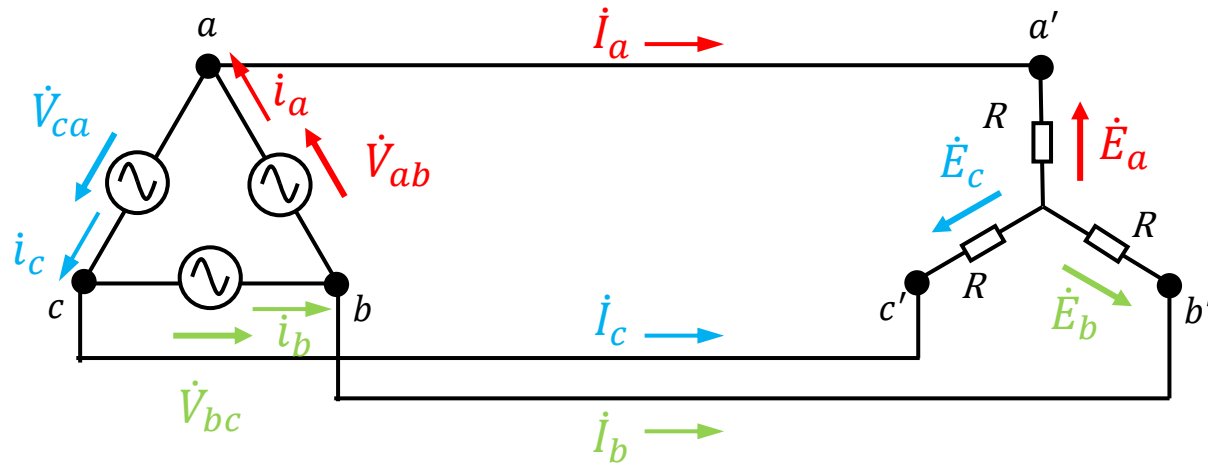


電験三種 オンライン講座

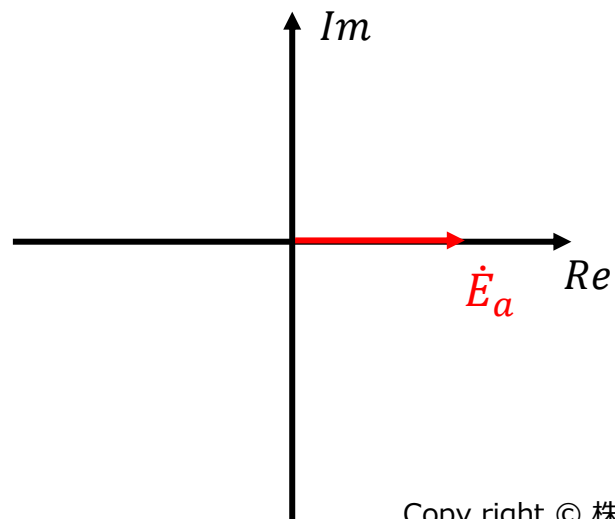
電力 過去問解説(3) 変電

練習問題 I

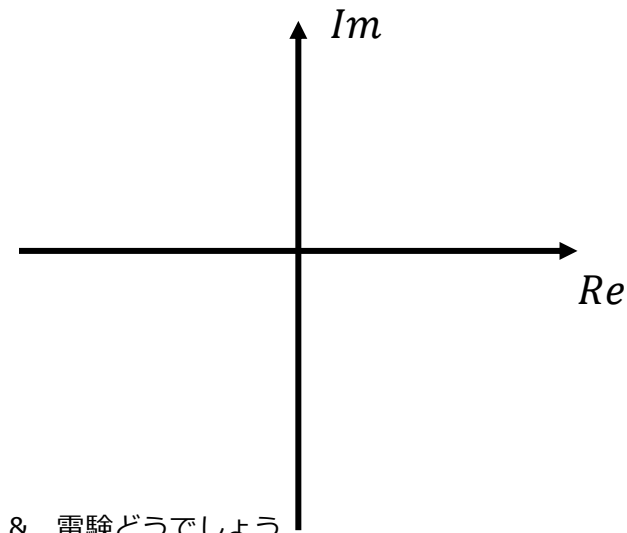


電流と電圧のベクトル図を描いてみよう!

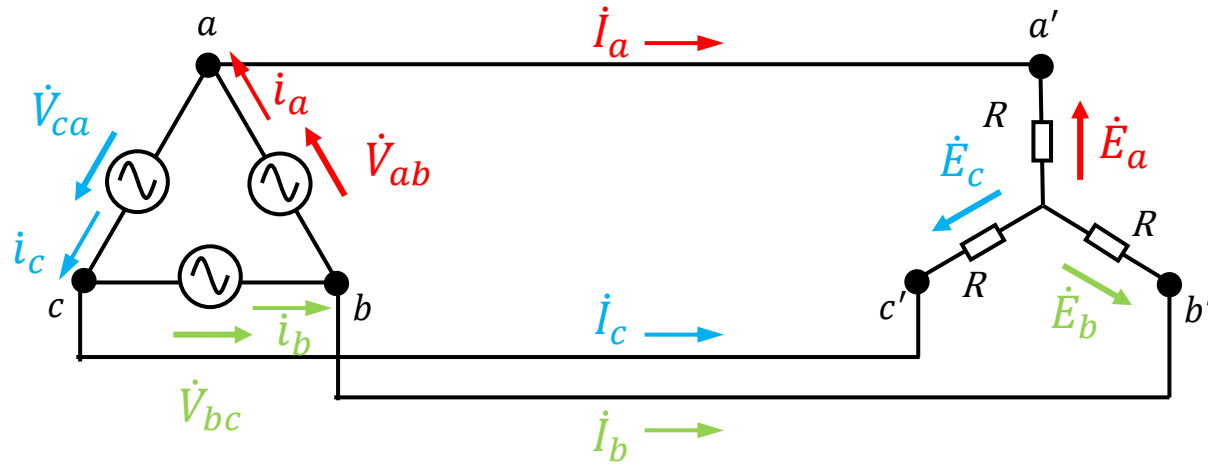
電圧のベクトル



電流のベクトル

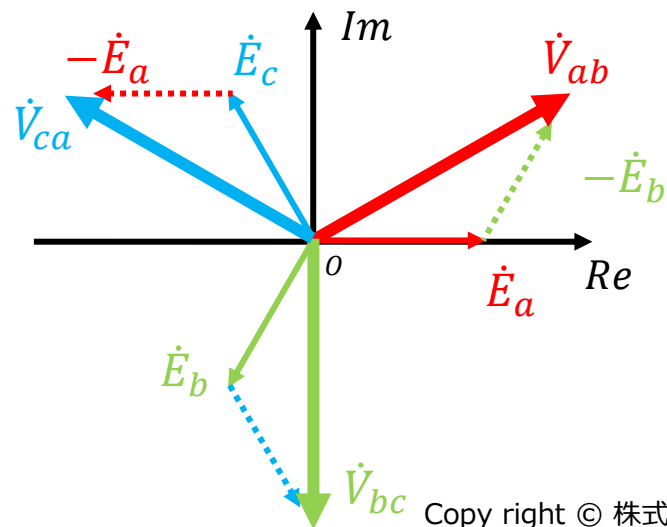


練習問題 I (解答)

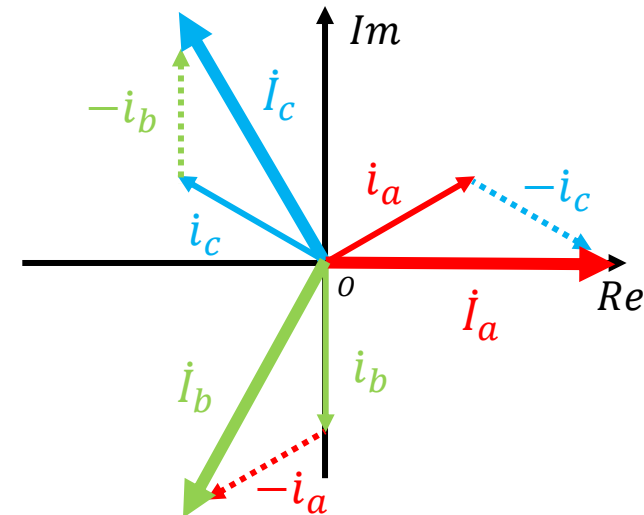


電流と電圧のベクトル図を描いてみよう!

