

電験どうでしょう管理人
KWG presents

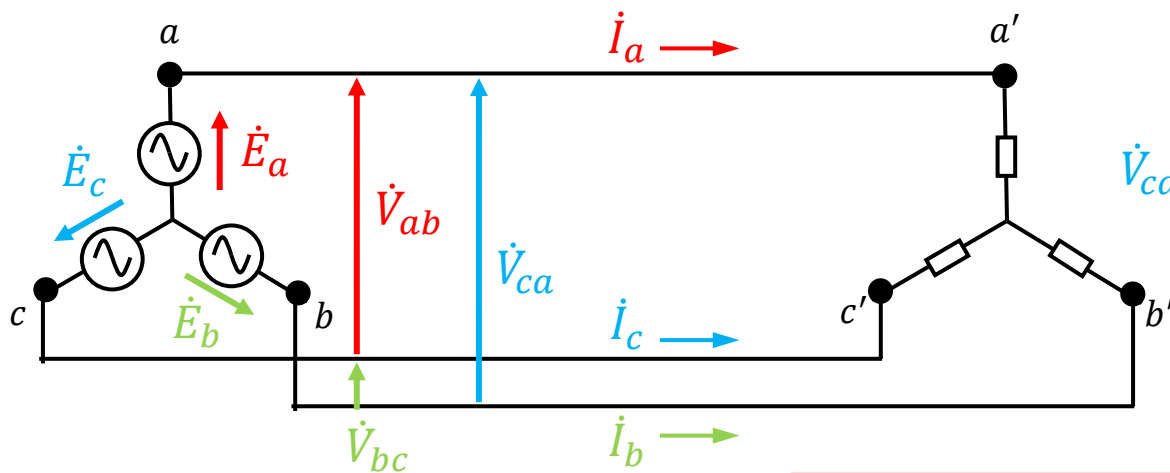
電験オンライン塾

第2回 三相交流 ~力率改善に関する問題~

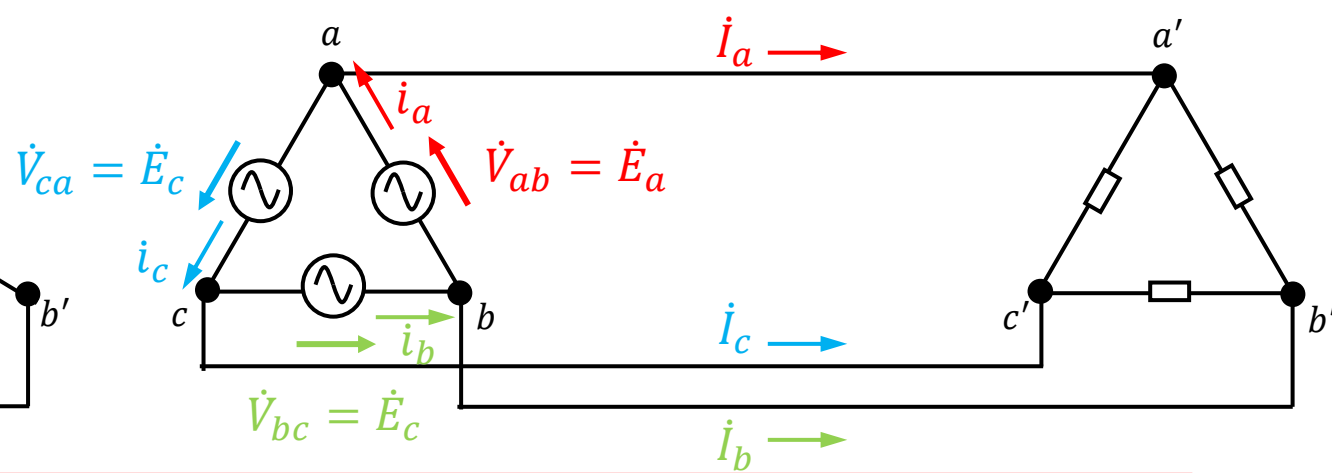
2021.12.11 Sat

