15 exercices corrigés d'Electrotechnique sur la machine à courant continu

Sommaire

Exercice MCC01 : machine à courant continu
Exercice MCC02 : machine à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC03 : machine à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC04 : génératrice à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC05 : moteur à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC06 : génératrice à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC07 : expérience avec un moteur à courant continu à aimants permanents

oOo

Exercice MCC08 : moteur à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC09 : moteur à courant continu à excitation indépendante
Exercice MCC10 : moteur à courant continu à excitation indépendante (d'après bac STI)
Exercice MCC11 : moteur à courant continu à aimants permanents (rétroviseur électrique)
Exercice MCC12 : moteur à courant continu à excitation indépendante

oOo

Exercice MCC13 : moteur à courant continu à excitation série
Exercice MCC14 : moteur à courant continu à excitation série

oOo

Exercice MCC15 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

WWW.DZ-EN.COM

Exercice MCC01 : machine à courant continu

Un moteur de puissance utile 3 kW tourne à 1500 tr/min.
Calculer le couple utile en Nm.

Exercice MCC02 : machine à courant continu à excitation indépendante

La force électromotrice d'une machine à excitation indépendante est de 210 V à 1500 tr/min.
Calculer la fem pour une fréquence de rotation de 1000 tr/min, le flux étant constant.

Exercice MCC03 : machine à courant continu à excitation indépendante

1- Un moteur à excitation indépendante alimenté sous 220 V possède une résistance d'induit de 0,8 Ω.
A la charge nominale, l'induit consomme un courant de 15 A.
Calculer la f.e.m. E du moteur.

2- La machine est maintenant utilisée en génératrice (dynamo).
Elle débite un courant de 10 A sous 220 V.
En déduire la f.e.m.

Exercice MCC04 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

Une génératrice à excitation indépendante fournit une fem de 220 V pour un courant d'excitation de 3,5 A. La résistance de l'induit est de 90 mΩ.
Calculer la tension d'induit U lorsqu'elle débite 56 A dans le circuit de charge.

Exercice MCC05 : moteur à courant continu à excitation indépendante

La plaque signalétique d'un moteur à courant continu à excitation indépendante indique :

1,12 kW	1200 tr/min	
induit	220 V	5,7 A
excitation	220 V	0,30 A
57 kg		

1- Calculer le couple utile nominal (en Nm).
2- Calculer le rendement nominal.

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC06 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

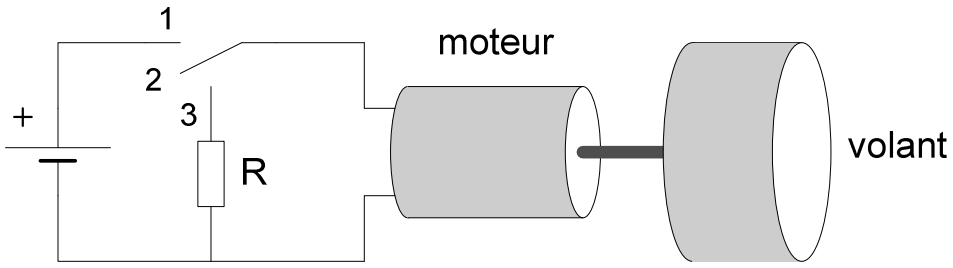
La plaque signalétique d'une génératrice à courant continu à excitation indépendante indique :

11,2 Nm	1500 tr/min	
induit	220 V	6,8 A
excitation	220 V	0,26 A
masse	38 kg	

1- Calculer la puissance mécanique consommée au fonctionnement nominal.
2- Calculer la puissance consommée par l'excitation.
3- Calculer la puissance utile.
4- En déduire le rendement nominal.

Exercice MCC07 : expérience avec un moteur à courant continu à aimants permanents

Un moteur à courant continu à aimants permanents est couplé à un volant d'inertie (disque massif) :



1- On place le commutateur en position 1 : le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.
On place ensuite le commutateur en position 2 :

- ☐ Le moteur s'emballe
- ☐ Le moteur change de sens de rotation
- ☐ Le moteur s'arrête lentement
- ☐ Le moteur s'arrête rapidement

(Cocher la ou les bonnes réponses)

2- On place à nouveau le commutateur en position 1.
Puis on commute en position 3.

2-1- Que se passe-t-il ?
2-2- Que se passe-t-il si on diminue la valeur de la résistance R ?
2-3- Donner une application pratique.

WWW.DZ-EN.COM

Exercice MCC08 : moteur à courant continu à excitation indépendante

Un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante est alimenté sous 240 V. La résistance d'induit est égale à 0,5 Ω, le circuit inducteur absorbe 250 W et les pertes collectives s'élèvent à 625 W.

Au fonctionnement nominal, le moteur consomme 42 A et la vitesse de rotation est de 1200 tr/min.

1- Calculer :

- la f.e.m.
- la puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile
- le couple utile et le rendement

2- Quelle est la vitesse de rotation du moteur quand le courant d'induit est de 30 A ?
Que devient le couple utile à cette nouvelle vitesse (on suppose que les pertes collectives sont toujours égales à 625 W) ?
Calculer le rendement.

Exercice MCC09 : moteur à courant continu à excitation indépendante

La plaque signalétique d'un moteur à excitation indépendante porte les indications suivantes :

U = 240 V	I = 35 A
P = 7 kW	n = 800 tr/min

Calculer (à la charge nominale):

1- Le rendement du moteur sachant que les pertes Joule inducteur sont de 150 watts.
2- Les pertes Joule induit sachant que l'induit a une résistance de 0,5 Ω.
3- La puissance électromagnétique et les pertes « constantes ».
4- Le couple électromagnétique, le couple utile et le couple des pertes « constantes ».

