

EXERCICE N° 1 :

L'étude d'un transformateur monophasé 1500 V/220 V, 50 Hz de puissance apparente 44 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 : $U_{1V} = 1500 \text{ V}$, $I_{1V} = 2 \text{ A}$, $U_{2V} = 225 \text{ V}$, $P_{1V} = 300 \text{ W}$.

Essai en court-circuit : $U_{1CC} = 22,5 \text{ V}$, $I_{1CC} = 22,5 \text{ A}$, $P_{1CC} = 225 \text{ W}$.

- 1. Déterminer le rapport de transformation à vide.*
- 2. Calculer la composante active du courant lors de l'essai à vide.*
- 3. Vérifier que l'on peut négliger les pertes par effet Joule lors de l'essai à vide.*
- 4. Montrer que les pertes dans le fer sont négligeables dans l'essai en court-circuit en admettant qu'elles sont proportionnelles au carré de la tension primaire.*
- 5. Calculer les éléments RS (résistance totale) et XS (réactance totale) des enroulements ramenés au secondaire.*
- 6. Le transformateur alimente 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.*
 - 6a - Déterminer la valeur de ϕ_2 , déphasage entre courant et tension secondaires, pour que la chute de tension ΔU_2 soit nulle.*
 - 6b- Calculer la chute de tension relative pour $\cos \phi_2 = 0,8$ (inductif).*
 - 6c-Déterminer le rendement du transformateur quand il débite 200 A avec un facteur de puissance $\cos \phi_2 = 0,8$ (charge inductive) le primaire étant alimenté sous 1 500 V.*

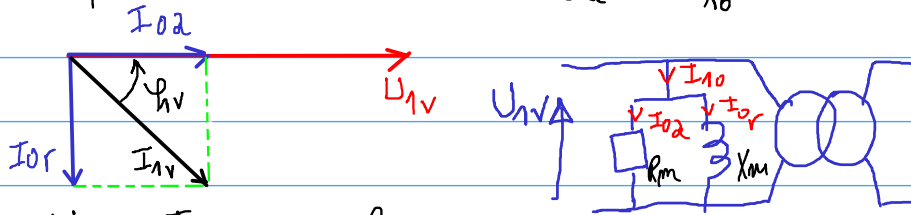
Corrigé

1. Déterminer le rapport de transformation à vide.

$$m = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{U_{2v}}{U_{1v}} = \frac{225}{1500} = \underline{0,15}$$

2. Calculer la composante active du courant lors de l'essai à vide.

La composante active $I_{0a} = I_{10} \cos \varphi_{10}$



$$P_{1v} = U_{1v} \cdot \underbrace{I_{1v} \cos \varphi_{1v}}_{I_{0a}}$$

$$\text{Donc } I_{0a} = \frac{P_{1v}}{U_{1v}} = \frac{300}{1500} = \underline{0,2 \text{ A}}$$

3. Vérifier que l'on peut négliger les pertes par effet Joule lors de l'essai à vide.

$$\text{A vide } I_2 = 0 \rightarrow P_j = R_1 \cdot I_1^2 + \cancel{R_2 \cdot I_2^2}$$

$$\text{Donc } P_{jv} = R_1 \cdot I_{1v}^2$$

$$P_{j1v} = 0,25 \times 2^2$$

$$P_{j1v} = 1 \text{ W}$$

$$\text{Avec } R_1 = \frac{U_{1c}}{I_c}$$

Essai en CC permet de calculer R

$$R_1 = \frac{2,5}{10} = 0,25 \, \Omega$$

$$\text{Conclusion : } P_{j1v} \ll P_{1v} \Leftrightarrow 1 \text{ W} \ll 300 \text{ W}$$

Donc on peut négliger les pertes joules à vide pour suite $P_{1v} \simeq P_{\text{fer}}$ (pertes fer)

4. Montrer que les pertes dans le fer sont négligeables dans l'essai en court-circuit en admettant qu'elles sont proportionnelles au carré de la tension primaire.

