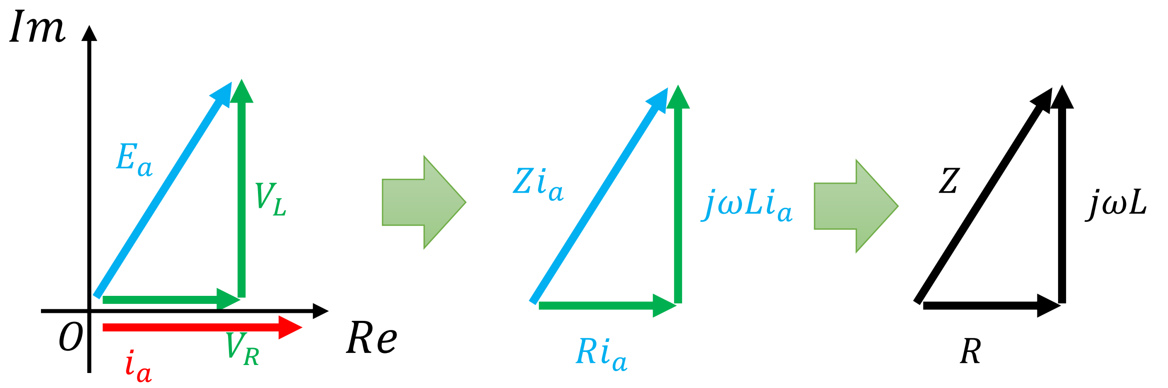
$$i_a = \frac{E_a}{Z} = \frac{e_a/\sqrt{3}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{100\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{5^2 + (2\pi \times 50 \times 16 \times 10^{-3})^2}}$$
$$= 14.1\ \mathrm{A}$$

Pを求める

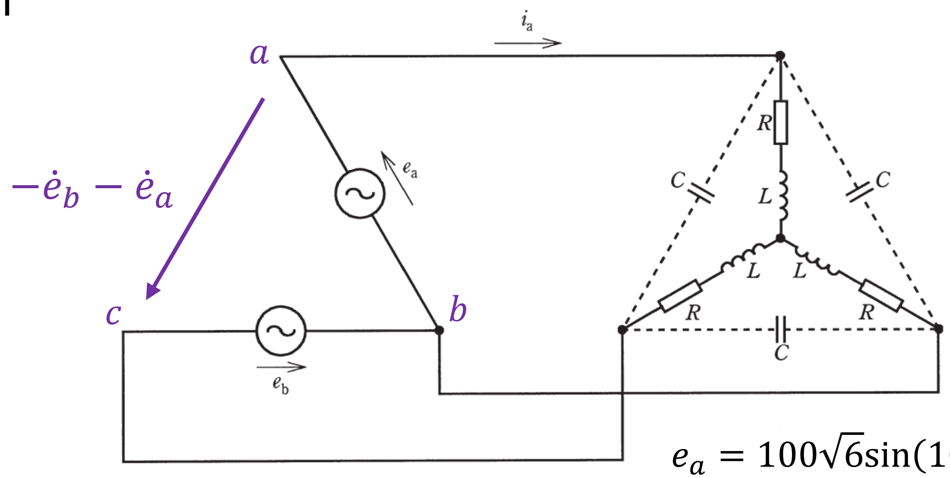
$$P = 3Ri_a^2 = 3 \times 5 \times 14.1^2 = 2986 = 3\ \mathrm{kW}$$

単相回路





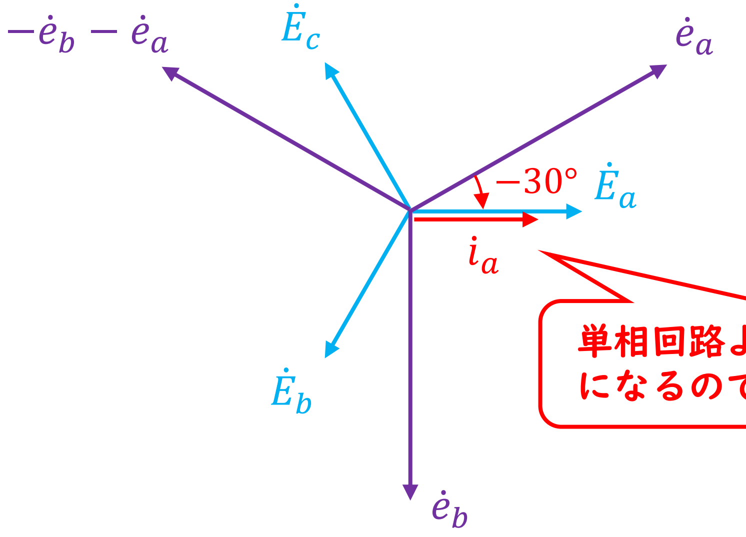
導出のポイント（設問b）



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

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

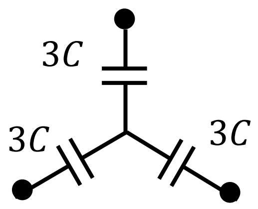
(b) 点線部を接続することによって同じ特性の 3 個のコンデンサを接続したところ，i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30°遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値［F］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



