

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

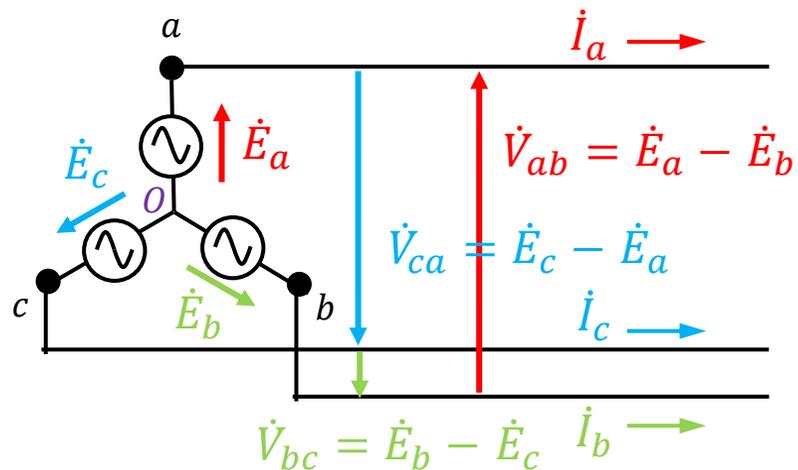
第4回 変圧器の結線2

~V結線、異容量V結線~

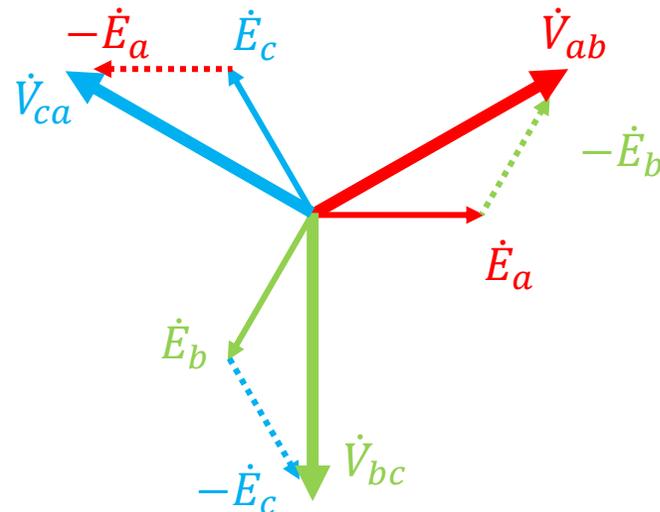
2022.02.12 Sat

三相交流のベクトル(まとめ)

Y結線

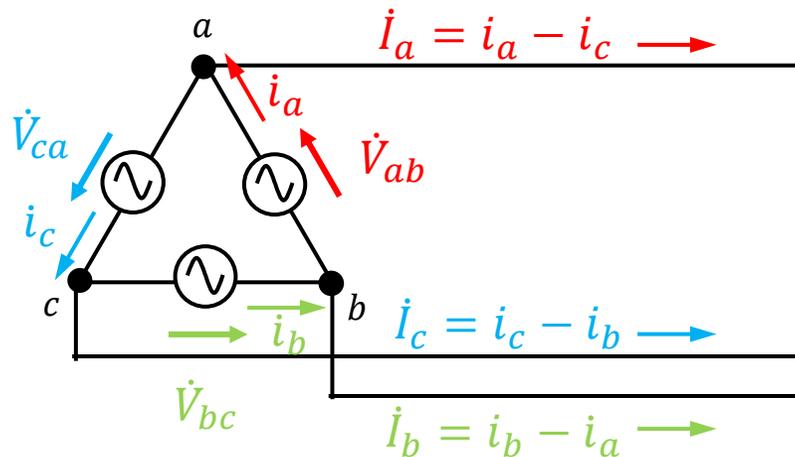


電圧のベクトル

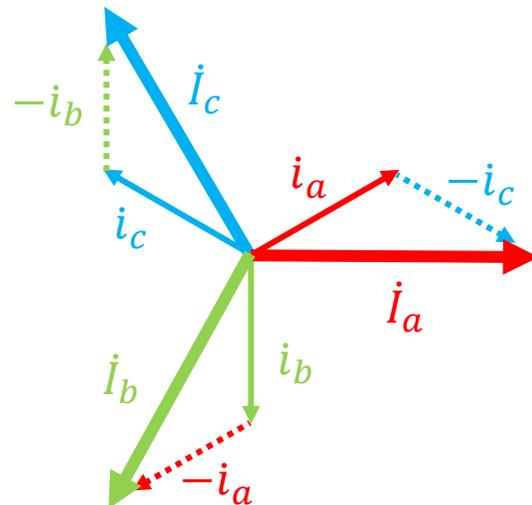


線電流 = 相電流
線間電圧 = $\sqrt{3}$ × 相電圧
線間電圧は相電圧より
位相が 30° 進む

Δ 結線



電流のベクトル

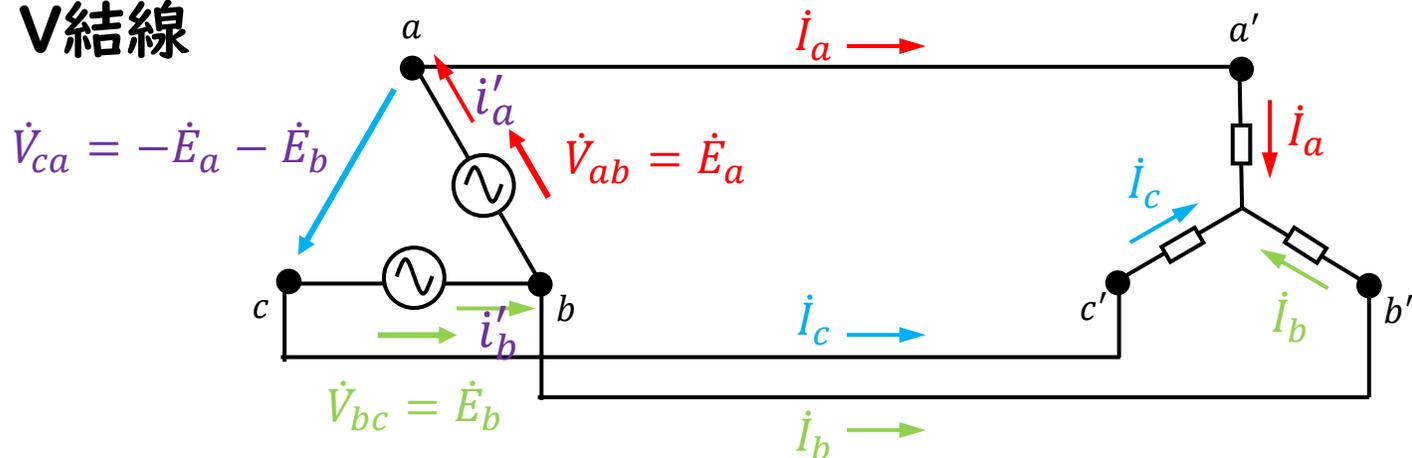


線間電圧 = 相電圧
線電流 = $\sqrt{3}$ × 相電流
線電流は相電流より
位相が 30° 遅れる
(相電流は線電流より
位相が 30° 進む)

