

変圧器（1 2）《異容量V結線方式》

定格容量の異なる 2 台の単相変圧器をV結線したものを**異容量V結線方式**と呼ぶ。三相負荷と単相負荷を併用。

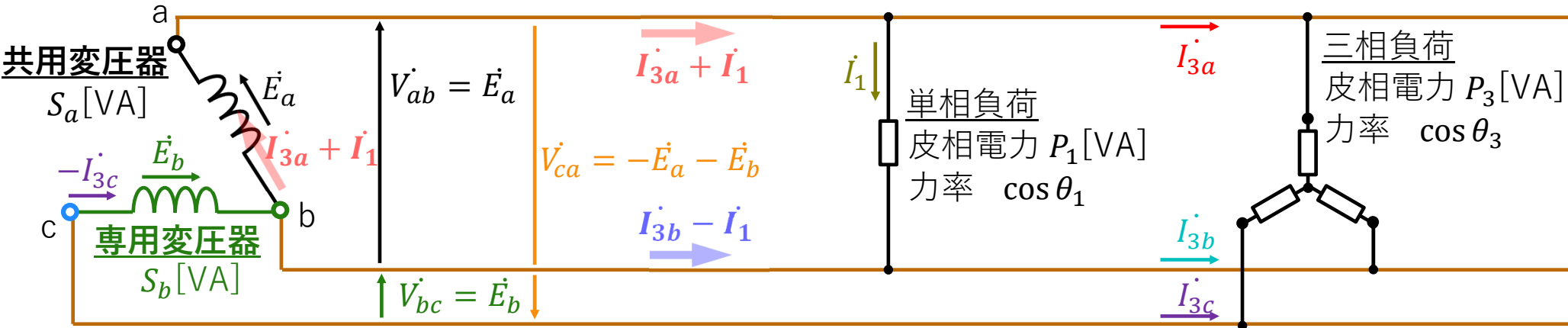
共用変圧器：単相(電灯)負荷と三相(動力)負荷に電力を供給

専用変圧器：三相(動力)負荷だけに電力を供給

共用変圧器の定格容量[VA] > 専用変圧器の定格容量[VA]

$$I_3 = |\dot{I}_{3a}| = |\dot{I}_{3b}| = |\dot{I}_{3c}| \qquad I_1 = |\dot{I}_1|$$

$$V = |\dot{V}_{ab}| = |\dot{V}_{bc}| = |\dot{V}_{ca}| = |\dot{E}_a| = |\dot{E}_b|$$



$$\left\{ \begin{array}{l} S_a = |\dot{E}_a| |\dot{I}_{3a} + \dot{I}_1| = V |\dot{I}_{3a} + \dot{I}_1| \\ S_b = |\dot{E}_b| |-\dot{I}_{3c}| = V I_3 \\ P_1 = |\dot{V}_{ab}| |\dot{I}_1| = V I_1 \\ P_3 = \sqrt{3} |\dot{V}_{ab}| |\dot{I}_{3a}| = \sqrt{3} V I_3 = \sqrt{3} S_b \end{array} \right.$$

■ S_a, S_b を変圧器の定格容量としたとき、
 三相のみの最大負荷 ($P_1 = 0$) : $P_3 = \sqrt{3} V I_3 \cos 0 = \sqrt{3} S_b$
 単相のみの最大負荷 ($P_3 = 0$) : $P_1 = V I_1 \cos 0 = S_a$
 三相負荷最大の時、同時使用できる最大単相負荷 : $P_1 = S_a - S_b$
 ※ θ_1, θ_3 の位相差を考慮しない簡易式 $S_a = P_1 + \frac{P_3}{\sqrt{3}}$ より