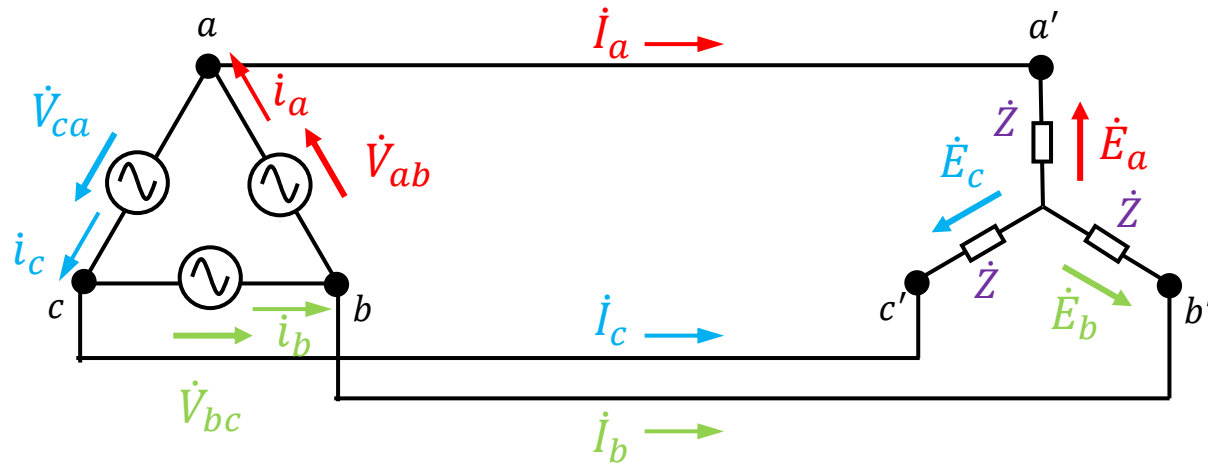
電圧のベクトル



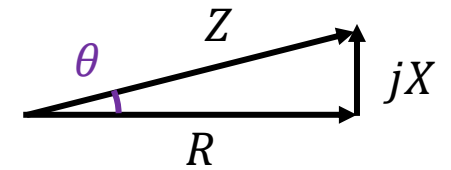
電流のベクトル



負荷が純抵抗でない場合

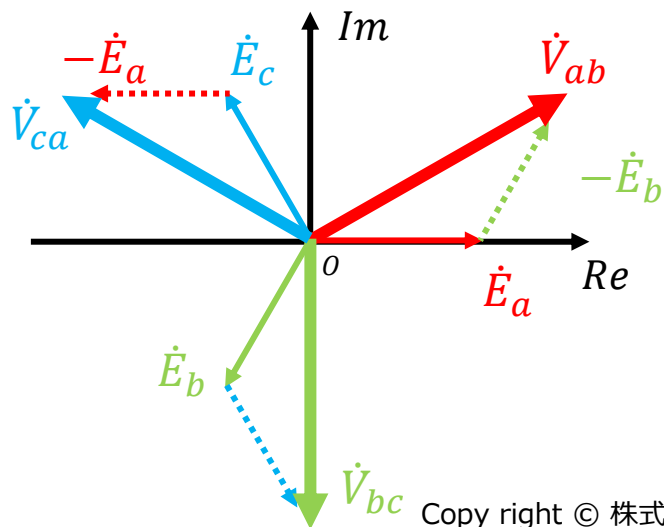


負荷をRからZに変更する
 $Z = R + jX$

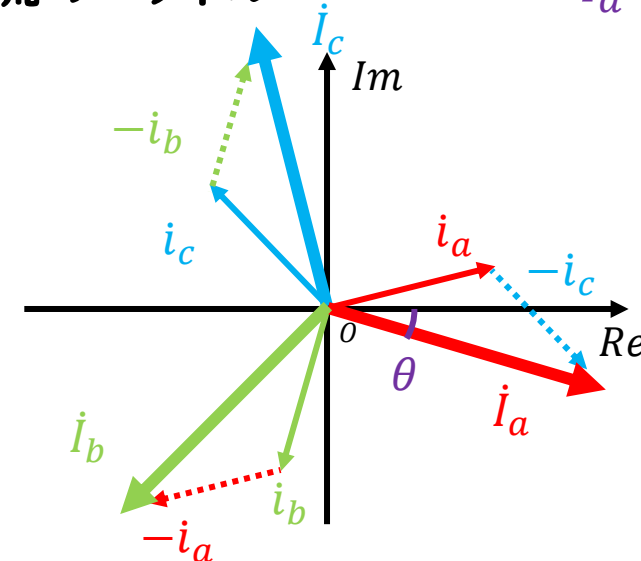


電流のベクトル全体を $-\theta$ だけ
 回転させればよい

電圧のベクトル



電流のベクトル



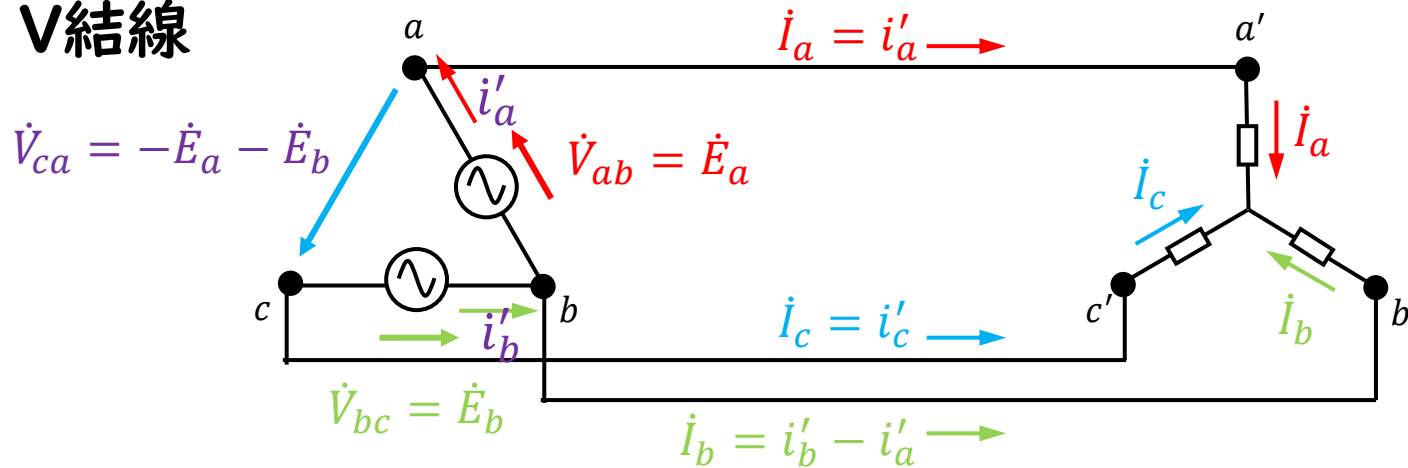
$$i_a = \frac{\dot{E}_a}{Z} = \left[\frac{1}{Z} \right] \dot{E}_a$$