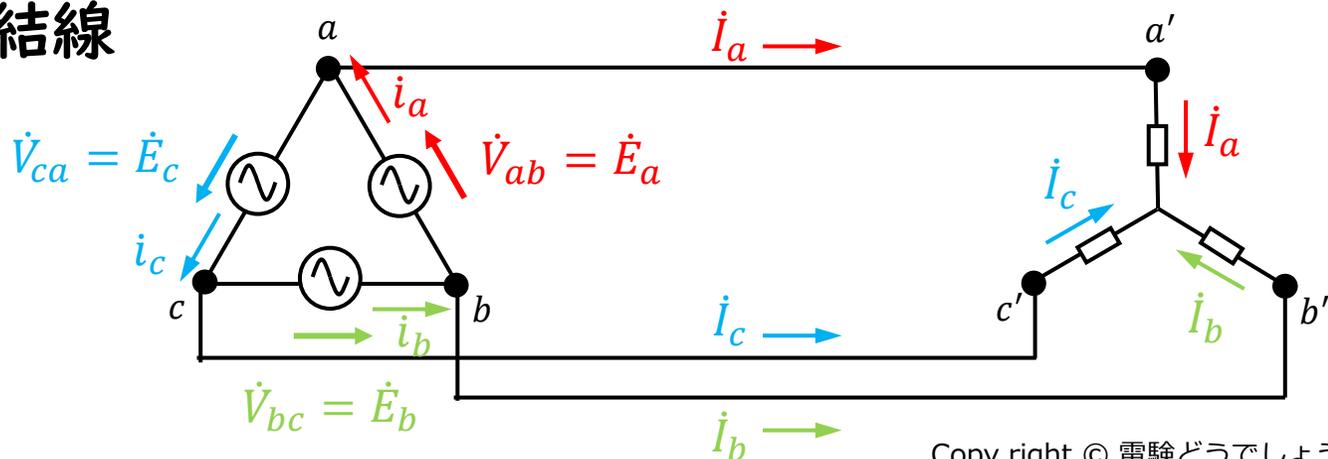
V結線の基本特性

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

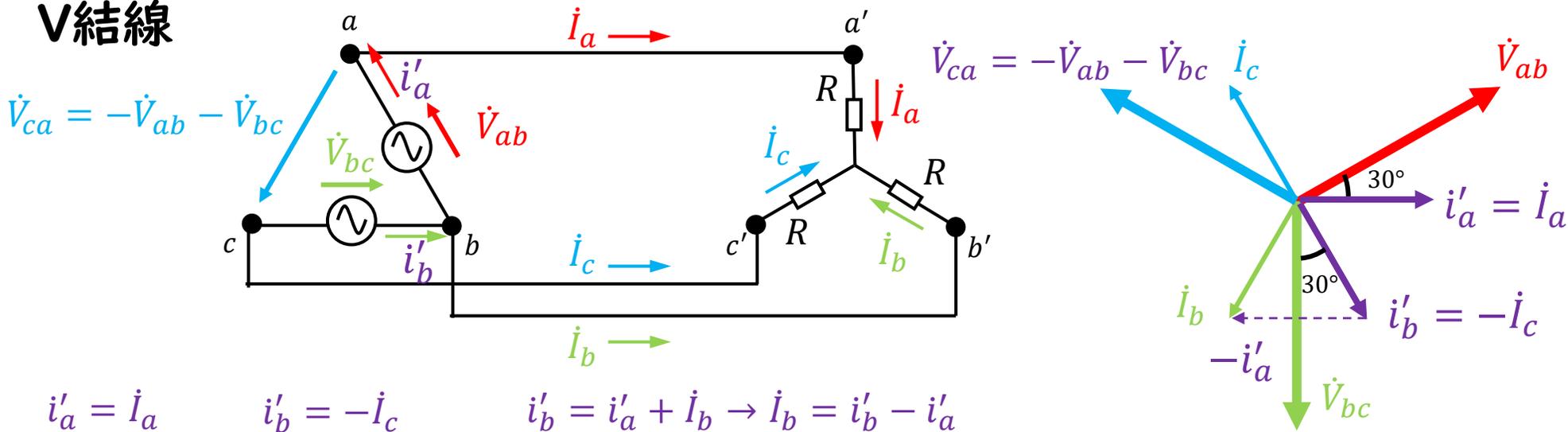


電流/電圧		V結線	Δ結線
電源側	線間電圧	同じ	同じ
	相電圧	同じ	同じ
	相電流	異なる	異なる
送電線	線電流	同じ	同じ
負荷側	線間電圧	同じ	同じ
	相電圧	同じ	同じ
	相電流	同じ	同じ

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

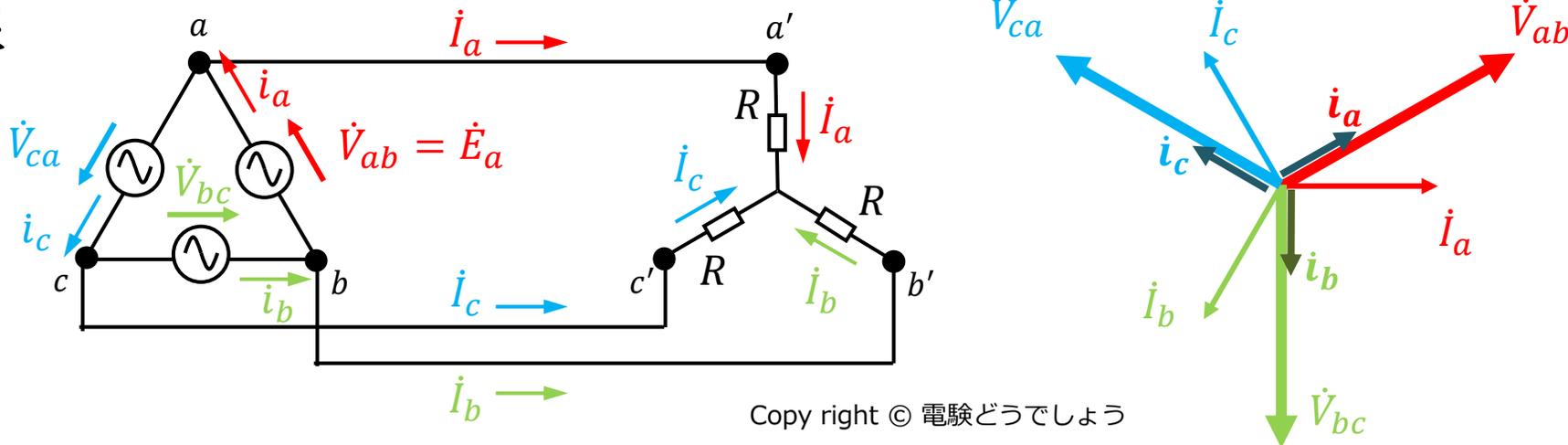
V結線



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)

