

電機システムⅠ 演習 14 解答

問 1. 単相 2.0kVA の変圧器の定格 1 次／2 次電圧は 200V／100V である。無負荷試験と短絡試験の結果が下記に与えられるときの回路定数を求めよ。ただし一次側巻線抵抗 R_2' 、一次側に換算した二次側巻線抵抗 R_2' 、一次側もれリアクタンス x_1 、一次側に換算した二次側もれリアクタンス x_2' とする。

無負荷試験： $I_o=0.60\text{A}$ 、 $P_i=21.8\text{W}$

短絡試験： $V_{sI}=8.6\text{V}$ 、 $P_s=79\text{W}$

(1) 巻数比 a を求めよ。

$$a = 200 / 100 = 2.00$$

(2) 一次定格電流 I_{n1} を求めよ。

$$I_{n1} = 2.0 \times 10^3 / 200 = 10\text{A}$$

(3) 励磁コンダクタンス g_o および励磁サセプタンス b_o を求めよ。

無負荷試験より

$$\begin{aligned} g_o &= P_i / V_{n1}^2 \\ &= 21.8 / 200^2 = 5.45 \times 10^{-4} [\text{S}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \sqrt{\{(I_o / 200)^2 - g_o^2\}} \\ &= \sqrt{\{(0.60 / 200)^2 - g_o^2\}} \\ &= 3.0 \times 10^{-3} [\text{S}] \end{aligned}$$

(4) $R_1 + R_2'$ および $x_1 + x_2'$ を求めよ。

短絡試験より

$$\begin{aligned} R_1 + R_2' &= P_s / I_{n1}^2 \\ &= 79 / 10^2 = 0.79 \Omega \\ x_1 + x_2' &= \sqrt{\{(8.6 / 10)^2 - (R_1 + R_2')^2\}} \\ &= 0.34 \Omega \end{aligned}$$

問 2. 巻数比 31, 低圧側定格 210V、500A の単相変圧器があり、この変圧器の一次および二次インピーダンスはそれぞれ $Z_1 = (6 + j7) \Omega$ 、 $Z_2 = (0.0050 + j0.0080) \Omega$ であった。低圧側に 210V、500A、力率 0.8 遅相の負荷を接続した。以下の問に答えよ。

(1) 低圧側に接続した負荷の複素インピーダンス $\dot{Z}_L$ を求めよ。

$$\begin{aligned} \text{インピーダンス } Z_L &= 210 / 500 = 0.42 \Omega \\ \text{遅れ力率 } 0.8 \text{ であるから} \\ \dot{Z}_L &= 0.42 \{0.8 + j \sqrt{(1 - 0.8)^2}\} \\ &= 0.42 (0.8 + j0.6) \\ &= (0.34 + j0.25) \Omega \end{aligned}$$

(2) 二次インピーダンスおよび負荷インピーダンスを一次側換算せよ。

$$\begin{aligned} Z_2' &= 31^2 \times Z_2 \\ &= (4.8 + j7.7) \Omega \\ \dot{Z}_L' &= 31^2 \times \dot{Z}_L \\ &= (3.3 \times 10^2 + j2.4 \times 10^2) \Omega \end{aligned}$$

(3) 一次側に印加している電圧はいくらか

全インピーダンス

$$\begin{aligned}\dot{Z} &= (6 + 4.8 + 3.3 \times 10^2) + j(7 + 7.7 + 2.4 \times 10^2) \\ &= (3.4 \times 10^2 + j2.5 \times 10^2) \Omega\end{aligned}$$

よって

$$Z = 4.2 \times 10^2 \Omega$$

一次側の定格電流 $I_{n1} = 500 / 31 = 16.1 \text{ A}$ より

$$V_1 = 4.2 \times 10^2 \times 16.1 = 6.8 \times 10^3 \text{ V}$$

問3. 容量150kVAの変圧器の鉄損が1.2kW、力率0.8の全負荷時の銅損は2.3kWである。以下の問に答えよ。

(1) 全負荷時の入力電力を求めよ。

$P_i = \text{容量} \times \text{力率}$

$$= 150 \times 10^3 \times 0.8 = 120 \times 10^3$$

$$= 120 \text{ kW}$$

(2) 全負荷時の出力を求めよ。

出力 = 入力 - 損失

$$= 120 \times 10^3 - 1.2 \times 10^3 - 2.3 \times 10^3 = 117 \times 10^3 \text{ W} = 117 \text{ kW}$$

