

Exercice 1 (5 points) : L'étude d'un transformateur monophasé 1500 V/240 V, 50 Hz de puissance apparente 48 kVA a donné les résultats suivants :

essai en continu au primaire :  $U_1 = 2,5 \text{ V}$ ,  $I_1 = 10 \text{ A}$ .

essai à vide :  $U_{1V} = 1500 \text{ V}$ ,  $I_{1V} = 2 \text{ A}$ ,  $U_{2V} = 225 \text{ V}$ ,  $P_{1V} = 350 \text{ W}$ .

essai en court circuit :  $U_{1CC} = 30,5 \text{ V}$ ,  $I_{1CC} = 32 \text{ A}$ ,  $P_{1CC} = 265 \text{ W}$ .

- Déterminer le rapport de transformation à vide  $m_v$ , puis calculer la valeur efficace des courants primaire et secondaire.

$$m_v = \frac{U_{2V}}{U_1} = \frac{225}{1500} = 0,15$$

$$I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{48 \cdot 10^3}{1500} = 32 \text{ A} \quad I_2 = \frac{S}{U_{2V}} = \frac{48 \cdot 10^3}{240} = 200 \text{ A}$$

- Calculer les éléments  $R_s$  (résistance totale) et  $X_s$  (réactance totale) des enroulements ramenés au secondaire.

$$R_s = \frac{P_{1CC}}{I_{2CC}^2} = \frac{265}{200^2} = 6,625 \text{ m}\Omega \quad Z_s = \frac{m U_{1CC}}{I_{2CC}}$$

$$Z_s = \frac{0,15 \times 30,5}{200} = 22,875 \text{ m}\Omega \quad (I_{2CC} = \frac{I_{1CC}}{m} = 200 \text{ A})$$

$$\text{Finalement } X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{22,9^2 - 6,6^2} = 21,9 \text{ m}\Omega$$

- Le transformateur alimenté au primaire sous une tension  $U_1 = 1500 \text{ V}$  débite un courant constant d'intensité  $I_2 = 200 \text{ A}$  quelle que soit la charge.

3a Déterminer la valeur de  $\theta_2$ , déphasage entre courant et tension secondaires, pour que la chute de tension soit nulle.

$$\Delta U_2 = R_s I_2 \cos \theta_2 + X_s I_2 \sin \theta_2 = 0 \Rightarrow R_s I_2 \cos \theta_2 = -X_s I_2 \sin \theta_2$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\cos \theta_2} = \tan \theta_2 = -\frac{R_s I_2}{X_s I_2} = -\frac{R_s}{X_s} = \frac{6,6}{21,9} = 0,301$$

$$\Rightarrow \theta_2 = \tan^{-1}(0,301) = 16,8^\circ$$

3b Calculer la chute de tension absolue  $\Delta U_2$ , puis la chute de tension relative pour  $\cos \theta_2 = 0,8$  (inductif).

$$\cos \theta_2 = 0,8 \Rightarrow \theta_2 = \cos^{-1}(0,8) = 36,86^\circ$$

$$\Delta U_2 = R_s I_2 \cos \theta_2 + X_s I_2 \sin \theta_2 = 0,00625 \times 200 \times \cos \theta_2 + 21,9 \times 200 \times \sin \theta_2$$

$$\Delta U_2 = 3,164 \text{ V}$$

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{2V} - U_2}{U_{2V}} \times 100 = \frac{\Delta U_2}{U_{2V}} \times 100$$

$$\Delta U_2 = \frac{3,164}{240} \times 100 = 1,318\% \approx 1,51\%$$



Pour la charge inductive

$$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 225 - 3164 = 221,75V$$

4. Déterminer le rendement du transformateur quand il débite 200 A avec un facteur de puissance  $\cos\theta_2=0,8$  (charge inductive) le primaire étant alimenté sous 1 500 V.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad P_1 = P_2 + P_{Fe} + P_J = P_2 + P_{Cu} + P_{Fe}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\theta_2 = 221,75 \times 200 \times 0,8$$

$$\eta = \frac{35148}{361} = 98,3\%$$

$$P_2 = 35148 \text{ kW}$$

$$P_1 = 35148 + 350 + 265$$

$$P_1 = 361 \text{ kW}$$

Exercice 2 (2 points):

La plaque signalétique d'un transformateur porte les indications suivantes :  $S = 100 \text{ kVA}$ ,  $U_1 = 2 \text{ kV}$  et  $U_{2V} = 900 \text{ V}$ .

a) Calculer le nombre le nombre de spires au secondaire si le primaire contient 4200 spires.

$$m = U_{2V} / U_1 = 900 / 2400 = 0,375$$

$$m = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow N_2 = m \times N_1 = 0,375 \times 4200 = 1575 \text{ spires}$$

b) Calculer la valeur efficace des courants primaire et secondaire.