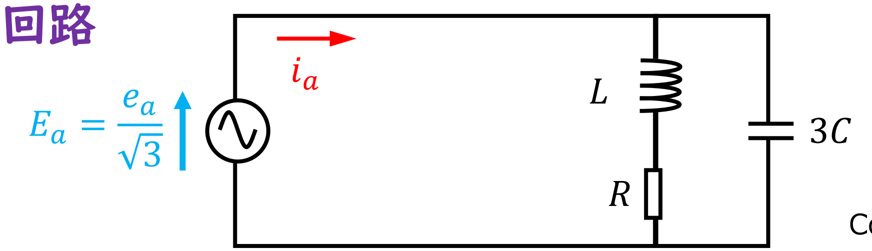
単相回路よりE_aとi_aが同相になるので力率が1となる

コンデンサ部分をΔ－Y変換

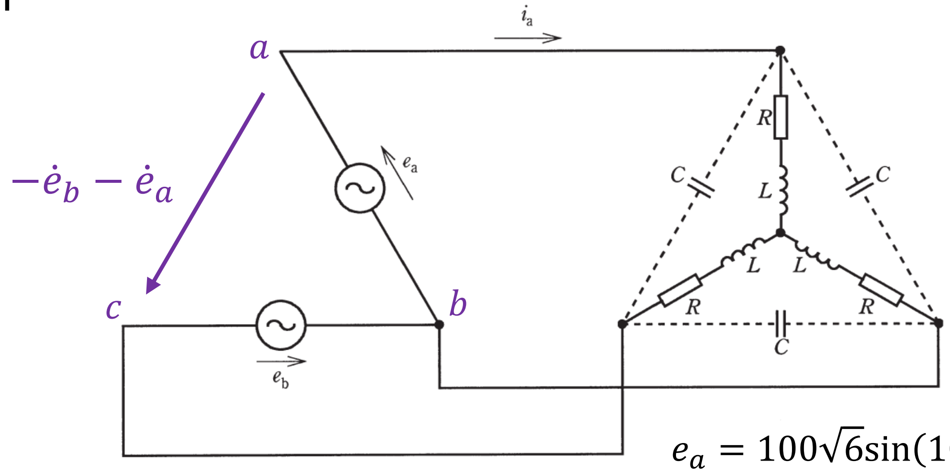
Y結線に変換するとインピーダンスは1/3倍になるので、Cは3倍になる



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。

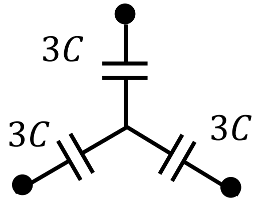
$1/Z$の式を作る

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

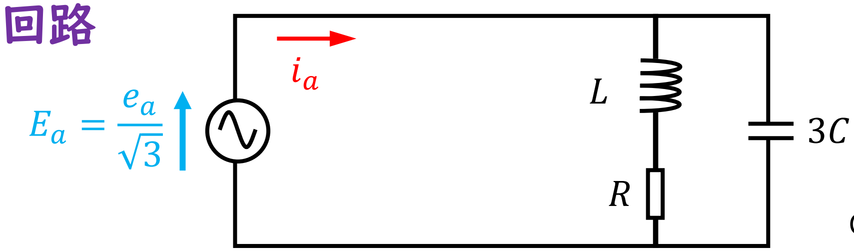
虚数成分が0になるとき、力率が1となる

コンデンサ部分をΔ−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

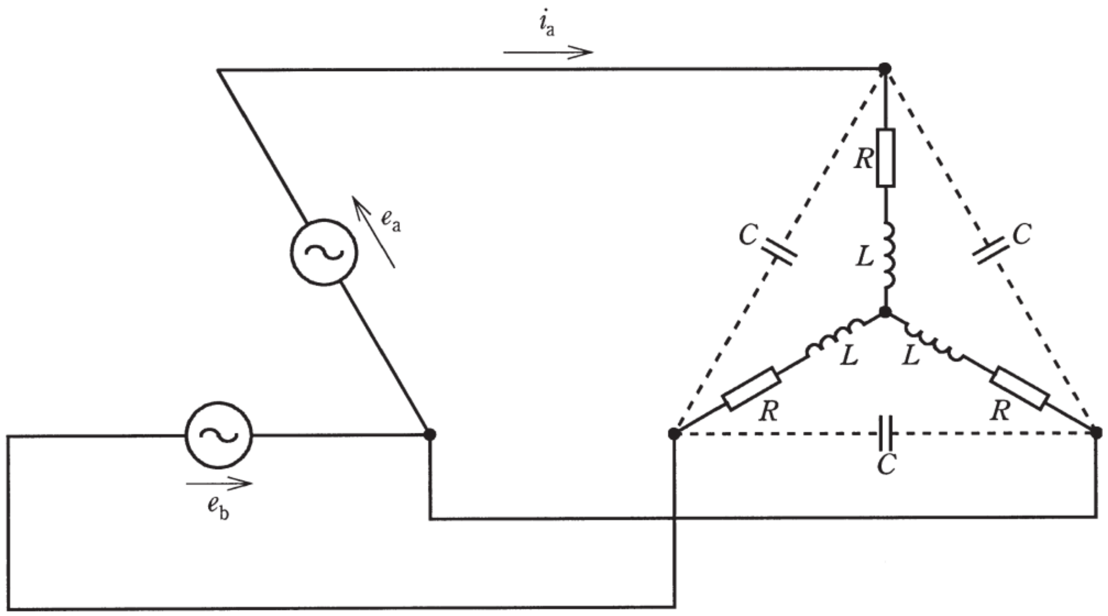


$$3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} = 0 \rightarrow C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

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

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，$R=5\,\Omega$，$L=16\,\mathrm{mH}$ 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}

H23 問17

(a) 次の文章は，電力計の原理に関する記述である。

図 1 に示す電力計は，固定コイル F1，F2 に流れる負荷電流 $\dot{I}$〔A〕による磁界の強さと，可動コイル M に流れる電流 $\dot{I}_M$〔A〕の積に比例したトルクが可動コイルに生じる。したがって，指針の振れ角 θ は $\boxed{(ア)}$ に比例する。

このような形の計器は，一般に $\boxed{(イ)}$ 計器といわれ，$\boxed{(ウ)}$ の測定に使用される。

負荷 $\dot{Z}$〔Ω〕が誘導性の場合，電圧 $\dot{V}$〔V〕のベクトルを基準に負荷電流 $\dot{I}$〔A〕のベクトルを描くと，図 2 に示すベクトル①，②，③のうち $\boxed{(エ)}$ のように表される。ただし，φ〔rad〕は位相角である。

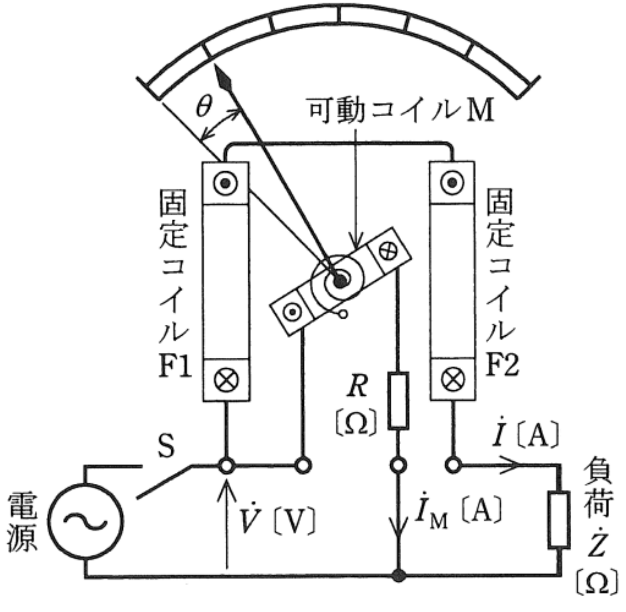


図 1

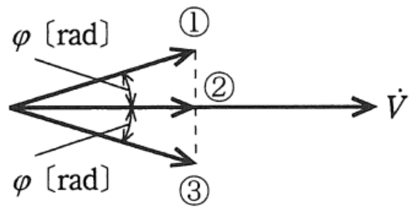


図 2

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	負荷電力	電流力計形	交　流	③
(2)	電力量	可動コイル形	直　流	②
(3)	負荷電力	誘導形	交流直流両方	①
(4)	電力量	可動コイル形	交流直流両方	②
(5)	負荷電力	電流力計形	交流直流両方	③

H23 問17

(a) 次の文章は，電力計の原理に関する記述である。

図 1 に示す電力計は，固定コイル F1，F2 に流れる負荷電流 $\dot{I}$〔A〕による磁界の強さと，可動コイル M に流れる電流 $\dot{I}_M$〔A〕の積に比例したトルクが可動コイルに生じる。したがって，指針の振れ角 θ は (ア) 負荷電力 に比例する。

