

Objectifs du TD :

- rappels sur le moteur à courant continu : les énergies E/S, le modèle équivalent, le bilan des puissances et les relations fondamentales
- exercices d'application

QUELQUES RAPPELS

Dans un système automatisé, la chaîne d'énergie a pour but d'agir sur la matière d'œuvre du système, sur ordre de la chaîne d'information. Pour cela, elle doit souvent effectuer une action mécanique dont la source est réalisée par la fonction **convertir** de la chaîne d'énergie, contenant des actionneurs. Parmi les différents actionneurs utilisés dans les systèmes, le moteur à courant continu réalise la conversion de **l'énergie électrique** (caractérisée par une tension et un courant) en une **énergie mécanique** (caractérisée par une vitesse et un couple).

L'énergie électrique à l'entrée du moteur est caractérisée par **2 grandeurs physiques** distinctes :

- la tension U
- le courant I

L'énergie mécanique à la sortie du moteur est caractérisée par **2 autres grandeurs** distinctes :

- la vitesse ω
- le couple C

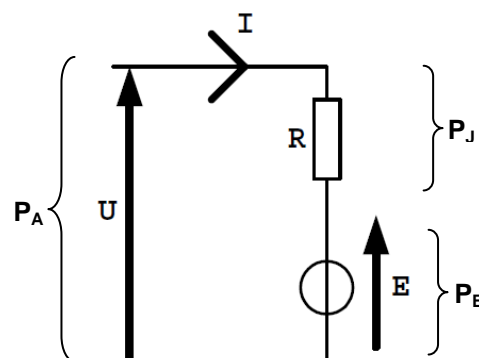
Le comportement électrique d'un moteur à courant continu peut être modélisé par une résistance R en série avec une force électromotrice (f.e.m. en abrégé) E .

$$U = E + RI$$

P_A : Puissance électrique absorbée

P_E : Puissance électrique (puissance électromagnétique) utile alimentant la f.e.m. E

P_J : Puissance électrique perdue par effet joule dans la résistance





TRAVAUX DIRIGÉS

LE MOTEUR À COURANT CONTINU

TD sur le moteur CC.doc

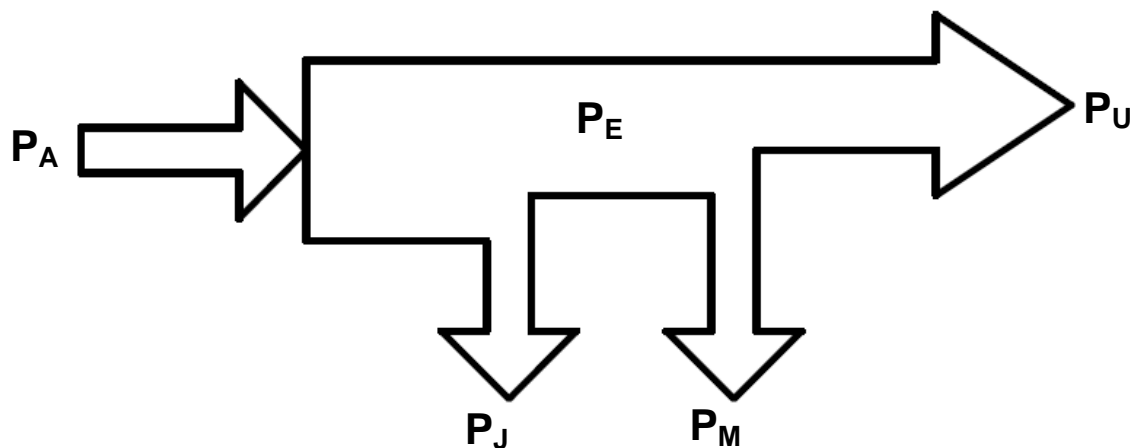
Tale

Page: 2/6

Le moteur absorbe une certaine puissance électrique en entrée, et fournit une puissance mécanique en sortie. On note P_U la puissance utile fournit.

$$P_U = C\omega$$

En plus des pertes par effet joule, il se produit également une perte de puissance au niveau mécanique dû au frottement des différents éléments du moteur. La puissance ainsi perdue est notée P_M . Au final, on obtient le bilan des puissances suivant :



$$P_U = P_A - P_J - P_M$$

$$P_A = P_E + P_J \text{ (répartition de la puissance absorbée)}$$

Il existe 2 relations fondamentales traduisant le fonctionnement du moteur à courant continu :

- La première donne l'expression du couple C en fonction du courant I
- La seconde donne l'expression de la f.e.m E en fonction de la vitesse de rotation ω

$$C = K.I$$

$$E = K.\omega$$

La constante K , appelé **constante de couple**, dépend de la constitution du moteur (flux magnétique interne, nombre de conducteurs constituant le bobinage, etc.). Cette constante est donnée par le constructeur du moteur, et elle est exprimée généralement en $m.N.A^{-1}$.

D'après la première relation, l'unité de la constante de couple K est le $N.m.A^{-1}$.

Mais d'après la seconde relation, l'unité de mesure de la constante de couple K serait le $V.s$.

