

NB : Ce document est un prélude de préparation du TP 2

TP 2 ETL 622/LICENCE ELT/ U. Batna 2 / 2020

ASSOCIATION HACHEUR /MACHINE A COURANT CONTINU

I. Intérêt du TP

C'est de savoir qu'à partir d'une commande en toute faible puissance (échelle électronique des tensions faibles), on arrive à commander un moteur en vitesse et/ou en position de grande puissance, via un convertisseur de l'électronique de puissance en l'occurrence un hacheur *DC-constant* vers *DC-variable*. Ne serait-ce, de prime à bord, en boucle ouverte et voire en boucle fermée pour l'amélioration des performances statiques et dynamiques. Les applications sont aussi diversifiées du Watt au Méga Watt (Chercher sur Internet). L'électronique de puissance est donc un moyen incontournable pour commander les machines électriques car la technologie d'aujourd'hui le permet...

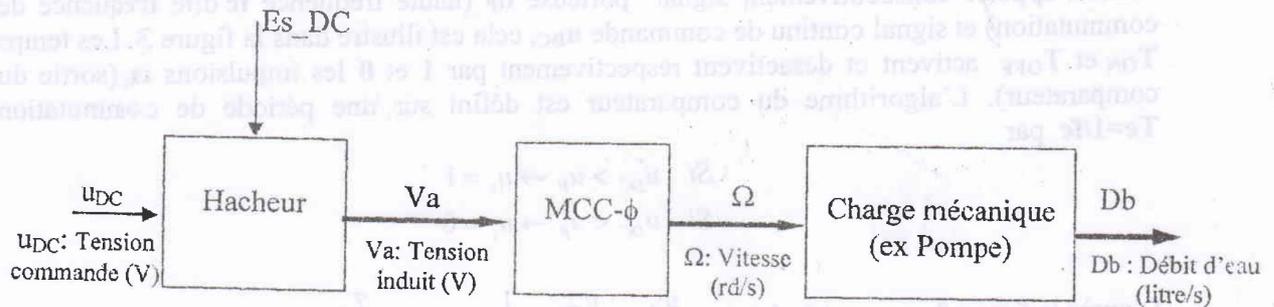


Figure 1 Synoptique d'une Commande Hacheur-MCC

II. Association hacheur MCC

On considère le schéma de montage donné ci-après constituant un hacheur série H à travers lequel est alimenté un MCC sous tension u_m dont l'induit est caractérisé à ses bornes (ballets-collecteur) par une fem E , une résistance R et une inductance L , supposée négligeable (dans ce cas). L'inductance de Lissage L (*smooth*) est ajoutée en série avec l'induit du moteur. Une diode de roue libre D est utilisée pour assurer une continuité du courant dans la MCC lors de l'ouverture du hacheur H pour éviter un risque de surtension.