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

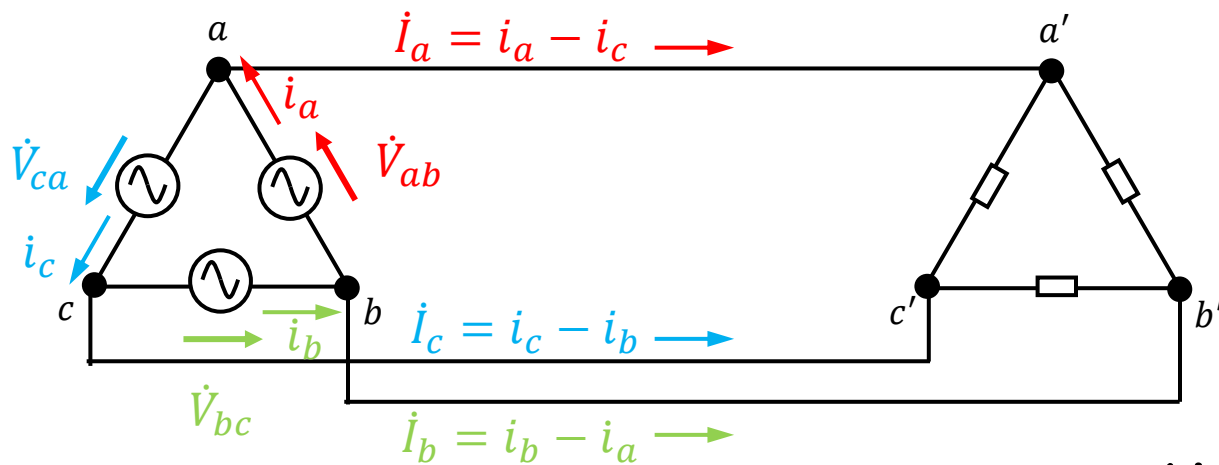
線電流 = $\sqrt{3}$ × 相電流

線電流は相電流より位相が 30° 遅れる

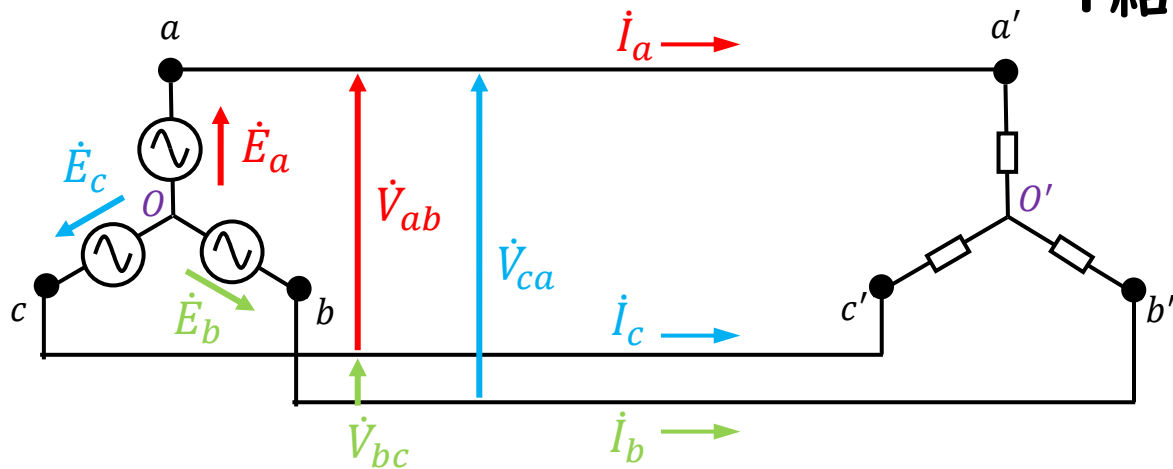
(相電流は線電流より位相が 30° 進む)

