

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

- *Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- *Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

PARTIE ÉLECTRICITÉ (durée conseillée 1 h 30)

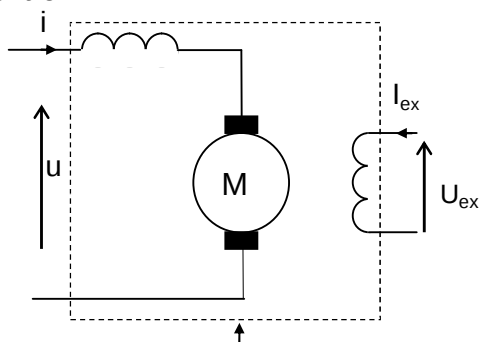
ASSOCIATION D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU AVEC UN HACHEUR

Cet exercice est composé de 3 parties indépendantes.

Il est cependant conseillé au candidat de les traiter dans l'ordre.

Le document réponse (même vierge) doit être joint impérativement à la copie.

On considère le fonctionnement d'un moteur à courant continu à excitation séparée dont le schéma est donné ci-contre :



u : tension d'alimentation de l'induit.

i : intensité du courant dans l'induit.

n : vitesse de rotation du moteur en tours par minute.

$R = 0,10 \, \Omega$: résistance d'induit du moteur

Moteur et son inductance de lissage

La plaque signalétique fournit les caractéristiques nominales du moteur.

$U_N = 120 \, \text{V}$	tension d'induit nominale
$I_N = 100 \, \text{A}$	intensité nominale du courant dans l'induit
$U_{\text{ex}N} = 108 \, \text{V}$	tension d'excitation nominale
$I_{\text{ex}N} = 1,5 \, \text{A}$	intensité nominale du courant dans l'inducteur
$N_N = 6500 \, \text{tr/min}$	vitesse de rotation nominale
$P_{uN} = 11 \, \text{kW}$	puissance utile nominale

Dans cet exercice on conservera toujours $U_{\text{ex}} = U_{\text{ex}N} = 108 \, \text{V}$ et $I_{\text{ex}} = I_{\text{ex}N} = 1,5 \, \text{A}$.

Partie 1 : Exploitation de la plaque signalétique

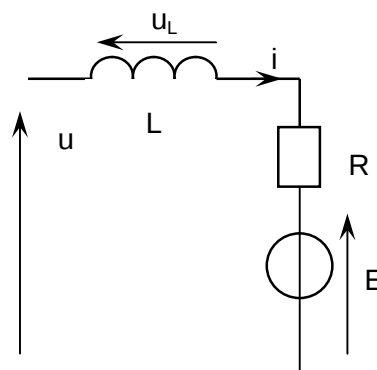
- 1.1 - Calculer $P_{\text{abs}N}$ la puissance électrique totale absorbée par le moteur au point de fonctionnement nominal.
- 1.2 - Calculer le rendement du moteur η_N au point de fonctionnement nominal.
- 1.3 - Calculer le moment du couple utile C_{uN} du moteur au point de fonctionnement nominal.

Partie 2 : Détermination de la constante k_e

On rappelle le schéma équivalent de l'induit du moteur en série avec son inductance de lissage :

On rappelle que la fem $E = k_e \cdot n$.

k_e est la constante de fem du moteur.



2.1 - Exprimer u en fonction de i , L , E et R .

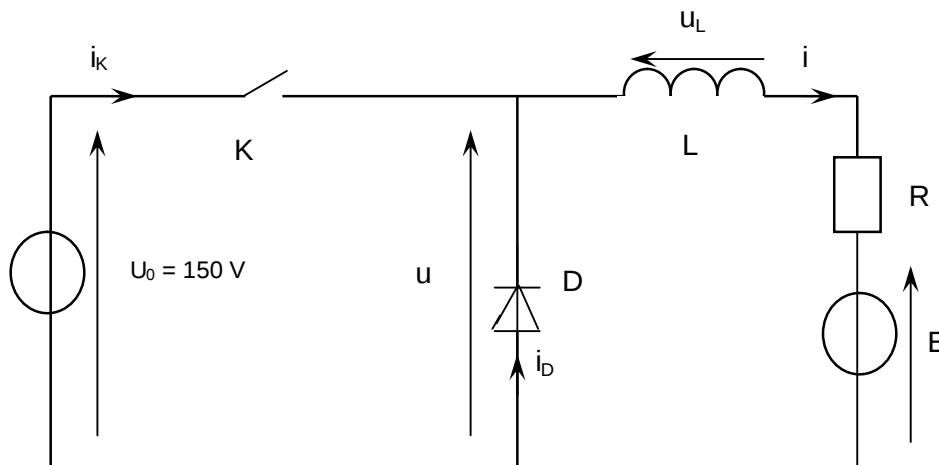
2.2 - En régime permanent l'intensité i est constante.