$$\begin{aligned}
 S &= V_{ab}I_a, P = S \cos 30^\circ \\
 P_{max} &= 2P = 2S \cos 30^\circ \\
 &= 2S \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}S \\
 \therefore P_{max} &= \sqrt{3}S
 \end{aligned}$$

Δ結線

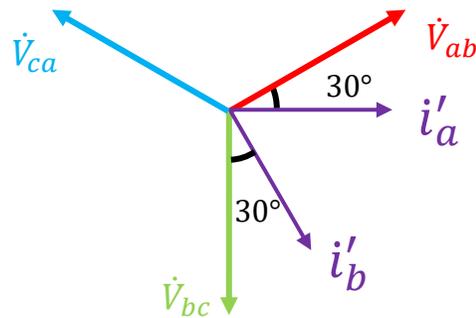
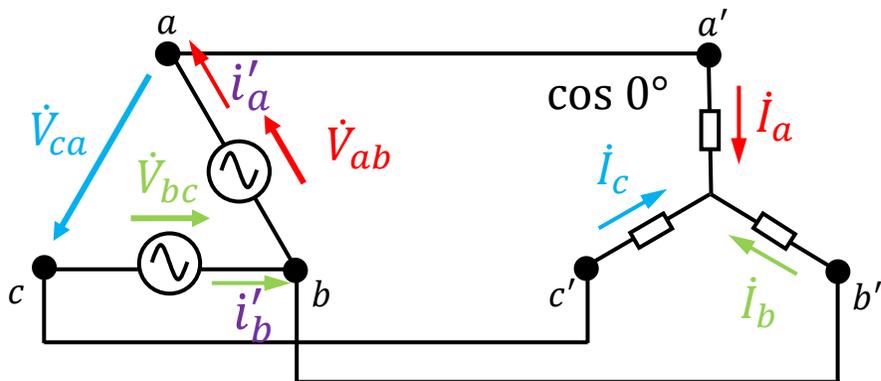


電源側相電圧と相電流の間に位相差はなく
最大出力は3S
(Sは変圧器1台の電力容量)

$$\begin{aligned}
 S &= V_{ab}i'_a, P = S \\
 \therefore P_{max} &= 3S
 \end{aligned}$$

V結線と力率

力率
 $\cos 0^\circ$

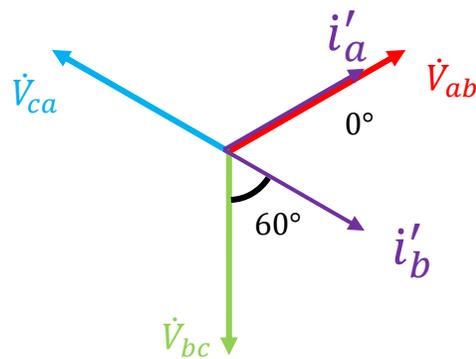
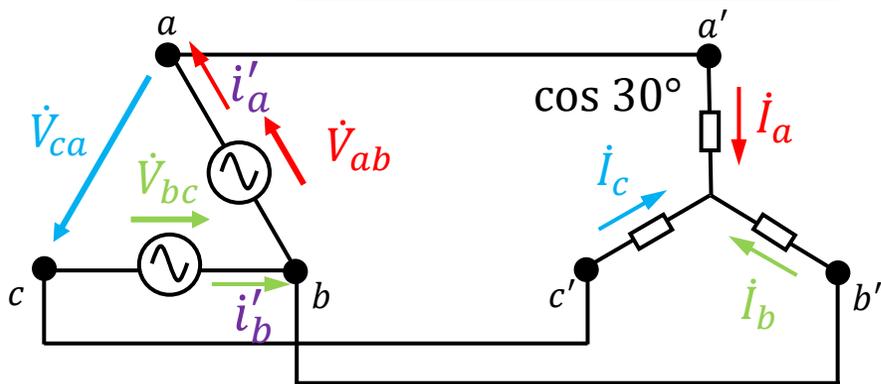


$$P_a = V_{ab} i'_a \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Vi = \frac{\sqrt{3}}{2} S$$

$$P_b = V_{bc} i'_b \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Vi = \frac{\sqrt{3}}{2} S$$

$$P = P_a + P_b = \frac{\sqrt{3}}{2} S + \frac{\sqrt{3}}{2} S = \sqrt{3} S$$

力率
 $\cos 30^\circ$

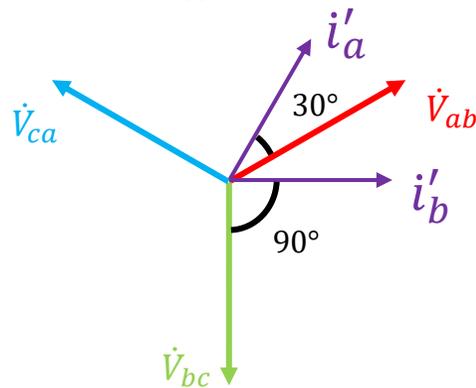
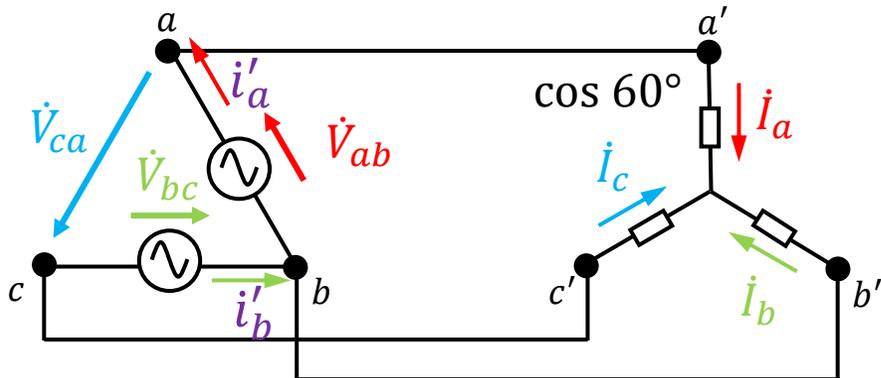


$$P_a = V_{ab} i'_a \cos 0^\circ = Vi = S$$

$$P_b = V_{bc} i'_b \cos 60^\circ = \frac{1}{2} Vi = \frac{1}{2} S$$

$$P = P_a + P_b = S + \frac{1}{2} S = \frac{3}{2} S = \sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} S = \sqrt{3} S \cos 30^\circ$$

