

MACHINE SYNCHRONE – COMMANDE EN COUPLE

1 Présentation

Les machines synchrones (MS) à rotor bobiné sont essentiellement utilisées connectées sur le réseau d'énergie électrique en alternateur. Les puissances les plus importantes sont de l'ordre de 2000 MW. Ce sont elles qui servent à produire quasiment toute "l'énergie" électrique qui est ensuite transportée et utilisée.

L'objet de la première séance de travaux pratiques a été d'étudier le premier modèle de la machine synchrone établi pour le régime permanent sinusoïdal afin d'appréhender les transferts de puissances dans le cas où cette machine est couplée au réseau électrique.

Ce premier modèle est le modèle de Behn Eschenburg (1864-1938).

Il existe un autre type de machines synchrones où le rotor bobiné est remplacé par un rotor comportant des aimants permanents. Nous pouvons trouver trois grandes solutions pour placer les aimants permanents.

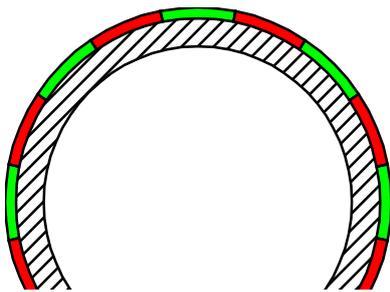


Fig. VI-1: Aimants en surface

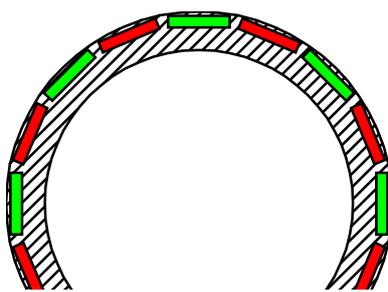


Fig. VI-2: Aimants enterrés

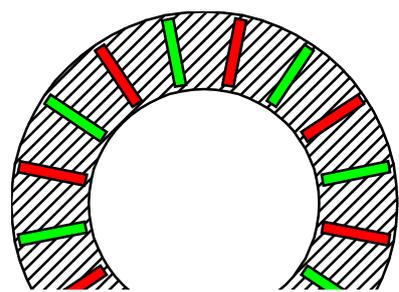
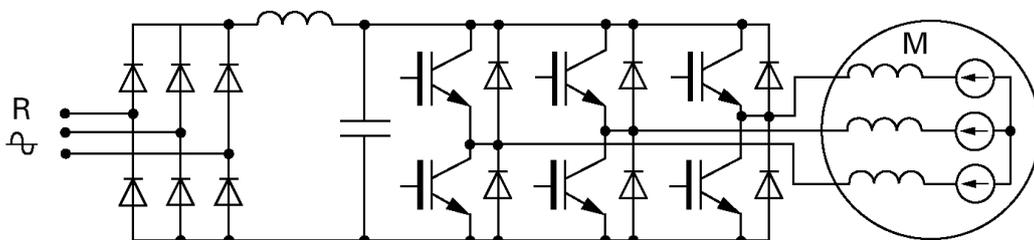


Fig. VI-3: Aimants avec concentration

Ces machines synchrones à aimants permanents sont associées à un onduleur de tension, qui a été étudié lors de la deuxième séance de travaux pratiques.

Dans cette séance de TP, nous allons étudier et mettre en œuvre une commande en couple pour ce type de machine alimentée par un onduleur de tension.

La structure d'un variateur de vitesse utilisant un onduleur triphasé est présentée ci-dessous :

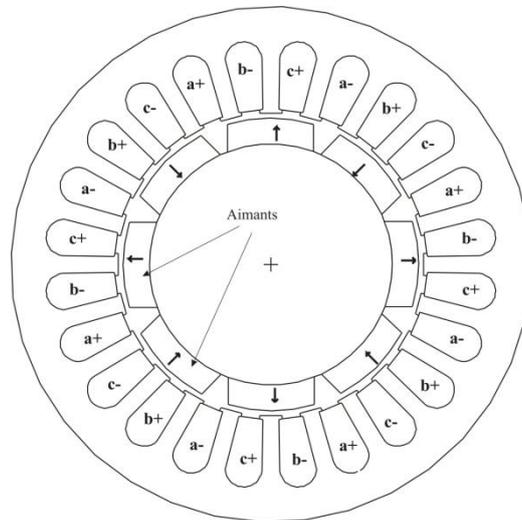


Pour la mise en œuvre des commandes, nous utiliserons le logiciel SIMULINK de MATLAB associé à son interface DSPACE.

Pour les asservissements de courants, nous utiliserons des correcteurs par hystérésis.

2 Préparation

La machine étudiée est une machine à aimants permanents déposés sur un rotor ferromagnétique dont une vue en coupe est donnée sur la figure suivante :

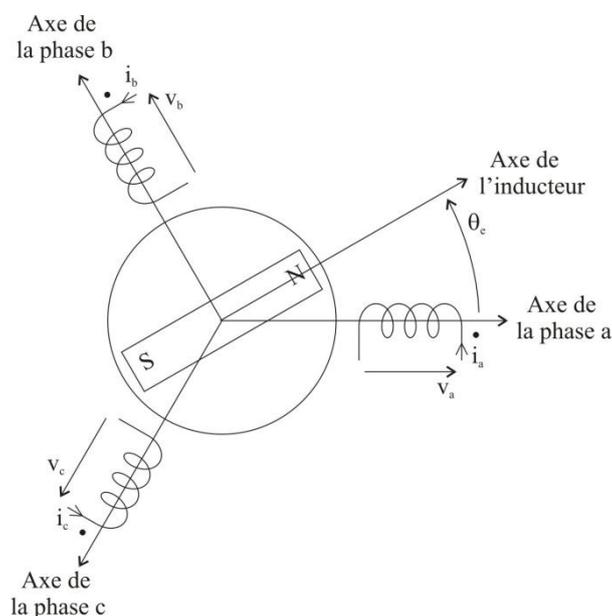


1) Représenter l'allure des lignes de champ dues uniquement aux aimants.

