

TEXTE DU SUJET**ASSERVISSEMENT DE POSITION**

Ce sujet comporte 3 parties indépendantes.

1ere Partie : étude de la machine à courant constant.

2eme Partie : étude du convertisseur

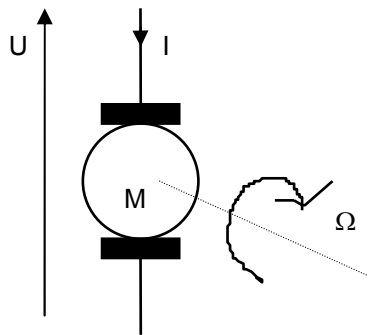
3eme Partie : étude de l'asservissement

3.1 régime statique

3.2 régime dynamique

1ERE PARTIE : ETUDE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

Caractéristiques



- Inducteurs à aimants permanents
- Induit : résistance $R = 4,0 \Omega$
- constante de f.é.m. et de couple : $k = 0,30 \text{ V.s.rad}^{-1}$
- intensité nominale : $I_n = 4,0 \text{ A}$

Les frottements ainsi que les pertes dans le fer seront négligés.

On notera en outre :

- C_e le moment du couple électromagnétique,
- Ω la vitesse angulaire de rotation,
- n la fréquence de rotation en tr/s,
- E la f.é.m ; $E = k \Omega$,
- U la tension aux bornes de la machine,

1.1. Etablir l'expression du moment du couple électromagnétique,

1.2. Pour le courant nominal d'intensité I_n , calculer les valeurs numériques de la tension d'alimentation U et du moment du couple électromagnétique pour les fréquences de rotation

a) $n = 0$

b) $n = 50 \text{ tr/s}$

1.3 On applique sur l'arbre de la machine, un couple résistant, de moment $C_R = 0,80 \text{ N.m}$.

1.3.1. Quelle relation lie les moments des couples électromagnétique et résistant en régime permanent ?

1.3.2. Déterminer la relation exprimant Ω en fonction de U , R , k et C_R en régime permanent.

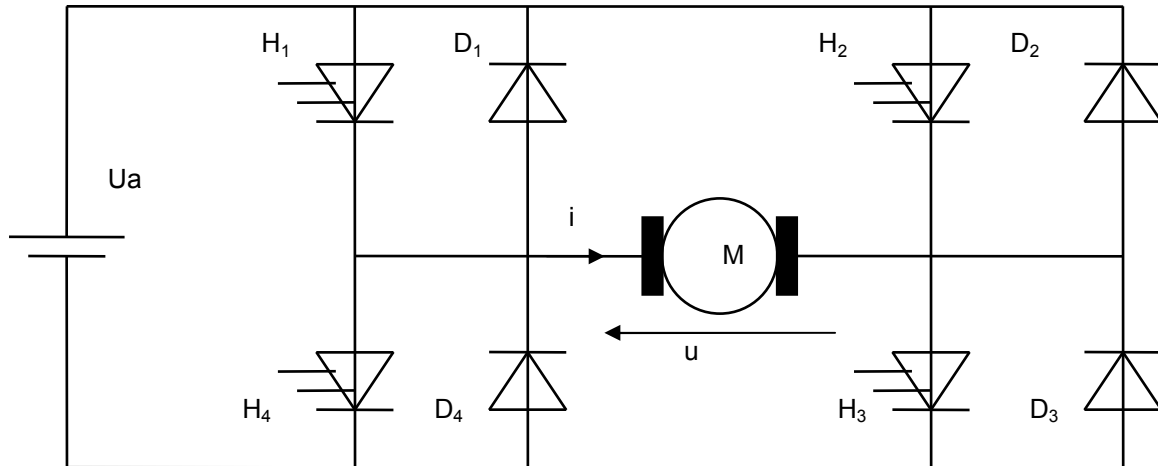
1.3.3 A partir de quelle valeur de l'intensité I , le moteur peut-il démarrer ? Quelle est la tension U correspondante ?

1.4 Quelle tension U maximale doit-on s'imposer au démarrage pour que l'intensité I_d de démarrage demeure inférieure à $1.25 I_n$?

2eme PARTIE : ETUDE DU CONVERTISSEUR

La machine est alimentée par le convertisseur dont le schéma est représenté ci-dessous. Les ordres d'ouvertures et de fermetures des interrupteurs commandés (H1, H2, H3, H4) sont élaborés à partir d'une tension de controle V_c .

