

Exercice 1 (N.A.S)

- A) ①
- a)  $\left\{ \begin{array}{l} 230V: \text{tension nominale supportée par 1 enroulement} \\ \text{du stator} \\ 400V: \text{tension nominale } U \text{ entre 2 bornes du} \\ \text{stator couplé.} \end{array} \right.$
- b)  $\left\{ \begin{array}{l} 1040A: \text{courant de ligne en couplage triangle} \\ 600A: \text{courant de ligne en couplage étoile et} \\ \text{c'est aussi c'est le courant de phase en} \\ \text{couplage triangle.} \end{array} \right.$
- c) 300 kW: Puissance utile mécanique
- d) 180 tr/min: fréquence de rotation nominale du rotor, 50 Hz fréquence des courants phasoriques (du réseau).
- e)  $\cos\phi$ : facteur de puissance du moteur.

② La tension nominale supportée par un enroulement du stator est égale à 230V, elle correspond à la tension simple du réseau ( $U_n = 230V = V$ )  $\Rightarrow$  le stator se couple en étoile.

③  $n_s = \frac{f}{p} = \frac{50 \text{ tr/s}}{p} = \frac{3000 \text{ tr/min}}{p}$

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$n_{s \text{ tr/min}}$	3000	1500	1000	750	600	500	428	375	333	300	272

P	12	13	14	15	16	17
$n_s \text{ tr/min}$	250	230,8	214	200	187,5	176,4

$n = 180 \text{ tr/min}$

$n_n < n_s$  et à vide  $n_0 \approx n_s = 187,5 \text{ tr/min}$

donc  $n_s = 187,5 \text{ tr/min}$  et  $p = 16$

on a un moteur à 32 pôles

④

$$T_{UN} = \frac{P_{UN}}{\Omega_N}$$

$$\Omega_N = \frac{2\pi n_N}{60} = \frac{2\pi \times 180}{60} = 18,85 \text{ rad/s}$$

$$T_{UN} = \frac{300 \cdot 10^3}{18,85} = 15,916 \cdot 10^3 \text{ N}\cdot\text{m}$$

B fonctionnement nominal

5°  $g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1875 - 180}{1875} = 0,04 = 4\%$

6° pméc?

on a effectué 2 essais à vide :

sous tension nominale  $P_{1V1} = 11,5 \text{ kW}$ ,  $I_{1V1} = 200 \text{ A}$

- on effectue un bilan des puissances lors de cet essai :

$$P_{1V1} = P_{JSV1} + P_{FS} + p_{méc} \quad (P_{JR} = 0 \text{ et } P_{UV} = 0)$$

$$P_{JSV1} = \frac{3}{2} R I_{1V1}^2 = \frac{3}{2} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \times 200^2 = 3600 \text{ W}$$

car on a la résistance mesurée entre phases

$$P_{1V1} = 11500 = 3600 + P_{FS} + p_{méc}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{FS} + p_{méc} = 7900 \text{ W}} \quad (1)$$

on a effectué un essai à vide sous tension réduite  $\frac{U_N}{2}$

$$P_{1V2} = 5 \text{ kW} \quad n = 1874 \text{ tr/min}$$

$$I_{1R} = 0 \text{ A}$$

le bilan:  $P_{1V2} = P_{SV2} + P_{FS2} + p_{méc}$

!! égales à 0 car le courant absorbé par le moteur est négligeable

Les pertes Fer statiques sont proportionnelles au carré de la tension du réseau  $P_{FS} = \alpha U^2$

(la fréquence est invariable lors des 2 essais -)

$$\text{pour } U = U_N \Rightarrow P_{FS} = \alpha U_N^2$$
$$\text{pour } U = \frac{U_N}{2} \Rightarrow P_{FS2} = \alpha \left(\frac{U_N}{2}\right)^2 = \frac{\alpha U_N^2}{4} = \frac{P_{FS}}{4}$$

donc on peut écrire  $P_{FS2}$  par  $\frac{P_{FS}}{4}$

$$P_{1V2} = 5000 = \frac{P_{FS}}{4} + p_{méc}$$

$$\boxed{\frac{P_{FS}}{4} + p_{méc} = 5000 \text{ W}} \quad (2)$$

Rem:  $p_{méc}$  dépend de la vitesse du rotor à vide  
le rotor tourne à 1874 tr/min pour  $U = U_N$   
et pour  $U = \frac{U_N}{2}$

On a 1 système de 2 équations @ 2 inconnues  
(les équations (1) et (2))

$$\begin{aligned} & P_{FS} + p_{mec} = 7900 \quad (1) \\ - & \frac{P_{FS}}{4} + p_{mec} = 5000 \quad (2) \end{aligned}$$