$-\theta$ 回転

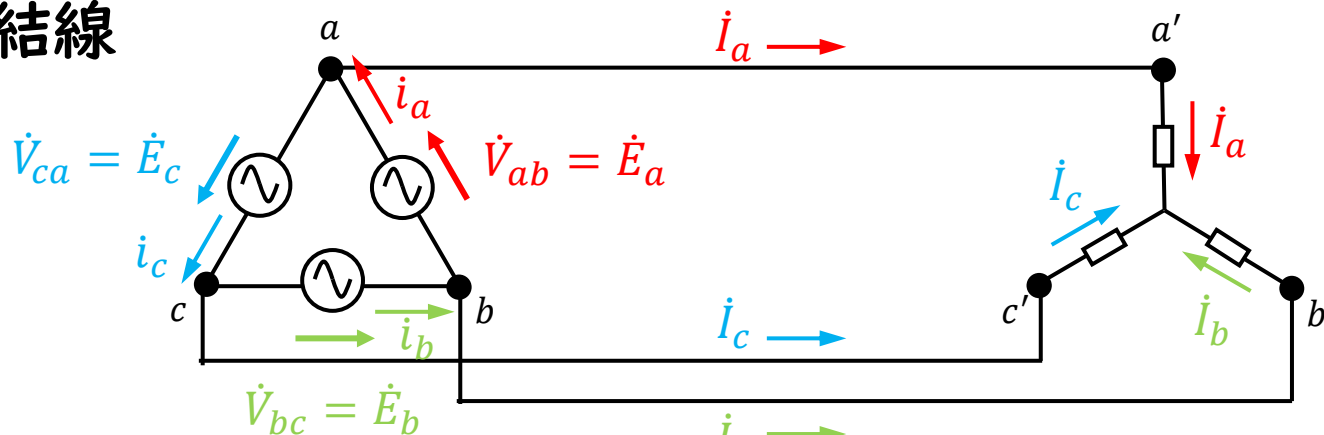
V結線の基本特性

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

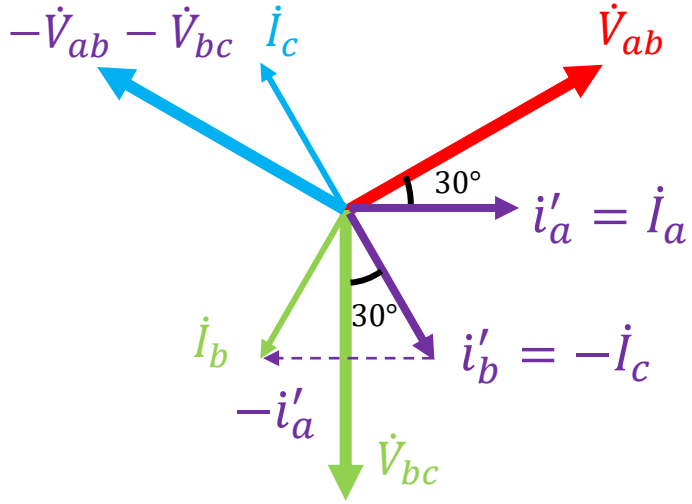
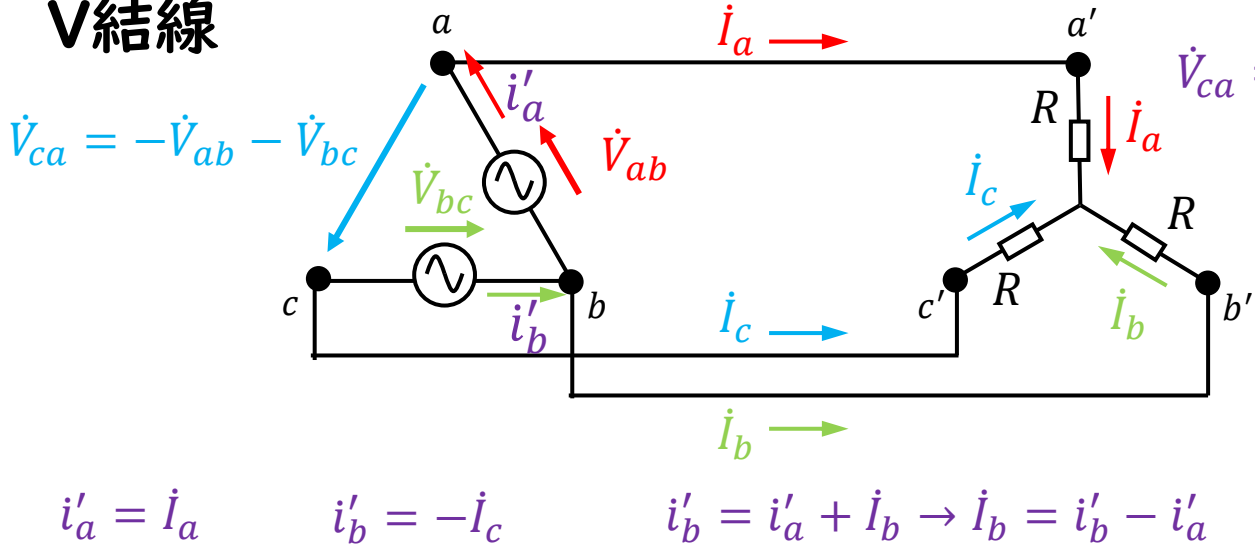


電流/電圧		V結線	Δ結線
電源側	線間電圧	同じ	同じ
	相電圧	同じ	同じ
	相電流	異なる	異なる
送電線	線電流	同じ	同じ
負荷側	線間電圧	同じ	同じ
	相電圧	同じ	同じ
	相電流	同じ	同じ