Δ-Y変換

Δ結線



Y結線



$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍

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

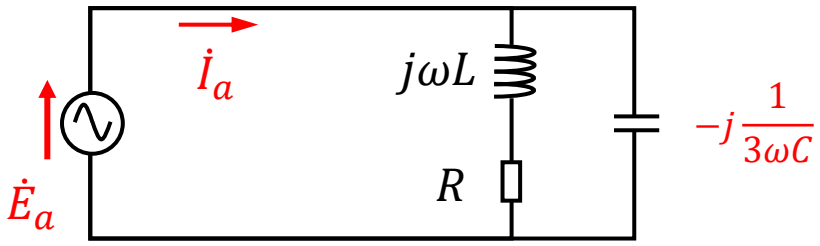
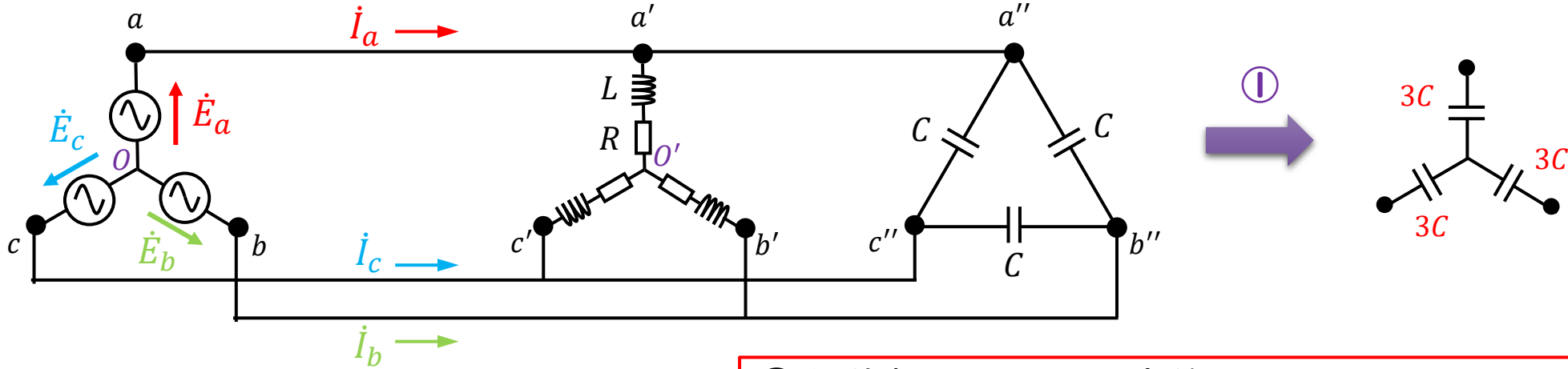
$$E_b = \frac{V_{bc}}{\sqrt{3}}$$

$$E_c = \frac{V_{ca}}{\sqrt{3}}$$

$\frac{1}{3}$ 倍

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

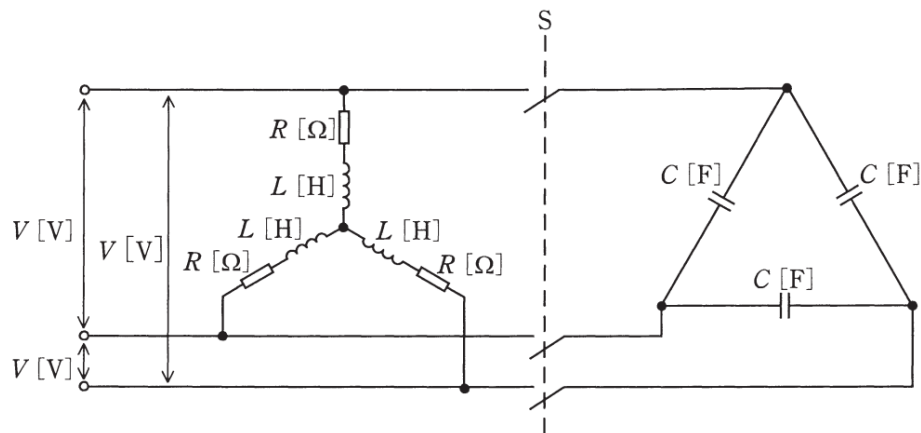
力率改善の計算手順



- ① 負荷部分を $\Delta - Y$ 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)の間に答えよ。