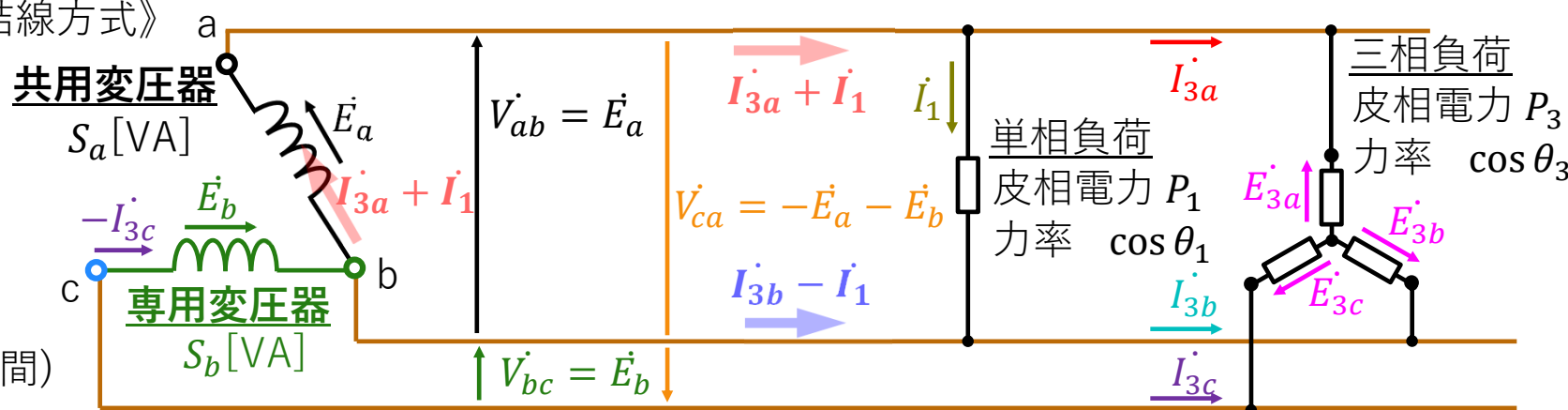
変圧器 (1 2) 《異容量 V 結線方式》

$S_a = V|I_{3a} + I_1|$

【進相接続】

共用変圧器を V_{ab} (a相－b相間)とした場合。

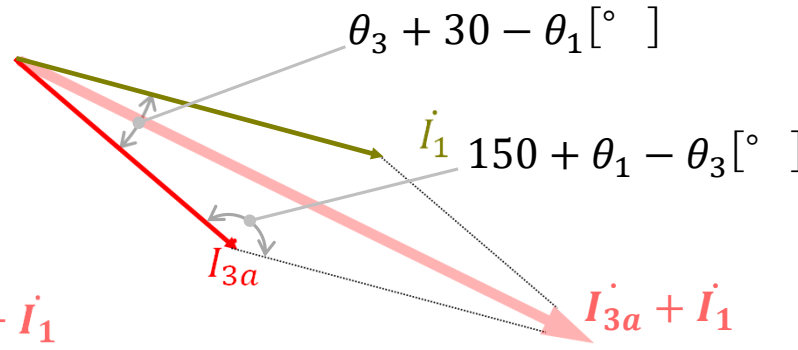
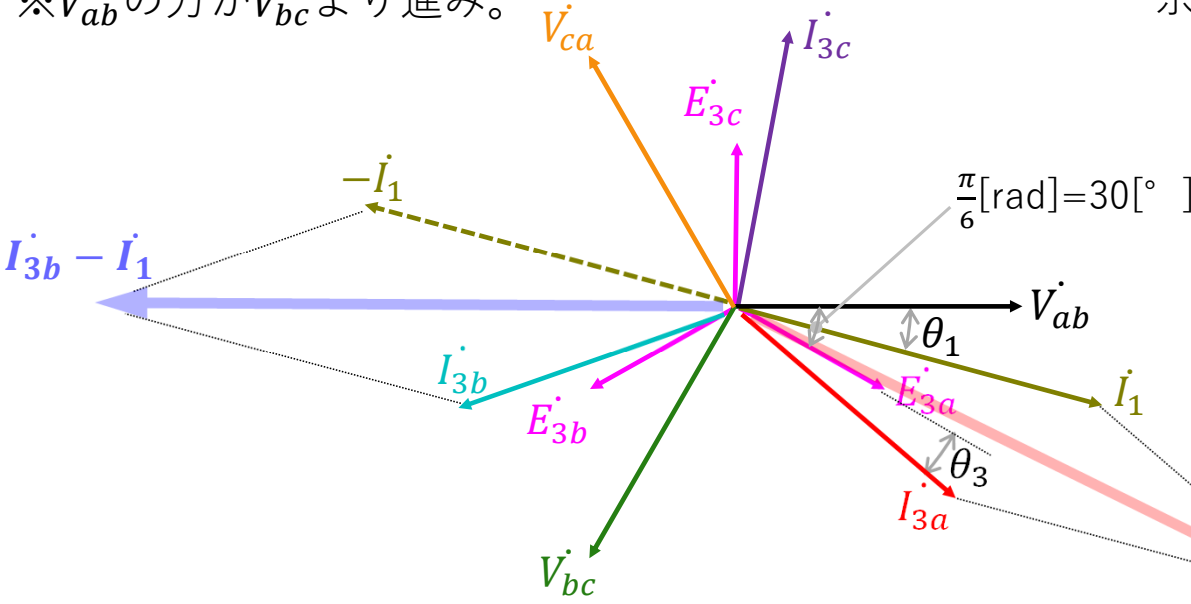
※ V_{ab} の方が V_{bc} より進み。