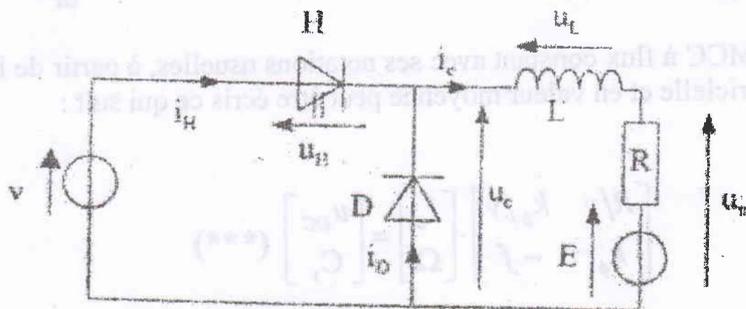


Figure 2 Schéma montage Hacheur-MCC

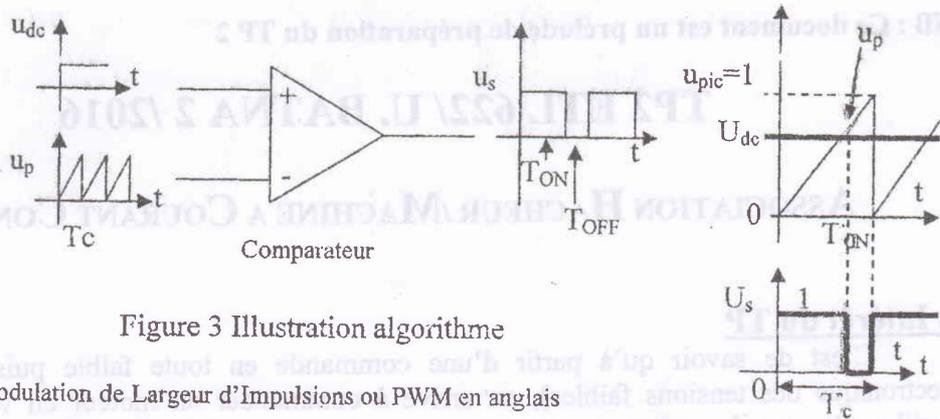


Figure 3 Illustration algorithmique

MLI : Modulation de Largeur d'Impulsions ou PWM en anglais

Le hacheur est considéré comme un simple interrupteur commandé par sa gâchette (ou sa base pour un transistor) par une série d'impulsions commandant à volonté son ouverture et sa fermeture. Ainsi la tension aux bornes de la charge $u_c = u_L + u_m$ « se voit comme une tension hachée de la tension continue v » par la commande des impulsions de gâchettes du hacheur et qui elle-même fournit électroniquement par une simple comparaison entre deux signaux de tension appelés consécutivement signal porteur u_p (haute fréquence f_c dite fréquence de commutation) et signal continu de commande u_{DC} , cela est illustré dans la figure 3. Les temps T_{ON} et T_{OFF} activent et désactivent respectivement par 1 et 0 les impulsions u_s (sortie du comparateur). L'algorithme du comparateur est défini sur une période de commutation $T_c = 1/f_c$ par

$$\text{Si } u_{DC} > u_p \rightarrow u_s = 1$$

$$\text{Si } u_{DC} < u_p \rightarrow u_s = 0$$

D'après la figure 3, on peut écrire que $\frac{u_{DC}}{T_{ON}} = \frac{u_{pic}}{T_c} = \frac{1}{T_c} \Rightarrow u_{DC} = \frac{T_{ON}}{T_c} = \alpha$ (rapport cyclique)

D'autre part, au niveau puissance, la tension moyenne vue par la charge est comme (v : tension continue constante de la source)

$$U_c = \langle u_c \rangle = \frac{1}{T_c} \int_0^{T_{ON}} v \cdot dt = \frac{T_{ON}}{T_c} v = u_{DC} \cdot v$$

Encore en valeur moyenne, on aura (E : fem)

$$\langle u_c \rangle = \langle Ri_c \rangle + \langle L \frac{di_c}{dt} \rangle + \langle E \rangle \Rightarrow U_c = R I_c + E, \text{ avec } \langle L \frac{di_c}{dt} \rangle = 0$$

Si on se fixe sur un MCC à flux constant avec ses notations usuelles, à partir de la commande u_{DC} , sous forme matricielle et en valeur moyenne peut être écrit ce qui suit :

$$\begin{bmatrix} R/v & k_\phi/v \\ k_\phi & -f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ \Omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{DC} \\ C_r \end{bmatrix} \quad (***)$$

III. Travail demandé (préparation)

(1*) Ecrire, à partir de la figure 2, les équations différentielles du hacheur montrant l'évolution du courant pour les cas T_{ON} et T_{OFF} . En déduire que les deux solutions sont données en exponentielles sans résoudre et chercher les constantes d'intégrations apparaissantes qui sont notées i_0 et i_1 respectivement pour la première et la deuxième équation différentielle.

(2*) En supposant que $T_c \ll \tau_{elec} = \frac{L_a + L}{R} \approx \frac{L}{R}$ avec une bonne approximation on pourrait supposer que $R \rightarrow 0$ (négligeable), montrer que les équations différentielles précédentes deviennent relativement simples et que les solutions pour les cas T_{ON} et T_{OFF} se résument à des équations de droite de la forme $y=ax+b$.

(3*) En appliquant le principe de la continuité du courant au point T_{ON} , montrer que la variation du courant haché est donnée par les oscillations :

$$\Delta i_c = I_{max} - I_{min} = i_c(0) - i_c(T_{ON}) = \frac{(1-\alpha) \cdot \alpha \cdot v}{T_c} \cdot \frac{v}{L}$$

et il vient alors que pour $\Delta i_c \rightarrow 0 \Rightarrow L \uparrow$ ou $T_c \downarrow$. Compromis à respecter pour une commande performante... En déduire le rapport cyclique α donnant Δi_c maximal.

