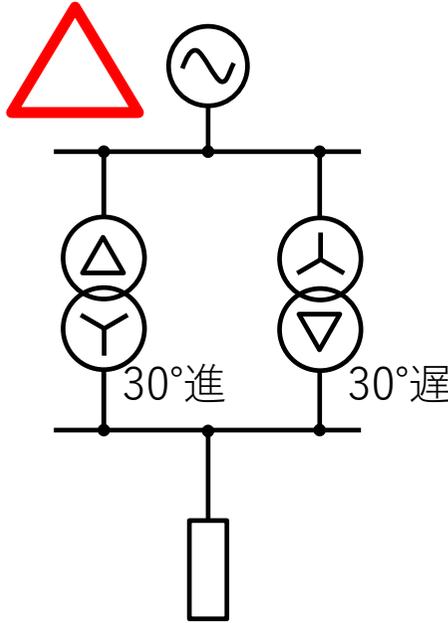
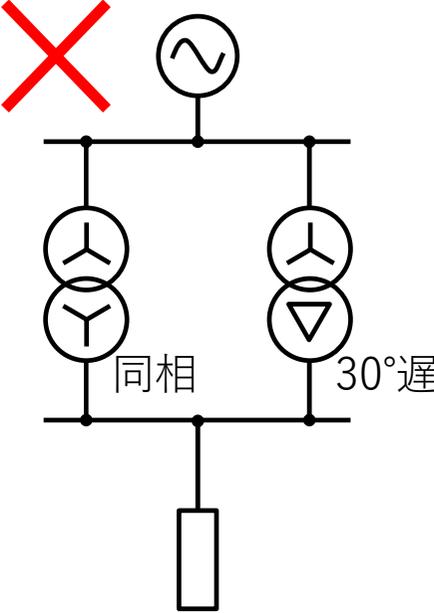
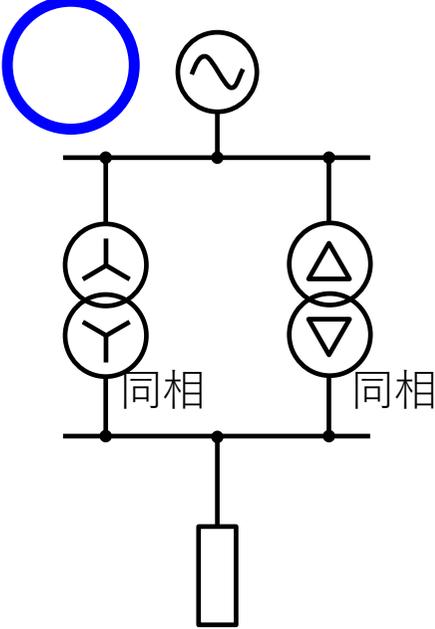
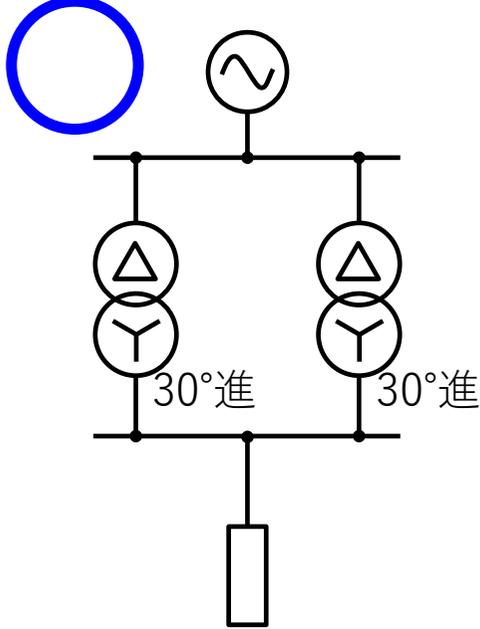
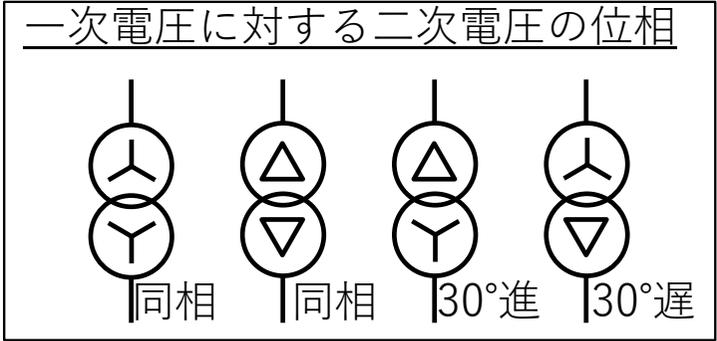