このような形の計器は，一般に (イ) 電流力計形 計器といわれ，(ウ) 交流直流両方 の測定に使用される。

負荷 $\dot{Z}$〔Ω〕が誘導性の場合，電圧 $\dot{V}$〔V〕のベクトルを基準に負荷電流 $\dot{I}$〔A〕のベクトルを描くと，図 2 に示すベクトル①，②，③のうち (エ) ③ のように表される。ただし，φ〔rad〕は位相角である。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	負荷電力	電流力計形	交　流	③
(2)	電力量	可動コイル形	直　流	②
(3)	負荷電力	誘導形	交流直流両方	①
(4)	電力量	可動コイル形	交流直流両方	②
(5)	負荷電力	電流力計形	交流直流両方	③

点線枠の内側が電力計

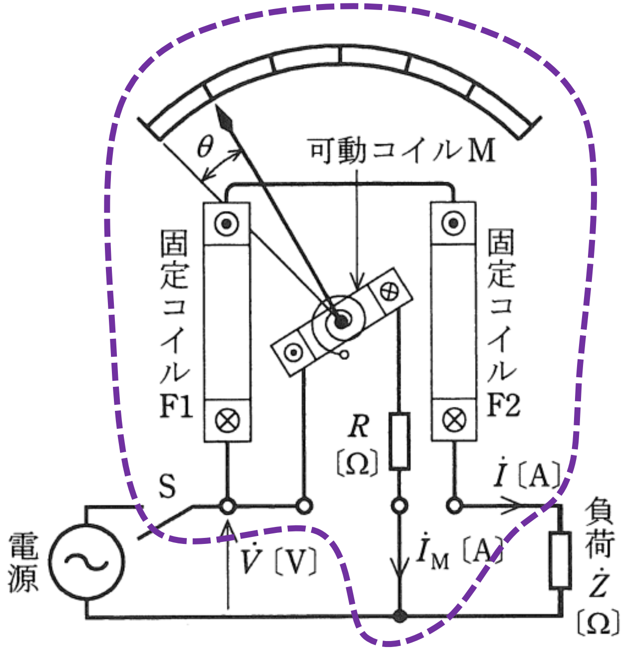


図 1

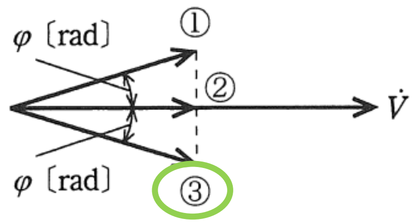


図 2

負荷が誘導性だと
電圧に対して電流は遅れる

負荷電流Iの計測
→電源と負荷の間に固定コイルを直列に接続
負荷電流に比例した磁束密度が発生

負荷電圧Vの計測
→負荷に並列に可動コイルを接続
負荷電圧に比例した制御電流I_Mが可動コイルに流れる

ローレンツ力$F = I_M \times B$に比例した力が可動コイルに加わり、
負荷電流Iと負荷電圧Vの積（電力）に比例して指針が振れる

H23 問17

(b) 次の文章は，図 1 で示した単相電力計を 2 個使用し，三相電力を測定する 2 電力計法の理論に関する記述である。

図 3 のように，誘導性負荷 $\dot{Z}$ を 3 個接続した平衡三相負荷回路に対称三相交流電源が接続されている。ここで，線間電圧を $\dot{V}_{ab}$〔V〕，$\dot{V}_{bc}$〔V〕，$\dot{V}_{ca}$〔V〕，負荷の相電圧を $\dot{V}_a$〔V〕，$\dot{V}_b$〔V〕，$\dot{V}_c$〔V〕，線電流を $\dot{I}_a$〔A〕，$\dot{I}_b$〔A〕，$\dot{I}_c$〔A〕で示す。

この回路で，図のように単相電力計 W_1 と W_2 を接続すれば，平衡三相負荷の電力が，2 個の単相電力計の指示の和として求めることができる。

単相電力計 W_1 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{ac}$ は，図 4 のベクトル図から $\dot{V}_{ac}=\dot{V}_a-\dot{V}_c$ となる。また，単相電力計 W_2 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{bc}$ は $\dot{V}_{bc}=\boxed{\text{(オ)}}$ となる。

それぞれの電流コイルに流れる電流 $\dot{I}_a$，$\dot{I}_b$ と電圧の関係は図 4 のようになる。図 4 における ϕ〔rad〕は相電圧と線電流の位相角である。

線間電圧の大きさを $V_{ab}=V_{bc}=V_{ca}=V$〔V〕，線電流の大きさを $I_a=I_b=I_c=I$〔A〕とおくと，単相電力計 W_1 及び W_2 の指示をそれぞれ P_1〔W〕，P_2〔W〕とすれば，

$$P_1=V_{ac}I_a\cos(\boxed{\text{(カ)}})\ \text{〔W〕}$$

$$P_2=V_{bc}I_b\cos(\boxed{\text{(キ)}})\ \text{〔W〕}$$

したがって，P_1 と P_2 の和 P〔W〕は，

$$P=P_1+P_2=VI(\boxed{\text{(ク)}})\cos\phi=\sqrt{3}VI\cos\phi\ \text{〔W〕}$$

となるので，2 個の単相電力計の指示の和は三相電力に等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(オ)，(カ)，(キ)及び(ク)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。

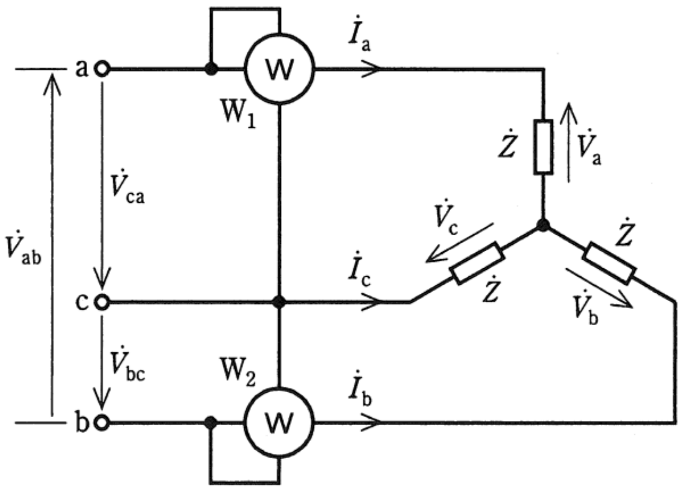


図 3

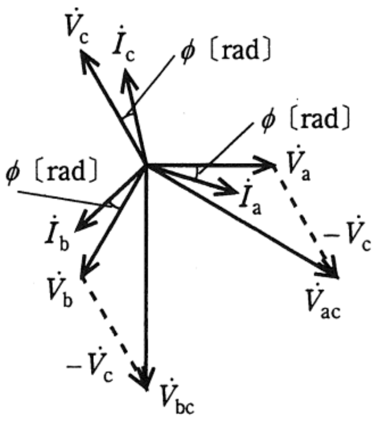


図 4

	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
(1)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{6}-\phi$	$\frac{\pi}{6}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{6}$
(2)	$\dot{V}_c-\dot{V}_b$	$\phi-\frac{\pi}{6}$	$\phi+\frac{\pi}{6}$	$2\sin\frac{\pi}{6}$
(3)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{6}-\phi$	$\frac{\pi}{6}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{3}$
(4)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{3}-\phi$	$\frac{\pi}{3}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{6}$
(5)	$\dot{V}_c-\dot{V}_b$	$\frac{\pi}{3}-\phi$	$\frac{\pi}{3}+\phi$	$2\sin\frac{\pi}{3}$

