Université Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la technologie
Département d'Electrotechnique **Année 2019-2020**

TP 03 : Association Hacheur / Machine à courant continu

1. Objectif du TP :

- Simulation d'un MCC
- Simulation d'un hacheur associé à un moteur à courant continu
- Régulation de vitesse d'un MCC

2. Modélisation de la machine à courant continu

La machine à courant continu peut être modélisée par le biais d'équations électrique, électromécanique et mécanique. Ces trois groupes d'équations nous permettrons de mieux appréhender la machine à courant continu dans son fonctionnement réel.

	Transformées de Laplace	
$U = E + RI + L\frac{dI}{dt}$		$U(p) = E(p) + (R + Lp) \times I(p)$
$E = K\Phi\Omega$		$E(p) = K\Phi\Omega(p)$
$C_e = K\Phi I$		$C_e(p) = K\Phi I(p)$
$C_e - C_r - f\Omega = J\frac{d\Omega}{dt}$		$C_e(p) - C_r(p) - f\Omega(p) = Jp\Omega(p)$

a. Réaliser le schéma en blocs du modèle du MCC

b. Lancer la simulation et observer les courbes de vitesse, du courant et du couple électromagnétique.

c. Faire varier le couple de charge Cr (Cr=0 à t =[0s 6s] Cr=4 Nm à t=[6s à 10s])

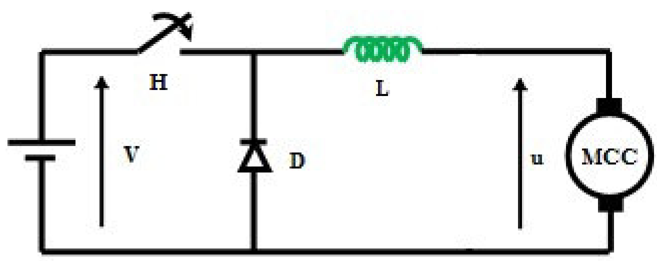
d. Interpréter les résultats.

3. Etude d'un hacheur série alimentant un moteur à courant continu.

Le but principal de cette manipulation est l'étude de la variation de vitesse d'un moteur à courant continu au moyen d'un hacheur série (schéma ci dessous). Le hacheur c'est un convertisseur statique permettant d'alimenter le moteur à courant continu sous tension continue réglable a partir d'une source de tension continue. Les interrupteurs sont commandes périodiquement de la manière suivante :

De 0 à αT l'interrupteur H est ferme et l'interrupteur D est ouvert.

De αT à T l'interrupteur H est ouvert et l'interrupteur D est ferme.



a. Représenter graphiquement sous simpower systems Simulink la machine à courant continu associée à son convertisseur de puissance (hacheur série).

b. Lancer la simulation et observer sur deux périodes les courbes de tension et de courant de sortie de l'hacheur

c. Exprimer la tension de sortie du hacheur **u** en fonction de R, L, **i** et E.

d. Que devient cette relation en considérant les valeurs moyennes ?

e. Le rapport cyclique α se règle entre 0 et 1. Compléter le tableau suivant :

α									
Ω									

Quelle est la relation entre Ω, U_e, α, R et I_{Smoy} ?

f. On désire relever la valeur moyenne du courant I_{Smoy} ainsi que sont ondulation (ΔI_S) crête a crête pour différente valeur du rapport cyclique.

