EXERCICES CORRIGES SUR LE TRANSFORMATEUR :

La puissance apparente d'un transformateur monophasé 5,0 kV / 230 V ; 50 Hz est S = 21 kVA. La section du circuit magnétique est s = 60 cm^2 et la valeur maximale du champ magnétique $\hat{B} = 1{,}1T$.

L'essai à vide a donné les résultats suivants :
U_1 = 5 000 V ; U_{2V} = 230 V ; I_{1V} = 0,50 A et P_{1V} = 250 W.
L'essai en court-circuit avec $I_{2CC} = I_{2n}$ a donné les résultats suivants :
P_{1CC} = 300 W et U_{1CC} = 200 V.

1- Calculer le nombre de spires N_1 au primaire.
2- Calculer le rapport de transformation m et le nombre N_2 de spires au secondaire.
3- Quel est le facteur de puissance à vide de ce transformateur ?
4- Quelle est l'intensité efficace du courant secondaire I_{2n} ?
5- Déterminer les éléments R_S ; Z_S et X_S de ce transformateur.
6- Calculer le rendement de ce transformateur lorsqu'il débite un courant d'intensité nominale dans une charge inductive de facteur de puissance 0,83.

REPONSE :

1- En utilisant le théorème de Boucherot : $U_1 = 4{,}44\, N_1 s f \hat{B}$, on en déduit :

$$N_1 = \frac{U_1}{4{,}44\, s f \hat{B}} = \frac{5000}{4{,}44 \times 60.\left(10^{-2}\right)^2 \times 50 \times 1{,}1} = 3413 \text{ spires}$$

2- $m = \frac{U_{2V}}{U_1} = \frac{230}{5000} = 0{,}046$ et $m = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = m.N_1 = 0{,}046 \times 3413 = 157$ spires.

3- $P_{1V} = P_F$ et $\cos\varphi_{1V} = \frac{P_{1V}}{U_1.I_{1V}} = \frac{250}{5000 \times 0{,}5} = 0{,}1$

4- $S = U_{1n}.I_{1n} = U_{2V}.I_{2n}$ soit $I_{2n} = \frac{S}{U_{2V}} = \frac{21.10^3}{230} = 91{,}3A$.

5- $R_S = \frac{P_{1CC}}{I_{2CC}^2} = \frac{300}{91{,}3^2} = 36m\Omega$

$Z_S = \frac{m.U_{1CC}}{I_{2CC}} = 0{,}1\Omega$

$X_S = \sqrt{Z_S^2 - R_S^2} = \sqrt{0{,}1^2 - 0{,}036^2} = 94m\Omega$.

7- Pour déterminer le rendement, il faut déjà déterminer la tension U_2 aux bornes de la charge soit en utilisant la méthode graphique ($\underline{U}_{2V} = R_S.\underline{I}_2 + jX_S.\underline{I}_2 + \underline{U}_2$) soit en utilisant l'expression approchée de la chute de tension :

$\Delta U_2 = U_{2V} - U_2 = R_S.I_2.\cos\varphi_2 + X_S.I_2.\sin\varphi_2$ soit

$\Delta U_2 = 36.10^{-3} \times 91{,}3 \times 0{,}83 + 94.10^{-3} \times 91{,}3 \times \sin(\cos^{-1} 0{,}83) = 7{,}51V$. On en déduit U_2 :

$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 230 - 7{,}51 = 222{,}5V$. On calcule ensuite P_2 et P_1 :

$P_2 = U_2.I_2.\cos\varphi_2 = 222{,}5 \times 91{,}3 \times 0{,}83 = 16{,}86kW$;

$P_1 = P_2 + P_F + P_C = 16{,}86.10^3 + 250 + 300 = 17{,}41kW$ et $\eta = \frac{P_2}{P_1} = 96{,}8\%$

L'étude d'un transformateur monophasé a donné les résultats suivants :

Mesure en continu des résistances des enroulements à la température de fonctionnement : r_1 = 0,2 Ω et r_2 = 0,007 Ω.

Essai à vide : $U_1 = U_{1n}$ = 2 300 V ; U_{2V} = 240 V ; I_{1V} = 1,0 A et P_{1V} = 275 W.

Essai en court-circuit : U_{1CC} = 40 V ; I_{2CC} = 200.

1- Calculer le rapport de transformation m.
2- Montrer que dans l'essai à vide les pertes Joule sont négligeables devant P_{1V}.
3- Déterminer la valeur de la résistance ramenée au secondaire R_S.
4- Calculer la valeur de P_{1CC}.
5- Déterminer X_S.
6- Déterminer par la méthode de votre choix, la tension aux bornes du secondaire lorsqu'il débite un courant d'intensité I_2 = 180 A dans une charge capacitive de facteur de puissance 0,9.
7- Quel est alors le rendement.

REPONSE :

1- $m = \frac{U_{2V}}{U_1} = \frac{240}{2300} = 0{,}104$.

2- $P_{1V} = P_F + r_1.I_{1V}^2$. On montre que $r_1.I_{1V}^2 << P_F$ donc $P_{1V} = P_F$.

3- $R_S = r_2 + m^2.r_1 = 0{,}007 + 0{,}104^2.0{,}2 = 9{,}18.10^{-3}\Omega$.

4- $P_{1CC} = R_S.I_{2CC}^2 = 9{,}18.10^{-3} \times 200^2 = 367{,}1W$.

5- On calcule en premier Z_S. $Z_S = \frac{m.U_{1CC}}{I_{2CC}} = \frac{0{,}104 \times 40}{200} = 20.10^{-3}\Omega$

$X_S = \sqrt{Z_S^2 - R_S^2} = \sqrt{\left(20.10^{-3}\right)^2 - \left(9{,}18.10^{-3}\right)^2} = 17{,}7m\Omega$

6- $\Delta U_2 = U_{2V} - U_2 = R_S.I_2.\cos\varphi_2 + X_S.I_2.\sin\varphi_2$ avec **φ_2 < 0 car charge capacitive**.

$\Delta U_2 = 9{,}18.10^{-3} \times 180 \times 0{,}9 - 17{,}7.10^{-3} \times 180 \times \sin(\cos^{-1} 0{,}9) = 0{,}93V$

$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 240 - 0{,}93 = 239{,}9V$

$P_2 = U_2.I_2.\cos\varphi_2 = 239{,}9 \times 180 \times 0{,}9 = 38{,}86kW$

!! Ici, le courant I_2 est différent que I_{2CC} !!

$P_1 = P_2 + P_F + P_C = P_2 + P_F + R_S.I_2^2 = 38{,}86.10^3 + 275 + 9{,}18.10^{-3} \times 180^2 = 39{,}44kW$

$\eta = 98{,}5\%$