

Travaux Dirigés en circuits et syst. Elect.

Série VI : Machine à Courant Continu

Exercice 1:

Un moteur à excitation indépendante fonctionne sous la tension d'induit $U=230$ V. En fonctionnement nominal, l'induit est parcouru par un courant d'intensité $I=40$ A. La résistance de l'induit est: $R=0,3 \Omega$ et celle de l'inducteur est $r=120 \Omega$. Un essai à vide à la fréquence de rotation nominale donne les résultats suivants : $U_0=225$ V ; $I_0=1,2$ A. Sachant que la tension d'alimentation de l'inducteur est: $U_{ex}=140$ V, Calculer le rendement du moteur.

Exercice 2:

Un moteur, à excitation séparée constante, est alimenté sous la tension $U=220$ V. La résistance de l'induit est de $0,1 \Omega$. Ce moteur fonctionne à couple utile constant $C_u=200$ Nm. Le courant dans l'induit est alors de 33 A et il tourne à 300 tr/min.

Q.1. Quelles sont :

- la puissance électrique absorbée par l'induit;
- la puissance fournie à la charge;
- les pertes joules dans l'induit du moteur;
- les pertes constantes du moteur?

Q.2. Quelle est la valeur du couple électromagnétique?

Q.3. Quelle sera la vitesse stabilisée du moteur si la tension d'alimentation de l'induit est de 200 V?

Exercice 3:

L'essai d'une machine à courant continu en générateur à vide à excitation indépendante a donné les résultats suivants : fréquence de rotation : $n_g=1500$ tr/min ; intensité du courant d'excitation $I_{ex}=0,52$ A ; tension aux bornes de l'induit : $U_{g0}=230$ V.

La machine est utilisée en moteur. L'intensité d'excitation est maintenue constante quelle que soit le fonctionnement envisagé. La résistance de l'induit est $R=1,2 \Omega$.

Q.1. le moteur fonctionne à vide; l'intensité du courant dans l'induit est $I_0=1,5$ A et la tension à ces bornes est $U_0=220$ V Calculer:

- La force électromotrice ;
- Les pertes par effet joule dans l'induit;
- La fréquence de rotation ;
- La somme des pertes mécaniques et des pertes fer;
- Le moment du couple de pertes correspondant aux pertes mécaniques et pertes fer. Ce moment sera supposé constant par la suite ;

Q.2. Le moteur fonctionne en charge. La tension d'alimentation de l'induit est $U=220$ V et l'intensité du courant qui le traverse est $I=10$ A. Calculer :

- La force électromotrice;
- La fréquence de rotation;
- Le moment du couple électromagnétique ;
- Le moment du couple utile;
- La puissance utile.

Exercice 4:

Q.1. Donner le schéma électrique équivalent d'un moteur à courant continu à excitation série.

Q.2. La f.e.m. du moteur ;

Q.3. La puissance absorbée, la puissance dissipée par effet Joule et la puissance utile si les pertes collectives sont de 100 W. En déduire le moment du couple utile ;

Q.4. Au démarrage, le courant doit être limité à $I_d = 40$ A. Calculer la valeur de la résistance du rhéostat à placer en série avec le moteur.

On donne :

Tension d'alimentation du moteur : $U = 200$ V

Résistance de l'inducteur : $r = 0,5 \Omega$

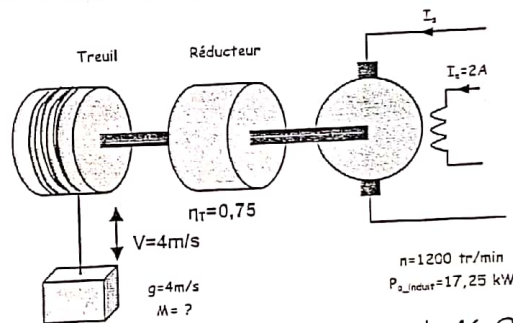
Résistance de l'induit : $R = 0,2 \Omega$

Courant consommé : $I = 20$ A

vitesse de rotation : $n = 1500$ tr min⁻¹

Exercice 5:

L'énergie d'un treuil est fournie par un moteur à courant continu à excitation indépendante dont l'induit et l'inducteur sont alimentés sous une tension $U = 230$ V. En charge, le treuil soulevant verticalement une charge à la vitesse de 4 m/s, le moteur tourne à une vitesse de 1200 tr/min et son induit absorbe une puissance électrique de 17,25 kW.



