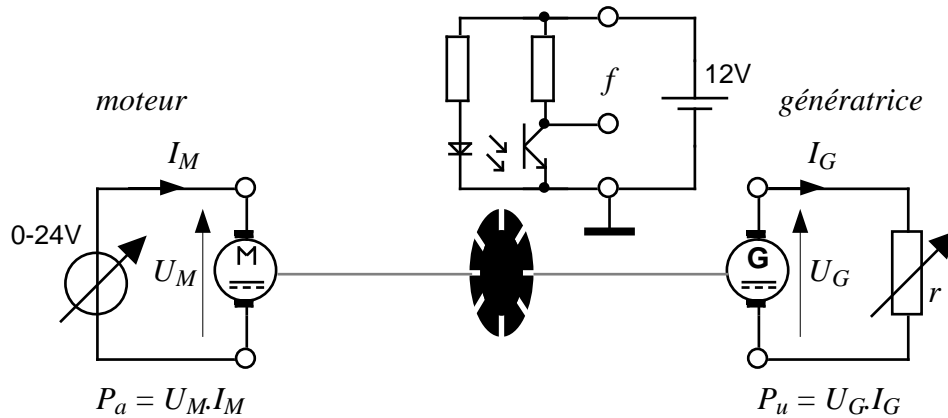


## C32 - Machine à Courant Continu

But : étudier les performances d'un moteur CC à aimant permanent à l'aide de différentes méthodes de mesure. Dans toute la manipulation, on utilisera un tableur et un grapheur.



On dispose d'un groupe de deux machines CC identiques, l'une fonctionnant en moteur (machine M) et l'autre en génératrice (G). **Noter le  $n^\circ$  des machines**

On mesure la vitesse du groupe à l'aide d'une roue percée de huit fentes équidistantes fixées sur l'arbre du groupe, passant dans un détecteur optique DEL + phototransistor. Ce détecteur (alimenté sous 12V) produit au passage de chaque fente une courte impulsion d'amplitude 12V. De la fréquence de ces impulsions (mesurée au fréquencemètre), on déduit la vitesse de rotation  $\Omega$  rad/s.

0a) Indiquer les relations qui lient la fréquence  $f$  mesurée en Hz et la vitesse exprimée en rad/s ( $\Omega$ ) puis en tr/mn ( $N$ ).

### 1- Mesures des caractéristiques des machines CC par des méthodes graphiques

#### 1.1. Essais à vide à $U$ variable : mesure des constantes de couple

1) On appelle  $C_F$  le couple de frottements de l'ensemble du groupe.

Les valeurs de  $U_M$  et  $I_M$  sont lues directement sur les afficheurs de l'alimentation.

Faire varier  $U_M$  de 0 à 24V, génératrice à vide. Faire un tableau de mesures de :  $U_M$ ,  $I_M$ ,  $\Omega$  et  $U_G$ .

Tracer les courbes :

$U_G = f(\Omega)$  En déduire :  $K_G$ . Dans la suite du TP, on suppose que :  $K_M \approx K_G$

$\Omega = f(U_M)$ . En déduire  $U_0$ , tension de seuil de démarrage du groupe ;

NB : peut-on mesurer directement  $U_0$  avec une précision satisfaisante ?

Relever  $\Omega_0$ , vitesse à vide du groupe pour  $U_M = 24V$ .

$C = K_M \cdot I_M = f(\Omega)$  Que représente cette courbe ? En déduire une mesure de  $C_F$  pour  $U_M = 24V$ .