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC10 : moteur à courant continu à excitation indépendante (d'après bac STI)

Une machine d'extraction est entraînée par un moteur à courant continu à excitation indépendante.
L'inducteur est alimenté par une tension u = 600 V et parcouru par un courant d'excitation d'intensité constante : i = 30 A.
L'induit de résistance R = 12 mΩ est alimenté par une source fournissant une tension U réglable de 0 V à sa valeur nominale : U_N = 600 V.
L'intensité I du courant dans l'induit a une valeur nominale : I_N = 1,50 kA.
La fréquence de rotation nominale est n_N = 30 tr/min.

N.B. Les parties 1, 2, 3 sont indépendantes.

1– Démarrage

1-1- En notant Ω la vitesse angulaire du rotor, la fem du moteur a pour expression : E = KΩ avec Ω en rad/s.
Quelle est la valeur de E à l'arrêt (n = 0) ?
1-2- Dessiner le modèle équivalent de l'induit de ce moteur en indiquant sur le schéma les flèches associées à U et I.
1-3- Ecrire la relation entre U, E et I aux bornes de l'induit, en déduire la tension U_d à appliquer au démarrage pour que $I_d = 1{,}2\ I_N$.
1-4- Citer un système de commande de la vitesse de ce moteur.

2- Fonctionnement nominal au cours d'une remontée en charge

2-1- Exprimer la puissance absorbée par l'induit du moteur et calculer sa valeur numérique.
2-2- Exprimer la puissance totale absorbée par le moteur et calculer sa valeur numérique.
2-3- Exprimer la puissance totale perdue par effet Joule et calculer sa valeur numérique.
2-4- Sachant que les autres pertes valent 27 kW, exprimer et calculer la puissance utile et le rendement du moteur.
2-5- Exprimer et calculer le moment du couple utile T_u et le moment du couple électromagnétique T_{em}.

3- Fonctionnement au cours d'une remontée à vide

3-1- Montrer que le moment du couple électromagnétique T_{em} de ce moteur est proportionnel à l'intensité I du courant dans l'induit : $T_{em} = KI$.

On admet que dans le fonctionnement au cours d'une remontée à vide, le moment du couple électromagnétique a une valeur T_{em}' égale à 10 % de sa valeur nominale et garde cette valeur pendant toute la remontée.
3-2- Calculer l'intensité I' du courant dans l'induit pendant la remontée.
3-3- La tension U restant égale à U_N, exprimer puis calculer la fem E' du moteur.
3-4- Exprimer, en fonction de E', I' et T_{em}', la nouvelle fréquence de rotation n'. Calculer sa valeur numérique.

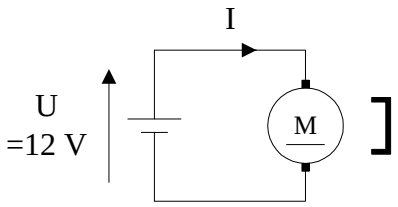
WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC11 : moteur à courant continu à aimants permanents (moteur de rétroviseur électrique)

Un moteur de rétroviseur électrique d'automobile a les caractéristiques suivantes :

Moteur à courant continu à aimants permanents
62 grammes ∅ 28 mm longueur 38 mm
tension nominale U_N=12 V
fem (E en V) = $10^{-3}\times$ vitesse de rotation (n en tr/min)
résistance de l'induit R=3,5 Ω
pertes collectives 1,6 W

Le moteur est alimenté par une batterie de fem 12 V, de résistance interne négligeable (voir figure).



1- A vide, le moteur consomme 0,20 A.
Calculer sa fem et en déduire sa vitesse de rotation.

2- Que se passe-t-il si on inverse le branchement du moteur ?

3- En charge, au rendement maximal, le moteur consomme 0,83 A.

Calculer :

- la puissance absorbée
- les pertes Joule
- la puissance utile
- le rendement maximal
- la vitesse de rotation
- la puissance électromagnétique
- le couple électromagnétique
- le couple utile
- le couple des pertes collectives

4- Justifier que le couple électromagnétique est proportionnel au courant d'induit.
Vérifier que : T_{em}(en Nm) = $9{,}55\cdot10^{-3}\cdot$I (en A)

5- Calculer le courant au démarrage.
En déduire le couple électromagnétique de démarrage.

6- Le moteur tourne sous tension nominale.
Que se passe-t-il si un problème mécanique provoque le blocage du rotor ?

WWW.DZ-PDF.COM

Exercice MCC12 : moteur à courant continu à excitation indépendante

Un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante a les caractéristiques suivantes :

- tension d'alimentation de l'induit : U = 160 V
- résistance de l'induit : R = 0,2 Ω

1- La fem E du moteur vaut 150 V quand sa vitesse de rotation est n = 1500 tr/min.
En déduire la relation entre E et n.

2- Déterminer l'expression de I (courant d'induit en A) en fonction de E.

3- Déterminer l'expression de T_{em} (couple électromagnétique en Nm) en fonction de I.

4- En déduire que : $T_{em} = 764 - 0{,}477 \cdot n$

5- On néglige les pertes collectives du moteur. Justifier qu'alors :
T_u (couple utile) = T_{em}

6- Calculer la vitesse de rotation du moteur à vide.

7- Le moteur entraîne maintenant une charge dont le couple résistant varie proportionnellement avec la vitesse de rotation (20 Nm à 1000 tr/min).
Calculer la vitesse de rotation du moteur en charge :

- par une méthode graphique
- par un calcul algébrique

En déduire le courant d'induit et la puissance utile du moteur.

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC13 : moteur à courant continu à excitation série

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

2- On donne :

- tension d'alimentation du moteur : U = 200 V
- résistance de l'inducteur : r = 0,5 Ω
- résistance de l'induit : R = 0,2 Ω
- courant consommé : I = 20 A
- vitesse de rotation : n = 1500 $tr \cdot min^{-1}$

Calculer :

2-1- La f.e.m. du moteur.