余弦定理より

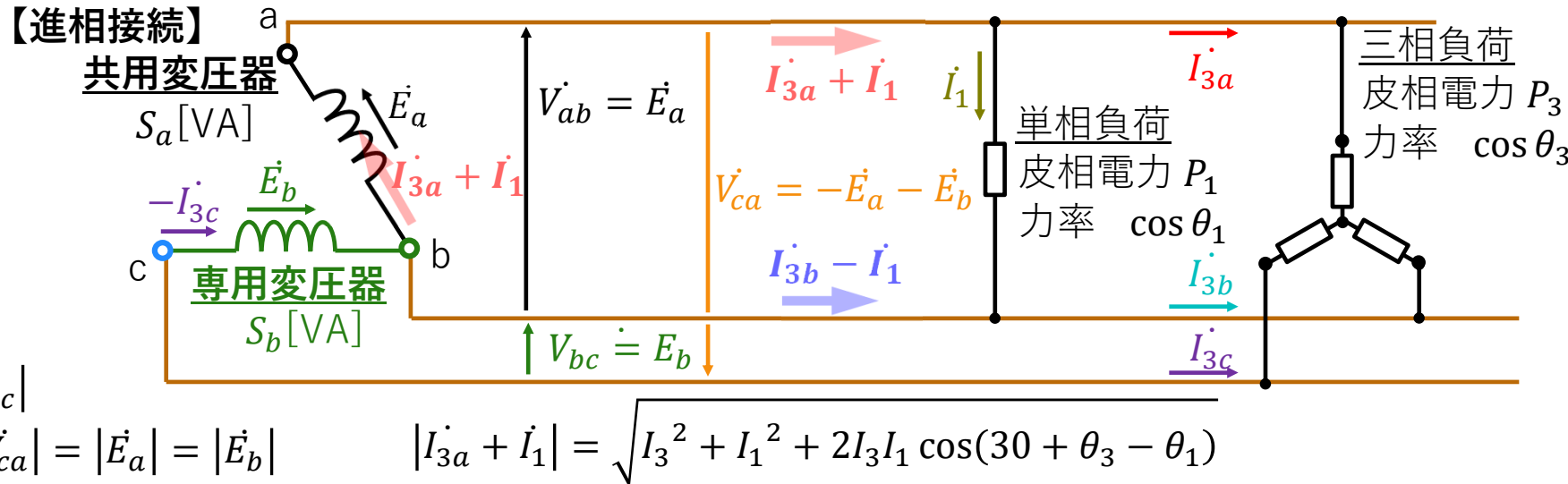
$|I_{3a} + I_1| = \sqrt{I_3^2 + I_1^2 - 2I_3I_1 \cos(150 + \theta_1 - \theta_3)}$

$= \sqrt{I_3^2 + I_1^2 + 2I_3I_1 \cos(30 + \theta_3 - \theta_1)}$



変圧器 (1 2)

$$\left\{ \begin{array}{l} S_a = V|I_{3a} + I_1| \\ S_b = VI_3 \\ P_1 = VI_1 \\ P_3 = \sqrt{3}VI_3 = \sqrt{3}S_b \\ I_1 = |I_1| \\ I_3 = |I_{3a}| = |I_{3b}| = |I_{3c}| \\ V = |V_{ab}| = |V_{bc}| = |V_{ca}| = |E_a| = |E_b| \end{array} \right.$$