(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。

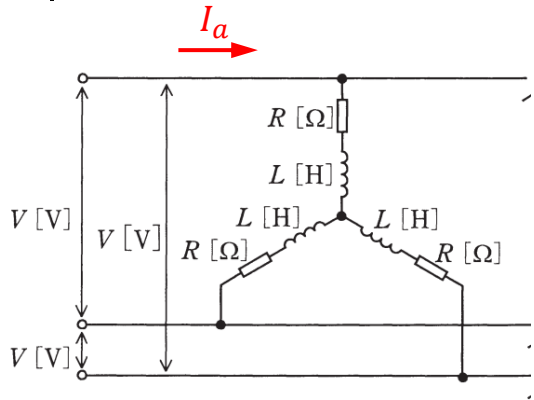
(a)の選択肢

	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

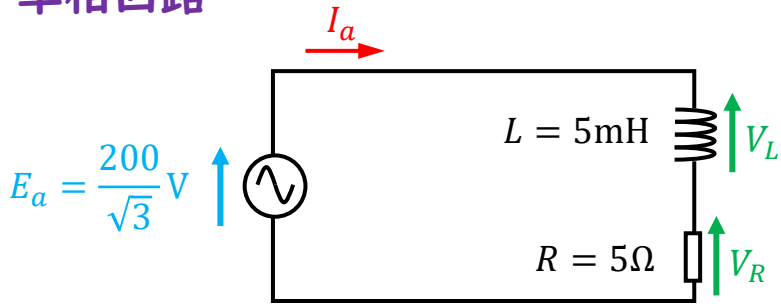
- (1) $C = \frac{L}{R^2 + \omega^2 L^2}$
- (2) $C = \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$
- (3) $C = \frac{L}{\sqrt{3}(R^2 + \omega^2 L^2)}$
- (4) $C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$
- (5) $C = \frac{\omega L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$

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、 $V=200\text{ V}$ 、 $f=50\text{ Hz}$ 、 $R=5\ \Omega$ 、 $L=5\text{ mH}$ 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

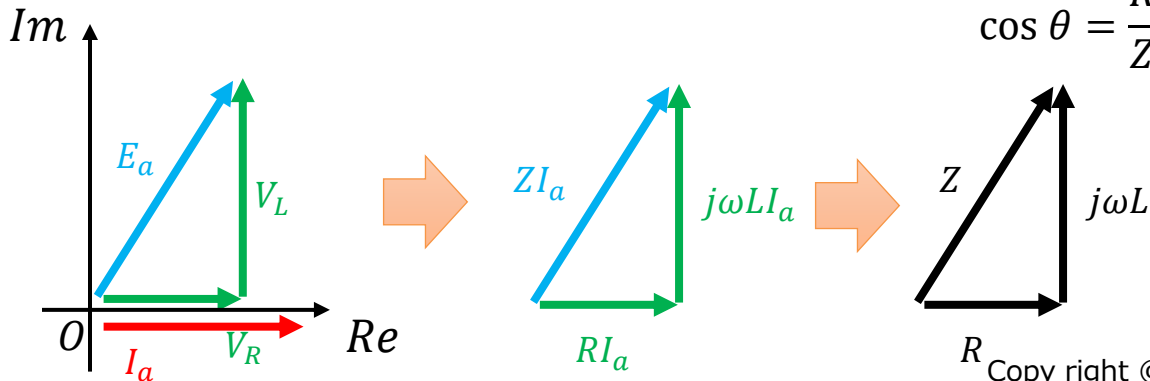
$$I_a = \frac{E_a}{Z} = \frac{E_a}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{200}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{5^2 + (2\pi \times 50 \times 5 \times 10^{-3})^2}} = 22\text{ A}$$

P を求める

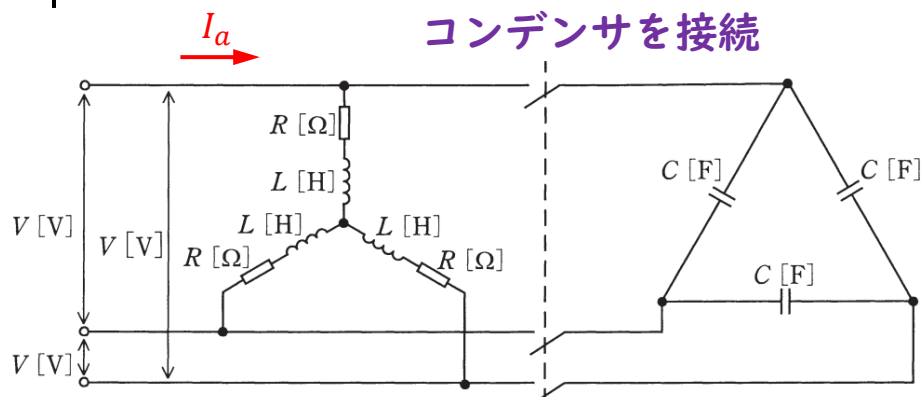
$$P = 3RI_a^2 = 3 \times 5 \times 22^2 = 7.28\text{ kW}$$