H1, H2, H3, H4 sont des interrupteurs unidirectionnels en courant commandés à l'ouverture et à la fermeture; à l'état fermé, ils ne présentent pas de chute de tension à leurs bornes.



2.1. T est la période de fonctionnement; α est un coefficient compris entre 0 et 1.

Pour $0 < t < \alpha T$ H₁ et H₃ sont commandés à l'état fermé;
H₂ et H₄ sont commandés à l'état ouvert.

Pour $\alpha T < t < T$ H₁ et H₃ sont commandés à l'état ouvert;
H₂ et H₄ sont commandés à l'état fermé.

2.1.1. Dans ces conditions, représenter sur l'annexe 1, à rendre avec la copie, la tension $u(t)$ en fonction du temps.

2.1.2. Calculer la valeur moyenne U_{moy} de $u(t)$.

2.1.3. Comment varie le signe de U_{moy} en fonction de α ?

2.2. L'annexe 2 présente 4 cas de fonctionnement. Pour chacun de ces 4 cas, $i(t)$ évolue entre une valeur minimale I_m et une valeur maximale I_M ; la conduction est ininterrompue.

2.2.1. Tracer $u(t)$ et en déduire le signe de U_{moy} .

2.2.2. Tracer l'allure de $i(t)$ et en déduire le signe de I_{moy} .

2.2.3. Quel est le régime de fonctionnement de la machine à courant continu (moteur ou génératrice) ?

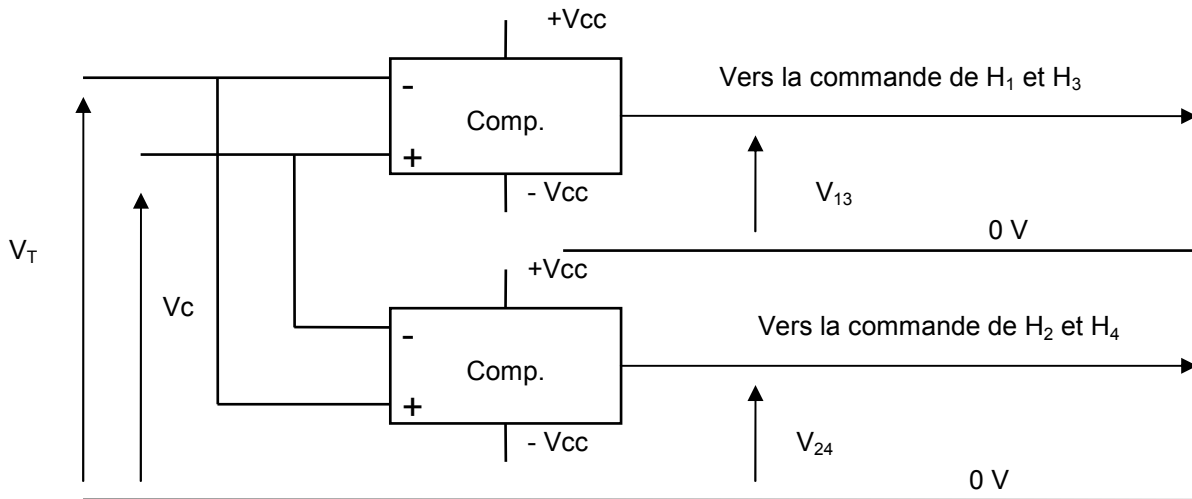
2.2.4. Compléter l'annexe 2, à rendre avec la copie, en indiquant pour chacun des cas les éléments du convertisseur en conduction.

2.3 On désire piloter le convertisseur avec une tension de commande V_c pour avoir la relation

$$U_{moy} = H V_c$$

H est une constante propre au montage.

L'ensemble ci-dessous sert à élaborer 2 signaux V_{13} et V_{24} utilisés pour la commande des interrupteurs.



Les 2 comparateurs sont alimentés entre $-V_{cc}$ et $+V_{cc}$. La tension de sortie de chacun de ces comparateurs commute entre $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.

Lorsque la tension de sortie d'un comparateur est au niveau $-V_{cc}$, les interrupteurs associés sont commandés à la fermeture; quand cette tension est au niveau $+V_{cc}$, les interrupteurs sont commandés à l'ouverture.

La tension V_T est définie en annexe 3; sa période est T , elle évolue entre $-V_{tm}$ et $+V_{tm}$.