共用変圧器の皮相電力

$$S_a = V|I_{3a} + I_1| = V\sqrt{I_3^2 + I_1^2 + 2I_3I_1 \cos(30 + \theta_3 - \theta_1)} = \sqrt{(VI_3)^2 + (VI_1)^2 + 2(VI_3)(VI_1) \cos(30 + \theta_3 - \theta_1)}$$

$\cos(30 + \theta_3 - \theta_1) \leq 1$ より概算把握には以下の簡易式が用いられる

$$S_a = \sqrt{\frac{P_3^2}{3} + P_1^2 + \frac{2}{\sqrt{3}}P_3P_1 \cos(30 + \theta_3 - \theta_1)} < \sqrt{\frac{P_3^2}{3} + P_1^2 + \frac{2}{\sqrt{3}}P_3P_1} = \sqrt{\left(P_1 + \frac{P_3}{\sqrt{3}}\right)^2} = P_1 + \frac{P_3}{\sqrt{3}}$$

専用変圧器の皮相電力

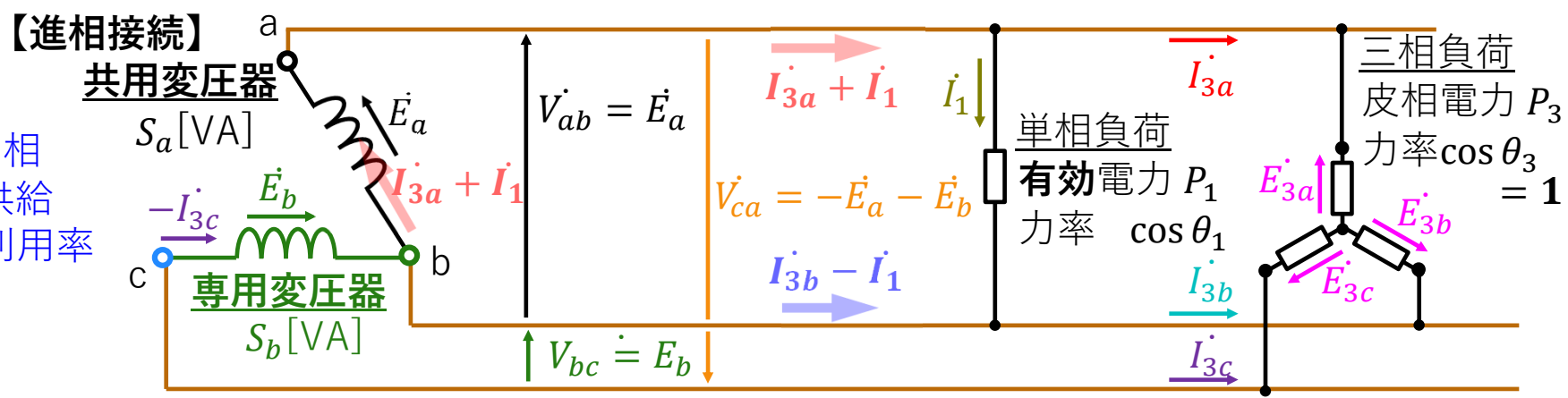
$$S_b = VI_3 = \frac{P_3}{\sqrt{3}}$$

$\theta_3 > \theta_1$ かつ $\theta_3 - \theta_1$ が大きくなるほど S_a は小さくなる。(変圧器容量内に収まる方向)
※一般的には $\theta_3 > \theta_1$ であるケースが多い。

