

Examen semestriel

Exercice 1 (06 points)

On dispose pour un moteur à courant continu à aimants permanents des indications suivantes :

$$U_n = 24 \text{ V} \quad I_n = 1,5 \text{ A} \quad \text{Résistance d'induit : } R_a = 5,4 \Omega$$

On considère les pertes autres que par effet Joule négligeables.

En charge, alimenté sous 14,4 V, il absorbe un courant d'intensité $I = 1 \text{ A}$ et tourne à 1250 tr/min.

1. Montrer que sa f.é.m. est proportionnelle à sa vitesse de rotation, soit : $E = K_E.N$.
Vérifier que $K_E = 7,2 \times 10^{-3} \text{ V/tr.mn}^{-1}$.
2. Montrer que le moment du couple électromagnétique est proportionnel à l'intensité I du courant absorbé : $C_{em} = K_C.I$. Vérifier que $K_C = 68,8 \times 10^{-3} \text{ N.m/A}$.
3. Exprimer la vitesse de rotation en fonction de l'intensité I du courant absorbé.
Vérifier, pour $U = 14,4 \text{ V}$, que $N = 2000 - 750.I$, avec N exprimé en tr/min et I en Ampères.

Exercice 2 (04 points)

Un moteur à courant continu à excitation séparée fonctionne sous une tension constante de 38 Volts. Le courant d'excitation est maintenu constant et on considère la réaction magnétique d'induit parfaitement compensée. L'induit a une résistance de 0,20 Ω .

1. A charge nominale, l'induit est parcouru par un courant d'intensité 5 A et il tourne à la vitesse de 1000 tr/min. Calculer la force contre électromotrice et le moment du couple électromagnétique.
2. Par suite d'une variation de la charge mécanique, l'intensité du courant d'induit devient 3,8 A. Calculer le nouveau moment du couple électromagnétique et la nouvelle vitesse de rotation.

Exercice 3 (10 points)

Un moteur synchrone triphasé possède 6 pôles et a ses enroulements statoriques couplés en étoile.

La résistance de l'induit est négligeable et la réactance synchrone est égale à 8 Ω par phase.

La machine est connectée au réseau de tension 380/220 V de fréquence 50 Hz.

Le moteur développe alors une puissance de 15 kW ; le courant d'excitation est réglé pour obtenir un facteur de puissance capacitif égal à 0,8. On demande :

1. de tracer une esquisse du diagramme vectoriel bipolaire ;
2. l'intensité du courant fourni par le réseau ;
3. la valeur de la f.c.é.m. du moteur ;
4. la valeur de la vitesse du moteur en tr/mn ;
5. le moment du couple moteur.

NB : On admet que la puissance fournie par le réseau est entièrement transmise à la roue polaire.

Examen semestriel 2020-2021 : Corrigé

Barème / 20 pts - Exercice 1 / 04 pts - Exercice 2 / 04 pts - Exercice 3 / 10 pts

Exercice 1

Total : 06 pts

1. Relation liant la f.é.m. à la vitesse de rotation

Sous-Total : 2,0 pts

Le courant d'excitation étant constant (machine à aimants permanents), le flux est constant donc :

$$E' = \frac{2 \cdot p}{2 \cdot a} N_c \cdot \frac{N}{60} \cdot \Phi = K_E \cdot N$$

donc : $E' = K_E \cdot N$

$$E' = U - R_a \cdot I = 14,4 - (5,4 \times 1,0) = 9,0 \text{ V}$$

$$E' = 9,0 \text{ V}$$

$$K_E = \frac{E'}{N} = \frac{9,0}{1250} = 7,2 \times 10^{-3} \text{ V/tr. mn}^{-1}$$

$$K_E = 7,2 \times 10^{-3} \text{ V/tr.mn}^{-1}$$

1

$$E' = 7,2 \times 10^{-3} \cdot N \quad [\text{V ; tr/mn}]$$

2. Relation entre le couple électromagnétique et le courant absorbé

Sous-Total : 2,0 pts

$$C_{em} = \frac{E' \cdot I}{\Omega} = \frac{2 \cdot p}{2 \cdot a} N_c \cdot (N/60) \cdot \Phi \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (N/60)} \cdot I = K \cdot \Phi \cdot I = K_C \cdot I$$

