

Commande Moteur CC

I.U.T. de Nîmes
giamarchi@iut-nimes.fr

Ce document se propose de vous expliquer l'intérêt de piloter un moteur à courant continu par un hacheur à transistor pour faire varier sa vitesse. Les moteurs utilisés en robotique sont essentiellement des moteurs à aimants permanents.

I. Introduction

Il existe essentiellement deux techniques pour faire varier la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu (CC) à aimant permanent. On peut faire varier la valeur d'une résistance placée en série avec le moteur, mais le rendement est faible et la perte d'énergie engendrée est inacceptable pour un système autonome.

Ou utiliser un hacheur à transistor, dans lequel le transistor fonctionne en commutation. Le rendement est excellent et le hacheur peut être piloté par un microcontrôleur.

II. Schéma électrique d'un moteur CC

Commençons par analyser le schéma électrique d'un moteur CC. En première approche on peut assimiler le moteur à un circuit RL. Mais dans la pratique, on préférera le circuit de droite dont la source de tension E représente l'image de la vitesse de rotation du moteur.

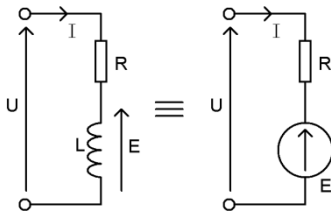


Figure 1 : schéma électrique

III. Equations d'un moteur CC

A partir du schéma, nous en déduisons l'équation électrique de mise en œuvre du moteur.

$$U = R_A \cdot I + E \quad -1-$$

Dans le cas de petits moteurs CC, la résistance interne des conducteurs et des balais est importante. Cela va avoir une grande incidence sur les caractéristiques de ces moteurs.

□ Vitesse de rotation d'un moteur

La vitesse de rotation du moteur Ω est liée à la source de tension E par la relation suivante :

$$E = k_M \cdot \Omega \quad -2-$$

K_M est la constante de vitesse du moteur.

Cette constante, K_M est exprimée en V/rad/s.

□ Couple d'un moteur

Le couple d'un moteur est proportionnel au courant consommé.

$$C = k_I \cdot (I - I_0) \quad -3-$$

K_I est la constante de couple du moteur et I_0 est le courant consommé à vide.

Cette constante, K_I est exprimée en N.m/A

Les deux constantes K_M et K_I sont égales lorsqu'elles sont exprimées en unités du SI.

□ Faire varier la vitesse de rotation

On peut exprimer la vitesse de rotation Ω à partir de ces éléments :

$$\Omega = \frac{1}{k_M} \cdot (U - R_A \cdot I) \quad -4-$$

En conséquence, pour faire varier la vitesse de rotation du moteur, on peut agir sur U ou sur I .

Le plus simple consiste à faire varier la tension aux bornes du moteur. A l'aide d'un transistor, on commute la tension afin d'obtenir une tension moyenne sur le moteur. Mais les choses ne sont pas si simples car si l'on fixe U , la vitesse de rotation dépend de la charge. Si le couple augmente, le courant aussi et donc la vitesse diminue.

Agir sur le courant revient à réaliser un contrôle de couple, technique plus complexe, mais plus performante au regard de la charge imposée au moteur.

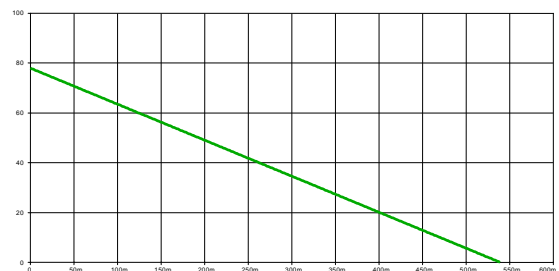


Figure 2 : caractéristique Vitesse(Couple) d'un moteur CC

La vitesse est maximale lorsque le moteur est à vide. Cette vitesse diminue linéairement au fur et à mesure que le couple augmente. Le couple maximum est atteint lorsque le moteur est bloqué ou callé, ce qui correspond à une vitesse de rotation nulle. Le courant étant proportionnel au couple suit les variations, très faible lorsque le moteur est à vide et maximum lorsqu'il est bloqué.

IV. Hacheur à transistor

Le schéma suivant correspond à un hacheur à transistor pour moteur CC. Il permet de faire varier la tension moyenne appliquée sur le moteur, donc à priori sa vitesse de rotation.

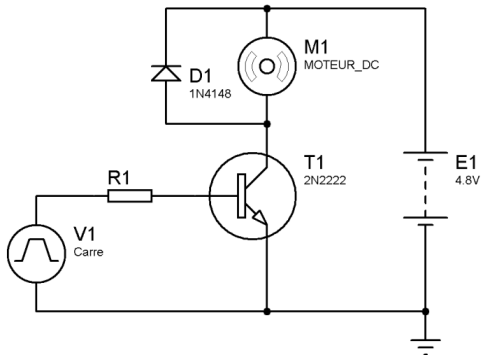


Figure 3 : Schéma d'un hacheur à transistor pour moteur CC

□ Principe d'un hacheur

Un hacheur utilise le principe de la modulation de largeur d'impulsion MLI, (appelée PWM, Pulse Width Modulation, en anglais). Cette technique permet de fournir une tension moyenne à une charge comme un moteur, sans perte de puissance.

On applique une tension maximale sur un moteur pendant un temps très court puis on coupe cette tension pendant un deuxième temps, et cela se répète indéfiniment. La fréquence de commutation étant élevée, l'interrupteur est un composant électronique de type transistor bipolaire ou MosFet.

□ Signaux appliqués au moteur

Le moteur étant équivalent à un circuit LR, sa constante de temps L/R doit être plus grande que la période du signal qui lui est appliqué. Les constantes de temps des moteurs CC sont voisines de 1 ms environ, ce qui impose des fréquences supérieures à 1kHz. L'inertie du moteur intègre les impulsions et le courant dans le moteur est quasiment constant. Pour éviter les vibrations de la carcasse du moteur aux fréquences audibles, on choisit souvent des fréquences supérieures à 20kHz.

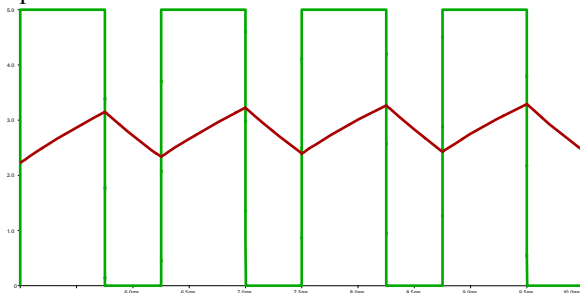


Figure 4 : Forme des signaux appliqués au moteur.

En vert, le signal de commande en MLI et en rouge le courant dans le moteur.

□ Rendement d'un hacheur

Cette technique permet de consommer très peu pendant la phase de conduction et rien du tout pendant la phase de pause. En effet, pendant la phase de conduction, la tension dans le transistor est très faible car celui-ci est complètement saturé et la puissance dissipée est donc minimale. Par ailleurs, lors de la phase de pause, le courant est nul donc la puissance dissipée est nulle.

Equation de la puissance dissipée par le transistor NPN, par effet Joule :

$$P_j = Vce_{sat} \cdot Ic + Vcc \cdot 0 = Vce_{sat} \cdot Ic \quad -5-$$

Cette puissance reste faible en regard de la puissance utile fournie par le moteur.

Références

[1] Construire un robot sumo F. Giamarchi
<http://www.velectris.com/forum/s388-equation-moteur.html>