力率を求める

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{5}{\sqrt{5^2 + (2\pi \times 50 \times 5 \times 10^{-3})^2}} = 0.954$$

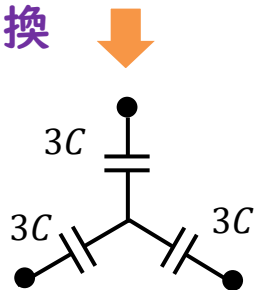


導出のポイント (設問b)



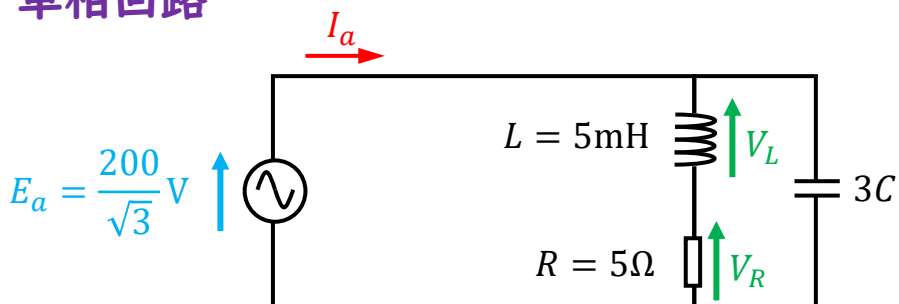
コンデンサを接続

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

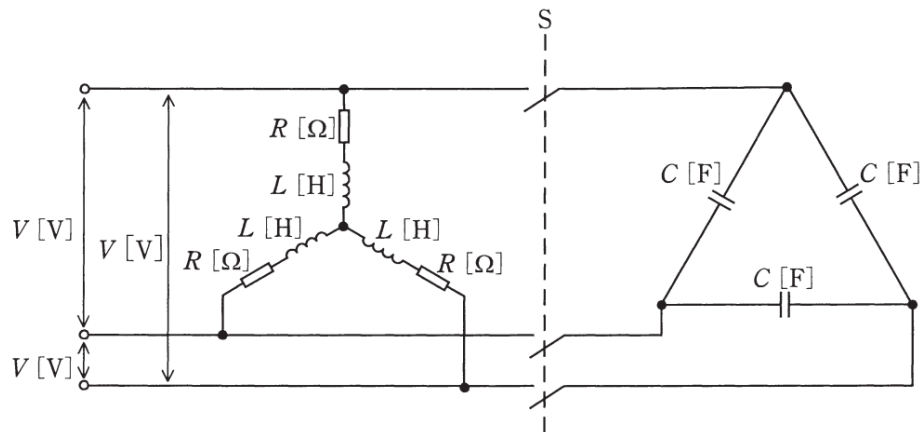
$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \frac{1}{R + j\omega L} + j3\omega C = \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j3\omega C \\ &= \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} + j \left(3\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \right) \end{aligned}$$