---


$$P_{FS} - \frac{P_{FS}}{4} + \underbrace{p_{mec} - p_{mec}}_0 = 7900 - 5000$$

$$\frac{3}{4} P_{FS} = 2900 \Rightarrow P_{FS} = 2900 \times \frac{4}{3}$$

$$\boxed{P_{FS} = 3866 \text{ W}}$$

$$(1) \Rightarrow p_{mec} = 7900 - P_{FS} = 4034 \text{ W}$$

$$\boxed{p_{mec} = 4034 \text{ W}}$$

(7)

$$P_{tr} = P_u + p_{JSr} + p_{mec}$$

$$p_{JSr} = g \times P_{tr}$$

$$P_{tr} = P_u + p_{mec} + g \times P_{tr} \Rightarrow P_{tr} - g \times P_{tr} = P_u + p_{mec}$$

$$\text{donc } P_{tr} = \frac{P_u + p_{mec}}{1 - g} = \frac{300000 + 4034}{1 - 0,104}$$

$$\boxed{P_{tr} = 316,7 \text{ kW}}$$

(8)

$$p_{JSr} = g \times P_{tr} = 0,104 \times 316,7 = 12,67 \text{ kW}$$

(9)

$$P_{FS} = 3,87 \text{ kW (voir question 6)}$$

(10)

$$P_{JS} = \frac{3}{2} R I_N^2 = \frac{3}{2} \times 60 \cdot 10^3 \times 600^2 = 32,4 \text{ kW}$$

(11)

$$P_a = P_{JS} + P_{FS} + P_{tr} = 32,4 + 3,87 + 316,7$$

$$\boxed{P_a = 353 \text{ kW}}$$

(12)

$$\eta = P_u / P_a = \frac{300}{353} = 85\%$$

(13)

$$\cos \varphi = \frac{P_a}{U I \sqrt{3}} = \frac{353 \cdot 10^3}{400 \times 600 \sqrt{3}} = 0,85$$

$$\boxed{\cos \varphi = 0,85}$$

## Exercice 2

① La tension que peut supporter un enroulement du stator est 230V. et sur un réseau de 230V (tension composée de 230V) on couple le stator en triangle.

② fonctionnement à vide

a)  $n_0 = n_s = 1500 \text{ tr/min}$  (car  $n_r = 1440 \text{ tr/min}$ )

b)  $Q_0 = P \times \tan \varphi_0 = (P_A - P_B) \sqrt{3} = (1360 - (-680)) \sqrt{3}$

$Q_0 = 3533 \text{ VAR}$

c)  $I_0 = \frac{S_0}{U \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}}{U \sqrt{3}}$  avec  $P_0 = P_A + P_B$

$P_0 = 1360 + (-680) = 680 \text{ W}$   $S_0 = \sqrt{680^2 + 3533^2}$

$S_0 = 3598 \text{ VA}$

$I_0 = \frac{3598}{230 \sqrt{3}} = 9 \text{ A}$

$I_0 = 9 \text{ A}$

d)  $\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{S_0} = \frac{680}{3598} = 0,189$

e)  $P_c = p_{mec} + p_{fs} = P_0 - p_{js0}$

$p_{js0} = 3 r J_0^2$

$J_0 = \frac{I_0}{\sqrt{3}} = 5,2 \text{ A}$

$p_{js0} = 3 \times 0,72 \times 5,2^2 = 58 \text{ W}$

$\rightarrow P_c = 680 - 58 = 622 \text{ W}$

si  $p_{mec} = p_{fs} \Rightarrow p_{mec} = p_{fs} = \frac{P_c}{2} = 311 \text{ W}$

③ fonctionnement en charge

a)  $n = n_s (1 - g) = 1500 (1 - 0,06) = 1410 \text{ tr/min}$

$\cos \varphi = \frac{P}{S}$

$P = P_A + P_B = 2760 + 1780 = 4540 \text{ W}$

$Q = (P_A - P_B) \sqrt{3} = (2760 - 1780) \sqrt{3} = 1697 \text{ VAR}$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 4847 \text{ VA} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{4540}{4847} = 0,936$

Autre méthode :  $Q = P \times \tan \varphi \Rightarrow \tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{1697}{4540} = 0,374$

$\varphi = \tan^{-1}(0,374) = 20,5^\circ$

finalement  $\cos \varphi = \cos 20,5^\circ = 0,936$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{4540}{230 \sqrt{3} \times 0,936} = 12,17 \text{ A}$$

b)

$$P_{tr} = P - p_{JS} - p_{FS} \quad p_{JS} = 3rI^2 = 3 \times 0,172 \times 12,17^2$$

$$p_{JS} = 324 \text{ W}$$

$$P_{tr} = 4540 - 311 - 324 = 3905 \text{ W}$$

$$T_e = \frac{P_{tr}}{\Omega_s} \quad \Omega_s = \frac{2\pi n_s}{60} = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 157 \text{ rad/s}$$

$$T_e = \frac{3905}{157} = 24,87 \text{ Nm}$$

c)  $P_M = P_{tr} - \underbrace{p_{JR}}_{g \times P_{tr}} - p_{mec} = P_{tr} - g P_{tr} - p_{mec}$

