# Thème 1 : Machine à courant continu

## OBJECTIFS

Les objectifs principaux de cette manipulation sont d'une part, d'étudier le principe de création d'un champ magnétique tournant qui est à le principe de base utilisé dans les machines tournantes à courant alternatif, et d’autre de part de vous présenter le principe de fonctionnement d’une machine à courant continu ainsi que d’en déterminer les grandeurs caractéristiques.

Machines électriques tournantes

Les moteurs électriques, présents partout dans la vie courante (rasoir, perceuse, machine à laver , ordinateurs, …) et dans l'industrie (moteur de grue, de rotor pour impression, de bras articulés, de laminoir …), ne doivent leur rotation qu'à l'existence, en leur sein, de champs magnétiques tournants. On conçoit alors l'importance de l'étude et de la compréhension de la génération d'un champ magnétique tournant et de son utilisation dans les moteurs.

Lors de cette étude, on vous propose d’analyser le fonctionnement d’un point de vue électrique de la machine à courant continu. Il vous sera demander d’identifier les paramètres du circuit électrique équivalent ainsi que la constante de couple (ou constante de force électromotrice) du moteur.

## PRÉCAUTIONS ET RECOMMANDATIONS

Il est impératif :

* **De faire vérifier le montage à chaque modification de câblage**,
* De prendre soin à ne pas dépasser les valeurs nominales de courant et de tension, de chacune des charges,
* De prendre le type d'appareil adapté à la mesure à réaliser (mesure temporelle, valeur moyenne, efficace, efficace vraie, bande passante, valeurs limites, formes d'ondes, etc...),
* De prendre soin de ne pas dépasser les calibres des appareils de mesures (ampèremètre, voltmètre, wattmètre).

Remarque : Les postes de manipulation utilisés par la Licence (L2 et L3) sont alimentés en tension triphasée équilibrée 133 V / 230 V. La tension est quasi-sinusoïdale (légèrement déformée par la saturation du transformateur d'alimentation général). À cause de cette distorsion on prendra soin d'utiliser des appareils efficaces vraies: ferromagnétiques repérés par le symbole , ou numériques adaptés.

### 1) Matériels MIS A disposition

Vous disposez

* d'un banc équipé de deux machines à courant continu identiques couplées par un arbre de transmission,
* le banc des machines équipé d’un générateur tachymétrique intégré qui délivre une tension continue proportionnelle à la vitesse de rotation du groupe de machines,
* d'une alimentation continu 60V/20A,
* de deux ampèremètres magnétoélectriques et de trois voltmètres magnétoélectriques.

### 2) Présentation du banc de machine.

Vous avez à votre disposition un banc constitué de deux machines à courant continu. Ces deux machines sont couplées mécaniquement et tournent donc à la même vitesse. Dans cette manipulation, nous n’étudierons qu’une seule des deux machines qui fonctionnera en régime moteur (conversion électrique-> mécanique). Une génératrice tachymétrique, intégrée au banc, vous permettra de mesurer la vitesse de rotation de la machine.

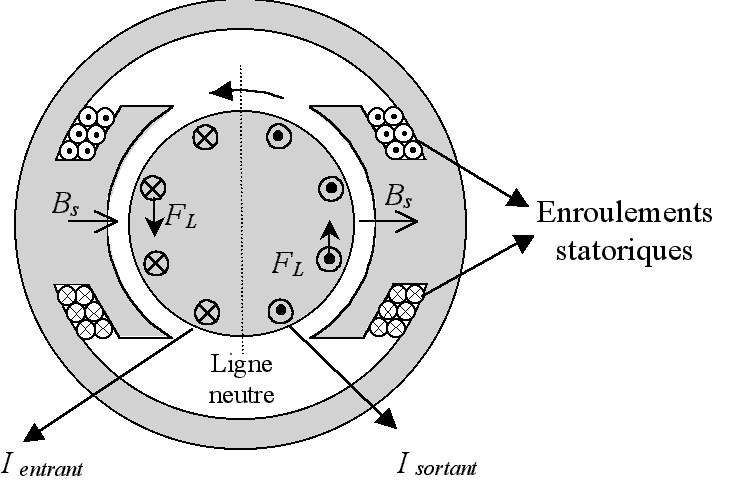
### 3) Principe de fonctionnement de la machine à courant continu

##### Généralité.

Cette machine réversible permet de convertir de l’énergie. Lorsque qu’elle convertira de l’énergie électrique en énergie mécanique, elle fonctionnera en moteur. Lorsqu’elle convertira de l’énergie mécanique en énergie électrique elle fonctionnera en génératrice.

