

## INSTITUT SUPERIEUR DES ETUDES TECHNOLOGIQUES DE NABEUL



## DEVOIR SURVEILLE

<b>MATIERE :</b> ELECTROTECHNIQUE	<b>DATE :</b> 14 MAI 2009
<b>CLASSE :</b> MI-32	<b>DUREE :</b> 1 HEURE 30
<b>ENSEIGNANT :</b> H. BEN AMMAR	<b>DOCUMENTS :</b> NON AUTORISES

On dispose d'un transformateur monophasé de distribution  $S = 120 \text{ KVA}$ ,  $15 \text{ KV} / 220 \text{ V}$ , pour une fréquence de  $50 \text{ Hz}$ . Dans un essai à vide sous une tension nominale  $U_{20} = 228 \text{ V}$ ,  $I_{10} = 0,5 \text{ A}$  et  $P_{10} = 600 \text{ W}$ .

L'essai en court-circuit sous une tension réduite a donné :

$$U_{1cc} = 485 \text{ V}, \quad I_{2cc} = 820 \text{ A}, \quad P_{1cc} = 3100 \text{ W}$$

1. Sachant que la section nette du noyau est de  $S = 160 \text{ cm}^2$  et que l'induction maximale  $B_{\max} = 1,147 \text{ T}$ . Déduire alors les nombres de spires au primaire et au secondaire.
2. Pour le fonctionnement à vide, déterminer le facteur de puissance  $\cos \varphi_{10}$ , la puissance magnétisante  $Q_{10}$  et l'angle d'avance d'hystérésis  $\alpha_0$ .
3. Donner le schéma équivalent ramené au secondaire avec l'hypothèse de Kapp en fonction de  $(R_f, X_\mu, m, R_s, X_s)$ .
4. Calculer, pour le courant secondaire nominal  $I_{2n}$ , la tension aux bornes d'un récepteur de facteur de puissance successivement égal à : 1; 0,8 AR; 0,8 AV.
5. Pour quel type de charge la chute de tension est-elle nulle ? est-elle maximale pour un courant  $I_2$  donné ?
6. Calculer le facteur de puissance nominal de ce transformateur.
7. Pour quel courant secondaire le rendement est-il maximal ? notant que le courant dans ce cas d'une charge résistive.

## CORRIGE

1. La tension primaire suivant le théorème de Boucherot peut être exprimée par la relation complexe suivante  $\bar{U}_1 = j \omega n_1 \phi_1$ , ce qui implique  $U_1 = 4,44 f n_1 B_{\max} S$ , d'où

$$n_1 = \frac{U_1}{4,44 f B_{\max} S} = 3600 \text{ spires.}$$

$$\frac{U_{20}}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{U_{20}}{U_1} n_1 = 56 \text{ spires.}$$

$$\text{avec : } \begin{cases} B_{\max} = 1,147 \text{ T} \\ U_1 = 150 \text{ KV} \\ S = 0,016 \text{ m}^2 \end{cases}$$

2. 
$$\begin{cases} P_{10} = 600 \text{ W} \\ U_{10} = 150 \text{ KV} \Rightarrow \cos \varphi_{10} = 85,4^\circ \text{ et } Q_{10} = U_{10} I_{10} \sin \varphi_{10} = 7476 \text{ VAR.} \\ I_{10} = 0,5 \text{ A} \end{cases}$$

L'angle d'avance d'hystérésis  $\alpha_0 = 90^\circ - \varphi_{10} = 4,6^\circ$ .

3. Le rapport de transformation  $m = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = 0,0152$ .

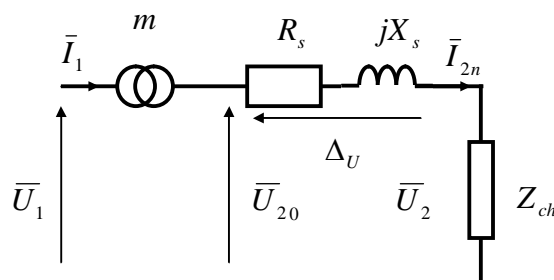
La résistance :  $R_f = \frac{U_1^2}{P_{10}} = 375 \text{ K}\Omega$  et L'inductance :  $X_m = \frac{U_1^2}{Q_{10}} = 30,1 \text{ K}\Omega$

La résistance ramenée à la sortie :  $R_s = \frac{P_{1cc}^2}{I_{2cc}^2} = 11,46 \text{ m}\Omega$