変電 (19) - 1 《変圧器の並行運転》

変圧器の並行運転：複数の変圧器を並列に接続して電力を供給

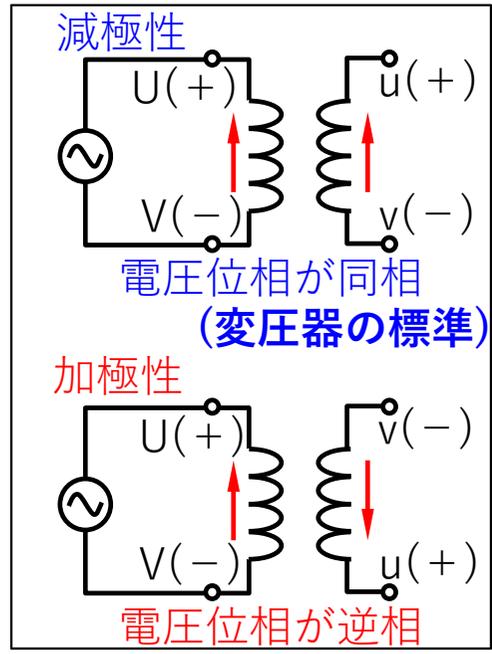
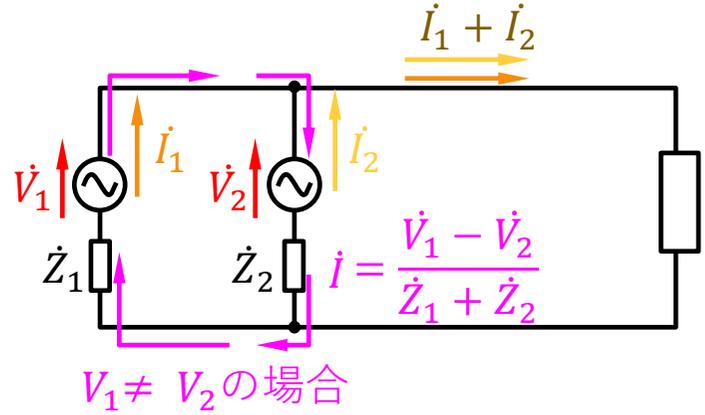
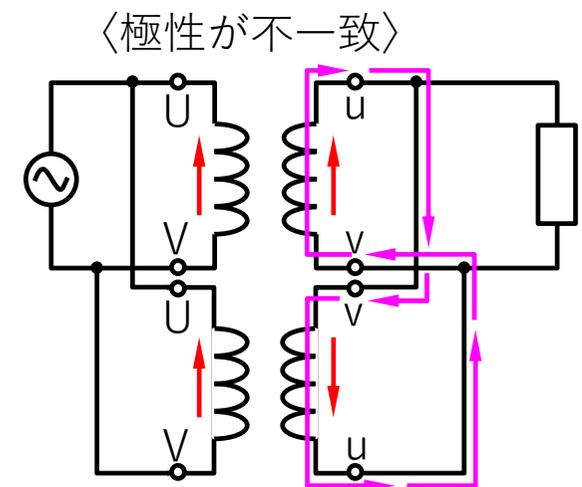
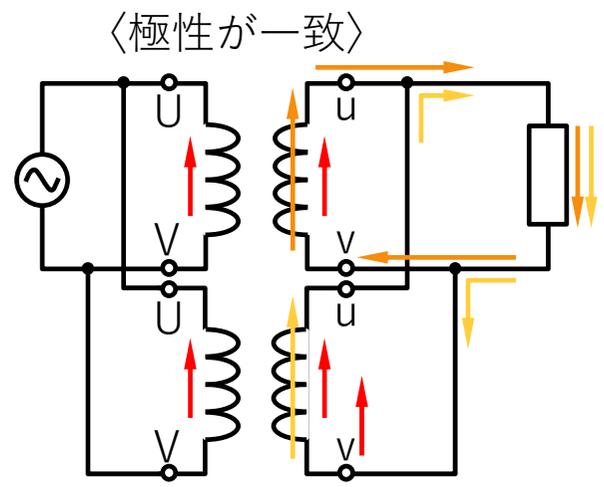
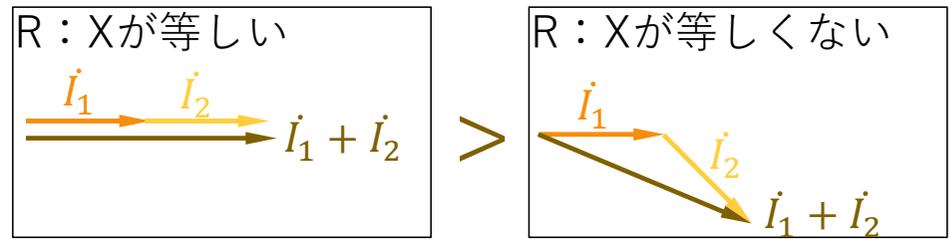
- ・ 1 台の変圧器の定格容量以上の負荷に電力を供給可能。
- ・ 変圧器の台数制御をすることで、変圧器損失を最小化する。