#### 1.2. Essai en charge à $U$ constant : caractéristique statique, courbes de puissances, rendement ...

a) Soit  $P_F$  l'ensemble des pertes dûes aux frottements. Dessiner le diagramme du bilan des puissances du groupe. Montrer que :  $P_F = P_a - R_M \cdot I_M^2 - R_G \cdot I_G^2 - U_G \cdot I_G$

b) Soit  $U_M = 24V$ . Pour  $r$  variant de 0 à  $r_{\max}$  (par action sur le rhéostat), faire un tableau de mesures de :  $I_M$ ,  $\Omega$ ,  $U_G$ ,  $I_G$ .

c) Exprimer  $R_M$  en fonction de  $U_M$ ,  $I_M$ ,  $K_M$  et  $\Omega$ . A la suite du tableau de mesures, remplir une colonne des valeurs de  $R_M$  calculées en chaque point de mesure. En déduire la valeur moyenne de  $R_M$  (on adoptera  $R_G \approx R_M$ ). NB : peut-on mesurer directement à l'ohmmètre  $R_M$  avec une précision

satisfaisante ?

d) Compléter le tableau précédent en calculant en chaque point, dans cet ordre : la puissance absorbée par le moteur  $P_a = U_M \cdot I_M$  ; la puissance de pertes  $P_F$  ; le couple moteur  $C_M = K_M \cdot I$  , le couple de frottements du groupe  $C_F = P_F / \Omega$  ; la puissance disponible sur l'arbre du moteur (machine M)  $P_{em} = P_a - R_M \cdot I_M^2$  ; le rendement théorique du moteur  $\eta = P_{em} / P_a$ .

e) Tracer sur un même graphique les courbes  $P_a(\Omega)$ ,  $P_F(\Omega)$  et  $P_{em}(\Omega)$ . Tracer également  $C_M(\Omega)$  et  $C_F(\Omega)$  d'une part,  $\eta(\Omega)$  d'autre part.

f) Que représente la courbe  $C_M(\Omega)$  ? Afficher une courbe de tendance (type linéaire) sur le graphe EXCEL avec son équation, pour en déduire le couple de démarrage  $C_d$ , le courant de démarrage  $I_d$  et la vitesse maximale  $\Omega_{\max}$  théoriques du moteur. Ces mesures sont-elles directement comparables aux données constructeur ?

Mesurer : la puissance utile maximale  $P_{em\max}$  (préciser la vitesse en ce point, en tours/mn) ; le rendement maximal  $\eta_{\max}$  (préciser la vitesse en ce point, en tours/mn)

Préciser les valeurs nominales (c'est-à-dire à 2000 tr/mn par définition) de  $I_M$ ,  $C_M$ ,  $P_a$ ,  $P_{em}$ ,  $\eta$ .

g) Compléter le tableau page 3, colonne *Mesures*.

h) Des deux hypothèses suivantes, laquelle est la plus vraisemblable ? :

- le couple  $C_F$  est constant (c'est-à-dire indépendant de  $\Omega$ )
- la puissance de pertes  $P_F$  est constante.

Justifier la réponse par le calcul des variations relatives, resp.  $\frac{\Delta C_F}{\langle C_F \rangle}$  et  $\frac{\Delta P_F}{\langle P_F \rangle}$ , puis par son

interprétation physique : quelle est la nature des frottements (secs, visqueux, ...) présents dans ce système ?

## 2. Procédure de mesure de quelques caractéristiques du moteur CC par calcul

Pour déterminer les caractéristiques et les performances du moteur (machine M), on choisit deux points de fonctionnement différents, par exemple le point où la machine G fonctionne en génératrice à vide (*indice 0*) et le point correspondant au fonctionnement à vitesse nominale (*indice n*), soit 2000 tr/mn.

La procédure consiste à ne retenir pour ces deux points que les grandeurs  $I_M$  et  $\Omega$  (mesurées dans le § 1), sans tenir compte des grandeurs côté charge.

a) Sachant que :  $U_M = K_M \cdot \Omega + R_M \cdot I_M$ , montrer que :  $R_M = \frac{U(\Omega_0 - \Omega_n)}{I_n \Omega_0 - I_0 \Omega_n}$  ;  $K_M = \frac{U(I_n - I_0)}{I_n \Omega_0 - I_0 \Omega_n}$ .

