

Chapitre III - Transformateurs monophasés

Exercice 1 :

1/ l'intensité nominale I_{2n} du courant secondaire :

$$I_2 = I_{2n} = \frac{S_{2n}}{U_{2n}} = 62.5A$$

2/ la tension secondaire à vide U_{20} :

$$\begin{aligned}\Delta U_2 &= U_{20} - U_2 \\ \Rightarrow U_{20} &= \Delta U_2 + U_2 = 24 + 2 = 26V\end{aligned}$$

3/ le rapport m du transformateur :

$$m = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{26}{220} \approx 0,118$$

4/ Calcul de nombres de spires n_1 au primaire et n_2 au secondaire :

$$\begin{aligned}n_1 &= \frac{U_1}{(4,44)fB_{\max}S} = \frac{220}{(4,44)(50)(0,9)(2,5 \times 10^{-3})} \approx 440 \text{ spires} \\ n_2 &= \frac{U_{20}}{(4,44)fB_{\max}S} \approx 52 \text{ spires} \\ m &= \frac{n_2}{n_1} \approx 0,118\end{aligned}$$

5/ la résistance totale rt_2 ramenée au secondaire et les pertes cuivre nominales :

$$\Delta U_2 = (rt_2 \cos \varphi_2 + xt_2 \sin \varphi_2)I_2, \text{ avec : } \cos \varphi_2 = 1 \text{ et } \sin \varphi_2 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U_2 = rt_2 I_2 \Rightarrow rt_2 = \frac{\Delta U_2}{I_2} = 0,032\Omega$$

$$\bullet P_{cu} = rt_2 I_2^2 = 125W$$

6/ le rendement nominal :

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{fer} + P_{cu}} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{fer} + rt_2 I_2^2} \approx 86\%$$

Exercice 2 :

1/ le rapport de transformation m :

$$m = \frac{U_{20}}{U_1} \approx 0,0152$$

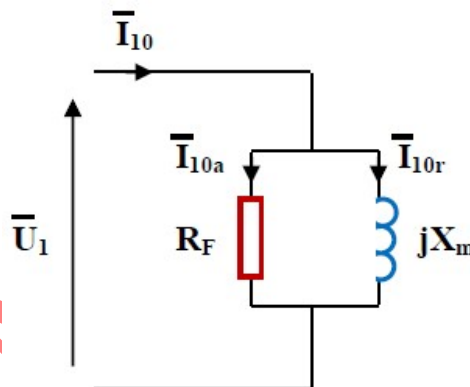
2/ le nombre de spires n_1 au primaire et n_2 au secondaire :

$$n_1 = \frac{U_1}{(4,44)fB_{\max}S} \approx 3672 \text{ spires}$$

$$n_2 = \frac{U_{20}}{(4,44)fB_{\max}S} \approx 56 \text{ spires}$$

$$\text{on vérifie bien que : } m = \frac{n_2}{n_1}$$

3/ le schéma équivalent simplifié du transformateur à vide :



Calcul de facteur de puissance $\cos(\varphi_{10})$:

$$P_{10} = U_1 I_{10} \cos \varphi_{10} \Rightarrow \cos \varphi_{10} = \frac{P_{10}}{U_1 I_{10}} = 0,08$$

$$\Rightarrow \varphi_{10} = 85,4^\circ$$

La puissance magnétisante Q_{10} :

$$Q_{10} = U_1 I_{10} \sin \varphi_{10}$$

$$\Rightarrow Q_{10} \approx 7476 \text{ VAR}$$

La résistance équivalente fer R_{fer} :

$$R_{\text{fer}} = \frac{U_1}{I_{10a}} = \frac{U_1}{I_{10} \cos \varphi_{10}}$$

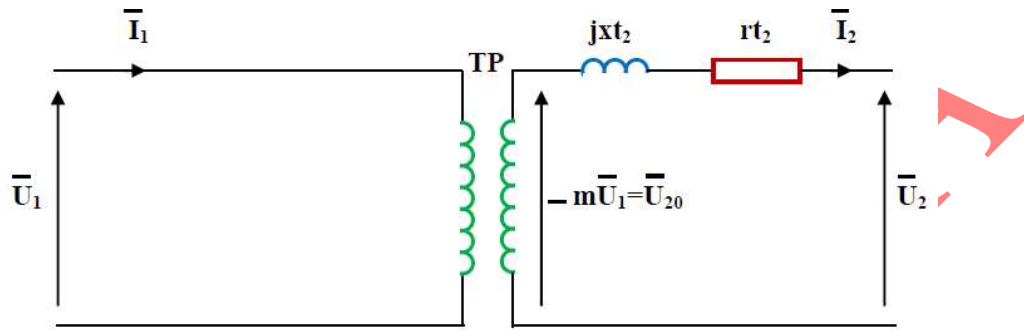
$$\Rightarrow R_{\text{fer}} \approx 375 \text{ k}\Omega$$