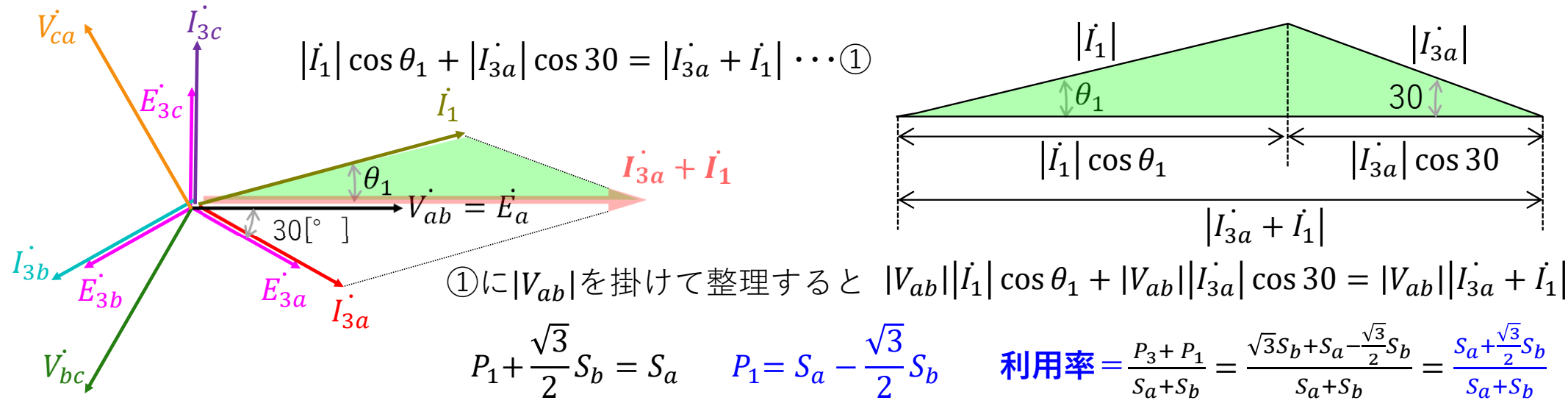
$$\left\{ \begin{array}{l} S_a = V|\dot{I}_{3a} + \dot{I}_1| \\ S_b = VI_3 \\ P_1 = VI_1 \\ P_3 = \sqrt{3}VI_3 = \sqrt{3}S_b \\ I_1 = |\dot{I}_1| \\ I_3 = |\dot{I}_{3a}| = |\dot{I}_{3b}| = \\ V = |\dot{V}_{ab}| = |\dot{V}_{bc}| = \end{array} \right.$$

変圧器 (1 2)