力率
 $\cos 60^\circ$



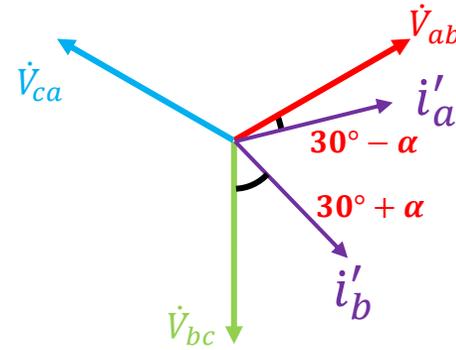
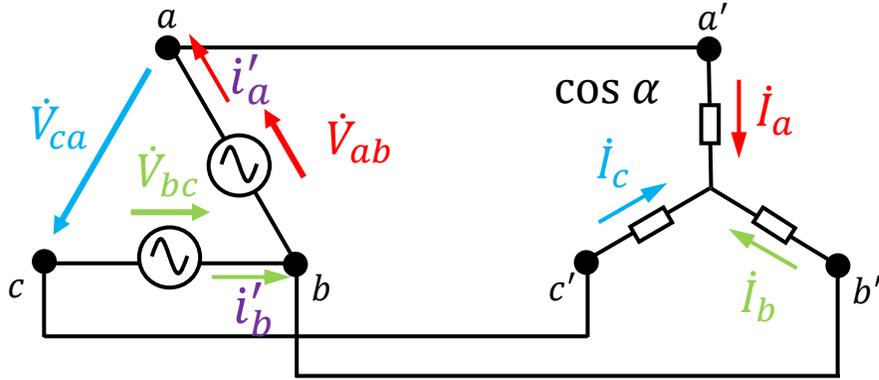
$$P_a = V_{ab} i'_a \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Vi = \frac{\sqrt{3}}{2} S$$

$$P_b = V_{bc} i'_b \cos 90^\circ = 0$$

$$P = P_a + P_b = \frac{\sqrt{3}}{2} S + 0 = \sqrt{3} \times \frac{1}{2} S = \sqrt{3} S \cos 60^\circ$$

V結線と力率

力率
 $\cos \alpha$



<ポイント>

- V結線の場合、力率によって各変圧器が負担する電力の大きさに差が出る
- 2つの変圧器によって供給できる電力は変圧器1台当たりの容量と負荷の力率で容易に導出できる

V結線が三相負荷に供給する電力 P_V

$$P_V = \sqrt{3} \times (\text{変圧器1台の容量}) \times \cos \alpha$$

$$P_a = V_{ab} i'_a \cos(30^\circ - \alpha) = S \cos(30^\circ - \alpha)$$

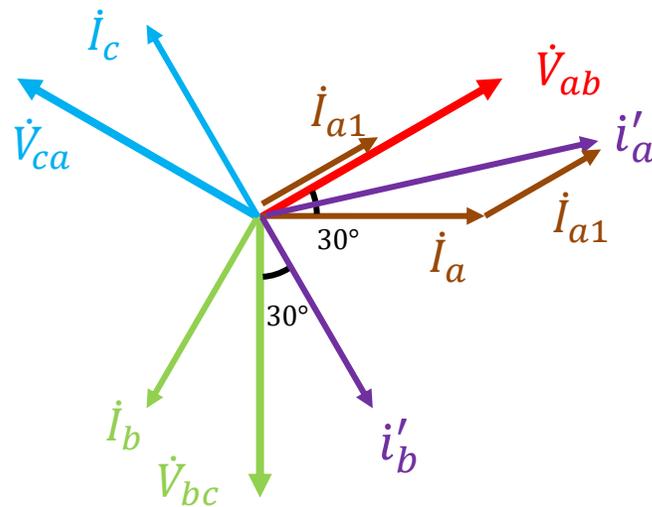
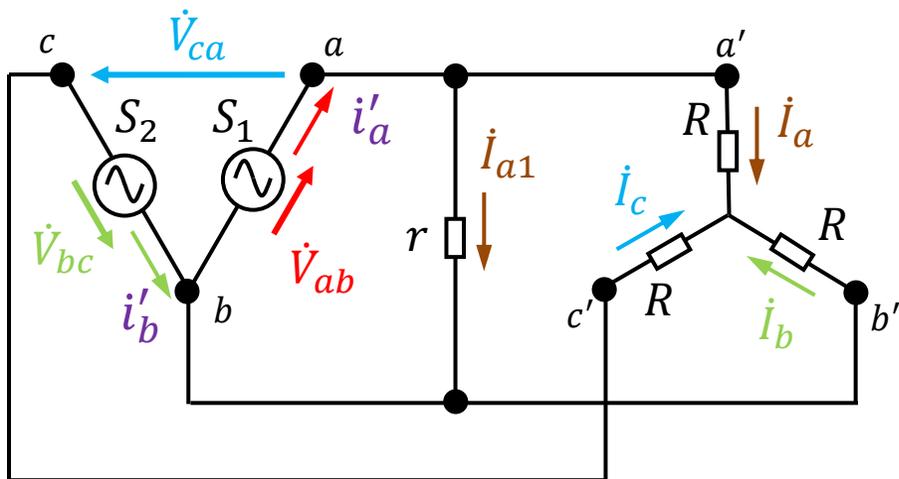
$$P_b = V_{bc} i'_b \cos(30^\circ + \alpha) = S \cos(30^\circ + \alpha)$$

$$\begin{aligned} P &= P_a + P_b = S \cos(30^\circ - \alpha) + S \cos(30^\circ + \alpha) \\ &= S \{ \cos(30^\circ - \alpha) + \cos(30^\circ + \alpha) \} \\ &= S \{ \cos 30^\circ \cos \alpha + \sin 30^\circ \sin \alpha + \cos 30^\circ \cos \alpha - \sin 30^\circ \sin \alpha \} \\ &= 2S \cos 30^\circ \cos \alpha = 2S \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \cos \alpha \\ &= \sqrt{3} S \cos \alpha \end{aligned}$$