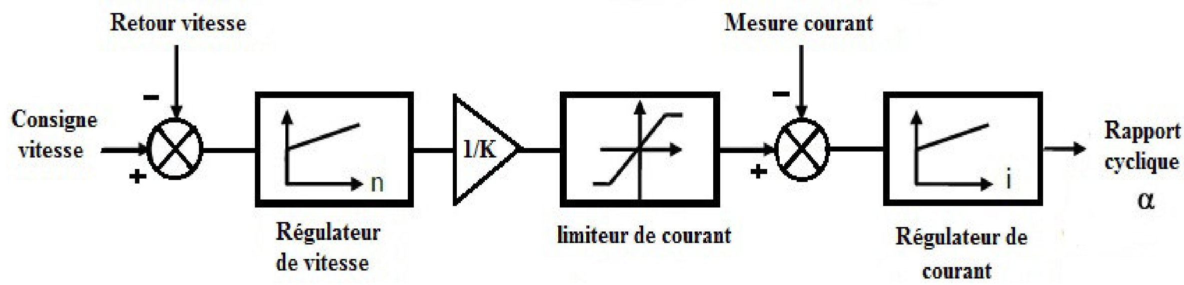
Compléter le tableau suivant :

α									
I_{Smoy}									
ΔI_S									

Comparer l'évolution de I_{Smoy} en fonction du rapport cyclique α

4. Régulation de vitesse d'un MCC

Pour faire un asservissement de vitesse, on se propose de faire un bouclage avec correction PI selon le schéma suivant :



a. Réaliser le schéma en blocs du modèle du MCC-Hacheur avec régulation

b. Observer les courbes de vitesse, du courant et du couple électromagnétique.

c. Faire varier le couple de charge Cr (Cr=0 à t =[0s 6s] Cr=4 Nm à t=[6s à 10s])

d. Interpréter les résultats

5. Donner une conclusion objective du travail.

Les paramètres du MCC-Hacheur

Moteur

$R = 0.5\Omega$ $L = 10mH$ $V = 100V$ $K = 0.5(Vs/rad)$ $J = 0.05Kgm^2$ $f = 0.01N.m.s$

Hacheur

$L = 10mH$ $f_{dec} = 1000Hz$

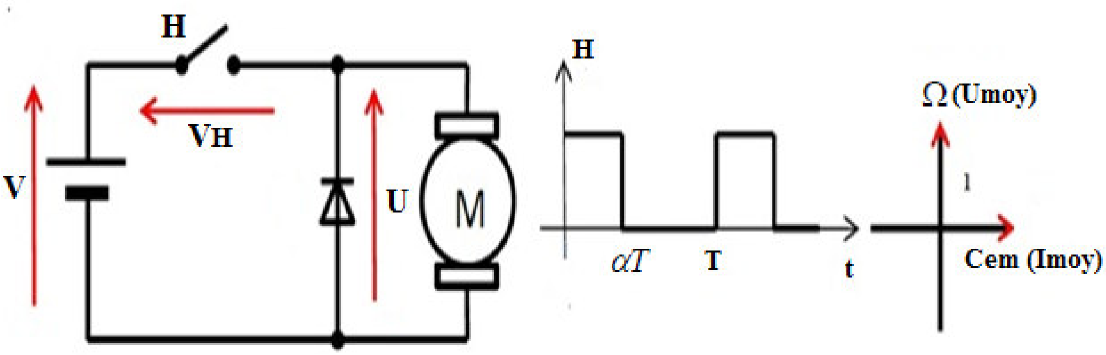
Rappel Théorique

Hacheur série

• Étude de la tension aux bornes de la charge (moteur CC en convention récepteur)

Un interrupteur (T) placé en série avec la source de tension (V) et le moteur est périodiquement commandé. Cet interrupteur (IGBT) permet de déconnecter à intervalle régulier le moteur de la source d'alimentation. La tension aux bornes du moteur est « hachée ».

La diode (D) placée en parallèle sur le moteur, protège l'interrupteur des surtensions provoquées par le circuit inductif du moteur. Elle est appelée « diode de roue libre » car elle permet au courant dans le moteur de circuler lorsque H est ouvert.

