

電験二種 オンライン講座

機械制御 変圧器

R06 問2

問2 定格容量 $10 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、定格一次電圧 2000 V 、定格二次電圧 110 V 、定格周波数 60 Hz の単相変圧器があり、試験結果は次のとおりであった。

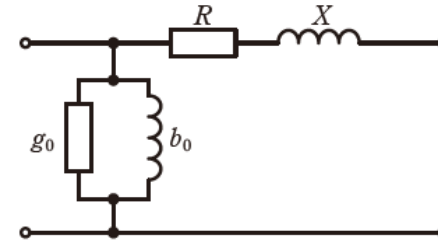
無負荷試験 無負荷損： $P_0 = 200 \text{ W}$

無負荷電流： $I_0 = 0.26 \text{ A}$

短絡試験 インピーダンス電圧： $V_{1s} = 100 \text{ V}$

一次電流： $I_{1s} = 5 \text{ A}$

インピーダンスワット： $P_s = 400 \text{ W}$



一次換算全巻線抵抗： R

一次換算全漏れリアクタンス： X

励磁コンダクタンス： g_0

励磁サセプタンス： b_0

この変圧器について次の問に答えよ。

- (1) 図に示す一次換算の簡易等価回路の回路定数を求めよ。
- (2) 百分率抵抗降下 p [%]、百分率リアクタンス降下 q [%] を求めよ。
- (3) 遅れ力率 80% 、全負荷における電圧の変動率 ε [%] を求めよ。
- (4) 遅れ力率 80% 、 $\frac{1}{2}$ 負荷における電圧の変動率 ε' [%] を求めよ。

ただし、定格負荷時の力率 $\cos\phi$ における電圧の変動率 ε [%] は、百分率抵抗降下を p [%]、百分率リアクタンス降下を q [%] とすれば、次式で表せるものとする。

$$\varepsilon = p \cos\phi + q \sin\phi \text{ [%]}$$

R06 問2

問2 定格容量 10 kV・A, 定格一次電圧 2 000 V, 定格二次電圧 110 V, 定格周波数 60 Hz の単相変圧器があり, 試験結果は次のとおりであった。

無負荷試験	無負荷損 : $P_0 = 200 \text{ W}$
	無負荷電流 : $I_0 = 0.26 \text{ A}$
短絡試験	インピーダンス電圧 : $V_{1s} = 100 \text{ V}$
	一次電流 : $I_{1s} = 5 \text{ A}$
	インピーダンスワット : $P_s = 400 \text{ W}$

この変圧器について次の問に答えよ。

(1) 図に示す一次換算の簡易等価回路の回路定数を求めよ。

無負荷試験より

$$P_0 = g_0 V_{1n}^2 \rightarrow g_0 = \frac{P_0}{V_{1n}^2} = \frac{200}{2000^2} = \frac{2 \times 10^2}{4 \times 10^6} = 0.5 \times 10^{-4} = 0.05 \text{ mS}$$

$$I_0 = Y V_{1n} \rightarrow Y = \frac{I_0}{V_{1n}} = \frac{0.26}{2000} = 0.13 \text{ mS}$$

$$b_0 = \sqrt{Y^2 - g_0^2} = \sqrt{0.13^2 - 0.05^2} = 0.12 \text{ mS}$$

短絡試験より

$$P_s = R I_{1s}^2 \rightarrow R = \frac{P_s}{I_{1s}^2} = \frac{400}{5^2} = \frac{400}{25} = 16 \Omega$$

$$V_{1s} = Z I_{1s} \rightarrow Z = \frac{V_{1s}}{I_{1s}} = \frac{100}{5} = 20 \Omega$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{20^2 - 16^2} = 12 \Omega$$

$$g_0 = 0.05 \text{ mS}$$

$$b_0 = 0.12 \text{ mS}$$

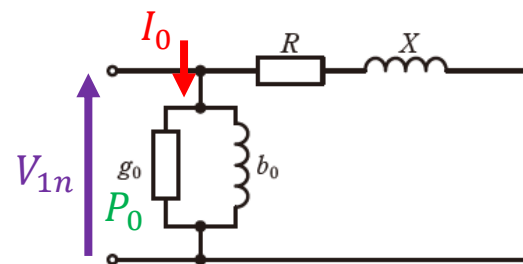
$$R = 16 \Omega$$

$$X = 12 \Omega$$

ただし, 定格負荷時の力率 $\cos \phi$ における電圧の変動率 ε [%] は, 百分率抵抗降下を p [%], 百分率リアクタンス降下を q [%] とすれば, 次式で表せるものとする。