Dans le transformateur existe deux pertes

$$P_{\text{fer}} = \alpha \cdot U_1^2 \quad \text{et} \quad P_j = \alpha \cdot I^2$$

En cct $U_{1cc} = 22,5 V$

$$P_{fer_{ct}} = \alpha \cdot U_{1cc}^2 \text{ et } P_{fer} = \alpha \cdot U_{1v}^2 \quad P_{fer} \approx P_{1v}$$

$$P_{fer} = 300 W$$

$$P_{fer_{ct}} = \frac{P_{fer}}{U_{1v}^2} \cdot U_{1cc}^2 \quad \leftarrow \alpha = \frac{P_{fer}}{U_{1v}^2}$$

$$P_{fer_{ct}} = \frac{300}{1500^2} \cdot 22,5^2 = \underline{0,0675 W}$$

Conclusion : $P_{fer_{ct}} \ll P_{1cc} \Leftrightarrow 0,0675 W \ll 225 W$

5. Calculer les éléments RS (résistance totale) et XS (réactance totale) des enroulements ramenés au secondaire.

* $R_s = ?$

$$P_j = R_s \cdot I_2^2 \text{ et } P_{1cc} = R_s \cdot I_{2cc}^2$$

Avec $P_j = P_{1cc}$

$$\Rightarrow R_s = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2}$$

$$\text{or } m = \frac{I_{1cc}}{I_{2cc}} \rightarrow I_{2cc} = \frac{I_{1cc}}{m}$$

$$= \frac{22,5}{0,15}$$

$$\Rightarrow R_s = \frac{225}{150^2} = 0,01 \Omega = \underline{10 m\Omega}$$

$$I_{2cc} = 150 A$$

* $X_s = ?$

$$X_s = \sqrt{\left(\frac{m \cdot U_{1cc}}{I_{2cc}}\right)^2 - R_s^2} = \sqrt{\left(\frac{0,15 \cdot 22,5}{150}\right)^2 - (0,01)^2} = 0,02015 \Omega$$

$$= \underline{20,15 m\Omega}$$

6. Le transformateur alimente au primaire sous une tension $U_1 = 1500 V$ débite un courant constant d'intensité $I_2 = 200 A$ quelle que soit la charge.

6a - Déterminer la valeur de ϕ_2 , déphasage entre courant et tension secondaires, pour que la chute de tension ΔU_2 soit nulle.

$$\Delta U_2 = R_s \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2 + X_s I_2 \sin \phi_2$$

$$\Delta U_2 = 0 \Rightarrow R_s \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + X_s I_2 \sin \varphi_2 = 0$$

$$\Rightarrow R_s I_2 \cos \varphi_2 = -X_s I_2 \sin \varphi_2$$

$$\Rightarrow \frac{R_s \cancel{I_2}}{-X_s \cdot \cancel{I_2}} = \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2}$$

$$\Rightarrow -\frac{R_s}{X_s} = \tan \varphi_2$$

$$\Rightarrow \varphi_2 = \tan^{-1}\left(-\frac{R_s}{X_s}\right) = \tan^{-1}\left(-\frac{10 \cdot 10^{-3}}{20,15 \cdot 10^{-3}}\right) = -26,39^\circ$$

Donc $\Delta U_2 = 0$ si on branche une charge capacitive de facteur de puissance

$$\cos \varphi_2 = \cos -26,39 = 0,895 \text{ en avant}$$

6b- Calculer la chute de tension relative pour $\cos \varphi_2 = 0,8$ (inductif).

$$I_2 = 200 \text{ A}$$

⚠

$$\sin \varphi_2 = 0,6$$

$$\begin{aligned} \Delta U_2 &= R_s \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + X_s I_2 \sin \varphi_2 \\ &= (10 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 0,8) + (20,15 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 0,6) \\ &= 4,018 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{Donc } U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 225 - 4,018 = 220,98 \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = \frac{U_{2V} - U_2}{U_{2V}} \times 100 = \frac{225 - 220,98}{225} \times 100 = 1,78 \%$$

6c- Déterminer le rendement du transformateur quand il débite 200 A avec un facteur de puissance $\cos \varphi_2 = 0,8$ (charge inductive) le primaire étant alimenté sous 1 500 V.

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 220,98 \cdot 200 \cdot 0,8 = 35356,8 \text{ W}$$

$$P_1 = P_2 + P_{fe} + P_j$$

$$= P_2 + P_{1V} + R_s \cdot I_2^2$$

$$= 35356,8 + 300 + (10 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2) = 35356,8 + 300 + 400$$

$$= 36056,8 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{35356,8}{36056,8} = 0,9805 \Rightarrow$$