加法定理

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$$

異容量V結線



共用変圧器

$$i'_a = i_a + i_{a1}$$

変圧器 S_1 には電流 $i_a + i_{a1}$ が流れる

三相負荷分 単相負荷分

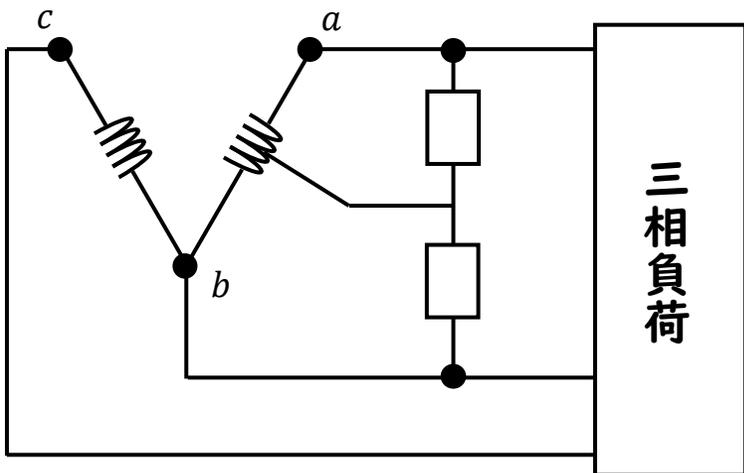
専用変圧器

$$i'_b = -i_c$$

変圧器 S_2 には電流 $-i_c$ が流れる

三相負荷分

使用例：電灯動力共用方式



V結線による三相負荷に供給する電力 P_V

$$P_V = \sqrt{3}S_2 \cos \theta$$

$$S_2 = \frac{P_V}{\sqrt{3} \cos \theta}$$

単相負荷に供給する電力 P'_1

$$P'_1 = S'_1 \cos \theta'$$

$$S'_1 = \frac{P'_1}{\cos \theta'}$$

専用変圧器 S_2 の容量

$$S_2 = \frac{P_V}{\sqrt{3} \cos \theta}$$

共用変圧器 S_1 の容量

$$S_1 = S_2 + S'_1 = \frac{P_V}{\sqrt{3} \cos \theta} + \frac{P'_1}{\cos \theta'}$$

法規 H27 問13

問13 定格容量が $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線にし、一つのバンクとして、三相平衡負荷 (遅れ力率 0.90) に電力を供給する場合について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 図 1 のように消費電力 90 kW (遅れ力率 0.90) の三相平衡負荷を接続し使用していたところ、3 台の単相変圧器のうちの 1 台が故障した。負荷はそのまま、残りの 2 台の単相変圧器を V-V 結線として使用するとき、このバンクはその定格容量より何 [$\text{kV}\cdot\text{A}$] 過負荷となっているか。最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0 (2) 3.4 (3) 10.0 (4) 13.4 (5) 18.4

(b) 上記 (a) において、故障した変圧器を同等のものと交換して $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線で復旧した後、力率改善のために、進相コンデンサを接続し、バンクの定格容量を超えない範囲で最大限まで三相平衡負荷 (遅れ力率 0.90) を増加し使用したところ、力率が 0.96 (遅れ) となった。このときに接続されている三相平衡負荷の消費電力の値 [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) 135 (2) 144 (3) 150 (4) 156 (5) 167

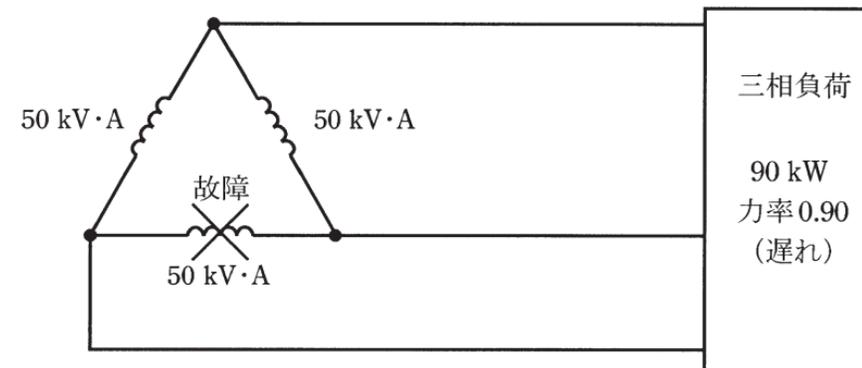


図 1

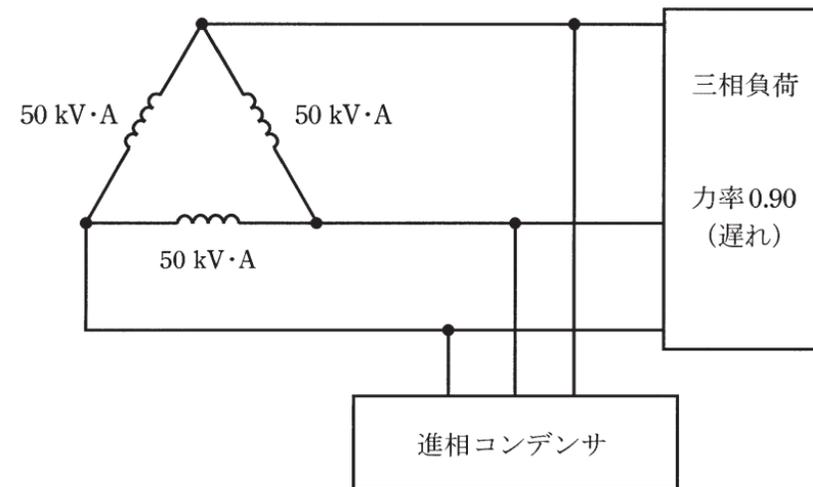


図 2

導出のポイント

(a) 図1のように消費電力90 kW (遅れ力率 0.90) の三相平衡負荷を接続し使用していたところ、3台の単相変圧器のうちの1台が故障した。負荷はそのまま、残りの2台の単相変圧器をV-V結線として使用するとき、このバンクはその定格容量より何 [kV・A] 過負荷となっているか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