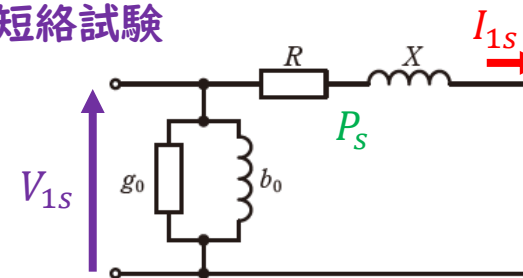
$$\varepsilon = p \cos \phi + q \sin \phi \text{ [%]}$$

無負荷試験



一次換算全巻線抵抗 : R
 一次換算全漏れリアクタンス : X
 励磁コンダクタンス : g_0
 励磁サセプタンス : b_0

短絡試験



(2) 百分率抵抗降下 p [%], 百分率リアクタンス降下 q [%] を求めよ。

$$p = \frac{R S_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{16 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 4 \%$$

$$q = \frac{X S_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{12 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 3 \%$$

R06 問2

問2 定格容量 10 kV・A, 定格一次電圧 2 000 V, 定格二次電圧 110 V, 定格周波数 60 Hz の単相変圧器があり, 試験結果は次のとおりであった。

無負荷試験 無負荷損 : $P_0 = 200 \text{ W}$

無負荷電流 : $I_0 = 0.26 \text{ A}$

短絡試験 インピーダンス電圧 : $V_{1s} = 100 \text{ V}$

一次電流 : $I_{1s} = 5 \text{ A}$

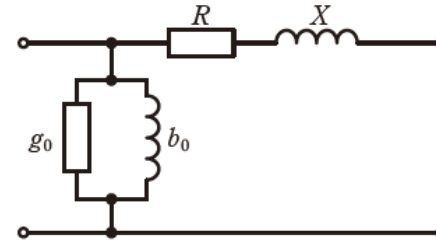
インピーダンスワット : $P_s = 400 \text{ W}$

この変圧器について次の問に答えよ。

- (1) 図に示す一次換算の簡易等価回路の回路定数を求めよ。
- (2) 百分率抵抗降下 p [%], 百分率リアクタンス降下 q [%] を求めよ。
- (3) 遅れ力率 80 %, 全負荷における電圧の変動率 ε [%] を求めよ。
- (4) 遅れ力率 80 %, $\frac{1}{2}$ 負荷における電圧の変動率 ε' [%] を求めよ。

ただし, 定格負荷時の力率 $\cos\phi$ における電圧の変動率 ε [%] は, 百分率抵抗降下を p [%], 百分率リアクタンス降下を q [%] とすれば, 次式で表せるものとする。

$$\varepsilon = p \cos\phi + q \sin\phi \text{ [%]}$$



一次換算全巻線抵抗 : R

一次換算全漏れリアクタンス : X

励磁コンダクタンス : g_0

励磁サセプタンス : b_0

$$g_0 = 0.05 \text{ mS}$$

$$b_0 = 0.12 \text{ mS}$$

$$R = 16 \Omega$$

$$X = 12 \Omega$$

$$p = \frac{RS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{16 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 4 \%$$

$$q = \frac{XS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{12 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 3 \%$$

R06 問2

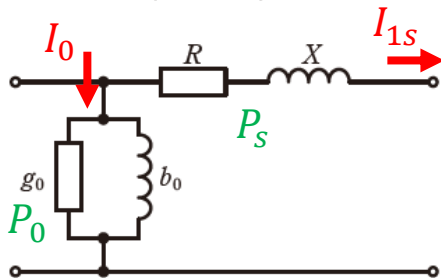
問2 定格容量 10 kV・A, 定格一次電圧 2000 V, 定格二次電圧 110 V, 定格周波数 60 Hz の単相変圧器があり, 試験結果は次のとおりであった。

無負荷試験 無負荷損 : $P_0 = 200 \text{ W}$
 無負荷電流 : $I_0 = 0.26 \text{ A}$
 短絡試験 インピーダンス電圧 : $V_{1s} = 100 \text{ V}$
 一次電流 : $I_{1s} = 5 \text{ A}$
 インピーダンスワット : $P_s = 400 \text{ W}$