Donc : $C_{em} = K_C \cdot I$

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E' \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 60 = \frac{9 \times 1,0}{2 \times \pi \times 1250} \cdot 60 = 0,0687 \text{ N.m} \approx 0,0688 \text{ N.m}$$

$$K_C = \frac{C_{em}}{I} = \frac{68,8 \times 10^{-3}}{1,0} = 68,8 \times 10^{-3} \text{ N.m/A}$$

$$K_C = 68,8 \times 10^{-3} \text{ N.m/A}$$

$$C_{em} = 68,8 \times 10^{-3} \cdot I \quad [\text{N.m ; A}]$$

3. Relation entre la vitesse et la tension d'alimentation

Sous-Total : 2,0 pts

Sachant que $E' = K_E \cdot N$, à flux étant constant et que $E' = U - R_a \cdot I$, on peut écrire :

$$\begin{cases} E'_1 = 9,0 \text{ V} & \text{---} \rightarrow & 1250 \text{ [tr/mn]} \\ E' = U - R_a \cdot I = 14,4 - 5,4 \times I & \text{---} \rightarrow & N \text{ [tr/mn]} \end{cases}$$

Donc :

$$N = \frac{14,4 - 5,4 \times I}{9,0} \times 1250$$

$$N = \frac{1250 \times 14,4}{9} - \frac{5,4 \times 1250}{9,0} \times I \quad \Rightarrow \quad N = 2000 - 750 \times I \quad [\text{tr/mn ; A}]$$

$$N = 2000 - 750 \times I \quad [\text{tr/mn ; A}]$$

Exercice 2

Total : 04 pts

1. Fonctionnement à charge nominale

Sous-Total : 2,0 pts

$$E' = U - R_a \cdot I = 38 - (0,2 \times 5,0) = 37 \text{ V}$$

$$E' = 37 \text{ V}$$

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E' \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 60 = \frac{37 \times 5,0}{2 \times \pi \times 1000} \cdot 60 = 1,76 \text{ N.m} \approx 1,77 \text{ N.m}$$

$$C_{em} = 1,77 \text{ N.m}$$

Donc :

$$E' = 37 \text{ V} \quad \text{et} \quad C_{em} = 1,77 \text{ N.m}$$

2. Après modification de la charge

Sous-Total : 2,0 pts

Le courant d'excitation est maintenu constant, le flux magnétique est également constant donc :

$$C_{em} = \frac{E' \cdot I}{\Omega} = \frac{2 \cdot p}{2 \cdot a} N_c \cdot \frac{n}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot \Phi(I) \cdot I = K \cdot \Phi(I_{ex}) \cdot I = K_C \cdot I \quad \text{donc} \quad C_{em} = K_C \cdot I$$

$$\text{Pour } I_{ex} = \text{Cste} \quad \begin{cases} I_1 = 5,0 \text{ A} & \text{---} \rightarrow & C_{em1} = 1,77 \text{ N.m} \\ I_2 = 3,8 \text{ A} & \text{---} \rightarrow & C_{em2} = ??? \text{ N.m} \end{cases}$$

$$\text{Donc :} \quad C_{em2} = \frac{3,8}{5,0} \times 1,77 = 1,33 \text{ N.m} \quad C_{em2} = 1,33 \text{ N.m}$$

$$C_{em2} = 1,33 \text{ N.m}$$

$$E' = \frac{2 \cdot p}{2 \cdot a} N_c \cdot n \cdot \Phi(I_{ex}) = K_E \cdot n \quad \text{donc} \quad E' = K_E \cdot n$$

$$\text{D'où : } E_2' = U - R_a \cdot I_2 = 38 - (0,2 \times 3,8) = 37,24 \text{ V}$$

$$\text{Pour } I_{ex} = \text{Cste} \quad \begin{cases} E_1' = 37,00 \text{ V} & \text{---} \rightarrow & N_1 = 1000 \text{ tr/mn} \\ E_2' = 37,24 \text{ V} & \text{---} \rightarrow & N_2 = ??? \text{ tr/mn} \end{cases}$$

$$\text{Donc :} \quad N_2 = \frac{37,24}{37,00} \times 1000 = 1006,48 \text{ tr/mn} \approx 1006,50 \text{ tr/mn} \quad N_2 = 1006,50 \text{ tr/mn}$$