2-2- 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 et le rendement.

2-3- 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.

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC14 : moteur à courant continu à excitation série

Un moteur à courant continu à excitation série est alimenté par une source de tension continue et constante U = 220 V.

Pour simplifier l'étude, nous négligerons les résistances de l'inducteur et de l'induit, ainsi que les pertes collectives.

1-1- Montrer que le couple du moteur est proportionnel au carré du courant qu'il consomme.
1-2- Montrer que le couple est inversement proportionnel au carré de la vitesse de rotation.
1-3- En déduire que le moteur s'emballe à vide.
1-4- D'après la question 1-2, on peut écrire que :

$$Tu = \frac{a}{n^2}$$

Tu : couple utile du moteur (en Nm)
n : vitesse de rotation (en tr/min)
a : constante

La plaque signalétique d'un moteur indique :
220 V 1200 tr/min 6,8 A

En déduire la valeur numérique de la constante a.

2- Par la suite, on prendra : $a = 20 \cdot 10^6$ Nm(tr/min)²

2-1- Tracer l'allure de la caractéristique mécanique Tu(n).

2-2- Le moteur entraîne un compresseur de couple résistant constant 10 Nm.
En déduire la vitesse de rotation de l'ensemble.

2-3- Le moteur entraîne un ventilateur dont le couple résistant est proportionnel au carré de la vitesse de rotation (15 Nm à 1000 tr/min).
En déduire la vitesse de rotation de l'ensemble.

WWW.DZ-PHY.COM

Exercice MCC15 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

Une génératrice à excitation indépendante délivre une fem constante de 210 V pour un courant inducteur de 2 A.
Les résistances des enroulements induit et inducteur sont respectivement 0,6 Ω et 40 Ω.
Les pertes « constantes » sont de 400 W.

Pour un débit de 45 A, calculer :

- La tension d'induit U
- La puissance utile P_u
- Les pertes Joule induit et inducteur
- La puissance absorbée P_a
- Le rendement η

WWW.DZFREE.COM

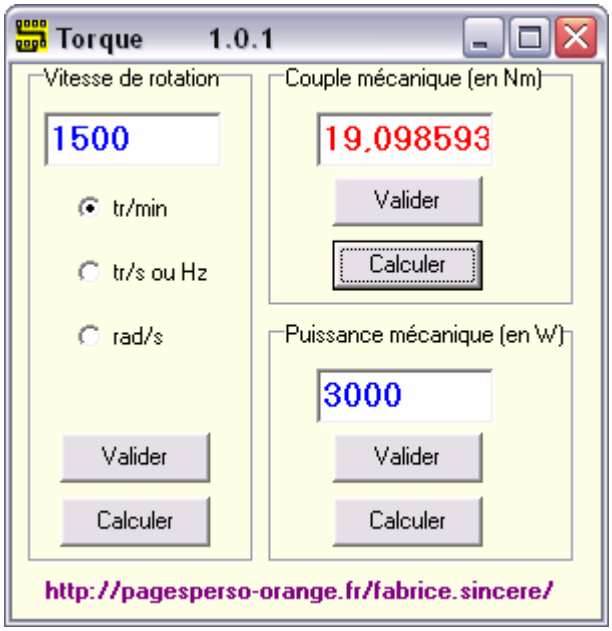
Corrigés

Exercice MCC01 : machine à courant continu

Un moteur de puissance utile 3 kW tourne à 1500 tr/min.
Calculer le couple utile en Nm.

Attention : il faut exprimer la vitesse de rotation en radians par seconde.
$3000/(1500 \times 2\pi/60) = 19{,}1$ Nm

Lien utile :
http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/application_builder5/education.htm#torque



WWW.DZ-EN.COM

Exercice MCC02 : machine à courant continu à excitation indépendante

La force électromotrice d'une machine à excitation indépendante est de 210 V à 1500 tr/min.
Calculer la fem pour une fréquence de rotation de 1000 tr/min, le flux étant constant.

E = kΦΩ : à flux constant, la fem est proportionnelle à la vitesse de rotation.
210×1000/1500 = 140 V

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC03 : machine à courant continu à excitation indépendante

1- Un moteur à excitation indépendante alimenté sous 220 V possède une résistance d'induit de 0,8 Ω.
A la charge nominale, l'induit consomme un courant de 15 A.
Calculer la f.e.m. E du moteur.

$E = U - RI = 220 - 0{,}8 \times 15 = 208$ V
(U > E en fonctionnement moteur)

2- La machine est maintenant utilisée en génératrice (dynamo).
Elle débite un courant de 10 A sous 220 V.
En déduire la f.e.m.

$E = U + RI = 220 + 0{,}8 \times 10 = 228$ V
(E > U en fonctionnement génératrice)

WWW.DZ-PRO.COM

Exercice MCC04 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

Une génératrice à excitation indépendante fournit une fem de 220 V pour un courant d'excitation de 3,5 A. La résistance de l'induit est de 90 mΩ.
Calculer la tension d'induit U lorsqu'elle débite 56 A dans le circuit de charge.

$U = E - RI = 220 - 0{,}090 \times 56 = 215$ V
(U < E en fonctionnement génératrice)

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC05 : moteur à courant continu à excitation indépendante

1- Calculer le couple utile nominal (en Nm).

$1{,}12 \cdot 10^3/(1200 \cdot 2\pi/60) = 1120$ W/(125,7 rad/s) = 8,9 Nm

2- Calculer le rendement nominal.

$1120/(220 \cdot 5{,}7+220 \cdot 0{,}3) = 1120/1320 = 84{,}8$ %

www.DZFREE.COM

Exercice MCC06 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

1- Calculer la puissance mécanique consommée au fonctionnement nominal.