La résistance de l'induit est de $0,1 \Omega$; celle de l'inducteur de 46Ω ; les pertes constantes ont pour valeur 1 kW; l'accélération de la pesanteur sera prise égale à $g = 10$ m/s²; le rendement du treuil est de 0,75.

Q.1. Calculer les courants absorbés par l'induit et l'inducteur ;

Q.2. Calculer la force électromotrice du moteur ;

Q.3. Calculer la puissance utile du moteur ;

Q.4. Calculer le couple utile du moteur ;

Q.5. Calculer le rendement du moteur ;

Q.6. Calculer le rendement global de l'équipement ;

Q.7. Calculer la masse soulevée par le treuil.

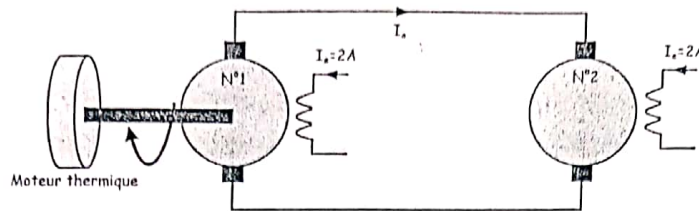
Exercice 6:

Soit une machine à courant continu à excitation indépendante parfaitement compensée. Sa résistance d'induit est : $R = 0,3 \Omega$. Les pertes constantes seront supposées nulles. On donne à 1200 tr/min :

I excitation (A)	0,5	1	1,5	2	2,5
E(V)	156	258	308	328	338

La machine étant à vide et le courant d'excitation étant de 1,5 A, on alimente le rotor par une source de tension, supposée idéale, de 400 V.

- Q.1. Calculer la vitesse du rotor en tr/min ;
- Q. 2. La machine absorbe un courant de 40 A, le courant inducteur est maintenant de 2,5 A et la tension d'alimentation de 300 V, Calculer la vitesse du rotor en tr/min ;



- Q. 3. Le rotor est entraîné par un moteur thermique à la vitesse de 1000 tr/min, le courant d'excitation est de 2 A, Calculer la f.é.m. de la machine no 1 à vide ;
- Q. 4. La machine débite sur une machine à courant continu no 2 parfaitement identique et elle aussi excitée par un courant de 2 A. Cette seconde machine fonctionne à vide ;
- Calculer le courant débité par la machine n° 1 ;
 - Calculer la vitesse de la machine n° 2 ;
- Q. 5. On réduit le courant d'excitation à 1 A sur la machine no 2, Calculer la nouvelle vitesse du rotor ;
- Q. 6. Le courant d'excitation des machines 1 et 2 est à nouveau réglé à 2 A. La machine no 2 entraîne une pompe et ce faisant absorbe une puissance de 2 kW. On admettra l'hypothèse simplificatrice selon laquelle le rendement des deux machines est de Q.1 ;
- Calculer le couple résistant opposé par la machine no 1 au moteur thermique dont la vitesse est toujours de 1000 tr/min.
 - Calculer le courant débité par la machine n° 1.
 - Calculer la vitesse de rotation de la machine n° 2.

Exercice 7 :

Un moteur à courant continu à excitation indépendante entraîne un treuil soulevant verticalement une charge de masse M kg est suspendue à l'extrémité d'un fil enroulé sur le tambour du treuil, de rayon supposé constant égal à 0,1 m.

La vitesse de rotation du tambour est égale au vingtième de la vitesse de rotation du moteur. L'induit du moteur de résistance intérieure 0,5 est connecté aux bornes d'une source d'énergie fournissant une tension réglable de $U=0$ à $U_n=240$ =tension nominale du moteur.