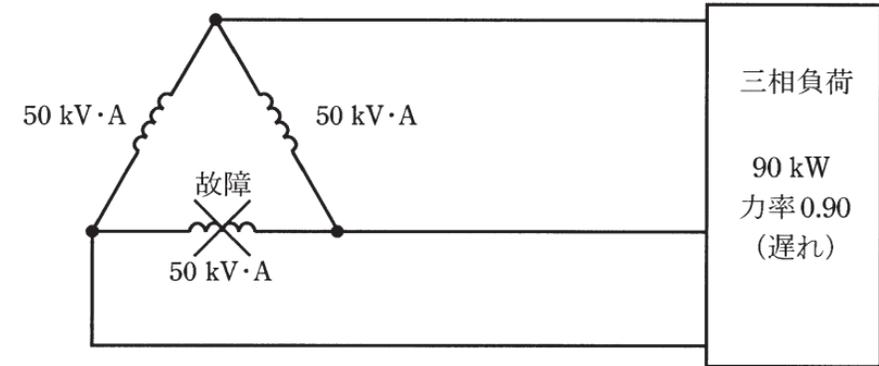


図1

V結線にした場合の最大出力

$$S_V = \sqrt{3}S = \sqrt{3} \times 50 = 86.6 \text{ kVA}$$

負荷の皮相電力

$$S = \frac{P}{\cos\theta} = \frac{90}{0.9} = 100 \text{ kVA}$$

過負荷となっている容量

$$\Delta S = S - S_V = 100 - 86.6 = 13.4 \text{ kVA}$$

導出のポイント

(b) 上記 (a) において、故障した変圧器を同等のものと交換して $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線で復旧した後、力率改善のために、進相コンデンサを接続し、バンクの定格容量を超えない範囲で最大限まで三相平衡負荷（遅れ力率 0.90）を増加し使用したところ、力率が 0.96（遅れ）となった。このときに接続されている三相平衡負荷の消費電力の値 [kW] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

復旧後の Δ 結線の最大出力

$$S_{\Delta} = 3S = 3 \times 50 = 150 \text{ kVA}$$

負荷の有効電力

$$P' = S_{\Delta} \cos\theta' = 150 \times 0.96 = 144 \text{ kW}$$

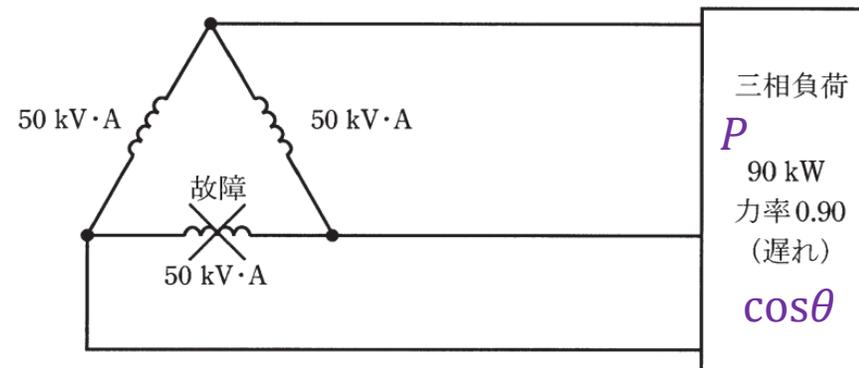


図 1

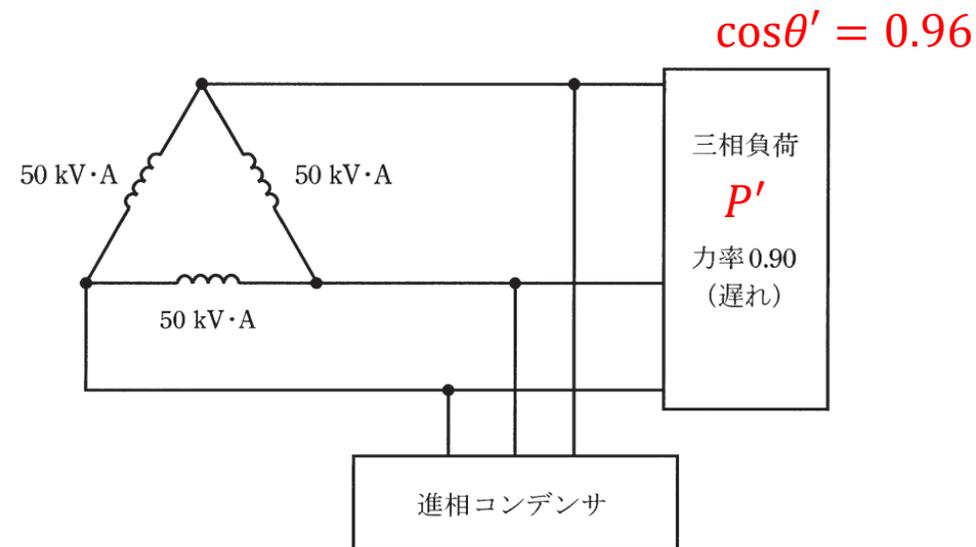


図 2

法規 H27 問13

問13 定格容量が $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線にし、一つのバンクとして、三相平衡負荷 (遅れ力率 0.90) に電力を供給する場合について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 図 1 のように消費電力 90 kW (遅れ力率 0.90) の三相平衡負荷を接続し使用していたところ、3 台の単相変圧器のうちの 1 台が故障した。負荷はそのまま、残りの 2 台の単相変圧器を V-V 結線として使用するとき、このバンクはその定格容量より何 [$\text{kV}\cdot\text{A}$] 過負荷となっているか。最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0 (2) 3.4 (3) 10.0 (4) 13.4 (5) 18.4

(b) 上記 (a) において、故障した変圧器を同等のものと交換して $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線で復旧した後、力率改善のために、進相コンデンサを接続し、バンクの定格容量を超えない範囲で最大限まで三相平衡負荷 (遅れ力率 0.90) を増加し使用したところ、力率が 0.96 (遅れ) となった。このときに接続されている三相平衡負荷の消費電力の値 [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) 135 (2) 144 (3) 150 (4) 156 (5) 167