H23 問17

(b) 次の文章は，図 1 で示した単相電力計を 2 個使用し，三相電力を測定する 2 電力計法の理論に関する記述である。

図 3 のように，誘導性負荷 $\dot{Z}$ を 3 個接続した平衡三相負荷回路に対称三相交流電源が接続されている。ここで，線間電圧を $\dot{V}_{ab}$〔V〕，$\dot{V}_{bc}$〔V〕，$\dot{V}_{ca}$〔V〕，負荷の相電圧を $\dot{V}_a$〔V〕，$\dot{V}_b$〔V〕，$\dot{V}_c$〔V〕，線電流を $\dot{I}_a$〔A〕，$\dot{I}_b$〔A〕，$\dot{I}_c$〔A〕で示す。

この回路で，図のように単相電力計 W_1 と W_2 を接続すれば，平衡三相負荷の電力が，2 個の単相電力計の指示の和として求めることができる。

単相電力計 W_1 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{ac}$ は，図 4 のベクトル図から $\dot{V}_{ac}=\dot{V}_a-\dot{V}_c$ となる。また，単相電力計 W_2 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{bc}$ は $\dot{V}_{bc}=$ (オ) $\dot{V}_b-\dot{V}_c$ となる。

それぞれの電流コイルに流れる電流 $\dot{I}_a$，$\dot{I}_b$ と電圧の関係は図 4 のようになる。図 4 における ϕ〔rad〕は相電圧と線電流の位相角である。

線間電圧の大きさを $V_{ab}=V_{bc}=V_{ca}=V$〔V〕，線電流の大きさを $I_a=I_b=I_c=I$〔A〕とおくと，単相電力計 W_1 及び W_2 の指示をそれぞれ P_1〔W〕，P_2〔W〕とすれば，

$$P_1=V_{ac}I_a\cos(\text{(カ)}\ \tfrac{\pi}{6}-\phi)\ \text{〔W〕}$$

$$P_2=V_{bc}I_b\cos(\text{(キ)}\ \tfrac{\pi}{6}+\phi)\ \text{〔W〕}$$

したがって，P_1 と P_2 の和 P〔W〕は，

$$P=P_1+P_2=VI(\text{(ク)}\ 2\cos\tfrac{\pi}{6})\cos\phi=\sqrt{3}VI\cos\phi\ \text{〔W〕}$$

となるので，2 個の単相電力計の指示の和は三相電力に等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(オ)，(カ)，(キ)及び(ク)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

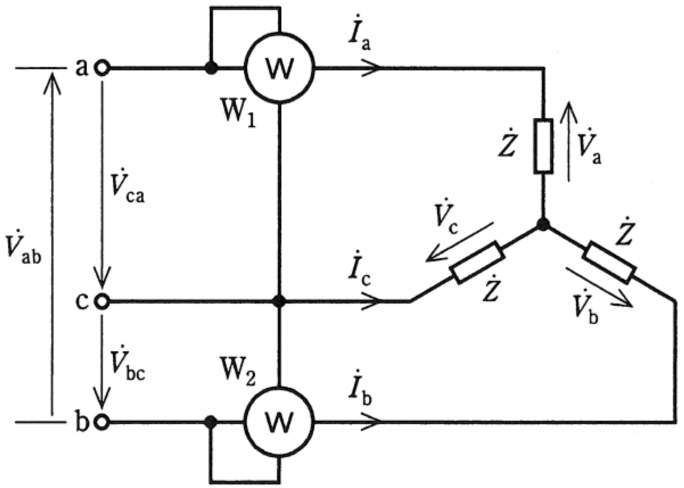


図 3

$$P_1+P_2=VI\cos\left(\frac{\pi}{6}-\phi\right)+VI\cos\left(\frac{\pi}{6}+\phi\right)$$

$$=VI\left\{\cos\left(\frac{\pi}{6}-\phi\right)+\cos\left(\frac{\pi}{6}+\phi\right)\right\}$$

$$=VI\left\{\cos\frac{\pi}{6}\cos\phi+\sin\frac{\pi}{6}\sin\phi+\cos\frac{\pi}{6}\cos\phi-\sin\frac{\pi}{6}\sin\phi\right\}$$

三角関数の加法定理

$$=VI\times 2\cos\frac{\pi}{6}\cos\phi=VI\times 2\times\frac{\sqrt{3}}{2}\cos\phi$$

$$\therefore P_1+P_2=\sqrt{3}VI\cos\phi$$

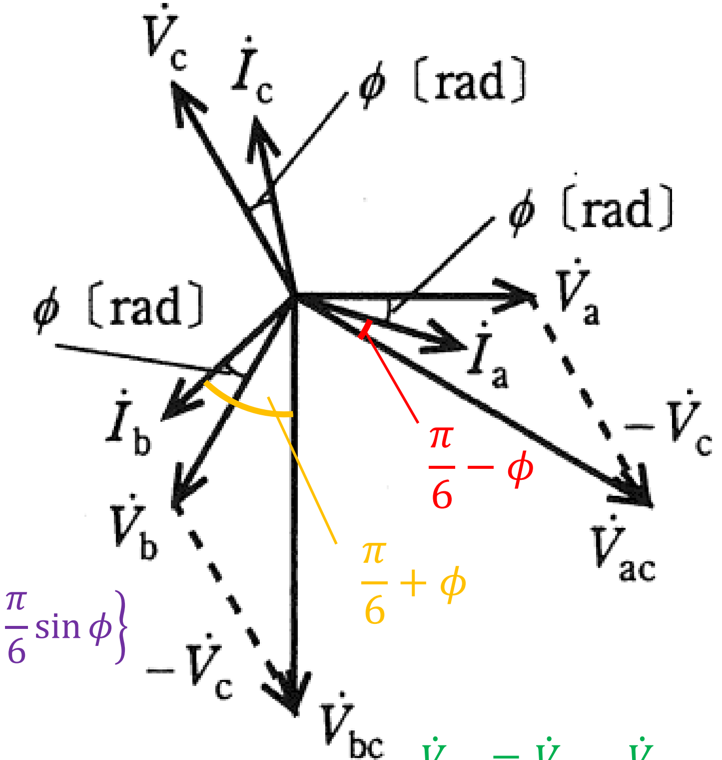


図 4

H23 問17

(b) 次の文章は，図１で示した単相電力計を２個使用し，三相電力を測定する２電力計法の理論に関する記述である。

図３のように，誘導性負荷 $\dot{Z}$ を３個接続した平衡三相負荷回路に対称三相交流電源が接続されている。ここで，線間電圧を $\dot{V}_{ab}$〔V〕，$\dot{V}_{bc}$〔V〕，$\dot{V}_{ca}$〔V〕，負荷の相電圧を $\dot{V}_a$〔V〕，$\dot{V}_b$〔V〕，$\dot{V}_c$〔V〕，線電流を $\dot{I}_a$〔A〕，$\dot{I}_b$〔A〕，$\dot{I}_c$〔A〕で示す。