$I_{3a} + I_1$ と $E_a (= V_{ab})$ が同相
となるときに P_1 が最大供給
可能となり、変圧器の利用率が
最大となる。

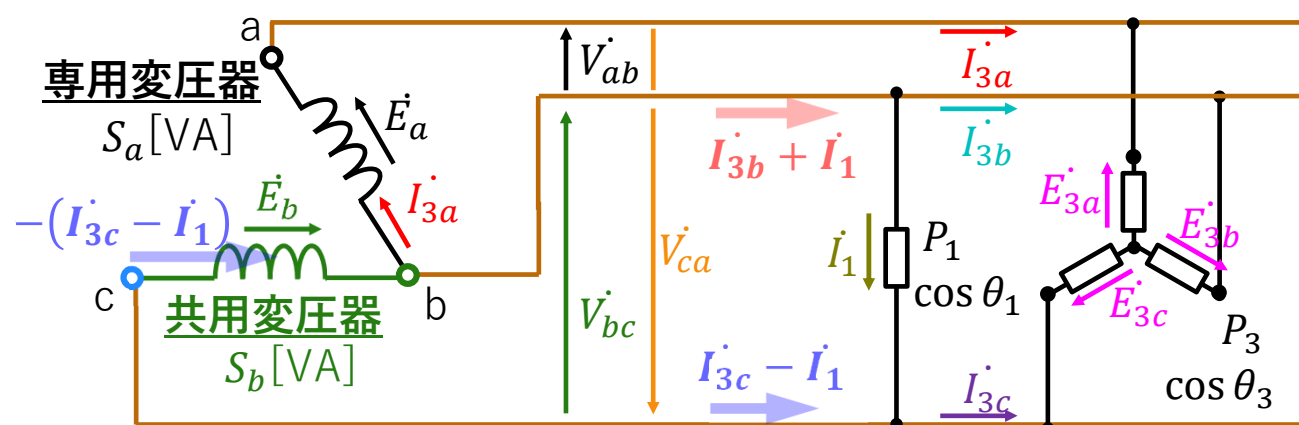
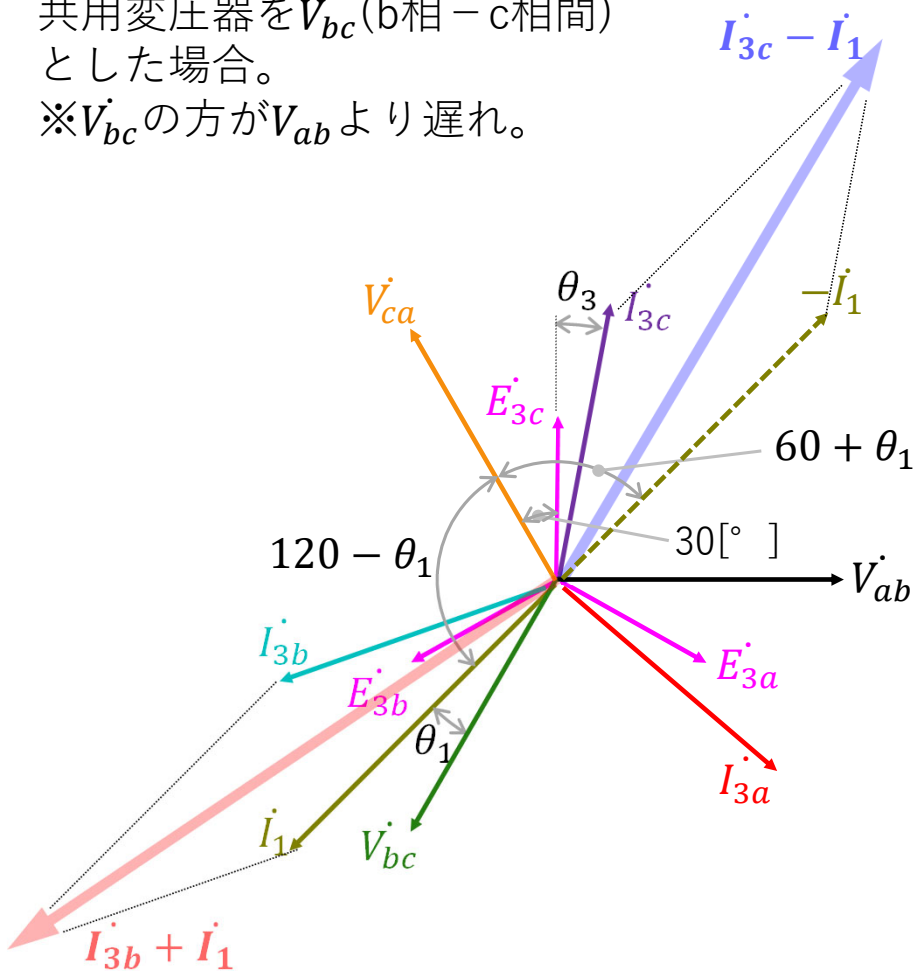


■ 供給可能な三相負荷最大で専用変圧器の定格容量 S_b [VA]の限界までとったとき
共用変圧器の定格容量 S_a [VA]で最大供給可能な単相**有効電力** $P_1 = |V_{ab}| |I_1| \cos \theta_1$ [kW]を求める。