$$P_M = P_{tr}(1-g) - p_{mec}$$

$$P_M = 3905(1-0,0106) - 311 = 3360 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_M}{P_a} = \frac{3360}{4540} = 0,74 = 74\%$$

d)  $T_M = \frac{P_M}{\Omega} ; \quad \Omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 1410}{60} = 147,64 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$$T_M = \frac{3360}{147,64} = 22,75 \text{ N.m}$$

e)  $T_{max} = 1,5 T_M = 1,5 \times 22,75 = 34,13 \text{ Nm}$

4e)

$$T_r = 8 \cdot 10^3 n + 3$$

en régime permanent  $T_M = T_r$

équation de  $T_M = f(n) = an + b$

à vide:

$$0 = a \times 1500 + b \quad \left. \begin{array}{l} a = -0,2527 \\ b = 379,167 \end{array} \right\}$$

en charge:

$$22,75 = 1410a + b$$

$$T_M = T_r \Rightarrow -0,2527n + 379,167 = 8 \cdot 10^3 n + 3$$

$$\Leftrightarrow 0,008n + 0,2527n = 379,167 - 3$$

$$0,2607n = 376,167$$

$$n = \frac{376,167}{0,2607} = 1443 \text{ tr/min}$$

$$T_M = T_r = 8 \cdot 10^3 n + 3$$

$$= 8 \cdot 10^3 \times 1443 + 3 = 11544 \text{ Nm}$$

$$P_M = T_M \times \Omega = T_M \times \frac{2\pi n}{60} = 11544 \times \frac{2\pi \times 1443}{60} = 2214 \text{ W}$$

### exercice 3 (Transformateur)

$$1^{\circ} m_v = \frac{U_{2V}}{U_1} = \frac{50}{380} = 0,1316$$

$$N_2 = m_v \times N_1 = 0,1316 \times 500 \approx 66 \text{ spires}$$

$$2^{\circ} P_{JV} = R_1 I_{1V}^2 + R_2 I_{2V}^2 \quad R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{1,39}{1,45} = 0,96 \Omega$$

$$P_{JV} = 0,96 \times 0,176^2 = 0,1553 \text{ W essai en continu}$$

$$P_{JV} \ll P_{1V} = 670 \text{ W}$$

$$P_{1V} = P_{\text{Fe}} + P_{JV} + \frac{P_{2V}}{0} \Rightarrow P_{\text{Fe}} = P_{1V} - P_{JV} = 670 - 0,1553$$

$$P_{\text{Fe}} = 669,84 \text{ W}$$

$$3^{\circ} P_{\text{Fe}} \propto U_1^2 \Rightarrow P_{\text{Fecc}} \propto U_{1cc}^2$$

$$\frac{P_{\text{Fecc}}}{P_{\text{Fe}}} = \frac{\alpha U_{1cc}^2}{\alpha U_1^2} = \left(\frac{U_{1cc}}{U_1}\right)^2 \Rightarrow P_{\text{Fecc}} = P_{\text{Fe}} \left(\frac{U_{1cc}}{U_1}\right)^2$$

$$P_{\text{Fecc}} = 669,84 \times \left(\frac{16}{380}\right)^2 = 1,187 \text{ W} \ll P_{1cc} = 70 \text{ W}$$

$$P_{1cc} = P_{\text{Fecc}} + P_J + \frac{P_{2cc}}{0} \Rightarrow P_J = P_{1cc} - P_{\text{Fecc}}$$

$$P_J = 70 - 1,187 \approx 68,8 \text{ W}$$

$$4^{\circ} \text{ Pour } \cos \varphi_2 = 0,8$$

$$\Delta U_2 = 0,104 U_{2V}$$

$$a) U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = U_{2V} - 0,104 U_{2V} = 0,896 U_{2V}$$

$$U_2 = 0,896 \times 50 = 44,8 \text{ V}$$

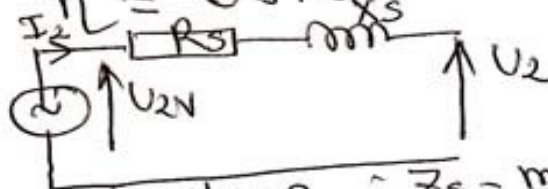
$$b) P_2 = U_2 I_{2n} \cos \varphi_{2n} = 44,8 \times 4,2 \times 0,8 = 150,288 \text{ W}$$

$$c) \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{Fe}} + P_J} \quad P_1 = P_2 + P_{\text{Fe}} + P_J$$

$$P_1 = 150,288 + 669 + 68,8 = 1488,088 \text{ W}$$

$$\eta = 68,16\%$$

$$5^{\circ} U_{2N} = 50 \text{ V}$$



$$R_s = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2} = \frac{70}{4,2^2} = 39,17 \text{ m}\Omega \quad Z_s = \frac{m U_{1cc}}{I_{2cc}} = \frac{0,1316 \times 16}{4,2}$$

$$Z_s = 50,13 \text{ m}\Omega \Rightarrow X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = 30,16 \text{ m}\Omega$$