この回路で，図のように単相電力計 W_1 と W_2 を接続すれば，平衡三相負荷の電力が，２個の単相電力計の指示の和として求めることができる。

単相電力計 W_1 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{ac}$ は，図４のベクトル図から $\dot{V}_{ac}=\dot{V}_a-\dot{V}_c$ となる。また，単相電力計 W_2 の電圧コイルに加わる電圧 $\dot{V}_{bc}$ は $\dot{V}_{bc}=$ $\boxed{(オ)}$ となる。

$\dot{V}_b-\dot{V}_c$

それぞれの電流コイルに流れる電流 $\dot{I}_a$，$\dot{I}_b$ と電圧の関係は図４のようになる。図４における ϕ〔rad〕は相電圧と線電流の位相角である。

線間電圧の大きさを $V_{ab}=V_{bc}=V_{ca}=V$〔V〕，線電流の大きさを $I_a=I_b=I_c=I$〔A〕とおくと，単相電力計 W_1 及び W_2 の指示をそれぞれ P_1〔W〕，P_2〔W〕とすれば，

$$P_1=V_{ac}I_a\cos(\boxed{(カ)})\ \text{〔W〕}\qquad \frac{\pi}{6}-\phi$$

$$P_2=V_{bc}I_b\cos(\boxed{(キ)})\ \text{〔W〕}\qquad \frac{\pi}{6}+\phi$$

したがって，P_1 と P_2 の和 P〔W〕は，

$$P=P_1+P_2=VI(\boxed{(ク)})\cos\phi=\sqrt{3}VI\cos\phi\ \text{〔W〕}\qquad 2\cos\frac{\pi}{6}$$

となるので，２個の単相電力計の指示の和は三相電力に等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(オ)，(カ)，(キ)及び(ク)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

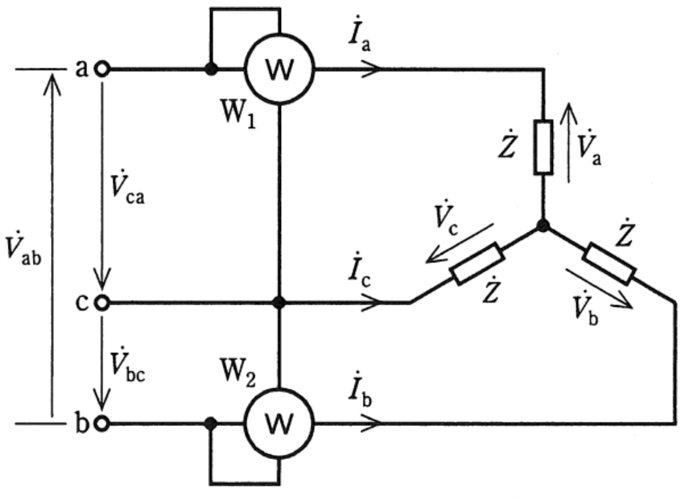


図３

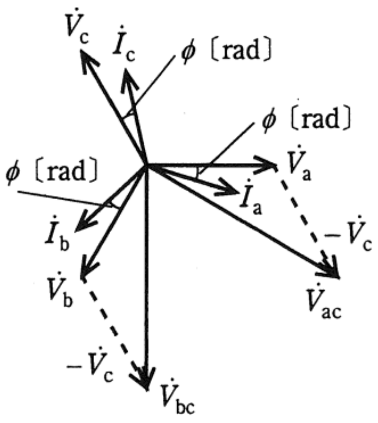
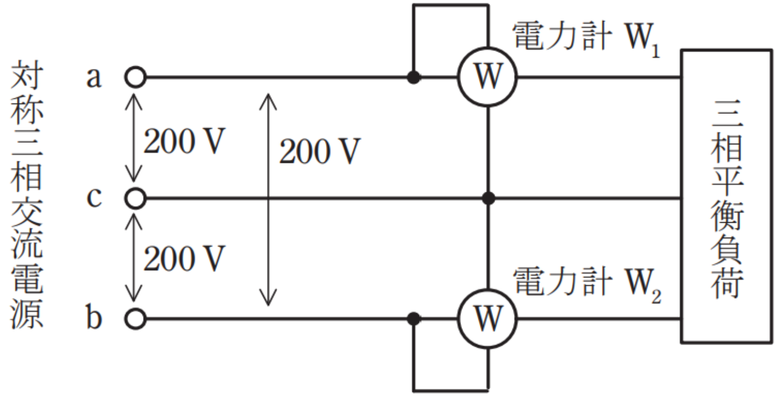


図４

	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
(1)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{6}-\phi$	$\frac{\pi}{6}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{6}$
(2)	$\dot{V}_c-\dot{V}_b$	$\phi-\frac{\pi}{6}$	$\phi+\frac{\pi}{6}$	$2\sin\frac{\pi}{6}$
(3)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{6}-\phi$	$\frac{\pi}{6}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{3}$
(4)	$\dot{V}_b-\dot{V}_c$	$\frac{\pi}{3}-\phi$	$\frac{\pi}{3}+\phi$	$2\cos\frac{\pi}{6}$
(5)	$\dot{V}_c-\dot{V}_b$	$\frac{\pi}{3}-\phi$	$\frac{\pi}{3}+\phi$	$2\sin\frac{\pi}{3}$

問 14　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源から三相平衡負荷に供給する電力を二電力計法で測定する。2 台の電力計 W_1 及び W_2 を正しく接続したところ，電力計 W_2 の指針が逆振れを起こした。電力計 W_2 の電圧端子の極性を反転して接続した後，2 台の電力計の指示値は，電力計 W_1 が 490 W，電力計 W_2 が 25 W であった。このときの対称三相交流電源が三相平衡負荷に供給する電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，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。



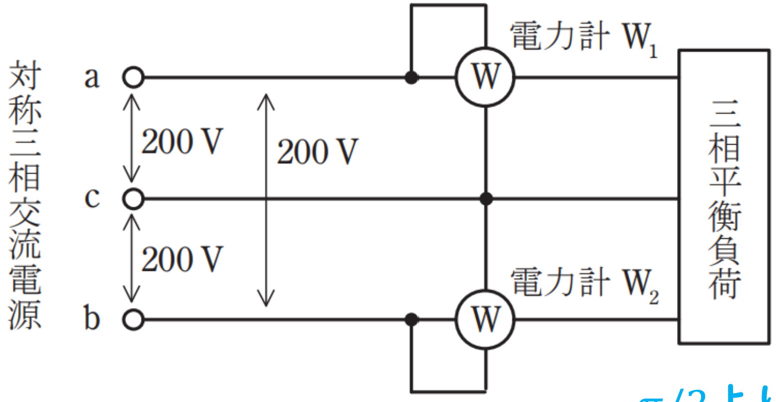
(1) 25　　(2) 258　　(3) 465　　(4) 490　　(5) 515

R05上 問14

問 14　図のように，線間電圧 200 V の対称三相交流電源から三相平衡負荷に供給する電力を二電力計法で測定する。2 台の電力計 W_1 及び W_2 を正しく接続したところ，電力計 W_2 の指針が逆振れを起こした。電力計 W_2 の電圧端子の極性を反転して接続した後，2 台の電力計の指示値は，電力計 W_1 が 490 W，電力計 W_2 が 25 W であった。このときの対称三相交流電源が三相平衡負荷に供給する電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ϕが$\pi/3$より大きい