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

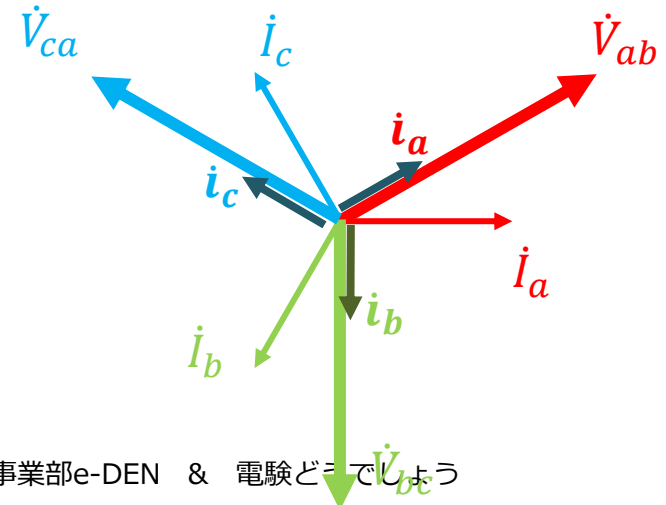
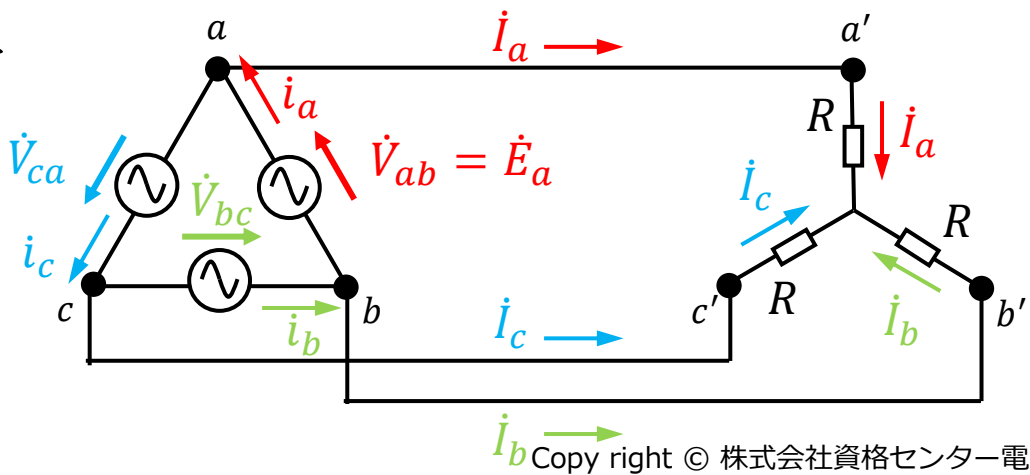
V結線



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)

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

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)

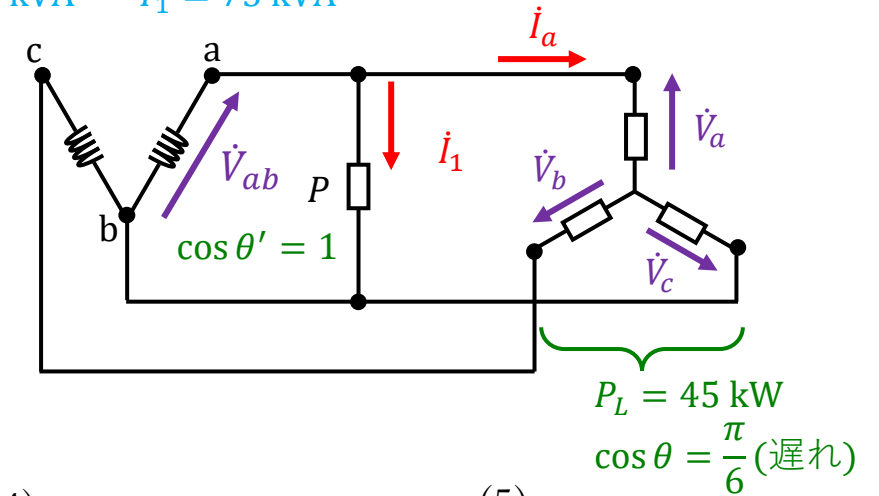
$S = V_{ab}i_a, P = S$
 $\therefore P_{max} = 3S$

H19 問16

2台の単相変圧器（容量75 kV・A）の T_1 及び容量50 kV・Aの T_2 をV結線に接続し、下図のように三相平衡負荷45 kW（力率角 $\pi/6$ 進み[rad]）と単相負荷P（力率=1）に電力供給している。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、相順はa、b、cとし、図示していないインピーダンスは無視するものとする。

$T_2 = 50 \text{ kVA}$ $T_1 = 75 \text{ kVA}$



(a) 問題の図において、 \dot{V}_a を基準とし、 \dot{V}_{ab} 、 \dot{I}_a 、 \dot{I}_1 の大きさと位相関係を表す図として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $|\dot{I}_a| > |\dot{I}_1|$ とする。

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)

(b) 単相変圧器 T_1 が過負荷にならない範囲で、単相負荷P（力率=1）がとりうる最大電力[kW]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 23 (2) 36 (3) 45 (4) 49 (5) 58

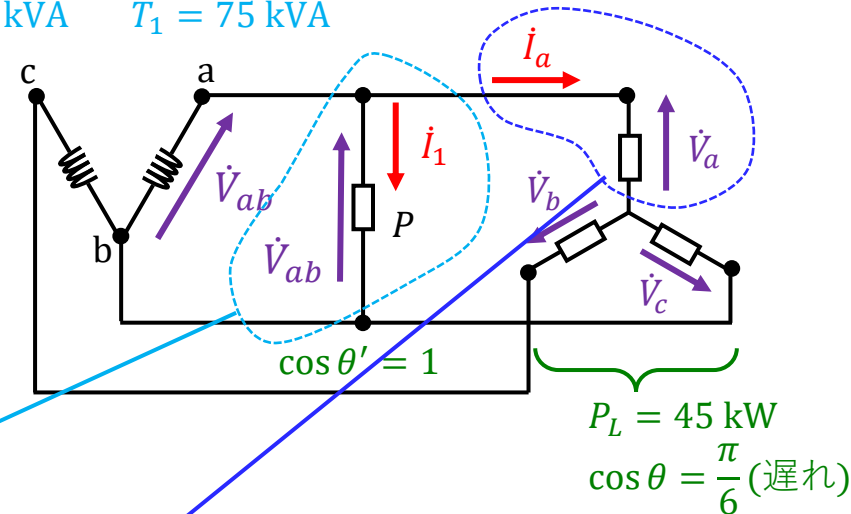
導出のポイント

2台の単相変圧器（容量75 kV・A）の T_1 及び容量50 kV・Aの T_2 をV結線に接続し、下図のように三相平衡負荷45 kW（力率角 $\pi/6$ 進み[rad]）と単相負荷 P （力率=1）に電力供給している。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

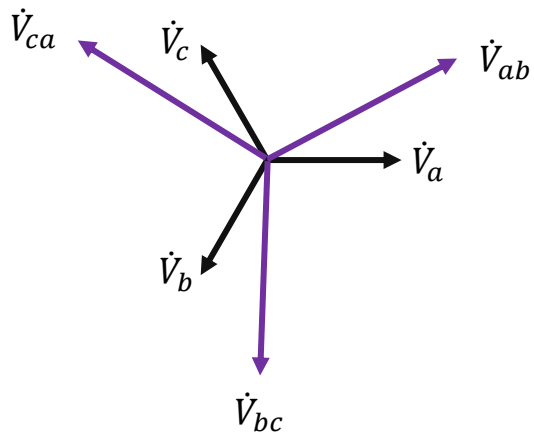
ただし、相順はa、b、cとし、図示していないインピーダンスは無視するものとする。

(a) 問題の図において、 \dot{V}_a を基準とし、 \dot{V}_{ab} 、 \dot{I}_a 、 \dot{I}_1 の大きさと位相関係を表す図として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $|\dot{I}_a| > |\dot{I}_1|$ とする。

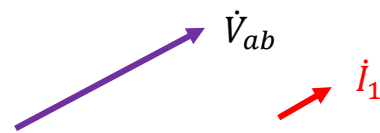
$T_2 = 50 \text{ kVA}$ $T_1 = 75 \text{ kVA}$



