

MAGNÉTISME

DANS LES MACHINES ÉLECTRIQUES

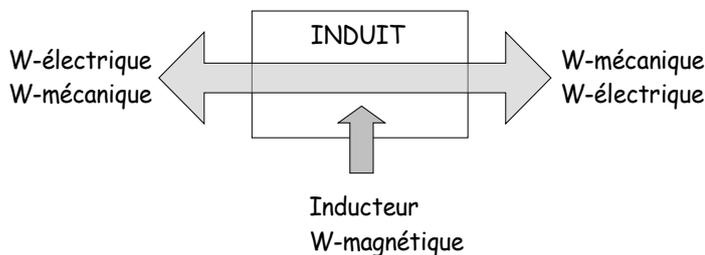
1 -Inducteur et induit.....	2
2 -Les pertes dans une machine électrique.....	2
3 -Le transformateur.....	3
4 -MCC et MCS.....	3
4.1 -Couple dans les machines tournantes.....	3
4.2 -Les Mcc.....	4
4.3 -Les Mcs.....	4
5 -La machine à courant continu.....	4
6 -La machine synchrone.....	5
7 -La machine asynchrone.....	6

1 - INDUCTEUR ET INDUIT.

Il y a 4 machines électriques :

- le transformateur (la seule machine à ne pas tourner)
- les machines tournantes (constituées d'un stator et d'un rotor)
 - la machine à courant continu (Mcc),
 - la machine synchrone (MS)
 - la machine asynchrone (moteur à induction - MAS).

Toutes ces machines fonctionnent grâce à l'interaction électromagnétique entre son inducteur (excitation) et son induit.



L'inducteur a pour rôle de créer le champ magnétique indispensable au fonctionnement de la machine.

L'induit transforme l'énergie électrique ou mécanique qu'il reçoit en énergie mécanique ou électrique grâce à l'énergie magnétique apportée par l'excitation.

L'excitation crée le champ inducteur qui peut être constant ou variable.

Quoi qu'il en soit, le flux inducteur à travers l'induit est variable : il y a donc phénomène d'induction électromagnétique : sur l'induit il y a apparition d'une fem induite et de courant induit (donc d'énergie électrique), mais aussi présence d'un champ inducteur et d'un champ induit, donc d'un couple EM (donc d'énergie mécanique).

L'énergie « électromagnétique » présente dans l'induit est à la fois de l'énergie électrique et de l'énergie mécanique.

Ce qui explique que la transformation d'énergie est parfaitement réversible : Ce sont les conditions de fonctionnement qui font que la machine fonctionne en moteur ou en génératrice.



2 - LES PERTES DANS UNE MACHINE ÉLECTRIQUE.

Dans une machine électrique tournante on rencontre les pertes suivantes :

- pertes électriques - pertes Joule - « pertes Cuivre » : dues la résistance des conducteurs électriques, elles dépendent de la valeur efficace du courant,
- pertes magnétiques - pertes Fer : dues à la variation de flux que subit éventuellement l'inducteur et/ou l'induit, elles dépendent de l'excitation, de la fréquence d'alimentation et de la vitesse de rotation
- pertes mécaniques dues aux frottements, elles dépendent de la vitesse de rotation.

On peut essayer de limiter ces pertes, mais on ne peut pas les éliminer.



3 - LE TRANSFORMATEUR.

L'inducteur du transformateur est la bobine primaire, alimenté en tension sinusoïdale.

Cet inducteur crée le flux magnétique variable qui va circuler dans le circuit magnétique.

Ce flux variable induit la tension secondaire.

L'induit du transformateur est la bobine secondaire qui fournit une tension sinusoïdale.

Le transformateur ne fonctionne qu'avec une tension alternative.

Il n'y a aucune connexion électrique entre le primaire et le secondaire.

Pour récupérer le maximum de flux primaire, le secondaire est bobiné autour du primaire.

Le noyau commun aux deux bobines est appelé « colonne ».