- Q. 1. Le courant inducteur est réglé à sa valeur maximum admissible $I_e=5$ A. On constate alors que le treuil hisse la charge $M=(4800/\pi)$ kg à la vitesse $V=(11\pi/60)$ m/s alors que la puissance absorbée par l'induit est de 9,6 kW et que la tension appliquée à l'induit est égale à la tension nominale 240V. Calculer:
- L'intensité du courant absorbé par l'induit du moteur;
 - La force contre-électromotrice du moteur;
 - La puissance utile du treuil;
 - Le couple utile du moteur ;
 - La vitesse de rotation du moteur ;
- Q. 2. La charge M et le courant d'excitation gardant les valeurs définies au Q.1, on demande:
- Quelle est l'intensité absorbée par l'induit lorsque, alimenté sous la tension U_c , celui-ci développe un couple moteur permettant de maintenir la charge M décollée et immobile?
 - La valeur de la tension U_c précédente ;

c. La valeur de la tension U_d de démarrage que l'on peut appliquer brusquement à l'induit pour décoller la charge M et lui communiquer une vitesse constante sans que la pointe de courant dans l'induit dépasse 60 A ;

d. La vitesse stabilisée du moteur à la fin de la première phase du démarrage définie à la question précédente ;

e. La valeur de la résistance de démarrage qu'il serait nécessaire de monter en série avec l'induit du moteur pour limiter à 60 A la pointe de courant dans l'induit lorsque la tension

fournie par la source n'est plus réglable mais garde la valeur maximum de 240V ;

Q. 3. La charge hissée n'étant plus que les $4/5$ de celle du 1.1, à quelles valeurs faut-il régler simultanément la tension appliquée à l'induit, sans résistance de démarrage d'une part, et le courant inducteur d'autre part, de telle façon que la vitesse de hissage soit la plus élevée possible sans qu'en régime établi l'intensité du courant dans l'induit excède 40 A ? Calculer cette vitesse

On donne : $g = 10\text{m/s}^2$. On adoptera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Rendement du treuil $= 1$;
- Négliger toutes les pertes du moteur sauf celle par effet Joule dans l'induit ou dans la résistance de démarrage ;
- Négliger la réaction d'induit et la saturation des circuits magnétiques.

** TD 6 : machine à courant continu **

Exercice n°1:

$U = 230 \text{ V}$ induct
 $I = 40 \text{ A}$ induct
 $R = 0,3 \Omega$ induct
 $\Lambda = 120 \text{ mV}$ induct

à vide

$U_0 = 225 \text{ V}$
 $I_0 = 1,2 \text{ A}$

alimentation

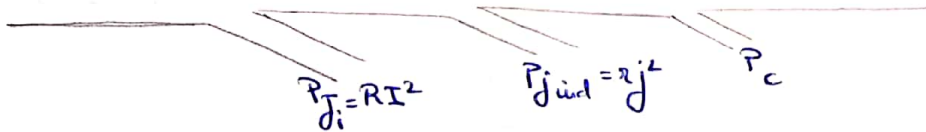
$U_{ex} = 140 \text{ V}$

* Bilan énergétique:

$$P_a = U \cdot I + U_0 \cdot I_0$$

$$P_{ex} = E \cdot I$$

$$P_u = T \omega$$



$$P_{a0} = P_{Ji} + P_{Jind} + P_c$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow P_c &= P_{a0} - P_{Ji} - P_{Jind} \\
 &= U_0 \times I_0 - R I_0^2 \\
 &= 225 \times 1,2 - 0,3 \times 1,2^2 \\
 &= 269,568 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - \sum P_{perte}}{P_a}$$