La réactance magnétisante X_m :

$$X_m = \frac{U_1}{I_{10r}} = \frac{U_1}{I_{10} \sin \varphi_{10}}$$

$$\Rightarrow X_m \approx 30k\Omega$$

4/ le schéma équivalent du transformateur en charge ramené au secondaire :



La résistance totale rt_2 :

$$P_{1cc} = rt_2 I_{2cc}^2 \Rightarrow rt_2 = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2} \approx 11,46 \times 10^{-3} \Omega$$

La réactance totale xt_2 :

$$xt_2 = \sqrt{\frac{m^2 U_{1cc}^2}{I_{2cc}^2} - rt_2^2} \approx 8,35 \times 10^{-3} \Omega$$

5/ le courant nominal secondaire I_{2n} :

$$I_2 = I_{2n} = \frac{S_{2n}}{U_{2n}} \approx 545,5 A$$

6/

$$U_2 = U_{20} - (rt_2 \cos \varphi_2 + xt_2 \sin \varphi_2) I_2$$

$$* \cos \varphi_1 = 0,8 \Rightarrow \sin \varphi_1 = 0 \text{ (CH. résistive)} \Rightarrow U_2 \approx 221,7V$$

$$* \cos \varphi_2 = 0,8 \Rightarrow \sin \varphi_2 = 0,6 \text{ (CH. inductive)} \Rightarrow U_2 \approx 220V$$

$$* \cos \varphi_3 = 0,8 \Rightarrow \sin \varphi_3 = -0,6 \text{ (CH. capacitive)} \Rightarrow U_2 \approx 221,7V$$

7/ d'après la question 6/ : $\cos \varphi_{2n} = 0,8$ inductif

$$8/ \text{ le rendement est maximal pour : } I_{2M} = \sqrt{\frac{P_{fer}}{rt_2}} \approx 228,8 A$$

9/ le rendement est maximal pour : $\cos \varphi_{2M} = 1$ (ch. résistive)

10/ le rendement nominal :

$$\eta_n = \frac{U_{2n} I_{2n} \cos \varphi_{2n}}{U_{2n} I_{2n} \cos \varphi_{2n} + P_{fer} + r t_2 I_{2n}^2} \approx 96\%$$

Le rendement maximal :

$$\eta_{\max} = \frac{U_{2m} I_{2m} \cos \varphi_{2m}}{U_{2m} I_{2m} \cos \varphi_{2m} + 2P_{fer}} = \frac{(U_{20} - r t_2 I_{2M}) I_{2M}}{(U_{20} - r t_2 I_{2M}) I_{2M} + 2P_{fer}} \approx 97,7\%$$

Exercice 3 :

1/ la résistance totale $r t_2$ ramenée au secondaire :

$$r t_2 = \frac{I_{1cc}^2}{I_{2cc}^2} \approx 1,68 \Omega$$

La réactance totale $x t_2$ ramenée au secondaire :

$$x t_2 = \sqrt{\frac{m^2 U_{1cc}^2}{I_{2cc}^2} - r t_2^2} \approx 0,81 \Omega$$

2/

$$U_2 = U_{20} - (r t_2 \cos \varphi_2 + x t_2 \sin \varphi_2) I_2$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{fer} + P_{cu}} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{fer} + r t_2 I_2^2} \approx 86\%$$

a/

$$I_2 = 7 A, \quad \text{et } \cos \varphi_2 = 0,8 \Rightarrow \sin \varphi_2 = 0,6$$

$$U_2 = 207,2 V$$

$$\eta = 86,4\%$$

b/

$$P_2 = 1300 W \quad \text{et} \quad Q_2 = 755 VAR$$

$$U_2^2 = U_2 U_{20} - (rt_2 U_2 I_2 \cos \varphi_2 + xt_2 U_2 I_2 \sin \varphi_2)$$

$$U_2^2 - U_2 U_{20} + (rt_2 P_2 + xt_2 Q_2) = 0$$

$$U_2^2 - 220 \times U_2 + 2801 = 0$$

$$\Delta = 220^2 - 4 \times 2801 = 37196$$

$$U_2 = \frac{220 + \sqrt{\Delta}}{2} \approx 206,4 V \quad \text{à accepter}$$

$$U_2 = \frac{220 - \sqrt{\Delta}}{2} \approx 13,6 V \quad \text{à rejeter}$$

car le transformateur est élévateur

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = U_2 I_2$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{U_2} \approx 7,28 A$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{fer} + rt_2 I_2^2} \approx 87,3\%$$