Or ces deux unités sont équivalentes et correspondent au **Weber**, l'unité du flux magnétique :

$$1 N.m.A^{-1} = 1 J.A^{-1} = 1 W.s.A^{-1} = 1 V.s = 1 Wb$$



TRAVAUX DIRIGÉS

LE MOTEUR À COURANT CONTINU

TD sur le moteur CC.doc

Tale

Page : 3/6

EXERCICES D'APPLICATION

Pour chaque exercice, il faudra écrire (sur feuille libre à joindre au TD) : le schéma électrique équivalent du moteur et l'arbre des puissances.

EXERCICE N°1

Un moteur à courant continu alimenté avec un courant $I = 1 \text{ A}$ possède les caractéristiques suivantes :

- Résistance interne $R = 17 \Omega$
- Force électromotrice $E = 7,2 \text{ V}$

Question 1-1 :

Calculez la puissance électrique reçue par le moteur.

.....

Question 1-2 :

Calculez la puissance mécanique des forces développées par le moteur.

.....

Question 1-3 :

Calculez la puissance dissipée par effet Joule.

.....

Question 1-4 :

Déterminez, en **Wh**, les quantités d'énergie mises en jeu sous les différentes formes lors d'un fonctionnement permanent de durée $t = 2 \text{ h } 30 \text{ min}$.

.....

EXERCICE N°2

Sur la plaque signalétique d'un moteur à courant continu, le constructeur indique les caractéristiques suivantes :

- Tension d'alimentation : $U = 48 \text{ V}$
- Résistance interne : $R = 16 \Omega$
- Courant de démarrage : $I_0 = 3 \text{ A}$
- Puissance absorbée à vide à 2100 tr.min^{-1} : **4,8 W**
- Intensité du courant à vide : **100 mA**
- Puissance nominale absorbée à 1500 tr.min^{-1} : **43 W**
- Intensité nominale absorbée à 1500 tr.min^{-1} : **900 mA**
- Puissance nominale utile à 1500 tr.min^{-1} : **27 W**



TRAVAUX DIRIGÉS

LE MOTEUR À COURANT CONTINU

Question 2-1 :

Écrivez l'expression littérale de la tension aux bornes d'un moteur à courant continu en indiquant les unités et la signification de chacune des grandeurs.

.....

Question 2-2 :

En utilisant les données du constructeur, montrez que lors du démarrage la force électromotrice du moteur est nulle. Interprétez ce fait en donnant la valeur de la vitesse de rotation ω lors du démarrage.

.....

Question 2-3 :

Calculez la puissance P_A absorbée par le moteur dans les conditions nominales et comparez votre résultat aux données du constructeur.

.....

Question 2-4 :

Calculez la puissance P_J perdue par effet Joule en régime nominal.

.....

Question 2-5 :

Calculez la puissance électromagnétique P_E absorbée par les actions mécaniques en régime nominal.

.....

Question 2-6 :

On admet que la puissance mécanique P_M absorbée par les actions mécaniques internes est égale à la puissance électromécanique P_E absorbée à vide : à vide $P_M = P_E$ car $P_U = 0 W$.

Calculez la puissance mécanique P_M absorbée par les actions mécaniques internes en régime nominal.

.....

Question 2-7 :

Calculez la puissance mécanique P_M absorbée par les actions mécaniques internes à vide.

.....

.....



TRAVAUX DIRIGÉS

LE MOTEUR À COURANT CONTINU

Question 2-8 :

Déduisez des deux questions précédentes l'évolution de la puissance mécanique P_M absorbée par les actions mécaniques internes, en fonction de la vitesse :

- Si la vitesse ω du moteur augmente, P_M augmente, diminue, ou reste constante ?
- Si la vitesse ω du moteur diminue, P_M augmente, diminue, ou reste constante ?

.....

.....

.....

.....

Question 2-9 :

Calculez la valeur du rendement η du moteur en régime nominal.

.....

.....

Question 2-10 :

Calculez la valeur du couple électromagnétique C_E du moteur en régime nominal.

.....

.....

EXERCICE N°3

Le TGV Méditerranée fonctionne avec un moteur à courant continu alimenté sous une tension de **1100 V** et un courant de **480 A**. La puissance mécanique utile P_U développée par ce moteur en régime nominal est de **490 kW**.

En plus des pertes par effet Joule P_J , il apparaît d'autres pertes appelées pertes internes dues essentiellement aux frottements et notées P_M . On admettra que $P_J = P_M$.

Question 3-1 :

Calculez la puissance électrique fournie au moteur.

.....

Question 3-2 :

Faites un bilan des puissances pour ce moteur (P_U et P_E).

.....

.....



TRAVAUX DIRIGÉS
LE MOTEUR À COURANT CONTINU

Question 3-3 :

Déterminez la résistance interne du moteur.

.....

Question 3-4 :

Déterminez la puissance électromagnétique du moteur.

.....

Question 3-5 :

Déterminez la force électromotrice du moteur.

.....

Question 3-6 :

On considère que lors du trajet Paris/Marseille le TGV Méditerranée fonctionne en régime nominal pendant une durée de **3 heures**. Calculez l'énergie consommée par le moteur durant ce trajet, en exprimant votre résultat en **Watt heure** puis en **Joule**.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....