$11{,}2\times(1500\times 2\pi/60) = (11{,}2\text{ Nm})\times(157{,}1\text{ rad/s}) = 1{,}76\text{ kW}$

2- Calculer la puissance consommée par l'excitation.

$220\times 0{,}26 = 57\text{ W}$

3- Calculer la puissance utile.

$220\times 6{,}8 = 1{,}50\text{ kW}$

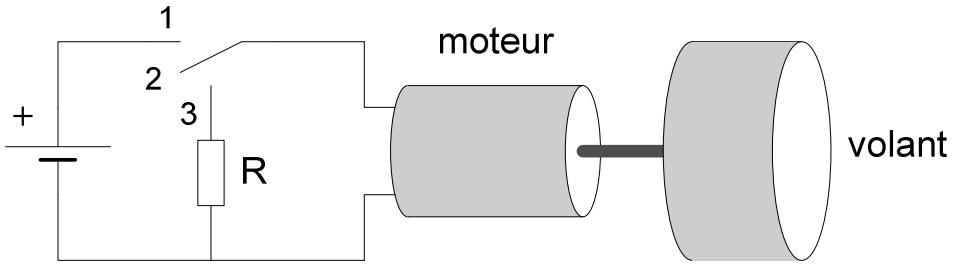
4- En déduire le rendement nominal.

$1500/(1760+57) = 82{,}4\ \%$

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC07 : expérience avec un moteur à courant continu à aimants permanents

Un moteur à courant continu à aimants permanents est couplé à un volant d'inertie (disque massif) :



1- On place le commutateur en position 1 : le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.
On place ensuite le commutateur en position 2 :

- ☐ Le moteur s'emballe
- ☐ Le moteur change de sens de rotation
- ☑ Le moteur s'arrête lentement
- ☐ Le moteur s'arrête rapidement

2- On place à nouveau le commutateur en position 1.
Puis on commute en position 3.

2-1- Que se passe-t-il ?

Le volant s'arrête rapidement (la machine fonctionne en dynamo, l'énergie cinétique du volant est convertie en chaleur dans la résistance).

2-2- Que se passe-t-il si on diminue la valeur de la résistance R ?

Le volant s'arrête plus rapidement.

2-3- Donner une application pratique.

Système de freinage de train.

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC08 : moteur à courant continu à excitation indépendante

1- Calculer :

- la f.e.m.

E = U –RI = 240 – 0,5×42 = 219 V

- la puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile

Pa = UI + 250 = 240×42 + 250 = 10 080 + 250 = 10,33 kW
Pem = EI = 219×42 = 9,198 kW
Pu = Pem – 625 = 8,573 kW

- le couple utile et le rendement

Tu = Pu / Ω = 8573 / (1200×2π/60) = 8573 / 125,7 = 68,2 Nm
η = Pu / Pa = 8573 / 10 330 = 83,0 %

2- Quelle est la vitesse de rotation du moteur quand le courant d'induit est de 30 A ?

E = U –RI = 240 – 0,5×30 = 225 V
L'excitation est constante donc la fem est proportionnelle à la vitesse de rotation :
n = (225/219)×1200 = 1233 tr/min

Que devient le couple utile à cette nouvelle vitesse (on suppose que les pertes collectives sont toujours égales à 625 W) ?
Calculer le rendement.

Pu = 225×30 – 625 = 6750 – 625 = 6,125 kW
Tu = Pu / Ω = 6125 / (1233×2π/60) = 6125 / 129,1 = 47,4 Nm
Pa = 240×30 + 250 = 7200 + 250 = 7,45 kW
η = 6125 / 7450 = 82,2 %

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC09 : moteur à courant continu à excitation indépendante

La plaque signalétique d'un moteur à excitation indépendante porte les indications suivantes :

U = 240 V	I = 35 A
P = 7 kW	n = 800 tr/min

Calculer (à la charge nominale):
1- Le rendement du moteur sachant que les pertes Joule inducteur sont de 150 watts.

Puissance utile : 7 kW
Puissance absorbée par l'induit = UI = 240×35 = 8,4 kW
Puissance absorbée par l'inducteur = pertes Joule à l'inducteur = 150 W
Puissance absorbée = puissance absorbée par l'induit + puissance absorbée par l'inducteur
= 8400 + 150 = 8,55 kW
Rendement = 7000/8550 = 81,9 %

2- Les pertes Joule induit sachant que l'induit a une résistance de 0,5 Ω.

$RI^2 = 0,5 \times 35^2 = 0,61$ kW

3- La puissance électromagnétique et les pertes « constantes ».

Puissance électromagnétique = fem induite × courant d'induit
Fem induite : E = U – RI = 240 – 0,5×35 = 222,5 V
EI= 222,5×35 = 7,79 kW

Autre méthode : bilan de puissance
Puissance électromagnétique = puissance absorbée – pertes Joule totales
= 8,55 – (0,15 + 0,61) = 7,79 kW

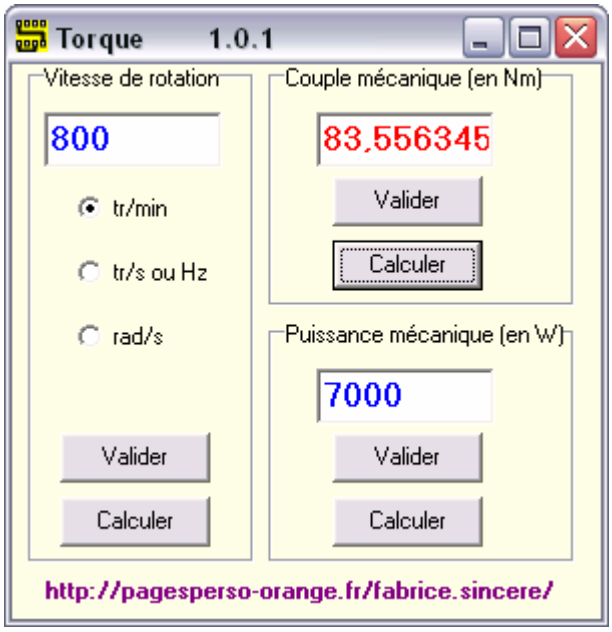
Bilan de puissance :
Pertes « constantes » (ou plutôt pertes collectives pour parler rigoureusement)
= puissance électromagnétique – puissance utile
= 7,79 – 7 = 0,79 kW

4- Le couple électromagnétique, le couple utile et le couple des pertes « constantes ».

