

Université Amar Telidji de Laghouat

Faculté de Technologie

Département d'Electrotechnique

3^{ème} ELT (2017 / 2018)

Examen du module : Conception des systèmes électriques

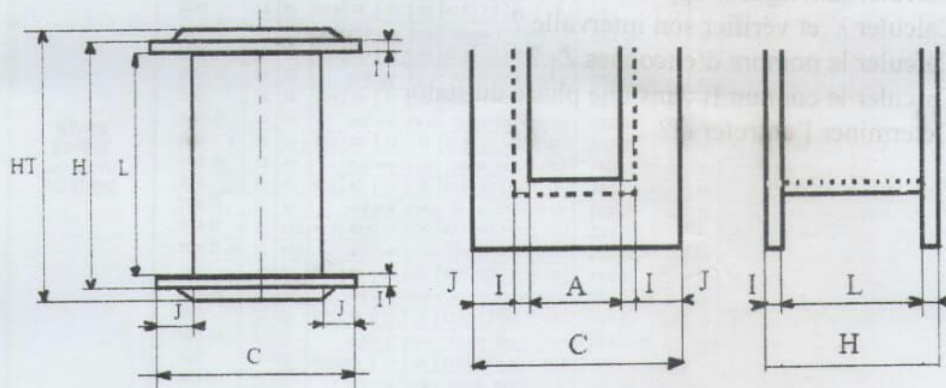
Durée : 1^{h30mn}

Exercice 1 (8 points)

Soit a faire la conception d'un transformateur monophasé dont les caractéristiques sont les suivantes : $S = 100 \text{ VA}$, $V_1 = 220\text{V}$, $V_2 = 24\text{V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, la largeur théorique de la tôle magnétique $G = 31.8 \text{ mm}$ type de circuit 80×90 , la longueur intérieur de la carcasse $B = 40 \text{ mm}$ référence 203, nombre de spire primaire $N_p = 713$ spires , nombre de spire secondaire $N_s = 83$ spires , densité de courant $d = 2.5 \text{ A / mm}^2$, circuit manteau à deux pièces



- 1 – Calculer les courants primaire et secondaire ?
- 2 – Calculer et faite le choix du diamètre du fil primaire et du fil secondaire nu et isolé?
- 3 – Déterminer l'encombrement J ?
- 4 – Calculer la longueur L disponible sur la carcasse ?
- 5 – Calculer le nombre de couches primaire n_p et secondaire n_s ?
- 6 – Calculer la hauteur totale du bobinage primaire et secondaire ?
- 7 – Calculer le coefficient de remplissage C_r ?



Les différentes coupes de la carcasse

Exercice 2 (12 points)

Soit à faire la conception d'un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil dont les caractéristiques sont les suivantes :

$P_2 = 25 \text{ KW}$, nombre de pôle $2P = 6$, nombre de phase $m = 3$, tension 220/380 V, fréquence $f = 50 \text{ Hz}$, coefficient de bobinage $k_{c1} = 0.92$, coefficient $k_d = 0.70$, fermé IP44,

Le tableau suivant donne le diamètre extérieur du stator en fonction de la hauteur de l'axe du rotor :

H (mm)	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280
Da (cm)	14.9	16.8	19.1	22.5	27.2	31.3	34.9	39.3	43.7	53

Le pas dentaire t_1 est donné dans le tableau suivant :

Tension (V)	≤ 600
Pas polaire (m)	
< 0.15	$0.016 \text{ m} \div 0.020 \text{ m}$
$0.15 \div 0.40$	$0.017 \text{ m} \div 0.022 \text{ m}$

- 1 - Faire le choix du diamètre intérieur du stator ?
- 2 - Calculer la longueur apparente de l'entrefer ?
- 3 - Calculer λ et vérifier son intervalle ?
- 4 - Calculer le nombre d'encoches Z_1 ?
- 5 - Calculer le courant I_1 dans une phase du stator ?
- 6 - Déterminer l'entrefer δ ?

