

Exercices sur les machines à courant continu

Exercice 1: fém induite, puissance et couple électromagnétique

Le flux maximum utile sous chaque pôle inducteur d'une machine à courant continu vaut $\Phi = 27$ mWb. Lorsque l'induit tourne à $n = 1500$ tr.min⁻¹, on mesure une fém $E = 600$ V.

- 1- **Calculez** la constante K de la machine.
- 2- Le flux restant égal à 27 mWb, **calculez** la fém de l'induit lorsqu'il tourne à 3000 tr.min⁻¹.
- 3- L'induit étant traversé par un courant $I = 25$ A, **calculez** la puissance électromagnétique et le moment du couple électromagnétique.

Exercice 2: fonctionnements réversibles d'une machine à courant continu

L'inducteur d'un moteur à courant continu fournit sous chaque pôle un flux utile constant $\Phi = 27$ mWb. L'induit de résistance $R = 0,8 \Omega$ absorbe un courant d'intensité $I = 12$ A sous une tension $U = 220$ V lorsqu'il tourne à $n = 1500$ tr.min⁻¹.

- 1- **Calculez** la fém E de l'induit.
- 2- **En déduire** la constante K.
- 3- **Calculez** le moment du couple électromagnétique.
- 4- La machine fonctionne maintenant en génératrice. Le flux utile par pôle est inchangé. L'induit fournit un courant $I = 12$ A sous une tension $U = 220$ V.
 - 4.1 **Calculez** la fém E;
 - 4.2 **En déduire** sa fréquence de rotation en tr.min⁻¹.

Exercice 3: exercice sans la calculatrice

Le moteur à courant continu utilisé par une embarcation est à excitation indépendante et constante. Dans tout le problème on prend pour l'inducteur: $U_e = 50$ V et $I_e = 0,1$ A.

1 Étude préliminaire

- 1.1- **Dessiner** le schéma électrique du modèle équivalent de l'induit et le **flécher** en convention récepteur. On désigne par E la force électromotrice, R la résistance d'induit, I le courant d'induit et U la tension d'alimentation de l'induit.
- 1.2- En utilisant la loi des mailles, **déduire** de ce schéma la relation entre U, E, R et I.
- 1.3- On désigne par T le moment du couple électromagnétique du moteur. Dans les conditions d'utilisation définies, k étant une constante, **pourquoi** peut-on écrire $E = k \times \Omega$ (formule où Ω est la vitesse angulaire de rotation en rad/s) et $T = k \times I$?

2 Étude à vide

On soumet le moteur à un essai à vide en appliquant $U_v = 50,5$ V. On mesure: $I_v = 1$ A et $\Omega_v = 100$ rad/s. On donne $R = 0,5$ ohm.

- 2.1- **Calculer** dans ces conditions la force électromotrice E_v .
- 2.2- **Montrer** que l'on peut écrire : $E = 0,50 \Omega$ (formule où E est exprimé en volt et Ω en rad/s).

Exercice 4 : moteur d'une grue

Le moteur d'une grue est un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante. Pour une charge mécanique donnée, l'induit est parcouru par un courant d'intensité $I = 45$ A sous une tension $U = 252$ V.

L'induit est modélisé par :

- une fém E proportionnelle à la fréquence de rotation n' suivant la relation : $E = 0,184.n'$ (E en volts ; n' en tr.min⁻¹) ;
- une résistance $r = 0,610 \Omega$.

- 1- **Dessinez** le schéma électrique de l'induit et représentez le courant I et la tension U.
- 2- **Calculez** la valeur de la fém E.
- 3- **En déduire** la fréquence de rotation n' .
- 4- **Calculez** la puissance électromagnétique fournie.
- 5- **Calculez** le moment du couple électromagnétique.

Exercice 5: moteur à flux constant

La résistance de l'induit d'un moteur est $r = 0,036 \Omega$. Ce moteur fonctionne à flux constant. On s'intéresse à son fonctionnement à vide.

L'induit du moteur étant alimenté sous la tension $U = 9,0$ V, on relève les valeurs suivantes : Intensité du courant absorbé par l'induit : $I_0 = 4,0$ A.

Fréquence de rotation : $n = 10,0$ tr/s.

- 1- Dans ces conditions de fonctionnement, **déterminez** la fém E du moteur.
- 2- La constante k' vaut $0,88$ V. tr⁻¹. s. **Montrez** que le moment du couple électromagnétique peut s'écrire $T_{em} = 0,14.I$. Dans cette formule I est exprimé en A et T_{em} en N.m.
- 3- **Déterminez**, pour cet essai :

La puissance P_{io} absorbée par l'induit du moteur.