Couple électromagnétique = 7790/(800×2π/60) = 93 Nm
Couple utile = 7000/(800×2π/60) = 83,6 Nm
Couple des pertes constantes = 790/(800×2π/60) = 93 – 83,6 = 9,4 Nm

WWW.DZ-PN.COM

Lien utile :
http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/application_builder5/education.htm#torque



WWW.DZ-EN.COM

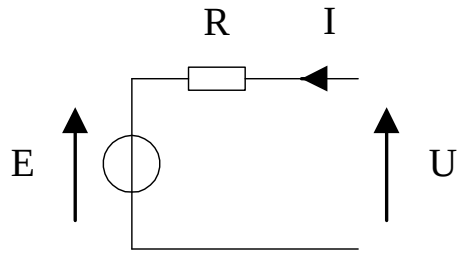
Exercice MCC10 : moteur à courant continu à excitation indépendante (d'après bac STI)

1– Démarrage

1-1- En notant Ω la vitesse angulaire du rotor, la fem du moteur a pour expression : E = KΩ avec Ω en rad/s.
Quelle est la valeur de E à l'arrêt (n = 0) ?

E = 0 V

1-2- Dessiner le modèle équivalent de l'induit de ce moteur en indiquant sur le schéma les flèches associées à U et I.



1-3- Ecrire la relation entre U, E et I aux bornes de l'induit, en déduire la tension U_d à appliquer au démarrage pour que $I_d = 1{,}2\ I_N$.

$U = E + RI$
$U_d = RI_d = 1{,}2\ RI_N = 1{,}2 \times 0{,}012 \times 1500 = 21{,}6$ V

1-4- Citer un système de commande de la vitesse de ce moteur.

Montage hacheur, montage redresseur.

2- Fonctionnement nominal au cours d'une remontée en charge

2-1- Exprimer la puissance absorbée par l'induit du moteur et calculer sa valeur numérique.

$UI = U_N I_N = 600 \times 1500 = 900$ kW

2-2- Exprimer la puissance totale absorbée par le moteur et calculer sa valeur numérique.

$UI + ui = 900\text{ kW} + 600 \times 30 = 900\text{ kW} + 18\text{ kW} = 918$ kW

2-3- Exprimer la puissance totale perdue par effet Joule et calculer sa valeur numérique.

$RI^2 + ui = 0{,}012 \times 1500^2 + 18\text{ kW} = 27\text{ kW} + 18\text{ kW} = 45$ kW

WWW.DZFREE.COM

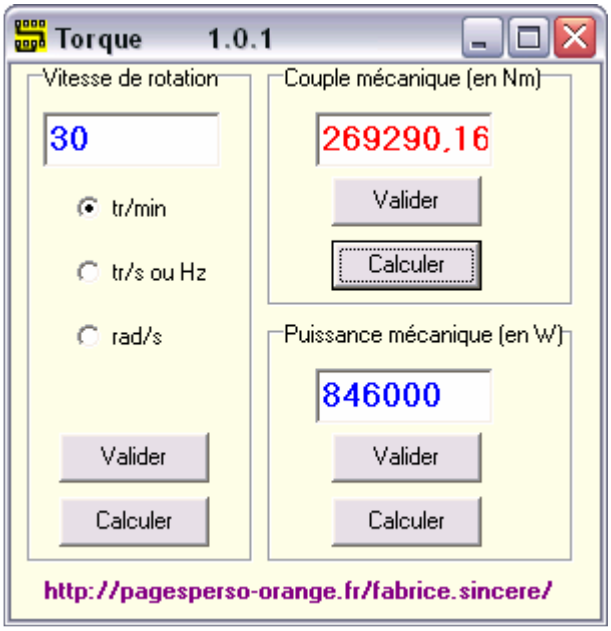
2-4- Sachant que les autres pertes valent 27 kW, exprimer et calculer la puissance utile et le rendement du moteur.

Pertes collectives = 27 kW
Puissance utile = 918 – (45 + 27) = 846 kW
Rendement = 846 kW / 918 kW = 92,2 %

2-5- Exprimer et calculer le moment du couple utile T_u et le moment du couple électromagnétique T_{em}.

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{846\,\text{kW}}{30 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{846\,\text{kW}}{3{,}14\,\text{rad/s}} = 269\,\text{kNm}$$

Lien utile :
http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/application_builder5/education.htm#torque



Puissance électromagnétique = Puissance utile + Pertes collectives = 846 + 27 = 873 kW

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{873\,\text{kW}}{30 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{873\,\text{kW}}{3{,}14\,\text{rad/s}} = 278\,\text{kNm}$$

WWW.DZFREE.COM

3- Fonctionnement au cours d'une remontée à vide

3-1- Montrer que le moment du couple électromagnétique T_{em} de ce moteur est proportionnel à l'intensité I du courant dans l'induit : $T_{em} = KI$.