ただし，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) 25　　(2) 258　　(3) 465　　(4) 490　　(5) 515

$\cos\phi > \frac{\pi}{3}$ のとき

$$W_1 = V_{ac}I_a\cos\left(\phi - \frac{\pi}{6}\right) = VI\cos\left(\phi - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$W_2 = V_{bc}I_b\cos\left(\frac{\pi}{6} + \phi\right) = VI\cos\left(\pi - \left(\phi - \frac{\pi}{6}\right)\right)$$

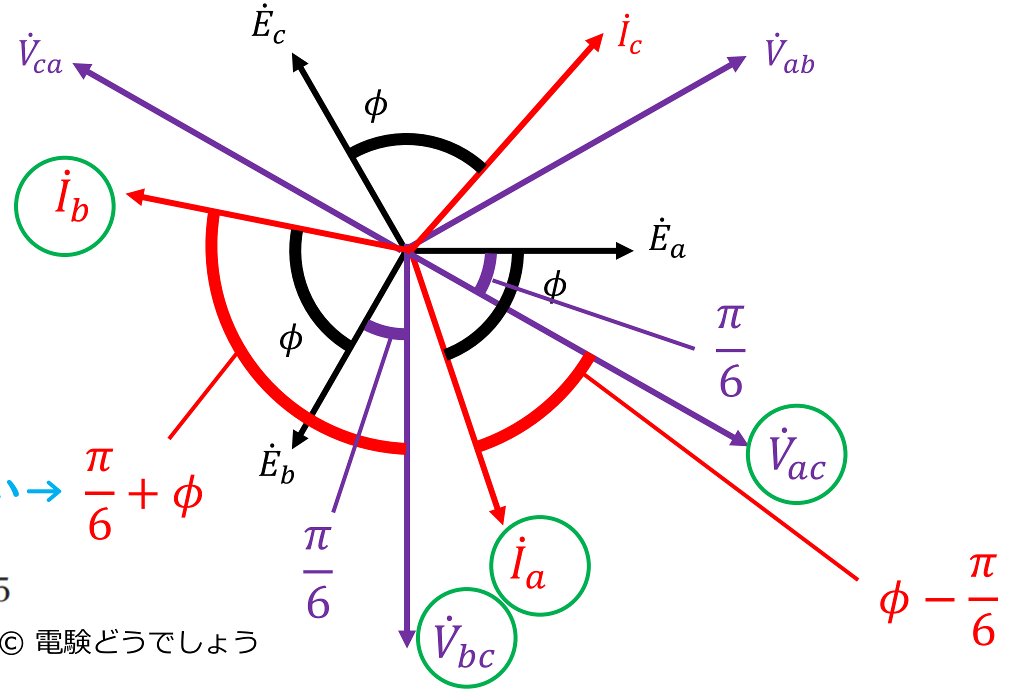
$$= VI\cos\left(\frac{5\pi}{6} - \phi\right)$$

$$W_1 - W_2 = VI\cos\left(\phi - \frac{\pi}{6}\right) - VI\cos\left(\frac{5\pi}{6} - \phi\right)$$

$$W_1 - W_2 = VI \times 2 \times \cos\frac{\pi}{6}\cos\phi$$

$$W_1 - W_2 = \sqrt{3}VI\cos\phi = P_3$$

$$W_1 - W_2 = 490 - 25 = 465\ \mathrm{W}$$

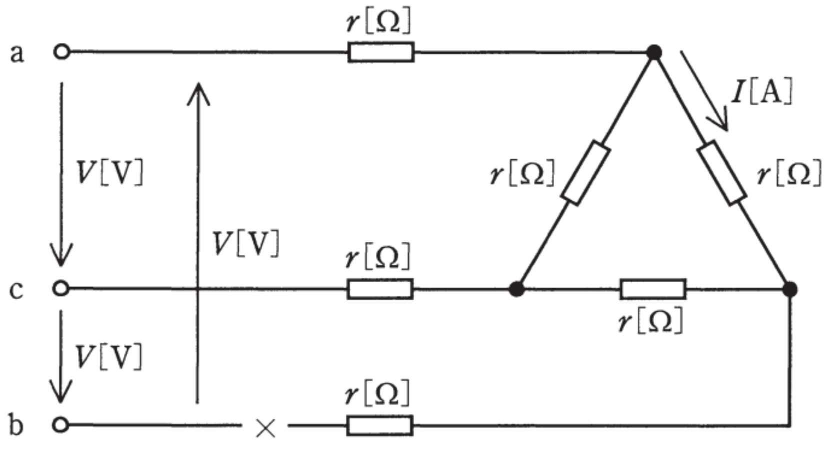


ご聴講ありがとう
ございました!!

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。



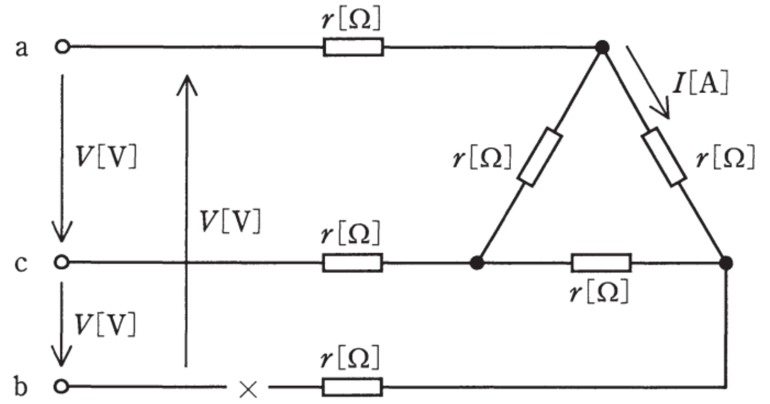
(a)　図中の電流Iの大きさ[A]は，断線前の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(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。

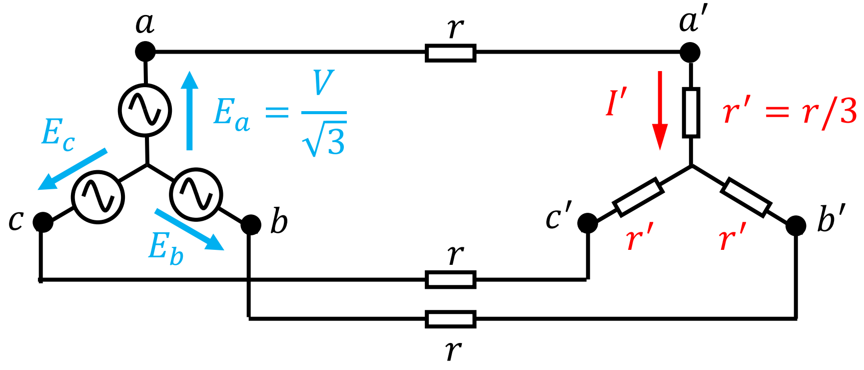
(1)　0　　(2)　0.58　　(3)　0.87　　(4)　1.00　　(5)　1.15

