

MCC – VARIATION DE VITESSE

1. Rappels des principes

Dans le cadre de la modélisation simple du moteur à courant continu, on a pu établir que la fréquence de rotation d'un moteur à courant continu est proportionnelle à la force électromotrice développée par l'induit. Cette force électromotrice est liée à la tension d'alimentation de l'induit, à l'intensité du courant le traversant et à sa résistance. Dans une première approximation, on peut dire que la fréquence de rotation est proportionnelle à la tension d'alimentation du moteur.

Pour faire varier la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu, il faut être capable de faire varier sa tension d'alimentation (en maintenant le circuit inducteur inchangé). Des procédés électroniques un peu plus compliqués permettent de d'agir finement sur la fréquence de rotation quelle que soit la charge du moteur c'est à dire quelle que soit l'intensité du courant traversant l'induit.

2. Différents procédés pour obtenir une tension variable

2.1. Interposition de résistors en série

Procédé inadapté car la chute de tension dépend de l'intensité traversant l'induit donc de la charge du moteur. De plus, la puissance qui n'est pas utilisée par le moteur est dissipée sous forme de chaleur, elle est perdue et nécessiterait des composants énormes afin de d'évacuer la chaleur produite par effet Joule.

Le potentiomètre peut être classé dans la même catégorie.

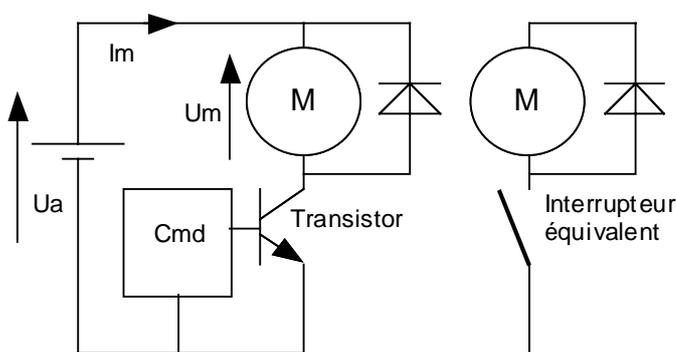
2.2. L'alimentation électronique à transistor en série

Un transistor est mis à la place du résistor précédent. L'avantage est que l'on peut assurer une régulation de la tension plus aisément. L'inconvénient est le même que ci-dessus.

2.3. Un ensemble de machines tournantes

Encore appelé groupe Ward-Leonard. Cet ensemble était utilisé pour alimenter les moteurs des ascenseurs des puits de mine. Le rendement de ce groupe était désastreux mais c'était le seul moyen d'obtenir un générateur de tension continue variable fournissant une telle puissance. Ce procédé est abandonné depuis longtemps.

2.4. Le hacheur



Là encore un transistor est placé en série avec le moteur mais cette fois il ne crée pas une chute de tension, il découpe la tension continue. Il s'ouvre et se ferme de manière précise et ainsi il alimente brièvement mais de façon répétitive le moteur.

Le hacheur peut prendre plusieurs formes, on trouve en particulier un hacheur permettant la rotation du moteur dans les deux sens (dit pont en H)

3. Comprendre les phénomènes mis en jeu par le hacheur

3.1. La trottinette

Cette analogie nous permet de comprendre les principes physiques mis en jeu dans l'association moteur + hacheur.

L'ensemble formé par l'enfant et la trottinette possède une certaine masse. Or la masse s'oppose à la modification de la vitesse, aussi bien pendant l'accélération que pendant la décélération. Toute modification de la vitesse de cette masse nécessite de faire intervenir une certaine quantité d'énergie. Il faut apporter de l'énergie pour accélérer et en enlever pour ralentir.

Une fois lancée, par l'impulsion donnée par le pied, la trottinette poursuit son mouvement. Le ralentissement est faible parce que les frottements sont faibles. L'impulsion ne provoque pas une augmentation brusque de la vitesse car la masse s'y oppose.

Globalement la trottinette (et l'enfant) se déplacent à vitesse pratiquement constante.

3.2. Le moteur et la trottinette

On trouve, dans le moteur, deux principes équivalents à la masse de la trottinette.

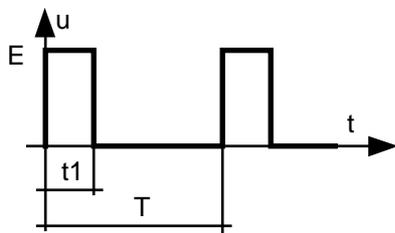
L'induit est constitué par un bobinage qui possède une résistance et une inductance. Dans ces conditions, le courant ne peut ni s'établir ni s'éteindre instantanément. **La constante de temps électrique** (association résistance inductance) quantifie l'opposition à la variation du courant.

L'induit est de la matière animée d'un mouvement de rotation, il se comporte comme un volant d'inertie qui s'oppose à toute modification de la fréquence de rotation. Le moment d'inertie caractérise le volant d'inertie équivalent. On appelle **constante de temps mécanique** le nombre qui quantifie l'association du moment d'inertie et du coefficient de frottement (sur les paliers)

3.3. L'équivalent du coup de pied

Le moteur est alimenté par des impulsions de tension. Si la fréquence de ces impulsions est suffisante, les constantes de temps électrique et mécanique font que la fréquence de rotation est constante.

4. Une tension continue formée d'impulsions ?



La tension d'alimentation est découpée par le hacheur. Le moteur voit une tension ayant la forme ci-contre.

Pendant t_1 , le transistor est fermé, la période du signal est T

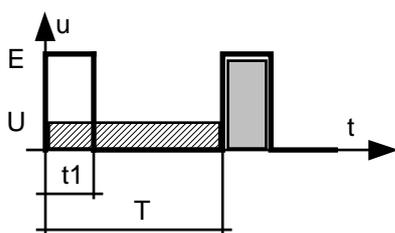
On peut se poser les questions suivantes :

- Comment le moteur accepte-t-il ces impulsions alors qu'il est prévu pour fonctionner sous tension continue ?
- En quoi le découpage de la tension produit-il une variation de vitesse ?

4.1. Analyse qualitative

Imaginons le moteur alimenté par une telle tension. Pendant t_1 , il est soumis à une tension, la fréquence de rotation augmente ainsi que le courant traversant l'induit. Pendant le reste de la période, la vitesse et le courant diminuent. Or les constantes de temps tendent à limiter les variations (de courant et de fréquence de rotation). Il suffit d'adopter une période T suffisamment faible pour que les variations soient négligeables autour d'une valeur moyenne constante.

4.2. Analyse quantitative



La fréquence de rotation se fixe autour d'une valeur moyenne. Calculons la valeur moyenne de la tension découpée par le hacheur.

Les deux rectangles marqués ont des surfaces égales. U est la valeur moyenne de la tension découpée.

$$E \times t_1 = U \times T$$

le quotient $\frac{t_1}{T}$ porte le nom de **rapport cyclique**

La tension d'alimentation amont (E) étant constante, la valeur moyenne de la tension d'alimentation du moteur dépend du rapport cyclique.

La période T doit être suffisamment faible pour s'adapter aux caractéristiques du moteur.

4.3. Les avantages du hacheur

Le rendement théorique du hacheur est unitaire c'est à dire que ce dernier ne consomme aucune énergie contrairement aux principes précédents.

Les composants électroniques permettent de réaliser des hacheurs de toutes puissances, les dispositifs de commande peuvent faire partie d'une chaîne d'information sophistiquée qui permet la régulation de vitesse c'est à dire que la vitesse est maintenue constante si nécessaire.