変電 (19) - 2 《変圧器の並行運転条件》

変圧器の並行運転条件

- ①極性が一致している(单相の場合)
相回転、位相が一致している(三相の場合)
- ②一次及び二次側の定格電圧が等しい
※ = 巻数比(変圧比)が等しい
- ③%インピーダンスが等しい かつ
抵抗とリアクタンスの比が等しい
※ = %抵抗と%リアクタンスが等しい

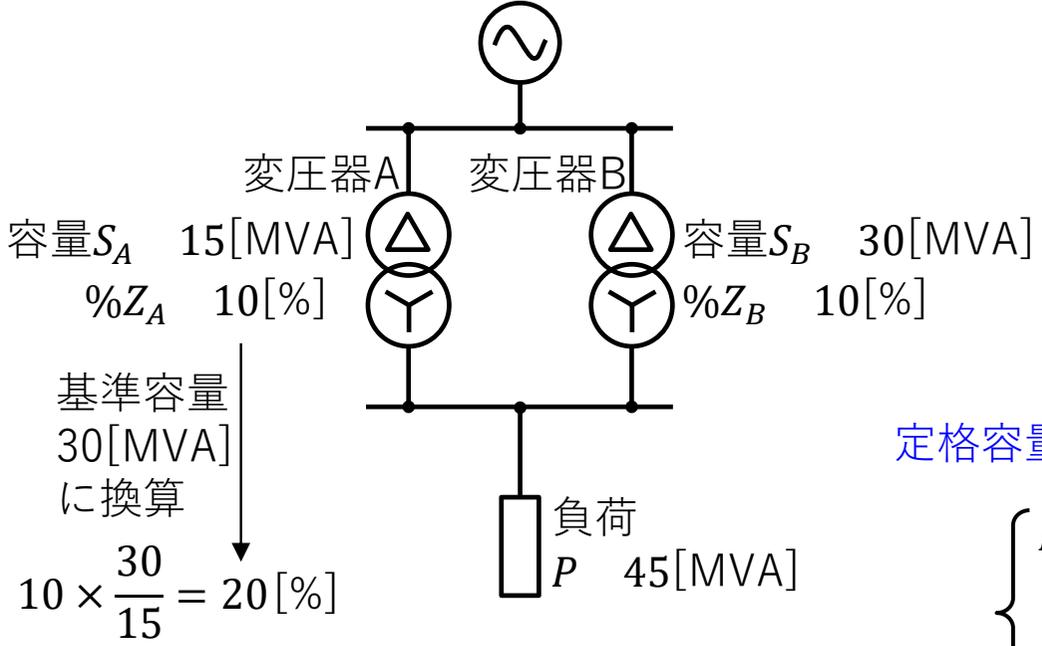


並行運転条件が満たされない場合

- ・循環電流が変圧器の一次及び二次巻線に流れる。容量減少、損失増加、過熱・焼損。
- ・各変圧器の負荷分担の不均等。変圧器合計容量100%を負荷に電力供給できない。
- ※ 平行運転条件から多少外れても、上記が許容範囲であれば並行運転可能。