(3) 全負荷時の効率を求めよ。

$$\text{効率 } \eta = 117 \times 10^3 / 120 \times 10^3 = 0.975 \quad 98\%$$

(4) 入力電圧一定のまま負荷を取り替えて、出力を全負荷時の60%として動作させた。このときの効率を求めよ。

出力を60%にしたため、この時の出力は

$$\text{出力} = 117 \times 10^3 \times 0.6 = 70 \times 10^3 \text{ W}$$

入力電圧が一定であるため流れる電流が0.6倍となる。

電圧一定なので

$$\text{鉄損は一定} \quad \text{鉄損} = 1.2 \times 10^3 \text{ W}$$

銅損は電流の二乗に比例するため

$$\text{銅損} = 2.3 \times 10^3 \times 0.6^2 = 0.8 \times 10^3 \text{ W}$$

入力 = 出力 + 損失なので

$$\text{入力} = 70 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3 + 0.8 \times 10^3$$

$$= 72 \times 10^3$$

$$\text{効率 } \eta' = 70 \times 10^3 / 72 \times 10^3$$

$$= 0.972 \quad 97\%$$

問4. 15.0MVA, 10.0kV/60.0kV, 定格力率 0.8 遅相の単相変圧器において、二次側を短絡した場合、一次側電圧側のインピーダンス電圧、インピーダンスワットは以下の通りであった.

インピーダンス電圧 1.00kV, インピーダンスワット 600kW

(1)百分率インピーダンス降下 (%Z) を求めよ。

$$\text{一次定格電流} = 15.0 \times 10^6 / 10.0 \times 10^3 = 1500\text{A} = 1.50\text{kA}$$

$$\begin{aligned}\%Z &= (\text{インピーダンス電圧}) / (\text{定格電圧}) \\ &= (1.00 \times 10^3 / 10.0 \times 10^3) \times 100 \\ &= 10.0\%\end{aligned}$$

あるいは

$$\text{定格インピーダンス } Z_n = (10.0 \times 10^3 / 1.50 \times 10^3) = 6.666 \Omega$$

$$\text{短絡インピーダンス } Z_s = 0.666 \Omega$$

$$\%Z = 0.666 / 6.666 \times 100 = 10.0\%$$

(2)この変圧器の百分率抵抗降下 (%R) を求めよ。

$$\begin{aligned}\%R &= ((600 \times 10^3 / 1.50 \times 10^3) / 10.0 \times 10^3) \times 100 \\ &= 4.00\%\end{aligned}$$

あるいは

$$\begin{aligned}\%R &= (\text{インピーダンスワット} / \text{定格容量}) \times 100 \\ &= (600 \times 10^3 / 15.0 \times 10^6) \times 100 \\ &= 4.00\%\end{aligned}$$

あるいは

$$(r_1 + r_2') = 600 \times 10^3 / (1.50 \times 10^3)^2 = 0.2666$$

$$\text{定格インピーダンス } Z_n = 6.666 \Omega$$

$$\%R = 0.2666 / 6.666 \times 100 = 4.00\%$$

(3)百分率リアクタンス降下 (%X) を求めよ。

$$\begin{aligned}\%X &= \sqrt{(10.0^2 - 4.00^2)} \\ &= 9.165 \\ &= 9.17\%\end{aligned}$$

あるいは

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{Z_s^2 - (r_1 + r_2')^2} = 0.611$$

$$\text{定格インピーダンス } Z_n = 6.666 \Omega$$

$$\%X = 0.611 / 6.666 \times 100 = 9.165 = 9.17\%$$

(4)定格時の電圧変動率を求めよ。

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 4.00 \times 0.8 + 9.17 \times \sqrt{1 - 0.8^2} \\ &= 8.702 = 8.70\%\end{aligned}$$

問5. 容量 100kVA、6kV/200V、%Z が 5.0%の単相変圧器 A と、容量 150kVA、6kV/200V、%Z が 8.0%の単相変圧器 B、容量 50kVA、200V/100V、%Z が 3.0%の単相変圧器 C がある。

(1)変圧器 A の%Z を容量 150kVA に換算せよ。

$$5.0 \times 150 / 100 = 7.5\%$$

(2) 変圧器 C の%Z を容量 100kVA に換算せよ。

$$3.0 \times 100 / 50 = 6.0\%$$

(3)変圧器 AB を並列接続した場合、基準容量 150kVA としたときの合成%Z はいくらになるか。

$$\begin{aligned}&7.5\% \text{ と } 8.0\% \text{ が並列接続になるので、} \\ &1 / (1/7.5 + 1/8.0) = 3.9\%\end{aligned}$$

(4)変圧器 AC を直列接続した場合、基準容量 100kVA としたときの合成%Z はいくらになるか。

5.0%と 6.0%が直列接続になるので、
 $5.0+6.0=11.0\%$