Formule générale : $T_{em} = k\Phi I$
Ici, le courant d'excitation est constant donc le flux magnétique est constant, donc le moment du couple électromagnétique est proportionnel au courant d'induit :

$T_{em} = KI$

On admet que dans le fonctionnement au cours d'une remontée à vide, le moment du couple électromagnétique a une valeur T_{em}' égale à 10 % de sa valeur nominale et garde cette valeur pendant toute la remontée.
3-2- Calculer l'intensité I' du courant dans l'induit pendant la remontée.

$T_{em} = KI$
$T_{em}' = KI'$

$$\Rightarrow I' = I\frac{T_{em}'}{T_{em}} = \frac{I}{10} = 150 \text{ A}$$

3-3- La tension U restant égale à U_N, exprimer puis calculer la fem E' du moteur.

$E' = U - RI' = 600 - 0{,}012 \times 150 = 598{,}2$ V

3-4- Exprimer, en fonction de E', I' et T_{em}', la nouvelle fréquence de rotation n'. Calculer sa valeur numérique.

$E' = K\Omega'$

$$\Rightarrow E' = \frac{T_{em}'}{I'}\Omega'$$
$$\Rightarrow \Omega' = \frac{E'I'}{T_{em}'}$$
$$\Rightarrow n' = \frac{60}{2\pi}\frac{E'I'}{T_{em}'} = \frac{60}{2\pi}\frac{E'I'}{\frac{T_{em}}{10}} = \frac{60}{2\pi}\frac{598{,}2 \times 150}{27\,800} = 30{,}84 \text{ tr/min}$$

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC11 : moteur à courant continu à aimants permanents (moteur de rétroviseur électrique)

1- A vide, le moteur consomme 0,20 A.
Calculer sa fem et en déduire sa vitesse de rotation.

E = U - RI = 12 - 3,5×0,2 = 11,3 V

n = 11,3 × 1000 = 11 300 tr/min

2- Que se passe-t-il si on inverse le branchement du moteur ?

Le sens de rotation est inversé.

3- En charge, au rendement maximal, le moteur consomme 0,83 A.
Calculer :

- la puissance absorbée : UI = 12×0,83 = 9,96 W
- les pertes Joule : $RI^2 = 3,5 \times 0,83^2 = 2,41$ W
- la puissance utile : 9,96 – 2,41 – 1,6 = 5,95 W
- le rendement maximal : 5,95/9,96 = 59,7 %

- la vitesse de rotation : E = U - RI = 12 - 3,5×0,83 = 9,10 V ; n = 9,10 × 1000 = 9 100 tr/min
- la puissance électromagnétique : EI = 9,10×0,83 = 7,55 W
- le couple électromagnétique : 7,55/(9100·2π/60) = 7,55 W/(952 rad/s) = 7,93 mNm
- le couple utile : 5,95/(9100·2π/60) = 6,25 mNm
- le couple des pertes collectives : 7,93 – 6,25 = 1,68 mNm

4- Justifier que le couple électromagnétique est proportionnel au courant d'induit.

On sait que : $T_{em} = k\Phi I$
Le flux est constant car il s'agit d'un moteur à aimants permanents : $T_{em} \alpha I$

Vérifier que : T_{em}(en Nm) = $9,55 \cdot 10^{-3} \cdot I$ (en A)

D'après 3- : $k\Phi = T_{em}/I = 7,93 \cdot 10^{-3}/0,83 = 9,55 \cdot 10^{-3}$
Autre méthode : $k\Phi = E/\Omega = (60/(2\pi)) \cdot E/n = (60/(2\pi)) \cdot 10^{-3} = 9,55 \cdot 10^{-3}$

5- Calculer le courant au démarrage.
n = 0 E = 0 d'où I = U/R = 12/3,5 = 3,43 A
En déduire le couple électromagnétique de démarrage.
$9,55 \cdot 10^{-3} \cdot 3,43 = 32,7$ mNm

6- Le moteur tourne sous tension nominale.
Que se passe-t-il si un problème mécanique provoque le blocage du rotor ?

n = 0 et I = 3,43 A en permanence : le moteur « grille ».

www.DZ-EN.COM

Exercice MCC12 : moteur à courant continu à excitation indépendante

1- La fem E du moteur vaut 150 V quand sa vitesse de rotation est n = 1500 tr/min.
En déduire la relation entre E et n.

L'excitation étant constante, E est proportionnelle à n :
E (en V) = 0,1·n (tr/min)

2- Déterminer l'expression de I (courant d'induit en A) en fonction de E.

I = (U - E)/R

3- Déterminer l'expression de T_{em} (couple électromagnétique en Nm) en fonction de I.

$T_{em} = k\Phi I$
$E = k\Phi\Omega$ avec Ω en rad/s

$$\Omega = \frac{2\pi}{60} n$$

$$\Rightarrow \quad k\Phi = \frac{E}{n}\frac{60}{2\pi} = 0{,}1\frac{60}{2\pi} = 0{,}955\ \mathrm{V \cdot rad^{-1} \cdot s}$$

T_{em} (en Nm) = 0,955·I (en A)

4- En déduire que : $T_{em} = 764 - 0{,}477 \cdot n$

$T_{em} = k\Phi I = k\Phi(U - E)/R = k\Phi(U - 0{,}1n)/R$
$T_{em} = 764 - 0{,}477 \cdot n$

5- On néglige les pertes collectives du moteur. Justifier qu'alors :
T_u (couple utile) = T_{em}

Le couple des pertes collectives est négligeable :
$T_u = T_{em} - T_{pertes\ collectives} = T_{em}$

6- Calculer la vitesse de rotation du moteur à vide.