$$\sum P_{perte} = P_{Ji} + P_{Jind} + P_c = R I^2 + \frac{U^2}{\Lambda} + P_c$$

$$= (0,3) \times 40^2 + \frac{140^2}{120} + 269,568$$

$$= 932,1 \text{ W}$$

$$P_a = 230 \times 40 + \frac{(140)^2}{120} = 9363,3 \text{ W}$$

$$\mu = \frac{9363,3 - 932,1}{9363,3} = 0,9$$

Exercice n°2 :

$$U = 220 \text{ V}$$

$$R = 0,1 \Omega \text{ induit}$$

$$C_u = 200 \text{ Nm}$$

$$I = 33 \text{ A}$$

Donne 300 tr/min

Q.1)

a) la puissance électrique absorbée par l'induit:

$$P_a = U \times I = 220 \times 33 = 7260 \text{ W}$$

b) la puissance fournie à la charge

$$\begin{aligned} P_u &= T_u \times \omega \\ &= 200 \times 300 \times \frac{2\pi}{60} \\ &= 6283,18 \text{ W} \end{aligned}$$

c) les pertes joules dans l'induit du moteur.

$$P_{ji} = R I^2 = 0,1 \times (33)^2 = 108,9 \text{ W}$$

d) les pertes constantes du moteur

$$\begin{aligned} P_c &= P_a - P_{ji} - P_u \\ &= 867,82 \text{ W} \end{aligned}$$

Q.2) couple électromagnétique

$$P_{em} = T_{em} \times \omega = P_a - P_{ji} = P_c + P_u$$

$$T_{em} = \frac{P_u + P_c}{\omega} = \frac{6283,18 + 867,82}{300 \times \frac{2\pi}{60}} = 227,69 \text{ N.m}$$

$$\text{Q.3)} \quad E = U - R I = 220 - 0,1 \times 33 = 216,7 \text{ V}$$

$$E' = U' - R I = 200 - 0,1 \times 33 = 196,7 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \begin{array}{l} 216,7 \longrightarrow 300 \text{ tr/min} \\ 196,7 \longrightarrow ? N' \end{array}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow N' &= 300 \times \frac{196,7}{216,7} \\ &= 272,32 \text{ tr/min} \end{aligned}$$

Exercice n°3:

$$\mu_G = 1500 \text{ tr/min}$$

$$I_{ex} = 0,52 \text{ A}$$

$$U_{G0} = 230 \text{ V}$$

$$R = 1,2 \Omega$$

Q.1) fonctionnement à vide: $I_o = 1,5 \text{ A}$ et $U_o = 220 \text{ V}$

$$a) E = U - RI = 220 - 1,2 \times 1,5 = 218,2 \text{ V}$$

$$b) P_{j_i} = RI^2 = 1,2 \times (1,5)^2 = 2,7 \text{ W}$$

$$c) E : 230 \text{ V} \longrightarrow \mu_o = 1500 \text{ tr/min}$$

$$E : 218,2 \longrightarrow \mu = 1500 \times \frac{218,2}{230} = 1423 \text{ tr/min}$$

$$d) P_c = P_{a_o} - P_{j_i} = 220 \times 1,5 - 2,7 = 327,2 \text{ W}$$

$$e) T_p = \frac{P_c}{\omega} = \frac{327,2}{1423 \times \frac{2\pi}{60}} = 2,19 \text{ Nm}$$

Q.2) fonctionnement en charge $I = 10 \text{ A}$ et $U = 220 \text{ V}$

$$a) E = U - RI = 220 - 1,2 \times 10 = 208 \text{ V}$$

$$b) E : 230 \text{ V} \longrightarrow 1500 \text{ tr/min}$$

$$E' = 208 \text{ V} \longrightarrow \mu = 1500 \times \frac{208}{230} = 1356,52 \text{ tr/min}$$