この変圧器について次の間に答えよ。

ただし, 定格負荷時の力率 $\cos\phi$ における電圧の変動率 ε [%] は, 百分率抵抗降下を p [%], 百分率リアクタンス降下を q [%] とすれば, 次式で表せるものとする。

$$\varepsilon = p \cos\phi + q \sin\phi \text{ [%]}$$



一次換算全巻線抵抗 : R
 一次換算全漏れリアクタンス : X
 励磁コンダクタンス : g_0
 励磁サセプタンス : b_0

$g_0 = 0.05 \text{ mS}$
 $b_0 = 0.12 \text{ mS}$
 $R = 16 \Omega$
 $X = 12 \Omega$

(2) 百分率抵抗降下 p [%], 百分率リアクタンス降下 q [%] を求めよ。

$$p = \frac{RS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{16 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 4 \%$$

$$q = \frac{XS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{12 \times 10 \times 10^3}{2000^2} \times 100 = 3 \%$$

(3) 遅れ力率 80 %, 全負荷における電圧の変動率 ε [%] を求めよ。

$$\cos\theta = 0.8 \rightarrow \sin\theta = \sqrt{1 - \cos^2\theta} = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$$

$$\varepsilon = p \cos\theta + q \sin\theta = 4 \times 0.8 + 3 \times 0.6 = 3.2 + 1.8 = 5.0 \%$$

(4) 遅れ力率 80 %, $\frac{1}{2}$ 負荷における電圧の変動率 ε' [%] を求めよ。

$$p' = \frac{R(0.5S_n)}{V_n^2} \times 100 = 0.5p = 2 \%$$

$$q' = \frac{X(0.5S_n)}{V_n^2} \times 100 = 0.5q = 1.5 \%$$

$$\varepsilon' = p' \cos\theta + q' \sin\theta = 2 \times 0.8 + 1.5 \times 0.6 = 1.6 + 0.9 = 2.5 \%$$

R03 問2

問2 容量 $200 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、一次電圧 11000 V 、二次電圧 440 V 、周波数 50 Hz を定格とし、自己容量基準の短絡インピーダンス $\%z$ が 4.5% の単相変圧器がある。この変圧器の二次側を短絡し一次側に定格電流を流したときの一次側の電力計の指示は 1.5 kW であった。

この変圧器について、次の問に答えよ。ただし、変圧器の励磁電流、鉄損は無視できるものとする。

- (1) $\%z$ のうち抵抗分($\%r$)、リアクタンス分($\%x$)を答えよ。
- (2) 短絡インピーダンスの一次換算値 $Z[\Omega]$ を答えよ。
- (3) $Z[\Omega]$ の抵抗分 $R[\Omega]$ 及び、リアクタンス分 $X[\Omega]$ を答えよ。
- (4) この変圧器の二次側にリアクトルを接続し、一次側に交流 11000 V を加えたときの二次電流は 400 A であった。このときの変圧器二次電圧 $V_2 [\text{V}]$ 及び、リアクトルの無効電力 $Q_L [\text{kvar}]$ を求めよ。なお、リアクトルの抵抗分は無視してよい。

R03 問2

問2 容量 200 kV·A, 一次電圧 11 000 V, 二次電圧 440 V, 周波数 50 Hz を定格とし, 自己容量基準の短絡インピーダンス %z が 4.5 % の単相変圧器がある。この変圧器の二次側を短絡し一次側に定格電流を流したときの一次側の電力計の指示は 1.5 kW であった。

この変圧器について, 次の問に答えよ。ただし, 変圧器の励磁電流, 鉄損は無視できるものとする。

(1) %z のうち抵抗分(%r), リアクタンス分(%x)を答えよ。

$$\begin{aligned} \%r &= \frac{rS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{rS_n}{V_n^2} \times \frac{I_n^2}{I_n^2} \times 100 = \frac{rI_n^2 S_n}{V_n^2 I_n^2} \times 100 = \frac{P_{1s} S_n}{S_n^2} \times 100 \\ &= \frac{P_{1s}}{S_n} \times 100 = \frac{1.5}{200} \times 100 = 0.75 \% \end{aligned}$$

$$\%x = \sqrt{\%z^2 - \%r^2} = \sqrt{4.5^2 - 0.75^2} = 4.4371 \sim 4.44 \%$$

(2) 短絡インピーダンスの一次換算値 Z[Ω]を答えよ。

$$\begin{aligned} \%z &= \frac{zS_n}{V_n^2} \times 100 \rightarrow z = \frac{\%z}{100} \times \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{4.5}{100} \times \frac{11000^2}{200 \times 10^3} = 27.225 \\ z &= 27.2 \Omega \end{aligned}$$