$T_u = 0$
$T_{em} = 0$
n = 764/0,477 = 1600 tr/min

Autre méthode : E = U (à vide, I = 0 si on néglige les pertes collectives).
n = 160/0,1 = 1600 tr/min

7- Le moteur entraîne maintenant une charge dont le couple résistant varie proportionnellement avec la vitesse de rotation (20 Nm à 1000 tr/min).
Calculer la vitesse de rotation du moteur en charge :

- par une méthode graphique

WWW.DZ-PN.COM

T_r (en Nm) = 0,02·n (en tr/min)
On trace les droites $T_r(n)$ et $T_u(n)$.
L'intersection donne le point de fonctionnement.

- par un calcul algébrique

Au point de fonctionnement : $T_u = T_r$
764 – 0,477·n = 0,02·n
n = 1536 tr/min

En déduire le courant d'induit et la puissance utile du moteur.

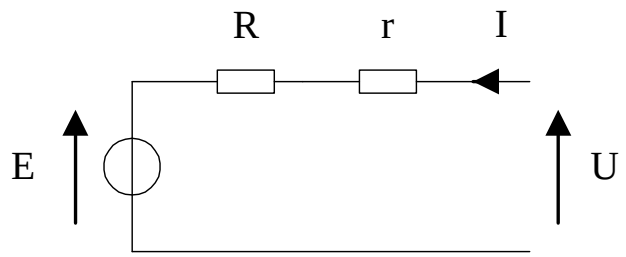
I = (U - E)/R = (U - 0,1n)/R = 32,2 A
Autre méthode : $I = T_{em}/0,955 = 0,02 \cdot n/0,955 = 32,2$ A

$P_u = T_u \Omega = (30,7 \text{ Nm}) \times (160,8 \text{ rad/s}) = 4,94$ kW
Autre méthode : $P_u = P_{em}$ (pas de pertes collectives) = EI = (153,6 V)×(32,2 A) = 4,94 kW

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC13 : moteur à courant continu à excitation série

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



2- On donne :

- tension d'alimentation du moteur : U = 200 V
- résistance de l'inducteur : r = 0,5 Ω
- résistance de l'induit : R = 0,2 Ω
- courant consommé : I = 20 A
- vitesse de rotation : n = 1500 tr·min^{-1}

Calculer :

2-1- La f.e.m. du moteur.

E = U – (R + r)I = 200 – (0,2 + 0,5)×20 = 186 V

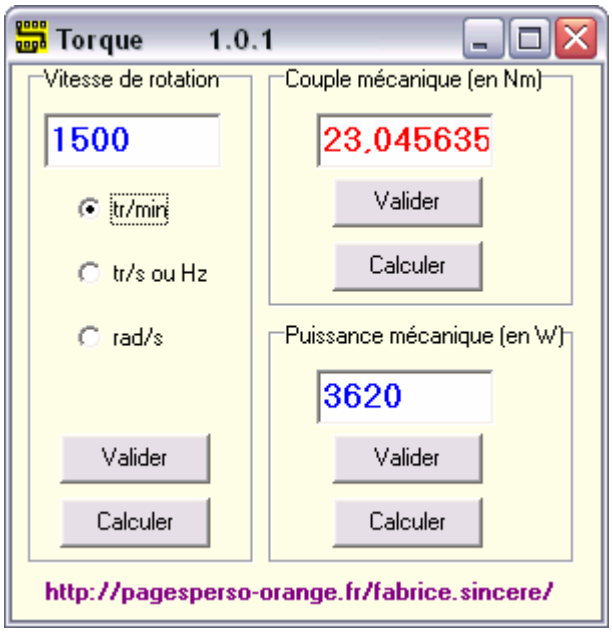
2-2- La puissance absorbée, la puissance dissipée par effet Joule et la puissance utile si les pertes collectives sont de 100 W.
En déduire le moment du couple utile et le rendement.

Puissance absorbée = UI = 200×20 = 4000 W
Pertes Joules totales = (R + r)I² = (0,2 + 0,5)×20² = 280 W
Puissance utile = 4000 – (280 + 100) = 3620 W

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{3620\ \text{W}}{1500 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{3620\ \text{W}}{157\ \text{rad/s}} = 23{,}0\ \text{Nm}$$

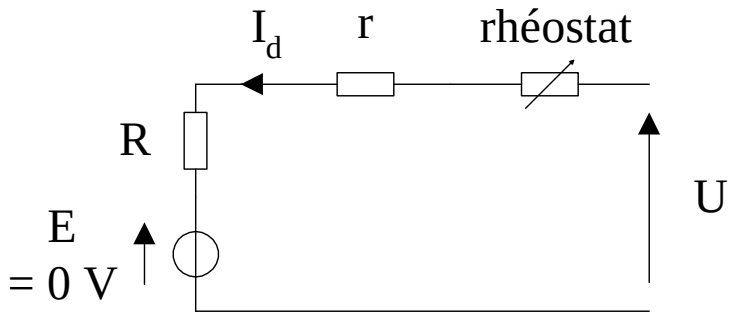
WWW.DZ-EN.COM

Lien utile :
http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/application_builder5/education.htm#torque



Rendement = 3620 W / 4000 W = 90,5 %

2-3- 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.



Au démarrage, la fem est nulle (vitesse de rotation nulle).
$U = (R + r + R_h)I_d$

$$\Rightarrow R_h = \frac{U}{I_d} - (R + r) = \frac{200}{40} - 0{,}7 = 4{,}3\,\Omega$$

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC14 : moteur à courant continu à excitation série

1-1- Montrer que le couple du moteur est proportionnel au carré du courant qu'il consomme.

Tem = kΦI
Φ est proportionnel au courant d'excitation, c'est-à-dire au courant d'induit car il s'agit d'une machine à excitation série.
Le couple est donc proportionnel au carré du courant qu'il consomme.

1-2- Montrer que le couple est inversement proportionnel au carré de la vitesse de rotation.