Que devient l'expression du 2.1 en régime permanent ?

2.3 - À partir des caractéristiques nominales, exprimer k_e en fonction de U_N , I_N , N_N et R .

2.4 - Calculer k_e . On précisera son unité.

Partie 3 : Moteur alimenté par un hacheur



K est un interrupteur commandé supposé parfait.

- Si K est fermé (K ON) alors il est équivalent à un court-circuit.
- Si K est ouvert (K OFF) alors il est équivalent à un circuit ouvert.

D est une diode supposée parfaite :

- Si D est passante, alors elle est équivalente à un court-circuit.
- Si D est bloquée, alors elle est équivalente à un circuit ouvert.

K est commandé périodiquement avec la période de hachage T_1 et le rapport cyclique α .

- pour $t \in [0 ; \alpha.T_1]$ K ON et D bloquée.
- pour $t \in [\alpha.T_1 ; T_1]$ K OFF et D passante.

On notera f_1 la fréquence de hachage.

3.1 - Quel est le rôle de la diode D ?

3.2 - Représenter sur votre copie l'allure de $u(t)$.

On prendra $f_1 = 400$ Hz et $\alpha = 0,3$.

On représentera 2 périodes.

abscisses : 0,5 ms pour 1 cm ; ordonnées : 50 V pour 1 cm.

3.3 - Exprimer la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de u en fonction de α et U_0 .

3.4 - Calculer $\langle u \rangle$ pour $\alpha = 0,3$ et $U_0 = 150$ V.

3.5 - On rappelle que $\langle u_L \rangle = 0$. Déterminer $\langle n \rangle$ en fonction de α , U_0 , R , $\langle i \rangle$ et k_e .

Partie 4 : Intérêt du hacheur – transmittance du moteur

La vitesse de rotation $n(t)$ est liée à $u(t)$ par l'équation différentielle suivante :

$$n + \tau \frac{dn}{dt} = \lambda \cdot u \quad \text{avec } \tau = 6 \text{ s et } \lambda = 57 \text{ tr.min}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}.$$

4.1 - Transmittance isomorphe

On note $U(p)$ la transformée de Laplace de $u(t)$, $N(p)$ la transformée de Laplace de $n(t)$. On pourra considérer que si $F(p)$ est la transformée de Laplace de $f(t)$, alors $p \cdot F(p)$ est la transformée de Laplace de $\frac{df(t)}{dt}$.

À partir de l'équation différentielle précédente déterminer $T(p) = \frac{N(p)}{U(p)}$ la transmittance du système dont l'entrée est $u(t)$ et la sortie $n(t)$.

4.2 - On souhaite caractériser la réponse fréquentielle du système.

4.2.1 - Dédire de $T(p)$ que la transmittance en régime sinusoïdal s'écrit :

$$\underline{T} = \frac{\underline{N}}{\underline{U}} = \frac{\lambda}{1 + j\frac{f}{f_0}} \text{ avec } f_0 = \frac{1}{2\pi\tau}.$$

4.2.2 - Calculer f_0 .

4.2.3 - Exprimer T , le module de $\underline{T}$.

4.2.4 - Calculer T pour $f = 0$, $f = f_1 = 400$ Hz, $f = 3.f_1$ et $f \rightarrow \infty$.

4.2.5 - À quel type de filtre peut-on assimiler le système ?

4.3 - La tension $u(t)$ est fournie par le hacheur avec $\alpha = 0,5$.

Sa décomposition en série de Fourier, limitée aux premiers termes, est la suivante :

$$u(t) = \alpha U_0 + U_1 \sin(2\pi f_1 t) + \frac{U_1}{3} \sin(6\pi f_1 t) \text{ avec } f_1 = 400 \text{ Hz et } U_1 = 95 \text{ V.}$$

4.3.1 - En déduire l'expression de $n(t)$. Calculer $n(t)$ pour $\alpha = 0,5$ et $U_0 = 150$ V.

4.3.2 - Conclure sur l'intérêt de l'utilisation d'un hacheur.