変電 (19) - 3 《変圧器の負荷分担 1》

■ %インピーダンスが等しい かつ
抵抗とリアクタンスの比が等しい場合



並行運転条件

(自己容量基準の) %インピーダンスが等しい

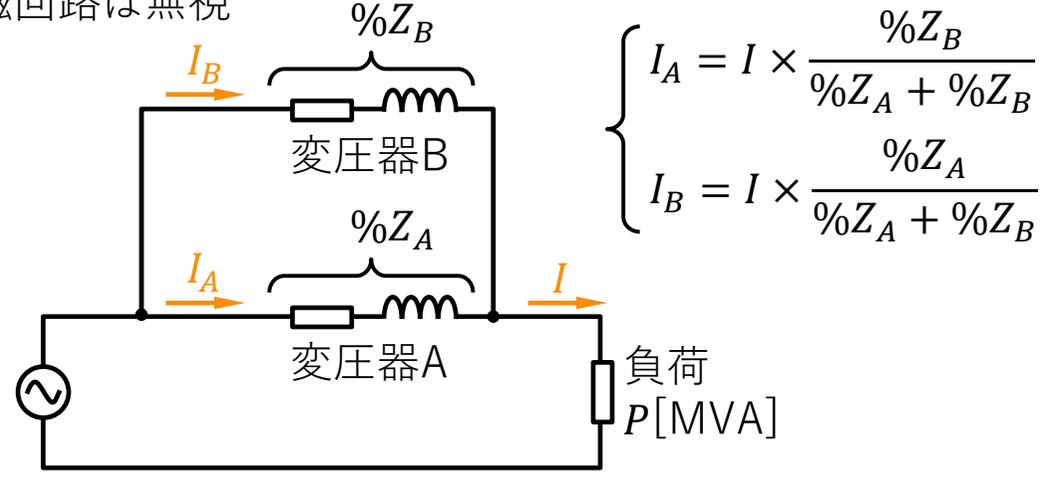
||

(基準容量を合わせた) %インピーダンス比が定格容量の逆比に等しい

$S_A : S_B = \%Z_B : \%Z_A$ 上記例の場合) 15 : 30 = 10 : 20

二次側の 1 線等価回路

※励磁回路は無視



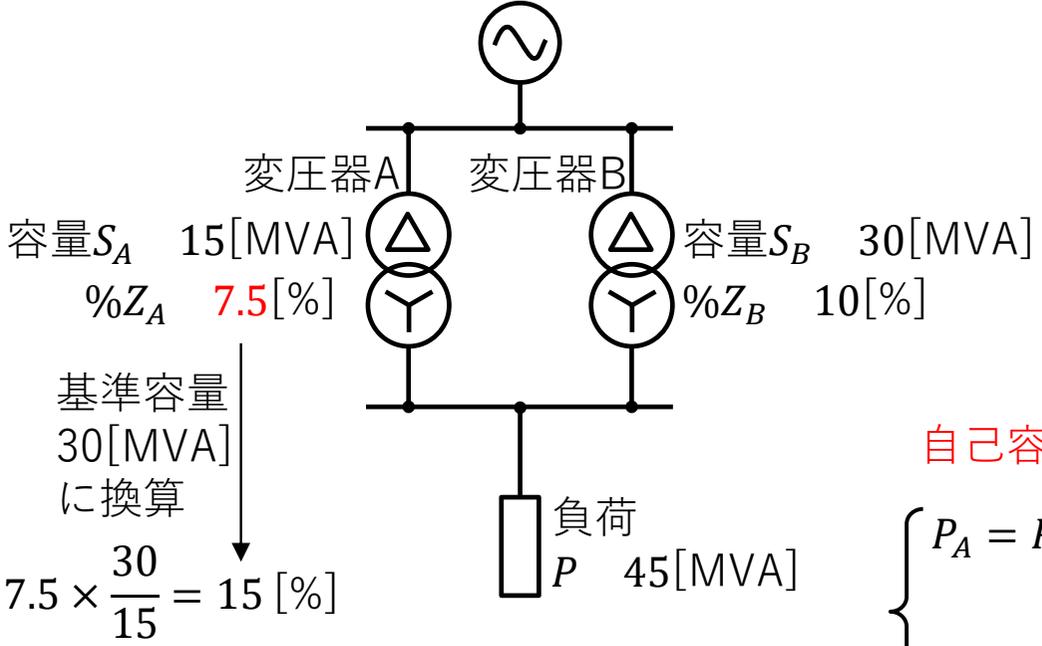
定格容量の比率で負荷分担されるので、定格容量合計まで供給可能

$$P_A = P \times \frac{\%Z_B}{\%Z_A + \%Z_B} = 45 \times \frac{10}{20 + 10} = 45 \times \frac{1}{3} = 15 \text{ [MVA]}$$

$$P_B = P \times \frac{\%Z_A}{\%Z_A + \%Z_B} = 45 \times \frac{20}{20 + 10} = 45 \times \frac{2}{3} = 30 \text{ [MVA]}$$