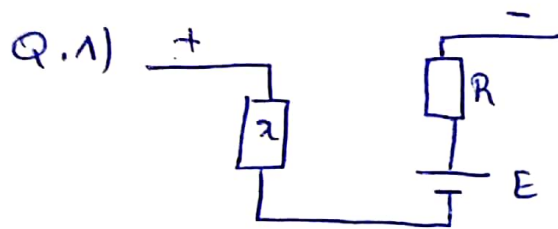
$$c) T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega} = \frac{E \times I}{\omega} = \frac{208 \times 10}{1356,52 \times \frac{2\pi}{60}} = 14,64 \text{ Nm}$$

$$d) T_u = T_{em} - T_p = 14,64 - 2,19 = 12,45 \text{ Nm}$$

$$e) P_u = T_u \times \omega = 12,45 \times 1356,52 \times \frac{2\pi}{60} = 1768,58 \text{ W}$$

Exercice n°4:

(4)



Q.2) $U = E + (\pi + R)I$

$$\begin{aligned} E &= U - (\pi + R)I \\ &= 200 - (0,5 + 0,2)20 \\ &= 186 \end{aligned}$$

Q.3) * $P_a = U \cdot I = 200 \times 20 = 4000 \text{ W}$

* $P_j = (\pi + R)I^2 = 0,7 \times 20^2 = 280 \text{ W}$

* $P_u = P_a - P_j - P_c$
 $= 4000 - 280 - 100$
 $= 3620 \text{ W}$

* $T_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{3620}{1500 \times \frac{2\pi}{60}} = 23,04 \text{ Nm}$

Q.4) au démarrage $E = 0$

$$U_d = (\pi + R + R_h) \times I_d$$

$$\Rightarrow R_h = \frac{U_d}{I_d} - R - \pi = \frac{200}{40} - 0,7 = 4,3 \text{ } \Omega$$

Exercice n°5:

(5)

$$Q-1) I = \frac{P_{\text{ind}}}{U} = \frac{17,25 \times 10^3}{230} = 75 A$$

$$i = \frac{U}{\pi} = \frac{230}{46} = 5 A$$

$$Q-2) E = U - RI = 230 - 0,1 \times 75 = 222,5 V$$

$$\begin{aligned} Q-3) P_U &= P_a - \sum p_{\text{exte}} \\ &= P_a - P_f - P_c \\ &= 17,25 - \frac{0,1 \times (75)^2}{1000} - 1 \\ &= 15,69 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$Q-4) T_U = \frac{P_U}{\omega} = \frac{15,69}{1200 \times \frac{2\pi}{60}} = 124,85 \text{ Nm.}$$

$$Q-5) \eta = \frac{P_U}{P_a} = \frac{15,69 \times 10^3}{17,25 \times 10^3 - 230 \times 5} = 85\%$$

$$Q-6) \eta_G = \eta_m * \eta_T = 0,85 * 0,75 = 0,64$$

$$Q-7) P_T = F * v = m * g * v$$

$$\text{or } P_T = \eta_G * P_U = m g v$$

$$m = \frac{\eta_G * P_U}{g * v} = \frac{0,64 * 15,69 * 10^3}{10 * 4} = 251 \text{ kg}$$

Exercice n°6:

(6)

 P_a

$$P_{ex} = E \times I = T_{em} \omega = P_u = T_u \times \omega$$

$$RI^2 \quad \pi i^2$$

$$R = 0,3 \Omega$$

$$1) T_u = T_{em} = 0 \rightarrow T_{em} = k \phi I \rightarrow I = 0$$

$$U = E + RI = E = k \phi \omega$$

$$E = f(I_{ex}, N)$$

$$I_{ex} = 1,5 A, N = 1200 \text{ tr/min}$$

$$\Rightarrow E = 308 V = k \phi \omega$$

$$k \phi = \frac{E}{\omega} = \frac{308}{1200 \times \frac{2\pi}{60}} = 2,45 \text{ Wb} \quad \text{Weber}$$

$$\text{donc } E = U = 400 V$$

$$\hookrightarrow \omega = \frac{E}{k \phi} = \frac{400}{2,45} = 163,28 \text{ rad/s} = 1559 \text{ tr/min}$$