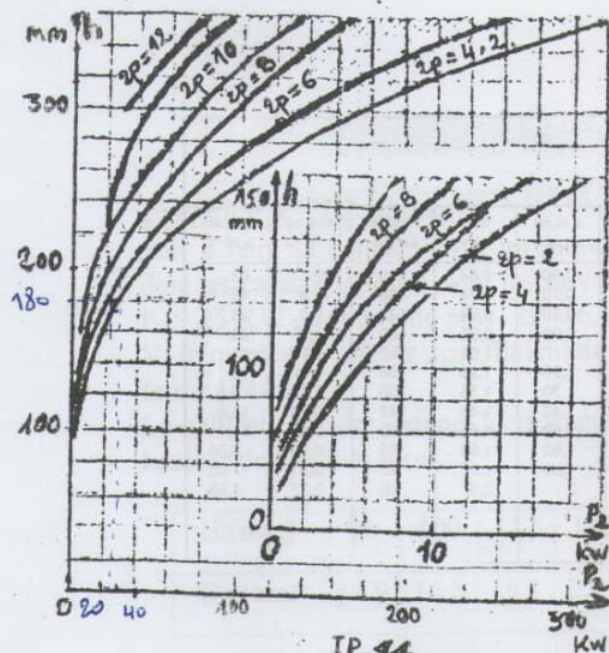
CARACTÉRISTIQUES DU FIL

	d fil nu en mm	d fil isolé	Spires par cm²	Rés. kg à 20 °C	Rés. km à 20 °C	d fil nu en mm	d fil isolé	Spires par cm²	Rés. kg à 20 °C	Rés. km à 20 °C
FIL CUIVRE DE BOBINAGE	0,1	0,115	5 500	30 800	2 270	0,60	0,64	215	25	63
	0,12	0,14	4 000	15 200	1 580	0,70	0,74	160	13,4	46
	0,13	0,15	3 600	11 400	1 340	0,80	0,84	125	7,8	35
	0,14	0,16	3 100	8 200	1 160	0,90	0,95	100	4,9	28
	0,15	0,17	2 800	6 100	1 000	1	1,05	82	3,22	23
	0,16	0,18	2 500	4 770	890	1,20	1,26	58	1,55	16
	0,18	0,20	2 070	2 980	700	1,30	1,36	50	1,12	13,5
	0,20	0,22	1 720	1 960	565	1,40	1,46	44	0,84	11,6
	0,22	0,245	1 400	1 350	470	1,50	1,56	39	0,63	10,1
	0,25	0,275	1 140	810	360	1,60	1,66	33	0,50	8,88
	0,30	0,325	810	390	250	1,80	1,87	26	0,31	7,03
	0,35	0,38	590	212	185	2	2,07	20	0,23	5,68
	0,40	0,43	470	125	142					
	0,50	0,535	305	52	91					

NYLON
CHARGE
DE FIBRE
DE VERRE

		CIRCUITS EI 96 80 x 96									
Référence		A	B	C	D	E	F	H	I	L	J
199		33	19,5	62,5	61,5	17	25	47,5	1,7	44,1	13
199 JI		33	19,5	même avec joue médiane							
200		33	25	62,5	67	17	25	47,5	1,7	44,1	13
200 JI		33	25	même avec joue médiane							
201		33	30	62,5	72	17	25	47,5	1,7	44,1	13
201 JI		33	30	même avec joue médiane							
202		33	34	62,5	76	17	25	47,5	1,7	44,1	13
202 JI		33	34	même avec joue médiane							
203		33	40	62,5	82	17	27	47,5	1,7	44,1	13
203 JI		33	40	même avec joue médiane							
204		33	45	62,5	87	17	25	47,5	1,7	44,1	13
204 JI		33	45	même avec joue médiane							
204 B		33	47,5	62,5	89,5	17	25	47,5	1,7	44,1	13
204 B JI		33	47,5	même avec joue médiane							
205		33	50	62,5	92	17	25	47,5	1,7	44,1	13
205 JI		33	50	même avec joue médiane							
206		33	56	62,5	98	17	25	47,5	1,7	44,1	13
206 JI		33	56	même avec joue médiane							
207		33	63	62,5	105	17	25	47,5	1,7	44,1	13
207 JI		33	63	même avec joue médiane							
208		33	71	62,5	113	17	25	47,5	1,7	44,1	13
208 JI		33	71	même avec joue médiane							

		CIRCUITS EI 108 90 x 108									
Référence		A	B	C	D	E	F	H	I	L	J
249		37	40	70	76	13	27	53,5	13		
249 JI		37	30	même avec joue médiane							
251		37	37	70	76	13	27	53,5	13		
251 JI		37	37	même avec joue médiane							
251 B		37	42	70	76	13	27	53,5	13		
251 B JI		37	42	même avec joue médiane							
252		37	47	70	80	13	27	53,5	13		
252 JI		37	47	même avec joue médiane							
252 B		37	50	70	80	13	27	53,5	13		
252 B JI		37	50	même avec joue médiane							
253		37	55	70	80	13	27	53,5	13		
253 JI		37	55	même avec joue médiane							
254		37	60	70	80	13	27	53,5	13		
254 JI		37	60	même avec joue médiane							
254 A		37	65	70	80	13	27	53,5	13		
254 A JI		37	65	même avec joue médiane							
254 B		37	70	70	80	13	27	53,5	13		
254 B JI		37	70	même avec joue médiane							
255		37	72	70	80	13	27	53,5	13		
255 JI		37	72	même avec joue médiane							



