

## INSTITUT SUPERIEUR DES ETUDES TECHNOLOGIQUES DE NABEUL



## EXAMEN

|                                          |                                  |
|------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>MATIERE :</b> <i>ELECTROTECHNIQUE</i> | <b>DATE :</b> 17 JANVIER 2010    |
| <b>CLASSE :</b> MI-31, MI-32             | <b>DUREE :</b> 1H 30             |
| <b>ENSEIGNANT :</b> H. BEN AMMAR         | <b>DOCUMENTS :</b> NON AUTORISES |

**Exercice N°1 : Transformateur monophasé**

Un transformateur monophasé présente les caractéristiques suivantes :

$S_n = 8 \text{ KVA}$ ,  $R_1 = 0,008 \Omega$ ,  $R_2 = 0,018 \Omega$ ,  $N_2 = 142$  spires,  $f = 50 \text{ Hz}$

**A vide :** On a relevé :  $U_1 = 110 \text{ V}$ ,  $U_{20} = 220 \text{ V}$ ,  $P_{10} = 150 \text{ W}$  et  $I_{10} = 1,5 \text{ A}$

**En court-circuit :** On a obtenu :  $U_{1CC} = 8,2 \text{ V}$ ,  $I_{2CC} = 70 \text{ A}$  et  $P_{2CC} = 460 \text{ W}$

1. Calculer le rapport de transformation  $m$  et le nombre de spires  $N_1$
2. Déterminer le facteur de puissance à vide  $\cos \varphi_{10}$  et la puissance réactive à vide  $Q_{10}$
3. Déduire les paramètres  $R_f$  et  $X_f$
4. Déterminer la résistance  $R_s$ , l'impédance  $Z_s$  et l'inductance  $X_s$  ramenées à la sortie du transformateur
5. Déterminer dans l'hypothèse de Kapp :
  - a. la tension sous laquelle il faut alimenter le primaire ( $U_1$ ) pour que le secondaire débite un courant de  $I_2=100\text{A}$  sous une tension de  $U_2=220\text{V}$  dans un récepteur de facteur de puissance  $\cos \varphi = 0,8 \text{ AR.}$ , on donne  $U_{20}=U_2+\Delta U$ ,  $\Delta U=R_s I_2 \cos \varphi +X_s I_2 \sin \varphi$  et  $\varphi > 0$
  - b. ce récepteur est une bobine composée d'une résistance  $R$  en série avec une inductance  $L$ . Calculer la valeur de  $L$
6. Pour un fonctionnement nominal déterminer :

- a.** le courant nominal où  $U_{2n} = 200 \text{ V}$
- b.** les pertes par effet Joule et le rendement du transformateur dans le cas où le facteur de puissance secondaire est de 0.8 AR.

### **Exercice N ° 2 : Moteur à courant continu**

Les caractéristiques d'un moteur à excitation série équipant une rame de métro sont :

- la résistance de l'induit  $R = 0,06 \Omega$ .
- la résistance de l'inducteur  $r = 0,04 \Omega$ .

Le flux est proportionnel au courant dans l'inducteur.

**1.** En fonctionnement nominal on a :

$U_n = 2000 \text{ V}$  ;  $I_n = 120 \text{ A}$  ;  $N_n = 1300 \text{ tr/mn}$  ;  $C_{un}$  (couple utile nominal) =  $1700 \text{ Nm}$ .

Calculer :

- a.** la puissance utile.
  - b.** les pertes par effet Joule.
  - c.** la puissance absorbée.
  - d.** les pertes mécaniques et magnétiques.
  - e.** le couple électromagnétique.
  - f.** le couple perte.
  - g.** le rendement.
- 2.** Au démarrage, sous une tension réduite, le moteur absorbe un courant de  $1200 \text{ A}$ .

Calculer :

- a.** la tension d'alimentation.
  - b.** le couple électromagnétique de démarrage et comparer à celui du couple électromagnétique.
- 3.** La résistance de démarrage  $R_d$  permet de limiter  $I_d$  à la valeur  $2I_n$ .

Calculer :

- a.** la résistance de démarrage  $R_d$ .
- b.** comparer alors le couple de démarrage  $C_d$  et le couple électromagnétique nominal  $C_{em}$ .