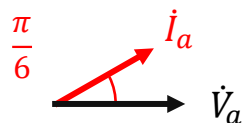
相電圧 (Y結線) と線間電圧の関係



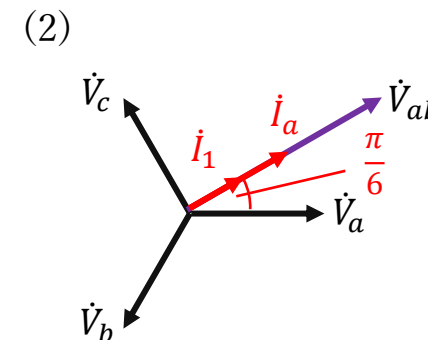
単相負荷は力率1なので、 \dot{V}_{ab} と \dot{I}_1 は同相



三相負荷は力率 $\pi/6$ （進み）なので、 \dot{V}_a に対して \dot{I}_a は $\pi/6$ （進み）



以上の情報を
まとめると



H19 問16

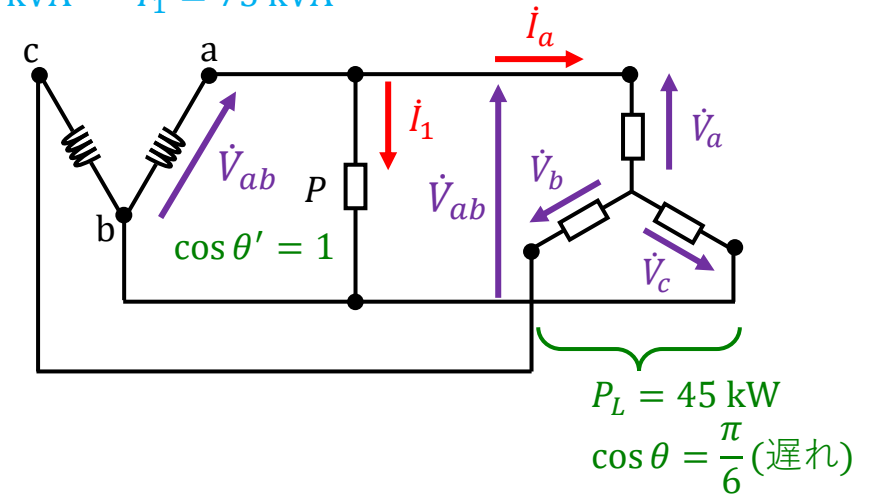
2台の単相変圧器（容量75 kV・A）の T_1 及び容量50 kV・Aの T_2 をV結線に接続し、下図のように三相平衡負荷45 kW（力率角 $\pi/6$ 進み[rad]）と単相負荷P（力率=1）に電力供給している。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、相順はa、b、cとし、図示していないインピーダンスは無視するものとする。

(b) 単相変圧器 T_1 が過負荷にならない範囲で、単相負荷P（力率=1）がとりうる最大電力[kW]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 23 (2) 36 (3) 45 (4) 49 (5) 58

$T_2 = 50 \text{ kVA}$ $T_1 = 75 \text{ kVA}$



三相平衡負荷45 kWに対して2台の変圧器が供給する皮相電力は

$$P_3 = \sqrt{3}VI \cos \theta = \sqrt{3}V_{ab}I_a \cos \frac{\pi}{6}$$

1台の変圧器が供給する皮相電力 $V_{ab}I_a$ なので

$$V_{ab}I_a = \frac{P_3}{\sqrt{3} \cos \frac{\pi}{6}} = \frac{45}{\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}} = 30 \text{ kVA}$$

T_1 が負担できる単相負荷Pは、

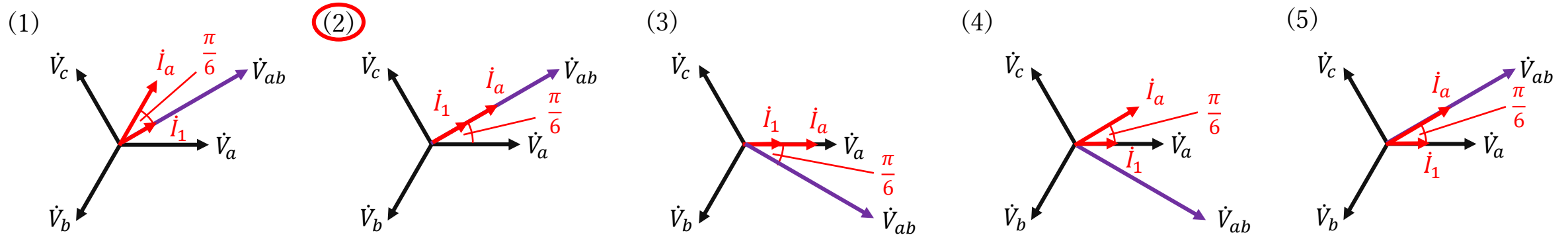
$$T_1 = S_3 + P \rightarrow P = T_1 - S_3 = 75 - 30 = 45 \text{ kVA}$$

H19 問16

2台の単相変圧器（容量 $75 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ）の T_1 及び容量 $50 \text{ kV} \cdot \text{A}$ の T_2 ）をV結線に接続し、下図のように三相平衡負荷 45 kW （力率角 $\pi/6$ 進み[rad]）と単相負荷 P （力率=1）に電力供給している。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、相順はa、b、cとし、図示していないインピーダンスは無視するものとする。

(a) 問題の図において、 \dot{V}_a を基準とし、 \dot{V}_{ab} 、 \dot{I}_a 、 \dot{I}_1 の大きさと位相関係を表す図として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $|\dot{I}_a| > |\dot{I}_1|$ とする。

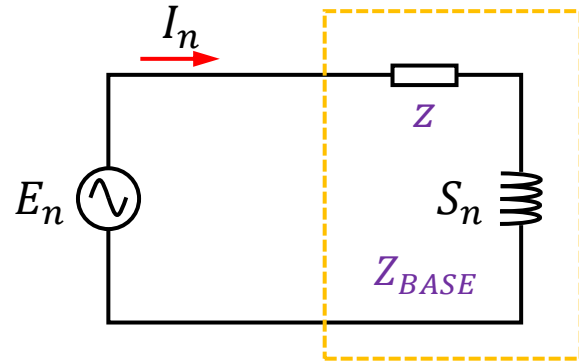


(b) 単相変圧器 T_1 が過負荷にならない範囲で、単相負荷 P （力率=1）がとりうる最大電力[kW]の値として、正しいのは次のうちどれか。

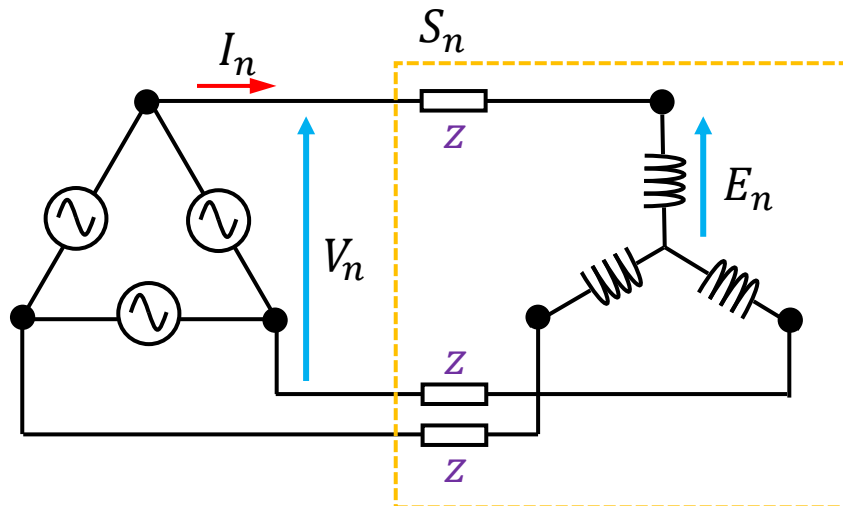
- (1) 23 (2) 36 (3) 45 (4) 49 (5) 58

パーセントインピーダンス法

変圧器の電力容量、端子電圧から得られる**基準インピーダンス**により、**内部インピーダンスの影響**の程度を表す指標



単相変圧器



三相変圧器
(Y結線と考える)