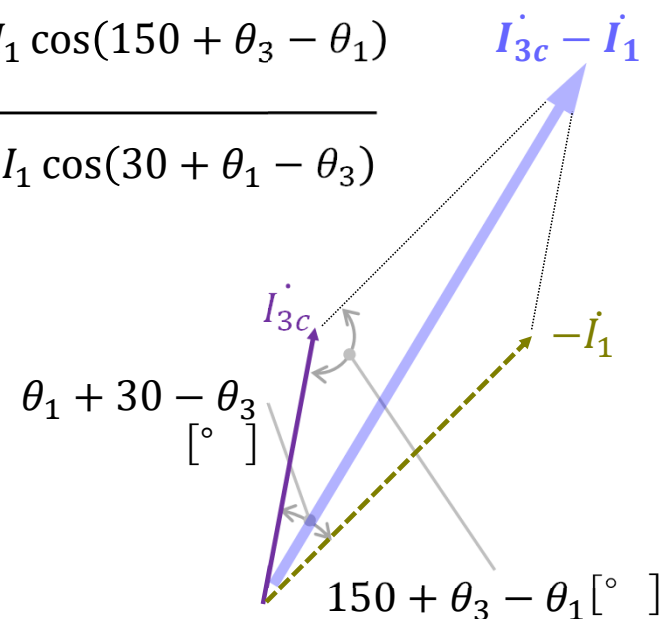
【遅相接続】

※ V_{bc} の方が V_{ab} より遅れ。



余弦定理より

$$\begin{aligned} |I_{3c} - I_1| &= \sqrt{I_3^2 + I_1^2 - 2I_3I_1 \cos(150 + \theta_3 - \theta_1)} \\ &= \sqrt{I_3^2 + I_1^2 + 2I_3I_1 \cos(30 + \theta_1 - \theta_3)} \end{aligned}$$



変圧器（1 2）《異容量 V 結線方式》

$$\left\{ \begin{array}{l} S_a = VI_3 \\ S_b = V|I_{3c} - I_1| \\ P_1 = VI_1 \\ P_3 = \sqrt{3}VI_3 = \sqrt{3}S_a \\ I_1 = |I_1| \\ I_3 = |I_{3a}| = |I_{3b}| = |I_{3c}| \\ V = |V_{ab}| = |V_{bc}| = |V_{ca}| = |E_a| = |E_b| \end{array} \right.$$

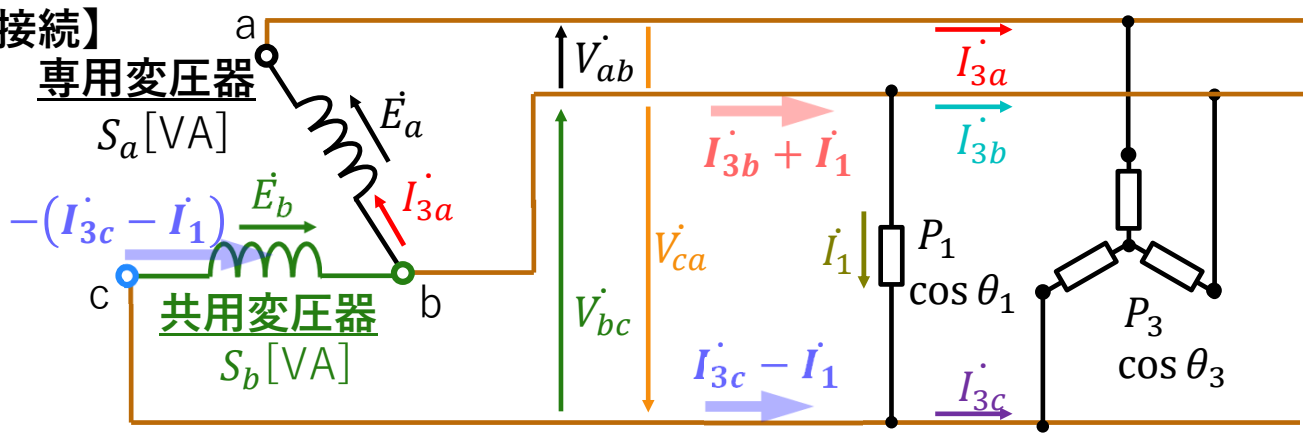
共用変圧器の皮相電力

$$\begin{aligned} S_b &= V|I_{3c} - I_1| = V\sqrt{I_3^2 + I_1^2 + 2I_3I_1 \cos(30 + \theta_1 - \theta_3)} = \sqrt{(VI_3)^2 + (VI_1)^2 + 2(VI_3)(VI_1) \cos(30 + \theta_1 - \theta_3)} \\ &= \sqrt{\frac{P_3^2}{3} + P_1^2 + \frac{2}{\sqrt{3}}P_3P_1 \cos(30 + \theta_1 - \theta_3)} \end{aligned}$$