A.N.

b) Etablir l'équation de la caractéristique mécanique  $C_m = f(\Omega)$  du moteur. En déduire les expressions des valeurs maximales du couple moteur (couple de démarrage  $C_d$  théorique), du courant moteur (courant de démarrage  $I_d$  théorique) et de la vitesse (vitesse à vide  $\Omega_{\max}$  théorique). A.N.

c) Sachant que  $P_a = U_M \cdot I_M$  et  $P_{em} = E_M \cdot I_M$ , montrer que, si on néglige les frottements :

$$P_a = -\frac{K_M U_M}{R_M} \Omega + \frac{U_M^2}{R_M} ; P_u = -\frac{K_M^2}{R_M} \Omega^2 + \frac{K_M U_M}{R_M} \Omega$$

d) En dérivant cette dernière expression par rapport à  $\Omega$ , établir l'expression littérale de la puissance utile maximale et de la vitesse en ce point. A.N.

e) Compléter le tableau page 3, colonne *Calculs*.

### 3. Comportement dynamique, génératrice à vide

a) Soit  $J$  le moment d'inertie du groupe.

On pose :  $U'_M = U_M - U_0$  où  $U_0$  est la tension de seuil de démarrage du groupe.

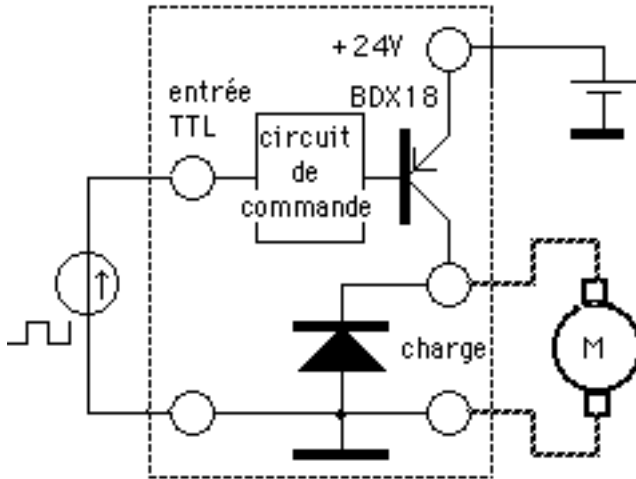
Établir l'expression de la fonction de transfert du groupe  $T(p) = \frac{\Omega}{U'_M}$  en fonction de  $K_M$ ,  $R_M$ , et  $J$

lorsque la génératrice est à vide.

En déduire l'expression de la constante de temps mécanique  $\tau$  du groupe.

b) Commander le hacheur qui alimente le moteur (schéma ci-contre, cf TP C23) par un générateur basse fréquence du laboratoire (sortie *pulse* ou *TTL*, fréquence  $\approx 1$  à 2 Hz). Observer la tension  $U_G$  avec l'oscilloscope numérique. Mesurer  $\tau$ .

c) En déduire  $J$ , puis  $J_M$  (moment d'inertie du moteur) en supposant les 2 machines identiques et en tenant compte de l'inertie du disque, que l'on estimera.



### 4. Conclusion générale

Reporter les caractéristiques du moteurs fournies par le constructeur dans le tableau II, ainsi que les résultats des mesures obtenues par des méthodes graphiques (§1) et ceux obtenus par calcul (§2). Evaluer la pertinence de ces procédures. Quelles améliorations pourrait-on apporter ?

**Tableau récapitulatif**

			Données construc.	Mesures (§ 1 & 3)	Calculs (§ 2)
<b>Tension nominale</b>	V	U	24	24	24
<b>Caractéristiques à vide</b>					
Vitesse de rotation	tr/mn	No			
Puissance absorbée	W	Pao			
Courant absorbé	A	Io			
<b>Caractéristiques nominales</b>					
Vitesse de rotation	tr/mn	Nn	2000	2000	2000
Couple	mNm	Cn			
Puissance utile	W	Pun			
Puissance absorbée	W	Pan			
Courant absorbé	A	In			
Rendement	%	$\eta$			
<b>Caractéristiques générales</b>					
Puissance utile maximum	W	Pumax			
Couple de démarrage	mNm	Cd			
Courant de démarrage	A	Id			
Résistance	$\Omega$	R			
Constante de couple	Nm/A	K			
Constante de temps mécanique	s	$\tau$			
Inertie	g.cm <sup>2</sup>	J			