(4*) On donne les données de la MCC-Hacheur utilisé.

Désignation	Symbole	Valeur	Dimension
Résistance Induit	R	1,5	Ω
Inductance Induit	L_a	0,01	H
Inductance de Lissage	L	0,19	H
Coef. Flux Nominal (excit. Nom.)	k_ϕ	1,25	Wb
Moment d'Inertie	J	0,05	Kgm^2
Coef. Frottement Visqueux	f	0,001	Nm/s
Couple Nominal	$C_r=C_{nom}$	10	Nm
Tension Continue/Source	v	250	V
Tension d'Induit Nominale	$V_a=V_{anom}$	220	V

(4-a*) En utilisant les équations précédentes (matricielle *** et autres...) déterminer le courant et la vitesse nominaux.

(4-b*) Remplir les 2 tableaux de valeurs suivant en utilisant la relation matricielle précédente.

		Cr=0								
U_{DC} (V)		-0,9	-0,75	-0,5	-0,25	0	0,25	0,5	0,75	0,9
I_c (A)										
Ω (tr/min)										

Cr=C _{rnom}									
U _{DC} (V)	-0,9	-0,75	-0,5	-0,25	0	0,25	0,5	0,75	0,9
I _c (A)									
Ω (tr/mn)									

(4-c*) Tracer les graphes de fonctions $I_c=f(u_{DC})$ et $\Omega=f(u_{DC})$. Conclusion..

(5*) Préparer l'implantation du TP en SIMULINK pour un hacheur bipolaire (voir figure 4 ci-après) faisant tourner le MCC dans les deux sens de rotation. Horizon de simulation $t_f=2$, intégration ODE45, pas max=0.0001

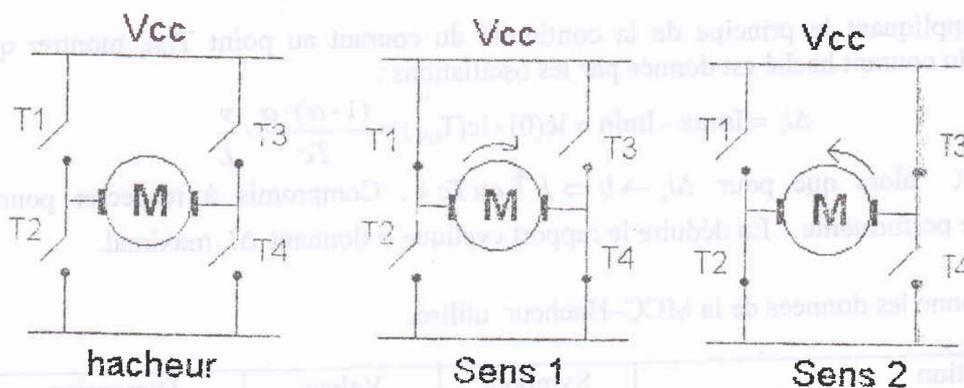


Figure 4 Pont Hacheur en H ou Hacheur bipolaire

(5-a*) Hacheur mis en *Subsystem* telque :

-Hacheur avec un Relay (Discontinuities) +1 sur ON et -1 sur Off suivi d'un ampli de gain 250

-MLI moyennant un bloc *Repeating Sequence* (Sources) de $T_c=0.001$ s ou $f_c=1$ kHz

(Time values=[0 0.001] et Output values =[-1 1])

-Le Relay est alimenté en input par un soustracteur entre u_{DC} et u_p

- u_{DC} est donné par une constante

(5-b*) MCC mis en *Subsystem* telque

-Le MCC est constitué de deux transferts (induit électrique+induit mécanique) + 2 Coefficient du flux (voir TP1)

-Pour le MCC avec lissage copier coller le *Subsystem* où L_a du transfert induit électrique devient L_a+L . Ce *subsystem* est alimenté avec le même hacheur et soumis à la même charge C_r .

- C_r est donné par une constante moyennant un *Switch*- manuel (Signal Routing) pour passer de l'essai à vide vers celui d'en charge.

(5-c*) Placer des *Scopes* pour voir la vitesse et le courant avec et sans lissage en utilisant des *Mux* (multiplexeur), et également des *Displays* (afficheurs numériques).

NB : La suite vous sera demandée le jour de la manipulation et donc il ne serait admet à faire ce TP que l'étudiant ayant préparé les questions de (1*) à (5*) !