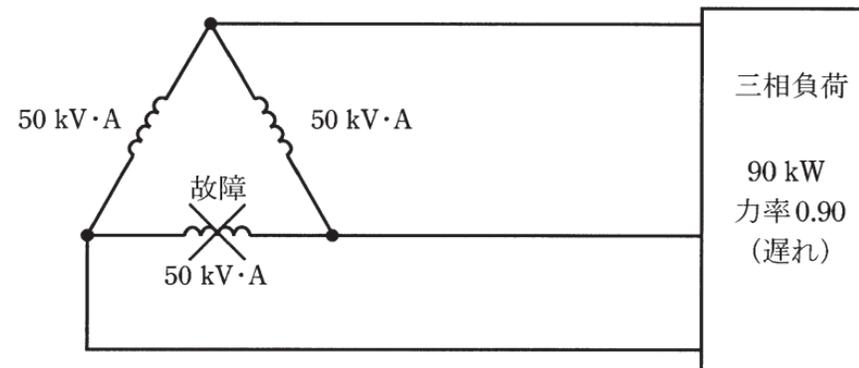


図 1

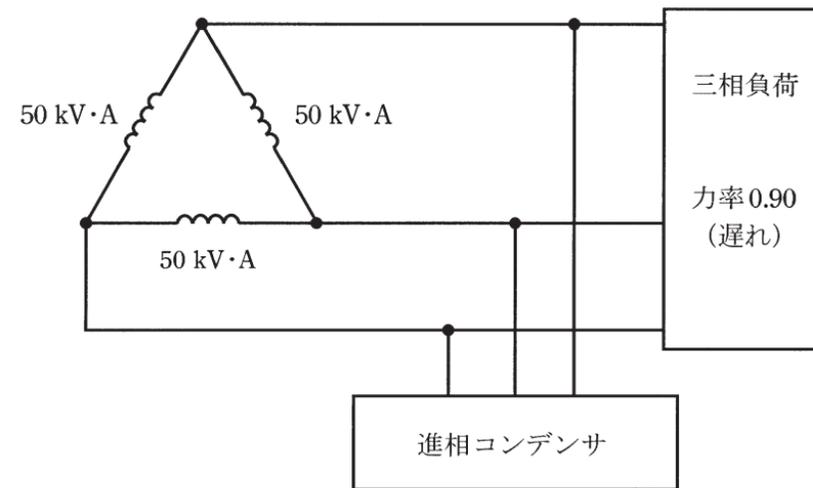


図 2

電力 H30 問12

問 12 変圧器の V 結線方式に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 単相変圧器 2 台で三相が得られる。
- (2) 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、 Δ 結線変圧器と比較して、出力は $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍となる。
- (3) 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、変圧器の利用率は $\frac{\sqrt{3}}{2}$ となる。
- (4) 電灯動力共用方式の場合、共用変圧器には電灯と動力の電流が加わって流れるため、一般に動力専用変圧器の容量と比較して共用変圧器の容量の方が大きい。
- (5) 単相変圧器を用いた Δ 結線方式と比較して、変圧器の電柱への設置が簡素化できる。

電力 H30 問12

問 12 変圧器の V 結線方式に関する記述として、誤っているものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 単相変圧器 2 台で三相が得られる。
- (2)** 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、 Δ 結線変圧器と比較して、出力は $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍となる。
- (3) 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、変圧器の利用率は $\frac{\sqrt{3}}{2}$ となる。
- (4) 電灯動力共用方式の場合、共用変圧器には電灯と動力の電流が加わって流れるため、一般に動力専用変圧器の容量と比較して共用変圧器の容量の方が大きい。
- (5) 単相変圧器を用いた Δ 結線方式と比較して、変圧器の電柱への設置が簡素化できる。

**V結線の変圧器の1台あたりの利用率 $\sqrt{3}/2$
変圧器の1台を S としたとき
変圧器 2 台で得られる出力は**

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

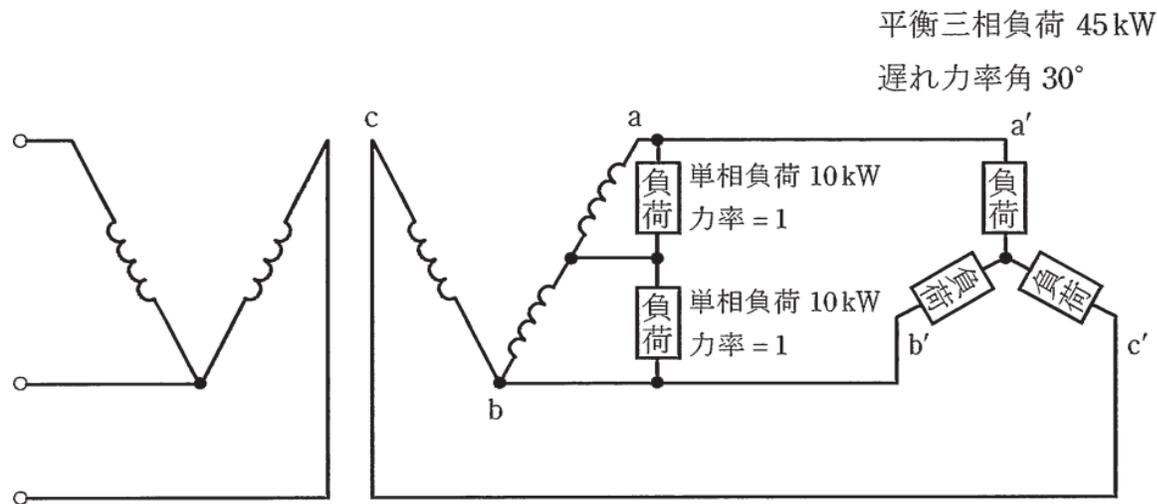
**Δ 結線 (変圧器 3 台) で得られる出力は
 $S_\Delta = 3S$**

出力を比較すると、

$$\frac{S_V}{S_\Delta} = \frac{\sqrt{3} S}{3 S} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

