

●作戦会議

電圧変動率の近似式を求める問題。参考にも載せたが、定格電圧（本問では定格負荷を接続したときの V_L ）と無負荷時の定格電圧（本問では V_N ）との関係を使って立式することが多いが、本問はやや特殊な変形をしている。解きなれていない問題であろうから、試験本番で出会ったときは見た目以上に大変に感じるはずだ。

(1) どうやって解けばよいのか計算方が思い浮かばない人もいるだろう。解答には記載していないが、頭の中または問題用紙の隅に無負荷時と負荷接続時の変圧器二次簡易等価回路を描くことをおすすめする。

(2) 「であることを考慮する」は解答に使ってもよいではなく、解答で使えという意味である。(3)で近似式を使わせるために、変形の仕方を誘導している。1種でよく見るフェーザ図だが、人によっては普段と変形方法が異なるので困惑するかも。

(3) 計算ミスに注意すればさして難しい問題ではない。

●解答

(1) 力率が0.8（遅れ）、負荷インピーダンス $Z_L = 100\%$ であるから、負荷抵抗 $R_L[\%]$ 、

負荷リアクタンス $X_L[\%]$ は、

$$R_L = 80.0\%, X_L = 60.0\%$$



したがって、負荷接続時の変圧器二次回路全体の抵抗 R [%],リアクタンス X [%],およ

びインピーダンス Z [%]は,

$$R = p + R_L = 80.5[\%], X = q + X_L = 70.0[\%]$$

$$\therefore Z = \sqrt{R^2 + X^2} \approx 106.68[\%]$$

したがって、負荷接続時の変圧器二次回路において、分圧則より、

$$V_L = \frac{Z_L}{Z} V_N = \frac{100}{106.68} V_N \approx 0.93738 V_N$$

題意より、電圧変動率は、

$$\varepsilon = \frac{V_N - V_L}{V_N} \times 100 = \left(100 - \frac{V_L}{V_N} \times 100 = 100 - 93.738 =\right) 6.262[\%] \quad \dots (\text{答})$$

#括弧の中は記述する必要がないが、(2)で同じような計算をするので記載してみた。

(2)図より

$$\begin{cases} V_N \cos \theta = V_L + \frac{p}{100} I_L \cos \phi + \frac{q}{100} I_L \sin \phi \\ V_N \sin \theta = \frac{q}{100} I_L \cos \phi - \frac{p}{100} I_L \sin \phi \end{cases}$$

題意より、 $\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$ であることを考慮すると、

$$V_N \sqrt{1 - \sin^2 \theta} = V_L + \frac{p}{100} I_L \cos \phi + \frac{q}{100} I_L \sin \phi$$

$$V_N \sqrt{1 - \left\{ \frac{1}{V_N} \left(\frac{q}{100} I_L \cos \phi - \frac{p}{100} I_L \sin \phi \right) \right\}^2} = V_L + \frac{p}{100} I_L \cos \phi + \frac{q}{100} I_L \sin \phi$$

$$\therefore V_L = - \left(\frac{p}{100} I_L \cos \phi + \frac{q}{100} I_L \sin \phi \right) + V_N \sqrt{1 - \left\{ \frac{1}{V_N} \left(\frac{q}{100} I_L \cos \phi - \frac{p}{100} I_L \sin \phi \right) \right\}^2}$$

したがって、電圧変動率は $V_N = 100\%$ ゆえ、



$$\varepsilon = \frac{V_N - V_L}{V_N} \times 100 = 100 - \frac{V_L}{V_N} \times 100 = 100 - V_L$$

$$= 100 + \frac{p}{100} I_L \cos\phi + \frac{q}{100} I_L \sin\phi + 100 \sqrt{1 - \left\{ \frac{1}{100} \left(\frac{q}{100} I_L \cos\phi - \frac{p}{100} I_L \sin\phi \right) \right\}^2}$$

... (答)

(3)題意より,

$$\sqrt{1 - \left\{ \frac{1}{100} \left(\frac{q}{100} I_L \cos\phi - \frac{p}{100} I_L \sin\phi \right) \right\}^2} \doteq 1 - \frac{\left\{ \frac{1}{100} \left(\frac{q}{100} I_L \cos\phi - \frac{p}{100} I_L \sin\phi \right) \right\}^2}{2}$$

$$\therefore \varepsilon \doteq \frac{p}{100} I_L \cos\phi + \frac{q}{100} I_L \sin\phi - \frac{\left(\frac{q}{100} I_L \cos\phi - \frac{p}{100} I_L \sin\phi \right)^2}{200} \quad \dots (答)$$

$I_L = 100\%$ のとき, 参考書などで見た公式になるはずだ。

●参考

<https://jeea.or.jp/course/contents/05101/>. 公益社団法人 日本電気技術者協会. “変圧器の電圧変動率と損失および効率計算”