(3) Z[Ω]の抵抗分 R[Ω]及び, リアクタンス分 X[Ω]を答えよ。

$$\%z : \%r : \%x = 4.5 : 0.75 : 4.44$$

$$\%z : \%r : \%x = z \frac{S_n}{V_n^2} : r \frac{S_n}{V_n^2} : x \frac{S_n}{V_n^2} = z : r : x$$

$$z : r : x = 4.5 : 0.75 : 4.44$$

$$r = \frac{0.75}{4.5} z = \frac{0.75}{4.5} \times 27.225 = 4.5375 \sim 4.54 \Omega$$

$$x = \frac{4.437}{4.5} z = \frac{4.437}{4.5} \times 27.225 = 26.844 \sim 26.8 \Omega$$

(4) この変圧器の二次側にリアクトルを接続し, 一次側に交流 11 000 V を加えたときの二次電流は 400 A であった。このときの変圧器二次電圧 V_2 [V]及び, リアクトルの無効電力 Q_L [kvar]を求めよ。なお, リアクトルの抵抗分は無視してよい。

R03 問2

問2 容量 200 kV·A, 一次電圧 11 000 V, 二次電圧 440 V, 周波数 50 Hz を定格とし, 自己容量基準の短絡インピーダンス %z が 4.5 % の単相変圧器がある。この変圧器の二次側を短絡し一次側に定格電流を流したときの一次側の電力計の指示は 1.5 kW であった。

この変圧器について, 次の問に答えよ。ただし, 変圧器の励磁電流, 鉄損は無視できるものとする。

(1) %z のうち抵抗分 (%r), リアクタンス分 (%x) を答えよ。

$$\begin{aligned} \%r &= \frac{rS_n}{V_n^2} \times 100 = \frac{rS_n}{V_n^2} \times \frac{I_n^2}{I_n^2} \times 100 = \frac{rI_n^2 S_n}{V_n^2 I_n^2} \times 100 = \frac{P_{1s} S_n}{S_n^2} \times 100 \\ &= \frac{P_{1s}}{S_n} \times 100 = \frac{1.5}{200} \times 100 = 0.75 \% \end{aligned}$$

$$\%x = \sqrt{\%z^2 - \%r^2} = \sqrt{4.5^2 - 0.75^2} = 4.4371 \sim 4.44 \%$$

(2) 短絡インピーダンスの一次換算値 Z[Ω] を答えよ。

$$\begin{aligned} \%z &= \frac{zS_n}{V_n^2} \times 100 \rightarrow z = \frac{\%z}{100} \times \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{4.5}{100} \times \frac{11000^2}{200 \times 10^3} = 27.225 \\ z &= 27.2 \Omega \end{aligned}$$

(3) Z[Ω] の抵抗分 R[Ω] 及び, リアクタンス分 X[Ω] を答えよ。

$$\%z : \%r : \%x = 4.5 : 0.74 : 4.44$$

$$\%z : \%r : \%x = z \frac{S_n}{V_n^2} : r \frac{S_n}{V_n^2} : x \frac{S_n}{V_n^2} = z : r : x$$

$$z : r : x = 4.5 : 0.74 : 4.44$$

$$r = \frac{0.74}{4.5} z = \frac{0.74}{4.5} \times 27.225 = 4.5375 \sim 4.54 \Omega$$

$$x = \frac{4.44}{4.5} z = \frac{4.437}{4.5} \times 27.225 = 26.844 \sim 26.8 \Omega$$

(4) この変圧器の二次側にリアクトルを接続し, 一次側に交流 11 000 V を加えたときの二次電流は 400 A であった。このときの変圧器二次電圧 V₂ [V] 及び, リアクトルの無効電力 Q_L [kvar] を求めよ。なお, リアクトルの抵抗分は無視してよい。

$$a = \frac{11000}{440} = 25 \quad I_1 = \frac{1}{a} I_2 = \frac{1}{25} \times 400 = 16 \text{ A}$$

$$S = I_1 V_1 = 11000 \times 16 = 176000 \text{ V} \cdot \text{A}$$

$$p = r I_1^2 = 4.5375 \times 16^2 = 1161.6 \text{ W}$$

$$q = x I_1^2 = 26.844 \times 16^2 = 6872.1 \text{ var}$$

$$S = \sqrt{p^2 + (q + Q_L)^2} \rightarrow Q_L = \sqrt{S^2 - p^2} - q = \sqrt{176000^2 - 1161.6^2} - 6872.1$$

$$Q_L = 169,124 \sim 169 \text{ kvar} \quad V_2 = \frac{Q_L}{I_2} = \frac{169,124}{400} = 422.81 \sim 423 \text{ V}$$