電力 H26 問12

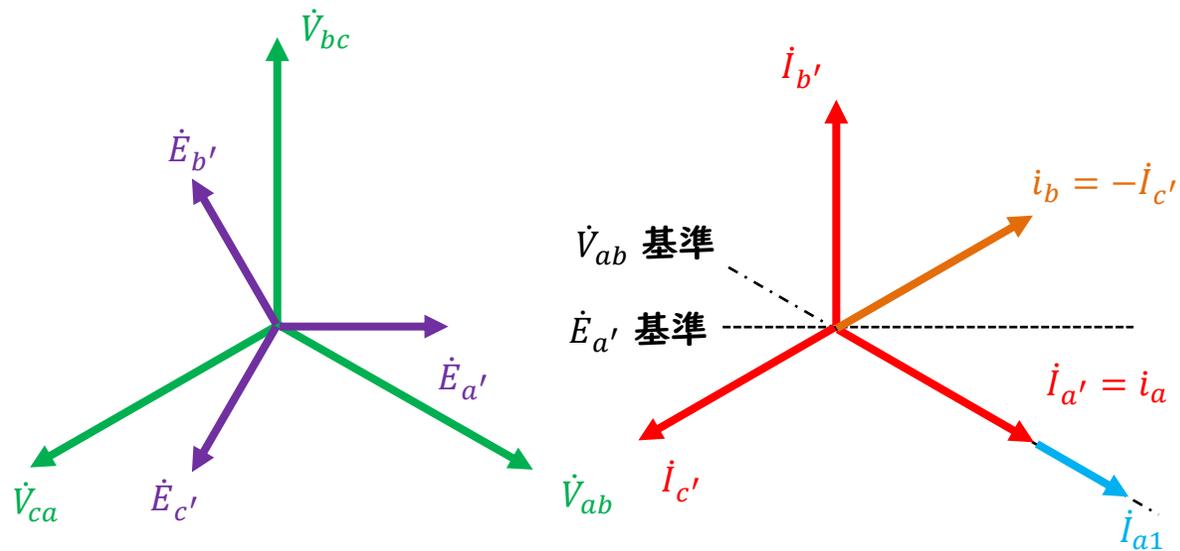
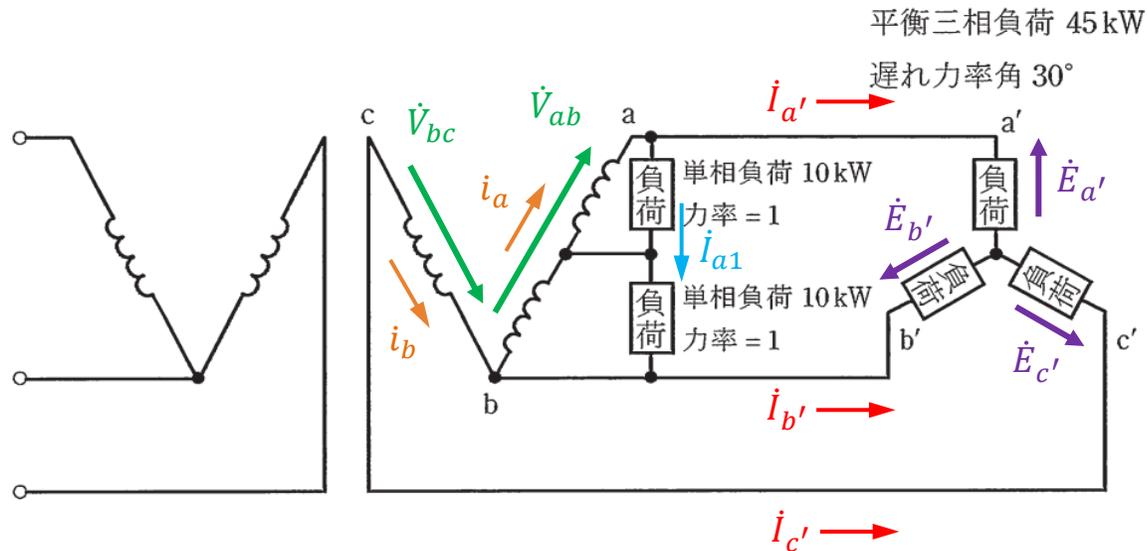
問12 図のように、2台の単相変圧器による電灯動力共用の三相4線式低圧配電線に、平衡三相負荷 45kW(遅れ力率角 30°)1個及び単相負荷 10kW(力率 = 1)2個が接続されている。これに供給するための共用変圧器及び専用変圧器の容量の値 [kV・A] は、それぞれいくら以上でなければならないか。値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし、相回転は a'-c'-b'とする。



	共用変圧器の容量	専用変圧器の容量
(1)	20	30
(2)	30	20
(3)	40	20
(4)	20	40
(5)	50	30

電力 H26 問12

問12 図のように、2台の単相変圧器による電灯動力共用の三相4線式低圧配電線に、平衡三相負荷 45kW(遅れ力率角 30°)1個及び単相負荷 10kW(力率=1)2個が接続されている。これに供給するための共用変圧器及び専用変圧器の容量の値 [kV・A] は、それぞれいくら以上でなければならないか。値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし、相回転は a'-c'-b'とする。



1. 専用変圧器の容量S

$$P_V = 45 = \sqrt{3} \times S \times \cos 30^\circ = \sqrt{3} \times S \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3}{2} S$$

$$S = 45 \times \frac{2}{3} = 30 \text{ kVA}$$

V結線が三相負荷に供給する電力 P_V
 $P_V = \sqrt{3} \times (\text{変圧器1台の容量}) \times \cos \theta$

2. 共用変圧器の容量S'

単相負荷のために必要な容量

$$P_{ab} = 2 \times 10 \text{ kW} = S_{ab} \cos \theta'$$

$$S_{ab} = 20 \text{ kVA}$$

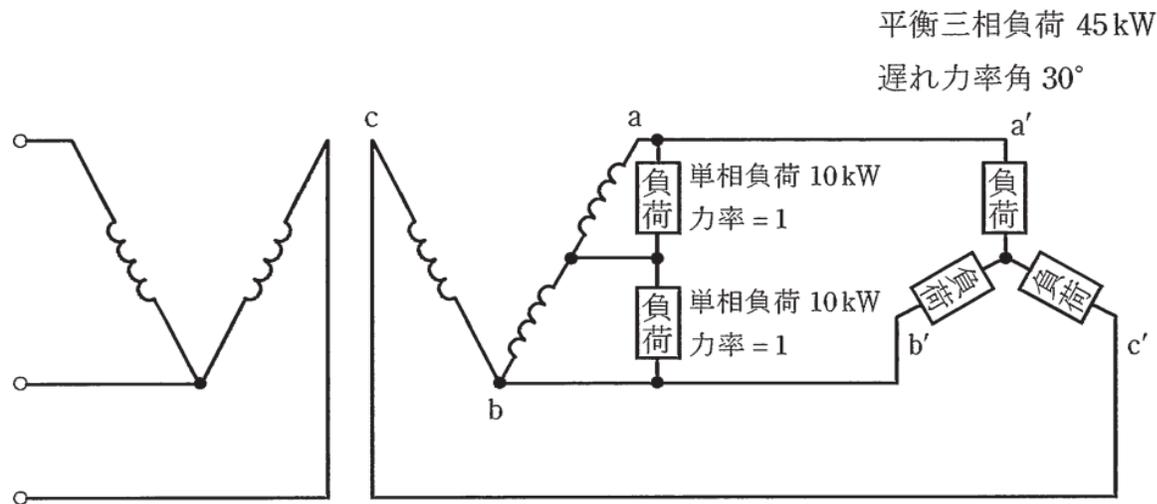
$$S' = S + S_{ab} = 30 + 20 = 50 \text{ kVA}$$

$$\theta = 30^\circ \text{ (}\dot{V}_{ab}\text{基準)}$$

$$\theta' = 0^\circ \text{ (}\dot{E}_a\text{基準)}$$

電力 H26 問12

問12 図のように、2台の単相変圧器による電灯動力共用の三相4線式低圧配電線に、平衡三相負荷 45kW(遅れ力率角 30°)1個及び単相負荷 10kW(力率 = 1)2個が接続されている。これに供給するための共用変圧器及び専用変圧器の容量の値 [kV・A] は、それぞれいくら以上でなければならないか。値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし、相回転は a'-c'-b'とする。



	共用変圧器の容量	専用変圧器の容量
(1)	20	30
(2)	30	20
(3)	40	20
(4)	20	40
(5)	50	30

ご聴講ありがとうございました
ございました!!