

MP35 : Moteurs

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

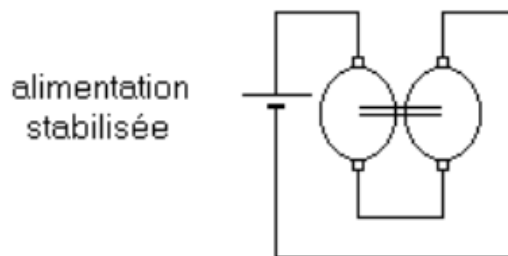
1 Moteur à courant continu [1], [2]

Matériel

- La MCC
- Deux Wattmètres
- 3 multimètres
- Une alim pouvant aller jusqu'à 10 A
- Une diode
- Un rhéostat

1.1 Détermination des résistances des induits (préparation) [1] p.54

Mise en place



- Relier par un fil les deux poles de la MCC
- Mesurer la tension et l'intensité dans chaque induit pour différents courants d'alimentation avec les multimètres

Exploitation

- Les deux MCC étant opposées et identiques, elles tournent ainsi en sens contraire et se bloquent
- Donc pas de mouvement, donc pas de FEM induit
- Seul la résistance de l'induit fait débiter
- On obtient de fait la loi d'Ohm : $U = r_{induit}I$ dans chaque circuit. Il faut dépasser une tension de seuil de l'ordre de 1,2 V pour observer une relation linéaire.
- On s'attend à avoir quelque chose de l'ordre de 1 Ω pour chacun des induits.

1.2 Détermination du couplage électromécanique [1] p.53

Mise en place

- Mettre la génératrice à vide (pas de résistance de charge)
- Mesurer la tension aux bornes de cette génératrice
- Faire ça pour plusieurs vitesses de rotation (mesurée avec la dynamo tachy), c'est à dire pour plusieurs courants à l'alim stabilisée

Exploitation

- On sait que sans courant, l'équation électrique d'induction donne $E = K\Omega$
- On détermine alors K avec la pente de notre droite précédente
- Comparer K à la valeur constructeur [3] (0,167 $N.m.A^{-1}$ ou $V.s.rad^{-1}$)
- On s'attend à 0.173 - 0.174 V.s/rad

1.3 Mesure du coefficient de frottement [1] p.55-56

Mise en place

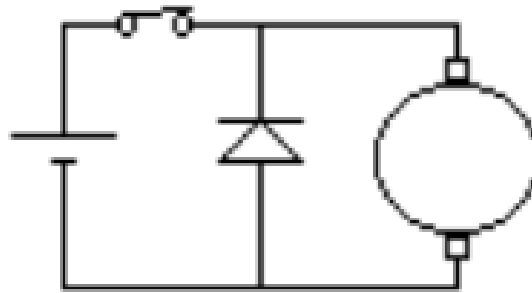
- Garder la génératrice à vide
- Mesurer la puissance d'entrée au Wattmètre.
- En lui soustrayant les pertes Joule (dues aux résistances d'induit), on obtient la somme des pertes fer et méca, qu'on modélise par un frottement sec de coefficient C_0
- On mesure ça pour différentes vitesses de rotation (ie de courants d'entrée)

Exploitation

- Si on note la puissance absorbée en entrée, on a $p_{abs} - r_{induit} I^2 = 2C_o \Omega$
- On obtient donc C_0 le coefficient de frottement sec **d'UNE** machine (d'où le facteur 2).

1.4 Mesure du moment d'inertie (potentiellement à faire sauter)

Mise en place



- Brancher la diode en parallèle de l'alim
- Se mettre en single
- Débrancher subitement l'alim
- Faire un ajustement linéaire sur le lâcher à vide, la pente est alors de $-\frac{C_0}{J}$

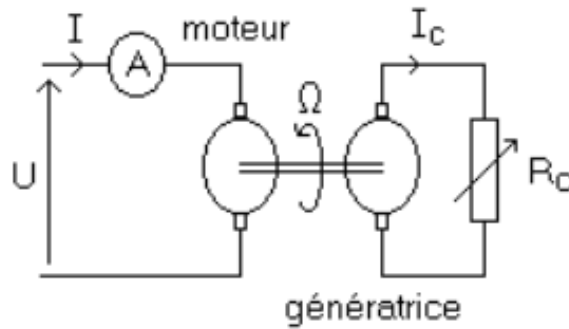
Exploitation

- La diode sert à assurer la continuité du courant et éviter un arc électrique
- Sans courant, on a une évolution donnée par $\frac{d\Omega}{dt} = -\frac{C_0}{J}$
- En déduire J de la valeur de C_0 obtenue précédemment, et comparer à la valeur constructeur [3] ($3,13 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^{-2}$). Voir [1] p.57 pour les discussions sur l'écart à la valeur attendue.