On considère le cas où $V_c > C$

2.3.1. Représenter les signaux V_{13} et V_{24} en complétant l'annexe 3, à rendre avec la copie.

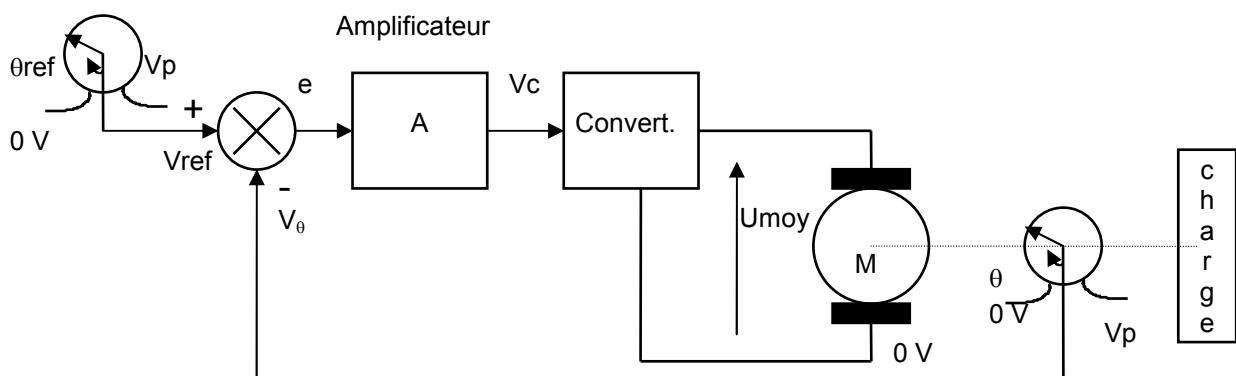
2.3.2. Calculer la date t_1 en fonction T , V_c , V_{TM} .

2.3.3. Repérer αT et l'exprimer en fonction de t_1 .

2.3.4. En déduire α en fonction de V_c et de V_{TM} ; exprimer ensuite la constante H en fonction de U_a et V_{TM} .

3 EME PARTIE : ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT DE POSITION

Potentiomètre
de consigne



- Capteurs de position : potentiomètres monotours, linéaires, alimentés par la tension $V_p = +5,0 \text{ V}$. La tension mesurée entre le curseur et la masse évolue linéairement en fonction de l'élongation angulaire θ : $V_{ref} = a \theta_{ref}$
 $0 < V_{ref} < V_p$ quand $0 < \theta_{ref} < 2\pi$
 même relation entre V_θ et θ .

- Comparateur : il délivre le signal d'erreur $e = V_{ref} - V_{\theta}$.
- L'amplificateur d'erreur fournit $V_c = A e$.
- Le convertisseur délivre une tension $U_{moy} = H V_c$ avec $H = 4$.
- Le moteur M est celui qui a été étudié dans la première partie.

3.1 Etude en régime statique

$\theta_{ref} = \text{constante}$; $\theta = \text{constante}$

3.1.1 Les angles étant mesurés en radians, exprimer V_{ref} en fonction de θ_{ref} et V_p ; faire de même pour V_{θ} en fonction de θ et V_p .

3.1.2. calculer U_{moy} en fonction du signal d'erreur e , puis en fonction de l'erreur de position

$$\varepsilon = \theta_{ref} - \theta$$

3.1.3.

3.1.3.1. La charge impose un couple résistant de frottement fluide dont le moment est proportionnel à la vitesse Ω .

$$C_R = f \Omega \text{ avec } f = 2.10^{-2} \text{ N.m.s}$$

Montrer que, dans ce régime statique, l'erreur ε est nulle. Ce résultat est-il influencé par la valeur de A ?

3.1.3.2. La charge impose un couple résistant comprenant un frottement sec : $C_R = f \Omega + C_{ro}$ avec $C_{ro} = 0,10 \text{ N.m}$

3.1.3.2.1 Calculer, dans ce régime statique, l'erreur ε en fonction de R , C_{ro} , k , H , V_p et A .

3.1.3.2.2 Quelle est la conséquence de l'existence de ce frottement sec sur l'erreur de position ?

3.1.3.2.3 Quelle valeur faudrait-il donner à A pour que cette erreur soit nulle ?

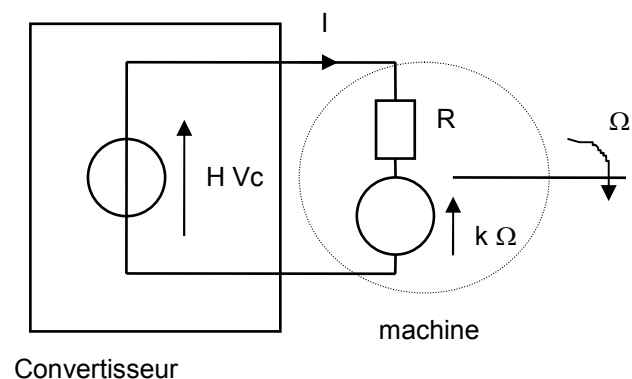
3.1.3.2.4 calculer ε pour $A = 1$ et $A = 10$

3.2. Etude en régime dynamique

Dans cette étude, la charge impose sur l'arbre uniquement un couple résistant de frottement fluide de moment $C_R = f \Omega$, avec $f = 2,0.10^{-2} \text{ N.m.s}$.