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)の間に答えよ。



(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

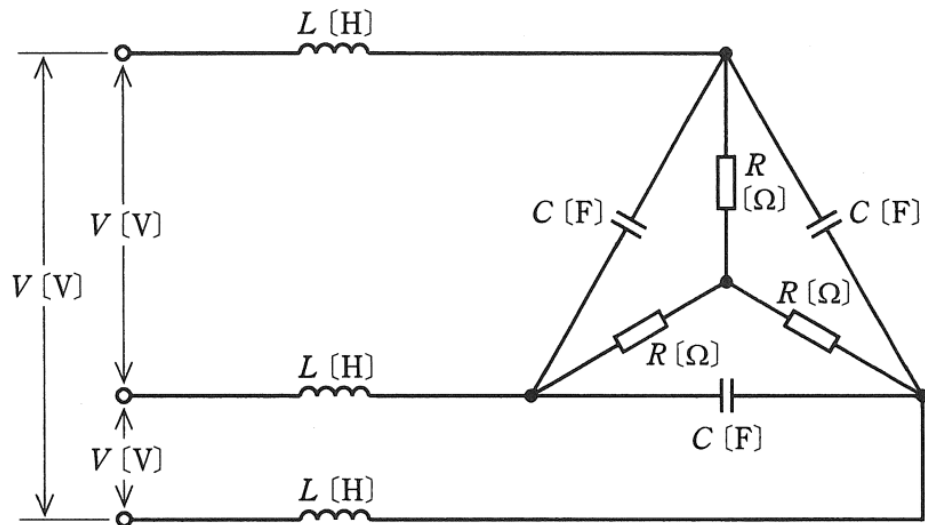
(b)の選択肢

- (1) $C = \frac{L}{R^2 + \omega^2 L^2}$
- (2) $C = \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$
- (3) $C = \frac{L}{\sqrt{3}(R^2 + \omega^2 L^2)}$
- (4) $C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$
- (5) $C = \frac{\omega L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$

H23 問15

問15 図のように、 R [Ω] の抵抗、静電容量 C [F] のコンデンサ、インダクタンス L [H] のコイルからなる平衡三相負荷に線間電圧 V [V] の対称三相交流電源を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、交流電源電圧の角周波数は ω [rad/s] とする。



(a) 三相電源からみた平衡三相負荷の力率が1になったとき、インダクタンス L [H] のコイルと静電容量 C [F] のコンデンサの関係を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $L = \frac{3C^2 R^2}{1+9(\omega CR)^2}$

(2) $L = \frac{3CR^2}{1+9(\omega CR)^2}$

(3) $L = \frac{3C^2 R}{1+9(\omega CR)^2}$

(4) $L = \frac{9CR^2}{1+9(\omega CR)^2}$

(5) $L = \frac{R}{1+9(\omega CR)^2}$

(b) 平衡三相負荷の力率が1になったとき、静電容量 C [F] のコンデンサの端子電圧 [V] の値を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $\sqrt{3}V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$

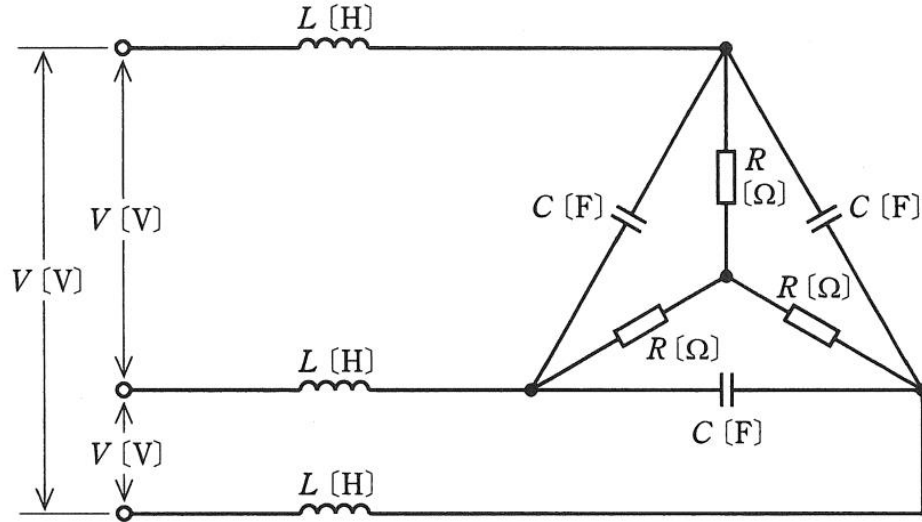
(2) $V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$

(3) $\frac{V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}{\sqrt{3}}$

(4) $\frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$

(5) $\frac{V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$

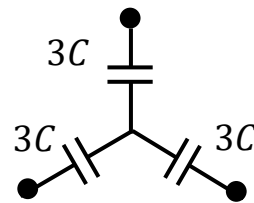
導出のポイント (設問a)