$$I_1 = S / U_1 = \frac{100}{2} = 5 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{S}{U_{2V}} = \frac{100 \times 10^3}{900} = 111,2 \text{ A}$$

Exercice 3 (5 points): Un transformateur porte sur sa plaque signalétique les indications suivantes :

$$S = 80 \text{ kVA}, U_1 = 10 \text{ kV} \text{ et } U_{2V} = 720 \text{ V}, 50 \text{ Hz.}$$

Les éléments du modèle équivalent de Thévenin de ce transformateur sont :  $R_s = 156 \text{ m}\Omega$  et  $X_s = 185 \text{ m}\Omega$ . On demande :

a) Calculer la valeur efficace des courants primaire et secondaire.

$$I_1 = S / U_1 = 80 / 10 = 8 \text{ A}$$

$$I_2 = S / U_{2V} = 80 \times 10^3 / 720 = 111,1 \text{ A}$$

b) La chute de tension  $\Delta U_2$ , ainsi que la tension efficace  $U_2$  aux bornes de la charge, et la puissance  $P_2$  absorbée par cette charge, lorsque le transformateur alimente une charge inductive de facteur de puissance 0,8.

$$\Delta U_2 = R_s I_2 \cos\varphi_2 + X_s I_2 \sin\varphi_2 = 0,156 \times 111 \times 0,8 + 0,185 \times 111 \times 0,6$$

$$\Delta U_2 = 26,2 \text{ V}$$

$$\cos\varphi_2 = 0,8 \Rightarrow \varphi_2 = +\cos^{-1}(0,8)$$

$$\sin\varphi_2 = \sin(\cos^{-1} 0,8) = +0,6$$



$$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 720 - 26,2 = 693,8 \text{ V}$$

$$P_2 = U_2 \times I_2 \times \cos \varphi_2 = 693,8 \times 11,1 \times 0,8 = 61,65 \text{ kW}$$

- c) La chute de tension  $\Delta U_2$ , ainsi que la tension efficace  $U_2$  aux bornes de la charge, et la puissance  $P_2$  absorbée par cette charge, lorsque le transformateur alimente une charge capacitive de facteur de puissance 0,8.

charge capacitive  $\Rightarrow \varphi_2 = -\cos^{-1}(0,8)$

$$\Delta U_2 = R_s I_2 \cos \varphi_2 + X_s I_2 \sin \varphi_2 = 0,156 \times 11,1 \times 0,8 + 0,185 \times 11,1 \times (-0,6)$$

$$\Delta U_2 = 1,5 \text{ V} \Rightarrow U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 720 - 1,5 = 718,5 \text{ V}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 718,5 \times 11,1 \times 0,8 = 63,9 \text{ kW}$$

- d) La chute de tension  $\Delta U_2$ , ainsi que la tension efficace  $U_2$  aux bornes de la charge, et la puissance  $P_2$  absorbée par cette charge, lorsque le transformateur alimente une charge purement résistive.  $\Rightarrow \varphi_2 = 0$

$$\Delta U_2 = R_s I_2 \cos \varphi_2 + X_s I_2 \sin \varphi_2 = 0,125 \times 11,1$$

$$\Delta U_2 = 1,39 \text{ V} \Rightarrow U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 706 \text{ V}$$

$$P_2 = U_2 \times I_2 \times \cos \varphi_2 = 706 \times 11,1 \times 1 = 78,46 \text{ kW}$$

**Exercice 4 (4 points):** Un transformateur monophasé 5 kVA, 1.6kV / 480V ; 50 Hz a 3600 spires au secondaire. La section S du circuit magnétique est de 240 cm<sup>2</sup>.

- a) Calculer l'amplitude maximale  $B_{\max}$  du champ magnétique.

$S = 240 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$U_{2V} = 4,44 \times B_{\max} \times N_2 \times S \times f \Rightarrow B_{\max} = \frac{U_{2V}}{4,44 \times N_2 \times S \times f}$$

$$B_{\max} = \frac{480}{4,44 \times 3600 \times 240 \times 10^{-4} \times 50} = 12,5 \text{ mT}$$

- b) Calculer la valeur efficace des courants primaire et secondaire.

$$I_1 = S / U_{1V} = 5 / 1,6 = 3,125 \text{ A}$$

$$I_2 = S / U_{2V} = 5000 / 480 = 10,42 \text{ A}$$

- c) Le transformateur alimente une charge inductive de facteur de puissance égal à 0,85, cette charge crée une chute de tension de 24 V.

Calculer la tension  $U_2$  aux bornes de la charge, ainsi que la puissance active  $P_2$  absorbée par cette charge.

$$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 480 - 24 = 456 \text{ V}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 456 \times 10,42 \times 0,85 = 4039 \text{ W}$$