Le moment d'inertie total ramené sur l'arbre de la machine est : $J = 3,2.10^{-3} \text{ kg.m}^2$.

On adoptera le modèle ci-contre pour l'ensemble convertisseur-machine :



3.2.1. Ecrire l'équation différentielle régissant l'évolution de Ω en fonction de J , f et C_e (moment du couple électromagnétique)

3.2.2. Etablir l'expression du moment du couple électromagnétique C_e en fonction de k , H , R , Ω et V_c .

3.2.3. Montrer que la vitesse angulaire est régie par l'équation différentielle ci-dessous :

$$J \frac{d\Omega}{dt} + \left[f + \frac{k^2}{R} \right] \Omega = \frac{kH}{R} V_c$$

3.2.4. Sachant que $\Omega = \frac{d\theta}{dt}$ montrer que la position θ est régie par l'équation différentielle suivante :

$$\tau \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{d\theta}{dt} = C V_c$$

On exprimera τ et C en fonction des données du problème.

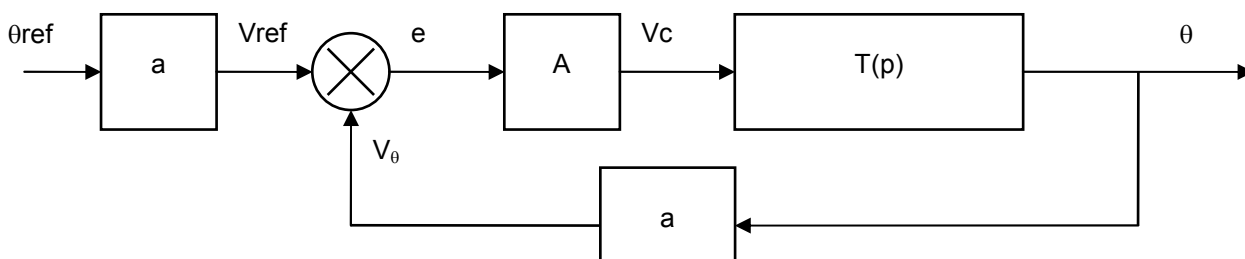
Calculer numériquement τ et C .

3.2.5. on note $\theta(p)$ et $V_c(p)$ les transformées de Laplace de $\theta(t)$ et $V_c(t)$.

En considérant les conditions initiales nulles $\theta(0) = 0$ et $V_c(0) = 0$, exprimer la fonction de transfert $T(p)$ du système :

$$T(p) = \frac{\theta(p)}{V_c(p)}$$

3.2.6. Montrer que le schéma fonctionnel du système bouclé peut se mettre sous la forme :

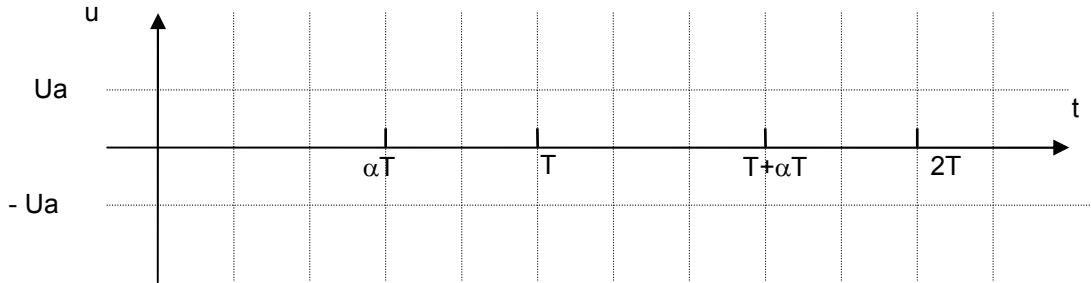


3.2.7. Etablir l'expression de la fonction de transfert $T'(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_{ref}(p)}$ du système en boucle fermée ; mettre cette expression sous la forme suivante :