##### Constitution (figure 1)





Enroulements

rotoriques

*Figure 1 : Machine à courant continu vue en coupe latérale*

-L’inducteur de la machine est situé au stator (partie fixe). Son rôle est de crée un champ magnétique au travers du rotor de la machine. Il peut être constitué d’aimant permanent (pour les faibles puissances allant jusqu'à 1kW environ) ou être bobiné.

-L’induit de la machine est situé au rotor (partie mobile). Il est constitué d’un bobinage relié électriquement à la plaque à borne du moteur via un collecteur et des balais.

##### Fonctionnement

Que ce soit en fonctionnement moteur ou génératrice, un champ magnétique est crée au stator.

###### Moteur

Les brins du bobinage rotorique sont alimentés par un courant continu. Etant donné que ces brins baignent dans le champ magnétique statorique, ils sont le siège de la force de Laplace (). Cette force exercée sur les brins est à l’origine de l’apparition du ***couple moteur*** en fonctionnement *moteur*, ou le ***couple résistant*** en fonctionnement *générateur*.

###### Génératrice

Dans ce mode de fonctionnement le rotor de la machine est entraîné mécaniquement en rotation. Les spires du bobinage rotorique tournent dans le champ magnétique statorique. Elles sont donc être soumises à un flux variable, et par voie de conséquence, sont le siège de la ***force électromotrice induite*** (loi de lenz-faraday) en fonctionnement *générateur*, ou la ***force contre-électromotrice*** induite en fonctionnement *moteur*.

##### Modèle électrique

La machine à courant continu à aimant permanent fonctionnant à vitesse constante et parcouru par un courant I, peut être modélisée électriquement par une source de tension (force (contre) électromotrice) en série avec la résistance d’induit r.

Fonctionnement moteur Fonctionnement en génératrice

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Em = EV  Convention de signe récepteur  U = EV + rI | Em= KΩ (avec  en rad.s-1) : la force électromotrice  Cm=KΩI : couple électromoteur  KΩ la constante de couple ou  la constante de force électromotrice,  (caractéristique de la machine). | V  I  r  E  m  +  Em = EV  Convention de signe générateur  U = EV – rI |

*Figure 2 : Modélisation de la MCC en fonctionnement moteur ou générateur*

Les deux machines à votre disposition sont identiques. Celle équipée d'une borne de sortie BNC (pour la vitesse) est le moteur, tandis que l'autre machine est utilisée en générateur.

### 4) Manipulation

#### 4-1 – Plaque signalétique du moteur

- Relever la plaque signalétique de la machine **A** qui sera utilisé en **moteur** et reporter les valeurs pertinentes dans le tableau 1.

- Donner l’**identification** de la machine **A** :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *INDUIT* | *VN =* | *In =* |
| *Machine* | *NNominale =* | *Constante du couple : K =* |

*Tableau 1 : Plaque signalétique de la machine fonctionnant en moteur*

#### 4-2 – Mesure de la résistance r de l'induit du générateur

- Par la méthode volt-ampèremétrique, évaluez la résistance totale **r** de l'induit de chacune des deux machines (**A** et **B**). Employez pour cela la source de tension continue réglable (0-60V/20A) et *justifiez* l'utilisation de cette méthode (courte ou longue dérivation) par rapport à l’utilisation d’un simple ohmmètre. Mesurez cette résistance pour les courants donnés dans le tableau 2.

*- Reporter les mesures et les valeurs de la résistance.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *I (A)* | *1* | *2* | *4* | *6* | *8* |
| *VM  (V)* |  |  |  |  |  |
| *RM ()* |  |  |  |  |  |
| *VG (V)* |  |  |  |  |  |
| *RG ()* |  |  |  |  |  |

*Tableau 2 : Relevés des essais à rotor-bloqué*

- Pourquoi doit-on bloquer le rotor de la machine ?