L'impédance ramenée à la sortie :  $Z_s = \frac{U_{2cc}}{I_{2cc}} = \frac{U_{1cc} m}{I_{2cc}} = 14,18 \text{ m}\Omega$

L'inductance ramenée à la sortie :  $X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = 8,35 \text{ m}\Omega$

4. Le courant secondaire nominal est de la forme :  $I_{2n} = \frac{S}{U_2} = 545 \text{ A}$



On a :

$$U_{20} = U_2 + \Delta U$$

$$U_2 = U_{20} - \Delta U$$

- a. La chute de tension est donnée par :  $\Delta U = R_s I_{2n} \cos \varphi_2 + X_s I_{2n} \sin \varphi_2$

Pour  $\cos \varphi_2 = 1 \Rightarrow \varphi_2 = 0$ , c'est que la charge est purement résistive.

$$\Delta U = R_s I_{2n} \approx 6 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_2 = U_{20} - \Delta U = 228 - 6 = 222 \text{ V.}$$

**b.** Pour  $\cos \varphi_2 = 0,8$  AR  $\Rightarrow \varphi_2 > 0$ , c'est le cas d'une charge inductive.

$$\Delta U = R_s I_{2n} \cos \varphi_2 + X_s I_{2n} \sin \varphi_2 \Rightarrow \Delta U \approx 7,5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_2 = U_{20} - \Delta U = 228 - 7,5 = 220,5 \text{ V.}$$

**c.** Pour  $\cos \varphi_2 = 0,8$  AV  $\Rightarrow \varphi_2 < 0$ , c'est le cas d'une charge capacitive.

$$\Delta U = R_s I_{2n} \cos \varphi_2 + X_s I_{2n} \sin \varphi_2$$

$$\text{Puisque : } \varphi_2 < 0 \Rightarrow \Delta U = R_s I_{2n} \cos |\varphi_2| - X_s I_{2n} \sin |\varphi_2| \Rightarrow \Delta U \approx 2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_2 = U_{20} - \Delta U = 228 - 2 = 226 \text{ V.}$$

**5.** La chute de tension est nulle, lorsque  $\Delta U = R_s I_{2n} \cos \varphi_2 + X_s I_{2n} \sin \varphi_2 = 0$

$$\Rightarrow R_s I_{2n} \sin \varphi_2 = -X_s I_{2n} \cos \varphi_2, \text{ ce qui implique } \operatorname{tg} \varphi_2 = -\frac{R_s}{X_s} \Rightarrow \varphi_2 = -54^\circ.$$

C'est bien une charge à caractère capacitive.

La chute de tension est maximale si  $\frac{\partial(\Delta U)}{\partial \varphi_2} = 0$ , alors  $R_s I_{2n} \sin \varphi_2 - X_s I_{2n} \cos \varphi_2 = 0$ ,

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = -\frac{X_s}{R_s} \Rightarrow \varphi_2 = 36^\circ$$

C'est bien une charge à caractère inductive.

**6.** Le facteur de puissance nominal correspond à un débit de courant nominal sous une tension nominale c'est-à-dire que  $\Delta U = 8 \text{ V}$ , d'après la question précédente lorsque la charge est inductive avec  $\cos \varphi_2 = 0,8$  AR sous la tension 220,5 V.

On dit que le courant est en arrière par rapport à la tension, avec un déphasage qui est négatif (puisque lorsqu'on ramène le courant sur la tension, on fait un angle antihoraire trigonométrique).

**7.** Le rendement au maximum pour un courant optimal  $I_{2opt}$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum \text{pertes}} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{10} + R_s I_2^2} = \frac{1}{1 + \frac{R_s I_2^2 + P_{fer}}{U_2 I_2 \cos \varphi_2}}, \text{ avec } P_{10} = P_{fer}$$

$$\eta_{\max} \text{ si } \frac{\partial(\eta)}{\partial I_2} = 0 \Rightarrow R_s = \frac{P_{10}}{I_2^2}, \text{ alors } I_{2opt} = \sqrt{\frac{P_{10}}{R_s}} \Rightarrow I_{2opt} = 229 \text{ A.}$$

D'où pour une charge résistive  $\cos \varphi_2 = 1$  et  $\Delta U = R_s I_{2opt} = 2,62 \text{ A}$ , alors que le rendement maximal est  $\eta_{\max} = 0,977$ .