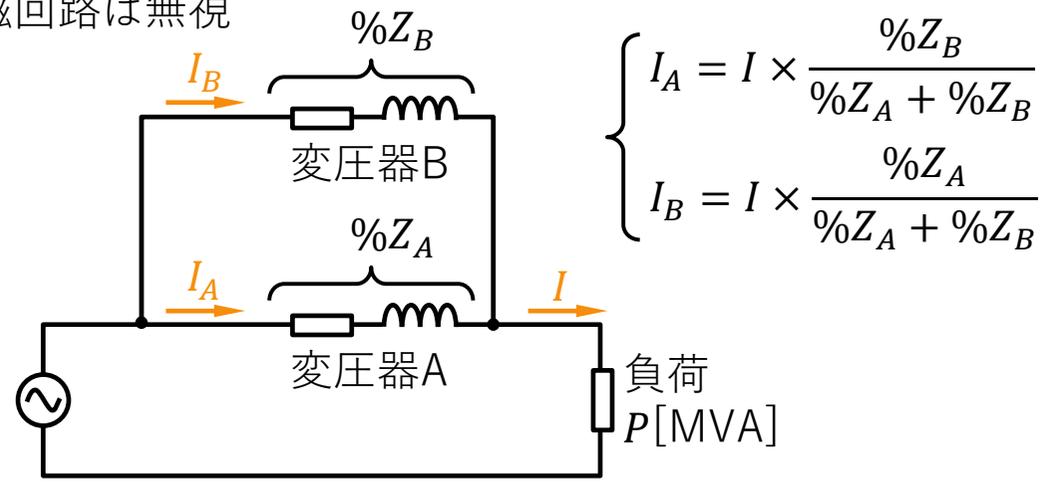
変電 (19) - 4 《変圧器の負荷分担 2》

■ %インピーダンスが等しくない かつ 抵抗とリアクタンスの比が等しい場合



二次側の 1 線等価回路

※励磁回路は無視



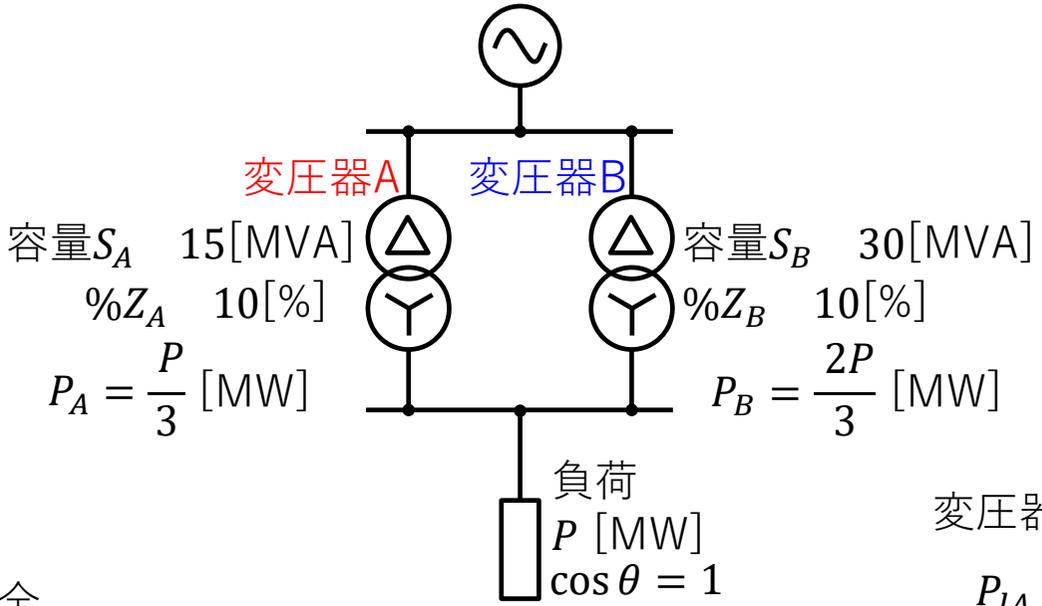
自己容量基準の%インピーダンスが小さい方に負荷が偏る。

$$\begin{cases} P_A = P \times \frac{\%Z_B}{\%Z_A + \%Z_B} = 45 \times \frac{10}{15 + 10} = 45 \times \frac{2}{5} = 18 > S_A = 15 \\ P_B = P \times \frac{\%Z_A}{\%Z_A + \%Z_B} = 45 \times \frac{15}{15 + 10} = 45 \times \frac{3}{5} = 27 < S_B = 30 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_A = 37.5 \times \frac{2}{5} = 15 = S_A \\ P_B = 37.5 \times \frac{3}{5} = 22.5 < S_B \end{cases}$$

この場合、変圧器Aが定格容量となる $P_A = 37.5$ が供給可能な最大負荷となる。

変電 (19) - 5 《変圧器の台数制御》



	全損失	無負荷損	定格負荷時の負荷損
変圧器A	P_{lA} [kW]	30[kW]	225[kW]
変圧器B	P_{lB} [kW]	60[kW]	450[kW]

変圧器Aの単独運転時 : $P_{lA} = 30 + 225 \times \left(\frac{P}{15}\right)^2 = 30 + P^2$

変圧器Bの単独運転時 : $P_{lB} = 60 + 450 \times \left(\frac{P}{30}\right)^2 = 60 + \frac{1}{2}P^2$