*- Interpréter la variation de la résistance avec le courant électrique.*

#### 4-3 – Caractérisation de la f.é.m. à puissance réduite (à vide)

*• Détermination de la constante de couple ou la constante de f.é.m. :*

* Toujours au moyen de la source de tension réglable (0-60V/20A) alimentez la machine **B**.
* Quel est le mode de fonctionnement de la machine B.
* Laisser la machine A à vide (rien aux bornes de son induit).
* Quel est alors le mode de fonctionnement de la machine A.
* Brancher un voltmètre aux bornes de l'induit de la machine **A**. On notera cette tension U0.
* Brancher un voltmètre à la sortie du capteur de vitesse (génératrice tachymétrique) afin de mesurer la vitesse de rotation N (tr/min) du groupe. La génératrice tachymétrique est intégrée à l'arbre (l'axe) de la machine. ***Cette génératrice produit 6V pour une vitesse de rotation de 1000 tr.mn-1.*** On notera VTachy la tension aux bornes de cette génératrice.
* **Faîtes vérifier votre montage.**
* Mettre le moteur en route et mesurer *EV*, pour différentes valeurs de *N* et compléter le tableau 3:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Tension tachy Vth(V)* | *0* | *3* | *6* | *9* | *12* | *15* |
| *(tr/mn)* |  |  |  |  |  |  |
| *(rd/s)* |  |  |  |  |  |  |
| *EV = U0 (V)* |  |  |  |  |  |  |

*Tableau 3 : Relevé de la caractéristique de la machine* ***A*** *en fonctionnement générateur à vide.*

- Tracez EV(N) et en déduire la constante de f.é.m. *KN, puis KΩ.*

- Comparer votre résultat avec la valeur du constructeur.

- Commentez votre courbe.

- Préciser les deux grandeurs électromécaniques maintenues constantes pour ce tracé.

#### 4-4 – Etude du moteur en charge à vitesse constante.

#### 4-4-1 – Mesures

* Toujours au moyen de la source de tension réglable (0-60V/20A) alimentez la machine **A**.
* Quel est le mode de fonctionnement de la machine A.
* Branchez une résistance de charge RCH aux bornes de l'induit de la machine **B**.
* Quel est alors le mode de fonctionnement de la machine B.
* Prévoir les mesures de la tension UG et du courant IG de l'induit de la génératrice.
* Prévoir les mesures de la tension UM et du courant IM de l'induit du moteur.
* Faîtes vérifier le montage.
* Mettez le moteur en route et mesurez UG, IG et UM pour différentes valeurs de IG, tout en maintenant la vitesse **N fixée à 2000 tr/min**. Complétez le tableau suivant :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Tension tachy Vth(V)* | ***12*** | *12* | *12* | *12* | *12* | *12* |
| *(tr/mn)* | **2000** | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| *IG (A)* | ***IG0 =* 0** | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| *UG (V)* | ***UG0 =*** |  |  |  |  |  |
| *IM (A)* | ***IM0 =*** |  |  |  |  |  |
| *UM (V)* | ***UM0 =*** |  |  |  |  |  |

*Tableau 4 : Relevé des mesures des machines* ***A*** *et* ***B*** *en fonctionnement, respectivement, moteur et générateur.*

#### 4-4-2 – Détermination du couple de pertes collectives C0

* A partir de l’essai où IG = 0 (*génératrice B à vide*), déterminer le couple de pertes collectives, en supposant que les deux machines ont les mêmes pertes collectives.

#### 4-4-3 – Caractéristique V(I) de la génératrice B en charge.

- Tracez la caractéristique UG(IG).

- Commentez votre courbe.

- Préciser les deux grandeurs électromécaniques maintenues constantes pour ce tracé.

- A partir de votre tracé, déduire la résistance RG de l'induit de la machine B.

- Comparez ce dernier résultat avec celle mesurée au §4-2.

#### 4-4-4 – Bilan de puissances.

Réaliser un bilan de puissances lorsque la génératrice est en charge à IG = 4 A et N = 2000 tr/mn.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | *Déterminer la puissance absorbée par le moteur  :* | | *Déterminer la puissance dissipée par effet Joule dans l'induit (rotor) du moteur  :* | | *Déterminer la puissance électromagnétique du moteur  :* | | *Déterminer sa force électromotrice à vide  par deux méthodes différentes :* | | *Déterminer le couple électromagnétique  du moteur, par deux méthodes différentes :* | | *Déterminer la puissance utile .* | | *En déduire le couple utile du moteur .* | | *Comparer  à  et commenter vos résultats.* | | *Déterminer le rendement ηmot du moteur* |   *Tableau 5 : Relevé des mesures des machines* ***A*** *et* ***B*** *en fonctionnement, respectivement, moteur et générateur.* |