IP-74
figure (2-1)

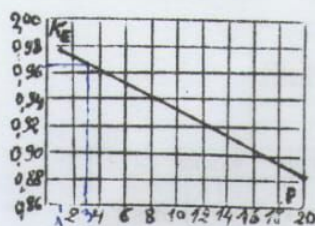


figure
(2-2)

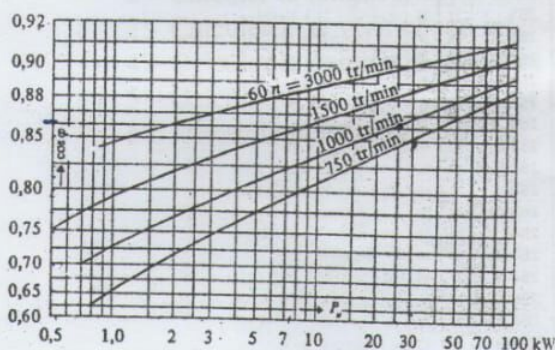


figure (2-3)

Facteur r de puissance de moteurs normaux avec rotor en court-circuit en fonction de la puissance nominale.

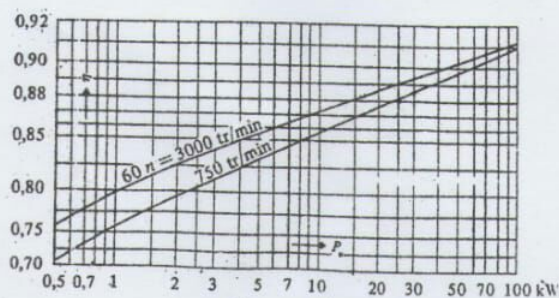


figure (2-4)

Rendement de moteurs normaux avec rotor en court-circuit en fonction de la puissance nominale.

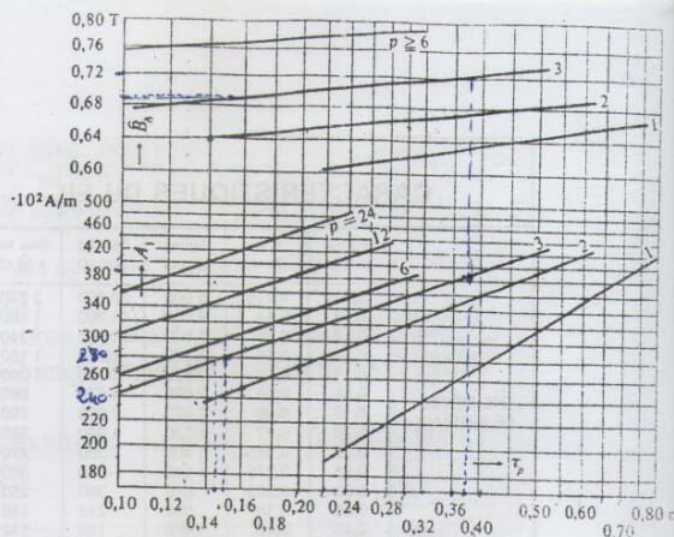


figure (2-5)

Induction B_0 dans l'entrefer et densité linéaire A_1 de courant de machines asynchrones normales en fonction du pas polaire τ_p .

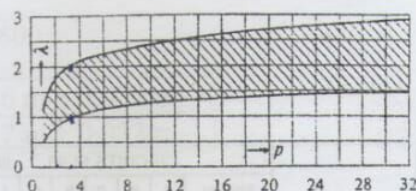


figure (2-6)

Rapport λ de la longueur virtuelle l' induit au pas polaire τ_p en fonction du nombre de paires de pôles p .