導出のポイント（設問a）

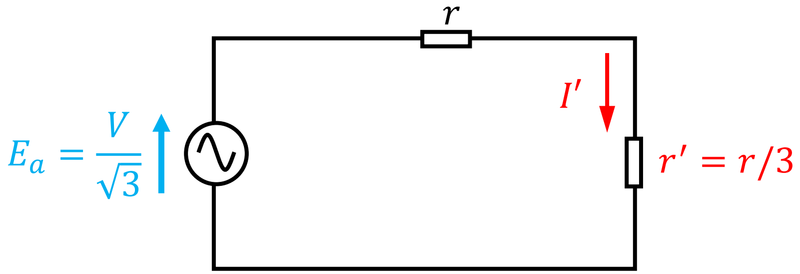


(a) 図中の電流Iの大きさ[A]は，断線前の何倍となるか。その倍率として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

断線前：Δ－Y変換



単相回路



断線前の回路からI'を求める

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

IからI'へ変換する

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

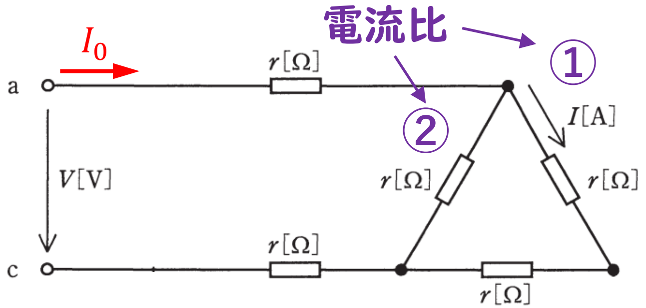
線電流から相電流の変換
- 電流の大きさは$1/\sqrt{3}$倍
- 位相は30°進む

断線後の回路からIを求める

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

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

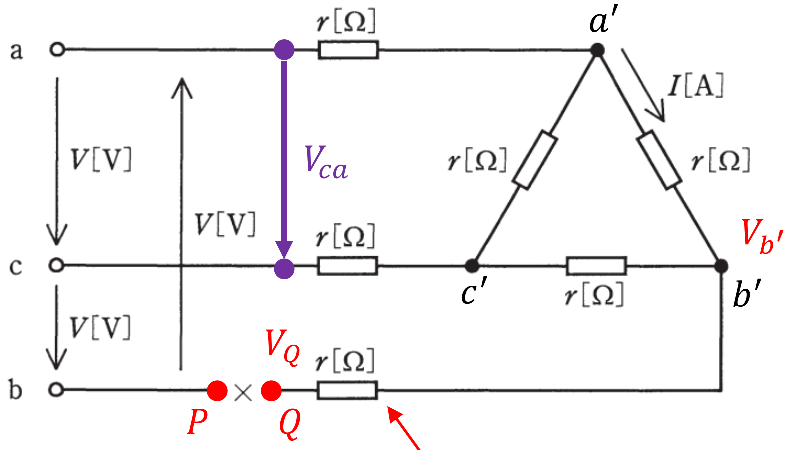
$$I = \frac{1}{3}I_0 = \frac{1}{3} \times \frac{3V}{8r} = \frac{V}{8r}$$



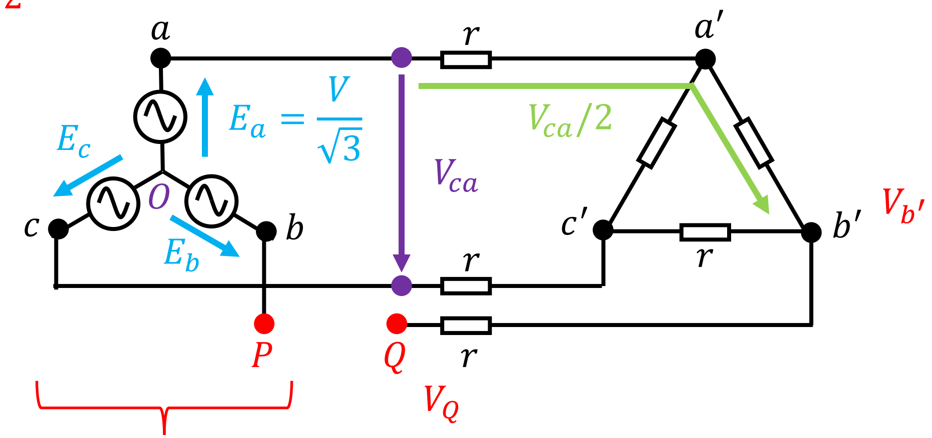
断線前後の電流の変化を求める

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

導出のポイント（設問b）



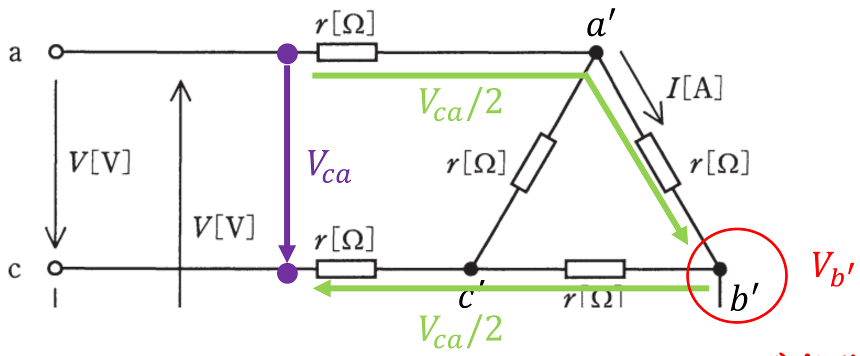
$V_Q = V_{b'} = \dfrac{V_{ca}}{2}$ となる。



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。

電源部分をY結線で表す

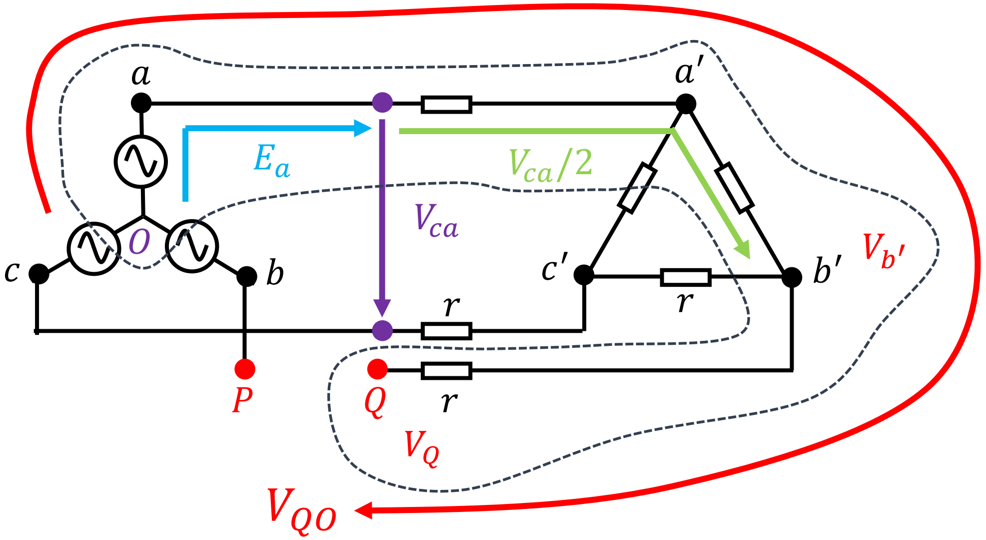
$V_{ca} = E_c - E_a$ より $V_Q = V_{b'} = \dfrac{V_{ca}}{2} = \dfrac{E_c - E_a}{2}$ となる。