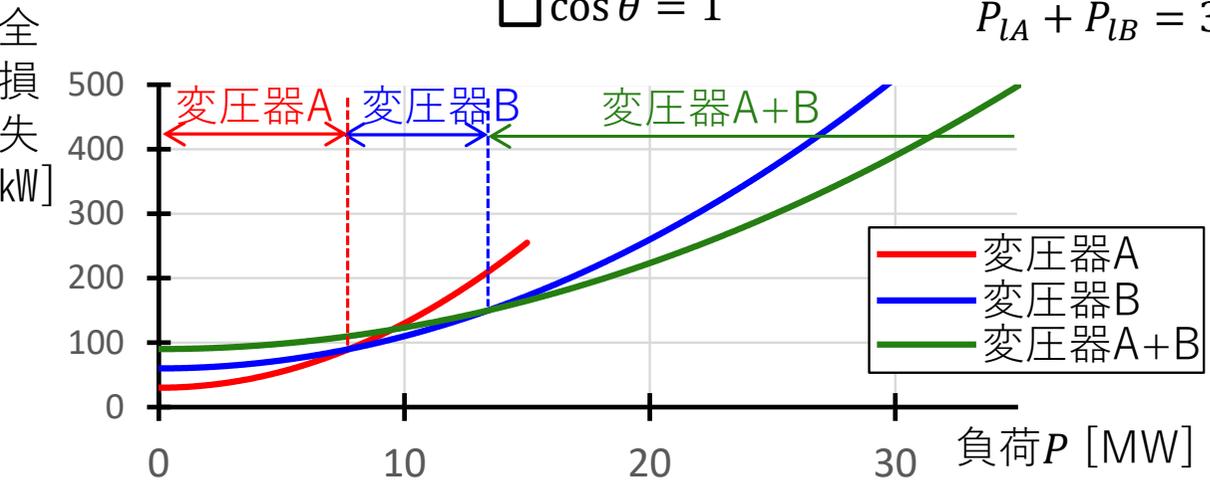
変圧器の並行運転時 :
 $P_{lA} + P_{lB} = 30 + 225 \times \left(\frac{P}{15}\right)^2 + 60 + 450 \times \left(\frac{2P}{30}\right)^2 = 90 + \frac{1}{3}P^2$ [kW]

無負荷損 = 負荷損の時に最大効率 η_m

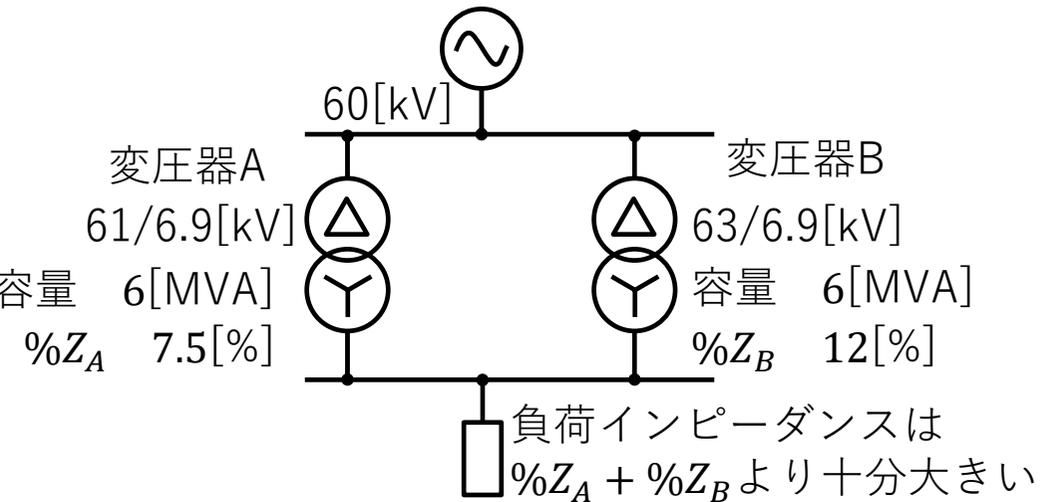
$\frac{1}{3}P^2 = 90 \quad P \doteq 16.4$ [MW]