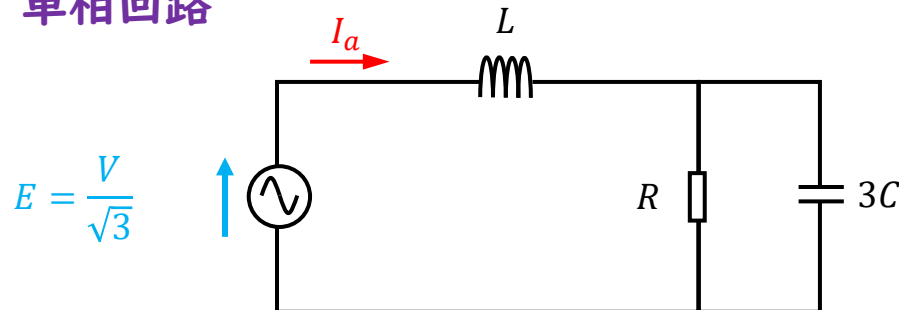
コンデンサ部分を Δ -Y変換



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



(a) 三相電源からみた平衡三相負荷の力率が1になったとき、インダクタンス L [H] のコイルと静電容量 C [F] のコンデンサの関係を示す式として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

Zの式を作る

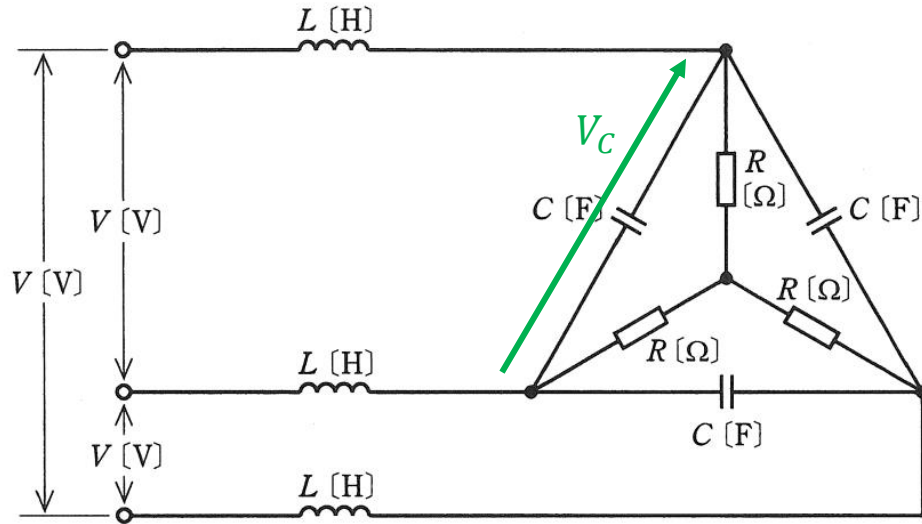
$$Z = j\omega L + \frac{R \cdot \frac{1}{j3\omega C}}{R + \frac{1}{j3\omega C}} = j\omega L + \frac{R}{1 + j3\omega CR}$$

$$= j\omega L + \frac{R(1 - j3\omega CR)}{1 + 9(\omega CR)^2} = \frac{R}{1 + 9(\omega CR)^2} + j \left(\omega L - \frac{3\omega CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2} \right)$$

虚数成分が0になるとき、
力率が1となる

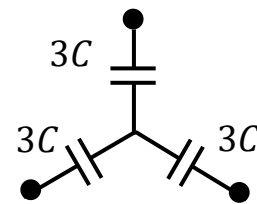
$$\omega L - \frac{3\omega CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2} = 0 \rightarrow L = \frac{3CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

導出のポイント (設問b)