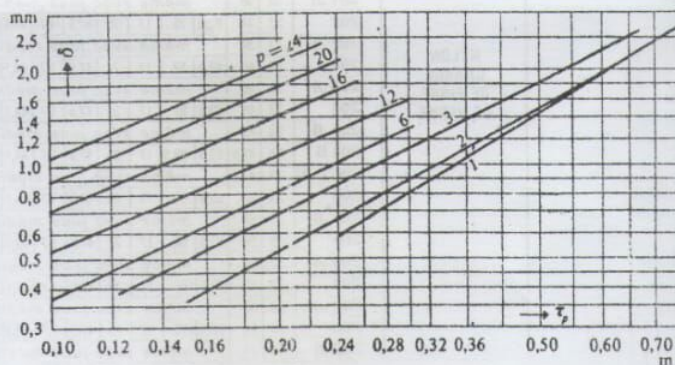
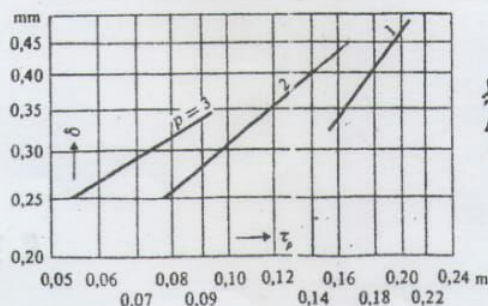


figure (2-7) a, b

Entrefer δ de machines asynchrones normales en fonction de pas polaire τ_p .



Correction de l'examen du Module
Conception des SE 3^e EIT (2017-2018)

Exercice 1:

1/ Calcul des courant primaire et secondaire

0,5 $I_1 = \frac{S}{S_1} = \frac{100}{220} = 0,455 \text{ A}$

0,5 $I_2 = \frac{S}{S_2} = \frac{220}{100} = 2,2 \text{ A}$

2/ Calcul U_2 choix du diamètre du fil primaire et secondaire

2-1/ les sections primaire et secondaire et diamètres

0,25 $A_p = \frac{I_1}{d} = \frac{0,455}{2,5} = 0,182 \text{ mm}^2$ d'où $d_1 = \sqrt{\frac{4 A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,18}{3,14}} = 0,48 \text{ mm}$ 0,25

0,25 $A_s = \frac{I_2}{d} = \frac{2,2}{2,5} = 0,88 \text{ mm}^2$ d'où $d_2 = \sqrt{\frac{4 A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,88}{3,14}} = 1,06 \text{ mm}$ 0,25

2-2/ Choix

0,25 d_1 du fil primaire nu = 0,5 mm \rightarrow Fil isolé $d_{iso} = 0,535 \text{ mm}$ 0,25

0,25 d_2 du fil secondaire nu = 1,5 mm \rightarrow Fil isolé $d_{iso} = 1,56 \text{ mm}$ 0,25

3/ L'encadrement J

0,5 Pour un circuit EI 96 80x96 de référence 203 on a $J = 13 \text{ mm}$

4/ La longueur L disponible sur la carcasse

0,5 $L = H - 2J = 44,1 \text{ mm}$

5/ Nombre de couches primaire et secondaire

5-1/ nombre de spires par couche au primaire

0,5 $ns/c_1 = \frac{L}{d_{iso}} = \frac{44,1}{0,535} = 82 \text{ spires}$

5-2/ nombre de couches au primaire

0,5 $ncp_1 = \frac{N_p}{ns/c_1} = \frac{713}{82} = 8,695 \text{ couches, soit } 9 \text{ couches}$

5-3/ Nombre de spires par couche au secondaire

0,5 $ns/c_2 = \frac{L}{d_{iso}} = \frac{44,1}{1,56} = 28 \text{ spires}$

5-4/ nombre de couches au secondaire

0,5 $ncs_2 = \frac{N_s}{ns/c_2} = \frac{83}{28} = 2,96 \text{ couches, soit } 3 \text{ couches}$

6/ Calcul de la hauteur totale primaire et secondaire

6-1/ hauteur du primaire

0,5 $h_p = d_{iso} \times ncp_1 = 0,535 \times 9 = 4,815 \text{ mm}$

6-2/ hauteur du secondaire

0,5 $h_s = d_{iso} \times ncs_2 = 1,56 \times 3 = 4,68 \text{ mm}$

(I)

0,5 6-3) hauteur total de bobinage

$$h_t = h_s + h_p = 4,815 + 4,68 = 9,495 \text{ mm}$$

0,5 7) coefficient de remplissage

$$C_r = \frac{h_t}{J} = \frac{9,495}{13} = 0,73 \Rightarrow C_r = 73\%$$

Exercice 2

1. choix du diamètre intérieur du stator

1-1) choix du diamètre extérieur du stator

d'après la figure (2-1), pour une puissance $P_2 = 25 \text{ kW}$ et $2p = 6$ on a

$$h = 210 \text{ mm} \quad 0,5$$

d'après le Tableau on choisit $h = 225 \text{ mm}$ donc $D_e = 39,3 \text{ cm}$ 0,5