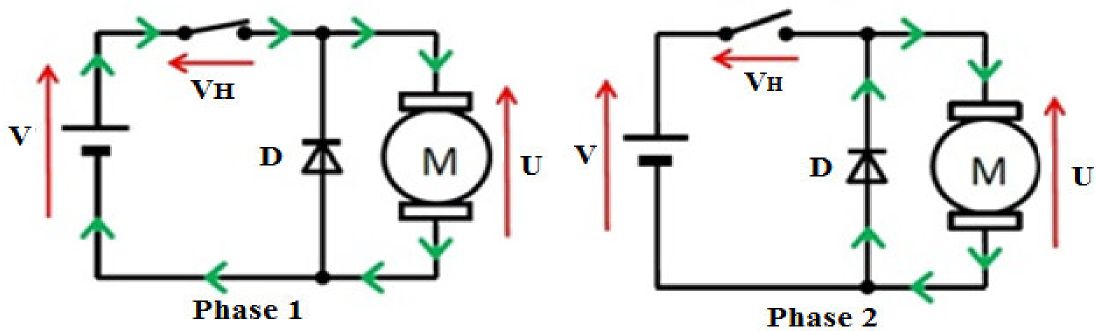


Principe de fonctionnement

Le fonctionnement du convertisseur se déduit de l'analyse du comportement de l'interrupteur H.

Phase 1 : Entre les instants $t = 0$ et $t = \alpha T$, l'interrupteur T est commandé (passant), on a alors $V_T = 0$ et $U = V$

Phase 2 : Entre les instants $t = \alpha T$ et $t = T$, l'interrupteur T est ouvert (bloqué), on a alors $i(t) = 0$ et le courant circule à travers la diode D (appelée diode de roue libre). Donc $U = 0$, tant que la diode conduit, soit tant que le courant $i_D(t)$ est non nul.



Nous allons donc étudier les signaux des courants lors de ces deux phases.

Phase 1 : $0 < t < \alpha T$

L'équation reliant le courant $i_a(t)$ aux sources de tension mises en jeu dans le système est donnée par la loi des mailles :

$$U(t) = Ri_a(t) + L\frac{di_a(t)}{dt} + E$$

Cette équation est une équation différentielle du premier ordre à coefficient constant. La solution de cette équation différentielle est :

$$i_a(t) = A \times e^{\frac{-t}{\tau}} + B$$

Pour déterminer les constantes A, B et τ, il faut écrire les conditions initiale et finale.

En effet, à $t = 0$, $i_a(t) = I_{\min}$ (régime permanent), et en $t = +\infty$, $i_a(t) = \frac{U-E}{R}$.

D'ou : $A = I_{\min} - \frac{U-E}{R}$, $B = \frac{U-E}{R}$ et $\tau = \frac{L}{R}$

Par conséquent, on obtient : $i_a(t) = \left(I_{\min} - \frac{V-E}{R}\right) \times e^{\frac{-R}{L}t} + \frac{U-E}{R}$

Phase 2 : $\alpha T < t < T$

L'équation reliant le courant $i_a(t)$ aux sources de tension mises en jeu dans le système est donnée par la loi des mailles :

$$0 = Ri_a(t) + L\frac{di_a(t)}{dt} + E$$

Cette équation est une équation différentielle du premier ordre à coefficient constant. La solution de cette équation différentielle est :

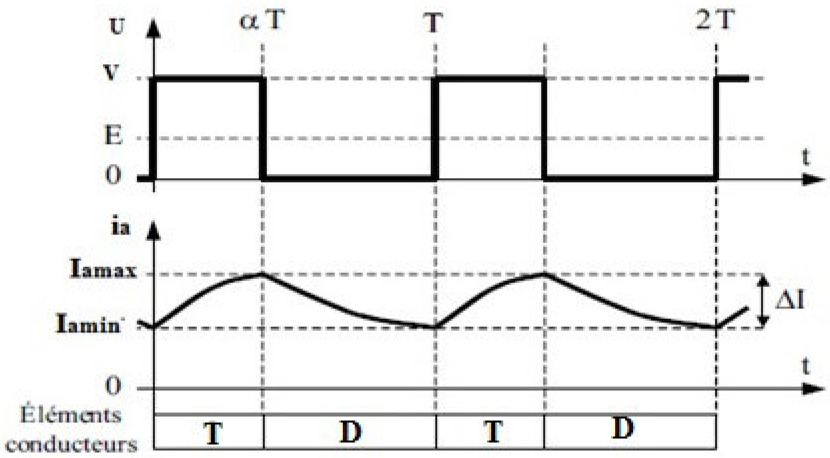
$$i_a(t) = C \times e^{\frac{-t}{\tau}} + D$$