E = kΦΩ
E = U – (r + R)I ≈ U en négligeant les résistances de l'inducteur et de l'induit
U ≈ kΦΩ
Le courant est donc proportionnel à U/Ω
Le couple est donc proportionnel à $(U/\Omega)^2$
Avec U = constante :
Le couple est inversement proportionnel au carré de la vitesse de rotation.

1-3- En déduire que le moteur s'emballe à vide.

A vide, le couple du moteur est faible.
La vitesse de rotation est donc grande (d'après la question précédente).
Le moteur s'emballe donc à vide.

1-4- La plaque signalétique d'un moteur indique :
220 V 1200 tr/min 6,8 A

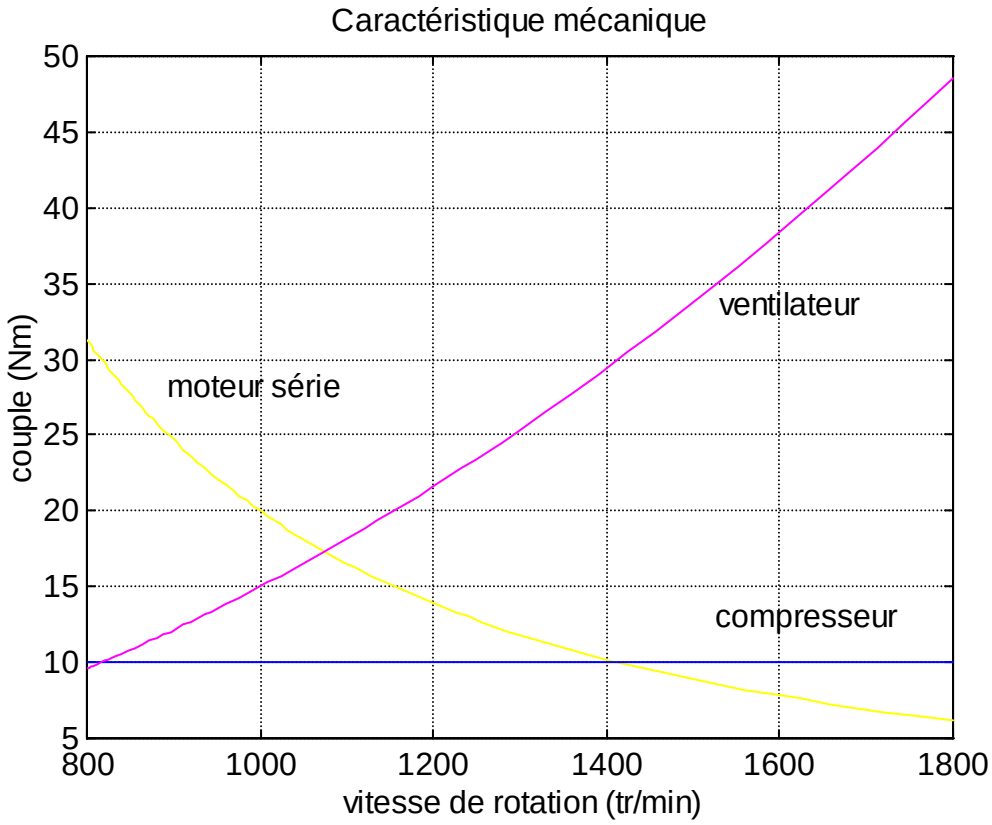
En déduire la valeur numérique de la constante a.

220×6,8 = 1496 W
1496 / (1200×2π/60) = 11,90 Nm
$a = 11,90 \times 1200^2 = 17,14 \cdot 10^6$ Nm(tr/min)²

2- Par la suite, on prendra : $a = 20 \cdot 10^6$ Nm(tr/min)²

2-1- Tracer l'allure de la caractéristique mécanique Tu(n).

www.DZ-EN.COM



2-2- Le moteur entraîne un compresseur de couple résistant constant 10 Nm.
En déduire la vitesse de rotation de l'ensemble.

$$Tu = \frac{20 \cdot 10^6}{n^2} = 10$$

$$n = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^6}{10}} = 1414 \text{ tr/min}$$

2-3- Le moteur entraîne un ventilateur dont le couple résistant est proportionnel au carré de la vitesse de rotation (15 Nm à 1000 tr/min).
En déduire la vitesse de rotation de l'ensemble.

$$Tr = 15 \cdot 10^{-6} n^2$$

$$Tu = \frac{20 \cdot 10^6}{n^2} = Tr = 15 \cdot 10^{-6} n^2$$

$$n = \left(\frac{20 \cdot 10^6}{15 \cdot 10^{-6}} \right)^{\frac{1}{4}} = 1075 \text{ tr/min}$$

WWW.DZFREE.COM

Exercice MCC15 : génératrice à courant continu à excitation indépendante

Une génératrice à excitation indépendante délivre une fem constante de 210 V pour un courant inducteur de 2 A.
Les résistances des enroulements induit et inducteur sont respectivement 0,6 Ω et 40 Ω.
Les pertes « constantes » sont de 400 W.

Pour un débit de 45 A, calculer :

- La tension d'induit U
- La puissance utile P_u
- Les pertes Joule induit et inducteur
- La puissance absorbée P_a
- Le rendement η

La tension d'induit U	$210 - 0{,}6 \times 45 = 183$ V
La puissance utile P_u	$183 \times 45 = 8{,}23$ kW
Les pertes Joule induit	$RI^2 = 0{,}6 \times 45^2 = 1{,}21$ kW
Les pertes Joule inducteur	$r\,i^2 = 40 \times 2^2 = 0{,}16$ kW
La puissance absorbée P_a	$8{,}23 + (1{,}21 + 0{,}16 + 0{,}4) = 10{,}01$ kW
Le rendement η	$8{,}23/10{,}01 = 82{,}3$ %

WWW.DZFREE.COM