専用変圧器の皮相電力

$$S_a = VI_3 = \frac{P_3}{\sqrt{3}}$$

【遅相接続】

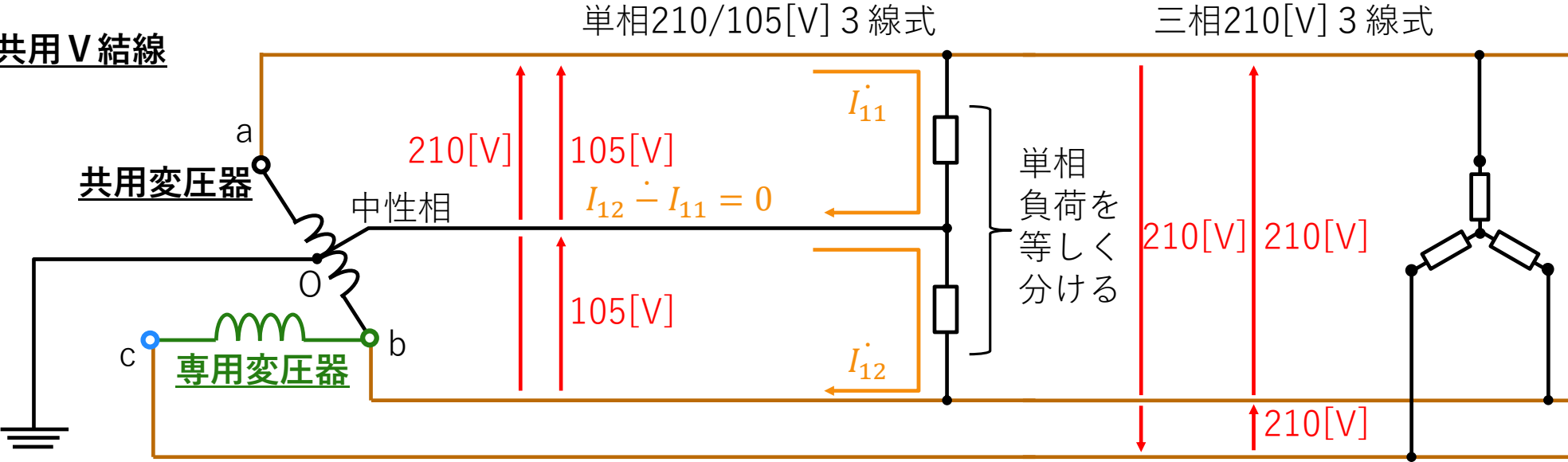


$$|I_{3c} - I_1| = \sqrt{I_3^2 + I_1^2 + 2I_3I_1 \cos(30 + \theta_1 - \theta_3)}$$

$\theta_1 > \theta_3$ かつ $\theta_1 - \theta_3$ が大きくなるほど S_b は小さくなる。(変圧器容量内に収まる方向)
一般的に $\theta_3 > \theta_1$ であるため、遅相接続だと共用変圧器の皮相電力が進相接続より大きくなるため、通常は進相接続とされる。

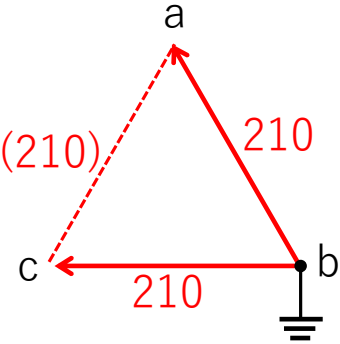
変圧器（1 2）《異容量V結線方式》

灯動共用V結線

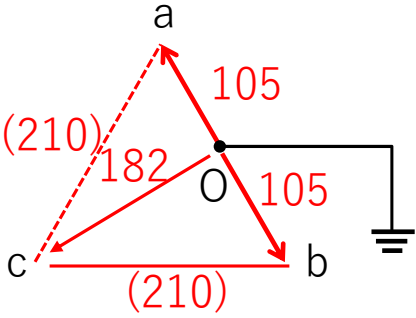


■各方式の対地電圧

V結線(動力専用)



異容量V結線(進相接続)



異容量V結線(遅相接続)

