

LP19 : CONVERSION DE PUISSANCE ÉLECTROMÉCANIQUE (L2)

Prérequis

- induction électromagnétique
- force de Lorentz, de Laplace
- champ magnétique tournant (production)

Idées directrices à faire passer

- renversabilité de la conversion
- le rendement de la conversion est de 1, auquel s'ajoute les pertes (à ne pas confondre avec le rendement des machines thermiques, nécessairement inférieur à 1)
- importance pratique : quotidien, industrie, transport...

Commentaires du jury

- ne pas être uniquement descriptif, il faut poser et justifier les modèles
- pour autant cette leçon doit comporter un aspect technique et il faut mettre en évidence les limitations réelles, les pertes...
- il y a une leçon d'induction ! ici, il convient de l'utiliser
- bien choisir l'orientation des circuits dès le début et le dire
- ne pas parler de "réversibilité" mais de "renversabilité"

Bibliographie

- [1] H-prépa PSI-PSI*, Brebec, Hachette (contient la leçon)
- [2] "Actualisation des connaissances sur les moteurs électriques", BUP n°846 (beaucoup d'ODG intéressants)
- [3] J'intègre PC-PSI, Sanz, Dunod

Introduction [2] : Intérêt de l'électricité pour le transport : on peut déconnecter le lieu de production et de consommation d'énergie mécanique. Mais alors il est crucial de développer des moyens pour la conversion (aussi bien dans les centrales que sur les lieux de consommation). C'est tout l'enjeu de la conversion électromécanique de puissance. -> on pourra s'aider d'un petit schéma d'un système électrique (centrale, ligne de transport, consommateurs)

I Introduction à la conversion électromécanique

1 Bilan de puissance de la force de Lorentz sur un porteur de charge [3]

- force de Lorentz dans B pour un porteur de charge
- force sur un volume élémentaire (**attention!! Il faut considérer également les cations qui sont des charges fixes, et montrer ensuite que leur puissance est nulle. Mais la démo du J'intègre est fausse!**)
- bilan de puissance
- identifier dP_{Lap} et dP_{elec}
- il y a couplage électromécanique parfait (se rajoute évidemment des pertes)
- rappeler pour la suite l'expression du champ électromoteur local pour un champ fixe

2 Exemple des rails de Laplace [3]

- permet de fixer les idées sur un cas simple
- manipulation : rail de Laplace en générateur (on donne vitesse initiale)
- expression du champ électromoteur dans ce cas
- suivre alors la chaîne $e(t) \rightarrow i(t) \rightarrow \vec{F}_{\text{Lap}}$ (application de la théorie de l'induction)
- vérifier alors $P_{\text{Lap}} + P_{\text{elec}} = 0$
- manipulation : rail de Laplace en régime moteur (générateur extérieur)
- on montre ainsi la renversabilité de la conversion -> principe général pour la suite

3 Conversion de puissance [3]

reprendre le graphique du j'intègre en conclusion du MCC définissant le type de fonctionnement en fonction du signe des grandeurs (faire sur transparent et commenter devant jury)

II Machine à courant continue

1 Structure, principe de fonctionnement [1]

- voir si on peut faire la présentation directement sur une MCC démontée
- carte du champ B au niveau du rotor
- architecture générale (rotor, stator)
- principe de fonctionnement avec une spire unique
- nécessité d'un système de commutation + comment il marche
- bien fixer les conventions de signe
- faire une courte remarque sur le bobinage en pratique. dire que c'est compliqué !

2 Equations de fonctionnement, renversabilité [3]

- on obtient alors e sur une spire
- équation $e = \phi_0 \omega$
- cas d'une machine réelle : les explications restent valables pour chaque conducteur, si bien que $e = \phi_0 \omega$ reste valable avec un coefficient adapté (lié à la structure du moteur)
- calcul du couple à partir des forces de Laplace
- montrer que le bilan énergétique est OK

3 Etude en fonctionnement moteur, pertes [1] et [2]

- équation d'ordre 2 en ω que l'on simplifie (faire tout sur transparent)
- obtenir la condition de démarrage et préciser que l'on doit limiter la surtension pour ne pas avoir des courants trop importants à l'allumage
- déterminer les points de fonctionnement en régime établi (suivre le Hprépa, tous les graphes sur transparent) -> ω dépend du couple, pas top !
- donner des exemples d'usage de la MCC et les puissances associées
- : points sur les pertes : cuivre, fer, de commutation, mécanique -> donner ODG de rendement

III Machines à champ tournant : exemple de la machine synchrone

1 Structure, principe de fonctionnement [1]

- structure générale
- action d'un champ B sur un moment magnétique
- expression du couple en fonction de l'angle
- nécessité du synchronisme pour avoir un couple moyen non nul

2 Etude du fonctionnement [3]

- démarrage seul impossible
- vitesse associée à la vitesse de rotation du champ (elle ne varie pas avec la charge !)
- point de fonctionnement moteur, discuter de la stabilité
- explication avec les mains (à l'aide d'un transparent) le fonctionnement d'un alternateur (sans calcul)

Conclusion

- bilan : la conversion électromécanique repose sur l'induction magnétique. De nombreux convertisseurs existent chacun pour des applications spécifiques. On aurait pu parler des moteurs asynchrones mais aussi des HP et des micros...

- ouverture : importance de l'électronique de commande pour le contrôle des moteurs (tension progressive pour l'allumage d'une MCC, modifier la fréquence du champ tournant pour modifier la vitesse de rotation du moteur...). Le développement de l'électronique a accompagné celui des convertisseurs!

Q/R

1. Pourquoi s'intéresse-t-on à la valeur moyenne du couple dans le cas des machines à champ tournant ?
2. Quelle est la différence entre force de Lorentz et de Laplace ?
3. Définition de la notion de courant de Foucault. Donner des exemples. Comment lutter contre ?