R02 問2



問2 定格容量 $100 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、定格一次電圧 6600 V 、定格二次電圧 440 V 、定格周波数 60 Hz の単相変圧器がある。この変圧器の一次換算全巻線抵抗は 2.72Ω である。

この変圧器について、簡易等価回路を用いて次の間に答えよ。ただし、鉄損と銅損以外の損失は無視できるものとする。

- (1) この変圧器の二次側の端子を開放して、一次側に定格周波数、定格一次電圧を印加したところ、一次側に 0.173 A の電流が流れ、力率は 0.35 (遅れ) であった。鉄損 W_i [W] を求めよ。
- (2) 定格負荷で運転しているときの銅損 W_c [W] を求めよ。
- (3) 力率 100% で運転する場合に、効率が最大となる負荷率 [%] 及びそのときの効率 [%] を求めよ。ただし、負荷率 x [%] とは負荷が変圧器定格容量の x [%] であることとする。
- (4) 負荷率 30% で力率 60% の負荷を接続した場合の効率 [%] を求めよ。

R02 問2

問2 定格容量 100 kV・A、定格一次電圧 6 600 V、定格二次電圧 440 V、定格周波数 60 Hz の単相変圧器がある。この変圧器の一次換算全巻線抵抗は 2.72 Ω である。

この変圧器について、簡易等価回路を用いて次の問に答えよ。ただし、鉄損と銅損以外の損失は無視できるものとする。

(1) この変圧器の二次側の端子を開放して、一次側に定格周波数、定格一次電圧を印加したところ、一次側に 0.173 A の電流が流れ、力率は 0.35 (遅れ) であった。鉄損 W_i [W] を求めよ。

$$W_i = V_{1n} I_{10} \cos \theta = 6600 \times 0.173 \times 0.35 = 399.63 \sim 400 \text{ W}$$

(2) 定格負荷で運転しているときの銅損 W_c [W] を求めよ。

$$I_{1n} = \frac{S_n}{V_{1n}} = \frac{100 \times 10^3}{6600} = 15.152 \text{ A}$$

$$W_c = (r_1 + r_2') I_{1n}^2 = 2.72 \times 15.152^2 = 624.47 \sim 624 \text{ W}$$

(3) 力率 100 % で運転する場合に、効率が最大となる負荷率 [%] 及びそのときの効率 [%] を求めよ。ただし、負荷率 x [%] とは負荷が変圧器定格容量の x [%] であることとする。

$$x^2 W_c = W_i \rightarrow x = \sqrt{\frac{W_i}{W_c}} = \sqrt{\frac{399.63}{624.47}} = 0.79997 \sim 80.0 \%$$

$$\eta = \frac{xS \cos \theta}{xS \cos \theta + 2W_i} \\ = \frac{0.8 \times 100 \times 10^3}{0.8 \times 100 \times 10^3 + 2 \times 399.63} = 0.9901$$

$$\eta \sim 99.0 \%$$

(4) 負荷率 30 % で力率 60 % の負荷を接続した場合の効率 [%] を求めよ。

$$\eta = \frac{xS \cos \theta}{xS \cos \theta + W_i + x^2 W_c} \\ = \frac{0.3 \times 100 \times 10^3 \times 0.6}{0.3 \times 100 \times 10^3 \times 0.6 + 399.63 + 0.3^2 \times 624.47} = 0.9753$$