Pour déterminer les constantes C et D, il faut écrire les conditions initiale et finale. En effet, à $t = \alpha T$, $i_a(t) = I_{\max}$, et en $t = +\infty$, $i_a(t) = \frac{-E}{R}$

D'ou : $C = I_{\max} + \frac{E}{R}$ et $D = \frac{-E}{R}$

Par conséquent, on obtient : $i_a(t) = \left(I_{\max} + \frac{E}{R}\right) \times e^{\frac{-R}{L}(t-\alpha T)} - \frac{E}{R}$

La figure ci-dessous donne les formes d'ondes de la tension et du courant dans la charge en fonction du temps.

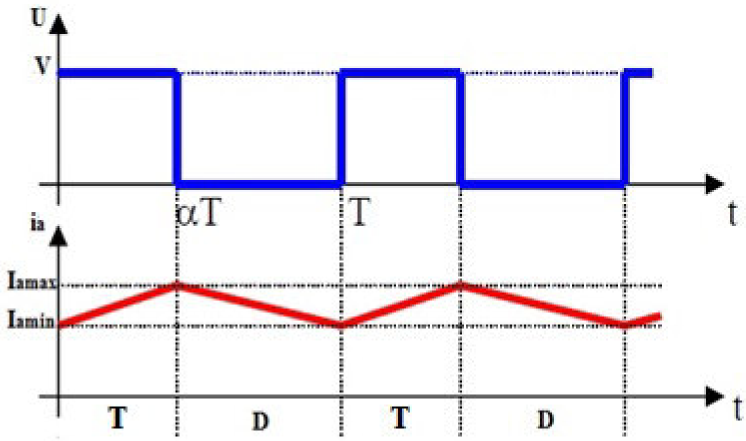


Si la fréquence de commande de l'interrupteur T est importante ($f >> (1/\tau)$). Nous travaillons donc dans la partie linéaire de l'exponentielle (On a $(t/\tau) \to 0$). En effectuant un développement limité des exponentielles au voisinage de 0 : $e^{-x} \approx 1 - x$, on peut approximer les deux solutions :

Entre $t = 0$ et $t = \alpha T$: $i_a(t) = \left(\dfrac{U - E}{L}\right) t + I_{min}$

Entre $t = \alpha T$ $t = T$ et : $i_a(t) = \dfrac{-E}{L} \alpha T + I_{max}$

La figure ci dessous donne les formes d'ondes des courants et des tensions en fonction du temps pour un hacheur série en conduction continue.



En remarquant que :

$i(\alpha T) = i(0) = I_{max}$

$i(t) = I_{min} + \left(\dfrac{U - E}{L}\right) \alpha T = I_{max}$

L'ondulation du courant dans la charge *id*(*t*) est défini par :

$\Delta I = I_{max} - I_{min} = \left(\dfrac{U - E}{L}\right) \alpha T$

La valeur moyenne de la tension de sortie U est définie par : $U_{moy} = \dfrac{1}{T} \int_0^T U(t)dt$

Soit dans notre cas : $U_{moy} = \dfrac{1}{T} \int_0^{\alpha T} U(t)dt + \dfrac{1}{T} \int_{\alpha T}^{T} U(t)dt = \dfrac{1}{T} \left([V]_0^{\alpha T} + [0]_{\alpha T}^{T} \right)$

Tous calculs effectués, on obtient : $U_{moy} = \alpha V$