単相交流
の場合

基準インピーダンス

$$Z_{BASE} = \frac{(\text{定格電圧})^2}{(\text{定格電力})} = \frac{E_n^2}{S_n} = \frac{(\text{定格電圧})}{(\text{定格電流})} = \frac{E_n}{I_n}$$

パーセントインピーダンス

$$\%Z = \frac{(\text{実インピーダンス})}{(\text{基準インピーダンス})} \times 100 = \frac{z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%]$$

三相交流
の場合

基準インピーダンス

$$Z_{BASE} = \frac{\text{定格電圧 (相電圧)}}{\text{定格電流}} = \frac{E_n}{I_n} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n} = \frac{V_n \times V_n}{\sqrt{3}I_n \times V_n} = \frac{V_n^2}{S_n}$$

パーセントインピーダンス

$$\%Z = \frac{z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%] = z \times \frac{S_n}{V_n^2} \times 100 = z \times \frac{\sqrt{3}I_n}{V_n} \times 100$$

パーセントインピーダンスの換算

$$\therefore \%Z' = \frac{S'_n}{S_n} \times \%Z$$

H20 問8

一次電圧66 kV、二次電圧 6.6 kV、容量 80 MV・Aの三相変圧器がある。
一次側に換算した誘導性リアクタンスの値が4.5 Ωのとき、百分率リアクタンスの値 [%]として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 2.8 (2) 4.8 (3) 8.3 (4) 14.3 (5) 24.8

H20 問8

一次電圧66 kV、二次電圧 6.6 kV、容量 80 MV・Aの三相変圧器がある。
一次側に換算した誘導性リアクタンスの値が4.5 Ωのとき、百分率リアクタンスの値 [%]として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 2.8 (2) 4.8 (3) 8.3 (4) 14.3 (5) 24.8

百分率リアクタンス% X

$$\%X = \frac{X}{Z_{BASE}} \times 100 = \frac{S}{V^2} X \times 100 = \frac{80 \times 10^6}{(66 \times 10^3)^2} \times 4.5 \times 100$$

$$\%X = 8.3 \%$$

H17 問16

容量15 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で5%であるA変圧器と、容量8 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で4%であるB変圧器とを平行運転している変電所がある。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

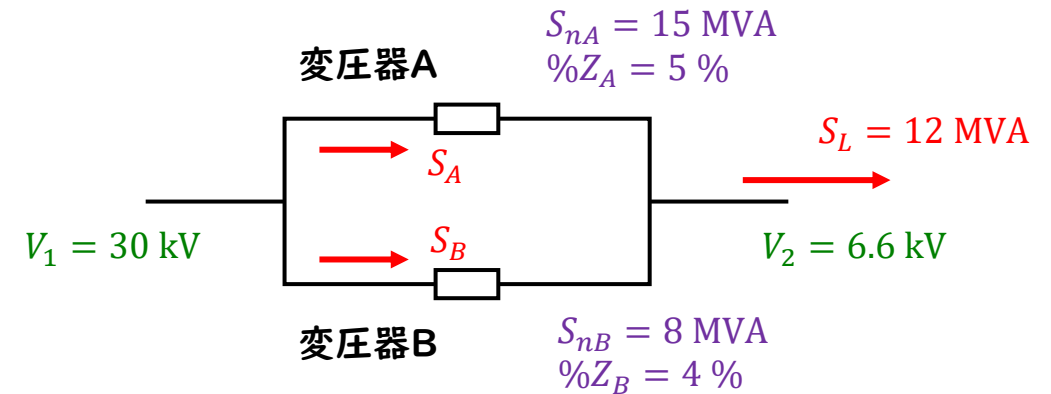
ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(a) 12 MV・Aの負荷を加えたとき、A変圧器の分担する負荷[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 4.8 (2) 5.3 (3) 6.7 (4) 7.2 (5) 7.8

(b) 平行運転している2台の変圧器が負担できる最大負荷容量[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 20 (2) 21 (3) 22 (4) 23 (5) 25



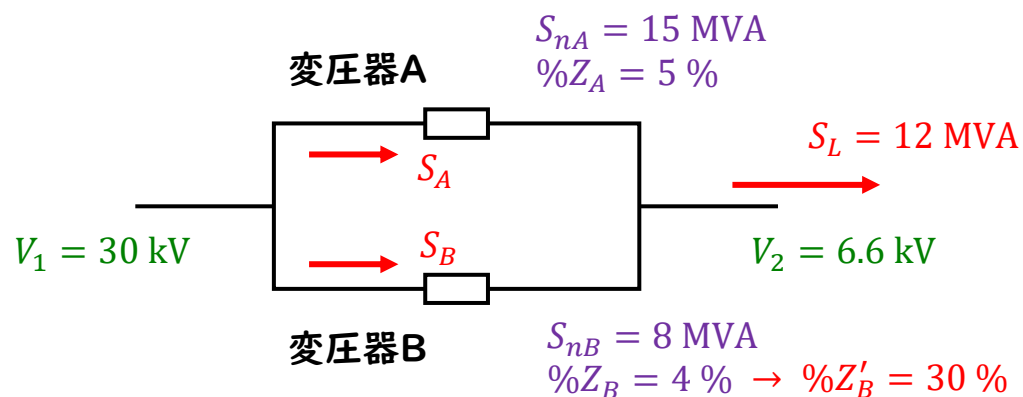
導出のポイント

容量15 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で5 %であるA変圧器と、容量8 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で4 %であるB変圧器とを平行運転している変電所がある。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(a) 12 MV・Aの負荷を加えたとき、A変圧器の分担する負荷[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 4.8 (2) 5.3 (3) 6.7 (4) 7.2 (5) 7.8



基準容量を15 MVAに揃えると、

$$\%Z'_B = \frac{S_{nA}}{S_{nB}} \%Z_B = \frac{15}{8} \times 4 = 7.5 \%$$

①パーセントインピーダンスの比
→変圧器のインピーダンスの比

②並列に並んだ変圧器の電力の比
→並列に並んだ変圧器の電流比（電圧が同じなので）

並列回路の電流とインピーダンスの関係より

$$I_A : I_B = \frac{1}{Z_A} : \frac{1}{Z_B} \rightarrow S_A : S_B = \frac{1}{\%Z_A} : \frac{1}{\%Z'_B} = \%Z'_B : \%Z_A$$