$$\eta \sim 97.5 \%$$

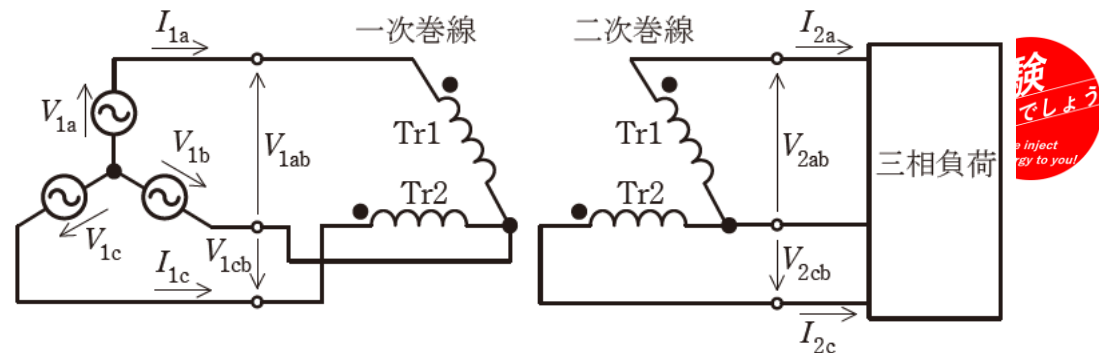
R05 問2

問2 図1のように同一の2台の単相変圧器 Tr1 及び Tr2 を V 結線し、一次側を線間電圧 400 V の対称三相交流電源に接続する。一次巻線と二次巻線の巻数は 4:1 であり、一次及び二次の漏れリアクタンスはそれぞれ 0.64Ω 、 0.21Ω である。三相負荷を二次側に接続すると、一次側線電流には 30 A で力率 1 の平衡三相電流が流れた。

また、図2は、図1を二次側に換算した等価回路である。次の問に答えよ。

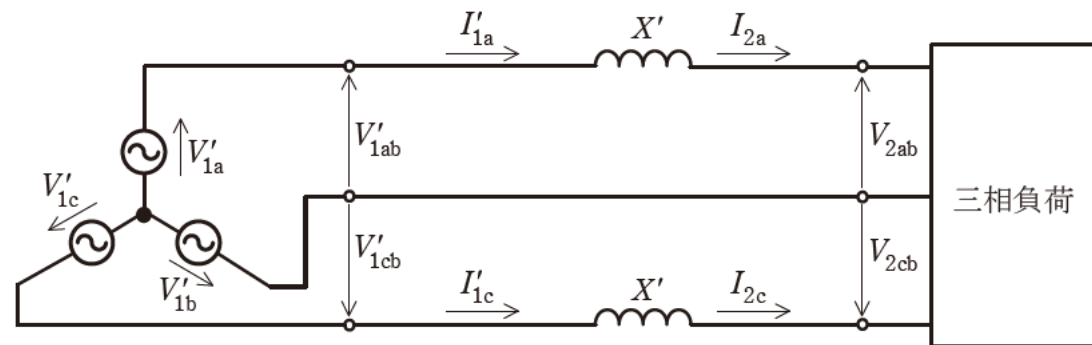
ただし、変圧器の励磁電流、鉄損及び巻線抵抗は無視し、変圧器鉄心は磁気飽和しないものとする。

- 図2における一次側線間電圧 V_{1ab} の二次側換算値 V'_{1ab} を求めよ。
- 図2における一次側線電流 I_{1a} の二次側換算値 I'_{1a} を求めよ。
- 図2における一次漏れリアクタンスの二次側換算値と二次漏れリアクタンスの合成リアクタンス X' を求めよ。



V_{1a} , V_{1b} , V_{1c} : 対称三相交流電源の相電圧
 V_{1ab} , V_{1cb} : 一次側線間電圧
 I_{1a} , I_{1c} : 一次側線電流
 V_{2a} , V_{2b} : 二次側線間電圧
 V_{2cb} : 二次側線間電圧
 I_{2a} , I_{2c} : 二次側線電流

図1 V結線図



V'_{1a} , V'_{1b} , V'_{1c} : 対称三相交流電源相電圧の二次側換算値
 V'_{1ab} , V'_{1cb} : 一次側線間電圧の二次側換算値
 I'_{1a} , I'_{1c} : 一次側線電流の二次側換算値
 X' : 一次漏れリアクタンスの二次側換算値と二次漏れリアクタンスの合成リアクタンス

図2 二次側に換算した等価回路

R05 問2

問2 図1のように同一の2台の単相変圧器 Tr1 及び Tr2 を V 結線し、一次側を線間電圧 400 V の対称三相交流電源に接続する。一次巻線と二次巻線の巻数は 4:1 であり、一次及び二次の漏れリアクタンスはそれぞれ 0.64Ω 、 0.21Ω である。三相負荷を二次側に接続すると、一次側線電流には 30 A で力率 1 の平衡三相電流が流れた。