# CORRIGE

## Exercice N ° 1

$$1. \quad m = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{220}{110} = 2$$

$$n_1 = \frac{n_2}{m} = \frac{142}{2} = 71 \text{ spires} \quad (1)$$

$$2. \quad R_f = \frac{U_1^2}{P_{10}} = \frac{110^2}{150} = 80,666 \text{ K}\Omega \quad (1)$$

$$3. \quad Q_{10} = U_1 I_{10} \sin \varphi_{10} = 68,768 \text{ KVAR} \quad \text{où } \varphi_{10} = \arccos \frac{P_{10}}{U_1 I_{10}} = 24,619^\circ \quad (1)$$

$$X_f = \frac{U_1^2}{Q_{10}} = \frac{110^2}{68738} = 176,029 \text{ K}\Omega$$

$$4. \quad R_s = \frac{P_{2cc}}{I_{2cc}^2} = \frac{460}{70^2} = 93,877 \text{ m}\Omega, \quad Z_s = \frac{U_{2cc}}{I_{2cc}} = \frac{m U_{1cc}}{I_{2cc}} = \frac{2 \times 8,2}{70} = 234 \text{ m}\Omega \quad (1)$$

$$\text{et } X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = 214 \text{ m}\Omega \quad (1)$$

5. Pour le fonctionnement nominal :

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

$$\Rightarrow \Delta U = 0,093 \times 100 \times 0,8 + 0,214 \times 100 \times 0,6 = 21,567 \text{ V}$$

$$U_2 = U_{20} + \Delta U = 220 + 21,567 = 241,567 \text{ V}$$

$$U_1 = \frac{U_{20}}{m} = 120,783 \text{ V} \quad (1)$$

$$b. \quad \bar{U}_2 = R I_2 + j X_c I_2, \quad Z = \frac{U_2}{I_2} = \frac{220}{100} = 2,2 \Omega, \text{ alors } R = Z \cos \varphi = 1,76 \Omega$$

$$\text{et } X = Z \sin \varphi = 1,32 \Omega,$$

$$\text{on a } X = l\omega \Rightarrow l = \frac{X}{\omega} = \frac{1,32}{2\pi f} = 4,2 \text{ mH} \quad (2)$$

6.

$$\text{a. } I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ A} \quad (1)$$

$$\text{b. } P_{1j} = 150 \text{ W et } P_{2j} = R_s I_2^2 = 93,857 \times 40^2 = 150 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum \text{pertes}} = \frac{P_2}{P_2 + P_{1j} + P_{2j}} = \frac{200 \times 40 \times 0,8}{200 \times 40 \times 0,8 + 150 + 150} = 95,52\% \quad (1)$$

## Exercice N ° 2

1.

$$\text{a. } P_u = C_u \times \Omega = 1700 \times \frac{1300 \times 2\pi}{60} = 231,43 \text{ KW} \quad (1)$$

$$\text{b. } P_j = (R + r) \times I_n^2 = (0,06 + 0,04) \times 120^2 = 1440 \text{ W} \quad (1)$$

$$\text{c. } P_a = U \times I_n = 2000 \times 120 = 240 \text{ KW} \quad (1)$$

$$\text{d. } P_c = P_{em} - P_u = P_a - P_j - P_u = 240000 - 1440 - 231431 = 7,129 \text{ KW} \quad (1)$$

$$\text{e. } C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E_0 I_n}{\Omega} = \frac{I_n (U - (R + r) I_n)}{\Omega} = \frac{120 \times (2000 - 0,1 \times 120)}{2\pi 1300} \times 60 = 1752 \text{ Nm} \quad (1)$$

$$\text{f. } C_p = C_{em} - C_u = 1752 - 1700 = 52,369 \text{ Vm} \quad (1)$$

$$\text{g. } \eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{C_u \Omega}{UI} = \frac{1700 \times 2 \times \pi \times 1300}{60 \times 2000 \times 120} = 96,43\% \quad (1)$$

2.  $I_d = 1200 \text{ A}$

$$\text{a. } E = 0 \Rightarrow U_d = (R + r) I_d \Rightarrow U_d = 0,1 \times 1200 = 120 \text{ V} \quad (1)$$

$$\text{b. on a } C_d = k I_d^2 \text{ et } C_n = k I_n^2 \text{ cela implique que } C_d = C_n \times \left( \frac{I_d}{I_n} \right)^2, \quad (1)$$

$$Cd = 1700 \times \left( \frac{1200}{120} \right)^2 = 100 \times Cn = 170 \text{ KNm}$$

**3.**  $Q_{10} = U_1 I_{10} \sin \varphi_{10} = 68,768 \text{ KVAR}$  où  $\varphi_{10} = \arccos \frac{P_{10}}{U_1 I_{10}} = 24,619^\circ$

**a.**  $Rd = \frac{Un}{2In} - (R + r) = 8,233 \Omega$  (1)

**b.**  $Cd = Cn \times \left( \frac{Id}{In} \right)^2 = 4Cem = 6800 \text{ KNm}$  (1)