$$S_A : S_B = 7.5 : 5 = 3 : 2$$

$$S_A = \frac{3}{3+2} \times 12 \text{ MVA} = 7.2 \text{ MVA}$$

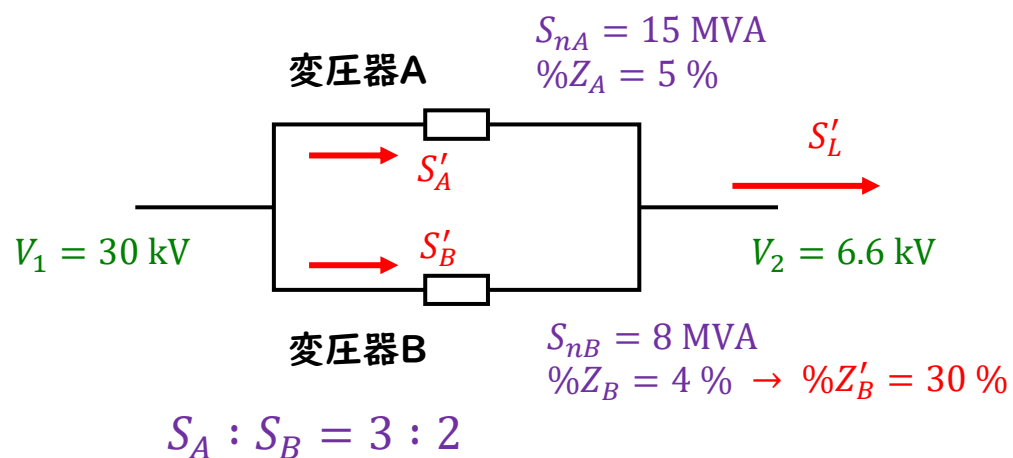
導出のポイント

容量15 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で5 %であるA変圧器と、容量8 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で4 %であるB変圧器とを平行運転している変電所がある。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(b) 平行運転している2台の変圧器が負担できる最大負荷容量[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 20 (2) 21 (3) 22 (4) 23 (5) 25



$$S_A : S_B = 7.5 : 5 = 3 : 2 \quad \text{なので、}$$

$$S_A = S_{An} \text{ とすると、}$$

$$S_A : S_B = 15 : x \rightarrow x = 10 \text{ MVA} \rightarrow S_{nB} \text{ を越えてしまう (X)}$$

$$S_B = S_{Bn} \text{ とすると、}$$

$$S_A : S_B = x : 8 \rightarrow x = 12 \text{ MVA} \rightarrow S_{nA} \text{ より小さい (O)}$$

$$S'_B = S_{nB} = 8 \text{ MVA}$$

$$S'_A = 12 \text{ MVA}$$

$$S'_L = S'_A + S'_B = 8 + 12 = 20 \text{ MVA}$$

H17 問16

容量15 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で5 %であるA変圧器と、容量8 MV・A、変圧比 30 kV/6.6 kV、百分率インピーダンス降下が自己容量基準で4 %であるB変圧器とを平行運転している変電所がある。これについて、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(a) 12 MV・Aの負荷を加えたとき、A変圧器の分担する負荷[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 4.8 (2) 5.3 (3) 6.7 (4) 7.2 (5) 7.8

(b) 平行運転している2台の変圧器が負担できる最大負荷容量[MV・A]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 20 (2) 21 (3) 22 (4) 23 (5) 25

H14 問12

容量50 kV・A、一次側及び二次側の定格電圧がそれぞれ3.64 kVおよび200 V、短絡インピーダンス（百分率インピーダンス降下）5%の単相変圧器3台を、図のように一次側Y、二次側Δに結線している。この変圧器軍の一次側に6.3 kVの三相交流電源に接続して、二次側に接続された120 kWの平衡した三相抵抗負荷に電力を供給しているとき、次の(a)及び(b)に答えよ。

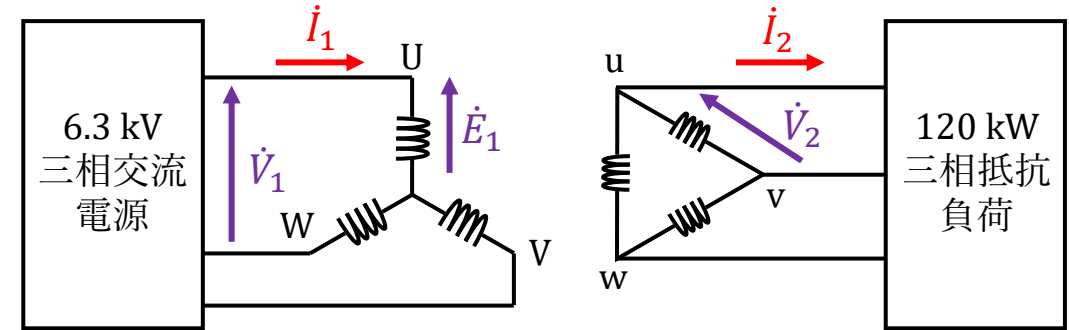
ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(a) この単相変圧器の一次側巻線に流れている電流[A]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 6.3 (2) 11 (3) 19 (4) 33 (5) 200

(b) 負荷が接続されている端子で三相短絡が発生したとき、短絡点に流れる短絡電流[kA]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 2.9 (2) 5.0 (3) 7.1 (4) 8.7 (5) 15



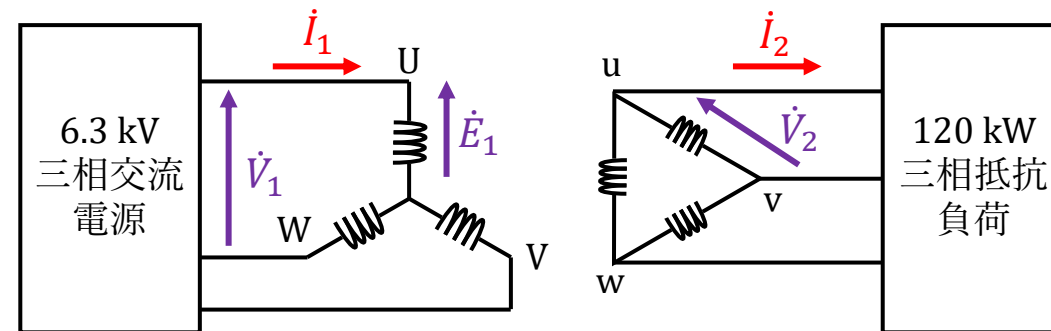
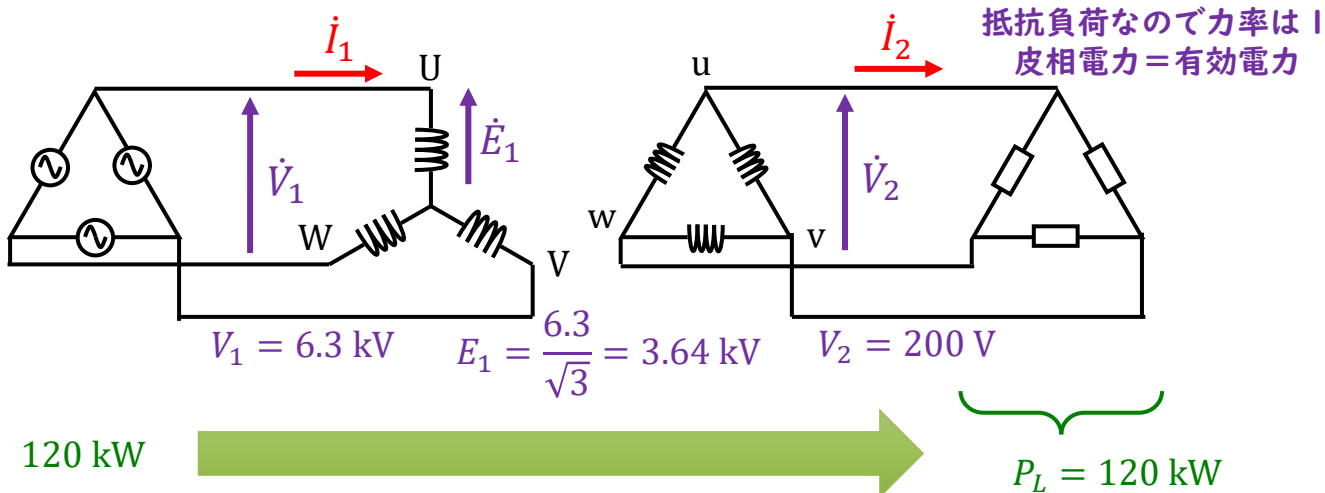
導出のポイント