La puissance P_{jo} dissipée par effet Joule dans l'induit du moteur.

- 4- **En déduire** la valeur des autres pertes, intervenant au niveau du rotor, appelées « pertes collectives » et notées P_c .

Exercice 6: moteur entraînant un treuil

Pour un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante, entraînant un treuil, on donne:

- puissance mécanique utile nominale: $P_u = 1,0$ kW;
- pertes mécaniques et pertes dans le fer: négligeables;
- intensité nominale du courant circulant dans l'induit: 5,0 A;
- résistance R de l'induit: 4,0 Ω ;
- résistance r de l'inducteur: 220 Ω .

- 1- La puissance électromagnétique **est-elle** égale à la puissance utile ? **Pourquoi** ?
- 2- **Calculez** la fém nominale de ce moteur.
- 3- **Calculez** alors la tension entre les bornes de l'induit.
- 4- **Calculez** les pertes par effet Joule dans l'induit.
- 5- **Calculez** la puissance perdue par effet Joule dans l'inducteur sachant qu'il est alimenté sous une tension constante de 220 V.

6- Le moteur tourne à une vitesse angulaire de rotation de 50 rad.s^{-1} . **Calculez** le moment de son couple utile.

7- Le rendement du treuil est de 80%. **Quelle puissance mécanique** P_{tr} fournit-il ?

Exercice 7: moteur à aimants permanents

Un moteur à courant continu, à aimants permanents et à flux constant, a pour valeurs nominales:

- tension aux bornes de l'induit: $U_N = 12 \text{ V}$;
- intensité du courant induit: $I_N = 2,0 \text{ A}$;
- fréquence de rotation: $n = 100 \text{ tr.s}^{-1}$;
- résistance de l'induit: $R = 0,50 \Omega$.

A Fonctionnement sous tension nominale

1- **Représentez** le modèle électrique équivalent de l'induit du moteur.

Pour les questions suivantes, les pertes autres que par effet Joule sont négligées. **Calculez**, pour le fonctionnement nominal:

- 2- la fem E ;
- 3- la puissance absorbée P_a ;
- 4- la puissance perdue par effet Joule P_J ;
- 5- la puissance utile P_u ;
- 6- le moment du couple utile T_u .

B Fonctionnement sous tension variable

On désire que le moteur fournisse le couple nominal pour la fréquence de rotation de 50 tr.s^{-1} .

- 1- **Justifiez** que l'intensité du courant reste égale à $2,0 \text{ A}$.
- 2- **Déterminez**, pour cette fréquence de rotation, la valeur de la fem et celle de la tension d'alimentation.

C Étude du démarrage du moteur

1- **Rappelez** l'expression de la fem E de l'induit en fonction du flux inducteur Φ et de la vitesse de rotation $\Omega = 2\pi.n$.

2- **En déduire** que la fem est nulle si la fréquence de rotation est nulle.

3- **Calculez** la tension aux bornes de l'induit, au moment du démarrage, l'intensité étant égale à sa valeur nominale.

Exercice 8: exercice sans la calculatrice (suite de l'exercice 3)

3 Étude en condition d'utilisation

On considère que les pertes collectives sont égales à 50 W . Le moteur tourne à la vitesse angulaire de 90 rad/s lorsqu'on alimente l'induit par une tension de 50 V .

On rappelle que pour l'inducteur : $U_e = 50 \text{ V}$ et $I_e = 0,1 \text{ A}$.

3.1- **Calculer** la f.é.m. E du moteur.

3.2- **Montrer** que l'intensité I du courant dans l'induit est égale à 10 A .

3.3- **Calculer** la puissance électrique P_{je} dissipée dans l'inducteur.

3.4- **Calculer** la puissance totale P_a absorbée par le moteur.

3.5- **Calculer** les pertes par effet Joule, P_{jR} dans l'induit.

3.6- **En déduire** la puissance mécanique utile P_u fournie par le moteur pour ce point de fonctionnement.

3.7- **Exprimer** le rendement η du moteur et dire s'il est proche de : $1/2$ (soit 50%); $3/4$ (soit 75%); $4/5$ (soit 80%) ou $9/10$ (soit 90%).

4 Étude du démarrage

Au démarrage, on applique directement la tension d'alimentation $U_d = 50 \text{ V}$.

4.1- **Que valent** la vitesse angulaire de rotation Ω_d et la f.é.m. E_d à cet instant précis ?

4.2- **En déduire** l'intensité I_d du courant d'induit appelé au démarrage.

4.3- **Proposer** une méthode de démarrage permettant de diminuer le courant d'induit.