最大効率時の負荷

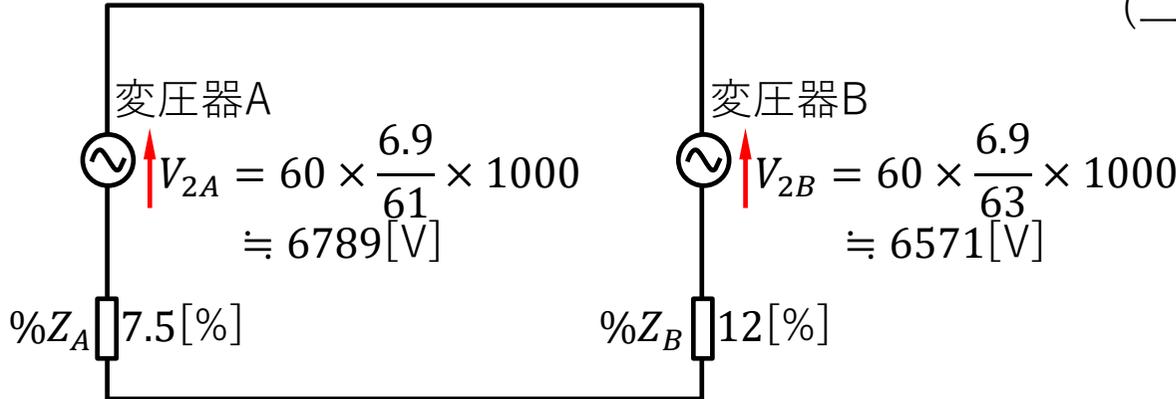
$\eta_m = \frac{\text{最大効率時の負荷}}{\text{最大効率時の負荷} + 2 \times \text{無負荷損}}$
 $= \frac{16.4 \times 10^6}{16.4 \times 10^6 + 2 \times 90 \times 10^3} = 98.9$ [%]



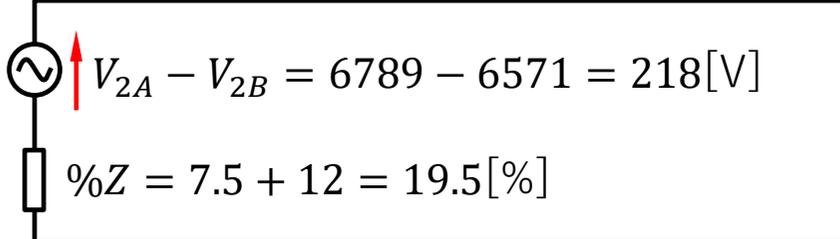
変電 (19) - 6 《変圧器の循環電流 1》
 変圧比が異なる場合の循環電流計算例 (二次側電流)



(二次側電圧 - 線間電圧ベース)



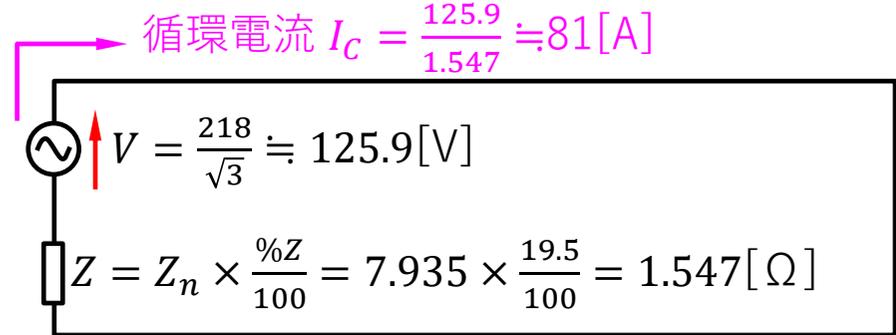
(二次側電圧 - 線間電圧ベース)



$$P_n = \sqrt{3}V_n I_n = \sqrt{3}V_n \cdot \frac{V_n}{\sqrt{3}Z_n} = \frac{V_n^2}{Z_n}$$

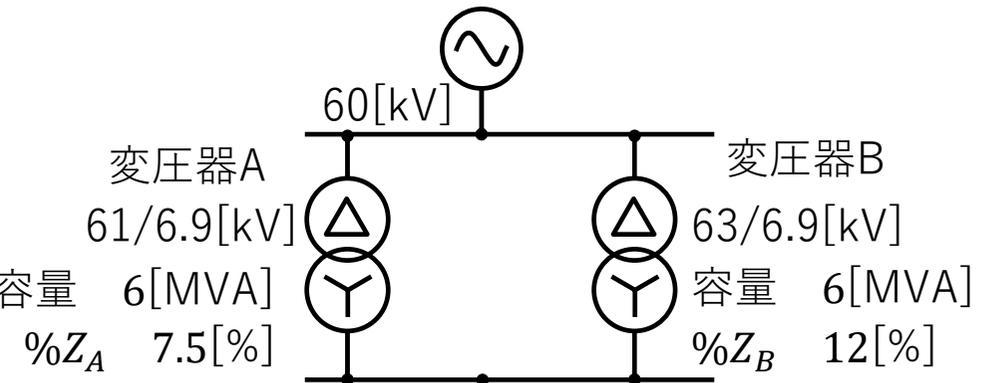
$$Z_n = \frac{V_n^2}{P_n} = \frac{6900^2}{6 \times 10^6} = 7.935 [\Omega]$$

(二次側の一相等価回路)