1.5 Rendement du moteur [1] p.52-53 et p.57-58 ,[2] p.54-55

Mise en place

- Mettre un rhéostat en charge sur la génératrice



- Mesurer, à **vitesse de rotation constante** proche de la valeur nominale, les puissances d'entrée $P_{entrée}$ (notée P_a dans [1]) et de sortie $P_s = R_c I^2$ en faisant varier de la charge R_c

Exploitation

- On sait que la puissance utile vaut $P_{utile} = P_{entrée} - r_{induit} I^2 - C_0 \Omega$
- Tracer en fonction de la puissance d'entrée le rendement mécanique du seul moteur :

$$\eta_{moteur} = \frac{P_{utile}}{P_{entrée}}$$

- Tracer également le rendement électrique de l'ensemble des deux machines

$$\eta_{elec} = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}}$$

2 Moteur Stirling [4]

Matériel

- Moteur Stirling
- Unité de détection associée (pression et volume)
- Boîtier de mesure de température associé
- Ethanol à brûler et briquet
- Oscilloscope
- Balance
- Chronomètre

Mise en place

- Brancher tout le setup (se référer à la notice)
- **Etalonnage en température** : le considérer déjà fait (fils du thermocouple en équilibre thermique avec l'air ambiant).
- **Etalonnage en volume** : utiliser la relation suivante entre le volume V (en m^3) et sa tension image U_{vol} (en V), ordonnée à l'origine donnée par la notice ([4] p.8, erreur sur la pente) :

$$V = (32 + 2,4 U_{vol}) \cdot 10^{-6}$$

- **Etalonnage en pression** : Insérer une seringue au niveau du petit tube en plastique relié au capteur de pression. Connaissant le volume de la seringue, on peut déterminer la pression que l'on impose au capteur avec la loi des gaz parfaits différenciée (ci dessous) en relevant la tension correspondant à cette pression sur l'oscillo, en effectuant par exemple une compression de la seringue de 5 mL par pas d'1 mL. Tracer ensuite la droite $U = f(\Delta P)$.

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

où V_0 vaut 20mL (seringue pleine) et P_0 la pression atmosphérique.

Exploitation

- Peser la masse du contenant du carburant
- Lancer le moteur et le chronomètre
- **Tracé du diagramme (P,V)** : acquérir sous Igor, **avec moyennage**, les données de P et de V visualisées sur l'oscillo, en faisant la conversion à l'aide des étalonnages. En traçant $P = f(V)$, on obtient ainsi le cycle moteur.
- **Calcul du rendement** :
 - Mesurer la période T d'un cycle qui correspond à la période des signaux à l'oscilloscope
 - Utiliser la fonction 'Analysis-Integrate' de IGOR pour intégrer le volume en fonction de la pression (mettre trapézoïdal et pas rectangular, ensuite cliquer sur ce qu'on veut intégrer et des waves apparaîtront en Y)
 - Sur le graphe Volume intégré en fonction de la pression, déterminer l'aire W d'un cycle à l'aide des curseurs.

- En déduire la puissance thermodynamique du cycle moteur :

$$P_{thermo} = \frac{W}{T}$$

- Arrêter le moteur et le chronomètre, peser de nouveau le contenant du carburant, en déduire la masse Δm d'éthanol brûlée pendant Δt . La puissance chimique est alors donnée par :

$$P_{chimique} = \frac{\Delta m}{M_{\text{éthanol}}} \frac{|\Delta_r H_{comb}^0|}{\Delta t}$$

avec $M = 46,07 \text{ g.mol}^{-1}$ et $\Delta_r H_{comb}^0 = -1366.8 \text{ kJ.mol}^{-1}$

- En ne prenant pas en compte les pertes mécaniques (compliquées à caractériser sur ce dispositif), le **rendement** est donné par :

$$\eta = \frac{P_{thermo}}{P_{chimique}}$$

On a quelque chose de l'ordre de 0,3%

- Possibilité de le comparer au rendement de Carnot $\eta_c = 1 - \frac{T_f}{T_c}$. Discuter des différences moteur réel - moteur théorique : mouvement continu des pistons, grandes hétérogénéités de température au sein du moteur, irréversibilités.

Biblio

- [1] Cours de JBD d'électrotechnique p.48-59
- [2] Compilation des TP d'électricité p.53-54
- [3] Notice du MCC :
<https://media.educ.space/labmedias/8c/54/8c54ff3e558ffeff9e0ceabfbbecbcb3f2b000db0gmc450.pdf>
- [4] Notice du moteur Stirling :
<http://old.physique-ens-cachan.educ.space/laboratoire/materiel/fichiers/sterling.pdf>
- [5] CR MP35 Rebecca