

MACHINE A COURANT CONTINU

GENERALITES

C'est un convertisseur permettant de convertir l'énergie électrique (courant continu) en rotation mécanique. C'est le moteur le plus simple à mettre en œuvre. Il trouve son utilisation, entre autres dans :

- L'électronique de faible signaux (radio, vidéo, entraînement en rotation de la parabole, etc.);
- La traction électrique.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Force contre électromotrice induite

Si le flux est constant cette f_{cem} peut s'écrire : $E_{(V)} = k \cdot n_{(tr/s)}$

n : vitesse de rotation du rotor en tr/s.

k : coefficient qui dépend de la structure de la machine

Couple électromagnétique

La puissance électromagnétique totale est le produit de la f_{cem} par le courant induit I

$$P_{(W)} = E_{(V)} \cdot I_{(A)}$$

Or on sait que la relation qui lit le couple à la puissance est : $C = P / \Omega$, par conséquent

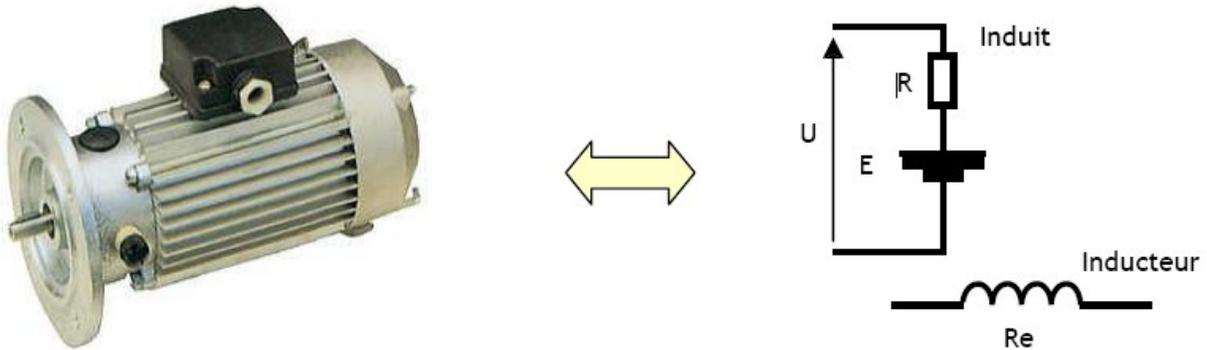
$$C_{em(N.m)} \equiv C_e = P_{e(W)} / \Omega_{(rd/s)}$$

(avec Ω la vitesse de rotation en rd/s, et P_e la puissance électrique ou électromagnétique).

Et puisque $\Omega = 2\pi \cdot n$ (où n est la fréquence ou vitesse de rotation en tr/s).

Donc : $C_e = E \cdot I / \Omega = E I / 2\pi \cdot n = k \cdot n \cdot I / 2\pi \cdot n \rightarrow C_{e(N.m)} = (k/2\pi) \cdot I_{(A)}$ (pour un flux constant)

MODELE ELECTRIQUE SIMPLE DU MOTEUR A COURANT CONTINU



On peut écrire la loi d'ohm électrique (on suppose que l'inducteur est à aimant permanent ou alimenté par une tension continu constante, ce qui revient à supposer que le flux est constant).

$$U = E + R \cdot I \quad E = k \cdot n$$

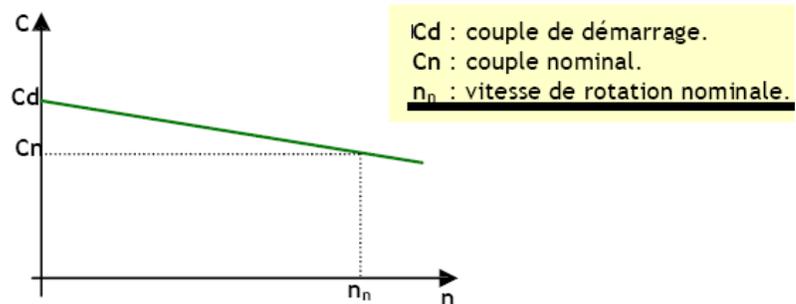
$$C = (k/2\pi) \cdot I = k' \cdot I$$

Si on suppose que le moteur est alimenté avec une tension constante U. On peut tracer la caractéristique mécanique $C=f(n)$ du moteur :

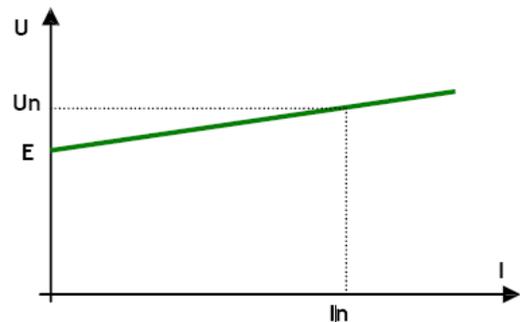
$$C = k' \cdot I = k' \cdot (U - E)/R$$

$$C = k' \cdot (U/R - k \cdot n/R)$$

Cette caractéristique est représentée par la courbe ci-contre :



On peut aussi tracer la caractéristique électrique $U = f(I)$ à la vitesse nominale : $U = E + R \cdot I$



DEMARRAGE DU MOTEUR A COURANT CONTINU

Courant de démarrage

Au démarrage la vitesse est nulle donc $n = 0$. Donc $E = 0$. On peut alors écrire :

$$U = R \cdot I_D \quad (I_D : \text{courant au démarrage, } R : \text{résistance du rotor ou induit}).$$

Pour les grosses machines R est faible (de l'ordre de quelques dixièmes d'Ohms) et pour les petits moteurs cette résistance est relativement grande. Ce qui impose de prévoir un circuit permettant de minimiser ce courant lors de démarrage des grosses machines.