また、図2は、図1を二次側に換算した等価回路である。次の問に答えよ。

ただし、変圧器の励磁電流、鉄損及び巻線抵抗は無視し、変圧器鉄心は磁気飽和しないものとする。

(1) 図2における一次側線間電圧 V_{1ab} の二次側換算値 V'_{1ab} を求めよ。

巻数比 $a = 4$

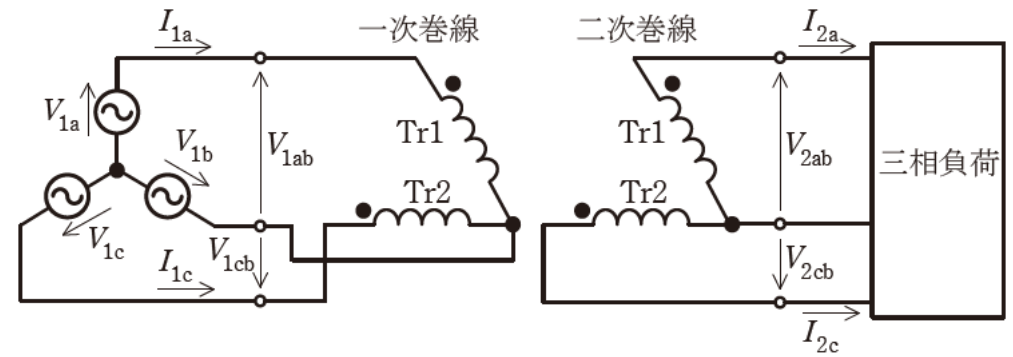
$$V'_{1ab} = \frac{1}{a} V_{1ab} = \frac{1}{4} \times 400 = 100 \text{ V}$$

(2) 図2における一次側線電流 I_{1a} の二次側換算値 I'_{1a} を求めよ。

$$I'_{1a} = a I_{1a} = 4 \times 30 = 120 \text{ A}$$

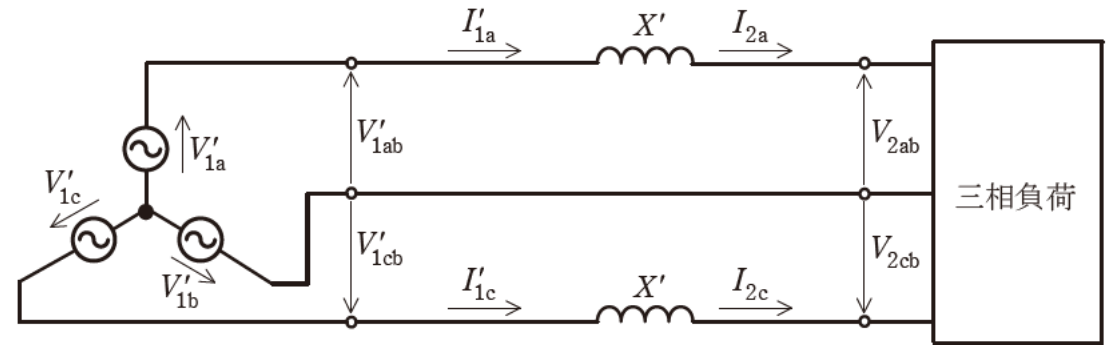
(3) 図2における一次漏れリアクタンスの二次側換算値と二次漏れリアクタンスの合成リアクタンス X' を求めよ。

$$x'_1 = \frac{1}{a^2} x_1 = \frac{1}{4^2} \times 0.64 = 0.04 \Omega \quad X' = x'_1 + x_2 = 0.04 + 0.21 = 0.25 \Omega$$



V_{1a} , V_{1b} , V_{1c} : 対称三相交流電源の相電圧
 V_{1ab} , V_{1cb} : 一次側線間電圧 V_{2ab} , V_{2cb} : 二次側線間電圧
 I_{1a} , I_{1c} : 一次側線電流 I_{2a} , I_{2c} : 二次側線電流

図1 V結線図



V'_{1a} , V'_{1b} , V'_{1c} : 対称三相交流電源相電圧の二次側換算値
 V'_{1ab} , V'_{1cb} : 一次側線間電圧の二次側換算値
 I'_{1a} , I'_{1c} : 一次側線電流の二次側換算値
 X' : 一次漏れリアクタンスの二次側換算値と二次漏れリアクタンスの合成リアクタンス

図2 二次側に換算した等価回路



ご聴講ありがとうございました!!