$$2) U = E + RI$$

$$\hookrightarrow E = U - RI = 300 - 0,3 \times 40 = 288 V$$

$$\text{pour } I_{ex} = 2,5 A \rightarrow E = 338 V (N = 1200 \text{ tr/min})$$

$$= k \phi \omega$$

$$k \phi = \frac{338}{1200}$$

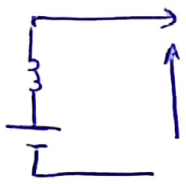
$$N' = 1200 \times \frac{288}{338} = 1022,48 \text{ tr/min}$$

$$3) N = 1000 \text{ tr/min}$$

$$I_{ex} = 2 A \rightarrow E = 328 V \text{ à } N = 1000 \text{ tr/min}$$

$$E = k \phi \omega = \frac{328}{1200} \times 1000 = 273,3 V$$

4-



$$U = R + R_a \cdot I$$

a) $I = 0$ A car la machine n° 2 est à vide

b) $I = 0 \rightarrow U = E = 273,3$ V

$$I_{ex} = 2$$
 A

$$\hookrightarrow N = 1000 \text{ tr/min}$$

5 - $I_{ex} = 1$ A $\rightarrow k\phi' = \frac{258}{1200}$

$$N' = \frac{1200}{258} \times 273,3 = 1271,16 \text{ tr/min}$$

6)

a) $P_a = 2 \text{ kW} = U \cdot I$

$$I =$$

Exercice 4:

(8)

$$Rayon = 0,1 \text{ m}$$

$$m = 11?$$

$$N_t = 20 \text{ N}$$

$$R = 0,5 \Omega$$

$$U = 0 \longrightarrow 240 \text{ V}$$

$$1) I_{ex} = 5 \text{ A}$$

$$M = \frac{4800}{\pi} \text{ kg}$$

$$v = \frac{11\pi}{60} \text{ m/s.}$$

$$P_a = 9,6 \text{ kW}$$

$$U = 240 \text{ V.}$$

$$a) P_a = U \times I \rightarrow I = \frac{P_a}{U} = \frac{9600}{240} = 40 \text{ A}$$

$$b) E = U - R \cdot I = 240 - 0,5 \times 40 = 220 \text{ V}$$

$$c) P_t = F \times v \\ = m \times g \cdot v = \frac{4800}{\pi} \times 10 \times \frac{11\pi}{60} = 8800 \text{ W}$$

$$d) U \cdot v = R \omega \\ \omega = \frac{v}{R} = \frac{\frac{11\pi}{60}}{0,1} = \frac{11\pi}{6} \text{ rad/s}$$

$$N_T = 20 \text{ N} \cdot 1/20 \text{ N}$$

$$N = 20 N_T = 20 \times \frac{11\pi}{6} \times \frac{60}{2\pi} = 1100 \text{ tr/min}$$

$$\omega' = 20 \cdot \frac{11\pi}{6} = \frac{220\pi}{6} \text{ rad/s.}$$

$$T_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{8800}{\frac{220\pi}{6}} = 76,4 \text{ N.m.}$$

2- $E = 0$ La charge est immobile

$$a) T_u = c\phi = K\phi I \\ I = 40 \text{ A.}$$

$$b) U = E + RI = RI = 0,5 \times 40 = 20 \text{ V}$$

$$c) \quad U_d = \cancel{E} + RI = 0,5 \times 60 = 30 \text{ V}$$

$$d) \quad U = E + RI = 30 \text{ V}$$

$$E = U - RI = 30 - 0,5 \times 40 = 10 \text{ V}$$

au même courant d'excitation.

$$E = 220 \text{ V} \rightarrow \omega = \frac{220\pi}{6} \text{ rad/s.}$$

$$\omega = \frac{220\pi}{6} \times \frac{10}{220} = \frac{10\pi}{6} \text{ rad/s.}$$

$$e) \quad U_d = (R + R_e) I_d$$

$$R_e = \frac{U_d}{I_d} - R = \frac{240}{60} - 0,5 = 3,5 \Omega$$

$$3) \quad m' = \frac{4}{\pi} \times \frac{4800}{\pi} \text{ kg.}$$