Dans un transformateur, les champs inducteur et induit sont alignés, il n'y a donc pas de couple EM : le transformateur ne tourne pas, il convertit seulement de l'énergie électrique en énergie électrique.

Par contre, le champ créé par une spire du bobinage est localement perpendiculaire au champ circulant, ce qui entraîne la vibration des spires et le bruit caractéristique des transformateurs 50Hz.

La principale utilisation d'un transformateur est d'adapter la valeur efficace des tensions (abaisseur ou élévateur de tension).

Les transformateurs d'isolement (rapport de transformation =1) permettent de changer de schéma de liaison à la terre.

Dans les gros transformateurs, le rendement approche des 100 %.

4 - MCC ET MCS.

4.1 - COUPLE DANS LES MACHINES TOURNANTES.

Dans une machine électrique, l'inducteur et l'induit créent un champ magnétique.

Pour réussir à créer un couple, ces deux champs doivent avoir les mêmes propriétés : soit des champs de direction fixe, soit des champs tournants à la même vitesse. D'où les 2 catégories de machines tournantes :

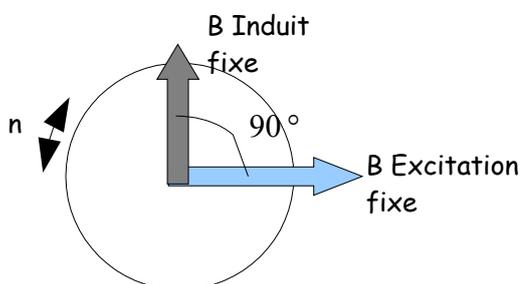
- les machines à champs fixes : Mcc
- les machines à champs tournants : Machines à courant sinusoïdal MS et MAS.

4.2 - LES Mcc.

Les machines à courant continu sont des machines à champ fixe.

En effet, si le stator d'une machine est alimenté en courant continu, le champ inducteur sera de direction fixe.

Dans ces machines, la difficulté est de réussir à créer un champ induit de direction fixe au rotor alors que le rotor tourne : c'est le rôle du système collecteur-balais.



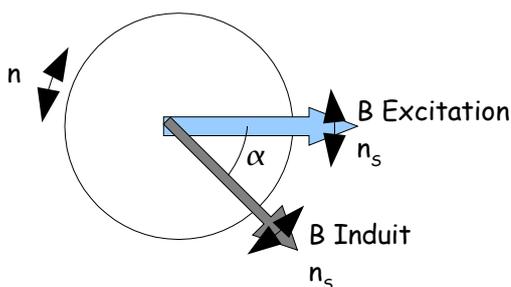
Dans les Mcc, l'angle entre les champs stator et rotor est en permanence de 90° : ainsi les Mcc développent en permanence leur couple maximal.

Conséquence : Cette machine est idéale sur le papier car le couple qu'elle produit est indépendant de la vitesse de rotation. Pour modifier la vitesse, il faut modifier la tension d'induit.

4.3 - LES Mcs.

Pour créer un champ tournant au stator, il faut que le stator soit alimenté en courant sinusoïdal : on parle de *machine à courant sinusoïdal (Mcs)*.

Dans ces machines, les deux champs doivent obligatoirement tourner à la même vitesse (« la vitesse de synchronisme »).



L'angle entre ces champs dépend de la charge : il est nul à vide et augmente avec la charge.

Lorsque l'angle atteint 90° , le couple développé est maximal.

Si on continue à charger la machine, elle va câler.

C'est la fréquence d'alimentation du stator qui fixe la vitesse de synchronisme.



5 - LA MACHINE À COURANT CONTINU.

L'inducteur d'une Mcc est sur le stator et est alimenté en courant continu.

L'induit de la Mcc est sur le rotor et est alimenté en courant continu.

C'est le premier moteur qui a été fabriqué, et pourtant c'est le plus compliqué à fabriquer, et le plus compliqué à alimenter (alimentation stator et rotor en courant continu).