On considère une spire de l'enroulement « a » constituée par deux conducteurs logés dans des encoches distantes de 45° mécanique.

- 2) Représenter le flux dû uniquement aux aimants dans cette spire en fonction de l'angle mécanique entre le rotor et le stator pour une variation de cet angle de 2π .
- 3) Déterminer la période angulaire de ce flux et en déduire la relation entre les angles électriques et mécaniques.

La représentation symbolique de cette machine dans un repère « électrique » est donnée sur la figure suivante :



On supposera que :

- les flux créés par l'inducteur sur les enroulements « a b c » s'écrivent :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{fa} \\ \Phi_{fb} \\ \Phi_{fc} \end{bmatrix} = \hat{\Phi}_f \cdot \begin{bmatrix} \cos(\theta_e) \\ \cos(\theta_e - \frac{2.\pi}{3}) \\ \cos(\theta_e - \frac{4.\pi}{3}) \end{bmatrix}$$

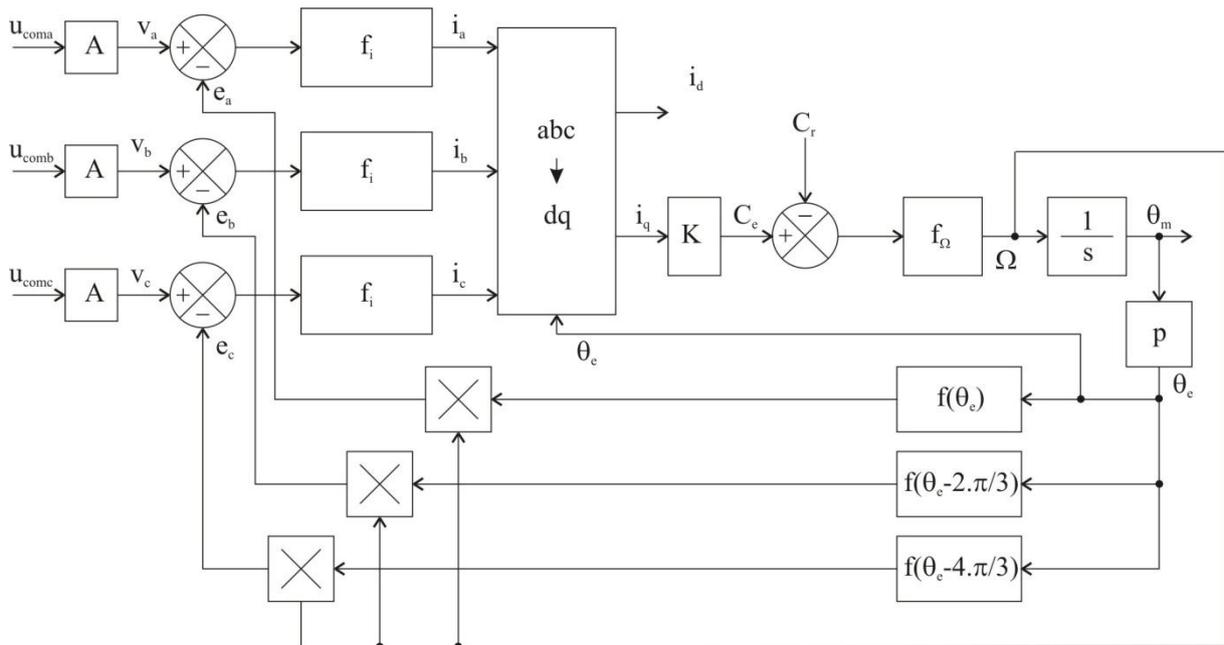
- La matrice inductance des enroulements statoriques est de la forme :

$$[M_{ss}] = \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix}$$

On définit :

- R : résistance d'un enroulement
- J : moment d'inertie
- A : gain équivalent de l'onduleur de tension

4) Montrer que le schéma bloc de la machine synchrone est donné par la figure suivante. Préciser les expressions des différentes fonctions de transfert.



3 Manipulation

Proposer un schéma de montage pour déterminer la valeur de l'amplitude du flux, noté $\hat{\Phi}_f$ dans la préparation. Pour cela on s'aidera du relevé de la fem à vide (cf. TP1 – MS en rps). Le neutre de la machine n'étant pas accessible, on utilisera un point neutre fictif réalisé à l'aide de trois résistances de forte valeur (100 kΩ).

Montrer que le potentiel du neutre fictif est le même que celui du neutre de la machine à la condition que la somme instantanée des trois fem soit nulle.

Faire la mesure de la valeur de l'amplitude du flux, noté $\hat{\Phi}_f$.

L'onduleur de tension est ici piloté en courant (cf. TP2 – Onduleur de tension).

Réaliser, à l'aide de la carte DS-1104 programmable avec le logiciel simulink de matlab, deux tensions consignes des courants. On rappelle que chacune de ces deux tensions doit être en phase avec une fem que l'on prendra soin de noter.

Expliquer pour quelle raison est-il nécessaire de ne réaliser que deux consignes ?

Faire le schéma du montage associant l'onduleur de tension, la machine synchrone ainsi que les éléments pour la commande. Ne pas oublier la charge mécanique.

Réaliser le montage.

Tracer la caractéristique couple-vitesse de la machine synchrone ainsi commandée.

Indiquer les limites de fonctionnement et les **justifier**.