$$N_2 = 1006,50 \text{ tr/mn}$$

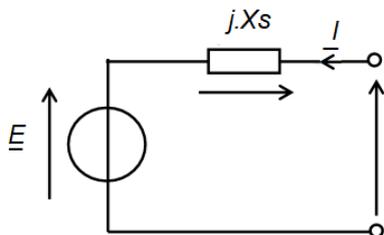
Exercice 3

Total : 02 pts

1. Diagramme bipolaire

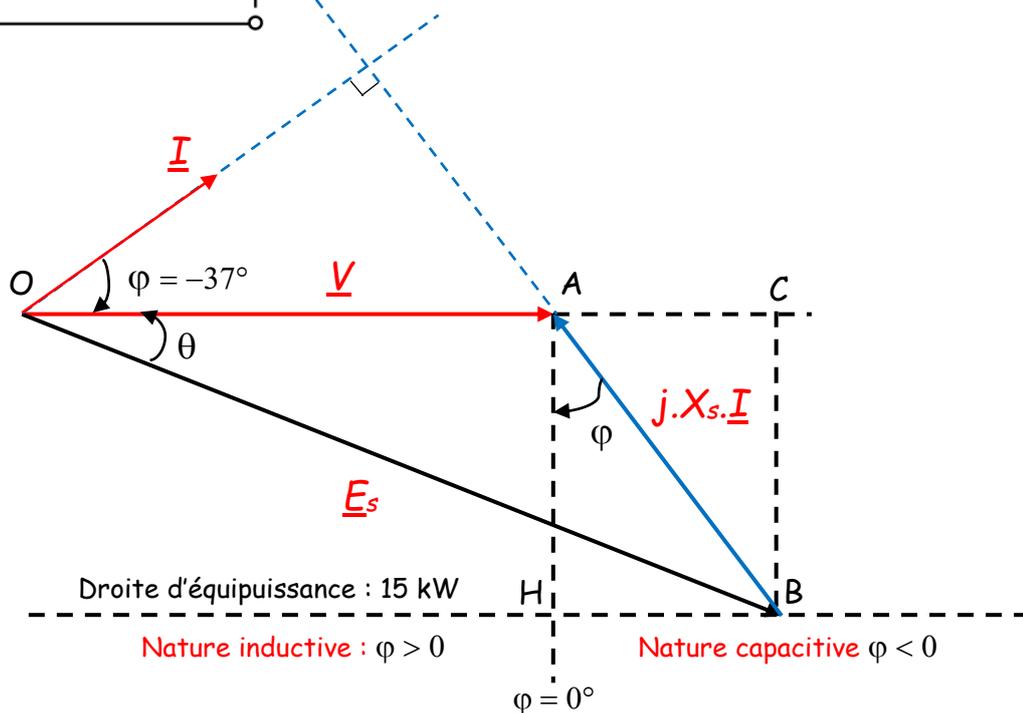
Sous-Total : 2,0 pts

Schéma équivalent monophasé de la machine synchrone en fonctionnement moteur



Equation des tensions :

$$\underline{V} = \underline{E}_s + j \cdot X_s \cdot \underline{I} \quad \text{ou} \quad \vec{V} = \vec{E}_s - X_s \cdot \vec{I}$$



2. Intensité du courant fourni par le réseau bipolaire

Sous-Total : 2,0 pts

$$I = \frac{P}{3.V.\cos\varphi} = \frac{15000}{3 \times 220 \times 0,8} = 24,40 \text{ A}$$

$$I = 24,40 \text{ A}$$

3. Valeur de la f.c.é.m. du moteur

Sous-Total : 2,0 pts

- Méthode analytique

$$E_s^2 = OB^2 = [OA + AC]^2 + CB^2$$

$$E_s^2 = [V + X_s \cdot I \cdot \cos\varphi]^2 + [X_s \cdot I \cdot \sin\varphi]^2$$

$$E_s^2 = [220 + (8 \times 24,40 \times 0,8)]^2 + [(8 \times 24,40 \times 0,6)]^2$$

$$E_s = 394 \text{ V}$$

$$E_s = 394 \text{ V}$$

$$E_c = 394 \times \sqrt{3} \approx 682 \text{ V}$$

$$E_c = 682 \text{ V}$$

4. Valeur de la vitesse du moteur en tr/mn

Sous-Total : 2,0 pts

La vitesse de rotation du moteur synchrone est égale à la vitesse de synchronisme qui est la vitesse du champ tournant créée par les tensions triphasées de fréquence f , soit :

$$f = p \cdot \frac{N_s}{60} \quad \Rightarrow \quad N_s = \frac{60 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{60 \times 50}{3} = 1000 \text{ tr/mn}$$

$$N_s = 1000 \text{ tr/mn}$$

5. Moment du couple moteur

Sous-Total : 2,0 pts

La puissance fournie par le réseau est entièrement transmise à la roue polaire, la puissance utile mécanique (rendement : $\eta = 100\%$) est égale la puissance absorbée et donc le couple moteur est égal au couple électromagnétique.

$$C = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{P}{\Omega} = \frac{15000}{2 \times \pi \times 1000} \times 60 = 143,24 \text{ N.m}$$

$$C = 143,24 \text{ N.m}$$