Les avantages de ce type de moteur sont :

- de ne jamais câler, mais seulement de ralentir lorsqu'on les charge,
- de régler de façon indépendante la vitesse (avec la tension d'induit) et le couple (avec le courant d'induit).

Des 3 moteurs électriques, c'est celui qui a le plus mauvais rendement (~80%) et qui nécessite le plus d'entretien (changement des balais, nettoyage et re-usinage du collecteur).

Historiquement, cette machine était utilisée dans les applications où on devait régler la vitesse, le couple ou la position

- variation de vitesse - déplacement
- contrôle de couple - système enrouleur/dérouleur
- positionnement - axe horizontal axe vertical

C'était en particulier le premier moteur électrique utilisé en traction ferroviaire (moteurs de 8MW).

Une variante des Mcc est le « moteur universel » : très utilisé dans l'électroménager, c'est un moteur à courant continu qui arrive à fonctionner en étant alimenté par le réseau électrique alternatif.



6 - LA MACHINE SYNCHRONE.

L'inducteur d'une MS est sur le rotor et est alimenté en courant continu.

L'induit de la Mcc est sur le stator et est alimenté en courant sinusoïdal.

Des 3 types de moteurs, c'est le moteur qui a le meilleur rendement (on peut atteindre 99% pour les très grosses machines) et la meilleure puissance massique (rapport W/kg).

Un moteur synchrone tourne toujours à la même vitesse (la vitesse de synchronisme imposée par la fréquence d'alimentation), quelle que soit la charge. C'est donc difficile de le faire démarrer sur le réseau.

C'est une mcs, donc il peut câler en cas de surcharge.

Cette machine, à cause des difficultés pour la démarrer sur le réseau, était très peu utilisée en moteur, sauf dans les applications demandant une vitesse de rotation fixe et très précise.

Par contre, c'est la machine utilisée pour la production d'électricité. Les génératrices synchrones (« alternateurs) ont des puissances pouvant atteindre 1500MW.

Le moteur « brushless » est un moteur synchrone à aimant permanent commandé par un variateur de vitesse. Le démarrage du moteur est simplifié.

Ses performances dynamiques (masse et encombrement réduits, donc inertie réduite, peu de frottements) l'imposent dans les machines outils (accélération courtes, vitesses élevées). Son rendement supérieur aux autres machines l'impose dans les systèmes où l'efficacité énergétique est une contrainte.

Le moteur brushless est décliné en moteur couple et en moteur linéaire.

Le moteur couple est capable de fournir un couple important à faible vitesse. Dans les systèmes d'extrusion, il permet de supprimer le réducteur et donc d'améliorer le rendement du système.

Le moteur linéaire est un moteur dont le rotor ne tourne pas mais avance sur le stator. Dans les systèmes de positionnement, il permet d'obtenir des accélérations et des vitesses beaucoup plus importantes que les moteurs tournants.



7 - LA MACHINE ASYNCHRONE.

L'inducteur d'une MAS est sur le stator et est alimenté en courant sinusoïdal.

L'induit de la MAS est sur le rotor, qui est mis en court circuit mais traversé par des courants de Foucault.

C'est la machine la plus simple (on alimente seulement le stator, le rotor est un « simple » cylindre de métal), la plus robuste (pas de balais, pas de collecteur, donc entretien réduit). Mais c'est la machine la plus compliquée à contrôler.

C'est une mcs, c'est donc la fréquence d'alimentation qui fixe la vitesse de synchronisme.

Cette machine a un couple max à ne pas dépasser.

Un moteur asynchrone tourne à une vitesse $n < n_s$.

Une génératrice asynchrone doit tourner à une vitesse $n > n_s$.

Historiquement les moteurs asynchrones étaient utilisés dans les applications ne nécessitant pas de variation de vitesse : pompage et ventilation.

En génératrice, elles sont choisies pour leur robustesse dans les petites et moyennes centrales hydroélectriques et éoliennes (<1MW).