BILAN DES PUISSANCES

L'ensemble des pertes

Dans un moteur à courant continu on peut distinguer les pertes suivantes :

- **Pertes mécaniques** : dues aux frottements et à la résistance aérodynamique du ventilateur.
- **Pertes magnétiques** : dues aux pertes dans le circuit magnétique (pertes par hystérésis, pertes par courant de Foucault).
- **Pertes Joules** : pertes par effet Joule dans les résistances de l'induit et de l'inducteur

$$P_j = R_{ind} \cdot I_{ind}^2 + R_{induc} \cdot I_{induc}^2 = R \cdot I^2 + R_e \cdot I_e^2 \cong R \cdot I^2$$

La somme des pertes mécanique et des pertes magnétiques s'appelle pertes constantes (Pc).

Le rendement

On appelle le rendement le rapport entre la puissance absorbée et la puissance utile.

- **La puissance absorbée** : C'est la puissance électrique absorbée du réseau par le moteur.

$$P_a = U \cdot I \quad (U \text{ en monophasé et } U/\sqrt{3} \text{ en triphasé})$$

Remarque : Sur la machine asynchrone (donc en triphasé) cela correspond à la puissance apparente (somme des puissance active et réactive) et qui va servir au calibrage. Si on veut la puissance mécanique ou active fournie par le réseau on multiplie par $\cos\phi$ (qui vaut 1 en continu : pas de déphasage entre courant et tension, donc $\sin\phi = 0$ donc pas de puissance réactive).

- **La puissance utile** : C'est la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur.

$$P_u = P_a - \text{Somme(pertes)}$$

$$P_u = P_a - (P_c + P_j)$$

- **Le rendement** s'écrit : $\eta = P_u / P_a$

EXERCICE

Enoncé

Les caractéristiques d'une MCC à excitation séparée accouplée à une charge mécanique sont les suivantes :

Flux constant $k = 4.8$; résistance d'induit $R = 0.5$; couple de pertes collectives $T_p = 1$ mN (constant quelle que soit la vitesse) ; la charge mécanique accouplée oppose un couple résistant T_r de 10 mN à 157.08 rad/s.

1. Calculer le courant de démarrage (sans circuit de démarrage) de la machine si la tension $U=120$ v.
2. Calculer la FCEM « E » pour la vitesse 157.08 rad/s.
3. Calculer les pertes joules de la machine. En déduire le rendement.

Corrigé succinct

$$1. I_D = U/R = 120 / 0.5 = \mathbf{240 \text{ A.}}$$

$$2. E = (k/2\pi) \cdot \Omega = (4.8 / 2 \pi) \cdot 157.08 = 0.764 \times 157.08 = \mathbf{120 \text{ V.}}$$

3. Il faut tout d'abord calculer le courant d'induit :

$$\bullet P_{em} = \Omega \cdot C_{em} = E \cdot I \rightarrow I = \Omega \cdot C_{em} / E = \Omega \cdot C_{em} / k \cdot n = \Omega \cdot C_{em} / k \cdot \Omega / 2 \pi = 2\pi \cdot C / k = (2 \pi / 4.8) \cdot C = 1,3 C$$

En régime permanent (à vitesse nominale constante) le couple moteur C_m est égal au couple résistant C_r (et la puissance mécanique utile: $P_u = C_m \cdot \Omega$ est égale à la puissance requise par la charge: $P_r = C_r \cdot \Omega$).

Par conséquent $C_m (\equiv C) = C_r = 10 \text{ N.m} \rightarrow I = 1.3 \cdot 10 = \mathbf{13 \text{ A.}}$

$$\bullet \text{ Donc } P_j = R \cdot I^2 = \mathbf{84.5 \text{ W.}}$$

- Pour calculer le rendement on doit d'abord calculer la puissance apparente absorbée :

$$P_a = U \cdot I = \mathbf{1560 \text{ W}} \quad (\text{en triphasé la puissance apparente s'exprime en VA et l'active en watt}).$$

- Calcul des pertes constantes :

$$P_c = T_p \cdot \Omega = 1 \text{ Nm} \times 157.08_{\text{rad/s}} = \mathbf{157.08 \text{ W.}}$$

- Donc le rendement vaut $\eta = P_u / P_a = (P_a - P_c - P_j) / P_a = 0.845 = \mathbf{84,5 \%}$