$$T'(p) = \frac{1}{\frac{p^2}{\omega_0^2} + \frac{2m}{\omega_0} p + 1}$$

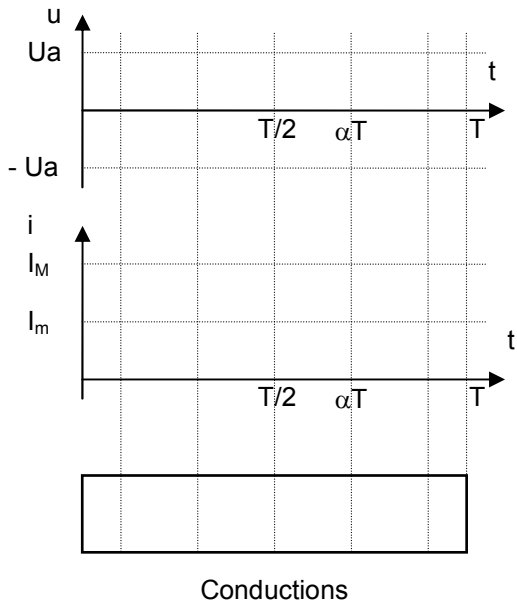
3.2.8. $A = 1$. Sans calculs, que peut-on dire de la réponse indicielle du système bouclé ?

ANNEXE 1

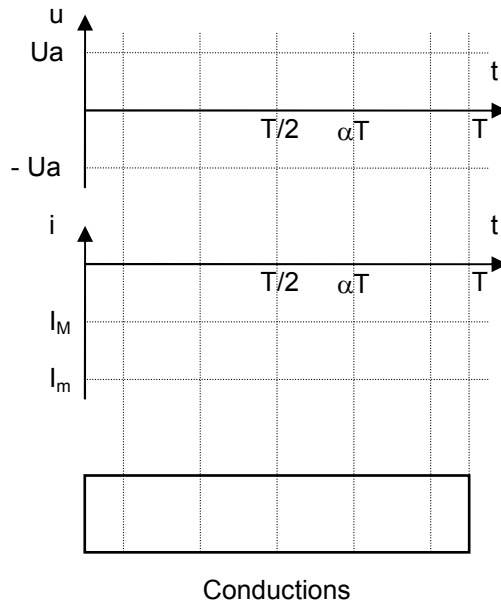


ANNEXE 2

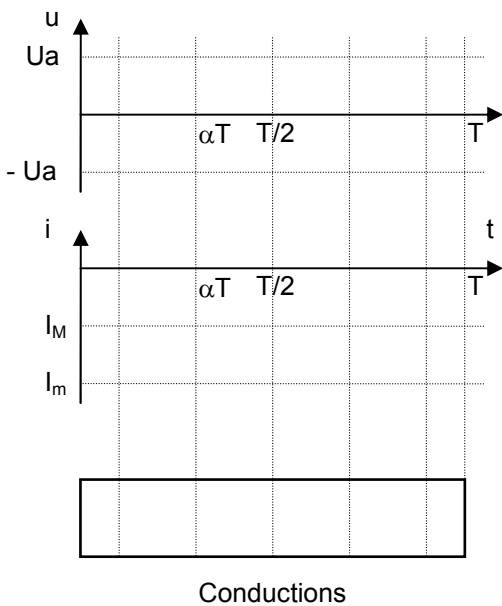
Cas n°1



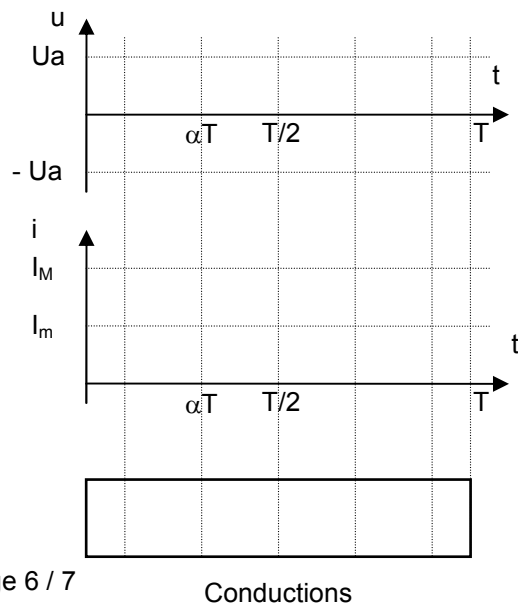
Cas n°2



Cas n°3



Cas n°4



ANNEXE 3