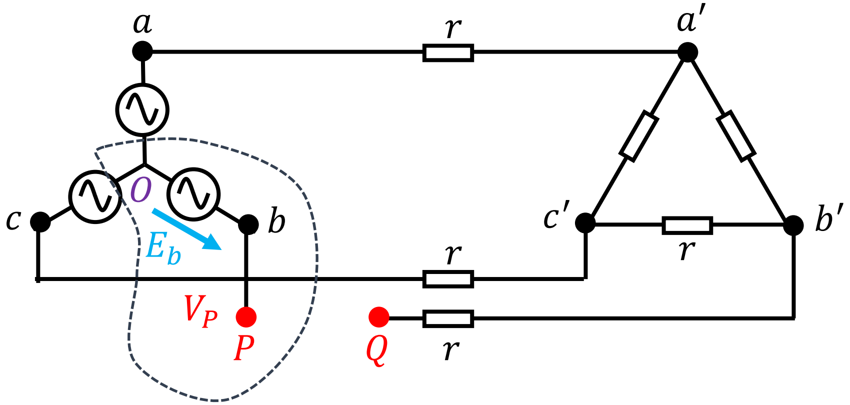


V_{ca}はb'で半分（$V_{ca}/2$）になる

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、

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

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

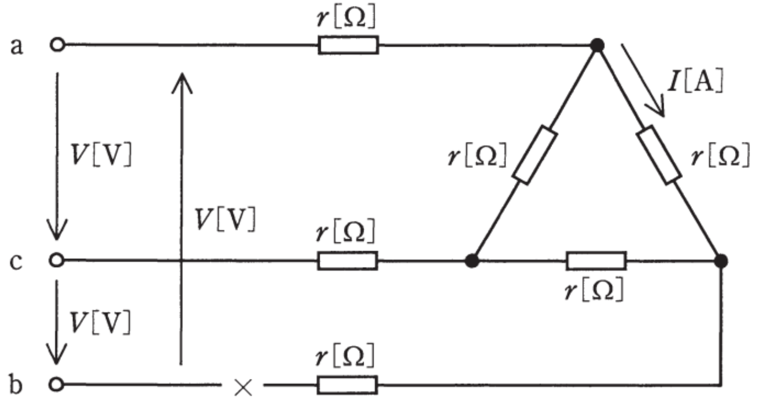
中性点OからPの電圧V_Pをみると、

$V_P = E_b$ となる。

以上より、$P-Q$間の電位差V_{PQ}は、

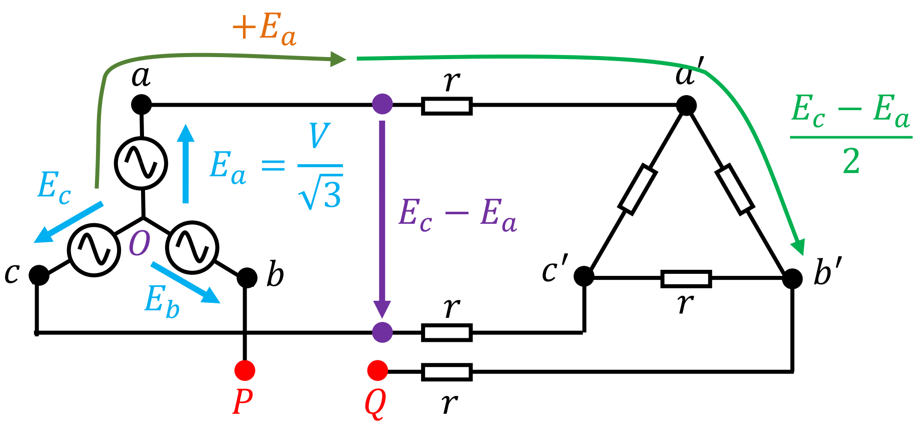
$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO} = E_b - \dfrac{E_c + E_a}{2}$ となる。

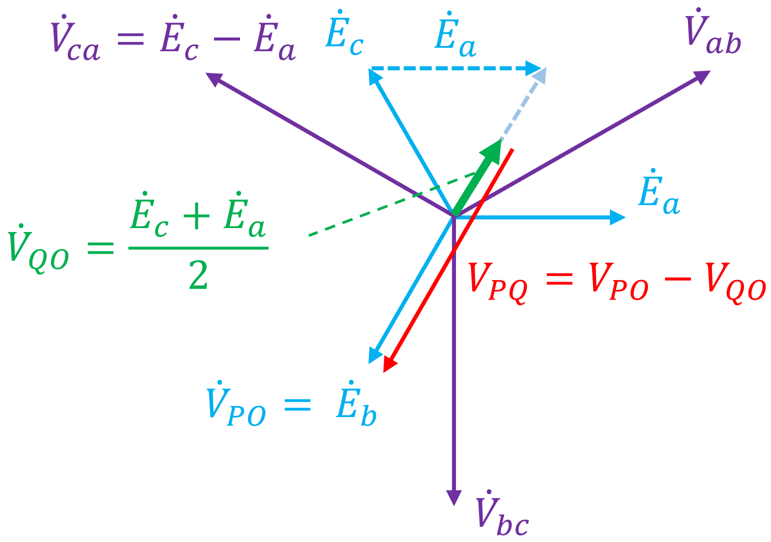
導出のポイント（設問b）



(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





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

$$V_{PO} = E_b$$

$$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO}$$

中性点Oを基準に電位差を考える

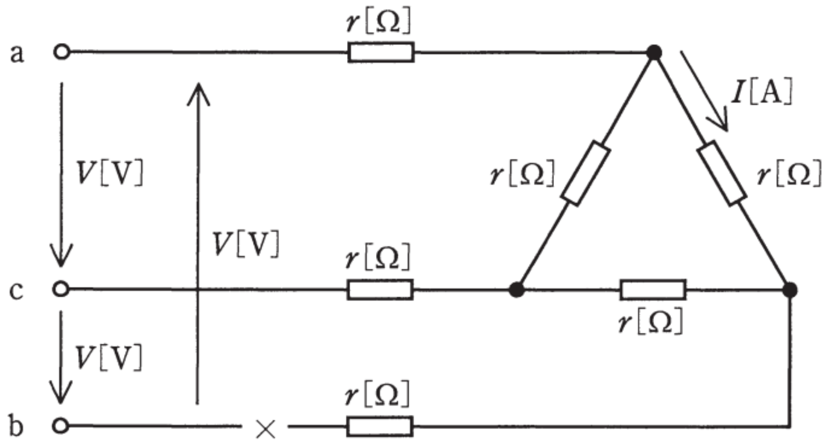
$$V_{PQ} = V_{PO} - V_{QO} = \frac{1}{2}\frac{V}{\sqrt{3}} + \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{3}{2}\frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}V = 0.87V$$

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