容量50 kV・A、一次側及び二次側の定格電圧がそれぞれ3.64 kVおよび200 V、短絡インピーダンス（百分率インピーダンス降下）5%の単相変圧器3台を、図のように一次側Y、二次側Δに結線している。この変圧器軍の一次側に6.3 kVの三相交流電源に接続して、二次側に接続された120 kWの平衡した三相抵抗負荷に電力を供給しているとき、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(a) この単相変圧器の一次側巻線に流れている電流[A]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 6.3 (2) 11 (3) 19 (4) 33 (5) 200



一次側が供給する電力と電圧、電流の関係

$$S_L = P_L = \sqrt{3}V_1 I_1 \rightarrow I_1 = \frac{P_L}{\sqrt{3}V_1} = \frac{120 \text{ k}}{\sqrt{3} \times 6.3 \text{ k}} = 11.0 \text{ A}$$

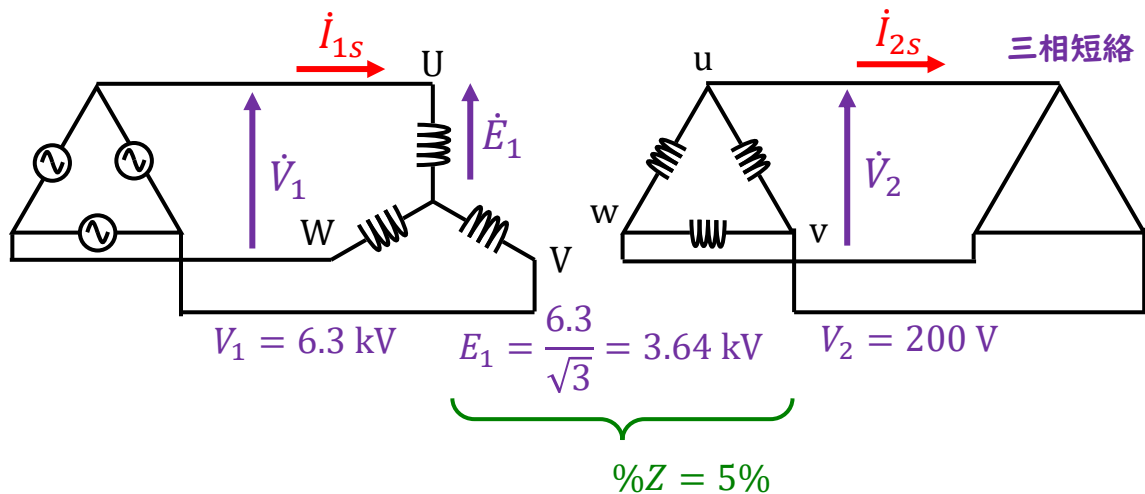
導出のポイント

容量50 kV・A、一次側及び二次側の定格電圧がそれぞれ3.64 kVおよび200 V、短絡インピーダンス（百分率インピーダンス降下）5%の単相変圧器3台を、図のように一次側Y、二次側Δに結線している。この変圧器軍の一次側に6.3 kVの三相交流電源に接続して、二次側に接続された120 kWの平衡した三相抵抗負荷に電力を供給しているとき、次の(a)及び(b)に答えよ。

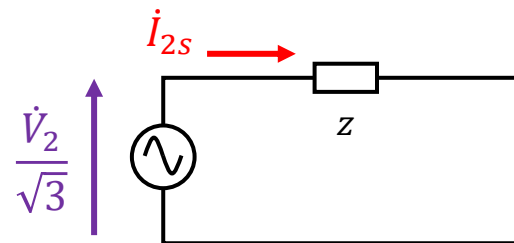
ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。

(b) 負荷が接続されている端子で三相短絡が発生したとき、短絡点に流れる短絡電流[kA]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 2.9 (2) 5.0 (3) 7.1 (4) 8.7 (5) 15



三相短絡時の二次側の単相回路



$$\%Z = \frac{\text{(実インピーダンス)}}{\text{(基準インピーダンス)}} \times 100 = \frac{Z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%]$$

$$Z_{BASE} = \frac{E_{2n}}{I_{2n}} = \frac{V_{2n}/\sqrt{3}}{I_{2n}} \quad I_s = \frac{E_{2n}}{Z} \rightarrow Z = \frac{V_{2n}/\sqrt{3}}{I_s}$$

$$\%Z = \frac{\frac{V_{2n}/\sqrt{3}}{I_s}}{\frac{V_{2n}/\sqrt{3}}{I_{2n}}} \times 100 = \frac{I_{2n}}{I_s} \times 100 \rightarrow I_s = \frac{100}{\%Z} I_{2n}$$

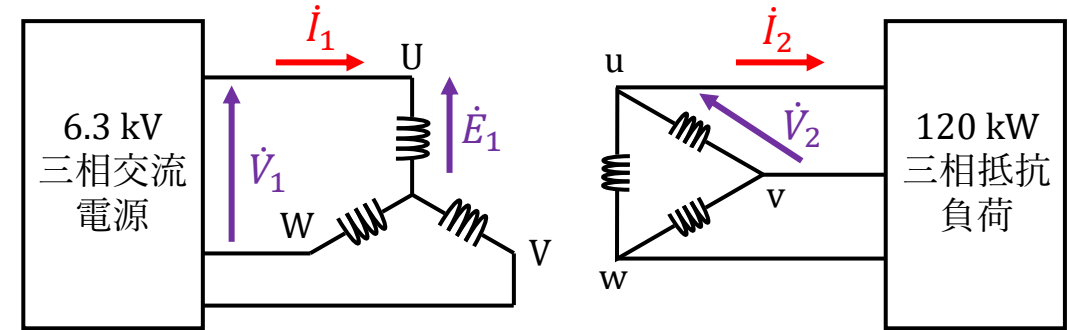
$$S_n = \sqrt{3}V_2 I_{2n} \rightarrow I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_2} = \frac{50 \times 10^3 \times 3}{\sqrt{3} \times 200} = 433 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{100}{\%Z} I_{2n} = \frac{100}{5} \times 433 = 8660 \sim 8.7 \text{ kA}$$

H14 問12

容量50 kV・A、一次側及び二次側の定格電圧がそれぞれ3.64 kVおよび200 V、短絡インピーダンス（百分率インピーダンス降下）5%の単相変圧器3台を、図のように一次側Y、二次側Δに結線している。この変圧器軍の一次側に6.3 kVの三相交流電源に接続して、二次側に接続された120 kWの平衡した三相抵抗負荷に電力を供給しているとき、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、各変圧器の抵抗とリアクタンスの比は等しいものとする。



(a) この単相変圧器の一次側巻線に流れている電流[A]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 6.3 (2) 11 (3) 19 (4) 33 (5) 200

(b) 負荷が接続されている端子で三相短絡が発生したとき、短絡点に流れる短絡電流[kA]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 2.9 (2) 5.0 (3) 7.1 (4) 8.7 (5) 15

ご聴講ありがとうございました!!