1-2) choix du diamètre intérieur du stator

$$\text{on a } D = D_e \cdot k_d = 39,3 \times 0,70 = 27,51 \text{ cm} \quad 0,5$$

2 - Calcul de la longueur apparente de l'entrefer

$$\text{on a } L_g = \frac{P_2}{\pi \cdot \alpha_g \cdot k_g \cdot k_c \cdot A \cdot B_g \cdot D^2 \cdot \Omega_s}$$

$$\text{avec } S: \text{ puissance apparente} = \frac{P_2 \cdot k_e}{\eta \cdot \cos \varphi} \quad \text{et } \alpha_g = \frac{2}{\pi} = \frac{2}{3,14} = 0,64 \quad 0,5$$

* d'après la figure (2-2)

$$\text{pour } 2p = 3 \text{ on a } k_e = 0,97 \quad 0,5$$

* le rendement

d'après la figure (2-4) pour $P_2 = 25 \text{ kW}$ et $n = 1000 \text{ tr/min}$

$$\text{on a } \eta = 0,89 \quad 0,5$$

* le facteur de puissance

d'après la figure (2-3) pour $P_2 = 25 \text{ kW}$ et $n = 1000 \text{ tr/min}$

$$\cos \varphi = 0,86 \quad 0,5$$

$$* \text{ la puissance apparente } S = \frac{25 \times 0,97}{0,89 \times 0,86} = 31,68 \text{ kVA} \quad 0,5$$

$$* \text{ le pas polaire } \tau_p = \frac{\pi D}{2p} = \frac{3,14 \times 27,51}{3} = 28,51 \text{ cm} \quad 0,5$$

* Densité linéaire du courant et B induction magnétique

d'après la figure (2-5) et pour $p = 3$ et $\tau_p = 28,51 \text{ cm}$

$$\text{on a } A = 275 \times 10^2 \text{ A/m} \quad 0,5$$

$$\text{et } B_g = 0,69 \text{ Tesla} \quad 0,5$$

le vitesse angulaire de synchronisme

$$\Omega_s = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 1000}{60} = 104,67 \text{ rad/s} \quad 0,5$$

$$\text{donc } L_g = \frac{2 \times 31,68 \times 10^3}{3,14 \times 0,64 \times 1,11 \times 0,92 \times 275 \times 10^2 \times 0,69 \times (0,2751)^2 \times 104,67}$$

$$L_g = 20,54 \text{ cm} \quad 0,5$$

$$3 - \text{calcul de } \lambda \quad \text{on a } \lambda = \frac{L_g}{\tau_p} = \frac{20,54}{28,51} = 0,72 \quad 0,5$$

d'après la figure (2-6) il faut



pour $p=3$ $1 < \lambda < 2$ 0,5

4 - Calcul du nombre d'encoches z_1

on a $\tau_p = 14,4 \text{ cm} < 0,15 \text{ m}$ 0,5 pour $U \leq 600 \text{ V}$

donc le pas dentaire est $0,016 < t_1 < 0,020 \text{ m}$

donc $t_{1\min} = 0,016 \text{ m}$

$t_{1\max} = 0,020 \text{ m}$ 0,5

- le nombre d'encoches $z_{1\min} = \frac{\pi D}{t_{1\max}} = \frac{3,14 \times 0,2751}{0,020} = 43,2$ encoches

$z_{1\max} = \frac{\pi D}{t_{1\min}} = \frac{3,14 \times 0,2751}{0,016} = 54$ encoches 0,25

$q_{1\min} = \frac{z_{1\min}}{z_{p.m}} = \frac{43,2}{2 \times 3 \times 3} = 2,4$ et $q_{1\max} = \frac{z_{1\max}}{z_{p.m}} = \frac{54}{2 \times 3 \times 3} = 3$ 0,25

donc on prend $q_1 = 3$ 0,5

donc le nombre d'encoches $z_1 = 3 \times 18 = 54$ encoches

5 - Calcul du courant I_1 dans une phase du stator 0,5

on a

$$I_{1N} = \frac{P_2}{m \cdot V_{1N} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{25 \cdot 10^3}{3 \times 220 \times 0,89 \times 0,86} = 49,5 \text{ A}$$
 0,5

6 - Détermination de l'entrefer s .

d'après la figure (2-7)a pour $p=3$ et $\tau_p = 14,4 \text{ cm}$

$$s = 0,475 \text{ mm}$$
 0,5