

PARTIE II. Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu

II.1 Introduction

II.2 Méthodes de réglage de la vitesse

II.2.1 Réglage rhéostatique

II.2.2 Réglage par le flux

II.2.3 Réglage par la tension d'induit

II.3 Variateurs de vitesse pour moteurs à courant continu

II.3.1 Variateurs à redresseurs

II.3.1.1 Montages non réversibles

A) Montages alimentés en monophasé

B) Montages alimentés en triphasé

II.3.1.2 Montages réversibles

A) Montage à inversion du courant inducteur

B) Montage à inversion du courant induit

C) Montage réversible tête-bêche

II.3.2 Variateurs à hacheurs

II.3.2.1 Hacheur série

II.3.2.2 Hacheur réversible en courant

II.3.2.3 Hacheur en pont

PARTIE II. Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu

II.1 Introduction

Le réglage de vitesse d'un moteur à courant continu ne dépend pas du déplacement de la caractéristique C_m , mais aussi de la caractéristique C_r .

II.2 Méthodes de réglage de la vitesse d'un MCC (excitation shunt ou séparée) :

La relation de la vitesse d'un moteur à courant continu (à excitation shunt ou séparée) est donnée

$$\text{par : } \Omega = \frac{U_a - R_a I_a}{K \Phi_e}$$

En explorant cette relation, il apparait clairement trois possibilités pour le réglage de la vitesse

- Action sur R_a (réglage rhéostatique) ;
- Action sur Φ_e (réglage par le flux) ;
- Action sur U_a (réglage par la tension).

II.2.1 Réglage rhéostatique

La tension et le flux étant fixés à leur valeur nominale, on peut varier la vitesse en variant la résistance de l'induit à l'aide d'un rhéostat (R_h) branché en série avec l'induit. C'est une vieille technique qui est utilisée uniquement pour le démarrage du moteur. Le courant est alors limité entre deux bornes : $I_{amin} < I_a < I_{amax}$

On cherche à limiter le courant de démarrage à I_{amax}

$$I_{adem} = I_{amax} = \frac{U_a}{R_a + R_h}$$

Le couple de démarrage est alors :

$$C_{dem} = K I_{adem} = K \frac{U_a}{R_a + R_h}$$

A flux inducteur constant, le couple de démarrage est alors limité par la résistance R_h la vitesse augmente alors suivant l'équation :

$$J \frac{d\Omega}{dt} + \frac{1}{T_m} \Omega = \frac{1}{T_m} \frac{U_a}{K} - \frac{C_r}{J} \Rightarrow \Omega(t) = \Omega_f (1 - e^{-\frac{t}{T_m}})$$

Si on garde la résistance R_h fixe, le courant diminue à cause de l'apparition de la f.c.e.m due à la rotation de la machine. Pour accélérer l'entraînement, on diminue alors la résistance R_h afin d'augmenter le courant I_a ainsi que le couple moteur. En pratique on utilise un certain nombre de résistances montées en séries à travers des plots.

$$q = \frac{I_{amin}}{I_{amax}}, R_1 = \frac{U_a}{I_{amax}}, R_i = q^{(i-1)} R_1, R_n = R_a$$

$$R_{h1} = R_1 - R_2, R_{hi} = R_i - R_{i+1}, R_{hn-1} = R_{n-1} - R_a$$

Ce réglage est mauvais à la fois sur le plan technique et sur le plan économique. Techniquement un bon réglage doit entraîner un déplacement des caractéristiques parallèlement à la caractéristique d'origine. De plus, ce réglage est mauvais du point de vue économique car la consommation d'énergie dans le rhéostat est d'autant plus importante que la chute de vitesse réclamée est plus élevée. C'est ainsi qu'à la demi-vitesse, on consomme autant d'énergie dans le rhéostat que dans le moteur.

II.2.2 Réglage par le flux

Il est important de noter, qu'en vertu de la relation du couple $C = K\phi_e I_a$, on a toujours intérêt à appliquer le flux maximal lors du démarrage pour permettre au moteur de porter à la vitesse nominale toutes les masses qui sont initialement au repos.

Par ailleurs, du fait de la saturation du fer de la machine, cette valeur du flux ne peut pas être augmentée davantage (aussi pour des raisons de surintensité au niveau de bobinage de l'inducteur).

Il en résulte donc et conformément à la relation $\Omega = \frac{U_a - R_a I_a}{K\phi_e}$ donnant la vitesse du moteur ;

que le réglage est obtenu par augmentation de la vitesse par rapport à la vitesse nominale en réduisant la valeur du flux (courant d'excitation). Cela se réalise par l'introduction d'un rhéostat de champ dans le circuit d'excitation.

Il est bon du point de vue économique car la puissance dissipée dans l'inducteur étant très faible par rapport à la puissance absorbée ; le rendement du moteur ne sera pas modifié. Toutefois, il y'a lieu de faire les remarques suivantes :

- Avec ce procédé, on ne peut qu'augmenter la vitesse du moteur par rapport à sa vitesse nominale.
- Si le couple résistant est constant ; $C = K\phi_e I_a = cst$, l'intensité augmentera quand on diminuera le flux et le moteur risquera de chauffer. Dans ces conditions, on doit dimensionner le moteur en conséquence. Il est à noter que cet inconvénient n'a pas lieu si l'entraînement est à puissance constante car en vertu de la relation $P_a = U_a I_a = cst$, comme la tension U est constante, l'intensité I_a demeurera constante.

II.2.3 Réglage par la tension d'induit

Si on néglige la résistance d'induit, on obtient à flux inducteur constant (nominal) :

$$\Omega = \frac{U_a}{K\phi_e}$$

- Pour des raisons de surtension au niveau des bobinages de l'induit, la tension ne peut dépasser sa valeur nominale.
- Ce réglage nécessite le plus souvent un convertisseur statique.
- La vitesse ne peut pas dépasser sa valeur nominale
- Le flux reste constant à sa valeur nominale.

II.3 Variateurs de vitesse pour moteurs à courant continu

A l'époque où les seuls semi-conducteurs de puissance disponibles étaient les diodes et les thyristors, l'association d'un montage redresseur commandé ou semi-commandé et d'une machine à courant continu constituait la solution type dans le domaine de la variation de vitesse.

A l'heure actuelle, les IGBT et les GTO permettent de réaliser des onduleurs à commande MLI fiables, compacts d'un coût raisonnable. Aussi, dans pratiquement tous les domaines d'application, les variateurs de vitesse avec moteur à courant alternatif remplacent les variateurs à moteur à courant continu. En raison de son système collecteur-balais, le moteur à courant

continu est plus fragile que les moteurs à courant alternatif, il nécessite plus d'entretien et est mal adapté aux conditions d'ambiance hostile.

Dans les équipements récents, on limite le plus souvent l'emploi des variateurs à courant continu à des applications de faible puissance et performances dynamiques élevées.

II.3.1 Variateurs à redresseurs

II.3.1.1 Montages non réversibles

A) Montages alimentés en monophasé

B) Montages alimentés en triphasé

II.3.1.2 Montages réversibles

A) Montage à inversion du courant inducteur

B) Montage à inversion du courant induit

C) Montage réversible tête-bêche

II.3.2 Variateurs à hacheurs

II.3.2.1 Hacheur série

II.3.2.2 Hacheur réversible en courant

II.3.2.3 Hacheur en pont