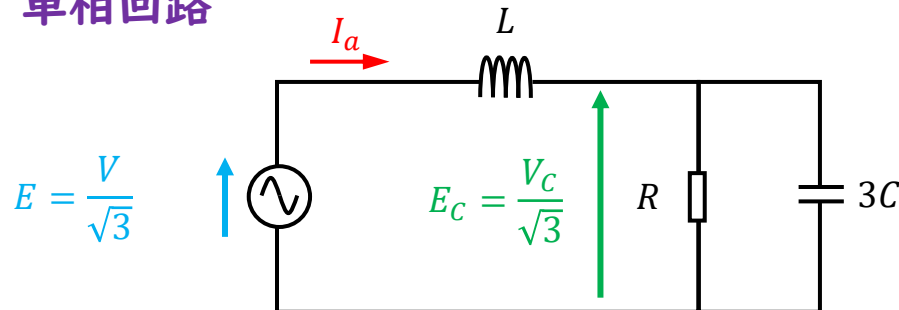


コンデンサ部分を Δ -Y変換

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) 平衡三相負荷の力率が1になったとき、静電容量 C [F] のコンデンサの端子電圧 [V] の値を示す式として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

$$Z = j\omega L + \frac{R}{1 + j3\omega CR}$$

$$= \frac{R}{1 + 9(\omega CR)^2} + j\left(\omega L - \frac{3\omega CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2}\right)$$

$L = \frac{3CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2}$ のとき (力率が1のとき)

$$Z = \frac{R}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

$$E_c = \frac{V_c}{\sqrt{3}} = \left(\frac{R}{1 + j3\omega CR}\right) \cdot \frac{1}{Z} \frac{V}{\sqrt{3}}$$

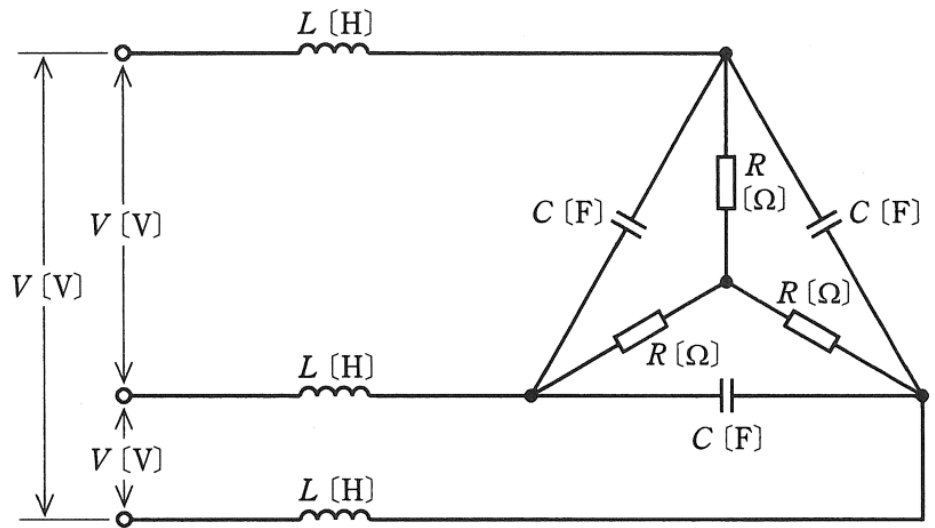
$$V_c = \frac{R(1 - j3\omega CR)}{1 + 9(\omega CR)^2} \cdot \frac{1 + 9(\omega CR)^2}{R} \cdot V = (1 - j3\omega CR)V$$

$$V_c = \sqrt{1 + 9(\omega CR)^2} V$$

H23 問15

問15 図のように、 R [Ω] の抵抗、静電容量 C [F] のコンデンサ、インダクタンス L [H] のコイルからなる平衡三相負荷に線間電圧 V [V] の対称三相交流電源を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、交流電源電圧の角周波数は ω [rad/s] とする。



(a) 三相電源からみた平衡三相負荷の力率が1になったとき、インダクタンス L [H] のコイルと静電容量 C [F] のコンデンサの関係を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $L = \frac{3C^2 R^2}{1+9(\omega CR)^2}$
- (2) $L = \frac{3CR^2}{1+9(\omega CR)^2}$
- (3) $L = \frac{3C^2 R}{1+9(\omega CR)^2}$
- (4) $L = \frac{9CR^2}{1+9(\omega CR)^2}$
- (5) $L = \frac{R}{1+9(\omega CR)^2}$

(b) 平衡三相負荷の力率が1になったとき、静電容量 C [F] のコンデンサの端子電圧 [V] の値を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $\sqrt{3}V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$
- (2) $V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$
- (3) $\frac{V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}{\sqrt{3}}$
- (4) $\frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$
- (5) $\frac{V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!