変電 (19) - 7 《変圧器の循環電流 2》

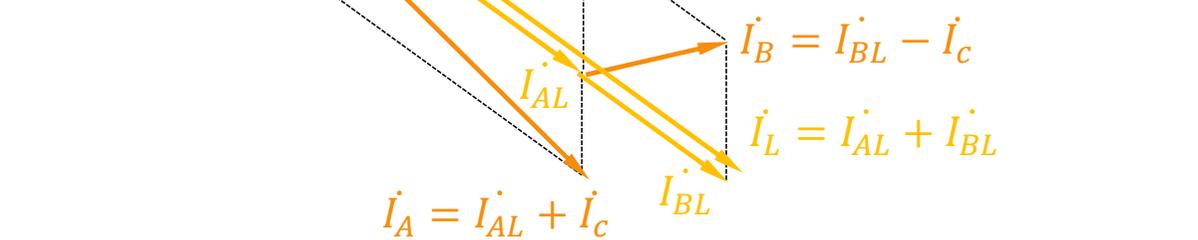
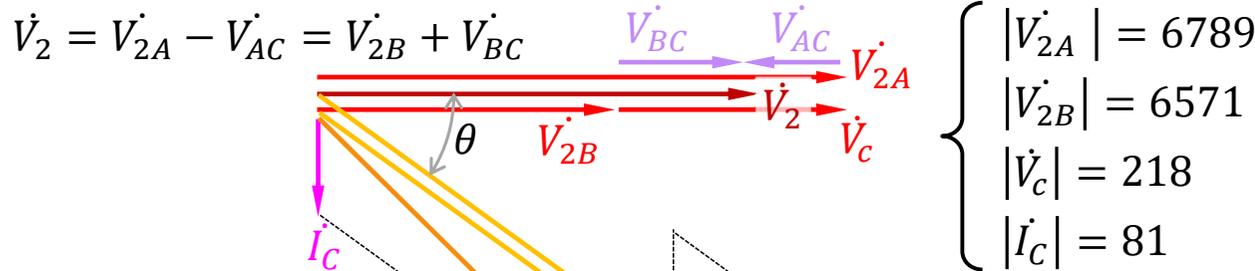
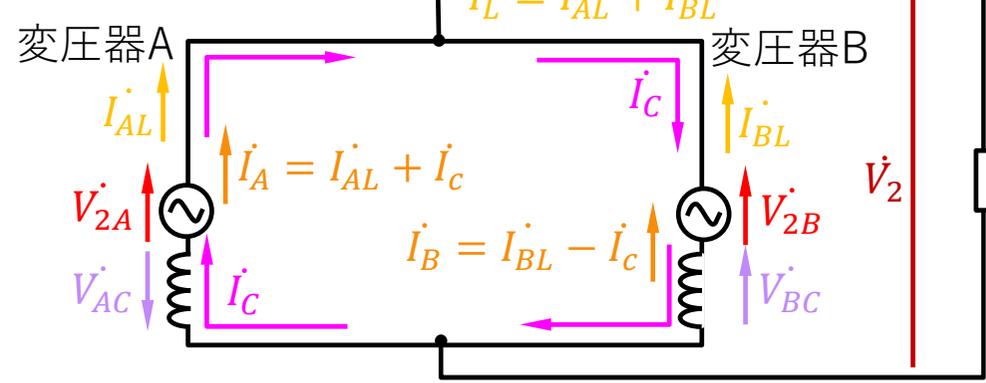
負荷電流 + 循環電流の計算例



P = 8[MW] 負荷インピーダンスは
cos θ = 0.8(遅れ) %Z_A + %Z_Bより十分大きい

二次側の1線等価回路

※巻線抵抗は無視



$$V_2 = V_{2B} + V_{BC} = V_{2B} + \frac{Z_B}{Z_A + Z_B} V_C = 6571 + \frac{12}{7.5 + 12} \times 218 \approx 6705$$

$$|I_L| = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_2 \times \cos \theta} = \frac{8 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6705 \times 0.8} \approx 861.1$$

$$|I_{AL}| = |I_L| \times \frac{\%Z_B}{\%Z_A + \%Z_B} = 861.1 \times \frac{12}{7.5 + 12} \approx 529.9$$

$$|I_{BL}| = |I_L| \times \frac{\%Z_A}{\%Z_A + \%Z_B} = 861.1 \times \frac{7.5}{7.5 + 12} \approx 331.2$$

$$I_A = I_{AL} + I_C = |I_{AL}| \cos \theta - j |I_{AL}| \sin \theta - j |I_C|$$

$$= 529.9 \times 0.8 - j 529.9 \times 0.6 - j 81 \approx 424 - j 399$$

$$I_B = I_{BL} - I_C = |I_{BL}| \cos \theta - j |I_{BL}| \sin \theta + j |I_C|$$

$$= 331.2 \times 0.8 - j 331.2 \times 0.6 + j 81 \approx 265 - j 118$$